

电气控制与可编程控制器

陈立定 吴玉香 苏开才 编



华南理工大学出版社

电气控制 与可编程控制器

陈立定 吴玉香 苏开才 编

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书从实际工程应用和便于教学出发,主要介绍了电气控制技术及系统设计、可编程控制器原理及应用,系统地阐述了电气控制的分析与设计的一般方法。全书共分两篇,14章,包括常用电磁式低压电器、常用其他低压电器、电子电器、电气控制的安全等级和安全继电器、继电接触器控制系统、典型生产机械的电气控制线路、可编程控制器的构造及工作原理、一体化可编程控制器、可编程控制器的基本指令系统和功能指令、可编程控制器应用、其他类型的可编程控制器介绍、可编程控制器网络及通信、可编程控制器的安装与维护。每章的末尾都附有适量的复习思考题。

本书可作为大专院校、电大和业余大学自动化、电气技术、机电一体化及相近专业的“电气控制与可编程控制器”及类似课程的选用教材,也可供电气工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与可编程控制器/陈立定,吴玉香,苏开才编.—广州:华南理工大学出版社,2001.2

ISBN 7-5623-1635-X

I 电...

II ①陈...②吴...③苏...

III ①电气控制—基本知识②可编程控制器—基本知识

IV ① ②

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510640)

责任编辑 詹志青

各地新华书店经销

印装

*

2001年2月第1版 2001年2月第1次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 22.75 字数 553千

印数 1~3000册

定价 35.00元

前 言

本书是根据目前高等学校已普遍将“工厂电气控制设备(技术)”和“可编程控制器”两门课程合并为“电气控制与可编程控制器”一门课程的实际情况,并充分考虑到电气控制技术的实际应用和发展情况而编写的。

在编写过程中力求做到:以实际应用和便于教学为目标,与当前流行的先进技术产品相结合。着重介绍常用低压电器、电气控制基本线路、典型生产机械电气控制线路、可编程控制器原理及实际应用线路,系统地阐述了电气控制的分析与设计的一般方法。

本书在内容编排上注意循序渐进,由浅入深,便于读者掌握基本控制原理和控制方法。保留了传统电器及继电控制系统内容,删除了应用范围越来越窄的电机扩大机、磁放大器和顺序控制器的内容,大幅度增加应用越来越广的电子电器和专用的安全继电器。可编程控制器的内容以当今流行的西门子一体化小型机 S7-200 系列为重点,对三菱的 FX_{2N} 和德国 Pilz PSS 系列可编程安全系统的基本特性和功能作了简单的介绍。

全书共两篇,14 章。第一篇共 6 章,主要介绍常用低压电器、电子电器、安全继电器的结构、原理、用途及选用原则、电气控制的安全等级、继电接触式控制系统的基本环节与线路设计的一般原则与方法、典型生产机械的电气控制线路。第二篇共 8 章,主要阐述可编程控制器的结构、工作过程、S7-200 系列可编程控制器的指令系统和编程举例、功能指令及应用、PLC 控制系统的设计方法和应用实例(所有实例均给出在 S7-200 系列 PLC 机上运行通过的指令程序)、可编程控制器网络及其通信、以及其他类型的可编程控制器。每章的末尾都附有适量的复习思考题。

本书可作为大专院校、电大和业余大学自动化、电气技术、机电一体化及相近专业的《电气控制与可编程控制器》及类似课程的选用教材,也可供电气工程技术人員参考。

本书前言、绪论、第 1 篇的第 1~6 章及第 2 篇的第 14 章,由华南理工大学陈立定编写,第 2 篇的第 7~13 章由华南理工大学吴玉香编写,第 11 章由陈立定、吴玉香合作编写,本书由陈立定任主编,负责全书的组织和统稿。华南理工大学苏开才对该书的编写大纲和全书进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵意见。书中部分章节的编写参照了有关文献,在此无法一一列举,谨对所列主要参考文献的作者,一并表示衷心的感谢!

另外,编者还要特别感谢的是:在本书的编写过程中还得到了德国 Pilz 公司广州办事处的帮助和支持,并为本书部分内容的编写提供了大量的资料。有关 Pilz 安全电气产品的资料,可查询 www.pilz.com。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2000 年 9 月于广州华南理工大学

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 电气控制

1 常用电磁式低压电器	5
1.1 概述	5
1.2 电磁机构原理	6
1.3 电接触及灭弧工作原理	8
1.4 电磁式接触器.....	10
1.5 电磁式继电器.....	14
复习思考题 1	21
2 常用其他低压电器.....	22
2.1 热继电器.....	22
2.2 信号继电器.....	27
2.3 主令电器.....	31
2.4 熔断器.....	35
2.5 低压开关和低压断路器.....	39
2.6 漏电保护开关.....	44
复习思考题 2	48
3 电子电器.....	49
3.1 电子电器的特点和主要技术参数.....	49
3.2 晶体管时间继电器.....	52
3.3 固态保护继电器.....	58
3.4 晶闸管自动开关.....	66
3.5 无触点行程开关.....	70
复习思考题 3	73
4 电气控制安全等级及安全继电器.....	74
4.1 安全电器的重要性及其等级评定.....	74
4.2 电气控制安全等级标准及应用分析.....	75
4.3 安全继电器的结构、特性及其工作原理	80
4.4 几种典型的安全继电器.....	84
复习思考题 4	92
5 继电接触式控制系统.....	93
5.1 电气控制线路的绘制原则、图形及文字符号	93
5.2 组成电气控制线路的基本规律	101

5.3 电气控制线路的一般设计方法	108
5.4 电气控制线路的逻辑设计方法	114
5.5 电气线路中的保护措施	121
5.6 常用典型控制线路	125
复习思考题 5	133
6 电气控制在生产中的应用	135
6.1 磨床的电气控制系统	135
6.2 桥式起重机的电气控制	140
6.3 电气控制在制造业自动化安全生产中的应用	148
复习思考题 6	148

第二篇 可编程控制器

7 可编程控制器的概念及工作原理	151
7.1 可编程控制器的产生和发展	151
7.2 可编程控制器的定义和特点	152
7.3 可编程控制器的分类及应用	153
7.4 可编程控制器的组成及各组成部分的作用	155
7.5 可编程控制器的工作原理	158
7.6 可编程控制器的编程语言	161
7.7 可编程控制器与微机、继电器控制等的区别	165
复习思考题 7	168
8 一体化可编程控制器	169
8.1 概述	169
8.2 S7 - 200 系列可编程控制器内的元器件	174
复习思考题 8	179
9 可编程控制器的基本指令	180
9.1 可编程控制器的逻辑指令简介	180
9.2 程序控制指令	190
9.3 可编程控制器梯形图编程规则	194
9.4 可编程控制器逻辑指令应用实例	196
复习思考题 9	202
10 功能图及步进控制指令	203
10.1 功能图及步进控制指令简介	203
10.2 功能图主要类型	204
10.3 功能图及步进控制指令应用实例	211
复习思考题 10	223
11 功能指令	224
11.1 功能指令的基本形式	224
11.2 四则运算及加 1/减 1 指令	226

11.3	PID 指令	232
11.4	传送、移位、循环移位及填充指令	239
11.5	FOR/NEXT 循环指令	246
11.6	逻辑运算指令	247
11.7	表处理及表搜索指令	251
11.8	转换指令	256
11.9	高速计数指令	260
11.10	高速输出指令	272
11.11	中断指令	279
11.12	通信指令	287
12	可编程控制器的应用	293
12.1	可编程控制器的系统设计	293
12.2	可编程控制器系统设计的应用实例	299
12.3	可编程控制器用于模拟量控制	318
复习思考题 12		322
13	可编程控制器网络及通信	324
13.1	可编程控制器与计算机通信	324
13.2	可编程控制器之间的通信	326
13.3	MAP 简介	335
14	其他类型的可编程控制器简介	338
14.1	三菱 FX _{2N} 系列可编程控制器简介	338
14.2	Pilz PSS 系列可编程安全系统简介	346
参考文献		356

绪论

1. 本课程的性质与任务

本课程是一门实用性很强的专业课,主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍继电器接触器控制系统和 PLC 控制系统的工作原理、典型机械的电气控制线路以及电气控制系统的设计方法。当前 PLC 控制系统应用十分普遍,已经成为实现工业自动化的主要手段,是教学的重点所在。但是,一方面根据我国当前情况,继电器接触器控制系统仍然是机械设备最常用的电气控制方式,而且低压电器正在向小型化、长寿命发展,出现了功能多样的电子式电器,使继电器接触器控制系统性能不断提高,因此它在今后的电气控制技术中仍然占有相当重要的地位;另一方面,PLC 是计算机技术与继电器接触器控制技术相结合的产物,而且 PLC 的输入、输出仍然与低压电器密切相关,因此掌握继电器接触器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

课程的目标是培养实际应用的能力,具体要求是:

- ① 熟悉常用控制电器的结构原理、用途,具有合理选择、使用主要控制电器的能力。
- ② 熟练掌握继电器接触器控制线路的基本环节,具有阅读和分析电气控制线路的工作原理的能力。
- ③ 熟悉典型设备的电气控制系统,具有从事电气设备安装、调试、维修和管理等知识。
- ④ 掌握 PLC 的基本原理及编程方法,能够根据工艺过程和控制要求进行系统设计和编写应用程序。
- ⑤ 增强电气设计的安全观念,并能根据设备应用环境判断所需安全等级、给出解决方法。
- ⑥ 具有设计和改进一般安全机械设备电气控制线路的基本能力。

2. 电气控制技术的发展概况

电气控制技术是随着科学技术的不断发展、生产工艺不断提出新的要求而得到迅速发展的。从最早的手动控制发展到自动控制,从简单的控制设备发展到复杂的控制系统,从有触点的硬接线继电器控制系统发展到以计算机为中心的软件控制系统。现代电气控制技术综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测量等许多先进的科学技术成果。

作为生产机械动力的电机拖动,已由最早的采用成组拖动方式→单独拖动方式→生产机械的不同运动部件分别由不同电机拖动的多电动机拖动方式,发展成今天无论是自动化功能还是生产安全性方面都相当完善的电气自动化系统。

继电器接触式控制系统主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等组成,其控制方式是断续的,所以又称为断续控制系统。由于这种系统具有结构简单、价格低廉、维护容易、抗干扰能力强等优点,至今仍是机床和其他许多机械设备广泛采用的基本电气控制形式,也是学习更先进电气控制系统的基础。这种控制系统的缺点是采用固定接线方式,灵活性差,工作频率

低,触点易损坏,可靠性差。

从 20 世纪 30 年代开始,机械加工企业为了提高生产效率,采用机械化流水作业的生产方式,对不同类型的零件分别组成自动生产线。随着产品机型的更新换代,生产线承担的加工对象也随之改变,这就需要改变控制程序,使生产线的机械设备按新的工艺过程运行,而继电器接触器控制系统是采用固定接线的,很难适应这个要求。大型自动生产线的控制系统使用的继电器数量很多,这种有触点的电器工作频率较低,在频繁动作情况下寿命较短,而造成系统故障,使生产线的运行可靠性降低。为了解决这个问题,20 世纪 60 年代初期利用电子技术研制出矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统来代替继电器接触器控制系统,对复杂的自动控制系统则采用电子计算机控制,由于这些控制装置本身存在某些不足,均未能获得广泛应用。1968 年美国最大的汽车制造商——通用汽车(GM)公司为适应汽车型号不断更新,提出把计算机的完备功能以及灵活性、通用性好等优点和继电器接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格低等优点结合起来,做成一种能适应工业环境的通用控制装置,并把编程方法和程序输入方式加以简化,使得不熟悉计算机的人员也能很快掌握它的使用技术。根据这一设想,美国数字设备公司(DEC)于 1969 年率先研制出第一台可编程控制器(简称 PLC),在通用汽车公司的自动装配线上试用获得成功。从此以后,许多国家的著名厂商竞相研制,各自形成系列,而且品种更新很快,功能不断增强,从最初的逻辑控制为主发展到能进行模拟量控制,具有数据运算、数据处理和通信联网等多种功能。PLC 另一个突出优点是可靠性很高,平均无故障运行时间可达 10 万小时以上,可以大大减少设备维修费用和停产造成的经济损失。当前 PLC 已经成为电气自动控制系统中应用最为广泛的核心装置。

数控技术在电气自动控制中占有十分重要的地位。1952 年美国研制成第一台三坐标数控铣床,它综合应用了当时电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成就,成为一种新型的通用性很强的高效自动化机床,它标志着机械制造技术进入了一个新阶段。随着微电子技术的发展,由小型或微型计算机再加上通用或专用大规模集成电路组成的计算机数控装置(CNC)性能更为完善,几乎所有的机床品种都实现了数控化,出现了具有自动更换刀具功能的数控加工中心机床(MC),工件在一次装夹中可以完成多种工序的加工。数控技术还在绘图机械、坐标测量机、激光加工机、火焰切割机等设备上得到了广泛的应用,取得了良好的效果。

自 20 世纪 70 年代以来,电气控制相继出现了直接数字控制(DDC)系统、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能机器人、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统等多项高技术,形成了从产品设计与制造和生产管理的智能化生产的完整体系,将自动制造技术推进到更高的水平。

综上所述,电气控制技术的发展始终是伴随着社会生产规模的扩大、生产水平的提高而前进的。电气控制技术的进步反过来又促进了社会生产力的进一步提高,同时,电气控制技术又是与微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、机械制造技术等紧密联系在一起的。当前科学技术继续在突飞猛进,向前发展,21 世纪的今天,电气控制技术必将达到更高的水平。

科技以人为本,电气控制技术的发展应建立在人身和设备的安全之上,离开了可靠的安全,任何新技术的应用都将没有效益可言。随着我国加入 WTO,安全问题应该引起广大科技工作者的足够重视。

第一篇 电气控制

1 常用电磁式低压电器

1.1 概述

在工业、农业、交通、国防以及人们生活等一切用电部门中,大多数采用低压供电。低压供电的输送、分配和保护是依靠刀开关、自动开关以及熔断器等低压电器来实现的,电器元件的质量将直接影响到低压供电系统的可靠性。而低压电力的使用则是将电能转换为其他能量,其过程中的控制、调节和保护都是依靠各类接触器和继电器等低压电器来完成的,即无论是低压供电系统还是控制生产过程的电力拖动控制系统均是由用途不同的各类低压电器所组成的。

低压电器就是根据外界施加的信号和要求,能自动或手动合额定交、直流电压在1200 V以下的电路,断续或连续地改变电路参数,以实现对电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电工器械,采用电磁现象完成上述作用的低压电器称为电磁式低压电器。

1.1.1 低压电器的分类

由于低压电器的职能、品种和规格的多样化,工作原理也各异,因而有不同的分类方法。根据其及使用系统间的关系,习惯上按用途可分为以下几类:

①低压配电电器。主要用于低压供电系统。这类低压电器有刀开关、自动开关、隔离开关、转换开关以及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强,限流效果好,动稳定及热稳定性能好。

②低压控制电器。主要用于电力拖动控制系统。这类低压电器有接触器、继电器、控制器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,操作频率要高,电器和机械寿命要长。

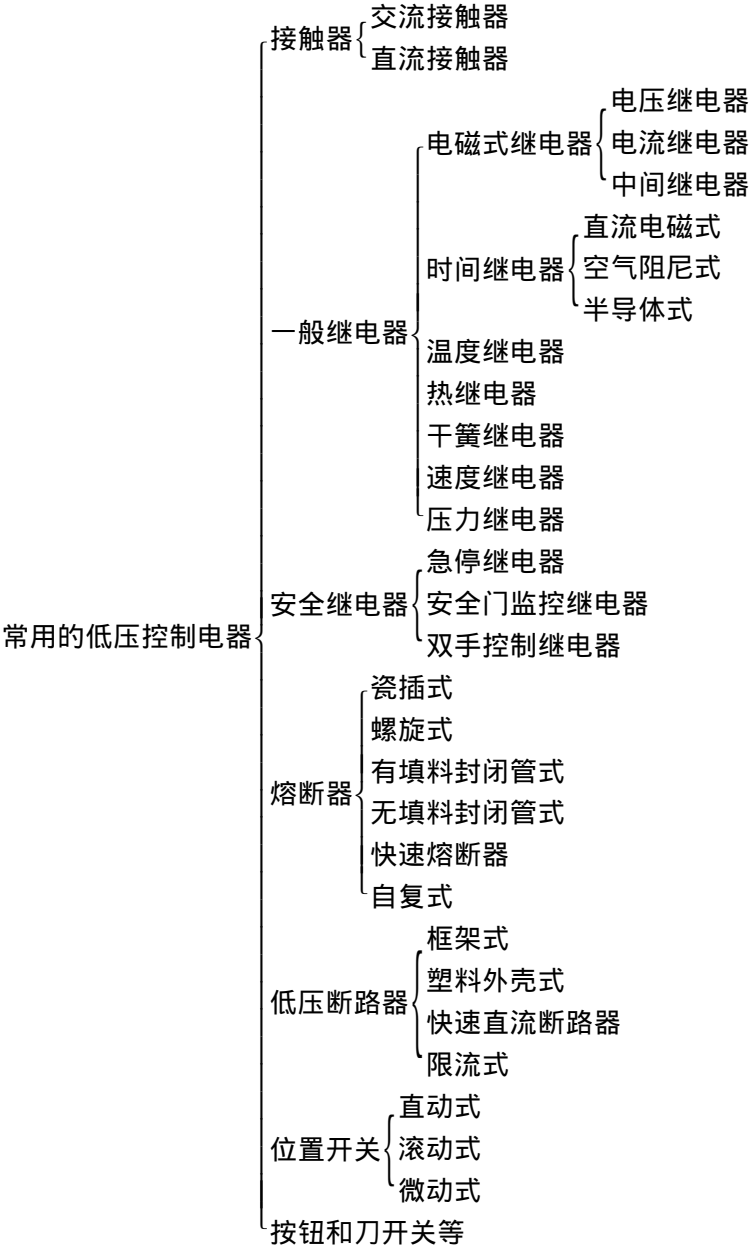
③低压主令电器。主要用于发送控制指令的电器。这类电器有按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高,抗冲击,电器和机械寿命要长。

④低压保护电器。主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器。这类低压电器有熔断器、热继电器、安全继电器、电压继电器、电流继电器和避雷器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,反应要灵敏,可靠性要高。

⑤低压执行电器。主要用于执行某种动作和传动功能的电器。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

低压电器还可以按操作方式分为自动电器和手动电器。此外,还可按使用场合分为一般工业用电器、特殊工矿用电器、安全电器、农用电器和牵引电器等。

1.1.2 常用的低压控制电器



1.2 电磁机构原理

1.2.1 电磁机构

各类电磁式电器的工作原理和构造基本相同 ,由检测部分(电磁机构)和执行部分(触点)系统组成。

电磁机构由吸引线圈、铁心和衔铁组成,其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式。图 1-1 和图 1-2 是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

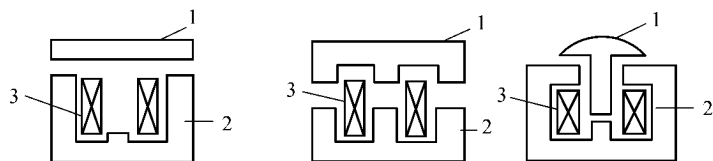


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能,即产生磁通,衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁心吸合。通入直流电的线圈称直流线圈,通入交流电的线圈称交流线圈。

对于直流线圈,铁心不发热,只有线圈发热,因此线圈与铁心接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁心和衔铁由软钢或工程纯铁制成。

对于交流线圈,除线圈发热外,由于铁心中有涡流和磁滞损耗,铁心也会发热。为了改善线圈和铁心的散热情况,在铁心与线圈之间留有散热间隙,而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁心用硅钢片叠成,以减少涡流。

另外,根据线圈在电路中的联系方式可分为串联线圈(即电流线圈)和并联线圈(即电压线圈)。串联(电流)线圈串接在线路中,流过的电流大,为减少对电路的影响,线圈的导线粗,匝数少,线圈的阻抗较小。并联(电压)线圈并联在线路上,为减少分流作用,降低对原电路的影响,需要较大的阻抗,因此线圈的导线细且匝数多。

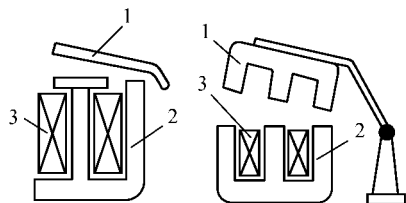


图 1-2 拍合式电磁机构

1—衔铁; 2—铁心; 3—吸引线圈

1.2.2 电磁吸力

电磁铁工作时,线圈产生的磁通作用于衔铁,产生电磁吸力,并使衔铁产生机械位移,衔铁复位时复位弹簧将衔铁拉回原位。因此作用在衔铁的力有两个:电磁吸力和反力。电磁吸力由电磁机构产生,反力由复位弹簧和触头产生。铁心吸合时要求电磁吸力大于反力,即衔铁位移的方向与电磁吸力方向相同,衔铁复位时情况则相反(此时线圈断电,只有剩磁产生的电磁吸力)。

电磁吸力

$$F = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S \quad (1-1)$$

式中: F 为电磁吸力(N); B 为气隙磁感应强度(T); S 为磁极截面积(m^2)。

当线圈中通过直流电时, F 为恒值。当线圈中通过交流电时,磁感应强度为交变量,即

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

由式(1-1)和式(1-2)可得:

$$F = \frac{10^7}{8\pi} SB_m^2 \sin^2 \omega t \quad (1-3)$$

电磁吸力按正弦函数平方的规律变化 ,最大值为 F_m

$$F_m = \frac{10^7}{8\pi} SB_m^2 \quad (1-4)$$

电磁吸力的最小值为零。当电磁吸力的瞬时值大于反力时 ,铁心吸合 ;当电磁吸力的瞬时值小于反力时 ,铁心释放。所以电源电压变化一个周期 ,电磁铁吸合两次 ,释放两次 ,电磁机构产生剧烈的振动和噪音 ,因而不能正常工作。解决的办法是在铁心端面开一小槽 ,在槽内嵌入铜质短路环 ,如图 1-3 所示。

加上短路环后 ,磁通被分为大小接近、相位相差约 90° 电度角的两相磁通 ,因而两相磁通不会同时过零。由于电磁吸力与磁通的平方成正比 ,故由两相磁通产生的合成电磁吸力较为平坦 ,在电磁铁通电期间电磁吸力始终大于反力 ,使铁心牢牢吸合 ,这样就消除了振动和噪音 ,一般短路环包围 $2/3$ 的铁心端面。

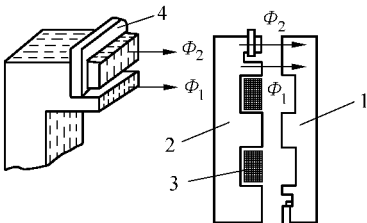


图 1-3 交流电磁铁的短路环
1—衔铁 2—铁心 ;3—线圈 ;4—短路环

1.3 电接触及灭弧工作原理

1.3.1 电接触

触点是电磁式电器的执行部分 ,电器就是通过触点的动作来分合被控制的电路。触点在闭合状态下动、静触点完全接触 ,并有工作电流通过时 ,称为电接触。电接触的情况将影响触点的工作可靠性和使用寿命。影响电接触工作情况的主要因素是触点的接触电阻 ,因为接触电阻大时 ,易使触点发热而温度升高 ,从而使触点易产生熔焊现象 ,这样既影响工作可靠性又降低了触点的寿命。触点的接触电阻不仅与触点的接触形式有关 ,而且还与接触压力、触点材料及表面状况有关。

1.3.1.1 触点的接触形式

触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种 ,如图 1-4 所示。

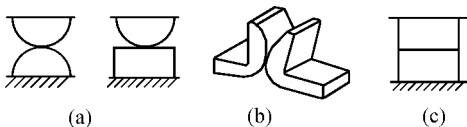


图 1-4 触点的接触形式
(a) 点接触 ;(b) 线接触 ;(c) 面接触

1.3.1.2 接触电阻

当动、静触点闭合后 ,不可能是全部紧密地接触 ,从微观来看 ,只是在一些突出的凸起点存在着有效接触 ,从而造成了从一个导体到另外一个导体的过渡区域。在过渡区域里 ,电流只通过一些相接触的凸起点 ,形成收缩状的电流线 ,因而使这个区域的电流密度大大增加。另外 ,由于只是一些凸起点相接触 ,使有效导电面积减少 ,因此该区域的电阻远远大于金属导体的电阻。这种由于动、静触点闭合时在过渡区域所形成的电阻 ,称为接触电阻。由于接触电阻的存在 ,不仅会造成一定的电压损失 ,还会使铜耗增加 ,造成触点温升超过允许值。这样 ,触点在较高的温度下很容易产生熔焊现象而使触点工作不可靠 ,因此 ,在实际中 ,应采取相应措施来减少接触电阻。

1.3.1.3 影响接触电阻的因素和相应措施

(1) 接触压力

增加接触压力,可使相接触的凸起点发生变形而增加接触面积,因而会减少接触电阻。因此在动触点安装一个触点弹簧,如图 1-5 所示。

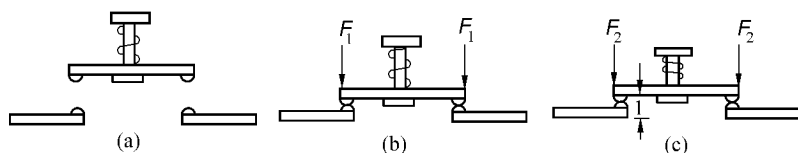


图 1-5 双断点触点位置示意图

(a) 打开位置;(b) 刚接触位置;(c) 闭合后位置

(2) 触点材料

材料的电阻系数越小,接触电阻也越小。在金属中银的电阻系数最小,但价格高,实际中常在铜基触点上镀银或嵌银,以减少接触电阻。

(3) 触点表面状况

触点温度升高会加速金属表面的氧化速度,由于一般金属氧化物的电阻系数比金属本身大得多,因此一旦接触表面生成氧化物之后,会使接触电阻增大,严重的氧化将使触点之间形成绝缘而导致电路断路。但银的氧化物电阻系数比纯银大得不是太多,因此,在小容量电器中可采用银或镀银触点。在大容量电器中,可采用具有滑动作用的指形触点。这样,在每次闭合过程中都可以磨去氧化膜,从而保持金属表面清洁,以增强触点的导电性。此外,触点的尘埃也会影响其导电性,所以当触点聚集了尘埃后,应用无水乙醇或四氯化碳擦拭干净,如果触点表面被电弧烧灼而出现烟熏状,也需要这样处理。

1.3.2 灭弧工作原理

触点在通电状态下动、静触点脱离接触时,由于电场的存在,使触点表面的自由电子大量溢出而产生电弧。电弧的存在既烧损触点金属表面,降低电器的寿命,又延长了电路的分断时间,所以必须迅速消除。

1.3.2.1 常用的灭弧方法

(1) 迅速增大电弧长度

电弧长度增加,使触点间隙增加,电场强度降低,同时又使散热面积增大,降低电弧温度,使自由电子和空穴复合的运动加强,因而电荷容易熄灭。

(2) 冷却

使电弧与冷却介质接触,带走电弧热量,也可使复合运动得以加强,从而使电弧熄灭。

1.3.2.2 常用的灭弧装置

(1) 电动力吹弧

电动力吹弧如图 1-6 所示。桥式触点在分断时本身就具有电动力吹弧功能,不用任何附加装置,便可使电弧迅速熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接

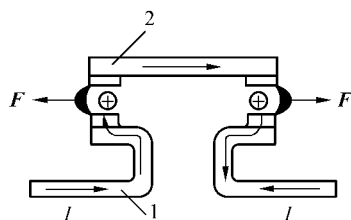


图 1-6 电动力灭弧示意图

1—静触点;2—动触点

触器中。

(2) 磁吹灭弧

在触点电路中串入吹弧线圈 ,如图 1-7 所示。该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围 ,其方向由右手定则确定(为图中 $\times$ 所示)。触点间的电弧所产生的磁场 ,其方向为 $\oplus\odot$ 所示。这两个磁场在电弧下方方向相同(叠加) ,在弧柱上方方向相反(相减) ,所以弧柱下方的磁场强于上方的磁场。在下方磁场作用下 ,电弧受力的方向为 F 所指的方向 ,在 F 的作用下 ,电弧被吹离触点 ,经引弧角引进灭弧罩 ,使电弧熄灭。

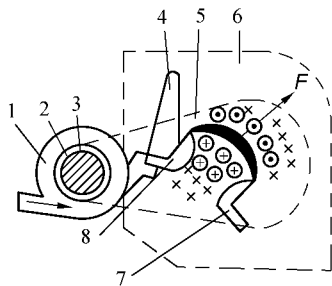


图 1-7 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈 2—绝缘套 3—铁心 4—引弧角 ;
5—导磁夹板 6—灭弧罩 7—动触点 8—静触点

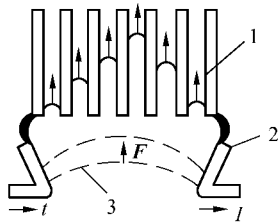


图 1-8 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片 ;2—触点 ;3—电弧

(3) 栅片灭弧

灭弧栅是一组薄铜片 ,它们彼此间相互绝缘 ,如图 1-8 所示。当电弧进入栅片被分割成一段段串联的短弧 ,而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧片之间都有 150 ~ 250 V 的绝缘强度 ,使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强 ,以致外加电压无法维持 ,电弧迅速熄灭。此外 ,栅片还能吸收电弧热量 ,使电弧迅速冷却。基于上述原因 ,电弧进入栅片后就会很快熄灭。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多 ,因此在交流电器中常采用栅片灭弧。

1.4 电磁式接触器

1.4.1 接触器的作用与分类

电磁式接触器是利用电磁吸力的作用使主触点闭合或分断电动机电路或其他负载电路的控制电器。用它可以实现频繁地远距离操作 ,它具有比工作电流大数倍乃至十几倍的接通和分断能力 ,但不能分断短路电流。由于它体积小 ,价格低和维护方便 ,因而用途十分广泛。接触器最主要的用途是控制电动机的启动、反转、制动和调速等 ,因此它是电力拖动控制系统中最重要也是最常用的控制电器。

接触器按其主触点控制的电路中电流种类分类 ,有直流接触器和交流接触器。它们的线圈电流种类既有与各自主触点电流相同的 ,但也有不同的 ,如对于重要场合使用的交流接触器 ,为了工作可靠 ,其线圈可采用直流励磁方式。按其主触点的极数(即主触点的个数)来

分,则直流接触器有单极和双极两种;交流接触器有三极、四极和五极三种,其中用于单相双回路控制可采用四极,对于多速电动机的控制或自耦降压启动控制可采用五极的交流接触器。

1.4.2 接触器的结构和工作原理

图 1-9 为交流接触器的结构剖面示意图。它由以下五个部分组成:

①电磁机构。电磁机构由线圈、铁心和衔铁组成,铁心一般都是双 E 型衔铁直动式电磁机构,有的衔铁采用绕轴转动的拍合式电磁机构。

②主触点和熄弧系统。根据主触点的容量大小,有桥式触点和指形触点,且直流接触器和电流 20 A 以上的交流接触器均装有熄弧罩,有的还带有栅片或磁吹熄弧装置。

③辅助触点。有常开和常闭辅助触点,在结构上它们均为桥式双断点。辅助触点的容量较小。接触器安装辅助触点的目的是其在控制电路中起联动作用。辅助触点不装设熄灭装置,所以它不能用来分合主电路。

④反力装置。由释放弹簧和触点弹簧组成,且它们均不能进行弹簧松紧的调节。

⑤支架和底座。用于接触器的固定和安装。

当交流接触器线圈通电后,在铁心中产生磁通。由此在衔铁气隙处产生吸力,使衔铁产生闭合作,主触点在衔铁的带动下也闭合,于是接通了主电路。同时衔铁还带动辅助触点动作,使原来打开的辅助触点闭合,而使原来闭合的辅助触点打开。当线圈断电或电压显著降低时,吸力消失或减弱,衔铁在释放弹簧作用下打开,主、副触点又恢复到原来状态。这就是接触器的工作原理。

直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,仅有电磁机构方面不同,这点在 1.2 节中有关部分已有详细的阐述,这里不再赘述。

目前我国常用的交流接触器主要有 CJ20、CJX1、CJX2、CJ12 和 CJ10 等系列,引进产品应用较多的有:引进德国 BBC 公司制造技术生产的 B 系列,德国 SIEMENS 公司的 3TB 系列,法国 TE 公司的 LC1 系列等,常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22 和 CZ10、CZ2 等系列,CZ18 系列是取代 CZ0 系列的新产品。

1.4.3 接触器的主要技术参数及型号含义

1.4.3.1 技术参数

①额定电压。接触器铭牌上标注的额定电压是指主触点的额定电压。常用的额定电压等级如表 1-1 所示。

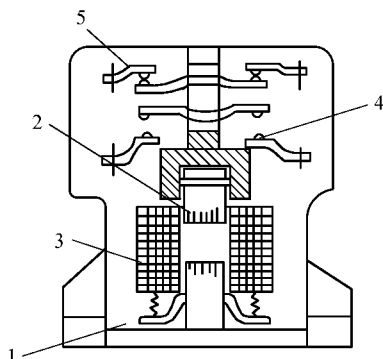


图 1-9 交流接触器的结构

1—铁心;2—衔铁;3—线圈;
4—常开触点;5—常闭触点

表 1-1 接触器的额定电压和额定电流的等级表

	直流接触器	交流接触器
额定电压/V	110 220 440 660	127 220 380 500 660
额定电流/A	5 10 20 40 60 100 150 250 400 600	5 10 20 40 60 100 150 250 400 600

② 额定电流。接触器铭牌上标注的额定电流是指主触点的额定电流。常用的额定电流等级如表 1-1 所示。表中的电流值是接触器安装在敞开式控制屏上,触点工作不超过额定温升,负荷为间断-长期工作制时的电流值。

③ 线圈的额定电压。常用的额定电压等级如表 1-2 所示。选用时一般交流负载用交流接触器,直流负载用直流接触器,但交流负载频繁动作时可采用直流线圈的交流接触器。

表 1-2 接触器线圈的额定电压等级表 (单位:V)

直流线圈	交流线圈
24 48 110 220 440	36 110 127 220 380

④ 接通和分断能力。指主触点在规定条件下能可靠地接通和分断的电流值。在此电流值下,接通时主触点不应发生熔焊;分断时主触点不应发生长时间燃弧。若超出此电流值,其分断则是熔断器、自动开关等保护电器的任务。

根据接触器的使用类别不同对主触点的接通和分断能力的要求也不一样,而不同类别的接触器是根据其不同控制对象(负载)的控制方式所规定的。根据低压电器基本标准的规定,其使用类别比较多。但在电力拖动控制系统中,常见的接触器使用类别及其典型用途如表 1-3 所示。

表 1-3 常见接触器使用类别及其典型用途表

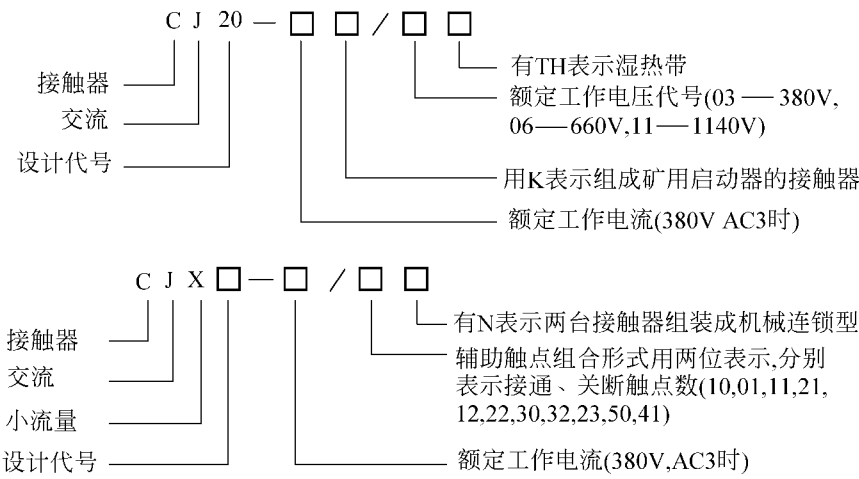
电流种类	使用类别	典型用途
AC 交流	AC1	无感或微感负载、电阻炉
	AC2	绕线式电动机的启动和中断
	AC3	笼型电动机的启动和中断
	AC4	笼型电动机的启动、反接制动、反向和点动
DC 直流	DC1	无感或微感负载、电阻炉
	DC3	并励电动机的启动、反接制动、反向和点动
	DC5	串励电动机的启动、反接制动、反向和点动

接触器的使用类别代号通常标注在产品的铭牌或工作手册中。表 1-3 中要求接触器主触点达到的接通和分断能力为:a.AC1 和 DC1 类允许接通和分断额定电流;b.AC2、DC3 和 DC5 类允许接通和分断 4 倍的额定电流;c.AC3 类允许接通 6 倍的额定电流和分断额定电流;d.AC4 类允许接通和分断 6 倍的额定电流。

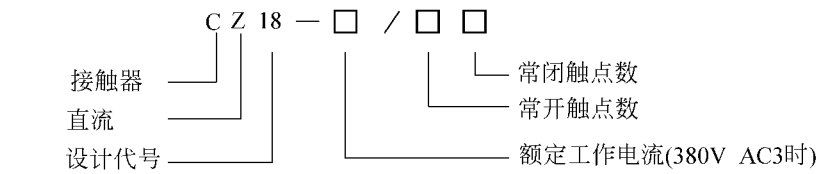
⑤ 额定操作频率。指每小时的操作次数。交流接触器最高为 600 次/h,而直流接触器最高为 1200 次/h。操作频率直接影响到接触器的电寿命和灭弧罩的工作条件,对于交流接触器还影响到线圈的温升。

1.4.3.2 型号含义

(1)交流接触器的含义



(2)直流接触器型号含义



1.4.3.3 接触器的图形符号和文字符号

接触器在电路图中的图形符号和文字符号如图 1 - 10 所示。

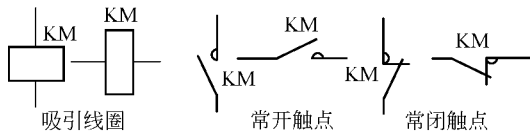


图 1 - 10 接触器的符号

1.4.4 接触器的选用

接触器使用广泛,额定工作电流或额定功率是随使用条件不同而变化的。只有根据不同使用条件正确选用,才能保证接触器可靠运行,充分发挥其技术经济作用。

1.4.4.1 交流接触器的选用

根据接触器所控制负载的工作任务(轻任务、一般任务或重任务)来选择相应使用类别的接触器。生产中广泛使用中小容量的笼型电动机,而且其中大部分的负载是一般任务,它相当于 AC3 使用类别。对于控制机床电动机的接触器,其负载情况比较复杂,既有 AC3 类的,也有 AC4 类的,还有 AC1 和 AC4 类混合的负载,这些都属于重任务的范畴。如果负载明显地属于重任务类,则应选用 AC4 类接触器。如果负载为一般任务与重任务混合的情

况 则应根据实际情况选用 AC3 或 AC4 类接触器 ;若确定选用 AC3 类接触器 ,它的容量应降低一级使用 ,即使这样 ,其寿命仍将有不同程度的降低。

适用于 AC2 类的接触器 ,一般也不宜用来控制 AC3 及 AC4 类的负载 ,因为它的接通能力较低 ,在频繁接通这类负载时容易发生触点熔焊现象。

根据电动机(或其他负载)的功率和操作情况来确定接触器主触点的电流等级。当接触器的使用类别与所控制负载的工作任务相对应时 ,一般应使主触点的电流等级与所控制的负载相当 ,或稍大一些。如不对应 ,例如用 AC3 类的接触器控制 AC3 与 AC4 混合类负载时 ,则用 CJ10 - 10 型交流接触器控制 AC3 类负载的 380 V、4kW 笼型电动机时 ,其寿命可达 60 万次。如果用它来控制混合类负载 ,由于电寿命降低 ,只能降级使用。所以 ,是否降级使用 ,取决于电寿命的要求 ,而电寿命又决定于操作频率 ,若操作频率很低 ,也可不降级使用 ;反之亦然。操作频率不是可以任意地提高的 ,因为一则灭弧有困难 ,再则线圈也会因发热厉害而损坏。

如当接触器控制电容器或白炽灯时 ,由于接通时的冲击电流可达额定值的几十倍 ,因此从接通方面来考虑 ,宜选用 AC4 类的接触器 ;若选用 AC3 类的接触器 ,则应降低到 70% ~ 80% 额定容量来使用。

接触器线圈的电流种类和电压等级应与控制电路相同。

触点数量和种类应满足主电路和控制线路的要求。

1.4.4.2 直流接触器的选用

选用方法与交流接触器相同 ,不再赘述。

1.5 电磁式继电器

1.5.1 继电器的结构、作用、分类和特性

1.5.1.1 继电器的结构

电磁式继电器的结构和工作原理与电磁式接触器相似 ,也是由电磁机构、触点系统和释放弹簧等部分组成。电磁式继电器结构如图 1 - 11 所示。

① 电磁机构。直流继电器的电磁机构形式为 U 形拍合式。铁心和衔铁均由电工软铁制成。为了增加闭合后的气隙 ,在衔铁的内侧面上装有非磁性垫片 ,铁心铸在铝基座上。交流继电器的电磁机构形式有 U 形拍合式、E 形直动式、空心或装甲螺管式等结构形式。U 形拍合式和 E 形直动式的铁心及衔铁均由硅钢片叠成 ,且在铁心柱端上面装有分磁环。

② 触点系统。交、直流继电器的触点由于均接在控制电路上 ,且电流小 ,故不装设灭弧装置。其触点一般都为桥式触点 ,有常开和常闭两种形式。

另外 ,为了实现继电器动作参数的改变 ,继电器一般还具有改变释放弹簧松紧及改变衔铁打开气隙

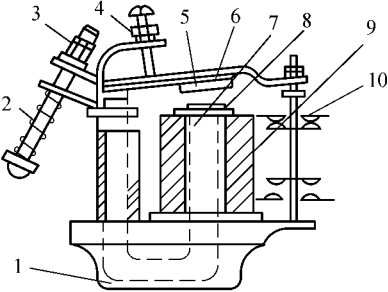


图 1 - 11 电磁式继电器的典型结构

1—底座 ;2—反力弹簧 ;3 4—调节螺钉 ;5—非磁性垫片 ;6—衔铁 ;7—铁心 ;8—极靴 ;9—电磁线圈 ;10—触点系统

大小的调节装置,例如调节螺母。

1.5.1.2 继电器的作用

电磁式继电器根据外来信号(电压或电流),利用电磁原理使衔铁产生闭合动作,从而带动触点动作,使控制电路接通或断开,实现控制电路的状态改变。值得注意的是,继电器的触点不能用来接通和分断负载电路,这也是继电器的作用与接触器的作用的区别。

1.5.1.3 继电器的分类

按输入信号不同来分有电压继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器和中间继电器。按线圈电流种类不同来分有交流继电器和直流继电器。

按使用范围不同来分有控制继电器(用于电力拖动系统以实现过程自动化和做某些保护)、保护继电器(用于电力系统作继电保护)、通讯继电器(用于电讯和遥控系统)和安全继电器(用于人身和设备安全保护)。

按动作的原理不同来分有电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器和热继电器。

1.5.1.4 继电器的特性

继电器的主要特性是输入—输出特性,又称为继电器特性。继电器特性曲线为跳跃式的回环特性,如图 1-12 所示。

当继电器输入量 x 由零增至 x_2 以前,继电器输出量 y 为零。当继电器输入量 x 增至 x_2 时,继电器吸合,输出量为 y_1 ,如 x 再增大, y_1 值保持不变。当 x 减小到 x_1 时,继电器释放,输出量由 y_1 降到零, x 再减小, y 值均为零。 x_2 称为继电器吸合值,欲使继电器吸合,输入量必须等于或大于 x_2 ; x_1 为继电器的释放值,欲使继电器释放,输入量必须等于或小于 x_1 。

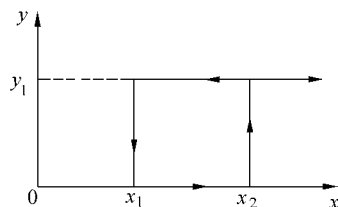


图 1-12 继电器特性曲线

继电器的返回系数 $K_f = x_1 / x_2$,它是继电器的重要参数之一。 K_f 值可以通过调节释放弹簧的松紧程度(拧紧时 K_f 增大,放松时 K_f 减小)或调整铁心与衔铁之间非磁性垫片的厚度(增厚时, K_f 增大,减薄时, K_f 减小)来达到所要求的值。不同的场合要求不同的 K_f 值。例如一般继电器要求低的返回系数, K_f 值应在 0.1~0.4 之间,这样当继电器吸合后,输入量波动较大时不至于引起误动作;欠电压继电器则要求高的返回系数, K_f 值应在 0.6 以上。设某继电器 $K_f = 0.66$,吸合电压为额定电压的 90%,则电压低于额定电压的 60%时,继电器释放,起到欠电压保护作用。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指线圈接受电信号到衔铁完全吸合所需的时间,释放时间是指线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为 0.05~0.15s,它的大小影响到继电器的操作频率。

1.5.2 电磁式电压继电器及电流继电器

电磁式电压继电器及电流继电器在电路图中的图形符号和文字符号如图 1-13 所示。由于国内生产厂家仍沿用旧国标,书中有些地方在介绍产品时亦沿用了旧国标。

1.5.2.1 电磁式电压继电器

触点的动作与线圈的动作电压大小有关的继电器称为电压继电器,它用于电力拖动系统的电压保护和控制,使用时电压继电器的线圈与负载并联。其线圈的匝数多而线径细。按线圈电流的种类可分为交流和直流电压继电器,按吸合电压大小又可分为过电压和欠电压继电器。

(1) 过电压继电器

过电压继电器线圈在额定电压时,衔铁不产生吸合动作,只有当线圈的吸合电压高于其额定电压的某一值时衔铁才产生吸合动作,所以称为过电压继电器。因为直流电路不会产生波动较大的过电压现象,所以在产品中没有直流过电压继电器。

交流过电压继电器在电路中起过电压保护作用。在交流电路中,电气设备(如交流电动机)都是在额定电压下工作的,而交流电路往往容易出现波动较大的过电压现象,过高的电压会使电气设备损坏。当电路一旦出现过高的电压现象时,过电压继电器就马上动作,从而控制接触器及时分断电气设备的电源。显然,过电压继电器是利用其常闭触点来完成这一任务的,而且分断电源后,衔铁又马上打开。交流过电压继电器吸合电压的调节范围为 $U_x = (1.05 \sim 1.2)U_N$ 。

(2) 低电压继电器(即欠电压继电器)

当线圈的吸合电压低于其额定电压时,衔铁就产生吸合动作,这种继电器就称为低电压继电器。它的特点是释放电压很低,在电路中作低电压保护。运行中的电气设备一旦出现过低电压时,同样也不能正常工作。当电路中的电气设备在额定电压下正常工作时,低电压继电器的衔铁处于吸合状态,如果电路出现电压降低至线圈的释放电压,则衔铁打开,使触点动作,从而控制接触器及时分断电气设备的电源。显然,低电压继电器是利用其常开触点来完成这一任务的。与过电压继电器比较,低电压继电器在电路未出现低电压故障时,其衔铁是处于吸合状态。通常,直流低电压继电器的吸合电压与释放电压的调节范围分别为 $U_x = (0.3 \sim 0.5)U_N$ 和 $U_f = (0.07 \sim 0.2)U_N$,而交流低电压继电器的吸合电压与释放电压的调节范围分别为 $U_x = (0.6 \sim 0.85)U_N$ 和 $U_f = (0.1 \sim 0.35)U_N$ 。

如果电压继电器对吸合电压无固定要求,可以通过调节释放弹簧的松紧来整定释放电压。若有固定要求,需要规定整定。过电压继电器对释放电压无固定的要求,故一般不需要整定,而低电压继电器的释放电压按电路要求必须进行整定。

(3) 电压继电器的选用

过电压继电器选用时,首先要注意线圈电流的种类和电压等级应与控制电路一致。另外,根据在控制电路中的作用(是过电压还是低电压)选型,最后,要按控制电路的要求选触点的类型(是常开还是常闭)和数量。

1.5.2.2 电磁式电流继电器

触点的动作与否与线圈的动作电流大小有关的继电器叫做电流继电器,使用时电流继电器的线圈与负载串联。其线圈的匝数少而线径粗。根据线圈的电流种类分为交流继电器和直流继电器,按吸合电流大小又可分为过电流继电器和低(欠)电流继电器。

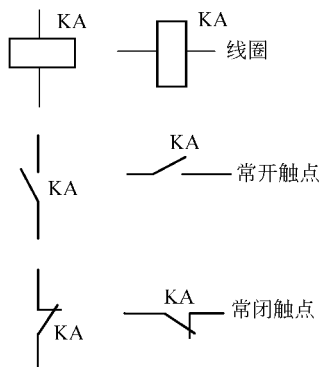


图 1-13 电磁式电压及电流继电器的图形符号和文字符号

(1) 过电流继电器

正常工作时,线圈中流有负载电流,但不产生吸合动作。当出现比负载工作电流大的吸合电流时,衔铁才产生吸合动作,从而带动触点动作。

由于在电力拖动系统中,冲击性的过电流故障时有发生,因此常采用过电流继电器作电路的过电流保护。当电路出现上述故障时,吸合电流足以使衔铁吸合而带动触点动作,使接触器线圈断电而切断电气设备的电源,故起到保护作用。显然,过电流继电器是利用它的常闭触点来完成这一任务的。

通常,交流过电流继电器的吸合电流调整范围为 $I_x = (1.1 \sim 4)I_N$,直流过电流继电器的吸合电流调整范围为 $I_x = (0.7 \sim 3.5)I_N$ 。

(2) 低电流继电器

正常工作时,由于吸合电流低于电路的负载电流而使衔铁处于吸合状态。当电路的负载电流降低至释放电流时,则衔铁释放。在直流电路中,由于某种原因而引起负载电流的降低或消失往往会导致严重的后果(如直流电动机的励磁回路断线),因此,在产品上有直流低电流继电器,而没有交流低电流继电器。当在直流电路中出现低电流或零电流故障时,直流低电流继电器的衔铁由吸合状态转入释放状态,利用其触点的动作而切断电气设备的电源。显然,直流低电流继电器是利用其常开触点来完成这一任务的。直流低电流继电器吸合电流与释放电流调整范围分别为 $I_x = (0.3 \sim 0.65)I_N$ 和 $I_f = (0.1 \sim 0.2)I_N$ 。

(3) 电流继电器的选用

电流继电器选用时首先要注意线圈电流的种类和等级应与负载电路一致;另外,根据对负载的保护作用(是过电流还是低电流)来选用电流继电器的类型;最后,要根据控制电路的要求选触点的类型(是常开还是常闭)和数量。

需注意的是,要根据电力拖动系统的要求,对电压和电流继电器的返回系数进行调节。在实际工作中,常采用增大衔铁吸合后的间隙、减少衔铁打开后的间隙以及适当放松释放弹簧等措施来达到增大返回系数的目的。

1.5.3 时间继电器

从得到输入信号(线圈的通电或断电)开始,经过一定的延时后才输出信号(触点的闭合或断开)的继电器,称为时间继电器。

时间继电器的延时方式有两种:

通电延时。接受输入信号后延迟一定的时间,输出信号才发生变化;当输入信号消失后,输出瞬时复原。

断电延时。接受输入信号时,瞬时产生相应的输出信号;当输入信号消失后,延迟一定的时间,输出才复原。

时间继电器的种类很多,常用的有电磁式、空气阻尼式、半导体式等。

1.5.3.1 直流电磁式时间继电器

直流电磁式时间继电器在铁心上增加一个阻尼铜套,带有阻尼铜套的铁心结构如图 1-14 所示。

由电磁感应定律可知,在继电器通电、断电过程中铜套内将感生涡流,阻碍穿过铜套内的磁通变化,因而对原磁通起了阻尼作用。

当继电器通电吸合时,由于衔铁处于释放位置,气隙大、磁阻大、磁通小,铜套阻尼作用也小,因此铁心吸合时的延时不显著,一般可忽略不计。当继电器断电时,磁通量的变化大,铜套的阻尼作用也大。因此,这种继电器仅用作断电延时,其延时动作触点有延时打开常开触点和延时闭合常闭触点两种。

这种时间继电器的延时时间较短, JT 系列最长不超过 5 s,而且准确度较低,一般只用于延时精度要求不高的场合。

直流电磁式时间继电器延时时间的长短可改变铁心与衔铁间非磁性垫片的厚薄(粗调)或改变释放弹簧的松紧(细调)来调节。垫片厚则延时短,垫片薄则延时长。释放弹簧紧则延时短,释放弹簧松则延时长。直流电磁式时间继电器 JT3 系列的技术数据如表 1-4 所示。

表 1-4 直流电磁式时间继电器 JT3 系列的技术数据

型 号	吸引线圈电压(V)	触点组合及数量 (常开、常闭)	延时(s)
JT3 □□/1	12 24 48 , 110 220 440	11 02 20 03 12 21 , 04 40 22 13 31 30	0.3 ~ 0.9
JT3 □□/3			0.8 ~ 3.0
JT3 □□/5			2.5 ~ 5.0

注 表中型号 JT3 □□后面之 1、3、5 表示延时类型(1 s、3 s、5 s)。

1.5.3.2 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼作用而达到延时的目的。它由电磁机构、延时机构和触点组成。

空气阻尼式时间继电器的电磁机构有交流、直流两种。延时方式有通电延时型和断电延时型(改变电磁机构位置,将电磁铁翻转 180°安装)。当动铁心(衔铁)位于静铁心和延时机构之间位置时为通电延时型;当静铁心位于动铁心和延时机构之间位置时为断电延时型。JS7-A 系列时间继电器如图 1-15 所示。

现以通电延时型为例说明其工作原理。当线圈 1 得电后衔铁(动铁心)3 吸合,活塞杆 6 在塔形弹簧 8 作用下带动活塞 12 及橡皮膜 10 向上移动,橡皮膜下方空气室空气变得稀薄,形成负压,活塞杆只能缓慢移动,其移动速度由进气孔气隙大小来决定。经一段延时后,活塞杆通过杠杆 7 压动微动开关 15,使其触点动作,起到通电延时作用。

当线圈断电时,衔铁释放,橡皮膜下方空气室内的空气通过活塞肩部所形成的单向阀迅速地排出,使活塞杆、杠杆、微动开关等迅速复位。由线圈得电到触点动作的一段时间即为时间继电器的延时时间,其大小可以通过调节螺钉 13 调节进气孔气隙大小来改变。

断电延时型的结构、工作原理与通电延时型相似,只是电磁铁安装方向不同,即当衔铁吸合时推动活塞复位,排出空气。当衔铁释放时活塞杆在弹簧作用下使活塞向下移动,实现断电延时。

在线圈通电和断电时,微动开关 16 在推板 5 的作用下都能瞬时动作,其触点即为时间继电器的瞬动触点。

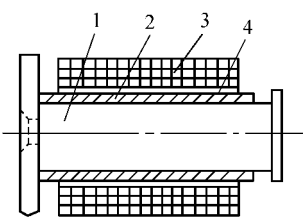


图 1-14 带有阻尼铜套的铁心结构

- 1—铁心；2—阻尼铜套；
3—线圈套；4—绝缘层

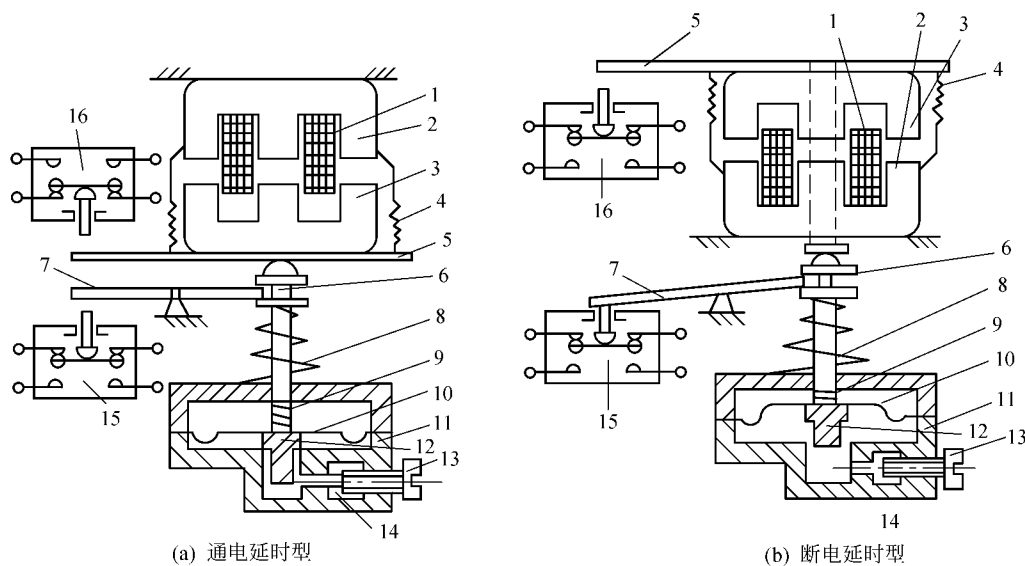


图 1-15 JS7 - A 系列时间继电器

1—线圈 2—铁心 3—衔铁 4—反力弹簧 5—推板 6—活塞杆 7—杠杆 8—塔形弹簧 9—弱弹簧；
10—橡皮膜 11—空气室壁 12—活塞 13—调节螺钉 14—进气孔 15、16—微动开关

国产 JS7 - A 系列空气阻尼式时间继电器技术数据如表 1-5 所示。空气阻尼式时间继电器结构简单,价格低廉,延时范围为 0.4 ~ 180s,但是延时误差较大,难以精确地整定延时时间,常用于延时精度要求不高的交流控制电路中。

表 1-5 JS7 - A 系列空气阻尼式时间继电器技术数据

型 号	吸引线圈电压 (V)	触点额定电压 (V)	触点额定电流 (A)	延时范围(s)	延时触点				瞬动触点	
					通电延时		断电延时		常开	常闭
					常开	常闭	常开	常闭		
JS7 - 1A	24 , 36 , 110 , 127 , 220 , 380 , 420	380	5	均有 0.4 ~ 60 和 0.4 ~ 180 两种产品	1	1				
JS7 - 2A					1	1			1	1
JS7 - 3A							1	1		
JS7 - 4A							1	1	1	1

注 ①表中型号 JS7 后面之 1A~4A 是区别通电延时还是断电延时,以及带瞬动触点。
②JST - A 为改型产品,体积小。

日本生产的空气阻尼式时间继电器体积比 JS7 系列小 50% 以上,橡皮膜用特殊的塑料薄膜制成,其气孔精度要求很高,延时时间可达几十分钟,延时精度为 ± 10%。

按照通电延时和断电延时两种形式,空气阻尼式时间继电器的延时触点有:延时打开常开触点、延时打开常闭触点、延时闭合常开触点和延时闭合常闭触点。

时间继电器的图形符号如图 1-16 所示,文字符号为 KT。

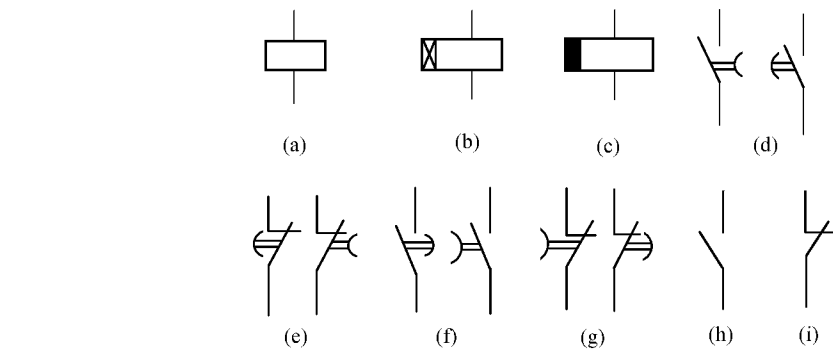


图 1-16 时间继电器的图形及文字符号

(a)线圈一般符号 (b)通电延时线圈 (c)断电延时线圈；

(d)延时闭合常开触点 (e)延时断开常闭触点；

(f)延时断开常开触点 (g)延时闭合常闭触点；

(h)瞬动常开触点 (i)瞬动常闭触点

1.5.3.3 半导体时间继电器

随着电子技术的发展 ,半导体时间继电器也迅速发展。这类时间继电器体积小 ,延时范围大 ,延时精度高 ,寿命长 ,已日益得到广泛应用。详见第 3 章电子电器。

1.5.4 中间继电器

中间继电器的作用是将一个输入信号变成多个输出信号或将信号放大(即增大触点容量)的继电器。

常用的中间继电器有 JZ7 系列 ,以 JZ7 - 62 为例 ,JZ 为中间继电器的代号 ,7 为设计序号 ,有 6 对常开触点 2 对常闭触点。表 1-6 为 JZ7 系列的主要技术数据。

型 号	触点额定电压(V)	触点额定电流(A)	触点对数		吸引线圈电压(V)	额定操作频率(次 /h)
			常 开	常 闭		
JZ7 - 44	500	5	4	4	交流 50 Hz 时为 12 , 36 , 127 , 220 , 380	1200
JZ7 - 62			6	2		
JZ7 - 80			8	0		

新型中间继电器触点闭合过程中动、静触点间有一段滑擦、滚压过程 ,可以有效地清除触点表面的各种生成膜及尘埃 ,减小了接触电阻 ,提高了接触可靠性 ,有的还装了防尘罩或采用密封结构 ,也是提高可靠性的措施。有些中间继电器安装在插座上 ,插座有多种型式可供选择 ,有些中间继电器可直接安装在导轨上 ,安装和拆卸均很方便。常用的有 JZ18、MA、KH5、RT11 等系列。中间继电器在电路中图形符号和文字符号与电压或电流继电器的相同。

复习思考题 1

- 1-1 接触器的作用是什么？根据结构特征如何区分交流、直流接触器？
- 1-2 交流接触器在衔铁吸合前的瞬间，为什么在线圈中产生很大的电流冲击？直流接触器会不会出现这种现象？为什么？
- 1-3 交流接触器和直流接触器能否互换使用？为什么？
- 1-4 交流接触器能否串联使用？为什么？
- 1-5 电压继电器和电流继电器在电路中各起何作用？它们的线圈和触点各接于什么电路中？
- 1-6 将释放弹簧放松或拧紧一些，对电压（或电流）继电器的吸合电压（或电流）与释放电压（或电流）有何影响？
- 1-7 增加衔铁吸合后的气隙时，对电压（或电流）继电器的吸合电压（或电流）与释放电压（或电流）有何影响？
- 1-8 交流 220 V 的电压继电器误接于直流 220 V 的控制电路上能正常工作吗？为什么？会产生什么现象？直流 220 V 的电压继电器误接于交流 220 V 的控制电路上能正常工作吗？为什么？会产生什么现象？
- 1-9 常用的熄弧方法有哪些？
- 1-10 在交流接触器、交流电压及中间继电器以及交流空气阻尼式时间继电器的铁心柱端面上安置分磁环的目的是什么？
- 1-11 什么是继电器的返回系数？欲提高电压（或电流）继电器的返回系数可采取哪些措施？
- 1-12 时间继电器和中间继电器在电路中各起什么作用？

2 常用其他低压电器

电磁式低压电器中的感测元件接受的是电压或电流的电量信号,但在众多的低压电器中,其感测元件接受的信号是发热、温度、转速以及机械力等不同形式的非电量信号。当然,对于不同形式的信号其感测元件的结构形式与电磁式电器有根本的不同,因此,出现了各种各样的其他低压电器。

2.1 热继电器

2.1.1 热继电器的作用和分类

在电力拖动控制系统中,当三相交流电动机出现长期带负荷欠电压下运行、长期过载运行以及长期单相运行等不正常情况时,会导致电动机绕组严重过热乃至烧坏。为了充分发挥电动机的过载能力,保证电动机的正常启动和运转,而当电动机一旦出现长时间过载时又能自动切断电路,从而出现了能随过载程度而改变动作时间的电器,这就是热继电器。显然,热继电器在电路中是做三相交流电动机的过载保护用。但须指出的是,由于热继电器中发热元件有热惯性,在电路中不能做瞬时过载保护,更不能做短路保护。因此,它不同于过电流继电器和熔断器。

按相数来分,热继电器有单相、两相和三相式共三种类型,每种类型按发热元件的额定电流又有不同的规格和型号。三相式热继电器常用于三相交流电动机做过载保护。

按职能来分,三相式热继电器又有不带断相保护和带断相保护两种类型。

2.1.2 热继电器的保护特性和工作原理

2.1.2.1 电动机的过载特性和热继电器的保护特性

因为热继电器的触点动作时间与被保护的电动机过载程度有关,所以在分析热继电器工作原理之前,首先要明确电动机在不超过允许温升的条件下,电动机的过载电流与电动机通电时间的关系。这种关系称为电动机的过载特性。

当电动机运行中出现过载电流时,必将引起绕组发热。根据热平衡关系,不难得出在允许温升条件下,电动机通电时间与其过载电流的平方成反比的结论。根据这个结论,可以得出电动机的过载特性,具有反时限特性,如图 2-1 中曲线 1 所示。

为了适应电动机的过载特性而又起到过载保护作用,要求热继电器也应具有如同电动机过载特性那样的反时限特性。为此,在热继电器中必须具有电阻发热元件,利

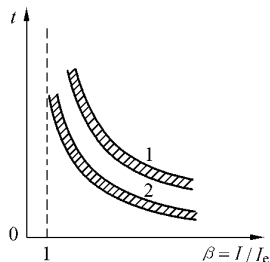


图 2-1 电动机的过载特性和热继电器的保护特性及其配合

用过载电流通过电阻发热元件产生的热效应使感测元件动作,从而带动触点动作来完成保护作用。热继电器中通过的过载电流与热继电器触点的动作时间关系,称为热继电器的保护特性。如图 2-1 中曲线 2 所示。考虑各种误差的影响,电动机的过载特性和继电器的保护特性都不是一条曲线,而是一条带子。显见,误差越大,带子越宽;误差越少,带子越窄。

由图中曲线 1 可知,电动机出现过载时,工作在曲线 1 的下方是安全的。因此,热继电器的保护特性应在电动机过载特性的邻近下方。这样,如果发生过载,热继电器就会在电动机未达到其允许过载极限之前动作,切断电动机电源,使之免遭损坏。

2.1.2.2 热继电器工作原理

热继电器中产生热效应的发热元件,应串接于电动机电路中,这样,热继电器便能直接反映电动机的过载电流。热继电器的感测元件,一般采用双金属片。所谓双金属片,就是将两种线膨胀系数不同的金属片以机械辗压方式使之形成一体。膨胀系数大的称为主动层,膨胀系数小的称为被动层。双金属片受热后产生线膨胀,由于两层金属的线膨胀系数不同,且两层金属又紧密地贴合在一起,因此,使得双金属片向被动层一侧弯曲,如图 2-2 所示。由双金属片弯曲产生的机械力便带动触点动作。

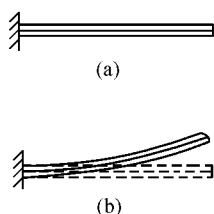


图 2-2 双金属片工作原理

(a) 受热前;(b) 受热后

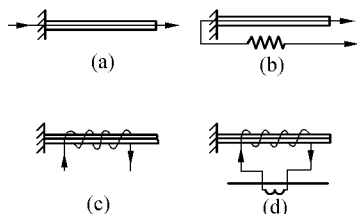


图 2-3 双金属片的受热方式

(a) 直接受热方式;(b) 间接受热方式;
(c) 复合受热方式;(d) 互感器受热方式

双金属片的受热方式有 4 种,即直接受热式、间接受热式、复合受热式和电流互感器受热式,如图 2-3 所示。直接受热式是将双金属片当做发热元件,让电流直接通过它;间接受热式的发热元件由电阻丝或带制成,绕在双金属片上且与双金属片绝缘;复合受热式介于上述两种方式之间;电流互感器受热式的发热元件不直接串接于电动机电路,而是接于电流互感器的二次侧,这种方式多用于电动机电流比较大的场合,以减少通过发热元件的电流。

图 2-4 是热继电器的结构原理图。热元件 3 串接在电动机定子绕组中,电动机绕组电流即为流过热元件的电流。当电动机正常运行时,热元件产生的热量虽能使双金属片 2 弯曲,但还不足以使继电器动作;当电动机过载时,热元件产生的热量增大,使双金属片弯曲位移增大,经过一定时间后,双金属片弯曲到推动导板 4,并通过补偿双金属片 5 与推杆 14 将触点 9 和 6 分开,触点 9 和 6 为热继电器串于接触器线圈

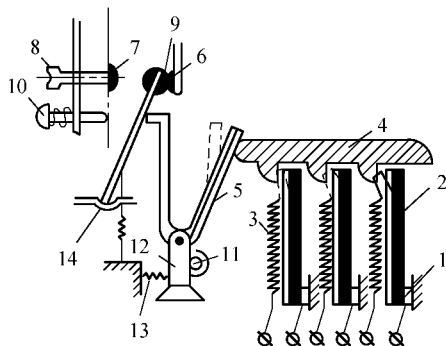


图 2-4 热继电器的结构原理图

回路的常闭触点,断开后使接触器失电,接触器的常开触点断开电动机的电源以保护电动机。

调节旋钮 11 是一个偏心轮,它与支撑件 12 构成一个杠杆,13 是一压簧,转动偏心轮,改变它的半径即可改变补偿双金属片 5 与导板 4 的接触距离,因而达到调整整定动作电流的目的。此外,靠调节复位螺钉 8 来改变常开触点 7 的位置使热继电器能工作在手动复位和自动复位两种工作状态。调试手动复位时,在故障排除后要按下按钮 10 才能使动触点恢复与静触点 6 相接触的位置。

2.1.3 带断相保护的热继电器

三相电动机的一根接线松开或一相熔丝熔断,是造成三相异步电动机烧坏的主要原因之一。如果热继电器所保护的电动机是 Y 接法,当线路发生一相断电时,另外两相电流便增大很多,由于线电流等于相电流,流过电动机绕组的电流和流过热继电器的电流增加比例相同,因此普通的两相或三相热继电器可以对此作出保护。如果电动机是 D 形接法,发生断相时,由于电动机的相电流与线电流不等,流过电动机绕组的电流和流过热继电器的电流增加比例不相同,而热元件又串联在电动机的电源进线中,按电动机的额定电流即线电流来整定,整定值较大。当故障线电流达到额定电流时,在电动机绕组内部,电流较大的那一相绕组的故障电流将超过额定相电流,便有过热烧毁的危险。所以 D 接法必须采用带断相保护的热继电器。

带有断相保护的热继电器是在普通热继电器的基础上增加一个差动机构,对三个电流进行比较。差动式断相保护装置结构原理如图 2-5 所示。热继电器的导板改为差动机构,由上导板 1、下导板 2 及杠杆 5 组成,它们之间都用转轴连接。图(a)为通电前机构各部件的位置。图(b)为正常通电时的位置,此时三相双金属片都受热向左弯曲,但弯曲的挠度不够,所以下导板向左移动一小段距离,继电器不动作。图(c)是三相同时过载时的情况,三相双金属片同时向左弯曲,推动下导板 2 向左移动,通过杠杆 5 使常闭触点立即打开。图中(d)是 C 相断线的情况,这时 C 相双金属片逐渐冷却降温,端部向右移动,推动上导板 1 向右移。而另外两相双金属片温度上升,端部向左弯曲,推动下导板 2 继续向左移动。由于上、下导板一左一右移动,产生了差动作用,通过杠杆

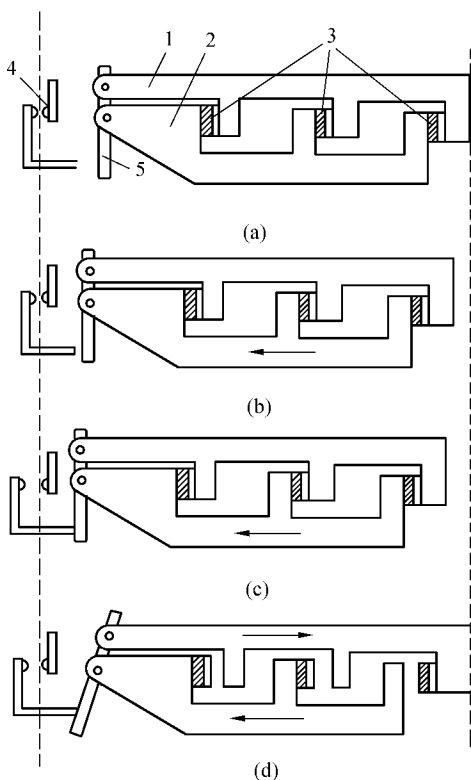


图 2-5 热继电器差动式断相保护机构动作原理图

(a) 通电前 (b) 三相正常通电 (c) 三相均过载 (d) C 相断线

1—上导板; 2—下导板; 3—双金属片;

4—常闭触点; 5—杠杆

的放大作用 ,使常闭触点打开。由于差动作用 ,使热继电器在断相故障时加速动作 ,保护电动机。

2.1.4 热继电器的主要技术数据

在电气原理图中 ,热继电器的发热元件和触点的图形符号如图 2-6 所示。

三相交流电动机的过载保护均采用三相式热继电器 ,尤其是 JR16 和 JR20 系列三相式热继电器得到广泛应用。这两种系列的热继电器按其职能分又有带断相保护和不带断相保护两种类型。根据电动机绕组的接法 ,这两种类型的热继电器接入电动机定子电路的方式也不尽相同。表 2-1 给出了 JR16 系列热继电器的技术数据。

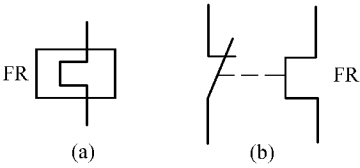


图 2-6 热继电器的图形符号和文字符号
(a) 热元件 ;(b) 常闭触点

表 2-1 JR16 系列热继电器技术数据

型 号	热继电器 额定电流 (A)	发 热 元 件 规 格			连接导线 规 格
		编 号	额 定 电 流 (A)	刻 度 电 流 调 整 范 围 (A)	
JR16- 20/3 JR16- 20/3D	20	1	0.35	0.25 ~ 0.3 ~ 0.35	4 mm ² 单股 塑料铜线
		2	0.5	0.32 ~ 0.4 ~ 0.5	
		3	0.72	0.45 ~ 0.6 ~ 0.72	
		4	1.1	0.68 ~ 0.9 ~ 1.1	
		5	1.6	1.0 ~ 1.3 ~ 1.6	
		6	2.4	1.5 ~ 2.0 ~ 2.4	
		7	3.5	2.2 ~ 2.8 ~ 3.5	
		8	5.0	3.2 ~ 4.0 ~ 5.0	
		9	7.2	4.5 ~ 6.0 ~ 7.2	
		10	11.0	6.8 ~ 9.0 ~ 11.0	
		11	16.0	10.0 ~ 13.0 ~ 16.0	
		12	22.0	14.0 ~ 18.0 ~ 22.0	
JR16- 60/3 JR16- 60/3D	60	13	22.0	14.0 ~ 18.0 ~ 22.0	16 mm ² 多股铜心 橡皮软线
		14	32.0	20.0 ~ 26.0 ~ 32.0	
		15	45.0	28.0 ~ 36.0 ~ 45.0	
		16	63.0	40.0 ~ 50.0 ~ 63.0	
JR16- 150/3 JR16- 150/3D	150	17	63.0	40.0 ~ 50.0 ~ 63.0	35 mm ² 多股铜心 橡皮软线
		18	85.0	53.0 ~ 70.0 ~ 85.0	
		19	120.0	75.0 ~ 100.0 ~ 120.0	
		20	160.0	100.0 ~ 130.0 ~ 160.0	

2.1.5 热继电器的选用

热继电器选用是否得当 ,直接影响着对电动机进行过载保护的可靠性。通常选用时应按电动机形式、工作环境、启动情况及负荷情况等几方面综合加以考虑。

①原则上热继电器的额定电流应按电动机的额定电流选择。对于过载能力较差的电动机,其配用的热继电器(主要是发热元件)的额定电流可适当小些。通常,选取热继电器的额定电流(实际上是选取发热元件的额定电流)为电动机额定电流的60%~80%。

②在不频繁启动场合,要保证热继电器在电动机的启动过程中不产生误动作。通常,当电动机启动电流为其额定电流6倍以及启动时间不超过6s时,若很少连续启动,就可按电动机的额定电流选取热继电器。

③当电动机为重复短时工作时,首先注意确定热继电器的允许操作频率。因为热继电器的操作频率是很有限的,如果用它保护操作频率较高的电动机,效果很不理想,有时甚至不能使用。

热继电器允许操作频率可按下式计算:

$$Z = K \frac{3600}{t_q \left(\frac{K_{ST}^2}{K_M^2} - 1 \right)} \left[\left(\frac{1.1 K_f}{K_M} \right)^2 - \frac{TD}{100} \right] \quad (2-1)$$

式中, K 为选用系数,其值为0.8~0.9; t_q 为电动机启动时间(s); K_{ST} 为电动机启动电流倍数($K_{ST} = I_M/I_e$); K_M 为电动机负荷电流倍数($K_M = I_M/I_e$); K_f 为热继电器整定电流倍数,即热继电器整定电流与电动机额定电流之比; TD 为通电持续率。

对于可逆运行和频繁通断的电动机,不宜采用热继电器保护,必要时可采用装入电动机内部的温度继电器。

2.1.6 热继电器使用中应注意的问题

热继电器尽管选用得当,但使用不当时也会造成对电动机过载保护的不可靠,因此,必须正确使用热继电器。

①热继电器本身的额定电流等级并不多,但其发热元件编号很多。每一种编号都有一定的电流整定范围,故在使用上应先使发热元件的电流与电动机的电流相适应,然后根据电动机实际运行情况再做上下范围的适当调节。例如,对于20kW、380V的三相笼型电动机,其额定电流为30A,根据电动机为连续工作制的特点,可选用JR16-60型热继电器和15号发热元件(其电流整定范围为28~36~45A)。先整定在36A挡上。若使用过程中发现电动机温升较高,而热继电器却延迟动作,说明整定电流过高。这对可旋动调整旋钮,重新将电流整定在28A挡上。

②热继电器有手动复位和自动复位两种方式。对于重要设备,当热继电器动作之后,必须待故障排除后方可重新启动电动机,宜采用手动复位方式,如果热继电器和接触器的安装地点远离操作地点,且从工艺上又易于看清楚过载情况,则宜采用自动复位式。

③热继电器的出线端的连接导线,对于JR16系列必须严格按表2-1规定选用。这是因为导线的材料和其线径大小均能影响发热元件端点传导到外部热量的多少。导线过细,轴向导热较差,热继电器可能提前动作;反之,导线过粗,轴向导热快,热继电器可能延迟动作。按规定,连接导线应为铜线,若不得已要用铝线,导线的截面积应放大1.8倍。除此之外,出线端螺钉应当拧紧,以免因螺钉松动导致接触电阻增大,影响发热元件的温升,最终可能使保护特性不稳定而引起误动作。

④热继电器和电动机的周围介质温度应尽量相同,否则会破坏已整调好的配合情况。

例如,当电动机安装于高温处,而热继电器却安装于低温处时,热继电器动作将会延迟;反之,热继电器的动作将会提前。

⑤热继电器必须按照产品说明书中规定的方式安装。当与其他电器装在一起时,应将热继电器装在其他电器的下方,以免其动作特性受其他电器发热的影响。

⑥使用中应定期去除尘埃和污垢。若双金属片中出现锈斑,可用棉布蘸上汽油轻轻揩拭,切忌用砂纸打磨。

⑦使用中每年要通电校验一次。另外,当主电路发生短路事故后,应检查发热元件和双金属片是否已发生永久性变形。若发生变形或无法作出判断时,则应进行通电试验。在调整时,绝不允许弯折双金属片。

2.2 信号继电器

2.2.1 温度继电器

电动机出现过载电流时,会使其绕组温升过高,而利用发热元件可间接地反映出绕组温升的高低,热继电器就可以起到电动机过载保护的作用。然而,即使电动机不过载,由于电网电压升高,会导致铁损增加而使铁心发热,这样也会使绕组温升过高,或者电动机环境温度过高以及通风不良等,同样会使绕组温度过高。出现后两种情况时,若用热继电器已显得无能为力。为此,出现了按温度原则动作的继电器,这就是温度继电器。

温度继电器是埋设在电动机发热部位,如电动机定子槽内、绕组端部等,可直接反映该处发热情况,无论是电动机本身出现过载电流引起温度升高,还是其他原因引起电动机温度升高,温度继电器都可引起保护作用。不难看出,温度继电器具有“全热保护”作用。

温度继电器大体上有两种类型,一种是双金属片式温度继电器,另一种是热敏电阻式温度继电器。

2.2.1.1 双金属片式温度继电器

JW2 系列温度继电器就是一种双金属片温度继电器,其结构组成如图 2-7 所示。在结构上它是封闭式的,其内部有盘式双金属片 2,此双金属片左面为主动层,右面为被动层。动触点 8 铆在双金属片上,且经由导电片 3、外壳 1 与连接片 4 相连,静触点 6 与连接片 4 相连。当电动机发热部位温度升高时,产生的热量通过外壳 1 传导给其内部的双金属片,当达到一定温度时双金属片开始变形,双金属片及动触点向图中左方瞬动地跳开,从而控制接触器使电动机断电达到过热保护的目的。当故障排除后,发热部位温度降低,双金属片也反向弹回而使触点重新复位。双金属片式温度继电器的动作温度是以电动机绕组绝缘等级为基础来划分的,它共有 50、60、70、80、95、105、115、125、135、145 和 165 等

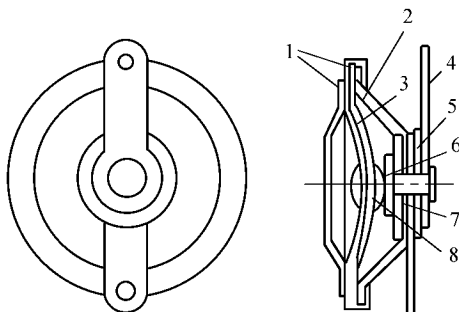


图 2-7 JW2 系列温度继电器

1—外壳;2—双金属片;3—导电片;4—连接片;
5、7—绝缘垫片;6—静触点;8—动触点

11 个规格。继电器的返回温度因动作温度而异 ,一般比动作温度低 5 ~ 40 。

双金属片式温度继电器的缺点是加工工艺复杂 ,且双金属片又容易老化。另外 ,由于体积偏大而多置于绕组的端部 ,故很难反映温度上升的情况 ,以致发生动作滞后的现象。同时 ,也不宜用来保护高压电动机 ,因为过强的绝缘层会加剧动作的滞后现象。

2.2.1.2 热敏电阻式温度继电器

这种继电器的外型同一般晶体管式时间继电器相似 ,但作为温度检测元件的热敏电阻不装在继电器中 ,而是装在电动机定子槽内或绕组的端部。热敏电阻是一种半导体器件 ,根据材料性质来分有正温度系数和负温度系数两种热敏电阻。正温度系数热敏电阻具有明显的开关特性、电阻温度系数大、体积小、灵敏度高等优点而得到广泛应用和迅速发展。

没有电源变压器的正温度系数热敏电阻式温度继电器电路如图 2 - 8 所示。图中 R_T 是表示各绕组内埋设的热敏电阻串联后的总电阻 ,它同电阻 R_3 、 R_4 、 R_6 构成一电桥。由晶体管 VT_1 、 VT_2 构成的开关接在电桥的对角线上。当温度在 65 以下时 , R_T 大体为一恒值且比较小 ,电桥处于平衡状态 , VT_1 及 VT_2 截止 ,晶闸管 VS 不导通 ,执行继电器 KA 不动作。当温度上升到动作温度时 , R_T 阻值剧增 ,电桥出现不平衡状态而使 VT_1 及 VT_2 导通 ,晶闸管 VS 获得门极触发电流而导通 ,执行继电器 KA 线圈有电而使衔铁吸合 ,其常闭触点分断接触器线圈从而使电动机断电 ,实现了电动机的过热保护。当电动机温度下降至返回温度时 , R_T 阻值锐减 ,电桥恢复平衡使 VS 关断 ,执行继电器线圈断电而使衔铁释放。

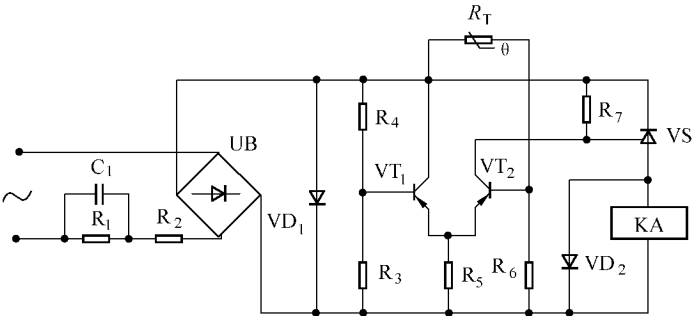


图 2 - 8 热敏电阻式温度继电器电路

在热敏电阻式温度继电器中 ,执行继电器的任务是控制主电路接触器的线圈电路 ,因此 ,完全可以用一只双向晶闸管来代替执行继电器 ,直接控制接触器的线圈。

温度继电器的触点在电路图中的图形符号与电压或电流继电器相同 ,只是在符号旁标注字母“ θ ”即可。

2.2.2 速度继电器

感应式速度继电器是依靠电磁感应原理实现触点动作的 ,因此 ,它的电磁系统与一般电磁式电器的电系统是不同的 ,而与交流电动机的电磁系统相似 ,即由定子和转子组成其电磁系统。感应式速度继电器在结构上主要由定子、转子和触点三部分组成 ,如图 2 - 9 所示。

转子由永久磁铁制成 ,定子的结构与笼型电动机的转子相似 ,是由硅钢片叠制而成 ,并装有笼型绕组。继电器轴 10 与电动机轴相连接 ,当电动机转动时 ,继电器的转子 11 随着一

起转动,这样,永久磁铁的静止磁场就成了旋转磁场。当定子 9 内的笼型导体 8 因切割磁场而感生电势和产生电流时,导体与旋转磁场相互作用产生电磁转矩,于是定子跟着转子相应偏转。转子转速越高,定子导体内产生的电流越大,电磁转矩也就越大。当定子偏转到一定角度时,在杠杆 7 的作用下使常闭触点打开而常开触点闭合。在杠杆 7 推动触点的同时,也压缩相应的反力弹簧,其反作用力阻止了定子继续偏转。当电动机转速下降时,继电器的转子转速也随之下降,定子导体内产生的电流也相应地减少,因而使电磁转矩也相应减小。当继电器转子的转速下降到一定数值时,电磁转矩小于反力弹簧的反作用力矩,定子便返回到原来位置,使对应的触点恢复到原来状态。调节螺钉 1 的松紧,可以调节反力弹簧的反作用力,从而可以调节触点动作所需的转子转速。

常用的感应式速度继电器有 JY1 和 JF20 系列。JY1 系列能在 3000 r/min 以下可靠地工作;JFZ0-1 型适用于 300~1000 r/min, JFZ0-2 型适用于 1000~3600 r/min;JFZ0 系列有两对常开、常闭触点。一般感应式速度继电器转轴在 120 r/min 左右时触点即能正常工作。通过调节螺钉 1 的松紧可改变继电器的动作转速,以适应控制电路的要求。

速度继电器的图形及文字符号如图 2-10 所示。

2.2.3 压力继电器

压力继电器广泛用于各种气压和液压控制系统中,通过检测气压或液压的变化,发出信号,控制电动机的启停,从而提供保护。

图 2-11 为一种简单的压力继电器结构示意图,由微动开关、给定装置、压力传送装置及继电器外壳等几部分组成。给定装置包括给定螺帽、平衡弹簧 3 等。压力传送装置包括入油口管道接头 5、橡皮膜 4 及滑杆 2 等。当使用于机床润滑油泵的控制时,润滑油经管道接头入油口 5 进入油管,将压力传送给橡皮膜 4,当油管内的压力达到某给定值时,橡皮膜 4 便受力向上凸起,推动滑杆 2 向上,压合微动开关,发出控制信号。旋转弹簧 3 上面的给定螺帽,便可调节弹簧的松紧程度,改变动作压力的大小,以适应控制系统的需要。

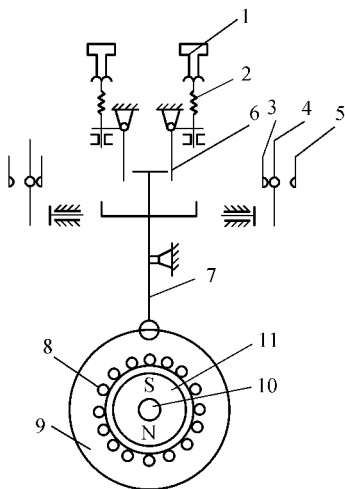


图 2-9 感应式速度继电器的结构组成示意图

1—调节螺钉;2—反力弹簧;3—常闭触点;4—动触点;5—常开触点;6—返回杠杆;7—杠杆;8—定子导体;9—定子;10—转轴;11—转子

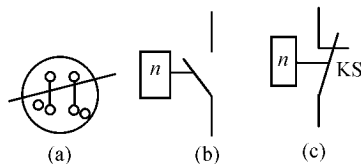


图 2-10 速度继电器的图形和文字符号

(a) 转子;(b) 常开触点;(c) 常闭触点

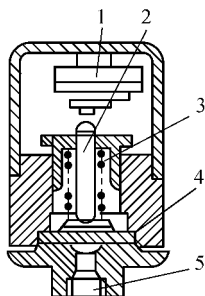


图 2-11 压力继电器结构简图

1—微动开关 2—滑杆 3—弹簧;
4—橡皮膜 5—入油口

2.2.4 液位继电器

某些锅炉和水柜需根据液位的高低变化来控制水泵电动机的启停,这一控制可由液位继电器来完成。

图 2-12 为液位继电器的结构示意图。浮筒置于被控锅炉或水柜内,浮筒的一端有一根磁钢,锅炉外壁装有一对触点,动触点的一端也有一根磁钢,它与浮筒一端的磁钢相对应。当锅炉或水柜内的水位降低到极限值时,浮筒下落使磁钢端绕支点 A 上翘。由于磁钢同性相斥的作用,使动触点的磁钢端被斥下落,通过支点 B 使触点 1-1 接通,2-2 断开。反之,水位升高到上限位置时,浮筒上浮使触点 2-2 接通,1-1 断开。显然,液位继电器的安装位置决定了被控的液位。

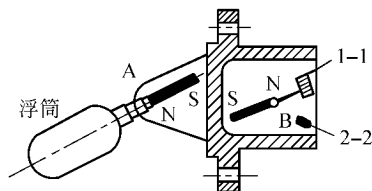


图 2-12 JYF-02 液位继电器

2.2.5 干簧继电器

干簧继电器由于其结构小巧、动作迅速、工作稳定、灵敏度高等优点,近年来得到广泛的应用。

干簧继电器的主要部分是干簧管,它由一组或几组导磁簧片封装在惰性气体(如氩、氮等气体)的玻璃管中组成开关元件。导磁簧片又兼作接触簧片,即控制触点,也就是说,一组簧片起开关电路和磁路双重作用。图 2-13 为干簧继电器的结构原理图,其中图(a)表示利用线圈内磁场驱动继电器动作,图(b)表示利用外磁场驱动继电器动作。在磁场作用下,干簧管中的两根簧片分别被磁化而相互吸引,接通电路。磁场消失后,簧片靠本身的弹性分开。

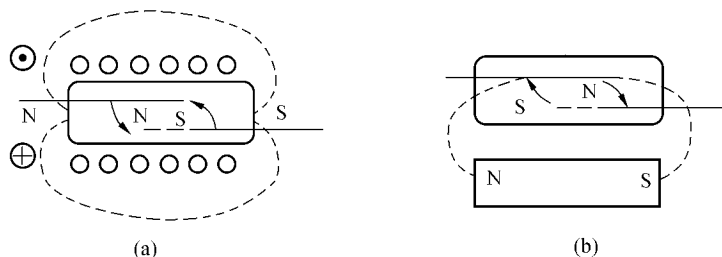


图 2-13 干簧继电器的结构原理

干簧继电器有许多特点：

①接触点与空气隔绝,可有效地防止老化和污染,也不会因触点产生火花而引起附近易燃物的燃烧。

②触点采用金、钯的合金镀层,接触电阻稳定,寿命长,为 100~1000 万次。

③动作速度快,为 1~3 ms,比一般继电器快 5~10 倍。

④与永久磁铁配合使用方便、灵活。可与晶体管配套使用。

⑤承受电压低,通常不超过 250 V。

目前国产干簧继电器型号有 JAG - 2 - 1_Z^HA、JAG - 2 - 2_Z^HA 等。型号中字母 H 表示常开触点, Z 表示转换触点。

2.3 主令电器

主令电器是用来闭合和断开控制电路,用以控制电力拖动系统中电动机的启动、停车、制动以及调速等。主令电器可直接作用于控制电路,也可以通过电磁式电器间接作用于控制电路。在控制电路中由于它是一种专门发布命令的电器,故称为主令电器。主令电器不允许分合主电路。

主令电器应用十分广泛,种类也繁多,常用的有控制按钮、行程开关、万能转换开关和主令控制器等。

2.3.1 控制按钮

控制按钮简称按钮,是一种结构简单使用广泛的手动主令电器,在控制电路中作远距离手动控制电磁式电器用,也可以用来转换各种信号电路和电器联锁电路等。

控制按钮一般由按钮、复位弹簧、触点和外壳等部分组成,其结构如图 2-14 所示,图形和文字符号如图 2-15 所示。按钮中触点的形式和数量根据需要可以装配成 1 常开 1 常闭到 6 常开 6 常闭形式。接线时,也可以只接常开或常闭触点。

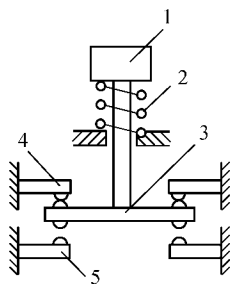


图 2-14 控制按钮结构示意图

1—按钮;2—复位弹簧;3—动触点;
4—常闭触点;5—常开触点

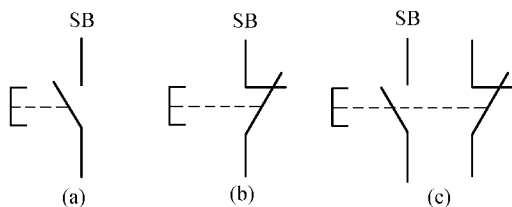


图 2-15 控制按钮的图形及文字符号

当按下按钮时,先断开常闭触点,而后接通常开触点。按钮释放后,在复位弹簧作用下使触点复位。

控制按钮可做成单式(一个按钮)、复式(两个按钮)和三联式(有三个按钮)的形式。为便于识别各个按钮的作用,避免误操作,通常在按钮上作出不同标志或涂以不同颜色,一般红色表示停止按钮,绿色或黑色表示启动按钮。

控制按钮在结构上有按钮式、紧急式、钥匙式、旋钮式和保护式 5 种,可根据使用场合和具体用途来选用。若将按钮的触点封闭于防爆装置中,还可构成防爆型按钮,适用于有爆炸危险、有轻微腐蚀性气体或蒸汽的环境以及雨、雪和滴水的场合。因此,在矿山及化工部门广泛使用防爆型控制按钮。

2.3.2 行程开关

依照生产机械的行程发出命令以控制其运行方向或行程长短的主令电器,称为行程开关。若将行程开关安装于生产机械行程终点处,以限制其行程,则称为限位开关或终点开关。

行程开关广泛应用于各类机床和起重机械的控制,以限制这些机械的行程。当生产机械运动到某一预定位置时,行程开关就通过机械可动部分的动作,将机械信号转换为电信号,以实现对生产机械的控制,限制它们的动作或位置,借此对生产机械予以必要的保护。

行程开关按其结构可分为直动式(如 LX1、JLXK1 系列)、滚轮式(如 LX2、JLXK2 系列)和微动式(如 LXW-11、JLXK1-11 系列)三种。

直动式行程开关的外形及结构原理如图 2-16 所示,它的动作原理与按钮相同。但它的缺点是触点分合速度取决于生产机械的移动速度,当移动速度低于 0.4 m/min 时,触点分断太慢,易受电弧烧损。为此,应采用有盘形弹簧机构瞬时动作的滚轮式行程开关,如图 2-17 所示。

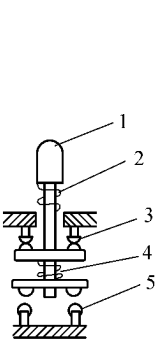


图 2-16 直动式行程开关

1—顶杆 2—弹簧 3—常闭触点;
4—触点弹簧;5—常开触点

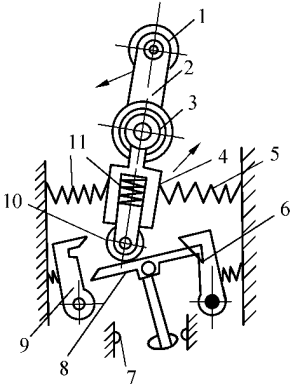


图 2-17 滚轮式行程开关

1—滚轮 2—上轮臂 3, 5, 11—弹簧;
4—套架 6, 9—压板 7—触点;
8—触点推杆;10—小滑轮

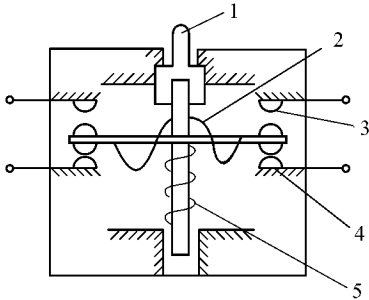


图 2-18 微动行程开关

1—推杆 2—弯片形状弹簧 3—常开触点
4—常闭触点 5—复位弹簧

当生产机械的行程比较小而作用力也很小时,可采用具有瞬时动作和微小行程的微动开关,如图 2-18 所示。滚轮式行程开关和微动开关的动作原理不再详述。行程开关的触点在电路图中的图形和文字符号如图 2-19 所示。

由于半导体元件的出现,产生了一种非接触式的行程开关,这就是接近开关。当生产机械接近它到一定距离范围之内时,它就能发出信号,以控制生产机械的位置或进行计数。

从原理上看,接近开关有高频振荡型、感应电桥型、霍尔效应型、光电型、永磁及磁敏元件型、电容型及超声波型等多种形式,其中以高频振荡型为最常用,占全部接近开关产量的 80% 以上。我国生产的接近开关也是高频振荡型的,它包括感应头、振荡器、开关器、输出器和稳压器等几部分。

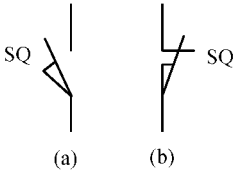


图 2-19 行程开关的图形符号
(a)常开触点 (b)常闭触点

当装在生产机械上的金属检测体(通常为铁磁件)接近感应头时,由于感应作用,使处于高频振荡器线圈磁场中的物体内部产生涡流(及磁滞)损耗,以致振荡回路因电阻增大、损耗增加而使振荡减弱,直至停止振荡。这时,晶体管开关器就导通,并通过输出器(即电磁式继电器)输出信号,从而起到控制作用。

与行程开关比较,接近开关具有定位精度高、操作频率高、寿命长、耐冲击振荡、耐潮湿、能适应恶劣工作环境等优点,因此,在工业生产中逐渐得到推广应用。有关接近开关的具体内容将在第3章中讨论。

2.3.3 万能转换开关

万能转换开关是由多组相同结构的触点组件叠装而成的多回路控制电器。它由操作机构、定位装置和触点等三部分组成。

触点为双断点桥式结构,动触点设计成自动调整式以保证通断时的同步性。静触点装在触点座内。每个由胶木压制的触点座内可安装2~3对触点,且每组触点上还有隔弧装置。

定位装置采用滚轮卡棘轮辐射形结构,操作时滚轮与棘轮之间的摩擦为滚动摩擦,故所需操作力小,定位可靠,寿命长。此外,这种机构还起一定的速动作用,既有利于提高分断能力,又能加强触点系统动作的同步性。

触点的通断由凸轮控制,为了适应不同的需要,手柄还能做成带信号灯的、钥匙型的等多种形式。目前,用得最多的万能转换开关产品有LW5和LW6两个系列。LW5系列万能转换开关如图2-20所示。

LW5系列万能转换开关按手柄操作方式又分为自复式和定位式两种。所谓自复式是指用手搬动手柄于某一位置后,当手松开后手柄自动返回原位。而定位式是指用手搬动手柄于某一位置后,当手松开后手柄就停留在该位置上。

万能转换开关手柄的操作位置是以角度来表示的,不同型号的万能转换开关,其手柄有不同的操作位置,不同型号的万能转换开关,其手柄操作位置可从电气设备手册中万能转换开关的“定位特征表”中查找到。

万能转换开关的触点在电路图中的图形符号如图2-21所示。但由于其触点的分合状态是与操作手柄的位置有关的,为此,在电路图中除画出触点图形符号之外,还应有操作手柄位置与触点分合状态的表示方法。其表示方法有两种,一种是在电路图中画虚线和画“•”的方法,如图2-21(a)所示,即用虚线表示操作手柄的位置,用有无“•”表示触点的闭合和打开状态,比如,在触点图形符号下方的虚线位置上面画“•”,则表示当操作手柄处于该位置时,该触点是处于闭合状态,若在虚线位置上未画“•”时,则表示该触点是处于打开状态。另一种方法是,在电路图中既不画虚线也不画“•”,而是在触点图形符号上标出触点编号,再用接通表表示操作手柄于不同位置时的触点分合状态,如图2-21(b)所示。在接通

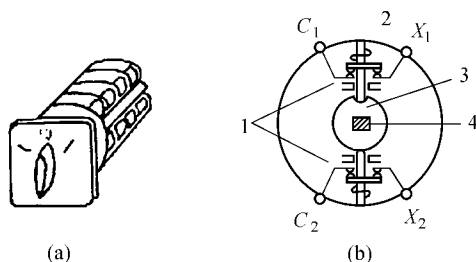


图2-20 LW5系列万能转换开关

(a)外形图;(b)结构原理图;

1—触点;2—触点弹簧;3—凸轮;4—转轴

表中用有无“×”来表示操作手柄于不同位置时触点的闭合和断开状态。

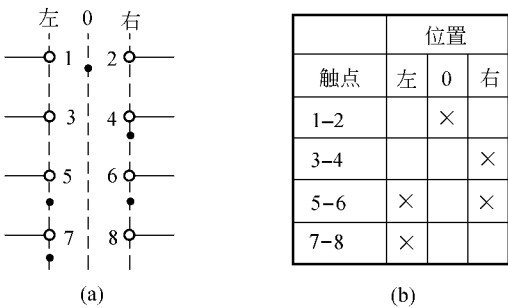


图 2-21 万能转换开关的图形符号
(a)画“·”标记表示;(b)接通表表示

万能转换开关主要用于低压断路操作机构的合闸与分闸控制、各种控制线路的转换、电压和电流表的换相测量控制、配电装置线路的转换和遥控等。由于万能转换开关的通断能力不高,当用来直接控制电动机时,LW5 系列只能控制 5.5kW 及以下的小容量电动机,而 LW6 系列只能控制 2.2kW 及以下的小容量电动机。它们若用于可逆运行控制时,只有在电动机停车以后才允许反向启动。

2.3.4 主令控制器

主令控制器是用来较为频繁地转换复杂的多路控制电路的主令电器。它一般由触点、凸轮、定位机构、转轴、面板及其支承件等部分组成。其操作轻便,允许每小时接电次数较多,触点为双断点的桥式结构,适用于按顺序操作多个控制回路。

图 2-22(b)为主令控制器的结构原理图。凸轮 1 和 7 固定于方轴上,动触点 4 固定于能绕轴 6 转动的支杆 5 上,当操作主令控制器手柄转动时,带动凸轮块 1 和 7 转动,当凸轮块 7 达到推压小轮 8 的位置时,将使小轮带动支杆 5 绕轴 6 转动,使支杆张开,从而使触点断开。其他情况下,由于凸轮块离开小轮,触点是闭合的。这样,只要安装一串不同形状的

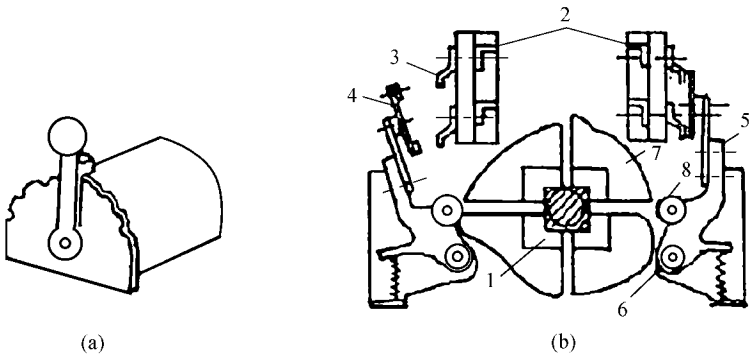


图 2-22 主令控制器
(a)外形图;(b)结构原理图

1、7—凸轮块;2—接线端子;3—静触点;4—动触点;5—支杆;6—转动轴;8—小轮

凸轮块,就可获得按一定顺序动作的触点,若这些触点用来控制电路,便可获得按一定顺序动作的电路了。

从结构形式来看,主令控制器有两种类型:一种是凸轮调整式主令控制器,它的凸轮片上开有孔和槽,凸轮片的位置可根据给定的触点分合表进行调整;另一种是凸轮非调整式主令控制器,其凸轮不能调整,只能按触点分合表适当地排列组合。

常用的主令控制器有 LK5 和 LK6 系列,其中 LK5 系列有直接手动操作、带减速器的机械操作与电动机驱动等三种形式的产品。而 LK6 系列是由同步电动机和齿轮减速器组成定时元件,由此元件按预先规定的时间顺序,周期性地分合电路。

主令控制器主要用于轧钢及其他生产机械的电力拖动控制系统中以及大型起重机的电力拖动系统对电动机的启动、制动和调速等作远距离控制用。

在电路图中主令控制器触点的图形符号以及操作手柄在不同位置时的触点分合状态的表示方法与万能转换开关相类似,这里不再重述。

上述有触点的主令控制器,对电路输出的是开关量主令信号。为实现对电路输出模拟量的主令信号,于是出现了无触点的主令控制器(也称为无级主令控制器)。无触点主令控制器从外观上看与有触点主令控制器相似,但其内部为一自整角机,自整角机的转子由操作手柄带动。当自整角机励磁绕组通电之后,利用转子与定子间的空间角差,在定子绕组中产生正弦的电压模拟输出主令信号。目前,厂家生产的无触点主令控制器有 WLK 系列,其中 WLK-1 型为脚踏式,它的右脚踏板通过轴、齿轮、套轴与自整角机定子相联,而左脚踏板通过轴、齿轮、套轴与自整角机转子相联。WLK-2 型为手动式,其操作手柄通过轴套、半联轴节与自整角机转子相联。两种类型均采用 BD501A 型的自整角机,励磁绕组电源为交流 110 V,定子绕组两相间输出电压为 $(55 \pm 2) \sin \theta$ V,其中 θ 为自整角机转子的偏转角度。零位时,两相间电压为零或接近零(不大于 0.5 V)。

2.4 熔断器

2.4.1 熔断器的结构和分类

熔断器在结构上主要由熔断管(或盖、座)、熔体及导电部件等部分组成。其中熔体是主要部分,它既是感测元件又是执行元件。熔断管一般由硬质纤维或瓷质绝缘材料制成半封闭式或封闭式管状外壳,熔体则装于其内。熔断管的作用是便于安装熔体和有利于熔体熔断时熄灭电弧。熔体(又称为熔件)是由不同金属材料(铅锡合金、锌、铜或银)制成丝状、带状、片状或笼状,它串接于被保护电路。熔断器的作用是当电路发生短路或过载故障时,通过熔体的电流使其发热,当达到熔化温度时熔体自行熔断,从而分断故障电路。显见,熔断器在电路中作过载和短路保护之用。

熔断器的种类很多,按结构来分有半封闭插入式、螺旋式、无填料密封管式和有填料密封管式,它们的外形如图 2-23 至图 2-26 所示。按用途来分有一般工业用熔断器、半导体器件保护用快速熔断器和特殊熔断器(如具有两段保护特性的快慢动作熔断器、自复式熔断器)。

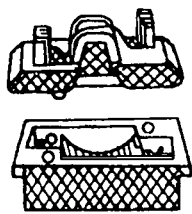


图 2-23 半封闭插入式熔断器

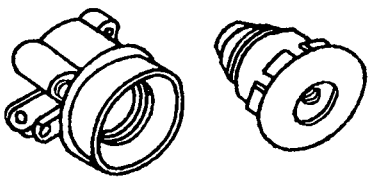


图 2-24 螺旋式熔断器

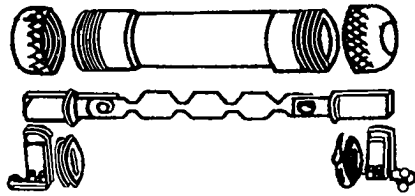


图 2-25 无填料密封管式熔断器

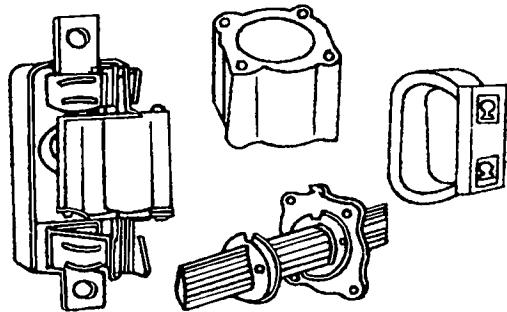


图 2-26 有填料密封管式熔断器

2.4.2 熔断器的保护特性

熔断器的保护特性亦称熔化特性(或称安秒特性),是指熔体的熔化电流与熔化时间之间的关系,它和热继电器的保护特性一样,也具有反时限特性,如图 2-27 所示。在保护特性中有一熔断电流与不熔断电流的分界线,与此相应的电流就是最小熔化电流 I_r 。当熔体通过电流等于或大于 I_r 时,熔体熔断。当熔体通过电流小于 I_r 时,熔体不熔断。根据对熔断器的要求,熔体在额定电流 I_{re} 时绝对不应熔断。

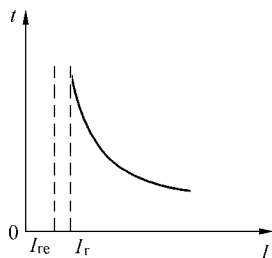


图 2-27 熔断器的保护特性

最小熔化电流 I_r 与熔体额定电流 I_{re} 之比称为熔断器的熔化系数,即 $K_r = I_r / I_{re}$ 。它是表征熔断器保护小倍数过载时灵敏度的指标。从过载保护观点来看, K_r 小时对小倍数过载保护有利,但 K_r 也不宜太小,如果 K_r 接近于 1 时,不仅熔体在 I_{re} 下的工作温度会过高,而且还有可能因为保护特性本身的误差而发生熔体在 I_{re} 下也熔断的现象,因而会影响熔断器工作的可靠性。

熔化系数主要取决于熔体的材料和工作温度以及它的结构。当熔体采用低熔点的金属材料(如铅、锡、铅锡合金及锌等)时,熔化时所需热量小,故熔化系数较小,有利于过载保护。但它们的电阻系数较大,熔体截面积较大,熔断时产生的金属蒸气较多,不利于熄弧,故分断能力较低。当熔体采用高熔点的金属材料(如铝、铜和银等)时,熔化时所需热量大,故熔化系数大,不利于过载保护,而且可能使熔断器过热;然而,它们的电阻系数低,熔体截面积较小,有利于熄弧,故分断能力较高。由此看来,不同熔体材料的熔断器,在电路中起保护作用的侧重点是不同的。

2.4.3 熔断器的主要参数

①额定电压。指熔断器长期工作时和分断后能够承受的电压,其值一般等于或大于电气设备的额定电压。

②额定电流。指熔断器长期工作时,设备部件温升不超过规定值时所能承受的电流。厂家为了减少熔断管额定电流的规格,熔断管的额定电流等级比较少,而熔体的额定电流等级比较多,也即在一个额定电流等级的熔断管内可以分装几个额定电流等级的熔体,但熔体的额定电流最大不能超过熔断管的额定电流。

③极限分断能力。是指熔断器在规定的额定电压和功率因数(或时间常数)的条件下,能分断的最大电流值,在电路中出现的最大电流值一般是指短路电流值。所以,极限分断能力也是反映了熔断器分断短路电流的能力。

2.4.4 一般熔断器的选用

(1) 熔断器类型的选择

选择熔断器的类型时,主要依据负载的保护特性和短路电流的大小。例如,用于保护照明和电动机的熔断器,一般是考虑它们的过载保护,这时,希望熔断器的熔化系数适当小些,所以容量较小的照明线路和电动机宜采用熔体为铅锌合金的 RC1A 系列熔断器,而大容量的照明线路和电动机,除过载保护外,还应考虑短路时的分断短路电流能力,若短路电流较小时,可采用熔体为锡质的 RC1A 系列或熔体为锌质的 RM10 系列熔断器。用于车间低压供电线路的保护熔断器,一般是考虑短路时的分断能力,当短路电流较大时,宜采用具有高分断能力的 RL1 系列熔断器;当短路电流相当大时,宜采用有限流作用的 RT0 及 RT12 系列熔断器。

(2) 熔体额定电流的选择

①用于保护照明或电热设备的熔断器,因为负载电流比较稳定,所以熔体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流,即

$$I_{re} \geq I_e \quad (2-2)$$

式中, I_{re} 为熔体的额定电流; I_e 为负载的额定电流。

②用于保护单台长期工作电动机(即供电支线)的熔断器,考虑电动机启动时不应熔断,即

$$I_{re} \geq (1.5 \sim 2.5) I_e \quad (2-3)$$

式中, I_{re} 为熔体的额定电流; I_e 为电动机的额定电流。轻载启动或启动时间比较短时,系数可取近 1.5,带重载启动或启动时间比较长时,系数可取近 2.5。

③用于保护频繁启动电动机(即供电支线)的熔断器,考虑频繁启动时发热熔断器也不应熔断,即

$$I_{re} \geq (3 \sim 3.5) I_e \quad (2-4)$$

式中, I_{re} 为熔体的额定电流; I_e 为电动机的额定电流。

④用于保护多台电动机(即供电干线)的熔断器,在出现尖峰电流时也不应熔断。通常,将其中容量最大的一台电动机启动,而其余电动机正常运行时出现的电流作为其尖峰电流,为此,熔体的额定电流应满足下述关系:

$$I_{re} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{emax} + \sum I_e$$

(2-5)

式中, I_{emax} 为多台电动机中容量最大的一台电动机额定电流, $\sum I_e$ 为其余电动机额定电流之和。

⑤为防止发生越级熔断,上、下级(即供电干、支线)熔断器间应有良好的协调配合,为此,应使上一级(供电干线)熔断器的熔断额定电流比下一级(供电支线)大1~2个级差。

(3)熔断器额定电压的选择

熔断器的额定电压应等于或大于所在电路的额定电压。

2.4.5 快速熔断器的选择

快速熔断器的选择是与其接入电路的方式有关,以三相硅或三相晶闸管电路为例,快速熔断器接入电路的方式,常见有接入交流侧、接入整流桥臂和接入直流侧(即与硅元件相串联)3种,如图2-28所示。

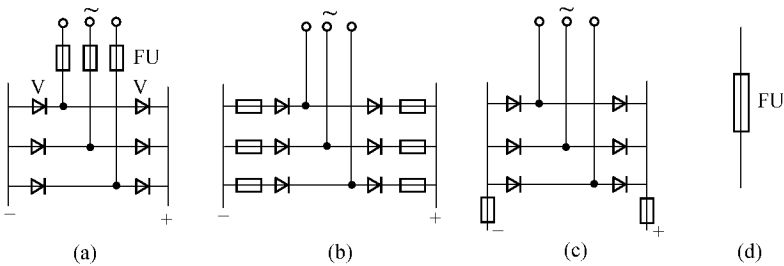


图 2-28 快速熔断器接入整流电路的方式

(a)接入交流侧;(b)接入整流桥臂;(c)接入直流侧;(d)熔断器的图形和文字符号

(1)熔体额定电流的选择

选择熔体的额定电流时应当注意,快速熔断器熔体的额定电流是以有效值表示的,而硅整流元件和晶闸管的额定电流却是用平均值表示的。

①当快速熔断器接在交流侧时熔体的额定电流为

$$I_{re} \geq k_1 I_{zhmax}$$

(2-6)

式中, I_{zhmax} 为可能使用的最大整流电流, k_1 为与整流电路的形式及导电情况有关的系数。若保护硅整流元件时, k_1 的值见表2-2,若保护晶闸管时, k_1 值见表2-3。

表 2-2 不可控整流电路时的 k_1 值

整流电路的形式	单相半波	单相全波	单相桥式	三相全波	三相桥式	双星形六相
k_1	1.57	0.785	1.11	0.575	0.516	0.29

表 2-3 可控整流电路及不同导通角时的 k_1 值

电路形式 \ 导通角	180°	150°	120°	90°	60°	30°
单相半波	1.57	1.66	1.83	2.2	2.78	3.99
单相桥式	1.11	1.17	1.33	1.57	1.97	2.82
三相桥式	0.816	0.828	0.865	1.02	1.29	1.88

②当快速熔断器接入整流桥臂时熔体的额定电流为

$$I_{re} \geq 1.5 I_{ge} \quad (2-7)$$

式中 I_{ge} 为硅整流元件或晶闸管的额定电流(平均值)。

(2)快速熔断器的额定电压选择

快速熔断器分断电流的瞬间,最高电弧电压可达电源电压的 1.5~2 倍。因此,硅整流元件或晶闸管的反向峰值电压必须大于此电压值才能安全工作,即

$$U_f \geq k_2 \sqrt{2} U_{re} \quad (2-8)$$

式中 U_f 为硅整流元件或晶闸管的反向峰值电压, U_{re} 为快速熔断器额定电压, k_2 为安全系数,其值一般为 1.5~2。

最后,还应指出,采用快速熔断器保护虽然具有结构简单、价格低廉、维修方便等特点,但也有局限性,主要是更换比较麻烦,故适用于负载波动不大、事故不多的场合。在负载波动大且事故较多的场合,宜采用快速自动开关代替快速熔断器。

2.5 低压开关和低压断路器

2.5.1 低压刀开关

2.5.1.1 塑壳刀开关

塑壳刀开关是一种结构最简单、应用最广泛的手动电器,用作电路的电源开关和小容量的电动机非频繁启动的操作开关。

塑壳刀开关由操作手柄、熔丝、触刀、触点座和底座组成,如图 2-29 所示。

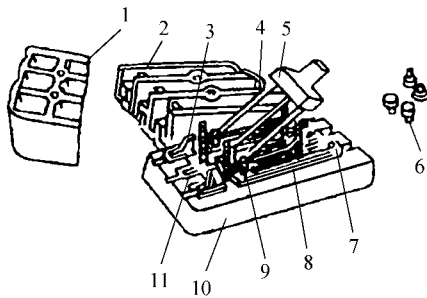


图 2-29 塑壳刀开关的结构图

1—上胶盖 2—下胶盖 3—插座 4—触刀 5—瓷柄;
6—胶盖紧固螺母 7—出线座 8—熔丝 9—触刀座;
10—瓷底板 11—进线座

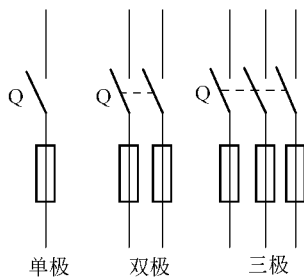


图 2-30 刀开关图形、文字符号

塑壳使电弧不致飞出灼伤操作人员,防止极间电弧造成电源短路,熔丝起短路保护作用。

刀开关安装时,手柄要向上,不得倒装或平装。倒装时手柄有可能因自动下滑而引起误合闸,造成人身安全事故。接线时,应将电源线接在上端,负载接在熔丝下端。这样拉闸后刀开关与电源隔离,便于更换熔丝。

刀开关的图形、文字符号如图 2-30 所示。塑壳刀开关的技术数据见表 2-4。

表 2-4 HK2 系列塑壳刀开关的技术数据

额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	熔体极限分断 能力(A)	控制最大电动机 功率(kW)	机械寿命 (次)	电寿命 (次)
200	10	2	500	1.1	10 000	2 000
	15		500	1.5		
	30		1 000	3.0		
330	15	3	500	2.2	10 000	2 000
	30		1 000	4.0		
	60		1 500	5.5		

2.5.1.2 熔断器式刀开关

熔断器式刀开关用于交流频率 50 Hz、电压至 600 V 有高短路电流的配电电路和电动机电路中,作电动机的保护和电源开关、隔离开关及应急开关,但一般不用于直接接通和分断单台电动机。常用的型号有 HR5、HR11 系列。HR5 熔断器式刀开关中的熔断器为 NT 型低压高分断型熔断器。NT 型熔断器是我国从德国 AEG 公司引进的制造技术而生产的,其分断能力高达 100 kA。HR5 型号产品可与国外同类产品替换。

HR5 系列的熔断器带有撞击器时,任一极熔断体熔断后,撞击弹出,通过横杆触动装在底板的微动开关发出信号或切断接触器的控制回路,以实现缺相保护。HR5 系列熔断器式刀开关的主要技术参数列于表 2-5 中。

表 2-5 HR5 系列熔断器式刀开关的主要技术参数

额定绝缘电压(V)	660			
额定工作电压(V)	380		660	
约定的发热电流(A)	100	200	400	630
配用熔体电流(A)	4~160	80~250	125~400	315~630
	熔断器型号:R□(系列引进德国 AEG 公司 NT 型)			

2.5.2 低压断路器

低压断路器过去称为自动空气开关,为了和 IEC 标准一致,故改用此名。

低压断路器可用于分配电能,不频繁地启动异步电动机,对电源线路及电动机等实行保护,当它们发生严重的过载或短路及欠电压等故障时能自动切断电路,其功能相当于熔断器式断流器与过流、欠压、热继电器的组合,而且在分断故障电流后一般不需要更换零部件,因而获得了广泛的应用。

2.5.2.1 低压断路器的结构及工作原理

低压断路器的结构原理简图如图 2-31 所示,实际情况要比该图复杂得多。

手动合闸后,动、静触点闭合,脱扣联杆 9 被锁扣 7 的锁钩钩住,它又将合闸联杆 5 钩住,将触点保持在闭合状态。

发热元件 14 与主电路串联,有电流流过时发出热量使热脱钩器 6 的下端向左弯曲,发

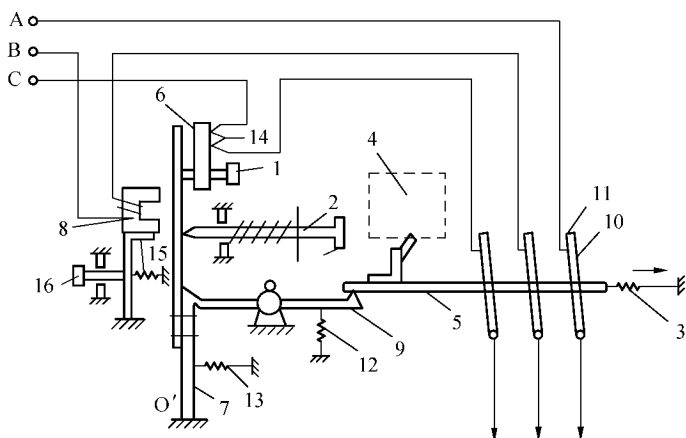


图 2-31 低压断路器的结构原理图

- 1—热脱扣器整定旋钮 2—手动脱扣按钮 3—脱扣弹簧 4—手动合闸机构 5—合闸联杆；
6—热脱扣器 7—锁扣 8—电磁脱扣器 9—脱扣联杆 10、11—动、静触点；
12、13—弹簧 14—发热元件 15—电磁脱扣弹簧 16—调节旋钮

生过载时脱钩器 6 弯曲到将脱钩锁钩推离开脱扣联杆,从而松开合闸联杆,动、静触点受弹簧 3 的作用而迅速分开。

电磁脱扣器 8 有一个匝数很少的线圈与主电路串联,发生短路时,它使铁心脱扣器上部的吸力大于弹簧的反力,脱扣锁钩向左转动,最后也使触点断开。

如果要求手动脱扣时,按下按钮 2 就可使触点断开。

脱扣器都可以对脱扣电流进行整定,这时只要改变热脱扣器所需要的弯曲程度和电磁脱扣器铁心机构的气隙大小就可以了。热脱扣器和电磁脱扣器互相配合,热脱扣器担负主电路的过载保护,电磁脱扣器担负短路故障保护。当低压断路器由于过载而断开后,应等待 2~3 min 才能重新合闸,以使热脱扣器回复原位。

低压断路器的主要触点由耐压电弧合金(如银钨合金)制成,采用灭弧栅片加陶瓷罩来熄灭电弧。

2.5.2.2 低压断路器的类型及其主要参数

① 万能式低压断路器。又称敞开式低压断路器,具有绝缘衬底的框架结构底座,所有的构件组装在一起,用于配电网路的保护。主要型号有 DW10 和 DW15 两个系列。

② 装置式低压断路器。又称塑料外壳式低压断路器,具有用模压绝缘材料制成的封闭型外壳将所有构件组装在一起。用作配电网路的保护和电动机、照明电路及电热器等控制开关。主要型号有 DZ5、DZ10、DZ20 等系列。

③ 快速断路器。具有快速电磁铁和强有力的灭弧装置,最快动作时间可在 0.02s 以内,用于半导体整流元件和整流装置的保护。主要型号有 DS 系列。

④ 限流断路器。利用短路电流产生巨大的吸力,使触点迅速断开,能在交流短路电流尚未达到峰值之前就把故障电路切断。用于短路电流相当大(高达 70 kA)的电路中。主要型号有 DWX15 和 DZX10 两种系列。

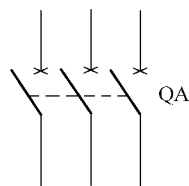
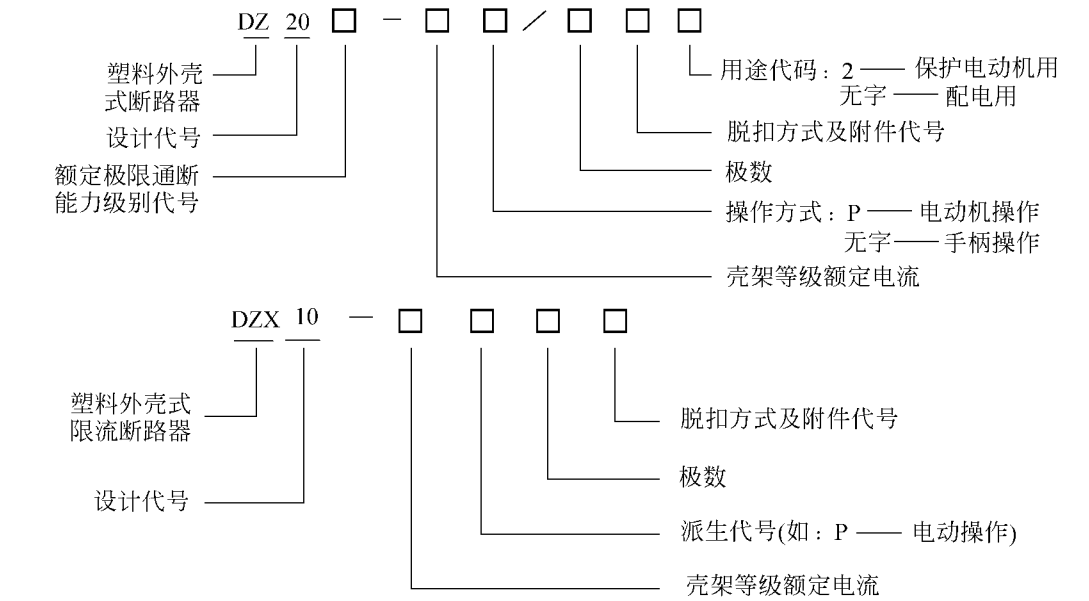


图 2-32 低压断路器的图形、文字符号

另外 ,我国引进的国外断路器产品有德国的 ME 系列、SIEMENS 的 3WE 系列 ,日本的 AE、AH、TG 系列 ,法国的 C45、S060 系列 ,美国的 H 系列等。这些引进产品都有较高的技术经济指标 ,通过这些国外先进技术的引进 ,使我国断路器的技术水平达到了一个新的阶段 ,为我国今后开发和完善新一代智能型的断路器打下了良好的基础。

低压断路器的图形、文字符号如图 2 - 32 所示。

低压断路器的型号意义为：



低压断路器的主要参数有 额定电压、额定电流、极数、脱扣器类型及其额定电流、整定范围、电磁脱扣器整定范围、主触点的分断能力等。国产低压断路器 DW15、DZ15、DZX10 和 DS12 系列的技术数据如表 2 - 6 至表 2 - 9 所示。

表 2 - 6 DW15 系列断路器的技术参数

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定短路接通分断能力(kA)					外形尺寸 宽 × 高 × 深(mm ³)
			电压(V)	接通 最大值	分断 有效值	cos φ	短路时最大 延时(s)	
DW15 - 200	380	200	380	40	20	—	—	242 × 420 × 341(正面) 386 × 420 × 316(侧面)
DW15 - 400	380	400	380	52.5	25	—	—	242 × 420 × 341 386 × 420 × 316
DW15 - 630	380	630	380	63	30	—	—	242 × 420 × 341 386 × 420 × 316
DW15 - 1000	380	1000	380	84	40	0.2	—	441 × 531 × 508
DW15 - 1600	380	1600	380	84	40	0.2	—	441 × 531 × 508
DW15 - 2500	380	2500	380	132	60	0.2	0.4	687 × 571 × 631 897 × 571 × 631
DW15 - 4000	380	4000	380	196	80	0.2	0.4	687 × 571 × 631 897 × 571 × 631

表 2-7 DZ15 系列塑料外壳式断路器的技术参数

型 号	壳架额定 电流(A)	额定电压 (V)	极数	脱扣器额定 电流(A)	额定短路通断 能力(kA)	电气、机械 寿命(次)
DZ15-40/1901	40	220	1	6,10,16,20, 25,32,40	3 (cosφ=0.9)	15 000
DZ15-40/2901		380	2			
DZ15-40/3901			3			
DZ15-40/3902			3			
DZ15-40/4901			4			
DZ15-63/1901	63	220	1	10,16,20,25, 32,40,50,63	5 (cosφ=0.7)	10 000
DZ15-63/2901		380	2			
DZ15-63/3901			3			
DZ15-63/3902			3			
DZ15-63/4901			4			

表 2-8 DZX10 系列断路器的技术参数

型 号	极数	脱扣器额定电流(A)	附 件			
			欠电压(或分励)脱扣器	辅助触点		
DZX10 - 100/22	2	63 ,80 ,100	欠电压 :AC220 ,380 分励 :AC220 ,380 DC24 ,48 ,110 , 220	一开一闭 二开二闭		
DZX10 - 100/23	2					
DZX10 - 100/32	3					
DZX10 - 100/33	3					
DZX10 - 200/22	2	100 ,120 ,140 ,170 , 200			二开二闭 四开四闭	
DZX10 - 200/23	2					
DZX10 - 200/32	3					
DZX10 - 200/33	3					
DZX10 - 630/22	2	200 ,250 ,300 ,350 , 400 ,500 ,630				
DZX10 - 630/23	2					
DZX10 - 630/32	3					
DZX10 - 630/33	3					

表 2-9 DS12 系列断路器的技术参数

型 号	额定工作 电压(V)	壳架等级额 定电流(A)	脱扣器形式或长延时 脱扣器电流整定范围	瞬时脱扣器电 流整定值(A)	外形尺寸 (mm ³)
DS12-10/08	800	1000	分励脱扣器 欠压脱扣器 电流上升率脱扣器	(0.8~2)I _e	340×625×680
DS12-20/08		2000			340×655×680
DS12-30/08		3150			380×660×960
DS12-60/08		6300			380×800×1100

2.5.2.3 低压断路器的选择及使用注意事项

选择低压断路器时应注意：

- ①低压断路器的额定电流和额定电压应大于或等于线路、设备的正常工作电压和工作电流。
- ②低压断路器的极限通断能力应大于或等于电路最大短路电流。

③欠电压脱扣器的额定电压等于线路的额定电压。

④过电流脱扣器的额定电流大于或等于线路的最大负载电流。

除此以外,低压断路器的使用应注意如下事项:

①低压断路器投入使用时应先进行整定,按照要求整定热脱扣器和电磁脱扣器的动作电流,以后就不应随意旋动有关的螺丝和弹簧。

②在安装低压断路器时应注意把来自电源的母线接到开关灭弧罩一侧的端子上,来自电气设备的母线接到另外的一侧端子。

③在正常情况下,每6个月应对开关进行一次检修,清除灰尘等。

④发生开断短路事故的动作后,应立即对触点进行清理,检查有无熔坏,清除金属熔粒、粉尘等,特别要把散落在绝缘上的金属粉尘清除掉。

使用低压断路器来实现短路保护比熔断器优越,因为当三相电路短路时,很可能只有一相的熔断器熔断,造成单相运行。对于低压断路器来说,只要造成短路都会使开关跳闸,将三相同时切断。低压断路器还有其他自动保护作用,所以性能优越。但它结构复杂,操作频率低,价格较高,因此适用于要求较高的场合,如电源总配电盘。

2.5.3 组合开关

组合开关在机床电气设备中用作电源引入开关,也可用来直接控制小容量三相异步电动机非频繁正、反转。

组合开关由动触点、静触点、方形转轴、手柄、定位机构和外壳组成。它的动触点分别叠装于数层绝缘座内,其结构和图形、文字符号如图2-33所示。当转动手柄时,每层的动触点随方形转轴一起转动,并使静触点插入相应的动触片中接通电路。HZ15系列组合开关的额定电流为10A、25A、63A等,额定电压有220VAC、380VAC。

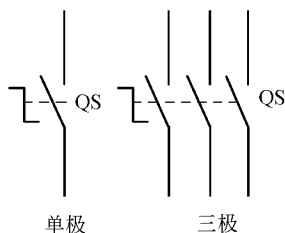


图2-33 组合开关的图形和文字符号

2.6 漏电保护开关

2.6.1 触电的形成及其危害

400V以下的低压电网有中性点接地和中性点不接地两种系统。如果电源变压器低压侧的中性点不接地,触电回路的构成如图2-34(a)所示。电动机因绝缘损坏而使一相碰壳,电机外壳接地松动(或者根本没有接地),当人触及电机外壳时,触电电流就经过大地和线路的对地分布电容构成回路。当线路很长时,线路对地分布电容增加,通过分布电容构成的回路电流也增大,人体就有触电危险。对中性点接地的三相系统,人体触及电动机机壳时,触电回路的构成见图2-34(b),由于电网中性点接地阻抗很小,因此触电电压几乎等于电源的相电压。为了人身和设备的安全,大多数低压系统都采用中性点(电源变压器低压侧)接地的方式,使故障电流流入大地。由于接地阻抗小,中性点接地可以有效地抑制低压电网中的故障电压。

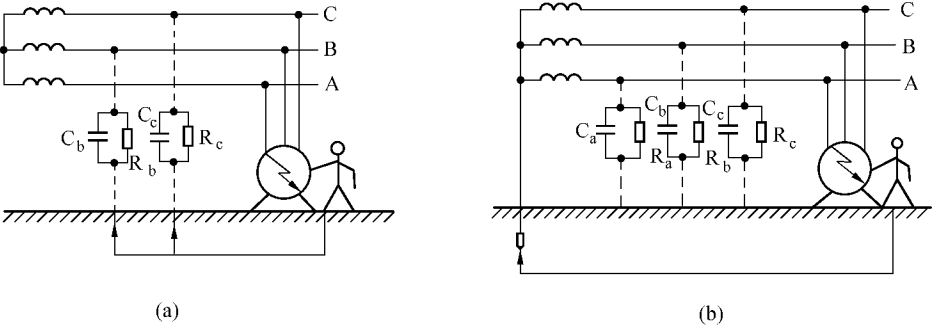


图 2-34 触电回路的形成
(a)中性点不接地系统;(b)中性点接地系统

2.6.2 漏电保护开关的组成和动作原理

漏电保护开关是电器保护装置的一种,主要用于触电保护,也兼有漏电保护的作用。它有电压型和电流型之分。电压型和电流型漏电保护开关的主要区别在于检测故障信号方式的不同。表 2-10 和表 2-11 是电压型和电流型漏电保护开关的基本技术数据,可供选用或整定时参考。

表 2-10 电压型漏电保护开关的基本技术数据

高 速 型				一 般 型	
高灵敏类		低灵敏类		低灵敏类	
额定动作电压(V)	动作时间(s)	额定动作电压(V)	动作时间(s)	额定动作电压(V)	动作时间(s)
25	<0.1	50	<0.1	50	<0.2

表 2-11 电流型漏电保护开关的基本技术数据

高 速 型				一 般 型	
高灵敏类		低灵敏类		低灵敏类	
额定动作电压(V)	动作时间(s)	额定动作电压(V)	动作时间(s)	额定动作电压(V)	动作时间(s)
5	<0.1	50 ,100	<0.1	50 ,100	<0.2
10		200 ,300		200 ,300	
30		500 ,1000		500 ,1000	

电压型漏电保护开关是通过检测元件,将触电、漏电所引起的三相中点电压检出(因此也叫中点位移式漏电保护开关)或将负载侧用电设备漏电产生的故障电压检出,并转换成电流信号,而将事故电路自动切断的电器保护装置。为了利用中点电压,在安装时一般要改变原来的接地方式。例如,将供电变压器二次绕组中点直接接地改为间接接地,即通过检测元件的阻抗接地,对中点不接地的变压器来说,就必须设置人为中点,电压型漏电保护开关才能投入运行。

电流型漏电保护开关是一种由零序电流互感器(或差动变流器)检出触电、漏电信号,经中间元件比较放大后,自动切除故障电路的电器保护装置。在安装时不需要改变供电系统原有的接地方式。但检测元件必须利用电磁元件,而电压型漏电保护开关的检测元件,既可以用电磁元件,也可以用电子元件。目前多采用电流动作型,它适用于中性点接地的电网系统。脱扣器有电磁式、半导体式和高灵敏继电器式三种。图 2-35 是一种电流动作型漏电保护开关的原理图。它由开关本体、零序电流互感器和漏电脱扣器组成。当电网处于正常情况时,不论 A、B、C 三相负载是否平衡,只要电路中没有接地漏电电流或触电电流存在,通过零序电流互感器的三相电流矢量和都等于零,即

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

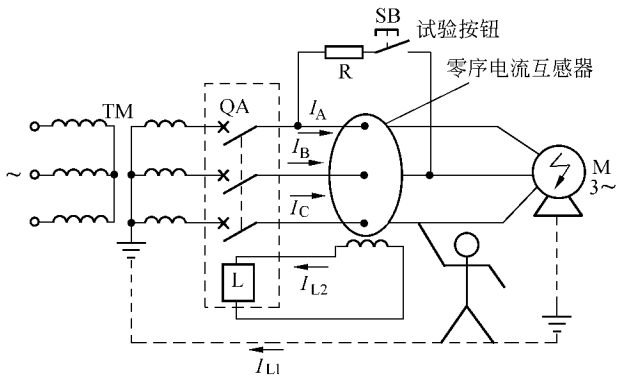


图 2-35 漏电保护开关

TM—电源变压器 ;QA—开关 ;R—试验电阻 ;L—漏电脱扣器 ;M—电动机

此时零序电流互感器的二次绕组中没有感应电流产生,漏电保护开关可在合闸状态下正常工作而不动作。当被保护电网中有电气设备的漏电事故,例如电动机内某相因绝缘损坏并碰及外壳时,便产生漏电流。如果外壳没有接地,则人碰到外壳时便会触电(为了安全,强电设备的外壳一般都要求接地)。或者更有甚者,操作人员因疏忽违反操作规程,直接触及火线而触电。这些漏电流便通过大地回到变压器的低压侧中性点,因而三相电流的矢量和不再为零。

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_L$$

式中, $\dot{I}_L$ 为总漏电流。于是零序电流互感器的二次绕组中就有感应电流 I_{L2} 流向漏电脱扣器。当总漏电流达到漏电保护开关的整定动作值时,漏电脱扣器动作推动开关脱扣机构,使开关分断电路。

图 2-40 中试验按钮 SB 与电阻 R 串联后,跨接于 AB 两相之间,以便对漏电保护开关进行人体触电的模拟试验。视 R 为人体电阻,R 的大小接近人体的电阻值。当按下试验按钮,相当于人体在火线 A、B 两相间触电,由于 R 一端接在零序电流互感器的左方(A 相输入端),另一端接在零序电流互感器的右方(B 相输出端),支路 R 的存在,使穿过零序电流互感器 A、B、C 三相电流矢量和不再为零。因此,在互感器的二次绕组中产生了感应电流 I_{L2} 流过漏电脱扣器,通过脱扣机构使漏电保护开关分闸,以证明其漏电保护性能是良好的。

随着社会的发展,用电量与日俱增,触电死亡人数也随之增多,触电保安问题的研究日趋重要。触电的发生是由于人们的疏忽触及带电导体所致,此时通过人体的电流即为电击

电流。根据不同的生理反应 ,电击电流可分为感知电流、摆脱电流、容许安全电流和危险电流等四级。当触电后 ,触电者能自行摆脱带电导体 ,即使多次重复对人体仍不产生有害生理效应的电流 称为摆脱电流。触电者能自行摆脱的最大安全电流称为容许安全电流。当触电后通过人体的电流足够大 ,触电者已不能依靠自我的本能摆脱带电导体而获得安全 ,此时触电者的安全与通过人体电流的大小及电流持续时间的长短密切相关。并且电击的部位以通过心脏最为严重。目前 ,人体触电安全临界值多用触电电流与触电持续时间的乘积来表示。由于性别、年龄、体质因素、生理状态、触电电流的种类等随机因素的影响 ,都会导致触电安全临界电流的差异。为了探索电击致死的原因 ,加深对触电死亡机理的认识 ,找出各种电击参数间的函数关系及人体触电安全临界值 ,以便更好地开发出多种触电保安措施 ,中外电学、医学工作者联合起来对触电者群体用概率统计的方法进行了大量的试验研究 ,同时用兔、猪、狗、羊、牛和猴子等动物不断地进行试验和推论 ,发现心室颤动是触电致死的一般原因 ,而引起心室颤动 ,电流比电压更为危险。由于大多数用户使用交流电 ,直流电的触电事故比交流电为少。同时 ,引起相同的人体生理效应 ,直流电比交流电要大 2 ~ 4 倍 ,即对于同样大小的触电电流 ,交流比直流更为危险。下面讨论的数据均为交流工频。如果采取触电保安措施 ,则触电后借助漏电保护开关在触电临界安全值范围内及时切断电网电源 ,则能达到触电保安的效果。

(1)安全电流临界值

人体触电的安全电流与触电的持续时间有关。对于安全电流临界值的大小 ,试验条件不尽相同 ,各家研究结果也不一 ,目前尚在进一步试验研究之中。在一般情况下 ,当触电电流为 30 ~ 50 mA 并持续数分钟以上时即可使人遭受危险 ,如果触电电流高达 50mA 至数百 mA ,则持续时间只需几个心脏搏动周期就可使人发生心室颤动、心脏跳动停止而死亡。但如果触电时间不超过 10 ms ,则触电电流即使高达数百 mA ,一般也不会引起人身危险。

目前世界各国趋向于从避免心室颤动这一观点出发来确定安全电流的界值 ,提出以开始引起心室颤动的电流值与触电时间的乘积(50 mA · s)再乘以 0.6 的安全系数 ,即 30 mAs 作为实用安全电流的临界值。

(2)安全电压临界值

触电电流由人体的实际电阻和接触电压来决定。为了使触电电流小于规定的安全电流 ,因此规定了安全电压。由于安全电流随触电时间的不同而异 ,故安全电压与触电时间也有一定的关系 ,如表 2 - 12 所示。

表 2 - 12 安全电压与触电时间的关系

预期接触电压(V)	< 50	50	75	80	110	150	220	280
最大允许时间(s)		5	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.03

表中以 50 V 为人体触电的安全电压。上面提到的安全电流和安全电压都是一般工作条件下规定的。在某些特殊场合 ,如高空作业、水下作业等 ,安全电流和安全电压值还应降低。漏电保护开关应根据人体触电安全临界值的大小来调整漏电动作电流值及动作时间的大小 ,在确保人身和设备安全的同时 ,又不致由于轻度漏电(小于触电安全临界值时)而使漏电保护开关经常动作 ,造成不必要的停电。

复习思考题 2

2-1 热继电器在电路中的作用是什么?带断相保护和不带断相保护的三相式热继电器各用在什么场合?

2-2 如何选用三相式热继电器?

2-3 在三相式热继电器中采用补偿双金属片的目的是什么?

2-4 熔断器在电路中的作用是什么?由低熔点和高温点金属材料制成的熔体,在保护作用方面各有何特点?各用于什么场合?

2-5 当出现通风不良或环境温度过高而使电动机过热时,能否采用热继电器进行保护?为什么?

2-6 电动机的启动电流很大,在电动机启动时,能否使按电动机额定电流整定的热继电器动作?为什么?

2-7 说明熔断器和热继电器保护功能的不同之处。

2-8 既然在电动机的主电路中装有熔断器,为什么还要装热继电器?装有热继电器是否就可以不装熔断器?为什么?

2-9 Y形接法的三相异步电动机能否采用两相结构的热继电器作为断相和过载保护?D形接法的三相异步电动机为什么要采用带有断相保护的热继电器?

2-10 温度继电器为什么能实现“全热”保护?

2-11 感应式速度继电器是怎样实现动作的?用于什么场合?

2-12 行程开关、万能转换开关及主令控制器在电路中各起什么作用?

2-13 低压断路器在电路中的作用是什么?失压、过载及过电流脱扣器起什么作用?

2-14 两台电动机不同时启动,一台电动机额定电流为 14.8 A,另一台电动机额定电流为 6.47 A,试选择用作短路保护熔断器的额定电流及熔体的额定电流。

2-15 在电动机主回路装有 DZ20 系列断路器,是否可以不装熔断器?分析断路器与刀开关及熔断器控制、保护方式的特点。

3.1 电子电器的特点和主要技术参数

电子电器是全部或是部分由电子器件构成的电器。随着半导体技术的迅速发展,电子技术渗透到各个领域,在自动化技术中起着重要作用。比如各种电量与非电量的信号检测电器,可实现软启动和综合保护的电机启停控制器,电动机的短路、断相、漏电保护继电器,自动开关半导体脱扣器,按电动机电流值控制的Y-D自动转换器以及各种晶闸管开关等,在自动化检测与控制技术中应用日益广阔。

3.1.1 电子电器的特点

3.1.1.1 优点

①开关速度高。以大功率开关来说,晶闸管的开通时间不大于 1μ ,关断时间不大于 3μ 。对于小功率的晶闸管开关,这个时间为数毫秒至数微秒,比有触点电器的固有动作时间(数毫秒至数十毫秒)小得多。在实际工作中常需要这种高速的开关电器,如计算机备用电源的切换开关等。

②操作频率高。晶闸管的操作频率可达到100次/min以上。

③寿命长。只要在规定的电压和电流的极限以内,半导体开关的寿命很长。

④可在恶劣的环境下工作。可在有机机械振动、多粉尘或有危害性气体的恶劣环境下工作。

⑤控制功率小。采用场效应管或MOS元件作为输入极,信号源几乎不消耗电功率。

⑥多功能。在完成开关作用的同时还能提供诸如电动机的软启动、调速和再生制动的功能。

电子器件主要包括电子式电器与混合式电器两种。电子式电器保持独立的电器外形,在功能上则与有触点电器相对应,输出形式可以是无触点的电平转换,也可以是有触点的触点通断,既可与电子电路构成无触点系统,也可以与有触点电器构成继电接触系统。例如行程开关到接近开关,双金属片热继电器及电磁式过流继电器到电子式过流、短路、断相、保护继电器等。混合式电器是有触点与无触点相结合的电器。混合式电器的优点是集两者的优点,取长补短,相辅相成,它有三种不同的形式:a.采用触点电器为其出口元件的电子式电器,如晶闸管时间继电器等。b.采用电子式控制或是保护信号发生机构的有触点电器,如半导体脱扣器的断路器,某些同步接触器则是采用电子控制信号使接触器的触点在电流过零的时候断开,实现电路的无弧通断,为此,磁系统的失电时间应由具有选相延时功能的电子线路来控制。c.混合式接触器,在接触器的每一主触点上并联一个双向晶闸管,当开关接通时使晶闸管的导通先于触点的闭合,分断时晶闸管的阻断后于触点的断开,二者取长补短,实现了有触点电器的无弧通断。

3.1.1.2 缺点

- ①体积大。导通后的管压降大,晶闸管的正向压降可达 $1 \sim 2\text{ V}$,大功率晶闸管的饱和压降也有 $1 \sim 2\text{ V}$ 。由于正向压降大,导通后的功耗以及发热也大,为此需要较大的散热面积,这样其体积比同等容量的有触点电器约增大 10 倍。
- ②存在漏电流。晶闸管关断后有数毫安的漏电流,不能实现理想的电隔离。
- ③过载能力低。当用于控制电动机时,常不得不按启动电流来选择元件的容量。
- ④电路较复杂。电子器件、元件的温度特性及抗干扰能力较差,为提高工作可靠性,需从电路上采取有效的措施。
- ⑤价格较高。一台交流接触器就需要 3 只双向晶闸管,加上触发电路及散热器等,其总价比同等容量的有触点电器高出 10 倍以上。

3.1.2 电子电器的组成

虽然不同的电子电器都有各自的特点,但大多数非数字式电子电器都具有图 3-1 所示的方框图。更换不同的传感器机构,并对图中的某些环节稍作改动,即可构成不同类型的电器。例如,图中的传感机构如果是一个反映光照强度的光敏元件,那么它就是一个光电继电器;如果是反映机械形变的电阻应变片,那么它就是一个压力或称重电器。诚然,图 3-1 所示意的框图只能说具有一定的代表性,很多的电子电器在其传感器机构与出口电路之间,在信号处理上会有差异,有的不需要延时环节,有的则尚需要增加其他的环节,如微分、积分等。但图 3-1 仍可帮助我们粗略地了解一般的电子电器的组成部分。

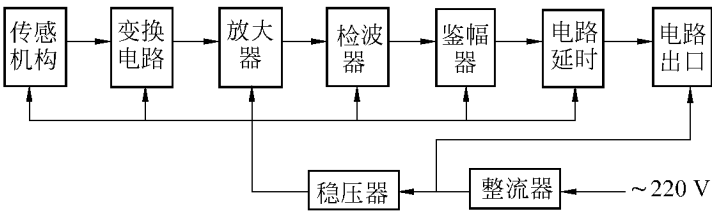


图 3-1 一般电子电器的方框图

(1) 传感机构

电子电器的传感机构主要是一些变换元器件或传感器,用于实现电—电和非电—电的变换。把被监控的各种电量或非电量变换为适用于电子线路的电压、电流或电路参数(R 、 L 、 C)。例如, $I-U$ 变换器把被测电流的变化转换为电压的变化,光敏电阻把光强度的变化转换为电阻的变化等。

(2) 变换电路

将无源传感器上随输入非电量的变化而变化的电路参数转换为电压或电流信号。

(3) 放大器

它将微弱信号加以放大,以提高电路的灵敏度、精度和工作可靠性。

(4) 检波器或解调器

它实际上是一个具有平滑滤波的整流电路,将放大器输出的调幅信号经检波器或解调器解调成直流信号,然后送入鉴幅器进行鉴幅。

(5) 鉴幅器

鉴幅器是一个比较环节,用来判别被测量(输入信号)是否已经达到或超过给定(门限值)。

(6) 延时电路

延时电路用于当输入信号达到或超过预先整定的动作值时延缓其动作时间。

(7) 出口电路

出口电路是电子电器的末级电路,其主要作用是提供所需的输出电平和功率,获得良好的继电特性,提供相互隔离或不隔离的转换输出。其输出形式可以选用无触点(晶体管或晶闸管)或有触点(小型继电器)两种。

(8) 整流器、稳压器

整流器、稳压器用作电子电器的工作电源。

3.1.3 电子电器的主要技术参数

(1) 动作值

电子电器的动作值是在其输出状态由“0”态翻转为“1”态时的输入量数量值。对于开关量输出的电器元件而言,动作值是最重要的技术参数,其他技术参数和条件都是与动作值关联而产生的。如果用户根据需要对动作值自行整定,还应当给出动作值的上、下限范围。

(2) 回差及返回系数

输出状态由“1”恢复到“0”的输入量值叫释放值。一般说来动作值和释放值是不相等的,释放值小于动作值,因此

$$\text{回差} = \text{动作值} - \text{释放值} \quad (3-1)$$

$$\text{返回系数 } K_F = \text{释放值} / \text{动作值} \quad (3-2)$$

因为回差不能小于零,则 K_F 不可能大于 1,回差越小, K_F 就越接近 1。

不同的应用场合要求电器有不同的 K_F 值。保护类电器要求 K_F 值较小,甚至要求不可自复;检测和调节系统则要求 K_F 值等于或是接近 1,以便大大提高系统的调节精度。

(3) 动作误差

电子电器对动作误差的规定基本上采用了与低压电器相一致的精度考核标准,误差分为单项误差和综合误差两类,单项误差又分为重复误差、电压误差(电源电压变动引起的误差)和温度误差(温度变动引起的误差)。综合误差是电源电压和环境温度各在其极限范围内变化时电器可能产生的最大误差。多数电器采用误差的相对值,一些检测电器(如接近开关)则取误差值的绝对值为其产品的精度。电子电器产品的三个单项误差规定如下:

① 重复误差。在常温和额定误差下,动作误差

$$\Delta = \pm \left| \frac{F_d - F_{da}}{F_{da}} \right| \times 100\% \quad (3-3)$$

式中, F_{da} 为 5 次动作值的算术平均值; F_d 为各次动作值中偏离平均值最大者。

② 电压误差。在常温下以 85%、100%、105% 额定电压 U_e 各实验 5 次,动作误差

$$\Delta' = \pm \left| \frac{F'_d - F'_{da}}{F'_{da}} \right| \times 100\% \quad (3-4)$$

式中, F'_{da} 为 100% U_e 时 5 次动作值的算术平均值; F'_d 为各次动作值中偏离平均值最大

者。

③温度误差。在 $100\% U_e$ 下,以常温、上限温度、下限温度三种情况各试验 5 次,动作误差

$$\Delta'' = \pm \left| \frac{F''_d - F''_{da}}{F''_{da}} \right| \times 100\% \quad (3-5)$$

式中, F''_{da} 为常温下 5 次动作的算术平均值; F''_d 为各次动作值中偏离平均值最大者。

与上述规定不同,接近开关等检测电器的各单项误差规定为在 10 次试验中取最大值与最小值之差为产品的精度。

(4) 电源电压

不论电源是交流还是直流,都应采用统一规定的各种标准电压。在给出电源电压的同时还应规定出电压的允许变化范围,在此范围内电器能可靠地工作并能保证规定的精度。

(5) 输出电压

有“0”输出电压和“1”输出电压。前者是输出低电平(指正逻辑)时电压的最高允许值,后者是输出高电平时电压的允许值。

(6) 最大输出电流

最大负载电流有输出高电平时的拉电流和输出低电平时的灌电流。在输出最大拉电流时;“1”输出电压不应低于规定值;在输出灌电流时;“0”输出电压不应高于规定值。

(7) 频率响应

从输入非电量开始作用于电子电器的传感器到其输出端作出状态反应所需的时间是电器的动作时间。当输入非电量按某一频率重复作用于电器时,如果作用的频率过高,电器将来不及作出反应,表现在出口端的输出电平不能正常地在“0”和“1”之间转换。如果是继电器触点输出,则继电器就来不及正常执行通断任务,因此有一个跟随速度的问题。电器的输出状态能按规定的输出电压幅值正常地跟随输入非电量进行转换的最高频率称为电器的响应频率。

(8) 环境温度

环境温度是保证电子电器正常工作所必须规定的另一外部条件。半导体器件和某些电子元件受环境温度的影响较大,选用电子电器时应考虑当地的环境温度以保证电器能正常工作。

(9) 其他

除上述技术参数及指标外,还有海拔高度、空气污染、防爆等级、机械振动、耐压试验以及对电源和电磁波辐射引起的干扰限制。

3.2 晶体管时间继电器

晶体管时间继电器,除了执行继电器外,均由电子元件组成,没有机械部件,因而具有较高的寿命和精度、体积小、延时范围大、调节范围宽、控制功率小等优点。

晶体管时间继电器是利用电容对电压变化的阻尼作用作为延时的基础。大多数阻容式延时电路都有类似图 3-2 所示的结构形式,电路由四部分组成:a.阻容环节;b.鉴幅器;c.出口电路;d.电源。当接通电源,电源电压 E 通过电阻 R 对电容 C 充电,电容上电压 U_c

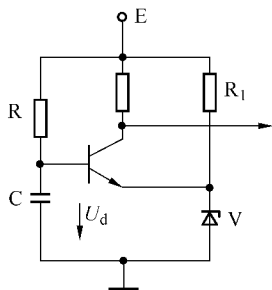


图 3-2 阻容延时电路基本结构形式

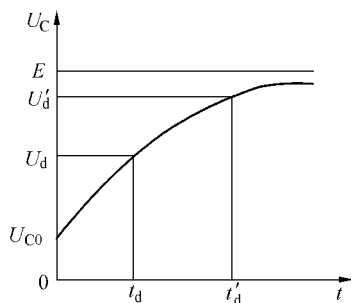


图 3-3 阻容曲线充电曲线

按指数规律上升。当 U_C 上升到鉴幅器的门限电压 U_d 时,鉴幅器即输出开关信号至后级电路,使执行继电器动作。电容充电曲线如图 3-3 所示,表达式为

$$U_C = E(1 - e^{-t/RC}) + U_{C0}e^{-t/RC} \quad (3-6)$$

式中, U_{C0} 为接通电源前电容上的初始电压。由上式解出时间表达式

$$t = RC \ln \frac{E - U_{C0}}{E - U_C} \quad (3-7)$$

对于图 3-2 电路,门限电压为 U_d ,令 $U_C = U_d$,则电路的延时时间为

$$t_d = RC \ln \frac{E - U_{C0}}{E - U_d} \quad (3-8)$$

如果开始充电时电容上的初始电压 $U_{C0} = 0$,则

$$t_d = RC \ln \frac{E}{E - U_d} = RC \ln \frac{1}{1 - U_d/E} = RC \ln \frac{1}{1 - K} = \tau \ln \frac{1}{1 - K} \quad (3-9)$$

式中, $K = U_d/E$, K 恒小于 1。

上式表明延时的长短与电路的充电时间常数 RC 及电压 E 、门限电压 U_d 、电容的初始电压 U_{C0} 有关,为了得到必要的延时时间 T_d ,必须恰当地选择上述参数;为了保证延时精度,必须保持上述参数值的稳定。

晶体管时间继电器的品种和型式很多,电路也各异,这里以 JS20 系列继电器为例进行分析。JS20 时间继电器所用的电路分为两类,一类是单结晶体管电路,另一类是场效管电路。有下列若干延时等级:通电延时型分为 1s、5s、10s、30s、60s、120s、180s、300s、600s、1800s、3600s;断电延时型分为 1s、5s、10s、30s、60s、120s、180s。JS20 尚有下列主要技术指标:

①对延时范围的要求。每种延时等级的最大延时值应大于其标称延时值,但小于其标称延时值的 110%;最小延时值应小于 120s,但不能大于 132s,其最小延时应不大于 12s。

②通电延时型的重复工作时间间隔。重复工作时间间隔不小于 1s,即两次使用的间隔时间只要不小于 1s,则延时电容就不会有明显的残存电压而影响下次工作的延时精度。

③断电延时型最小通电时间。最小通断时间不小于 1s,则在接通电源后,断电延时电容迅速充电的时间不大于 1s,从而保证在通电后 1s 就可进行断电延时。

④重复延时误差。重复延时误差不大于 $\pm 3\%$ 。

⑤综合延时误差。工作电压在 85% ~ 110% 额定电压、环境温度在 $-10 \sim 40$ 范围内变化时,连续动作误差不大于 $\pm 10\%$ 。

⑥抗干扰性能。主要指对电源窜入的音频和干扰信号的抵御能力。当 JS20 的电源端叠加有 $f = 150 \sim 15\,000\text{ Hz}$ 、幅值(有效值)为工作电压的 5% 音频正弦信号,或叠加有 2 次/s、峰值为电源电压 2 倍、宽度分别为 $2\,\mu$ 、 $8\,\mu$ 的脉冲信号时,时间继电器应符合重复延时误差的要求。

JS20 系列时间继电器共有三种型式:a.通电延时型;b.断电延时型;c.带瞬动触点的通电延时型。下面逐一讨论。

3.2.1.1 单结晶体管通电延时电路

单结晶体管通电延时电路如图 3-4 所示,全部电路由延时环节、鉴幅器、输出电路、电源和指示灯等五部分组成。图 3-5 为其结构方框图。电源的稳压部分由 R_1 和稳压管 V_3 构成,供给延时和鉴幅。输出电路中的晶闸管 VT 和继电器 K 则由整流电源电路直接供电。电容 C_2 的充电回路有两条,一条是通过电阻 $R_{W1} + R_2$,另一条是通过由低阻值电阻 R_{W2} 、 R_4 、 R_5 组成的分压器经二极管 V_2 向电容 C_2 提供的预充电路。

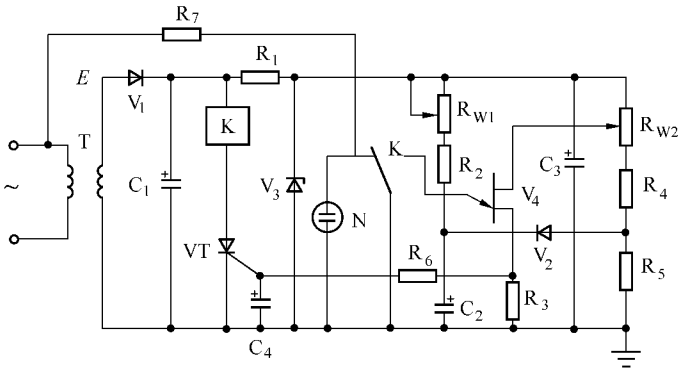


图 3-4 JS20 单结晶体管时间继电器电路

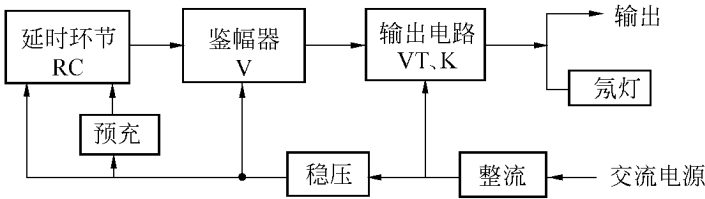


图 3-5 JS20 单结晶体管时间继电器方框图

电路的工作原理:当接通电源后,经二极管 V_1 整流、电容 C_1 滤波以及稳压管 V_3 稳压的直流电压通过 R_{W2} 、 R_4 、 V_2 向电容 C_2 以极低的时间常数快速充电。与此同时,也通过 R_{W1} 和 R_2 向电容充电。电容 C_2 上电压在相当于 U_{RS} 预充电压的基础上按指数规律逐渐升高。当此电压大于单结晶体管的峰点电压 U_p 时,单结晶体管导通,输出电压脉冲触发晶闸管 VT。VT 导通后使继电器 K 吸合,除用其触点来接通或分断外电路外,还利用其另一常开触点将 C_2 短路,使之迅速放电,为下次使用作准备。此时氖指示灯 N 起辉。当切断电源

时, K 释放, 电路恢复原始状态, 等待下次动作。

对于延时范围 $30 \sim 300\text{ s}$ 的单结晶体管延时电路, 充电电阻 $R_{W1} + R_2$ 的最大数值为单结晶体管的峰点电流 I_p 所限制, 其关系是

$$R_{W1} + R_2 \leq \frac{E - U_p}{I_p} \quad (3-10)$$

式中, E 是 V_3 的稳压值。设 $U_{V3} = 22\text{ V}$, 分压比 $\eta = 0.63$, $I_p \leq \mu$ 则 $U_p = \eta E = 0.63 \times 22 = 14(\text{ V})$, 于是

$$R_{W1} + R_2 \leq \frac{22 - 14}{2} \times 10^6 = 4(\Omega) \quad (3-11)$$

如取 3Ω 则当 $C_2 = 10\mu$ 时, 延时时间为

$$t_d = (R_{W1} + R_2)C_2 \ln \frac{1}{1 - \eta} = 3 \times 100 \ln \frac{1}{1 - 0.6} \approx \quad (\text{s}) \quad (3-12)$$

为了获得小于 30 s 的下限延时, R_2 取 300Ω , R_{W1} 取 3Ω 这样总阻值就等于 3.3Ω , 最小延时不大于 30 s 。预充电路的存在将使实际延时时间小于上面的计算值。考虑到电子元件参数的分散性, 各管的 η 值有差异, 在电路中用一小型电位器 R_{W2} , 使单结晶体管的 U_{bb} 和 U_p 可以调整。

重复工作的时间间隔不大于 1 s 。JS 20 除了用继电器常开触点使电容短接迅速放电以及设有预充电路外, 还有一条快速放电回路, 它就是单结晶体管本身。因为单结晶体管的峰点电压 $U_p \approx \eta U_{bb}$, 当电源被切断时 U_{bb} 和 U_p 将随之降为零, 从而使单结晶体管能够迅速进入负阻区, 电容上的电荷通过单晶体管的发射极、第一基极和低阻值电阻 R_3 迅速放电。

综合误差不大于 10% , 由于电路设有稳压环节, 且 RC 电路与鉴幅器共用一个电源, 因此电源电压波动基本上不产生误差延时。为了减小由温度变化引起的误差, 采用了钽电解电容器, 其电容量和漏电流为正温度系数, 而单晶体管的 U_p 略呈负温度系数, 二者可以适当补偿。

对于抗干扰能力, JS20 在晶闸管 VT 和单结晶体管 V_4 处分别接有电容 C_4 和 C_3 , 用以防止电源电压的突变而引起的误导通。测试时要求抑制 5% 的音频干扰信号主要由稳压管 V_3 阻挡。

3.2.2 带瞬动触点的通电延时电路

JS20 对于带瞬动触点的延时电路采用结型场效应管。电路原理与不带瞬动触点的电路基本相同, 只是增加了一个瞬时动作的继电器。由于增加了继电器, 体积增大了很多, 采用了电阻降压法取代原来的电源变压器, 以缩小体积。电路如图 3-6 所示。

延时和瞬时动作的两个继电器都采用交流继电器。延时继电器 K_1 由接在桥式整流直流侧的晶闸管控制。接通电源, K_2 吸合, 同时交流电源经 R_9 降压、 V_5 整流和 C_1 滤波之后向延时电路提供直流稳压电源。当 K_1 吸合后, 利用其常开触点将晶闸管 VT 短接, 使 VT 以前的电路不再有电压和电流, 从而提高了电路的可靠性。电路还利用 K_2 的一对常闭触点将电容 C_2 短接, 这样电源在任何情况下断电时, 电容上电压总能在断电后立即迅速放电。

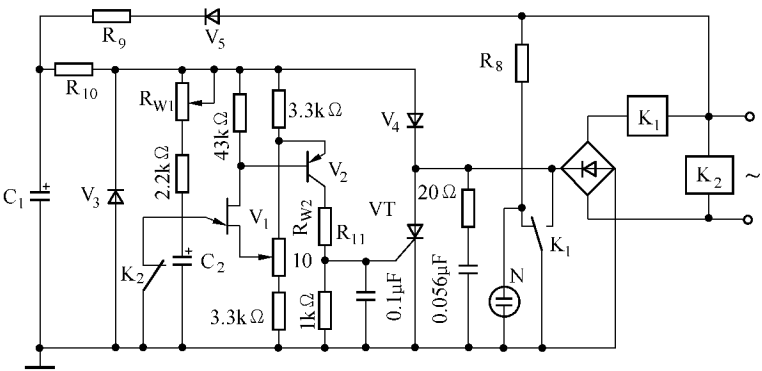


图 3-6 JS20 带瞬动触点的时间继电器电路

3.2.3 断电延时电路

断电延时电路要求切断电源后,继电器仍暂时保持吸合,等到延时时间达到后才释放。JS20 断电延时继电器采用两个延时继电器,一个是带有机械锁扣的瞬时继电器 K_D ,当接通电源, K_D 立即吸合并通过机械自锁。机械自锁示意图如图 3-7 所示。当切断电源后,它自己不能释放,释放是依靠另一个继电器 K_S 。 K_S 在断电以后经过预定的延时时间短时地吸动一下,打开 K_D 的机械锁扣,于是 K_D 延时释放。JS20 断电延时继电器电路如图 3-8 所示。接通电源后,四个电容器均迅速充电。 $C_1(5\mu)$ 是电源滤波电容, $C_3(3\mu)$ 、 $C_4(5\mu)$ 是在电源断电以后分别提供场效应管和 K_D 回路电压及能量的电容器。 C_3 是延时电容。 C_3 上电压接近稳压管 V_4 的电压,而 C_2 上的电压由于有电位器 R_{W2} 的分压作用,其值较小,因此 V_1 (场效应管)的 $U_{GS} = U_{C2} - U_{C3} < 0$ 。调整 R_{W2} 可使 V_1 处于夹断状态, V_2 、 V_3 也随之截止。当电源切断后, C_2 、 C_4 分别因 V_2 、 V_3 截止而无法放电, C_3 则可通过放电电阻 $R_{W1} + R_5$ 放电。当放电到 U_{GS} 大于其夹断电压一定值时, V_1 导通, C_2 通

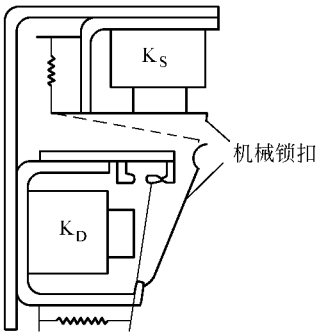


图 3-7 有机械锁扣的继电器

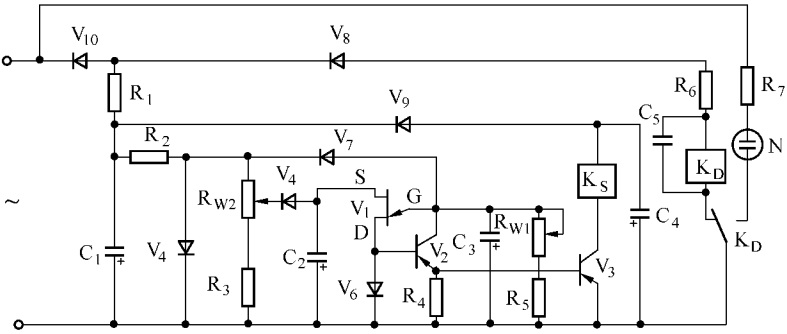
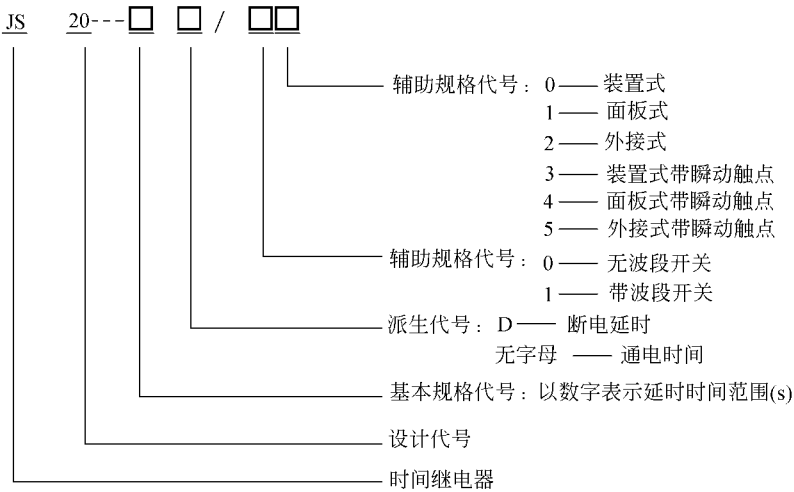


图 3-8 JS20 断电延时继电器电路

过 R_4 、 V_3 、 V_2 的发射结和 V_1 的 D、S 极放电 ,由于 V_2 导通 , C_3 也经 R_4 、 V_3 的发射结及 V_2 放电 , C_3 上的电压下降又促使 V_1 进一步导通。这一正反馈过程使 C_2 、 C_3 、 C_4 迅速放电 ,各管迅速导通 , K_S 吸动 ,打开 K_D 的机械锁扣。电路中的二极管 V_6 、 V_7 、 V_9 分别用来防止 C_2 、 C_3 、 C_4 在延时过程中对其他低电阻放电 , V_5 起温度补偿作用 , K_D 在吸合后有锁扣自锁 ,故通电后可用其一对转换触点将自己断电。为使吸合过程稳定可靠(K_D 中电流为半波) 线圈上并联了一个小容量电容 C_5 。

3.2.4 晶体管时间继电器的型号含义及主要技术数据

(1)JS20 系列晶体管时间继电器型号含义



(2)主要技术参数

晶体管时间继电器的主要技术参数见表 3 - 1。

表 3 - 1 JS20 系列晶体管时间继电器的主要技术数据

产品名称	额定工作电压 (V)		延时等级 (s)
	交流	直流	
通电延时继电器	26 ,110 ,127 ,220 ,380	24 ,48 ,110	1 ,5 ,10 ,30 ,60 ,120 ,180 ,240 ,300 ,600 ,900
瞬动延时继电器	36 ,110 ,127 ,220		1 ,5 ,10 ,30 ,60 ,120 ,180 ,240 ,300 ,600
断电延时继电器	36 ,110 ,127 ,220 ,380		1 ,5 ,10 ,30 ,60 ,120 ,180

- ①延时重复误差 $\leq \pm 3\%$ 。
- ②当电源电压在额定的 85% ~ 105% 范围内变化时 ,延时误差 $\leq 5\%$ 。
- ③当周围空气温度在 10 ~ 50 范围内变化时 ,其延时误差 $\leq \pm 10\%$ 。
- ④当继电器动作 12 万次以后 ,其延时的精度稳定性误差 $\leq \pm 10\%$ 。
- ⑤通电延时型继电器的重复动作间隔时间不小于 2 s。
- ⑥断电延时继电器的最小通电时间应小于 2 s。
- ⑦消耗功率不大于 5 W。
- ⑧机械寿命为 60 万次。

随着半导体集成电路的出现和广泛应用,晶体管电器得到了更加长足的发展。目前,我国有的厂家采用集成电路和显示器件制成了 JS14P、JS14S、JSS1 系列等数字显示时间继电器。他们的特点是延时精度高,延时范围广,触点容量大,调整方便,工作状态直观,指示清晰准确等。JS11S 和 JSS11 系列数字显示时间继电器是电动机式时间继电器的更新换代产品,它采用先进的数控技术,用集成电路和显示器件取代电动机和机械传动系统,采用拨码开关整定延时时间,故直观性和重复性较好。

此外,有的厂家还引进了目前国际上最新式的 ST 系列超级时间继电器,其内部装有时间继电器专用的大规模集成电路,并使用高质量薄膜电容器与金属陶瓷可变电阻器,从而减少了元器件的数量,缩小了体积,增加了可靠性,提高了抗干扰能力。另外采用了高精度振荡回路和高频率分频回路,保证了高精度和长延时。因此,它是一种体积小、重量轻、可靠性高的小型时间继电器。

JS14P 系列拨码式晶体管时间继电器技术参数见表 3-2。

表 3-2 JS14P 系列拨码式晶体管时间继电器的技术数据

型 号	延时动作 触点对数	重复 误差	电源波 动误差	温度 误差	安装方式	额定工作电压(V)		延时范围
						交流	直流	
JS14 ☐ ☐ JS14 ☐ ☐ M	2 转换	≤1	≤	≤3%	装置式 面板式	36 110 220		0.1~9.9s 1~99s 0.1~9.9min
JS14P ☐ ☐ ☐ ☐ ZM					装置式 面板式		48 110	1~99min 0.1~9.9h

3.3 固态保护继电器

3.3.1 过载和保护继电器

过载和短路保护继电器都属于电流型保护电器,图 3-9 为其基本电路结构方框图。测量电路由 I-U 变换器、整流电路、滤波电路及整定电路构成,电动机主回路的交流电流 i_1 首先经 I-U 变换为与电流有线性关系的交流电压 u_2 ,再经整流得到脉动电压,最后经滤波器及整定电路输出直流电压给鉴幅器,鉴幅器由电压比较和开关电路两部分组成,从测量电路输入的直流电压信号在鉴幅器中与门限电压进行比较,以识别电动机的运行状态和故障性质,瞬时或者延时地发出动作信号。

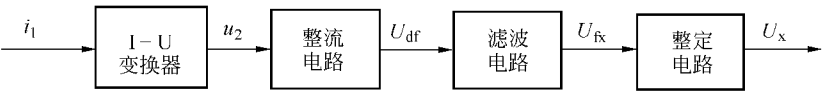


图 3-9 测量电路方框图

以电流为原则的过载保护继电器应具有以下性能：

- ①反时限特性,应能错开电动机的启动时间。

②保护反时限特性与电动机过载特性有较好的配合(略低于电动机的过载特性)。过载保护继电器由测量电路、鉴幅器、时限电路及输出电路等组成,如图3-10所示。当为1倍电流整定值时,动作时间可在20~120s范围内调节;若为10倍整定值,则动作时间在1.5~10s内调节。

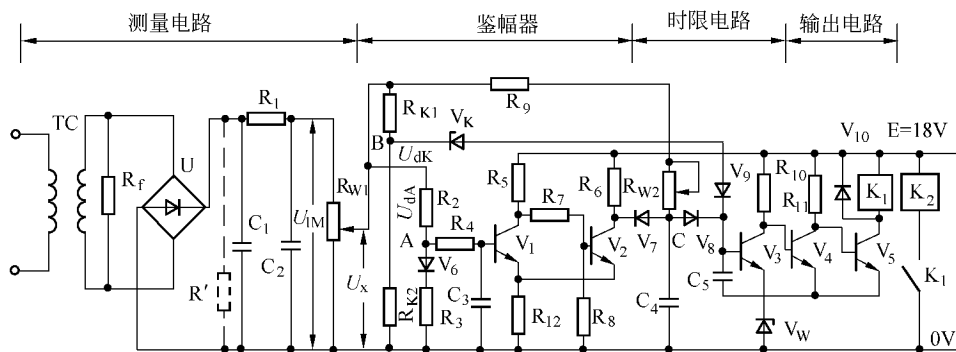


图 3-10 过载及短路保护电路

一般过流保护包括短路保护和过载保护两部分。本电路的短路和过载共用一个测量电路而用不同门限电压的鉴幅器进行鉴幅,然后由二极管 V_9 、 V_8 组成或门电路控制同一个输出电路。

(1) 测量电路

I-U 变换器及检波采用了电流互感器、桥式整流器和 II 型滤波电路,如果要求继电器具有较高的返回速度,可与电容器 C_1 并联一个放电电阻 R' ,如图3-10所示。

(2) 鉴幅器

过载部分所用的鉴幅器是由 R_2 、 R_3 、 V_6 组成的分压比较电路和 V_1 、 V_2 组成的射极耦合触发器构成。门限电压 U_{dA} 约为1.8V。电动机正常工作时,A点电位小于门限电压, V_1 截止, V_2 导通,并将电容 C_4 短接,时限电路不工作。当电动机出现过载时,测量电路的输出电压 U_x 升高,A点电压 U_{Ax} 达到门限电压 U_{dA} 时,射极耦合触发器翻转为 V_1 导通、 V_2 截止,二极管 V_7 截止,电容器 C_4 开始充电,C点电位上升,经历某一时限后升至门限电压 U_{dC} , V_3 变为导通, V_4 截止, V_5 导通,带动继电器 K_1 动作,经 K_2 发出信号。

(3) 时限电路

时限电路由时间整定电位器 R_{w2} 、充电电容 C_4 、晶体管 V_3 及稳压管 V_W 等元件构成。为满足长延时(120s)的需要,在 V_3 的射极加一稳压管 V_W ,并选用较大的电阻($R_{w1} + R_{w2} + R_9$)和电容 C_4 以延长动作时间。由于供给 V_3 的基流较小,不能直接驱动继电器 K_1 ,因此在 V_3 之后增加两级反相器 V_4 、 V_5 ,并进一步改善了开关特性。

(4) 短路保护

短路保护环节所用的鉴幅器由 R_{K1} 、 R_{K2} 组成的分压比较电路和稳压管 V_W 、 V_K 、二极管 V_9 、晶体管 V_3 构成,其门限电压为

$$U_{dK} = U_{VK} + U_{V9} + U_{be3} + U_{VW} \quad (3-13)$$

当电动机正常或过载运行时,因分压值 U_{Bx} 小于门限电压 U_{dk} ,短路保护环节无反应。当电动机出现短路故障时,电流超过短路环节的整定值,使 $U_{Bx} \geq U_{dk}$,继电器 K_1 瞬时发出跳闸信号。

3.3.2 断相保护继电器

断相运行是造成电动机烧损的常见事故原因。断相时负载的大小、绕组的接线形式所引起的绕组相电流与线电流变化有较大差异,当满载运行发生断相时,线电流至少有一相超过额定电流,为额定电流的 $1.5 \sim \sqrt{3}$ 倍。此时采用三相测量电路的过流保护能作出正确的反映。但如果电动机是在轻载运行时发生断相故障,如负载在 $58\% \sim 67\%$ 之间,则往往出现非故障相的线电流小于对称性过载保护电流动作值,而对于三角形接法的绕组电流却已超过其电流的额定值,当发生断相时这种情况就更为严重。此时以过电流为原则的保护将不能有效地检测电动机的断相故障,而必须采用断相保护继电器。

断相保护继电器由检测电路、鉴幅器、延时电路和输出电路构成,方框图如图 3-11 所示。断相保护需要延时环节,是为了防止继电器在电动机启动或正常运行过程中可能出现短时的三相不平衡状态引起误动作。

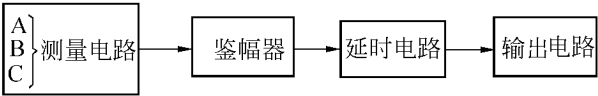


图 3-11 断相保护电路方框图

(1)以线电流为零为原则的断相保护电路

当电动机出现断相故障时,故障相电流为零,因此可以按电流为零的原则来取得断相运行的信号。

如图 3-12 所示,该电路每相均有独立的变换器和检波器,各相信号经晶体管反相器或二极管或门电路送到输出电路。三相中任一相带电流为零时,输出继电器 K 均能延时动作,电阻 R_{12} 可降低晶体管 V_4 的漏电流 I_{ceo} ,同时也为延时电路 C_4 提供放电回路。如使三个互感器的磁路均工作在磁饱和段,则该继电器可保护不同容量的电动机。如欲使该电路成为电动机综合保护的一部分,则磁路应是不饱和的。

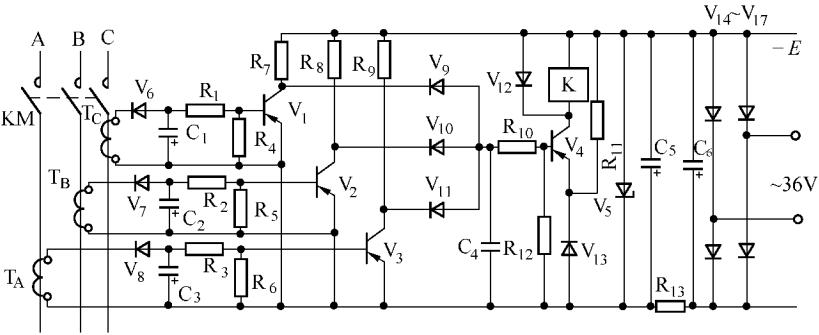


图 3-12 以线电流为零为原则的断相保护电路

由于断相信号是取自线电流为零(而不是绕组的相电流),显然,该电路不宜用于三角形联接的电动机保护。

(2) 以负序电流为原则的断相保护电路

当电动机断相运行时,三相线电流出现严重的不对称,除正序电流外,还产生负序电流。由于电动机的中性点不接地,电流中将不含有零序分量,因此可以设法通过负序电流的检测来取得电动机的断相运行信号。负序电流检测电路又称负序电流滤序器,它由两个小型电流互感器(T_A 、 T_C)和一些阻容元件组成,如图 3-13 所示,从一个负序电流检测电路取得的断相信号,经 V_4 整流, C_1 滤波, R_1 、 R_2 分压后送入一个门限电压为 3~4 V 给鉴幅器进行鉴幅,再经 C_2 延时送到输出电路。由于三相供电网络并非严格平衡,电动机各相绕组也不是严格对称。因此在正常的情况下,负序电流检测电路也会输出 1 V 左右的电压,在确定鉴幅器的门限电压时应考虑这一点。

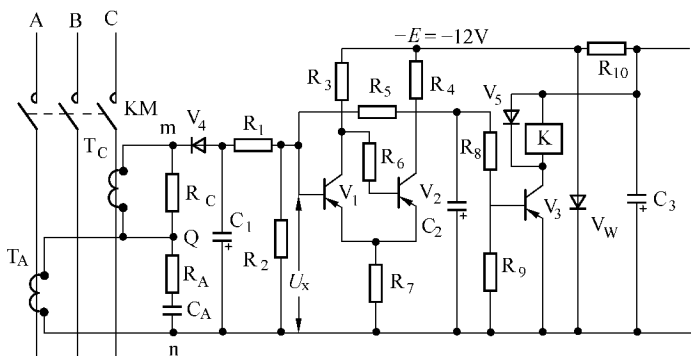


图 3-13 以负序电流为原则的断相保护电路

除断相故障外,该电路还可以对其他原因造成的严重不平衡或绕组单相接地故障进行有效的保护。

3.3.3 温度继电器

影响电动机绕组寿命的是其过高的温升。按电流原则保护电动机使其绝缘免受高温破坏或过早地老化,实际上是一种间接的保护方法。引起绕组温升的因素除电流外,还有一些因素,因此最好是将温度传感器埋入电动机绕组,直接检测绕组的温度来进行保护。热电偶曾被用作这种温度检测的传感器,但其变化的灵敏度太低。有明显居里点的巨变型(开关型)正温度系数(PTC)热敏电阻,在其居里点附近有极高的温度系数,PTC 热敏电阻埋入式温度继电器可用来保护电动机绕组由于任何原因引起的过热,如过载、断相、散热不良和机械故障等。由于电动机绕组的最高允许温度不同,为了对电动机进行有效的热保护,应当根据绝缘等级来选择温度继电器的动作温度,而用它构成的温度继电器一般都要求工作在热敏电阻居里点以上不远的地方,这使

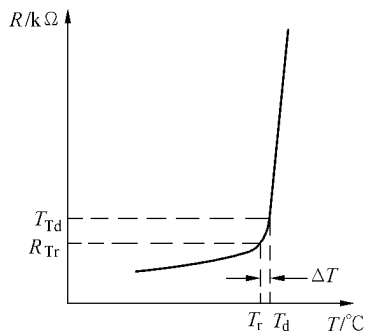


图 3-14 PTC 热敏电阻的 R—T 特性

得温度继电器动作值的可调范围很窄。温度继电器的本体(电子电器)是通用的 ,热敏电阻则要根据动作温度的不同加以选配。PTC 热敏电阻的电阻温度特性($R-T$ 特性)如图 3-14所示(见第 61 页) ,图中 T_r 为居里温度 , T_d 为动作温度。

一个热敏电阻只能检测到一相绕组的温度 ,因此一台三相电动机至少需要三个热敏电阻。每相绕组的各部温升不会完全相同 ,热敏电阻应埋在温升最高的绕组端部 ,当发生匝间、相间的短路或接地故障时 ,绕组各处的温差很大 ,如果埋设的热敏电阻并非处于过热部位 ,则保护就会失败 ,因此 ,对于大、中型电动机和某些特种电机 ,可在每相绕组的几个地方埋设热敏电阻。

热敏电阻并联接成的温度继电器电路如图 3-15 所示 ,每相热敏电阻 R_{tA} 、 R_{tB} 、 R_{tC} 各与一固定电阻 R_{pA} 、 R_{pB} 、 R_{pC} 串联以进行分压 ,三相热敏电阻组成并联式测量电路 ,当 R_t 随温度变化时 ,分压比改变 ,于是从 R_t 上取得信号电压 ,各相输出信号电压经二极管或门($V_3 \sim V_5$)送至一个公共的鉴幅器(V_6)令各相的分压电阻 R_p 值相等 ,则只要三个热敏电阻的特性和参数相同 ,各相就能在相同的温度下工作。图中 ,鉴幅器的下级电路是直接驱动继电器 K 的射极耦合触发器 ,随着电动机绕组温度的升高 ,热敏电阻 R_t 阻值增大 , R_t 上的分压比提高 ,该点(A 或 B 或 C)的电位 U_x 下降。当测量电路的输出信号电压 U_x 在数值上低于鉴幅器的门限电压 U_d 时 ,二极管或门($V_3 \sim V_5$)导通 ,稳压管 V_6 被击穿 ,射极耦合触发器翻转为 V_1 导通、 V_2 截止 ,于是 K 释放 ,发出温度控制信号。一般说来 ,在热敏电阻的功耗不大于允许值的条件下 ,提高鉴幅器的门限电压 U_d ,可以提高电路的变换灵敏度。图 3-15 中 , U_d 主要由触发器的射极电位提供 ,因此 U_d 的选择还要受后级触发器的限制 ,在电源 E 一定的情况下 ,如果过多地抬高射极电位 ,则继电器线圈将得不到所需的电压。 U_d 一般选择在 3 ~ 4V 之间。

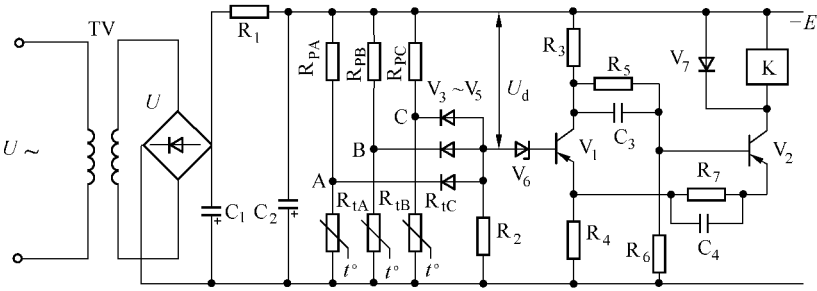


图 3-15 热敏电阻并联接线的温度继电器

3.3.4 漏电保护继电器

供电系统中的电气设备常因绝缘程度的降低而漏电 ,漏电状态的延续可能导致故障的扩大而酿成重大事故。长期以来漏电保护一直为人们所重视 ,有关漏电保护问题至今仍在试验研究中 ,并研制出了多种漏电保护设备。除触点漏电保护自动开关外 ,近年来电子式漏电保护继电器也得到了广泛的发展和应用。这里仅介绍中性点接地系统的漏电保护继电器。

当电机绕组的绝缘破坏,其导线将通过铁心和机壳接地。如果电网的中性点接地,则产生较大的接地短路电流。此时在系统中将产生小的零序电压和零序电流(这种零序电流在电机正常或发生其他类型的非对称故障如断相时是不存在的)。因此漏电继电器漏电信号的检测需要高的灵敏度,采用高灵敏度的零序电流互感器-电抗互感器组(TA-T组)作为I-U变换器,并用放大器将信号放大。

图3-16所示为380/220V低压电网的漏电保护继电器电路。测量部分为TA-T组,电抗互感器具有以坡莫合金为导磁材料的闭合铁心,输出信号电压可通过 R_1 、 R_2 、 R_3 调节,并以此整定继电器的动作值。为了防止发生金属性接地时出现的极大信号电压,用 V_4 、 V_5 两个二极管进行限幅, R_4 、 C_1 是干扰信号的吸收环节, C_1 容量较小。信号通过放大器的交流通道(C_2 、 C_3)送到兼有检波作用的晶体管 V_1 的发射结上, V_1 的静态工作点设在接近截止区,此时从 R_{10} 、 R_{12} 上输出的直流电压经射随(V_2)及 R_{12} 、 R_{13} 分压至晶闸管VT的触发电压。只有当被保护电路的零序电流达到预先整定的50mA时,VT才导通。设置电容 C_4 、 C_5 一方面为了滤波,另一方面为了得到继电器的动作延时。延时时间与信号电压的大小有关,具有反时限特性。 R_9 、 C_4 及 R_{12} 、 C_5 的配合应使继电器实现不大于30mAs的指标。

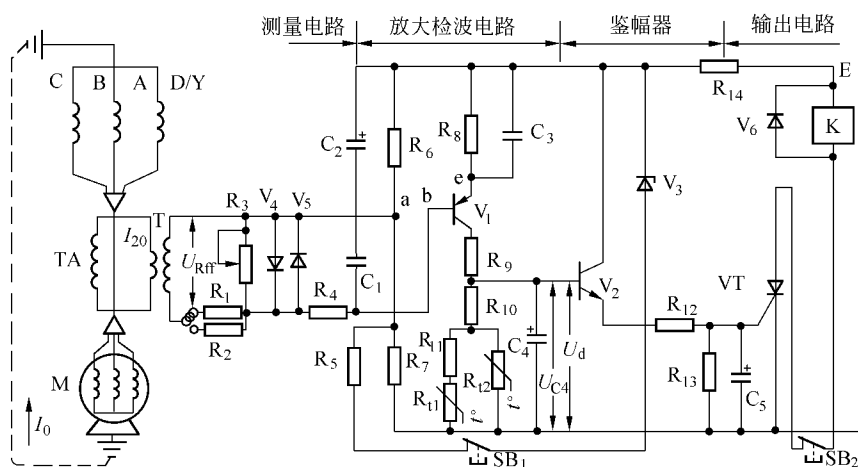


图3-16 中性点接地系统的漏电保护继电器电路

该电路没有设置独立的鉴幅器,这里的门限电压 U_d 是 V_2 的发射结压降和VT的触发电压之和,它们对于环境温度都很敏感,当温度增高时 V_1 的电流放大倍数增大, V_1 、 V_2 的输入电阻降低,VT的触发电压和触发电流均降低,使继电器动作值减小。为了给予适合的温度补偿,在 V_1 的集电极上接入NTC热敏电阻(负温度系数) R_{11} 、 R_{12} ,以降低高温时的放大倍数。补偿电路的补偿特性应与 V_1 、 V_2 、VT的温度特性相配合,给全电路以综合温度补偿的功能。

当电动机绕组的尾端附近(接近中点)发生漏电故障时,如产生零序电流小于50mA的整定值,继电器不动作,这一情况称为漏电保护继电器的死区。

SB_1 、 SB_2 分别为试验按钮和复位按钮,通过 SB_1 的闭合接入低阻值电阻 R_5 ,使 V_1 导通,进行模拟动作试验。

3.3.5 半导体脱扣器

低压断路器是一种具有综合保护功能的电器,其半导体脱扣器的原理框图如图 3-17 所示,它由稳压电源、欠电压延时、信号检测分配、长延时、短延时、瞬时、触发以及执行环节等 8 个环节组成,具体线路如图 3-18 所示。接在低压断路器进线端的变压器 T 将电网电压变换成合适的低电压,经桥式整流器 U 整流后,通过稳压电源输出直流电压供给各个环节。在电网电压正常时,被电阻 R_2 和 R_4 分压, R_4 上的电压降大于稳压管 V_8 的击穿电压, V_8 被击穿,晶体管 V_9 工作在饱和区, V_9 的集电极电位为零,单结晶体管 V_{27} 的两基极间成高阻态,晶体管 VT 关断,执行环节的失压脱扣器 S 由电源经二极管 V_{16} 供电而吸合,低压断路器合闸正常工作。

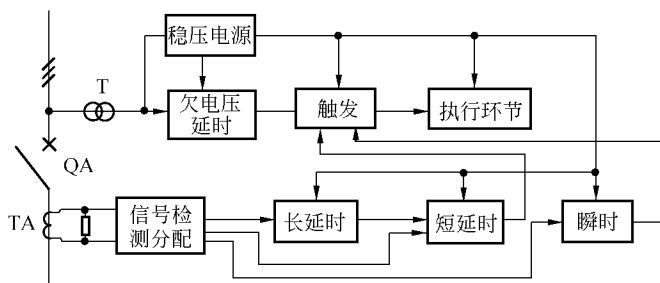


图 3-17 半导体脱扣器原理框图

当电网电压下降到一定值以下时,欠电压延时环节中稳压管 V_8 由击穿转变为关断,晶体管 V_9 截止,由于在 V_9 集电极与发射极间并有电容器 C_3 ,单结晶体管 V_{27} 经一定延时后,在电阻 R_{11} 上输出一脉冲电压将晶闸管 VT 导通,电容器 C_5 上的电压经 R_{43} 、 V_{16} 、VT 回路放电,电压很快降低,使失压脱扣器 S 释放,低压断路器 QA 分闸。

当电路发生过载时,电流互感器二次侧回路中的电阻 R_A 、 R_B 、 R_C 上的电压降增大,使稳压管 V_{10} 击穿,由晶体管 V_2 、 V_3 组成的触发器翻转, V_2 饱和导通, V_3 截止,电源经 R_{30} 、 R_{31} 对电容 C_8 充电。由于此充电回路时间常数较大,经延时后, C_8 上的电压升高到使稳压管 V_{11} 击穿,晶体管 V_4 、 V_5 组成的触发器翻转, V_4 饱和导通, V_5 截止。再经短延时后电容器 C_9 上充电电压上升,单结管 V_{27} 导通,在电阻 R_{11} 上输出一个脉冲电压,晶闸管 VT 导通,失压脱扣器 S 释放,低压断路器 QA 经过长延时而分断,其长延时时间可用 R_{30} 调整。

当负载电流超过一定值时,互感器二次侧回路中 R_A 、 R_B 、 R_C 的电压降增大,当电压增大到足以使稳压管 V_{11} 击穿时,则短延时环节 V_4 、 V_5 组成的触发器立即翻转,低压断路器 QA 经短延时而断开。

若负载短路, R_A 、 R_B 、 R_C 上输出电压很高,直接使稳压管 V_{12} 击穿, V_6 、 V_7 组成的触发器立即翻转,晶闸管 VT 导通,失压脱扣器 S 释放,分励脱扣器 F 线圈也同时得电而动作,于是低压断路器 QA 立即分闸。

半导体脱扣器比较容易实现过载长延时、短延时及瞬时动作三段保护特性,可同时采用电压源和电流源直接对执行元件供电,以保证故障时低压断路器动作的可靠性。此外,还能实现远距离分励脱扣(按下 SB)及漏电保护(漏电继电器 K 动作)等。

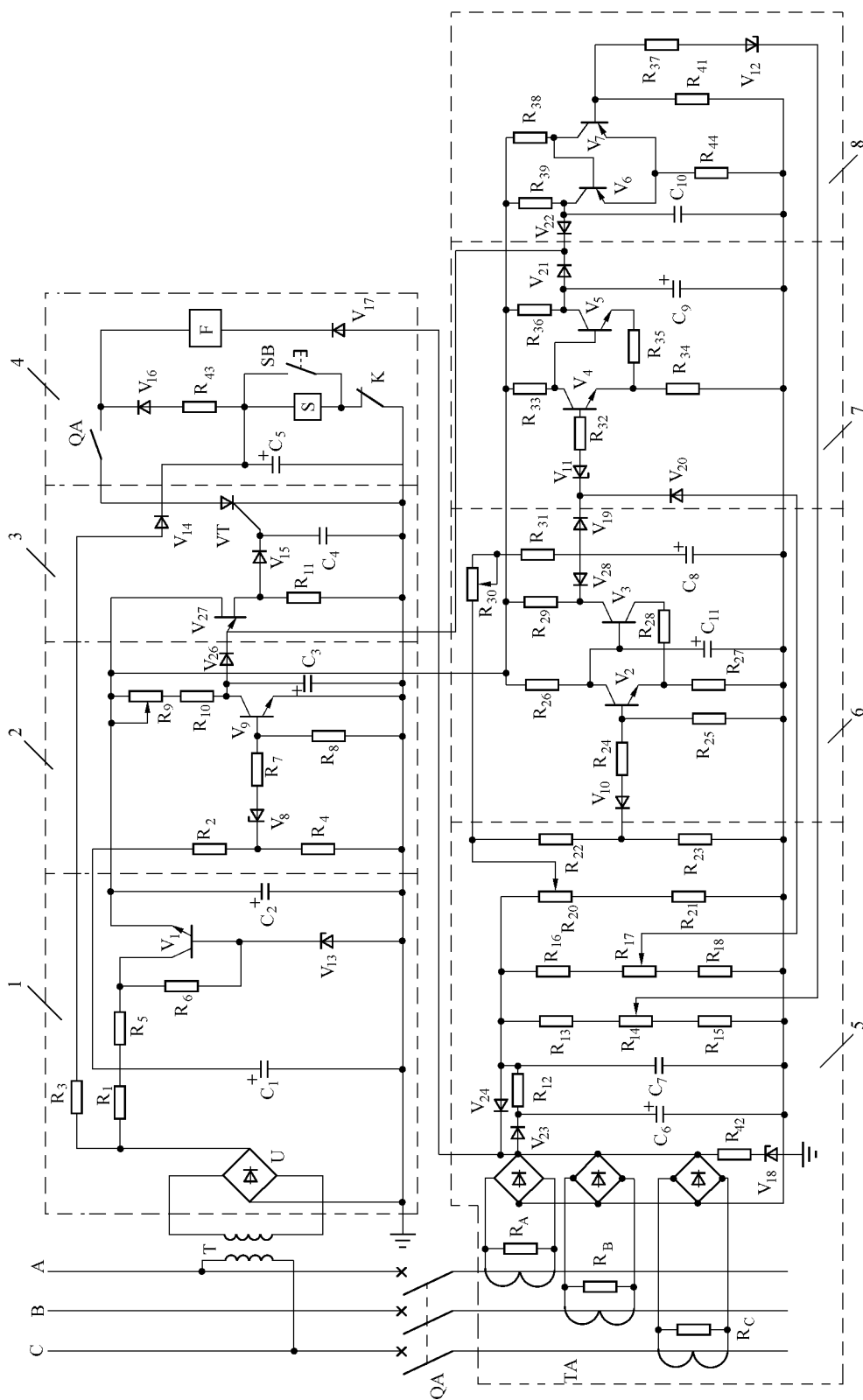


图3-18 半导体脱扣器原理线路图

1—整流和稳压环节；2—欠压延时环节；3—触发环节；4—执行环节；5—信号检测及分配环节；6—长延时环节；7—短延时环节；8—瞬时环节
F—分励脱扣器；S—欠压脱扣器；SB—分闸按钮；QA—自动开关常开辅助触点；K—漏电开关常闭辅助触点；其他继电器常闭触点

3.4 晶闸管自动开关

晶闸管元件具有与传统有触点开关相同的“开”与“关”两种状态,因此同样可以实现电路中控制与切换功能。由于没有触点的机械运动,故也叫静态开关或固态开关。在晶闸管的控制极上加适当的触发信号,可使其从断开状态转为导通状态,如果停止给予触发信号,则当晶闸管的阳极电流减小到维持电流以下时即自行关断。晶闸管开关具有动作快、寿命长、控制功率小、无电弧、无噪音等一系列优点,特别适用于频繁操作和有爆炸、腐蚀性气体的环境中。缺点是导通时有较大的管压降(约 1 V),功耗较大,关断时存在一定的残漏电流,不能实现电路隔离,以及过载能力低、价格高和体积大(有散热器)等。

按电路中电流种类不同,晶闸管开关可分为交流开关和直流开关,按功能的不同可分为晶闸管接触器(门极控制角始终是 $\alpha = 0$)、相控晶闸管开关($\alpha \neq 0$)和晶闸管低压断路器;此外还有混合式交流接触器。本节只介绍晶闸管低压断路器即晶闸管自动开关,有关其他类型的晶闸管开关请参阅相关文献。

晶闸管自动开关是带有各种保护环节的晶闸管开关,当电路出现过电流、过电压、欠电压和漏电等故障时能自动切断电路以实现保护功能。晶闸管自动开关按分断过程的不同有两种:一种是非限流式,当电路发生故障时,通过其保护环节瞬时(或延时)撤除晶闸管门极信号,使它在半周波内电流自然过零时自行关断;另一种是限流式,其关断方法是不等到电流自然过零,就通过换流电路对晶闸管施加反向电压将其阳极电流迅速降到零,实行强迫关断。由于非限流式晶闸管自动开关是依靠电流自然过零实现关断的,因而这种开关所用晶闸管的容量须按短路电流确定,显然比限流式的自动开关容量要大得多。

图 3-19 为三相交流晶闸管自动开关的方框图。开关具有瞬时和延时动作的过流保护、欠压保护。为了进一步提高可靠性,除半导体保护外还采用了快速熔断器。手动启动控制环节采用高频振荡型接近开关作为无触点按钮与过流、欠压保护环节共同控制主晶闸管及换流晶闸管的门极触发源 M 。

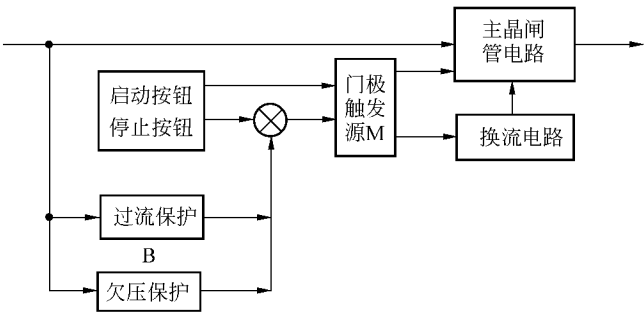


图 3-19 三相交流晶闸管自动开关系统方框图

(1) 主回路及换流电路

如图 3-20 所示,自动开关的主电路由晶闸管(VT_A 、 VT_B 、 VT_C)和二极管(V_A 、 V_B 、 V_C)反向并联而成,且三相共用一套换流电路,换流电路由换流晶闸管 VT_0 、换流电容 C 、限流电感 L 、充电电阻 R 和提供充电电流的辅助电源 U_D 等组成。正常工作时,晶闸管 VT_A 、 VT_B 、

VT_C 与二极管 V_A 、 V_B 、 V_C 交替导通, 自动开关处于闭合状态。当发生短路故障时, 保护环节 B 断开主晶闸管门极信号源, 接通换流晶闸管 VT_0 的门极信号源, 电容 C 经过 VT_0 、 $V_1 \sim V_3$ 、 $V_4 \sim V_6$ 和 L 放电, 将反向电压加在导通的主晶闸管上使之关断, 因此所有晶闸管均处于关断状态。

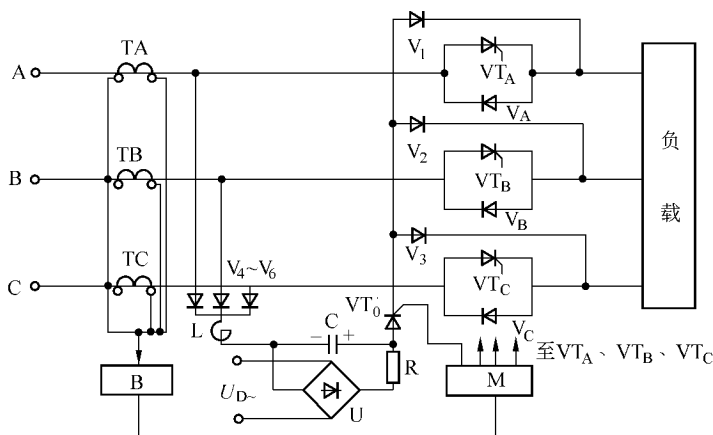


图 3-20 三相共用一套换流电路的晶闸管开关

当电容 C 放电时, 主晶闸管导通的那一相分配到的放电电流将大于主晶闸管截止的那一相。因为主晶闸管截止的那一相有电流流过反并联的二极管, 在其上已有一定的降压, 与导通晶闸管反并联的二极管上却是负电压, 因此分配到的电流较大, 这种分流不均的情况对换流有利。

为了使主晶闸管的导通角接近 180° , 门极触发信号的频率应取为 3 kHz 左右。

(2) 无触点启停控制按钮电路

启动、停止按钮由两个结构相同的变压器反馈式高频振荡型接近开关组成, 如图 3-21 所示。

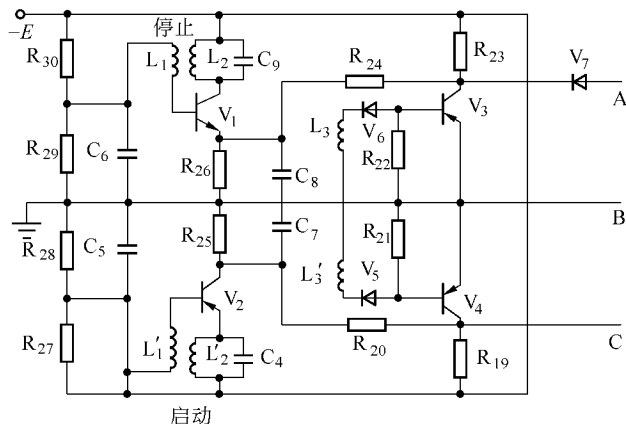


图 3-21 启停控制按钮电路

当不按按钮时,两振荡器振荡。晶体管 V_3 、 V_4 导通,输出端 A 和 B 均为高电平。按下启动按钮,即有铁片接近由 L'_1 、 L'_2 、 L'_3 绕组构成的感辨头, L'_2C_4 振荡器停止振荡, V_4 截止,B 点转为低电位。此时由于 L_2C_9 振荡器并未停振, V_3 保持导通,A 点仍为高电位。即无触点按钮输出电位为 A 高 B 低。释放启动按钮,A、B 都将恢复为高电位。只有按下停止按钮时, L_2C_9 振荡停止,才输出 A 低 B 高的电位。

(3) 触发开关与门极信号源电路

触发开关门极信号源电路如图 3-22 所示,由 V_5 、 V_6 组成的触发开关实际上是一双稳态触发器,主要用来记忆由按钮和故障保护环节送来的启、停信号。平时 A、B 输入均为高电平,由于电容 C_{10} 的作用,在接通电源以后,电路自动进入 V_5 导通、 V_6 截止状态,使后级晶体管 V_7 截止。因为有电容 C'_{10} 隔直,所以 V'_7 也截止。当按下启动按钮时,由于 B 点转为低电位,因而双稳态触发器翻转为 V_5 截止、 V_6 导通,使 V_7 导通, V'_7 则截止。 V_7 的导通使 V 振荡器接通电源,输出频率约为 3 kHz 的触发脉冲信号,经 V_8 、 V_9 放大,再由脉冲放大器 T_3 输出三组幅值为 5 V 的尖脉冲,分别触发三相主晶闸管 VT_A 、 VT_B 、 VT_C ,晶闸管开关闭合。当按下停止按钮或负载发生短路故障时,或门 A 输入端至少有一个为低电平,B 点仍为高电平,因此 V_5 、 V_6 状态互换,转为截止状态的 V_7 断开 V 电源,停发主晶闸管的触发信号,转为截止状态的 V_6 通过微分电容 C'_{10} 使 V'_7 得到短时的导通,于是 V' 的电源被短时接通,产生振荡,经放大后由脉冲变压器 T'_3 输出触发信号使换流晶闸管 VT_0 导通。

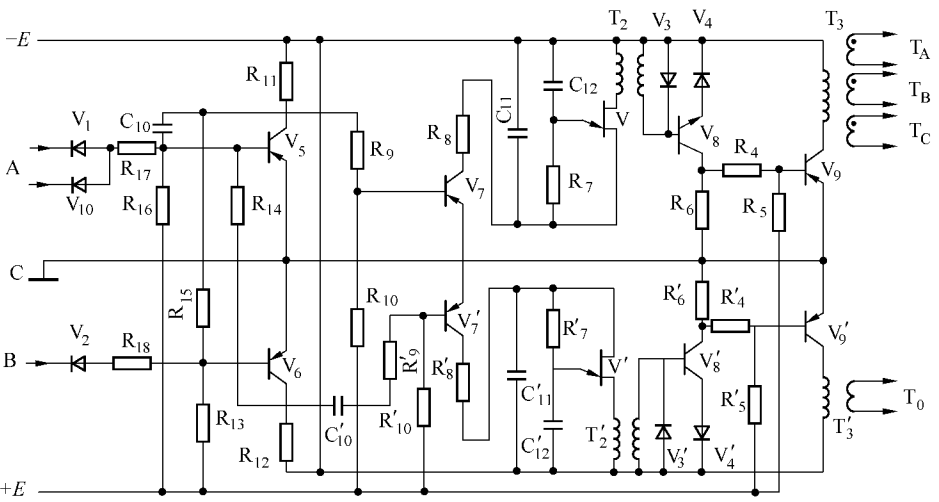


图 3-22 触发开关门极信号源电路

(4) 过流和欠压保护

晶闸管开关的过流保护同样要求反时限的过流保护特性和瞬时动作的短路保护特性。为了在不同相分别出现过载或短路故障时能取得相同的灵敏度和等时限动作,过流保护采用三相测量电路(见图 3-23)。图中,A、B、C 三相测量电路有各自的整流和滤波环节,信号通过二极管 V_1 、 V_2 、 V_3 构成的或门电路输出(图中 m、n 端),输出电压的大小取决于三相测量电路中的最高电压值。因此当发生三相过流或两相、单相过流时,只要故障电流相等,测

量电路的输出端 m 、 n 就会输出基本相同的电压,从而满足不同相过流时保护动作时限仍相等的要求。

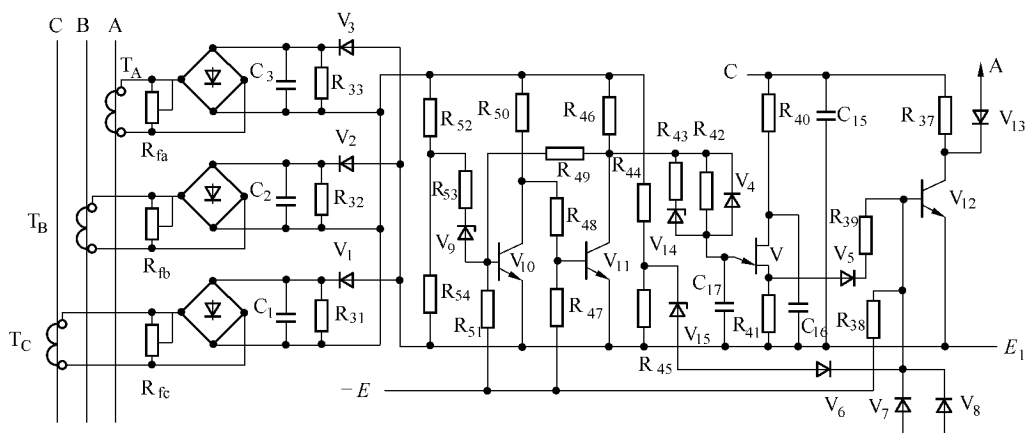


图 3-23 过流保护电路

在延时环节(R_{42} 、 C_{17})中采用稳压管 V_{14} ,电阻 R_{43} 与充电电阻 R_{42} 并联,使反时限特性与负载特性配合适当。瞬时动作信号从 R_{44} 、 R_{45} 经稳压管 V_{15} 取出,通过或门二极管 V_6 直接送到 V_{12} 的基极。当短路电流达到整定值时,通过 V_{12} 直接输出低电位信号 A 至图 3-22 中的输入端 A 。

图 3-24 所示为欠电压延时保护电路,当主回路电压 U 降至 $0.63 U_e$ 时,反映欠压的信号 U_{O1} 将低于鉴幅器的门限电压,不对称触发器翻转为 V_{13} 截止, V_{14} 导通, V_{13} 输出高电位信号使低频振荡器(R_{64} 、 R_{59} 、 C_{18} 和 V 构成)起振,并输出脉冲信号通过或门二极管 V_3 送至图 3-23 的 V_{12} 基极,使晶闸管关断。

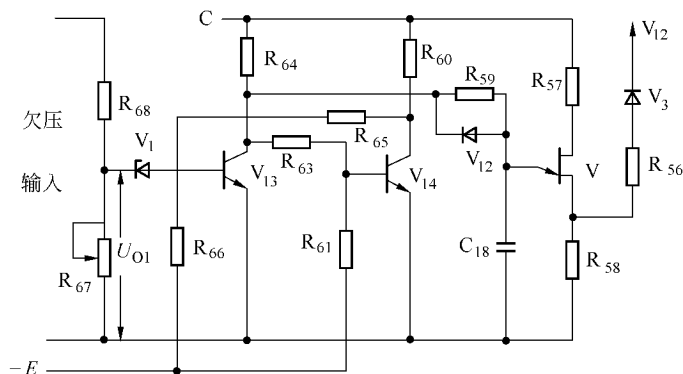


图 3-24 欠电压延时保护电路

图 3-25 所示为欠压瞬时保护电路,当主回路电压降至 $0.58 U_e$ 时,由于电压测量电路的输出电压 U_{O2} 小于门限电压,鉴幅器瞬时动作,由 V_{15} 的集电极输出高电位信号,经二极管或门送至图 3-23 中的 V_{12} 基极,使晶闸管关断。

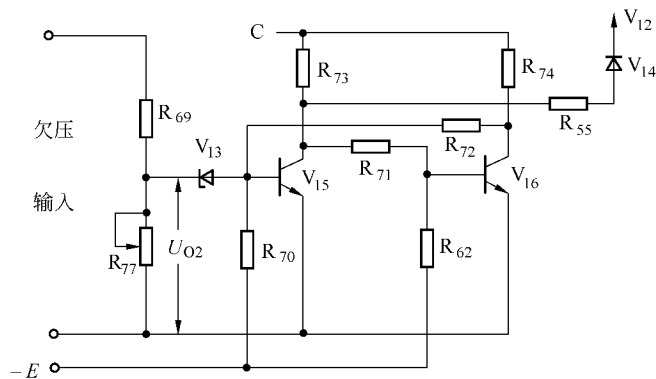


图 3-25 欠压瞬时保护电路

3.5 无触点行程开关

无触点行程开关又称为接近开关,其功能是当某种物体与之接近到一定距离时就发出动作信号,而不像机械行程开关那样需要施加机械力。接近开关是通过其感辨头与被测物体间介质能量的变化来取得信号的。接近开关的应用已远超出一般行程控制和限位保护的范畴,例如用于高速计数、测速、液面控制、检测金属体的存在、零件尺寸以及无触点按钮等。即使用于一般的行程控制,其定位精度、操作频率、使用寿命和对恶劣环境的适应能力也优于一般机械式行程开关。

接近开关的形式有多种,不论哪一种都是由接近信号发生机构以及后级的检波、鉴幅和出口电路所构成。原则上,接近开关可以根据任何一种物理变换为电量的原理作为辨识机构,如电、磁、光、声及超声波等。接近开关可根据其感辨机构工作原理的不同分为下列几种形式:高频振荡型用于检测各种金属,当前应用最为普遍;电磁感应型(包括差动变压器型)用于检测导磁和非导磁金属;电容型用于检测各种导电和不导电的液体及金属;永磁型及磁敏元件用于检测磁场及磁性金属;光电型用于检测不透光的物质;超声波型用于检测不透过超声波的物质。

接近开关的主要技术指标有：

- ①动作距离。对不同类型的接近开关的动作距离含意不同。大多数接近开关的动作距离是指开关刚好动作时感辨头与检测体之间的距离。以能量束为原理(光及超声波)的接近开关的动作距离则是指发送器与接收器之间的距离。接近开关说明书中规定的是动作距离的标准值,在常温和额定电压下,开关的实际动作值不应小于其标准值,也不能大于标准值的 20%。一般动作距离在 5 ~ 30 mm 之间,精度为 $\mu \sim 0.5 \text{ mm}$ 。
- ②重复精度。在常温和额定电压下连续进行 10 次试验,取其中最大或最小值与 10 次试验的平均值之差作为接近开关的重复精度。
- ③操作频率。操作频率即每秒最高操作次数。操作频率的大小与接近开关信号发生机构的原理及出口元件的种类有关。采用无触点输出形式的接近开关,操作频率主要取决于信号发生机构及电路中的其他储能元件,若为触点输出形式,则主要取决于所用继电器的操

作频率。

④复位行程。复位行程指开关从“动作”到“复位”的位移距离。

下面介绍两种典型的接近开关电路。

3.5.1 晶体管停振型接近开关

晶体管停振型接近开关属于高频振荡型。高频振荡型接近信号的发生机构实际上是一个 LC 振荡器,其中 L 是电感式感辨头。当金属检测体接近感辨头时,在金属检测体中将产生涡流,由于涡流的去磁作用使感辨头的等效参数发生变化,改变振荡回路的谐振阻抗和谐振频率,使振荡停止,并以此发出接近信号。LC 振荡器由 LC 谐振回路、放大器和反馈电路构成。按反馈方式可分为电感分压反馈式、电容分压反馈式和变压器反馈式。

图 3-26 为晶体管停振型接近开关电路的方框图。

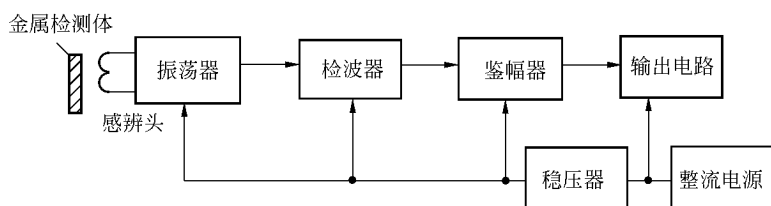


图 3-26 停振型接近开关的方框图

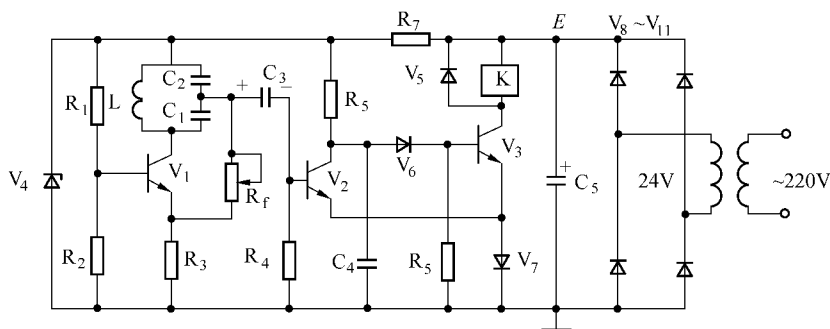


图 3-27 晶闸管停振型接近开关电路

图 3-27 为某型号接近开关的实际电路。图中采用了电容式三点式振荡器,感辨头 L 仅有两根引出线,因此也可作为分离式结构。由 C_2 取出的反馈电压经 R_2 和 R_f 加到晶体管 V_1 的基极和发射极两端,取分压比等于 1,即 $C_1 = C_2$,其目的是为了能够通过改变 R_f 来整定开关的动作距离。由 V_2 、 V_3 组成的射极耦合触发器不仅用作鉴幅,同时也起电压和功率放大作用。 V_2 的基射结还兼作检波器。为了减轻振荡器的负担,选用较小的耦合电容 C_3 (51 pF) 和较大的耦合电阻 R_4 ($10\text{ }\Omega$)。振荡器输出的正半周电压使 C_3 充电。负半周 C_3 经过 R_4 放电,选择较大的 R_4 可减小放电电流,由于每周内的充电量等于放电量,所以较大的 R_4 也会减小充电电流,使振荡器在正半周的负担减轻。但是 R_4 也不应过大,以免 V_2 基极信号过小而在正半周内不足以饱和导通。检波电容 C_4 不接在 V_2 的基极而接到集电极

上,其目的是为了减轻振荡器的负担。由于充电时间常数 $R_5 C_4$ 远大于放电时间常数(C_4 通过半导通向 V_2 和 V_7 放电),因此当振荡器振荡时, V_2 的集电极电位基本等于其发射极电位并使 V_3 可靠截止。当有金属检测体接近感辨头 L 使振荡器停振时, V_3 的导通因 C_4 充电约有数百微妙的延迟。 C_4 的另一作用是当电路接通电源时,振荡器虽不能立即起振,但由于 C_4 上的电压不能突变,使 V_3 不致有瞬间的误导通。

振荡回路中的电容 C_1 、 C_2 采用温度略呈负值的 CBX 聚苯乙烯电容器,与晶体管 β_1 值的正温度系数一道对感辨头线圈的电阻温度系数进行补偿,使开关的温度特性得以改善。由于电路中设置了稳压环节,当电源电压偏移 $-15\% \sim 10\%$ 时,接近开关的动作距离几乎不变。振荡器直流工作点设置的原则是使叠加在静态电流上的交变分量远大于后级电路提供的负载电流,一般选在 $1 \sim 3 \text{ mA}$ 。

3.5.2 差动变压器型开关

差动变压器型接近开关的感辨头采用铁氧体材料制成的 H 形铁心如图 3-28 所示,中心柱上绕有利磁绕组 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 ,其中 ω_1 和 ω_2 及 ω_3 和 ω_4 各为同极形,而两对绕组 ω_1 和 ω_2 及 ω_3 和 ω_4 为反极性串联,使输出电势为两边的差动电势,如图 3-28(b)所示。当无检测体时,铁心两侧磁场对称,输出电势 $e_0 = e_1 - e_2 = 0$,当金属体向右侧气缝接近时,检测体中感生的涡流对右侧磁场产生去磁作用,从而使二次绕组有差动电势 $e_0 > 0$ 。

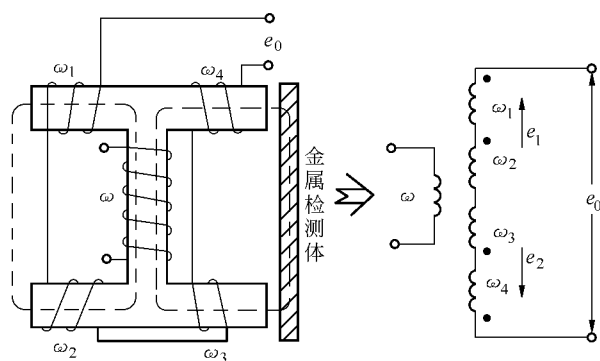


图 3-28 差动变压器型感辨头

图 3-29 所示为一种差动变压器式接近开关电路。为了减小感辨头的尺寸,一次绕组的励磁电压由 100 kHz 左右的高频信号源提供,为此在电路中设置了一个电容三点式振荡器。当有金属检测体接近感辨头的时候,两套二次绕组 ω_1 、 ω_2 和 ω_3 、 ω_4 就感应出差动电势,经复合管放大器放大,再由隔直与检波电路处理为电平信号送至射极耦合触发器鉴幅,电路有 Y 和 $\bar{Y}$ 两个互补输出端。在 $\bar{Y}$ 端还设置了一个发光二极管 V_{10} ,作为开关状态指示。触发器除了射极耦合二极管 V_8 以外,还采用了集基极耦合的正反馈电阻 R_{11} ,使开关特性更加良好。开关的精度在很大程度上取决于放大器工作的稳定性。为了使放大器工作稳定,采用负反馈电阻 R_7 ,并在直流偏置电路中接入了缓变型 PTC 热敏电阻 R_t ,以在规定的温度范围内保持直流工作点稳定。

差动变压器有较高的感辨灵敏度,在其后又有较高增益的放大器,因此与停振型接近开

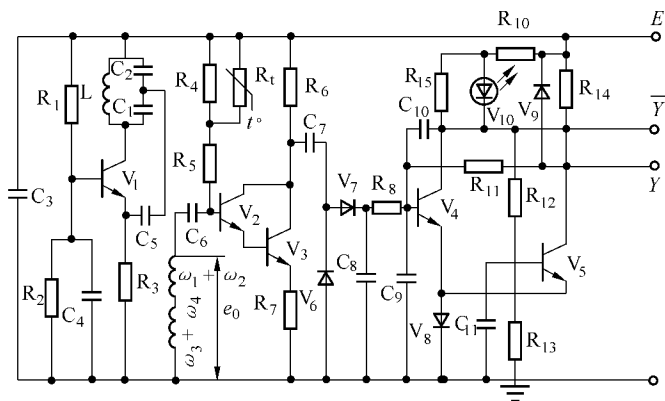


图 3-29 差动变压器接近开关电路

关相比,差动变压器型接近开关有较大的动作距离,即有较大的磁心利用系数。由于没有停振与起振过程,因此还具有很高的操作频率。由于差动变压器型接近开关是利用金属检测体中涡流的去磁作用,铜、铝等电阻系数较小的检测体去磁作用比电阻系数较大的铁检测体要大,因此当尺寸相同时,铜、铝检测体的动作距离比铁的要大。

复习思考题 3

- 3-1 何谓电子电器?电子电器一般由哪几部分组成?与有触点电器比较有哪些优缺点?
- 3-2 电子电器主要技术参数及抗干扰方法有哪些?
- 3-3 简述通电延时型与断电延时型晶体管时间继电器的区别及延时环节的特点。
- 3-4 图 3-5 所示的时间继电器电路,设工作电压 $E = 220\text{ V}$, V_4 的参数为: $I_P \leq 2\text{ A}$, $\mu = 0.61$, 欲得到 $t_d = 120\text{ s}$ 的动作延迟时间,试计算电路的 R 、 C 值。
- 3-5 结合图 3-10 说明过载及短路保护继电器是如何鉴别和处理过载及短路两种情况的?
- 3-6 为什么要对电动机实现断相保护?以负序电流为原则和以线电流为零为原则的断相保护电路之检测电路各有什么特点?
- 3-7 漏电保护有何重要性?漏电保护继电器是如何对漏电进行传感检测的?
- 3-8 半导体脱扣器有哪些功能?结合图 3-18 说明其中各保护环节的工作原理。
- 3-9 晶闸管开通和关断的条件是什么?在交流电路和直流电路中晶闸管各靠什么来关断?
- 3-10 混合式交流接触器是如何实现无弧通断的?在实现触点电流转移时电流型触发控制电路有什么特点?
- 3-11 比较晶闸管自动开关与具有半导体脱扣器的自动开关各种保护功能实现的途径有什么不同?
- 3-12 接近开关有何作用?其传感检测部分有何特点?是如何检测到金属体的接近的?

自从制造工业引入自动化以来,安全问题越来越受到电气控制领域的重视,特别是一些直接威胁到人身安全的环境,曾经无数血的教训,更是令人触目惊心。这一章将结合德国 Pilz 公司的产品来讨论制造业自动化安全评级标准、安全继电器和它的应用。

4.1 安全电器的重要性及其等级评定

4.1.1 安全电器的重要性

在冲压机械、木材加工机械、电缆车、注模机械、吹模机械、包装机械、信号设备、建筑机械、起吊设备、矿山机械、印刷机械、工业机器人(手臂)、高速 SMT 设备等的各种应用中,我们常常需要设置双手操作装置、安全门装置、维护和操作人员是否离开机器设备的检测装置、急停按钮装置、限幅保护装置。

这些措施将对人身和设备的安全保证提供良好的基础,但如果设备上没有使用安全性电器这些措施就形同虚设。并且有可能出现各种不良后果。由此可见,制造工业自动化中安全电器显得尤为重要。为了保护操作者和机器的安全,世界各国都颁发了有关标准来规范制造工业自动化安全措施。

我国在制造工业自动化产品中虽有严格的安全标准,但随着我国加入 WTO,产品在参与国际竞争中要立于不败之地,其产品的电器安全标准必须与国际接轨,仅按自己的标准显然于民族工业不利,因此对国际通用(或欧洲)的电器安全标准和符合其安全标准的电器产品的了解显得十分重要。

4.1.2 制造工业自动化安全评级介绍

欧洲标准对安全防护系统中控制系统的安全等级划分在 EN 954 - 1 中给予了明确的定义。划分的目的是利用经济合理的控制系统最大程度避免可能发生的风险。图 4 - 1 给出了确定安全等级指南,这仅仅是对设计者的一种指导,而且它必须与量化的危险评定数据一起使用。其中:

- 表示相对参考点最合适的安全等级;
- 表示要求额外措施的可能安全等级;
- 表示相对于实际要求过高的安全等级。

S 表示受伤的严重性

S1 轻伤(可恢复,如轻微的切伤和擦伤)。

S2 重伤(不可恢复)及死亡。

F 表示面临危险的时间或频率

F1 面临危险的时间很短/频率从无到经常发生。

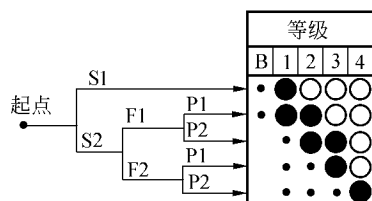


图 4 - 1 评定等级图表

F2 :面临危险的时间长/频率从经常到持续发生。

P 表示防止危险的可能性 通常与危险部分的运动速度、频率以及人与它们的距离有关。

P1 :在特定的条件下可能。

P2 :几乎不可能。

【范例 1】在冲压机床中 ,操作员将工件放入机器的过程中 ,其危险等级评估过程为 :

- ① 受伤的严重性为重伤(不可恢复)及死亡 ,因此选择 S2 ;
- ② 面临这种危险的时间长 ,发生的频率显然很高 ,即选择 F2 ;
- ③ 由于冲床的速度很快 ,几乎不可能防止危险 ,选择 P2 ;
- ④ 从起点→S → → →●为等级 4 ,因此安全控制系统应达到 4 级 ,如图 4-2(a)的粗线所示。

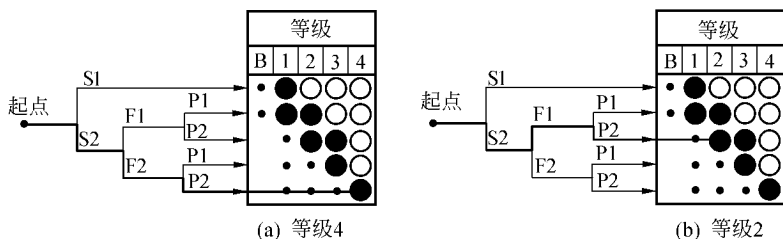


图 4-2 具体危险评估过程图

【范例 2】自动门的危险是在门的边界上 ,在开关门的过程中 ,其危险等级评估过程为 :

- ① 这种危险发生的后果是可能造成手指断裂或粉碎性骨折 ,因此选择 S2 ;
- ② 这种危险发生的频率不高 ,选择 F1 ;
- ③ 如果关门的速度较快 ,很难防范 ,选择 P2 ,反之选择 P1 ;
- ⑤ 取公共选中部分是 S → → →●为等级 2 ,因此要求控制等级达到 2 级 ,如图 4-2(b)的粗线所示。

4.2 电气控制安全等级标准及应用分析

前面已初步介绍了 EN 954 - 1 所规定的控制系统的安全等级 ,为了使读者对安全电器的应用和安全等级的评价有一个更深入的了解 ,本节详细地分析电气控制在制造业自动化安全生产中的安全等级的应用。

这里将以单台电动机和多台电动机的启动、停止和急停控制为例进行分析。

4.2.1 等级 B 和等级 1 的定义及其典型电路

等级 B 是指 ,系统中任何单一的故障就会使机器丧失安全功能 ;控制系统中的安全控制部件应不受操作应力、被处理材料以及外部的影响(如振动、环境、电源断电后重复上电或波动) ,技术参数应当满足相关标准要求 ,当单一故障造成机器失去安全功能时 ,必须设有满足 EN 292 - 1 附录 A 要求的附加安全防护方法(如急停控制)。

等级 1 是指在满足等级 B 的基础上 ,附加了品质优良的(Well-ried)元件及品质优良的(Well-ried)安全原理。对于可能出现的故障 ,采用较为可靠的元件 ,避免故障或潜在故障

的发生。对于等级 B 和等级 1 ,一般机器控制系统的安全取决于所用的元件 ,任何单一的故障就会使机器丧失安全功能。此时必须设有满足 EN 292 - 1 附录 A 要求的附加安全防护方法。

所谓品质优良的(Well-ried)元件 ,即广泛用于相同情况并取得满意结果的元件或是以工作原理就可以论证其安全可靠的元件。可以不考虑这种元件自身故障发生的可能性(其概率是极低的)。品质优良元件的选择取决于它应用的场合。

品质优良的(Well-ried)安全原理 :为避免短路 ,减少故障的发生率 ,确定故障的类别 ,准确地检测故障以及避免二次故障的发生。可以采用诸如隔离电路、充分的承载能力、当遇故障时及时开路断电、良好的接地等措施。

例如 ,在单电机控制系统中 ,一般采用急停开关控制接触器的典型电路 ,如图 4 - 3 所示 ,电路中包含急停开关 ,启动开关 ,停止开关的控制 ,控制中不存在任何冒险的控制电路。当运行出现紧急情况时 ,按下急停开关 ,令交流接触器断开 ,使得主电路的电动机自动停止。如果选用合适的制造尺寸、良好的元件和适当的熔断器 ,从经济和技术角度来说 ,在主电路里存在的危险是可以接受的。我们把这种典型的控制线路称为符合国际 IEC 204 - 1 标准和欧洲 EN954 - 1 标准的安全等级 R 基本 和安全等级 1。

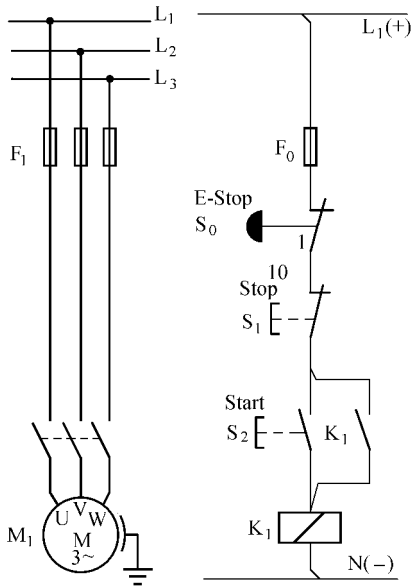


图 4 - 3 安全等级 1 的单电机急停开关控制电路

上面的电路只适合单主电路的控制 ,对于多个主电路的控制用单个控制电路实现则需要不同的方法。

图 4 - 4 所示为急停开关通过控制电路间接实现多对主电路接触器的控制 ,第二个控制电路往往被看成是产生潜在危险的来源 ,因此不采用附加的安全措施这个电路在使用中是不安全的。因为控制电路输出 ,电路没有自测和冗余 ,假如在电路中有一个或者一个以上 K_1 的常开触点熔焊 ,例如电机 M_2 的 K_1 被熔 ,当紧急情况发生 ,按下急停开关 E - Stop 时 , M_2 不能被切断 ,然而机器并没有提示故障所在 ,因此严重的危险将可能由此发生。

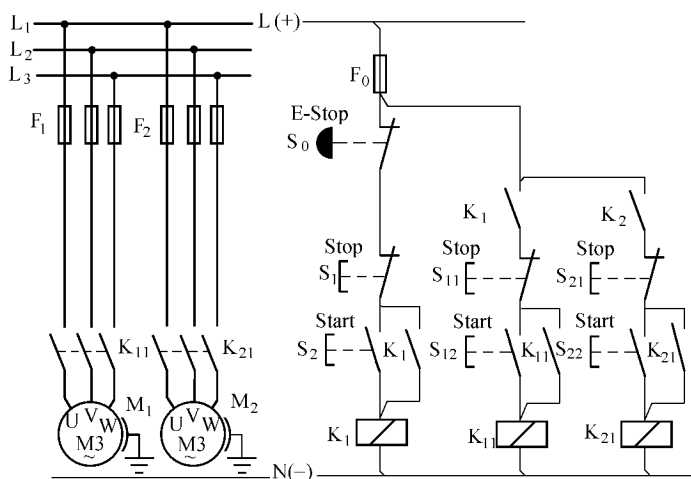


图 4-4 单控制电路控制多个主电路接触器的控制图

如果我们只简单地增加如图 4-5 所示的冗余,这时候 K_{1a} 和 K_{1b} 如有一个熔焊(假设为 K_{1a}),另一个(K_{1b})仍然能保证急停正常动作,但这时候冗余已消除,这种故障也不能指示,因此等到第二个触点熔焊时,又会发生原先的状况,危险仍然存在。其安全等级依然为安全等级 1,要达到更高级的安全等级可用三继电器逻辑控制电路。

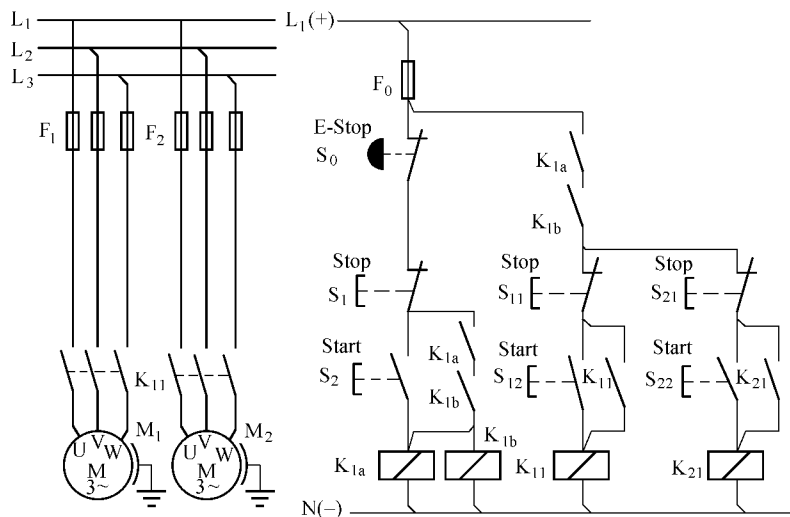


图 4-5 具有简单冗余的多主路控制电路

4.2.2 安全等级 2 的定义及其典型电路

安全等级 2 是首先要满足安全等级 B 以及品质优良的安全原理的要求,其次要对安全控制系统的功能实施间隙性检验。这种自动(控制系统或电子监控系统)或手动的周期检验应当是在机器启动时和运转过程中被执行。如果没有发现故障,允许检验系统继续工作,否则应当产生故障输出,触发可能的安全功能,至少也应当发出警告信息。这一检测系统自身不应导致危险,可以是安全控制回路中的一部分,也可以是单独的系统。在检验间隙中漏检

的故障应当在下一个检验周期中被识别出来。一般认为手动检验是有效的,但需取决于机器的危险性分析。

仍然以多电机的控制为例,如图 4-6 所示为三继电器逻辑原理的电路解决单路控制电路实现对多主电路控制的安全操作。该电路具有如下特点:

- ① 输出触点冗余和差异共存,冗余中既有常开触点,又有常闭触点,避免了批量生产造成的同类缺陷导致的故障。
- ② 继电器具有正向杠杆挑动机制,也就是说触点是机械硬连接的,万一触点发生故障,常闭触点将保持断开状态。
- ③ 电路周期性自检,即电路上电启动过程中同步自测触点的故障情况。
- ④ 接地短路可由熔断器检测。

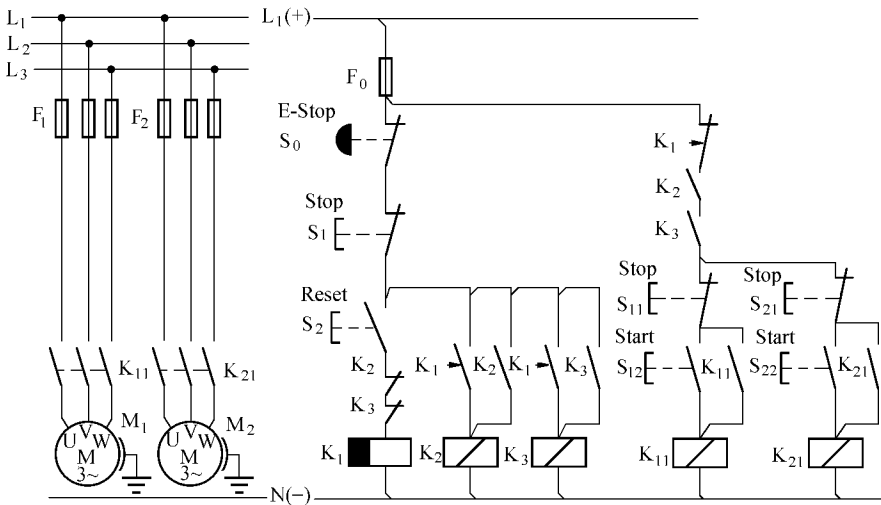


图 4-6 安全等级 2 的单条三继电器逻辑电路控制多主电路的原理图

从电路中可以看出,当 S_0 处于 ON 时,按下 S_2 ,延时断开继电器 K_1 的常开触点(与 K_2 和 K_3 冗余线圈同一支路)闭合, K_1 常闭触点(与 K_2 和 K_3 串联触点同一支路,称差异)断开, K_2 和 K_3 线圈得电,使 K_2 和 K_3 的常闭触点断开,而 K_2 和 K_3 的常开触点闭合, K_1 的延时断开保证了 K_2 和 K_3 的正常动作,当延时时间结束, K_1 的常开触点恢复断开,常闭触点恢复闭合,此时,主电路可以启动工作,在这个过程中,除了急停按钮短路,任何一个触点的故障都可以被检测出来,一旦有故障,主电路将不能启动工作。例如,常开触点 K_2 (与常开触点 K_3 和常闭触点 K_1 相串的回路)之前被熔焊,急停按钮已被按下,触点 K_3 将安全地断开了主电路,当急停按钮复位后,按下 S_2 将不会起任何作用。这是因为继电器是正向导制,其常闭触点 K_2 此时的状态为断开,所以线圈 K_2 和 K_3 此时均无法得电,因此无效的复位 S_2 操作将被指示。由于该电路对急停按钮的短路无法检测,因此该电路可达到符合国际 IEC 204-1 标准和欧洲 EN954-1 标准的安全等级 2。

4.2.3 安全等级 3 的定义及其典型电路

安全等级 3 是首先满足安全等级 B 以及品质优良的安全原理的要求,其次在控制系统

中单一故障不会导致安全功能的丧失。主要故障必须在安全功能实施时或以前被检验出来,这并不意味着可以监测出所有的故障。故障的积累将会导致安全功能的丧失。

若在图 4-6 上加入两通道的急停输入,电路成为双通道三继电器逻辑电路控制多主电路,如图 4-7 所示。电路具有图 4-6 相同的特点,该电路可达到符合国际 IEC 204-1 标准和欧洲 EN954-1 标准的安全等级 3。但该电路仍然不能检测到急停控制按钮短路的故障。

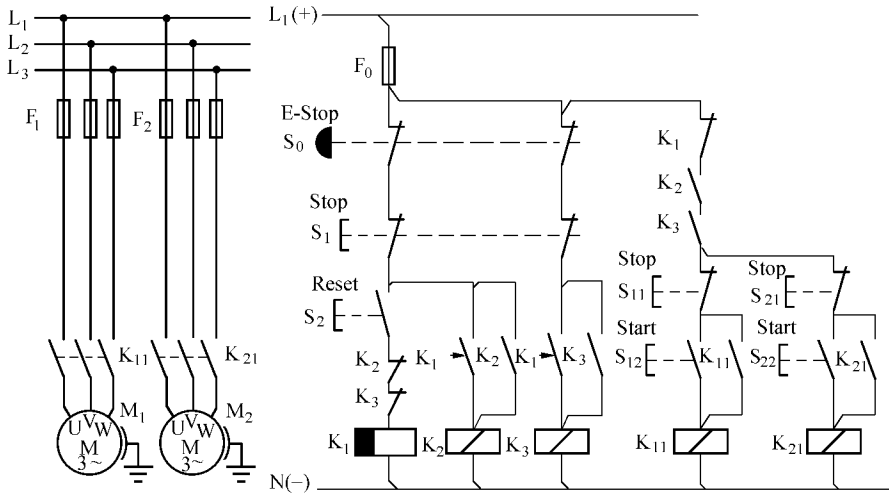


图 4-7 安全等级 3 的双通道三继电器逻辑电路控制多主电路的原理图

4.2.4 安全等级 4 的定义及其典型电路

安全等级 4 是首先需满足安全等级 B 以及品质优良的安全原理的要求,其次在控制系统中单一故障不会导致安全功能的丧失。在下一个安全功能实施时(或以前)或在启动机器

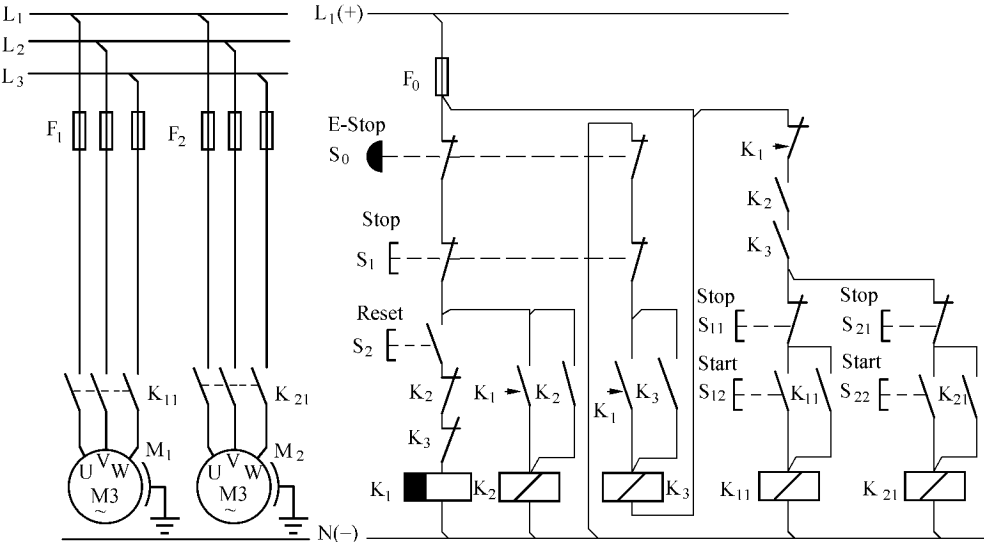


图 4-8 安全等级 4 的单控制电路

时、或在机器运转一个周期运转结束时应将故障立即检验出来。如果这种一般检验或实时检验无法实施,则故障的积累也不应造成安全功能的丧失。

图 4-7 所示的电路,由于急停按钮的短路无法检测,因此对于更高要求的危险级别将无法满足,图 4-8(见第 79 页)是采用双通道急停输入且通道具有相反电位的三继电器逻辑原理的电路,该方法彻底解决了急停按钮触点短路的自检测问题。该电路可达到符合国际 IEC204-1 标准和欧洲 EN954-1 标准的安全等级 4,即最高等级标准。该电路除具有图 4-6 和图 4-7 的特征外,还具有可检测到急停控制按钮的短路的特征,一旦发生急停按钮被短接,熔断器将熔断。

4.3 安全继电器的结构、特性及其工作原理

4.3.1 安全继电器的外形结构及其分类

Pilz 安全继电器系列有单元式和模块式结构,其特点是非常紧凑,电源接口、输入/输出、安全触点和辅助触点排列规整,体积小巧;由于采用统一同宽同高不同长度,安装导轨尺寸一致,因此安装方便,便于维护,外形美观。

Pilz 安全继电器系列的基本类型有:急停继电器、安全门监控器、双手控制继电器、安全时间继电器、过压继电器、速度监控继电器、安全继电器扩展模块和可扩展的模块化安全系统。

4.3.2 安全继电器的内部结构

Pilz 安全继电器系列典型的内部结构如图 4-9 所示。

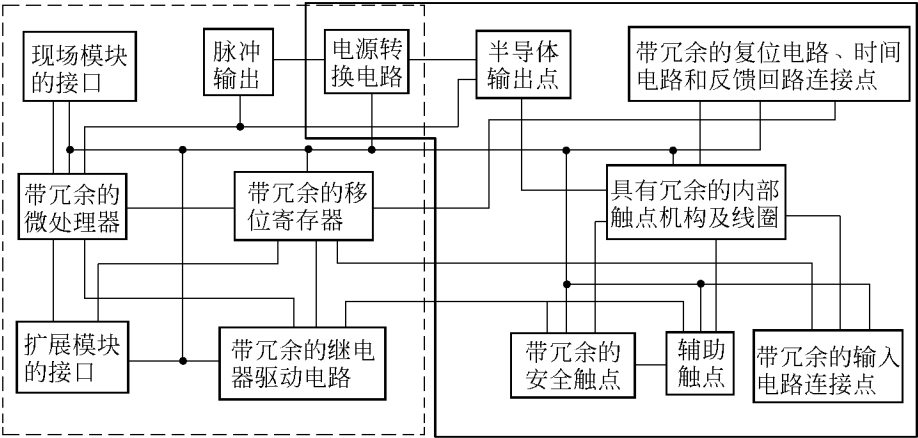


图 4-9 Pilz 安全继电器典型的内部结构简图

4.3.2.1 常用的安全继电器的组成结构

Pilz 常用的安全继电器系列主要有急停继电器、安全门监控继电器和双手控制继电器,全部符合 EN60204-1 和 IEC204-1 标准,可满足 EN954-1 的 2~4 级要求。其基本结构如图 4-9 中粗实线框所示,由电源部分、具有冗余的内部触点机构、带有冗余的输入电路连接点、冗余安全触点和辅助触点等组成,有些还带有半导体输出点、复位电路、时间电路和反

馈控制回路。具有冗余的内部触点机构是整个内部结构的中心 ,其他各部分由这部分引导工作 ,内部冗余一般 2~3 级 ,输入通道一般有单通道或者双通道 ,单个单元安全触点最多为 10 点 ,不够可扩展 ,最多有两个半导体输出点。

4.3.2.2 智能安全继电器的组成结构

Pilz 智能安全继电器系列是集急停继电器、安全门监控继电器和双手控制继电器于一体的模块化安全系统 ,全部符合 EN60204 - 1 和 IEC204 - 1 标准 ,可满足 EN954 - 1 的 2~4 级要求。其基本结构如图 4-9 中所示(包括实线框和虚线框两部分) ,由电源部分、具有冗余的移位寄存器和微处理器、带有冗余的输入电路连接点、冗余安全触点和辅助触点、半导体输出点、复位电路、时间电路、反馈控制回路、扩展模块接口和现场模块接口等组成。具有冗余的内部移位寄存器和微处理器控制其他各个部分协调工作 ,用户可根据需要灵活地扩展 ,同时可利用连接模块 PDIA 和显示器进行编程、显示状态及故障信息。

4.3.3 安全继电器的技术性能

Pilz 安全继电器技术性能如表 4-1 所示。

表 4-1 Pilz 安全继电器技术性能指标

一般特性	
(所列特性并不是所有型号的安全继电器都具备 ,根据型号有些特性可能不具备 ,使用时请详细阅读说明书)	① 符合 EN60204 - 1 和 IEC204 - 1 标准 ② 通过认证有 BG ,TÜV ,SUVA ,UL ,SA ,RW ,SAQ ,INRS ,CS ③ 双通道(或单通道)结构可检测输入触点间的短路情况 ④ 单或双通道输入 ⑤ 被监控的手动/自动复位 ⑥ 反馈控制用于监控外部继电器和接触器 ⑦ 发光二极管显示 :电源、通道 1、2 的输入状态指示 ⑧ 输出触点 :N/O 输出、N/C 输出、部分带半导体输出 ,可扩展 ⑨ 每个继电器 AC 单元也可在 24 VDC 下工作 ⑩ 外壳的长和高统一标准 ,宽度为 22.5mm 45mm 67.5mm 90mm 112.5mm , 135mm 几种规格
电气参数	
电源电压	AC 24 V 42 V 48 V 110 V 230 VAC DC 24 VDC
电压波动范围	85% ~ 110%
功率消耗	约 1W/2 VA~ 6.5W/12 VA
开关容量	AC1 240 V/4A/960 VA~ 240 V/8A/2000 VA AC15 240 V/2A/480 VA~ 240 V/5A/1200 VA DC1 24 V/1.5A/36W~ 24 V/8A/200 VA DC13 24 V/3A/52 VA~ 24 V/7A/818 VA
输出触点	单个单元 :安全触点 2~8 个(N/O) ,辅助触点 :1~3 个(N/C) , 半导体触点 0~2 个
触点保险丝保护	6.3A~ 10A 快速/4A~ 6.3A 慢速
绝缘耐压	AC2000 V/min(各端子与接地端之间)以上
绝缘电阻	6 Ω 500 V DC(各端子与接地端之间)
时间特性	
通电延时	100 ~ 900 ms

(续表 4-1)

时间特性	
断电延时	20 ~ 300 ms
恢复时间	150 ms ~ 2 s
通道的一致性	Max150 ms
失压中断	35 ms 左右
机械参数	
触点材料	AgSnO ₂ (部分有镀金)
外部导线截面	2 × 1.5 mm ² 或 2.5 mm ² (单芯或多芯)
体积	87 ×(22.5/45/67.5/90/112.5/135)× 121 mm ³
重量	220 ~ 950 g
安装	90 mm ,9 - 93 凹槽 ,DIN 轨道安装
环境性能	
环境温度	- 10 ~ 60 可选
环境湿度	35 % RH ~ 95 % RH
抗振动	10 ~ 75 Hz ,0.5 mm ,最大 3 g (重力加速度)
对环境污染	无腐蚀气体 ,无导电尘埃

4.3.4 Pilz 选件指南

根据 EN 954 - 1 的安全等级标准 ,表 4-2 列出了安全继电器的选用指南。

表 4-2 安全继电器的选用指南

产品名称	触点数				工作电压				手动复位	体积 mm³	开关容量 AC24 DC24	通过认证	安全等级			
	常开	常闭	辅助	半导体	24 DC	24 AC	120 AC	230 AC					B/1	2	3	4
可扩展 PNOZ 安全系统																
PNOZ XMI	4	1	—	●	●	—	—	—	●	112.5	8	BG	—	●	●	●
PNOZ XEI	—	—	—	—	●	—	—	—	—	22.5	1	BG	—	—	—	—
DIA- SET DIA	—	—	—	—	●	—	—	—	—	22.5	—	—	—	—	—	—
急停继电器/安全门监控器																
PNOZ X2/2.1	2	—	—	—	●	●	—	—	●	22.5	6/4	BG UL	—	●	○	●
PNOZ X3	3	1	—	●	●	●	●	●	●	45	5/4	BG ,UL	—	●	○	●
PNOZ XV2	4	—	—	—	●	—	—	—	●	45	5/4	BG ,UL	—	●	○	●
PNOZ 1 2	3	1	—	—	●	●	●	●	●	90	6/4	BG ,SU VA	—	●	●	●
PNOZ 6	3	1	—	●	●	●	●	●	—	90	8	BG ,UL	—	●	●	●

(续表 4-2)

产品名称	触点数				工作电压				手动 复位	体积 mm³	开关 容量 AC24 DC24	通过认证	安全等级			
	常 开	常 闭	辅 助	半 导 体	24 DC	24 AC	120 AC	230 AC					B/1	2	3	4
急停继电器/安全门监控器																
PNOZ 8/8. 1/ 8.2	3	1	—	●	●	●	●	●	●	90	8	BG ,UL ,SA	—	●	●	●
PNOZ XI0	6	4	—	—	●	●	●	●	—	90	8	BG	—	●	●	●
PNOZ II	7	1	—	●	●	●	●	●	●	90	8	BG ,UL	—	●	●	●
PNOZ 15	3	1	1	—	●	—	—	—	—	90	8	BG	—	●	●	●
PNOZ 16/16S	2	—	—	●	●	●	●	●	—	45	5/4	BG ,UL	—	●	○	●
PNOZ 2VQ	5	1	—	—	●	—	—	—	—	112.5	8	BG	—	●	●	●
PNOZ EX	3	1	—	—	—	—	—	●	●	112.5	4/2	RW , TÜV , DMT	—	—	—	●
PST 1	2	—	—	—	●	●	●	●	—	45	6	BG ,UL ,SA	—	○	●	●
PST 2	2	—	—	—	●	●	●	●	—	90	6	BG , SUVA , SA ,CSA	—	○	○	●
PST 4	6	4	—	—	●	●	●	●	—	90	8	BG	—	○	●	●
PNOZ I	3	1	—	—	●	●	●	●	—	90	8	BG ,UL ,SA	—	●	●	—
PNOZ 3	5	1	1	—	●	●	●	●	—	135	8	BG , SUVA , SA	—	●	●	—
PNOZ X5	2	—	—	—	●	—	—	—	—	22.5	6/4	UL	—	●	●	—
PNOZ V	4	1	—	—	●	—	—	—	—	90	8	BG	—	●	●	—
PST 3	3	—	—	—	●	●	●	●	—	90	8	BG , SUVA , SA ,CSA	—	●	●	—
PNOZ XI	3	1	—	—	●	●	—	—	—	22.5	5/4	BG ,UL	—	●	—	—
PNOZ Z	2	—	—	—	●	●	—	—	—	22.5	5/4	BG ,UL ,SA	—	●	—	—
PNOZ 2	3	1	—	—	—	●	●	●	—	90	8	BG , SUVA , SA ,CSA	—	●	—	—
PNOZ 5	2	—	—	—	●	●	●	●	—	45	6	BG ,UL ,SA	—	●	—	—
双手控制继电器																
P2HZ XI	3	1	—	●	●	●	●	●	—	45	5/4	BG ,UL	—	○	○	●
P2HZ 5	2	2	—	—	●	●	●	●	—	90	5/4	BG ,UL ,SU- VA ,SA ,CSA	—	○	○	●
P2HZ X3	2	1	—	—	●	—	—	—	—	22.5	5/4	BG ,UL	—	○	○	●
过压继电器																
PNKL	3	1	—	●	●	●	●	●	—	90	4	—	—	●	●	—

(续表 4-2)

产品名称	触点数				工作电压				手动 复位	体积 mm ³	开关 容量 AC24 DC24	通过认证	安全等级			
	常 开	常 闭	辅 助	半 导 体	24 DC	24 AC	120 AC	230 AC					B/1	2	3	4
速度监控继电器																
PDZ	2	2	—	—	●	●	●	●	—	90	6	BG	—	○	●	—
PAD	—	—	—	—	5 V	—	—	—	—	45	—	BG	—	○	●	—
PSWZ	2	1	—	●	●	●	●	●	—	90	6	TÜV ,SA	—	●	●	—
时间继电器																
PZA	1	2	—	—	●	●	●	●	—	45	6	BG ,UL	—	*	*	*
PZW	1	2	—	—	●	●	●	●	—	45	6	BG ,UL	—	*	*	*
扩展模块																
PZE 3 V	2	1	—	—	●	●	●	●	—	90	6	BG ,SA	—	*	*	—
PZE X4 (V)	4	—	—	—	●	—	—	—	—	22.5	5/4	BG ,UL ,SA	—	*	*	—
PZE 9	8	1	—	—	●	●	●	●	—	90	8	BG ,UL	—	*	*	*

注：* “=与主机相同；● ”= 可达到此安全等级；○ ”= 配置成下一个最高等级时可达。

4.4 几种典型的安全继电器

Pilz 安全继电器具有操作简便、使用灵活、保证安全的特性。为了保护操作者及机器的安全 ,Pilz 公司早在 1987 年就研制出第一个 PONZ 型急停继电器 ,现已形成了安全继电器的系列产品 ,其中包括 急停继电器、安全门继电器、双手控制继电器和用于监控成套设备及机器的产品(如电流、电压、功率监测器、超压、速度以及时间继电器)。限于篇幅我们只对其中的几种类型进行讨论。

4.4.1 急停继电器和安全门监控器

在电气控制中 ,如果用常规急停继电器 ,其触点被焊接时 ,将出现危险的情况 ,即当操作员操作急停按钮 ,机器未必能停止。Pilz 急停继电器是一种符合 IEC 204 - 1 和 EN60204 - 1 标准的产品 ,产品是由经过反复试验的电路和元件 ,采用冗余和差异技术 ,并且通过完善的功能测试制成的 ,因此能够代替常规急停继电器 ,使急停继电器功能趋于完善 ,可达到 EN 954 - 1 所定义的各安全等级。PNOZ Ex 就是其中可达到安全等级 4 的一种。用户可以根据需要选择满足不同安全等级的急停继电器和安全门监控器。

4.4.1.1 PNOZ Ex 内部接线图

PNOZ Ex 的内部接线图如图 4-10 所示。从图 4-10 中可以看出 :安全输出常开触点具有 K₁ 和 K₂ 组合的冗余 ;K₄、K₅、K₆、K₇ 线圈可以使输入急停按钮、安全门限位开关和复位按钮接成冗余输入状态 ;K₂ 和 K₃、K₁ 和 K₃ 形成内部或的关系 ,K₂ 和 K₇ ,K₄ 和 K₁/K₃ , K₅ 和 K₂/K₃ 保证内部触点安全动作 ,即使某内部触点失效也能可靠工作。

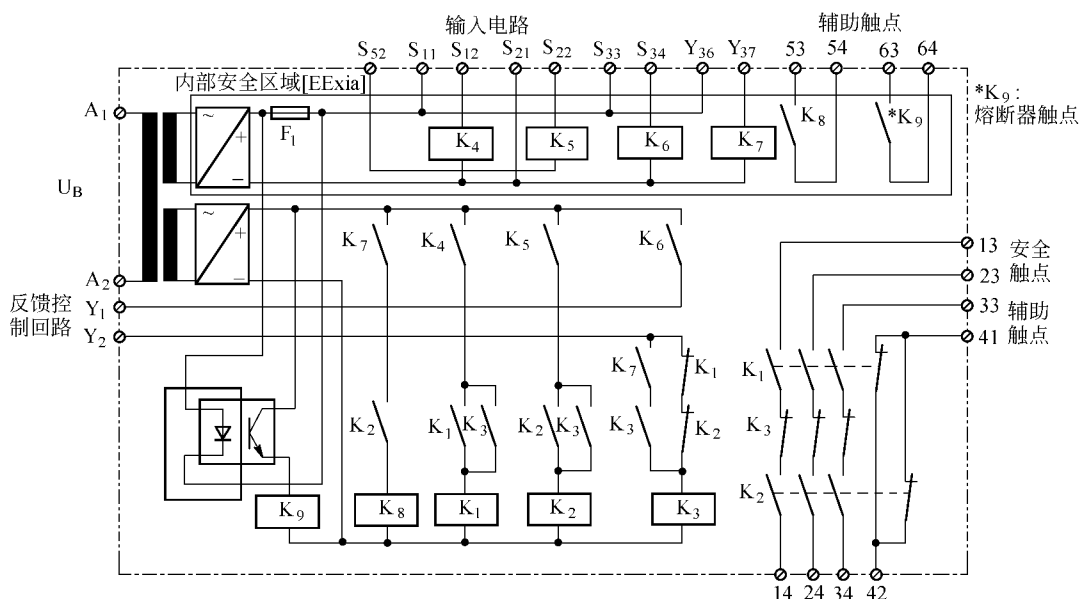


图 4-10 PNOZ Ex 的内部接线图

4.4.1.2 PNOZ Ex 的主要功能和技术参数

主要功能：

- 防爆型；
- 只允许双通道操作；
- 3 个常开安全触点，1 个内部安全区域辅助触点，1 个内部安全区域熔断的辅助触点，1 个非内部安全区域辅助触点；
- 可连接急停按钮、安全门限位开关和复位按钮；
- 发光二极管显示：电源、输入/输出状态、故障显示和熔断器状态。

主要电气参数：

- 操作电压 AC 42 V、115 V、120 V、230 VAC，波动范围 85% ~ 110%；
- 复位和反馈回路的电压/电流 5 VDC/25 mA；
- 通/断电延时：约 150 ms/50 ms（ K_1 、 K_2 ），90 ms（ K_3 ）；
- 操作温度：- 20 ~ + 55 ；
- 开关容量：DC1 24 V/2A/50 W，DC13 24 V/5A，AC1 240 V/4A/1000 VA，AC15 230 V/4A；
- 熔丝容量：10A（快速），6A（慢速）。

4.4.1.3 PNOZ Ex 的外部接线举例分析

图 4-11 是 PNOZ Ex 满足安全等级 4 的应用外部接线图，其中图 4-11 (a) 为非内部安全区域手动复位的双通道急停控制的接法，图中复位按钮 S_3 接在反馈控制回路的连接点 Y_1 和 Y_2 ， S_3 与 K_6 、 K_1 和 K_2 组成复位电路， K_4 与 K_5 组成冗余急停回路；当按下 S_1 保证了线圈 K_1 和 K_2 至少有一个失电，从而输出安全触点 K_1 、 K_2 ， K_1 和 K_2 必然有一组断开，除非 K_4 与 K_5 同时失效，如电路因工作故障断开，且必须 K_1 和 K_2 同时失电，按下复位按钮 S_3 才能使 K_1 和 K_2 线圈重新得电且自保。

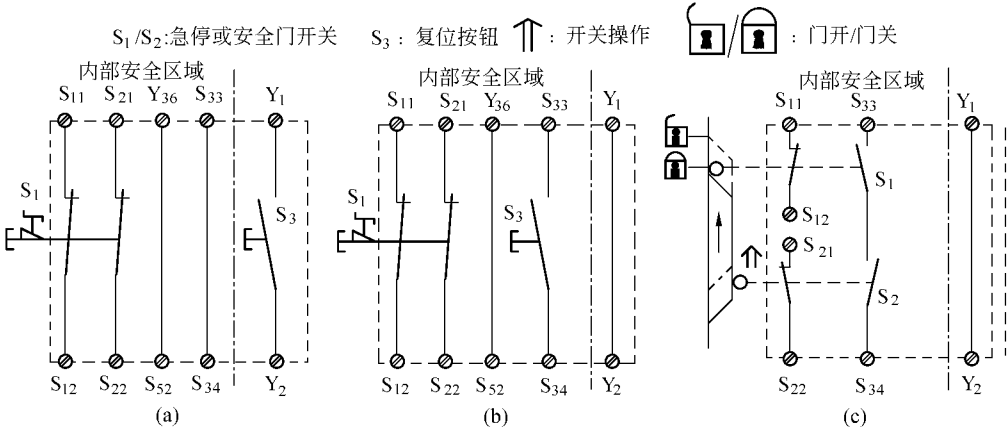


图 4-11 PNOZ Ex 应用的外部接线图
(a)非内部安全区域手动复位的双通道急停控制 (b)内部安全区域手动复位的双通道急停控制；
(c)在安全区域位置双通道安全门控制

图 4-11(b)与图(a)的工作原理基本相同,不同的是复位按钮 S_3 接至 S_{33} 和 S_{34} 端子,而外部反馈端子 Y_1 和 Y_2 短接,因此该接法称为内部安全区域手动复位的双通道急停控制。

在图 4-11(c)安全区域位置双通道安全门控制中,当安全门处于关门状态时, S_{21} 和 S_{22} 、 S_{12} 和 S_{11} 短接, S_1 和 S_2 使 S_{34} 和 S_{33} 可靠断开,让 K_6 线圈可靠失电,设备处于允许工作状态;当安全门处于开的状态时, S_{21} 和 S_{22} 、 S_{12} 和 S_{11} 断开, K_1 和 K_2 线圈失电,设备停止工作, S_1 和 S_2 使 S_{34} 和 S_{33} 短接,让 K_6 线圈得电,设备处于准备工作状态。

当安全触点数量不够时,可进行触点数的扩展,如图 4-12 所示。

4.4.2 安全门监控器

PST4 是 Pilz 安全门监控继电器的一种,可确保安全门电路开关的可靠性。它通过两个冗余限位开关监控并发出信号,以判断安全门的打开和关闭位置,PST4 是符合 IEC 204-1 和 EN60204-1 标准的产品,产品也是由经过反复试验的电路和元件、采用冗余和差异技术以及完善的功能测试制成的,因此比起常规继电器,安全门的安全监控功能更完善,可达到 EN954-1 所定义的各安全等级。PST4 就是其中可达到安全等级 4 的一种。用户可根据需要选择满足不同安全等级的安全门监控器。

4.4.2.1 PST 4 内部接线图

PST4 的内部接线图如图 4-13 所示。从图 4-13 中可以看出:PST 4 具有双通道逻辑控制功能,只有当 S_{11} 和 S_{12} 、 S_{23} 和 S_{24} 同时有效,线圈 K_1 和 K_2 才得电,具有冗余安全输出常

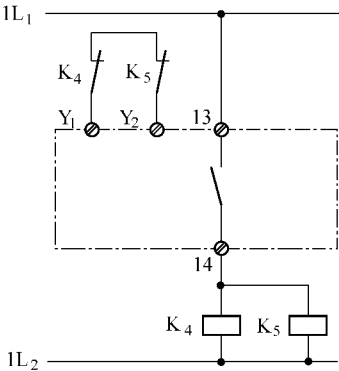


图 4-12 安全接点的增加

开触点 K_1 和 K_2 同时得电形成通路,控制外部电路或设备工作,内部的逻辑控制由光电开关完成。当有故障发生,检修排除后复位电路使 PST4 恢复到准备工作状态。同时反馈回路可以对外部情况进行监测,实现反馈控制。

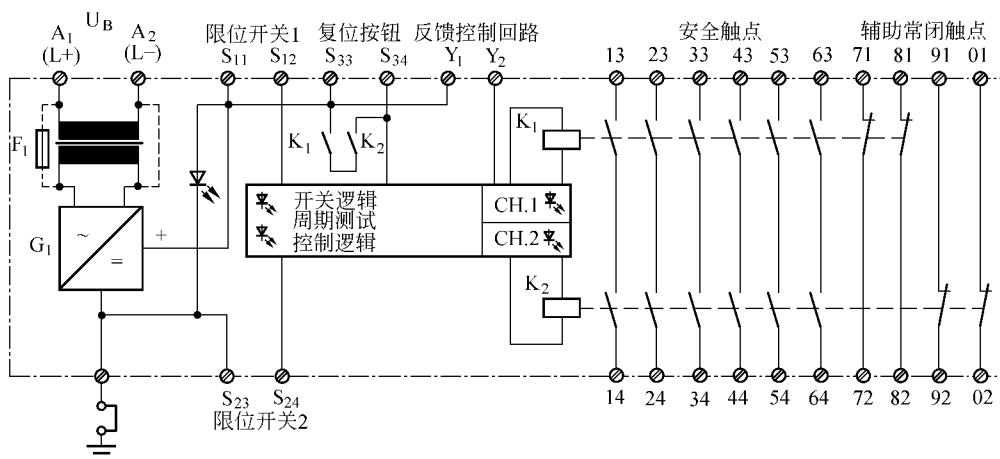


图 4-13 安全门监控继电器 PST 4 的内部接线图

4.4.2.2 PST4 的主要功能和主要技术参数

主要功能：

- 在 3~6 s 内双通道同时监控；
- 测控两输入触点之间的短路情况；
- 6 个常开安全触点,4 个常闭辅助触点；
- 附加复位功能；
- 发光二极管显示：电源、输入/输出状态；
- 可通过扩充模块增加安全触点数目。

主要电气参数：

- 操作电压 AC 24 V, 42 V, 120 V, 230 V AC; DC 24 V, 波动范围 85%~110%；
- 消耗功率：约 4.5 W/12 VA；
- 复位和反馈回路的电压/电流：6 VDC/25 mA；
- 通/断电延时：约 100 ms/50 ms；
- 操作温度：-10~+55℃；
- 开关容量：DC₁：24 V/8 A, DC₁₃：24 V/7 A, AC₁：240 V/8 A/400/5 A/2000 VA, AC₁₅：230 V/5 A；
- 熔丝容量：10 A (快速) 6 A (慢速)。

4.4.2.3 PST 4 外部接线举例分析

图 4-14 是满足安全等级 4 的 PST4 应用的外部接线图,其中图 4-14(a)为手动复位的双通道安全门控制的接法,图中 S_3 为复位按钮,反馈控制回路的连接点 Y_1 和 Y_2 短接, S_1 和 S_2 两个输入点组成冗余安全门状态监控器。当开门时 S_1 和 S_2 均断开(其实只需其中之一断开),PST 4 的内部逻辑控制器通过通道 CH₁ 和 CH₂(或者 CH₁ 或 CH₂)使 K_1 和 K_2 (或

者 K_1 或 K_2 失电 ,设备就无法启动工作 ;当关门时 S_1 和 S_2 均闭合(而且必须两个同时闭合) ,PST4 的内部逻辑控制器通过通道 CH_1 和 CH_2 使 K_1 和 K_2 得电 ,才允许设备进入工作准备状态。可见这种双输入的安全监控措施具有很高的可靠性。

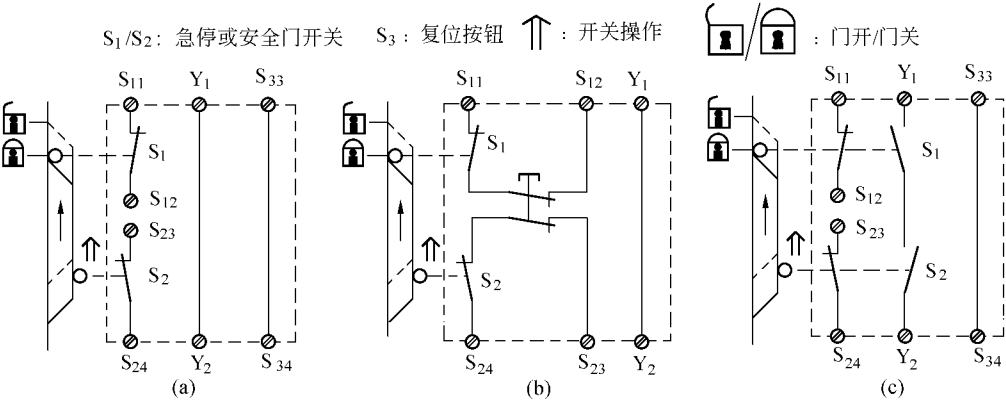


图 4-14 PST4 应用的外部接线图

(a)手动复位的双通道控制 (b)安全门同步开关控制 (c)自动复位和启动测试双通道安全门控制

图 4-14 (b)与图 (a)的工作原理基本相同 , S_4 起同步开关的作用。

在图 4-14 (c)自动复位和启动测试双通道安全门控制中 ,当开门时 , S_{11} 和 S_{12} 接点、 S_{23} 和 S_{24} 接点均断开 , Y_1 和 Y_2 短接 ,PST 4 的内部逻辑控制器通过通道 CH_1 和 (或) CH_2 使 K_1 和 (或) K_2 失电 ,设备就无法启动工作 ;当关门时 , S_{11} 和 S_{12} 接点、 S_{23} 和 S_{24} 接点均闭合 , Y_1 和 Y_2 断开 ,PST 4 的内部逻辑控制器通过通道 CH_1 和 CH_2 使 K_1 和 K_2 得电。在开关过程中 ,通过 Y_1 和 Y_2 的接通与否进行启动测试 , S_{33} 与 S_{34} 端子直接相联 ,使设备自动复位。

当安全触点数量不够时 ,可采用触点数扩展的方法 ,如图 4-12 所示。

4.4.3 双手控制继电器

在很多设备中 ,例如冲床机械 ,只有当操作员完全离开了机床的危险地带才能启动工作 ,以保证人身的安全 ,这时候唯一的办法就是只有当操作人员的两手同时按下两个不同的按钮时 ,才能启动机器设备 ,并且两个按钮的距离必须保证一只手只能操作一个按钮 ,而且必须在 0.5s 内同时按下 ,直到加工过程结束。一般的继电接触保护装置很难做到这一点 ,因此不能完全避免双手受伤的情况 ,皮尔磁公司为此专门设计了一种双手控制继电器可以起到有效的保护作用 ,这种双手控制继电器通过监控两个按钮所发出的信号来确保操作过程中的安全性。下面以双手控制继电器 P2HZ X1 为例来讨论。

4.4.3.1 P2HZ X1 的内部接线图

P2HZ X1 的内部接线图如图 4-15 所示。从图 4-15 中可以看出 :内部主要有电源转换电路、 CH_1 和 CH_2 2 个通道控制器、1 个控制逻辑单元、内部电磁线圈、输入信号接收电路、反馈控制信号接收电路、3 个冗余安全触点、1 个辅助触点和 2 个基本点半导体输出组成 ,安全输出常开触点具有 K_1 和 K_2 组合的冗余 ,保证内部触点安全动作和可靠地工作 ,其内部工作过程可由图 4-16 所示的 P2HZ X1 的工作时序图说明。

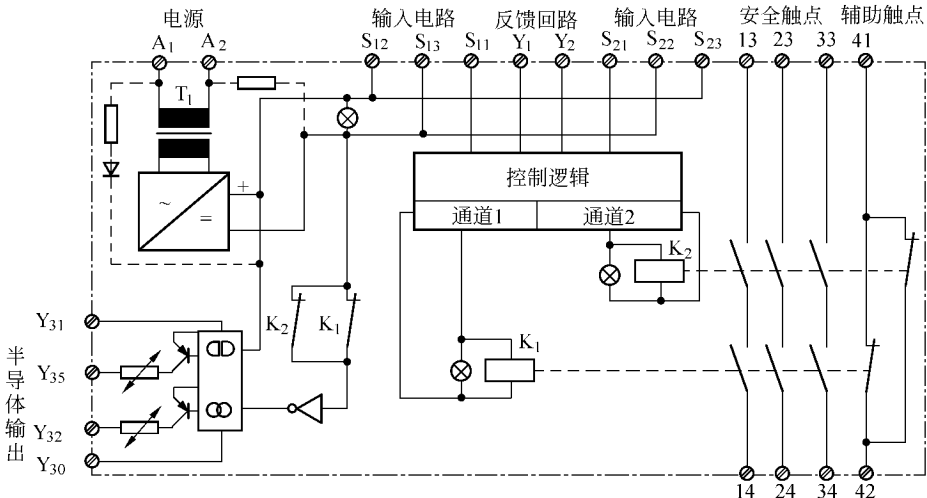


图 4-15 双手控制继电器 P2HZ X1 的内部接线图

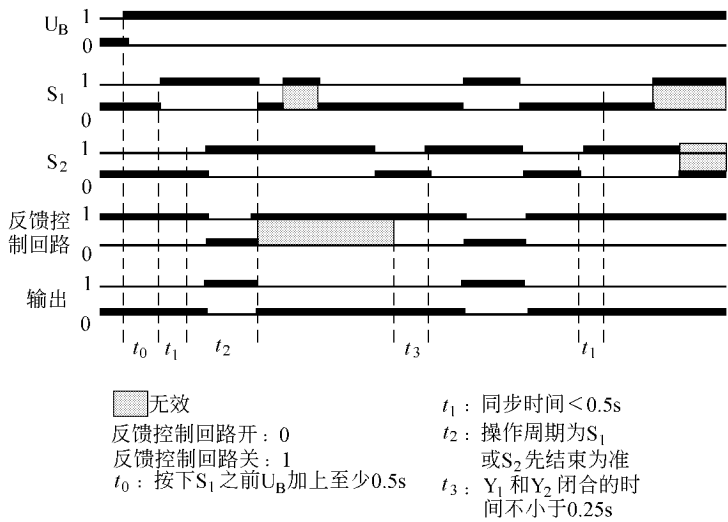


图 4-16 P2HZ X1 的工作时序图

4.4.3.2 P2HZ X1 的主要功能及技术参数

主要功能：

- 自检外部继电器或触点的反馈控制电路；
- 3 个常开安全触点 ,1 个常闭辅助触点的继电器输出；
- 附加两个半导体输出 :开关状态监控和总线；
- 发光二极管显示 :电源、输入状态；
- 0.5s 内同时检测；
- 可通过扩充模块增加安全触点数目。

主要电气参数：

- 操作电压 AC 24 V 42 V 120 V 230 V ;DC 24 V ,波动范围 85% ~ 110% ;
- 消耗功率 约 2.5W/6 VA ;
- 复位和反馈回路的电压/电流 24 VDC/20 mA ;
- 断电延时 :15 ms ~ 30 ms ;
- 操作温度 :- 25 ~ + 55 ;
- 开关容量 :DC1 :24 V/4A/100W ,DC13 :24 V/1.5 A ,AC1 :240 V/5A/1200 VA ,AC15 :230 V/2.5 A ;
- 熔丝容量 6.3A(快速)4A(慢速)。

4.4.3.3 P2HZ X1 的外部接线举例分析

P2HZ X1 的外部接线比较简单 ,如下图 4 - 17 所示。要扩展其安全触点数目可增加扩充模块。

4.4.4 智能模块化安全系统(PNOZ plus)简介

4.4.4.1 PNOZ plus 概述

PNOZ plus 是在 PNOZ 试验及检测技术的基础上的创新和提高。它包括 :PNOZ plus 模块化安全系统主机 PNOZ XM1、扩展模块 PNOZ XE1、连接模块 PDIA、显示器 PX 20DIA 以及连接电缆和编辑软件组成。它的内部结构已经在 4.3.2 节图 4 - 9 中进行了说明。它是用电子技术开发出的新一代智能型安全继电器 ,并且在同类产品中首次采用自动防故障技术和软件控制。它的设计达到了最高的安全技术等级 ,同时又十分经济。输入回路可进行扩展 ,系统自动识别输入接线的方式并配置相应的安全等级。

PNOZ plus 的一体化诊断技术保证了快速的故障检测 ,也就意味着系统停机时间的减少。输入状态、回路及连线故障、接地故障、触点间的短路以及外部电压等参数可采用诊断接口和 PX 20DIA 文本显示器进行显示。继电器状态采用三色 LED 显示灯表示。绿色代表输入回路闭合 ,黄色代表输入回路断开 ,红色代表输入回路故障。

两个附加的半导体输出发出“系统工作正常”或“安全回路故障”的信号。主机和扩展模块之间的小型总线连接器取代了昂贵的接线。总线连接器装在模块后部 ,位于 DIN 轨道凹槽下方 ,避免了损坏和意外的断路。另外 ,终端连接器确保单个模块不会脱开 ,因此更加安全。由于采用了这些先进的技术 ,在此系统中 ,操作电压不必分别提供给单个模块 ,也不用搭接片、转换器或联杆来组合单个输入 ,即无需设定 2 或 3 通道操作 ,它是由系统自动识别的。

总之 ,PNOZ plus 具有以下优良品质 :

①极高的安全性。内置的差异设计、动态自检 ,硬件通过 BG 认证 ,软件达到 EN 954 安全等级 4 对于输入接线及危险等级的自动配置检测。

②良好的经济性。自动配置输入 ,模块化技术减少控制箱体积 ,最多达 20 点输入 ,安装更为简便 ,接线减少 ,DIN 轨道中的总线系统 ,在一个系统中可实现 2、3、4 三种不同安全等级。

③配置的完整性。所有安全应用在一个系统中实现。

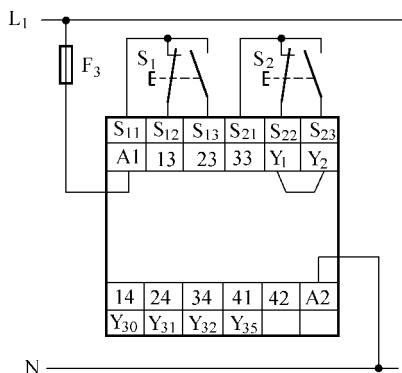


图 4 - 17 双手控制继电器外部连接图

④一体化诊断技术。适用于所有单个输入/输出驱动器,适用于一体化功能,停机时间减少,有利于维护工作,可连接主要的总线系统。

⑤可扩展性。多达 20 个输入回路的无触点连接改进了维护工作,模块化设计带来的可扩展性,附加模块用于系统扩展。

4.4.4.2 PNOZ plus 的主要功能及技术参数

主要功能：

- 可选择监控复位、可重选同步监控；
- 2 个双通道回路；
- 4 个常开安全触点和 1 个常闭辅助触点的继电器输出,附加 2 个半导体输出；
- 发光二极管显示:电源、输入状态和故障；
- 可选择 3 通道驱动；
- 可通过扩充模块增加多达 20 个输入回路,每个扩展模块有 2 个输入回路；
- 具有诊断画面；
- 集急停、安全门、光栅、安全垫、接触器、EN 201、EN 422 等安全功能于一体；
- 可实现通信、诊断、信号输出 PLC 等标准功能。

主要电气参数：

- 操作电压 DC 24 V,波动范围 85% ~ 120%；
- 复位和反馈回路的电压/电流 24 VDC/50 mA；
- 通/断电延时:Max. 150 ms/50 ms；
- 操作温度 0 ~ +60 ；
- 开关容量:DC1 24 V/0.1 ~ 8 A/200 W,DC13 24 V/7 A,AC1 240 V/0.1 ~ 8 A/2000 VA,400 V/0.1 ~ 5 A/2000 VA;AC15 230 V/3 A；
- 熔丝容量 6.3 A(快速)/4 A(慢速)。

4.4.4.3 PNOZ plus 的外部接线举例分析

PNOZ plus 的应用范围十分广泛,在任何工业应用中,PNOZ plus 都可作为模块化安全系统使用。常用安全等级 4 的外部接线如图 4-18 所示。

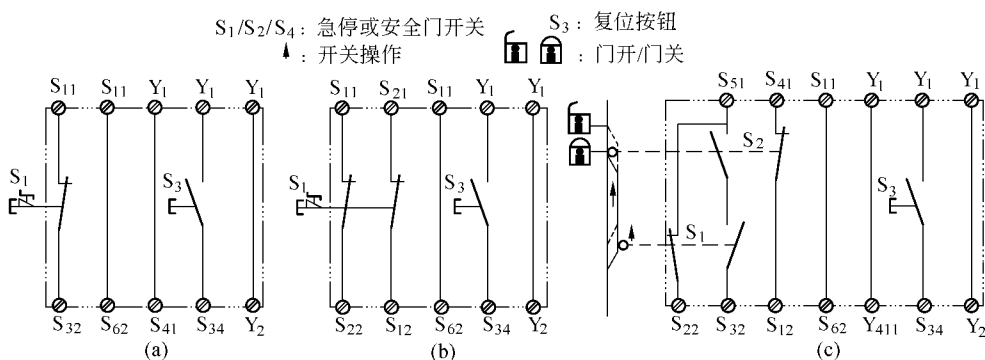


图 4-18 PNOZ plus 应用的外部接线图例

(a)手动复位的单通道急停控制 (b)手动复位的双通道急停控制 (c)手动复位的双通道安全门控制

图 4-18 (a)所示为手动复位的单通道急停控制的接法,图中复位按钮 S₃ 接在反馈控

制回路,其中 Y_1 与 Y_2 , Y_1 与 S_{41} 短接组成手动复位电路,当按下 S_1 ,PNOZ plus 的内部冗余逻辑保证内部线圈 K_1 和 K_2 至少有一个失电,从而输出安全触点 K_1 、 K_2 、 K_1 和 K_2 必然有至少一组断开,如电路因工作故障断开,按下复位按钮 S_3 才能使 K_1 和 K_2 线圈重新得电且自保。

图 4-18(b)与图(a)的工作原理基本相同,是双通道手动复位控制。

图 4-18(c)具有手动复位的双通道安全门控制,其安全性由内部的双微处理器保证。

复习思考题 4

- 4-1 电气控制安全等级如何评价?
- 4-2 举例说明安全继电器的工作原理,电气控制系统中所要求的安全等级如何保障?
- 4-3 多电机控制系统中为什么会有不安全的隐患?如何克服?
- 4-4 简述智能模块化安全系统的工作原理。

5 继电器接触式控制系统

在工业、农业、交通运输等部门中,广泛使用着各种生产机械,它们大都以电动机作为动力来进行拖动。电动机是通过某种自动控制方式来进行控制的,最常见的是继电器接触器控制方式,又称电气控制。

电气控制线路是把各种有触点的接触器、继电器、按钮、行程开关等电器元件,用导线按一定方式连接起来组成的控制线路。它的作用是:实现对电力拖动系统的启动、调速、反转和制动等运行性能的控制,实现对拖动系统的保护,满足生产工艺要求,实现生产过程自动化。其特点是:线路简单,设计、安装、调整、维修方便,便于掌握,价格低廉,运行可靠。因此,电气控制线路在工矿企业的各种生产机械的电气控制领域中,仍然得到广泛的应用。

由于生产设备和加工工艺各异,因而所要求的控制线路也多种多样、千差万别。但是,无论哪一种控制线路,都是由一些比较简单的基本控制环节组合而成的。因此,只要对控制线路进行基本环节以及对典型线路进行剖析,由浅入深、由易到难地加以认识,再结合具体的生产工艺要求,就不难掌握电气控制线路的分析阅读方法和设计方法。

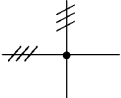
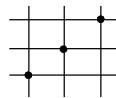
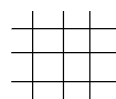
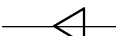
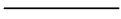
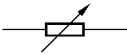
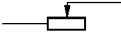
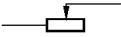
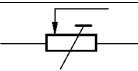
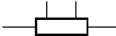
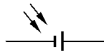
5.1 电气控制线路的绘制原则、图形及文字符号

电气控制线路是用导线将电机、电器、仪表等电器元件按一定的要求和方法联系起来,并能实现某种功能的电气线路。为了表达生产设备电气控制系统的结构、原理等设计意图,为了便于进行电器元件的安装、调整、使用和维修,将电气控制线路中各电器元件的联接用一定的图表达出来。在图上用不同的图形符号来表示各种电器元件,用不同的文字符号来进一步说明图形符号所代表的电器元件的基本名称、用途、主要特征及编号等。因此,电气控制线路应根据简明易懂的原则,采用统一规定的图形符号、文字符号和标准画法来进行绘制。

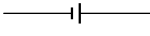
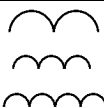
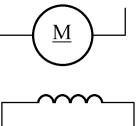
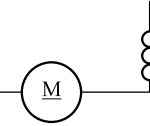
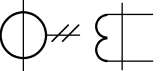
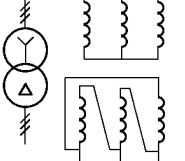
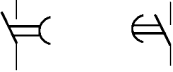
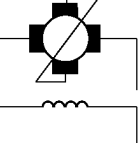
5.1.1 常用电气图形符号和文字符号

在绘制电气线路图时,电气元件的图形符号和文字符号必须符合国家标准的规定,不能采用任何非标准符号。近年来,随着我国经济改革开放,相应地引进了许多国外先进设备。为了便于掌握引进的先进技术和先进设备,便于国际交流和满足国际市场的需要,国家标准局参照国际电工委员会(IEC)颁布的有关文件,制定了我国电气设备有关国家标准:GB4728—84《电气图用图形符号》及GB6988—87《电气制图》和GB7159—87《电气技术中的文字符号制订通则》。规定从1990年1月1日起,电器控制线路中的图形和文字符号必须符合最新的国家标准。一些常用电气图所用的图形符号和一些常用电工设备文字符号分别如表5-1、表5-2和表5-3所示。

表 5-1 常用电气图形符号

符号名称	图形符号	符号名称	图形符号
直流		导线的交叉连接 ①单线表示法 导线的交叉连接 ②多线表示法	
直流 若上面符号可能引起混乱 则用本符号			
交流			
交直流			
正极		导线的不连接 ①单线表示法 导线的不连接 ②多线表示法	
负极			
接地一般符号			
接机壳或接底板	形式 1  形式 2 	不需要示出电缆芯数的电缆终端头	
导线		电阻器	
柔软导线			
导线的连接		可变电阻器 可调电阻器	
端子 注 :必要时圆圈可画成圆黑点			
可拆卸的端子			
预调电位器		N 型沟道结型场效应半导体管	
具有固定抽头的电阻		P 型沟道结型场效应半导体管	
分流器		光电二极管	
电容器一般符号 注 :如果必须分辨同一电容器的电极时 ,弧形的极板表示 :①在固定的纸介质和陶瓷介质电容器中表示外电极 ;②在可调和可变的电容器中表示动片电极 ;③在穿心电容器中表示低电位电极	优选形 	光电池	
	其他形 	三极晶体闸流管	

(续表 5-1)

符号名称	图形符号	符号名称	图形符号
极性电容器	优选形  其他形 	原电池或蓄电池	
可变电容器 可调电容器	优选形 	旋转电机的绕组 ① 换向绕组或补偿绕组 ② 串励绕组 ③ 并励或他励绕组	
	其他形 	集电环或换向器上的电刷 注: 仅在必要时标出电刷	
电感器		旋转电机一般符号: 符号中的星号必须用下述字母代替: C 同步变流机; G 发电机; GS 同步发电机; M 电动机; MS 同步电动机; SM 伺服电机; TG 测速发电机	
带磁心的电感器			
半导体二极管			
PNP 型半导体管			
NPN 型半导体管		三相鼠笼式感应电动机	
他励直流电动机		串励直流电动机	
		动合(常开)触点开关一般符号, 两种形式	
电抗器、扼流圈		动断(常闭)触点	
双绕组变压器		先断后合的转换触点	
电流互感器 脉冲变压器		中间断开的双向触点	
三相变压器 星形-三角形联结		当操作器件被吸合时, 延时闭合的动合触点形式	
电机扩大机		当操作器件被释放时, 延时断开的动合触点形式	

(续表 5-1)

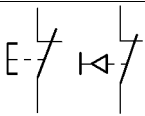
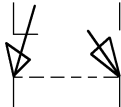
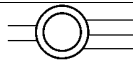
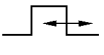
符号名称	图形符号	符号名称	图形符号
多极开关一般符号 ①单线表示 ②多线表示		当操作器件被释放时， 延时闭合的动断触点形式	 
		当操作器件被吸合时， 延时断开的动断触点形式	 
接触器(在非动作位置 触点闭合)		吸合时延时闭合和释放 时延时断开的动合触点	
断路器		带复位的手动开关(按 钮)形式	
隔离开关		双向操作的行程开关	
接触器(在非动作位置 触点断开)		热继电器的触点	
操作器件一般符号		手动开关	
熔断器一般符号		电压表	
熔断式开关		转速表	
熔断式隔离开关		力矩式自整角发送机	
火花间隙		灯 信号灯	
避雷器		电喇叭	
缓慢吸合继电器的线圈		信号发生器 波形发生器	
位置开关的动合触点		电流表	
位置开关的动断触点		脉冲宽度调制	
		放大器	

表 5-2 常用电气文字符号

名 称	文字符号 (GB7159—87)	名 称	文字符号 (GB7159—87)
分离元件放大器	A	电抗器	L
晶体管放大器	AD	电动机	M
集成电路放大器	AJ	直流电动机	MD
自整角机旋转变压器	B	交流电动机	MA
旋转变换器	BR	电流表	PA
电容器	C	电压表	PV
双(单)稳态元件	D	电阻器	R
热继电器	FR	控制开关	SA
熔断器	FU	选择开关	SA
旋转发电机	G	按钮开关	SB
同步发电机	GS	行程开关	SQ
异步发电机	GA	三极隔离开关	QS
蓄电池	GB	单极开关	Q
接触器	KM	刀开关	Q
继电器	KA	电流互感器	TA
时间继电器	KT	电力变压器	TM
电压互感器	TV	信号灯	HL
电磁铁	YA	发电机	G
电磁阀	YV	直流发电机	GD
电磁吸盘	YH	交流发电机	GA
接插器	X	半导体二极管	V
照明灯	EL		

表 5-3 常用辅助文字符号(GB7159—87)

名 称	文字符号	名 称	文字符号
交流	AC	直流	DC
自动	A AUT	接地	E
加速	ACC	快速	F
附加	ADD	反馈	FB
可调	ADJ	正 ,向前	FW
制动	B BRK	输入	IN
向后	BW	断开	OFF
控制	C	闭合	ON
延时(延迟)	D	输出	OUT
数字	D	启动	ST

5.1.2 电气线路图及其绘制原则

电气控制线路的表示方法有两种,一种是安装图,一种是原理图。由于它们的用途不同,绘制原则亦有所差别。这里重点介绍电气原理图。

绘制电气控制线路和原理图,是为了便于阅读和分析线路。它是采用简明、清晰、易懂的原则,根据电气控制线路的工作原理来绘制的。图中包括所有电器元件的导电部分和接线端子,但并不按照电器元件的实际布置来绘制。

电气原理图一般分为主电路和辅助电路两个部分。主电路是电气控制线路中强电流通过的部分,是由电机以及与其相连接的电器元件(如组合开关、接触器的主触点、热继电器的热元件、熔断器等)所组成的线路图。辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路及保护电路。辅助电路中通过的电流较小。控制电路是由按钮、接触器、继电器的吸引线圈和辅助触点以及热继电器的触点等组成。这种线路能够清楚地表明电路的功能,对于分析电路的工作原理十分方便。

绘制电气原理图应遵循以下原则:

① 所有电机、电器等元件都应采用国家统一规定的图形符号和文字符号来表示。

② 主电路用粗实线绘制在图面的左侧或上方,辅助电路用细实线绘制在图面的右侧或下方。无论是主电路还是辅助电路或其元件,均应按功能布置,尽可能按动作顺序排列。对因果次序清楚的简图,尤其是电路图和逻辑图,其布局顺序应该是从左到右、从上到下。

③ 在原理图中,同一电路的不同部分(如线圈、触点)分散在图中,为了表示是同一元件,要在电器的不同部分使用同一文字符号来标明。对于几个同类电器,在表示名称的文字符号后或下标加上一个数字序号,以资区别,如 $K1$ 、 $K2$ 或 $K1$ 、 $K2$ 等。

④ 所有电器的可动部分均以自然状态画出。所谓自然状态是指各种电器在没有通电和没有外力作用时的状态。对于接触器、电磁式继电器等是指其线圈未加电压,而对于按钮、行程开关等,则是指其尚未被压合。

⑤ 原理图上应尽可能减少线条和避免线条交叉。各导线之间有电的联系时,在导线的交点处画一个实心圆点。根据图面布置的需要,可以将图形符号旋转 90° 或 180° 或 45° 绘制,即图面可以水平布置,或者垂直地布置,也可以采用斜的交叉线。

一般来说,原理图的绘制要求层次分明,各电器元件以及它们的触点的安排要合理,并应保证电气控制线路运行可靠,节省连接导线,以及施工、维修方便。

5.1.3 阅读和分析电气控制线路图的方法

阅读电气线路图的方法主要有两种:查线读图法(直接读图法或跟踪追击法)和逻辑代数法(间接读图法)。这里重点介绍查线读图法,通过具体对某个电气控制线路的剖析,学习阅读和分析电气线路的方法。

在此,有必要对执行元件、信号元件、控制元件和附加元件的作用和功能加以说明,因为电气控制线路主要是由它们组成的。

执行元件主要是用来操纵机器的执行机构。这类元件包括电动机、电磁离合器、电磁阀、电磁铁等。

信号元件用于把控制线路以外的其他物理量、非电量(如机械位移、压力等)的变化转换

为电信号或实现电信号的变换,以作为控制信号。这类元件有压力继电器、电流继电器和主令电器等。

控制元件对信号元件的信号以及自身的触点信号进行逻辑运算,以控制执行元件按要求进行工作。控制元件包括接触器、继电器等。在某些情况下,信号元件可用来直接控制执行元件。

附加元件主要用来改变执行元件(特别是电动机)的工作特性,这类元件有电阻器、电抗器及各类启动器等。

5.1.3.1 查线读图法

(1) 了解生产工艺与执行电器的关系

电气线路是为生产机械和工艺过程服务的,不熟悉被控对象和它的动作情况,就很难正确分析电气线路。因此,在分析电气线路之前,应该充分了解生产机械要完成哪些动作,这些动作之间又有什么联系,即熟悉生产机械的工艺情况。必要时可以画出简单的工艺流程图,明确各个动作的关系。此外,还应进一步明确生产机械的动作与执行电器的关系,给分析电气线路提供线索和方便。

例如,车床主轴转动时,要求油泵先给齿轮箱供油润滑,即应保证在润滑泵电动机启动后才允许主拖动电动机启动,也就是控制对象对控制线路提出了按顺序工作的联锁要求。图5-1为主拖动电动机与润滑泵电机的联锁控制线路图。其中电动机 M_2 是拖动油泵供油的, M_1 是拖动车床主轴的。

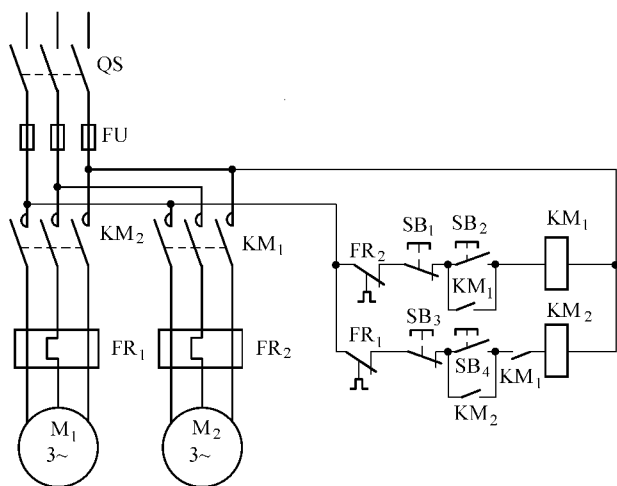


图 5-1 拖动电动机与润滑泵电机的联锁控制线路图

(2) 分析主电路

在分析电气线路时,一般应先从电动机着手,即从主电路看有哪些控制元件的主触点、电阻等,然后根据其组合规律就大致可以判断电动机是否有正反转控制、是否制动控制、是否要求调速等。这样,在分析控制电路的工作原理时,就能做到心中有数,有的放矢。

在图5-1示出的电气线路的主电路中,主拖动电动机 M_1 电路主要由接触器 KM_2 的主触点和热继电器 FR_1 组成。从图中可以断定,主拖动电动机 M_1 采用全压直接启动。热

继电器 FR_1 作电动机 M_1 的过载保护,并由熔断器 FU 担任短路保护。

油泵电动机 M_2 电路主要是由接触器 KM_1 的主触点和热继电器 FR_2 组成,该电动机也是采用直接启动方式,并由热继电器 FR_2 作其过载保护,由熔断器 FU 作其短路保护。

(3) 读图和分析控制电路

在控制电路中,根据主电路的控制元件主触点文字符号,找到有关控制环节以及环节间的相互联系。通常对控制电路多半是由上往下或由左往右阅读。然后,设想按动了操作按钮(应记住各信号元件、控制元件或执行元件的原始状态),查对线路(跟踪追击)观察有哪些元件受控动作。逐一查看这些动作元件的触点又是如何控制其他元件动作的,进而驱动被控机械或被控对象有何运动。还要继续追查执行元件带动机械运动时,会使哪些信号元件状态发生变化,再查对线路,看执行元件如何动作……在读图过程中,特别要注意相互间的联系和制约关系,直至将线路全部看懂为止。

无论多么复杂的电气线路,都是由一些基本的电气控制环节构成的。在分析线路时,要善于化整为零,积零为整。可以按主电路的构成情况,把控制电路分解成与主电路相对应的几个基本环节,一个环节一个环节地分析。还应注意那些满足特殊要求的特殊部分,然后把各环节串起来。这样,就不难读懂全图了。

对于图 5-1 所示电气线路的主电路,可以分成电动机 M_1 和 M_2 两个部分,其控制电路也可相应地分解成两个基本环节。其中,停止按钮 SB_1 和启动按钮 SB_2 、接触器 KM_1 、热继电器触点 FR_2 构成直接启动电路,不考虑接触器 KM_1 的常开触点,接触器 KM_2 、热继电器触点 FR_1 、按钮 SB_3 和 SB_4 也构成电动机直接启动电路。这两个基本环节分别控制电动机 M_2 和 M_1 。其控制过程如下:合上刀闸开关 QS ,按启动按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 吸引线圈得电,其主触点 KM_1 闭合,油泵电动机 M_2 启动。由于接触器 KM_1 的辅助触点并接于启动按钮 SB_2 上,因此当松手断开启动按钮后,吸引线圈 KM_1 通过其辅助触点可以继续保持通电,维持其吸合状态。这个辅助触点通常称为自锁触点。按下停止按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 的吸引线圈失电,其主触点断开,油泵电动机 M_2 失电停转。同理,可以分析主拖动电动机 M_1 的启动与停止。工艺上要求主拖动电动机 M_1 必须在油泵电动机 M_2 正常运行后才能启动工作,这一特殊要求由主拖动电动机接触器 KM_2 线圈电路中的特殊部分来满足。将油泵电动机接触器 KM_1 的常开触点串入主拖动电动机接触器 KM_2 的线圈电路中,从而保证了接触器 KM_2 只有在接触器 KM_1 通电后才可能通电,即只有在油泵电动机 M_2 启动后主拖动电动机 M_1 才可能启动,以实现按顺序工作,从而满足工艺要求。

查线读图法的优点是直观性强,容易掌握,因而得到广泛采用。其缺点是分析复杂线路时易出错,叙述也较冗长。

5.1.3.2 逻辑代数法

逻辑代数法是通过电路的逻辑表达式的运算来分析控制电路的,其关键是正确写出电路的逻辑表达式。这种读图方法的优点是,各电器元件之间的联系和制约关系在逻辑表达式中一目了然。通过对逻辑函数的具体运算,一般不会遗漏或看错电路的控制功能。根据逻辑表达式可以迅速正确地得出电路元件是如何通电的,为故障分析提供方便。该方法的主要缺点是,对于复杂的电气线路,其逻辑表达式很繁琐、冗长。但采用逻辑代数法以后,可以对电气线路采用计算机辅助分析的方法。

5.2 组成电气控制线路的基本规律

本节着重通过组成电气控制线路的基本规律——按联锁控制的规律和按控制过程中变化参量的规律来阐明如何拟定控制线路。

5.2.1 按联锁控制的规律

联锁控制应用很广,这里通过几个例子来总结其具有普遍意义的规律性。

5.2.1.1 启动、停止控制

图 5-2 所示为三相异步电动机单向全压启动、停止控制线路。主电路由刀开关 QS、熔断器 FU、接触器 KM 的主触点、热继电器 FR 的热元件和电动机 M 构成。控制回路由常闭触点 FR、停止按钮 SB₁、启动按钮 SB₂、接触器线圈 KM 和常开触点 KM 组成,这也是最典型最好的启动、停止控制线路。

(1) 自锁控制的工作原理

启动时,合上 QS,按下按钮 SB₂,则 KM 线圈有电,接触器 KM 吸合,主触点闭合,电动机接通电源开始全压启动,同时 KM 的辅助常开触点也闭合,使 KM 吸引线圈经两条路通电。这样,当松手 SB₂ 复位跳开时,KM 线圈照样通电处于吸合状态,使电动机进入正常运行。这种依靠接触器自身的触点保持通电的现象称为自锁。

要使电动机停止运转,只要按一下停止按钮 SB₁ 即可。按下 SB₁ 线圈 KM 断电释放,则 KM 的主触点断开电源,电动机自停车到转速为零,同时辅助常开触点也断开,控制回路解除自锁,所以手松开按钮,控制回路也不能再自行启动。

(2) 电路的几种保护

① 短路保护 熔断器 FU 是作为主电路短路保护用的,但达不到过载保护的目。这是因熔断器的规格是根据电动机的启动电流大小作适当选择的,另一方面熔断器的保护特性分散性很大,即使是同一种规格的熔断器,其特性曲线也往往很不相同。

② 过载保护 热继电器 FR 是作为过载保护用的。由于继电器热惯性很大,即使热元件流过几倍的额定电流,热继电器也不会立即动作,因此在电动机启动时间不长的情况下,热继电器是不会动作的。只有过载时间比较长,热继电器动作,常闭触点 FR 断开,接触器 KM 线圈失电跳闸、主触点 KM 断开主电路,电动机停止运转,实现了电动机的过载保护。

③ 欠压保护和失压保护 依靠接触器本身实现。当电源电压低到一定程度或失电,接触器 KM 就会释放,主触点把主电源断开,电动机停止运转。这时如果电源恢复,由于控制

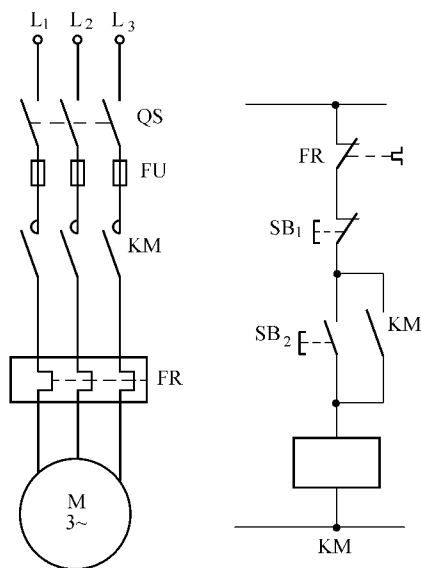


图 5-2 三相异步电动机单向全压启动、停止控制线路

电路失去自保,电动机不会自行启动。只有操作人员再次按下启动按钮 SB_2 ,电动机才会重新启动,这又叫零压保护。

欠压保护可以避免电机在低压下运行损坏电机。零压保护一方面可以避免电动机同时启动而造成电源电压严重下降,另一方面防止电动机自行再启动运转而可能造成的设备和人身事故。

5.2.1.2 正反向接触器间的互锁控制

各种生产机械常常要求具有上下、左右、前后等相反方向的运动,这就要求电动机能正反向工作。三相异步电动机可借助正反向接触器改变定子绕组相序来实现正反向工作,其线路如图 5-3 所示。当误操作同时按正反向按钮 SB_2 和 SB_3 时,若采用图 5-3(a)所示线路,将造成短路故障,如图中虚线所示,因此正反向工作间需要有一种联锁关系。通常采用图 5-3(b)所示的电路,将其中一个接触器的常闭触点串入另一个接触器线圈电路中,则任一接触器线圈先带电后,即使按下相反方向按钮,另一接触器也无法得电,这种联锁通常称为“互锁”,即二者存在相互制约的关系。图 5-3(c)所示的电路可以实现不按停止按钮,直接按反向按钮就能使电动机反向工作。

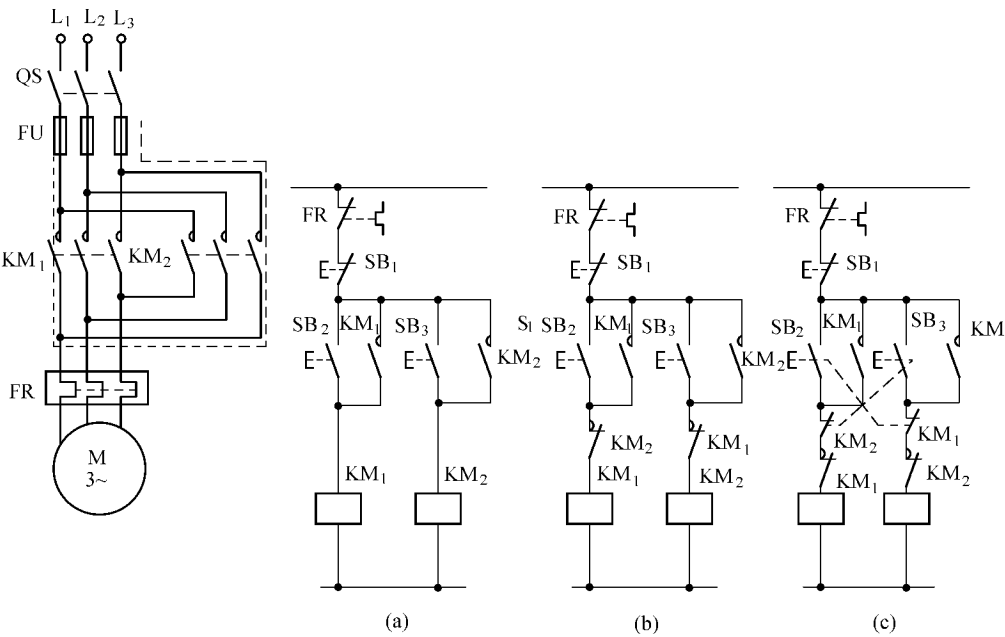


图 5-3 三相异步电动机正反向工作的控制线路

5.2.1.3 实现按顺序工作时的联锁控制

生产实践中常要求各种运动部件之间能够实现按顺序工作。例如车床主轴转动时要求油泵先给齿轮箱供油润滑,即要求保证润滑泵电动机启动后主拖动电动机才允许启动,也就是控制对象对控制线路提出了按顺序工作的联锁要求。图 5-4(a)所示是将油泵电动机接触器 KM_1 的常开辅助触点串入主拖动电动机接触器 KM_2 的线圈电路来实现的。改用图 5-4(b)的接法可以省去 KM_1 的常开触点,使线路得到简化。

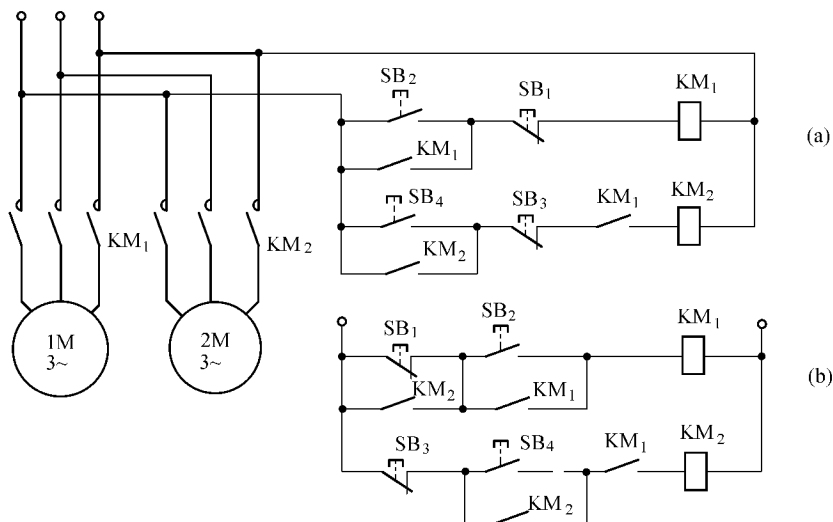


图 5-4 按顺序工作时的联锁控制

5.2.1.4 正常工作与点动的联锁控制

在生产实践中,有的生产机械需要点动控制,有的生产机械既需要能正常工作,又需要能点动控制。图 5-5 示出了几种实现点动的控制线路,其主电路与图 5-2 相同。

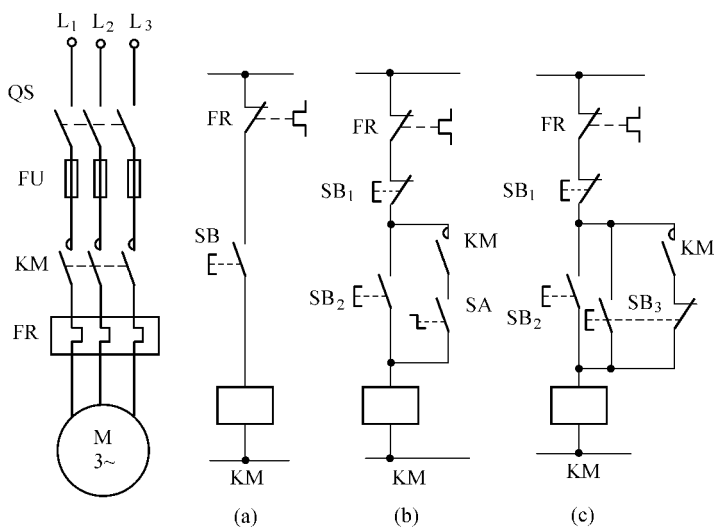


图 5-5 实现点动的几种控制线路

图 5-5 (a)所示是最基本的点动控制。启动按钮 SB 没有并联接触器 KM 的自锁触点,按下 SB, KM 线圈通电,电机启动;手松开 SB, KM 线圈又断电释放,电机停止运转。

图 5-5 (b)所示是带手动开关 SA 的点动控制线路。当需要点动控制时,只要把开关 SA 断开,由按钮 SB₂ 来进行点动控制。当需要正常运行时,只要把开关 SA 合上,将 KM 的自锁触点接入,即可实现连续控制。

图 5-5(c)中增加了一个复合按钮 SB_3 来实现点动控制。需要点动控制时,按下点动按钮 SB_3 其常闭触点先断开自锁电路,常开触点后闭合,接通启动控制电路,KM 线圈通电,衔铁被吸合,主触点闭合接通三相电源,电机启动运转;当松开点动按钮 SB_3 时,KM 线圈断电释放,主触点断开电源,电机停止运转。由按钮 SB_3 和 SB_1 来实现连续控制。

图 5-6 所示是采用时间继电器、按时间顺序启动的控制线路。线路要求电动机 M_1 启动 t 秒后,电动机 M_2 自动启动。可利用时间继电器的延时闭合常开触点来实现。

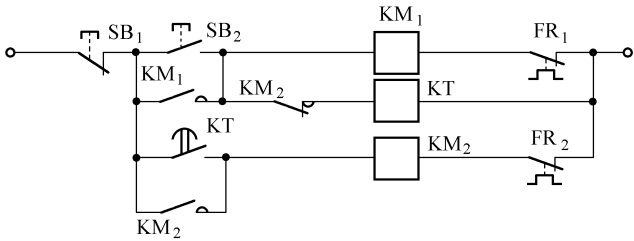


图 5-6 采用时间继电器的顺序启动控制线路

5.2.1.5 多地点连锁控制

有些机械和生产设备,由于种种原因,常要在两地或两个以上的地点进行操作。例如:重型龙门刨床,有时在固定的操作台上控制,有时需要站在机床四周用悬挂按钮控制;自动电梯,人在电梯厢里时由里面控制,人未上电梯厢前在楼道上控制;有些场合,为了便于集中管理,由中央控制台进行控制,但每台设备调整检修时,又需要就地进行机旁控制,等等。

用一组按钮可一处进行控制,不难推想,要在两地进行控制,就应该有两组按钮,而且这两组按钮的连接原则必须是:常开按钮要并联,即逻辑“或”的关系;常闭停止按钮应串联,即逻辑“与非”的关系。图 5-7 所示就是实现两地控制的控制电路。这一原则也适用于三地或更多地点的控制。

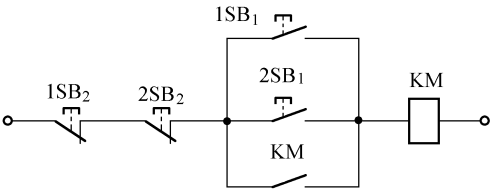


图 5-7 多地点控制线路

从上面的例子可以看出,实现联锁控制的基本方法是采用反映某一运动的联锁触点控制另一运动的相应电器,从而达到联锁工作的要求。联锁控制的关键是正确选择联锁触点。

- 其普遍规律为:
- ①要求甲接触器动作时,乙接触器不能动作,则须将甲接触器的常闭辅助触点串在乙接触器的线圈电路中。
 - ②要求甲接触器动作后乙接触器方能动作,则须将甲接触器的常开辅助触点串在乙接触器的线圈电路中。
 - ③要求乙接触器线圈先断电释放后方能使甲接触器线圈断电释放,则须乙接触器常开辅助触点并在甲接触器的线圈电路中的停止按钮上。

5.2.2 按控制过程的变化参量进行控制的规律

在现代化工业生产中,为了提高劳动生产率、降低成本、减轻工人的劳动负担,要求实现

整个生产工艺过程全盘自动化。例如,机床的自动进刀、自动退刀、工作台往复循环等加工过程自动化,高炉实现整个炼铁过程的自动化,等等。由于自动化程度的提高,只用简单的联锁控制已不能满足要求,需要根据工艺过程特点进行控制。下面以钻孔加工过程自动化为例介绍实际生产过程自动化的一个重要的基本规律——按控制过程的变化参量进行控制的规律。

图 5-8 示出钻削加工时刀架的自动循环过程。具体要求如下:

①自动循环 刀架能自动地由位置 1 移动到位置 2 进行钻削加工并自动退回位置 1。

②无进给切削 即刀具到达位置 2 时不再进给,但钻头继续旋转进行无进给切削以提高工件加工精度。

③快速停车 当刀架退出后要求快速停车以减少辅助工时。

下面针对控制过程中各自的特殊矛盾,采用不同的控制方法加以解决。

5.2.2.1 自动循环

为实现刀架自动循环,对电动机的基本要求仍然是启动、停转和反向控制,所不同的是当刀架运动到位置 2 时能自动地改变电动机工作状态。总之,控制对象要求控制装置根据控制过程中行程位置来改变或终止控制对象的运动。实现刀架自动循环中,最理想的方法就是由控制装置直接反映控制过程变化参量——行程,使刀架在运动到位置 2 或 1 时自动发出控制信号进行控制。通常采用直接测量位置信号的元件——行程开关来实现这一要求。

采用行程开关直接测量刀架的行程位置,实现钻削加工自动循环。设计出的控制线路如图 5-9 所示。

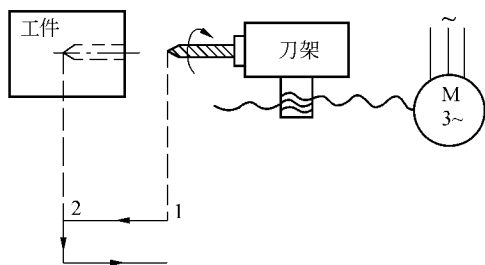


图 5-8 刀架的自动循环

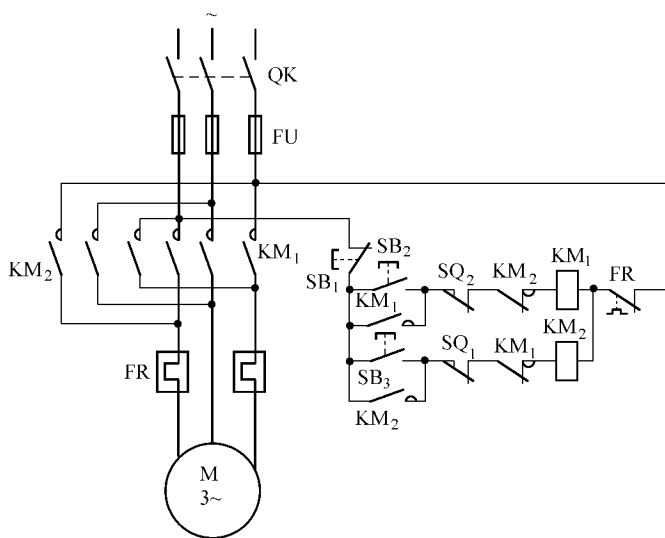


图 5-9 刀架自动循环的控制线路

设计这类电路时大体遵循以下步骤：

①首先设计主电路 因要求电动机实现正反向运转,故采用正反两个接触器 KM_1 和 KM_2 ,以通断电路和改变电源相序,如图 5-9 中主电路所示。

②确定控制电路的基本部分 如启停按钮及自保环节等,如图 5-9 所示的控制电路为刀架前进、后退的基本控制线路。

③设计控制电路的特殊部分 在本线路中特殊部分是指自动循环的控制。这里采用行程开关 SQ_1 和 SQ_2 分别作为测量刀架运动到位置 1 和 2 的测量元件,由它们给出的控制信号通过接触器作用于控制对象。将 SQ_2 的常闭触点串于正向接触器线圈 KM_1 电路中。这样,当刀架前进到位置 2 时, SQ_2 动作,将 KM_1 切断, KM_2 接通,刀架自动返回。 SQ_1 的任务是使电动机在刀架反向运动到位置 1 时自动停转,故将其常闭触点串联于反向接触器中,刀架退回到位置 1 撞击 SQ_1 ,刀架自动停止运动。

④设置必要的保护环节 这里采用了熔断器和热继电器分别实现短路和过载保护。

⑤综合审查与简化设计线路 上述设计是依据各部分的要求局部进行的。组成一个整体控制线路后需要全面考虑,检查其动作是否无误,有无寄生电路,能否进一步减少电器或触点。

通过上述例子分析,可以找出其普遍规律,适用于任何按行程控制的自动控制线路。概括起来就是根据生产工艺要求,用行程作为控制信号,采用行程开关作为测量元件,再将这个变化参量反馈回来作用于控制装置,以达到对控制对象进行自动控制的目的。这一过程可用结构图 5-10 表示。

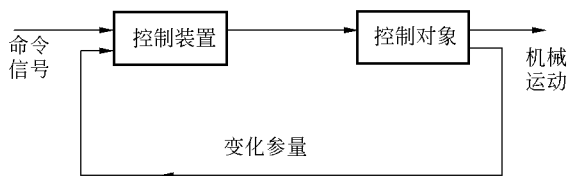


图 5-10 按参量变化进行控制的结构图

在工业生产中按行程参量进行控制应用很广,如铣床、龙门刨床的工作台的自动循环,吊车前后左右的限位保护,等等。但是,由于行程开关易磨损、触点接触不良等缺点,也常常造成动作不正常甚至发生事故。目前对行程开关不断进行革新,如使用无触点行程开关以克服上述缺陷。

从上例进一步得到的启发是,如果根据生产工艺对控制系统提出的不同要求,正确选择和如实反映控制过程中除行程外的其他变化参量,诸如时间、速度、电流等,就能实现预期的各种要求。可见,按控制过程的变化参量进行控制乃是一种具有普遍性的自动控制基本规律。

5.2.2.2 无进给切削

在上述例子中,为了提高加工精度,当刀架移动到位置 2 时,要求无进给情况下继续切削,短暂时间后刀架再开始退回。这一控制信号本应根据切削表面情况进行控制,但切削表面不易直接测量,因此不得不采用间接参数——切削时间来表征无进给切削过程。切削时间可用时间继电器来反映。

采用时间继电器间接测量无进给切削过程的控制电路是在图 5-9 的基础上增加了时间继电器 KT ,如图 5-11 所示(主电路相同,不再绘出)。当刀架到达位置 2 撞压行程开关

SQ_2 其常闭触点切断正向接触器 KM_1 使电机停止工作,刀架不再进给,但钻头继续旋转(其拖动电机在图 5-9 与图 5-11 中均未绘出)进行无进给切削。同时 SQ_2 的常开触点接通时间继电器 KT 的线圈,开始计算无进给切削时间。到达预定无进给切削时间后,时间继电器动作,使反向接触器 KM_2 线圈通电吸合,于是刀架开始返回。时间继电器的延时值应根据无进给切削所需要的时间进行调整。

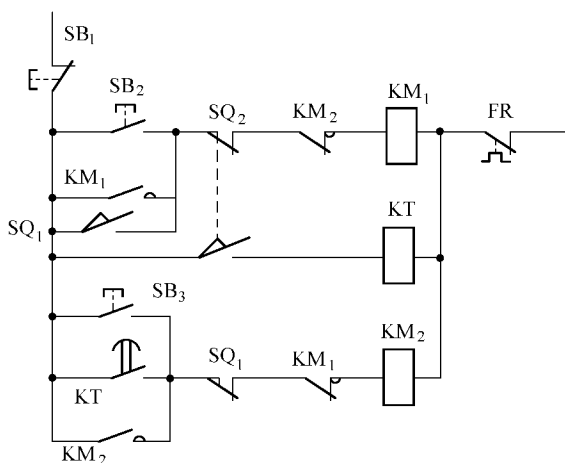


图 5-11 无进给切削的控制线路

5.2.2.3 快速停车

为缩短辅助工时,提高生产率,应准确停车以减少超行程,因此对该控制系统还提出了快速停车的要求。对于异步电动机而言,最简便的方法是采用反接制动。制动时使电源反相序,制动到接近零速时电动机的电源自动切除。检测接近零速的信号以直接反映控制过程的转速信号最为理想,通常采用速度继电器来实现。线路如图 5-12 所示。图中电动机的定子经过正、反向接触器 KM_1 或 KM_2 的主触点接入电源。

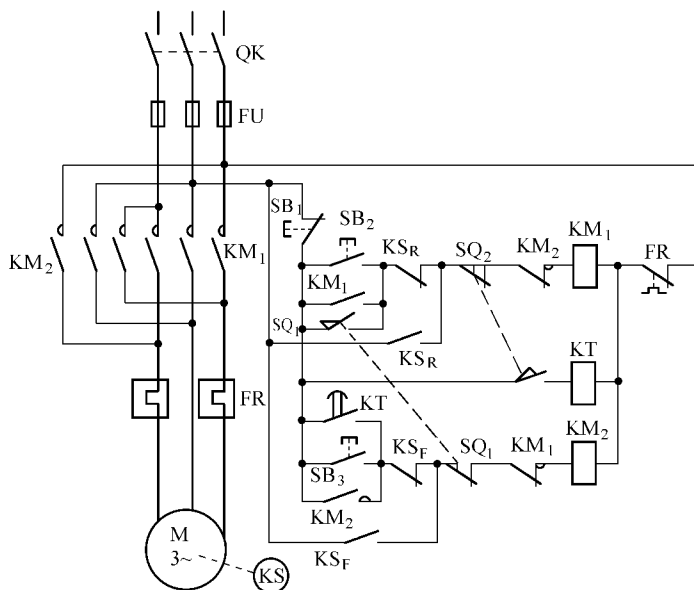


图 5-12 反接制动的控制电路

欲使电动机正向启动,按下正向启动按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 吸合并自保,电动机正转。当电动机正向运转时,速度继电器正向常闭触点 KS_F 打开,正向常开触点 KS_F 闭合,为制动做好准备。这时因 KM_1 在反向接触器 KM_2 电路中的互锁触点打开, KM_2 不会通电。

要使电动机停转,按下停止按钮 SB_1 ,接触器 KM_1 失电释放,反向接触器 KM_2 立即吸合,电动机定子电源反相序,因而是反接制动。转速迅速下降,当转速接近零速(约 100 r/min)时,速度继电器的正向常开触点 KS_F 断开, KM_2 断电释放,反接制动结束。

在上述过程中,当电动机转速下降、速度继电器的常开触点 KS_F 断开以后,常闭触点 KS_F 不是立即闭合的。因而 KM_2 有足够的断电时间使铁心释放,其自保触点放开,所以不会造成反接制动后电动机反向启动。

从上述分析可见,图 5-12 是根据刀架的自动循环、无进给切削、快速移动三个工艺过程的运动规律,找出反映每个过程实质的三个不同参量——行程、时间、速度,并准确地测量出来作为控制信号,组成预期要求的各种自动控制线路。因此,按控制过程变化参量进行控制的规律是组成电气控制线路的一种基本方法。

此外尚有按照电流变化的规律组成电气控制线路的控制方法。

在实现生产机械自动控制的过程中,除按照上述行程、时间、速度的变化参量进行控制外,根据生产需要,常常要根据负载或机械力的大小进行控制。例如,机床的进刀系统,当主轴负载过大时就要求减小其进刀量;又如各种机床的夹紧机构,当夹紧力达到一定时,就要求给出信号使夹紧电机停止工作。机床的负载与机械力在交流异步电动机或直流他励电动机中往往与电流成正比,因此测量电流值就能反映负载或机械力的大小,这通常采用电流继电器来实现。

上面阐述了按照联锁控制的规律和按照控制过程变化参量进行控制的基本规律。根据这些基本规律,结合生产机械的要求,就可以组成各式各样的电气控制线路。

5.3 电气控制线路的一般设计方法

5.3.1 概述

电气控制系统的设计,一般包括确定拖动方案、选择电机容量和设计电气控制线路。

电气控制线路的设计方法通常有两种:

一种方法是一般设计法,又叫经验设计法。它是根据生产工艺要求,利用各种典型的线路环节,直接设计控制线路。这种设计方法比较简单,但要求设计人员必须熟悉大量的控制线路,掌握多种典型线路的设计资料,同时具有丰富的设计经验。在设计过程中往往还要经过多次反复地修改、试验,才能使线路符合设计的要求。即使这样,设计出来的线路可能不是最简,所用的电器及触点不一定最少,所得出的方案不一定是最佳方案。

另一种方法是逻辑设计法。它是根据生产工艺的要求,利用逻辑代数来分析、设计线路的。用这种方法设计的线路比较合理,特别适合完成较复杂的生产工艺所要求的控制线路。但是相对而言逻辑设计法难度较大,不易掌握。本节介绍一般设计法。

一般设计法由于是靠经验进行设计的,因而灵活性很大。初步设计出来的线路可能是几个,这时要加以比较分析,甚至要通过实验加以验证,才能确定比较合理的设计方案。这种设计方法没有固定模式,通常先用一些典型线路环节拼凑起来实现某些基本要求,而后根据生产工艺要求逐步完善其功能,并加以适当的联锁与保护环节。

5.3.2 一般方法设计控制线路的几个原则

用一般方法设计控制线路时,应注意以下几个原则。

(1) 最大限度地实现生产机械和工艺对电气控制线路的要求

设计之前,首先要调查清楚生产要求,因为控制线路是为整个设备和工艺过程服务的,不搞清楚要求即迷失了设计方向。生产工艺要求一般是由机械设计人员提供的,但有时所提供的仅是一般性原则意见,这时电气设计人员就需要对同类或接近产品进行调查、分析、综合,然后提出具体、详细的要求,征求机械设计人员意见后,作为设计电气控制线路的依据。

一般控制线路只要求满足启动、反向和制动就可以了,有些则要求在一定范围内平滑调速和按规定的规律改变转速,出现事故时需要有必要的保护及信号预报以及各部分运动要求有一定的配合和联锁关系等等。如果已经有类似设备,还应了解现有控制线路的特点以及操作者对它们的反映。这些都是在设计之前应该调查清楚的。

(2) 在满足生产要求的前提下,控制线路应力求简单、经济

① 尽量选用标准的、常用的或经过实际考验过的线路和环节。

② 尽量缩短连接导线的数量和长度。

设计控制线路时,应考虑到各个元件之间的实际接线。特别要注意电气柜、操作台和限位开关之间的连接线,如图 5-13 所示。图 5-13(a)所示的接线是不合理的。因为按钮在操作台上,而接触器在电气柜内,这样接线就需要由电气柜二次引出连接线到操作台的按钮上,所以一般都将启动按钮和停止按钮直接连接,这样就可以减少一次引出线,如图 5-13(b)所示。

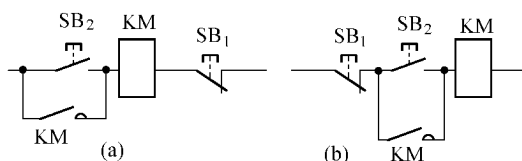


图 5-13 电器连接图

(a) 不合理 (b) 合理

③ 尽量缩减电器的数量,采用标准件,并尽可能选用相同型号。

④ 应减少不必要的触点以简化线路。在控制线路图设计完成后,宜将线路化成逻辑代数式计算以便得到最简化的线路。

⑤ 应考虑电器元件触点“竞争”问题,因为同一继电器的常开触点和常闭触点有“先断后合”型和“先合后断”型。

通电时常闭触点先断开,常开触点后闭合;断电时常开触点先断开,常闭触点后闭合,属于“先断后合”型。而“先合后断”型则相反,通电时常开触点先闭合,常闭触点后断开;断电时常闭触点先闭合,常开触点后断开。如果触点动作先后发生“竞争”,电路工作则不可靠。触点竞争线路如图 5-14 所示,若继电器 KA 采用“先合后断”型,则自锁环节起作用;如果 KA 采用“先断后合”型,则自锁不起作用。

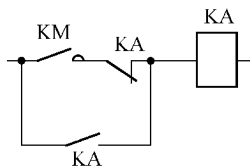


图 5-14 触点竞争线路

⑥ 控制线路在工作时,应尽量减少多个元件依次通电动作后才接通另一个电器元件的情况。如图 5-15 所示,在图 5-15(a)中,线圈 KA_3 的接通要经过 KA 、 KA_1 、 KA_2 三常开触点。若改接成图 5-15(b)线路时,则每一对线圈通电只需经过一对常开触点,工作较可靠。

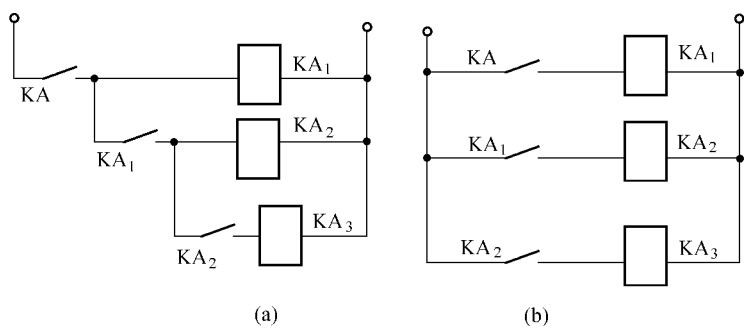


图 5-15 减少通电器的控制线路

(3) 保证控制线路工作的可靠和安全

为了保证控制线路工作可靠,最主要的是选用可靠的元件,如尽量选用机械和电气寿命长、结构坚实、动作可靠、抗干扰性能好的电器。同时在具体线路设计中注意以下几点:

①正确连接电器的触点。同一电器的常开和常闭辅助触点靠得很近,如果分别接在电源的不同相上,如图 5-16 (a)所示,限位开关 SQ 的常开触点和常闭触点,由于不是等电位,当触点断开产生电弧时很可能在两触点间形成飞弧而造成电源短路。此外,绝缘不好也会引起电源短路。如果按图 5-16 (b)接线,由于两触点电位相同,就不会造成飞弧,即使引入线绝缘损坏也不会将电源短路。设计中应予以注意。

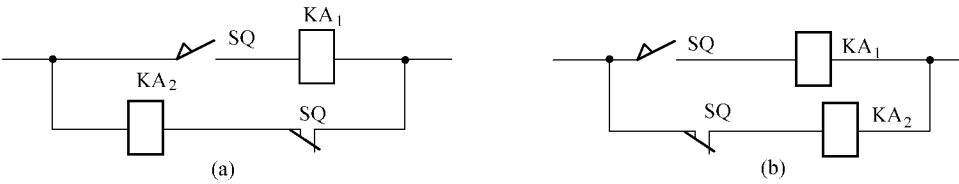


图 5-16 正确连接电器的触点

②正确连接电器的线圈。在交流控制电路中不能串联接入两个电器的线圈,如图 5-17 所示。即使外加电压是两个线圈额定电压之和,也是不允许的。因为每个线圈上所分配到的电压与线圈阻抗成正比,两个电器动作总是有先有后,不可能同时吸合。假如交流接触器 KM₂ 吸合,由于 KM₂ 的磁路闭合,线圈的电感显著增加,因而在该线圈上的电压降也相应增大,从而使另一个接触器 KM₁ 的线圈电压达不到动作电压。因此两个电器需要同时动作时,其线圈应该并联连接。

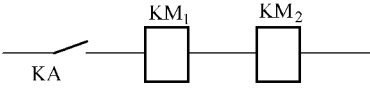


图 5-17 线圈不能串联连接

③在控制线路中应避免出现寄生电路。在控制线路的动作过程中,那种意外接通的电路叫寄生电路(或叫假回路)。图 5-18 所示是一

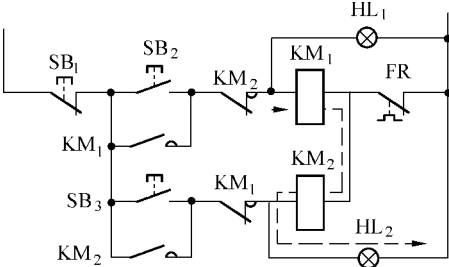


图 5-18 寄生电路

个具有指示灯和热保护的、正、反向电路。在正常工作时,能完成正、反向启动、停止和信号指示。但当热继电器 FR 动作时,线路就出现了寄生电路,如图 5-18 中虚线所示,使正向接触器 KM_1 不能释放,起不了保护作用。

④在线路中应尽量避免许多电器依次动作才能接通另一个电器的控制线路。

⑤在频繁操作的可逆线路中,正、反向接触器之间不仅要有电气联锁,而且要有机机械联锁。

⑥设计的线路应能适应所在地电网情况。根据电网容量的大小,电压、频率的波动范围以及允许的冲击电流数值等决定电动机的启动方式是直接启动还是间接启动。

⑦在线路中采用小容量继电器的触点来控制大容量接触器的线圈时,要计算继电器触点断开和接通容量是否足够。如果不够必须加小容量接触器或中间继电器,否则工作不可靠。

⑧应具有完善的保护环节,以避免因误操作而发生事故。完善的保护环节包括过载、短路、过流、过压、失压等保护环节,有时还应设有合闸、断开、事故、安全等必须的指示信号。有关保护的内容详细见 5.5 节。

(4) 应尽量使操作和维修方便

控制机构应操作简单和便利,能迅速和方便地由一种控制形式转换到另一种控制形式,例如,由自动控制转换到手动控制。同时希望能实现多点控制和自动转换程序,减少人工操作。电控设备应力求维修方便,使用安全,并应有隔离电器,以免带电检修。

5.3.3 一般方法设计控制线路的实例分析

下面以龙门刨床横梁机构的控制为例介绍电气控制线路的一般设计方法。

5.3.3.1 龙门刨床横梁机构的工作原理

在龙门刨床(或立车)上装有横梁机构,刀架装在横梁上,随加工件大小不同横梁需要沿立柱上下移动,在加工过程中,横梁又需要保证夹紧在立柱上不允许松动。

横梁升降电机安装在龙门顶上,通过蜗轮传动,使立柱上的丝杠转动,通过螺母使横梁上下移动。

横梁夹紧电机通过减速机构传动夹紧螺杆,通过杠杆作用使压块将横梁夹紧或放松。如图 5-19 所示。

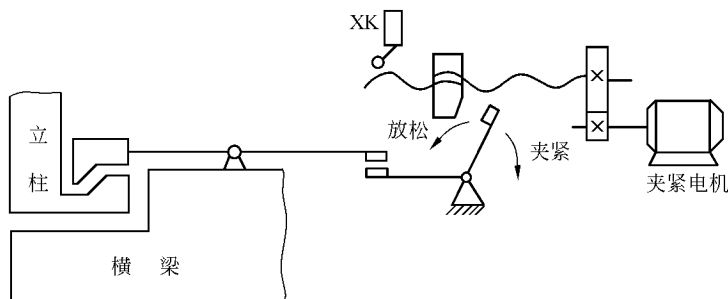


图 5-19 横梁夹紧放松示意图

5.3.3.2 龙门刨床横梁机构的控制要求

综上所述,横梁机构对电气控制系统提出如下要求:

- ① 保证横梁能上下移动,夹紧机构能实现横梁的夹紧或放松。
- ② 横梁夹紧与横梁移动之间必须有一定的操作程序:
 - 按向上、向下移动按钮后,首先使夹紧机构自动放松;
 - 横梁放松后,自动转换到向上或向下移动;
 - 移动到需要位置后,松开按钮,横梁自动夹紧;
 - 夹紧后电机自动停止运动。
- ③ 具有上下行程的限位保护。
- ④ 横梁夹紧与横梁移动之间及正、反向运动之间具有必要的联锁。

5.3.3.3 龙门刨床横梁机构的控制线路设计

(1) 设计主电路

横梁移动和横梁夹紧需用两台异步电动机拖动。为了保证实现上下移动和夹紧放松的要求,电动机必须能实现正、反转,因此采用 KM_1 、 KM_2 和 KM_4 、 KM_3 四个接触器分别控制移动电机 M_1 和夹紧电机 M_2 的正、反转,如图 5-20 所示。

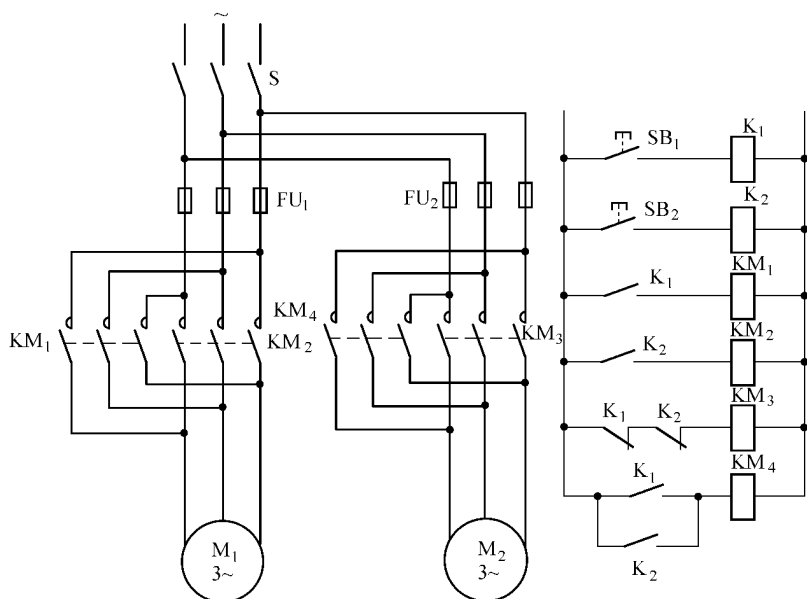


图 5-20 横梁控制电路(主电路和控制电路草图)

(2) 设计基本控制电路

四个接触器具有四个控制线圈,因为只能用两个点动按钮去控制移动和夹紧的两个运动,所以需要通过两个中间继电器 K_1 和 K_2 进行控制。根据生产对控制系统所要求的操作程序可以设计出如图 5-20 所示的草图,但是它还不能实现在横梁放松后自动向上或向下,也不能在横梁夹紧后使夹紧电机自动停止,这需要恰当地选择控制过程中的变化参量实现上述自动控制要求。

(3) 选择控制参量

确定控制原则反映横梁放松的参量,可以有行程参量和时间参量。因为行程参量更加直接反映放松程度,所以采用 SQ_1 行程开关进行控制(见图 5-21)。当压块压合 SQ_1 ,其常闭触点断开横梁已经放松,接触器线圈 KM_4 失电,同时 SQ_1 常开触点接通向上或向下接触器 KM_1 或 KM_2 。

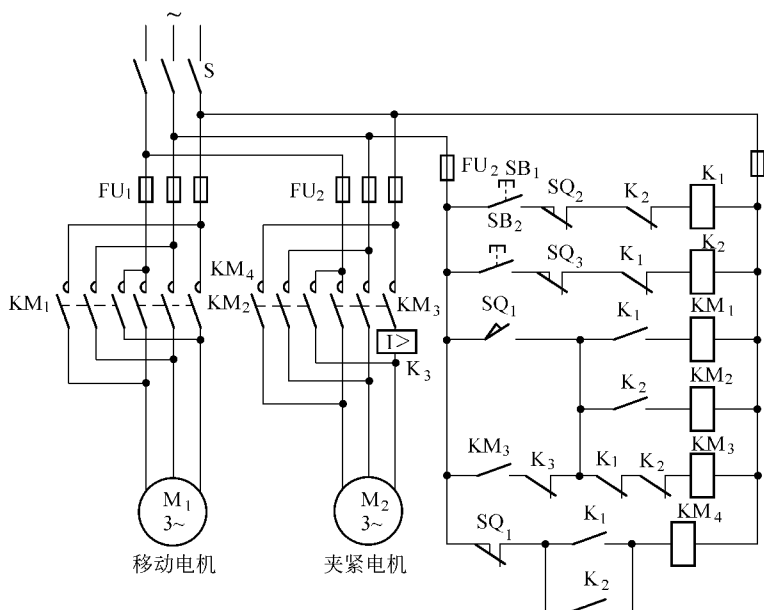


图 5-21 完整的控制线路

反映夹紧程度的参量可以有行程、时间和反映夹紧力的电流。如采用行程参量,当夹紧机构磨损后,测量就不精确,如用时间参量,更不易调整准确,因此这里选用电流参量进行控制最为适宜。图 5-21 中,在夹紧电机夹紧方向的主电路中串联接入一个电流继电器 K_3 ,其动作电流可整定在两倍额定电流左右。 K_3 的常闭触点应该串接在 KM_3 接触器电路中。由于横梁移动停止后,夹紧电机立即启动,在启动电流作用下, K_3 将动作,使 KM_3 又失电,故采用 SQ_1 常开触点短接 K_3 常闭触点。 KM_3 接通动作后,则依靠其辅助触点自锁。一直到夹紧力增大到 K_3 动作后, KM_3 才失电,自动停止夹紧电动机的工作。

(4) 设计联锁保护环节

设计联锁保护环节,主要是将反映相互关联运动的电器触点串联或并联接入被联锁运动的相应电器电路中。这里采用 K_1 和 K_2 的常闭触点实现横梁移动电机和夹紧电机正、反向工作的联锁保护。

横梁上下需要有限位保护,采用行程开关 SQ_2 和 SQ_3 分别实现向上和向下限位保护。

SQ_1 除了反映放松信号外,还起到了横梁移动和横梁夹紧间的联锁控制作用。

(5) 线路的完善和校核

控制线路初步设计完毕后,可能还有不合理的地方,应仔细校核。例如,进一步简化以节省触点数,节省电器间连接线等等。特别应该对照生产要求再次分析所设计线路是否逐条予以实现,线路在误操作时是否会产生事故。完整的横梁移动和夹紧控制线路如图 5-21

所示。一般的电气控制线路均可按上述方法进行设计。

5.4 电气控制线路的逻辑设计方法

5.4.1 电气控制线路逻辑设计中的有关规定

继电器接触器组成的控制电路,分析其工作状况常以线圈通电或断电来判定。构成线圈通断的条件是供电电源及与线圈相连接的那些动合、动断触点所处的状态。若认为供电电源 E 不变,则触点的通断是决定因素。电器触点只存在接通或断开两种状态,分别用“1”、“0”表示。

对于继电器、接触器、电磁铁、电磁阀、电磁离合器等元件,线圈通电状态规定为“1”状态,失电则规定为“0”状态。有时也以线圈通电或失电作为该元件是处于“1”状态或是“0”状态。

继电器、接触器的触点闭合状态规定为“1”状态,触点断开状态规定为“0”状态。控制按钮、开关触点闭合状态规定为“1”状态,触点断开状态规定为“0”状态。

作以上规定后,继电器、接触器的触点与线圈在原理图上采用同一字符命名。为了清楚地反映元件状态,元件线圈、动合触点的状态用同一字符(例如 K 、 SA 等)来表示,而动断触点的状态以 $\overline{K}$ 表示(K 上面的一杠表示“非”,读 K 非),若元件为“1”状态,则表示线圈“通电”,继电器吸合,其动合触点“接通”,动断触点“断开”。“通电”、“接通”都是“1”状态,而断开则为“0”状态。若元件为“0”状态,则与上述相反。

以“0”、“1”表征两个对立的物理状态,反映了自然界存在的一种客观规律——逻辑代数。它与数学中数值的四则运算相似,逻辑代数(也称开关代数、布尔代数)中存在着逻辑与(逻辑乘)、逻辑或(逻辑加)、逻辑非的三种基本运算,并由此而演变出一些运算规律。运用逻辑代数可以将继电器接触器系统设计得更合理,设计出的线路能充分地发挥元件作用,使所应用的元件数量最少,但这种设计一般难度较大。在设计复杂的控制线路时,逻辑设计有明显的优点。

5.4.2 逻辑运算法则

用逻辑函数来表达控制元件的状态,实质是以触点的状态(以同一字符表示)作为逻辑变量,通过逻辑与、逻辑或、逻辑非的基本运算,得出的运算结果就表明了继电器接触器控制线路的结构。逻辑函数的线路实现是十分方便的。

5.4.2.1 逻辑与——触点串联

图 5-22 所示的串联电路就实现了逻辑与的运算,逻辑与运算用符号“ $\cdot$ ”表示(也可省略),接触器的状态就是其线圈 KM 的状态,当线路接通,线圈 KM 通电,则 $KM=1$;如线路断开,线圈 KM 失电,则 $KM=0$ 。图 5-22 的电路就可用逻辑关系式表示为

$$KM = KA_1 \cdot KA_2$$

若将输入逻辑变量 KA_1 、 KA_2 与输出逻辑变量 KM 列成表格形式,则称此表为真值表。表 5-4 即为逻辑与的真值表。

表 5-4 逻辑与的真值表

KA ₁	KA ₂	KM = KA ₁ KA ₂
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

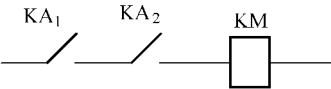


图 5-22 “与”电路

由真值表可总结逻辑与的运算规律 :虽然“ 0 ”、“ 1 ”不是数值的量度 ,但其运算法则在形式上与普通数学的乘法运算相同 ,即见 0 为 0 ,全 1 为 1。

5.4.2.2 逻辑或——触点的并联

图 5-23 所示的并联电路就实现逻辑或运算 ,逻辑或运算用符号“ + ”表示。要表示接触器的状态就要确定线圈 KM 的状态。按照图 5-23 的接线 ,可列出逻辑或的逻辑关系式

$$KM = KA_1 + KA_2$$

也可按图示接线列出逻辑或状态的真值表 ,见表 5-5。

表 5-5 逻辑或真值表

KA ₁	KA ₂	KM = KA ₁ + KA ₂
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

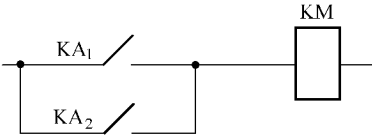


图 5-23 或逻辑电路

按其真值表显示逻辑或的运算规律为 :见 1 出 1 ,全 0 为 0。

5.4.2.3 逻辑非

图 5-24 表示元件状态 KA 的常闭触点 $\overline{KA}$ 与接触器 KM 线圈状态的控制是逻辑非关系。其逻辑关系表达式为

$$KM = \overline{KA}$$

当开关 SA 合上 ,常闭触点 $\overline{KA}$ 的状态为“ 0 ” ,则 KM=0 线圈不通电 ,KM 为“ 0 ”状态 ;当 SA 打开 , $\overline{KA}$ = 1 则 KM=1 线圈通电 ,接触器吸合 ,KM 为“ 1 ”状态。其真值表如表 5-6 所示。

表 5-6 逻辑非真值表

KA	KM = $\overline{KA}$
1	0
0	1

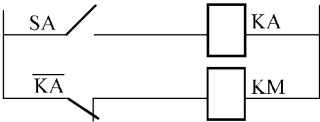


图 5-24 逻辑非电路

有时也称 KA 对 KM 是“ 非控制 ”。

以上与、或、非逻辑运算其逻辑变量不超过两个 ,但对多个逻辑变量也同样适用。

5.4.2.4 逻辑代数定理

(1) 交换律

$$AB = BA \quad A + B = B + A$$

(2) 结合律

$$A(BC) = (AB)C \quad A + (B + C) = (A + B) + C$$

(3) 分配律

$$A(B + C) = AB + AC \quad A + BC = (A + B)(A + C)$$

(4) 吸收律

$$A + AB = A \quad A(A + B) = A$$

(5) 重叠律

$$AA = A \quad A + A = A$$

(6) 非非律

$$\overline{\overline{A}} = A$$

(7) 反演律(摩根定理)

$$\overline{A + B} = \overline{A} \overline{B} \quad \overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

以上基本定律都可用真值表或继电器电路证明,读者可自行证明。

5.4.3 逻辑函数的化简

逻辑函数化简可以使继电器电路简化,因此有重要的实际意义。这里介绍公式法化简,关键在于熟练掌握基本定律,综合运用提出因子、并项、扩项、消去多余因子、多余项等方法,并进行化简。

化简时经常用到常量与变量关系

$$\begin{aligned} A + 0 &= A & A \cdot 1 &= A \\ A + 1 &= 1 & A \cdot 0 &= 0 \\ A & & & \end{aligned}$$

下面举几个例子说明如何化简。

【例 5-1】 $F = ABC + \overline{A}B + \overline{A}C + \overline{B}C + \overline{C}A$

【例 5-2】 $F = \overline{A}B + \overline{A}C + \overline{B}C + \overline{C}A$

【例 5-3】 $F = \overline{A}B + \overline{A}C + \overline{B}C + \overline{C}A$

对逻辑代数式的化简,就是对继电器线路的化简,但是在实际组成线路时,有些具体因素必须考虑。

① 接点容量的限制特别要检查担负关断任务的触点容量。触点的额定电流比触点电流分断能力约大 10 倍,所以在化简后要注意触点是否有此分断能力。

② 在有多余接点,并且多用些接点能使线路的逻辑功能更加明确的情况下,不必强求化

简来节省触点。

5.4.4 继电器开关的逻辑函数

前面已经阐明,继电器线路是开关线路,符合逻辑规律。它以执行元件作为逻辑函数的输出变量,而以检测信号、中间单元及输出逻辑变量的反馈触点作为逻辑变量,可按一定规律列出其逻辑函数表达式。下面通过两个简单线路说明列逻辑函数表达式的规律。

图 5-25(a)(b)为两个简单的启-保-停电路。

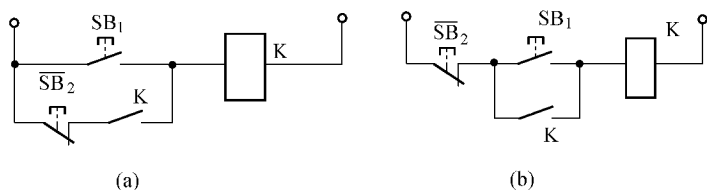


图 5-25 启、保、停电路

组成电路的触点按原约定,动断触点以逻辑非表示。线路中 SB_1 为启动信号(开启), SB_2 为停止信号(关断), K 的动合触点状态 K 为保持信号。

对图 5-25(a)可列出逻辑函数: $F_K = SB_1 + (\overline{SB_2})K$, 其一般形式为

$$F_K = X_{\text{开}} + X_{\text{关}} K \quad (5-1)$$

式中, $X_{\text{开}}$ 为开启信号; $X_{\text{关}}$ 为关断信号; K 为自保信号; F_K 为继电器 K 的逻辑函数。

对图 5-25(b)可列出逻辑函数: $F_K = \overline{SB_2}(SB_1 + K)$, 它的一般形式为

$$F_K = X_{\text{关}}(X_{\text{开}} + K) \quad (5-2)$$

式(5-1)(5-2)所示的逻辑函数都有相同的特点,就是它们具有三个逻辑变量 $X_{\text{开}}$ 、 $X_{\text{关}}$ 和 K , 其中:

$X_{\text{开}}$ 为继电器 K 的开启信号,应选取在继电器开启边界线上发生状态转变的逻辑变量。若这个逻辑变量是由“0”转换到“1”,就取其原变量形式;若是由“1”转换到“0”,则取其反变量形式。

$X_{\text{关}}$ 为继电器 K 的关断信号,应选取在继电器关闭边界线上发生状态转变的逻辑变量。若这个逻辑变量是由“1”转换到“0”,就取其原变量形式;若是由“0”转换到“1”,则取其反变量形式。

K 为继电器 K 本身的动合触点,属于继电器的内部反馈逻辑变量,起自保作用,以维持 K 得电后的吸合状态。

这两个电路都是启-保-停电路,其逻辑功能相仿,但从逻辑函数表达式来看,式(5-1)中 $X_{\text{开}} = 1$ 则 $F_K = 1$; $X_{\text{关}}$ 在这种状态下不起控制作用,称此电路为开启从优形式。式(5-2)中 $X_{\text{关}} = 0$ 则 $F_K = 0$; $X_{\text{开}}$ 在这种状态下不起控制作用,称此电路为关断从优形式。

实际的启-保-停电路往往都有许多联锁条件,例如铣床的自动循环工作必须在主轴旋转条件下进行,而龙门刨返回行程油压不足也不能停车,必须到原位停车。因此,对开启信号及关断信号都增加了约束条件,这样可将式(5-1)(5-2)扩展一下,就能全面地表示输

出逻辑函数。

对于开启信号来说,当开启的转换主令信号不只一个,还需具备其他条件才能开启,则开启信号用 $X_{\text{开主}}$ 表示,其他条件称开启约束信号,用 $X_{\text{开约}}$ 表示。显然,条件都具备才能开启,说明 $X_{\text{开主}}$ 与 $X_{\text{开约}}$ 是“与”的逻辑关系,用 $X_{\text{开主}} \cdot X_{\text{开约}}$ 去代替式(5-1)(5-2)中 $X_{\text{开}}$ 。当关断信号不止一个,要求其他几个条件都具备才能关断时,则关断信号用 $X_{\text{关主}}$ 表示,其他条件称为关断的约束信号,以 $X_{\text{关约}}$ 表示。“0”状态是关断状态,显然 $X_{\text{关主}}$ 与 $X_{\text{关约}}$ 全为“0”时,则关断信号应为“0”, $X_{\text{关主}}$ 为“0”而 $X_{\text{关约}} = 1$ 时,则不具备关断条件,所以二者是“或”的关系。以 $X_{\text{关主}} + X_{\text{关约}}$ 代替式(5-1)(5-2)中 $X_{\text{关}}$,则可得启、保、停电路的一般形式,式(5-1)扩展成式(5-3),式(5-2)扩展成式(5-4)。

$$F_K = X_{\text{开主}} \cdot X_{\text{开约}} + (X_{\text{关主}} + X_{\text{关约}})K \quad (5-3)$$

$$F_K = (X_{\text{开主}} + X_{\text{开约}}) \overline{(X_{\text{关主}} \cdot X_{\text{关约}} + K)} \quad (5-4)$$

例如,利用式(5-3)和(5-4)可设计具有开启条件和关断条件的动力头主轴电机的起-保-停电路。如滑台停在原位时,压行程开关 SQ_1 ;表示进给的需要位置时,压行程开关 SQ_2 。启动按钮为 SB_1 , 停止按钮为 SB_2 。其中:

$$X_{\text{开主}} = SB_1, X_{\text{开约}} = SA_1, X_{\text{关主}} = \overline{SB_2}, X_{\text{关约}} = \overline{SA_2}$$

按式(5-3)

$$F_K = SB_1 \cdot SA_1 + (\overline{SB_2} + \overline{SA_2})K$$

按式(5-4)

$$F_K = (\overline{SB_2} + \overline{SA_2}) \overline{(SB_1 \cdot SA_1 + K)}$$

上述二式对应的电路图如图 5-26(a)(b)所示。

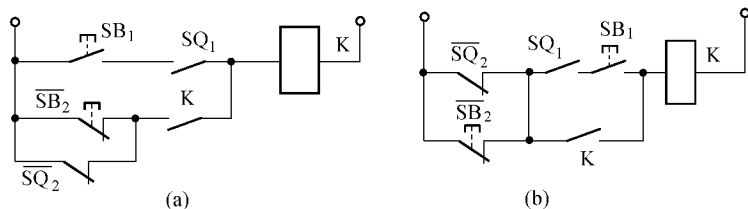


图 5-26 动力头控制电路

继电器接触器控制线路采用逻辑设计方法,可以使线路简单,充分运用电器元件,得到较合理的线路。对复杂线路的设计,特别是自动生产线、组合机床等的控制线路的设计,采用逻辑设计法比经验设计法更为方便、合理。

逻辑设计法一般按以下步骤进行:

- 步骤 1 充分研究加工工艺过程,作出工作循环图或工作示意图。
- 步骤 2 按工作循环图作执行元件节拍表及检测元件状态表——转换表。
- 步骤 3 根据转换表,确定中间记忆元件的开关边界线,设置中间记忆元件。
- 步骤 4 列写中间记忆元件逻辑函数式及执行元件逻辑函数式。
- 步骤 5 根据逻辑函数式建立电路结构图。
- 步骤 6 进一步完善电路,增加必要的联锁、保护等辅助环节,检查电路是否符合原控

制要求,有无寄生回路,是否存在竞争现象等。

完成以上六步,则可得一张完整的继电器控制原理图。若需实际制作,还需要对原理图上所有元件选择具体型号。热继电器、过流继电器、时间继电器等需要按电力拖动的要求和具体的工艺循环去整定其动作值。将原理图编上线号,最后画出装配图,完成设计任务。

逻辑设计法一般仅完成了前面六步内容,以下举出两个例子说明如何进行逻辑设计。

【例 5-4】某电机只有在继电器 KA_1 、 KA_2 、 KA_3 中任何一个或两个动作时才能运转,而在其他条件下都不运转,试设计其控制线路。

设计步骤:

①列出控制元件与执行元件的动作状态表,如表 5-7 所示。

②根据表 5-7 写出接触器 KM 的逻辑代数式:

$$KM = \overline{KA_1} \cdot \overline{KA_2} \cdot KA_3 + \overline{KA_1} \cdot KA_2 \cdot \overline{KA_3} + KA_1 \cdot \overline{KA_2} \cdot \overline{KA_3} + \overline{KA_1} \cdot KA_2 \cdot KA_3 + KA_1 \cdot \overline{KA_2} \cdot KA_3 + KA_1 \cdot KA_2 \cdot \overline{KA_3}$$

③化简:

$$\begin{aligned} KM &= \overline{KA_1}(\overline{KA_2} \cdot KA_3 + KA_2 \cdot \overline{KA_3} + KA_2 \cdot KA_3) + KA_1(\overline{KA_2} \cdot \overline{KA_3} + \overline{KA_2} \cdot KA_3 + KA_2 \cdot \overline{KA_3}) \\ &= \overline{KA_1}[\overline{KA_3}(\overline{KA_2} + KA_2) + KA_2 \cdot \overline{KA_3}] + KA_1[\overline{KA_3}(\overline{KA_2} + KA_2) + \overline{KA_2} \cdot KA_3] \\ &= \overline{KA_1}(\overline{KA_3} + KA_2 \cdot \overline{KA_3}) + KA_1(\overline{KA_3} + \overline{KA_2} \cdot KA_3) \\ &= \overline{KA_1}(\overline{KA_3} + KA_2) + KA_1(\overline{KA_3} + \overline{KA_2}) \end{aligned}$$

④根据简化了的逻辑式绘制控制电路,如图 5-27 所示。

表 5-7 例 5-4 的状态表

KA_1	KA_2	KA_3	KM
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

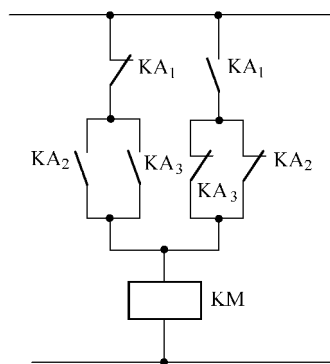


图 5-27 例 5-4 的控制电路

上例电路的状态只和触点的组合有关,称为组合开关电路。另有一类电路,它不仅与触点最后组合有关,而且与组合过程的次序有关,这类电路称为时序开关电路。

为了设计时序电路,必须编制动作表(亦称状态表、程序表、顺序图)。任一元件动作一次作为一个程序(亦称节拍、步序)。一般时序电路都要设置中间记忆元件,以区别那些触点逻辑组合相同但组合顺序不同的程序。简单电路则根据动作表,可直接列出逻辑代数式,经变换化简拟出相应电路。

【例 5-5】有三个继电器 K_1 、 K_2 、 K_3 ,要求在开关 S 闭合后继电器能顺序地接通,然后再按同一顺序断开,在 S 保持闭合时,工作循环重复进行,试设计该线路。

解 按题意要求,可列出动作表(表 5-8),从中可以看出,1~6 节拍为一个工作循环。

现讨论开关闭合(S 始终为 1)后的情况。

由动作表可见 ,继电器 K_1 在节拍 2、3、4 吸合 ,触点动作(即常开触点闭合 ,常闭触点打开) ,节拍 4 以后状态要发生变化。另外节拍 1 是 K_1 动作的条件 ,也就是说从节拍 1 开关 S 闭合开始 ,继电器 K_1 线圈就通电 ,具备吸合动作的条件 ,因此对继电器 K_1 线圈通电来说 ,应前后提前一拍 ,按节拍 1~3 来写它接通的结构式 ,即有

$$f(K_1) = S \cdot \overline{K_1} \cdot \overline{K_2} \cdot \overline{K_3} + S \cdot K_1 \cdot \overline{K_2} \cdot \overline{K_3} + S \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \overline{K_3}$$

化简为 $f(K_1) = S \cdot \overline{K_3} (\overline{K_1} \cdot \overline{K_2} + K_1 \cdot \overline{K_2} + K_1 \cdot K_2) = S \overline{K_3} (\overline{K_2} + K_1 \cdot K_2) = S \cdot \overline{K_3} (K_2 + K_1)$

表 5-8 例 5-5 的动作表

节 拍	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
电 器 状 态	S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...
	K_1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	...
	K_2	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	...
	K_3	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	...

一个循环

对应的电路如图 5-28 (a)所示。结合动作表对它还可进一步简化。由表 5-8 可看出 ,在一个工作循环(1~6)节拍中 , $K_1 = 1$ 所在的节拍是 2、3、4 三拍 ; $\overline{K_2} = 1$ 即 $K_2 = 0$ 是 1、2、6、7 四拍 ; K_1 和 $\overline{K_2}$ 并联 ,就是说逻辑相加后 ,它们在 1~4、6、7 六个节拍中均为 1 ,而与之串联的 $S \overline{K_3}$ 却只在 1~3 三个节拍内为 1(即只有这三个节拍内 S 和 $\overline{K_3}$ 同时为 1) ,在其他节拍时 $S \overline{K_3} = 0$ 。因此 $S \overline{K_3} (K_1 + \overline{K_2})$ 的逻辑功能 ,实际上由 $S \overline{K_3}$ 决定 ($K_1 + \overline{K_2}$) 可以省略。换句话说 ,凡触点串联 ,节拍多的部分可除去 ,这并不影响逻辑功能 ,却可使电路简化。于是继电器 K_1 的结构式可写为

$$f(K_1) = S \overline{K_3}$$

相应的电路如图 5-28 (b)所示。

同样 ,对继电器 K_2 应按节拍 2、3、4 写出它的线圈通电结构式为

$$\begin{aligned} f(K_2) &= SK_1 \cdot \overline{K_2} \cdot \overline{K_3} + SK_1 \cdot K_2 \cdot \overline{K_3} + SK_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \\ &= SK_1 (\overline{K_2} \cdot \overline{K_3} + K_2 \cdot \overline{K_3} + K_2 \cdot K_3) = SK_1 (\overline{K_3} + K_2 \cdot K_3) \\ &= SK_1 (\overline{K_3} + K_2) \end{aligned}$$

同理 , $K_2 = 1$ 和 $\overline{K_3} = 1$ ($K_3 = 0$)占了 1~5 和 7 六拍 ,而 $S \cdot K_1$ 只在 2~4 三拍 ,因此 ($K_2 + \overline{K_3}$) 可省略 ,从而得到

$$f(K_2) = SK_1$$

对继电器 K_3 有

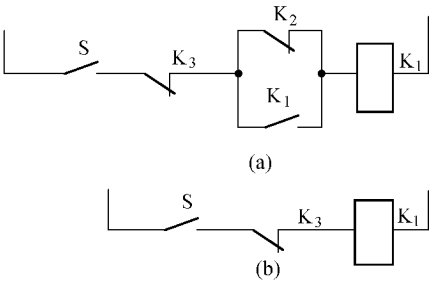


图 5-28 控制电路

$$\begin{aligned}
 f(K_3) &= SK_1 \cdot K_2 \cdot \overline{K_3} + SK_1 \cdot K_2 \cdot K_3 + S \overline{K_1} \cdot K_2 \cdot K_3 \\
 &= SK_2(K_1 \cdot \overline{K_3} + K_1 \cdot K_3 + \overline{K_1} \cdot K_3) \\
 &= SK_2(K_1 + \overline{K_1} \cdot K_3) \\
 &= SK_2(K_1 + K_3)
 \end{aligned}$$

逻辑功能可由 SK_2 决定, 所以

$$f(K_3) = SK_2$$

整个电路的代数式

$$f = S \overline{K_3} + SK_1 + SK_2 = S(\overline{K_3} + K_1 + K_2)$$

相应的电路如图 5-29 所示。

当然, 对这样简单的时序电路, 可以直接由动作表列出结构式, 因为由动作表可看出, K_1 是在 S 闭合和 K_3 断开时线圈接通, 所以 $f(K_1) = S \overline{K_3}$; K_2 继电器线圈的接通和断开取决于 K_1 的动作情况, 即 $f(K_2) = SK_1$; K_3 继电器线圈的接通和断开取决于 K_2 的动作情况, 即 $f(K_3) = SK_2$, 这样就得到与上述相同的结构式和电路图。

用逻辑法设计出的控制电路一般是最简电路, 再配上相应的主电路即可正常工作了。

上面举的是一些简单例子。一般复杂的电路, 在某个信号作用下, 从一个稳定状态转换到另一个稳定状态, 常常有几个电器的状态变化。对于时序电路来说, 如果有几个状态变化, 则称电路存在“竞争”。因此电路设计完后要进行检查, 看是否有触点竞争、寄生电路、电器元件触点是否够等。可见, 用逻辑设计法设计复杂的控制线路, 难度也是较大的。但用它简化某一部分线路, 或实现某种简单逻辑功能时, 又是比较方便而又易行的手段; 对于一般不太复杂, 而又难免带有自馈和交叉互馈环节的继电器接触控制线路, 一般采用分析设计法较为简单。

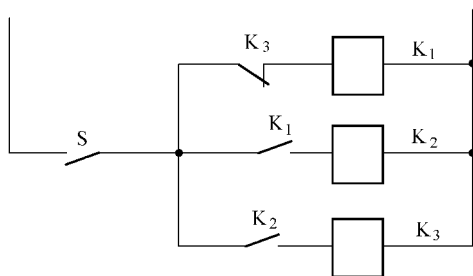


图 5-29 例 5-5 的控制电路图

5.5 电气线路中的保护措施

电气控制系统必须在安全可靠的条件下满足生产工艺的要求, 因此在线路中还必须设有各种保护装置, 避免由于各种故障造成电气设备和机械设备的损坏, 以及保证人身的安全。保护环节也是所有自动控制系统不可缺少的组成部分, 保护的内容是十分广泛的, 不同类型的电动机、生产机械和控制线路有着不同的要求。本节集中介绍低压电动机最常用的保护。常用的保护装置有短路电流保护、过电流保护、热保护、零电压和欠电压保护、弱磁保护以及超速保护等等。

5.5.1 短路保护

因为短路电流会引起电气设备绝缘损坏和产生强大的电动应力使电机绕组和电路中的

各种电气设备产生机械性损坏,因此,当电路出现短路电流或者数值上接近短路电流的时候,必须依靠短路保护装置可靠而迅速地开断电路。而且,这种短路保护装置不应受启动电流的影响而动作。

5.5.1.1 熔断器保护

由于熔断器的熔体受很多因素的影响,故其动作值不太稳定,因此通常熔断器比较适用于动作准确度要求不高和自动化程度较差的系统中。如小容量的鼠笼异步机及小容量的直流电机中就广泛地使用熔断器。

对直流电动机和绕线式异步电动机来说,熔断器熔体的额定电流应选 $1 \sim 1.25$ 倍电动机额定电流。

对鼠笼异步电动机(启动电流达 7 倍额定电流),熔体的额定电流可选 $2 \sim 3.5$ 倍电动机额定电流。

当鼠笼电动机的启动电流不等于 7 倍额定电流时,熔体的额定电流可按 $1/2.5 \sim 1/1.6$ 倍电动机启动电流来选择。

5.5.1.2 过电流继电器保护或低压断路器保护

当用过电流继电器或低压断路器作电动机的短路保护时,其线圈的动作电流可按下式计算:

$$I_{sk} = 1.2 I_{st}$$

式中, I_{sk} 为过电流继电器或低压断路器的动作电流; I_{st} 为电动机的启动电流。

应当指出,过电流继电器不同于熔断器和低压断路器,它是一个测量元件。过电流的保护要通过执行元件接触器来完成,因此为了能切断短路电流,接触器触点的容量不得不加大,低压断路器把测量元件和执行元件装在一起。熔断器的熔体本身就是测量和执行元件。

5.5.2 过电流保护

不正确启动和过大的负载转矩常常引起电动机很大的过电流,由此引起的过电流一般比短路电流小。

过大的冲击负载,使电动机流过过大的冲击电流以致损坏电动机的换向器。同时过大的电动机转矩也会使机械传动部件受到损伤,因此要瞬时切断电源。

在电动机运行中,产生过电流比发生短路的可能性更大,特别是在频繁启动和正反转的重复短时工作制的电动机中更是如此。

过电流保护通常用在限流启动的直流电动机与绕线式异步电动机中,用作过流保护的过电流继电器的动作值一般为启动电流的 1.2 倍。这里必须指出,在直流电动机和绕线式异步电动机线路中的过电流继电器亦起着短路保护的作用。

5.5.3 热保护

为了防止电动机因长期超载运行,电机绕组的温升超过允许值而损坏,所以要采取热保护。这种保护装置具有这样的特点:负载电流愈大,电器动作时间愈快,但又不受电机启动电流的影响而误动作,这种保护装置通常用得最多的为热继电器。由于热惯性的关系,热继电器不会受电动机短时过载冲击电流或短路电流的影响而瞬时动作。当电路为 $8 \sim 10$ 倍额定电流通过时,热继电器需 $1 \sim 3s$ 才动作,这样在热继电器未动作之前,可能使热继电器

的发热元件和电路中的其他设备已烧毁,所以在使用热继电器作热保护的同时,还必须装有熔断器或过电流继电器的短路保护装置。并且熔体的额定电流不应超过 4 倍热继电器发热元件的额定电流,而过电流继电器的动作电流不应超过 6~7 倍热继电器发热元件的额定电流。

热继电器发热元件的额定电流等于电动机额定电流。

如果电动机的环境温度比继电器的环境温度高 15~25℃,则选用额定电流小一号的发热元件。如电动机的环境温度比继电器的环境温度低 15~25℃,则要选用大一号的发热元件。

现在,也有一种用热敏电阻作为测量元件的热继电器,它可以将热敏元件钳在电机的绕组或其他部件中,以便更准确地测量温升的部位。其功能也是当被测部件达到指定的温升时,切断电路实现保护。

5.5.4 零电压和欠电压保护

在电动机正常工作时,如果因为电源电压的消失而使电动机停转,那么在电源电压恢复时电动机就可能自动启动,电动机的自启动可能造成人身事故或设备事故。对电网来说,许多电动机自启动会引起不允许的过电流及电压降。防止电压恢复时电动机自启动的保护叫零压保护。

在电动机运转时,电源电压过分地降低会引起电动机转速下降甚至停转。同时,在负载转矩一定时,电流就要增加。此外,由于电压的降低将引起一些电器的释放,造成电路不正常工作,可能产生事故。因此需要在电压下降达到最小允许电压值时将电动机电源切除,这就叫欠电压保护。

一般采用电压继电器来进行零电压和欠电压保护。

电压继电器的吸合电压通常整定为 $0.8 \sim 0.85 U_{RT}$,继电器的释放电压通常整定为 $0.5 \sim 0.7 U_{RT}$ 。

5.5.5 弱磁场保护

电动机磁通的过度减少会引起电动机的超速,因此需要保护,弱磁场保护采用的元件为电磁式电流继电器。

对并激和复激直流电动机来说,弱磁场保护继电器的吸合电流一般整定在 0.8 倍的额定激磁电流。这里已考虑了电网电压可能发生的压降和继电器动作的不准确度。至于释放电流对于调速的并激电动机来说应该整定在 0.8 倍的最小激磁电流。

5.5.6 超速保护

有些控制系统为了防止生产机械运行超过预定允许的速度,如高炉卷扬机和矿井提升机,在线路中设置了超速保护。一般超速保护用离心开关来完成,也有用测速发电机的。

图 5-30 所示是电动机常用保护的接线,熔断器 FU 用作短路保护,过流继电器 KI_1 , KI_2 用作过电流保护,欠压继电器 KD 用作主电路欠电压保护,热继电器 FR 用作过载热保护,零压继电器 KL 通过它的常开触点与主令开关触点 LK_0 并联构成零位自锁环节,正转接触器和反转接触器的常闭触点 KM_1 和 KM_2 构成了互锁环节。

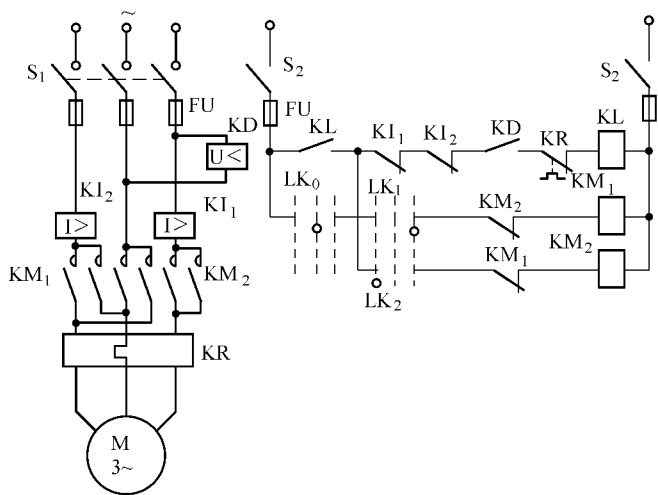


图 5-30 电动机的常用保护

5.5.7 多功能一体化保护器

对电动机的基本保护 ,例如过载保护、断相保护、短路保护等 ,最好能在一个保护装置内同时实现 ,多功能保护器就是这种装置。电动机多功能保护装置品种很多 ,性能各异 ,图 5-31 是其中的一种。图中保护信号由电流互感器 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 串联后取得。这种互感器选用具有较低饱和磁密的磁环(例如用软磁铁氧体 MX0-2000 型锰锌磁环)做成。电动机运行时磁环处于饱和状态 ,因此互感器二次绕组中的感应电动势 除基波外还有三次谐波成分。

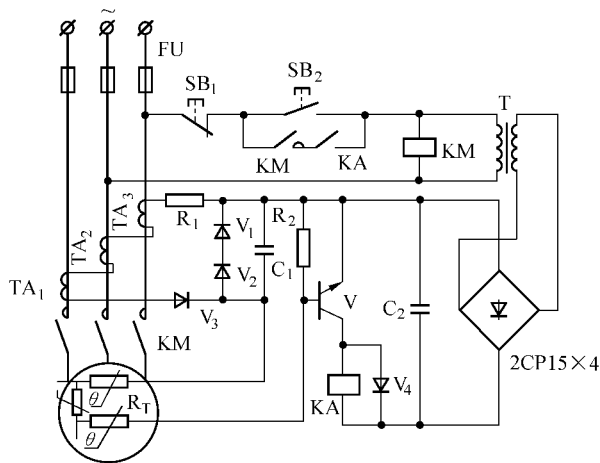


图 5-31 多功能一体化保护器电器原理图

电动机正常运行时 ,三相的线电流基本平衡(大小相等 ,相位互差 120°) ,因此在互感器二次绕组中的基波电动势合成为零 ,但三次谐波电动势合成后是每相电动势的 3 倍。取得的三次谐波电动势经过二极管 V_3 整流 , V_1 、 V_2 稳压 ,电容器 C_1 滤波 ,再经过 R_1 与 R_2 分压后 ,供给晶体管 V 的基极 ,使 V 饱和导通。于是继电器 KA 吸合 , KA 常开触点闭合。按下

启动按钮 SB_2 时,接触器 KM 通电。

当电动机电源断开一相时,其余两相线电流大小相等、方向相反,互感器三个串联的二次绕组中只有两个绕组感应电动势,且大小相等,方向相反,结果互感器二次绕组总电动势为零,既不存在基波电动势,也不存在三次谐波电动势,于是 V 的基极电流为零,V 截止,接在 V 集电极的继电器 KA 释放,接触器 KM 断电,KM 主触点断开,切断电动机电源。

当电动机由于过载或其他故障使其绕组温度过高时,热敏电阻 R_T 的阻值急剧上升,改变了 R_1 和 R_2 的分压比,使晶体管 V 的基极电流下降到很低的数值,V 截止,继电器 KA 释放,同样能切断电动机电源。

为了更好地解决电动机的保护问题,现代技术正在提供更加广阔的途径。例如,研制发热时间常数小的新型 PTC 热敏电阻,增加电动机绕组对热敏电阻的热传导。采用新材料的电动机工作时绕组电流密度增大(采用新型电磁材料和绝缘材料),当电动机过载时,绕组温度增长速率比过去的电动机大 2~2.5 倍,这就要求温度检测元件具有更小的发热时间常数,保护装置具有更高的灵敏度和精度。另外,发展高性能和多功能综合保护装置,其主要方向是采用固态集成电路和微处理器作为电流、电压、时间、频率、相位和功率等检测和逻辑单元。

对于频繁操作以及大容量的电动机,它们的转子温升比定子绕组温升高,较好的办法是检测转子的温度,用红外线温度计从外部检测转子温度并加以保护,国外已有用红外线保护装置的实际应用。

除上述主要保护外,控制系统中还有其他各种保护,如行程保护、油压保护和油温保护等,这些一般都是在控制电路中串接一个受这些参量控制的常开触点或常闭触点来实现对控制电路的电源控制。上述的互锁和联锁控制,在某种意义上也是一种保护作用。

5.6 常用典型控制线路

本节介绍异步电动机常用典型控制线路,其中以鼠笼式电动机的控制为重点,着重介绍其设计思想及典型环节,以供参考。

5.6.1 鼠笼式异步电动机的启动控制线路

通常对中、小容量的异步电动机均采用直接启动方式,启动时将鼠笼式电动机的定子绕组直接接在交流电源上,电动机在额定电压下直接启动。对于大容量的电动机,当电动机容量超过其供电变压器的某定值(变压器只供动力用时取 25%;变压器供动力和照明公用时,取 5%),一般应采用降压启动方式,以防止过大的启动电流引起电源电压的下降。

5.6.1.1 直接启动的控制线路

直接启动时,电动机不可逆运转与可逆运转的控制线路如前面所述,这里不重述。

5.6.1.2 串电阻启动的控制线路

此启动方法适应于中等容量的鼠笼式异步电动机要求平稳启动的场合。刚启动时,利用电阻电压降低加在电动机定子上的电压,限制了启动电流。当电动机转速接近额定转速时,再将降压电阻 R 短接,定子绕组承受额定电压,使电动机全压运转,这种降压启动的自动控制线路如图 5-32 所示。

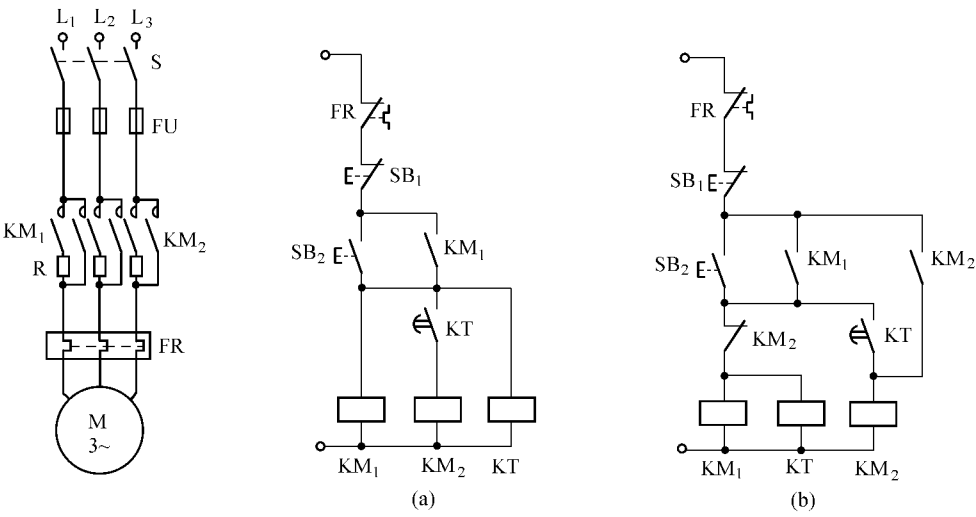


图 5-32 定子串电阻降压启动控制线路

其控制线路工作过程如下：

电动机启动时 ,合上电源开关 S ,按下启动按钮 SB₂ ,接触器 KM₁ 与时间继电器 KT 的线圈同时通电 ,接触器 KM₁ 的主触点立即闭合 ,而时间继电器 KT 具有延时特性 ,其常开触点不立即闭合 ,因此接触器 KM₂ 线圈电路不能接通。这时主电路串联着降压电阻(启动电阻)R ,电动机进行降压启动。当达到时间继电器的延时时间 ,时间继电器动作 ,它的常开触点闭合 ,接通 KM₂ 的线圈电路 ,KM₂ 主触点闭合 ,将 R 短接 ,电动机在额定电压下进入稳定正常运转。

从主回路看 ,只要 KM₂ 得电就能使电动机进入全压正常运行。但在图 5-32 (a)中 ,电动机启动结束后 KM₁ 和 KT 一直得电动作 ,这是不必要的 ,如使 KM₁ 和 KT 断电 ,可减少能量损耗 ,延长接触器和继电器的寿命。其解决方法为 :在 KM₁ 线圈及 KT 线圈回路中串入 KM₂ 常闭辅助触点 ,组成互锁电路 ;同时加入 KM₂ 自锁电路。这样当接触器 KM₂ 得电后 ,其常闭辅助触点将切断 KM₁ 和 KT 线圈回路使其失电 ,同时 KM₂ 自锁 ,线路中只有 KM₂ 得电 ,于是电动机正常运行。

串电阻启动的优点 ,在于按时间原则切除电阻 ,动作可靠 ,降压启动提高了功率因数 ,有利于电网质量。电阻价格低廉 ,结构简单 ,缺点是电阻上功率损耗大。通常仅在中小容量电动机不经常启停时采用这种方式。

5.6.1.3 串自耦变压器启动的控制线路

串自耦变压器降压启动的控制线路如图 5-33 所示。

这一线路的设计思想和串电阻启动线路基本相同 ,也是采用时间继电器完成按时动作 ,所不同是启动时串入自耦变压器 ,启动结束时自动切除。

当启动电机时 ,合上刀闸开关 S ,按下启动按钮 SB₂ ,接触器 KM₁ 与时间继电器 KT 的线圈同时得电 ,KM₁ 主触点闭合 ,电动机定子绕组经自耦变压器接至电源降压启动。时间继电器 KT 到达延时值 ,一方面其常闭的延时触点打开 ,KM₁ 线圈失电 ,KM₁ 主触点断开 ,

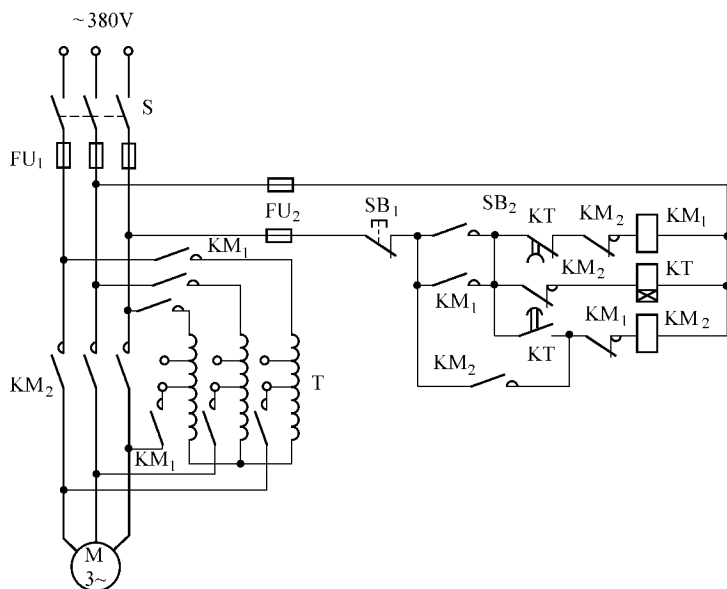


图 5-33 定子串自耦变压器降压启动控制线路

将自耦变压器从电网上切除,同时,KT常开的延时触点闭合,接触器线圈 KM_2 得电, KM_2 主触点闭合,电机投入正常运转。

串联自耦变压器启动和串电阻启动相比,其优点是在同样的启动转矩时,对电网的电流冲击小,功率损耗小。缺点是自耦变压器相对电阻结构复杂,价格较高。这种线路主要用于启动较大容量的电动机,以减小启动电流对电网的影响。

5.6.1.4 星形-三角形启动的控制

这一线路的设计思想仍是按时间原则控制启动过程,所不同的是启动时将电动机定子绕组接成星形,加在电动机每相绕组上的电压为额定值的 $1/\sqrt{3}$,从而减小了启动电流对电网的影响。待启动后按预先整定的时间换接成三角形接法,使电动机在额定电压下正常运转。星形-三角形降压启动线路如图5-34所示。

当启动电动机时,合上刀闸开关S,按下启动按钮 SB_2 ,接触器 KM 、 KM_Y 与时间继电器KT的线圈同时得电,接触器 KM_Y 的主触点将电动机接成星形并经过 KM 的主触点接至电源,电动机降压启动。当KT的延时值到达, KM_Y 线圈失电, KM_Δ 线圈得电,电动机主电路换接成三角形接法,电动机投入正常运转。

星形-三角形启动的优点在于星形启动电流只是原来三角形接法的 $1/3$,启动电流特性好、结构简单、价格低。缺点是启动转矩也相应下降为原来三角形接法的 $1/3$,转矩特性差,因而本线路适用于电网电压380V,额定电压660/380V,Y Δ 接法的电动机轻载启动的场合。

5.6.1.5 延边三角形降压启动的控制线路

这一电路的设计思想是兼取星形连接与三角形连接的优点,以期完成更为理想的启动过程。其转换过程仍按照时间原则来控制。如前所述,三角形启动有很多优点,但不足的是启动转矩太小,设想如果能兼取星形接法启动电流小、而三角形接法启动转矩大的优点,可在启动时将电动机定子绕组的一部分接成星形(如图5-35(b)中1~7,2~4,3~9),而另一

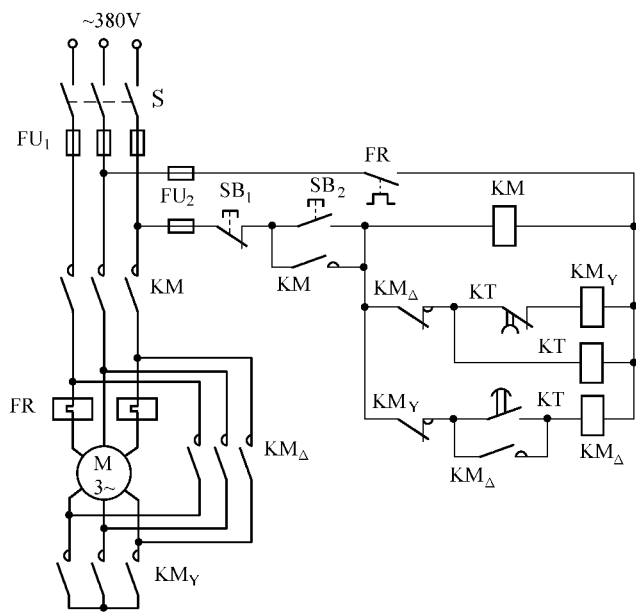


图 5-34 星形-三角形降压启动电路

部分接成三角形(如图 5-36(b)中 4~7、5~8、6~9 所示)。在启动结束以后,再换接成三角形接法(如图 5-35(c)所示)。这就是所谓延边三角形启动方式。

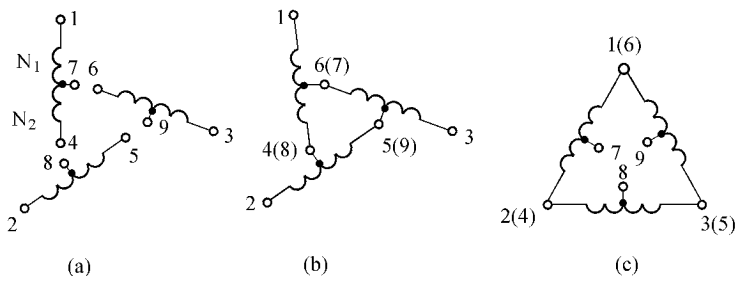


图 5-35 延边三角形-三角形电动机绕组连接
(a)原始状态;(b)延边三角形连接;(c)三角形连接

延边三角形降压启动的控制线路如图 5-36 所示。

当启动电动机时,合上刀闸开关 S,按下启动按钮 SB₂,接触器 KM、KMY 与时间继电器 KT 同时得电,绕组接点 4 与 8、5 与 9、6 与 7 通过 KMY 主触点接通,并通过 KM 的主触点将绕组接点 1、2、3 分别接至三相电源,这时电动机被接成延边三角形降压启动。当 KT 的延时值到达时,接触器线圈调 KMY 失电,KMΔ 得电,主电路通过 KM 与 KMΔ 的主触点将绕组接点 1 与 6、2 与 4、3 与 5 相连而接成三角形并接至三相电源。延边三角形启动与星形-三角形接法相比,兼顾了二者优点;与自耦变压器接法相比,结构简单,因而这种降压启动的方式得到越来越广泛的应用。

综合以上几种启动线路可见,一般均采用时间继电器,按照时间原则切换电压实现降压

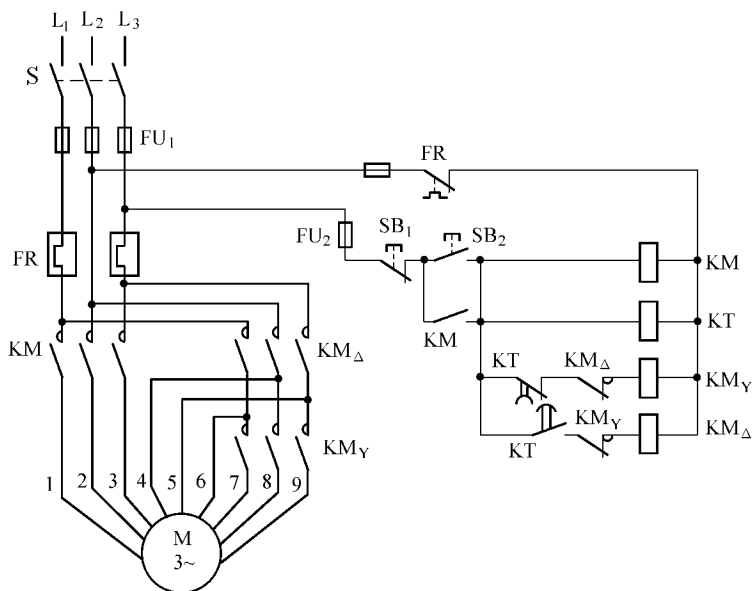


图 5-36 延边三角形降压启动控制线路

启动。由于这种线路工作可靠,受外界因素(如负载、飞轮转动惯量以及电网电压)变化时的影响较小,线路及时间继电器的结构都比较简单,因而在电动机启动控制线路中多采用时间控制其启动过程。

此外,对于绕线式异步电动机可以在转子中串电阻启动,或在转子中串频敏电阻启动。组成这类线路的基本方法与鼠笼机是大同小异的,这里不作详述。

5.6.2 鼠笼式异步电动机的制动与反转的控制线路

制动方式有电气的方法和电气机械结合的方法。前者如反接制动,能耗制动;后者如电磁机械抱闸。

5.6.2.1 反接制动与反转的控制线路

由于反接制动电流较大,当电机容量较大,制动时则需在定子回路中串入电阻降压以减小制动电流。当电动机容量不大时,可以不串制动电阻以简化线路。这时,可以考虑选用比正常使用大一号的接触器以适应较大的制动电流。

由于反接制动采用了速度继电器,按转速原则进行制动控制,其制动效果较好,使用也较方便,鼠笼电动机制动常采用这一方式,如图 5-37 所示。图中 KS_F 和 KS_R 是速度继电器 KS 的

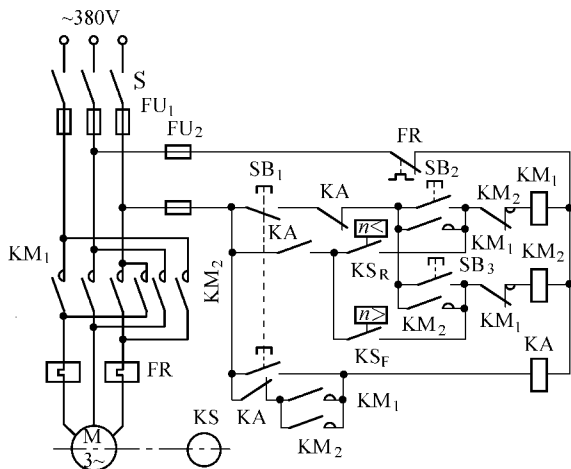


图 5-37 电动机可逆运行的反接制动控制线路

组常开触点,正转时 KS_F 闭合,反转时 KS_R 闭合。工作过程的进一步分析请读者自行完成。

5.6.2.2 能耗制动的控制线路

能耗制动的控制线路的设计思想是制动时在定子绕组中任意两相通入直流电流,形成固定磁场,它与旋转着的转子中的感应电流相互作用,从而产生制动转矩,制动时间由时间继电器来控制。

能耗制动控制线路如图 5-38 所示。电动机工作时接触器 KM_1 投入工作, KM_2 与时间继电器 KT 不工作。

为使电动机停止,按下停止按钮 SB_1 , KM_1 线圈失电,其主触点打开,使电动机切断电源, KM_2 与 KT

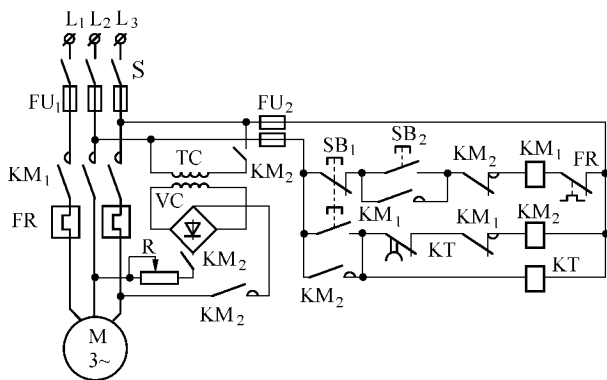


图 5-38 能耗制动控制线路

线圈得电, KM_2 主触点闭合,经整流后的直流电压通过电阻 R 加到电机两相绕组上,使电机制动。制动结束,调 KT 的延时触点动作,将 KM_2 与 KT 的线圈相继断电,线路停止工作。

能耗制动与反接制动相比,由于制动是利用转子中的储能进行的,因此能量损耗小,制动电流较小,制动准确,适用于要求平稳制动的场合,但需要整流电源,制动速度也较反接制动慢一些。

5.6.2.3 电磁抱闸制动

在制动时,将制动电磁铁的线圈接通,通过机械抱闸制动电机,有时还可将电磁抱闸制动与能耗制动同时使用,以弥补能耗制动转矩较小的缺点,加强制动效果。

5.6.3 调速控制线路

在电气控制线路中,对于鼠笼式交流电动机其转速公式为 $n = \frac{60 f_1}{p} (1 - s)$,因此调速的方法有:a.改变极对数 p ——变极调速;b.改变转差率 s ——串级调速;c.改变频率 f ——变频调速。下面介绍鼠笼式交流电动机变极调速及绕线型电动机在转子中分级串电阻调速。

5.6.3.1 变极调速控制线路

这一线路的设计思想是通过改变电机绕组的接线方式来达到调速目的。速度的调节即接线方式的改变,也是采用时间继电器按照时间原则来完成的。

变极电动机一般有双速、三速、四速之分,双速电动机定子装有一套绕组,三速、四速则为两套绕组。

双速电动机三相绕组连接图如图 5-39 所示。图 5-39(a)为三角形(四极、低速)与双星形(二极、高速)接法,它属于恒功率调速;图 5-39(b)所示为星形(四极、低速)与双星形(二极、高速)接法,它属于恒转矩调速。

双速电动机调速控制线路如图 5-40 所示,图中 SC 为双投开关。合向“低速”位置时电动机接成三角形,低速运转; SC 合向高速位置时,接触器 KM_1 、 KM_2 工作,电动机接成双星

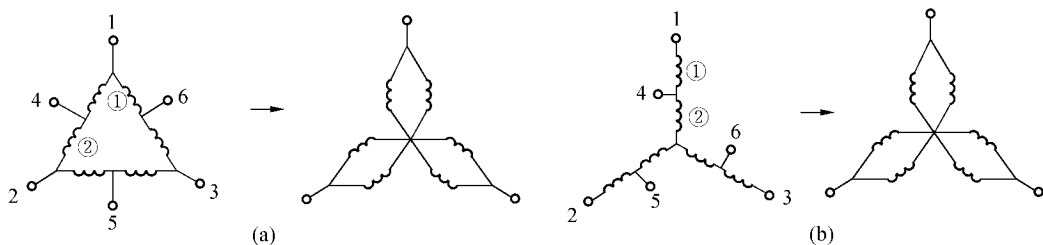


图 5-39 双速电动机三相绕组连接图

形,高速运转。图中时间继电器 KT 的作用是:电动机直接向高速启动时,首先接通低速接触器 KM_3 ,经 KT 延时后,启动切换为接触器 KM_1 、 KM_2 工作,电动机高速运转,这样先低速后高速的控制,目的是限制启动电流。

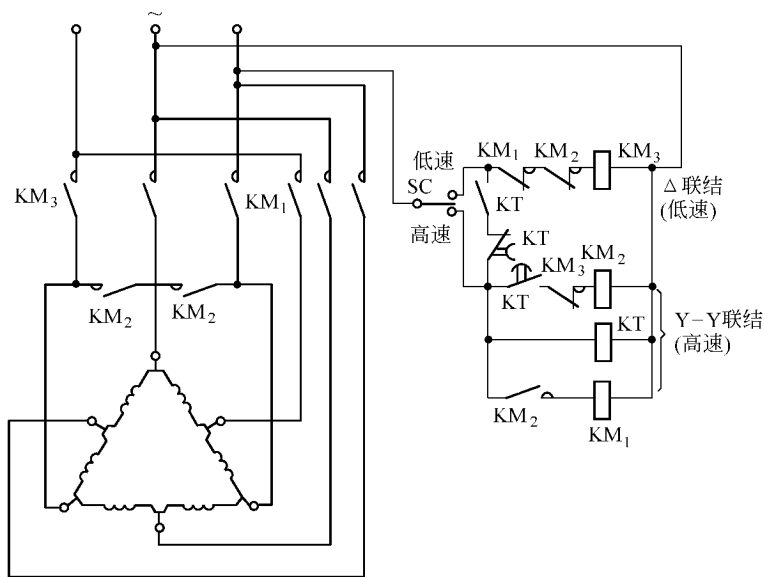


图 5-40 双速电动机调速控制线路图

双速电动机调速的优点是可以适应不同负载性质的要求,需要恒功率调速时可采用三角-双星形接法,需要恒转矩调速时用星形-双星形接法,线路简单、维修方便,缺点是有级调速且价格较高。变极调速有一定使用价值,通常使用时与机械变速配合使用,以扩大其调速范围。

5.6.3.2 绕线式电动机转子串电阻的调速控制线路

绕线式电动机可以在转子中串电阻启动,以减小启动电流,也可以在转子中串入不同阻值的电阻运转,使电动机工作在不同的人为特性上,以获得不同的转速,实现调速的目的。分段串电阻通常可用主令控制器来实现。这类线路主令控制器的触点位置较为烦琐,这里不再赘述。

5.6.3.3 其他调速方式

交流电动机除上述常用的简单调速方式外,还有一些其他方式,如可控硅调压调速、变频调速以及滑差电机调速等。

5.6.4 预警、自动保护线路

5.6.4.1 启动预警线路

为了保证系统安全运行，许多大型生产机械如轮转印刷机、远距离或多层交叉皮带运输系统、连轧机等，在启动时必须先用电铃或蜂鸣器发出警报信号，预报机器即将启动，警告人们迅速退出危险地区。图 5-41 所示为有延时启动预警控制线路。在控制电路中，时间继电器 KT 的作用是电铃连续发响一段时间后才允许主机启动。电路的工作过程如下：

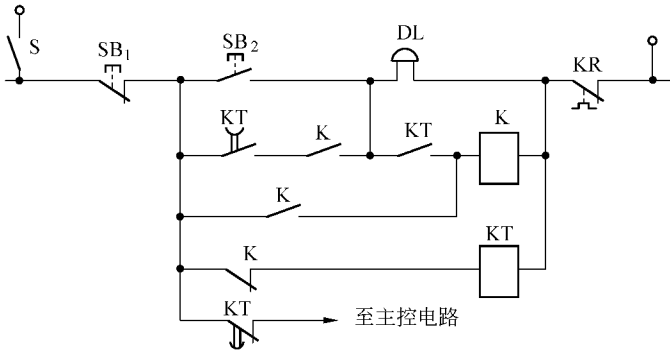


图 5-41 有延时启动预警的控制线路

当开关 S 合上后，电铃 DL、继电器 K 尚不通电，用 $DL = 0, K = 0$ 表示，时间继电器 KT 通电吸合，即 $KT = 1$ 。当按下按钮 SB_2 时， $SB_2 = 1$ ，则 $DL = 1$ ，铃响； $K = 1$ 并且自锁，使 DL 在 SB_2 松开条件下继续保持一段通电时间。K 的常闭触点打开，切断 KT 线圈电路，开始延时释放，直到延时时间到达，电铃停响，同时对主控电路供电。

5.6.4.2 多元件系“缺一”故障保护控制线路

对于多个执行元件共同完成一个任务，在整个工作过程中，这些元件中的任何一个都是不可缺少的工作机械，则需要采用“缺一”故障保护控制。例如，一个多层交叉连续工作的大型皮带运输系统，共有 7 个电动机驱动，一个皮带机传给下一个皮带机，像接力赛一样地把物料经 7 条皮带送到料仓中，在工作过程中有一条皮带发生了故障后，全系统必须立即停车，否则物料就会堆积在中间发生故障的皮带处，其“缺一”故障保护控制线路如图 5-42 所示。

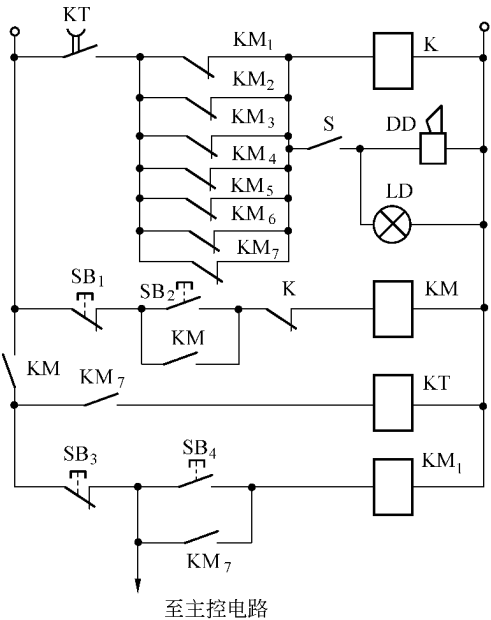


图 5-42 “缺一”故障保护线路

该控制线路采用双层按钮启动，先按下 SB_2 使 KM 得电自锁，接通主控制电路电源。再按下 SB_4 ，使 $KM_1 \sim KM_7$ 依次通电，启动对应的电动机，再由 KM_7 的常开触点与 SB_4 并联作为整

个系统的自锁环节。当系统各个执行部件依次启动并全部投入运行时,系统投入正常运行。若其中有一个不动作,则系统就不可能自锁,当 SB_4 松开后,保证系统各执行部件均断电,启动失败。正常启动后, KM_7 常开触点闭合,使 KT 线圈通电。它的延时打开常开触点闭合,为故障保护工作做好准备。此时,因为 $KM_1 \sim KM_7$ 常闭触点均已打开,所以故障信号不会产生。在运行中若任一接触器断电,使其常闭触点闭合,则 K 通电,常闭触点打开,使 KM 线圈断电,主控电路的电源被切断,系统就停止工作。同时, KM 线圈也断电,释放延时一定时间后,其常开延时释放触点打开,使报警信号断电。

为避免正常停车时声光报警装置照样要动作一定时间(这当然不符合要求),为此设置开关 S ,可手控停止其工作。

复习思考题 5

5-1 鼠笼型异步电动机在什么条件下可以直接启动?试设计带有短路、过载、失压保护的鼠笼型电动机直接启动的主电路与控制电路。

5-2 某异步电动机单向运转,要求采用电抗器降压启动,试设计主电路及控制电路。

5-3 分析图 5-43 所示线路中,哪种线路能实现电动机正常连续运行和停止,哪种不能?为什么?

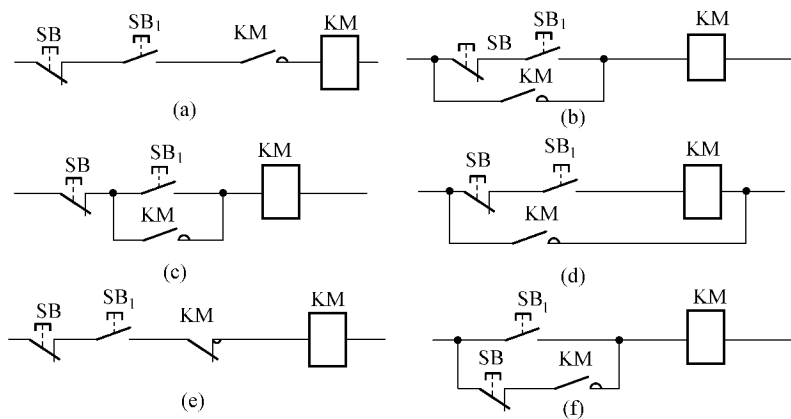


图 5-43 复习思考题 5-3 图

5-4 某笼型异步电动机单向运转,要求启动时电流不能大,制动时要快速停车,试设计主电路与控制电路。

5-5 某笼型电动机正、反向运转,要求降压启动,快速停车,试设计主电路与控制电路。

5-6 某机床主轴由一台笼型电动机拖动。润滑油泵由另一台笼型电动机拖动,均采用直接启动,工艺要求:

- ① 主轴必须在油泵开动后,才能启动;
- ② 主轴正常为正向运转,但为调试方便,要求能正、反向点动;
- ③ 主轴停止后,才允许油泵停止;
- ④ 有短路、过载及失压保护。

试设计主电路及控制电路。

5-7 某水泵由笼型电动机拖动,采用降压启动,要求在三处都能控制启、停,试设计主电路与控制电路。

5-8 某升降台由一台笼型电动机拖动,直接启动,制动有电磁抱闸,要求:按下启动按钮后先松闸,经 3s 后电机正向启动,工作台升起,再经 5s 后,电机自动反向,工作台下降,再经 5s 后,电机停止,电磁闸抱紧,试设计主电路与控制电路。

5-9 M_1 、 M_2 均为笼型电动机,可直接启动,按下列要求设计主电路及控制电路。

- ① M_1 先启动,经一定时间后 M_2 自行启动;
- ② M_2 启动后, M_1 立即停车;
- ③ M_2 能单独停车;
- ④ M_1 、 M_2 均能点动。

5-10 如 5-44 所示, A、B 两个移行机构,分别由笼型电动机 M_1 和 M_2 拖动,均采用直接启动,要求按顺序完成下列动作:

- ① 按下启动按钮后, A 部件从位置 1 移动到位置 2 停止;
- ② B 部件自动从位置 4 移动到位置 3 停止;
- ③ A 部件从位置 2 回到位置 1 停止;
- ④ B 部件从位置 3 回到位置 4 停止;
- ⑤ 上述动作往复运行,要停止时,按下总停按钮。

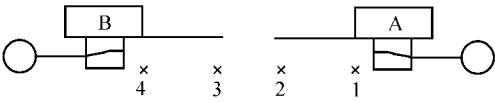


图 5-44 复习思考题 5-10 图

试设计主电路与控制电路。

5-11 某直流并励电动机单向运转,启动时以时间为变化参量控制二级启动,制动时以电势为变化参量控制一级能耗制动,试设计主电路与控制电路。

5-12 某电动机只有在继电器 KA_1 、 KA_2 、 KA_3 中任何一个或任何两个动作时才能运转,而在其他条件下都不运转,试用逻辑设计法设计控制线路。

5-13 化简图 5-45 所示控制电路。

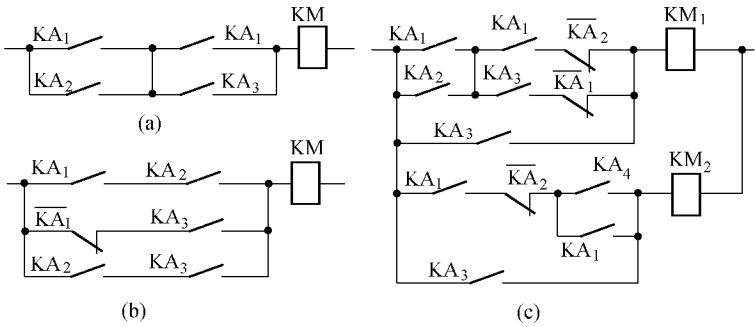


图 5-45 复习思考题 5-13 图

5-14 试拟制一控制线路,按下启动按钮后 KM_1 线圈吸引,经 10s 后 KM_2 线圈吸引,经 5s 后 KM_2 线圈释放,同时 KM_3 吸引,再经 15s 后, KM_1 、 KM_2 、 KM_3 线圈均释放。

5-15 现有三台电动机 M_1 、 M_2 、 M_3 ,要求启动顺序为:先启动 M_3 ,经 10s 后启动 M_2 ,再经 20s 后启动 M_1 ,而停车时要求:首先停 M_1 ,经 20s 后停 M_2 ,再经 10s 后停 M_3 。试设计该三台电动机的启、停控制线路。

电气控制系统是机械设备的的重要组成部分,是保证机械设备各种运动的准确与协调,使生产工艺各项要求得以满足,工作安全可靠及操作自动化的主要技术手段。了解电气控制系统对于机械设备的正确安装、调整、维护与使用都是必不可少的。

本章以几种典型机床和起吊设备的电气控制系统以及电气控制在安全生产中的应用为例进行介绍,使读者学会分析电气控制系统的方法,提高读图能力,为按照生产设备工艺要求设计电气控制系统打下一定基础。

在分析典型生产机械的电气控制系统时,首先应对其机械结构及各部分的运动特征有清楚的了解。其次,由于现代生产机械多采用机械、液压和电气相结合的控制技术,并以电气控制技术作为联接中枢,故应树立机、电、液相结合的整体概念,注意它们之间的协调关系。

6.1 磨床的电气控制系统

磨床是以砂轮周边或端面对工件进行磨削加工的精密机床,它不但能加工一般金属材料,而且能加工一般金属刀具难以加工的硬材料(如淬火钢、硬质合金等)。利用磨削加工可以获得较高加工精度和光洁度,而且其加工裕量较其他加工方法小得多,所以磨床广泛地应用于零件的精加工。由于精密铸造与精密锻造工艺的进步,使得零件不经其他切削加工而直接磨削成成品。随着高速磨削和强力磨削工艺的发展,进一步提高了磨削的效率。因此磨床的使用范围日益扩大,在金属切削机床中所占的比重不断上升,在工业发达国家占金属切削机床的 13% ~ 27%。

为了适应磨削各种加工表面、工件形状及生产批量的要求,磨床的种类很多,如平面磨床、外圆磨床、内圆磨床、无心磨床以及一些专用磨床。这里以 M7120 平面磨床为例,介绍使用较广的平面磨床电气控制系统。

6.1.1 主要结构及运动形式

M7120 平面磨床是卧轴矩形工作台,主要由床身、工作台、电磁吸盘、砂轮箱(又称磨头)、滑座、立柱等部分组成,图 6-1 是其构造示意图。

卧轴矩台平面磨床采用砂轮周边磨削,磨削时砂轮和工件接触面积小,发热量少,冷却和排屑条件较好,可获得较高的加工精度和较小的表面粗糙度值,且工艺范围广泛,除用砂轮周边磨削水平面外,还可用于砂轮端面磨削垂直侧面,适用于多品种的机械加工车间、修理车间和工具车间等。

平面磨床的主要运动是砂轮的旋转运动,磨

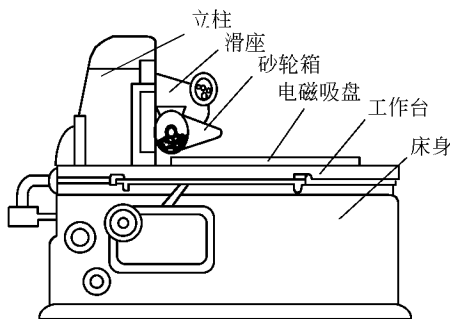


图 6-1 卧轴矩形工作台平面磨床构造示意图

削时砂轮外圆线速度大致在 $30 \sim 50 \text{ m/s}$ 范围。工作台在床身的水平导轨上作往复(纵向)直线运动,为了运动时换向平稳及容易调整运动速度,采用液压传动。换向是靠工作台上的撞块碰撞床身上的液压换向开关实现的。立柱可在床身的横向导轨上作横向进给运动,这一运动可以由液压传动,也可用手轮操作。砂轮箱可在立柱导轨上作垂直运动,以实现砂轮的垂直进给运动。

6.1.2 对电力拖动及控制的要求

根据磨床的运动特点及工艺要求,对电力拖动及控制有如下要求:

- ①由于砂轮的旋转运动一般不要求调速,由一台三相交流异步电动机拖动即可;且砂轮电动机、液压泵电动机和冷却泵电动机都只要求单方向旋转。
- ②砂轮升降电动机要求能正、反转。
- ③冷却泵电动机应在砂轮电动机启动后才运转。
- ④保护环节应包括短路保护、电动机过载保护、零压保护、电磁吸盘欠压保护。
- ⑤电磁吸盘应有去磁控制。
- ⑥应有必要的指示信号及照明灯。

6.1.3 电气控制系统分析

图 6-2 是 M7120 平面磨床的电气控制系统原理图,表 6-1 是其电气元件表。

(1) 主电路

主电路有 4 台电动机,其中 M_1 是液压泵电动机, M_2 是砂轮电动机, M_3 是冷却电动机, M_4 是砂轮升降电动机。

电源由总开关 QS 引入,熔断器 FU_1 为整个电气线路的短路保护。热继电器 FR_1 、 FR_2 、 FR_3 分别为 M_1 、 M_2 、 M_3 的过载保护。由于冷却泵电动机和床身是分开的,故冷却泵电动机 M_3 用插头插座 XS_2 和电源接通。砂轮升降电动机由接触器 KM_3 的动合触点控制使其正转(砂轮上升),由 KM_4 的动合触点控制其反转(砂轮下降)。

(2) 控制电路

控制电路采用交流 380 V 供电,在欠电压继电器 KA 通电后,其动合触点闭合,使液压泵电动机及砂轮电动机的控制回路具备通电前提条件。

液压泵电动机 M_1 由接触器 KM_1 控制,其逻辑表达式为:

$$KM_1 = KA \cdot \overline{FR_1} \cdot \overline{SB_1} \cdot (SB_2 + KM_1) \quad (6-1)$$

按下启动按钮 SB_2 , KM_1 接触器线圈通电,其 3 个动合主触点闭合,使 M_1 启动,同时 KM_1 的一个动合辅助触点闭合,实现自锁。 SB_1 是停止按钮。

砂轮电动机由接触器 KM_2 控制,其逻辑表达式为:

$$KM_2 = KA \cdot \overline{FR_2} \cdot \overline{FR_3} \cdot \overline{SB_3} \cdot (SB_4 + KM_2) \quad (6-2)$$

SB_4 为砂轮电动机启动按钮,按下 SB_4 ,接触器 KM_2 线圈通电,其 3 个动合触点使 M_2 启动,若冷却泵电动机插头插座已经连接,则 M_3 同时启动。 SB_3 是其停止按钮。热继电器 FR_2 和 FR_3 的动断触点均串接于 KM_2 的线圈控制回路,不论电动机 M_2 和 M_3 中任一个过载,都会使 KM_2 线圈断电, M_2 和 M_3 同时停转。

总开关及保护	液压泵电机	砂轮电机	冷却泵电机	砂轮上升	砂轮下降	液压泵控制	砂轮控制	砂轮上升下降	电磁吸盘充磁 去磁	电磁吸盘	变压器	通电	液压泵	砂轮	砂轮升降	电磁吸盘工作	照明
--------	-------	------	-------	------	------	-------	------	--------	-----------	------	-----	----	-----	----	------	--------	----

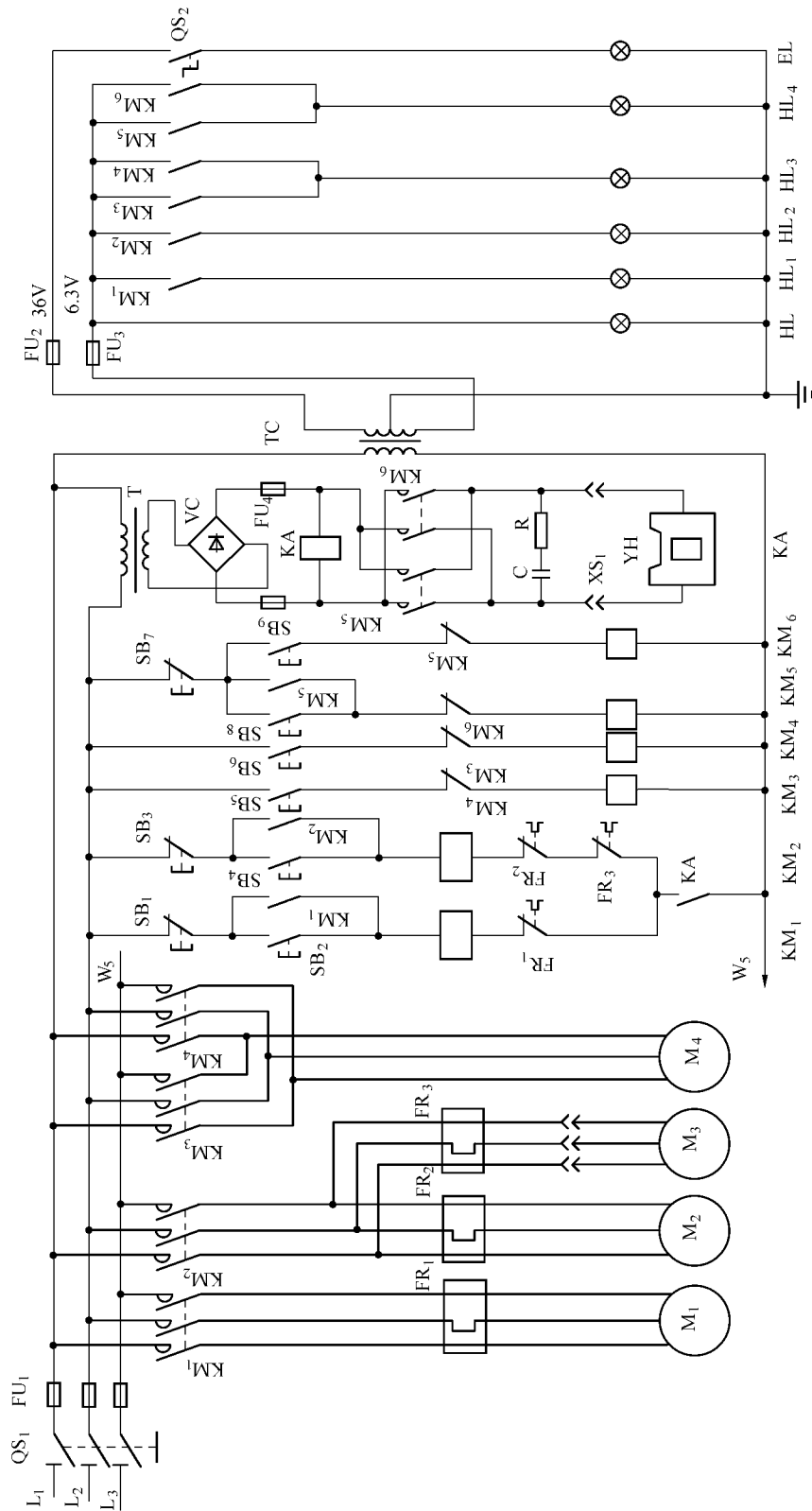


图6-2 M7120型平面磨床控制电路原理图

表 6-1 M7120 平面磨床电气元件表

符 号	名 称 及 用 途	符 号	名 称 及 用 途
M ₁	液压泵电动机 1.1 kW 1410r/min	T	整流变压器
M ₂	砂轮电动机 3kW 2860r/min	TC	照明变压器
M ₃	冷却泵电动机 0.12kW	SB ₁	液压泵停止按钮
M ₄	砂轮升降电动机 0.75kW	SB ₂	液压泵启动按钮
QS ₁	电源开关	SB ₃	砂轮停止按钮
QS ₂	照明灯开关	SB ₄	砂轮启动按钮
KM ₁	接触器 液压泵电动机用	SB ₅ ~ SB ₆	砂轮升降按钮
KM ₂	接触器 砂轮电动机用	SB ₇ ~ SB ₉	电磁吸盘控制按钮
KM ₃ 、KM ₄	接触器 砂轮升降电动机用	XS ₁	电磁吸盘用插头插座
KM ₅ 、KM ₆	接触器 电磁吸盘用	XS ₂	冷却泵电动机插头插座
FR ₁ ~ FR ₃	热继电器	R、C	保护用电阻、电容
FU ₁ ~ FU ₄	熔断器	HL	电源指示灯
VC	硅整流器	HL ₁ ~ HL ₄	电动机工作指示灯
YH	电磁吸盘	EL	照明灯
KA	欠压继电器		

砂轮升降电动机 M₄ 由接触器 KM₃ 控制其正转(上升),KM₄ 控制其反转(下降),其逻辑表达式为：

$$\left. \begin{aligned} KM_3 &= \overline{KM_4} \cdot SB_5 \\ KM_4 &= \overline{KM_3} \cdot SB_6 \end{aligned} \right\} \quad (6-3)$$

由于砂轮上升(或下降)控制电路内没有自锁触点 ,当砂轮上升(或下降)到预定位置 ,松开按钮 SB₅(下降时松开 SB₆)即停止。

在 KM₃ 控制电路中串接有 KM₄ 的辅助动断触点 ,在 KM₄ 控制电路中串接有 KM₃ 的辅助动断触点 ,以实现互锁 ,保证 KM₃ 和 KM₄ 不能同时通电 ,避免造成电源短路。

(3)电磁吸盘电路及其控制

电磁吸盘是固定加工工件的一种工具 ,它利用电磁吸盘线圈通电时产生磁场的特性吸牢铁磁材料的工件。它与机械夹紧装置相比 ,具有夹紧迅速 ,工作效率高 ,在磨削中工件发热能自由伸缩等优点。

电磁吸盘线圈采用直流供电 ,以避免交流供电时工件振动及铁心发热的缺点。整流装置由整流变压器 T 和桥式整流器 VC 组成 ,输出 110 V 直流电压 ,熔断器 FU₄ 为其短路保护。

电磁吸盘的充磁由接触器 KM₅ 控制 ,其逻辑表达式为：

$$KM_5 = \overline{KM_6} \cdot (SB_8 + KM_5) \cdot SB_7 \quad (6-4)$$

SB₈ 为充磁按钮 ,SB₇ 为充磁停止按钮 ,KM₅ 线圈通电后 ,其辅助动合触点闭合 ,实现自锁。

当工件加工完毕后,先按下 SB_7 停止充磁,由于吸盘和工件在停止充磁后仍有剩磁,故还需对吸盘及工件进行退磁。退磁操作由 KM_6 控制,对吸盘线圈通以反方向电流,逻辑表达式为:

$$KM_6 = \overline{KM_5} \cdot SB_9 \cdot \overline{SB_7} \quad (6-5)$$

为防止反向磁化,退磁控制采用点动。

电磁吸盘线圈两端并接有电阻 R 和电容 C ,形成过电压吸收回路,用以消除线圈两端产生的感应电压的影响。

当电源电压过低时,吸盘吸力不足,会导致加工过程中工件飞离吸盘的事故,所以与吸盘线圈并接有欠电压继电器 KA ,电源电压过低时,串接在 KM_1 、 KM_2 线圈控制电路中的动合触点断开,切断 KM_1 、 KM_2 线圈电路,使砂轮电机 M_2 和液压泵电动机 M_1 停止工作,确保安全生产。

6.1.4 电磁吸盘充、退磁电路的改进

图 6-2 中电磁吸盘充、退磁电路采用手动操作退磁,不但操作不便,退磁效果也不够理想,有些零件在加工完毕后还需在退磁器上退磁,方可完全消除剩磁,增加了工序,降低了生产效率。下面介绍一个可以克服上述缺点的电磁吸盘自动充、退磁电路。

(1) 自动退磁原理

电磁吸盘由初始零状态($I=0, B=0$)开始充磁,随着激磁电流的增大,吸盘磁感应强度沿起始磁化曲线不断增大,激磁电流增至 I_m 时,磁感应强度增至 B_m 。退磁时,激磁电流减小至 0,磁感应强度并不会减为 0,而是有剩余磁感应强度 B_r ,需通以反向激磁电流 I_c ,磁感应强度才减小至 0。如反向激磁电流继续增大,吸盘则被反向磁化,激磁电流达到 $-I_m$,磁感应强度达到 $-B_m$ 。如激磁电流在 $-I_m \sim I_m$ 之间反复变化,则形成一个磁滞回线。如果激磁电流正负反复变化时,其最大值不断衰减,则磁滞回线的面积逐渐缩小,如图 6-3 所示。当激磁电流最大值衰减到 0,磁滞回线面积也缩小到 0,剩磁感应强度也减小至 0,就达到了消磁的目的。

(2) 电路分析

图 6-4 所示为晶闸管无触点自动充、退磁电路,由主电路、触发电路、控制电路、多谐振荡器等部分组成。

①主电路。它是由反并联晶闸管组成的两相零式整流电路。在充电时,晶闸管 V_1 导通,可以通过调节电位器 RP_3 改变给定电压,从而改变 V_1 的导通角,使电磁吸盘获得 0~110V 连续可调的直流电压。在退磁时, V_1 、 V_2 交替导通,并不断改变 V_1 、 V_2 的导通角,使电磁吸盘获得正负交替变化的衰减电流,从而达到自动消磁的目的。

②触发电路。晶体三极管 V_{32} 及 V_{33} 构成两个锯齿波发生器,作为 V_1 、 V_2 的触发电路。

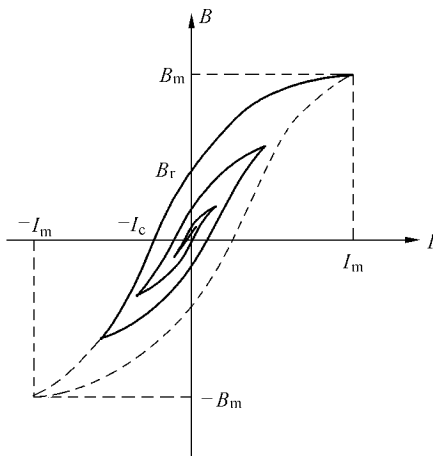


图 6-3 退磁过程中的磁化曲线

充电时, V_{32} 发射极开路, 只有 V_{33} 工作, 使晶闸管 V_1 导通, 保证电磁吸盘获得稳定的直流电压。退磁时, V_{32} 及 V_{33} 在控制电路及多谐振荡器共同控制下交替工作, 从而使 V_1 、 V_2 轮流导通。

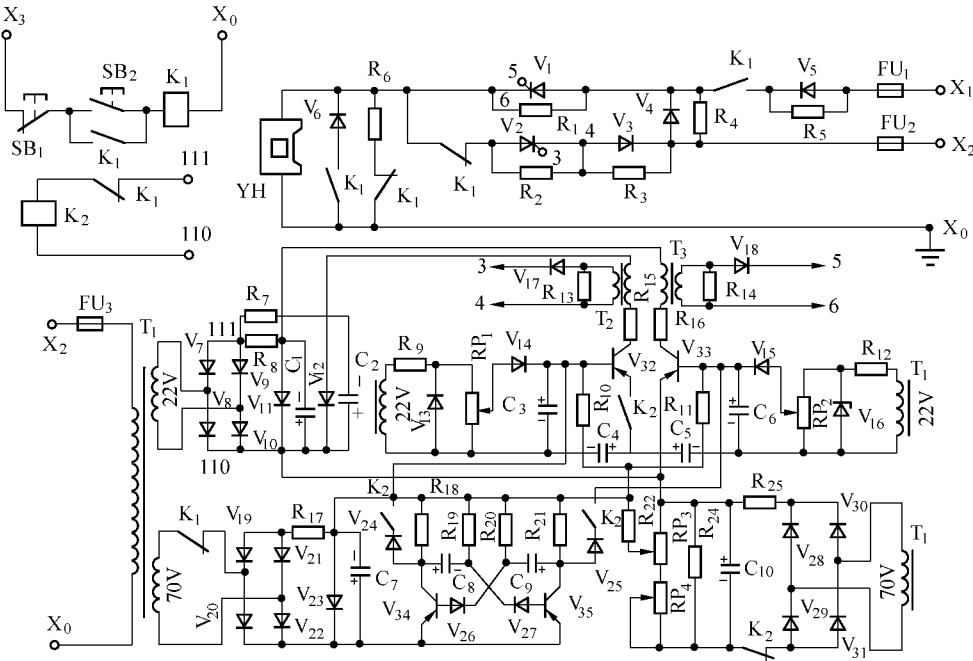


图 6-4 晶闸管充、退磁电路原理图

③控制电路。 $V_{28} \sim V_{31}$ 4 个整流二极管将 70 V 交流电压整流后, 经 R_{25} 及 C_{10} 滤波, 再由电位器 RP_3 分压取出给定电压, 叠加在 V_{32} 、 V_{33} 两个三极管的基极, 改变给定电压即可改变三极管由截止转为导通的时间, 从而改变晶闸管的导通角。充电时, 调整电位器 RP_3 即可改变给定电压, 从而改变电磁吸盘上的直流电压。退磁时, 继电器 K_2 通电, 其常闭触点断开, 电容器 C_{10} 通过 R_{24} 放电, 由 RP_3 取出的给定电压不断减小, 使 V_{32} 、 V_{33} 的导通时间后移, V_1 、 V_2 的导通角逐渐减小, 从而使激磁电流逐渐衰减到 0, 达到自动消磁目的。

④多谐振荡器。由晶体三极管 V_{34} 、 V_{35} 组成的多谐振荡器在退磁时开始工作, 从两个三极管集电极引出的相位相反的方波, 叠加在 V_{32} 和 V_{33} 的基极, 使两个锯齿波发生器交替工作, 从而控制两个晶闸管 V_1 和 V_2 轮流导通, 这样电磁吸盘就得到交替变化且自动衰减的激磁电流, 电流变化的频率与多谐振荡器的振荡频率相等。

6.2 桥式起重机的电气控制

6.2.1 桥式起重机的主要工作情况

桥式起重机广泛应用于工矿企业、车站、港口、仓库、建筑工地等部门, 一般具有提升重物的起升机构和平移机构, 起升机构可将重物提升或放下。

桥式起重机由桥架(大车)、小车和提升机构组成。桥架沿着轨道作纵向移动,小车沿着轨道横向移动,提升机构安装在小车上,分有主起升机构和副起升机构。

起重机的拖动电动机是专为起重机设计的交、直流电动机,具有较高的机械强度和较大的过载能力。为了减小启动和制动时的能量损失,电枢做成细长状,以减小转动惯量,降低能量的损失,同时也加快过渡过程。电枢温升高于励磁绕组,因此提高了电枢绕组的热能品质指标。

中小型起重机主要使用交流电动机,我国生产的交流起重专用机有 JZR(绕线转子型)和 JZ(笼型)两种型号。大型起重机则主要使用直流电动机,直流起重专用机有 ZZK 和 ZZ 两种型号,都有并励、串励和复励三种励磁方式。

为了提高起重机的生产率及可靠性,对起重机的电力拖动及自动控制提出下列要求:

- ①空钩能快速升降,以提高生产率,轻载的起升速度大于额定负载时的起升速度。
- ②具有一定的调速范围。普通起重机的调速范围为 3:1,要求高的为 5:1 ~ 10:1。
- ③起升或下放重物至预定位置附近时,都需低速,所以在 30% 额定速度内应分成几挡,以便灵活操作。高速向低速过渡应能连续减速,保持平稳运行。
- ④起升的第一级是为了消除传动间隙,使钢丝绳张紧,以避免过大的机械冲击,所以启动转矩不能大,一般在额定转矩的 50% 以下。
- ⑤任何负载下降,起升电动机可以是电动或制动状态,二者的转换是自动进行的。
- ⑥采用电气制动以减轻机械抱闸的负担,机械抱闸用以防止因电源故障停电使重物自由下落造成事故。

6.2.2 30/5t 桥式吊钩起重机电气控制

30/5t 桥式起重机为交流拖动,主钩的起升电动机由于功率较大,因此采用磁力控制屏和主令控制器操纵,其他电动机均用凸轮控制器操纵。

桥架的移动是由两台特性一致的交流绕线转子电动机拖动,分别安装在桥架的两端。30/5t 桥式起重机的电气原理图如图 6-5 所示。

(1) 起重机共有 5 台电动机拖动

M_1 为主起升电动机; M_2 为副起升电动机; M_3 为小车电动机; M_4 、 M_5 为桥架电动机,是特性一致的交流绕线转子电动机,分别安装在桥架的两端。整个电路可分为三部分:标准控制柜的保护电路;由 PQR10 磁力控制屏构成的主起升电动机 M_1 的控制系统;由凸轮控制器控制的副起升电动机 M_2 、小车电动机 M_3 和桥架电动机 M_4 、 M_5 的电路。

(2) 控制柜的保护电路

通过接触器 KM 使电动机与车间电源接通,所以控制接触器 KM 就能对电动机进行保护。

电动机启动前,主令控制器 SA_1 和各凸轮控制器 SA_2 、 SA_3 、 SA_4 都在“零位”位置时,才允许接通交流电源。各控制器的触头情况如表 6-2 ~ 表 6-5 所示。

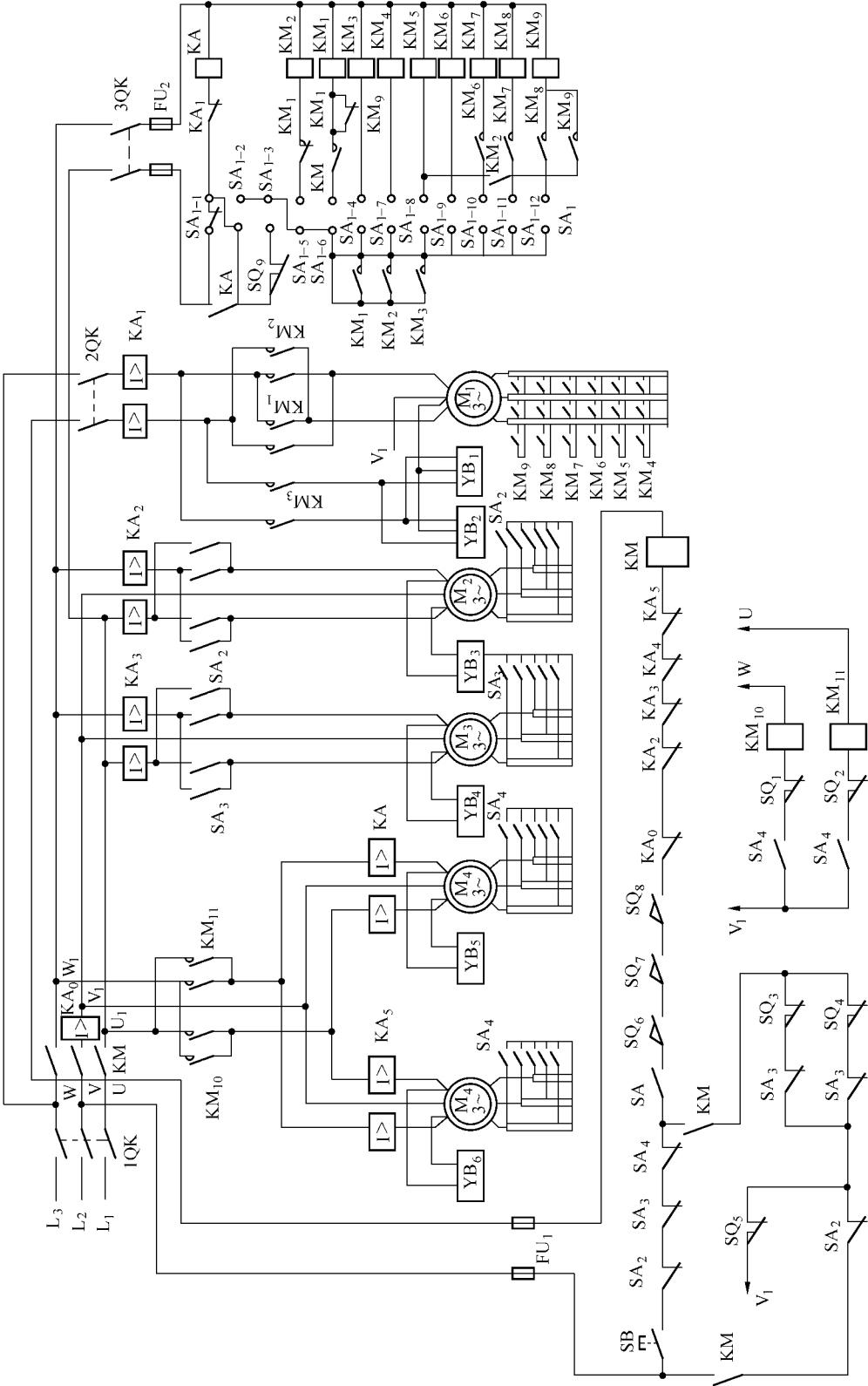


图6-5 30/5 t桥式起重机电气原理图

表 6-2 主起升主令控制器触点闭合表

[illegible]表 6-3 辅助起升凸轮控制器 SA₂ 触点闭合表[illegible]

表 6-4 小车凸轮控制器 SA₃ 触点闭合表

触 点	向 后					零位	向 前				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3		5
K ₀						×					
K ₁						×	×	×	×	×	×
K ₂	×	×	×	×	×	×					
K ₃							×	×	×	×	×
K ₄	×	×	×	×	×						
K ₅							×	×	×	×	×
K ₆	×	×	×	×	×						
K ₇	×	×	×	×				×	×	×	×
K ₈	×	×	×						×	×	×
K ₉	×	×								×	×
K ₁₀	×										×
K ₁₁	×										×

表 6-5 大车凸轮控制器 SA₄ 触点闭合表

触 点	向 左					零位	向 右				
	5	4	3	2	1	0	1	2	3		5
K ₀						×					
K ₁							×	×	×	×	×
K ₂	×	×	×	×	×						
K ₃							×	×	×	×	×
K ₄	×	×	×	×	×						
K ₅							×	×	×	×	×
K ₆	×	×	×	×	×						
K ₇	×	×	×	×				×	×	×	×
K ₈	×	×	×						×	×	×
K ₉	×	×								×	×
K ₁₀	×										×
K ₁₁	×										×
K ₁₂	×	×	×	×				×	×	×	×
K ₁₃	×	×	×						×	×	×
K ₁₄	×	×								×	×
K ₁₅	×										×
K ₁₆	×										×

由凸轮控制器 SA₂、SA₃、SA₄ 控制的 4 台电动机 :副起升电动机 M₂、小车电动机 M₃、桥架电动机 M₄、M₅ 都设置过电流保护 ,分别采用过电流继电器 KA₂、KA₃、KA₄、KA₅ 实现。

电源电路则采用过电流继电器 KA_0 实现过电流保护。限位开关 SQ_6 、 SQ_7 、 SQ_8 分别是操作室门上安全开关及起重机端梁栏杆门上的安全开关,任何一个门没关好,电动机都不能启动。紧急开关 SA 用来在紧急情况下切断电源。小车限位开关 SQ_3 、 SQ_4 及副起升位置开关 SQ_5 串联于接触器 KM 的自锁电路中。当小车行车极限位置和副起升机构上升至规定的高度时,相应的限位开关常闭触点被压动而断开,使接触器 KM 断电,保证起重机安全工作。要使机构退出极限位置,必须将手柄都退至“零位”,这时自锁电路中常闭触点 SA_2 、 SA_3 都闭合,可以启动接触器 KM 操纵凸轮控制器,使机构反方向运动,退出极限位置。桥架的限位开关 SQ_1 、 SQ_2 分别串联在桥架拖动电动机正、反向接触器 KM_{10} 、 KM_{11} 电路中,在左行极限位置压动限位开关 SQ_1 ,切断左行接触器 KM_{10} ,左行停止,但允许右行接触器 KM_{11} 通电,控制大车向右退回,同样,在极限位置 SQ_2 动作,限制右行,可以左行退回。

副起升机构电气控制,采用凸轮控制器 SA_2 操纵,正向与反向控制是对称的。当凸轮控制器 SA_2 从零位扳至上升(或下降)某一位置时,接通电源,电动机正转(或反转)拖动副起升机构上升(或下降)。根据不同挡位位置,副起升电动机 M_2 转子串接不同电阻的段数。与电动机通电的同时,电磁制动器 YB_2 工作,松开副起升机构的抱闸,允许副起升机构运动。

(3)主起升机构电气控制(原理图见图 6-6)

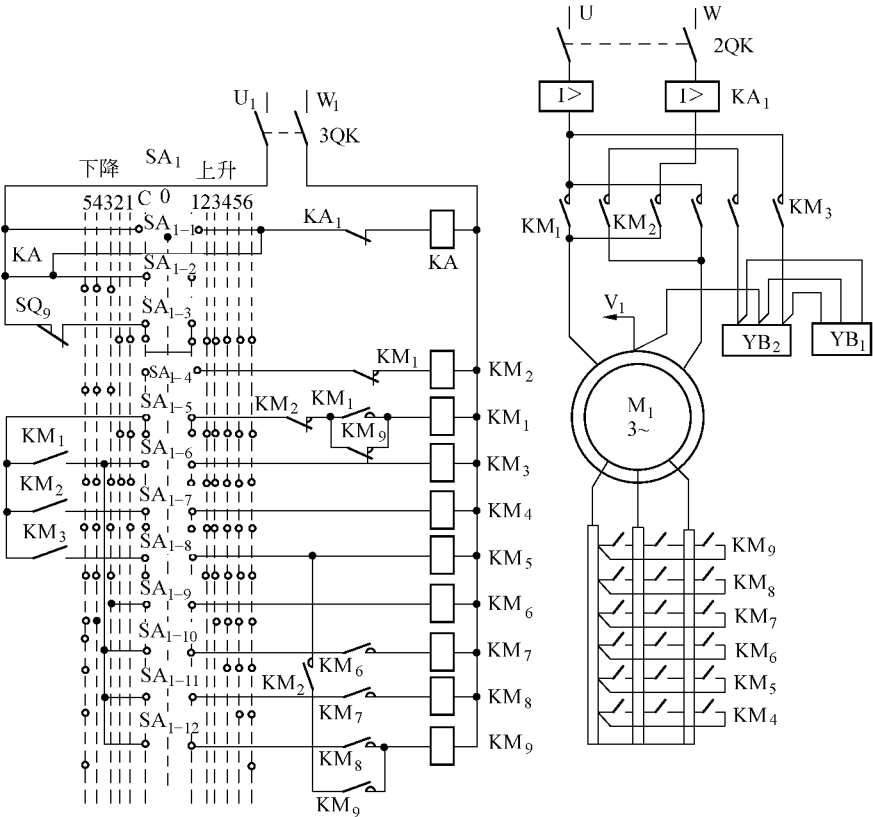


图 6-6 主起升机构电气原理图

把刀开关 2QK、3QK 合上,主令控制器 SA_1 手柄处于零位,零电压继电器 KA 通电,接通控制电路电源。

当主令控制器 SA_1 扳到“上升 1”时, $SA_{1-3} \rightarrow SA_{1-4} \rightarrow SA_{1-6} \rightarrow SA_{1-7}$ 触点闭合 $\rightarrow$ 接触器 KM_1 、 KM_3 、 KM_4 通电 $\rightarrow$ 松开制动闸 $\rightarrow$ 电动机 M_1 正向启动,切除转子串接的第一段电阻。

若扳到第二挡、第三挡,则接触器 KM_5 、 KM_6 ……逐个通电,电动机 M_1 转子的外接电阻逐段被切除,最后一段为软化特性而固定接入的电阻,电动机正常运行。触点 SA_{1-3} 接通,使上升限位开关 SQ_9 串接于控制电路的电源中,若 SQ_9 常闭触点断开,则切断了所有接触器电源,起到上升极限保护的作用。 SA_1 控制器手柄移至强力下降的第 3~5 挡,可以重新启动电动机,使上升机构退出上升的极限位置。主起升电动机的机械特性如图 6-7 所示。图中第一象限的 6 条曲线,电动机处于电动工作状态。

下降共有 6 挡,图 6-6 中 C 挡除 SA_{1-3} 触点接通电源外, SA_{1-6} 触点闭合使接触器 KM_1 通电, SA_{1-7} 触点闭合使接触器 KM_4 通电, SA_{1-8} 触点闭合使接触器 KM_5 通电,切除两段电阻,其特性为第四象限的曲线 7,接触器 KM_3 不通电,实现机械抱闸。这一挡的作用是当手柄由下降方向向零位扳动时,重物应由下降到停止,这时电动机反接制动,减轻机械抱闸负担,避免溜钩,以实现准确停车。

控制手柄扳至“下降 1”挡、“下降 2”挡时, SA_{1-3} 触点仍接通电源, SA_{1-6} 触点使 KM_1 通电,使电动机与电源接法和起升时相同,重物在位势转矩作用下,强迫电动机反转,它的运行特性在第四象限的曲线 8 和 9,是制动状态。

在轻载或空钩下放情况下,位势转矩不能使电动机运行在第四象限,电动机克服负载转矩将运行在第一象限,使提升机构上升,因而轻载或空钩应强力下放,不应在下降的“C 挡、1 挡和 2 挡”。为防止误操作使空钩上升超过上升极限位置,只要电动机旋转磁场正转,控制电源都由触点 SA_{1-3} 接通。

下降的“3~5”挡, SA_{1-2} 触点闭合, SA_{1-3} 触点也闭合,使接触器 KM_2 通电,电动机反转,将吊钩强力下放,机械特性处于第三象限。 SA_{1-7} 触点和 SA_{1-8} 触点闭合,接触器 KM_4 、 KM_5 通电,切除两段电阻。下降第三挡与上升第二挡特性相似,为曲线 10。下降第四挡, SA_{1-9} 触点闭合,使接触器 KM_6 通电,切除第三段电阻,特性与上升第三挡相似,为曲线 11。下降第五挡, SA_{1-10} 、 SA_{1-11} 、 SA_{1-12} 触点闭合,使接触器 KM_7 、 KM_8 、 KM_9 通电,切除最后三段电阻,特性与上升第六挡相似,为曲线 12。显然对于曲线 10、11、12,除可以工作在电动状态强力下放重物外,在位势负载转矩作用下,曲线也可以延伸至第四象限,成为发电制动状态,高速下放重物。

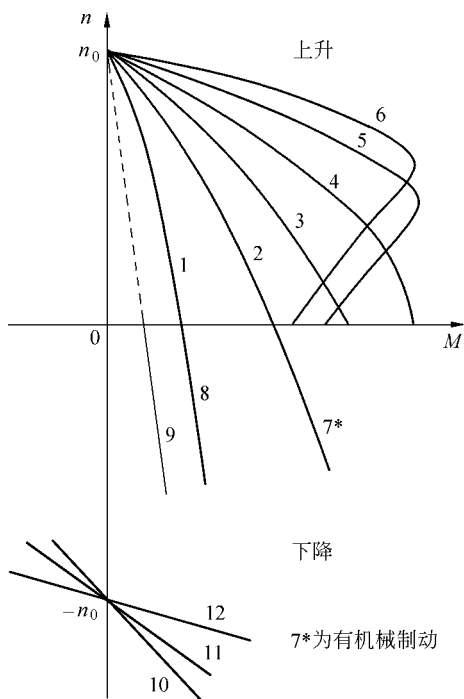


图 6-7 主升电动的机械特性

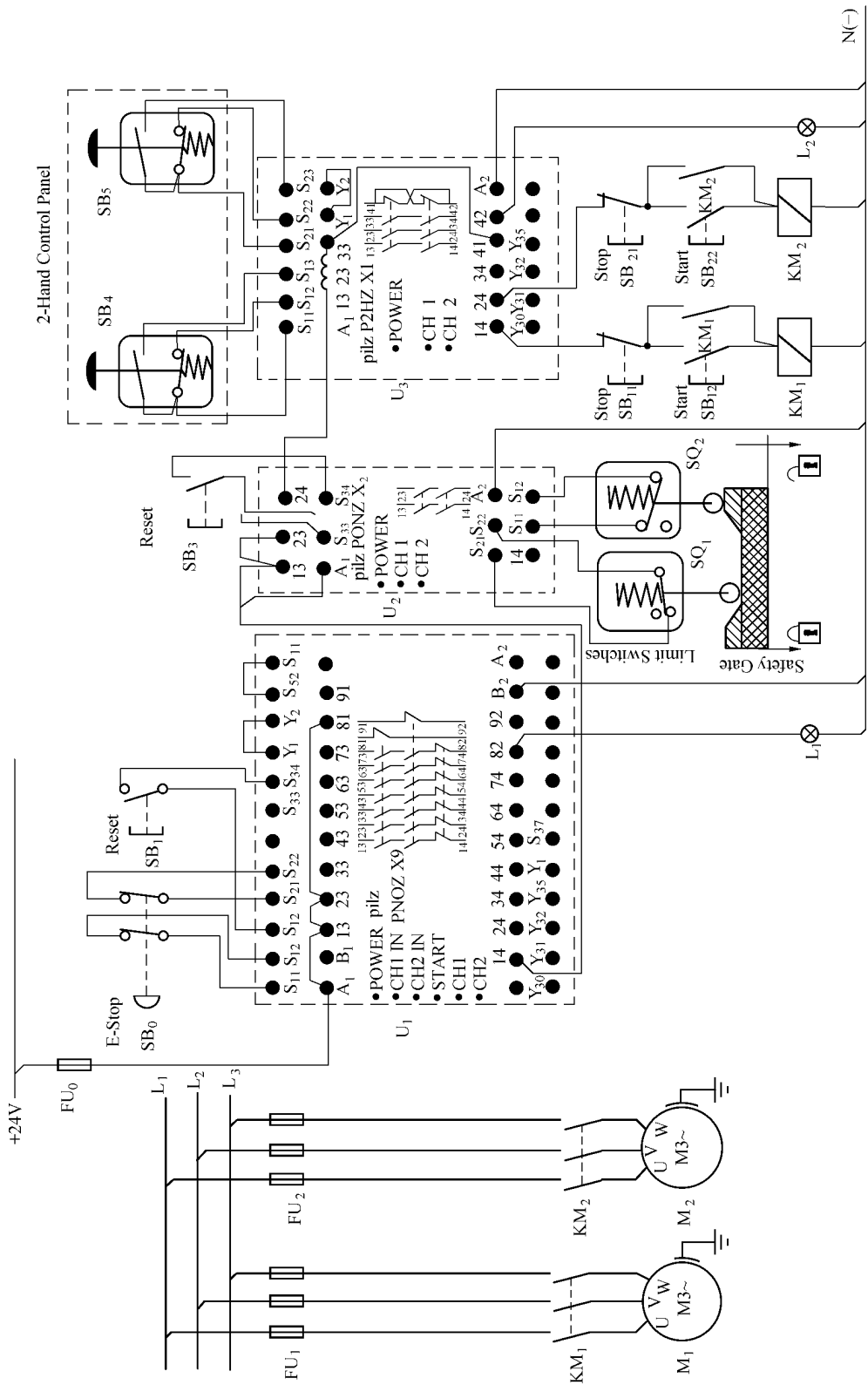


图6-8 电气控制在安全生产中的应用

6.3 电气控制在制造业自动化安全生产中的应用

第4章已对安全继电器工作原理、结构和 EN 954 - 1 所规定的安全等级作了初步的介绍,下面针对 Pilz 的安全继电器来讨论其具体应用。

在高速磨床、高速 SMT 机床、数控加工中心等制造工业自动化中,安全门监控、急停控制和双手控制都是十分重要的安全措施,稍有不慎,就可能造成巨大的经济损失和人身伤亡。为了避免事故的发生,这些设备必须满足最高的安全等级——安全等级 4。

如图 6-8(见第 147 页)所示,是高速磨床的 X 轴和 Y 轴的两个电机的安全控制,该电路利用 Pilz 急停继电器 PNOZ X9 实现急停控制,安全门监控继电器 PNOZ X2 实现对安全门的监控,双手控制继电器 P2HZ 实现双手控制,前一级的输出是后一级的输入。从图中我们可以看出,只需简单地将各外部操作单元接入,即可实现安全等级 4。

复习思考题 6

6-1 试设计一用钻孔-倒角组合刀具加工零件的孔和倒角机床的电气自动控制线路,其程序如下:快进—工进—停留光刀(秒钟)—快退—停。该机床共有 3 台电动机: M_1 :主电机 4 kW; M_2 :工进电机 1.5 kW; M_3 :快速电机 0.8 kW。要求:

①工作台工进至终点或返回到原位后,均由行程开关使其自动停止,设限位保护。为保证工进准确定位,需采取制动措施。

②快速电动机可进行点动调整,但在工作进给时无效。

③设紧急停止按钮。

④应有短路和过载保护。

⑤应附有行程开关位置简图。

其他要求可根据加工工艺由读者自己考虑。

6-2 某可逆轧机后工作辊道采用直流并励电动机拖动,电动机技术数据为 $Zz-12$, $P_{ed} = 16 \text{ kW}$, $U_{ed} = 220 \text{ V}$, $I_{ed} = 84 \text{ A}$, $n_{ed} = 700 \text{ rpm}$, $R_D = 0.16 \Omega$, $G D^2 = 58.8 \text{ N} \cdot \text{m}^2$,励磁电流 = 1.97 A,励磁电压 = 220 V。要求:

①电机采用以时间为变化参量控制启动,以电势为变化参量控制反接制动。

②轧机向前轧制时,辊道正向运转,当一个轧件轧完后立即反转,向轧机反向送料,进行下一道轧制,上述动作反复进行,直到最后一个道次轧完,用点动将成品运走。

③为试车方便,前后都能点动工作。

④计算启、制动电阻和启、制动时间。

⑤选择全部接触器与继电器,整定各继电器的动作值。

6-3 小型桥式吊车上 有 3 台电动机,横梁电机 M_1 带动横梁在车间前后移动,小车电动机 M_2 带动提升机构在横梁上左右移动,提升电机 M_3 升降重物,3 台电机都采用笼型电动机拖动,直接启动,自由停车。要求:

①3 台电动机都能正常工作,也能点动工作。

②在升降过程中,横梁与小车不能移动。

③横梁具有前、后极限保护,提升有上、下极限保护。

试设计主电路与控制电路。

第二篇 可编程控制器

7.1 可编程控制器的产生和发展

以往的顺序控制器主要由继电器组成,由此构成的控制系统都是按预先设定好的时间或条件顺序地工作,若要改变控制的顺序就必须改变控制器的硬件接线,使用起来不灵活,也很麻烦。1968年,美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM公司)为了适应生产工艺不断更新的需要,要求寻找一种比继电器更可靠、功能更齐全、响应速度更快的新型工业控制器,并从用户角度提出了新一代控制器应具备的十大条件,立即引起了开发热潮。这十大条件是:

- ①编程方便,可现场修改程序;
- ②维修方便,采用插件式结构;
- ③可靠性高于继电器控制装置;
- ④体积小于继电器控制盘;
- ⑤数据可直接送入管理计算机;
- ⑥成本可与继电器控制盘竞争;
- ⑦输入可为市电;
- ⑧输出可为市电,容量要求在2A以上,可直接驱动接触器等;
- ⑨扩展时原系统改变最少;
- ⑩用户存储器大于4KB。

1969年,美国数字设备公司(DEC公司)研制出了第一台可编程控制器PDP-14,在美国通用汽车公司的生产线上试用成功,并取得了满意的效果,可编程控制器自此诞生。

可编程控制器自问世以来,发展极为迅速。1971年,日本开始生产可编程控制器。1973年,欧洲开始生产可编程控制器。到现在世界各国的一些著名的电气工厂几乎都在生产可编程控制器装置。可编程控制器已作为一个独立的工业设备被列入生产中,成为当代电控装置的主导。

早期的可编程控制器主要由分立元件和中小规模集成电路组成,它采用了一些计算机技术,但简化了计算机的内部电路,对工业现场环境适应性较好,指令系统简单,一般只具有逻辑运算的功能。随着微电子技术和集成电路的发展,特别是微处理器和微计算机的迅速发展,在20世纪70年代中期,美、日、德等国的一些厂家在可编程控制器中开始更多地引入微机技术,微处理器及其他大规模集成电路芯片成为其核心部件,使可编程控制器的性能价格比产生了新的突破。现在的可编程控制器都采用了微处理器(CPU)、只读存储器(ROM)、随机存储器(RAM)或是单片机作为其核心。近来,可编程控制器的发展更为迅速,更新换代周期大约为3年左右,其结构不断改进,功能日益增强,性能价格比越来越高。展望未来,可编程控制器在规模和功能上将向两大方向发展,一方面大型可编程控制器不断

向高速、大容量和高功能方向发展。如有的扫描速度可高达 0.1 ms/K 字 ($0.1 \mu \text{ 步}$), 可处理几万个开关量 I/O 信号和多个模拟量 I/O 信号, 用户程序存储器容量最大达十几兆字节。另一方面, 发展简易经济的超小型可编程控制器, 以适应单机控制、小型自动化的需要。另外, 不断增强其对过程控制的功能(模拟量控制能力); 研制采用工业标准总线, 使同一工业控制系统中能连接不同的控制设备, 分别执行不同的任务, 增强可编程控制器的联网通信功能, 便于分散控制与集中控制的实现; 大力开发智能 I/O 模块, 增强可编程控制器的功能。

7.2 可编程控制器的定义和特点

7.2.1 可编程控制器的定义

可编程控制器(Programmable Controller)缩写为 PC, 为了和个人计算机相区别, 把可编程控制器缩写为 PLC。

可编程控制器一直在发展中, 因此直到目前为止, 还未能对其下最后的定义。

美国电气制造商协会 NEMA(National Electrical Manufacturers Association)在 1980 年给 PLC 作了如下的定义:

“ PLC 是一个数字式的电子装置, 它使用了可编程序的记忆体以存储指令, 用来执行诸如逻辑、顺序、计时、计数和演算等功能, 并通过数字或模拟的输入和输出, 以控制各种机械或生产过程。一部数字电子计算机若是用来执行 PLC 之功能者, 亦被视同为 PLC, 但不包括鼓式或机械式顺序控制器。”

国际电工委员会(IEC)曾于 1982 年 11 月颁发了可编程控制器标准草案第一稿, 1985 年 1 月又发表了第二稿, 1987 年 2 月颁发了第三稿。草案中对可编程控制器的定义是:

“ 可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作等面向用户的指令, 并通过数字式或模拟式的输入/输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备, 都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调了可编程控制器是“ 数字运算操作的电子系统 ”, 即它也是一种计算机。它是“ 专为在工业环境下应用而设计 ”的工业计算机。这种工业计算机采用“ 面向用户的指令 ”, 因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作, 它还具有“ 数字量或模拟量的输入/输出控制 ”的能力, 并且非常容易与“ 工业控制系统联成一体 ”, 易于“ 扩充 ”。

定义强调了可编程控制器直接应用于工业环境, 它须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。

应该强调的是, 可编程控制器与以往所讲的鼓式、机械式的顺序控制器在“ 可编程 ”方面有质的区别。由于 PLC 引入了微处理器及半导体存储器等新一代电子器件, 并用规定的指令进行编程, 能灵活地修改, 即用软件方式来实现“ 可编程 ”的目的。

7.2.2 可编程控制器的特点

现代工业生产是复杂多样的, 它们对控制的要求也各不相同。可编程控制器由于具有

以下特点而深受工厂工程技术人员和工人欢迎。

①可靠性高,抗干扰能力强。这往往是用户选择控制装置的首要条件。PLC 生产厂家在硬件和软件上采取了一系列抗干扰措施,使它可以直接安装于工业现场而稳定可靠地工作。目前各生产厂家生产的 PLC 其平均无故障时间都大大超过了 IEC 规定的 10 万小时。而且为了适应特殊场合的需要,有的 PLC 生产商还采用了冗余设计和差异设计(如德国 Pilz 公司的 PLC),进一步提高了其可靠性。

②适应性强,应用灵活。由于 PLC 产品均成系列化生产,品种齐全,多数采用模块式的硬件结构,组合和扩展方便,用户可根据自己的需要灵活选用,以满足系统大小不同及功能繁简各异的控制系统要求。

③编程方便,易于使用。PLC 的编程可采用与继电器电路极为相似的梯形图语言,直观易懂,深受现场电气技术人员的欢迎。近年来又发展了面向对象的顺控流程图语言(Sequential Function Chart),也称功能图,使编程更简单方便。

④控制系统设计、安装、调试方便。PLC 中含有大量的相当于中间继电器、时间继电器、计数器等“软元件”。又用程序(软接线)代替硬接线,安装接线工作量少。设计人员只要有 PLC 就可进行控制系统设计并可在实验室进行模拟调试。

⑤维修方便、维修工作量小。PLC 有完善的自诊断、履历情报存储及监视功能。PLC 对于其内部工作状态、通信状态、异常状态和 I/O 点的状态均有显示。工作人员通过它可以查出故障原因,便于迅速处理。

⑥功能完善。除基本的逻辑控制、定时、计数、算术运算等功能外,配合特殊功能模块还可以实现点位控制、PID 运算、过程控制、数字控制等功能,为方便工厂管理又可与上位机通信,通过远程模块还可以控制远方设备。

由于具有上述特点,使得 PLC 的应用范围极为广泛,可以说只要有工厂、有控制要求,就会有 PLC 的应用。

7.3 可编程控制器的分类及应用

7.3.1 可编程控制器的分类

PLC 的类型多,型号各异,各生产厂家的规格也各不相同,如何进行分类存在不少困难,一般按以下原则考虑:

(1)按容量分类

PLC 的容量主要是指 PLC 的输入/输出(I/O)点数。一般而言,处理的 I/O 点数比较多时,控制关系也比较复杂,用户要求的程序存储器容量也比较大,要求 PLC 指令及其他功能也比较多,指令执行的过程也较快等。功能和容量存在一定的关系,但不是绝对的。按照 PLC 的输入/输出点数,可将 PLC 分为小型 PLC(I/O 总点数在 256 点以下,有的还将 64 点及 64 点以下的称为微型 PLC)、中型 PLC(I/O 总点数在 256 ~ 2048 点之间)和大型 PLC(I/O 总点数在 2048 点以上)三种。

值得注意的是,大中小型 PLC 的划分并无严格的界限,各厂家也存在不同的看法,PLC 的输入/输出点数可按需要灵活配置。不同类型 PLC 的指令及功能还在不断增加。故读者

选用时应针对不同厂家的产品具体分析。

(2)按结构形式分类

按结构形式的不同 ,PLC 主要可分为箱体式和模块式两类。

①箱体式结构。箱体式结构又称为整体式结构 ,它的特点是将 PLC 的基本部件 ,如 CPU 板、输入板、输出板、电源板等很紧凑地安装在一个标准机壳内 ,构成一个整体 ,组成 PLC 的一个基本单元(主机)或扩展单元。基本单元上设有扩展端子通过扩展电缆与扩展单元相连 ,以构成 PLC 不同的配置。箱体式结构的 PLC 体积小 ,成本低 ,安装方便 ,微型 PLC 采用这种结构形式的比较多 ,图 7 - 1 所示是西门子公司的 S7 - 200 系列 PLC 的外形结构图。

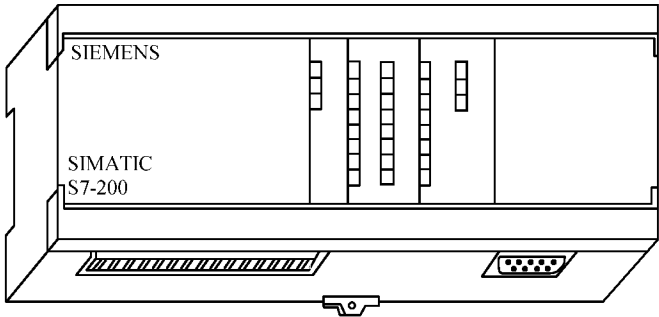


图 7 - 1 SIMATIC S7 - 200 可编程控制器

②模块式结构。这种结构的 PLC 是由一些标准模块单元构成 ,这些标准模块如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等 ,将这些模块插在框架上或基板上即可组装而成。各模块功能是独立的 ,外形尺寸是统一的 ,插入什么模块可根据需要灵活配置。目前 ,中、大型 PLC 和一些小型 PLC 多采用这种结构形式。图 7 - 2 所示是西门子公司 S7 - 300 系列 PLC 的外形结构图。

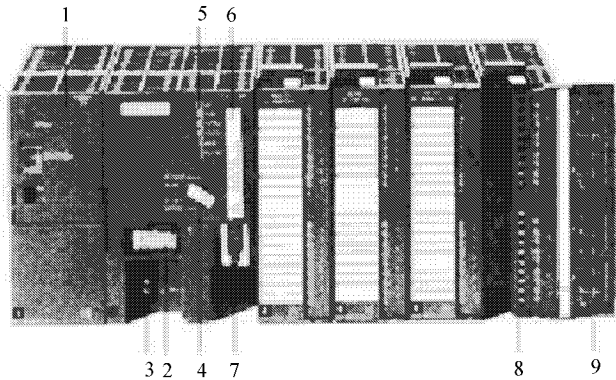


图 7 - 2 SIMATIC S7 - 300 可编程控制器

- 1—负载电源(选项) 2—后备电池(CPU313 以上) 3—24VDC 连接 4—模式开关 ;
5—状态和故障指示灯 ; 6—存储器卡 7—MPI(多点接口) 8—前连接器 9—前门

7.3.2 可编程控制器的应用

随着 PLC 功能的不断完善 ,性能价格比的不断提高 ,PLC 的应用面也越来越广。目前 ,

PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电子、机械制造、汽车、船舶、装卸、造纸、纺织、环保、娱乐等各行各业。PLC 的应用范围通常可分为如下五种类型：

(1) 顺序控制

这是今日 PLC 最广泛应用的领域,它取代传统的继电器顺序控制。PLC 应用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制,例如,注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、磨床、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制等等。

(2) 运动控制

PLC 制造商目前已提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。在多数情况下,PLC 把描述目标位置的数据送给模块,模块移动一轴或数轴到目标位置,当每个轴移动时,位置控制模块保持适当的速度和加速度,确保运动平滑。

运动的编程可用 PLC 的编程语言完成,通过编程器输入。操作员用手动方式把轴移动到某个目标位置,模块就得知了位置和运动参数,之后可用编辑程序来改变速度和加速度等运动参数,使运动平滑。

相对来说,位置控制模块比 CNC 装置体积更小,价格更低,速度更快,操作更方便。

(3) 过程控制

PLC 能控制大量的物理参数,例如,温度、压力、速度和流量等。PID(Proportional-Integral-Derivative)模块的提供使 PLC 具有闭环控制功能,即一个具有 PID 控制能力的 PLC 可用于过程控制。当控制过程中某个变量出现偏差时,PID 控制算法会计算出正确的输出,把变量保持在设定值上。PID 算法一旦适应了工艺,就不管工艺混乱而保持设定值。

(4) 数据处理

在机械加工中,出现了把支持顺序控制的 PLC 和计算机数值控制(CNC)设备紧密结合的趋向。著名的日本 FANUC 公司推出的 System10、11、12 系列,已将 CNC 控制功能作为 PLC 的一部分。为了实现 PLC 和 CNC 设备之间内部数据自由传递,该公司采用了窗口软件。通过窗口软件,用户可以独自编程,由 PLC 送至 CNC 设备使用。同样,美国 GE 公司的 NC 设备新机种也使用了具有数据处理的 PLC。东芝的 TOSNUC600 也将 CNC 和 PLC 组合在一起,预计今后几年 CNC 系统将变成以 PLC 为主体的控制和管理系统。

(5) 通信和联网

为了适应国外近几年来兴起的工厂自动化(FA)系统、柔性制造系统(FMS)及集散系统等发展的需要,首先,必须发展 PLC 之间、PLC 和上级计算机之间的通信功能。作为实时控制系统,不仅 PLC 数据通信速率要求高,而且要考虑出现停电、故障时的对策等。日本富士电机公司开发的 MICREX-F 系列就是一例,其中处理器多达 16 台,输入/输出点数达 3200 个之多。PLC 之间、PLC 和上级计算机之间都采用光纤通信,多级传递。I/O 模块按功能各自放置在生产现场分散控制,然后采用网络联结构成集中管理信息的分布式网络系统。

7.4 可编程控制器的组成及各组成部分的作用

7.4.1 PLC 的基本组成

PLC 实质上是一种工业控制计算机,只不过它比一般的计算机具有更强的与工业过程

相连接的接口和更直接的适应于控制要求的编程语言,故 PLC 与计算机的组成十分相似。从硬件结构看,它也有中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)接口、电源等,如图 7-3 所示。

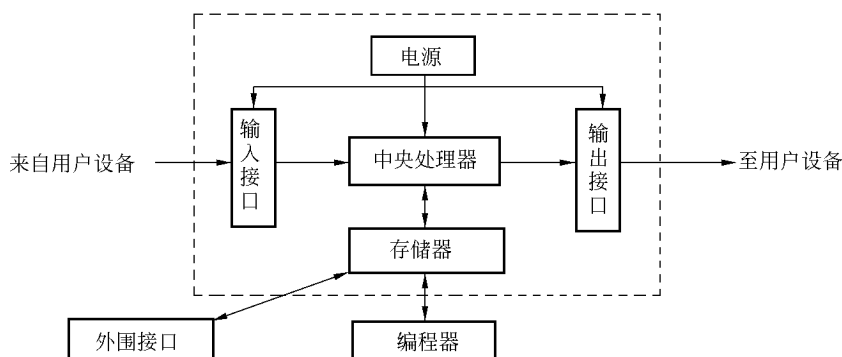


图 7-3 PLC 的基本组成

7.4.2 PLC 各组成部分的作用

(1) 中央处理器(CPU)

与一般计算机一样,CPU 是 PLC 的核心,它按 PLC 中系统程序赋予的功能指挥 PLC 有条不紊地进行工作,其主要任务有:控制从编程器键入的用户程序和数据的接收与存储;用扫描的方式通过 I/O 部件接收现场的状态或数据,并存入输入映像存储器或数据存储器中;诊断 PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等;PLC 进入运行状态后,从存储器逐条读取用户指令,经过命令解释后按指令规定的任务进行数据传送、逻辑或算术运算等;根据运算结果,更新有关标志位的状态和输出映像存储器的内容,再经输出部件实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

不同型号 PLC 的 CPU 芯片是不同的,有采用通用 CPU 芯片的,如 8031、8051、8086、80286 等,也有采用厂家自行设计的专用 CPU 芯片的(如西门子公司 S7-200 系列 PLC 均采用其自行研制的专用芯片)。CPU 芯片的性能关系到 PLC 处理控制信号的能力与速度,CPU 位数越高,系统处理的信息量越大,运算速度也越快。随着芯片技术的不断发展,PLC 所用的 CPU 芯片也越来越高档。

(2) 存储器

PLC 的存储器包括系统存储器和用户存储器两部分。

系统存储器用来存放由 PLC 生产厂家编写的系统程序,并固化在 ROM 内,用户不能直接更改。它使 PLC 具有基本的智能,能够完成 PLC 设计者规定的各项工作。系统程序质量的好坏,很大程度上决定了 PLC 的性能,其内容主要包括三部分。第一部分为系统管理程序,它主管控制 PLC 的运行,使整个 PLC 按部就班地工作。第二部分为用户指令解释程序。通过用户指令解释程序,将 PLC 的编程语言变为机器语言指令,再由 CPU 执行这些指令。第三部分为标准程序模块与系统调用。它包括许多不同功能的子程序及其调用管理程序,如完成输入、输出及特殊运算等的子程序。PLC 的具体工作都是由这部分程序来完成的,这部分程序的多少决定了 PLC 性能的强弱。

用户存储器包括用户程序存储器(程序区)和功能存储器(数据区)两部分。用户程序存储器用来存放用户针对具体控制任务用规定的 PLC 编程语言编写的各种用户程序。用户程序存储器根据所选用的存储器单元类型的不同,可以是 RAM(有掉电保护)、EPROM 或 EEPROM 存储器,其内容可以由用户任意修改或增删。用户功能存储器是用来存放(记忆)用户程序中使用的 ON/OFF 状态、数值数据等,它构成 PLC 的各种内部器件,也称“软元件”。用户存储器容量的大小,关系到用户程序容量的大小和内部器件的多少,是反映 PLC 性能的重要指标之一。

(3) 输入/输出接口

输入/输出接口是 PLC 与外界连接的接口。输入接口用来接收和采集两种类型的输入信号,一类是由按钮、选择开关、行程开关、继电器触点、接近开关、光电开关、数字拨码开关等的开关量输入信号。另一类是由电位器、测速发电机和各种变送器等来的模拟量输入信号。输出接口用来连接被控对象中各种执行元件,如接触器、电磁阀、指示灯、调节阀(模拟量)、调速装置(模拟量)等。

(4) 电源

小型整体式可编程控制器内部有一个开关式稳压电源。此电源一方面可为 CPU 板、I/O 板及扩展单元提供工作电源(5VDC),另一方面可为外部输入元件提供 24VDC。

(5) 扩展接口

扩展接口用于将扩展单元与基本单元相连,使 PLC 的配置更加灵活。

(6) 通信接口

为了实现“人—机”或“机—机”之间的对话,PLC 配有多种通信接口。PLC 通过这些通信接口可以与监视器、打印机、其他的 PLC 或计算机相连。

当 PLC 与打印机相连时,可将过程信息、系统参数等输出打印;当与监视器(CRT)相连时,可将过程图像显示出来;当与其他 PLC 相连时,可以组成多机系统或连成网络,实现更大规模的控制;当与计算机相连时,可以组成多级控制系统,实现控制与管理相结合的综合系统。

(7) 智能 I/O 接口

为了满足更加复杂的控制功能的需要,PLC 配有多种智能 I/O 接口。例如,满足位置调节需要的位置闭环控制模板,对高速脉冲进行计数和处理的高速计数模板等。这类智能模板都有其自身的处理器系统。

(8) 编程器

它的作用是供用户进行程序的编制、编辑、调试和监视。

编程器有简易型和智能型两类。简易型的编程器只能联机编程,且往往需要将梯形图转化为机器语言助记符(指令表)后,才能输入。它一般由简易键盘和发光二极管或其他显示器件组成。智能型的编程器又称图形编程器,它可以联机、也可以脱机编程,具有 LCD 或 CRT 图形显示功能,可以直接输入梯形图和通过屏幕对话。

也可以利用微机(如 IBM-PC)作为编程器,这时微机应配有相应的软件包,若要直接与可编程控制器通信,还要配有相应的通信电缆。

(9) 其他部件

PLC 还可配有盒式磁带机、EPROM 写入器、存储器卡等其他外部设备。

7.5 可编程控制器的工作原理

7.5.1 PLC 的工作方式与运行框图

众所周知 ,继电器控制系统是一种“ 硬件逻辑系统 ”,如图 7-4 (a)所示 ,它的三条支路是并行工作的 ,当按下按钮 SB_1 ,中间继电器 K 得电 ,K 的两个触点闭合 ,接触器 KM_1 、 KM_2 同时得电动作。所以继电器控制系统采用的是并行工作方式。

可编程控制器是一种工业控制计算机 ,故它的工作原理是建立在计算机工作原理基础上的 ,即是通过执行反映控制要求的用户程序来实现的。但是 CPU 是以分时操作方式来处理各项任务的 ,计算机在每一瞬间只能做一件事 ,所以程序的执行是按程序顺序依次完成相应各电器的动作 ,便成为时间上的串行。由于运算速度极高 ,各电器的动作似乎是同时完成的 ,但实际输入—输出的响应是有滞后的。如图 7-4 (b)所示。

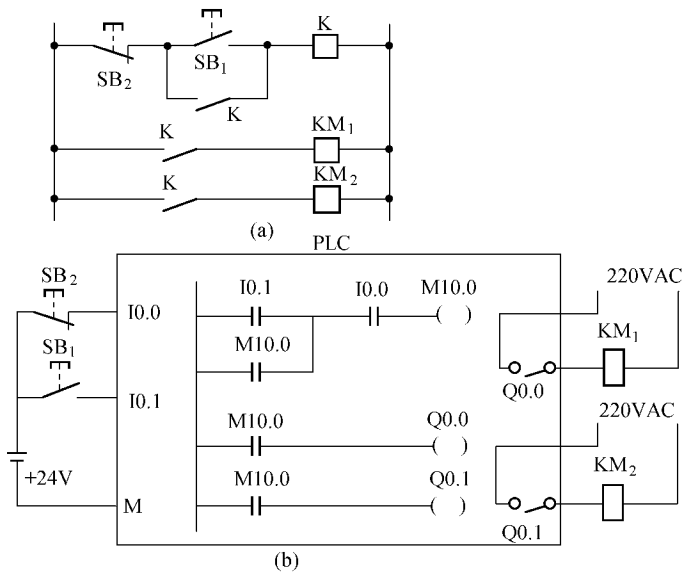


图 7-4

(a) 继电器控制系统简图 ;(b) 用 PLC 实现控制功能的接线示意图

概括而言 ,PLC 的工作方式是一个不断循环的顺序扫描工作方式。每一次扫描所用的时间称为扫描周期或工作周期。CPU 从第一条指令开始 ,按顺序逐条地执行用户程序直到用户程序结束 ,然后返回第一条指令开始新一轮扫描。PLC 就是这样周而复始地重复上述循环扫描的。

执行用户程序时 ,需要各种现场信息 ,这些现场信息已接到 PLC 的输入端。PLC 采集现场信息即采集输入信号有两种方式 :

① 集中采样输入方式。一般在扫描周期的开始或结束将所有输入信号(输入元件的通/断状态)采集并存放到输入映像寄存器(PII)中。执行用户程序所需输入状态均在输入映像寄存器中取用 ,而不直接到输入端或输入模块去取用。

②立即输入方式。随程序的执行需要哪一个输入信号就直接从输入端或输入模块取用这个输入状态,如‘立即输入指令’就是这样,此时输入映像寄存器的内容不变,到下一次集中采样输入时才变化。

同样,PLC 对外部的输出控制也有集中输出和立即输出两种方式。集中输出方式在执行用户程序时不是得到一个输出结果就向外输出一个,而是把执行用户程序所得的所有输出结果,先后全部存放在输出映像寄存器(PIQ)中,执行完用户程序后所有输出结果一次性向输出端或输出模块输出,使输出部件动作。立即输出方式是在执行用户程序时将该输出结果立即向输出端或输出模块输出,如‘立即输出指令’就是这样,此时输出映像寄存器的内容也更新。

PLC 对输入输出信号的传送还有其他方式。如有的 PLC 采用输入、输出刷新指令。在需要的地方设置这类指令,可对此时的全部或部分输入点信号读入一次,以刷新输入映像寄存器内容;或将此时的输出结果立即向输出端或输出模块输出。又如有的 PLC 上有输入、输出的禁止功能,实际上是关闭了输入、输出传送服务,这意味着此时的输入、输出信号不读入,也不输出。

PLC 工作的全过程可用图 7-5 所示的运行框图来表示。整个运行可分为三部分:

第一部分是上电处理。机器上电后对 PLC 系统进行一次初始化工作,包括硬件初始化、I/O 模块配置检查、停电保持范围设定及其他初始化处理等。

第二部分是扫描过程。PLC 上电处理完成以后进入扫描工作过程。先完成输入处理,其次完成与其他外设的通信处理,再次进行时钟、特殊寄存器更新。当 CPU 处于 STOP 方式时,转入执行自诊断检查。当 CPU 处于 RUN 方式时,还要完成用户程序的执行和输出处理,再转入执行自诊断检查。

第三部分是出错处理。PLC 每扫描一次,执行一次自诊断检查,确定 PLC 自身的动作是否正常,如

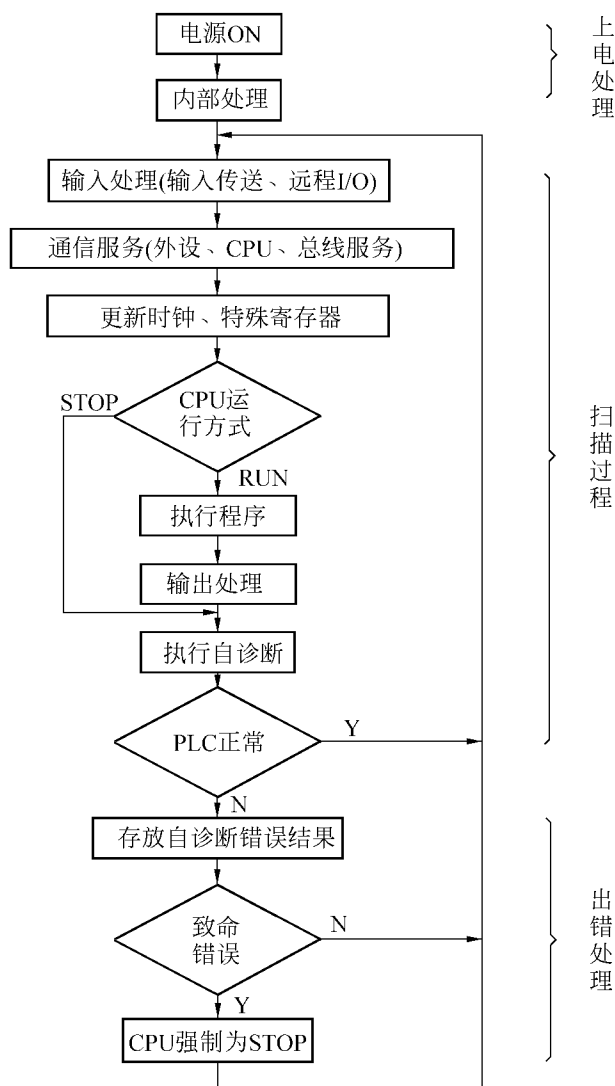


图 7-5 PLC 运行框图

CPU、电池电压、程序存储器、I/O、通信等是否异常或出错,如检查出异常时,CPU 面板上的 LED 及异常继电器会接通,在特殊寄存器中会存入出错代码。当出现致命错误时,CPU 被强制为 STOP 方式,所有的扫描停止。

PLC 运行正常时,扫描周期的长短与 CPU 的运算速度有关,与 I/O 点的情况有关,与用户应用程序的长短及编程情况等均有关。通常用 PLC 执行 1K 指令所需时间来说明其扫描速度(一般 1~10 ms/K 字)。值得注意的是,不同指令其执行时间是不同的,从零点几微秒到上百微秒不等,故选用不同指令所用的扫描时间将会不同。若用于高速系统要缩短扫描周期时,可从软硬件上考虑。

7.5.2 PLC 的工作过程

上面已经说明,PLC 是按图 7-5 所示的运行框图进行工作的,当 PLC 处于正常运行时,它将不断重复图中的扫描过程,不断循环扫描地工作下去。分析上述扫描过程,如果我们对远程 I/O 特殊模块和其他通信服务暂不考虑,这样扫描过程就只剩下“输入采样”、“程序执行”、“输出刷新”三个阶段了。下面就对这三个阶段进行详细的分析,并形象地用图 7-6 表示(此处 I/O 采用集中输入、集中输出方式)。

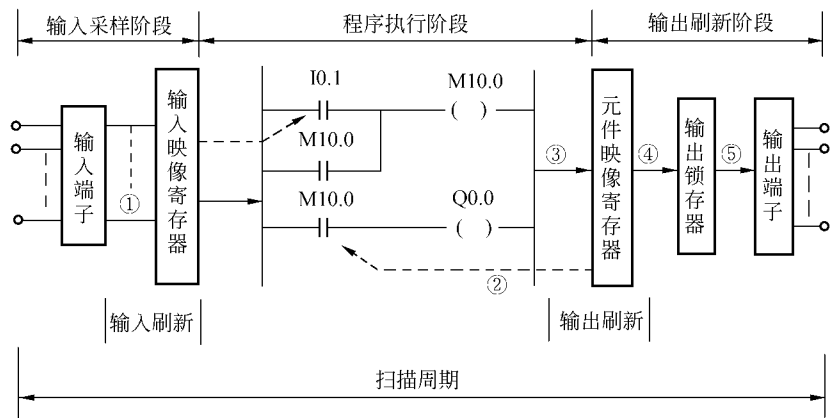


图 7-6 PLC 扫描工作过程

- ①输入采样阶段。PLC 在输入采样阶段,首先扫描所有输入端子,并将各输入状态存入内存中各对应的输入映像寄存器中。此时,输入映像寄存器被刷新。接着,进入程序执行阶段,在程序执行阶段和输出刷新阶段,输入映像寄存器与外界隔离,无论输入信号如何变化,其内容保持不变,直到下一个扫描周期的输入采样阶段,才重新写入输入端的新内容。
- ②程序执行阶段。根据 PLC 梯形图程序扫描原则,PLC 按先左后右、先上后下的步序语句逐句扫描。但遇到程序跳转指令,则根据跳转条件是否满足来决定程序的跳转地址。当指令中涉及输入、输出状态时,PLC 就从输入映像寄存器中“读入”上一阶段采入的对应输入端子状态,从输出映像寄存器“读入”对应元件映像寄存器的当前状态。然后,进行相应的运算,运算结果再存入元件映像寄存器中。对元件映像寄存器来说,每一个元件(输出“软继电器”的状态)会随着程序执行过程而变化。
- ③输出刷新阶段。在所有指令执行完毕后,输出映像寄存器中所有输出继电器的状态

(接通/断开)在输出刷新阶段转存到输出锁存器中,通过一定方式输出,驱动外部负载。

7.5.3 PLC 的中断处理

据上所述,外部信号的输入总是通过 PLC 扫描由“输入传送”来完成,这就不可避免地带来了“逻辑滞后”。PLC 能不能像计算机那样采用中断输入的方法,即当有中断申请信号输入后,系统会中断正在执行的程序而转去执行相关的中断子程序;系统若有多个中断源时,它们之间按重要性是否有一个先后顺序的排队;系统能否由程序设定允许中断或禁止中断等等。PLC 关于中断的概念及处理思路与一般微机系统基本是一样的,但也有特殊之处。

(1) 中断响应问题

一般微机系统的 CPU,在执行每一条指令结束时去查询有无中断申请。而 PLC 对中断的响应则是在相关的程序块结束后查询有无中断申请和在执行用户程序时查询有无中断申请,如有中断申请,则转入执行中断服务程序。如果用户程序以块式结构组成,则在每块结束或实行块调用时处理中断。

(2) 中断源先后顺序及中断嵌套问题

在 PLC 中,中断源的信息是通过输入点而进入系统的,PLC 扫描输入点是按输入点编号的先后顺序进行的,因此中断源的先后顺序只要按输入点编号的顺序排列即可。系统接到中断申请后,顺序扫描中断源,它可能只有一个中断源申请中断,也可能同时有多个中断源申请中断。系统在扫描中断源的过程中,就在存储器的一个特定区建立起“中断处理表”,按顺序存放中断信息,中断源被扫描过后,中断处理表亦已建立完毕,系统就按该表顺序先后转至相应的中断子程序入口地址去工作。

必须说明的是,多中断源可以有优先顺序,但无嵌套关系。即中断程序执行中,若有新的中断发生,不论新中断的优先顺序如何,都要等执行中的中断处理结束后,再进行新的中断处理。所以在 PLC 系统工作中,当转入下一中断服务子程序时,并不自动关闭中断,所以也没有必要去开启中断。

(3) 中断服务程序执行结果信息输出问题

PLC 按巡回扫描方式工作,正常的输入/输出在扫描周期的一定阶段进行,这给外设希望及时响应带来了困难。采用中断输入,解决了对输入信号的高速响应。当中断申请被响应,在执行中断子程序后有关信息应当尽早送到相关外设,而不希望等到扫描周期的输出传送阶段,就是说对部分信息的输入或输出要与系统 CPU 的周期扫描脱离,可利用专门的硬件模块(如快速响应 I/O 模块)或通过软件利用专门指令使某些 I/O 立即执行来解决。

7.6 可编程控制器的编程语言

7.6.1 概述

可编程控制器的软件分为两大部分:系统软件与用户程序。系统软件由 PLC 制造商固化在机内,用以控制可编程控制器本身的运作。用户程序由可编程控制器的使用者编制并输入,用于控制外部对象的运行。

7.6.1.1 系统软件

系统软件又可分为系统管理程序、用户指令解释程序及标准程序模块和系统调用。

(1) 系统管理程序

系统管理程序是系统软件中最重要的部分,主管控制可编程控制器的运作。其作用包括三个方面:一是运行管理,对控制可编程控制器何时输入、何时输出、何时计算、何时自检、何时通信等作时间上的分配管理。二是存储空间管理,即生成用户环境,由它规定各种参数、程序的存放地址。将用户使用的数据参数、存储地址转化为实际的数据格式及物理存放地址,将有限的资源变为用户可很方便地直接使用的元件。例如,它可将有限个数的 CTC 扩展为上百个用户时钟和计数器。通过这部分程序,用户看到的就不是实际机器存储地址和 CTC 的地址了,而是按照用户数据结构排列的元件空间和程序存储空间。三是系统自检程序,它包括各种系统出错检验、用户程序语法检验、句法检验、警戒时钟运行等。

可编程控制器正是在系统管理程序的控制下,按部就班地工作的。

(2) 用户指令解释程序

众所周知,任何计算机最终都是执行机器语言指令的。但用机器语言编程却是非常复杂的事情。可编程控制器可用梯形图语言编程,把使用者直观易懂的梯形图变成机器懂得的机器语言,这就是解释程序的任务。解释程序将梯形图逐条解释,翻译成相应的机器语言指令,由 CPU 执行这些指令。

(3) 标准程序模块和系统调用

这部分由许多独立的程序块组成,各程序块完成不同的功能,有些完成输入、输出处理,有些完成特殊运算等。可编程控制器的各种具体工作都是由这部分程序来完成的。这部分程序的多少决定了可编程控制器性能的强弱。

整个系统软件是一个整体,其质量的好坏很大程度上影响可编程控制器的性能。很多情况下,通过改进系统软件就可在不增加任何设备的条件下大大改善可编程控制器的性能,因此可编程控制器的生产厂家对可编程控制器的系统软件都非常重视,例如, S7 - 200 系列 PLC 在推出后,西门子公司不断地将其系统软件进行改进完善,使其功能越来越强。

7.6.1.2 用户程序

用户程序是可控编程控制器的使用者针对具体控制对象编制的程序。在小型可编程控制器中,用户程序有三种形式:指令表(STL)、梯形图(LAD)和顺序功能流程图(SFC)。

7.6.2 PLC 的编程语言

PLC 提供了完整的编程语言,以适应 PLC 在工业环境中的使用。利用编程语言,按照不同的控制要求编制不同的控制程序,这相当于设计和改变继电器控制的硬接线线路,也就是所谓的“可编程序”。程序既可由编程器方便地送入到 PLC 内部的存储器中,也能方便地读出、检查与修改。

由于 PLC 是专为工业控制需要而设计的,因而对于使用者来说,编程时完全可以不考虑微处理器内部的复杂结构,不必使用各种计算机使用的语言,而把 PLC 内部看做是由许多“软继电器”等逻辑部件组成,利用 PLC 提供的编程语言来编制控制程序。

PLC 提供的编程语言通常有三种:梯形图、指令表和功能图。下面以 S7 - 200 系列 PLC 为例来说明。

7.6.2.1 梯形图编程

梯形图(LAD)表达式是在继电器控制系统中常用的接触器、继电器梯形图基础上演变而来的,它与继电器控制系统原理图相呼应。PLC的梯形图与继电器控制系统梯形图的基本思想是一致的,只是在使用符号和表达方式上有一定区别。PLC的梯形图使用的是内部继电器、定时/计数器等,都是由软件实现的。其主要特点是使用方便、修改灵活,这是传统的继电器控制系统梯形图的硬件接线所无法比拟的。

图7-7是典型的梯形图示意图。左右两垂直的线称作母线。在左右两垂线之间,接点在水平线上相串联,相邻的线也可以用一条垂直线连接起来,作为逻辑的并联。接点的水平方向串联相当于“与”(AND),例如图中第一条线,A、B、C三者是“与”逻辑关系。垂直方向的接点并联相当于“或”(OR),如第二条线,D、E、F三者是“或”逻辑关系。

PLC梯形图的一个关键概念是“能流”(Power Flow)。这仅是概念上的“能流”。如图7-7中,把左边的母线假想为电源“火线”,而把右边的母线(虚线所示)假想为电源“零线”。如果有“能流”从左至右流向线圈,则线圈被激励。如没有“能流”,则线圈未被激励。

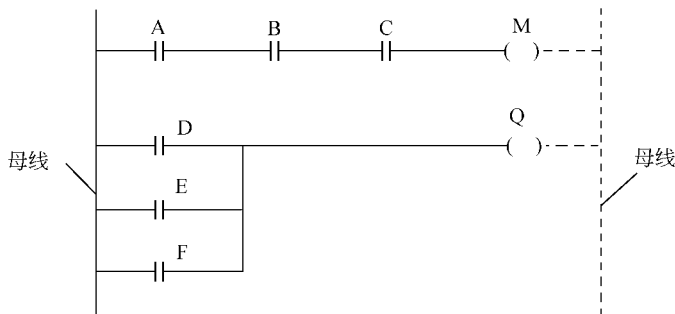


图7-7 典型的梯形图

“能流”可以通过被激励(ON)的常开接点和未被激励(OFF)的常闭接点自左向右流,也可以通过并联接点中的一个接点流向右边。“能流”在任何时候都不会通过接点自右向左流。如图7-7中,当A、B、C接点都接通后,线圈M才能接通(被激励),只要其中一个接点不接通,线圈就不会接通;而D、E、F接点中任何一个接通,线圈Q就被激励。

要强调指出的是,我们引入“能流”概念,仅仅是用于告诉如何来理解梯形图各输出点的动作,实际上并不存在这种“能流”。

7.6.2.2 指令表编程

指令表(STL)语言类似于计算机中的助记符语言,它是可编程控制器最基础的编程语言。所谓指令表编程,是用一个或几个容易记忆的字符来代表可编程控制器的某种操作功能。具体指令的说明将在后面的章节有详细的介绍。

可编程控制器S7-200系列PLC的基本指令包括“与”、“或”、“非”以及定时器、计数器等。图7-8是指令表编程的例子,图(a)是梯形图,图(b)是相应的指令表。

由图7-8可看出,梯形图是由一段一段组成的。每段的开始用LD(LDN)指令,触点的串/并联用A(AND)/O(OR)指令,线圈的驱动总是放在最右边,用=(OUT)指令,用这些基本指令,即可组成复杂逻辑关系的梯形图及指令表。

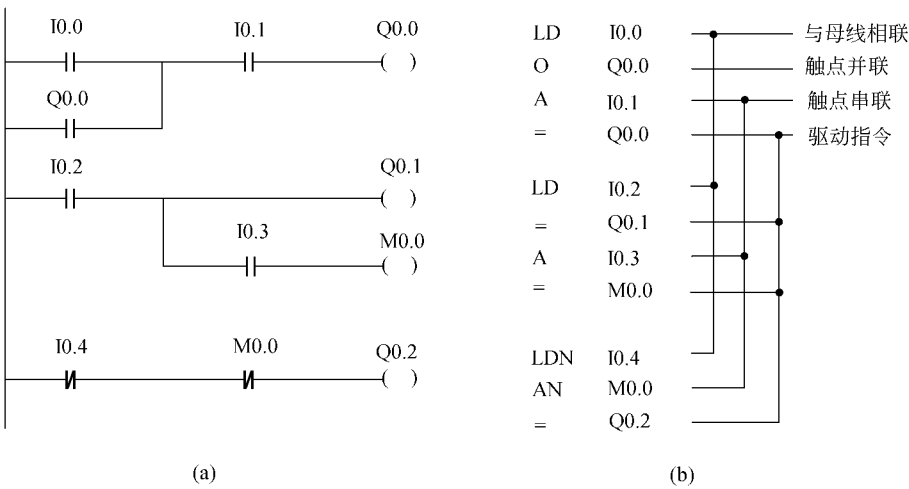


图 7-8 基本指令应用举例
(a) 梯形图 ;(b) 指令表

7.6.2.3 顺序功能流程图(即功能图)编程

顺序功能流程图(SFC)编程是一种较新的编程方法。它的作用是用功能图来表达一个顺序控制过程。我们将在以后章节“步进控制指令”中详细介绍这种方法。目前国际电工协会(IEC)也正在实施发展这种新的编程标准。

SFC作为一种步进控制语言,用这种语言可以对一个控制过程进行控制,并显示该过程的状态。将用户应用的逻辑分成步和转换条件,来代替一个长的梯形图程序。这些步和转换条件的显示使用户可以看到在某个给定时间中机器处于什么状态。

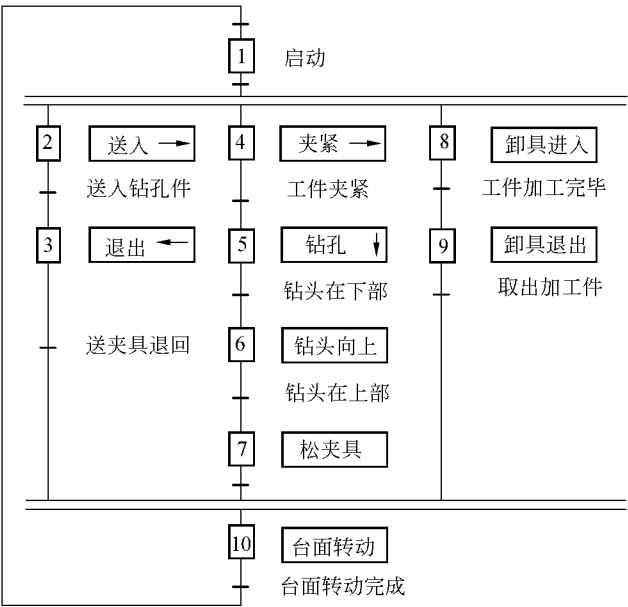


图 7-9 顺序功能流程图编程例

图 7-9 见第 164 页)所示是顺序功能流程图编程的例子,这是一个钻孔顺序的例子。方框中的数字代表顺序步,每一步对应于一个控制任务,每个顺序步的步进条件以及每个顺序执行的功能可以写在方框右边。

7.7 可编程控制器与微机、继电器控制等的区别

7.7.1 PLC 与继电器控制的区别

在 PLC 的编程语言中,梯形图是最为广泛使用的语言。通过 PLC 的指令系统将梯形图变成 PLC 能接收的程序。由编程器将程序键入到 PLC 的用户存储区中去。

PLC 的梯形图与继电器控制线路图十分相似,主要原因是 PLC 梯形图的发明大致上沿用了继电器控制的电路元件符号,仅个别处有些不同。同时,信号的输入/输出形式及控制功能也是相同的,但 PLC 的控制与继电器的控制又有不同之处,主要表现在以下几方面:

①控制逻辑。继电器控制逻辑采用硬接线逻辑,利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合成控制逻辑,其接线多而复杂,体积大,功耗大,一旦系统构成后,想再改变或增加功能都很困难。另外,继电器触点数目有限,每只只有 4~8 对触点,因此灵活性和扩展性很差。而 PLC 采用存储器逻辑,其控制逻辑以程序方式存储在内存中,要改变控制逻辑,只需改变程序,故称为“软接线”,其接线少,体积小,而且,PLC 中每只软继电器的触点数在理论上无限制,因此灵活性和扩展性很好。PLC 由中大规模集成电路组成,功耗小。

②工作方式。当电源接通时,继电器控制线路中各继电器都处于受约状态,即该吸合的都应吸合,不该吸合的都因受某种条件限制不能吸合。而 PLC 的控制逻辑中,各继电器都处于周期性循环扫描接通之中,从宏观上看,每个继电器受制约接通的时间是短暂的。

③控制速度。继电器控制逻辑依靠触点的机械动作实现控制,工作频率低。触点的开闭动作一般在几十毫秒数量级。另外,机械触点还会出现抖动问题。而 PLC 是由程序指令控制半导体电路来实现控制,速度极快,一般一条用户指令的执行时间在微秒数量级。PLC 内部还有严格的同步,不会出现抖动问题。

④限时控制。继电器控制逻辑利用时间继电器的滞后动作进行限时控制。时间继电器一般分为空气阻尼式、电磁式、半导体式等,其定时精度不高,且有定时时间易受环境湿度和温度变化的影响、调整时间困难等问题。有些特殊的时间继电器结构复杂,不便维护。PLC 使用半导体集成电路作定时器,时基脉冲由晶体振荡器产生,精度相当高,且定时时间不受环境的影响,定时范围一般从 0.001s 到若干分钟甚至更长。用户可根据需要在程序中设定定时值,然后由软件和硬件计数器来控制定时时间。

⑤计数控制。PLC 能实现计数功能,而继电器控制逻辑一般不具备计数功能。

⑥设计和施工。使用继电器控制逻辑完成一项控制工程,其设计、施工、调试必须依次进行,周期长,而且修改困难。工程越大,这一点就越突出。而用 PLC 完成一项控制工程,在系统设计完成以后,现场施工和控制逻辑的设计(包括梯形图设计)可以同时进行,周期短,且调试和修改都很方便。

⑦可靠性和可维护性。继电器控制逻辑使用了大量的机械触点,连线也多。触点开闭

时会受到电弧的损坏,并有机机械磨损,寿命短,因此可靠性和可维护性差。而 PLC 采用微电子技术,大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成,它体积小、寿命长、可靠性高。PLC 还配有自检和监督功能,能检查出自身的故障,并随时显示给操作人员,还能动态地监视控制程序的执行情况,为现场调试和维护提供了方便。

⑧价格。继电器控制逻辑使用机械开关、继电器和接触器,价格比较低。而 PLC 使用中大规模集成电路,价格比较高。

从以上几个方面的比较可知,PLC 在性能上比继电器控制逻辑优异,特别是可靠性高、设计施工周期短、调试修改方便,而且体积小、功耗低、使用维护方便,但价格高于继电器。

7.7.2 PLC 与微机(MC)的区别

简言之,MC 是通用的专用机,而 PLC 则是专用的通用机。

从微型计算机的应用范围来说,MC 是通用机,而 PLC 是专用机。微型计算机是在以往计算机与大规模集成电路的基础上发展起来的,其最大特征是运算速度快,功能强,应用范围广。例如,近代科学计算、科学管理和工业控制等都离不开它。所以说,MC 是通用计算机。而 PLC 是一种为适应工业控制环境而设计的专用计算机。选对应应的模块便可适用于各种工业控制系统。而用户只需改变用户程序即可满足工业控制系统的具体控制要求。如果采用 MC 作为某一设备的控制器,就必须根据实际需要考虑到抗干扰问题和硬件软件设计,以适应设备控制的专门需要。这样,势必把通用的 MC 转化为具有特殊功能的控制器而成为一台专用机。

PLC 与 MC 的主要差异及各自的特点主要表现为以下几个方面:

①应用范围。微机除了用在控制领域外,还大量用于科学计算、数据处理、计算机通信等方面。而 PLC 主要用于工业控制。

②使用环境。微机对环境要求较高,一般要在干扰小,具有一定的温度和湿度要求的机房内使用。PLC 则适用于工业现场环境。

③输入/输出。微机系统的 I/O 设备与主机之间采用微电联系,一般不需要电气隔离。而 PLC 一般控制强电设备,需要电气隔离,输入输出均用光电耦合,输出还采用继电器、可控硅或大功率晶体管进行功率放大。

④程序设计。微机具有丰富的程序设计语言,如汇编语言、FORTRAN 语言、COBOL 语言、PASCAL 语言、C 语言等,其语句多,语法关系复杂,要求使用者必须具有一定水平的计算机硬件和软件知识。而 PLC 提供给用户的编程语句数量少,逻辑简单,易于学习和掌握。

⑤系统功能。微机系统一般配有较强的系统软件,例如操作系统,能进行设备管理、文件管理、存储器管理等。它还配有许多应用软件,以方便用户。而 PLC 一般只有简单的监控程序,能完成故障检查、用户程序的输入和修改、用户程序的执行与监视等。

⑥运算速度和存储容量。微机运算速度快,一般为微秒级,因有大量的系统软件和应用软件,故存储容量大。而 PLC 因接口的响应速度慢而影响数据处理速度。一般 PLC 接口响应速度为 2 ms,巡回检测速度为 8 ms/K 字。PLC 的软件少,所编程序也简短,故内存容量小。

⑦价格。微机是通用机,功能完善,故价格较高。而 PLC 是专用机,功能较少,其价格

是微机的十分之一左右。

从以上几个方面的比较可知,PLC 是一种用于工业自动化控制的专用微机控制系统,结构简单,抗干扰能力强,价格也比一般的微机系统低。

7.7.3 PLC 与单板计算机的区别

单板机具有结构简单、使用方便、价格比较低等优点,一般用于数据采集和工业控制。但由于单板机不是专门针对工业现场的自动化控制而设计的,因此与 PLC 相比有以下缺点:

①单板机不如 PLC 容易掌握。单板机一般要用机器指令或其助记符编程,这就要求设计人员具有一定的计算机硬件和软件知识,对于只熟悉机电控制的技术人员来说,需要一段时间的学习才能掌握。PLC 本身是微机系统,提供给用户使用的是电控人员熟悉的梯形图语言,使用的术语仍然是“继电器”一类的术语,大部分指令与继电器触点的串联、并联、串并联、并串联等相对应,这就使熟悉机电控制的工程人员一目了然。对于使用者来说,不必去关心微机的一些技术问题,而只要用较短的时间去熟悉 PLC 的指令系统及操作方法,就能应用到工业现场。

②单板机不如 PLC 使用简单。用单板机来实现自动控制,一般要在输入/输出接口上做大量的工作。例如要考虑现场与单板机的连接、接口的扩展、输入/输出信号的处理、接口工作方式等问题,除了要设计控制程序,还要在单板机的外围做很多软件和硬件方面的工作,调试起来也比较麻烦。而 PLC 的 I/O 口已经做好,输入接口可以与输入信号直接连线,非常方便。输出接口具有一定的驱动能力,例如继电器输出,其输出触点容量可达 220 V、2 A。且 I/O 口均有光电耦合环节,抗干扰能力强。

③单板机不如 PLC 可靠。用单板机作工业控制,突出问题就是抗干扰性能差。而 PLC 是专门应用于工业现场的自动控制装置,在系统硬件和软件上都采取了抗干扰措施。例如光电耦合、自诊断、多个 CPU 并行操作、冗余控制技术等。

当然 PLC 在数据采集、数据处理等方面不如单板机。总之,PLC 用于工业控制,稳定可靠,抗干扰能力强,使用方便,但单板机的通用性和适应性较强。

从以上 PLC 和微机及单板机的区别比较可以看出,随着 PLC 功能的不断增强,越来越多地采用了微机技术,而 MC 也为了适应用户需要,向提高可靠性、耐用性和便于维修方向发展,两者相互渗透,使 PLC 与 MC 的差异越来越小,两者之间的界限也越来越模糊。

今后 PLC 与 MC 将继续共存。在一个控制系统中,使 PLC 集中在功能控制上,使 MC 集中在信息处理上,两者相辅相成,共同发展。

7.7.4 PLC 与集散系统的区别

①PLC 是由继电器控制逻辑发展而来的,而集散系统(TDCS)是由回路仪表控制发展而来的,但两者的发展均与计算机控制技术有关。

②早期的 PLC 在开关量控制、顺序控制方面有一定的优势,而集散系统在回路调节、模拟量控制方面有一定优势。

今天,二者相互渗透、互为补充,PLC 与 TDCS 的差别已不明显,它们都能构成复杂的分级控制。从趋势来看,二者的归宿和统一将是全分布式计算机控制系统。

复习思考题 7

- 7-1 构成 PLC 的主要部件有哪些？各部分主要作用是什么？
- 7-2 说明 PLC 的工作过程。
- 7-3 PLC 对输入信号的脉冲频率及宽度是否有要求？为什么？
- 7-4 说明 PLC 与继电器控制的差异。
- 7-5 说明 PLC 梯形图的能流概念。

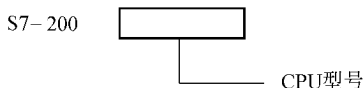
8 一体化可编程控制器

自 20 世纪 70 年代末 PLC 产品出现以来 ,它以面向工业控制的鲜明特点 ,普遍受到电气控制领域的欢迎。特别是中小容量 PLC 成功地取代了传统的继电器控制系统 ,使控制系统的可靠性大大提高。目前各国生产的 PLC 品种繁多 ,发展迅速。下面以德国西门子公司 S7 - 200 系列 PLC 中 CPU21X 为例来介绍 PLC 的元器件、技术性能、指令系统及应用等基本知识。

8.1 概述

8.1.1 型号说明

S7 - 200 系列 PLC 的型号表示为：



例如 ,S7 - 200 CPU214 表示 :S7 - 200 系列的 PLC ,它的 CPU 型号是 214。

8.1.2 机种及系统构成

S7 - 200 系列 PLC 可提供 4 种不同的基本单元和 6 种型号的扩展单元。其系统构成除基本单元、扩展单元外 ,还有编程器、存储器卡、写入器、文本显示器等。现说明如下：

(1)基本单元

S7 - 200 系列 PLC 中 CPU21X 的基本单元有 4 种型号 ,其输入输出点数的分配见表 8 - 1。

表 8 - 1 S7 - 200 系列 PLC 中 CPU21X 的基本单元

型 号	输入点	输出点	可带扩展模块数	可带模拟量扩展模块数
S7 - 200CPU212	8	6	2	1
S7 - 200CPU214	14	10	7	4
S7 - 200CPU215	14	10	7	4
S7 - 200CPU216	24	16	7	4

(2)扩展单元

S7 - 200 系列 PLC 主要有 6 种扩展单元 ,它们不能单独使用 ,作为基本单元输入/输出

点数的扩充 ,仅能与基本单元相连接使用。不同的基本单元加上不同的扩展单元 ,可以方便地构成各种输入/输出点数的控制系统 ,以适应不同工业控制的需要。

S7 - 200 系列 PLC 扩展单元型号及输入/输出点数的分配见表 8 - 2。

必须强调指出的是 ,扩展单元内部不具有 CPU、ROM、RAM 等 ,所以不能单独使用 ,只能与基本单元一起使用。

表 8 - 2 S7 - 200 系列 PLC 扩展单元型号及输入/输出点数

类 型	型 号	输 入 点	输 出 点
数字量扩展模块	EM221	8	无
	EM222	无	8
	EM223	4/8/16	4/8/16
模拟量扩展模块	EM231	3	无
	EM232	无	2
	EM235	3	1

(3)编程器

可编程控制器在正式运行时 ,不需要编程器。编程器是用来进行用户程序的编制、存储、管理 ,并把用户程序送入可编程控制器中。在可编程控制器调试时 ,编程器还可用作监控及故障检测。

专用的编程器分为简易型和智能型两种。

简易型的编程器是袖珍型的 ,只有简单的操作键及小面积的液晶显示屏 ,但仍然具有用户程序输入、编辑、检索的功能 ,也可在线作系统监控及故障检测 ,简单实用 ,价格低廉 ,不失为现场技术人员的好工具。但毕竟其显示功能较差 ,只能用指令表方式输入 ,所以使用不够方便。

智能型的编程器 ,实际上是装有全部所需软件的工业现场用便携式计算机。其程序编辑、管理的功能极强。可以把它挂在可编程控制器网络上 ,对网上各站进行监控、调试和管理。这种编程器价格较高 ,有些用户 ,尤其是小型可编程控制器的用户不一定愿意负担其费用。

解决的办法是把专用的编程软件装入通用的计算机内 ,把个人计算机作为智能型的编程器来使用(S7 - 200 系列 PLC 的专用编程软件有 STEP 7 - Micro/DOS 和 STEP 7 - Micro/WIN 两种)。然后通过一条 PC/PPI 电缆将用户程序送入 PLC 中。

(4)程序存储卡

为了保证程序及重要参数的安全 ,一般小型可编程控制器设有外接 EEPROM 卡盒接口。通过该接口可以将卡盒的内容写入 PLC 内 ,也可将 PLC 内的程序及重要参数传到外部 EEPROM 卡盒作备份。S7 - 200 系列 PLC ,CPU214 以上单元即备有这种接口。程序存储卡 EEPROM 有 6ES7 291 - 8GC00 - 0XA0 和 6ES7 291 - 8GD00 - 0XA0 两种型号 ,程序容量分别为 8K 和 16K 程序步。

(5)写入器

写入器的功能是实现 PLC 和 EPROM 之间程序传送 ,即 PLC 中 RAM 区程序通过写入器固化到程序存储卡中 ,或将程序存储卡中程序传送到 PLC 的 RAM 区中去。

(6)文本显示器

文本显示器 TD 200 不仅是一个用于显示系统信息的显示器 ,还是操作控制单元 ,它可以在执行程序的过程中修改某个量的数值 ,也可直接设置输入或输出量。文本信息的显示用选择/确认的方法 ,最多可显示 80 条信息 ,每条信息最多 4 个变量的状态 ,显示的文字可以在五种文字(英文、德文、法文、意大利文和西班牙文)中任选一种。过程参数可在显示器上显示 ,并随时修改。TD 200 面板上的 8 个可编程序的功能键 ,每个都已分配了一个存储器位 ,这些功能键在启动和测试系统时 ,可以进行参数设置和诊断。

8.1.3 技术性能

下面以 S7 - 200 CPU214 为例说明 PLC 的技术性能。技术性能分为 :一般性能 ,见表 8 - 3 ;功能特性(基本单元) ,见表 8 - 4 ;输入性能 ,见表 8 - 5 ;输出性能 ,见表 8 - 6 ;其他性能 ,见表 8 - 7。

表 8 - 3 一般性能

电源	AC 120 ~ 230 V 单相 47 ~ 63 Hz				
电源波动	AC 85 ~ 264 V				
环境温度	水平安装 0 ~ 55 垂直安装 0 ~ 45				
环境湿度	5% ~ 95%(RH 容限度 2 至 IEC1131 - 2)				
大气压	860 ~ 1080 hPa				
保护等级	IP20 到 IEC529				
输出给传感器的电压 • 额定值 • 允许范围	24 VDC 20.4 ~ 28.8 V				
输出电流 • 额定值 • 短路保护	280 mA 电子 ,无锁				
型号	DC	继电器 P 型	继电器 N 型	AC 24 V 输入	AC 120 V 输入
输入电流	8.5 mA	4.5 mA		4.5 mA	
冲击电流	10 A	20 A		20 A	
功率损耗	8 W	9 W		11 W	
扩展模块的输出电流	660 mA	660 mA		560 mA	

表 8 - 4 功能特性

编程语句	STEP 7 - Micro/DOS ,STEP 7 - Micro/WIN
程序结构	一个结构块(支持子程序)
执行速度	平均 0. μ 指令
程序扫描	• 自由周期(OB1)

(续表 8-4)

本机 I/ • 数字输入 • 数字输出 • 模拟电位器 可连接的 I/ • 数字 I/ • 模拟 I/O 扩展	14 其中 4 个点可用于过程中断 8 个点可用于高速功能 10 其中 2 个点可用于本机功能 2 个 ,分辨率 1/2000 最多 62 个输入和 58 个输出(包括本机输入输出) 12 个输入和 4 个输出 7 个扩展模块(数字量或模拟量)
--	---

表 8-5 输入性能

型号	DC	继电器 P 型	继电器 N 型	AC 24 V 输入	AC 120 V 输入
本机输入点	14	14		14	
隔离 • 组点数	光耦 8 和 6	光耦 8 和 6		光耦 14	
输入电压 • 额定值 • “ 1 ”信号 • “ 0 ”信号	24 VAC 15 ~ 35 V 0 ~ 5 V	24 VDC 24 VDC 15 ~ 35 V - 35 ~ 15 V 0 ~ 5 V - 5 ~ 0 V		24 VAC 120 VAC 15 ~ 30 V 79 ~ 135 V 0 ~ 5 V 0 ~ 5 V	
输入电流 • “ 1 ”信号	7 mA	7 mA		7 mA	
输入延时 • 标准输入 • 中断输入 • 对于高速计数器 • 对于高速计数器 1、2	0.2 ms 0.16/0.2 ms 0.16/0.2 ms 30/7 μ		μ	10/15 ms	

表 8-6 输出性能

型号	DC	继电器 P 型	继电器 N 型	AC24 V 输入	AC120 V 输入
本机输出点数	10(晶体管)	10(继电器)		10(可控硅)	
隔离 • 组点数	光耦 5	光耦 4 和 3		光耦 3 和 2	
额定负载电压 • 允许范围	24 VDC 20 ~ 28.8 VDC	24 VDC/24 ~ 230 VAC 5 ~ 30 VDC/20 ~ 250 VAC		24 ~ 230 VAC 20 ~ 264 VAC	
输出电压 • “ 1 ”信号	L + ~ 1.8 V	L + /L1		L1 ~ 1.5 V	
最大输出电流 • “ 1 ”信号时 40°额定值 50°额定值 最小电流 • “ 0 ”信号时	0.75 A 0.5 A — 0.1 mA	2 A 2 A — 0 mA		1.2 A 1.0 A 10 mA 2.0 mA	
触点开关容量 • 阻性负载 • 感性负载 • 灯负载	0.75 A 0.75 A 5 W	2 A 2 A 30/200 W(DC/AC)		1.2 A 1.2 A 125 W	

表 8-7 其他性能

类 型	数字量扩展模块			模拟量扩展模块		
型号	EM221	EM222	EM223	EM231	EM232	EM235
输入点	8 点	无	4/8/16 点	3 点	无	3 点
输出点	无	8 点	4/8/16 点	无	2 点	1 点
隔离组点数	8 点	2 点	4 点	无	无	无
输入电压	24 VDC		24 VDC			
输出电压		24 VDC 或 24 ~ 230 VAC	24 VDC 或 24 ~ 230 VAC			
A/D 转换时间				< 25 μ s		μ s
分辨率				12 bit A/D 转换	电压 :12 bit 电流 :11 bit	12bit A/D 转换

8.1.4 结构特点

S7-200 系列 PLC 属于整体式(单元式)结构,其特点是非常紧凑。它将所有的模板都装入一个机体内,构成一个整体。这样体积小,成本低,安装方便。整体式 PLC 可以直接装入机床或电控柜中,它是机电一体化特有产品。例如,S7-200 系列 PLC,在一个机体内集中了 CPU 板、输入板、输出板、电源板等。

应当指出的是,小型可编程控制器的最新发展也开始吸收模块式的特点。各种不同点数的 PLC 都做成同宽同高不同长度的模块,这样几个模块拼装起来后就成了一个整齐的长方体结构。西门子 S7-200 系列 PLC 就是采用这种结构。

8.2 S7-200 系列可编程控制器内的元器件

PLC 的逻辑指令一般都是针对 PLC 内某一个元器件状态而言的,这些元器件的功能是相互独立的,每种元器件用一定的字母来表示,例如 I 表示输入继电器,Q 表示输出继电器,T 表示定时器,C 表示计数器,AC 表示累加器等等,并对这些元器件给予一定的编号。这种编号是采用八进制数码,即元件状态存放在指定地址的内存单元中,供编程时调用。在编制用户程序时,必须熟悉每条指令涉及的元器件的功能及其规定编号。为此,在介绍 S7-200 系列 PLC 指令系统之前,将主要使用的元器件作一介绍。

8.2.1 输入继电器 I

输入继电器是 PLC 中专门用来接收从外部敏感元件或开关元件发来的信号。它与 PLC 的输入端子相连,可以提供许多(无限制)常开常闭触点,供编程时使用(实质上是调用该元件的状态)。

输入点的状态,在每次扫描周期开始时采样,采样结果以“1”或“0”的方式写入输入映像寄存器,作为程序处理时输入点状态“通”或“断”的根据。

S7-200 系列 PLC 的指令集还支持直接访问实际 I/O。使用立即输入指令时,绕过输入映像寄存器(PII)直接读取输入端子上的通、断状态,且不影响 PII 的状态。

输入继电器采用“字节.位”编址方式。CPU212、CPU214、CPU215 及 CPU216 输入映像寄存器地址编码如图 8-1 所示。

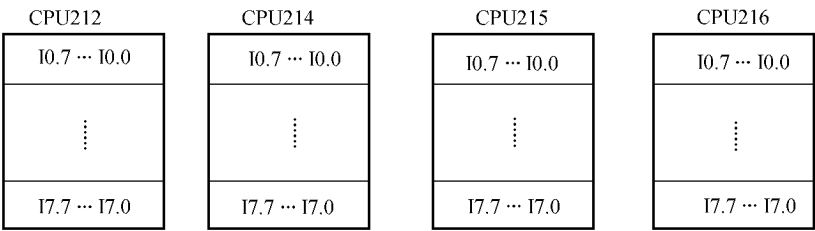


图 8-1 输入映像寄存器

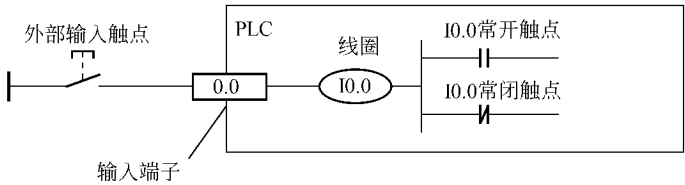


图 8-2 输入继电器电路

图 8-2 表示编号为 I0.0 的输入继电器的等效电路图,由输入按钮信号驱动,其常开、常闭点供编程时使用。编程时应注意,输入继电器只能由外部信号所驱动,而不能在程序内部用指令来驱动,其触点也不能直接输出带动负载。

8.2.2 输出继电器 Q

PLC 的输出端子是 PLC 向外部负载发出控制命令的窗口。输出继电器的外部输出触点(继电器触点、晶体管或双向可控硅元件)接到输出端子,以控制外部负载。其内部的软触点使用次数不限。

在每次扫描周期的最后,CPU 才以批处理方式将输出映像寄存器(PIQ)的内容传送到输出端子去驱动外部负载。

使用立即输出指令时,除影响输出映像寄存器相应 bit 位的状态外,还立即将其内容传送到实际输出端子去驱动外部负载。

输出继电器采用“字节.位”编址方式。CPU212、CPU214、CPU215 及 CPU216 输出映像寄存器编号如图 8-3 所示。

输出继电器由程序执行结果所激励,它只有一对触点输出,直接带动负载。这对触点的状态对应于输出刷新阶段锁存电路的输出状态。同时,它还有无数对供编程使用的内部常开、常闭触点。内部使用的常开、常闭触点对应输出映像寄存器中该元件的状态(内存中)。图 8-4 是输出继电器 Q0.0 的等效电路。

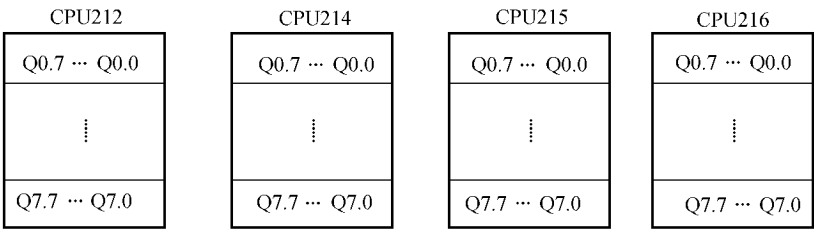


图 8-3 输出映像寄存器

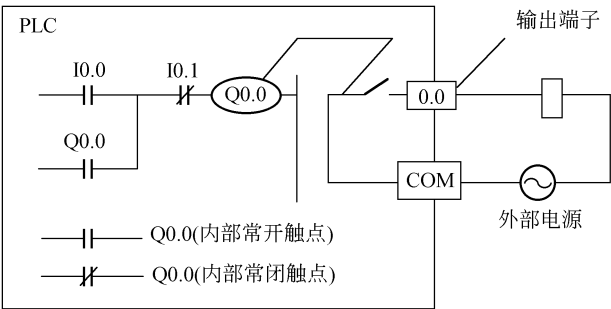


图 8-4 输出继电器电路

8.2.3 变量寄存器 V

S7-200 系列 PLC 有较大容量的变量寄存器。用于模拟量控制、数据运算、设置参数等用途。变量寄存器可以 bit 为单位使用,也可按字节、字、双字为单位使用。其数目取决于 CPU 的型号,CPU 212 为 V0.0 ~ V1023.7,CPU 214 为 V0.0 ~ V4095.7,CPU 215/216 为 V0.0 ~ V5119.7。

8.2.4 辅助继电器 M

在逻辑运算中经常需要一些中间继电器,这些继电器并不直接驱动外部负载,只起到中间状态的暂存作用。在 S7-200 系列 PLC 中,中间继电器也称内部标志位(Marker)。CPU 型号不同其数量也不同,如 CPU212 中有辅助继电器 M 共 16 Byte(即 128 bit),而 CPU214 以上则有 32 Byte(即 256 bit)。

辅助继电器电路如图 8-5 所示。

辅助继电器 M 与 I/O 一样也采用“ 字节. 位 ”编址方式,例如,M10.3 中 M 为元件符号,10 为字节号,3 为位编号(位编号可为 0 ~ 7)。

辅助继电器一般以位为单位使用,即等同于一个中间继电器。也可以字节、字、双字为单位,作存储

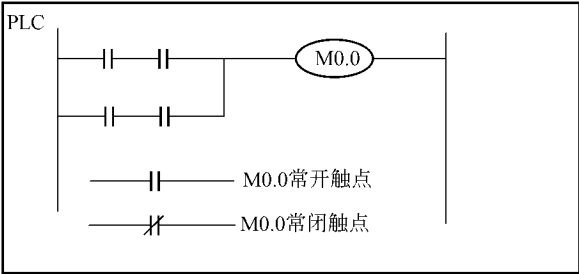


图 8-5 辅助继电器电路

数据用。但建议用户存储数据时使用变量寄存器 V。

辅助继电器 M 的数目取决于 CPU 的型号 ,CPU 212 为 M0.0 ~ M15.7/MB0 ~ MB15 , CPU 214/215/216 为 M0.0 ~ M31.7/MB0 ~ MB31。

8.2.5 特殊标志位 SM

特殊标志位 (SM)是用户程序与系统程序之间的界面 ,为用户提供一些特殊的控制功能及系统信息 ,用户对操作的一些特殊要求也可通过 SM 通知系统。特殊标志位的数目取决于 CPU 的型号 ,CPU212 为 SM0.0 ~ SM45.7 ,CPU214 为 SM0.0 ~ SM85.7 ,CPU215/ CPU216 为 SM0.0 ~ SM194.7。特殊标志位分为只读区和可读/可写区两大部分 ,如表 8-8 所示(以 CPU212、CPU214 为例)。

表 8-8 特殊标志位

	CPU212	CPU214
SM 只读区	SM0.7 ... ,SM0.0	SM0.7 ... ,SM0.0
	⋮ ⋮	⋮ ⋮
	SM29.7 ... ,SM29.0	SM29.7 ... ,SM29.0
SM 可读/可写区	SM30.7 ... ,SM30.0	SM30.7 ... ,SM30.0
	⋮ ⋮	⋮ ⋮
	SM45.7 ... ,SM45.0	SM85.7 ... ,SM85.0

- 在只读区的特殊标志位 ,用户只能利用其触点。例如 :
- SM0.0 RUN 监控 ,PLC 在 RUN 状态时 ,SM0.0 总为 1。
 - SM0.1 初始脉冲 ,PLC 由 STOP 转为 RUN 时 ,SM0.1 ON 一个扫描周期。
 - SM0.2 当 RAM 中保存的数据丢失时 ,SM0.2 ON 一个扫描周期。
 - SM0.3 PLC 上电进入 RUN 状态时 ,SM0.3 ON 一个扫描周期。
 - SM0.4 分脉冲 ,占空比为 50% ,周期为 1 min 的脉冲串。
 - SM0.5 秒脉冲 ,占空比为 50% ,周期为 1 s 的脉冲串。
 - SM0.6 扫描时钟 ,一个扫描周期为 ON ,下一个周期为 OFF ,交替循环。
 - SM0.7 指示 CPU 上 MODE 开关的位置 ,0 = TERM ,1 = RUN ,通常用来在 RUN 状态下启动自由口通信方式。

又如 :SMB28 和 SMB29 分别对应模拟调节器 0 和 1 的当前值 ,数值范围为 0~255。用户用起子旋动调节器也就改变了 SMB28/SMB29 的值。在程序中恰当地安排 SMB28/ SMB29 就可以方便地修改某些设定值。

可读/可写特殊标志位用于特殊控制功能。例如 :用于自由通信口设置的 SMB30 ,用于定时中断间隔时间设置的 SMB34/SMB35 ,用于高速计数器设置的 SMB36 ~ SMB65 ,用于脉冲串输出控制的 SMB66 ~ SMB85 ,其使用详情在各对应功能指令解释时加以说明。

8.2.6 定时器 T

PLC 中的定时器的作用相当于时间继电器。定时器的设定值由程序赋予。每个定时

器有一个 16 bit 的当前值寄存器以及一个状态 bit 称为 T - bit ,如图 8 - 6 所示。

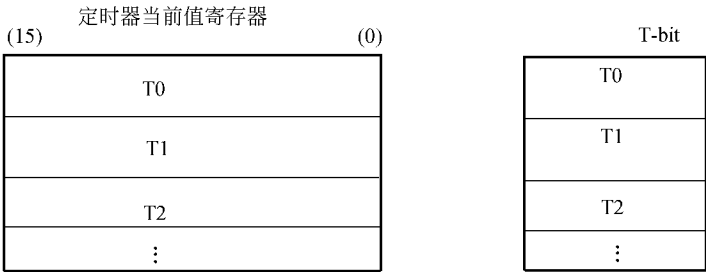


图 8 - 6 PLC 中的定时器

定时器的数目取决于 CPU 的型号 ,CPU 212 为 T0 ~ T63 ,CPU 214 为 T0 ~ T127 ,CPU 215/CPU216 为 T0 ~ T255。定时器的定时精度分别为 1 ms、10 ms 和 100 ms 三种 ,可由用户编程时确定。表 8 - 9 列出了定时器有关技术指标。

表 8 - 9 定时器有关技术指标

型号	CPU212	CPU214	CPU215	CPU216
定时器	64 T0 ~ T63	128 T0 ~ T127	256 T0 ~ T255	256 T0 ~ T255
保持型延时通定时器 1 ms	T0	T0 ,T64	T0 ,T64	T0 ,T64
保持型延时通定时器 10 ms	T1 ~ T4	T1 ~ T4 T65 ~ T68	T1 ~ T4 T65 ~ T68	T1 ~ T4 T65 ~ T68
保持型延时通定时器 100 ms	T5 ~ T31	T5 ~ T31 T69 ~ T95	T5 ~ T31 T69 ~ T95	T5 ~ T31 T69 ~ T95
延时通定时器 1 ms	T32	T32 ,T96	T32 ,T96	T32 ,T96
延时通定时器 10 ms	T33 ~ T36	T33 ~ T36 T97 ~ T100	T33 ~ T36 T97 ~ T100	T33 ~ T36 T97 ~ T100
延时通定时器 100 ms	T37 ~ T63	T37 ~ T63 T101 ~ T127	T37 ~ T63 T101 ~ T255	T37 ~ T63 T101 ~ T255

8.2.7 计数器 C

计数器的结构与定时器基本一样。其设定值在程序中赋予。它有一个 16 bit 的当前值寄存器及一个状态 bit 称为 C - bit。计数器用来数输入端子或内部元件送来的脉冲数。一般计数器的计数频率受扫描周期的影响 ,不可以太高。高频信号的计数可用指定的高速计数器(HSC)。计数器数目也取决于 CPU 型号 ,CPU212 为 C0 ~ C63 ,CPU214 为 C0 ~ C127 , CPU215/216 为 C0 ~ C255。

8.2.8 高速计数器 HSC

高速计数器的区域地址符为 HC。与高速计数器对应的数据只有 1 个 ,即计数器当前值。它是一个带符号的 32 位(bit)的双字类型的数据。

目前 ,CPU212 中只有 1 个高速计数器 ,用 HC0 表示 ;CPU214 ~ CPU216 中有 3 个高速

计数器,分别用 HC0 ~ HC2 表示,对应的数据共占用 12 个字节。

高速计数器的编程是比较复杂的,请参阅功能指令一章中相关内容。

8.2.9 累加器 AC

S7-200 系列 PLC 提供 4 个 32 bit 累加器(AC0 ~ AC3)。累加器支持字节(B)、字(W)和双字(D)的存取。以字节或字为单位存取累加器时,是访问累加器的低 8 位或低 16 位。

8.2.10 状态元件 S

状态元件 S 是使用步进控制指令编程时的重要元件,通常与步进指令 LSCR、SCRT、SCRE 结合使用,实现顺序功能流程图编程即 SFC(Sequential Function Chart)编程。状态元件的数目取决于 CPU 型号。例如:CPU 212 中 S 元件的数目为 S0.0 ~ S7.7,CPU 214 中 S 元件的数目为 S0.0 ~ S15.7,CPU 215/216 中 S 元件的数目为 S0.0 ~ S31.7。

8.2.11 模拟量输入/输出(AIW/AQW)

模拟量信号经 A/D、D/A 转换,在 PLC 外为模拟量,在 PLC 内为数字量。在 PLC 内的数字量字长为 16 bit,即 2 Bytes,故其地址均以偶数表示,如 AIW0、2、4、...;AQW0、2、4、...。地址范围:AIW0 ~ AIW30,AQW0 ~ AQW30。

复习思考题 8

- 8-1 为什么 PLC 的触点可以使用无数次?
- 8-2 PLC 中的锂电池保护 PLC 中哪些内容?
- 8-3 说明 PLC 中所使用的主要元器件。
- 8-4 说明特殊标志位的功能并举例应用。

可编程控制器的基本指令

梯形图(LAD)和指令表(STL)是可编程控制器最基本的编程语言。梯形图直接脱胎于传统的继电器控制系统 ,其符号及规则充分体现了电气技术人员的读图及思维习惯 ,简洁直观。即便是没学习过计算机技术的人也极易接受。指令表则是可编程控制器最基础的编程语言。本章以 S7 - 200 系列 PLC 的指令系统为例 ,说明指令的含义、梯形图的编制方法及对应的指令表形式。

9.1 可编程控制器的逻辑指令简介

SIMATIC S7 - 200 系列 PLC 共有 27 条逻辑指令 ,现按用途分类如下 :

9.1.1 逻辑取及线圈驱动指令 LD(Load) LDN(Load Not) =(Out)

LD(Load) :常开触点逻辑运算开始。

LDN(Load Not) :常闭触点逻辑运算开始。

=(Out) 线圈驱动。

图 9 - 1 所示梯形图及指令表表示上述三条基本指令的用法。

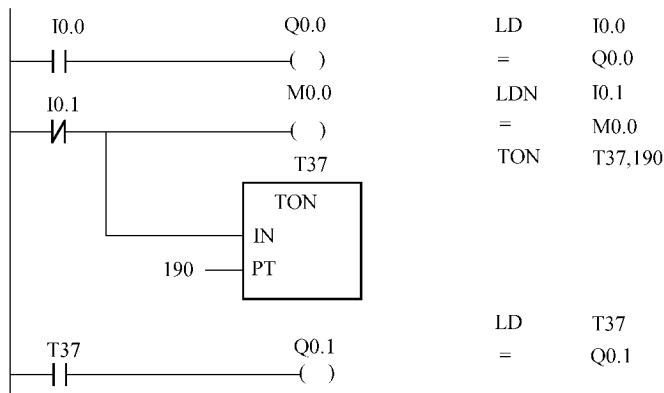


图 9 - 1 LD、LDN、= 电路

LD、LDN、= 指令使用说明 :

① LD、LDN 指令用于与输入公共线(输入母线)相连的触点 ,也可以与 OLD、ALD 指令配合使用于分支回路的开头。

② = 指令用于输出继电器、辅助继电器、定时器及计数器等 ,但不能用于输入继电器。

③ 并联的 = 指令可以连续使用任意次。

④ LD、LDN 的操作数 :I ,Q ,M ,SM ,T ,C ,V ,S。 OUT 的操作数 :Q ,M ,SM ,T ,C ,V ,S。

9.1.2 触点串联指令 A(And)、AN(And Not)

A(And) :常开触点串联连接。
AN(And Not) :常闭触点串联连接。

图 9 - 2 所示梯形图及指令表表示了上述两条基本指令的用法。

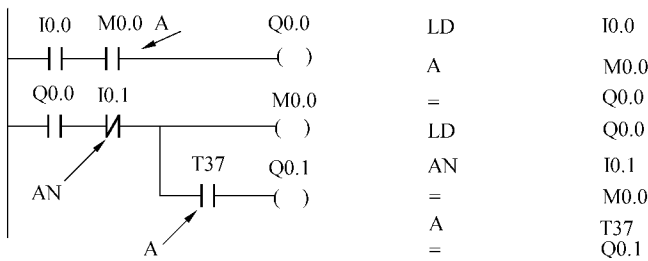


图 9 - 2 A、AN 电路

A、AN 指令使用说明：

- ① A、AN 是单个触点串联连接指令 ,可连续使用。
- ② 若要串联多个触点组合回路时 ,须采用后面说明的 ALD 指令。
- ③ 若按正确次序编程 ,可以反复使用 = 指令 ,如图 9 - 2 中 ,= Q0.1。但如果按图 9 - 3 次序编程就不能连续使用 = 指令。

④ A、AN 的操作数 :I ,Q ,M ,SM ,T ,C ,V ,S。

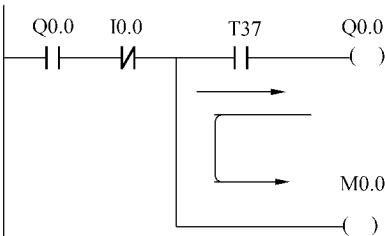


图 9 - 3 错误次序电路

9.1.3 触点并联指令 O(Or)、ON(Or Not)

O(Or) :常开触点并联连接。
ON(Or Not) :常闭触点并联连接。

图 9 - 4 所示梯形图及指令表表示了 O 及 ON 指令的用法。

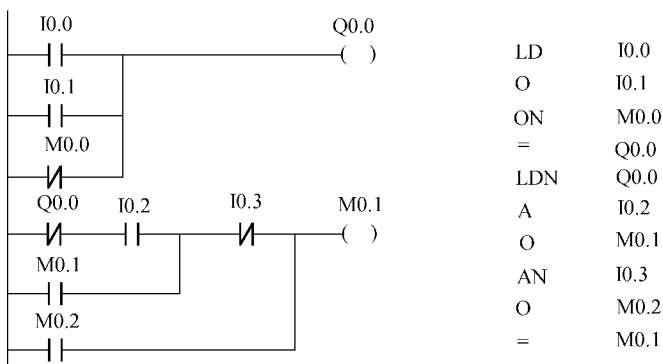


图 9 - 4 O、ON 电路

O、ON 指令使用说明：

- ①O、ON 指令可作为一个接点的并联连接指令 ,紧接在 LD、LDN 指令之后用 ,即对其前面 LD、LDN 指令所规定的触点再并联一个触点 ,可以连续使用。
- ②若要将两个以上触点的串联回路和其他回路并联时 ,须采用后面说明的 OLD 指令。
- ③O、ON 的操作数 :I ,Q ,M ,SM ,T ,C ,V ,S。

9.1.4 串联电路块的并联指令 OLD

OLD(Or Load) ,用于串联电路块的并联连接。使用 OLD 指令 ,如图 9 - 5 所示。

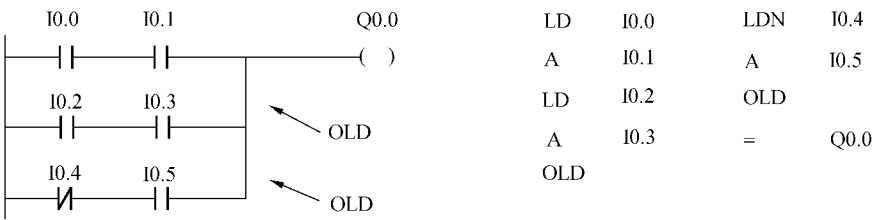


图 9 - 5 OLD 电路

OLD 指令使用说明 :

- ①几个串联支路并联连接时 ,其支路的起点以 LD、LDN 开始 ,支路终点用 OLD 指令。
- ②如需将多个支路并联 ,从第二条支路开始 ,在每一支路后面加 OLD 指令。用这种方法编程 ,对并联支路的个数没有限制。
- ③OLD 指令无操作数。

9.1.5 并联电路块的串联指令 ALD

ALD(And Load) ,用于并联电路块的串联连接。使用 ALD 指令 ,如图 9 - 6 所示。

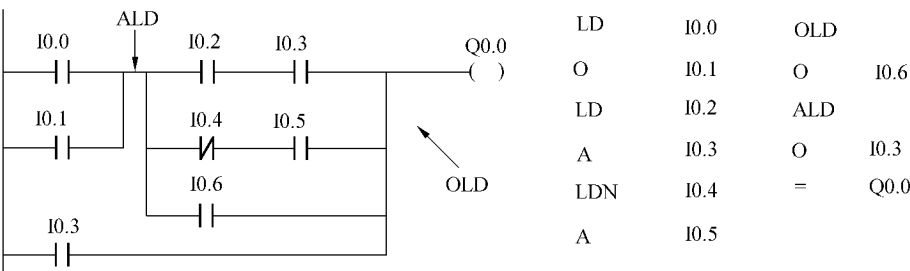


图 9 - 6 ALD 电路

ALD 指令使用说明 :

- ①分支电路(并联电路块)与前面电路串联连接时 ,使用 ALD 指令。分支的起始点用 LD、LDN 指令 ,并联电路块结束后 ,使用 ALD 指令与前面电路串联。
- ②如果有多个并联电路块串联 ,顺次以 ALD 指令与前面支路连接 ,支路数量没有限制。
- ③ALD 指令无操作数。

9.1.6 置位/复位指令 S/R

置位/复位指令功能如表 9-1 所示。

表 9-1 S/R 指令表

STL	LAD	功 能
S S- BIT ,N	S- BIT ——(S) N	从 S- BIT 开始的 N 个元件置 1 并保持
R S- BIT ,N	S- BIT ——(R) N	从 S- BIT 开始的 N 个元件清 0 并保持

如图 9-7 所示例子 ,I0.0 的上升沿令 Q0.0 接通并保持 ,即使 I0.0 断开也不再影响 Q0.0。I0.1 的上升沿使 Q0.0 断开并保持断开状态 ,直到 I0.0 的下一个脉冲到来。

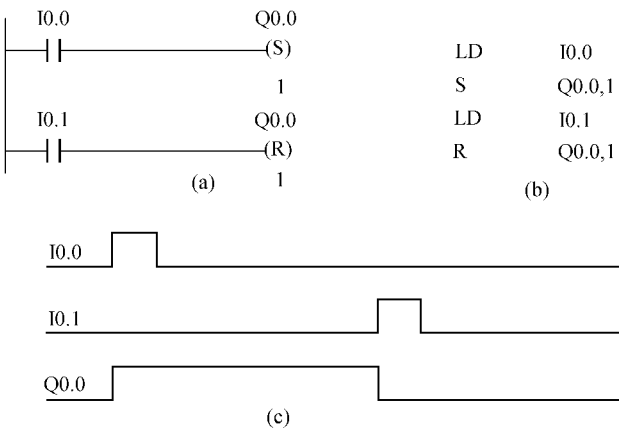


图 9-7 S/R 指令应用示例
(a) 梯形图 ;(b) 指令表 ;(c) 时序图

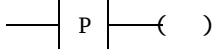
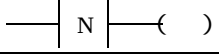
对同一元件可以多次使用 S/R 指令(与 = 指令不同)。实际上图 9-7 所示的例子组成一个 S- R 触发器 ,当然也可把次序反过来组成 R - S 触发器。但要注意 ,由于是扫描工作方式 ,故写在后面的指令有优先权。如此例中 ,若 I0.0 和 I0.1 同时为 1 ,则 Q0.0 为 0。R 指令写在后因而有优先权。

S/R 指令的操作数：Q ,M ,SM ,V ,S。

9.1.7 脉冲生成指令 EU/ED

脉冲生成指令如表 9-2 所示。

表 9-2 脉冲生成指令

STL	LAD	功 能	操作元件
EU(Edge Up)		上升沿微分输出	无
ED(Edge Down)		下降沿微分输出	无

EU 指令在对应 EU 指令前的逻辑运算结果有一个上升沿时(由 OFF 到 ON)产生一个宽度为一个扫描周期的脉冲 ,驱动其后面的输出线圈 ,对应图 9-8 所示例子 ,即为当 I0.0 有上升沿时 ,EU 指令产生一个宽度为一个扫描周期的脉冲 ,驱动其后的输出线圈 M0.0。

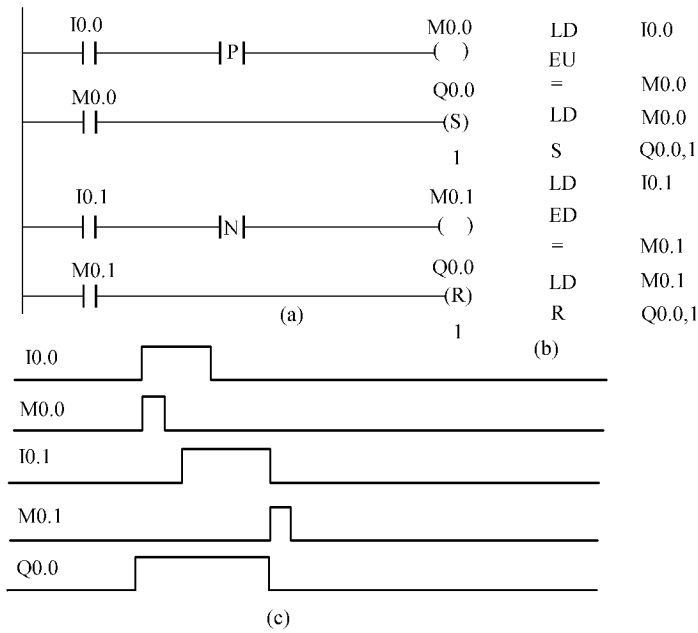


图 9-8 脉冲生成指令应用示例
(a) 梯形图 ;(b) 指令表 ;(c) 时序图

而 ED 指令则在对应输入(I0.1)有下降沿时产生一宽度为一个扫描周期的脉冲 ,驱动其后的输出线圈(M0.1)。

规范的宽度为一个扫描周期的脉冲常常用作后面应用指令的执行条件。

9.1.8 逻辑堆栈的操作

S7-200 系列 PLC 中有一个 9 层堆栈 ,用于处理所有逻辑操作 ,称为逻辑堆栈。

ALD 指令 :ALD 指令把逻辑堆栈第一、第二级的值作“ 与 ”操作 ,结果置于栈顶。ALD 执行后堆栈减少一级。

OLD 指令 :OLD 指令把逻辑堆栈第一、第二级的值作“ 或 ”操作 ,结果置于栈顶。OLD 执行后堆栈减少一级。

LPS 指令 :LPS 指令把栈顶值复制后压入堆栈 ,栈底值压出丢失。

LRD 指令 :LRD 指令把逻辑堆栈第二级的值复制到栈顶 ,堆栈没有压入和弹出。
LPP 指令 :LPP 指令把堆栈弹出一级 ,原第二级的值变为新的栈顶值。
图 9 - 9 所示为逻辑堆栈指令的操作。

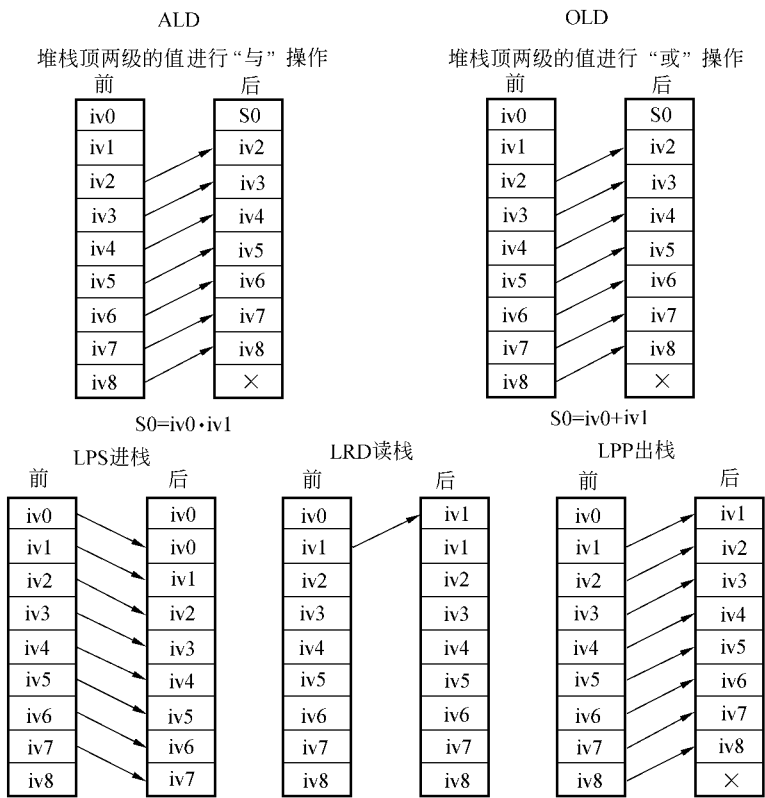


图 9 - 9 执行 ALD、OLD、LPS、LRD、LPP 指令对逻辑堆栈的影响

图 9 - 10 所示的例子可以说明这几条指令的作用。其中仅用了 2 层栈 ,实际上因为逻辑堆栈有 9 层 ,故可以连续使用多次 LPS 形成多层分支。但要注意 ,LPS 和 LPP 必须配对使用。

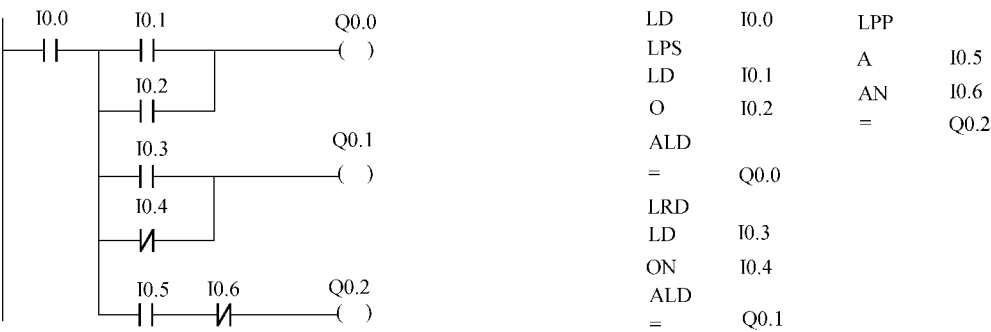


图 9 - 10 LPS、LRD、LPP 指令应用示例

9.1.9 定时器

S7-200 系列 PLC 按工作方式分有两大类定时器：

TON——延时通定时器(On Delay Timer)。

TONR——保持型延时通定时器(Retentive On Delay Timer)。

图 9-11 为延时通定时器指令应用示例。

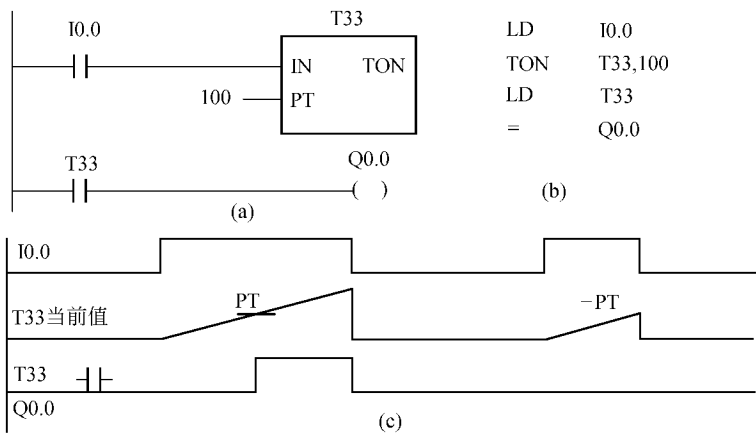


图 9-11 延时通定时器指令应用示例
(a) 梯形图 ;(b) 指令表 ;(c) 时序图

每个定时器均有一个 16bit 当前值寄存器及一个 1 bit 的状态位——T - bit(反映其触点状态)。在图 9-11 所示例中 ,当 I0.0 接通时 ,即驱动 T33 开始计时(数时基脉冲) ,计时到设定值 PT 时 ,T33 状态 bit 置 1 ,其常开触点接通 ,驱动 Q0.0 有输出 ;其后当前值仍增加 ,但不影响状态 bit。当 I0.0 分断时 ,T33 复位 ,当前值清 0 ,状态 bit 也清 0 ,即回复原始状态。若 I0.0 接通时间未到设定值就断开 ,则 T33 跟随复位 ,Q0.0 不会有输出。

当前值寄存器为 16bit ,最大计数值为 32767 ,由此可推算不同分辨率的定时器的设定时间范围。

按时基脉冲分 ,则有 1 ms、10 ms、100 ms 三种定时器。详细元件类型与元件号对应关系如表 8-9 所示。

图 9-12 为保持型延时通定时器指令应用示例。

对于保持型延时通定时器 T3 ,则当输入 IN 为 1 时 ,定时器计时(数时基脉冲) ;当 IN 为 0 时 ,其当前值保持(不像 TON 一样复位) ;下次 IN 再为 1 时 ,T3 当前值从原保持值开始再往上加 ,将当前值与设定值 PT 作比较 ,当前值大于等于设定值时 ,T3 状态 bit 置 1 ,驱动 Q0.0 有输出 ;以后即使 IN 再为 0 也不会使 T3 复位 ,要令 T3 复位必须用复位指令。其程序及时序图如图 9-12 所示。

对于 S7-200 系列 PLC 的定时器 ,必须注意的是 :1 ms、10 ms、100 ms 定时器的刷新方式是不同的。

1 ms 定时器由系统每隔 1 ms 刷新一次 ,与扫描周期及程序处理无关 ,即采用中断刷新方式。因而 ,当扫描周期较长时 ,在一个周期内可能被多次刷新 ,其当前值在一个扫描周期

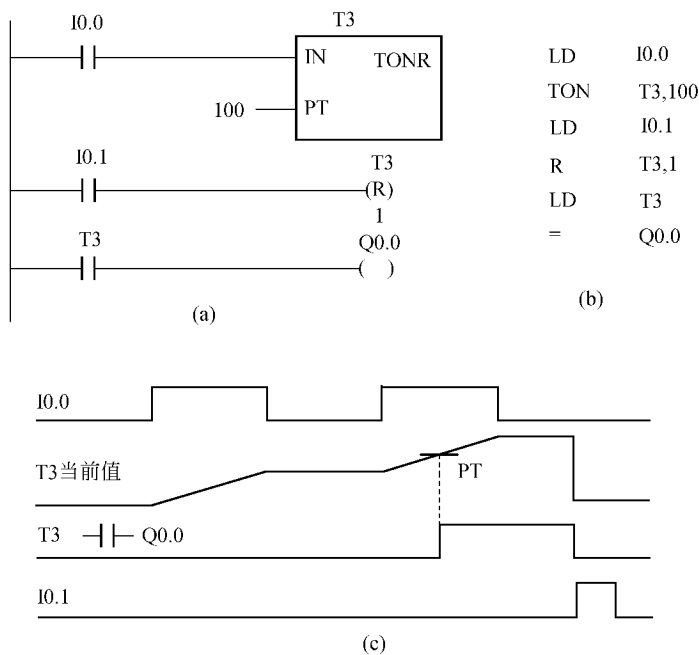


图 9-12 保持型延时通定时器指令应用示例
(a) 梯形图 ;(b) 指令表 (c) 时序图

内不一定保持一致。

10 ms 定时器则由系统在每个扫描周期开始时自动刷新。由于是每个扫描周期只刷新一次,故在每次程序处理期间,其当前值为常数。

100 ms 定时器则在该定时器指令执行时被刷新。因而要留意,如果该定时器线圈被激励而该定时器指令并不是每个扫描周期都执行,那么该定时器不能及时刷新,丢失时基脉冲,造成计时失准。如果同一个 100 ms 定时器指令在一个扫描周期中多次被执行,则该定时器就会多数时基脉冲,此时相当于时钟走快了。

图 9-13(a)所示的例子中,当用定时器本身的常闭触点作为本定时器的激励输入时,因为三种分辨率的定时器的刷新方式不同,所以程序的运行结果会不同。

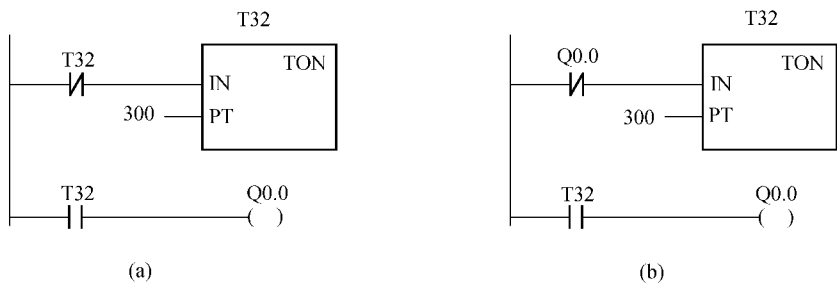


图 9-13 1 ms、10 ms、100 ms 定时器应用示例

对于 1 ms 定时器 ,若其当前值刚好在处理 T32 的常闭触点和处理 T32 的常开触点之间的时间内被刷新 ,则 Q0.0 可以接通一个扫描周期 ,但是这种情况出现的概率是很小的。

对于 10 ms 定时器 ,由于其当前值在扫描周期的开始时被刷新 ,因而 Q0.0 永远不可能为 ON。

对于 100 ms 定时器 ,则 Q0.0 总可以在 T32 计时(300 ms)到时接通一个扫描周期。

若换成图 9 - 13(b)的程序 ,则可正常工作。

9.1.10 计数器

S7 - 200 系列 PLC 有两种计数器 :

CTU——加计数器。

CTUD——加 /减计数器。

计数器的 STL、LAD 形式如表 9 - 3 所示。

表 9 - 3 计数器的 STL、LAD 形式

STL	LAD	操 作 数
CTU C × × × ,PV	C××× CTU CU R PV	C××× 0~255 PV : VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW , SMW ,AC ,AIW ,K ,* VD , * AC ,SW
CTUD C × × × ,PV	C××× CTUD CU CD R PV	CTU/CTUD 指令使用要点 : ①在 STL 形式中 ,CU、CD、R 的顺序不能错 ②CU、CD、R 信号可为复杂逻辑关系

每个计数器有一个 16 bit 的当前值寄存器及一个状态 bit——C - bit。CU 为加计数脉冲输入端 ,CD 为减计数脉冲输入端 ,R 为复位端 ,PV 为设定值。当 R 端为 0 时 ,计数脉冲有效 ;当 CU 端(CD 端)有上升沿输入时 ,计数器当前值加 1(减 1)。当计数器当前值大于或等于设定值时 ,C - bit 置 1 ,即其常开触点闭合。R 端为 1 时 ,计数器复位 ,即当前值清零 ,C - bit 也清零。计数范围为 - 32 768 ~ 32 768 ,当达到最大值 32 768 时 ,再来一个加计数脉冲 ,则当前值转为 - 32 768。同样 ,当达到最小值 - 32 768 时 ,再来一个减计数脉冲 ,则当前值转为最大值 32 768。程序及时序图如图 9 - 14 所示。

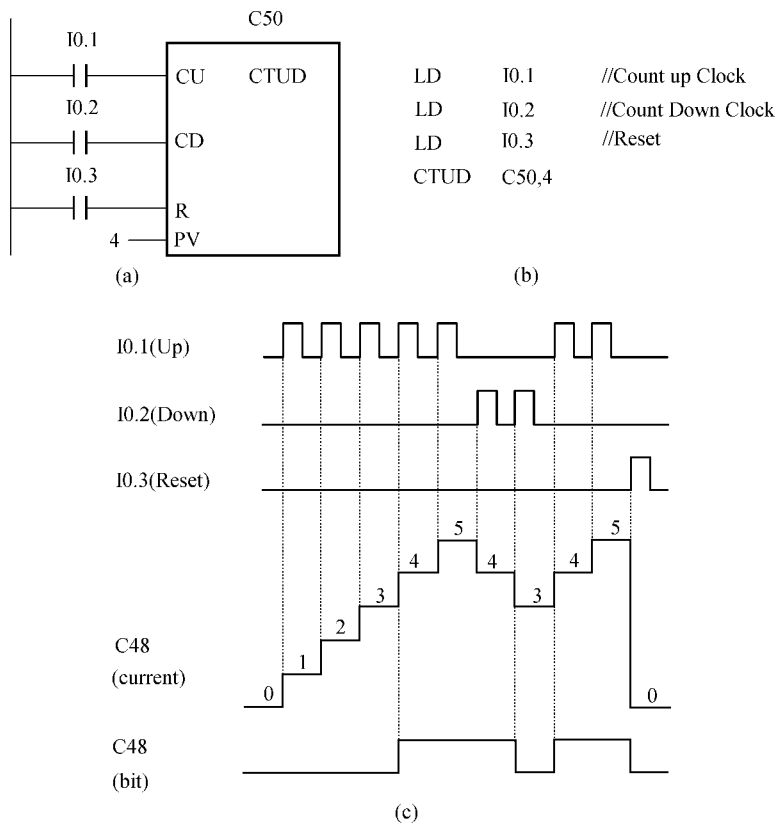


图 9-14 计数器应用示例
(a) 梯形图 ;(b) 指令表 ;(c) 时序图

9.1.11 NOT 及 NOP 指令

NOT 及 NOP 指令的形式及功能如表 9-4 所示。

表 9-4 NOT 及 NOP 指令			
STL	LAD	功 能	操作元件
NOT		逻辑结果取反	无
NOP		空操作	无

NOT 为逻辑结果取反指令 ,在复杂逻辑结果取反时为用户提供方便。NOP 为空操作 ,对程序没有实质影响。

9.1.12 比较指令

比较指令是将两个操作数按指定的条件作比较 ,条件成立时 ,触点就闭合。其 STL、LAD 形式及功能见表 9-5。比较指令为上、下限控制等提供了极大的方便。

表 9-5 比较指令的 STL、LAD 形式及功能

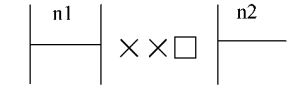
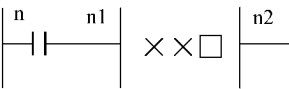
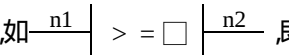
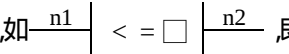
STL	LAD	功 能
L ☐ n2		比较触点接起始总线
LD ☐ n2		比较触点的“与”
LD ☐ n2		比较触点的“或”

表 9-6 中“ × × ”表示操作数 n1、n2 所需满足的条件：

= 等于比较，如 L ☐ n2，即 n1 = n2 时触点闭合；

> 大于等于比较，如 ，即 n1 > = n2 时触点闭合；

< 小于等于比较，如 ，即 n1 < = n2 时触点闭合；

“ ☐ ”表示操作数 n1、n2 的数据类型及范围：

B Byte，字节比较，如 LDB = IB2，MB2；

W Word，字的比较，如 AW > MW2，VW12；

D Double Word，双字的比较，如 OD < VD24，MDφ；

R Real，实数的比较（实数应存放在双字中，仅限于 CPU214 以上）。

9.2 程序控制指令

9.2.1 跳转指令及标号

JMP 跳转指令，把程序的执行跳转到指定的标号。执行跳转后，逻辑堆栈顶总为 1。

LBL 指定跳转的目标标号。

操作数 n 0 ~ 255。

表 9-6 所示为跳转指令及标号形式，图 9-15 为跳转指令及标号的例子。

必须强调的是，跳转指令及标号必须同在主程序内，或在同一子程序、同一中断服务程序内，不可由主程序跳转到中断服务程序或子程序中，也不可由中断服务程序或子程序跳转到主程序中。

表 9-6 跳转指令及标号形式

LAD	STL
n (JMP)	JMP n
n LBL	LBL n

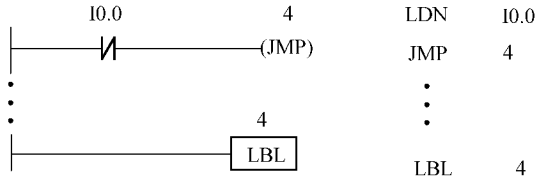


图 9-15 跳转指令及标号的例子

9.2.2 结束指令(END)

END :条件结束指令 ,执行条件成立(左侧逻辑值为 1)时结束主程序 ,返回主程序起点。
MEND :无条件结束指令 ,结束主程序 ,返回主程序起点。

表 9-7 所示为结束指令形式。
操作数 :无。

用户程序必须以无条件结束指令结束主程序。
条件结束指令用在无条件结束指令前结束主程序。

表 9-7 结束指令形式

LAD	STL
(END)	END
(END)	MEND

MEND 为无条件结束指令 ,在编程结束时一定要写上该指令 ,否则会出错 ;在调试程序时 ,在程序的适当位置插入 MEND 指令可以实现程序的分段调试。

必须指出的是 ,STEP7 - Micro/WIN32 没有无条件结束指令 ,但会自动加一无条件结束指令到每一个主程序的结尾。

9.2.3 停止指令(STOP)

STOP :停止指令 ,执行条件成立(左侧逻辑值为 1)时停止执行用户程序 ,令 CPU 状态由 RUN 转到 STOP。

表 9-8 所示为停止指令形式。
操作数 :无。

表 9-8 停止指令形式

LAD	STL
(STOP)	STOP

9.2.4 警戒时钟刷新指令(WDR)

WDR :警戒时钟刷新指令 ,WDR 把警戒时钟刷新 ,以延长扫描周期。

表 9-9 所示为警戒时钟刷新指令形式。
操作数 :无。

表 9-9 警戒时钟刷新指令形式

LAD	STL
(WDR)	WDR

使用警戒时钟刷新指令(WDR)时应注意 ,使用 WDR 指令应当非常小心 ,若在 FOR、

NEXT 循环中写入 WDR 指令 ,则可能使一次扫描的时间拖得很长。而在一次扫描结束之前 ,下面的处理是被禁止的 :

- ①通信(自由口通信除外)。
- ②I/O 刷新(直接 I/O 除外)。
- ③强制刷新。
- ④特殊标志位刷新(SM0 ,SM5 ~ SM29 均不可刷新)。
- ⑤运行时间诊断。
- ⑥扫描时间超过 25 s 时 ,10 ms、100 ms 定时器不能正确计时。
- ⑦不处理中断程序中的 STOP 指令。

注 若希望扫描周期超过 300 ms ,或希望中断时间超过 300 ms ,则必须用 WDR 指令。将模式开关拨到 STOP 位置 ,则 CPU 在 1.4s 内转到 STOP 状态。

STOP、END 和 WDR 指令应用示例见图 9 - 16。

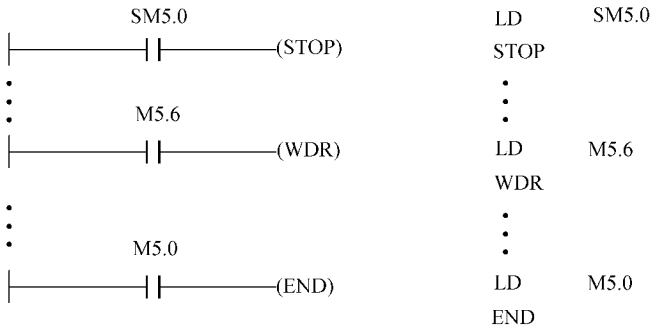


图 9 - 16 STOP、END 和 WDR 指令应用示例

- ①当检测到 I/O 出错时 ,强制转到 STOP 状态。
- ②当 M5.6 为 ON 时 ,刷新警戒时钟 ,延长扫描时间。
- ③当 M5.0 为 ON 时 ,结束主程序。

9.2.5 子程序调用、子程序入口和子程序返回指令

CALL 转子程序调用指令 ,CALL 将程序执行转到子程序 n 处。

SBR :子程序入口指令 ,SBR 标示 n 号子程序的开始位置。

CRET :子程序条件返回指令 ,CRET 条件成立时结束该子程序 ,返回原调用处。

RET :子程序无条件返回指令 ,RET 无条件结束该子程序 ,返回原调用处。子程序必须以本指令作结束。

表 9 - 10 所示为子程序调用、子程序入口和子程序返回指令形式。

表 9 - 10 子程序调用、子程序入口和子程序返回指令形式

LAD	STL
	CALL n
	SBR n
	CRET
	RET

操作数 n 0 ~ 63。

必须指出的是 ,STEP7 - Micro/WIN32 没有子程序无条件返回指令 ,但它会自动加一无条件返回指令到每一个子程序的结尾。

当子程序结束时 ,程序执行应返回原调用指令(CALL)的下一条指令。子程序可以嵌套 ,嵌套层数可达 8 层。 禁止自调用(子程序调用自己) ,但使用时应特别小心。

当一个子程序被调用时 ,整个逻辑堆栈另存别处 ,然后栈顶置 1 ,其余栈位置 0 ,程序执行转到被调用的子程序。子程序执行完毕 ,逻辑堆栈恢复原调用点的值 ,程序执行返回到主调用程序。因为调用子程序后 ,栈顶总为 1 ,所以跟随 SBR 指令后的输出线圈或功能框可直接接到梯形图左边母线上 ,在指令表中 ,跟在 SBR 后的 Load 指令可省略。

累加器值可在主、子程序间自由传递 ,调用子程序时无需对累加器作存储及重装操作。

9.2.6 中断程序标号、中断程序的返回指令

INT :中断程序标号 ,INT 标示 n 号中断程序的开始(入口)。

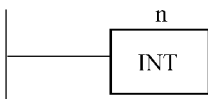
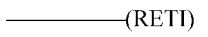
CRETI :中断程序条件返回指令 ,CRETI 根据前面逻辑条件决定是否返回。

RETI :中断程序无条件返回指令 ,RETI 是中断程序必备的结束指令。

表 9 - 11 所示为中断程序标号、中断程序的返回指令形式。图 9 - 17 为转子程序示例。操作数 n 0 ~ 127 (取决于 CPU 型号)。

必须指出的是 ,STEP7 - Micro/WIN32 没有中断程序无条件返回指令 ,但它会自动加一无条件返回指令到每一个中断程序的结尾。

表 9 - 11 中断程序标号、中断程序的返回指令

LAD	STL
	INT n
	CRETI
	RETI

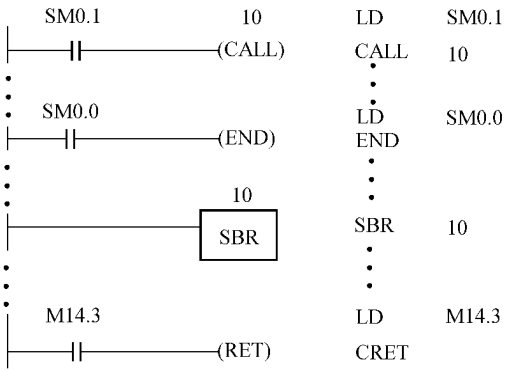


图 9 - 17 转子程序示例

9.2.7 开中断、关中断指令

ENI 开中断指令 ,ENI 允许所有中断事件中断。

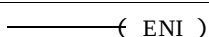
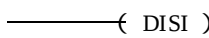
DISI 关中断指令 ,DISI 禁止所有中断事件中断。

操作数 :无。

表 9 - 12 所示为开中断、关中断指令形式。

CPU 进入 RUN 状态时 ,禁止中断。 但可通过执行 ENI 指令全面开放中断。 执行关中断指令 DISI 后 ,中断队列仍然会产生 ,但不执行中断程序。

表 9 - 12 开中断、关中断指令形式

LAD	STL
	ENI
	DISI

9.3 可编程控制器梯形图编程规则

9.3.1 两个基本概念

PLC 的梯形图编程中,应用了两个基本概念。

(1) 软继电器

PLC 的梯形图设计,主要是利用“软继电器”线圈的“吸—放”功能以及触点的“通—断”功能来进行的。实际上,PLC 内部并没有继电器那样的实体,只有内部寄存器中每位触发器。根据计算机对信息的“存—取”原理来读出触发器的状态,或在一定条件下改变它的状态。对“软继电器”的线圈定义号只能有一个,而对它的接点状态,可作无数次的读出,既可常开又可常闭。

(2) 能流

在梯形图中,并没有真实的电流流动。为了便于分析 PLC 的周期扫描原理以及信息存储空间分布的规律,假想在梯形图中有“电流”流动,这就是“能流”。“能流”在梯形图中只能作单方向流动——从左向右流动,层次的变化只能先上后下。

9.3.2 梯形图设计规则

①触点应画在水平线上,不能画在垂直分支上。如图 9-18 所示,图(a)中触点 3 被画在垂直线上,就难于正确识别它与其他触点间的关系,也难于判断通过触点 3 对输出线圈的控制方向。因此应根据自左至右、自上而下的原则和对输出线圈的几种可能控制路径画成如图(b)所示的形式。

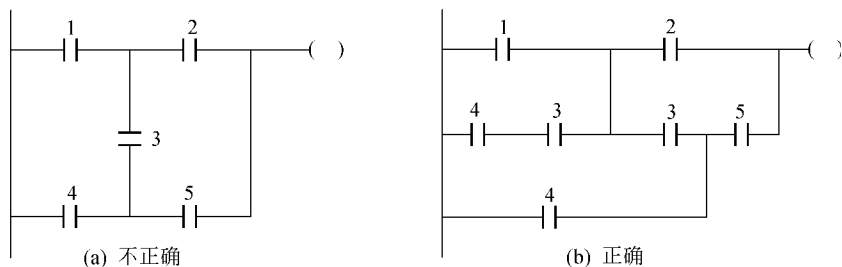


图 9-18 梯形图画法之一

②不包含触点的分支应放在垂直方向,不可放在水平位置,以便于识别触点的组合和对输出线圈的控制路径,如图 9-19 所示。

③在有几个串联回路相并联时,应将触点最多的那个串联回路放在梯形图的最上面。在有几个并联回路相串联时,应将触点最多的并联回路放在梯形图的最左面。这种安排所编制的程序简洁明了,指令较少,如图 9-20 所示。

④不能将触点画在线圈的右边,只能在触点的右边接线圈,如图 9-21 所示。

⑤图 9-22 所示为梯形图推荐画法之一。

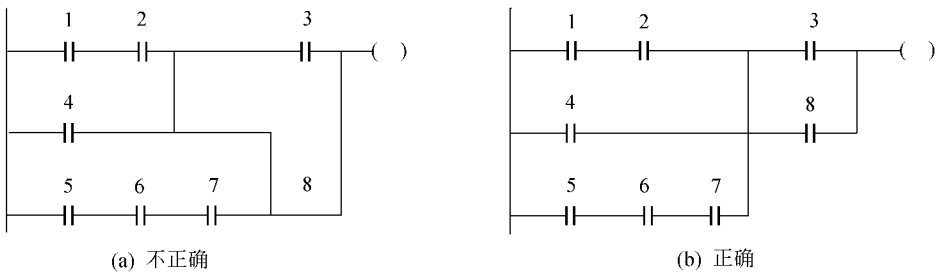


图 9-19 梯形图画法之二

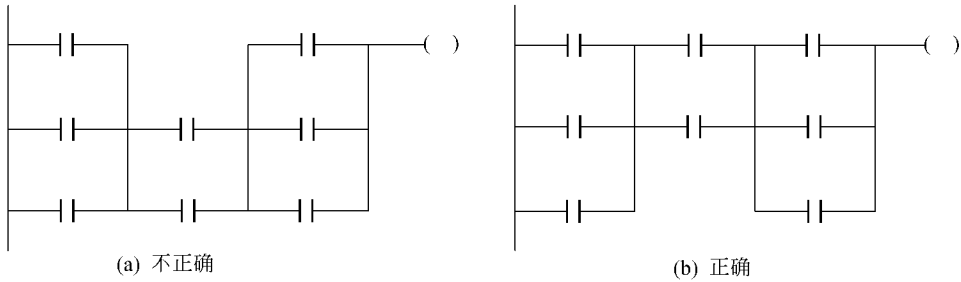


图 9-20 梯形图画法之三

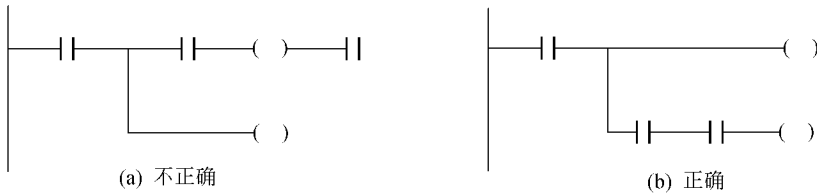


图 9-21 梯形图画法之四

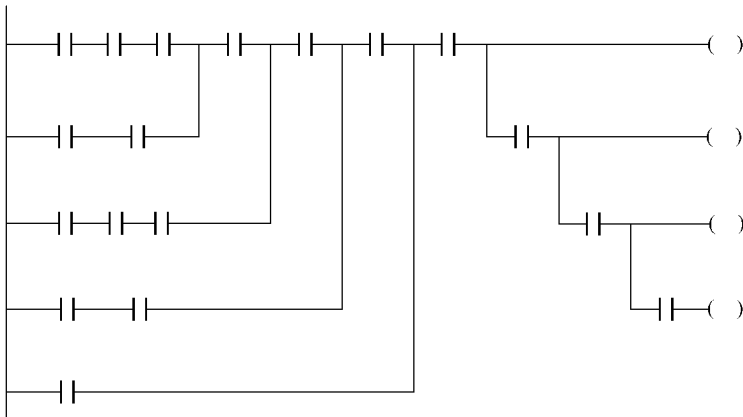


图 9-22 梯形图推荐画法之一

9.3.3 指令表编程规则

①利用 PLC 基本指令对梯形图编程时 ,务必按从左到右、自上而下的原则进行。图 9-23 阐明了所示梯形图的编程顺序。

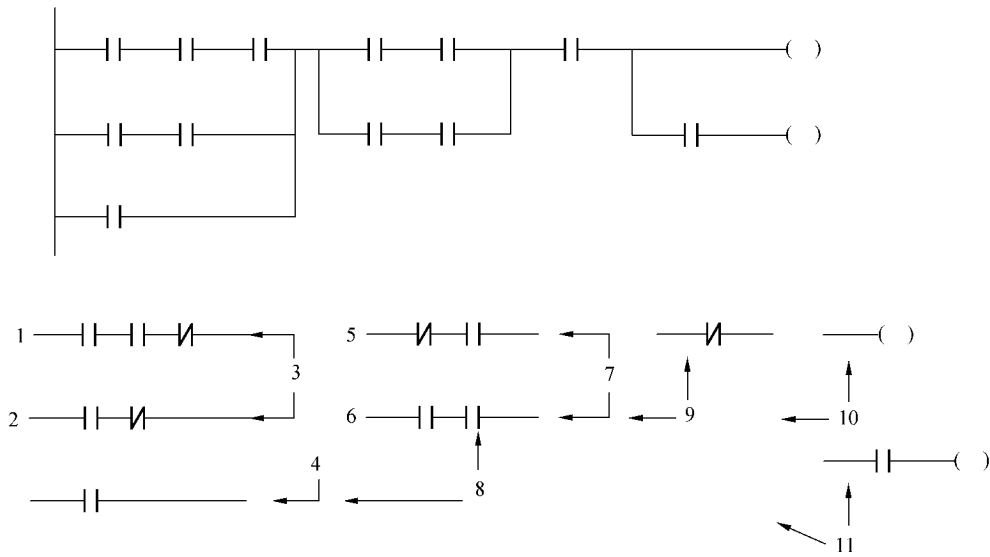


图 9-23 编程顺序

②适当的编程顺序可减少程序步数 ,如图 9-24 所示。

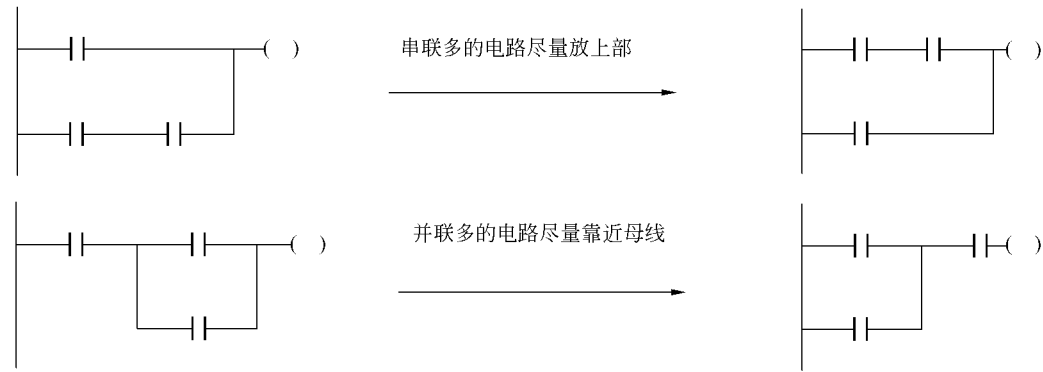


图 9-24 梯形图推荐画法之二

③对于不可编程电路必须作重新安排 ,以便于正确应用 PLC 基本指令来进行编程。

9.4 可编程控制器逻辑指令应用实例

9.4.1 延时断开电路

控制要求 :输入 I0.0 满足(ON) ,则输出 Q0.0 接通(ON) ;当输入条件不满足(I0.0 =

OFF) ,则输出 Q0.0 延时一定时间后才断开。

图 9-25 所示是输出延时断开的梯形图、指令表和时序图。在梯形图中用到一个 PLC 内部定时器 ,编号为 T37 ,定时值 5s。该定时器的工作条件是输出 Q0.0 = ON ,并且输入 I0.0 = OFF。定时器工作 5s 后 ,定时器触点闭合 ,使输出 Q0.0 断开。

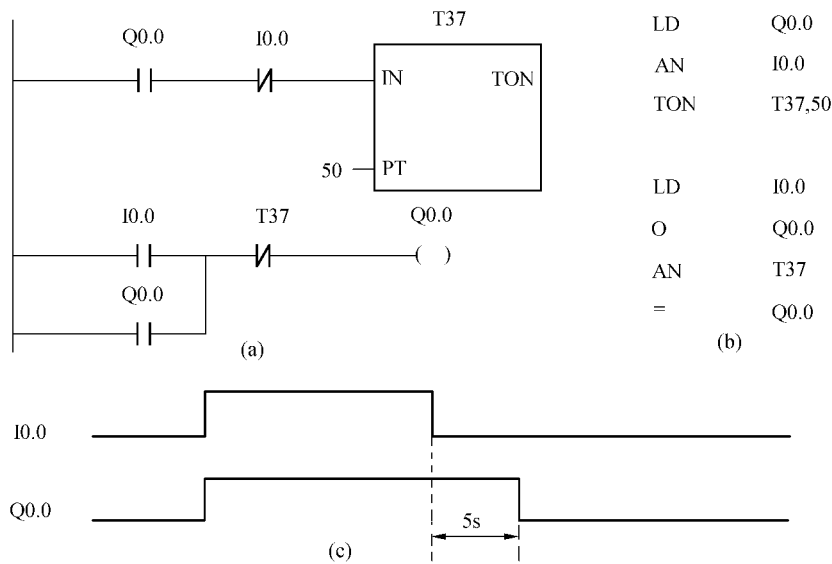


图 9-25 延时断开电路
(a) 梯形图 ;(b) 指令表 ;(c) 时序图

图 9-25 中 ,输入 I0.0 = ON 时 ,Q0.0 = ON ,并且输出 Q0.0 的触点自锁保持 ,直到 T37 定时时间 5s 到 ,Q0.0 才断开。

9.4.2 分频电路

在许多控制场合 ,需要对控制信号进行分频。下面以二分频为例来说明 PLC 是如何来实现分频的。

输入 I0.1 引入信号脉冲 ,要求输出 Q0.0 引出的脉冲是前者的二分频。

图 9-26 所示是二分频电路的梯形图、指令表和时序图。在梯形图中用了三个辅助继电器 ,编号分别是 M0.0 ,M0.1 ,M0.2。

图 9-26 中 ,当输入 I0.1 在 t_1 时刻接通(ON) ,此时内部辅助继电器 M0.0 上将产生单脉冲。然而输出线圈 Q0.0 在此之前并未得电 ,其对应的常开触点处于断开状态。因此 ,扫描程序至第 3 行时 ,尽管 M0.0 得电 ,内部辅助继电器 M0.2 也不可能得电。扫描至第 4 行时 ,Q0.0 得电并自锁。此后这部分程序虽多次扫描 ,但由于 M0.0 仅接通一个扫描周期 ,M0.2 不可能得电。Q0.0 对应的常开触点闭合 ,为 M0.2 的得电做好了准备。

等到 t_2 时刻 输入 I0.1 再次接通(ON) ,M0.0 上再次产生单脉冲。因此 ,在扫描第 3 行时 ,内部辅助继电器 M0.2 条件满足得电。M0.2 对应的常闭触点断开。执行第 4 行程序时 ,输出线圈 Q0.0 失电 ,输出信号消失。以后 ,虽然 I0.1 继续存在 ,由于 M0.0 是单脉冲信号 ,虽多次扫描第 4 行 ,输出线圈 Q0.0 也不可能得电。

输入点 I0.0 为报警输入条件 ,即 I0.0 = ON 要求报警。输出 Q0.0 为报警灯 ,Q0.1 为报警蜂鸣器。输入条件 I0.1 为报警响应。I0.1 接通后 Q0.0 报警灯从闪烁变为常亮 ,同时 Q0.1 报警蜂鸣器关闭。输入条件 I0.2 为报警灯的测试信号。I0.2 接通则 Q0.0 接通。定时器 T37 和定时器 T40 构成振荡电路 ,每 0.5s OFF、0.5s ON ,反复循环。

9.4.5 长延时电路

许多控制场合需用到长延时 ,这里介绍的长延时电路可以以 h、min 为单位来设定。本例输出 Q0.1 在输入 I0.1 接通 4h20min 后才接通。图 9 - 29 为该长延时电路的梯形图、指令表和时序图。

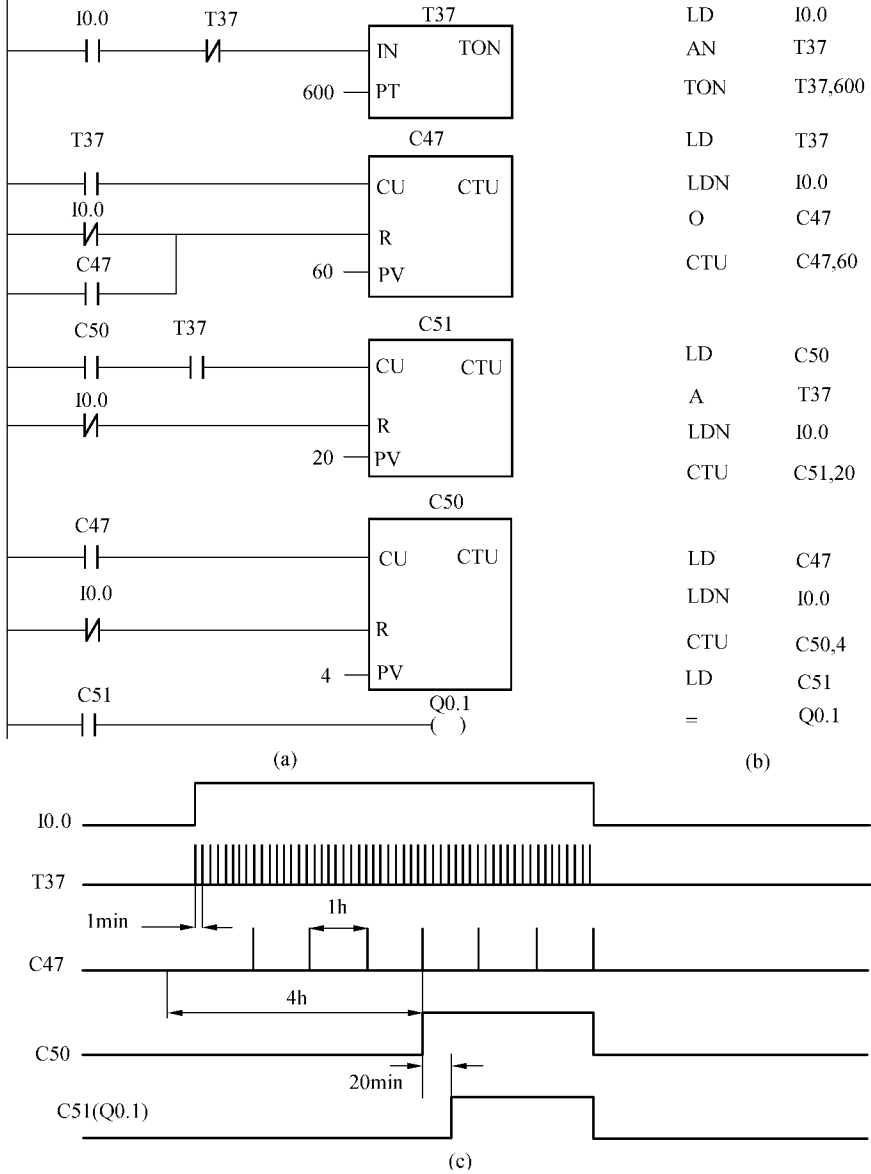


图 9 - 29 长延时电路
(a) 梯形图 ;(b) 指令表 ;(c) 时序图

复习思考题 9

9-1 如图 9-31 所示 ,若传送带上 20s 内无产品通过则报警 ,接通 Q0.0。试画出梯形图并写出指令表。

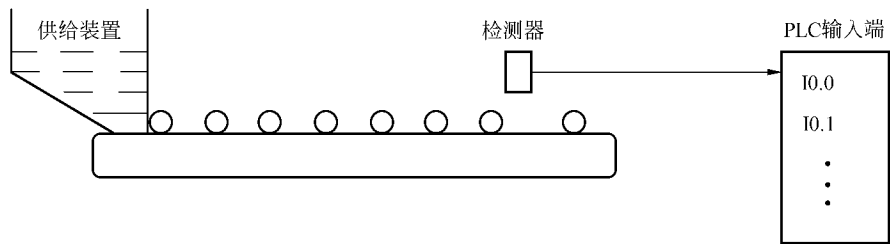


图 9-31 习题 9-1 附图

9-2 现有 3 台电机 M_1 、 M_2 、 M_3 ,要求按下启动按钮 I0.0 后 ,电机按顺序启动(M_1 启动 ,接着 M_2 启动 ,最后 M_3 启动)。按下停止按钮 I0.1 后 ,电机顺序停止(M_3 停止 ,接着 M_2 停止 ,最后 M_1 停止),试设计其梯形图并写出指令表。

9-3 如图 9-32 所示 ,有 4 个答题者。出题人提出问题 ,答题者按动按钮开关 ,仅最早按的能输出。出题人按复位按钮 ,引出下一个问题。试设计其梯形图。

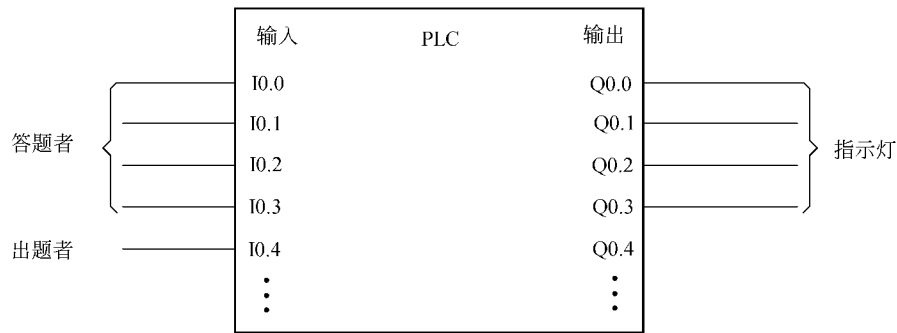


图 9-32 习题 9-3 附图

9-4 如图 9-33 所示为一电动机启动的工作时序图 ,试画出梯形图。

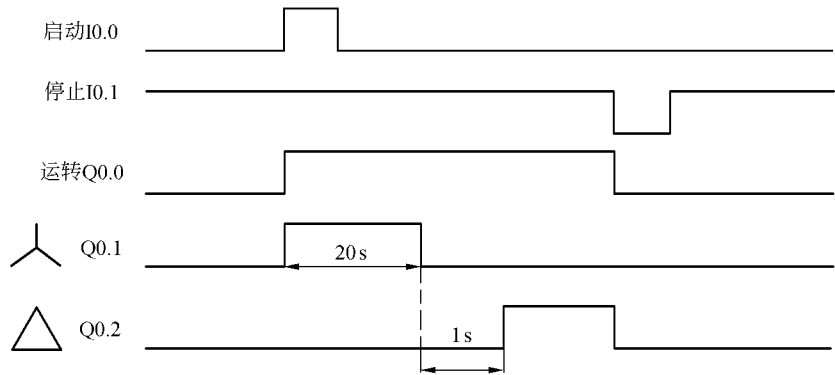


图 9-33 习题 9-4 附图

10

功能图及步进控制指令

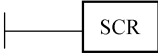
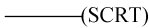
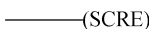
10.1 功能图及步进控制指令简介

在 7.6.2 PLC 的编程语言一节中,已提出了编程的第三种方法即功能图编程。采用梯形图及指令表方式编程深受广大电气技术人员的欢迎,且电路工作比较直观。但是,这种方式也有缺点,即对步进控制程序设计很困难,电路工作也不易理解,且编程难度较大。功能图编程就是针对这些问题而问世的。国外已设计并应用了各种功能,也称为各种状态转移系统。例如:FUNCTION PLAN(德国)、GUAFCET(法国)等,并趋于国际标准化。

若利用 IEC 标准的功能图(SFC)语言来编制步进控制程序,则初学者也很容易编写复杂的步进控制程序,使工作效率大大提高。并且,这种编程方法为调试、试运行带来极大的方便,故深受欢迎。

S7-200 系列 PLC 有三条简单的步进控制指令,如表 10-1 所示。

表 10-1 步进控制指令的形式及功能

STL	LAD	功 能	操作元件
LSCR		顺控状态开始	S
SCRT		顺控状态转移	S
SCRE		顺控状态结束	无

步进控制指令 SCR 仅仅对于状态元件 S 有效,但是对于状态元件能够使用 LD、LDN、A、AN、O、ON、=、S、R 等指令。状态元件 S 具有一般辅助继电器的功能。

步进控制指令 SCR 具有其独特性,与其他指令比较有一定的特点。图 10-1 所示例子说明了 SCR 指令的工作情况。

①初始化脉冲 SM0.1 在开机后第一个扫描周期将状态 S0.1 置 1,这就是第一步。

②在第一步中要驱动 Q0.4,复位 Q0.5、Q0.6。

③第一步的工作时间为 2s,因而开 T37 计时。

④2s 时间到,转移到第二步。通过 T37 常开触点将状态 S0.2 置 1,同时自动将原工作状态 S0.1 清 0。

⑤在第二步中要驱动 Q0.2。

⑥第二步的工作时间为 25s,因而开 T38 计时。

⑦25s 时间到,转移到第三步。通过 T38 常开触点将状态 S0.3 置 1,同时自动将原工作状态 S0.2 清 0。

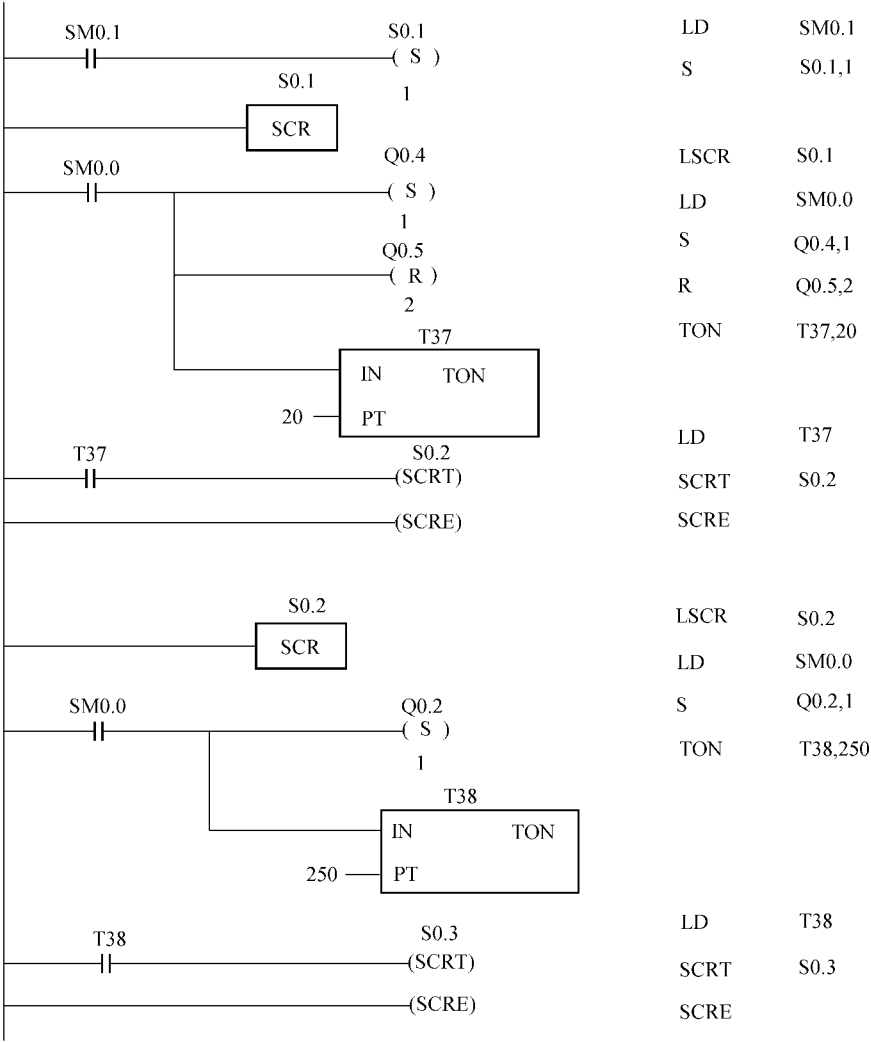


图 10-1 SCR 指令应用示例(单支流程)

⑧ 每一个状态提供了三种功能 :a. 驱动处理 ,即在这一步要做什么 ;b. 转移条件 ,即满足该条件则转移到下一步 ;c. 转移后状态自动复位 ,即置位转移后的状态 ,并自动复位原状态。

10.2 功能图主要类型

10.2.1 单支流程

状态号没有必要按过程号的次序安排 ,其单流程功能图、梯形图及指令表见图 10-2。

10.2.2 选择分支和联接

图 10-3 是选择分支和联接的功能图、梯形图及指令表。图中 ,状态元件 S0.2 或 S0.4

接通 则状态元件 S0.1 自动复位。状态元件 S0.6 由状态元件 S0.3 或 S0.5 置位。状态元件 S0.6 置位 状态元件 S0.3 或状态元件 S0.5 自动复位。

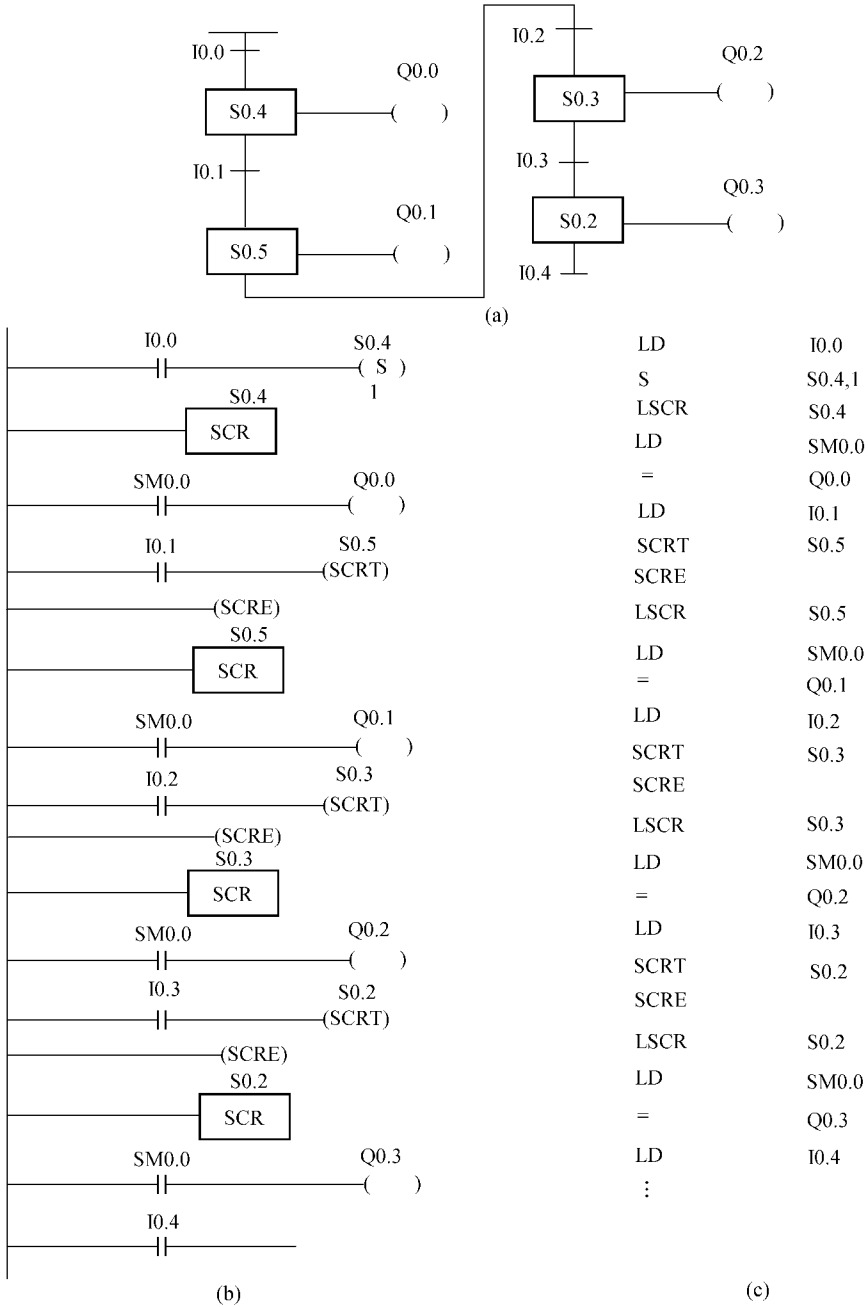


图 10-2 单支流程
(a)功能图 ;(b)梯形图 ;(c)指令表

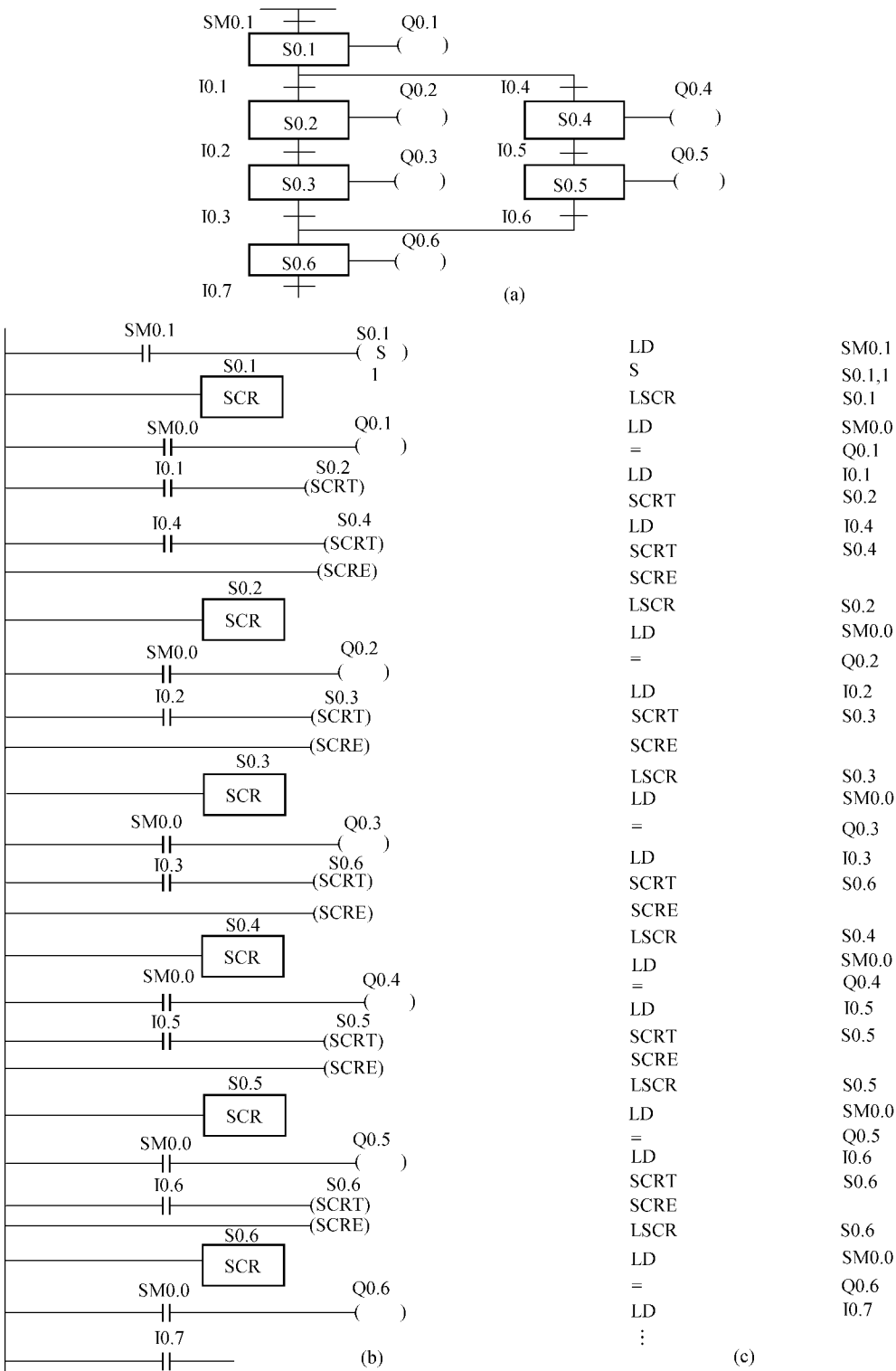
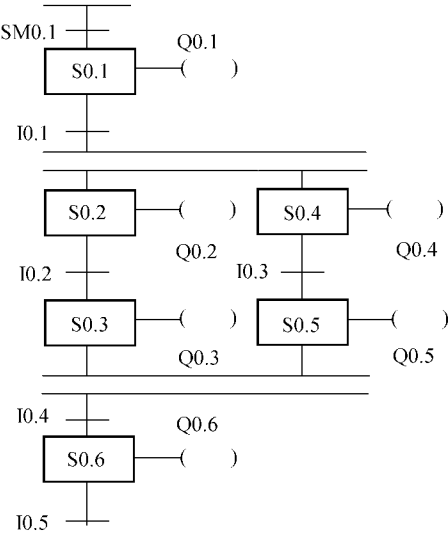


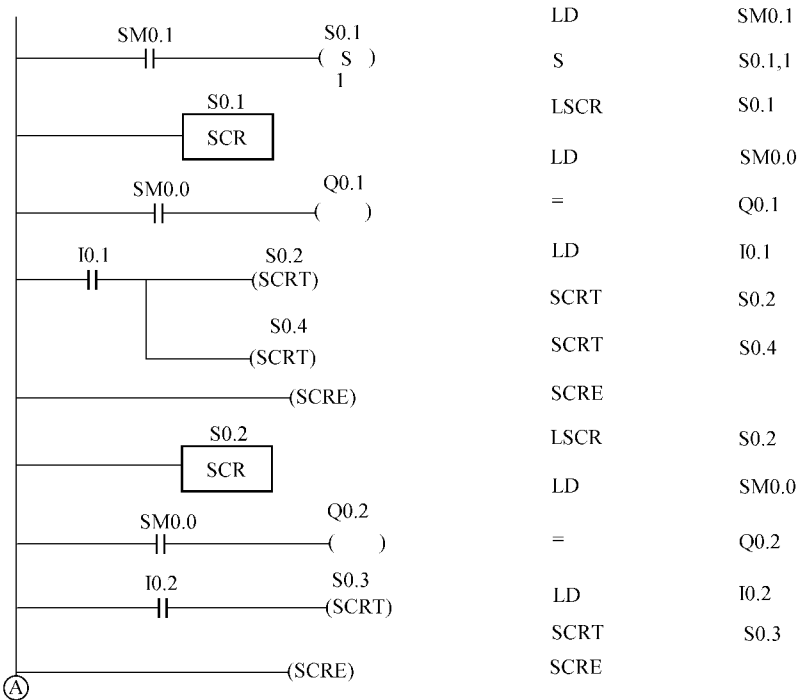
图 10-3 选择分支和联接
(a)功能图 ;(b)梯形图 ;(c)指令表

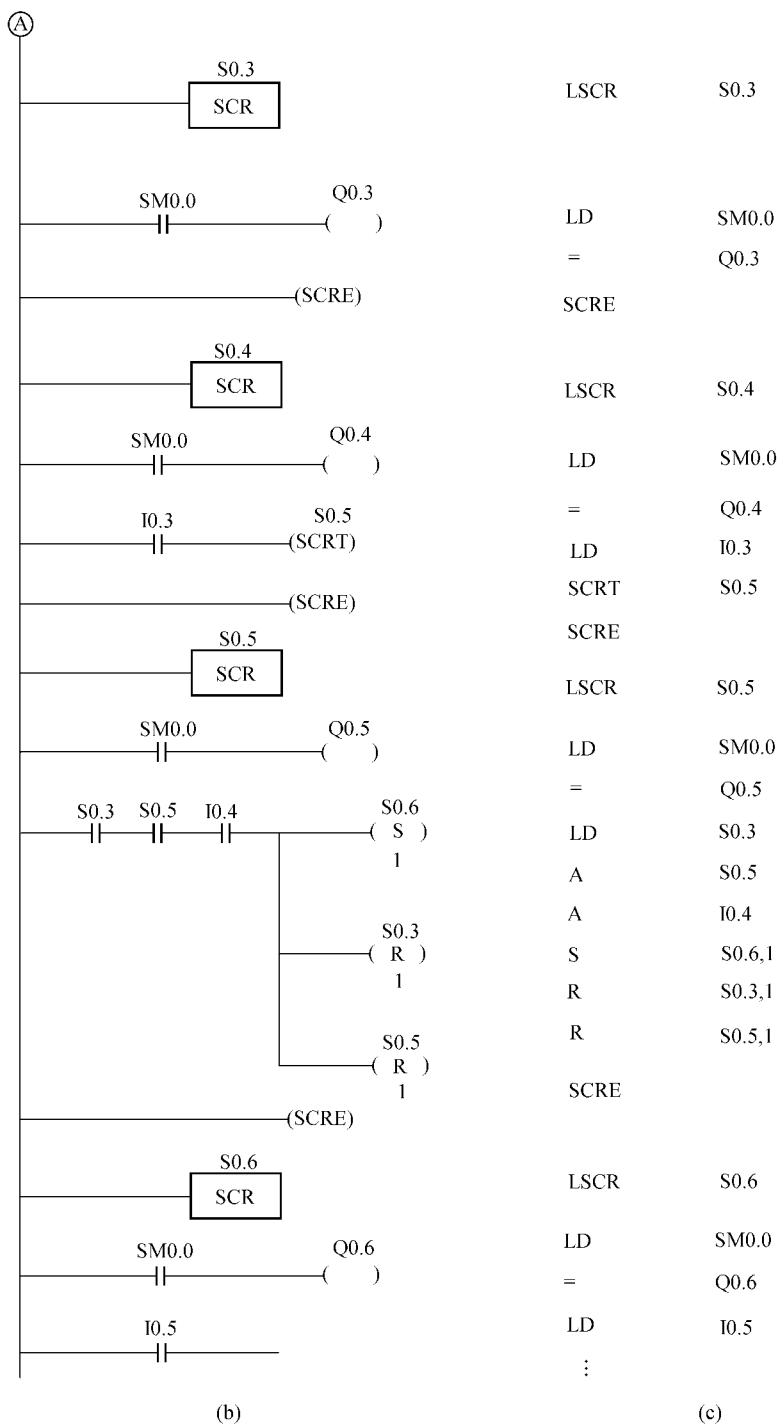
10.2.3 并行分支和联接

图 10-4 为并行分支和联接的功能图、梯形图及指令表。图中 ,状态元件 S0.2 和状态元件 S0.4 同时接通 ,则状态元件 S0.1 自动复位。状态元件 S0.6 由状态元件 S0.3 和状态元件 S0.5 置位。在状态元件 S0.3 和状态元件 S0.5 同时接通且转移条件满足的情况下 ,状态元件 S0.6 被置位。S0.6 置位后 ,S0.3 和 S0.5 自动复位。



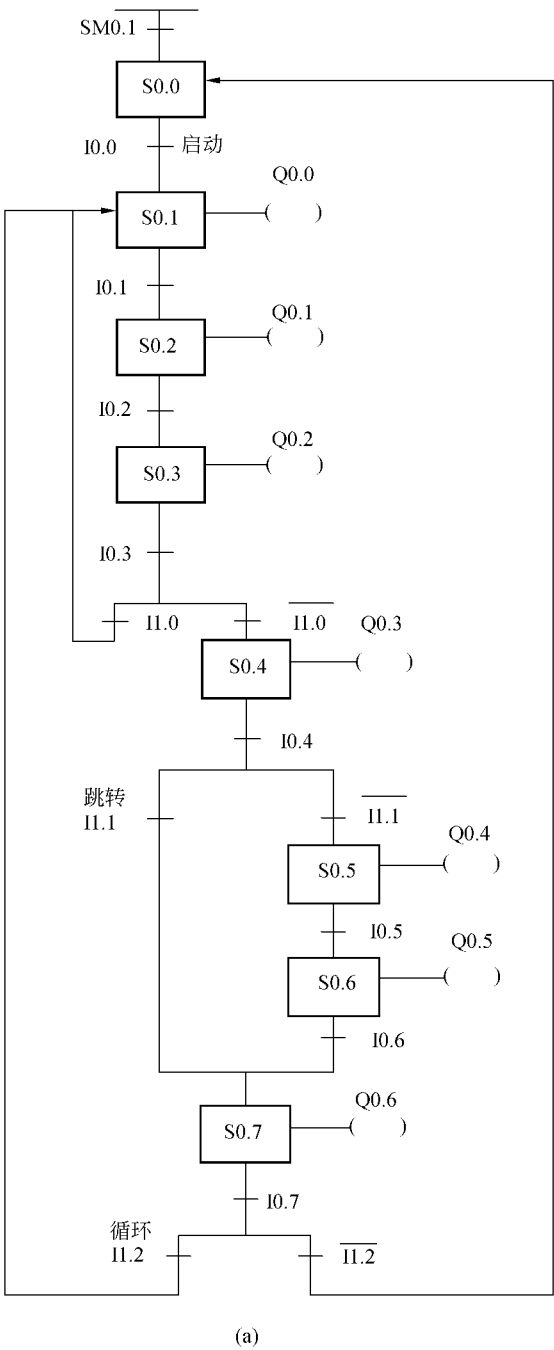
(a)

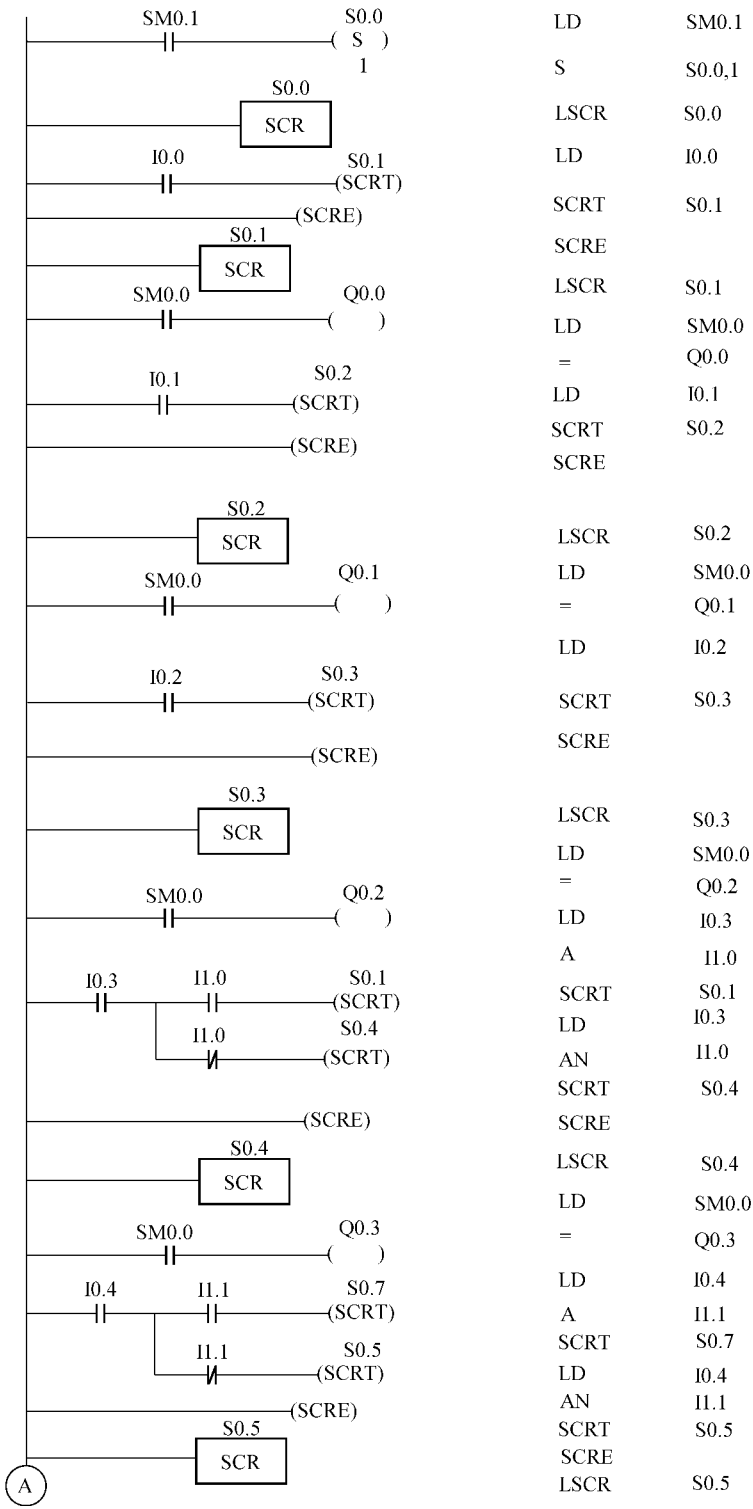




10.2.4 跳转和循环

图 10 - 5 为跳转和循环的功能图、梯形图及指令表。





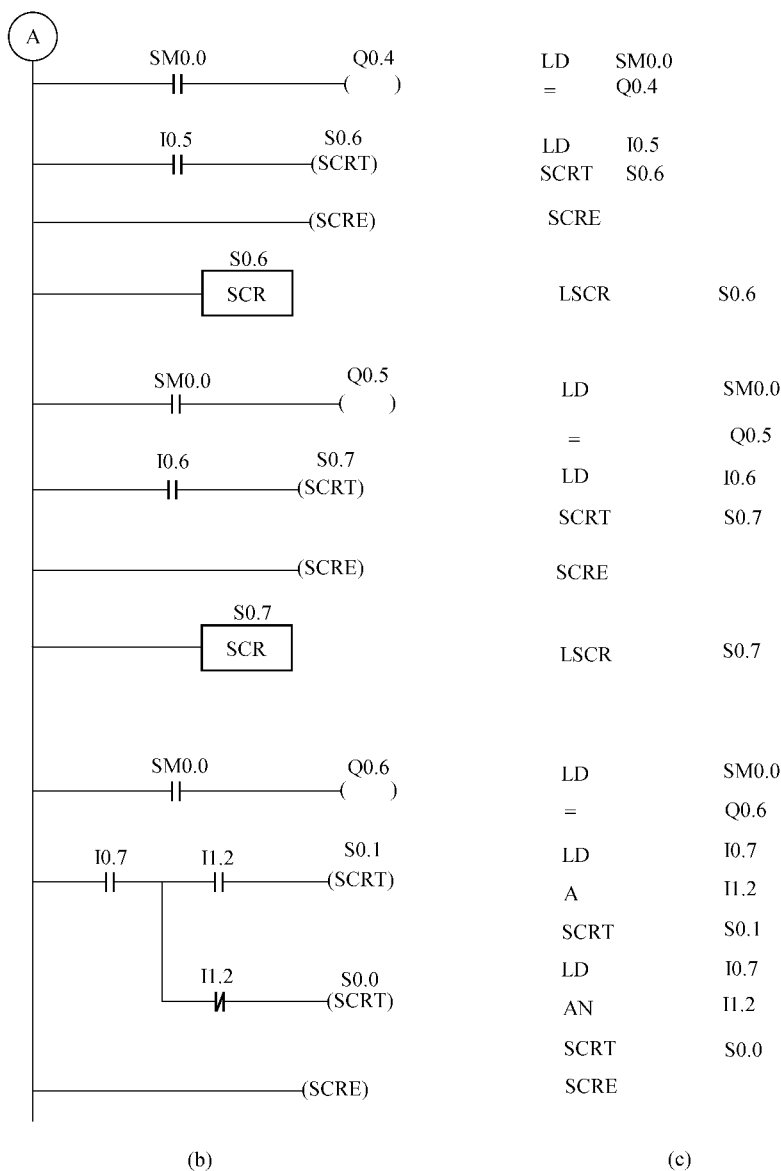


图 10-5 跳转和循环

图中,当 I1.0 接通,S0.1~S0.3 循环重复工作。当 I1.0 不通并且 I1.1 接通时,S0.5 和 S0.6 不工作,程序跳转。

10.3 功能图及步进控制指令应用实例

10.3.1 小车运动控制

图 10-6 是小车运动示意图。当小车处于后端,按下启动按钮,小车向前运行,压下前

限位开关后,翻门打开,7s后小车向后运行,到达后端即压下后限位开关,打开小车底门5s,完成一次动作。要求控制小车的运行,并具有以下几种方式:a.手动;b.自动单周期;c.自动循环。

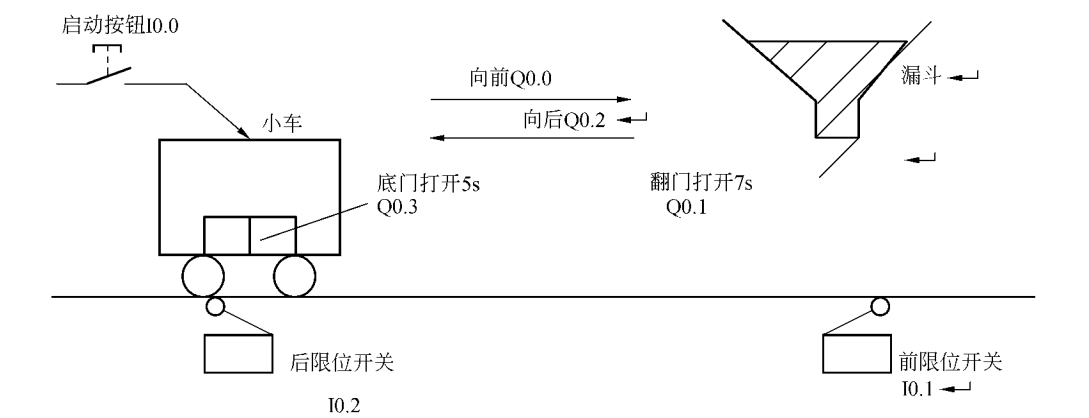


图 10-6 小车运动示意图

手动控制包括以下几方面:手动向前按钮 I0.6 接通并且小车底门关闭时,小车向前运行直到前限位开关 I0.1 接通,开翻门按钮 I1.0 接通,翻门打开,货物通过漏斗卸下,7s 后自动关闭漏斗的翻门;手动向后按钮 I0.7 接通,小车向后运动直至后限位开关 I0.2 接通;开底门按钮 I1.1 接通,底门打开 5s 将货物卸下。

自动单周期运行是指按下启动按钮 I0.0,且小车已位于最后端位置并且小车底门已关闭,小车将往复运行一周后停在后端等待下次启动。自动循环与单周期的区别在于它不只是完成一次循环而是将连续自动循环下去。

工作方式选择开关、手动操作按钮及输入/输出点安排如表 10-2 所示。

表 10-2 输入/输出点分配

工作方式选择		输入点	
手动	I0.3	启动	I0.0
单循环	I0.4	前限位开关	I0.1
自动循环	I0.5	后限位开关	I0.2
手动操作按钮		输出点	
小车向前	I0.6	向前运动	Q0.0
小车向后	I0.7	向后运动	Q0.2
翻门打开	I1.0	翻门打开	Q0.1
底门打开	I1.1	底门打开	Q0.3

程序结构如图 10-7 所示。手动控制的梯形图如图 10-8 所示。自动运行功能图如图 10-9 所示。自动运行的梯形图及指令表如图 10-10 所示。

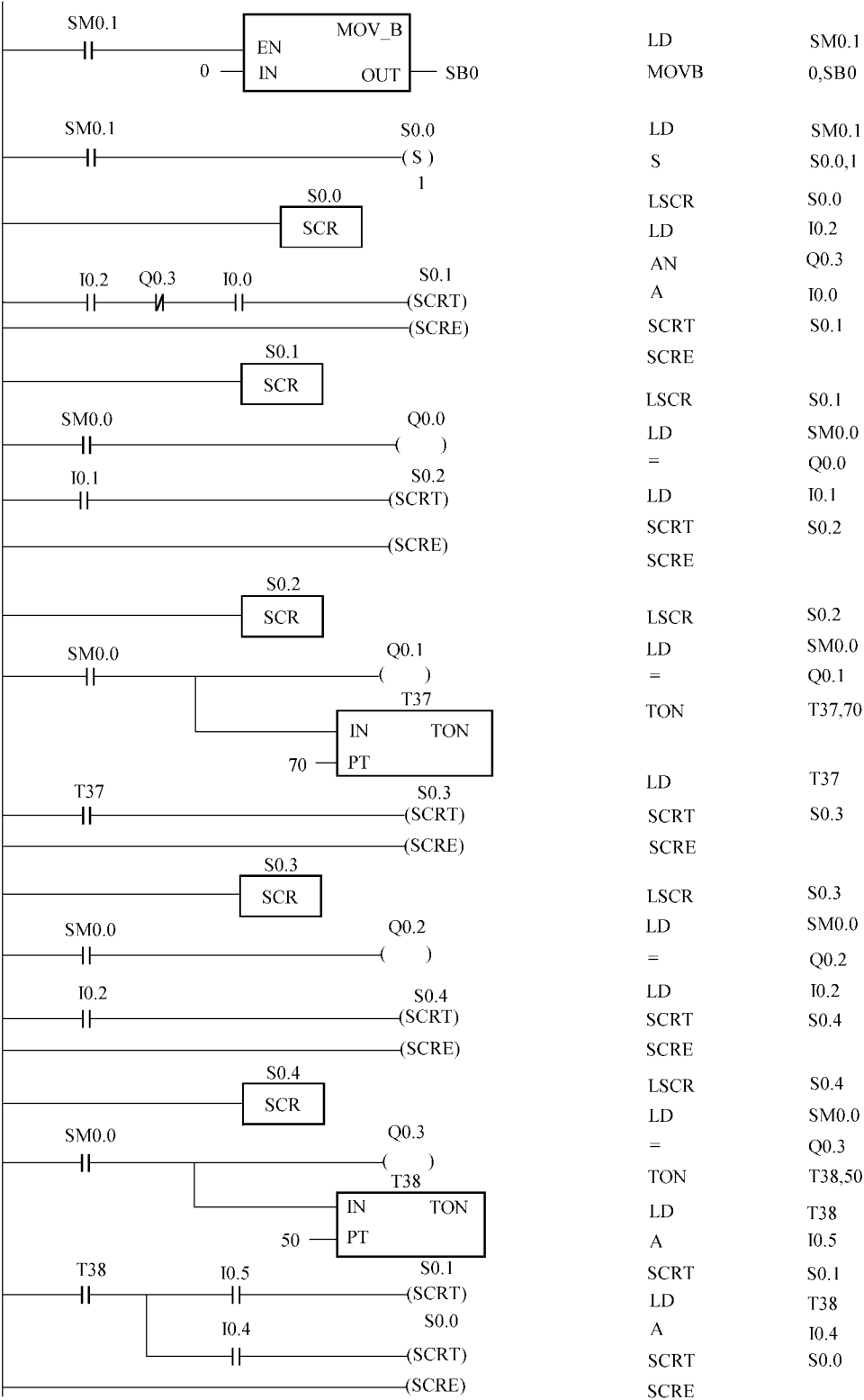


图 10 - 10 小车自动运行梯形图及指令表

10.3.2 电动机顺序启动和停止

表 10 - 3 为输入/输出点分配。

表 10 - 3 输入/输出点分配

启动按钮	I0.0	停止按钮	I0.1
电动机 M ₁	Q0.1	电动机 M ₂	Q0.2
电动机 M ₃	Q0.3	电动机 M ₄	Q0.4

图 10 - 11 为电动机顺序启动及反方向顺序停止示意图。

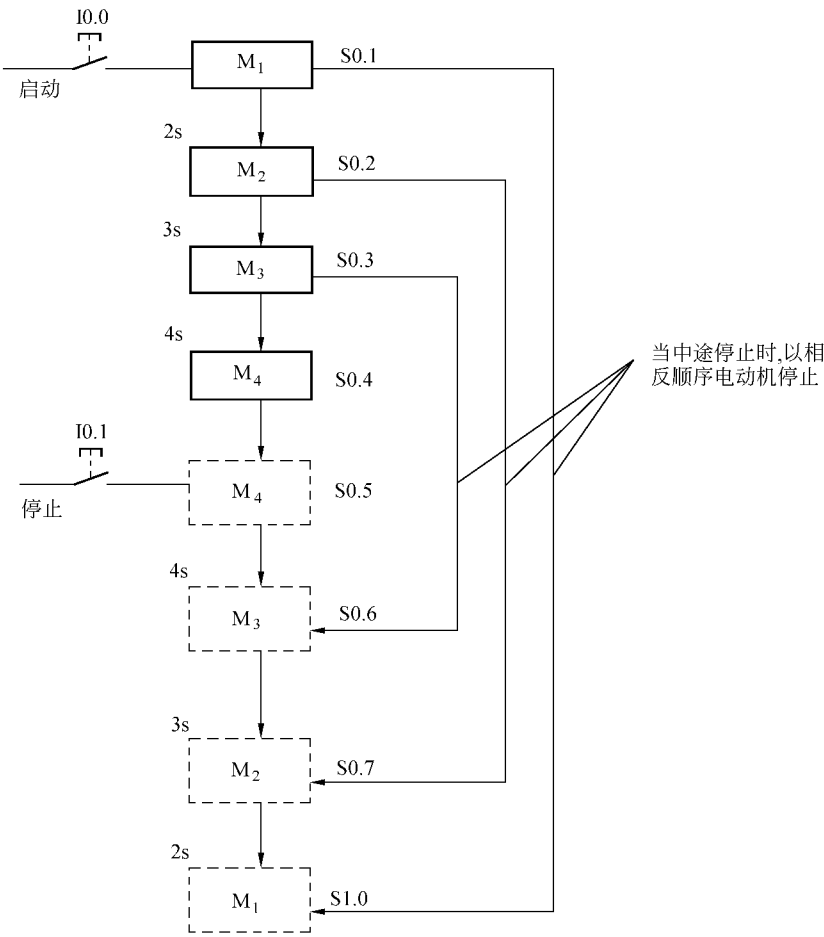


图 10 - 11 电动机启动和停止控制

图 10 - 12 为电动机顺序启动及反方向顺序停止功能图。图 10 - 13 是相应的梯形图和指令表。

图中 ,在状态器 S0.2 工作并启动电动机后压下停止按钮 ,状态步跳到 S0.7。此时 ,电动机 M₂ 停止。之后 ,电动机 M₁ 相继停止。

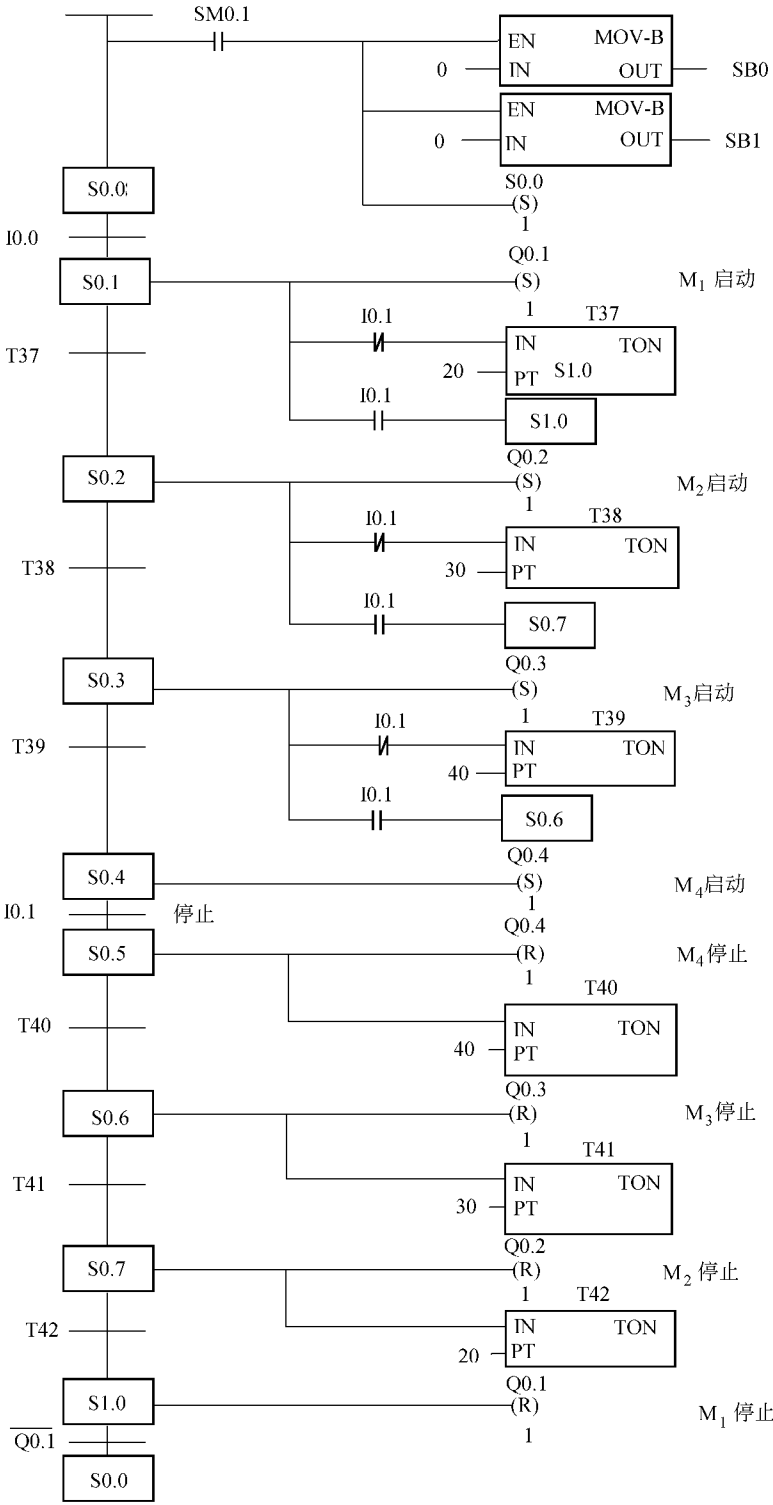
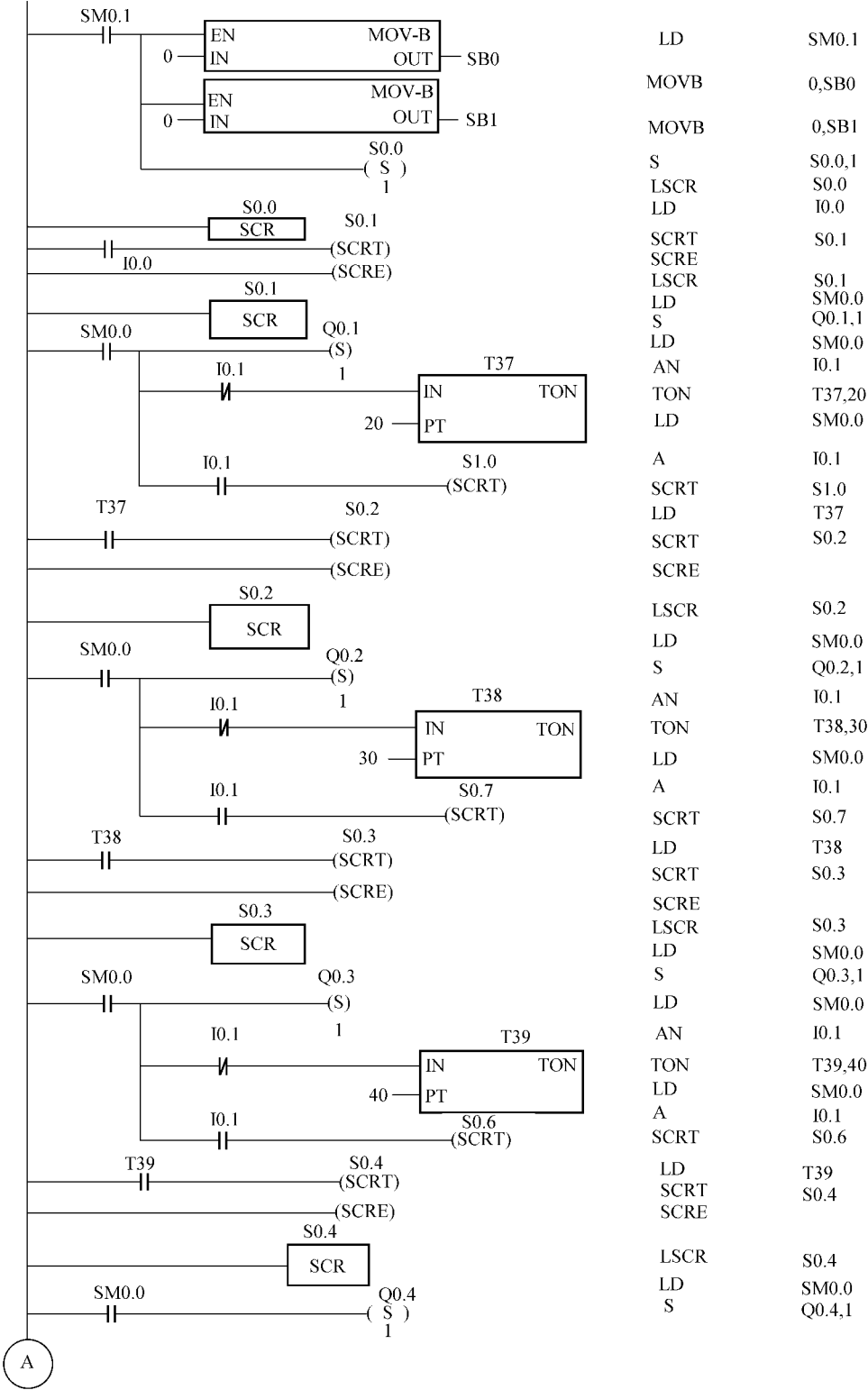


图 10 - 12 电动机顺序启动和停止功能图



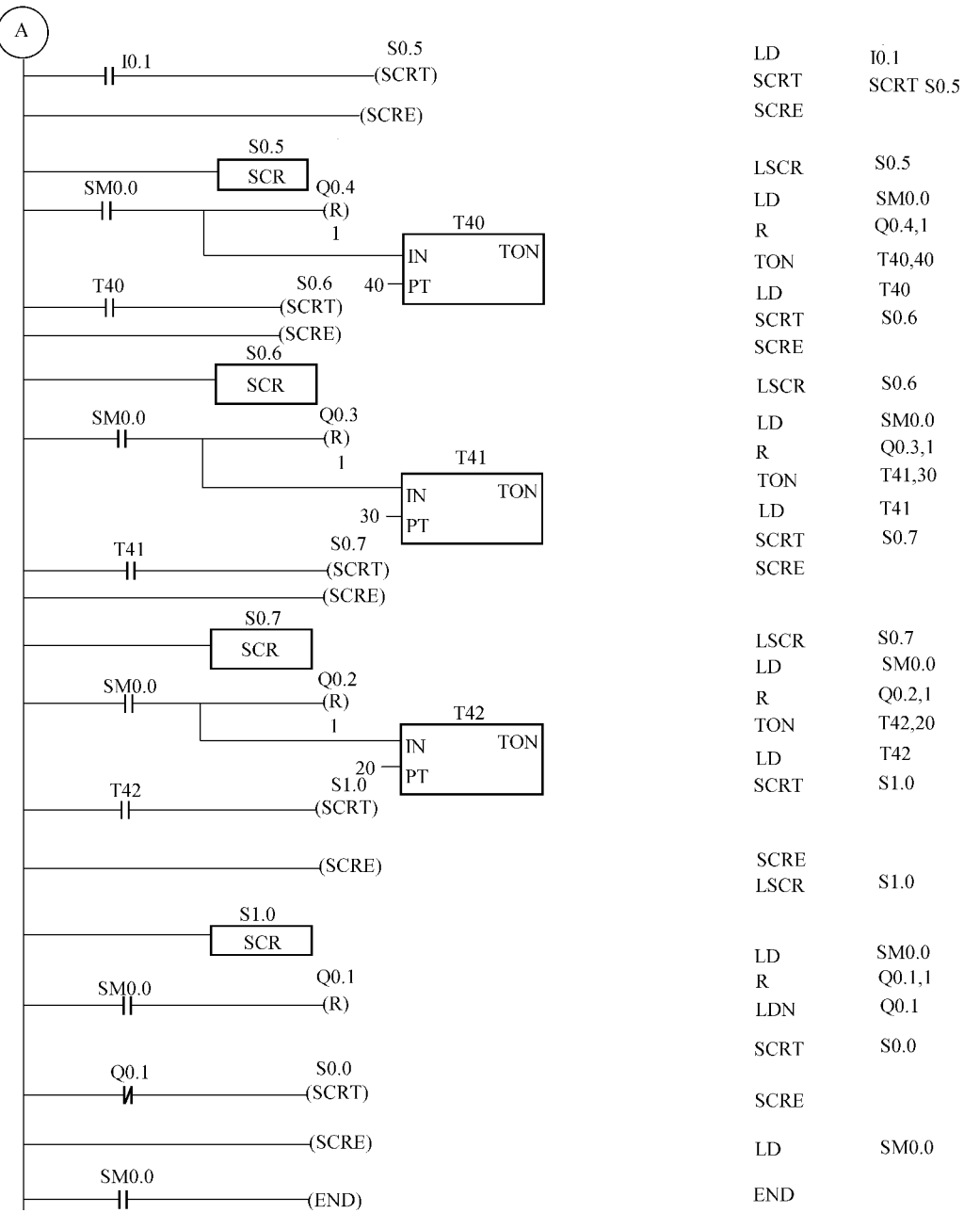


图 10-13 电动机启动和停止梯形图及指令表

10.3.3 十字路口交通灯控制

图 10-14 中 ,十字路口按钮 I0.0 或 I0.1 压下 ,交通灯(红灯、黄灯、蓝灯三种类型)按图中形式工作。在工作期间 ,任何按钮压下不起作用。

表 10-4 为输入/输出点分配。图 10-15 为十字路口交通灯控制功能图。

图 10-16 为十字路口交通灯控制梯形图及指令表。

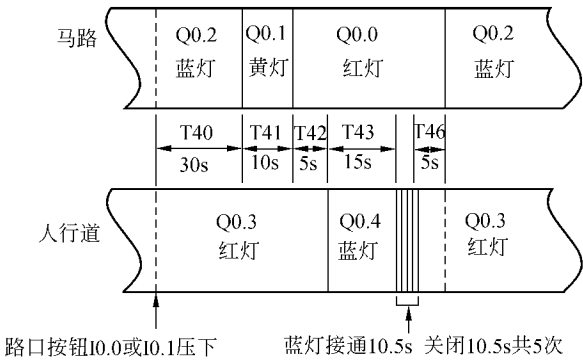


表 10-4 输入/输出点分配	
马路红灯	Q 0.0
马路黄灯	Q 0.1
马路蓝灯	Q 0.2
人行道红灯	Q 0.3
人行道蓝灯	Q 0.4

图 10-14 交通灯控制

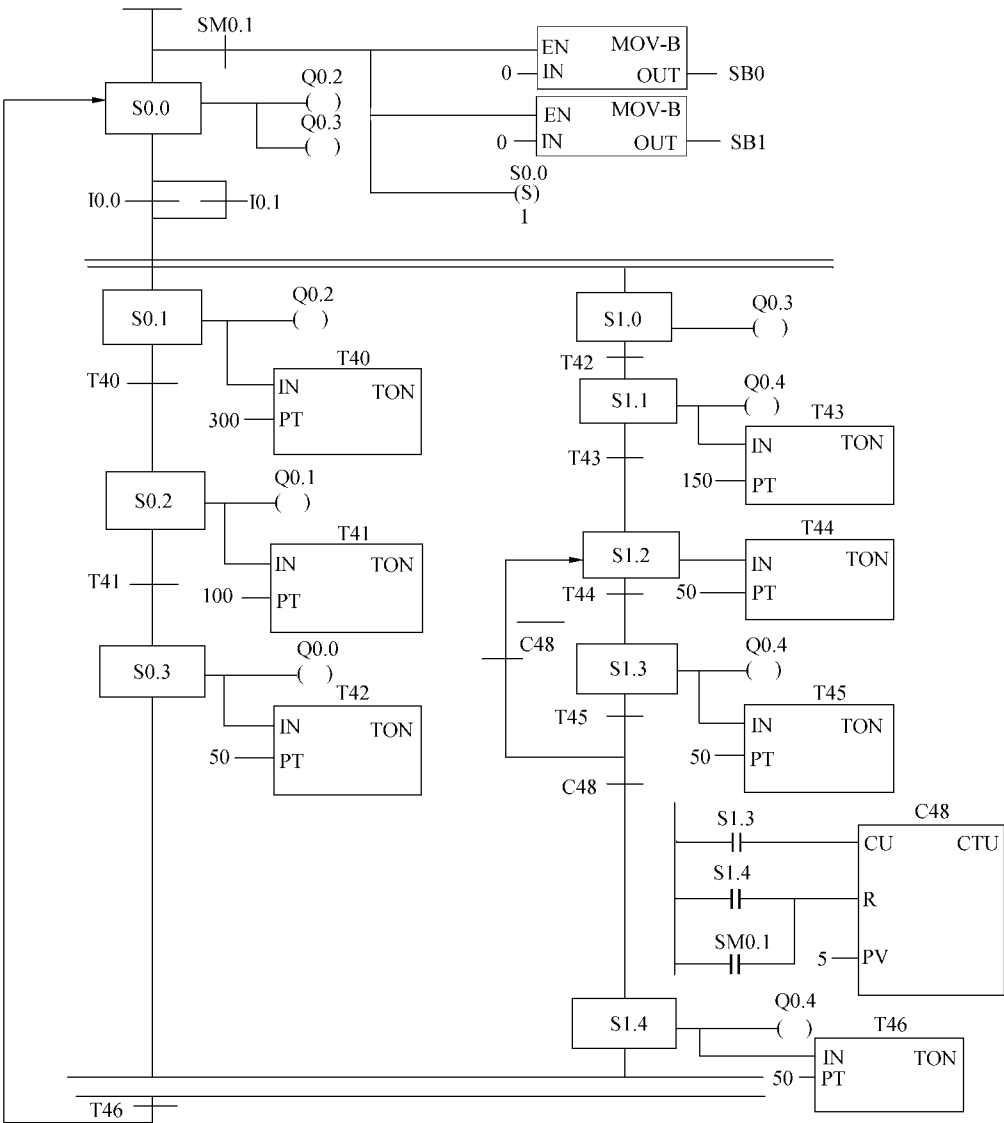
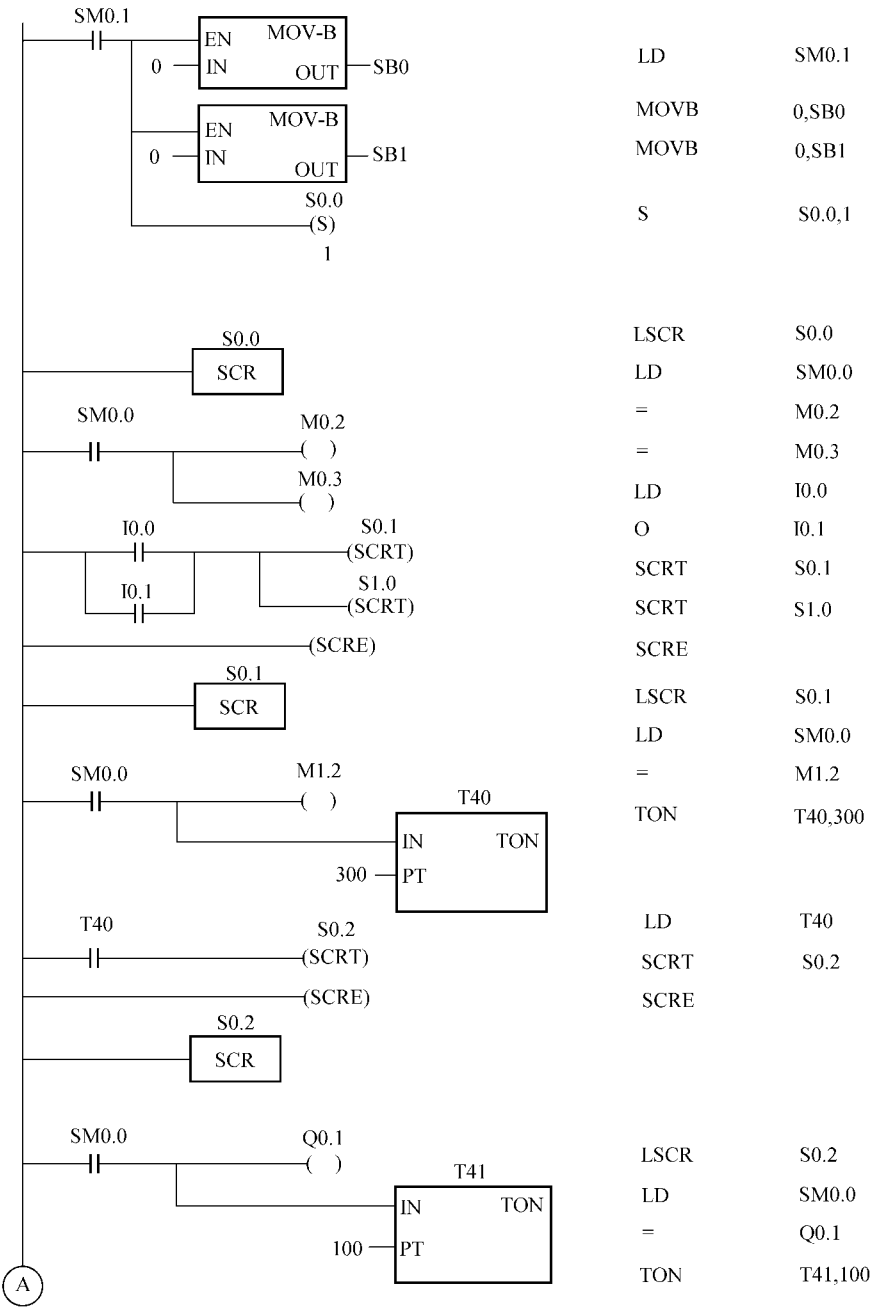
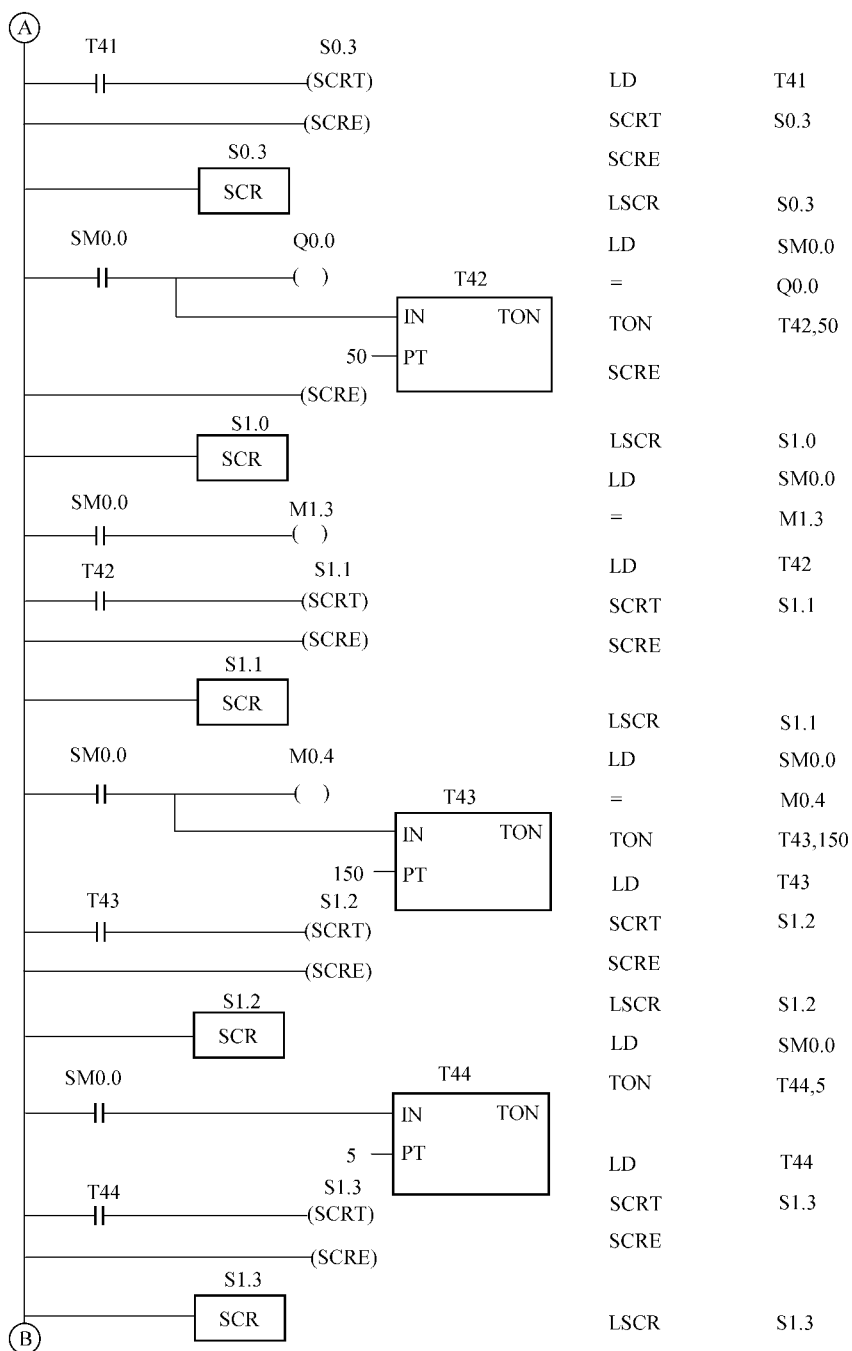


图 10-15 交通灯控制功能图





复习思考题 10

- 10-1 掌握步进控制指令的用法和特点。
- 10-2 如图 10-6 所示,按下启动按钮,小车运动循环两次后停止。试设计其功能图、梯形图并写出指令表。
- 10-3 多个传送带启动和停止如图 10-17 所示。启动按钮按下后,电动机 M_1 接通。I0.1 接通后电动机 M_2 接通,当 I0.2 接通后电动机 M_1 停止。其他传送带动作类推。试设计其功能图、梯形图。

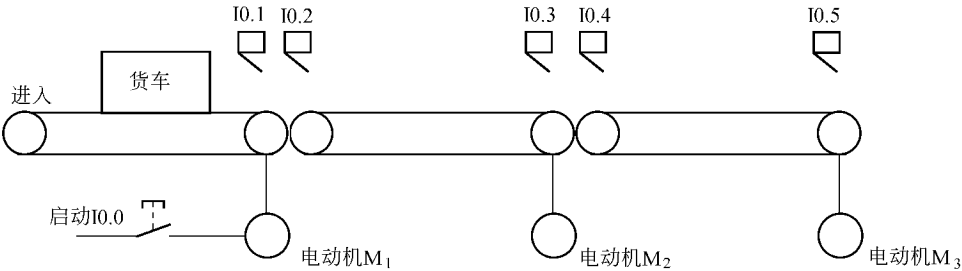


图 10-17 多个传送带控制

- 10-4 如图 10-18 所示为分检小球大球的机械装置。工作顺序是:向下,抓球,向上,向右运动,向下,释放球,向上和向左运动至左上点(原点)。抓球和释放球的时间均为 1s。当机械臂向下,电磁铁吸住大球,极限开关 SQ_2 处于断开状态,电磁铁吸住小球,极限开关 SQ_2 处于接通状态。试设计其功能图、梯形图。

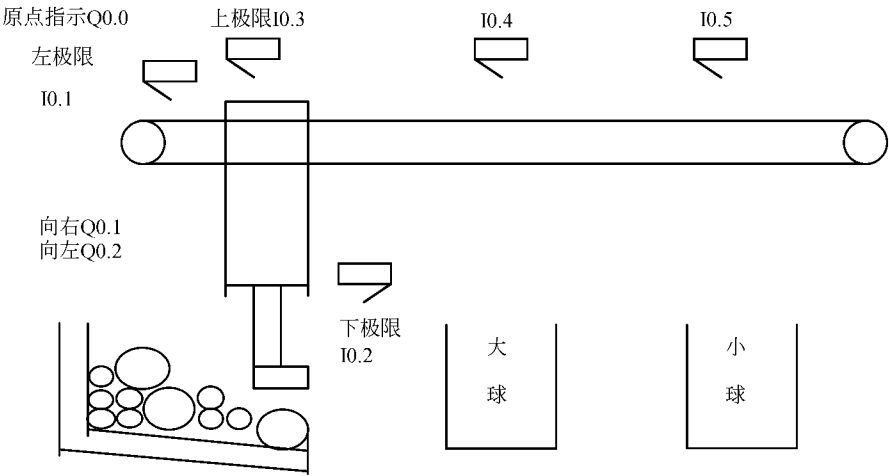


图 10-18 大小球分检装置

11 功能指令

PLC是由取代继电器控制系统开始产生和发展的。早期的 PLC 多用于机电系统的顺序控制,于是许多人习惯把 PLC 看做是继电器、定时器、计数器的集合,把 PLC 的作用局限地等同于继电器控制系统、顺控器等。实际上,PLC 是工业控制计算机。PLC 系统具有一切计算机控制系统的功能,而且大型的 PLC 系统就是当代最先进的计算机控制系统。

为了满足用户的一些特殊要求,20 世纪 80 年代开始,众多的 PLC 制造商就在小型机上加入了功能指令(Functional Instruction)或称应用指令(Applied Instruction)。这些功能指令的出现,大大拓宽了 PLC 的应用范围。

S7 - 200 系列 PLC 的功能指令极其丰富,主要包括以下几方面:

- | | |
|-------------|-------------------|
| ①算术与逻辑运算指令。 | ②传送、移位、循环移位及填充指令。 |
| ③PID 指令。 | ④FOR/NEXT 循环指令。 |
| ⑤数据表处理指令。 | ⑥高速处理指令。 |
| ⑦转换指令。 | ⑧中断指令。 |
| ⑨通信指令。 | ⑩实时时钟。 |

11.1 功能指令的基本形式

11.1.1 功能指令的基本形式

在 S7 - 200 系列 PLC 中,功能指令的编程遵循 STEP 7 - Micro/WIN32 编程软件的规定,表示的形式如图 11 - 1 所示的加法指令。

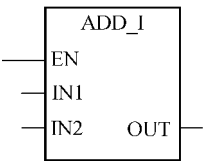
LAD (FBD)		• 整数加运算指令是把两个 16bit 的整数(IN1 ,IN2)作加运算后,将结果送到 16bit 的目标(OUT)中去。 • 操作数 :IN1 ,IN2 :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,AC ,SMW ,AIW , * VD , * AC ,常数。 - OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,AC ,SMW ,AIW , * VD , * A • 在梯形图中 $IN1 + IN2 = OUT$; • 在指令表中,IN2 的操作数与 OUT 同,且 $IN1 + IN2 = IN2$; • 在梯形图中,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响: SM1.0(0),SM1.1(溢出),SM1.2(负)
STL	+ I IN1 ,IN	

图 11 - 1 整数加法指令

①指令或指令组的标题:在本例中,整数加法(ADD _ I)是标题。

②指令的图形:在指令标题下的图形是梯形图(LAD)指令的元件图、功能块图(FBD)的元件图和 S7 - 200 指令方式下的指令表(STL)。在一些情况下,梯形图和功能块图的指令

是一样的,只给出包含梯形图和功能块图的框(例中的情况就是)。本书中将略去图中的第一列‘LAD(FBD)’和‘STC’栏。

③指令的助记符:用指令表表示为+I IN1,IN2。

④关于能流:在本例中,梯形图/功能块图图形有三个输入(输入总是在图形的左边)和两个输出(输出总是在图形的右边)。梯形图基于继电器梯形逻辑电气图,在梯形图中,有一个提供能量的左母线。触点闭合可以使能量流过该器件,到下一个器件,触点打开将阻止能量流通过。任何可以连到左/右母线或触点的梯形图元件都有输入/输出能量流。在功能块图中,不使用左/右母线的概念。“能流”的术语用来表示流过功能块图逻辑模块的控制流概念。通过功能块图元件的逻辑‘1’称为能流。在梯形图中,一个能量流输入或输出总是限于能量的流动,而不能分配给一个操作数。在功能块图中,能流的起点和能流的终点可以直接分配给一个操作数。

⑤指令的适应范围:本章陈述的功能指令是S7-200系列PLC的功能指令。不同的CPU型号,可以采用的功能指令是不同的。本章中在每条功能指令中都有可以使用该功能指令的说明,若没有说明则表示CPU212~216都可以使用该功能指令。

⑥指令的描述:指令的描述如图11-1中最右边部分。

11.1.2 数据长度及格式

S7-200系列PLC中,功能指令可处理的数据类型包括bit、字节(byte)、字(W=2 bytes)和双字(DW=4 bytes),读者看操作数一栏即可知该功能指令处理的数据长度。

Bit元件,如I0.0、Q1.2、M0.7等等,采用元件名、字节号、bit号的方式标记。

至于字节、字、双字的表示及存取以变量V为例,如图11-2所示。

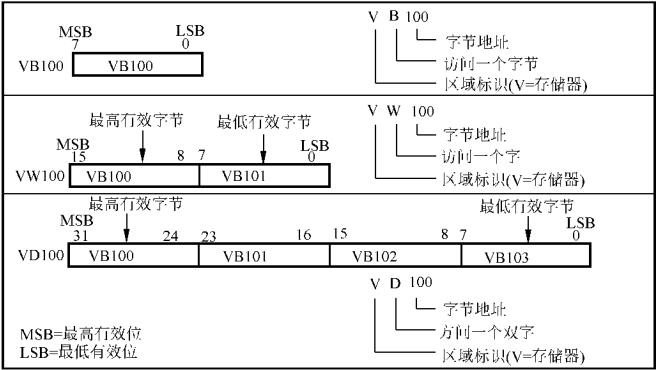


图 11-2 字节、字、双字的表示及存取

S7-200系列PLC的各种数据类型、寻址方法及寻址范围如表11-1所示。

表 11-1 各种数据类型、寻址方法及寻址范围

类 型	允许寻址范围				寻址方式			
	CPU212	CPU214	CPU215	CPU216	位	字节	字	双字
V	0~1023	0~4095	0~5119	0~5119	Vx,y	VBx	VWx	VDx

(续表 11-1)

类型	允许寻址范围				寻址方式			
	CPU212	CPU214	CPU215	CPU216	位	字节	字	双字
I	0~7	0~7	0~7	0~7	Ix.y	IBx	IWx	IDx
Q	0~7	0~7	0~7	0~7	Qx.y	QBx	QWx	QDx
M	0~15	0~31	0~31	0~31	Mx.y	MBx	MWx	MDx
SM	0~45	0~85	0~194	0~194	SMx.y	SMBx	SMWx	SMDx
T	0~63	0~127	0~255	0~255	Tx	—	Tx	—
C	0~63	0~127	0~255	0~255	Cx	—	Cx	—
AC	0~3	0~3	0~3	0~3	—	ACx	ACx	ACx
AI	0~30	0~30	0~30	0~30	—		AIWx	—
AQ	0~30	0~30	0~30	0~30	—		AQWx	—
HC	0	0~2	0~2	0~2	—	—		HCDx
S	0~7	0~15	0~31	0~31	Sx.y	SBx	SWx	SDx

注 x 的取值范围为允许寻址范围,而 y 的取值范围为 0~7。

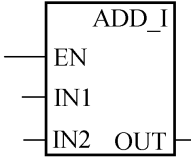
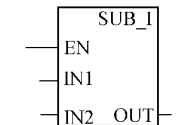
S7-200 系列 PLC 的变量说明见表 11-1 表中数据类型说明如下:

V	变量存储器	T	定时器	HC	高速计数器
I	开关量输入继电器	C	计数器	S	状态元件
Q	开关量输出继电器	AC	累加器		
M	内部标志位(辅助继电器)	AI	模拟量输入继电器		
SM	特殊标志位	AQ	模拟量输出继电器		

11.2 四则运算及加 1/减 1 指令

11.2.1 整数加/减运算指令(见表 11-2)

表 11-2 整数加/减运算指令

	• 整数加/减运算指令是把两个 16bit(IN1 ,IN2)的整数作加/减运算后,将结果送到 16bit 的目标(OUT)中去。 • 操作数: IN1 ,IN2 :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,AC ,SMW ,AIW ,* VD ,* AC ,常数。 OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,AC ,SMW ,AIW ,* VD ,* AC。 • 在梯形图中 , $IN1 + IN2 = OUT$ $IN1 - IN2 = OU$ • 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同,且 $IN1 + IN2 = IN2$ $IN2 - IN1 = IN$ • 在梯形图中,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响: SM1.0(0),SM1.1(溢出),SM1.2(负)
+ I IN1 ,IN2 	
- I IN1 ,IN	

11.2.2 双整数加/减运算指令(见表 11-3)

表 11-3 双整数加/减运算指令

ADD_DI EN IN1 IN2 OUT	• 双整数加/减运算指令是把两个 32bit(IN1 ,IN2)的整数作加/减运算后 ,将结果送到 32bit 的目标(OUT)中去。 • 操作数 : IN1 ,IN2 :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC ,* VD ,* AC ,SD ,常数。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC ,* VD ,* AC ,SD。 • 在梯形图中 , IN1 + IN2 = OUT IN1 - IN2 = OU • 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同 ,且 IN1 + IN2 = IN2 IN2 - IN1 = IN • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0(0) ,SM1.1(溢出) ,SM1.2(负)
+ D IN1 ,IN2	
SUB_DI EN IN1 IN2 OUT	
- D IN1 ,IN	

11.2.3 实数加/减运算指令(见表 11-4)

表 11-4 实数加/减运算指令

ADD_R EN IN1 IN2 OUT	• 实数加/减运算指令是把两个 32bit(IN1 ,IN2)的实数作加/ 减运算后 ,将结果送到 32bit 的目标(OUT)中去。 • 操作数 : IN1 ,IN2 :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC ,* VD ,* AC ,S ,常数。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC ,* VD ,* AC ,SD。 • 在梯形图中 , IN1 + IN2 = OUT IN1 - IN2 = OU • 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同 ,且 IN1 + IN2 = IN2 IN2 - IN1 = IN • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0(0) ,SM1.1(溢出) ,SM1.2(负) • CPU212 没有实型数据操作指令。
+ R IN1 ,IN2	
SUB_R EN IN1 IN2 OUT	
- R IN1 ,IN	

11.2.4 整数乘/除运算指令(见表 11-5)

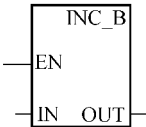
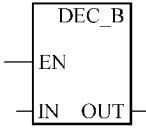
表 11-5 整数乘/除运算指令			
MUL EN IN1 IN2 OUT MUL IN1 ,IN2	• 整数乘法指令把两个 16 bit 整数相乘后 ,将结果送到 32 bit 的目标(OUT)中去。整数除法指令把两个 16 bit 整数相除后 ,结果送到 32 bit 的目标(OUT)中去。计算结果的低 16 位为商 ,高 16 位为余数。 • 操作数 : IN1 ,IN2 :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AIW ,常数 ,* VD ,* AC。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,* VD ,* AC ,SD。 • 在梯形图中 , IN * <tr><td> DIV EN IN1 IN2 OUT DIV IN1 ,IN </td><td> • 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同 ,IN2 的低 16 位为一乘子或被除数 ,且 IN * • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0(0) ,SM1.1(溢出) ,SM1.2(负) ,SM1.3(除数为 0)。 </td></tr>	DIV EN IN1 IN2 OUT DIV IN1 ,IN	• 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同 ,IN2 的低 16 位为一乘子或被除数 ,且 IN * • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0(0) ,SM1.1(溢出) ,SM1.2(负) ,SM1.3(除数为 0)。
DIV EN IN1 IN2 OUT DIV IN1 ,IN	• 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同 ,IN2 的低 16 位为一乘子或被除数 ,且 IN * • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0(0) ,SM1.1(溢出) ,SM1.2(负) ,SM1.3(除数为 0)。		

11.2.5 实数乘/除运算指令(见表 11-6)

表 11-6 实数乘/除运算指令			
MUL_R EN IN1 IN2 OUT MUL IN1 ,IN2	• 实数乘法指令把两个 32 bit 实数相乘后 ,将结果送到 32 bit 的目标(OUT)中去。实数除法指令把两个 32bit 实数相除后 ,将结果送到 32bit 的目标(OUT)中去。 • 操作数 : IN1 ,IN2 :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,* VD ,* AC ,SD ,常数。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,* VD ,* AC ,SD。 • 在梯形图中 , IN * <tr><td> DIV_R EN IN1 IN2 OUT DIV IN1 ,IN </td><td> • 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同 ,且 IN * • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0(0) ,SM1.1(溢出) ,SM1.2(负) ,SM1.3(常数)。 若 SM1.0 或 SM1.3 被置 1 ,则其他算术状态位不变 ,源操作数保持原值。 </td></tr>	DIV_R EN IN1 IN2 OUT DIV IN1 ,IN	• 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同 ,且 IN * • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0(0) ,SM1.1(溢出) ,SM1.2(负) ,SM1.3(常数)。 若 SM1.0 或 SM1.3 被置 1 ,则其他算术状态位不变 ,源操作数保持原值。
DIV_R EN IN1 IN2 OUT DIV IN1 ,IN	• 在指令表中 ,IN2 的操作数与 OUT 同 ,且 IN * • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN2 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0(0) ,SM1.1(溢出) ,SM1.2(负) ,SM1.3(常数)。 若 SM1.0 或 SM1.3 被置 1 ,则其他算术状态位不变 ,源操作数保持原值。		

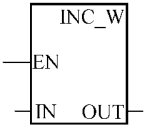
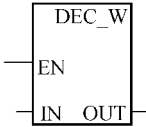
11.2.6 字节的加 1/减 1 指令(见表 11-7)

表 11-7 字节的加 1/减 1 指令

	• 字节的加 1/减 1 指令把源字节加 1/减 1 后 ,将结果送到目标 (OUT)中去。 • 操作数 : IN :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB ,常数。 OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB。 • 在梯形图中 , IN + 1 = OUT IN - 1 = OU
INCB IN	
	• 在指令表中 ,IN 的操作数与 OUT 同 ,且 IN + 1 = IN IN - 1 = I • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0 (0) ,SM1.1 (溢出) ,SM1.2 (负) 。 • CPU212 和 CPU214 无此指令。
DECB I	

11.2.7 字的加 1/减 1 指令(见表 11-8)

表 11-8 字的加 1/减 1 指令

	• 字的加 1/减 1 指令把源字加 1/减 1 后 ,将结果送到目标 (OUT)中去。 • 操作数 : IN :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AIW ,* VD ,* AC ,SW ,常数。 OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,* VD ,* AC ,SW。 • 在梯形图中 , IN + 1 = OUT IN - 1 = OU
INCW IN	
	• 在指令表中 ,IN 的操作数与 OUT 同 ,且 IN + 1 = IN IN - 1 = I • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0 (0) ,SM1.1 (溢出) ,SM1.2 (负) 。
DECW I	

11.2.8 双字的加 1/减 1 指令(见表 11 - 9)

表 11 - 9 双字的加 1/减 1 指令

INC_DW EN IN OUT	• 双字的加 1/减 1 指令把 32 bit 的源双字(IN)加 1/ 减 1 后 , 将结果送到 32 bit 的目标(OUT)中去。 • 操作数 : IN :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC , * VD , * AC ,SD ,常数。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC , * VD , * AC ,SD。 • 在梯形图中 ,
INCD IN	IN + 1 = OUT IN - 1 = OU
DEC_DW EN IN OUT	• 在指令表中 ,IN 的操作数与 OUT 同 ,且
DECD I	IN + 1 = IN IN - 1 = I • 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0 (0) ,SM1.1 (溢出) ,SM1.2 (负) 。

11.2.9 求平方根指令(见表 11 - 10)

表 11 - 10 求平方根指令

SQRT EN IN OUT	• 求平方根指令 把 32 bit 的实数取平方根后 ,将结果送到 32 bit 的目标(OUT)中去 ,即
SQRT IN ,OU	$\sqrt{IN} = OU$ • 操作数 : IN ,OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC , * VD , * AC。 IN 还可以是 HC 或常数。 • 执行结果对特殊标志位的影响 : SM1.0 (0) ,SM1.1 (溢出) ,SM1.2 (负) 。 • CPU212 无此指令。

注意 :16 bit 整数 ,通常称为短整数 ,简称整数 ;32 bit 整数 ,通常称为长整数(双字型)。

11.2.10 应用示例

图 11 - 3 所示为一算术运算的例子 图 11 - 4 所示为加 1/减 1 的例子。

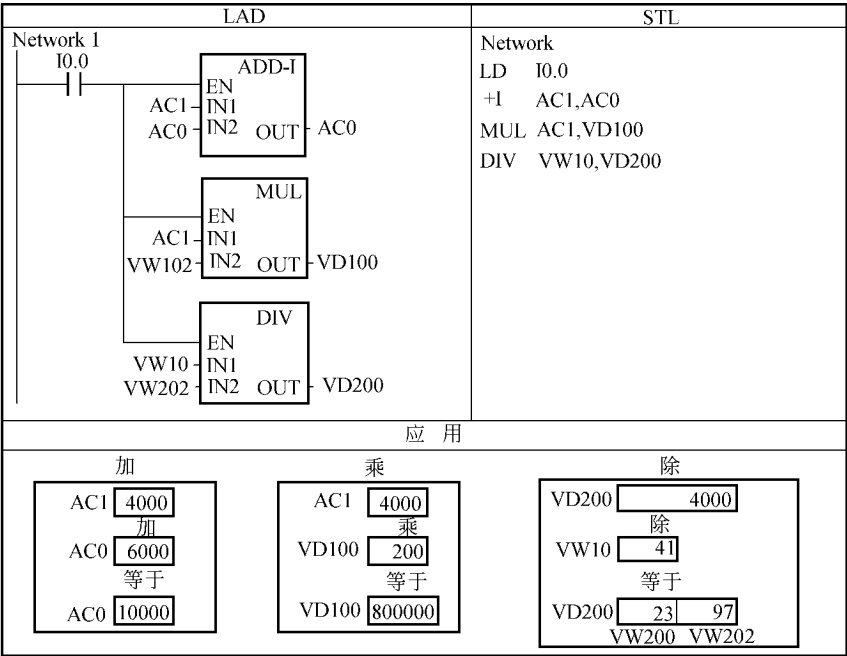


图 11 - 3 算术运算例子

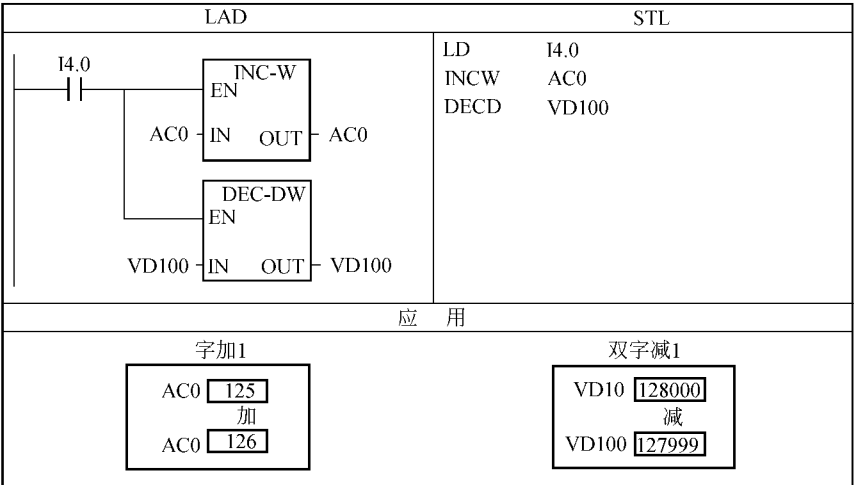
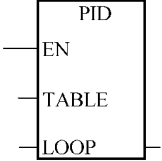


图 11 - 4 加 1/减 1 指令应用示例

11.3 PID 指令

11.3.1 PID 回路控制指令(见表 11-11)

表 11-11 PID 指令

	- 指令用于完成 PID(比例、积分、微分)运算。要执行该指令,逻辑堆栈顶(RLO)必须为 ON 状态。指令中, TABLE 是 PID 控制环的起始地址, LOOP 是控制环号(常数 0~7)。 - 用户程序中最多可用 8 条 PID 指令。一个回路只能用一条 PID 指令。 - 回路控制参数表存储 9 个参数用于监控闭环控制指令的执行。见表 11-12。 - 若要以一定的采样频率进行 PID 运算,应在时间中断程序中编入 PID 指令;或者在主程序中通过定时器来控制含有 PID 指令的程序段定时定频率执行。 - 操作数: TABLE:VB LOOP:0~ - 执行结果对特殊标志位的影响:SM1.1(溢出)。 - CPU212 和 CPU214 无此指令。
PID TABLE, LOOP	

11.3.2 PID 算法

在闭环控制系统中, PID 控制器调节其输出值以保证误差为零,使系统达到稳定状态。误差由给定值(SP)与过程变量(PV)之差来确定。PID 控制的原理基于下面的方程,它描述了输出 M(t)与比例项、积分项和微分项的运算参数关系:

$$M(t) = K_C \cdot e + K_C \int_0^t e dt + M_{initial} + K_C \cdot \frac{de}{dt}$$

式中:M(t)为回路控制算法的输出,是时间的函数;K_C为回路增益;e为误差(给定值与过程变量之差);M_{initial}为回路控制算法输出的初始值。

为了在数字式计算机中实现这一控制功能,上式所描述的连续函数必须先进行离散化,即对误差进行周期性的采样并计算输出值。这一离散形式可表达为下列方程:

$$M_n = K_C \cdot e_n + K_I \cdot \sum_{i=1}^n (e_i) M_{initial} + K_D \cdot (e_n - e_{n-1})$$

式中:M_n为在第 n 个采样时刻计算出的回路控制输出值;K_C为回路增益;e_n为在第 n 个采样时刻的回路误差;e_{n-1}为上次误差(即在第 n-1 个采样时刻的误差);K_I为积分项的比例系数;M_{initial}为回路输出的初始值;K_D为微分项的比例系数。

由此方程可看出,积分项包括自第一次采样到当前采样时刻的所有误差,微分项由本次和上次采样值所决定,而比例项仅由本次采样值所决定。在数字计算机中要存储所有采样的误差值是不实际的,也是不必要的。

因为自第一个采样时刻开始,每次采样获得一个误差,要由数字计算机来计算一次输出,所以只需将上一次的误差值和上一次的积分项存储。利用数字计算机的迭代运算,可将上式转化为递推方程。简化的递推方程如下:

$$M_n = K_C \cdot e_n + K_I \cdot e_n + MX + K_D \cdot (e_n - e_{n-1})$$

式中： M_n 为在第 n 个采样时刻计算出的回路控制输出值； K_C 为回路增益； e_n 为在第 n 个采样时刻的回路误差； e_{n-1} 为上次误差（即在第 $n-1$ 个采样时刻的误差）； K_I 为积分项的比例系数； MX 为上次（即在第 $n-1$ 个采样时刻）积分项； K_D 为微分项的比例系数。

CPU 将上述简化方程再进行组合、简化，即得下面的方程，用来实际计算回路控制的输出值：

$$M_n = MP_n + MI_n + MD_n$$

式中： M_n 为在第 n 个采样时刻所算出的回路控制输出； MP_n 为在采样时刻 n 所算出的比例项； MI_n 为在第 n 个采样时刻所计算出的积分项； MD_n 为在第 n 个采样时刻所计算出的微分项。

(1) 比例项

比例项 MP 为增益 K_C （决定控制输出的敏感度）和误差（是给定值 SP 与过程变量 PV 在给定采样时刻的差值）的乘积。CPU 采用的计算比例项的方程如下：

$$MP_n = K_C \cdot (SP_n - PV_n)$$

式中： MP_n 为在第 n 个采样时刻的回路控制输出中的比例项； K_C 为回路增益； SP_n 为在第 n 个采样时刻的给定值； PV_n 为在第 n 个采样时刻的过程变量值。

(2) 积分项

积分项 MI 正比于历次采样时刻的误差的累积值。CPU 采用的计算积分项的方程如下：

$$MI_n = K_C \cdot T_S / T_I \cdot (SP_n - PV_n) + MX$$

式中： MI_n 为在第 n 个采样时刻的回路控制输出中的积分项； K_C 为回路增益； T_S 为采样周期； T_I 为积分时间常数； SP_n 为在第 n 个采样时刻的给定值； PV_n 为在第 n 个采样时刻的过程变量值； MX 为在第 $n-1$ 个采样时刻的积分项（也称为积分和）。

积分和 MX 是所有采样时刻的积分项的总和。每计算一次 MI_n ，积分和 MX 就以 MI_n 的值更新一次（它可被进一步调整或限幅）。积分和的初始值通常调定为 $M_{initial}$ ，还有几个常数与积分项有关，即增益 K_C 、采样周期 T_S 和积分时间常数 T_I 。

(3) 微分项

微分项正比于误差的变化。其方程为：

$$MD_n = K_C \cdot (T_D / T_S) \cdot [(SP_n - PV_n) - (SP_{n-1} - PV_{n-1})]$$

为了实现在给定值改变时控制输出的无扰动切换，假定给定值为常数（ $SP = SP_{n-1}$ ），则可将上式转化为计算过程变量的变化，而不是计算误差的变化，如下：

$$MD_n = K_C \cdot (T_D / T_S) \cdot (SP_{n-1} - PV_n - SP_{n-1} + PV_{n-1})$$

即

$$MD_n = K_C \cdot (T_D / T_S) \cdot (PV_{n-1} - PV_n)$$

式中： MD_n 为在第 n 个采样时刻的回路控制输出中的微分项； K_C 为回路增益； T_S 为采样周期； T_D 为微分时间常数； SP_n 为在第 n 个采样时刻的给定值； SP_{n-1} 为在第 $n-1$ 个采样时刻的给定值； PV_n 为在第 n 个采样时刻的过程变量值； PV_{n-1} 为在第 $n-1$ 个采样时刻的过

程变量值。

为了下一个采样时刻计算微分项之用,应将过程变量值(而不是误差)存储起来。第一采样时刻时,将 PV_{n-1} 初始化为值 PV_n 。

11.3.3 回路控制的组合选择

在许多控制场合,也许只需 PID 算法中的 P 项(比例项)或 I 项(积分项)或 PI 项。对这种回路控制的功能组合的选择可通过对相关参数(常数)的设定来完成。

若不需要积分项(即为 PD 算法)则应将积分时间常数设置为无穷大,由于积分和的初始值不一定为 0,故即使无积分作用,积分项也并不是一定为 0。

若不需要微分项(即为 PI 算法)则应将微分时间常数设置为 0。

若不需要比例项(即为 ID 算法或者 I 算法)则应将回路增益设置为 0。但由于回路增益同时影响到方程中的积分项、微分项,故需规定,此时用于计算积分项、微分项的增益约定为 1。

11.3.4 回路输入量的转换及归一化

每个 PID 回路具有两个输入量,即给定量和过程变量。给定量通常为一固定值,如固定的转速。过程变量受回路输出的影响并反映了控制的效果。在一个速度调节系统的例子中,过程变量为用来测量轮子转速的测速发电机的输出。

给定值和过程变量都是实际的工程量,其幅度、范围和测量单位都会不同。在实施 PID 算法之前,必须将这些值转换为无量纲的归一化纯量、浮点数的格式。

第一步应将工程实际值由 16 位整数转为浮点数,即实数格式,下面的程序段表明转换的方法:

```

XORD  AC0,AC0           //清累加器 AC0
MOVW  AIW0,AC0           //读模拟量入 AC0
LDW >= AC0,0            //若模拟量为正
JMP    0                 //则转到标号为 0 的程序段进行直接转换
NOT                                         //否则(即模拟量为负)
ORD    16#FFFF0000,AC0   //AC0 中的符号处理
LBL    0
DTR    AC0,AC0           //将 32 位整数格式转换为实数格式

```

下一步是将实数格式的工程实际值转换为[0.0,1]间的无量纲相对值(称为归一化格式)。用下式来将给定值或过程变量归一化:

$$R_{\text{Norm}} = (R_{\text{Raw}} / S_{\text{pan}} + \text{Offset})$$

式中: R_{Norm} 为工程实际值的归一化值; R_{Raw} 为工程实际值的实数形式值,未归一化处理; Offset 对于单极性值,取为 0;对于双极性值,取为 0.5; S_{pan} 为最大允许值减去最小允许值,通常取 32 000(对于单极性)或 64 000(对于双极性)。

下面的程序段用于将 AC0 中的双极性模拟量进行归一化处理(可紧接上述转换为实数格式的程序段):

```

/R      64000.0,AC0      //将 AC0 中的值归一化

```

```

+ R      0.5 ,AC0      //将所得结果转移到范围[ 0.0 ,1.0 ]
MOVR     AC0 ,VD100    //将归一化结果存入控制参数表 TABLE 中
                        的相应双字中

```

11.3.5 将回路控制输出转换为按工程量标定的整数值

回路控制的输出 相对于被控对象来说 ,为一个控制量。在机动车的速度控制的例子中 则为节流阀的位置设定值。注意 :回路控制输出为在[0.0 ,1.0]范围内的归一化实数格式 ,它必须先转换为 16 位按工程量标定的值后方可用于驱动实际机构。这一转换实际上为归一过程的逆过程。第一步是用下式将回路输出转换为按工程量标定的实数格式 :

$$R_{scal} = (M_n - Offset) \cdot S_{pan}$$

式中 : R_{scal} 为已按工程量标定的实数格式的回路输出 ; M_n 为归一化实数格式的回路输出 ; $Offset$ 对于单极性模拟量 取为 0.0 ;对双极性模拟量 取为 0.5 ; S_{pan} 为最大允许值减去最小允许值 ,通常取 32 000(对于单极性)或 64 000(对于双极性)。

下面是实际标定回路输出的程序段 :

```

MOVR     VD108 ,AC0      //将回路输出结果放入 AC0
- R      0.5 ,AC0        //这一条指令适合于双极性的场合
* R      64 000.0 ,AC0    //将 AC0 中的值按工程量标定

```

下面将已标定的实数格式的回路输出转化为 16 位整数格式 ,见下面的程序段 :

```

TRUNC     AC0 ,AC0      //将实数转换为 32 位整数
MOVW      AC0 ,AQW0     //将 16 位整数值输出至模拟量输出模块

```

11.3.6 回路的正作用与反作用

若回路增益取为正值 ,则称为正作用 ;否则称为反作用(对于 I 或 ID 算法的场合 ,回路增益已经为 0 ,则通过指定正的积分时间常数或微分时间常数来规定正作用 ,指定负的时间常数来规定反作用)。

11.3.7 变量与范围

过程变量和给定值为 PID 算法的输入 ,因此在控制参数表中的相应区域内容只可由 PID 指令来读取而不可更改。

回路输出值由 PID 指令计算得出 ,因此控制参数表中的相应区域内容仅当 PID 指令完全执行完后才予以更新。其输出值有上、下限 ,分别为 1.0 和 0.0。当回路输出由手动切换到 PID(即自动)方式时 ,可利用手动输出的存放内容来初始化回路输出(见下面的“ 控制方式 ”中的讨论)。

若使用积分控制 ,则积分和由 PID 算法来更新 ,且此更新值用作下一次 PID 运算的输入值。当计算出的输出值超出范围时(即小于 0.0 或大于 1.0) 则根据下式来调整积分和 :

$$MX = 1.0 - (MP_n + MD_n) \quad (\text{当计算出的 } M_n > 1.0 \text{ 时})$$

$$MX = - (MP_n + MD_n) \quad (\text{当计算出的 } M_n < 0.0 \text{ 时})$$

式中 : MX 为调整后的积分和 ; MP_n 为在第 n 个采样时刻的回路输出中的比例项 ; MD_n 为在

第 n 个采样时刻的回路输出中的微分项 ; M_n 为在第 n 个采样时刻的回路输出值。

按照上述方法调整后 , 一旦所计算出的回路输出回到正常范围 , 则系统的响应会得到改善。当然 , 这一调整值同样要受到上、下限的约束(分别为 1.0 和 0.0) , 并且在 PID 算法执行完毕时写入控制参数表中的积分和项 , 从而又可用于下一次 PID 运算。

在控制参数表中的积分和一项也可由用户在特定的应用场合时于执行 PID 指令前予以修改。当用户直接修改这一项时应谨慎从事 , 并注意到任何写入控制参数表中的数一定是 [0.0 , 1.0] 间的实数。

在控制参数表中的过程变量比较值由 PID 功能来维护 , 用于计算微分项。此值不能由用户更改。

11.3.8 控制方式

在 S7 - 200 系列 PLC 中 , PID 指令没有考虑手动、自动的控制切换方式 , 只要流向 PID 方框的“能流”有效 , 就执行 PID 运算。因此 , 通常所说的“自动”(automation 或 auto 方式) 即指周期性地执行 PID 运算 , 而手动(manual) 即指不执行 PID 运算的情况。

PID 指令具有一个内部的“得电”记录位 , 类似计数器指令一样。PID 指令利用这一记录位来检测是否有 0 到 1 的跳变。若检测到了这样的跳变 , 则会执行一系列的动作来提供一个无扰动的手动、自动切换过程。为了保证向自动模式的切换无冲击 , 在手动模式中设定的输出值必须作为 PID 指令的一个输入(写入到控制参数表中的 M_n 值) , 之后才可切换到自动模式。PID 指令为此而完成的一系列动作 , 包括 :

- 使 SP_n (设定值) = PV_n (过程变量) ;
- 使 PV_{n-1} (前一次过程变量) = PV_n ;
- 使 MX (积分和) = M_n (输出值) 。

PID 指令记录位的缺省状态为“1” , 并且在 CPU 启动和每一次由 STOP 到 RUN 的工作模式开关的切换时都置为这一缺省值。如果在 RUN 模式时第一次执行 PID 指令 , 则这一记录位并无由 0 到 1 的跳变 , 故此时不会自动地执行无扰动的自动切换功能。

11.3.9 报警、特殊操作等

PID 指令既简单又功能强大。若需要诸如报警或对回路变量的特殊计算之类的其他处理 , 则可通过用户编程来实现。

11.3.10 出错情况

若回路控制参数表的起始地址或 PID 回路编号不符合要求 , 则在编译时 , CPU 会产生一个编译错误(范围出错) 信息并报告编译失败。

对于某些控制参数表中的内容 , PID 指令并不自动进行范围检测 , 用户必须确保过程变量和给定值(有时也包括积分和与前一次过程变量) 为 [0.0 , 1.0] 间的实数格式。

若在执行 PID 计算过程中遇到任何错误 , 则特殊标志位 $SM1.1$ 置 1 , 且 PID 指令的执行被中断。(控制参数表中的输出值的更新并不完整 , 故必须舍弃 ; 在再次启动 PID 指令之前 , 必须对这类错误进行修正。)

11.3.11 控制回路参数表(LOOP TABLE)

PID 控制指令执行的形式为 :PID TABLE ,LOOP。

操作数 TABLE 所指定的参数控制表的结构见表 11 - 12 ,此表含有 9 个参数 ,全部为 32 位的实数格式 ,故占用 36 个字节。

表 11 - 12 PID 参数控制表

参数 编号	地址 偏移	变量 名	变量 类型	注 释
1	+ 0	PV _n	in	调节量 ,即被控对象的输出量 ,归一化
2	+ 4	SP _n	in	给定量 ,即被控对象的给定输出 ,归一化
3	+ 8	M _n	in/out	控制量 ,用于输出到被控对象 ,归一化
4	+ 12	K _C	in	比例项增益 ,可正可负
5	+ 16	T _S	in	采样时间 ,单位为 s ,必须为正数
6	+ 20	T _I	in	积分时间常数 ,单位为 s ,必须为正数
7	+ 24	T _D	in	微分时间常数 ,单位为 s ,必须为正数
8	+ 28	MX	in/out	累计偏移量 ,即累计误差 ,归一化
9	+ 32	PV _{n - 1}	in/out	上次执行 PID 指令时的调节量

注 :此表中的比例类型是相对于 PID 控制而言的输入或输出 ,地址偏移以字节为单位。

11.3.12 PID 指令的使用

为了满足过程控制的需要 ,西门子公司在新推出的 S7 - 200 系列 PLC 的新成员 CPU215、CPU216 中 ,增加了用于闭环控制的 PID 指令。这样用户就不必像使用 CPU212、CPU214 那样要自己编制几十条指令来完成 PID 控制。用户需要做的事只是填写一张 PID 控制参数表(TABLE)后 ,执行指令 PID TABLE ,LOOP 即可(其中 ,操作数 TABLE 使用变量存储器 VB_x ,用来指明参数控制表的表头字节 ,操作数 LOOP 只可选择 0 ~ 7 的整数 ,表示此次 PID 闭环控制所针对的环路编号)。操作数 TABLE 所指定的参数控制表的结构见表 11 - 12。

下面介绍编程实例。

【任务描述】

被控对象为需保持一定压力的供水水箱 ,调节量为其水位 ,给定量为满水位的 75% ,控制量为向水箱注水的调速电机的转速。调节量(为单极性信号)由水位计检测后经 A/D 变换送入 PLC。用于控制电机的转速信号由 PLC 执行 PID 指令后以单极性信号经 D/A 变换后送出。本例假设根据实际情况 ,已选定采用 PI 控制 ,且增益、采样时间常数和积分时间常数选为 :K_C = 0.25 ,T_S = 0.1 s ,T_I = 30 s。要求开机后先由手动控制电机 ,一直到水位上升为 75% 时 ,通过输入点 I0.0 的置位切入自动状态。

【要点提示】

- ①本例的 PID 参数控制表存放在变量存储区的 VB100 开始的 36 个字节中。
- ②S7-200 CPU 215、214(部分 CPU214)新增了一个用于实数传送的指令 MOVR,以便使用 PID 指令。
- ③参数控制表中的参数分为几大类。有些是固定不变的,如参数 2、4、5、6、7(见表 11-12),这些参数可在主程序中设定(本例的 Network 4)。另外,有一些参数必须在调用 PID 指令时才可填入控制表格,如参数 1、3、8、9,它们具有实时性(本例的 Network 7、8)。进一步的分析还可发现,其中有些参数既是本次的输入(执行 PID 指令之前),又是本次的输出(执行 PID 指令之后),如参数 3、8、9。若要进行上下限的监视报警,则应注意读取这些数据的时刻是否正确。

【STL 程序及注释】

```
Network 1
LD      SM0.1           //第一个扫描周期中调用初始化子程序 0
CALL    0

Network 2
LD      SM0.0
END      //主程序结束

Network 3
SBR      0              //初始化子程序

Network 4
LD      SM0.0           //下面将执行 PID 指令时固定的参数填入控制表
MOVR    0.75 , VD104     //(参数 2)归一化的给定水位,即水箱满的 75%
MOVR    0.25 , VD112     //(参数 4)选定的增益值为 0.25
MOVR    0.10 , VD116     //(参数 5)选定的采用周期值为 0.1s
MOVR    30.0 , VD120     //(参数 6)选定的积分时间值为 30s
MOVR    0.0 , VD124     //(参数 7)不用微分项,取相应的时间常数为 0
MOVR    100 , SMB34      //设定定时中断的时间间隔为 100ms
ATCH    0 , 10          //每次定时时间到则调用中断程序 0
ENI      //全局开中断

Network 5
LD      SM0.0
CRET      //子程序返回

Network 6
INT      0              //每隔 100ms 进行一次 PID 预处理(包括相关的数
                        据格式转换)

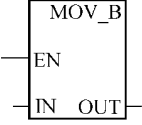
Network 7
LD      SM0.0
XORD    AC0 , AC0       //清零加器
MOVW    AIW0 , AC0      //读入连接在模拟量通道 0 上的水位值
DTR      AC0 , AC0      //双整数转换为实数(即浮点数)
```

/R	32000.0 ,	AC0	//对单极性的工程量进行归一化
MOVR	AC0 ,	VD100	//(参数 1)将调节量的归一化结果填入 PID 参数控制表
Network 8			
LD	I0.0		//若为自动方式 则
PID	VB100 ,	0	//调用 PID 功能 取环路编号 0
NOT			//否则将手动的控制量进行归一化并填入参数控制表 ,以便实现无冲击手动/自动的切换
XORD	AC0 ,	AC0	//清累加器
MOVW	AIW2 ,	AC0	//读入连接在模拟量通道 2 上的控制量(速度值给定)
DTR	AC0 ,	AC0	//双整数转换为实数(即浮点数)
/R	32000.0 ,	AC0	//对单极性的工程量进行归一化
MOVR	AC0 ,	VD108	//(参数 3)将调节量的归一化结果填入 PID 参数控制表
MOVR	AC0 ,	VD128	//(参数 8)将调节量的归一化结果填入 PID 参数控制表
MOVR	VD100 ,	AC0	
MOVR	AC0 ,	VD132	//(参数 9)将调节量的归一化结果填入 PID 参数控制表
Network 9			
LD	I0.0		//若为自动方式 则
MOVR	VD108 ,	AC0	//取 PID 运算结果的控制量
* R	32000.0 ,	AC0	//进行逆归一化(即转换为工程量)
TRUNC	AC0 ,	AC0	//取整
MOVR	AC0 ,	AQW0	//将工程量输出给模拟量输出通道 0 进行 D/A 变换
Network 10			
LD	SM0.0		
CRETI			

11.4 传送、移位、循环移位及填充指令

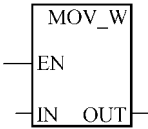
11.4.1 字节传送指令(见表 11 - 13)

表 11 - 13 字节传送指令

	• 字节传送指令： 将源字节 IN 的内容传送到 OUT 中 ,传送后 源字节内容不变。 • 操作数： IN :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* AC ,* VD ,SB ,常数。 OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* AC ,* VD ,SB。
--	--

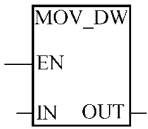
11.4.2 字传送指令(见表 11 - 14)

表 11 - 14 字传送指令

	• 字传送指令： 将源字 IN 的内容传送到 OUT 中 , 传送后 , 源字内容不变。 • 操作数： IN : VW , T , C , IW , QW , MW , SMW , AC , AIW , 常数 , * VD , * AC , SW。 OUT : VW , T , C , IW , QW , MW , SMW , AC , AQW , * VD , * AC , SW。
MOVW IN ,OU	

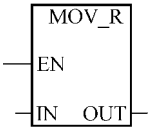
11.4.3 双字传送指令(见表 11 - 15)

表 11 - 15 双字传送指令

	• 双字传送指令： 将源双字 IN 的内容传送到 OUT 中 , 传送后 , 源双字内容不变。 • 操作数： IN : VD , ID , QD , SMD , AC , HC , 常数 , * VD , * AC , &VB , &IB , &QB , &MB , &T , &C , SD。 OUT : VD , ID , QD , MD , SMD , AC , * VD , * AC , SD。
MOVD IN ,OU	

11.4.4 实数传送指令(见表 11 - 16)

表 11 - 16 实数传送指令

	• 实数传送指令： 把源双字 IN 中的 32 bit 实数传送到指定的目标双字(OUT)中去 , 传送后 , 源双字内容不变。 • 操作数： IN : VD , ID , QD , MD , SMD , AC , * VD , * AC , SD , 常数 , HC。 OUT : VD , ID , QD , MD , SMD , AC , * VD , * AC , SD。 • CPU212 无实数型数据操作指令。
MOVR IN ,OU	

11.4.5 字节交换指令(见表 11 - 17)

表 11 - 17 字节交换指令

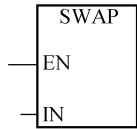
	• 字节交换指令： 把字 IN 的高位字节和低位字节的内容交换 , 结果放回字 IN 中。 • 操作数： IN : VW , T , C , IW , QW , MW , SMW , AC , * VD , * AC , SW。
SWAP I	

图 11-5 所示为传送及交换的例子。

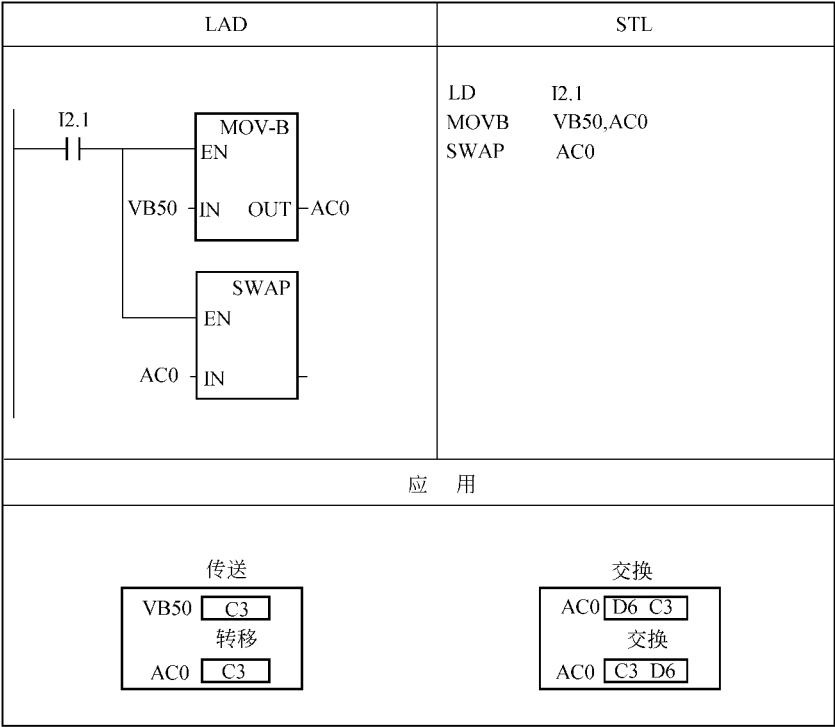


图 11-5 传送及交换示例

11.4.6 字节的块传送指令(见表 11-18)

表 11-18 字节的块传送指令

	• 字节的块传送指令： 将从字节 IN 开始的连续 N 个字节的数据块的内容复制到从字节 OUT 开始的数据块里。N 的有效范围是 1~255。 • 操作数： IN ,OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,* VD ,* AC。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,常数 ,* VD ,* AC ,SB。
--	---

11.4.7 字的块传送指令(见表 11-19)

表 11-19 字的块传送指令

	• 字的块传送指令： 将从 IN 开始的连续 N 个字的数据块的内容复制到从字 OUT 开始的数据块里。N 的有效范围是 1~255。 • 操作数： IN :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AIW ,* VD ,* AC ,SW。 OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AQW ,* VD ,* AC ,SW。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,常数 ,* VD ,* AC ,SB。
--	---

11.4.8 双字的块传送指令(见表 11-20)

表 11-20 双字的块传送指令

BLKMOV_D EN IN1 NOUT BMD IN ,OUT ,	• 双字的块传送指令： 将从 IN 开始的连续 N 个双字的数据块复制到从双字 OUT 开始的数据块里。 N 的有效范围是 1 ~ 255。 • 操作数： IN ,OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,* VD ,* AC ,SD。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB ,常数。 • CPU212 和 CPU214 无此指令。
--	---

图 11-6 所示为块传送的例子。

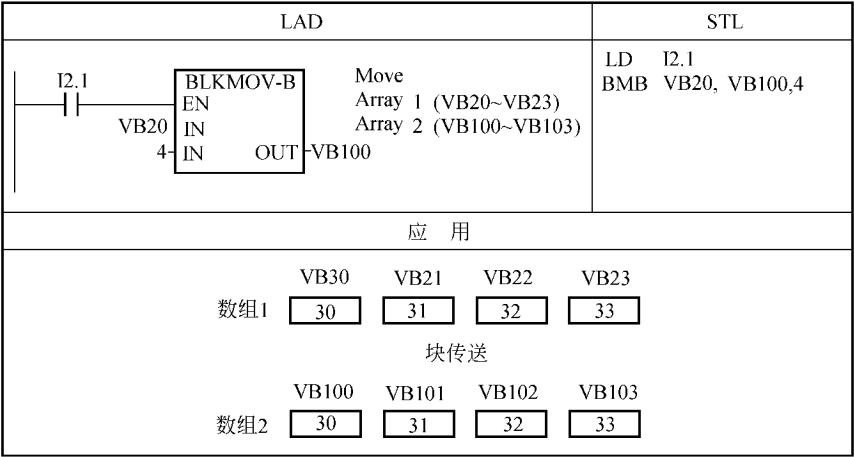


图 11-6 块传送指令应用示例

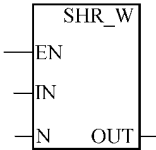
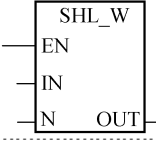
11.4.9 字节的右移/左移指令(见表 11-21)

表 11-21 字节的右移/左移指令

SHR_B EN IN NOUT SRB IN ,N	• 字节的右移/左移指令把源字节(IN)向右/左移动 N 位 ,移空的位以 0 填充。 • 操作数： IN :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB。 OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,常数 ,SB。 • ≥ 8 时 ,按 8 处理 ； N > 0 则溢出标志位 SM1.1 取最后移出位的值 ； N = 0 则不作移位操作。 • 在梯形图中 ,移位结果存放在 OUT 中 ； 在指令表中 ,移位结果存放在 IN 中。 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 :SM1.0 (0) ,SM1.1 (溢出)。 • CPU212 和 CPU214 无此指令。
SHL_B EN IN NOUT SLB IN ,	

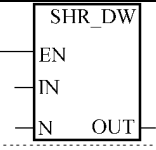
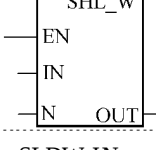
11.4.10 字的右移/左移指令(见表 11-22)

表 11-22 字的右移/左移指令

 SHR_W EN IN N OUT SRW IN, N	• 字的右移/左移指令把源字(IN)向右/左移动 N 位 移空的位以 0 填充。 • 操作数： IN :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AIW ,常数 ,* VD ,* AC ,SW。 OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,* VD ,* AC ,SW。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,AC ,SMB ,* VD ,* AC ,常数 ,SW。 • $\geq$ 时 按 16 处理； N > 0 则溢出标志位 SM1.1 取最后移出位的值； N = 0 则不作移位操作。
 SHL_W EN IN N OUT SLW IN, N	• 在梯形图中 移位结果存放在 OUT 中。 在指令表中 ,IN 的操作数与 OUT 同 移位结果存放在 IN 中。 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 :SM1.0(0),SM1.1(溢出)。

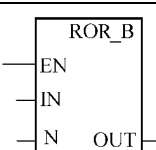
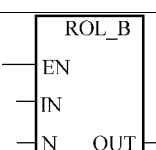
11.4.11 双字的右移/左移指令(见表 11-23)

表 11-23 双字的右移/左移指令

 SHR_DW EN IN N OUT SRDW IN, N	• 双字的右移/左移指令把源双字(IN)向右/左移动 N 位 移空的位以 0 填充。 • 操作数： IN :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC ,* VD ,* AC ,常数 ,SD。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,* VD ,* AC ,SD。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,常数 ,SB。 • $\geq$ 时 按 32 处理； N > 0 则溢出标志位 SM1.1 取最后移出位的值； N = 0 则不作移位操作。
 SHL_DW EN IN N OUT SLDW IN, N	• 在梯形图中 移位结果存放在 OUT 中。 在指令表中 ,IN 的操作数与 OUT 同 移位结果存放在 IN 中。 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 :SM1.0(0),SM1.1(溢出)。

11.4.12 字节的循环右移/左移指令(见表 11-24)

表 11-24 字节的循环右移/左移指令

 ROR_B EN IN N OUT RRB IN, N	• 字节的循环右移/左移指令把源字节 IN 指定的内容向右/左循环移 N 位 结果存入 OUT 指定的目标字节中。 • 操作数： IN :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB。 OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,常数 ,SB。 • $\geq$ 则先除以 8 ,以余数作移位次数； N = 0 则不作移位操作； 最后移出的内容送到 SM1.1。
 ROL_B EN IN N OUT RLB IN, N	• 在梯形图中 移位结果存放在 OUT 中。 在指令表中 移位结果存放在 IN 中。 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响 :SM1.0(0),SM1.1(溢出)。 • CPU 212 和 CPU 214 无此指令。

11.4.13 字的循环右移/左移指令(见表 11-25)

表 11-25 字的循环右移/左移指令

ROR_W EN IN N OUT RRW IN ,N	• 字的循环右移/左移指令把源字 IN 指定的内容向右/左循环移 N 位,结果存入 OUT 指定的目标字中。 • 操作数： IN :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AIW ,常数 ,* VD ,* AC ,SW。 OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,* VD ,* AC ,SW。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,AC ,SMB ,* VD ,* AC ,常数 ,SW。 ≥ 则先除以 16 ,以余数作移位次数； N=0 则不作移位操作； 最后移出的内容送到 SM1.1。 • 在梯形图中 移位结果存放在 OUT 中； 在指令表中 ,IN 的操作数与 OUT 同 移位结果存放在 IN 中。 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响：SM1.0 (0) ,SM1.1 (溢出)。
ROL_W EN IN N OUT RLW IN ,	

11.4.14 双字的循环右移/左移指令(见表 11-26)

表 11-26 双字的循环右移/左移指令

ROR_DW EN IN N OUT RRD IN ,N	• 双字的循环右移/左移指令把源双字 IN 指定的内容向右/左循环移 N 位,结果存入 OUT 指定的目标双字中。 • 操作数： IN :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC ,* VD ,* AC ,常数 ,SD。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,* VD ,* AC ,SD。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,常数 ,SB。 ≥ 则先除以 32 ,以余数作移位次数； N=0 则不作移位操作； 最后移出的内容送到 SM1.1。 • 在梯形图中 移位结果存放在 OUT 中； 在指令表中 ,IN 的操作数与 OUT 同 移位结果存放在 IN 中。 在梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 执行结果对特殊标志位的影响：SM1.0 (0) ,SM1.1 (溢出)。
ROL_DW EN IN N OUT RLD IN ,	

移位与循环移位指令应用示例见图 11-7。

11.4.15 填充指令(见表 11-27)

表 11-27 填充指令

FILL_N EN IN N OUT FILL IN ,OUT ,	• 填充指令： 将起始于 OUT 的连续 N 个字的值置成为 IN 的值。 • 操作数： IN :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AIW ,常数 ,* VD ,* AC ,SD。 OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AQW ,* VD ,* AC ,SD。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,常数 ,* VD ,* AC ,SB。
---	---

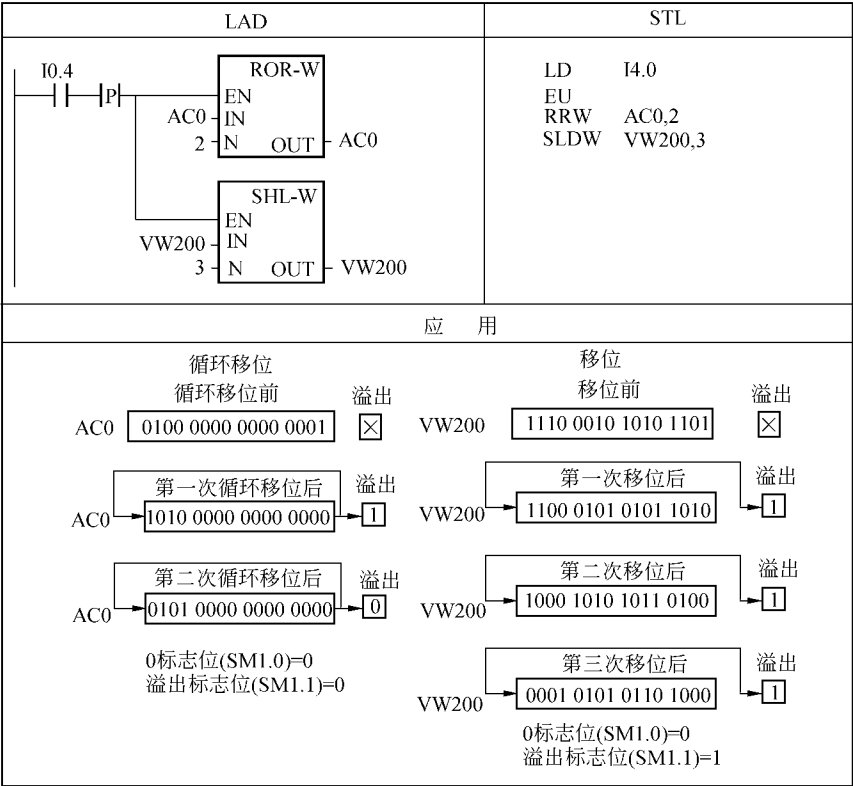


图 11-7 移位与循环移位指令应用示例

填充指令应用示例见图 11-8。

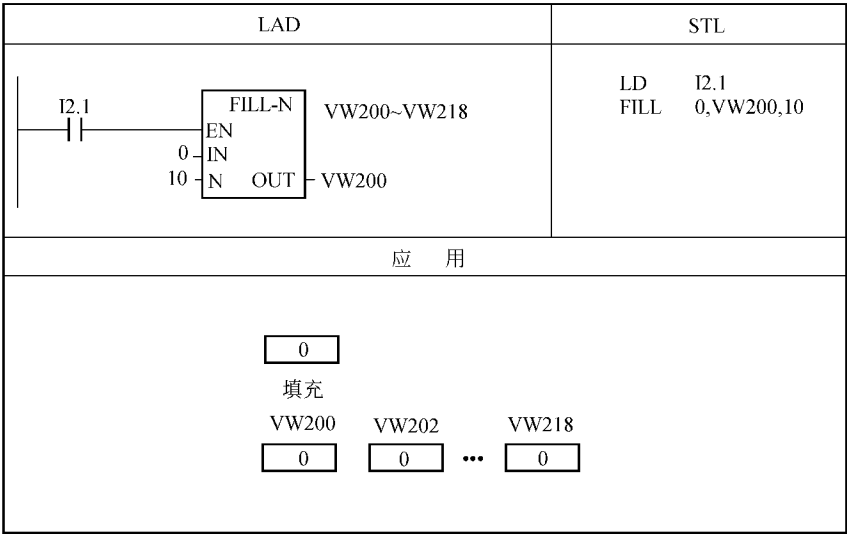


图 11-8 填充指令应用示例

11.4.16 移位寄存器指令(见表 11-28)

表 11-28 移位寄存器指令	
SHRB EN DATA S_BIT N	• 移位寄存器指令 SHRB :用户通过 S_BIT 和 N 定义自己的移位寄存器。S_BIT 指定移位寄存器的起始位 ,N 指定移位寄存器的长度和移位方向(N>0 时 左移 ;N<0 时 右移)。 - 该指令的作用是将 DATA 的值(位型)移入移位寄存器 ,S_BIT 指定移入移位寄存器的最低位。 • 操作数 : DATA :S_BIT :I ,Q ,M ,SM ,T ,C ,V。 N :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,常数 ,* VD ,* AC ,SB。 • 指令解释 : 本指令为顺序控制、物流及数据控制提供了一个简单的方法。若执行条件 EN 成立 ,则每个扫描周期整个移位寄存器移一位。
SHRB DATA S_BIT ,	

11.5 FOR/NEXT 循环指令

FOR/NEXT 循环指令(见表 11-29)

表 11-29 FOR/NEXT 循环指令	
FOR EN INDEX INITIAL FINAL	• 指令 ,为 FOR 和 NEXT 之间的程序反复执行指定次数。INDEX 为当前循环数计数器 ,INITIAL 为计数器初值 ,FINAL 为计数器终值。如果初值大于终值 ,则该循环就不执行。在 FOR 和 NEXT 之间的指令每执行一次 ,INDEX 的值就加 1 ,并与终值相比较。如果 INDEX 大于终值 ,则循环结束。 • 操作数 : INDEX :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,* VD ,* AC ,SW。 INITIAL ,FINAL :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AIW ,常数 ,* VD ,* AC ,SW。 • CPU212 无此指令。
FOR INDEX , INITIAL , FINAL	
——(NEXT)	• 标志 FOR 循环结束。FOR/NEXT 指令必须成对使用。FOR 循环允许嵌套 ,嵌套深度最多为 8。 • CPU212 无此指令。
NEX	

应用示例 :FOR/NEXT 循环的例子如图 11-9 所示。

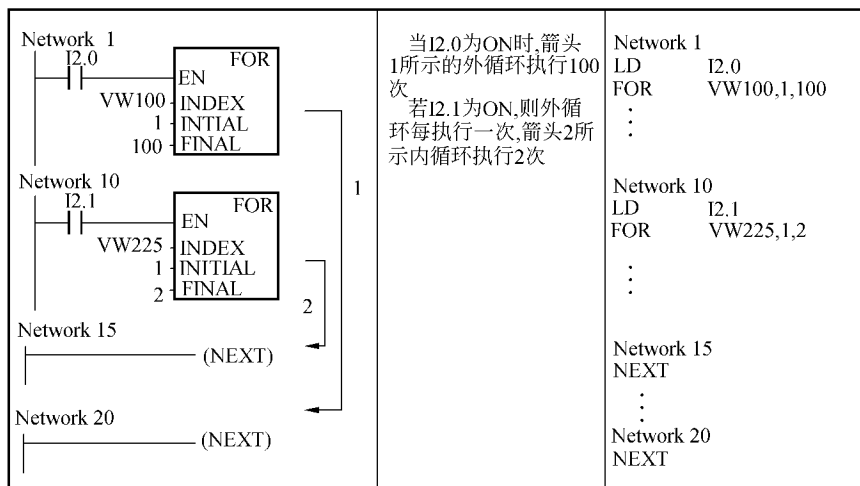
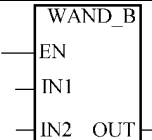
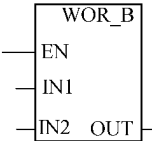
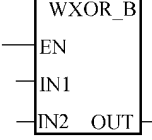
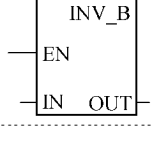


图 11-9 FOR/NEXT 循环指令应用示例

11.6 逻辑运算指令

11.6.1 字节的与、或、异或及取反指令(见表 11-30)

表 11-30 字节的与、或、异或及取反指令

 ANDB IN1 ,IN2	• 字节的与指令 ANDB : 将字节 IN1 和 IN2 按位作逻辑与运算 ,结果送到 OUT 指定的目标字节中去。
 ORB IN1 ,IN2	• 字节的或指令 ORB : 将字节 IN1 和 IN2 按位作逻辑或运算 ,结果送到 OUT 指定的目标字节中去。
 XORB IN1 ,IN2	• 字节的异或指令 XORB : 将字节 IN1 和 IN2 按位作逻辑异或运算 ,结果送到 OUT 指定的目标字节中去。
 INVB I	• 字节取反指令 INVB : 把源字节 IN 中数据逐位取反 ,结果存入 OUT 指定的目标字节中。

• 操作数 :
IN1 ,IN2 ,OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC , * VD , * AC。IN 的取值范围与 IN1 相同。

• 在梯形图中 ,执行结果放在 OUT 中。

• 在指令表中 ,执行结果放在 IN2 或 IN 中。
梯形图中 ,可以设定 OUT 和 INX IN 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。

• 指令执行影响特殊标志位 :
SM1.0 (0)

• CPU212 和 CPU214 无此指令。

11.6.2 字的与、或、异或及取反指令(见表 11-31)

表 11-31 字的与、或、异或及取反指令

WAND_W EN IN1 IN2 OUT	• 字的与指令 ANDW : 将源字 IN1 和 IN2 按位作逻辑与运算 结果送到 OUT 指定的目标字中去。
ANDW IN1 ,IN2	
WOR_W EN IN1 IN2 OUT	• 字的或指令 ORW : 将源字 IN1 和 IN2 按位作逻辑或运算 结果送到 OUT 指定的目标字中去。
ORW IN1 ,IN2	
WXOR_W EN IN1 IN2 OUT	• 字的异或指令 XORW : 将源字 IN1 和 IN2 按位作逻辑异或运算 结果送到 OUT 指定的目标字中去。
XORW IN1 ,IN2	
INV_W EN IN OUT	• 字取反指令 INVW : 把源字 IN 中数据逐位取反 结果存入 OUT 指定的目标字中。 • 操作数 : IN1 ,IN2 ,OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,* AC ,* VD ,SW。 IN1 还可以是 AIW 或常数。 在梯形图中 ,IN2、IN 的取值范围与 IN1 相同。 在指令表中 ,IN、IN2 的取值范围与 OUT 相同。 • 在梯形图中 ,执行结果放在 OUT 中。 • 在指令表中 ,执行结果放在 IN2 或 IN 中。 梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN(IN)指向同一内存单元 ,这样可节省内存。 • 指令执行影响特殊标志位 : SM1.0(0)
INVW I	

11.6.3 双字的与、或、异或及取反指令(见表 11 - 32)

表 11 - 32 双字的与、或、异或及取反指令

WAND_DW EN IN1 IN2 OUT	• 双字的与指令 ANDD : 将源双字 IN1 和 IN2 按位作逻辑与运算 ,结果送到 OUT 指定的目标双字中去。
ANDD IN1 ,IN2	• 双字的或指令 ORD : 将源双字 IN1 和 IN2 按位作逻辑或运算 ,结果送到 OUT 指定的目标双字中去。
WOR_DW EN IN1 IN2 OUT	• 双字的“ 异或 ”指令 XORD : 将源双字 IN1 和 IN2 按位作逻辑异或运算 ,结果送到 OUT 指定的目标双字中去。
ORD IN1 ,IN2	• 双字取反指令 INVD : 把源双字 IN 中数据逐位取反 ,结果存入 OUT 指定的目标双字中。
WXOR_DW EN IN1 IN2 OUT	• 操作数 : IN1 ,IN2 ,OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,* VD , * AC ,SW。 IN1 还可以是常数或 HC。 在梯形图中 ,IN2、IN 的取值范围与 IN1 相同。 在指令表中 ,IN、IN2 的取值范围与 OUT 相同。
XORD IN1 ,IN2	• 在梯形图中 执行结果放在 OUT 中。 • 在指令表中 执行结果放在 IN2 或 IN 中。 梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN(IN 指向同一内存单元 ,这样可节省内存。
INV_DW EN IN OUT	• 指令执行影响特殊标志位 : SM1.0(0)
INVD I	

与、或、异或指令应用示例见图 11 - 10 取反指令应用示例见图 11 - 11。

LAD	STL	
	LD I4.0 ANDW AC1,AC0 ORW AC1,VW100 XORW AC1,AC0	
应 用		
字与 AC1 0001 1111 0110 1101 与 AC0 1101 0011 1110 0110 等于 AC0 0001 0011 0110 0100	字或 AC1 0001 1111 0110 1101 或 VW100 1101 0011 1010 0000 等于 VW100 1101 1111 1110 1101	字异或 AC1 0001 1111 0110 1101 异或 AC0 0001 0011 0110 0100 等于 AC0 0000 1100 0000 1001

图 11 - 10 与、或、异或指令应用示例

LAD	STL
	LD I4.0 INVW AC0
应 用	
字取反 AC0 1101 0111 1001 0101 AC0 0010 1000 0110 1010	

图 11 - 11 取反指令应用示例

11.7 表处理及表搜索指令

11.7.1 入表指令(见表 11-33)

表 11-33 入表指令

AD_T_TBL — EN — DATA — TABLE ATT DATA ,TABL	• 入表指令 ATT 是将 DATA 指定的字数据添加到 TABLE 指定的表的末尾。 • 操作数： DATA :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AIW ,常数 ,* VD , * AC , SW。 TABLE :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,* VD ,* AC ,SW。 • 表中的第一个字表示表的最大允许长度(TL),第二个字表示表中现有数据项的个数(EC)。每次将新数据加到表中时 ,EC 的值加 1。表的最大长度为 100 字(不含 TL 及 EC)。 • 若向一满表加数 则 SM1.4 置 1。 • CPU 212 无此指令。
---	---

图 11-12 所示为入表指令应用示例。

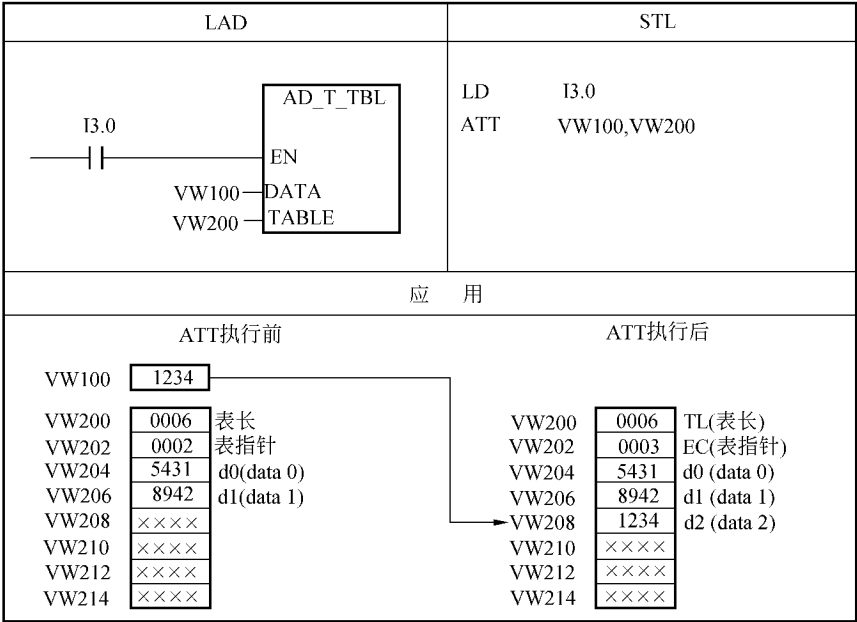


图 11-12 入表指令应用示例

11.7.2 后入先出指令(见表 11 - 34)

表 11 - 34 后入先出指令	
LIFO EN TABLE DATA LIFO TABLE ,DAT	• 后入先出指令 LIFO 将表 TABLE 中最后一次写入的数据取出 ,并把它送到 DATA 指定的存储单元中 ,同时 EC 值减 1。 • 操作数 : TABLE :VW ,T ,C ,W ,QW ,MW ,SMW ,* VD ,* AC ,SW。 DATA :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AQW ,SW ,* AC ,* VD。 • 若向一空表取数 ,则 SM1.5 置 1。 • CPU212 无此指令。

图 6 - 13 所示为后入先出指令应用示例。

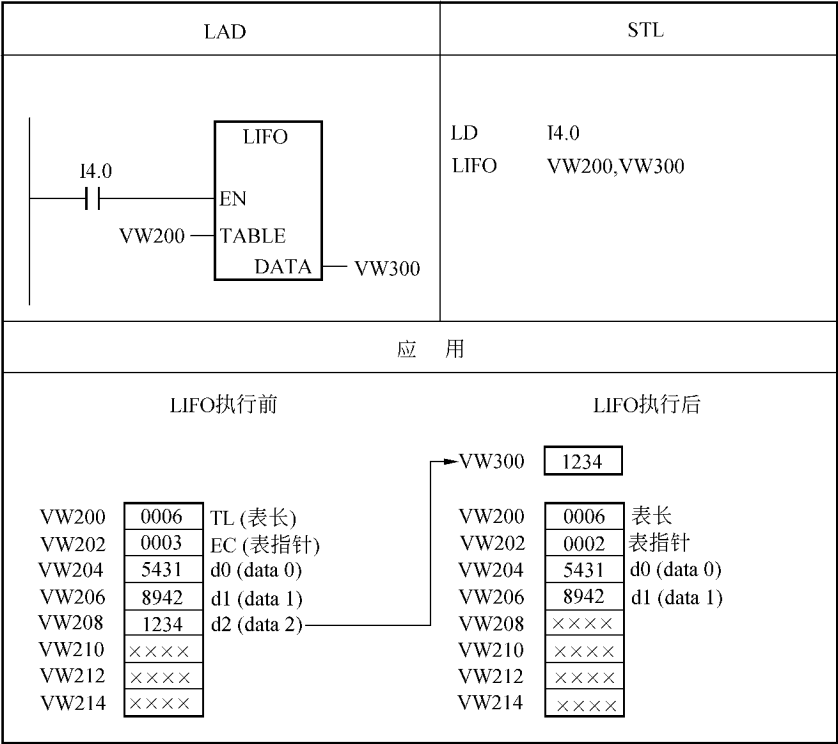


图 11 - 13 后入先出指令应用示例

11.7.3 先入先出指令(见表 11 - 35)

表 11 - 35 先入先出指令

FIFO EN TABLE DATA FIFO TABLE ,DAT	• 先入先出指令 FIFO 将表 TABLE 中最先存入的数据取出 ,并将它送到 DATA 指定的存储单元中。表中其余的数据项都向前移动一个位置 ,同时 EC 值减 1。 • 操作数 : TABLE :VW ,T ,C ,W ,QW ,MW ,SMW ,* VD ,* AC ,SW。 DATA :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AQW ,* VD ,* AC ,SW。 • 若向一空表取数 则 SM1.5 置 1。 • CPU212 无此指令。
---	---

图 11 - 14 所示为先入先出指令应用示例。

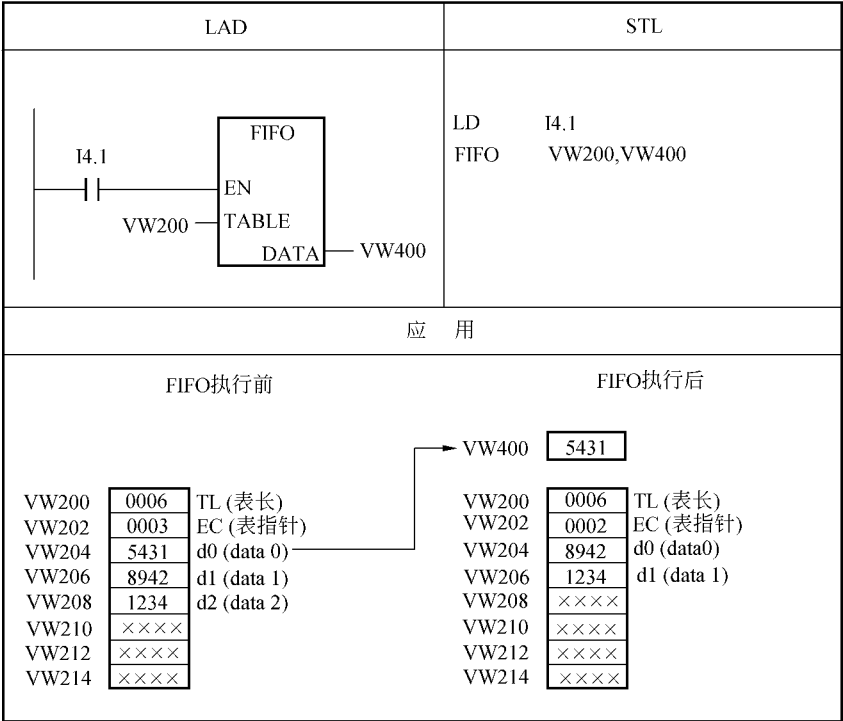


图 11 - 14 先入先出指令示例

11.7.4 表搜索指令(见表 11-36)

表 11-36 表搜索指令	
TBL_FIND EN SRC PATRN INDX CMD FND= SRC ,PATRN ,INDX FND< > SRC ,PATRN ,INDX FND> SRC ,PATRN ,INDX FND< SRC ,PATRN ,IND	- 表搜索指令是在搜索表 SRC 中 ,从 INDX 指定的数据项开始 ,用给定值 PATRN 检索出符合 CMD 给定关系的数据所在的位置。 - 在梯形图中 ,CMD 的参数为 1~4 ;在指令表中 ,分别用 = ,< > ,> 和 < 代替。 - 操作数 : SRC :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,* VD ,* AC。 PATRN :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AIW ,常数 ,* VD ,* AC ,SW。 INDX :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,* VD ,* AC ,SW。 CMD :1~4 分别对应 = ,< > ,> 和 < 。 - CPU212 无此指令。

如果找到一个符合条件的数据项 ,则 INDX 中指明该数据项在表中的位置。如果一个也找不到 ,则 INDX 的值等于数据表的长度。为了搜索下一个符合条件的值 ,在再次使用 FND 指令之前 ,必须先将 INDX 加 1。

表的存入数据个数最大为 100 ,序号从 0~99 (即为搜索区间) ,不包括 TL 和 EC。对由 ATT、LIFO、FIFO 指令建立的表使用搜索指令 FND 时 ,不需要理会该表的最大表长(TL) ,因而 FND 指令中 SRC 指定的表的起始地址比 ATT、LIFO、FIFO 指令中表的起始地址高两个字节 ,如图 11-15 所示。表搜索示例见图 11-16。

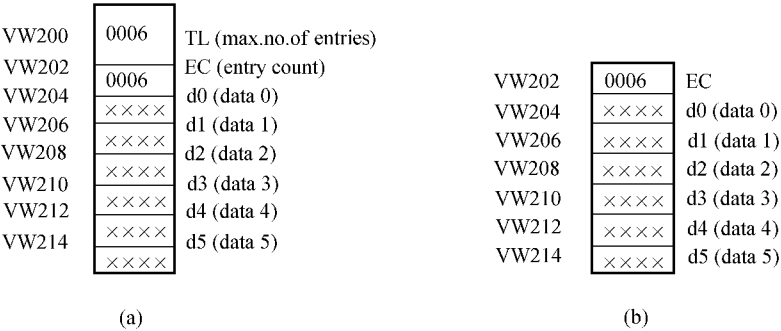


图 11-15

(a)ATT、LIFO、FIFO 指令中表的格式 (b)FND 指令中表的格式

LAD	STL																					
I2.1 TBL_FIND EN VW202SRC 16#3130PATRN AC1INDX 1CMD I2.1为ON时, 寻找与十六进制 数3130相等的数 据在表中的位置	LD I2.1 FND= VW202,16# 3130,AC1																					
应 用																						
这是被搜索的表,已由ATT、LIFO和FIFO指令建立起来, VW200中存放该表的最大长度。 但FND指令不需要VW200中的值。 被搜索的表 <table><tr><td>VW202</td><td>0006</td><td>存入数据个数</td></tr><tr><td>VW204</td><td>3133</td><td>d0 (data 0)</td></tr><tr><td>VW206</td><td>4142</td><td>d1 (data 1)</td></tr><tr><td>VW208</td><td>3130</td><td>d2 (data 2)</td></tr><tr><td>VW210</td><td>3030</td><td>d3 (data 3)</td></tr><tr><td>VW212</td><td>3130</td><td>d4 (data 4)</td></tr><tr><td>VW214</td><td>4541</td><td>d5 (data 5)</td></tr></table> AC1 0 从表头开始搜索,AC1必须为0 执行表搜索指令 AC1 2 AC1中保存第一个符合条件的数据所在位置序号 AC1 3 搜索其余数据前,INDX值加1 执行表搜索指令 AC1 4 AC1中保存第二个符合条件的数据所在位置序号 AC1 5 继续向下搜索前,应使INDX值加1 执行表搜索指令 AC1 6 (AC1)=(EC)表明整个表搜索完毕,无其他符合条件的数据 AC1 0 再一次从头搜索该表前,INDX必须置为0		VW202	0006	存入数据个数	VW204	3133	d0 (data 0)	VW206	4142	d1 (data 1)	VW208	3130	d2 (data 2)	VW210	3030	d3 (data 3)	VW212	3130	d4 (data 4)	VW214	4541	d5 (data 5)
VW202	0006	存入数据个数																				
VW204	3133	d0 (data 0)																				
VW206	4142	d1 (data 1)																				
VW208	3130	d2 (data 2)																				
VW210	3030	d3 (data 3)																				
VW212	3130	d4 (data 4)																				
VW214	4541	d5 (data 5)																				

图 11 - 16 表搜索指令应用示例

11.8 转换指令

11.8.1 BCD 码转换为整数及整数转换为 BCD 码指令(见表 11－37)

表 11－37 BCD 码转换为整数及整数转换为 BCD 码指令

BCD_I EN IN OUT BCDI IN	• 码转换为整数指令 BCDI 是把源字 IN 中 BCD 码数据转换为整数 结果存入 OUT 指定的目标字中。 • 整数转换 BCD 码指令 IBCD 是把源字 IN 中整数数据转换成 BCD 码 , 结果存入 OUT 指定的目标字中。 • 操作数： IN :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,* VD ,* AC ,SW ,AIW ,常数。 OUT :VW ,T ,C ,IW ,QW ,MW ,SMW ,AC ,* VD ,* AC ,SW 。 • 在梯形图中 执行结果放在 OUT 中。 • 在指令表中 ,IN 的操作数与 OUT 同 执行结果放在 IN 中。 梯形图中 ,可以设定 OUT 和 IN 指向同一内存单元 这样可节省内存。 • 若 IN 指定的源数据格式不对 则 SM1.6 置 1。
I_BCD EN IN OUT IBCD I	

11.8.2 双整数转换为实数指令(见表 11－38)

表 11－38 双整数转换为实数指令

DI_REAL EN IN OUT DTR IN ,OU	• 双整数转换为实数指令 DTR 把 IN 指定的 32 位整形数转换成 32 位的实数 结果存入 OUT 指定的目标中。 • 操作数： IN :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC ,常数 ,* VD ,* AC ,SD。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,* VD ,* AC ,SD。 • CPU212 无此指令。
--	--

11.8.3 取整指令(见表 11－39)

表 11－39 取整指令

TRUNC EN IN OUT TRUNC IN ,OU	• 取整指令 TRUNC 把 IN 指定的 32 位实数转换成 32 位整数 结果存入 OUT 中。 • 操作数： IN :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,HC ,常数 ,* VD ,* AC ,SD。 OUT :VD ,ID ,QD ,MD ,SMD ,AC ,* VD ,* AC ,SD。 • CPU212 无此指令。
--	---

图 11-17 为 DTR、TRUNC 及 BCDI 指令应用示例。

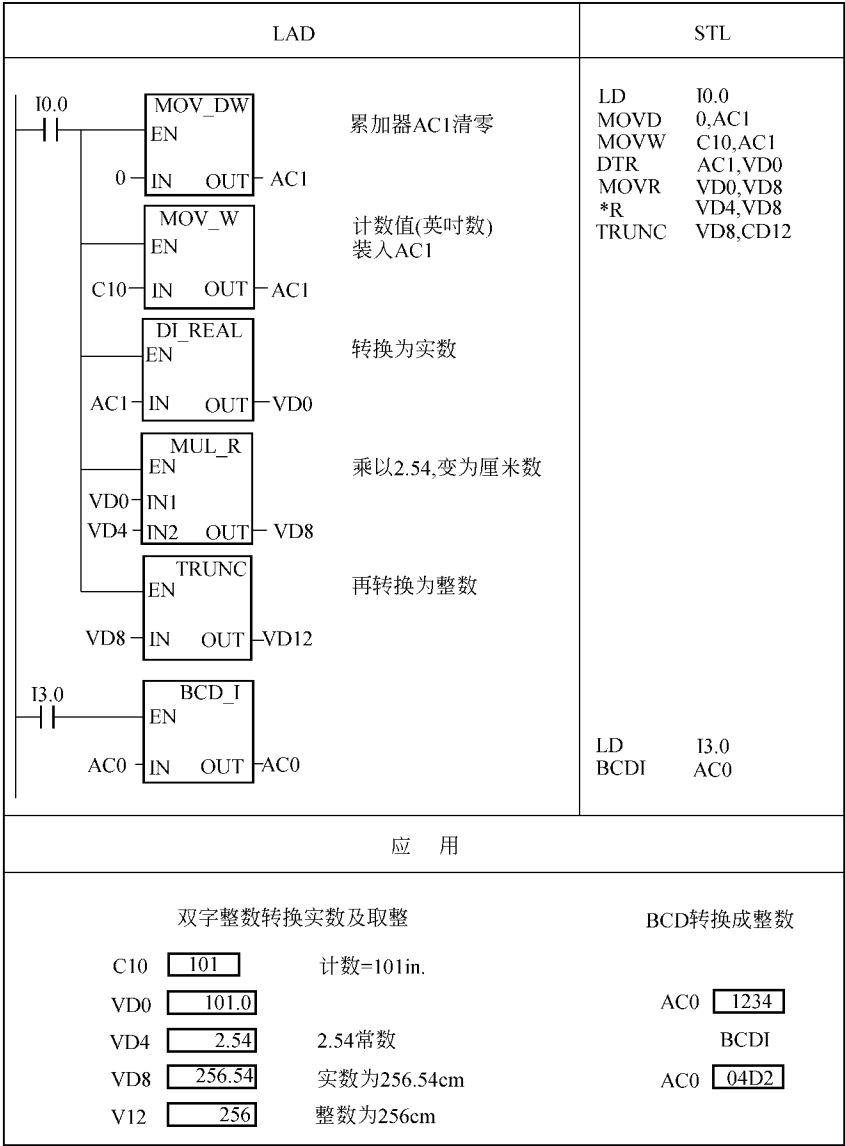


图 11-17 DTR、TRUNC 及 BCDI 指令应用示例

11.8.4 解码指令(见表 11-40)

表 11-40 解码指令

DECO EN IN OUT DECO IN ,OU	• 解码指令 DECO 把输入字节(IN)的最低 4 位对应的二进制数解码 ,结果存放在输出字(OUT)中 ,即 OUT 的对应的位置 1 ,其他位都置 0。 • 操作数 : IN :VB ,IB ,QB ,SMB ,AC ,常数 ,* VD ,* AC ,SB。 OUT :VW ,T ,C ,IN ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AQW ,* VD ,* AC ,SW。
---	---

解码指令应用示例见图 11－18。

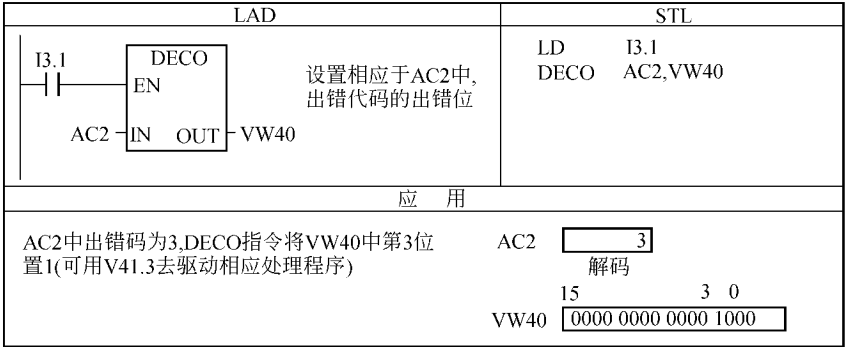
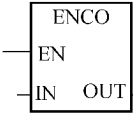


图 11－18 解码指令设置出错位例

11.8.5 编码指令(见表 11－41)

表 11－41 编码指令	
 ENCO IN ,OU	• 编码指令 ENCO 把输入字(IN)中为 1 的最低位的位号写入输出字节 (OUT)的低 4 位。 • 操作数： IN :VW ,T ,C ,IN ,QW ,MW ,SMW ,AC ,AIW ,常数 ,* V * ,SW。 OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB。

编码指令应用示例见图 11－19。

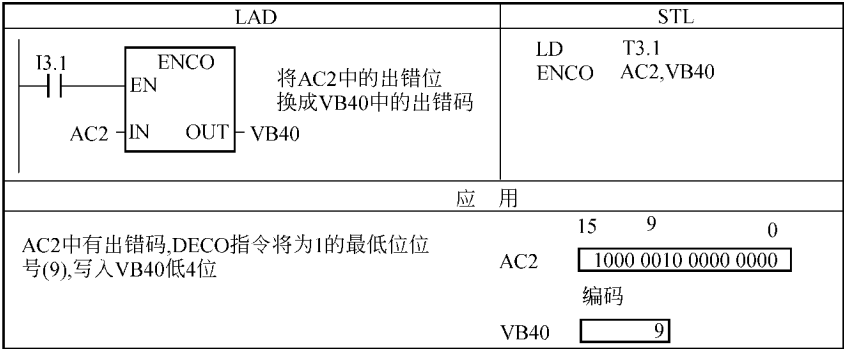
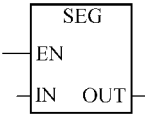


图 11－19 编码指令将出错位换成出错码例

11.8.6 七段显示指令(见表 11 - 42)

表 11 - 42 七段显示指令

	• 七段显示指令 SEG 是把字节 IN 中的低 4 位二进制码转换成七段显示码,结果放在字节 OUT 中。OUT 的最高位恒为 0,其余 7 位从高到低依次为七段码 $\begin{matrix} a \\ f g \\ e \\ d \end{matrix}$ b c,如右图所示: • 操作数 : IN :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,常数 ,* VD ,* AC ,SB ; OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,* VD ,* AC ,SB。
SEG IN ,OUT	

七段显示例子如图 11 - 20 所示。

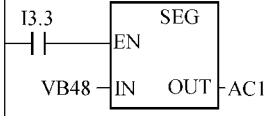
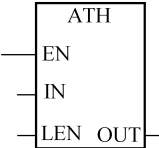
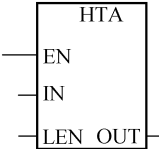
LAD	STL
	<pre>LD I3.3 SEG VB48,AC1</pre>
应 用	
VB48 05 段 AC1 6D 5 (显示字符)	

图 11 - 20 七段显示指令应用示例

11.8.7 ASCII - HEX、HEX - ASCII 转换指令(见表 11 - 43)

表 11 - 43 ASCII - HEX、HEX - ASCII 转换指令

	• 转换指令 ATH : 把从 IN 开始的长度为 LEN 的 ASCII 码字符串转换成 16 进制数 ,并存放在以 OUT 为首址的存储区中。其中合法的 ASCII 码对应的 16 进制数包括 30H ~ 39H ,41H ~ 46H。 如果输入中包含非法的 ASCII 码 ,则终止转换操作 ,并将 NOT _ ASCII 存储器位(SM1.7)置 1。
ATH IN ,OUT ,LEN	
	• HEX - ASCII 转换指令 HTA : 将从 IN 开始的 LEN 位 16 进制数转换成 ASCII 码字符串 ,转换结果存放在以 OUT 为首址的存储区中。 • 操作数 : LEN :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,AC ,常数 ,* VD ,* AC ,SB。最 大值为 255。 IN ,OUT :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,* VD ,* AC ,SB。
HTA IN ,OUT ,LE	

ASCII – HEX 转换指令应用示例见图 11 – 21。

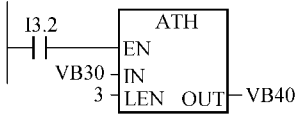
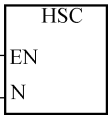
LAD	STL
	<pre>LD I3.2 ATH VB30,VB40,3</pre>
应 用	
VB30 33 45 41 ATH VB40 3E A× ×表示最低4位内容不变	

图 11 – 21 ASCII – HEX 转换指令应用示例

11.9 高速计数指令

高速计数设定、高速计数指令(见表 11 – 44)。

表 11 – 44 高速计数设定、高速计数指令

	• 高速计数设定指令 HDEF : 当接通时 ,所指定的计数器(HSC)被定义为高速计数器类型或模式。 参见表 11 – 45。 每个计数器只能用一个 HDEF 指令。
HDEF HSC ,MODE	
	• 高速计数指令 HSC : 当接通时 ,检查 HSC 特殊存储器位 ,此后由特殊存储器位所定义的高 速计数器操作开始起作用。参数 n 定义高速计数器的编号。 • 操作数 : HSC 对于 CPU212 0 ,对于其他 CPU 0 ,1 ,2 MODE 对于 CPU212 0 ,对于其他 CPU 0 (HSC0) 0 ~ 11(HSC1 2) N 对于 CPU212 0 ,对于其他 CPU 0 ,1 ,2
HSC	

(1)高速计数器的相关指令

高速计数器指令用于仅靠 CPU 扫描周期所不能实现的高速事件的计数。

- HSC0 是一个通用的增/减计数器 ,可通过组态而使其工作在 8 个不同的工作模式上 (见表 11 – 45)。其最大计数频率取决于所使用的 CPU。
- HSC1 和 HSC2 为通用硬件计数器 ,可通过组态而使其工作在 12 个不同的工作模式上。表 11 – 45 列出了计数器的工作模式。HSC1 和 HSC2 的最大计数频率取决于所使用的 CPU。

表 11 - 45 HSC 工作模式

HSC0					
模式	说 明	I0.0	I0.1	I0.2	
0	具有内部方向控制的单相加/减计数器 SM37.3 = 0 减计数 SM37.3 = 1 加计数	脉冲			
1				复位	
3	具有外部方向控制的单相加/减计数器 I0.1 = 0 减计数 I0.1 = 1 加计数	脉冲	方向		
4				复位	
6	具有加/减计数时钟输入端的两相计数器	脉冲加	脉冲减		
7				复位	
9	A/B 相计数器 A 相领先 B 相 90°为顺时针方向旋转 ,B 相 领先 A 相 90°为逆时针方向旋转	A 相 脉冲	B 相 脉冲		
10				复位	
HSC1					
模式	说 明	I0.6	I0.7	I1.0	I1.1
0	具有内部方向控制的单相增/减计数器 SM47.3 = 0 减计数 SM47.3 = 1 加计数	脉冲			
1				复位	
2					启动
3	具有外部方向控制的单相增/减计数器 I0.7 = 0 减计数 I0.7 = 1 加计数	脉冲	方向		
4				复位	
5					启动
6	具有加计数器和减计数器时钟输入端的 两相计数器	脉冲加	脉冲减		
7				复位	
8					启动
9	A/B 相计数器 ,A 相领先 B 相 90°为顺时针 方向旋转 ,B 相领先 A 相 90°为逆时针方向 旋转	A 相 脉冲	B 相 脉冲		
10				复位	
11					启动
HSC2					
模式	说 明	I1.2	I1.3	I1.4	I1.5
0	具有内部方向控制的单相增/减计数器 SM57.3 = 0 减计数 SM57.3 = 1 加计数	脉冲			
1				复位	
2					启动
3	具有外部方向控制的单相增/减计数器 I1.3 = 0 减计数 I1.3 = 1 加计数	脉冲	方向		
4				复位	
5					启动

(续表 11-45)

HSC2					
模式	说 明	I1.2	I1.3	I1.4	I1.5
6	具有加计数器和减计数器时钟输入端的 两相计数器	脉冲加	脉冲减	复位	启动
7					
8					
9	A/B 相计数器, A 相领先 B 相 90°为顺时 针方向旋转, B 相领先 A 相 90°为逆时针方 向旋转	A 相 脉冲	B 相 脉冲	复位	启动
10					
11					

计数器可具有专门的时钟输入、方向控制位、复位位和启动位。对于两相计数器,其各时钟均可运行于最大频率。在正交模式下,可选择 1×(1 倍)或 4×(4 倍)的最高计数频率。HSC1 和 HSC2 两者完全独立,并不会影响其他的高速计数器,即使它们同时运行于最高计数频率,也无相互干扰。

(2)高速计数器的使用

高速计数器的典型用法是用来驱动凸轮控制器。此时,在以恒速旋转的轴上安上增量式编码器。每旋转一圈,产生一定数量的脉冲和一个复位脉冲。来自轴编码器的时钟和复位脉冲输入到高速计数器。在高速计数器中装入第一个预置值后,只要实际计数值小于预置值,则输出预定的信号。当到达预置值,或有复位信号产生时,可使计数器产生一个中断。

每当“当前值等于预置值”事件中断时,则装入一个新的预置值,同时输出需要的另一组信号。当复位中断事件产生时,又重新装入第一个预置值,并输出相应的信号。此过程周而复始地进行。

因为中断产生的频度远低于高速计数器的计数频度,在不影响 PLC 扫描周期的情况下就可实现精确的高速控制。中断联接方法使装入第二个预置值的操作在中断程序中执行,从而使程序明了易懂。当然,也可在一个中断程序中处理所有的中断。

(3)高速计数器的详细时序

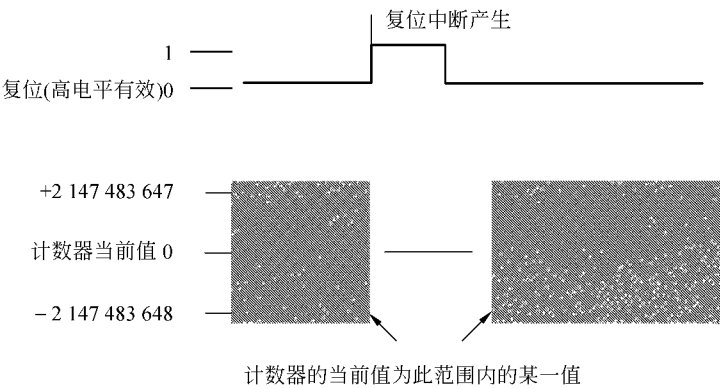


图 11-22 具有复位不具有启动输入端的操作举例

下列时序图(图 11-22(见第 262 页)~图 11-25)根据类别示出了计数器的各种功能。复位和启动操作示于单独的一张图上,它适合于所有具有复位和启动输入端的情况。在图中,假定将复位和启动输入的有效状态编程为高电平有效。

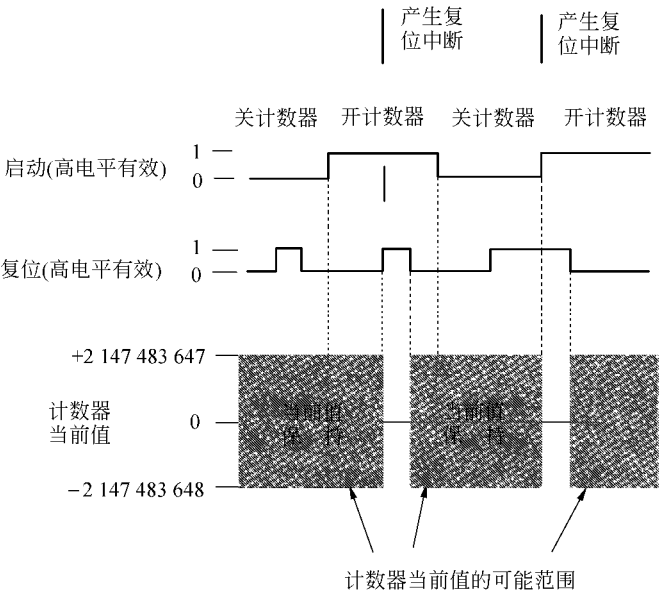


图 11-23 同时具有复位和启动输入端的操作举例

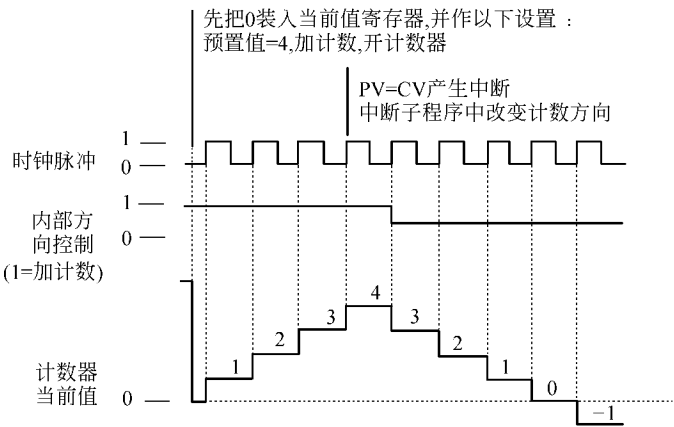


图 11-24 HSC0 的模式 0 ,HSC1 和 HSC2 的模式 0 ,1 ,2 的操作举例

在用 HSC1 和 HSC2 的模式 6 ,7 ,8 时,若在加计数时钟和减计数时钟输入端上有相距不超过 0.3 ms 的上升沿时,则计数器把它们看作是同时发生。此时,当前值保持不变,且不示出计数方向改变。只要这两个上升沿的距离大于 0.3 ms ,则高速计数器可分别处理。以上任何一种情况,都不会产生出错信息,且当前计数值保持不变。参见图 11-26 ,11-27 , 11-28。

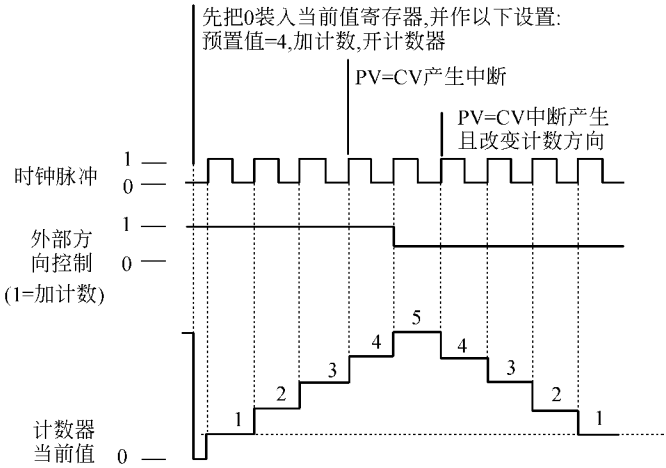


图 11-25 HSC1 和 HSC2 模式 3、4、5 的操作举例

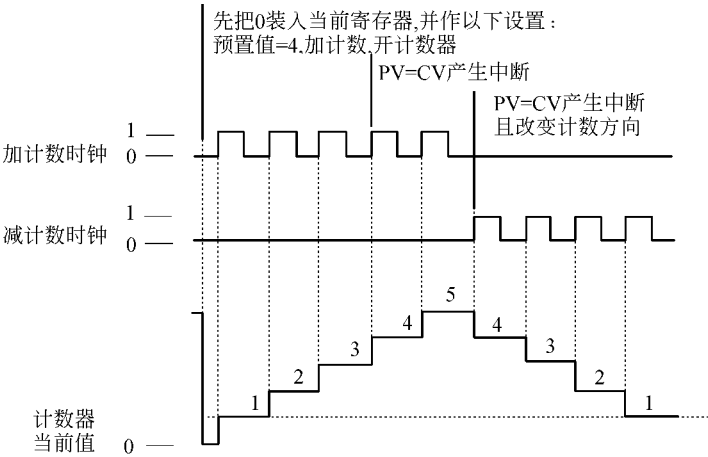


图 11-26 HSC1 和 HSC2 模式 6、7、8 的操作举例

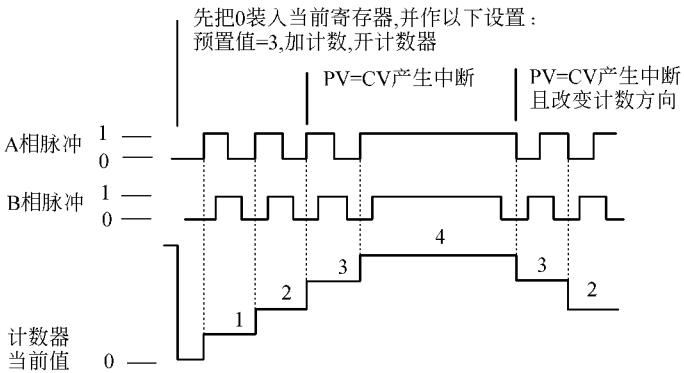


图 11-27 HSC1 和 HSC2 的模式 9、10、11(正交 1 倍率模式)操作举例

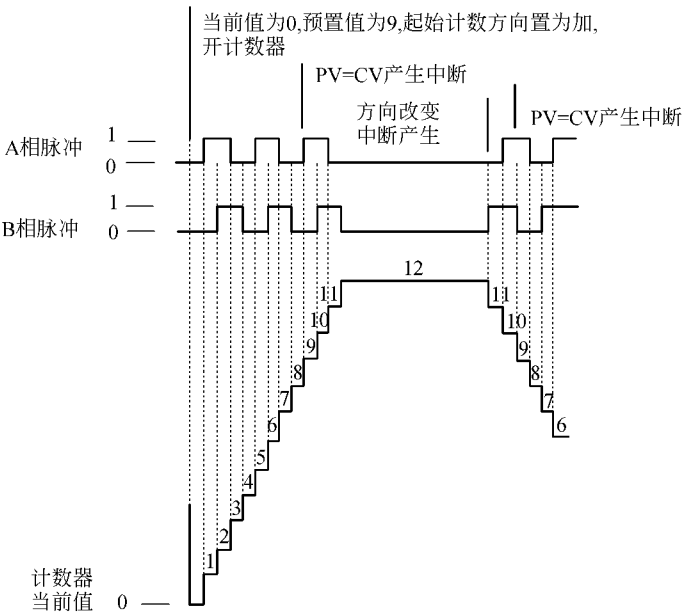


图 11-28 HSC1 和 HSC2 的模式 9 ,10 ,11(正交 4 倍率模式)操作举例

(4)高速计数器的输入端子

表 11-46 示出了高速计数器有关的输入端子 ,包括 :时钟 ,计数方向控制位 ,复位位 ,启动位。这些输入端子的功能在表 11-45 中描述。

表 11-46 高速计数器的专用输入端

高速计数器	使用的输入端子
HSC0	I0.0 , I0.1 , I0.2
HSC1	I0.6 , I0.7 , I1.0 , I1.1
HSC2	I1.2 , I1.3 , I1.4 , I1.5

(5)理解不同的高速计数器(HSC0 ,HSC1 ,HSC2)

对于某一种计数器模式 ,只要模式编号一样 ,无论采用哪一个(HSC0 ,HSC1 ,HSC2) ,其功能都一样。正如表 11-45 那样 ,HSC1 和 HSC2 有 4 种基本的工作模式。用户可选用任何一种模式 ,例如 :既无复位端也无启动端 ;或有复位端但无启动端 ;或既有启动端又有复位端的工作模式。

当复位输入端上有有效输入时 ,它将当前计数值清零并保持为零 ,直至使复位端上无有效信号为止。当启动输入端上有有效输入时 ,它允许计数器计数。当启动输入变得无效时 ,计数值保持已有的值不变 ,并对时钟信号不予理睬。当启动输入无效同时复位输入有效时 ,当前值保持不变且忽略复位操作。当复位输入有效时使启动信号有效 ,则清除当前值。

计数器的工作模式必须先行定义 ,方可使用计数器。这可通过指令 HDEF(高速计数设定指令)来完成。对于每一个高速计数器 ,只可使用一次 HDEF 指令。通常是利用首次扫

描周期有效标志 SM0.1 来调用一初始化子程序 ,在此子程序中 ,写入 HDEF 指令。

(6)有效状态和 $1 \times /4 \times (1 \text{ 倍}/4 \text{ 倍})$ 模式的选择

HSC1 和 HSC2 有三个控制位 ,用于设定复位、启动输入的有效形式和选择 $1 \times /4 \times (1 \text{ 倍}/4 \text{ 倍})$ 计数模式(仅用于正交计数器)。它们位于有关计数器的控制字节中 ,并且仅当执行 HDEF 指令时才会用到。表 11 - 47 列出了它们的意义。

表 11 - 47 复位、启动信号的有效形式以及 HSC1 和 HSC2 的倍率选择

HSC0	HSC1	HSC2	描述(仅当执行 HDEF 时有效)
SM37.0	SM47.0	SM57.0	复位信号有效电平 0 = 高电平有效 ,1 = 低电平有效
—	SM47.1	SM57.1	启动信号有效电平 0 = 高电平有效 ,1 = 低电平有效
SM37.2	SM47.2	SM57.2	正交计数器和倍率选择 0 = $4 \times (4 \text{ 倍率})$,1 = $1 \times (1 \text{ 倍率})$

在使用 HDEF 指令前 ,必须先设置好这些控制位。否则 ,计数器采用缺省值(复位和启动信号为高电平有效 ,对于正交计数 ,倍率为 $4 \times$)。一旦 HDEF 执行 ,就不能更改这些控制位 ,如果一定要更改的话 ,就需要进入 STOP 模式。

(7)控制字节

选择了计数器及其工作模式后 ,可进行此计数器的动态控制参数的编程。每一个高速计数器有一个控制字节 ,完成下面的功能 :允许计数或不允许计数 ;计数方向(仅适用于模式 0 ,1 ,2) ;所有其他模式的初始计数方向 ;装入当前值 ;装入预置值。每次启动 HSC 指令 ,就会检测这个控制字节和当前值预置值。表 11 - 48 描述该控制字节的每一位。

表 11 - 48 HSC0、HSC1 和 HSC2 的控制位

HSC0	HSC1	HSC2	描 述
SM37.0	SM47.0	SM57.0	执行 HDEF 指令后无意义(HSC 用这些位)
SM37.1	SM47.1	SM57.1	执行 HDEF 指令后无意义(HSC 用这些位)
SM37.2	SM47.2	SM57.2	执行 HDEF 指令后无意义(HSC 用这些位)
SM37.3	SM47.3	SM57.3	计数方向控制位 0 = 减计数 ,1 = 加计数
SM37.4	SM47.4	SM57.4	向 HSC 写入计数方向 0 = 不更新 ,1 = 更新
SM37.5	SM47.5	SM57.5	向 HSC 写入新的预置值 0 = 不更新 ,1 = 更新

(续表 11 - 48)

HSC0	HSC1	HSC2	描 述
SM37.6	SM47.6	SM57.6	向 HSC 写入当前值 0 = 不更新 ;1 = 更新
SM37.7	SM47.7	SM57.7	使能 HSC 0 = 关 HSC ;1 = 使能 HSC

(8)当前值和预置值的设置

每一高速计数器都有一个 32 位的当前值和一个 32 位的预置值 ,这两个值均为带符号的整数 ,必须通过其控制字和特殊存储字节来写入新的当前值或预置值 ,然后使用 HSC 指令将此新值送入高速计数器。表 11 - 49 描述了装载当前值和预置值的特殊存储字节。

表 11 - 49 HSC0、HSC1 和 HSC2 的当前值和预置值

HSC0	HSC1	HSC2	描 述
SMD38	SMD48	SMD58	新 32 位当前值
SMD42	SMD52	SMD62	新 32 位预置值

除了控制字节和新的预置值、当前值外 ,还可使用 HC 的数据类型后跟计数器编号(0 ,1 , 2)来读取每个高速计数器的当前值。因此 ,当前值可读取 ,但要写入时必须使用 HSC 指令。

(9)状态字节

每个高速计数器有一个状态字节 ,其各个存储位用来显示 :当前的计数方向 ;当前值是否等于预置值 ;当前值是否大于预置值。表 11 - 50 描述各个高速计数器的这些状态位。

表 11 - 50 HSC0、HSC1 和 HSC2 的状态位

HSC0	HSC1	HSC2	描 述
SM36.0	SM46.0	SM56.0	未用
SM36.1	SM46.1	SM56.1	未用
SM36.2	SM46.2	SM56.2	未用
SM36.3	SM46.3	SM56.3	未用
SM36.4	SM46.4	SM56.4	未用
SM36.5	SM46.5	SM56.5	当前计数方向状态位 0 = 减计数 ;1 = 加计数
SM36.6	SM46.6	SM56.6	当前值等于预置值状态位 0 = 不等 ;1 = 相等

(续表 11-50)

HSC0	HSC1	HSC2	描 述
SM36.7	SM46.7	SM56.7	当前值大于预置值状态位 0 = 小于或等于 ; 1 = 大于

注 :HSC0、HSC1 和 HSC2 的状态位 ,仅当高速计数中断程序执行时才有效。监视高速计数器的状态是为了使能那些会受当前执行指令影响的事件的中断能力。

(10)HSC 中断

HSC0 支持一种中断条件 :当前值等于预置值时产生中断。

HSC1 和 HSC2 支持三种中断条件 :当前值等于预置值 ;外部复位有效 ;计数方向改变。这三种条件可分别设置为允许或不允许。

(11)高速计数器的初始化

为了更好地理解高速计数器的工作情况 ,下面给出了初始化过程。在这里 ,以 HSC1 为例来讨论。并假定 ,S7-200 刚处于 RUN 模式(SM0.1 为 1)。如果实际情况不是这样 ,则一定要记住 :在进入 RUN 模式 ,对任一高速计数器 ,只可使用一次 HDEF 指令 ;若重复执行 HDEF 指令 ,就会产生一个运行错误 ,且在第一次执行 HDEF 指令时设置的计数器的有关参数不会被改变。

① 模式 0、1、2 的初始化

下面为对 HSC1 的单相加/减计数且具有内部计数方向的初始化步骤(模式 0、1、2):

- 利用 SM0.1 来调用一子程序 ,在此子程序中编写初始化程序。通过子程序调用 ,使其后的扫描周期不会再次调用此子程序 ,减少了扫描时间 ,且程序更具结构化。
- 在初始化子程序中 ,根据需要向 SMB47 装入控制字节。如 :SMB47 = 16 # F8 ,意味着 :允许计数 ,写入新的当前值 ,写入新的预置值 ,设置为加计数 ,启动和复位信号高电平有效。
- 执行 HDEF 指令 ,且采用下面的输入参数 :HSC 端为 1 ;MODE 端当无外部复位端和启动输入端时为 0 ;当有外部复位端但无启动端时为 1 ;当有外部复位端和启动端时为 2。
- 将希望的当前计数值装入 SMD48(双字长)装入 0 则可实现清除)。
- 将希望的预置值装入 SMD52(双字长)。
- 为捕获当前值等于预置值这一事件 ,编程将相应的事件号(event 13)与一个中断程序相关联。
- 为捕获外部复位事件 ,编一个中断程序并将它与中断事件 15 相关联。
- 执行全局开中断指令(ENI)来允许 HSC1 中断。
- 执行 HSC 指令使 S7-200 编程 HSC1。
- 退出子程序。

② 模式 3、4、5 的初始化

下面为对 HSC1 的单相加/减且具有外部计数方向的初始化步骤(模式 3、4、5):

- 利用 SM0.1 来调用一子程序 ,在此子程序中编写初始化程序。通过子程序调用 ,使其后的扫描周期不会再次调用此子程序 ,减少了扫描时间 ,且程序更具结构化。
- 在初始化子程序中 ,根据需要向 SMB47 装入控制字节。如 :SMB47 = 16 # F8 ,意味

着 :允许计数 ,写入新的当前值 ,写入新的预置值 ,设置初始时为加计数 ,启动和复位信号高电平有效。

- 执行 HDEF 指令 ,且采用下面的输入参数 :HSC 端为 1 ;MODE 端当无外部复位端和启动输入端时为 3 ;当有外部复位端但无启动端时为 4 ;当有外部复位端和启动端时为 5。

- 将希望的当前计数值装入 SMD48(双字长) 装入 0 则可实现清除)。

- 将希望的预置值装入 SMD52(双字长)。

- 为捕获当前值等于预置值这一事件 ,编程将相应的事件号(event 13)与一个中断程序相关联。

- 为捕获计数方向改变这一事件 ,编一个中断程序并将它与中断事件 14 相关联。

- 为捕获外部复位事件 ,编一个中断程序并将它与中断事件 15 相关联。

- 执行全局开中断指令(ENI)来允许 HSC1 中断。

- 执行 HSC 指令使 S7 - 200 编程 HSC1。

- 退出子程序。

③ 模式 6 , 7 , 8 的初始化

下面为对 HSC1 的两相加/减计数且具有两个时钟输入端的初始化步骤(模式 6 , 7 , 8):

- 利用 SM0.1 来调用一子程序 ,在此子程序中编写初始化程序。通过子程序调用 ,使其后的扫描周期不会再次调用此子程序 ,减少了扫描时间 ,且程序更具结构化。

- 在初始化子程序中 ,根据需要向 SMB47 装入控制字节。如 :SMB47 = 16 # F8 ,意味着 :允许计数 ,写入新的当前值 ,写入新的预置值 ,设置初始时为加计数 ,启动和复位信号高电平有效。

- 执行 HDEF 指令 ,且采用下面的输入参数 :HSC 端为 1 ;MODE 端当无外部复位端和启动输入端时为 6 ;当有外部复位端但无启动端时为 7 ;当有外部复位端和启动端时为 8。

- 将希望的当前计数值装入 SMD48(双字长) 装入 0 则可实现清除)。

- 将希望的预置值装入 SMD52(双字长)。

- 为捕获当前值等于预置值这一事件 ,编程将相应的事件号(event 13)与一个中断程序相关联。

- 为捕获计数方向改变这一事件 ,编一个中断程序并将它与中断事件 14 相关联。

- 为捕获外部复位事件 ,编一个中断程序并将它与中断事件 15 相关联。

- 执行全局开中断指令(ENI)来允许 HSC1 中断。

- 执行 HSC 指令使 S7 - 200 编程 HSC1。

- 退出子程序。

④ 模式 9 , 10 , 11 的初始化

下面为对 HSC1 的 A/B 相正交计数模式的初始化步骤(模式 9 , 10 , 11):

- 利用 SM0.1 来调用一子程序 ,在此子程序中编写初始化程序。通过子程序调用 ,使其后的扫描周期不会再次调用此子程序 ,减少了扫描时间 ,且程序更具结构化。

- 在初始化子程序中 ,根据需要向 SMB47 装入控制字节。如在 $1 \times (1 \text{ 倍率})$ 模式时 ,SMB47 = 16 # FC ,意味着 :允许计数 ,写入新的当前值 ,写入新的预置值 ,设置初始时为加计数 ,启动和复位信号高电平有效。又如在 $4 \times (4 \text{ 倍率})$ 模式时 ,SMB47 = 16 # F8 ,意味着 :允许计数 ,写入新的当前值 ,写入新的预置值 ,设置初始时为加计数 ,启动和复位信号高电平有

效。

- 执行 HDEF 指令,且采用下面的输入参数:HSC 端为 1;MODE 端当无外部复位端和启动输入端时为 9,当有外部复位端但无启动端时为 10,当有外部复位端和启动端时为 11。
- 将希望的当前计数值装入 SMD48(双字长)装入 0 则可实现清除。
- 将希望的预置值装入 SMD52(双字长)。
- 为捕获当前值等于预置值这一事件,编程将相应的事件号(event 13)与一个中断程序相关联。
- 为捕获计数方向改变这一事件,编一个中断程序并将它与中断事件 14 相关联。
- 为捕获外部复位事件,编一个中断程序并将它与中断事件 15 相关联。
- 执行全局开中断指令(ENI)来允许 HSC1 中断。
- 执行 HSC 指令使 S7-200 编程 HSC1。
- 退出子程序。

(12)模式 0、1、2 的计数方向改变

下面描述如何对 HSC1 的单相计数且具有内部计数方向控制的方向改变进行组态(模式 0、1、2):

向 SMB47 装入新的方向控制位:

SMB47 = 16 # 90,允许计数,计数方向为减计数;

SMB47 = 16 # 98,允许计数,计数方向为加计数。

执行 HSC 指令使 S7-200 编程 HSC1。

(13)装入新的当前值(任何模式)

当改变计数器的当前值时将迫使该计数器停止计数,此时它既不计数也不产生中断。

下面描述如何改变 HSC1 计数器的当前值(任何模式):

①向 SMB47 中写入新当前值:SMB47 = 16 # C0,允许计数,写入新的计数值。

②将希望的当前值装入 SMD48(双字长)装入 0 则可实现清除。

③执行 HSC 指令使 S7-200 编程 HSC1。

(14)装入新的预置值(任何模式)

下面描述如何改变 HSC1 中的预置值(任何模式):

①向 SMB47 中写入新的预置值:SMB47 = 16 # A0,允许计数,写入新的预置值。

②将希望的当前值装入 SMD52(双字长)。

③执行 HSC 指令使 S7-200 编程 HSC1。

(15)不允许高速计数(模式)

下面描述如何使 HSC1 中止高速计数功能(任何模式):

①向 SMB47 写入控制字节以中止高速计数功能:SMB47 = 16 # 00,中止高速计数。

②执行 HSC 指令来中止高速计数功能。

虽然上面列出了如何单独地改变方向、当前值、预置值,但用户可以对它们进行任何组合,此时只需向 SMB47 中写入适当的值之后执行 HSC 指令即可。

高速计数器示例:图 11-29 所示为 HSC1 初始化的例子。

LAD	STL
Network 1 SM0.1 ———— (R) Q0.0 1 0 (CALL)	Network 1 <pre>LD SM0.1 R Q0.0,1 CALL 0</pre>
Network 2 SM0.0 ———— (END)	Network 2 <pre>LD SM0.0 END</pre>
Network 3 0 [SBR]	Network 3 <pre>SBR 0</pre>
Network 4 SM0.0 ———— [MOV-B] ———— [MOV-W] ———— [MOV-DW] ———— [ATCH] ———— (ENI) ———— [PLS] 16#8D IN OUT SMB67 500 IN OUT SMW68 4 IN OUT SMD72 3 INT 19 EVENT 0 Q0.0	Network 4 <pre>LD SM0.0 MOVB 16#8D,SMB67 MOVW 500,SMW68 MOVD 4,SMD72 ATCH 3,19 ENI PLS 0</pre>
Network 5 SM0.0 ———— (RET)	Network 5 <pre>LD SM0.0 CRET</pre>
Network 18 3 [INT]	Network 18 <pre>INT 3</pre>
Network 19 SMW68 ———— [MOV-W] ———— [PLS] ———— (RETI) 500 IN OUT SMW68 1000 IN OUT SMW68 0 Q0.0	Network 19 <pre>LDW= SMW68,500 MOVW 1000,SMW68 PLS 0 CRETI</pre>

图 11-29 HSC1 的初始化示例

11.10 高速输出指令

脉冲输出指令(见表 11-51)

表 11-51 脉冲输出指令

PLS EN Q0.x	- 脉冲输出指令 PLS 检查用于脉冲输出(Q0.x)的专用存储器位 ,然后执行由专用存储器所定义的脉冲操作。 - 操作数 : x 0 或 - 无此指令。
PLS	

(1)理解 S7-200 高速输出指令

在 S7-200 的 CPU214 ~ CPU216 中 ,输出映像寄存器中的 Q0.0 和 Q0.1 可作 PTO/PWM 输出使用。利用该指令可实现高速脉冲串输出(PTO)或脉宽调制控制(PWM)功能。所谓 PTO ,即输出指定个数、指定周期的方波脉冲(占空比为 50%)。脉冲个数可设定为 1 ~ 4 294 967 295 个 ,周期可设定为 250 ~ 65 53 μ 或 2 ~ 65 535 ms。若将此数目设置为一个奇数 ,则会导致占空比的畸变。

所谓 PWM ,即输出一周期固定、脉宽变化的脉冲信号。周期范围可设定为 250 ~ 65 53 μ 或 2 ~ 65 535 ms。占空比可为 0% ~ 100%。当脉宽值与周期值相等时 ,输出无关断 ,即一直接通。当脉宽为 0 时 ,输出一直被关断。

如果指定的周期小于 2 个时间单位 ,机器就认为是 2 个时间单位。

注 在 PTO 和 PWM 方式下 ,由断开至接通 ,和由接通至断开 ,其对应的开关时间并不相同。这种差别表现为占空比的畸变。PTO/PWM 输出要求至少 10% 的标称负载 ,以保证接通与关断的可靠转换。

(2)改变脉宽

PWM 功能连续作用。在改变脉宽的时候会导致 PWM 功能暂时失效 ,且这种改变可能与 PWM 周期不同步而在控制装置上可能引起抖振。若需同步地更改脉宽 ,可将脉冲输出反馈至一个中断输入点(I0.0 ~ I0.1) ,通过将此输入点中断事件与一个中断程序相关联 ,可在该中断程序中来改变 PWM 的脉宽。

在中断程序中改变脉宽之后关掉该中断 ,这样保证了只在需要的时候才可接受改变脉宽的中断。

(3)PTO/PWM 的控制寄存器

在 S7-200 的系统中 ,对每一路 PTO/PWM 的输出都有一个 8 位的控制寄存器、两个 16 位无符号时间(周期时间和脉冲宽度时间)寄存器、一个 32 位的脉冲计数器来控制。它们都属于特殊标志寄存器 ,具体分布见表 11-52。其中 SMB67 和 SMB77 为控制字节。

表 11－52 PTO/PWM的控制寄存器的分配

Q0.0 和 Q0.1 对脉冲串输出的状态位		
Q0.0	Q0.1	说 明
SM66.6	SM76.6	PTO通道溢出 0 无溢出 1 溢出
SM66.7	SM76.7	PTO 闲置 0 :占用 1 闲置
Q0.0 和 Q0.1 对 PTO/PWM 输出的控制位		
Q0.0	Q0.1	说 明
SM67.0	SM77.0	PTO/PWM 刷新周期值 0 不刷新 1 刷新
SM67.1	SM77.1	PWM 刷新脉宽值 0 不刷新 1 刷新
SM67.2	SM77.2	PTO 刷新脉冲计数值 0 不刷新 1 刷新
SM67.3	SM77.3	PTO/PWM 时基选择 0： μ 1:ms
SM67.4	SM77.4	没用
SM67.5	SM77.5	没用
SM67.6	SM77.6	PTO/PWM 模式选择 0 选择 PTO 1 选择 PWM
SM67.7	SM77.7	PTO/PWM 使能 0 禁止 1 使能
Q0.0 和 Q0.1 对 PTO/PWM 输出的周期时间值(范围 2 ~ 65 535)		
Q0.0	Q0.1	说 明
SMB68	SMB78	PTO/PWM 周期值的高位字节
SMB69	SMB79	PTO/PWM 周期值的低位字节
Q0.0 和 Q0.1 对 PWM 输出的脉宽值(范围 0 ~ 65 535)		
Q0.0	Q0.1	说 明
SMB70	SMB80	PWM 脉宽值的高位字节
SMB71	SMB81	PWM 脉宽值的低位字节
Q0.0 和 Q0.1 对 PTO 输出的计数值(范围 1 ~ 4 294 967 295)		
Q0.0	Q0.1	说 明
SMB72	SMB82	PTO 脉冲计数值的最高有效字节
SMB73	SMB83	PTO 脉冲计数值的次高有效字节
SMB74	SMB84	PTO 脉冲计数值的次低有效字节
SMB75	SMB85	PTO 脉冲计数值的最低有效字节

(4)PTO 通道

PTO 功能除了相应的控制信息外 ,还有两个标志位。其一用来表示所规定的脉冲数已输出完毕 ,其二表示两个脉冲串之间的衔接出现重叠(通道溢出)。

PTO 功能允许指定两次脉冲串输出 ,这两次输出的脉冲串可以组成在一起链式发送 ;亦可发完第一串之后 ,经过停顿 ,再发第二串。做法是 :指定第一次 PTO 输出后执行 PLS

指令 随即指定第二次 PTO 输出并执行第二条 PLS 指令。

若第一个脉冲串尚未输出完毕时 ,又指定了第二个 PTO 输出 ,则 PTO 通道溢出标志 (SM66.6 和 SM76.6)置 1。在 PLC 进入 RUN 模式时 ,此位置 0。若需继续监测该位 ,必须在用户程序中将此位置 0。

脉冲输出 0 和 1 的 SM 存储区示于表 11 - 52。

注 :所有的控制位、周期、脉宽、脉冲计数值的缺省值均为 0。

可参考表 11 - 53 来决定应在 PTO/PWM 控制寄存器中装入的数值以达到所要求的目的 ,对于 PTO/PWM0 利用 SMB67 ,对于 PTO/PWM1 使用 SMB77。当需要装入新的脉冲计数值(SMD72 或 SMD82) 脉宽(SMW68 和 SMW78)时 ,必须在控制寄存器中装入表中的数值之后才可执行 PLS 指令。

表 11 - 53 PTO/PWM 十六进制控制字节参考表

控制寄存器	PLS 指令的执行结果					
	允许	选择方式	时基	脉冲计数	脉宽	周期
16 # 81	是	PTO	μ			装载
16 # 84	是	PTO	μ	装载		
16 # 85	是	PTO	μ	装载		装载
16 # 89	是	PTO	1 ms			装载
16 # 8C	是	PTO	1 ms	装载		
16 # 8D	是	PTO	1 ms	装载		装载
16 # C1	是	PWM	μ			装载
16 # C2	是	PWM	μ		装载	
16 # C3	是	PWM	μ		装载	装载
16 # C9	是	PWM	1 ms			装载
16 # CA	是	PWM	1 ms		装载	装载
16 # CB	是	PWM	1 ms		装载	装载

- (5)PWM 功能的编程要点
- PWM 的初始化 :
- ①借用特殊标志位 SM0.1 ,这是一个表示第一个扫描周期的标志。PLC 在第一个扫描周期里调用 PWM 的初始化子程序 ,在以后的扫描周期里不再调用此子程序(因 SM0.1 = 0)。
- ②在初始化子程序中 ,将十六进制数 16 # C3 或 16 # CB 置入 SMB67(以 Q0.0 作 PWM 输出)。这个控制字的含义是 :
- 使能 PWM ;
 - 选择 PWM 方式 ;
 - 以 μ s 为计时单位(以 ms 为计时单位) ;
 - 允许置入 PWM 的周期时间(SMW70)。
- ③将字类型的 PWM 的周期时间装入 SMW68。

④将字类型的 PWM 的脉宽值装入 SMW70。

⑤执行 PLS 指令,PLC 自动对 PWM/PTO 的硬件做初始化编程。

⑥若需随时修改脉宽,可以重新向 SMB67 装入控制字(16 # C2)或(16 # CA),然后再执行 PLS 指令。

⑦退出子程序。

如需在子程序中改变 PWM 输出的脉宽,可按下述步骤操作:

①将所改变的脉宽值装入 SMW70。

②执行 PLS 指令,使 PLC 对 PWM 的硬件刷新脉宽时间。

③退出子程序。

由此可见,刷新 PWM 的脉宽所用的指令是非常少的,因此执行速度非常快,几乎可实时地实现脉冲宽度的调制。

若需更新有关数值时与周期同步,可按下面的步骤:

①执行开中断指令(ENI)。

②取用同步更新脉宽的条件,使上升沿中断事件与一个中断程序相关联。注意:此事件应仅在一个扫描周期中有效。

③在中断程序中编程改变脉宽,然后不允许上升沿中断。

注:在需同步调整脉宽时,将 PWM 的输出反馈给具有中断能力的一个输入点。

(6)PTO 功能的编程要点

PTO 的初始化:

①将 SMB0.1 置 1,以便在扫描的第一个周期内去调用初始化 PTO 的子程序。

②在初始化的子程序中,在 SMB67(以 Q0.0 作 PTO)中置入控制字 16 # 85(或 16 # 8D)。这个控制字的含义为:

- 使能 PTO;
- 选择 PTO 的方式;
- 以 μs 为计时单位(以 ms 为计时单位);
- 允许置 PTO 的周期时间(SMW68)。
- 执行指令 PLS,令 PLC 对 PTO 硬件编程。

③将希望的周期值装入 SMW68(字)。

④将希望的脉冲计数值装入 SMD7X(双字)。

⑤此步为可选项。若需要在执行完脉冲串输出时进行一些相关的操作,则可编制开中断指令。

⑥执行 PLS 指令,PLC 自动对 PWM/PTO 的硬件做初始化编程。

PTO 参数的改变:

①改变 PTO 的周期时间

- 向 SMB67 送入控制字 16 # 81H(以 μs 为计时单位)或 16 # 89H(以 ms 为计时单位)。
- 向 SMW68 送入所需的周期时间参数。
- 执行指令 PLS,PTO 自动改变周期参数。

②改变 PTO 的脉冲计数值

- 向 SMB67 送入控制字 16 # 84H(以 μs 为计时单位)或 16 # 8CH(以 ms 为计时单位)。

- 向 SMD72 送入所需的计数值参数。
 - 执行指令 PLS ,PTO 自动改变该参数。
- ③同时改变 PTO 的参数
- 向 SMB67 送入控制字 16 # 85H(以 μs 为计时单位)或 16 # 8DH(以 ms 为计时单位)。
 - 向 SMW68 送入新的周期参数。
 - 向 SMD72 送入新的计数值参数。
 - 执行指令 PLS ,PTO 自动改变这两个参数。

(7)PTO/PWM 功能有效

当在 Q0.0、Q0.1 上使用 PTO 或 PWM 功能时 ,它们就不能当作通常的输出点来使用了 ,只要 PTO 或 PWM 功能有效 ,无论是映像区中的还是强制的值都不能输出。当允许 PTO 功能且它还未输出完毕时 ,称为 PTO 功能有效。向这些输出端执行立即写指令 ,同样不会干扰正在有效状态的 PTO 或 PWM 的波形。

(8)输出端的影响

PTO/PWM 功能和过程映像区共享输出端 Q0.0 和 Q0.1。在执行 PTO/PWM 功能之前和之后的输出端的状态受到过程映像区响应位的影响。当在 Q0.0 和 Q0.1 上输出脉冲串时 ,过程映像区里的响应位决定了脉冲串输出时起始于高电平还是低电平。

因为在 PTO 方式时的通道溢出或在 PWM 方式时的脉宽改变期间 ,PTO/PWM 功能暂时失效 ,所以在这一瞬间会有不连续的输出波形。为使这种不连续性减至最小 ,应总是在使用 PTO 功能前将映像区的相应位复位 ,在使用 PWM 功能前将相应位置位 ,所产生的 PTO/PWM 波形示于图 11 - 30。注意 : 在 PTO 方式下 ,切换点处的最后半个周期脉宽缩短了 120 ms ;在 PWM 方式下 ,且采用了同步更新脉宽的方法后 ,在切换点之后的高电平延长了 120 ms。

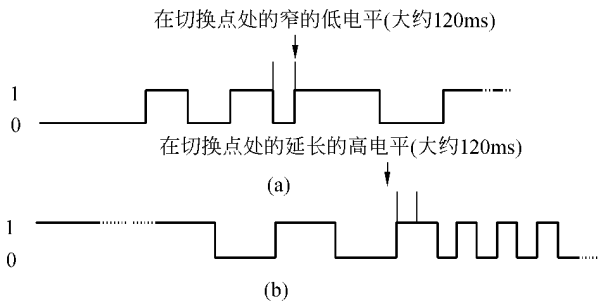


图 11 - 30 Q0.0 或 Q0.1 的脉冲输出波形示例
(a)当映像寄存器的值为 0 时 Q0.0 和 Q0.1 的 PTO 波形(在切换点处);
(b)当映像寄存器的值为 1 时 Q0.0 和 Q0.1 的 PWM 波形(在切换点处)

脉冲串输出举例

图 11 - 31 所示为脉冲输出的例子。

脉宽调制举例

图 11 - 32 为脉宽调制的例子。当动态更新脉宽值时 ,PWM 功能会短暂地停止 ,这种改变脉宽的不同步将会引起被控装置的抖振。若需同步地调整脉宽 ,则需将脉冲输出反馈给中断输入点 (I0.0) ,当需要改变脉宽时产生中断 ,在下一个 I0.0 的上升沿 ,脉宽的改变将与 PWM 的下一个周期同步发生。

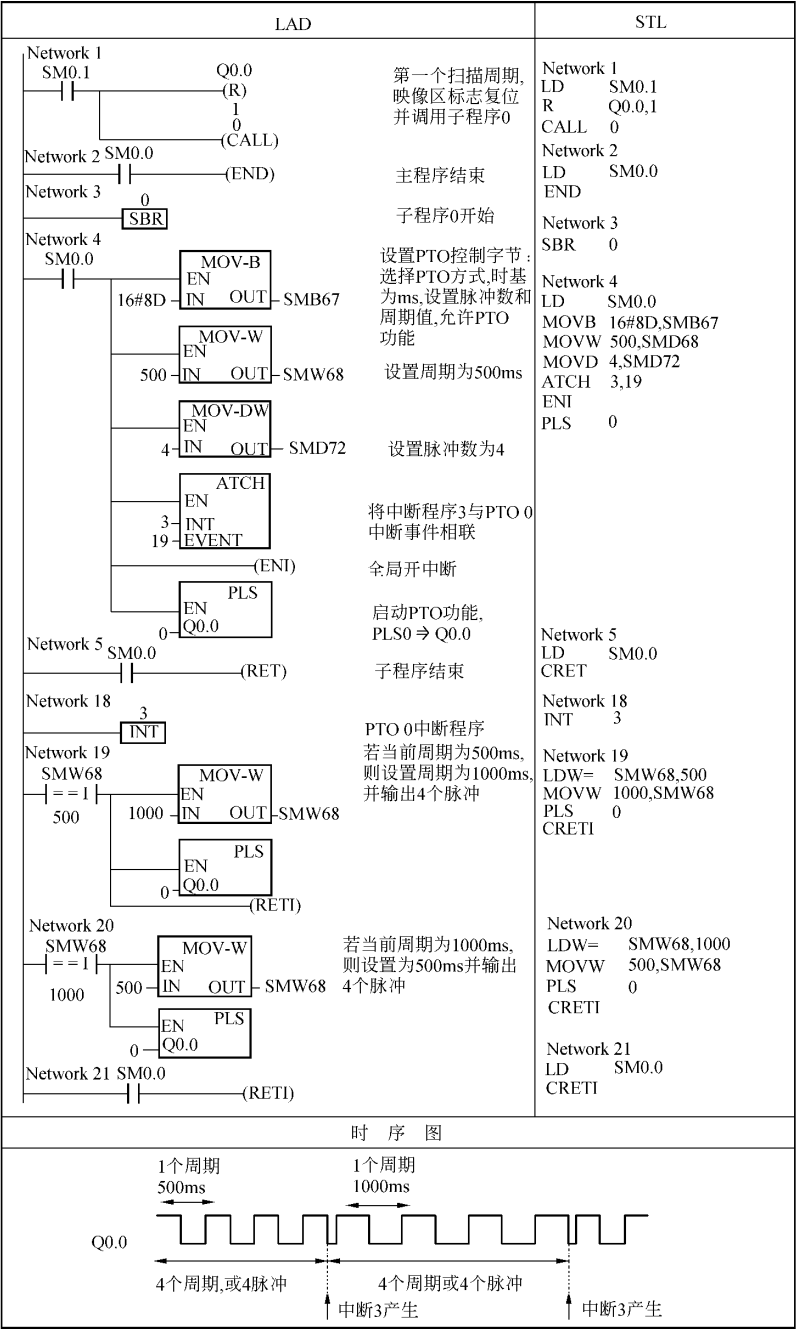


图 11 - 31 脉冲串输出示例

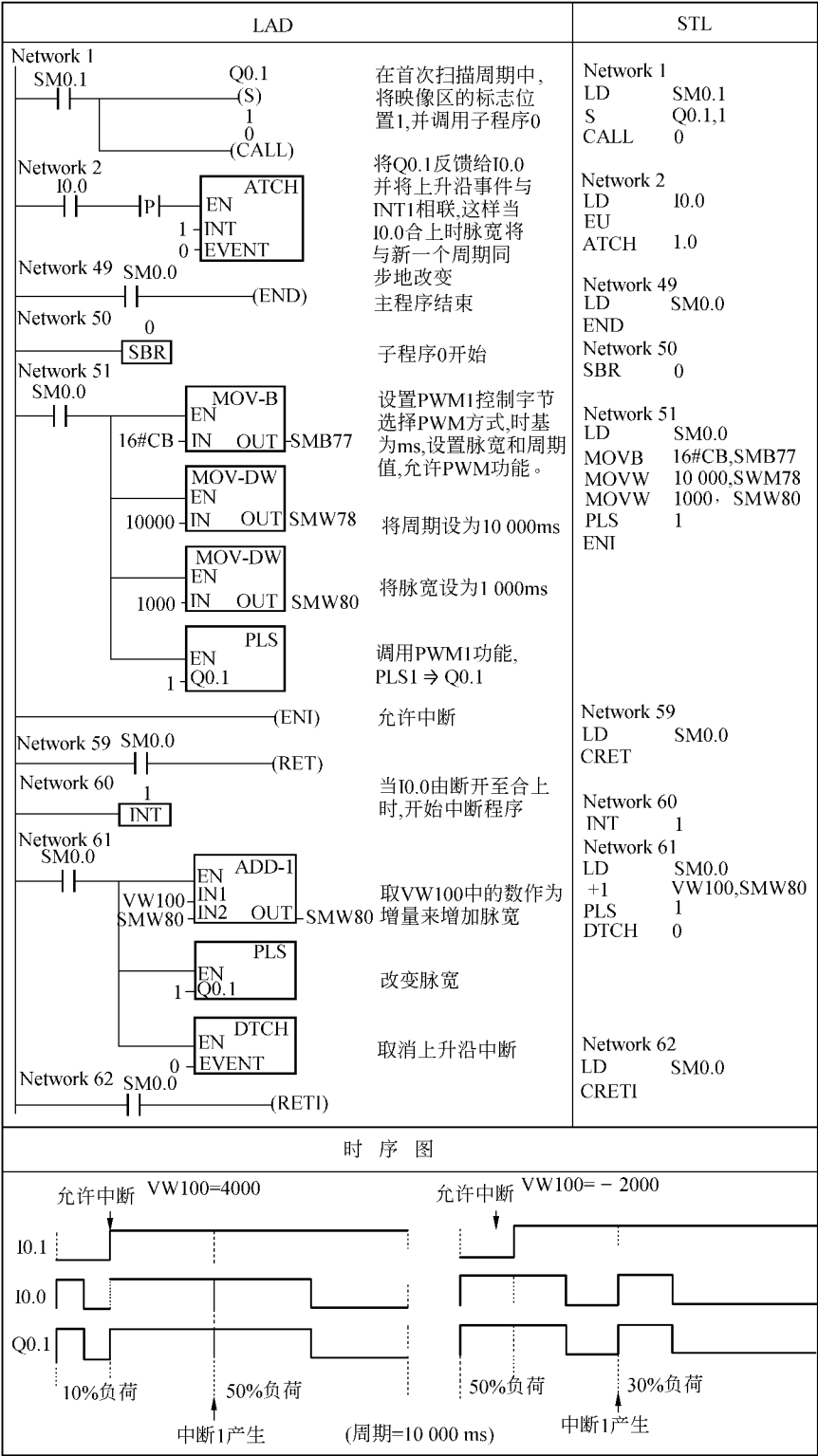


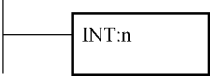
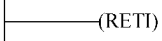
图 11 - 32 使用脉宽调制方法的高速输出示例

脉宽实际上是在中断程序中改变的 ,并在此程序中使中断与事件断开 ,从而避免了在不需要更改脉宽时产生中断。

11.11 中断指令

11.11.1 中断程序、中断程序的返回指令(见表 11 - 54)

表 11 - 54 中断程序、中断程序的返回指令

	• 中断程序 INT 标示 n 号中断程序的开始。CPU212 所支持的最大中断数为 32 ;CPU214 ~ CPU216 所支持的最大中断数为 128。 • 中断程序条件返回指令 CRETI 根据前面逻辑条件决定是否返回。 • 中断程序无条件返回指令 RETI 是中断程序必备的结束指令。 • 操作数 : n 对于 CPU212 0 ~ 31 对于 CPU214 ~ CPU216 0 ~ 127
INT n	
	
CRETI	
	备注 :Micro/ WIN32 没有无条件返回指令 ,但它会自动加一无条件返回指令到每一中断程序的结尾。
RETI	

(1)中断程序

中断程序由中断程序入口标号开始 ,以无条件返回指令结束。内部或外部的中断事件调用相应的中断程序。由中断程序返回主程序可以用条件返回指令 ,也可以用无条件返回指令。但中断程序必须以无条件返回指令作结束。

(2)使用中断的准则

对于外部或内部的特殊事件 ,可用中断作出快速反应。为完成指定任务的中断服务程序应作优化以迅速返回主程序 ,中断程序必须简短扼要 ,执行要快 ,不可由其他处理拖延太长时间 ,否则由主程序控制的设备就可能受意外因素影响而运行不正常。对于中断程序“ 越短越好 ”是永恒的真理。

(3)使用中断程序的限制

- 所有备用的中断子程序必须放在主程序的后面 ;
- 在中断子程序中不能使用 DISI、ENI、CALL、HDEF、FOR/NEXT 和 END 等指令 ;
- 必须用中断无条件返回指令来结束中断子程序。

(4)系统对中断的支持

产生中断时系统会将反映指令执行情况及累加器状态的逻辑堆栈、累加器、寄存器及特殊标志位(SM)存起 ,中断程序返回时再重装 ,以保证主程序的正常进行。

(5)主程序与中断程序间的数据共享

主程序与一个或数个中断程序之间可实现数据的共享。例如 ,主程序中的一部分可提

供一些数据供中断程序使用 ,反之亦然。当编制这种共享数据的程序时 ,必须考虑到中断事件的“ 异步性质 ” ,即中断事件可以在主程序执行中的任何一点产生 ,共享数据的一致性可能因为主程序中的指令正在执行时被中断事件所中断而受到破坏。

下面是几项保证数据正确共享的技术 ,包括限制共享数据区的存取方式及使共享数据区不被中断的方法 :

- 若程序是用指令表(STL)来写的 ,共享数据只是单个变量(单个字节、单个字或单个双字) ,则正确的访问共享数据的方法是 :从非共享数据区或累加器取数后 ,其结果存入共享数据区。
- 若程序是用梯形图(LAD)编写的 ,共享数据只是单个变量(单个字节、单个字或单个双字) ,则应建立一个良好的习惯 ,只用 MOVE 指令(MOV _ B ,MOV _ W ,MOV _ DW , MOV _ R)访问共享数据区。因为许多梯形图指令是由几条 STL 指令组成的 ,而 MOVE 指令是由一条 STL 指令组成 ,其执行不会受中断的影响。
- 如果共享数据为多个变量 ,不论用 LAD 或用 STL 编程均可用开中断指令 ENI、关中断指令 DISI 来控制中断程序的执行。在主程序中 ,开始处理共享数据区时写上关中断指令 DISI 等影响共享数据区的程序完成后再开中断(ENI)。在关中断期间 ,中断程序不被执行 ,因而不会影响共享数据一致性 ,但会延迟中断事件的响应。

11.11.2 开中断、关中断指令(见表 11-55)

表 11-55 开中断、关中断指令

——(ENI)	• 开中断指令 ENI 允许所有中断事件中断。
ENI	• 关中断指令 DISI 禁止所有中断事件中断。
——(DISI)	• CPU 进入 RUN 状态时 ,禁止中断 ,但可通过执行 ENI 指令全面开放中断。
DIS	执行关中断指令 DISI 后中断队列仍然会产生 ,但不执行中断程序。

11.11.3 建立中断、取消中断指令(见表 11-56)

表 11-56 建立中断、取消中断指令

ATCH —EN —INT —EVENT ATCH INT EVENT	• 建立中断指令 ATCH : 建立与中断事件 EVENT 相关联的中断标号 INT ,并对该事件开中断。 • 取消中断指令 DTCH : 取消某中断事件 EVENT 与所有中断程序的联系 ,并对该事件关中断。 • 操作数 : INT : 对于 CPU212 0 ~ 31 ; 对于 CPU214/215/216 0 ~ 127。 EVENT : 对于 CPU212 0 ,1 ,8 ,9 ,10 ,12 ; 其他 0 ~ 26。
DTCH —EN —EVENT DTCH EVEN	

中断程序的建立与取消：

调用中断程序前 ,必须建立与中断事件相关联的中断程序标号 ,即建立中断事件发生时
应执行的中断程序。用 ATCH 指令即可建立中断事件与中断程序间的关联。多个中断事
件可建立同一个中断程序 ,但一个中断事件不可以同时建立多个中断程序。在开中断情况
下 ,某个中断事件发生时 ,就执行最后一次为该事件建立的中断程序。

用 ATCH 指令为某中断事件建立相关的中断程序时 ,也自动地为该事件开中断 ;用全
局关中断指令 DISI 禁止所有中断后所发生中断事件仍然进入中断队列 ,直到用全局开中断
指令重新开中断。

用 DTCH 指令可解除某个中断事件与中断程序的关联 ,同时禁止该中断事件。DTCH
指令使该中断处于非激活状态。

表 11 - 57 为中断事件号表。

表 11 - 57 中断事件号表

事件号	中断事件说明	212	214	215	216
0	I0.0* 上升沿	Y	Y	Y	Y
1	I0.0* 下降沿	Y	Y	Y	Y
2	I0.1 上升沿		Y	Y	Y
3	I0.1 下降沿		Y	Y	Y
4	I0.2 上升沿		Y	Y	Y
5	I0.2 下降沿		Y	Y	Y
6	I0.3 上升沿		Y	Y	Y
7	I0.3 下降沿	Y	Y	Y	Y
8	Port 0 接收信号	Y	Y	Y	Y
9	Port 0 发送完成	Y	Y	Y	Y
10	定时中断 0		Y	Y	Y
11	定时中断 1	Y	Y	Y	Y
12	HSC0 CV = PV		Y	Y	Y
13	HSC1 CV = PV		Y	Y	Y
14	HSC1 输入方向改变		Y	Y	Y
15	HSC1 外部复位		Y	Y	Y
16	HSC2 CV = PV 当前值 = 预置值		Y	Y	Y
17	HSC2 输入方向改变		Y	Y	Y
18	HSC2 外部复位		Y	Y	Y
19	PLS0 脉冲计数完成中断		Y	Y	Y
20	PLS1 脉冲计数完成中断		Y	Y	Y
21	定时器 T32 CT = PT 中断			Y	Y
22	定时器 T96 CT = PT 中断			Y	Y
23	Port 0 接收完成			Y	Y
24	Port 1 接收完成				Y
25	Port 1 接收信号				Y
26	Port 1 发送完成				Y

* 如果事件 12(HSC0. PV = CV)被指定与中断程序相关联 ,则事件 0 和事件 1 均不得与中断程序相关联。反过来 ,
若事件 0 或事件 1 指定与中断程序相关联 ,则事件 12 不得与中断程序相关联。

11.11.4 中断的类别及优先等级

11.11.4.1 中断的分类

(1)通信口中断

PLC 的串行通信口可由梯形图或指令表程序来控制 ,这种操纵通信口的方式称为自由口模式。在自由口模式下 ,可由用户程序设置波特率、字符的位数 ,奇偶校验及通信协议。接收/发送中断对程序控制下的通信是有帮助的(详情可参见后面的接收/发送指令)。

(2)I/O 中断

I/O 中断包括上升/下降沿中断、高速计数器中断和脉冲串输出中断。某些输入点有上升/下降沿时 ,CPU 可产生中断 ,表 11 - 58 列出可产生中断的输入点 ,这些输入点的上升/下降沿均可被 CPU 检测到。这些上升/下降沿可用来表示某些需要及时响应的故障状态。

表 11 - 58 可产生上升/下降沿中断的输入点

CPU 型号	CPU212	CPU214	CPU215	CPU216
I/O 点	I0.0	I0.0 ~ I0.3	I0.0 ~ I0.3	I0.0 ~ I0.3

高速计数器中断可以是计数器等于预置值时的响应 ,也可以是计数方向改变时的响应 ,还可以是外部复位的响应。这些高速计数器事件可以实时地得到迅速响应 ,而与 PLC 的扫描周期无关。

脉冲串输出中断提供了完成指定脉冲数输出的即时响应 ,其典型应用是步进电机的控制。

用 ATCH 指令为上述中断事件指定相关联的中断程序时 ,即可开放上述中断。

(3)时间中断

时间中断包括定时中断及定时器 T32/T96 中断。CPU 可支持 1 ~ 2 个定时中断 ,具体见表 11 - 59。定时中断按指定的周期时间反复执行。周期时间范围为 5 ~ 255 ms ,增量为 1 ms。定时中断 0 的周期时间应写入 SMB34 ,定时中断 1 的周期时间应写入 SMB35。

表 11 - 59 CPU 支持的定时中断数

CPU 型号	CPU212	CPU214	CPU215	CPU216
定时中断数	1	2	2	2

每当定时中断设定的周期时间到 ,CPU 即转而执行相应的中断程序。定时中断的典型应用 ,是按固定的时间间隔去处理模拟量输入的采样。执行 ATCH 指令为定时中断指定中断程序时 ,同时也开放该定时中断 ;并且 ,周期时间开始计时。将定时中断事件与中断程序相关联时(用 ATCH 指令) ,系统即获得周期时间值 ,随后的变化不影响这个周期时间。要改变周期时间 ,则必须先修改 SMB34/SMB35 中的周期时间值 ,然后重新将中断事件与程序相关联。重新关联时会清除上次关联后的时间累计值 ,按新周期时间重新开始计时。

一旦开中断 ,定时中断即按预设的间隔时间反复循环执行相关联的中断程序 ,若退出 RUN 状态或解除中断事件与中断程序的关联 ,则该定时中断无效。全局禁止中断指令 DISI

执行后 ,定时中断事件仍继续发生并进入中断队列 ,直到开中断或中断队列满。

定时器 T32/T96 中断可以在指定时间到时产生中断。这种中断只能由 1 ms 延时通定时器(TON)T32 和 T96 产生。T32 和 T96 的工作方式与普通定时器相同。开中断后 ,当定时器 T32/T96 的当前值与预置值相等时就产生中断 ,CPU 转而执行与该中断相关联的中断程序。指定与 T32/T96 中断事件相关联的中断程序的同时也就开放了这些中断。

11.11.4.2 中断队列与中断优先等级

S7 – 200 中的中断优先级别从大的方面可按下列顺序分级：

- 通信(最高级)；
- I/Q 含 HSC 和脉冲序列输出)；
- 定时(最低级)。

在每一级又按表 11 – 60 所示的级别分级。

表 11 – 60 S7 – 200 的中断优先级别

事件号	中断事件说明	优先级组别	组内优先 v
8	Port0 接收字符	通信中断 (最高优先级)	0
9	发送完成		0*
23	接收完成		0*
24	接收信息完成		1
25	接收字符		1*
26	发送完成		1*
0	I0.0** 上升沿	I/O 中断 (中等优先级)	0
2	I0.1 上升沿		1
4	I0.2 上升沿		2
6	I0.3 上升沿		3
1	I0.0** 下降沿		4
3	I0.1 下降沿		5
5	I0.2 下降沿		6
7	I0.3 下降沿		7
12	HSC0 CV = PV(当前值 = 预置值)		0
13	HSC1 CV = PV(当前值 = 预置值)		8
14	HSC1 计数方向改变		9
15	HSC1 外部复位		10
16	HSC2 CV = PV 当前值 = 预置值		11
17	HSC2 计数方向改变		12
18	HSC2 外部复位		13
19	PLS0 脉冲计数完成 ,中断		14
20	PLS1 脉冲计数完成 ,中断		15
10	定时中断 0	时间中断 (最低优先级)	0
11	定时中断 1		1
21	定时器 T32 CT = PT 中断		2
22	定时器 T96 CT = PT 中断		3

* 由于通信本来就是半双工的 ,因此发送和接收具有相同的优先级。
** 如果事件 12 含 HSC0 ,PV = CV 连接到一个中断 ,则事件 0 和 1 都不能连接到中断链中。相反 ,如果事件 0 和 1 被连接到中断 ,则事件 12 就不能连接到中断链中。

- 优先级别还有以下约定：
- ①在指定的优先级内按先来先中断的原则。
 - ②任何情况下只执行一个中断程序 ,即没有中断嵌套功能(即在执行一个中断程序过程中不能再响应并执行另一中断程序)。
 - ③一个中断正在处理时又有若干中断的申请 ,则需要按级别分别排队(形成队列) ,待以后陆续处理。

11.11.4.3 队列深度

所谓队列深度是指队列的最大长度。表 11 - 61 给出了 S7 - 200 系列中不同队列的深度。如果队列超出队列深度则对应的队列溢出标志位置 1。

表 11 - 61 队列深度及溢出标志位

队 列 名	队列深度				溢出标志位
	CPU212	CPU214	CPU215	CPU216	
通信中断队列	4	4	4	8	SM4.0
HSC 脉冲输出 ,I/O 中断队列	4	16	16	16	SM4.1
定时中断队列	2	4	8	8	SM4.2

11.11.4.4 PLC 对中断的响应

(1)禁止与开放

- ①全局禁止与开放(使能)

全局禁止与开放统管 PLC 中所有的中断 ,即禁止或开放所有的中断。但需指出的一点是 ,若 PLC 处于全局禁止状态时有内部或外部的中断申请要求 ,则虽然 PLC 不予响应 ,但仍将生成各中断队列。

当 PLC 进入 RUN 状态时 ,自动进入全局中断禁止状态。如需在适当的时候开放全局中断 ,可在用户程序中使用全局中断开放指令 ENI 来实现。反之 ,如需要再次作全局中断禁止时 ,可在程序的适当位置使用全局中断禁止指令 DISI 来实现。执行 DISI 指令不会影响当前正在执行中的中断程序的继续执行。只有当该中断程序执行完毕后 ,该功能才有效。

- ②单个中断的开放与禁止

单个中断可独立地开放与禁止(相对全局中断开放的条件下)。所用的指令分别为 ATCH 和 DHCH。

(2)保护的内容

PLC 在执行中断程序前 ,自动将累加器 AC 和存有指令操作和累加器状态的特殊标志寄存器的内容推入堆栈保存起来 ,待 PLC 执行完中断程序后返回主程序前 ,又自动从堆栈弹出(恢复)这些数据 ,从而起到了保护中断前数据的作用 ,使主程序能从中断前的状态继续执行下去。

11.11.5 中断示例

图 11 - 33 为中断程序示例。图 11 - 34 为设置时间中断以读模拟量输入值示例。

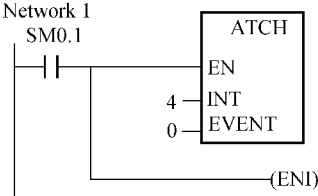
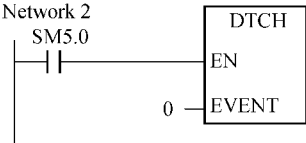
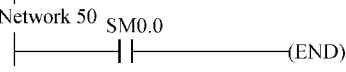
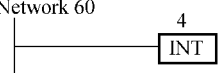
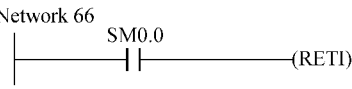
LAD	STL
Network 1  在第一个扫描周期,指定 I0.0 上升沿中断与中断程序 4 相关联 (ENI) 全局开中断	Network 1 <pre>LD SM0.1 ATCH 4,0 ENI</pre>
Network 2  若 I/O 出错(SM5.0=1), 禁止 I0.0 上升沿中断	Network 2 <pre>LD SM5.0 DTCH 0</pre>
Network 3  M5.0 为 ON 时 禁止全部中断 ⋮	Network 3 <pre>LD M5.1 DISI</pre> ⋮
Network 50  主程序结束 ⋮	Network 50 <pre>LD SM0.0 END</pre> ⋮
Network 60  I0.0 上升沿中断 程序开始 ⋮	Network 60 <pre>INT 4</pre> ⋮
Network 65  以 I/O 出错为条件的 条件返回	Network 65 <pre>LD SM5.0 CRETI</pre>
Network 66  I0.0 上升沿中断 程序结束	Network 66 <pre>LD SM0.0 CRETI</pre>

图 11-33 中断服务程序示例

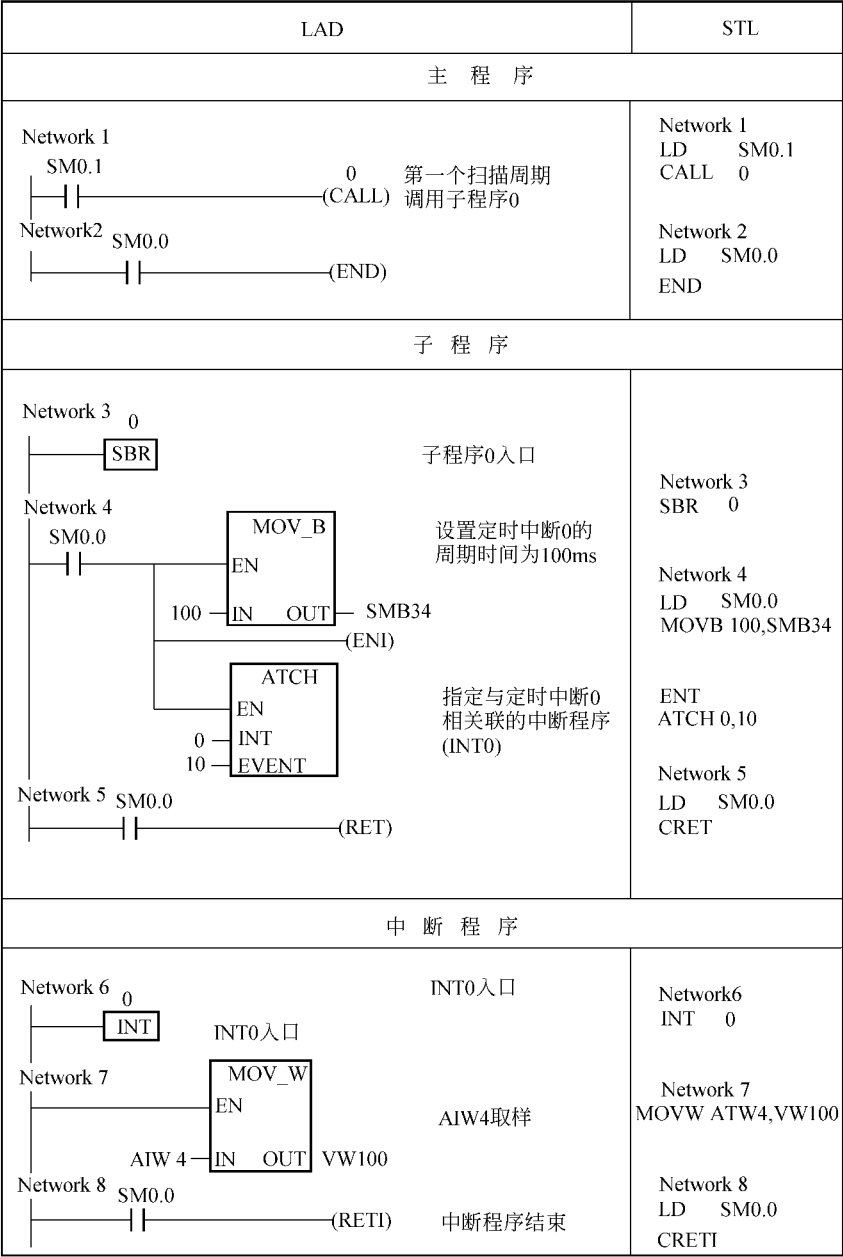


图 11-34 定时中断的设置及读模拟量输入示例

11.11.6 关于中断程序的几点说明

①由于中断是随机产生的,也即是在主程序执行过程中随时都可能产生中断,因此要求被中断的时间应越短越好,否则可能会产生不良的影响。这就要求用户编写的中断子程序应尽可能简洁,一方面使它只做那些只能在中断期间内做的事(可以不在中断期间做的事尽量在其他时间里去做),另一方面是要优化程序,使之长度要短,执行又要快。

- ②在使用 ATCH 指令作有关定义时 ,自动开放本项中断申请。
- ③多个事件可定义为执行同一个中断子程序 ,但同一个事件不能同时定义为执行多个中断子程序 ,如果在程序中为同一事件定义了多个中断子程序 ,则只有最后一个是有效的。

11.12 通信指令

11.12.1 发送、接收指令(见表 11 - 62、11 - 63)

表 11 - 62 发送指令

XMT EN TABLE PORT XMT TABLE ,POR	• 发送指令 XMT 将保存在数据缓冲区(TABLE)中的数据通过 PORT 指定的串行口发送出去。TABLE 中的第一个字节设定发送字符的个数(最多 255 个字节)。在数据传送过程中 ,SM4.5 = 0 ,数据传送完毕时 ,SM4.5 = 1 ,同时产生中断信号。 • 操作数 : TABLE :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,* VD ,* AC ,SB。 PORT :目前必须置为 0 或 1。 • XMT 指令用于在自由口模式下通过串行通信口发送数据。
---	---

表 11 - 63 接收指令

RCV EN TABLE PORT RCV TABLE ,POR	• 接收指令 RCV 通过 PORT 指定的串行通信口把接收到的信息存入 TABLE 指定的数据缓冲区 ,并且在接收信息开始或结束时产生变化。缓冲区中的第一个字节指定接收的字节数(最大 255 字节)。 • 操作数 : TABLE :VB ,IB ,QB ,MB ,SMB ,* VD ,* AC ,SB。 PORT 0 或 1。 • RCV 指令用于在自由口模式下通过串行通信口接收数据。 • CPU212 和 CPU214 无此指令。
---	---

11.12.1.1 自由口模式

CPU 的串行通信口可由用户程序控制 ,这种操作方式称为自由口模式。当选择自由口模式 ,用户程序即通过发送/接收中断、发送/接收指令来控制串行通信口的运作。在自由口模式下 ,通信协议完全由用户程序来控制。对 PORT0 及 PORT1 ,分别通过 SMB30 和 SMB130 来设置波特率及奇偶校验。

CPU 在 STOP 状态下自由口模式被禁止 ,而普通的通信(例如编程器的访问)得以重新建立。

在最简单的情况下 ,只用发送指令 XMT 就可以把信息送到打印机及显示器。其他例子包括连接到条码阅读器、称重器和焊接设备。在每种连接下 ,均需编制用户程序 ,以支持与 CPU 在自由口模式通信的设备所用的协议。只有在 CPU 处于 RUN 状态下才能实现自由口通信 ,在 SMB30(对 PORT0)或 SMB130(对 PORT1)的通信协议选择位中置 01 ,就完成了自由口模式的使能 ,在自由口模式下 CPU 不可与编程设备通信。

注意 :可以通过特殊标志位 SM0.7 来控制进入自由口模式。SM0.7 的状态对应模式

开关的位置 模式开关在 TERM 位置时 ,SM0.7 = 0 ;模式开关在 RUN 位置时 ,SM0.7 = 1。

若仅在模式开关处于 RUN 位置(SM0.7 = 1)时使能自由口模式 ,则只要开关在其他位置 ,编程设备就可与 CPU 通信。

自由口的初始化 通过 SMB30 和 SMB130 可分别对 PORT0 和 PORT1 的自由口通信组态 ,即对自由口通信选择波特率、奇偶校验和数据位数。详情见表 11 - 64。

表 11 - 64 SMB30 和 SMB130 格式

PORT0	PORT1	说 明															
SMB30 格式	SMB130 格式	70 <table><tr><td>P</td><td>P</td><td>D</td><td>B</td><td>B</td><td>B</td><td>M</td><td>M</td></tr></table> 自由口控制字节								P	P	D	B	B	B	M	M
P	P	D	B	B	B	M	M										
SM30.6 SM30.7	SM130.6 SM130.7	PP 校验选择 00 = 无检验 01 = 偶校验 10 = 无校验 11 = 奇校验															
SM30.5	SM130.5	D 每个字符占用位数 0 = 每字符 8 位 1 = 每字符 7 位															
SM30.2 ~ SM30.4	SM130.2 ~ SM130.4	BBB 波特率 000 = 38 400 bps 001 = 19 200 bps 010 = 9600 bps 011 = 4800 bps 100 = 2 400 bps 101 = 1 200 bps 110 = 600 bps 111 = 300 bps															
SM30.0 SM30.1	SM130.0 SM130.1	MM 通信协议选择 00 = PPI 协议(PPI/从站模式) 01 = 自由口协议 10 = PPI/主站模式 11 = 保留(缺省 PPI/从站模式)															

11.12.1.2 数据的接收

(1)用 RCV 指令接收数据

用 RCV 指令可接收含有一个或多个字符的缓冲区的内容 ,该缓冲区最多可容纳 255 个字符。若为接收结束事件指定某个中断程序 ,则在接收到最后一个字符后会产生中断。通过监控 SMB86 可以不用中断方式就能接收信息。RCV 指令允许选择(接收)信息开始或信息结束条件。详见表 11 - 65(对 Port0 :SMB86 ~ SMB94 ,对 Port1 :SMB186 ~ SMB194)。

表 11 - 65 特殊标志 SMB86 ~ SMB94 和 SMB186 ~ SMB194

Port0	Port1	说 明									
SMB86	SMB186	70 <table><tr><td>n</td><td>0</td><td>e</td><td>0</td><td>0</td><td>t</td><td>c</td><td>p</td></tr></table>	n	0	e	0	0	t	c	p	接收信息状态字节
n	0	e	0	0	t	c	p				

(续表 11-65)

Port0	Port1	说 明																		
SMB86	SMB186	n : 1 = 因用户禁止命令而结束接收 e : 1 = 接收到结束字符(最后一个字符) t : 1 = 因定时器时间到而结束接收 c : 1 = 因最大字符计数器到而结束接收 p : 1 = 因奇偶校验出错而结束接收																		
SMB87	SMB187	<table><tr><td colspan="4">7</td><td colspan="4">0</td><td></td></tr><tr><td>n</td><td>x</td><td>y</td><td>z</td><td>m</td><td>t</td><td>0</td><td>0</td><td>接收信息控制字节</td></tr></table> n : 0 = 接收禁止 每次执行 RCV 指令时 1 = 接收使能 均检查该位状态 x : 0 = 忽略 SMB88 或 SMB188 , 1 = 用 SMB88 或 SMB188 的值检查信息的开始 y : 0 = 忽略 SMB89 或 SMB189 , 1 = 用 SMB89 或 SMB189 的值检查信息的结束 z : 0 = 忽略 SMW90 或 SMW190 , 1 = 用 SMW90 或 SMW190 的值检查空闲时间条件 m : 0 = 定时器为 Inter - character 定时器 1 = 定时器为信息定时器 t : 0 = 忽略 SMW92 或 SMW192 , 1 = 因 SMW92 或 SMW192 中设定的时间间隔到而结束接收 接收信息控制字节的各位给定了确定信息开始及结束的标准 : 信息开始的条件是 z 与 x 而且必须按顺序(空闲时间后跟第一个字符) ; 信息结束的条件是 y、t、最大接收字符计数到的‘ 或 ’的结果 , 即 : 信息开始 = * , 信息结束 = y + t + 最大接收字符计数到 注 : 计数到或奇偶校验出错均令结束接收	7				0					n	x	y	z	m	t	0	0	接收信息控制字节
7				0																
n	x	y	z	m	t	0	0	接收信息控制字节												
SMB88	SMB188	信息字符开始																		
SMB89	SMB189	信息字符结束																		
SMW90	SMW190	以毫秒给定的空闲时间。空闲时间后收到的第一个字符表示新的信息的开始 ,SMB90(SMB190)为高位 ,SMB91(SMB191)为低位。																		
SMW92	SMW192	以毫秒给定的 ,Inter-character/message 定时器设定时间 ,设定时间到则终止接收 ,SMB92(SMB192)为高位 ,SMB93(SMB193)为低位。																		
SMB94	SMB194	要接收的最大字符数(1 ~ 255bytes) ,这范围必须写入预设缓冲器中 ,即使字符计数终止 ,功能没有用到 ,也要这样做。																		

(2)利用字符中断控制接收数据

通信协议非常灵活 ,也可以用字符中断控制接收数据。若预先为接收字符事件指定相关联的中断程序 ,则每接收到一个字符都会产生一次中断 ,接收到的字符存在 SMB2 中 ,奇偶校验状态(如果使能)存在 SMB3.0 中。

• SMB2 是自由口接收字符缓冲器 ,在自由口模式下接收的每个字符都存在 SMB2 中以使用户程序访问。

• SMB3 在自由口模式下若接收到的字符奇偶校验出错 ,则 SM3.0 置 1 ,其余各位保留。可利用 SM3.0 控制丢掉该出错字符或产生一反向握手信号。

11.12.1.3 数据的发送

用 XMT 指令发送数据 :用 XMT 指令可将含有一个或多个字符的缓冲区的内容发送出去。缓冲区内最多可容纳 255 个字符。如果指定发送结束事件与某个中断程序相关联 (ATCH 指令) 则在缓冲区内最后一个字符发送后会产生中断。通过监控发送结束标志 SM4.5 可以不用中断方式而将信息发送出去(例如将信息发送给打印机)。

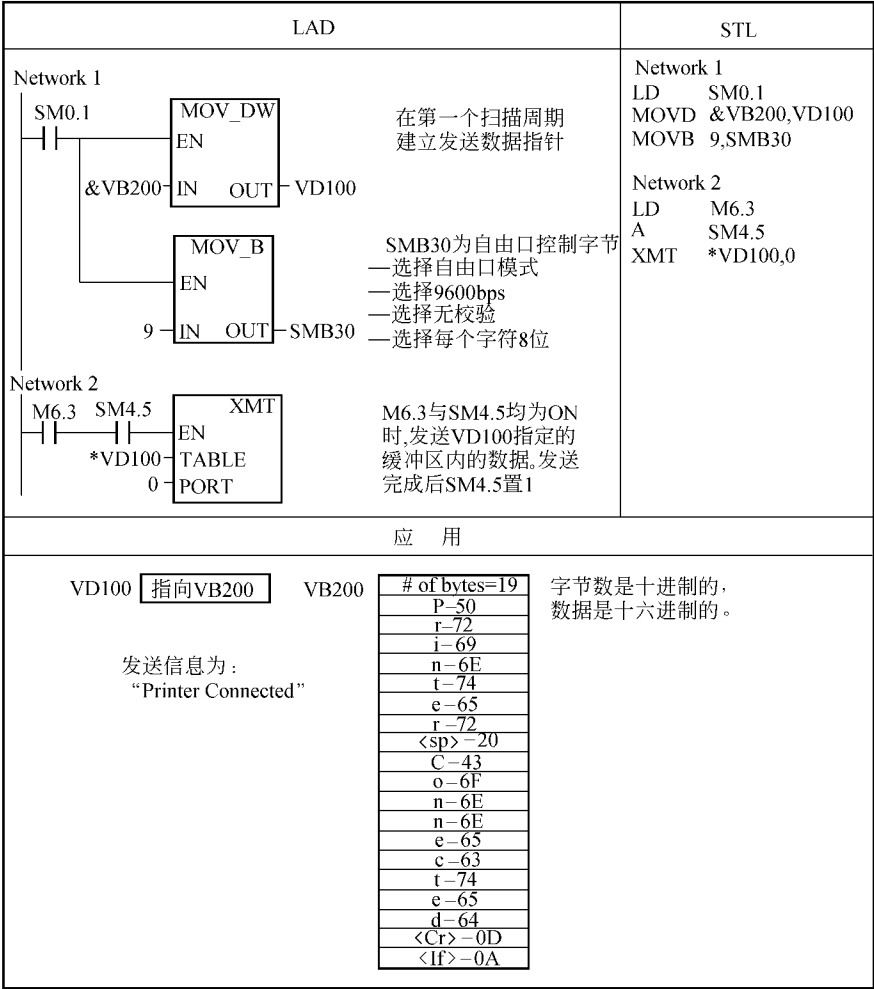


图 11 - 35 发送信息示例

注意 :PC/PPI 电缆包含 RS232/RS485 转换器 ,若用这条电缆作自由口通信 ,则发送和接收之间至少要间隔 2 个字符以上的时间。

图 11 - 3(见第 290 页) 所示为发送信息的例子。

11.12.2 网络读、网络写指令(见表 11 - 66)

表 11 - 66 网络读、网络写指令

NETR — EN — TABLE — PORT	• 网络读指令 NETR : 按照参数表(TABLE)(见表 11 - 67)设定的参数初始化网络通信操作——通过 PORT 指定的端口从远程装置读取数据。 • 网络写指令 NETW : 按照参数表(TABLE)(见表 11 - 67)设定的参数初始化网络通信操作——通过 PORT 指定的端口向远程装置发送数据。 • 操作数 : TABLE :VB ,MB ,* VD ,* AC PORT :常数(0 或 1) • NETR 指令可从远程站最多读入 16bytes 的信息 ,NETW 指令 可向远程站最多写 32bytes 的信息。同时最多激活 8 条 NETR 和 NETW 指令。 • 例如 ,在一个 S7 - 200 PLC 中可以有 4 条 NETR 和 4 条 NETW 指令 ,或 6 条 NETR 指令和 2 条 NETW 指令。 • CPU212 无此指令。
NETR TABLE ,PORT	
NETW — EN — TABLE — PORT	
NETW TABLE ,PORT	

NETR/NEW 指令中 TABLE 指定表的定义见表 11 - 67。

表 11 - 67 NETR/NETW 指令中 TABLE 指定表的定义

D DONE(功能完成) 0 = 未执行 1 = 执行完

A ACTIVE(功能已排队) 0 = 未排队 1 = 已排队

E ERROR(功能出错) 0 = 没错 1 = 出错

字节 7

(续表 11－67)

出错码	说 明
0	无错误
1	超时错误 ,远程站无响应
2	接收错误 ,检验出错 ,配台出错或求和出错
3	离线错误 ,站号重复或硬件损坏
4	队列溢出错误 ,激活超过 8 个 NETR/NETW 框
5	建反协议 ,没有在 SMB30 中使能 PPI ,却要执行 NETR/NETW 指令
6	非法参数 ,NETR/NETW 的表中含有非法的或无效的值
7	没有 ,远程站忙
8	Layer7 错误 ,应用协议冲突
9	信息错误 ,错误的数据地址或数据长度不正确
A ~ F	未用(保留 ,日后有用)

12

可编程控制器的应用

12.1 可编程控制器的系统设计

可编程控制器的结构和工作方式与通用微型计算机不完全一样。因此,用可编程控制器设计自动控制系统与微机控制系统开发过程也不完全相同,需要根据可编程控制器的特点进行系统设计。可编程控制器与继电器控制系统也有本质区别,硬件和软件可分开进行设计是可编程控制器的一大特点。

就工业控制的全面性而言,控制系统的设计包含了许多内容和步骤,需要丰富的专业知识。然而只要掌握了一定的基本知识和对控制对象有足够的了解,在设计一些规模较小或者结构较为简单的控制系统时,就会发现事情本身其实并不深奥复杂。

12.1.1 可编程控制器控制系统设计的基本原则

任何一种电气控制系统都是为了实现被控对象(生产设备或生产过程)的工艺要求,以提高生产效率和产品质量。在设计 PLC 控制系统时,应遵循以下基本原则:

①最大限度地满足被控对象的控制要求。设计前,应深入现场进行调查研究,搜集资料,并与机械部分的设计人员和实际操作人员密切配合,共同拟定电气控制方案,协同解决实际中出现的各种问题。

②在满足控制要求的前提下,力求使控制系统简单、经济、使用及维修方便。

③保证控制系统的安全、可靠。

④考虑到生产的发展和工艺的改进,在选择 PLC 容量时,应适当留有裕量。

12.1.2 可编程控制器控制系统设计的一般步骤

图 12-1 是可编程控制器系统设计流程图,具体设计步骤为:

①根据生产的工艺过程分析控制要求。如需要完成的动作(动作顺序、动作条件、必须的保护和连锁等),操作方式(手动、自动、连续、单周期、单步等)。

②根据控制要求确定所需要的用户输入/输出设备。据此确定 PLC 的 I/O 点数。

③选择 PLC。

④分配 PLC 的 I/O 点,设计 I/O 连接图,这一步也可以结合第②步进行。

⑤进行 PLC 程序设计,同时可进行控制台(柜)的设计和现场施工。

在设计电气控制系统时,必须在控制线路(硬接线)设计完后,才能进行控制台(柜)的设计和现场施工。可见,采用 PLC 控制,可以使整个工程的周期缩短。

PLC 程序设计的步骤是:

• 对于较复杂的控制系统,需绘制系统控制流程图,用以清楚地表明动作的顺序和条件。对于简单的控制系统,也可省去这一步。

- 设计梯形图。这是程序设计的关键一步 ,也是比较困难的一步。要设计好梯形图 ,首先要十分熟悉控制要求 ,同时还要有一定的电气设计的实践经验。
- 根据梯形图编制程序清单(若使用的编程器可直接输入梯形图 ,则可省去此步)。
- 用编程器将程序键入到 PLC 的用户存储器中 ,并检查键入的程序是否正确。
- 对程序进行调试和修改 ,直到满足要求为止。
- 待控制台(柜)及现场施工完成后 ,就可以进行联机调试。如不满足要求 ,再回去修改程序或检查接线 ,直到满足要求为止。
- 编制技术文件。
- 交付使用。

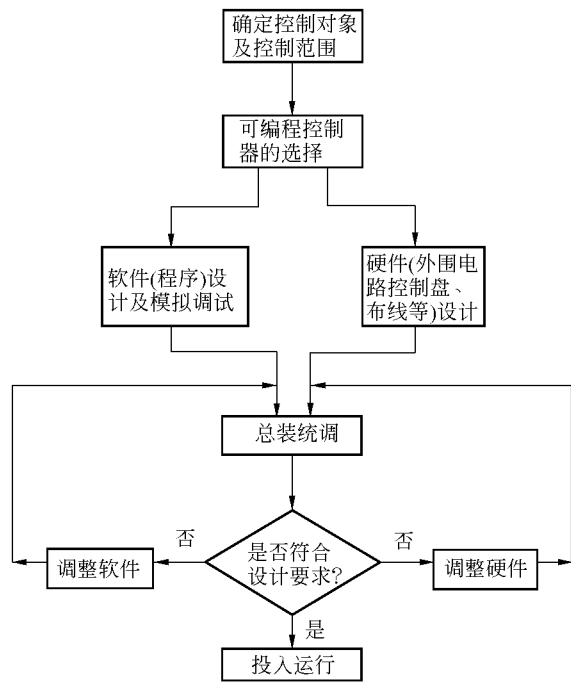


图 12 - 1 可编程控制器系统设计流程图

12.1.1.3 确定控制对象和控制范围

要应用可编程控制器 ,首先要详细分析被控对象、控制过程与要求 ,熟悉了解工艺流程后列出控制系统的所有功能和指标要求 ,与继电器控制系统和工业控制计算机进行比较后加以选择 ,如果控制对象的工业环境较差 ,而安全性、可靠性要求特别高 ,系统工艺复杂 ,输入输出以开关量为多 ,而用常规的继电器、接触器难以实现 ,工艺流程有要经常变动的对象和现场 ,用可编程控制器进行控制是合适的。

可编程控制器不仅处理开关量 ,而且对模拟量的处理能力也很强 ,故在很多情况下 ,已可代替工业控制计算机。

控制对象确定后 ,可编程控制器的控制范围还要进一步明确。一般而言 ,能够反映生产过程的运行情况、能用传感器进行直接测量的参数 ,用人工进行控制工作量大、操作复杂、容

易出错的或者操作过于频繁、人工操作不容易满足工艺要求的,往往由 PLC 控制。另外一些情况,如紧急停车,是由可编程控制器控制还是手动控制,不同的控制方式和硬件设计与编程关系密切。

12.1.4 可编程控制器的选择

随着 PLC 的推广普及,PLC 产品的种类越来越多,而且功能也日趋完善。PLC 的品种繁多,其结构形式、性能、容量、指令系统、编程方法、价格等各不相同,适用场合也各有侧重。因此,合理选择 PLC 对于提高 PLC 控制系统的技术经济指标起着重要的作用。

12.1.4.1 机型的选择

机型选择的基本原则应是在功能满足要求的情况下,保证可靠、维护使用方便以及最佳的性能价格比。具体应考虑以下几方面:

(1) 结构合理

对于工艺过程比较固定、环境条件较好(维修量较小)的场合,选用整体式结构 PLC;其他情况则选用模块式结构 PLC。

(2) 功能合理

对于开关量控制的工程项目,对其控制速度无须考虑,一般的低档机就能满足要求。

对于以开关量为主、带少量模拟量控制的工程项目,可选用带 A/D、D/A 转换、加减运算、数据传送功能的低档机。

对于控制比较复杂、控制功能要求高的工程项目,例如要求实现 PID 运算、闭环控制、通信联网等,可视控制规模及复杂的程度,选用中档或高档机。其中高档机主要用于大规模过程控制、全 PLC 的分布式控制系统以及整个工厂的自动化等。

(3) 机型统一

因为同一机型的 PLC,其模块可互为备用,便于备品备件的采购和管理;其功能及编程方法统一,有利于技术力量的培训、技术水平的提高和功能的开发;其外部设备通用,资源可共享。配以上位计算机后,可把控制各独立系统的多台 PLC 连成一个多级分布式控制系统,相互通信、集中管理。

(4) 是否在线编程

PLC 的特点之一是使用灵活。当被控设备的工艺过程改变时,只需用编程器重新修改程序,就能满足新的控制要求,给生产带来很大方便。

PLC 的编程分为离线编程和在线编程两种。离线编程的 PLC,其特点是主机和编程器共用一个 CPU,在编程器上有一个“编程/运行”选择开关或按键,选择编程状态时,CPU 将失去对现场的控制,只为编程器服务,这就是所谓的“离线”编程。程序编好后,如选择运行状态,CPU 则去执行程序而对现场进行控制,这时,CPU 对编程指令按步作出响应。此类 PLC,由于编程器和主机共用一个 CPU,因此节省了大量的硬件和软件,编程器的价格也比较便宜。中、小型 PLC 多采用离线编程。

在线编程的 PLC,其特点是主机和编程器各有一个 CPU,编程器的 CPU 可以随时处理由键盘输入的各种编程指令。主机 CPU 则是完成对现场的控制,并在一个扫描周期的末尾和编程器通信,编程器把编好或改好的程序发送给主机,在下一个扫描周期主机将按照新送入的程序控制现场,这就是所谓的“在线”编程。此类 PLC,由于增加了硬件和软件,故价

格高,但应用领域较宽。大型 PLC 多采用在线编程。

是否在线编程,应根据被控设备工艺要求的不同来选择。对于产品定型的设备和工艺不常变动的设备,应选用离线编程的 PLC;反之,可考虑选用在线编程的 PLC。

12.1.4.2 输入/输出的选择

(1) 可编程控制器控制系统 I/O 点数估算

①控制电磁阀等所需的 I/O 点数。由电磁阀的动作原理可知,一个单线圈电磁阀用可编程控制器控制时需 2 个输入及 1 个输出;一个双线圈电磁阀需 3 个输入及 2 个输出;一个按钮需一个输入;一个光电开关需 1 个或 2 个输入;一个信号灯需 1 个输出;波段开关,有几个波段就需几个输入;一般情况,各种位置开关都需占用 2 个输入点。

②控制交流电动机所需的 I/O 点数。用可编程控制器控制交流电动机时,是以主令信号和反馈信号作为可编程控制器的输入信号;以可编程控制器作为控制器,用它的输出信号驱动执行元件来完成对交流电动机的控制。例如,用可编程控制器控制一台 Y- Δ 启动的交流电动机,一般需占用可编程控制器的 4 个输入点及 3 个输出点。用可编程控制器控制一台单向运行的笼型电动机,需占用 4 个输入点及 1 个输出点。控制一台可逆运行的笼型电动机,需 5 个输入点及 2 个输出点。控制一台单向运行的变极调速电机,需 5 个输入点及 2 个输出点。控制一台单向运行的绕线转子交流电动机,需 3 个输入点及 4 个输出点。控制一台可逆运行的绕线转子交流电动机,需 4 个输入点及 5 个输出点。

③控制直流电动机所需的 I/O 点数。晶闸管直流电动机调速系统是直流调速的主要形式,它采用晶闸管整流装置对直流电机供电。用可编程控制器控制的直流传动系统中,可编程控制器的输入除考虑主令信号外,还需考虑合闸信号、传动装置综合故障信号、抱闸信号、风机故障信号等。可编程控制器的输出主要考虑速度指令信号正向 1~3 级、反向 1~3 级、允许合闸信号、抱闸打开信号等。一般地,一个用可编程控制器控制的可逆直流传动系统大约需 12 个输入点和 8 个输出点。一个不可逆的直流传动系统需 9 个输入点和 6 个输出点。表 12-1 是典型传动设备及电气元件所需可编程控制器 I/O 点数表。此表在实际确定控制对象的 I/O 点数时有一定的参考价值。

表 12-1 典型传动设备及电气元件所需可编程控制器 I/O 点数

序号	电气设备、元件	输入点数	输出点数	I/O 总点数
1	Y- Δ 启动的笼型电动机	4	3	7
2	单向运行的笼型电动机	4	1	5
3	可逆运行的笼型电动机	5	2	7
4	单向变极电动机	5	3	8
5	可逆变极电动机	6	4	10
6	单向运行的直流电机	9	6	15
7	可逆运行的直流电机	12	8	20
8	单线圈电磁阀	2	1	3
9	双线圈电磁阀	3	2	5
10	比例阀	3	5	8
11	按钮开关	1	—	1
12	光电开关	2	—	2

(续表 12-1)

序号	电气设备、元件	输入点数	输出点数	I/O 总点数
13	信号灯	—	1	1
14	拨码开关	4	—	4
15	三挡波段开关	3	—	3
16	行程开关	1	—	1
17	接近开关	1	—	1
18	抱闸	—	1	1
19	风机	—	1	1
20	位置开关	2	—	2

确定 I/O 点数一般是必须说明的首要问题。估算出被控对象的 I/O 点数后 ,就可选择点数相当的可编程控制器。I/O 点数是衡量可编程控制器规模大小的重要指标。选择相应规模的可编程控制器并留有 10% ~ 15% 的 I/O 余量。

(2) 输入/输出模块的选择

可编程控制器输入模块的任务是检测并转换来自现场设备(按钮、限位开关、接近开关等)的高电平信号为机器内部电平信号。模块类型分直流 5 V、12 V、24 V、68 V、60 V 几种 ,交流 115 V 和 220 V 两种。由现场设备与模块之间的远近程度选择电压的大小。一般 5 V、12 V、24 V 属低电平 ,传输距离不宜太远 ,例如 5 V 的输入模块最远不能超过 10 m ,也就是说 ,距离较远的设备选用较高电压的模块比较可靠。另外 ,高密度的输入模块如 32 点、64 点 ,同时接通点数取决于输入电压和环境温度。一般而言 ,同时接通点数不得超过 60%。为了提高系统的稳定性 ,必须考虑门槛(接通电平与关断电平之差)电平的大小。门槛电平值越大 ,抗干扰能力越强 ,传输距离也就越远。

输出模块的任务是将机器内部信号电平转换为外部过程的控制信号。对于开关频率高、电感性、低功率因数的负载 ,推荐使用晶闸管输出模块 ,缺点是模块价格高 ,过载能力稍差。继电器输出模块的优点是适用电压范围宽 ,导通压降损失小 ,价格低 ;其缺点是寿命较短 ,响应速度较慢。输出模块同时接通点数的电流累计值必须小于公共端所允许通过的电流值。输出模块的电流值必须大于负载电流的额定值。

12.1.4.3 内存估计

用户程序所需内存容量受到下面几个因素的影响 :内存利用率 ;开关量输入/输出点数 ;模拟量输入/输出点数 ;用户的编程水平。

(1) 内存利用率

用户程序通过编程器键入主机内 ,最后是以机器语言的形式存放在内存中。同样的程序 ,不同厂家的产品 ,在把用户程序变成机器语言存放时所需的内存数是不同的。我们把一个程序段中的接点数与存放该程序段所代表的机器语言所需的内存字数的比值称为内存利用率。高的内存利用率给用户带来好处。同样的程序可以减少内存量 ,从而降低内存投资。另外 ,同样的程序可缩短扫描周期时间 ,从而提高系统的响应。

(2) 开关量输入/输出总点数

可编程控制器开关量输入/输出总点数是计算所需内存容量的重要根据。一般系统中 ,开关量输入和开关量输出的比为 6:4。这方面的经验公式是根据开关量输入、开关量输出

的总点数给出的。

$$\text{所需内存字数} = \text{开关量(输入 + 输出)总点数} \times 100$$

(3) 模拟量输入/输出总点数

具有模拟量控制的系统就要用到数字传送和运算的功能指令,这些功能指令的内存利用率较低,因此所占的内存数较多。

在只有模拟量输入的系统中,一般要对模拟量进行读入、数字滤波、传送和比较运算。在模拟量输入输出同时存在的情况下,就要进行较复杂的运算,一般是闭环控制,内存要比只有模拟量输入的情况需要量大。在模拟量处理中,常常把模拟量读入、滤波及模拟量输出编成子程序使用,这样会使所占内存大大减少,特别是在模拟量路数比较多时,每一路模拟量所需的内存数会明显减少。下面给出一般情况下的经验公式:

$$\text{只有模拟量输入时: 所需内存字数} = \text{模拟量点数} \times 100$$

$$\text{模拟量输入输出同时存在: 所需内存字数} = \text{模拟量点数} \times 200$$

这些经验公式的算法是在 10 点模拟量左右,当点数小于 10 时,内存字数要适当加大,点数多时,可适当减少。

(4) 程序编写质量

用户程序优劣对程序长短和运行时间都有较大影响。对于同样的系统,不同用户编写的程序可能会使程序长短和执行时间差距很大。一般来说,对初学者应为内存多留一些余量,而对有经验的编程者可少留一些余量。

综上所述,推荐下面的经验计算公式:

总存储器字数 = (开关量输入点数 + 开关量输出点数) × 10 + 模拟量点数 × 150。然后按计算存储器字数的 25% 考虑余量。

12.1.4.4 响应时间

对过程控制,扫描周期和响应时间必须认真考虑。可编程控制器顺序扫描的工作方式使它不能可靠地接收持续时间小于扫描周期的输入信号。例如某产品有效检测宽度为 3cm,产品传送速度为 30 m/min,为了确保不会漏检经过的产品,要求可编程控制器扫描周期不能大于产品通过检测点的时间间隔 60 ms [$T = 3 \text{ cm} / (30 \text{ m/min})$]。

系统响应时间是指输入信号产生时刻与由此使输出信号状态发生变化时刻的时间间隔。

$$\text{系统响应时间} = \text{输入滤波时间} + \text{输出滤波时间} + \text{扫描时间}$$

12.1.5 硬件与程序设计

在确定了控制对象的控制任务和选择好可编程控制器的机型后,就可进行控制系统流程图设计,画出流程图,进一步说明各信息流之间的关系,然后具体安排输入、输出的配置,并对输入、输出进行地址分配。配置与地址分配这两部分工作安排得合理,会给硬件设计、程序编写和系统调试带来很多方便。对指定输入点进行地址分配时应注意:把所有的按钮、限位开关分别集中配置,同类型的输入点可分在同一组内;按照每一种类型的设备号,按顺序定义输入点地址号,如果输入点有多余,可将每一个输入模块的输入点都分配给一台设备或机器;尽可能将有高噪声的输入信号的模块插在远离 CPU 模块的插槽内,因此,这类输入点的地址号较大。输出配置和地址分配也应注意以下几点:同类型设备占用的输出点地址应集中在一起,按照不同类型的设备顺序地指定输出点地址号,如果输出点有多余,可将每

一个输出模块的输出点都分配给一台设备或机器,对彼此有关的输出器件,如电动机正转、反转,电磁阀的前进与后退等,其输出地址号应连写。输入输出地址分配确定后,再画出可编程控制器端子和现场信号联络图表,这样进行系统设计时便可将硬件设计、程序编写两项工作平行地进行。

用户编写程序的过程就是软件设计过程。在系统的实现过程中,用户常面临 PLC 的编程问题,用户应当对所选择的产品的软件功能有所了解。一般地,一个系统的软件总是用于处理控制器具备的控制硬件的。但是,也有应用系统需要控制硬件部件以外的软件功能的。

可编程控制器的控制功能都是以程序的形式来体现,程序设计通常采用逻辑设计法,它是以布尔代数为理论基础,根据生产过程各工步之间各检测元件状态的不同组合和变化,确定所需的中间环节(如中间继电器)。再按各执行元件所应满足的动作节拍表,分别列写出各自用相应的检测元件及中间环节状态逻辑值表示的布尔表达式,最后用触点的串并联组合在电路上进行逻辑表达式的物理实现。可编程控制器的辅助继电器、定时器、计数器、状态器数量相当大,且这些器件的触点为无限多个,给程序设计带来很大方便,只要程序容量和扫描时间允许,程序的复杂程度并不影响程序的可靠性。与继电器控制系统使用的路基设计法(最简单的线路是最可靠的)相比,可编程控制器软件设计就不用考虑触点的数量。

12.1.6 总装统调

总装统调是可编程控制器构成控制系统的最后一个设计步骤。用户程序在总装统调前需进行模拟调试。用装在可编程控制器上的模拟开关模拟输入信号的状态,用输出点的指示灯模拟被控对象,检查程序无误后便把可编程控制器接到系统里去,进行总装统调。

首先对可编程控制器外部接线作仔细检查,外部接线一定要准确、无误。如果用户程序还没有送到机器里去,可用自行编写的试验程序对外部接线作扫描通电检查,查找接线故障。为了安全可靠起见,常常将主电路断开,进行预调,当确认接线无误再接主电路,将模拟调试好的程序送入用户存储器进行调试,直到各部分的功能都正常,并能协调一致成为一个完整的整体控制为止。由此可见,在进行完总体设计以及具体的硬件系统设计和软件系统设计后,除要分别对硬件系统和软件系统进行调试外,还必须对硬件系统和软件系统进行联合调试和试运行,反复进行硬件系统和软件系统的修改调整,直到整个控制系统全部投入正常工作为止,才算最终完成系统设计。

必须特别指出,在确定控制方式之后和进行 I/O 地址分配之前,必须进行外围电路的设计;在确定存储器容量之后和选择 I/O 模块之前必须进行选择外部设备的工作;在选择 I/O 模块之后和进行控制回路设计之前,必须进行控制盘/柜的设计。这些工作可在上述较适当的时候穿插进行,但在整个设计过程中,这是必不可少的工作。

12.2 可编程控制器系统设计的应用实例

12.2.1 机械手控制系统

机械手的动作示意图如图 12-2 所示。它是一个水平/垂直位移的机械设备,用来将工件由左工作台搬到右工作台。

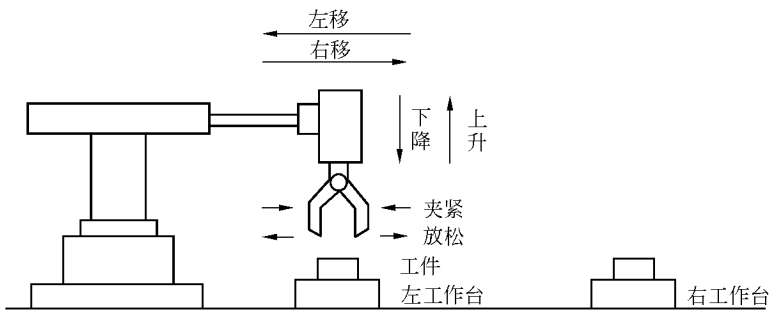


图 12-2 机械手动作示意图

(1) 工艺过程与控制要求

机械手的全部动作由气缸驱动,而气缸又由相应的电磁阀控制。其中,上升/下降和左移/右移分别由双线圈两位电磁阀控制。例如,当下降电磁阀通电时,机械手下降;当下降电磁阀断电时,机械手下降停止。只有当上升电磁阀通电时,机械手才上升;当上升电磁阀断电时,机械手上升停止。同样,左移/右移分别由左移电磁阀和右移电磁阀控制。机械手的放松/夹紧由一个单线圈两位置电磁阀(称为夹紧电磁阀)控制。当该线圈通电时,机械手夹紧;当该线圈断电时,机械手放松。

当机械手右移到位并准备下降时,为了确保安全,必须在右工作台无工件时才允许机械手下降。也就是说,若上一次搬运到右工作台上的工件尚未搬走时,机械手应自动停止下降,用光电开关 I0.5 进行无工件检测。

机械手的动作过程如图 12-3 所示。从原点开始,按下启动按钮,下降电磁阀通电,机械手下降。下降到底时,碰到下限位开关,下降电磁阀断电,下降停止;同时接通夹紧电磁阀,机械手夹紧。夹紧后,上升电磁阀通电,机械手上升。上升到顶时,碰到上限位开关,上升电磁阀断电,上升停止;同时接通右移电磁阀,机械手右移。右移到位时,碰到右限位开

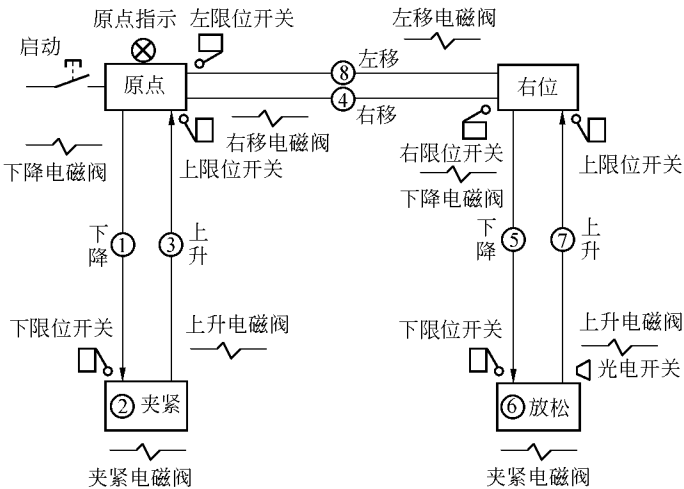


图 12-3 机械手动作过程

关,右移电磁阀断电,右移停止。若此时右工作台上无工件,则光电开关接通,下降电磁阀通电,机械手下降。下降到底时,碰到下限位开关,下降电磁阀断电,下降停止;同时夹紧电磁阀断电,机械手放松。放松后,上升电磁阀通电,机械手上升。上升到顶时,碰到上限位开关,上升电磁阀断电,上升停止;同时接通左移电磁阀,机械手左移。左移到原点时,碰到左限位开关,左移电磁阀断电,左移停止。至此,机械手经过八步动作完成了一个周期的动作。

机械手的操作方式分为手动操作方式和自动操作方式。自动操作方式又分为步进、单周期和连续操作方式。

手动操作 就是用按钮操作对机械手的每一步运动单独进行控制。例如,当选择上/下运动时,按下启动按钮,机械手下降;按下停止按钮,机械手上升。当选择左/右运动时,按下启动按钮,机械手右移;按下停止按钮,机械手左移。当选择夹紧/放松运动时,按下启动按钮,机械手夹紧;按下停止按钮,机械手放松。

步进操作 每按一次启动按钮,机械手完成一步动作后自动停止。

单周期操作 机械手从原点开始,按一下启动按钮,机械手自动完成一个周期的动作后停止。

连续操作 机械手从原点开始,按一下启动按钮,机械手的动作将自动地、连续不断地周期性循环。在工作中若按一下停止按钮,则机械手将继续完成一个周期的动作后,回到原点自动停止。

(2)操作面板布置

图 12-4 是可编程控制器控制盘面布置图。

接通 I0.7 是单操作方式。按加载选择开关的位置,用启动/停止按钮选择加载操作,当加载选择开关打到“左/右”位置时,按下启动按钮,机械手右行;若按下停止按钮,机械手左行。用上述操作可使机械手停在原点。

接通 I1.0 是步进方式。机械手在零点时,按下启动按钮,向前操作一步;每按启动按钮一次,操作一步。

接通 I1.1 是单周期操作方式。机械手在零点时,按下启动按钮,自动操作一个周期。

接通 I1.2 是连续操作方式。机械手在零点时,按下启动按钮,连续执行自动周期操作,当按下停止按钮,机械手完成此周期动作后自动回到原点并不再动作。

(3)输入/输出端子地址分配

该机械手控制系统所采用的可编程控制器是德国西门子公司生产的 S7-200 CPU214。图 12-5 是 S7-200 CPU214 输入/输出端子地址分配图。该机械手控制系统共使用了 14 个输入量,6 个输出量。

(4)整体程序结构

图 12-6 是机械手控制系统可编程控制器整体程序结构。

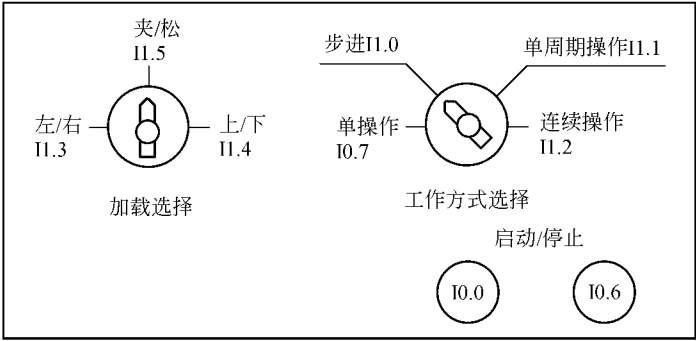


图 12-4 操作面板布置图

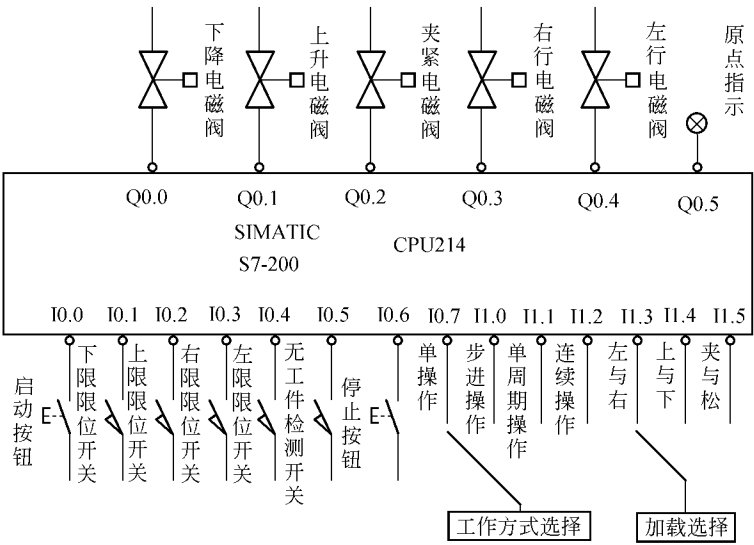


图 12-5 输入/输出端子分配

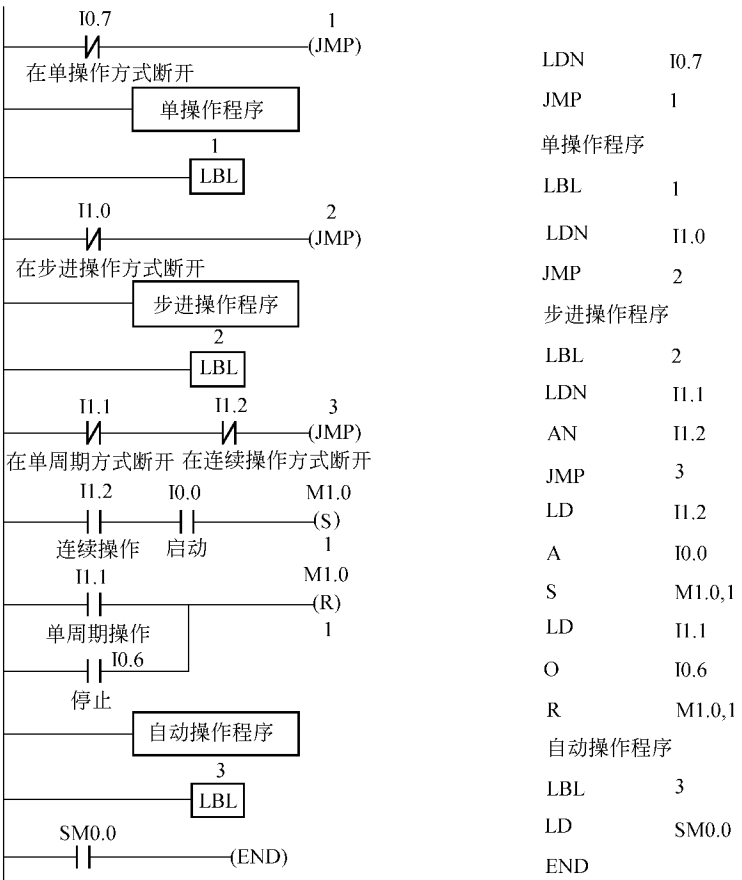


图 12-6 整体程序结构

若选择单操作工作方式 ,I0.7 断开 ,接着执行单操作程序。单操作程序可以独立于自动操作程序 ,可另行设计。

在单周期工作方式和连续操作方式下 ,可执行自动操作程序。在步进工作方式 ,执行步进操作程序 ,按一下启动按钮执行一个动作 ,并按规定顺序进行。

在需要自动操作方式时 ,中间继电器 M1.0 接通。步进工作方式、单操作工作方式和自动操作方式 ,都用同样的输出继电器。

(5)实现单操作工作的程序

图 12 - 7 是实现单操作工作的梯形图程序及指令表。为避免发生误动作 ,插入了一些连锁电路。例如 ,将加载开关扳到‘ 左/右 ’挡 ,按下启动按钮 ,机械手向右行 ,按下停止按钮 ,机械手向左行。且这两个动作只能当机械手处在上限位置时才能执行(即为安全起见 ,设上限安全连锁保护)。

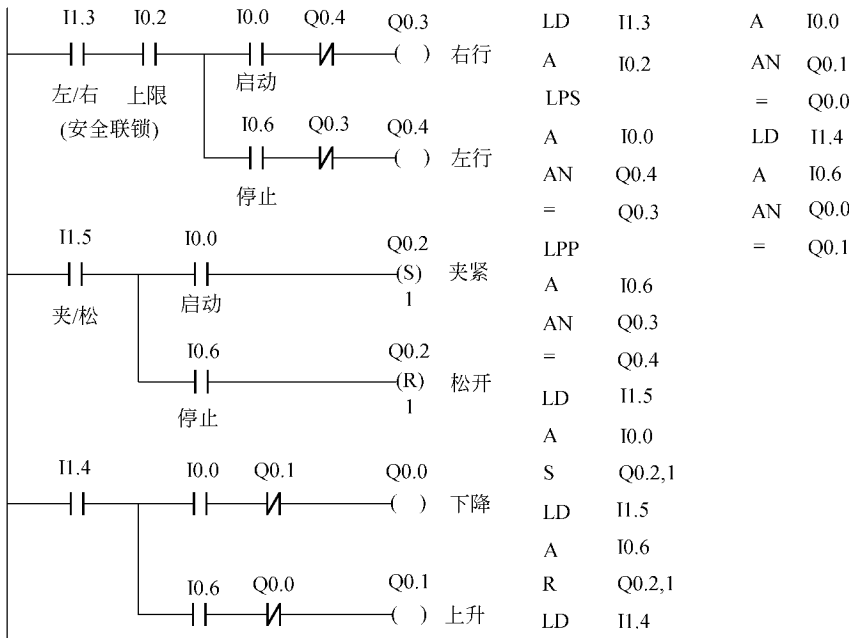


图 12 - 7 单操作梯形图及指令表

将加载选择开关扳到‘ 夹/松 ’挡 ,按启动按钮 ,执行夹紧动作 ,按停止按钮 ,松开。
将加载选择开关扳到‘ 上/下 ’挡 ,按启动按钮 ,下降 ,按停止按钮 ,上升。

(6)自动操作程序

图 12 - 8 是机械手自动操作流程图中(或称功能图) ,图 12 - 9 是与之对应的梯形图。

PLC 由 STOP 转为 RUN 时 ,初始脉冲 SM0.1 对状态进行初始复位。当机械手在原点时 ,将状态 S0.0 置 1 ,这是第一步。按下启动按钮后 ,置位状态 S0.1 ,同时将原工作状态 S0.0 清 0 ,输出继电器 Q0.0 得电 ,Q0.5 复位 ,原点指示灯熄灭 ,执行下降动作。当下降到底碰到下限位开关时 ,I0.1 接通 ,状态转移到 S0.2 ,同时将状态 S0.1 清 0 ,输出继电器 Q0.0 复位 ,Q0.2 置 1 ,于是机械手停止下降 ,执行夹紧动作 ,定时器 T37 开始计时 ,延时 1.7s 后 ,接通 T37 常开触点将状态 S0.3 置 1 ,同时将工作状态 S0.2 清 0 ,而输出继电器 Q0.1 得电 ,

执行上升动作。由于 Q0.2 已被置 1,夹紧动作继续执行。当上升到上限位时,I0.2 接通,状态转移到 S0.4,同时将状态 S0.3 清 0,Q0.1 失电,不再上升,而 Q0.3 得电,执行右行动作。当右行至右限位时,I0.3 接通,Q0.3 失电,机械手停止右行,若此时 I0.5 接通,则状态转移到 S0.5,同时将状态 S0.4 清 0,而 Q0.0 再次得电,执行下降动作。当下降到碰到底限位开关时,I0.1 接通,状态转移到 S0.6,同时将状态 S0.5 清 0,输出继电器 Q0.0 复位,Q0.2 被复位,于是机械手停止下降,执行松开动作;定时器 T38 开始计时,延时 1.5s 后,接通 T38 常开触点将状态 S0.7 置 1,同时将工作状态 S0.6 清 0,而输出继电器 Q0.1 再次得电,执行上升动作。行至上限位置,I0.2 接通,状态转移到 S1.0,同时将状态 S0.7 清 0,Q0.1 失电,停止上升,而 Q0.4 得电,执行左行动作。到达左限位,I0.4 接通,将状态 S1.0 清 0。如果此时为连续工作状态,M1.0 置 1,即状态转移回到 S0.1,重复执行自动程序。若为单周期操作方式,状态转移到 S0.0,则机械手停在原点。

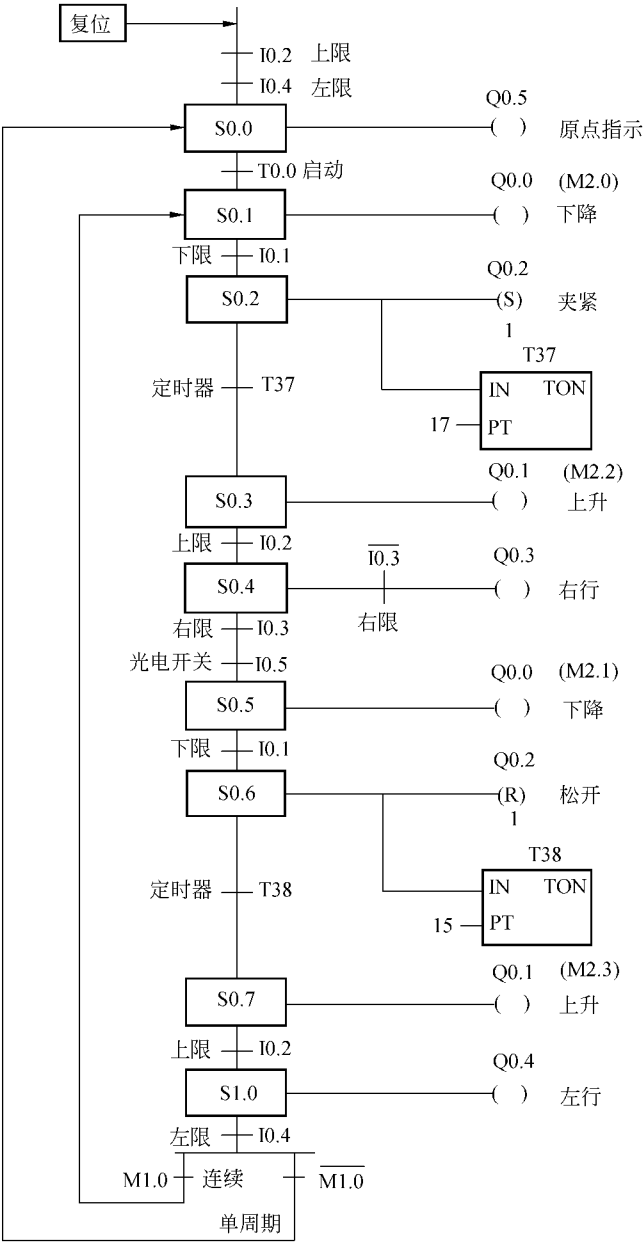
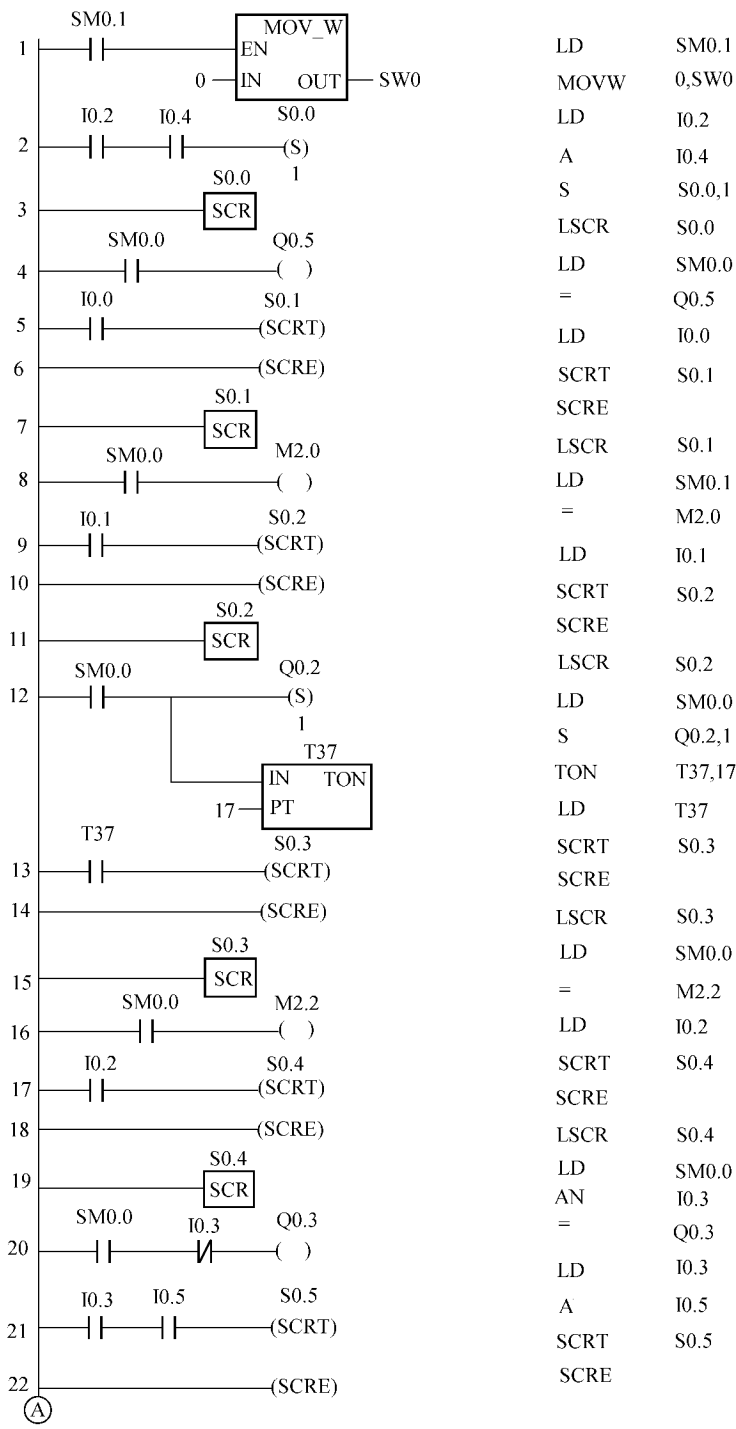


图 12-8 自动操作功能图

在运行中,如按停止按钮,机械手的动作执行完当前一个周期后,回到原点自动停止。
在运行中,PLC 若掉电,机械手动作停止。重新启动时,先用手动操作将机械手移回原点,再按启动按钮,又重新开始自动操作。

步进动作是指按下启动按钮动作一次。步进动作功能图与图 12-8 相似,只是每步动作都须增加一启动按钮,如图 12-10 所示。步进操作所用的输出继电器、定时器与其他操作所用的输出继电器、定时器相同。



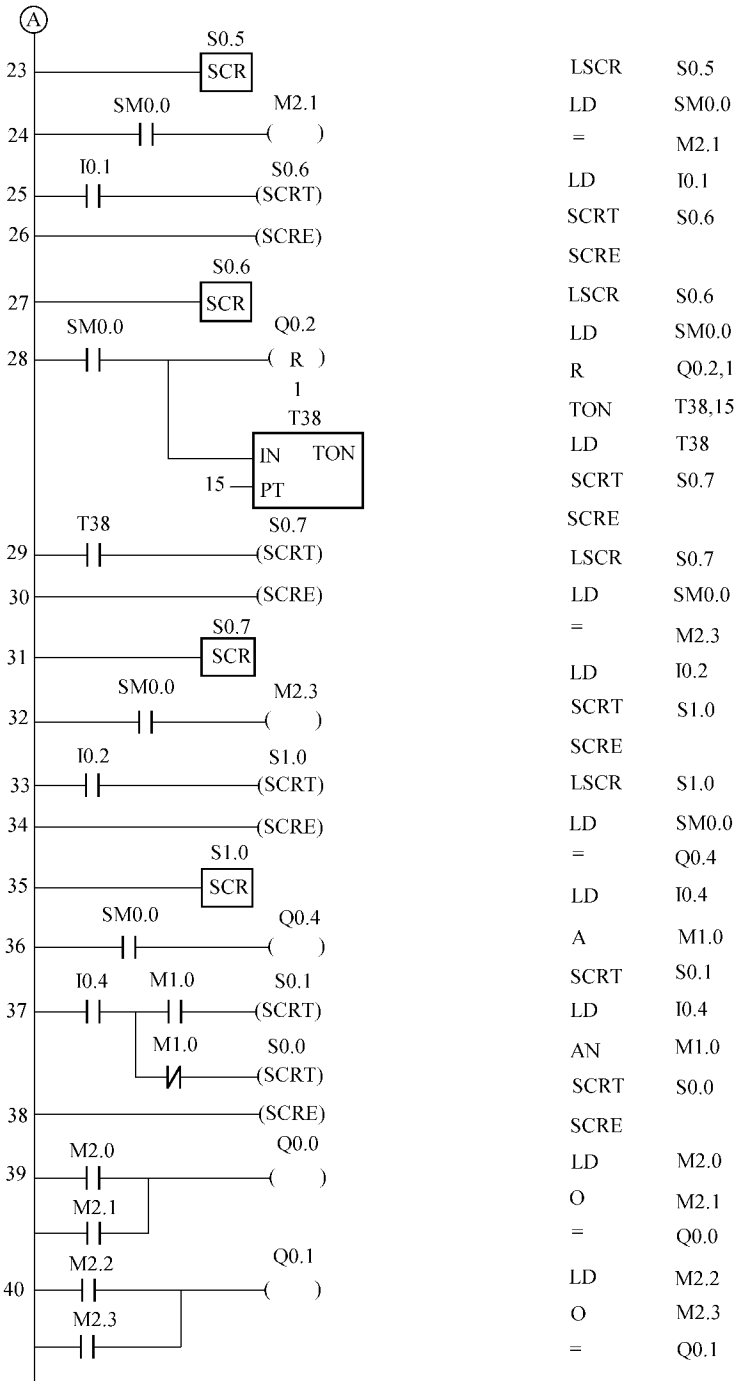


图 12-9 自动操作梯形图及指令表

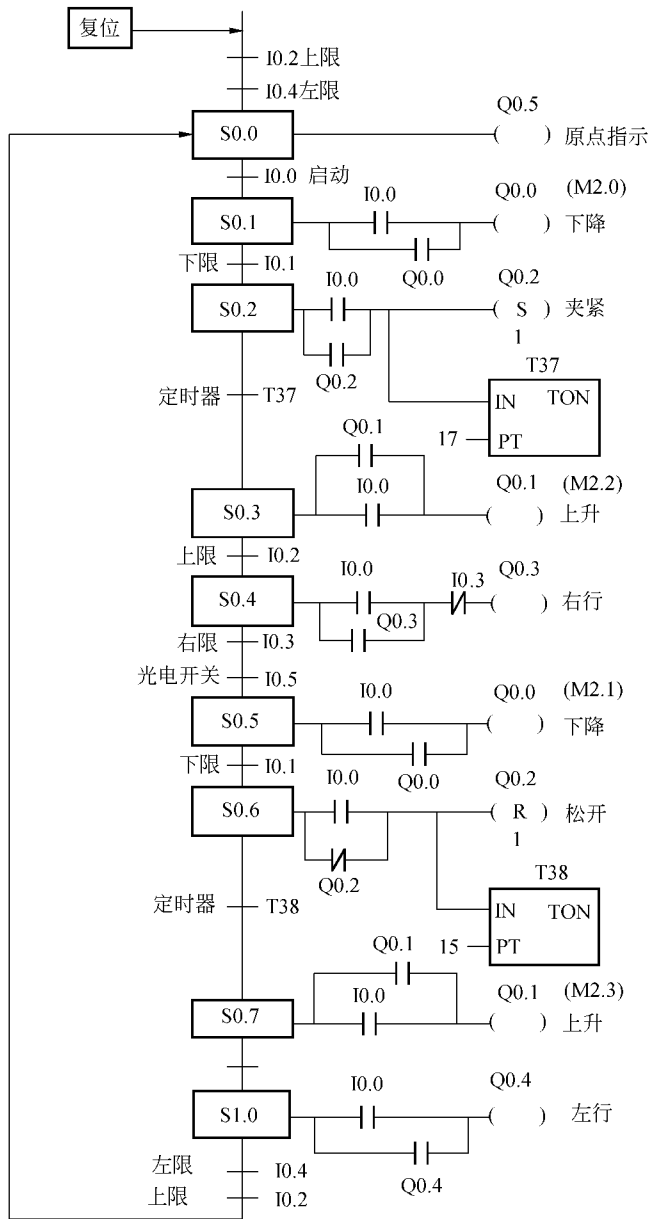


图 12-10 步进操作功能图

12.2.2 混合液体装置的控制

(1) 装置结构与工艺要求

图 12-11 为两种液体的混合装置结构图。SL₁、SL₂、SL₃ 为液面传感器 液面淹没时接通 ,两种液体(液体 A、液体 B)的流入和混合液体流出分别由电磁阀 YV₁、YV₂、YV₃ 控制 , M 为搅匀电动机 ,控制要求如下 :

- ① 初始状态。当装置投入运行时 ,液体 A、B 阀门关闭 ,混合液体阀门打开 20s ,将容器

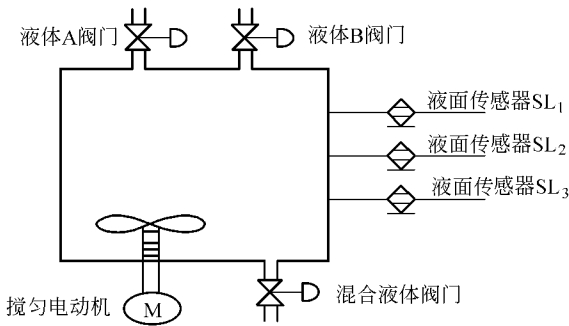


图 12-11 液体混合装置结构图

放空后关闭。

② 启动操作。按下启动按钮 SB_1 ,装置就开始按下列给定的规定动作工作。液体 A 阀门打开 ,液体 A 流入容器。当液面到达 SL_2 时 , SL_2 接通 ,关闭液体 A 阀门 ,打开 B 阀门。当液面到达 SL_1 时 ,关闭液体 B 阀门 ,搅匀电动机开始转动。搅匀电动机工作 1 min 后停止搅动 ,混合液体阀门打开 ,开始放出混合液体。当液面下降到 SL_3 时 , SL_3 由接通变为断开 ,再经过 20s 后 ,容器放空 ,混合液阀门关闭 ,开始下一周期操作。

③ 停止操作。按下停止按钮 SB_2 后 ,在当前的混合操作处理完毕后 ,才停止操作 ,即停在初始状态上。

(2)输入/输出地址分配

该装置的控制采用的 PLC 为 S7-200 CPU214 ,输入/输出地址分配如图 12-12 所示。

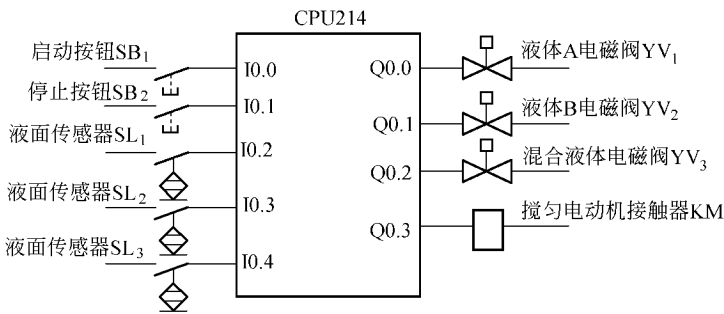


图 12-12 输入/输出地址分配

(3)梯形图程序设计

根据控制要求编写的梯形图及指令表如图 12-13 所示。

(4)工作过程分析

①启动操作。按下启动按钮 SB_1 ,I0.0 的常开接点闭合 ,M0.0 产生启动脉冲 ,第 10 行的 M0.0 的常开接点闭合 ,使 Q0.0 保持接通 ,液体 A 电磁阀 YV_1 打开 ,液体 A 流入容器。

②液面上升到 SL_2 。当液面上升到 SL_3 时 ,虽然 I0.4 常开接点接通 ,但没有引起输出动作。当液面上升到 SL_2 位置时 , SL_2 接通 ,I0.3 的常开接点接通 ,M0.3 产生脉冲 ,第 11 行 M0.3 的常开接点接通一个扫描周期 ,复位指令(R Q0.0 ,1)使线圈 Q0.0 断开 , YV_1 电磁

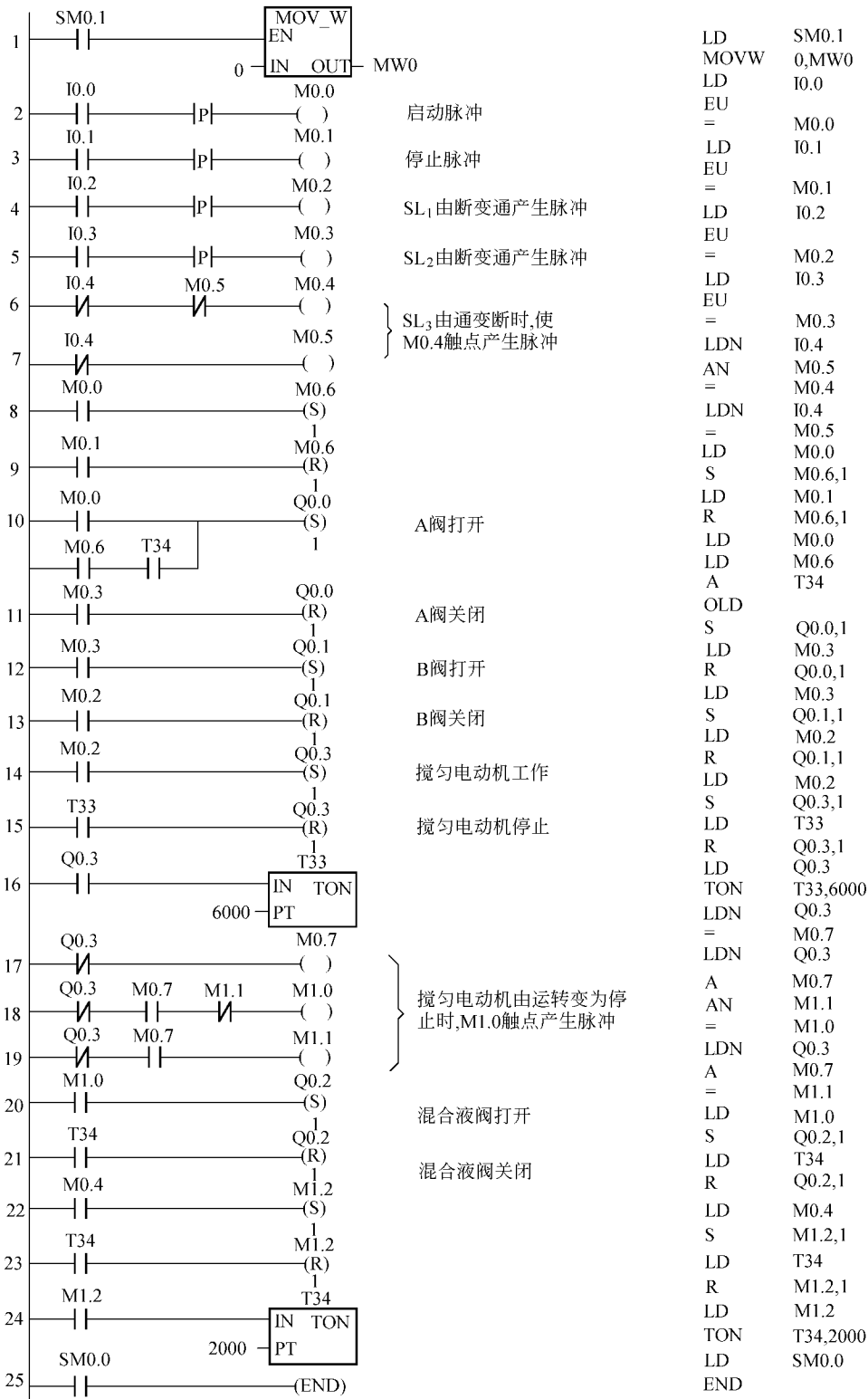


图 12 - 13 混合液控制梯形图及指令表

阀关闭,液体 A 停止流入;与此同时,第 12 行 M0.3 的常开接点接通一个扫描周期,置位指令(S Q0.1,1)使线圈 Q0.1 接通,液体 B 电磁阀 YV₂ 打开,液体 B 流入。

③液面上升到 SL₁。当液面上升到 SL₁ 时,SL₁ 接通,M0.2 产生脉冲,第 13 行 M0.2 常开接点闭合,使 Q0.1 线圈断开,YV₂ 关闭,液体 B 停止注入,第 14 行的 M0.2 常开接点闭合,Q0.2 线圈接通,搅匀电动机工作,开始搅匀。

④搅匀后放混合液。搅匀电动机工作时,第 16 行的 Q0.3 常开接点闭合,启动定时器 T33,过了 60s,第 15 行的 T33 常开接点闭合,Q0.3 线圈断开,电机停止搅动。当搅匀电动机由接通变为断开时,第 17、18、19 行的电路,使 M1.0 产生一个扫描周期的脉冲,第 20 行的 M1.0 的常开接点闭合,Q0.2 线圈接通,混合液电磁阀 YV₃ 打开,开始放混合液。

⑤液面下降到 SL₃。当液面传感器 SL₃ 由接通变为断开,第 6、7 行的电路使第 22 行的 M0.4 常开接点接通一个扫描周期,M1.2 线圈接通,第 24 行的 T34 开始工作,20s 后,混合液放完,第 21 行的 T34 常开接点闭合,Q0.2 线圈断开,电磁阀 YV₃ 关闭,同时第 10 行的 T34 的常开接点闭合,Q0.0 线圈接通,YV₁ 打开,液体 A 流入,开始进入下一循环。

⑥停止操作。按下停止按钮 SB₂,I0.1 的常开接点接通,M0.1 产生停止脉冲,使 M0.6 线圈复位断开,第 10 行的 M0.6 已闭合的常开接点断开,在当前的混合操作处理完毕后,使 Q0.0 不能再接通,即停止操作。

12.2.3 交通信号灯的 control

十字路口的交通指挥信号灯布置如图 12-14 所示。控制要求如下:

(1) 控制开关

信号灯受一个启动开关控制。当启动开关接通时,信号灯系统开始工作,且先南北红灯亮,东西绿灯亮。当启动开关断开时,所有信号灯都熄灭。

(2) 控制要求

①南北绿灯和东西绿灯不能同时亮。如果同时亮应关闭信号灯系统,并立即报警。

②南北红灯亮维持 25s。在南北红灯亮的同时东西绿灯也亮,并维持 20s。到 20s 时,东西绿灯闪亮,闪亮 3s 后熄灭。在东西绿灯熄灭时,东西黄灯亮,并维持 2s。到 2s 时,东西黄灯熄灭,东西红灯亮。同时,南北红灯熄灭,南北绿灯亮。

③东西红灯亮维持 30s。南北绿灯亮维持 25s,然后闪亮 3s,再熄灭。同时南北黄灯亮,维持 2s 后熄灭,这时南北红灯亮,东西绿灯亮。

④周而复始,循环往复。

根据控制要求可知,这是一个时序逻辑控制系统。图 12-15 是其时序图。

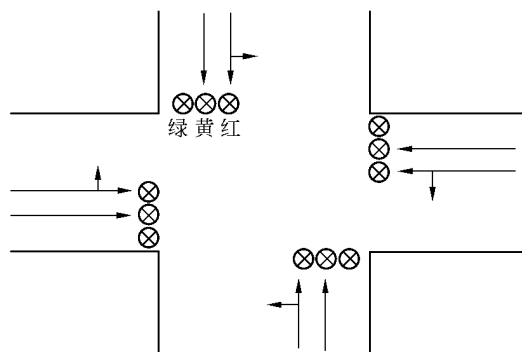


图 12-14 交通指挥信号灯示意图

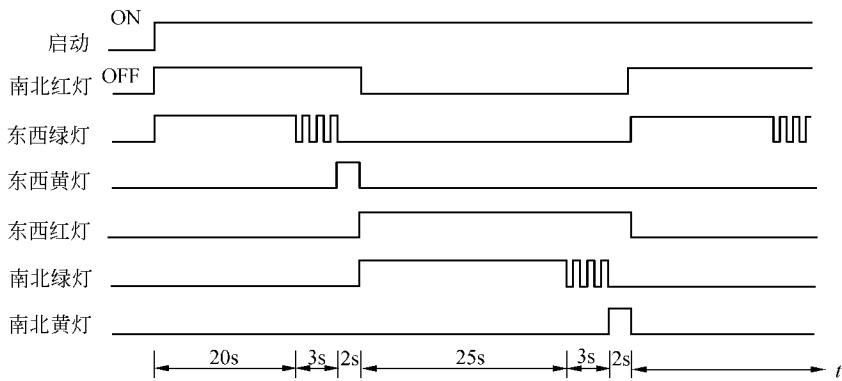


图 12 - 15 交通指挥信号灯时序图

(3) 输入/输出地址分配

交通信号灯控制采用的 PLC 为 S7 - 200 CPU214 ,图 12 - 16 是 可 编 程 控 制 器 控 制 交 通 信 号 灯 输 入 / 输 出 地 址 分 配。

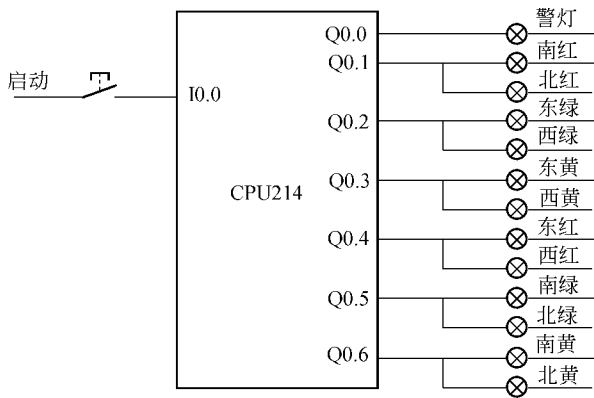


图 12 - 16 输入/输出地址分配

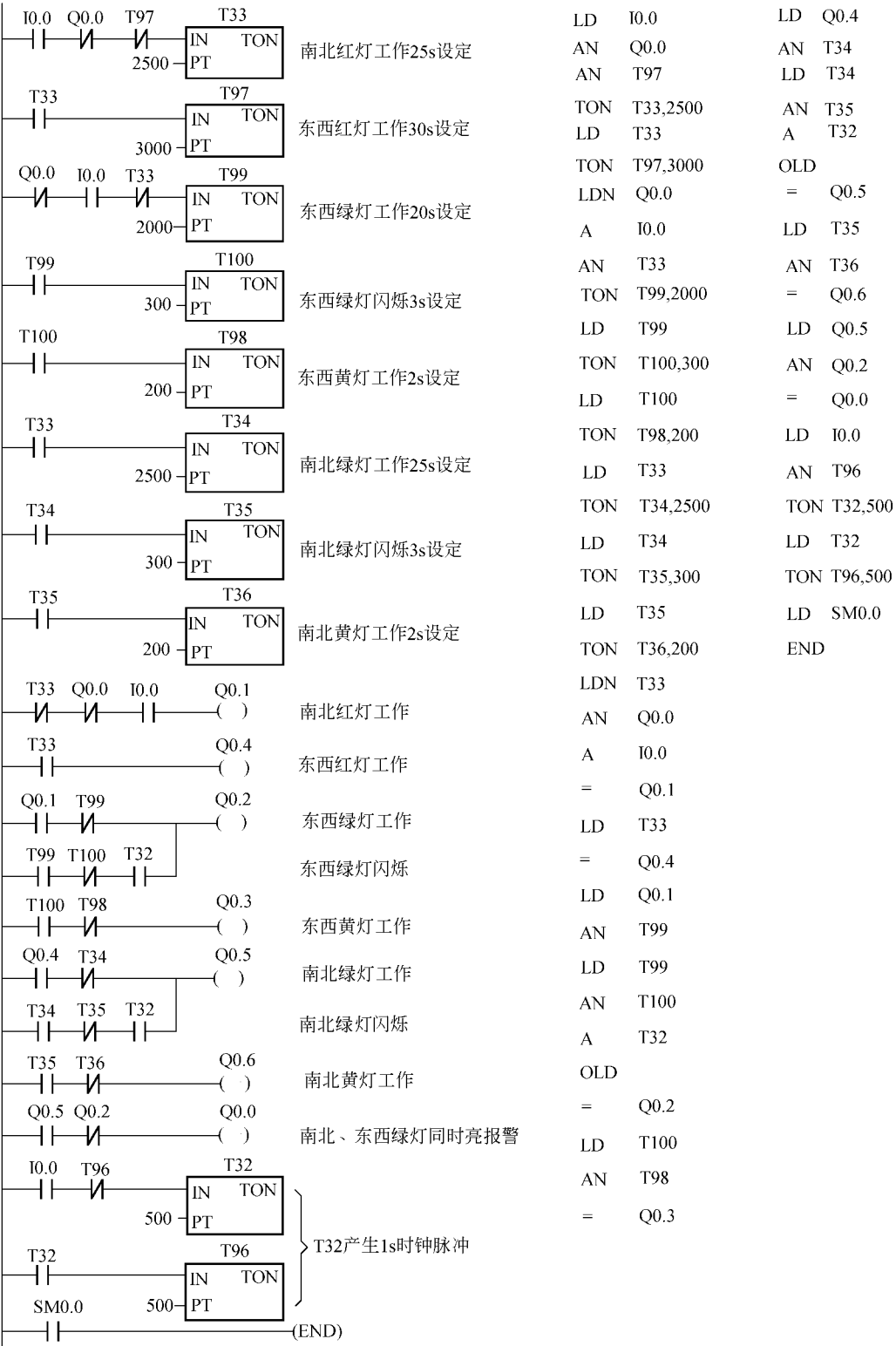
(4) 程序设计

根据控制要求和 I/O 地址分配编制的交通灯控制梯形图及指令表如图 12 - 17 所示。

(5) 工作过程分析

当启动开关合上时 ,接点 I0.0 接通 ,Q0.1 线圈得电 ,南北红灯亮 ;与此同时 ,Q0.1 的常开接点闭合 ,Q0.2 线圈得电 ,东西绿灯亮。维持到 20 s ,T99 的常开接点接通 ,与该接点串联的 T32 的常开接点每隔 0.5 s 导通 0.5 s ,从而使东西绿灯闪烁。又过 3 s ,T100 的常闭接点断开 ,Q0.2 线圈失电 ,东西绿灯熄灭 ;此刻 T32 的常开接点闭合 ,Q0.3 线圈接通 ,东西黄灯亮。再过 2 s 后 ,T98 的常闭接点断开 ,Q0.3 线圈失电 ,东西黄灯灭 ,就在这时启动累计时间为 25 s ,T33 的常闭接点断开 ,Q0.1 线圈失电 ,南北红灯灭 ,T33 的常开接点闭合 ,Q0.4 线圈接通 ,东西红灯亮 ,Q0.4 的常开接点闭合 ,Q0.5 线圈得电 ,南北绿灯亮。

又过了 25 s ,即启动累计时间 50 s ,T34 常开接点闭合 ,与该接点串联的 T32 的接点每隔 0.5 s 导通 0.5 s ,从而使南北绿灯闪烁 ;闪烁 3 s ,T35 常闭接点断开 ,Q0.5 线圈失电 ,南北绿



灯灭,此时 T35 的常开接点闭合,Q0.6 线圈得电,南北黄灯亮。维持 2s 后,T36 常闭接点断开,Q0.6 线圈失电,南北黄灯灭。这时启动累计时间为 55s,T97 常闭接点断开,T33 复位,Q0.4 线圈断开失电,即维持了 30s 的东西红灯灭。这是一个工作过程,下面再周而复始。

如果发生南北、东西绿灯同时亮,这时 Q0.0 线圈接通得电,产生报警作紧急处理。

12.2.4 智力竞赛抢答装置

(1)工艺要求

主持人一个开关控制三个抢答桌。主持人说出题目后,谁先按按钮,谁的桌子上的灯即亮。这时主持人按按钮后灯才熄灭,否则一直亮着。三个抢答桌的按钮是这样安排的:一个抢答桌上是儿童组,桌上有两个按钮,是并联形式,无论按哪一只,桌上的灯都亮;大人组的桌子上也有两个按钮,是串联形式,只有两个按钮都按下,桌上的灯才亮;中学生组桌上只有一个按钮,且只有一个人,一按灯即亮。当主持人将开关处于开状态时,10s 之内若有人抢答按按钮,电铃响。

(2)输入/输出端子地址分配

抢答装置采用 S7-200 CPU214 可编程控制器进行控制,具体的输入/输出地址分配见图 12-18。

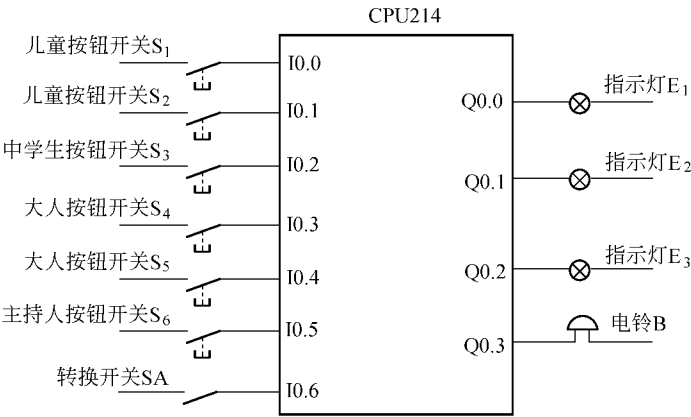


图 12-18 抢答装置输入/输出端子分配

(3)程序设计

根据工艺要求和输入/输出端子地址分配设计的抢答装置梯形图及指令表见图 12-19。

(4)工作过程分析

I0.0 或 I0.1 接通时,Q0.0 自保,E₁ 灯亮。若 Q0.1 或 Q0.2 先动作,Q0.0 就不能动作。I0.2 导通时,Q0.1 自保,E₂ 灯亮。若 Q0.0 或 Q0.2 先动作,Q0.1 就不能动作。I0.3 和 I0.4 同时导通时,Q0.2 自保,E₃ 灯亮。若 Q0.0 或 Q0.1 先动作,Q0.2 就不能动作。当主持人将转换开关 SA 处于开状态时,10s 之内若有人抢答按按钮,Q0.3 得电,电铃响。

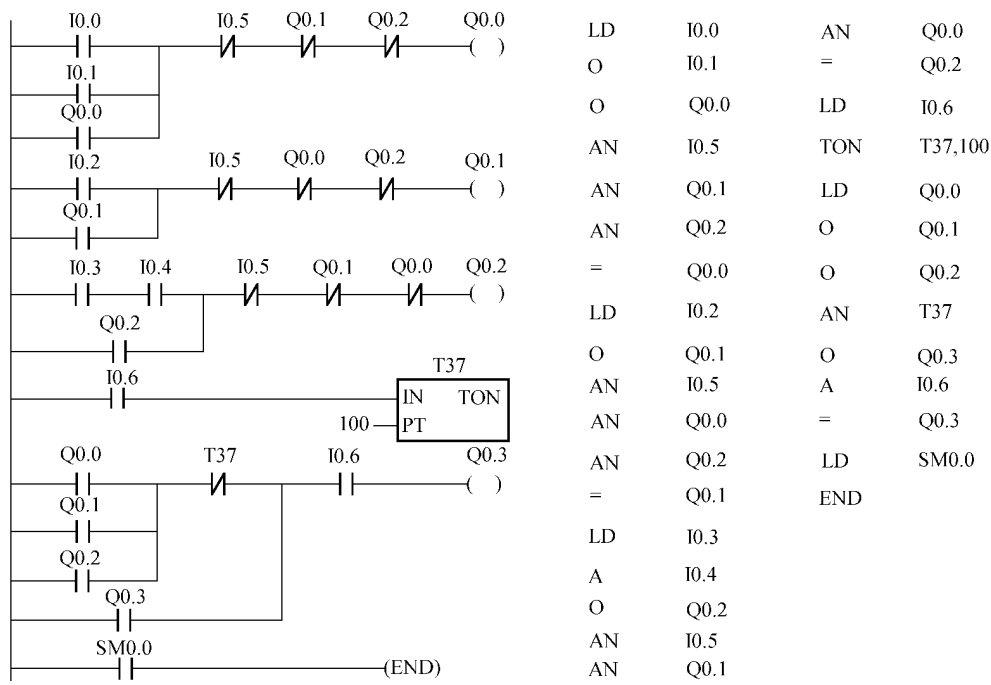


图 12-19 抢答装置梯形图及指令表

12.2.5 可编程控制器在电动单梁起重机质量检测中的应用

(1)控制要求

电动单梁起重机有升降、进退、左右行三个动作机构。该起重机在工作时有上升、下降、左行、右行、前进、后退六个动作。

起重机的整机性能检测一般要求是这样的：当钩上没有负载时，上升、下降、左行、右行、前进、后退六个动作运行，若无异常现象，逐步加载至 1.1 倍额定负载再重复上述六个动作，按规定当加载到 1.1 倍额定负载时，周期运行不少于 1h。测试时的工作时间为：进退时，前进 30s，停 45s，后退 30s，停 45s，每周期 150s，反复运行。当进退机构一个周期结束 1s 后，进行左行右行检测。左行 14s，停 23s，右行 14s，停 23s，左行右行一个周期 75s。即左、右行机构每走两个循环，进退机构走一个循环。升降机构是在进退机构启动后 15s 启动，即在左、右行机构工作 14s 停止时启动，上升 10s，停 15s，下降 10s，停 15s，一个周期 50s。也就是说，升降机构每运行 3 个循环相当于进退机构运行 1 个循环。电动单梁起重机任意两个机构不能同时启动，但可同时运行，但三个机构不能同时运行。

电动单梁起重机是笨重的设备，运输安装困难，对起重机产品质量检测一般是在使用现场进行，为此要求控制设备体积小，接线方便，可以随身携带。又由于使用现场的条件不同，要求控制设备有随机手动控制功能，以保证运行时的安全。

(2)可编程控制器控制系统

用可编程控制器作起重机质量检测的控制设备，体积小便于携带，使用时与起重机接线简单，测试也精确。本控制采用 S7-200 CPU214，图 12-20 为其输入/输出地址分配。

(3)可编程控制器程序设计及工作过程分析

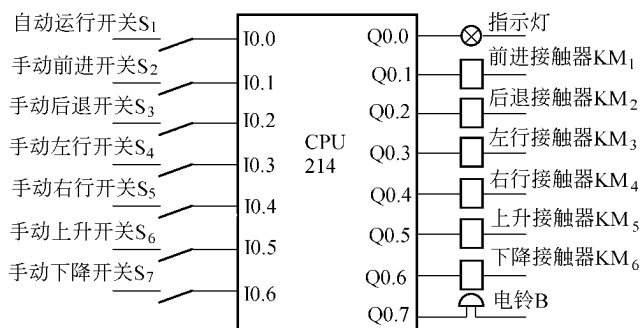


图 12-20 起重机检测输入/输出地址分配

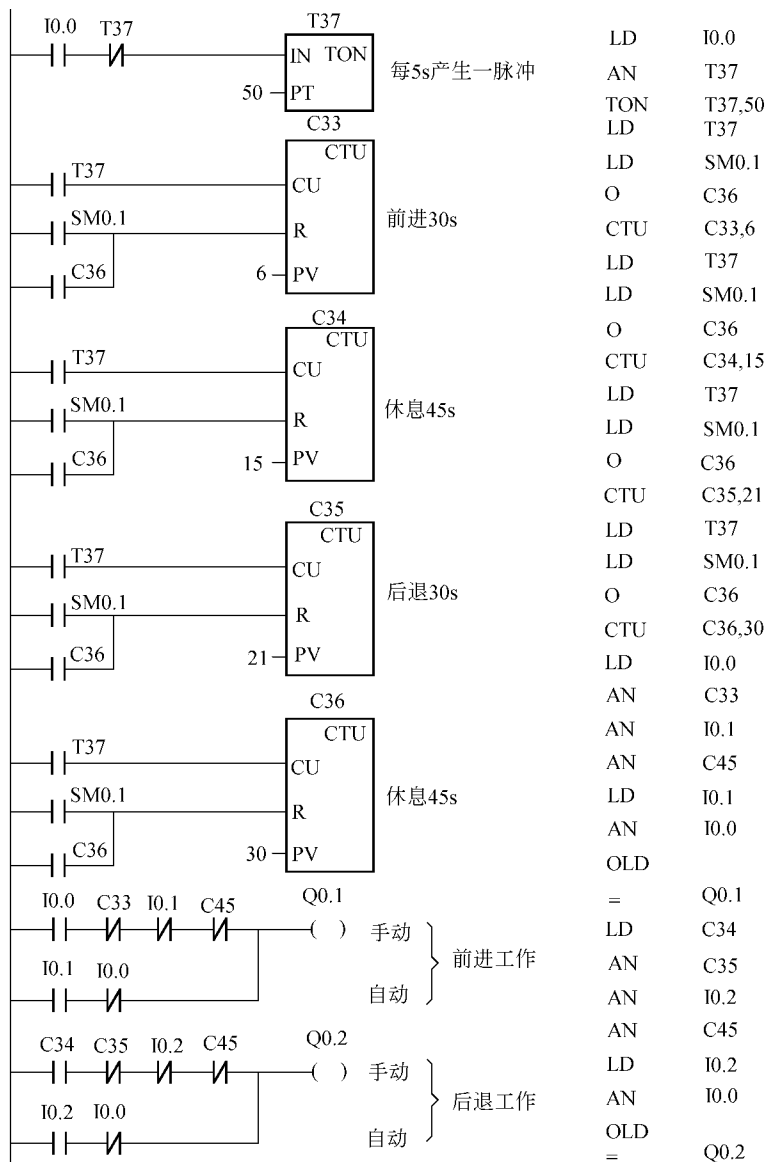


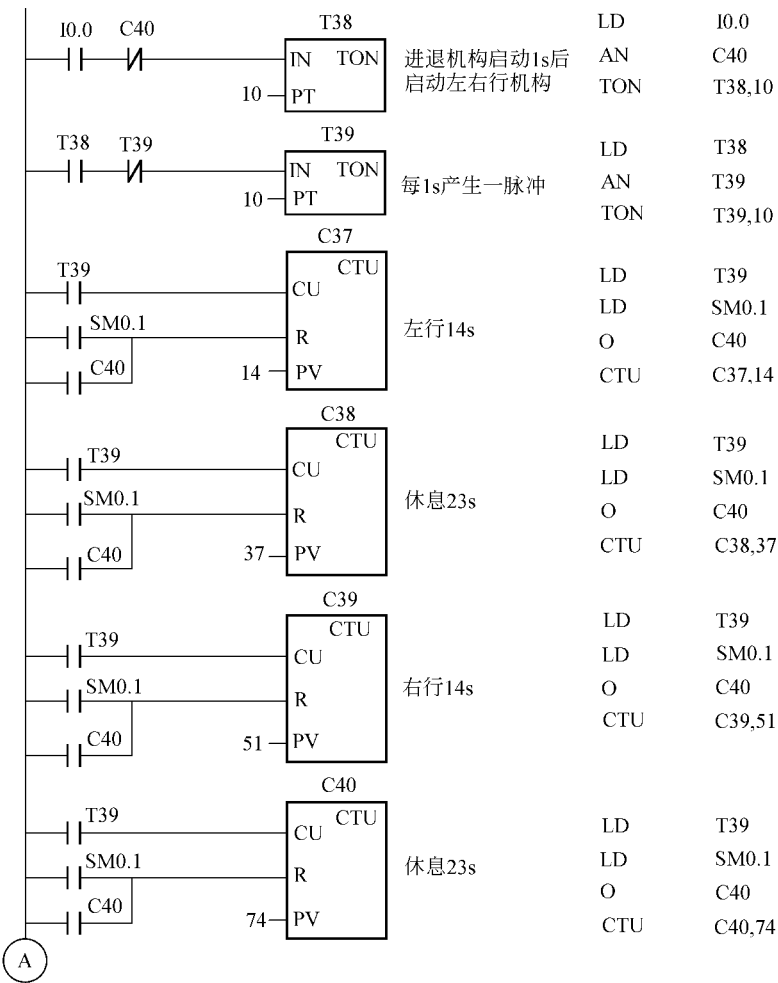
图 12-21 进退机构工作梯形图及指令表

进退机构的梯形图及指令表如图 12-21(见第 315 页)所示。运行时 有手动操作和自动操作两种。

自动运行过程为 :当自动运行开关 S_1 合上后 , $I0.0$ 的常开接点闭合 , $Q0.1$ 线圈接通 ,进退机构执行元件前接触器通电 ,起重机开始前进 ,同时所有的定时器、计数器开始工作 ,定时器 $T37$ 每 5s 产生一个宽度为一个扫描周期的脉冲 ,作为计数器的计数脉冲 ,当 $C33$ 计到 6 时(即 30s) , $C33$ 的常闭接点断开 ,使 $Q0.1$ 断电 ,前进停止。又过 45s 后 , $C34$ 计数器计到 15 , $C34$ 常开接点闭合 , $Q0.2$ 线圈接通 ,起重机开始后退 ,工作 30s ,即 $C35$ 计数到 21 , $C35$ 的常闭接点断开 , $Q0.2$ 线圈断开 ,使后退停止。休息 45s , $C36$ 计数 30 , $C36$ 的常开接点闭合 ,使所有计数器复位 ,又重新计数 ,进入第二次循环。

根据需要 ,也可进行手动操作。从梯形图可知 , $Q0.1$ 有两条控制支路 , $I0.1$ 的常开接点和 $I0.0$ 的常闭接点串联构成手动操作支路 ,当 S_2 合上时 , $Q0.1$ 有输出 , KM_1 接通 ,前进运行 ,当 S_2 断开时 ,就停止前进 , S_3 手动后退动作依此类推。

左、右行机构梯形图及指令表见图 12-22。升降机构控制梯形图及指令表见图 12-23。它们的工作原理与进退机构相同。



当加载到 1.1 倍额定负载按控制要求反复运行 1h 后 ,若需要发出声光信号 ,并停止运行 ,只要增加图 12-24 所示的梯形图即可。当起重机工作时 ,与 C45 的计数输入端连接的 T37 的常开接点每 5s 通断一次 ,C45 计到 $12 \times 5\text{s} = 60\text{s} = 1\text{h}$,串接在前进、后退、左行、右行、上升、下降工作自动运行控制支路的 C45 常闭接点断开 ,使 Q0.1、Q0.2、Q0.3、Q0.4、Q0.5、Q0.6 均断开而停止工作。同时 C45 的常开接点接通 ,Q0.0、Q0.7 线圈得电 ,发出声光信号 ,由于 T41 的作用 ,10s 后 ,声音信号消失 ,但灯光信号仍保持。

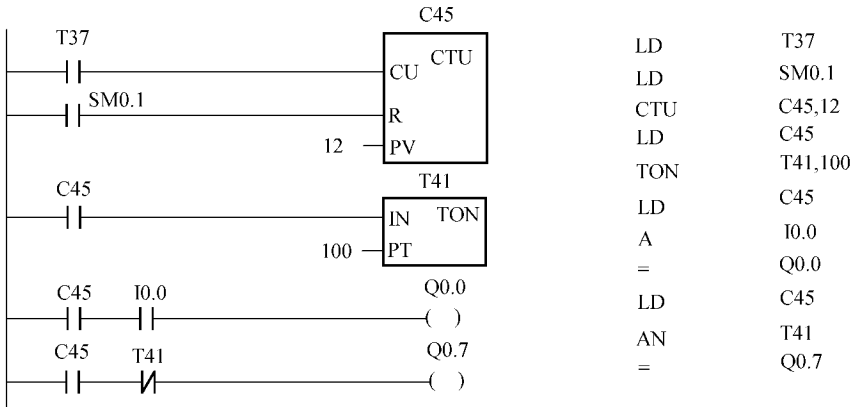


图 12-24 运行 1h 停止并有声光指示梯形图及指令表

12.3 可编程控制器用于模拟量控制

可编程控制器原是为了开关量控制 ,用以取代继电器控制柜而设计的。但现代的许多控制系统往往既有开关量控制 ,也有模拟量控制。为了解决这个问题 ,当代大部分可编程控制器都增加了模拟量处理功能。

可编程控制器的功能指令增加后 ,处理模拟量就不是困难的事了。只要增加一些 A/D、D/A 转换的硬件接口即可进行模拟量处理。

12.3.1 S7-200 系列 PLC 目前可以提供 3 种模拟量扩展模块

(1) 模拟量输入模块 EM231

每个 EM231 扩展 3 路模拟量输入通道 ,其 A/D 转换的时间小于 $25\ \mu$,精度为 12 bit。

(2) 模拟量输入/输出模块 EM235

每个 EM235 同时扩展 3 路模拟量输入通道和 1 路模拟量输出通道。输入通道 A/D 转换的时间小于 $25\ \mu$,精度 12 bit。输出通道的 D/A 转换的时间为 $10\ \mu$,数字量的位数是 12 bit。

(3) 模拟量输出模块 EM232

每个 EM232 扩展 2 路模拟量输出通道。D/A 转换的时间为 $10\ \mu$,精度 :电压 12 bit ,电流 11 bit。

其他还有接线端子排以及连接扩展模块用的总线连接器 BC290 等。

EM231、EM232、EM235 模拟量扩展模块模数变换速度极快 ,为使用模拟量输入/输出提供了可能。使用这些模块有下列方便之处 :

- 直接与传感器和执行器相连 ,12 位的分辨率和 16 种可选择的输入范围能够不用加放大器而与传感器和执行器相连 ,其中 EM235 模块可直接连接热电阻(如 PT100)。
- 灵活性。当应用范围扩大时 ,PLC 可以增加扩展模块数量 模拟量输入/输出路数简单。要了解这些扩展模块的详细技术参数可查阅西门子公司相关参考资料。

12.3.2 高速输出功能及集成模拟量通道的应用

(1)应用背景

许多场合都要用到高速输出功能 ,例如 :交流调速系统中的驱动模板就需要 PWM 信号源 ,数控系统中用于驱动步进电机的驱动模板需要脉冲串信号源。在 S7 - 200 PLC 中就有这一特殊用途的指令 ,即 PLS 指令 ,从而使这种实时控制功能的实现演变为填写有关的表格 ,再执行一条指令。这比用单板机或单片机以汇编语言来实现更简单 ,效率更高。

(2)控制任务

本例采用 AC/DC/DC214 型 PLC。通过手动调节集成在 PLC 上的模拟量电位器旋钮来作为脉冲宽度的给定值 ,在 Q0.0 上输出周期为 60s 的脉冲宽度调制(PWM)信号。要求在改变脉宽时不产生不完整的周期信号 ,即脉宽的改变必须在当前一个完整的周期结束后而下一个周期开始前发生。

(3)目的及要点提示

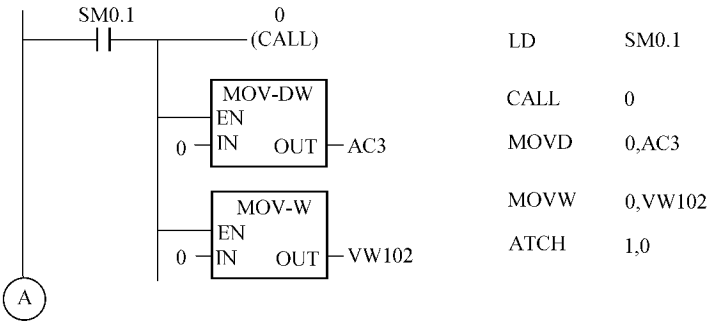
①本例将周期值设为 60s ,一是为便于理解和观测 ;二是考虑到大部分场合使用的 PLC 为 AC/DC/Relay 型 ,而在其上不宜实际进行高速处理(但可用作熟悉有关指令功能)。另外 ,只需 3 条导线即可完成本试验。注 :本例程序将周期值改成很小的值之后 ,不需作任何其他修改即可用于真正的高速 PWM 信号源。

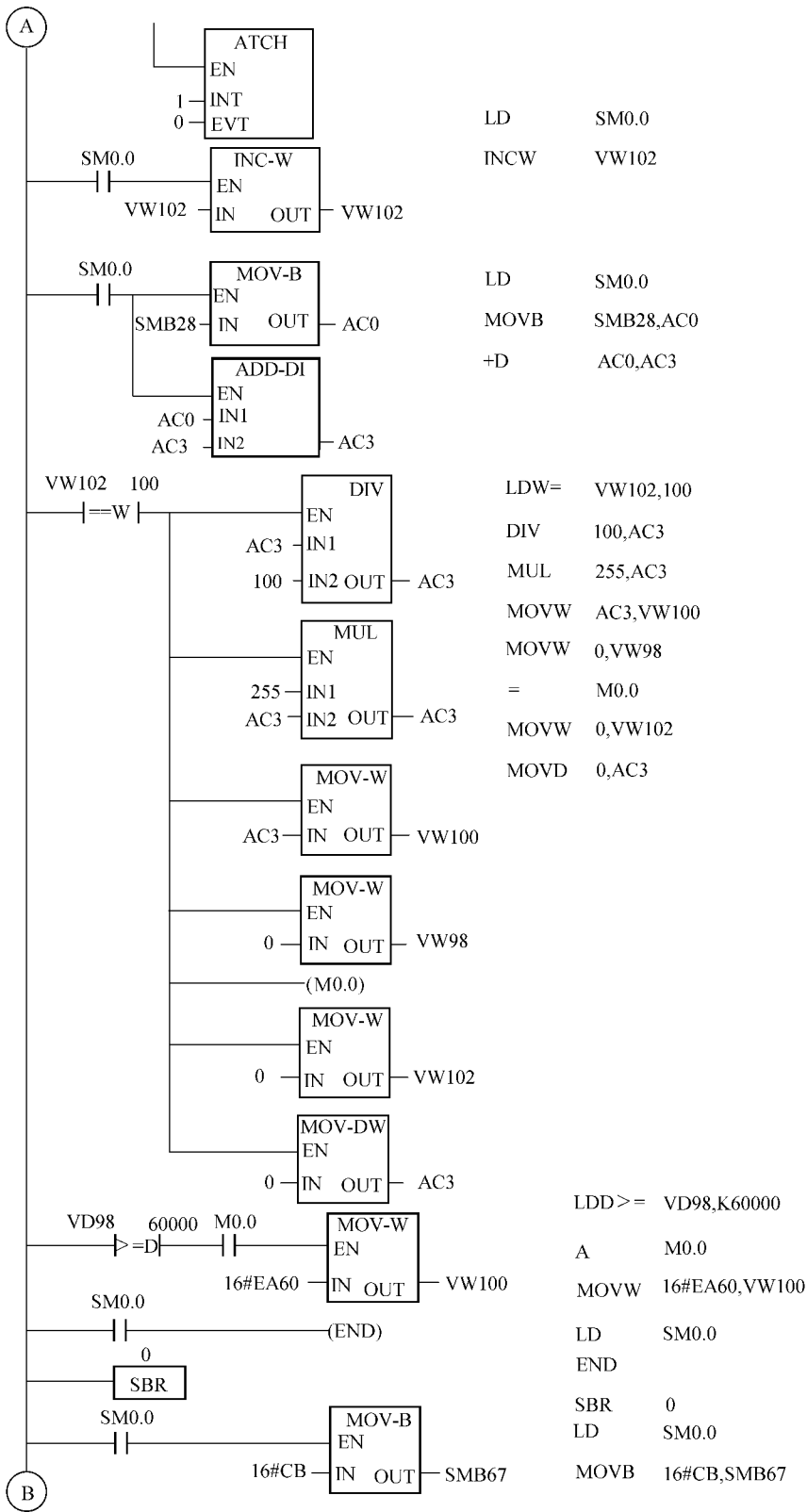
②CPU214 上有两个集成的模拟量手动调节旋钮。这些旋钮的作用是 ,可不增加任何额外的硬件开销即能够在运行中进行 PID 参数的设定或定时时间值的修改。本例用其中的通道 0 来实现脉宽的在线修改或给定。PLC 将自动地进行模/数转换 ,并存入特殊存储字节 SMB28 中。

③要启动高速输出功能 PWM(Q0.0) 须先在相应的控制字节 SMB67 中按位填入 0 或 1 (也可查表 11 - 53 而直接获得十六进制的控制字节值) ,然后将周期值填入 SMW68 ,再将模拟量通道 0 输入的值进行适当的调整后作为脉宽送入 SMW70 中。最后执行 PLS 指令。

(4)程序设计

根据控制任务设计的梯形图及指令表如图 12 - 25 所示。





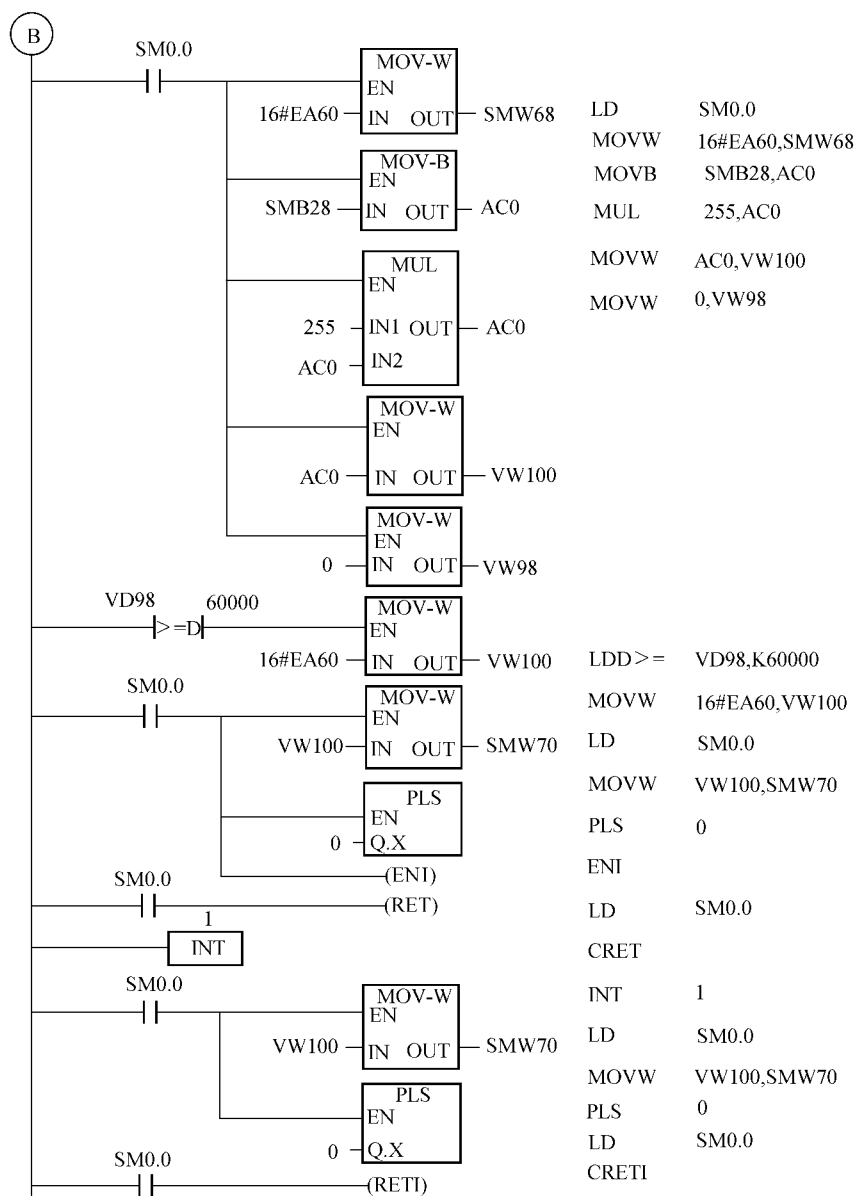


图 12-25 相对控制任务的梯形图及指令表

(5) 程序分析

存储器的分配 :VW100 存放滤波后的脉宽值(VW98 用于存放比较功能时的暂时变量),VW102 存放滤波计数值 ,AC3 存放滤波累加值。

①初始化。包括对 PWM 控制字节的初始化(子程序 0)和用于消除模拟量电位器的低位转换结果的不稳定性而进行滤波的计数器和累加器的清零。

②调理。用于对模拟量通道 0 的滤波。在主循环程序中 ,不断读取 SMB28 的值并进行累加。其后 ,每隔 100 次 ,求一次平均值。经放大作用(本例取为 255)后 ,将此值与当前的周期值 60s 相比较 ,若超出则取为 60 (60 000 ms = 0ea60hex) ,即一直有输出 ,否则按实际计

算值送入 VW100。最后将滤波计数值和累加器清零。

③子程序 0。按照在要点提示中所指出的步骤,首先设置控制字节 SMB67,参考 PWM/PTO 十六进制控制字节参考表(表 11-53)可知所设置的功能为:使能 PWM 功能,时基为 1 ms,允许刷新装载脉宽和周期。其中,十六进制数 EA60 = 十进制的 60 000,即 60 s 周期值。由于由模拟量通道转换来的值为 8 位二进制数(0 ~ 255),故需经过放大。本例中取放大系数为 255(也可根据实际需要选取其他值)。由于本例的周期数为 60 000 ms,此值已超过有符号的 16 位二进制数的表示范围,故必须借助于双字的比较指令 LDD > = 才能与它进行比较。为此,需引入内容为 0 的高位字 VW98。

④中断处理。在初始化程序中,已将子程序 1 赋予中断事件 α(即 I0.0 的上升沿),在子程序 α(Network 11 的最后)也全局开中断(ENI)。那么,随着 PLS 指令的执行,必使 Q0.0 接通或关断,从而触发中断程序 1 的执行。

⑤中断程序 1。编制中断程序的原则是越短越好。在此,只有将已准备好的脉宽值写入并刷新这 2 条指令。

复习思考题 12

12-1 如何进行可编程控制器内存容量估算?

12-2 电动葫芦起升机构的动负荷试验,控制要求如下:

① 可手动上升、下降。

② 自动运行时,上升 6 → 停 9 → 下降 6 → 停 9s,反复运行 1h,然后发出声光报警信号,并停止运行。

试设计满足控制要求的梯形图程序。

12-3 要求按下启动按钮后,根据图 12-26 的顺序完成下列动作:

① A 部件从位置 1 到 2;

② B 部件从位置 3 到 4;

③ A 部件从位置 2 回到 1;

④ B 部件从位置 4 回到 3。

试设计满足控制要求的梯形图程序。

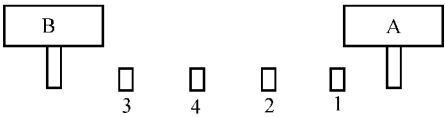


图 12-26

12-4 冷加工自动生产线上有一个钻孔动力头,该动力头的加工过程如图 12-27 所示。具体控制要求如下:

① 动力头在原位,按下启动按钮,接通电磁阀 YV₁,动力头快进。

② 动力头碰到限位开关 SQ₁ 后,接通电磁阀 YV₁ 和 YV₂,动力头由快进转为工进。

③ 动力头碰到限位开关 SQ₂ 后,开始延时 10s。

④ 延时时间到,接通电磁阀 YV₃,动力头快退。

⑤ 动力头回带原位即停止。

试设计满足控制要求的梯形图程序。

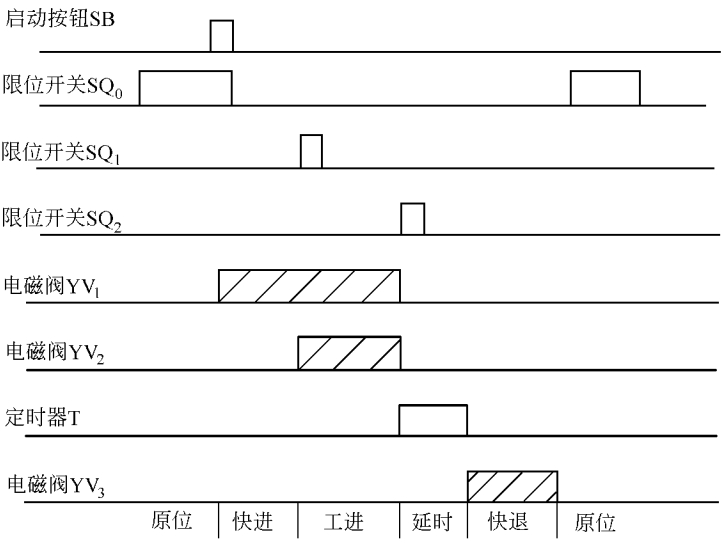


图 12 - 27

13

可编程控制器网络及通信

一个控制过程总是由许多控制任务组成,这些控制任务既有相对的独立性,又要和其他任务相互联系,众多相对独立的任务又需在总的方面构成一个整体,这种控制过程如果仅靠扩大机型来解决,会给系统带来许多难处。因此几乎所有提供可编程控制器的厂家都为自己产品打开销路而开发了网络系统。德国西门子公司先后推出了 SINEC LI 局部网和 SINEC HI 局部网。

在工厂自动化(FA)和柔性制造系统(FMS)时代,可以把工厂自动化控制系统分成三级:最高级为采用中央计算机的数据管理级,中间级是在生产线上使用计算机或可编程控制器的数据控制级,最低级就是使用可编程控制器的顺序控制和逻辑控制级。数据通信就是在同一级内或者在不同级之间进行数据的传送和接收。可编程控制器之间的通信以及可编程控制器与计算机之间的通信是拓宽可编程控制器应用的一个重要方面。

13.1 可编程控制器与计算机通信

13.1.1 概述

在工厂自动化中,计算机的通信功能作为各级之间接口是十分必要的。可编程控制器与计算机联网构成的综合系统,可使可编程控制器与计算机互补功能的不足。对于控制,可编程控制器对现场、对设备都极为方便,但打印图表、图形显示、中文输出就逊色一些,而这些功能正是计算机的特长。可编程控制器与计算机联网时,计算机通常仅用于编程、修改参数、数据显示、系统管理等方面,而不直接参与控制过程,而可编程控制器在第一线脱机运行,即使计算机发生故障,也不会影响生产过程的正常运行。

可编程控制器与计算机之间的通信一般是通过 RS-485 口和 RS-232C 口进行的,信息交换的方式为字符串方式,运用 RS-485 和 RS-232C 通道,容易配置一个与计算机进行通信的系统。将所有软元件的数据和状态由可编程控制器送入计算机,由计算机采集这些数据,进行分析及运行状态监测。用计算机改变可编程控制器设备的初始值和设定值,从而实现计算机对可编程控制器的直接控制。一旦确定了可编程控制器的控制指令格式就能很方便地与计算机联机,可以这样说,凡具有 RS-232 口并能输入输出字符串的计算机都可以用于通信。

为了适应联网,几乎所有的 PLC 都开发了与计算机通信的接口,例如 S7-200 系列 PLC 上都配备有专用于 RS-485 通信的标准 D 型插座,其插脚位置如图 13-1 所示,各插脚的用途见表 13-1。

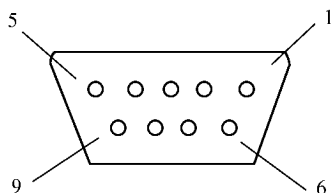


图 13-1 S7-200 系列 PLC 通信口

表 13-1 S7-200 系列 PLC 通信口插脚分配

脚号	Profibus 设计	Port 0 或 1	DP 口
1	屏蔽	逻辑 0	逻辑 0
2	24V 地线	逻辑 0	逻辑 0
3	RS- 485 信号线 B	RS- 485 信号线 B	RS- 485 信号线 B
4	请求发送	没有使用	请求发送*
5	5 V 地线	逻辑 0	隔离的 5 V 地线**
6	+ 5V	+ 5V(50 mA)	隔离的 + 5 V(90 mA)
7	+ 24 V	+ 24 V	+ 24 V
8	RS- 485 信号线 A	RS- 485 信号线 A	RS- 485 信号线 A
9	N/A	没有使用	没有使用
插座外壳	屏蔽	逻辑 0(CPU212/214)	机壳地
		机壳地(CPU215/216)	

* 在 CPU 作发送操作时 ,该脚为 V - OH(V - OH = 3.5 V ,1.6 mA ,V - OL = 0.6 V ,1.6 mA)。

** 在 DP 口上的信号线 A、B 和请求发送线与 CPU 的逻辑 0 是隔离的 ,它们都是相对于 5V 地线而言的。

13.1.2 可编程控制器与计算机通信的形式

(1)PC/PPI 网络

利用西门子公司公司的 PC/PPI 电缆 ,将 S7-200 系列 PLC 与装有 STEP 7 Micro/WIN 软件的计算机连接起来 ,可方便地组成 PC/PPI 网络。由于 PC/PPI 电缆上带有 RS - 232/RS- 485电平转换器 ,因此连接是十分简单的。

(2)多主机网络

如果在一个网络中有多于 1 个以上的主机 ,则在编程计算机或由西门子公司提供的编程设备中插入一块多点接口(MPI)卡。由于该卡本身具有 RS - 232/RS - 485 信号电平转换器 ,因此此时可使用一般电缆连接。

(3)令牌网络

令牌网络是多主机网络的一种特殊情况。

由于在一个令牌网络中 ,只有“持有”令牌的站才有权初始化通信 ,因此为给网络中的各个有可能通信的站点作初始化 ,必须将令牌作不断的交换 ,不妨设置交接次序为 站 →站 →站 →站 →站 →站 →站 3.....即在 6 个主站之间循环。循环一周的时间长短决定了这个网络的性能。而循环一周的时间取决于网络中的主站数目和占有令牌的站初始化通信的时间(即向接收方发送/接收一个双字信息) ,而后者决定于通信的波特率。

(4)DP 网络

在 S7-200 系列 PLC 中 ,只有 CPU 215 支持 DP 协议 ,且只能作从机使用。

为了定义一台 CPU 215 作为支持 DP 协议的从机 ,必须作以下三个工作：

- ①用 EN 50170 协议来定义该 CPU：
- EN 50170(profibus)描述了总线的路径和信息传输的协议 ,并确定信息传输介质的

特性。

- EN 50170(DP 协议)描述了 DP 主机与 DP 从机之间周期性地高速交换数据的过程。这个标准也规定了网络组态和初始化参数等过程。

②确定通信用的缓冲区 这个缓冲区可在 V 内存中的任意地方。其大小见表 13－2。

表 13－2 CPU 215 的数据缓冲器的大小

组 态	输出至主机的缓冲器	从主机读入的缓冲器
1(默认)	1 个字	1 个字
2	2 个字	2 个字
3	4 个字	4 个字
4	8 个字	8 个字
5	16 个字	16 个字
6	32 个字	32 个字
7	8 个字	2 个字
8	16 个字	4 个字
9	32 个字	8 个字
10	2 个字	8 个字
11	4 个字	16 个字
12	8 个字	32 个字

③用下述软件来组态主机

- 用 COM ET200(windows)来组态 SIMATIC S5 ；
- 用 STEP 7 来组态 SIMATIC S7 ；
- 用 COM ET 200(windows)和 TISOFT 2 来组态 SIMATIC 500。

在新版本的 COM ET 200 或 STEP 7 中都已有一个 GSD 文件(它是组态主机的重要软件)而在旧版本的这些软件中可能没有 GSD 这个文件 ,因此需要向西门子公司或代理商申请复制这个软件。

13.2 可编程控制器之间的通信

用可编程控制器构成的控制系统 ,要得到广泛应用必须考虑以下几个问题 :a. 对大、中、小控制任务都具有适应性 ,b. 与现存系统有可连接性 ,c. 保证系统有长期的使用价值。可编程控制器网络的迅速发展使得其应用更加广泛。

可编程控制器发展到今天 ,不少产品都在 CPU 本身加上具有网络功能的硬件及软件 ,组成可编程控制器网络相当方便。这种网络对任何一个站的操作都和使用同一台可编程控制器一样方便 ,并且在网络中任何一个站都可以对其他站的元件及数据乃至程序进行操作。这种网络的设计思想是在辅助继电器(位)、数据寄存器(字)中专门开辟一个地址范围 ,将其

分配给各台可编程控制器,使得某台可编程控制器可以写其中某些元件而其他所有站都可以读这些元件,然后再由这些元件去驱动其本身的软元件以达到通信目的,各站主机之间元件状态信息的交换是由可编程控制器系统自己完成的,不需要用户编程。

13.2.1 西门子 SINEC LI LAN 网络

SINEC LI LAN 网络是用于西门子可编程控制器间小量数据交换的低速通信网络,通信速率为 9.6 Kbps,通信方式为主从式,一个主站最多可挂 30 个从站。主站处于主动位置,协调网上的信息传输,从站为被动。BT777 是网络耦合器,每站通过网络耦合器与网络连接。

13.2.1.1 数据传输基本原理

用户必须为每个站定义一个发送“信箱”和接收“信箱”,有两个控制字节分别控制两个方向的数据传递,即接收和发送。所谓“信箱”,实际上是用户定义用于存储接收数据和发送数据的一块数据区。网络上的站必须把要发送的数据存放在发送“信箱”、用置位控制字节中“启动发送”位的办法向主站发出发送申请。主站的微处理器按顺序查询从站的控制字节,从而判断是否有发送请求,查询顺序是按用户预先编制的查询顺序表进行的。

当主站查询到发送请求,就从发送“信箱”读取数据,并准备传送给目标站的接收“信箱”。每个站用编号区分,0 号站为主站,从站可以由用户定义为 1~30 间的数。只有接收站的“接收允许”位被置位时,才能进行传送服务。一旦传送结束,立即复位“发送请求”位,以表示数据已到达目的地。同时复位接收站的“接收允许”位,以说明有新数据输入,用户程序对新数据进行处理后,重新置位“接收允许”位,等待下一次接收。

13.2.1.2 数据交换格式

SINEC LI LAN 网络有三种数据交换格式:查询式、中断式、广播式。

在查询式传送中,主站微处理器按查询顺序表中的顺序与从站进行数据交换,如果一个从站在查询顺序表中出现多次,则服务多次,也就是说该站的服务频率高。传输可以是主站与从站之间,也可以是从站和从站之间。

在中断交换时,发送请求标志位和中断标志位均被置位。这种传输有最高优先权。若接收站的中断位也被置位,告知有数据传送,从而启动中断,调用组织块 OB2。只有站号在中断表中的从站能产生中断,若同时有两个以上中断请求,则按中断表的顺序执行,这时中断方式必须与查询方式交叉进行,执行一次中断传输后,执行一次查询方式传输,再执行等待着的中断传输。

当某站任务号为 31 时,该站的数据被传送到所有站,这种交换方式称为广播式。

13.2.1.3 主站、从站初始化

主站的通信控制模块 CP530 协调整个网络的信息交换,初始化就是要对 CP530 进行编程。COM530 软件包用来支持编程。编程工作可以在线进行,也可以离线进行,在线编程即先写在软盘上,然后传送给 CP530 的存储器。主站初始化主要是定义站号、接口号、编制查询顺序表和中断表。

定义 CP530 为主站,定义站号和接口号。

编制查询顺序表,查询顺序表是一个列有从站号的清单,每个从站可以在表中出现多次,出现几次,在一个查询周期中就服务几次。查询顺序表最长不能超过 64 个编号。

中断表是允许发中断的从站号清单 ,清单的顺序规定了站的中断优先级 ,中断表最长为 30 个编号。

从站初始化只定义站号和接口号 ,不用编制查询顺序表和中断表。

13.2.1.4 应用软件的编制

编制发送‘信箱’和接收‘信箱’。“信箱”由内存数字变量组成 ,两个“信箱”格式相同 ,“信箱”的第 1 个字节是要发送或接收的字节数 ,第 2 个字节是站号 ,从第 3 个字节开始为实际发送或接收的数据 ;‘信箱’的具体格式见表 13-3。

表 13-3 信箱格式

字 号	高字节	低字节
字 1	要交换的字节数	站号
字 2	第 1 个字节	第 2 个字节
字 3	第 3 个字节	第 4 个字节
⋮	⋮	⋮
字 33	第 63 个字节	第 64 个字节

控制字节的格式如表 13-4 所示。当有数据要发送时 ,必须把数据放入发送‘信箱’ ,置位控制字节的第 7 位。数据发送结束时 ,操作系统复位控制字节的第 7 位 ,可以请求下一次发送。当接收的数据全部放入接收信箱时 ,操作系统复位接收站控制字节的第 7 位。此时用户程序可以从接收‘信箱’读出数据 ,读完数据后 ,用户程序置位控制字节的第 7 位 ,准备接收下一次传送的数据。

表 13-4 控制字节的格式

位 号	发送控制字节	接收控制字节
0	0 = 无错 1 = 发送错	0 = 无错 1 = 接收错
1	—	0 = 运行正常 1 = 从站故障
2	—	0 = 总线停止 1 = 总线运行
3	0 = 无编程器 1 = 有编程器	0 = 无编程器 1 = 有编程器
4	0 = 无中断 1 = 有中断	0 = 无中断 1 = 有中断等待
5	—	—
6	—	—
7	0 = 发送结束 1 = 申请发送	0 = 传送结束 1 = 等待接收

标准功能块的调用 :用于 SINEC LI LAN 网络通信的程序已写成标准功能块 ,是可编程控制器系统软件的一部分 ,用户只要给这些功能块定义入口参数 ,编程调用就可以了。

用于 SINEC LI LAN 网络的标准功能块主要是发送功能块 FB244 SEND 和接收功能块 FB245 RECEIVE。

表 13-5 是 FB244 的图形调用方式和入口参数定义表。

表 13-5 发送功能块 FB244 项目表

参数说明	参数名称	参数类型	说 明
SEND SSNR PAFE A-NR ANZW QTYP DBNR QANF QLAE	SSNR	D	通信接口号
	A-NR	D	任务号(见表 13-7)
	ANZW	I	任务状态字
	QTYP	D	数据源类型
	DBNR	D	数据块号
	QANF	D	数据源起始地址
	QLAE	D	数据源长度
	PAFE	O	参数设定错标志字

表 13-6 是 FB245 的图形调用方式和入口参数定义表。

表 13-6 接收功能块 FB245 项目表

参数说明	参数名称	参数类型	说 明
RECEIVE SSNR PAFE A-NR ANZW ZTYP DBNR ZANF ZLAE	SSNR	D	通信接口号
	A-NR	D	任务号(见表 13-8)
	ANZW	I	任务状态字
	ZTYP	D	数据目标类型
	DBNR	D	数据块号
	ZANF	D	数据目标起始地址
	ZLAE	D	接收数据长度
	PAFE	O	参数设定错标志字

功能块的任务号是由编号定义的,表 13-7 给出了主站任务号的意义。

表 13-7 主站任务号的意义

功能块	任务号	CP530 执行方式
FB244 SEND	1	发送到从站 1
	2	发送到从站 2
	⋮	⋮
	30	发送到从站 30
	31	广播式发送
	42	启/停母线
	43	查询顺序表送 CP
	44	中断表送 CP
	222	系统参数送 CP

(续表 13-7)

功能块	任务号	CP530 执行方式
FB245 RECEIVE	100	中断接收
	101	接收从站 1 数据
	102	接收从站 2 数据
	⋮	⋮
	130	接收从站 30 数据
	142	读控制字节
	143	从 CP 读查询顺序表
	144	从 CP 读中断表
	223	从 CP 读系统参数表

表 13-8 给出了从站任务号的意义。从表 13-7 和表 13-8 中可以看出主站和从站定义不完全一致。

表 13-8 从站任务号意义

功能块	任务号	CP530 执行意义
FB244 SEND	1	发送到从站 1
	2	发送到从站 2
	⋮	⋮
	30	发送到从站 30
	31	广播式发送
	32	发送到主站
	222	系统参数送 CP
FB245 RECEIVE	101	中断接收
	100	查询式接收
	223	从 CP 读系统参数

13.2.2 西门子 SINEC HI LAN 可编程控制器网络

SINEC HI LAN 是用于大型分布自动化控制系统的高速网络系统 ,数据传送速度 10Mbps ,该网上可挂 SIMATIC S7-200 和 SICOMP 计算机。

(1) 结构

SINEC HI LAN 由独立的网段组成 ,每个网段长 500 m ,可挂 100 个站。网段之间用中继站连接。两站之间最多挂两个中继站。在一个网络中 ,一个中继站可分为一对远程中继站 ,远程中继站之间的距离为 1000 m ,每个站和中继站都通过 755 耦合器连到网上 ,可编程控制器和网的通信是通过通信处理板 CP535 进行的。

(2) 数据交换方式

SINEC HI LAN 相当于 Ethernet 网络 ,符合 IEEE802.3 标准 ,竞争式存取 ,是载波侦听多重访问/冲突检测(CSMA/CD)信令方式。当某站有数据要发送时 ,就请求发送 ,如果网处于“ 闲 ”状态 ,该站就占有通道使用权 ,向网络发送数据 ,其他站识别并接收属于自己的信息。如果两站同时发出请求 ,两站能识别这种情况 ,请求均无效 ,需再请求。

(3) 功能方式

SINEC HI LAN 有三种任务功能:发送功能、写功能、读功能。

在发送功能中,发送站发送数据,接收站接收数据。发送站定义数据源,接收站定义数据目标。对应用程序发出的发送请求,通信微处理器根据连接方式的优先级进行传送。

若优先级为 PRIO0 或 PRIO1,要传送的数据直接传给通信处理器。接收站立即进行数据接收,传送的数据长度不能超过 16 个字节。这种方式仅适应特殊数据传送。

若优先级为 PRIO2、PRIO3 或 PRIO4,通信处理先把用户要传送的数据放入内部缓冲区,然后在“后备通信”方式下进行发送,接收时也一样。

在写方式中,发送站发送数据,接收站接收数据。与发送方式不同,在写方式下,数据源和数据目标都是由发送站定义的。即发送站不仅定义数据源,也定义数据目标。写数据方式只能在优先级 PRIO2 下进行。

在读方式中,接收站先向发送站发出读请求,发送站传送数据给请求站。与写方式相同,请求站定义数据源和数据目标。亦即用户可以决定从某站读取某部分数据。读方式只能在优先级 PRIO2 下进行。

(4) 连接方式

连接方式有两种,直接连接方式和多掷连接方式。

所谓直接连接方式,不是指站与站之间的物理连接,是指数据传输是站与站之间进行的。通常可编程控制器 S7-200 之间的连接是由接口号和任务号自动产生的,主动站建立连接,被动站确认之。

多掷式连接用于快速数据传输,不需要应答。这种连接方式允许一个站向特定的一组站发送数据,特定组是在系统生成时定义的。在 SINEC HI 网络上,用户可以定义 64 个多掷组。如果多掷组为一个站,则称为数据电报。若多掷组包括所有站,则称为广播式。

(5) 优先级

连接分以下五种优先级别:

PRIO0 称带中断申请的快速服务。用静态数据缓冲区建立永久性连接,要传输的数据优先发出,并向接收站发出中断申请。

PRIO1 为不带中断申请的快速服务。用静态数据缓冲区建立永久性连接,要传输的数据优先发出。

PRIO2 为永久性连接的标准服务。建立永久性连接,但所需的数据缓冲区是在执行任务时动态建立的。

PRIO3 为临时连接的标准服务。有数据传输时,临时建立连接和数据缓冲区,所建立的连接,由用户程序清除。

PRIO4 为临时连接的标准服务。有数据传输时,临时建立连接和数据缓冲区,数据传输完成后,立即清除连接和缓冲区。

(6) CP535 初始化

初始化分两部分:系统参数和连接参数初始化。系统参数是指通信板的级别、固化软件的版本、存储器的型号等。最主要的参数是 CP535 的接口号和 Ethernet 的物理地址。连接参数用于定义连接类型、任务方式、优先级别等。

(7) 标准程序块调用

在发送方式中 ,仍调用标准发送功能块和接收功能块 ,详见第 11 章有关内容。写方式中直接调用发送功能块 ,只需 Q TYP = RW。读方式中 ,由专用标准功能块 FB246 供调用 ,功能块的图形调用方式及参数说明见表 13 - 9。

表 13 - 9 读功能块 FB246 项目表

功能块	参数名称	参数类型	说 明
FB246 SSNR PAFE A-NR ANZW ZTYP DBNR ZANF ZLAE	SSNR	D	通信板接口号
	A-NR	D	任务号
	ANZW	I	任务状态字
	ZTYP	D	数据目标类型
	DBNR	D	数据块号
	ZANF	D	数据目标起始地址
	ZLAE	D	数据长度
	PAFE	Q	参数设定错标志字

13.2.3 应用实例

S7 - 200 的可编程通信口模式(Free Port Communication)具有足够的灵活性 ,可利用它来实现各种各样的通信功能。下面以最简单的硬件接线和最简单的通信功能的程序实例来说明其通信的实质和步骤。当然 ,也完全可以利用可编程通信口模式来实现更复杂的功能 ,如多机通信、借助公用电话网的有限远程通信。

在 S7 - 200 系列 PLC 的系统特殊存储区中 ,有一个专门用于控制通信功能的控制字节 SMB30。缺省的设置是点对点模式(point to point mode) ,这也是唯一的与标准的编程装置以及操作员接口(OP)实现通信的协议。要想改变通信功能的特性 ,如串行通信的波特率、奇偶校验特性、字符长度等 ,则必须改写这个控制字节而进入可编程通信口模式。此时 ,PLC 就失去了与标准装置的通信功能。因此 ,系统将工作模式在“ STOP ”状态时的通信模式强制为点对点模式 ,从而保证了编程装置对 PLC 的编程和控制功能。

为方便实际应用可编程通信模式 ,仍以列表的方式来阐述。我们只需根据所需的功能在表 13 - 10 中查找相应的控制字节值即可(若要恢复点对点通信方式 ,只需将 SM 30.0 复位)。

表 13 - 10 SMB0 通信功能控制字节值与可编程通信模式特性选项参照表

波特率(bps)		38.4K (CPU214) 19.2K (CPU212)	19.2K	9.6K	4.8K	2.4K	1.2K	600	300	说明
8 位 字符	无校验	01H 81H	05H 85H	09H 89H	0DH 8DH	11H 91H	15H 95H	19H 99H	1DH 9DH	两 组 数 任 取
	偶校验	41H	45H	49H	4DH	51H	55H	59H	5DH	
	奇校验	C1H	C5H	C9H	CDH	D1H	D5H	D9H	DDH	

(续表 13-10)

波特率(bps)		38.4K (CPU214) 19.2K (CPU212)	19.2K	9.6K	4.8K	2.4K	1.2K	600	300	说明
7 位 字符	无校验	21H A1H	25H A5H	29H A9H	2DH ADH	31H B1H	35H B5H	39H B9H	3DH BDH	两 组 数 任 取
	偶校验	61H	65H	69H	6DH	71H	75H	79H	7DH	
	奇校验	E1H	E5H	E9H	EDH	F1H	F5H	F9H	FDH	

在对 SMB30 赋值之后 ,通信模式就被确定。要发送数据则使用 XMT 指令 ;要接收数据则可在相应的中断程序中直接从特殊存储区中的 SMBX(可编程通信模式的接收寄存器) 读取。若是采用有奇偶校验的可编程通信模式 ,还需在接收数据之前检查特殊存储区中的 SMB 3.0(可编程通信模式的校验错标志位 ,置位时表示出错)。下面以双机单向主从式通信为例加以说明。

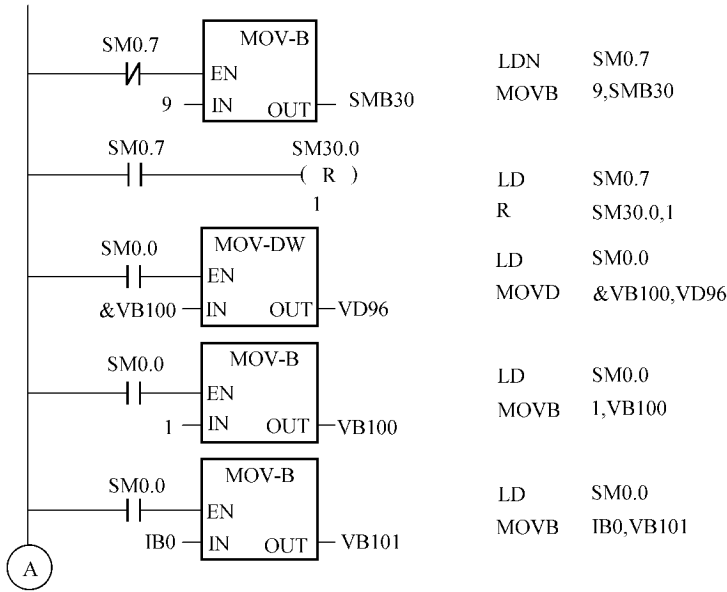
【例 13-1】 要使两台 S7-200 PLC(分别称为 A 机和 B 机)采用可编程通信模式进行数据交换。A 机的 IB0 控制 B 机的 QB0。对发送接收的时间配合关系无特殊要求。

(1)要点分析

①由于对两台机的发送与接收配合时间无特殊要求(这是一种最简单的通信) ,且一 台机只有一种功能 ,即接收或发送。故两台机的程序可相对独立地编制而无需考虑其间的握手(handshaking)信号处理。

②对 A 机 ,在设置了可编程通信模式之后 ,只要循环反复地将 IB0 送至在变量缓冲区中开辟的一个表格中的字节地址 ,且不断执行发送指令 XMT 即可 ;同理 ,对 B 机 ,设置可编程通信模式之后 ,将接收中断事件 8 连接到一个中断程序 ,再开中断 ,然后循环地从 SMB2 中读取数据再送到 QB0 即可。

(2)发送程序(如图 13-2 所示)



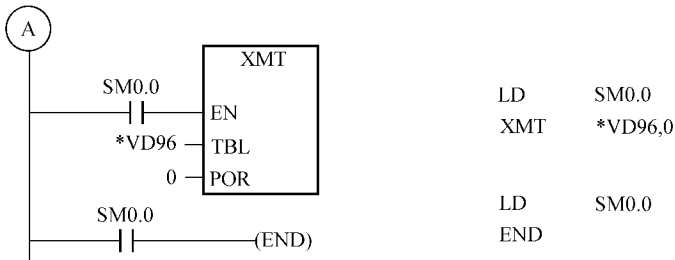


图 13-2 发送程序的梯形图及指令表

(3)接收程序(如图 13-3 所示)

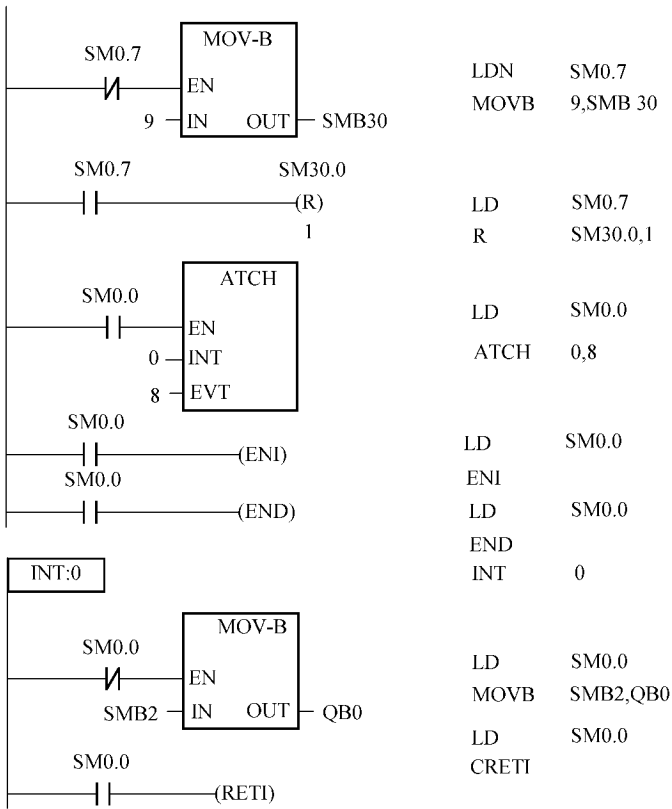


图 13-3 接收程序的梯形图及指令表

(4)程序注释

①发送程序

由于指令 XMT 的格式要求 ,其 PORT 端除支持直接寻址方式外 ,还可支持间接寻址。考虑到该程序对发送数据所存放地址的灵活性 ,故选用指针方式的间接寻址。指针的内容放在 VD96 中(Network3)。

- 由于需一直监视系统的通信模式 ,故对 SMB30 的设置编写在主程序中(Network1 ~

2) ,这样可随时将监控权交回给编程器。

- 查 SMB30 通信功能控制字节值与可编程通信模式特性选项参照表(表 13-10),可知(Network 1)09H 控制值对应于:可编程通信口模式,每字符 8 位,无奇偶校验,波特率为 9600 bps 等特性。

- 一直将 IB0 的内容送往发送缓冲区表 VB101 中(Network 5),这样可保证 A 机的 IB0 对 B 机的 QB0 的控制作用一直有效(这是一种循环的发送方式,当主程序需处理的指令较少时适用,否则就会显得效率低了)。

②接收程序

- 同发送程序,先进行通信方式的设定(Network 1~2)。在主程序中将接收中断(事件号 8)与中断子程序 0 相连接,之后全局开中断(Network 3)。

- 在子程序中只是简单地读取接收缓冲寄存器的内容即可(Network 6),这也符合中断程序编制得越短越好的原则(这是一种中断的接收方式,在主程序中较多的指令需处理时尤其显示出效率高的优越性)。

(5)调试

①分别将发送程序下装(download)至 A 机,将接收程序下装至 B 机。

②采用西门子 SINEC L2 网的连接器及电缆,在断电状态时将两台 PLC 通过 PPI 编程接口相连。一种最简单的实验室方法是直接利用编程器 PG 740 或 PG 720 所附带的 MPI 编程电缆来直接将 A、B 机相连。

③上电运行后将 A、B 机的模式开关打到 TERM 位置。

④接通或断开 A 机的模拟器开关,应能观察到:B 机的输出 QB0 会跟随 A 机的 IB0 同步变化。

13.3 MAP 简介

13.3.1 MAP 的产生

20 世纪 80 年代工业自动化技术发展的主流是计算机控制系统。在连续性生产的过程中,集散系统正占领市场,在不连续或批量生产的制造业中,由可编程控制器、微型计算机、机器人组成的计算机制造系统不断出现在大工厂中。世界上许多著名的公司(如 IBM、Honeywell 等)推出了一系列这样的专利系统。但在这一自动化进程中,却存在着危险:用户往往对系统缺乏透彻了解,或者计划不周,反而造成浪费。更为严重的是同一工厂、不同部门分别引入不同厂家生产的专利系统,而它们又互不兼容,形成了一个“自动化孤岛”。无论是生产厂还是用户都希望有一个高效能、低价格的网络系统,将各家的专利系统连在一起,实现互相通信。工业自动化的努力集中到“自动化工厂”技术之上,但是“自动化工厂”必须发展一个简便、廉价、性能优良、能被广泛接收的通信网,使整个工厂的来自不同厂家的可编程控制器、工业计算机、自动化仪表等设备和控制系统连成一个整体,一个通用的网络技术、一个公共的通信标准 MAP(Manufacture Automation Protocol)制造自动化协议产生了。

1980 美国通用汽车公司(GM)苦于为公司内不同厂家设备的互不兼容的网络建立通信联系付出了很大的投资,目的是使遵守这样标准的不同厂家的机器实现互相通信。1981

年他们采用了国际标准局(ISO)的开发系统基本参考模式(OSI)。这一模式是 1978 年由 ISO 专门研究信息过程标准的 97 技术委员会(TC97)的下一级委员会(SC16)研究发表的。这是早期的 MAP 工作组。MAP 采用国际电气电子工程师协会 IEEE802 标准。

1982 年 ,MAP 工作组公布了第一个 MAP 规范 MAP1.1。1984 年成立了 MAP 用户指导委员会 ,发表了第二个规范 MAP1.2。同年 ,MAP 在国家计算机会议上公布 ,并成立了 MAP 用户集团 ,IBM 公司宣布支持 MAP。1985 年 MAP 用户集团发展到 15 个国家 400 多家公司。

1985 年初 ,MAP2.1 规程发表 ,在这个规程里确定了自动装配工厂和产品设备集成的基本要求。1986 年初 ,为了实现工厂自动化与办公自动化的集成 ,MAP 用户集团扩展为 MAP/TOP 用户集团 ,将 TOP(技术与办公室协议)囊括其内 ,现在已有来自世界各国的 1600 多家公司加入了 MAP/TOP 用户集团。

1986 年 10 月美国仪器仪表学会(ISA)的年会上对 MAP 进行了专门讨论。1987 年 1 季度 ,一个更为成熟的 MAP3.0 公布。

13.3.2 MAP 简介

与开放系统(ISO)参考模型一样 ,MAP 的功能机制也分为 7 层 ,即第 1 层物理层 ,第 2 层数据链路层 ,第 3 层网络层 ,第 4 层传送层 ,第 5 层对话层 ,第 6 层表示层 ,第 7 层应用层。每一功能层互相独立 ,但 7 层功能相互配合成为一个整体。MAP 的第 1 层、第 2 层以 IEEE802 的象征总线和宽带/载带规程为基础。第 3 层到第 7 层以 ISO-OSI 为基础兼加入了通用电气公司研制的一些规程。图 13-4 表示了 MAP2.1 的 7 层功能是由 ISO- OSI 和 IEEE802.4 为基础的情况。现在将采用 RS- 511 规程 ,而第 1 层也将引入 MAP 光纤的新规程。这些都包括在 MAP3.0 中。

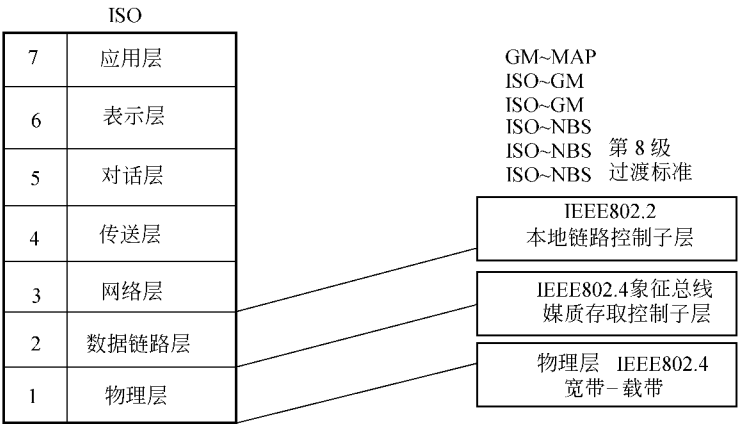


图 13-4 MAP 与 ISO-OSI 功能对照

MAP 的 7 层功能模式是这样实施的 :将一条用作技术分享的宽频带电缆作为本地网络的主干(back bone)横贯整个工厂。MAP 网络的结点与各分厂和车间进行灵活通信。网络节点的适配器将不同厂家的可编程控制器等自动化装置接入网。它可以用“ 闸门通道 ”(gate way)将控制工作站或专利网络接入 MAP 系统。

最近,MAP 出现了几种结构形式:

(1) 宽带 MAP 和载带 MAP

最早出现的并已应用的宽带 MAP,它的数据通道是在同轴电缆实用带宽范围内的多频率通道。传送用一种频率,接收用另一种频率。需要一个预备重调调节器(head-end remodulator)来调节频率。带宽总线可以支持许多子网络,宛如人的中枢脊椎一样,称为 MAP 的主干。它一般延伸至整个工厂,覆盖范围大。

1986 年,一种载带(carrier band)MAP 投入使用。它仅有一条数据通道,所有节点以同一频率传送或接收,无需调节器。虽然覆盖范围小但十分适合小工厂或小环境。它结构简单,安装、调整、维护方便。一般载带 MAP 总线用柔性电缆,延伸限制在 100m 范围内,可带的终端工作站不超过 100 个。它可以作为宽带 MAP 的子网络来应用,它们的衔接通过“桥”来连接。

(2) 全 MAP(full MAP)和小 MAP(mini MAP)

按 MAP2.1 7 层功能组成的 MAP 称为全 MAP。省去 3~6 层,仅有 1、2、7 功能层组成的 MAP 称为小 MAP。仅用小 MAP 可能变成“自动化孤岛”。通过智能站桥(bridge)可以与宽带 MAP 总线相连,小 MAP 可以与全 MAP 相连。

MAP 的最基本功能表现在第 1 层物理层与第 2 层数据链路层。物理层提供一种在物理媒体上传输信号和比特的实际手段,而数据链路层为物理链路两端设备之间提高可靠的数据交换。美国和欧洲的一些著名半导体公司已将这两层功能集成于芯片之中,形成了 MAP 功能芯片。在此基础上,各整机公司都在使自己的系统与 MAP 兼容,开发出了各种 MAP 模板。MAP 的最大优点恰恰在于它可以方便地与各种专利系统连接。已经出现了与 VME 总线兼容的 MAP 接口板。它带有一个 32 位 68020 微处理器,一个 MC68824MAP 芯片,并在 VME 总线板上加一个 640KB 以上的存储器。这样一块功能板上具有 MAP2~7 层所有功能。

MAP 系统已在美国通用汽车公司应用成功。MAP 在不连续、批量生产中成功应用,结束了过程工业自动化水平高于制造业的局面。反过来,MAP 的发展,使各厂家生产的自动化设备能连成一体,结束了“自动化孤岛”的局面。MAP 系统占领工业自动化系统市场已是确定无疑的了。

MAP 作为一个高效能、低价格的通信标准而诞生,现在却不单单是使整个工厂不同厂家设备实现互相通信的标准和协议了。它已经是组成计算机集成制造系统的基本原则。按照这一原则所组建的新的 MAP 系统将是一个四通八达的自动化系统,而不受专利系统——“自动化孤岛”的局限。MAP 是振兴工业自动化的强有力工具,随着 MAP 技术的发展,计算机集成制造(CIM)时代必将到来。

14

其他类型的可编程控制器简介

目前各国生产的 PLC 类型很多 ,难以一一介绍 ,现将几种典型的产品性能作简单介绍。

14.1 三菱 FX_{2N} 系列可编程控制器简介

14.1.1 概述

FX_{2N} 系列 PLC 是日本三菱公司近年推出的小型高性能整体式 PLC。它是 FX₂ 的更新换代型 ,由基本单元、扩展单元、扩展模块、特殊模块和特殊单元组成 ,如图 14 - 1 所示。FX_{2N} 系列 PLC 的输出电路也有 3 种 :继电器型、双向晶闸管型和晶体管型。基本单元、扩展单元和扩展模块均可选择不同的输出方式。产品有 FX_{2N}-16M~128M 型 ,其主要性能有 :

- 输入输出 16~256 点(端子盘) ;
- 内部随机存取存储器(8000 步) ,使用任选板时最多可达到 16000 步 ,电池后备 ;
- 内部定时时钟(可与公历 4 位对应 ,还可进行闰年校正) ;
- 基本指令 :27 条 ;
- 步进阶梯指令 :2 种(可表示 SFC) ;
- 应用指令 :128 种 ;
- 内部运行/停止开关(具有外部运行/停止功能) ;
- 程序运行过程中写入程序。

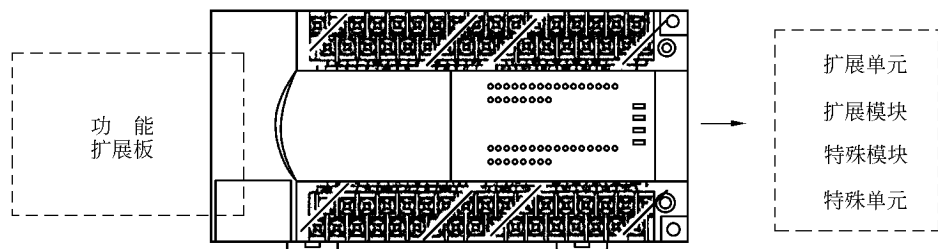


图 14 - 1 FX_{2N} 的基本组成

FX_{2N} 系列 PLC 软器件有 :

(1) 输入(X)与输出(Y)继电器

给各基本单元分配 X000~X007 ,X010~X017 ,... ,X070~X077 ;Y000~Y007 ,Y010~Y017 ,... ,Y070~Y077 等八进制数的输入继电器、输出继电器的地址号。扩展单元的地址号也分配为基本单元连续的 X、Y 八进制数。

在特定的输入继电器的输入滤波中采用数字滤波器 ,利用程序可改变滤波值。因此 ,在旨在高速接收的应用中 ,分配其输入继电器地址号。(请参阅滤波器调整 ,输入中断 ,高速计

数器,各种应用指令等的说明。)

(2) 辅助继电器(M)

辅助继电器是可编程控制器内的继电器,这种继电器有别于输入输出继电器,它接收外部的输入,不能直接驱动外部负载。从 M0 ~ M3071、M8000 ~ M8255 共 3328 点。

有的继电器在断电的情况下也能存储与保持可编程控制器的 ON/OFF 状态。

(3) 状态(S)

这是用作步进阶梯或 SFC 表示的工序地址号的继电器。不用作工序地址时,与辅助继电器一样,可作为普通的触点/线圈进行编程,而且可作为信号报警器,用于外部故障诊断。从 S000 ~ S999 共 1000 点。

(4) 定时器(T)

定时器对可编程控制器内的 1 ms、10 ms、100 ms 等的时钟脉冲进行加法计算,达到规定的设定值时,输出触点动作。利用基于定时器的时钟脉冲,可计测到 0.001 ~ 3276.7 s。

共 256 点,其中 T192 ~ T199 为子程序与中断程序专用的定时器;T250 ~ T255 为 100 ms 时钟脉冲的定时器,其当前值为累计值,因此,即使定时器的驱动输入断开,仍保持当前值,继续累计动作。

(5) 计数器(C)

计数器按目的与用途进行分类,有以下几种:

①内部计数用:一般使用与停电保持使用。其中,16 位计数器供增计数使用,计数范围为 1 ~ 32767;32 位计数器供增计数使用,计数范围为 - 2147483648 ~ 2147483647。这些计数器供可编程控制器的内部信号使用,其响应速度通常为数十赫兹以下。

②高速计数器用:供停电保持用。32 位计数器,供增计数与减计数使用,计数范围为 - 2147483648 ~ 2147483647。高速计数器可进行数千赫兹的计数,而与可编程控制器的运算无关。

(6) 数据寄存器(D、V、Z)

数据寄存器是存储数据的软元件。FX 可编程控制器的数据寄存器都是 16 位(最高位为符号位),将 2 个寄存器组合可进行 32 位(最高位为符号位)的数值处理。数据寄存器也有供一般使用和停电保持使用。

在数据寄存器中,还有供变址(修改)用的 V、Z 寄存器,V、Z 采用的其他附加软元件如下:

$V0, Z0 = 5$ 时, $D100V0 = D105$ $C20Z0 = C2$ ← 软元件地址号 + V 口或 Z 口的值。

数据寄存器与变址寄存器用于定时器与计数器的设定值的间接指定和应用指令中。

(7) 常数(K、H)

在可编程控制器所用的各种数值中,K 表示十进制整数, H 表示十六进制数值。它们用作定时器与计数器的设定值与当前值,或用作指令的操作数。

(8) 指针(P、I)

指针用于分支与中断。分支用的指针“P”指定 FNC00(CJ)条件跳转与 FNC01(CALL)子程序的跳转目标。中断用的指针“ I ”指定输入中断、定时器中断与计数器中断的中断程序。

FX_{2N} 系列 PLC 可以使用手持式编程器 FX-10P/20P 和便携式图形编程器 A7/A6PHP/HGP,也可以用 PC-9800 软件包在个人计算机及其兼容机上编程。

14.1.1.2 FX_{2N}系列 PLC 的主要特点

FX_{2N}系列 PLC 的编程有以下特点：

(1) 支持整个系列的 3 种编程语言

在 FX 系列可编程控制器中采用作为程序基础的指令表方式,并采用在图形图像上进行阶梯信号作图的梯形图方式,以及依据机械动作的流程进行程序设计的 SFC(顺序功能图)方式进行编程。而且,这些程序可相互变换,关于指令表及梯形图程序也可按一定的规则编写,实现变为 SFC 图的逆变换。

(2) 高速处理功能

①在高速输入计数中可利用单相或双相高速计数器。可编程控制器内的一般计数器在扫描周期内动作,因此其响应速度一般为数十赫兹左右。FX 可编程控制器内置的高速计数器则通过中断处理来自特定的输入端的高速脉冲,可进行数千赫兹计数,而与扫描时间无关。利用高速计数器的专用比较指令可立即输出计算结果。采用可对高速计数器的计算值进行高速计数器中断、用作补充设备的硬件计数器,可输入最高 50 kHz(单相时)的高速脉冲。

②供最新信号的输入与输出用的“输入输出刷新”功能。以成批刷新方式动作的可编程控制器的输入端信号,在 0 步运算前向输入数据存储器成批输入,而在执行 END 指令后,成批输出信号。若采用输入刷新指令,可在顺序扫描过程中得到最新信号,并立即输出运算结果。

③供输入继电器时间常数变化用的“输入过滤调整”功能。在可编程控制器的输入继电器中设置的 10 ms 的 RC 滤波器,以防止输入信号的振动和噪声的影响。但是,由于将数字滤波器用于输入继电器内的 X000 ~ X017(FX_{2N}-16M 型的 X000 ~ X007),因此可利用可编程控制器的程序改变过滤值。

④脉冲捕捉功能。脉冲捕捉功能是输入短时脉冲时用的一种方法,在脉冲捕捉中,监视并输入来自特定的输入继电器的信号,同时在中断处理中设置辅助继电器。如果在脉冲捕捉中,脉冲宽度超过 5 μ ,可以可靠地接收输入,其应用广泛。但是,在利用特定的触发信号,中断运算作优先处理时,可用下一项的“中断”功能。

⑤供短时脉冲接收与优先处理用的 3 种“中断”功能。将外来信号用作触发“输入中断”,监视来自特定的输入继电器的信号,通过输入的上升沿或下降沿所指定的中断程序作最优先的处理。“定时器中断”对各固定时间所指定的中断程序作最优先的处理。“计数器中断”利用内部的高速计数器的当前值对所指定的中断程序作最优先的处理。

(3) 支持顺序控制的有关功能

①可编程控制器的运算周期恒定(恒定扫描)模式。循环扫描方式的可编程控制器的扫描周期随程序的执行内容而变化。若采用恒定扫描模式(M8039、D8039),则扫描周期恒定。因此可以以固定的周期处理与运算同步执行的指令。

②成批断开输出信号(输出禁止)模式。通过驱动特殊的辅助继电器 M8034,将输出锁存存储器清除。因而,可编程控制器处于继续运行的状态,所有输出继电器(Y)都断开。

③在停止过程中也保持运行过程中的输出状态“存储器保持停止”功能。通过驱动特殊辅助继电器 M8033,可一直保持运行过程中的输出状态,直到将可编程控制器停止。

④程序保护口令的登记。设置口令,可防止已编写的顺控程序写入错误或被盗用。而

且利用关键字的指定方法可对 FX-10P/20P 型便携式编程器等的联机操作设置程序保护等级。这时也可指定“禁止程序变化”,但允许当前值变化。

⑤对可编程控制器的程序附加“注释”。通过参数的给定,可确保在可编程控制器内有软元件注释(日文假名/字母数字字符)区。而且在能进行汉字输入的外围设备中,在程序中也有以汉字注解的表示功能。

⑥运行过程中的程序写入。在可编程控制器运行过程中具有改变程序的功能。因此,设备不停机也可作有效的调整与改变程序。

(4)应用指令丰富

①主要指令

●程序流程

- 条件跳转(功能 00 ,CJ)
- 子程序调用(功能 01 ,CALL)
- 开中断(功能 04 ,EI)
- 关中断(功能 05 ,DI)
- FOR - NEXT 循环的起点(功能 08 ,FOR)等

●传送比较

- 比较(功能 10 ,CMP)触点型(功能 224 ~ 246)
- 区间比较(功能 11 ,ZCP)
- 数据传送(功能 12 ,MOV)
- 求 BCD 码(功能 18 ,BCD)
- BIN 数转换(功能 19 ,BIN)等

●循环与移位

- 循环右移(功能 30 ,FOR)
- 循环左移(功能 31 ,ROL)
- 带进位右移(功能 32 ,RCR)
- 位右移(功能 34 ,SFTR)
- 字右移(功能 36 ,WSFR)

●高速处理

- 刷新(功能 50 ,REF)
- 滤波调整(功能 51 ,nFFF)
- 调整计数器比较(功能 53 ~ 55)
- 脉冲密度(功能 56 ,SPD)
- 脉冲输出(功能 57 ,PLSY)
- 带加速减速的脉冲输出(功能 59 ,PLSR)

●复杂控制

- 平方根运算(功能 48 ,SQR)
- 数据查找(功能 61 ,SER)
- 列表数据排序指令(功能 69 ,SORT)
- 比例·积分·微分运算(功能 88 ,PID)

- 三角函数(功能 130 ,132)
- 浮点数比较(功能 110 ,111)
- 浮点数变换(功能 49 ,118 ,119 ,129)
- 浮点数四则运算(功能 120 ~ 123)
- 浮点数平方根运算(功能 1 27 ,ESQR)等

●方便指令与外部设备指令

- 状态初始化(功能 60 ,IST)
- 示教定时器(功能 64 ,TTMR)
- 交替输出(功能 66 ,ALT)
- 斜坡输出(功能 67 ,RAMP)
- 旋转工作台控制(功能 68 ,ROTC)
- 十键输入(功能 70 ,TKY)
- 数字开关(功能 72 ,DSW)
- 七段译码(功能 73 ,SEGD)
- 带锁存七段码显示(功能 74 ,SEGL)
- ASCH 码转换(功能 76 ,ASC)
- 特殊单元控制(功能 76 ,FROM 功能 79 ,TO)
- 串行通信指令(功能 80 ,RS)
- 将十六进制数转换成 ASCII(功能 82 ,ASC1)
- 将 ASCII 码转换成十六进制数(功能 83 ,H)
- 时钟数据处理(功能 160 ~ 167)
- 葛莱码转换(功能 170 ,171)等

●算术及逻辑运算

- 二进制数加法(功能 20 ,ADD)
- 二进制数减法(功能 21 ,SUB)
- 二进制数乘法(功能 22 ,MUL)
- 二进制数除法(功能 23 ,DIV)
- 二进制数加 1(功能 24 ,INC)

●数据处理

- 区间复位(功能 40 ,ZRST)
- 解码(功能 41 ,DECO)
- 编码(功能 42 ,ENCO)
- 求置 ON 位的总和(功能 43 ,SUM)
- 求均值(功能 45 ,MEAN)

② 充实的基本功能。采用力求实现“基本功能、调整处理、便于使用”的规范,例如可编程控制器具有数据传送与比较、四则运算与逻辑运算、数据的循环与移位等的基本应用指令,输入输出的刷新,中断,高速计数器专用的比较指令,高速脉冲输出等高速处理指令,在 SFC 控制方面将机械控制的规定动作脉冲化的初始状态指令等。

③ 简化复杂的控制。备有将复杂的顺序控制变为程序包的方便指令,以减轻可编程控

制器的编程负担与节省输入输出点数。再者 ,还提供可适应更复杂的控制的浮点运算、PID 运算、与各种外部设备的通信的 RS - 232C、RS - 485 连接端口。此外 ,还可作为从站与将 A 系列可编程控制器作为主站的 MELSECNET/MIN 连接 ,集中管理的分散控制结构。

(5)特殊控制功能

下列特殊功能模块 ,采用功能 78(FROM) 功能 79(TO)指令控制。

- ①模拟输入输出控制。模拟输入/模拟输出/PT - 100 温度传感器/热电偶温度传感器。
- ②定位控制。脉冲输出字块(顺序指令控制)/脉冲输出单元(顺序指令与定位指令组合)/硬件计数器。
- ③ID 系统控制。ID 接口(与三菱 D 系列 ID 系统对应)。
- ④链路、通信与其他。MELSECNET/MIN ,RS - 232C ,RS - 485(不需要 FROM/TO 指令)。

14.1.1.3 FX_{2N}系列 PLC 的指令系统

14.1.1.3.1 FX_{2N}系列 PLC 的基本指令

FX_{2N}系列 PLC 的基本顺控指令如表 14 - 1 所示。

表 14 - 1 FX_{2N}系列 PLC 的基本顺控指令

指令助记符、名称	功 能	电路表示和可用软元件	指令助记符、名称	功 能	电路表示和可用软元件
LD 取	触点运算开始 a 触点		ORP 或	脉冲上升沿检测并联连接	
LDI 取反	触点运算开始 b 触点		ORF 或	脉冲下降沿检测并联连接	
LDP 取脉冲	上升沿检测运算开始		ANB 电路块与	并联电路块的串联连接	
LDF 取脉冲	下降沿检测运算开始		ORB 电路块或	串联电路块的并联连接	
AND 与	串联连接 a 触点		OUT 输入	细圈驱动指令	
ANI 与非	串联连接 b 触点		SET 置位	线圈接通保持指令	
ANDP 与脉冲	上升沿检测串联连接		RST 复位	线圈接通清除指令	
ANDF 与脉冲	下降沿检测串联连接		PLS 上升脉冲	上升沿检测指令	
OR 或	并联连接 a 触点		PLF 下降脉冲	下降沿检测指令	
ORI 或非	并联连接 b 触点		MC 主控	公共串联点的连接线圈指令	

(续表 14-1)

指令助记符、名称	功 能	电路表示和可用软元件	指令助记符、名称	功 能	电路表示和可用软元件
MCR 主控复位	公共串联点的清除指令		INV 反转	运算结果的反转	
MPS 进栈	运算存储		NOP 空操作	无动作	消除流程序或
MRD 读栈	存储读出		END 结束	顺控程序结束	顺控顺序结束,回到'0'步
MPP 出栈	存储读出与复位				

14.1.3.2 FX_{2N}系列 PLC 的功能指令

FX_{2N}系列 PLC 的功能指令如表 14-2 所示。

表 14-2 FX_{2N}系列 PLC 的功能指令

类别	功能号	指令助记符	功 能	D 指令	P 指令	类别	功能号	指令助记符	功 能	D 指令	P 指令
程序流程	00	CJ	条件跳转	—	○	四则运算与逻辑运算	20	ADD	二进制加法	○	○
	01	CALL	调用子程序	—	○		21	SUB	二进制减法	○	○
	02	SRET	子程序返回	—	—		22	MUL	二进制乘法	○	○
	03	IRET	中断返回	—	—		23	DIV	二进制除法	○	○
	04	EI	开中断	—	—		24	INC	二进制加 1	○	○
	05	DI	关中断	—	—		25	DEC	二进制减 1	○	○
	06	FEND	主程序结束	—	—		26	WAND	逻辑字与	○	○
	07	WDT	监视定时器	—	○		27	WOR	逻辑字或	○	○
	08	FOR	循环区开始	—	—		28	WXOR	逻辑字异或	○	○
	09	NEXT	循环区结束	—	—		29	NEG	求补码	○	○
传送与比较	10	CMP	比较	○	○	循环与转移	30	ROR	循环右移	○	○
	11	ZCP	区间比较	○	○		31	ROL	循环左移	○	○
	12	MOV	传送	○	○		32	RCR	带进位右移	○	○
	13	SMOV	移位传送	—	○		33	RCL	带进位左移	○	○
	14	CML	取反	○	○		34	SFTR	位右移	—	○
	15	BMOV	块传送	—	○		35	SFTL	位左移	—	○
	16	FMOV	多点传送	○	○		36	WSFR	字右移	—	○
	17	XCH	数据交换	○	○		37	WSFL	字左移	—	○
	18	BCD	求 BCD 码	○	○		38	SFWR	FIFO 写	—	○
	19	BIN	求二进制码	○	○		39	SFRD	FIFO 读	—	○

(续表 14-2)

类别	功能号	指令 助记符	功 能	D 指令	P 指令	类别	功能号	指令 助记符	功 能	D 指令	P 指令
数据处理	40	ZRST	区间复位	—	○	外部设备 I / O	70	TKY	十键输入	○	—
	41	DECO	解码	—	○		71	HKY	十六键输入	○	—
	42	ENCO	编码	—	○		72	DSW	数字开关输入	—	—
	43	SUM	求置 ON 位的 总和	○	○		73	SEGD	七段译码	—	○
	44	BON	ON 位判断	○	○		74	SEGL	带锁存七段码 显示	—	—
	45	MEAN	平均值	○	○		75	ARWS	方向开关	—	—
	46	ANS	标志置位	—	—		76	ASC	ASCII 码转换	—	—
	47	ANR	标志复位	—	○		77	PR	ASCII 码反向输出	—	—
	48	SOR	二进制平方根	○	○		78	FROM	读特殊功能模块	○	○
	49	FLT	二进制整数与 浮点数转换	○	○		79	TO	写特殊功能模块	○	○
高速处理	50	REF	刷新	—	○	外部设备 S E R	80	RS	串行通信指令	—	—
	51	REFE	滤波调整	—	○		81	PRUN	八进制位传送	○	○
	52	MTR	矩阵输入	—	—		82	ASCI	将十六进制数 转换成 ASCII 码	—	○
	53	HSCS	比较置位(高速 计数器)	○	—		83	HEX	ASCII 码转换成 十六进制数	—	○
	54	HSCR	比较复位(高速 计数器)	○	—		84	CCD	校验码	—	○
	55	HSZ	区间比较(高速 计数器)	○	—		85	VRRD	模拟量读出	—	○
	56	SPD	脉冲密度	—	—		86	VRSC	模拟量区间	—	○
	57	PLSY	脉冲输出	○	—		87				
	58	PWM	脉宽调制	—	—		88	PID	PID 运算	—	—
	59	PLSR	带加速减速的 脉冲输出	○	—		89				
方便指令	60	IST	状态初始化	—	—	浮 点	110	ECMP	二进制浮点数 比较	○	○
	61	SER	查找数据	○	○		111	EZCP	二进制浮点数 区间比较	○	○
	62	ABSD	绝对值凸轮控制	○	—		118	EBCD	二进制浮点数 →十进制浮点 数变换	○	○
	63	INCD	增量式凸轮控制	—	—		119	EBIN	十进制浮点数 →二进制浮点 数变换	○	○
	64	TTMR	示教定时器	—	—		120	EADD	二进制浮点数 加法	○	○
	65	STMR	特殊定时器	—	—		121	ESUB	二进制浮点数 减法	○	○
	66	ALT	交替输出	—	—		122	EMUL	二进制浮点数 乘法	○	○
	67	RAMP	斜坡输出	—	—		123	EDIV	二进制浮点数 除法	○	○
	68	ROTC	旋转工作台控制	—	—						
	69	SORT	列表数据排序	—	—						

(续表 14-2)

类别	功能号	指令助记符	功能	D指令	P指令	类别	功能号	指令助记符	功能	D指令	P指令
触点比较	224	LD=	(S1)=(S2)	○	—	浮点	127	ESOR	二进制浮点数开方	○	○
	225	LD>	(S1)>(S2)	○	—		129	INT	二进制浮点→二进制整数转换	○	○
	226	LD<	(S1)<(S2)	○	—						
	228	LD< >	(S1)≠(S2)	○	—		130	SIN	浮点数 SIN 演算	○	○
	229	L ≤	(S1)≤(S2)	○	—		131	COS	浮点数 COS 演算	○	○
	230	L ≥	(S1)≥(S2)	○	—		132	TAN	浮点数 TAN 演算	○	○
	232	AND=	(S1)=(S2)	○	—		147	SWAP	上下位变换	○	○
	233	AND>	(S1)>(S2)	○	—						
	234	AND<	(S1)<(S2)	○	—	时钟运算	160	TCMP	时钟数据比较	—	○
	236	AND< >	(S1)≠(S2)	○	—		161	TZCP	时钟数据区间比较	—	○
	237	AN ≤	(S1)≤(S2)	○	—		162	TADD	时钟数据加法	—	○
	238	AN ≥	(S1)≥(S2)	○	—		163	TSUB	时钟数据减法	—	○
	240	OR =	(S1)=(S2)	○	—		166	TRD	时钟数据读出	—	○
	241	OR >	(S1)>(S2)	○	—		167	TWR	时钟数据写入	—	○
	242	OR <	(S1)<(S2)	○	—	葛雷码	170	GRY	葛雷码转换	○	○
	244	OR< >	(S1)≠(S2)	○	—		171	GBIN	葛雷码逆转换	○	○
	245	O ≤	(S1)≤(S2)	○	—						
	245	O ≥	(S1)≥(S2)	○	—						

14.2 Pilz PSS 系列可编程安全系统简介

PSS 可编程安全系统是德国 Pilz 工业自动化有限公司专门为工业自动化生产中保护人和机器安全而设计的一种可编程控制器 ,它符合错误检测和安全性的最高要求。运用 PSS 系列可编程安全系统可保证系统安全经济地运行 ,无论用于急停、双手控制、安全门监控还是光栅保护 ,PSS 系列产品的众多优点使之都能安全经济地解决问题。在使用 PSS 系列产品时 ,还可选用安全总线(SafetyBus) ,它用于由传感器及执行元件构成的分散网络 ,是一种安全的开放式总线系统 ,能使你的流程设计更为易于扩展。

14.2.1 PSS 系列的主要特点

(1)系统配置灵活方便 ,采用标准部件 ,应用范围广泛

Pilz 的 PSS 系列主要包括 :

- ①PSS3000 和 PSS3100 模块型系列 ;
- ②PSS3056、PSS3032 和 PSS3006 紧凑型系统。

其中 ,PSS3032 和 PSS3056 备有 32 点、56 点和 60 点共 4 种安全紧凑型系统 ;PSS3000

和 PSS3100 备有各种点数及各种输入/输出类型(继电器、单极半导体输出、双极半导体输出、标准模拟量输入和输出)的扩展模块单元,可以与 CPU 模块单元和电源模块单元等自由混合配置,如系统点数过多或过于分散还可利用安全开放式的现场总线进一步组合系统,使系统有技高一筹的灵活性。并且所有的模块均为标准模块单元。其各型号及组成部件如表 14-3 所示。

表 14-3 PSS 的型号及组成部件一览表

	型 号	输入点数		输出点数				最多 点数
		24VDC	模拟量	继电器	单极半导体	双极半导体	模拟量	
紧凑型	PSS3032	20	—	—	10	2	—	32
	PSS3056	32	—	—	16	8	—	56
	PSS3056-1	40	—	—	16	4	—	60
	PSS3056-2	48	—	—	8	4	—	60
模块型系列	安全系列 PSS3000	Max. 288	Max. 54	Max. 288	Max. 288	Max. 72	—	288
	标准系列 P9	Max. 768	Max. 192	Max. 768	Max. 768	Max. 48	Max. 48	768
	安全系列 PSS3100	Max. 160	Max. 30	Max. 160	Max. 160	Max. 40	—	160
	标准系列 P10	Max. 64	Max. 12	Max. 64	Max. 32	Max. 4	Max. 4	64

(2) 技术优于传统的可编程控制器

PSS 系列可编程安全系统的快速处理时间使这一系列的产品完全能胜任机械加工过程中安全保护部分的控制作业。由于采用了最先进的电子技术,本系列产品不需要额外的扩展安全硬件电路,而传统的可编程控制器作为安全使用时必须扩展安全硬件电路。比起传统的可编程控制器,PSS 系列具有如下优点:

- ①友好的用户编程软件,丰富的标准功能模块,可用于偏心冲压并带有急停、安全门监控、双手控制和超压继电器等;
- ②只有一个外壳、易安装、安装时间短、线路少、所需空间少;
- ③使用者不需对控制器进行额外的测试;
- ④三重表决电路,不同冗余设计,安全自我诊断,因此安全可靠性高;
- ⑤不易磨损、寿命长、故障率低、维护方便;
- ⑥更改容易、增加或减少设备可通过编程完成;
- ⑦带有半导体输出电路。

(3) 冗余与差异相结合的安全技术提高了安全性

PSS 系列产品利用了冗余与差异相结合的技术,即安全部分(FS)由三通道总线驱动(3 倍冗余,3 个通道各不相同的差异),标准部分(ST)采用单通道总线驱动。FS 及 ST 部分都有大量经过认证的模块可供选择。

安全部分和标准部分的程序分别运行,采用无反馈通信,因此 ST 部分的错误不会影响到 FS 部分。硬件及软件算法不间断地测试系统,从而达到快速反应及极高的安全等级。

PSS 系列产品的安全处理部分有三条不同通道,输入信号通过这三条通道进入三个不

同的 CPU ,由三个不同处理器并行处理后经三条通道输出 ,只有三个处理器所读入的输入 I/O 映像表和输出 I/O 映像表完全一致时 ,输入信号才称正常 ,I/O 输出映像表才被输出到输出电路 ,系统才会动作。如果三个处理器上不管输入 I/O 还是输出 I/O 映像表只要有一个不相一致 ,那么至少一个是无效的 ,FS 系统关掉输出信号进入停锁状态 ,系统回到安全状态。安全部分的简图如图 14 - 2 所示。



图 14 - 2 安全部分的简图

(4)丰富的标准功能模块使用户编程简单方便

PSS 采用标准 PLC 编程 ,所用语言适合于标准 PLC。它符合 DIN19239 标准 ,可进行简单的位及字处理。标准程序与安全部分的程序完全分开。安全程序只写入一次并在内部备份 ,标准程序部分通过单通道运行 ,可在任何时候被使用者修改 ,且不会对安全部分产生影响。

本系列拥有丰富的各种功能程序模块 ,其中用于安全控制上的就有多达 50 种程序模块 ,应用于特定场所的安全控制 ,如冲压机、油罐场、燃烧控制、电缆车、起吊设备、印刷机械、开矿等系统 ,也可用于多区域安全控制。用户在程序编制时 ,只需简单地调用这些功能即可。由此可见 ,程序模块使得 PSS 系列产品具有如此丰富的功能 ,安全方面的应用可更经济地实现。

(5)带有半导体的设计

- ①无触点技术使服务质量提高 ;
- ②使用半导体到 2 A 的直接安全控制使反应时间更短 ;
- ③无触点反弹 ,无污染、烧坏和溶焊。

(6)通过多种质量保证认证

PSS 系列已通过 BG、TÜV、SUVA 和安全等级标准 EN954 - 1、EN60204 - 1、IEC204 - 1 等的认证。因此在用户设备上使用、运用这些产品是通过各种认证和安全等级评价的保证。

(7)开放的安全总线(SafetyBus)P 系统

图 14 - 3 所示是用于分散网络的安全总线 p 系统 ,是一种基于并行的 CAN 总线、具有线性布局的多主机系统。系统包括 :中心处理单元、具有数字和模拟的分散 I/O 模块、直接连接到设备的现场模块等。通过标准单元可与 INTERBUS、PROFIBUS - DP、DeviceNet 等现场总线进行通信。与传统可编程控制器联合使用 ,只控制安全部分 ,其他部分由传统的可编程控制器完成。

安全总线 p 主要应用在 :PSS 安全系统与分散 I/O 模块的通信 ;与安全相关的传感器和执行机构的直接连接 ;多个可编程序安全系统之间的耦合。这些应用均可在同一场合利用

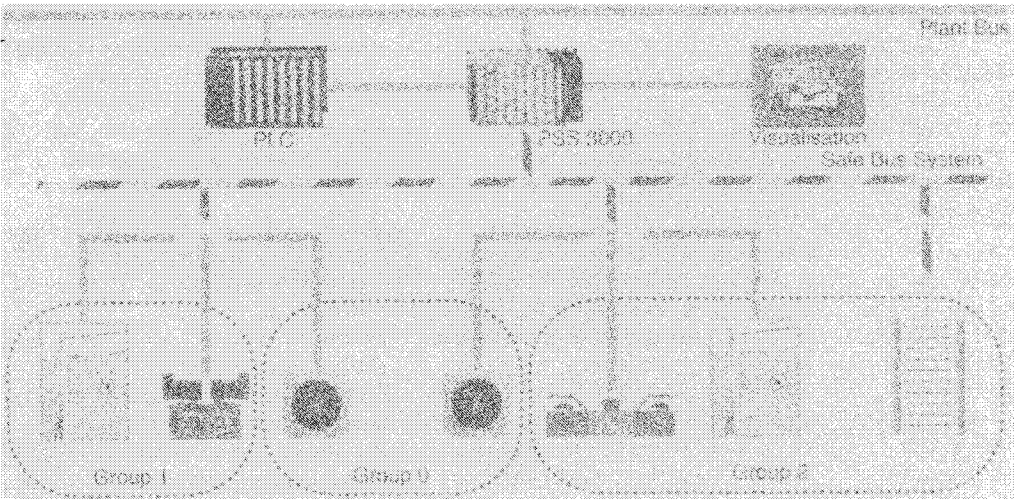


图 14-3 安全总线系统的结构图

一个安全总线 p 网络来实现。例如 ,急停开关或安全门触点通常可以与分散的 I/O 模块连接 ,对于一些更加复杂的模块(如光栅、扫描仪等)都可以直接与安全总线连接。一个或多个可编程序安全系统都能通过与安全总线 p 的连接直接处理数据。另外 ,其开放式的协议令安全总线 p 可高度容纳不同厂家的现场模块。

安全总线 p 的数据传送采用事件驱动方式 ,也就是说 ,只有在现场执行机构 ,分散 I/O 模块或安全总线 p 的用户的数据发生变化的时候 ,才会产生数据的传送。因此 ,安全总线 p 具有传送信号快速、响应时间短等特征。

安全总线 p 可提供最安全的保护 ,可实现欧洲安全标准 EN954 - 1 中的 4 级 ,为 AK6 到 DIN V 19 250 而设计。这就为安全总线 p 在各种保护场合中得到充分的发挥——例如 ,从单一设备到机械工程和工业自动化 ,用户都能享用到安全总线 p 的巨大优势。

14.2.2 PSS 系列可编程安全系统的主要技术性能

PSS 系列可编程安全系统的主要技术性能见表 14-4 和表 14-5。

表 14-4 PSS3000 和 PSS3100 的主要技术性能

项 目	PSS3000		PSS3100	
	安全部分	标准部分	安全部分	标准部分
应用范围	●	●	●	●
结构	模块型 ,可扩展	模块型 ,可扩展	模块型 ,可扩展	模块型 ,可扩展
工作电压	24VDC ,115/230VAC , 50/60H	24VDC ,115/ 230VAC	24VDC	24VDC ,115/ 230VAC
扫描时间	平均 3 ms/ 千个指令	平均 3 ms/ 千个指令	平均 3 ms/ 千个指令	平均 3 ms/ 千个指令
标志位	1152	2048	1152	2048
定时器	64	64	64	64

(续表 14-4)

项 目 \ 类 型	PSS3000		PSS3100	
	安全部分	标准部分	安全部分	标准部分
时基	50 ms ,100 ms ,1 s , 10 s ,1 min	50 ms ,100 ms ,1 s , 10 s ,1 min	50 ms ,100 ms ,1 s , 10 s ,1 min	50 ms ,100 ms ,1 s , 10 s ,1 min
计数器	64	64	64	64
数据存储	16KByte	32K	16K	32K
程序存储	64K ,Flash EPROM	256/512KFlash EPROM/RAM	64K ,Flash EPROM	256/512KFlash EPROM/RAM
实时时钟	—	内置	—	内置
报警信号处理	32	—	32	—
状态显示	LED 4 个数码管	LED 4 个数码管	LED 4 个数码管	LED 4 个数码管
槽数	9(基本机架)	9(基本)9(扩展)	5	2
最多数字点	288	768	160	64
24VDC 输入	●	●	●	●
单极半导体出	●	●	●	●
双极半导体出	●	—	●	—
继电器	●	●	●	●
模拟点	54	192	30	16
输入 ± 10 V	●	●	●	●
输入 ± 10 V	—	●	—	●
输出 0 ~ 20 mA	—	●	—	●
联络母线	—	●	—	●
PROFIBUS-DP	—	●	—	●
DEVICENET	—	●	—	●
INTERBUS	—	●	—	●
工作温度	0 ~ 60	0 ~ 55	0 ~ 60	0 ~ 55
防护等级	IP20	IP20	IP20	IP20
设计	配备机架的 模块化设计	配备机架的 模块化设计	配备机架的 模块化设计	配备机架的 模块化设计
尺寸	278 × 483/280 × 244 mm ³	278 × 483/280 × 244 mm ³	266 × 341 × 241 mm ³	266 × 341 × 241 mm ³
编程装置	标准 PC	标准 PC	标准 PC	标准 PC
与 PC 连续	RS485/232 , 与 CPU 集成	RS485/232 , 与 CPU 集成	RS485/232 , 与 CPU 集成	RS485/232 , 与 CPU 集成
BG EN954-1	四级	—	四级	—
TÜV to DIN V 19250	AK6	—	AK6	—
UL 50	●	—	●	—

“●”表示可使用；“—”表示不具备的功能。

表 14 - 5 PSS3032 和 PSS3056/3056 - 1/3056 - 2 的主要技术性能

项 目 \ 类 型	PSS 3032		PSS 3056/PSS 3056 - 1/PSS 3056 - 2	
	安全部分	标准部分	安全部分	标准部分
应用范围	●	○	●	○
结构	紧凑型	紧凑型	紧凑型	紧凑型
工作电压	24VDC ,115/230VAC , 50/60Hz	24VDC	24VDC	24VDC
扫描时间	平均 3 ms/千个指令	平均 3 ms/千个指令	平均 3 ms/千个指令	平均 3 ms/千个指令
标志位	1152	2048	1152	2048
定时器个数	64	64	64	64
时基单位	50ms ,100ms , 1s ,10s ,1min	50ms ,100ms ,1s , 10s ,1min	50ms ,100ms ,1s , 10s ,1min	50ms ,100ms ,1s , 10s ,1min
计数器个数	64	64	64	64
数据存储	16KByte	32K	16K	32K
程序存储	64K ,Flash EPROM	256/512KFlash EPROM or RAM	64K ,Flash EPROM	256/512KFlash EPROM or RAM
状态显示	LED 4 个数码管	LED 4 个数码管	LED 4 个数码管	LED 4 个数码管
最多数字点	32	32	50/60/60	56/60/60
24VDC 输入	24	24	32/40/48	32/40/48
单极半导体出	10	10	16/16/8	16/16/8
双极半导体出	2	2	8/4/4	8/4/4
RS232/V 24	—	与 CPU 集成	—	与 CPU 集成
联络母线	—	●	—	●
PROFIBUS - DP	—	●	—	●
DEVICENET	—	●	—	●
INTERBUS	—	●	—	●
工作温度	0 ~ 60	0 ~ 55	0 ~ 60	0 ~ 55
防护等级	IP20	IP20	IP20	IP20
设计类型	紧凑型	紧凑型	紧凑型	紧凑型
尺寸	246 × 74 × 16144 mm ³	246 × 74 × 16144 mm ³	233 × 277 × 155 mm ³	233 × 277 × 155 mm ³
编程装置	标准 PC	标准 PC	标准 PC	标准 PC
与 PC 连接	RS485/232 , 与 CPU 集成	RS485/232 , 与 CPU 集成	RS485/RS232 , 与 CPU 集成	RS485/232 , 与 CPU 集成
BG EN954 - 1	四级	—	四级	—
TÜV to DIN V 19250	—	—	AK 6/ - / -	—
UL 508		—	●	—

“ ● ”表示可使用；“ ○ ”表示受限制使用；“ — ”表示不具备的功能。

14.2.3 PSS 系列可编程安全系统的指令系统

PSS 系列可编程安全系统指令丰富 ,其功能指令基本包括了大部分用户的基本要求 ,用户只需要简单地调用即可完成大部分程序工作。基本指令见表 14 - 6 所示 ,功能指令如表 14 - 7 所示。选用时可参考。

表 14 - 6 Pilz PSS 的基本指令表

二进制操作			数字运算		
L	输入	[操作数]→[RLO]	AND	逻辑“与”	[累加器]∩[操作数]→[累加器]
IC	输入括号中的数	[括号中的数]→[RLO]	OR	逻辑“或”	[累加器]∪[操作数]→[累加器]
LN	反向输入	[反向操作数]→[RLO]	XOR	异或	[累加器]异或[操作数]→[累加器]
O	或	[操作数]∪[RLO]→[RLO]			
α	或操作括号中的数	[括号中的结果]∪[RLO]→[RLO]	D	累加器减 1	[累加器]- →[累加器]
			I	累加器增 1	[累加器]+ →[累加器]
ON	或非	[操作数取反]∪[RLO]→[RLO]	RL	左循环	[累加器]左循环 x 位→[累加器]
U	与	[操作数]∩[RLO]→[RLO]	RR	右循环	[累加器]右循环 x 位→[累加器]
UC	与操作括号中的数	[括号中的数]∩[RLO]→[RLO]	SLV	左移位	[累加器]←(RLO)左移 x 位
UN	与非	[操作数取反]∩[RLO]→[RLO]	SRV	右移位	[累加器]←(RLO)右移 x 位
)	括号	这一符号表示括号内运算的结束	KEW	二进制反码	[累加器]取反
R	复位	若 RLO=1 则 [操作数]=0	KZW	二进制补码	[累加器]取补
=	等于	[RLO]→[操作数]	TA	交换累加器和辅助累加器的数据	[累加器]↔[辅助累加器]
=N	等于“非”	[反向 RLO]→[操作数]			
计时器			DEF	BCD 转为二进制	[BCD]→[二进制]
SE	开始计时		DUF	二进制转为 BCD	[二进制]→[BCD]
R	计时器复位	[计时器]=0	跳转指令		
计数器			SPA	无条件跳转	不管 RLO 的状态值都跳到指定标签处
ZV	正向计数				
ZR	反向计数		SPB	条件跳转	RLO=1 则跳转 ;若 RLO=0 ,不执行跳转指令且 RLO 置 1。
R	计数器复位	[计数器]=0			
累加器的输入及转换操作			组织操作		
L	输入字节和字	[操作数]→[累加器]	A	选择数据块	
T	转换字节和字	[累加器]→[操作数]	CAL	无条件调用程序块	
累加器的比较操作			CALC	条件调用程序块	
>	大于	[累加器]>[操作数]→RLO=1	BE	程序块结束	
I=	等于	[累加器]=[操作数]→RLO=1	AS	禁止中断	
<	小于	[累加器]<[操作数]→RLO=1	AF	允许中断	
数学运算			BAS	禁止输出	
D	减 1 操作	[操作数]- →[操作数]	STP	停止程序	
I	增 1 操作	[操作数]+ →[操作数]	32 位算术运算功能指令		
+	相加	[操作数]+[累加器]→[累加器]	加	SB 003	
-	相减	[累加器]-[操作数]→[累加器]	减	SB 007	
*	相乘	[操作数]*[累加器]→[累加器], [辅助累加器]	乘	SB 011	
:	相除	[操作数]:[累加器]→[累加器], [辅助累加器]	除	SB 015	
			比较	SB 041	

注 :RLO = result of the logic operation 即逻辑运算结果。

表 14 - 7 PSS 系列可编程安全系统的功能指令一览表

功能 序号	描 述	急停 控制	传送线 控制	偏心压 力控制	液压 控制	油罐场 控制	燃烧 控制	安全 指令	模拟 输入	3000 3100	3056 3032	认证	
												BG	TUV
SB051	1 到 8 操作模式选择开关		●	●	●					●	●	●	
SB052	2 到 6 操作模式选择开关		●	●	●					●	●	●	
SB056	偏心压力序列控制			●						●	●	●	
SB059	双手监督控制		●	●	●					●	●	●	
SB060	单通道急停控制	●	●			●				●	●		●
SB061	双通道急停控制	●	●	●	●	●				●	●		●
SB066	安全门监控		●	●	●					●	●	●	
SB067	反馈环监控	●	●	●	●					●	●	●	
SB068	电灵敏防护装置 1(ESPE)			●	●					●	●	●	
SB069	电灵敏防护装置 2(ESPE)		●	●	●					●	●	●	
SB070	初始化管理数据块 DB015	●	●	●	●	●				●	●	●	
SB072	ESPE 的削减		●	●	●					●	●	●	
SB074	机械凸轮的监控			●						●	●	●	
SB077	偏心压力扭断监控			●						●	●	●	
SB078	偏心压力扭断监控			●						●	●	●	
SB079	凸轮的监控			●						●	●	●	
SB080	驱动/监控压力安全阀			●						●	●	●	
SB081	驱动/监控阀门			●						●	●	●	
SB084	手动驱动安全阀			●						●	●	●	
SB087	单水流阀的位置驱动或监控				●					●	●	●	
SB088	双水流阀的位置驱动或监控				●					●	●	●	
SB089	水流阀的位置驱动或监控				●					●	●	●	
SB092	使能开关		●	●	●					●	●	●	
SB100	PSS 的模拟量输入处理								●	●		●	
SB101	PSS 的模拟量输入处理								●	●		●	
SB102	PSS 的模拟量输入处理								●	●		●	
SB103	按段更新 PSS 读入的模拟量								●	●		●	
SB110	安全系统 PSS 之间的通信							●		●	●		
SB111	安全系统 PSS 之间的通信							●		●	●		
SB140	伤亡事故开关检测					●				●	●		●
SB141	气体检测控制					●				●	●		●
SB143	液位监测控制					●				●	●		●
SB149	序列控制						●			●	●		●
SB150	火焰监控						●			●	●		●
SB151	瞬间压力监控						●			●	●		●
SB152	燃烧器的启动操作元件						●			●	●		●
SB153	指针的驱动和位置监控						●			●	●		●
SB154	阀门的控制和位置监测					●	●			●	●		●
SB155	预置清除						●			●	●		●
SB156	紧密度控制(阀门密封监控)						●			●	●		●
SB157	个别点火(启动)试验						●			●	●		●
SB158	启动控制对象						●			●	●		●
SB159	运行控制						●			●	●		●
SB160	风机控制						●			●	●		●

“ ● ”表示可使用环境 3000 ,3100 ,3056 和 3032 Pilz PSS 个系列。

14.2.4 PSS 系列在复合板生产中的应用

某复合板有限公司是专业生产装饰用的铝复合板的企业,因主要为一些标志性建筑所用,因此它的要求很高,生产工艺采用将多层材料复合、平整的方式,因此生产现场有大量轧辊和加热辊。在生产过程中,当铝带发生断带或操作人员发生危险以及设备故障引起其他设备损坏时,就必须快速地将生产流水线停下来,而且使所有的轧辊处于分离状态,以保证设备和人身的安全。要实现这样的功能有许多方案可选,但如何使主 PLC 循环周期、响应时间缩短,也是非常必要的。根据这些要求我们选择了广泛应用于急停系统的可编程安全系统 Pilz PSS 3000。

14.2.4.1 硬件配置

系统中所选用的 PSS PS 模块、PSS CPU 模块、PSS DOR 模块各 1 块, PSS DI 模块 4 块, PSS DIO T 模块 2 块模块及 PSS BM8 主机架 1 只。各部分的功能如下:

① PSS PS:电源模板。安装于主机架上,采用 220VAC,它与其他模板供应内部电源输出电压 12VDC/0.25A,有后备电池。

② PSS CPU:故障自动保护的配置的 CPU,它具有 3 个通道,3 个 CPU 同时进行比较运算工作,平均处理时间为 3ms,标志位为 1152 个,时间继电器为 64 个,数据寄存器为 16KB,程序寄存器采用 256KB FLASH EPROM,信息显示由 4 位数字组成,有 2 个标准接口:RS 485 和 RS 232。

③ PSS DI:数字输入模块,该模块为 32 位编址。信号为“1”时是 24VDC(+15 ~ +30VDC);“0”时是 0VDC(-3 ~ +5VDC),它具有抗干扰和自检功能。输入信号通过总线到 CPU 的三通道进行处理,自诊断时循环检查所有输入。当有故障发生时,它将给出 STOP 的条件,关闭所有输出,将信息送到 CPU 显示其故障代码。

④ PSS DIO T:数字输入/输出模块。输入为 16 位 00 ~ 15,输出为 16 位 16 ~ 31。同样,输出为“1”时输出电压为 24VDC,为“0”时输出电压为 0VDC,通断能力为 2A。具有自检功能。

⑤ PSS DOR:继电器输出模块。通断能力为 2A。输出为 12 组,具有自检功能和防短路功能。

14.2.4.2 硬件线路的连接及功能

(1) 急停功能 E-STOP

如图 14-4 所示是完成急停功能的接线图,继电器 KB_{1-1} 、 KB_{1-2} 用于当系统需要急停时,向变频器发送急停指令;E2.00 是检测该变频器是否急停的反馈信号。当调用 SB067 时,取“0”信号为有效信号。其软件实现在程序中调用双通道急停监控模块 SB061 即可。

(2) 双手操作功能

由于铝卷用完之后需要更换,操作时可能将手置于楔头,这样在夹持铝卷时可能将手指夹断。因此在程序中调用 SB059 实现双手监控,操作员操作时双手必须同时操作按钮才能夹持铝卷,保障了人身安全,其硬件接线图如图 14-5 所示。

(3) 自持操作功能

在夹持铝卷过程之中或过后,需要与液压系统相联系,使铝卷夹持且夹紧,保持一定的压力。当夹持压力下降时,系统能自动保持住所设置的压力,这一功能由 PSS DOR 模板完

成 程序中调用监控压力安全阀功能块 SB080 ,硬件接线图如图 14 - 6 所示。

另外 ,Pilz PSS 通过 RS 232 接口与主 PLC 相连接 ,进行信息的传输和交换。

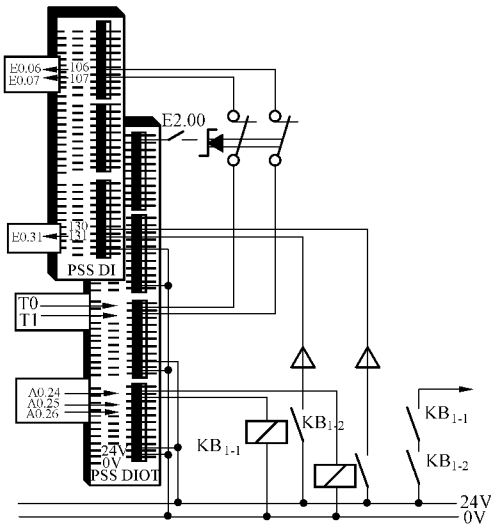


图 14 - 4 急停控制功能接线图

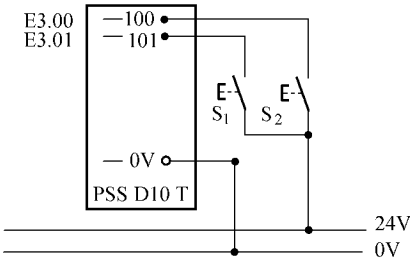


图 14 - 5 双手监控接线图

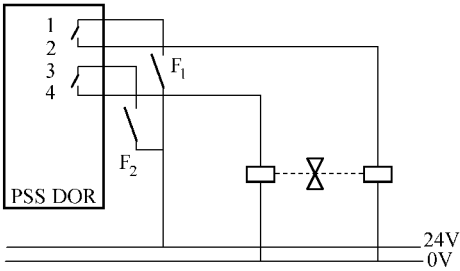


图 14 - 6 自持操作功能接线图

参 考 文 献

- 1 李仁编. 电器控制. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 2 赵明等编. 工厂电气控制设备, 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 1995
- 3 方承远编. 工厂电气控制技术. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 4 王兆义主编. 可编程控制器教程. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 5 李桂和主编. 电器及其控制. 重庆: 重庆大学出版社, 1993
- 6 李振安主编. 工厂电气控制技术. 重庆: 重庆大学出版社, 1995
- 7 邓则名、邝穗芳等编. 电器与可编程控制器应用技术. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 8 熊葵容主编. 电器逻辑控制技术. 北京: 科学出版社, 1998
- 9 陈本孝编著. 电器与控制. 武汉: 华中理工大学出版社, 1997
- 10 赵金凤编著. 工厂电气自动控制. 武汉: 武汉工业大学出版社, 1995
- 11 余雷声、方宗达等编. 电气控制与 PLC 应用. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 12 胡学林、宋宏等编. 电气控制与 PLC. 北京: 冶金工业出版社, 1997
- 13 三菱电机 FX2N 编程手册, 1999
- 14 SIEMENS S7 - 200 可编程序控制器系统手册, 1998
- 15 OMRON Operation Manual, SYSMAC Programmable Controller CPM1A
- 16 Pilz Safety Technology Manual 1 :Safety Relays ,Two-hand Relays and Safe Monitoring Relays
- 17 Pilz Safety Technology Manual 2 :Programmable Safety Systems PSS
- 18 GB4728—85 电气图用图形符号. 北京: 中国标准出版社, 1986
- 19 GB7159—87 电气技术中的文字符号制定通则. 北京: 中国标准出版社, 1987
- 20 冯济纓、黄明琪编. 可编程序控制器应用基础. 重庆: 重庆大学出版社, 1997
- 21 张云生等编. 可编程序控制器实用技术. 北京: 中国铁道出版社, 1997
- 22 钟肇新、王灏编. 可编程控制器入门教程(SIMATIC S7 - 200). 广州: 华南理工大学出版社, 1998
- 23 SIMATIC S7 - 200 Application tips. Siemens. 1998
- 24 SIMATIC STEP7-Micro Programming Reference Manual. Siemens. 1999
- 25 SIMATIC Components for totally Integrated Automation. Siemens. 1999