

CPV · 1999

1999年全国注册资产评估师考试辅导教材

机电设备评估基础

全国注册资产评估师
考试辅导教材编写组 编



中国财政经济出版社

1999NIAN
QUANGUO ZHUCE ZICHAN PINGGUSHI
KAOSHI FUDAO JIAOCAI

1999 年全国注册资产评估师考试辅导教材

机电设备评估基础

全国注册资产评估师考试辅导教材编写组 编

中国财政经济出版社

图书在版编目(CIP)数据

机电设备评估基础/全国注册资产评估师考试辅导教材
编写组编. —北京:中国财政经济出版社, 1999. 4
1999年全国注册资产评估师考试辅导教材
ISBN 7-5005-4152-X

I. 机… II. 全… III. 机电设备-资产评估-经济师-资格考核-教材 IV. F407.606.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 06989 号

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.com>

e-mail: cfeph@drc.gov.cn

(版权所有 翻印必究)

社址:北京东城大佛寺东街 8 号 邮政编码:100010

发行处电话:64033095 财经书店电话:64033436

北京东华印刷厂印刷 各地新华书店经销

850×1168 毫米 32 开 12.875 印张 305 000 字

1999 年 4 月第 1 版 1999 年 5 月北京第 2 次印刷

印数:40 061—66 060 定价:22.60 元

ISBN 7-5005-4152-X/F. 3770

(图书出现印装问题,本社负责调换)

前 言

随着社会主义市场经济体制的建立,资产评估在社会主义市场经济中的作用日益重要。经过十年的发展,资产评估业已经发展成为一个公证性的社会中介服务行业,资产评估业务量显著增长,资产评估从业人员队伍迅速壮大。为了提高资产评估质量,加强对资产评估人员执业的管理,更好地为社会主义市场经济服务,1995年我国建立了注册资产评估师制度,1996年和1997年共举办了两次考试,约有14000人通过了考试。资产评估行业的发展呼唤更多的优秀人才加入到评估队伍,1999年的注册资产评估师考试,在总结前两次考试经验基础上,对考试科目和考试方法等方面都作了调整,使之更适合评估行业人才培养和选拔的要求。为了配合1999年度注册资产评估师全国统一考试工作,更好地为广大考生服务,我们根据《1999年注册资产评估师全国统一考试大纲》确定的考试范围,编写了《资产评估学》、《经济法》、《财务会计学》、《机电设备评估基础》、《建筑工程评估基础》五科辅导教材,供大家在考前培训和自学中参考。

这五科辅导教材是在1997年度注册资产评估师四科考试辅导教材的基础上,根据社会经济和资产评估行业发展需要修订编写的。其中《资产评估学》是注册资产评估师考试的专业科目,《经济法》是综合性法规科目,《财务会计学》、《机电设备评估基础》和《建筑工程评估基础》是与资产评估相关的专业基础科目。《资产

评估学》重点在资产评估基础理论、资产评估方法、资源资产评估、无形资产评估、房地产评估、资产评估案例等方面增加和完善；《经济法》和《财务会计学》主要是根据财务会计制度、经济法规内容进行修订，进一步突出了与资产评估相关的内容；《建筑工程评估基础》和《机电设备评估基础》是将原《工程技术基础》科目分为两科，并分别按建筑工程和机电设备评估基础内容根据其学科体系加以充实，增加了新的内容，原有的内容部分也增加了一定的深度。经过修订，整套教材更好地体现了取得注册资产评估师应具备的知识体系。

由于编写时间紧迫，教材中难免有疏误之处，敬请读者批评指正。

中国资产评估协会

1999年3月

目 录

第一章 机器的组成与分类	(1)
第一节 机器的组成	(1)
第二节 电动机	(4)
第三节 其他典型动力设备	(21)
第四节 机械传动	(35)
第五节 液压传动	(39)
第六节 计算机控制系统	(67)
第七节 机器设备的分类	(80)
第二章 机械制造过程	(85)
第一节 机器制造基本过程	(85)
第二节 机械制造工艺过程	(91)
第三节 机械制造工艺过程的技术经济分析	(97)
第三章 金属切削机床	(105)
第一节 机床概论	(105)
第二节 车床	(127)
第三节 钻床、镗床	(140)
第四节 刨床、插床和拉床	(149)
第五节 铣床	(156)

第六节	磨床	(161)
第七节	组合机床及其自动线	(166)
第八节	特种加工机床	(178)
第九节	数字控制机床	(186)
第四章	其他通用设备	(203)
第一节	金属熔炼设备	(203)
第二节	金属压力加工设备	(210)
第三节	汽车	(225)
第四节	起重设备	(235)
第五节	锅炉	(255)
第六节	压力容器	(265)
第七节	供配电设备	(272)
第五章	化工设备	(278)
第一节	化工设备的分类	(278)
第二节	反应类化工设备	(278)
第三节	换热类化工设备	(304)
第四节	分离类化工设备	(310)
第六章	设备诊断技术和状态监测	(320)
第一节	诊断技术和状态监测	(320)
第二节	监测和诊断的主要方法	(325)
第七章	机器设备的经济管理	(340)
第一节	设备利用	(340)
第二节	寿命周期费用	(343)

第三节	设备磨损与补偿	(349)
第四节	设备维护保养、检查与修理	(354)
第五节	机器设备的寿命	(358)
第八章	设备评估的技术鉴定	(367)
第一节	综述	(367)
第二节	技术鉴定分级的原则	(369)
第三节	机床的质量检验及评分的确定	(370)
第四节	用技术鉴定法测定汽车的评分	(376)
第五节	用技术鉴定法测定锅炉的评分	(378)
第六节	用技术鉴定法测定压力容器的评分	(380)
第七节	用技术鉴定法测定化工设备的评分	(381)
第八节	用技术鉴定法测定典型金属熔铸设备 ——电弧炉的评分	(382)
第九节	用技术鉴定法测定典型金属压力加工 设备的评分	(385)
第十节	用技术鉴定法测定典型起重设备的评分	(394)
第十一节	用技术鉴定法测定供配电设备的成新 率	(397)
主要参考文献		(402)

第一章 机器的组成与分类

第一节 机器的组成

机器是由零件组装成的，能运转、能转换能量或产生有用功的装置。它能减轻人的劳动强度，可以作为生产工具提高生产率。机器是一定社会历史时期的产物，并随着生产科学技术的发展而发展。随着科学技术的进步，机器逐渐向高效率、高节能、高精度、高难度的方向发展。机器的种类虽然繁多，如日常生活中所见的缝纫机，交通运输中用的汽车、飞机、机车，各工业部门中用的纺织机、轧钢机、采煤机、起重机、挖掘机以及生产机器的工作母机——各种机床等。但它们有共同的特征：

1. 都是零件的组合物。
2. 其组成部件之间有确定的相对运动和力的传递。
3. 进行机械能与其他能的转换或利用。

尽管机器的性能、用途、结构是千差万别的，但就其组成部分来看必须有外界输入的能量动力部分、履行机器功能的执行部分，介于原动部分和工作部分之间的传动部分以及控制部分。

一、动力部分

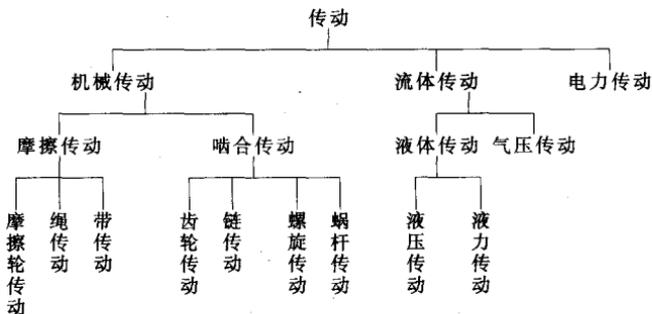
机器的动力部分是驱动机器运转的动力。常见的动力设备有电动机、内燃机、燃气轮机及在特殊情况下应用的联合动力装置，

机器依靠这些动力装置来驱动机器运动、作功。

二、传动部分

机器的传动部分是位于原动机和工作部分之间的中间装置，主要用来传递动力和运动，分配能量，改变速度和运动形式等。传动装置是机器的重要组成部分之一，它在一定程度上决定了机器的工作性能、外形尺寸和重量，也是选型、维护、管理的关键部分。

机器的传动装置种类繁多，常用的传动分类如下：



三、工作部分

工作部分是使加工对象发生性能、状态、几何形状和地理位置等变化的那部分机构，如车床的刀架、纺纱机的锭子、车辆的车厢、飞机的客、货舱等。

工作部分是机器设备直接进行生产的部分，是一台机器的用途、性能综合体现的部分，也是体现一台机器的技术能力和水平的部位。它标志着各种机器的不同特性，是机器设备主要区分和分类的依据。

有不少机器其原动机和传动部分大致相同，但由于其工作部分不同，而构成了其用途、性能不同的机器。如：汽车、拖拉机、

推土机等，其原动机均为内燃机，其传动部分也是大同小异，但由于其工作部分不同就形成了不同类的机器。

四、控制部分

控制部分是为了提高产量、质量，减轻人们的劳动强度，节省人力、物力等而设置的那些控制器。

控制系统是由控制器和被控对象组成的。不同控制器组成的系统也不一样。由手动操纵代替控制器的手动控制系统；由机械装置作为控制器组成的机械控制系统；由气压、液压装置作控制器的气动、液压控制系统；由电气装置或计算机作为控制器的电气或计算机控制系统等，随着科学技术的发展，计算机控制系统广泛应用于工业生产中。

以火电机组汽包锅炉给水控制系统为例(图 1-1 为给水系统示意图)，被控参数是汽包中的水位，给水控制器的任务是给水量与锅炉汽包中的蒸发量相等，保证汽包内水位在规定范围内变动，使锅炉安全运行。

图中，控制器的水位检测器把汽包中水位信号变为相应的电信号，送到比较器与给定水位进行比较，比较后的差值输送到驱动和执行机构，后者调节进水调节阀。控制器不断重复上述过程，只要水位偏离目标值，不论什么原因造成，都能达到控制目的。

在上例中，控制器要完成被控参数的调节，应有四个基本部件：

1. 给定值发生器。它输出与被控量目标值相对应的信号。
2. 比较器。把被控参数的实际值与给定值比较，产生误差信号送给驱动器。
3. 驱动和执行机构。它把误差信号放大，变成能驱动执行机

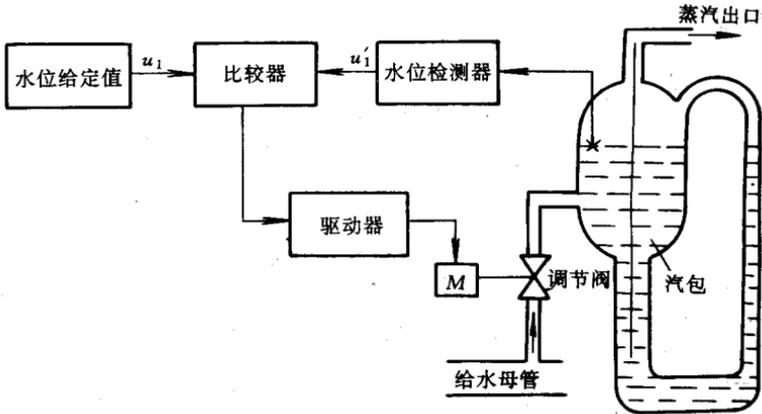


图 1-1 给水系统示意图

构的物理量。参与被控量的调节。

4. 检测变换元件。对被控参数的实际值进行测量，并把测得的物理量转换成电量。

图 1-2 为上述四个基本部件组成的控制器和被控对象合成的控制系统框图。

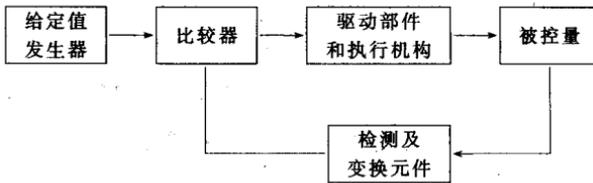


图 1-2 控制系统框图

第二节 电动机

电动机是将电能转变为机械能的动力装置，在机械、冶金、石

油、煤炭和化学工业以及其他工业企业中，广泛地应用各种电动机作为动力装置，机器和家用电器大多采用电动机作为原动机来拖动，才能正常工作，如轧钢机、机床、抽水机、造纸机、洗衣机等。一个现代化的工厂需要几百台甚至几万台电动机。

按照所用电源的种类，电动机可以分为直流电动机和交流电动机。

一、直流电动机

直流电动机是将直流电能转换为机械能的装置。由于直流电动机具有良好的起动性能和调速性能，因而广泛地应用于电力机车、轧钢机、机床和起重设备中。但直流电动机的制造工艺复杂，生产成本较高，维护较困难，可靠性较差。

(一) 直流电动机的工作原理

图 1-3 为直流电动机工作原理图。图中 N 和 S 是一对固定不动的磁极，用以产生所需要的磁场。在 N 极和 S 极之间的间隙称为空气隙。图中两根导体 ab 和 cd 连接成一匝线圈，并绕在电枢铁芯表面上，这就是电枢绕组。线圈的首、末端分别和两个圆弧形铜片（称为换向片）相接，换向片固定于转轴上，并和轴一起旋

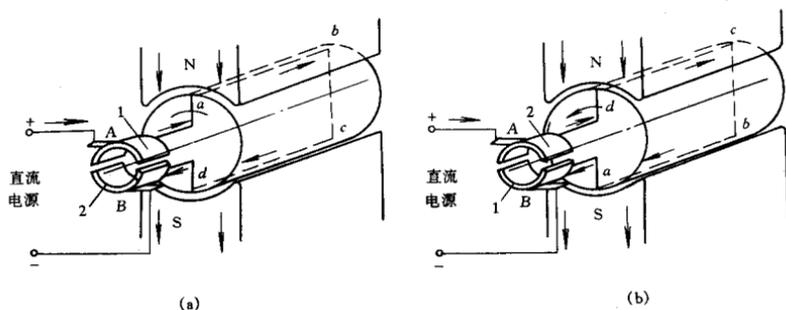


图 1-3 直流电动机的工作原理图

转。换向片之间以及换向片与转轴之间都是互相绝缘的。换向片上压着电刷 A 和 B,电刷在空间是固定不动的,电刷和换向片之间可以相对滑动,将电刷 A、B 两端接在直流电源上,如图 1-3(a)所示。由外电源从电刷 A、B 引入直流电流,电流从电源正极流出,经过电刷 A,换向片 1,N 极范围内的导线 ab,再经过 S 极范围内导线 cd,到换向片 2 和电刷 B,最后回到直流电源负极。根据左手定则确定电磁力方向,导体 ab 受电磁力方向向左,导体 cd 受电磁力方向向右,这样便产生了一个转矩,使电枢按逆时针方向旋转起来。当电枢转过 180° 后,如图 1-3(b)所示,此时导体 ab 进入 S 极范围,cd 进入 N 极范围,与 a 端连接的换向片 1 便转向下方,离开电刷 A 而与电刷 B 相接触。与 d 端连接的换向片 2 转向上方,离开电刷 B 而与电刷 A 相接触。这时电流仍由电刷 A 流入,电刷 B 流出,但导体 ab 中电流改变了方向,由 b 向 a,所受电磁力方向向右。同样,导体 cd 中电流也改变了方向,由 d 至 c,所受磁力的方向向左。因此,由电磁力产生的转矩仍然是逆时针方向的,这样就使电枢按原方向一直旋转下去,从而带动机械负载。

(二) 直流电动机的构造

旋转电机应具备静止和旋转两大部分。直流电动机的静止部分称为定子,其主要作用是产生磁场,由主磁极、换向极、电刷装置和机座等组成。转动部分称为转子,它的作用是产生感应电势和电磁转矩,由电枢铁芯、电枢绕组、换向器、轴和风扇等组成。图 1-4 为直流电动机的结构图。

1. 定子。直流电机的定子如图 1-5 所示。

(1) 主磁极。主磁极的作用是产生主磁场。主磁极铁芯一般用 $1\sim 1.5$ 毫米厚的薄钢片叠起来用铆钉铆紧。主磁极铁芯由极身和极靴两部分组成。靠近电枢部分较宽,并做成弧形,称为极靴。磁极用螺钉固定在机座上,磁极上套着励磁线圈,励磁线圈用绝

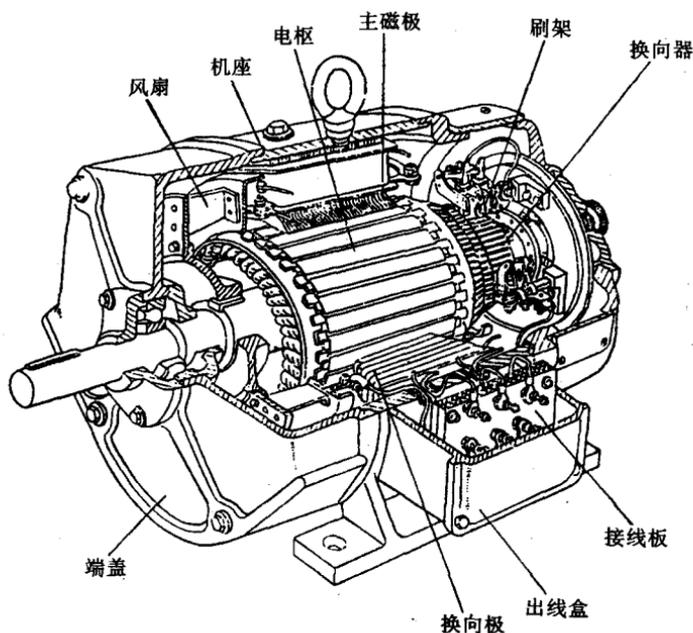


图 1-4 直流电动机的结构图

缘线和腊布或云母纸绝缘起来,各极上的线圈一般是串联起来的。

(2) 机座。机座又称为磁轭,它是作为各磁极间磁的通路,同时也作为电机的机械支架。机座一般用钢板焊成或用铸钢件,以保证良好的导磁性和机械强度。

(3) 换向极。两个相邻磁极间的小磁极叫做换向极,它与主磁极一样,由铁芯和绕在上面的绕组组成。其作用是用来产生附加磁场,用以减弱换向片与电刷之间的火花,避免烧蚀。

2. 转子。

(1) 电枢铁芯。电枢铁芯有两个作用,一个是用来安放电枢绕组;另一个是作为电机磁路的一部分。电枢铁芯是用 0.5 毫米厚的硅钢片叠起来的,采用硅钢片是为了减少电枢在磁场中旋转

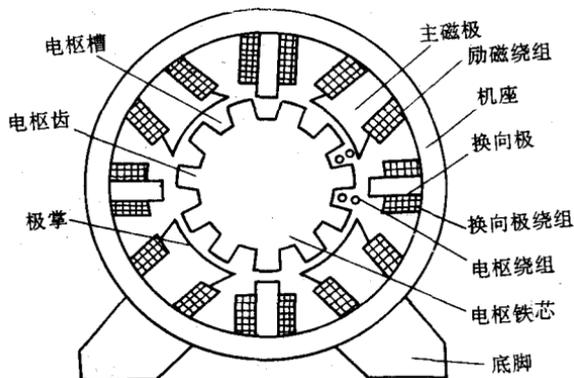


图 1-5 直流电动机剖面图

时，由于铁芯中的磁通方向不断变化而产生的涡流。电枢铁芯外圆周上有均匀分布的槽，用来嵌放电枢绕组的线圈。

(2) 电枢绕组。电枢主要作用是产生感应电势并通过电流，使电机实现机、电能量转换。电枢绕组是由许多线圈按一定规律连接而成。线圈常用高强度漆包线或玻璃丝带铜线绕成。为了防止电机转动时线圈受离心力作用甩出，在电枢铁芯的槽口打入槽楔，将线圈边压紧。端部用钢丝或用玻璃丝带扎紧。电枢绕组在电机生产的成本中占着比较重要部分，大部分铜和绝缘材料都用在绕组上，同时绕组的制造工艺也比较复杂。在电机运行中，绕组也是比较容易出故障的部分。

(3) 换向器。在电枢轴的一端装有换向器，如图 1-4 所示。换向器由许多铜片组成，片与片之间用云母绝缘，而每一换向片又按一定规则与电枢绕组的绕组元件连接。

(三) 直流电动机的励磁方式

直流电动机中的主磁通是由励磁绕组中通过励磁电流来产生

的。直流电动机的性能与它的励磁方式密切相关，通常直流电动机励磁方式有以下几种：

1. 直流他励电动机。在这种电动机内，励磁绕组与电枢没有电的连系，励磁电路是由另外直流电源(如蓄电池组)供给的，因此他励电动机的励磁电流不受电枢端电压或电枢电流的影响。

2. 直流并励电动机。在这种电动机内，励磁绕组和电枢并联，励磁电流大小与电枢电压和励磁电路的电阻有关。并励绕组两端电压就是电枢两端电压，其值较高，但励磁绕组用细导线绕成，其匝数绕得很多，因此具有较大的电阻，使通过它的励磁电流较小。

3. 直流串励电动机。在这种电动机内，励磁绕组是和电枢串联的，由于励磁绕组的电流大小决定于电枢电流，所以这种电动机内磁场随着电枢电流的改变有显著的变化。为了使励磁绕组中不致引起大的损耗和电压降，励磁绕组的电阻越小越好，所以串励绕组通常用较粗的导线绕成，它的匝数较少。

4. 直流复励电动机。在这种电动机内有两个励磁绕组，一个和电枢并联，称为并励绕组；另一个与电枢绕组串联，称为串励绕组。这样电动机中的磁通由这两个绕组内的励磁电流共同产生。

(四) 直流电动机的主要技术数据

电机制造厂出产的每台电动机上均有铭牌，铭牌上标明的有关电量或机械量的数值是厂家根据国家有关标准制定的，称为额定值。若电机运行时，这些电量或机械量都符合额定值，并按铭牌规定的方式运行，这样的电动机运行情况称为电动机额定运行。

直流电动机的主要技术数据有下列几项：

1. 额定功率 P_N 。额定功率是指电动机轴上输出的机械功率，它等于电动机额定电压 U_N 与额定电流 I_N 的乘积，再乘以电动机的额定效率 η_N ，即 $P_N = U_N I_N \eta_N$ 。单位是瓦或千瓦。

2. 额定电压 U_N 。额定电压是指在额定运行情况下，加在电动机两端的输入电压。单位用伏特表示。

3. 额定电流 I_N 。额定电流是指在额定运行情况下，输入给电动机的电流。单位是安培。

4. 额定转速 n_N 。额定转速是指电动机在额定电压、额定电流和额定功率情况下运行时的电机转速。以转/分(r/min)为单位。

5. 额定效率 η_N 。额定效率是电动机在额定运行时输出功率与输入功率之比的百分数，即

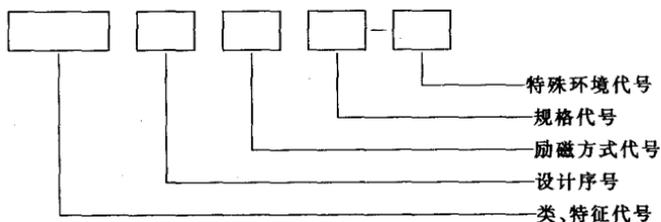
$$\eta_N = \frac{\text{输出功率(额定运行时)}}{\text{输入功率(额定运行时)}} \times 100\%$$

6. 额定温升 τ_N 。额定温升指电机的温度允许高出环境温度的最高允许值。在一般电动机中绕组最易发热，所以铭牌上的温升是指电动机绕组最高温升。

(五) 电机型号的编制

根据我国国家标准电机的型号编制及其含义如下：

1. 型号表示方法。



2. 型号含义。

(1) 类、特征代号。电机的种类、结构特征均用各自名称中有代表性的汉语拼音字母作为它们的代号。一个或两个字母不够表达时，可再选一两个字母组合表示。最多不超过四个，见表 1-1、表 1-3。

(2) 设计序号。用阿拉伯数字依次表示设计的顺序。原型设计不标出。

(3) 励磁方式代号。电机的励磁方式分别用字母 S(三次谐波励磁), J(晶闸管励磁), X(相复励磁)表示。当有设计序号需表示时位于设计序号之后,当不必标注设计序号时应用“-”将励磁代号与前面的特征代号隔开。

(4) 规格代号。电机的规格代号分别不同电机种类用实际参数值、大写字母、数字代号表示。机座长度采用国际通用的字母表示: S(短机座), M(中机座), L(长机座)。铁心长度按由短至长顺序用数字 1、2、3……依次表示。

(5) 特殊环境代号。用特殊环境的名称汉语拼音字母首字母表示,见表 1-2。如同时适用两个以上环境时按表中顺序号排列前后次序。

表 1-1 列出常用直流电动机的类、特征代号。

表 1-1 直流电动机类、特征代号

序号	产品名称	老产品代号	新产品代号	新产品代号 汉字含义
1	直流电动机	Z、ZO	Z	直
2	串励直流电动机		ZLC	直励串
3	并励直流电动机		ZLB	直励并
4	复励直流电动机		ZLF	直励复
5	他励直流电动机		ZLT	直励他
6	幅压直流电动机		ZYF	直压幅
7	高速(快速)直流电动机	ZKD、ZDG	ZK	直快
8	广调速直流电动机	ZT	ZT	直调
9	正压型直流电动机		ZTZY	直动正压
10	石油井下用永磁直流电动机		ZYY	直水油
11	静止整流器供电直流电动机		ZJZ	直静整
12	精密机床用直流电动机	ZJD	ZJ	直精
13	龙门刨床用直流电动机	ZBD	ZU	直刨

续表

序号	产品名称	老产品代号	新产品	新产品代号
			代号	汉字含义
14	空气压缩机用直流电动机	ZKY	ZKY	直空压
15	轧机主传动直流电动机		ZZ	直轧
16	轧机辅传动直流电动机		ZZF	直轧辅
17	挖掘机用直流电动机	ZDJ、ZC	ZWJ	直挖掘
18	矿井卷扬机用直流电动机	ZDK	ZKJ	直矿卷
19	辊道用直流电动机	ZG	ZG	直辊
20	电铲用起重直流电动机	ZZC	ZDC	直电铲
21	冶金起重用直流电动机	ZZ、ZZK	ZZJ	直重金
22	轴流式直流电动机		ZZT	直轴通
23	增安型直流电动机	Z	ZA	直安
24	隔爆型直流电动机		ZB	直爆
25	电梯用直流电动机	ZTD	ZTD	直梯电
26	脉冲直流电动机	ZM	ZM	直脉
27	无槽直流电动机	ZWC	ZW	直无
28	无换向器直流电动机		ZWH	直无换
29	空心杯直流电动机		ZX	直心
30	印制绕组直流电动机		ZN	直印
31	减速永磁直流电动机	ZYCT	ZYJ	直永减
32	录音机永磁直流电动机		ZL	直录
33	电唱机永磁直流电动机		ZCJ	直唱机
34	玩具直流电动机		ZWZ	直玩直

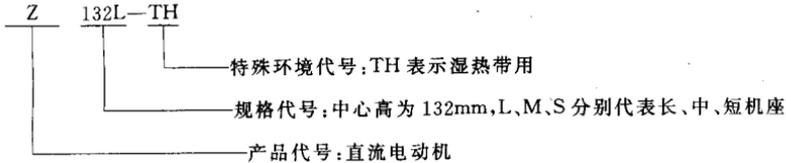
表 1-2

电机使用特殊环境代号

环境名称	高原用	船海用	化工防腐用	户外用	热带用	湿热带用	干热带用
顺序号	1	2	3	4	5	6	7
代号	G	H	F	W	T	TH	TA

直流电动机规格用中心高、铁芯外径、机座号、机壳外径等表示。如：小型直流电机用中心高一机座长度表示；中型直流电机用中心高一机座号—铁芯长度表示；大型电机用电枢铁芯外径—铁芯长度表示。

例：



二、三相异步电动机

三相异步电动机具有结构简单、运行可靠、效率高、成本低等优点，广泛应用于工农业生产中。

（一）三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机和直流电动机一样，也是由定子和转子两个基本部分组成，但它们的具体结构有所不同。图 1-6 为三相异步电动机构造图。

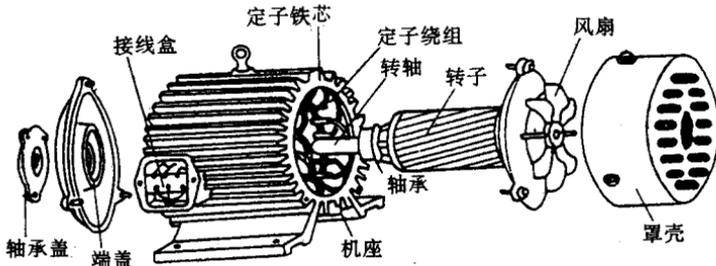


图 1-6 异步电动机构造

1. 定子。定子是电动机固定部分，其作用是用来产生旋转磁

场。它主要由定子铁芯、定子绕组和机座等组成。

(1) 定子铁芯。定子铁芯由互相绝缘的硅钢片叠成圆筒形状，内圆周表面有均匀分布的槽，用来安放三相绕组。

(2) 定子绕组。定子绕组由许多线圈连接而成。线圈由带有绝缘的铜导线或铝导线绕制而成。三相绕组首端和末端共有六个头，分别引至电动机出线盒中的六个接线柱上，见图 1-7(a)。用户可根据需要，将它们连接成星形或三角形，如图 1-7(b)、(c) 所示。

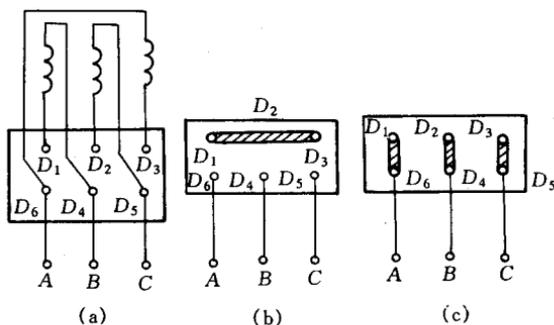


图 1-7 定子绕组的接线方法

(a) 接线端子；(b) 星形接法；(c) 三角形接法。

(3) 机座。机座是用来安装定子铁芯和固定端盖，并通过两个端盖支承着转子。它是固定整个电机用的，因此要有足够的强度。

2. 转子。转子是电动机转动部分，由转子铁芯、转子绕组和转轴等部件组成。其作用是在旋转磁场作用下获得一个转动力矩。转子铁芯由硅钢片叠成圆柱体压装在转轴上，其外圆周上有均匀分布的槽，槽内安放转子绕组。按照转子绕组的构造不同，分为鼠笼式和绕线式两种。

(1) 鼠笼式转子。这种转子用铜条安放在转子铁芯槽内，两端用端环焊接，形状像鼠笼，如图 1-8(a)所示。对于中、小功率

(100kW 以下)的电动机目前大都采用铸铝方法,将转子线槽内的导体、两端环及风扇一起铸成一个整体,外形如图 1-8(b)所示。鼠笼式异步电机结构简单,工作可靠,使用维护方便,因而得到广泛应用。

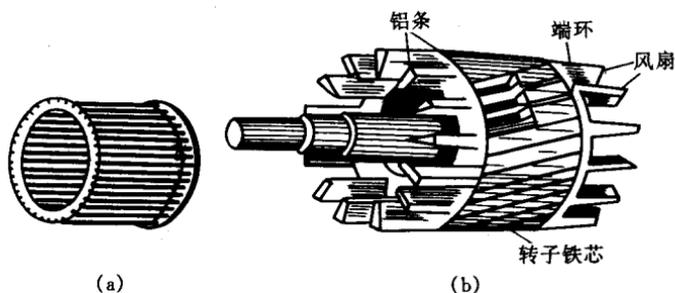


图 1-8 鼠笼转子

(a) 鼠笼绕组; (b) 铸铝转子。

(2) 绕线式转子。绕线式转子的绕组和定子绕组相似,三相绕组连接成星形、三根端线连接到装在转轴上的三个铜滑环上,通过一组电刷与外电路相连接,如图 1-9 所示。

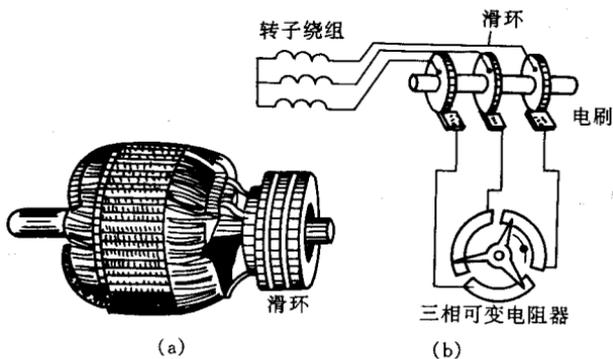


图 1-9 绕线式转子

(a) 外形; (b) 接线图。

绕线式电动机的特点是：可以通过滑环和电刷，将附加电阻接入转子电路，从而改善起动性能和调节转速；定、转子之间的气隙大小，会影响电动机性能。气隙太大，需要较大的励磁电流，降低了电动机的功率因数，一般的气隙厚为 $0.2\sim 1.5\text{mm}$ 。

(二) 三相异步电动机的工作原理

三相异步电动机的作用原理是基于空间旋转磁场与载流导体间相互作用所产生的电磁力。空间旋转磁场是由三相交流电通过静止三相绕组而产生的。图 1-10 为异步电机简单模型。在一个可旋转的永久磁铁中放置一个可自由转动的鼠笼状短路绕组。当永久磁铁旋转时，转子上的导体(鼠笼)就和永久磁铁的磁场之间产生了相对运动，因而在导体上感应出电势来。因为转子导体是互相接通的，因此在电势作用下导体就有电流通过。当不考虑电势与电流相位差时，电流方向与电势方向相同。载流导体在磁场中会受到力的作用，作用力的方向可由左手定则判断。显然鼠笼式转子上半部导体与下半部导体所受力的方向相反，大小相等，因而形成转矩，使鼠笼转子顺着磁场旋转方向转动起来。如果改变永久磁铁旋转方向，则鼠笼转子的转动方向也随之改变。

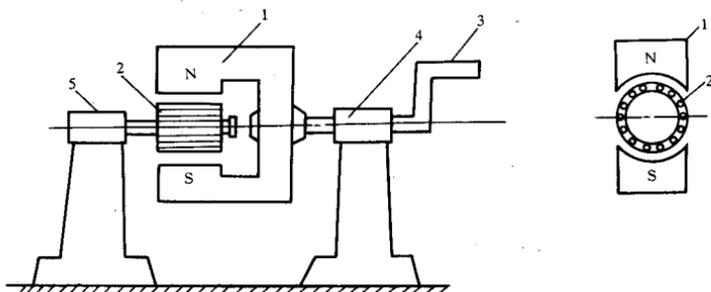


图 1-10 异步电动机模型

1. 永久磁铁；2. 装有鼠笼线圈的转子；3. 摇柄。

实际的三相异步电动机是利用定子三相绕组通入三相交流电流，而在电动机的空气隙中产生空间旋转磁场。旋转磁场旋转方向与电源相序是一致的，旋转磁场的速度正比于电源频率 f ，而与旋转磁场的磁极对数 P 成反比。通常转速以每分钟计算，所以旋转磁场转速应为

$$n_1 = \frac{60f}{P} \text{ (转/分)} \quad (1-1)$$

式中 f ——电源频率

P ——磁极对数

但电动机的转子转速与旋转磁场的转速是不一样的。因为转子的转速和旋转磁场的转速一样，则转子导体与旋转磁场间没有相对运动，导体内产生不了电动势和电流，因而也就没有电磁力，所以电动机转速与旋转磁场转速的差异是保证电动机旋转的因素。三相异步电动机转子的转速 n 小于旋转磁场的转速 n_1 ，其相差的程度常用转差率 S 表示，即

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (1-2)$$

式中 n ——异步电机转子转速

n_1 ——旋转磁场转速

转差率是异步电动机的一个重要参数，转差率反映了电动机的运行速度。由公式可见，转子速度增大，转差率就小；当转子静止不动时 ($n=0$)，它的转差率为 1；当电动机为理想空载时，即转子转速等于旋转磁场转速时 ($n=n_1$)，它的转差率为 0。

通常电动机在额定负载下的转差率 S_N 约为 0.03~0.06。

(三) 三相异步电动机的技术数据和主要系列

1. 额定值。异步电动机在铭牌上注着一系列额定数据，电动机按其铭牌上标注的条件和额定数据运行就称为额定运行。异步

电动机的额定值主要有：

(1) 额定功率 P_N 。在额定运行情况下，电动机轴上输出的机械功率称为额定功率，单位为千瓦(kW)。

(2) 额定电压 U_N 。在额定运行情况下，外加于定子绕组上的线电压，称为额定电压，单位为伏(V)或千伏(kV)。

(3) 额定电流 I_N 。电动机在额定电压下，轴端有额定功率输出时，定子绕组线电流，单位为安(A)。

(4) 额定频率 f_N 。我国规定标准工业用电的频率为 50 赫(Hz)。

(5) 额定转速 n_N 。指电动机在额定运行时电动机的转速，单位为转/分(r/min)。

2. 异步电动机的类型和型号规格。为满足不同的需要，我国现生产许多类型的异步电动机。表 1-3 列出常用三相异步电动机的名称和代号。

我国生产的三相异步电动机的型号同直流电机一样，由类、特征代号和规格代号等组成。类、特征代号主要用来说明电机的机型；规格代号主要用来描述电机的几何尺寸，其表示方法与直流电动机相似。如：小型异步电动机用中心高一机座长度—铁芯长度—极数表示；大、中型异步电动机用中心高一铁心长度—极数表示。

表 1-3 三相异步电动机主要产品类、特征代号

序号	产品名称	老产品代号	新产品代号	新产品代号汉字
1	异步电动机	J、JO、JS	Y	异
2	绕线转子异步电动机	JR、JRO	YR	异绕
3	高起动转矩异步电动机	IQ、JGO	YQ	异起
4	高转差率异步电动机	JH、JHO	YH	异滑
5	精密机床用异步电动机	JJO	YJ	异精
6	冶金及起重用异步电动机	JZ	YZ	异重

续表

序号	产品名称	老产品代号	新产品代号	新产品代号汉字
7	辊道异步电动机	JG、JGK、JGT	YG	异辊
8	立式深开泵用异步电动机	JLB	YLB	异立泵
9	充水式井用潜水异步电动机	JQS	YQS	异潜水
10	屏蔽式异步电动机		YP	异屏
11	防爆安全型异步电动机	JAO	YAO	异安
12	隔爆型异步电动机	JB、JBS	YB	异爆
13	力矩异步电动机		YLJ	异力矩
14	齿轮减速异步电动机	JTC、AJC	YCJ	异齿减
15	电梯用异步电动机	JTD	YTD	异梯电
16	锥形转子制定异步电动机	JZZ	YEZ	异制锥

例 1: Y 500-2-4
 规格代号: 表示中心高 500mm, 2 号铁心长度, 4 极
 类、特征代号: 表示三相异步电动机

例 2: YB 160M-4 WF
 特殊环境代号: W 表示户外用, F 表示防腐用
 规格代号: 表示中心高 160mm, 中机座, 4 极
 类、特征代号: 表示隔爆型三相异步电动机

(四) 三相异步电动机的应用

三相异步电动机在使用过程中必须考虑起动、反转和调速等问题。

1. 起动。异步电动机与三相电源电压接通, 如果此时起动转矩大于输出轴上的阻力转矩, 则电动机开始起动, 电动机转速由 $n=0$ 上升到稳定运转过程, 称为起动过程。由于起动瞬间电动机转速为 0, 转差率 $S=1$, 也就是说旋转磁场和静止转子间的相对速度很大, 因此转子中感应电动势很大, 转子电流也就很大, 定子电流随着转子电流的增大而增加。起动时的定子电流称为起动

电流。当电动机在额定电压情况下起动时，称为直接起动。直接起动的电流约为额定电流的 5~7 倍。这样大的电流不仅易损坏电动机，而且会引起输电线路的电压降增加，邻近用户端电压突然变化，导致负载不能正常工作。同时也由于起动电流造成电压降低，也使电动机本身的起动转矩减小，甚至不能起动。为了改善起动性能，不同容量的电动机采用不同的方法起动。对于鼠笼式电动机，当容量在 7.5kW 以下或容量小于电源变压器的 20%~30% 时，可直接起动。对于不允许直接起动的电动机，应采用降压起动，或在转子电路串联电阻起动。

2. 调速。在生产中，有时要求异步电动机在不改变负载的情况下转速能够调节，称为异步电动机的调速。根据转差率

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

$$\text{则} \quad n = (1 - S)n_1 = (1 - S)\frac{60f}{P} \quad (1-3)$$

由上式可知，改变电动机的转速有三种可能，即改变电源频率 f 、改变绕组的磁极对数 P 以及改变转差率 S 。

改变磁极对数调速，实际上是改变定子绕组的连接方法。电机制造厂专门设计便于改接的定子绕组，制造出多速电动机。

改变转差率 S 的调节方法，只能在绕线式转子电动机中使用，在其转子电路中串入附加电阻，便可改变转差率。

改变电源频率调速，调速范围很大。随着科学技术的发展，技术较为成熟，国内外市场上均有变频调速电源供选用。具体方法有：

(1) 变频机组。变频机组作为一种变频电源，由一台直流电动机和一台交流发电机组成，用电动机拖动发电机发电，通过调节直流电动机的转速，来改变交流发电机发电的频率，再把此可

调频率的电流送给需调速的异步机,就可调节该异步机的转速了。

(2) 交直交变频。交直交变频装置也是一种变频电源,它先将交流电通过整流电路变为直流电,再把此直流电送入晶闸管逆变器变为频率可调的交流电,作为异步机变频调速的电源。

(3) 交—交变频。交—交变频,顾名思义,就是直接把 50Hz 交流电变为频率可调的交流电。

第三节 其他典型动力设备

一、内燃机

将燃料燃烧发出的热能转变为机械能的动力机械称为热力发动机,简称热机。热机又分为内燃机与外燃机。燃料直接在发动机内部燃烧的热力发动机称为内燃机。

内燃机应用范围非常广泛,在机械排灌和小型发电站用作动力;目前正广泛地用于汽车、拖拉机、内燃机车、内河航运和远洋巨轮及工程机械的动力装置;它也是坦克、装甲车、海军舰艇的动力心脏。

(一) 内燃机分类

内燃机可分为往复活塞式(如汽油机、柴油机)及旋转式(如燃气轮机)。往复活塞式内燃机种类很多,大致分类如下:

1. 按所用燃料分类。可分为柴油机、汽油机、煤气机、天然气发动机等。

2. 按工作循环冲程数分类。可分为四冲程和二冲程内燃机。

3. 按气缸数及排列方式分类。可分为单缸和多缸内燃机。多缸内燃机按气缸排列方式分为直立式、卧式、V型、X型、星形和

对动活塞式等。

4. 按进气方式分类。可分为非增压(自然吸气)和增压内燃机。

5. 按冷却方式不同分类。利用水作冷却介质的称为水冷内燃机; 利用空气作冷却介质的称为风冷内燃机。

6. 按着火方式分类。利用气缸内空气被压缩后产生的高压、高温, 使燃料自行着火燃烧的内燃机, 称为压燃式内燃机(如柴油机)。利用火花塞产生的电火花点燃燃料的内燃机, 称为点燃式内燃机(如汽油机)。

7. 按可燃混合气形成的方式分类。燃料和空气在气缸外先混合好后再进入气缸的, 称为外部形成混合气的内燃机(如汽油机)。燃料在压缩终点前喷入气缸, 在气缸内与空气混合的, 称为内部形成混合气的内燃机(如柴油机)。

(二) 内燃机基本名词术语

图 1-11 为柴油机的示意图。

1. 工作循环。柴油机每次完成将热能转变为机械能, 都必须经过进气、压缩、燃烧膨胀做功和排气过程, 这一系列连续的过程称为内燃机的工作循环。

2. 上、下止点。活塞在气缸内作往复运动时的两个极端位置称为止点。活塞离曲轴旋转中心最远的位置称为上止点, 离曲轴旋转中心最近的位置称为下止点。

3. 活塞行程。上、下止点间的距离称为活塞行程, 通常用 S 表示。曲轴每转半圈, 相当于一个活塞行程, 则

$$S=2r$$

式中 r ——曲柄半径

4. 气缸工作容积。活塞从上止点移动到下止点所走过的容积, 称为气缸工作容积(气缸排量), 用 V_A 表示

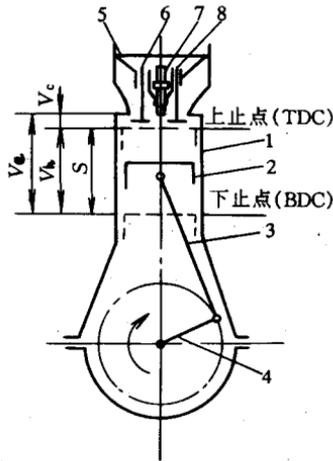


图 1-11 柴油机简单示意图

1. 气缸; 2. 活塞; 3. 连杆; 4. 曲轴;
5. 气缸盖; 6. 进气门; 7. 喷油器; 8. 排气门。

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \quad (m^3)$$

式中 D ——气缸直径(m)

S ——活塞行程(m)

5. 气缸总容积。活塞位于上止点时，活塞顶部与气缸盖间的容积，称为燃烧室容积，用 V_c 表示。活塞位于下止点时，活塞顶与气缸盖、气缸套内表面形成的空间，称为气缸总容积，用 V_a 表示。它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_h + V_c$$

多缸内燃机各气缸工作容积的总和称为内燃机工作容积或内燃机的排量。

6. 压缩比。气缸总容积 V_a 与燃烧室容积 V_c 的比值，称为压缩比，用 ϵ 表示，即

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

压缩比表示气体在气缸内被压缩的程度。

7. 工况。指内燃机在某一时刻的工作状况，一般用功率和曲轴转速表示，也可用负荷与转速表示。

(三) 内燃机工作原理

1. 四冲程柴油机工作原理。四冲程柴油机工作过程如图 1-12。当活塞由上向下运动时，外界的新鲜空气经进气门被吸入气缸，而后，活塞开始向上运动，气缸内的空气进行压缩，使空气的压力和温度均有很大提高。在接近上止点时，从喷油器喷入的柴油与高温空气混合，使柴油自行燃烧，放出热能，使缸内工质的温度、压力急剧提高，工质膨胀，推动活塞向下运动，由连杆带动曲轴旋转；同时，将膨胀功经连杆由曲轴输出，从而把燃料的热能转变为机械功。为了使能量转换过程连续地进行下去，工质在膨胀做功以后，活塞由下向上运动，将废气从排气门排出。柴

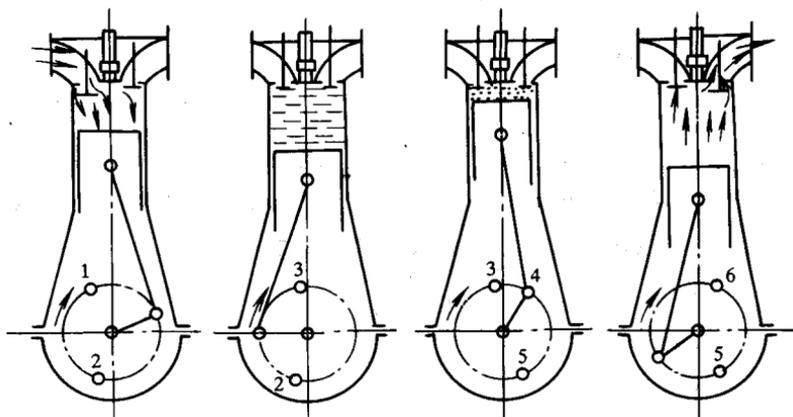


图 1-12 四冲程柴油机工作过程

油机经过了进气、压缩、燃烧膨胀和排气过程，完成了一个工作循环。当活塞再次由上向下运动时，又开始了下一个工作循环。

2. 增压柴油机工作原理。增压内燃机是将新鲜空气或可燃混合气在进入气缸之前进行压缩，提高密度，增加进气量，从而达到多烧油、提高功率的目的。

增压器的种类很多，按增压程度不同，可以分为低增压、中增压、高增压和超高增压。按驱动增压器的动力不同，可分为废气涡轮增压、机械增压和复合增压。目前使用最广泛的是废气涡轮增压。

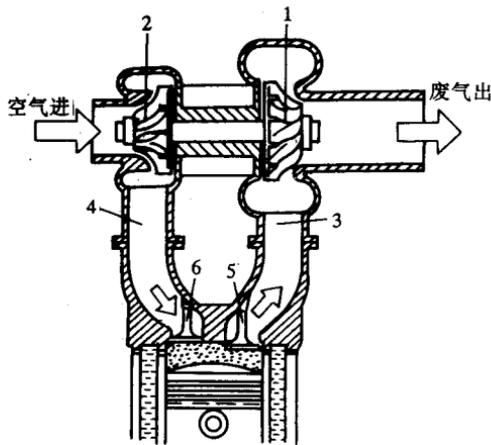


图 1-13 废气涡轮增压内燃机工作原理

1. 废气涡轮；2. 压气机；3. 排气管；
4. 进气管；5. 排气门；6. 进气门。

废气涡轮增压柴油机工作原理如图 1-13。废气涡轮增压器是由涡轮 1 和压气机 2 组成，涡轮与压气机装在同一轴上。柴油机排气管 3 与涡轮壳相接，而进气管 4 与压气机相接。当排气门打开时，废气经排气管流进涡轮叶轮，使涡轮产生高速旋转。废

气压力、温度越高，涡轮旋转越快。通过涡轮的废气，最后排入大气中。因压气机与涡轮装在同一轴上，所以压气机也同涡轮一起旋转，将空气吸入压气机。高速旋转的压气机将空气甩向叶轮外缘，使其速度和压力增加。进气门打开时，高压的空气经进气道、进气门进入气缸。这样使进气量增加，可以多喷入柴油，达到提高功率的目的。

废气涡轮增压内燃机与非增压内燃机相比，其优点是在相同气缸尺寸及行程条件下，可以增大功率。由于压气机消耗的功率由废气供给，不消耗内燃机本身功率，因此增压以后降低了耗油率，提高了经济性。增压还有利于改善内燃机的排放。但是内燃机增压后增加了内燃机机械负荷和热负荷；在性能上要求内燃机与增压器有良好的配合；同时由于增压器转速很高，对其材料和制造工艺也要求较高。

（四）内燃机总体构造

图 1-14 为单缸柴油机构造简图。

内燃机是比较复杂的机器，它是由许多机构和系统组成的。

1. 曲柄连杆机构。曲柄连杆机构包括活塞组、连杆组、曲轴飞轮组等，构成内燃机的主要运动部件。

它的作用是将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动；将作用在活塞上的燃气压力变为扭矩，通过曲轴输出。

2. 固定件。固定件包括机体、气缸盖和气缸套等，它们是内燃机的骨架，用以安装和支承所有的运动部件和辅助系统。

3. 配气系统。由凸轮轴、挺杆、挺柱、摇臂、气门等组成。它根据发动机工作循环的需要，及时正确地使混合气(汽油机)或新鲜空气(柴油机)进入气缸，并将燃烧后的废气排出气缸。

4. 燃料供给系。柴油机燃料供给系主要由油箱、输油泵、柴油滤清器、喷油泵、喷油器等组成。其功用是定时、定量、定压

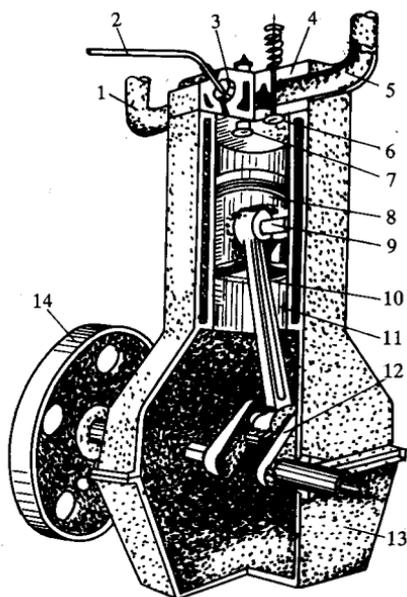


图 1-14 单缸柴油机构造简图

1. 进气管；2. 进油管；3. 燃烧室；4. 气缸盖；
 5. 排气管；6. 排气门；7. 进气门；8. 活塞；
 9. 活塞销；10. 连杆；11. 气缸；12. 曲轴；
 13. 曲轴箱；14. 飞轮。

地向燃烧室喷入柴油，并创造良好的燃烧条件，满足燃烧过程的需要。汽油机燃料供给系主要由油箱、输油泵、滤清器、化油器等组成。其功用是将汽油和空气按比例形成的可燃混合气连续地供给气缸，以满足混合气形成及燃烧过程的需要。

5. 冷却系。水冷系主要由与高温气体接触的气缸及气缸盖、水泵、散热器等组成。冷却系的主要功用是将受热零部件所吸收的多余热量及时地传导出去，以保证内燃机可靠地工作。

6. 润滑系。主要由机油泵、机油滤清器、机油散热器、各种阀等组成。它的功用是将机油送到各运动部件的摩擦表面，起到减少摩擦与磨损和冷却的作用。

7. 点火系。点火系是汽油机、煤气机等所特有的系统。其功用是在预定的时刻，及时产生电火花，点燃气缸内的可燃混合气。

8. 起动系。起动系是使内燃机由静止状态进入运转状态的装置，即内燃机起动。最简单的起动装置是人力(手摇)起动，对较大功率的内燃机必须采用电动机起动。

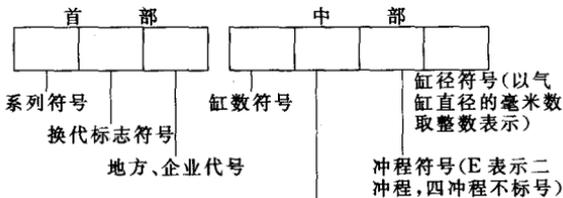
(五) 内燃机产品名称和型号编制规则

为便于内燃机的生产管理和使用，我国对内燃机名称和型号编制方法作了统一规定(GB725—91)。该规定的主要内容如下：

1. 内燃机名称按其所采用的主要燃料命名，例如柴油机、汽油机、煤气机等。

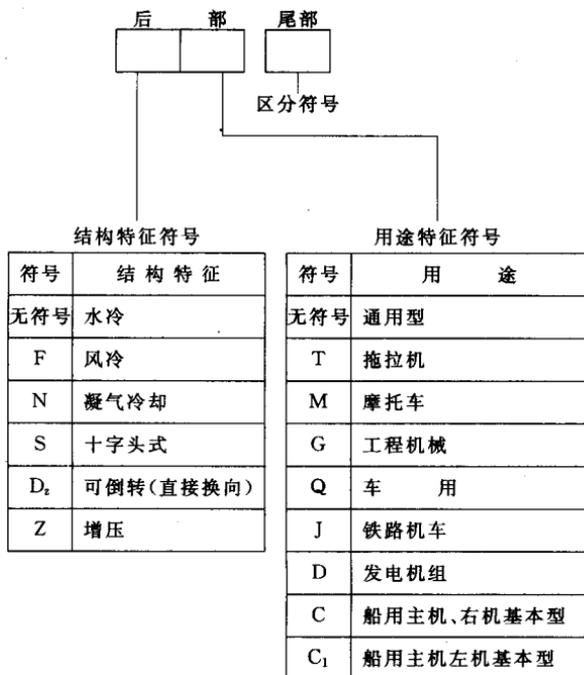
2. 内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成。

内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义规定如下：



气缸排列形式符号

符号	含义
无符号	直列及单缸卧式
V	V形
P	平卧形



示例

例 1：柴油机

12V135ZG 表示 12 缸、V 型、四冲程、缸径 135mm、水冷、增压、工程机械用。

例 2：汽油机

1E65F 表示单缸、二冲程、缸径 65mm、风冷、通用型。

(六) 内燃机的主要性能指标

内燃机的性能通常用动力性和经济性指标表示。在内燃机产品的铭牌和使用说明书中，均标注几种有代表性的性能指标，以便于使用人员了解内燃机性能，达到合理使用的目的。主要性能指标有：

1. 有效扭矩。内燃机曲轴上对外输出的扭矩,称为有效扭矩,用 M_e 表示,单位为牛顿·米(N·m)。

2. 有效功率。内燃机在单位时间内对外作的功,称为有效功率,用 N_e 表示,单位为千瓦(kW)。

$$N_e = \frac{\pi n}{30} M_e \times 10^{-3} \text{kW}$$

式中 M_e ——扭矩, N·m

n ——转速, r/min

有效功率是内燃机的主要性能指标之一,我国根据内燃机不同用途,规定有4种功率。

(1) 15分钟功率。为内燃机允许连续运行15分钟的最大有效功率。适用于汽车、摩托车、摩托艇等用途的功率标定。

(2) 1小时功率。为内燃机允许连续运行1小时的最大功率。适用于工业拖拉机、工程机械、内燃机车、船舶等的功率标定。

(3) 12小时功率。为内燃机允许连续运行12小时的最大功率。适用于农用拖拉机、农业排灌、内燃机车、船舶等的功率标定。

(4) 持续功率。为内燃机允许连续运行的最大功率。适用于农业排灌、船舶、电站等的功率标定。

在标定任一功率时,必须同时标定出相应的转速,称为标定转速。

3. 有效燃料消耗率。内燃机每发出1千瓦的功率,在1小时内所消耗的燃料量(克),称为有效燃料消耗率(比油耗),用 g_e 表示,单位为克/千瓦·小时。比油耗越低,内燃机的经济性越好。

$$g_e = \frac{G}{N_e} \times 10^3 \text{(克/千瓦·小时)}$$

式中 G ——内燃机每小时的燃料消耗量,单位为千克/小时

二、燃气轮机

(一) 燃气轮机特点及用途

燃气轮机与往复式内燃机、蒸汽机相比，是一种新型的动力机械。燃气轮机具有功率大、重量轻、体积小、振动小、噪声小、维修方便等优点，但也存在热效率低的缺点。

燃气轮机有广泛的应用范围。陆用于电站、汽车、机车和坦克等；燃气轮机是新型舰船动力装置，更能满足大中型水面舰艇的技术要求；在航空上，燃气轮机已占据了绝对优势。

(二) 燃气轮机的基本结构及作用原理

燃气轮机主要由压气机、燃烧室和涡轮三大部分组成，结构简图如图 1-15 所示。

燃气轮机工作时，压气机 1 把空气从大气吸入，并把它压缩使之具有一定的压力，然后把空气送入燃烧室 2，与喷入的燃料混合，点火燃烧，产生高压、高温的燃气。具有高压高温的燃气进入涡轮 3，进行膨胀作功，推动涡轮转动，并带动与之同轴的压气机一起高速旋转，从而把燃料的化学能部分地转换为机械功。

燃气在膨胀作功以后，其压力和温度都降低，可直接排入大

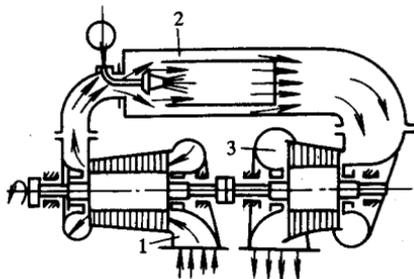


图 1-15 燃气轮机简图

1. 压气机；2. 燃烧室；3. 涡轮。

气，或经过回收部分热量以后排入大气。

在压气机中进行的是吸气及压缩过程；燃烧室中进行的是燃料的燃烧过程；涡轮中进行的是膨胀做功以及排气过程。各工作过程连续循环地进行，以维持燃气轮机的作功能力。

(三) 压气机

压气机是燃气轮机的一个重要组成部分。它的作用是完成燃气轮机热力循环中的空气压缩过程，提高工质(气体)的压力。压气机的类型有轴流式和离心式两种基本型式。它们的工作过程类似，但是流道形状及空气流动特点有所不同。

1. 轴流式压气机。在轴流式压气机中，空气沿与轴线平行的方向流动，其特点是空气流量大，但单级增压压力比较低，所以通常轴流式压气机都由多级组成，以获得较高的压力比。另外由

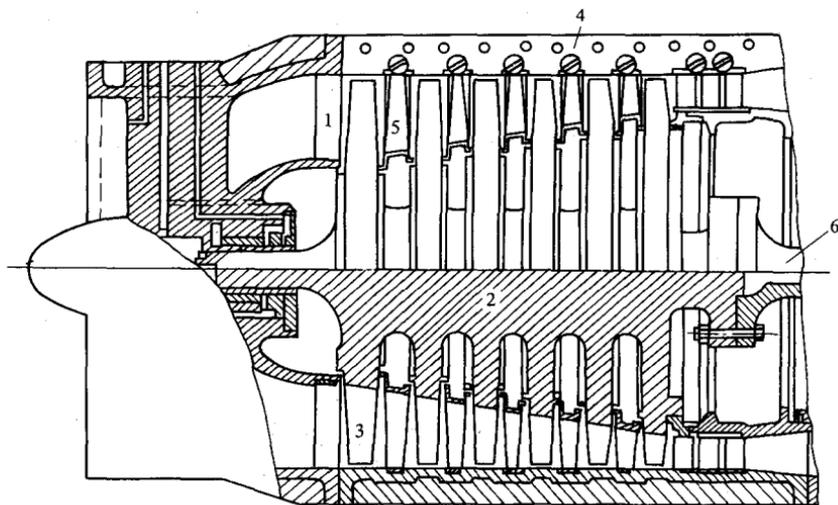


图 1-16 多级轴流式压气机剖面图

1. 导向器；2. 轮盘；3. 工作叶片；4. 机壳；5. 整流叶片；6. 转子轴。

于它的迎风面积小，空气流动不急转向，效率较高，因此，轴流式压气机在航空及大型燃气轮机中广泛应用。图 1-16 为多级轴流式压气机剖面图。

2. 离心式压气机。在离心式压气机中，空气大致沿和旋转轴线垂直的半径方向流动，因而也称为径流式压气机。它与轴流式压气机相比，空气流量小，效率较低；但单级离心压气机具有结构简单、外形短、重量轻等优点，对于小尺寸的压气机，离心式压气机的效率反而高于轴流式压气机的效率。因此，离心式压气机多用于小型的燃气轮机，见图 1-17。在活塞式内燃机的废气涡轮增压器中也采用离心式压气机。

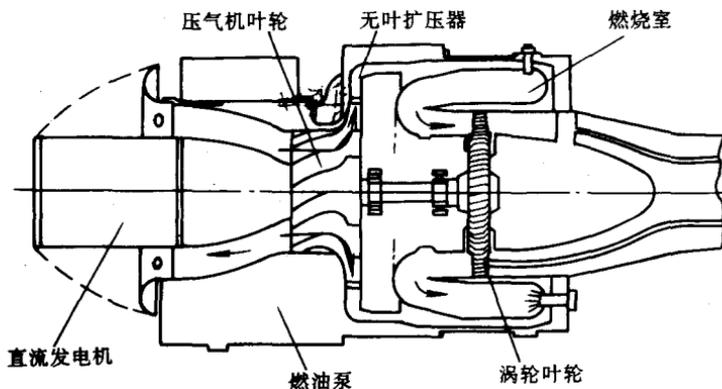


图 1-17 小型涡轮喷气机中的离心式压气机

(四) 涡轮

涡轮与压气机相反，它是将燃气的热能和压力能转变为轴上的机械功的一种叶轮式机械。

装有一列喷嘴环的定子和其后装有动叶片的工作轮组成涡轮的一个级。同压气机一样，涡轮也可由多个级组成，称为多级涡轮。

在燃气轮机中采用的涡轮分为两类：轴流式涡轮和径流式涡

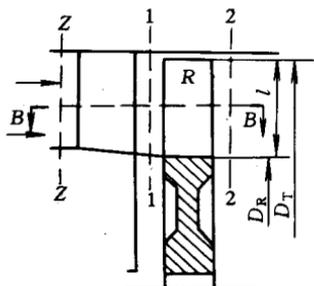


图 1-18 轴流式涡轮级的简图

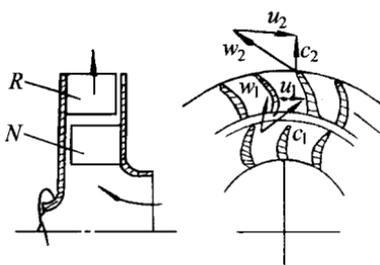


图 1-19 径流离心式涡轮及简图

N —喷嘴环； R —工作轮。

轮。两种涡轮级的结构简图见图 1-18 和图 1-19。工质流动方向与轴大致平行的称为轴流式涡轮，工质流动方向与轴大致垂直的称为径流式涡轮。径流式涡轮又分为径流向心式和径流离心式。轴流式和径流式涡轮虽然在结构上有较大差别，但工作原理基本相同。因为轴流式涡轮在大流量的情况下具有较高的效率，所以轴流式涡轮应用广泛，多在大型燃气轮机中采用。

(五) 燃烧室

在燃气轮机中，燃烧室位于压气机和涡轮的中间。其作用是将压气机送来的增压后的空气同燃料进行混合和燃烧，通过燃烧，把燃料的化学能以热的形式释放出来，使燃气的温度大大提高。工质的热能在涡轮中转变为机械功，所以燃烧室是燃气发生器。它是燃气轮机的一个重要部件。

图 1-20 是燃烧室的简图。燃烧室主要由燃烧室外壳 1，火焰管 2，涡流器 3，喷油嘴 4，混合器 5 以及为点燃燃料与空气形成的混合器而设置的点火器等组成。

燃烧室从总体结构上分为三大类：圆筒形燃烧室、管形燃烧室和环形燃烧室。

燃气轮机中的燃料为液体和气体燃料。常用的液体燃料有煤

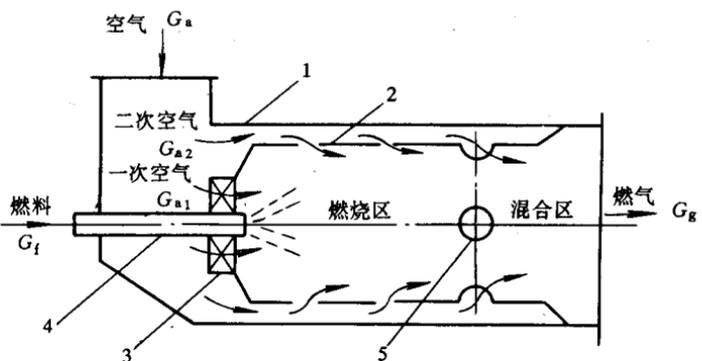


图 1-20 燃烧室简图

1. 外壳；2. 火焰管；3. 涡流器；4. 喷油嘴；5. 混合器。

油、轻柴油、重柴油、重油及原油。汽油由于其价格昂贵而且不安全，故在燃气轮机中不使用。常用的气体燃料有天然气，炼油厂气，焦炉煤气等。

第四节 机械传动

在传动装置中以机械传动的应用最为广泛。机械传动作用主要表现在三个方面：

1. 传递动力。传动装置的主要作用是为了将驱动力传递给工作部分以使机器做功。如汽车牵引力的传递。

2. 改变运动速度和方向。一台机器为了更好地完成工作任务，其工作部分的运动速度往往在一定的范围内变动，其工作运动方向也往往是变化的，这种频繁的变速或换向要求用动力装置直接完成是不能满足的，而必须由传递过程的变速装置和传动机构来完成。

3. 改变运动形式。一台机器工作机构的运动是根据机器的用途设计而来的, 所以要求其运动方式也是多样的, 如工作机构可以产生转动、直线运动、摆动、间歇运动或沿任一轨迹运动。这些不同的运动方式的完成主要由传动部分的不同机构来决定。

机器设备中常用的机械传动形式有: 螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动等。

一、螺旋传动

螺旋传动是通过螺杆与螺母的啮合来传递动力和运动的机械传动。它主要是用来将回转运动变为直线运动, 其结构主要由螺母、螺杆(或丝杠)组成。如图 1-21 所示。

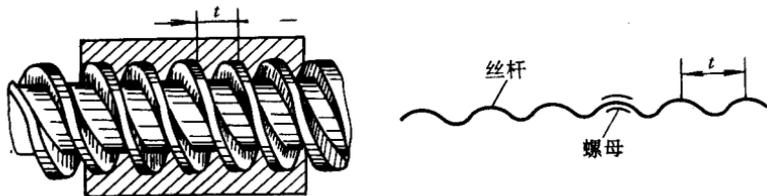


图 1-21 螺旋传动

普通螺旋传动的优点是结构简单, 工作平稳, 易于自锁。所以在机床、起重机、锻压设备中得到广泛应用, 其缺点是传动效率低, 不宜用于高速、大功率的传动。

二、带传动

带传动是利用胶带与带轮之间的摩擦作用将主动带轮的转动传到另一个被动带轮上去, 根据传动带的截面形状, 带传动又分为平型带传动、三角带传动、圆形带传动和齿型带传动。见图 1-22。

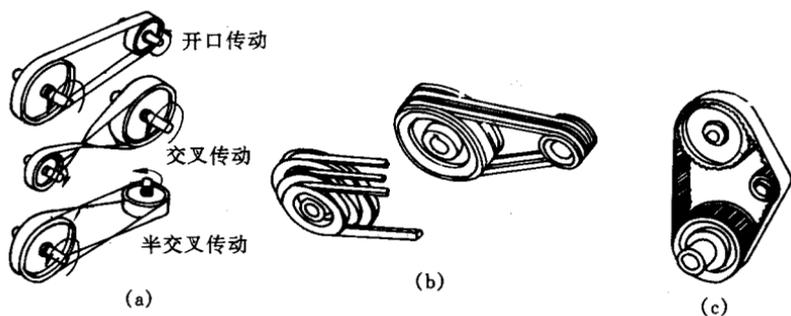


图 1-22 带传动

(a) 平型带传动；(b) 三角带传动；(c) 同步齿型带传动。

带传动的优点是传动平稳，噪声小，结构简单，可长距离地传递能量，可缓冲、减振，有超载保护作用。其缺点是外形尺寸大，不能保证准确的传动比。带传动以平型带传动和三角带传动应用最广。圆形带传动只能传递较小的功率。齿形带传动优点较多，是一种比较理想的带传动，它已逐渐应用于机床、轧钢机、通风设备、内燃机等机械之中。

三、齿轮传动

齿轮传动是用齿轮的轮齿互相啮合传递轴间的动力和运动的机械传动，如图 1-23 所示。齿轮传动是应用最早和最广的机械传动之一。我国三国时代出现的指南针和计里鼓车中就应用了齿轮传动系统。在近代机械工业中齿轮传动应用范围极广。从精密仪器中的直径不到 1mm 的小齿轮，到重型机械中的巨型齿轮。齿轮传动的优点是尺寸紧凑且承载能力高，传动效率高，传动比不变，工作可靠，寿命长。缺点是需要专门的制造工具和设备，对制造和安装的精度要求较高，否则噪声及振动较大。

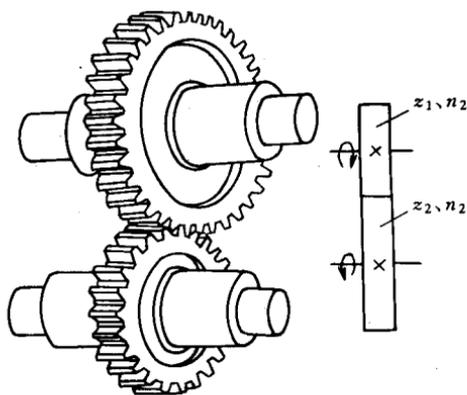


图 1-23 齿轮传动

四、链传动

链传动是通过链条与链轮轮齿连续不断地啮合来传递力和运动的机械传动。它由主动链轮、从动链轮和链条组成。如图 1-24 所示。

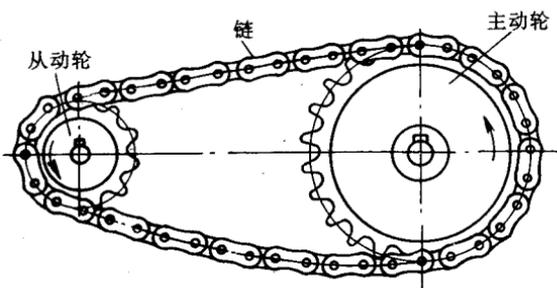


图 1-24 链传动的组成

中国东汉张衡发明的浑天仪中就采用了链传动。自 1874 年世界上出现了第一辆用链条传动的自行车以来，链传动的应用日益广泛。链传动的优点是平均传动比准确，传动效率高且可在恶劣

条件下工作。其缺点是瞬时传动比为变值，传动噪声较大。

五、蜗杆传动

蜗杆传动是通过蜗杆与蜗轮间的啮合传递运动和动力的机械传动，如图 1-25 所示。蜗杆传动中蜗杆为主动件，将其转动传给蜗轮。最常见的是两件的轴心线在空中是互相垂直的。需要指出的是这种传动方式只能蜗杆带动蜗轮转，反之则不可能。

蜗杆传动的优点是：可以获得较大的降速比，而且传动平稳，无噪音，结构紧凑。但效率低，需要良好的润滑条件。

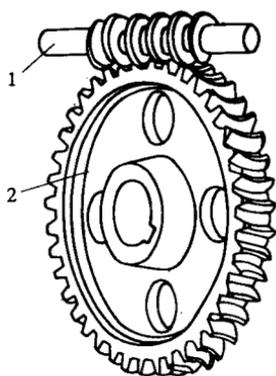


图 1-25 蜗杆传动

1. 蜗杆；2. 蜗轮。

第五节 液压传动

一、液压传动的工作原理

液压传动是依靠液体介质的静压力来传递能量的液体传动。

为了认识什么是液压传动，我们先观察和分析一个最简单的实际例子。图 1-26 是人们最常见的油压千斤顶工作原理图。

大小两个油缸 6 和 3 的缸体内部分别装有活塞 7 和 2，活塞与缸体之间保持一种良好的配合关系，不仅活塞能在缸内滑动，而且配合面之间又能实现可靠的密封。当用手向上提起杠杆 1 时，小活塞 2 就被带动上升，于是小缸 3 下腔的密封工作容积便增大。这时，由于钢球 4 和 5 分别关闭了它们各自所在的油路，所以在小

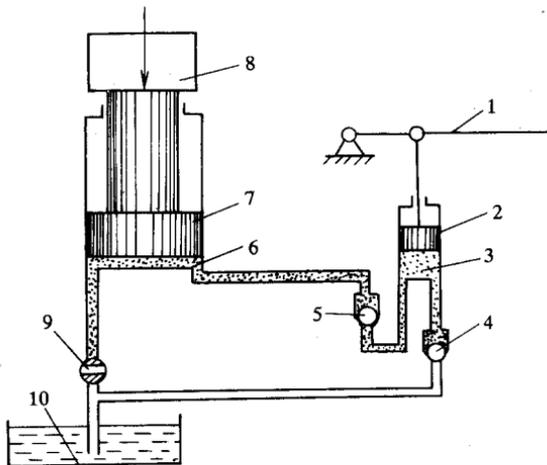


图 1-26 油压千斤顶工作原理

缸下腔形成了部分真空，油池 10 中的油液就在大气压力下推开钢球 4 沿吸油管道进入小缸的下腔，完成一次吸油动作，接着，压下杠杆 1，小活塞下移，小缸下腔的工作容积减少，便把其中的油液挤出，推开钢球 5（此时钢球 4 自动关闭了通往油池的油路），油液便经两缸之间的连通管道进入大缸 6 的下腔。由于大缸下腔也是一个密封的工作容积，所进入的油液因受挤压而产生作用力就推动大活塞 7 上升，并将重物 8 向上顶起一段距离。这样反复提、压杠杆 1，就可使重物不断上升，达到起重的目的。

若将放油阀 9 旋转 90° ，则在重物自重 G 的作用下，大缸 6 中的油液流回油池 10，活塞就下降到原位。由上述例子可以看出，油压千斤顶是一个简单的液压传动装置。分析油压千斤顶的工作过程，可知液压传动是以液体作为工作介质来传动的一种传动方式，它依靠密封容积的变化传递运动，依靠液体内部的压力（由外界负载所引起）传递动力。液压装置本质上是一种能量转换装置，它先

将机械能转换为便于输送的液压能，随后又将液压能转换为机械能作功。

二、液压传动系统的组成

从上面例子可以看出，只要控制油液的压力、流量和流动方向，便可控制液压设备动作所要求的推力(转矩)、速度(转速)和方向。实际的液压传动系统中，为满足生产中的各种要求，系统中还需要增加一些液压元件。图 1-27 为简化了的磨床工作台液压传动系统。

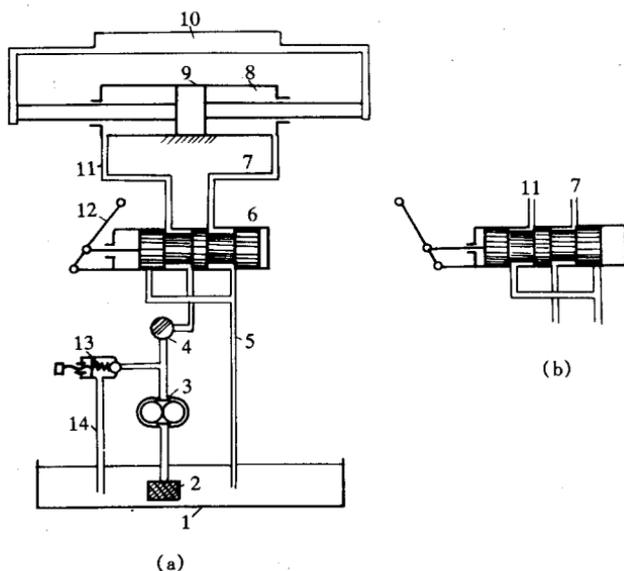


图 1-27 磨床工作台液压系统原理图

电动机带动液压泵 3 从油箱 1 经过滤器 2 吸油，并将有压力的油送入管路。从液压泵打出来的压力油就是推动工作台动作的能量来源。

当换向阀 6 阀芯处于图示位置时,压力油经阀 4、阀 6 和管道 11 进入液压缸 8 的左腔,推动活塞 9 带动工作台 10 向右运动,与此同时液压缸 8 右腔的油液经管道 7、阀 6 和管道 5 流回油箱。改变阀 6 阀芯的工作位置,使之处于左端位置时,如图 1-27(b)液压缸活塞反向运动。

改变流量控制阀 4 的开口,可以改变进入液压缸的流量,从而控制液压缸活塞 9 的运动速度。液压泵排出的多余油液经溢流阀 13 和管道 14 流回油箱。液压缸的工作压力取决于负载。液压泵打出油液的压力应当能够调整,这是由溢流阀 13 来完成的。从油泵 3 打出的压力油除通过阀 4 外,还有一个分路通向溢流阀 13,当溢流阀中钢球在弹簧压力作用下将阀口堵住时,压力油不能通过溢流阀,如果油的压力增大到一定程度,能够克服弹簧的作用力而将钢球顶开时,压力油就通过溢流阀,并经油管 14 流回油箱,油的压力就不会继续升高。因此,调节溢流阀中弹簧的压紧力就可调节压力油顶开溢流阀钢球时压力的大小,这样也就控制了油泵打出油液的压力。溢流阀同时还起着把油泵输出的多余油液排回油箱的作用。

从上面例子可以看出,液压传动系统由以下四个主要部分组成:

(一) 动力部分

把机械能换成油液压力能,用这压力油推动整个液压系统工作,常见的是液压泵。

(二) 执行部分

把液体的压力能转换成机械能输出的装置,如在压力油推动下作直线运动的液压缸或作回转运动的液压马达。

(三) 控制部分

对系统中流体压力、流量和流动方向进行控制或调节的装置,如上例中的溢流阀、流量控制阀、换向阀等。

(四) 辅助部分

保证液压传动系统正常工作所需的上述三种以外的装置，如油箱、过滤器、油管 and 管接头等。

图 1-27 所示液压原理图，其中各元件的图形基本上表示了它的结构原理，称为结构式原理图。这种原理图直观性强，容易理解，但图形较复杂，绘制不方便。为了简化液压原理图的绘制，通常采用图形符号来绘制系统原理图。图形符号脱离了元件具体结构，只表示元件的职能，用来表达系统中各元件的作用和整个系统的工作原理，简单明了，便于绘制。图 1-28 就是按国家标准 GB/T786—93 绘制的图 1-27 所示的液压系统原理图。

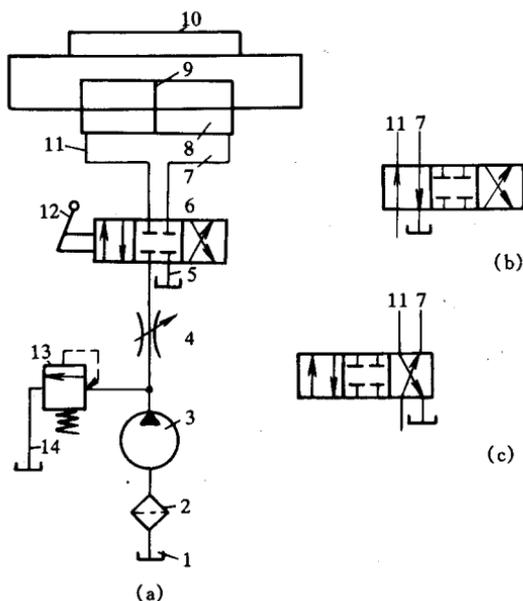


图 1-28 用职能符号表示的液压系统原理图

三、液压传动的优缺点

液压传动有以下优点：

1. 液压传动与机械、电力等传动方式相比，在输出同等功率的条件下体积和重量可减小很多，且系统中各部分用管道连接，布局安装有很大灵活性，能构成用其他方法难以组成的复杂系统。

2. 传递运动均匀平稳，不像机械传动因加工和装配误差引起振动和撞击，油液本身也有吸振能力，因此易于实现快速启动、制动和频繁的换向，可以在运行中实现大范围的无级调速。

3. 操作控制方便，省力，易于实现自动控制、过载保护。特别是与电气控制、电子控制相结合，易于实现自动工作循环和自动过载保护。

4. 液压元件易于实现系列化、标准化、通用化，便于设计、制造和推广使用。

液压传动也有一些缺点：

1. 由于液压传动采用油液为介质，在相对表面间不可避免的要有泄漏，同时油液也不是绝对不可压缩的，因此不能严格保证定比传动。

2. 液压传动对温度比较敏感，在高温和低温条件下采用液压传动有一定的困难。

3. 液压元件制造精度较高，系统工作过程中发生故障不易诊断。

四、液压泵

在液压系统中，液压泵是作为一定流量、压力的液压能源。从能量互相转换的观点来看，液压泵是将带动它工作的电动机(或其他发动机)输入的机械能转换成流动油液的压力能。液压泵的性能好坏直接影响到液压系统的工作性能和可靠性，它是液压传动中

一个主要组成部分。

在介绍常用的液压泵之前，先结合一个简单的柱塞泵来对它的基本原理进行分析。

图 1-29 所示的单柱塞油泵中，柱塞 7 装在泵体 6 中，在弹簧 1 的作用下，柱塞的一端靠紧在偏心轮 8 的外表面上，当电机 9 带动偏心轮 8 回转时，柱塞在弹簧作用下向下运动，柱塞与缸体孔组成的油腔 a 容积增大，形成真空，油箱中的油液在大气压力作用下，经过管 5，顶起阀 2 中的小钢球进入油腔 a ，此时油泵在吸油。到偏心轮几何中心转到最下点时，吸油终止。偏心轮继续旋转，则柱塞被推向上移动，油腔 a 的容积减小，油液被挤在密封的容积中压力升高，此时阀 2 中小钢球落下封住吸油管，油腔 a 中的压力油只能顶开阀 3 中钢球，沿油管 4 流到工作系统中去，此过程为排油，这样单程柱塞泵就将电动机带动它工作时输入的机械能转换为油液的压力能。

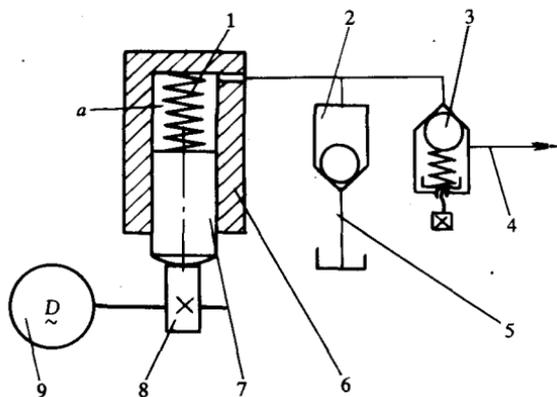


图 1-29 单柱塞油泵简图

1. 弹簧；2. 阀；3. 阀；4. 油管；5. 油管；
6. 泵体；7. 柱塞；8. 偏心轮；9. 电机。

由上述分析可以看出：液压泵必须具有一个运动部件（柱塞）和非运动件（缸体）所构成的密闭容积，该容积的大小随运动件的运动发生周期性变化。容积增大时形成真空，油箱的油液在大气压作用下进入密封容积（吸油）；容积减小时油液受挤压，克服管路阻力排出（排油）。因为它的吸油和排油均依赖密闭容积的容积变化，因此称之为容积式泵。

液压泵按其结构形式可分为齿轮泵、叶片泵、柱塞泵、螺杆泵等；按泵的使用压力可分为低压泵、中压泵与高压泵；按泵的流量特征可分为定量泵与变量泵。所谓定量泵是指油泵转速不变时，流量不能调节；而变量泵则在转速不变时，通过调节可使泵输出不同

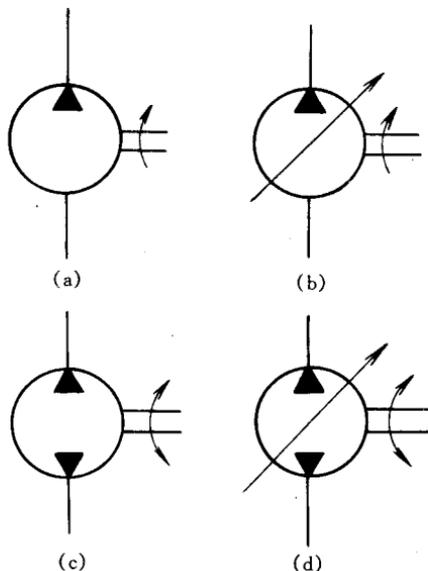


图 1-30 液压泵的图形符号

(a) 单向定量液压泵；(b) 单向变量液压泵；

(c) 双向定量液压泵；(d) 双向变量液压泵。

的流量。叶片泵与柱塞泵可制成定量的与变量的液压泵，齿轮泵目前只能做成定量泵。

液压泵的图形符号如图 1-30 所示。

(一) 齿轮泵

齿轮泵是由装在壳体内的一对齿轮所组成，如图 1-31 所示。

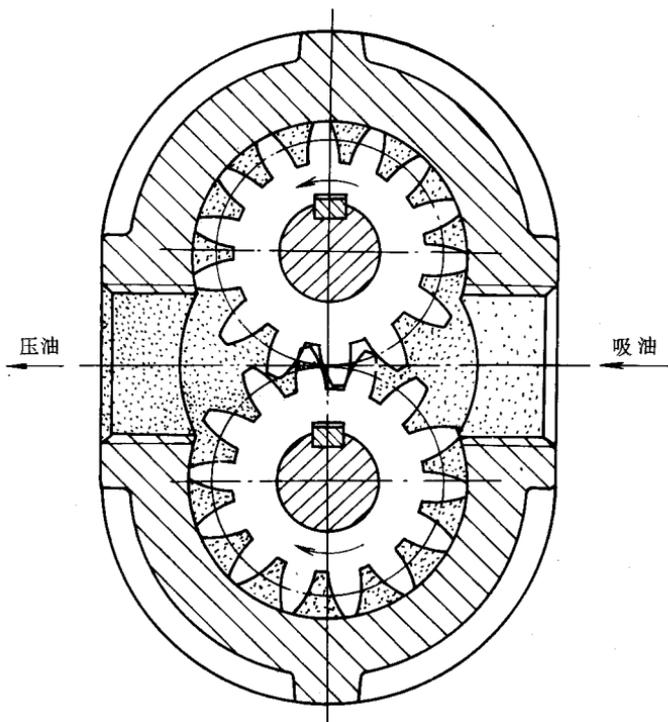


图 1-31 齿轮泵的工作原理

齿轮两端面靠端盖密封。壳体、端盖和齿轮的各齿间槽共同形成密封的工作空间，当齿轮按图 1-31 所示的方向旋转时，右侧吸油腔的牙齿逐渐分离，工作空间的容积逐渐增大，形成部分真空，因此油箱中油液在外界大气压力的作用下，经吸油管进入吸

收腔，吸入到齿间的油液在密封的工作空间中随齿轮旋转带到左侧压油腔，因左侧的牙齿逐渐啮合，工作空间的容积逐渐减小，所以齿间的油液被挤出，从压油腔输送到压力管路中去。

齿轮泵由于其结构简单、重量轻、制造容易、成本低、工作可靠、维护方便，已广泛应用在压力不高的液压系统中。齿轮泵的缺点是漏油较多，轴承载荷大，因而使压力提高受到一定限制。齿轮油泵在结构上采取措施后也可以达到较高的工作压力。

(二) 叶片泵

叶片泵一般分为单作用叶片泵和双作用叶片泵。单作用叶片泵转子每转一周有一次吸油和压油，故而得名变量泵。双作用叶片泵转子每转一周完成两次吸油与压油，故称为双作用，它是定量泵。

下面介绍目前使用较多的双作用叶片泵，如图 1-32 所示。

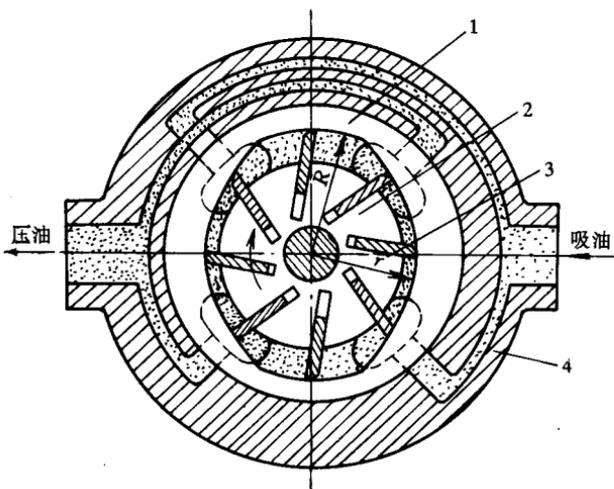


图 1-32 双作用叶片泵的工作原理

1. 定子；2. 转子；3. 叶片；4. 泵体。

它由定子 1、转子 2、叶片 3、泵体 4 和端盖等组成。各叶片

分别安放在转子槽内，并可沿槽滑动。转子和定子中心重合。定子内表面近似椭圆形，由两段长半径 R 圆弧、两段短半径 r 圆弧和四段过渡曲线所组成。当电动机带动转子按图示方向旋转时，叶片在离心力作用下向外甩出，贴紧定子内表面并随转子旋转。由于定子内表面曲线的变化而迫使叶片在槽内往复滑动。转子旋转一周每一叶片往复滑动两次，每相邻两叶片间的工作容积就发生两次增大和缩小的变化，完成两次吸油和压油。

双作用叶片泵的输油量均匀、压力脉动小、容积效率较高。由于吸、压油对称分布，转子承受的径向液压相互平衡，所以这种泵可以提高输油压力。与齿轮泵相比，叶片泵结构比较复杂，零件制造比较困难。

（三）螺杆泵

螺杆泵也是容积泵的一种，由封闭空间的容积变化完成吸油和压油工作。图 1-33 为一种三螺杆泵结构图。

螺杆泵一般是一根主动螺杆 4 和两根从动螺杆 5 安装在泵体 6 内。互相啮合的三根螺杆与壳体之间形成多个密闭容积，每个密闭的容积为一级，其长度约等于螺杆的螺距。当主动螺杆旋转方向从轴头伸出端看去为顺时针方向，左端螺杆密封空间逐渐形成，容积增大为吸油腔；右端螺杆密封空间逐渐消失，容积减小为压油腔。在吸油腔与压油腔之间至少有一个完整的密闭工作腔。螺杆级数越多，泵的额定压力越高。

螺杆泵的优点是：输出流量均匀，噪声低，特别适用于对压力和流量稳定要求较高的精密机械。但螺杆齿形复杂，加工困难。

五、液压马达与液压缸

液压马达和液压缸是液压传动系统中的执行元件。

液压马达是将液体的压力能转换为旋转机械能的装置。从工

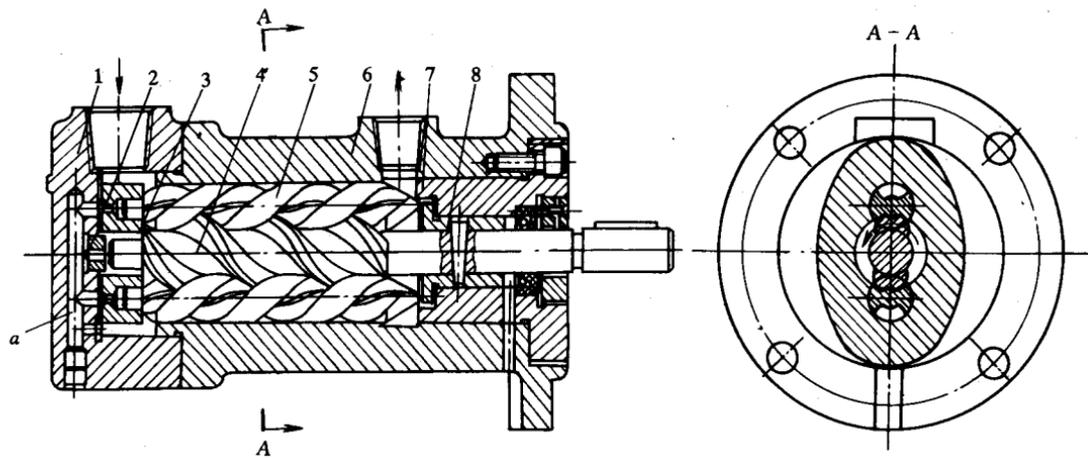


图 1-33 螺杆泵结构图

1. 泵盖; 2. 润滑槽; 3. 止推铜套;
4. 主动螺杆; 5. 从动螺杆; 6. 泵体; 7. 压盖; 8. 铜套。

作原理上看，液压传动中的泵和马达都是靠工作腔密封容积的容积变化而工作的。所以说液压泵可以作液压马达用。反之也一样，即液压泵与液压马达有可逆性。如齿轮泵工作时，要用电动机输入一定的转矩，以克服输出的压力油作用在齿轮上的阻力矩。如果不用电动机，而用压力油输入齿轮油泵，则压力油作用在齿轮上的转矩将使齿轮回转，并可在齿轮的传动轴上输出一定的转矩，这时齿轮泵就成为齿轮油马达。

尽管液压泵与液压马达从原理上讲是相同的，但实际上由于两者的工作状态不一样，为了更好地发挥各自工作性能，在结构上存在某些差别，使之不能通用。

常用的高速液压马达有：齿轮液压马达、叶片液压马达、轴向柱塞马达等；常用的低速液压马达有：单作用连杆型径向柱塞马达、多作用内曲线径向柱塞马达等。

液压缸与液压马达一样，也是将液压能转变成机械能的一种能量转换装置，所不同的是液压马达将液压能转变成成为连续回转动机械能，液压缸将液压能变成直线运动或摆动的机械能。

液压缸的种类繁多，通常根据其结构特点分为活塞式、柱塞式、回转式三大类；按其作用来分有单作用式和双作用式。下面介绍几种常用的液压缸。

（一）双杆活塞缸

双杆活塞缸的活塞两侧都有一根活塞杆伸出，图 1-34(a)所示为缸筒固定式双杆活塞。当油缸右腔进油、左腔回油时，活塞向左移动；反之，活塞向右移动。当左、右两腔先后进入流量及压力皆相同的压力油时，活塞往复速度和推力是一样的。由于它的进、出油口位于缸筒两端，活塞通过活塞杆带动工作台移动，工作台移动范围等于活塞有效行程的三倍，占地面积大，因此仅适用于小型机器。图 1-34(b)是活塞固定式，缸筒与工作台相连，活

塞杆通过支架固定在机器上。此种安装形式，工作台移动范围等于活塞有效行程的二倍，占地面积小，常用于大、中型设备中。

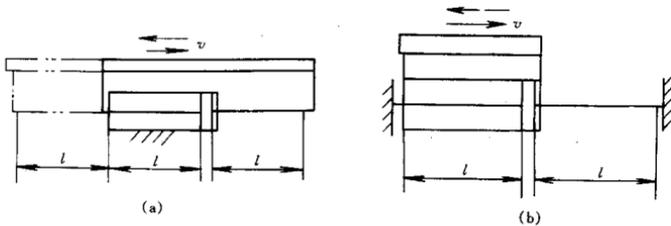


图 1-34 双杆活塞缸

(二) 单杆活塞缸

图 1-35 为单杆活塞缸原理图，这种液压缸的特点是油缸中的活塞一端有杆而另一端无杆，所以活塞两端的有效面积不相等。当压力油进入无杆腔时，活塞有效面积大，速度低，但推力大；当压力油进入有杆腔时，活塞有效面积小，速度高，但推力小。

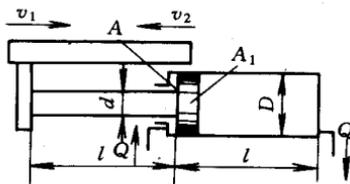


图 1-35 单杆活塞缸原理图

(三) 柱塞液压缸

活塞式液压缸的活塞与缸筒内孔有配合要求，要有较高的精度，特别是缸筒较长时，加工很困难。如图 1-36 所示的柱塞液压缸就可以解决这个困难。它由缸体 1、柱塞 2、铜套 3、钢丝圈 4 等零件组成。压力油从左端进入油缸，推动柱塞向右移动。柱塞端面是承受油压的作用面，而动力是通过柱塞本身传递的。柱塞液压缸只能在压力油作用下产生单向运动，它的回程需借助外力

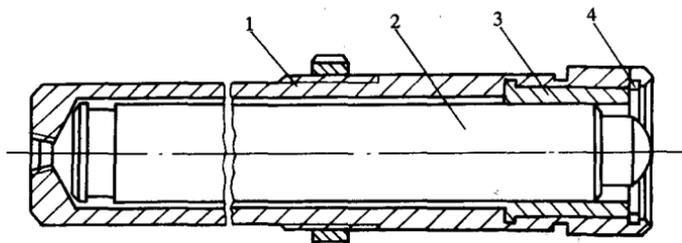


图 1-36 柱塞式液压缸结构简图

1. 缸体；2. 柱塞；3. 铜套；4. 钢丝圈。

作用(垂直放置时柱塞自重、弹簧力、其他外力等)。

为了获得双向往复运动，柱塞液压缸常成对使用。

液压缸的职能符号如图 1-37 所示。

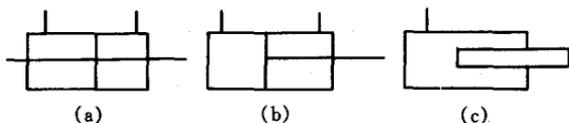


图 1-37 液压缸职能符号

(a)双出杆活塞油缸；(b)单出杆活塞油缸；(c)柱塞油缸。

六、液压控制阀

液压控制阀在液压系统中常用来控制液流的压力、流量和方向,以满足液压系统的工作性能要求。根据用途和工作特点不同,液压控制阀可以分成以下三大类:

1. 方向控制阀。用来控制和改变液压系统中液流方向的阀类,如单向阀、液控单向阀、换向阀等。

2. 压力控制阀。用来控制或调节液压系统液流压力的阀类,如溢流阀、减压阀、顺序阀等。

3. 流量控制阀。用来控制和调整液流流量的阀类,如节流阀、

调速阀等。

为了缩短管道和减少元件的数目,可以把常用的两个或两个以上的阀类元件装在一个阀体内,这样就构成了复合阀,甚至将几种不同类型的阀类元件合并在一个体内成为液压操纵箱。

(一) 方向控制阀

方向控制阀包括单向阀和换向阀两类。

单向阀的作用是只许油液往一个方向流动,不能反向流动。要求其正向液流通过时压力损失小,反向截止时,密封性能好。图 1-38 为常用单向阀结构。当压力油从进油口 P_1 流入时,克服弹簧的作用力顶开阀芯,经阀芯上的四个径向孔及内孔从出油口 P_2 流出。当油流反向时,在弹簧和压力油的作用下,阀芯锥面紧压在阀体上的阀座上,使油不能通过。

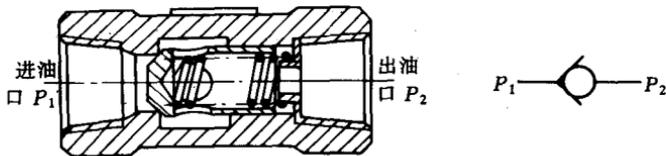


图 1-38 单向阀结构

根据系统的需要,有时要使被单向阀所闭锁的油路重新接通,因此,可把单向阀做成闭锁方向能够控制的结构,这就是液控单向阀(如图 1-39 所示)。

当控油口 K 不通压力油时,油液只可以从 P_1 进入顶开单向阀,从 P_2 流出。若油从 P_2 进入时,单向阀 3 闭死,油不能通到 P_1 。当控制口 K 接通压力油时,则活塞 1 左部受油压作用,因活塞的右腔是和泄油口相通的(图中未表示),所以活塞向右运动,通过顶杆 2 将单向阀向右顶开,这时 P_1 和 P_2 两腔相通,油可以在两个方向自由流通。图 1-39(b)是液控单向阀的符号。

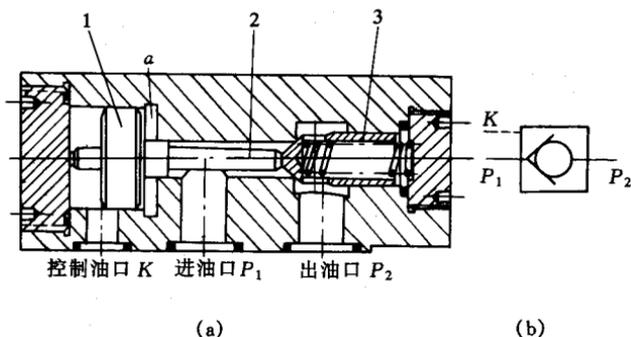


图 1-39 液控单向阀

1. 活塞；2. 顶杆；3. 单向阀。

换向阀是利用阀芯在阀体孔中作相对运动，使油路接通或切断而改变油流方向的阀。按阀芯运动方式的不同，换向阀分为滑阀与转阀两种；按操作控制方法的不同，换向阀又可分为手动阀、机动阀、电磁阀、液动阀及电液动阀；按阀体连通的主油路数可分为二通、三通、四通等；按阀芯在阀体内的工作位置可分为二位、三位、四位等。

在目前的液压系统中，滑阀式换向阀应用较多，其工作原理见图 1-40。

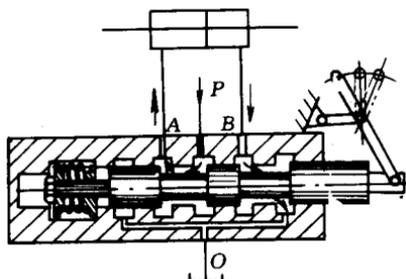


图 1-40 滑阀式换向阀工作原理

阀体上开有环形槽(沉割槽)和连接的通道相通,阀芯上也具有相应的沟槽,若改变阀芯的相对位置,就能改变各通道之间的相互连通关系。

图 1-40 中 P 为来自油泵的高压油, A 与油缸左腔相通, B 与油缸右腔相通, O 与油箱相通, 于是高压油从 P 与 A 口或 B 相通, 而使油缸中活塞带动活塞杆左右移动。图示位置是 P 与 A 相通, B 与 O 相通。机动换向阀、电磁换向阀、液动换向阀的工作原理与上述相同, 只是操纵阀芯运动的方式不同。如电磁换向阀是利用电磁铁推动阀芯移动来控制油流方向的, 其结构及职能符号见图 1-41。

滑阀换向阀的职能符号的含义是:

1. 用方格表示阀的工作位置。二格即二位, 三格即三位, 靠近弹簧的一格表示常态下滑阀工作位置(三位阀的中格为常态位置), 靠近控制符号的一格为控制力作用下的滑阀工作位置。如图 1-41 所示电磁换向阀是二位三通, 因为有两个方格, 常态下 P 与 A 相通, 电磁铁控制时 P 与 B 相通。

2. 用箭头表示液流方向。符号“ \perp ”“ \downarrow ”表示液流被堵截, 箭头或堵截符号与方格的交点表示阀的接出通路。任一方格的交

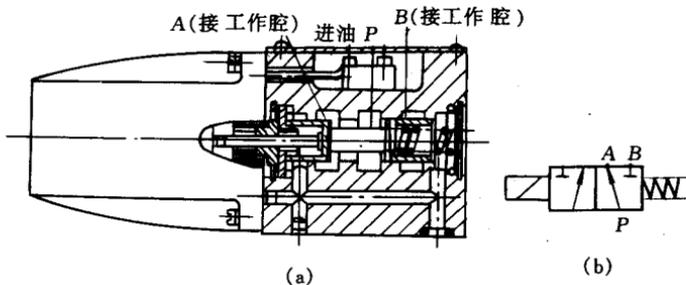


图 1-41 电磁换向阀

点数即为该滑阀的通路数。

(二) 压力控制阀

在液压系统中是用压力阀来控制 and 调节液体压力的。这类阀一般是根据作用在阀芯上的液体压力和弹簧力相平衡的原理而进行工作。常用的压力控制阀有溢流阀、减压阀、顺序阀和压力继电器等。

1. 溢流阀。溢流阀的功能是溢出液压系统中的多余液压油(流回油箱),并使液压系统中的油液保持一定的压力,以满足液压传动的工作需要。此外,还可以用来防止系统过载,起安全保护作用。

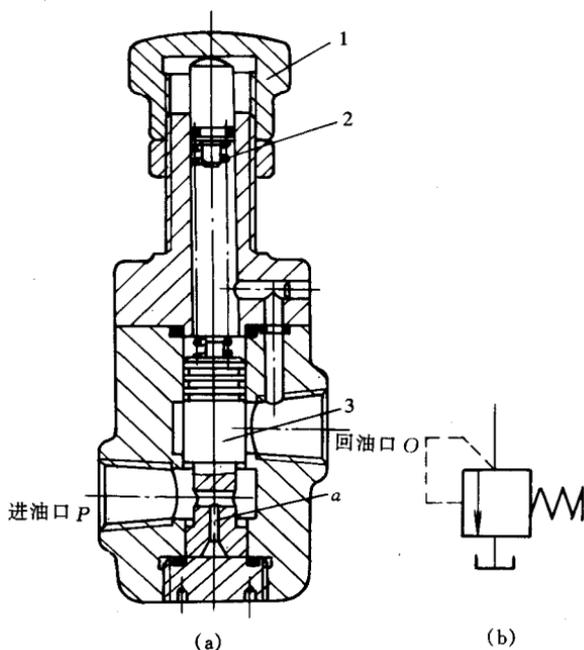


图 1-42 直动溢流阀

溢流阀按结构型式分为直动型和先导型，图 1-42 为直动型溢流阀的结构图。 P 是进油口， O 是回油口，进口压力油经阀芯 3 中间小孔 a 作用在阀芯的底部端面上。当进油压力较小，阀芯在弹簧 2 的作用下处于下端位置，将 P 和 O 两油口隔开；当进油压力较高时，在阀芯下端所产生的作用力超过弹簧压力 P 簧时，阀芯上升，阀口被打开，将多余油排回油箱。调整螺帽 1，可以改变弹簧压紧力，这样就调整了溢流阀进油口处的油压 P 。

2. 减压阀。减压阀的用途是用来减低液压系统中某一部分压力，使这一部分得到比油泵所供油压较低的稳定压力。减压阀在各种夹紧系统、控制系统和润滑系统中应用较多。减压阀按它的工作原理也有直动式和先导式两类，一般采用先导式的较多。图 1-43 为减压阀工作原理图和职能符号。

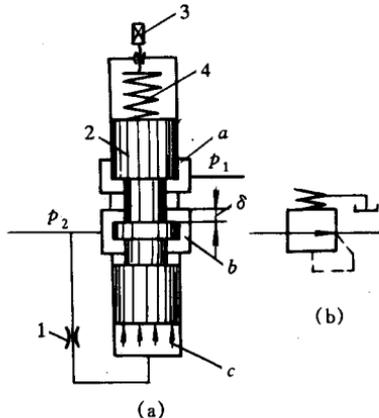


图 1-43 减压阀工作原理

1. 阻尼小孔；2. 阀芯；3. 调节螺帽；4. 弹簧。

P_1 为高压油，从阀体油口 a 经阀芯开口到另一油口 b ，由于开口量 δ 较小起阻尼作用，造成压力损失，故出来的压力 P_2 就比进

油压力低。如果 P_1 稍升高, 瞬时 P_2 也升高了。但 P_2 升高后, 通过阻尼小孔到底部 c 的压力也升高, 使阀芯 2 提升, 开口量 δ 就减小, 阻力加大, 使 P_2 恢复原值。反过来, 如果 P_2 稍减小, 底部 c 的压力也减小, 则由弹簧 3 的作用使阀芯 2 下降, 开口量 δ 增大, 阻力减小, P_2 又上升到原值, 因此减压阀是将 P_1 降到 P_2 , 并使 P_2 稳定。

(三) 流量控制阀

流量控制阀是靠改变工作开口的大小和油液流过通道的长短来控制阀的流量, 从而调节执行机构(液压缸或液压马达)的运动速度。油液流经小孔或狭缝时, 会遇到阻力, 阀口的通流面积越小, 过流通道越长, 油液通过时的阻力就越大, 因而通过的流量就越小。流量控制阀就是利用这个原理制造的。常用的流量阀有普通节流阀、调速阀、温度补偿阀、溢流节流阀等。节流阀的职能符号如图 1-44 所示。

(四) 液压操纵箱

在有的液压系统中, 往往要根据液压系统的性能要求, 将许多不同类型的阀类元件合并在一个阀体内, 成为专门的液压操纵箱。采用液压操纵箱可以显著地缩小液压元件的总体积, 缩短阀间的通道, 减少油管 and 管接头并改善液压系统的性能, 同时操纵也很方便。但液压操纵箱设计和制造比较复杂, 阀和通道的布置受限制, 且工作循环不易改变, 故液压操纵箱适用于成批生产的液压系统中。



图 1-44 流量控制阀的职能符号

七、液压辅件

液压辅件是液压系统中的一个重要组成部分,它包括蓄能器、过滤器、油箱、热交换器、密封装置、压力装置等。液压辅件的合理设计与选用,将在很大程度上影响液压系统的效率、噪声、温升、工作可靠性等技术性能。

(一) 蓄能器

蓄能器是液压系统中一种储存油液压力能的装置,其主要功能有下列几方面。

1. 作辅助动力源。在液压系统工作循环中不同阶段需要流量变化很大时,常采用蓄能器和一个流量较小的泵组成油源。当液压系统需要小流量时,蓄能器将液压泵多余的流量储存起来。当系统短时期需要大流量时,蓄能器将储存的压力油释放出来,与泵一起向系统供油。当油泵发生故障时,蓄能器可做应急能源紧急使用,如现场要求防火、防爆,也可用蓄能器作为独立能源。

2. 保压和补充泄漏。有的液压系统需要长时间保压而液压泵卸载,此时可利用蓄能器释放所储存的压力油,补充系统泄漏,保持系统的压力。

3. 吸收压力冲击和油泵的压力脉动。由于液压阀突然关闭或换向,系统可能产生压力冲击,在压力冲击处安装蓄能器起吸收作用,避免压力过高造成元件损坏。此外还可以吸收泵的压力脉动,提高系统的平稳性。

常见的蓄能器有活塞式、皮囊式和气瓶式。

(二) 过滤器

在液压系统中,液压油中的脏物会引起运动零件划伤、磨损甚至卡死、堵塞管道小孔,因此,保持油的清洁是十分重要的。过滤器的功用就是滤去油液中杂质,维护油液的清洁,防止油污染。

过滤器按过滤材料的过滤原理来分有表面型、深度型和磁性过滤器三种。

(三) 油箱

油箱在液压系统中主要功用是储存液压系统所需的足够油液，散发油液中的热量，分离油液中气体及沉淀污物。

图 1-45 为一油箱简图。图中 1 为吸油管，4 为回油管，中间有两个隔板 7 和 9，隔板 7 用作阻挡沉淀杂物进入吸油管，隔板 9 用作阻挡泡沫进入吸油管。脏物可以从油阀 8 放出，加滤油网 2 设在回油管一侧的上部，盖 3 上有通气孔，滤油网 2 兼起过滤空气作用，6 是油面指示器。通常油箱用 2.5~5mm 钢板焊接而成。

液压系统中油液的正常工作温度为 20~65℃，为了避免因各种原因造成油温过高或过低，在液压系统中还没有冷却器和加热器。

液压辅件的职能符号图见图 1-46。

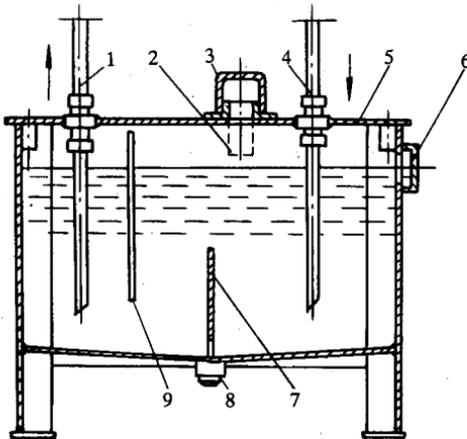


图 1-45 油箱简图

1. 吸油管；2. 滤油网；3. 盖；4. 回油管；
5. 盖；6. 油面指示器；7. 9. 隔板；8. 放油阀。

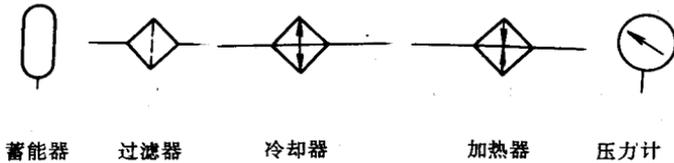


图 1-46 液压辅件的职能符号图

八、液压基本回路

任何液压系统都是由一些基本回路组成。所谓基本回路是指一些液压元件组合后实现某种规定的功能，如：工作运动速度的调节，快速运动、工作压力的调整，油泵的卸荷，运动的换向或不同运动的换接等。

(一) 速度控制回路

速度控制回路包括调整工作行程速度的回路和获得快速空行程的回路，而调整工作行程速度的方法目前主要有用定量泵的节流调速、用变量泵和节流阀的调速、容积调速等三种方法。下面介绍一种定量泵节流调速回路，如图 1-47 所示。

图 1-47(a)为进油节流调速回路。节流阀装在进油路上，油泵的供油压力 P_0 由溢流阀调节，基本上保持一定。油缸右腔的油压 P_2 接近于 0，油缸左腔的油压 P_1 则由活塞上载荷 P 的大小决定。 P_0 和 P_1 的差值即为在节流阀前后的压力差。进入油缸的油量由节流阀调节，多余油液经溢油阀流回油箱。

图 1-47(b)为回油节流调速回路。将节流阀串联在液压缸回油路上，借助节流阀控制液压缸的排油量来实现速度调节。回油节流调速的主要优点是因节流阀在回油路上而产生较大的背压，运动比较平稳，所以多用在载荷变化较大、要求运动平稳性较高的液压系统中。

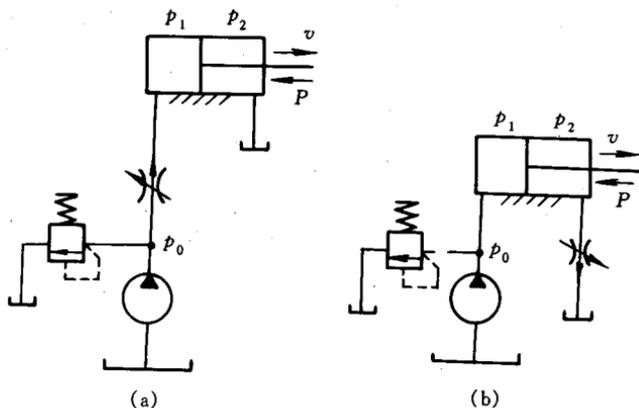


图 1-47 定量泵节流调速回路

(二) 压力控制回路

压力控制回路是利用压力控制阀来控制整个液压系统或局部油路的压力，达到调压卸载、减压、增压、平衡、保压等目的。

对于一般进油或回油节流调整系统，油泵的工作压力可用溢流阀来调节。如果在某一支路上需要比油泵的工作压力低的稳定压力，则可在油路中串联一个减压阀，所需减压后压力的大小可用减压阀来调节。又如当液压系统中的工作部分停止运动以后，应使油泵卸荷，这样可以节省动力消耗，减少液压系统的发热，并可延长油泵的寿命。图 1-48 所示为一常用的卸荷回路。当系统工作时，二位二通电磁阀 2 通电，阀的油路断开，油泵 1 输出的压力油进入系统。当工作部件停止运动时，使二位二通电磁滑阀断电，这时油泵 1 输出的油液就可以通过阀 2 流回油箱，使油泵卸荷。

(三) 方向控制回路

方向控制回路是通过控制执行元件液流的通断或变向，来实现液压系统执行元件的启动、停止或改变运动方向的回路。常用的方向控制回路有换向回路、锁紧回路和制动回路。图 1-49 所示

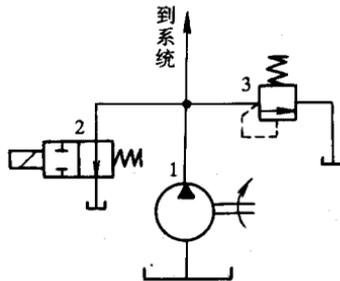


图 1-48 卸荷回路

1. 油泵；2. 电磁阀；3. 溢流阀。

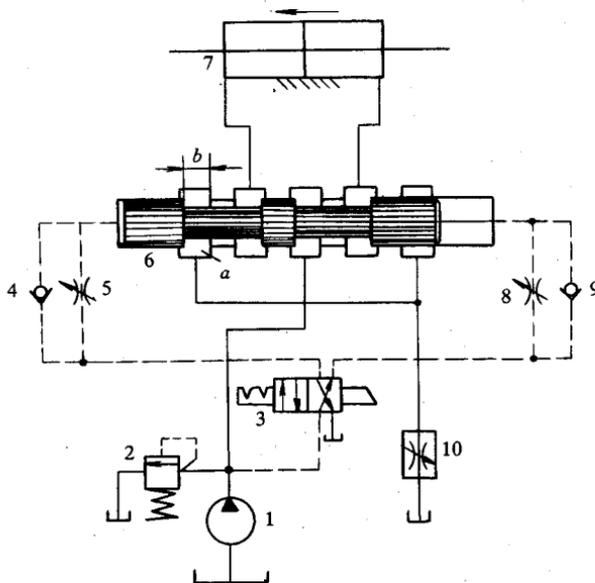


图 1-49 时间控制制动的换向回路

1. 油泵；2. 溢流阀；3. 先导阀；4. 单向阀；5. 节流阀；
6. 换向阀；7. 油缸；8. 节流阀；9. 单向阀；10. 节流阀。

为一种较简单的时间控制制动的换向回路。

在图示位置时活塞向左运动，当活塞在换向前，挡铁通过杠杆使机动先导阀 3 换向，阀芯移到右端位置，这时控制压力油经先导阀 3、单向阀 4 进入换向阀 6 的左端，使换向阀 6 的阀芯向右移动。换向阀的阀芯向右移动之前，活塞虽已使先导阀 3 换向，但活塞仍继续以原来速度向前运动。而在换向阀的阀芯开始移动之后，油缸左腔的回油路上换向阀 6 的环槽 a 的开口逐渐减小而产生节流作用，使活塞得到制动。当环槽 a 的开口为零时，回油路封闭，活塞停止运动。在换向阀的结构确定以后，换向阀开口的初始宽度 b 的数值也是一定的，这样节流阀 8 调定后，在工作过程中换向阀阀芯从环槽 a 的开口最大时，移动距离 b 到回油路封闭所需的时间也是一定的，也就是说活塞进行制动的的时间是一定的，所以这种制动方式称为时间控制制动。调整节流阀 8 时可以调节制动时间。

时间控制制动的优点是构造比较简单、制动时间可随工作情况进行调整。它的缺点是换向时冲击量大，换向精度差。

九、液压系统实例

图 1-50 为 M1432A 万能外圆磨床液压系统原理图。这台磨床的液压系统可分为工作台往复运动，砂轮架的快速进退，尾架套筒的退回和其他辅助装置等部分，现仅就工作台的往复运动做一分析。

1. 换向回路：为了使换向平稳并能调节换向停留时间，采用液动换向阀 5；为了使工作可靠并能有更好的换向性能，先导阀采用机动阀 4。

2. 调速回路：采用回油节流调速，这样工作比较平稳，所以节流阀 9 装在回油路中，压力油由定量泵 2 供给，多余的油液经

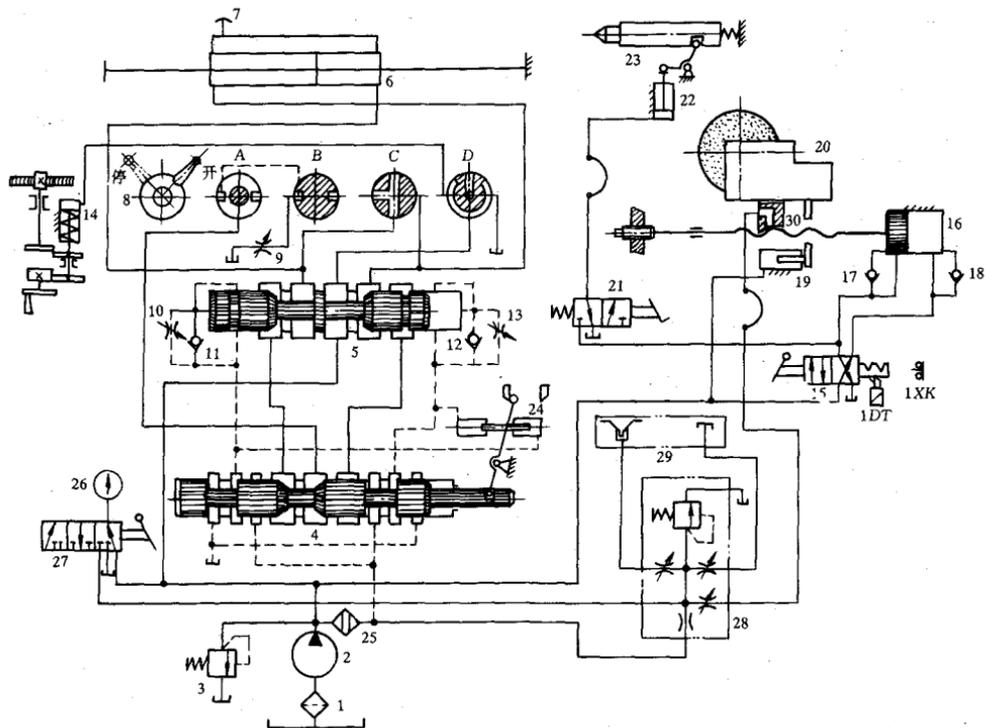


图 1-50 M1432A 型万能外圆磨床液压系统原理图

溢流阀 3 溢回油箱。

3. 为了开停工作台运动, 设有手动开停阀 8。当开动工作台时压力油可经开停阀 8 的断面 D 流入油缸 14, 将手摇机构脱开; 当开停阀处在“停”的位置时, 油缸 14 中的油液与油箱相通, 在弹簧的作用下, 手摇机构的齿轮接合。同时开停阀的断面 C 将工作台油缸 6 的两腔连通, 以便手摇工作台。

由于这部分系统中对液动换向阀、机动先导阀和开停阀的性能要求和标准元件不同, 所以将这三个阀和节流阀一起组成操纵箱。这个操纵箱体体积小, 性能好, 使用方便, 已经在多种外圆磨床采用。

从图 1-50 中可以看出工作台运动的进出油路。

进油路: 滤油网 1 → 齿轮油泵 2 → 换向阀 5 → 油缸 6 左腔。
工作台向左运动。

回油路: 油缸 6 右腔 → 换向阀 5 → 先导阀 4 → 开停阀 8A 断面 — B 断面 → 节流阀 9 → 油箱。

第六节 计算机控制系统

随着计算机技术的发展, 计算机控制系统广泛应用于工业生产中, 尤其是近年来微型计算机的推广及普及, 微型计算机控制几乎深入到生产各个领域, 对提高生产效率和产品质量提供了可靠的保证。

一、计算机系统的组成

一个完整的计算机系统是硬件和软件的结合体。所谓硬件, 就是看得见、摸得着的部件, 它是计算机工作的基础。所谓软件, 是

指挥计算机工作的各种程序的集合，它是控制和操作计算机工作的核心。

计算机系统中硬件和软件的层次关系如图 1-51 所示。

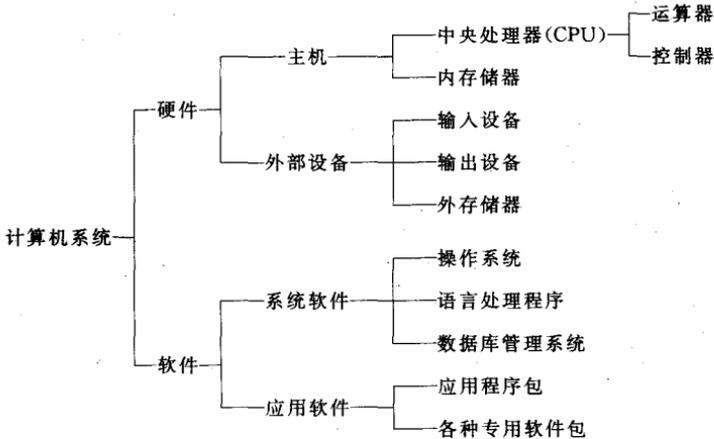


图 1-51 计算机系统结构图

(一) 硬件系统

一个完整的计算机硬件系统主要包括运算器、控制器、存储器、输入设备与输出设备五大部分。

1. 运算器。运算器是实现各种算术运算和逻辑运算的实际执行部件。

2. 控制器。控制器是分析和执行指令的部件，也是统一指挥和控制计算机各个部件按时序协调操作的部件。

运算器和控制器两个部件通常集成在一块芯片上，称为中央处理器，简称 CPU(Central Processing Unit)，它是计算机的核心。

3. 存储器。存储器主要用于存储程序和数据，通常分为内存储器和外存储器。外存储器一般是磁性介质的存储设备，作为外部设备来使用。内存储器是半导体器件的存储器，作为计算机的

内存使用。在微型计算机中，内存储器常常与中央处理器 CPU 制作在一块线路板上，称为主机。

4. 输入设备。输入设备是计算机接受外界信息的设备。人们利用输入设备向计算机送入程序和数据。输入设备由输入接口电路和输入装置组成。输入接口电路是输入设备中将输入装置与主机实际相连的部件，输入装置则是实际用于输入的设备，如微机中的键盘。

5. 输出设备。输出设备是将计算机处理后的结果或中间结果，以某种人们能认识并能接受的形式或其他机器设备所需要的形式表示出来(称为输出)。与输入设备类似的输出设备是由输出接口电路和输出装置两部分组成。

(二) 软件系统

软件是相对于硬件而言的，它包括机器运行所需的程序、数据及其有关资料。计算机软件一般可分为系统软件和应用软件两类。

1. 系统软件。系统软件是为了计算机能正常、高效地工作所配备的各种管理、监控和维护系统的程序及其有关资料。它一般由计算机的生产厂家在出厂前装入计算机，如操作系统，各种语言的解释程序和编译程序，各种服务性程序及各种数据库管理系统等。

2. 应用软件。应用软件是为解决各类实际问题而编制的计算机应用程序及其有关资料。这些软件有些是计算机工程人员已经开发好的，用户直接购买即可使用，如字处理软件 word 等。有些软件则需要用户自己开发。

由上述可看出，计算机硬件是计算机的躯体，软件才是计算机的灵魂，两者相辅相成，缺一不可。计算机的价格是以计算机硬件和所配置的软件综合而定。如果再需要软件将另计价。

二、微型计算机(微机)

微型计算机简称 PC 机, 它由一片或几片大规模集成电路组成, 存储设备大部分使用磁盘。PC 机具有体积小, 重量轻, 功耗小, 可靠性强, 使用方便, 价格低廉等特点, 自 1971 年出现以来, 几乎每隔 2~3 年就有一次重大革新, 显示了它强大的生命力。

(一) 微机的硬件系统

从计算机原理角度上讲, 微机也包括运算器、控制器、输入/输出接口等部分。一个典型的微机硬件系统由以下几部分组成。

1. 主板。主板又称系统板(或称母板), 是位于主机箱内底部的一块大型印刷电路板, 是 PC 机主机的核心部件。主板上通常有 CPU, 存储器 ROM、RAM, 输入/输出控制电路扩充插槽, 键盘接口, 面板控制开关, 与指示灯相联的接插件和直流电源供电用的接插件等。

2. 机箱。机箱实际上就是计算机的外壳, 一般分卧式和立式。

3. 电源。配套的机箱内还有配套的电源。电源为一封闭的独立部分, 输入市电(交流电 220V)经变压、整流、稳压后, 转换为直流电, 供计算机的其他各部件使用。

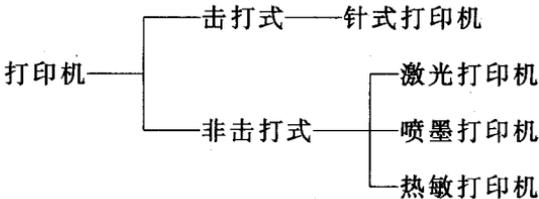
4. 软盘系统。软盘系统包括三部分: 软驱、软盘适配卡和软盘。磁盘驱动器是 PC 机保存信息和与外界交换信息的重要设备, 是 PC 机的外部存储器, 通常安装在 PC 机的主机箱内。磁盘驱动器一般分为软磁盘驱动器(软驱)和硬磁盘驱动器(硬驱)。软驱负责将信息记录在软盘上, 或从软盘上读取信息的任务。

5. 硬盘。硬盘系统包括三部分: 硬驱、硬盘适配器和硬盘片。

6. 显示器。显示器由监视器和显示控制适配器(简称适配器或显示卡)组成。显示器有单色、彩色之分, 有低分辨率、高分辨率之分, 还有数字式、模拟式之分。

7. 键盘和鼠标器。键盘是最常用和最基本的一种输入设备, 用户的各种命令、程序和数据都可通过键盘输入到微机中。与键盘具有相近功能的输入装置还有鼠标器, 它的主要用途是进行光标定位或完成特定的输入。常用的鼠标器有两种, 一种是机械式的, 一种是光电式的。二者在使用上没有什么不同。

8. 打印机。计算机最终的输出是要通过打印机打印出来, 变成印刷在纸上的文字。因此, 打印机是最重要的输出设备。其分类如下:



打印机的技术指标包括: 打印速度, 印字质量, 打印噪声。

(二) 微型计算机性能指标

评价一台微型计算机要考虑多种性能指标, 下面介绍微机的基本性能指标:

1. 微处理器类型。这是微机的主要性能指标, 它决定了微机的基本性能, 它的型号决定了计算机的型号。目前使用的微机类型主要有 486 机、Pentium (奔腾) 机、Pentium II、Pentium III。

2. 主频。机器主频是指 CPU 工作时的时钟频率, 它在一定程度上反应了机器的运行速度, 主频越高, 机器的运行速度越快, 通常把主频和机器类型标注在一起。486 CPU 的主频有 25, 33, 40, 50 等, 而奔腾机以上的主频主要有 60, 75, 90, 100, 120, 130, 150, 166, 180, 200, 233, 266, 300 等, 单位为 MHz。

3. 内存容量。计算机的内存容量表示主板上随机存储器的大小。随着 MS-DOS 版本的不断升级和各种应用软件对内存要求

的不断提高,内存越大越好。同时,内存大,可以减少机器和外设的数据交换时间,从而大大提高运行速度。目前,市场上的微型计算机较多采用 64M 或 32M 的内存容量。

4. 扩展槽。主板上有一些空槽,可以用来插一些驱动卡。从某种意义上讲,槽的多少代表机器的扩充能力。一般有 8 位槽、16 位槽、32 位槽几种。

5. 磁盘容量。目前市场上的计算机硬盘容量一般在 1G 以上。硬盘容量越大,价格越高。软盘一般有 3.5 英寸驱动器(容量为 1.44KB)和 5.25 英寸驱动器(容量为 1.2KB)。

6. 显示器。显示器一般为 VGA(或者更高)的显示器,显示器的分辨率为 1024×768 。

应当注意,计算机的发展是很快的,随着计算机的飞速发展,其性能指标也将进一步提高。

三、计算机控制系统

计算机控制系统实际上就是由计算机作为控制器的自动控制系统,其基本框图如图 1-52 所示。

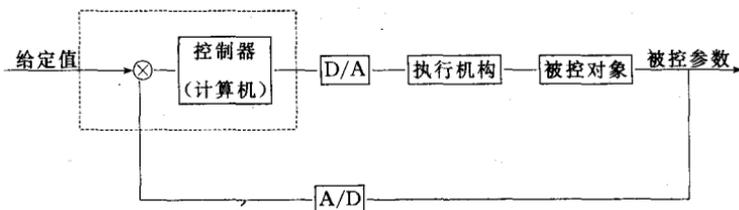


图 1-52 计算机控制系统基本框图

计算机控制系统中的计算机与一般用于科学计算的计算机相比,具有以下特点:

1. 具有较高的可靠性和稳定性。由于用在控制系统的计算机是在线工作,一旦计算机出错,就会给系统工作造成影响。有些

生产过程长时间连续工作，大修周期长，这就要求控制系统中的计算机可靠性高、故障率低。

2. 控制的实时性。所谓“实时”是指信号的输入、计算和输出都要求在一定时间内完成，也即计算机对输入、输出信息应以足够快的速度作出处理，并在一定时间内作出反应或进行控制。为此，计算机必须配有时实时钟和完善的中断系统。

3. 环境适应性强。工业计算机一般用在生产现场，易受环境条件干扰。因此，要求计算机要有较强的抗干扰能力。

4. 较完善的输入、输出通道。为了对生产过程进行控制，计算机经常与被控机器交换信息。通常需要配备较完善的输入、输出通道。

5. 适当的计算精度和运算速度。一般机器对计算机的计算精度和运算速度并不苛刻。通常字长8~32位，速度在每秒几万次到一百万次，内存量为4~64KB，但随着自动化程度的发展，对于精度和运算速度的要求也在不断提高。

在计算机控制系统中，计算机的输入和输出信号都是数字信号，因此在这样的控制系统中，需要将模拟信号转变为数字信号的A/D转换器，以及将数字控制信号转换为模拟控制信号的D/A转换器。

计算机控制系统的控制过程可以归结为以下三个步骤：

1. 实时数据采集。对被控参数的瞬时值进行检测并输入。

2. 实时决策。对采集到的表征被控状态量进行分析，并按已定的控制规律，决定进一步的控制过程。

3. 实时控制。根据决策，适时地对控制机构发出控制信号。

上述过程不断重复，完成控制工作，对计算机来讲，控制过程的三个步骤实际上只是执行算术、逻辑操作和输入、输出操作。

计算机控制系统按照参与控制方式及要达到的目的可分为：

操作指导控制系统，直接数字控制系统、监督控制系统和分级控制系统。

(一) 操作指导控制系统

操作指导控制系统中的计算机根据一定的控制算法，依据测量元件测得的信号数据，计算出供操作人员选择的最优操作条件及操作方案，操作人员根据计算机的输出信息去改变各控制器的设定值或操作执行机构。这样，计算机系统就起了操作指导的作用。

(二) 直接数字控制(Direct Digital Control—DDC)系统

直接数字控制系统的构成如图 1-53 所示。计算机通过测量元件对一个或多个物理量进行巡回检测，经采样、A/D 转换为数字量，并根据规定的控制规律进行运算，然后发出控制信号，直接去控制执行机构，使被控制量达到预定的要求。

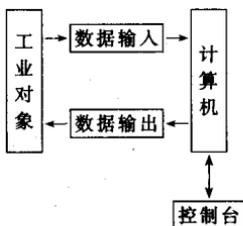


图 1-53 直接数字控制系统框图

直接数字控制系统的优点是灵活性大，只要改变程序就可以改变控制方法，实现所需要的控制功能，无须对硬件做任何改动。另外，计算机计算能力较强，可适应复杂的控制方法，改善控制质量，扩大系统的功能。直接数字控制系统中用计算机作为数字控制器在热工、化工、机械、冶金等部门获得广泛应用。

(三) 监督控制(Supervisory Computer Control—SCC)系统

计算机监督控制系统是由计算机按照描述生产过程的数字模

型,计算出最佳给定值,送给常规控制器和 DDC 系统,其框图如 1-54 所示。

监督控制系统是操作指导控制系统和 DDC 系统的综合与发展,SCC 系统较 DDC 系统更接近生产变化实际情况,它不仅可以进行给定值控制,同时还可以进行顺序控制、最优控制等。

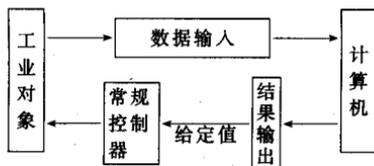


图 1-54 监督控制系统框图

(四) 分级控制系统

生产过程中既存在控制问题,也存在管理问题。过去由于计算机价格昂贵,复杂的生产过程控制系统往往采取集中控制方式,以便对计算机充分利用。这种控制方式由于任务过于集中,一旦计算机出现故障,将会影响全局。随着价廉而功能完善的微机出现,分级计算机控制系统有逐渐代替集中控制趋势。

图 1-55 为分级控制系统框图。

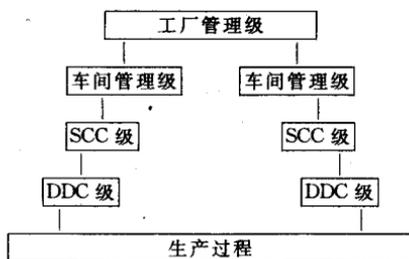


图 1-55 分级控制系统框图

由图可见,各级的计算机构成了一个宝塔形结构。其中 DDC 级直接用于控制生产过程。SCC 级主要进行计算,为 DDC 系统提供信息,使其运行在最佳状态。其他各级均为生产管理级。

分级控制系统的特点是将控制功能分散，用多台计算机分别执行不同的控制功能，既能进行控制，又能实现生产管理。由于计算机控制和管理范围的缩小，使其应用灵活方便，可靠性增高。

四、可编程逻辑控制器

可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller—PLC)是计算机技术与继电器逻辑概念相结合的一种新型控制器。随着电子技术、计算机技术的发展，PLC已经逐渐取代了传统的逻辑控制装置，成为一种重要的、应用场合最多的工业控制器，是当前先进工业自动化的三大支柱(可编程逻辑控制器、数字控制、工业机器人)之一。

(一) 定义

国际电工委员会(IEC)颁布的“可编程逻辑控制器标准草案”中，对可编程逻辑控制器的定义表达如下：

“可编程逻辑控制器是一种数字运算电子系统，专为在工业环境下运用而设计。它采用可编程序的存储器，用于存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等特定功能的用户指令，并通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型机械或生产过程。可编程逻辑控制器及其辅助设备都易于构成一个工业控制系统，且它们所具有的全部功能易于应用的原则设计。”

由此可见，可编程逻辑控制器兼有计算机控制和继电器控制系统的优点，具有可靠性高、适应工业现场的高温、冲击和振动等恶劣环境的特点。

由于工业控制中任何一个生产过程和管理几乎都是按步骤进行的，因此，可编程逻辑控制器是实现工业自动化的最佳选择。

(二) 构成

可编程逻辑控制器实际上是一种工业控制微机，因此，它的

结构基本上与一台微型计算机相同。可编程逻辑控制器的硬件框图如图 1-56 所示。

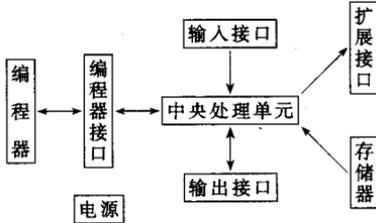


图 1-56 可编程逻辑控制器基本组成框图

1. 硬件。

(1) 中央处理单元。中央处理单元与通用微机 CPU 一样，它是 PLC 的控制中枢，在系统软件的指挥下，根据用户编制的程序，控制 PLC 执行各种动作。

中央处理单元早期采用 8 位 CPU 芯片，以后采用 8 位、16 位、32 位单片机，甚至是专用模块。

(2) 输入输出接口。输入输出接口是将中央处理单元与现场输入输出装置或外部设备之间连接的部件。由于输入输出接口是与工业现场被控对象交换信息，而工业现场的干扰大，故对输入输出接口有特殊要求。

(3) 扩展接口。扩展接口用于扩展 I/O 单元，它使 PLC 的点数规模更为灵活，以扩展 PLC 的规模。

(4) 编程器接口。可编程逻辑控制器本身通常不带编程器，为了编程及监控，可程序控制器上专门设置有编程器接口，可以连接各种型式编制装置，还可以利用此接口做一些监控工作。

(5) 存储器。PLC 的存储器主要用于存放系统程序和工作数据。

(6) 编程器。PLC 的编程器是用来开发、调试、运行应用程序的特殊工具。它具有输入编辑、检索程序的功能，还具有系统控制的功能。近年来发展了不少功能极强的专用图形编程器，这种编程器就像一台便携式计算机，本身带有显示器、软盘驱动器，还有许多接口(如打印机接口、串行接口等)。

(7) 电源。小型 PLC 内部都包括一个稳压电源，用于对 CPU 板等内部器件供电。有些机器还提供 24 伏稳压电压，用于对外部传感器供电。

2. 软件。PLC 的功能强弱取决于软件的质量，软件系统应具有以下功能：

- (1) 使 PLC 有较强的指令功能；
- (2) 使 PLC 有较高的执行速度；
- (3) 为调试和维修提供较强的监控能力；
- (4) 使 PLC 具有较强的自诊断能力，能够识别操作，并给以提示。

PLC 的基本软件包括系统软件 and 用户应用软件。

系统软件是控制和完成 PLC 各种功能的程序。主要包括：检查程序，键盘输入、处理程序，翻译用户程序，信息传递程序和监控程序等。系统软件是由 PLC 生产厂家用指令系统编写的，用户使用中不能更改。用户应用软件是用户根据现场生产过程和工艺要求编写的控制程序，可随生产和工艺的改变进行修改。

(三) 特点

1. 工作可靠。硬件方面，PLC 系统结构设计得合理，选用优质器件，采取屏蔽措施，使 PLC 不易受到干扰。软件方面，采取一系列措施，如：随时对 PLC 等内部电器进行检测，一旦出错立即报警等自诊断功能，以提高其可靠性。

2. 编程方便,易于使用。可编程逻辑控制器采用与实际电路非常接近的梯形图,这种图形易懂、易编程。

3. 可与现场信号直接输入输出连接。PLC 设有各种接口,可与工业现场器件直接连接,并通过数据总线与处理器模块连接。

4. 对使用环境要求不高。PLC 适用于恶劣的工业环境,抗干扰能力强,使用中各部分均有状态指示、故障指示,维修方便,缩短故障停机时间。

五、微型计算机控制系统的应用

目前微型计算机作为控制系统的核心,在机电产品中得到广泛应用,特别是在机床、汽车、仪表、家用电器、轻工机械、纺织机械、印刷机械、冶金机械、化工机械等类产品中应用更为普遍。

1. 用微型计算机直接对设备的自动工作过程进行控制,如在数控机床中,微机控制系统直接控制加工工序,从确定切削路径,切削用量到控制加工产品质量全部工作自动完成。

2. 以微型计算机为核心,组成控制系统,对机电产品进行控制,如在“工业机器人”中,微机控制系统控制各关节的操作功能、示数功能、检测及识别功能。在纺织机械的控制中,微机控制系统可以一次完成从图类样品到成品的整个生产过程。这是通过把扫描图案得到的信息转换成机器的指令,然后控制纺织机械完成的。

3. 用可编程逻辑控制器控制机电产品。可编程逻辑控制器是计算机技术与继电器逻辑控制概念相结合的新型控制器。用可编程逻辑控制器替代继电器固体逻辑,广泛应用于各种机床、注塑机、包装机械、立体仓库、电梯等产品中。大、中型可编程逻辑控制器还应用于冶金设备及化工设备中。

第七节 机器设备的分类

企业生产中所用的机器设备由于企业性质的不同及设备自身用途的不同,在其形状、大小、性能等方面是极不相同的,种类极其繁多,为了设计、制造、管理及工作方便,我们按不同的需要、不同的目的对设备进行分类,最常用的分类方法有以下几种。

一、按机器设备的适用范围分类

1. 通用机械。泛指国民经济各部门中广泛应用的机器设备,如用于制造、维修机器的各种机床,用于搬运、装卸用的起重运输机械;以及用于工业和生活设施中的泵、阀、风机等均属于通用机械。

2. 专用机械。指国民经济各部门或行业为完成某个特定的生产环节、特定的产品而专门设计、制造的机器,这些机器只能在特定部门、特定的生产环节中发挥作用,不具有普遍应用的能力和价値。如冶金工业中的冶炼、轧制设备;纺织工业中的纺织机械;地质部门的勘探机械;铁路运输中的机车等。

二、按设备用途分类

这类分类方法应用十分广泛,是各管理部门、生产部门常用的一种分类方法。共分为十大类:

1. 动力机械。用作动力来源的机械,也就是原动机。如日常机器中常用的电动机、内燃机、燃气轮机以及在无电源的地方使用的联合动力装置。

2. 金属切削机床。指对机械零件的毛坯或半成品件进行金属

切削加工用的机械。由于其产品的工作原理、结构性能特点和加工范围的不同，又分为车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床、特种加工机床和其他机床等。

3. 金属成型机床。指除金属切削加工机床以外的金属加工机械。如锻压机械、铸造机械等等。

4. 交通运输机械。用于长距离载人和物的机械，如飞机、汽车、火车、船舶等。

5. 起重运输机械。用于在一定距离内运移货物或人的提升和搬动机械。如：各种起重机、运输机、升降机、卷扬机等。

6. 工程机械。指在各种建设工程设施中，能够代替笨重体力劳动的机械与机具。它包括挖掘机、铲运机、工程起重机、压实机、打桩机、钢筋切割机、混凝土搅拌机、装修机、路面机、凿岩机、军工专用工程机械、线路工程机械以及其他专用工程机械等。

7. 农业机械。指用于农、林、牧、副、渔业等各种生产中的机械。如拖拉机、排灌机、林业机械、牧业机械、渔业机械等。

8. 通用机械。指广泛用于工农业生产各部门、科研单位、国防建设和生活设施中的机械。如泵、阀、制冷设备、压气机和风机等。

9. 轻工机械。指用于轻纺工业部门的机械。如纺织机械、食品加工机械、印刷机械、制药机械、造纸机械等。

10. 专用机械。指国民经济各部门生产中所特有的机械。如冶金机械、采煤机械、化工机械、石油机械等。

三、按使用性质分类

这种分类是以现行会计制度按使用性质的区别作为基本依据，将机器设备分为以下六大类：

1. 生产用机器设备。指发生直接生产行为的机器设备。如动力设备、起重运输设备、电气设备、工作机器及设备、测试仪器及其他生产用具等。

2. 非生产用机器设备。主要指企业中福利、教育部门和专设的科研机构等单位所使用的设备。

3. 租出机器设备。指按规定出租给外单位使用的机器设备。

4. 未使用机器设备。指未投入使用的新设备和存放在仓库准备安装投产或正在改造、尚未验收投产的设备等。

5. 不需用机器设备。指不适合本单位需要、已报请上级等待调出处理的各种设备。

6. 融资租入机器设备。指企业以融资租赁方式租入的机器设备。

四、按固定资产的基本属性分类

为了进行固定资产管理、清查、登记、统计等工作，1994年颁布了国家标准“固定资产分类与代码”(GB/T14885-94)。该标准按固定资产的基本属性分类，适当兼顾行业的需要，将固定资产分为十个门类：

1. 土地房屋及构筑物。
2. 通用设备。
3. 专用设备。
4. 交通运输设备。
5. 电气设备。
6. 电子产品及通信设备。
7. 仪器仪表、计量标准器具及量具、衡器。
8. 文艺体育设备。
9. 图书文物及陈列品。
10. 家具用具及其他类。

门类以下标准中规定采用六位数字层次代码结构来表示，共分四层：

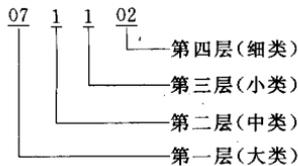


其中通用设备门类按大类的分类见表 1-4。

表 1-4 通用设备的分类

代码	固定资产名称	代码	固定资产名称
06	锅炉及原动机	14	气体压缩机
07	金属加工设备	15	气体分离及液化设备
08	起重设备	16	制冷空调设备
09	输送设备	17	真空获得及应用设备
10	给料设备	18	分离及干燥设备
11	装卸设备	19	减速及传动装置
12	泵	20	金属表面处理设备
13	风机	21	包装、气动工具等通用设备

例：普通车床代码为：



当然，还有从其他角度对设备进行分类的。例如，我国机械制造企业通常按设备工艺性质将其分为两大类十大项。两大类为机械设备和动力设备。机械设备又分为金属切割机床、锻压设备、起重运输设备、木工铸造设备、专业生产设备及其他机械设备六大项。动力设备分为动能发生设备、电器设备、工业炉窑及其他动力设备四大项。每大项还可细分。

正确理解和运用机器设备的分类对搞好评估工作有重要意

义。评估人员要根据资产评估的需要和企业需要，灵活进行分类处理。

思考与练习

1. 机器是由哪几部分组成的？
2. 直流电动机铭牌上标注额定功率是指输出功率还是输入功率？
3. 有一台三相异步电动机，怎样从结构特点方面判断是鼠笼式还是绕线式？
4. 四冲程柴油机的工作原理是什么？
5. 为什么在机器中齿轮传动应用较为广泛？
6. 叶片泵的工作原理是什么？
7. PLC 定义的主要内容是什么？
8. 按设备用途分类，内燃机、卷扬机、挖掘机、压气机各属于哪类设备？
9. 试述机器各组成部分的功能。
10. 试述异步电动机的工作原理。
11. 燃气轮机由几大部件组成？为保证燃气轮机正常工作还需哪些附属系统及设备？
12. 内燃机曲柄连杆机构的组成及作用是什么？
13. 液压传动与机械传动比较有哪些优缺点？
14. 按计算机参与控制方式来划分，计算机控制系统可分为哪几种？它们各有何特点？

第二章 机械制造过程

第一节 机器制造基本过程

一、机器的生产过程和工艺过程

(一) 机器的生产过程

机器的生产过程是指将原材料转变为成品的全部过程。结构比较复杂的机械产品，其生产过程主要包括：

1. 各种生产服务过程。原材料和半成品的供应、运输和保管、产品的包装和发运等。
2. 生产技术准备过程。产品投入生产前的各项生产和技术准备工作，如产品的试验研究和设计，工艺设计和专用工装设备的设计与制造；各种生产资料的准备以及生产组织方面的工作。
3. 毛坯制造过程。如铸造、锻造、冲压、切割下料、焊接等。
4. 零件的加工过程。如机械加工、焊接、热处理和其他表面处理等。
5. 产品的装配过程。包括部件装配和总装配，调试、检验和油漆等。

一台机器，往往是由几十个甚至几千个零件组合而成，为了使产品做到优质、高产、低消耗，一台机械产品的生产过程往往由许多工厂联合完成，这样做也有利于零部件的标准化和组织专

业化生产。

(二) 机器生产的工艺过程

在产品生产过程中按照一定顺序改变生产对象的形状、尺寸、相对位置或性质等使其成为成品或半成品的过程称工艺过程。机械制造中的工艺过程包括铸造、锻压、焊接、热处理、金属切削加工以及装配和检验等过程。工艺过程是由一系列的工序组合而成。原材料依次通过这些工序变成成品。工序是工艺过程最基本的组成单位。在生产管理上工序又是制定定额、计算劳动量、配备工人、核算生产能力、安排生产作业计划、进行质量检验和班组经济核算的基本单位。

一个零件往往可以采用不同的加工方法或不同的加工过程进行加工。工程技术人员可以从几个不同的方案中选择在具体生产条件下最合理的一个，并编制工艺文件，用表格或文字形式确定下来，作为组织生产，指导生产，编制生产计划的依据。这一工艺文件即是该零件的加工工艺规程。工艺规程是组织车间生产的主要技术条件，是生产准备和计划调度的主要依据。有了工艺规程，在产品投入生产之前就可以根据它进行一系列的准备工作。如原材料供应，机器的调整，专用工艺装备的设计与制造，生产作业计划的编排，劳动力的组织，以及生产成本的核算等。在新建和扩建工厂、车间时只有根据工艺规程和生产数量才能准确地确定生产所需机床的种类和数量，工厂或车间的面积，机床的平面布置，生产工人的工种、等级、数量以及各辅助部门的配备等。因此了解了工艺规程就可以了解工厂生产的基本情况。

制定最佳的加工工艺规程应根据具体要求和具体条件选择适当的加工方法，合理地安排加工顺序，制定正确的加工工艺，因为它将直接影响成品的质量、成本和生产效率。

二、零件加工质量

一台机器的质量，主要取决于组成机器各个零件的加工质量和产品的装配质量，反过来，零件加工的质量也反映了零件加工中的机器质量、工艺水平和工人技术水平。

应当如何来评定零件的加工质量呢？尽管机械零件的种类繁多，结构形状不同，但任何零件都是由一些具有一定尺寸和形状的简单表面（平面、圆柱面、圆锥面、成形面等）按一定相互位置关系构成的。而零件表面的尺寸、形状和相互位置以及表面粗糙度则反映了零件的几何特征；材料的强度、硬度、弹性、刚度等则反映零件的物理机械特征。在评定零件的加工质量时，应当全面地考虑到这些因素。现仅就零件的几何特征来阐述零件的加工质量。

零件的加工质量的主要指标包括加工精度和表面粗糙度两个方面。

（一）加工精度

经机械加工后的零件，其实际几何参数（尺寸、形状和位置）与理想几何参数相符合的程度称为零件加工精度。由于加工过程的种种原因，实际上不可能把零件做得绝对准确并同理想的完全相符，总会产生一些偏离。这种偏离就是“加工误差”。

事实上，从多快好省的全面观点出发，也没有必要把每个零件做得绝对准确。只要能保证零件在机器中的功用，把零件的加工误差控制在一定范围内是完全允许的。这个允许的误差范围就叫公差。国家给机械工业规定了各级精度和相应的公差标准。只要零件的加工误差不超过零件图上按零件的设计要求和公差标准所规定的偏差就保证了零件加工精度的要求。“加工精度”和“加工误差”这两个概念在评定零件几何参数中其作用是等同的。零

件加工精度高，加工误差就小，零件的加工质量好；反之加工精度低，加工误差就大，零件加工质量差。

零件的加工精度包括如下三个方面：

1. 尺寸精度。零件表面本身的尺寸(如圆柱面的直径)和表面间相互的距离尺寸(如各孔之间的距离)的精度。尺寸精度的高低用尺寸公差来体现。按国家标准，把标准公差分成20级，即：IT01、IT0、IT1至IT18，IT表示标准公差。数字越大，精度越低，加工误差越大，加工越容易，制造成本越低。各级精度的大致应用范围举例如下：

IT6~IT5：在一般机器制造中用得较少，它主要用于一些精密零件、精密机器和精密仪器中的零件。

IT7~IT6：在机床和一般较精密的机器制造中用的最普遍。如车床的主轴与轴承、动力机中的活塞与气缸等。

IT9~IT8：在机器制造中属中等精度。如用于重型机床、蒸汽机的次要部分；农业机械、重型机械的较重要部分。

IT10~IT13：用于机车车辆、农业机械等机器的不重要部分。

IT14：用于非配合尺寸的公差。

2. 形状精度。随着生产的发展，对机械制造产品的要求愈来愈高，为了使机器零件中实现正确装配，有时单靠尺寸精度来控制零件的几何形状已不够了，还要对零件表面的几何形状及相互位置提出技术要求。以图2-1为例，虽然同样保持在尺寸公差范围内，却可能加工成图示的几种不同的形状，若将此轴装在精密机械上，显然会有不同的效果。

零件的形状精度是指加工后零件表面实际测得的形状和理想形状的符合程度。理想形状是指几何意义上绝对正确的圆、直线、平面、圆柱面及其他成形表面等。按照国家标准规定，形状精度

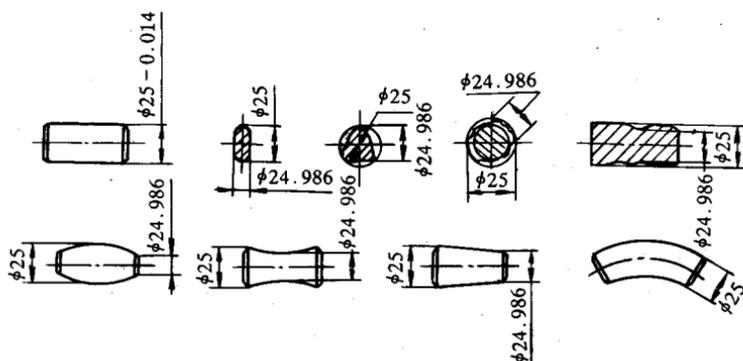


图 2-1 轴的形状误差

用形状公差等级表示，共有 12 级。形状公差的项目共有 6 项，如表 2-1 所示：

表 2-1 形状公差项目

项 目	直线度	平面度	圆 度	圆柱度	线轮廓度	面轮廓度
符 号	—					

3. 位置精度。位置精度是指加工后零件有关表面相互之间的实际位置和理想位置的符合程度。理想位置是指几何意义上绝对的平行、垂直、同轴和绝对准确的角度关系等。位置精度用位置公差等级表示，共分 12 级，位置公差项目共有八项，其符号如表 2-2 所示：

表 2-2 位置公差项目

项 目	平行度	垂直度	倾斜度	位置度	同轴度	对称度	圆跳动	全跳动
符 号								

零件表面的尺寸、形状、位置精度间是有联系的。通常尺寸

精度要求高，相应的形状、位置精度要求也高。对于特殊功用零件的某些表面，如检验用的平板，其几何形状精度要求可能更高，但其位置精度、尺寸精度并不一定要求高。零件加工表面的精度要求是根据设计要求及工艺经济指标等因素综合分析而确定的。

(二) 表面粗糙度

无论采用何种切削加工方法加工，在经过加工的零件表面上总会留下微细的凹凸不平的刀痕，出现交错起伏的峰谷现象，粗加工后的表面用肉眼就能看到，精加工后的表面用放大镜或显微镜仍能观察到，这就是零件加工后的表面粗糙度。表面粗糙度对机器零件的配合性质、耐磨性、工作精度、抗腐蚀性均有较大影响。评定表面粗糙度的标准有六种。目前我国主要用轮廓算术平均偏差 R_a 。其含义如图 2-2 所示，通过零件表面轮廓作一中线 m ，将一定长度的轮廓分成两部分，使中线两侧轮廓线与中线之间所包含的面积相等即 $F_1 + F_3 + \dots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + \dots + F_n$ ，轮廓的平均算术偏差 R_a 就是在一定测量长度 l 范围内，轮廓上各点至中线距离绝对值的平均算术偏差，用公式表示为：

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (2-1)$$

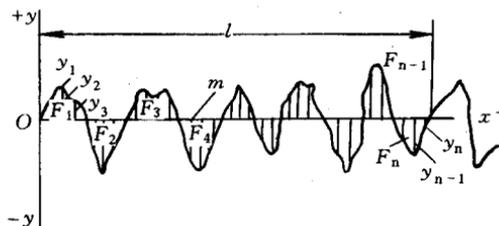


图 2-2 零件表面粗糙度

$$\text{或近似值为 } Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

零件表面的 Ra 数值愈小则表面愈光洁，零件质量愈高。

第二节 机械制造工艺过程

在工业生产中，机械制造工程是一项重要工程。机械制造的程序如图 2-3 所示：

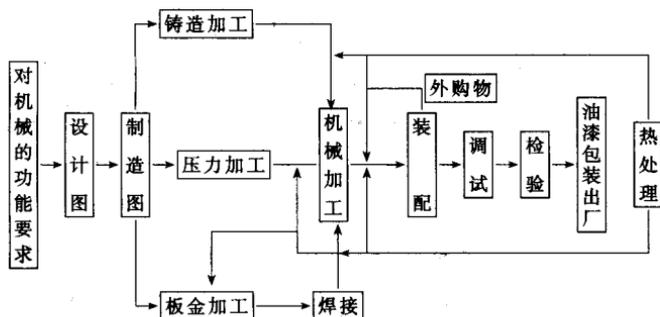


图 2-3 机械制造程序示意图

在机械制造过程中一般是采用铸造、压力加工或焊接方法来制做毛坯(或半成品)。再经过切削加工得到合乎要求的零件。另外，为了改善零件的某些性能，还需要经过必要的热处理。最后再将制成的各种零件装配成机器。

实际上现代的机器设备种类繁多，用途和特性又各不相同，其所采用的具体制造方法往往随产品而异。如锅炉、轮船等主要由钢结构件制成，焊接则是主要的加工方法。又如制造滚珠轴承，由于产品精度要求高，磨削加工占用了最大工作量。而仪表生产则冲压件较多。应当指出各种加工方法本身是在不断发展的。所以产品的具体制造方法也不是固定不变的。各种加工方法在机械制

造过程中是相互影响，相互联系的，例如毛坯的制造工艺能直接影响以后的切削加工工艺。

一、毛坯生产

根据零件或产品所需要的形状、工艺尺寸而制成的，供进一步加工用的生产对象叫毛坯。铸造、压力加工及焊接是获得毛坯的主要手段。

(一) 铸造

铸造是将熔化的液体金属浇注到具有和机械零件形状相似的铸型型腔中，经过凝固冷却之后，获得毛坯(或零件)的加工方法。铸造生产在工业中得到广泛的应用。在一般机器中铸件占整个机器重量的40%~90%，在农业机械中为40%~70%，金属切削机床中为70%~80%，重型机械、矿山机械、水力发电设备中为85%以上。

用于铸造的金属统称铸造合金。常用的铸造合金有铸铁、铸钢和铸造有色金属，其中铸铁，特别是灰口铸铁用得最普遍。

铸造方法很多，但任何铸造方法都包括以下几步：

1. 制造具有和零件形状相适应空腔的铸型。
2. 制备成分、温度都合格的液态金属。
3. 将液态金属浇注入铸型空腔内。
4. 凝固后取出铸件并清理它的表面和内腔。

铸造中最常用的方法是砂型铸造，在砂型铸造过程中除需有砂箱等工具设备外，还经常使用用于型砂混制的混砂机，如图2-4；用于机器造型的造型机和熔化金属用的设备，如用于铸铁熔化的冲天炉、工频电炉。在现代化工厂中广泛使用铸造生产自动线。

(二) 压力加工

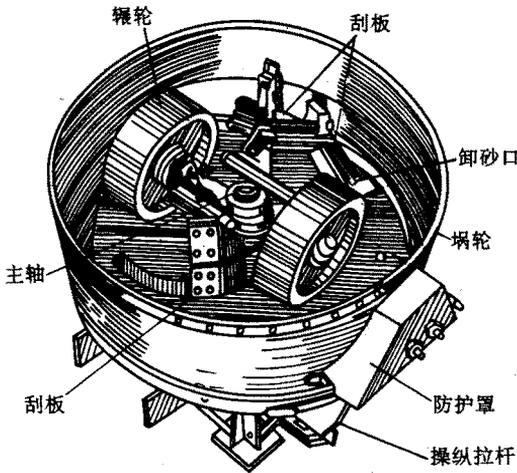


图 2-4 混砂机

压力加工是利用外力使金属材料产生永久变形，以制成所需形状和尺寸的毛坯或零件的加工方法。压力加工主要生产方法有锻造和冲压。

1. 锻造。锻造可分为自由锻造和模型锻造(简称模锻)两大类。锻造时金属材料需加热。钢的始锻温度为 1200°C 左右，终锻温度为 800°C 左右。

自由锻造是把加热好的金属坯料放在自由锻造设备的平砧之间，使其受锻击力或压力作用，而产生塑性变形的加工方法。见图 2-5(a)。

模锻是把加热好的金属坯料放入锻模模膛内，由模膛限制金属变形，从而获得与模膛一致的锻件。见图 2-5(b)。

2. 冲压。冲压是利用冲模对板料加压，使其产生分离或变形，从而获得所需零件的加工方法。见图 2-5(c)。

(三) 焊接

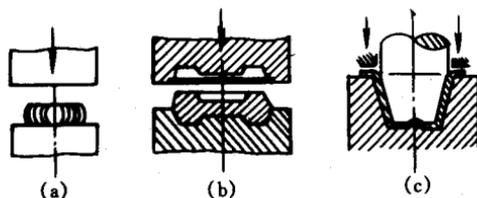


图 2-5 锻压生产主要类型

(a) 自由锻；(b) 模锻；(c) 板料冲压。

焊接是通过加热或加压(或两者并用),使两个分离的物体之间借助于内部原子之间的扩散与结合作用,连接成一个整体的加工方法。

焊接的分类方法很多,按结构特点可分成以下三大类:

1. 熔焊。熔焊是将焊件接头处加热至熔化状态,不加压力,靠凝固后连接成为一个整体的焊接方法。

2. 压焊。压焊是将焊件接头处加热(或不加热)但一定要加压,使之紧密接触,连成为一个整体的焊接方法。

3. 钎焊。钎焊是将比被焊金属熔点低的金属(称为钎料)加热熔化,但被焊金属不熔化,钎料熔化后填满焊件连接处的缝隙,使焊件连接起来的焊接方法。

常用的焊接方法分类如下:



各种焊接方法都相应有其焊接设备,但各工厂却普遍都具有

手工电弧焊机。图 2-6 为交流手弧焊机，图 2-7 为直流手弧焊机。

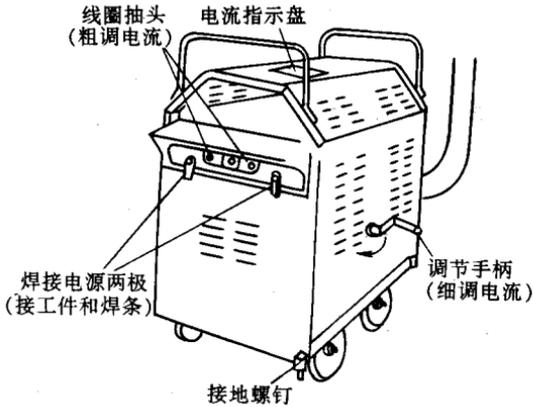


图 2-6 交流电焊机

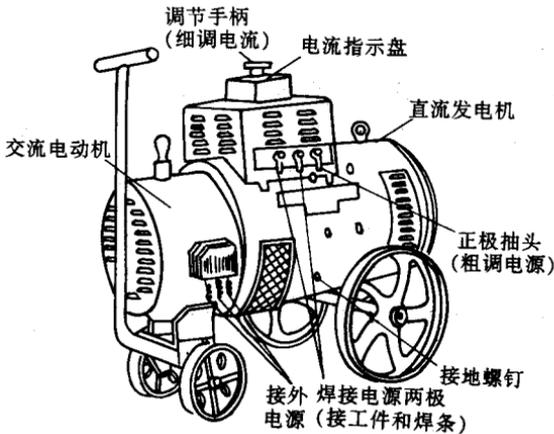


图 2-7 直流电焊机

二、切削加工

由于现代机器的性能要求较高，所以对组成机器各部分的零件加工质量也相应地提出了很高的要求，目前，除了很少一部分零件是采用精密铸造或精密锻造方法直接获得以外，绝大部分零件是要靠机械加工的方法来获得。

切削加工是用刀具从金属材料(毛坯)上切去多余的金属层，从而获得几何形状、尺寸精度和表面粗糙度都符合要求的零件的加工方法，它可分为钳工和机工两大部分。

钳工一般是由工人手持工具对工件进行加工。主要内容有划线、锯削、锉削、錾削、钻孔、铰孔、攻丝、套扣等。为了减轻劳动强度和提高生产率，钳工操作已逐渐地向机械化方向发展。

机工是由工人操纵机床对工件进行加工的，常见的加工方法有车削、钻削、刨削、铣削、镗削、磨削及齿轮的齿形加工等。随着科学技术的日益发展，对机器设备的要求不断提高，各种新材料不断出现，各种复杂形状的零件也日益增多。用通常的切削加工方法往往不能满足甚至无法加工，于是出现了特种加工，并且随着科学技术发展而发展，特种加工实质上是直接利用电能、光能、声能、化学能和电化学能或与机械能组合等形式将坯料或工件上多余的材料去除的加工方法的总称。如电火花加工、电化学加工、激光加工和超声波加工等。这些在航空、电子、轻工业等部门以及电机、电器、仪表、汽车等行业中已成为不可缺少的加工方法。

三、装 配

机器的装配是整个机器制造过程中的最后一个过程。它包括

安装、调整、检验、试验、油漆及包装等。装配工作的好坏，对产品的质量起着决定性作用。相配零件之间的配合精度不符合要求，相对位置不准确，将会影响机器的工作性能，严重时会使机器无法工作。在装配过程中不重视清洁工作，粗心大意和不按工艺要求装配也不可能装配出好的产品，而装配质量差的机器其精度低、性能差、功耗大且寿命短。机器装配过程一般分为三个阶段：

1. 组件装配。将两个以上的零件连接组合成为组件的过程，称组件装配。

2. 部件装配。将组件、零件连接组合成为独立部件的过程称部件装配。

3. 总装配。将部件、组件、零件连接组合成为整台机器的过程称总装配。

机器装配后要进行调整、精度检验和试车。调整是指调节零件或机构的相对位置、配合间隙和结构松紧等。精度检验包括工作精度和几何精度检验。试车是机器装配后，按设计要求进行的运转试验，包括运转灵活性、工作时温升、密封性、转速、功率、振动和噪声等。最后进行油漆、涂油和装箱。

第三节 机械制造工艺流程 的技术经济分析

一种机械产品在投入生产之前，需要进行周密的工艺设计，通过工艺设计要选择毛坯种类，确定零件(产品)的工艺流程和各工序采用的设备、工艺装备(刀具、工具、夹具、量具等)、机械加工切

削用量、质量检查方法等。往往在同样能满足被加工零件的加工精度和表面质量的要求下，通常可以有几种不同的加工方案来实现，其中有些方案可具有很高的生产率，但设备和工艺装备方面的投资较大，另一些方案则可能投资较节省，但生产率低，因此不同的工艺方案就有不同的经济效果。为了选取在给定的生产条件下最经济合理的方案，对不同的工艺方案进行技术经济分析和评比就具有重要意义。

一、工艺成本的组成

制造一个零件或一台产品必须的一切费用的总和，就是零件或产品的生产成本。这种制造费用实际上可分成与工艺过程有关的费用和与工艺无关的费用两类。因此，对不同的工艺方案进行经济分析和评比时，就只需分析、评比它们与工艺过程直接有关的生产费用。所谓工艺成本是指与工艺方案有关的费用总额。

最常用的工艺成本项目有：

S_1 ：毛坯或原材料费用；

S_2 ：机床工人工资；

S_3 ：机床电费；

S_4 ：万能机床的折旧费；

S_5 ：万能夹具维护折旧费；

S_6 ：刀具维护及折旧费；

S_7 ：专用夹具维护及折旧费；

S_8 ：专用机床的维护折旧费；

S_9 ：调整工人工资与调整杂费。

工艺成本计算公式可见表 2-3。

表 2-3 工艺成本计算公式

项 目	计 算 公 式
材料费 S_1	$S_1 = C_m W_m - C_n W_n \quad \text{元/件}$ <p>式中 C_m——材料每千克价格 元/千克 W_m——毛坯重量 千克 C_n——切屑每千克价格 元/千克 W_n——切屑重量 千克</p>
机床工人工资 S_2	$S_2 = \frac{t_m Z}{60} \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \quad \text{元/件}$ <p>式中 t_m——单件时间 分 Z——机床工人每小时工资 元/小时 α——与工资有关的杂费, 常取 $\alpha = 12 \sim 14$</p>
机床电费 S_3	$S_3 = \frac{t_m N_e \eta_e Z_e}{60} \quad \text{元/件}$ <p>式中 t_m——机动时间 分 N_e——机床电动机额定功率 千瓦 η_e——机床电动机平均负荷率, 一般为 50%~60% Z_e——每千瓦小时的电费 元/(千瓦·小时)</p>
万能机床折旧费 S_4	$S_4 = \frac{C_m P_m t_m}{F \times 60 \eta_m} \quad \text{元/件}$ <p>式中 F——每年工作总时数 小时 η_m——机床利用率, 一般为 80%~95% C_m——机床价格(包括运输、安装费, 约占机床价格的 15%) 元 P_m——机床折旧率, $P_m = P_{m1} + P_{m2}$ P_{m1}——机床本身折旧率, 每年约 16%~25% P_{m2}——机床修理费所占百分数, 每年约 10%~15%</p>

项 目	计 算 公 式
万能夹具维修折旧费 S_5	$S_5 = \frac{C_j(P_{j1} + P_{j2})}{F \times 60 \times \eta_j} \times t_m \quad \text{元/件}$ <p>式中 C_j——夹具成本 元 P_{j1}——夹具折旧率, 每年 33% P_{j2}——维护费折合百分数, 约 25%~27% η_j——夹具利用率</p>
刀具维护及折旧费 S_6	$S_6 = \frac{C_p + KC_w}{T(K+1)} \quad \text{元/件}$ <p>式中 C_p——刀具价格 元 T——刀具耐用度 分 K——可重磨次数 C_w——每磨一次刀所花费用 元</p>
专用夹具维护及折旧费 S_7	$S_7 = C_j(P_{j1} + P_{j2}) \quad \text{元}$
专用机床维护折旧费 S_8	$S_8 = C_m P_m$
调整工人工资与调整杂费 S_9	$S_9 = \frac{t_a Z_a}{60} \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \quad \text{元}$ <p>式中 t_a——每调整一次所需时间 分 Z_a——调整工人每小时工资 元/小时 α——杂费系数</p>

按产量同费用的关系看, 上述费用可以分为两类: 第一类为可变费用(第 1~6 项), 如材料费、工资、电力费用等。这种费用的变化与产量成正比。第二类为不可变费用(第 7~9 项)。它们在单位时间内(年)完全或基本上不随产量变化的费用。

采用某一工艺方案所需的年度工艺成本，可按下列公式进行计算：

$$C_n = D \cdot Q + B \quad (2-2)$$

式中 C_n ——工艺方案年度工艺成本(元/年)

D ——工艺成本中单位产品的可变费用(元/件)

Q ——采用该工艺方案生产的产品产量(件/年)

B ——工艺成本中，全年不变费用(元/年)

上式所表示的全年工艺成本和年产量关系可用一条直线来表示。如图 2-8。

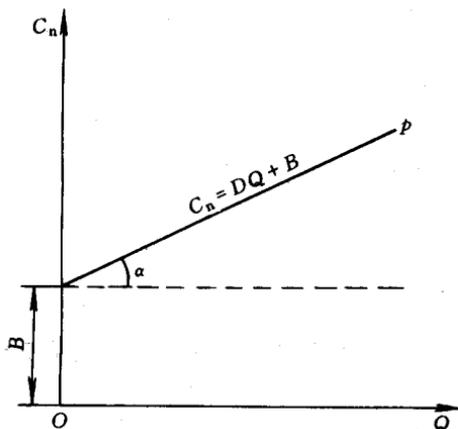


图 2-8 全年工艺成本与产量关系

采用某一工艺方案的单件零件(产品)工艺成本 C_d 可用下式表示：

$$C_d = D + \frac{B}{Q} \text{ (元/件)} \quad (2-3)$$

单件产品工艺成本与产品年产量成双曲线关系，可用图2-9来表示。

图 2-15 中的曲线分为 I、II、III 段。在 I 段，单件工艺成本受产量变化的影响很大，年产量发生很小的变化(ΔQ_1)也会使单

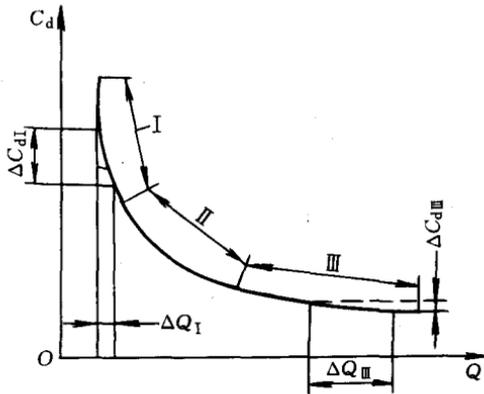


图 2-9 单件产品工艺成本与年产量的关系

件工艺成本大幅度下降(ΔC_{dI})。在Ⅲ段,即年产量增加到一定数量之后,单件工艺成本受年产量变化的影响很小。这时,即使年产量增加较多(ΔQ_{II}),单件工艺成本也不会有显著的降低(ΔC_{dII})。

二、工艺方案的经济分析

对于机械加工工艺方案的经济分析,一般是指对每个工序的不同工艺方案进行的比较和分析。至于工艺过程的工艺成本,可以采用把各工序的有关指标相加的办法来得到。对比两个工艺方案的工艺成本时,可用公式(2-2)进行计算。即

$$C_{n1} = Q \cdot D_1 + B_1$$

$$C_{n2} = Q \cdot D_2 + B_2$$

$$\Delta C_n = C_{n1} - C_{n2}$$

$$= Q(D_1 - D_2) + (B_1 - B_2) \text{ (元/年)}$$

式中 C_{n1} 、 C_{n2} ——工艺方案 I 与工艺方案 II 的工艺成本(元/年)

D_1 、 D_2 ——工艺方案 I 与工艺方案 II 的可变费用(元/件)

B_1 、 B_2 ——工艺方案 I 与工艺方案 II 的不变费用(元/年)

Q ——零件(产品)的预计年产量

对比两个工艺方案的工艺成本也可用图解法。设两个工艺方案中 $B_2 > B_1$, $D_2 < D_1$ 则两方案的年度工艺成本和生产量关系如图 2-10 所示。

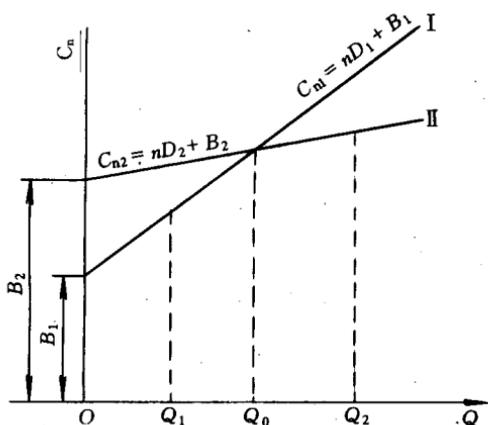


图 2-10 两个对比方案的工艺成本和年产量关系

图中 Q_0 为两工艺方案工艺成本相等的年产量。

即

$$Q_0 D_1 + B_1 = Q_0 D_2 + B_2$$

$$Q_0 = \frac{B_1 - B_2}{D_2 - D_1}$$

若以方案 I 为基础方案, 方案 II 为对比方案, Q_0 称为对比工艺方案的临界产量, 也可称为对比工艺方案的最小经济产量。显然, 当预计年产量小于 Q_0 时采用工艺方案 I 较采用工艺方案 II 有利, 当预计年产量大于 Q_0 时, 则采用工艺方案 II 较采用工艺方案 I 有利。

值得注意的是，对工艺方案进行经济分析和评定时，必须在确保制造质量的前提下，全面考虑提高劳动生产率，改善劳动条件和促进生产技术的发展等问题。通常对年产量较大的主要零件的工艺方案，应通过对工艺成本的估算评定其经济性，而对于一般零件，则可利用各种技术经济指标(常用的有：每台机床的年产量——吨/台，件/台，每一生产工人年产量——吨/人，件/人，每平方米生产面积的年产量——吨/米²，件/米²，材料利用率，设备负荷率等)，结合生产经验，对不同方案进行论证，选取在该生产条件下最经济合理的方案。

思考与练习

1. 什么是机器的生产过程？什么是工艺过程？
2. 在对企业进行资产评估时，了解加工工艺规程有何重要意义？
3. 分析说明单件工艺成本与年产量的关系。
4. 试述零件的加工精度、表面粗糙度与切削加工费用的关系。
5. 机器的装配工作对机器质量有何影响？
6. 零件加工质量的主要指标有哪些？
7. 什么是生产成本？什么是工艺成本？
8. 常用的毛坯制造方法有哪些？
9. 何谓切削加工？它在机器制造中的作用是什么？

第三章 金属切削机床

第一节 机床概论

在工农业生产中,广泛地使用着各种类型的机器,如拖拉机、飞机、轧钢机、推土机等。这些被广泛应用的机器为了满足其不同的用途,而形成了复杂的传动和工作系统。但分析一下,任何一部机器都是由一些轴类、套类、盘类、齿轮类、箱体类、机架及一些联接件等零件集合组成的。而这些形状各异的零件是由机床加工而成的。因此,把用来制造这些机器零件的设备通称为“金属切削机床”,简称为“机床”。由于机床是加工机器零件的主要设备,故有“工作母机”或“工具机”之称。

在机械制造过程中,技术装备一般包括:金属切削机床、铸造机械、锻压机械和木工机械等。铸造、锻压机械属毛坯生产机械,而金属切削机床则不同于铸造、锻压机械,它是用切削、特种加工等方法加工工件,使之获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机器。由此可见,金属切削机床是加工机器零件的主要设备。一般金属切削机床约占机械行业所有技术装备总台数的60%~80%。

一、机床的技术经济指标

用机床生产机器是目前现代化机械制造工业的主要手段,因

此，机床本身质量的优劣，直接影响所造机器的质量和劳动生产率。衡量一台机床的质量是多方面的，但主要是要求工艺性好，系列化、通用化、标准化程度高(简称三化)，结构简单，重量轻，工作可靠，生产率高等。这些要求组成了机床的技术经济指标。具体指标如下。

(一) 工艺的可能性

工艺的可能性是指机床适应不同生产要求的能力，它包括以下内容：

1. 在机床上可以完成的工序种类。
2. 被加工零件的类型、材料和尺寸范围。
3. 毛坯的种类。
4. 加工精度和表面粗糙度。
5. 适应的生产规模(批量)等。

一台通用机床可以完成一定尺寸范围内各种零件多工序加工，通用机床工艺的可能性较宽，在同一机床上要完成多种多样工作，还要适应不同使用部门的需要，因而结构相对复杂，适用于单件小批生产。

专用机床只能完成一个或几个零件的特定工序，其工艺范围主要是根据用户的实际需要、工件的特点和生产批量等决定。专用机床多用于大批量生产，是针对特定工序设计的，故其工艺的可能性较窄，但这样可以提高生产率，保证加工质量，简化机床结构，降低机床成本。

(二) 加工精度和表面粗糙度

机床应保证所加工零件达到规定的精度和表面粗糙度。当然工件的精度和表面粗糙度是由机床、刀具、夹具、切削条件和操作者等诸方面因素决定的。但就机床方面来说，要保证被加工零件的精度和表面粗糙度，机床本身必须具备一定的几何精度、运

动精度、传动精度和动态精度。

几何精度是指机床在不运转时部件间相互位置精度和主要零件的形状精度、位置精度，如主轴与导轨之间的平行度、垂直度，主轴的端面跳动和径向跳动，工作台平面的平面度等。这些精度是由机床的设计、制造和装配决定的。机床的几何精度对加工精度有着重要影响，因此，它是评定机床精度的主要指标。

运动精度是指机床在以工作速度运转时主要零部件的几何位置精度，如在高速下运动的主轴或工作台的几何位置随油膜动压效应变化及滑动面的形状、位置误差而变化，这种变化对于加工精度要求较高的机床如坐标镗床等是不容忽视的。变化量越大，则运动精度越低。

传动精度是指机床传动链各末端执行件之间运动的协调性和均匀性。对于工作部件间相对运动有严格要求的机床如齿轮加工机床传动精度尤其重要。传动精度由机床传动系统的设计，传动件的制造和装配精度等决定。

常用几何精度的检验作为机床精度的检验。对于通用机床，国家已规定了检验标准；对专用机床，可根据加工零件的要求参照相应的通用机床的检验标准而决定。

以上精度由于都是在空载条件下检测的，它只能在一定程度上反映机床的加工精度，如有的机床虽然几何精度较高，但在切削加工中由于各种因素影响，产生较大的变形和振动，实际加工精度并不高，甚至出现某些切削规范不能使用的状况。所以必须要求机床有一定的动态精度和温升作用下主要零部件的形状、位置精度。

影响动态精度的主要因素有机床的刚度、抗振性和热变形等。

机床刚度是指机床在外力作用下抵抗变形的能力。机床的刚度越大，则动态精度越高。

机床的刚度包括机床构件本身的刚度和构件之间的接触刚度。机床构件本身刚度取决于构件本身的材料性质、构件的截面形状和大小、壁厚、筋板的布置等。接触刚度是指零件结合面在外力作用下抵抗接触变形的能力。由于机械加工后零件的表面都存在宏观的几何形状误差和微观表面粗糙度，所以两个零件的表面只有凸出的高峰才互相接触，因此实际接触面积只是名义接触面积的一小部分。在外力作用下，这些接触处产生较大应力，引起的变形叫接触变形。在同样大小外力作用下，接触变形小的，则接触刚度大。接触刚度不仅与接触件材料、接触面的几何尺寸和硬度有关，而且还与接触面的表面粗糙度、几何精度、加工方法、接触面介质、预压力等因素有关。

机床在切削过程中的振动严重影响机床的性能。振动可影响到机床的加工精度、加工表面质量和引起噪声，降低生产率，缩短刀具寿命，激烈的振动甚至可以损坏机床的运动件。

机床上出现的振动，从本质上可分为受迫振动与自激振动两种。机床在切削加工中受到一些周期性变化的作用力，如周期性变化的切削力、回转件不平衡所引起的周期性变化的离心力等。这些周期性变化的干扰力称为激振力。在激振力的持续作用下，系统被迫引起的振动为受迫振动。

自激振动是在不受任何外力、激振力干扰的情况下，由切削过程内部产生的持续振动。它是由机床、工件、刀具、夹具振动系统与切削过程相互作用而产生的振动。

机床的抗振性和机床的刚度、阻尼特性、固有频率等有关。

机床由于外部热源(包括阳光及环境温度的变化)和内部热源(如电机齿轮箱、轴承、液压系统和切削热等)的影响，使机床各部分温度发生了变化。由于各个零部件的温度不尽相同，各种材料热膨胀系数不同，因而造成了机床各部分不同的变形和相对位移。

这种现象叫做机床的热变形。机床热变形不仅会破坏机床的原始几何精度，加快运动件的磨损，甚至会影响机床的正常运转。据统计，机床在长期工作中由于热变形而产生的误差最大可占全部误差的70%，特别是对精密机床、大型机床和自动化机床，热变形的影响尤其不能忽视。

对于机床动态精度，目前尚无统一标准，主要是通过切削加工典型零件所达到的精度间接地对机床动态精度作出综合评价。

机床加工工件的表面粗糙度是机床的主要性能之一，对于精加工机床尤为重要。当然影响加工工件表面粗糙度的因素很多，但机床的质量是主要因素之一。

(三) 生产率

在保证加工质量的基础上，机床的生产率应尽可能提高。衡量生产率高低的方法很多，可用单位时间内机床所能加工的工件数表示。

$$Q = \frac{1}{T_{\text{总}}} = \frac{1}{T_{\text{切削}} + T_{\text{辅助}} + \frac{T_{\text{准备}}}{n}} \text{件/小时} \quad (3-1)$$

式中 Q ——单位时间内机床生产产品的数量

$T_{\text{总}}$ ——加工每一个工件的平均总时间

$T_{\text{切削}}$ ——每个工件的切削加工时间

$T_{\text{辅助}}$ ——每个工件的辅助时间，如上下料回程等

$T_{\text{准备}}$ ——每批工件的准备和结束时间，如装卸工、夹具调整机床等

n ——每批工件的数量

由式3-1可看出，机床在单位时间内生产的产品数越多，则机床的生产率就越高。要想提高机床的生产率，可以采取减少切削加工时间、每个工件的辅助时间和每批工件的准备和结束

时间。如采用高速切削、多刀切削等措施并且在机床结构上考虑减少加工的准备和结束时间的措施。

(四) 系列化、通用化、标准化程度

机床系列化工作包括系列型谱的制定和产品系列的设计。系列化的目的是在选择一个合理的方案时确定同一类型机床应有哪些规格和型式来满足国民经济各部门的需要。

机床部件采用了通用化后，可以扩大零件制造批量，既便于生产管理，又可降低生产成本和缩短生产周期，还能提高结构的可靠性。

机床零件标准化，有利于组织零件的集中成批或大批生产，在降低生产成本和缩短生产周期，提高材料的利用率等方面有着显著的经济、技术效果。

机床的系列化、通用化和标准化是密切联系的，品种系列化是部件通用化和零件标准化的基础，而部件的通用化和零件的标准化又促进和推动品种系列化工作。

(五) 机床的寿命

机床寿命的长短是标志一台机床好坏的重要指标之一。如果机床零部件磨损很快，则机床就会很快失去原有精度，因此必须十分注意机床结构的可靠性和耐磨性。对于导轨、轴承、齿轮等易损零件，要根据使用条件合理地进行设计，并采取工艺措施以增加、延长使用寿命。

除此以外，机床操作必须方便、省力、安全，同时还要考虑到维修的方便及外形美观大方，机床重量轻，占地面积小等因素。

二、机床的运动与传动

(一) 机床的运动

机床主要是用来加工各种机器零件，由于机器的类型和性能是多种多样的，因而被切削零件的材料性质、形状、尺寸精度和表面粗糙度的要求也就千差万别，因而出现各种各样的加工方法和与之相适应的各种机床。由于机床的种类不同，随之所使用的刀具也不相同，但可以概括地讲，一切机床上加工的共性就是把刀具和工件安装在机床上，由机床产生刀具与工件间的相对运动，从而切削出合乎要求的零件。

1. 运动分析。尽管各种机器零件的形状很多，但分析起来不外乎由平面、圆柱面、圆锥面及成形面所组成。如能加工出这几种表面，那么也就可以实现各种形状零件的加工。

圆柱面和圆锥面是以某一直线为母线，以圆为轨迹，作旋转运动时所形成的表面。

平面是以直线为母线，以另一直线为运动轨迹作平移运动时所形成的表面。

成形面是以曲线为母线，以圆或直线为运动轨迹，作旋转或平移运动时所形成的表面。

在各种切削加工方法中，母线多数情况下是靠运动体现。例如，图 3-1 中(a)图是车外圆时车刀刀尖沿工件轴线方向平行移动 f 形成直线可视为母线，(e)图是刨削平面时刨刀的往复运动 v 可视为直母线，(d)图是用普通车刀车削成形面时，车刀沿曲线所走的轨迹可视为曲线母线。有时，母线可由刀具切削刃的形状直接体现。例如，(h)图是用成形车刀代替普通车刀，径向进给车削成形面，此时，成形刀的曲线刀刃即为母线。显然使用成形刀具时刀具形状复杂但机床的运动却简单。

以上是从几何成形的角度出发，分析刀具与工件之间相对运动的作用。目的是把相对运动与形成零件表面的关系联系起来。在具备几何知识后，根据刀具形状和运动轨迹的关系不难分析出各

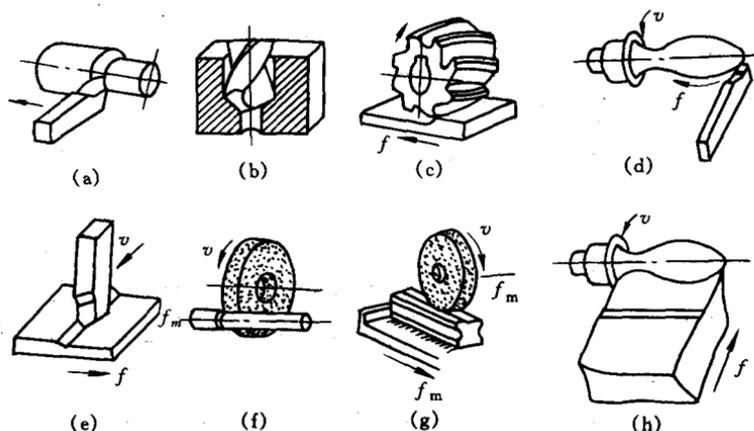


图 3-1 不同切削加工方法所形成的表面

种加工方法的表面形成规律。

2. 工作运动。要进行切削, 刀具与工件之间必须有相对运动, 就是工作运动。根据在切削过程中所起的作用来区分, 切削运动分为主运动(图 3-1 中用 v 表示)和进给运动(图 3-1 中用 f 表示)。

主运动。是形成机床切削速度或消耗主要动力的工作运动。如车削工件时, 工件的旋转; 钻削、铣削和磨削时刀具的旋转; 牛头刨床刨削时刀具的直线运动。

进给运动。是使工件的多余材料不断被去除的工作运动。如车削外圆时, 刀具沿工件轴向的直线移动; 牛头刨床刨平面时, 工件横向的直线运动。

应该注意, 切削过程中主运动只有一个, 进给运动可以多于一个。例如, 车削外圆时要有纵向进给, 磨削外圆时除纵向进给外, 还有圆周进给才能切削出完整的外圆表面。主运动和进给运动可由刀具或工件分别完成, 也可由刀具单独完成(例如在钻床上

钻孔)。

机床的运动除切削运动外,尚有一些实现机床切削过程的辅助工作而必须进行的辅助运动。如退刀、上料、下料、转位、排除切屑等均属辅助运动。

(二) 机床的传动

机床的传动机构指的是传递运动和动力的机构简称机床的传动。

机床要实现切削加工,就必须要有所需的各种运动,就要有提供动力的动力装置和使工件与刀具作相对运动的工作执行机构,此二者必须按一定规律联系起来。正是各种传动机构把动力装置和工作执行机构联系起来,才使工作执行机构能进行必要的运动。

机床的传动方式按传动机构的结构特点划分为机械传动、液压传动、电力传动、气压传动以及以上几种传动方式的联合传动等(如机械——液压联合传动,机械——电力联合传动,电力——液压联合传动等)。按传动速度调节变化特点将传动分为有级传动和无级传动。

有级传动——也叫有级调速。指的是在一定转速范围内,速度分为若干级而且每级速度的变化是不连续的。如某机床的主轴转速范围为55.5~800转/分,固定有55.5, 98.5, 165, 269, 476和800转/分,共分六级,每级之间不连续。

无级传动——也叫无级调速。指的是在一定转速范围内,速度可以调到任意一个数值的传动。如某机床主轴转速范围为55.5~800转/分,在这个范围内可以调到55.5~800转/分中的任意一个速度级,以适应于最佳切削用量的选择。

(三) 机床的传动系统和传动系统图

机床的传动系统指的是通过各种传动零件(如皮带、齿轮、丝

杠、螺母等)把电动机和主轴、主轴和刀架(或工作台)连接成传递运动和动力的系统,也叫传动链。它具有首末两个端件。首端件又叫主动件,末端件又叫从(被)动件,每一条传动系统从首端件到末端件都是按一定的传动规律组成,这就是传动比,以此来保证机床的性能。

一般的机床传动系统按其所担负运动的性质可分为主运动传动系统、进给运动传动系统和快速空行程运动传动系统三种。

用一些简单的符号来表示传动系统的综合简图叫机床传动系统图。(如图 3-2),它简明地表示出机床内部的传动结构和传动关系,能充分反映出机床结构的复杂程度和性能。传动图必须按一定规律来绘制。国家标准规定了有关机床零件和机械的代号(见表 3-1)。

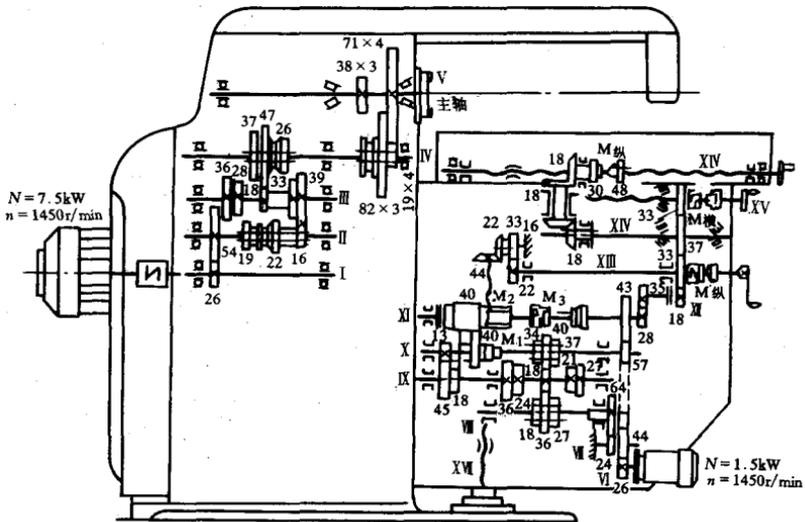
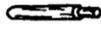


图 3-2 X6132 型铣床的传动系统

表 3-1 传动系统中常用的符号

名称	图形	符号	名称	图形	符号
轴			滑动轴承		
滚动轴承			止推轴承		
单向牙嵌 离合器			双向牙嵌 离合器		
双向摩擦 离合器			双向滑动 齿轮		
整体螺母 传动			开合螺母 传动		
平型带 传动			三角胶带 传动		
齿轮传动			螺杆传动		
齿轮齿条 传动			锥齿轮 传动		

在机床产品说明书或有关资料中，往往都有机床传动系统图的内容。一般机床传动系统图绘制成平面展开图的形式，但也有绘制成立体图形式的。在阅读机床传动系统图时，第一步先分析

整台机床有几条传动系统，每条中首端件、末端件各是哪一种；第二步分析整台机床的传动路线，由哪些传动零件组成，各传动零件的传动方式、传动关系怎样，也就是分析怎样来实现机床的加工性能。最后，列出机床的传动结构形式和传动关系。

三、机床的分类

为了适应切削加工的需要，设计并制造了各种不同类型的机床，其中最基本的机床有车床、钻床、刨床、铣床、镗床和磨床。为了适应加工的需要，目前机床已有很多类型，其结构和应用范围也各有所不同。例如，车床就包括普通车床、立式车床、六角车床、自动车床等；其他如钻床、刨床、铣床和磨床也都有很多不同的型号。为了便于使用和管理，就必须对它进行科学的分类。

下面介绍几种常用的分类方法。

（一）按机床加工性质和所用刀具分类

目前我国将机床分为十二大类，它们是：车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、电加工机床、切断机床及其他机床。每一类机床划分为若干组，每个组又划分为若干系列。

（二）按机床工作精度分类

1. 普通机床。指的是普通级别的机床，包括：普通车床、钻床、镗床、铣床、刨插床等。

2. 精密机床。主要包括：磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床和其他各种精密机床。

3. 高精度机床。主要包括：座标镗床、齿轮磨床、螺纹磨床、高精度滚齿机、高精度刻线机和其他高精度机床等。

（三）按机床加工工件尺寸的大小和机床自身重量分类

1. 仪表机床。主要指用于仪器、仪表、无线电等工业部门加工小型工件的机床。

2. 中、小型机床(一般机床)。机床本身重量在 10 吨以下为中、小型机床。

3. 大型机床。机床自身重量在 10~30 吨重的机床为大型机床。

4. 重型机床。机床自身重量在 30~100 吨重的机床为重型机床。

5. 特重型机床。机床本身重量在 100 吨以上的机床为特重型机床。

(四) 按照机床通用性分类

1. 通用机床(万能机床)。这类机床的加工范围广泛,可以加工多种零件的不同工序。由于其通用性范围较广,它的结构往往比较复杂。适用于单件、小批生产时选用。例如,普通车床、卧式镗床、万能升降台铣床等均属于通用机床,适用于单件小批生产。

2. 专门化机床(专门机床)。这类机床专门用于加工不同尺寸的一类或几类零件的某一特定工序,如精密丝杠车床,凸轮轴车床,曲轴、连杆轴颈车床等都属于专门化机床,它适用于成批大量生产场合。

3. 专用机床。这类机床专门用以加工某种零件的特定工序的机床称为专用机床。如加工汽车后桥壳体的专用镗床,加工机床主轴箱的镗床等,这类机床加工范围小,被加工零件稍有一点变动就不能适应。结构较通用机床简单,但生产率高,机床自动化程度往往也比较高。所以,专用机床一般在成批大量生产中选用。

4. 组合机床。这类机床是将预先制造好的标准件、通用零部

件与少量专用件组合而成的机床。组合机床可以同时从几个方向采用多把刀具，对一个或几个零件进行切削。当被加工工件改变时，组合机床可以部分或全部重新改装，利用原有的通用零部件还可以组成新的专用机床。组合机床适用于自动线和大批量生产的场合。

四、机床的型号编制

金属切削机床的类别形式很多，为了便于生产和管理，不但要给每一种机床赋予一个型号，而且还能从型号上看出机床的名称、主要规格、性能和结构特点。如一台最大磨削直径为 320 毫米的高精度、半自动、万能外圆磨床，可以用型号 MGB1432 来表示，就显得十分简便。

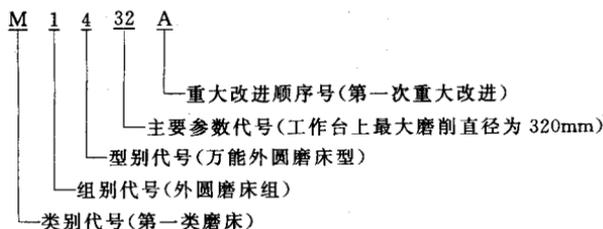
我国机床型号的编制自 1957 年原第一机械工业部颁布机床型号编制办法以来，随着机床工业的发展，曾进行过多次的修改。目前我国的机床工业正在采用国际标准，而且修订了一大批机床产品标准。JB1838—85 是代替 JB1838—76 标准执行的。但又鉴于 JB1838—85 规定老产品占用的型号，在老产品未淘汰以前，不得启用新型号，因而出现了新、老型号交替使用的情况。为便于对机床设备评估工作的进行，现在分别介绍 JB1838—76、JB1838—85，以利于区分和工作中参考。

（一）JB1838—76《金属切削机床型号编制方法》

该标准适用于各类金属切削机床，其型号编制分为通用机床的型号编制、专用机床的型号编制、组合机床及自动线的型号编制三大类，在此只介绍最常用的通用机床的型号编制办法，其余二类型号编制方法参阅 JB1838—76。

JB1838—76 采用汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定规律组合起来，分别表示机床的类型及主要参数和特性。例如，M1432A

型万能外圆磨床型号中的代号及数字含义为：



为了全面了解机床型号表示方法，下面再作简要说明。

1. 机床类别的代号。按加工性质和所用刀具的不同，目前我国把机床分为十二大类，各类代号见表 3-2。型号的第一个字母表示机床的类别，采用汉语拼音的第一个字母大写。这里的汉语拼音字母，一律按照它的名称读音。例如，“车床”的汉语拼音是“Chechuang”，所以用“C”表示。

每一大类机床根据需要又可分为若干分类，用阿拉伯数字 1、2、3……顺序表示在类代号的前面，称为分类代号。目前在十二大类机床中只有磨床有分类代号。

表 3-2 机床分类及代号

机床类型	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	刨插床	拉床	铣床	电加工机床	切断机床	其他机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	B	L	X	D	G	Q
参考读音	车	钻	镗	磨	2磨	3磨	牙	丝	刨	拉	铣	电	割	其

2. 机床特性代号。机床特性代号也用汉语拼音字母来表示，它代表机床具有的特有性能。表 3-3 给出机床的各种特性及其代号。在型号中特性代号排在机床类别代号的后面。例如，CK6140 型程序控制普通车床中的 K 是表示程序控制。

表 3-3 机床特性及代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	程序控制	轻便	万能	简式	自动换刀	仿形
代号	G	M	Z	B	K	Q	W	J	H	F
参考读音	高	密	自	半	控	轻	万	简	换	仿

3. 机床的组别和型别代号。机床的组别和型别用两位数字表示。每类机床按机床的用途、性能、结构相近或有派生关系分为若干组。例如，车床分为十组，用阿拉伯数字“0~9”表示（见表3-4，其中0组为仪表车床，表中未摘录）。每组中又分若干型，例如，普通车床组中又分为落地车床及普通车床等型别。在机床型号中，类别代号和特性代号之后，第一位阿拉伯数字代表组别，第二位阿拉伯数字代表型别，可对照前面所举M1432A之例来理解。

表 3-4 金属切削机床类组型别分表摘录

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9
类别	代号	名称及型别							
车床	C	单轴自动车床	多轴自动及半自动车床	六角车床	曲轴及凸轮轴车床	立式车床	普通车床	仿形及多刀车床	其他车床
						0 1 1 2	0 1 1 2		
钻床	Z	深孔钻床	深孔钻床	摇臂钻床	台式钻床	立式钻床	双柱立式车床	落地车床	马鞍车床
				0 1	0	0 1 1 2	立式多轴钻床		
镗床	T	深孔镗床	深孔镗床	坐标镗床	立式镗床	卧式镗床	落地镗床	金刚镗床	汽车、拖拉机修理用镗床
				0 1 2	0 1 2	0 1 2	落地镗床		

续表

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
类别	代号	名称及型别													
磨床	M	外圆磨床		内圆磨床		砂轮机	珩磨机及研磨机	导轨磨床	刀具磨床	平面磨床	蜗轴、凸轴、花键轴及蜗轴		花键轴床、凸轴床、蜗轴床	工具磨床	
		0 1 2 3 4 5	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4						0 1 2 3 4	0 1 2 3 4			0 1 2 3 4
		无心磨床	万半外圆自动磨床	外圆磨床	无心内圆磨床	切入式内圆磨床					立式轴矩台	立式轴圆台	凸轴磨床	花键轴磨床	
齿轮加工机床	Y	车齿机		锥齿轮加工机床		滚齿机	剃齿机	磨齿机	花键轴铣床	圆柱齿轮磨齿机	其他齿轮加工机床		倒角机及齿轮检查机		
		0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4						0 1 2 3 4	0 1 2 3 4		0 1 2 3 4	
			弧齿锥齿轮磨齿机	弧齿锥齿轮磨齿机	弧齿锥齿轮磨齿机	弧齿锥齿轮磨齿机	弧齿锥齿轮磨齿机	弧齿锥齿轮磨齿机							
螺纹加工机床	S					套丝机	攻丝机		螺纹铣床	螺纹磨床	螺纹车床				
铣床	X	单柱铣床		龙门及双柱铣床		平面及端面铣床		仿形铣床		立式铣床		卧式铣床		其他铣床	
		0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1			
刨床及插床	B	单臂刨床		龙门刨床		插床		牛头刨床		牛头刨床		仿形牛头刨床		刨边机及刨模机	
		0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1			
拉床	L							立式拉床	卧式拉床		方头、键槽拉床				

4. 机床主参数的代号。反映机床加工性能的主要数据称为第一主参数，简称主参数，如反映普通车床所能加工的最大工件直径尺寸，用“床身上最大工件回转直径”来表示。不同的机床，主参数内容各不相同，如铣床类机床的主参数多用“工作台工作面的宽度”来表示，它反映铣床所能加工零件最大宽度的尺寸。又如钻床的主参数一般都用“最大钻孔直径”来表示，用以反映钻床所能装夹刀具的最大尺寸等等。

机床的主参数的代号是用阿拉伯数字来表示的。在表示机床组别和型别两个数字后面的数字，一般表示机床的主参数或主参

数的 1/10 或 1/100。常见机床的主参数及折算系数见表 3-5。

表 3-5 常见机床主要参数及折算系数

机床名称	主要参数名称	主要参数折算系数
普通车床	床身上最大工件回转直径	1/10
自动车床、六角车床	最大棒料直径或最大车削直径	1/1
立式车床	最大车削直径	1/100
立式钻床、摇臂钻床	最大钻孔直径	1/1
卧式镗床	主轴直径	1/10
牛头刨床、插床	最大刨削或插削长度	1/10
龙门刨床	最大刨削宽度	1/100
卧式及立式升降台铣床	工作台工作面宽度	1/10
龙门铣床	工作台工作面宽度	1/100
外圆磨床、内圆磨床	最大磨削外径或孔径	1/10
平面磨床	工作台工作面的宽度或直径	1/10
砂轮机	最大砂轮直径	1/10
齿轮加工机床	(大多数是)最大工件直径	1/10

5. 机床的第二主参数。机床的第二主参数一般是指主轴数、最大跨距、最大磨削长度、最大工件长度、工作台工作面长度等。

机床的主轴数指的是多轴机床同时工作的主轴根数，它用阿拉伯数字表示。在型号中位于第一主参数之后，并用“·”分开。

其他的第二主参数位于型号末端，并用“×”分开。凡属于长度(包括跨距、行程)的采用 1/100 的折算系数，凡属于直径、深度、宽度的采用 1/10 的折算系数，凡属于最大模数、厚度等，则以实际数值列入型号。

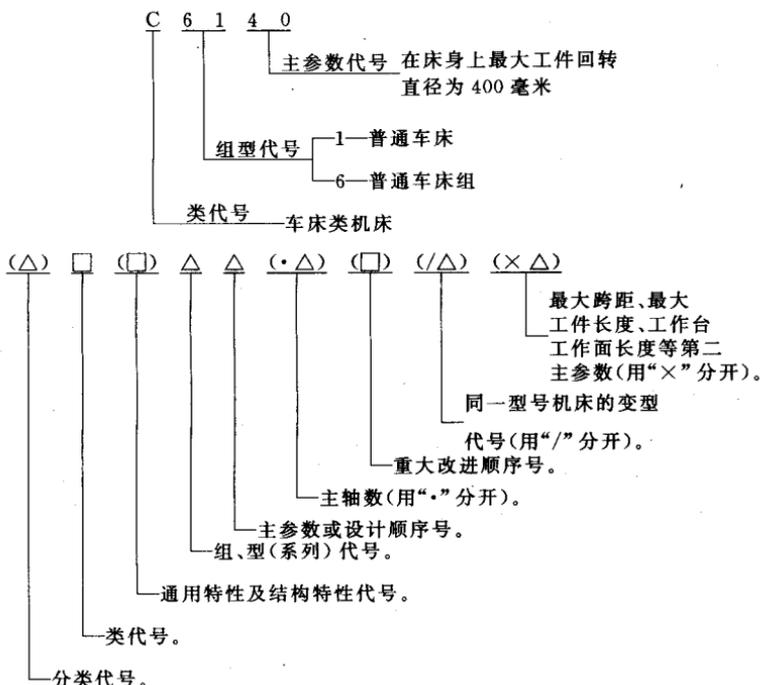
第二主参数在机床型号中一般不予表示。当不足以说明机床工作性能时，才会出现。

6. 机床重大改进的序号。当机床的性能及结构有重大改进时，按其设计改进的次序分别用汉语拼音字母“A、B、C、D……”表示，写在机床型号的末尾以示区别，但 I 和 O 两个字母不能用，以免与数字混淆。例如，M1432A 中的 A 字代表第一次

重大改进。

7. 同一型号机床的变型代号。某些专门用途的通用机床，如加工曲轴、凸轮轴的车床、液压半自动车床、滚齿机等，需要根据不同的加工对象，在基本型号机床的基础上变换机床的结构形式。因此这类机床允许在原机床型号之后依次加 1、2、3……等阿拉伯数字，并用“/”分开，以便与原机床型号分开。如型号 MB8240/2 中的“/2”表示为经第二次变型后的型号。

综上所述，机床型号表示方法如下：



注：① 有“()”的代号或数字，当无内容时，则不表示。若有内容时，应不带括号；

② 有“□”符号者，为大写的汉语拼音字母；

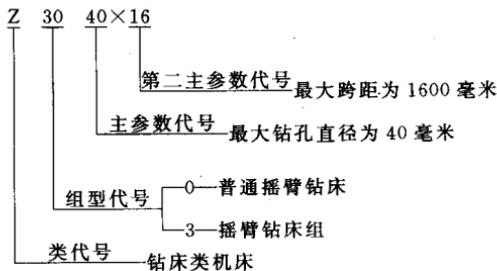
③ 有“△”符号者，为阿拉伯数字。

读通用机床型号应先读主参数内容然后再依次读其他内容，其顺序是：

主参数代号→重大改进顺序号或变型代号→第二主参数代号→使用特性代号→主轴数→组型代号→(类代号)。

例如：

C6140——在床身上最大工件回转直径为 400 毫米的普通车床。



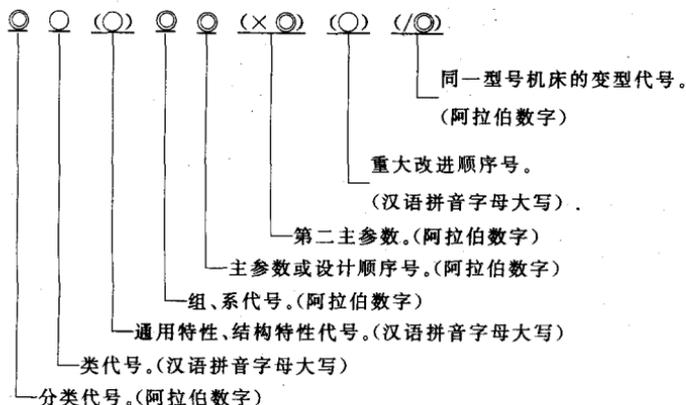
Z3040×16——最大钻孔直径为 40 毫米，最大跨距为 1600 毫米的摇臂钻床。

(二) JB 1838—85《金属切削机床型号编制方法》

JB 1838—85 标准将金属切削机床型号分为三大部分进行编制，即通用机床、专用机床(不包括组合机床)及机床自动线编号。现对比 JB 1838—76 介绍 JB 1838—85 中通用机床型号表示方法。

1. 型号的表示方法。见下页。
2. 机床类代号。将机床分为十二大类，除将切断机床改为锯床外，其他与 JB 1838—76 相同。
3. 机床特性代号。机床特性代号用汉语拼音字母表示，位于类代号之后。

(1) 通用特性代号。通用特性代号见表 3-6。



注：①有“()”的代号或数字，当无内容时，则不表示。若有内容，则不带括号；

②有“○”符号者，为大写的汉语拼音字母；

③有“◎”符号者，为阿拉伯数字。

表 3-6 机床通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心 (自动换刀)	仿型	轻型	加重型	简式
代 号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J
读 音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	简

(2) 结构特性代号。对主参数值相同，而结构、性能不同的机床，在型号中增加结构特性代号予以区分。并用汉语拼音字母表示。结构特性代号可以依各类机床的具体情况赋予一定含义，在型号中没有固定的统一含义，只起到区分同类机床结构，性能异样的作用。其排列位置和 JB 1838—76 相同。结构特性代号可用 A、D、E、L、N、P、R、S、T、U、V、W、X、Y 等字母。当不够用时可将两个字母组合起来使用。如 AD、AE 等。

4. 机床的组、系代号及主参数的表示方法。机床的组、系用

两位阿拉伯数字表示，位于类代号或特性代号之后。

机床的统一名称和组、系划分及型号中主参数的表示方法。请查阅 JB 1838—76。

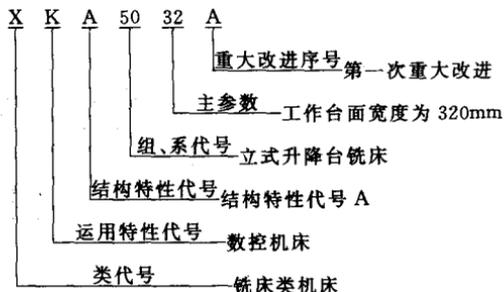
5. 第二主参数的表示方法。以长度单位表示的第二主参数(最大工件长度、最大车削长度、最大磨削长度、最大刨削长度、工作台面长度、最大跨距、最大磨削深度等)以及轴数、模数等列入型号的后部，都用“×”分开。

6. 机床重大改进顺序号。重大改进设计在新标准中给予明确规定，指出重大改进设计不同于完全的新设计，是在原有的机床的基础上进行改进设计的。因此，重大改进后的产品与原型号的产品是一种取代关系，两者不应长期并存，重大改进后的产品应代替原来的产品。

7. 同一型号机床的变型代号。某些类型机床，根据不同加工需要，在基本型号机床的基础上，仅改变机床的部分性能结构时，则加以变型代号。

8. 当某些通用机床无法用一个主参数表示时，则在型号中用设计顺序号表示。设计顺序号由 1 起始，当设计顺序号小于十位数时则在设计顺序号之前加“0”。

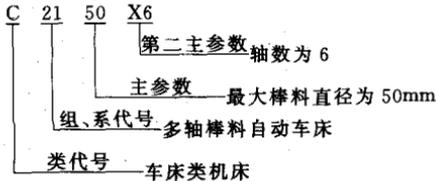
9. 示例。



XKA5032A 型机床为工作台宽度为 320mm，结构特性为 A，

经过第一次重大改进的数控立式升降台铣床。

C2150X6 型机床为最大棒料直径为 50mm 的六轴棒料自动车床。



第二节 车 床

车床类机床主要是指用车刀加工工件上旋转表面的机床，它是各类机床中生产历史最长、应用最广的一类机床，各类车床约占金属切削机床总数一半左右，所以它是机械制造行业中最基本的常用机床。

车削时工件装夹在与主轴相连的卡盘或顶尖上，由主轴带着卡盘或顶尖连同工件一起作旋转运动；车刀装在刀架上，由刀架的纵向或横向移动（平行于床身导轨方向为纵向，垂直于床身导轨方向为横向），使车刀获得进给运动，从而对工件进行车削加工（图 3-3）。由此可知，车床指的是作进给运动的车刀对作旋转主运动的工件进行切削加工的机床。了解这一点对认识车床是很重要的。

车床的加工范围较广。在车床上主要加工回转表面，其中包括：车外圆、车端面、切槽、钻孔、镗孔、车锥面、车螺纹、车成形面、钻中心孔及滚花等。图 3-4 表示适于在车床上加工的零件，图 3-5 表示在车床上能完成的工作。

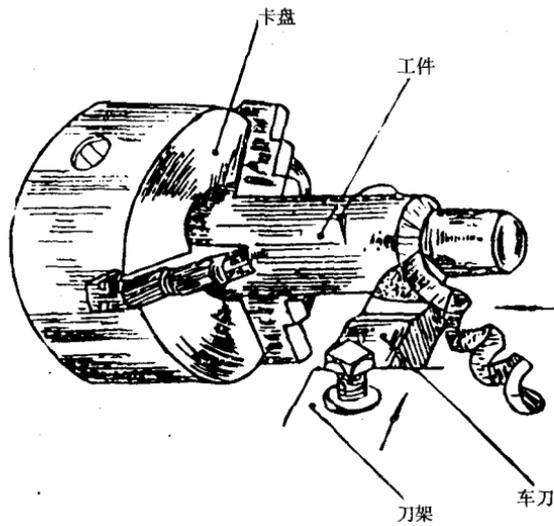


图 3-3 车削加工简图

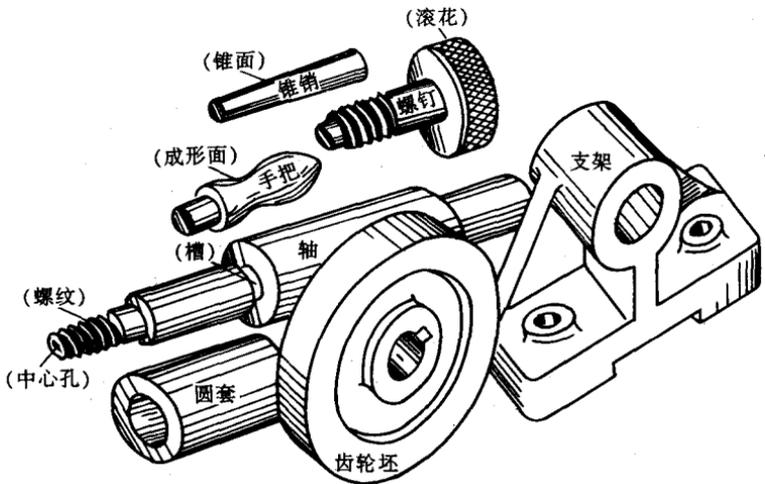


图 3-4 车床加工的零件举例

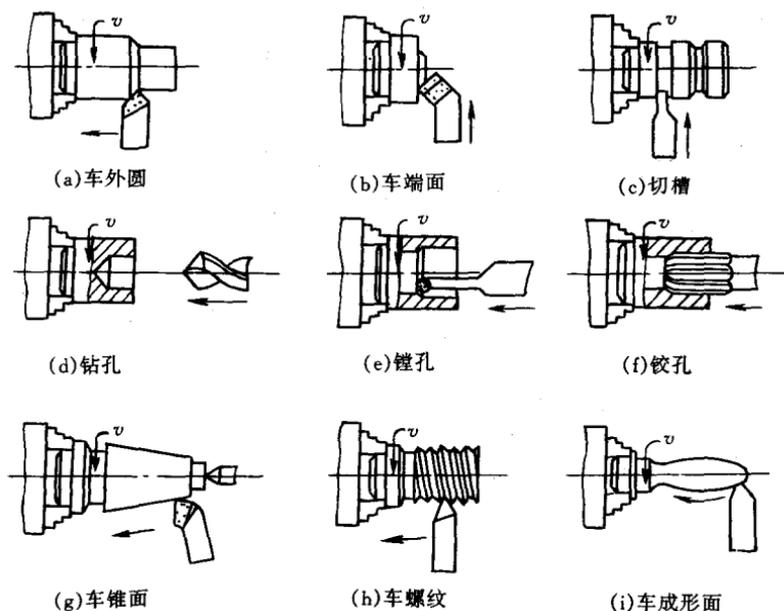


图 3-5 车床加工范围

车床的种类繁多，按其用途和结构的不同，主要可分为：普通车床和落地车床、立式车床、仪表车床、单轴自动车床、多轴自动和半自动车床、六角车床……。普通车床又可分为：落地车床、卧式车床、马鞍车床、无丝杠车床、卡盘车床、球面车床等。一般车床的加工精度可达 IT10~IT8，表面粗糙度 Ra 值可达 $1.6\mu\text{m}$ 。

一、普通车床

普通车床是车床中应用最广泛的一种，约占车床类总数的 65%，因其主轴以水平方式放置故为卧式车床。CA6140 型普通车床是比较典型的普通车床。现以 CA6140 型车床为例进行阐述。

CA6140 车床属普通级机床, 根据车床的精度标准, 本机床应达到的加工精度为:

精车外圆的圆度为 0.01mm 。

精车外圆的圆柱度为 $0.01\text{mm}/100\text{mm}$ 。

精车端面的平面度为 $0.025\text{mm}/400\text{mm}$ 。

精车螺纹的螺距精度为 $0.04\text{mm}/100\text{mm}$, $0.06\text{mm}/300\text{mm}$ 。

精车工件表面粗糙度 R_a 值小于 $3.2\mu\text{m}$ 。

由于 CA6140 车床的加工范围广, 所以其结构复杂, 而且自动化程度低, 适用于单件小批生产。

(一) 普通车床的主要结构

CA6140 型普通车床的主要组成部件有: 主轴箱、进给箱、溜板箱、刀架、尾架、光杠、丝杠和床身, 如图 3-6 所示:

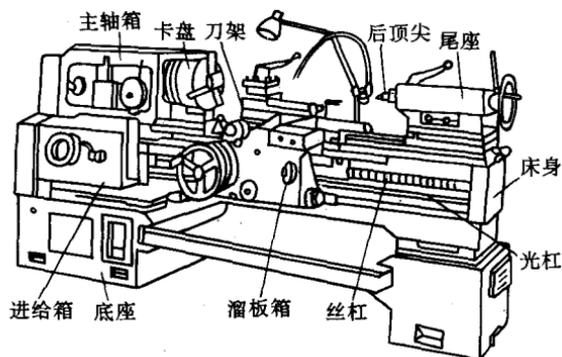


图 3-6 普通车床结构

1. 主轴箱。主轴箱又称床头箱, 它用螺钉、压板固定在床身的左上端, 内装主轴和主轴变速机构, 它的主要任务是将主电机传来的旋转运动经过一系列的变速机构使主轴得到所需的正、反两种转向的不同转速。主轴右端有外螺纹, 用以连接卡盘、拨盘

等附件，内部有锥孔用以安装顶尖。工件由卡盘夹持或安装在顶尖上随主轴转动。这样当电机起动，经过一系列的传动后，使工件做旋转的主运动，以实现切削加工，同时主轴箱分出部分动力将运动传给进给箱。

主轴箱中的主轴是车床的关键零件，它支承在滚动轴承上，切削时承受切削力。主轴在轴承上运转的平稳性直接影响工件的加工质量，所以要求主轴及其轴承应有很高的精度和刚性，一旦由于各种原因降低了车床主轴的旋转精度，则机床的使用价值就会降低。

2. 进给箱。进给箱又称走刀箱。它固定在床身左前侧，是为了适应不同的加工情况，合理地选择进给量或指定的螺距而设置的，进给箱中装有进给运动的变速机构，调整其变速机构，可得到所需的进给量或螺距，通过光杠或丝杠将运动传至刀架以进行切削。

3. 丝杠与光杠。丝杠与光杠装在床身前侧，用以联接进给箱与溜板箱，并把进给箱的运动和动力传给溜板箱，使溜板箱获得纵向直线运动。

丝杠是专门用来车削各种螺纹而设置的，在进行工件的其他表面车削时，只用光杠，不用丝杠。

4. 溜板箱。溜板箱装在床身的前侧面，上面装有溜板。溜板箱实际上是车床进给运动的操纵箱，其内装有将丝杠和光杠的旋转运动变成刀架直线运动的机构，通过光杠传动实现刀架的纵向进给运动，横向进给运动和快速移动，通过丝杠带动刀架上的车刀作纵向直线移动，以便车削螺纹。

5. 刀架。刀架(见图 3-7)是用来装夹车刀并使其作纵向、横向或斜向进给运动的。刀架分为三层，最下层与溜板箱用螺钉紧固在一起，称为纵溜板。它可在床身导轨上作纵向移动。第二层

为横溜板，它可沿着纵溜板上的导轨，作垂直于床身导轨的横向移动。第三层上装有转盘，用螺栓与横溜板紧固，当松开螺母后，它可以在水平面内旋转任意角度。转盘上面装有小溜板，它可沿转盘上面的导轨作短距离移动。小溜板上装有小溜板，车刀借螺钉夹紧在方刀架上，最多可同时安装四把车刀。换刀时，松开手柄，即可转动方刀架，把所需要的车刀转到工作位置上。工作时必须旋紧手柄把方刀架固定住。

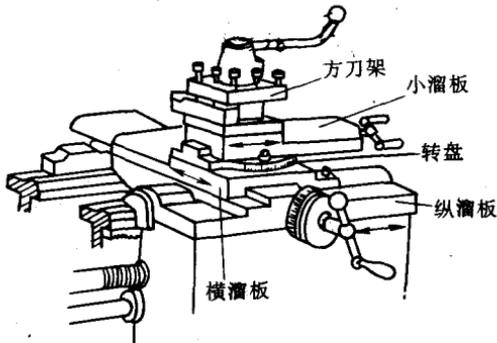


图 3-7 刀架

6. 尾架。尾架又称尾座，它安装在床身右端导轨面上，其位置可以根据加工时的需要进行调节。它的主要用途是在加工细长工件时，在尾架内安装顶尖来支承工件的一端，若把顶尖拿掉装上钻头或铰刀等孔加工工具可实现车床上钻孔、扩孔、铰孔和攻螺纹等加工。

7. 床身。床身装在左右床腿上，共同构成了车床的基础，用以支承车床上的三箱(主轴箱、进给箱、溜板箱)二杠(光杠、丝杠)二架(刀架、尾架)。机床的左床腿内装有润滑油箱及驱动电机。右床腿有冷却液箱及冷却液泵。

(二) CA6140 车床的技术规格

机床的技术规格是反映不同品种、不同类别机床的工作性能的技术资料，是选择机床的重要参考依据。一般机床的技术规格由五部分组成：

1. 技术参数。主要是反映机床加工能力的参数，包括主参数和第二主参数。

2. 机床工作速度级数及调整范围。指的是机床主运动和进给运动的速度级数及调整范围。包括机床主轴和刀架(或工作台)的工作运动速度级数及调整范围。

3. 机床主电机功率。指机床动力部分功率。

4. 机床外形尺寸。机床外形尺寸指的是机床有关运动部件处于中间位置部分的长、宽、高的外形轮廓尺寸，不包括独立的电气柜、液压油箱及特殊附件等的机床最大轮廓尺寸。

5. 机床的重量。机床的重量指的是机床的总重量但不包括独立的电气柜、液压油箱及特殊附件的重量。

CA6140 机床的技术规格如表 3-7 所示。

表 3-7 CA6140 型普通车床的主要技术性能

序号	项 目
1	床身上最大工件回转直径 400 毫米
	中心高 205 毫米
	最大工件长度 750、1000、1500、2000 毫米
	主轴内孔直径 48 毫米
	主轴前端锥度 莫氏 6 号
2	主轴转速正转 24 级 10~1400 转/分
	反转 12 级 14~1580 转/分
	进给量纵向 (64 级) 0.028~6.33 毫米/转
	横向 (64 级) 0.014~3.16 毫米/转
	溜板及刀架纵向快移速度 4 米/分

续表

序号	项 目
3	主电动机功率 7.5 千瓦
	溜板快移电动机 0.37 千瓦
4	机床轮廓尺寸 (长×宽×高, 工件长为 1000 毫米时)
 2668×1000×1267 毫米
5	机床重量 (工件长度为 1000 毫米时) 2070 公斤

为了更好的理解机床主要技术规格,下面对表 3-7 中一些名词进行说明:

1. 床身上最大工件回转直径 D。指的是机床上允许装夹工件的最大回转尺寸,这是车床的主参数,在 CA6140 中的“40”表示最大工件回转直径为 400 毫米。

2. 中心高 H。指的是主轴轴线至床身导轨平面的垂直距离,它也是决定在车床上能加工工件的最大直径。机床中心高 H 与床身上最大工件回转直径 D 有如下关系:

$$H = \frac{D}{2} + K$$

式中 K 为系数,随机床类型、规格、大小不同而变化。

3. 最大工件长度。指的是机床上允许装夹工件长度的最大尺寸。在普通车床上表示主轴顶尖到尾架顶尖之间的最大距离,它是车床的第二主参数。

4. 主轴内孔直径。指主轴通孔最小直径。当在车床上加工工件的毛坯为棒料时,就能从此孔通过。它也是反映车床加工性能的一个指标。

5. 主轴转速。指主轴每分钟的额定转速。

6. 进给量。工件旋转一圈时,刀具的位移量。

二、其他车床

(一) 立式车床

立式车床主要用于加工直径大,长度短的大型和重型工件。如大型胶带轮、齿轮和飞轮等。

立式车床一般可分为单柱式和双柱式。小型立式车床一般做成单柱式,大型立式车床则做成双柱式。立式车床结构的主要特点是它的主轴处于垂直位置。

图3-8为单柱式立柱车床,在床身上装有工作台,用来装夹工件,并带动工件作主运动。进给运动由垂直刀架和侧刀架来实现,垂直刀架可沿刀架滑座上下移动,亦可沿横梁横向移动,垂直刀架上的转塔刀架有五个装刀位置,可按工件的加工顺序安装

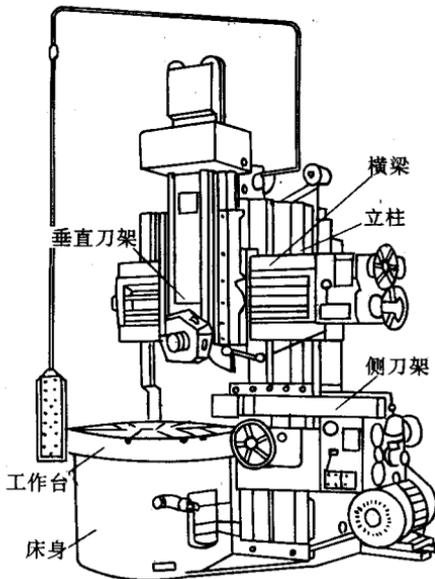


图3-8 单柱立式车床

不同的刀具，侧刀架上还有一个方刀架，它可以安装四把刀具。

立式车床主要特点是：

1. 工作台在水平面内，工件的安装调整比较方便，而且安全。
2. 工作台由导轨支承，刚性好，切削平稳，主轴的受力情况好。
3. 有几个刀架，可用多刀切削，并能快速换刀，立式车床的加工精度可达 IT9~IT8，表面粗糙度 Ra 值可达 3.2~1.6 μm 。

立式车床属大型机床，主参数为最大车削直径 D。

(二) 六角车床

六角车床又称回轮、转塔车床，如图 3-10 所示。六角车床适用于加工成批的轴、套、台阶轴等工件。

六角车床与普通车床相似，它由床身、床头箱和溜板箱等组成，不同的是它没有丝杠和尾架，而是装一个转塔刀架(图 3-10)。

转塔刀架上可以装夹六把(组)刀具或刀排，既能加工孔，又能加工外圆和螺纹。这些刀具按零件加工顺序安装，转塔刀架每回转 60°便换一把(组)刀具。亦可用四方刀架上安装的刀具进行切削。

这种机床弥补了普通车床安装刀具较少的缺点，在加工形状复杂的工件时，尤其是孔加工，需用多把刀具顺次进行切削，普通车床则需经常装卸刀具，影响车床的生产效率，在六角车床上，可以根据工件的加工工艺规定预先将所用的全部刀具依次安装在车床上，并调整其位置尺寸，每组刀具的行程终点位置，可由机床床身上的挡块加以控制。机床调整完毕后，加工每个工件时，不必再反复地装卸刀具，调整刀具位置及测量工件尺寸，六角车床操作方便、迅速，可节约辅助时间，生产率较高。由于在机床上加工工件时调整机床需费较多时间，因此在单件小批生产中使用就受到了限制。六角车床用于成批大量生产，用六角车床加工外

圆时精度可达 IT11~IT8, 表面粗糙度 Ra 值为 $3.2\sim 1.6\mu\text{m}$, 加工孔时(铰孔)精度可达 IT7, 表面粗糙度可达 $0.8\mu\text{m}$ 。

根据六角车床六角刀架形式的不同, 将六角车床分为两大类: 六角刀架绕垂直轴线旋转的转塔刀架, 称为立式转塔车床, 如图 3-10, 刀架绕水平轴旋转称为回轮车床, 如图 3-9 所示。

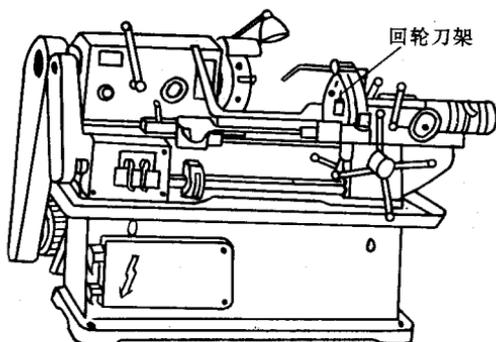


图 3-9 回轮车床

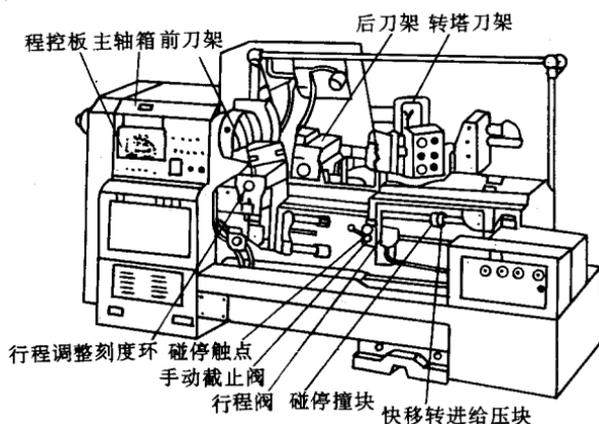


图 3-10 六角车床

(三) 落地车床

落地车床亦称花盘车床、端面车床或地坑车床，它适宜车削直径为 800~4000 毫米的直径大、长度短、重量较轻的盘形、环形工件或薄壁筒形等工件。

落地车床是由普通车床派生而成。其结构特点是：一般情况下无床身、无尾架，把主轴箱直接落地装在地基上，刀架直接装在基座平板上(见图 3-11a)，主轴箱和基座平板之间有一地坑，主轴和刀架都单独由电动机驱动，用花盘夹持工件。图 3-11b 是另一种落地车床，主轴箱、刀架都直接装在床身上，刀架的进给运动由主电机通过传动机构传给主轴，再由主轴传给进给箱，经光杠传给溜板箱来实现，没有丝杠，进给箱也简单，用花盘装夹工件。

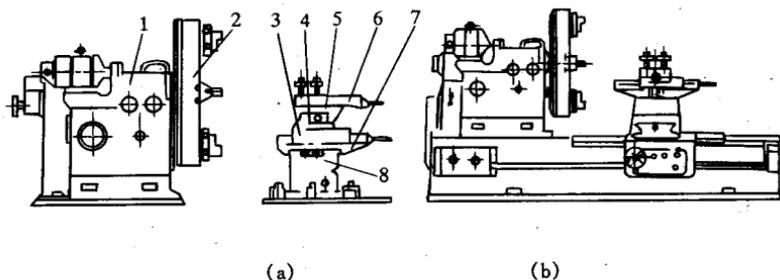


图 3-11 落地车床

1. 主轴箱；2. 花盘；3. 刀架；4. 转盘

5. 横向移动刀架；6. 纵向移动刀架；7. 横向移动滑台。

落地车床主要适用于轻工、化工、冶金、造船、港口、矿山机械等行业的加工以及各类修配或其他中小机械工业部门的单件、小批生产场合。

(四) 仪表车床

仪表车床主要用于仪器、仪表、无线电等行业中小型零件的

加工，从车床规格上划分：一般最大工件加工直径在 250 毫米以下的多属于仪表车床。

仪表车床分普通型、精整型和六角型。

1. 普通型。普通型仪表车床又分为精密仪表车床、高精度仪表车床、仪表轴车床、仪表卡盘车床、加高仪表车床、数控仪表车床等。

精密仪表车床：这是普通型的基本型系列机床，具有一定的通用性。适用于仪器、仪表、轻纺、国防等工业部门。

高精度仪表车床：可以加工高精度、表面粗糙度值小的零件，是精密仪表车床的变型产品，并具有精确的读数系统。

仪表轴车床：专门加工仪表中各类轴零件。

仪表卡盘车床：专门加工仪表中的盘类、套筒类零件，床身无尾座。

加高仪表车床：在基本型机床基础上，加大主轴的中心高度，以扩大加工范围。

数控仪表车床：采用先进微机控制系统。适于零件形状复杂的单件和小批生产。

2. 精整型。精整型车床可分仪表精整车床、加高仪表精整车床、程控仪表精整车床、台式仪表精整车床等。

仪表精整车床适用于仪器、仪表、航空、雷达、无线电等制造业中的小型零件加工。

加高仪表精整车床：用抬高主轴中心高度的方法，以扩大工艺范围。

程控仪表精整车床：是一种高效率车床，并配备电器控制系统和数显装置。

台式仪表精整车床：体积小、重量轻、结构简单、价格便宜、适用于安装在台桌上操作。

3. 六角型。六角型分仪表六角车床和自动仪表六角车床。

第三节 钻床、镗床

多数机器零件都要进行孔加工，孔加工的常用方法是用钻头钻孔，用扩孔钻扩孔，用铰刀铰孔和用镗刀镗孔。我们在前面讲过在车床上可对零件进行钻孔、扩孔、铰孔和镗孔的加工。其特点是：工件装夹在卡盘上，并由卡盘带着工件作旋转的主运动；刀具安装在尾架上作纵向直线运动，这样所加工孔的中心线必与工件旋转中心（即机床主轴中心线）相重合。但机器零件中很多孔中心不在零件的回转中心，如箱体零件一般在其四壁上都有孔，而且在每一面壁上往往都有好几个孔。这些孔的中心线彼此是平行的，在相邻两壁上孔的中心线又往往是互相垂直的。对于像这种零件上的孔如果用车床加工，其装夹、找正（刀具中心对孔中心）都很困难，而且每加工一个孔就得找正一次，既不方便，又浪费时间。

如果在孔加工中使工件不动，而让刀具移动，将刀具中心对正孔中心，并使刀具转动（主运动），则也可加工孔。这样就出现了加工孔的机床——钻床和镗床。

一、钻床

钻床主要是用钻头在工件上加工孔的机床，通常，钻头旋转为主运动，钻头轴向移动为进给运动。在钻床上可以进行钻孔、扩孔、铰孔、攻丝、铤孔和铤凸台等，如图 3-12 所示。

钻床种类很多，根据结构和用途不同，常用的有台式钻床、立式钻床和摇臂钻床等。无论哪种钻床，它们共同的特点是工件固

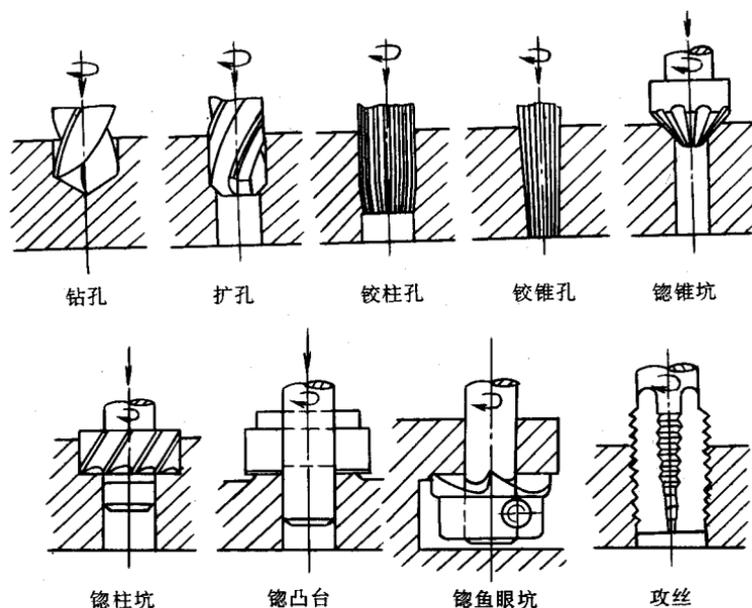


图 3-12 钻床上进行的主要工作

定不动，刀具做旋转运动，并沿主轴方向进给，操作可以是手动，也可机动。

(一) 台式钻床

台式钻床是一种放在台桌上使用的小型钻床，故又称台钻(图 3-13)，台钻的钻孔直径一般在 13 毫米以下，最小可加工 0.1 毫米的孔，台钻小巧灵活，使用方便，是钻小直径孔的主要设备，其主轴变速是通过改变三角带在塔形带轮上的位置来实现。主轴进给是手动的，为适应不同工件尺寸的要求，在松开锁紧手柄后，主轴架可以沿立柱上下移动。

(二) 立式钻床

立式钻床的组成见图 3-14，它由主轴、主轴变速箱、进给箱、立柱、工作台和底座等部件组成。主轴变速箱和进给箱的传动是

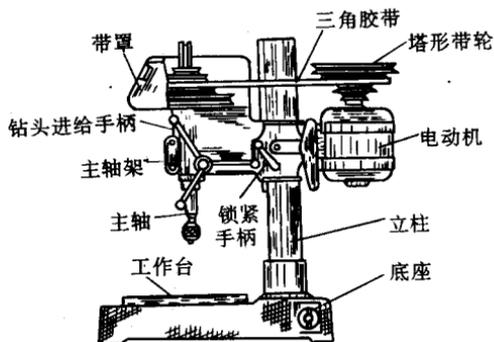


图 3-13 台式钻床

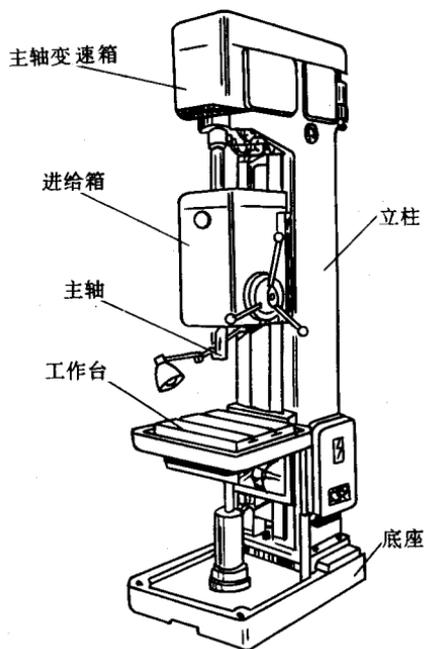


图 3-14 立式钻床

由电动机经带轮传动，通过主轴变速箱使主轴旋转，并获得需要的各种转速，一般钻小孔时，选用较高转速，钻大孔时，转速较低。主轴是在主轴套筒内作旋转运动，同时通过进给箱，驱动主轴套筒作直线运动，从而使主轴一边旋转，一边随主轴套筒按所选的进给量，自动作轴向进给。也可利用手柄实现手动轴向进给。进给箱和工作台可沿立柱上的导轨调整上下位置，以适应不同高度工件的加工。立式钻床的主轴不能在垂直其轴线的平面内移动，钻孔时要使钻头与工件孔的中心重合，就必须移动工件。因此，立式钻床只适于加工中小型工件。

这类钻床钻孔的最大直径为 25、35、40、50mm 等几种。

(三) 摇臂钻床

它与立式钻床比较，适用于加工大型工件和多孔工件（图 3-15）。摇臂钻有一个能绕立柱作 360° 回转的摇臂，其上装有主轴箱，主轴箱还可沿摇臂的水平导轨移动。由于具备上述两种

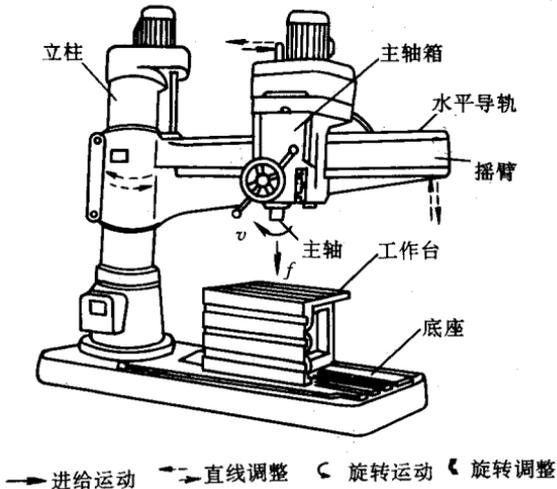


图 3-15 摇臂钻床

运动，故可将主轴调整到机床加工范围内的任何一个位置。工件通常安装在工作台上加工，如果工件很大，也可直接放在底座上加工。根据工件高度不同，摇臂可沿立柱上下移动来调整加工位置。加工时，要锁紧摇臂及主轴箱，以免加工中由于振动而影响零件加工质量。

二、镗床

在钻床上虽然可以进行零件的孔加工，但有很大局限性，并且加工精度和表面质量不高。特别是对一些箱体类零件和形状复杂的工件，如发动机缸体、机床变速箱等其上孔数较多，孔径较大，精度要求较高。这类孔系的加工如要在一般机床上完成是比较困难的，而用镗床加工则比较容易。

镗床主要是用镗刀在工件上镗孔的机床。通常，镗刀旋转为主运动，镗刀或工件的移动为进给运动。

在镗床上不仅可以镗孔，还可铣平面、沟槽、钻、扩、铰孔和车端面、外圆、内外环形槽，以及车螺纹等。如图 3-16。

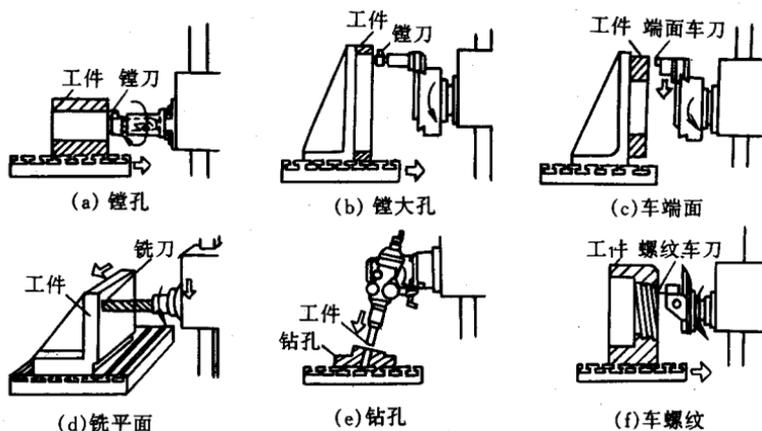


图 3-16 卧式镗床上所能进行的主要工作

由于这种机床的万能性较强,它甚至能完成工件的全部加工,因此镗床是大型箱体零件加工的主要设备,按照结构和用途之不同,镗床可分为深孔镗床、坐标镗床、立式镗床、卧式镗床、金刚镗床和汽车、拖拉机修理用镗床六种。

(一) 卧式镗床

卧式镗床是镗床类机床中应用最广泛的一种机床。它主要是加工孔,特别是箱体零件上的许多大孔、同心孔和平行孔等。用镗孔方法很容易保证这些孔的尺寸精度和位置精度,镗孔精度可达IT7,表面粗糙度 R_a 值为 $1.6\sim 0.8\mu\text{m}$ 。

常见的卧式镗床如图3-17所示,它由主轴和平旋盘、工作台、主轴箱、前立柱、机身、后立柱、尾架等几部分组成。

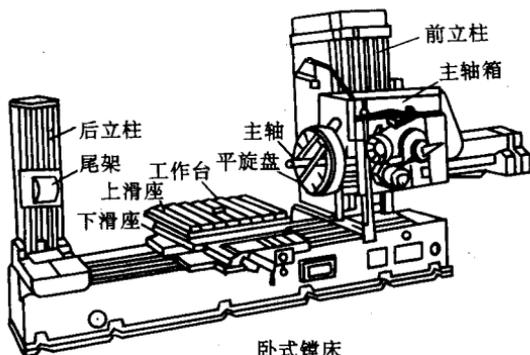


图3-17 卧式镗床

加工时,刀具装在主轴或平旋盘上,由主轴箱获得各种转速和进给量。主轴箱可沿立柱上的导轨上下移动。工件安装在工作台上,可与工作台一起随下滑座或上滑座作纵向或横向移动,并可随工作台一起绕工作台下面的圆形导轨旋转至所需要的角度以便加工成一定角度的孔或平面。装在主轴上的镗刀还可随主轴作轴向运动以实现轴向进给或调整刀具轴向位置。当镗刀杆伸出较

长时, 可用尾架来支承它的左端, 以增加镗杆的刚性。当刀具装在平旋盘上的径向刀架时, 径向刀架带着刀具径向进给可车削端面。为了加工孔距精度要求高的孔, 镗床的工作台和主轴箱等移动部分还装有位移测量装置。由于镗床运动部件很多, 为了保证工作可靠性和加工精度, 各运动部件都设有夹紧机构。

卧式镗床的主参数为主轴直径。

(二) 坐标镗床

坐标镗床是高精度机床的一种, 随着科学技术的发展, 特别是国防、宇航、控制技术自动化技术的发展对孔的加工精度要求越来越高。这些孔除本身的精度之外, 孔与孔之间的中心距或者孔的中心到某一基准面的距离也要求非常精确。这时用普通镗床就不能满足上述要求, 就出现了坐标镗床。坐标镗床的结构特点是它具有坐标位置的精密测量装置。例如, 精密刻线尺——光屏读数器定位测量装置, 光栅尺——数码显示器定位测量装置, 激光干涉仪定位测量装置等。机床本身制造精度很高, 并要在恒温条件下装配和使用, 所以它主要用于镗削精密孔, 此外还可以进行钻孔、扩孔、铰孔、刮端面、切槽、精铣平面以及精密刻度、样板的精密刻线等工作, 还可当作测量设备检验其他机床加工工件的坐标尺寸。

坐标镗床按总体布局不同分为单柱式坐标镗床、双柱式坐标镗床和卧式坐标镗床。详见图 3-18。

1. 单柱坐标镗床。单柱坐标镗床指的是镗刀主轴垂直放置, 只有一个立柱的坐标镗床, 它主要由床身、立柱、主轴箱、工作台和滑座等部分组成。在工作台上安装工件, 纵向与横向坐标的移动靠工作台的移动来实现, 主轴可沿立柱导轨上下移动, 可以根据工作的高低调整主轴的高度。主轴带动刀具作旋转主运动, 主轴套筒沿轴向作进给运动。

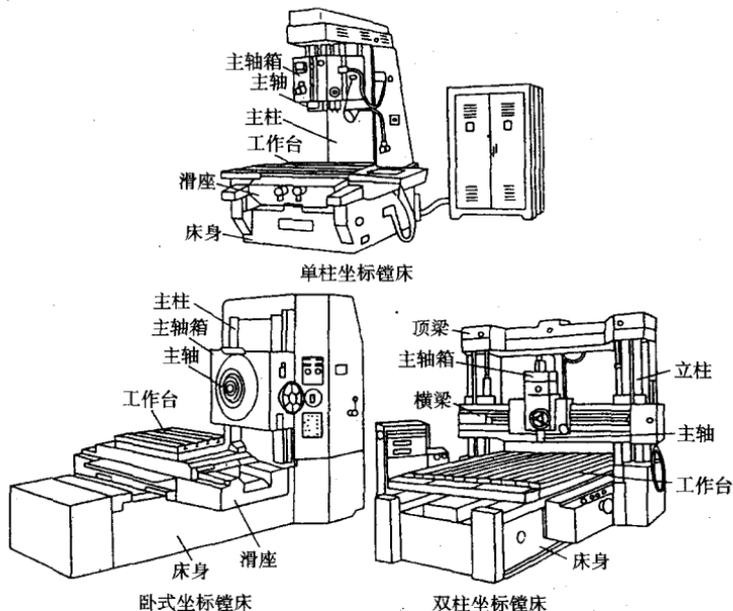


图 3-18 坐标镗床

单柱坐标镗床工作台三面敞开，故结构简单，操作也方便，特别适宜加工板状零件的精密孔。但它的刚度较差，所以这种结构只用于中、小型坐标镗床。

单柱坐标镗床主参数为工作台面宽度。

2. 双柱坐标镗床。双柱坐标镗床指的是镗刀主轴垂直放置，且有二根立柱的坐标镗床。它主要由床身、工作台、横梁、主轴箱、左右立柱和顶梁等部分组成。主轴箱安装在横梁上，横梁可沿立柱导轨上下移动，主轴箱可沿横梁导轨左右移动，主轴上安装刀具做主运动，工件安装在工作台上随工作台沿床身导轨作纵向直线运动。

双柱坐标镗床由于是双柱框架式(顶梁、左右立柱和横梁组成)结构，所以刚性好，目前大型坐标镗床都采用这种结构。

双柱坐标镗床的主参数为工作台面宽度。

3. 卧式坐标镗床。卧式坐标镗床指的是主轴为水平放置的坐标镗床。它由床身、工作台、立柱、主轴箱等组成。工作时由主轴带动刀具作旋转的主运动。两个坐标方向的运动分别靠工作台横向移动和主轴箱沿立柱上下移动来实现，工作台还能在水平面内作旋转运动。进给运动可以由工作台纵向移动或主轴轴向移动来实现。

因为它的主轴为水平放置，所以能在一次装夹中很方便地加工箱体零件四周壁上的孔，加工精度较高。

综上所述，坐标镗床具有以下几个特点：

(1) 结构刚性好，能在实体工件上钻、镗精密孔。(2) 主轴转速高，进给量小。(3) 设有纵横向可移动的工作台，它们的微调整量可达1微米。并有精确坐标测量系统，所以适用于加工孔距误差小的孔系。

(三) 金刚镗床

金刚镗床是一种高速镗床，因以前采用金刚石镗刀而得名，其特点是以很小的进给量和很高的切削速度进行加工，因而加工出

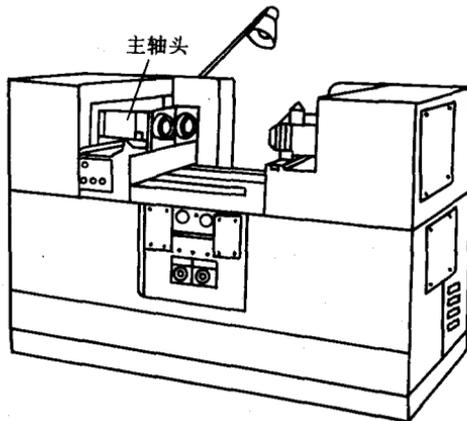


图 3-19 卧式双面金刚镗床

的工件具有较高的尺寸精度(IT6)，表面粗糙度 Ra 可达 0.2 微米。

金刚镗床有卧式和立式、单轴和多轴之分，图 3-19 为卧式双面金刚镗床。

卧式金刚镗床的主参数是工作台面宽度、立式金刚镗床的主参数是最大镗孔直径。

第四节 刨床、插床和拉床

刨床、插床和拉床的共同特点是主运动都是直线运动，因此又把这三类机床称为“直线运动机床”。

一、刨床

平面是组成零件主要表面之一，加工平面的方法有多种多样。在车床上加工平面是由工件作旋转的主运动，由刀具作横向的进给运动来完成的。在刨床上加工平面则是由刀具或工件作往复直线的主运动，由工件和刀具作垂直于主运动方向的间歇进给运动来完成的。在车床上主要加工旋转体如轴类、盘类等零件的端面及台阶等平面，而在刨床上则主要加工非旋转体如板类、箱体类及机座等平面，此外在刨床上还可加工斜面沟槽等。如图 3-20 所示。

常用的刨床有：牛头刨床、龙门刨床和单臂刨床。

(一) 牛头刨床

牛头刨床是刨削类机床中应用较广的一种，因其滑枕、刀架形似牛头而得名。它适于刨削长度不超过 1000 毫米的中小型零件。

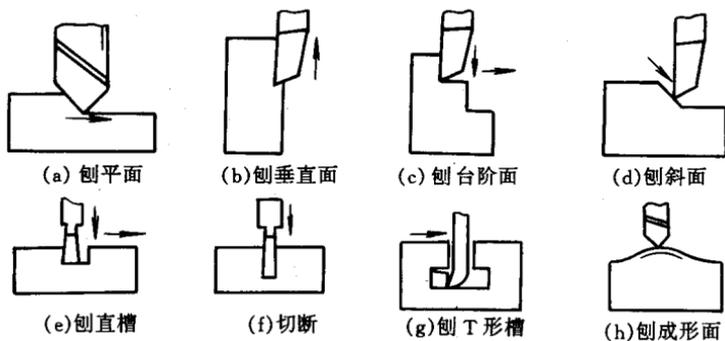


图 3-20 刨床加工范围

牛头刨床主要由床身、滑枕、刀架、工作台、滑板、底座等部分组成，见图 3-21。

1. 床身。床身用来支承和连接刨床各部件。其顶面导轨供滑枕作往复运动用，侧面导轨供工作台升降用。床身内部有传动机构。

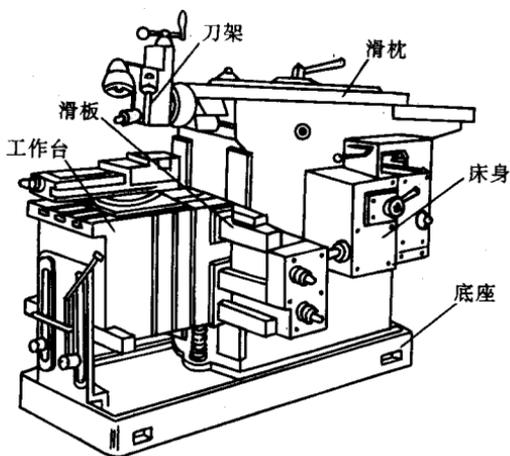


图 3-21 牛头刨床

2. 滑枕。滑枕主要用来带动刨刀作直线往复运动(即主运动), 其前端有刀架。

3. 刀架。刀架用以夹持刨刀。转动刀架手柄时, 滑板便可沿转盘上的导轨带动刨刀作上、下移动。松开转盘上的螺母, 将转盘扳转一定角度后, 就可使刀架斜向进给。刀架上还装有抬刀板, 在刨刀回程时能将刨刀抬起, 以防擦伤工件。

4. 工作台。工作台是用来安装工件的, 它可随横梁作上、下调整, 并可沿横梁作水平方向移动或作横向间歇进给。

工作时, 滑枕在床身上的水平导轨上作往复运动(主运动), 工作台在横梁的导轨上作水平横向的间歇进给运动, 横梁和工作台一起可沿床身的垂直导轨运动, 以适应不同厚度工件的加工, 调整切削深度, 刨垂直面时的垂直进给则靠刀架的移动来实现。

牛头刨床调整方便, 但由于是单刃切削, 而且切削速度低, 回程时不工作, 所以生产率低, 适用于单件小批生产。

刨削精度一般为 IT9~IT7, 表面粗糙度 Ra 值为 $6.3 \sim 3.2 \mu\text{m}$, 牛头刨床的主参数是最大刨削长度。

(二) 龙门刨床

龙门刨床主要加工大型工件或同时加工多个工件。它因有一个“龙门”式框架结构而得名。龙门刨床和牛头刨床相比, 从结构上看, 其形体大, 结构复杂, 刚性好, 从机床运动上看, 龙门刨床的主运动是工作台的直线往复运动, 而进给运动则是刨刀的横向或垂直间歇运动, 这刚好与牛头刨床的运动相反。龙门刨床主要由床身、工作台、立柱、顶梁、横梁、垂直刀架、侧刀架等组成(见图 3-22)。

龙门刨床的工作台沿床身水平导轨作往复运动, 它由直流电机带动, 并可进行无级调速, 运动平稳。为防止切入时撞击刨刀

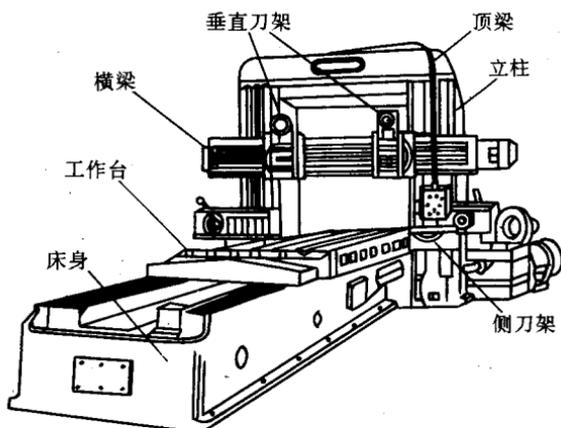


图 3-22 龙门刨床

和切出时损坏工件边缘，工作台的往复运动是按下述程序自动进行的：工作台向前，使其慢速接近刨刀，刨刀切入工件后，工作台逐渐增加到规定的切削速度；在工件离开刨刀前，工作台又降低速度，切出工件后，工作台快速返回。两个垂直刀架由一台电动机带动，它既可在横梁上作横向进给，也可沿垂直刀架本身导轨作垂直进给，并能旋转一定角度做斜向进给。侧刀架由单独电机带动，能沿立柱导轨作垂直进给，也可沿侧刀架本身导轨作水平进给。横梁可沿立柱垂直升降以适应加工不同高度的工件。所有刀架在水平和垂直方向都可平动。

龙门刨床主要用来加工大平面，尤其是长而窄的平面，一般龙门刨床可刨削的工件宽度达1米，长度在3米以上。还可用来加工沟槽。应用龙门刨床进行精刨，可得到较高的尺寸精度和良好的表面粗糙度。

龙门刨床的主参数是最大刨削宽度。

二、插床

插床实际上是一种立式刨床,如图 3-23 所示,插床在结构原理上与牛头刨床同属一类。插床主要由床身、下滑座、工作台、滑枕和立柱等组成。在插床上加工工件,插刀随滑枕在垂直方向上的直线往复运动是主运动,工件沿纵向横向及圆周三个方向分别所做的间歇运动是进给运动。

插床主要用途是加工工件的内部表面,如方孔、长方孔、各种多边形孔和内键槽等。生产效率较低。加工表面粗糙度 R_a 为 $6.3 \sim 1.6$ 微米,加工面的垂直度为 $0.025/300$ 毫米。

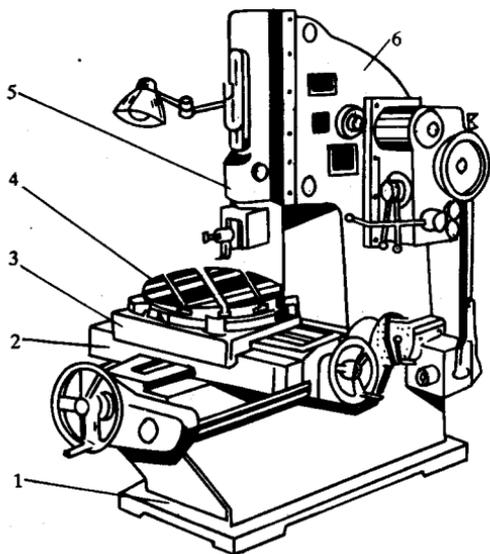


图 3-23 插床

1. 床身; 2. 下滑座; 3. 上滑座;
4. 圆工作台; 5. 滑枕; 6. 立柱。

插床的主参数是最大插削长度，如插床型号为 B 5020，
B——刨削类机床的代号。

50——表示插床。

20——最大插削长度的 1/10，即最大插削长度为 200 毫米。

三、拉 床

拉床是用拉刀加工工件各种内、外成形表面的机床，拉削时机床只有拉刀的直线移动，它是加工过程的主运动。进给运动则靠拉刀本身的结构来实现。如图 3-24 所示，拉刀是由许多刀齿组成的，后面刀齿比前面一个刀齿高出一个齿升量 S_z ，加工中每个刀齿依次切去一层很薄的金属，当全部刀齿通过工件后，即可完成工件的加工。

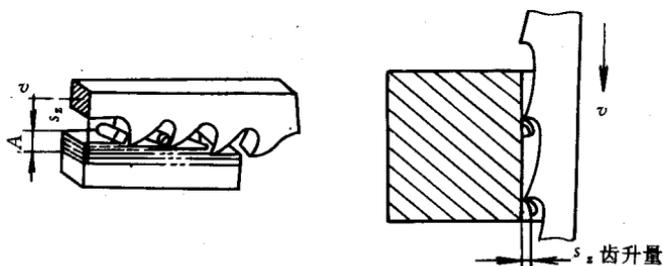


图 3-24 平面拉削

按照结构形式的不同，拉床可分为卧式和立式两种，按工作性质的不同，拉床又可分为内拉床和外拉床。所谓内拉是用内孔拉刀等各种内表面拉刀拉削内表面，所谓外拉床是用外表面拉刀拉削外表面。拉床一般都是液压传动，又因为它只有主运动，所以结构比较简单。图 3-25 为卧式拉床外形示意图。

拉床床身上装有液压驱动系统，活塞拉杆的一端装有随动支

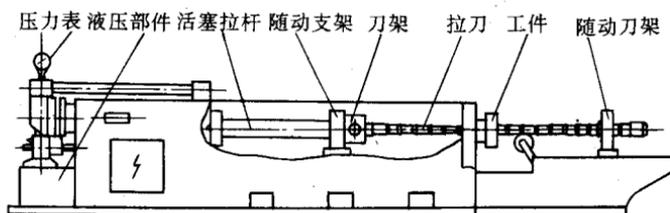


图 3-25 卧式拉床示意图

架和刀架，用来夹持活塞杆和拉刀，工件靠在床身的支撑上，当活塞拉杆向左作直线运动时，带动拉刀完成零件的加工。拉刀的运动速度和行程都可调节。

液压拉床的优点是：运动平稳，无冲击振动，拉削速度可无级调节，拉力可通过压力来控制。

在拉床上可以加工各种孔(内拉)，也可以加工平面、半圆弧面以及一些不规则表面(外拉)。拉削孔径一般为10~100毫米，它不能加工台阶孔、不通孔和特大孔，孔的深度一般不超过孔径的3~5倍。图3-26列出了适合于拉削的各种孔形。

用拉床进行拉削加工时，生产率高，加工质量好，加工精度

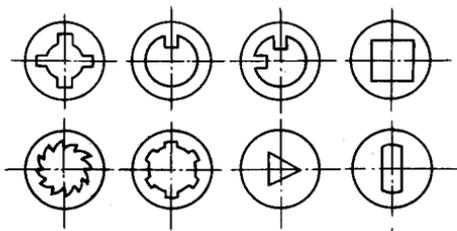


图 3-26 适合拉削的各种孔形

为 IT9~IT7, 表面粗糙度 R_a 为 1.6~0.8 微米。但由于一把拉刀只能加工一种尺寸表面, 且拉刀较昂贵, 故拉床主要用于大批量生产。

拉床的主参数是额定拉力。

第五节 铣 床

铣床是利用铣刀在工件上加工各种表面的机床。铣刀旋转为主运动, 工件或(和)铣刀的移动为进给运动。

铣床的加工范围很广, 可以加工水平面、垂直面、斜面、各种沟槽或成形面, 如果再配备一些附件(如分度头)还可加工螺旋槽、凸轮、成型面等, 如图 3-27 所示。

铣床的加工范围与刨床相近, 但比刨床加工范围广, 因此在

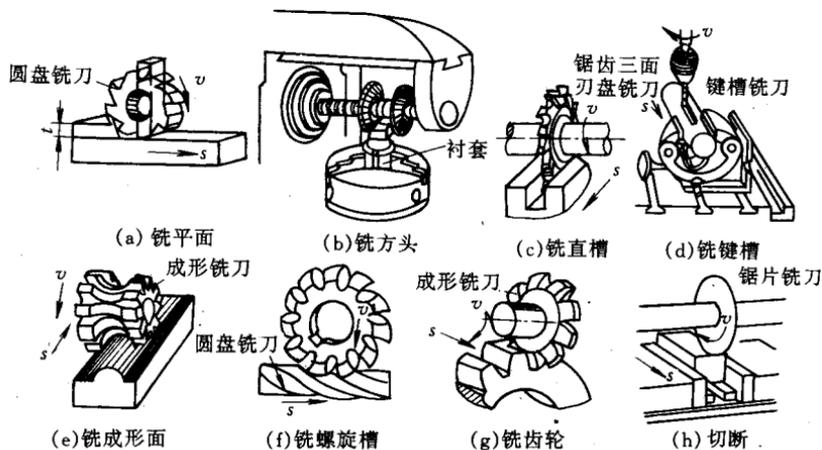


图 3-27 铣床加工范围

很大程度上取代了刨床。用铣床进行铣削加工具有以下特点：铣刀是一种多齿刀具，铣削时，有几个刀齿同时参加铣削，铣刀上的每个刀齿是间歇地参加工作的，因而使得刀齿冷却条件好，刀具耐用度高，切削速度也可以提高，所以有较高的生产率，因此在单件小批和成批大量生产中，铣削都得到广泛地应用。

铣床加工精度为 IT9~IT7，表面粗糙度 Ra 能达到 6.3~1.6 微米。

铣床的种类很多，主要类型有：卧式铣床、立式铣床、圆工作台式及工作台不升降铣床、龙门铣床及双柱铣床、工具铣床等。

一、卧式万能铣床

卧式万能铣床是铣床中应用最多的一种，图 3-28 为卧式万能铣床外形图，它的特点是主轴是水平布置的。机床的各组成部分及功用如下：

（一）床身

床身用来支承和固定铣床各部件。顶面上有供横梁移动用的水平导轨。前壁有燕尾形的垂直导轨，供升降台上下移动。内部装有主轴、主轴变速箱、电器设备及润滑油泵等部件。

（二）横梁

横梁上装有吊架，用以支持刀杆的外端，以减少刀杆的弯曲和颤动。横梁伸出的长度可根据刀杆的长度调整。

（三）主轴

铣床的主轴是用来安装刀杆并带动铣刀旋转的。主轴是空心的，前端有锥孔以便安装刀杆锥柄。

（四）升降台

它位于工作台、转台、横向溜板的下面并带动它们沿床身垂直导轨移动，以调整台面到铣刀间的距离。升降台内部安装有进

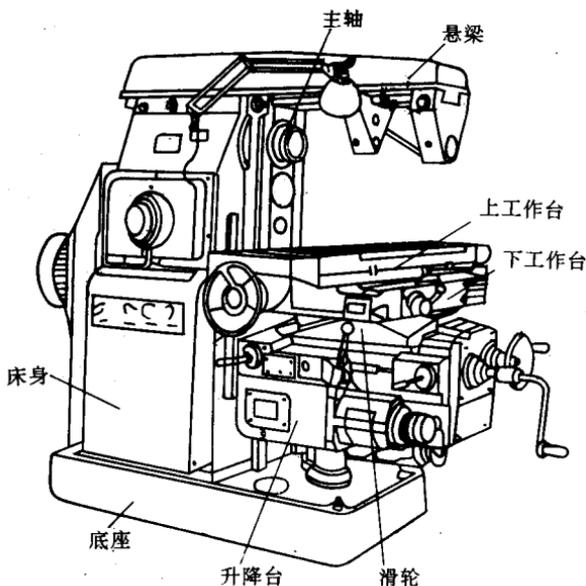


图 3-28 卧式万能铣床

给运动的电动机及传动系统。

(五) 横向溜板

用以带动工作台沿升降台水平导轨作横向移动，在对刀时调整工件与铣刀间的横向位置。

(六) 转台

转台上面有水平导轨，供工作台作纵向移动，下面与横向溜板用螺钉相连。松开螺钉，可以使转台带动工作台在水平面内旋转一个角度以使工作台作斜向移动（没有转台的铣床叫做卧式铣床）。

(七) 工作台

用来安装工件和夹具。工作台的下部有一根传动丝杠，通过

它使工作台带动工件作纵向进给运动。

加工时工件安装在工作台上，铣刀装在主轴上，铣刀旋转为主体运动，工件随工作台做纵向或横向进给运动，升降台沿床身导轨升降使工件作垂直方向运动。

卧式万能铣床用途较广，若安装上立铣头附件也能当作立式铣床使用。

二、立式铣床

立式铣床与卧式铣床比较，其主要区别是主轴垂直布置，如图3-29所示。立式铣床的铣头可左右旋转 45° ，亦即主轴与工作

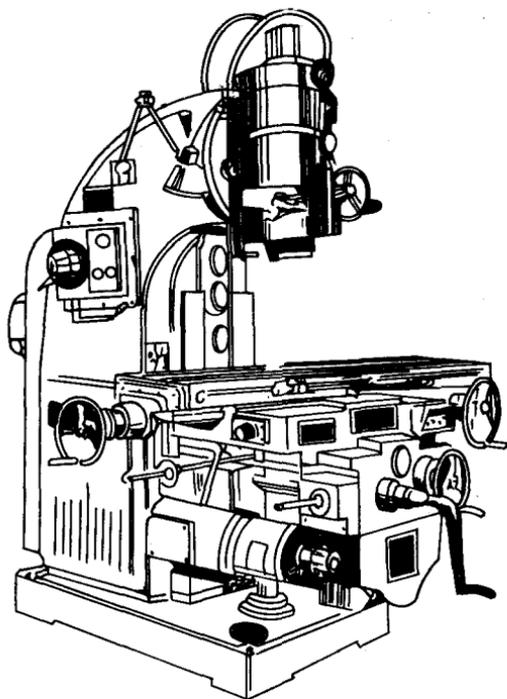


图3-29 立式铣床

台面可倾斜成一个需要的角度。其工作原理与卧式铣床相同。立式铣床适于加工较大平面及利用各种带柄铣刀加工沟槽及台阶平面，生产率要比卧式铣床高。

三、龙门铣床

龙门铣床与龙门刨床的外形相似，其区别在于它的横梁和立柱上装的不是刨刀架而是带有主轴箱的铣刀架。并且龙门铣床的纵向工作台的往复运动不是主运动，而是进给运动；而铣刀的旋转运动是主运动。龙门铣床的外形如图 3-30 所示。

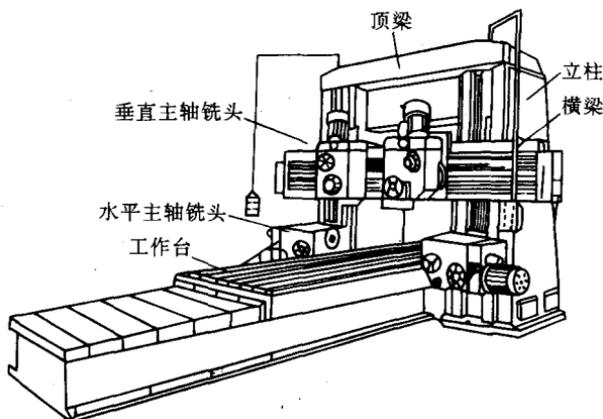


图 3-30 龙门铣床示意图

常用的龙门铣床一般有 3~4 个铣头，每个铣头都有单独的驱动电机变速机构、传动机构、操纵机构和主轴等部分。加工时工作台带动工件作纵向进给运动，横梁可沿立柱导轨上下移动。在龙门铣床上可以用多把铣刀同时加工几个表面。所以龙门铣床的生产率比较高，适用于成批和单件生产，用以加工中型和大型工件。

龙门铣床的主参数为工作台面宽度。

第六节 磨 床

磨床是为了适应工件的精密加工而出现的一种机床，它是精密加工机床的一种，前面所讲的车床、钻床、刨床、铣床都是用金属刀具对工件进行车削、钻削、刨削、铣削。而磨床是用非金属的磨具或磨料加工工件各种表面的机床。通常磨具旋转为主运动，工件的旋转与移动或磨具的移动为进给运动。

常用的磨具有砂轮、砂带、油石、研磨料等。磨料有氧化铝、碳化硅等磨粒。通常把使用砂轮加工的机床称为磨床，如外圆磨床、平面磨床，而把用油石、研磨料作为切削工具的机床称为“精磨机床”（超精加工机床、抛光机等）。

工件经过一般（普通）磨削后的精度可达IT6，表面粗糙度Ra为0.8~0.2微米，经精密磨削后的精度可达IT5~IT6，表面粗糙度Ra可达0.1~0.08微米。经高精度（超精磨和镜面磨）磨削后精度可达IT5以上，表面粗糙度Ra可达0.04~0.01微米。

一、磨床的特点

由于磨床使用了砂轮（或砂带）做为切削工具，具有其他机床所没有的特点。

1. 切削工具砂轮是由无数细小、坚硬、锋利的非金属磨粒粘结而成的多刃工具，并且做高速旋转的主运动（一般砂轮线速度在35米/秒左右）。

2. 万能性更强，适应性更广。它能加工其他机床不能加工的材料和零件，如能磨削特硬材料和经过热处理后变硬的零件。

3. 磨床种类多，范围广，能适应磨削各种加工表面、工件形

状及生产批量的要求。

4. 磨削加工余量小, 生产效率高, 容易实现自动化和半自动化, 可广泛应用于流水线和自动线中。

5. 磨削加工精度高, 表面质量高, 可进行一般普通精度磨削, 也可进行精密磨削和高精度级磨削加工。

二、磨床的分类

磨床的种类很多, 按加工性质和用途不同可分为三类:

(一) 普通磨床

主要用砂轮进行磨削加工的磨床也是普通常用的磨床, 如外圆磨床、内圆磨床、平面磨床、无心磨床、工具磨床等。

(二) 精加工磨床

主要是用油石或研磨料进行精密或高精度加工用的磨床, 如超精加工磨床、无心磨床、工具磨床等。

(三) 专门化磨床

专门磨削某一类零件的磨床, 如曲轴磨床、花键轴磨床、叶片磨床等。

三、外圆磨床

外圆磨床分为普通外圆磨床和万能外圆磨床, 在普通外圆磨床上可磨削工件的外圆柱面和外圆锥面, 在万能外圆磨床上不仅能磨削外圆柱面和外圆锥面, 而且能磨内圆柱面、内圆锥面及端面。

外圆磨床是由床身、工作台、头架、尾架和砂轮架以及液压操纵系统组成。如图 3-31 所示:

头架上有主轴, 可用顶尖或卡盘夹持工件并带动工件旋转。头架可使工件获得不同的转速。

砂轮装在砂轮架主轴上, 由单独的电动机经三角皮带直接带

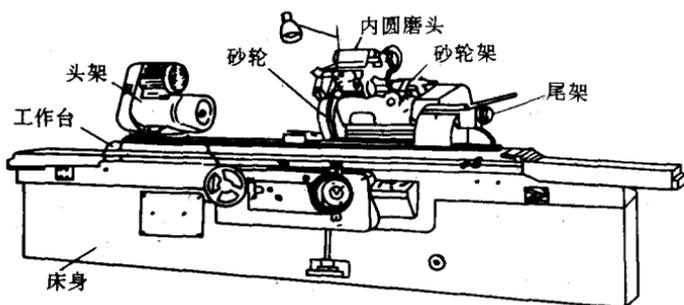


图 3-31 万能外圆磨床

动旋转。砂轮架可沿着床身后部的横向导轨前后移动，移动的方法有自动周期进给、快速引进和退出、手动三种，前二种是由液压传动实现的。

工作台有两层，下工作台作纵向往复运动，上工作台相对下工作台能作一定角度的回转，调整后，可以磨削锥度较小，锥形较长的圆锥面。

万能外圆磨床与普通外圆磨床基本相同，所不同的是它的砂轮架上、头架上和工作台上都装有转盘，能回转一定角度，并增加了内圆磨具等附件，因此在它上面还可以磨削内圆柱面及锥度较大的内外圆柱面。

外圆磨床的主参数为最大磨削直径。

四、内圆磨床

内圆磨床主要用于磨削内圆柱面、内圆锥面及端面等，内圆磨床主要类型有普通内圆磨床、行星式内圆磨床、坐标磨床及专门用途内圆磨床等。

普通内圆磨床由床身、工作台、头架、砂轮架、滑台组成，如图 3-32 所示：

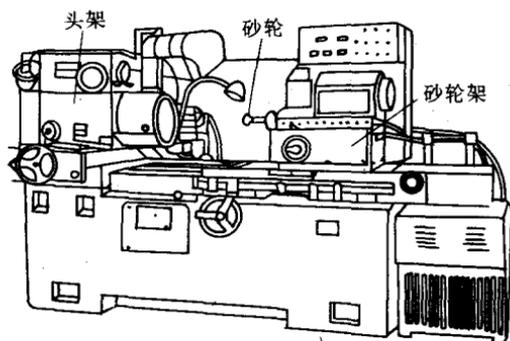


图 3-32 内圆磨床

工作台带着头架沿床身的导轨作纵向往复运动，头架主轴由电动机经皮带传动，作圆周进给运动。砂轮架上磨削内圆的砂轮主轴由电动机经皮带传动作圆周运动，砂轮架可沿滑台作横向进给。每当工作台往复运动一次，砂轮架可横向进给一次。头架还可绕垂直轴转一定角度以磨削锥孔。

内圆磨床的砂轮直径受工件孔径的限制，为了达到有利磨削的线速度，其砂轮主轴转数较高，一般为 $1\sim 2$ 万转/分。

内圆磨床的主参数为最大磨削孔径。

五、平面磨床

平面磨床用于磨削工件的平面，它的工作原理与内、外圆磨床相似，工件一般安放在电磁工作台上，靠电磁吸引力吸住工件。根据工作台形状不同，平面磨床又可分为矩形工作台(图 3-33)和圆形工作台(图 3-34)两类，每类又分卧轴、立轴两种形式。矩台平面磨床主参数为工作台面宽度。圆台平面磨床主参数为工作台面直径。

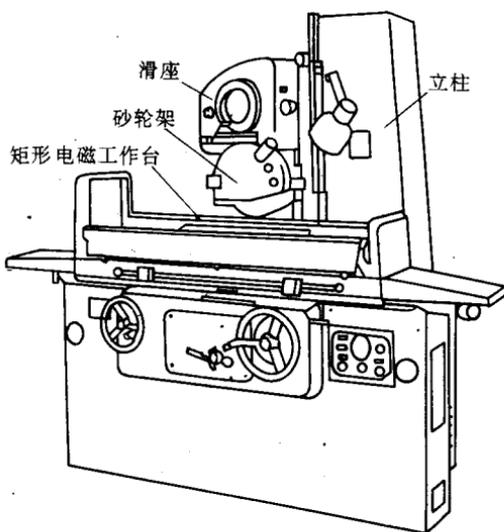


图 3-33 卧轴矩台平面磨床

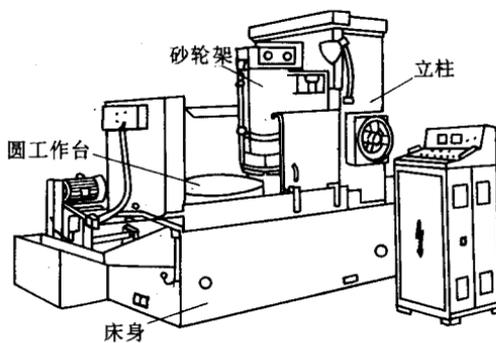


图 3-34 立轴圆台平面磨床

第七节 组合机床及其自动线

在大批量生产中，通用机床不能满足生产要求，因而人们创造了一系列专门用来完成某种工件一定工序的、结构简单的、生产率和自动化程度较高的专用机床。但专用机床也有许多缺点，如设计、制造周期长，造价高，工作可靠性差，更重要的是它不能适应加工产品(零件)的不断更新，于是人们创造了一种新型机床，它既有专用机床生产率高、结构简单的特点，又有通用机床能够更新调整，以适应新的加工对象的特点。人们在分析了专用机床的结构，并将其划分为若干个具有一定功能的独立部件，对其中一些能在各种专用机床上互相通用的部件，进行标准化、系列化和通用化设计，并预先组织成批生产，供设计和制造机床时选用。这种预先设计和制造的、独立的部件，在组成组合机床时又能互相通用的部件叫做通用部件。用这些通用部件和少量专用部件就可以组成所需的专用机床，这就是组合机床。当加工对象改变了，只需将专用部件废掉，还是用这些通用部件再配置以适应新的加工对象的专用部件，又可组成所需要的新的组合机床。

在组合机床上可以完成钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、攻丝、车削、铣削、磨削及滚压等工序。

一、组合机床的组成及特点

组合机床通常采用多刀(多轴)、多面、多工位同时对工件进行加工的方法。加工时，装在机床主轴上的刀具作旋转主运动，工件作进给运动，或者刀具既作旋转主运动又作进给运动，以完成工作循环。图3-35所示为卧式组合机床及其组成部件，被加工工

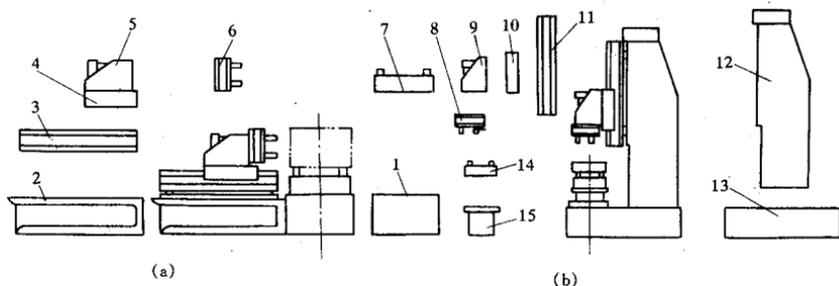


图 3-35 组合机床及其组成部件

a) 卧式组合机床; b) 立式组合机床

1. 中间底座; 2. 床身(侧底座); 3. 滑座; 4. 滑台;
 5. 动力箱; 6. 多轴箱; 7. 夹具; 8. 多轴箱; 9. 动力箱; 10. 滑台;
 11. 滑座; 12. 立柱; 13. 底座; 14. 夹具; 15. 回转工作台。

件安装在中间底座 1 上的夹具 7 中, 加工时固定不动, 主轴箱 6 的各主轴安装钻头或其他孔加工刀具, 电动机经动力头 5、主轴箱 6、驱动各主轴旋转, 即作主运动。动力箱安装在由滑台 4 及滑座 3 组成的动力滑台上。滑台沿滑座导轨作进给运动。滑座 3 安装在床身(侧底座)上。

在上述组合机床的主要部件中, 除主轴箱和夹具是专用部件外, 其余都是通用部件。一台组合机床中通常通用部件和标准件占 70%~80%, 其余 20%~30% 的专用部件由被加工零件的形状、尺寸、工艺来决定, 如夹具、刀具、工具、主轴箱等。

组合机床与专用机床和通用机床相比具有以下特点:

1. 设计组合机床只需选用通用零部件和设计、制造少量专用零件, 所以设计制造周期短, 经济效果好。
2. 自动化程度高, 减轻了工人的劳动强度, 提高了劳动生产率。
3. 通用化程度高, 可达 80% 以上, 便于产品更新, 投资少, 成本低。
4. 能稳定地保证加工精度, 工作可靠, 使用与维修较方便。
5. 易于联成组合机床自动线, 以适应大规模生产的需要。

二、组合机床的配置型式

大型组合机床的配置型式主要有两大类。

(一) 具有固定夹具的单工位组合机床

具有固定夹具的单工位组合机床通常用于加工一个或两个零件。它特别适用于加工大、中型箱体类零件。这类机床可以从单面、双面或几个面对零件进行加工。夹具和工件在机床的整个工作循环过程中是固定不动的。按组成机床的动力部件的数量及安置方式，一般可以分为以下几种基本型式，见图 3-36。

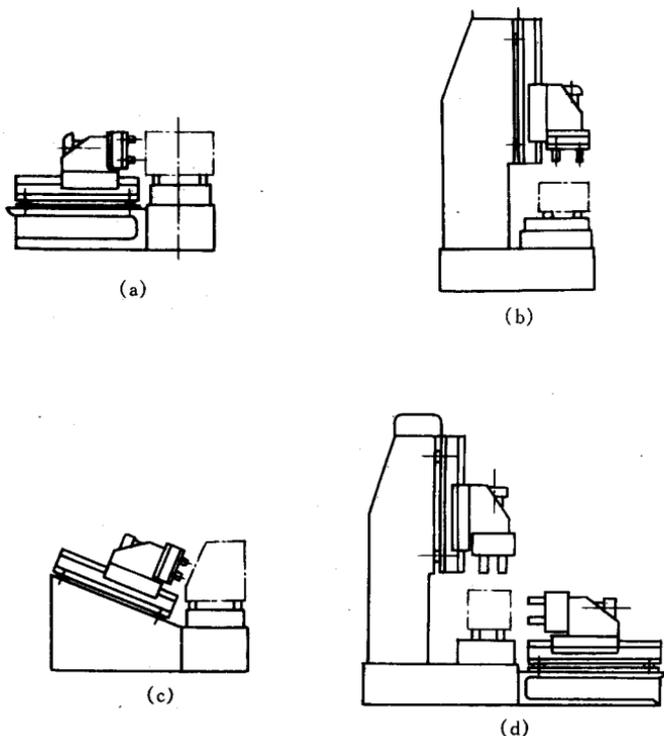


图 3-36 具有固定夹具的单工位组合机床

1. 卧式组合机床(图3-36a)。这种机床的动力部件是水平安置的。它可以是单面的、双面的或多面的。
2. 立式组合机床(图3-36b)。这种机床的动力部件是垂直安置的。
3. 倾斜式组合机床(图3-36c)。这种机床的动力部件是倾斜安置的。
4. 复合式组合机床(图3-36d)。这种机床是上述两种或三种型式的组合。

(二) 具有移动夹具的多工位组合机床

具有移动夹具的多工位组合机床的夹具和工件可以按着预定的工作循环实现间歇移动或回转,以便在各个工位上对工件进行不同工序的加工。这类机床的工序集中程度高,如回转台多工位机床的辅助时间与机动时间相重合,生产效率较高,适用于大批量生产。需要多部位加工的中、小型零件,常常可以用一台机床完成一个或两个工件的全部工序加工。按照机床上夹具和工件的输送方式不同,可以分为下面几种基本型式,见图3-37。

1. 具有移动工作台组合机床(图3-37a)。这种机床的夹具和工件可作往复直线移动。图示为一种移动工作台组合机床,可先后在两个工位上从三面对工件进行加工。

2. 具有回转工作台的组合机床(图3-37b)。这种机床的夹具和工件可绕垂直轴回转,在各个加工工位上可以对工件从立、卧和倾斜方向进行加工。图示为卧式多面回转工作台组合机床。

3. 中央立柱式组合机床(图3-37c)。这种机床具有台面较大的环形回转工作台、夹具和工件可绕垂直轴回转。它不仅可以在环形回转工作台周围安置动力部件,也可以在中央立柱安置动力部件,在各个加工工位上,从不同的方向对工件进行加工。

4. 鼓轮式组合机床(图3-37d)。这种机床的夹具和工件可绕水平轴回转,一般都没有装卸工位。图示为集中配置式的鼓轮式

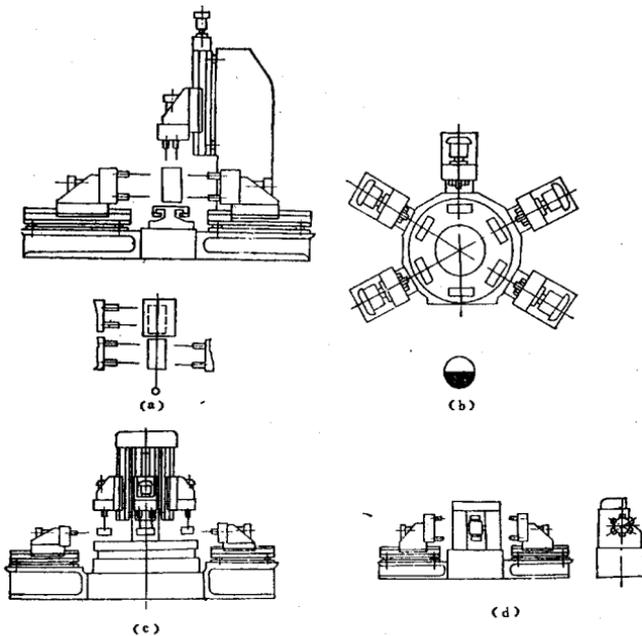


图 3-37 具有移动夹具的多工位组合机床

组合机床。

移动夹具的多工位组合机床与固定夹具的单工位组合机床相比，其加工精度低一些，但生产率较高。

上述是组合机床的典型配置型式。设计组合机床时，应根据工件的尺寸、结构、加工要求及生产批量等来选择适当的配置型式。

三、组合机床的通用部件

图 3-38 是以通用部件为基础，配以少量专用部件组成的立式多工位组合机床。

组合机床的通用部件，按其所起的作用不同，可分为下列五类。

(一) 动力部件

例如动力箱和动力滑台等，它们是传递动力的部件，使组合

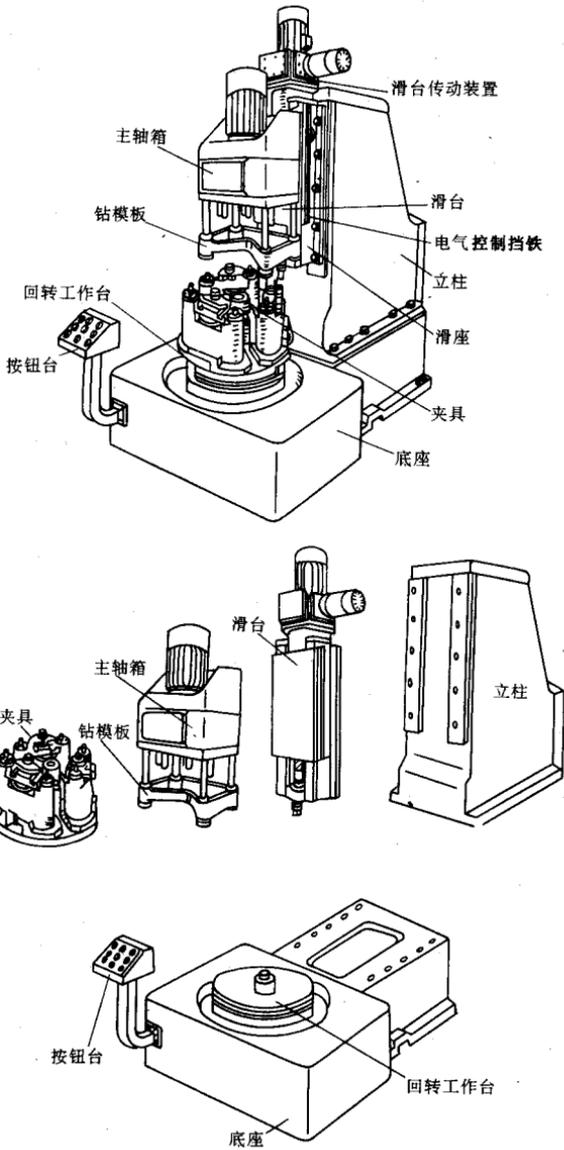


图 3-38 立式多工位组合机床组成示意图

机床实现主运动、工作给进、快速退回等。

动力部件是组合机床最重要的部件，它的结构和技术性能决定着组合机床的主要工作性能、工艺可能性和技术经济性。目前我国已经掌握和应用了多种结构型式、规格的动力部件。

（二）支承部件

例如卧式组合机床的床身，立式组合机床的立柱、底座等。它们主要用来安装其他工作部件，如动力部件、夹具等，使之保持正确的相对位置和相对运动轨迹。因此，支承件必须具有足够的刚性，在承受机床部件、夹具和工件的重量以及切削力的作用条件下，不致产生不允许的变形，以保证机床的加工精度。

床身、支柱的规格、型式与动力部件是相配套的。配置组合机床时，可根据动力部件的型号来进行选用。

（三）输送部件

例如多工位移动工作台、回转工作台、回转鼓轮等。它们用在多工位组合机床上，完成工件和夹具的移位或转位，以实现工件的多工位加工。

（四）控制部件

例如各种液压元件、液压操纵板、按钮台、控制挡铁等。用于控制组合机床按照预定的程序完成工作循环。

（五）辅助部件

例如用于夹紧工件的机械扳手和气动扳手，冷却装置、润滑装置和排屑装置等。

除上述各种通用部件外，根据具体加工对象不同，组合机床上还需采用少量的专用部件，主轴箱和夹具就是其中最重要的专用部件。此外，还有卧式机床的倾斜床身。

主轴箱的功用是按照工件的加工要求布置主轴，并使各主轴获得所需要的转速。主轴箱一般是多轴的，主轴的数量和位置取决

于工件上孔的数目和位置。在主轴的前端可安装各种刀具,如钻头、扩孔钻、铰刀、镗刀以及攻丝刀具等,用于对工件进行加工。

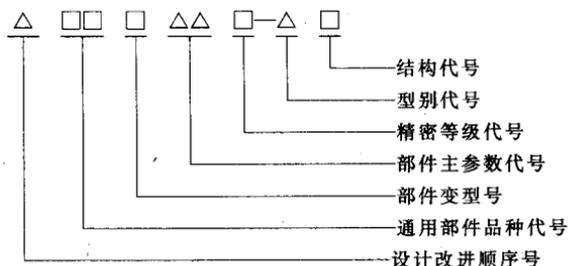
因为主轴箱结构必须根据工件上孔的数量、尺寸大小和分布位置来确定,所以就整体来说,它是一个专用部件。但是在钻孔、扩孔、铰孔、镗孔和攻丝用的组合机床上广泛应用的通用主轴箱中,其组成零件则几乎都是通用的。

夹具是组合机床的最重要组成部件之一,它的作用是保证工件在切削过程中可靠地定位与夹紧,稳定地保证工件的加工精度。夹具必须根据工件的具体结构及特定的加工工序而设计,因此,它也是一个专用部件。不过,其中用于定位、夹紧、支承和导向等元件,多数也是通用的。

综合上述,组合机床的组成部件大部分都是通用部件,专用部件只占很小一部分,而且在这少量专用部件中,也有大部分零件是通用零件。

四、组合机床通用部件标准

通用部件标准规定:滑台的主参数为滑台体的台面宽度;其他通用部件的主参数则用与它配套的滑台主参数来表示,其型号表示方法如下:



△—数字代号

□—汉语拼音字母

常用通用部件品种代号如下：

动力部件		支承部件	
液压滑台	HY	侧底座	CC
机械滑台	HJ	立柱	CL
铣削头	TX	立柱底座	CD
镗削头	TA	中间底座	CZ
镗车头	TC	支架	CJ
钻削头	TZ		
动力箱	TD		

通用部件已制定了国家标准，表 3-8 为组合机床通用部件主要品种、规格一览表。

例如：1HY40M-ⅠA

经第一次改进设计，品种为液压滑台，部件主参数(滑台台面宽度)为 400mm，部件精度级为精密级，滑台行程长度为Ⅰ型(行程量属中长行程量)，滑台运动导轨为铸铁材料。

五、组合机床自动线

在机器制造厂中，对一些加工工序多、生产批量大的零件加工，常常将加工工序合理组织，按工艺顺序排列若干台自动机床。这些机床用一套传送装置和控制系统联系起来，按规定的程序自动地工作，这种自动加工流水线简称为“自动线”。

自动线的基本机构有下列几部分：

1. 组合机床或自动机床。
2. 传送机构。即把工件从一个工位移到另一个工位的机构，以及工序间贮备工件和排除切屑的机构。

3. 自动线的操纵机构。

组成自动线的基本机构见图 3-39。

表 3-8

组合机床通用部件的品种、规格一览表

部件名称	标 准	名 义 尺 寸(mm)					
		250	320	400	500	630	800
液压滑台	GB3668. 4-83	1HY25	1HY32	1HY40	1HY50	1HY63	1HY80
		1HY25M	1HY32M	1HY40M	1HY50M	1HY63M	1HY80M
		1HY25G	1HY32G	1HY40G	1HY50G	1HY63G	1HY80G
机械滑台	GB3668. 4-83	1HJ25	1HJ32	1HJ40	1HJ50	1HJ63	
		1HJ25M	1HJ32M	1HJ40M	1HJ50M	1HJ63M	
		1HJb25	1HJb32	1HJb40	1HJb50	1HJb63	
		1HJb25M	1HJb32M	1HJb40M	1HJb50M	1HJb63M	
动力箱	GB3668. 5-83	1TD25	1TD32	1TD40	1TD50	1TD63	1TD80
侧底座	GB3668. 6-83	1CC251	1CC321	1CC401	1CC501	1CC631	1CC801
		1CC252	1CC322	1CC402	1CC502	1CC632	1CC802
		1CC251M	1CC321M	1CC401M	1CC501M	1CC631M	1CC801M
		1CC252M	1CC322M	1CC402M	1CC502M	1CC632M	1CC802M
立 柱	GB3668. 11-83	1CL25	1CL32	1CL40	1CL50		
		1CL25M	1CL32M	1CL40M	1CL50M	1CL63	
		1CLb25	1CLb32	1CLb40	1CLb50	1CL63M	
		1CLb25M	1CLb32M	1CLb40M	1CLb50M		

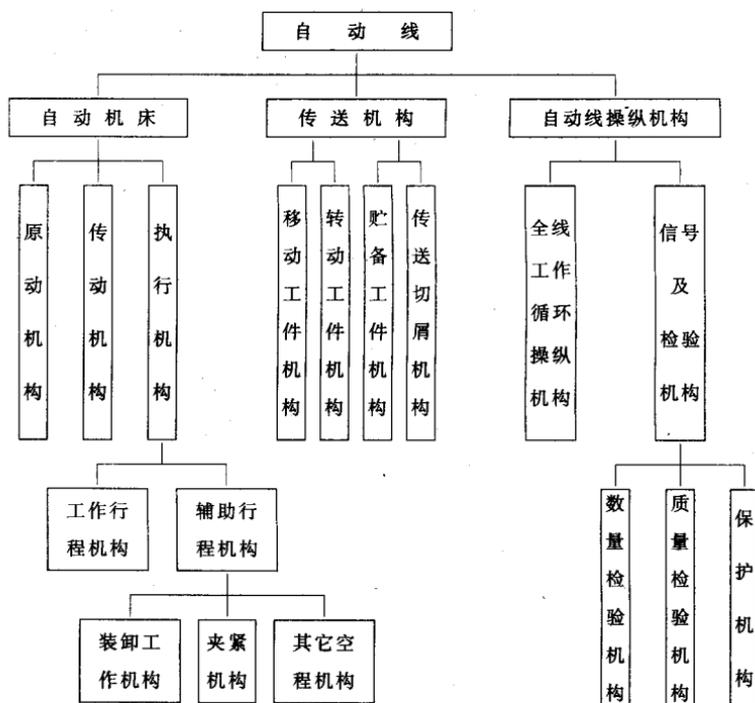


图 3-39 自动线的基本机构

图 3-40 所示为一种直接输送式自动线的组成示意图。全线由一台立式组合机床和两台双面卧式组合机床及其辅助装置组成。工作在第一台机床经动力部件 6 加工后，传动装置 14 带动工件输送带 15，将工件送到转位台 13，工作在水平面内回转 90° ，再送到第二台机床，加工完毕后，送到转位鼓轮 17，使工件在垂直面内回转 180° ，然后再送到第三台机床进行加工。全线共有三个加工工位和两个转位装置。全线可同时进行多项操作，当各台机床均完成加工后，输送带带动工件向前移动一步，使各工件都移到下一个工位进行加工，工件移动到装卸工位时，就由工人取下。因此，输送带每带动工件移动一次，就送出一个加工完的工件。

组合机床自动线在机器加工自动线中占有很大比重。在自动线生产中，整个加工过程是靠各种机器自动操作来完成的，工人只需在自动线的前端装上毛坯，在末端取下加工完的工件即可。自动化程度较高的自动线，除机械加工外，还能完成自动测量，试验，自动装配等工序。

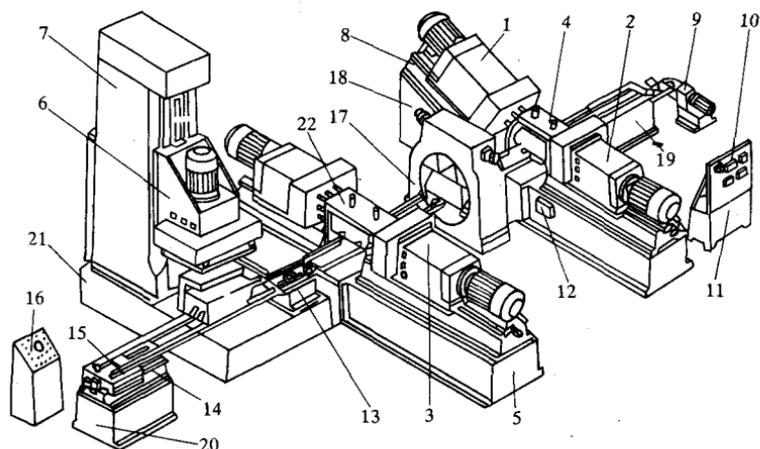


图 3-40 组合机床自动线组成示意图

1. 2. 3. 6. 动力部件；5. 侧底座；7. 立柱；8. 滑座；
 9. 切屑运输带的传动装置；10. 液压装置；11. 液压站；12. 润滑油泵；
 13. 转位台；14. 工件输送带的传动装置；15. 工件输送带；16. 操纵台；
 17. 翻转台；18. 倾斜式侧底座；19. 20. 21. 底座；4. 22. 夹具。

生产中广泛采用自动线不仅可以提高生产率，稳定地保证产品质量，缩短生产周期，节约辅助运输工具，降低生产成本，而且还可减轻工人的劳动强度，改善劳动条件，使人们从繁重的劳动中解放出来。

现代机械制造的特点是：产品多样化，变型产品日益受欢迎，产品更新换代的周期缩短。为了适应市场需求，组合机床自动线

的柔性化是必然发展趋势。柔性化的自动线由计算机控制系统、材料自动储运系统(自动化主体库)与加工系统有机地结合成一个整体。可以按任意顺序加工一组不同工序、不同节拍的工件,能适时地自由调度和管理。这样的柔性制造系统在设备技术范围内能自动地适应切削参数的变化和生产批量的变化,以提高质量的工艺方法加工产品。

第八节 特种加工机床

特种加工是利用电能、电化学能、光能、声能等进行加工的方法。主要用于加工难切削材料,如高强度、高韧性、高硬度、高脆性、耐高温、磁性材料,以及精密细小和复杂形状的零件。目前在航天、电子、机械、电机、电器等工业部门中,特种加工已经成为不可缺少的加工方法。本节主要介绍应用较广的电火花加工、激光加工和超声波加工。

一、电火花加工

电火花加工是直接利用电能对零件进行加工的一种方法。其加工原理是:当工具电极与工件电极在绝缘体中靠近达到一定距离时,形成脉冲放电,在放电通道中瞬时产生大量热能,使工件局部金属熔化甚至气化,并在放电爆炸力的作用下,把熔化的金属抛出,达到蚀除金属的目的。

由上述的加工原理可以看出,电火花加工设备应由以下部分组成:

1. 脉冲电源。脉冲电源是放电蚀除的供能装置,它产生具有足够大能量密度的电脉冲,加在工件与工具电极上,产生脉冲放

电。

2. 间隙自动调节器。为使工件与工具极间的脉冲放电正常进行,就必须使其保持一定间隙。间隙过大,工作电压击不穿液体介质;间隙过小,则形成短路,也无法放电。因此,必须用间隙自动调节器,自动调节极间距离,使工具电极的进给速度与电蚀速度相适应。

3. 机床本体。用来实现工件和工具电极的装夹、固定及调整其相对位置精度等的机械系统。

4. 工作液及其循环过滤系统。火花放电必须在绝缘液体介质中进行,否则,不能击穿液体介质,形成放电通道,也不能排除悬浮的金属微粒和冷却表面。

电火花加工方式很多,常见的有成形加工、穿孔加工、电火花切割加工、电火花磨削以及电火花雕刻花纹等。

(一) 电火花成形加工机床

图3-41为一电火花成形加工机床,它主要由脉冲电源箱、工作液箱和机床本体组成。

1. 脉冲电源箱。它是电火花加工机床的能源系统,用以供给

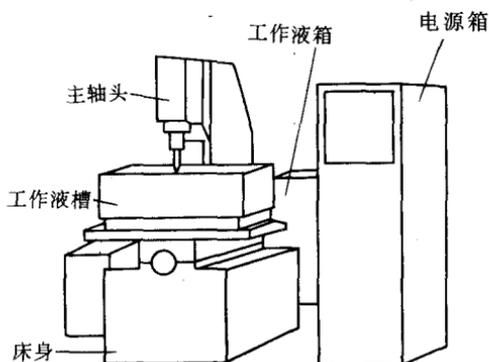


图3-41 电火花加工设备组成

工具电极和工件之间具有一定频率的火花放电脉冲。

2. 工作液箱。它由泵、过滤器、阀等组成。泵用于输送工作液和将放电间隙中电蚀产物，用强迫循环方式加以排除，并采用过滤装置净化工作液。

3. 机床本体。机床本体由主轴头、工作台、床身和立柱组成。

(1) 主轴头。主轴头是电火花成型加工机床的关键部件，它和间隙自动调节装置组成一体。主轴头的性能直接影响电火花成形加工的加工精度和表面质量。主轴头可在立柱上作升降运动，以补充主轴行程的不足。

(2) 工作台。工作台的作用是支承和装夹工件，并可通过纵向、横向的丝杠来调节工件与工具电极的相对位置。工作台上固定有工作槽，用来容纳工作液，使放电加工部位浸在工作液介质中。

(3) 床身和立柱。床身和立柱是电火花加工机床的基础构件，用以保证工具电极与工件之间的相对位置。

(二) 电火花切割加工机床

电火花切割加工机床是利用一根运动着的金属丝(铝丝或硬性黄铜丝)，作为工具电极，在工具电极和工件电极之间通以脉冲电流，使之产生电腐蚀，工件被切割成所需要的形状。

图 3-42 为数控电火花切割机床结构图。它由机床本体数控装置、脉冲电源和工作液循环系统四大部分组成。

机床本体由床身、坐标工作台和运丝系统组成。

1. 床身用以支撑运丝机构和坐标工作台。床身里面安装有机床电器、工作液循环系统等。

2. 坐标工作台。由上、下两层拖板构成，两层拖板的长丝杠分别由两个步进电机驱动，工作台上装有工件安放架。

3. 运丝系统由贮丝筒和线架组成，金属丝通过线架整齐地绕在贮丝筒上。贮丝筒由一台交流电机带动作正反向交替运动。

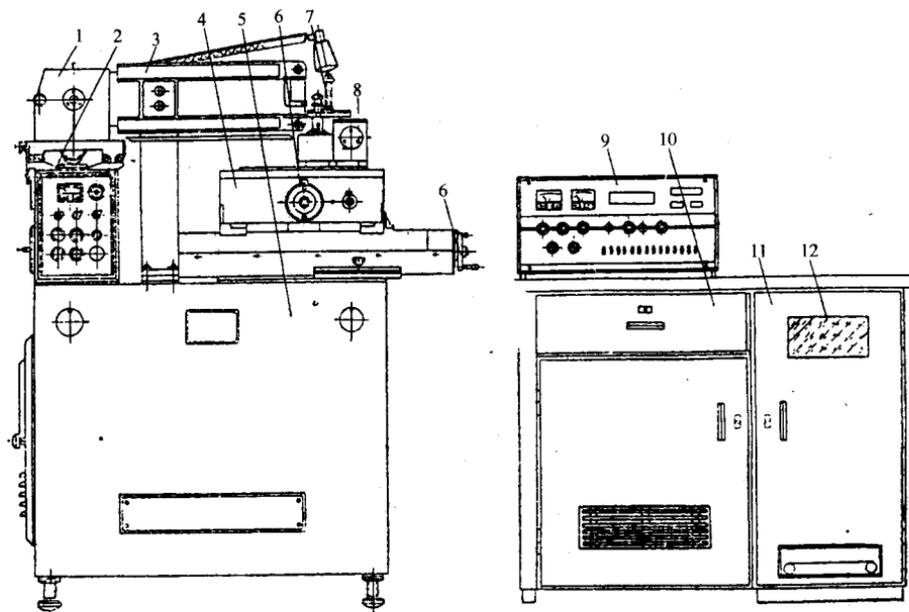


图 3-42 数控线切割机床外形图

1. 贮丝筒; 2. 按钮板; 3. 线架; 4. 工作台; 5. 床身; 6. 进给手轮; 7. 夹具;
8. 转台; 9. 数控装置; 10. 抽屉; 11. 机架; 12. 光电输入机;

(三) 电火花加工特点

1. 可以加工任何硬、脆、韧、软、高熔点的导电材料，此外在一定条件下还可加工半导体材料和非导电材料。

2. 加工时“无切削力”，有利于小孔、薄壁、窄槽及具有复杂截面零件的加工。

3. 加工中几乎不受热的影响，因此可以减少热影响层，提高加工后的工件质量。

4. 由于脉冲参数可调节，因此同一台机床可进行粗、半精、精加工。

5. 直接使用电能加工，便于实现自动化。

二、超声波加工

(一) 超声波加工原理

超声波加工是利用工具作超声频振动，冲击磨料进行撞击和抛磨工件，从而达到加工的目的。图3-43为超声波加工装置示意图。

在工具和工件之间加入液体磨料(水和磨料的混合物)，并在

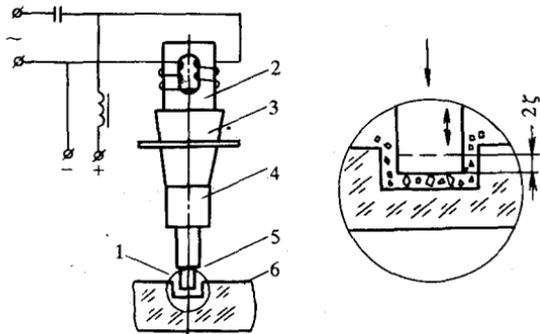


图 3-43 超声波加工装置

1. 磨料悬浮液；2. 超声换能器；3. 4. 变幅杆；5. 工具；6. 工件。

工具进给方向施加一定的压力。超声波换能器产生的超声频纵向振动，借助于变幅杆把振幅放大，驱使工具振动，高频振动的端面锤击工作表面的磨料，通过磨料把工件加工区域的材料粉碎成微粒，并被循环流动的液体带走，工具则逐渐伸入工件中去，工具形状便复现在工件上。

(二) 超声波加工机床的组成

超声波加工机床主要包括超声电源(超声发生器)、超声振动系统及加工机床本体三部分。

1. 超声电源。超声电源(超声发生器)是超声波加工的动力源，它将 50Hz 的交流电变为 15~30kHz 的高频振荡(超声波)电源，供给超声波换能器。其功率为 20~4000W。

2. 超声振动系统。超声振动系统由超声换能器和变幅杆组成。换能器的作用是将高频电振荡变为高频机械振动。其原理是利用铁、钴、镍等合金磁性材料在交变磁场作用下使其尺寸发生伸长和缩短这一特性(这种现象称之为磁致伸缩效应)，产生高频机械振动。但磁致伸缩的振幅一般只能达到 0.005~0.01mm，不能满足一般工件的加工需要，因此需要变幅杆扩大振幅。变幅杆之所以能扩大振幅是由于通过它的每一截面的振动能量是不变的，故面积小的地方能量密度大，所以振幅也增大。变幅杆可做成锥形、曲线形和阶梯形等。

3. 超声波加工机床本体。超声波加工机床本体由工作头、工作台、立柱、磨料、工作液循环系统部分组成。如图 3-44 所示。

工件放在工作台上，随工作台可作纵横调节。工作台带有盛磨料悬浮液的工作槽。磨料悬浮液在循环装置的带动下能在加工区域内得到良好的循环。

立柱可带动工作头上、下运动，工作头可用来调节工具的进给压力和进给速度，并定期地上升，以便更换加工区磨料。

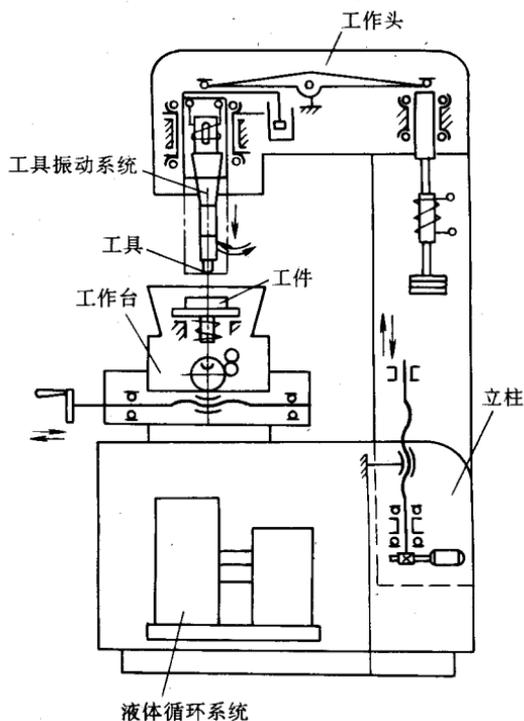


图 3-44 超声波加工机床组成示意图

(三) 超声波加工特点

超声波加工主要有以下特点：

1. 适用于加工各种不导电的硬脆材料，如玻璃、陶瓷、金刚石等。
2. 由于在加工中工具通常不需要旋转，因此易于加工出各种复杂形状的型孔、型腔、成型表面等。
3. 加工过程中受力很小，适于加工薄壁、薄片等不能承受较大机械应力的零件。

三、激光加工

激光是一种亮度高、方向性好，单色性好的相干光，它可以把能量高度集中在特定的小面积上，利用这一特性实现激光加工。

(一) 加工原理

激光加工是通过一系列装置，把激光聚集成一个极小的光斑（直径只有几微米到几十微米），由于区域小，从而可获得 $10^8 \sim 10^{10}$ W/mm² 的能量密度，其温度可达 10000℃。在此高温下，任何坚硬的材料都将瞬时急剧熔化或汽化，并产生很强烈的冲击波，使熔化物质爆炸式地喷射去除，从而进行加工。目前主要用于打孔和切割。

(二) 激光加工装置

激光加工装置由激光器、电源、光学系统和机械系统四大部分组成，如图 3-45 所示。

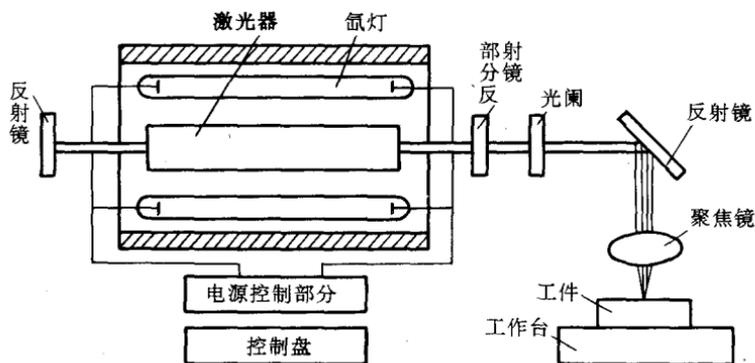


图 3-45 激光加工装置示意图

激光器的作用是将电能变成光能，产生所需要的激光束。当工作物质（如红宝石）受到氙灯发出的光能激发并通过由全反射镜

和部分反射镜之间多次来回反射,互相激发,产生光的振荡,通过部分反射镜和光阑输出激光。

电源为激光器提供所需要的能量,其中包括电压控制、储能电容组、时间控制及触发器等。

光学系统的作用在于把激光引向聚焦物镜,调整焦点位置,使激光聚焦在加工工件上。它由显微镜瞄准,加工位置可在投影仪上显示。

机械系统包括床身、工作台、机电控制系统、冷却系统等。床身为固定各部件的基准,工作台能在三坐标范围内移动以调整加工位置。机电控制系统为机床电器操纵部分,控制加工过程。冷却系统是用循环水冷却激光器,以防止过热,影响正常工作。

(三) 激光加工特点

1. 不受材料性能限制,几乎所有金属材料和非金属材料都能加工。
2. 加工时不需用刀具,属于非接触加工,无机械加工变形。
3. 打孔速度极高,易于实现自动化生产和流水作业。
4. 可通过透明介质(如玻璃)进行加工。这对某些特殊情况(例如在真空中加工)是十分有利的。

第九节 数字控制机床

数字控制技术是综合应用了微电子技术、计算机技术、自动控制 and 自动检测等方面的新成就而发展起来的一门新技术。它在许多领域内得到了应用,在机械工业中的应用更为广泛,如数控机床、数控切割机、数控绘图仪等,特别是数控机床已经成为组成现代机械制造生产系统,实现设计、制造、检验与生产管理等等

全部生产过程自动化的基本设备。

一、数字控制机床

数字控制机床简称为数控机床。在数控机床上加工零件时,首先根据被加工零件的图纸与工艺方案,用规定的代码和程序格式编制加工程序,然后将数控程序输入到数控装置,由数控装置控制机床主运动的起停变速,进给运动的方向、速度和位移量,以及其他如刀具选择交换、工件夹紧、松开和冷却润滑的开关等动作,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合要求的零件。

(一) 数控机床的组成

根据上述工作原理,数控机床主要由输入输出装置、数控系统、伺服系统和机床本体组成,如图3-46所示。

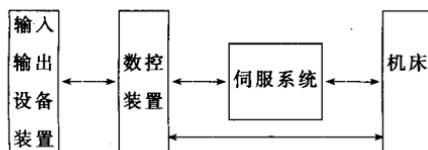


图3-46 数控机床的组成

1. 输入输出设备。输入输出设备的主要功能是:编制程序,输入程序和数据,打印和显示。这一部分硬件简单者只有键盘和发光二极管显示器;一般的可再加上纸带、光电读带机、磁带、磁盘输入机、人机对话操作键盘和CRT显示器;高级的可包含有自动编程机或计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)系统。

2. 数控装置。数控装置是数控机床的核心运算,它根据输入的程序和数据完成数值计算,逻辑判别,插补运算,并发出相应的脉冲或指令送给伺服系统。数控装置一般由计算机、输入输出接口及机床控制器(PLC)等部分组成。

3. 伺服系统。伺服系统主要功能是将数控装置的指令信息,经功率放大后,严格按照指令信息的要求驱动机床的移动部件。伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分,目前大部分采用步进电机,直流或交流伺服电机作为执行机构。

4. 机床本体及机械部件。数控机床本体及机械部分包括:主运动部件、进给运动执行部件如工作台、刀架及其传动部件和床身立柱等支承部件,此外还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置。数控机床的本体和机械部件的结构,其设计方法基本同普通机床,只是在精度、刚度、抗振性等方面要求更高,尤其是要求相对运动表面的摩擦系数要小,传动部件之间的间隙要小,而且其传动和变速系统要便于实现自动化控制。

(二) 数控机床的分类

数控机床种类很多,分类的原则也有多种,通常从如下不同角度进行分类:

1. 按加工工艺方法,可分为:

(1) 一般数控机床。为了满足不同工艺的需要,与传统的通用机床一样有数控车床、铣床、钻床、磨床、齿轮加工机床等,而且每一类又有许多品种,如数控铣床就有立铣、卧铣、龙门铣等。这类机床的工艺性能与通用机床相似,所不同的是它能自动地加工精度更高,形状更复杂的零件。除了切削加工数控机床外,数控技术也大量用于压力机、冲床、弯管机、扩管机、电火花加工机床等。

(2) 加工中心。具有刀库,能自动更换刀具,对一次装夹的工件进行多工序加工的数字控制机床称为加工中心或称自动换刀数控机床。工件经一次装夹后,数控系统能控制机床按不同工序自动选择或更换刀具,自动改变机床主轴转速、进给量和刀具相对于工件的运动轨迹以及其他辅助机能,依次完成工件几个面上

的多工序加工。如在加工中心上加工箱体零件时，一次装夹就可以完成对除装夹面以外的其他各个方位的加工表面连续进行铣、钻孔、镗孔、扩孔、铰孔和攻丝等各种加工。加工中心由于工序高度集中，显著减少了原来需要多台机床顺序加工带来的工件装夹、调整、机床间工件运送等操作，使加工效率比普通数控机床更高，显示了明显的经济效果，同时避免了多次装夹带来的加工误差，工件各加工面之间的相对位置精度高。但加工中心比数控机床价格昂贵，因此加工中心适用于零件形状比较复杂精度要求较高，产品更换频繁的中小批量生产中。

加工中心按主轴布置方式分为立式和卧式(图 3-47)两类。卧式加工中心一般具有分度转台或数控转台，可加工工件各个侧面，也可以作多个坐标的联合运动，以加工复杂的空间曲面。立式加工中心一般不带转台，仅作工件顶面加工。此外还有带立、卧两个主轴的复合式加工中心。

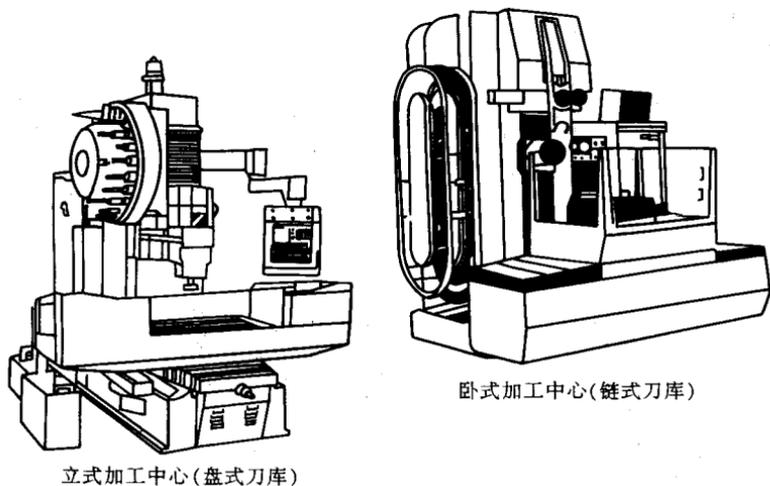


图 3-47 卧式和立式加工中心

加工中心的自动换刀装置由存放刀具的刀库和换刀机构组成。刀库种类很多,常见的有盘式和链式两类。链式刀库存放刀具的容量较大。换刀机构在机床主轴与刀库之间交换刀具,常用机械手或无臂式换刀装置。

为了进一步缩短非切削加工时间,有的加工中心配有两个自动交换工件的托板,一个装着工件在工作台上加工,另一个则在工作台外装卸工件。机床完成加工循环后自动交换托板,使装卸工件与切削加工时间重合。

2. 按控制刀具相对工件移动轨迹,可分为:

(1) 点位控制。这类控制系统的特点是只控制刀具或机床工作台从一点精确地移动到另一点,而点与点之间移动的轨迹原则上不加控制,且在移动过程中刀具不进行切削(如图 3-48a 所示)。采用点位控制的机床有数控钻床、数控镗床和数控冲床等。

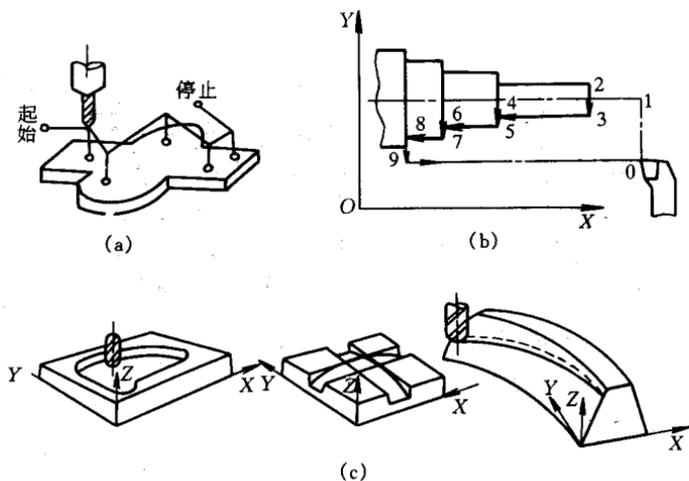


图 3-48 刀具运动轨迹控制

(2) 直线控制。这类控制系统的特点是除了控制点与点之间的准确定位外, 还要保证被控制的两个坐标点之间移动的轨迹是一条直线, 且在移动过程中, 刀具能按指定的进给速度进行切削(如图 3-48b 所示), 采用这类控制的有数控铣床、数控车床和数控磨床等。

(3) 连续轨迹控制(或称轮廓控制)。它的特点是能够对两个或两个以上坐标方向的同时运动进行严格地不间断地控制, 并且在运动过程中刀具对工件表面连续进行切削(如图 3-48c)所示。这类控制系统具有插补运算功能, 使刀具的运动轨迹以最小的误差逼近规定的轮廓曲线。采用这类控制的机床有能够加工曲线(和曲面)用的数控铣床、数控车床和数控磨床等。

3. 按伺服机构分类可分为开环、半闭环和闭环三种类型。如图 3-49 所示。

(1) 开环伺服机构。由步进电机驱动线路和步进电机组成, 数控装置根据输入指令, 经过运算发出指令脉冲给步进电机驱动线路, 从而驱动工作台移动一定距离。这种伺服机构比较简单, 工作稳定, 容易掌握使用, 但精度和速度的提高受到限制。

(2) 闭环伺服机构。由比较线路, 伺服放大线路, 伺服马达、速度检测器和装在工作台上的位置检测器组成。这种机构对工作台实际位移量进行自动检测并与指令值进行比较, 用差值进行控制。这种机构定位精度高但系统复杂, 调试、维修较困难, 价格较贵, 常用于高精度和大型数控机床。

(3) 半闭环伺服机构。这种机构的工作原理和组成与闭环伺服机构相似, 只是位置检测器不装在工作台上。这种伺服机构所能达到的精度、速度和动态特性优于开环伺服机构, 其复杂性低于闭环系统, 为大多数中小型数控机床所采用。

(三) 计算机数控系统

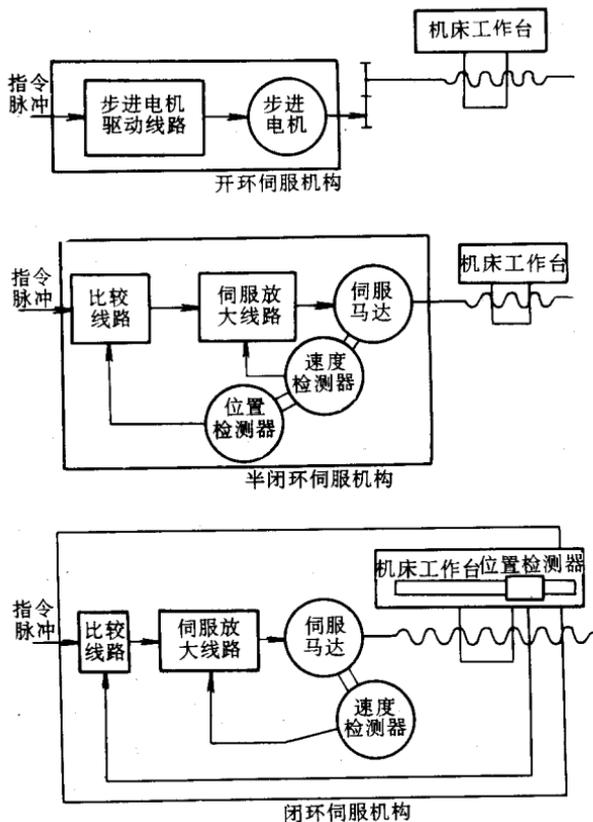


图 3-49 数控机床的伺服机构

计算机数控系统 (Computerized Numerical Control, 缩写为 CNC) 是一种用计算机通过执行其存储器内的程序来实现部分或全部数控功能, 并配有接口电路和伺服装置的专用计算机系统。其核心为 CNC 装置。CNC 装置主要用于控制机床的运动, 完成各种形状零件的加工, 其基本控制流程如下:



CNC 装置由硬件和软件组成，软件在硬件支持下完成数控功能，通过改变软件很容易改变或扩展其功能，因此 CNC 具有良好的“柔性”。

CNC 装置硬件除具有一般计算机所具有的 CPU、存储器、输入输出接口外，还具有数控要求的专用接口和部件，即位置控制器、纸带阅读机和接口，手动数据输入接口和显示(CRT)接口。

CNC 装置的软件是为了 CNC 系统各项功能而编制的专用软件，称为系统软件。系统软件必须完成管理和控制两项任务，管理软件包括零件加工程序的输入和输出、I/O 处理、系统的显示和诊断能力；控制软件可完成从译码、刀具补偿、速度处理到插补运算和位置控制等方面的工作。

目前，我国使用的 CNC 装置主要有：

1. FANUC 系统的 F0、F10/11/12、F15、F16、F18 等系列。结构紧凑，易于组成机电一体化系统，它有很多品种适用于各种中小型机床。F10/11/12 系列有 M 型、T 型、TT 型、F 型，带 M 的 CNC 装置用于加工中心，铣床及镗床带 T 的用于车床；带 TT 的用于双刀架车床；带 F 的是具有对话功能的 CNC 装置。FS15 系列是 FANUC 新的 32 位 CNC 装置称为人工智能 CNC 装置。

2. SIEMENS(西门子)CNC 装置有 SINUMERIK3、8、810、820、850、880 及 880 系列。

SINUMERIK8 适用于各种机床如钻床、镗床及加工中心等，SINUMERIK810/820 一般适用于小型机床，分为 M、F、G 型，M 型用于镗床、铣床、加工中心；T 型用于车床、G 型用于磨床。SINUMERIK850/880 适用于高自动化水平的机床及柔性制造系统。

3. BESICCNC 系统的北京数控设备厂生产的产品，其中

FANVC - BESK 系列产品是 FANVC 公司引进或合作的产品，自行研制的有 BS02、BS03、BS04、BS06 和 BS07 系列，其中 BS04 系列适用于各种中小机床，功能适中，能满足一般数控机床的需要，BS06、BS07 系列是全功能数控系统，适用于功能较多的各种大中型机床。

4. 上海机床研究所 CNC 装置为 MTC 系列 CNC 装置，能满足各种机床的需要。

(四) 数控机床的伺服驱动装置

1. 伺服系统的概念。数控机床伺服系统是以机械位移为直接控制目标的自动控制系统。如果说 CNC 装置是数控机床的“大脑”，是发布“命令”的指挥机构，则伺服系统便是数控机床的“四肢”，是一部执行机构，它能准确地执行来自 CNC 装置的运动指令。数控机床伺服系统主要有二种：一种是进给伺服系统，它控制数控机床各坐标轴的进给运动；另一种是主轴伺服系统，它控制主轴的旋转运动。

进给伺服系统的控制方法主要分为开环、闭环和半闭环三种，它实际上是指伺服系统实现位置伺服控制的三种方式。

2. 伺服电动机。伺服电动机是伺服系统的主要部件。

数控机床的主轴驱动以前采用直流电动机，目前主要采用笼型感应电动机。进给驱动用的伺服电动机主要有步进电机、直流和交流调速电动机。

(1) 步进电机 一般电动机是连续旋转的，而步进电机则是一步一步转动的，即每输入一个电脉冲，电动机就转动一个角度或前进一步，由于它是步进式进行的故称为步进电机。它是将电的脉冲信号转换成相应角位移或线位移的执行元件。

步进电动机具有精度高、惯性小、抗干扰能力强的特点。按励磁方式的不同，步进电机可分为反应式、永磁式、感应式和混

合式等。混合式步进电机的结构具有反应式和永磁式两种电机的特点，在同样的励磁电流下，它可以产生更大的转矩且驱动电源较为简单。此外，它的步距角（输入一个电脉冲信号转子转过的角度）小。运行频率高，在停转时具有定位转矩。目前这种步进电机得到了广泛应用，国内外步进电机厂相继生产它的系列化产品。

混合式步进电机由定子和转子两大部分组成，图 3-50 为混合式步进电机结构示意图。它的定子分为若干极，极上有齿和控制线圈。转子由环形磁钢及两段铁芯组成，环形磁钢在转子的中部，轴向充磁，两段铁芯分别装在磁钢两端，转子铁芯上均匀分布小齿，但两段铁芯上的小齿相互错开半个齿距，定、转子的齿距通常相同。

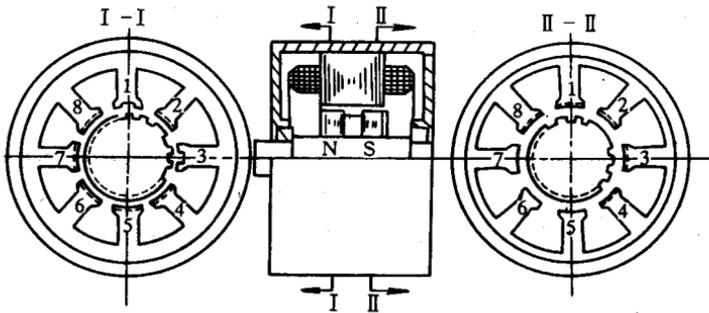


图 3-50 混合式步进电机结构示意图

(2) 直流伺服电动机。直流伺服电动机的品种很多，按照励磁方式的不同，直流伺服电动机有电磁式和永磁式两种。其中，电磁式大多是他励式直流伺服电动机；永磁式是用铁氧体、铝镍钴、稀土钴等永磁材料建立励磁磁场。

直流电动机按结构分类可见表 3-9。

表 3-9 各类直流伺服电动机结构及特点

分 类		代号及含义	结 构 特 点
普 通 型	永磁式 伺服电动机	SY (伺、永)	与普通直流电动机相同,但电枢铁芯长度与直径之比较大,气隙也较小。磁场由永久磁钢产生,无需励磁电源
	电磁式 伺服电动机	SZ (伺直)	定子通常由硅钢片冲制叠压而成,磁极和磁轭整体相连,在磁极铁芯上套有励磁绕组。其他同永磁式直流电动机
低 惯 量 式	印刷绕组 伺服电动机	SN (伺、印)	采用圆形薄板电枢结构,轴向尺寸很小,电枢用双面敷铜的胶木板制成,上面用化学腐蚀或机械刻制的方法用印刷绕组。绕组导体裸露,在圆盘两面呈放射形分布。绕组散热好。磁极轴向安装,电刷直接在圆盘上滑动,圆盘电枢表面上有裸露导体部分起着换向器的作用
	无槽 伺服电动机	SWC (伺、无槽)	电枢采用无齿、槽的光滑圆柱铁心结构,电枢制成细而长的形状,以减小转动惯量。电枢绕组直接分布在电枢铁心表面,用耐热的环氧树脂固化成形。电枢气隙尺寸较大。定子采用高磁能的永久磁钢励磁
	空心杯形电枢 伺服电动机	SYK (伺永空)	电枢绕组用漆包线绕在线模上,再用环氧树脂固化成杯形结构,空心杯电枢内外两侧由内外定子铁心构成磁路,磁极采用永久磁钢,安放在外定子上

根据控制方式,直流伺服电动机可分为磁场控制方式和电枢控制方式,一般直流伺服电机采用电枢控制方式。这里主要介绍常用的永磁式直流伺服电动机,显然,它只能采用电枢控制方式。

由于永磁式直流伺服电动机允许有宽的调速范围,所以也叫宽调速直流电动机。电动机本身由三部分组成,定子磁极、转子

电枢和电刷与换向器,见图3-51。磁极由整块磁钢制成,形状有矩形、瓦形。电枢与一般电动机有槽转子一样,由硅钢片叠成,表面嵌有线圈,但槽数、极对数较多。电刷与直流电源相接,换向片与电枢导体相接。反馈用的检测装置(测速发电机或旋转变压器)安装在电动机尾部。

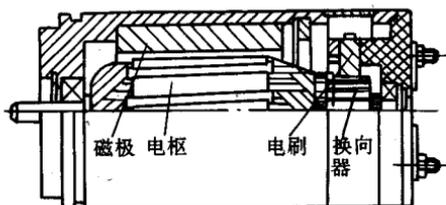


图3-51 永磁式直流伺服电动机

永磁式直流伺服电动机的工作原理与普通的直流电动机相同。在永磁式电机中,用永久磁铁代替普通直流电动机的励磁绕组和磁极铁芯,当电枢线圈通以直流电流时,就会在定子磁场作用下,产生带动负载旋转的电磁转矩。

永磁式直流伺服电机具有转子惯量大、低速性能好、过载能力强、调速范围宽、运转平稳等特点,故广泛应用于自动控制系统中作执行元件,特别是在数控机床中用得最普遍。

(3) 交流伺服电动机。直流伺服电动机具有很多优点,但它的电刷和换向器不仅易磨损,需要经常维护,而且换向时换向器会产生火花,限制了直流伺服电动机向高速度、大容量方向发展。因此70年代以来,随着大规模集成电路和计算机控制技术的发展,研制出具备调速范围宽、精度高、动态响应快特点的交流伺服电动机。交流伺服电动机结构简单、成本低,在同样体积下,交流伺服电机的输出功率可达直流伺服电动机的110%~170%。其容量也比直流伺服电机大,达到更高的电压和转速。

交流伺服电动机可分为交流感应电机和交流同步电机。交流感应电机的基本结构和单相异步电机相似，它的定子上有空间互差 90° 电角度的两相分布绕组：一相为励磁绕组，一相为控制绕组。转子有两种形式：一种为笼型，这种转子与三相异步电动机的鼠笼型转子相同；另一种为非磁性空芯杯形转子。

图 3-52 所示为笼型转子交流伺服电动机结构示意图。为了减小转子的转动惯量，转子做成细长形。在圆柱体的铁芯上嵌有均匀分布的导条，导条两端分别用金属环把它们联结成一个整体。因此，这种电动机也称笼式电动机。

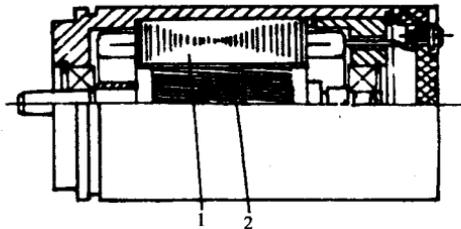


图 3-52 笼式转子交流伺服电动机结构图

1. 定子；2. 鼠笼式转子。

交流同步电机与感应电机间存在的主要差异是同步电机的转速与所接电源的频率之间存在着严格关系，即在电源电压和频率固定不变时，它的转速是稳定不变的。如果由变频电源供电给同步电机，则可获得与频率成正比的可变转速，可得到非常硬的机械特性及宽的调速范围。

交流同步电机可分为电磁式和非电磁式两大类，在后一类中又有磁滞式、永磁式和反应式多种。由于永磁式同步电机与电磁式同步电机相比结构简单、运行可靠、效率较高，因而得到广泛的应用。

图 3-53 为在数控机床中常用的永磁交流伺服电机结构图。

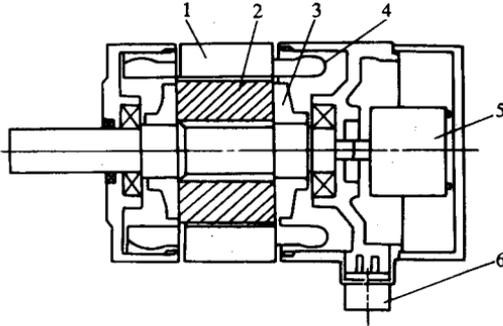


图 3-53 永磁交流伺服电机结构图

1. 定子；2. 转子；3. 压板；4. 定子三相绕组；
5. 脉冲编码器；6. 出线盒。

由图可见，永磁交流伺服电机主要由三部分组成：定子、转子和检测元件。定子形状与普通感应电动机的定子相似，具有齿槽，内有三相绕组。但其外表面多呈多边形，且无外壳，这样有利于散热。转子由多块永久磁铁和冲片组成。

由于永磁交流伺服电机体积小，可方便地获得与频率成正比的可变速度，可得到较硬的机械特性和宽的调速范围，因而得到广泛应用。

二、柔性制造系统(FMS)

柔性制造系统是一组数控机床和其他自动化的工艺设备，由计算机信息控制系统和物料自动储运系统有机结合的整体。它可按任意顺序加工一组有不同工序与加工节拍的工件，能适时地自由调度管理，因而这种系统可以在设备的技术规范的范围内自动地适应加工工件和生产批量的变化。

(一) 柔性制造系统的基本功能

1. 自动化的核心加工功能。包括工件在机床上的自动定位夹紧,按加工要求自动进行切削加工,加工过程中自动换刀和更换零件加工程序等。

2. 单元内部的自动化工件运输、交换和存储功能。

3. 单元加工的其他功能。如清洗、检验和切屑处理等。

4. 为实现上述功能所需的控制和监视功能。包括切削加工过程控制、工件运输和交换控制、切削状态监控等功能。

(二) 柔性制造系统的组成

图3-54为一柔性制造系统,由图可见柔性制造系统由加工、物流、信息流三个子系统组成。

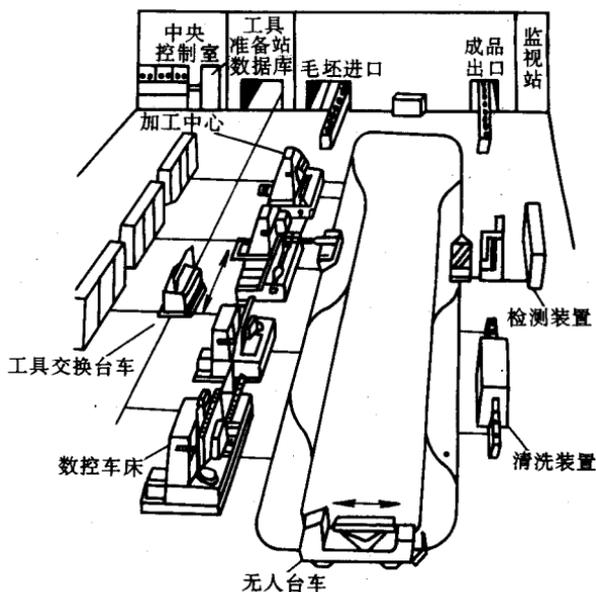


图3-54 典型的柔性制造系统(FMS)

1. 加工系统。是由加工中心或加工中心与数控机床混合组成的加工设备。一个系统的机床配置要考虑工序的要求和负荷的均衡,可按“互补”和“互替”方式配置。“互补”是指系统需配置完成不同工序的机床(如车、铣、磨……),在工序上互相补充,而不能代替,一个工件按预定的加工顺序顺次通过这些机床进行加工。“互替”是指一个系统中配置有相同的机床,如其中一台机床有故障时,另一台相同工序的机床可以替代加工,以免等待。

当然一个系统的机床设备也可按这两种方式混合配置。

2. 物流系统。包括工件与刀具夹具的输送、装卸及仓库存储等装置。在FMS中,工件和夹具的存储多用立体仓库,并由仓库计算机进行控制和管理。各设备之间的输送路线有直线式、往复式、封闭环式以及网格式等数种,以直线往复式居多。输送设备有传输带、有轨或无轨小车及行走机器人等,其中使用最多的是结构简单的有轨小车和使用灵活的无轨小车。系统还设有中央刀库,由工业机器人在中央刀库和各机床之间进行输送和交换刀具。

3. 信息流系统。该系统实现单元加工中信息流的处理、储存和传输等功能,协调多台机床加工和物料输送的计算系统等。

除此之外,还有清洗、切屑处理等辅助装置或设备。采用柔性制造的主要技术经济效果是:能按装配作业配套要求及时安排所需零件的加工,实现及时生产,从而减少毛坯和在制品的库存量及相应的流动资金占有量,缩短生产周期,提高设备利用率,减少设备数量和厂房面积,减少直接劳动力,在少人看管条件下可实现昼夜24小时的连续生产,提高产品质量的一致性。

思考与练习

1. 机床的技术经济指标有哪些?

2. 试举出常用的三种铣床类机床。
3. 组合机床和通用机床相比有哪些特点？
4. 什么叫特种加工？
5. 数控机床有哪些特点？
6. 试分析车、铣、刨、钻、磨几种常用加工方法的主运动和进给运动分别由哪些运动件(工件或工具)来实现的。
7. 试述机床型号 C6132、CQ6140、X6132、B6065 中各字母与数字的含义。
8. 试述普通车床各组成部分的功能。
9. 试述数控机床的分类情况。
10. 电火花加工设备应由哪几部分组成？

第四章 其他通用设备

第一节 金属熔炼设备

铸造是将熔化的液体金属浇注到具有和机械零件形状相似的铸型型腔,经过凝固冷却之后,获得毛坯(或零件)的加工方法。因此,金属熔炼是铸造生产中相当重要的环节。熔炼的目的是要获得预定成分和一定温度的金属液,并尽量减少金属液中的气体和夹杂物,提高熔炼设备的熔化率,降低燃料消耗,以达到最佳的技术经济指标。

一、铸铁的熔炼设备

铸铁熔炼设备有许多种,如冲天炉、反射炉、工频感应炉等。由于冲天炉具有结构简单、操作方便、熔化率高、成本低的特点,目前得到广泛应用。

(一) 冲天炉的结构

冲天炉由炉身、烟囱、炉缸和前炉四大部分组成,如图4-1所示。炉身为直筒形,是冲天炉的主体,其外部用钢板焊接而成,内部砌上耐火砖炉衬。炉身上部有加料口,冲天炉在工作过程中所需的料由加料机经加料口装入。炉身下部有风带,燃料燃烧时所需的空气,从风带经风口进入炉内。高于加料口以上部分叫做烟囱,在烟囱顶部装火花捕集器。主风口以下至炉底部为炉缸。熔

化的铁水流入炉缸，炉缸内的液体金属不断地沿着倾斜炉底，经过过道流到前炉。前炉是储存铁水和排渣用的，因此前炉上设有出铁口和出渣口。

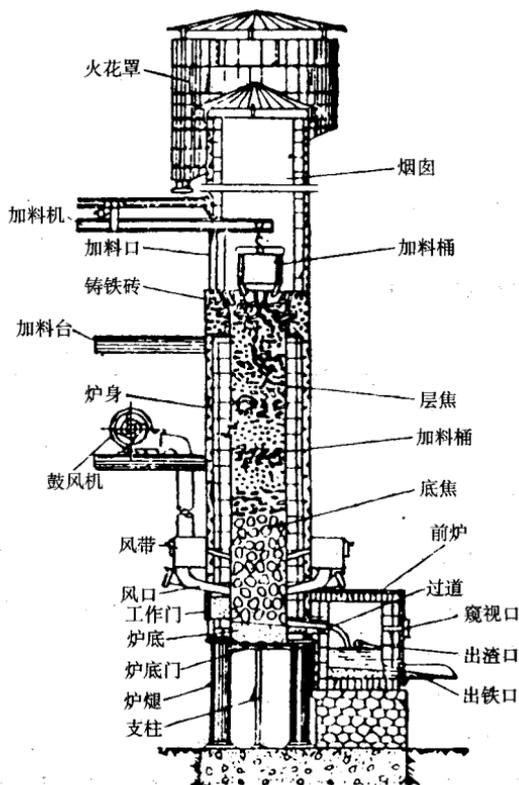


图 4-1 冲天炉构造

冲天炉生产率是用每小时能熔化多少吨铁水表示，通常为 0.5~30 吨/小时，最常用的为 1.5~10 吨/小时，炉子内径越大，其生产率越高。

(二) 冲天炉内的熔化过程

装入炉内的金属炉料(新生铁、回炉铁、废钢和铁合金等)在焦炭燃烧产生的热量作用下,发生一系列化学反应,从而获得所需化学成分的铁水。

1. 燃料燃烧。冲天炉经鼓风后,空气经过风口进入炉内与底焦发生完全燃烧反应,放出大量的热,其反应式为:



式中 Q_1 ——热量

氧气愈多,与炭接触面积愈大,燃烧反应进行得愈完全,放出热量也愈多。由此而产生高温炉气和剩余的氧气一起上升,在上升过程中,氧气继续与底焦发生燃烧反应,致使炉中 CO_2 的含量逐渐增加,并达到最大值,而氧的含量逐渐减少,直到反应完了为止。由第一排风口至炉气中氧气完全消失为止的地带,称为氧化带(见图 4-2)。

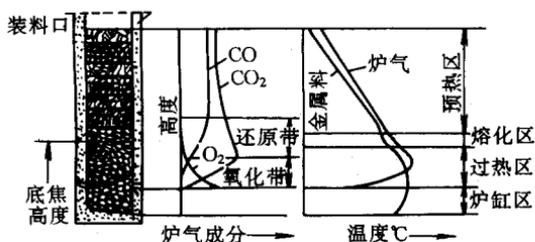
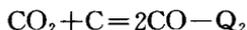


图 4-2 冲天炉内炉气成分与炉料温度变化

含有大量 CO_2 的高温炉气,在继续上升过程中与红热的焦炭发生还原反应并吸热,而使炉温降低,其反应式为



式中 Q_2 ——热量

当炉气中的 CO_2 含量减少, CO 量增加,炉温降至 $1000^\circ C$ 左右时,

CO₂ 的还原反应停止。从氧化带上限到还原反应停止的这一地带称为还原带(见图 4-2)。还原带上界面至装料口这一段,因缺氧且炉气温度不高,不再发生化学反应。

2. 金属炉料的熔化。由装料口加入的炉料,迎着上升的高温炉气而下降,使金属炉料在下降过程中经预热区逐渐被加热到熔化温度。当温度达1100~1200℃范围时,固体的金属料开始熔化成铁水滴。此铁水滴在往下流的过程中受高温的炉气与红热的底焦进一步加热,其温度被提高,并成为过热铁水。过热铁水流入炉缸,经过道流入前炉备用。金属炉料经熔化后,铁水中的碳含量增高,硅和锰的含量因氧化烧损而减少,磷基本上保持不变,硫含量则增大。由于硫是铸铁中的有害物质,所以脱硫是熔化过程的重要问题之一。

为了保证铁水的化学成分,必须经过金属炉料的配料计算和炉前化学分析来控制。

(三) 生产技术经济指标

衡量冲天炉的技术经济指标主要有:

1. 铁水出炉温度。在燃料消耗相同的条件下,铁水出炉温度越高,则炉子经济效果越好。目前一般冲天炉铁水出炉温度可达1400℃左右,较好的炉子可达1450~1500℃。

2. 焦铁比。焦铁比指每批炉料中层焦重量与金属炉料之比,通常焦铁比多在1:8~1:12之间,即1公斤焦炭可熔化8~12公斤铁。

3. 熔化率。熔化率是指冲天炉每小时能熔化出多少吨的铁水。

二、铸钢熔炼设备

由于钢的含碳量比铸铁低,熔点高,且对硫及磷等杂质元素

和有害气体含量要求较严，因此，其熔炼过程比较复杂。炼钢过程包括钢液内、炉渣内、钢液与炉渣间、炉渣与炉气间以及炉渣与炉衬间一系列氧化与还原反应，都是在高温下发生的复杂物理、化学过程。目前炼钢厂炼钢的方法有三种：氧气顶吹转炉炼钢法、碱性平炉炼钢法和电弧炉炼钢法。然而绝大多数工厂所需要的钢液是为了生产铸钢件，生产铸钢件比炼钢厂需要的钢液量小得多，生产上要求熔炼设备有较大的灵活性，由于平炉容量太大（一般为50~220吨），而转炉灵活性较差，故一般工厂所用的熔炼设备主要是电弧炉（容量为0.5~20吨）和感应电炉。

（一）电弧炉

电弧炉的构造如图4-3所示，炉盖上有三个电极孔，三根石墨电极插入炉内。通电后，电极与炉料间产生电弧发热进行冶炼，炉温可达2000℃。电弧炉的大小用每炉炼钢重量表示，一般为3~20吨。

电弧炉按炉衬材料和炉渣特点可分为碱性电弧炉和酸性电弧

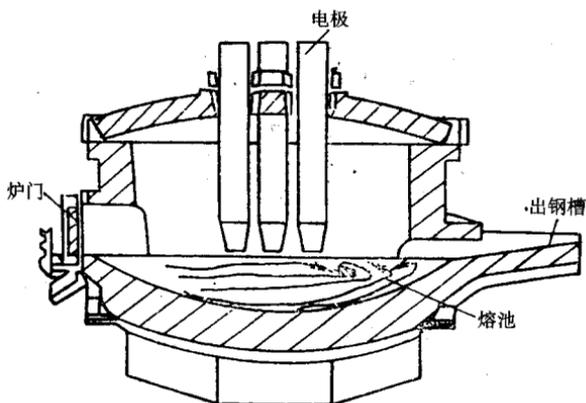


图4-3 电弧炉构造示意图

炉。碱性电弧炉可去硫、磷，对炉料无特殊要求，可炼出各种优质钢，是目前铸钢工业中使用甚广的冶炼设备。酸性电弧炉与碱性电弧炉相比，生产率高，炉衬的价格便宜，使用寿命长。但酸性炉不能去硫、磷。如金属炉料条件较好时，采用酸性炉的技术经济意义较大。

(二) 感应电炉

近年来感应电炉在铸造生产中的应用得到了迅速发展。常用炼钢感应炉可分为中频炉(频率 1000Hz 左右)和工频炉(频率 50Hz)，图 4-4 为工频炉构造图。炉衬用石英砂等耐火材料捣制而成，炉衬外面绕有铜管制成的感应线圈，当工频电流通过感应线圈时，炉膛内金属炉料在交变磁场作用下产生感应电势，从而在炉料表面层产生感应电流(称为涡流)而发热，使金属熔化并过热达到所需温度。感应电炉可制得含气少、非金属夹杂少、含碳

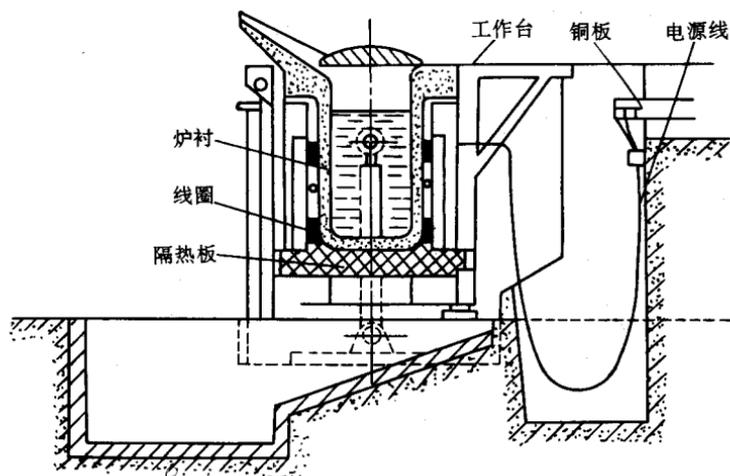


图 4-4 工频炉构造

低、合金元素损失少的各种优质钢。其熔炼速度快，能源损耗少，易于实现真空熔炼，适用于中、小型铸钢件熔炼。但其电气设备价格较贵，炉衬材料要求较高。扩大感应电炉的容量是扩大其在铸钢生产中应用的关键。

三、有色金属熔炼

除了由铁和它的合金所组成的黑色金属外，其他金属称之为有色金属。常用于铸造的金属有：铜、铝、镁、锡、铅、锌等。

有色金属熔炼中合金元素容易氧化烧损，因此有色金属熔炼炉应保证金属炉料快速熔化，以免合金元素的烧损，同时要求燃料及电能消耗尽可能少，炉龄要长，操作力求简便。常用的熔炉有坩埚炉、反射炉、电阻炉等。

坩埚炉是最简单的一种熔炼炉，如图 4-5 所示。在坩埚内盛金属，外面加热，使金属熔化和过热。这种熔炼炉由于炉气与金属液隔开，所以熔炼获得金属液的质量较高，但生产率和热效率都较低。

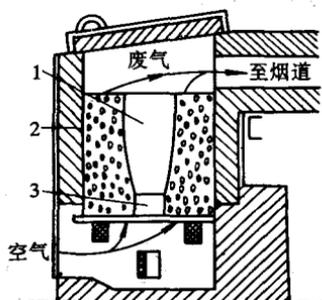


图 4-5 坩埚炉示意图

1. 坩埚；2. 焦炭；3. 支架。

第二节 金属压力加工设备

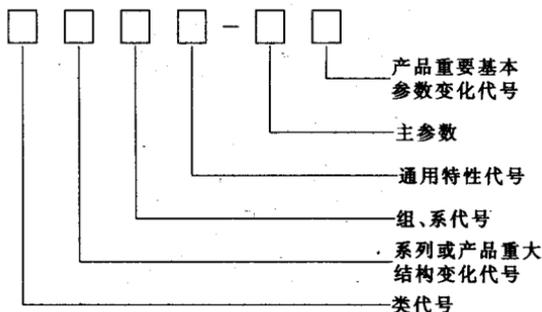
金属压力加工主要包括锻造(自由锻、模锻)和板料冲压两大类加工方法。由于加工方法不同,所使用的设备也不同。按照我国锻压机器分类方法,锻压机器分为机械压力机、液压机等八类,见表4-1。

表4-1 通用锻压设备的类别代号

类别	机械压力机	液压机	线材成形自动机	锤	锻机	剪切机	弯曲校正机	其他
字母代号	J	Y	Z	C	D	Q	W	T

拼音字母J表示机械压力机,Y表示液压机,Q表示剪切机。每一类分若干组、型(系列),如机械压力机共有六组,其组型代号见表4-2。再如液压机按其用途分为十个组别,部分液压机的组型代号如表4-3。

锻压设备型号表示方法如下:



例: JB21-60 表示标称力为 60kN 的第二次改型的开式固定台压力机。

表 4-2

机械压力机的组、型(系列)代号

组	手动压力机									单柱压力机									开式压力机													
型	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
机械压力机名称		齿条式压力机	螺旋式压力机	杠杆式压力机	台式压力机							单柱固定台压力机	单柱活动台压力机	单柱柱形台压力机									开式固定台压力机	开式活动台压力机	开式可倾台压力机	开式转台压力机	开式双点压力机				开式柱形台压力机	开式底传动压力机
组	闭式压力机									拉深压力机									其他压力机													
型	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99		
机械压力机名称		闭式单点压力机	闭式单点切边压力机	闭式侧滑块压力机			闭式双点压力机	闭式双点切边压力机		闭式四点压力机		闭式单点单动拉深压力机	闭式双点单动拉深压力机	开式双动拉深压力机	底传动双动拉深压力机	闭式单点双动拉深压力机	闭式双点双动拉深压力机	闭式四点双动拉深压力机	闭式三动拉深压力机			分度台压力机	冲模回转头压力机		底传动精密压力机	精密冲裁压力机						

表 4-3 部分液压机的组型代号

组 型	名 称	组 型	名 称
Y11	单臂式锻造液压机	Y32	四柱液压机
Y12	下拉式锻造液压机	Y33	四柱上移式液压机
Y13	正装式锻造液压机	Y41	单柱校正压装液压机
Y13	模锻液压机	Y54	绝缘材料板热压机
Y23	单动厚板冲压液压机	Y63	轻合金管材挤压液压机
Y24	双动厚板冲压液压机	Y71	塑料制品液压机
Y26	精密冲裁液压机	Y75	金刚石液压机
Y27	单动薄板冲压液压机	Y76	耐火砖液压机
Y28	双动薄板冲压液压机	Y77	碳板液压机
Y29	橡皮囊冲压液压机	Y78	磨料制品液压机
Y30	单柱液压机	Y79	粉末制品液压机
Y31	双柱液压机	Y98	模具研配液压机

一、锻造设备

(一) 自由锻造设备

常用的自由锻造设备按其工作原理分为两大类：一类以冲击力使金属材料产生塑性变形，如锻锤；另一类以静压力使金属材料产生塑性变形，如水压机。

1. 空气锤。空气锤是生产小型锻件的常用设备，其外形结构如图 4-6(b)所示。

工作原理如图 4-6(a)所示。由电动机通过减速器带动曲柄连杆机构，使压缩活塞在压缩缸中作上下往复运动。当压缩活塞向上运动时，压缩空气经过操纵机构的上旋阀进入工作缸内工作活塞上部使锤头向下运动，实现对坯料锻打，压缩活塞向下运动时，压缩空气通过下旋阀进入活塞下部使锤头提起。这样，通过

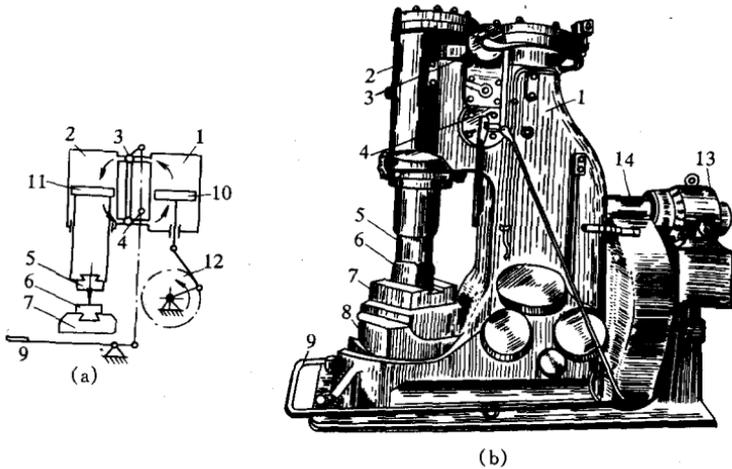


图 4-6 空气锤

(a) 工作原理示意；(b) 外形图。

1. 压缩缸；2. 工作缸；3. 上旋阀；4. 下旋阀；5. 上抵铁；
6. 下抵铁；7. 砧垫；8. 砧座；9. 踏杆；10. 压缩活塞；
11. 工作活塞；12. 曲柄-连杆机构；13. 电动机；14. 减速器。

控制机构(手柄或踏杆)对上、下旋阀位置的控制，能使锤头完成上悬、连续打击、单下打击和下压等动作。

空气锤的规格以空气锤落下部分的质量来表示。现国内生产和常用的空气锤规格为65~750kg。锻锤产生的打击力，一般是落下部分质量的1000倍左右。

2. 蒸汽—空气锤。蒸汽—空气锤是生产大、中型锻件常用的设备，它是利用蒸汽或压缩空气带动锤头作用的。蒸汽—空气锤有单臂式、双柱拱式和桥式三种。常用的双柱拱式蒸汽—空气锤如图4-7所示。其主要工作部分有气缸4、落下部分(上抵铁9、锤头8、锤杆7和活塞6)、带有下抵铁的砧座1、带导轨的左右机架

3 和操纵手柄 2 等。

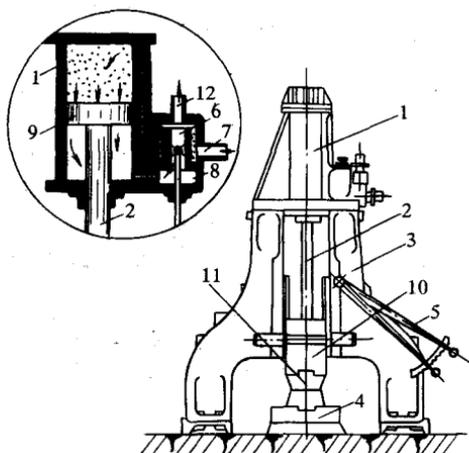


图 4-7 蒸汽-空气锤

1. 气缸；2. 锤杆；3. 机架；4. 砧座；5. 操纵手柄；
6. 滑阀；7. 进气管；8. 配气缸；9. 活塞；
10. 锤头；11. 上抵铁；12. 排气管。

蒸汽-空气锤的工作原理是通过操作手柄 5 控制滑阀 6，使蒸汽或压缩空气进入气缸上、下腔，推动活塞上下往复运动，可使锤头实现上悬、下压、连续打击和单次打击等基本动作。蒸汽-空气锤规格也是以锤落下部分的质量来表示，一般为 500~5000kg。

蒸汽-空气锤的特点是：必须借助外来的蒸汽或压缩空气驱动，这样可提高锻击能力，但需要另设一套辅助设备（如蒸汽锅炉或压缩空气机等），较空气锤复杂，驱动效率低，操作强度大，震动强烈，劳动条件差。

3. 水压机。水压机是生产大型锻件的常用设备，其结构如图

4-8 所示。主要由三梁(上横梁 4、下横梁 1 和活动横梁 3)、四根立柱 2、工作缸 6、回程缸 10 和操作系统所组成。水压机工作还需一套供水系统和操纵系统。

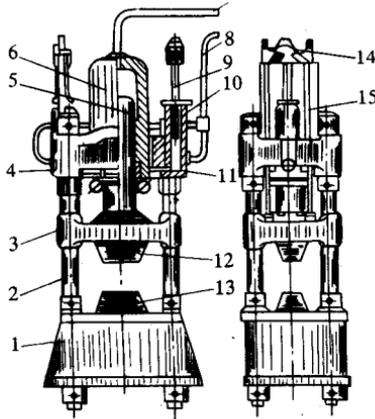


图 4-8 水压机

1. 下横梁；2. 立柱；3. 活动横梁；4. 上横梁；5. 工作活塞；
6. 工作缸；7.8. 导管；9. 回程柱塞；10. 回程缸；
11. 密封圈；12. 上砧；13. 下砧；14. 回程横梁；15. 拉杆。

水压机的工作原理是根据帕斯卡液静压定理，当 $20\sim 40\text{MPa}$ 的高压水通入工作缸 6，推动工作活塞 5，使活动横梁 3 沿立柱下压；回程时，高压水通入回程缸 10，由回程柱塞 9 和拉杆 15 把活动横梁沿立柱提起，立柱起导向作用。活动横梁上、下往复运动，即实现对坯料加压变形。

由于水压机作用在坯料上是静压力，故其规格以水压机的静压力大小来表示，一般为 $8000\sim 120000\text{kN}$ (即 $800\sim 12000$ 吨)。水压机的优点在于它以静压力代替锻锤件冲击力，从而避免了对地基及建筑物的震动，工作条件较好。但其设备庞大，并需一套供

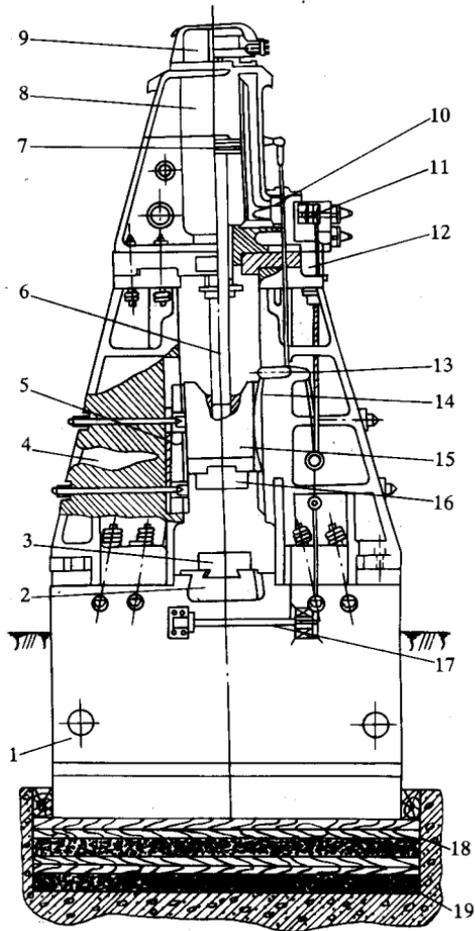


图 4-9 蒸汽-空气模锻锤

1. 砧座；2. 模座；3. 下锻模；4. 锤身；5. 导轨；
 6. 锤杆；7. 活塞；8. 气缸；9. 保险气缸；10. 配气阀；
 11. 节气阀；12. 气缸底板；13. 杠杆；14. 马刀形杠杆；
 15. 锤头；16. 上锻模；17. 脚踏板；18. 地基；19. 防震垫木。

水系统和操纵系统，造价较高。

(二) 模锻设备

模锻使用设备主要有模锻锤、压力机等。

1. 模锻锤。模锻使用的模锻锤主要有蒸汽—空气模锻锤、无砧座锤、高速锤等，图4-9为一般工厂常用的蒸汽—空气模锻锤。

其工作原理与蒸汽—空气自由锻锤基本相同，但由于模锻生产要求精度较高，故模锻的锤头与导轨之间的间隙比自由锻锤小，以使锤头运动精确，保证上下模对准。

模锻锤规格以落下部分的质量来表示，一般为1000~16000kg(即1~16吨)。蒸汽—空气模锻锤使用灵活，万能性较强，生产率较高，但工作中震动强烈。

2. 压力机。常用模锻压力机有摩擦压力机、曲柄压力机和平锻机等。图4-10为常用的摩擦压力机结构图。

电动机经皮带轮带动可作轴向往复移动的两个同轴摩擦盘旋转，交替压向飞轮，使其正反转旋转，并通过与飞轮联结的螺杆推动滑块上下移动。滑块向下接触工件时，储存在旋转的飞轮中的动能转换为冲击能，打击工件成形。

在生产中一般小于3.5MN(350吨)的摩擦压力机使用较多，最大设备能力可达10MN(1000吨)。

由于摩擦压力机的适应性较大，所以广泛用于小批和中批生产。由于其滑块工作速度在0.5米/秒左右，速度较低，故生产率较低。

二、板料冲压设备

冲压是通过模具对板料施加外力，使之产生塑性变形或分离，从而获得一定尺寸、形状和性能的零件的加工方法。

板料冲压设备类型很多，最基本的有下料用的剪板机和冲压

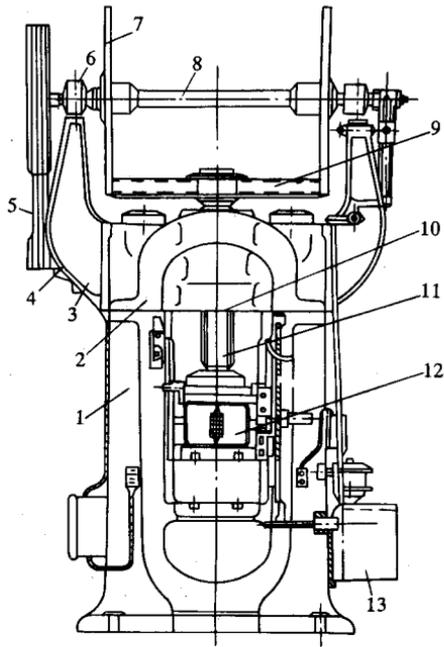


图 4-10 摩擦压力机构造

1. 床身；2. 横梁；3. 支架；4. 电动机；
5. 三角胶带；6. 轴承；7. 摩擦盘；
8. 主轴；9. 飞轮；10. 螺母；11. 螺杆。

成形用的各种压力机（亦称冲床）。

（一）剪板机

剪板机(又称剪床)用作生产中剪切直线边缘的板料、条料和带料，为下一步冲压工序提供毛坯。普通剪板机一般由机身、传动系统、刀架、压料架、前挡料架、后挡料架、托料装置、刀片间隙调整装置、灯光对线装置、润滑装置、电气控制装置等部件组成。传动系统有机械传动、液压传动之分。剪切厚度小于10mm

板料的剪板机多为机械传动，剪切厚度大于 10mm 的多为液压传动。图 4-11 为机械传动的剪板机工作原理图。

电动机 5 通过皮带 6 驱动飞轮轴，再通过离合器 7 和齿轮减速系统 4 驱动偏心轴，然后通过连杆带动上刀架 2，使其作上下往复运动，进行剪切工作。偏心轴左端的凸轮驱动压料油箱 3 的柱塞，将压力油送向压料脚 9，在剪切之前压紧板料。回程时由弹簧力使压料脚返回。

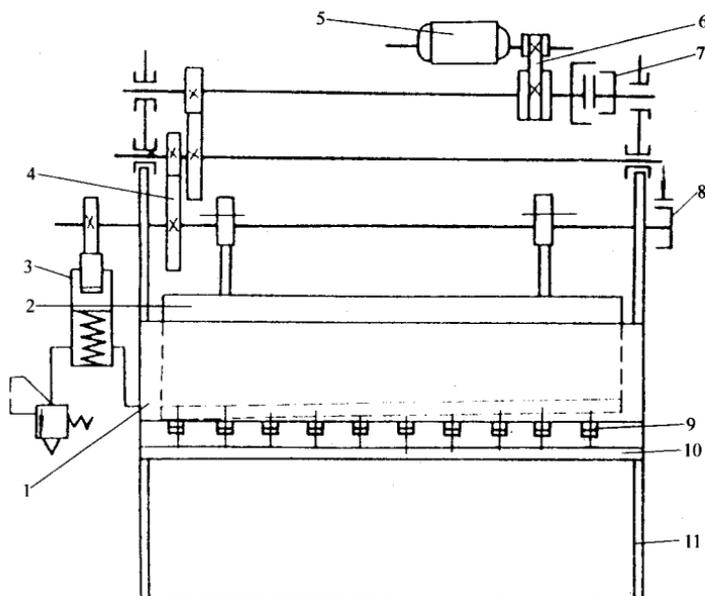


图 4-11 机械式剪板机工作原理图

1. 压料架；2. 上刀架；3. 压料油箱；4. 齿轮减速系统；5. 电动机；
6. 皮带；7. 离合器；8. 制动器；9. 压料脚；10. 下刀架；11. 机身。

液压传动剪板机结构见 4-12。按上刀架的运动形式可分为往复式和摆动式两种。往复式有固定导轨和摆动导轨两种，摆动

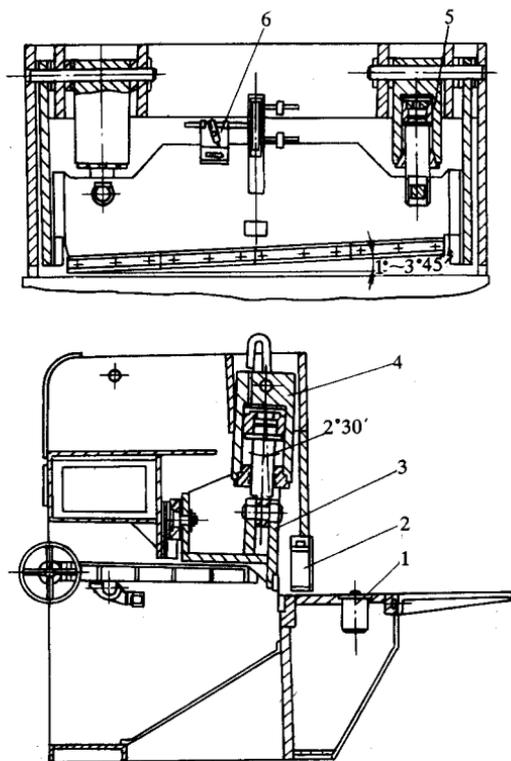


图 4-12 往复式液压剪板机结构

1. 托料球；2. 压料脚；3. 上刀架；4. 主油缸；
5. 小油缸；6. 剪角指示器。

导轨可改变上刀片的剪切角度，调整剪切间隙。摆动式剪板机不需导轨，但上下刀片要做成变曲率的曲面，以保证刀片间的间隙一致，并且上刀片只有二个刃口，使其寿命减短。

为便于送料，在工作台上设有多个托料钢球。在压料架正面设置各种指标和显示装置，如指示后挡料位置的计数器、剪切刀片间隙的显示器对线灯等。

(二) 剪切冲型机

剪切冲型机也称振动剪其外形如图 4-13 所示。它以短行程和频繁的次数进行直线和曲线剪切。如增加行程和闭合高度调整机构换上相应的模具还可进行折边、冲槽、压筋、切口、成形、翻边等工作。

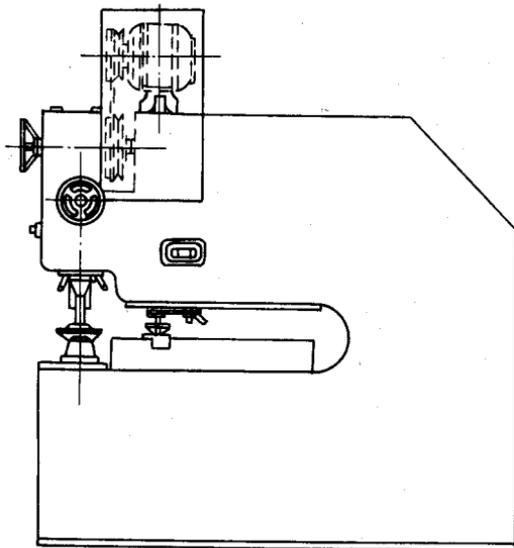


图 4-13 剪切冲型机

(三) 开式压力机

开式压力机是通用性冲压设备，配以不同的冲压模具，可用于切断、冲孔、落料、弯曲、拉深、成形和其他冲压工序。图 4-14 为单柱冲床(开式)的外形和传动简图。

电动机 5 带动飞轮 4 转动，当踩下踏板 6 时，离合器 3 使飞轮与曲轴 2 连接，可使曲轴转动，通过连杆 8 带动滑块 7 作上下往复运动，进行冲压工作。当松开踏板时，离合器脱开，曲轴就

不随飞轮旋转，同时制动器 1 使曲轴停止运动，并使滑块 7 停留在上面位置处。

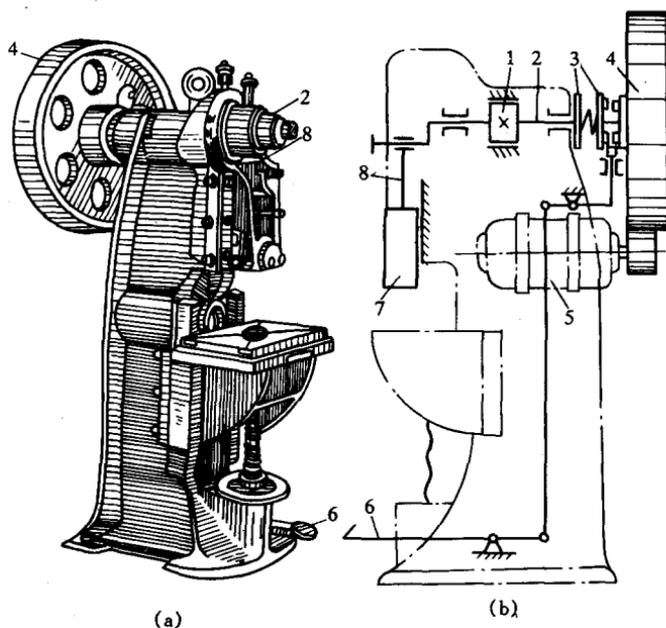


图 4-14 单柱冲床

(a)外形图 (b)传动示意图

开式压力机床身是 C 形，工作台三面敞开，便于操作。缺点是受力时产生变形，影响模具寿命，因此一般为小吨位压力机。压力机按连杆数目可分为单点式和双点式；按曲轴位置可分为纵放式和横放式；按工作台结构可分为固定台、可倾式和升降台等形式如图 4-15 所示。开式固定台压力机的刚性和抗振稳定性好，适用于大吨位。可倾式压力机的工作台可倾斜 $20\sim 30$ 度，工件或废料可靠自重滑下。升降台压力机适用于模具高度变化较大的件孔、

切边及弯曲。

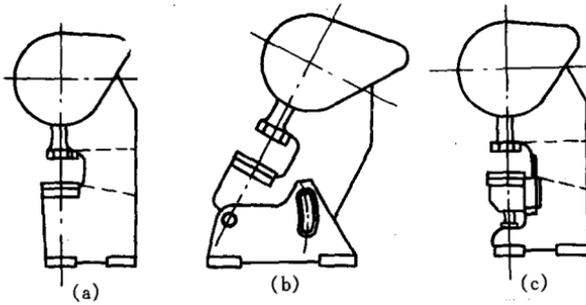


图 4-15 开式压力机工作台的形式
(a) 固定台；(b) 可倾式；(c) 升降台(活动台)

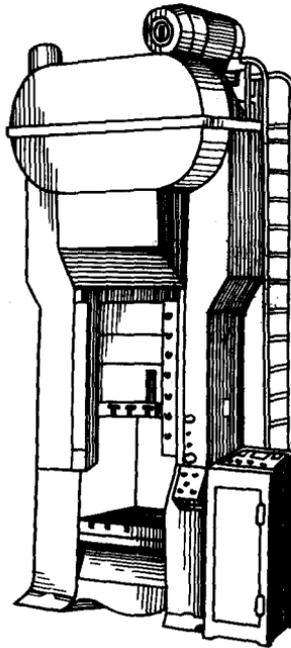


图 4-16 J31-315 型压力机外形图

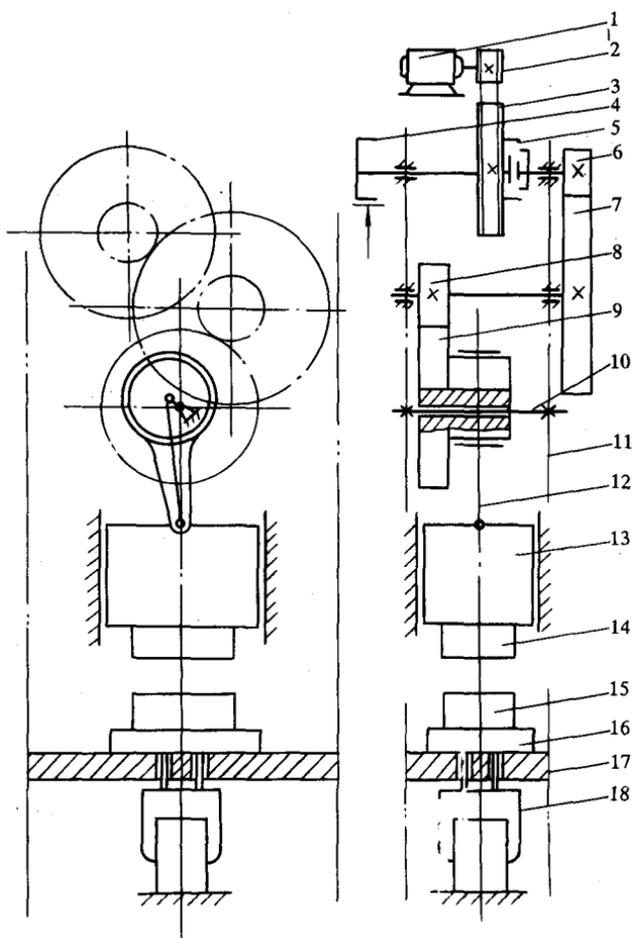


图 4-17 J31-315 型压力机运动原理图

1. 电动机；2. 小带轮；3. 大带轮；4. 制动器；5. 离合器；
 6. 8. 小齿轮；7. 大齿轮；9. 偏心齿轮；10. 心轴；
 11. 机身；12. 连杆；13. 滑块；14. 上模；15. 下模；
 16. 垫板；17. 工作台；18. 液压气垫。

(四) 闭式压力机

闭式压力机同开式压力机一样，是通用性冲压设备，可进行冲孔、落料、切边、弯曲、拉延成型等冲压工序。可分为单点、双点和四点；上传动和下传动等形式图 4-16, 4-17 为闭式单点压力机外形图和原理图。由于床身为框架式因此刚性好。大型压力机均采用闭式结构。

压力机主要技术参数有：

1. 公称压力。压力机公称压力是指滑块到达下极限位置前某一特定距离，或曲轴旋转到下极限位置前某一特定角度时，滑块所容许的最大作用力。例如 J31 - 315 型压力机公称压力为 3150kN，是指滑块离下极限位置 10.5mm(相当于公称压力角 20°)时，滑块上所容许的最大作用力。

2. 滑块行程。压力机滑块行程是指滑块从上极限位置到下极限位置所走的距离。

3. 滑块行程次数。压力机滑块行程次数是指滑块每分钟所走行程次数，是反映压力机生产率的指标。

4. 封闭高度。压力机的封闭高度是指滑块到达下极限位置时，滑块下表面到工作台面的距离，它是设计冲压模具的主要依据。

5. 压力机工作台面尺寸及滑块底面尺寸。对于闭式压力机工作台面尺寸 $A \times B$ 与滑块底面尺寸 $J \times K$ 大体相同，而开式压力机则 $(J \times K) < (A \times B)$ 。

第三节 汽 车

汽车是重要的交通运输工具，是科学技术发展水平和物质生活发展水平的标志。国民经济的各企业、部门和单位都占有一定

数量的汽车，因此用科学的方法进行管理和评估是非常必要的。

一、汽车分类

(一) 按用途分类

1. 运输汽车：

(1) 轿车：是供几个人乘坐的汽车，车身备有 2~8 个座位。轿车可按发动机工作容积分级，分为：

微型轿车 发动机工作容积在 1L 以下，如天津夏利微型轿车。

普通轿车 发动机工作容积为 1~1.6L，如第一汽车制造厂生产的捷达轿车。

中级轿车 发动机工作容积为 1.6~2.5L，如上海桑塔纳轿车。

中高级轿车 发动机工作容积为 2.5~4L，如日本丰田公司的皇冠。

高级轿车 发动机工作容积为 4L 以上，如第一汽车厂生产的红旗 CA770 高级轿车。

(2) 客车：供成批乘客乘坐的公用汽车，一般车身备有 8~40 个以上的座位。按照服务方式不同，客车的结构亦不同，可分为城市公共客车、长途客车、团体客车、游览客车等。

客车可按车辆长度分级，分为：

微型客车 长度在 3.5 米以下，如天津大发微型客车。

轻型客车 长度为 3.5~7 米，如天津三峰 TJ6481 轻型客车。

中型客车 长度为 7~10 米，如四平客车厂生产的 SPK6900 中型客车。

大型客车 长度为 10~12 米，如丹东汽车厂生产的 DD6112H 大型客车。

特大型客车 长度大于 12 米，包括铰接式客车和双层客车，如上海的 SK6141A₃ 铰接式客车和南京的 JL6121S 双层客车。

(3) 货车：用于运载货物的汽车，亦称载重汽车，在其驾驶室内还可容纳 2~6 个乘员。货车可按其质量分级：

微型货车 总质量小于 1.8 吨，如吉林的 JL1010 微型货车。

轻型货车 总质量为 1.8~6 吨，如北京的 BJ1041 轻型货车。

中型货车 总质量为 6~14 吨，如解放 CA1091 中型货车。

重型货车 总质量大于 14 吨，如济南的黄河 JN1181C13 重型货车。

(4) 自卸汽车：是矿山和大型土木工程工地能够自动卸载的一种专用载重汽车，如四平 SP340 型自卸汽车。

(5) 牵引汽车：是专门用于牵引挂车的变型载重汽车，一般用它拖载重型大体积设备，如长征牌 XD980 型牵引汽车的拖挂重量为 100 吨。

2. 特种用途汽车：根据特殊的使用要求设计或改装而成的汽车，主要执行运输以外的任务。如专供假日消遣的娱乐汽车；按特定的竞赛规范设计的竞赛用汽车，如一级方程式赛车；特种作业的汽车，如消防车、洒水车、救护车、售货车、工程车、钻探车、起重车等。

(二) 按道路行驶条件分类

1. 公路用车，指主要行驶于公路和城市道路和普通汽车。公路用车的长度、宽度、高度、单轴负荷等均受交通法规的限制。

2. 越野汽车，是一种能在复杂的无路地面上行驶的高通过性汽车。越野车可以是轿车、客车，也可以是货车或其他用途的汽车。如北京的切诺基吉普车，四川的红岩重型越野汽车等。

(三) 按行驶系结构分类

1. 轮式汽车，轮式汽车的车轮有驱动轮和从动轮，汽车的驱

动型式一般用“ $n \times m$ ”表示，其中 n 为车轮总数， m 为驱动轮数。如 4×2 表示为二轮驱动的四轮汽车。全部轮驱动是越野车的主要特征之一，四轮越野车用 4×4 表示。

2. 半履带式，主要行驶于雪地或沼泽地带。

3. 水陆两用式，用于路上和水上，多为军用和急救用车。

(四) 按动力装置型式分类

1. 活塞式内燃机汽车，根据其使用燃料的不同，通常分为汽油车、柴油车及代用燃料汽车。在近期内汽油和柴油仍将是活塞式内燃机的主要燃料，而各种代用燃料(例如天然气、醇类等)的研究工作正在大力发展。

活塞式内燃机还可按其活塞的运动方式分为往复活塞式和旋转活塞式内燃机等类型。

2. 电动汽车，其动力装置是直流电动机。电动机的供能装置是蓄电池，或者是其他形式的电源。

3. 燃气轮汽车，与活塞式内燃机相比，燃气轮机功率大，质量小，转矩特性好，所用的燃油无严格限制，但其耗油量大，噪声较大，制造成本也较高。

二、国产汽车产品型号编制规则

1988 年国家颁布了国家标准 GB9417—88《汽车产品型号编制规则》。汽车型号应能表明汽车的厂牌、类型和主要特征参数等。该项国家标准规定，国家汽车型号应由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。汽车型号包括如下三部分：

首部：由 2 个或 3 个汉语拼音字母组成，是识别企业名称的代号。例如 CA 代表第一汽车制造厂。

中部：由 4 位阿拉伯数字组成。左起首位数字表示车辆类别代号，中间两位数字表示汽车的主要特征参数，最末位是企业自

定的产品序号。

尾部：分为两部分，前部由汉语拼音字母组成，表示专用汽车类代号，例如 X 表示厢式汽车，G 表示罐式汽车等；后部是企业自定代号，可用汉语拼音字母或阿拉伯数字表示。基本型汽车的编号一般没有尾部，其变型车为了与基本型区别，常在尾部加 A、B、C 等企业自定代号。表 4-4 所示为数字代号的含义。

表 4-4 汽车型号中 4 位阿拉伯数字代号的含义

首位数字表示 车辆类别		中间两位数字表示各类 汽车的主要特征参数	最末位数字 表示
载货汽车	1	表示汽车的总质量(t) ^② 数值	企业 自定 产品 序号
越野汽车	2		
自卸汽车	3		
牵引汽车	4		
专用汽车 ^①	5		
客 车	6	表示汽车的总长度(0.1m) ^③ 数值	
轿 车	7	表示发动机的工作容积(0.1L)数值	
	8		
半挂车及专用半挂车	9	表示汽车的总质量(t) ^② 数值	

注：① 专用汽车在本标准中指专用货车和特种作业汽车。

② 当汽车总质量大于 100t 时，允许用 3 位数字。

③ 当汽车总长度大于 10m 时，计算单位为 m。

三、汽车基本构造

虽然汽车类型很多，但基本构造是一致的。汽车通常由发动机、底盘、车身和电气设备四个部分组成。典型的货车总体构造如图 4-18 所示。

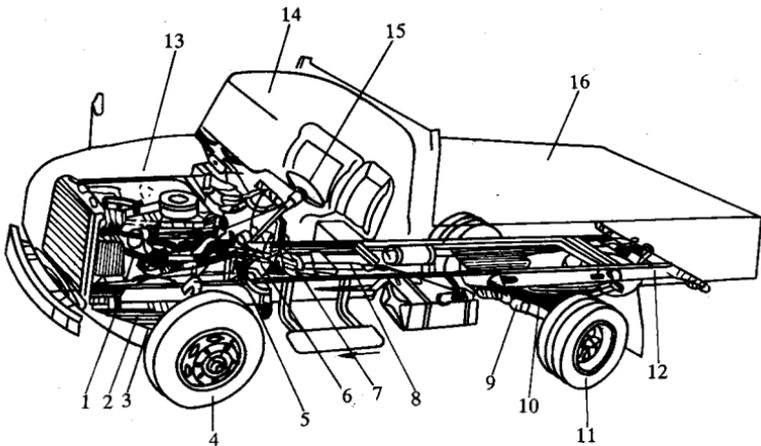


图 4-18 典型货车的总体构造

1. 发动机；2. 前轴；3. 前悬架；4. 转向车轮；5. 离合器；
6. 变速器；7. 手制动器；8. 传动轴；9. 驱动桥；
10. 后悬架；11. 驱动车轮；12. 车架；13. 车前板制件；
14. 驾驶室；15. 转向盘；16. 车箱。

(一) 发动机

发动机是汽车的“心脏”，它的作用是使供入的燃料燃烧而发出推动汽车行驶所需的动力。大多数汽车都采用往复式内燃机，它一般由机体、曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、冷却系、润滑系、点火系(汽油机采用)、起动系等部分组成。详见第一章第三节。

(二) 底盘

底盘接受发动机的动力，使汽车产生运动，并保证汽车按照驾驶员的操纵正常行驶。底盘由以下部分组成：

传动系，将发动机的动力传给驱动车轮。传动系包括离合器 5、变速器 6、传动轴 8、驱动桥 9 等部件(见图 4-18)。

行驶系，将汽车各总成及部件连成一个整体并对全车起支承作用，以保证汽车正常行驶。行驶系包括车架 12、前桥 2、驱动桥 9 的壳体、车轮(转向车轮 4 和驱动车轮 11)、悬架(前悬架 3 和后悬架 10)等部件(见图 4-18)。

转向系，保证汽车能按照驾驶员选择的方向行驶。转向系由带转向盘 15 的转向器及转向传动装置组成。

制动装备，使汽车减速或停车，并保证驾驶员离去后汽车能够可靠地停驻。制动装备包括若干个相互独立的制动系统，每个制动系统由供能装置、控制装置、传动装置和制动器组成。

(三) 车身

车身是驾驶员工作的场所，也是容纳乘客和装载货物的场所。车身为驾驶员提供方便的操作条件，以及为乘客提供舒适安全的环境，保证货物完好无损。典型的货车车身包括车前钣金件 13、驾驶室 14、车厢 16 等部件(见图 4-18)。

(四) 电气设备

电气设备由电源组、发动机起动系和点火系、汽车照明和信号装置等组成。此外还有在现代汽车上装用的电子设备：微处理器、中央计算机系统及人工智能装置等。

四、汽车主要性能指标

(一) 汽车动力性

汽车的动力性是指在良好路面上直线行驶时由汽车受到的纵向外力决定的、所能达到的平均行驶速度。运输效率的高低在很大程度上取决于汽车的动力性，所以动力性是汽车各种性能中最基本、最重要的性能。

汽车的动力性主要由三方面指标来评定：

1. 最高车速 U_{\max} ，单位为公里/小时。

2. 加速时间 t ，单位为秒。

3. 最大爬坡度 i_{\max} 。

最高车速是指在水平良好的路面上汽车能达到的最高行驶速度。汽车的加速时间表示汽车的加速能力，它对平均行驶车速有很大影响。常用原地起步加速时间与超车加速时间来表示汽车的加速能力。原地起步时间指汽车由第 I 档或第 II 档起步，并以最大的加速强度逐步换至最高档后到某一预定的距离或车速所需的时间。一般常用 $0 \rightarrow 400$ 米的秒数来表明原地加速能力。汽车上坡能力是用满载时汽车在良好地面上的最大爬坡度 i_{\max} 表示。显然，最大爬坡度是指 I 档最大爬坡度。

(二) 汽车经济性

汽车的燃油经济性常用一定运行工况下汽车行驶百公里的燃油消耗量或一定燃油量能使汽车行驶的里程来衡量。

经济性指标的单位为 $L/100km$ ，即行驶 100 公里所消耗的燃油升数。其数值愈大，汽车燃油经济性愈差。

等速行驶百公里燃油消耗量是常用的一种评价指标。它指汽车在额定载荷下，以最高档在水平良好路面上等速行驶 100km 的燃油消耗量。测出每隔 10km/h 或 20km/h 速度间隔的等速百公里燃油消耗量，并绘成曲线，称之为等速百公里燃油消耗量曲线，被用来评价汽车的燃油经济性。

(三) 汽车制动性

汽车行驶时能在短距离内停车，且维持行驶方向稳定性和在下长坡时能维持一定车速的能力称为汽车的制动性。制动性直接关系到交通安全，重大交通事故往往与制动距离太长、紧急制动时发生侧滑等情况有关，故汽车的制动性是汽车安全行驶的重要保证。

汽车的制动性主要由下列三方面来评价：

1. 制动效能：即制动距离与制动减速度。
2. 制动效能的恒定性：即抗衰退性能。
3. 制动时汽车的方向稳定性：即制动时汽车不发生跑偏、侧滑以及失去转向能力的性能。

（四）汽车操纵稳定性

汽车的操纵稳定性是指在驾驶者不感到过分紧张、疲劳的条件下，汽车能遵循驾驶者通过转向系及转向车轮给定的方向行驶，且当遭遇外界干扰时，汽车能抵抗干扰而保持稳定行驶的能力。汽车的操纵稳定性不仅影响到汽车驾驶的操纵方便程度，而且也是决定高速汽车安全行驶的一个主要性能，所以称之为“高速车辆的生命线”。

与前面讨论的几个性能有所不同，汽车操纵稳定性涉及的问题较为广泛，它需要用较多的物理参量从几个方面来评价。

（五）汽车平顺性

汽车平顺性就是保持汽车在行驶过程中乘员所处的振动环境具有一定舒适度的性能，对于载货汽车还包括保持货物完好的性能。由于平顺性主要是根据乘坐者的舒适程度来评价，所以它有时又称为乘坐舒适性。它是现代高速、高效率汽车的一个主要性能。

（六）汽车通过性

汽车的通过性(越野性)是指能以足够高的平均车速通过各种坏路和无路地带，如松软地面、坎坷不平地段和各种障碍(陡坡、侧坡、壕沟、台阶、灌木丛、水障等)的能力。

通过性主要决定于汽车的支承—牵引参数及几何参数，也与汽车的其他性能，如动力性、平顺性、机动性、稳定性、视野性等密切相关。图 4-19 示出了汽车通过性的几何参数。

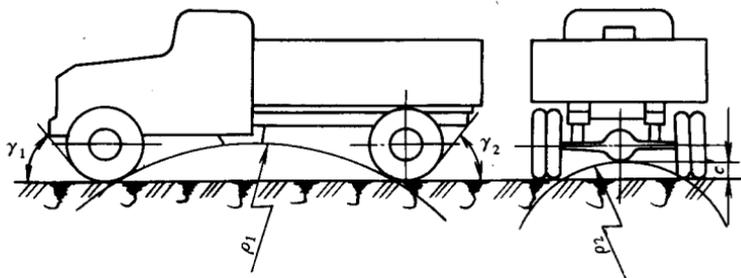


图 4-19 汽车的通过性几何参数

γ_1 —接近角； γ_2 —离去角； ρ_1 —纵向通过半径；

ρ_2 —横向通过半径； c —最小离地间隙

五、汽车报废标准

根据我国 1997 年修订的汽车报废标准，属下列情况之一的汽车应当报废：

1. 轻、微型载货汽车(含越野型)、矿山作业专用车累计行驶 30 万公里，重、中型载货汽车(含越野型)累计 40 万公里，特大、大、中、轻、微型客车(含越野型)、轿车累计行驶 50 万公里，其它车辆累计行驶 45 万公里。

2. 轻、微型载货汽车(含越野型)、带拖挂的载货汽车、矿山作业专用车及各类出租汽车使用 8 年，其它车辆使用 10 年。

3. 因各种原因造成车辆严重损坏或技术状况低劣，无法修复的。

4. 车型淘汰，已无配件来源的。

5. 汽车经长期使用，耗油量超过国家定型车出厂标准规定 15% 的。

6. 经修复和调整仍达不到国家对机动车运行安全技术条件要求的。

7. 经修理和调整或采用排气污染控制技术后, 排放污染物仍超过国家规定的汽车排放标准的。

除 19 座以下出租车和轻、微型载货汽车(含越野型)外, 对达到上述使用年限的客、货车辆, 经公安车辆管理部门依据国家机动车安全排动有关规定严格检验, 性能符合规定, 可延续报废, 但延长期不得超过本标准第二条规定年限的一半。对于吊车、消防车、钻探车等从事专门作业的车辆, 还可根据实际使用和检验情况, 再延长使用年限。所有延长使用年限的车辆, 都需按公安部规定增加检验次数, 不符合国家有关汽车安全排放规定的应当强制报废。

第四节 起重设备

起重设备是现代工业在实现生产过程机械化、自动化, 改善物料搬运条件, 减轻劳动强度, 提高劳动生产率必不可少的重要机械设备。随着经济建设的迅速发展, 机械化和自动化程度不断提高, 与此相适应的起重设备技术也不断发展, 产品种类不断增加, 使用范围越来越广。

一、起重设备的分类

起重机可按取物装置、用途、运行和使用场合等进行分类。

(一) 按取物装置分类

1. 吊钩起重机。
2. 抓斗起重机。
3. 电磁起重机。
4. 集装箱起重机。

(二) 按用途分类

1. 通用吊钩起重机。
2. 冶金起重机。
3. 堆垛起重机。
4. 救援起重机。

(三) 按运行方式分类

1. 固定式起重机:

- (1) 桅杆起重机;
- (2) 缆索起重机;
- (3) 固定塔式起重机。

2. 运行式起重机:

(1) 流动式起重机:

- ① 汽车起重机;
- ② 轮胎起重机;
- ③ 履带起重机。

(2) 轨道式起重机:

- ① 桥式起重机;
- ② 龙门起重机;
- ③ 塔式起重机;
- ④ 铁道起重机。

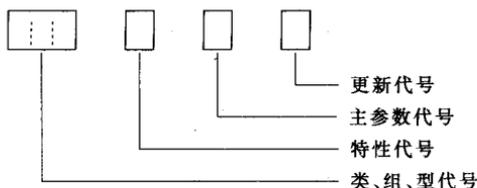
(四) 按使用场合分类

1. 车间起重机。
2. 货场起重机。
3. 仓库起重机。
4. 建筑起重机。
5. 工程(水工)起重机。
6. 港口起重机。

7. 甲板起重机。
8. 造船起重机。

二、起重机的型号

起重机产品型号一般由类、组、型的代号与主参数代号两个部分组成，如果需要增加特性代号，其特性代号置于类、组、型代号与主参数之间，如以下框图所示。



类、组、型代号用大写印刷体汉语拼音第一个字母(字头)表示；如该字母与其他代号的字母有重复时，也可以采用其他字母。

特性代号同类、组、型代号。如产品需要增添特性代号时，也用有代表性的汉语拼音字母表示。所用字母在各型产品标准中规定。

主参数代号用阿拉伯数字表示，一般用额定起重量吨(t)、额定起重力矩千牛米($kN \cdot m$)、额定生产率吨/小时(t/h)表示，如表4-5所示；表中未列出主参数代号的，待该产品发展时再补充。

更新代号是当起重机产品进行更换或结构有重大改革，需要重新试制和鉴定时，其改进代号用大写英文字母A、B、C、D…按顺序编制，其位置排布在原型产品型号尾部，以区别原产品。

起重机的类组、型及代号如表4-5所示。

现将起重机产品型号举例如下：

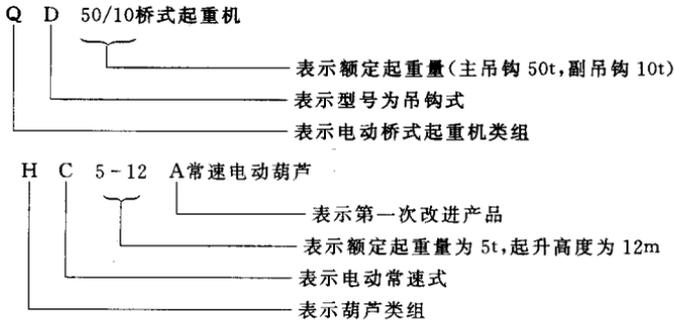


表 4-5 起重机产品类组、型及代号

类组	型	名 称	特 性	代号	主参数代号	
					名 称	单 位
自行式臂架起重机 Q(起)	汽车 起重机	汽车起重机	—	Q	最大起重量	t
		液压汽车起重机	Y(液)	QY		
		电动汽车起重机	D(电)	QD		
	轮胎起重机 轮(L)	轮胎起重机	—	QL	最大起重量	t
		液压轮胎起重机	Y(液)	QY		
		电动轮胎起重机	D(电)	QLD		
履带起重机 (U履)	履带起重机	—	QU	最大起重量	t	
	液压履带起重机	Y(液)	QUY			
	电动履带起重机	D(电)	QUD			
塔式起重机 (QT)	轨道式	塔式起重机	—	QT	最大起重力矩	kN·m
	轮式(L轮)	轮式塔式起重机		QTL		
	履带式(U履)	履带式塔式起重机		QTU		
	爬升式(P爬)	爬升式塔式起重机		QTP		
	自升式(Z自)	自升式塔式起重机		QTZ		
	附着式(F附)	附着式塔式起重机		QTF		
桅杆 起重机 (QH)	—	桅杆起重机	—	QH	最大起重量	t
抓斗 起重机 (QZ)	履带式	履带式抓斗起重机	—	QZU	最大起重量	t
	轮胎式	轮胎式抓斗起重机		QZL		

续表

类组	型	名称	特性	代号	主参数代号	
					名称	单位
门座 起重机 (MQ)	—	门座起重机	—	MQ	最大起重量	t
葫芦 类 H(葫)	手动式	手动葫芦	S(手)	HS	最大起重量	t
	电动慢速式	慢速电动葫芦	M(慢)	HM	最大起重量	t
	电动常速式	常速电动葫芦	C(常)	HC	最大起重量	t
手动梁式 起重机 L(梁)	手动式	手动单梁起重机	S(手)	LS	最大起重量	t
		手动单梁悬挂起重机	SX(手悬)	LSX		
		手动双梁起重机	SS(手双)	LSS		
电动 梁式 起重机 L(梁)	普通式	电动单梁起重机	D(单)	LD	最大起重量	t
		电动单梁悬挂起重机	X(悬)	LX		
	抓斗式	抓斗电动单梁起重机	Z(抓)	LZ		
	吊钩式	吊钩抓斗电动单梁起重机	L	LL		
	防爆式	防爆电动单梁起重机	B(爆)	LB		
		防爆电动单梁悬挂起重机	XB	LXB		
		防腐电动梁式起重机	F(腐)	LF		
电磁式	电磁电动机梁式起重机	C(磁)	LC			
冶金式	冶金梁式起重机	Y(冶)	LY			
双梁葫芦式	电动葫芦双梁起重机	H(葫)	LH			
电动 桥式 起重机 Q(桥)	吊钩式	吊钩桥式起重机	D(吊)	QD	最大起重量	t
	双小车式	双小车桥式起重机	E	QE		
	抓斗式	抓斗桥式起重机	Z	QZ		
	电磁式	电磁桥式起重机	C	QC		
	电磁吊钩式	电磁吊钩桥式起重机	A	QA		
	抓斗吊钩式	抓斗吊钩桥式起重机	N	QN		
	抓斗电磁式	抓斗电磁桥式起重机	P	QP		
	三用式	三用桥式起重机	S(三)	QS		
防爆式	防爆桥式起重机	B	QB			

续表

类组	型	名称	特性	代号	主参数代号	
					名称	单位
电动桥式起重机 Q(桥)	绝缘式	绝缘桥式起重机	Y(缘)	QY	最大起重量	t
	慢速式	慢速桥式起重机	M(慢)	QM		
	旋转式	带悬臂旋转小车桥式起重机	X(旋)	QX		
冶金桥式起重机 Y(冶)	铸造式	料箱起重机	X(箱)	YX	最大起重量	t
		加料起重机	L(料)	YL		
		铸造起重机	Z(铸)	YZ		
		脱锭起重机	T(脱)	YT		
	锻造式	锻造起重机	D(锻)	YD	最大起重量	t
	淬火式	淬火起重机	H(火)	YH		
	揭盖式	揭盖起重机	J(揭)	YJ		
夹钳式	夹钳起重机	Q(钳)	YQ	最大起重量	t	
起料式	刚性料耙起重机	P(耙)	YP			
	挠性料耙起重机 板坯夹钳起重机	N(挠) B(板)	YN YB			
电磁式	旋转电磁起重机	C(磁)	YC			

三、起重机的工作级别

起重机设计规范(GB3811—83)采用国际标准化组织(ISO)的标准,根据起重机的利用等级和载荷状况为8个级别,称为工作级别。

(一) 利用等级

起重机利用等级表征整机在其有效寿命期间的使用频繁程度。按起重机设计寿命期内总的工作循环次数 N 划分为10级,用 $U_i(i=0-9)$ 表示,见表4-6。

表 4-6 起重机的利用等级

利用等级	总工作循环次数 $N(n \times 10^5)$	备注
U_0	0.16	不经常使用
U_1	0.32	
U_2	0.63	
U_3	1.25	
U_4	2.5	经常轻闲地使用
U_5	5	经常中等地使用
U_6	10	不经常繁忙地使用
U_7	20	
U_8	40	经常频繁地使用
U_9	>40	

(二) 起重机的载荷状态

起重机的载荷状态是指其受载的轻重程度，按照名义载荷谱系数分为 4 级，如表 4-7 所示。

表 4-7 起重机载荷状态及其名义载荷谱系数 K_p

载荷状态	名义载荷谱系数 K_p	说明
Q_1 —轻	0.125	很少起升额定载荷，一般起升轻微载荷
Q_2 —中	0.25	有时起升额定载荷，一般起升中等载荷
Q_3 —重	0.50	经常起升额定载荷，一般起升较重的载荷
Q_4 —特重	1.00	频繁地起升额定载荷

(三) 起重机工作级别

起重机的工作级别应根据其利用等级和载荷状态来划分的，一共可分为 A_1 — A_8 个级别，如表 4-8 所示。

表 4-8 起重机工作级别划分

载荷状态	名义载荷谱系数 K_p	利用等级									
		U ₀	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉
Q ₁ —轻	0.125			A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈
Q ₂ —中	0.25		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	
Q ₃ —重	0.50	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈		
Q ₄ —特重	1.00	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈			

四、桥式起重机

(一) 桥式起重机的分类及代号

桥式起重机的类别繁多,按划分规则,其类组别有手动梁式、电动梁式、电动桥式、冶金桥式等。不同类型的桥式起重机,其代号也是不相同的,表 4-5 所示的下半部分是桥式起重机的类组、型和主参数代号。

桥式起重机与梁式起重机不同之处,是其起重移动部件(小车)放置在主梁的上部,有单梁桥式和双梁桥式之分,以双梁桥式使用较普遍。

梁式起重机的移动起重部件(手动或电动葫芦)一般吊挂主梁的下部,一般以单梁式使用较普遍。

(二) 桥式起重机的性能参数

不同型号的桥式起重机,其参数范围是不相同的。通用桥式起重机主要性能参数主要有额定起重量和标准跨度,除此以外,还有起升高度、工作速度及工作级别等。

(三) 电动双梁桥式起重机的主要结构

电动双梁桥式起重机主要由桥架和小车两部分组成(见图 4-20)。

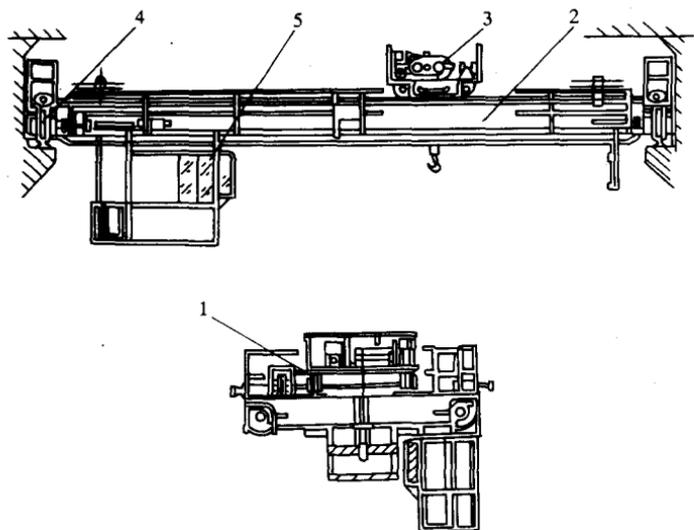


图 4-20 5~10t 通用桥式起重机外形

1. 小车；2. 桥架；3. 小车起升机构；
4. 运行机构；5. 驾驶室。

1. 桥架。桥架包括主、端梁、运行机构和驾驶室等部分。

主梁和端梁为刚性连接，端梁的两端装有车轮，作为支撑起重重量和移动之用。桥架两侧的走台上，装有起重机的运行机构和电气滑线装置。驾驶室安装在桥架主梁一端的下部。

起重机桥架是一种移动的金属结构，它一方面承受着满载的起重小车的轮压作用，另一方面它又通过运行车轮，将满载起重机的全部重量传给厂房轨道和建筑结构。因此，桥架必须有足够的强度和刚度，以及良好的运行性能。新安装的起重机必须经过严格的试车检验，合格后才能使用，对使用多年的起重机，必须检查是否安全可靠。

起重机桥架受力后将产生下挠，在桥架中部下挠度最大。下

挠度将使小车运行时产生附加爬坡阻力，停车时且有向中央“下滑”的趋势。这对小车的工作不利，为了抵消下挠度，制造时应使主梁在空载时具有一定的上拱度。我国起重机制造技术条件规定在空载时主梁跨度中部的上拱度为：

$$f_0 = \frac{L_K}{1000} (1 \pm 0.3)$$

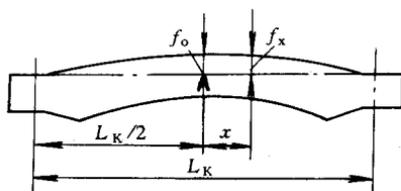


图 4-21 桥式起重机主梁的几何形状

式中 L_K ——主梁跨度(m)

f_0 ——上拱度(mm)

上拱曲线应基本符合抛物线形状，见图 4-21 距跨中任意点 x 处之拱度值按下式计算。

$$F_x = f_0 \left[1 - \left(\frac{2x}{L_K} \right)^2 \right]$$

且规定主梁下挠度最大允许值为：(满载时)

$$f \leq L_K / 700$$

同时规定，桥架对角线的允许误差(见图 4-22)， $|D_1 - D_2|$ ，对箱形梁允差 5 毫米，对桁架梁允差 10 毫米。

主梁的旁弯的允差为 $f \leq L_K / 2000$ (只许向外弯曲)

2. 小车。小车包括运行机构及起升机构，其运行机构与大桥相似。

起升机构传动示意图如图 4-23 所示。起重机行业对重要零

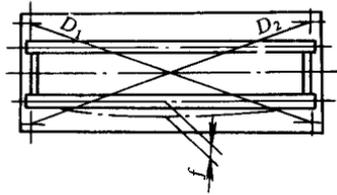


图 4-22 桥式起重机的对
角线及旁弯误差

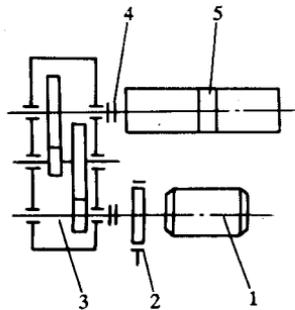


图 4-23 起升机构传动示意图

1. 电机；2. 制动器；3. 减
速器；4. 联轴器；5. 卷筒。

部件有以下规定：

(1) 吊钩。在起重机械中吊钩是最常用的取物装置。锻造吊钩材料常用 20Mn 钢，根据不同的起重量，可以选用单钩，双钩或叠片式吊钩，配置一定的滑轮装置，以完成起重作业。

吊钩不允许有裂纹、重皮、过烧、毛刺等缺陷，更不允许将缺陷焊补使用。吊钩在出厂前经过严格的检验，在长期使用过程中，如吊钩的垂直危险断面高度磨损量超过原尺寸的 5%；或螺纹部分有变形及裂纹时，应予更换。由于腐蚀或磨损，吊钩螺杆直

径减少量超过原尺寸的 5% 时, 应予报废。

(2) 钢丝绳。根据机修行业标准, 钢丝绳在使用过程中发生断丝超过一定范围时, 应予以更新, 其标准见表 4-9。

表 4-9 钢丝绳的更新标准

钢丝绳原有的安全系数	钢丝绳的结构形式							
	6×9+1 麻芯		6×37+1 麻芯		6×61+1 麻芯		18×19+1 麻芯	
	在一个捻距(节距)内, 有下列断丝时, 钢丝绳应更新							
	交捻	顺捻	交捻	顺捻	交捻	顺捻	交捻	顺捻
≤6	12	6	22	11	36	18	36	18
6—7	14	7	26	13	38	19	38	19
>7	16	8	30	15	40	20	40	20

(3) 滑轮及卷筒。当滑轮槽壁磨损达到原厚度的 10%, 径向磨损达到绳径的 25% 时, 应予更换。卷筒壁厚磨损达壁厚 15% 时, 应予更换。滑轮及卷筒均不许有裂纹。

(4) 减速箱。桥式起重机的桥架走行、小车走行及吊钩升降都有减速箱。投入使用的桥式起重机, 应定期检查齿轮。当发现齿轮有裂纹; 齿面点蚀损坏达啮合面的 20%, 且深度达到齿厚的 5% 时, 起升机构第一级啮合齿轮齿厚磨损达 8%, 其余级啮合齿轮齿厚磨损达 12% 时, 齿轮应报废。

(四) 桥式起重机常见故障及原因分析

评估人员在现场进行技术鉴定时, 要善于了解起重设备存在的故障, 分析故障存在的原因, 以判定起重设备的新旧程度。

桥式起重机常见的故障及原因分析见表 4-10。

表 4-10 桥式起重机常见故障及原因

部件名称	故障	可能产生的原因
滚动轴承	过度发热	有损坏件,油不合格
	金属研磨声	缺油
	经常的急剧冲击声	隔离环,滚动体损坏
减速箱	周期性的振动声	齿轮周节误差过大,齿侧间隙过大
	剧烈金属摩擦声引起减速箱振动	齿轮啮合时,齿侧间隙过小,齿顶有尖薄的边缘,齿轮表面不平整
	蜗轮减速箱有敲击声	蜗轮轴向间隙过大,蜗轮齿磨损过大
	减速箱发热,圆柱齿轮油温应小于 60℃,蜗轮减速箱油温应小于 70℃	润滑油过多
制动器	制动器在刹紧时,不能支持货物	制动轮有油,制动轮磨损
		主弹簧损坏或松动
	制动轮发热,闸瓦皮发出焦味,制动器垫片很快磨损	电磁铁心有剩磁,闸带非工作时与制动轮摩擦
		短行程制动器辅助弹簧损坏
制动器不能打开	线圈损坏,短行程制动器主弹簧弹力过大	
大车运行机构	“啃道”	车轮安装偏斜
		轨道铺设偏斜
		大车走行双侧传动不同步
		车架偏斜变形
小车运行机构	打滑	轨道上有油污
		轮压不均
		起动过猛
	小车“三条腿”运行	车轮直径不等
		轮压不均,安装误差较大,车体变形

五、汽车起重机

(一) 汽车起重机的主要性能参数

汽车起重机主要技术性能参数包括最大起重量、最大起升力矩、起升高度、臂架长度、工作速度、配套动力、自重等。

(二) 汽车起重机的主要结构及液压系统

汽车起重机是装置在标准的，或特制的汽车底盘上的起重设备，用于露天装卸各种物料及建筑安装作业，亦可用于室内设备的安装。

汽车起重机运行速度高，机动性能好，便于转移。因传动方式不同，可分为机械传动和液压传动两种类型，但实际上大多是机械和液压联合动作，以求得设计结构紧凑。

现以 QY—8 型汽车起重机为例说明如下：

QY—8 型汽车起重机是全回转、动臂可伸缩、移动式起重机，额定起重量 8t，起重机构全部采用液压传动，操作简单，传动平稳，能无级调速和微动。吊臂为两节可伸式，由一个单级双向作用的油缸进行伸缩。臂长变动范围为 6.95~11.7M，支腿用油缸收放，在空钩或轻载的情况下，起重机能进行起升，变幅，回转，吊臂伸缩等机构的联合动作。起重机行驶部分为 TNQ84 型专用汽车底盘，时速 60km/h。图 4-24 为 QY—8 型汽车起重机外形图，图 4-25 为起重特性曲线。从图中可以看出：

1. 随着臂的幅度增加，起重量成下降趋势。
2. 当臂幅一定时，在确定的起升高度曲线上，可求得相应的起升高度对应值；在起重量特性曲线上，可求得相应的起重量对应值。

现将 QY—8 型汽车起重机结构的主要部分说明如下：

1. 起升机构。见图 4-26 起升机构传动示意图。

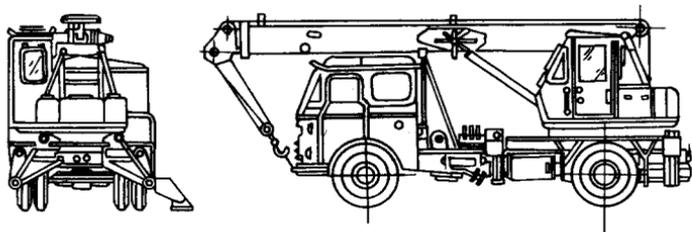


图 4-24 QY-8 型汽车起重机外形图

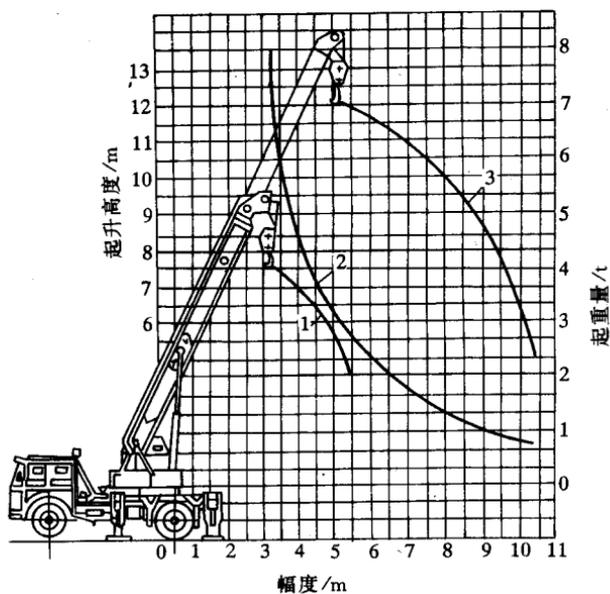


图 4-25 QY-8 型汽车起重机起重特性曲线

1. 起升高度曲线；
2. 起重量特性曲线；
3. 起升高度曲线(臂长 11.7m)。

起升机构的作用是将重物举起或降落。其主要部件由液压马达 1、起升减速箱 2 和卷筒 5 等组成，安装在吊臂尾部。起升液压

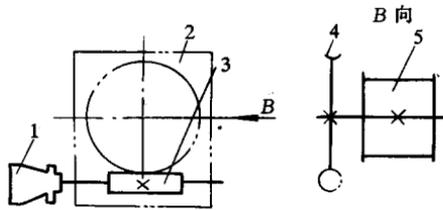


图 4-26 起升机构传动示意图

1. 起升马达；2. 减速箱；3. 蜗杆；4. 蜗轮；5. 卷筒。

马达1，通过减速箱2中的蜗杆3和蜗轮4带动卷筒5转动，从而达到收放钢丝绳，实现重物起升和下降的动作。

2. 回转机构传动系统。见图4-27。回转机构的作用是将重物举起后进行回转，使重物到达应有的位置。回转机构由液压马达3，减速箱2及内齿轮1等组成。减速箱固定在底架上，内齿轮与转台固定在滚子转盘上。

变幅、伸缩臂等均是液压驱动，工作原理见图4-28液压原理图。

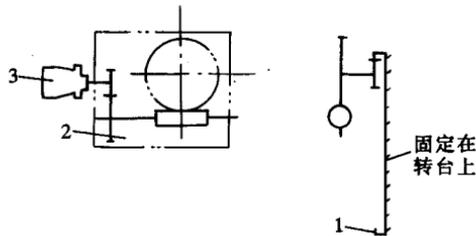


图 4-27 回转机构传动系统

1. 内齿轮；2. 减速箱；3. 回转马达。

变幅机构的作用是通过臂杆的仰起或俯降改变重物与汽车起重机回转中心的水平距离。

伸缩臂的作用是通过臂杆的伸缩调节臂杆的长短。

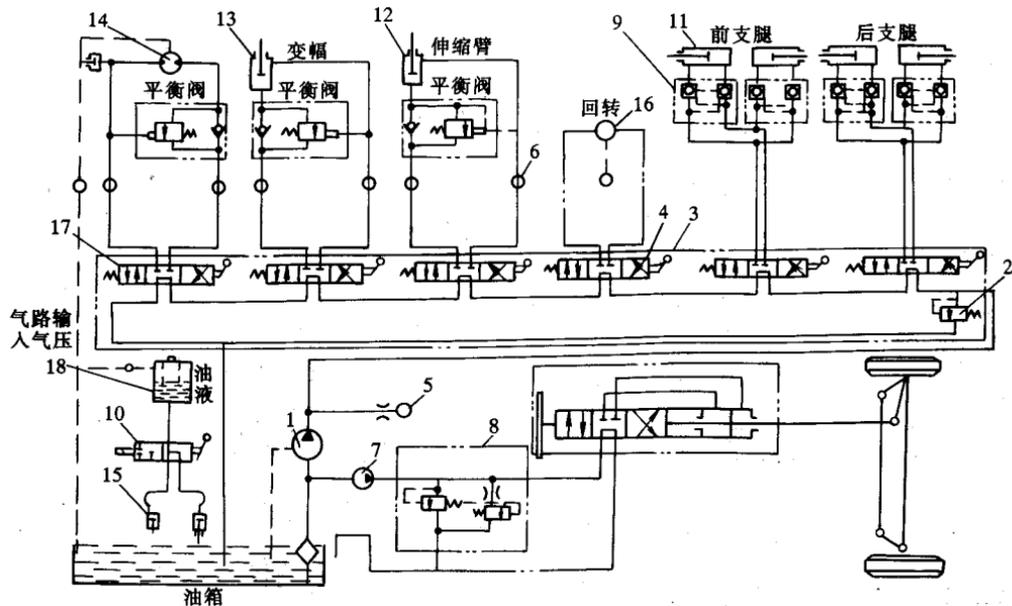


图 4-28 液压原理图

1. ZBD-40 型轴向柱塞泵; 2. 溢流阀; 3. 六联阀; 4. 回转操纵阀; 5. 油压表;
6. 中心回转接头; 7. CB-F10C-FL 型齿轮泵; 8. 恒流安全阀; 9. 双向液压锁;
10. 手动滑阀; 11. 支腿油缸; 12. 伸缩臂油缸; 13. 变幅油缸; 14. 起升马达;
15. 稳定器油缸; 16. 回转马达; 17. 起升操作阀; 18. 压力油箱。

3. 液压原理图。QY—8 汽车起重机的液压系统，由起升、变幅、回转、伸缩臂、前后支腿、稳定器和转向等油路组成。其中包括以机构及油路安全运转为主要职能的平衡阀、双向液压锁等重要液压元件。液压系统见图 4-28。

(1) 平衡阀。起升，变幅，伸缩臂液压系统，分别都装有平衡阀，平衡阀的作用是保证落钩、落臂、伸缩臂平稳进行，不发生“点头”现象。这样也就防止了起重机振动。在起升，变幅和伸缩臂机构中，除保证载荷平稳运动以外，还起到液压锁的作用，即一旦与油缸连接的软管突然破裂，能防止吊臂急速落下或缩回，造成事故。

平衡阀是由顺序阀和单向阀并联组成的。其动作过程见图 4-29。

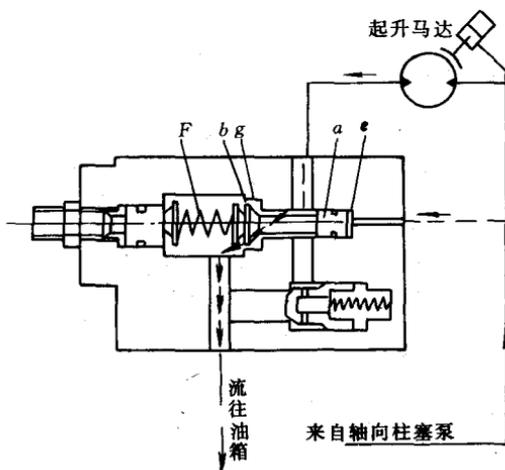


图 4-29 平衡阀工作原理图

轴向柱塞泵排出的油液，在进行落钩动作时，一面进入起升马达和制动器液压缸，另一面进入 e 处，使平衡阀杆上的柱塞 a 移

动,在平衡阀杆锥体处形成环形通道 g ,此时,起升马达排出的油液,便按箭头方向流向油箱。在一般情况下,马达驱动轴的转动,是由泵对马达供油后实现的,但在起升机构中,由于载荷特点,挂在塔吊上的重物也会使马达驱动轴产生转动。

当马达由油泵供油,使其驱动轴为完成落钩动作而转动时,重物也同时使马达驱动轴向同一方向转动。若后者转矩大于前者转矩时,则马达进油口处将出现负压(真空),此处压力是极小的。平衡阀 e 处也会产生负压,在弹簧 F 的作用下,平衡阀杆将向右动作(见图 4-29),使阀杆和阀座形成的环形通道 g 变小,从而使马达排出的油液,经此回流油箱的流量也减小,一直减小到与泵供给马达的油量相适应为止。这时吊钩便以均速下降,反之,若在工作中环形通道 g 开启的太大,则系统压力下降,油压与弹簧 f 自动取得平衡后,使 g 变小,从而马达排油量与泵的供油量相适应。

(2) 双向液压锁。双向液压锁的结构原理见图 4-30。

图中 A、B 两孔通向换向阀, C、D 两孔通液压缸两腔。当 A 孔进油时,把中间活塞体 E 向右方推动,使右方单向阀打开,造成 B、D 两孔接通,则液压缸中的回油将由 D 而流向 B 孔,流向油箱,反之亦然。当 A、B 两孔不进油时, C、D 两孔被单向阀锁闭,因而液压缸回路均被切断,保证液压缸不产生位移,支腿亦不会自行动作。

起重机支腿共有四个,前两个支腿由一个操纵阀控制,后两个支腿由另一个操纵阀控制;每个支腿均装有双向液压锁。在起重机工作时,两个操纵阀均处于中间位,如图 4-30 所示, A、B 两孔不进油,支腿无动作。当油路中发生软管破裂等意外事故时,由于 A、B 两孔均不进油,也能防止支腿发生位移。

在图 4-28 的液压原理图中,件号 1 为 ZBD-40 型轴向柱塞泵,由它供给液压系统所需的压力油,件号 3 为六联方向控制阀,

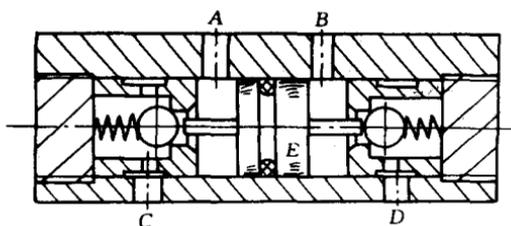


图 4-30 双向液压锁结构原理图

由操纵人员控制起重臂的变幅、臂杆的伸缩和吊钩的升降。在起重工作开始前，操纵人员要用六联控制阀伸出前后支腿，将起重机支撑稳固，以利起重工作进行。

件号 8 为恒流阀，它的作用是当油路压力发生变化时，控制其内部流量阀的开度，使流量能保持相对稳定。

该起重机还有手动液压换向阀，对走行轮进行制动。

（三）汽车起重机的常见故障及原因分析

1. 液压系统漏油。主要原因有：接头松脱；管道破裂；密封件损坏等。

2. 液压系统异常声响严重。主要原因有：液压系统有空气侵入；油路中油温过低；管道及液压元件的连接处有松动或脱落；平衡阀失灵；滤油器堵塞；油箱内油量不足。

3. 油压升不到额定值。主要原因有：油箱油量不足或吸油管堵塞；溢流阀开启压力过低；油泵供油不足；油泵损坏或漏损过大；压力管路和回油管路串通或液压元件泄漏过大。

4. 系统油温过高。主要原因有：油压过高；环境温度过高；平衡阀失灵。

5. 变幅过程中油压异常升高，或者会出现异常振动现象。主要原因有：平衡阀的一部分小孔被堵住；臂架固定部分和活动部

分之间摩擦力过大或者运动副之间有异物嵌入卡阻；工作油缸腔内有空气。

6. 转向沉重和行驶跑偏。主要原因：油泵运动副间隙过大；油箱缺油；恒流阀柱塞卡住；控制滑阀位置不正。

第五节 锅 炉

一、物理名称和概念

(一) 温度

温度用来表示物体的冷热程度。常用的温度单位是摄氏温度($t^{\circ}\text{C}$)，它的分度方法是将水的冰点和沸点之间分为一百格，每格即为摄氏一度。

(二) 热量

物体吸收或放出热的多少叫热量，对于等量的同一物体，温度高时含热量多，温度低时含热量少。常用的热量单位是千卡(KCal)和千焦(KJ)。

它们的换算单位是 $1 \text{ 千卡(KCal)} = 4.1868 \text{ 千焦(KJ)}$ 。

(三) 压力

压力是指单位面积上承受的垂直方向的作用力。常用的压力单位是兆帕(MPa)，老的锅炉常用的压力单位是工程大气压(Kgf/cm^2)。

它们的换算单位是 $1 \text{ 兆帕(MPa)} = 10.197 \text{ 工程大气压(Kgf/cm}^2\text{)}$ 。

(四) 工质

从能源利用的角度看，锅炉是一种能源转换设备。在锅炉中，燃料所贮藏的能量通过燃烧过程转换为燃烧产物载有的热能，然

后通过传热过程，将热量传递给中间载体(如水或汽)，再由中间载体将获得的热量传输到用热设备中去，热能转成机械能。这种传输热量的中间载热体被称为“工质”。

二、锅炉的定义及分类

(一) 定义

锅炉是利用燃料燃烧放出热能，将工质加热到一定参数的设备。由于锅炉广泛地应用于加热水，使之产生水蒸汽，所以又称锅炉为蒸汽发生器。

(二) 锅炉的分类

1. 按锅炉内管道受热方式分为水管式和火管式。水管式锅炉是目前常用的受热方式，其水和汽在管内流动，管外为烟气。火管式锅炉的烟气在管内流动，管外为水，由于火管式锅炉传热效率低，已逐渐被淘汰。

2. 按锅炉制造行业分为电站锅炉和工业锅炉制造行业。将工质出口压力在 2.5MPa 以上的锅炉划归电站锅炉行业生产；工质出口压力等于或小于 2.45MPa 的锅炉划归工业锅炉行业生产。

3. 按工质的输出状态分为蒸汽锅炉和热水锅炉。

4. 按工质出口压力分为低压锅炉(2.45MPa 以下)、中压锅炉(2.5~9.9MPa)、高压锅炉(10~13.9MPa)、超高压锅炉(14~16.9MPa)、亚临界压力锅炉(17~18MPa)和超临界压力锅炉(在临界压力以上)。

5. 按燃料分为燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、混合燃料锅炉、特种燃料锅炉、余热锅炉、新能源(如核能)锅炉。

6. 按组装及运输方式分为快装锅炉、组装锅炉、散装锅炉。

三、锅炉的性能标志

(一) 蒸汽锅炉的性能标志

1. 蒸汽锅炉的供热能力。常用的单位为额定出力，它是指在额定的出口蒸汽参数、额定的给水参数，使用设计燃料并保证设计效率的条件下连续运行所达到的额定蒸发量，单位是吨/小时或千克/秒。

2. 蒸汽锅炉的供热品位。蒸汽锅炉的供热品位用额定出口蒸汽压力(MPa)和蒸汽温度($t^{\circ}\text{C}$)表示。

(二) 热水锅炉的性能标志

1. 热水锅炉的供热能力用额定供热量千卡/小时(KCal/hr)或千焦/小时(KJ/hr)表示。

2. 热水锅炉的供热品位。热水锅炉的供热品位用压力(MPa)、额定的出水和回水温度($t^{\circ}\text{C}$)表示。

四、锅炉的基本构造和简要原理

现代常用的工业锅炉和热水锅炉都是水管式锅炉，它的特点是汽或水在管内流动吸热，烟气在管外冲刷流动放热。由于水管是弯曲的，结构富有弹性，在高温下能自由膨胀，并能承受较高压力，故应用广泛。

现举一种具有代表性的燃煤锅炉作为例子介绍如下(见图4-31)。

从图4-31可知，由水泵送到锅炉的水，首先进入省煤器8，利用锅炉排出烟气中的余热加热锅炉给水，以节省燃料，提高效率。

经过省煤器加热的水，进入上锅筒1，然后沿右部对流排管进入下锅筒2。对流排管分为两组，右面的一组离开燃烧室(炉排上

部的空间)较远而靠近锅炉的后部烟道,所以温度较低,这组排管中的水是由上往下流动的。下锅筒的水经烟气加热后,进入左面的对流排管,这组对流排管处于燃烧室的近端,烟气温度较高,所以左面对流排管接受较多的热量,水的密度较低,根据“热升冷降”的对流原理,这组对流排管中的汽水混合物自下而上流动进入上锅筒1,形成对流循环。上锅筒有一部分水沿下降管(图中未画出)到水冷壁下联箱7,再从水冷壁管4回到上锅筒。

水冷壁是水管式锅炉的主要蒸发受热面之一,它的作用是吸收燃烧室内的高温辐射热,以加速管内的汽化过程,同时保护炉墙,防止积渣。

图中所示6为链条炉排,它与燃料(煤)一起自左向右移动;此外,其他锅炉还有炉排不移动,而是上下振动的“振动炉排”和炉排往复运动的“往复炉排”等多种炉排结构。

燃油锅炉不设炉排。

锅炉燃烧所需要的空气,由鼓风机供给。空气首先被送入空气预热器9,在吸收烟道废气中的余热后,再经过炉排下部进入煤层,帮助燃烧。

锅筒外侧有锅炉构架,它的作用是支承锅筒、联箱、水冷壁、平台和扶梯等。

锅炉外侧有炉墙,它的作用是组成密封的燃烧室或烟道,起着绝热和密封的作用。

五、锅炉的主要安全附件

(一) 压力表

压力表是锅炉的主要安全附件之一,它用于测量锅筒内蒸汽压力的大小。劳动部门规定,压力表装用后,每半年至少校验一次。

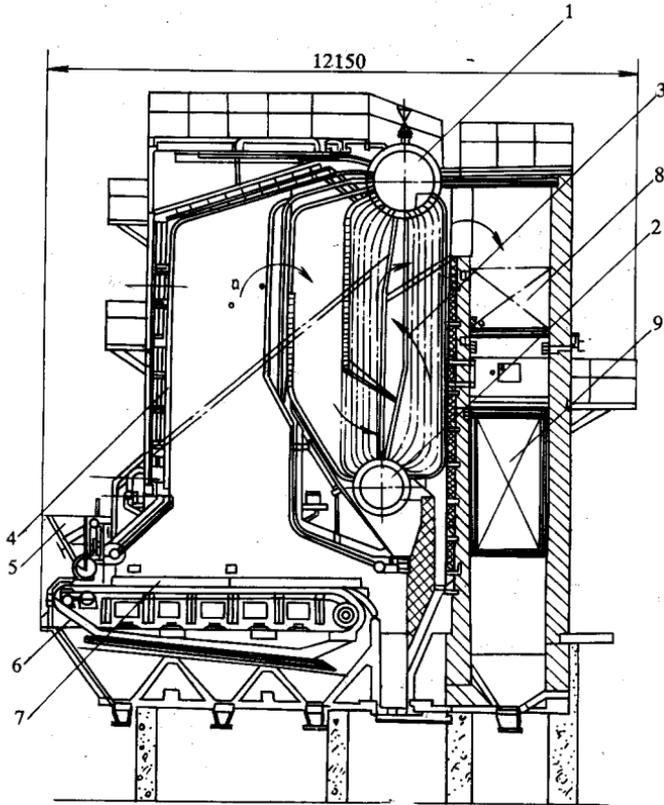


图 4-31 SHL20—13 型双锅筒横置式链条炉排锅炉图

1. 上锅筒；2. 下锅筒；3. 对流排管；4. 水冷壁管；5. 落煤斗；
6. 链条炉排；7. 水冷壁下联箱；8. 省煤器；9. 空气预热器。

(二) 水位表

水位表主要用于指示锅筒内水位的高低。劳动部门规定，蒸发量大于 0.2 吨/小时的锅炉，每台至少安装两个彼此独立的水位表。

(三) 安全阀

安全阀用于防止锅筒超压运行。当蒸汽压力超过规定工作压力时,安全阀自动开启,排出蒸汽,并发出警报。当压力低到规定的工作压力时,安全阀就自动关闭,从而避免因超压造成爆炸事故。

劳动部门规定,额定蒸发量大于0.5吨/小时的锅炉,每台至少装设两个安全阀。

(四) 高低水位报警器

当锅炉水位达到最高或最低时,水位报警器会发出警报,引起操作人员注意,及时采取措施,防止锅炉发生漏水或缺水事故。

劳动部门规定,额定蒸发量大于2吨/小时的锅炉,应装设高低水位报警器。

六、与锅炉配套的设备

(一) 控制室仪表

为了便于控制锅炉的运行,除了在锅炉本体上安装压力表、水位表和温度计以外,一般较大的锅炉(蒸发量在2吨/小时以上)还设置了控制室,控制室内的仪表也称为“二次仪表”,锅炉本身的仪表也称为“一次仪表”。

控制室仪表除了显示锅炉内的蒸汽压力、温度和水位以外,还显示蒸汽或热水的流量、鼓风机的风压、炉内燃烧室的负压等,并能做自动记录。

为了安全起见,司炉人员要经常核对“一次仪表”和“二次仪表”的读数,如有误差,要及时查找原因,采取措施,直至两者相符合为止。

(二) 出渣设备

出渣设备是排出炉排上煤层燃烧后灰渣的设备。常用的有框

链式刮灰机(见图 4-32)及园盘式出渣机(见图 4-33)。

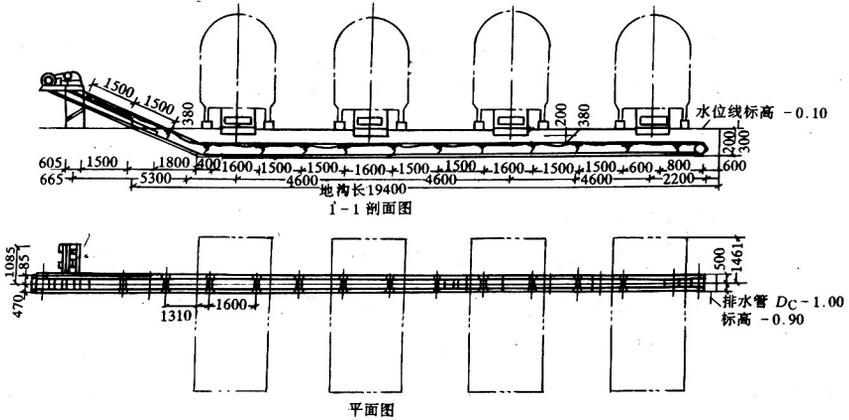


图 4-32

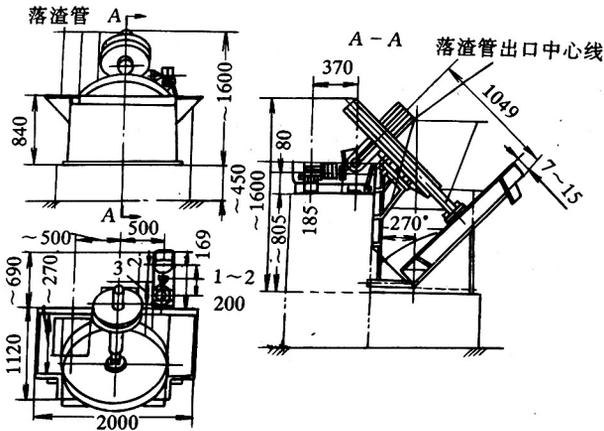


图 4-33

链式刮灰机是由电动机经变速器链轮带动主动轮，使刮板链由灰沟底部将锅炉排渣管排出的灰渣刮至运渣车内，再运至锅炉房外。

园盘式出渣机是由电动机经二级蜗轮蜗杆减速后带动灰渣槽中的出渣轮转动，将锅炉灰渣斗落入槽中的灰渣捞出，由运渣车运至锅炉房外。

(三) 空气供给及废气输送设备

由鼓风机和引风机组成。

鼓风机的作用是：将助燃所需要的空气克服空气预热器和炉排的阻力，送到煤层和燃烧室内，使燃烧过程得以正常进行。

引风机的作用是：将燃烧室燃烧后的废气，抽入烟道，经除尘器排入烟囱。由于引风机的抽吸作用，燃烧室内形成一定的负压，使燃烧过程强化，并加速烟气对传热面的冲刷。

(四) 除尘系统

锅炉燃烧室内燃烧后的废气，必须经过除尘系统，清除其中的灰尘和二氧化硫后，才能由烟囱排入大气，以免污染环境。

常用的除尘器有旋风筒组合式除尘器和麻石除尘器。

旋风筒组合式除尘器是由若干个直径小于一米的旋风子并联组合而成。它比同样容量的单体大尺寸的旋风除尘器除尘效率高，因此，广泛应用于小型锅炉(这种除尘器不能清除二氧化硫)。(见图 4-34)。

麻石除尘器是一个园筒形砖砌除尘器，废气从下部切线方向进入，从上部由引风机吸出，水由上部成喷淋状泻下，废气中的粉尘和二氧化硫由水带走进入下部水槽排出(图略)。

(五) 给水设备

为了向锅炉给水，锅炉至少应有 2 台以上独立工作的水泵，其中一台必须为汽动泵(即用锅炉自身的蒸汽作为动力将水送入锅

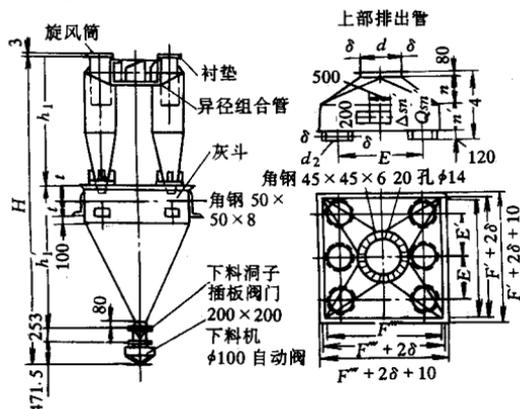


图 4-34

炉), 以免万一发生停电事故, 电动水泵不能工作时, 由汽动泵向锅炉供水。

(六) 水处理设备

一般的自来水中, 含有钙和镁的化合物(如硫酸钙和硫酸镁), 随着水温的升高, 这些钙和镁的化合物在水中的溶解度下降, 形成沉淀物, 附着在锅筒和水管的内表面上, 称为水垢, 它影响锅筒和水管的传热效率, 最终使管壁温度升高, 以至烧损。

为了去除钙、镁类化合物, 一般采用离子交换树脂将水中的钙和镁的离子交换出来, 形成不结垢的钠的化合物, 这种设备叫做离子交换器, 如图 4-35。

经过离子交换后的水称为软水。

(七) 水的除氧

水中溶解的氧气会对锅炉金属产生腐蚀, 因此必须采取除氧措施。常用的除氧方法为热力除氧, 它所依据的原理是当水温增高时, 氧和二氧化碳气体在水中的溶解度降低, 逐渐析出; 当水温达到沸点时, 水就不再具有溶解气体的能力。

如图 4-36 所示,水由进水管进入除氧器,通过喷嘴形成雾状下降,而蒸汽从进气管中进入除氧头并向上移动,将雾状水加热,析出水中的氧气,使之经顶部的排气孔中排出。

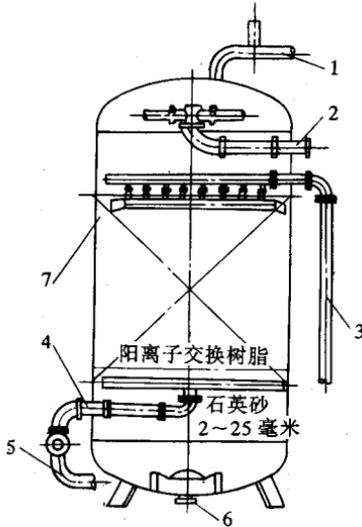


图 4-35 逆流再生离子交换器示意图

1. 空气管; 2. 进水管;
3. 中间排水(排再生液)装置;
4. 出水管; 5. 进再生液管;
6. 正洗出水管; 7. 压脂层。

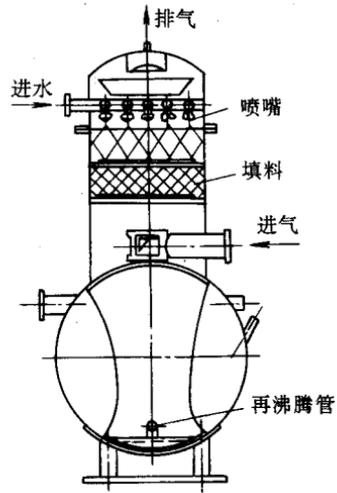


图 4-36 喷雾填料式除氧器

经过除氧后的水,通过填料层落到下部水箱中备用。

七、劳动部门对锅炉定期检验的有关规定

为了确保锅炉的安全运行,劳动部门对锅炉的定期检验有以下规定。

1. 运行的锅炉每两年进行一次停炉内外部检验。其中新锅炉

运行的头两年及实际运行时间超过 10 年的锅炉, 每年应进行一次停炉内外部检验。

2. 水压试验一般每六年进行一次, 试验压力值如表 4-11。

表 4-11 锅炉水压试验压力值

名称	锅筒工作压力 P	试验压力
锅炉本体	$< 0.59\text{MPa}$ (6kgf/cm^2)	$1.5P$ 但不小于 0.20MPa (2kgf/cm^2)
锅炉本体	0.59MPa (6kgf/cm^2) $\sim 1.18\text{MPa}$ (12kgf/cm^2)	$P+0.29\text{MPa}$ (3kgf/cm^2)
锅炉本体	$> 1.18\text{MPa}$ (12kgf/cm^2)	$1.25P$
可分式省煤器	任何压力	$1.25P+0.49\text{MPa}$ (5kgf/cm^2)

第六节 压力容器

一、压力容器的分类

(一) 按压力容器在生产工艺过程中的作用原理划分

1. 反应压力容器(代号 R)。主要用于完成介质的物理、化学反应的容器。如反应器、反应釜、分解锅、分解塔、聚合釜、高压釜、超高压釜、合成塔、变换炉、蒸煮锅、蒸球、蒸压釜、煤气发生炉等。

2. 换热压力容器(代号 E), 主要用于完成介质的热量交换的压力容器, 如管壳式余热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器、硫化锅、消毒锅、染色器、烘缸、磺化锅、蒸炒锅、预热锅、溶剂预热器、蒸锅、蒸脱机、电热蒸汽发生器、煤

气发生炉的水夹套等。

3. 分离压力容器(代号 S), 主要用于完成介质的流体压力平衡和气体净化分离等的压力容器。如分离器、过滤器、集油器、缓冲器、洗涤器、吸收塔、铜洗塔、干燥塔、汽提塔、分汽缸、除氧器等。

4. 储存压力容器(代号 C, 其中球罐代号 B), 主要用于盛装生产用的原料气体、液体、液化气体等的压力容器, 如各种型式的储罐。

注: 在一种压力容器中, 如同时具备两个以上的工艺作用原理时, 应按工艺过程中的主要作用来划分品种。以上压力容器代号为我国压力容器工艺划分统一代号。

(二) 按压力容器所处的位置划分

1. 固定式压力容器, 位置固定, 一般由紧固件(如基础螺钉或螺栓)固定在基座(混凝土或金属)上。

2. 移动式压力容器, 位置不固定而经常移动, 如铁路罐车、汽车槽车、各种介质的金属(钢质或铝合金质)气瓶、乙炔气瓶、液化石油气可移动罐等。

(三) 按压力容器的压力等级划分

1. 低压(代号 L): $0.1\text{MPa} \leq P < 1.6\text{MPa}$

2. 中压(代号 M): $1.6\text{MPa} \leq P < 10\text{MPa}$

3. 高压(代号 H): $10\text{MPa} \leq P < 100\text{MPa}$

4. 超高压(代号 U): $P \geq 100\text{MPa}$

注: 以上压力等级代号为我国压力容器压力分级统一代号。MPa(兆帕)为压力强度单位。

二、压力容器的检验

按劳动部规定, 进行压力容器检验的单位和检验人员须经各

地区劳动部门锅炉压力容器安全监察机构认可；但是资产评估人员必须懂得其主要检验规程，以便根据近期的检验报告和检验人员确定的受压容器的安全状况等级确定其成新率。

（一）压力容器的安全状况等级的划分

压力容器的安全状况分为 5 个等级。

1 级：压力容器出厂资料齐全；设计、制造质量符合有关法规和标准要求，在设计条件下能安全使用。

2 级：分为新压力容器和在用压力容器。

（1）新压力容器，出厂资料齐全，设计、制造质量基本符合有关法规和标准的要求，但存在某些不危及安全且难以纠正的缺陷，出厂时已取得设计单位、用户和用户所在地劳动部门锅炉压力容器安全监察机构同意，在设计条件下能安全使用。

（2）在用压力容器，出厂资料基本齐全；设计、制造质量基本符合有关法规和标准的要求；根据检验报告，存在某些不危及安全而可以不修复的一般性缺陷；在法规规定的定期检验周期内，在规定的操作条件下能安全使用。

3 级：出厂资料不够齐全；主体材质、强度、结构基本符合有关法规和标准的要求，存在某些不符合有关法规或标准的问题或缺陷，根据检验报告，确认在法规规定的定期检验周期内，在规定的操作条件下，能安全使用。

4 级：出厂资料不齐全；主体材质不明或不符合有关规定；结构和强度不符合有关法规和标准的要求，存在严重缺陷；根据检验报告，确认在法规规定的检验周期内，需要在规定操作条件下监控使用。

5 级：缺陷严重，难于或无法修复，无修复价值或修复后仍难于保证安全使用；检验报告结论为判废。

注：（1）安全状况等级中所述缺陷，是指该压力容器最终存在

的状态，如缺陷已消除，则以消除后的状态，确定该压力容器的安全状况等级。

(2) 技术资料不全，按有关规定补充后并能在检验报告中作出结论的，则按技术资料基本齐全对待。

(3) 安全状况等级中所述问题与缺陷，只要具备其中之一的，即可确定该压力容器的安全状况等级。

(二) 压力容器检验的基本要求

1. 外部检查应以宏观检查为主，必要时可进行测厚、壁温检查和腐蚀介质含量测定等。其检查内容如下：

(1) 压力容器的本体、接口部位、焊接接头等的裂纹、过热、变形、泄漏等。

(2) 外表面的腐蚀。

(3) 保温层的破损、脱落、潮湿、跑冷。

(4) 检漏孔、信号孔的漏液、漏气。

(5) 压力容器与相邻管道或构件的异常振动、响声，相互摩擦。

(6) 对安全附件(压力表、安全阀、爆破片、液面计、紧急切断装置等)的性能检查。

(7) 支承或支座的损坏，基础下沉、倾斜、开裂，紧固螺栓的完好情况。

(8) 对排放(疏水、排污)装置的检查。

(9) 运行的稳定情况。

2. 外部(及内部)检查时采用的方法。

(1) 表面探伤。

(2) 射线探伤。

(3) 超声波探伤。

(4) 硬度测定。

- (5) 应力测定。
- (6) 声发射检测。
- (7) 耐压试验。
- (8) 金相检验。

3. 压力容器耐压试验的压力(见表 4-12)。

(1) 钢制低压压力容器耐压试验压力取 $1.25P$ 和 $P+0.1$ 二者中的较大值。

(2) 对不是按内压强度计算公式决定壁厚的压力容器(如考虑稳定性等因素设计的), 应适当提高耐压试验压力。

表 4-12 压力容器耐压试验的压力

压力容器名称	压力等级	耐压试验压力 $P_T = \eta \cdot P$ MPa		气密性 试验压力 MPa
		液(水)压	气 压	
钢制和有色金属 制压力容器	低压	$1.25P$	$1.15P$	$1.00P$
	中压	$1.25P$	$1.15P$	$1.00P$
	高压	$1.25P$		$1.00P$
铸铁		$2.00P$		$1.00P$
搪玻璃		$1.25P$	$1.00P$	$1.00P$

(3) 对设计温度(壁温)大于等于 200°C 的钢制或大于等于 150°C 的有色金属制压力容器, 耐压试验压力 P'_T 按劳动部压力容器安全技术监察规程第 93 条规定:

$$P'_T = P_T \cdot [\sigma] / [\sigma]^T$$

式中 P_T ——试验温度下的耐压压力

σ ——试验温度下材料的许用应力

$[\sigma]^T$ ——设计温度下材料的许用应力

三、压力容器焊接的质量要求及其对压力容器安全的影响

(一) 压力容器焊接的质量要求

为了保证压力容器焊接的质量，压力容器焊接的接头(焊缝)处不得有以下缺陷：

1. 焊接接头存在裂纹、未熔合和未焊透、咬边、气孔及夹渣等。
2. 由于焊接时钢材受热不均匀，使焊接区存在较大的附加应力。
3. 焊接区域产生的焊接变形超过限度。

(二) 焊接区质量检验的档案保存和质量分级

由于压力容器的焊接属于重要的焊接，一般常用 X 射线通过工件焊接部位对照相胶片引光，取得底片，以此作为焊缝质量的检验档案进行保存。底片上应标有工件编号、焊缝编号、照相时的年、月、日等。

焊缝质量分为四级。Ⅰ级焊缝内应无裂纹、未熔合、未焊透和夹渣等缺陷，Ⅱ级焊缝应无裂纹、未熔合和未焊透缺陷，但允许有一定数量的气孔和圆形夹渣，Ⅲ级焊缝是在Ⅱ级焊缝的基础上允许有一定长度的条形夹渣，超过Ⅲ级焊缝的标准定为Ⅳ级。

根据压力容器压力等级和使用场所的不同，设计单位在设计说明中一般规定焊缝的允许最低等级和缺陷返修的最高次数。一般压力容器均不允许Ⅳ级焊缝的存在；只有极少数低压力容器允许少量Ⅲ级焊缝存在，但未焊透处必须重新焊接。

焊缝出现缺陷允许返修，但一般返修次数不得超过两次。

为了保证焊接质量，压力容器制造单位常对焊接部位采取焊前预热和焊后进行消除应力热处理，以防止裂纹的产生和减小附加应力。

(三) 焊接质量对压力容器安全检查的影响

压力容器制造质量的优劣,在很大程度上取决于焊接质量的优劣,若焊接质量较差,就会直接影响压力容器的安全使用。据国内外压力容器发生的大量事故分析,压力容器由于焊接质量不良会发生爆炸。其原因往往是由于焊缝处焊接应力(附加应力)过大,或焊缝存在的其他缺陷导致焊缝出现裂纹而引发爆炸。

四、原劳动部对压力容器管理的有关规定

1. 压力容器的使用单位,必须建立《压力容器技术档案》,包括压力容器登记卡、有关设计技术文件、制造及安装技术文件、检验记录及有关技术文件、实际修理记录及有关技术文件、技术改造有关图纸及有关技术文件、安全附件检验及修理更换记录、有关事故记录及处理报告等。

2. 压力容器必须进行定期检验。

(1) 外部检查,每年至少一次。

(2) 内部及外部检查。

安全状况等级为1~2级的,每隔六年至少检查一次。

安全状况等级为3~4级的,每隔三年至少检查一次。

(3) 耐压试验,每十年至少检查一次。

3. 对压力容器检验单位和检验员的资格认可。

(1) 凡从事压力容器检验的检验单位和检验人员,应按原劳动部颁发的《劳动部门锅炉压力容器检验机构资格认可规则》及《锅炉压力容器检验员资格鉴定考核规则》的要求,经过资格认可和鉴定考核合格。

(2) 经资格认可后的检验单位和鉴定考核合格的检验人员,可从事允许范围内相应项目的检验工作。

第七节 供配电设备

一、供配电设备的组成

在一般工业企业中，电能是主要的能源动力之一。因此，资产评估人员在每个企业都要接触到供配电设备。

为了说明电力系统的组成，现举企业供配电的实例如下：

从图 4-37 可知，电能由发电厂送出，经升压变压器将电压升至 110kV 输入电力网，企业本身或地区分变电所将 110kV 电力通过降压变压器 3 将电压降至 10kV，各用电单位再用降压变压器 4 将电压由 10kV 变为 380V/220V 供车间的用电设备使用。

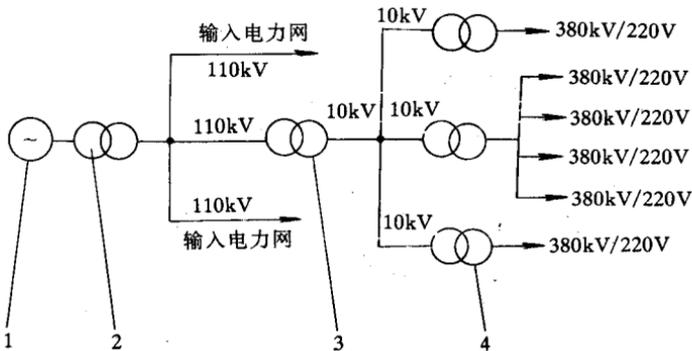


图 4-37 电力系统组成

1. 发电厂；2. 升压变压器；
3. 降压变压器；4. 降压变压器。

二、企业变电所的主要设备

(一) 变压器

变压器是供电系统中的核心设备，它的功能是提高(也叫升压)或降低(也叫降压)输入电能的电压。变压器用作电能升压时，叫做升压变压器；用作电能降压时，叫做降压变压器。

(二) 高压开关电器

高压开关电器是接通或关断高压电源的设备。在说明高压开关电器时，首先要介绍“电弧”的概念。当高压开关切断高压电源时，由于其触头之间出现高电压并形成强电场，使触头附近的气体被电离，产生大量电子和离子，并在强电场的作用下加速运动，使触头间介质的气体分子产生碰撞电离，形成电弧。如果没有灭弧装置，高压开关断开时的电弧将烧毁电器设备或造成人身伤亡事故。

高压开关电器一般分为以下几种：

1. 高压断路器。高压断路器的主要任务是当高压电路带负荷正常运行时，如需通、断电路，可以借助继电保护装置迅速自动接通或断开。由于它具有较完善的灭弧装置，所以不会因为电弧而烧坏电器设备或影响人身安全。

常见的高压断路器有油断路器(用绝缘油作为灭弧介质)、六氟化硫断路器(用具有良好灭弧和绝缘性能的六氟化硫气体作为灭弧介质)、真空断路器(利用稀薄空气的高绝缘强度来熄灭电弧)、空气断路器(利用压缩空气作为灭弧介质)等。

2. 高压负荷开关。它是一种可以带负荷通、断高压电路的高压开关电器，由于它只具有简单的灭弧装置，故一般只用于10kV高压电路中。

3. 隔离开关。它没有灭弧装置，所以不允许用来切断负荷电

流。它主要用在当高压电路被高压断路器切断后，再断开隔离开关，使线路中的高压电器与电源彻底隔离，以便检修人员能明显看到电路的断开点，从而保证高压电器检修时检修人员的安全。

4. 高压熔断器。高压熔断器是在高压供电系统中设置的保护元件，当过负荷或短路时，利用大电流产生的热量将熔丝熔断，对输电线路和变压器起到保护作用。

5. 高压开关柜。它属于成套式配电装置，是将同一回路的开关电器、测量仪表、保护电器、母线和辅助设备等都装配在封闭的金属柜中，它结构紧凑，使用方便，广泛用于控制和保护变压器、高压线路和高压电动机等高压设备方面。

(三) 互感器

互感器是配电系统中供测量和保护用的设备，分为电流互感器和电压互感器两类。

1. 电流互感器。通过线圈感应原理，将高(低)压线路中的大电流变成低压的标准小电流，它可以扩大仪表的使用范围，例如，利用一只5A(安培)量程的电流表，通过电流互感器就可以测量任意大的电流。此外，电流互感器又是各种保护用的继电器的电流源，由于电流互感器的副边电流较小，因而可使继电器小型化和标准化。

2. 电压互感器。同样通过线圈感应原理，将高压线路中的高电压变成低电压。例如，利用一只100V(伏)量程的电压表，通过电压互感器可以测量任意高的电压。电压互感器也广泛应用于继电保护设备中，为继电设备提供低电压。

有了电流和电压互感器，就可以使互感器的原边(高压侧)和副边(低压侧)没有电的联系而只有磁的联系，因而使测量仪表、继电保护电器与高压电路隔开，从而保证了低压电器和操作人员的安全。

(四) 电流传送设备

1. 硬母线。母线是企业变电所用来汇集和分配电流的导线，硬母线又称为汇流排，断面一般扁而宽，材质一般为铜或铝，俗称铜排或铝排。硬母线上三相各涂有颜色，A相为黄色，B相为绿色，C相为红色，接地的中性线为紫色，不接地的中性线为蓝色。

2. 架空导线。是输电电网中电能的传送线路，一般外面不包绝缘层；按其结构可分为单股线 and 多股绞线，多股绞线又可分为铜绞线、铝绞线和钢心铝绞线。在机械强度要求较高或35kV电压以上的架空线路，多采用钢芯铝绞线，而在企业内常用铝绞线作为输入线。

3. 电力电缆。电力电缆断面的中心是多股铜线或铝线绞合而成，外面包有绝缘层和保护层。电缆的主要优点是供电可靠性较高，不受雷击、风害等外力破坏，可埋设在地下或电缆沟内。但投资较大，价格为同级架空线路的五倍至八倍。

(五) 绝缘与接地

绝缘，就是将带电设备与外界隔绝。常用的绝缘材料有无机和有机材料两类：无机绝缘材料有云母、瓷器、玻璃、石棉等，有机绝缘材料有橡胶、聚乙烯树脂(PE)、虫胶、纤维等棉布或纸、丝、麻等。由于各种材料的绝缘性能有差别，故按其绝缘电阻的大小分别用在各种电压等级的电器设备中，其电阻值的大小通过摇测试验确定。

接地，是将电器设备的某一部分或某点与大地联接。可分为工作接地、保护接地和重复接地三类。

1. 工作接地。为了保护电气设备可靠地运行，将电路中的某一点与大地用导线联接，称为工作接地。如三相变压器中性点的接地、防雷接地等。

2. 保护接地。电机和电器的金属外壳都是同内部带电部分绝

缘的；一旦绝缘损坏，外壳便带电，为防止人体触及带电外壳而触电，故将电机、电器的金属外壳与大地用导线联接，称为保护接地。

3. 重复接地。将零线上的一点或几点再次接地，称为重复接地。

注：电路中有一点，它与电路的各外部端子之间的电压绝对值均相等，这点称为中性点。中性点接地时，称为零点。接地的中性线称为零线。

为了使接地可靠，需要测量接地线与接地体的电阻，使其保持在规定的电阻值以下。（接地体是埋入地中直接与大地接触的的金属导体，接地线是电气设备与接地体相联接的导线）。

三、供电部门对企业高压配电系统的管理要求(摘要)

(一) 预防性试验

为了预防事故的发生，全国各地供电管理部门对企业高压配电设备有定期进行预防性试验要求(试验内容主要有摇测绝缘电阻，进行交流耐压试验及其他等项)。

1. 35kV 以上配电装置的预防性试验周期，应根据历年试验结果，经绝缘分析来确定。一般 1~3 年一次。

2. 3~10kV 高压配电装置，一般每 5 年一次。

3. 高压配电装置在大修后、参加试运行前，应作全部项目试验。

4. 应结合每次停电清扫与检查摇测绝缘电阻。

5. 运行中的变压器预防性试验周期一般为 1~3 年。

(二) 对接地装置的检查与测试

1. 变、配电所的接地装置，每年应检查一次，除检查接地装置有否碰伤、腐蚀外，要测量接地电阻。

2. 车间电气设备的接地线及接零线每年至少检查二次。其接地电阻每年至少测量一次。

3. 各种防雷装置的接地引下线，每年在雨季前检查一次，同时检测其接地电阻。

思考与练习

1. 衡量冲天炉的技术经济指标主要有哪些？
2. 常用的自由锻造设备中，哪些设备以冲击力使金属产生塑性变形？哪些设备以静压力使金属材料产生塑性变形？
3. 汽车总体构造由哪几部分组成？各起什么作用？
4. 起重机的工作级别是按什么条件来划分的？
5. 蒸汽锅炉的性能指标是什么？
6. 电弧炉、感应炉各有何特点？
7. 压力机的主要技术参数有哪些？
8. 汽车起重机的主要性能参数有哪几项？
9. 锅炉主要安全附件有哪几种？它们的用途是什么？
10. 压力容器的安全状况可分几个等级？每个等级具体内容是什么？

第五章 化工设备

第一节 化工设备的分类

化工设备较大部分属于压力容器,但也有一些属于常压(大气压力)或低于大气压力的化工设备,如石油化工设备中的常压反应炉和减压反应炉。

化工设备大致可分为反应类、换热类、分离类和储存类四种。本章重点介绍反应类、换热类和分离类化工设备。

第二节 反应类化工设备

一、反应类化工设备的分类

(一) 按聚集状态分类

“相”,是物理和化学性质完全相同且成份相同的均匀物质的聚集态,如气相、液相、固相等;这些“相”各以气体、液体或固体的状态存在。

按聚集状态可分为均相反应和非均相反应两类。均相反应类的特点是反应中只存在一个相,它又可分为气相反应和液相反应两类。

非均相反应类的特点是反应中至少存在着两个相,可分为气

固相反应(化工生产中多以固体物质作为催化剂进行气相反应)、气液相反应和气固液三相反应三类。

在化工生产中,应用较多的是液相反应器、气固相反应器和气液相反应器。

(二) 按反应器结构分类

按反应器结构外形可分为釜式反应器、固定床反应器、流化床反应器和塔式反应器。

以下按反应器的结构分类进行叙述。

二、釜式反应器

所谓“釜”,是对内容物进行加热的装置。釜式反应器是内容液体在外部加热的条件下进行反应的容器。

釜式反应器是液相反应最常用的一种反应器,它可以在较宽的压力和温度范围内使用,适用于各种不同的生产规模,可进行间歇、半间歇和连续操作。

在生产规模不大,反应时间较辅助时间(加料、卸料和清洗等)长得多的情况下,釜式反应器的优点突出:投资少,投产容易,操作灵活性大。

典型釜式反应器的总体结构如图 5-1。

釜式反应器主要由搅拌装置、轴封和搅拌罐三大部分组成。

搅拌装置包括传动装置、搅拌轴和搅拌器。由电动机和减速器驱动搅拌轴,使搅拌器按照一定的转速旋转以实现搅拌的目的。

轴封为罐体和搅拌轴之间的动密封,以封住罐内的流体不致泄漏。

搅拌罐包括罐体、加热装置(在夹套中通入热气体或液体)及附件,它是盛放反应物料和提供热量的部件,如夹套、蛇管;另

外还有工艺接管及防爆装置等。

釜式反应器分为以下六种类型。

(一) 立式容器中心搅拌反应器

这类搅拌器是应用最为普遍的一种。它是将搅拌装置安装在立式设备的中心线上,如图 5-1 所示。驱动方式一般为齿轮传动。功率可以从 0.1kW 到数百 kW,常用的为 0.2~22kW。目前,由于设备向大型化发展,超过 400kW 的搅拌反应器也已出现。转速

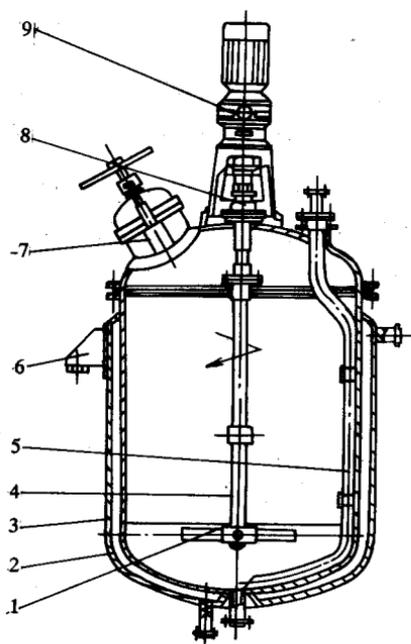


图 5-1 搅拌设备结构图

1. 搅拌器; 2. 罐体; 3. 夹套;
4. 搅拌轴; 5. 压出管; 6. 支座;
7. 入孔; 8. 轴封; 9. 传动装置。

小于 100r/min 的为低速, $100\sim 400\text{r/min}$ 为中速, 大于 400r/min 的为高速。

中、小型立式容器中心搅拌反应器, 在国外已标准化, 转速为 $300\sim 360\text{r/min}$, 电机功率 $0.4\sim 15\text{kW}$, 用减速器减速。

(二) 偏心式搅拌反应器

偏心式搅拌反应器示意如图 5-2。

搅拌中心偏离容器中心, 使流体在各点所处的压力不同, 因而使液层间的相对运动加强, 增加了液层间的湍动, 使搅拌效果明显提高。但偏心式搅拌容易引起振动, 一般多用于小型设备。

(三) 倾斜式搅拌反应器

为了防止涡流的产生, 对简单圆筒形或方形敞开的立式设备, 可将搅拌装置用夹板或卡盘直接安装在设备的上缘, 搅拌轴倾斜插入筒体内, 如图 5-3 所示。

此种搅拌装置小巧、轻便、结构简单、操作容易、应用广泛。一般功率为 $0.1\sim 2.2\text{kW}$, 使用一层或两层浆叶, 转速为 $36\sim 300\text{r/min}$ 。用于药品的稀释、溶解、分散、调和及 pH 值的调整等。

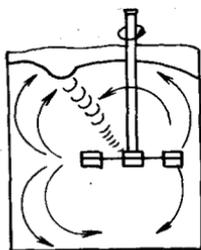


图 5-2 偏心式搅拌反应器

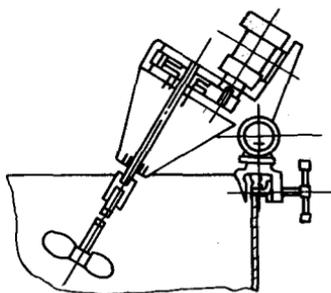


图 5-3 倾斜式搅拌反应器

(四) 底搅拌反应器

搅拌装置设在底部的称为底搅拌设备, 如图 5-4 所示。底搅

拌反应器的优点是搅拌轴短而细，轴的稳定性好，降低了安装要求，所需安装、检修的空间比上述的搅拌反应器小。由于把笨重的传动装置安放在地面基础上，从而改善了罐体上封头的受力状态，而且也便于维护和检修。搅拌装置安装在底部方便了罐体上封头接管的排列与安装，特别是上封头需带夹套以冷却气相介质时更为有利。底搅拌有利于底部出料，它可使底部出料口处得到充分搅动，使输料管畅通。大型聚合反应器常采用此种搅拌设备。

底搅拌的突出缺点是轴封困难；另外搅拌器下部至轴封处的轴上常有固体物料粘积，经过一段时间，变成小团物料混入产品中而影响产品的质量。为此常用定量、室温的溶剂注入，注入速度应大于聚合物颗粒沉降的速度，以防止聚合物沉降结块；而且，检修搅拌反应器及轴封时一般需将釜内物料排净。

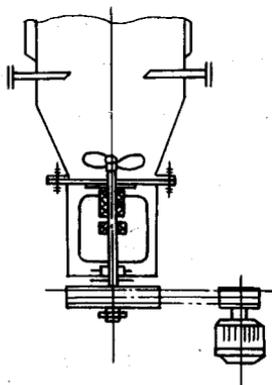


图 5-4 底搅拌反应器

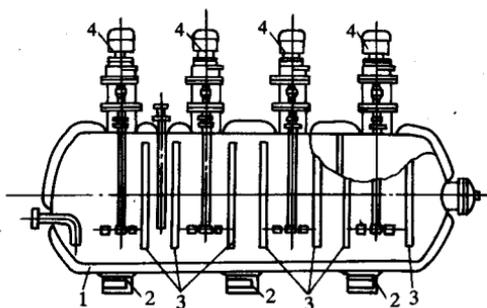


图 5-5 卧式容器搅拌反应器

1. 壳体；2. 支座；3. 挡板；4. 搅拌器。

(五) 卧式容器搅拌反应器

搅拌装置安装在卧式容器上面，可降低设备的安装高度，提高搅拌设备的抗振性，改进悬浮液的状态。搅拌装置可以直立也可以倾斜地安装在卧式容器上。可用于搅拌气液非均相系的物料。

图 5-5 所示为卧式容器上安装四组搅拌装置的结构。

(六) 旁入式搅拌反应器

如图 5-6 所示,旁入式搅拌反应器是将搅拌装置安装在设备筒体的侧壁上,所以轴封困难。在小型设备中,可以抽出设备内的物料,卸下搅拌装置更换轴封,所以搅拌装置的结构应尽量简单;对于大型设备,为了不需抽出设备内的物料,多半在设备内设置断流结构。

各种搅拌器中,在消耗同等功率的条件下,旁入式搅拌能得到最好的搅拌效果。

这种搅拌器的转速一般为 $360\sim 450\text{r}/\text{min}$, 驱动方式有皮带和齿轮两种。

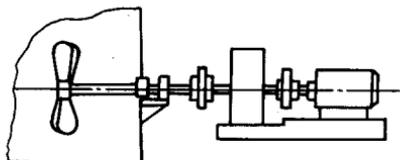


图 5-6 旁入式搅拌器

三、固定床催化反应器

所谓固定床,是固体催化剂放置在容器内形成固定床层,反应气体在压力的作用下,连续通过床层,与催化剂进行化学反应。

(一) 固定床催化反应器的特点

催化反应,是化学物质在催化剂的作用下进行的化学反应过程。许多化学过程是在固体催化剂作用下进行的气相反应过程,固定床催化反应器属于气固相催化反应类反应器。气固相催化反应器的类型很多,根据固体催化剂在设备中的运动状态可分为气固相固定床催化反应器和固体催化剂微粒连续流动的流化床反应

器。

在固定床催化反应器中，气体连续通过固体催化剂颗粒所组成的固定床层。这类反应器的优点是结构简单、操作稳定、控制方便、转化率高，广泛地应用于化学工业中。

这类反应器的缺点是：(1)由于催化剂需要再生，反应器不能连续长期生产。由于催化剂活性会随着使用时间的延长而变差，使反应条件、产品组成也发生变化，给生产操作带来一定困难。(2)反应器中纵向和横向温度分布不均匀，使床层各处转化率高低不等，不但降低了设备利用率，而且容易发生局部过热，甚至使催化剂失去活性。(3)为了降低气流阻力，催化剂颗粒不能太小，直径一般在2mm以上，使催化剂表面利用率不高。(4)由于反应和再生在同一设备中进行，而两者的操作条件相差很大，因此对反应器的材质要求高。

(二) 固定床反应器的类别

固定床反应器可分为换热式反应器和绝热式反应器两种，现分别说明如下：

1. 换热式反应器。为了改善反应器的反应条件，必须将反应发生的热量除去或者供给反应所需的热量。根据换热的方式，可分为自热式和外热式。自热式是用原料气自身加热或冷却反应区，外热式则是用载热体来加热或冷却反应区。根据催化剂装填的位置，可分为列管式(催化剂放在管内)和壳管式(催化剂放在壳体和管之间)。现用下面两例说明。

(1) 合成甲醇反应器。它是自热壳管式反应器，其构造如图5-7所示。原料气(CO 和 H_2 的混合气)由反应器顶部入口管进入后，经反应器的外壳和合成塔内筒的环隙流至下部换热器的管内与反应后的气体隔管换热，而将原料气体预热，再进入反应器上

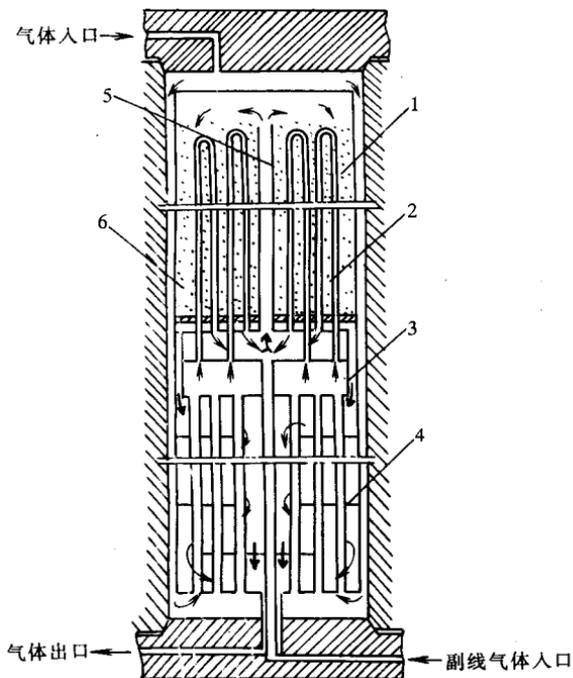


图 5-7 合成甲醇反应器示意图

1. 催化剂；2. U形管；3. 分气盒；4. 下部换热器；
5. 中央上升管；6. 合成塔内筒。

部 U 形管内。因为合成甲醇反应是放热反应，原料气在 U 形管内进一步被加热，同时冷却了反应区。原料气经分气盒和中间上升管进入 U 形管外的催化剂层进行反应。反应后的气体经下部换热器管间隙与原料气进一步换热后，从反应器底部引出。为了降低反应温度，有部分气体从副线送入，它不经过下部换热器而是经过分气盒，直接进入催化剂层。因为反应温度过高时，就会引起副反应，并缩短催化剂的寿命。

较冷的原料气通过催化剂层内的 U 形管，起到了冷却催化剂，使催化剂避免局部温度过高的作用。

合成甲醇是在高温高压下操作，催化剂装在管外(壳程)，可以有效地利用反应器内的空间。在反应器的外壳与合成塔内筒的环隙内通入冷的原料气，以保持外壳的冷却。反应器的下部设置换热器，可以合理使用能量，并且在壳体内进行所需的热交换。这

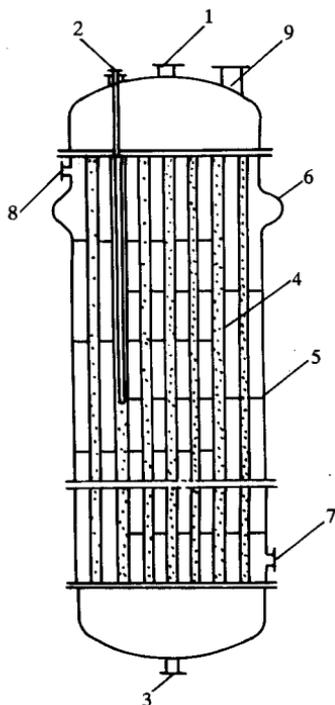


图 5-8 乙烯直接氧化反应器

1. 原料气入口；2. 温度计；3. 反应气出口；
4. 催化剂；5. 折流板；6. 补偿圈；7. 导
生油入口；8. 导生油出口；9. 防爆口。

些措施可以使设备的结构达到经济的要求。

(2) 乙烯直接氧化为环氧乙烷的反应器。它是外热列管式换热器,其构造与列管式换热器相同,如图 5-8 所示。它由反应管、折流板、壳体、顶盖和底盖所构成。

在管内装填催化剂,管外用导生油(26.5%联苯和 73.5%二苯醚的低熔混合物)作载热体加热或冷却反应区(开工时用导生油加热,正常反应时用导生油冷却)。在管隙间装有折流板,以提高载热体的流速,改善传热。为了防止热胀冷缩损坏设备,在反应器外壳上装有补偿圈。管内装催化剂的优点是装卸方便,比较均匀,但数量少。

因为催化剂装在管内,反应在管内进行,放出的反应热经催化剂和管壁传给载热体,因此热量沿着半径方向传递。对同一横截面积来说,放热反应时在管中心处温度最高。管径越小,则管中心与壁温的差值越小,但管子数目增多。在工业生产中,固定床反应器的反应管的最小直径是 15mm,一般采用 20~50mm 管,管子的排列与列管换热器相同。

2. 绝热式反应器。绝热式反应器是不与外界进行热交换的反应器。例如,乙烯与水合成生产乙醇的反应器,其构造如图 5-9 所示。

烯烃水合是放热反应,其热效应不大。为了使反应能够在接近最适宜温度下进行,先将烯烃和水蒸汽加热到略低于反应温度,再输入反应器。由于反应是在绝热下进行,反应放热又不大,因而可使反应在接近最适宜温度下进行。

一般下列情况采用绝热式操作比较适宜:(1)反应热较小;(2)可以调节初始温度,使反应器内温度变化不致超出允许的操作范围;(3)加入具有较大比热的惰性物质,足以缓和温度的变化。

绝热反应器的优点是构造简单、反应器空间利用率高,造价

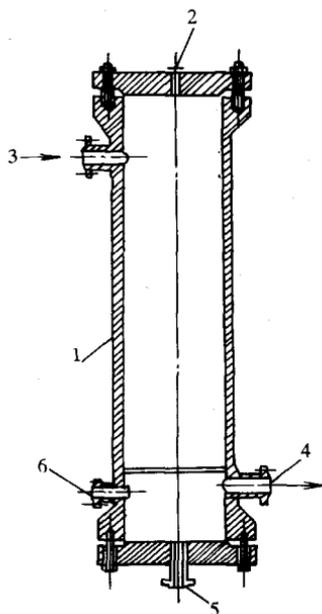


图 5-9 乙烯水合反应器

1. 筒体；2. 顶盖；3. 原料蒸汽入口；

4. 反应气出口；5. 排液管；6. 热电偶接管。

便宜。但是轴向温度梯度较大，常限制了它的适用范围。

四、流化床反应器

流化床反应器是气固相反应常用的一种反应器，其反应形式如 5-10 图所示。它的特点是采用很细的催化剂颗粒，当气体自下而上通过反应器时，催化剂颗粒受到气流的作用悬浮起来，在反应器内作剧烈的运动，上下翻滚，使整个系统与沸腾的液体很相象。这时构成的系统称为流化床或沸腾床，这种过程称为固体流态化。

在固体流态化时，气体湍动程度大，气体与固体颗粒充分接触，传热和传质的速率都可提高。由于固体颗粒很小，因而增加了外表面与气体的接触面积。所以固体流态化技术在几十年来已成为发展十分迅速、应用日趋广泛的技术。

固体流态化除应用于催化反应过程外，还可用于固体燃料气化、干燥、吸附、矿石焙烧等过程，以及冶金工业中矿石的浮选等其他工业部门中。

(一) 流化床的特点

流化床的特点由其优点和缺点所反映。

流化床的优点是：(1)床内温度比较均匀，减少局部过热现象；(2)床内装有换热装置时，传热系数较大；(3)固体颗粒的粒度小，多孔性颗粒内表面利用率高，颗粒温度较均匀；(4)流化床具有流动性，便于催化剂的再生、生产的连续化和自动化。

缺点是：(1)固体颗粒剧烈碰撞、造成催化剂的磨损、破碎，增加了粉尘的带出和回收系统的负担，设备易磨损；(2)颗粒与气体发生反混，因而造成反应物被生成物所稀释，影响床层轴向温度差，并使浓度差减小，反应转化率降低。

(二) 流化床的基本结构和床型

流化床的结构型式很多，但是不论什么型式，通常都由壳体、气体分布装置、内部构件、换热装置、气体分离装置和固体颗粒的加卸装置所构成，如图 5-11 所示。现将这些基本结构的作用分述如下：

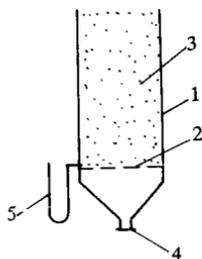
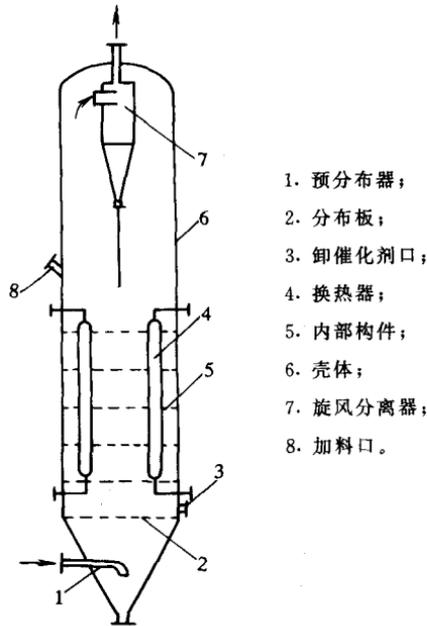


图 5-10 流化床示意图

1. 筒体；2. 分布板；
3. 催化剂；4. 进料管；
5. U形管压差计。



1. 预分布器；
2. 分布板；
3. 卸催化剂口；
4. 换热器；
5. 内部构件；
6. 壳体；
7. 旋风分离器；
8. 加料口。

图 5-11 流化床的结构

1. 壳体。壳体的作用是保证流化过程局限在一定范围内进行，它由底盖、筒体和顶盖所构成。筒体大多是圆柱形。

2. 气体分布装置。它的作用是使气体分布均匀，造成一个良好的起始流化条件，同时支承固体颗粒。气体分布装置包括预分布器和分布板两部分。气体预分布器虽有多种结构型式，但没有严格的要求，只要使进床的气体不偏流就可以。气体分布板是均匀分布气体的关键构件。对分布板的要求是：气体分布均匀、阻力小、不漏料、不堵塞、构造简单、制造方便等。

3. 内部构件。主要用它来破碎大气泡，改善气固相之间的接触，减少返混，增加反应速率和提高转化率。内部构件的主要型式有挡网、挡板、填充物等。挡网一般用铁丝网，挡板有单旋百

叶窗式和多旋百叶窗式等。

4. 换热装置。通常采用外夹套换热和床内换热器。外夹套换热可以用电加热和载热体换热。流化床用床内换热器时，除了考虑一般换热器要求外，必须考虑对流化床内的流型有利，对相同传热面积的换热器，希望在床内的投影面积越小越好。此外，在高温下进行反应时，如果换热管较长，且与反应器是刚性固定时，必须考虑换热管的热补偿问题。

5. 气固分离装置。流化床内固体颗粒之间以及颗粒与设备之间，由于颗粒的运动引起碰撞和磨损。离开床层的气体中带有大量的细粒和粉尘。细粒需要返回床层，粉尘会影响产品的纯度，这些都要求对离床的气体进行气固分离。

6. 固体颗粒加卸装置。第一种方法是依靠颗粒自身重力作用加入床内或由床内流出。第二种方法是用螺旋输送机、皮带输送机等机械传送。第三种方法是气流输送法，依靠气流吹动固体颗粒，设备结构简单，输送能力大，调节方便，因此近年来发展很快。

五、塔式反应器

塔式反应器主要用于气液相反应，是化学工业、石油化工生产中最重要设备之一。它可使气、液两相之间进行充分接触，从而实现气体反应物和溶有催化剂(或无催化物)的液体之间充分的化学反应过程。

在化学工业和石油化工的生产装置中，塔式反应器的投资费用占全部生产装置费用的四分之一以上。

(一) 化工生产对塔式反应器的要求

塔式反应器除了应满足特定的化工工艺条件(如温度、压力及耐腐蚀)外，为了满足工业生产的需要还应达到下列要求：

1. 生产能力大，即气液处理量大。
2. 高的传质、传热效率，即气液有充分的接触空间、接触时间和接触面积。
3. 操作稳定、操作弹性(最大负荷对最小负荷之比)大，即气液负荷有较大波动时仍能在较高的传质效率下进行稳定的操作，且塔设备应能长期连续运转。
4. 流体流动的阻力小，即流体通过塔设备的压力降小，以达到节能降低操作费用的要求。
5. 结构简单可靠，材料耗用量小，制造安装容易，以达到降低设备投资的要求。

(二) 塔式反应器的分类

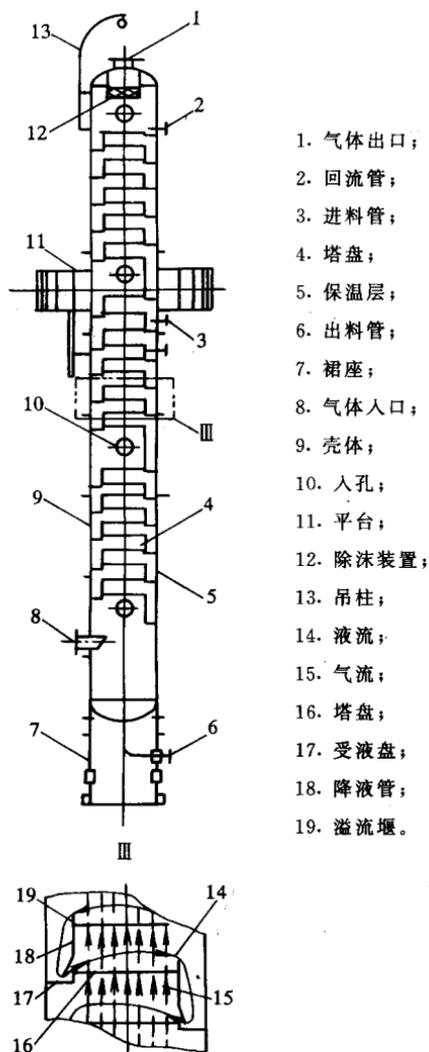
随着化学工业的发展，研制了许多的塔设备结构。塔式反应器的分类方法很多，例如：按操作压力分为加压塔、常压塔和减压塔；按单元操作分为精馏塔、吸收塔、解吸塔、萃取塔等；但是长期以来，最常用的是按塔的内件结构分为板式塔和填料塔两大类。

(三) 板式塔的结构

板式塔的总体结构包括：塔顶的气液分离部分，中部的塔盘和下部的裙座，塔的外壳称为塔体，全塔如图 5-12 所示。

塔顶气液分离部分具有较大的空间，以降低气体上升速度，便于液滴从气相中分离出来。有些塔的塔顶为了除掉气相中雾滴或泡沫，还装有惯性分离装置(见图 5-13)。塔的顶端一般是气体出口的管口。

塔中部是塔盘和溢流装置，气—液两相在塔盘上进行充分接触，以达到传质的目的。为了使液体沿各层塔盘下降，在塔盘上设有溢流装置，包括溢流堰、溢流管(降液管)和受液盘(见图 5-12 的Ⅲ部分)。



5-12 板式塔总体结构图

图 5-13 惯性除沫器是丝网式结构，由于气液混合物经过此处时，速度骤减，液滴被分离出来，气体从塔顶出口管逸出。

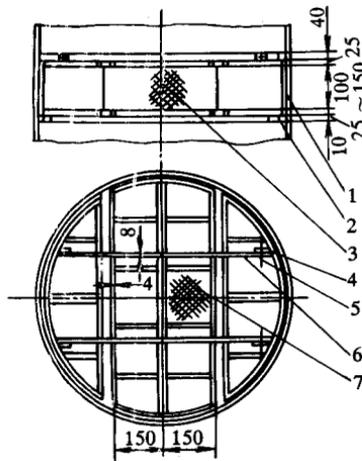


图 5-13 大型惯性除沫器

1. 塔体；2. 支承圈；3. 丝网；4. 支
耳；5. 螺栓；6. 压板；7. 栅板。

为了达到预期的除沫效率，在惯性除沫器的上方和下方，都留有适当的分离空间。

塔体是塔设备的外壳。常见的塔体由等直径、等壁厚的圆筒及作为顶盖和底盖的椭圆形封头所组成。随着化工装置的大型化，为了节约原材料，有用不等直径、不等壁厚的塔体。塔体的厚度除满足工艺条件下的强度外，还应校核风力、地震、偏心载荷所引起的强度和刚度。此外，对于塔体安装的不垂直度和弯曲度有一定的要求。

塔体支座是塔体安放到基础上的连接部分，一般采用裙座。其高度按照工艺条件及管道布置决定。它承受各种情况下的全塔重量以及风力、地震等载荷，为此，它应具有足够的强度及刚度。

(四) 常用的板式塔塔盘的类型

1. 泡罩塔。泡罩塔是工业生产上最早出现的典型板式塔，一

百多年来在生产中应用广泛。

泡罩塔由泡罩、升气管、降液管(或称溢流管)和溢流堰等组成。回流液体由上层塔板经降液管流入下一层塔板,沿塔板 AC 方向流过鼓泡区,与上升气体充分接触(见图 5-14)。液体继续流经 CD 段,其中夹带的气泡得到初步分离,然后越过溢流堰流入降液管中。液体在降液管中经过一段停留时间(一般为 3~5 秒),被夹带的气泡得到进一步分离,上升至塔板空间;清液则流入下一层塔板。堰上液层高度以 h_{ow} 表示。液体自左 A 向右 D 流动要克服各种阻力,就必须有推动力,这个推动力的大小取决于 A 处液面高出 D 处液面的高度,称为液面落差 Δ 。气体(或蒸气)由下层塔板上升,通过泡罩齿缝鼓泡与液体充分接触,达到了传质的目的。

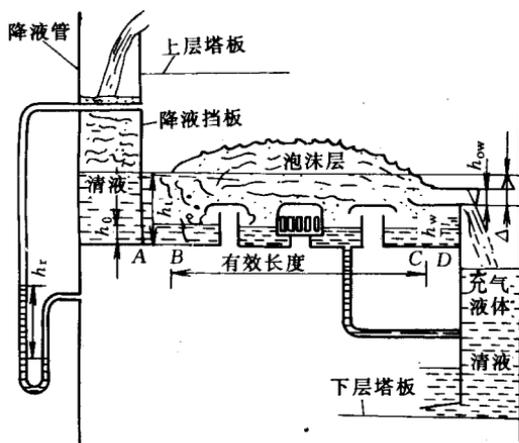


图 5-14 泡罩塔板上气、液接触情况

随着化工生产的发展和技术的进步,不断出现了种类繁多的新型高效板式塔,使泡罩塔的使用范围逐渐减小,但至今化工生产中仍然还有使用的,因为它具有以下优点:

(1) 气—液两相接触比较充分,传质面积较大,因此塔板效率较高。

(2) 气液比变化范围较大，即操作弹性较大，便于操作。

(3) 具有较高的生产能力，适用于大型生产。

因此，目前都以泡罩塔为依据，用来比较其他各类新型塔。它的主要缺点是结构复杂，造价较高，气体通过塔板的压力降较大，所以限制了它的使用范围。

泡罩的形式较多，应用最广泛的如图 5-15 所示结构，罩的周围有条形缝隙，罩体由弯形螺钉固定在升气管上。

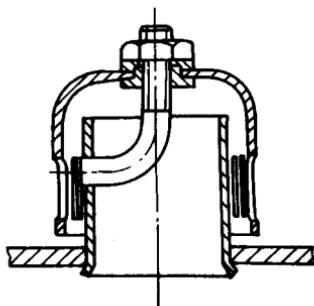


图 5-15 应用广泛的泡罩结构

2. 浮阀塔。浮阀塔是 50 年代初发展起来的一种新型塔结构，目前化工生产中应用最广泛。大型浮阀塔的塔径可达 10 米，塔高可达 83 米，塔板有数百块之多。它的浮阀类型很多，有盘形浮阀和条形浮阀。其中盘形浮阀使用最广。在盘形浮阀中，最常用的是 F-1 型浮阀。

F-1 型(国外通称 V-1 型)浮阀结构如图 5-16 所示。它是用钢板冲压而成的圆形阀片，下面有三条阀腿，把三条阀腿装入塔板的阀孔之后，用工具将腿的阀脚扭转 90° ，则浮阀就被限制在阀孔内只能上下运动而不能脱离塔板。当气速较大时，浮阀被吹起，达到最大开度(见图 5-16)；当气速较小时，气体的动压头小于浮阀自重，于是浮阀下落，浮阀周边上三个朝下倾斜的定距片

与塔板接触，此时开度最小。定距片的作用是保证最小气速时还有一定的开度，使气体与塔板上液体能均匀地鼓泡，避免浮阀与塔板粘住。浮阀的开度随塔内气相负荷大小自动调节，可以增大传质的效果，减少雾沫夹带。对 F-1 型浮阀的规格、开度、材料、代号等有如下规定：

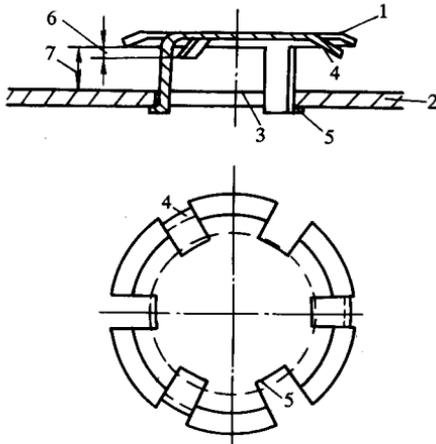


图 5-16 F-1 型浮阀结构

1. 阀件；2. 塔板；3. 阀孔；4. 起始定距片；
5. 阀腿；6. 最小开度；7. 最大开度。

(1) F-1 型浮阀原机械部已经制定标准，分为轻阀(代号 Q)和重阀(代号 Z)两种。轻阀是用 1.5mm 钢板冲压而成，质量约 25g。重阀是用厚 2mm 的钢板冲压而成，质量约 33g。

(2) 浮阀最小开度为 2.5mm，最大开度为 8.5mm。

(3) 标准中规定浮阀可选用 A、B、C、D 四种材料制造：A—普通碳钢 Q235 - A (A3)；B—不锈钢 1Cr13；C—耐酸钢 1Cr18Ni9；D—耐酸钢 Cr18Ni12Mo2Ti。

(4) 标准浮阀要求塔板厚度为 $S=2\text{mm}$ 、 3mm 或 4mm ，塔板

上阀孔直径为 $39+0.2\text{mm}$ 或 $39-0.1\text{mm}$ 。

浮阀塔之所以广泛应用是由于浮阀在塔盘上可安排的比泡罩紧凑,其生产能力比圆形泡罩塔提高 $20\%\sim 40\%$,接近于筛板塔;由于浮阀可在一定范围内自由升降以适应气量的变化,因此能在较宽的流量范围内保持高效率,其操作弹性为 $5\sim 9$,比筛板、泡罩和舌形塔盘大得多;由于气液接触状态良好,且气体以水平方向吹入液层,故雾沫夹带较小。

由于阀盘大多用不锈钢制造,加之浮阀不停地浮动,所以不易积垢堵塞,故使用周期较泡罩塔长,清理也节省时间;其结构比较简单,安装容易,制造费仅为泡罩塔盘的 $60\%\sim 80\%$ (但为筛板塔的 $120\%\sim 130\%$)。

3. 筛板塔。筛板塔也是早期出现的板式塔。

与泡罩塔相比,其生产能力大 $20\%\sim 40\%$,而且结构简单,塔盘造价减少 40% 左右,安装维修都较容易。近年来,发展了孔筛板(孔径达 $20\sim 25\text{mm}$)、导向筛板等多种筛板塔。

筛板塔的示意结构及气液接触状况如图 5-17 所示,筛板塔盘上分为筛孔区、无孔区、溢流堰及降液管等几部分。工业塔的筛孔孔径为 $3\sim 8\text{mm}$,按正三角形排列,孔间距与孔径之比为 $2.5\sim 5$ 。它具有制造容易,不易堵塞等优点,只是漏液点稍低,操作弹性较小。

与泡罩塔操作情况类似,液体从上一层塔盘的降液管流下,横向流过塔盘,经溢流管流入下一层塔盘。依靠溢流堰保持塔盘上的液层高度。气体自下而上穿过筛孔时,分散成气泡,在穿过板上液层时,进行气液间的传质。

4. 舌形塔及浮动舌形塔。舌形塔是喷射型塔,60年代开始应用。它是在塔盘上开有与液流相同方向的舌形孔(图 5-18),蒸气经舌孔流出时,其沿水平方向的分速度促进了液体的流动,因而

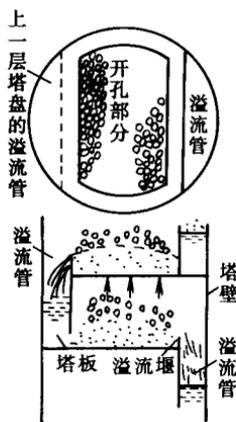


图 5-17 筛板塔盘上气液接触状况

在大液量时也不会出现较大的液面落差。由于气液两相呈并流流动，就大大减少了雾沫夹带。当舌孔气速提高到某一定值时，塔盘上的液体受气流喷射形成滴状和片状，从而加大了气液接触的面积。与泡罩塔相比其优点是液面落差小，塔盘上层薄、持液量少、压力降小(约为泡罩塔盘的 33%~35%)，处理能力大，塔盘结构简单，钢材可节省 12%~45%，而且安装维修方便；其缺点是操作弹性小(仅 2~4)，塔板效率低，因而使用受到一定限制。

(五) 填料塔

填料塔是在圆筒形塔体内设置填料，使用气液两相通过填料层时达到充分接触，完成气液两相的传质过程。填料塔具有结构简单、填料可用耐腐蚀材料制造和适于小塔需要等特点，同时它的压力降也比板式塔小。近年来，由于填料结构的改进，新型的高效填料的开发，既提高了塔的通过能力和分离效能，又保持了压力降小及性能稳定的特点。因此，填料塔已被推广到许多大型

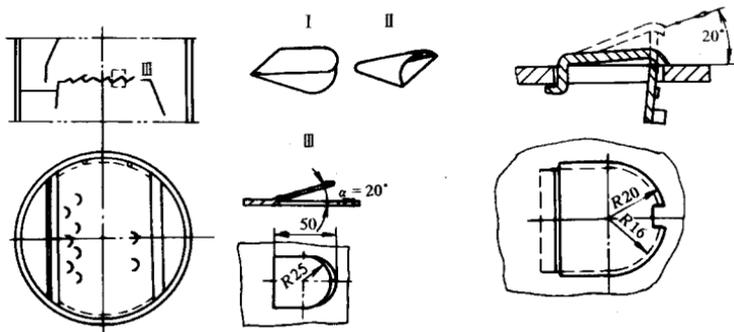


图 5-18 舌形塔盘的舌片形状

气液相反应的化工操作中去，在某些场合下已代替了板式塔。

1. 填料塔的总体结构。填料塔的结构较板式塔简单。这类塔由塔体、喷淋装置、填料、再分布器、栅板等组成，如图 5-19 所示。气体由塔底进入塔内，经填料上升，液体则由喷淋装置喷出后，沿填料表面下流，气液两相便得到充分接触，从而达到传质的目的。

2. 填料的种类及特性。

(1) 填料的特性。填料的特性常用下面几个参数说明：

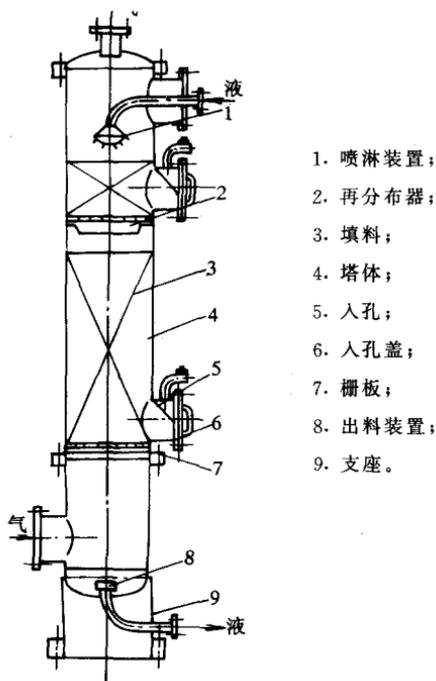
① 填料的尺寸，常以填料的外径、高度和厚度数值的乘式来表示。例如 $10 \times 10 \times 1.5$ 的拉西环，则表示拉西环外径为 10mm，高度为 10mm，厚度为 1.5mm。

② 单位体积中填料的个数 n ，即每立方米体积内装多少个填料，填料整砌比乱堆时每立方米个数多。

③ 比表面 a ，单位体积填料所具有的填料表面积，一般用 a 表示， m^2/m^3 。

④ 空隙率(也叫自由体积) ϵ ，塔内每立方米干填料净空间(空隙体积)所占的百分数，一般以 ϵ 表示， m^3/m^3 。填料上喷洒液体

后，由于填料表面挂液，则空隙率减小。



1. 喷淋装置；
2. 再分布器；
3. 填料；
4. 塔体；
5. 入孔；
6. 入孔盖；
7. 栅板；
8. 出料装置；
9. 支座。

图 5-19 填料塔的结构图

⑤ 堆积密度 ρ ，单位体积内填料的质量，常以 ρ 表示， kg/m^3 。

(2) 填料的种类。填料塔所采用的填料大致可分为实体填料和网体填料两大类。实体填料包括拉西环及其衍生型，如鲍尔环、鞍形填料、波纹填料等。网体填料则包括由丝网体制成的各种填料，如鞍形网、 θ 网环填料等。

① 拉西环。拉西环是最古老的典型填料，如图 5-20(a)所示。

常用的拉西环是外径与高相等的圆筒体。

拉西环的材质最常用的是陶瓷，在特殊情况下也可采用金属或塑料制造。

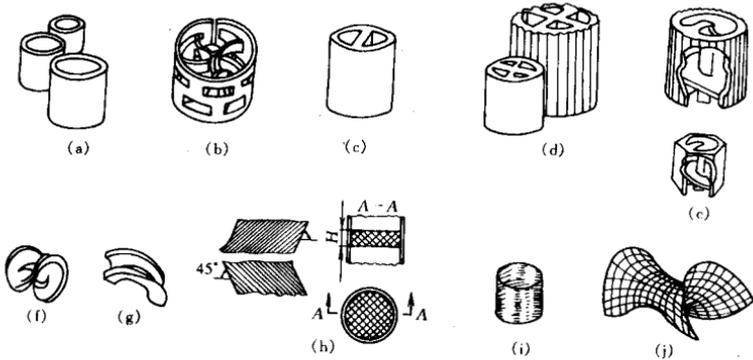


图 5-20 填料种类

- (a) 拉西环；(b) 鲍尔环；(c) θ 环；(d) 十字环；(e) 单螺旋环；
 (f) 弧形鞍；(g) 矩形鞍；(h) 波纹填料；
 (i) θ 网环；(j) 鞍形网

拉西环的衍生型有 θ 环、十字环，即在拉西环中间增加一个隔板或十字隔板，如图 5-20 中的 (c)、(d) 所示。这两种填料的比表面积增大，其压力降也较拉西环大。

此外还有螺旋环，即在拉西环内部设螺旋形隔板，外表面设有轴向圆弧面沟槽，如图 5-20 中的 (e) 所示。这种填料由于结构复杂，传质效果提高不大，压力降较高，因此很少采用。

② 鲍尔环。鲍尔环是在金属拉西环的壁上开一排 ($\phi 25$ 以下的环) 或两排 ($\phi 50$ 的环) 长方形小窗。小窗叶片向环中心弯入，在中心处相搭，上下两排小窗的位置相错，如图 5-20 (b) 所示。一般小窗的总面积为整个环壁的 35% 左右。

鲍尔环与拉西环比较有很多优点。由于开了小窗并把各小窗

叶片弯向中心相搭，增加了气液两相的接触机会，气液分布更均匀，提高了塔的生产能力和传质效率，降低了塔内的压力降，增大了塔的操作弹性。因此，它的应用比拉西环广泛。

③ 阶梯环。阶梯环的形状如图 5-21 所示，它的一端为圆筒形鲍尔环，另一端则为喇叭筒形。这种填料环由于两端形状不对称，装入塔内可减少填料环的相互重叠，使填料表面得以充分利用，同时增大了空隙率，使压力降低，传质效率提高。

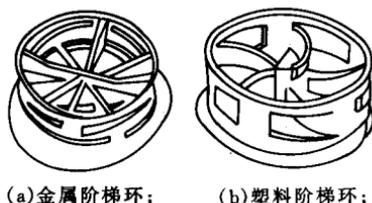


图 5-21 新型填料

④ 鞍形填料。鞍形填料有两种，一种是矩形鞍，另一种是弧形鞍。它们都是敞开式填料，如图 5-20 中的 (f)、(g) 所示。由于这种填料形状的特点，使填料层中填料相互重叠的部分较少，空隙率较大，填料表面利用率较高。这种填料比拉西环填料传质效率高，压力降低，并且强度较高，不易堵塞。因此国内外已广泛采用。

⑤ 波纹填料。波纹填料是将许多波纹形薄板垂直反向卷曲叠在一起，组成盘状，盘高为 H [见图 5-19(h)]。各层薄板的波纹成 45° 角，而盘与盘之间填料成 90° 交错排列。这样有利于液体重新分布和气液接触。气体沿波纹槽内上升，其压力降较乱堆填料低。另外由于结构紧凑，表面积大，传质效率较高。

波纹板材料可根据物料的温度及腐蚀情况，采用铝、碳钢、不锈钢、陶瓷、塑料等材料制造。

波纹填料的缺点是：不适于容易结垢、固体析出、聚合或液体粘度较大的物系；清洗填料困难；造价较高，因此限制了它的使用范围。

此外金属丝编织网也可制成 θ 形网环或鞍形网等〔见图5-19(i)、(j)〕，它们也都具备上述的特点。

第三节 换热类化工设备

换热类化工设备，一般常称为换热器或热交换器(以下简称换热器)。

一、换热器的分类

凡是用来实现冷、热流体之间热量交换的设备都可以称为换热器。在换热器内可以单纯地进行物料的加热或冷却，也可以进行有物态变化的沸腾或冷凝等过程。

按照传热的目的，可将换热器分为加热器、冷却器、冷凝器等。按照传热的方法(这是工业上常用的分类方法)，可分为间壁式、直接混合式、蓄热式换热器，其中间壁式换热器应用最广。

按照传热壁面的形状，可将间壁式换热器分为管式和板式两大类。属于管式的有蛇管换热器、套管换热器、列管换热器等。属于板式的有夹套换热器、板式换热器、板翅式换热器、螺旋换热器等。现介绍几种应用最广泛的间壁式换热器。

二、换热器的构造

(一) 蛇管换热器

蛇管换热器的构造很简单，可以用管件将直管连接成排管形，

也可以将管子盘成螺旋形状。图 5-22 是常见的几种蛇管形状。蛇管的材料有钢管、有色金属管、陶质管、塑料管、石墨管等。蛇管换热器又可分为沉浸式和喷淋式两种。

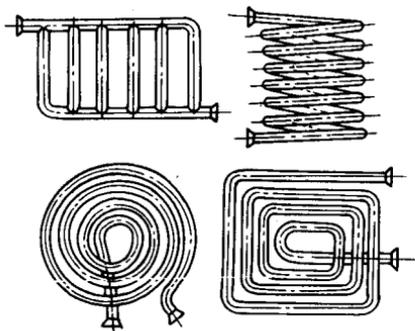
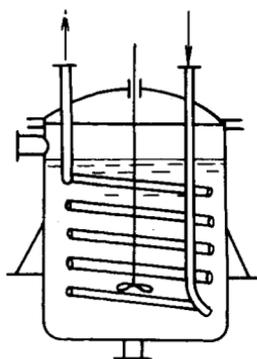


图 5-22 蛇管的形状



5-23 沉浸式蛇管换热器

1. 沉浸式换热器。如图 5-23 所示。将蛇管浸没在盛有液体的容器内，管内通入载热体，与容器内的液体通过蛇管壁面传热。这种换热器可以用于液体的加热、蒸发、冷却或冷凝。

沉浸式换热器的主要优点是：构造简单，价格便宜，便于检修和制造；因为蛇管外保持大量液体，当蛇管外液体流量发生变化时，传热速率变化不大；便于装设在反应器内。

缺点是：管外液体流速很小，所以传热系数小，传热速率低；容器内各处温度大致接近，平均温度差小。通常在容器内装设搅拌器以提高传热系数。

2. 喷淋式换热器。这种换热器一般制成排管状，如图 5-24 所示，主要用作冷却器。被冷却的流体自下而上在管内流动，冷却水在管外从上方的喷淋装置中均匀淋下。在每根管的上面还装有齿形檐板，使水均匀地逐管流下，最后汇集在底盘中，可送至凉水塔冷却后循环使用。

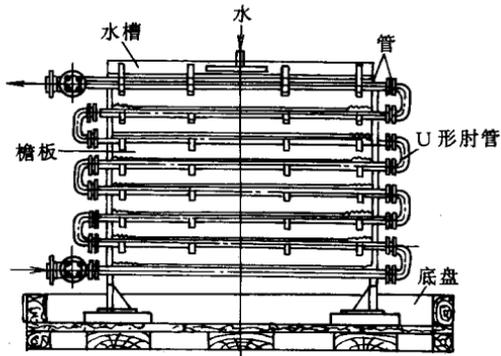


图 5-24 喷淋式蛇管换热器

喷淋式换热器的主要优点是：由于部分冷却水受热汽化，管的传热系数比沉浸式大，冷却水用量少，所需传热面积小；结构简单，管内外清洗检修比较方便。

缺点是：水分汽化强烈，不宜放在室内，只适用于场地充足，不怕水滴飞溅等场合；对喷淋水量的波动很敏感。当水量不足时，下面几排管子不能被润湿，几乎不参加热交换。当冷却水分布不均匀时，也会使部分传热面不起作用，降低传热速率。

(二) 套管换热器

将两种直径不同管子构成同心的套管，根据换热的要求，将很多这样的套管串联起来，构成套管换热器。每一段套管称为一程，每程的内管依次与下一程的内管用 U 形管连接，而外管则与下一程外管连接，这样构成管内和环隙两个通道，如图 5-25 所示。套管换热器的程数一般比较多，可以按照传热面积大小而任意增减，上下排列，固定在管架上。当所需传热面积较大时，可以将几组套管并联。

进行热交换的两种流体分别在内管和环隙中流动，一般呈逆

流流动。由于套管的两管径都可以适当选择，使流体呈湍流状态，因此具有较高的传热系数，也减少了垢层的形成。

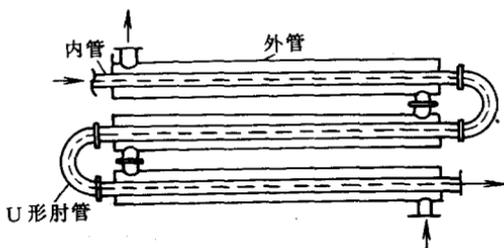


图 5-25 套管换热器

套管换热器的优点是：构造简单，可以用标准管和管件构成；传热面积可以变动，可任意拆除或增添串联的程数或并联的组数；可以选择适当的管径，使管内外流速都比较大，加大传热系数；可以使两种流体按严格的逆流流动，传热温度差大；便于用陶瓷管、高硅铁管等耐腐蚀材料制作，适用于处理腐蚀性物料。

缺点是：接头多，易泄漏；管隙间清洗困难；单位传热面积所需金属消耗量很大，占地较大。因此套管换热器主要用在流量不大，所需传热面积不大以及高压的场合。

（三）列管换热器

列管换热器又称为管壳式换热器，是目前化工生产中应用最广泛的一种换热设备。

进行热交换时，一种流体由顶盖的进口接管进入，通过管束，从另一端顶盖的出口接管流出，称为管程。另一种流体由外壳的一端接管进入，在管束与外壳之间的空隙内流过，从另一端流出，称为壳程。管束的表面积就是两流体之间的传热面积。

如果在换热器的花板（管板）和顶盖之间安装与管束平行的几块隔板，将管束分成几个部分，则流体进入换热器管内后，只能

从一部分管子通过；流至顶盖后再进入另一部分管子，这样依次流过各程管子，最后由出口管流出，称为多程换热器。图 5-26 是一台双程换热器，管内流体经过管束两次。多程换热器的程数就是流体流过管束的次数。

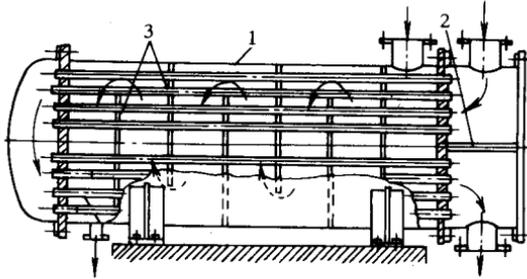


图 5-26 双程列管换热器

1. 外壳；2. 隔板；3. 挡板。

多程换热器特别适用于管内流体流量比较小，而所需要的传热面积很大的场合。因为在这种情况下，如果采用单程，管数较少，则管束就会太长，造成结构上的困难。

应当指出，在多程换热器中管内流体多次折流，增加了流体阻力。为了减少流体阻力，应使每一程的管数大致相同。

为了提高管外流体与管子外壁的接触机会，一般在管束外安装横向挡板，使管外流体曲折前进，并使流体速度提高，增加传热效率。

(四) 板式换热器

板式换热器主要由一组长方形的薄金属板平行排列构成，每片薄板都冲压成凹凸不平的规则波纹，如图 5-27 所示。相邻两板的周边衬有垫片，压紧后达到密封的目的。每片板的四角上各开一个孔道，其中两个孔道和板面上流道相通，另外两个孔道借垫

片与板面流道隔开。不同用途的孔道在相邻的两板上是错开的。冷、热流体分别在同一板的两侧流过。除两端的板外，每一个板面都是传热面。

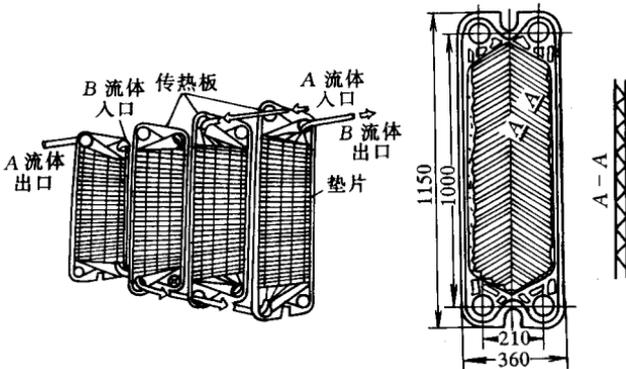


图 5-27 板式换热器

(a) 流程组合示意图 (b) 人字形波纹板片结构

板片被压制各种槽形或波纹的表面，增大了流体的湍动程度，有利于热交换。板式换热器是一种高效换热设备，在 50 年代引入化学工业，发展迅速。板片的材料有不锈钢、耐腐蚀合金材料。国外生产的板片型式已达二十种以上。

板式换热器的主要优点是：传热系数高，在低流速下， $Re=200$ 左右，就可达到湍流；低粘度液体的 K 值（传热系数）可达 $7000W/M^2K$ ；结构紧凑，单位体积设备的传热面积大，可达 $250m^2/m^3$ 以上，而列管换热器一般仅 $40\sim150m^2/m^3$ ；操作灵活性大，可以根据需要调节板片数目，或安装中间隔板以分段使用；金属消耗量低，加工制造容易，检修清洗方便；热损失小。

缺点是：密封周边较长，易泄漏，板片刚性较差，操作压力在 $1.5\times 10^6\sim 2.5\times 10^6Pa$ 以下；操作温度不能太高，只能用于

403~423°K 以下；处理量较小，流道截面积较小，流速不能过大，不适用于易结垢的物料。

第四节 分离类化工设备

在化学工业中，有些固体原料、半成品和产品常含有水分或其他溶剂。为了便于加工、运输、贮存和适合使用，需将固体物料中的水分或其他溶剂除去。除去固体物料中湿分的操作，称为去湿。去湿的方法有以下三种：

1. 机械去湿法。用压滤、抽吸、过滤和离心分离等方法除去水分。这种去湿方法适用于不需要将水分完全除去的场合。

2. 化学去湿法。用石灰、硫酸、无水氯化钙等吸湿性物料除去水分。这种去湿方法费用高，操作麻烦，适用于小批量固体物料的去湿或除去气体中水分的场合。

3. 热能去湿法(最常用)。用热能使物料中水分汽化，并排除所生成的蒸汽。这种用加热方法除去水分的操作，称为干燥。它能够比较完全地除去固体物料中的水分，但要消耗大量热能。在化学工业中，为了使去湿操作经济而有效，常常先用机械去湿方法除去大部分的水分，然后进行热能干燥操作。

热能干燥操作在化工生产中的应用很广泛。例如，聚氯乙烯树脂中的水含量必须低于 0.2%，否则影响制品的质量；抗菌素的水分含量太高，会影响其使用期限；湿染料必须经过干燥成固体，使用才方便；氮肥工业中硫酸铵也要经过干燥操作后，制成产品。干燥操作在其他工农业部门中也得到普遍应用。例如，农副产品的加工、造纸、纺织、制革、木材加工和食品工业中，干燥都是必不可少的操作。

按照热能传给湿物料的方式，干燥可分为传导干燥、对流干燥、辐射干燥和介电加热干燥，以及由其中两种或三种方式组成的联合干燥。

一、传导干燥

载热体(加热蒸汽)将热能以传导方式通过金属壁传给湿物料，热能利用程度高，但是物料易被过热而变质。

二、对流干燥

载热体(干燥介质)将热能以对流方式传给与其直接接触的湿物料。通常用热空气作为干燥介质，供给湿物料中水分汽化所需要的热量，并且带走水蒸汽。热空气的温度容易调节，物料不致被过热，但是热能利用程度较差，热空气离开干燥器时带走相当大的一部分热能。

目前在工业上应用最普遍的是对流干燥。通常使用的干燥介质是空气，湿物料中被除去的湿分是水分。空气经过预热升高温度后，从湿物料的表面流过。热气流将热能传至物料表面，再由表面传至物料内部，这是一个传热过程。与此同时，水分从物料内部以液态或汽态扩散透过物料层而达到表面，然后水汽透过物料表面的气膜而扩散到热气流的主体，这是一个传质过程。所以，物料的干燥是属于传热和传质相结合的过程。

将对流干燥常用的设备说明如下。

(一) 转筒干燥器

图 5-28 是并流转筒干燥器的装置图。转筒干燥器又称为回转干燥器，主要部件是一个直径很大的横卧转筒。筒体外有两个滚圈，支承在四个托轮上，中部有一个传动用的大齿轮。筒身的倾斜角通常是 $0.5^{\circ} \sim 6^{\circ}$ 。筒的内壁装有抄板，最常用的是升举式抄

板, 如图 5-29 所示。

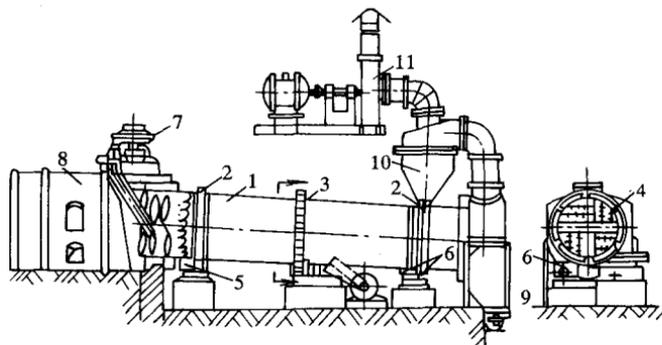


图 5-28 转筒干燥器

1. 转筒; 2. 滚圈; 3. 齿轮; 4. 抄板; 5. 托轮;
6. 挡轮; 7. 加料; 8. 炉; 9. 闸门;
10. 旋风分离器; 11. 烟囱。

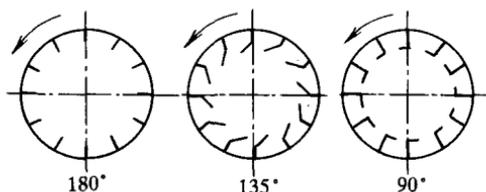


图 5-29 升降式抄板的型式

装在筒内的物料的体积约为转筒总体积的 10%~25%。当筒身回转时, 物料被抄板抄起, 然后借重力落下; 热气流在筒内通过。因此, 气固两相接触面积较大, 干燥效率较好。热气流可以是烟道气或预热后的空气。

转筒干燥器是连续操作的干燥器。圆筒转数一般是每分钟 1~8 转。物料与空气的流向有并流和逆流两种。并流干燥的特点是干燥速率快, 干燥后的物料温度低, 热能利用程度高, 适用于

湿物料允许快速干燥，不致发化裂纹或焦化，而干燥后的物料不耐高温的场合。逆流干燥的特点是干燥后的物料含水量可以降到较低的数值，干燥器内传热和传质比较均匀，适用于干燥速率不宜过快，而干燥后物料能耐高温的场合。

转筒干燥器的优点是生产能力大，气体阻力小，操作弹性大，操作方便。缺点是消耗钢材量多，投资费用较高，占地面积大。转筒干燥器适用于干燥大量生产的粒状或块状物料，如无机盐的结晶、硫酸、尿素、矿渣、陶土和碳钙等物料。物料在器内停留时间约为5分钟或2小时。

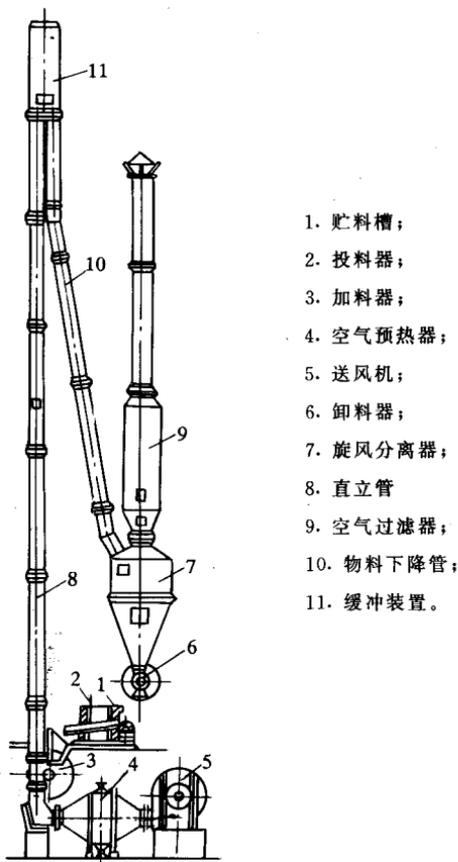
(二) 气流干燥器

气流干燥器的构造如图5-30所示。利用高速流动的热气流，使粉粒状物料悬浮在气流中，在气力输送过程中实现干燥过程。

操作时，热空气以大约20~40m/s的流速，沿10~20m长的直立管向上流动。由于物料颗粒悬浮在空气中，气固传热表面积很大，气固传热系数也很大，物料中的非结合水分很快气化。

气流干燥器是一种干燥速率很高的干燥器。它的优点是气固接触的表面积大，干燥速率快；物料在器内停留时间很短，不超过5~10s，可以在高温下干燥；设备紧凑，生产能力大，结构简单；造价低，占地面积小；操作连续而稳定，可以实现自动控制。由于使用高速气流，物料与器壁和物料之间互相磨擦，使产品磨碎，并使系统中气流压力降增大，一般在3KPa以上。

它的主要缺点是干燥管高度大，一般都在10m以上。目前已研制成多级气流干燥器、脉冲式气流干燥器和旋风式气流干燥器等新型设备。气流干燥器适用于干燥含非结合水分或表面水分较多的无机盐结晶、有机塑料的原料等粉状物料，不适用于晶粒不允许破坏和粘着性强的物料。它在国内使用较早，目前在化肥、塑料、制药、食品等工业中应用很广泛。



1. 贮料槽；
2. 投料器；
3. 加料器；
4. 空气预热器；
5. 送风机；
6. 卸料器；
7. 旋风分离器；
8. 直立管
9. 空气过滤器；
10. 物料下降管；
11. 缓冲装置。

图 5-30 气流干燥器

(三) 沸腾床干燥器

沸腾床干燥器又名流化床干燥器，是流化技术在干燥操作中的应用。为了使物料和气体之间有相对运动，在干燥中把气流速度控制在一定范围内，既保证物料汽化表面能够更新，又不致被气流带出。这样气固可以充分接触，提高干燥速度。沸腾床干燥器就是为了达到这一目的设计的。

图 5-31 是一台卧式多室沸腾床干燥器。干燥器内用垂直挡板分隔成 4~8 室，挡板与多孔分布板之间留有一定间隙，使物料能通过。湿物料依次由第一室流到最后一室。热气流自下而上通过分布板进入松散的粉状或粒状的物料层，气流速度保持在颗粒临界流化速度和带出速度(颗粒沉降速度)之间。颗粒形成流化床，在器内被热气流猛烈冲刷，上下翻动，互相混合和碰撞，与热气体进行传热和传质而达到干燥目的。当床层膨胀至一定高度时，床层空隙率增大而气流速度下降，颗粒又重落下而不致被气流带走。第一室内湿物料所用热空气量较大，而最后一室通入冷空气将物料冷却，便于产品收藏。各室的空气温度和流速都可以调节。

沸腾床干燥器的优点是颗粒在器内停留时间比在气流干燥器内长，而且可以调节；气固接触好，能得到较低的最终含水量；空气流速较小，物料与设备磨损较轻，压力降小；热能利用率高；结

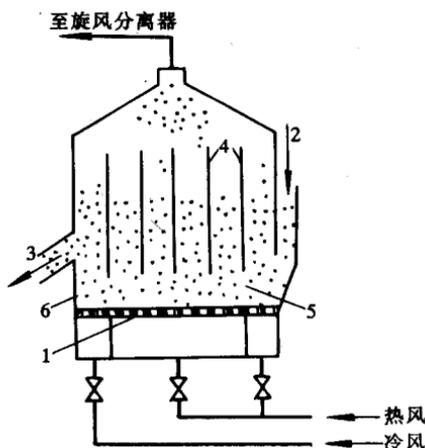


图 5-31 卧式多室沸腾床干燥器

1. 多孔分布板；2. 加料口；3. 出料口；
4. 挡板；5. 物料通道(间隙)；6. 出口堰。

构简单，设备紧凑，造价低，维修费用低。

沸腾床干燥器适用于处理粉粒状物料，由于优点较多，应用较广。

(四) 滚筒干燥器

图 5-32 是一台双滚筒干燥器，是一对钢制的中空圆筒，由传动装置带动，每分钟的转数约为 2—8 转。加热蒸汽从滚筒的空心轴进入筒内，湿物料由两滚筒之间的上方加入，蒸汽通过间壁将粘附在筒外的物料加热和烘干，干燥后物料用刮刀刮下。

滚筒干燥器属于传导干燥器，热效率较高。操作时可以根据物料的粘度大小和要求干燥的程度，调节滚筒间隙距离和滚筒转数。

滚筒干燥器适用于干燥悬浮液、膏糊状物料，不适用于含水量过低的热敏性物料，国内多用于染料工业中。

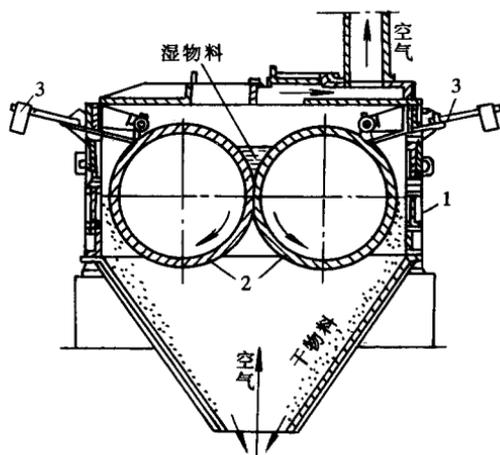


图 5-32 滚筒干燥器

1. 外壳；2. 滚筒；3. 刮刀。

(五) 喷雾干燥器

喷雾干燥器是用喷雾器将含水量在 75%~80% 以上的溶液、悬浮液、浆状或熔融液等喷成细雾分散在热气流中，使水分迅速汽化而达到干燥的目的。

图 5-33 是一种喷雾干燥器。操作时，高压溶液从喷嘴呈雾状喷出，由于喷嘴随同十字管转动，雾状的液滴能够均匀地分布在干燥室中。热空气从干燥室上端进入，把汽化的水分由两侧引风机通过废气管排出，废气带出的粉料由袋滤器滤出后落入螺旋输送机输出。

喷雾干燥器的优点是干燥过程进行很快，干燥时间很短，一般是 3~10s；可以从料液直接得到粉末状产品；操作稳定，容易连续化和自动化；能避免干燥操作中粉尘飞扬，改善劳动条件。缺点是单位设备容积的干燥强度小，热效率低，能量消耗大。

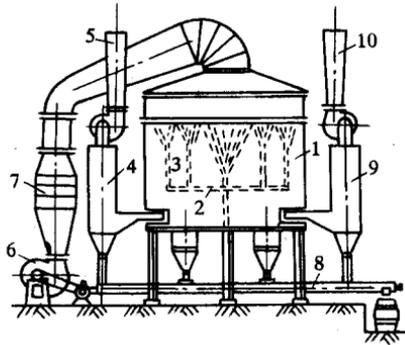


图 5-33 喷雾干燥器

1. 干燥室；2. 旋转十字管；3. 喷嘴；
4. 9. 袋滤器；5. 10. 废气排出管；6. 送风机；
7. 空气预热器；8. 螺旋卸料器。

它广泛应用于干燥浆状物料和浮浊液，特别适用于热敏性物料，如牛奶、蛋品、血浆、抗菌素、酵母、洗涤剂和染料等。

三、辐射干燥

热能以电磁波的形式由辐射器发射至湿物料表面被其吸收再转变成热能，将水分加热汽化而除去。辐射器有用电能的和热能的两种，发射的是红外线。用红外线干燥的生产强度大，产品洁净而干燥均匀，但是电能消耗大。

四、介电加热干燥

将湿物料置于高频电场中，由于高频电场的交变作用使物料加热而达到干燥的目的。

以上两种干燥方法由于投资多，耗电量较大，应用受到一定限制，故目前在我国应用较少，不再详细叙述。

思考与练习

1. 反应类压力容器按聚集状态分为哪些类：在化工生产中应用较多的是哪些类？
2. 釜式反应器适用在何种范围内使用？它的优点是什么？
3. 固定床催化反应器的特点是什么？它的缺点是什么？
4. 流化床催化反应器的特点是什么？它的缺点是什么？
5. 化工生产对塔式反应器的要求是什么？
6. 换热类压力容器(换热器)按传热壁面的形状分为哪几种？
7. 分离类设备或压力容器按去湿方法分可分为几种？最常用的是哪一种？
8. 底搅拌式釜式反应器的优点和缺点是什么？

9. 绝热式流化床反应器适宜在何种条件下使用？
10. 浮阀塔反应器与泡罩塔反应器相比，在生产能力和制造费用两方面有什么区别？
11. 喷淋式蛇管换热器适宜在什么条件下使用？
12. 板式换热器的主要优缺点是什么？
13. 转筒式干燥器和滚筒式干燥器各属于哪类干燥方式？它们各适用于干燥何类物料？

第六章 设备诊断技术和状态监测

在进行资产评估和日常设备管理工作中应掌握设备的劣化、故障状态和造成劣化的原因。在过去，一般均凭五官感觉对设备的外表现象进行检查。主要取决于检查员的经验。但有时根据五官感觉检查结果，而对设备停机，分解后却发现设备没有什么大问题。由于现代化的设备向大型化、高速化、连续化和精密化发展，这种停机解体检查和感官诊断的方法会造成设备精度下降，也会造成财力、人力和时间上的巨大浪费。于是，人们进行了探索，把人类医学的原理引入了设备管理之中，把研究故障机理的故障物理学，同现代信号处理技术结合起来，创造了设备状态监测和故障诊断技术。

第一节 诊断技术和状态监测

一、设备诊断技术

设备诊断技术就是利用科学的检测技术、检测设备运行状态和参数，经过比较分析，判断出设备异常情况的原因，可能发生故障的部位，并预报发展趋势和结果的一门科学技术。由此可见，诊断技术必须包括三个方面内容：

第一，要了解设备的现状。

第二，要了解异常或故障的原因。

第三，要有预知、预测未来影响的技术。

设备诊断技术的概念是从医学上对人体健康状况进行检查诊断的理论和实践中推理、引伸出来的。要对设备的技术状态进行正确的判断，必须测量设备的振动、音响、温升等，运用医学上对人体检查原理，采用超声波、红外线、电磁、化学分析等方法来发现设备可能发生故障的部位、原因和时间。表 6-1 所示内容提供了有关设备诊断和医学诊断这两方面的明显对比情况。

表 6-1 设备与医学诊断的对照表

诊断方式	对症状采取的诊断方法		诊断的症状特征信息	
	医学诊断	设备诊断	人体症状	设备症状
主观型 诊断方式	(医生的感官) 望、闻、切、听、嗅	(监测人员的感 官)听、摸、看、闻	通过脸色、舌苔、 热度、心速、声音、 形态等反映	通过响声、温度、 润滑、颤动、外观 等异常反映
客观型 诊断方式	量体温	一般的温度监测	热度高低	温度异常
	听心音、作心电图	振动和噪声监测	声响及心电波形 的反映	噪声、振动和波 形异常
	量血压	压力监测	血压高低	压力异常
	验尿、验血	油液分析	化学成分及细胞 形态、数量变化	油质参数量及磨粒 形态、尺寸、数量 异常
综合型 诊断方式	X 射线、超声透 视和肠胃摄片	各类无损检测	检查体内缺陷	检查机体内部构 成的缺陷
	查发病病史及 各种诊断报告	查设备修理档案 及各类诊断数据	找变化规律并判 断病因和病情	找劣化倾向规律， 判断故障原 因和程度

设备诊断技术系统工作原理如图 6-1 所示。

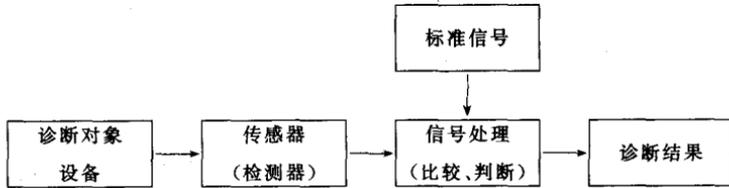


图 6-1 设备诊断技术系统工作原理

传感器安装在诊断对象(设备)上,以传递温度、压力、振动、变形等各种信号。在信号处理装置中,将输入的诊断信号与预先储存在系统内的标准信号进行比较。标准信号就是设备各种参数的允许值,是根据事先积累的大量数据资料 and 实际经验,并从理论上进行分析归纳而制定出来的判断标准。通过比较、分析、作出判断,确定故障的部位和原因,预测可能发生的故障,反映设备运转状况等。

目前设备诊断技术正广泛应用于各个领域。表 6-2 列举了已经开发和正在开发的一些诊断技术和适用对象。

表 6-2 设备诊断技术状况

分类	主要诊断对象	诊断技术举例	分类	主要诊断对象	诊断技术举例
机械零件	(1) 滚动轴承 (2) 滑动轴承 (3) 齿轮装置	(1) 振动音响法 冲击脉冲法	加工机械	(1) 工作母机 (2) 剪切机械 (3) 焊接设备等	(1) 振动音响法 (2) 负载电流法 (3) 火花检测法
		(2) 电阻法 (3) 速度变换法 (4) 油分析法		静设备	(1) 受压容器 (2) 结构件 (3) 管道系统
动力传动机构	(1) 传动轴系统 (2) 高速旋转体 (3) 轮 轴	(1) 振动音响法 (2) 声发射法 (3) 振动模式法			
流体机械	(1) 水力机械(水轮机、水泵等) (2) 油压机械(泵、油缸、阀等) (3) 空气机械(空压机、风机等)	(1) 振动音响法 (2) 压力脉冲法 (3) 超声波法 (4) 温差法 (5) 效率测定法	电力设备	(1) 旋转电机 (2) 静止电力设备 (3) 动力电缆	(1) 振动音响法 (2) 电流分析法 (3) 绝缘诊断法 (4) 整流诊断法 (5) 气相分析法

续表

分类	主要诊断对象	诊断技术举例	分类	主要诊断对象	诊断技术举例
原动机	(1) 发动机 (2) 汽轮机 (3) 油压马达等	(1) 振动音响法 (2) 气体流动分析法 (3) 效率性能法 (4) 气体分析法 (5) 压力脉冲法	控制系统	(1) 电动机控制系统 (2) 液压控制系统 (3) 仪表控制系统	(1) 卡氏滤波法 (2) 传递函数法 (3) 系统辨识理论 (4) 统计控制理论 (5) 外变量分析法

设备诊断技术一般包括两部分：一是对设备的技术状态简便而迅速地作出概括评价，主要由现场作业人员实施的简易诊断技术；二是当简易诊断难以作出正确判断时，由专门人员实施的精密诊断技术，它是对经过简易诊断判定为异常的设备作进一步的详细诊断，以确定应采取的措施。它不仅需要简单的测定和分析，还需要运用一系列复杂的定量检测和分析技术。

设备诊断当然要以掌握现状为中心，但如果仅仅立足于现状，抓住某一特定的异常或故障，进行“头痛医头”那样的诊断，是难以奏效的，因此应按设备一生管理的要求在每个阶段开展设备的诊断，以实现设备寿命周期费用达到最经济、最有效的目标，设备寿命周期的诊断工作可分为三个阶段。如表 6-3 所示。

表 6-3

	阶段	可采用的有效技术和方法
I	规划、设计制造阶段	可靠性和维修性的预测和分析，开发检测和诊断技术，进行初步试验和设计审查
II	使用维护阶段	定期预防性检测，状态监测维修，对可靠性和维修性的长期监测
III	故障、试验报废阶段	故障分析、计算可靠度和维修度，再试验

二、设备状态监测

设备状态监测是指用人工或专用的仪器工具，按照规定的监测点进行间断或连续的监测，掌握设备异常征兆和劣化程度。

设备状态监测和诊断技术是两项既有区别又密切联系的设备管理技术。好比医务系统里的健康检查和治疗诊断，病人有了不适(异常)，总要进行各种检查和化验，以取得诸如体温、血压、心电图、血液分析等数据。但是，尽管有了这些信息资料，仍然不能说明所患的病症。只有充分利用这些资料进行周密的综合分析和症状对比，进一步加以识别和判断，甚至经过会诊之后，才能确诊和决定采取何种治疗方法。因此，从这个意义上说，设备诊断技术应该是状态监测后的识别和判断阶段，而不仅是对故障或异常作简单的描述。

状态监测通常是通过测定设备的一个或几个单一的特征参数，例如振动、温度等参数，检查其状态是否正常。当特征参数小于允许值时，则可认为是正常的，倘若超过允许值时即可认为是异常的，若参数值将要达到某个设定极限值，就应判定安排停机修理。为了达到这个目的，在对设备进行定期或连续监测时，必须及时掌握并记录故障发展的趋势，对使用寿命进行预测、预报，实现状态监测的要求，做好故障趋势分析。设备状态监测按其监测对象和状态量来划分，可分为两个方面的监测：

1. 机器设备的状态监测：指监测设备的运行状态，如根据设备的振动、温度、油压、油质劣化、泄漏等情况，对泵类、压缩机、机床等进行监测。

2. 生产过程的状态监测：指监测由几个因素所构成的生产过程状态。例如监测产品质量、流量、成分、温度或工艺参数量等。

上述两个方面的状态监测是相互关联的。例如生产过程发生

异常会引起设备发生故障或使设备工作异常，反过来，往往设备运行状态发生异常，会引起生产过程的异常。

目前，设备状态监测方法主要有两种：

1. 由监测人员凭感官和普通仪器，对设备的技术状态进行检查、判断，这是目前在机械设备监测中最普遍采用的一种简易监测方法。由于人类感官的觉察能力是有限的，因此其使用范围也是有限的，所以凭感官的诊断方法适应不了现代设备的管理与维修。

2. 利用各种监测仪器对整体设备或其关键部位进行定期、间断或连续监测，以获得技术状态的图象、参数等确切信息，这是一种能精确测定劣化和故障信息的方法。

由于当前现代化的设备不断增加，促使了这种状态监测方法的发展。同时一些具有现代化生产的系统装备，借助于附加的计算机控制方法，来达到对生产过程或设备运行状态的自动监测，其效果非常明显。

第二节 监测和诊断的主要方法

设备经过使用后由于各种零件的变形、疲劳、冲击、腐蚀、磨损和蜕变等因素，会使设备劣化。设备出现劣化即会出现状态变化的各种信号，取得与这些异常情况相对应的信号，就能对设备的异常进行诊断。这些信号一般可分为以下三种类型：

第一，机械信号。这是由于设备状态劣化而产生的动作状态变化的信号，如振动、噪音、温度、转速、扭矩等信号。

第二，电磁信号。电流、电压、磁感应密度及部分放电、导磁等电气、磁力信号。

第三，化学信号。由设备劣化过程新生成或过量生成的物质。例如液体（润滑油成分的变化）、气体等化学物质产生的信号。

对这些信号，有不同的检查方法，将这些信号进行各种分析和处理，区分、识别并确认其异常表现，查明其产生原因，发生部位和严重程度，提出处理方法并预测其发展趋势，例如根据润滑油中所含金属微粒的成分、形态及大小的分析，可以得到油液循环着的那些部件的劣化信息。分析金属磨损微粒、测量金属微粒的分布，检查磨损程度和鉴定金属成分可测定出是哪个部位发生磨损。

目前，常用的状态监测技术有：振动监测、温度监测、裂纹监测、磨损监测、泄漏监测、腐蚀监测、噪声监测、应力监测、应变监测等。

一、振动监测

在机器设备的监测和诊断中，振动监测是常用的监测方法。

任何机器运行时都有振动，振动反映了机器状态。无论是高精度磨床、镗床还是大功率的电机，乃至汽车轮胎等，时刻都伴随着振动。但当机器内部发生异常时，一般均会出现振动量和振动波形的变化。因此根据振动信号的测量和分析，可在运行过程中，掌握和识别设备的劣化程度和故障特征。

（一）振动的基本参数

振动是一种极其普遍的物理现象。物体围绕平衡位置作往复运动就称为振动。为了说明振动的性质，常使用振幅、频率、相位三种参数。用这些参数表示振动，可以对振动的激烈程度、振动的原因及不良部位等进行定量的监测。

1. 振幅。是表示振动体或质点距离其平均中心的幅度。振幅有位移振幅、速度振幅和加速度振幅之分。表示方法有单振幅、双

振幅两种。也有以最大值、平均值、有效值三种来表示振幅的。图 6-2 表示了它们之间的相互关系。

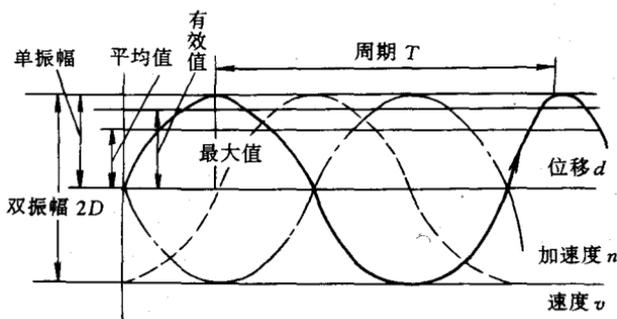


图 6-2 振幅

2. 频率。物体每振动一次所需要的时间称为周期。单位是秒，而每秒振动的次数叫做频率，其单位是次/秒，用 Hz 表示。

频率与振动周期互为倒数，即

$$\text{频率} = 1 / \text{周期}$$

3. 相位。所谓相位就是表示振动的部分相对于其他振动的部分或其他固定部分处于什么位置关系的一个量。两个不同的振动源都会有各自的相位，相同的相位可能引起合拍共振，产生严重后果。如果相位相反，则可能引起振动抵消，起到减振作用。因此，相位也是振动特征的重要信息。

(二) 振动监测的传感器

在进行振动的测量和分析时，通常使用的传感器是把机械能转换成电能，使传感器产生与机械振动成函数关系的电信号。然后通过放大进行记录和显示。振动传感器的种类很多，常用的有三种：即感受振动位移的位移传感器，感受振动速度的速度传感器，以及感受振动加速度的加速度传感器。

振动位移、速度和加速度三者之间有着微分、积分关系。只要获得其中之一，便可换算求得另外两个参数。在选择测量参数时，通常应选择能得到最平坦的频率参数，这样可以使测量仪器的可用动态范围最宽。

1. 加速度传感器。目前应用最广的是压电式加速度计，由于它的频率范围与动态范围都比速度和位移传感器宽得多，因此在一般设备监测中总是优先选用。而且它体积小，重量轻，稳定性高，可以安装在任何方位，无需电源供电，自身产生信号，无移动元件，不易造成磨损，而且输出信号通过积分电路能容易地转换成速度或位移信号。

压电式加速计的核心是压电晶体材料，通常是人工极化的铁电陶瓷，当受到应力作用时，无论是拉伸、压缩还是剪切，在它两个极板上都会出现与所加应力成正比的电荷。当加速度计受到振动时，内部质量块的惯性力就作用在压电晶体上，输出的电荷量与振动加速度成正比。

压电加速度计的主要结构有正置压缩型、倒置压缩型、环形剪切型、三角形剪切型。如图 6-3 所示。

2. 速度传感器。目前常用的是惯性式磁电速度传感器，其工

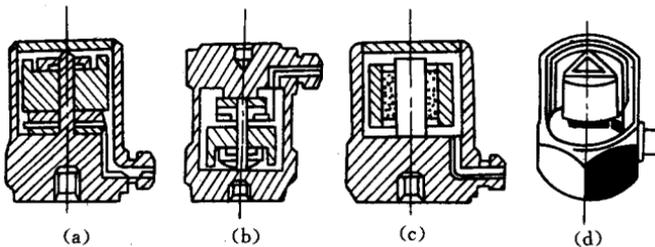


图 6-3 压电加速度传感器结构示意图

(a) 正置压缩型 (b) 倒置压缩型

(c) 环形剪切型 (d) 三角形剪切型

作原理依据电磁感应。图 6-4 为其结构示意图。

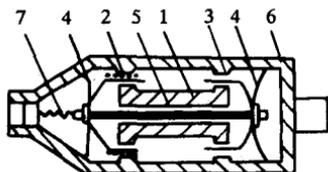


图 6-4 磁电速度传感器结构示意图

1. 磁钢；2. 线圈；3. 阻尼环；
4. 弹簧片；5. 芯轴；6. 壳体；7. 输出线。

固定在弹簧片上的可动线圈随机器振动作惯性振动时，可动线圈切割磁力线产生感应电动势从而输出与速度成正比的电压。

磁电速度传感器灵敏度高，适合用于测量振动量微小的高精度机械。

3. 位移传感器。目前应用最广的是涡流位移传感器(图 6-5)，这是一种非接触式距离测量系统，它不断测量传感器顶端与被测对象表面之间的距离变化，并转换成与之成正比的电信号。

电涡流传感器可用于测量轴的转速、相位角、振动频率及转轴的运动方向，它能有助于鉴别不同的机械故障和对故障分析以及在旋转机械动平衡上起着重要作用。

(三) 异常振动分析方法

1. 以振动总值法判别异常振动。

这是一种最直接的方法，把传感器放在设备应测量的部位，测量机器的振动值。振动值可用加速度、速度或位移来表示，通常都选用振动速度这个参数。将测得的数据以表格或图样表示其趋向，对照“异常振动判断基准”，判别实际测量值是否超过界限或极限

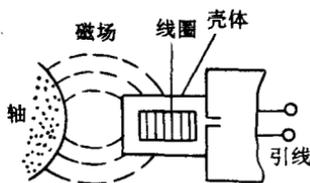


图 6-5 位移传感器

规定值，以评价设备工作状态的正常与否。在这种诊断方法中制定判断标准是最主要的基础工作。表 6-4 为 ISO(国际标准化组织)的判断标准。

2. 以频率分析法诊断异常振动。用振动总值法能判断整机或部件的异常振动，倘若把该振动信号取出后再作频率分析，就能进一步查出异常的原因和位置。这种频率分析工作可用普通型的振动测量仪和记录分析仪组合一起来实现。通常是先采用测振仪进行振动总值的检测。当发现振动总值数据有较快增大时，并有接近或超出最大允许界限值的趋向时就可采用分析仪对实测振动信号进行频率分析。由于一台机器中各个零部件具有确定的振动频率，因此作出频谱图与其正常谱图(或称原始谱)进行比较就能较方便地寻找振源，诊断出故障部位和严重程度。当频谱图上出现新的谱线时，就要考虑到是否机器发生了新的故障。

表 6-4 (ISO—2372)异常振动判断基准

振动速度		机 械 分 类			
(mm/s)	均方根值	小型机械 I类	中型机械 II类	大型机械 (坚固基础) III类	大型机械 (柔软基础) IV类
毫米/秒					
-0.28-		好	好	好	好
-0.45-					
-0.71-		较好			
-1.12-			较好		
-1.80-		较差		较好	
-2.80-			较差		较好
-4.50-		差		较差	较差
-7.10-					
-11.20-				差	差
-18-					
-28-					
-45-					
-71-					

3. 以振动脉冲测量法判断异常振动。振动脉冲测量法专门用于滚动轴承的磨损和损伤的故障诊断。其原理是利用滚动轴承失效时由于滚道产生点蚀、剥落等缺陷使轴承内外环上出现凹痕,每当与滚珠接触时,都会发生一个冲击力,虽然这也增加了振动的均方根值,但影响最大的当然是峰值。这种冲击脉冲波经设备本体传至压电式的传感器,传感器输出的信号峰值,基本上只与脉冲波的幅值有关,对其他因素相对来说并不敏感,因此当系统对冲击效应进行放大时,不会受普通机器振动的影响。根据实际冲击水平与正常冲击水平之差即冲击水平增加值来判断轴承性能的好坏。

二、温度监测

利用温度测量对设备的热状态进行监测是一种历史很久的监测方法,尽管人们常认为振动监测的方法是最普通和有效的,甚至认为至少可以解决60%的机械故障问题。但温度监测也有其不可取代的优势,例如在高低压电器、化工设备、热工设备、工业窑炉及电子设备等方面温度监测的优势是显而易见的。

温度是表示物体冷热程度的物理量,也是物体分子运动能量大小的反映和标志。物体在生产和运行过程中的许多物理现象和化学作用的结果,都可归结到温度这个状态量上,所以在设备中的机械零部件和电气元器件,常常会由于温度变化导致“热故障”。如机械零部件中由于不正确的工作位置或过载运行,或轴承的磨损运转,或是润滑不良等都会产生异常热。又如电气系统中,工作机件的摩擦、磨损、绝缘层破坏、负载过量、电阻值变化、电缆接头老化、松动、接触不良等。都会使系统内各薄弱环节产生异常温度。因此,温度监测是设备状态监测的通用监测技术。

(一) 测温装置及其适用范围

测温装置通常按测量方式分为接触式和非接触式两大类，而根据测温目的和部位的不同还可分为两种：一种是监测设备内部的温度如测量锅炉水温；另一种是监测表面温度，如测量轴承座外壁的温度。一般地说，表面测量所得信息较广泛，通过它可了解设备内部发热量的变化，也可判断热量传至表面时，传导途径有无异常。但是，表面测温较内部测温困难，因为在表面上通常都有明显的温度分布间断点，在装上温度传感器后，温度分布和间断点位置都会发生变化。

1. 接触式测温装置。接触式测温装置使用较为普遍，其工作原理是使测温元件与被测对象有良好接触。通过传导和对流达到热平衡，使传感器的感温元件的温度反映出测温对象的温度，并把这一信息表示出来。常用的接触式传感器有以下几种：

(1) 液体膨胀式温度计。是以水银或酒精装在玻璃管内的温度计。当温度升高时，水银或酒精因膨胀而沿毛细管上升，在刻度尺上就可读出温度数值。这种温度计精度较高但易损坏，一般测温范围为 $-35^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 固体膨胀式温度计。有杆式和双金属式两种。都是利用两种膨胀系数不同的金属(非金属)组合而成。测温范围 $-45^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，适用于温度较高，又要求结实耐用的场合。

(3) 压力式温度计。该类温度计是在封闭容器中充入液体、气体或低沸点液体的饱和蒸汽，在受热后体积膨胀或压力变化推动传动机构，带动指针，在刻度盘上显示出温度值。一般测温范围为 $-60^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 电阻温度计。它是利用电阻与温度呈一定函数关系的金属导体或半导体材料制成测温元件。当温度变化时，电阻随温度而变化，通过测量电路转换，在显示器上显示出温度值。在工业上广泛应用电阻温度计来监测 $-200^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ 范围温度。如测量

内燃机冷却水的温度、大型电机定子线圈的温度、轴承温度等。

(5) 热电偶温度计。该类温度计是利用热电偶回路两个接点部位的温度差所产生的热电动势来测量温度。现已广泛用来测量 $100^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度。其优点是：测量精度高，便于信号远传，适应性较强。

2. 非接触式测温装置。这种监测仪器在测量时，测温元件与被测对象不需接触，是通过接收物体热辐射能来实现监测的，常用非接触式测温仪器有以下几种：

(1) 光学高温计。当温度升至 500°C 左右，辐射即进入可见光范围，将灼热物体表面颜色与加热灯丝作对比，就能测出温度值。

(2) 辐射高温计。利用热电元件或硫化铅元件来测量发热物体表面的辐射能。其频率范围是整个光谱范围，因此测温范围宽，可达 $40^{\circ}\text{C}\sim 4000^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 红外测温仪。它是近几年来发展较快的新型测温仪表。红外测温仪是以检测物体红外线波段的辐射能来实现测温。这种仪器具有体积小，重量轻，可便携，灵敏度高，响应快，操作简便的优点，常用于现场温度监测和红外诊断。

(4) 红外热像仪。利用物体热辐射特性，对被测物体平面、空间以温度分布形式的图像显示在屏幕上。采用红外热像仪检查分析运动中设备技术状态，查明其故障位置和程度是极其有效的。

(二) 设备温度监测的应用范围

温度监测除可用于检查工艺过程中的温度变化，据此判断控制过程是否良好，是否存在故障外，还可以直接用来检查下列各种常见故障。

1. 轴承损坏。由于滚动轴承零件损坏，接触表面擦伤或动压轴承损坏等原因，发热量必然增加。这种变化可用热电偶等传感器测量出来，也可以用两套传感器；一套测轴承温度，另一套测

距轴承座不远处机体温度，两者之差便能反应轴承发热情况。对于由磨损引起的面接触，所产生的热量会散逸至外表面，也可由此检查出来。

2. 冷却系统故障。润滑或冷却系统的故障会使某些零件的表面温度上升，因此很容易检查到。故障原因一般为油泵故障，传动不良。管路、阀或滤清器阻塞、热交换器失效等。

3. 发热量不正常。在内燃机或燃油锅炉内燃烧不正常时，外壳表面的温度将不均匀。如在适当部位装有一定数量的传感器，对其输出扫描记载，就可知道分布不均匀性或变化过程。用红外热像仪可进行大面积快速的温度监测。

4. 有害物质聚积。例如，管内有水垢，锅炉或烟道结灰渣，形成腐蚀性副产物等。它们都可用温度扫描方法检查出来，因为隔热层厚度的改变，使表面温度的分布有了变化。

5. 保温材料的损坏。对于工业窑炉和制冷设备，使用红外热像仪可以很容易地找到保温材料的损坏部位。耐火材料衬里的开裂和保温层的破损，将会呈现出局部过热点或过冷点。

6. 电器元件故障。电气元件的接触不良意味着接触电阻的增加，通过电流时发热量就大，这种局部过热也可用红外热像仪查出。例如可以对高压线路的电缆、接头、绝缘层等进行快速检查。而另一方面与此相反，如整流器、可控硅等器件如出现不发热的冷点，也表示已经损坏。

三、裂纹监测

机器零部件中最严重的缺陷是出现裂纹，裂纹产生的原因是多种多样的，主要有以下几种：

1. 在制造阶段原材料产生的裂纹；
2. 加工制造阶段产生的裂纹；

3. 设备在使用中发生的裂纹。

检查这些裂纹通常使用无损检测法，可是，要想判断这些裂纹是有害还是无害都相当困难。一旦产生漏判，运行的机件上产生裂纹的扩展就会对生产安全运行造成很大威胁和严重后果。所以，在大多数情况下，或者是要规定裂纹的大小或数量标准，或者根据破坏检查强度变化来预测产生裂纹的原因和设备的使用寿命。以上各种检查及判断，都是在已产生裂纹情况下进行的。而如果能在设备开始使用时检查出发生的裂纹，那么，就能使诊断获得相当重要的情报。下面介绍一些裂纹监测技术和方法：

(一) 表面检测裂纹技术

1. 渗透法。渗透探伤是在金属表面涂上具有浸透性的某种有色液体，擦拭以后，由于在裂纹中残留有液体，故能显示出裂纹。

2. 磁粉法。此法是利用磁粉的细粒，在进入由于裂纹而引起的漏磁场时，就会被吸住留下，由于漏磁场比裂纹宽，故积聚的磁粉用肉眼容易看出，如图 6-6。

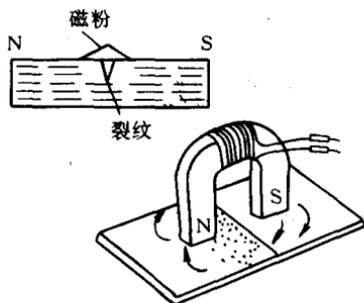


图 6-6 用磁粉检测裂纹

3. 涡流检测法。此法是利用涡流裂纹探测器进行的。其原理是探测器接触裂纹时，使探测器线圈的阻抗减弱而引起电压的变化，即在仪器刻度盘上显示出相应数值或发出报警声。同样还能

利用涡流法来测量裂纹的深度值。

(二) 射线探测法

在设备监测中,常用易于穿透物质的X、 γ 射线。当射线在穿透物体过程中,由于受到吸收和散射,使强度减弱,其衰减的程度与物体厚度、材料的性质及射线的种类有关。当物体有气孔等体积缺陷时,射线就容易通过。反之,若混有吸收射线的异物夹杂时,射线就难以通过。用强度均匀的射线照射所检测的物体,使透过的射线在照像底片上感光,通过对底片的观察来确定缺陷种类、大小和分布状况,按照相应的标准来评价缺陷的危害程度。但此法费用较高。

(三) 超声波探伤法

此法是利用发射的高频超声波(1~10MHz)射入到被检测物的内部,如遇到内部缺陷则一部分射入的超声波在缺陷处被反射或衰减,然后经探头接收后再放大,由显示的波形来确定缺陷的部位及其大小,再根据相应的标准来评定缺陷的危害程度。

(四) 声发射检测法

一般金属物体产生裂纹时会发出很高的高频超声波。把这种声波的释放叫声发射。利用声发射的原理,监测裂纹的方法叫做声发射法。

当设备的某些部位的缺陷在外力或内应力作用下发生扩展时,由于能量释放会产生声波,并向四周传播。安放在被测表面上的传感器接收到这种信号,经放大和数据处理就能确定声源的位置,并可根据已有的一些标准和规定,来判断缺陷的严重程度。

在常规的无损检测中,总是以某种方式向被测对象发出特定信号,然后再由仪器检测被测对象对该信号的反应,从中识别缺陷存在及其性质,如超声波探伤法即如此,而在声发射检测中,信号是缺陷在应力作用下自发产生的,从接收到来自缺陷的声信号

推知缺陷的存在和其所处状态。因此缺陷主动参与检测。这是声发射检测与其他无损检测法的最大区别。

和常规的无损检测相比较，声发射检测有如下特点：

1. 声发射检测时需对设备外加应力。它是一种动态检测，提供的是加载状态下缺陷活动的信息，因此声发射法可更客观地评价运行中设备的安全性和可靠性。

2. 声发射灵敏度高，检查覆盖面积大，不会漏检，可以远距离监测。

3. 声发射检测可在设备运行状态中进行。

4. 声发射检测不能反映静态缺陷情况。

四、磨损监测

磨损状态是机件故障、失效的又一种常见形式。由于机器在正常传动和运行中，需要传递转速、扭矩和功率，这就在零部件间相互结合或接触的部位产生不可避免的磨损，这种磨损造成的故障在机械设备中所占比重较大，同时事故带来的经济损失也较严重，所以开展磨损监测技术是非常必要的。

用润滑油劣化分析技术进行磨损监测是简便可行的有效方法，其原理是：根据对油中所含金属微粒的成分、形态及大小的分析，可以得到油液循环着的那些部件的劣化信息。分析金属磨损微粒、测量金属微粒的分布和鉴定金属成分可测定出是哪个部位发生了磨损及磨损程度。润滑油取样分析的检测方法主要有以下几种：

（一）油样光谱分析法

对于油内的某种磨损材料的浓度，可以用辐射光谱分析仪或原子吸收光谱分析仪来测定，这两种仪器都是利用油液中所含元素的原子发出辐射能进行光谱分析来确定其含量。在封闭的润滑

系统和液压系统中，油液中沉积着从零件表面上磨下来的金属微粒，定期将油液取样并测定其中的金属微粒的成分和含量，就可确定零件的磨损趋势和磨损源，如发现某种特定的金属含量比例增大，就表示有该金属制成的零部件发生过度磨损，油样光谱分析磨屑粒度一般能在小于 10 微米进行取样，但不能给出磨损颗粒的尺寸、形状，因此适于早期的、精密的磨损诊断。

(二) 油样铁谱分析法

铁谱技术是 70 年代发明的一种新的机械磨损测试方法。它能从油样中将微粒分离出来，并按照微粒的大小排列在基片上，既能读出大小微粒的相对浓度，也能对微粒的物理性能作出进一步分析。

油样铁谱分析能提供磨损残渣的数量、粒度、形态和成分四种参数，通过研究即可掌握有关的磨损情况。

铁谱分析技术所使用的分析仪有铁谱分析仪和直读式铁谱仪等。

(三) 磁塞检查法

磁塞检查法的工作原理是用带磁性的塞头插入润滑系统的管道内，收集润滑油中的磨粒残渣，用肉眼直接观察残渣的大小、数量和形状，判断机器零件的磨损状态。这是一种简便而有效的方法，适用于磨粒残渣尺寸大于 50 微米的情况。在一般情况下，机器后期均出现磨粒尺寸较大的残渣。因此磁塞检查也是磨损监测中重要手段之一。

思考与练习

1. 试述设备状态监测与设备故障诊断的区别与关系。
2. 为什么对设备的诊断既要以掌握现状为中心，又不能仅限

于立足现状？

3. 为什么说表面测温比内部测温困难？
4. 试述声发射检测法的原理及特点。
5. 为什么用油样光谱分析法可对机器磨损状态进行监测？
6. 常用的设备状态监测技术有哪些？
7. 对机器进行振动监测常用的传感器有哪些？
8. 试述设备温度监测的应用范围。
9. 对机器进行裂纹监测常用的方法有哪些？

第七章 机器设备的经济管理

第一节 设备利用

在评估工作中，必须要注意机器设备的使用状况。通过计算和分析设备利用状况指标，可以知道设备的利用程度，从而可对机器设备做出正确的评估。设备利用状况指标可以从数量、时间、能力等方面分别进行分析和研究。

一、设备数量利用

设备数量利用指标是设备利用状况中最基本的一个指标。它比较概括地反映设备利用广度。企业拥有的设备不一定都安装在生产现场，已安装在车间等处的设备在一定时期内也不一定都在运转，因而对企业拥有的设备，可按其情况划分为实有数、安装数和使用数三类。

1. 实有设备数。指企业实际拥有，可调配的全部设备，它包括企业自由租用、借用、已安装和尚未安装的设备，但不包括已经上级主管部门批准报废和已订购尚未运抵本企业的，以及出租、借用给其他企业的设备。

2. 已安装设备数。是指已安装在生产现场，经过验收合格可以投产的设备。它包括正常开动的、备用的，以及因故障需要修理而停止开动的设备。

3. 实际使用设备数。指已安装设备中实际使用的设备。包括实际运转的设备、备用设备、保养、修理暂停运转的设备、由于管理上安排不善或临时发生故障、事故等非计划停止运转的设备。

反映设备数量利用程度的指标有以下几种：

1. 现有设备实际使用率。

$$\text{现有设备实际使用率} = \frac{\text{实际使用设备数}}{\text{实有设备数}} \times 100\%$$

该指标说明企业全部实有设备中，实际使用的设备占的比重有多大。它综合反映未安装设备、不能使用设备、停开设备等方面的潜力。

2. 实有设备安装率。

$$\text{实有设备安装率} = \frac{\text{已安装设备数}}{\text{实有设备数}} \times 100\%$$

该指标说明已安装的设备占实有设备的比重。

3. 已安装设备利用率。

$$\text{已安装设备利用率} = \frac{\text{实际使用设备数}}{\text{已安装设备数}} \times 100\%$$

该指标说明实际使用的设备数与安装设备的比重。

这三个指标具有密切的内在关系：

现有设备实际使用率 = 实有设备安装率 × 已安装设备利用率。

企业设备数量利用状况差主要由以下几种原因造成：

1. 设备选择不当，质量不好，企业也不进行改进、改造，置之—旁。

2. 设备质量虽好，但性能与企业生产不对口，无法利用。

3. 设备虽能利用，但同型号设备数量太多。

4. 由于未掌握设备的使用技术，使设备不能发挥应有功能，只得弃之不用。

二、设备时间利用

设备时间利用好坏将直接影响设备生产能力的发挥，它影响设备的使用效率。为了分析设备的时间利用情况，可对设备时间作下述划分：

日历时间：指按日历日数计算的时间。

制度时间：它取决于设备的工作制度，当采用连续工作制时，制度时间就是日历时间；当采用间断工作制时，制度时间是从日历时间扣除节假、公休及不工作的轮班时间后，设备应工作的时间。

计划工作时间：是从制度时间中扣除计划停开后的工作时间。

实际工作时间：是从计划工作时间中扣除因事故、材料供应、电力供应等原因造成的停工时间。

设备时间利用情况，通常用两个指标反映，即设备计划时间利用率和设备日历时间利用率，其计算公式如下：

$$\text{计划时间利用率} = \frac{\text{实际工作时间}}{\text{计划工作时间}} \times 100\%$$

$$\text{日历时间利用率} = \frac{\text{实际工作时间}}{\text{日历时间}} \times 100\%$$

上两式分别表示计划规定时间利用情况和全年日历时间（即最大可能时间）的利用情况。

三、设备能力利用

设备的数量和时间利用指标从不同的角度反映了设备的利用。但是有时会产生设备的数量和时间虽得到充分的利用，而产品的实际生产量却并不高的情况。原因是设备能力没有全部发挥出来。因而采用设备能力利用率来反映生产设备能力的利用。其计算公式为：

$$\text{设备能力利用率} = \frac{\text{一定时期的实际产量}}{\text{此期间的最大可能产量}} \times 100\%$$

最大可能产量是按设备设计能力计算的。如果由于设备改进，或提高了生产技术，设备能力已突破了原设计能力，就应采用设备的查定能力。

第二节 寿命周期费用

在设备管理中，通常将设备的寿命周期费用最佳化作为评价标准。寿命周期费用虽然考虑到寿命期内的费用，但不能按时间的推移考核收益情况的变化，故仍然是一种静态评价法。

一、寿命周期费用概念

设备周期费用是指设备一生的总费用。包括与该设备有关的研制、开发、设计、制造、安装、调试、使用、维修等一直到报废(淘汰)为止所发生的费用总和。在一般情况下，设备的计划——设计——制造过程所花费用是递增的，到安装阶段开始下降，其后运行阶段基本上保持一定的费用水平，而此阶段的持续时间要

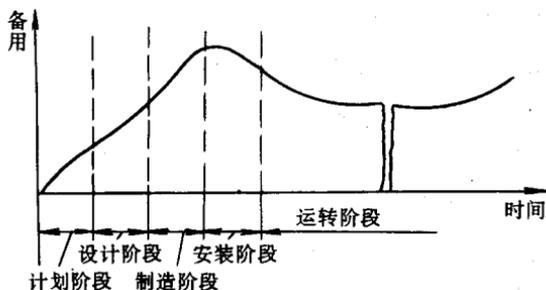


图 7-1 设备的周期费用

比设计、制造阶段长的多。最后当费用再度上升时，就是设备需要更新的时期，设备的一生到此结束。这样，设备总费用——寿命周期费用如图 7-1 曲线中所包括的总面积来表示。

寿命周期费用可用下式表示：

$$\text{设备周期费用} = \int_0^t f(t) dt \quad (7-1)$$

式中 $f(t)$ ——费用分布密度函数

表 7-1 列出了三台设备的寿命周期费用：

表 7-1 寿命周期费用比较表

费用项目	设备 A(万元)	设备 B(万元)	设备 C(万元)
原始价格	12.6	18.0	14.1
维修费	37.8	34.8	25.2
备件费	32.0	28.5	15.0
运行费	70.5	67.5	73.5
管理费	3.6	5.4	3.6
训练费	2.4	2.4	2.4
停歇费	24.0	30.0	21.0
寿命周期费用	182.9	186.6	154.8

由表可知，原始价格(购置费)低的设备，其使用费用不一定低。如设备 A 的使用费用最高，相比之下，设备 C 的经济性最好。表中的三种设备，购置费占寿命周期费用的比重都不很大，占寿命周期费用最大的是运行费，其次是维修费。因此考虑设备费用时应以寿命周期费用为基础，而不是以出厂价格为基础。对某些不正确的认识必须纠正。多年来，一些人一直强调设备、产品的出厂价格便宜，对于短寿命产品来说，这样做，过去是，现在仍然是天经地义的。但对于长寿命的设备，必须从设备周期费用的角度来考虑。使用、维修费用往往比出厂价格高几倍、十几倍，而且对其他参数也是有影响的。

二、寿命周期费用的估算

对寿命周期费用进行计算时，首先要明确寿命周期费用项目的组成，寿命周期费用参考体系如表 7-2 所示：

表 7-2 寿命周期费用构成体系

寿命周期费用	设置费	研究开发费	开发规划费、市场调查费、试验费、试制费、试验设备器材费、试验用消耗品费、试验用动力费
		设计费	设计费、专利使用费
		制造或购置费	制造费、包装费、运输费、库存费、安装费、操作指导书的编印费、操作人员的培训费、培训设施费、备品购置费
		试运行费	试运动费
	维持费	运行费	操作人员费、辅助人员费、动力费、消耗品费、水费、操作人员培训费、专利使用费、空调费
		维修费	维修材料费、备件费、企业的维修劳务费、外委劳务费、改造费、维修人员培训费、备用设备费
		与产品有关费用	与销售有关费用、质量保证费用、用户服务费、停机损失
		报废费用	拆除费

设备寿命周期费用包括两部分：

1. 原始费又称设置费，它是企业为取得某种设备而一次性支付的费用。对外购设备来说，它包括价格、运输费、安装调试费；对自制设备来说，它包括研制、安装、调试等阶段费用总和。

2. 维持费又叫使用费，它是企业取得该设备后，为使用该设备而经常(定期)支出的各种费用。它主要包括能源消耗、维修费、保险费等。

在估算寿命周期费用时对设置费，在掌握了机器设备内容之后，可根据过去的实际资料、专业公司的投标资料，折算成现在

的价格使用。对维持费的估算，一般要参考过去的资料。估算的方法可采用参数法和类比法，若进行计算则可通过数据的统计、分析建立费用估算的数字关系式，如：简单的线性函数、非线性函数和多变量函数等。

三、设备的综合效率、系统效率与费用效率

(一) 设备综合效率

设备周期费用只是评价设备经济性的一个方面，然而设备寿命周期费用最佳化的情况并不一定是寿命周期费用最少。

在一个系统中，比较系统的总输出和总输入，就可以评价系统的效率。对生产设备的评价也是一样，人们通常以设备综合效率 η 作为评价设备技术经济效果的主要标准。

$$\eta = \frac{Y_2}{Y_1} \quad (7-2)$$

式中 Y_1 ——对设备的总输入

Y_2 ——设备一生的总输出

对设备总输入就是寿命周期费用，而设备一生的总输出就是指在满足安全、卫生环境和员工的劳动情绪并达到规定的质量、成本和交货期的条件下完成的产量。作为输出物的综合标准，就是设备在这些条件下创造出来的总财富。显然，以较少的输入物，创造出较多的输出物，是提高设备效率的途径。也就是用较少的寿命周期费用，创造出较多的输出物，达到最佳经济效益的目的。

(二) 设备系统效率

设备系统效率是指投入寿命期费用后取得的效果，对一般生产用设备，系统效率用以下诸方面表示：

1. 生产性，即设备的生产率。一般以设备在单位时间内的产品产量表示。

2. 可靠性,指精度、准确性的保持性、零件的耐用性、安全可靠性等。常用可靠度表示。

3. 安全性,即生产安全保证性能,如是否有自动控制装置、自动停车装置等,以提高设备处理事故能力。

4. 节能性,指设备对节约能源的性能。一般以机器设备单位开动时间的能源消耗量表示。如小时耗电量、耗气量等。

5. 耐用性,指设备的物质寿命的长短。

6. 维修性,指设备维修的难易程度。维修性影响设备维护保养和修理的劳动量和费用。

7. 环保性,指设备对环境保护的性能。

8. 成套性,指设备成套水平。包括单机配套水平、机组配套水平等。

9. 灵活性,指设备对不同工作条件、加工不同产品、零件的适应性。

上述要素中,有的可定量表示,有的无法直接量化,因此多采用评分法来评价系统效率。

实际生产中,可根据设备的特点,有增删地选取系统效率的评价要素。

(三) 设备的费用效率

设备寿命周期费用是设备一生的总费用,所包含的费用项目很多,是一个综合的费用指标,但设备周期费用并不是越低越好,还要看其效率如何,也即要看其费用效率。

设备费用效率是指设备的系统效率与其寿命周期费用之比,即:

$$\text{费用效率} = \frac{\text{系统效率}}{\text{设备周期费用}}$$

费用效率是一个综合程度很高的指标,它将设备一生的总费

用同所获得的一系列效益进行全面的、系统的比较，从而作出经济性评价。例如，某公司在投资购买化学药品制造设备时，有A、B两个方案可以选择。投资方案中的系统效率内容比较复杂，仅以设备日产量一项来表示。分析、研究二种方案后提出：A方案日产375吨，寿命周期费用为300万元，B方案日产330吨，寿命周期费用也是300万元。考虑到产量300吨也可满足要求，因此在A方案基础上又拟定了规模较小的A'方案。A'方案的日产量为330吨，其寿命周期费用下降到275万元。三个方案如表7-3所示。三个方案的费用效率分别为：A方案 $1.25(375/300)$ ；B方案为 $1.10(330/300)$ ，A'方案为 $1.20(330/275)$ 。经该公司设备审查委员会审查后决定：

表 7-3 三个方案的系统效率和寿命周期费用

方案名称	系统效率	寿命周期费用
	吨/日	百万元
A	375	300
B	330	300
A'	330	275

1. A方案为最优方案，因为A方案的费用效率最高(1.25)。但有一个约束条件，即日产量要达到375吨。因此，今后如果产品有出口需要，需要产品日产量增到375吨时，才能加以采用。

2. 如果该化学药品只是满足国内市场需求，无需出口，日产量330吨已能完全满足国内市场需求，则采用A'方案。A'方案的费用效率为1.20。

3. B方案的费用效率最低，为1.10，不予考虑，被淘汰。也可以采用上述案例的处理方法分别计算不同设备的能源消耗量，得出单位费用的能源消耗量，从而可以选择节能性好的设备。凡

是可用数量表示的因素，则分别用定量计算，凡是不能用数量表示的因素，如维修性、灵活性等，可以按每个因素情况，给不同设备评分，最后以得分最高的设备作为最优设备。

第三节 设备磨损与补偿

机器设备在使用或闲置过程中会逐渐发生磨损而降低其原始价值。磨损有两种形式：有形磨损和无形磨损。

一、设备的有形磨损

有形磨损是指设备在实物形态上的磨损，这种磨损又称物质磨损。按其产生的原因不同，有形磨损可分为两种。

1. 在使用过程中，设备的零件由于发生磨擦、振动、腐蚀和疲劳等现象产生的磨损。这种磨损为第 I 种有形磨损。这种磨损通常表现为机器设备零部件原始尺寸、形状发生变化、公差配合性质改变以及精度降低、零部件的损坏等。此种磨损有一般性规律，大致可分为三个阶段，如图 7-2 所示：

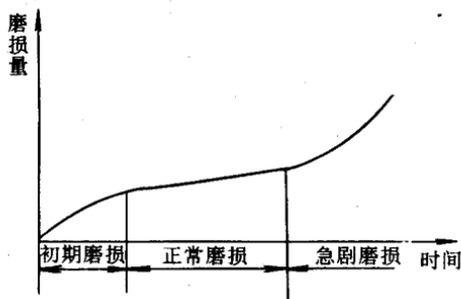


图 7-2 设备第一种有形磨损曲线

第一阶段是初期磨损阶段。在这个阶段，设备各零部件表面的宏观几何形状和微观几何形状都发生明显变化。原因是零件在加工制造过程中，其表面不可避免地具有一定粗糙度。用放大镜观察可发现在表面上有许多“凸峰”，当相互配合作相对运动时，表面上的凸峰由于磨擦很快被磨平，因而此阶段磨损速度很快，一般发生在设备调试和初期使用阶段。

第二阶段是正常磨损阶段。在这个阶段零部件表面上的高低不平及不耐磨的表层组织已被磨去，故磨损速度较以前缓慢，磨损情况较稳定，磨损量基本随时间均匀增加。

第三阶段是急剧磨损阶段。这一阶段的出现往往是由于零部件已达到它的使用寿命(自然寿命)而仍继续使用，破坏了正常磨损关系，使磨损加剧，磨损量急剧上升，造成机器设备的精度、技术性能和生产效率明显下降。由设备磨损规律的分析可知：

(1) 如果设备使用合理，同时加强维护可以延长设备正常使用阶段的期限，从而可保证加工质量和提高经济效益。

(2) 对设备要定期检查。在进入急剧磨损阶段之前就进行修理，以免使设备遭到破坏。

(3) 机器设备在正常磨损阶段的磨损与时间或加工数量成正比，因此设备的磨损可通过试验或统计分析方法计算出正常条件下的磨损率和使用期限。

2. 设备在闲置过程中，由于自然力的作用而腐蚀，或由于管理不善和缺乏必要的维护而自然丧失精度和工作能力，使设备遭受有形磨损，这种有形磨损为第Ⅰ种有形磨损。

第Ⅰ种有形磨损与使用时间和使用强度有关，而第Ⅱ种有形磨损在一定程度上与闲置时间和保管条件有关

在实际生产中，除去封存不用的设备外，以上两种磨损形式往往不是以单一形式表现出来，而是共同作用于机器设备上。有

形磨损的技术后果是机器设备的使用价值降低，到一定程度可使设备完全丧失使用价值。设备有形磨损的经济后果是生产效率逐步下降，消耗不断增加，废品率上升，与设备有关的费用也逐步提高，从而使所生产的单位产品成本上升。当有形磨损比较严重时，如果不采取措施，会引发事故，从而造成更大的经济损失。

设备的有形磨损，有一部分是可以通过修理消除，属于可消除性的有形磨损；另一部分是不可以通过修理消除，属于不可消除性的有形磨损。

二、设备的无形磨损

设备在使用和闲置过程中，除遭受有形磨损外，还要遭受无形磨损。所谓无形磨损，就是由于科学技术进步而不断出现性能更加完善，生产效率更高的设备，以致使原有设备价值降低，或者是生产同样结构的设备，由于工艺改进或加大生产规模等原因，使得其重置价值不断降低，亦即原有设备贬值。这样无形磨损也可分为两种形式：

1. 由于相同结构设备重置价值的降低而带来的原有设备价值的贬值，叫做第Ⅰ种无形磨损。

2. 由于不断出现性能更完善、效率更高的设备而使原有设备在技术上显得陈旧和落后所产生的无形磨损，叫做第Ⅱ种无形磨损。

在第Ⅰ种无形磨损情况下，设备技术结构和经济性能并未改变，但由于技术进步的影响，生产工艺不断改进，成本不断降低，劳动生产率不断提高，使生产这种设备的社会必要劳动耗费相应降低，从而使原有设备发生贬值。这种无形磨损虽然使生产领域中的现有设备部分贬值，但是设备本身的技术特性和功能不受影

响,设备尚可继续使用,因此一般不需要更新,但如果设备贬值速度比修理费用降低的速度快,使修理费用高于设备贬值后的价格时,就要考虑更新。

在第Ⅰ种无形磨损情况下,由于出现了具有更高生产率和经济性的设备,不仅原设备的价值会相对贬低,而且,如果继续使用旧设备还会相对地降低生产经济效率(即原设备所生产产品的品种,质量不及新设备,以及生产中耗用的原材料、燃料、动力和工资等比新设备多)。这种经济效果的降低,实际上反映了原设备使用价值的局部或全部丧失,这就有可能产生用新设备代替现有旧设备的必要性。不过这种更换的经济合理性是取决于现有设备贬值程度,以及在生产中继续使用旧设备的经济效果下降的幅度。第Ⅱ种无形磨损也称功能性磨损。

三、设备磨损的补偿

机器设备遭受磨损以后,应当进行补偿,设备磨损形式不同,补偿的方式也不一样。

机器设备有形磨损是由零件磨损造成的。由于各零件的材质不同,在机器运转过程中受力情况和工作条件不同,它们的磨损情况并不一样。在一台设备中,总是有的零件已经失去原有功能,而另一些零件则可以正常使用。这种局部的有形磨损,一般可以通过修理和更换磨损零件的办法,使磨损得到补偿。对于由第Ⅰ种无形磨损造成的设备价值的降低,可以通过对原有设备进行现代化改装的办法使之得到局部补偿。当设备产生不可修复的磨损或遭受第Ⅱ种无形磨损时,可采用以结构相同的设备或更先进的设备来更换原有设备的办法加以补偿。图7-3表示了设备各种磨损形式及其补偿方式间的相互关系。

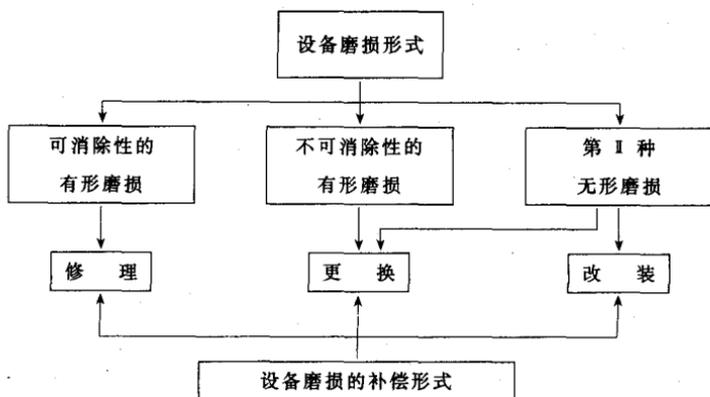


图 7-3 设备补偿形式与其补偿方式的关系

四、机器设备的贬值

在对机器设备评估时要考虑机器设备的三项贬值：实体性贬值、功能性贬值和经济性贬值。

实体性贬值是由于使用磨损和自然损耗造成的贬值，其实质是机器设备的有形磨损。确定实体性贬值时，应以资产的设计使用年限为基础，综合分析实际使用磨损、维护、修理、大修理情况和物理寿命等因素，考虑由于使用磨损和自然损耗对机器设备的功能、使用效率带来的影响，从而确定实体性贬值。

功能性贬值是由于技术相对落后造成的贬值。实质上是机器设备的一种无形磨损。计算功能性贬值时，主要根据资产的效用、生产力、工能力、工耗、物耗、能耗水平等功能方面的差异造成的成本增加和效益降低，相应确定功能性贬值额。

经济性贬值是由于外部经济环境变化造成的贬值，计算经济性贬值时，主要是根据由于产品销售困难而开工不足或停止生产，形成资产的闲置，价值得不到实现等因素，确定其贬值额。造成经济性贬值的原因除市场需求减少外，其他因素如原材料供应变

化、通货膨胀、利率提高、政府经济政策影响等等。

第四节 设备维护保养、检查与修理

在评估过程中必须注意机器设备的使用维护、修理、大修情况以及维护、改造、大修资金情况，以便确定机器设备的实体性贬值。

一、设备维护保养

设备在使用过程中，不可避免地出现一些不正常的现象，例如紧固件松动，局部漏油，声音异常等。这种状况如不及时处理就会造成设备过早磨损。为了避免不应有的损失，必须经常对设备进行检查、调整和处理。如根据设备的技术资料或操作规程，对设备进行清洁、润滑、紧固、调整、防腐等工作，以减少磨损，延长设备使用年限，保证设备在正常条件下运转，这就是设备维护保养。

按工作量大小，设备保养可分为：

1. 日常维护保养，又称例行保养，是操作工人每天(班)在设备使用前，使用过程中和使用后必须进行的工作，其基本要求是：操作者应严格按操作规程使用设备，经常观察设备运转情况，并在班前、班后填写记录卡，应保持设备完整，附件整齐，安全防护装置齐全，线路、管道完整无损，要经常擦拭设备的各个部件，保持无油垢、无漏油、运转灵活，应按正常运转的需要及时注油、换油、保持油路畅通。通过设备维护保养，达到“整齐、清洁、安全、润滑”。

2. 一级保养，是以定期检查为主，辅以维护性检修的一种间

接预防性维修形式，除普遍地进行紧固、清洗、润滑和检查外，还要部分地进行调整。主要内容是：检查、清扫、调整电器（控制）部位；彻底清洗、擦拭外表；检查设备内脏；检查、调整各操纵、传动连接机构的零、部件；检查油泵，疏通油路，清洗或更换油毡、油线，检查油箱油质、油量；清除各活动表面毛刺；检查、调节各指示仪表与安全防护装置。在检查中，发现故障、隐患和异常要予以排除。一级保养以操作工人为主，由专业维修人员配合进行。

3. 二级保养，是磨损的一种补偿形式，它是以维持机器设备的技术状况为主的检修形式。二级保养主要是进行内部清洗、润滑、局部解体检查和调整、更换或修复磨损件，使局部恢复精度。凡经二级保养的设备，都要在检修前后进行动、静态技术状况测定，并加工试件，对所测定的各项数据和状态情况，应及时、认真、详细记录。二级保养以专业维修人员为主，操作工人参加。

对不同设备规定维护保养的类别和内容时要考虑设备的生产工艺、结构复杂程度和不同企业的习惯及行业不同，由工厂详细拟定。

二、设备的检查

设备检查是指对设备运转情况、技术状况、工作精度、零部件老化程度进行的各种形式的检查和校验。设备检查是设备维护保养与修理工作的重要方面。通过检查能及时查明和清除设备的隐患，针对发现的问题提出改进维护工作的措施；有目的地做好修理前的各项准备工作，以提高修理质量和缩短修理时间。设备检查从时间上可分为日常检查和定期检查；从技术上可分为机能检查和精度检查。

日常检查是由操作工人结合日常保养进行的日检查或交班检

查。它是凭借摸、听、看、嗅等方式或用简单工具来进行的。其目的是及时发现不正常的情况，并加以清除和及时记录下来。

定期检查是指专业维修工人在操作工人配合下，按计划进行的检查，其目的是查明零部件磨损与腐蚀情况，以便确定修理类别、修理时间和修理前的各项准备工作。定期检查可进一步划分年检查、月检查、周检查等。

机能检查又称为功能检查。是对设备的各项功能进行检查和测定。如检查设备的漏油、漏水、漏气、防尘密封等功能情况。

精度检查是对设备加工精度进行检查与测定，以确定设备的实际精度。精度检查可为设备的验收、修理和更新提供依据。设备综合精度可用精度指数来衡量。精度指数反映设备综合劣化程度，其表示形式和计算方法为

$$T = \sqrt{\frac{\sum(T_p/T_s)^2}{n}} \quad (7-3)$$

式中 T——精度指数

T_p ——设备实测单项精度

T_s ——设备的单项标准精度

n——实测项数

根据实践经验：

当 $T \leq 0.5$ 时，可作为新机床的验收条件之一；

当 $T \leq 1$ 时，可作为大修和重点修理后的验收条件；

当 $T \leq 2$ 时，设备仍可继续使用，但需注意调整；

当 $2 < T < 2.5$ 时，设备需进行重点修理或大修；

当 $T > 3$ 时，设备需要大修或更新。

三、设备修理

设备修理是通过修复或更换磨损零件，调整精度，排除故障，

恢复设备原有功能而进行的技术活动，其主要作用是恢复设备精度、性能、提高效率，延长使用寿命，保持生产能力。设备修理方式有两种，一种是待设备磨损至不能再继续使用时才进行，就是“坏了再修，不坏不修”。这种方式称为“事后修理”。另一种是修理工作在设备未损坏之前就进行，其目的不仅在于恢复设备应有的技术状态和效能，同时也为了防止在使用过程中，因零、部件磨损增多而突然发生故障或事故。这种形式的修理工作称为预防性计划修理。

对于预防计划修理方式按修理的程度和工作量大小，一般可分为小修、中修和大修。此外我国在实践工作中不断改革，产生了项修。

1. 小修。这是工作量最小的修理。通常只需修复、更换部分磨损较快和使用期限等于或小于修理间隔期的零件，调整设备的局部机构，以保证设备能正常运转到下一次计划修理。小修工作量小，但次数多，可结合日常维护与检查进行。

2. 中修。对设备进行部分解体，修理或更换部分主要零部件和数量较多的其他磨损件，并校正机器设备的基准，恢复达到技术要求。中修后的技术性能应与大修基本相同。根据修理内容，中修的大部分项目由车间的专职维护工在生产车间现场进行，个别要求高的项目可由机修车间承担。设备修理后质量管理部门和设备管理部门要组织车间人员、主修工人和操作者根据中修技术任务书的规定和有关要求，共同检查验收。中修费用由生产费用开支。

3. 大修。这是工作量最大的修理活动。大修要对设备进行全部拆卸和调整，更换或修复所有磨损部件，全面恢复设备原有精度、性能效率，达到设备出厂时的水平。设备大修后，质量部门和设备管理部门应组织有关部门和人员共同验收。大修费用由专

提的大修基金支付。

4. 项修。它是根据设备的实际技术状态,对设备精度、性能达不到工艺要求的某些项目,按实际需要进行针对性修理,在项修时一般要求进行部分解体、检查、修复或更新磨损机件,必要时对基准件进行局部修理,从而恢复设备的精度和性能。因为只对其中丧失精度的某些项目进行恢复性修理,甚至是提高性的改善修理,因此既节约了人力、物力和修理费用,又能缩短停机时间。一般来说,项修所花的费用为大修的40%~60%,而达到的效果仍能满足生产要求。因此,在我国项修已逐渐取代了中修,而且在某种程度上还可以代替大修。

第五节 机器设备的寿命

一、机器设备寿命的概念

机器设备的寿命是指设备从投入使用开始,经过有形磨损和无形磨损,直至在技术上或经济上不宜继续使用,需要更新改造所经历的时间。机器设备的寿命按其性质可分为:自然寿命、经济寿命、技术寿命。

1. 自然寿命。亦称物理寿命是指机器设备从开始使用起,直到由于有形磨损的原因造成不能继续使用为止所经历的整个时间。它与设备的维修、保养的状态有关,并可通过恢复性修理延长设备的自然寿命。

2. 经济寿命。指设备从投入使用到因继续使用会造成经济上不合理而退出服务为止所经历的时间。设备使用到后期,虽然没达到自然寿命结束之时,但由于性能老化,维修费用日益增多,靠高额维修费用来维持使用,在经济上是不合理的,所以应该淘汰

旧设备。设备的经济寿命是从设备的经济角度考虑的最合理的使用年限。

3. 技术寿命。是指设备从投产使用到由于新技术的出现使其丧失使用价值而被淘汰为止所经历的时间，技术进步越快，技术寿命就越短，一般地，可以将第一代设备与第二代设备相邻两代设备之间的间隔时间算作第一代设备的技术寿命。

在过去，我国的大部分企业基本上是以设备的自然寿命为标准来更新设备，这种做法造成维修费用过高，设备过分陈旧，不能适应生产发展和技术进步的要求。今后，随着技术进步产品开发速度加快，企业之间竞争加强，确定设备最佳使用年限，应以自然寿命、经济寿命和技术寿命三者综合加以考虑，以求获得最佳技术经济效果。

二、经济寿命的确定方法

确定机器设备的经济寿命也就是决定设备的最佳更新期。

设备更新的最佳时机，应根据不同设备类型用各种方法求得，常用的方法有最小平均费用法和低劣化数值法。

(一) 最小平均费用法

平均费用(即年均使用成本)是由年均运行维护费和年均折旧费组成。可由下式表示

$$C_i = \frac{\Sigma V + \Sigma B}{T} \quad (7-4)$$

式中 C_i —— i 年的平均费用(平均使用成本)

ΣV ——设备累积运行维护费

ΣB ——设备累积折旧费

T ——使用年份

计算设备每年的平均使用成本，观察各种费用的变化，一般

情况下, 随设备使用年限的增长, 年平均折旧费逐渐变小, 而年均运行维护费用增加, 年均费用值最小的年份即为最佳更新期, 也即设备的经济寿命。

图 7-4 的曲线反映了年均运行维护费用和年均折旧损耗的变化, 最小的年均费用所对应的年份即为其经济寿命。服务年限超过了设备经济寿命, 其年均费用又将上升, 因此, 设备使用到其经济寿命的年限更新最为经济。

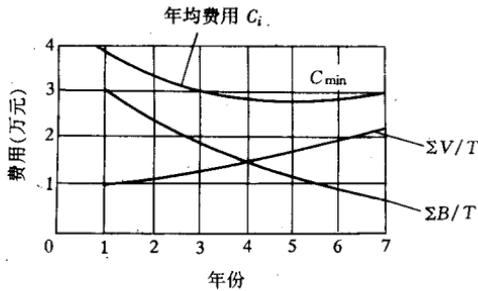


图 7-4 年均费用曲线

例如, 某台设备原值 30000 元, 每年的运行维护费用和折旧后的每年残余价值如表 7-4 所示, 试求最佳更新期。

表 7-4

使用年份 费用	1	2	3	4	5	6	7
运行维护费用	6000	7000	8000	9000	10000	12000	15000
残余价值	20000	13330	10000	7500	5000	3000	3000

解: 根据表 7-4 数据按最小平均法进行计算, 结果如表 7-5

所示：

表 7-5

使用年份 费用	使用年份						
	1	2	3	4	5	6	7
累计运行维护费用 ΣV	6000	13000	21000	30000	40000	52000	67000
累计折旧费用 ΣB	10000	16670	20000	22500	25000	27000	27000
总使用成本 $\Sigma V + \Sigma B$	16000	29670	41000	52500	65000	79000	94000
年均费用 C_i	16000	14830	13670	13120	13000	13170	13430

由表 7-5 中可以清楚地看出，平均费用最低的是 13000 元，故最佳更换期是第五年，再使用下去就不合算了，这里假定该设备每年创造的价值相同，实际上设备使用期太长了，其效率一般都要降低。

(二) 低劣化数值法

机器设备随着使用年限的增长，有形磨损和无形磨损不断加剧，设备的运行维修费用相应增大，这就是设备成本低劣化现象。如果能按照统计资料预测这种劣化程度每年以 λ 的数值呈线性递增，则可能在设备使用早期即可测定设备的最佳更新期。

假定设备原始价格为 K_0 ，设备使用年数为 T ， T 年后设备残存价值为 Q_t ，设备一年的正常运转费为 A ，由于设备性能逐年低劣化而使设备运转费用增加的年平均值(称低劣化值)为 λ ，设备占用资金的年利息率为 i ，则求设备最佳使用期的计算如下：

因设备低劣化值在设备使用第一年末为 λ ，第二年末为 2λ ，……第 T 年末为 $T\lambda$ ，逐年低劣化值为一差值为 λ 的等差数列，其 T 年平均劣化值为：

$$\frac{\lambda + 2\lambda + \dots + T\lambda}{T} = \frac{(T+1)\lambda}{2} \quad (7-5)$$

每年设备折旧费用为 K_0/T 。

设备占用资金的年利息为 $(\frac{K_0+Q_t}{2})i$ (因设备投资是通过逐年折旧回收, 故设备占用资金额应视为变值, 应按其二分之一计算, i 为资金年利息率) 若设备使用 T 年, 则每年设备费用和运转费用总和为:

$$C = \frac{K_0}{T} + \frac{(T+1)\lambda}{2} + \left(\frac{K_0+Q_t}{2}\right)i + A \quad (7-6)$$

若设备残值为零, 则:

$$C = \frac{K_0}{T} + \frac{(T+1)\lambda}{2} + \frac{K_0}{2}i + A \quad (7-7)$$

因设备最佳使用期 T 为 C 最小时使用年限, 故可用导数求得, 即:

$$\text{令 } \frac{dc}{dT} = 0$$

$$\text{则 } \frac{\lambda}{2} - \frac{K_0}{T^2} = 0$$

$$T_0 = \sqrt{\frac{2K_0}{\lambda}} \quad (7-8)$$

式中 T_0 —— 设备最佳使用年数

K_0 —— 设备原始价值

λ —— 低劣化值

将式 7-8 代入式 7-7 即可求得 C 的最小值为

$$C_{\min} = \sqrt{2\lambda K_0} + \frac{\lambda}{2} + \frac{K_0}{2}i + A \quad (7-9)$$

式中 C_{\min} —— 最小平均费用

A —— 设备年正常运转费

i —— 设备占用资金年利率

从式 7-7 和式 7-8 可以看出, 新设备的最佳使用期只取决

于设备的原始价值和低劣化数值；而设备使用的最低成本，不仅取决于设备原始价值和低劣化值，并且还设备占用资金的年利息率，新设备正常运转费用的多少有关。但对同一设备来说 $\frac{K_0}{2}i$ 和A乃是定值，为了简化计算，这两项费用可不计入。

例如，新设备原始价值 $K_0=50000$ 元，设备年正常运转费用 $A=5000$ 元，低劣化值 $\lambda=1000$ 元，设备占用资金年利率 $i=10\%$ ，试求设备最佳使用年数 T_0 和最小平均费用 C_{\min} 。

解：

$$T_0 = \sqrt{\frac{2K_0}{\lambda}} = \sqrt{\frac{2 \times 50000}{1000}} = 10(\text{年})$$

$$\begin{aligned} C_{\min} &= \sqrt{2\lambda K_0} + \frac{\lambda}{2} + \frac{K_0}{2}i + A \\ &= \sqrt{2 \times 1000 \times 50000} + \frac{1000}{2} + \frac{50000}{2} \times 0.1 + 5000 \\ &= 18000(\text{元}) \end{aligned}$$

本例中，不同使用期的年度使用成本（不计利息和正常运转费用）如表7-6所列。根据表中数值也可找出最佳使用期和最低年度使用成本。

表7-6

设备最佳使用期计算

(不计正常运转费用和利息)

使用年限	设备费($\frac{K_0}{T}$)元	年低劣比值 [$\frac{(T+1)\lambda}{2}$] 元	合计(元)
1	50000	1000	51000.0
2	25000	1500	26500.0
3	16666	2000	18666.0
4	12500	2500	15000.0
5	10000	3000	13000.0

续表

使用年限	设备费($\frac{K_0}{T}$)元	年低劣比值 $[\frac{(T+1)\lambda}{2}]$ 元	合计(元)
6	8333.3	3500	11833.3
7	7142	4000	11142.8
8	6250	4500	10750.0
9	5555.5	5000	10555.5
10	5000.0	5500	10500.0
11	4545.4	6000	10545.4

在上面计算中，已反映出设备费用和设备低劣化值对设备使用成本的影响。但是，设备低劣化值是在设备使用过程中逐年发生的，因此理论动态成本应把逐年的低劣化值按年利率折合为现值，其计算步骤如下，计算结果如表 7-7 所示：

1. 求出各年低劣化值，第一年的低劣化值取每年低劣化值的 1/2。本例为 500 元，以后则每年增加 1000 元，各年低劣化值列于表 7-7 第②列。

2. 将各年低劣化值折算为现值，各年现值系数数据查表可得，列于表 7-7 第③列。将②×③得低劣化数值现值，如表 7-7 第④列。

3. 将各年低劣现值与当年需支付的设备费用相加，得到累积至各年的支出费用的现值总和，列于表 7-7 中第⑤列。

4. 为使支出的现值可与每年由更新而获得的利益比较，需将支出的现值换算为当量的每年均等支出额，换算时可查表得出投资回收系数，列于表 7-7 第⑥列，将⑥×⑤即得当量的每年均等支出额如表 7-7 第⑦列。

表 7-7 设备最佳使用期计算
(考虑时间因素)

使用 年限	年低劣化 数值 (元)	现 值 系 数	年低劣化数 值的现值 (元)	现值合计 (包括设备价值) (元)	投资回收系数	当量每年均 等支出额 (元)
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	500	0.909	454.5	50454.5	1.100	55499.9
2	1500	0.826	1239.0	51693.5	0.576	29775.4
3	2500	0.751	1877.5	53571.0	0.402	21535.5
4	3500	0.683	2390.5	55961.5	0.315	17627.8
5	4500	0.621	2794.5	58756.0	0.264	15511.5
6	5500	0.565	3107.5	61863.5	0.230	14228.6
7	6500	0.513	3334.5	65198.0	0.205	13365.5
8	7500	0.467	3502.5	68700.5	0.187	12846.9
9	8500	0.424	3604.0	72304.5	0.174	12580.9
10	9500	0.386	3667.0	75971.5	0.163	12383.3
11	10500	0.350	3675.0	79646.5	0.154	12265.5
12	11000	0.318	3657.0	83303.5	0.147	12245.6
13	11500	0.289	3612.5	86916.0	0.140	12168.2
14	12500	0.263	3550.5	90466.5	0.135	12212.9

思 考 与 练 习

1. 使用设备与维护设备的辩证关系是什么?
2. 应如何理解设备的寿命?
3. 研究设备的寿命周期费用有何意义?
4. 为什么在确定设备实体性贬值时要注意机器设备的维护、

修理等因素？

5. 设备在闲置过程中会贬值吗？为什么？

6. 反映设备数量利用的指标有哪几个？它们之间有何内在关系？

7. 有一辆汽车以 60000 元购入，每年维持费用和折旧后的每年残余价值如下表，试计算其最佳更新期。

使用年限	1	2	3	4	5	6	7
运行维持费(元)	10000	12000	14000	18000	23000	28000	34000
残余价值(元)	3000	15000	7500	3750	2000	2000	2000

8. 某设备原始价值为 7000 元，设备运转费用增加的年平均值为 400 元，试求此设备的最佳更新期。

9. 什么是设备的自然寿命？以设备的自然寿命为标准来更新设备合理吗？

10. 试述机器设备的经济性贬值与设备的磨损的关系。

11. 现有三种可供选择的设备 A、B、C，其寿命周期费用分别为 120 万元、110 万元和 100 万元，生产效率依次为 1620 吨/日，1510 吨/日和 1410 吨/日，试求三种设备的费用效率。

第八章 设备评估的技术鉴定

第一节 综 述

一、设备评估技术鉴定在资产评估工作中的重要意义

设备评估技术鉴定是确定机电设备成新率的重要手段，对于精密、大型、高价的机电设备，应用一般的评估方法较难客观地反映其实际技术状态，只有通过设备进行深入细致地检测，才能得到较合理的成新率。

二、设备评估技术鉴定的特点

1. 设备评估的技术鉴定，是设备资产评估工作常用的“观测法”中对设备深入细致地进行检测的一种方法。

2. 对设备进行技术鉴定，是通过技术检测手段（如各种仪器和工具）对设备的技术参数（包括静态和动态参数）进行测量和评分，并结合对设备的整体和各部位的动态和静态进行仔细观测和分析，综合以后确定设备的成新率。

3. 运用设备评估技术鉴定来确定设备的成新率，可以采用评分制，将设备的整体和各部位的技术状态按分级原则（见本章第二节）分别评分，其总分即为整台设备的成新率。

4. 设备技术鉴定法既可独立用来确定设备的成新率，又可与

使用年限法结合后综合确定其成新率。其运用的原则如下：

(1) 全部按技术鉴定结果确定设备的成新率。采用这一方法的前提是：技术检测手段齐全，数据准确，鉴定方法合理，鉴定结果能充分反映设备的整体技术状态。

(2) 将技术鉴定结果确定的成新率和用使用年限法算得的成新率按一定的权重比例计算综合成新率。

由于某些资产评估项目的设备数量很大，其中重大、关键设备所占的比例也不小，而检测手段相对落后，不能全面精确地反映设备的整体技术状态，此时可以一方面尽可能采取各种可能的方法对设备进行技术鉴定，另一方面将使用年限法算得的成新率和用技术鉴定法算得的成新率以一定的权重比例计算设备的综合成新率。

采用这一方法的理论依据是：设备的内在技术状态与使用年限有一定的因果关系，当检测手段落后时，设备内部在长期使用中承受振动和较大的内应力而形成的材质疲劳无法测出，使技术鉴定结果失准，而这些破坏因素（疲劳和较大的内应力）最终使设备中受力的零件破坏。

这些破坏因素除了与使用年限有关以外，还与对设备的维护保养、设备制造质量、设备利用率和设备负荷率等有关，这些有关因素又能部分体现在设备的技术鉴定中。因此，采用权重比例法（即用技术鉴定法和用使用年限法各自算出的成新率以一定的权重比例综合计算成新率）具有一定的实际意义。

例如，某设备经技术鉴定后算出的成新率为70%，用使用年限法算出的成新率为65%，按技术鉴定法权重0.6和使用年限法权重0.4计，其综合成新率 $=70\% \times 0.6 + 65\% \times 0.4 = 68\%$ 。

技术鉴定结果占成新率的权重比例，因设备性质的不同和技术检测手段的先进性和可靠性的不同而异。

第二节 技术鉴定分级的原则

一、设备各组成部分对于设备的重要性分级

以金属切削机床为例，由于它是用来加工机器零件的，而被加工零件的尺寸精度、形状精度和表面粗糙度又在较大程度上取决于机床的精度，所以机床精度的检验占总体评分的55%，而其他如操作系统、润滑系统、运动系统、电气系统及外观等占较小的比例。

机床精度指数是国内外机械制造行业用以衡量机床综合精度的常用指标，现用以计算机床的精度综合值，以便于评分。

二、设备各部件的复杂程度分级

以汽车为例，发动机是汽车内最复杂的部件，也是最易发生故障的部件，如果它发生故障，将直接影响汽车的运行，因此，发动机的技术状态评分占汽车评分的较大比例。

三、设备各组成部分价值量大小分级

以锅炉为例，锅炉本体（包括锅炉筒体、水管、炉墙、炉条、运行机构、加煤机构等）约占锅炉总价值55%以上。此外，鼓、引风机及出渣、除尘系统占锅炉总价值30%~35%。故以上两部分的评分占较大比例。

第三节 机床的质量检验及评分的确定

一、机床质量的检验

金属切削机床质量的好坏，首先表现在其精度上，其次表现在各部件或零件的技术状态上，而前者与后者又有密切联系，只有当机床各部、零件技术状态良好时，机床才会有良好的精度，不能想象，当机床各部、零件技术状态很差的情况下，机床的精度会很高。因此，机床的精度在一定程度上反映了机床的综合技术状态。

机床的精度分为几何精度和工作精度两类，现分述如下：

(一) 几何精度

又称静态精度，是机床在静止状态时机床各部、零件的精密程度的综合体现。以车床为例，其几何精度常用的共有 15 项，现举两项精度为例说明几何精度的概念。

1. 溜板移动在垂直平面内的直线度。其涵义是确定车床床身纵向（与车床中心线平行方向）垂直平面上的直线（高低不平）度，检验用的工具为方框水平仪，检验方法是：将水平仪纵向放在溜板（即车床刀架下部的拖板）上，将溜板从靠近床头箱处向尾座处移动，每移动 300 毫米记录一次水平仪读数，在溜板全部行程上至少应有三个读数。然后将水平仪读数依次排列画出溜板的运动曲线，在运动曲线上取其每 1000 毫米行程上及全部行程上的误差。

车床床身直线度检验时的俯视图如图 8-1 所示。

检验时测出的精度为“实测精度”，应与“标准精度”核对其差值的大小。“标准精度”因机床的精度等级而异，一般习惯上以机床出厂说明书所列的允许误差值为标准。无说明书资料时，可

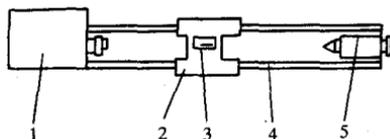


图 8-1 车床床身直线度检验

1. 床头箱；2. 溜板；3. 水平仪；4. 床身；5. 尾座。

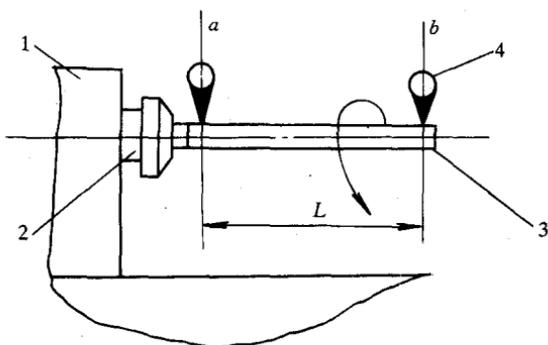


图 8-2

1. 床头箱；2. 床头箱主轴；3. 检验棒；4. 千分表。

参照原机械电子部的行业标准。

2. 主轴锥孔中心线的径向跳动。检验这项精度的目的是测定车床床头箱主轴在旋转时是否有径向摆动，检查时的前提是主轴中心锥孔应该完好无损，否则检出的结果不准确。

检验方法是將检验棒插入主轴锥孔，将千分表架固定在车床刀架上，用千分表触头分别在靠近主轴的 a 处和靠近检验棒端部的 b 处与检验棒相接触，旋转主轴，记下读数。要注意，检验棒对主轴锥孔应每隔 90° 插入一次，共检验四次，所记下的 a 和 b 的

读数分别取其误差的平均值，然后与标准值核对。

(二) 工作精度

又称动态精度，是机床在切削零件后，测量被加工的零件所得出的精度值。现举两例说明工作精度的概念。

1. 精车轴类零件外圆的圆度和圆柱度。这是测量轴类零件的常规方法。

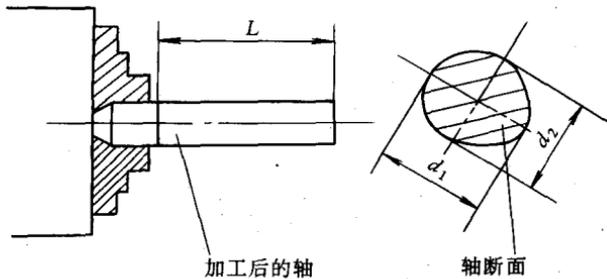


图 8-3

在选择加工对象时，要求轴的材质为碳素钢，其直径不小于车床最大加工直径的 $1/6$ ，轴的车削长度为直径的 3 倍。车削时将轴用卡盘或主轴锥孔夹具夹持（不用尾座）。轴的同一横剖面内最大与最小直径之差为圆度误差。同一轴纵（与中心线平行）剖面内最大与最小直径之差为圆柱度误差。

2. 精车端面的平面度。这是检查盘类零件加工精度的常规方法。

检验方法：一般是选择铸铁盘类零件作为工件，用卡盘夹持。工件直径约为车床最大加工直径的 $1/2$ ，工件中心可留有约等于工件直径 $1/10$ 的中心孔。横向（垂直于车床中心线方向）移动刀架（移动方向为从中心到盘端面靠近外圆处），记下千分表读数，

其读数的最大差值即为端面的平面度误差(图 8-4 所示 δ 的值)。

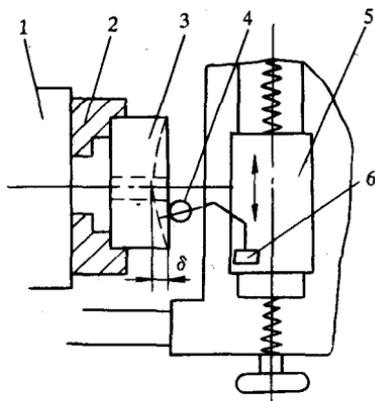


图 8-4

1. 车床卡盘; 2. 卡盘爪; 3. 盘类零件;
4. 千分表; 5. 车床刀架; 6. 千分表座。

(三) 其他方面

除了几何精度和工作精度以外, 机床的质量检验还包括各运动系统(如机床主轴轴承、齿轮传动系统和各滑动面)有无发热及振动, 操作系统动作是否可靠及灵敏, 润滑系统能否正常工作, 电气系统有无故障, 外观(如有无锈蚀、碰伤)情况等。

运动系统发热及振动的检查仪器及检查方法见第六章设备的诊断和状态监测。

二、用技术鉴定法测定机床的评分

机床技术鉴定的方法有仪器测定法和肉眼观察法两类, 机床几何精度和工作精度的检测属于仪器测定法, 机床运动系统的发热和振动也应通过仪器测定以取得有关数据。操作系统的灵活与

否,既可用仪器测定(如用拉力计测定操作手轮的旋转力矩),也可用手试,凭经验判别操作手轮(或手柄)是否灵活、轻便及丝杠是否有“虚量”(即丝杠与螺母之间的间隙是否过大)。

其他如润滑系统、机床外观等,一般用观察法进行鉴定。电气系统的技术状态可以用仪器(如万用表等)结合观察法确定。

机床的评分是以权重比例确定,各部分得分数总和即为成新率。以C6140普通车床为例,其内容为:

(一) 机床精度

由精度指数确定,其计算公式如下(此公式为国内外测定机床精度的通用公式):

$$T = \sqrt{\frac{\sum (T_p/T_s)^2}{n}} \quad (8-1)$$

式中 T——精度指数

T_p ——精度实测值

T_s ——标准精度值

n——实测项数

机床精度的满分为55分。

评分范围如下:

精度指数 T	评分
<1~1.1	51~55分
1.1~1.3	46~50分
1.3~1.5	40~45分
1.5~1.7	35~39分
1.7~1.9	28~34分
1.9~2.5	22~27分
2.5~3	15~21分
$T > 3$	5~14分

注:几何精度及工作精度分别计算T值,然后算出算术平均值。

(二) 操作系统

变速及溜板操作手轮或手柄是否灵活轻便，丝杠与螺母之间的间隙是否过大。此项满分为6分。

(三) 润滑系统

润滑油泵出口压力是否达到额定值，油管是否有泄漏，油路是否畅通。此项满分为10分。

(四) 运动系统

包括主轴箱、进给箱的齿轮传动系统，各部位轴承有无振动及发热，各滑动面有无拉伤。此项满分为8分。

(五) 电气系统

电控柜中电流开断装置如磁力起动器（带有热保护）、交流接触器、空气断路器（带或不带短路过载保护），以及各种继电器如热继电器、时间继电器、中间继电器、过电流继电器等触点有无烧损或接触不良，工作是否正常。电动机在运转中是否有发热（温升超过正常值。电动机的温升允许值因其绝缘等级不同而异，一般用温度计法和电阻法测定，可请企业电气专业人员配合）。此项满分为15分。

(六) 外观及其他

机床附件是否齐全，安全保护装置是否完好，外观有无锈蚀、碰伤及油漆剥落等。此项满分为6分。

如机床为数控机床，则应检查数控系统及液压系统。

对数控系统先检查输入（包括软盘或磁带输入及人工编程输入）是否顺利，然后检查机床各部位动作顺序是否为输入所要求的顺序。此外，还应检查各部件的位置精度（如重复定位精度）是否达到精度要求，各种误差是否能按预定要求自动补偿。

对液压系统则应检查油泵出口压力能否达到额定值。油管及油缸有无泄漏。各阀（包括方向阀、流量阀、压力阀）动作是否

正常。液压驱动部件是否有爬行等。

评分标准：数控机床的精度仍占 55 分，数控系统占 20 分，液压系统占 10 分，其余占 15 分（操作系统 3 分、润滑系统 3 分、电气系统 4 分、外观及其他 5 分）。

关于磨床及其他类型液压机床，由于其液压系统占主要地位，故评分标准有别于其他类机床，现将此类机床评分标准列出如下：

精度 55 分、液压系统 25 分、操作系统 3 分、润滑系统 4 分、电气系统 8 分、外观及其他 5 分。

第四节 用技术鉴定法测定汽车的评分

汽车技术鉴定一般采用两种方法。一种是分部件鉴定法，适用于能将汽车做部分解体的情况，可与汽车做二级保养或小修结合起来进行；另一种是综合鉴定法，运用于一般情况。

一、分部件鉴定法

发动机及离合器总成：气缸压力是否符合规定值，机油是否泄漏，冷却系统是否漏水，燃油消耗量是否在正常范围内（气缸压力及燃油消耗量见各型汽车标准）。测量气缸内圆圆度误差，汽油机超过 0.1 毫米，柴油机超过 0.125 毫米时应大修。发动机点火后，不论在低、中、高速时均不应有断火现象，也不应有活塞敲缸或曲轴轴承、连杆轴承振动等异常现象。（35 分）

前桥总成：工字梁应无变形及裂纹，转向系统操作应轻便灵活，转向节不应有裂纹。（8 分）

后桥总成：圆锥主动齿轮轴在 1400~1500 转/分时，各轴承温度不应高于 60℃，差速器及半轴的齿轮不允许有敲击声或高低

变化响声，各结合部位不允许漏油。 (10分)

变速箱总成：变速器在运转中，齿轮在任何档位均不应有脱档、跳档及异常声响。变速杆不应有明显抖动，所有密封部分不应漏油。变速时变速杆操作应轻便。箱体各孔圆度误差应不大于0.0075毫米。 (8分)

车架总成：车架应无变形，各焊口应无裂纹及损伤，各铆接件应齐全，无松动现象。液压减震器不应有漏油现象。 (14分)

车身总成：车身有无碰伤、脱漆、锈蚀，门窗玻璃完好，密封良好、座椅完整。如为货车，则车厢应完好无损伤。驾驶室仪表能正常工作。 (15分)

轮胎：依磨损量确定成新率。 (2分)

其他：制动系统：气压制动的储气筒及制动管不应漏气。如为液压制动，各部位不得漏油，且液压制动系统不得进入空气。电系统的电源、点火、信号、照明等应工作正常。 (8分)

如遇较高级客车，应评定空调系统及音响的技术状态（如空调机的制冷装置是否正常工作，音响效果是否良好等）。评分时将空调及音响归入车身总成，将车身总成的评分增为25分，再适当调减其他总成的评分。

二、综合鉴定法

现以5吨普通载货汽车为例，评分如下：

(一) 外观检查 (20分)

汽车外部有无碰伤、划痕、脱漆及锈蚀，车身及驾驶室的门窗玻璃是否完好，密封是否良好，驾驶室仪表是否完好。 (8分)

发动机及变速器箱体、后桥结合部等不得漏油，冷却系统不得漏水，转向系统及变速器操作应轻便灵活。 (10分)

轮胎磨损程度。 (2分)

(二) 行驶检查 (80分)

加速性能：货车从 20 公里/时加速至 40 公里/时不应超过 25 秒（小客车不应超过 10 秒）。 (25分)

制动性能：汽车在 25% 干燥坡道上，拉紧手制动杆，汽车不应滑溜。大中型汽车在平坦路面上以 20 公里/时行进时，踩下脚制动板，其允许的制动距离如下：

混凝土路面 小于 2.4 米。

沥青路面 小于 2.7 米。

砂石路面 小于 3.2 米。

制动时，各车轮应能同时制动，不应有跑偏现象。 (25分)

在车辆运行中，发动机不应有活塞敲缸或曲轴、连杆振动等异常声响。变速器不应有脱档、跳档及敲击声、转向轮及变速杆操作应轻便灵活。离合器分离应彻底，接合应平稳可靠、不发抖、不打滑及无异常声响。 (25分)

运行 2 小时后，冷却水温（夏天）不超过 90℃，机油温度不超过 95℃，齿轮油温度不超过 85℃，废气排放色度应正常。

(5分)

第五节 用技术鉴定法测定锅炉的评分

锅炉系统是一个整体，组成锅炉系统的任何一个组成部分运转不良，都将直接影响锅炉的燃烧和运行，所以用技术鉴定法测定锅炉的成新率时，应将锅炉系统作为一个整体来测定其成新率。此技术鉴定法是以 10 吨水管式蒸汽动力锅炉为例来测定的，鉴定采用评分法。

(一) 锅炉筒体及水管 (35分)

1. 锅炉内壁有无腐蚀（点蚀及片蚀）及水垢（以近期定期检查记录为准）。 (12分)
2. 锅炉炉墙有无变形或破损。 (10分)
3. 水冷壁管及对流管有无变形。 (5分)
4. 炉条运行机构（包括炉片是否掉落）及加煤机构运行是否正常。 (8分)

此外，应检查最近一次的定期检验记录，如在水压试验或无损探伤检验时发现锅筒存在裂纹，应属于不安全运行范畴，视其裂纹部位、长度、宽度及裂纹方向扣减成新率 25~35 分。如裂纹情况严重时，锅炉应停止运行，此时本设备属于不合格（待修理）设备，总成新率应降至 40% 以下。

（二）仪表

检查一次仪表（即炉前仪表）与二次仪表（即控制室仪表）数值是否相符（如压力、水位及温度的仪表，其中压力及水位仪表最为重要）。仪表是否按规定要求定期检验，锅炉安全阀是否按规定的要求定期检验。如控制室兼有微机控制，应将显示屏数值与一次仪表数值相核对。 (15分)

（三）鼓、引风机及出渣、除尘系统 (35分)

1. 鼓风机、引风机在运转中机体有无异常振动，轴承有无异常发热，锅炉炉膛负压是否因鼓、引风机的正、负压力值未达到规定值而异常。 (18分)

2. 出渣机出渣是否连续，机构运行是否正常。 (5分)

3. 除尘器（麻石、水幕、旋风、布袋等式）是否堵塞、泄漏、器体破损或锈蚀。检查烟囱冒烟色度是否正常（在锅炉燃烧正常时，烟囱冒烟的色度与除尘器是否正常工作有关）。 (12分)

（四）其他

锅炉出口汽压是否稳定，省煤器是否泄漏，给水系统的水泵

出口压力是否达到预定值，水处理（离子交换）系统工作是否正常，除氧系统（热力除氧或真空除氧）工作是否正常。（15分）

以上为10吨水管式蒸汽动力锅炉的评分办法。其他吨位的蒸汽动力锅炉、快装锅炉和各型热水锅炉等可参照本评分办法进行。

第六节 用技术鉴定法测定 压力容器的评分

一、压力容器常见的缺陷

（一）表面裂纹

主要表现在焊缝处，少量表现在筒体和封头等处。

（二）腐蚀

当容器内介质为强腐蚀性时，压力容器内部（少量表现在外部）最易发生腐蚀。腐蚀分为均匀性腐蚀和非均匀性腐蚀，后者危险性较大。

（三）变形

包括筒体及封头部位的局部鼓包或凹陷。一般由于容器内部局部过热、腐蚀、冲刷造成的局部变形危险性较大，而外部机械性（如钝物撞击）损伤造成局部变形危险性相对较小，但须注意是否有裂纹产生。

（四）材质劣化

压力容器在使用过程中，由于内部高温或介质与容器金属产生的化学反应，材质可能发生脱碳、增碳、氮化、氧化，因而使材质的化学成分发生变化，危及压力容器的安全。检查的方法一般采用无损表面金相检验（如便携式金相显微镜等）方法。

二、压力容器评分的确定

一般应根据专职检验人员所判定的压力容器安全状况等级来确定（总评分即为成新率）。

- 1 级——成新率为 90~100 分
- 2 级——成新率为 75~90 分
- 3 级——成新率为 50~75 分
- 4 级——成新率为 25~50 分
- 5 级——按报废处理

在每一级中成新率定为上限、中间值或下限，应根据专职检验人员所填写的《在用压力容器检验结论报告》、《在用压力容器原始资料审查报告》、《在用压力容器内外部表面检查报告》、《在用压力容器壁厚测定报告》、《在用压力容器探伤报告》、《在用压力容器化学成分、金相分析、硬度测定报告》、《在用压力容器耐压试验报告》及《压力容器安全附件检验报告》的具体内容确定。

第七节 用技术鉴定法测定 化工设备的评分

化工设备大部分属于压力容器的范畴，因此，其评分的确定方法与本章第六节《用技术鉴定法测定压力容器的评分》相同。对于化工设备中的常压（大气压力）或略低于大气压力的反应类设备如石油化工生产中的常压塔和减压塔，以及换热类和分离类化工设备中的常压设备，主要检查以下五个方面：

1. 设备内部的腐蚀、过热、变形和裂纹。
2. 设备外壳的腐蚀、变形和裂纹。

3. 设备保温层的破损、脱落、潮湿和失效。
4. 设备本身以及与其联结管道之间的液体或气体泄漏。
5. 支承或支座的损坏、基础下沉、倾斜、开裂、紧固螺栓的完好状况。

以上五个部分的评分标准，以常压塔为例，分别为：第一部分 35 分，第二部分 20 分，第三、四、五部分各为 15 分。其他各类化工设备可参考此标准进行评分。

第八节 用技术鉴定法测定 典型金属熔铸设备 ——电弧炉的评分

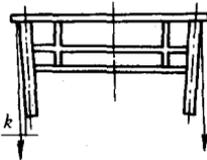
一、电弧炉的精度检验（以下四项精度为电弧炉的主要精度）

检验 1



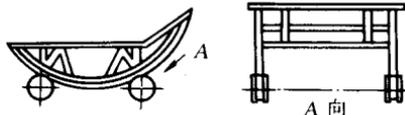
检验 1	检验方法	允差 mm
两个弧形架开档差	拉紧钢尺，测量前后开档尺寸 e ，以前后尺寸 e 之差计。	在全长为 2

检验 2



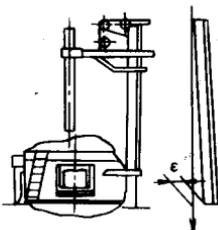
检验 2	检验方法	允差 mm
两弧形架在垂直平面内的平行度	用铅垂线, 分别在两弧形架前后四点处, 悬挂垂线测量上下差值 k , 对应点差值的代数和, 就是平行度的误差。	2

检验 3



检验 3	检验方法	允差 mm
四个滑轮与弧形架接触差	弧形架倾斜在各个位置上, 用塞尺检验弧形架与滑轮接触之间隙。	只允许一只轮离缝为 0.50

检验 4



检验 4	检验方法	允差 mm
电极升降架与底座的垂直度	在升降架顶部挂垂线, 测量上下距离 ϵ 之差, 最大差值, 就是垂直度的误差。 在两个互相垂直的前后左右方向上检验。	在全长上为: 前后: 3 左右: 0.5

二、电弧炉精度的评分 (以 5 吨电弧炉为例): 共计 40 分

由精度指数公式确定:

$$T = \sqrt{\frac{\sum (T_p/T_s)^2}{n}} \quad (8-2)$$

式中 T ——电弧炉精度指数

T_p ——精度实测值

T_s ——标准精度值

n ——实测项数

评估范围如下：

精度指数 T	评分
≤ 1	40
1~1.1	36
1.1~1.3	32
1.3~1.5	27
1.5~1.7	22
1.7~1.9	17
1.9~2.5	12
2.5~3	7
$T > 3$	2~6

三、各部位技术状态评分（以5吨电弧炉为例）：共计60分

（一）炉体

有无损伤及变形。此项评分为8分。

（二）炉盖

有无损伤及变形。此项评分为8分。

（三）机械传动系统

包括倾炉及电极升降减速箱的齿轮磨损情况，传动系统有无故障。此项评分为10分。

（四）冷却水循环系统

包括炉门、炉盖、门框、冷却套及电极的水冷系统有无泄漏，水泵工作情况是否正常。此项评分为10分。

（五）电极夹持器

夹持器有无变形、丁字架在导框中移动是否顺畅，夹持力是否达到额定值。此项评分为8分。

(六) 电器设备

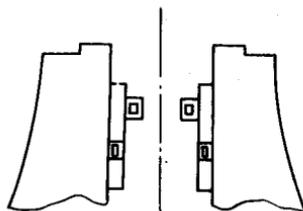
电极自动调节系统工作是否正常，断路器、电抗器、测量仪表工作是否正常（以近期各项参数检验记录及鉴定时的实际运行参数与标准参数对比结果为准）。此项评分为 16 分。

第九节 用技术鉴定法测定典型金属 压力加工设备的评分

一、锻锤评分的测定

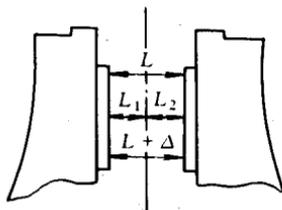
(一) 锻锤的精度检验（以下 5 项精度为锻锤的主要精度）

检验 1



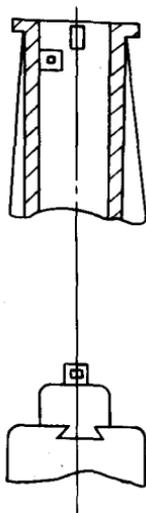
检验 1	检验方法	允差 mm
锤柱导轨在前后方向对锤砧的垂直度	将水平仪紧靠锤柱导轨及侧支承面上检验。与锤砧水平比较。水平仪读数的最大代数差值，就是垂直度的误差。	$\leq 0.50/1000$

检验 2



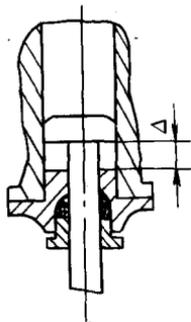
检验 2	检验方法	允差 mm
a) 锤柱导轨的平行度 b) 锤柱导轨对汽缸中心线的对称度	a) 用长杆内径百分尺测量 b) 在汽缸内悬挂重铊, 找出中心, 用经纬仪测量。	a) 在导轨全长上为: $1 \sim 1.50$ 只许导轨上部距离大 b) $L_2 - L_1 = \pm 0.40$

检验 3



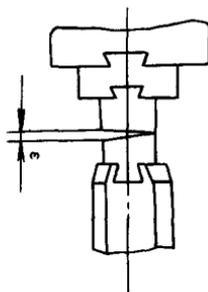
检验 3	检验方法	允差 mm
汽缸中心线对锤砧的垂直度	将水平仪紧靠在汽缸内壁上, 再在锤砧上安置水平仪, 两者从前后及左右方向上检验。 水平仪读数的最大代数差值, 就是垂直度的误差。 (检验汽缸时, 框形水平仪 V 形槽内放一根标准圆柱棒或其它专用检具)。	$\leq 0.50/1000$

检验 4



检验 4	检验方法	允差 mm
活塞在汽缸下余隙空间 Δ	以钢皮尺测量,用计算方法检验。	垂直距离 $\Delta \geq 50$

检验 5



检验 5	检验方法	允差 mm
上下砧块接触面的密合度	锤头落下后,在自由状态情况下,用塞尺检验。	在 300mm 测量长度上为:
		0.30 只许在操作者另一侧及内侧有间隙

(二) 锻锤精度的评分 (以 3 吨自由锻锤为例): 共计 40 分
其计算公式及评分范围与本章第八节电弧炉的评分相同。

(三) 各部位技术鉴定评分 (仍以 3 吨自由锻锤为例): 共计 60 分

1. 汽缸体: 不得有裂纹。缸盖与汽缸体联结严密, 汽缸体与缸盖、盘根与锤杆之间无泄漏现象, 汽缸内壁表面不得有拉毛。此项评分为 10 分。

2. 锤身: 不得有裂纹。锤身各联结件如螺栓、销钉等不得有松动。此项评分为 10 分。

3. 活塞、活塞环及锤杆: 以上零件的表面不得有拉伤。活塞环与活塞槽两侧的间隙之和不得超过设计间隙尺寸的 50%。锤杆不得有裂纹或弯曲。此项评分为 8 分。

4. 上下砧块及砧座: 燕尾槽处不得有裂纹, 楔铁不得松动。上

下砧块各自锤击平面的不平度不得超过 0.5 毫米，上下砧块接触后的间隙不得超过精度检验 5 所列的允差。此项评分为 8 分。

5. 各管道（包括蒸汽管、空气管及润滑油管）接口处不得有泄漏。此项评分为 6 分。

6. 落下部分（包括活塞、锤杆、上砧块及楔铁）的重量偏差不得超过落下部分名义重量的 $\pm 10\%$ 。此项评分为 10 分。

7. 锻锤操纵手柄的操纵所需力量不得超过下表的规定值：

操纵力允许范围

操纵类别	操纵方式	手操纵 (kg)	脚踏操纵 (kg)
	落下部分重量		
空汽锤	$\leq 250\text{kg}$	4	8
	$> 250\text{kg}$	5	
蒸汽锤	≤ 1 吨	5	—
	> 1 吨—1.5 吨	7	—
	> 1.5 吨—3 吨	11	—

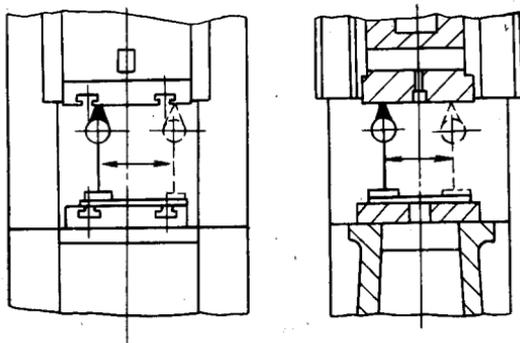
（检验方式：用弹簧秤测试）

此项评分为 8 分。

二、闭式单、双点压力机评分的测定

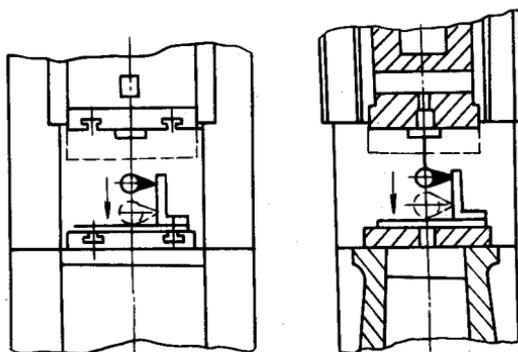
（一）闭式单、双点压力机的精度检验（以下 3 项为闭式单、双点压力机的主要精度）

检验 1



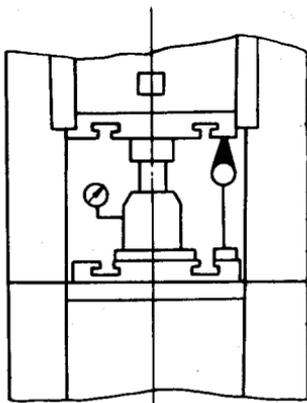
检验 1	检验方法	允差 mm
滑块下平面对工作台上平面的平行度	<p>在工作台板上平面放一根平尺, 平尺上安置百分表, 使其测头顶在滑块下平面上。</p> <p>滑块在任意封闭高度时, 按通过工作台板中心互相垂直的纵向、横向移动百分表进行检验。</p> <p>百分表读数的最大差值, 就是平行度的误差。</p>	在 1000mm 测量长度上为: 0.12

检验 2



检验 2	检验方法	允差 mm
滑块行程对工作台上平面的垂直度	<p>在工作台板上放一根平尺, 平尺上放置角尺。模柄孔插入一根芯棒, 百分表固定在芯棒上, 使其测头顶在角尺的检验面上。</p> <p>向下移动滑块, 在任意封闭高度按通过工作台板中心纵向和横向上进行检验。</p> <p>百分表读数的最大差值, 就是垂直度的误差。</p>	在 1000mm 行程上为 0.30

检验 3



检验 3	检验方法	允差 mm	
		公称压力 (吨)	总间隙值
滑块、连杆、曲轴、齿隙连接点和转动处的总间隙	将百分表固定在工作台上,使其测头顶在滑块下平面上,然后在工作台上放置千斤顶,使测头顶在滑块下平面上,应用千斤顶消除间隙前后差值,记录百分表前后的读数。 百分表读数的最大差值,就是总间隙值。	≥ 10	0.5
		≥ 50	0.8
		≥ 100	1.0
		≥ 160	1.2
		≥ 250	1.4
		≥ 630	2.0

(二) 闭式单、双点压力机精度的评分 (以 400 吨闭式双点压力机为例): 共计 40 分

其计算公式及评分范围与本章第八节电弧炉的评分相同。

(三) 各部位技术鉴定评分 (仍以 400 吨闭式双点压力机为例): 共计 60 分

1. 曲轴连杆系统: 连杆瓦表面与曲轴轴颈表面均不得有拉伤。曲柄端面与连杆瓦端面的间隙不得超过 0.18 毫米。此项评分

为 12 分。

2. 滑块滑动面和机身导轨滑动面均不得有拉伤。滑块和导轨滑动面之间的间隙：当相对称的导轨间距离小于 700 毫米时，间隙不得大于 0.18 毫米，当导轨间距离大于 700 毫米时，间隙不得大于 0.25 毫米。此项评分为 12 分。

3. 连续工作 2 小时以上时，各传动系统的滚动轴承温度不得超过 70°C ，滑动轴承温度不得超过 60°C 。滑动导轨的温度不得超过 50°C 。此项评分为 10 分。

4. 润滑系统：润滑油泵油压正常，油管接头无漏油，压力机各滑动轴承及导轨均不缺油。此项评分为 8 分。

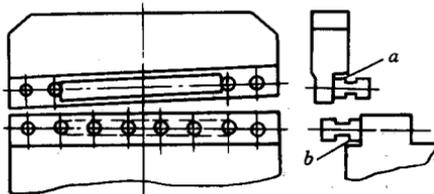
5. 检查减速器齿轮磨损情况。此项评分为 8 分。

6. 电动机及电器：机床连续转二小时后，电动机滚动轴承温度不得超过 70°C ，电动机在运转中无异常振动及噪声。配电箱中，零压保护、热保护及过电流保护元件工作正常。电气部件摇测绝缘电阻不低于 0.5 兆欧。此项评分为 10 分。

三、剪板机评分的测定

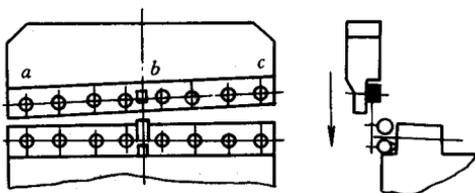
(一) 剪板机的精度检验 (以下三项精度为剪板机的主要精度)

检验 1



检验 1	检验方法	允差 mm	
与上刀片及下刀片贴合的垂直支承面的不平度	将平尺的检验面紧靠与上刀片及下刀片贴合的垂直支承面的 a、b 处，用塞尺检验平尺和垂直支承面之间的间隙。 最大间隙，就是不平度的误差。	剪切厚度 mm	
		≤10	>10
		a、b 在 1000mm 测量长度上均为：	
		0.03	0.04

检验 2

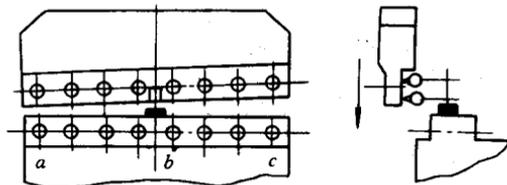


检验 2	检验方法	允差 mm	
下刀片贴合的垂直支承面对上刀架行程的平行度	将百分表依次固定在上刀架 a、b、c 三点上，使其测头顶在与下刀片贴合的垂直支承面上。 向下移动上刀架检验，记录百分表在 a、b、c 三点的读数，a、b、c 的读数分别计算。 百分表读数的最大差值，就是平行度的误差。	剪切厚度 mm	
		≤10	>10
		a、b、c 在 100mm 测量长度上均为：	
		0.20	0.30
		上刀架向下运行时，与上刀片和下刀片贴合的两垂面间距离，只许逐渐增大。	

注：①允许在刀片不拆掉的情况下进行检验，但应扣除刀片的制造误差。

②上刀架运动作倾斜往复运动的，不作此项检验。

检验 3



检验 3	检验方法	允差 mm	
与上刀片贴合的垂直支承面对上刀架行程的平行度	将百分表依次固定在工作台的 a、b、c 三点上,使其测头顶在与下刀片贴合的垂直支承面上。 向下移动上刀架检验,记录百分表在 a、b、c 三点的读数, a、b、c 的读数分别计算。 百分表读数的最大差值,就是平行度的误差。	剪切厚度 mm	
		≤10	>10
		a、b、c 在 100mm 测量长度上均为:	
		0.20	0.24
		上刀架向下运行时,与上刀片和下刀片贴合的两垂面间距离,只许逐渐增大。	

注:允许在刀片不拆掉的情况下进行检验,但应扣除刀片的制造误差。

(二) 剪板机的精度的评分(以剪切长度为 2000 毫米以内的剪板机为例): 共计 40 分

其计算公式及评分范围与本章第八节相同。

(三) 各部位技术鉴定评分(以剪切长度为 2000 毫米以内的剪板机为例)

1. 传动系统: 检查减速器齿轮磨损情况, 检查飞轮外圆径向跳动(允差为 0.3 毫米)。此项评分为 12 分。

2. 压料装置: 液压缸或气缸的压力是否达到说明书要求的额定值, 油管或气管是否泄漏。此项评分为 12 分。

3. 上刀架导轨滑动面及机身导轨滑动面均不得有拉伤。此项评分为 10 分。

4. 磨擦离合器: 磨擦片表面的不平度不得超过 0.2 毫米, 运转中磨擦片不得有打滑或过热现象。磨擦片表面不得有拉伤。此项评分为 8 分。

5. 润滑系统: 润滑油泵油压正常, 油管无漏油, 剪板机各滑动轴承及滑动面不缺油。此项评分为 8 分。

6. 电动机及电器: 机床连续运转二小时后, 电动机滚动轴承温度不得超过 70℃, 电动机在运转中无异常振动及噪声。配电箱中零压保护、热保护及过电流保护元件工作正常。电气部件摇测

绝缘电阻不低于 0.5 兆欧。此项评分为 10 分。

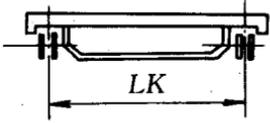
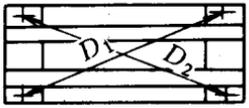
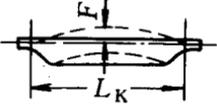
第十节 用技术鉴定法测定典型 起重设备的评分

一、双梁桥式起重机评分的确定

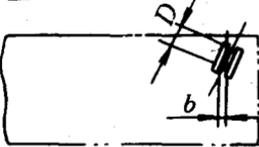
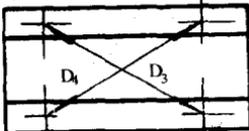
双梁桥式起重机技术鉴定的成新率由组装精度和机械传动部分状态两部分组成。

(一) 组装精度

双梁桥式起重机的组装精度标准有 17 项之多,其中最关键的有以下 6 项:

序号	检验项目	允许偏差 mm	图示	备注
1	起重机桥架跨距 Lk	当 $Lk \leq 19.5m$ 为 ± 4 当 $Lk > 19.5m$ 为 ± 5		
2	桥架在水平面内的对角线差 $D_1 - D_2$	箱型梁 $D_1 - D_2 \leq 5$ 桁架梁 $D_1 - D_2 \leq 10$		
3	主梁上拱度	$F = Lk / 1000 \pm \begin{matrix} 0.3F \\ -0.1F \end{matrix}$		
4	主梁旁弯度 f_1 (在走台和端梁组装后测量)	$f_1 \leq LK / 2000$		只许向外弯

续表

序号	检验项目	允许偏差 mm	图示	备注
5	轮宽中心线与轨道中心线的不平行度 b	$b=D/1000$		系指水平面内测量数值
6	小火车架在水平面内的对角线差 $D_3 - D_4$	$D_3 - D_4 \leq 3$		

将以上六项精度数据测得后，用以下公式计算精度指数：

$$T = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{T_P}{T_S} \right)^2}{n}} \quad (8-3)$$

式中 T——精度指数

T_P ——精度实测值

T_S ——精度标准值

n——实测项数

以 10 吨双梁桥式起重机为例，起重机精度的满分为 40 分。

评分范围如下：

精度指数	评分
≤ 1	40
1~1.1	36
1.1~1.3	32
1.3~1.5	27
1.5~1.7	22
1.7~1.9	17
1.9~2.5	12
2.5~3	7
$T > 3$	2~6

(二) 机械传动部分技术状态 (以 10 吨双梁桥式起重机为例): 共计 60 分

1. 减速箱: 按本书第四章第四节〔四-(三)-2-(4)部分〕所述对减速箱齿轮的磨损限度, 依照磨损程度评分。此项评分为 12 分。

2. 钢丝绳: 按本书第四章第四节所述〔四-(三)-2-(2)部分〕对钢丝绳的更换标准, 按断丝的程度评分。此项评分为 15 分。

3. 吊钩: 按本书第四章第四节所述〔四-(三)-2-(1)部分〕对吊钩的允许磨损标准, 按磨损程度评分。此项评分为 15 分。

4. 滑轮及卷筒: 按本书第四章第四节所述〔四-(三)-2-(3)部分〕对滑轮及卷筒的磨损标准, 按磨损程度评分。此项评分为 10 分。

5. 大车及小车走行轮: 车轮踏面磨损程度不得超过轮圈(轮箍)厚度的 20%, 轮缘磨损不得超过轮缘厚度的 40%, 各车轮直径之差不得超过 $1.5/100D$ (D =走行轮踏面直径), 按磨损程度评分。此项评分为 8 分。

二、汽车起重机评分的确定:

汽车起重机的成新率主要由起重部分和走行部分两项组成。起重部分的技术鉴定内容包括机械传动和液压传动两部分, 机械传动部分有钢丝绳、吊钩、滑轮及卷筒、回转机构等, 其中前三项的鉴定内容与双梁桥式起重机相同。

以 5 吨汽车起重机为例, 其鉴定及评分内容如下:

(一) 起重部分: 共 60 分

1. 机械传动: 共 38 分。其中减速箱、钢丝绳、吊钩、滑轮及卷筒等四个部位各 8 分(评分标准见本书第四章第四节)。回转部分评分为 6 分, 检查内容为减速箱及内齿轮的磨损状况(评分标

准见本书第四章第四节)。

2. 液压系统：共 22 分。

(1) 检查高压油泵、油缸、多联操纵阀以及各油管接头处是否有泄漏。此项评分为 5 分。

(2) 检查多联操纵阀操作是否灵活，平衡阀及双向液压锁动作是否可靠。此项评分为 6 分。

(3) 检查油压是否稳定，滤油器是否堵塞，油箱油量是否在正常位置，油温是否过高。此项评分为 5 分。

(4) 检查液压系统有无振动、异常声响和由于液压系统（包括液压马达）故障造成的落钩、落臂、臂架伸缩发生的“点头”现象或变幅、起升、回转过程中产生的“爬行”现象。此项评分为 6 分。

(二) 汽车起重机走行部分：共 40 分

其内容有外观检查与行驶检查两部分，评定方法与本章第四节《用技术鉴定法测定汽车的评分》相同，评分可按原比例，但每部分评分数较该节所述有所减少。

第十一节 用技术鉴定法测定供 配电设备的成新率

高压供配电设备的技术鉴定是一门技术性很强的工作，由于资产评估人员不可能每门技术都很精通，所以一般采用设备使用年限法（使用量比例法），结合电器设备技术状态（由企业高压电器技术人员配合）综合确定。

高压电器设备的使用寿命：变压器定为 28 年，高压开关电器及互感器定为 18 年，输电线路定为 35 年。由于企业在使用以上

高压电器设备过程中，曾经不断检修或局部改造，所以往往这些高压电器设备虽然已到了使用寿命终止期，但仍能有效地使用，此时应结合其实际技术状态来确定其成新率。

在确定成新率的过程中，必须了解企业变电所是否按当地供电管理部门的要求建立了电气安全工作规程、操作规程、维护检查制度、岗位责任制、巡视检查制度、交接班制度、电器设备缺陷管理制度等。要了解变电所近期的运行值班记录、检修工作记录和缺陷管理记录，以了解故障情况。要了解企业是否按规定对高压电器设备进行预防性试验和测量接地电阻，测试结果是否合格等，这是确定成新率的依据的一个重要方面。

现将主要高压电器设备的检查项目介绍如下，以便资产评估人员与企业高压电器技术人员共同进行技术鉴定时的参考。

一、变压器

1. 变压器的油面高度是否正常，油色是否正常，外壳有无渗、漏油现象。
2. 变压器瓷套管是否有破损或放电痕迹。
3. 变压器运行声响是否正常。
4. 外壳接地是否良好，接地线有无断裂和锈蚀。引线接头、电缆、母线有无发热现象。
5. 冷却装置运行是否正常。
6. 变压器上层油温是否超过允许值 85°C 。

二、高压开关电器

(一) 油断路器

1. 油面是否在监督线附近，油色是否正常，外壳是否漏油。
2. 套管、拉杆瓷瓶有无破损。

3. 油箱内有无放电声（异常声响）。
4. 操作机构是否完整。
5. 外壳接地是否良好。

（二）隔离开关

1. 三相隔离开关每相接触是否紧密，有无弯曲及烧损现象。
2. 套管有无破损或裂纹。
3. 隔离开关的传动机构是否完好。

（三）互感器

1. 检查油位、油色、示油管是否正常。
2. 油浸式互感器外壳是否渗油、漏油。
3. 套管和支持绝缘子是否有破损及裂纹。
4. 有无不正常响声。
5. 外壳接地是否良好、完整。

（四）其他

高压熔断器的熔丝管应完整，无裂纹，导电部分应接触良好，保护环不应缺少或脱落。

思考与练习

1. 用技术鉴定评分法确定机器设备评分的分级原则是什么？
2. 某企业有一台 C61100×3000 车床，床身上最大加工直径为 1000 毫米，最大工件长度 3000 毫米，属于大型机床，试用技术鉴定法确定其成新率。

已知条件：

几何精度：

(1) 溜板在垂直平面内移动的直线度（每米）

允差（毫米，以下同）

实测（毫米，以下同）

0.02	0.02
(2) 主轴锥孔中心线的径向跳动 (距 a 处 500 毫米处)	
允差	实测
0.02	0.03
(3) 溜板移动对主轴中心线的平行度	
允差 (侧母线)	实测
0.03	0.015
(4) 主轴的轴向窜动	
允差	实测
0.02	0.035
(5) 主轴锥孔中心线和尾座顶尖锥孔中心线对车床导轨的不等高	
允差	实测
0.16	0.16
工作精度:	
(1) 精车外圆的圆度	
允差	实测
0.02	0.03
(2) 精车外圆的圆柱度	
允差	实测
0.04	0.03
(3) 精车端面的平面度 (加工件直径 ϕ 500 毫米)	
允差	实测
0.03	0.04

除测得以上精度值外,还对以下各部分的技术状态进行了技术鉴定,其评分结果如下:

操作系统: 4分 (满分为 6分)

润滑系统：6分（满分为10分）

运动系统：6分（满分为8分）

电气系统：10分（满分为15分）

外观及其他：4分（满分为6分）

3. 金属切削机床的精度分为几类？试加以说明。

4. 高压电器设备虽然已到了使用寿命终止期，但仍能有效地使用，此时应结合其实际_____来确定其成新率。

A. 故障记录 B. 技术状态 C. 运行参数

主要参考文献

1. 孟少农:《机械加工工艺手册》,机械工业出版社1991年版
2. 沈鸿:《机械工程手册》(7、8、9卷),机械工业出版社1982年版
3. 程敬之:《机械概论》,水利电力出版社1993年版
4. 李柄禄:《机修手册》,机械工业出版社1993年版
5. 徐柏光:《设备工程与管理》,华东化工学院出版社1992年版
6. 潘家轲:《现代生产管理学》,清华大学出版社1994年版
7. 徐明泽:《中国总工程师手册》,东北工学院出版社1991年版
8. 黄景超:《机械工业技术经济分析》,机械工业出版社1985年版
9. 张洪欣:《汽车设计》,机械工业出版社1981年版
10. 张心逊:《国产汽车技术性能手册》,吉林科学技术出版社1987年版
11. 万欣:《燃气叶轮机》,机械工业出版社1987年版
12. 翁史烈:《燃气轮机》,机械工业出版社1989年版
13. 朱梅林:《燃气轮机》,华中工学院出版社1982年版
14. 刘跃南:《机床计算机数控及其应用》,机械工业出版社1995年版

15. 毕承恩:《现代数控机床》,机械工业出版社1993年版
16. 金茂椿:《电机与控制》,电子科技大学出版社1992年版
17. 任玉田:《机床计算机数控技术》,北京理工大学出版社1996年版
18. 李士松、孙健南等:《工程技术基础》,经济科学出版社1996年版
19. 聂清德:《化工设备设计》,化学工业出版社1991年版
20. 李健:《化工设备》,化学工业出版社1993年版
21. 陈敢泽:《起重机使用指南》,上海科技文献出版社1997年版
22. 倪庆兴:《起重机械》,上海交通大学出版社1990年版
23. 原劳动部:《蒸汽锅炉安全监察规程》
24. 原劳动部:《压力容器安全技术监察规程》
25. 胡增寿:《工厂供电》,高等教育出版社1992年版
26. 黄纯华:《工厂供电》,天津大学出版社1988年版
27. 北京市供电局:《北京地区电气工程安装标准》,北京出版社1990年版

编 后 语

本书是在财政部中国资产评估协会主持下，由中国资产评估协会考试部具体组织，李士松、孙健南两同志撰写，其中第一、二、三、六、七章由李士松执笔，第五、八章由孙健南执笔，第四章由孙健南、李士松共同执笔。本书由任玉田教授、杨志明高级工程师担任审定，在此一并表示感谢。

编 者

1999年3月

CPV · 1999

1999年全国注册资产评估师考试辅导教材

- ◆ 资产评估学
- 财务会计学
- 经济法
- 建筑工程评估基础
- 机电设备评估基础

责任编辑 / 张晓彪

封面设计 / 颜 黎

ISBN 7-5005-4152-X



9 787500 541523 >

ISBN 7-5005-4152-X
F · 3770 定价: 22.60元

