



中华人民共和国国家标准

GB/T 17613.1—1998
idt ISO 9368-1:1990

用称重法测量封闭管道中的液体流量 装置的检验程序 第1部分:静态称重系统

Measurement of liquid flow in closed conduits by weighing method
—Procedures for checking installations
Part 1: Static weighing systems

1998-12-11 发布

1999-07-01 实施

国家质量技术监督局 发布

目 次

前言	Ⅰ
ISO 前言	Ⅳ
引言	V
1 范围	1
2 引用标准	1
3 定义和符号	1
3.1 定义	1
3.2 符号	1
4 认证	2
5 一般原理	2
5.1 装置的主要构成	2
5.2 试验液体	2
5.3 检定原理	2
5.4 准备工作	3
6 检验工作程序	3
6.1 检验称重装置	3
6.2 检验换向器	3
6.3 检验计时器	3
6.4 检验密度测量系统	4
6.5 流量稳定性评估	4
6.6 流动特性的研究	4
7 总不确定度的计算	5
附录 A(标准的附录) 称重装置引入的系统误差和随机误差的估计	6
附录 B(标准的附录) 换向器工作的研究	10
附录 C(标准的附录) 累积时间内流量稳定性评估	13
附录 D(标准的附录) 各累积时间之间流量稳定性评估	15
附录 E(标准的附录) 流动特性的研究	17
附录 F(提示的附录) 文献目录	18
附录 G(提示的附录) 引用标准译文文献	18

前 言

本标准根据国际标准 ISO 9368-1:1990《用称重法测量封闭管道中的液体流量——装置的检验程序 第1部分:静态称重系统》制订,虽然该标准发布已有6年,但经 ISO 于1995年确认,仍为现行标准。本标准在技术内容上与该国际标准等同。

近几年来,我国在液体流量校准(标准)装置方面,采用称重法原理建立的装置逐年增多,且随着高精度质量流量计的广泛应用,称重法流量校准装置还将继续发展,因此制订本标准,符合行业的发展要求。

在检验近几年建立的称重法液体流量校准装置时,已广泛地参考了 ISO 9368-1 的技术内容,实践表明,ISO 9368-1 完全适合我国情况。

本标准制订时,根据 GB/T 1.1—1993《标准化工作导则 第1单元:标准的起草与表述规则 第1部分:标准编写的基本规定》的规定,把附录 A 中的式(1)~式(8)分别改成式(A1)~式(A8)。此外,还增加了附录 G《引用标准译文文献》。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 为“标准的附录”,附录 F 和附录 G 为“提示的附录”。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会归口。

本标准由机械工业部上海工业自动化仪表研究所负责起草。参加起草单位:中国计量科学研究院、上海计量测试技术研究院、湖北省计量科学研究所、开封仪表厂和安庆石油化工总厂。

本标准主要起草人:仇梁、沈钦熙。

本标准委托机械工业部上海工业自动化仪表研究所负责解释。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是各国标准团体(ISO 成员团体)的世界性联合会。国际标准的制定通常是由 ISO 各技术委员会进行的。对已建立了技术委员会的研究主题感兴趣的每一个成员团体都有权派代表参加该技术委员会。与 ISO 有联系的政府性和非政府性的国际组织也可参与这项工作。ISO 紧密地与国际电工委员会(IEC)合作,共同研究有关电工技术方面的标准化工作。

技术委员会所采纳的国际标准草案都分发给各成员团体进行表决。作为一个国际标准的出版需要至少 75% 的成员团体投票赞成。

国际标准 ISO 9368-1 由 ISO/TC30“封闭管道中流体流量的测量”技术委员会制订。

ISO 9368 在《用称重法测量封闭管道中的液体流量——装置的检验程序》的总标题下由如下两个部分所组成:

- 第 1 部分:静态称重系统
- 第 2 部分:动态称重系统

附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 是 ISO 9368 的组成部分,附录 F 仅作为一般资料。

引 言

如 GB/T 17612 所述,液体流量测量的称重法是基本的测量方法之一。该方法广泛地应用于水力研究、泵和涡轮的试验以及流量计的校准。

当用各种装置进行上述这些测量时,为获得可以比对的结果,有必要把进行这些测量和试验的程序标准化。

中华人民共和国国家标准

用称重法测量封闭管道中的液体流量 装置的检验程序

第1部分:静态称重系统

GB/T 17613.1—1998
idt ISO 9368-1:1990

Measurement of liquid flow in closed conduits by weighing method
—Procedures for checking installations
Part 1: Static weighing systems

1 范围

本标准第1部分规定了静态称重法流量测量装置的试验方法。动态称重装置的试验方法将在本标准的第2部分规定。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 17611—1998 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号(idt ISO 4006:1991)

GB/T 17612—1998 封闭管道中液体流量的测量 称重法(idt ISO 4185:1980)

ISO 5168:1978 流体流量的测量——流量测量不确定度的估计

OIML No. 33:1973 空气中称重结果的约定值

3 定义和符号

3.1 定义

GB/T 17611 中所述定义适用于本标准。

3.2 符号

本标准使用的符号见表1。

表1 符号

符号	名 称	量纲	法定计量单位
E_R	随机不确定度,相对值	无量纲	—
e_R	随机不确定度,绝对值	2)	2)
E_S	系统不确定度,相对值	无量纲	—
e_S	系统不确定度,绝对值	2)	2)
m	质量	M	kg
q_v	体积流量	L^3T^{-1}	m^3/s
q_m	质量流量	MT^{-1}	kg/s

表 1(完)

符号	名 称	量纲	法定计量单位
S	标准偏差, 相对值	无量纲	—
s	标准偏差, 绝对值	2)	2)
t	时间	T	s
V	体积	L^3	m^3
ρ	液体密度	ML^{-3}	kg/m^3
1) M—质量; L—长度; T—时间。			
2) 量纲和单位与该不确定度所表明的物理量相对应。			

4 认证

如果称重法流量测量装置用于法制计量目的, 则应通过国家计量部门的认证和备案, 并应在规定的时间内进行周期性检定。

执行检验的负责人应按本标准对检验结果进行评估, 并签发检验结果书面报告。

5 一般原理

5.1 装置的主要构成

静态称重装置通常由下列主要部分所组成:

- 贮水池
- 试验段
- 换向器
- 称重容器
- 称重装置
- 收集容器
- 计时器
- 一台或多台水泵

对这些主要部分的要求规定在 GB/T 17612 中。

5.2 试验液体

检定称重法流量测量装置时, 通常用洁净的水为试验液体。也可用其他液体, 但该液体的蒸气压力应足够低, 以致蒸发的影响可以忽略不计。实际应用中(特别是需限制称重容器液体流出时间时), 建议使用运动粘度不超过 $35 \times 10^{-6} m^2/s$ 的液体。

5.3 检定原理

根据系统的结构进行试验, 以评估装置的系统误差和随机误差。

到达规定的周期时, 应再次对装置进行试验, 以确定此时装置的误差。把该误差与以前的结果进行比较, 从而确定出两次相邻检验之间所需的时间间隔。

检定流量标定系统的一般原理是分别检验装置每一部分的误差, 然后综合这些误差以得到整个装置的总不确定度。

GB/T 17612—1998 的 6.2 规定了评估称重装置和换向器误差的方法。本标准对系统检定和试验的某些方面作进一步的阐述, 特别是给出了一些可以选择的检验程序: 检验称重装置[见 6.1 和附录 A(标准的附录)]、检验换向器[见 6.2 和附录 B(标准的附录)]、检验计时器(见 6.3)、检验密度测量系统(见 6.4)、流量稳定性评估[见 6.5、附录 C(标准的附录)和附录 D(标准的附录)]、流动特性的研究[见 6.6 和附录 E(标准的附录)]以及测量总不确定度的计算(见第 7 章)。

5.4 准备工作

在进行细致的检验前,应首先进行如下的准备工作:

- a) 检查装置的技术说明和操作规程;
- b) 检查主要的和辅助的仪器设备特性,核对它们是否与文件里给出的特性相符;
- c) 检查水力系统的工作状况,以确定附加的误差源;
- d) 确定装置的工作流量范围。

装置最大工作流量应低于下面的两个数值:

- a) 供水系统在流路中以最小水力阻力运行时所能产生的最大流量;
- b) 在允许的最短时间内将称重容器灌至最高液位所对应的流量。这一最短时间应满足 GB/T 17612—1998 的 3.3 所规定的要求,即 30 s。

6 检验工作程序

6.1 检验称重装置

称重容器所收集液体的净质量,可通过称出换向前后称重容器的重量(两次称重)得到,从而皮重从总重中减去。

用两次称重法检验称重装置,可确定其修正值及由称重装置引起的系统不确定度和随机不确定度。评估这些不确定度的程序详细规定在 GB/T 17612 和本标准的附录 A(标准的附录)中。

6.1.1 用标准砝码检验

检验称重装置所使用的标准砝码的总质量应尽可能不小于收集液体的最大可能质量。标准砝码的最大允许误差应等于或小于称重装置期望不确定度的 20%。

如果检定过程中所使用的标准砝码的总质量小于收集液体的最大可能质量,则可使用逐段替代方法检验称重装置。这种情况下,标准砝码的总质量应不小于被称液体最大可能质量的 25%。然而,如果能用逐段替代方法的重复试验确认能达到所要求的精确度,则 25% 这一值也可以减小。

当要求高的精确度时,应根据 OIML No. 33 建议和 GB/T 17612—1998 的有关内容,考虑静止空气作用在标准砝码和试验液体上的浮力影响。

6.1.2 用标准容器检验

在某些情况下,例如对于大容量的称重容器或贮存在称重容器中的水未完全浸没容器中的某些结构时,最好用标准容器检验称重装置。其标准容器的体积量应为贮存在称重容器内水的最大体积量的 5% 到 10% 之间。

此时,需要知道测量条件下水的密度,其不确定度应不超过 $\pm 0.01\%$ 。即在确定水的温度时,其不确定度应不超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

该检验程序与用标准砝码的检验程序相同(见 6.1.1)。

6.2 检验换向器

开始试验前,应在最小流量和最大流量处检验换向器,以确保流动换向或测量流量时不发生飞溅。液体的飞溅是不允许的(液体飞溅到换向器非工作通道会引起不能接受的粗大误差)。

喷嘴出口靠近换向器导流板,可能因压力波动引起流量变化。应确定该变化量,其方法是在换向器处于某一固定位置时,测出最大流量下管路中的压力变化。管路中不应发生反常的压力波动。

用目视方法检查换向器在工作压力时的密封性能(无泄漏)。在允许有非常小泄漏量的情况下,应收集并确定在正常换向周期内的泄漏量。因为泄漏量取决于流量大小,所以泄漏量应在最小流量、中间流量和最大流量下测量(见 B1 计算程序细节)。

通过上述这些检验后,由换向器产生的系统误差和随机误差就可以用 GB/T 17612—1998 的 6.2.1.3 和 6.2.2.2 及附录 A(标准的附录),或本标准附录 B(标准的附录)给出的替代方法予以确定。

6.3 检验计时器

计时器的标定误差给出了注水时间测量的系统误差。

为确保由计时器引起的注水时间测量的随机误差忽略不计,计时器误差应小于最短注水时间的0.01%(即,例如最短注水时间30 s时,误差为3 ms)。用称为双精密计时的插值法(见ISO 7278-3),就能获得小于0.01%的读数误差。

6.4 检验密度测量系统

如果要求得到与已知的质量流量相对应的体积流量,应按要求的精确度测出液体的密度。对于热膨胀系数大的液体来说,要获得这样的精确度是困难的。测量密度的技术和计算其误差的方法规定在GB/T 17612—1998的3.5和6.2.1.4中。

6.5 流量稳定性评估

对于称重系统的某些应用,需要确定试验段流量的稳定性。稳定性评估应指出流量稳定系统的运行效果,其中包括指出可减小流量不稳定性的稳定装置的效果。评估时应在较宽的流量波动频谱内进行。

已有多项技术可估计流量的稳定性。一种行之有效的方法是在回路中安装一台低惯性的涡轮流量计,最好提高其脉冲输出频率以获得高的分辨力,涡轮流量计本身的稳定性应优于系统预期的流量稳定性。

对流量稳定性的评估,既可评估其累积(或换向)时间内的稳定性,又可评估各累积时间之间的稳定性,两者取其一。这两种评估采用两种不同的技术,详见6.5.1和6.5.2。

6.5.1 累积时间内的流量稳定性

具有频率或脉冲输出且流量范围合适的涡轮流量计安装在回路中,以评估累积时间内的流量稳定性。也可使用其他类型的流量计替代涡轮流量计,但该流量计应具有优良的短期稳定性、快速的响应特性以及其输出能在整个短的时间间隔内记录或读出。确定流量稳定性时,应在系统工作范围内的多个流量点进行试验。

一旦流量稳定下来,就操作换向器以启动精密计时器。此时,代表流量大小的流量计输出信号应每秒至少记录一次,在整个累计时间内应取60个记录值。

上述试验程序应在所选的其他流量点重复进行。所得结果按照附录C(标准的附录)给出的方法(附有计算实例)进行分析。

6.5.2 各累积时间之间的流量稳定性

对于某些应用,需要知道较长时间的流量稳定性。在这种情况下,需采用不同的技术。此时,在试验段应安装一台中期稳定性优于系统期望稳定性的流量计。性能优良的涡轮流量计或具有良好零点稳定性的电磁流量计可以满足这一要求。其试验程序见附录D(标准的附录)所述,该附录也含一个计算实例。

6.5.3 流量稳定性评估的应用

导出量 S_5 [随机误差分量的相对标准偏差,详见附录C(标准的附录)]应仅用作评估系统总随机不确定度的导则。例如,如果称重方法用来标定流量计,则 S_5 值对总随机不确定度的影响,取决于被校流量计的类型和在称重容器注水期间测量被校流量计平均输出所使用的方法。

如果用反映累积流量的总脉冲数来标定涡轮流量计,则流量不稳定性对总测量误差的影响可以忽略不计;反之,对差压类的一次流量装置,其输出读数反映单一的瞬时流量,则在总随机不确定度中要包含整个 S_5 项。

累积时间之间流量稳定性的评估,对检验流量的长期稳定性以及确定系统中任何稳定装置的有效性是有意义的。如果在试验水泵和水轮机时需要长时间保持稳定的流量,则该流量稳定性的评估是重要的。

因此,是否有必要考虑由流量不稳定性引起的误差,将取决于试验的仪表或装置的用途。

在流量不稳定性可能严重影响流量测量的场合,误差的分析应包括它的影响。

6.6 流动特性的研究

如果称重系统用来标定流量计,则重要的是应知道标定试验管线的流动特性。

附录 E(标准的附录)给出了测量所需的流动特性的各种技术细节。

7 总不确定度的计算

不确定度的系统和随机分量应按照本标准第 6 章和附录 A~附录 D(均为标准的附录)所述的程序确定。

每当可能时,在进行下一步测量前应先对系统误差作修正。任何保留系统不确定度的情况,应如 GB/T 17612—1998 的 6.2.1 和附录 C(标准的附录)所述的方法进行估计。

相对系统不确定度 E_s 由下式给出:

$$E_s = (E_{s1}^2 + E_{s2}^2 + E_{s3}^2 + E_{s4}^2)^{1/2}$$

式中: E_{s1} ——称重装置的相对系统不确定度[见 6.1 和附录 A(标准的附录)];

E_{s2} ——换向器工作的相对系统不确定度[见 6.2 和附录 B(标准的附录)];

E_{s3} ——换向器泄漏的相对系统不确定度[见 6.2 和附录 B(标准的附录)];

E_{s4} ——密度测量的相对系统不确定度(见 6.4)。

应注意, E_{s4} 只有在测量体积流量时考虑。

相对随机不确定度 E_R 由下式给出:

$$E_R = t^* (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2)^{1/2}$$

式中: S_1 ——称重装置随机误差的相对标准偏差[见 6.1 和附录 A(标准的附录)];

S_2 ——换向器工作随机误差的相对标准偏差[见 6.2 和附录 B(标准的附录)];

S_3 ——换向器泄漏随机误差的相对标准偏差[见 6.2 和附录 B(标准的附录)];

S_4 ——密度测量随机误差的相对标准偏差(见 6.4);

t^* ——学生氏变量,由表 2 给出,根据自由度选取适当的值。

如果流量不稳定性可能影响试验结果,则就有必要考虑 S_5 ,也有可能还要考虑 S_6 [见 6.5,附录 C(标准的附录)和附录 D(标准的附录)]。

流量测量的总不确定度应引入随机不确定度 E_R 和系统不确定度 E_s 两个值,因此总不确定度可以表达成上述两个不确定度的合成,即:

$$E = (E_R^2 + E_s^2)^{1/2}$$

式中,随机不确定度具有 95% 的概率。根据 ISO 5168 的要求,总随机不确定度 $(E_R)_{95}$ 应分别列出。

表 2 置信水平为 95% 时各自由度的学生氏值

自 由 度	t_{95}^*
1	12.706
2	4.303
3	3.182
4	2.776
5	2.571
6	2.447
7	2.365
10	2.228
15	2.131
20	2.086
30	2.042
60	2.000
∞	1.960

附录 A

(标准的附录)

称重装置引入的系统误差和随机误差的估计

最通常使用的直接称重系统是杠杆秤。GB/T 17612—1998 给出了确定这类称重机械的系统误差和随机误差的方法,下面给出的方法是一种替代技术,它也涉及到其他的直接称重系统。

A1 试验程序

称重装置是用标准的试验砝码逐步加载和卸载的。误差值应在从零到最大负载值的范围内、用不少于 10 个均匀分布的负载值,通过加载和卸载后确定(最大负载值等于称重装置的最大称重限与卸载后称重容器的质量之差)。

误差值由下式确定:

$$\Delta m_i = R_{mi} - (m + \bar{R}_0) \quad \dots\dots\dots (A1)$$

式中: Δm_i ——负载 $(m + \bar{R}_0)$ 时第 i 次测量的误差;

R_{mi} ——质量为 m 的标准砝码第 i 次测量时称重装置的读数;

m ——标准砝码质量;

$\bar{R}_0$ ——所得 R_{0i} 的平均值,而 R_{0i} 是空称重容器第 i 次测量时称重装置的读数。

A2 两次称重质量测量的不确定度估计

每次加载的算术平均误差值 $\overline{\Delta m}$ 和称重装置误差的标准偏差 $s_{\Delta m}$ 用下式计算:

$$\overline{\Delta m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_i \quad \dots\dots\dots (A2)$$

$$s_{\Delta m} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta m_i - \overline{\Delta m})^2}{(n-1)} \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (A3)$$

式中, n 在最大负载和空称重容器时的典型值为 5,其他负载值时为 10。

为表达 $(m + \bar{R}_0)$,可用插值法分步使用 $\overline{\Delta m}$ 和 $s_{\Delta m}$ 的计算值。当对 Δm 与 $(m + \bar{R}_0)$ 及 $s_{\Delta m}$ 与 $(m + \bar{R}_0)$ 间的关系要求最高精确度时,建议用最小二乘法计算方程。

容器中收集的(或从容器中排出的)流体质量 M ,可用两次称重之差表达如下:

$$M = R_1 - R_2 \quad \dots\dots\dots (A4)$$

式中, R_1 和 R_2 分别为两次称重的读数。

因此,确定流体质量时的系统误差等于 $(\overline{\Delta m}_1 - \overline{\Delta m}_2)$,而 $\overline{\Delta m}_1$ 和 $\overline{\Delta m}_2$ 分别是对应 R_1 和 R_2 的 $\overline{\Delta m}$ 值。考虑到上述导出的平均系统误差,分步称重的测量应该用 $(\overline{\Delta m}_1 - \overline{\Delta m}_2)$ 进行修正。

分步测量时保留系统不确定度,是因为从标定程序期间可以看到在系统误差中含有随机分量,以及所有标准砝码质量也存在着不确定度。当标准砝码质量的不确定度可以忽略时(通常就是这样),单一质量测量的系统不确定度由下式给出:

$$e_s = \frac{t^*}{\sqrt{n}} (s_{\Delta m_1}^2 + s_{\Delta m_2}^2)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (A5)$$

式中: $s_{\Delta m_1}$ 和 $s_{\Delta m_2}$ ——与 R_1 和 R_2 相对应的 $s_{\Delta m}$ 值;

t^* ——自由度 $(n-1)$ 的学生氏值。

单一流体质量测量 M 中随机误差的标准偏差 s ,可以假设为等于标定期间同一负载下读数的标准偏差:

$$s = (s_{\Delta m_1}^2 + s_{\Delta m_2}^2)^{1/2} \dots\dots\dots (A6)$$

系统不确定度的相对值 E_{S_1} 和随机误差标准偏差的相对值 S_1 由下式给出：

$$E_{S_1} = \frac{e_s}{M} \dots\dots\dots (A7)$$

$$S_1 = \frac{s}{M} \dots\dots\dots (A8)$$

A3 计算实例

皮重 1 100 kg 的称重装置用 10 个 1 000 kg 的砝码进行 5 个循环的加载和卸载的试验, 所得试验结果如表 A2 所示。

作为 $(m + \bar{R}_0)$ 函数的 $s_{\Delta m}$ 值从式(A3)得到, 其结果示于表 A1。

表 A1 函数 $(m + \bar{R}_0)$ 的 $s_{\Delta m}$ 值 kg

$(m + \bar{R}_0)$	$s_{\Delta m}$
2 100	2.6
3 100	3.6
4 100	1.9
5 100	3.0
6 100	3.7
7 100	3.9
8 100	3.6
9 100	3.3
10 100	3.9
11 100	3.6

假设, 所得称重数据如:

$$R_1 = 8\,620 \text{ kg}$$

$$R_2 = 3\,235 \text{ kg}$$

则:

$$M = 8\,620 - 3\,235 = 5\,385 \text{ kg}$$

对 $\overline{\Delta m_1}$ 、 $\overline{\Delta m_2}$ 值以及与 R_1 、 R_2 相对应的 $s_{\Delta m_1}$ 、 $s_{\Delta m_2}$ 值用插值法得到如下结果:

$$\overline{\Delta m_1} = 0.6 + \frac{1.2 - 0.6}{9\,100 - 8\,100} \times (8\,620 - 8\,100) \approx 0.9 \text{ kg}$$

$$\overline{\Delta m_2} = 3.1 + \frac{0.3 - 3.1}{4\,100 - 3\,100} \times (3\,235 - 3\,100) \approx 2.7 \text{ kg}$$

$$s_{\Delta m_1} = 3.6 + \frac{3.3 - 3.6}{9\,100 - 8\,100} \times (8\,620 - 8\,100) \approx 3.4 \text{ kg}$$

$$s_{\Delta m_2} = 3.6 + \frac{1.9 - 3.6}{4\,100 - 3\,100} \times (3\,235 - 3\,100) \approx 3.4 \text{ kg}$$

对流体质量测量作修正:

$$- (0.9 - 2.7) = + 1.8 \text{ kg}$$

系统不确定度:

$$e_s = \frac{2.262}{\sqrt{10}} (3.4^2 + 3.4^2)^{1/2} = 3.4 \text{ kg}$$

忽略标准砝码的质量误差, 则系统不确定度的相对值为:

$$E_{s1} = \frac{3.4}{5 \ 386.8} = 0.000 \ 6 \text{ 或 } 0.06\%$$

随机误差的标准偏差：

$$s = (3.4^2 + 3.4^2)^{\frac{1}{2}} = 4.8 \text{ kg}$$

则：

$$S_1 = \frac{4.8}{5 \ 386.8} = 0.000 \ 9 \text{ 或 } 0.09\%$$

表 A2 称重装置试验测量结果的例子

标准砝码		称重装置读数 R_{0i} 或 R_{mi}										称重装置误差 Δm_i										$\overline{\Delta m}$	$(m + \overline{R}_0)$		
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	$i=9$	$i=10$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	$i=9$	$i=10$				
0	1 102	1 100		1 100		1 098		1 100				+2	0		0		-2		0			0	0	0	1 100
1 000	2 102	2 102	2 103	2 102	2 105	2 098	2 097	2 098	2 100	2 100		+2	+2	+3	+2	+3	+5	-2	-3	-2	0				2 100
2 000	3 103	3 103	3 105	3 100	3 105	3 103	3 102	3 103	3 102	3 105		+3	+3	+5	0	+5	+3	+2	+2	+3	+2	+5			3 100
3 000	4 103	4 102	4 102	4 100	4 098	4 098	4 098	4 100	4 102	4 100		+3	+2	+2	0	-2	-2	-2	0	0	+2	0			4 100
4 000	5 100	5 100	5 100	5 105	5 100	5 097	5 097	5 095	5 102	5 103		0	0	0	+5	0	-3	-3	-5	+2	+2	+3			5 100
5 000	6 105	6 102	6 105	6 103	6 102	6 100	6 100	6 095	6 095	6 097		+5	+2	+5	+3	+2	0	0	-5	-5	-5	-3			6 100
6 000	7 102	7 103	7 105	7 106	7 102	7 100	7 097	7 097	7 098	7 094		+2	+3	+5	+6	+2	0	-3	-3	-2	-2	-6			7 100
7 000	8 103	8 100	8 098	8 106	8 105	8 094	8 098	8 100	8 100	8 102		+3	0	-2	+6	+5	-6	-2	0	0	0	+2			8 100
8 000	9 106	9 103	9 097	9 100	9 105	9 100	9 102	9 098	9 103	9 098		+6	+3	-3	0	+5	0	+2	-2	+3	+3	-2			9 100
9 000	10 105	10 102	10 103	10 095	10 102	10 103	10 095	10 105	10 097	10 098		+5	+2	+3	-5	+2	+3	-5	+5	+5	-3	-2			10 100
10 000	11 102		11 102		11 103		11 105		11 103			+2		+2	+2	+3	+2	+5	+5	+3	+3				11 100

附录 B

(标准的附录)

换向器工作的研究

B1 试验程序

当换向器在不同于 GB/T 17612—1998 规定的条件下启动或停止计时器时,可以使用下述方法。

图 B1 说明了用换向器系统测量流量时称重容器的注水过程。计时器可以在如点 1 或点 4 启动,在如点 5 或点 8 停止。

1—2—3—4 和 5—6—7—8 分别表示流动切入到测量容器和从测量容器中切出时换向器转换运动的持续时间(时间 t_1 是从旁通到容器,时间 t_2 是从容器到旁通)。

3—6 表示以稳定流量的注水时间。

2—9 和 12—7 分别表示把液体换向到容器及换向回旁通时通过换向器的流量变化。

9—12 表示通过测量装置的实际流量。

1—2、9—10、11—12 和 7—8 表示换向器无效行程。

图 B2 所示回路可以用来确定由换向器切换时间差引起的修正量 Δt 。开关 K_1 和 K_2 位于 T_1 ,测量流动从旁通切换到容器时的切换时间 t_1 。与换向器控制部分(例如弹簧机构的杠杆)刚性连接的横梁 A 的位移使触点 2、6 闭合,从而触发了电子计时器。闭合触点 1、4 则停止计时器。开关 K_1 和 K_2 位于 T_2 ,测量切换时间 t_2 。横梁 B 的位移使触点 1、3 闭合,触发计时器;而触点 2、5 闭合,则停止计时器。

对换向器的切换时间 t_1 和 t_2 进行 n 次测量($n \geq 10$),然后确定平均值 $\bar{t}_1$ 和 $\bar{t}_2$,并计算修正值: $\Delta t = |\bar{t}_1 - \bar{t}_2|$ 。

试验应在对换向器提供正常驱动源(弹簧或扭力杆,电动的或气动的等)的情况下进行。

测量时的流量取为: $q_{V\min}$ 、 $0.5q_{V\max}$ 和 $q_{V\max}$ 。

B2 换向器引起的不确定度的评估

时间 t_1 和 t_2 经 n 次测量后,其平均值 $\bar{t}_1$ 和 $\bar{t}_2$ 、标准偏差 S_2 和 S_3 及修正值 Δt 分别用下列公式计算:

$$\bar{t}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{1i}}{n}$$

$$\bar{t}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{2i}}{n}$$

$$S_2 = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_{1i} - \bar{t}_1)^2}{(n-1)} \right]^{1/2}$$

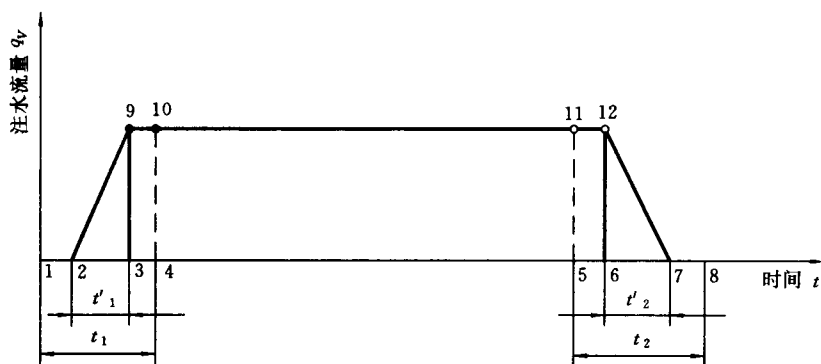


图 B1 测量容器注水过程图

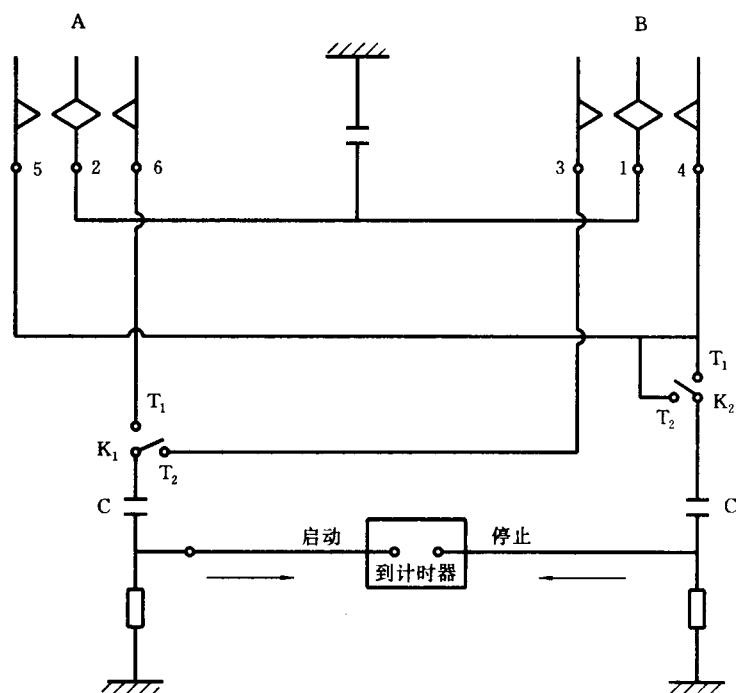


图 B2 换向器切换时间和切换时间差测量图

$$S_3 = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_{2i} - \bar{t}_2)^2}{(n-1)} \right]^{1/2}$$

$$\Delta t = |\bar{t}_1 - \bar{t}_2|$$

式中： $t_{\min}$ ——在正常工作条件下对容器的最小注水时间。

从所得的 S_2 、 S_3 和 Δt 值中，选取其最大值 $S_{\max}$ 和 $\Delta t_{\max}$ 。修正测量时间的误差用 GB/T 17612—1998 附录 A(标准的附录)给出的方法。

所得的数据可用来计算换向器切换时间差中误差的系统分量 E_{S2} ，其公式如下：

$$E_{S2} = \frac{\Delta t_{\max}}{2t_{\min}}$$

当计时器在换向器不同的位置(见图 B1)切换时，误差 E_{S2} 可用下式之一进行计算：

$$E_{S2} = \frac{\Delta t_{\max}}{2t_{\min}} \text{ (位置 1—8 或 4—5 切换时)}$$

或

$$E_{S2} = \frac{\Delta t_{\max}}{2t_{\min}} (\text{位置 1—5 或 4—8 切换时})$$

B3 计算实例

某一装置的最大流量 $q_{m,\max} = 2 \text{ kg/s}$, 在最大流量下对测量容器的最小注水时间 $t_{\min} = 40 \text{ s}$ 。

换向器切换时间的 10 次连续测量结果示于表 B1。

表 B1 换向器切换时间差试验结果

s

测量序号	换向器切换时间	
	从旁通到测量容器	从测量容器到旁通
1	0.031 2	0.027 1
2	0.032 3	0.026 6
3	0.031 9	0.027 6
4	0.032 4	0.027 9
5	0.034 4	0.028 2
6	0.031 4	0.028 0
7	0.031 8	0.027 4
8	0.031 5	0.027 4
9	0.031 5	0.027 4
10	0.031 5	0.027 3

从表 B1 值可得:

$$\bar{t}_1 = 0.032 0$$

$$\bar{t}_2 = 0.027 5$$

$$|\Delta t| = 0.004 \text{ s}$$

$$t_{\min} = 40 \text{ s}$$

$$S_2 = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_{1i} - \bar{t}_1)^2}{(n-1)} \right]^{1/2}$$

$$= \frac{1}{40} \sqrt{\frac{781}{9}} \times 10^{-4} = \frac{1}{40} \times 9.3 \times 10^{-4}$$

$$= 0.000 02 \text{ 或 } 0.002 \%$$

$$S_3 = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_{2i} - \bar{t}_2)^2}{(n-1)} \right]^{1/2}$$

$$= \frac{1}{40} \sqrt{\frac{195}{9}} \times 10^{-4}$$

$$= 0.000 01 \text{ 或 } 0.001 \%$$

$$E_{S2} = \frac{0.004}{2 \times 40}$$

$$= 0.000 05 \text{ 或 } 0.005 \%$$

B4 换向器泄漏检验

最大泄漏质量 $m_{1\max}$ 用 6.2 详述的方法试验后确定。下述公式用来确定系统误差分量：

$$E_{S3} = \frac{m_{1\max}}{m_{\min}}$$

式中： $m_{\min}$ ——测量容器所收集液体的最小质量。

E_{S3} 值很可能小于 E_{S1} 值的 10%，在这种情况下，误差 E_{S3} 可以忽略。

附录 C

(标准的附录)

累积时间内流量稳定性评估

C1 原理

按 6.5.1 要求进行一系列流量测量。每次测量其输出信号频率偏离平均值的相对偏差 x_k 可用下式计算：

$$x_k = \frac{f_k - \bar{f}}{\bar{f}}$$

式中： f_k ——输出信号频率；

$\bar{f}$ ——输出信号频率的平均值。

从而可得到一系列的相对偏差值：

$$x_1, \dots, x_k, \dots, x_n$$

其中的 n 为测量次数。

自相关函数 R_j (即为 x_k 系列中按每一对相对偏差计算的协方差矩 R_0, R_1, R_2 等的合成) 计算如下：

$$R_j = \frac{1}{n-j} \sum_{k=1}^{n-j} x_k x_{k+j}$$

式中： j ——程序步， $j=0, 1, \dots, j_{\min}$ ；

k ——试验程序数。

为使自相关函数规范化，综合的相关系数 r_0 (按定义 $r_0=1$)、 $r_1, r_2, \dots$ 由下式确定：

$$r_j = \frac{R_j}{R_0}$$

式中 $j=0, \dots, j_{\min}$ ($j_{\min}$ 是最小的秩，此时 r_j 小于或等于 0.1)。

衰减率 τ 用下式计算：

$$\tau = \sum_{j=0}^{j_{\min}} |r_j| \Delta t$$

式中 Δt 是相邻流量测量之间的时间间隔：

$$\Delta t = \frac{T}{n}$$

式中 T 为累积周期。

由流量不稳定性引起的随机误差分量的相对标准偏差 S_5 可计算如下：

$$S_5 = \sqrt{2R_0 \frac{\tau}{T}}$$

C2 计算实例

按 6.5.1 所述方法,用涡轮流量计确定累积时间内流量不稳定性的试验结果示于表 C1。

表 C1 在累积时间内流量稳定性试验结果

公称流量:0.062 8 m³/s

换向时间:115.7 s

s

涡轮流量计转子转一圈(41 个脉冲)的时间				
0.844 4	0.835 9	0.832 2	0.832 1	0.838 8
0.838 5	0.832 7	0.849 4	0.849 5	0.835 9
0.833 2	0.845 3	0.843 2	0.845 0	0.835 2
0.849 1	0.844 3	0.849 1	0.845 8	0.833 2
0.845 6	0.840 3	0.841 8	0.846 4	0.849 5
0.840 8	0.836 9	0.838 2	0.846 7	0.849 2
0.839 8 ¹⁾	0.834 7	0.837 5	0.846 2	0.849 0
0.835 3	0.848 2	0.835 8	0.846 8	0.843 9
0.833 8	0.843 6	0.833 0	0.846 9	0.838 9
0.831 2	0.842 2	0.849 7	0.844 3	0.841 1
0.845 6	0.838 3	0.845 7	0.843 4	0.839 4
0.843 2	0.839 2	0.843 3	0.840 4	0.840 8
0.838 0	0.838 0	0.839 2	0.841 3	0.840 2
0.834 7	0.836 1	0.831 6	0.837 9	0.841 2 ²⁾
0.852 7	0.831 3	0.851 6	0.836 3	0.841 2
0.849 3	0.846 1	0.849 9	0.832 9	0.844 1
0.845 1	0.843 6	0.845 6	0.851 4	0.843 8
0.844 1	0.839 0	0.844 8	0.847 1	0.841 4
0.842 1	0.837 5	0.839 3	0.844 2	0.838 8
0.839 7	0.836 9	0.835 6	0.840 3	0.839 5
1) 换向周期开始。				
2) 换向周期结束。				

计算:

测量次数 $n=87$

累积时间 $T=115.7$ s

涡轮转子转一圈所需的平均时间:

$$\frac{1}{87}(0.835\ 3 + 0.833\ 8 + \cdots + 0.841\ 2) = 0.841\ 4\ \text{s}$$

因此,

$$x_1 = \frac{0.835\ 3 - 0.841\ 4}{0.841\ 4} = -0.007\ 250$$

$$x_2 = \frac{0.833\ 8 - 0.841\ 4}{0.841\ 4} = -0.009\ 033$$

$$\vdots$$

$$x_{87} = \frac{0.841\ 2 - 0.841\ 4}{0.841\ 4} = -0.000\ 238$$

因此,

$$R_0 = \frac{1}{87}(x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_{87}^2) = 4.337 \times 10^{-5}$$

$$r_0 = 1(\text{按定义})$$

$$R_1 = \frac{1}{86}(x_1x_2 + x_2x_3 + \cdots + x_{86}x_{87}) = 1.342 \times 10^{-5}$$

$$r_1 = \frac{R_1}{R_0} = \frac{1.342 \times 10^{-5}}{4.337 \times 10^{-5}} = 0.3095$$

$$R_2 = \frac{1}{85}(x_1x_3 + x_2x_4 + \cdots + x_{85}x_{87}) = -3.097 \times 10^{-6}$$

$$r_2 = \frac{R_2}{R_0} = \frac{-3.097 \times 10^{-6}}{4.337 \times 10^{-5}} = -0.0714$$

$$\text{由于 } r_2 < 0.1, j_{\min} = 2$$

因此,

$$\Delta t = \frac{T}{n} = \frac{115.7}{87} = 1.3299$$

则:

$$\tau = (1 + 0.3095 + 0.0714) \times 1.3299 = 1.836$$

(r_1, r_2 值是绝对值)

因此:

$$S_s = \left(\frac{2 \times 4.337 \times 10^{-5} \times 1.836}{115.7} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.00117 \text{ 或 } 0.117\%$$

附录 D

(标准的附录)

各累积时间之间流量稳定性评估

D1 评估原理

各累积时间之间的流量稳定性可以通过测量 n 个周期(至少 10 个)中每一次的平均流量来进行评估。试验是在装置实际流量范围内均匀分布的 5 个不同流量点进行。

通过检验排除无关的东西,并按 ISO 5168 所述方法剔除无效的测量。

评估流量稳定性的公式取决于在整个试验周期里流量是否发生重大的系统变化。

对每一个选择的流量,计算其平均流量和下列的一些值:

$$u = \frac{1}{n-1} \times \frac{1}{q_v^2} \sum_{i=1}^n (q_{vi} - \bar{q}_v)^2$$

$$U = \frac{1}{2(n-1)} \times \frac{1}{q_v^2} \sum_{i=1}^{n-1} (q_{v_{i+1}} - q_{v_i})^2$$

式中,

$$\bar{q}_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{vi}$$

计算 $A_1 = U/u$, 并与表 D1 给出的临界值 A (Abbe 判据) 作比较。

如果 $A_1 \geq A$, 可以认为在测量时间内没有系统的流量变化。此时, 各累积时间之间的流量不稳定性用下述给出的相对标准偏差进行评估:

$$S_s = \sqrt{u}$$

如果 $A_1 \leq A$, 则相对标准偏差为:

$$S_g = \sqrt{U}$$

表 D1 A 值(Abbe 判据)

概率 P, %			概率 P, %			概率 P, %		
n	1	5	n	1	5	n	1	5
4	0.213	0.390	23	0.548	0.671	42	0.655	0.752
5	0.269	0.410	24	0.556	0.678	43	0.659	0.755
6	0.281	0.445	25	0.564	0.684	44	0.662	0.758
7	0.307	0.468	26	0.571	0.689	45	0.666	0.760
8	0.331	0.491	27	0.578	0.695	46	0.669	0.763
9	0.354	0.512	28	0.585	0.700	47	0.673	0.765
10	0.376	0.531	29	0.591	0.705	48	0.676	0.768
11	0.396	0.548	30	0.598	0.709	49	0.679	0.770
12	0.414	0.564	31	0.603	0.714	50	0.681	0.772
13	0.431	0.578	32	0.609	0.718	51	0.684	0.774
14	0.447	0.591	33	0.614	0.722	52	0.687	0.776
15	0.461	0.603	34	0.619	0.726	53	0.690	0.778
16	0.475	0.614	35	0.624	0.729	54	0.692	0.780
17	0.487	0.624	36	0.629	0.733	55	0.695	0.782
18	0.499	0.633	37	0.634	0.736	56	0.697	0.784
19	0.510	0.642	38	0.638	0.740	57	0.700	0.785
20	0.520	0.650	39	0.642	0.743	58	0.702	0.787
21	0.530	0.657	40	0.647	0.746	59	0.705	0.789
22	0.539	0.665	41	0.651	0.749	60	0.707	0.791

D2 计算实例

用 6.5.2 所述的涡轮流量计, 为确定各累积时间之间流量稳定性所进行的试验结果见表 D2。

表 D2 各累积时间之间流量稳定性试验结果

公称流量: 0.077 2 m³/s

脉 冲 数	时 间 s	频 率 Hz	等效的流量 m ³ /s
370 2	60.631	61.06	0.077 09
369 8	60.550	61.07	0.077 11
371 3	60.744	61.13	0.077 18
369 7	60.472	61.14	0.077 19
370 6	60.504	61.25	0.077 33
371 4	60.641	61.25	0.077 33
371 5	60.692	61.21	0.077 28
369 2	60.375	61.15	0.077 21
369 2	60.401	61.12	0.077 17
368 4	60.070	61.33	0.077 43

计算:

平均流量:

$$\begin{aligned}\bar{q}_v &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{vi} \\ &= \frac{1}{10} (0.077\ 09 + 0.0771\ 1 + \cdots + 0.077\ 43)\end{aligned}$$

$$= 0.077\ 232$$

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{n-1} \times \frac{1}{\bar{q}_v^2} \sum_{i=1}^n (q_{vi} - \bar{q}_v)^2 \\ &= \frac{1}{9} \times \frac{1}{(0.077\ 232)^2} [(0.077\ 09 - 0.077\ 232)^2 + (0.077\ 11 - 0.077\ 232)^2 + \dots \\ &\quad + (0.077\ 43 - 0.077\ 232)^2] \\ &= 1.947\ 7 \times 10^{-6} \\ U &= \frac{1}{2(n-1)} \times \frac{1}{\bar{q}_v^2} \sum_{i=1}^{n-1} (q_{v_{i+1}} - q_{v_i})^2 \\ &= \frac{1}{18(0.077\ 232)^2} [(0.077\ 11 - 0.077\ 09)^2 + (0.077\ 18 - 0.077\ 11)^2 + \dots \\ &\quad + (0.077\ 43 - 0.077\ 17)^2] \\ &= 0.946\ 3 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

因此,

$$\begin{aligned} A_1 &= U/u \\ &= \frac{0.946\ 3 \times 10^{-6}}{1.947\ 7 \times 10^{-6}} = 0.486 \end{aligned}$$

从表 D1 中查得,当 $n=10$ 、概率为 5% 时,对应的临界值 A 为 0.531。由于 A_1 小于临界值 A ,这表明在试验期间流量存在系统变化。从而,由流量不稳定性引起的相对标准偏差可以计算如下:

$$\begin{aligned} S_6 &= \sqrt{U} \\ &= \sqrt{0.946\ 3 \times 10^{-6}} \\ &= 0.973 \times 10^{-3} \text{ 或 } 0.1\% \end{aligned}$$

附 录 E

(标准的附录)

流动特性的研究

当设计的系统用于标定和检定流量测量仪表时,必须注意应把流动的扰动减到最小,而且在试验仪表的入口处建立充分发展的速度分布。流动可能碰到两种主要类型的扰动,即速度分布的畸变和漩涡。这两类扰动能影响被试仪表的精确度。

速度分布畸变典型的是由一阻碍物局部地阻塞仪表上游的导管。例如,法兰连接没有对准,或存在部分关闭的阀。只要在扰动处与仪表之间规定适当的直管段长度,这种影响通常能予以消除。

漩涡流常常由不同平面上的两个或多个弯管对流体的相互作用产生的。设计系统时的仔细考虑(选择长的直管段、流动入口条件、试验管线的组态、阀门和调节装置等)将有助于把漩涡减小到可接受的水平。

为检验设计的有效性、确保标定和检定条件的一致性以及为用计算的修正值调整测量结果创造可能性(以技术上可接受为前提),建议在装置试验的过程中,对涉及流动结构特征的这些参数,在标定或检定仪表装置的试验管段处进行实验研究。确定局部流动速度和方向的方法,见 ISO 3354、ISO 3966 和 ISO 7194。

漩涡流可以用装在试验管线中零入射角的直叶片转子的涡轮流量计检测。涡轮流量计转子的旋转速度比例于流动中的漩涡角。

附 录 F

(提示的附录)

文 献 目 录

- 1 ISO 3354:1988 封闭管道中清洁水流量的测量——在充满管道和规则流动条件下使用流速计的速度面积法
- 2 ISO 3966:1977 封闭管道中流体流量的测量——用皮托静压管的速度面积法
- 3 ISO 7066-1:1989 标定和使用流量测量装置的不确定度的评估——第1部分:线性标定关系
- 4 ISO 7066-2:1988 标定和使用流量测量装置的不确定度的评估——第2部分:非线性标定关系
- 5 ISO 7194:1983 封闭管道中流体流量的测量——在圆形管道内漩涡流或非对称流条件下用流速计或皮托静压管测量流量的速度面积法
- 6 ISO 7278-3:1986 液烃——动态测量——容积仪表的检验系统——第3部分:脉冲插值技术

附 录 G

(提示的附录)

引用标准译文文献

- 1 ISO 5168:1978 流体流量的测量——流量测量不确定度的估计
《国际标准化组织 ISO/TC30 国际标准译文集》,上海工业自动化仪表研究所编译,1984 年
 - 2 OIML No. 33:1973 空气中称重结果的约定值
《国际法制计量组织 OIML 国际建议译文集(1)》,计量出版社,1985. 12
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
用称重法测量封闭管道中的液体流量
装置的检验程序

第 1 部分:静态称重系统

GB/T 17613.1—1998

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 $\frac{3}{4}$ 字数 40 千字
1999 年 7 月第一版 1999 年 7 月第一次印刷
印数 1—1 000

*

书号: 155066·1-15941 定价 15.00 元

*

标 目 377—15



GB/T 17613.1—1998