



中华人民共和国国家标准

GB/T 3214—2007
代替 GB/T 3214—1991

水泵流量的测定方法

Methods for measurement of capacity of pump

2007-11-05 发布

2008-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和单位	3
5 孔板、喷嘴和文丘里喷嘴	4
5.1 工作原理和计算方法	4
5.2 测量的一般要求	4
5.3 安装要求	5
5.4 流量测量的不确定度	11
5.5 差压的测定	12
5.6 取压装置	12
5.7 使用限制条件	14
5.8 检定	15
6 水堰	15
6.1 水堰的结构	15
6.2 水堰的水头测定装置	17
6.3 水堰的水头测定方法	17
6.4 水堰流量测量的计算公式	19
6.5 水堰流量测量不确定度的估算	22
7 容器	23
7.1 工作原理	23
7.2 用容器测量流量的精确度	23
7.3 测量装置	24
7.4 测量方法	25
7.5 流量的计算	25
7.6 流量测量不确定度的估算	25
8 涡轮流量计	26
8.1 工作原理	26
8.2 涡轮流量计的特点	26
8.3 涡轮流量传感器的安装	26
8.4 显示仪表的连接	26
8.5 流量测量不确定度的计算	26
8.6 涡轮流量计的检定	27
9 电磁流量计	27
9.1 电磁流量计的特点	27
9.2 测量原理	27
9.3 一般要求	27

9.4 安装要求	27
9.5 流量测量不确定度的计算	28
9.6 电磁流量计的检定	28
附录 A(规范性附录) 涡轮流量计的安装	29
附录 B(规范性附录) 设计水堰的参考尺寸	31
附录 C(规范性附录) 流量测量的不确定度的分析	32
附录 D(资料性附录) 封闭管路中泵的使用现场所用的流量计	33

前　　言

本标准是对 GB/T 3214—1991《水泵流量的测定方法》的修订。与 GB/T 3214—1991 相比主要变化如下：

- 结构编排按流量计的工作原理、测量的一般要求、安装要求、流量测量的不确定度等内容进行编制；
- 调整了第 2 章引用文件的内容；
- 增加了第 3 章：术语和定义；
- 增加了流量计的测量原理；
- “标准孔板、标准喷嘴和标准文丘里喷嘴”改为“孔板、喷嘴和文丘里喷嘴”；
- 增加了孔板、喷嘴和文丘里喷嘴的流量计算公式；
- 增加了孔板、喷嘴和文丘里喷嘴的流出系数的定义和计算公式，见本标准的 3.6；
- 引入了 GB/T 2624 中对孔板、喷嘴和文丘里喷嘴所要求的最短直管段长度（包括 0.5% 附加不确定度）；
- 规定了孔板上游管道连接处最大允许的台阶值，见本标准的 5.3.2.1.2；
- 增加了孔板、喷嘴和文丘里喷嘴流量计使用限制条件；
- 完善了孔板、喷嘴和文丘里喷嘴流量计的安装要求；
- 完善了孔板、喷嘴和文丘里喷嘴流量计的取压装置及取压方式；
- 增加了两个流动调整器的类型：栅格式流动调整器和径向叶片式流动调整器；
- 删除了原标准中 4.2.5 的内容： β^4 的数值与流量系数 α 的关系；
- 增加了用容器法测量流量可达到的精度及要满足这一精度的若干要求；
- 将流量系统更正为流出系数；
- 规定了容器、衡器、换向器、计时器及辅助测量方法的内容；
- 增加了“8.1 工作原理”；
- 完善了流量计的有关检定的内容；
- 增加了第 9 章：电磁流量计；
- 对流量测量的不确定度评定与表示进行了修正；
- 修正了附录 B 中表 B.1“设计水堰的参考尺寸”的值；
- 将附录 C 改为“流量测量的不确定度的分析”；
- 增加了附录 D“封闭管路中泵的使用现场所用的流量计”。

本标准自实施之日起代替 GB/T 3214—1991。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 是规范性附录，附录 D 是资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国泵标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：沈阳水泵研究所、浙江新界泵业有限公司、浙江水泵总厂有限公司。

本标准主要起草人：袁宗久、陶洁宇、赵玉艳、许敏田、余伟平。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 3214—1982, GB/T 3214—1991。

水泵流量的测定方法

1 范围

本标准规定了水泵流量的测量方法。

本标准适用于回转动力泵流量的测定。其他泵也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2624.1—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第1部分:一般原理和要求(ISO 5167-1:2003, IDT)

GB/T 2624.2—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第2部分:孔板(ISO 5167-2:2003, IDT)

GB/T 2624.3—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第3部分:喷嘴和文丘里喷嘴(ISO 5167-3:2003, IDT)

GB/T 3216—2005 回转动力泵水力性能验收试验 1级和2级(ISO 9906:1999, MOD)

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

GB/T 18660 封闭管道中导电液体流量的测量电磁流量计的使用方法(GB/T 18660—2002, ISO 6817:1992, IDT)

JJG 198 速度式流量计

JJG 640 差压式流量计

JJF 1059 测量不确定度评定与表示

3 术语和定义

GB/T 2624.1~2624.3—2006 中的术语和定义适用于本标准。

3.1 差压装置 differential pressure device

使管道中流动的流体产生静压力差的一套装置。整套装置由节流件、取压装置、符合要求的前、后直管段所组成。

同义词:节流装置 throttling device

3.2 节流件 throttling element

差压装置中造成流体收缩且在其上、下游两侧产生差压的元件。本标准所包括的节流件有孔板、喷嘴和文丘里喷嘴等。

3.3 直径比 diameter ratio

节流件的节流孔(或喉部)的直径与上游的测量管道内径之比。

3.4 差压 differential pressure

当已考虑上、下游取压口之间任何高度差时,在管壁取压口处测得的静压之差,其一是在节流件的

上游取压口取得的静压,另一是在节流件的下游取压口取得的静压。

“差压”这个术语仅适用于本标准中所规定的取压口位置上所取得的静压之差。

3.5

雷诺数 Reynolds number

表征流体惯性力与黏性力之比的无量纲参数。本标准所用的雷诺数可以是以流体上游条件参数和上游管道直径所表示的雷诺数,如公式(1)。也可以是以流体上游条件参数和节流件的节流孔直径或喉部直径所表示的雷诺数,如公式(2)。

$$Re_D = \frac{V_1 D}{\nu_1} = \frac{4 q_m}{\pi \mu_1 D} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$Re_d = \frac{Re_D}{\beta} \quad \dots \dots \dots (2)$$

3.6

流出系数 discharge coefficient

对不可压缩流体,流出系数 C 为通过节流装置的实际流量值与理论流量值之比。它是一个无量纲的纯数,孔板流出系数可用公式(3)确定,喷嘴流出系数可用公式(4)确定,文丘里喷嘴流出系数可用公式(5)确定。

$$C = 0.5961 + 0.026\beta^2 - 0.216\beta^4 + 0.000521 \left(\frac{10^6 \beta}{Re_D} \right)^{0.7} + (0.0188 + 0.0063A) \beta^{3.5} \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.3} + (0.043 + 0.080e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1}) (1 - 0.11A) \frac{\beta^4}{1 - \beta^4} - 0.031(M'_2 - 0.8M'^{1.1}_2)\beta^{1.3} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{当 } D \leq 71.12 \text{ mm 时, 应在公式(3)后面加上 } +0.011(0.75 - \beta) \left(2.8 - \frac{D}{25.4} \right)$$

$$M'_2 = \frac{2L_2}{1 - \beta^4} \quad A = \frac{19000\beta}{Re_D}$$

$$C = 0.9900 - 0.2262\beta^{4.1} - (0.00175\beta^2 - 0.0033\beta^{4.5}) \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{1.15} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$C = 0.9858 - 0.196\beta^{4.5} \quad \dots \dots \dots (5)$$

式中: $L_1 = l_1/D$ 孔板上游取压口的距离与管道直径的比;

$L_2 = l_2/D$ 孔板下游取压口的距离与管道直径的比。

在一定的安装条件下对于给定的节流装置,该值仅与雷诺数有关。对于不同节流装置,只要这些装置是几何相似、并且在相同雷诺数的条件下,则 C 的数值是相同的。

3.7

流动调整器 flow stabilizer

组成测量系统一部分的一种结构,以保证液体供应管道中有一个稳定的流量。

3.8

测量不确定度 uncertainty [Of a measurement]

表征合理地赋予被测量之值的分散性,与测量结果相联系的参数。广义而言,测量不确定度意为对测量结果正确性的可疑程度。

3.9

扩展不确定度 expanded uncertainty

确定测量结果区间的量,合理赋予被测量之值分布的大部分可望含于此区间。

注: 扩展不确定度有时也称展伸不确定度或范围不确定度。

4 符号和单位

本标准采用的量的名称、符号及单位见表1、表2。

表1 量的名称、符号及单位

量的符号	量 的 名 称	单 位	
A	堰通气孔的面积	平方米	m^2
b	堰口宽度	米	m
B	堰槽宽度	米	m
B_d	磁感强度	特斯拉	T
C	流出系数		
d	节流件的开孔直径	米	m
D	管道内径	米	m
E	堰口高度	米	m
E_d	感应电压	伏特	V
f	涡轮的测量频率		次/s
h	堰水头	米	m
j	两个管段错位位置与取压孔或环室的距离	米	m
κ	管道内壁的绝对粗糙度	米	m
k	仪表常数		
K_d	电磁流量计的校准系数,通常用湿式校准来得到		
L	长度	米	m
M	质量	千克	kg
q_m	质量流量	千克每秒	kg/s
q_v	体积流量	立方米每秒	m^3/s
Re	雷诺数		
Re_D	与 D 有关的雷诺数		
Re_d	与 d 有关的雷诺数		
T	时间	秒	s
V	管道中流体的平均轴向速度	米每秒	m/s
Y	两个管段之间的错位	米	m
Φ	角度	度	(°)
δ	不确定度	视量值而定	
ζ_0	经标定后的涡轮传感器仪表常数	次/升	次/L
ρ	流体密度	千克每立方米	kg/m^3
ρ_a	空气密度	千克每立方米	kg/m^3
Δp	差压	帕斯卡	Pa
α	流量标定系数		

表 1(续)

量的符号	量的名称	单 位	
β	工作状态下的节流件的直径比		
μ	流体的动力黏度	帕斯卡秒	Pa · s
ν	流体的运动黏度	二次方米每秒	m ² /s
δ_q	流量测量的相对不确定度		
δ_s	系统分量引起测量的不确定度		
δ_r	随机分量引起测量的不确定度		

表 2 符号的右下角码意义

符 号	意 义
0	原始数值或零点数值
1	节流件上游侧
2	节流件下游侧
e	有效的
max	最大

5 孔板、喷嘴和文丘里喷嘴

本标准的喷嘴只适用于 GB/T 2624.3—2006 中的 ISA1932 型标准喷嘴。

5.1 工作原理和计算方法

5.1.1 测量原理

充满管道的流体经过安装在管道内的差压装置,流束将在节流件处形成局部收缩,从而流速增加,静压力降低,于是在节流件前后产生了一个静压差。流体的流速愈大,静压差愈大,可以通过测量差压来衡量流体流过节流装置时的流量大小。

假定这个装置与已经标定过的装置是几何相似的,而且使用条件也一样,亦符合本标准的要求,则在本标准所规定的不确定度之内,质量流量就可以根据测量的差压值和有关流体特性来确定。

5.1.2 计算方法

标准的差压装置,质量流量与差压的关系由公式(6)确定,体积流量与质量流量的关系由公式(7)确定。

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \times \rho} \quad (6)$$

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} \quad (7)$$

5.2 测量的一般要求

5.2.1 差压装置

5.2.1.1 差压装置的设计、制造、安装应符合 GB/T 2624 标准规定的要求,若超出标准规定的极限时,差压装置必须进行单独检定。

5.2.1.2 当需提高差压装置测量精度时,需用具有较高精度的流量测定方法进行检定。

5.2.2 流体的种类

5.2.2.1 流体为不可压缩的液体。

5.2.2.2 流体必须是在物理学和热力学上是均匀的、单相的流体。具有高分散程度的胶质溶液(例如牛奶),可认为相当于单相流体。

5.2.2.3 进行流量测量时,必须知道工作状态下的流体密度和黏度。

5.2.3 流体状态

5.2.3.1 管道内的流量应该不随时间变化,或实际上只随时间有微小和缓慢的变化。差压装置不适用于脉动流量的测量。

5.2.3.2 流体通过差压装置不发生相变化。

5.3 安装要求

5.3.1 总则

5.3.1.1 流体应充满测量管道。

5.3.1.2 应在紧邻差压装置上游,管道内流体流动状态接近典型的充分发展的紊流流动状态且无旋涡的位置上安装差压装置。

5.3.1.3 差压装置应安装在两段有恒定横截面积的圆筒形直管段之间,在此中间不应有障碍物和分支管。当直管段的偏差不超出管道长度的 0.4% 时,可以认为管道是直的。

5.3.1.4 用来计算节流件直径比的管道直径 D 值应为上游取压孔的上游 $0.5D$ 长度范围内的内径平均值。该内径平均值应是至少在垂直轴线的三个横截面内所测得内径的平均值,而三个横截面分布在 $0.5D$ 长度范围内,其中两个横截面距上游取压口分别为 $0D$ 和 $0.5D$,而在焊接颈部结构情况下,其中一个截面必须在焊接平面内。

5.3.1.5 在节流件上游至少 $10D$ 和下游至少 $4D$ 的长度范围内,管子的内表面应清洁,没有坑凹和沉积物和结垢。

5.3.1.6 管道可设置排泄孔和放气孔,用于排放固体沉积物和被测流体之外的流体。但在流量测量期间,流体不得通过排泄孔和放气孔。排泄孔和放气孔最好不在节流件附近,如果不得不设置在节流件附近时,它们的直径应小于 $0.08D$,并且这些孔的任意一个孔到差压装置同侧取压口轴线之间的直线距离必须大于 $0.5D$ 。此外这些孔的轴线所在的管路轴线平面与任一取压口轴线所在的管路轴线平面之间夹角不应大于 30° 。

5.3.1.7 上游最短直管段入口和下游最短直管段出口之间,流体温度超过测量所规定的限值范围时,测量管道和法兰加保温套。

5.3.2 孔板、喷嘴和文丘里喷嘴的安装要求

5.3.2.1 管道的圆度

在 GB/T 2624.2—2006、GB/T 2624.3—2006 中,孔板、喷嘴和文丘里喷嘴的安装要求有如下的规定。

5.3.2.1.1 邻近节流件(如有夹持环在邻近夹持环)的上游至少在 $2D$ 长度范围内,管道内径应是圆筒形的。当在任何平面上测量直径时,任意直径与 5.3.1.4 中规定的方法所测量的直径平均值之差不超过直径平均值的 $\pm 0.3\%$,则认为管道是圆的。

5.3.2.1.2 离节流件 $2D$ 之外,敷设在节流件与第一个上游阻流件之间的上游管段,可由一种或多种截面的管道面组成。在孔板上游的 $2D$ 到 $10D$ 之间,任何一个两管段之间的管径突变(即台阶)值只要不超过管道内径的平均值 D 的 $\pm 0.3\%$,则流出系数无附加不确定度。

在孔板上游 $10D$ 以外,只要任何一个两管段之间的管径突变(即台阶)值不超过管道内径平均值 D 的 $\pm 2\%$,则流出系数无附加不确定度。

如果在形成台阶处的上游管径大于下游管径,则容许的管道内径的突变(台阶)值可以从 $2\%D$ 增加到 $6\%D$,即在台阶两边的管段,在上游侧的管径可以是 $1.06D$,其下游侧管径可以是 $1.0D$;或者上游侧管径为 $1.0D$ 而其下游侧的管径可以是 $0.98D$ 。

当任何一个两管段之间的管径突变(台阶)值 ΔD 超过上述规定,但符合以下两式的要求时,则流出系数 C 的不确定度应有算术相加的 $\pm 0.2\%$ 的附加不确定度。

$$\frac{\Delta D}{D} \leq 0.002 \left[\frac{S/D + 0.4}{0.1 + 2.3\beta^4} \right] \quad (8)$$

$$\frac{\Delta D}{D} \leq 0.05 \quad (9)$$

式中 S 是上游取压口到台阶的距离,如使用夹持环,则 S 是从由夹持环所形成环形凹槽的上游边缘到台阶的距离。

5.3.2.1.3 在离节流件下游端面至少 $2D$ 长度的下游直管段上,管道内径与下游直管段的内径平均值之差不超过内径值的±3%。

5.3.2.2 节流件和夹持环的安装

5.3.2.2.1 节流件在管道中的安装方向,应保证使流体从节流件的上游端面流向节流件的下游端面。

5.3.2.2.2 节流件应垂直于管道轴线,其偏差允许在±1°之间。

5.3.2.2.3 节流件应与管或夹持环(当采用时)同轴。节流件的轴线与上、下游侧管道轴线之间的距离 e_x 应满足公式(10)要求,如果 e_x 满足公式(11)要求,则流出系数 C 的不确定度应算术相加±0.3%的附加不确定度;如果符合公式(12)要求,则不符合本标准。夹持环应注意对中心,它的任何部位不得突入管道内。

$$e_x \leq \frac{0.0025D}{0.1 + 2.3\beta^4} \quad (10)$$

$$\frac{0.0025D}{0.1 + 2.3\beta^4} < e_x \leq \frac{0.005D}{0.1 + 2.3\beta^4} \quad (11)$$

$$e_x > \frac{0.005D}{0.1 + 2.3\beta^4} \quad (12)$$

5.3.2.3 装配和垫圈

5.3.2.3.1 节流件安装在正确的位置上后,应保持不变,当节流件装在法兰之间时,应允许它自由膨胀以避免翘曲和变形。

5.3.2.3.2 使用垫圈时,垫圈应加工和安装得没有任何部位突入管道,并尽可能薄,在任何情况下不得厚于 $0.03D$ 。当采用角接取压装置时,垫圈不得挡住取压口或槽。

5.3.2.3.3 当在节流件与夹持环之间使用垫圈时,垫圈不应突入夹持环内。

5.3.3 安装时所要求的最短直管道

差压装置安装时所要求的最短直管段要求应符合 GB/T 2624.2—2006,GB/T 2624.3—2006 中的规定。

5.3.3.1 孔板的最短直管段要求见表 3,喷嘴和文丘里喷嘴的最短直管段要求见表 4。表中的数值为规定的最短直管段长度,实际应用时建议采用比所规定的直管段更长的直管段。

5.3.3.2 进行研究或校准试验时,推荐采用的直管段长度至少为表 3 或表 4 对于 A 栏所规定的 2 倍。当直管段长度等于或大于表 3 或表 4 中 A 栏的值时,流出系数不确定度上不必加附加不确定度。

5.3.3.3 上游和下游直管段长度小于 A 栏的值,且等于或大于 B 栏的值,应在流出系数的不确定度上算术相加±0.5%的附加不确定度。

5.3.3.4 最短直管段采用了 B 栏中的值,应在流出系数的不确定度上加上±0.5%的附加不确定度。

5.3.3.5 调节流量的阀门应位于差压装置的下游,位于上游的切断阀最好是“闸阀”型的,并且应全开。

5.3.4 流动调整器

在 GB/T 2624.1—2006 中规定了以下五种标准型式的流动调整器。

5.3.4.1 如果节流件安装在表 3 所没有列的各种阻流件的下游,建议使用 5.3.4.3 所列举的流动调整器。

5.3.4.2 流动调整器安装在节流件与最接近节流件上游的阻流件或管件之间的直管段中,此阻流件或管件与调整器之间的直管段长度应等于 $17D$,流动调整器与节流件之间的直管段长度至少应等于 $12D$,而且只有当流动调整器的阻流小管的周围有最小的空隙,使之没有妨碍其正常作用的旁通流时,流动调整器才是充分有效的。使用符合上述安装条件的流动调整器,不必加任何的不确定度。

表 3 孔板与阻流件之间所需要的直管段长度(无流动调整器)(数值以管径 D 倍数表示)

直 径 比 β	孔板上游侧(入口)												孔板下游侧(出口)													
	单个 90°弯头			两个 90°弯头在任一平面上的两个 90°弯头 S 形状 ($30D \geq S < 10D$)			在垂直平面上的两个 90°弯头 ($10D \geq S > 20D$)			单个 45°弯头在同一直面上的两个 90°弯头 ($30D \geq S > 5D$)			渐扩管在 D 到 2D 长度内由 0.5D 变为 D			全孔球阀或闸阀全开			对称突缩管			温度计套管或插口 ^b 直径小于 0.03D			前面全部阻流件类型和密度计套管	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
0.20	6	3	10	10	10	19	18	34	17	3	3	7	7	5	5	6	6	12	6	30	15	5	3	4	2	
0.40	16	3	10	10	10	44	18	50	25	9	3	30	9	5	5	12	8	12	6	30	15	5	3	6	3	
0.50	22	9	18	10	22	10	44	18	75	34	19	9	30	18	8	5	20	9	12	6	30	15	5	3	6	3
0.60	42	13	30	18	42	18	44	18	65	25	29	18	30	18	9	5	26	11	14	7	30	15	5	3	7	3.5
0.67	44	20	44	18	44	20	44	20	60	18	36	18	44	18	12	6	28	14	18	9	30	15	5	3	7	3.5
0.75	44	20	44	18	44	22	44	20	75	18	44	18	44	18	13	8	36	18	24	12	30	15	5	3	8	4

注 1: 对于 $\beta < 0.2$ 可以取 $\beta = 0.2$ 同样的长度。

注 2: 最小直管段长度是指孔板的上下游阻流件之间的长度,该长度是从最靠近的弯头或三通的曲面部分下游末端或渐缩管和渐扩管的锥管部分下游末端测量起。

注 3: 本表中大多数弯头其曲率半径等于 $1.5D$,但亦可用于任意曲率半径的弯头。

注 4: 各种阻流件中 A 栏的长度是指“零附加不确定度”的。

注 5: 各种阻流件中 B 栏的长度是指“ 0.5% 附加不确定度”的。

^a S ——两个弯头分隔的间距,从上游弯头曲面部分的下游端到下游弯头曲面部分的上游端的间距。

^b 对于其他阻流件,温度计套管的安装不会变更其上游的最短直管段长度。恶劣的安装条件,可能的话,采用流动调整器。当 A 栏和 B 栏分别增加到 $20D$ 和 $10D$ 时,则可安装温度计套管的直径为 $0.03D$ 到 $0.13D$ 。

表 4 喷嘴和文丘里喷嘴所要求的直管段长度(无流动调整器)(数值以管径 D 倍数表示)

直径比 β	喷嘴和文丘里喷嘴上游侧(入口)												下游侧 (出口)									
	单个 90° 弯头或三通 (流体仅从一 个支管流出)			在同一平面 上的两个或 多个 90°弯头			渐缩管在 1.5D 到 3D 的长度内由 2D 变为 D			渐扩管在 D 到 2D 长 度内由 0.5D 变为 D			全孔球阀或 闸阀全开			** 对称 螺旋管			** 温度计 套管或插孔 ^a 直径小于 0.03D			
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
0.20	10	6	14	7	34	17	5	16	8	18	9	12	6	30	15	5	3	20	10	4	2	
0.25	10	6	14	7	34	17	5	16	8	18	9	12	6	30	15	5	3	20	10	4	2	
0.30	10	6	16	8	34	17	5	16	8	18	9	12	6	30	15	5	3	20	10	5	2.5	
0.35	12	6	16	8	36	18	5	16	8	18	9	12	6	30	15	5	3	20	10	5	2.5	
0.40	14	7	18	9	36	18	5	16	8	20	10	12	6	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.45	14	7	18	9	38	19	5	17	9	20	10	12	6	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.50	14	7	20	10	40	20	6	15	8	22	11	12	6	30	15	5	3	20	10	6	3	
0.55	16	8	22	11	44	22	8	5	20	10	24	12	14	7	30	15	5	3	20	10	6	3
0.60	18	9	26	13	48	24	9	5	22	11	26	13	14	7	30	15	5	3	20	10	7	3.5
0.65	22	11	32	16	54	27	11	6	25	13	28	14	16	8	30	15	5	3	20	10	7	3.5
0.70	28	14	36	18	62	31	14	7	30	15	32	16	20	10	30	15	5	3	20	10	7	3.5
0.75	36	18	42	21	70	35	22	11	38	19	36	18	24	12	36	15	5	3	20	10	8	4
0.80	46	23	50	25	80	40	30	15	54	27	44	22	30	15	5	3	20	10	8	4		

注 1: 最短直管段长度是节流件上游或下游的各种阻流件与节流件之间的数值。全钢管段长度从节流件的上游端面测量起。

注 2: A 栏为“零附加不确定度”的长度值。

注 3: B 栏为“0.5% 附加不确定度”的长度值。

注 4: 有些节流件不是全部 β 值都允许采用的。

a 温度计套管或插孔的配置不变其他阻流件需要的上游最短直管段长度。

5.3.4.3 五种标准型式的流动调整器如图1到图5,根据节流件上游管道中流体速度分布情况,以及流量测量系统允许的压力损失来选择流动调整器的型式。五种流动调整器所产生的压力损失大约值如表5。

5.3.4.4 A型:Zanker式流动调整器是由有尺寸圆孔的薄板和由多块平板交叉形成的槽道(每孔一个槽)所组成的。图1给出了主要尺寸。平板应具有最小厚度,但还要有足够的强度。

5.3.4.5 B型:Sprenkle式流动调整器是由三块串接的多孔板组成,相邻板之间的长度等于一倍管径,最好在洞孔的上游侧倒角,而且每块板上开孔的总面积应该大于管道流通面积的40%,板厚与孔径的比至少是1.0,孔的直径应小于管径的1/20。三块板应当用棒或螺栓连在一起,棒或螺栓孔在同一中心距的圆周上分布,其直径尽可能小,但应满足强度要求。

5.3.4.6 C型:管束式流动调节器,是由一捆紧固在一起并且刚性地固定在管内的平行的管子所组成,管子的轴线彼此平行,外圆平行,而且与管道轴线平行,如不满足要求,流动调节器本身会对流动产生干扰。至少要有19根管子,共长度应大于或等于 $10d$,管子应彼此贴接,而19根管子所组成的管束应与管道内径相切。

5.3.4.7 D型:栅格式流动调整器(“AMCA”调整器)是由方形栅格组成蜂窝结构,尺寸如图4所示。

5.3.4.8 E型:径向叶片式流动调整器(“ETOILE”调整器)由八个径向叶片组成,叶片之间具有相等角度间隔,其长度等于2倍直径。这些叶片应有最小厚度且有足够的强度。

表5 压力损失

流动调整器类型	压力损失
A型	$5\rho V^2/2$
B型(具有入口倒角)	$11\rho V^2/2$
B型(无入口倒角)	$14\rho V^2/2$
C型	$5\rho V^2/2$
D型	$0.25\rho V^2/2$
E型	$0.25\rho V^2/2$

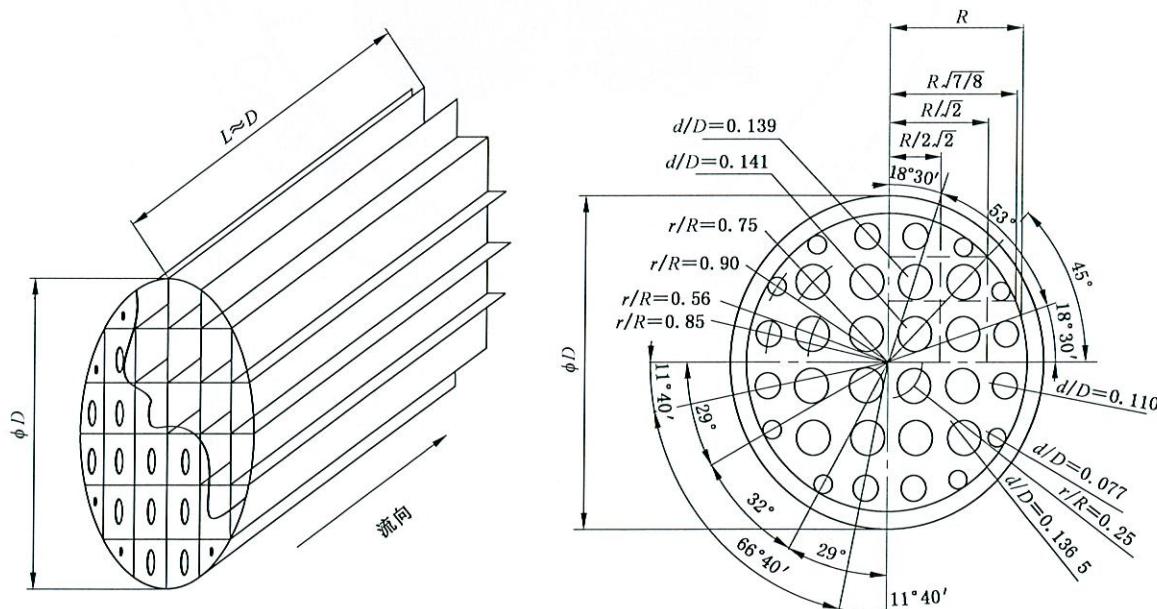
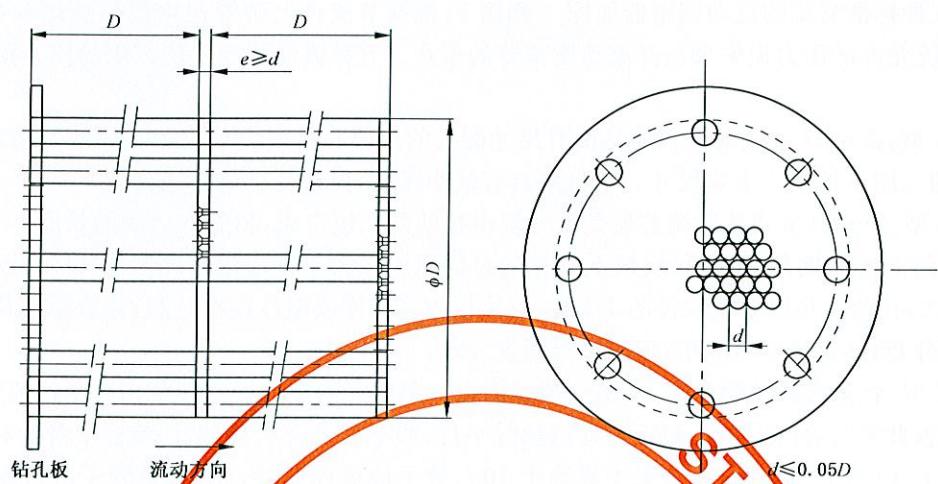


图1 A型:Zanker式流动调整器



注：为了减少压力损失，孔的入口可以做成 45° 的倒角。

图 2 B 型：Sprenkle 式流动调整器

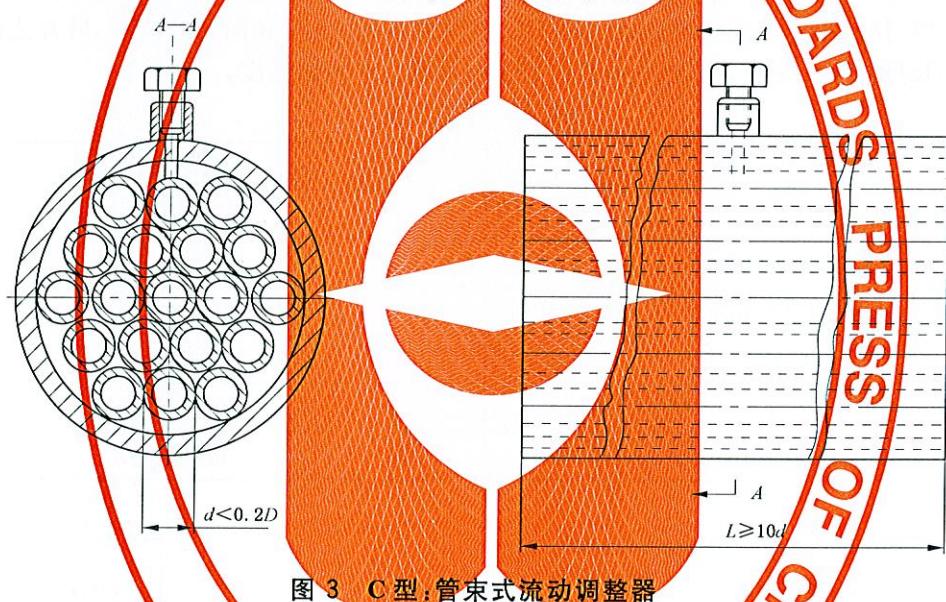


图 3 C 型：管束式流动调整器

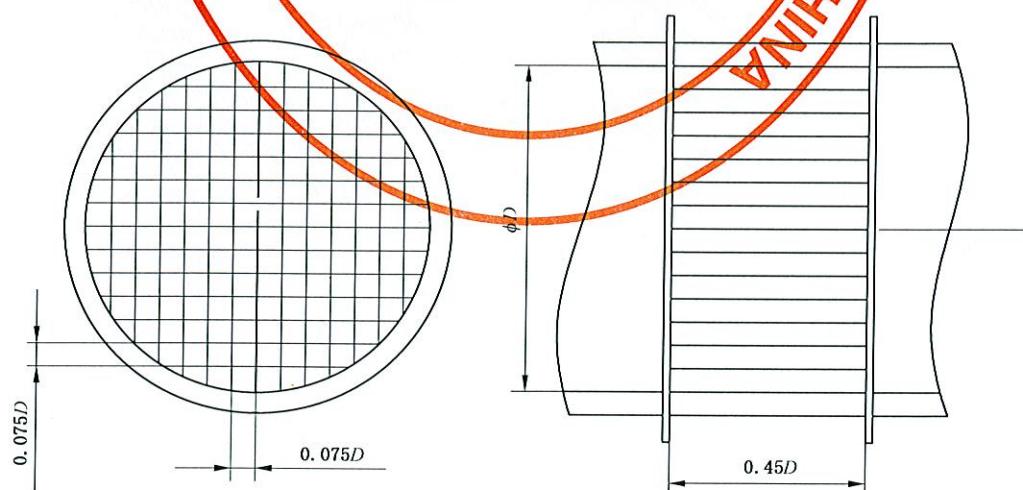


图 4 D 型：栅格式流动调整器

5.4.3 不确定度的实用计算法

5.4.3.1 孔板、喷嘴和文丘里喷嘴是按标准方法制造、安装和使用时,质量流量的不确定度的计算公式为:

$$\frac{\delta_{q_m}}{q_m} = \left[\left(\frac{\delta_c}{C} \right)^2 + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4} \right)^2 \left(\frac{\delta_D}{D} \right)^2 + \left(\frac{2}{1-\beta^4} \right)^2 \left(\frac{\delta_d}{d} \right)^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{\delta_{\Delta p}}{\Delta p} \right)^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{\delta_{\rho_1}}{\rho_1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

式中:

$\frac{\delta_c}{C}$ ——流出系数的不确定度,由本标准 5.4.2 给出。

$\frac{\delta_D}{D}$ ——管道内径的不确定度,可按技术条件估算最大值,或计算出较小的实际值,最大值可取 0.4%。

$\frac{\delta_d}{d}$ ——节流件开孔直径的不确定度可按技术条件估算最大值,或计算出较小的实际值,最大值可取 0.07%。

$\frac{\delta_{\Delta p}}{\Delta p}$ ——差压的不确定度,根据测量方法而定。

$\frac{\delta_{\rho_1}}{\rho_1}$ ——密度的不确定度,根据测量方法而定。

5.4.3.2 孔板、喷嘴和文丘里喷嘴是按湿式方法检定时,体积流量的计算公式如下:

$$q_v = \alpha \sqrt{\Delta p}$$

其不确定度计算公式可简写为:

$$\frac{\delta_{q_v}}{q_v} = \left[\left(\frac{\delta_\alpha}{\alpha} \right)^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{\delta_{\Delta p}}{\Delta p} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

式中:

$\frac{\delta_\alpha}{\alpha}$ ——流量标定系数的不确定度,由标定精度确定。

$\frac{\delta_{\Delta p}}{\Delta p}$ ——差压的不确定度,由系统误差引起的不确定度和随机误差引起的不确定度的合成,可参考附录 C 的方法计算。

5.5 差压的测定

5.5.1 孔板、喷嘴和文丘里喷嘴的差压 Δp 可用差压计(差压变送器)来测量。

5.5.2 Δp 的测量不确定度 $\left(\frac{\delta_{\Delta p}}{\Delta p} \right)$ 根据采用的差压计(差压变送器)来确定。

5.5.3 液柱差压计

5.5.3.1 液柱差压计的玻璃管内径为 6 mm~12 mm。

5.5.3.2 压力导管内和液柱差压计内的空气必须完全排出。

5.5.3.3 压力导管一般可用内径 6 mm~12 mm 的连接管,连接管可根据不同系统压力选用不锈钢管、紫铜管、胶管、透明塑料管等。

5.5.3.4 液柱差压计的差压 Δp 测量的不确定度应在 ±1.0% 以内。

5.6 取压装置

本标准的取压装置按 GB/T 2624 的要求执行。

5.6.1 取压装置至少应有一个上游取压口和一个下游取压口,取压口的位置应符合本标准规定。当安装取压装置时,应预先考虑垫圈和(或)密封材料的厚度。

5.6.2 取压口的间距是取压口轴线与孔板的某一规定端面的距离。

5.6.3 取压口

5.6.3.1 D 和 D/2 取压方式的取压口(见图 6)

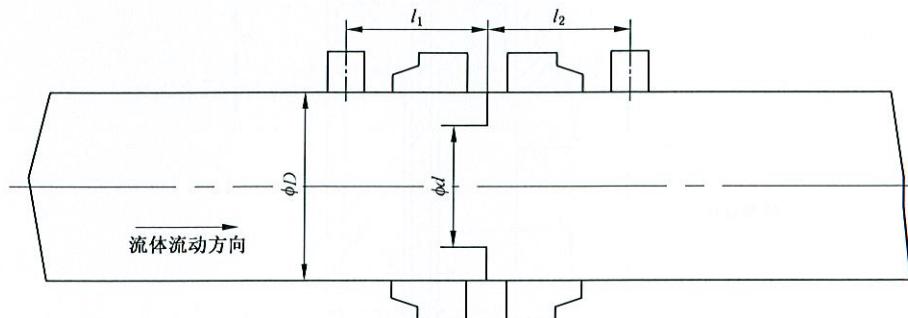


图 6 D 和 D/2 取压口

上游取压口的距离 l_1 名义上等于 D , 但 l_1 值在 $0.9D$ 与 $1.1D$ 之间时无需对流出系数进行修正。

下游取压口的距离 l_2 名义上等于 $0.5D$, 但 l_2 值在下列数值之间时无需对流出系数进行修正。

$\beta \leq 0.60$ 时, l_2 值在 $0.48D$ 与 $0.52D$ 之间。

$\beta > 0.60$ 时, l_2 值在 $0.49D$ 与 $0.51D$ 之间。

间距 l_1 和 l_2 均自孔板的上游端面量起。

5.6.3.2 法兰取压口(见图 7)

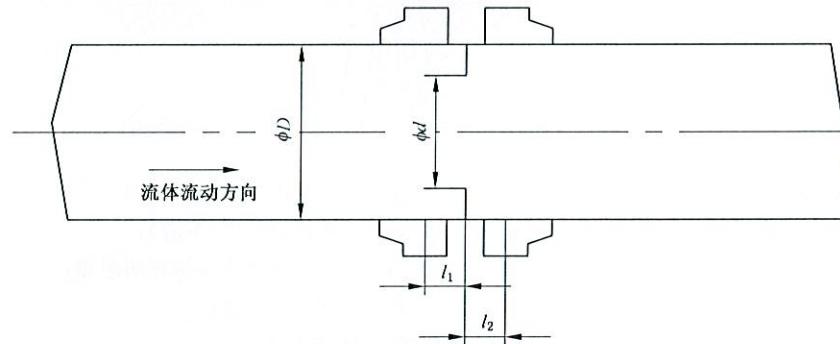


图 7 法兰取压口

上游取压口的距离 l_1 名义上等于 25.4 mm, 且是从孔板的上游端面量起。

下游取压口的距离 l_2 名义上等于 25.4 mm, 且是从孔板的下游端面量起。

在 l_1 和 l_2 之值为下列数值时无需对流出系数进行修正。

$\beta > 0.60$ 和 $D < 150$ mm 时, l_1 和 l_2 之值均应在 25.4 mm ± 0.5 mm 之间。

$\beta \leq 0.60$ 或 $\beta > 0.60$ 但 $150 \text{ mm} \leq D \leq 1000 \text{ mm}$ 时, l_1 和 l_2 之值均应在 25.4 mm ± 1 mm 之间。

5.6.3.3 角接取压方式的取压口(见图 8)

5.6.3.3.1 取压口可以是单独钻孔的取压口或者是环隙取压口,这两种取压口可位于管道上或位于管道法兰上,亦可位于夹持环上。

5.6.3.3.2 取压口轴线与孔板各相应端面之间的间距等于取压口直径之半,或取压口环隙宽度之半。取压口出口边缘与孔板端面平齐。

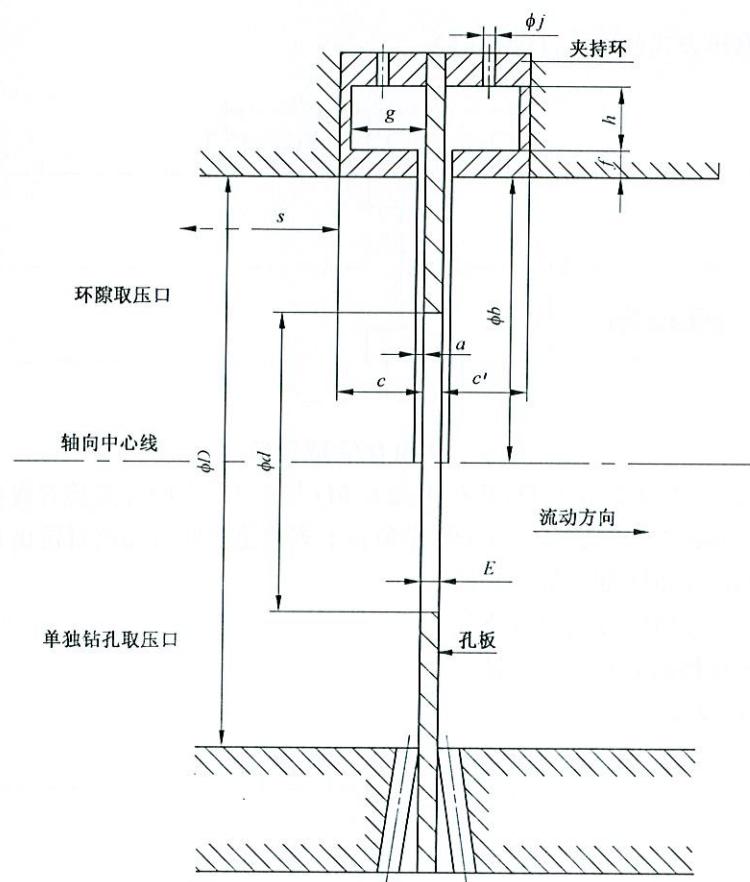
5.6.3.3.3 单独钻孔取压口直径 α 或环隙宽度 α 如下:

清洁流体: $\beta \leq 0.65$ 时, $0.005D \leq \alpha \leq 0.03D$;

$\beta > 0.65$ 时, $0.01D \leq \alpha \leq 0.02D$ 。

对任何 β 值:

清洁流体, $1 \text{ mm} \leq \alpha \leq 10 \text{ mm}$ 。



a ——环隙宽度(或单独取压口直径); f ——环隙厚度;
 c ——夹持环长度(上游); c' ——夹持环长度(下游);
 ϕ_j ——夹持环直径; s ——上游台阶到夹持环的距离;
 g, h ——环室尺寸; ϕ_b ——环室开孔直径。

图 8 角接取压方式的取压口

5.7 使用限制条件

差压装置的使用限制条件按 GB/T 2624.2—2006, GB/T 2624.3—2006 的规定执行。

5.7.1 孔板的使用限制条件

孔板的使用限制条件如表 7 所示。

表 7 孔板使用限制条件

名称	角接取压	D 和 $D/2$ 取压	法兰取压
d/mm	≥ 12.5		≥ 12.5
D/mm	$50 \leq D \leq 1\,000$		$50 \leq D \leq 1\,000$
β	$0.10 \leq \beta \leq 0.75$		$0.1 \leq \beta \leq 0.75$
Re_D	当 $0.10 \leq \beta \leq 0.65$ 时 $Re_D \geq 5\,000$		$Re_D \geq 5\,000$ 和 $Re_D \geq 170\beta^2 D$
	当 $\beta > 0.65$ 时 $Re_D \geq 1\,600\beta^2$		

5.7.2 喷嘴的使用限制条件

喷嘴的使用限制条件如表 8 所示。

表 8 喷嘴使用限制条件

名称	角接取压
D/mm	$50 \leq D \leq 500$
β	$0.30 \leq \beta \leq 0.80$
Re_D	当 $0.30 \leq \beta < 0.44$ 时 $70\,000 \leq Re_D \leq 10^7$
	当 $0.44 \leq \beta \leq 0.80$ 时 $20\,000 \leq Re_D \leq 10^7$

5.7.3 文丘里喷嘴的使用限制条件

文丘里喷嘴的使用限制条件如表 9 所示。

表 9 文丘里喷嘴使用限制条件

名称	角接取压
d/mm	$d > 50$
D/mm	$65 \leq D \leq 500$
β	$0.316 \leq \beta \leq 0.775$
Re_D	$1.5 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$

5.8 检定

5.8.1 孔板、喷嘴和文丘里喷嘴检定

根据 GB/T 3216—2005 附录 E 的规定,除非怀疑关键尺寸有变化,否则,孔板、喷嘴和文丘里喷嘴可以不要求检定,如果要进行检定,应根据 JJG 640 中的规定进行。

5.8.2 差压计或差压变送器检定

差压计或差压变送器的检定应根据 JJG 640 中的规定进行。

5.8.2.1 差压计检定宜选用量具进行测量,结果符合精度要求即可。

5.8.2.2 差压变送器应送上级计量检定部门进行检定,检定周期为一年。

6 水堰

6.1 水堰的结构

6.1.1 堰板的结构如图 9 和图 10 所示。

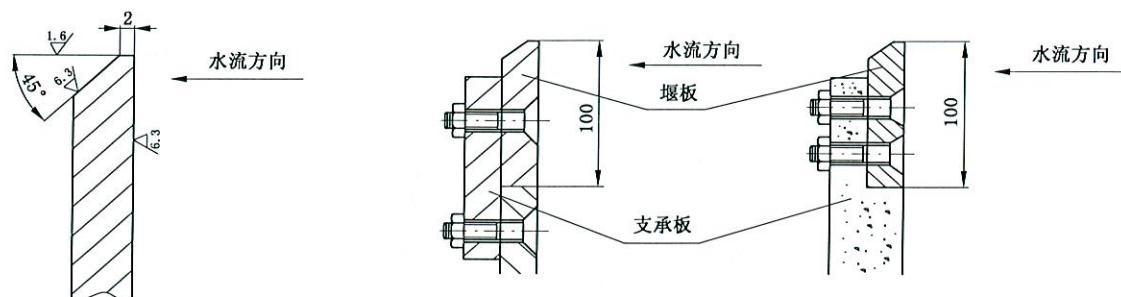


图 9 堰板截面图

图 10 装配式堰板截面图

6.1.1.1 堰口与内侧面成直角,唇厚为 2 mm,且向外侧倒 45°倾斜面,面的毛刺应清除干净。

6.1.1.2 堰口棱缘要修整成锐棱,不得呈圆形,堰板内侧面(特别是从上端至 100 mm 的区域)要平滑。

6.1.1.3 堰板要采用不锈钢和耐腐蚀的材料。

6.1.1.4 堰板安装时必须铅直。堰口应位于堰槽宽度的中央,与堰槽两侧壁成直角。

6.1.1.5 各种水堰的堰口如图 11 所示。

直角三角堰的直角等分线应当铅直, 直角允差为 $\pm 5'$ 。

全宽堰和矩形堰的堰口下缘应保证水平, 堰口的直角允差为 $\pm 5'$, 堰口宽度允差为 $\pm 0.001b$ 。

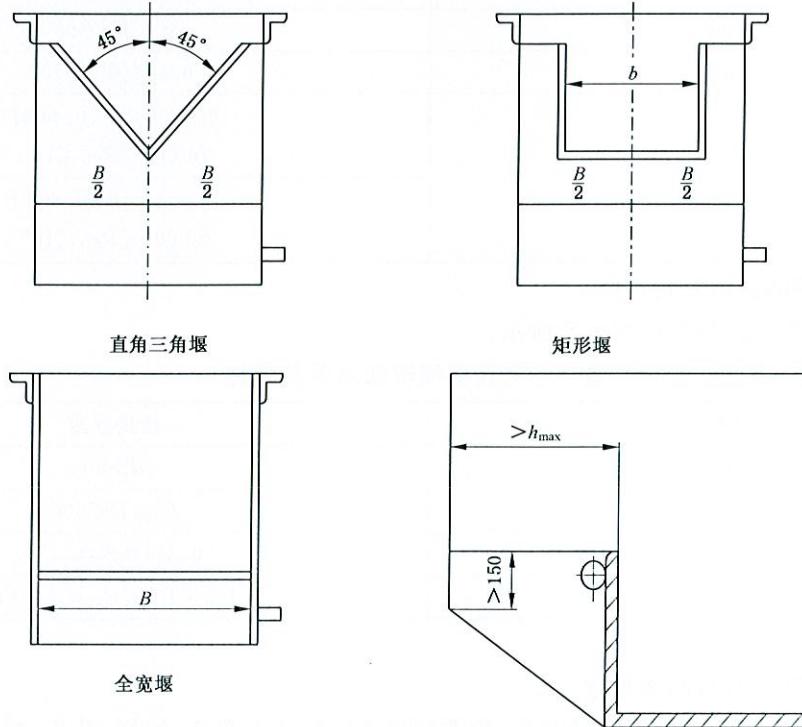


图 11 水堰的堰口

6.1.2 堤槽的结构

6.1.2.1 堤槽由导入部分、整流装置部分及稳流部分构成。

6.1.2.2 堤槽(包括支承板)要坚固不易变形, 可用钢板或者混凝土制成。

6.1.2.3 在堤槽上游应设置整流装置(4~5道整流栅板), 以减少水面的波动, 推荐的栅孔尺寸如图 12 所示。稳流部分的宽度等于导入部分的宽度。

6.1.2.4 堤槽的底面和两侧面应平坦, 侧面和底面应垂直。

6.1.2.5 全宽堤槽的两侧面应向外延长, 如图 11 所示。延长壁应和两侧面一样平坦, 与堰口边缘垂直, 直角允差为 $\pm 5'$ 。延长壁上应设置通气孔, 通气孔靠近堰口并在水头的下面, 以保证测量时水头内侧空气畅通, 通气孔的面积:

$$A \geq \frac{Bh_{\max}}{140} \quad \dots \dots \dots \quad (18)$$

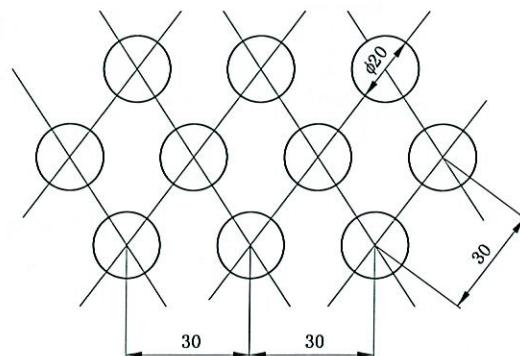


图 12 栅孔尺寸

6.1.2.6 导入部分的容量应尽可能大些,这部分的宽度和深度不应小于整流装置下游的宽度和深度,导水管应埋没在水中。

6.1.2.7 堰槽的长度如图 13 所示,具体尺寸见表 10。

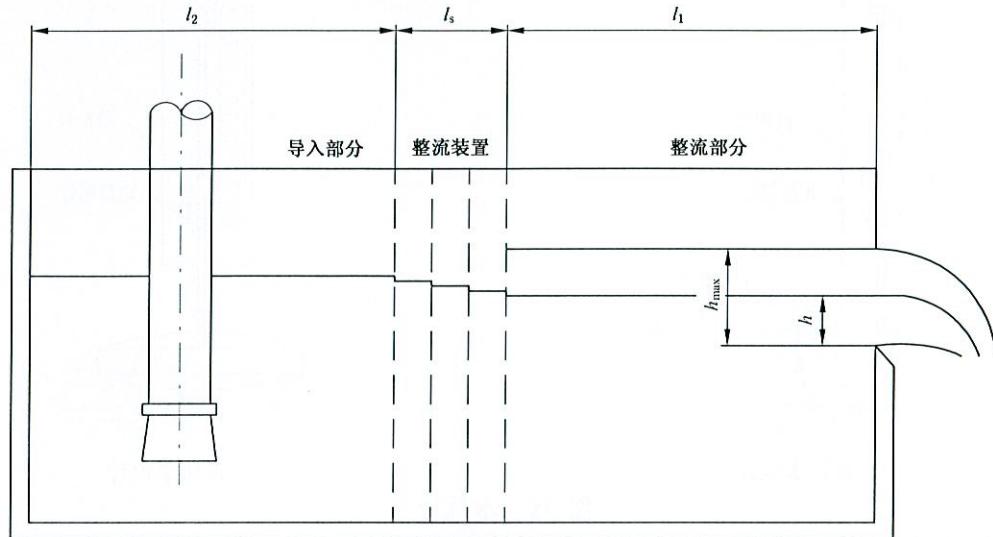


图 13 堰槽长度

表 10 堰槽长度尺寸

类别	l_1	l_s	l_2
直角三角堰	$>20h_{\max}$		$>(B+h_{\max})$
矩形堰	$>10b$	约 $2h_{\max}$	$>(B+2h_{\max})$
全宽堰	$>10B$		$>(B+3h_{\max})$

6.2 水堰的水头测定装置

6.2.1 水堰的水头测定装置如图 14 所示,在堰槽侧壁上设有小孔与另一小水桶相连通,在桶内测量水位。桶和堰的连接管长应适当,以保证测量方便准确,管径为 10 mm~30 mm。

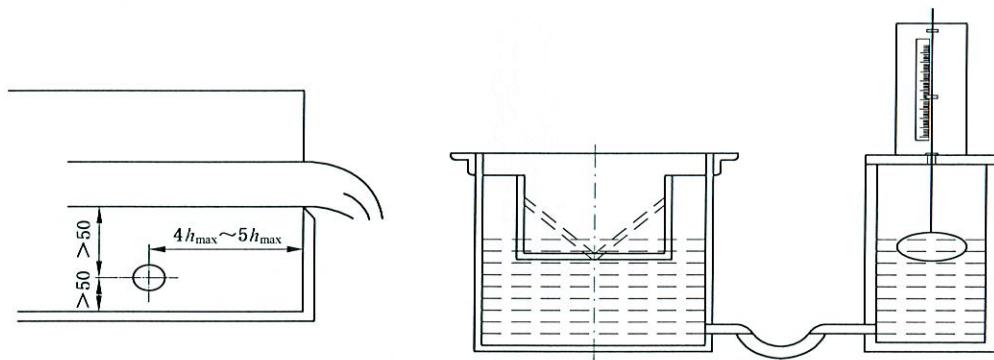


图 14 测定装置

6.2.2 小孔距堰口 $4h_{\max} \sim 5h_{\max}$, 距堰口的下边缘及堰槽底面的尺寸不小于 50 mm, 小孔不应有毛刺, 小孔的轴心线应和堰槽壁垂直。

6.3 水堰的水头测定方法

6.3.1 水堰的水头测定应当在越过堰口流下来的水流,与堰板不附着的情况下进行测量。

6.3.2 水堰的堰口至堰口外水池水面的高度不少于 100 mm。

6.3.3 可用钩针水位计或浮筒水位计(见图 15)来测量水位,但水位不稳定时不能使用钩针水位计。

使用钩针水位计时,应将针先沉入水内再提上对准水平面,以消除表面张力的影响。此外也可采用水位测量精度不低于上面两种水位计的其他水位计。

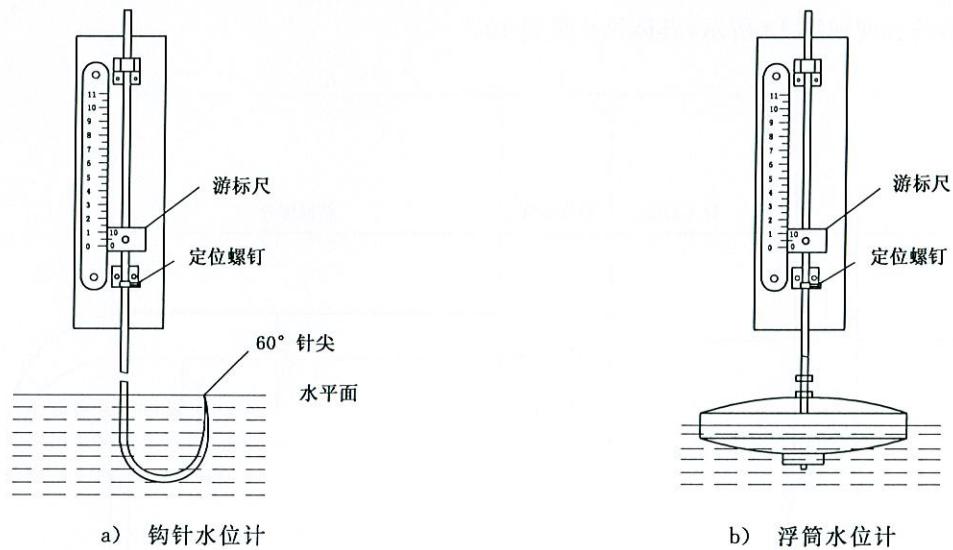


图 15 水位计

6.3.4 水位计零点的确定,其误差应在 0.2 mm 以内。

6.3.4.1 矩形堰、全宽堰的确定方法(如图 16 所示)

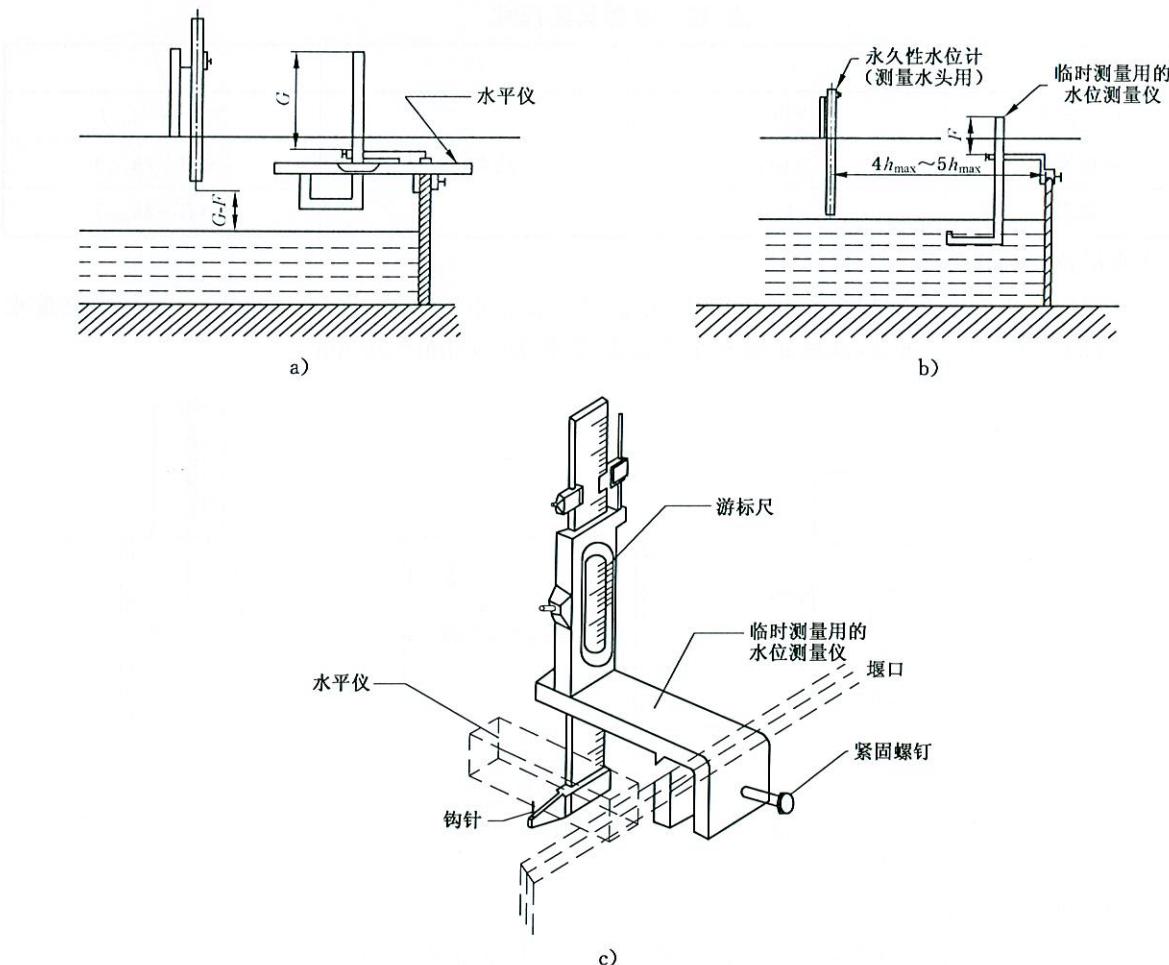


图 16 测量水头的水位计的零点确定示意图

6.3.4.1.1 先将临时测量用的带钩针的水位测量仪卡固在堰口上，并用水平仪找平，读出图中“G”数值。

6.3.4.1.2 将水放入堰槽中，并使水面低于堰口。

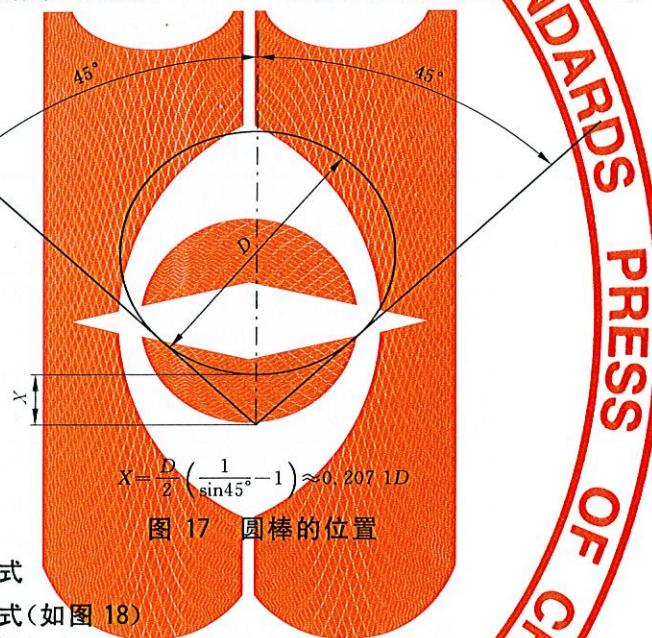
6.3.4.1.3 将特制的带钩针的水位测量仪的钩针下降并浸入水中。然后将钩针慢慢提起使针尖和水面一平。如图 16b) 所示，并读出图中“F”数值，读数 G 与 F 数值之差，即是堰口至堰槽中水面之间的距离。

6.3.4.1.4 将预先安装在至堰口 $4h_{\max} \sim 5h_{\max}$ 的测量截面处或小水桶内的永久性的测量水头的水位计的钩针下降，使针尖和水面一平，并读出刻度数值。该数值减去读数 G 与 F 数值之差，得到的数值即是测量水头的永久性水位计的零点数值。

6.3.4.2 直角三角堰的确定方法

6.3.4.2.1 在堰口上放置和堰槽长轴平行的特制的直径 D 的圆棒，如图 17 所示，并用水平仪找正。

6.3.4.2.2 将临时测量用的特制的带钩针的水位测量仪放置在圆棒上面，钩针针尖和圆棒轴线切面的底线相接触，然后按照矩形堰、全宽堰测量方法中的 6.3.4.1.2~6.3.4.1.4 进行，把永久性的水位计的读数值减去读数 G 与 F 数值之差的数值，再减去 $0.2071D$ 的值，得到的数值即是永久性水位计的零点值。



6.4 水堰流量测量的计算公式

6.4.1 直角三角堰的计算公式(如图 18)

流量的计算公式为：

$$q_v = C \cdot \frac{8}{15} \sqrt{2g} h_e^{\frac{5}{2}} \quad (19)$$

式中：

C ——流出系数，可查表 11，其不确定度 $\frac{\delta_C}{C} = 1.0\%$ 。

h_e ——有效堰水头，单位为米(m)。

$$h_e = h + k_h$$

式中：

h ——测量堰水头，单位为米(m)；

k_h ——补偿黏度和表面张力影响的修正值，对直角三角堰 $k_h = 0.00085$ m。

适用范围：

$$h/E \leq 0.4;$$

$$h/B \leq 0.2;$$

$$h = 0.05 \text{ m} \sim 0.38 \text{ m};$$

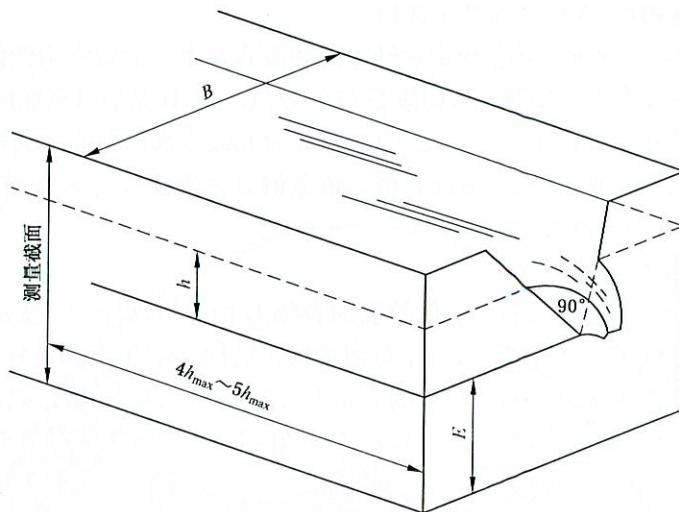
$E \geq 0.45 \text{ m}$; $B \geq 1.0 \text{ m}$ 。

图 18 直角三角堰

表 11 流出系数 C

h/E	E/B									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578
0.2	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578
0.3	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.579	0.579	0.580	0.582
0.4	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.580	0.582	0.584	0.586	0.590
0.5	0.578	0.578	0.578	0.579	0.579	0.584	0.587	0.592	0.600	0.606
0.6	0.578	0.578	0.579	0.581	0.584	0.589	0.595	0.605		
0.7	0.577	0.578	0.580	0.584	0.589	0.596	0.607			
0.8	0.577	0.578	0.582	0.588	0.595	0.605				
0.9	0.576	0.579	0.584	0.593	0.602					
1.0	0.576	0.580	0.587	0.598	0.610					
1.1	0.576	0.581	0.590	0.604						
1.2	0.576	0.583	0.594	0.611						
1.3	0.576	0.585	0.597							
1.4	0.576	0.587	0.601							
1.5	0.577	0.589	0.604							
1.6	0.577	0.592	0.609							
1.7	0.578	0.595								
1.8	0.578	0.598								
1.9	0.579									
2.0	0.580									

注 1：可用内插法计算表中的中间数值。

注 2：E—堰口高度，即堰口底点至堰槽底面的高度，单位为米(m)。

6.4.2 矩形堰和全宽堰($b/B=1$)流量的计算(结构型式见图 19)

流量的计算公式为：

$$q_v = C \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot b \cdot h_e^{\frac{5}{3}}$$

式中：

C ——流出系数,用下列公式计算:

$$b/B=1, C=0.602+0.075h/E;$$

$$b/B=0.9, C=0.598+0.064h/E;$$

$$b/B=0.8, C=0.596+0.045h/E;$$

$$b/B=0.7, C=0.594+0.030h/E;$$

$$b/B=0.6, C=0.593+0.018h/E;$$

$$b/B=0.5, C=0.592+0.010h/E;$$

$$b/B=0.4, C=0.591+0.0058h/E;$$

$$b/B=0.2, C=0.589-0.0018h/E。$$

C 的不确定度 $\frac{\delta C}{C}=1.5\%$ 。

h_e ——有效堰水头,单位为米(m)。

$$h_e = h + k_h$$

式中：

h ——测量堰水头,单位为米(m)。

k_h ——补偿黏度和表面张力影响的修正值,对矩形堰、全宽堰 $k_h=0.001\text{ m}$ 。

$$b_e = b + k_b$$

式中：

b_e ——堰口有效宽度,单位为米(m)；

b ——测量堰口宽度,单位为米(m)；

k_b ——补偿黏度和表面张力影响的修正值,从表 12 中查得。

表 12 堰口宽度修正值

单位为毫米

b/B	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
k_b	2.4		2.5	2.7	3.2	3.6	4.1	4.2	3.2	-0.9

适用范围：

$$h/E \leq 2.5;$$

$$h \geq 0.03 \text{ m};$$

$$b \geq 0.15 \text{ m} (\text{矩形堰});$$

$$E \geq 0.10 \text{ m};$$

$$\frac{B-b}{2} \geq 0.10 \text{ m} (\text{矩形堰}).$$

6.5 水堰流量测量不确定度的估算

6.5.1 直角三角堰流量测量不确定度的估算

$$\frac{\delta_{q_v}}{q_v} = \left[\left(\frac{\delta_c}{C} \right)^2 + \left(\frac{\delta_{\tan(\varphi/2)}}{\tan(\varphi/2)} \right)^2 + 2.5^2 \left(\frac{\delta_{h_e}}{h} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

式中：

$$\delta_c \text{——流出系数的不确定度, } \frac{\delta_c}{C} = 1.0\%;$$

$$\delta_{\tan(\varphi/2)} \text{——堰口开口角引起的不确定度。}$$

$$\frac{\delta_{\tan(\varphi/2)}}{\tan(\varphi/2)} = 100 \left[\left(\frac{\delta_{h_t}}{h_t} \right)^2 + \left(\frac{\delta_{b_t}}{b_t} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \%$$

式中：

$$h_t \text{——三角堰底点到上口的高度;}$$

$$b_t \text{——三角堰上口的宽度;}$$

$$\delta_{h_t} \text{——三角堰底点至上口的高度测量不确定度;}$$

$$\delta_{b_t} \text{——三角堰上口宽度测量的不确定度;}$$

$$\delta_{h_e} \text{——堰水头测量的不确定度。}$$

$$\delta_{h_e} = [\delta_h^2 + \delta_{h_0}^2 + \delta_{k_h}^2 + (2s\bar{h})^2]^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

$$\frac{\delta_{h_e}}{h} = 100 \frac{[\delta_h^2 + \delta_{h_0}^2 + \delta_{k_h}^2 + (2s\bar{h})^2]^{\frac{1}{2}}}{h} \% \quad (23)$$

式中：

$$\delta_h \text{——堰水头实测不确定度;}$$

$$\delta_{h_0} \text{——零点实测不确定度;}$$

$$\delta_{k_h} \text{——补偿黏度和表面张力影响的水头测量修正值的不确定度;}$$

$$s\bar{h} \text{——堰水头 } n \text{ 次测量的标准偏差。}$$

$$\text{一般情况下,直角三角堰的流量测量不确定度 } \frac{\delta_{q_v}}{q_v} = (1 \sim 2)\% \text{ 左右。}$$

6.5.2 矩形堰、全宽堰流量测量不确定度的估算

$$\frac{\delta_{q_v}}{q_v} = \left[\left(\frac{\delta_c}{C} \right)^2 + \left(\frac{\delta_{b_e}}{b} \right)^2 + 1.5^2 \left(\frac{\delta_{h_e}}{h} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

式中：

$$\delta_c \text{——流出系数的不确定度, } \frac{\delta_c}{C} = 1.5\%;$$

$$\delta_{b_e} \text{——堰口宽度测量不确定度。}$$

的置信限)。

7.2.2 精确测量的若干要求

GB/T 17612—1998 中规定,只要符合下列条件,用容器测量流量就能给出一个精确的结果:

- a) 在流动回路中没有泄漏,也没有未经计量的泄漏液体通过换向器;
- b) 不会由于热的收缩(或膨胀)而使部分回路中积聚(或排出)液体,也不会由于含有未知的蒸气或气体的体积变化而使流量回路中积聚液体;
- c) 需对大气浮力的影响进行修正,在校准衡器时可以进行这一修正;
- d) 容器、计时器以及启动、停止计时器的平均值均应达到必要的精确度;
- e) 相对于注水时间,换向器所需的换向时间要短;当换向器刚好通过水力中心时计时器正好启动和停止。

7.3 测量装置

7.3.1 称重法

主要装置有容器、衡器、换向器、计时器等,GB/T 17612—1998 中对称重法所用的测量装置有详细的描述。

7.3.2 容积法

量筒、换向器、计时器等。

7.3.3 换向器

换向器是一种用以引导液流交替地沿着正常通道流动或流向称重容器的可动装置。它可以由导管或可动的导流槽组成,或者更好的是由一块围绕水平或垂直轴旋转的导流板组成。

换向器动作应足够快,以减少在测量注水时间中引入较大误差的可能性。换向器可由各种电器或机械装置驱动,例如用弹簧或扭力杆,或者用电动或气动执行机构来驱动。在测量程序的任何阶段,换向器不应影响回路中的流动。

应该仔细设计装置和换向器的机械部分,而且在使用中要经常检查换向器是否发生液体泄漏或飞溅到外面,或从一个换向器通道泄漏或飞溅到另一边。

7.3.4 计时器

液体流入容器的时间通常用内部带有一个精确的时间参比标准例如石英晶体的电子计数器来测量。因而,换向周期能被读出 0.01 s 的分辨力更好些。只要时间显示的分辨力足够高,并且周期性地进行检定,则由计时装置引起的误差可以忽略不计。

计时器应由换向器本身的运动通过固定在换向器上的开关(例如光学或磁的开关)来驱动。

7.3.5 容器

在每次测量期间液体所流入的容器应具有足够大的容量。

容器可以是任何形状的,但最基本的条件是必须完全防漏,并务必防止液体外溢。可以利用内壁或阻尼板来减小液体在容器内的振荡和改善结构的牢固性。

容器可以用下列不同方法放水:

- 在底部装一只闸阀,其渗漏应该能检查的(自然流出、透明的软管或检漏回路);
- 或采用一只配有有效的和能检验虹吸中断的虹吸管;
- 或装有一只自动泵或潜水泵。

排水速率应充分高以能在短时间内周而复始地进行试验。

7.3.6 衡器(秤)

可以采用任何形式的衡器,例如机械秤和带应变式负荷传感器的衡器,只要它们提供所需的灵敏度、精确度和可靠性满足要求。

衡器应定期地进行维护和周期地进行校准。

7.3.7 量筒

量筒应有足够大的容积，在测量时液体不应溢出量筒外面。确定量筒高度时，应使量筒内有500 mm以上的水位，水位测量的横截面应上下一致，充满液体后，不应发生变形。量筒的测量不确定度应在0.3%之内。

7.3.8 辅助测量

为了从质量流量求得体积流量，必须知道在称重期间的液体密度，其精确度要达到一定的要求。

GB/T 17612—1998中规定了液体密度的获得方法：如果被测量的液体非常洁净，则可以通过测量其温度并可从水的物理性质表中查得其密度。可用简单的水银玻璃温度计或更好的仪表如温度传感器来测量温度，温度计最好放在需要测量体积流量的回路中。对于水来说，考虑到环境温度下其密度随温度的变化较小，有0.5℃的精确度足以保证密度的估计误差低于 10^{-4} 。

如果对液体的纯度有怀疑，则必须实测密度。为此可收集一定量的样品，或者采用量筒放在分析天平上称重的直接法测量密度，或者采用间接法，例如测量作用在校准过的浮球（比重秤）上的流体静推力。不管用什么方法测量密度，都必须测量液体温度，在很多情况下，可以假定密度随温度的相对变化与纯净液体相同。

7.4 测量方法

7.4.1 为了消除剩余液体留在容器底部或依附在壁上的影响，应有足够的液体首先注入容器。当容器排空后，操作换向器，使液体注入称重容器或量筒，而换向器的动作自动地启动计时器。当收集到适当的液体后，操作换向器向相反方向动作使液体回到贮水池内，并停止计时器，因而确定了注水时间 t 。当容器内液体的振荡平息后，记录称重容器的最终质量。然后使容器排水。进行液体注入时，流量要保持稳定。

7.4.2 向容器（或量筒）内注入液体的动作和注完撤离的动作应尽量快，两次切换时间之差不得超过0.02 s。

7.4.3 向容器（或量筒）内注入液体的时间应在30 s以上。

7.4.4 测定时应记下液体的温度。

7.4.5 注入容器（或量筒）的液体含有气泡时，待气泡消失后再进行测定。测定气泡不易消失的液体最好用称重法。

7.5 流量的计算

7.5.1 称重法流量的计算

在注水期间内的平均质量流量是用注水时间除注入液体实际质量而求得的：

$$q_m = \frac{m}{t} \quad (29)$$

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} \quad (30)$$

7.5.2 容积法流量的计算

$$q_v = \frac{V_r}{t} \quad (31)$$

式中：

V_r ——在 t 时间内注入量筒内的液体的体积，单位为立方米(m^3)。

7.6 流量测量不确定度的估算

7.6.1 称重法

$$\frac{\delta_{q_v}}{q_v} = \left[\left(\frac{\delta_m}{m} \right)^2 + \left(\frac{\delta_p}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{\delta_t}{t} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (32)$$

式中：

δ_m ——质量测量的不确定度；

δ_p ——密度测量的不确定度；

δ_t ——时间测量的不确定度；

$$\delta_t = [\delta_{t_c}^2 + \delta_{t_p}^2 + (2s_t)^2]^{1/2} \quad (33)$$

$$\frac{\delta_t}{t} = \frac{100[\delta_{t_c}^2 + \delta_{t_p}^2 + (2s_t)^2]^{1/2}}{t} \% \quad (34)$$

式中：

δ_{t_c} ——切换时间的不确定度；

δ_{t_p} ——计时器的不确定度；

s_t ——计时的 n 次测量的标准偏差。

7.6.2 容积法

$$\frac{\delta_{q_v}}{q_v} = \left[\left(\frac{\delta_V}{V} \right)^2 + \left(\frac{\delta_t}{t} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (35)$$

式中：

δ_V ——容积测量的不确定度。

8 涡轮流量计

8.1 工作原理

在由永久磁钢和线圈组成的信号检测器的磁场中，放置一由导磁材料制造的带有螺旋叶片的叶轮，当流体流经传感器时，冲击叶轮旋转，导磁的叶片周期性地改变着信号检测器中磁路的磁阻值，使通过感应线圈的磁通量随之变化，这样在感应线圈的两端即感应出电脉冲信号，在一定的流量范围内，该电脉冲的频率与流经传感器的介质的体积流量成正比。

测量流量的计算公式：

$$q_v = 3.6 \frac{f}{\zeta_0} \quad (36)$$

8.2 涡轮流量计的特点

涡轮流量计由涡轮流量传感器（以下简称传感器）与前置放大器及显示仪表组成，用来测量液体在一定时间内的平均流量。涡轮流量计属流速型流量计，测量精度较高，复现性好，尤其对流量较小的产品非常适用。

8.3 涡轮流量传感器的安装

涡轮流量传感器的安装见附录 A（补充件）。

8.4 显示仪表的连接

8.4.1 传感器按附录 A 的要求安装在被测介质的流通管道上。根据具体使用要求所选用的显示仪表可装在传感器附近，亦可装在仪表控制室内。

8.4.2 传感器与显示仪表之间的连接传输电缆应采用屏蔽线，并有外包覆塑料或耐油橡胶绝缘层。

8.4.3 传输电缆的屏蔽要仅在一点接地，推荐在显示仪表端屏蔽接地。

8.4.4 传输电缆线要尽可能采用一条完整（连续）的屏蔽电缆线。

8.4.5 尽可能将传输线装在金属导管内，但同一导管内不得有大功率传输的电缆（如：一根传输电缆输送的最大功率大于传感器信号电缆输送的最小功率的 10 倍时，不能安装在同一管内）。

8.4.6 外界磁场的变化会在传感器的检测器里感应出干扰信号，为避免干扰信号的产生可采取下列措施：

8.4.6.1 使检出装置的轴线与外界磁场的磁通方向相垂直。

8.4.6.2 用高导磁材料对传感器外界磁源进行屏蔽，使外界的干扰减少到最小。

8.5 流量测量不确定度的计算

流量测量误差的随机分量和系统分量可引起测量的不确定度。涡轮流量计的基本误差为：传感器

的误差(标定证书所给的准确度)和流量计显示仪表的误差。

$$\delta_q = (\delta_k^2 + \delta_0^2)^{1/2} \quad \dots \dots \dots \quad (37)$$

式中：

δ_k ——流量计显示仪表的不确定度；

δ_0 ——传感器的不确定度。

具体计算方法可参照附录 C 进行。

8.6 涡轮流量计的检定

涡轮流量计的检定执行的检定规程：JJG 198。准确度为 0.1, 0.2, 0.5 级的流量计，检定周期为 1 年。对准确度低于 0.5 级的流量计，检定周期为 2 年。

9 电磁流量计

9.1 电磁流量计的特点

电磁流量计是非节流型、流速式流量计。由传感器和转换器组成。具有传感器前后直管段较短、可节省试验空间，耐腐蚀性强和磨损小、阻力小等特点，应用范围广泛。但仅仅限于用来测量导电的且非磁性液体。

电磁流量计的准确度等级分为 0.3, 0.5, 0.8, 1 级。

9.2 测量原理

电磁流量计的测量是基于法拉第电磁感应定律，导电介质在电磁场中作切割磁力线运动时，导体产生感应电动势为：

$$E_d = k B_d D U \quad \dots \dots \dots \quad (38)$$

在圆形管道中，体积流量是：

$$q_v = \frac{\pi D^2}{4} U \quad \dots \dots \dots \quad (39)$$

$$q_v = \frac{\pi D^2}{4k} \left(\frac{E_d}{B_d} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (40)$$

或者：

$$q_v = K_d \left(\frac{E_d}{B_d} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (41)$$

9.3 一般要求

9.3.1 管路内介质的流动应稳定。

9.3.2 在上游直管的入口处，液流应呈轴对称，并且没有明显的脉动和旋涡。

9.3.3 管道在任何时候都应充满介质。

9.3.4 管道内的介质为不夹杂空气和磁性颗粒，无其他可见颗粒的相当清洁的清水。

9.3.5 被测介质的流速应在 0.3 m/s~12 m/s 的范围内。

9.4 安装要求

9.4.1 管道安装

电磁流量计的安装应该根据 GB/T 18660 的规定安装。

为了避免夹附气体引起的测量误差，测量管应为充满介质的直管段。

介质的流动方向应和流量计上所标的箭头方向一致。流量计安装在垂直管道中介质流向由下向上为好，安装在水平管道中在管路的最低处为好。

流量计应安装在离任何上游扰动至少 5 倍公称通径(5DN)和离任何下游扰动 3DN 的直管段中。

在流量计附近，应避免强电磁场。

管路与流量计之间连接处应保证密封件不伸入流束中。

为了避免由真空引起的对聚四氟乙烯和橡胶衬里的损害，流量计决不能安装在泵的抽吸侧(防止真空)。

9.4.2 电气安装

被测介质和一次装置的电位应该相同,最好是地电位。介质和传感器外壳之间的电联接可由与相邻的导电管路直接接触或用传感器两端加接地环的方法来实现。传感器与转换器之间的内部连接应严格遵守制造厂的说明。与电源的联接也应按照使用说明书。

9.5 流量测量不确定度的计算

流量测量误差的随机分量和系统分量可引起测量的不确定度。电磁流量计的基本误差为流量计的误差。

$$\delta_q = (\delta_s^2 + \delta_R^2)^{1/2} \quad \dots \dots \dots \quad (42)$$

式中:

δ_s —系统分量引起测量的不确定度;

δ_R —随机分量引起测量的不确定度。

具体计算方法可参照附录 C 进行。

9.6 电磁流量计的检定

电磁流量计的检定执行的检定规程:JJG 198。准确度为 0.1, 0.2, 0.5 级的流量计, 检定周期为 1 年。对准确度低于 0.5 级的流量计, 检定周期为 2 年。

附录 A
(规范性附录)
涡轮流量计的安装

A.1 现场条件

传感器安装的位置尽量避开温度高、机械振动大、磁场干扰强、腐蚀性能强的环境,选择易于维修的位置安装。

A.2 管道的安装

A.2.1 传感器应水平安装,壳体上的流向标志方向与流体流动方向一致。

A.2.2 传感器的上游侧一般不少于 $20D$ 长度的直管段或按公式(26)计算,下游侧应有不小于 $5D$ 长度的直管段。具体安装要求见图 A.1。

$$L = 0.35 \frac{K_s D}{\lambda} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{A.1})$$

式中:

K_s ——旋涡速度比,由传感器上游侧管路情况决定;

λ ——管道内摩擦系数,处于紊乱状态 $\lambda=0.0175$ 。

A.2.3 传感器上下游直管段的内径与传感器的内径相差应在传感器内径的 $\pm 3\%$ 之内或不得超过 5 mm (两者取小者)。在传感器上游 $10D$ 长度内、下游 $2D$ 长度内管道内壁应清洁,无明显凹痕、积垢和起皮现象。

A.2.4 当流体中含有杂质时,传感器的上游应装有能除去流体中各种杂质的过滤器,过滤网的目数为 $20 \text{ 目} \sim 60 \text{ 目}$ 。

A.2.5 传感器的各类附件安装时,其中心线都应对准管道中心线,连接处的密封垫不得突入流体内。

A.2.6 用传感器测量流量的整个管路的安排应能防止气体进入传感器,如在传感器上游直管段前安装消气器。

A.2.7 为保证传感器充满液体,在传感器的下游应有足够的背压以防止出现两相状态。背压最小值推荐为最大流量时传感器压力损失的 2 倍,并加上最高工作温度下饱和蒸气压力的 1.25 倍。

A.2.8 传感器应采取不致引起过分变形和振动的方式安装,以尽量减少管道的膨胀和压缩对传感器的影响。

A.2.9 需要测量流体的温度时,应在传感器的下游 $5D$ 的长度外测量。

A.2.10 在新的管道上安装传感器时,为避免管道中的杂质进入传感器,应对管道进行清洗,而后再安装传感器。



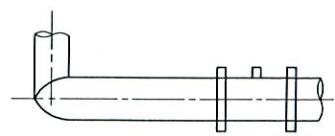
a) 传感器前有同心渐缩管 $K_s=0.75$

b) 传感器前有一个直角弯头 $K_s=1.0$

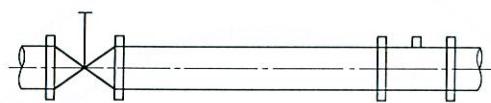
图 A.1



c) 传感器前在同一平面内有两个直角弯头 $K_s=1.25$



d) 传感器前在不同平面内有直角弯头 $K_s=1.0$



e) 传感器前有阀门全开 $K_s=1$; 半开 $K_s=2.5$

图 A. 1(续)

附录 B
(规范性附录)
设计水堰的参考尺寸

B.1 设计水堰的参考尺寸见图 B.1 和表 B.1

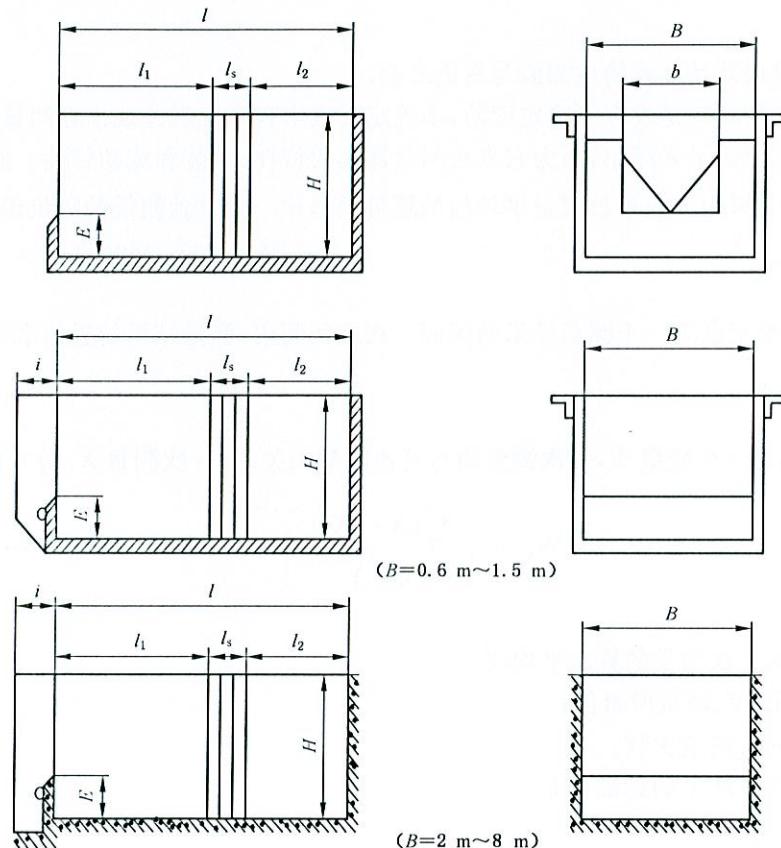


图 B.1 水堰的主要尺寸

表 B.1 设计水堰的参考尺寸

单位为米

堰的尺寸	$B \times b$	h_{\max}	l_1	l_s	l_2	i	l	E	H
直角三角堰	1.50	0.30	>6.0	0.60	>1.80	—	>8.40	0.90	1.5
矩形堰	0.9×0.36	0.4	>4.0	0.8	>1.7	—	>6.5	0.20	0.7
	1.2×0.48	0.5	>5.0	1.0	>2.2	—	>8.2	0.25	0.8
全宽堰	0.6	0.5	>6.0	1.0	>2.1	0.15	>9.25	0.30	0.9
	0.9	0.5	>9.0	1.0	>2.4	0.23	>12.63		0.9
	1.2	0.6	>12.0	1.2	>3.0	0.30	>16.5		1.00
	1.5	0.8	>15.0	1.6	>3.9	0.38	>20.88	0.40	1.30
	2.0	1.0	>20.0	2.0	>5.0	0.50	>27.50	0.50	1.60
	3.0	1.25	>30.0	2.5	>6.75	0.75	>40.00	0.75	2.10
	5.0	1.50	>50.0	3.0	>9.5	1.00	>63.50	1.0	2.60
	8.0	1.80	>80.0	3.6	>13.4	1.00	>98.00	1.30	3.20

附录 C
(规范性附录)
流量测量的不确定度的分析

流量测量不确定度应根据 JJF 1059 和 GB/T 3216 进行计算。本附录主要给出了流量测量的不确定度分析的基本原则和主要步骤。

C.1 误差的定义

一个“量”的测量误差是该量的被测值与真值之差。

没有一个物理量的测量是没有不确定度的,不确定度或来自系统误差或来自测量结果的随机分散。系统误差不能通过重复测量来减小,因为它来自测量器具的特性、安装和流动特性。而随机误差可以通过重复测量得以减小,因为 n 次单独测量平均值的随机误差比一次单独测量的随机误差小 \sqrt{n} 倍。

C.2 不确定度的定义

在本标准中,不确定度为一个测量结果的区间。在此区间内,测量结果的置信水平为 95%。

C.3 标准偏差的定义

C.3.1 如果多次测量一个变量 X ,每次测量均与其他测量无关,则 n 次测量 X_i 分布的标准偏差 S_x 为

$$S_x = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (C.1)$$

式中:

\bar{X} ——变量 X 的 n 次测量的算术平均值;

X_i ——变量 X 第 i 次测量所得值;

n ——变量 X 的总测量次数。

简言之, S_x 通常称为 X 的标准偏差。

C.4 不确定度的估计

C.4.1 随机误差引起的不确定度

引用 GB/T 3216 的 6.2.2 中规定:一个变量的测量随机不确定度取为该变量标准偏差的二倍,则随机误差引起的不确定度 δ_R 可取流量测量 n 次时所求得的标准偏差 S_x 的二倍。

C.4.2 系统误差引起的不确定度

流量测量时系统误差引起的不确定度包括流量计和显示仪表经检定所给出的不确定度。

$$\delta_s = (e^2 + \delta_x^2)^{1/2} \quad (C.2)$$

式中:

e ——流量计经检定所得出的不确定度;

δ_x ——显示仪表经检定所得出的不确定度。

C.5 结果的表示形式

$$\delta_q = (\delta_s^2 + \delta_R^2)^{1/2} \quad (C.3)$$

附录 D
(资料性附录)
封闭管路中泵的使用现场所用的流量计

D.1 超声波流量计**D.1.1 特点**

超声波流量计应用范围广泛,测量介质可以是水、海水、工业污水、酸碱液及各种油类等能传导声波的液体,并具有安装方便的特点。

D.1.2 测量原理

超声波流量计是利用超声波在流体中的传播特性来测量流量的流量计。目前主要有两类:

- 1) 速度差法——利用超声波在流动液体中顺流向与逆流向的传播速度差与流体流速成比例的关系作为测量原理。因此只要测得超声波在流动液体中的传播速度差以求得流体的流速,就可根据管路的横截面积获得流量。

流量计算公式:

$$q_v = A\bar{v} = (D^2/4)\bar{v} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{D.1})$$

- 2) 多普勒法——利用声学多普勒原理来确定流体中微粒的流动速度进而得到流体流量的方法。

D.1.3 测量的一般要求

D.1.3.1 流体在物理上或热力学上是均匀的,单相的或者可以认为是单相的。

D.1.3.2 流体浊度小于 10 000 mg/L,排水悬浮物小于 1 000 mg/L。

D.1.3.3 温度:0℃~50℃ 或 0℃~150℃,相对湿度不应大于 85%。

D.1.3.4 被测管道无强烈振动,流体应充满测量管。

D.1.3.5 流速范围:一般为 0.3 m/s~6 m/s。

D.1.4 安装要求

D.1.4.1 超声波流量计的安装应按照生产厂家的使用说明书进行。

D.1.4.2 测量管内壁应清洁,无明显凹坑、积垢和起皮;其内径的圆度误差应小于流量计基本误差限的 1/5。

D.1.4.3 带测量管的流量计测量管中心轴线与直管段中心轴线偏离应小于 3°;法兰连接处的密封垫圈压紧后不应突入管内。

D.1.4.4 流量计测量管的上下游侧应设置一定长度的直管段,其长度应满足生产厂家的要求的最短直管段的长度。

D.1.5 测量的不确定度

流量测量误差的随机分量和系统分量可引起测量的不确定度。流量计的基本误差为:流量计的误差。

$$\delta_q = (\delta_s^2 + \delta_R^2)^{1/2} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{D.2})$$

式中:

δ_s ——系统分量引起测量的不确定度;

δ_R ——随机分量引起测量的不确定度。

具体计算方法可参照附录 C 进行。

D.1.6 超声波流量计的检定

超声波流量计的检定执行的检定规程:JJG 198。准确度为 0.1、0.2、0.5 级的流量计,检定周期为 1 年。对准确度低于 0.5 级的流量计,检定周期为 2 年。

D.2 弯管流量计

D.2.1 工作原理

流体在流经弯管时,其内侧流速会增大,外侧流速会减小。根据流动连续性方程、能量守恒定律和动量守恒定律,流体在管道中流动时,在相同过流断面各元点流质点的能量不变。但由于各质点流速的变化,就形成了弯管的内外侧压差。流体的平均流速与压差的数学表达式为:

$$U = \alpha(R \cdot D) \sqrt{\frac{R}{D}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} \quad \text{(D.3)}$$

式中:

$\alpha(R \cdot D)$ ——流量系数;

R ——弯管弯曲半径,单位为米(m)。

流量计算公式:

$$q = 3.6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot U \cdot \rho \quad \text{(D.4)}$$

D.2.2 特点

弯管流量计由弯管传感器、三通阀和差压变送器组成。

D.2.2.1 弯管流量计可双向测量,适用于流速为 0.2 m/s~12 m/s 的液体介质流量的测量。

D.2.2.2 直管段要求短,前直管段 5D,后直管段 2D。

D.2.2.3 传感器寿命和管道寿命相同,并且几乎没有维护工作量。

D.2.2.4 准确度等级为 0.5 级~1.5 级(实流标定达 0.5 级,机加工产品为 1.0 级)。

D.2.3 安装的一般要求

弯管流量计的安装可参照生产厂家的使用说明书进行。一般要求如下:

D.2.3.1 前直管段大于等于 5D,后直管段大于等于 2D。

D.2.3.2 传感器与原管道采用焊接或法兰连接。

D.2.3.3 三通阀的连接要注意防止流体内气泡进入导压系统。

D.2.3.4 差压变送器的正压侧要与弯管传感器外弧的一次阀连接,负压侧与内弧的一次阀连接。

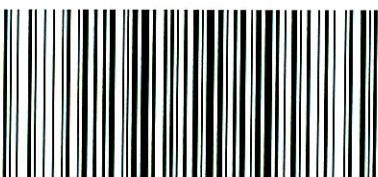
D.2.3.5 差压变送器应安装在弯管传感器的下方,便于导压系统的气体顺利漂浮回到主管道中。

D.2.4 弯管流量计的检定和不确定度

弯管流量计的检定执行 JJG 640,弯管流量计的不确定度可参照附录 C 进行计算。

D.3 流量测量的其他方法

对于超大流量的流量测量,可用示踪物法和速度面积法等方法。但由于这些方法使用上比较复杂,影响因素比较多,测量所得数据仅作参考。



GB/T 3214-2007

版权所有 侵权必究

*

书号:155066 · 1-30639

定价: 28.00 元