

中华人民共和国国家标准

GB/T 30832—2014

阀门 流量系数和流阻系数试验方法

Valves—Test method of flow coefficient and flow resistance coefficient

2014-06-24 发布

2015-03-01 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

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国阀门标准化技术委员会(SAC/TC 188)归口。

本标准起草单位:合肥通用机械研究院、合肥通用机电产品检测院有限公司、武汉锅炉集团阀门有限责任公司、宁波埃美柯铜阀门有限公司、浙江省泵阀产品质量检验中心、四川飞球(集团)有限责任公司、浙江万得凯铜业有限公司。

本标准主要起草人:王晓钧、李妍、吕召政、郑雪珍、林美、朱永平、查昭。



阀门 流量系数和流阻系数试验方法

1 范围

本标准规定了阀门流量系数和流阻系数试验的术语和定义、试验装置和测量仪表、试验要求、试验程序、计算和试验报告。

本标准适用于：

- a) 以水为介质的阀门、管道过滤器等产品的流量-压力损失、流量系数和流阻系数的试验；
- b) 被试验产品的流阻系数值 ζ 大于 0.1 的。

其他类似阀门和管件的流量-压力损失、流量系数、流阻系数的试验可参照本标准的方法进行试验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 3101 有关量、单位和符号的一般原则

GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

流量 flow

Q

单位时间内流经阀门水的体积量，单位为 m^3/h 。

3.2

差压 pressure drop

Δp

水历经阀门时的压力降(压力损失)，单位为 kPa 。

3.3

流量系数 flow coefficient

K_v

5℃~40℃温度范围的水流经阀门，两端差压为 100 kPa 时，以 m^3/h 计的流量数值，即 K_v 值。

3.4

流量系数 flow coefficient

C_v

5℃~38℃温度范围的水流经阀门，两端差压为 1 psi 时，以美国 gal/min 计的流量数值，即 C_v 值。

3.5

流阻系数 flow resistance coefficient

ζ

阀门压力损失的一个无量纲系数。

3.6

雷诺数 reynolds number

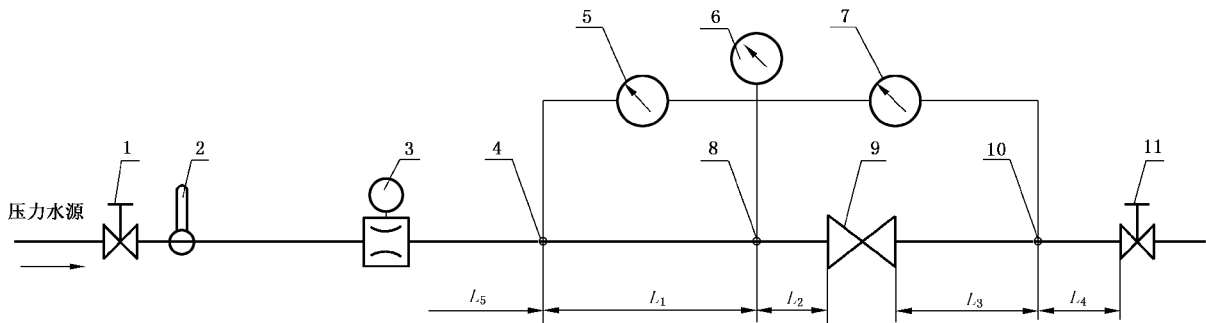
Re

流体流态的物理变量中的黏性力和惯性力的比率。

4 试验装置和测量仪表

4.1 试验装置

4.1.1 试验阀门为直通式或 Z 形连接(进出口不在同一轴线上)的典型试验系统布置如图 1 所示;试验阀门为角式连接的典型试验系统布置如图 2 所示。

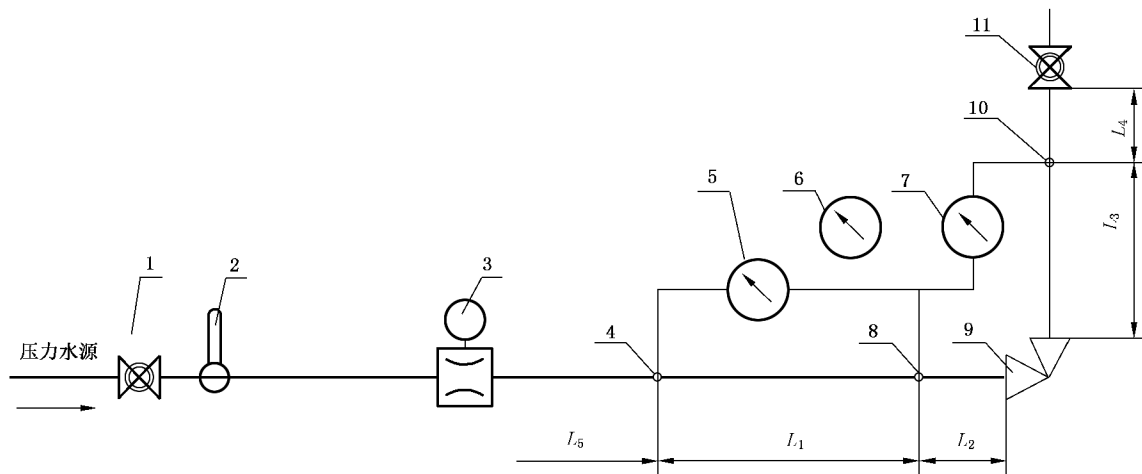


说明:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1——上游阀门; | 7——试验阀门管段差压(Δp_1)测量仪表; |
| 2——温度计; | 8——上游取压孔; |
| 3——流量测量仪表; | 9——试验阀门; |
| 4——直管段取压孔; | 10——下游取压孔; |
| 5——直管段差压(Δp_1)测量仪表; | 11——下游调节阀门。 |
| 6——压力测量仪表; | |

图 1 直通式或 Z 形连接试验阀门的典型试验系统布置图





说明:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1——上游阀门; | 7——试验阀门管段差压(Δp_1)测量仪表; |
| 2——温度计; | 8——上游取压孔; |
| 3——流量测量仪表; | 9——试验阀门; |
| 4——直管段取压孔; | 10——下游取压孔; |
| 5——直管段差压(Δp_1)测量仪表; | 11——下游调节阀门。 |
| 6——压力测量仪表; | |

图2 角式连接试验阀门的典型试验系统布置图

- 4.1.2 当试验阀门有多个进出端口的,应按 4.1.1 的要求,在需要测试的两端或多端布置试验系统。
- 4.1.3 除非因试验阀门连接形式的原因,试验阀门连接管道无法水平安装的,其他所有的试验阀门连接管道都应采取试验阀门和连接管道均水平布置方式布置进行试验。
- 4.1.4 应保证试验过程中,管道内全部充满水,不会有空气进入管道内。
- 4.1.5 试验时,应保证下游调节阀门前管道内的水压力应不小于 35 kPa。
- 4.1.6 下游调节阀门应采用不会造成管道内水流量波动的阀门(阀芯节流件不会是在水流中有晃动)。
- 4.1.7 安装后,连接管道与流量测量仪表、试验阀门各处应当同轴,各连接处应无泄漏。连接处的密封垫片的内孔应不小于管道内径,应无影响管道流通的凸台、棱边等现象存在。

4.2 连接管道

4.2.1 流量仪表连接管道、试验阀门前后的所有管道应是圆形直管,不得有凸台、凹坑等现象,管道的尺寸及偏差应符合 GB/T 17395 的规定。管道内表面应清洁,无氧化皮和其他可能引起流体扰动的障碍物。安装流量测量仪表和试验阀门的管道的连接端部都应是平直的。

4.2.2 如图 1 或图 2 所示, $L_1 \sim L_5$ 是指与试验阀门同一公称尺寸的直管段长度。 L_1 是用来测量试验阀门连接管道本身的流量-差压的测量管段; L_2 和 L_3 是试验阀门上下游连接管道取压点管段, L_4 是试验阀门下游取压点后的直管段; L_5 是指管道取压点前直管段长度。

4.2.3 试验阀门连接管道及取压点的长度要求为: L_2 应是大于或等于管道公称尺寸的 5 倍, L_3 应是大于或等于管道公称尺寸的 10 倍, L_4 应大于连接管道公称尺寸的 5 倍。试验系统中设置 L_1 直管段的, L_1 应是 L_2 和 L_3 的长度之和, L_5 的长度应是大于管道公称尺寸的 15 倍;若试验系统未设置 L_1 直管段的, L_5 的长度应是大于管道公称尺寸的 18 倍。 L_5 管段若采用了整流导叶,则长度可缩短到管道公称尺寸的 8 倍。

4.2.4 流量测量仪表连接管道的长度应满足流量测量仪表对连接管道长度的要求,该连接管道和法兰

的内径应不小于流量计的内径,以接近流量计的内径为宜。

4.2.5 除螺纹端连接的阀门外,连接试验阀门的管道的内径应不小于试验阀门的连接端的内径。

4.2.6 螺纹端阀门的连接管的端面应设法抵触到阀门螺纹底部的台阶。

4.3 取压孔和接管

4.3.1 测量管道上的每个取压截面应有 1 个、2 个对称或 4 个对称布置的取压孔;公称尺寸大于 DN300 的测量管道及要求测量精度高于 1% 的所有管道,都应在测量管道的每个取压截面有 4 个对称布置的取压孔,然后将各个取压孔汇集成一个总取压孔。测量管道取压孔的内径按表 1 的规定。

表 1 测量管道取压孔内径

| 公称尺寸 DN | 取压孔内径范围 mm |
|---------|---------------|
| <20 | 1.5~2 |
| 20~50 | 2~3 |
| >50 | 3~5 |

4.3.2 取压孔应与测量管道垂直,偏角最大不得超过 5°。取压孔在测量管道内外表面的边应是锐角,且不应有毛刺、钻削飞边存在。汇集成成的总取压孔与差压测量仪表间连接管道的内径应至少为测量管道上各个取压孔直径的 2 倍,汇集成成的总取压孔接管口应水平方向设置。

4.4 测量仪表

4.4.1 对于公称尺寸不大于 DN500 的阀门的试验系统,流量测量仪表可采用可测量水介质的电磁、涡轮或文丘里等流量测量仪表,精度等级应不低于 1.0 级。

4.4.2 对于公称尺寸不大于 DN500 的阀门的试验系统,差压测量仪表可采用可测量水介质的差压计或水银 U 形管,差压计精度等级应不低于 1.0 级,水银 U 形管的分辨率应不低于 1 mm。

4.4.3 压力测量仪表可采用压力表或压力传感器,精度等级应不低于 1.0 级。

4.4.4 温度测量仪表可采用温度传感器或水银温度计测量水的温度,温度的分辨值不低于 ±1 °C。

4.4.5 所有仪表应按国家有关校准或检定规程进行校准或检定。

5 试验要求

5.1 试验条件

5.1.1 试验介质为 5 °C ~ 40 °C 的清水,测试期间,测量管道内水温度变化应保持在 ±3 °C 以内。

5.1.2 试验时,流阻系数测试时应保证管道内流动处于紊流状态,雷诺数 Re 应大于 40 000。流体的流动特征见附录 A。

5.2 测量值的允许波动

5.2.1 测试时,试验阀门的开度位置固定,调整下游阀门使流量达到要求测试的流量值(允许有偏差),保持该流量 10 s 时间后观察流量测量仪表的显示值,在确定显示的流量值中,最大值和最小值之差相对于平均值的偏差应不超过 1.2% 后,才可以进行试验阀门流量-差压的测试记录。对每个流量,都应每隔不少于 5 s 时间,同时记录流量和差压数值,不少于 5 次。

5.2.2 对公称尺寸大于 DN500 的试验系统,因可能受试验系统流量稳定状况的限制,按 5.2.1 的方法

先对流量稳定性观察,其最大值和最小值之差相对于平均值的百分比应不超过表 2 的规定后,才可进行试验的流量和差压的数据记录。计算时,应取流量和差压所有读数的算术平均值作为本试验的实际值。

表 2 最大与最小测量值相对于平均值的允许偏差

| 读数次数 | 最大与最小测量值相对于平均值的允许偏差 不大于 |
|------|----------------------------|
| 5 | 3.5% |
| 7 | 4.5% |
| 9 | 5.8% |
| 13 | 5.9% |
| ≥31 | 6.0% |

5.2.3 测量存在一定程度的不确定性,在测量程序、测量仪器符合本标准时,试验结果的误差可按附录 B 进行分析。

5.3 测量管道的流量与差压

在测试时,应当测试试验阀门前后取压点段管道本身的流量与差压,测试条件和试验程序与测试被试验阀门相同。尤其对被试验阀门流阻系数 ζ 值较低的,不可忽略管道本身的流量与差压。

6 试验程序

6.1 将被试验阀门安装在图 1 或图 2 所示的试验装置中,试验阀门处于开启状态,启动试验系统水泵,使管道内排净空气,全部充满水。

6.2 试验阀门处于某个开度位置,在流量状态符合 5.2 的规定时,才可以进行测试记录。

6.3 当有与试验阀门前后测试管道等长度及同规格尺寸的试验管的差压可进行测试时,应同时测试记录该段的差压;没有测试管道等长度及同规格尺寸段的差压可同时测试时,应在试验阀门测试完成后,取下试验阀门,将测试管道连接在一起,按被试验阀门的试验程序和流量点进行测试管道的差压测量。

6.4 对无特殊说明的产品,流阻系数和流量系数的测试应在产品处于全开位置状态,应尽试验装置的最大流量能力测试,测试记录应不少于 5 种流量(除非有特别要求),各流量值的变化量应不少于 10%。最大流量应是试验阀门制造商规定的操作范围的上限,该流量时不能产生汽化。

6.5 除因阀芯位置会随流量变化而变化的阀门外,其他阀门在任一开度位置,给定最小流量、最大流量及介于最小流量和最大流量之间的均分流量状态,其流量系数的最大值和最小值之间的偏差应不超过 2%。

6.6 根据阀门的类型不同,可以选择不同的方法进行试验,对无特殊说明的产品,测试数据可以是:设定管道内的流量读取测量点的差压,或设定测量点的差压读取管道内的流量。

7 计算

7.1 雷诺数

7.1.1 测试时的雷诺数 Re 按式(1)计算:

$$Re = \frac{v \times d}{u} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- v —— 试验管道内的水平均流速,单位为米每秒(m/s);
- d —— 试验管道的内径,单位为米(m);
- u —— 水的运动黏度,单位为平方米每秒(m^2/s)。

7.1.2 试验测量管道内水的平均流速按式(2)计算:

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- v —— 试验管道内的水平均流速,单位为米每秒(m/s);
- Q —— 测得的水流量,单位为立方米每秒(m^3/s);
- d —— 试验管道的内径,单位为米(m)。

7.2 被试验阀门的净差压

被试验阀门的净差压应是由测得的阀门前后取压点的差压(阀门及试验管道总差压)减去测试管道本身(不含阀门)的差压,按式(3)计算。当被试验阀门与附属连接管段或接头一起供货时,连接管段或接头应包括在阀门内一起试验。

$$\Delta p_v = \Delta p_1 - \Delta p_t \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- Δp_v —— 被试验阀门的净差压,单位为千帕(kPa);
- Δp_1 —— 被试验阀门前后取压点差压(阀门及试验管道总差压),单位为千帕(kPa);
- Δp_t —— 被试验阀门试验管道的差压(不含阀门),单位为千帕(kPa)。

7.3 流量系数的计算

7.3.1 流量系数 K_v 按式(4)计算:

$$K_v = 10 \times Q \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p_v \times \rho_0}} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- Q —— 测得的水流量,单位为立方米每小时(m^3/h);
- Δp_v —— 阀门的净差压,单位为千帕(kPa);
- ρ —— 水的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
- ρ_0 —— 15℃时的水密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

注:水在常温时, ρ/ρ_0 的比值取1。

7.3.2 流量系数 C_v 按式(5)计算:

$$C_v = 1.156 \times K_v \dots\dots\dots(5)$$

7.4 流阻系数

流阻系数 ζ 按式(6)计算:

$$\zeta = \frac{2000 \times \Delta p_v}{\rho \times v^2} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- Δp_v —— 被试验阀门的净差压,单位为千帕(kPa);
- v —— 试验管道内水的平均流速,单位为米每秒(m/s);
- ρ —— 水的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

8 试验报告

8.1 被试验阀门的信息

试验报告中应包括如下的信息：

- 阀门制造商名称；
- 阀门结构类型(如：截止阀)；
- 阀门的公称尺寸(DN)；
- 阀门型号；
- 阀门编号。

8.2 试验数据

试验报告中计量单位应按 GB 3101 的规定,包括以下试验数据：

- 试验时,关闭件的位置；
- 试验时刻的流量和各测量点的差压；
- 试验管道的内径；
- 试验管道内介质的温度；
- 螺纹啮合长度(螺纹连接端的阀门)；
- 试验日期。

8.3 试验结果

应按客户的要求,报告流量系数、流阻系数、流量系数-开度图表或流量-差压的试验结果。



附 录 A
(资料性附录)
阀门内流体的流动特征

A.1 流动状态

A.1.1 层流和紊流是流动流体的两个主要形态。层流中,液体质点非常整齐地、互不干扰地、彼此平行地向前推动;紊流是一种高自由状态,任一点的速度方向和速度大小均是不断变化着的。但在特定方向上,存在着平均流速,各方向上的瞬时流速分量叠加成此平均流速。紊流中会出现非常强烈的介质互相干扰情况。

A.1.2 层流和紊流这两种形态之间没有明显的分界线,介于它们之间的流动为第三种流态——过渡状态。

A.2 流量与差压的关系

A.2.1 当一定量的流体通过阀门时,可以建立流量 Q 与产生的差压 Δp 之间的关系,图 A.1 给出了流量相对差压平方根的典型曲线。

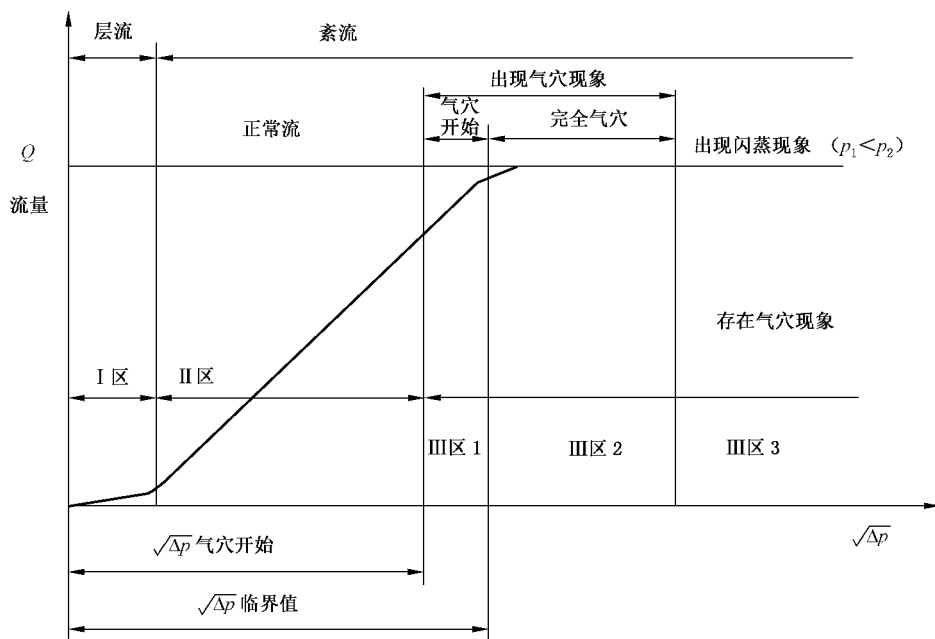


图 A.1 流量相对压力降平方根的曲线图

A.2.2 根据图 A.1,可以看出正常流态时,有层流和紊流现象;紊流状态可能出现:气化、气穴和闪蒸现象。

A.3 水的流动状态

A.3.1 当测试管道中流体的雷诺数低于 2 000,管中的流体流态是层流;测试管道中流体的雷诺数高于 3 000,管中的流体流态为紊流。

A.3.2 层流状态下,通过管子和阀门的能量损失与速度是线性相关的。紊流状态下通过管子和阀门的能量损失与速度的平方成比例。在过渡状态下,通过管子和阀门的能量损失是变化的。相同流量下,不同流态的流体通过管子或穿过障碍物时的差压是不同的。为了补偿流阻变化的影响,可为阀门确定修正系数。

A.3.3 根据紊流状态下的流量系数,按式(A.1)计算不同流态时的流量系数:

$$K_{v,req} = F_R \cdot K_v \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$K_{v,req}$ —— 阀门在某一紊流状态时的流量系数;

F_R —— 阀门雷诺数的函数,当阀门的雷诺数已知后,可通过图 A.2 确定系数 F_R ;

K_v —— 阀门的流量系数。

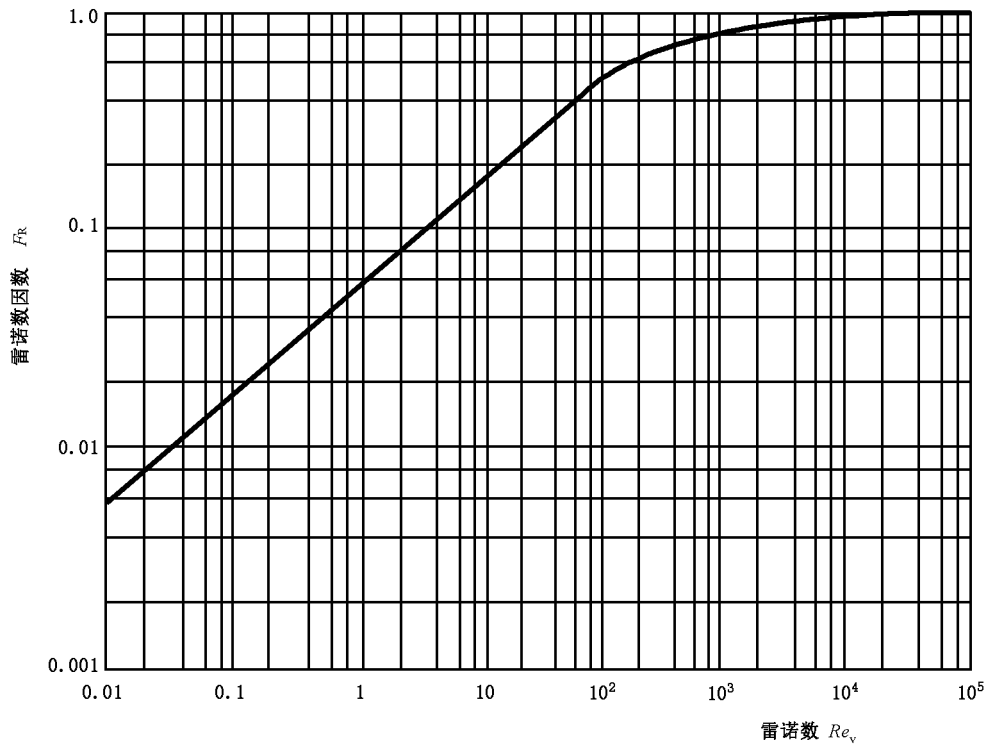


图 A.2 系数 F_R 与雷诺数之间的函数关系

A.4 气穴和闪蒸

A.4.1 差压的产生

流体在某种尺寸的管子内流动,当流经截面缩小的管子时,流速提高而压力下降。然而,流体到下游与前面同等尺寸的管子时,流速会下降到原来大小,而压力只有部分恢复,因而介质流经此设备时产生了差压。

A.4.2 气穴现象

流体通过阀门会有差压产生,随着管道内流量增加,流速也在增加,而在阀门处的压力则下降。在相同上游压力下,若下游流量增加,会使得阀门处有较大的差压,若流体的最小差压至该条件下介质蒸

气压力或蒸气压力以下时,流体介质开始蒸发。如果阀门出口处的混和压力大于介质的蒸气压力,气相会变回液相。整个液-气-液相的变化过程就是气穴现象。

A.4.3 扼流

如果在相同上游压力下,继续增加阀门处的差压,液态介质在该处横截面积最小的位置会完全气化,这时流速达到最大,称之为扼流。

A.4.4 破坏

A.4.4.1 蒸气-液体的相变是阀门受损的主要原因。相变期间,介质以高速喷射和冲击波的形式对阀门的内表面进行冲击。在足够的强度,近程距离和时间作用下,这种冲击会损坏内件材料,从而使阀门无法维持其功能或结构的完整性。

A.4.4.2 闪蒸具有较高的侵蚀特性。出现完全气穴现象时,在相同的上游压力条件下,如果增加差压,阀门下游的压力将永远不会恢复至介质的蒸气压以上,这种介质仍以气相存在,被称为闪蒸。



附录 B
(资料性附录)
试验结果的误差分析

B.1 误差

B.1.1 测量误差一部分取决于仪器或测量方法的残留误差。通过校准、仔细测量尺寸和正确安装等消除掉所有已知误差后,用同一仪器和相同的测量方法,还是存在着永远也不会消失、不会通过重复测量减少的误差。基于对使用仪器、测量方法的认知来评定的这项误差被称为系统误差。

B.1.2 误差的另一来源是以测量的分散度直接体现的,产生的原因可能是测量系统的特性或被测量量的变化,或两者都有。这种测量误差的评定称为随机误差。此项误差需要进行测量和分析,最终用被测量量的波动和稳定度的统计分析法进行测定。

B.1.3 确定系统误差和随机误差时,可用系统误差和随机误差的平方和的平方根计算总体测量误差。

B.2 减少误差的措施

B.2.1 提高系统的稳定度或稳态条件,同一变量的一个读数与下几组读数之间的偏差或变化非常小时,即是稳定度或稳态条件。

B.2.2 使用制造精确度更高的仪器或规范的试验方法以减少系统误差。

B.2.3 在用同一测量仪器和相同的试验方法进行测试时,可增加相同条件下对同一变量的测量次数以减少由随机误差产生的测量不确定性。

B.3 允许的测量波动

B.3.1 测量系统输出信号的直接目视观察

测试条件是测量系统在获取被测物理变量前不受阻尼作用。读数期间,如图 B.1 所示,测量设备输出的信号值会波动,操作者设法目视观察信号达到的最大和最小值,一般认定读数为: $R = (\text{最大值} + \text{最小值})/2$ 。

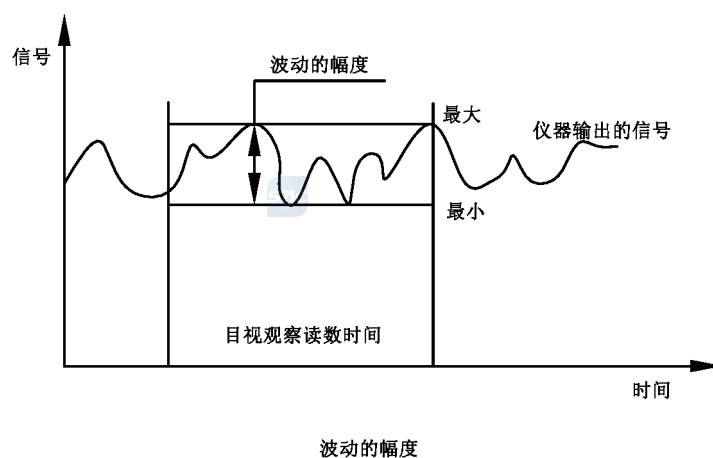


图 B.1 波动的幅度

B.3.2 系统输出信号的自动记录测量

如果使用数据自动记录器,在一定时间内可测出 n 个值,如图 B.2 所示,测量次数 n 、时间段和两次测量之间的时间间隔取决于数据记录器的特性和设置。

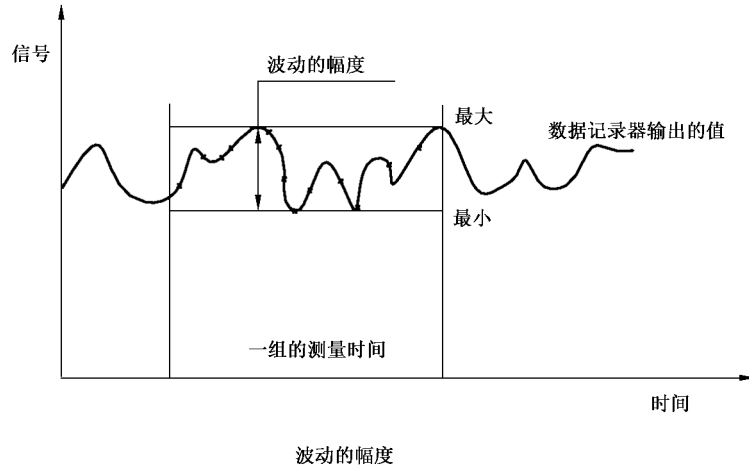


图 B.2 波动的幅度



这时,读数为 n 个测量值的算术平均值: $R = (M_1 + M_2 + \dots + M_n) / n$

从 n 个测量值中找出最大值和最小值:

$$\text{最大值} = \text{最大}(M_1, M_2, \dots, M_n)$$

$$\text{最小值} = \text{最小}(M_1, M_2, \dots, M_n)$$

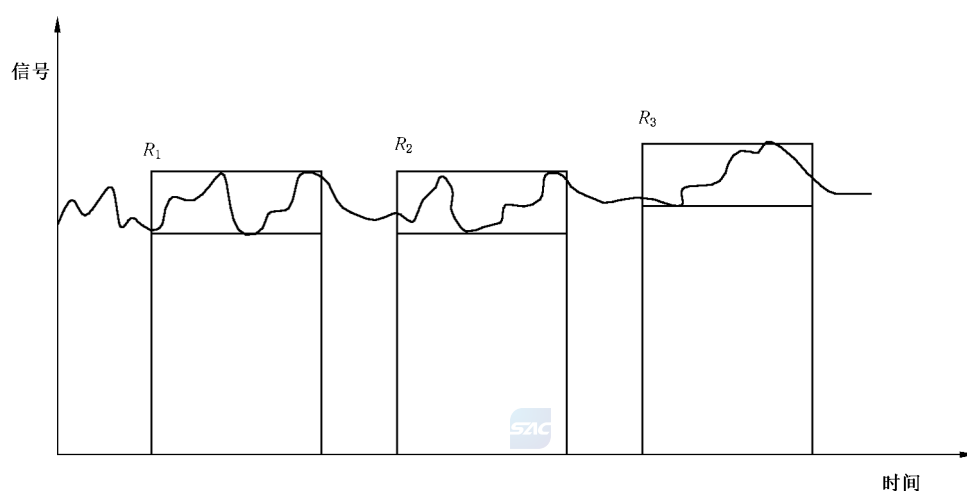
将百分比 $(\text{最大值} - R) / R$ 和 $(R - \text{最小值}) / R$ 与 5.2 进行比较,应不超过 5.2 的要求。

B.3.3 测量系统输出信号的自动合成

如果所使用的测量系统中包含一个准确度满足规定要求的自动集成设备,这对计算在远远长于相应系统响应时间的集成期内的平均值是有必要的。通常,读数的波动要比 5.2 中规定的允许波动低得多。

B.4 物理变量测量值的稳定性

B.4.1 应根据 B.3.1 或 B.3.2 确定平均值。图 B.3 列举 R_1 、 R_2 和 R_3 三组信号读数情况。



数据记录器输出的信号读数

图 B.3 数据记录器输出的信号读数

B.4.2 应用下列程序检验信号是否稳定：

a) 计算平均值 A_1 ：

$$A_1 = (R_1 + R_2 + R_3) / 3$$

b) 找出最大和最小读数(本例中,最大值读数 R_3 ,最小读数为 R_2)。

如果 $(R_3 - A_1) / A_1$ 和 $(A_1 - R_2) / A_1$ 小于 1.8,则本标准认为信号是稳定的。

如果 $(R_3 - A_1) / A_1$ 或 $(A_1 - R_2) / A_1$ 稍大于 1.8,则需再取两组读数。

c) 计算平均值 A_2 ：

$$A_2 = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5) / 5$$

d) 找出最大和最小读数。

如果 $(\text{最大值} - A_2) / A_2$ 或 $(A_2 - \text{最小值}) / A_2$ 小于 3.5,则本标准认为信号是稳定性。

如果 $(\text{最大值} - A_2) / A_2$ 或 $(A_2 - \text{最小值}) / A_2$ 稍大于 3.5,则需再取两组读数。

e) 重复此程序直接接近于 5.2 的规定值。但如果取到 20 组读数,并且允许的最大和最小读数的差值相对于平均值超过 6,就应该停下来,因为信号是不稳定的。

B.5 紊流下确定测量

被测变量在 3 个不同流量下的平均值。示例:某型式的公称尺寸 DN50 闸阀的测试数据见表 B.1。

表 B.1 被测变量的平均值

| 测量次数 | 流量 m ³ /h | 上游压力 MPa | 阀门测量段差压 kPa | 测量管差压 kPa | 阀门净差压 kPa | 流速 m/s | 雷诺数 Re | 流量系数 K_v | 流阻系数 ζ |
|------|-------------------------|-------------|----------------|--------------|--------------|-----------|-------------|---------------|-----------------|
| 1 | 41.44 | 0.515 | 25.4 | 4.2 | 21.2 | 5.86 | 2.93E+05 | 90.0 | 1.235 |
| 2 | 36.36 | 0.556 | 19.4 | 3.2 | 16.2 | 5.15 | 2.58E+05 | 90.3 | 1.222 |
| 3 | 28.99 | 0.557 | 12.2 | 2.1 | 10.1 | 4.10 | 2.05E+05 | 91.2 | 1.202 |

表 B.1 中,雷诺数的最小值为本标准要求的允许值 40 000 的 5 倍,完全达到紊流状态,流量-差压符合测量要求。 K_v 算术平均值为:

$$(90.0 + 90.3 + 91.2) / 3 = 90.5$$

最大 K_v 和最小 K_v 之差与 K_v 算术平均值的比率,以%表示:

$$\frac{91.2 - 90.0}{90.5} \times 100\% = 1.33\%$$

由于此差异小于 4%,因此我们认为紊流、无气穴条件下的 K_v 值为 90.5。
