



中华人民共和国国家标准

GB/T 17213.9—2005/IEC 60534-2-3:1997

工业过程控制阀 第 2-3 部分：流通能力 试验程序

Industrial-process control valves—Part 2-3: Flow capacity—
Test procedures

(IEC 60534-2-3:1997, IDT)

2005-09-09 发布

2006-04-01 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

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
工业过程控制阀

第 2-3 部分:流通能力 试验程序

GB/T 17213.9—2005/IEC 60534-2-3:1997

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.bzcbbs.com

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

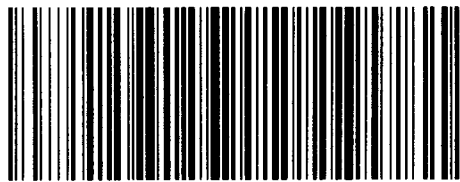
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 31 千字
2006年4月第一版 2006年4月第一次印刷

*

书号:155066·1-27265 定价 13.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 17213.9-2005

前 言

GB/T 17213《工业过程控制阀》分为如下部分：

- 控制阀术语和总则(eqv IEC 60534-1:1987)
- 流通能力 安装条件下流体流量的计算公式(IEC 60534-2-1:1998, IDT)
- 流通能力 试验程序(IEC 60534-2-3:1997, IDT)
- 流通能力 固有流量特性和可调比(IEC 60534-2-4:1989, IDT)
- 尺寸 两通球形直通控制阀法兰端面距和两通球形角形控制阀法兰中心至法兰端面的间距(IEC 60534-3-1:2000, IDT)
- 尺寸 角行程控制阀(蝶阀除外)的端面距(IEC 60534-3-2:2001, IDT)
- 尺寸 对焊式两通球形直通控制阀的端距(IEC 60534-3-3:1998, IDT)
- 检验和例行试验(IEC 60534-4:1999, IDT)
- 标志(eqv IEC 60534-5:1982)
- 定位器与控制阀执行机构连接的安装细节 定位器在直行程执行机构上的安装(IEC 60534-6-1:1997, IDT)
- 定位器与控制阀执行机构连接的安装细节 定位器在角行程执行机构上的安装(IEC 60534-6-2:2000, IDT)
- 控制阀数据单(eqv IEC 60534-7:1989, MOD)
- 噪声的考虑 实验室内测量空气动力流流经控制阀产生的噪声(eqv IEC 60534-8-1:1986)
- 噪声的考虑 实验室内测量液动流流经控制阀产生的噪声(IEC 60534-8-2:1991, IDT)
- 噪声的考虑 空气动力流流经控制阀产生的噪声预测方法(IEC 60534-8-3:2000, IDT)
- 噪声的考虑 液动流流经控制阀产生的噪声预测方法(IEC 60534-8-4:1994, IDT)

本部分为 GB/T 17213 的第 9 部分。

本部分等同采用 IEC 60534-2-3:1997《工业过程控制阀 第 2-3 部分：流通能力 试验程序》(英文版)。

本部分等同翻译 IEC 60534-2-3:1997。

为便于使用,本部分作了下列编辑性修改：

- a) “IEC 60534-2 的本节”一词改为“GB/T 17213 的本部分”；
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的“,”；
- c) 删除国际标准的前言；
- d) 用第 4 章规定的符号“ ρ_1/ρ_0 ”代替计算式中的“ ρ/ρ_0 ”；
- e) 将表 2 的表头按 GB/T 1.1—2000 中 6.6.5.4 的规定进行了重新排列；
- f) 将表 3 中涉及的压力单位 kPa 和 bar 分行排列,与其所取的常数相对应；
- g) 将 9.7 中控制阀雷诺数的式(13)与 GB/T 17213.2 中式(28)的表述相一致；
- h) 将 9.8 中控制阀类型修正系数的式(14)与 GB/T 17213.2 中附录 A 的式 A.1 表述相一致；
- i) 将 10.5 中控制阀完全层流条件“ $\sqrt{Re_v}/F_r$ ”与 8.6 中“ $\sqrt{Re_v}/F_R$ ”的表述相一致；
- j) 用“10.6 获得的数据”取代 11.7 中“10.2.6 获得的数据”,与文本内容表述相一致；
- k) 用“图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4”取代附录 A 中的图号“a)、b)、c)、d)”。

本部分的附录 A 为规范性附录。

本部分由中国机械工业联合会提出。

GB/T 17213.9—2005/IEC 60534-2-3:1997

本部分由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会第一分技术委员会归口。

本部分由天津市自动化仪表四厂负责起草。参加起草的单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、上海工业自动化仪表研究所、上海自动化仪表股份有限公司自动化仪表七厂、重庆川仪十一厂有限公司、吴忠仪表股份有限公司。

本部分主要起草人：王群增、郑秋萍、王燕、冯晓升、王凌霄、范萍、陈蒙南、李元涛、高强。

工业过程控制阀

第 2-3 部分:流通能力 试验程序

1 范围

GB/T 17213 的本部分适用于工业过程控制阀,并提供流通能力试验程序以确定 GB/T 17213.2 给出的计算公式中使用的下列变量:

- a) 流量系数 C ;
- b) 无附接管件液体压力恢复系数 F_L ;
- c) 带附接管件液体压力恢复系数和管道几何形状系数的复合系数 F_{LP} ;
- d) 管道几何形状系数 F_P ;
- e) 压差比系数 x_T 和 x_{TP} ;
- f) 控制阀类型修正系数 F_V ;
- g) 雷诺数系数 F_R 。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 17213 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分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部分。

- GB/T 17213.1—1998 工业过程控制阀 第 1 部分:控制阀术语和总则(eqv IEC 60534-1:1987)
- GB/T 17213.2—2005 工业过程控制阀 第 2-1 部分:流通能力 安装条件下流体流量的计算公式(IEC 60534-2-1:1999, IDT)
- GB/T 17213.14—2005 工业过程控制阀 第 8-2 部分:噪声的考虑 实验室内测量液动流流经控制阀产生的噪声(IEC 60534-8-2:1991, IDT)
- GB/T 18271.1—2000 过程测量和控制装置 通用性能评定方法和程序 第 1 部分:总则(idt IEC 61298-1:1995)
- GB/T 18271.2—2000 过程测量和控制装置 通用性能评定方法和程序 第 2 部分:参比条件下的试验(idt IEC 61298-2:1995)

3 定义

GB/T 17213.1、GB/T 17213.2、GB/T 18271.1 和 GB/T 18271.2 确定的术语和定义均适用于 GB/T 17213 的本部分。

4 符号

符号	说 明	单 位
C	流量系数(K_v 、 C_v)	各不相同(见 GB/T 17213.1)
C_R	额定行程时的流量系数	各不相同(见 GB/T 17213.1)
d	控制阀公称通径(DN)	mm
F_d	控制阀类型修正系数	无量纲
F_F	液体临界压力比系数	无量纲
F_L	无附接管件控制阀的液体压力恢复系数	无量纲
F_{LP}	带附接管件控制阀的液体压力恢复系数和管道几何形状系数的复合系数	无量纲
F_P	管道几何形状系数	无量纲
F_R	雷诺数系数	无量纲
F_γ	比热比系数	无量纲
M	流体分子量	kg/kmol
N	数字常数(见表 3)	各不相同(见注 1)
p_c	绝对热力学临界压力	kPa 或 bar(见注 2)
p_v	入口温度下液体的蒸汽的绝对压力	kPa 或 bar
p_1	上游取压口测得的入口绝对静压力	kPa 或 bar
p_2	下游取压口测得的出口绝对静压力	kPa 或 bar
Δp	上、下游取压口的压力差($p_1 - p_2$)	kPa 或 bar
$\Delta p_{\max}$	最大压差	kPa 或 bar
$\Delta p_{\max(L)}$	无附接管件的最大有效压差 Δp	kPa 或 bar
$\Delta p_{\max(LP)}$	带附接管件的最大有效压差 Δp	kPa 或 bar
Q	体积流量	m ³ /h(见注 3)
$Q_{\max}$	最大体积流量(阻塞流条件下)	m ³ /h
$Q_{\max(L)}$	不可压缩流体的最大体积流量(无附接管件阻塞流条件下)	m ³ /h
$Q_{\max(LP)}$	不可压缩流体的最大体积流量(带附接管件阻塞流条件下)	m ³ /h
$Q_{\max(T)}$	可压缩流体的最大体积流量(无附接管件阻塞流条件下)	m ³ /h
$Q_{\max(TP)}$	可压缩流体的最大体积流量(带附接管件阻塞流条件下)	m ³ /h
Re_v	控制阀雷诺数	无量纲
T_1	入口绝对温度	K
t_s	标准条件下的参比温度	℃
x	压差与入口绝对压力之比($\Delta p / p_1$)	无量纲
x_T	无附接管件控制阀在阻塞流条件下的压差比系数	无量纲
x_{TP}	带附接管件控制阀在阻塞流条件下的压差比系数	无量纲
Y	膨胀系数	无量纲
Z	压缩系数(对表征理想气体性能的气体 $Z=1$)	无量纲
γ	比热比	无量纲
ν	运动粘度	m ² /s(见注 4)

表(续)

符号	说 明	单 位
ζ	控制阀带有渐缩管、渐扩管、或其他管件时的速度头损失系数	无量纲
ρ_1/ρ_0	相对密度(水在 15.5℃ 时 $\rho_1/\rho_0=1$)	无量纲
注 1: 为确定常数的单位, 应使用表 3 给出的单位对相应的公式进行量纲分析。 注 2: 1 bar = 10^2 kPa = 10^5 Pa 注 3: 对可压缩流体, 用符号 Q 表示的体积流量(m^3/h)是指绝对压力为 101.325 kPa(1.013 25 bar), 温度为 0℃ 或 15℃(见表 3)的标准条件下的值。 注 4: 1 厘斯 = 10^{-6} m^2/s		

5 试验系统

基本的流量试验系统见图 1。

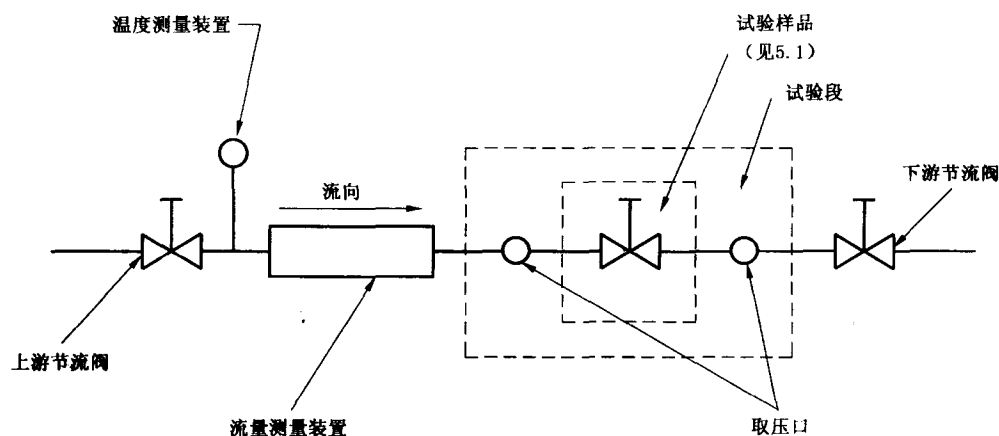


图 1 基本的流量试验系统

5.1 试验样品

试验样品是要求取得试验数据的任何阀或阀同渐缩管、渐扩管或其他管件的组合体。

虽然最好采用实际尺寸的样品或模型, 但本部分也允许采用缩小尺寸的试验样品进行模拟试验。为使模拟试验能取得令人满意的结果, 要注意几个因素之间的关系, 诸如完全充满管道的流体在流动时的雷诺数, 当可压缩性为重要因素时的马赫数以及几何相似性等。

5.2 试验段

试验段应由表 1 所示的两个直管段组成。连接试验样品的上、下游管段应与试验样品接头的公称口径一致。

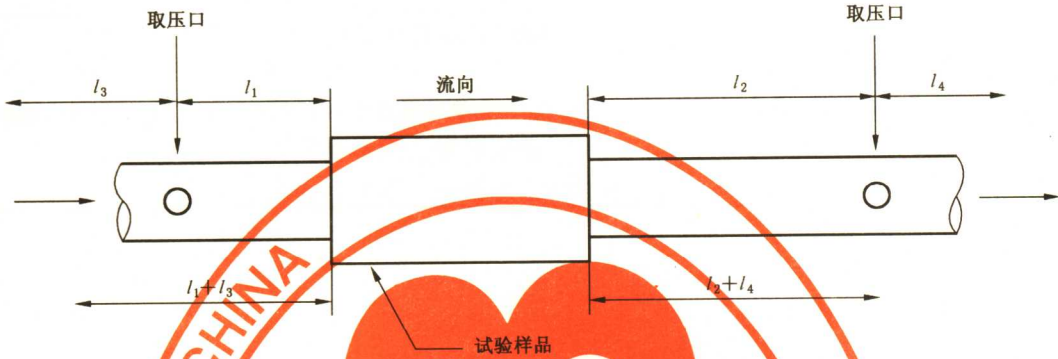
对于公称口径在 DN250 以下(包括 DN250), 压力等级在 PN100 以下(包括 PN100)的阀, 管道内径与试验样品端部实际内径的偏差应在 $\pm 2\%$ 以内。对于大于 DN250 的阀, 或压力等级大于 PN100 的阀, 试验样品入口和出口处的内径应与连接管道的内径相匹配。

管道内壁应无铁锈、氧化皮或其他可能引起流体过度扰动的障碍物。

5.3 节流阀

上游节流阀用来控制试验段的入口压力, 下游节流阀用于试验期间的控制。这两个阀一起用来控制试验段取压口前后的压差, 并使下游压力保持一个特定值。对这两个阀的型式无任何限定, 只是上游阀宜经过选择且其安装位置要适当, 使之不影响流量测量的精确度。下游节流阀的公称口径可大于试验样品的公称口径, 以保证阻塞流发生在试验样品内。当用液体进行试验时, 应避免在上游阀处出现汽化。

表 1 试验段管道要求

l_1	l_2	l_3	l_4
管道公称通径的 2 倍	管道公称通径的 6 倍	最短为管道公称通径的 18 倍	最短为管道公称通径的 1 倍
标准试验段配置  注 1: 若认为有益, 可使用整流导叶。如果使用了整流导叶, 则长度 l_3 可缩短到不小于管道公称通径的 8 倍。 注 2: 取压口的位置是在试验样品的上游和下游。试验样品不仅可以是一个控制阀, 也可以是控制阀与附接管件的任意组合(见附录 A)。 注 3: 如果上游流体扰动是由位于不同平面上的两个串联的弯头造成的, 除非使用整流导叶, 否则 l_3 的长度应大于管道公称通径的 18 倍。			

5.4 流量的测量

流量测量仪表可位于试验段的上游也可位于试验段的下游。它可以是任何符合规定精确度的装置, 并需要经常进行校准, 以保持其精确度。流量测量仪表应用来测定时间平均流量, 其精确度应为实际值的±2%范围以内。

5.5 取压口

应根据表 1 的规定在试验段管道上设置取压口, 其结构如图 2 所示。当管道内流动形态不一致时, 为达到所需要的测量精确度可能需要设置多个取压口。

取压口 b 的直径至少应为 3 mm, 但不能超过 12 mm 或管道公称通径的 1/10(取其小者)。上、下游取压口的直径应一致。

取压口应为圆形, 其边缘应光滑, 呈锐角或微带圆角, 无毛刺, 不形成线状边缘或其他不规则形状。

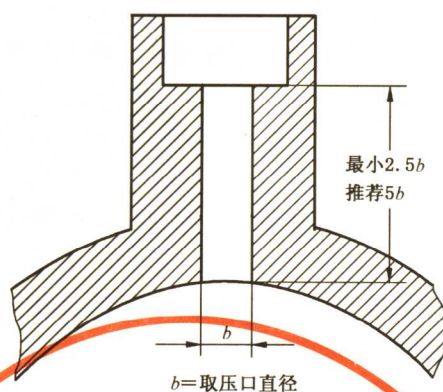
只要能达到上述要求, 可以采用任何适当的方法进行物理连接, 但管道内不允许有任何管件突出。

5.5.1 不可压缩流体

取压口中心线应处于水平位置, 应与管道中心线成直角相交, 以减少取压口处空气逗留和污物聚集的可能性。

5.5.2 可压缩流体

取压口中心线应处于水平位置或垂直于管道上方, 并应与管道中心线成直角相交。以减少灰尘滞留的可能性。



管道尺寸	b 不大于	b 不小于
小于 50 mm	6 mm	3 mm
50 mm~75 mm	9 mm	3 mm
100 mm~200 mm	13 mm	3 mm
250 mm 及以上	19 mm	3 mm

图 2 推荐的取压口连接

5.6 压力测量

所有压力和压差测量的精确度都应达到读数的 $\pm 2\%$ 。压力测量装置需要经常进行校准,以保持规定的精确度。

5.7 温度测量

流体入口温度测量的精确度应达到 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。测温探头必须经过选择,并设置在对流量测量和压力测量的影响为最小的位置上。

5.8 控制阀行程

在任何一个特定流量试验的过程中,阀的行程偏差都应控制在额定行程的 $\pm 0.5\%$ 以内。

5.9 试验样品安装

试验管道轴线与试验样品入口和出口的轴线的同轴度应在以下范围内:

管道公称通径	同轴度
DN15~DN25	0.8 mm
DN32~DN150	1.6 mm
DN200 及以上	管道公称通径的 0.01

试验样品应进行定位,以避免流体形态在取压口处产生速度头。例如,当进行角行程阀试验时,阀轴应与取压口平行。

每个垫片内径应进行尺寸测量和定位,以免凸出于管道之内。

6 试验精确度

若采用本部分所述试验程序,对于 C/d^2 小于或等于 N_{25} 的阀,全口径流量系数值的偏差应在 $\pm 5\%$ 以内。

7 试验流体

7.1 不可压缩流体

本试验程序使用的基本流体为 $5^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ 的水。只要试验结果不会受到不利的影响,可以使用防腐剂来防止或延迟腐蚀和防止有机物生长。

7.2 可压缩流体

本试验程序使用的基本流体是空气或其他可压缩流体。饱和蒸汽不能用作试验流体。试验过程中应防止内部结冰。

8 不可压缩流体的试验程序

下列条款对各种试验的操作方法作了具体说明。对这些试验所获数据的评估见第9章。

8.1 流量系数 C 的试验程序

确定流量系数 C 要求采用以下试验程序。试验数据应按 9.3 所述的程序评估。

8.1.1 按照表 1 的管道要求安装无附接管件的试验样品。

8.1.2 流量试验应在紊流、无空化区域内 3 个间隔较大的压差点(但不低于 0.1 bar)上进行流量测量。建议压差是:

- a) 恰好在空化点以下(刚开始空化)或试验设备可获得的最大值,取其中较小值(见 GB/T 17213.14);
- b) 约为 a) 压差的 50%;
- c) 约为 a) 压差的 10%。

在阀选定行程下,通过试验段两端的取压口测量压力。

对于流通能力很小的阀,在推荐的压差下可能会产生非紊流。在这种情况下应取较大的压差,以保证产生紊流,推荐的阀最小雷诺数 Re_v 应为 10^5 (见公式(13))。

应记录与上述指定压差的偏差,并说明偏差原因。

8.1.3 为了保持液体充满试验段下游部分,并防止液体汽化,入口压力应保持等于或大于表 2 所列最小值。此最低入口压力取决于试验样品的液体压力恢复系数 F_L 。如果 F_L 为未知数,就应该保守地估计一个最低入口压力。

8.1.4 应通过流量试验确定:

- a) 100% 额定行程时的额定流量系数 C_R ;
- b) 5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90% 和 100% 额定行程时的固有流量特性(任选)。

注:为更完整地确定固有流量特性,还可以在小于额定行程 5% 的行程下进行流量试验。

表 2 与 F_L 及 Δp 有关的最低入口绝对试验压力

F_L	最低入口绝对试验压力/kPa (bar)								
	Δp /kPa(bar)								
	35 (0.35)	40 (0.4)	45 (0.45)	50 (0.5)	55 (0.55)	60 (0.60)	65 (0.65)	70 (0.7)	75 (0.75)
0.5	280 (2.8)	320 (3.2)	360 (3.6)	400 (4.0)	440 (4.4)	480 (4.8)	520 (5.2)	560 (5.6)	600 (6.0)
0.6	190 (1.9)	220 (2.2)	250 (2.5)	270 (2.7)	300 (3.0)	330 (3.3)	360 (3.6)	380 (3.8)	410 (4.1)
0.7	150 (1.5)	160 (1.6)	180 (1.8)	200 (2.0)	220 (2.2)	240 (2.4)	260 (2.6)	280 (2.8)	300 (3.0)
0.8	150 (1.5)	160 (1.6)	160 (1.6)	170 (1.7)	170 (1.7)	190 (1.9)	200 (2.0)	220 (2.2)	230 (2.3)
0.9	150 (1.5)	160 (1.6)	160 (1.6)	170 (1.7)	170 (1.7)	180 (1.8)	180 (1.8)	190 (1.9)	190 (1.9)
注 1: 对于大口径控制阀流源达到极限时,只要能保持紊流状态,可以使用较小的压差(但不小于 0.1 bar)。									
注 2: 对于压力未列出的,可以用下式计算上游压力: $p_{1,min}=2\Delta p/F_L^2$									

8.1.5 记录下列数据:

- a) 控制阀行程;
- b) 入口压力 p_1 ;
- c) 上、下游取压口的压差 ($p_1 - p_2$);
- d) 流体入口温度 T_1 ;
- e) 体积流量 Q ;
- f) 大气压力;
- g) 试验样品的结构描述(例如:阀型式、公称通径、公称压力、流向)。

8.2 液体压力恢复系数 F_L 和液体压力恢复系数与管道几何形状系数的复合系数 F_{LP} 的试验程序

计算系数 F_L (指定的无附接管件试验样品) 和 F_{LP} (指定的带附接管件试验样品) 时, 需要用到最大流量 $Q_{\max}$ (称之为阻塞流)。在入口条件不变的情况下, 当增大压差不能使流量增大时就证明是阻塞流。确定 $Q_{\max}$ 应用下列试验程序。数据评估程序见 9.4。对 F_L 和相应的 C 的试验程序在相同的阀行程上进行。因此, 在以任何一种阀行程对这两个系数进行试验时, 阀应锁定在某一固定位置上。

8.2.1 应当使用 5.2 所述的试验段, 试验样品应锁定在要求位置上。

8.2.2 下游节流阀应处于全开位置。应在预先选定的入口压力下测量流量并记录入口压力和出口压力。本试验可确定此试验系统中试验样品的最大压差 ($p_1 - p_2$)。在相同的入口压力下, 将压差降低到第一次试验确定压差的 90%, 进行第二次试验。如果第二次试验的流量与第一次试验的流量相差不超过 2%, 则可以将第一次试验测得流量作为 $Q_{\max}$ 。

否则, 就在一个较高的入口压力下重复整个试验过程。如果在试验系统的最高入口压力下不能达到 $Q_{\max}$, 可采用以下程序。计算一个 F_L 代替在可达到的最高入口压力值和压差值下得到的流量。在报告中注明被试验控制阀的 F_L 远大于预先计算值。

8.2.3 记录下列数据:

- a) 控制阀行程;
- b) 入口压力 p_1 ;
- c) 上、下游取压口的压差 ($p_1 - p_2$);
- d) 流体入口温度 T_1 ;
- e) 体积流量 Q ;
- f) 大气压力;
- g) 试验样品的结构描述(例如:阀型式、公称通径、公称压力、流向)。

8.3 管道几何形状系数 F_P 的试验程序

对于带附接管件的阀, 管道几何形状系数 F_P 可以改变阀的流量系数 C 。系数 F_P 是在相同的工作条件下试验时, 带附接管件阀的 C 与无附接管件阀的额定 C 之比。为了获得此系数, 用要求的阀和附接管件的组合来代替阀。将这个组合作为试验样品按照 8.1 进行流量试验, 以确定试验段的管道公称通径。例如, DN100 阀安装在附接渐缩管和渐扩管的 DN150 的管线上, 应按 DN150 管线来确定取压口的位置。

数据评估程序见 9.5。

8.4 液体临界压力比系数 F_F 的试验程序

液体临界压力比系数 F_F 只是流体与其温度的一个特性, 它是阻塞流条件下明显的“缩流断面”压力与入口温度下液体的蒸汽压力之比。

F_F 的数值是通过已知 F_L 和 C 的试验样品进行试验来确定的。无附接管件阀的安装应符合表 1 的要求。应采用 8.2 所述获取 $Q_{\max}$ 的试验程序并使用所关注的流体作试验流体。

数据评估程序见 9.6。

8.5 不可压缩流体的雷诺数系数 F_R 的试验程序

为了得到雷诺数系数 F_R 的值,应通过试验阀产生非紊流条件。这个条件要求低压差,高粘度的流体,小的 C 值,或这些条件的组合。除 C 值很小的阀之外,当进行符合 8.1 所列程序的流量试验时,紊流总是存在的,并且在这些条件下的 F_R 将为 1.0。

用安装在标准试验段且无附接管件的阀进行流量试验确定 F_R 的值。除了下述情况以外,这些试验应遵循确定 C 的试验程序:

- 只要试验流体在试验阀内不产生汽化现象,试验压差可以是任意适当值;
- 如果试验流体不是 $20^\circ\text{C} \pm 14^\circ\text{C}$ 的淡水,那么表 2 列出的最低入口试验压力值可能不适用;
- 试验流体应为粘度比水高很多的牛顿流体,除非仪表能够精确测量非常低的压差。

在每个选定阀行程下通过改变阀的压差,进行足够次数的试验,以覆盖从紊流到层流的整个条件范围。

数据评估程序见 9.7。

8.6 控制阀类型修正系数 F_d 的试验程序

控制阀类型修正系数 F_d 考虑的是阀内件几何形状对雷诺数的影响。它被定义为单流路水力直径与节流孔直径之比,其中节流孔的面积等于给定行程下所有相同流路面积的总和。

控制阀类型修正系数 F_d 应在所需行程下测量。它的值仅能按 8.5 所列程序在完全层流的条件下进行测量。

完全层流被定义为 $\sqrt{Re_v}/F_R$ 保持恒定,允差范围为 $\pm 5\%$ 的条件(典型特征是 Re_v 值低于 50)。

数据评估程序见 9.8。

9 不可压缩流体的数据评估程序

9.1 非阻塞流

非阻塞流的不可压缩流体的基本流量方程式为:

$$Q = N_1 F_R F_P C \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho_1/\rho_0}} \dots\dots\dots (1)$$

对于无附接管件的阀, $F_P = 1$, 并且在紊流条件下 $F_R = 1$ 。

9.2 阻塞流

对于阻塞流应考虑两种情况:

9.2.1 无附接管件

当控制阀无附接管件时,

$$Q_{\max(L)} = N_1 F_L C \sqrt{\frac{p_1 - F_F p_v}{\rho_1/\rho_0}} \dots\dots\dots (2)$$

注: 对无附接管件的阀,在阻塞流条件下足以产生流动的最大压差为:

$$\Delta p_{\max(L)} = F_L^2 (p_1 - F_F p_v) \dots\dots\dots (3)$$

9.2.2 带附接管件

当控制阀带附接管件时:

$$Q_{\max(LP)} = N_1 F_P C \sqrt{\left(\frac{F_{LP}}{F_P}\right)^2 \left(\frac{p_1 - F_F p_v}{\rho_1/\rho_0}\right)} \dots\dots\dots (4)$$

式(4)的通用式为:

$$Q_{\max(LP)} = N_1 F_{LP} C \sqrt{\left(\frac{p_1 - F_F p_v}{\rho_1/\rho_0}\right)} \dots\dots\dots (5)$$

注: 对于带附接管件的控制阀,阻塞流条件下足以产生流动的最大压差为:

$$\Delta p_{\max(\text{LP})} = \left(\frac{F_{\text{LP}}}{F_{\text{P}}} \right)^2 (p_1 - F_{\text{F}} p_{\text{v}}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

9.3 流量系数 C 的计算

流量系数 C 可按 K_{v} 或 C_{v} 来计算, N_1 的合适值见表 3, 它取决于所选系数和压力的测量单位。

用 8.1 得到的数据, 代入下式计算各次流量试验的 C :

$$C = \frac{Q}{N_1} \sqrt{\frac{\rho_1/\rho_0}{\Delta p}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

对于规定温度范围内的水, $\rho_1/\rho_0 = 1$ 。

每次流量试验得到的 3 个值中, 最大值不应比最小值大 4% 以上。如果差值超过此允差, 应重复进行流量试验。如果差值较大是由于空化引起的, 则应在较高的人口压力下重复试验。

每一行程的流量系数应该是三个试验值的算术平均值, 圆整到不多于三位有效数字。

9.4 液体压力恢复系数 F_{L} 和液体压力恢复系数和管道几何系数的复合系数 F_{LP} 的计算

系数 F_{L} 和 F_{LP} 可用 8.2 所获数据和下式计算。

9.4.1 无附接管件时

当控制阀无附接管件时:

$$F_{\text{L}} = \frac{Q_{\max(\text{LP})}}{N_1 C} \sqrt{\frac{\rho_1/\rho_0}{p_1 - F_{\text{F}} p_{\text{v}}}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

对于规定温度范围内的水, $\rho_1/\rho_0 = 1$ 并且 $F_{\text{F}} = 0.96$ 。

9.4.2 带附接管件

当控制阀带附接管件时:

$$F_{\text{LP}} = \frac{Q_{\max(\text{LP})}}{N_1 C} \sqrt{\frac{\rho_1/\rho_0}{p_1 - F_{\text{F}} p_{\text{v}}}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

对于规定温度范围内的水, $\rho_1/\rho_0 = 1$ 并且 $F_{\text{F}} = 0.96$ 。

9.5 管道几何形状系数 F_{P} 的计算

用 8.3 获得的试验数据的平均值, 按下式计算:

$$F_{\text{P}} = \frac{\text{带附接管件阀的 } C}{C_{\text{R}}} = \frac{\frac{Q}{N_1} \sqrt{\frac{\rho_1/\rho_0}{\Delta p}}}{C_{\text{R}}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

对于规定温度范围内的水, $\rho_1/\rho_0 = 1$ 。

9.6 液体临界压力比系数 F_{F} 的计算

F_{F} 计算如下:

$$F_{\text{F}} = \frac{1}{p_{\text{v}}} \left[p_1 - (\rho_1/\rho_0) \left(\frac{Q_{\max}}{N_1 F_{\text{L}} C} \right)^2 \right] \quad \dots\dots\dots (11)$$

这里 p_{v} 是入口温度下流体蒸汽的压力。试验样品的 $C F_{\text{L}}$ 采用 8.2 的标准方法确定。

9.7 雷诺数系数 F_{R} 的计算

用 8.5 所述程序和式(12)得出的试验数据来获得近似 C 值。这个 C 相当于 $C F_{\text{R}}$, 用近似 C 除以控制阀在同一行程上按 8.1 规定的试验条件进行试验得到的 C , 获得 F_{R} 。

$$C F_{\text{R}} = \frac{Q}{N_1} \sqrt{\frac{\rho_1/\rho_0}{\Delta p}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

尽管可采用任何一种实验者认为合适的方式使这些数据相互关联, 但是被证实能提供令人满意的相互关系的方法都要用到控制阀雷诺数, 控制阀雷诺数由式(13)计算:

$$Re_{\text{v}} = \frac{N_4 F_{\text{d}} Q}{\nu \sqrt{C F_{\text{L}}}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

9.8 控制阀类型修正系数 F_d 的计算

用 8.5 获得的试验数据,按下式计算 F_d :

$$F_d = \frac{N_{26} \nu F_R^2 F_L^2 (C/d^2)^2 \sqrt{CF_L}}{Q \left(\frac{F_L^2 C^2}{N_2 D^4} + 1 \right)^{1/4}} \dots\dots\dots (14)$$

仅推荐在额定行程下计算 F_d 。减小行程会发生明显错误。

对于在额定行程时 $C/d^2 \leq 0.016 N_{18}$ 的缩径阀内件, F_d 计算如下:

$$F_d = \frac{N_{31} \nu F_R^2 F_L^2 \sqrt{CF_L}}{Q \left[1 + N_{32} \left(\frac{C}{d^2} \right)^{2/3} \right]} \dots\dots\dots (15)$$

试验应在 Re_v 小于 100 或 F_R 小于 0.26 时进行。 F_d 应由 3 次试验的最小值的平均值确定。

10 可压缩流体的试验程序

本章对各种试验的操作方法作了具体的说明。对这些试验所获得数据的评估方法见第 11 章。

10.1 流量系数 C 的试验程序

确定流量系数 C 需要以下试验程序。试验数据应采用 11.1 的程序进行评估。

10.1.1 按照表 1 的管道要求安装无附接管件的试验样品。

10.1.2 流量试验应包括 3 种压差下的流量测量。为了接近流动条件,可以假设其为不可压缩的,压差比($x = \Delta p/p_1$)应当小于或等于 0.02。另一种程序见 10.2.5。

10.1.3 应通过流量试验确定:

- a) 100% 额定行程时的额定流量系数 C ;
- b) 5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90% 和 100% 额定行程时的固有流量特性(任选)。

注:为更完整地确定固有流量特性,还可以在小于额定行程 5% 的行程下进行流量试验。

10.1.4 记录下列数据:

- a) 控制阀行程;
- b) 入口压力 p_1 ;
- c) 上、下游取压口的压差($p_1 - p_2$);
- d) 流体入口温度 T_1 ;
- e) 体积流量 Q ;
- f) 大气压力;
- g) 试验样品的结构描述(例如:阀类型、公称通径、公称压力、流向)。

10.2 压差比系数 x_T 和 x_{TP} 的试验程序

对于 $F_\gamma = 1$ ($\gamma = 1.4$) 的流体, x_T 和 x_{TP} 这两个量是压差与入口绝对压力之比($\Delta p/p_1$)。但当使用 $F_\gamma \neq 1$ 的试验气体时,根据式(23)和式(24)仍能求得这两个值。在计算 x_T (对给定的无附接管件的试验样品)和 x_{TP} (对给定的带附接管件的试验样品)时,还需要最大体积流量 Q_{max} (称之为阻塞流)。在固定的入口条件下,如果压差增大而流量不再增加,这就证明是阻塞流。 x_T 和 x_{TP} 的值应当分别用 11.2 和 11.3 所述的程序进行计算。

确定 Q_{max} 应当采用下列试验程序:

10.2.1 用 5.2 规定的试验段,试验样品的行程为 100% 额定行程。

10.2.2 与试验样品前后的压差一样,只要符合阻塞流的要求(在 10.2.3 中规定)可以采用任何一种足以产生阻塞流的上游压力。

10.2.3 下游节流阀应处于全开位置,在预先选定的入口压力下测量流量,并记录入口压力和出口压

力。本试验确定试验系统中试验样品的最大压差($p_1 - p_2$)。在相同的入口压力下,将压差降低到第一次试验确定压差的90%,进行第二次试验。如果第二次试验的流量与第一次试验的流量相差不超过0.5%,那么就可将第一次试验测得的流量作为最大流量。否则,要在较高的入口压力下重复此试验。

尽管测量流量绝对值的误差应不超过 $\pm 2\%$,但是为了达到预期的精确度, x_T 的试验重复性应优于 $\pm 0.5\%$ 。这一系列试验应在使用相同的仪表并且不改变试验装置的条件下连续进行。

10.2.4 记录下列数据

- 控制阀行程;
- 入口压力 p_1 ;
- 出口压力 p_2 ;
- 流体入口温度 T_1 ;
- 体积流量 Q ;
- 大气压力;
- 试验样品的结构描述(例如:阀类型、公称口径、公称压力、流向)。

10.2.5 压差比系数 x_T 和 x_{TP} 及流量系数 C 的替代试验程序

如果试验室无法用上述程序确定 x_T 值,可采用此替代试验程序。

用5.2规定的试验段,试验样品的行程为100%额定行程。

在预先选定的某个入口压力下,对最少5个间隔恰当的 x 值(压差与入口绝对压力之比)测量流量(Q)、流体入口温度(T_1)和下游压力。

根据这些数据点,用下式计算 YC 之积的值:

$$YC = \frac{Q}{N_s p_1} \sqrt{\frac{MT_1}{x}} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中, Y 是膨胀系数,由下式确定:

$$Y = 1 - \frac{x}{3F_y x_T} \quad \dots\dots\dots (17)$$

其中: $F_y = \gamma/1.4$ 。

试验点应始终绘在以(YC)对 x 的直角坐标上,使线性曲线同数据重合。如果有任何一点与曲线的偏差大于5%,就要用附加数据来确认样品是否确有异常特征。

样品的 C_0 值从 $x=0, Y=1$ 的曲线处获取。

至少应有一个试验点(YC)₁ 满足 $(YC)_1 \geq 0.97(YC)_0$ 的要求,其中 $(YC)_0$ 对应于 $x \approx 0$ 。

至少应有一个试验点(YC)_n 满足 $(YC)_n \leq 0.83(YC)_0$ 的要求。

样品的 x_T 应从 $YC=0.667(YC)_0$ 的曲线处获取。

如果采用此法,应加以说明。

10.3 管道几何形状系数 F_p 的试验程序

管道几何形状系数 F_p 修正带附接管件阀的流量系数 C 。系数 F_p 是在相同工作条件下试验时,带附接管件阀的 C 与无附接管件阀的额定 C 之比。

为了获得此系数,用要求的阀和附接管件的组合作为试验样品,按照10.1进行流量试验,以确定试验段的管道直径。例如, DN100 的阀装在附接渐缩管和渐扩管的 DN150 的管线上,应按 DN150 管线来确定取压口的位置。

数据评估见11.4。

10.4 雷诺数系数 F_R 的试验程序

为了确定雷诺数系数 F_R 的值,应通过试验阀产生非紊流。在使用可压缩流体时,如果 C_R 值用 C 表示时小于0.5,用 K_v 表示时小于0.43,只能非常典型地产生这种条件。

当使用10.2列出的程序时,对于特定的控制阀,即使 $x \geq x_T$,但测得的气体流量数值依然在增加,

即不存在阻塞流,则认为存在非紊流条件。

为了获得这种非紊流,试验样品入口压力应小于:

$$p_{1\max} = \frac{0.035}{F_d \sqrt{CF_L}} \quad \dots\dots\dots (18)$$

单位是 bar,但不会低于 2 bar(绝对压力)。

确定 F_R 的值要用无附接管件的阀安装在标准试验段进行流量试验。在每个选定阀行程下通过改变入口压力进行足够次数的试验,以覆盖从紊流到层流的整个范围。

数据评估程序见 11.5。

10.5 控制阀类型修正系数 F_d 的试验程序

控制阀类型修正系数 F_d 主要考虑阀内件几何形状对雷诺数的影响。它被定义为特定流路的水力直径与总流路面积等效圆直径之比。

控制阀类型修正系数 F_d 应在所需行程下测量。其值仅能在采用 8.5 所述试验程序达到完全层流的条件测量。

完全层流被定义为 $\sqrt{Re_v}$ 、 F_R 保持恒定,允差范围在 $\pm 5\%$ 的条件(通常 Re_v 值低于 50)。

数据评估程序见 11.6。

10.6 小流量阀内件的试验程序

流量系数 C 小于 0.05 (C_v) 或 0.043 (K_v) 的阀内件被定为小流量阀内件。要保证小流量阀内件的流量系数是在完全紊流状态下的流量系数,入口压力 p_1 应该不小于下式给出的值:

$$p_1 = \frac{N_{21}}{F_d \sqrt{CF_L}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

这里出口压力小于 $0.3p_1$ 。应使用 5.2 的试验段,试验样品的额定行程为 100%。保持入口压力不变,改变出口压力获得 3 个不同的流量。

数据评估程序见 11.7。

11 可压缩流体的数据评估程序

可压缩流体的基本流量方程式为:

$$Q = N_9 F_p C p_1 Y \sqrt{\frac{x}{MT_1 Z}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

$$Y = 1 - \frac{x}{3F_\gamma x_T} \quad \dots\dots\dots (21)$$

其中: $F_\gamma = \gamma/1.4$ 。

对无附接管件阀的流量试验, $F_p = 1$ 。

对于处理不同于空气的气体的控制阀, x 的极限值(即 $F_\gamma x_T$)应当在 $F_\gamma x_T$ 项中修正。在任何一种计算方程式或者与 Y 的关系式中,尽管实际压差比较大, x 的值仍应保持在这个极限以内。实际上, Y 值的范围可以从压差很小时的将近 1 到阻塞流时的 0.667 ($x = F_\gamma x_T$)。

11.1 流量系数 C 的计算

流量系数 C 可用 C_v 或 K_v 来计算。 N_9 相应值见表 3,此值取决于所选系数和入口压力的测量单位。

用 10.1 获得的数据,并假设 $Y=1$,以下式计算各个试验点的流量系数:

$$C = \frac{Q}{N_9 p_1 \sqrt{\frac{MT_1}{x}}} \quad \dots\dots\dots (22)$$

对于空气, $M=28.97$ kg/kmol。

在每个试验点取得的 3 个值中,最大值不应比最小值大 4%。如果差值超过允许偏差则该点试验应重复进行。

各行程的流量系数应是 3 个试验值的算术平均值,圆整到不多于 3 位有效数字。

11.2 压差比系数 x_T 的计算

用 10.2 获得的数据计算 x_T 。

当 $x = F_T x_T$ 时,则 $Q = Q_{\max(T)}$ 且 $Y = 0.667$ 。

$$x_T = \left[\frac{Q_{\max(T)}}{0.667 N_9 C p_1} \right]^2 \left[\frac{M T_1 Z}{F_T} \right] \quad \dots\dots\dots (23)$$

如果用空气作为试验介质,则 $F_T = 1$, $M = 28.97 \text{ kg/kmol}$ 且 $Z = 1$ 。

11.3 压差比系数 x_{TP} 的计算

用 10.2 获得的数据计算 x_{TP} 。

当 $x = F_T x_{TP}$ 时,则 $Q = Q_{\max(TP)}$ 且 $Y = 0.667$ 。

$$x_{TP} = \left[\frac{Q_{\max(TP)}}{0.667 N_9 F_P C p_1} \right]^2 \left[\frac{M T_1 Z}{F_T} \right] \quad \dots\dots\dots (24)$$

如果用空气作为试验介质,则 $F_T = 1$, $M = 28.97 \text{ kg/kmol}$ 且 $Z = 1$ 。

11.4 管道几何形状系数 F_P 的计算

用 10.3 获得的平均值计算 F_P 。

$$F_P = \frac{\text{带附接管件阀的 } C}{C_R} = \frac{Q}{N_9 p_1} \sqrt{\frac{M T_1 Z}{x}} \quad \dots\dots\dots (25)$$

如果用空气作为试验介质,则 $M = 28.97 \text{ kg/kmol}$ 。

11.5 可压缩流体的雷诺数系数 F_R 的计算

用 10.4 所述程序获得的试验数据,用式(26)获得近似的 C 。这个 C 近似等同于 $C F_R$,用近似的 C 除以在同一行程上的标准试验条件下确定的试验控制阀的 C 的试验值,获得 F_R 。

$$C F_R = \frac{Q}{N_{22}} \sqrt{\frac{M T_1}{\Delta p (p_1 + p_2)}} \quad \dots\dots\dots (26)$$

尽管数据与使用的任何一种试验方法都有关联,但是与采用控制阀雷诺数相关的试验方法被证实是令人满意的,控制阀雷诺数由式(13)计算,这里 F_d 由 11.6 计算。

11.6 控制阀类型修正系数 F_d 的计算

用 10.1 获得的数据,用适用的式(14)或式(15)计算 F_d 值。

11.7 小流量阀内件的流量系数 C 的计算

用 10.6 获得的数据,用下式计算 C 并对结果进行平均:

$$C = \frac{Q}{N_{22}} \sqrt{\frac{M T_1}{0.75 p_1}} \quad \dots\dots\dots (27)$$

表 3 数字常数 N

常数	流量系数		公式单位					
	K_v	C_v	Q	$p, \Delta p, p_v$	ρ	T	d	ν
N_1	1.00×10^{-1}	8.65×10^{-2}	m^3/h	kPa	kg/m^3	—	—	—
	1.00	8.65×10^{-1}	m^3/h	bar	kg/m^3	—	—	—
N_4	7.07×10^{-2}	7.60×10^{-2}	m^3/h	—	—	—	—	m^2/s
N_9 ($t_s = 0^\circ\text{C}$)	2.46×10^1	2.12×10^1	m^3/h	kPa	—	K	—	—
	2.46×10^3	2.12×10^3	m^3/h	bar	—	K	—	—