

# 团 体 标 准

T/CNEA ××××—××××

## 核电厂高温高压调节阀热态流通特性测试 规程

Test procedure for thermal flow characteristics of high temperature and high pressure  
control valves in nuclear power plants

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（征求意见稿）

（本稿完成日期：）

××××—××—××发布

××××—××—××实施

中国核能行业协会 发布



目 次

前言 ..... IV

引言 ..... V

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 符号对照表 ..... 2

5 试验系统 ..... 3

6 试验要求 ..... 4

8 计算 ..... 6

9 试验报告 ..... 8

附录 A（资料性附录） 调节阀内流体流动特征 ..... 9

附录 B（资料性附录） 热态条件下流量系数的计算 ..... 11

附录 C（规范性附录） 管道几何形状系数  $F_p$  测试程序 ..... 13

附录 D（规范性附录） 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  $F_{LP}$  的测试程序 ..... 14

附录 E（规范性附录） 试验报告样式 ..... 15

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020 的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核能行业协会提出并归口，技术支持单位为上海核工程研究设计院有限公司、核工业标准化研究所、苏州热工研究院有限公司。

本文件起草单位：国家电投集团科学技术研究院有限公司、上海核工程研究设计院有限公司、上海仪器仪表自控系统检验测试所有限公司、浙江三方控制阀股份有限公司、浙江工业大学。

本文件主要起草人：张鹏、陈修高、石洋、奚玮君、宋延勇、尚群立。

本文件为首次发布。

## 引 言

T/CNEA ××××《核电厂高温高压调节阀热态流通特性测试规程》旨在规定核电厂重要调节阀开展热态流通特性的测试方法和流程，以主给水调节阀为例的一部分核电用调节阀具有口径大、工作参数高且控制质量要求高的特点，在保障核电厂正常运行和事故后果控制方面至关重要。由于此类阀门的工作环境特殊，对其工作性能、稳定性、可靠性的要求应高于普通工业控制阀。目前，在核电设备全面国产化的大背景下研制工作已经完成，为确保新研制的国产设备能够被放心使用，理应通过更为严格的测试来检验其性能。



# 核电厂高温高压调节阀热态流通特性测试规程

## 1 范围

本标准规定了主给水调节阀热态流通特性试验的术语定义、试验装置和测量仪表、试验要求、试验程序、计算和试验报告。

本标准规定的试验内容主要包括核电调节阀的热态流通特性试验。

本标准推荐方法适用于核电厂主给水调节阀及同类的核电高温高压调节阀，不适用于流体动力组件。

噪声预测方法不在本文件的当前范围中。液体流动噪声测量和预测的方法可以参考国际电工委员会的标准IEC60534-8-2和IEC60534-8-4。

## 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/T 17213.1 工业过程控制阀 第1部分：控制阀术语和总则

GB/T 17213.9 工业过程控制阀 第2-3部分：流通能力 试验程序

GB/T 4213-2008 气动调节阀

IEC 60534-2-3 Industrial-process control valve——Part2-3: Flow capacity Test procedures

## 3 术语和定义

GB/T 17213.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 调节阀 control valve

调节阀，又称控制阀，执行机构驱动，直接与流体接触，用来实现介质温度、压力、流量调节的阀门。

### 3.2

#### 热态工况 thermal conditions

热态工况下使用的调节阀（热态阀门），是指调节阀在较高温度下运行，包括工作环境温度和介质温度。但一般来说，热态工况指的是热态介质工况。

### 3.3

#### 体积流量 Volume Flowrate

$Q$

单位时间内流经阀门水的体积量，单位为 $\text{m}^3/\text{h}$ 。

## 3.4

## 流量特性 flow characteristics

调节阀的流量特性是指流体流过调节阀的相对流量与相对位移（调节阀的相对开度）之间的关系，数学表达式为 $Q/Q_{\max}=f(l/L)$ 。式中， $Q/Q_{\max}$ 为相对流量，是调节阀在某一开度时的流量 $Q$ 与全开时的流量 $Q_{\max}$ 之比； $l/L$ 为相对位移，是调节阀在某一开度时阀芯位移 $l$ 与全开的位移 $L$ 之比。

注：流量特性可通过热态工况试验和常温工况试验获得。

## 4 符号对照表

下列符号适用于本文件。

符号	说明	单位
$A$	调节阀连接管的横截面积	$\text{m}^2$
$C$	流量系数（ $K_v$ 、 $C_v$ ）	各不相同
$C_R$	额定行程的流量系数	与 $C$ 相同
$d$	控制阀公称通径（DN）	mm
$d'$	取压孔的孔径	mm
$D$	试验段管道公称通径（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
$F_L$	无接管件控制阀的液体压力恢复系数	无量纲
$F_{LP}$	带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
$g$	重力加速度	$\text{m/s}^2$
$M$	流体分子量	kg/kmol
$N$	单位数字常数	各不相同
$p_c$	绝对热力学临界压力	kPa
$p_v$	入口温度下液体的蒸汽的绝对压力	kPa
$p_1$	上游取压口测得的入口绝对静压力	kPa
$p_2$	下游取压口测得的出口绝对静压力	kPa
$\Delta p$	上下游取压口的压力差	kPa
$\Delta p_{\max}$	调节阀最大压差（达到最大流量时压差）	kPa
$\Delta p_{\max(L)}$	无接管件的调节阀产生阻塞流时压差	kPa
$\Delta p_{\max(LP)}$	带接管件的调节阀产生阻塞流时压差	kPa
$q_v$	体积流量	$\text{m}^3/\text{h}$
$Q$	标准体积流量（101.325kPa、273k 或 288k 条件下）	$\text{m}^3/\text{h}$
$Q_{\max}$	调节阀最大流量	$\text{m}^3/\text{h}$
$T$	流体温度	K
$v$	管道内水的平均流速	m/s
$v_1$	调节阀入口流速	m/s
$v_2$	调节阀出口流速	m/s



		T/CNEA ××××—××××
$\gamma$	重度	N/m <sup>3</sup>
$\zeta$	流阻系数	无量纲
$\mu$	运动粘度	m <sup>2</sup> /s
$\rho_1$	在 $p_1$ 和 $T_1$ 时的流体密度	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_0$	常温水的密度，一般取 15°C 时的密度	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_1/\rho_0$	相对密度	无量纲

## 5 试验系统

热态流通特性试验系统如图1所示。

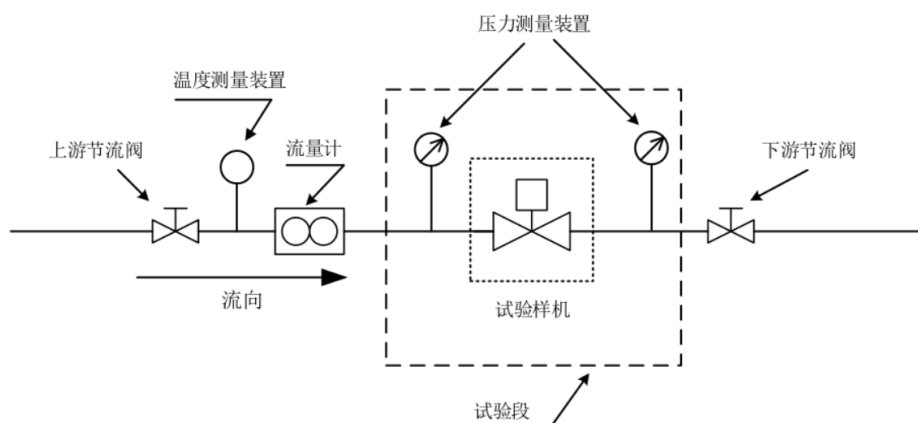


图1 试验系统流程图

### 5.1 试验样机

试验样机是要求取得试验数据的调节阀。为使试验接近实际核电站工况，取得令人满意的结果，试验样机要求采用实际的调节阀或其同样规格的样机，试验工况应接近实际热态工况。

### 5.2 试验段

试验段如图2所示。由两个直管段组成，上下游接管的公称尺寸应与试验样机调节阀的公称尺寸一致，通路相同。被测试验样机调节阀按规定安装位置与试验管道相连接，管道中心线与被测调节阀出入口中心线应保证同轴。试验段各连接处应无泄漏，连接处密封垫片的内孔应不小于管道内径，杜绝有影响管道流通的凸台、棱边等现象存在。

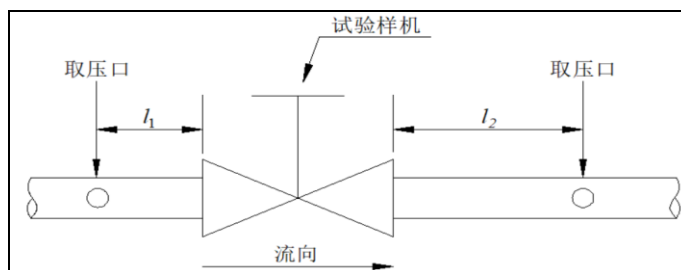


图2 试验段

如果条件允许可使用整流导叶，减小试验段上游流体扰动，使流体流动更加稳定。

### 5.3 取压孔

取压孔设置如图 2 所示, 其中  $l_1$  长度为试验样机调节阀公称尺寸的两倍 ( $2d$ ),  $l_2$  为试验样机调节阀公称尺寸的六倍 ( $6d$ )。取压孔的孔径  $d'$  为公称尺寸的  $1/10$ , 最小为 3mm, 最大为 12mm, 上下游的取压孔孔径应一致。本试验系统的圆孔位于平衡式流量计中, 按照制作规范, 取压孔边缘光滑, 无毛刺, 不形成线状边缘或其他不规则形状, 管道内不允许有任何管件突出。

### 5.4 测量仪表及精度

5.4.1 流量计: 应有有效检定或校准证书; 准确度等级不低于 1.0 级, 重复性不超过响应准确度等级规定的最大允许误差绝对值的  $1/3$ 。安装时, 流量计应于连接管道、被测阀门出入口中心线同轴。

5.4.2 压力测量表: 应有有效检定或校准证书; 准确度等级不低于 1.0 级【建议不低于 0.2 级】, 压力或差压变送器的最大量程不大于被测压力或差压的 2 倍, 该值需说明测量压力表的量程和精度应满足测量误差要求。

5.4.3 温度计: 应有有效检定或校准证书; 示值偏差为 1 级, 流体温度测量的偏差应不大于  $1.5^{\circ}\text{C}$  或  $\pm 0.004t$  取大值, 测温装置应设置在对流量测量和压力测量的影响为最小的位置上。

5.4.4 所有仪表应按国家有关校准或检定规程进行校验或检定 (配套仪器仪表)。

### 5.5 调节阀行程

在调节阀任何一个开度的流量特性试验中, 其行程偏差都应控制在额定行程的  $\pm 0.5\%$  以内。

## 6 试验要求

### 6.1 试验条件

6.1.1 由于本试验规程主要针对的是核电厂高温高压调节阀, 为使试验接近实际核电站工况, 取得令人满意的结果, 试验工况采用热态工况。试验装置所能够提供的流量需满足被测调节阀实际测试需求。

6.1.2 测试时, 应保证试验系统管道内充满试验介质, 不会有空气进入管道内, 同时应保证被测调节阀前后压差不小于 35kPa, 根据台架测试条件, 压差尽量大, 但不能在调节阀阻塞流工况下进行, 阻塞流工况压差计算见 8.1。

6.1.3 测试时, 试验应保证试验段管道内流动处于湍流状态, 每次试验应计算此次试验工况的雷诺数, 推荐雷诺数  $Re \geq 10000$ , 计算方法见 8.2, 流体流动特征见附录 A。

### 6.2 试验介质

本试验规程使用的试验流体介质为尽量接近核电厂实际工况的高温高压水。测试期间, 试验段管道内水温度变化应保持在  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  以内。以免影响测试结果, 流体介质应为纯净单相流体。

### 6.3 测量值允许的波动

6.3.1 由于本试验系统主要针对的是核电厂大口径高温高压调节阀, 此类调节阀公称尺寸会大于 DN 300, 因此试验系统的测量值之间可能会存在波动 (本试验系统已经采取措施降低试验系统的波动干扰)。

6.3.2 测试时, 试验调节阀的开度固定, 调节试验系统流量达到测试要求值, 保持该流量 10s 时间后观察试验系统流量值, 在确定的流量值中, 最大值与最小值之差相对于平均值的偏差不超过  $\pm 5\%$  后, 才可以记录试验阀门流量值和差压值。建议对每个流量值, 都每隔不少于 5s 时间, 同时记录流量和差压值, 不少于 3 次。

6.3.3 计算时，应取流量和差压所有读数的算术平均值作为本测试的实际值。测量结果存在一定的误差，必要时可分析试验结果的误差。

## 7 试验程序

### 7.1 第一步试验前准备工作

将被测调节阀按照要求安装至试验系统试验段上，试验调节阀处于开启状态（开度需大于50%），启动试验系统循环泵，使试验系统管道内充满试验介质，排出管道内部空气。

### 7.2 第二步额定流量系数试验

将调节阀行程调整至额定行程100%全开状态，根据第三步所确定的试验工况，对调节阀进行试验，测得试验结果，按照第五步的要求进行数据记录，并根据8.3计算额定流量系数 $C_R$ 。

### 7.3 第三步确定试验工况

每个给定开度至少进行三组试验，并求得流量系数。流量试验应在被测调节阀湍流、无空化、无阻塞流状态区域内进行流量测量。为验证调节阀压差与流量的线性度，在国家标准GB/T4213中规定压差不小于35kPa的工况基础上，应根据台架性能尽量选取大压差的工况进行试验。

可以建议进行的压差：

a) 在该开度下调节阀实际使用工况所对应的最大压差（但应小于恰好在空化点以下的压差或试验设备可获得的最大值，两者取较小的值。）

b) 约为a)压差的50%。

c) 约为a)压差的10%。

为了保证液体充满试验段下游部分，并防止液体汽化，入口压力应大于或等于 $p_{l,min}$ ，其计算为式(1)，其中 $F_L$ 计算分为有无附接管件，具体见附录D。此最低入口压力取决于试验样品的液体压力恢复系数 $F_L$ 。

$$p_{l,min} = \frac{2\Delta p}{F_L^2} \dots\dots\dots (1)$$

### 7.4 第四步固有流量特性试验

将调节阀调整至相对行程 $h=5\%$ 、 $10\%$ 、 $20\%$ 、 $30\%$ 、 $40\%$ 、 $50\%$ 、 $60\%$ 、 $70\%$ 、 $80\%$ 、 $90\%$ 、 $100\%$ ，根据第三步确定的工况分别进行测试试验，按照第五步的方法记录试验结果，并根据8.3计算流量系数。将计算得到的流量系数与实测得到的额定流量系数之比即为相对流量系数，然后可以作出“相对行程-流量系数”、“相对行程-相对流量系数”的流量特性曲线，即为固有流量特性。

需要注意的是，目前很多调节阀不再是单一的流量特性，而是两种甚至多种流量特性组合的复合式流量特性，所以每10%开度测试一次可能有捕捉不到流量特性细节的情况。为避免这种情况，可在流量特性变化剧烈的开度位置，改为每5%甚至更小的开度间隔测试，具体开度需根据实际情况确定，这样测出的流量特性曲线就会更准确，更连续。

### 7.5 第五步数据记录

测试试验时需要记录以下数据：

a) 调节阀行程

b) 入口压力 $p_1$

- c) 上下游取压孔的压差  $\Delta p = p_1 - p_2$
- d) 流体介质温度  $T_1$
- e) 体积流量  $Q$
- f) 大气压力
- g) 试验样机的结构描述（例如，调节阀型式、公称尺寸、公称压力、流向等）

## 8 计算

用试验规程第7章所得到的数据进行如下计算。

### 8.1 产生阻塞流的压差计算

计算调节阀产生阻塞流时的压差应考虑无附接管件和带附接管件的两种情形。

#### 8.1.1 无附接管件产生阻塞流时压差 $\Delta p_{\max(L)}$ 计算

当待测调节阀无附接管件时：

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

其中  $F_F$  经验式计算方法如下式：

$$F_F = 0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{p_v}{p_c}} \dots\dots\dots (3)$$

式中， $F_L$  为无附接管件调节阀的液体压力恢复系数，计算方法见附录C； $p_c$  为液体临界压力，对于水  $p_c = 22.565 \text{ MPa}$ 。同时， $F_F$  也可以通过图3查得。

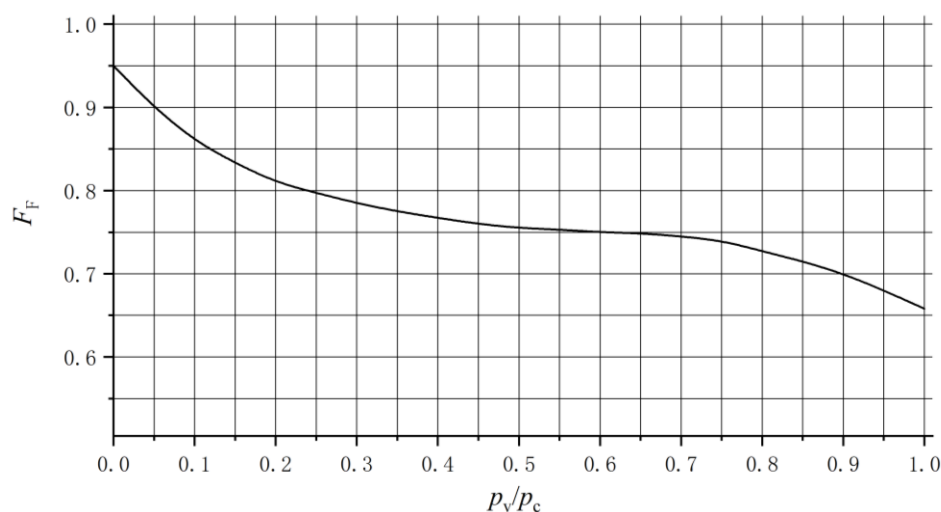


图3  $F_F$  与  $p_v/p_c$  关系

#### 8.1.2 带附接管件产生阻塞流时压差 $\Delta p_{\max(LP)}$ 计算

当待测调节阀带附接管件时：

$$\Delta p_{\max(\text{LP})} = \left( \frac{F_{\text{LP}}}{F_{\text{p}}} \right)^2 (p_1 - F_{\text{F}} p_{\text{v}}) \dots \dots \dots (4)$$

式中:  $F_{\text{p}}$  为管道几何形状系数,  $F_{\text{LP}}$  为带附接管件的调节阀液体压力恢复系数, 计算方法见附录 D。

### 8.1.3 阻塞流判定

由式 (2) 和式 (4) 可得到调节阀产生阻塞流的判断条件:

(1) 调节阀无附接管件时

当  $\Delta p \geq \Delta p_{\max(\text{L})} = F_{\text{L}}^2 (p_1 - F_{\text{F}} p_{\text{v}})$  时, 为阻塞流情形;

当  $\Delta p < \Delta p_{\max(\text{L})} = F_{\text{L}}^2 (p_1 - F_{\text{F}} p_{\text{v}})$  时, 为非阻塞流情形。

(2) 调节阀带附接管件时

当  $\Delta p \geq \Delta p_{\max(\text{L})} = \left( \frac{F_{\text{LP}}}{F_{\text{p}}} \right)^2 (p_1 - F_{\text{F}} p_{\text{v}})$  时, 为阻塞流情形;

当  $\Delta p < \Delta p_{\max(\text{L})} = \left( \frac{F_{\text{LP}}}{F_{\text{p}}} \right)^2 (p_1 - F_{\text{F}} p_{\text{v}})$  时, 为非阻塞流情形。

综上, 即为调节阀阻塞流判定条件, 本试验规程规定试验时应尽量避免出现阻塞流。

## 8.2 雷诺数计算

试验时, 需计算流体流经调节阀时的雷诺数, 以确定调节阀内的流体流动处于湍流状态, 计算方法如下:

$$\text{Re} = \frac{v \times d}{\mu} \dots \dots \dots (5)$$

式中  $v$  是试验管道内水的平均流速, 如无法得到管内平均流速, 则可根据出口流量与出口截面积的比值得到出口流速, 作为平均流速初步计算雷诺数。

## 8.3 流量系数计算

本规程流量系数  $C$  按  $K_{\text{v}}$  计算。

无附接管件时计算由式 (6) 确定:

$$C = \frac{q_{\text{v}}}{N_1} \times \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p \times \rho_0}} \dots \dots \dots (6)$$

带附接管件时计算由式 (7) 确定:

$$C = \frac{q_{\text{v}}}{N_1 F_{\text{p}}} \times \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p \times \rho_0}} \dots \dots \dots (7)$$

当用  $K_{\text{v}}$  计算时,  $N_1$  值为 0.1,  $\Delta p$  单位为 kPa。

对于常温水,  $\rho_1/\rho_0=1$ , 对于热态工况, 应按照国家实际数值进行计算。

如需要计算  $C_{\text{v}}$ ,  $C_{\text{v}}$  与  $K_{\text{v}}$  的关系为:

$$\frac{K_v}{C_v} = 0.865 \dots\dots\dots (8)$$

每次流量试验应测试 3 组数据，每一开度的流量系数为 3 组试验值的算数平均值，并圆整至三位有效数字。其中每组数据应为不超过算术平均值的±2.5%，如果超过，则需要重复进行流量试验。

## 9 试验报告

### 9.1 试验样机信息

试验报告中应包括以下信息：

- a) 调节阀制造商的名称
- b) 阀门的结构描述（例如，调节阀型式、公称尺寸、公称压力、流向等）
- c) 调节阀编号

### 9.2 试验数据

试验报告中的计量单位应按国际单位制给出，报告中应包括 7.5 数据记录中的所有数据，除此之外还应有以下部分：

- a) 试验管道内径；
- b) 试验日期。

### 9.3 试验结果

试验报告中流通特性结果应有流量系数、流量特性曲线。

### 9.4 试验报告样式

建议的试验报告样式可参见附录E。

## 附 录 A

### （资料性附录）

### 调节阀内流体流动特征

#### 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 水的流动状态

A.2.1 当测试管道中流体的雷诺数低于2000，管中的流体流态是层流；测试管道中流体的雷诺数高于3000，管中的流体流态为湍流。

A.2.2 层流状态下，通过管道和调节阀的能量损失与速度是线性相关的。湍流状态下通过管道和调节阀的能量损失与速度的平方成比例。在过渡状态下，通过管道和调节阀的能量损失是变化的。相同流量下，不同流态的流体通过管道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，可为调节阀确定修正系数。

#### A.3 气穴和闪蒸

##### A.3.1 差压的产生

流体在某种尺寸的管道内流动，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.3.2 气穴现象

流体通过调节阀会有差压产生，随着管道内流量增加，流速也在增加，而在调节阀处的压力则下降。在相同上游压力下，若下游流量增加，会使得调节阀处有较大的差压，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。如果调节阀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.3.3 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.3.4 破坏

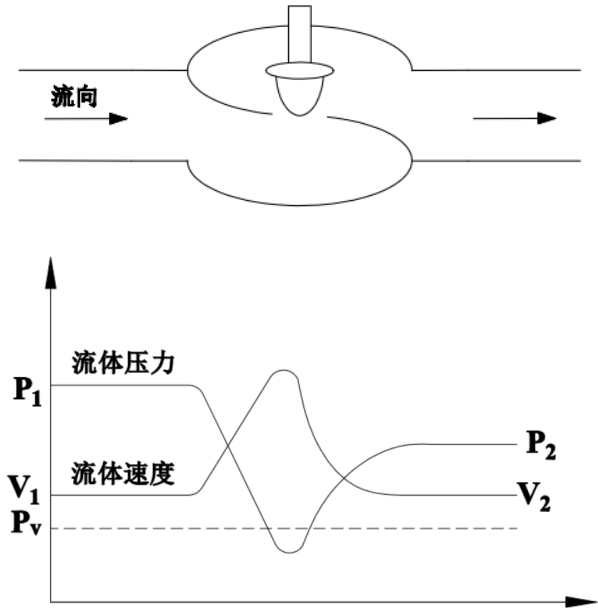
**A. 3. 4. 1** 蒸气-液体的相变是调节阀受损的主要原因。相变期间，介质以高速喷射和冲击波的形式对调节阀的内表面进行冲击。在足够的强度，近程距离和时间作用下，这种冲击会损坏内件材料，从而使调节阀无法维持其功能或结构的完整性。

**A. 3. 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，调节阀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)  
热态条件下流量系数的计算

调节阀是一个局部阻力可以改变的节流元件，当流体通过调节阀时，由于阀芯、阀座所造成的流通面积的局部缩小，形成局部阻力，使流体的压力和速度产生变化，如图1所示。



图B.1 流体流过调节阀时压力和速度的变化图

流体介质通过调节阀时产生能量损失，通常用阀前阀后的压力差来表示阻力损失的大小。如果调节阀前后管径一致，流速相同，则根据伯努利方程，不可压缩流体流经调节阀时：

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_j \dots\dots\dots (B.1)$$

式中 $h_j$ 为阻力损失，其定义为：

$$h_j = \frac{\zeta v^2}{2g} \dots\dots\dots (B.2)$$

当管道为水平时：

$$z_1 = z_2 \dots\dots\dots (B.3)$$

将式（B.2）、（B.3）代入（B.1）中得：

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \zeta \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (B.4)$$

式（B.4）等式两边同乘 $\gamma$ 并移项得：

$$p_1 - p_2 = \Delta p = \frac{\gamma_2^2}{2g} - \frac{\gamma_1^2}{2g} + \zeta \frac{\gamma^2}{2g} \dots\dots\dots (B.5)$$

当阀前和阀后流速相同时：

$$\Delta p = \zeta \frac{\gamma^2}{2g} \dots\dots\dots (B.6)$$

代入流速 $v$ 与流量 $q_v$ 和面积 $A$ 的关系及重度 $\gamma$ ，得：

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho q_v^2}{2A^2} \dots\dots\dots (B.7)$$

解得：

$$\begin{aligned} q_v &= \sqrt{\frac{2\Delta p A^2}{\zeta \rho}} \dots\dots\dots (B.8) \\ &= \frac{A}{\sqrt{\zeta}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} \end{aligned}$$

令：

$$C = \frac{A}{\sqrt{\zeta}} \cdot \sqrt{2} \dots\dots\dots (B.9)$$

代入（B.8）中得：

$$\begin{aligned} q_v &= C \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} \\ \Rightarrow C &= \frac{q_v}{\sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}} = q_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \dots\dots\dots (B.10) \end{aligned}$$

式（B.9）为调节阀实际应用的流量方程，当调节阀公称尺寸DN一定，调节阀接管的横截面积 $A$ 一定，并且调节阀两端压差（ $p_1-p_2$ ）不变时，流阻系数 $\zeta$ 减小，流量 $q_v$ 增大，反之则流量 $q_v$ 减小。

$C$ 称为流量系数，表示调节阀的流通能力，由式（B.10）得，流量系数 $C$ 与调节阀结构，调节阀前后压差，流体性质等因素有关系，高压热态工况下的流体性质和常温常压工况差别很大，会对流量系数值有一定影响。须以一定条件为前提。

由式（B.10）改写得出基本类型公式：

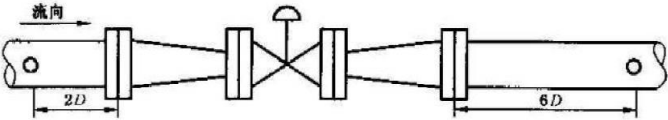
$$C = \frac{q_v}{N} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \dots\dots\dots (B.11)$$

通常情况下，流量系数用 $K_v$ 和 $C_v$ 表示， $K_v$ 为国际单位制， $C_v$ 为英制单位。

附 录 C  
(规范性附录)  
管道几何形状系数  $F_P$  测试程序

当调节阀内径与前后连接管道（标准管道）内径不一致时，应在调节阀前后加装渐缩管和渐扩管进行过渡，如图4所示，此时为调节阀带附接管件的情形。

对于带附接管件的调节阀，管道几何形状系数 $F_P$ 会改变调节阀的流量系数 $C$ 。系数 $F_P$ 是在相同的工作条件下试验时，带附接管件调节阀的 $C$ 与无附接管件调节阀的额定 $C$ 的比值。为了得到此系数，用要求测试的调节阀和附接管件的组合来代替调节阀。将这个组合作为试验样机按照本规程进行流量试验，取压口的位置按照试验段的管道公称尺寸进行确定，如DN500的调节阀安装在附接渐缩管和渐扩管的DN550的管线上，应按DN550管线来确定取压口的位置，如图4所示。



图C.1 附接渐缩管和渐扩管的调节阀

管道几何形状系数由式（C.1）计算：

$$F_P = \frac{\text{带附接管件阀的 } C}{C_R} = \frac{\frac{q_v}{N_1} \sqrt{\frac{\rho_1}{\Delta p \times \rho_0}}}{C_R} \dots\dots\dots (C.1)$$

## 附 录 D

### （规范性附录）

#### 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 $F_{LP}$ 的测试程序

在计算液体压力恢复系数  $F_L$ （无附接管件调节阀）和液体压力恢复系数与管道几何形状系数的复合系数  $F_{LP}$ （带附接管件调节阀）时，需要用到最大流量  $Q_{\max}$ （称为阻塞流流量）。

确定  $Q_{\max}$  需要应用以下试验程序。对  $F_L$  和相应  $C$  的试验程序在相同调节阀行程上进行。因此，在以任何一种调节阀行程对这两个系数进行试验测定的时候，调节阀应锁定在某一固定开度上。

测试试验时试验段的规定参照本规程规定。

试验系统下游节流阀应处于全开的状态，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机的最大压差  $\Delta p_{\max}$ 。在相同的入口压力下，将压差降低到上一次试验确定压差的90%，进行下一次试验。如果本次试验的流量与上一次试验的流量相差不超过2%，则可以将上一次试验测得的流量作为  $Q_{\max}$ 。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  $Q_{\max}$ ，可采用以下试验程序。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。在试验报告中注明被测试调节阀的  $F_L$  远大于预先计算值。

要求记录的数据与7.5相同。

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  $F_{LP}$  的如下：

当调节阀无附接管件时

$$F_L = \frac{Q_{\max(L)}}{N_1 C} \sqrt{\frac{\rho_1 / \rho_0}{p_1 - F_F p_v}} \dots\dots\dots (D. 1)$$

当调节阀带附接管件时

$$F_{LP} = \frac{Q_{\max(LP)}}{N_1 C} \sqrt{\frac{\rho_1 / \rho_0}{p_1 - F_F p_v}} \dots\dots\dots (D. 2)$$

附 录 E  
(规范性附录)  
试验报告样式

流通特性测试报告  
Flow Characteristic Test Report

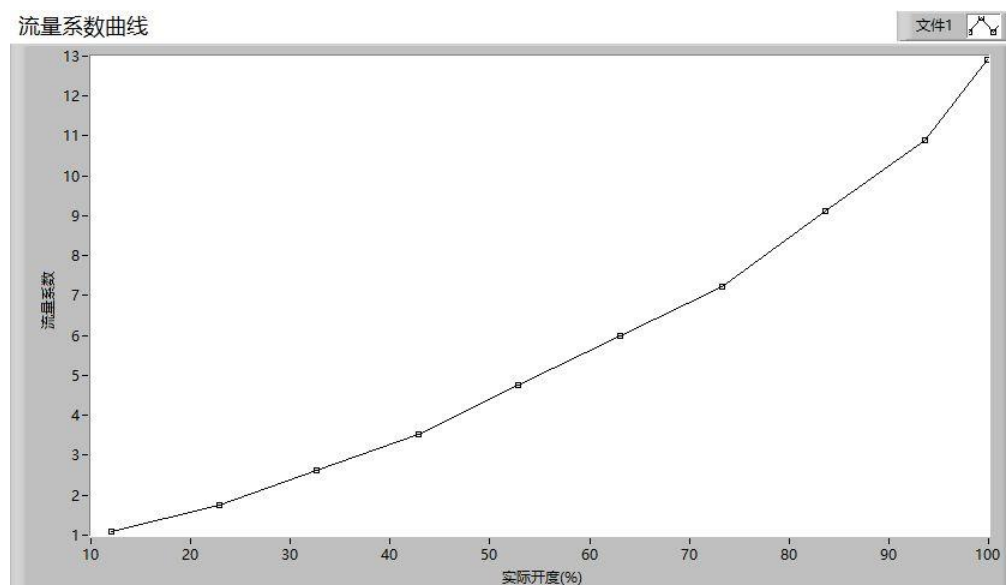
一、测试信息 Test Information

委托单位 entrustment company			
测试日期 Test day:		测试时间 Test time:	
测试阀名称 Test valve name		测试阀厂家 Test valve manufacturers	
测试阀编号 Test valve No.		测试阀型号 Test valve model	
测试阀类型 Test valve type		介质 Medium	
公称尺寸 Nominal size		公称压力 Nominal pressure	
介质温度 Medium temperature		流向 Flow direction	<input type="checkbox"/> 流开/ 流关
大气温度 Atmospheric temperature		试验管道内径 Test pipe inner diameter	
测试员 Test By		审核 Checked By	
技术监督 Tech.Supervisor		批准 Approved By	

## 二、测试曲线 test curve

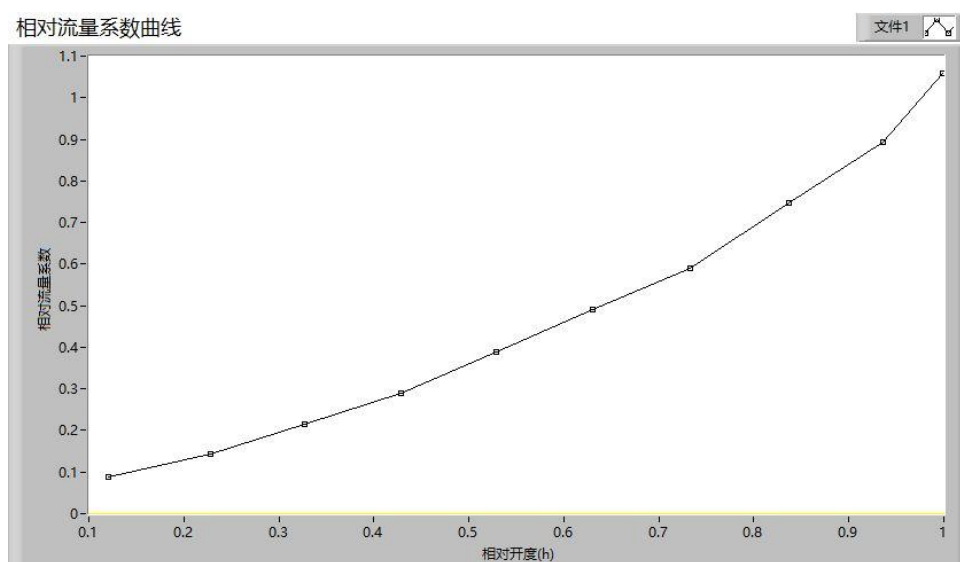
### 1.流量系数曲线 Flow Coefficient curve

示例：



### 2.相对流量系数曲线 Relative Flow Coefficient Curve

示例：



三、原始数据表格 data sheet

序号 No.	开度% Open	实测阀位 Actual valve position	阀前压力 Valve upstream pressure	阀后压力 Valve downstream pressure	压差 Differential pressure	流量 Flow
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

四、试验分析数据表格 Analysis Data Table

序号 No.	实测阀位 Actual position	雷诺数 Re	流量系数 Kv Flow Coefficient	平均 Kv Avg. Kv	Kv 偏差（%） Kv Deviation	斜率偏差(%) Slope Deviation	评估 Evaluation
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
固有可调比(Φ <sub>max</sub> /Φ <sub>min</sub> )							
流量系数可调范围				——			
阀位可调范围				——			

五、过程量信号记录 Process volume signal recording（可选）



