标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载



文章编号: 1002-5855(2009)01-0013-02

# 先导式套筒调节阀的流体激振原因及处理

施海华,王树众,屠珊,佟振霞,裴炜
(西安交通大学, 陕西 西安 710049)

**摘要** 论述了先导式套筒调节阀产生流体激振的各种原因,提出了相应的处理方法。

**关键词** 套筒调节阀;先导式;流体激振;脉动压力测量;振动测量
**中图分类号**: TH134.4 **文献标识码**: A

# Cause and treatment of fluid-induced vibration for pilot-cage type control valve

SHI Hai-hua, WANG Shu-zhong, TU Shan, TONG Zhen-xia, PEI Wei
(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** This review deals with the various possible causes of fluid-induced vibration for pilot-cage type control valve, and corresponding treating methods.

**Key words:** cage type control valve; pilot type; fluid-induced vibration; pressure fluctuation measurement; vibration measurement

## 1 概述

在工业生产中,随着自动化程度的不断提高,调节阀作为过程控制中的终端原件,已经越来越多的应用于各个行业。但是在使用过程中,调节阀经常会出现噪声、泄漏、振荡和稳定性差等问题,严重影响到工业生产的稳定性及安全性。据不完全统计,系统中约 75%的故障源于调节阀,而调节阀在某些工况下产生流体激振是引起各种故障的主要原因。本文以先导式套筒调节阀为例分析流体激振的原因及处理方法。

## 2 调节阀结构

先导式套筒调节阀 (图 1)阀内采用阀瓣和套筒结构,利用套筒内表面导向,套筒节流开孔满足所需的流量特性。先导式调节阀主要是采用先导式阀瓣来减小阀门在开闭时所受到的流体不平衡力,使调节阀能够比较平稳的进行开启与关闭。由于该类型调节阀具有安装维护方便、流量特性易于调整、互换性与通用性强特点,国内外已经大量使用,但是在使用过程中,该阀在某些特定工况下会产生流体激振的现象,从而影响了调节阀的正常工作,因此研究该型阀门流体激振的原因及处理方法已经成为急需处理的问题。

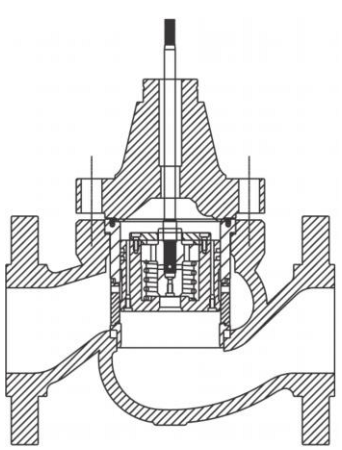


图 1 先导式套筒调节阀

## 3 流体激振原因

调节阀产生流体激振时有多种表现形式,如阀杆断裂或振动,阀座脱出或产生裂纹及流动失稳等。虽然振动形式不一样,但是阀门激振的主要原因还是调节阀内流体流动的不稳定性引起的,如脉动压力、圆柱绕流、方柱绕流和流体空化等。

作者简介:施海华(1985 - ),男,江苏南通人,硕士研究生,从事热能工程、环境工程、多相流动和传热领域的研究。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载



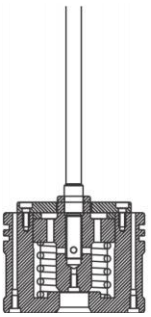


图 2 阀杆 -阀瓣组件

3.1 脉动压力激起的振动

当流体流过阀门内部时,由于流通面积的急剧变化,使得流动变得不稳定,对阀瓣会产生脉动压力的冲击。而先导式套筒调节阀的阀瓣 -阀杆组件是由阀杆、小阀瓣、大阀瓣以及弹簧组成 (图 2),其存在各阶固有频率。当阀杆 -阀瓣组件受到流体不稳定冲击的频率和其某一阶固有频率相吻合的时候,便会产生共振,其振动形式主要表现为阀杆 -阀瓣组件相对导向套筒表面的侧面运动。有研究表明,振动工况取决于流体的脉动压力是否与阀杆 -阀瓣组件的固有频率同频,而非脉动压力的大小。

3.2 圆柱绕流激起的振动

流体对于钝物体的绕流和尾迹中的旋涡脱落现象,可以诱发作用在物体上的纵向和横向载荷,激起结构的振动响应。最典型意义的钝物体外形似圆柱和方柱。当流体流过阀瓣时,阀瓣周围的流态会是圆柱绕流的情况,在尾流中形成一个规则的旋涡流型,这种旋涡与阀瓣相互作用,成为旋涡诱发振动效应的根源,当雷诺数从 300到 300 000时,旋涡会以一个明确的频率周期性脱落,当脱落频率刚好接近于阀瓣的固有频率时,就会产生振动。

3.3 方柱绕流引起的振动

当流体流过套筒通道 (图 3)时,套筒壁的剖面成方形,这里就涉及到方柱绕流和流致振动的问题。对于方柱这种非圆剖面物体,可能会遇到两种主要流致振动现象,涡致振动和驰振。前者是由物体绕流和周期性漩涡脱落引起的,后者是由物体自身运动引起的流体动力负阻尼效应造成的。两者都接近于简谐振荡,其频率与物体的某一固有频率相接近时,会产生振动。因为套筒自身不运动,因此可以基本排除驰振产生的影响,而方柱绕流尾迹中有规律的旋涡脱落则可能会引起阀门的振动。

3.4 流体空化引起的振动

当阀门处于小开度的工作情况时,流体流过调节阀收缩通道时,由于流速急剧增加,静压下降。当流体静压降低到等于或低于该流体在阀入口温度下的饱和蒸汽压时,部分液体汽化形成气泡。继而随着阀门出口流道的扩大,流速降低,静压又恢复到该饱和蒸汽压,气泡破裂又恢复到液相。气泡破裂时产生强大的压力冲击波,它不仅发出类似流砂流过阀门的爆裂噪声,而且释放的能量冲刷阀瓣表面,并波及下游管道,同时会引起阀门的振动。

图 3 流量特性分别为快开、线性、等百分比的套筒

4 流体激振的处理

根据调节阀产生振动的原因,并结合一些工程中的实际例子,总结出消除先导式套筒调节阀流体激振的方法。

4.1 改变零部件质量或弹簧刚度

调节阀产生振动的原因主要是由阀内流体压力的不稳定引起的,当脉动压力的频率和阀门自振频率同步的时候,就会激起调节阀的共振。基于这样的原因,可以采用改变调节阀整体质量或者阀杆 -阀瓣组件质量来改变其自振频率。由于阀杆与阀瓣是有弹簧连接的,其自振频率也与弹簧的刚度有关,因此也可以通过改变弹簧刚度来改变阀杆 -阀瓣组件的自振频率,从而使阀门的自振频率与流体脉动压力频率不同,这样可以有效的防止阀门的流体激振。

4.2 改变套筒的流量特性

调节阀一般在开度相对较低的时候发生振动,采用改变调节阀套筒流量特性 (图 4)的方法可以消除振动。如把快开特性改成直线特性、直线特性改成等百分比特性、等百分比特性改成双曲线特性,可以在调节阀流量不变的情况下增大阀门的开度,从而可以避免调节阀在小开度下工作,有效的防止调节阀振动的发生。

4.3 改变结构

由于窗口式套筒在流体流过时对阀瓣的冲击集中在一点,流体的脉动能量比较大,容易激起阀门的振动。当把套筒的窗口改成若干个小孔时,流体的脉动能量将分散开,大部分都被流体吸收,对阀瓣的冲击将大大减小,这样就有利于消除 (下转第 36页)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载



性附录 4个。23版将 22版中的 11.2节的《标记举例》归入了附录 E(参考性的)《标记举例》。

作为标准内容的一部分,对阀门的采购和试验起到了指导作用。23版附录 A无损检验要求中的检验和验收标准均作了修改,且增加了 5个检验项目。附录 D采购指南中要求了阀门的现场试验、泄压、清管、耐火试验、补充试验和数据表的原则。阀门数据表,列出了阀门订货、性能规范、使用条件、连接和密封副结构型式、操作机构型式和扳手尺寸、阀门的支撑、其他特殊要求(补充试验、耐火试验结构、泄压、排放连接、旁通连接、提供的文件、第三方证明或程序/试验、涂漆和涂层等)。附录 B补充试验要求中,详细说明了高于标准压力级的静压试验的介质压力和试验结果要求、气密封试验的要求、试验压力、试验保压持续时间和试验方法、操作扭矩试验、抗静电试验、驱动链强度试验、体腔泄压试验、由氢引起的断裂试验、双截断和排放阀试验、双隔离和排放阀试验的测量方法和要求。

## 3 结语

通过以上的分析,可以看出,API 6D标准对管道阀门的订货、设计、制造、试验与检验、识别等方面有很大的指导意义。API 6D第 23版许多规定性内容这里只是作提示性解释。一些具体的操作方法和思路只能供参考。随着国内 API认证和 API产品制造不断地走向成熟,相信在贯彻执行 API标准和规范方面,会有更多的成功经验和更新的管理模式出现。

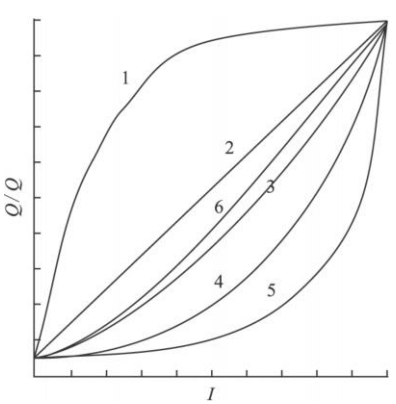
### 参 考 文 献


[1] API 6D - 2002(第 22版),管道阀门[S].
[2] API 6D - 2008(第 23版),管道阀门规范[S].
[3] ASME B16.34 2004,法兰、螺纹和焊接端连接的阀门[S].
[4] ASME B16.5 - 1996,管法兰和法兰管件[S].
[5] ASME B16.47 - 2006,大口径钢制法兰[S].
[6] ASME B16.10 - 2000,阀门的面至面和端至端尺寸[S].
[7] ASME VIII - 1卷,压力容器建造规则[S].
[8] ASME IX卷,焊接和钎焊评定[S].
[9] ASNT SNT - TC - 1A无损检测人员资格评定和颁发证书的推荐方法[S].


(收稿日期:2008.11.03)

(上接第 14页)

振动。窗口式套筒可能使大阀瓣产生强烈旋转,导致阀门无法正常使用。小孔式套筒则可以消除阀瓣的旋转,一定程度上也会消除阀门的振动。




1. 快开 2. 直线 3. 抛物线 4. 等百分比
5. 双曲线 6. 修正抛物线

图 4 流量特性曲线

### 4.4 增大阻尼

增大阻尼即增加对振动的摩擦,如阀瓣采用 O形橡胶圈密封,采用具有较大摩擦力的石墨填料等,对消除或者减弱振动有一定的作用。

### 4.5 减小大阀瓣与套筒的配合间隙。

该型阀门的大阀瓣和套筒之间有一定的配合间隙,这主要是在阀门预启时让流体可以通过。如果间隙较大,就可能产生机械振动,因此合理设定阀瓣与套筒的配合间隙可以消减振动。

## 5 结语

引起先导式套筒调节阀流体激振的因素复杂多变,其阀内的不稳定流动属于非定常的复杂内流问题。通过分析找出流体激振的原因,为调节阀结构的改进提供了参考。

### 参 考 文 献


[1] 董高峰.调节阀应用中常见故障分析及其对策[J].计量技术,2007(7):70 - 73.
[2] 何衍庆,邱宣振,杨洁,等.控制阀工程设计[M].北京:化学工业出版社,2005.6.
[3] 相海军.工业过程控制调节阀的动态特性研究[D].西安:西安理工大学,2006.3.
[4] 毛靖儒,屠珊,刘全恩,等.汽轮机调节阀内流动特性的试验研究[J].工程热物理学报,2002,23(6):687 - 690.
[5] 孙天凤,崔尔杰.钝物体绕流和流致振动研究[J].空气动力学学报,1987,5(1):62 - 75.
[6] 屠珊,孙弼,毛靖儒.电站汽轮机调节阀振动试验研究[J].阀门,2003(5):7 - 10.
[7] 薛文斌.现场调节阀改制的两种方法[J].炼油化工自动化,1995(4):64 - 65.
[8] 张晓玲,刘国福.锅炉再热器减温水调节阀振动原因分析及改进[J].宁夏机械,2006(3):33 - 35.


(收稿日期:2008.11.27)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net