

严酷工况控制阀阀内件结构与特点

The Trim's Structure And Characteristics For Severe Service Condition

文/吴建曼 陈志滔 浙江金锋自动化仪表有限公司

本文介绍了严酷工况的定义，以及针对严酷工况控制阀的设计原理，同时介绍了世界上几个著名控制阀厂家应用于严酷工况下的阀内件结构特点，通过分析各自结构存在的不足之后，介绍一种新型的迷宫式结构，分析了其结构特点和技术优势



图1 由于汽蚀导致损坏的阀内件

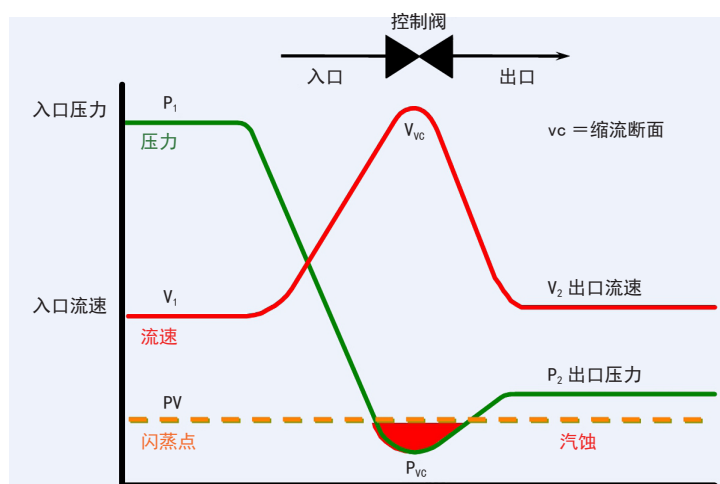


图2 介质通过控制阀时压力、流速变化关系

引言

控制阀在工业生产中起着至关重要的作用，直接影响生产过程中的物料平衡与能量平衡，一旦控制阀在运行过程中出现故障，将有可能造成系统停车，给用户带来巨大的经济损失。特别是在一些严酷工况中，由于在高温、高压差等苛刻的工况下，流体极易因高流速使阀门和管道产生振动、噪音及冲刷、汽蚀破坏等问题造成控制阀失效（见图1）。用户对此类工况下控制阀的选择，常常感觉比较困惑，本文将针对严酷工况下控制阀的选型进行分析、研究。同时提出一种新型的解决方案。

严酷工况的定义

对于严酷工况定义我们一般将符合以下两种情况的工况，定义为严酷工况。

- 1、阀前后压差超过150Bar的工况；
- 2、产生严重的汽蚀、振动和噪音，同时介质的温度超过250℃的工况。

严酷工况的控制阀设计难度较大的主要原因在于，阀门在设计时需要考虑好几项潜在的问题。比如介质的高流速、噪音、汽蚀、冲刷、震动、泄漏量以及阀门稳定性等问题。产生这些问题的主要原因在于介质的高速流动，因此在设计时必须考虑降低介质的流速，将这些破坏性的能量消除。

设计原理

对于普通的控制阀往往是单级降压，当流体流过控制阀时，其压力变化（见图2）。进入时其压力为 P_1 ，流速为 V_1 。当介质经过阀内件时，由于节流

作用，在阀芯、阀座处产生一个缩流，根据能量守恒定律可知，其流体速度最大为 V_{vc} ，而静压最小为 P_{vc} ，当 P_{vc} 小于介质的饱和蒸汽压 P_v 时，部分液体就汽化成为气体，形成汽液两项共存的现象，这种现象称为闪蒸。如果产生闪蒸之后， P_2 不是保持在饱和蒸汽压以下，在离开节流处之后又急剧上升，刚才形成的气泡就会发生破裂，产生极强的局部压力。气泡破裂时产生的巨大能量能在瞬间对阀芯、阀座等节流元件产生严重的破坏，形成所谓的汽蚀现象。

针对严酷工况的控制阀内件主要是采用多级降压的原理，通过强制介质流经一系列的直角弯道使流速得到完全的控制，达到逐级降压的目的。无论降压大小，这些弯道的阻力使得介质流出阀内件的速度受到限制。经过多级降压，使介质的压力始终维持在介质的饱

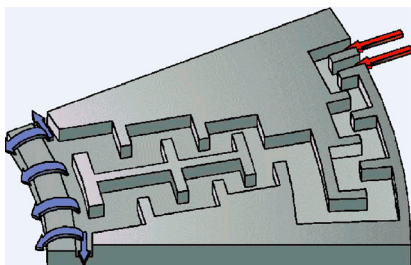


图3 迷宫碟片

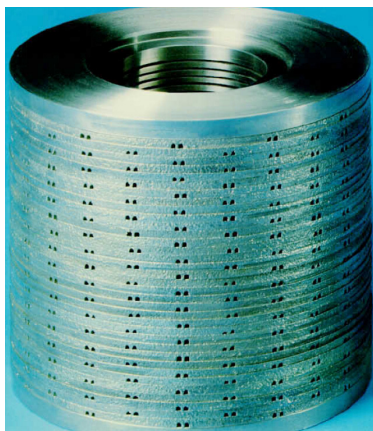


图4 成型的芯包

和汽化压力 P_v 之上，从而避免了汽蚀现象，消除了不安全因素。

著名厂家严酷工况的解决方案

下面我们将介绍CCI、Masonelian、Fisher、Flowsolve等厂家的严酷工况内件解决方案，分析各自内件的结构特点以及存在的不足之处。

■ CCI 严酷工况解决方案

CCI公司在严酷工况下的解决方案主要是Drag内件，Drag内件的主要结构特点是在迷宫片上利用专用的成型方法加工形成很多通道，而每个通道能通过一定量的介质，通道内由一系列的直角弯道提供介质阻力（见图3）。碟片加工好之后再利用真空钎焊技术形成一个完整的芯包（见图4）。根据用户不同的要求，经过精确的计算，选定不同弯道级数，使得流经迷宫式芯包的介质速度始终限制在小于或接近30m/s范围内。

Drag内件存在的问题：

这里对Drag内件进行了建模分析，利用CFD软件研究高压介质在迷宫片内部的流动情况（见图5）

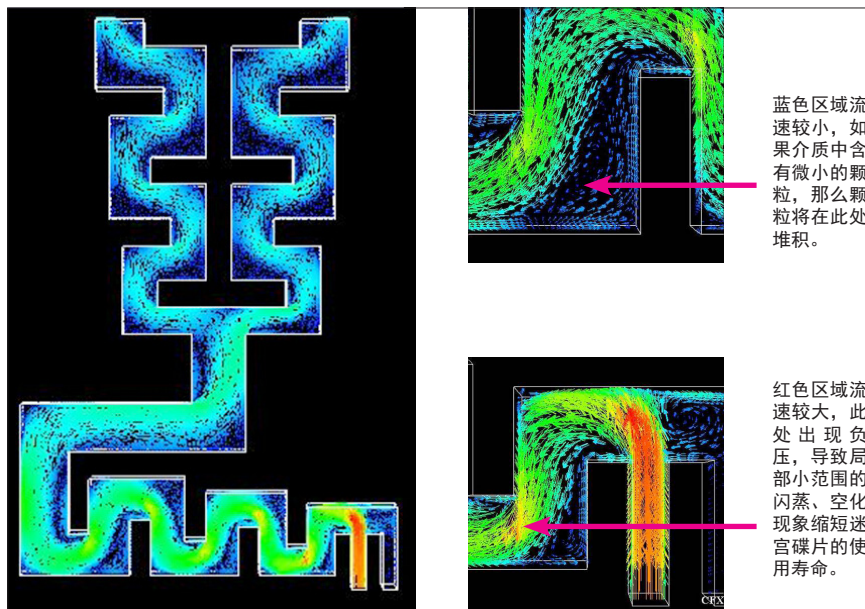


图5 Drag内件流场分析



图6 遭到破坏的迷宫碟片

通过CFD软件的分析，我们可以得知Drag内件在使用时，会在局部范围内出现汽蚀现象导致迷宫碟片遭到破坏。在现场使用时我们也确实发现了这个问题（见图6）。

■ Masonelian 严酷工况解决方案

Masonelian公司在严酷工况下的解决方案主要是LincolnLog阀内件（见图7），LincolnLog阀内件的主要特点是在阀芯上切割出多个缺口，与特殊设计的阀笼配合形成降压结构，介质在进入阀门之后在阀芯与阀笼形成的多个迂回通道内穿梭，降低流速解决汽蚀的问题。该内件特别适用于介质中含有颗粒

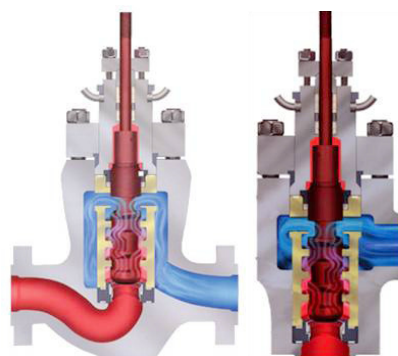


图7 LincolnLog阀内件

的高压差工况，特殊设计的阀芯结构对颗粒有剪切作用，保证阀座处密封的长期可靠。

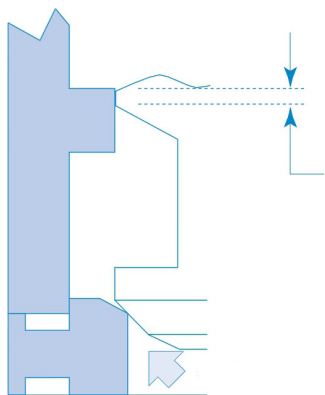


图8 在0~15%的行程死区

LincolnLog内件存在的问题:

- 1、由于特殊的阀芯结构，标准的设计最多只能做到6级降压；
- 2、流量特性只能设计为线性流量特性，严重制约了使用范围；
- 3、为了保护阀座处的密封面，设计时留了15%的行程的死区（见图8）；
- 4、由于降压级数的限制，最大的降压压差只有240Bar。

■ Fisher严酷工况解决方案

Fisher公司有多种针对严酷工况设计的阀内件，分别是Cavitrol III，CAV4，以及NotchFlo。针对不同的压差等级使用不同的阀内件结构。

Cavitrol III内件采用多孔式的降压结构，分单层与双层结构（见图9）。

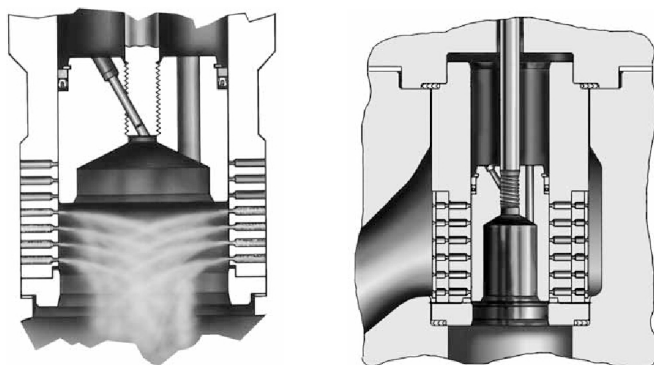


图9 Cavitrol III内件结构



图10 CAV4内件结构

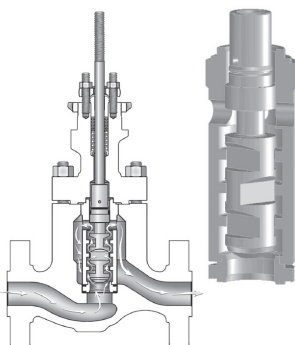


图11 NotchFlo内件结构

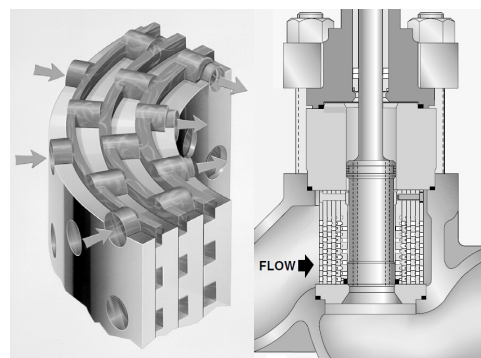


图12 Channel Stream内件结构

Cavitrol III内件存在的问题:

- 1、降压级数有限最多只有3级降压；
- 2、降压级数的限制，导致该内件使用于超过100Bar的工况时，将会存在出现气蚀的可能。

在Cavitrol III内件无法满足工况的降压要求时，将采用CAV4内件，该内件结构类似“糖葫芦”阀芯加多孔式阀笼的设计方法，介质在通过阀内件时在“糖葫芦”阀芯和多孔式阀笼之间来回穿梭，降低介质的流速。（见图10）

CAV4内件存在的问题:

- 1、零部件比较多，维修方面比较困难；
- 2、流道复杂，介质中有颗粒时容易堵卡；

- 3、阀座处为软密封结构增大了出现密封失效的概率。

NotchFlo内件结构与Masonelian的LincolnLog阀内件结构类似（见图11），NotchFlo内件也是用于介质中含有颗粒的高压差工况。降压级数从2级到6级不等，最大降压压差为276Bar。

■ Flowserve 严酷工况解决方案

Flowserve公司在严酷工况下的解决方案是Valtek Channel Stream以及Valtek Tiger Tooth两种阀内件结构。

Valtek Channel Stream内件为多层多孔式降压结构，将多个根据工况设计

的多孔式阀笼通过销钉或者焊接连接在一起，形成一个降压阀组其结构与Fisher的Cavitrol III内件类似。（见图12）其存在的问题不再做进一步分析。

Valtek Tiger Tooth内件是将多片表面加工有经过特殊设计的齿形流道的碟片，通过焊接或者销钉连接的方式连接在一起形成一个降压阀组（见图13），其结构特点是在碟片上分布有高低不平的锯齿形流道，介质在通过锯齿形流道时，在齿形的波峰和波谷之间来回穿梭消耗流体的能量，达到降低流体速度，使其避免出现汽蚀现象。标准设计的降压等级数为7级。

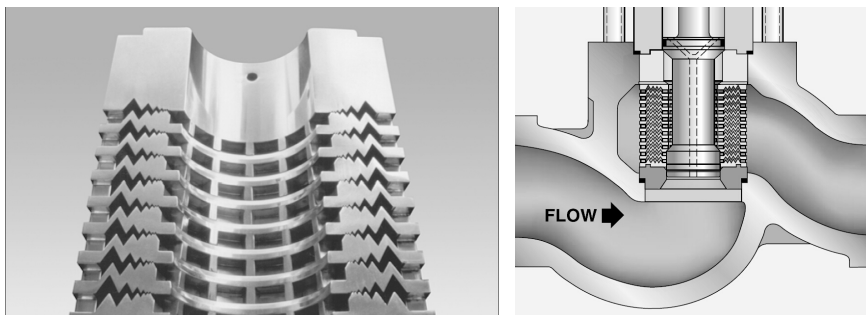


图13 Tiger Tooth内件结构

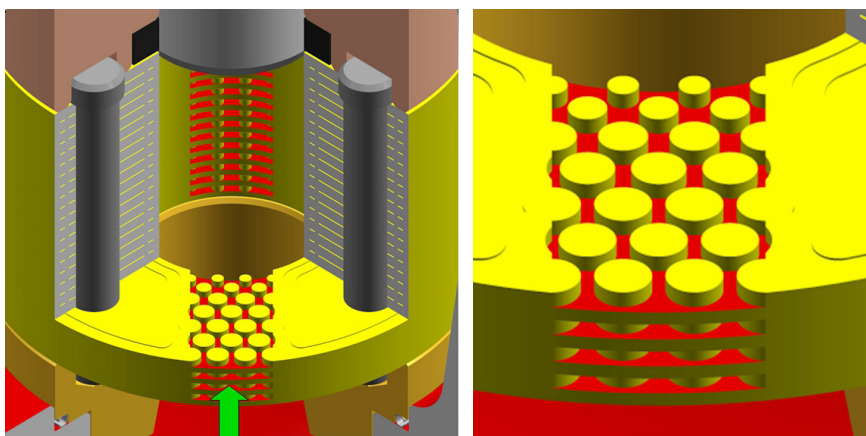


图14 新型的迷宫式结构

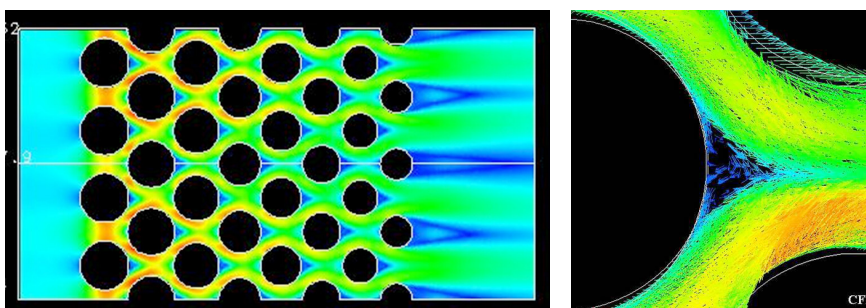


图15 新型的迷宫片流场分析

Tiger Tooth内件存在的问题:

- 1、碟片上的波峰齿形在高速介质的冲刷下，非常容易遭到破坏；
- 2、最大降压级数只有7级，对于一些更高压差的工况难以适用；
- 3、碟片上的波谷齿形处，容易堆积介质中含有的颗粒，导致流道堵塞。

经过对世界上几大著名的控制阀厂家在严酷工况下内件解决方案的分析，我们对现有的严酷工况控制阀内件解决方案有了一个大致地了解。以上这些内件解决方案都有各自的特点，虽然具有不同的结构形式，但是设计的原理以及出发点是一样的。其中CCI公司的Drag迷宫式内件是这些解决方案中比较

优秀的，使用也比较的广泛，但是其自身结构还是存在一些不足之处。针对其结构的不足我们提出了一种新型的迷宫式结构，并分析其结构特点以及技术优势。

一种新型的严酷工况内件解决方案

针对CCI公司的Drag内件存在的不足之处，通过技术改进，一种新型的迷宫式结构能够很好的解决Drag内件存在的不足之处。与Drag内件在碟片上加工出多条转角为90°的转弯流道不同，新型的迷宫碟片是利用特殊的加工工艺在碟片上加工出多个圆柱形凸台（见图14）。介质经过这些圆柱凸台时，逐步

降低压力，使液体介质经过每一级减压后始终高于其饱和蒸汽压，从根本上解决高压差介质汽蚀的问题。

我们将模型导入CFD软件进行分析，查看高压介质在迷宫碟片内部的流动情况，并与Drag内件进行比较，分析该结构的技术优势（见图15）。

通过观察新型迷宫片的流场分布图我们可以得出以下几点结论：

- 1、该结构能够解决Drag内件出现局部汽蚀破坏迷宫碟片的问题；
- 2、介质在碟片内流动平稳，逐级降压，具有良好的降压效果；
- 3、介质在碟片内流速平均，低流速，漩涡区域少，不容易积累介质中的颗粒物。

总结

严酷工况控制阀的设计是一项难度很高的工作，本文从解决此类工况的设计原理出发，阐述了设计的要点。同时介绍了现有的一些成熟的结构，分析了其存在的一些不足之处。为设计院或者广大最终用户选择严酷工况控制阀时提供了一些借鉴经验，最后推荐了一种新型的迷宫式结构，能够很好的解决现有的迷宫式控制阀存在的一些不足之处。**CVM**

本文参考资料

- [1] 吴国熙. 调节阀使用与维修 (M). 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [2] 杨源泉. 阀门设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [3] 陆培文. 调节阀实用技术 [M] 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [4] 明赐东. 调节阀应用1000问 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

本文参与艾默生Fisher®杯有奖征文评选

欢迎您对本文的评论，也希望您能参加《控制阀信息》有奖征文活动，期待您的来稿！

评论和投稿请发送至：
cvm@jixunmedia.com

