

# 超低温调节阀设计与检验

母文豪

(艾坦姆流体控制技术(山东)有限公司 山东 济宁 272000)

**摘要:** 设计温度低于 $100^{\circ}\text{C}$ 的调节阀为超低温调节阀,  $-100^{\circ}\text{C}$ 的介质具有特殊性, 对调节阀的影响是持续的, 所以在设计与试验中, 除了考虑阀门的常规设计与制造, 还应考虑在 $-100^{\circ}\text{C}$ 下材料的性能。本文主要介绍了调节阀在超低温环境下如何保证良好的密封; 超低温环境下IV级泄露量的计算方法。

**关键词:** 超低温调节阀; 密封结构; 泄露量; 深冷处理

## 0 引言

对于调节阀来说, 密封是设计需要考虑的首要条件, 合理的结构是避免泄露的先决条件。根据当前国际形势与国内能源发展的需求, 在空分和天然气液化行业推进超低温调节阀国产化及其迫切。超低温调节阀是一种在 $-100^{\circ}\text{C}$ 介质中工作的阀门。随着国内经济飞速发展, 低温产品需求及产量日渐增长, 液氧、液氮、液氩以及液化天然气等被广泛的应用。液氧的温度 $-254^{\circ}\text{C}$ , 液氮的温度 $-196^{\circ}\text{C}$ , 液氧的温度 $-183^{\circ}\text{C}$ , 液化天然气的温度 $-162^{\circ}\text{C}$ , 这些产品的分馏、储存和运输都需要使用大量的超低温阀门。超低温阀门的用量逐渐增大, 用户对超低温阀的技术性能要求也在逐渐提高。

## 1 工作原理

超低温调节阀主要由阀体、支座、上阀盖、阀座、阀芯和套管等组成, 通过阀芯实现对介质流量和压力的调节。在低温工况下, 阀体与执行机构间必须有足够的距离, 通过延伸的支座可以避免填料函结冰。双壁的设计结构能有效的减少热传递, 衍生的长度可以根据工况的要求定, 可采用波纹管密封及其它结构适当降低延长支座的长度。

## 2 密封结构

### 2.1 材料

材料的选择需要考虑两个条件:

(1) 材料在低温条件下能够保证足够的韧性, 防止在低温下发生脆裂;

(2) 材料在低温条件下能够保证足够稳定性, 防止在低温下发生变形。

随着温度的降低, 大多数钢材的强度有所增加, 而韧性下降。金属材料在低温下呈现的脆性称为冷脆性, 材料由延性破坏转变到脆性破坏的温度称为韧脆转变临界温度。为防止发生低温脆性破坏, 钢材的最低允许工

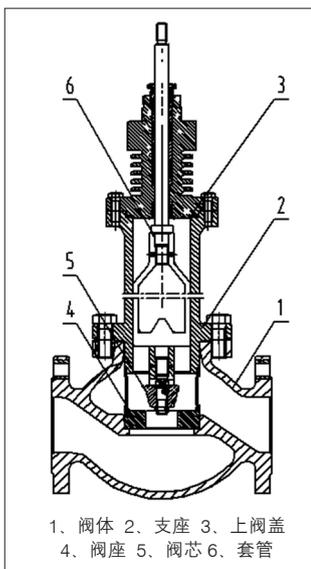


图1 超低温调节阀

作温度应高于韧脆转变临界温度。

具有面心立方晶格结构的奥氏体不锈钢没有韧脆转变临界温度, 不会发生低温脆性, 如304、304L、316、316L等, 在低温条件下, 仍然保证足够的韧性, 但这类钢材在室温下处于亚稳定状态, 在低温下容易发生相变。

奥氏体不锈钢在马氏体转变温度时, 部分奥氏体变成马氏体而引起体积变化, 导致零件变形, 这是引起阀门泄露的一个重要原因, 深冷处理可将马氏体相变提前进行。所以超低温调节阀应选用稳定性较高的材料及进行相适应的深冷处理。

### 2.2 密封结构

常规调节阀密封常采用平面密封, 如图2, 但在超低温工况下, 由于各零部件材料的热膨胀系数、密封件在超低温工况下的压缩量的不同, 阀门容易泄露, 所以密封结构的设计极为重要。

在平面密封的基础上增加泛塞封, 如图3, 泛塞封起主要密封, 密封垫片起次要密封, 密封结构的可靠性大大提高。

## 3 检验

### 3.1 检验方法

超低温阀门应在常温及超低温环境下均满足密封要求, 常温试验使用氮气做初始密封检测, 超低温使用图4所示设备进行, 使用氦气做密封检测。

### 3.2 阀座密封要求

调节阀泄露等级IV、V级, 常温试验使用 $0.35\text{MPa}$ 氮气做密封试验, GB/T4213《气动调节阀》明确规定了IV、

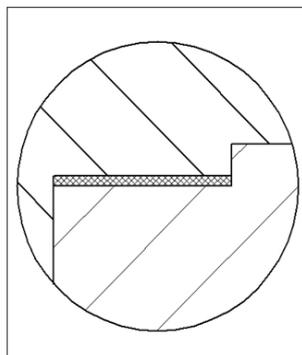


图2 通用密封

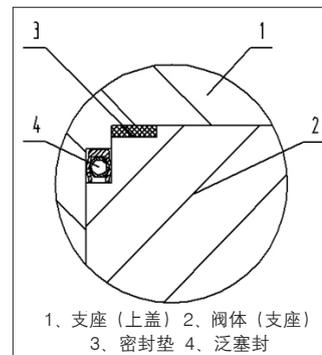


图3 改进密封结构

(下转第5页)

输出结果(见图3)。

可见,该计算在100以内已经快速收敛,此时,对应设备内的元器件温度云图(见图4)。

由上图可见,当环境温度为20℃时,经过风扇风冷后,仿真出的内部元器件温升在5℃以内,验证了理论计算的正

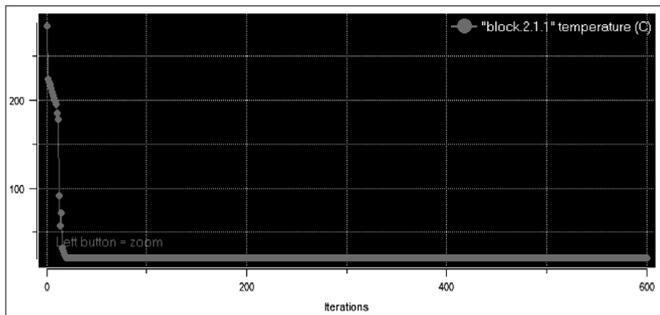


图3 监控点收敛曲线

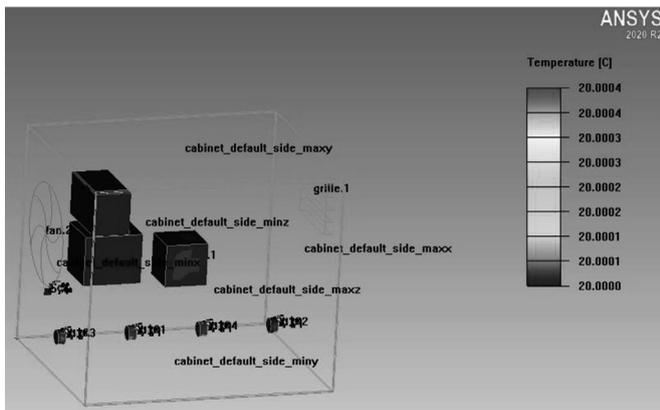


图4 温度云图

确性。

### 3 产品实测

根据以上的理论推导和仿真演算确认选型的风扇符合设备散热要求。结合外观造型设计研制出的产品(见图5),设备左右两侧为进风、出风口。2021年3月1日室内温度17.93℃下,监测仪器工作1天后,左右进风口和出风口温度稳定为17.93℃、18.93℃。稳升在5℃以内(见图6)。至此验证可得,仪器结构热设计符合实际要求。



图5 设备外形



图6 现场温度检测

### 4 结语

结构热设计过程中任何的理论推导或者仿真结果都需要做相互印证,避免片面分析,在对比中完善分析过程。

#### 参考文献:

- [1] 赵博. 电子设备热设计[M]. 北京: 电子工业出版社. 2009: 75-100.
- [2] 陈洁茹, 朱敏波, 齐颖. Icepak 在电子设备热设计中的应用[J]. 电子机械工程. 2005,21(1):14-16.

作者简介: 汤咏(1984.06-), 男, 汉族, 硕士, 工程师, 研究方向: 机械结构设计。

(上接第3页)

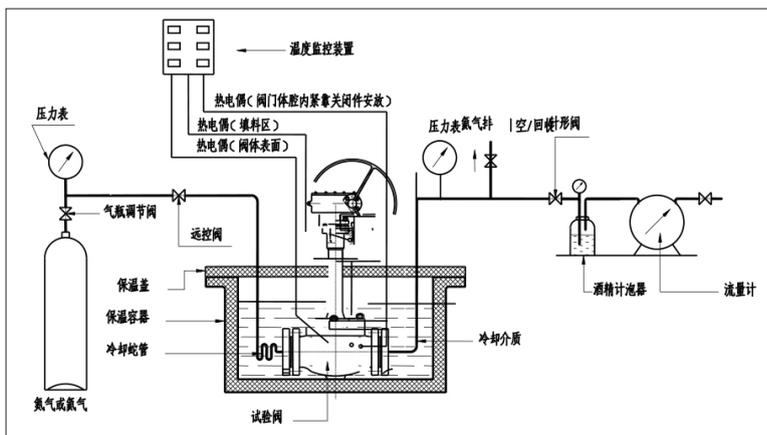


图4 阀门低温试验装置

V级标准泄露量。超低温试验使用0.35MPa氦气在图4所示设备中做密封试验,氦气的分子量与氮气相差很大,易渗透,GB/T4213《气动调节阀》标准泄露量计算公式中未涉及分子量的影响,使用GB/T4213《气动调节阀》标准计算泄露量显然是不行的,GB/T24925《低温阀门技术条件》标准泄露量计算公式未区分IV,V级,显然使用GB/T24925

《低温阀门技术条件》计算也是不行的。

GB/T 17213《工业过程控制阀》中泄露量计算公式中指出了分子量、温度的影响,所以超低温条件下试验阀座密封应使用GB/T 17213《工业过程控制阀》标准。IV级泄露量计算公式如下:

$$0.041 \cdot F_p \cdot C \cdot P_1 \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{x}{M \cdot T_1 \cdot Z}}$$

### 4 结语

本文所介绍结构经实际验收,在超低温环境下密封可靠;经过实际对比,调节阀在超低温环境下的标准泄露量应满足GB/T 17213《工业过程控制阀》标准要求。

#### 参考文献:

- [1] 陆培文. 调节阀实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [2] 陈国邦. 低温工程材料[M]. 浙江: 浙江大学出版社, 1998.
- [3] GB/T24925-2019, 低温阀门技术条件[S].

作者简介: 母文豪(1991.12-), 男, 汉族, 山东菏泽人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 调节阀设计。