

蒸氧系统中压过热蒸汽流量调节阀波动问题研究及解决

李保锁

吴忠仪表有限责任公司 宁夏 吴忠 751100

摘 要: BGL碎煤加压气化工工艺蒸氧比例调配用中压过热蒸汽流量调节阀,是保障炉内碎煤快速反应并高效产出符合标准的合成气的重要控制阀之一。该阀在高温工况下频繁出现震荡、卡涩问题,导致现场蒸氧调配比达不到设计要求,影响产品质量、影响气化炉的稳定运行。针对该类问题展开了研究和分析,并在原设计的基础上进行了升级改造,最终彻底解决了此类控制阀震荡、卡涩的问题,保证了气化炉的长周期稳定运行。

关键词: 蒸氧系统; 中压过热蒸汽; 流量调节阀; 震荡卡涩; 升级改造

1 概述

BGL是Lurgi公司的碎煤加压气化、液态排渣工艺,炉膛下部的喷嘴将蒸汽、氧气按一定比例的混合物高速喷入炉膛,其中的氧气、蒸汽、煤及其中的杂质等在炉内高温、高压作用下发生一系列物理和化学反应,生成CO、CO₂、CH₄、HS、N₂、H₂等气体的混合物,即合成气,作为后续工艺的原料。

如果通入汽化炉中的蒸汽、氧气比例失调,会严重影响合成气中的成分及含量,使合成气达不到应有的标准,因此蒸氧系统中压过热蒸汽流量调节阀(以下简称“蒸氧控制阀”)属于关键控制阀,为保证装置稳定运行长期采用进口产品,但某公司的多台蒸氧控制阀在使用过程中频繁出现震荡、卡涩等问题,产出的合成气达不到应有标准、影响后续工艺的产品质量,还是严重影响了气化炉的稳定运行。

该公司气化炉蒸氧控制阀在运行过程中,由于较高介质温度热传导作用导致控制阀填料失效,同时导致执行机构密封件及定位器内部元件变形、失效,使得控制

阀频繁出现在6%-70%开度时严重的震荡或卡涩现象,蒸汽流量无法准确控制,从而导致进入气化炉的蒸氧调配比达不到设计要求,严重影响合成气的质量、影响气化炉的稳定运行,也影响后续工段的产品质量。

本文针对该类阀门出现的波动、卡涩等问题,从控制阀的结构、现场实际工艺参数进行详细分析和研究,最终找到了原阀存在的问题,通过严谨的验算和重新设计,制定了详细的升级改造方案,从而解决了多年困扰装置的问题。

2 原因分析

气化炉蒸氧系统中压过热蒸汽流量调节阀运行过程中波动的原因一般包括以下几个方面:

2.1 蒸氧控制阀工艺参数

蒸氧系统中压过热蒸汽流量调节阀工况参数如表1所示,该阀门原始设计参数中操作温度为460℃,最大工作压力差0.32MPa,最小工作压力差0.12MPa,流量特性为等百分比,上阀盖结构为普通型。

表1 蒸氧系统中压过热蒸汽流量调节阀工况参数

工况	最大	正常	最小
操作温度(℃)	460	460	460
流量(Kg/h)	16728	13360	3340
阀前压力(Mpa)	4.84	4.89	4.96
阀后压力(Mpa)	4.59	4.59	4.42
阀关闭差压(Mpa)		5.1	
计算最大CV	99.156	选择CV	224

2.2 阀门结构设计不当

原结构设计未充分考虑介质温度传导对控制阀填料、执行机构及定位器等控制附件的危害,实际使用中经现场运行过程中测量获得上阀盖填料函处的实际温度为412℃,执行机构下膜盖处的实际温度为194℃,定位

器的实际温度为147℃,导致执行机构及定位器等控制附件在长期工作于高温环境状态,导致执行机构密封件失效,定位器等控制附件的零件变形等损坏,造成控制阀出现卡涩或震荡现象。

2.3 阀门的填料选择不当

未使用适合高温工况所需的组合填料,导致填料在高温环境下烧结、脆化而干硬,增加阀门运行时的阻力,是造成控制阀频繁出现卡涩或震荡现象的主要原因。

2.4 阀门定位器的选型失误

研发所配带定位器调节精度低、且灵敏度差,对于要求调节精度要求高蒸氧控制阀,达不到其要求高精度、高灵敏度的调节的要求。

3 蒸氧控制阀升级改造方案

3.1 改造上阀盖的结构型式

根据上述分析,本着节约社会资源、为用户节约资金的前提下排除装置运行隐患的原则,先对该调节阀的所有零部件全部进行了测绘,通过设计计算将该阀的上阀盖改造设计成带散热片式的长颈结构,如图1所示,增加散热片(既增加散热级数)的上阀盖不仅增大了与周围空气的接触面积,提高了散热效率,而且还增加了上阀盖的高度,有效的减少热传导,降低了定位器和执行机构处的温度。

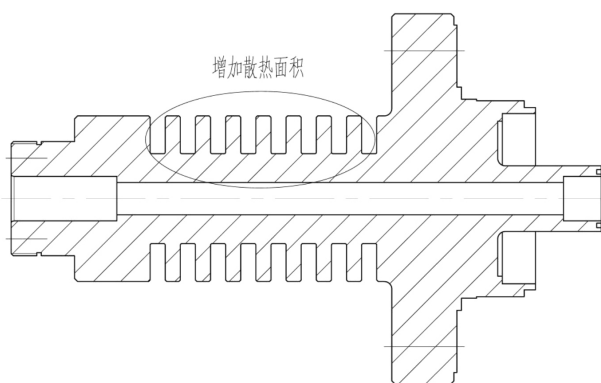


图1 带散热片的长颈型上阀盖

3.2 相关参数确认

工作介质为460℃的高温蒸汽,控制阀规格为DN100/Class600,上阀盖的材质选为WC9,该材质在460℃的高温下热导率为25.08W/(m.k),该材质在高温蒸汽环境下对蒸汽的耐腐蚀性强且加工性能良好。为了提高上阀盖的散热效果,增加散热片的数量,即增加散热的面积,散热片的传热方式为散热片的表面与空气之间的辐射、对流传热,对于长颈式散热片进行微元体分析,根据傅里叶热传导定律,得到热传导微分方程如下:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T$$

其中:

T: 是温度分布函数;

$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$ 是热扩散率;

k: 是材料的热导率;

ρ : 材料密度;

C_p : 是比热容。

控制阀上阀盖通过与环境中的空气接触辐射散热,存在对流传热,满足牛顿冷却定律:

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} = h(T - T_\infty)$$

h: 对流传热系数;

T_∞ : 是环境温度;

$\partial T / \partial n$: 温度梯度在表面法向方向的分量。

该方程通常需要如有限元法或有限差分法等数值方法求解,以获得温度在各个方向上的温度分布情况T(x, y, z)。

3.3 软件分析

通过SolidWorks建立三维模型、Ansys软件划分网格并进行有限元分析,得出上阀盖的底部接触介质的部位温度接近460℃,随着散热面积的不断增加,上阀盖的纵向由下向上温度传递速度不断减慢、温度不断降低。最终分析得出上阀盖填料函部位的温度为47.2℃,与实际测量的52℃基本相符,从而有效解决了填料函处的填料因高温而失效导致阀门波动问题,如图2所示。

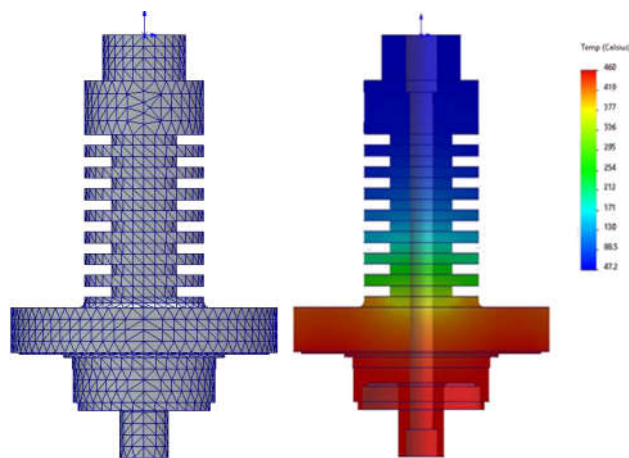


图2 上阀盖各部位温度分析

通过以上改造设计及分析计算,更准确地计算并有效降低了上阀盖填料处的温度,同时避免了高温热传导导致执行机构密封件及控制附件元件的过早损坏失效,处并能及时发现潜在的问题和缺陷,最终完全解决了蒸氧控制阀频繁出现震荡、卡涩的现象。

4 结语

本次研究的气化炉蒸氧控制阀在运行过程中,由于高温蒸汽介质热传导作用导致阀门填料失效,将执行机构密封件和定位器等控制附件内部元件变形、失效,使得控制阀频繁出现震荡、卡涩等现象,流量无法精确控制、蒸氧调配比达不到设计要求,严重影响气化炉的产

品质量和稳定运行,从而影响后工段的产品质量。

通过本次研究,彻底分析出了该类控制阀频繁故障的具体原因,为该工况及类似工况的控制阀故障提供了分析思路和解决办法,进而提高控制阀的稳定运行能力,促进煤化工行业更稳定更可靠的发展。

参考文献

[1]陆培文.实用阀门设计手册[M].第二版.北京:机械

工业出版社,2007.

[2]杨源泉.阀门设计手册[M].北京:机械工业出版社,2004.

[3]GB/T 4213-2024,气动控制阀[S].

[4]崔学智,崔家铭.控制阀结构及检维修技术.北京:化学工业出版社,2020.09