

煤气化装置用金属硬密封耐磨球阀选型分析

焦娟

(北京石油化工工程有限公司西安分公司 陕西 西安 710000)

摘要: 本文介绍了煤气化装置中的金属硬密封耐磨球阀的使用情况,分析了影响金属硬密封耐磨球阀性能的主要因素,并给出通过控制密封面硬度、提高球体圆度及加工工艺精度、优化阀门结构设计等方面的选型建议。

关键词: 气化装置;金属硬密封耐磨球阀;密封面硬化

0 引言

煤气化装置是煤化工工艺的核心,在整个煤化工过程中该装置必须保证持续稳定性,并能够持续向下游装置输送合成气。金属硬密封耐磨球阀因其开关迅速、密封可靠而在煤气化装置中大量使用,其密封性和运行的稳定性是影响气化装置安全稳定运行的重要因素。本文从煤气化装置中的金属硬密封耐磨球阀的失效原因出发,分析了影响阀门密封性的主要因素,对金属硬密封球阀的合理选型提供了一些建议。

1 水煤浆加压气化工工艺

水煤浆加压气化工工艺是将水煤浆和氧气充分混合,使其经过烧嘴进入到气化炉,在一定的温度和压力条件下进行气化反应,生成以氢气和一氧化碳为主的粗合成气。

2 金属硬密封耐磨球阀的主要失效原因

金属硬密封耐磨球阀的结构一般采用浮动球和固定球阀结构,不管哪种结构型式,在含硬质颗粒物的介质中均易发生失效。主要原因为:煤气化装置中的灰水、黑水、煤浆以及渣水等介质中含有大量的SiO₂和Fe₂O₃等硬质颗粒,硬质颗粒随介质的高速流动以微切削、犁沟和刺入等方式对球阀密封面的表面硬化层进行着冲刷和侵蚀,使密封件本体材料表面被暴露,加速了密封件的失效。颗粒性介质在高温高压下更容易进入阀座和球体之间的密封间隙中,介质在关键密封件部位形成沉积、聚集、结焦行为,导致球阀启闭过程中密封件磨损、划伤,引起阀门动作卡滞、泄漏等问题发生。

大量工程实践经验表明,磨蚀和磨损是金属硬密封耐磨球阀在使用过程中失效的最主要原因,严重影响阀门的密封性能和使用寿命。

主要失效方式有:

- (1) 介质的冲蚀和磨蚀损坏阀门密封面,从而导致阀门开关不到位,内漏严重等;
- (2) 细小的颗粒物长时间沉积在密封面处而结垢,导致阀门卡阻,甚至无法启闭;
- (3) 阀座弹簧腔内进入颗粒物,致使弹簧卡阻而失效;
- (4) 球阀和阀座配合不好,同心度不够,在使用中容易出现内漏;
- (5) 阀门运行一段时间后,由于密封面处结垢或者磨损而导致阀门开关所需要的力矩增大,执行机构扭矩不够,导致阀门开关不到位,加速阀门损坏。

3 耐磨球阀选型的主要考虑因素

3.1 密封面硬化处理

球阀及阀座密封面的硬化处理是决定耐磨球阀使用寿命的重要因素之一。煤气化装置介质工况的特性决定了耐磨球阀的密封面应具有较高的硬度,涂层材料还应与基体有较高的结合力,以防止涂层在使用过程中发生脱落。目前比较常用并且使用效果较好的球体及阀座密封面的硬化技术是超音速火焰喷涂(HVOF)和镍基合金热喷涂。

超音速火焰喷涂技术主要是通过极高的速度将硬质合金粉末涂层材料喷涂到基体材料表面,喷涂时的气流速度在很大程度上决定了喷涂的质量,喷枪能够产生更高的气流速度,则耐磨粉末涂层就拥有更高的运动速度,从而耐磨粉末与基体材料的结合力和致密性就越高,涂层的耐磨性和耐腐蚀性也越高。常用的超音速喷涂材料有:WC-Co、WC-Co-Cr、镍基合金、碳化铬、陶瓷等。WC-Co和WC-Co-Cr的使用温度一般不超过540℃,采用碳化铬及陶瓷等喷涂材料能适用于更高的温度。目前主要硬密封球阀生产商VTI、Mogas、Kestone、Neles等多数厂家采取这一工艺来强化球阀球体的密封面。

镍基合金热喷涂是目前应用最多的一种密封面硬化处理方法,镍基合金是一种自溶性合金,其主要成分包括镍、铬、硼、硅等,其中镍是主要成分,也是耐磨材料与基体材料的粘合剂,根据配比成分的不同,喷焊后可以获得不同硬度的涂层。煤气化装置中的金属硬密封球阀密封面硬度大多为HRC56-64,通过对基体材料及镍基合金材料的高温加热,能够使基体与涂层材料达到冶金结合,结合力高,且涂层厚度较大,一般为0.5~1.0mm。

在实际使用中,为了降低维修和维护成本,避免球体过度磨损,球体密封面的硬度一般高于阀座硬度5-10HRC。

3.2 球体的圆度及加工工艺

按照GB/T26147-2010《球阀球体技术条件》的要求,球面圆度见下表。

表 球面的圆度

序号	尺寸/mm	球面SφD圆度/mm
1	SφD ≤ 180	0.02
2	180 < SφD ≤ 500	0.03
3	500 < SφD ≤ 900	0.04
4	900 < SφD ≤ 1500	0.05
5	1500 < SφD ≤ 2300	0.08

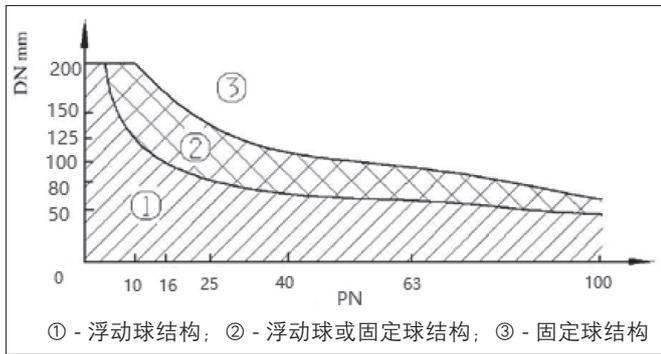


图 浮动球结构和固定球结构大致使用范围

对于金属硬密封球阀，如果阀门存在一定的泄漏量，阀门泄漏的部位就很容易被黑、灰水中的颗粒物冲刷和磨损，导致泄漏量增大，从而引起阀门的失效。因此，球阀必须有较高的精度，且与阀座进行整体配对研磨。通常，喷涂后的球体先采用数控球面磨床进行粗磨，然后再与阀座配套进行精密研磨，最后还应通过三维坐标测量仪检测球体的圆度，一般控制球体的圆度达到 0.02mm 以内，从而保证金属硬密封球阀达到气体密封试验零泄漏。

3.3 合理的结构设计

3.3.1 球阀的基本结构

球阀的基本结构分为浮动球和固定球，浮动球阀的球体是浮动的，阀座是固定的，当介质作用时，球体能产生一定的位移并紧压在出口端的密封面上，属单向强制密封。固定球阀的球体靠上下支撑轴固定，受压后不产生位移，当受介质压力时，阀座产生位移，并紧压在阀球上，可做双向密封。一般情况下，可根据公称通径 DN 和公称压力 PN 的大小进行设计和选型，上图为浮动球结构和固定球结构的大致使用范围，公称压力 $PN \geq 160$ 时，浮动球仅用于 $DN \leq 40$ 的工况； $DN \geq 50$ ，大多选用固定球结构。

还有一种 C 型球阀或者 V 型球阀，在黑、灰水管路上应用也较多。以 C 型球阀为例，其结构型式采用双偏心、固定球的结构设计，阀门主要靠扭矩密封，可以在一定程度上解决煤气化过程中阀门出现的卡阻、抱死、开关困难，结垢等问题。但是，此类阀门通常为单阀座结构，球体采用非全球结构，很难达到双向密封，当阀门有双向密封要求时，选用需注意。

3.3.2 防尘结构设计

为避免粉尘进入阀座弹簧腔内，耐磨球阀应具有防尘结构。固定式球阀的阀座为浮动结构，靠弹簧提供预紧力，若颗粒性介质进入弹簧腔，就会把弹簧卡死，从而失效。通

常可采用柔性石墨圈在弹簧两侧进行保护，可有效防止杂质进入到弹簧腔体，从而防止弹簧失效。

3.3.3 自清洁结构设计

阀座密封面两侧采用刮刀式结构设计，阀座采用金属宽带自刮削式结构，可实现阀球表面的自清洁，防止灰渣沉积在密封面上。

3.3.4 阀杆的设计

阀杆应为防飞出结构设计，且应考虑足够的设计强度，阀杆的最小横截面应能承受最大压差下的操作扭矩，还应考虑足够的安全裕量以满足固体颗粒引起的附加扭矩以及操作机构的最大输出扭矩。一般情况下，阀杆的最小横截面应以不小于最大操作扭矩的 2 倍来设计，阀杆的最薄弱部分应位于阀体之外，当阀球卡死时，阀杆不会被扭断或变形。

阀杆表面可考虑硬化处理，防止介质中的颗粒物对阀杆表面磨损，减小阀门启闭时阀杆所受的阻力。

4 结语

综上所述，煤气化装置中的金属硬密封耐磨球阀选型建议如下：

(1) 球阀和阀座密封面可采用超音速火焰喷涂 (HVOF) 和镍基热喷涂工艺可提高金属硬密封耐磨球阀的耐磨性，密封面硬度通常为 HRC56-64，涂层厚度为 0.5 ~ 1.0mm。

(2) 球阀必须有较高的精度，且与阀座进行整体配对研磨，一般控制球体的圆度达到 0.02mm 以内，从而使金属硬密封球阀达到气体密封试验零泄漏。

(3) 根据压力等级选用浮动式或固定式球阀，阀门应具有防尘结构和自清洁设计，阀杆的最小横截面应以不小于最大操作扭矩的 2 倍来设计，阀杆表面还应做硬化处理。

参考文献：

[1] 王晓云. 黑水灰水硬密封球阀的应用分析与优化改进 [J]. 通用机械, 2016, 3: 45-46.
 [2] 易玉微. 冲洗油管液固两相流磨损机理及预测方法研究 [D]. 浙江理工大学, 2016: 2-3.
 [3] 邱晓来. 金属硬密封耐磨球阀的设计、制造与工艺. 第六届全国阀门与管道学术会议论文集 [C]. 2009. 10. 1.
 [4] 刘汇源. 硬密封高温耐磨球阀关键技术研究 [D]. 浙江大学, 2008: 3-6.
 [5] 夏国顶. 金属密封球阀硬化工艺概述 [J]. 机械研究与应用, 2011, 24(01): 108-109.
 [6] 球阀球体 技术条件 GB/T26147-2010[S].

作者简介：焦娟 (1983-)，女，汉族，陕西渭南人，研究生学历，工程师，研究方向：管道材料设计。