

qb-50

金属球阀的选型和应用

N. McGinness 著

金磊 译 旅辛 校

丁以叶, 82

要想正确选择金属球阀(MSBV), 必须详细了解具体的工艺流程、管线设计以及各种金属球阀的设计特点。此外, 还需掌握此阀的重要制造工艺和安装工艺, 以便采购、安装和操作。

MSBV 设计寿命

表1 设备设计寿命

设备/部件	设计寿命(年)
反应器	20
受压容器	15
泵	10
换热器	15
管线	10
贮罐	25
金属球阀	10
阀门	5

选择 MSBV 及其制造材料, 应具备良好的技术鉴定能力、全面的材料知识和加工实践经验。表 1 给出了常用工业设备及零部件的基本设计寿命(以年为单位)。

这些设备及零部件的设计寿命可能会超出表 1 给出的数字。如果操作失常和操作偏差达到设计极限, 那么, 进行质量检查和维护保养则会延长其使用寿命。

设计选型的依据

表2 MSBV 使用情况

使用管线的介质	温 度	压 力
主蒸气	343.36~565.6℃	87.54~351.55kg/cm ²
炭液化	260~760℃	21.09~316.4kg/cm ²
烟道汽(废气)	537.8~898.96℃	3.51~21.09kg/cm ²
催化剂与烃类和氢混合	204.46~537.8℃	42.19~316.4kg/cm ²
含催化剂的氢	343.36~787.84℃	21.09~351.55kg/cm ²
石油井口(含烃类、沙石和化学抑制剂)	232.24℃	140.62~1406.2kg/cm ²
液氧	-182.79℃	10.55~1406.2kg/cm ²
液氢	-252.8℃	42.19~1406.2kg/cm ²
一般输送管	37.78~426.7℃	14.06~562.48kg/cm ²

管道材料工程师在编制选购 MSBV 的规格时, 应考虑以下各项:

1. 介质;
2. 压力和温度(正常状态及失常状态下);
3. 腐蚀——点蚀——气蚀——结焦;
4. 气蚀;
5. 结焦——凝固作用;
6. 流速(两相的流动);
7. 压降;
8. 真空状态;
9. 背压——逆流;
10. 压力波动的分析;
11. 切断时的要求;
12. 严峻的周期性操作状况——开、关速度及使用频率;
13. 催化剂堵塞和吸入中的炭;
14. 热膨胀(处于关闭状态);
15. 氯化物含量(ppm)/氯化物应力腐蚀;
16. 酸浓度;
17. 碱性物质;
18. 连多硫酸;
19. 氢分压;

20. H₂S 冷凝;
21. 硫、H₂S 在碳氢化合物工艺管线中的重量百分比;
22. 水的化学性质——水垢——盐沉积——腐蚀瘤;
23. 传热临界点;
24. 管道除垢器;
25. 液体滞留;
26. 气升;
27. 压缩;
28. 液体负载;
29. 传质状况;
30. 瞬变值;
31. 安全减压阀和紧急停车阀;
32. 管道的水力学性能。

以上列出的工艺检查清单并没有考虑全部的工艺条件,仅用于防止 MSBV 失效的参考。在选购阀门之前,管道的主管工程师应当考虑下列条件:

1. 美国国家标准协会(或美国机械工程师学会)的规范要求;
2. 美国石油学会的规范要求;
3. 美国腐蚀工程师协会的规范要求;
4. 底部进口/阀体剖开/顶部进口的设计;
5. 根据先前的使用情况总结出的可靠性;
6. 球体/阀座的设计;
7. 阀杆的设计;
8. 带耳轴的球——浮球;
9. 阀体垫片的设计;
10. 阀体内腔形状设计;
11. 上流阀座和回流阀座设计;
12. 双密封设计(两个方向);
13. 阀座圈材料;
14. 表面淬火/涂层材料;
15. 填料函设计:^{*}
 - 填料压盖泄漏口;
 - 套环;
 - 工作负载(蝶形弹簧);

- 填料箱密封环。
 - 16. 底部接管;
 - 17. 表面光洁度;
 - 18. 生产厂家的质量保护/质量控制项目;
 - 19. 维护措施;
 - 20. 所需备件一览表;
 - 21. 工作能力要求:
 - 全开时;
 - 不全开时。
 - 22. 蒸汽夹套要求;
 - 23. 水压试验要求;
 - 24. 阀座试压要求;
- * 应当遵循《空气净化法》的要求。

介质流速

一些加氢裂化反应器许可证颁发机构的“设计书”上规定了 50.8 毫米的 NPS(美国标准直管螺纹)催化剂进料阀(催化剂、烃和氢)适用于最大流速为 2.1336 米/秒、压力为 175~315kg/cm²、温度为 482.26~565.6℃ 的介质。

显然,当这样的介质通向内径稍大于 25.4 毫米的管子时,任何阀门都会出现磨损问题。管道系统的挠性有助于延长阀门的工作周期。在这种催化剂浆进料系统中,应预先设计有去除焦炭、固化催化剂及焦炭或/及催化剂粉末的装置。催化剂进料管系中的 MSBV 应当是或开通或切断的截止阀,若用作调节阀,则会使其严重损坏。

阀体设计

顶部进口式 与剖分式浮球阀相比,耳轴式顶部进口 MSBV 存在以下重要的使用和维护特点:

- 处于全开或全关位置时,上游的密封可使阀腔与流体介质隔离;
- 耳轴和阀座的受载区间须不受固体物的侵袭;
- 球体和阀座要持续地相互压紧,以防

止微粒物体之吸入两密封面之间:

- MSBV 泄漏率的上下限应根据 ANSI/FCI70-2-1976/1987 有关条款明确规定;

- 顶部进口耳轴式 MSBV 在切断后,可进行在线维修。

剖分式阀体

- 简单的球体/阀座结构;
- 加压有助于阀座的密合;
- 可给球体预先加载,压入阀座中,使阀座与阀体形成一个整体;

- 紧密的外套层;
- 流体介质不与阀腔隔绝;
- 接头承受管道应力;
- 使用焊接(对接焊或承接焊)须预留空间,用于拆卸、焊接、射线探伤和消除应力。

剖分式阀门既可使用上游密封(耳轴式),也可使用下游密封(浮球式)。

如前所述,耳轴式 MSBV 要求使用上游密封件,即密封座受到预载,通过压力将其与球阀压紧。阀座对阀体的密封和预载荷的设计将决定阀门使用时的成功或失败。带有两个阀座和适当的阀腔连接的耳轴式阀门能够在两个方向上压紧,并有双重的开通——切断功能。

下游密封(通常为浮球式)是利用阀内的压力将球压向阀座。此外,还有几种设计是利用强有力的弹簧垫片将球体预压进阀座。预加压的目的是防止颗粒进入密封面间,以保证在低压差时也能密封。

阀杆的设计及其光洁度

MSBV 的阀杆应当用车床切削或/和抛光,使表面光洁度达到 4~8RMS。阀杆的表面光洁度可降低扭矩、减小摩擦、避免填料损伤。光洁度良好的阀杆从 1966 年起就已使用直至于今,对填料函壁也要进行研磨,以延长填料的使用寿命。所有的阀杆设计都应不会突然漏气。作者建议在频繁循环或高速循环的 MSBV 中使用单片球/耳轴/阀杆式设计。

填 料

要使用带蝶形弹簧且承受介质压力的填料并使填料承受的负载数倍于填料压盖的设计压力。填料函的顶底都应使用抗挤压环,以使填料在受介质挤压时不会受损。

表面淬火、热电弧喷涂、等离子电弧喷涂、高速氧燃烧喷涂、火焰喷涂

在某些严峻条件下能否成功地维持操作,关键取决于密封面的耐磨性和经久性。表面淬火工艺(堆焊层)自 1912 年开始应用,热电弧喷涂工艺也已使用了 70 多年。这两种工艺均普遍用于 BSBV 的加工制造。此外,还可使用扩散涂层来加固基层。无论选用何种工艺,设计者都应考虑以下因素:

1. 涂层碎裂——在涂层中形成;
2. 涂层的拉伸应力;
3. 气孔;
4. 裂纹;
5. 碳化物带状组织;
6. 分层;
7. 耐磨性;
8. 耐蚀性;
9. 抗擦伤性;

无论采用哪一种表面涂层工艺,都应考虑实际操作条件下的“预期寿命”,以及修理或维护的要求。

热喷涂 热喷涂是使粉粒状金属或非金属材料附着在须制好的基层上,以形成涂层的一组工艺的统称。涂层材料可以是粉状、条状或线状。热喷枪利用可燃气体或电弧获得足够热量,使涂层材料受热变成可塑的或熔融状态,再由压缩气体加速。熔融物质的加速产生一股有约束的微粒流,再被压缩空气压带到被涂的基层上。微粒撞击基层表面,在撞击的作用下变得平整,并形成一颗粒与颗粒之间、颗粒与基层之间结合紧密的薄层。颗粒堆积下来,冷却后成层状结构,涂层

就形成了。

热喷涂是一个复合工艺。必须了解涂层的成份、变量、作用和特性,才能选择此工艺所需的材料和设备。只有建立了这些背景知识,使用者才能根据实际情况量体裁衣,选用适当的工艺。

喷涂设备和喷涂材料的不同组合,可以获得各种热喷涂层。基本的热喷涂装置一般包括喷枪、电源或供气控制表盘、焊丝(或粉状焊剂)的送料器。目前生产的几种类型有:双线电弧喷射器、单线火焰喷射器、焊丝火焰喷射器、粉末焊剂燃烧喷射器、等离子喷射器和高速氧燃烧喷射器。

电弧喷涂 由于双线电弧喷涂工艺的高效率,它能快速、简便而廉价地获得优质涂层。金属焊丝送料器可使两条金属焊丝通过电弧喷射器。电弧产生高温区,将金属丝熔合在一起,再由压缩空气将熔合在一起的金属吹到被涂面上,并使其附着,形成优质涂层。

电弧喷射器可产生下述两种基本类型的涂层:第一类是耐磨性涂层,即产生可以抵御磨损、腐蚀、点蚀、侵蚀、摩擦或擦伤的保护层;第二类是表面修复涂层,用来修复磨损区或挽救加工不当的零件,若涂层材料选择适当,可使零件比原先耐用2~3倍或更多。

火焰喷涂 火焰喷涂是利用可燃气体的控制燃烧所产生的热量来熔化金属丝的一种工艺。燃烧气体产生的高温区熔化金属丝,再利用压缩空气将熔化的金属微粒吹至被涂基面,熔化金属紧密附着在基面上,并冷却至环境室温;被涂表面冷却后,就可象其它金属一样进行机械加工。火焰喷涂可采用的设备与电弧喷涂相似,但比后者更便于携带。它可用于可溶性材料,并且更为经济。

等离子喷涂 二次大战后,涡轮机和火箭发动机的发展给热喷涂工业提出了新的挑战。一些耐高温、高强度的零件涂层材料中含有氧化物和碳化物,热喷涂这些化合物所需的高温是电弧喷涂和火焰喷涂所不能够达

到的,由此应运而生了等离子喷涂,新的喷涂方法同时引进了涂层材料的新家族以及适用于各种工业条件的新技术。

等离子喷涂使用粉末状材料,并以等离子体作为热源。等离子系统提供的可控温度范围高于大多数物质的熔化温度。等离子喷涂工艺中,一种气体或气体混合物通过共轴的阴、阳两极(阴极为钨棒,阳极为带孔的铜棒)之间的电弧。通过小孔的气体被加热到远高于火焰喷涂的温度。在热作用下,气体部分电离,产生等离子体。当等离子体脱离出喷枪后,已分离的双原子分子又重新结合,并放出热量。将金属粉末引入等离子体,溶化并由高速等离子流推送至被涂基面上。等离子流的热含量、温度和速率由喷嘴类型、电弧的电流强度、气体混合物的比率和气体流速决定。

电弧操作电源为整流式直流电,电源由中心控制室加以控制。中心控制室同时负责调整等离子气体的流率、冷却水量,并使其按部就班地进行以确保喷涂工艺的精确、可靠。一般使用氮或氩作为形成等离子体的主要成份,同时可以加入氢或氦作为次要成份,以提高热含量和等离子体流的速度。

高速氧燃烧喷涂(HVOF) HVOF系统将超音速喷涂速度与改进后的微粒加热和熔化特性相结合,提供了具有优良的致密度、硬度和结合强度的表面涂层。

可用的燃烧气有:丙烯、氢、乙炔、丙烷和甲基乙炔丙二烯。根据涂层的具体特性,可以选择最经济的气体。其中,乙炔燃料气使用最为广泛,且获得的火焰温度也最高,这一优点使它得以用来喷涂高熔点和难熔材料。在HVOF系统中,新材料不断出现,最值得一提的是碳化钨——钴涂层的应用。HVOF工艺应用广泛,可产生耐磨、耐蚀、绝缘、绝热的各种优质涂层;喷涂参数可任意调节,以提供所需的最佳温度和速度;高速沉积大大缩短了喷涂时间;喷涂面厚度普遍低于3.556毫米,其中不少甚至低于0.127毫米。

表3 API 10000RTJ 级标准法兰与夹紧式接头的比较

尺寸	平均壁厚	所需螺栓	接头重量	重量减轻量
228.6 毫米(API)	S/160	406.4—38.1 毫米×330.2 毫米	521.63 公斤	—
254 毫米(夹紧式接头)	S/160	101.6—25.4 毫米×203.2 毫米	378.75 公斤	27%
346 毫米(API)	35.56 毫米	508—47.63 毫米×438.15 毫米	1424.27 公斤	—
355.6 毫米(夹紧式接头)	35.56 毫米	101.6—50.8 毫米×469.9 毫米	728.01 公斤	50%

法兰联接

有几个因素会影响法兰联接和阀体接头的设计。一些公司已经开始在法兰设计中使用金属自紧式或压力紧固式焊接密封圈。这些金属密封圈对热循环的防泄漏能力更好,且更能忍受螺栓受热伸长对密封的影响。一些设计中提供的紧凑型法兰可以减轻重量、节省空间。API10000RTJ 级标准法兰与夹紧式接头的对比表明:使用夹紧式接头可减轻重量、节省所需螺栓数。

在确保合格生产厂家承制的情况下,每一个尺寸的每十个接头所带来的重量节省(9.25 吨)是使生产费用与重量减轻的比率下降的一个重要因素。

MSBV 控制器

球阀上可以安装扳手、手轮、电机、液压或气动控制器。用于迅速开关(以毫秒计)部位的阀门控制器应当进一步作管系反响和位移方面的复查。若不考虑快速关阀对所有管系位移的影响,则会损坏管系及设备。快速开关阀门时,应考虑以下因素:

1. 热膨胀系数;
2. 开——关速度(时间特性);
3. 流速;
4. 摩擦系数;
5. 波动分析;
6. 保温;
7. C_v ——通流系数;
8. 净压头流速;
9. 振动;
10. 波动压力/冲击波的峰值;
11. 阀门复位。

低温工作的 MSBV

若想在低温下使用 MSBV,则在采购之前就应当复查以下项目:

1. 压缩系数;
2. 传热临界点;
3. 热胀冷缩;
4. 真空状态;
5. 液体过冷;
6. 沸腾液体的膨胀气爆炸;
7. 填料函延伸部分;
8. 填料边缘的密封;
9. 吹除/放空口接头;
10. 稀土元素的磁性影响。

多年以来,管线工程技术人员使球阀或闸阀的填料函延伸不同长度(152.4、203.2、254、304.8 毫米或更多)来避免其冻结。在一些 MSBV 设计中,填料函伸出管道保温层的长度不应超过 101.6 毫米。

过去的 40 年中,MSBV 的设计在合金材料的应用、填料材料的改进、铸造工艺、锻造工艺、致命介质、有毒介质和易燃介质的设计规范以及加工和检验的技术要求等方面均取得了巨大发展。

对二十三家 MSBV 制造厂家的产品设计及使用情况进行的调查,结果表明:在只进行正常定期检修的情况下,一些工厂中用于严峻条件下的球阀使用了 5 年以上,仍在运行。六家使用阀门者表示:在被调查的 23 家制造厂中只有 4 家在他们的认可单上。短时间使用后就要更换全部阀门是常有的,但属代价昂贵的。质量低劣的 MSBV 采购规格单以及误选不当的操作者不免要造成球阀的使用失败。

(摘译自《烃加工》1994 年第 7 期)