

化工装置常用金属阀门的选用

姚亮

(北京美盛沃利工程技术有限公司上海分公司, 上海 200001)

摘 要: 由于在化工装置中金属阀门的使用数量大, 品种多, 功能不一样, 所以选择合适的阀门尤其重要。简述了在化工装置常用金属阀门的类型、用途、材料和选用, 以及一些注意点。

关键词: 阀门; 选用; 材料

中图分类号: TQ 055

文献标识码: A

文章编号: 1009-3281(2009)01-0047-06

Selection of Common Metal Valve Used in Chemical Industry

YAO Liang

(MaisonWorleyParsons E & T Company, Shanghai Branch, Shanghai 200001, China)

Abstract: In chemical industry, metal valves are used in great number with a variety of kinds and functions. Thus, it is important to select an appropriate valve in practical engineering. In this article, the kind, application, material and selection principle of metal valves commonly used in chemical plant as well as some noted points were introduced.

Keywords: valve; selection; material

阀门是管道系统中的重要部件, 在化工装置中应用最广泛的是金属阀门。阀门的作用主要是用于启闭、节流和保障管道及设备的安全运行。所以正确合理地选用金属阀门对工厂安全及流体控制系统具有重要的作用。随着越来越多的引进装置进入国内, API 阀门已经得到广泛应用, 本文仅以 API 黑色金属阀门为分析对象。

1 阀门的类型及用途

工程上阀门种类很多, 由于流体的压力、温度和物理化学性能的不同, 所以对流体系统的控制要求也不相同, 其中闸阀、截止阀(节流阀, 针型阀)、止回阀、旋塞阀、球阀、蝶阀和隔膜阀在化工装置中应用最广泛。

1.1 闸阀

一般用于控制流体的启闭, 流体阻力小, 密封性能好, 介质的流向不受限制, 开闭所需外力较小, 结构长度较短。

阀杆有明杆和暗杆之分, 明杆式闸阀适用于腐蚀介质, 在化工工程上基本使用明杆式闸阀。暗杆

闸阀主要用于水道上, 多用于低压、无腐蚀性介质的场合, 如一些铸铁和铜阀门。

闸板的结构形式包括楔式闸板、平行式闸板。楔式闸板有单闸板, 双闸板之分。平行式闸板多用于油气输送系统, 在化工装置中不常用。

1.2 截止阀

主要作切断用。截止阀流体阻力大, 启闭力矩大, 而且有流向要求。截止阀与闸阀相比主要有如下优点:

(1) 在开闭过程中密封面的摩擦力比闸阀小, 耐磨。

(2) 开启高度比闸阀小。

(3) 截止阀通常只有一个密封面, 制造工艺好, 便于维修。

截止阀和闸阀一样也有明杆和暗杆之分, 在此不再赘述。根据阀体结构不同截止阀有直通式、角式和 Y 型。直通式应用最广泛, 角式用于流体流向

收稿日期: 2008-08-21; 修回日期: 2008-10-28

作者简介: 姚亮(1972—), 男, 上海人, 工程师。长期从事管道材料设计工作。

90°变化的场合。

另外节流阀和针形阀也属截止阀一类,比普通截止阀调节功能强。

1.3 止回阀

止回阀又称单向阀,用于防止流体逆向流动,所以安装止回阀时,应注意介质的流动方向应与止回阀上的箭头方向一致。止回阀的类型非常多,且各个制造商有不同的产品,但是从结构上主要分为旋启式和升降式。旋启式止回阀主要包括单瓣型和双瓣型。

1.4 蝶阀

蝶阀可用于带有悬浮固体的液体介质的启闭和节流,流体阻力较小、重量轻,结构尺寸小,启闭迅速,适用于大口径管道上。蝶阀有一定调节功能,可以运送浆体。由于以往的加工工艺落后,蝶阀一直用在水系统上,而很少用在工艺系统上,随着材料、设计及加工的改进,蝶阀已经越来越多地用在工艺系统上了。

蝶阀有软密封和硬密封两种类型。选择软密封和硬密封主要取决于流体介质的温度。相对而言软密封要比硬密封的密封性能好。

软密封有橡胶及 PTFE(聚四氟乙烯)阀座两种。橡胶阀座蝶阀(橡胶衬里阀体)多用于水系统上,为中线型结构,这种蝶阀在管道安装时可以不使用垫片,因为其橡胶衬里的翻边可以充当垫片的功能。PTFE 阀座蝶阀多用于工艺系统上,一般为单偏心或双偏心结构。

硬密封的品种很多,如硬质固定密封圈,多层密封(Laminated seal)等,由于制造商的设计往往不同,其泄漏率也不一样。硬密封蝶阀的结构以三偏心为佳,解决了热胀补偿和磨损补偿的问题。双偏心或三偏心结构硬密封蝶阀亦具有双向密封功能,其逆向(低压侧至高压侧)密封压力应不低于正向(高压侧至低压侧)的 80%。设计选型应与制造商协商。

1.5 旋塞阀

旋塞阀流体阻力小,密封性能好,使用寿命长,可以双向密封,所以往往用在高度或极度危害的物料上,但是启闭力矩比较大,价格也比较高。旋塞阀腔体内不积液,特别是对间歇装置的物料不会造成污染,所以在有些场合必须使用旋塞阀。图 1 为旋塞阀和球阀关闭时腔体内积液情况。

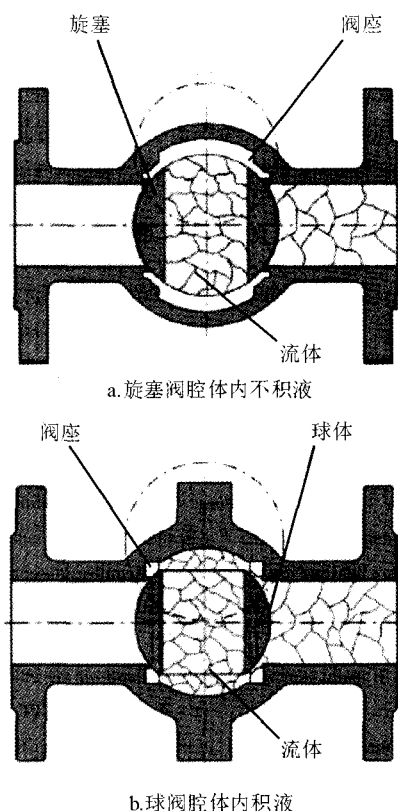


图 1 旋塞阀和球阀关闭时腔体内积液情况

旋塞阀流道可分为直通、三通、四通,适用于气、液相流体多向分配。

旋塞阀可分为无润滑及润滑型两种。带有强制润滑的油封式旋塞阀,由于强制润滑使旋塞和旋塞的密封面间形成一层油膜。这样密封性能更好,启闭省力,防止密封面受到损伤,但是必须考虑润滑是否对物料有污染,而且需定期维护^[1]。在工程上应优先选择无润滑型。

旋塞阀的阀座(Sleeve)密封是连续的,包围了整个旋塞,所以流体不会与轴接触。另外旋塞阀还有一层金属复合材料的隔膜作为第二道密封,所以旋塞阀可以严格控制外部泄漏。旋塞阀一般是没有填料的,当有特殊要求时(如不允许有外部泄漏等),则需要填料,作为第三道密封。

旋塞阀的设计结构使得旋塞阀可以在线调节密封阀座。由于长时间的运行,密封面会有所磨损,因为旋塞是锥形的,可以通过阀盖的螺栓往下压紧旋塞,使其和阀座紧密配合达到密封效果。

1.6 球阀

球阀的功能与旋塞阀类似(球阀是旋塞阀的派生产品)。球阀密封效果好,所以应用广泛。球阀

启闭迅速,启闭力矩比旋塞阀小,阻力非常小,维修方便,适用于浆液、粘性流体以及对密封要求较高的介质管道上。并且由于价格便宜,球阀比旋塞阀使用广泛。球阀一般可以从球体结构形式、阀体结构形式、流道形式和阀座材料来进行分类。

按球体结构形式分有浮动球阀和固定球阀。前者多用于小口径,后者用于大口径,一般以 $DN\ 200$ (CLASS 150), $DN\ 150$ (CLASS 300 和 CLASS 600) 为界。

按阀体结构形式分有一片式、两片式和三片式这三种。一片式又有顶装式和侧装式两种。

按流道形式分有全通径和缩径。缩径球阀比全通径球阀用材料少,价格便宜,如果工艺条件允许,可以考虑优先使用。球阀流道可分为直通、三通、四通,适用于气、液相流体多向分配。

按阀座材料分有软密封和硬密封。当用于可燃介质或者外部环境有可能燃烧时,软密封球阀应具有防静电、防火设计,制造商的产品应通过防静电、防火试验,如按照 API 607 等。这同样适用于软密封蝶阀和旋塞阀(旋塞阀仅能符合防火试验中的外部防火要求)。

1.7 隔膜阀

隔膜阀可以双向密封,适用于低压,有腐蚀性的浆液或悬浮粘性流体介质。并且由于操作机构和介质通道隔开,依靠弹性隔膜切断流体,特别适用于食品和医药卫生工业中的介质。隔膜阀使用温度取决于隔膜材料的耐温性能。从结构上可分为直通式和堰式。

2 端部连接形式的选用

阀门端部常用的连接形式包括法兰连接、螺纹连接、对焊连接和承插焊连接。

2.1 法兰连接

法兰连接有利于阀门的安装和拆卸。阀门端法兰密封面形式主要有全平面(FF)、突面(RF)、凹面(FM)、榫槽面(TG)和环连接面(RJ)等几种。API 阀门采用的法兰标准是 ASME B16.5 等系列。有时在法兰连接的阀门上可以见到 Class125 和 Class250 等级,这是铸铁法兰的压力等级,与 Class150 和 Class300 的连接尺寸相同,只不过前两者的密封面是全平面(FF)。

对夹式(Wafer)和支耳式(Lug)阀门也是用法

兰连接的。

2.2 对焊连接

由于对焊接头强度高、密封性好,所以在化工系统中对焊连接的阀门大多应用在一些高温、高压、有剧毒介质、易燃易爆的场合。

2.3 承插焊和螺纹连接

一般用于公称尺寸不超过 $DN\ 40$ 的管道系统中,但不能用于有缝隙腐蚀的流体介质^[2-3]。

螺纹连接不得用于剧毒、可燃介质的管道上,同时也应避免使用在循环载荷的工况上。目前工程中使用的在压力不高的场合。管道上的螺纹形式主要是锥管螺纹,锥管螺纹有两种规格,其锥顶角分别为 55° 和 60° ,两者无法互换通用。在可燃或高度危害介质的管道上,如果安装需要,必须采用螺纹连接时,此时公称尺寸不应超过 $DN20$,在螺纹连接后再进行密封焊。

3 材料

阀门材料包括阀门的壳体、内件、垫片、填料以及紧固件材料等。因为阀门材料非常多,并且由于篇幅所限,本文仅简单介绍典型的阀门壳体材料。

黑色金属壳体材料包括铸铁、碳钢、不锈钢、合金钢。

3.1 铸铁

灰铸铁(A126-B)一般使用在低压阀门上,不推荐在工艺管道上使用。球墨铸铁(A395)的性能(强度和韧性)要比灰铸铁好。

3.2 碳钢

在阀门制造中最常见的碳钢材料有 A216-WCB(铸件)和 A105(锻件)。应特别注意碳钢长时间在 $400\ ^\circ\text{C}$ 以上工作,会影响到阀门的寿命。

对于低温工况的阀门,常用的有 A352-LCB(铸件)和 A350-LF2(锻件)。

3.3 奥氏体不锈钢

奥氏体不锈钢材料通常应用在具有腐蚀性工况或超低温工况。其中常用的铸件有 A351-CF8、A351-CF8M、A351-CF3 和 A351-CF3M;常用的锻件有 A182-F304、A182-F316、A182-F304L 和 A182-F316L。

3.4 合金钢材料

对于低温工况的阀门,常用的有 A352-LC3(铸件)、A350-LF3(锻件)。

对于高温工况的阀门,常用的有 A217-WC6(铸件)、A182-F11(锻件)和 A217-WC9(铸件)、A182-F22(锻件)。由于 WC9、F22 属于 2-1/4Cr-1Mo 系列,相比属于 1-1/4Cr-1/2Mo 系列的 WC6、F11 含有更高的 Cr、Mo,所以具有更好的抗高温蠕变性能。

4 驱动方式

通常阀门操作都采用手动方式。当阀门的公称压力较高或公称尺寸较大,手动操作阀门比较困难时,可以采用齿轮传动等操作方式。阀门驱动方式的选用应根据阀门的种类、公称压力和公称尺寸而确定。表 1 给出了不同阀门应考虑齿轮传动的条件。对于不同的制造厂,这些条件可能会稍有变化,可协商确定。

表 1 不同阀门考虑齿轮传动的条件

压力等级	闸阀	截止阀	球阀	蝶阀	旋塞阀
CLASS 150	$DN \geq 450$	$DN \geq 300$	$DN \geq 200$	$DN \geq 150$	$DN \geq 100$
CLASS 300	$DN \geq 350$	$DN \geq 250$	$DN \geq 150$	$DN \geq 150$	$DN \geq 100$
CLASS 600	$DN \geq 300$	$DN \geq 200$	$DN \geq 125$		
CLASS 900	$DN \geq 250$	$DN \geq 125$			
CLASS 1500	$DN \geq 200$	$DN \geq 100$			
CLASS 2500	$DN \geq 125$	$DN \geq 100$			

5 阀门选用原则

5.1 阀门选择要考虑的主要参数

(1) 所输送的流体性质,这将影响阀型和阀结构材料的选择。

(2) 功能要求(调节还是切断),这主要影响阀型选择。

(3) 操作条件(是否频繁),这将影响阀型和阀门材料选择。

(4) 流动特性和摩擦损失。

(5) 阀门公称尺寸的大小(公称尺寸很大的阀门只有在有限范围的阀型中才能找到)。

(6) 其他特殊要求,如自动关闭、平衡压力等。

5.2 材料选用

(1) 对于小口径($DN \leq 40$)一般选用锻件,大口径($DN > 40$)一般选用铸件。锻件阀体的端法兰,应该优先选择整体锻制阀体,如果法兰是焊接在阀体上,则对焊缝应该进行 100% 射线检验。

(2) 对焊和承插焊碳钢阀体的含碳量应不大于 0.25%,并且碳当量应不大于 0.45%。

(3) 常用材料的推荐工作温度见表 2。

表 2 常用材料的推荐工作温度

类别	牌号	推荐工作温度/℃
灰铸铁	A126-B	-10 ~ 148
球墨铸铁	A395	-20 ~ 350
碳钢	WCB, A105	-20 ~ 400
	LCB, LF2	-46 ~ 343
奥氏体不锈钢	CF8, F304	-196 ~ 700
	CF8M, F316	-196 ~ 700
	CF3, F304L	-196 ~ 400
	CF3M, F316L	-196 ~ 450
合金钢(高温用)	WC6, F11	≤ 566
	WC9, F22,	≤ 593
合金钢(低温用)	LC3, LF3	> -101

注:当奥氏体不锈钢工作温度超过 425℃ 时,含碳量不应小于 0.04%,热处理状态为大于 1 040℃ 快冷(CF8)和 1 100℃ 快冷(CF8M)。

(4) 当流体腐蚀性强,普通奥氏体不锈钢不能使用时,应考虑一些特种材料,如 904L、双相钢(如 S31803 等)、蒙乃尔和哈氏合金等。

5.3 闸阀的选用

(1) 在 $DN \leq 50$ 时一般使用刚性单闸板;在 $DN > 50$ 时一般使用弹性单闸板。

(2) 对于低温系统的弹性单闸板闸阀,应在其高压侧的闸板上开一个排气孔。

(3) 在要求低泄漏的工况,应采用低泄漏的闸阀。低泄漏的闸阀有多种结构,其中在化工装置中一般使用波纹管式闸阀,最低循环寿命见表 3。

表 3 波纹管式闸阀的最低循环寿命

压力等级	阀门尺寸/英寸	最低循环寿命/次
$\leq$ CLASS 800	≤ 2	2000
	2-1/2 ~ 4	2000
	> 4	1000
$>$ CLASS 800	≤ 2	2000
	2-1/2 ~ 4	1000
	> 4	1000

注:1 英寸 = 0.0254 m

(4) 虽然闸阀是石油化工生产装置中用得最多的一种类型。但在下列场合不宜使用闸阀:

① 因为开启高度较高,操作所需空间较大,所以不适用于操作空间较小的场合。

- ② 启闭时间长,所以不适用于快速启闭场合。
- ③ 不宜用于有固体沉降的流体。因为密封面会磨损,闸板关不死。
- ④ 不宜用于流量调节。因为闸阀部分开启时,介质会在闸板背面产生涡流,易引起闸板的冲蚀和振动,阀座的密封面也易损坏。
- ⑤ 频繁操作阀门会导致阀座表面过度磨损,因此通常只适用于不频繁操作的情况。

5.4 截止阀的选用

- (1) 截止阀与相同规格的闸阀相比,结构长度较大,一般用于 $DN \leq 250$ 的管道上,因为大口径的截止阀加工和制造都比较麻烦,且密封性能不如小口径的截止阀。
- (2) 由于截止阀的流体阻力大,因此不宜用于悬浮固体及粘度较大的流体介质。
- (3) 针形阀是带细微锥形塞子的截止阀,可用于小流量微调或用作取样阀,通常应用于小口径。如果口径大,也需要有调节功能,可以采用节流阀,此时阀瓣为抛物线等形状。
- (4) 要求低泄漏的工况,应采用低泄漏的截止阀。低泄漏的截止阀有多种结构,其中在化工装置中一般使用波纹管式截止阀,最低循环寿命见表 4。

表 4 波纹管式截止阀的最低循环寿命

压力等级	阀门尺寸/英寸	最低循环寿命/次
$\leq$ CLASS 800	≤ 2	5000
	2-1/2 ~ 4	5000
	> 4	2000
$>$ CLASS 800	≤ 2	2000
	2-1/2 ~ 4	2000
	> 4	1000

波纹管式截止阀应用比波纹管式闸阀广泛,因为波纹管式截止阀的波纹管比较短,循环寿命比较长。但波纹管式阀门价格昂贵,并且波纹管的质量(如材料,循环次数要求等)及焊接直接影响到阀门的使用寿命及性能,选用时应尤其注意。

5.5 止回阀的选用

- (1) 水平升降式止回阀一般用于 $DN \leq 50$ 的场合,只能安装在水平管道上。立式升降式止回阀通常用于 $DN \leq 100$ 的场合,安装在垂直管道上。
- (2) 升降式止回阀可以选用带弹簧的形式,此时的密封性能要比不带弹簧的好。

(3) 旋启式止回阀最小口径一般为 $DN > 50$,可用在水平管道上,也可用在垂直管道上(流体必须是自下而上),但易引起水锤现象。双瓣止回阀(Double Disc)往往是对夹式的,是止回阀中最节省空间的,便于管道布置,在大口径上尤其使用广泛。由于普通旋启式止回阀(单瓣型)的阀瓣不能完全开启到 90° ,有一定流阻,所以当工艺有要求时,可以提出特殊要求(要求阀瓣全启)或采用 Y 型升降式止回阀。

(4) 在有可能产生水锤现象的情况下,可以考虑采用带缓闭装置和阻尼机构的止回阀。这种阀门利用管路内介质进行缓冲,在止回阀关闭的瞬间,达到消除或减小水锤的作用,保护管路和防止泵倒流。

5.6 旋塞阀的选用

- (1) 由于制造问题,无润滑型旋塞阀 $DN > 250$ 不宜选用。
- (2) 当要求阀门腔体不积液时,应选择旋塞阀。
- (3) 当软密封球阀的密封不能满足要求时,如产生内漏,可以用旋塞阀代替。
- (4) 对于有些工况温度变化频繁,则普通旋塞阀不能使用。因为温度变化造成阀门部件和密封元件不同的膨胀和收缩,在热循环过程中,填料长期收缩会导致沿着阀杆处泄漏。此时就要考虑特殊的旋塞阀,如 XOMOX 的 Severe service 系列,这种旋塞阀国内尚不能生产。

5.7 球阀的选用

- (1) 顶装式球阀可以在线维修。三片式一般用于螺纹和承插焊连接的球阀。
- (2) 管道有通球系统时,只能使用全通径球阀。
- (3) 软密封比硬密封的密封效果好,但不能用在高温(各种非金属密封材料的耐温性能不尽相同)。
- (4) 不得用于不允许阀门腔体有积液的场合。

5.8 蝶阀的选用

- (1) 当蝶阀两端需要拆卸时,应选择带螺纹的支耳式或法兰蝶阀。
- (2) 中线蝶阀的最小口径一般为 $DN 50$;偏心蝶阀的最小口径一般为 $DN 80$ 。
- (3) 当选用三偏心 PTFE 阀座蝶阀时,推荐选用 U 型阀座。

5.9 隔膜阀的选用

- (1) 直通式流体阻力小,隔膜启闭行程长,隔膜

寿命不如堰式。

(2) 堰式流体阻力大,隔膜启闭行程短,隔膜寿命优于直通式。

5.10 其它因素对阀门选型的影响

(1) 系统允许的压力降较小时,应选用流体阻力较小的阀型,如闸阀、直通的球阀等。

(2) 要求迅速切断时,宜选用旋塞阀、球阀、蝶阀。对于小口径,应该优选球阀。

(3) 就地操作的阀门绝大多数用手轮,与操作点有一定距离的,可采用链轮或加长杆。

(4) 对于粘性流体,浆液及带有固体颗粒的介质宜选用旋塞阀、球阀或蝶阀等。

(5) 对于洁净系统,一般选用旋塞阀、球阀、隔膜阀和蝶阀(需另外提要求,如抛光要求、密封件要求等)。

(6) 一般情况下,压力等级超过(含有)Class900,且 $DN \geq 50$ 的阀门采用压力自紧密封阀盖(Pressure Seal Bonnet);压力等级低于(含有)Class600的阀门采用螺栓连接阀盖(Bolted Bonnet),对有些要求严格防止泄漏的工况,可以考虑采用焊接型阀盖。在一些低压常温的公用工程上,可以使用螺纹接头阀盖(Union Bonnet),但是此结构一般不常使用。

(7) 如果阀门需要保温或保冷时,球阀和旋塞阀的手柄在与阀杆连接处需要相应加长以避开阀门的绝热层,一般不超过 150 mm。

(8) 当口径较小时,如果焊接及热处理过程中阀座会发生变形时,应选用长阀体型或端部带短管的阀门。

(9) 低温系统(低于 $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$)的阀门(止回阀除外)应选用加长阀盖颈部结构。阀杆应当经相应的表面处理,提高表面硬度,防止阀杆与填料、填料压套擦伤,影响密封^[4]。

选型时除了考虑以上因素外,还应综合考虑工艺要求、安全及经济等因素,做出阀门形式的最后选择。并且需要编写阀门数据表,一般阀门数据表应包含以下内容:

(1) 阀门的名称、公称压力、公称尺寸。

(2) 设计和检验标准。

(3) 阀门代号。

(4) 阀门结构形式、阀盖结构形式及阀门的端部连接形式。

(5) 阀门壳体材料、阀座及阀板密封面材料、阀杆等内件材料、填料、阀盖垫片及紧固件材料等。

(6) 驱动方式。

(7) 包装及运输要求。

(8) 内外防腐要求。

(9) 质量要求和备品备件要求。

(10) 业主要求以及其他特殊要求(如标记等)。

6 结束语

阀门在化工系统中占有重要的地位。管道用阀门的选择应根据管道内被输送流体的相态(液、汽)、含固量、压力大小、温度高低、腐蚀性质等诸多方面进行考虑。此外,操作上可靠无故障,费用上经济合理和制造周期也是重要的考虑因素。

在以往工程设计中选择阀门材料时一般只考虑壳体材料,而忽略内件等材料的选用。内件材料选用不当往往会导致阀门内部密封处、阀杆填料处以及阀盖垫片处的密封失效,影响寿命,从而不能达到原先预计的使用效果,容易引起事故。

从目前的情况看,API 阀门没有统一的标识代号,而国标阀门虽然有一套标识方法,但不能够非常明确地显示内件和其他材料,以及其他特殊要求。所以在工程项目中应当对所需要的阀门通过编制阀门数据表来进行详细的描述。这样对阀门的选用、采购、安装、调试以及备品备件都提供了方便,提高了工作效率,并减少了错误的发生概率。

参考文献

- [1] 蔡尔辅. 石油化工管道设计[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
- [2] ASME B31.3, Process Piping[S].
- [3] GB 50316—2000, 工业金属管道设计规范[S].
- [4] 杨源泉. 阀门设计手册[M]. 北京:机械工业出版社, 1992.