

## 阀门密封等级及选用

阀门是石油化工装置管道系统中的重要组成部件，其种类多、数量大，是装置中主要泄漏源之一，因此对阀门的泄漏要求至关重要。

阀门密封性能是指阀门各密封部位阻止介质泄漏的能力。阀门的主要密封部位有：启闭件与阀座间的吻合面、填料与阀杆和填料函的配合、阀体与阀盖的连接处。第一处的泄漏叫内漏，它直接影响阀门截断介质的能力和设备的正常运行。后两处的泄漏叫外漏，即介质从阀内泄漏到阀外，它直接影响安全生产，造成工作介质损失和企业经济损失、环境污染，严重时会造成生产事故。特别对于高温高压、易燃易爆、有毒或腐蚀性的介质，阀门的外漏根本是不允许的，因其所造成的后果比内漏更为严重，因此阀门必须具有可靠的密封性能，满足其使用工况对泄漏量的要求。

### 1. 我国阀门密封等级分类标准

目前我国比较常用的阀门密封等级分类标准主要有以下两种。

1.1. 中国国家标准对阀门密封等级的分类国家标准 GB / T 13927--2008 《工业阀门压力试验》。

1.2. 中国机械行业标准对阀门密封等级的分类机械行业标准 JB / T 9092--1999 《阀门的检验与试验》。

### 2. 国际上阀门密封等级分类标准

目前国际上比较常用的阀门密封等级分类标准主要有以下五种。

#### 2.1. 前苏联对阀门密封等级的分类

为了按阀门的密封程度和规定的用途选择产品，按密封程度对阀门进行了分类，该分类的基本原则见表 3 和表 4。

#### 2.2. 国际标准化组织对阀门密封等级的分类

国际标准化组织标准 ISO5208--2008 《工业阀门金属阀门的压力试验》。

2.3. 美国石油协会 (API) 对阀门密封等级的分类美国石油协会标准 API 598--2004 《阀门的检查和试验》。

2.4. 美国阀门和管件工业制造商标准化协会 (MSS) 对阀门密封等级的分类美国阀门和管件工业制造商标准化协会标准 《钢制阀门的压力试验》 MSS SP61---2003 允许的阀门泄漏量要求如下：

(1) 在阀门密封副中有一个密封面使用塑料或橡胶的情况下，在密封试验的持续时间内应无可见泄漏。

(2) 关闭时每一侧的最大允许泄漏量应是：液体为公称尺寸(DN)每毫米、每小时 0.4 毫升；气体为公称尺寸(DN)每毫米、每小时 120 毫升。

(3) 止回阀允许的泄漏量可增大 4 倍。

## 2.5. 美国国家标准 / 美国仪表协会标准 (ANSI / FCI) 对控制阀密封等级的分类

美国国家标准美国仪表协会标准 ANSI / FCI70-2(ASME B16.104)-2006《控制阀阀座泄漏》。

## 2.6. 欧盟标准对阀门密封等级的分类

欧洲标准 EN 12266—1—2003《工业阀门阀门的试验》第 1 部分。压力试验、试验方法和验收标准-强制性要求。

## 3. 阀门密封等级的选用

### 3.1. 国内阀门密封等级的选用

(1) 2009 年 7 月 1 日实施的国家标准 GB / T13927—2008《工业阀门压力试验》是参照欧洲标准 ISO 5208—2008 制订的。适用于工业用金属阀门，包括闸阀、截止阀、止回阀、旋塞阀、球阀、蝶阀的检验和压力试验。密封试验的分级和最大允许泄漏量与 ISO 5208—2008 的规定相同。该标准是对 GB / T13927—1992《通用阀门压力试验》的修订，与 GB / T13927—1992 相比，新增了 AA、CC、E、EE、F 和 G 六个等级。新版标准中规定“泄漏等级的选择应是相关阀门产品标准规定或订货合同中要求严格的一个。若产品标准或订货合同中没有特别规定时，非金属弹性密封阀门按 A 级要求，金属密封副阀门按 D 级要求…”通常 D 级适用于一般的阀门，比较关键的阀门宜选用 D 级以上泄漏等级。

(2) 机械行业标准 JB / T 9092—1999《阀门的检验和试验》是对 ZB J16006—90 的修订。密封试验的最大允许泄漏量是参照美国石油协会标准 API598—1996 制订的。适用于石油工业用阀门，包括金属密封副、弹性密封副和非金属密封副(如陶瓷)的闸阀、截止阀、旋塞阀、球阀、止回阀和蝶阀的检验和压力试验。目前 GB / T 9092—1999 正在修订中。

(3) 工程设计中应注意：国家标准 GB / T19672—2005《管线阀门技术条件》是参照欧洲标准 ISO 14313—1999 和美国石油协会标准 API 6D—2002 制订的。国家标准 GB / T 20173—2006《石油天然气工业管道输送系统管道阀门》是参照欧洲标准 ISO 14313—1999 制订的。GB / T 19672\_2005 和 GB / T 20173—2006 这两个标准对阀门泄漏量的接收准则均同 ISO 5208 A 级和 D 级要求。因此，工程设计中有高于其标准的泄漏量要求时，应在订货合同中给出。

### 3.2. 国外阀门密封等级的选用

(1) 前苏联对阀门密封等级分类主要是 20 世纪 50 年代应用，随着前苏联的解体，现大多数国家都不选用此密封等级分类，而是选用欧美标准的密封等级分类。欧洲标准 EN 12266—1\_2003 密封等级分类符合国际标准化组织标准 ISO 5208—2008 的规定，但缺 AA、CC 和 EE 三个等级。ISO 5208—2008 与 1999 版相比，新增了 AA、CC、E、EE、F 和 G 六个等级。ISO 5208—2008 标准给出了与 API 598 和 EN 12266 标准几个密封等级的比较。其他公称尺寸密封等级的比较可按口径计算泄漏量得出。

(2) 美国石油协会标准 API 598 是美标阀门最常用的检验和压力试验标准。制造商标准 MSSSP61 常作“全开”和“全关”的钢制阀门的检验，但不适用于控制阀门。美标阀门通常不选用 MSS SP61 检验。API 598—2004 适用于下列 API 标准制造的阀门密封性能试验：

法兰式，凸耳，对夹式和对焊连接止回阀 API 594

法兰、螺纹和对焊连接的金属旋塞阀 API 599

石油和天然气工业用 DN100 及以下钢制闸阀截止阀和止回阀 API 602

法兰和对焊连接的耐腐蚀栓接阀盖闸阀 API 603

法兰、螺纹和对焊连接的金属球阀 API 608

双法兰式，凸耳和对夹式蝶阀 AP1609

工程设计中应注意：API 598—2004 与 1996 版相比，取消了对 API 600（《石油和天然气工业用螺栓连接阀盖钢制闸阀》）的检验和压力试验。API 600—2001 (ISO 10434—1998) 标准规定阀门的密封性能试验参照 ISO 5208，但标准中表 17 和表 18 的泄漏量却同 API 598—1996 标准的规定，而不是采用 ISO5208 的密封等级分类法。2009 年 9 月 13 实施的 API 600—2009 标准中纠正了 2001 版中的这个矛盾，规定阀门的密封性能试验按照 API 598，但没有规定版本，这又与 API 598—2004 相矛盾。因此，工程设计中选用 API 600 和其密封性能试验 API 598 标准时一定要明确标准的版本，确保标准内容的统一性。

(3) 美国石油协会标准 API 6D—2008 (ISO14313—2007) 《石油和天然气工业—管线输送系统—管线阀门》对阀门泄漏量的接收准则是：“软密封阀门和油封旋塞阀的泄漏量不得超过 ISO 5208 A 级（不得有可见泄漏），金属阀座阀门的泄漏量不得超过 ISO 5208(1993)D 级，但按 B. 4 所述的密封试验，其泄漏量不能大于 ISO 5208(1993)D 级的二倍，除另有规定。”标准中注：“特殊的应用可要求泄漏量少于 ISO 5208(1993)D 级“J。”因此，工程设计中有高于其标准的泄漏量要求，应在订货合同中给出。API 6D—2008 附录 B 附加试验要求中规定了

在购方规定时制造厂要作的阀 f J 附加试验要求。密封试验分低压和高压气体密封试验，以惰性气体作为试验介质的高压密封试验将取代液体上密封试验和液体密封试验。依据阀门的类型、口径和压力级别选择密封试验，可参考 ISO 5208 标准的规定。对于长输管道 GA1、工业管道 GC1 上的阀门建议选用低压密封试验，可以提高阀门的合格品率。选用高压密封试验时应注意弹性密封阀门经高压密封试验后，可能降低其在低压工况的密封性能。应根据介质使用工况实际条件，合理地选用阀门密封试验要求，可以有效地降低阀门的生产成本。

(4) 美国国家标影美国仪表协会标准 ANSI / FCI 70-2(ASME B16. 104)—2006 适用于控制阀密封等级的规定。工程设计中应根据介质的特性和阀门的开启频率等因素考虑选择金属弹性密封或金属密封。金属密封控制阀密封等级应在订货合同中规定。根据经验，对于金属密封控制阀，I、II、III 级要求较低，工程设计中选用的比较少，通常一般金属密封的控制阀最低选用 IV 级，比较关键的控制阀选用 V 或 VI 级。某乙烯装置火炬系统的控制阀设计，选用了金属密封 IV 级要求，运行良好。

(5) 另外工程设计中应注意：API 6D 规定奥氏体不锈钢阀门密封试验时所使用的的水其氯离子含量不得超过 30ug / g，ISO 5208 和 API 598 均规定奥氏体不锈钢阀门密封试验时所使用的的水其氯离子含量不得超过 100ug / g。由于各标准要求不同，建议阀门订货合同中最好能明确密封试验时所使用的的水其氯离子含量。

#### 4. 低泄漏阀门密封等级分类标准

低泄漏阀门是指阀门实际泄漏量很小，靠常规的水压、气压密封试验已不能判定，需要借助更加先进的手段和仪器来检测的微小外泄漏。阀门的这种微小的对外界环境的泄漏称为低泄漏。目前国际上比较常用的检测阀门低泄漏的标准主要有以下三种：

(1) 美国环境保护署 EPA method 21 《挥发性有机组分泄漏检测》。

(2) 国际标准化组织 ISO 15848(工业阀门：低泄漏测量、试验及资格认定程序)。

(3) 壳牌石油公司 SHELL MESC SPE 77 / 312 《工业阀门：低泄漏测量、分级系统、资格认定程序及开关阀和控制阀的型式认可和产品试验》。

美国环境保护署 EPA Method 21 标准仅规定了检测方法而没有泄漏等级的划分，属于地方性标准法规，应用较少。国际标准化组织 ISO 15848 和壳牌石油公司 SHELL MESC SPE 77 / 312 这两个标准，对于阀门的性能，都从紧密等级、耐久等级和温度等级三个方面进行评定。紧密等级针对阀杆和阀体密封处的泄漏，分为 A, B, C 三个等级，对于 ISO 15848 标准阀体密封处的泄漏要求  $\leq 50 \text{ em}^3 / \text{m}^3$ ，而阀杆处的泄漏两个标准均是按照阀杆的直径计算的。

ISO 15848A 级密封等级最高，B，c 级密封等级同 SHELLMESC SPE 77 / 312 标准。通常低泄漏阀门的密封等级低于 B 级，而波纹管密封阀门由于在阀杆密封部位采用金属波纹管密封，其密封等级低于 A 级。

## 5. 低泄漏阀门的选用

波纹管密封阀门是低泄漏阀门中的一种。以往对阀门外泄漏等级有特殊要求的工况一般选用波纹管密封阀门，但由于波纹管密封阀 f-JJm 工难度大、技术要求高，其波纹管材料还不能完全实现国产化，成本过高，从而制约其在石化行业中大量推广使用。目前，随着人们的安全、环保意识地不断增强，与国外技术合作的增多，以及国内阀门制造厂自身技术力量不断加强，国内技术人员对于低泄漏阀门的认识也不断提高，使其应用范围在不断地扩大。对石化企业中易燃易爆、有毒介质选用的阀门如果能满足低泄漏标准，这无疑将大大降低装置中有毒、易燃易爆介质的排放量，避免因阀门外漏引发火灾、爆炸、中毒等危害生命安全的事故发生。满足 ISO15848、SHELL MESC SPE 77 / 31 标准的低泄漏阀门与波纹管阀门相比，结构简单，加工制造容易，其成本与通用阀门相比约高 10%~20%。根据前面对这两个标准密封等级的分析比较来看，紧密等级 B 级阀门的泄漏量一般就能满足某些特殊工况的低泄漏要求，加工精度要求比较容易达到，制造成本增加不多，其可以代替一部分波纹管阀门的使用。目前，低泄漏阀门对于硫化氢含量高的油气田净化系统更具有实际意义。因为硫化氢是一种剧毒、可燃气体，比空气重，能在低洼地区聚集，吸入一定浓度的硫化氢会伤害身体，甚至导致死亡，因此对这类天然气净化设施的泄漏要求更加严格。

## 6. 结束语

当选取密封等级和规定的允许泄漏量时应注意，在高压阀门中密封面间介质的泄漏会引起表面侵蚀。若是有腐蚀性介质产生渗漏，在渗漏处的金属会被腐蚀，随着渗漏缝隙的增大，渗漏量也会很快的增加，以至使阀门报废。因此，对于高压或腐蚀性介质工况工作的阀门，在保证密封性方面应提出较高的要求。在输送易燃易爆和有毒介质的管道中，阀门密封面间介质的泄漏可能会造成人身危害、经济损失甚至产生事故等。因此，对于输送易燃易爆和有毒介质的阀门，应按介质的危险级别合理地提出对密封性的要求。

任何的密封有时允许有微量的泄漏，如果此泄漏量不起实际作用时，则可认为是密封的。阀门制造的技术标准通常规定，金属对金属密封，在关闭状态下进行密封性能试验时，允许有一定的泄漏量。为了保证阀门高的密封性能，必须特别认真地研磨密封面，增加密封面上的比

压，但要小于密封面材料的许用比压，同时要提高结构的刚度。通过阀门的使用经验表明，在许多情况下，对阀门的密封性能提出过高的要求是不必要的，因为有些工况完全允许介质有微量泄漏，因这种泄漏量不足以影响阀门的使用。相反，提高这些阀门的密封性能会使制造工艺复杂化，提高成本，造成不必要的浪费。阀门本身的结构设计及制造加工对其外泄漏影响最为明显，低泄漏阀门对于阀门的阀体、阀杆和填料函等关键部件的设计制造加工要求更为严格，例如：

(1) 阀体和阀盖的质量，特别是在锻造或铸造时应避免其产生折叠、夹渣、气孔、组织疏松、隐裂纹等缺陷和成分不均。

(2) 阀杆和阀体连接处零件等的加工质量，特别是阀杆和填料函的粗糙度、阀杆的直线度、阀盖填料函孔的垂直度和加工的精度。

(3) 阀门填料函的结构选择，由于阀杆处的密封为动密封，阀杆在转动或滑动过程中填料容易磨损，需选用特制的低泄漏填料密封及填料密封组合，并严格控制填料与阀杆的间隙，填料与填料箱的间隙。

综上所述，阀门类型的选用除了满足工艺条件和标准规范外，还应充分考虑各种使用工况，工程设计中应力求选用的阀门密封等级满足安全、合理和经济的原则。