

氧化铝厂槽壁阀应用问题的分析与建议

李 伟 马兰彪 (东北大学设计研究院 (有限公司), 辽宁 沈阳 110166)

摘要: 氧化铝厂越来越多的使用槽壁阀, 槽壁阀具备不易结疤、适合含颗粒状流体以及安装灵活的优点。槽壁阀的尺寸齐全, 驱动方式可根据需要定制, 利于操作控制, 但在使用槽壁阀时应提前明确其各项使用参数, 并通过核算与供货商反馈, 再行制作阀门。在确定阀门及开孔处参数后, 须进行弓高、补强等方面的核算, 保证槽罐开孔处强度合格才可进行开孔安装, 并且焊接、探伤也须符合标准要求, 方可满足使用安全。

关键词: 氧化铝; 槽壁阀; 常压槽罐; 安装; 弓高; 开孔补强

我国是全球氧化铝产量第一大国, 国内各厂氧化铝的品质相似, 氧化铝厂的生产成本决定了其竞争优势。各厂通过两个途径来降低生产成本, 分别是提高单线产能和提高运转率。为了满足产能和高运转率的要求, 设备更新换代加快, 氧化铝专用阀门也顺势发展; 槽壁阀就是被各大氧化铝厂使用越来越多的一种氧化铝专用阀门。

1 槽壁阀在氧化铝厂的应用

氧化铝的生产中, 部分流体含有固相, 含颗粒物料输送时很容易在局部缓流区沉积或结疤, 造成管道和阀门进出口部分阻塞。槽壁阀具备不易结疤的特点, 适合在不同的常压槽罐上使用。目前含颗粒物料输送也有槽罐管嘴接 Y 型料浆阀的方式, 但是 Y 阀本身长度较长, 要求有较长的安装空间, 对于过流段较小的位置, 槽壁阀更具优势。

1.1 槽壁阀的介绍

槽壁阀顾名思义, 是在槽罐壁上直接开孔焊接的阀门。一般可分为平底出料阀, 角式出料阀, 长杆出料阀等。主要由阀体、轴承、阀柱、阀杆、填料压盖、驱动等零件组成, 阀体进出口成 45° 或 90° 角。

1.2 槽壁阀的设计制造标准^[3]

1.2.1 槽壁阀的制造标准符合

GB/T 12224 《钢制阀门一般要求》

GB/T 12235 《石油、石化及相关工业用钢制截止阀和升降式止回阀》

ASME B16.34 《Valves-Flanged, Threaded, and welding End》

1.2.2 连接尺寸标准符合

GB/T 9113 《整体钢制管法兰》

HG/T 20592 《整体钢制管法兰 (欧洲体系)》

HG/T 20618 《整体钢制管法兰 (美洲体系)》

ASME B16.5 《Pipe Flanges and Flanged Fittings》

1.2.3 压力温度等级标准符合

GB/T 12224 《钢制阀门一般要求》

ASME B16.34 《Valves-Flanged, Threaded, and welding End》

1.2.4 检验与试验标准符合

GB/T 26480 《阀门的检验和试验》

GB/T 13927 《工业阀门 压力试验》

API 598 《Valve Inspection and Testing》

1.3 槽壁阀的技术参数

公称通径: DN20-DN600

公称压力: 欧标 PN1.6-PN6.4MPa^[4]/美标 Class150-Class600

阀体材质: WCB/CF8/CF8M

1.4 槽壁阀的特点

阀瓣结构采用锥形密封面, 这种密封在一定的密封力作用下, 其密封比压较球形密封形式大, 更容易实现密封, 与平面密封结构相比较, 所施加的密封力较小。由于阀门直接接触槽内流体, 没有通过管嘴导料, 故而阀门具有流量大的特性。而阀门的密封面采用具备耐磨性能的合金, 使表面硬度 HRC ≥ 65。

槽壁阀的驱动形式可以根据工况匹配。

总结槽壁阀的特点如下:

- ①密封性能优良;
- ②耐磨损、耐冲刷、耐腐蚀、防结疤;
- ③过流面积大、流阻小;
- ④减少了管嘴段和阀门段的积料, 并具有料槽结疤的推挤功能;
- ⑤减少了一对法兰, 减少了漏点;
- ⑥所需安装空间小, 驱动装置可以多工位 (旋转 90° 或 180°) 安装。

2 使用槽壁阀需要注意的问题

由于槽壁阀是在一个弧形的槽壁上安装, 开孔后是一个圆平面, 阀门安装平面与开孔前圆弧的最长距离, 即为弓高。

2.1 弓高问题

弓高是指组成弓形的弧的中点到组成弓形的弦的垂线段。见图 1。

弓高计算公式:

$$h = r - \frac{\sqrt{4r^2 - a^2}}{2} \quad (1)$$

式中:

h- 弓高, m;

r- 槽罐半径, m;

a- 开孔的弦长, m。

通过上式可以确定知道阀门的开孔直径（即 a ），槽罐的半径（即 r ）即可以计算出开孔处的弓高 h 。

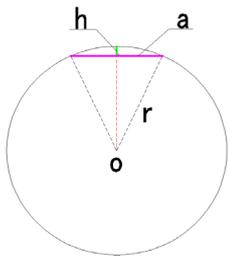


图 1 槽罐开孔处弓高示意图

根据氧化铝常用的常压槽罐直径，按 DN500 的槽壁阀进行弓高试算，得出弓高尺寸如表 1。

表 1 DN500 开孔对应不同大小槽罐的弓高表

序号	槽罐半径 r,m	DN500 阀门开孔直径 a,m	弓高 h,mm
1	1	0.670	57.78
2	2	0.670	28.26
3	3	0.670	18.76
4	4	0.670	14.05
5	5	0.670	11.24
6	6	0.670	9.36
7	9	0.670	6.24

由表 1 可知，不同大小的槽罐，安装同样大小的槽壁阀，其弓高数据差异明显。这对于阀门的安装影响显著，存在阀门在小直径槽罐壁上两侧无法焊接的情况。

2.2 阀门安装位置

常压槽罐的制作是逐圈焊接而成，由上至下随承压逐渐增加而钢板增厚。阀门安装高低不同，对应钢板厚度也不同。所以即使在同等压力规格下，也须先确定阀门安装位置，查询此处的槽壁厚度并计算出阀门出料口的所需厚度，再生产制作阀门。

2.3 阀门过流的介质及组份

阀门位置确认后，阀门的过流介质及组份则决定了阀门安装位置的液柱静压力和碱液的影响。流体密度不同，导致阀门开孔处的应力存在差异。而碱浓度的高低，决定焊缝的探伤要求不同。

2.4 开孔补强的问题

常压槽罐一般是由钢板拼焊而成，通常这类槽罐非 100% 探伤检测。开孔宜避开槽壁的纵焊缝和环焊缝，如果开孔必须位于焊缝处，对于非 100% 探伤的设备开孔处焊缝应增加局部探伤要求。

同时开孔应遵循 NB/T 47003.1-2009 标准要求，于圆筒槽壁上开孔范围：^[1]

当其内直径 $D_i \leq 1500mm$ 时，开孔最大直径 $d \leq 0.6D_i$ ，且 $d \leq 600mm$ ；

当其内直径 $D_i > 1500mm$ 时，开孔最大直径 $d \leq 0.4D_i$ ，且 $d \leq 1200mm$ 。

2.4.1 阀门荷载对开孔的应力

随着氧化铝生产线单线规模的增加，设备大型化带来了设备数量的下降，随之而来的是设备单重增加。槽壁阀随着管径的变大，自身重量也相应增加，故而开孔周边存在这样一个集中外荷载，因此开孔计算除应按标准考虑开孔补强，也应同时考虑阀门荷载引起的局部应力。

2.4.2 开孔处的补强

随着开孔尺寸增加，槽体的局部强度削弱也越大，必须对槽体局部进行强度计算，根据计算结论判定是否需要补强或加固。

2.4.2.1 是否补强的判定

壳体开孔满足下列全部要求时，可不考虑补强：^[1]

- ①两相邻开孔中心的间距（曲面间距以弧长计算）应不小于两孔直径之和的 2 倍；
- ②接管公称直径 $DN \leq 100mm$ 。

如果开孔不能满足上述要求，则需要补强或加固。

2.4.2.2 单孔补强

每个开孔的补强应遵循等面积补强的原则，即在有效补强范围内，壳体、阀门及补强元件所提供的有效补强截面积应大于或等于开孔面积面积。

开孔后补强壳体的开孔补强可按具体条件选用补强圈或厚壁管结构型式，补强圈的材料应与被开孔壳体的材料相同，且补强圈厚度一般不大于壳体厚度。

2.4.2.3 多个开孔补强

当小范围内需要近距离安装多个槽壁阀时，各孔之间的间距，建议为开孔直径 2 倍以上，尽量减少各孔削弱对槽体强度的影响，否则就需要对槽体进行联合补强计算，由单孔补强变为联合补强。

而无法达到上述条件时，两个相邻开孔的中心距小于两孔直径之和，而使其补强范围彼此重叠时，则此两开孔应在两孔中心线的平面内应采用联合补强。联合补强的总面积，要求不小于各孔单独补强所需面积之和。两孔之间的补强面积至少应等于两孔所需总补强面积的 50%。

2.4.2.4 补强面积的计算

开孔削弱所需的补强截面积：

$$A = [d_i + 2(C_1 + C_2)] \cdot \frac{p_c D_i}{2[\sigma] \phi} \quad (2)$$

式中：

- A- 所需补强面积， mm^2 ；
- d_i - 阀门出料口直径， mm^2 ；
- C_1 - 阀门出料口处厚度负偏差， mm^2 ；
- C_2 - 阀门出料口处腐蚀裕量， mm^2 ；
- P_c - 开孔处计算压力，MPa；
- D_i - 槽罐内直径，mm；

$[\sigma]$ —设计温度下槽罐材料许用应力, MPa;

ϕ —焊接接头系数。

在有效补强范围内, 可作为补强的截面积按式(3)计算:

$$A_e = A_1 + A_2 + A_3 \quad (3)$$

其中:

$$A_1 = [d_i + 2(C_1 + C_2)] \cdot \left[\delta - (C_1 + C_2) - \frac{p_c D_i}{2[\sigma] \phi} \right] \quad (4)$$

式中:

A_e —补强面积, mm^2 ;

A_1 —壳体有效厚度减去计算厚度之外的多余面积, mm^2 ;

A_2 —槽壁阀出料口外伸部分提供的补强截面积, mm^2 ;

A_3 —槽壁阀出料口内伸部分提供的补强截面积, mm^2 ;

δ —开孔处槽罐的厚度, mm^2 。

补强面积判定:

若 $A_e \geq A$, 则开孔不需另加补强;

若 $A_e < A$, 则开孔需另加补强, 其另加补强面积按式(5)计算:

$$A_4 \geq A - A_e \quad (5)$$

式中:

A_4 —有效补强范围内另加的补强面积, mm^2 。

3 问题及建议

通过第2节可知, 阀门的尺寸及重量、安装的位置等因素都对槽罐开孔处强度有影响, 为了避免阀门安装出错, 应于阀门安装前确定相关参数, 来避免问题的出现。

3.1 可能出现的问题

3.1.1 阀门出料口长度不够

阀门出料口的长度小于阀门安装处的槽壁厚度 + 焊接所需厚度, 会造成阀门的焊接不达标, 存在焊缝开裂风险。

3.1.2 开孔位置应力超标

开孔处不仅存在孔边集中应力和薄膜应力, 还有边缘应力和焊接应力; 并且开孔去掉了部分承压金属, 削弱了槽罐此处的强度, 还因结构连续性受到破坏而在开孔附近造成局部应力集中。如果槽罐钢板制造存在缺陷, 那么失效就会在开孔边缘处发生, 主要表现为疲劳和脆性裂纹。从而局部产生过量变形, 对槽罐的整体产生影响。

3.2 阀门采购的参数

为了避免出现问题, 结合前述所需注意的事项, 氧化铝平底阀按 GB/T 12235-2007 标准, 订货时采购方应和供货方明确如下参数:^[2]

表2 阀门订货数据表

阀门参数

1、阀门标准	8、最低工作温度
2、安装位置及功能要求	9、使用介质及组份
3、阀门公称尺寸	10、连接方式
4、阀门压力等级	11、焊接端形状和技术要求
5、最高工作压力	12、阀门结构形式
6、最大压差	13、阀门零件的材料
7、最高工作温度	14、其他要求

3.3 参数的反馈与校核

通过上述参数, 可以计算出开孔的槽壁是否需要补强, 也可以通过调整阀门的补强凸缘来满足阀门开孔补强要求, 同时应考虑是否满足安装和焊接要求。提前明确上述参数, 各方各负其责, 可以有效避免阀门安装、焊接及使用中的各类问题。

3.4 问题的解决

若已经出现问题, 一般问题是未考虑到槽罐因直径不同带来的弓高差距问题, 导致阀门无法凸出槽壁, 或补强凸缘过薄造成焊接无法满足要求。

面对上述问题, 则需按照第2节的方式对开孔处进行核算, 通过增加补强圈或加强阀门补强凸缘的方式进行补强。虽然问题可以解决, 但会耗费材料、人工、以及时间成本, 极不划算。预防问题比事后解决更为合理和经济。

4 结论

通过上述各方面的分析, 易得出如下结论:

①氧化铝的生产中槽壁阀由于其不易积料、安装方便等特点被越来越多的使用;

②槽壁阀在采购时须与供货方确定好相关参数;

③参数需要在阀门生产前反馈, 并通过计算确认, 方可安装;

④避免连续开孔而进行联合补强, 补强的措施和方法可确保生产安全, 但是需对阀门进行二次修改, 费时费力, 因此避免问题的发生优于事后补强。

参考文献:

- [1] NB/T 47003.1-2009. 钢制焊接常压容器 [S]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2009.
- [2] GB/T 12235-2007. 石油、石化及相关工业用钢制截止阀和升降式止回阀 [S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2007.
- [3] HG/T 20592-2009. 钢制管法兰 (PN 系列) [S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2009.

作者简介:

李伟 (1984-), 男, 汉族, 湖北孝感人, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 氧化铝工艺。

马兰彪 (1986-), 女, 汉族, 吉林公主岭人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 压力容器设计。