

# 立式锥底储罐施工焊接技术

■ 刘仲民

**摘要:** 针对锥底储罐施工焊接变形问题,从锥底储罐设计到焊接施工过程进行了阐述。通过采取合理的焊接工艺,控制了锥底空鼓和焊接变形,保证了储罐焊接质量。

**关键词:** 锥底储罐; 焊接变形; 焊接技术

2016-2017年,本公司承揽了新疆国泰新华煤基精细化工循环经济工业园一期项目罐区制作工程。该标段工程主要为储罐制作,共4个罐区,其中800 I/II(装置区)18台、900 I/II(装置区)12台、191D(酸碱罐区)4台、904I/II(中间罐区)28台,共计62台。储罐、贮槽主要有1500m<sup>3</sup>、760m<sup>3</sup>、600m<sup>3</sup>、500m<sup>3</sup>、413m<sup>3</sup>、226m<sup>3</sup>、196m<sup>3</sup>、114m<sup>3</sup>、80m<sup>3</sup>、60m<sup>3</sup>、50m<sup>3</sup>等规格。主要材料材质为S30403、S30408、S31603、Q345R等。其中有56台储罐均设计有加热盘管,还有1台为锥形底储罐。现以锥形底储罐薄蒸残渣储罐为例,探讨其焊接工艺。该锥底储罐材质为S30408不锈钢,容积是114m<sup>3</sup>,储罐加热盘管设计为规格为 $\phi 60.3\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的S30408不锈钢无缝管半管,属

于半管缠绕其锥底。锥体上端直径 $D_1=5000\text{mm}$ ,下端直径 $D_2=114\text{mm}$ ,锥高 $H=3000\text{mm}$ 。其余储罐均为圆柱形储罐。

## 1. 锥底储罐简介

锥底罐结构型式是依靠裙座支撑内锥底的(见图1),因具有良好的安全稳定性故被吸收采纳,更适应于大容积锥底储罐的要求。优点:在油气储运运行过程中,清空放空比较方便,锥底更利于排污、清洗且不易腐蚀损坏等。

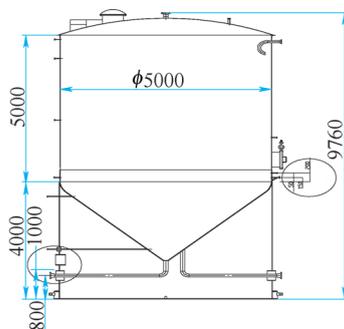


图1 蒸残渣储罐结构

## 2. 锥底罐施工的焊接技术

(1) 壁板组对焊接 跟立式圆筒形金属储罐施工倒装法圈带的提升组对、焊接完全相同。将上下各圈连接部位的组对横位置母材环焊道,要求壁板立位纵缝开 $65^\circ \sim 75^\circ$ 的V形坡口、壁板横位环纵缝开 $45^\circ \sim 55^\circ$ 的单V(K)形坡口(见图2~图4)。沿罐体壁板内外进行双面焊接,先在地面施工拼接组对焊接单元块,然后,吊装组焊,当立位置的纵焊缝焊接完毕,接着,焊接环焊缝。焊接方法为焊条电弧焊。

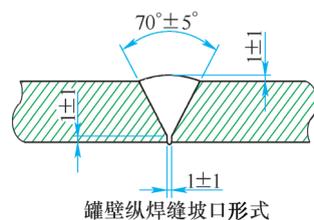
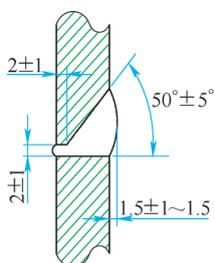
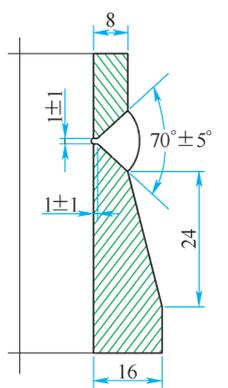


图2 焊接坡口



罐壁环焊缝坡口形式

图3 焊接坡口



16mm与8mm板组坡口形式

图4 焊接坡口

(2) 罐顶和锥底焊接 锥底罐焊接的重点在于锥底的施工，包括排版、焊接，吊装等施工工序。锥底罐底板排版设计应呈放射状，由中心积污坑向外依次为中幅板1、中幅板2，……，其圆圈数随罐体直径的增大而增加，单板呈扇形，最外圈为弓形边缘

板与壁板相连，锥底焊接焊缝布置情况如图5所示，由于罐底焊接接头密集，焊接应力状况复杂，焊接变形倾向大，且搭接接头存在缺口效应，应力集中，在储罐运行过程中，有交变载荷作用而产生根部撕裂，会造成罐体失效甚至事故。

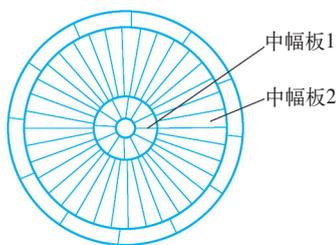


图5 锥底焊接焊缝布置图

(3) 焊接顺序 遵照施工规范和焊接施工方案：①锥底焊接原则是分段退焊，安排焊工对称等分圆周分布施焊。由外到内，先环向焊缝后径向焊缝，留足伸缩缝，然后封口，最后，再将不锈钢半管按照设计规定单元拼接、组装焊接在锥底上。②罐体焊接，先地面排版，下料，组拼焊接锥底板、壁板和顶板单元构件，然后利用液压升降装置，按照倒装法吊装，最后施工焊接。

③在焊接锥底板、壁和顶板时每

带壁板应先焊接纵向后横向、先径向后周环向、先立焊缝后横环焊缝，等立焊缝完成后，再接着焊接环焊缝，以此类推，逐步完成每一圈的壁板焊接。

(4) 焊接方法 ①锥底上面的S30408不锈钢半管拼接是钨极氩弧焊，剩余半管包括半管与锥底相焊部位的盘管角焊缝使用焊条电弧焊。②罐体、罐顶上所有的焊缝，一律使用焊条电弧焊来完成。

(5) 焊接参数 详见表1~表7。

(6) 焊接施工方案 除制订常规焊接施工方案外，应强调的是：由于锥底罐底搭接数量明显居多，存在大量T字缝焊接，锥底层壁板与弓形边缘板焊接导致纵向收缩和横向收缩使得边缘板未焊，而另一曲线边缘内未收缩而相对富裕，也就是说两曲线边缘之间的内应力平衡被破坏，导致上拱波浪变形。因此，压边板可以使用钢结构排架，也可以使用钢管加垫板进行控制。如图6~图10所示。

(7) 锥底罐盘管组装焊接 因金属储罐加热盘管预制大

表1 壁板纵焊缝焊接参数

焊层/道	焊接方法	焊条		电流/A		电弧电压/V	焊接速度/mm·min <sup>-1</sup>	其他
		牌号	直径/mm	极性	范围			
外侧1	SMAW	A102/002/022	3.2	反	80~100	18~22	80~100	打底
外侧2								盖面
内侧3								盖面

表2 壁板横焊缝焊接参数

焊层/道	焊接方法	焊条		电流/A		电弧电压/V	焊接速度/mm·min <sup>-1</sup>	其他
		牌号	直径/mm	极性	范围			
内侧1	SMAW	A102/002/022	4.0	反	120~140	18~22	140~160	打底
外侧2/1			4.0		120~140			盖面
外侧2/2			3.2		100~120			盖面
内侧3/1			4.0		120~140			盖面

表3 锥底与罐体相联结部位大角焊缝焊接参数

焊层/道	焊接方法	焊条		电流/A		电弧电压/V	焊接速度/mm·min <sup>-1</sup>	其他
		牌号	直径/mm	极性	范围			
外侧1	SMAW	A102/002/022	4.0	反	140~150	20~24	160~200	打底
外侧2/1								盖面
外侧2/2								盖面
内侧3								填充
内侧4/1								盖面
内侧4/2								盖面
内侧4/3								盖面

表4 锥底与半管相联结部位角焊缝焊接参数

焊层/道	焊接方法	焊条		焊接电流/A		电弧电压/V	焊接速度/mm·min <sup>-1</sup>	其他
		牌号	直径/mm	极性	范围			
外侧1	SMAW	A102/002	φ 4.0	反	140~150	20~24	160~200	打底
外侧2/1								盖面
外侧2/2								盖面

表5 半管与半管相联结部位对接焊缝焊接参数

焊层/道	焊接方法	焊条		焊接电流/A		电弧电压/V	焊接速度/mm·min <sup>-1</sup>	其他
		型号	直径	极性	范围			
外侧1	GTAW	ER304	2.0	正	80~100	20~24	160~200	打底
外侧2		ER304	2.0	正	85~115	20~24	160~200	盖面

表6 底板搭接角焊缝焊接参数

焊层/道	焊接方法	焊条		焊接电流/A		电弧电压/V	焊接速度/mm·min <sup>-1</sup>	其他
		牌号	直径/mm	极性	范围			
1	SMAW	A102/002/022	3.2	反	100~120	18~20	120~140	打底
2/1								盖面
2/2								盖面

表7 边缘板焊接参数

焊层/道	焊接方法	焊条		焊接电流/A		电弧电压/V	焊接速度/mm·min <sup>-1</sup>	其他
		牌号	直径/mm	极性	范围			
1/1	SMAW	A102/002/022	3.2	反	90~110	18~20	80~100	打底
1/2			3.2		90~110	18~20	80~100	打底
2/1			4.0		120~140	20~24	140~160	填充
2/2			4.0		120~140	20~24	140~160	填充
3/1			4.0		120~140	20~24	140~160	盖面
3/2			4.0		120~140	20~24	140~160	盖面

部分采用滚床卷管或制作圆弧胎具煨制管道，但由于盘管直径、材质及壁厚的因素制约，施工难度增大。采用滚床卷制的盘管圆度较差；现盘管材质为S30408不锈钢半管，不能热煨，只能冷拉制弧，加之不锈钢管强度大，效率低，为了解决锥形储罐加热盘管加工预制难的问题，制订出一

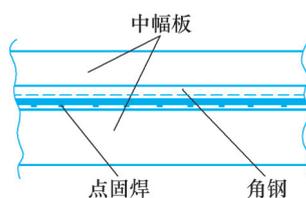


图6 刚性固定法

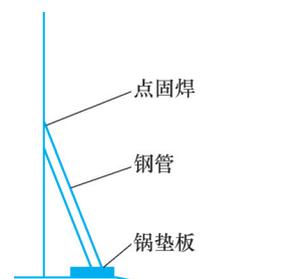


图7 T字焊缝前的工艺措施

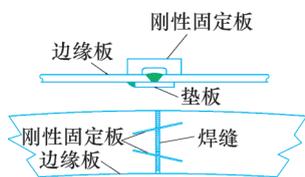


图8 边缘板纵缝刚性固定法

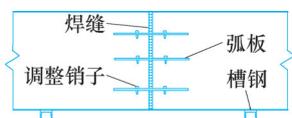


图9 立位纵缝和横位环缝刚性固定法

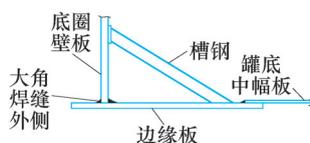


图10 T字焊缝前的固定法

种独特的立式锥形底罐加热盘管施工方法，节约了成本，降低了施工难度，有效地保证了施工质量和工艺技术要求。即：盘管预制主要是根据施工图样将锥体每一圈盘管的几何尺寸计算好，整理好数据，然后排管下料，将所有管段用序号标识清楚，最后采用卷管机按照圆锥体盘管半径进行卷制，并按顺序整齐堆放。盘管安装首先根据施工图样在锥形罐体上将每一圈盘管安装位置标记清楚，然后将预制好的盘管按照锥形罐半径从大至小的顺序依次按标记位置点焊固定，最后焊接完成。常规金属储罐加热盘管管子一般为整管，且管径一般 $\leq 50\text{mm}$ ，其焊接通常采用钨极氩弧焊。但此锥形储罐由于工艺参数要求高，故将加热盘管设计为半管，半管与罐体接触部位均形成角焊缝，故盘管与罐体的焊接必须采用焊条电弧焊，而半管拼接时出现的对接焊缝则需要采用钨极氩弧焊。

(8) 焊接操作技术 ① 不锈钢焊缝均采用焊条电弧焊焊接；立焊缝均采用多层焊，环焊缝均采用多层多道焊。多层焊每层厚度 $\leq 3\text{mm}$ ，每焊完一层应将焊道清理干净，检查无缺陷后再焊后一道焊缝。层间温度必须控制在 $200^\circ\text{C}$ 以下。② 焊接时，必须短弧操作，使用尽可能小的焊接热输入参数，即小热输入焊接，焊接时焊条摆动的宽度应在焊条直径的3倍以内。③ 不锈钢焊接为了避免熔池过热，影响接头的耐腐蚀性及晶粒长大，在焊透的基础上适当加快焊接速度，缩短焊接接头在 $450\sim 850^\circ\text{C}$ 危险敏化温度区的停留时间。采用后退起弧法起弧收弧时应将弧坑填满，并用砂轮磨除弧坑缺陷，多层焊的层间接头应错开 $30\sim 50\text{mm}$ ；要求双面焊的背面应使用刚玉砂轮磨光机清根，检查无缺陷后方可进行焊接。④ 纵缝焊接时焊条角度应向下倾斜 $60^\circ\sim 70^\circ$ ，焊条的端部要向上挑动，焊接电流要小以便控制熔池温度。不锈钢在立焊时横向收缩比平时大，焊缝间隙要预留大些，打底焊时应从上向下分段进行退焊，以保证焊缝间隙和防止变形。环缝焊接时由于上坡口温度高于下坡口，焊条在上坡口处不做稳弧动作，而是迅速带至下坡口根部做轻微的横拉稳弧动作。盖面多道焊时上一道焊缝应尽量选择比下一道直径小的焊条以防止熔池过度下垂。仰缝焊接时焊条不作横向摆动以窄焊缝为宜。熔池厚度不应太厚，以防止液态金属下坠。焊条与坡口两侧成 $90^\circ$ ，与焊接方向成 $70^\circ\sim$

$80^\circ$ ，用最短的电弧做前后推拉的动作。⑤ 每道焊缝焊接完成，焊工应仔细清理焊缝表面焊渣、飞溅、焊瘤等缺陷，对于咬肉、凹陷等缺陷应及时修补，使之符合有关焊接检验的要求。⑥ 与介质接触的焊缝应该最后施焊。不锈钢罐进行倒装时，应防止纵焊缝焊接造成的内圈壁板损伤。

(9) 焊接质量检验 焊缝的外观质量应符合图样及规范要求。所有纵焊缝、环焊缝均应遵照图样设计，进行相应的X射线检测(RT)，达到规定级别标准；锥底盘管由于其焊缝为角焊缝、半对接焊缝，无法采用射线进行检测，根据图样及设计要求对所有焊缝进行100%渗透检测(PT)。

### 3. 结语

通过新疆国泰新华煤基精细化工循环经济工业园一期项目罐区制作工程所有储罐特别是两台锥形底罐的焊接实践，以上焊接技术得到顺利实施，技术与经济效益明显，其施工焊接经验对以后同类工程可以借鉴。

### 参考文献：

- [1] 李玉坤, 孙红文, 陈晓红, 等. 大直径立式锥底罐变壁厚锥底结构设计[J]. 设计与施工, 2015(1).
- [2] 彭文山, 曹学文. 支柱支撑式锥底罐抗风及抗震稳定性分析[J]. 科学技术与工程, 2014(10).

作者简介：刘仲民，陕西建工安装集团有限公司第三工程公司。  
MW 20191028