

20000 m³ 低温储罐的建造

张林林,崔文勇

(北京化工大学,北京 100029)

摘 要:由于大型常压低温储罐存储介质的独特性,其建造工艺的要求也十分严格。本文结合某能源公司一台 20000 m³ 低温储罐(单层)建造过程,归纳了该类储罐的施工方法和技术特点,为该类低温储罐的建造提供参考。

关键词:低温储罐(单层);施工方法;技术特点

中图分类号:TQ053.2;TQ050.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1601-4837(2007)06-0034-04

Building of 20000 m³ Low-temperated Tank

ZHANG Lin-lin, CUI Wen-yong

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: For the speciality of the substance in the low-temperated tank, its buliding technology should be much strict. This paper talks about the building methods and technical charateristics of the 20000 m³ low-temperated tank, which can be reference to the design of low-temperated tanks.

Key words: low-temperated tank (single-layer); building methods; technical charateristic

随着科学技术的发展,在常压下利用低温储罐储存物料的技术日臻成熟,目前国内低温储罐的建造日益增多,常压低温储罐有许多优点:相对于球罐,因其存储压力低,安全性好;低温储罐实现了大型化,占地少,降低储存成本;其结构简单,施工容易,降低建设成本。本文以某能源公司建造的一台 20000 m³ 的液氨储罐为例,介绍该类储罐建造的技术特点。该储罐依照 API 620《大型低压储罐设计与机构》及附录 R、HG 20584—1998《钢制化工容器制造技术要求》、SH/T 3537—2002《立式圆筒低温储罐施工技术规程》等相关标准规范设计、建造、验收。

1 概况

该储罐容积为 20000 m³,罐体内径为 34000 mm,设计温度为 -45℃,设计压力为 +0.018 MPa。设备为单层,采用聚氨酯泡沫做保冷层。储罐总重

586.36 t,设计储存物料为液氨和气氨,壁板高度为 24260 mm,拱顶高度为 5990 mm,储罐总高度为 30712 mm,运行储液高度为 22112 mm。罐底板为搭接,材质为 09MnNiDR,搭接宽度均为 50 mm,中幅板板厚 10 mm,边缘板板厚 12 mm,底板铺设直径为 34200 mm,底板总重为 78 t。壁板共十圈,材质均为 09MnNiDR,壁板由第一圈至最顶圈依次为 P-1~P-9,其中 P-1~P-9 板厚 22,20,18,16,14,12,10,10,24 mm,其中 P-7 有两圈,P-9 为罐壁承压圈,壁板总重为 317.4 t。罐壁设加强圈两圈,分别安装在 14460 mm 和 20860 mm 处,加强圈环板宽度为 190 mm,立板高度为 140 mm,板厚均为 10 mm,材质为 09MnNiDR,焊接在壁板内侧,总重 5.7 t。拱顶板由材质为 Q235-A、板厚 8 mm 的拱顶中心板和 22 块材质为 09MnNiDR、板厚为 24 mm、板宽为 600 mm 的罐顶弧形边缘板组成。

为了减少脚手架工作量和高空作业机会,本储

罐采用液压顶升倒装法。所有焊缝焊接采用手工电弧焊。

2 低温罐制造工艺

按 JB 4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》有关规定进行评定。焊接方法采用手工电弧焊，评定焊接接头中焊缝金属和热影响区的低温韧性。焊接试验选 $t = 20$ mm 板材，供货状态为正火态，组织为铁素体 + 少量珠光体。

试验用母材为 20 mm 厚的 09MnNiDR 板材，符合 GB 3531—1994，供货状态为正火。其成分及性能见表 1, 2。

表 1 试验用母材的化学成分 (Wt %)

C	Si	Mn	S	P	Ni	Nb	Al
0.09	0.26	1.4	0.003	0.009	0.45	0.02	0.38

表 2 试验用母材的力学性能 (Wt %)

σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	(%)	-70 °C, A_{KV} (J)	冷弯 $D = 2t$ = 180°
395, 412, 109	505, 513, 123	30, 38, 31	109, 156, 137	合格

试验用焊材采用 W707Ni 焊条，符合 GB/T 5118—1995。其成分及性能见表 3, 4。

表 3 试验用焊材的化学成分 (Wt %)

规格 (mm)	C	Si	Mn	S	P	Ni
Ø. 2	0.07	0.31	0.89	0.007	0.014	2.75
Ø. 0	0.08	0.38	0.69	0.008	0.016	2.62

表 4 试验用焊材的力学性能

规格 (mm)	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	(%)	-70 °C, A_{KV} (J)
Ø. 2	512	627	30	73
Ø. 0	478	573	28	58

试验用母材及焊材选定后，考虑到 09MnNiDR 低温钢的焊接特点，采取下列措施：

- (1) 采用较小的线能量，焊接时采用快速多焊道以减少过热，通过多层焊的重熔作用可以细化晶粒；
- (2) 底层第一道焊接电流稍小些，避免龟裂。层间温度应控制在 100 ~ 200 °C 左右；
- (3) 适当加大坡口角度，以便增加焊道数；
- (4) 为了控制焊道每层厚度，应选用较细直径焊条 (3.2 ~ 4.0 mm)。

焊接试板经检验合格后，按 JB 4744—2000 的规

定进行力学性能试验，拉伸和弯曲结果合格，低温冲击试验结果见表 5。

表 5 焊接试样的力学试验结果

板厚 t (mm)	焊接位置	拉伸试验 σ_b (MPa)	-70 °C, A_{KV} (J)		180° 弯曲试验
			焊缝区	热影响区	
20	横焊	555, 550	161, 125, 133	227, 239, 245	无裂纹，合格
20	立焊	540, 550	103, 135, 120	239, 221, 250	无裂纹，合格

3 低温储罐建造施工

3.1 底板的安装

底板焊接要充分考虑到焊接变形因素，采用尽可能小变形量的焊接工艺和焊接顺序。根据需要，罐底安装按下列焊接顺序：中央带板 A1 带 A2 带 A3 带 A4 带 B1 带 B2 带 B3 带 B4 带 B5 带 B6 带。底板铺板顺序见图 1。

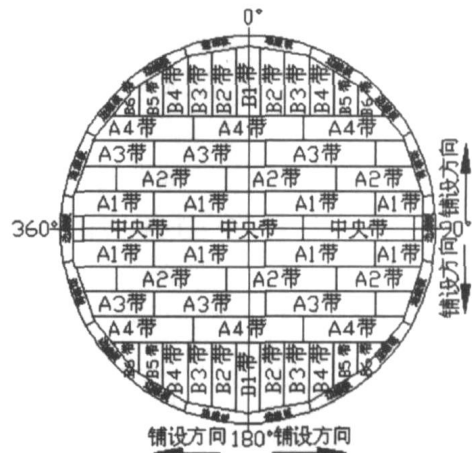


图 1 铺板顺序图

在焊接中幅板时，应由中心向四周焊接短焊缝，再焊接长焊缝。短焊缝第一道采用退焊法；长焊缝第一道由中间向外 400 mm 左右的长度进行跳焊，第二道仍采用跳焊法，但应注意避开焊接接头；焊缝距边板 600 mm 段做封闭焊缝处理，再焊接。

壁板与底板之间的大角缝由两组工人，在罐内外沿同一方向同时分段焊接，为了减少热输入，罐内焊接的焊工超前约 500 mm，大角缝第一道采用跳焊或退焊法。

3.2 壁板的安装

此次罐体壁板安装，因其位置在海边，风大，不适合用气吹倒装法施工，故采用液压提升倒装法施

工。经过现场实际施工验证,此施工方法质量好,操作简单方便,施工进度快,安全可靠,施工成本低。

壁板组对:相邻两壁板的定位以检查线为基准,壁板的上口水平度测量以上口检查线为基准。壁板

的垂直度利用临时斜支撑进行调整。以两检查线的平行间距为基准,调整壁板组对的立缝,如图2所示。

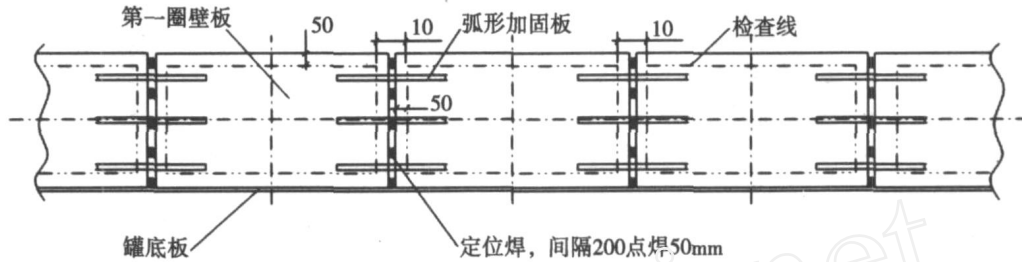


图2 壁板调整示意

壁板安装要求:

(1) 按壁板安装内半径,在罐底板上划出圆周线及顶圈每张壁板的安装位置线,并在安装圆内侧100 mm画出检查圆线,做出标记;

(2) 壁板组装前,应逐张检查壁板预制质量,合格后方可组装,需重新校正时,应防止出现锤痕;

(3) 组装壁板前,在安装圆的内侧焊上挡板,挡板与壁板之间加组对垫板,在纵缝施焊前将所有垫板抽出;

(4) 壁板相邻两壁板上口水平的允许偏差为2 mm,在整个圆周上任意两点水平的允许偏差为6 mm;

(5) 壁板的铅垂允许偏差为3 mm;

(6) 各圈壁板内表面应齐平,壁板组对时,错边量应符合下列要求:

1) 纵向焊缝错边量:当板厚小于或等于10 mm时,不应大于1 mm;当板厚大于10 mm时,不应大于板厚的1/10,且不大于1.5 mm;

2) 环向焊缝错边量:当上圈壁板厚度等于或大于8 mm时,任何一点错边量均不得大于板厚的1/5,且不大于3 mm。

(4), (5), (6) 各项在壁板安装过程中经检查,结果全部合格。

壁板焊接:罐子每带有11道纵缝,由11名焊工同时施焊。打底焊采用 $\varnothing 2$ mm焊条由下向上跳焊,填充盖面焊道和封底焊道应根据每带壁板厚度采用 $\varnothing 2$ mm或 $\varnothing 4.0$ mm焊条焊接。采用单面坡口型式,正面填充层焊接完后,在背面清根、打磨后焊接封底焊道,最后再焊接盖面层。壁板环缝分成11段,由11名焊工沿同一方向同时施焊,焊接方法

及坡口型式与纵缝相同。

3.3 罐顶的安装

拱顶骨架安装:先安装罐顶中心圈立柱,然后按 $0^\circ \sim 180^\circ, 90^\circ \sim 270^\circ$ 对称吊装已预制好的拱顶骨架,并用螺栓连接。拱顶骨架吊装完毕,并检查组合尺寸合格后,对称分区焊接骨架。

拱顶板安装:拱顶骨架焊接完后,安装拱顶板。拱顶板采用扇形板,以方便安装。缺点是这样排板比较废料。

平吊顶板安装:顶骨架及承压圈安装完后,搭设平台、脚手架至安装平吊顶板高度。在脚手架上组对板和角钢圈,平吊顶边缘板不组装,留作液压顶升装、工机具设备、人员进出通道,待平吊顶边缘板不影响液压顶升装正常工作后,再安装边缘板。吊顶板吊架、角钢圈预制安装于顶骨架上。

4 检验检测

大型低温罐的检验、检测方法主要有:X射线无损检测、真空试漏和水压试验三种。罐顶、罐底、大角缝及罐壁板的焊接等重要工序,需在焊接完成后立刻开展检验检测工作。

钢板的检查:所有低温钢板应逐张进行超声波探伤,并应符合JB 4730—94中规定。

焊缝的外观检查:符合API 620《大型低温焊接储罐设计与结构》、HG 20584—1998《钢制化工容器制造技术要求》、SH/T 3537—2002《立式圆筒形低温储罐施工技术规程》中的要求。

壁板检查:壁板焊接完毕后,进行外观尺寸检查,结果都在要求范围内。罐壁A类、B类焊缝按

焊接工艺评定进行 X 检测,一次合格率 98% 以上(按拍片总数记)。

大角缝检查:采用 100% 磁粉检查,全部合格。

底板检查:底板焊接完毕,搭接焊缝进行 100% 真空试漏检测。罐底板所有焊缝焊接完毕后,清扫底板,清除临时焊件并打磨焊疤。用真空箱进行真空试漏试验,方法如图 3 所示,经检测,结果全部合格。

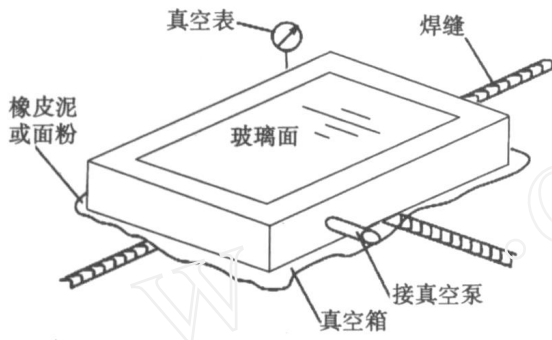


图 3 真空箱真空试漏试验

水压试验:

(1) 水压试验时进水不超过每小时 500 mm H₂O 水柱,充水分阶段进行,分别在 1/2, 3/4 高度时停止充水,观察 24 h,基础沉降量均未超过允许不均匀沉降量。继续充水至水压试验高度(22100 mm),停止进水,观察 48 h,检查基础沉降量,结果合格。

(2) 组焊锚板连接头,锚板组焊经检验合格。封闭放空口继续缓慢进水,罐顶压力达到 0.018 MPa (G) 时停止进水,并对罐顶焊缝进行检查。罐顶无异常变形,焊缝无泄漏为合格。

(3) 气密性试验合格后,用放水方法进行稳定性

试验。试验时应缓慢降压,达到 - 50 mmH₂O 水柱时,罐顶无异常变形为合格。试验后,立即打开放空口,使罐内压力恢复到常压状态。

试验工作结束后,将罐内试压水放净,待罐内完全风干后,开始安装密封装置,对储罐进行保冷工作,最后对罐体充氮气保护。

5 结论

由于常压低温立式圆筒型储罐相对于其他的储存设备有其独特的优越性,因此国内外兴起建造低温储罐。本次低温储罐的成功建造,说明我国有能力设计、建造低温储罐,为国内各单位今后建造该类低温储罐提供了参考经验,同时也说明国内生产的低温钢材和焊接材料能够满足大型低温储罐的建造要求。

参考文献:

- [1] 王厚军. 09MnNiDR 2000 万 m³ 丙烷低温储罐的焊接[J]. 石油工程建设, 2002, (10): 37 - 40.
- [2] 彭京旗. 大型 LNG 低温储罐施工技术[J]. 石油工程建设, 2005, (8): 37 - 40.
- [3] 贺贵仁. 低温罐现场主体安装工艺[J]. 石油工程建设, 2005, (10): 30 - 33.
- [4] 董新. 液化气低温罐及其施工技术[J]. 石油工程建设, 1996, (5): 37 - 40.

收稿日期: 2006 - 12 - 25 修稿日期: 2007 - 04 - 16

作者简介: 张林林(1980 -), 男, 硕士, 研究方向为大型储罐的抗震研究, 通讯地址: 北京化工大学 351 信箱。

(上接第 53 页)

对封头内表面边缘进行数控车床的机加修整, 来扩大内径, 满足设计图纸的要求。总之, 利用封头冲压后的二次加工可以达到封头冲压后所不能直接达到的效果, 在生产实践上可以发挥不小的作用。

7 结论

在国家建设节约型和创新型社会的精神鼓舞下, 通过对大容量电站锅炉锅筒 SR892 × 152.4 厚壁

球缺封头常规产品成熟制造工艺的推陈出新, 成功地完成了首次大容量电站锅炉锅筒厚壁球缺封头直接压制的技术创新, 进一步降低了 SA299 钢板材料消耗, 为今后制造类似封头提供了参考和借鉴, 具有明显的经济效益和社会效益。

收稿日期: 2007 - 04 - 29

作者简介: 袁承春(1965 -), 男, 高级工程师, 长期从事电站锅炉和石化容器制造工艺工作, 通讯地址: 哈尔滨市香坊区三大动力路 309 号, 哈尔滨锅炉厂有限责任公司工艺处。