

立式钢质浮顶原油储罐冬季焊接施工中的质量监控

——天津南疆油库储罐工程罐体施工

吴世东, 袁光碧

(中石化工程质量监督总站管道储运分站, 江苏 徐州 221008)

摘 要: 阐述了中国石化华北管网天津南疆油库 6 台 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 储罐工程建设中罐体冬季焊接施工中的质量控制。工程采用国内新开发的钢材 (12MnNR 12MnNR—SR), 材料在市场的长久安全使用才刚刚开始, 在大型储罐冬季焊接施工中则是第一次应用。工程施工过程跨越整个冬季, 新型钢材在冬季焊接施工是否可行是问题的关键。石化工程质量监督总站管道储运分站严格事前、事中监控, 目标明确、措施到位, 探索了在华北地区冬季采用 12MnNR 12MnNR—SR 钢材建造大型储罐的实践, 为国产钢材在冬季建造大型储罐提供了借鉴。

关键词: 浮顶原油储罐工程; 新材料; 冬季焊接; 质量监控

文章编号: 1006-5539(2009)02-0054-04

文献标识码: B

大型原油储罐建设施工中的质量监控, 特别是罐体焊接施工中的质量控制, 始终是工程建设各方监控管理的重点。储罐建设中的罐体焊接施工, 一般尽可能安排在每年的 4~10 月初; 从 10 月初~11 月中旬则为储罐充水沉降观测试验时间, 也就是说, 罐体焊接施工的时间并不在冬季, 这使焊接质量控制就较为容易, 避开雨天或相对湿度过高的时间段即可。但天津南疆油库储罐工程因整个罐区的地基处理非常复杂, 经历了真空预压排水、每罐 1 290 棵预应力管桩的压入等桩基工程及应变检测^[1], 罐基础交工时已是 11 月底。在天津地区 12 月初的气温最低已降到 -5°C , 接近土建专业中的冬季施工阶段。由于天津南疆储罐工程罐体组焊的开工时间已是深秋, 大规模的开焊工作就正好赶上冬天, 处理好冬季施工的技术难点就成了按期保证任务完成的关键。

1 该工程概况及特点

天津一体化项目原油储运配套工程南疆储罐工

程是“十一五”期间国家重点建设项目。该工程位于天津市天津港南疆油库, 由 6 台 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 储罐和相应的管道、电气、仪表和消防设施组成。罐为双盘浮顶结构, 储罐内径为 80 m, 罐壁高度为 21.8 m。储罐材质, 部分为高强钢 (12MnNR 12MnNR—SR), 是国产新钢材, 其相对应的焊接材料国外进口; 低合金钢 16MnR 板材及型材与低碳钢 Q235B 等也为国产钢板, 其相对应的焊接材料为国内焊材。单台储罐的重量约为 1 900 t。

该工程的特点是在集中的安装时间内工作量大, 单台罐的罐壁焊缝总长度约为 2 450 m, 罐底焊缝总长度约 2 230 m, 因主体的焊接跨年度进行, 受到冬季施工条件的制约, 而高强钢本身对焊接环境的温度要求十分严格, 因此增加了施工难度。

有利条件是以自动焊焊接工艺为主, 采用先进装备; 并用数控龙门机切割保证板材的下料及坡口加工的精度, 为自动焊焊接质量控制创造了前提。同时强化工厂化加工预制, 对罐壁板的下料、卷板、浮顶组件、护栏加工等进行工厂化预制, 减少现场安装量。

收稿日期: 2007-08-17

作者简介: 吴世东 (1956-) 男, 山东潍坊人, 工程师, 大专, 主要从事石油化工工程质量监督工作, 电话: (0516)

83454720

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2 施工前期准备工作的质量监督控制

施工正式开始前,质量监督部门主要是全面检查新钢材质量,检查面对冬季施工各方的技术准备工作,包括建设单位应做的技术准备工作。在施工前期的技术保证措施中,主要抓了以下几点:

a 在完成大量焊接模拟试验的基础上编制《新疆油库罐区原油储罐冬季焊接施工防护方案》;提请建设方组织召开《新疆油库 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 储罐冬季焊接方案论证会》,邀请同行及国内焊接专家对上述方案进行评审。管道储运分站监督组对此过程进行确认,并对专家组评审通过的方案和提出的具体意见的落实,施行巡监检查。

b 认真监督进场材料的报验。根据设计文件及钢板订货技术条件的要求,对所到材料进行了外观和力学性能检验^[2](高强板 100%检查)。对不合格的钢板(30张,占 3%)全部进行了退场处理。

c 完成对钢板(12MnNR)进行焊接及气电立焊验证性能试验,要求 RT 射线检测结果达到 II 级合格,力学性能检验结果要全都符合设计要求方可。试验确定了焊接电流、焊接电压、焊接速度、层间温度^[3],保证了焊接线能量 $< 100 \text{ kJ/m}$ 。

d 完成所有焊接工序的工艺评定。根据焊接位置、材质、厚度、焊接方法和焊接试验及气电立焊验证性能试验的结果,确定和完善所有焊接工序的焊接工艺评定,确定不同焊接对象的工艺参数,落实焊接要求不同的一系列作业指导书;作业指导书全部报监督组备案,共计 15 件;监督组将作业指导书的执行列入工程质量巡检的重要内容。

e 严格焊工培训及考试取证,保证有足够数量的合格焊工^[4];焊材准备充足,质量证明文件齐备。

监督组将这些准备工作的落实,列入工程质量巡检抽查的内容;并提前告知上述抽查是随机的。

f 监督做好产品焊接试板工作。产品焊接试板在焊接工艺评定试验结果合格后进行,且与现场焊接同步完成;产品焊接试板的数量,除气电立焊外按各种焊接位置、焊接方法至少各一块;所有试板严格执行焊接工艺纪律,焊接试件全部合格符合设计文件要求。

g 监督做好焊道保温长度确定的模拟试验。冬季焊接施工防护方案中为了确定焊道保温长度,在监督组的监督下模拟现场试验:选用一定规格的试验钢板——焊接方式为埋弧自动焊(SAW)——焊接速度执行施工方案——测量焊前的环境温度——各层焊后测温控制在允许范围——焊后一定时间,再测起始焊的温度并控制在允许范围内——降温速度要合理——降到环境温度,控制降温速度。综合试验数据,确定焊后保温长度每个横焊机需准备 3 个耐火保温毡条(岩棉制品)。

3 抽查焊接施工既定程序是否执行到位

焊接施工有八大主要程序^[5]:总的焊接施工程序;罐底边缘板的焊接程序;罐底中幅板的焊接程序;罐底边缘板与中幅板之间的龟甲缝焊接程序;罐底边缘板与罐壁之间的大角缝焊接程序;壁板立缝的焊接程序;壁板环焊缝焊接程序;浮顶焊接工艺程序等。各程序必须选用对应的焊接工艺(有评定编号)及焊接工艺参数。

举例如下:

一是罐底边缘板与罐壁之间的大角缝焊接;焊接程序,见图 1。

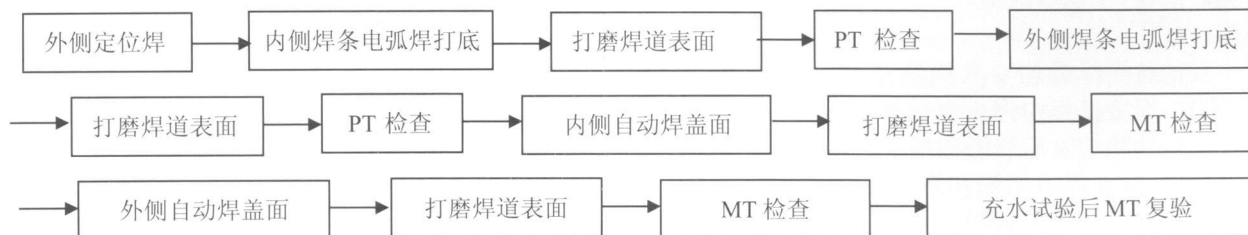


图 1 焊接程序

焊缝坡口及焊缝尺寸,见图 2。

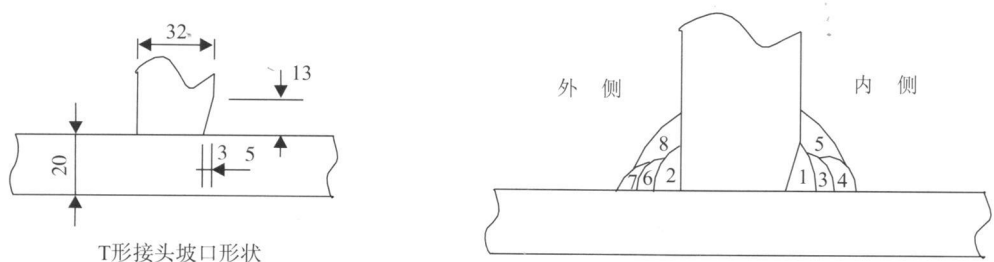


图 2 焊缝坡口及焊缝尺寸

焊接工艺参数见表 1。

表 1 焊接工艺参数

焊接方法	焊接层次	焊条(丝 剂)牌号	规格	电流 /A	电压 /V	焊接速度 / (mm·min ⁻¹)
焊条电弧焊	1	LB-62UL	φ 4 0	130 ~ 190	25 ~ 30	8 ~ 15
焊条电弧焊	2	LB-62UL	φ 4 0	130 ~ 190	25 ~ 30	8 ~ 15
埋弧焊	3 ~ 5	US-40/MF300	φ 2 4	350 ~ 500	28 ~ 40	25 ~ 40
埋弧焊	6 ~ 8	US-40/MF300	φ 2 4	350 ~ 500	28 ~ 40	25 ~ 40

二是壁板纵缝的焊接:
焊接程序, 见图 3

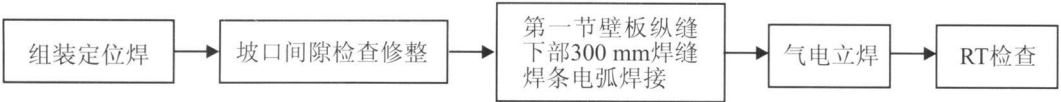


图 3 焊接程序

各圈选用焊接工艺评定编号及焊接工艺参数见表 2

表 2 焊接工艺评定编号及焊接工艺参数

立缝编号	选用的焊接工艺评定号	焊接部位	焊接层次	焊接方法	焊丝牌号	规格	电流 /A	电压 /V	焊接速度 / (mm·min ⁻¹)
第一圈	0669 EV- BV	外侧	1	EGW	DW S- 60 G	φ 1 6	300 ~ 400	34 ~ 40	10 ~ 14
		内侧	1	EGW	DW S- 60 G	φ 1 6	300 ~ 400	34 ~ 40	12 ~ 16
第二圈	0668 EV- BV	外侧	1	EGW	DW S- 60 G	φ 1 6	300 ~ 400	34 ~ 40	8 ~ 15
		内侧	1	EGW	DW S- 60 G	φ 1 6	300 ~ 400	34 ~ 40	8 ~ 15
第三圈	0667 EV- BV	内侧	1	EGW	DW S- 60 G	φ 1 6	300 ~ 400	34 ~ 40	6 ~ 12
第四圈	0678 EV- BV	内侧	1	EGW	DW S- 60 G	φ 1 6	300 ~ 400	34 ~ 40	8 ~ 15
第五圈	0666 EV- BV	内侧	1	EGW	DW S- 60 G	φ 1 6	300 ~ 400	34 ~ 40	10 ~ 15
第六圈	0665 EV- BV	内侧	1	EGW	DW S- 60 G	φ 1 6	300 ~ 400	34 ~ 40	10 ~ 15
第七圈	0338 EV- BV	内侧	1	EGW	DW S- 43 G	φ 1 6	340 ~ 360	35 ~ 37	13 ~ 14
第八圈	0390 EV- BV	内侧	1	EGW	DW S- 43 G	φ 1 6	340 ~ 360	35 ~ 37	13 ~ 14
第九圈	0390 EV- BV	内侧	1	EGW	DW S- 43 G	φ 1 6	340 ~ 360	35 ~ 37	13 ~ 14

焊接方法必须做到:

第一圈纵缝焊接起弧时, 在起弧处上下 50 mm 高度和焊缝中心线两侧各 100 mm 范围内, 采用液化气焰进行预热, 其预热温度为 100 ~ 150℃。一侧焊完后清根, 个别熔透不好的部位, 采用气刨清根后补焊。

其他各圈纵缝均要求预热, 预热温度达到 100 ~ 150℃; 焊接过程中停止而重新起弧时, 接头用碳弧气刨将缺陷清除后修磨磨槽^[6], 并用焊条电弧焊焊接填满, 保证焊道始端和终端的质量。焊前先在壁板顶上点焊两块熄弧板。第一、二圈纵缝焊接分两次成型; 第三至九圈纵缝从外侧进行焊接且一次成型; 三台焊机沿周向对称分布, 朝同一方向自下而上进行焊接; 第一、二圈纵缝双面焊的对接接头在背

面焊接前用磨光机打磨清根, 然后进行 PT 检测。

这些程序是否很好得到贯彻实施是监督组巡检的重要内容, 并做好巡检抽查记录。

4 冬季焊接施工过程中的巡查防护措施

为保证南疆油库按期建成投用, 必须处理好冬季施工的技术难点, 作为监督单位主要是检查专家组的意见在焊接施工中的落实情况及对岗位责任制的细化。在超过 GB 50128—2005 “5.4.6条”^[7]规定的环境中, 如不采取有效的防护措施, 不应进行焊接。根据专家组的意见是 12 MnNMR 钢板的焊接, 环境温度低于 -5℃时, 必须在预热和焊后保温

缓冷上采取一定措施,要使整个焊接过程的“预热、缓冷”完全处于受控状态:

a 对于罐底边缘板焊接,根据焊道焊接位置搭设局部防护棚,防风、防雨;采用保温棉遮盖,全程连续跟随保温;

b 对于纵焊缝的防护,将纵焊缝小车完全封闭,焊接对侧配以加热器来保证焊接施焊小环境温度;

c 横缝焊接在 -5°C 以下时,可增加焊接线能量,具体焊接工艺是:横焊车采用:全封闭,能够保证小车内焊接所需的施焊环境。焊枪前有 1 部同步行走的预热枪头,当预热效果差时采取 2 部预热枪头进行加热,保证预热温度不低于 100°C ;

d 对于第 1~3 节壁板纵缝和 1~3 节环缝的焊接,增加无损检验手段,由 100% UT 和 100% MT 复查。在充水试验后,对罐底角焊缝及开孔接管、底圈壁板增加 UT/MT 检测;

e 对岗位责任制的细化是:每岗焊工增加测温笔随时检测;附件在施焊过程中须随带符合要求的焊条保温筒;引弧应在焊道内侧,严禁在焊道以外的部位引弧;间隔焊的焊缝和间隔长度应均匀;罐底中幅板的焊接,焊接全部采用气体保护焊打底,然后添加碎焊丝进行埋弧自动焊盖面;埋弧焊两端预留的 200mm 焊缝待根部焊道检测合格后,用焊条电弧焊焊接完成;

f 12MnNVR 钢板之间及 12MnNVR 与 16MnR 之间的焊缝应在焊接完成后至少间隔 36 h 才能进行无损检测。

5 焊接角变形控制措施的质量监督

主要抽查控制方案在焊接组对各工序的落实:

a 罐底边缘板角变形的控制,主要控制方法为罐底边缘板采取反变形,组对时焊缝做反变形,焊后达到平直;

b 罐底中幅板装配和焊接的顺序控制,罐底中幅板敷设要首先确定中心位置,然后敷设通长板,再敷设纵向板,依此顺序敷设。采取无背杠的组装工艺,焊接程序为先短后长的焊接顺序,控制收缩量大的先进行焊接,收缩完成后以达到应力释放,再进行通长焊缝组对,从中心向边缘依次进行的焊接;

c 罐壁纵向焊缝角变形的控制,坡口形式决定罐壁角变形的大小。双面焊接的坡口形式无须采取反变形控制,单面焊接双面成型的纵向焊缝,采用向坡口外向做反变形组对;

d 浮顶焊接变形的控制,组装浮顶底板敷设完毕后,自第三仓开始组装,依次进行二、四仓组装,焊接从第三仓开始,先焊接立焊缝,再焊接间断焊缝、底板焊缝。

6 结论

通过施工我们认为国产新材料 (12MnNVR) 钢板的可焊性较好,但也有以下欠缺:

a 在材料理化检验时,如做弯曲试验就发现强度不均匀;

b 内应力比较大,下料、喷砂、卷板、焊接中均出现过不均匀变形;

c 内应力沿板位置分布不均,卷板中发现板不同位置应力不一。

但上述问题出现的变形参数均在 GB 50128—2005《立式圆筒形钢制焊接油罐施工及验收规范》允差范围之内。

天津南疆油库储罐工程的投产成功,工程质量监督方在其中起到了桥梁和纽带作用。在工程建设中不但对参建各方主体的质量行为和工程实体质量进行了有效监督,更重要的是经监督方的协调,是各方的质量理念达到了统一。应该说这是建设、监督、监理、施工四方目标一致、步调一致,认识高度统一的结果。通过第三方 (中国化学工程第一岩土工程有限公司) 对 6 台罐充水沉降观测^[8],技术报告中各项受控参数均在设计文件要求范围之内,整个焊接施工,经第三方检测结论是一次合格率达到 96% 以上。可以说,本工程的顺利完成,为国产钢材在冬季建造大型储罐提供了可借鉴的经验。

参考文献:

- [1] SH 3528—2005 石油化工钢储罐地基与基础施工及验收规范[S].
- [2] GB 50341—2003 立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范[S].
- [3] 李亚江,刘 强,王 娟.焊接质量控制与检验[M].北京:化学工业出版社,2006 36-38
- [4] 徐至钧,燕一鸣.大型立式圆柱形储液罐制造与安装[M].北京:中国石化出版社,2003 152-168
- [5] SY/T 0606—2006 现场焊接液体储罐规范[S].
- [6] SH/T 3530—2001 石油化工立式圆筒形钢制储罐施工技术标准[S].
- [7] GB 50128—2005 立式圆筒形钢制焊接油罐施工及验收规范[S].
- [8] SH/T 3123—2001 石油化工钢储罐地基充水预压监测规程[S].