

立式原油储罐施工质量控制

汤立群（中海油石化工程有限公司，山东 济南 250014）

摘要：原油储罐施工质量关系项目投产后的长期、稳定、可靠的运行，项目实施期的任何质量隐患及问题，都对生产相关人员的安全和环境产生影响，所以项目实施期的质量控制重要性不可忽视。本文章重点对原油储罐材料进场验收预制、基础复测、焊接、充水试验等几道关键工序，从“人、机、料、法、环”等角度对质量控制进行浅析，结合案例简述储罐安装工程易出问题的点及质量控制方法、措施，在减少质量问题的同时，发现问题及早暴露、解决问题。

关键词：焊接；基础复验；充水试验；裂纹；原油储罐

1 材料进场验收

材料的进场应从外观质量、技术文件两项内容进行检查，所有主材、板材均应有质量证明文件，且在材料钢板上应有清晰的产品标识，根据相关标准及采购文件核对产品制造信息，如材质、规格、厚度、供货状态、防腐要求等，同时是否需要复检及抽检比例也应明确。不合格拒绝接收。

1.1 甲供材问题

涉及甲供材产品时，施工单位或总包单位也应执行验收程序，若材料在领用接收并办理手续后发现质量问题，其也有不可推卸的责任。

案例：在检查某石油储运项目储罐施工时发现，储罐第一层壁板内侧存在严重锈蚀坑，经了解，该块板材为建设单位于前些年使用剩余材料，存在库中锈蚀严重，施工单位在未进行检查前情况下使用，由于该块壁板接管补强，进行热处理，硬度要求检测，经现场使用硬度仪检测，其硬度不满足设计要求，故对整板进行了替换。

涉及甲供材不合格品应做好以下几点：①及时通知业主和监理，配合甲方联系供货商退换货；②不合格材料应及时停止工序施工及材料的使用，标识好进行隔离；③已形成的半成品或安装好的产品，应进行评审，提出处置措施，必要时联系设计单位进行复核，按照意见进行返修、返工、降级使用直至报废。

1.2 储罐材料预制要求

根据 GB50128-2014《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》要求，壁板的管制垂直方向用直线样板检查，水平方向用弧形样板检查，间隙均有严格要求；在壁板组装焊接后其焊缝位置还应用样板对环缝与纵缝棱角进行检查。

案例 1：某油库项目 5000m³ 储罐壁板预制后边缘

弯曲不均、变形严重，焊缝局部棱角度达到 25mm，储罐在充水预压试验时底板与壁板角焊缝、壁板连接纵缝、环缝均发生漏水。



案例中，从材料验收预制与安装角度分析，方案执行的随意性，壁板的预制、辊板，壁板边缘弯曲不均、焊缝棱角度超标均是导致储罐变形要因，最终导致严重的质量问题，施工人员不得已将储罐下部壁板切割，重新订货、验收、预制、组对焊接，对经济、进度、质量、费用均产生了较大影响。

关于规范中对壁板辊板与焊缝棱角度检查的要求是基于储罐受力与现场实践中对应力控制经验的结合，防止壁板边缘弯曲不均匀、局部应力过大、储罐变形、充水后发生泄漏等质量问题，除此之外，施工单位在方案及现场还有更细致严格的要求，如辊板不少于 3 次等，目的均要保证储罐受力均匀，防止截面突变、焊缝棱角过大。

2 基础复测

基础复测工序是由土建转入安装工作的标志，同时也是安装人员对土建施工的一次验收，对于现场质量管理人员来说，应加以重视，经常在项目检查中发现，现场人员对该工序较为忽视。

根据规范要求，储罐安装前，必须进行基础复验，且需要有基础施工记录、验收资料，合格后进行下一步工序。对于相关记录表格，在 GB50128-2014《立

式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》及相关石油、石化交工规范中有明确的版式、填写及验收要求。

2.1 数据造假

现场施工中，工程师及资料员往往不会关注记录里数据的关系，存在编造数据、不符合规范要求的数据未经确认即填写。

2.2 基础复测记录表格使用问题

以储罐基础允许偏差复测记录为例，该记录在GB50128与SH3503两本规范中均有提供，SH3503中包含两项，内容更加全面合理，与规范要求的测量检查更加贴合，故在储罐基础复测时优先推荐使用SH3503中的表格，经常有项目施工人员反馈使用GB50128规范中的基础复测表格还需要对记录进行修改，如给出的标高差表格格数较少，达不到规范要求的测点数等等。

2.3 按照标准要求检查记录

以环梁基础为例：环梁要求10m弧长内任意两点高差不大于6mm，整个圆周长度内任意两点高差小于等于12mm。沥青砂层凹凸度也应控制在规范要求数值内。这里需要注意的是，规范中仅要求沥青砂凹凸度的记录根据储罐直径划圆周设每圈测点数目（GB50128-2014表5.2.2），并未对环梁如何取点要求，我们一般在执行过程中，将环梁划线及设点数目也按照GB50128-2014中表5.2.2要求进行计算取点并记录在表格最外圈一栏中。

案例2：某项目10万立原油储罐建造，储罐直径80m，环梁基础，经检查，该施工单位存在如下问题：

①记录中多处实测点与计算点高差超过12mm，要求其核实整改；②环梁10m内任意两点高差超过6mm，圆周内任意两点高差超过12mm。

由此可见，记录与验收资料的重要性，对实体工程起到补充、提醒的作用，同时，从资料完整性、后期的检修、检查等工作起到决定性作用。应该加强项目管理、技术人员对技术及验收资料的认识，加强理解每张记录、每份验收材料的意义。

3 组对与焊接

3.1 壁板的焊接

储罐壁板的纵缝在储罐投料后承受载荷较大，在施工期间对纵缝受力也应重视，受焊接人员技术水平的影响，若焊缝质量控制不到位造成其拘束力较大，不利于后期储罐的运营使用，对于较大原油储罐，根据计算与分析，约在罐壁以上 $2\sqrt{RT}$ 处应力最大，

而下部的壁板控制不到位易导致上部壁板受力不均，故对壁板焊缝焊接应提起重视。

案例1中储罐的变形从焊接角度分析，其焊接线能量、组对间隙控制不到位，焊缝收缩不均匀，导致焊缝棱角度过大，从而影响储罐充水预压试验时漏水，下面从施工过程中焊接问题分析该储罐最终变形及漏水的可能成因。

案例3：该储罐在安装过程中壁板组对间隙不一致，存在局部未留间隙、局部预留间隙过大等现象，局部间隙超过5mm，不符合规范要求，同时也不符合焊接工艺规程要求的2mm。

组对间隙的不一致，易导致焊接过程中出现未焊透、未融合等质量问题，同时，由于焊道崎岖，也会致使焊接能量释放不均匀，收缩量不一致，导致应力集中，严重者易导致储罐变形、焊缝棱角超标、热影响区母材力学性能较差等问题。

案例4：储罐壁板环向焊缝成型较差，初层及填充焊道存在裂纹、气孔等缺陷。

该问题是由于焊接作业人员未严格执行焊接工艺规程要求，焊接线能量过大，焊前未进行除锈、预热等焊接准备工作，加之焊接前下过雨，湿度较大，直接导致焊缝缺陷，影响焊接质量。

以上问题仅是检查过程中发现的比较有代表性的焊接质量问题，更多的问题导致该台储罐在焊后的充水试验中整体验收的漏水、不合格情况。所以焊接时应严格按照标准规范及焊接工艺执行。

再来看一个壁板环缝层间焊接质量控制不到位的案例。

案例5：对某项目五万立储罐检查时发现，第一圈壁板环缝内侧填充焊后存在密集气，且焊接过程中对坡口焊缝两侧除锈不彻底。

对于该问题，是典型的焊前施工准备不足导致的，具体有以下几点：

①对风速、温度、湿度等环境参数进行监测不足且未采取有效的防护措施；②焊接前未对焊缝坡口进行打磨除锈，存在锈蚀、氧化皮等情况；③层间未进行预热，焊缝收缩温度控制不好。



3.2 壁板与底板的角焊缝质量

壁板与底板角焊缝受力较复杂,且无法进行 RT、UT 检测,该位置的焊缝在施工中尤为重要,除了保证焊缝的圆滑过渡,还应对焊缝每层焊接质量进行外观检查、磁粉或渗透检查,保证焊接质量。

案例 6:某大型原油储罐项目角焊缝焊后发生气孔、裂纹等问题。

该问题的严重程度不言而喻,当然,造成该问题的成因不仅仅存在于焊接管理上的问题,下面仅对焊接过程进行分析。

①焊接工艺执行不足,通过技术交底记录内容及参加人员签字情况发现,交底中对焊接的预热、后热温度、焊接电流、电压、速度等均未进行交待,且参加技术交底的作业人员与抽查到的现场焊接人员不符,未接受交底即在现场焊接作业的情况;②使用低氢型焊条,未对焊条进行扩散氢含量的复验。

当然,该焊缝还存在安装施工中的技术措施问题,在这里不做,阐述分析。



3.3 过程质量控制

缺陷频数频率统计排列表

序号	影响因素	频数	累计频数	频率 (%)	累计百分率 (%)
1	条缺及圆缺	78	78	78	66
2	未熔合	11	89	11	89
3	未焊透	8	97	8	97
4	其他	3	100	3	100
	合计	100		100	

发现问题的同时应思考如何提升自身管理,建立 QC 小组、完善质量管理要求,如:某原油储罐施工中,面临着储罐数量多、单体容积大、工期紧、焊接质量要求较高等条件下,在项目伊始由于种种问题,焊接质量一直达不到要求,质量缺陷较多。针对这一问题,管理人员进行了策划、分析,建立 QC 小组,通过对缺陷的列举、分析,发现主要存在问题为条缺及圆缺,将该缺陷作为影响焊接质量的主要因素,从“人、机、料、法、环”等五个方面研究、讨论,配

合现场检查,确定了“焊接作业人员管理”为影响整个焊接质量的主要问题,通过对焊工进场考试、焊工台账管理、焊工作业交底管理、增加“焊工技能大比拼”活动、焊工奖惩措施等,通过制定一系列的对策,提高焊工能力、意识、责任心,从而提升焊接质量。

最终在各方人员的配合下,完成本次 QC 小组活动,在三个月的时间,将该项目储罐焊接一次合格率,从 93.60% 提高到 98.90%,使得该项目的焊接质量及项目管理经验得到了较大提升。

4 充水试验

充水试验是储罐施工的最后一道较大工序,同时,也是验证储罐整体质量的关键、重要的一项方法。

在充水试验的程序上依照 GB50128-2014《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》第 7 章执行即可,值得注意的是,在充水试验前,应完成储罐焊缝的无损检测,并出具检测报告,这里如果报告因其他原因无法出具时,可先书面反馈结果,无误后,报告可稍延迟。储罐充水前工序应明确,经常会出现先将焊缝防腐完成再充水的情况,工序颠倒,对充水后焊缝观察不利。还应注意的是在做储罐罐顶强度、稳定性、严密性时,对呼吸阀的开、关,正负压进出水的速度应严格控制,防止变形,另外,在做负压时(储罐固定顶稳定性试验),稳压后有轻微变形不一定为储罐质量问题,打开呼吸阀恢复常压后,储罐恢复原状不判定为质量问题。

5 结尾

储罐施工期的建造质量对后期生产运营效率、质量、安全、经济等方面起到重大作用,因此,加强项目实施期储罐施工管理,严格按照国家法律法规及储罐现行标准规范执行,提高建设质量是参建项目组每一位成员努力的准则。加强人员管理意识、提高管理能力、作业人员技能水平,达到项目合规性建设的要求,使储罐安装工程达到科学、技术、节能、环保的价值工程。

参考文献:

- [1] 扶琨. 浮顶油罐抗沉技术交流会在沧州召开 [J]. 油气储运, 1989(01).
- [2] 李欣, 宋驰. 浮顶油罐基础不均匀沉降整治 [J]. 云南化工, 2021(04).

作者简介:

汤立群 (1991-), 男, 满族, 辽宁鞍山人, 大学本科, 中级职称, 研究方向: 设备专业。