

# 大型储罐质量管理和控制

李安娜（中石化胜利油建工程有限公司，山东 东营 257064）

**摘要：**随着越来越多的大型储罐项目高标准建设，各方对大型储罐质量要求越来越高，越来越严格。现场预制、焊接、防腐设备更机械化、先进化；现场质量管理更精细化、专业化；现场质量控制更具可操作性。

**关键词：**大型储罐；焊接；防腐设备；现场质量管理；现场质量控制

## 1 设备机械化、先进化

先进的预制、焊接、防腐设备是大型储罐质量保证的前提。

### 1.1 预制焊接设备

①采用数控等离子切割机、半自动切割机、滚板机等机械设备，实现储罐下料切割、坡口加工、卷板等机械化作业，确保预制质量。②大型储罐自动焊设备横焊机、立焊机向更先进技术改进，自动焊机数据采集系统的应用实现焊接参数的实时记录，保证焊接工艺纪律有效执行，确保焊接质量。

### 1.2 防腐设备

①储罐防腐设备更先进化，罐板防腐应用防腐一体化作业线，保证罐板防腐进度，保障防腐质量和安全，保护环境。②应用双组分高压无气喷涂机，对双组份电子配比，分别进行加温控制，枪头处实现混合，提升防腐效果和感官质量。③应用钢板双面抛丸除锈机提高工效和质量。④罐体使用激光除锈设备打磨焊缝，保证焊缝质量和施工进度。⑤罐体防腐应用高空作业车提高功效。

## 2 现场质量精细化、专业化管理

### 2.1 完整的质量管理体系

针对大型储罐工程特点，组建完善的质量管理体系，明确项目经理、项目副经理、项目技术负责人等管理人员的质量职责，编制施工现场《质量计划》、《质量检试验计划》，建立施工过程各环节质量管理和控制点。强化质量管理体系的有效运行，确保工程质量质量和质量目标的实现。

通过体系内部审核、过程的监视和测量、内部质量检查、业主（监理）信息反馈及其他信息来源，对项目质量管理体系运行情况进行系统分析，识别和发现存在的问题，采取必要的措施，实施质量管理体系的持续改进，确保工程施工质量。

### 2.2 把紧材料关

合格的材料是把好质量的第一关。①现场材料管

理人员根据设计标准核查金属材料表面裂纹、结疤、拉裂、弯曲、压痕、切斜等缺陷，务必留好影像（照片等）验收资料。②项目技术负责人组织技术、质量人员依据设计文件、技术规格书、技术协议、产品标准等进行物资参数、执行标准、化学成分、试验项目等符合性检验。③对于质量风险较高的关键A、B类物资，在外观验收无误后，现场质量管理人员应及时自行或委托检验机构取样进行理化、力学等性能检验，取样时，业主、监理、供应商、项目部共同见证，并建立物资送检台账，保留相应的物资检验报告。

### 2.3 加强预制管理

钢板预制作作为大型储罐的基础，必须做实、做细。

①CAD排版图是预制工作的前提，罐底、罐壁、浮顶排版图必须严格按照设计要求、标准规范、实际到场钢板规格进行排版，始终遵循充分利用、节约的原则，保证排版图美观、符合要求，排版图重点复核底板的排版直径是否按照设计直径进行放大0.15%，以弥补罐底焊接收缩量；复核焊缝之间的距离是否满足标准规范；复核开孔位置是否满足设计要求。②CAD排版图重点关注罐底边缘板对接接头采用不等间隙接头，内侧间隙为8mm~12mm（大罐一般取10mm），外侧间隙为6mm~7mm（大罐一般取6mm），满足设计及标准规范要求。③由于大型储罐底板、壁板为对接，预制尺寸要求较高，需配备至少2名专职质检人员，对预制好的每张板进行复核，确保每张预制板允许偏差在标准范围之内。④按照钢板规格提前做好直线样板和弧形样板，严格控制在标准范围之内，定期对样板进行矫正，确保精度。⑤预制完成的钢板根据设计要求、标准规范做好无损检测，由于中幅板规格较多，务必做好标记移植很关键。

### 2.4 精细焊接管理

由于大型储罐钢板材质为12MnNiVR高强钢板、Q345R、Q235B，钢板厚度在12mm~34mm之间不等，整台储罐建造选用的焊接工艺评定不少于15项，焊

接材料近12种，目前12MnNiVR高强钢板为了确保焊接质量，设计文件选用进口焊材居多，为了在施焊过程中正确使用焊材，技术人员需要提前编制完整的焊接工艺评定选用表，根据设计要求尤其关注需要热处理的焊评。

技术人员根据焊接工艺评定报告，编制焊接工艺规程和焊接作业指导书。对每个不同的焊接部位编制焊接工艺卡并宣贯到机组，精细到每个部位用的焊接参数范围，每位焊工必须严格按照焊接工艺卡进行施焊。

鉴于大型储罐拍片量较大，必须安排专人进行焊缝无损检测工作，不影响施工进度，对拍片不合格的焊口，项目部要及时分析原因，制定下一步整改措施及规避措施，针对焊缝缺陷制定焊缝返修作业指导书和返修工艺卡，安排符合要求的焊工及时进行返修，确保返修及时率、合格率。

针对三检制，项目部质量管理体系人员配置一定要齐全，尤其是焊接质检人员，过程中可以管控和利用储罐分包质量人员，但项目部一定要根据各专业至少配置一名现场质检人员并对每道焊口质量负责，并负责及时收集、整理、录入班组质量自检记录和报验，与焊口排版图进行对比审核，形成最终交工资料的基础工作。

## 2.5 加强焊工考核、规范焊工行为

大型储罐高峰期配备焊工、自动焊工较多，焊工质量意识和技能水平直接影响焊接质量，务必建立焊工档案，施焊前对每个焊工进行考核，考试外观合格、探伤合格后，由项目部和监理、业主共同认可，办理焊工上岗证，明确每个焊工施焊项，杜绝超资质焊接。

为了规范焊工行为，项目普遍推行焊工二维码。根据专业机构的焊工考试，建立合格焊工信息台账，利用二维码程序，将合格焊工信息分门别类的录入到程序后台中，生成每个焊工的二维码，将其制作成帽贴的形式粘贴于焊工的安全帽上，并将相关的后台信息与监理业主分享，这样便于在现场进行实时焊接管理，现场检查人员通过扫描安全帽上的二维码轻松掌握信息。

## 2.6 确保现场焊接质量

焊接质量在大型储罐整体质量中占据重要地位，成立焊接质量攻关小组，专门解决焊接质量问题，确保每一道焊口都经得起检测。严把焊工“两证”审核，焊工必须持证上岗；焊接材料到场后，根据不同种类、不同规格型号、不同批次进行存放，焊材库按要求设置，

配备必要的温控、除湿设施，设置专人管理并进行焊材的烘干、发放和回收工作，焊材管理员持证上岗，熟悉现场各部位所用的焊材，做好发放记录；焊工严格按照焊接工艺卡内焊接参数进行焊接，特别是罐壁的初层焊道清根，清根打磨要仔细检查后再做着色探伤，避免连续黑线的出现；为了提升焊接检测效率，委托使用TOFD衍射超声法对焊口进行检测，此方法对缺陷敏感度优于RT射线；加强过程三检制执行力度。

## 3 现场质量控制

### 3.1 严抓焊接质量控制

焊接是储罐项目的核心，通过上水前联合验收可以发现，焊接外观成型问题整改占到所有问题的90%以上。通过项目实践经验总结如下：

#### 3.1.1 罐底板焊接过程中经常出现凹凸或者波浪变形，采取的解决办法

①在垫铁铺设过程中，通长缝、中长缝等每块罐底板的垫铁之间必须预留10~15mm的收缩间隙。②罐底板与垫铁之间的点焊，必须能保证每张钢板有一端为活动端。③罐底板的组对间隙按照设计要求，严禁组对间隙过大。④焊接时，严格按照焊接顺序、焊接线能量要求。⑤在焊接过程中出现局部变形时，采用锤击加增设背杠的方法进行消除变形。⑥罐底板与罐底异形板的焊接（龟甲缝的焊接），最好是在浮船胎架搭设完成、罐底板铺设完成后进行，这样可以最大可能减少罐底变形造成的罐底泄漏。⑦罐底边缘板对接焊缝采用反变法形控制焊接变形。⑧对大于或等于中幅板长度的焊缝（包括走廊缝），封底焊时由多名焊工均布，约每2m焊缝分配一名焊工，同方向退焊；填充焊时由两台焊机均布，同方向退焊。⑨罐底焊接时，利用挡风棚确保焊接质量。

#### 3.1.2 大角缝焊接控制

①每张边缘板设置支撑槽钢两处，槽钢压杠一根，槽钢压杠长度为边缘板内侧边长的三分之二。②在大角缝圆周上均布数对焊工，沿罐内、罐外的同一方向先进行分段封底焊，再由4台平缝自动焊机均布进行填充焊。③大角缝焊接时，内部手工焊打底完成后外部手工焊开始前，必须将定位焊的两端打磨至底部，检查是否存在应力裂纹（尤其是冬季温度较低施工时）；否则焊接完成后，应力裂纹会随着时间延长逐渐扩大造成严重的质量问题。

#### 3.1.3 浮顶焊接控制

浮舱内施工时，由于空间有限，焊接操作难度大，

工人质量意识差，往往浮舱内部的焊接质量成型差，组对时的加固点等未清理。可以通过以下几点进行避免：①增强带班人员、工人的质量意识，尤其是班长的质量意识。如果质量意识达不到，即使交底再多，也无济于事。②加强施工过程中的质量控制，尤其是在浮顶顶板施工之前，先把前期问题整改完成，否则严禁浮顶顶板的铺设。③加强浮舱的检查力度，多钻舱、勤钻舱，检查一处整改一处。让施工人员不得有侥幸心里。④浮顶板较薄，焊后变形大。根据施工经验，采取以下方法：施工采用“拘束收缩法”工艺，主要是将自由收缩变为拘束收缩，大大减小了焊后波浪变形。即浮顶底板铺设完成后找平，点焊成一个整体，在环板、隔板、桁架等全部安装固定完成后，浮顶底板被分割成一个个钢性的区域，再进行焊接，焊接收缩、焊后的波浪变形限制在固定的区域，整个浮顶的成型能得到很好的保证。浮顶板附件定位开孔后，先焊接底板下表面和顶板上表面以及加强圈，再焊接舱内焊缝。

### 3.1.4 壁板焊接控制

①壁板立缝在组对调整间隙时，利用立缝卡具采取预变形的措施。采用外坡口形式的焊缝，用方销使板端向外预变形2~3mm。再在立缝上点焊长度1m的防变形弧板，每道焊缝均布3块。②手工焊焊接“X”型坡口，先外侧坡口焊接总层次的一半后，焊接内侧，内侧全部焊完后，再焊接外侧。③横缝焊接严格按焊接工艺规定的焊缝排列层次进行施焊，并要严格控制线能量。④罐壁焊缝清根完成后委托第三方检测单位100%进行PT检测，专业质量检查员同步100%检查焊缝的清根质量，确保焊接质量。⑤横缝初层焊接时，务必调整好焊枪的角度，位置及焊接速度，为下一层焊接打好基础。⑥对于板厚大于25mm的钢板，当采用碳弧气刨清根时，进行预热，预热温度宜为100~150℃。⑦针对未进行充水试验先进行防腐的储罐，在随储罐充水过程中，对罐内侧焊缝进行100%PT检测。安排专人每天对罐壁有无渗漏情况进行检查。

### 3.1.5 上水过程中为避免加强圈立筋开裂问题，根据施工经验具体做法

①加强圈安装前确保罐体椭圆度、水平度、垂直度检查满足设计和GB 50128—2014标准规范。②在安装过程中，严格按照图纸和焊接作业指导书进行坡口加工和焊接。③施工过程中加强现场检查力度，尤其

是这种高空作业不易发现的地方。④上水过程和沉降过程中，加强检查力度，如发现，严格按照焊接工艺要求和上水沉降要求重新进行焊接。

### 3.2 严把防腐质量关

目前储罐防腐问题层出不穷，储罐防腐质量已成为各方关注的焦点。①油漆的选用和质量的好坏直接决定防腐质量的好坏。油漆选用正规厂家采购，油漆使用之前按照批次进行复检，经确认合格后方可使用。②项目配齐电火花检漏仪、盐分仪、锚纹仪、湿膜测厚仪等主要设备，设备精准有效，防腐检验人员熟悉防腐要求及标准规范，能够熟练使用检测设备。③防腐前根据设计要求编制防腐工艺规程，严格按照规程施工。④防腐预制采取“样板引路”，对抛丸除锈、喷涂等各个施工工序编制标准化操作手册，制作标准化样件，作为工厂化预制工序交接与出厂验收的标准。⑤目前钢板防腐用环保型水性漆应用越来越广泛，尤其在南方多雨季节，经过项目反复研究和尝试，采用了一种钢板水性漆预处理快速干燥法，简单实用，可操作性强。钢板水性漆预处理快速干燥法：首先用防潮布和角钢根据钢板规格制作若干遮挡棚，在钢板刷完漆后，把钢板放置遮挡棚层叠起来，中间用软垫隔开，让板与板之间留有一定空隙，在钢板一侧放置一台加热器和一台吹风机，均匀持续输送暖风，使防腐预处理的钢板快速干燥，确保质量和工期。⑥在涂装过程中，重视预处理，将表面清洗、去油、除锈等工作做好，才能保证涂层的附着力和寿命。钢板表面预处理后至涂底漆前的时间间隔控制在4h内，期间防止钢板表面受潮和污染，否则必须重新对表面进行预处理。⑦喷漆应严格按标准施工，以控制漆膜厚度，并保证涂层厚度的均匀。未达到标准厚度的部位，必须补喷。

### 参考文献：

- [1] 闫召军. 大型储罐防腐蚀质量控制策略[J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(05):97-98.
- [2] 武建国. 大型储罐防腐蚀质量控制研究[J]. 全面腐蚀控制, 2021, 35(04):96-97+100.
- [3] 黄永超. 浅谈大型原油储罐施工中的质量管理[J]. 科技与企业, 2014(01):113.
- [4] 王勇, 彭绪武, 徐绍方. 大型储罐防腐蚀质量控制[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2013, 30(04):41-44.

### 作者简介：

李安娜（1982-），女，汉族，河北保定人，本科，中级工程师，主要从事油气储运施工方面的工作。