

石油储罐施工质量控制要点

雍万军（中化泉州石化有限公司，福建 泉州 362000）

摘要：石油储罐是重要的储运设备，石油储罐的安装质量直接决定石油生产装置运行的稳定性，本论文以泉州丙烯腈项目为例，介绍石油储罐基础、底板、罐壁板的施工质量控制要点，为后续类似项目石油储罐施工提供借鉴意义。

关键词：石油储罐；质量控制

中图分类号：TE972

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）024-0127-03

Key Points for Quality Control in Petroleum Storage Tank Construction

Yong Wanjun (Sinochem Quanzhou Petrochemical Co., Ltd., Quanzhou Fujian 362000, China)

Abstract: Petroleum storage tanks are critical storage and transportation equipment, and their installation quality directly determines the operational stability of petroleum production facilities. Taking the Quanzhou Acrylonitrile Project as an example, this paper introduces the key points for quality control in the construction of petroleum storage tank foundations, bottom plates, and wall plates, providing a reference for similar petroleum storage tank projects in the future.

Keywords: Petroleum storage tanks; Quality control

石油是国民生计的重要资源，其与社会发展以及国家实力之间都存在直接联系，随着我国经济水平的不断提高，对于石油资源的使用量也在逐渐增多。石油储罐是石油重要的储存及运输设备，石油储罐的安装质量是石油生产装置稳定运行的先决条件，同时石油储罐的运维成本也很高，所以石油储罐的安装质量与石化企业的运营成本直接相关联^[1]。

泉州丙烯腈项目依托现有装置提供原料及部分原料外购，丙烯腈项目共新建储罐40个，用于储存原料、中间产品和产品。丙烯腈项目储罐普遍容积不大，储罐材料种类较多有不锈钢、玻璃钢和碳钢，符合化工装置特征，装置处理量不大，但是对储罐材料要求较高。

丙烯腈项目部分物料有毒有害需要严格控制新建储罐质量。丙烯腈项目40个储罐需要现场组对焊接，其中部分不锈钢储罐壁板厚度只有6mm，施工难度较大，质量控制要点多。本论文泉州丙烯腈项目为实例，从储罐基础、罐底板和罐壁等施工难度较大的几个方面阐述储罐施工质量控制要点。

1 石油储罐基础施工

石油储罐基础为钢筋混凝土及环墙基础填芯结构，承台以和环墙为钢筋混凝土结构，环墙基础芯为装填沥青砂结构。承台与桩基连接在一起，形成一个筏板基础，筏板混凝土整体浇筑，筏板结构与环墙分开施工，需要做好接触面处理，防止冷缝出现。环墙基础填芯施工需要注意沥青砂施工的密实度记忆防水施工，防止内部渗水。

1.1 基础钢筋施工

钢筋是混凝土基础的骨架，钢筋施工正确才能发

挥混凝土强度，储罐结构才能完整。

①钢筋施工工艺：弹承台位置线→绑扎承台基础底层钢筋网片→设置内部钢筋间隔件→绑扎承台基础上层钢筋网片→设置垫块→绑扎基础上部插筋→验收。钢筋施工前，为保证底板筋保护层厚度的均匀性，先采用主筋同规格筋钢设置底板马凳筋，纵横向间距均为1m，并在顶部设置通长筋搭接连接，搭接长度不小于1.5m，既搭接区段内不少于3个钢筋铁马隔件，确保支撑的稳定性。②钢筋施工完成成品保护：采用彩条布隔挡的方式进行钢筋保护，防护高度500mm，防止混凝土浇筑时对钢筋污染，钢筋螺纹接头处成品保护，采用成品钢筋丝头保护帽对钢筋直螺纹接头进行保护，地脚螺栓丝牙成品保护，采用不干胶将螺栓丝头全包裹，防止混凝土对丝牙污染。

1.2 混凝土施工

①浇筑前准备：浇筑前需要将模板加固完成，用水将模板内清洗干净，不要留有杂物，模板及其支架、钢筋等必须经过检查记录，待监理人员验收合格后方可进行浇筑。②混凝土浇筑：储罐基础属于大体积混凝土应分层浇筑，每层高度控制30~50mm，根据混凝土浇筑速度，选择搅拌车数量，保证混凝土浇筑的连续性，避免出现冷缝。每层混凝土浇筑完都要用振捣棒进行振捣，振捣棒插入混凝土厚度要求>50mm，能够在上下层混凝土之间充分振捣，形成更好的结合面，混凝土振捣需要做到快插慢拔，快插是为了防止已振捣完成下层混凝土中气泡不能排除，慢拔是为了防止振捣棒在振捣过程中形成空隙，在振捣过程中，振捣点要均匀布局防止少振、漏振，相邻

振捣点之间的距离要控制在 300mm 左右，振捣点距离模板为 100mm，防止振坏模板。振捣采用单一的行列形式，不要与交错式混用，以免漏振，振捣点时间要掌握好，不要过长，也不要过短，一般控制不少于 20s，直至混凝土表面泛浆，不出现气泡，混凝土不再下沉为止^[2]。③混凝土养护：根据混凝土特性进行浇筑后养护，是在自然条件下对混凝土养护（表面覆盖塑料薄膜、棉毡或棉被）随即浇水，养护工作应由专人进行，保持混凝土表面始终处于湿润状态。混凝土养护周期不小于 7 天^[3]。

1.3 环墙基础填芯施工

①砂垫层施工：砂垫层施工与混凝土施工相似需要分层施工，每层施工完用板振动器来回振捣 10 遍以上，振动器移动时，每行搭接三分之一，以防漏振。砂垫层施工中还要洒水润湿，砂中含水可以保证振捣质量，施工验收完控制每层的层高在 10cm 左右。

②土工布、土工膜层的施工：土工布、土工膜材料进入现场后必须检测出厂合格证及复检报告，材料在使用前进行检查，对于有材料缺陷的，必须退回不得使用。土工布铺设完成以后进行 HDPE 膜铺设，HDPE 膜铺设前需经过监理人员验收。

③ HDPE 防渗膜施工：施工技术人员对池壁和池底的实际尺寸进行准备测量，根据测得数据和采购防渗膜尺寸进行平面布置并编号，最后根据编号对采购防渗膜进行裁剪。铺设人员按照编号逐一铺设，铺设完成后对拼接位置进行焊接，焊接前，检查膜片的搭接宽度和清洁度，焊工调整好焊机的电流，按照预先的顺序进行搭接焊。

④沥青砂垫层的施工：沥青砂施工前，罐环墙上先做好找平层并弹好水平线。沥青砂使用干净均匀的中砂与建筑石油沥青按照 93 : 7 的体积比进行混合拌制，拌制前需要将中砂加热至 150℃ 烘干水分，沥青熬制至 200℃ 进行均匀混合。沥青砂随拌随铺，拌好运至现场及时摊铺，沥青砂厚度为 100mm。

2 石油储罐底板施工

泉州丙烯腈项目石油储罐罐底板相对较薄，最小厚度仅为 6mm，并且罐底板焊缝较多，焊接过程中极易出现焊接变形，底板焊接是泉州丙烯腈项目石油储罐施工质量控制重点之一。

2.1 底板预制

施工单位技术人员首先要根据设计蓝图绘制出储罐底板排版图。罐底板排版时候需要考虑将底板直径放大 0.1% ~ 0.15%，要求环形边缘板距离罐底半径方向 $\geq 700\text{mm}$ ，边缘板距离最小直角边 $\geq 700\text{mm}$ 。罐底环形边缘板焊接时需采用不等间隙焊接，采用焊条焊

接时，内侧间隙控制 $10\text{mm} \pm 2\text{mm}$ ，外侧间隙控制在 6mm ~ 7mm，另外本项目对于设备本体不允许使用二氧化碳气体保护焊。

2.2 底板组对、安装

①罐底板铺设前下表面需要按设计要求完成防腐，需要注意焊缝两边 50mm 范围内不用防腐。底板铺设时找好 0°、90°、180°、270° 中心位置，在罐基础上用仪器画出两条南北和东西相互垂直的中心线，在两条线相交的位置做好标记，作为中心点，后续按照技术人员绘制的排板图在罐基础上放样。罐底板按照先铺设垫板在铺设边缘板最后铺设中幅版的顺序进行铺设。

②边缘板组对。边缘板的坡口修整完成以后利用夹具固定和调整坡口的间隙量，正式对口焊接之前可以在垫板中心线上焊缝两边各焊接一个定位块用于保证对口焊接位于垫板的中心，边缘板位置对口完成以后，在首层焊道焊接前拆除定位块。

③罐底边缘板为带垫板的对接焊，需要控制垫板与对接的两块底板的间隙 $\leq 1\text{mm}$ ，焊接时焊缝需要焊透，焊接完成后需要将表面焊瘤等打磨平滑。罐底边缘板采用电焊对接时的间隙要求，内侧间隙控制 $10\text{mm} \pm 2\text{mm}$ ，外侧间隙控制在 6mm ~ 7mm。

④底板与板之间加垫板采用焊条电弧焊方式焊接，垫板的连接方式及底板的对焊应在进行储罐衬板焊接前，必须对焊接区域进行清洁处理，确保表面无油污、锈蚀、氧化物等杂质。罐底板组装焊接完成后，需要进行平整度的验收，要求表面凹凸变形的深度不能大于变形长度的 2%。

3 石油储罐壁板施工

3.1 壁板预制

①切割：用于切割的壁板表面应平滑，不能有焊渣、裂纹及其他缺陷等存在，切割后便面产生的硬化物应打磨掉。板材切割应在切割平台上完成。

②卷板：壁板圆弧采用卷板机滚制。卷板前必须清除钢板表面上的杂物，滚板时钢板两端板边先进行预弯。钢板必须放正，保证两侧或板端与滚轴轴线垂直或平行。必须注意板材坡口的方向，材料正、反面不得颠倒。

3.2 壁板安装

①丙烯腈储罐采用倒装法施工，储罐底部和顶部的施工任务完成以后进行储罐壁板施工。倒装法最新进行储罐最顶部（第七层）壁板施工，在进行此层壁板组装作业时，在罐壁内侧沿四周向均匀设置吊装提升柱把它抬起，后续再开展第六层的施工任务，待到第六层施工完毕以后，则要把第七层和第六层的环形

焊缝予以焊接处理，在保障焊接质量以后，再逐层依照以上方式完成下面所有层壁板施工。

②壁板组对前需要进行内表面平整度确认。焊接前对入场焊工进行考试，焊工的可施焊范围需要包括焊接工艺评定和现场实际焊接范围，焊工进行定位焊之前需要将焊缝坡度打磨完成，并且焊工不得在母材上引弧，纵缝焊接需要控制错变量≤1.5mm；环缝焊接需要控制错变量≤2.0mm。

③焊接完成以后需要将焊缝上的焊瘤、毛刺等打磨平滑，确保壁板的焊接质量。对于需要双面焊接成型的焊缝，焊接完成一面后需要对另一面进行清根处理，清根的深度以焊渣等杂物清理干净为准^[4]。

4 质量控制要点

4.1 石油储罐基础施工质量控制要点

①混凝土施工：混凝土浇筑前，应充分做好准备工作，并安排好备用水、电源，防止中途停电停水，另外，应及时掌握天气变化情况，做好防雨、防晒等工作。泵送混凝土浇筑时需连续工作避免混凝土供应中断，混凝土浇筑过程中采用插入式振捣器时，振动棒应避免碰撞钢筋、模板、预埋螺栓等，以免移位。混凝土养护根据季节以及天气选择不同的养护方式，主要有在混凝土表面覆盖塑料薄膜、棉毡或棉被等方式保湿，控制混凝土内外温差不超过25℃。

②环墙填芯施工：砂垫层控制每层10cm左右高度分层施工，用平板振动器对每一层进行来回振捣，保证砂垫层的密实度。HDPE膜接缝的焊接高度为垫层厚度的2.5倍和3mm的最大值，切焊接过程需要控制对正连续焊接，不允许跳焊。沥青砂施工完成以后需要进行标高和平整度的验收，其中标高的误差不能>±5mm、并且沥青砂的铺设厚度不能低于设计厚度10mm，沥青砂的表面平整度需要控制≤10mm。验收过程中如果发现有不符合要求的，需要标记清楚，施工人员整改后才能进行下一道工序。

4.2 石油储罐底板焊接质量控制要点

①泉州丙烯腈石油储罐壁厚较薄，底板焊缝较多，焊接过程中极易出现焊接变形。在储罐底板焊接的时候，焊缝等受热高的区域会向周边低温区域膨胀，周边未受热等低温区域自然会阻止焊缝的自由伸长，因此会产生塑性变形，最终会引起焊接变形。当底板焊接完自然冷却中，焊接过程中受热的高的区域和受热底的区域产生的收缩量不同，受热高的区域由于在受热过程中产生的变形量大，在自然冷却过程中的收缩量就是比受热底的区域大一些，这中高低温区域不同的收缩量会产生不同的拉力，同样会引起焊接变形。

②为了有效控制焊接变形可以选择合适的焊接设

备以及优质的焊材进行焊接。焊接质量的高低受焊接设备和焊接材料直接影响，本项目业主控制施工单位进场的焊机和焊接必须满足焊接要求，施工单位需要提前报备焊机的年限以及使用性能供监理单位验收合格并贴上使用标签后才能进行焊接作业。合适的焊接顺序同样可以有效控制焊接变形，储罐罐底是由中幅板和边缘板组成。中幅板焊接过程中存在较多焊缝，在焊接过程中应选用合适的焊接顺序来控制焊接过程中可能发生的焊接变形量。中幅板的第一层焊道不能连续焊接需要采用分段焊接的方式进行，还要按先短缝后长缝的焊接顺序进行焊接。边缘板的焊接同样也有顺序要求：边缘板的边缘部位焊接—罐底与罐壁连接的大角焊缝焊→完成剩余边缘板对接焊缝和中幅板焊缝→边缘板与中幅板之间的收缩缝焊接。通过控制施工单位选择良好的焊接设备以及选用正确的焊接顺序可以有效的控制焊接产生的变形量^[5]。

4.3 石油壁板安装质量控制要点

①丙烯腈储罐采用倒装法施工需要做好防变形措施，储罐倒装法是在罐内均匀设立小扒杆，并在扒杆顶端安装电动葫芦提升，利用电动葫芦匀速将组装好的管壁提升，需要注意电动葫芦的设置位置及组数满足储罐提升要求。储罐倒装法是从储罐的罐顶到最底层管壁逐层安装，储罐提升前需要根据提升重量在壁板上设置强度足够数量的胀圈，避免壁板在提升过程中发生变形。

②壁板垂直度控制：壁板安装环节需要在储罐内侧使用吊锤、外侧使用吊锤和角尺顺着内外部对壁板的垂直度予以调整，每次调整之后都要进行复核，确保储罐在抬升过程中的垂直度，防止发生储罐倾倒的情况^[6]。

参考文献：

- [1] 陈明.石油储罐焊接中需要注意的问题分析[J].全面腐蚀控制,2021,35(09):122-124.
- [2] 孙涛.混凝土施工技术质量控制要点及措施[J].产品可靠性报告,2024(04):130-131.
- [3] 金腾,金肇经,黄志洪.大型储罐钢筋混凝土环形基础的施工技术[J].工程机械与维修,2024(01):150-152.
- [4] 魏岩磊.石油储罐倒装法施工质量管理的挑战与对策[J].中国石油和化工标准与质量,2024(04):31-33.
- [5] 任光耀.石油储罐罐底焊接工艺常见问题分析[J].河南建材,2018(05):405-406.
- [6] 罗进波,陈明月,石益广,等.倒装法施工技术的工程应用现状及展望[J].施工技术(中英文),2023,52(01):33-43+113.