

石油储罐建设中常见技术问题分析

赵人庆

中国石油管道局工程有限公司油气储库分公司 河北 廊坊 065000

摘要: 石油作为全球重要的能源资源,其储存的安全性与可靠性至关重要。本文先是阐述了储罐建设涵盖的多方面内容,随后详细剖析常见技术问题,包括储罐基础方面的沉降不均、稳定性不足,罐体焊接存在的缺陷与残余应力问题,罐体防腐的涂层失效、电化学腐蚀情况,以及储罐密封的不同失效表现等。针对这些问题,又分别提出了相应解决策略,旨在为保障石油储罐建设质量与安全运行提供参考,助力行业发展。

关键词: 石油储罐;建设技术;问题分析

引言:石油储罐作为石油储存的关键设施,在石油产业中起着举足轻重的作用。随着石油需求的不断增长,储罐建设工程日益增多,然而建设过程中常面临诸多技术难题。这些问题若得不到妥善解决,不仅会影响储罐的正常使用,还可能引发安全事故,造成巨大的经济损失与环境危害。因此,深入分析石油储罐建设中的常见技术问题,并探寻有效的解决措施,对于保障石油工业平稳、安全且高效发展意义重大。

1 石油储罐建设概述

石油储罐建设是一项复杂且系统的工程,涵盖多方面关键要素与流程。其类型丰富多样,主要包括固定顶储罐、浮顶储罐和内浮顶储罐等。固定顶储罐结构相对简单,适用于储存一些挥发性较低的油品;浮顶储罐则能有效减少油品蒸发损耗,常用于储存大量原油;内浮顶储罐兼具两者优点,在多种油品储存中有广泛应用。建设流程从前期的项目规划与精准选址开始,需充分考量地质条件、周边环境及交通运输便利性等因素。储罐基础施工要求严格,要依据地质勘察结果确定合适的基础形式并精心施工,以保障承载能力与稳定性。罐体安装涉及钢板的切割、焊接与组装等多道工序,需严格把控质量与精度。附属设施建设同样不可或缺,如管道连接要确保密封与畅通,防腐保温层用以延长储罐使用寿命,消防系统则是保障安全的关键防线^[1]。

2 石油储罐建设中的常见技术问题

2.1 储罐基础问题

2.1.1 地基沉降不均

在石油储罐建设中,地基沉降不均是较为突出的问题。这往往源于地质条件复杂,像软土地基承载能力弱,或是储罐荷载分布不均,施工时地基处理未达标准等情况。不均匀沉降会致使罐体出现倾斜、变形,破坏罐体结构完整性,导致管道连接部位受力异常,极易引

发油品泄漏等安全隐患,严重影响储罐的正常使用和安运行,增加后续维护成本与难度。

2.1.2 基础稳定性不足

石油储罐基础稳定性不足也是常见问题。其与土壤力学性质关联密切,若基础设计参数不合理,像尺寸、强度等不契合实际要求,在遭遇地震、洪水等自然灾害或周边工程施工扰动时,基础就可能失稳。这会使储罐整体结构受到威胁,无法保障罐体平稳,甚至可能出现倒塌等严重后果,危及周边环境与人员安全。

2.2 罐体焊接问题

2.2.1 焊接缺陷

在石油储罐罐体焊接时,焊接缺陷较为常见。如气孔,可能因焊接处有杂质或保护气体不足产生;夹渣是由于熔渣未清理干净。裂纹则多因焊接应力过大、材质不佳或工艺参数不当。未焊透常出现在焊接电流小、速度快或坡口不合适时。这些缺陷会降低罐体强度,破坏焊缝密封性,使罐体耐腐蚀性变差,在油品储存压力与腐蚀环境作用下,缺陷处易成为薄弱点,导致罐体泄漏甚至破裂。

2.2.2 焊接残余应力

罐体焊接过程中必然产生焊接残余应力。焊接时,不均匀加热与冷却使金属热胀冷缩受限,产生内应力。残余应力分布复杂,在焊缝及热影响区集中。这会显著降低储罐罐体疲劳寿命,在长期交变载荷下,易引发疲劳裂纹;还会增加应力腐蚀开裂敏感性,在腐蚀介质中,应力与腐蚀协同作用加速罐体损坏;同时可能致使罐体变形,影响储罐尺寸精度与外观质量,对其安全稳定运行构成严重威胁。

2.3 罐体防腐问题

2.3.1 防腐涂层失效

石油储罐的防腐涂层失效是一个关键问题。其成因

主要包括涂层材料选择不当,未充分考量储存介质特性与环境因素,致使涂层无法耐受化学侵蚀。施工环节若表面处理不彻底、涂层厚度不均或固化不完全,也会削弱涂层防护力。在储罐运行时,机械损伤如碰撞、刮擦以及长期暴露于恶劣气候条件下,都会使涂层逐渐破损,失去隔绝外界环境的作用,进而导致罐体金属直接暴露于腐蚀介质中,加速罐体腐蚀进程,威胁储罐结构完整性与使用寿命。

2.3.2 电化学腐蚀

石油储罐的防腐涂层失效是一个关键问题。其成因主要包括涂层材料选择不当,未充分考量储存介质特性与环境因素,致使涂层无法耐受化学侵蚀。施工环节若表面处理不彻底、涂层厚度不均或固化不完全,也会削弱涂层防护力。在储罐运行时,机械损伤如碰撞、刮擦以及长期暴露于恶劣气候条件下,都会使涂层逐渐破损,失去隔绝外界环境的作用,进而导致罐体金属直接暴露于腐蚀介质中,加速罐体腐蚀进程,威胁储罐结构完整性与使用寿命。

2.4 储罐密封问题

2.4.1 罐顶密封失效

对于浮顶和内浮顶储罐,密封材料老化、磨损与变形是主要原因,长期受油气、阳光、风雨等侵蚀,性能下降。密封结构设计若不合理,如密封间隙过大或过小,无法适应液位波动与油气挥发,会导致密封不严。罐顶密封失效会使油品蒸发损耗加剧,不仅造成经济损失,还污染环境,且增加了罐内油气浓度,在有火源时极易引发火灾爆炸,严重威胁储罐安全与周边环境。

2.4.2 罐体附件密封不良

罐体附件密封不良同样不容忽视。人孔、进出料管口等附件密封垫片选型若未契合工况,密封面加工精度不够,或紧固螺栓松动、预紧力不均,都会引发泄漏。这可能导致油品渗出,污染储罐周边区域,遇明火有燃烧风险;外界杂质也易侵入储罐,污染油品,影响其质量与后续加工使用。罐体附件虽小,但密封不良可能引发一系列连锁反应,损害储罐整体运行效能与安全性^[2]。

3 石油储罐建设常见技术问题的解决措施

3.1 储罐基础问题的解决措施

3.1.1 地基处理技术优化

在石油储罐地基处理技术优化方面,首先要进行全面且精准的地质勘察。对于软土地基,可采用深层水泥搅拌桩复合地基技术。通过特制机械将水泥浆与软土强制搅拌混合,使软土硬结形成强度较高的复合地基,有效提升地基承载力并控制沉降量。在湿陷性黄土地区,

强夯法结合灰土挤密桩是不错的选择。强夯能对土体进行强力夯实,提高其密实度,而灰土挤密桩则进一步改善黄土的工程性质,消除湿陷性。对于填海造陆等地质复杂区域,可运用碎石桩、砂桩等复合地基技术,增强地基的稳定性与抗液化能力,在地基处理过程中,借助先进的监测仪器,如沉降观测仪、孔隙水压力计等,实时监测地基处理效果,以便及时调整施工参数,确保处理后的地基能满足储罐长期安全运行的要求。

3.1.2 基础设计与施工改进

基础设计阶段,要充分考量储罐的各种参数与运行条件。对于大型储罐,采用环墙式基础更为合理,其能有效抵抗储罐的环向拉力并均匀分散荷载。通过有限元分析软件对基础进行模拟分析,优化基础尺寸、配筋等设计参数,确保基础在不同工况下都能保持稳定。在施工改进方面,基础开挖时要严格按照设计坡度进行,做好边坡防护工作,防止坍塌事故。混凝土浇筑过程中,严格控制原材料质量,采用自动化搅拌设备确保混凝土配合比准确无误。运用振捣棒等工具进行充分振捣,避免出现蜂窝麻面等质量缺陷。在基础养护期间,根据气温、湿度等条件制定合理的养护方案,保证混凝土强度正常增长。

3.2 罐体焊接问题的解决措施

3.2.1 焊接工艺优化与质量控制

依据罐体材质与厚度精准选定焊接方法,如薄板焊接时,气体保护焊能有效减少变形,其利用惰性气体保护熔池,防止氧化。确定工艺参数时,经多次试验找到最佳焊接电流、电压与速度,确保焊缝成型美观且无缺陷。焊接顺序遵循先内后外、先纵后横原则,减少应力集中。对于质量控制,强化焊工培训与资质审查,要求焊工熟悉多种焊接工艺与设备操作。建立严格质量检测流程,焊接前检查焊件清洁度与装配精度;焊接中监控工艺参数稳定性;焊接后全面检测,运用射线探伤、超声波探伤等手段,对发现的气孔、夹渣、裂纹等缺陷及时返修,记录缺陷类型与位置,分析原因并调整工艺,保障焊缝质量符合高标准,确保罐体焊接牢固、密封性良好。

3.2.2 焊接残余应力消除与调控

焊接残余应力对石油储罐危害不容小觑,需有效消除与调控。热处理法较为常用,将罐体加热到特定温度范围,如碳钢储罐加热至550-650℃,保温一定时间后缓冷,利用金属热塑性变形释放应力。机械拉伸法可在焊接后对罐体施加拉伸载荷,使焊缝处产生反向应力抵消残余应力,拉伸量依据罐体材质与结构计算确定。振

动时效法借助振动设备使罐体共振,让应力重新分布与释放,振动频率与时间根据罐体特性设定。在焊接过程中,采用预变形技术,如在焊接前对罐壁预弯,抵消焊接变形与应力;预拉伸工艺则在焊接时给予焊件拉力,减少应力产生。

3.3 罐体防腐问题的解决措施

3.3.1 防腐涂层体系优化与施工管理

在石油储罐防腐中,优化防腐涂层体系与强化施工管理极为关键。对于涂层体系,应依据储罐储存介质的酸碱度、温度、压力以及周围环境的湿度、紫外线强度等因素综合抉择。例如,若储存介质有较强腐蚀性,底漆可选用含锌量高的环氧富锌底漆,其能提供阴极保护作用;中间漆采用厚浆型环氧云铁中间漆,增强屏蔽效果;面漆则挑选耐候性强的氟碳面漆,抵御外界恶劣环境。施工管理层面,储罐表面处理要达标,通过喷砂除锈至Sa2.5及以上级别,使钢材表面呈现金属光泽且无油污、灰尘等杂质。施工时,严格控制涂层厚度,底漆一般50-80 μm ,中间漆100-150 μm ,面漆30-60 μm ,采用专业喷涂设备确保均匀性。同时注意施工环境,温度宜在10-30 $^{\circ}\text{C}$,湿度小于80%,避免涂层出现起泡、流挂等弊病^[3]。

3.3.2 电化学腐蚀防护技术应用与监测

电化学腐蚀防护技术对石油储罐意义重大。牺牲阳极阴极保护法可选用镁、锌、铝等活性金属作为牺牲阳极,依据储罐所处环境确定阳极数量与分布,如在土壤电阻率较高区域适当增加阳极数量。通过阳极持续溶解产生电流,使储罐金属表面电位低于腐蚀电位而得到保护。外加电流阴极保护法需根据储罐材质、面积等精确设计阳极地床位置与结构,合理选择电源设备并设定输出电流、电压。同时,运用电位监测仪实时监测储罐表面电位,使其处于-0.85V至-1.2V(相对于Cu/CuSO₄电极)保护范围;采用电流监测设备了解保护电流大小与分布;电阻探针监测可直观反映储罐金属腐蚀速率变化。依据监测数据及时调整保护参数,确保电化学腐蚀防护效果长期稳定,有效延长储罐使用寿命。

3.4 储罐密封问题的解决措施

3.4.1 罐顶密封技术创新与维护管理

在技术创新方面,可采用新型密封材料,如高性能的氟橡胶或硅橡胶,其具有优异的耐油、耐老化和耐高温性能,能更好地适应罐内复杂环境。同时,优化密封

结构设计,例如研发双密封系统,主密封与辅助密封相结合,有效减少油气挥发。还可引入智能监测技术,如在密封处安装传感器,实时监测密封状态和油气泄漏情况。在维护管理上,建立定期巡检制度,安排专业人员每周对罐顶密封进行检查,查看密封材料是否有磨损、老化、开裂等现象,密封结构是否稳固。及时清理密封周边的杂物、积水和油污,防止其对密封效果产生不良影响。定期对密封性能进行测试评估,如采用压力测试或气体检测方法,根据测试结果制定维护计划,适时调整或更换密封部件,确保罐顶密封始终处于良好状态,降低油品损耗和安全风险。

3.4.2 罐体附件密封改进与质量保障

罐体附件的密封状况直接影响石油储罐的安全与运行效率,因此密封改进与质量保障不可或缺。在密封改进方面,首先要根据附件的类型、工作压力、温度以及所接触的介质特性,精准选择密封垫片材料。例如,对于高温高压且接触腐蚀性介质的附件,可选用金属缠绕垫片或柔性石墨垫片等高性能材料,提高密封面的加工精度,使其表面粗糙度达到设计要求,保证密封件与密封面紧密贴合。在质量保障环节,严格把控附件安装过程,按照规范要求进行操作,使用专业工具如扭矩扳手均匀拧紧连接螺栓,确保密封垫片受到合适的预紧力,防止因预紧力不足或过大导致泄漏。加强日常检查维护,每日对罐体附件进行外观检查,查看是否有泄漏迹象、密封件是否松动等情况。

结束语

在石油储罐建设领域,对常见技术问题的剖析与解决措施的探讨意义深远。通过对储罐基础、罐体焊接、防腐、密封等多方面问题的深入研究,我们明确了各类问题的根源与危害,进而制定出具有针对性的解决策略。这些举措有助于提升石油储罐建设的质量与安全性,减少事故风险,延长储罐使用寿命,降低运营成本。

参考文献

- [1]毛佐毅,徐英.10000石油储罐工程安装焊接工艺[J].江西建材,2019,15:63-64
- [2]杨凯晶.探究石油化工设备安装工程控制技术[J].企业技术开发,2019,21:96-97.
- [3]韩阳阳.石油储罐工程的安装焊接工艺[J].中国石油和化工,2019,S1:79-80