

油罐基础施工质量提升策略探究

纪敬娜

中石化中原油建工程有限公司 河南 濮阳 457000

摘要：油罐基础作为石油化工工程的核心承载结构，其施工质量直接影响工程安全性与使用寿命。本文从设计、材料、施工工艺、环境与管理等维度剖析质量影响因素，提出优化设计、材料控制、工艺改进、环境适应与团队建设等提升策略，并展望3D打印、无人机监测、绿色施工等技术创新方向，为行业高质量发展提供参考。

关键词：施工质量；影响因素；提升策略；技术创新

引言：油罐基础作为储油设施的核心承载结构，其施工质量直接影响工程安全性与使用寿命。随着能源需求的增长与工程技术的进步，如何通过系统化设计与科学化管理提升基础施工质量，成为行业亟待解决的关键问题。本文通过剖析施工质量的影响因素，提出针对性改进措施，并展望技术创新方向，为工程实践提供参考。

1 油罐基础施工质量影响因素分析

1.1 设计因素

油罐基础设计合理性对施工质量与使用寿命至关重要。基础结构设计需平衡承载力与抗渗性。承载力设计需全面考量储油量、地基土层分布及附加荷载，如地震力、风荷载等。若承载力不足，易引发基础沉降不均，导致油罐倾斜开裂，危及使用安全。抗渗性设计需结合地下水位、土壤渗透系数及环境腐蚀性，通过优化基础底板厚度、防水层及排水系统，防止地下水渗透造成混凝土碳化或钢筋锈蚀。地质条件适应性设计是基础设计的关键。针对软土地基，需采用换填法、桩基加固或预压排水固结等技术，提升地基承载力并减少沉降。对存在不均匀沉降风险的地基，可通过设置沉降缝、调整基础刚度或柔性连接结构，缓解差异沉降影响。设计阶段需结合地质勘察报告，预判潜在地质灾害（如滑坡、液化），并制定防范措施。

1.2 材料因素

材料质量是油罐基础施工质量的物质基础。混凝土与钢筋作为基础结构的主要材料，其性能直接决定基础的耐久性与安全性。混凝土材料需满足强度、抗渗性及抗冻性等指标要求，需严格控制原材料的配合比与拌合工艺，避免因材料离析或水化热过高导致裂缝。钢筋材料需符合强度等级与延性要求，并确保其与混凝土的粘结性能，防止因锈蚀或滑移导致结构失效。新型材料的应用为油罐基础设计提供了更多可能性^[1]。高性能混凝土通过掺入矿物掺合料、纤维增强材料等，可显著提升混

凝土的抗裂性、抗渗性及耐久性，适用于严苛环境下的基础工程。纤维增强材料（如钢纤维、聚丙烯纤维）可有效抑制混凝土早期收缩裂缝，提高结构的整体性。

1.3 施工工艺因素

施工工艺是油罐基础质量控制的直接环节。土方开挖与回填技术需根据地质条件与基础设计要求进行精细化操作。开挖过程中需控制边坡坡度，避免超挖或扰动基底土层；回填时需分层夯实，确保回填土的密实度与均匀性，防止因不均匀沉降导致基础开裂。模板支撑与混凝土浇筑工艺是基础结构成型的关键。模板需具备足够的刚度与稳定性，防止因变形或漏浆导致混凝土尺寸偏差或表面缺陷。混凝土浇筑需采用分层振捣方式，确保混凝土密实性，并避免冷缝或蜂窝麻面的产生。对于大体积混凝土基础，需采取温控措施（如分层浇筑、预埋冷却水管），防止因水化热过高导致温度裂缝。养护与固化措施是混凝土强度发展的保障。混凝土浇筑完成后需及时覆盖保湿养护，防止表面失水开裂。养护时间需根据环境温度与混凝土强度等级确定，确保混凝土达到设计强度前不受扰动。对于冬季施工，需采取保温措施，防止混凝土受冻破坏。

1.4 环境与管理因素

环境与管理因素对油罐基础质量影响显著，施工与环境管理需双管齐下。气候条件需重点关注，高温加速混凝土水化反应，需增加养护频率并遮阳；低温延缓强度增长，需延长养护时间并防冻。湿度变化可能引发混凝土表面收缩或膨胀，需覆盖保湿材料或调整配合比。管理流程是质量保障的核心，人员培训需涵盖技术、安全与质量标准，提升专业素养。工序衔接遵循“先地下后地上”原则，避免交叉作业隐患。质量监督贯穿全程，通过“三检制”与隐蔽工程验收，及时发现并纠正问题。资源调配需科学规划，机械设备定期维护确保性能稳定，材料供应提前储备避免延误。风险管控需建立

应急机制，针对地质突变、极端天气等风险制定预案，确保施工安全与质量可控。环境与管理需协同配合，通过精细化管理与技术优化，提升油罐基础施工质量，为工程安全运行奠定坚实基础。

2 油罐基础施工质量提升策略

2.1 优化设计与前期准备

油罐基础的设计优化是提升施工质量的核心前提。地质勘察作为基础设计的依据，需全面覆盖场地内的地质条件，包括土层分布、地下水位、承载力参数及潜在地质灾害（如软土地基、不均匀沉降、液化风险等）。勘察报告需结合历史数据与现场实测，确保数据的准确性与时效性。依据勘察结果，地基处理应遵循“因地制宜”策略，针对不同地质特征定制解决方案。如软土地基可采用桩基加固、换填或预压排水固结技术，以增强地基承载力与稳定性，降低沉降风险；不均匀地基则需通过调整基础刚度、设置沉降缝或采用柔性连接，缓解差异沉降对油罐的影响。动态设计调整机制不可或缺。施工过程中，需构建“设计-施工-反馈”闭环系统，借助实时监测与施工日志，迅速识别设计偏差或地质变化，及时作出调整，确保调整方案经专业审核，保障技术可行性，同时遵循“小步快跑”原则，减少对工期与成本的影响。

2.2 材料质量控制

材料质量是基础施工质量的物质基础。建立材料质量标准与检测体系需从源头抓起，明确原材料的采购标准、验收流程与检测指标。例如，混凝土需控制水灰比、坍落度及矿物掺合料比例，钢筋需符合强度等级与延性要求，防水材料需具备耐腐蚀性与抗渗性。检测体系应涵盖进场检验、过程抽检与成品复验，确保材料性能全生命周期可控。对于关键材料（如高性能混凝土、纤维增强材料），可委托第三方实验室进行专项检测，出具权威报告。推广绿色环保材料的应用是行业发展的必然趋势。高性能混凝土通过掺入粉煤灰、矿渣粉等工业废料，可降低水泥用量，减少碳排放，同时提升混凝土的抗裂性与耐久性。纤维增强材料（如钢纤维、碳纤维）可有效抑制混凝土早期收缩裂缝，提高结构整体性。透水混凝土、自密实混凝土等新型材料的应用，可优化施工工艺并改善基础与环境的协调性。绿色材料的推广需结合经济性与实用性，通过试点工程验证其性能优势，逐步替代传统材料。

2.3 施工工艺改进

精细化施工流程是提升施工质量的关键路径。分阶段控制需将施工过程划分为“地基处理-基础浇筑-养护

固化”等节点，每个阶段明确质量目标与验收标准。例如，地基处理阶段需控制压实度与平整度，基础浇筑阶段需确保混凝土配合比与振捣密实性，养护固化阶段需监测强度发展与裂缝控制。关键节点监控需采用“人防+技防”双轨制，通过人工巡检与自动化监测设备（如裂缝传感器、位移计）实时反馈数据，及时发现并纠正偏差^[2]。引入智能化技术是施工工艺升级的核心驱动力。BIM建模技术可通过三维可视化模拟施工过程，优化工序衔接与资源调配，减少返工风险。自动化监测设备可实现24小时不间断监测，数据上传至云端平台进行分析，预警潜在风险。例如，通过监测混凝土温度变化，可动态调整养护方案，防止温度裂缝；通过监测基础沉降，可提前采取加固措施，避免结构破坏。智能化技术的应用需与施工团队深度融合，通过培训提升人员操作技能，确保技术落地。

2.4 环境适应性与风险管控

制定气候适应性施工方案是应对环境不确定性的必要措施。雨季施工需设置防雨棚、增加排水设施，防止雨水冲刷地基或影响混凝土凝结；高温施工需采取遮阳降温、调整浇筑时间等措施，避免混凝土失水开裂；低温施工需覆盖保温材料、添加防冻剂，确保混凝土强度正常发展。气候适应性方案需结合历史气象数据与实时预报，动态调整施工计划。建立风险预警与应急处理机制是保障施工安全的最后防线。风险预警需涵盖地质风险（如滑坡、液化）、气象风险（如暴雨、台风）与技术风险（如设备故障、材料失效）。通过建立风险数据库与预警模型，对潜在风险进行分级评估，制定针对性预案。应急处理需明确责任分工与响应流程，例如，成立应急指挥部，储备应急物资，定期开展演练，确保突发事件发生时能够迅速响应，最大限度减少损失。

2.5 施工管理与团队建设

强化施工人员培训是提升执行力的基础。技能培训需覆盖施工工艺、设备操作、质量标准等内容，通过理论教学与实操考核相结合，确保人员熟练掌握操作规范。安全意识培训需结合事故案例与法律法规，强调“安全第一”原则，杜绝违规操作。培训效果需通过定期复训与技能竞赛进行检验，形成长效机制。完善质量监督体系是保障施工质量的制度保障。第三方检测需委托具备资质的机构，对关键工序（如混凝土强度、钢筋绑扎）进行独立抽检，出具权威报告。过程追溯需建立“一物一码”信息化系统，记录材料来源、施工时间、责任人等信息，实现质量责任可追溯。监督体系需与奖惩机制挂钩，对质量达标项目给予奖励，对违规行为进

行处罚,形成正向激励。团队建设需注重协作与沟通。通过定期召开技术交底会、质量分析会,促进信息共享与问题协同解决。建立跨部门协作机制,确保设计、施工、监理等各方紧密配合,形成质量提升合力。

3 技术创新与未来方向

3.1 新技术应用

油罐基础施工领域的技术创新正逐步从传统工艺向智能化、精细化转型。3D打印技术作为增材制造的代表,在基础施工中的应用展现出独特潜力。其核心优势在于复杂结构成型能力与施工效率提升。例如,通过3D打印可实现异形基础构件的一次性浇筑,减少模板使用与人工拼装环节,降低施工误差。3D打印材料可定制化设计,通过掺入纤维增强材料或功能性添加剂,提升混凝土的抗裂性与耐久性。然而,该技术面临材料适应性、设备成本及施工规范缺失等挑战,需进一步开展材料研发与标准制定工作。无人机监测与数字化管理平台为施工过程管控提供了全新视角。无人机搭载高精度相机与激光雷达,可实时获取施工现场的三维模型,监测土方开挖、基础浇筑等工序的进度与质量。通过图像识别技术,可自动检测混凝土表面裂缝、钢筋绑扎间距等缺陷,生成可视化报告。数字化管理平台则整合施工数据、监测信息与进度计划,实现全流程可视化调度。例如,基于BIM(建筑信息模型)与GIS(地理信息系统)的融合,可模拟不同施工方案对周边环境的影响,优化土方平衡与资源调配。

3.2 绿色施工理念

节能减排是油罐基础施工可持续发展的核心目标。低碳材料的应用需贯穿材料选择、生产与施工全生命周期。例如,采用工业废渣(如粉煤灰、矿渣粉)替代部分水泥,可降低碳排放并提升混凝土性能;再生骨料混凝土通过回收建筑废弃物制备,减少资源消耗。施工废弃物回收需建立分类处理体系,将混凝土碎块、钢筋废料等转化为再生资源,用于临时道路铺设或非承重结构施工^[3]。生态友好型基础设计强调与自然环境的和谐共生。植被覆盖技术通过在基础表面铺设耐候性植物层,可降低雨水径流、减少扬尘污染,提升景观效果。雨水回收系统可收集基础周边雨水,经净化处理后用于施工养护或场地冲洗,实现水资源循环利用。此外,基础设

计需结合生态修复理念,例如,采用透水混凝土或生态护坡结构,促进地下水补给与生物多样性保护。

3.3 跨学科融合

材料科学与信息技术的结合为施工质量提升提供了新路径。材料科学领域,通过纳米改性技术可制备自修复混凝土,当混凝土出现微裂缝时,内置的修复剂可自动填充裂缝,恢复结构完整性。信息技术领域,物联网(IoT)设备可实时监测基础结构的应力、应变与温度变化,通过边缘计算实现局部风险预警。例如,在基础内部预埋光纤传感器,可连续监测混凝土水化热与收缩变形,为施工参数调整提供数据支撑。人工智能(AI)在质量预测中的应用是未来研究的重要方向。基于机器学习算法,可构建施工质量预测模型,输入施工参数(如混凝土配合比、养护条件)与历史数据,输出强度发展、裂缝风险等预测结果。例如,卷积神经网络(CNN)可通过分析混凝土表面图像,自动识别裂缝类型与严重程度;循环神经网络(RNN)可结合时间序列数据,预测基础长期沉降趋势。AI技术的应用需解决数据标注、模型泛化性等难题,通过产学研合作推动技术落地。

结束语

油罐基础施工质量提升是一项系统性工程,需从设计、材料、工艺、管理等多维度协同推进。通过科学设计优化、严格材料管控、精细化施工、智能化监测及绿色施工理念的应用,可有效降低质量风险,延长工程寿命。未来,3D打印、无人机监测、自修复材料等新技术将为油罐基础施工带来革命性变革,推动行业向智能化、绿色化转型。需持续加强产学研合作,完善标准规范,培养复合型人才,为油罐基础工程高质量发展注入新动能。

参考文献

- [1]刘长春,刘蓦然,于北溟.预应力管桩复合地基技术在大型油罐地基基础中的应用[J].油气田地面工程,2024,43(10):81-84+89.
- [2]高凤莲,梁斌.立式锥底油罐基础内部油品渗漏检测技术分析[J].民航学报,2022,6(06):153-156.
- [3]甘国梁.加油站双层储油罐底板施工变形控制方法研究[J].粘接,2021,48(11):82-87.