

石油工程储罐基础土建施工优化路径及其经济效益研究

张忠翠（中石化胜利油建工程有限公司，山东 东营 257000）

摘要：石油工程储罐基础土建施工常见地基沉降、混凝土质量不达标、防渗性能不足等问题，针对问题，需要从设计优化、施工工艺优化、质量管控优化、原材料和配比优化等角度出发，全面改良储罐基础土建施工过程，才能对症下药解决问题，从而降低维护成本、节约材料成本、提高安全效益，提升储罐基础土建施工项目的整理经济效益。

关键词：石油工程；储罐；基础土建施工；经济效益

中图分类号：TE972

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)031-0075-03

Research on Optimization Paths and Economic Benefits of Civil Construction for Petroleum Engineering Storage Tank Foundations

Zhang Zhongcui (SINOPEC Shengli Oilfield Construction Engineering Co., Ltd., Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: Civil engineering construction for petroleum storage tank foundations often faces issues such as ground settlement, substandard concrete quality, and insufficient anti-seepage performance. To address these problems effectively, it is necessary to comprehensively improve the construction process through optimization of design, construction techniques, quality control, as well as raw materials and mix ratios. Targeted measures can thereby reduce maintenance costs, save material costs, enhance safety benefits, and ultimately improve the overall economic performance of the storage tank foundation civil engineering project.

Keywords: Petroleum Engineering; Storage Tank; Foundation Civil Construction; Economic Benefits

石油工程在能源产业中具有重要位置，而储罐作为工程的核心设施之一，其基础施工质量，会直接关系到储运过程的安全和经济效益，需要重点关注。储罐基础是承载主体结构的关键环节，也是影响石油工程长期稳定性的决定因素。若基础承载力不足，或出现沉降控制不到位等问题，不仅会有一定的安全隐患，还会造成重大的经济损失。因此，针对问题，从设计、施工和管理等环节入手，探索科学合理的优化路径，对于减少工程风险，降低运维成本，有显著的经济效益，值得深入探索与研究。

1 石油工程储罐基础土建施工概述

储罐基础常见的形式，有钢筋混凝土基础、桩基和环形基础等。不同形式的选择，基本是依据地质条件、储罐容量和承载要求来决定的。对于施工过程来说，主要是包括了场地勘察与处理、基础设计、混凝土浇筑与养护、地基加固和防渗处理等各个环节。在这里面，地基承载力与基础刚度，是影响储罐整体稳定性的两个重要指标。因此，在施工的时候，就要把地下水位、土层性质和荷载分布等要素，纳入到设计之中，并做好记录。施工之前，要先清理好现场环境，并开展详细勘察，随后才能进行土方处理和基础施工。施工单位要为工程提供必要的技术支持，监理单位则是要认真负责好质量监督的工作。监理必须要求施工

人员加强对施工现场的效果监测，并及时上报异常情况。因为如果储罐基础土建施工工程的工艺或质量管理不到位的话，隐患就会被无限放大，可能会出现沉降不均、混凝土裂缝和防渗失效等问题。当前，储罐基础施工工程，正朝着工艺精细化、设备机械化和管理信息化的方向，不断发展和进步。因此，为了更好的施工效果和更高的经济效益，土建团队要尽量加强对施工质量的控制，合理选择对应的施工工艺，做好相应的工程养护工作。

2 石油工程储罐基础土建施工常见问题分析

在实际施工过程中，储罐基础的土建施工是容易出现一些问题的。这些问题往往看似很小很普通，但如果不能及时处理，就会影响到整个工程质量，以及后续的使用安全性。而这其中，比较常见的问题主要有以下几类。

2.1 地基沉降问题

地基沉降问题的表现和影响都比较突出。一般这类问题会表现为，沉降不均或局部下陷的现象。那么产生这种情况的原因，主要是前期勘察不够细致的问题，尤其是对土层的特性没有掌握清楚，所以就容易犯“经验主义”的毛病。比如，软土没有经过加固处理就进行基础施工，就会造成承载力不足的问题。而沉降一旦发生，就会影响储罐的整体稳定性，还可能

带来严重的安全隐患。

2.2 混凝土质量问题

混凝土质量问题在储罐基础的土建施工中也很常见。这类问题的一般表现就是会出现裂缝、蜂窝和空洞等情况。这类问题的根源，其实主要还是在原材料、配比和养护上。原材料的话，如果用了不达标的材料，混凝土的强度自然就会受到影响。配比数据的话，如果控制不准，就容易会产生离析现象，混凝土就会出现凝聚不佳的问题。而如果养护工作没做到位，混凝土的表面就会开裂，强度就没有了。而混凝土一旦出现以上这些问题，储罐基础的整体耐久性和安全性就都会下降，后续修复的难度和成本也会直线增加。

2.3 防渗性能不足问题

储罐基础对防渗的性能要求还是很高的，但一般情况下，在施工现场，这方面的问题也偶尔会出现。具体的原因基本就是防渗层施工不规范，接缝处理不严密，防渗材料选择不合理等。这些问题看似细小不起眼，但背后的影响往往很大。因为一旦防渗层出现了破损或失效的情况，储罐油品就可能会渗漏。这不仅是会威胁到储罐的使用安全性，还会对周边的生态环境造成比较严重的污染问题。因此，防渗施工必须严格把关，不能留下任何隐患。

3 石油工程储罐基础土建施工优化路径

在储罐基础的施工过程中，常见的问题主要包括了地基沉降不均、混凝土质量缺陷、防渗性能不足、工期延误和质量检测不严等。这些问题往往分布在设计、施工和管理的各个环节之中，需要逐一进行优化，才能形成一套更为科学、实用的施工路径。

3.1 地基沉降问题的优化路径

地基沉降不均，是影响储罐长期稳定的一个主要隐患。要把这类问题解决好，关键在于要把勘察、处理和监测三项工作做实做细。

第一，前期勘察要细致，且有针对性。实际工程中，地下土层时常会存在不均一、历史填土或高含水层等问题，如果只是做浅层钻探的话，就容易漏判薄弱层等问题。因此，前期勘察的时候，应把原位试验与室内试验结合起来，采用静力触探、标准贯入、钻芯、固结试验等手段，全面获取土层厚度、压缩性、含水率和承载力等参数。勘察数据方面，要做成对应的三维地质模型，结合有限元分析或有限差分数值模拟等方法，预测总体沉降和差异沉降的发展趋势。勘察结论也要及时移交设计和施工单位，给加固和施工方案提供直接依据，不能只是把结果当表面记录束之高阁。

第二，地基加固要因地制宜，还要分区处理。实际施工中，不同部位的土层条件往往是差别很大的，

不能一刀切。比如在处理软土或淤泥层区域的时候，就可以先采用排水结合预压的方法，让地基尽快完成固结，减少后期沉降问题。而在一些需要提高深层承载力的场合，就要用高压旋喷桩、CFG 桩或灌注桩等方式，把承载力提升到要求水平。但在局部较软但承载需求不高的位置，就可以采用石灰土搅拌桩或挤密桩等方法，来改善土层的均匀性。因此，不同措施要结合起来使用，既要考虑效果，也要顾及工期和成本，把沉降速率控制在合理范围之内。

第三，施工与质量控制标准要严格落实。所有的加固工艺、材料要求和验收标准，都必须写进施工组织设计里，并且在实施中，要做到严格执行。每一根桩、每一段旋喷层，都要经过承载力或完整性检测，不能省略。施工过程中，关键工序要先做试验段，只有验证了工艺的可行性，才能大面积展开，避免出现大范围返工现象。对于排水、回填和荷载施加的顺序，也要严格控制，不能随意更改。还可以采用分阶段加载的方式，把剩余沉降控制在可接受的范围内，从而保证储罐基础的整体稳定性。

3.2 混凝土质量问题的优化路径

第一，原材料和配比的要求必须严格控制。混凝土的性能，很大程度上取决于材料质量和配比设计。如果水泥标号不够，或骨料级配不合理，就容易导致强度下降或出现离析。外加剂的使用，也要经过实验室试配，不能凭经验随意添加。为了保证效果，最好就优先选择低水化热水泥，搭配合理粒径的骨料，再配合高性能减水剂。这样混凝土在保持良好工作性的同时，也能具备足够的耐久性。所有原材料进场后，都要经过抽检和试验，检测合格后才能投入使用。

第二，施工工艺必须科学规范。混凝土浇筑过程中，如果布料不均或振捣不到位，就容易出现蜂窝、麻面或空洞等问题。因此，现场应推广自动化布料设备，确保混凝土分布均匀。振捣要采用高频振捣器，并且控制好时间和频率，既要保证混凝土密实，又要避免过振引起离析。对于大体积混凝土，还要合理分层分块浇筑，并配合测温手段，减少温度应力带来的开裂风险。

第三，养护措施必须落实到位。如果混凝土早期养护做不好，表面就容易干裂，强度也达不到设计要求。所以，在混凝土浇筑完成后，要及时覆盖或洒水养护，保持表面湿润。如果条件允许，可采用自动喷淋或蒸汽养护的方式，更好地控制水化过程。在高温季节，可以用遮阳和保湿措施避免水分蒸发过快；在寒冷季节，则要采取保温膜或加热养护，防止因温度过低造成冻害。只有把养护过程管控到位，混凝土的

强度和耐久性才能得到真正保障。

3.3 防渗性能不足的优化路径

第一，防渗体系设计要合理。单一层次的防渗措施往往不够可靠，一旦出现破损，就容易发生渗漏。为了提高安全性，最好采用多层复合防渗体系。例如，可在基础底部设置黏土垫层，上面铺设 HDPE 防渗膜，再加上一层渗透结晶型防渗涂层。这样的话，不同材料可以进行相互配合，就能把渗漏风险降到最低。这种组合结构既能保证整体的密封性，又能增强系统的耐久性。

第二，施工工艺必须严格到位。防渗层的施工环节，对细节要求非常高。比如在铺设膜层时，要采用真空密封或热焊工艺，确保焊缝严密、连接牢固，不能出现翘边和空鼓。铺设完成后，还要做好电火花检测或真空检测，检查膜层有无破损，不能带着隐患交工。施工人员也要接受专门培训，掌握正确的铺设方法和操作规范，把每一个细节都做到位。

第三，长期监测和维护必须跟上。即便防渗层施工合格，使用过程中也可能因为外力或自然条件的变化而受损。因此，在储罐基础下方，应预埋渗漏监测管网，并安装传感器，做到实时监控。一旦监测到异常，就能第一时间发现并处理，避免小问题拖成大事故。同时，运维单位要定期对防渗系统进行巡检和维护，及时修补局部破损，延长防渗体系的有效寿命。

4 优化施工的经济效益

针对储罐基础施工进行优化，不仅可以提升项目的工程质量，还可以带来显著的经济效益。

4.1 降低维护成本

储罐基础建成以后，需要做的维护工作还有很多，比如沉降监测、裂缝修补、防渗层加固和结构修复等。如果在施工阶段出现沉降不均或混凝土缺陷，这些问题在使用中就会被放大。维修次数一旦增加，直接费用会上升，间接损失也会因为储罐停用而加重。优化施工设计和工艺，就可以把沉降和裂缝的问题卡在前期解决掉，把防渗层的损坏风险降到最低。这样的话，不仅能延长储罐的使用寿命，也是降低运维投入的关键。质量控制和监测体系一旦完善，隐患就能在早期被发现，可以被及时处理。小问题得不到放任，大故障自然不会发生。这样一来，维护频率降低，修复规模缩小，后期成本就会逐步下降，经济效益也就会更加突出。

4.2 节约材料成本

储罐基础施工中，材料用量大，成本占比高。若是配比不科学或操作不规范，就容易造成浪费问题，还可能出现返工现象。这不仅会增加人力成本，还会

让材料投入成倍增加。如果能做到科学配比，就可以让混凝土性能达到更高要求，同时减少不必要的消耗。同时利用精细化施工，把材料用在关键位置，就能避免无效堆砌和随意浪费问题。再把原材料抽检和过程监控结合起来的话，问题就能在源头被控制住。而施工一旦规范起来了，返工次数就会明显减少，材料利用率也会大幅提高。这样一来，项目的整体材料成本自然就会跟着下降，经济效益也会随之提升。

4.3 提高安全效益

储罐基础的安全性，是保障整个工程正常运行的大前提。如果基础防渗不到位，油品就可能会渗漏出去；如果稳定性不够，沉降就可能会加剧。而这些问题一旦发生，不仅是会危及储罐本身，还会给环境带来严重的污染风险。所以，必须要优化设计，把防渗措施和稳定性方案结合起来，才能把事故风险降到最低。因为只有严格落实施工工艺要求，才能大幅减少安全隐患。出现事故的可能性才会降低，那么事故带来的经济和社会损失自然也就会跟着减少。而如果可以把环境治理费用和事故赔偿费用全部节省下来，对企业的安全效益就会有直接的提升。从长期来看，良好的安全表现，还能进一步提升项目的社会信誉，而这种间接效益，对于企业的整体经济效益发展也同样重要。

5 结论

石油工程储罐基础土建施工质量会直接关系到工程的安全性与经济性。从当前的施工来看，有的项目还是存在沉降、裂缝、防渗不足等问题，需要更为科学的设计、更高质量的混凝土施工工艺、更为强化的防渗设计来应对和解决。实践表明，施工优化不仅可以提升储罐基础的可靠性，还可以降低维护成本、节约材料费用、提高安全效益，对于石油开发企业而言有重要的现实意义。未来，研究应进一步结合智能建造与绿色施工理念，把储罐基础施工向更为高效、安全和可持续方向不断推进。

参考文献：

- [1] 姜顺姬 . 某原油储罐扩建工程中的土建部分设计 [J]. 化学工程与装备 ,2019,(07):156+114.
- [2] 武巍 , 李仲鸣 . 大型储罐施工方法与工艺——以土建及安装施工为例 [J]. 化学工程与装备 ,2013,(02):71-74.
- [3] 张永波 , 王磊 . 大型储罐混凝土基础裂缝控制与耐久性提升研究 [J]. 施工技术 ,2019,48(S1):512-515.
- [4] 刘建华 , 孙志强 . 基于全生命周期的油气储罐工程经济性评价模型 [J]. 石油工程建设 ,2021,47(02):85-89.
- [5] 孙薇薇 . 轻质油品储罐蒸发损耗规律的研究 [D]. 中国石油大学 (华东),2017.