

# 基于风险预控的储罐内浮盘更换维修质量控制体系构建

田中辉

上海赫燕安装工程有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i3.8776

**[摘要]** 储罐内浮盘是石化仓储设施的核心部件，其更换维修质量直接关乎储存介质安全与仓储系统稳定。本文以风险预控为核心，构建储罐内浮盘更换维修风险识别与评估体系，从施工全流程提出针对性质量控制措施，形成科学完善的质量控制体系，为同类工程提供理论参考与实践指导。

**[关键词]** 风险预控；储罐内浮盘；更换维修；质量控制体系

Construction of a quality control system for the replacement and maintenance of floating roofs in storage tanks based on risk pre-control

Tian Zhonghui

Shanghai Heyan Installation Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** The internal floating roof of storage tanks is a core component of petrochemical storage facilities, and its replacement and maintenance quality directly affects the safety of stored media and the stability of the storage system. This paper takes risk pre-control as the core, constructs a risk identification and evaluation system for the replacement and maintenance of internal floating roofs of storage tanks, proposes targeted quality control measures throughout the entire construction process, and forms a scientific and comprehensive quality control system, providing theoretical reference and practical guidance for similar projects.

**[Key words]** risk pre-control; internal floating roof of storage tank; replacement and maintenance; quality control system

## 引言

大型储油罐属于压力容器，在油田和大型炼油化工企业中广泛用于储存原油和炼油化工原料、产品等。内浮盘作为储罐的关键组成部分，通过与罐壁的密封配合，能够有效减少储存介质的挥发损耗，降低火灾、爆炸等安全风险，同时保护介质品质。本文基于某公司储罐内浮盘维修更换项目实践，深入探讨风险预控与质量控制的内在关联，构建系统化的风险识别与评估体系，制定全流程质量控制措施，为提升储罐内浮盘更换维修工程质量、防范安全事故提供切实可行的解决方案。

## 1 研究背景及案例概况

随着石化产业的快速发展，储罐运行年限逐年增加，内浮盘故障隐患频发，其更换维修工程的质量控制已成为行业关注的重点。目前部分同类工程存在风险识别不全面、预控措施不到位、全流程质量管控脱节等问题，易引发安全事故或导致维修后设备运行不稳定，影响仓储系统整体安全性与经济性。本次研究案例为某公司储罐内浮盘维修、更换及大修维护项目，项目地点位于某化学工业区，工程核心内容为对公司旗下两台储罐的内浮盘进行维修、更换及全面大修维护，以恢复内浮盘

的密封性能、结构稳定性及安全运行能力。

案例涉及的两台储罐分别为 TK0801（储存苯）与 TK0201（储存丙酮），其中 TK0801 储罐直径为 36m，TK0201 储罐直径为 18.4m，两台储罐均采用“大补偿弹性机械密封+二次舌形密封”的密封形式，用于储存石化类介质。值得警惕的是，2018年5月12日上海赛科石化发生闪爆事故，其事故储罐为苯罐（内浮顶罐），在浮盘更换维修过程中，因风险识别不全面、非防爆工具使用、苯液残留泄漏等问题引发事故，造成6人死亡（应急管理部事故通报），此类同类型施工的安全事故，进一步凸显了苯罐内浮盘更换维修中，构建以风险预控为核心的质量控制体系的紧迫性和必要性。项目施工内容涵盖施工准备、旧浮盘拆除、新浮盘安装、密封装置更换、防旋装置与静电消除装置安装、泄压阀与自动通气阀安装等多个关键环节，涉及受限空间作业、动火作业、高处作业等多种高风险作业类型，施工技术要求高，安全管控难度大。

## 2 风险预控在储罐维修质量控制中的重要性

### 2.1 提前预防事故

储罐内浮盘更换维修作业环境特殊，受限空间内通风条件有限，易残留有毒有害气体或可燃介质，同时作业过程涉及临时用电、动火焊接、高处作业等高危环节，存在多重安全风险（如图1所示）。风险预控通过系统识别作业全过程的潜在风险，分析风险特征与触发因素，制定相应的防控措施，从而从源头有效降低事故发生概率。针对储罐测绘与内浮盘安装过程中可能出现的中毒窒息风险，风险预控要求采用防爆轴流风机进行不间断通风置换，定期开展气体浓度检测，作业人员随身携带便携式气体检测报警仪，配备正压式空气呼吸器等应急装备，避免因气体浓度超标引发的中毒窒息事故。

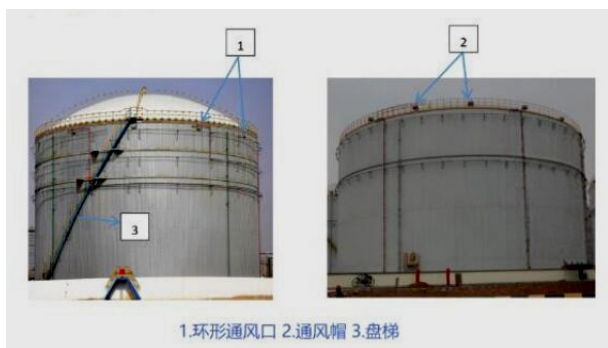


图1 储罐内浮盘结构图

### 2.2 提升施工质量

风险预控与施工质量并非简单的关联关系，而是以风险

前置管控为核心，为施工质量筑牢全流程保障的关键逻辑，风险前置管控理论主张通过风险识别、评估与预控，将质量隐患消除在萌芽阶段，避免风险转化为实质性质量问题。作为施工质量的“前置防火墙”，风险预控将质量要求深度融入各环节管控体系，从源头规避可能影响质量各类隐性因素。在施工准备阶段，通过对物资质量、工器具况及人员能力的精准把控，提前筑牢质量基础，确保后续施工环节具备可靠的实施前提。在施工过程中通过明确各关键工序的质量控制基准，通过风险管控要求确保操作规范性，保障浮顶结构精度、部件连接牢固性及密封性能等核心质量指标达标，有效规避各类违规操作引发的质量缺陷，最终实现施工质量的系统性、全方位提升。

### 2.3 保障工期

储罐内浮盘更换维修工程通常具有明确的工期要求，若施工过程中发生安全事故或出现重大质量缺陷，需要停工进行事故处理与返工整改影响工期进度，增加施工成本。风险预控通过提前防范安全事故与质量问题，保障施工活动的连续性与稳定性，为工期目标实现提供保障。若因吊装索具存在隐患导致物体打击事故，不仅需要处理人员伤亡问题，还需停工排查所有吊装设备与索具，延误施工进度，若因密封安装不规范导致密封性能不达标，则需要拆除重新安装，增加施工工作量与时间成本。风险预控通过对物资装卸、设备安装等各环节的风险进行管控，提前排查并消除索具隐患、规范密封安装流程，避免了因事故或返工导致的工期延误。

## 3 储罐内浮盘更换维修风险识别与评估体系构建

### 3.1 风险识别方法

储罐内浮盘更换维修作业流程复杂、工序繁多，风险因素兼具多样性与隐蔽性，需要依托科学系统的识别方法构建全方位识别体系，确保风险无遗漏。作业活动分析法将整体作业划分为施工准备、储罐测绘、脚手架搭设、设备安装、调试验收等关键环节，再把各环节进一步分解为具体子工序，如脚手架搭设拆解分解为立杆安装、横杆搭接等子项，逐一排查坍塌、高处坠落等潜在风险，实现风险识别的精细化。

现场调研法要求技术、安全及监理人员深入施工一线，通过实地观察储罐结构、受限空间通风条件等识别环境风险，检查内浮盘损坏、零部件腐蚀状况识别设备风险，了解施工队伍作业习惯与技能水平识别人为风险，凭借第一手资料保障识别的真实性与针对性。专家访谈法邀请储罐维修领域技术专家、

安全管理专家及资深施工人员，结合同类项目事故案例与实践经验，挖掘常规方法难以发现的隐蔽风险，比如浮盘模块连接的水平度偏差、二次密封安装的操作隐患，弥补前两种方法的局限性。

### 3.2 构建风险评估体系

构建储罐内浮盘更换维修风险评估体系需要围绕核心维度、规范流程与动态调整形成完整闭环，评估指标聚焦风险发生可能性与影响程度两大核心，两者均划分为高、中、低三个等级。评估流程需要有序推进，先组建包含建设单位项目负责人、监理单位安全监理工程师及施工单位技术负责人、安全员的评估小组，保障结果客观权威，再整理风险识别结果形成清单，明确风险所属作业环节、特征及触发因素。

评估小组采用德尔菲法开展指标打分工作，评估小组可以组织内部成员及外部储罐维修领域专家开展独立打分，第一轮打分结束后工作人员汇总结果并隐去专家个人信息，清晰说明分歧较大的风险指标及对应打分依据。专家结合汇总意见修正自身打分，经过多轮反馈迭代，直至各指标打分结果趋于一致，最终形成规范评分结果。评估小组根据两项指标的组合得分划分风险等级，可能性与影响程度均高的划分为重大风险，均为中等的划分为较大风险，均为低等的划分为一般风险，后续针对性制定管控策略。

## 4 基于风险预控的储罐内浮盘更换维修质量控制措施

### 4.1 施工前质量控制措施

施工前质量控制需要以现场安全条件确认与人员、物资准备为核心，筑牢施工基础<sup>[1]</sup>。现场安全条件确认需要全面落实各项保障措施，先对储罐实施能量隔离与介质置换，关闭相关阀门并加盲板隔离，采用防爆轴流风机不间断通风，确保罐内气体浓度符合安全标准，检测结果经建设单位与施工单位签字确认。

作业区域需要设置明显警示标识实施警戒隔离，视频监控覆盖罐内及关键施工环节实现全程可追溯，同时全面检测消防系统、防雷防静电接地装置等安全附件，清理应急逃生通道障碍物，用冷光源明确逃生方向，确保紧急情况下人员快速撤离，所有条件确认合格后方可办理作业许可<sup>[2]</sup>。人员准备需要保障施工人员具备相应资质，特种作业人员持证上岗，全体人员经过安全教育培训与技能考核，施工单位建立人员档案记录相关情况。物资方面需要对照图纸与清单清点零部件，检查施工工器具性能与规格，临时用电设备配备合格漏电保护器，所有进

场物资与工器具经三方联合验收登记后投入使用，从源头规避质量风险。

### 4.2 施工过程中质量控制

#### 4.2.1 关键工序质量控制

关键工序质量控制需要围绕脚手架搭设、浮盘安装、密封装置安装及辅助装置安装逐一落实核心要求。脚手架搭设严格遵循施工方案参数，立杆、横杆按规定间距与搭接长度通过专用扣件固定，底层设置斜杆、上层配备剪刀撑保障稳定性，搭设中用水平仪实时监测，完成后经三方联合验收方可使用，拆除时杆件通过绳索传递，罐底铺设防护材料避免损伤防腐层（如图2所示）。

浮盘安装前需要核查罐壁、液位计管垂直度及罐壁光滑度，模块按编号品字形排列，贴合橡胶泡棉胶条后螺栓紧固，支腿预留尼龙垫高度，边缘板用连接片固定并铺设胶带，重点控制水平度与连接牢固性<sup>[3]</sup>。密封装置安装按规定顺序操作，一次密封确保各部件贴合紧密，二次密封区分舌型带厚薄边并扎紧接头，预留足够余量保证密封效果。辅助装置安装需保障防旋装置三点一线、钢丝绳锁死且张紧力适宜，静电消除装置可靠接地，泄压阀与自动通气阀按尺寸开孔、规范固定，确保各装置功能完好，为浮顶安全运行筑牢基础。



图2 搭建脚手架图

#### 4.2.2 过程监测与风险管控

施工过程中需建立全程质量监测机制，采用专业测量工具对关键参数进行实时监测。用声发射检测技术测量罐壁与罐底垂直度、浮盘模块水平度、支腿垂直度等（如图3所示），用气体检测报警仪每间隔30min对罐内气体浓度进行检测，作业

人员随身佩戴便携式气体检测报警仪，实时监测作业点空气质量，用扭矩扳手检查螺栓紧固力矩，确保连接牢固。监护人员需要持证上岗，并且需要建设单位、监理单位与施工单位三方监护人员全程在岗，对施工过程中的风险点进行实时管控，熟悉风险特征与应急处置流程，对违规操作行为及时制止，发现风险隐患立即要求整改<sup>[4]</sup>。

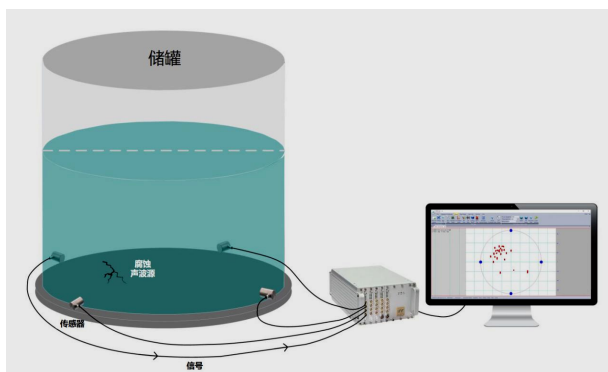


图3 声发射检测技术图

#### 4.3 施工后质量验收

施工后质量验收需从外观、性能、资料三个核心维度形成闭环管控，全面验证施工质量是否符合要求<sup>[5]</sup>。外观质量验收聚焦浮顶结构完整性与安装精度，重点检查浮盘模块连接紧密无松动错位，边缘板与模块保持同一水平面且无缝隙高低差，密封装置贴合紧密，聚四氟乙烯膜无破损褶皱，二次密封舌型带接头绑扎牢固，发现外观缺陷需及时整改，并形成详细验收记录。

性能检测验收由专业检测机构或三方联合检测小组实施，核心开展内浮盘升水试验，试验流程及风险管控严格参照既定方案执行，涵盖注水、浮盘升降、排水及二次进罐检查等关键环节。试验过程中同步验证密封性能，核查防旋装置张紧力与运行稳定性，测试泄压阀、自动通气阀开启高度及动作灵敏度，检测静电消除装置接地电阻。试验全程做好监测与记录，及时处置浮盘卡顿、水位超高、积水滑倒等潜在风险，所有检测结果均需符合行业标准与设计要求，检测报告经三方签字确认后方为有效。资料验收需要收集整理施工方案、应急预案、JSA分析报告、安全技术交底记录、过程监测数据、性能检测报告等全套资料，确保资料齐全完整、数据准确、签字规范，能够全面追溯施工全过程质量与风险管控情况。

#### 4.4 质量监控与持续改进机制

质量监控与持续改进机制是保障储罐内浮盘更换维修质

量的闭环管理核心，通过三级监控、问题追溯与循环改进形成完整管控链条<sup>[6]</sup>。三级监控体系以施工单位自检为基础，专职质量检查员对各工序质量逐一核查，自检合格后提交记录报监理单位验收，监理单位聚焦关键工序与隐蔽工程开展巡检及专项检查，及时提出整改意见并跟踪落实，建设单位定期开展质量抽检，同步核查监理验收工作质量。质量问题追溯与整改机制要求对施工及验收中发现的质量缺陷，详细记录问题描述、位置、影响程度、责任人等信息，技术与质量管理人员深入分析人为、物资、技术或风险管控等层面的成因，制定针对性整改措施，明确整改责任与期限，整改完成后经监理与建设单位联合验收。

### 5 结语

本文核心贡献在于构建了以风险预控为核心的储罐内浮盘更换维修质量控制体系，明确了风险识别与评估的系统化方法，提出全流程质量管控措施为同类工程提供实践指导，创新点在于将风险前置管控理论融入质量控制，建立“识别-评估-预控-验收-改进”闭环机制，实现安全与质量的协同管控。研究局限性在于案例仅覆盖两台特定规格储罐，对不同介质、不同密封形式储罐的适配性未充分验证，并且风险评估指标量化程度不足，后续可扩大案例范围，优化指标量化模型，提升体系的通用性与精准性。

### [参考文献]

- [1]林士龙.某石油库碳钢浅盘内浮盘更换的实践探索[J].石油库与加油站, 2025, 34(05): 5-8+52.
- [2]杜伟峰, 杨爱军, 王辉.浮顶储罐浮顶拆除前附件拆除施工安全技术措施[J].现代职业安全, 2024, (11): 64-66.
- [3]何婉秋, 巫红军.大型外浮顶原油储罐检修周期探讨[J].石化技术, 2024, 31(09): 319-321.
- [4]张贺.成品油内浮盘储罐浮盘选型的分析与探讨[J].石油库与加油站, 2024, 33(04): 1-3+53.
- [5]酒荣跃, 刘嘉东.大型浮顶罐罐顶外表面的腐蚀与防护[J].石油化工腐蚀与防护, 2023, 40(04): 31-34.
- [6]张建.石化仓储企业内浮盘储罐浮盘拆除作业安全风险及管理建议[J].化纤与纺织技术, 2021, 50(11): 94-96.