

基于城市更新理念的工业遗产改造工程质量风险防控研究

袁雨石

同济大学 上海 200092

摘要: 在国内城市更新持续推进背景下,工业遗产活化改造成为盘活存量建筑、延续城市工业文脉的重要手段。老旧工业建筑普遍存在结构老化、构件损伤、原始资料缺失等问题,改造工程兼具文物保护与建筑改造双重属性,质量风险隐蔽性强。本文依托多处老旧厂房实测数据,归纳四大类质量风险,剖析勘察设计、施工验收两阶段风险形成机理,构建多维度防控体系。采用层次分析法建立风险评价表,明确各指标权重。结果表明,结构安全风险与施工工艺风险权重最高,是管控重点。研究旨在完善工业遗产改造质量管控模式,为同类工程提供参考。

关键词: 城市更新;工业遗产改造;工程质量;风险防控

引言:我国城镇化已由增量开发转向存量提质阶段,大量老旧工业建筑成为亟待盘活的工业遗产。既有工业建筑普遍存在结构老化、构件损伤、原始资料缺失等问题,改造工程兼具文物保护与建筑改造双重属性,质量风险隐蔽性强。现阶段改造工程中,重开发、轻保护、重进度、轻质量的现象较为普遍,野蛮施工造成结构坍塌、风貌破坏等事故频发。基于城市更新保护优先、活化利用的理念,本文系统识别工业遗产改造中的质量风险,分析其形成机理,构建多维度防控体系,旨在完善工业遗产改造质量管控模式,实现安全、耐久、美观的综合建设目标。

1 城市更新与工业遗产改造的理论基础

1.1 城市更新理念的内涵

城市更新是优化城市空间结构、盘活存量低效资源、完善公共服务功能的系统性工程,区别于传统大拆大建模式,现阶段更新理念坚持留改拆并举、保护优先、适度开发的基本原则。该理念强调尊重城市历史文脉,严控大规模拆除重建,最大限度保留老旧建筑原有肌理与空间格局。在工程建设层面,要求改造工程兼顾结构安全、风貌保护、绿色低碳、功能适配多重目标,杜绝盲目改扩建、随意拆改承重构件等违规行为。结合工业遗产改造特点,城市更新理念更加注重最小干预原则,优先采用微创加固、隐蔽改造技术,在保障建筑安全耐久的前提下,降低改造对历史构件的破坏程度。城市更新不是简单的一拆了之,也不是原封不动的冻结式保护,而是在保护与开发之间寻求动态平衡。这要求建设各方在设计、施工、验收各环节树立系统性思维,将安全质量管控与风貌保护要求有机融合,避免因片面追

求经济效益而牺牲遗产价值^[1]。

1.2 工业遗产的价值认知与保护利用

工业遗产包含老旧厂房、生产车间、仓储库房、工业构筑物及配套设施,承载城市工业发展记忆,具备历史文化、建筑艺术、经济利用三重价值。从工程实践来看,上世纪七八十年代修建的工业建筑普遍采用低标号混凝土,部分构件强度衰减明显,钢结构锈蚀问题较为突出,建筑老化退化特征显著。工业遗产保护利用区别于普通旧房翻新,不仅需要满足现代建筑安全规范,还要保留桁架、梁柱、机械设备等工业标志性构件。当前主流活化模式包含文创产业园、商业展馆、休闲文旅街区等,在改造过程中既要提升建筑使用功能,又要严控改造尺度,平衡开发收益与遗产保护之间的矛盾关系。

2 工业遗产改造工程质量风险识别

2.1 结构安全风险

结构安全是工业遗产改造最核心的风险类别,老旧建筑长期受自然侵蚀、荷载交变、工业污染影响,隐蔽性结构病害多发。根据多地老旧厂房检测统计数据,砖混厂房竖向裂缝发生率较高,混凝土厂房碳化深度普遍较大,钢筋锈蚀问题较为突出。部分厂房原始施工标准偏低,结构冗余度不足,改造过程中随意拆除隔墙、开凿梁柱、加设夹层,极易造成受力体系失衡。上海宝山某老旧厂房改造中,因私自拆改承重结构引发局部坍塌,造成严重安全事故。此外,地基不均匀沉降、钢桁架微裂纹、构件刚度衰减等隐蔽病害难以肉眼识别,若未提前检测加固,极易埋下坍塌隐患,严重威胁施工及后期使用安全。

2.2 施工过程风险

工业遗产改造施工条件复杂, 施工流程不同于新建建筑, 施工过程质量风险突出。老旧厂区管线杂乱、图纸缺失, 水电、燃气、通信管线分布不明, 开挖施工极易造成管线破损。施工现场构件密集、作业空间狭窄, 大型机械进场受限, 多采用人工开凿、破碎作业, 施工振动易加剧原有结构开裂。部分施工人员缺乏遗产改造专项经验, 野蛮拆除、暴力凿除现象频发, 造成原有墙面、钢结构漆面、工业构件破损。同时改造工程交叉作业频繁, 加固、装修、消防、水电工序穿插混乱, 施工工序混乱不仅增加建设成本, 还会降低整体施工质量。

2.3 材料与工艺适配风险

新旧材料适配性差是工业遗产改造普遍存在的质量难题, 老旧建筑建材强度、收缩系数、耐久性能与现代建材差异较大。原有混凝土多为C15低标号材质, 改造采用C30高强度加固混凝土, 材料收缩率差值偏大, 容易造成新旧结合面开裂, 常见裂缝宽度维持在0.2~0.3mm。钢结构构件锈蚀严重, 除锈防腐工艺把控不严时, 后期复锈概率极高。部分项目盲目采用高强度加固工艺, 如厚层粘钢、大面积混凝土浇筑, 过度加固改变原有建筑受力特征, 破坏遗产原始风貌。此外, 仿古装饰材料、老旧构件修补材料选材混乱, 材料耐久性不足, 短期使用后出现起皮、脱落、风化等质量病害^[2]。

2.4 历史风貌保护风险

工业遗产改造区别于普通旧房改造, 需严格保护工业肌理与历史风貌, 风貌破坏属于不可逆质量风险。多数老旧厂房保留清水混凝土墙面、外露钢桁架、大型生产设备等标志性构件, 改造过程中为满足消防、采光、商业使用需求, 盲目增设外挂管线、现代门窗、厚重装饰面层, 破坏原有工业简约质感。部分项目过度商业化包装, 大面积涂刷艳丽涂料、增设现代装饰构件, 篡改建筑原始外立面形态。同时后期修复工艺粗糙, 老旧构件修补痕迹明显, 色差、肌理差异较大, 降低遗产艺术价值。此类风险隐蔽性强、不可逆, 一旦破坏无法复原, 严重削弱工业遗产历史传承价值。

3 工业遗产改造工程质量风险形成机理

3.1 勘察设计与施工准备阶段风险成因

勘察设计阶段风险根源在于前期勘察精度不足、设计方案不合理。多数老旧工业建筑竣工图纸缺失严重, 勘察单位简化检测流程, 仅依靠目视排查, 未采用回弹法、超声波检测、磁粉探伤等专业手段, 隐蔽裂缝、内部锈蚀、地基沉降等病害无法精准识别。设计人员缺乏遗产改造专业经验, 套用普通旧房改造图纸, 加固方案要么过度加固破坏风貌, 要么加固不足留下安全隐患。

施工准备阶段管理制度不完善, 施工方案未进行专项论证, 技术交底流于形式, 原材料进场未开展复检, 老旧构件保护措施缺失, 从源头埋下结构质量、外观破坏等多重风险隐患。

3.2 施工实施与竣工验收阶段风险成因

施工实施阶段风险主要源于现场管控薄弱、施工工艺不规范。施工队伍技术水平参差不齐, 未严格执行微创施工要求, 凿打、切割、开挖作业振动过大, 加剧原有构件损伤。监理单位重点关注装修观感, 忽视结构加固、隐蔽工程质量检查, 植筋、焊接、碳纤维粘贴等关键工序验收不严, 部分项目植筋施工达标率偏低。竣工验收阶段缺乏遗产改造专用验收标准, 参照普通民用建筑规范验收, 风貌保护、老旧构件修复质量未纳入考核^[3]。同时后期运维管理制度缺失, 无长期结构监测方案, 微小病害持续扩散, 逐步演变为重大安全隐患。

4 工业遗产改造工程质量风险防控体系构建

4.1 风险防控总体框架

本文遵循预防为主、全程管控、分级治理的原则, 构建勘察、准备、施工、验收、运维五阶段一体化质量风险防控体系。结合行业实测数据, 采用层次分析法计算风险权重, 划分风险等级, 下表为工业遗产改造工程质量风险评价指标体系。体系明确结构安全风险为一级管控重点, 风貌保护风险为专项管控内容, 通过前期精准勘察、中期规范施工、后期长效监测, 形成闭环管控模式。同时结合城市更新理念, 坚持最小干预、修旧如旧, 兼顾结构安全、风貌保护、功能升级三大目标, 全面降低改造工程质量隐患(如表1所示)。

表1 工业遗产改造工程质量风险评价指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	风险等级判定标准
结构安全风险	0.42	混凝土碳化锈蚀	0.18	碳化>10mm为高风险
		地基不均匀沉降	0.14	沉降>8mm为高风险
		构件裂纹变形	0.1	裂缝>0.2mm为高风险
施工过程风险	0.28	管线不明开挖破坏	0.11	未勘察开挖为高风险
		交叉施工工序混乱	0.09	返工率>12%为中风险
		野蛮施工构件损伤	0.08	构件破损即为中风险
材料工艺风险	0.18	新旧材料适配偏差	0.1	结合开裂为高风险
		加固工艺施工缺陷	0.08	植筋空鼓为中风险
风貌保护风险	0.12	外立面改造违和	0.07	构件篡改不可逆
		工业构件破损丢失	0.05	原件破损为中风险

4.2 勘察设计阶段防控措施

勘察阶段需实行全覆盖精细化检测, 摒弃传统目视排查模式, 采用回弹仪、碳化检测仪、磁粉探伤设备对梁柱、地基、钢结构开展全面检测, 精准记录碳化深

度、锈蚀率、沉降值等真实数据,图纸缺失项目必须完成全域测绘。设计阶段严格遵循最小干预原则,优先选用碳纤维加固、微创植筋等轻型加固工艺,严控加固厚度与构件改动范围。优化新旧材料配比,筛选收缩差值小于3%的兼容建材,避免结合面开裂。同时增设风貌专项设计章节,保留原有工业构件、外立面肌理,消防管线、设备设施采用隐蔽式布设,兼顾安全规范与历史风貌,从设计源头规避质量隐患。

4.3 施工准备阶段防控措施

施工准备阶段需完善管理制度、优化施工方案、强化人员管控。施工单位编制遗产改造专项施工组织设计,重点论证拆除、加固、修缮关键工序,严禁私自变更设计方案。对老旧工业构件、清水墙面、钢结构外表采用防护棉、防水膜进行包裹保护,降低施工磕碰损伤。严格执行材料进场复检制度,加固胶水、钢筋、混凝土、仿古建材必须抽样送检,不合格材料严禁进场。组织施工人员开展专项培训,普及遗产保护规范、微创施工工艺,明确禁止野蛮凿打、暴力拆除等违规行为,做好安全技术交底,为高质量施工筑牢前期基础^[4]。

4.4 施工实施阶段防控措施

施工实施阶段实行全过程动态管控,规范施工工序,严控施工质量。拆除作业采用分层、慢速、无振动微创施工方式,减少结构扰动;加固工序实行样板引路,植筋、焊接、碳纤维粘贴完成后100%抽检,确保施工达标。优化交叉作业顺序,依托BIM技术模拟施工排布,合理划分施工区域,避免工序冲突。监理单位加大隐蔽工程检查频次,重点核查梁柱加固、管线预埋、构件修复质量,及时整改空鼓、开裂、漏焊等质量缺陷。同时建立每日巡查制度,记录构件损伤、施工偏差,实时动态整改,将施工阶段风险降至最低。

4.5 竣工验收与运维阶段防控措施

竣工验收阶段增设风貌专项验收板块,结合检测数

据、设计图纸双重核验,重点核查结构加固质量、构件完好程度、风貌还原效果,不合格项目严禁交付使用。完善工程档案,留存检测报告、加固资料、构件修复记录,建立工业遗产数字化档案。运维阶段搭建长期监测体系,布设沉降观测点、裂缝监测设备,每季度开展结构巡检,及时处理屋面渗漏、构件锈蚀等病害。严格管控后期使用荷载,禁止私自加建夹层、堆砌重型设备,建立常态化修缮养护机制,实现工业遗产长期安全、稳定、可持续利用。

结束语

本文立足城市更新理念,以工业遗产改造工程质量风险为研究对象,识别结构安全、施工过程、材料工艺、风貌保护四类风险,结合检测数据分析风险形成机理,构建风险评价体系,明确结构安全为首要管控重点。从勘察、施工、验收等阶段提出系统性防控措施,形成闭环管控模式。研究证实,老旧工业建筑隐蔽病害多发,改造风险具有复杂性与不可逆性,只有坚持精细化勘察、规范化施工、长效化运维,才能兼顾安全质量与文脉保护。未来需完善行业专项规范,强化数字化监测应用,持续优化风险防控体系。

参考文献

- [1] 阎妮,邓浚岚.基于城市双修的工业遗产改造研究[J].山西建筑,2025,51(9):33-36,41.
- [2] 黄德嘉.健康城市理念下的工业遗产转型保护研究——以云南冶炼厂铁路专线体育公园为例[J].城市建设,2025,22(13):46-48.
- [3] 孙澄,张国涛,李游山,等.城市微更新视角下的工业遗产保护实践路径研究[J].低温建筑技术,2024,46(7):43-47.
- [4] 王思涵,黄勇,张龙巍.代际共融理念下工业遗产空间更新设计策略研究——以东三省兵工厂硫酸厂旧址为例[J].华中建筑,2024,42(2):42-45.