

Risk identification and control system for reinforcement and renovation design of existing industrial plants

Jianbing Cui

Tangshan Sanyou Chlor Alkali Co., Ltd. Hebei Province Polyvinyl Chloride Technology Innovation Center, Tangshan, Hebei, 063305, China

Abstract

At present, with the acceleration of industrial upgrading and urban renewal, the demand for reinforcement and renovation of existing industrial plants is also increasing. As the core of renovation projects, the risk control of the design process determines the safety, functionality, and economy of the project. This article systematically identifies potential risks in the reinforcement and renovation design of industrial plants from four dimensions: structural safety, functional adaptation, regulatory compliance, and construction connection. It then constructs a full process risk control system of "warning implementation verification" and clarifies the collaborative responsibility mechanisms of construction, design, and construction. This study aims to provide a scientific risk management path for the reinforcement and renovation design of industrial plants, and to help improve the quality and efficiency of renovation projects!

Keywords

existing industrial plants; Reinforcement and renovation design; Risk identification; Control system; Multi party collaboration

既有工业厂房加固改造设计的风险识别与管控体系

崔建兵

唐山三友氯碱有限责任公司河北省聚氯乙烯技术创新中心, 中国·河北唐山市 063305

摘要

现阶段随着产业升级与城市更新进程加快, 既有工业厂房的加固改造需求也在日益增长, 而设计环节作为改造工程的核心, 其风险管控决定着项目的安全、功能与经济性。本文主要从结构安全、功能适配、规范合规、施工衔接四个维度, 系统地识别了工业厂房加固改造设计中的潜在风险, 进而构建起“预警—实施—验证”的全流程风险管控体系, 并明确了建设、设计、施工等多方协同责任机制。此次研究旨在为工业厂房加固改造设计提供科学的风险管控路径, 助力改造项目质量与效益的提升!

关键词

既有工业厂房; 加固改造设计; 风险识别; 管控体系; 多方协同

1 引言

在“双碳”目标与城市更新战略的双重驱动下, 我国大量的既有工业厂房面临着功能转型与性能提升的需求。相较于新建厂房, 既有工业厂房地加固改造具有基础条件复杂、约束因素多、功能需求多变的特点, 因此设计阶段需兼顾结构安全修复、使用功能升级、现行规范适配及施工可行性等多重目标, 风险点呈现出了隐蔽性强、关联性高、影响范围广的特征。近些年来, 多地的工业厂房加固改造项目因设计风险管控缺失, 引发了结构开裂、功能不达标、施工返工等问题, 不但造成了经济损失, 还威胁着人员安全。但

目前学界对于工业厂房加固改造的研究多集中于结构加固技术、功能转型设计等单一领域, 像设计阶段的风险识别与管控缺乏了系统性地探讨。因此亟需建立全面的风险识别维度, 构建起科学的管控体系, 来明确各方责任, 以此从源头上降低改造项目的风险。本文便结合工业厂房加固改造的工程实践, 深入地剖析了设计环节的风险要素, 形成可操作的管控路径, 希望能够为工程设计人员与项目管理者提供理论参考与实践指导。

2 工业厂房加固改造设计的风险识别维度

2.1 结构安全维度

结构安全作为工业厂房加固改造的核心底线, 其设计阶段的风险主要源于原结构信息缺失、性能评估偏差及加固方案不合理三个层面。就原结构信息缺失风险来说, 其普遍存在于老旧厂房的改造中。原因是部分建成时间较早的工业

【作者简介】崔建兵(1987-), 男, 中国河北沧州人, 本科, 高级工程师, 从事土建设计与管理研究。

厂房,致使该项目的图纸遗失、档案不全,设计单位便无法准确地获取原结构的荷载等级、材料性能、构造细节等关键信息。例如,上世纪90年代建设的轻工业厂房,大部分都未留存混凝土强度检测报告与钢结构焊缝质量记录,之后设计时若仅依赖外观检测,便会忽视内部损伤,进而导致加固设计依据不足。在结构性能评估方面的偏差风险,主要源于检测手段局限与评估方法不当。由于工业厂房常用的混凝土结构易出现碳化、裂缝、钢筋锈蚀等问题,使得钢结构面临着锈蚀、节点松动等病害,如果仅仅采用常规的外观检测与局部取样检测,难以全面地反映出结构整体性能。此外加固方案的不合理风险体现在技术选型与构造设计两个方面。技术选型上容易盲目地采用新型加固技术而忽视了原结构的适配性,构造设计上易发生加固构件与原结构的连接节点处理不当的情况^[1]。

2.2 功能适配维度

实际工业厂房地加固改造多伴随着功能转型,像技改、扩建项目实施过程中因使用功能变化会对原有厂房进行改造,因此设计阶段需解决原结构性能与新功能需求不匹配的风险,即荷载适配、空间适配与设备适配。一是荷载适配风险,它源于新功能对结构荷载的要求超出原设计承载能力。通常不同功能的厂房荷载差异比较显著,如传统机械厂房楼面活荷载为3-5kN/m²,而控制中心因放置服务器机柜,楼面活荷载需提升至8-12kN/m²。如果在设计阶段未准确地核算新功能的荷载需求,仅对原结构进行常规的加固,就会导致楼面沉降、梁体变形等问题出现。二是空间适配风险,它主要体现在层高、柱距、平面布局等方面无法满足新功能的要求。举个例子,老旧厂房多为低矮、柱网密集的结构,项目实施过程中需安装体型大的设备,就需满足大跨度、高净空的需求,但设计中若盲目地拆除柱子扩大空间,并未进行结构整体稳定性验算,将会引发结构坍塌风险。同时新功能所需的通风、采光、消防通道等设施与原厂房空间布局发生冲突,可设计时未进行统筹规划,后续会导致功能分区混乱。三是设备适配风险,它主要针对的是需安装大型设备的改造项目。如厂房改造时,就需设置制等重型设备,若在设计阶段未明确设备的重量、振动参数及安装位置,且未对设备基础进行专项地设计,便会导致基础沉降不均,进而影响到设备的运行安全。

2.3 规范合规维度

工业厂房地加固改造设计需同时满足原建设时期与现行规范的要求,那么规范冲突与合规性遗漏便成为了重要的风险点,在实践当中可将其分为结构安全规范、消防规范、环保规范三个部分。其中结构安全规范冲突风险源于新旧规范的要求差异,原因是我国建筑结构规范历经了多次更新,且在荷载取值、抗震设防烈度、材料强度设计值等方面均有所调整。而消防规范不达标风险是工业厂房改造中的高频问题,功能转型后的厂房火灾危险性类别可能会发生变化,如

从戊类仓储改为丙类生产车间,那么消防设计标准需相应地进行提升。但设计阶段未重新进行火灾危险性评估,并未按新类别设置防火分区、疏散通道、消防设施,就会违反《建筑设计防火规范》(GB50016-2014)的要求。环保规范合规风险主要随着“双碳”政策推进日益凸显,该政策要求工业厂房改造满足噪声、废气、废水排放等环保要求,若设计阶段未统筹考虑到环保设施的布置,就会导致后期的整改困难。

2.4 施工衔接维度

在工业厂房加固改造中,设计与施工的脱节是比较突出问题。若在设计阶段未充分地考虑到施工可行性、现场条件约束及与后续工序的衔接,便会引发施工返工、工期延误等风险,其主要包括了施工可行性、工序衔接、现场协调三个层面^[2]。第一在施工可行性方面,风险主要源于设计方案未结合现场实际条件。因为既有工业厂房改造多在已投产或半停产状态下进行,此时施工空间受限、周边环境复杂,一旦设计方案未充分地调研现场,就会出现设计可行、施工难行的情况。第二是工序衔接风险,实践中体现在设计方案未明确各专业、各工序的衔接逻辑。由于工业厂房加固改造涉及了结构、机电、消防、装饰等多个专业,在设计时若未进行多专业的协同设计,便会出现工序冲突。第三为现场协调风险,它源于设计阶段未预判施工中的不确定性因素,且未制定应对预案。但工业厂房改造现场常常会出现原结构实际状况与检测结果不符的情况,如发现原结构存在未探明的裂缝、腐蚀等病害,当设计方案未预留调整的空间时,就要临时变更设计,进而导致施工出现停滞。

3 工业厂房加固改造设计的风险管控体系构建

3.1 建立风险预警与方案优化机制

风险预警作为管控的前置环节,需要建立信息核查、风险评估、方案优化的流程,旨在从源头降低设计的风险。其中信息核查机制需确保原结构信息的完整性与准确性。对此设计单位应联合建设单位、产权单位,全面地收集厂房原始图纸、竣工资料、使用维护记录等档案信息,对于档案缺失的项目要迅速采用无损检测结合局部破损检测的方式,对于原结构的材料性能、结构构造、损伤状况进行全面地检测。而风险评估机制需采用定性与定量相结合的方法,即构建风险矩阵,根据风险发生的可能性与影响程度,将风险划分为重大风险、较大风险、一般风险、轻微风险四个等级,并针对不同等级的风险制定差异化的应对策略。方案优化机制则需基于风险评估结果,再结合技术可行性与经济性,对设计方案进行多方案的比选与优化^[3]。此时应该建立涵盖了技术、经济、风险的综合评价指标体系,一般技术指标要包括结构安全系数、功能适配度等,经济指标需包括工程造价、运维成本等,风险指标则由风险发生概率、损失程度等组成。

3.2 强化设计实施与动态调整机制

在设计实施阶段当中,基于动态监控、协同设计、变

更管理的机制,即可实现风险的实时控制与及时调整。首先动态监控机制的核心是建立设计与施工的实时联动渠道。一方面设计单位应派驻设计代表驻场,且全程参与施工过程,以确保能够及时地掌握现场情况;另一方面需利用物联网技术,在施工关键部位布设传感器,用于实时地监测结构的变形、应力、振动等参数,并与设计计算值进行对比分析。其次是协同设计机制,务必打破专业壁垒,进而实现多专业、多方主体的协同配合。因此需要采用 BIM 协同平台,将结构、机电、消防等各专业的设计模型整合,再进行碰撞检测与优化。同步组织建设、设计、施工、监理等单位开展定期协同会议,在会议中针对设计方案的施工可行性、工序衔接等问题进行充分地沟通。最后变更管理机制需规范设计变更的流程,目的是确保变更的合理性与合规性。结合实践而言,应当建立变更申请、风险评估、审批实施的流程,当施工单位或监理单位提出变更需求后,设计单位要对变更的必要性、技术可行性及风险影响进行评估,若是重大设计变更还需组织专家论证并报建设单位、施工图审查机构审批^[4]。

3.3 构建效果验证与风险追溯机制

效果验证与风险追溯是管控的闭环环节,该环节通过质量检测、效果评估、风险追溯等环节,便能确保设计方案的实施效果,进而为后续项目提供经验借鉴。具体来说:质量检测机制的任务是对设计方案的实施质量进行全面地检测。即施工完成后,由第三方检测机构对加固改造后的结构性能、功能指标、规范符合性进行检测。如检测加固后结构的承载力、抗震性能是否达到设计要求,以及检测功能空间的尺寸、设备安装精度是否符合使用需求等等。一旦发现检测不合格的项目,要立刻分析其原因并制定整改方案,再由设计单位优化设计、施工单位返工整改,直至检测合格为止。效果评估机制则需从安全、功能、经济三个维度,对项目的整体效果进行全面地评估。所谓安全维度,旨在评估结构的长期稳定性与可靠性,通常可经由长期监测数据(如 1 年以上的结构变形监测)来分析结构性能变化;功能维度主要评估的是改造后的空间利用率、设备运行效率等是否达到预期目标,建议通过问卷调查、使用反馈等方式收集用户评价;经济维度评估的关键是项目的投资回报率、运维成本等,可以对比实际成本与预算成本的差异得出结论。而风险追溯机制需要建立项目全周期的风险档案,且对发生的风险事件进行归因分析。该档案应包含风险识别记录、评估报告、管控

措施、处理结果等资料,并针对发生的风险事件分析设计阶段的管控漏洞,如信息核查不全面、风险评估不准确、方案优化不到位等等,还要明确责任的主体。

4 工业厂房加固改造设计风险管控辅助——明确多方协同责任机制

工业厂房地加固改造设计需建设、设计、施工、监理、检测等多方协同明确责任的边界,务必形成各司其职、协同联动的体系。在该体系当中,建设单位作为总负责人承担着统筹协调与风险兜底责任;而设计单位为核心主体需组建专业的团队进行现场调研、设计以及驻场指导等工作;施工单位主要负责方案落地;监理单位则履行着监督预警职责,需全程监督施工质量,且旁站关键工序与审核设计变更;另外便是检测单位,它需制定科学方案,以确保检测数据的真实准确,还需及时地通报重大损伤^[5]。基于此,还应该建立四方会议及线上协同平台来保障沟通,以此完善责任追究制度,在实践中形成奖惩分明的约束机制。

5 结语

在城市更新与产业升级的背景之下,既有工业厂房地加固改造需求将得到持续地增长,未来的研究可进一步地探索数字化技术在风险管控中的深度应用,如利用 BIM+GIS 技术构建厂房全生命周期数字孪生模型,以此实现设计风险的实时模拟与智能预警。同时还可加强对于特殊类型工业厂房(如化工、防爆厂房)加固改造设计风险的专项研究,进而完善风险管控的技术标准体系。

参考文献

- [1] 赵来柱.既有工业厂房加固改造技术[J].施工技术(中英文),2024,53(21):37-40.DOI:10.7672/sgjs2024210037.
- [2] 张丽娜,赵宇斌,任志鹏.既有建筑装配式加固及加建改造方案设计 with 效果分析[J].四川水泥,2025,(05):79-81.
- [3] 王婷,冯柯.“双碳”背景下既有工业建筑绿色节能改造策略研究[J].中国建筑装饰装修,2025,(03):97-99.DOI:10.3969/j.issn.1672-2167.2025.03.015.
- [4] 文应,蔡俊辉,孙健,等.城市更新改造中既有建筑的结构加固要点与实践[J].新型城镇化,2024,(06):57-60.
- [5] 陈亮.既有混凝土框排架主厂房的抗震分析与加固设计[D].山东省:山东建筑大学,2021.DOI:10.27273/d.cnki.gsjc.2021.000717.