

# 土木工程施工安全风险与管理措施探析

李建鹏

(瓜州益能新能源发展有限公司, 甘肃 酒泉 736100)

**摘要** 安全风险管理工作作为大型住宅建筑工程管理的核心环节, 其系统性实践对保障施工安全具有重要意义。本文以唐山市丰润区棚户区改造项目为典型案例, 通过构建风险评估模型, 对其施工全过程安全风险进行实证分析。研究表明: 项目风险点分布以低等级风险为主, 但存在需重点管控的中高等级风险, 其中高处坠落、物体打击、坍塌、机械伤害和触电构成五大核心风险事件。分析表明, “人的不安全行为”和“管理缺陷”是导致风险事件发生的主要致险因素。

**关键词** 土木工程; 施工安全风险; 安全风险管理工作

中图分类号: TU714

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.09.029

## 0 引言

随着城市化进程的持续推进, 超高层建筑呈现爆发式增长态势, 已成为现代城市空间重构的核心载体与标志性景观。但是超高层建筑施工过程复杂, 深基坑、高模架、大型起重吊装等危险性大的工程较多, 施工安全风险高。一旦发生安全事故, 就会造成巨大的人员伤亡和财产损失, 还会产生严重的社会影响。因此, 如何能有效地识别、评价并控制土木工程施工过程中的安全风险, 是当前建筑行业亟需解决的重要问题。

## 1 项目概述

### 1.1 项目情况

深圳深港国际金融中心超高层综合体项目, 是集甲级写字楼、高端商业、会议功能为一体的标志性建筑。项目位于深圳市福田区核心商务区, 总占地面积 15 300 平方米, 总建筑面积 286 500 平方米。建筑主体结构为巨型框架、核心筒、伸臂桁架抗侧力体系, 地上 92 层, 结构高度 468 米, 塔冠最高点标高 498 米。地下部分为 5 层, 开挖深度 28.5 米, 基坑周长 480 米, 主要功能为设备机房、人防工程、1 200 个车位的地下停车场。

### 1.2 工程的主要施工技术和关键数据

工程的主要施工技术内容和关键数据指标为: 一是深大基坑工程, 用 1.2 米厚、45 米深的地下连续墙和四道钢筋混凝土内支撑做支护体系, 总土方开挖量约 43 万立方米。二是大体积混凝土工程, 基础底板厚度为 4.5 米, 局部核心筒区域厚度达 9.3 米, 一次性

连续浇筑混凝土方量约 22 000 立方米, 采用 C50P10 抗渗混凝土, 并铺设三层冷却水管温控系统。三是超高模架工程, 核心筒竖向结构用液压爬模系统, 外框钢结构楼板用重型铝合金模板体系, 最大单层支模面积达 3 800 平方米。四是钢结构工程, 全楼总用钢量约 9.8 万吨, 外框由 16 根巨型劲性钢骨柱和环带桁架组成, 最大构件单重达 85 吨, 需要使用 M1280D 型动臂式塔吊进行吊装。五是幕墙工程, 单元式玻璃幕墙总面积约 23 万平方米, 最高安装高度超过 450 米。

## 2 项目安全风险评估分析

### 2.1 评估的依据、涵盖范围及具体实施步骤

本项目安全风险评估严格按照一系列有强制性的法律法规、标准和项目特定文件来进行。法律上首先要遵守的是《中华人民共和国安全生产法》《建设工程安全生产管理条例》<sup>[1]</sup>。技术标准上主要依据有《建筑施工安全技术统一规范》(GB 50870-2013)、《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(住建部 37 号令及配套文件)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-2012)、《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ 80-2016)、《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》(JGJ 196-2010)等。项目特定依据则涵盖了岩土工程详细勘察报告、全套结构设计图纸与计算书、经专家论证的超过一定规模的危险性较大的分部分项工程专项施工方案共计 18 项、施工总承包合同中的安全协议条款以及施工现场前期踏勘的影像与测绘资料。评估的物理和过程范围实现了对项目立

作者简介: 李建鹏 (1989-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 土木工程施工安全与管理。

体空间和时间线的全覆盖。从空间维度上来说,评估场域不只限于红线内的施工区,还延伸到受降水、振动、沉降影响的相邻地铁保护区、道路和管线区域;垂直方向上,从地下 28.5 米基坑底到 498 米塔冠作业面都属于评估对象。从三通一平、支护施工、土方开挖、基础施工、主体结构、机电安装、幕墙封闭到装饰装修的七个主要施工阶段,在时间上进行评估。作业活动维度的评估对象包括所有的常规建筑施工活动以及激光校直、高强螺栓施拧、超高压泵送混凝土、大型构件空中组拼等特殊工艺环节。评价使用作业安全分析加风险矩阵的标准流程。第一步就是系统性风险识别,由九人风险评估委员会用各种方法,历时两周初步识别出 247 个危险源。第二步半定量风险分析,从事故发生可能性和后果严重性两方面分级,可能性 L 分 1 到 5 级,后果严重性 S 分 1 到 4 级。第三步风险评价分级,用 L 乘 S 确定风险矩阵的位置,将风险分为 R1-R4 四类。第四步成果输出,生成包含全部风险信息的项目初始安全风险评估报告》和动态风险清单数据库<sup>[2]</sup>。

### 2.2 风险点分布情况以及各作业单元的风险等级划分

根据系统的评价,风险点在项目中分布有明显的时空非均匀性。高风险浓度区空间分布很集中。地下工程阶段基坑周围尤其是邻近地铁侧、管线密集侧的支护体系和土方开挖面为风险点。地上主体施工阶段风险高发区转移到核心筒液压爬模操作平台、外框钢结构吊装焊接作业层、塔吊施工电梯附墙作业点、高空临边洞口。装饰、幕墙安装阶段,单元板块吊运轨迹下方、大型擦窗机安装区域成了新的风险密集区。时间上存在五个风险峰值期,如深基坑开挖到第二道支撑完成期间。按照风险矩阵评价,基坑工程、超高层模板工程等被列为 R4 级重大风险,主要风险事件为坍塌等,后果灾难性;钢结构安装工程等被评 R3 级较大风险,风险形态有高处坠落等;幕墙单元体安装等也被评 R3 级;常规的钢筋加工等作业,措施得当大多为 R2 级一般风险。

### 2.3 风险事件的类型及其致险因素的具体构成

本项目潜在的典型安全风险事件可以分为八类。坍塌类事故主要威胁源有深基坑边坡、12 米高的模板支撑体系、4.5 米以上的悬挑脚手架和重型材料堆场。高处坠落类事故,高风险场景有核心筒爬模平台和外围钢梁之间的间隙、电梯井道和管道井的临边、吊篮和擦窗机作业过程、塔吊顶升操作平台。物体打击类事故的风险来自高空掉落的小型工具或螺栓、塔吊吊

运物件滑脱、钢结构安装时高强螺栓或手动工具飞溅。起重伤害类事故,即 M1280D 动臂塔吊等重型设备带负荷试验、非标准工况吊装、与相邻塔吊或结构干涉时发生的倾覆、折臂、断绳等。机械伤害类事故,和数十台大型机械设备如混凝土泵车、钢筋加工机械、液压爬模油缸等长运动部件有关。触电类事故风险点存在于地下室潮湿环境配电、数十台电焊机同时作业的临时线路、高压电缆布设路径、受损电动工具。火灾和爆炸类事故,原因是装饰阶段大量易燃材料堆放、氧气乙炔气瓶管理不当、电气线路过载、动火作业火花飞溅。此外,还包括有限空间作业可能导致的中毒窒息,以及场内车辆交通导致的伤害<sup>[3]</sup>。

## 3 项目安全风险管理及对应防范举措

### 3.1 完善风险管控架构并落实责任机制

项目以总承包单位为龙头,辐射到所有参建方的矩阵式安全风险管控组织架构。顶层由建设单位、监理单位、施工单位、主要分包单位负责人组成项目安全生产委员会,对重大风险作出决策。下设独立的、有否决权的项目安全总监办公室,设 8 名专职安全工程师,按土建、钢结构、机电、幕墙四个专业板块进行纵向监督。同时在各个分包单位内部设立专职安全岗,纳入总包统一管理考核,形成统一领导、专业监管、单位负责、全员参与的网络化格局。责任机制的核心是将风险控制的责任量化和刚性传递。项目实行安全生产责任清单制,编制了项目经理到一线班组长共 32 个岗位的《安全风险管控责任清单》,规定了每个岗位在每一项 R3、R4 级风险管控中的具体职责和工作标准。依靠数字化管理平台来完成对安全履职情况的每日线上记录、每周自动考核。建立安全风险抵押金制度,项目各级管理人员和分包单位负责人按比例缴纳,其返还和奖励同所负责区域的风险控制效果直接挂钩。对因责任落实不到位而造成隐患升级或发生未遂事故的,实行事故隐患责任倒查和“说清楚”制度,使压力层层传递,责任环环相扣。

### 3.2 加强安全培训工作,构建双重预防机制

安全培训体系设计出分层次、分类别、分岗位的精准赋能模式。对超过 800 名一线作业人员实行“入场教育—班组教育—实操考核”三关准入制,针对基坑支护、钢结构焊接、塔吊操作等 28 个特殊工种,开设微型实训工坊,开展实物化操作训练。对管理人员开展每月一次的“安全技术讲堂”,重点讲授风险辨识、BIM+ 安全应用、事故案例分析等内容。创新地使用 VR 虚拟现实技术开发出基坑坍塌、塔吊倾覆、高空

坠落等10种高风险情景的沉浸式培训模块,培训了超过1500名人员,使他们身临其境地体会到了风险。双重预防机制的创建属于风险控制的主要手段。第一道防线风险分级管控项目制作了可视化的“四色风险空间分布图”,把R4级红色风险区、R3级橙色风险区在总平面图和各楼层平面图上动态标注。对每一个风险点制定包含工程技术措施、管理措施、个体防护措施和应急处置措施的《风险管控措施卡》,张贴在现场对应的位置。第二道防线隐患排查治理用智能巡检和人工核查相结合的方式。为安全员配备带有定制APP的智能安全帽,可以实时拍照上传隐患、语音描述、定位坐标,系统自动生成整改通知单并推送至责任人。每周由项目经理带队进行综合检查,对R3、R4级风险控制措施的执行情况开展专项检查。所有的隐患数据上传到云端数据库,利用大数据分析预测高频隐患类型和分布规律,由排查隐患转变为预警风险<sup>[4]</sup>。

### 3.3 严格把控危险性较大的工程管控,实施分级风险监控

对深基坑、高模架、大型起重吊装等危大工程实行方案、交底、施工、验收四阶段闭环管理。方案阶段邀请外部专家对18项超规模危大工程专项方案进行论证,并采用BIM技术做施工模拟及碰撞检测,发现方案中存在冲突和缺陷。在交底阶段用三维动画、BIM模型进行可视化交底,使每个作业人员都清楚技术要点和安全要求。施工阶段基坑开挖、支撑拆除、塔吊附墙、桁架提升等重要工序实行项目总工、安全总监、监理工程师三方联合旁站监督。验收阶段严格实行“作业班组自检一分包单位复检一总包和监理联合验收”程序,验收数据及时上传至监管平台。分级风险监控就是资源配置的差异化倾斜。对于R4级重大风险,实行“每日一查、实时监控”的强化监管。在深基坑工程中,除常规监测点外,在靠近地铁一侧增设12个自动化实时监测传感器,位移变化率大于2毫米/天就自动报警。对4台动臂塔吊全部安装塔机安全监控管理系统,实时监测载重、力矩、幅度、回转角度等数据,并与BIM模型中的虚拟塔吊做碰撞预警。对R3级较大风险采取每周专项检查与评估。对R2级以下的风险进行常规的安全巡查和标准化管理。分级监管可以保证有限的安全管理资源得到最优配置和最大产出<sup>[5]</sup>。

### 3.4 建立动态风险评估体系,完善应急防控体系

建立和施工进度计划联动的动态风险评估机制。主体结构每施工20层、重要的施工工艺变更、发生险情或重大社会活动前必须进行风险再评估。评估不单

依靠现场检查,还结合监测系统、设备传感器、隐患排查记录等多源数据进行分析。通过塔吊吊次历史数据与近期违章记录分析,动态调整塔吊作业风险等级。利用无人机每周对高空作业面、临边防护进行自动巡航拍摄,用图像识别技术辅助发现新增风险点。所有的动态评价结果都更新到项目风险清单以及“四色图”当中,并且通过安全例会以及信息化平台告知所有相关人员,保证风险认知的同步更新。应急防控体系重视实战能力建设。项目编制了1个综合应急预案和8个针对基坑坍塌、塔吊倒塌、大型火灾、极端天气等的专项应急处置方案。方案中准确标明了应急物资仓库的位置、储备清单和调用程序,在基坑周围常备沙袋5000个、应急水泵20台。组建了一支由总包及各分包单位骨干组成的60人常备应急救援队,每季度开展一次无脚本“双盲”演练。演练之后,用视频复盘和专家点评的方式找出指挥协调、应急响应、现场处置中的薄弱环节。项目同深圳市定点医院、消防部门以及专业抢险单位建立了应急联动机制,保证在重大突发事件发生的时候,内外救援力量可以实现无缝对接、高效协同。

## 4 结束语

土木工程施工安全风险,是贯穿于项目全生命周期的、以持续的风险识别与评价为基础、依靠系统的控制手段来实现动态调整的复杂管理过程。通过对深圳深港国际金融中心这样技术极限高、环境制约强的超大型工程案例可知,安全风险具有明显的聚集性、动态性、关联性,主要分布在深基坑、超高空、重型吊装等关键技术及作业界面,其根源在于人、机、料、法、环、测等多要素的相互作用之中,管理体系的科学性、执行力是决定风险可控与否的关键变量。

## 参考文献:

- [1] 彭臣.住宅建筑工程施工安全风险管理与防范措施[J].居舍,2026(01):162-164.
- [2] 张辉鹏.路桥工程施工风险识别、评估及安全管理措施[J].工程技术研究,2025,10(23):142-144.
- [3] 于瀛洲.建筑工程施工安全监理的风险管理与防范措施探究[J].中国住宅设施,2025(10):176-178.
- [4] 董贤强.水利工程施工管理中的安全风险识别与控制措施研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(27):40-42.
- [5] 黄小锋.基于BIM技术的土木工程施工质量与安全措施[J].大众标准化,2025(14):154-156.