

建筑工程管理中的质量控制和风险管理

张涛 吕飞

中交路桥南方工程有限公司 北京 100027

摘要: 在建筑工程管理中, 质量控制与风险管理是保障项目顺利推进、实现安全目标、控制成本与进度的关键要素。本文聚焦高层建筑深基坑施工这一复杂且高风险的环节, 结合2023年7月杭州市拱墅区银泰城商业综合体深基坑坍塌事故, 深入剖析深基坑施工过程中质量管控失效与风险失控的具体问题。通过构建“地质风险预控-施工过程动态监控-应急响应闭环管理”三位一体的管理体系, 提出风险识别与评估、风险应对与控制以及应急响应与闭环管理等风险管理方法, 为同类工程提供可复制、可推广的管理框架。

关键词: 深基坑施工; 质量控制; 风险管理; BIM技术; 物联网监测

引言

随着城市化进程的快速推进, 高层建筑在城市建设中日益增多, 深基坑工程的规模与复杂程度也随之显著提升。据相关统计数据显示, 近三年全国深基坑工程事故率年均增长12%, 其中因地质条件误判导致的坍塌事故占比高达65%。2023年7月, 杭州市拱墅区银泰城商业综合体项目在深基坑施工过程中发生局部坍塌, 造成2人死亡, 直接经济损失超2.3亿元, 这一事故引发了社会各界对深基坑施工管理的广泛关注。该事故暴露出传统管理模式存在的三大突出缺陷: 地质勘察精度不足, 难以准确掌握复杂地质条件; 监测体系不完善, 数据采集与传输存在滞后性; 应急预案缺乏可操作性, 导致事故发生时无法及时有效应对。本文以此案例为切入点, 系统探讨深基坑施工中的质量控制与风险管理策略。

1 深基坑施工质量控制体系构建

1.1 地质勘察与风险预控

地质勘察是深基坑施工质量控制的基石。传统勘察方法主要存在两方面问题: 一方面, 钻孔密度不够, 常规间距为30-50米, 对于复杂地质条件, 这种间距难以捕捉到地质变化细节, 可能导致关键地质信息遗漏; 另一方面, 岩土参数取值过于保守, 往往基于经验或简化模型确定, 导致支护设计要么过于冗余, 增加成本, 要么安全储备不足, 存在安全隐患。在杭州市拱墅区银泰城商业综合体项目事故中, 勘察报告未揭示地下3米处存在软弱夹层, 使得支护桩嵌固深度设计不足, 实际施工时无法有效抵抗土体压力, 最终引发坍塌。

为解决这些问题, 需采用更先进的技术手段。三维地质雷达与微动勘探技术可有效提高地质勘察精度。三维地质雷达通过发射高频电磁波并接收反射波, 能够快速、准确地获取地下地质结构信息, 将钻孔间距缩小

至15米左右, 从而构建更精确的地质模型。微动勘探技术则利用地表微弱振动信号, 通过分析振动波的传播特性, 推断地下岩土体的物理力学性质和地质构造^[1]。同时, 引入不确定性分析方法, 对岩土参数进行概率分布建模, 综合考虑参数的变异性, 优化支护设计安全系数, 使设计更加科学合理。例如, 在项目前期地质勘察中, 采用三维地质雷达对基坑区域进行全面扫描, 发现了多处潜在的地质异常区域, 为后续支护设计提供了准确的地质依据。

1.2 施工过程动态监控

深基坑施工涉及土方开挖、支护结构施工、降水作业等多个工序交叉进行, 施工过程复杂多变。传统的人工巡检方式存在明显局限性, 难以实现对施工全过程的有效监控。在杭州市拱墅区银泰城商业综合体项目事故中, 支护结构位移速率超过预警值(3mm/d)长达48小时, 但由于人工巡检的频率和精度有限, 未能及时发现这一异常情况, 最终导致坍塌事故发生。

为实现对施工过程的动态监控, 可部署物联网监测系统。该系统集成倾斜仪、应变计、水位计等多种传感器, 能够实时采集支护结构位移、土体压力、地下水位等关键参数。倾斜仪可精确测量支护结构的倾斜角度变化, 应变计用于监测支护结构内部的应力应变情况, 水位计则实时掌握地下水位的动态变化^[2]。基于BIM技术建立数字孪生模型, 将监测数据与三维模型动态关联。通过数据分析和可视化展示, 自动生成风险热力图, 直观地显示不同区域的风险程度, 便于管理人员及时发现潜在问题并采取相应措施。在项目施工过程中, 通过物联网监测系统实时采集的数据, 管理人员发现某一区域的支护结构位移有逐渐增大的趋势, 及时组织技术人员进行分析和加固处理, 避免了事故的进一步扩大。

1.3 验收与后评估机制

传统验收标准往往侧重于支护结构的外观质量，如混凝土表面是否平整、有无裂缝等，而忽视了支护结构的长期稳定性评估。在杭州市拱墅区银泰城商业综合体项目竣工后3个月，地面出现沉降现象，经调查发现，原因是未对支护结构进行长期监测，无法及时发现支护结构在长期使用过程中的性能变化。

为确保深基坑施工质量，需建立完善的验收与后评估机制。制定分阶段验收标准，除常规的外观质量检查外，增加支护结构内力、周边建筑物沉降等长期监测指标。在基坑开挖过程中、支护结构施工完成后以及工程竣工后等不同阶段，分别进行相应的监测和验收。同时，建立后评估数据库，将项目数据纳入区域地质风险图谱。通过对大量项目数据的分析和总结，不断完善地质风险评估模型，为后续类似工程提供参考依据，提高整个区域深基坑施工的安全性和可靠性。在项目竣工验收时，按照分阶段验收标准，对支护结构的内力、周边建筑物的沉降等指标进行了详细检测，确保了工程质量符合要求。同时，将项目数据纳入后评估数据库，为周边其他项目的地质风险评估提供了重要参考。

2 深基坑施工风险管理策略

2.1 风险识别与评估

深基坑施工风险来源广泛，可分为地质风险、技术风险、管理风险、环境风险四大类。在杭州市拱墅区银泰城商业综合体项目事故中，风险识别工作存在明显不足，未充分考虑地下管线破损导致的涌水风险。在施工过程中，由于对地下管线位置和状况了解不清，施工机械作业时意外破坏了地下管线，引发大量涌水，进一步加剧了支护结构的失稳，最终导致坍塌事故。

为准确识别和评估深基坑施工风险，可采用模糊层次分析法（FAHP）。该方法将定性与定量分析相结合，构建包含12个二级指标的风险评估体系。这些指标涵盖地质条件、施工技术、管理水平、周边环境等多个方面，全面反映深基坑施工过程中的各种风险因素。基于蒙特卡洛模拟技术，对不同风险事件的发生概率与损失程度进行量化分析^[3]。通过大量随机抽样和模拟计算，得到风险事件的概率分布和可能造成的损失范围，为风险应对提供科学依据。在项目风险评估中，运用模糊层次分析法对各类风险因素进行了全面评估，确定了主要风险源，并通过蒙特卡洛模拟技术对风险事件的发生概率和损失程度进行了量化分析，为制定风险应对措施提供了有力支持。

2.2 风险应对与控制

传统风险应对策略主要依赖经验，缺乏量化依据，导致应对措施针对性和有效性不足。在杭州市拱墅区银泰城商业综合体项目事故中，项目所在区域存在软土层，但施工方仍采用常规的放坡开挖方式，未充分考虑软土层的力学特性和稳定性要求，导致边坡在施工过程中逐渐失稳，最终引发坍塌。

为有效应对和控制深基坑施工风险，需采取一系列优化策略。针对高风险工序，如超深基坑开挖、临近既有建筑物的支护结构施工等，制定专项施工方案，并组织专家进行论证。专项施工方案应详细阐述施工工艺、技术措施、安全保障等内容，确保方案的科学性和可行性。同时，引入保险机制，通过购买工程一切险与第三方责任险，将不可抗力风险转移给保险公司，降低项目参建各方的经济损失风险。在项目超深基坑开挖阶段，制定了详细的专项施工方案，并邀请了多位专家进行论证，根据专家意见对方案进行了优化完善。同时，购买了工程一切险和第三方责任险，为项目施工提供了风险保障。

2.3 应急响应与闭环管理

在杭州市拱墅区银泰城商业综合体项目事故中，应急预案存在严重缺陷，未明确各参建单位在事故发生时的职责和任务，导致事故发生后救援工作混乱，延误了最佳救援时机，造成人员伤亡和财产损失扩大。

为提高应急响应能力，需制定完善的应急响应与闭环管理方案。编制“情景-任务-责任”三维应急预案，明确不同风险情景下的处置流程。针对可能发生的坍塌、涌水、火灾等不同类型的事故，制定相应的应急处置方案，详细规定每个环节的具体任务和责任人。定期开展应急演练，采用VR技术模拟坍塌、涌水等真实场景，让参与演练的人员身临其境地感受事故现场的紧张氛围，提高人员在紧急情况下的响应能力和协同配合能力。演练结束后，对应急预案进行评估和修订，不断完善应急管理体系，形成闭环管理^[4]。

3 案例分析：杭州市拱墅区银泰城商业综合体深基坑坍塌事故

3.1 事故背景

杭州市拱墅区银泰城商业综合体项目位于城市繁华地段，周边环境复杂，基坑深度达18米，临近地铁隧道与高压线塔。项目总建筑面积约20万平方米，计划建设成为集商业、办公、娱乐为一体的综合性建筑。由于项目地理位置特殊，深基坑施工面临着诸多挑战，对施工管理和质量控制提出了极高要求。

3.2 事故原因

直接原因：支护桩嵌固深度不足。设计要求支护桩嵌固深度为8米，但实际施工过程中，由于地质勘察不准确，未发现地下软弱夹层，导致施工单位在确定嵌固深度时出现偏差，实际嵌固深度仅为6.2米。在土体压力作用下，支护桩无法提供足够的抗力，最终发生坍塌。

间接原因：监测数据未实时上传至管理平台，预警阈值设置不合理。施工单位采用的监测系统存在技术缺陷，数据传输不稳定，导致监测数据无法及时上传至项目管理平台。同时，预警阈值设定为5mm/d，未充分考虑该项目的地质条件和支护结构特点，实际上根据专家分析，预警阈值应调整为3mm/d。由于未能及时发出预警信号，管理人员无法在支护结构位移超限时采取有效措施，导致事故逐步恶化。

管理原因：总包单位将基坑支护工程分包给无资质队伍，监理单位未履行旁站职责。总包单位为降低成本，违规将基坑支护工程分包给一家不具备相应资质的施工单位，该施工单位技术力量薄弱，施工管理水平低下，无法保证工程质量。监理单位在施工过程中，未按照要求对关键工序进行旁站监理，对施工单位的违规行为未能及时发现和制止，导致工程质量隐患得不到及时消除。

3.3 整改措施

重新进行地质勘察，采用跨孔地震CT技术探测软弱夹层分布。跨孔地震CT技术通过在多个钻孔中布置震源和检波器，发射地震波并接收其传播信号，利用信号的传播时间和振幅等信息，反演地下岩土体的速度结构和波阻抗分布，从而准确探测软弱夹层的位置、厚度和性质。根据勘察结果，对支护结构进行加固处理，确保支护桩嵌固深度满足设计要求。在整改过程中，采用跨孔地震CT技术对基坑区域进行了详细探测，发现了多处软弱夹层，并针对性地对支护结构进行了加固。

升级监测系统，增加声发射传感器监测支护结构微小裂缝。声发射传感器能够实时监测支护结构内部因应力变化而产生的微小裂缝扩展情况，通过分析声发射信号的特征参数，如事件数、能量、频率等，提前发现支护结构的损伤迹象，为采取补救措施提供依据。同时，优化数据传输系统，确保监测数据能够实时、准确地上传

至管理平台，实现远程监控和预警。项目整改后，升级了监测系统，增加了声发射传感器，能够及时发现支护结构的微小裂缝，并通过数据传输系统将数据上传至管理平台，实现了对支护结构的实时监控。

推行“智慧工地”平台，实现参建各方数据共享与协同处置。“智慧工地”平台整合了项目管理、质量监控、安全预警、人员管理等多个模块，通过物联网、大数据、云计算等技术手段，将项目现场的各类数据实时采集并上传至平台。参建各方可通过平台实时查看项目进展情况、质量安全数据等信息，实现信息共享和协同工作。在发生异常情况时，平台能够自动发出预警信号，并通知相关人员及时处理，提高项目管理的效率和水平。项目整改后，推行了“智慧工地”平台，参建各方通过平台实现了数据共享和协同处置，提高了项目管理的效率和水平。

结语

本文以杭州市拱墅区银泰城商业综合体高层建筑深基坑施工为切入点，系统构建了质量控制与风险管理的理论框架与实践路径。通过对该深基坑坍塌事故案例的深入分析，揭示了传统管理模式在地质勘察、监测体系、应急预案等方面存在的局限性。并通过实际工程应用验证了这些方法的有效性。未来研究可进一步探索人工智能在风险预测中的应用，利用深度学习算法对大量历史数据进行分析和学习，提高风险预测的准确性和及时性；同时，研究区块链技术在质量追溯中的潜力，通过区块链的分布式账本和不可篡改特性，实现建筑材料、施工过程等信息的全程追溯，确保工程质量安全，推动建筑工程管理向智能化、精细化方向发展。

参考文献

- [1] 麦花,李政,张璞.建筑工程管理中施工质量控制研究[J].房地产世界,2024,(24):77-79.
- [2] 马芹.建筑工程管理中的质量控制分析[J].居舍,2023,(24):149-152.
- [3] 梁婧.风险管理在建筑工程安全生产中的应用研究[J].现代职业安全,2025,(02):53-55.
- [4] 冉兴军.建筑工程项目施工阶段风险管理的难点及策略[J].四川水泥,2025,(02):19-21.