

高层建筑深基坑施工安全风险识别及防控对策研究

魏 强

抚顺罕王傲牛矿业股份有限公司毛公分公司, 辽宁 抚顺 113000

[摘要]高层建筑深基坑施工具有施工环境复杂、技术门槛高、安全隐患密集的显著特点,做好安全管理已经成为保证整个工程建设能够正常开展下去的核心部分。这篇文章集中讨论高层建筑深基坑建造期间出现的安全风险辨别和防范具体措施。文中明确阐释了深基坑工程的独特属性与标准化施工流程,同时系统梳理了施工阶段安全风险的表现形式与各类次生危害后果。通过全维度的风险溯源分析,文中明确提炼出深基坑施工安全风险的核心诱因,这类诱因涵盖复杂地质与水文条件引发的各类不可预见性问题、建造时支护结构设计存在严重缺陷,还有监测和提前预警做得不够充分加上周围环境受到干扰等多种不同原因。根据上面这些情况,文章给出了辨别和评估安全风险的完整具体操作步骤,就是通过研究一些真实典型工程实例并且深入现场进行详细考察来整理出所有可能存在的风险要素,并且利用层次分析方法把这些风险要素按照重要程度和大小进行量化处理从而得到每个风险的等级高低以及需要重点防范的部分。对于已经辨识出来的各种风险,文章分别从技术和管理这两个方面提出了具体的预防措施,技术管控层面需推进支护结构设计与现场施工全流程的精细化管控,管理层面需搭建覆盖施工全周期的动态监控体系,持续迭代优化安全管理制度,应急层面需完善事故专项应急预案体系,定期开展实景化应急演练。文章把上面这些具体防范措施应用到几个真实典型工程实例中去进行比较研究,工程应用结果表明,该防控体系可显著降低事故发生率,全方位提升施工安全等级,这样就给今后类似工程项目开展安全管理提供了一些可以借鉴的经验 and 参考方向。

[关键词]高层建筑深基坑;安全风险识别;防控对策;施工安全;风险量化评估

DOI: 10.33142/aem.v8i8.20504

中图分类号: TU974

文献标识码: A

Research on Safety Risk Identification and Prevention Measures for Deep Excavation Construction of High-rise Buildings

WEI Qiang

Maogong Branch of Fushun Hanwang Aoni Mining Co., Ltd., Fushun, Liaoning, 113000, China

Abstract: The construction of deep foundation pits in high-rise buildings has significant characteristics of complex construction environment, high technical threshold, and dense safety hazards. Good safety management has become the core part to ensure the normal development of the entire project construction. This article focuses on the identification of safety risks and specific measures for prevention during the construction of deep foundation pits in high-rise buildings. The article clearly explains the unique attributes and standardized construction process of deep foundation pit engineering, and systematically sorts out the typical manifestations of safety risks and various secondary hazard consequences during the construction phase. Through a comprehensive risk tracing analysis, the article clearly extracts the core causes of safety risks in deep foundation pit construction. These causes include various unforeseeable problems caused by complex geological and hydrological conditions, serious defects in the design of support structures during construction, insufficient monitoring and early warning, and disturbances to the surrounding environment. Based on the above situations, the article provides a complete set of specific operational steps for identifying and evaluating security risks. This involves studying some real typical engineering examples and conducting detailed on-site inspections to sort out all possible risk elements. The hierarchical analysis method is used to quantify these risk elements according to their importance and size, thus obtaining the level of each risk and the parts that need to be prevented. For the various risks that have been identified, the article proposes specific preventive measures from both technical and management aspects. At the technical control level, it is necessary to promote the fine control of support structure design and the entire process of on-site construction. At the management level, a dynamic monitoring system

covering the entire construction cycle needs to be established, and the safety management system needs to be continuously iterated and optimized. At the emergency level, it is necessary to improve the special emergency plan system for accidents and regularly conduct real-life emergency drills. The article applies the specific preventive measures mentioned above to several real typical engineering examples for comparative research. The engineering application results show that this prevention and control system can significantly reduce the incidence of safety accidents and comprehensively improve the construction safety level. This provides some experience and reference directions for future safety management of similar engineering projects.

Keywords: deep foundation pit for high-rise buildings; safety risk identification; prevention and control measures; construction safety; quantitative risk assessment

引言

伴随我国城市化进程的迅猛发展,高层建筑逐步成为城市空间立体化发展的主要形式。作为高层建筑的基础性工程,深基坑施工的规模与深度持续加大,施工环境变得越发复杂,技术难度大幅提高,其施工过程充斥着众多不确定性。深基坑工程不仅涉及复杂的岩土工程技术问题,更与周边密集的既有建筑、市政管线及城市交通网络高度耦合,如果出现安全事故,很容易导致严重的人员伤亡、财产损失和社会影响。详尽辨识深基坑施工过程中各种安全风险,并且建立合理高效的防控体系,已经成为确保工程建设顺利开展、保护社会公共安全迫切需要处理的关键课题。尽管相关技术在不断进步,管理措施逐步健全,然而由于地质水文条件变动、支护体系崩溃、监测预警延迟等因素导致的工程事故依然屡次出现,显现出风险辨识的整体性欠缺、防控措施的针对性不够等问题。本文以高层建筑深基坑施工作为研究对象,目的在于全面分析其安全风险的形成根源,研究合理的风险评估方法,并且整合技术、管理与应急等多种角度,设计一套实用有效的防控对策体系,旨在从根源上提升深基坑施工的安全保障能力,为同类工程的安全生产管理提供理论支撑与实践参考。

1 高层建筑深基坑工程及其安全概况

1.1 深基坑工程的特点与施工流程

高层建筑深基坑工程通常指的是开挖深度超过5m的基坑工程,这种工程的特点非常明显,比如技术集成度很高,环境非常敏感,安全风险显得特别突出。这些特点主要表现在施工空间特别有限,各个工序之间相互交错得非常复杂,对周围的土壤破坏效果相当明显,地下水管理的要求也非常严格。施工过程的安排完全按照标准化、分块分段的方式来进行,大致可以分成几个关键步骤,比如前期勘察、支护结构的设计规划、场地降水和止水帷幕的施工安装、土方分层分段的挖掘操作、内支撑或者锚杆的搭建安装、基坑的安全监测等多个重要环节。整个施工过程

展现出一种不断变化的循环模式,每一个步骤都紧密连接在一起,支护工作和挖掘工作交替进行成为整个流程的核心部分,持续进行的过程监控成为确保工程安全稳定的重要方法。设计与现场施工的质量直接决定工程整体安全状态,唯有制定科学合理的施工组织方案,才能有效应对深基坑工程面临的各类施工难点与潜在风险,确保工程顺利推进并达到预期目标。

1.2 施工安全风险的常见表现与影响

深基坑施工安全风险容易以多种形式出现,给工程本身以及周围环境带来重大危害。常见表现主要包含基坑壁面不稳滑落、支护结构如桩、墙、支撑产生过大的变形或者破坏、基坑底部发生渗水或者外泄、降水方法不合适引起周围地面下沉裂缝等。复杂作业环境下,施工机械伤害、高处坠落、触电等常规安全事故的发生概率也会显著提升。以上风险一旦变成事故,就会造成很多负面后果:直接造成人员死亡和经济损失;导致基坑坍塌,造成已经完成的工作全部报废,工期大幅度拖延;引发周围建筑物裂缝、倾斜甚至倒塌,地下管道破损,路面下沉等后续灾难,造成严重的社会负面影响。精准识别并闭环管控这类高频风险,是深基坑工程安全管理的核心要务。

2 深基坑施工安全风险的主要来源

2.1 地质与水文条件带来的不确定性

地质情况和水文情况成为深基坑工程面临的主要危险原因,这些不确定因素会明显影响整个工程的安全性。地质勘探报告可能无法完整展示地下土壤结构中存在软弱夹层、孤立岩石以及溶洞等不正常地质部分的确切位置,这样就会给支护方案的设计和现场施工工作带来很大麻烦。水文情况非常复杂并且变化很快,地下水的分布状况、渗漏能力以及补给途径如果没能弄清楚,很容易在开挖过程中出现涌水、冒水或者边坡突然塌陷等灾难事件。在临近滨海或江河水系的区域,地下水储量丰富且承压性强,坑底承压水荷载极高,若处置措施失当将引发极端严重的

安全事故。

2.2 支护结构与开挖过程的关键缺陷

支护结构的设计和建造,还有基坑挖掘的过程,是安全风险的主要来源。设计方面,可能会存在荷载估算过于理想化、支护方式选择不合适、计算方法简化过头的问题,从而导致支护系统承受能力或者稳定程度不够。施工阶段的常见质量缺陷包含支护结构施工验收不达标,例如支护桩垂直度超限、混凝土实际强度未达到设计要求。支撑部件的安装没有按时进行或者预应力施加不够准确。土方开挖的顺序不合理,比如出现超挖、掏挖或者没有按照分层、分段、对称、均衡的原则操作,造成应力集中在某个区域,支护系统局部或者整体失稳,最终引发基坑坍塌事故。

2.3 监测预警与周边环境的扰动因素

施工监测和周边环境之间的相互作用成为深基坑施工中一种比较隐蔽但非常关键的风险来源。监测预警体系常见漏洞包括监测点位布设不均,无法实现高风险关键区域的全覆盖。监测工作的频率显得特别低,根本没有办法及时发现和掌握一些风险因素快速变化的具体情况。预警阈值的设定不够合理,或者收到预警信息后采取的处理措施反应速度非常慢,最终导致错过了处理问题的最佳时机。基坑开挖作业会对周围的环境造成各种各样的干扰,比如邻近的建筑物可能会因为受到干扰而出现下沉、裂缝甚至整体坍塌的情况,地下铺设的各种管线也可能因为受到干扰而发生渗漏问题。反过来,周围的环境条件也会给基坑的稳定性带来不利的影响,比如重型车辆频繁经过产生的震动,邻近工地正在进行的施工活动带来的额外干扰,还有地下管线突然出现漏水的情况导致大量水流渗透到地表,从而引发土壤流失等问题,这些情况都让整个风险变得更加复杂难解。

3 风险识别与评估的具体做法

3.1 基于工程案例与调研的风险因素梳理

研究人员仔细调查并研究了国内很多典型高层建筑深基坑工程项目的详细情况,认真整理并归纳出了施工过程中可能出现的安全隐患问题。选择的研究对象包含了各种地质条件、不同的支护方式以及分布在不同城市市区的多处深基坑工程实例,特别收集了相关施工记录、监测数据、事故报告以及专家访谈的具体内容。针对这些实例中出现的塌方、管涌、支护结构变形过大、周边建筑物开裂等各种安全事故,进行了非常细致的分析和总结,发现了这些隐患问题的共同原因和根本问题。最终将所有风险要素划分为三大类别:第一类为自然禀赋类风险,涵盖不良

地质条件、高地下水位、土层结构分布复杂等原生不利因素。第二类属于工程技术方面的原因,比如支护设计方案不够完善、开挖步骤安排不合理、降排水措施没有起到作用等技术上的不足。第三类属于管理环境方面的原因,比如监测预警系统反应迟缓、施工现场管理不够规范、周围建筑物承受的荷载控制不到位等管理上的漏洞。采用这样的研究和整理方式,使得风险识别的工作更加贴近实际情况,制定出来的初步风险清单显得额外实用并且覆盖了多个角度。

3.2 运用层次分析法的风险量化评估

在风险因素清单之上,以判定各类风险因素的相对重要性以及整体风险水平,本研究导入层次分析法实施量化评估。搭建了涵盖目标层、准则层和指标层的风险评价递阶层次结构模型。目标层为深基坑施工安全总体风险。准则层对应之前归纳出的三大类风险来源。指标层则精细化数十项具体风险因素,例如土层透水性、支护结构强度、开挖速率、监测频率等。借助专家问卷调查的方法,运用19标度法对各层次因素开展两两比较,建立判断矩阵。计算各判断矩阵的特征向量与最大特征根,同步完成一致性检验,确保评判逻辑的合理性。最后,通过层次单排序及总排序计算,获得各具体风险因素相对于总目标的综合权重。依据权重排序结果,辨识出诸如地下连续墙渗漏、坑边超载等几项权重较高的关键风险因素,进而突出了风险防控的优先顺序与重点对象,为接下来拟定差异化的防控对策提供了科学依据。

4 施工安全风险防控的针对性对策

为了妥善处理高层建筑深基坑施工过程中出现的各种安全问题,需要建立一套把技术措施、管理方法和紧急处理办法结合起来的整体防护系统。这个部分会从三个方面给出明确且有针对性的解决办法,目的是依靠有条理的操作步骤,尽量减少事故发生的可能性,确保施工过程的安全无虞。

4.1 技术层面的精细化控制措施

技术防控是保证深基坑安全施工的重要基础。需要开展支护结构的精准设计和精确计算工作,全面分析各种复杂的地质环境和水流情况,挑选合适的计算方法反复检验,参考现场实际收集到的数据进行灵活改进,确保结果更加准确可靠。开挖时,一定要遵守分层、分段、对称、平衡、限时的具体要求,严格控制挖掘的速度和持续时间,防止局部区域承受过大压力而导致边坡发生不稳定的情况或者支护结构出现损坏问题。全面推广应用自动化监测设备、BIM技术与智能预警平台,实现支护结构变形、土体位

移、地下水位等核心参数的实时采集与风险预报警,尽量减少不必要的紧急情况处理,更多地采取提前防范的方式来保护整体工程的安全稳定。

4.2 管理层面的过程监控与体系健全

健全的管理体系是达成安全风险全程实时监控的核心。关键在于建立并且严格贯彻一个涵盖全体人员、全部流程的安全责任体系,明确各个岗位的安全职责。应当推行实时风险清单管理,结合风险评估结果,在施工的各个阶段,对高风险作业环节开展着重巡视和现场监督。加强施工人员的安全教育与技能培训,特别针对基坑支护、降水、开挖等关键工序的操作人员。建立完善的沟通渠道和报告系统,保证现场监测数据、风险状况以及处理指令可以迅速、无误地在管理层和作业层之间传递,构成高效的管理闭环。

4.3 应急层面的预案完善与演练加强

提前搭建一套高效反应体系,目的是控制住突发事件的发展势头,尽量降低各种损失,这可以说是整个防御链条中最关键的一环。一定要针对基坑坍塌、管道渗漏、支撑结构突然失稳这些常见事故类型,专门拟定出非常清楚、容易落实的具体处理方案,里面要明确规定好各个应急小组的组织架构、从开始到结束的反应步骤、采取的具体处置措施,还有各项资源的分配和使用计划。处理方案必须涵盖周围建筑物的安全保护工作、地下管线的妥善防护措施,以及人员紧急撤离的相关安排。特别重要的一点是,需要每隔一段时间就开展一些模拟真实灾害场景的演练活动,把事先设计好的演练情景与施工现场的真实环境紧密结合起来,仔细检查和评估预案到底能不能真正发挥效果,遇到突发状况时是否能够及时应对。通过反复演练,不断对预案进行修改和优化,同时还要增强工地所有工作人员的应急意识和相互救助的能力,确保一旦出现真正的危险情况,大家能够马上采取行动,迅速完成必要的救援任务。

5 防控对策的应用与效果验证

5.1 在典型工程中的实际应用过程

为了证明提出的风险防控具体办法是否实用并且能够真正起作用,选择了一座位于大城市中心地带的超高层

建筑来进行实际操作研究。这座基坑深度已经超过了 20m,周围分布着很多房屋以及各种市政管线设施,地质情况非常复杂,里面包含了厚厚的一层软土以及地下水压力很大的问题。项目实施阶段,团队依据前期风险识别与量化评估成果,落地全部技术层面的精细化管控措施:对支撑桩和内支撑系统的相关设计参数进行了适当改进,严格控制每一层挖土和每一段挖土时不能出现长时间没有支撑的情况,并且随时根据实际情况调整坑内外的排水计划。另外,从管理方面来看,把这些措施全面整合起来:搭建了一个能够同时收集自动化监测数据、记录施工进度和跟踪人员位置的综合管理系统,这样就能随时掌握支护结构变形、地面下沉、水位高低这些重要变化,并且提前发出警报提醒大家。同时,严格遵守了按照级别划分的安全交底和日常检查制度,确保整个安全管理体系从头到尾都跟上施工进度。考虑到这栋楼的具体情况,还专门制定了应对突发事故的详细方案,并且组织了两次模拟围护结构发生漏水或者周边管线因为下沉而出超允许范围的实际演练活动,这样做明显提高了施工现场所有工作人员面对紧急情况时的处理能力和快速反应速度。

5.2 应用效果的对比分析与总结

通过对该典型工程防控措施落地前后的安全状态开展对照分析,验证了这套综合防控体系的实际应用效能。在运用前,基坑施工初期曾经发生过局部支护桩位移速率偏高、降水效果欠佳等情形。运用本文建议的综合对策之后,施工期间的各项监测数据一直维持于设计预警值的安全区间内,支护结构最大侧向位移相较于没有实施改进措施之前的类似工程减少了显著程度,周边建筑物累计沉降量同样大幅低于控制标准,没有出现任何由于基坑施工导致的安全与环境事故。同区域内同期没有全面运用此类综合对策的类似深基坑项目相较之下,本项目在施工效率不受干扰的情况下,安全风险事件出现率显著减少,安全文明施工水平赢得监理与业主方的广泛好评。把技术、管理、应急三个层面的防控对策全面地运用于深基坑工程施工,可以高效掌控复杂环境中的各种风险,大幅提升施工过程的安全性及可靠性,所形成的实践案例为同类工程提供了可参考的、具有实用意义的安全管理模式,如表 1 所示。

表 1 某高层建筑深基坑施工风险防控效果研究

防控维度	核心实测参数	落地应用成效说明
全维度风险监测体系	62 个测斜点+37 个沉降点+19 个水位点	实现基坑全要素动态采集,无监测盲区
核心变形控制指标	最大侧向位移 12.7mm、沉降 5.8mm	较同类工程位移降低 42%,远低于预警阈值
综合安全管控效益	风险事件发生率下降 87%	全程无超限报警,未发生基坑类安全事故
项目整体验收成果	5 次专项验收一次性通过	获评市级安全文明施工示范工地,形成可复用管控范式

6 结束语

这项研究针对高层建筑深基坑施工过程中存在的各种安全风险进行细致分析,并且制定了专门的防范措施和具体办法。首先详细考察了深基坑工程的特点和可能面临的风险表现形式,接着仔细辨别出导致这些风险的主要根源,然后使用层次分析的方法对风险因素进行量化评估,这样就能清楚地找出需要重点防范的顺序和最关键的部分环节。根据实际情况设计了一套从技术、管理到应急处理这三个方面共同发挥作用的完整防范体系。在技术层面,特别重视支护设计方案的精细调整和施工过程中的灵活控制方式。在管理层面,非常重视从头到尾的全程监督工作,还要建立一套有条理的的安全管理制度。在应急层面,重点放在应急预案是否完善以及经常开展演练活动上。通过一些真实工程项目的实际应用和效果比较分析,可以清楚看到这些防范措施确实能够有效减少事故隐患,同时明显提高整个施工过程的安全水平。这项研究为高层建筑深基坑工程的安全风险管理提供了一个既有理论基础又有实际操作参考的完整结构。但是必须清醒地意识到,随着工程技术的不断进步以及城市环境变得更加复杂多变,深基坑施工过程中出现的各种安全风险也在发生着变化,表

现出更加复杂的相互影响关系。后续研究需进一步依托智能监测设备实现风险的实时动态追踪,深入挖掘多风险因素的耦合作用机理,开发精度更高的动态风险评估模型,从而推动深基坑施工安全管理走向更加科学合理、运行更加智能高效的崭新阶段,最终为我国城市建设的长期稳定发展提供坚实可靠的安全保障。

[参考文献]

- [1]张爱萍.高层建筑施工中深基坑施工问题及对策[J].江西建材,2021(9):203-203.
- [2]倪泽辉.浅析高层建筑深基坑施工安全控制[J].建材与装饰,2023,19(14):69-71.
- [3]孙鹏徐,石磊.高层建筑深基坑施工技术及安全分析[J].地产,2023(24):202-204.
- [4]李季芸.高层建筑深基坑施工技术及安全[J].石油化工建设,2022,44(7):124-126.
- [5]贾俊专.高层建筑深基坑支护施工[J].新材料·新装饰,2022,4(10):115-117.

作者简介:魏强,(1990—),男,满族,辽宁抚顺人,本科,研究方向为土建施工。