

基于BIM和VR的建筑工程关键部位施工安全管理研究

高振华

中国能源建设集团山西电力建设有限公司 山西 太原 030028

摘要：建筑工程关键部位施工安全管理对确保工程质量和施工安全至关重要。当前，安全隐患排查漏洞、施工人员操作不规范及安全管理流程不畅等问题频发。BIM和VR技术的引入为施工安全管理提供了新的解决方案。BIM技术可实现安全风险可视化模拟、施工安全方案优化及协同管理；VR技术则提供沉浸式安全培训、辅助预案演练及远程安全监控。这些技术有效提升了施工安全管理水平，降低了事故风险。

关键词：BIM；VR；建筑工程关键部位；施工安全管理

引言

随着建筑工程规模的不断扩大和复杂性的增加，关键部位的施工安全管理显得尤为重要。本文旨在探讨当前建筑工程关键部位施工安全管理中存在的问题，并引入BIM和VR技术作为解决策略。通过对BIM和VR技术在安全风险可视化、施工方案优化、协同管理、安全培训、预案演练及远程监控等方面的应用分析，本文期望为提升施工安全管理水平提供理论支持和实践指导。

1 建筑工程关键部位施工安全管理的重要性

建筑工程关键部位施工安全管理的重要性，体现在多个维度，是确保工程顺利进行和高质量完成的关键保障。建筑工程的关键部位，如升降机上下出口、楼梯口、通道口、施工预留口、阳台口及边缘口等，这些区域往往存在较高的安全风险。对这些部位实施有效的安全管理，通过设置防护栏杆、防护立网、加盖防护等措施，能够显著降低事故发生的概率，保护施工人员的生命安全。一旦这些关键部位发生安全事故，不仅会造成人员伤亡，还会对施工进度产生严重影响，甚至导致整个工程项目的延期。有效的安全管理还有助于提升施工质量和效率。通过对关键部位施工过程的严格监控和管理，可以确保施工人员按照规范进行操作，避免因操作不当导致的质量问题。安全管理还能够促进施工资源的合理分配和利用，减少施工过程中的浪费，从而降低施工成本。建筑工程关键部位施工安全管理对于塑造企业良好形象和提升市场竞争力也具有重要作用，一个频繁发生安全事故的建筑企业，很难在市场上赢得客户的信任和认可，而通过对关键部位实施有效的安全管理，可以展现企业的专业性和责任感，增强客户对企业的信心。这不仅有助于企业拓展市场份额，还能够提升企业的品牌价值和经济效益。建筑工程关键部位施工安全管理的重要性不言而喻，它不仅是保障施工人员生命安

全、提升施工质量和效率的必要手段，也是塑造企业良好形象和提升市场竞争力的关键所在。因此，建筑企业应高度重视关键部位的施工安全管理，确保工程项目的顺利进行和高质量完成。

2 建筑工程关键部位施工安全管理现状

2.1 安全隐患排查存在漏洞

(1) 在建筑工程关键部位施工中，安全隐患排查工作的漏洞主要体现在排查方法的局限性。许多施工现场仍然依赖传统的人工肉眼检查方式，对于一些隐蔽性较强的安全隐患，如内部结构的细微裂缝、预埋管线的潜在问题等，这种方式难以做到精准探测。例如，在深基坑支护结构的检查中，仅靠表面观察无法判断内部锚杆的锚固力是否足够，一旦锚杆失效，将会引发基坑坍塌等严重安全事故。(2) 排查频率的不合理也是一个突出问题。部分施工单位为了节省时间和成本，对安全隐患排查工作敷衍了事，尤其是对关键部位的安全隐患排查次数大幅减少。以高层建筑物的电梯井施工为例，电梯井道的防护设施随着楼层的不断升高，需要频繁地进行调整和检查。然而，若排查频率设置得过低，就难以及时发现防护设施的松动、缺失等潜在问题。这样，工人在施工过程中就极易发生高处坠落事故。(3) 安全隐患排查人员的专业素养参差不齐。一些排查人员缺乏对建筑工程关键部位安全隐患的深入了解，不能准确识别潜在风险。在对钢结构焊接部位进行检查时，排查人员可能因不熟悉焊接质量标准，忽略焊缝中的气孔、夹渣等缺陷，这些缺陷在长期的应力作用下，可能导致钢结构断裂，危及整个建筑结构的安全^[1]。

2.2 施工人员操作不规范

(1) 施工人员在关键部位施工时操作不规范，很大程度上源于对施工工艺的理解不足。例如在混凝土浇筑过程中，对于大体积混凝土的浇筑，需要严格控制浇筑

顺序和振捣时间。部分施工人员不了解这一要点,随意进行浇筑,导致混凝土内部出现冷缝,影响混凝土的整体性和强度。这种不规范操作会使建筑结构的承载能力下降,增加后期使用中的安全风险。(2)缺乏足够的施工经验也是导致操作不规范的重要因素。在复杂的建筑节点施工中,新入职的施工人员往往面临诸多挑战,他们可能不清楚如何正确安装和固定节点连接件,对细节处理不够熟练。特别是在框架结构的梁柱节点施工中,钢筋的布置和绑扎至关重要。如果施工人员不能准确按照设计要求进行操作,就会使节点处的受力性能大打折扣,无法有效传递和承受荷载,进而严重影响整个框架结构的稳定性。(3)施工人员的安全意识淡薄,这一问题在施工现场尤为突出,极大地促使了操作不规范行为的频发。在进行外墙保温施工时,部分施工人员为了图一时方便,置安全规范于不顾,不按照规定佩戴安全带,贸然在没有可靠防护措施的外架上进行高空作业。这种冒险行为极具危险性,一旦发生外架晃动或自身失足等意外情况,施工人员将从高处坠落,后果不堪设想。这种忽视安全规范的行为,严重威胁着施工安全与人员生命。

2.3 施工安全管理流程衔接不畅

(1)不同施工阶段之间的安全管理流程衔接存在问题。在基础施工向主体结构施工过渡时,对于临时用电系统的转换和升级缺乏有效的规划。基础施工阶段的用电需求和布置与主体结构施工有较大差异,若未能及时调整和衔接好临时用电系统的管理流程,可能导致施工现场出现电线乱拉、短路等用电安全问题,引发电气火灾或触电事故。(2)不同工种之间的安全管理流程协同不足。在建筑装饰装修阶段,油漆工和电工可能同时在同一区域作业。由于缺乏统一的安全管理流程协调,油漆工在进行喷涂作业时,可能会污染电工正在安装的电气设备,而电工的电气作业也可能产生明火,引发油漆的火灾隐患。这种不同工种间安全管理流程的脱节,增加了施工现场的安全风险。(3)施工安全管理流程中的信息传递不及时也会导致衔接不畅。在关键部位施工过程中,当安全检查人员发现某一区域存在安全隐患并要求整改时,由于信息传递渠道不畅通,整改人员可能未能及时收到通知,或者整改要求在传递过程中出现偏差。在塔吊作业区域发现塔吊基础有积水需要立即清理的情况,若信息传递不及时,塔吊司机可能在不知情的情况下继续作业,增加塔吊倾覆的风险^[2]。

3 BIM 和 VR 技术在建筑工程关键部位施工安全管理中的应用

3.1 BIM技术在关键部位施工安全管理中的应用

3.1.1 基于BIM模型的安全风险可视化模拟

在建筑工程关键部位施工中,安全风险的有效识别与评估至关重要。BIM技术凭借其强大的三维建模能力,构建出精确反映工程实际状况的BIM模型。通过该模型,可直观呈现关键部位的复杂结构、施工流程及周边环境等信息。施工人员能够清晰洞察不同施工阶段各部位的空间关系,从而精准定位潜在的安全风险点。例如在高层建筑的核心筒施工中,利用BIM模型可对垂直运输系统与施工操作面的交叉作业区域进行可视化模拟,提前预判物料吊运过程中可能出现的碰撞风险。借助BIM模型的动态演示功能,还能模拟施工过程中如火灾、坍塌等紧急情况的发展态势,让施工人员切实感受风险的严重性,进而增强安全防范意识,为制定针对性的风险应对措施提供有力依据。

3.1.2 利用BIM进行施工安全方案优化

施工安全方案的科学性与合理性直接关系到关键部位施工的安全性。BIM技术为施工安全方案的优化提供了创新途径。基于BIM模型,可对不同的施工工艺和流程进行虚拟模拟。以深基坑施工为例,通过BIM模拟不同的支护方案在实际施工过程中的受力情况和变形状态,对比分析各种方案的安全性和可行性。施工团队能够直观地看到不同方案下基坑边坡的稳定性、支撑结构的可靠性等关键指标,从而选择最为安全、经济的施工方案。利用BIM模型还可对施工现场的临时设施布局进行优化,确保材料堆放区、加工区、人员通道等设置合理,避免因布局不合理导致的安全隐患。例如通过模拟人员在施工现场的疏散路径,调整通道宽度和出口位置,保障在紧急情况下人员能够迅速、安全地疏散^[3]。

3.1.3 基于BIM的施工安全协同管理

建筑工程关键部位施工涉及多个专业和工种,协同管理的难度较大。BIM技术作为一个集成化的信息平台,能够实现各参与方之间的信息共享与协同工作。在施工安全管理方面,各方可基于统一的BIM模型进行沟通交流。设计人员可将设计意图和安全注意事项直观地展示在BIM模型中,施工人员能够及时获取相关信息,避免因对设计理解偏差而引发安全事故。例如在复杂节点的施工中,设计人员通过BIM模型向施工人员详细解释节点的构造和施工要求,确保施工操作符合设计安全标准。施工人员在施工过程中发现的安全问题也能通过BIM模型及时反馈给设计人员和其他相关方,各方共同商讨解决方案,实现施工安全管理的协同联动。利用BIM模型的信息关联功能,还可将施工进度、质量信息与安全管理相结

合,实时跟踪关键部位施工过程中的安全状态,及时发现并解决安全隐患。

3.2 VR技术在关键部位施工安全管理中的应用

3.2.1 VR沉浸式安全培训体验

传统的安全培训方式往往缺乏直观性和互动性,难以让施工人员深刻理解安全知识的重要性。VR技术的出现为施工安全培训带来了全新的体验。通过构建高度逼真的虚拟施工场景,施工人员能够身临其境地感受关键部位施工过程中的各种安全风险。例如在高空作业的VR培训场景中,施工人员仿佛置身于几十米高的脚手架上,真实体验到高处坠落的危险感,从而切实增强自身的安全防范意识。在虚拟场景中,施工人员还可进行各种安全操作演练,如正确佩戴安全防护用品、使用安全设备等。系统会对施工人员的操作进行实时反馈和指导,纠正错误操作,确保施工人员熟练掌握安全操作技能。这种沉浸式的培训方式能够极大地提高施工人员参与安全培训的积极性和主动性,有效提升培训效果。

3.2.2 VR技术辅助安全预案演练

安全预案的有效实施是保障关键部位施工安全的重要环节。VR技术可辅助施工团队进行安全预案演练,提高演练的真实性和有效性。利用VR技术创建与实际施工现场一致的虚拟环境,模拟火灾、地震、坍塌等突发安全事故场景。各应急救援小组在虚拟环境中按照预定的安全预案进行应急响应和救援行动。通过VR演练,救援人员能够更加熟悉应急救援流程和各自的职责,提高应急响应速度和协同配合能力。例如在火灾应急预案演练中,消防小组可通过VR场景快速找到起火点,正确使用灭火设备进行灭火;医疗救援小组能够迅速对受伤人员进行模拟急救和转运。通过对VR演练过程的记录和分析,可发现安全预案中存在的问题和不足之处,及时对应急预案进行优化和完善,提高实际应对突发安全事故的能力。

3.2.3 基于VR的施工现场远程安全监控

在建筑工程关键部位施工中,施工现场环境复杂,安全监控难度较大。基于VR的施工现场远程安全监控技术为解决这一问题提供了新的思路。通过在施工现场布置多个高清摄像头和传感器,实时采集施工现场的图像、视频和环境数据等信息,并将这些信息传输至远程监控中心。利用VR技术,监控人员能够在监控中心通过头戴式显示设备,仿佛身临其境般地对施工现场进行全方位、多角度的实时监控。能够清晰观察到关键部位施工人员的操作行为、设备运行状态以及施工现场的安全状况等。一旦发现安全隐患,监控人员可及时通过语音通信系统向施工现场人员发出预警信息,指导其采取相应的整改措施。这种远程安全监控方式突破了时间和空间的限制,提高了安全监控的效率和准确性,为关键部位施工安全管理提供了有力保障^[4]。

结语

综上所述,BIM与VR技术在建筑工程关键部位施工安全管理中的应用,为解决传统安全管理中存在的问题提供了有效手段。通过BIM技术的可视化模拟与协同管理,以及VR技术的沉浸式培训与远程监控,施工安全管理的效率和准确性得到了显著提升。未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,BIM与VR技术将在施工安全管理领域发挥更加重要的作用,为建筑行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]宁军红.BIM+VR技术在建筑工程安全和质量管理方面的应用[J].建材与装饰,2024,20(28):61-63.
- [2]田盼雨,庞雪飞,李其林,等.基于BIM和VR技术的建筑工程全过程管理[J].东莞理工学院学报,2021,28(5):62-68.
- [3]霍自强,杨中宣,张晓珂,等.基于BIM+VR的建筑项目施工安全管理优化[J].中原工学院学报,2023,34(4):64-69,94.
- [4]闫高峰.基于VR技术的建筑工程施工安全管理体系分析[J].山西建筑,2021,47(9):189-191.