

基于BIM技术的土木工程施工安全管理研究

马 欣

宁夏三鑫机械化工程有限公司 宁夏 银川 750200

摘 要：随着信息技术的飞速发展，建筑信息模型（BIM）技术在土木工程领域的应用日益广泛，尤其是在施工安全管理方面展现出巨大潜力。本文旨在探讨BIM技术如何有效提升土木工程施工过程中的安全管理水平，通过理论分析、技术框架构建及潜在效益评估，为土木工程行业的安全管理提供新的思路和方法。

关键词：BIM技术；土木工程；施工安全管理

引言

土木工程施工安全是项目成功的关键因素之一，其复杂性、动态性对管理提出了高要求。传统安全管理方法往往依赖于经验判断和二维图纸，难以全面、准确地识别和控制安全风险。BIM技术以其三维可视化、信息集成、协同作业等优势，为施工安全管理提供了创新手段。

1 BIM 技术在施工安全管理中的应用框架

1.1 安全信息模型构建

1.1.1 数据收集与整理

在构建安全信息模型之初，数据的收集与整理工作至关重要。这包括但不限于建筑设计图纸、施工方案、安全规范标准、历史安全事件记录以及相关法律法规等。设计图纸提供了建筑的结构布局、尺寸规格等基本信息；施工方案则详细说明了施工流程、方法和技术要求；安全规范标准和法律法规是确保施工安全必须遵循的底线；历史安全事件记录则能为我们提供宝贵的经验教训，帮助识别潜在风险。这些数据通过数字化手段进行整理，如扫描、录入数据库等，确保信息的准确性和完整性，为后续模型建立提供坚实的数据支撑。

1.1.2 模型建立

在BIM平台上，根据收集到的数据，开始构建包含安全要素的三维模型。这个模型不仅精确还原了建筑的实体结构，如墙体、梁柱、楼板等，还特别强调了安全设施的设置，如安全网、脚手架、防护栏、消防器材等。同时，模型中还详细标注了危险区域，如高空作业区、易燃易爆物品存放区等，以及安全通道、紧急出口等关键路径。通过三维建模技术，施工现场的安全状况得以直观呈现，为后续的安全管理提供了可视化的基础，使得管理人员能够迅速把握施工现场的整体布局和安全要点。

1.1.3 信息集成

安全信息模型的构建不仅仅停留在三维建模层面，更重要的是将各类安全相关信息集成到模型中，形成一

个包含丰富安全信息的综合数据库。这包括安全规程、应急预案、安全检查记录、事故报告、培训资料等。通过信息集成技术，这些原本分散在不同文档、不同系统中的信息被整合到一个统一的模型中，实现了信息的集中管理和便捷查询。施工人员和管理人员可以通过模型快速获取所需的安全信息，大大提高了工作效率和准确性。

1.2 安全风险识别与评估

1.2.1 施工模拟

利用BIM技术，可以进行施工流程的模拟。通过模拟软件，将施工方案中的各个环节以三维动画的形式呈现出来，包括材料的运输、设备的安装、人员的流动等。在模拟过程中，可以直观地观察到施工过程中可能出现的各种问题，如物体坠落、机械碰撞、人员触电等潜在危险源。这些危险源在模拟中被提前识别出来，使得施工人员和管理人员能够提前认识到风险，并采取相应的预防措施，从而有效规避安全风险。

1.2.2 冲突检测

BIM技术还可以进行冲突检测，即检查设计与施工计划中的安全冲突。通过对比设计图纸和施工方案，可以发现设计中的不合理之处或施工计划中的安全隐患^[1]。例如，设计图纸中的某个结构部件与施工方案中的施工顺序存在冲突，可能导致施工过程中的安全隐患；或者某个安全设施的设置与施工方案中的作业空间存在冲突，影响安全设施的使用效果。通过冲突检测功能，可以精准定位这些冲突点，并及时调整设计和施工计划，确保施工过程中的安全顺畅。

1.2.3 风险评估

基于施工模拟和冲突检测的结果，可以采用量化方法对安全风险进行评估。评估方法可以是定性的，如专家打分法、风险矩阵法等；也可以是定量的，如概率风险评估法、故障树分析法等。通过风险评估，可以确定风险等级，为后续的安全管理提供决策依据。对于高风

险区域或活动,需要采取更加严格的安全措施和监控手段,确保安全可控;对于低风险区域或活动,则可以适当简化安全管理流程,提高工作效率。风险评估的科学性和准确性直接关系到安全管理的效果和成本投入。

1.3 安全培训与交底

1.3.1 三维可视化交底

利用BIM模型的三维可视化特点,可以直观地向施工人员展示安全要求。通过模型,施工人员可以清晰地看到安全通道的位置、防护设施的设置、危险区域的标识等。与传统的二维图纸和口头交底相比,三维可视化交底更加直观易懂,能够减少因误解或疏忽而导致的安全事故^[2]。同时,模型还可以模拟各种安全场景,如火灾逃生、高空作业等,帮助施工人员更好地理解 and 掌握安全要求。

1.3.2 交互式培训

除了三维可视化交底外,还可以开发基于BIM的安全培训系统。这个系统可以模拟各种安全操作场景,如灭火器的使用、安全带的佩戴、紧急疏散等。施工人员通过与系统交互,可以模拟实际操作过程,加深对安全要求的理解和记忆。交互式培训不仅提高了培训效果,还增强了施工人员的参与感和兴趣。通过寓教于乐的方式,让施工人员在轻松愉快的氛围中掌握安全知识和技能。

1.4 现场安全监控与管理

1.4.1 实时监控

在施工现场安装智能监控设备,如摄像头、传感器等,这些设备可以实时采集现场数据,如人员位置、设备状态、环境参数等。通过将这些数据传输至BIM平台,可以实现对施工现场的实时监控。管理人员可以通过平台查看现场情况,及时发现并处理安全隐患。例如,通过摄像头监控施工现场的人员流动和作业情况,发现违规操作或危险行为时及时制止;通过传感器监测设备的工作状态和温度等参数,发现异常时及时采取措施防止事故发生。

1.4.2 预警系统

在BIM平台上设置安全阈值,当现场数据超过阈值时,系统会自动发出预警信号。例如,当某个区域的人员密度过高时,系统会提示可能存在踩踏风险;当某台设备温度过高或压力过大时,系统会提示可能存在故障或火灾隐患。预警系统可以帮助管理人员及时发现并处理潜在的危险情况,防止安全事故的发生。同时,预警系统还可以与应急响应机制相结合,当发生预警时自动启动应急预案,确保快速响应和有效处理。

1.4.3 应急响应

依托BIM模型,可以制定详细的应急预案。当发生安全事故时,管理人员可以根据预案迅速响应,调动相关资源进行处理。例如,在模型中标注出应急通道的位置和疏散路线,当发生火灾或地震等紧急情况时,可以迅速引导人员疏散;在模型中标注出消防器材的位置和使用方法,当需要灭火时,可以迅速找到并使用消防器材^[3]。应急响应的及时性和有效性对于减少安全事故的损失至关重要。通过BIM技术的辅助,可以大大提高应急响应的效率和准确性。

1.5 安全绩效分析与改进

1.5.1 数据分析

利用BIM平台积累的安全数据,可以进行深入的数据分析。分析内容可以包括安全事故的发生频率、类型、原因等;安全检查的合格率、整改情况等;施工人员的安全培训效果等。通过数据分析,可以揭示出施工现场的安全状况和管理效果背后的规律和问题所在。例如,通过分析安全事故的发生原因,可以发现某些类型的安全事故与特定的施工环节或作业方式有关;通过分析安全检查的结果,可以发现某些区域或设备的安全管理存在薄弱环节。这些数据为后续的安全管理提供了宝贵的决策依据。

1.5.2 持续改进

根据数据分析的结果,可以对安全管理流程进行优化和改进。例如,针对频繁发生的安全事故类型或环节,可以加强相关区域或活动的安全监控和预防措施;针对安全检查中发现的问题或薄弱环节,可以完善相关检查标准和流程;针对施工人员安全培训效果不佳的情况,可以调整培训内容和方式或增加培训频次。通过持续改进和循环迭代的方式,可以不断提升施工安全管理的水平和效果。同时,还可以将改进后的安全管理流程和方法固化到BIM模型中,形成标准化的安全管理体系,为后续的项目提供借鉴和参考。

2 潜在效益分析

2.1 提高安全管理效率

BIM技术在施工安全管理中的首要潜在效益在于其能够显著提高管理效率,减少安全管理中的盲区。传统安全管理方式往往依赖于人工巡检和纸质记录,难以全面覆盖施工现场的每一个角落,且信息传递效率低下。而BIM技术通过构建包含丰富安全信息的三维模型,实现了对施工现场的全方位、无死角监控。这种可视化的管理方式使得管理人员能够直观地识别出潜在的安全风险,如结构不稳定、设备摆放不当、安全设施缺失等,从而及时采取措施进行整改,避免了因风险累积而引发的安

全事故。

2.2 增强安全意识与培训效果

BIM技术的三维可视化特点为安全交底和培训提供了全新的方式,极大地增强了作业人员的安全意识和操作技能。传统的安全交底和培训方式往往采用二维图纸和口头讲解,难以让作业人员形成直观的认识,导致在实际操作中容易出现违规操作或疏忽大意的情况^[4]。而BIM技术通过三维模型,将安全要求以直观、生动的方式呈现给作业人员,使他们能够清晰地看到安全设施的设置、危险区域的标识以及正确的操作流程,从而更加深刻地理解和记忆安全要求。

2.3 促进协同作业与信息共享

BIM平台作为一个集成化的信息管理工具,促进了项目各参与方之间的信息交流与协作。在施工现场,设计、施工、监理等各方都需要参与到安全管理中来,共同确保项目的安全进行。而BIM平台为各方提供了一个统一的信息交流平台,使得安全信息能够及时、准确地传递给每一个相关人员。这种信息共享的方式打破了传统安全管理中的信息壁垒,避免了因信息不畅而导致的安全隐患和事故。

2.4 优化决策支持

BIM技术还具备强大的数据分析能力,能够为管理者提供科学的安全管理决策依据。通过收集和分析施工现场的安全数据,如安全事故发生频率、类型、原因等,BIM平台可以生成详细的安全分析报告,揭示出施工现场的安全状况和管理效果背后的规律和问题所在。这些报告为管理者提供了直观、量化的数据支持,帮助他们更加准确地把握施工现场的安全形势,并制定出针对性的安全管理措施。

3 挑战

3.1 技术门槛高

BIM技术的应用需要专业人员具备一定的技术水平和经验,这对施工企业的人才队伍提出了更高的要求。目前,虽然BIM技术在建筑行业得到了广泛应用,但具备相关专业技能和经验的人才仍然相对匮乏。因此,施工企业需要加大对BIM技术人才的培养力度,通过培训、引进等方式提升员工的技术水平和应用能力。同时,还需要建立完善的激励机制,鼓励员工积极学习和应用BIM技术,为企业的安全管理提供有力支持。

3.2 数据安全性

BIM技术涉及大量敏感数据,如建筑设计图纸、施工方案、安全规范标准等,这些数据的安全性和隐私性对于项目的顺利进行至关重要。然而,随着网络技术的不断发展,数据安全风险也在不断增加。因此,施工企业需要采取严格的数据安全措施,确保BIM平台的数据安全。这包括加强网络防护、建立数据备份和恢复机制、限制数据访问权限等。同时,还需要加强对员工的数据安全意识培训,提高他们的数据安全防范意识,防止因人为原因导致的数据泄露和损坏。

3.3 标准不统一

目前,BIM技术的应用标准尚未统一,不同软件之间的兼容性问题仍然存在。这导致在实际应用中,不同参与方可能使用不同的BIM软件,造成数据交换和共享上的困难。为了解决这个问题,行业内外需要共同努力推动BIM技术的标准化进程。这包括制定统一的BIM数据标准、建立标准化的BIM模型构件库、推广通用的BIM软件接口等。通过标准化工作的推进,可以促进不同软件之间的兼容性和互操作性,提高BIM技术在施工安全管理中的应用效率和效果。

结语

BIM技术以其独特的优势,在土木工程施工安全管理中展现出巨大的应用潜力和价值。通过构建安全信息模型、实施风险识别与评估、加强安全培训与交底、优化现场监控与管理以及推动安全绩效的持续改进,BIM技术能够有效提升施工安全管理的系统性和科学性,为土木工程行业的安全发展贡献力量。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,BIM将在施工安全管理中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]张翠萍,王晓.基于BIM技术的土木工程施工质量与安全管理措施[J].砖瓦,2023,(10):114-116.
- [2]李旺红.融合BIM技术的土木工程施工质量与安全管理措施研究[J].房地产世界,2022,(09):131-133.
- [3]许晓春.BIM技术在土木工程施工中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024,(06):77-79.
- [4]周爱强.BIM技术在土木工程项目现场管理中的实践应用分析[C]//广东省国科电力科学研究院.第五届电力工程与技术学术交流会议论文集.武汉高科国有控股集团有限公司,2024:2.