

基于BIM技术的钢结构施工安全管理分析

张冠中

中冶(上海)钢结构科技有限公司 上海 201908

【摘要】为了提高钢结构施工安全管理水平,文章从BIM技术应用优势角度切入,重点关注临边防护安全管理。提出了BIM模型建立与优化、安全风险识别与评估、临边防护方案制定与优化、施工过程动态监控与管理等策略。旨在充分发挥BIM技术在可视化、协同设计、实时监控等方面的优势,解决钢结构施工中临边防护的关键问题,实现安全管理的精细化和智能化,从而显著提升施工安全水平。

【关键词】BIM技术; 钢结构施工; 安全管理

引言:

随着建筑工程规模和复杂度的不断增加,钢结构施工安全管理,尤其是临边防护安全管理面临着前所未有的挑战。传统管理方法已难以满足现代工程的需求。在此背景下,BIM技术的引入为解决这一难题提供了新的思路和工具。本研究聚焦BIM技术在钢结构施工临边防护安全管理中的应用,探讨其实施策略和面临的挑战,以期为提升施工安全管理水平提供理论依据和实践指导。

一、BIM技术概述

建筑信息模型(Building Information Modeling,简称BIM)是一种新兴的数字化技术,通过三维数字技术构建建筑工程项目的虚拟模型。BIM不仅仅是一种软件工具,更是一种革新建筑工程全生命周期管理的方法论。其核心在于创建和使用数字化的、参数化的、智能化的三维模型,实现工程项目各参与方的信息共享和协同工作。BIM技术的主要特征包括可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性。通过整合建筑、结构、机电等各专业信息,BIM能够提

供精确的几何信息和丰富的非几何信息,为项目决策、设计优化、施工管理和运维管理提供全面支持,如图1所示。在钢结构施工安全管理中,BIM技术的应用尤为重要,能够有效识别潜在风险、优化施工方案、提高安全管理效率。在钢结构施工安全管理领域,BIM技术通过虚拟施工模拟、碰撞检测、安全预警等功能,为实现精细化、智能化的安全管理提供了技术支撑。(见图1)

二、BIM技术在钢结构施工安全管理中的应用优势

(一) 提升临边防护设计精度

BIM技术在钢结构施工安全管理中,尤其是临边防护设计方面,展现出显著优势。通过构建精确的三维模型,BIM能够全面反映钢结构项目的几何特征和空间关系,为临边防护设计提供准确的基础数据。设计人员可在虚拟环境中直观地观察和分析各施工阶段的临边状况,精确定位高风险区域。基于参数化设计原理,BIM系统能够根据不同施工阶段的需求,快速生成和调整临边防护方案,确保防护措施的全面性和适用性。同时,BIM模型支持多专业协同设计,使

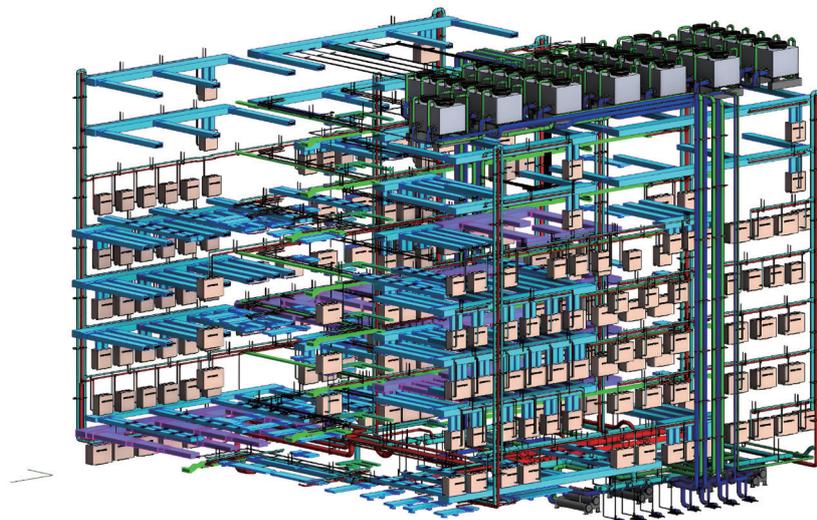


图1: BIM建模示意图

结构工程师、安全工程师和施工管理人员能够共同优化临边防护设计，有效解决传统设计中因信息不对称导致的安全隐患。通过BIM技术的应用，临边防护设计的精度和效率得到显著提升，为钢结构施工安全管理奠定坚实基础。

（二）施工模拟与冲突检测

BIM技术在钢结构施工过程中的应用，极大地提高了安全性和效率。通过BIM模型的四维施工模拟功能，施工团队可以在虚拟环境中预演整个施工过程，识别潜在的安全风险点，并制定相应的预防措施。BIM系统的碰撞检测功能能够自动发现安全设施与主体结构或其他设备之间的干涉问题，提前解决施工冲突。在材料管理方面，BIM技术可精确计算所需的材料数量和规格，优化材料采购和库存管理，减少材料浪费和安全隐患。施工现场布置的优化也得益于BIM技术，通过对各类设施的虚拟布置和调整，可以确保施工空间的合理利用和安全通道的畅通。这些应用不仅提高了钢结构施工的质量和效率，也大大降低了施工过程中的安全风险，为项目管理提供了有力支持。

（三）强化临边防护实时监控

BIM技术为钢结构临边防护的实时监控提供了强有力的技术支持。通过将BIM模型与物联网技术相结合，可以实现对临边防护设施的动态监测。各类传感器收集的实时数据可直接反馈到BIM模型中，使管理人员能够及时掌握临边防护设施的状态信息，如防护栏杆的受力情况、安全网的张力变化等。基于这些数据，BIM系统能够进行智能分析，及时发现潜在的安全隐患，并触发预警机制。在发生紧急情况时，BIM模型可为应急响应提供直观的可视化指导，帮助管理人员快速定位问题区域，制定有效的应对策略。这种基于BIM的实时监控系統，显著增强了钢结构施工项目的安全管理能力，为实现主动式、智能化的安全管理提供了有力支撑。

三、BIM技术在钢结构施工安全管理中的挑战

（一）技术层面的挑战

BIM技术在钢结构临边防护安全管理中的应用虽然前景广阔，但仍面临诸多技术挑战。首要问题是BIM模型的精度和实时性。钢结构工程的复杂性和临边防护的动态特性要求BIM模型能够高度精确地反映现场实际情况，并及时更新。然而，当前的BIM技术在处理大规模、高精度的动态数据时仍存在局限性，尤其是在临边防护设施的微小变形和位移监测方面。其次，BIM系统与现有安全监测设备的集成度不足，导致数据采集和分析过程中存在断层。例如，应力传感器、位移监测仪等设备的数据难以无缝接入BIM平台，影响了实时监控和预警的效果。解决这些技术挑战，需要在BIM软件开发、数据处理算法、传感器技术等多个领域取得突破，以提升BIM技术在钢结构临边防护安全管理中

的应用效能。

（二）管理层面的挑战

在管理层面，BIM技术的引入为钢结构临边防护安全管理带来了新的挑战。一方面，传统的项目管理模式与BIM技术驱动的新型管理模式之间存在显著差异，导致组织结构和 workflows 的调整面临阻力。BIM技术的应用需要大量前期投入，包括软硬件设备购置、人员培训等，而其长期效益往往难以在短期内体现，使得一些企业对全面推广BIM技术持谨慎态度。另一方面，BIM模型的所有权、使用权以及数据安全等法律和合规问题也成为管理层面的重要挑战。例如，在多方协作的钢结构项目中，如何界定临边防护BIM模型的知识产权，如何保护敏感的安全数据，都需要建立明确的管理规范。克服这些管理挑战，需要企业高层的战略眼光和决心，以及整个行业的共同努力，制定统一的BIM应用标准和规范，推动BIM技术在钢结构临边防护安全管理中的深入应用。

（三）人才培养的挑战

人才短缺是BIM技术在钢结构临边防护安全管理中面临的另一重大挑战。BIM技术的应用要求专业人员不仅具备传统的工程知识，还需掌握复杂的BIM软件操作技能和数据分析能力。然而，目前市场上既精通BIM技术，又深谙钢结构临边防护安全管理的复合型人才十分稀缺。高校教育与行业需求之间存在断层，导致毕业生难以直接胜任BIM相关工作。在职人员的再教育也面临挑战，许多有经验的工程师和管理人员对新技术的学习存在抵触情绪。此外，BIM技术的快速发展要求从业人员不断更新知识和技能，而现有的培训体系难以满足这种持续学习的需求。特别是在临边防护这样的专业领域，BIM应用要求人才具备跨学科知识，包括结构力学、安全工程、信息技术等，培养难度较大。只有建立起完善的人才培养体系，才能为BIM技术在钢结构临边防护安全管理中的广泛应用提供人才保障。

四、BIM技术的钢结构施工安全管理的实施策略

（一）BIM模型的建立和优化

BIM模型的建立和优化是实施钢结构施工安全管理的基础。在模型建立阶段，应充分考虑钢结构项目的特性和临边防护的需求。一方面，在模型优化阶段，重点关注临边防护相关的细节处理。通过参数化设计，实现防护栏杆、安全网等设施的快速调整和更新。引入LOD (Level of Detail) 概念，根据不同阶段的管理需求，逐步提高模型的精细度。例如，在施工准备阶段，可重点关注整体布局；进入实施阶段后，则需要提高临边防护设施的建模精度。同时，收集并整合项目的设计图纸、地形数据、施工工艺等信息，确保数据的完整性和准确性。另一方面，BIM模型应具备良好的可扩展性和兼容性。通过建立标准化的

数据接口，确保模型能与其他专业软件和监测设备实现数据交换。定期进行模型审核和更新，保证其与实际施工进度同步。在模型优化过程中，还应注重信息的分类管理，建立临边防护专项信息库，为后续的安全分析和管理工作提供可靠的数据支持。

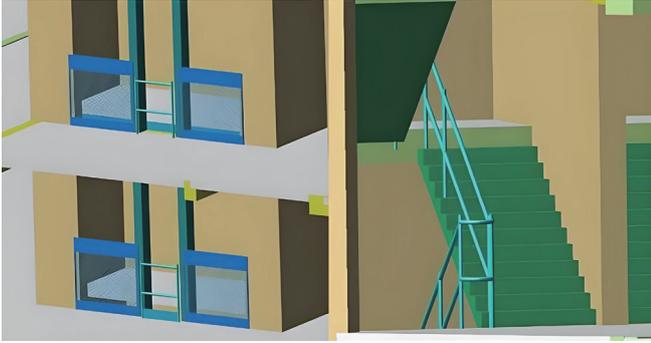


图2: BIM模型临边防护模拟图

(二) 安全风险识别与评估

基于BIM技术的安全风险识别与评估是钢结构施工安全管理的关键环节，尤其在临边防护方面。利用BIM模型的可视化和分析功能，可系统性地识别和评估潜在的安全风险。首先，通过模型空间分析，识别高空作业区域、临边开口、设备操作空间等高风险区域。结合施工进度模拟，预测不同施工阶段的风险变化，特别关注临边防护设施的安装、拆除和调整过程。其次，利用BIM软件的碰撞检测功能，分析临边防护设施与主体结构、施工设备之间的潜在冲突。通过设置安全规则，如最小安全距离、防护设施覆盖率等，自动检查模型中的安全隐患。引入基于BIM的安全评分系统，对不同区域和施工阶段的安全状况进行量化评估。最后，结合历史数据和专家经验，建立钢结构临边防护的风险数据库。通过数据挖掘技术，分析事故发生的规律和影响因素，提高风险预测的准确性。利用BIM模型的数据化特性，进行安全风险的敏感性分析，如改变防护栏杆的间距或强度，评估其对整体安全性的影响。

(三) 临边防护方案的制定与优化

BIM技术为钢结构临边防护方案的制定与优化提供了强大的技术支持。基于前期的风险识别与评估结果，结合BIM模型的可视化和模拟功能，可以系统性地制定和优化临边防护方案。第一，利用BIM模型的参数化设计功能，快速生成多套临边防护方案。这些方案应包括防护栏杆、安全网、临时通道等设施的具体布置，以及材料规格、安装顺序等详细信息。第二，通过BIM的虚拟施工模拟，对各方案进行可行性验证。模拟过程应考虑施工进度、材料供应、人员配置等因素，评估方案的可操作性。利用BIM软件的结构分析功能，对临边防护设施进行力学性能分析，确保其满足安全要求。特别注意防护设施与主体结构

的连接设计，确保连接点的强度和稳定性。第三，BIM技术支持临边防护方案的动态调整。随着施工进度推进，可以根据实际情况及时更新BIM模型，调整防护方案。例如，根据高空风速数据，动态调整安全网的张拉力度；根据施工荷载变化，优化防护栏杆的布置。通过这种动态优化机制，确保临边防护方案始终保持最佳状态，适应施工现场的实际需求。

(四) 施工过程的动态监控与管理

BIM技术在钢结构施工过程的动态监控与管理中发挥着关键作用，尤其是在临边防护安全管理方面。通过将BIM模型与物联网技术相结合，可以实现对施工现场的实时监控和智能管理。首先，在关键位置布置各类传感器，如应力传感器、位移传感器、环境监测设备等，将采集的数据实时传输至BIM平台。这些数据与BIM模型关联，形成“数字孪生”系统，实现虚实结合的动态监控。其次，BIM平台可以根据预设的安全阈值，对异常数据进行自动分析和预警。例如，当检测到临边防护栏杆受力超过设计值时，系统会立即发出警报，并在BIM模型中直观显示问题位置。最后，通过移动设备和增强现实（AR）技术，现场管理人员可以实时查看监测数据和BIM模型，快速定位和处理安全隐患。通过这种基于BIM的动态监控与管理，可以实现钢结构施工安全管理的全面化、精细化和智能化，显著提高施工安全水平，尤其是临边防护的有效性和可靠性。

结束语

综上所述，BIM技术在钢结构施工安全管理，特别是临边防护方面展现出巨大潜力。通过构建精确的数字模型，实现风险的精准识别、方案的动态优化和过程的智能监控，为安全管理提供了全新的解决方案。尽管在技术、管理和人才等方面仍面临挑战，但随着相关技术的不断发展和行业标准的逐步完善，BIM技术必将在钢结构施工安全管理中发挥更加重要的作用，推动建筑行业向更高效、更安全的方向发展。

参考文献:

- [1] 朱云. BIM技术在大型钢结构建筑施工安全管理中的应用[J]. 建筑技术研究, 2022, 5(3): 152-154.
- [2] 刘军涛, 孟鑫桐, 张立佳, 等. BIM技术在大型钢结构建筑施工安全管理中的应用[J]. 建筑技术, 2021, 52(6): 679-683.
- [3] 尹欣, 刘子圣, 杨森, 等. 基于BIM技术的钢结构施工智能管控平台建立及应用[J]. 建筑技术, 2023, 54(2): 148-152.
- [4] 李为浩. 探讨基于BIM技术的钢结构施工安全管理应用[J]. 中国建筑金属结构, 2021(6): 42-43.
- [5] 唐细明. 标准化可拆卸式钢结构施工临边防护施工技术[J]. 中国科技投资, 2019(23): 44.