

基于BIM在边坡监测中的应用探讨

刘 赓 刘亚红 何 琛

陕西高速公路工程试验检测有限公司 陕西 西安 710000

摘 要：BIM技术在边坡工程监测中展现出巨大潜力，本文探讨了BIM技术在边坡工程监测中的应用，BIM技术通过三维建模与可视化监测，提升了边坡工程监测的准确性和效率。其信息集成与协同监测能力促进了跨专业信息共享，优化了施工模拟与方案调整，BIM技术还强化了监测数据分析与预警，为边坡工程的安全运行提供了坚实的技术保障。

关键词：BIM技术；边坡监测；特点；应用

引言

边坡工程作为自然界与人类活动交汇的关键领域，其监测工作至关重要。随着科技的进步，BIM技术作为一种先进的数字化手段，在边坡工程监测中展现出了巨大潜力。本文旨在深入探讨BIM技术在边坡工程监测中的应用，以期为提高边坡工程的安全性和稳定性提供有益参考。

1 BIM 技术原理及特点

1.1 BIM技术原理

BIM技术作为一种广义上的信息建模技术，利用项目或系统的详尽信息数据，通过先进的数字化手段构建三维模型。这种建模技术不仅精确再现项目或系统的空间形态和结构特征，更深度整合了材质属性、性能参数、成本预算等多维度信息，形成了一个全面、精细且高度集成的信息网络。BIM技术的核心优势在于其全生命周期管理能力，能够将从初始规划、设计实施到后期监测、维护管理等阶段的关键信息集成于一个统一且易于访问的数字化平台，实现了信息的即时共享与高效协同，极大提升了项目管理的透明度和效率。特别是在监测领域，BIM技术展现出非凡价值，通过与实时监测数据紧密结合，实现了对项目或系统运行状态的实时监控和精确分析，这种“数字孪生”概念为管理者提供了直观的系统状态视图，有助于及时发现并解决潜在问题。无论是环境监测中构建生态系统三维模型以连续监测空气、水质，还是交通监测中模拟交通流量预测拥堵情况，抑或是能源管理中精确模拟建筑能耗以制定节能减排策略，BIM技术都提供了强有力的支持。

1.2 BIM技术特点

BIM（Building Information Modeling）技术的核心价值与影响已远远超越了建筑领域，成为现代工程与技术行业的一次革命性进步，这项技术以其独特的技术

特性，深刻地改变了众多复杂工程项目的监测与管理方式，展现了广泛的应用前景和深远的行业影响。BIM技术的高度信息化集成是其核心优势之一，它构建了一个工程项目的数字化镜像，集成了从初步规划到最终实现的全方位信息，这些信息覆盖了项目的几何特征、结构配置、材料特性、成本预算、进度安排及后期维护需求等多个方面，这种全方位的信息集成，为项目团队提供了一个精确且即时的数据源，极大地提升了决策的科学性和效率。而且BIM技术推动了信息的标准化和共享，使得不同专业 and 部门能够基于统一的数据标准进行高效沟通与合作，这种信息的无缝流通不仅提升了工作效率，还显著增强了团队间的协同作业能力。BIM技术的可视化表现力出色，将二维设计转化为三维模型，使项目情况得以生动直观地展现，降低了理解偏差，促进了团队共识。在监测领域，这一特性意味着能够更直观地观察和分析工程项目的各个方面，及时发现潜在问题。BIM技术的协同性也是其显著优势，它打破了传统工程项目管理中的信息壁垒，支持多学科、多专业人员在同一模型上实时协同工作，确保了设计的一致性和连贯性，提高了工作效率，减少了变更和返工。BIM技术的模拟能力也为工程项目的监测与管理带来了极大的便利，它能够模拟项目的施工过程、运行状态及潜在风险，涵盖物理性能、经济效益、环境影响等多个维度的分析，为项目团队提供了丰富的数据支持，有助于预测风险、优化方案、评估性能，实现更加科学、精准的项目管理^[1]。

2 边坡工程的特点

2.1 综合性强

边坡工程作为自然界和人类活动交汇的关键领域，展现出其尤为显著且高度综合性的特点，这一特性不仅源于它跨越土力学、岩石力学、工程地质学及水文学等多个学科边界，更在于这些学科知识在边坡稳定性评

估、管理策略规划及后续维护中的深度融合与实际应用。土力学为理解边坡土体的力学行为提供了理论支撑,对评估其在多种荷载作用下的稳定性至关重要;岩石力学则聚焦于岩石的物理力学特性,尤其在地质构造复杂、风化严重的区域,其应用对于边坡稳定性分析具有不可替代的作用。工程地质学通过详尽的地质勘探与构造分析,揭示了边坡区域的地质背景,为设计提供了宝贵信息,而水文学则关注降水与地下水对边坡稳定性的影响,合理的排水策略能有效降低边坡滑动风险。在边坡工程的整个生命周期中,这些学科知识的综合运用确保了支护结构设计的科学性与合理性,使其既能有效抵御变形压力,又能适应环境变化,实现长期稳定。尤为重要的是,监测工作在这杂而精细的操作中,通过安装位移计、倾斜仪、地下水位计等多种传感器,实时监测边坡的变形、地下水动态及地表裂缝发展,为科研人员提供了宝贵的现场数据。

2.2 实践性突出

边坡工程的核心在于将理论知识与实际操作紧密结合,这一过程凸显了其显著的实践性,从规划到实施,乃至后期的运营维护,边坡工程均需深入考量地质条件、气候条件等多重因素,并通过一系列科学系统的工作流程来确保边坡在自然与人为因素交织影响下的稳定与安全。地质勘查作为首要环节,要求专业人员深入现场,运用地质钻探、取样分析、地质测绘等手段,全面了解边坡的地质结构、岩性特征、地质构造及潜在地质灾害,为边坡稳定性的初步评估及后续设计与施工策略的制定提供坚实基础。同时对气候条件的深入分析同样关键,通过对历史气候数据的梳理与未来气候趋势的预测,能更精准地评估边坡在不同气候条件下的稳定性,为制定维护策略提供科学依据。而在施工过程中,监测工作成为确保安全与稳定的核心,通过安装高精度传感器,实时监测边坡变形、应力状态、地下水位动态及地表裂缝发展,这些数据不仅为施工人员提供宝贵的现场信息,助力施工策略的调整,降低对边坡稳定性的潜在干扰,还为科研人员研究边坡变形机制、验证设计理论提供重要资料。边坡工程的后期运营维护同样依赖于持续的监测与分析,通过定期的地质环境监测、变形监测及水文条件分析,及时发现边坡稳定性变化趋势,预警潜在风险,一旦监测数据出现异常,可迅速启动应急响应,采取必要措施,有效防控边坡失稳、滑坡等自然灾害。

2.3 安全性要求高

边坡工程的安全性要求极为严苛,这一特性源于其维护工程区域整体稳定与保障周边环境安宁的重大责

任。作为自然界与人工活动交汇的地带,边坡的稳定性直接关乎地表形态的安全保持及周边生态系统的平衡,一旦失稳或发生滑坡,后果将远超物质损失范畴,可能引发地表大范围变形、破坏地形地貌,对邻近基础设施造成连锁损害,并严重威胁周边居民的生命与财产安全,对社会稳定产生深远影响。所以从规划设计的初步阶段起,边坡工程就必须将安全性置于首位,这要求进行全面地质勘察与环境影响评估,精准识别地质结构、水文条件及潜在不稳定因素,并运用先进计算模型预测不同工况下的稳定性,制定可靠设计方案,而且制定长期监测计划也至关重要,因为边坡稳定性受多重因素持续影响。在施工过程中,需注重环境保护,严格按照设计方案操作,并加强现场监管,确保安全规范执行。后期维护包括定期巡视检查与异常处理,以及建立集成遥感技术、地质雷达、测斜仪等高科技手段的边坡监测系统,实现对变形、位移、应力状态等关键参数的实时监测与分析,为预防性加固措施提供科学依据,并根据监测结果动态调整维护策略,确保边坡在任何极端条件下都能保持稳定,有效防范灾害发生^[2]。

3 BIM 在边坡监测中的应用

3.1 三维建模与可视化监测

在边坡工程的初步监测阶段,三维建模与可视化监测技术的运用,尤其是融入了先进的地理信息建模理念,展现出了显著优势。该技术能够迅速且精确地构建边坡的三维数字化模型,全面揭示其复杂的几何形态与核心特征,为监测工作奠定了坚实基础。通过这一精细模型,监测团队能够直观洞察边坡内部结构,包括地质构造的复杂性、岩性分布的多样性及地下水系的动态变化等关键要素,这对于科学规划监测方案、确保监测活动的针对性和有效性具有极大价值。该技术的可视化特性使监测人员仿佛置身边坡环境中,能以第一人称视角全面审视边坡状况,无论是宏观地貌还是微观裂缝发展,都尽收眼底,极大增强了监测的敏感性和准确性,有助于更早识别潜在安全隐患。更进一步,三维模型支持动态数据集成与分析,实时监测数据如地表位移、地下水位波动等可无缝整合进模型,监测人员能即时调整参数,直观评估动态变化对边坡稳定性的影响,这种实时反馈机制提升了决策效率和质量,使监测方案能灵活调整,确保边坡工程安全稳定。该技术还促进了跨部门、跨专业的协作,监测数据、分析结果及模型本身均可轻松共享,为地质、结构工程师及环境保护专家提供了共同交流平台,共同为边坡工程的监测与维护贡献力量。

3.2 信息集成与协同监测

在边坡工程监测领域，BIM技术的应用显著提升了信息集成与协同监测的能力，成为不可或缺的工具，该技术通过构建一个综合性的信息模型，有效整合了地质勘探、结构设计考量、排水系统规划等多个专业领域的监测信息，消除了信息孤岛，促进了跨专业间的信息共享与交流。这一做法使得相关团队能够在统一的虚拟环境中即时协作，极大提高了监测工作的效率和准确性。BIM技术确保了所有监测数据的一致性和精确性，避免了以往因数据独立分析导致的信息不一致和误解，其强大的数据管理能力自动处理和分析海量数据，减轻了人工负担，减少了人为错误。而且BIM技术还提供了智能化的支持，快速生成多种监测方案，并通过模拟分析辅助决策，提升了监测策略的科学性和有效性。更重要的是，BIM技术与施工管理流程无缝对接，实现监测数据的即时反馈，指导现场作业的调整与优化，确保了监测与施工之间的紧密联动。

3.3 施工模拟与方案优化

在边坡工程施工管理与方案优化中，BIM技术发挥着核心作用，借助先进的BIM软件平台，项目团队能在施工前对整个治理流程进行全面而精细的数字化预演，从边坡开挖到支护结构安装，再到排水设施布局，所有关键环节均在高度仿真的虚拟环境中精确模拟，超越了简单形态复制。BIM技术不仅实现物理空间的数字化映射，更深入融合了施工逻辑、时序及资源分配等实际操作模拟，使项目管理者 and 施工人员能在虚拟环境中预见潜在挑战与风险，如地质不稳定区域、支护安装难点及排水效率问题，为策略调整与优化提供了重要依据。此外，BIM技术还促进了监测体系的完善，通过深入分析模拟结果，识别关键监测点如边坡位移、支护应力状态及地下水位变化，制定精确监测计划，增强了施工安全性与可控性，确保治理效果达到预期，有效降低环境风险与经

济损失^[3]。

3.4 监测数据分析与预警

BIM技术在边坡工程的监测数据分析与预警方面发挥着重要作用，监测人员能够将从各类精密监测设备中获取的关键数据导入至边坡的三维模型中。BIM软件凭借强大的数据处理能力，迅速将这些数据转化为直观的图表和报告，使监测人员能够一目了然地掌握边坡的实时状态。BIM技术内置的智能预警系统能够根据预设的阈值，一旦实时监测数据触及或超越这些阈值，即刻自动触发预警机制，迅速向相关人员传达预警信号，这种及时且准确的预警为监测人员赢得了宝贵的响应时间，使他们能够迅速采取必要措施，有效规避潜在的安全风险。而且BIM技术还将监测数据与边坡三维模型深度融合，实现了数据的可视化分析，增强了监测人员对边坡变形情况的直观理解，为边坡工程的持续安全运行提供了坚实的技术保障。

结语

综上所述，BIM技术在边坡工程监测中的应用不仅提升了监测工作的科学性和效率，更为边坡工程的长期安全运行提供了坚实的技术支撑，随着技术的不断进步和应用场景的拓展，BIM技术将在边坡工程监测领域发挥更加重要的作用，为工程安全保驾护航。

参考文献

- [1] 习明星.基于BIM技术的边坡生态修复设计探讨[J].交通节能与环保,2022,18(4):142-144.
- [2] 邓云月,王章琼,焦漫,等.基于BIM技术的边坡地质建模与有限元分析[J].土木建筑工程信息技术,2024,16(6):122-126.
- [3] 肖建勇,严伟,乔世范,等.基于BIM的公路边坡可视化管理方法研究[J].铁道科学与工程学报,2024,21(6):2342-2358.