

基于BIM技术的山区公路高边坡施工动态监测与风险防控研究

丁丹丹

龙游县县乡公路规划建设管理所 浙江 衢州 324400

摘要: 本文聚焦BIM技术在山区公路高边坡施工动态监测与风险防控中的应用。深入剖析BIM技术核心功能与山区公路高边坡施工特点、风险类型,详细介绍BIM模型构建、动态监测系统搭建及数据分析预测的应用,提出基于BIM的风险预警、防控方案优化与施工过程动态管控策略。研究表明,BIM技术能有效整合信息、实时监测风险,为山区公路高边坡施工安全与质量提供有力保障。

关键词: BIM技术; 山区公路; 高边坡施工; 动态监测; 风险防控

1 BIM 技术基础与山区公路高边坡施工特点

1.1 BIM技术核心功能

BIM (Building Information Modeling) 即建筑信息模型,作为一种数字化技术,在工程建设领域具有多维度的核心功能。第一,它具备三维可视化功能,通过将建筑、结构、机电等各专业的信息整合,形成三维立体模型,使设计成果直观呈现。工程师、施工人员以及业主等各方人员能够清晰地观察项目的整体外观、内部构造和空间关系,有效避免因二维图纸理解偏差导致的设计失误。第二,BIM技术的协同设计功能打破了传统设计模式下各专业之间的信息孤岛。不同专业的设计师可以在同一平台上进行协同工作,实时共享和更新设计信息^[1]。第三,BIM模型包含丰富的工程信息,如构件尺寸、材料属性、工程量等,实现了信息集成与管理。这些信息在项目全生命周期中持续更新和传递,为施工进度管理、成本控制、运维管理等提供了准确的数据支持。施工阶段,管理人员可依据模型中的工程量信息进行材料采购和成本预算;运维阶段,通过读取模型中的设备信息,实现设备的精准维护和管理。第四,BIM技术的模拟分析功能在工程建设中发挥着重要作用。可以进行施工模拟,提前预演施工过程,发现潜在的施工问题,优化施工方案;还能开展结构分析、能耗分析等,为项目的科学决策提供依据。

1.2 山区公路高边坡施工特点

山区公路高边坡施工具有显著的特殊性。从地形地貌角度来看,山区地势起伏大、地形复杂,高边坡往往处于陡峭的山坡、峡谷边缘等特殊位置。施工场地狭窄,大型机械设备难以展开作业,增加了施工难度和安全风险。地质条件方面,山区地质构造复杂,岩石风化

程度不一,部分区域可能存在断层、滑坡体等不良地质现象。高边坡施工过程中,对地质条件的依赖性强,一旦地质情况与勘察结果不符,将严重影响施工安全和工程质量。气候因素对山区公路高边坡施工影响较大,山区天气多变,降雨频繁且强度大,暴雨容易引发山洪、泥石流等自然灾害,冲毁施工设施,威胁施工人员安全;强风、大雾等恶劣天气也会影响施工进度和高空作业安全。山区昼夜温差大,对混凝土等建筑材料的性能产生影响,增加了施工质量控制难度。山区公路高边坡施工还面临着交通不便的问题,施工材料和设备的运输困难,需要修建临时便道,不仅增加了施工成本,而且运输过程中存在诸多安全隐患。同时由于施工区域远离城市,施工人员的生活保障和医疗救援等配套服务难以跟上,给施工管理带来挑战。

2 山区公路高边坡施工主要风险类型

2.1 土体失稳风险

山区公路高边坡土体失稳是施工过程中最主要的风险之一。山区复杂的地质条件是导致土体失稳的关键因素。一方面,山区的岩土体组成多样,部分区域可能存在软弱夹层,其抗剪强度低,在边坡开挖和荷载作用下,容易产生滑动面,引发滑坡。另一方面,地下水的活动对土体稳定性影响显著。山区降雨丰富,地下水补给充足,地下水位上升会使土体处于饱水状态,有效应力降低,抗剪强度减弱同时,地下水的渗流作用还会对土体产生动水压力,进一步加剧土体失稳的可能性^[2]。另外,施工过程中的不当操作也会增加土体失稳风险。例如,边坡开挖时,如果开挖顺序不合理,一次性开挖深度过大,会破坏边坡原有的应力平衡状态,导致边坡土体产生变形,甚至坍塌。在边坡支护施工中,如果支护

结构的强度和刚度不足，无法有效抵抗土体的侧压力，也会引发土体失稳事故。

2.2 施工设备安全风险

山区公路高边坡施工环境恶劣，施工设备面临诸多安全风险。由于地形复杂，设备在运输和安装过程中容易发生侧翻、滑落等事故。例如，在狭窄的山路上运输大型塔吊，车辆稍有不慎就可能掉入山谷。施工过程中，设备长期在陡坡、悬崖边等危险区域作业，其稳定性受到严峻考验。如挖掘机在高边坡上进行土石方开挖时，容易因地面不平、坡度较大而发生倾覆。山区的气候条件也对施工设备造成损害，频繁的降雨会使设备零部件生锈、腐蚀，影响设备的正常运行；强风、暴雨等恶劣天气还可能导致设备的防护设施损坏，甚至引发设备倒塌事故。山区道路崎岖，设备的维修和保养不便，一旦设备出现故障，不能及时得到维修，容易留下安全隐患，影响施工进度和安全。

2.3 人员安全风险

山区公路高边坡施工的人员安全风险不容忽视。首先，作业环境危险，施工人员需要在高空、陡坡等复杂环境下进行作业，稍有不慎就可能发生坠落事故。例如，在进行边坡支护的锚杆安装作业时，施工人员需要在脚手架上进行高空作业，若防护措施不到位，极易发生高空坠落。其次，施工人员的安全意识和技能水平参差不齐，部分施工人员缺乏专业的安全培训，对高边坡施工的安全风险认识不足，在施工过程中容易违反操作规程，如不佩戴安全防护用具、冒险作业等。另外，山区施工生活条件艰苦，施工人员长期处于高强度的工作状态，容易产生疲劳和心理压力，导致注意力不集中，增加安全事故发生的概率。

2.4 环境因素导致的风险

山区特殊的环境因素给公路高边坡施工带来了多种风险。除了前面提到的气候因素外，山区的生态环境也较为脆弱。施工过程中的土石方开挖、爆破等作业会破坏原有的植被和地貌，引发水土流失、山体滑坡等生态问题。同时施工产生的噪音、粉尘、废水等污染物，会对周边的动植物和居民生活造成不良影响，引发环境纠纷，甚至可能面临环保部门的处罚，影响施工进度。山区常有野生动物出没，施工人员在野外作业时，可能会遭遇野生动物的攻击，威胁人身安全。而且，山区地形复杂，容易迷失方向，在发生突发情况时，救援人员难以快速到达现场，延误救援时机，进一步扩大事故损失。

3 BIM 技术在山区公路高边坡施工动态监测中的应用

3.1 BIM模型构建与信息集成

在山区公路高边坡施工动态监测中，BIM模型构建是基础。首先，利用地理信息系统（GIS）获取山区高边坡的地形地貌数据，结合地质勘察报告，建立高边坡的三维地形模型。通过测量仪器采集边坡的实际坐标、高程等数据，精确还原边坡的真实形态。然后，根据设计图纸，在三维地形模型的基础上构建高边坡的工程结构模型，包括边坡开挖轮廓、支护结构（如锚杆、锚索、挡土墙等）、排水设施等。在建模过程中，详细录入各构件的几何尺寸、材料属性、施工工艺等信息，确保模型的准确性和完整性。接着，将施工进度计划、监测数据等信息与BIM模型进行集成。通过关联施工进度计划，为模型中的每个构件赋予时间属性，实现施工过程的动态模拟。同时将现场监测设备采集的位移、应力、地下水位等数据实时接入BIM模型，使模型能够反映边坡的实际状态，为动态监测提供数据支持。通过信息集成，BIM模型成为一个包含设计、施工、监测等多方面信息的综合管理平台^[3]。

3.2 基于BIM的动态监测系统搭建

基于BIM技术搭建山区公路高边坡施工动态监测系统，需要整合多种技术手段。首先选择合适的监测设备，如全站仪、GPS监测仪、应变计、渗压计等，布置在高边坡的关键部位，实时采集边坡的变形、应力、渗流等数据。然后，建立数据传输网络，将监测设备采集的数据通过无线传输或有线传输的方式，实时传输到数据中心。在数据中心，利用BIM技术对数据进行处理和分析，将监测数据与BIM模型中的设计参数进行对比，判断边坡的稳定性状态。开发基于BIM的动态监测软件平台，实现监测数据的可视化展示。通过软件平台，管理人员可以直观地查看边坡各部位的监测数据变化情况，以图表、云图等形式展示边坡的变形趋势和应力分布。还可以设置预警阈值，当监测数据超过阈值时，系统自动发出预警信号，提醒相关人员采取措施。

3.3 BIM技术在监测数据分析与预测中的应用

BIM技术在山区公路高边坡施工监测数据分析与预测中具有独特优势。在数据分析方面，BIM模型能够将海量的监测数据进行分类整理和关联分析。通过对不同类型监测数据（如位移、应力、地下水位等）的综合分析，找出数据之间的内在联系，准确判断边坡的稳定性状态。例如，当发现边坡某部位的位移突然增大，同时地下水位也有明显上升时，结合BIM模型中的地质信息和支护结构信息，分析可能的原因，为采取相应的处理措施提供依据。在预测方面，利用BIM技术结合大数据分析、人工智能等技术，建立边坡稳定性预测模型。通过对历

史监测数据和施工数据的学习和分析,预测边坡未来的变形趋势和发展情况。例如,根据过去一段时间的位移数据,预测边坡在未来几天或几周内是否会出现失稳迹象,提前制定防范措施,降低安全风险。同时还可以通过模拟不同工况下边坡的响应,评估施工方案调整对边坡稳定性的影响,为施工决策提供科学支持。

4 基于BIM技术的山区公路高边坡施工风险防控策略

4.1 基于BIM的风险预警机制

基于BIM技术建立山区公路高边坡施工风险预警机制,能够实现风险的及时发现和有效防控。在BIM模型中设置风险预警指标体系,结合设计规范、工程经验和历史数据,确定各项监测数据的预警阈值。例如,对于边坡位移,设定不同等级的预警阈值,当位移量达到一级预警阈值时,提示可能存在潜在风险;达到二级预警阈值时,表明风险加剧,需要立即采取措施。利用BIM技术的实时数据处理和分析功能,将现场监测数据与预警阈值进行实时对比。一旦监测数据超过预警阈值,系统自动触发预警机制,通过短信、邮件、声光报警等多种方式,及时通知相关管理人员和施工人员。同时在BIM模型中以醒目的颜色和标识突出显示风险部位,方便相关人员快速定位和了解风险情况。还可以建立风险预警信息管理平台,对预警信息进行记录、跟踪和反馈。管理人员可以在平台上查看预警的详细信息,包括预警时间、预警部位、预警级别等,根据预警情况制定相应的处理方案,并跟踪处理过程和结果,实现风险预警的闭环管理。

4.2 风险防控方案制定与优化

基于BIM技术制定和优化山区公路高边坡施工风险防控方案,能够提高方案的科学性和有效性。在方案制定阶段,利用BIM模型的三维可视化和模拟分析功能,对不同的风险防控措施进行模拟和评估。例如,对于边坡土体失稳风险,可以模拟不同的支护方案(如增加锚杆数量、调整挡土墙结构等)对边坡稳定性的影响,选择最优的支护方案。同时结合BIM模型中的施工进度计划和资源配置信息,制定详细的风险防控施工方案,明确各阶段的施工任务、施工工艺和安全措施。在方案优化方面,根据现场施工情况和监测数据反馈,利用BIM技术对

风险防控方案进行动态调整和优化。例如,当监测数据显示边坡某部位的变形超过预期时,通过BIM模型重新分析风险原因,调整支护参数或施工顺序,及时优化风险防控方案,确保施工安全。

4.3 施工过程风险动态管控

基于BIM技术实现山区公路高边坡施工过程风险动态管控,能够全面保障施工安全。在施工过程中,通过BIM模型实时展示施工进度和现场情况,管理人员可以直观地了解施工过程中存在的风险因素。结合现场监测数据,对施工过程中的风险进行动态评估,及时发现潜在风险并采取相应的管控措施^[4]。例如,当发现施工设备在高风险区域作业时,通过BIM模型规划设备的安全作业路径,提醒操作人员注意安全;当监测到人员违规操作时,及时发出警告信息,督促其改正。同时利用BIM技术对施工过程中的风险管控措施执行情况进行跟踪和检查,确保各项风险防控措施落实到位。通过定期对施工过程中的风险管控效果进行评估和总结,不断改进风险管控方法和措施,提高施工过程的安全性和可靠性。

结束语

综上所述,BIM技术为山区公路高边坡施工的动态监测与风险防控提供了创新路径与有效手段。通过构建数字化模型与智能监测系统,实现了风险的精准识别与科学防控。然而,在实际应用中仍面临技术融合、人员培训等挑战。未来,需进一步深化BIM技术与前沿科技的结合,完善应用标准,加强人才培养,推动其在山区公路高边坡施工中发挥更大效能,助力交通建设行业高质量发展。

参考文献

- [1]李夺.路基施工中边坡稳定性的监测与控制方法[J].建筑与施工,2024,3(12):57-58.
- [2]文佳.高速公路的高边坡施工安全风险控制分析[J].运输经理世界,2022(28):140-142.
- [3]段英杰.路基高边坡开挖施工监控量测技术研究与应用[J].建筑技术,2023,54(15):1867-1871.
- [4]谭杰洪.高速公路路基施工中风险因素及控制措施分析[J].运输经理世界,2024(8):47-49.