

BIM 技术在高速公路智慧化建设中的实践研究

王玉军



[摘要] 本文探讨 BIM(建筑信息模型)技术在高速公路智慧化建设中的实践应用及其效果。同时,通过案例研究法,选取具有代表性的高速公路项目作为研究对象,深入分析 BIM 技术在项目设计、施工和维护管理等各个阶段的应用情况。结果表明,BIM 技术的应用显著提高了工程项目的设计效率和施工精度,有效提升了工程质量和运营管理水平。由此可见,BIM 技术在高速公路智慧化建设中,能够为施工制定高效、合理的管理策略和技术解决方案。

[关键词] BIM;高速公路;智慧化建设;施工模拟;进度管理

在高速公路智慧化建设中, BIM(建筑信息模型)技术已成为提升建设项目效率、质量与可持续性的关键因素。本研究选取某高速公路项目作为案例,以此深入探讨 BIM 技术在智慧化建设过程中的实际运用。通过对该案例的细致分析,旨在揭示 BIM 技术在项目规划、设计、施工及后期维护阶段的具体应用,以及这些应用如何促进项目管理的高效化和决策的精确化。此外,通过在案例实践中识别并分析遇到的挑战与问题,进一步探讨 BIM 技术在高速公路智慧化建设中的可行性及其潜在的提升空间,旨在为未来类似项目提供实践参考。

工程概况

以某高速公路项目为例,该项目覆盖主线及互通,挖方总量约为 1940.65 万立方米,填方总量约为 2212.47 万立方米,弃方总量约为 382.21 万立方米,借方总量约为 42.76 万立方米。主线平均每公里处理的土石方量减少至 14.71 万立方米,路基防护工程的主线处理量约为 16.62 万立方米,路基及路面排水工程需处理的主线量约为 14.77 万立方米。沥青混凝土路面工程方

面,主线覆盖约 161.69 万平方米。桥梁建设方面,主线共设 22 座桥梁,总长约为 17.77 公里,此外,项目还计划建设分离式立交 21 座、互通跨线桥 12 座和天桥 31 座。项目还包括主线通道 135 座、盖板涵洞 141 座。

BIM 技术在高速公路智慧化建设中的具体应用

(一)设计阶段

利用 BIM 技术结合 GIS 数据,对项目沿线的地形和环境条件进行详细分析,通过分析地形数据,决定在地形较为复杂的区段设置隧道或桥梁,以减少挖填方量。路线选择和优化方面,使用 BIM 模型对不同的路线方案进行模拟,评估每条路线的工程量、成本和对环境的影响,通过对比分析选择最佳路线方案。通过模拟发现,调整工程中一段路线的走向可以避开地质不稳定区域,从而减少土石方处理量和施工风险。同时,使用 BIM 技术进行多专业的设计协调,将路基设计、桥梁设计和排水系统设计,集成到同一个 BIM 模型中进行冲突检测,提前发现并解决设计中的问题,避免施工中的返工(如表 1 所示)。

表 1 设计阶段 BIM 环境分析与冲突检测列表

设计内容	描述	长度/数量	BIM 环境分析	BIM 冲突检测	备注
路基设计	主线及连接线路基	—	地形多变,建议设置 3 座隧道	无冲突	挖方:2130 万立方米。 填方:2281 万立方米
桥梁建设	特大桥和大桥	22	河流宽度大,需长桥梁	发现 2 处与道路设计冲突	主线桥梁总长 17.77 公里
隧道工程	特长隧道和长隧道	18	地质稳定,适宜隧道	1 处与水管线冲突	主线隧道总长 42.80 公里
路面工程	沥青混凝土路面	—	适宜沥青铺设	无冲突	主线 161.69 万平方米, 连接线 13.22 万平方米

此外,利用 BIM 进行施工模拟以确保施工序列的合理性,并在复杂立交区域通过 4D-BIM 模拟施工过程,确保各

施工环节不会互相干扰。除此之外，通过 BIM 模型计算出的精确挖方、填方和混凝土用量，可以准确估算出土方工程和桥梁建设的成本，并通过模拟不同的设计和施工方案，比较不同材料和结构形式的成本和性能，从而选择最经济有效的方案。

(二) 施工阶段

(1) 施工模拟。施工序列规划和优化是通过将项目施工阶段的关键信息导入 BIM 软件，并以此构建涵盖路基、桥梁、隧道等所有重要结构的 3D 模型。同时 4D-BIM 模拟了土石方作业、桥梁和隧道建设的具体时间表和作业流程，并虚拟测试不同的施工计划，识别可能的时间冲突和资源分配问题，以此调整施工序列以达到最优化。对于大量的挖填方工作，BIM 技术结合地形和地质数据模拟土石方的挖掘、运输和填充过程(如表 2 所示)，帮助团队准确计算出每个特定区域所需的挖掘和填充量。在桥梁和隧道的施工模拟中，BIM 技术详细模拟了材料从运输到现场组装的整个流程。对于复杂的桥梁结构和隧道工程，BIM 模型通过可视化平台模拟施工技术，提前识别可能出现的结构对接问题和技术难题，并对此进行设计和计划调整。BIM 模型不仅可以精确预测和规划项目中所需的混凝土、钢材、路面材料等资源，还可以优化材料的存储和使用计划。此外，BIM 软件的高级分析功能，使项目团队可以模拟高空作业、大型机械操作区域的安全管理，以及分析临时施工结构的稳定性，预先识别出潜在的安全隐患，并采用预防措施和应急响应计划。

表 2 BIM 模拟土石方挖方量优化

工程部分	初始预估	初始预估	BIM 模拟后	BIM 模拟后	挖填方 差异 优化
	挖方量 (万立方米)	填方量 (万立方米)	挖方量 (万立方米)	填方量 (万立方米)	
主线	1940.65	2212.47	1838.62	2101.85	5.27%
连接线	289.54	68.72	274.56	65.28	5.18%

(2) 智慧化管理。BIM 技术通过对路基、桥梁和隧道的结构尺寸、位置、所需材料及其施工方法进行详细的建模，并将施工时间表与 BIM 模型中的每个节点关联起来，形成动态 4D 视图。以此不仅可以实时跟踪每个阶段的完成情况，还可以实时更新项目的进度，同时，管理团队还能够在发现问题时及早做出调整，以最小化对整体进度的影响。共享 BIM 模型，使设计师、工程师和施工团队能够实时访问最新的项目信息，确保所有参与方能够基于相同的信息做出决策。例如，通过模拟土石方作业、桥梁和隧道的建设过程，不仅优化了作业流程，实现了施工资源的最大化利用，还降低了约 20% 的平均运输距离，进而降低了整体运输成本。在桥梁施工方面，BIM 模拟帮助项目团队优化了桥梁构件的吊装顺序，节约了约 5% 的施工时间，同时避免了约 1% 的潜在返工成本。隧道施工模拟通过优化支护结构

设计，降低了施工风险 25%，提高了施工安全性。材料管理方面，准确的 BIM 模型预测减少了约 15% 的材料浪费，提高了材料供应效率 20%。安全分析方面，BIM 技术的应用显著降低了施工现场的安全事故，有效进行风险预警和安全措施规划，同时对环境影响进行了评估，通过施工模拟减轻了对周边环境的影响。

(3) 成本管理。BIM 技术将数字化模型应用至成本估算、预算控制及价值工程，并在三维空间模型基础上整合成本信息和时间维度，使项目团队实现从概念设计阶段至施工完成全过程的成本可视化与实时控制。通过 BIM 实现成本估算过程自动化，利用三维模型对构件材料、尺寸，以及其他构件信息，自动计算出准确的工程量清单，使项目中成本估算的准确性提升了约 15%，从而有效避免因工程量估算不准确而造成的成本溢出。BIM 模型将实际施工数据反馈至 BIM 模型，管理团队得以实时监控成本执行情况，并与预算进行对比，发现偏差即时进行调整，成功将项目总成本控制在预算内。价值工程方面，BIM 模型提供了高效的评估工具，通过评估不同设计方案和施工方法对成本的影响，项目团队对桥梁设计进行了优化，选择了性价比最高的材料和结构形式，实现了约 5% 的成本节约。

(4) 质量控制。BIM 技术提供了结合时间维度的多维 5D 信息模型(如图 1 所示)，包含了设计和施工的几何信息，同时集成了材料属性、施工方法和质量标准等详细数据，为质量控制提供基础。施工监控方面，BIM 模型的实时更新和 4D 模拟能够实时跟踪施工进度，并与预定的质量标准进行比对，及时发现与模型不符的施工活动并进行纠正，以此将偏差控制在最小范围内。质量检验标准的实施得益于 BIM 模型中详尽的构件信息和工程规范，在该项目中所有施工材料和工艺需符合 BIM 模型中预设的规范，任何偏离均会在模型中标识出来，以此显著提高了施工过程的质量，减少了返工和缺陷的发生。通过 BIM 技术还实现了从缺陷识别到修正的闭环管理，在项目施工中利用 BIM 模型的碰撞检测功能，预先识别潜在的结构和安装问题并进行解决，从而确保了工程质量的持续改进。

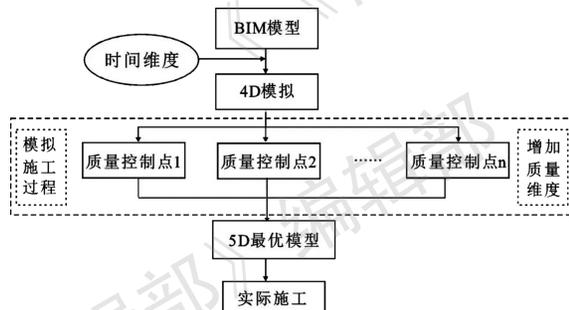


图 1 BIM 质量控制模型示意图

(5) 技术融合。BIM 与人工智能的结合，通过深度学习

算法分析历史数据和 BIM 模型，人工智能能够预测施工中可能出现的问题，并提出解决方案，减少了施工过程中的返工和延误，为项目的设计优化、施工预测和风险评估带来了深远影响。在施工现场部署传感器，还实现了温度、湿度、振动等实时数据的收集和监控，并实时反馈到 BIM 模型中。技术融合还体现在施工阶段的现场管理中，将 BIM、物联网和移动计算技术结合，项目现场管理人员能够通过移动设备实时访问 BIM 模型和现场数据。BIM 技术与这些新兴技术的融合不仅促进了项目后期运维管理的智慧化，还实现了对高速公路运营状态的实时监控和预测性维护，从而延长了基础设施的使用寿命，降低了运维成本。

(三) 运维阶段

针对该项目，BIM 模型转化为动态的资产管理工具，为设施的日常维护、故障排查及资产更新提供了精确的数据支持。针对桥梁和隧道这类结构性资产，BIM 模型记录了详尽的材料属性、设计参数及构建历史，定期检查、损耗评估及维修工作得以根据实际数据进行规划和执行。在隧道内部照明系统的维护中，BIM 模型提供了精确的位置信息和配置细节，减少了现场检查所需的时间，提升了维护效率。对于路面状况监测，BIM 模型与传感器数据相结合可以实时监测路面状况，并对出现的裂缝、坑洼进行定位，及时安排修复工作。BIM 模型在应对紧急事件和灾害恢复中，能够快速提供受损结构设计参数、使用材料和之前的维护记录的详细信息，为快速响应和修复工作提供了决策支持。在资

产更新和升级计划的制定上，BIM 技术提供了从宏观到微观的全面视角，利用模型中记录的资产状况和性能数据，管理团队能够识别出需要优先更新或升级的资产，合理分配有限的维护预算。

Q 结束语

在该项目实施过程中，BIM 技术的应用展现了其在推进高速公路建设智慧化方面的关键作用。通过对项目的设计、施工、运维阶段的全面分析，实现了施工资源的最优分配，避免了时间与成本的浪费，进而提升了结构安全性。通过此项研究，也证实了 BIM 技术在提升项目管理效率、优化资源配置，以及增强工程质量与安全性方面的显著优势，并对未来高速公路智慧化建设具有指导意义。

参考文献

- [1]王璐,张敏,张波.高速公路智慧能源管理数字化解决方案探析[J].中国交通信息化,2022(10):134-141.
- [2]栗晴晖.智慧高速公路总体设计探讨[J].交通世界,2022(12):4-5,12.
- [3]卞一歌.大数据时代基于物联网技术的智慧公路应用研究[J].价值工程,2020,39(36):211-212.

作者简介:

王玉军(1969—),男,汉族,山东济宁人,本科,工程师,菏泽市智慧公路与应急抢险保障中心,研究方向:公路工程建设。