

基于BIM技术的道路桥梁施工全过程协同管理应用研究

熊 健

保定市交通运输局高碑店市养路工区 河北 保定 074000

摘 要：随着建筑信息化模型（BIM）技术的迅速发展，其在道路桥梁施工领域的应用日益广泛。本研究深入探讨了BIM技术在道路桥梁施工全过程协同管理中的应用，旨在提高项目管理效率与质量。通过BIM技术的可视化、参数化及模拟性等特性，实现了设计、施工、监理等多方高效协同。实践表明，BIM技术显著提升了施工管理的精细化水平，为道路桥梁工程的顺利实施提供了有力支持。

关键词：BIM技术；道路桥梁施工；全过程协同管理；应用

引言：随着城市化进程的加快，道路桥梁建设项目规模日益扩大，施工复杂度不断提升，传统管理模式已难以满足高效、协同的管理需求。BIM技术作为一种集成化、数字化的管理工具，为道路桥梁施工的全过程协同管理提供了创新途径。本研究旨在深入剖析BIM技术在道路桥梁施工管理中的应用现状与挑战，探索其在提升项目协同效率、优化资源配置等方面的潜力，为行业现代化转型提供理论支撑与实践指导。

1 BIM 技术基础理论

1.1 BIM技术定义与特点

（1）建筑信息模型（BIM）的基本概念。建筑信息模型（BIM）是一种基于数字化技术的多维模型，它整合了建筑全生命周期中的各类信息，涵盖设计参数、材料性能、施工进度、成本数据等。通过三维可视化的形式，BIM构建出与实体建筑高度一致的虚拟模型，实现了信息的集成化管理与共享，为建筑工程各参与方提供了协同工作的基础。（2）BIM技术的核心特点与优势。BIM技术的核心特点包括可视化，能直观呈现建筑形态与细节；参数化，模型元素间存在关联关系，一处修改可联动更新；协同性，支持多专业、多团队实时共享信息；模拟性，可进行施工模拟、能耗模拟等；全生命周期管理，信息贯穿从设计到拆除的全过程。其优势在于减少信息传递误差、提高工作效率、降低成本浪费、优化决策流程。

1.2 BIM技术的发展历程与应用现状

（1）BIM技术在国内外的发展轨迹。国外BIM技术起步较早，20世纪末开始萌芽，21世纪初逐步在建筑领域推广，如今已形成成熟的标准体系与应用生态。国内2000年后引入BIM概念，2010年起政策推动力度加大，随着《建筑信息模型应用统一标准》等规范出台，应用范围不断扩大，从大型项目向中小型项目渗透。（2）当前

BIM技术在建筑、桥梁等领域的广泛应用案例。在建筑领域，上海中心大厦借助BIM实现复杂钢结构施工管理；桥梁领域，港珠澳大桥利用BIM进行沉管隧道对接模拟与风险管控；道路工程中，某省高速公路项目通过BIM优化路线设计，减少占地与环境影响。

1.3 BIM技术在道路桥梁施工中的适用性

（1）分析道路桥梁施工的特点与难点。道路桥梁施工具有线性分布广、环境复杂（如穿越山区、水域）、工序繁多（基础、结构、铺装等）、协同难度大（涉及设计、施工、监理等多方）、安全风险高（高空作业、大型设备使用）等特点。难点在于进度控制难、资源调配复杂、质量隐患难追溯、对周边环境影响控制要求高。（2）探讨BIM技术如何适应并优化道路桥梁施工管理。BIM技术通过三维模型直观展示施工细节，助力各专业协同沟通，减少设计冲突；利用4D模拟（三维+时间）制定进度计划，动态追踪施工进度，及时调整资源配置；通过模型关联质量检测数据，实现质量问题可追溯；模拟施工过程中的安全风险点，提前制定防范措施，降低安全事故发生率，有效适应并优化道路桥梁施工管理^[1]。

2 道路桥梁施工管理的现状与挑战

2.1 传统施工管理方法的局限性

（1）二维图纸的局限性。传统二维图纸以平面线条和符号表达设计意图，存在显著的信息割裂问题。施工人员需通过多张图纸交叉比对才能还原立体结构，易因空间想象偏差产生理解误差，尤其在复杂节点（如桥梁支座、立交枢纽）处，二维图纸难以清晰呈现各构件的衔接关系，增加了施工错误风险。此外，二维图纸的修改需逐张更新，易出现版本混乱，导致现场施工与设计意图脱节。（2）信息传递不畅与沟通障碍。传统管理模式中，信息以纸质文件、会议记录等形式传递，存在滞

后性和损耗性。设计单位、施工单位、监理单位之间的信息交互依赖人工传递,易因表述差异、记录遗漏产生误解。例如,设计变更通知若未能及时送达施工班组,可能导致返工;各专业间的图纸会审仅依赖线下会议,难以全面暴露交叉冲突问题,沟通效率低下。(3)施工过程中的资源浪费与效率低下。传统管理依赖经验主义制定资源计划,常出现材料过量采购、设备闲置或短缺等问题。混凝土、钢筋等主材因算量偏差导致的浪费率可达5%-10%,大型吊装设备因调度不合理产生的闲置时间占比超20%。同时,施工工序衔接依赖人工协调,前道工序延误易引发后续工序窝工,整体施工效率受人为因素影响显著,进度偏差率较高。

2.2 道路桥梁施工管理的特殊要求

(1)大跨度、多层次、新材料的应用挑战。现代道路桥梁工程中,大跨度结构(如斜拉桥、悬索桥)对施工精度要求极高,主梁线形控制误差需控制在毫米级,传统测量方法难以满足要求。多层次立体交叉工程(如城市互通立交)的结构空间关系复杂,各层构件的标高、轴线控制难度大。此外,高性能混凝土、复合材料等新材料的应用,对配合比控制、养护工艺提出特殊要求,传统施工经验难以直接套用,需动态调整施工参数^[2]。(2)高空作业、水下作业等特殊环境的复杂性。高空作业(如桥梁挂篮施工、墩柱浇筑)面临强风、高空坠落等风险,需严格控制作业平台稳定性和人员防护措施,传统安全管理多依赖事后检查,预警能力不足。水下作业(如桩基施工、沉管隧道对接)受水流、地质条件影响显著,泥沙淤积、水压变化可能导致施工中断,且水下作业质量检测难度大,传统方法易出现漏检。

2.3 协同管理的必要性

(1)涉及多方参建单位的协同需求。道路桥梁工程参建单位包括建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、材料供应商等,各方工作范围交叉且目标存在差异。例如,设计单位追求技术合理性,施工单位关注成本与进度,若缺乏协同机制,易出现设计方案难以施工、施工变更频繁等问题。协同管理可通过统一信息平台实现各方数据共享,明确责任分工,确保各方工作衔接顺畅,提高工程整体效率。(2)保证施工安全与质量的协同机制。施工安全与质量控制需多方联动:设计单位需提供安全合理的结构方案,施工单位需严格执行操作规程,监理单位需实时监督检查。例如,高空作业安全需设计单位验算防护设施承载力、施工单位按标准搭设、监理单位验收合格后方可作业,任何一方脱节都可能引发安全事故。协同机制可通过建立联合巡检、问题

闭环处理等制度,形成“设计-施工-监督”的质量安全管控链条,降低风险发生率。

3 BIM技术在道路桥梁施工全过程协同管理中的应用

3.1 施工前期规划与设计优化

(1)利用BIM技术进行三维建模与可视化设计时,能将道路桥梁的复杂结构以三维模型直观呈现。设计人员可借助该模型全方位查看桥梁的梁体、桥墩、路基等构件的空间关系,还能模拟不同地质条件对结构的影响。比如在山区桥梁设计中,可通过三维模型清晰展示桥梁与山体的衔接情况,让设计团队更精准地把握结构细节,减少设计盲区。同时,可视化设计便于业主和施工方理解设计意图,降低沟通成本,提高前期设计的效率和准确性。

(2)施工场地布局规划方面,BIM技术可结合施工场地的地形地貌、周边环境以及施工需求,构建三维场地模型。在模型中合理布置临时设施、材料堆放区、机械设备停放区等,模拟材料运输路线和施工人员行走路径,避免场地拥堵。碰撞检测则能对施工过程中可能出现的管线冲突、构件碰撞等问题提前预警。例如在道路与地下管线交叉施工时,通过BIM模型可检测出管线与路基结构的碰撞点,及时调整设计或施工方案,避免后期返工^[3]。(3)设计方案的优化与调整借助BIM技术变得更加高效。设计团队可在模型中对不同设计参数进行模拟分析,比较各种方案的可行性和经济性。比如对于桥梁的跨度设计,通过BIM模型模拟不同跨度下的结构受力情况,选择最优的跨度方案。同时,当施工条件发生变化时,能快速在模型中对设计方案进行调整,并评估调整后的影响,确保设计方案始终适应施工实际需求。

3.2 施工进度管理与资源调度

(1)4D施工进度模拟将三维模型与Project等进度软件关联,按时间维度动态展示施工过程。通过模拟可直观呈现关键线路上的工序衔接,如桥梁桩基施工与承台浇筑的间隔时间,提前发现进度计划中的逻辑错误。施工阶段通过现场移动端采集实际进度数据,实时更新模型进度,与计划进度对比生成偏差报告。当梁体预制进度滞后时,可通过模型推演增加模板投入对总工期的影响,为进度调整提供数据支持。(2)施工资源与人员的优化配置基于BIM模型的工程量信息,精准计算各阶段所需的钢材、混凝土等材料用量,以及塔吊、摊铺机等设备数量。通过建立资源数据库,实现材料进场时间与施工进度的精准匹配,如根据桥梁预制梁架设计划,提前3天调度运输车辆,避免材料积压或短缺。人员配置方面,结合模型中的工序划分,将焊工、钢筋工等工种按技能等级分配至相应作业面,提高人力资源利用率。

(3) 应对突发事件的快速响应机制中, BIM模型可作为应急决策平台。当遭遇暴雨导致基坑积水时, 通过模型快速定位积水区域与周边结构的位置关系, 模拟抽水设备布置方案; 结合历史数据预测积水消退时间, 调整后续工序的施工顺序。对于材料供应中断等情况, 可通过模型检索替代材料的库存位置及适配性, 辅助制定临时采购计划, 最大限度减少工期延误。

3.3 施工质量控制与安全管理

(1) 基于BIM的质量标准设定将国家规范、行业标准转化为模型中的参数化约束, 如桥梁支座安装的平整度公差、钢筋保护层厚度等。施工中通过物联网设备采集现场数据, 如混凝土试块强度、钢结构焊缝检测结果, 实时与模型标准比对。当发现某批次钢筋直径偏差超标时, 系统自动锁定相关构件模型, 触发质量整改流程, 直至检测数据符合标准方可解锁。(2) 施工安全隐患的识别与预防通过BIM模型模拟高危作业场景, 如支架搭设、挂篮施工等, 识别高空坠落、物体打击等风险点。在模型中预设安全防护设施的三维位置, 如临边防护栏杆、安全网的布置范围, 并与现场实景比对, 确保防护措施到位。利用模型对施工人员进行可视化安全交底, 明确每个作业步骤的风险点及规避方法, 提高安全培训效果。(3) 应急预案的制定与演练依托BIM模型构建虚拟应急场景, 如桥梁施工中突然发生坍塌事故, 模拟坍塌范围、人员被困位置及救援通道。根据模拟结果制定救援路线、设备调配等预案内容, 并通过模型进行演练推演, 优化救援流程。定期组织基于模型的应急演练, 让施工人员熟悉应急处置步骤, 提升突发事件的应对能力^[4]。

3.4 成本管理与经济效益分析

(1) 基于BIM的成本估算与预算控制在设计阶段即可通过模型自动统计工程量, 结合市场价格信息生成准确的投资估算。施工阶段将预算成本分解到各分部分项工程模型中, 如桥梁下部结构的每根桩基、每个承台均对应明确的成本指标。通过对比实际支出与模型预算的

偏差, 及时发现超支项目, 如某段路基填方量超出模型计算值时, 分析是否因地质变化导致, 为成本控制提供依据。(2) 材料采购与使用的精细化管理通过BIM模型实现材料用量的精准管控, 根据模型中的构件尺寸自动生成材料采购清单, 如钢筋的规格、长度及数量, 减少人为计算误差。材料进场时扫码关联模型构件, 实时更新材料消耗数据, 当某批次钢材实际用量超出模型预算10%时, 系统自动预警, 核查是否存在浪费或损耗过大问题。通过模型追踪材料流向, 避免挪用、丢失等情况, 降低材料成本。(3) 施工过程中的成本控制与效益评估利用BIM模型实时归集各类成本数据, 如人工、机械、管理费等, 生成阶段性成本分析报告。通过对比不同施工方案的模型成本, 如采用预制梁与现浇梁的经济性差异, 选择效益更优的方案。结合模型中的进度信息, 计算已完工程的成本收益率, 动态评估项目经济效益, 为后续施工决策提供参考, 确保项目盈利目标的实现。

结束语

综上所述, BIM技术在道路桥梁施工全过程协同管理中的应用, 显著提升了管理效率与施工质量, 实现了资源的最优化配置。通过BIM技术的可视化、模拟性与信息集成, 项目各阶段间的协同合作得到加强, 有效降低了施工风险与成本。未来, 随着BIM技术的持续创新与发展, 其在道路桥梁施工管理中的应用前景将更加广阔, 为推动行业智能化转型贡献力量。

参考文献

- [1] 曾鹏. BIM技术在公路桥梁施工中的应用研究[J]. 新城镇科技, 2024, 33(05): 94-96.
- [2] 王广斌, 张洋. BIM在建设工程全生命周期协同管理中的应用研究[J]. 建筑经济, 2020, 41(5): 38-43.
- [3] 李忠富, 何清华. 基于BIM的工程项目协同管理模式研究[J]. 土木工程学报, 2019, 52(8): 113-121.
- [4] 王鑫炎. 基于BIM技术的路桥工程全过程应用研究[J]. 运输经理世界, 2024, (32): 94-96.