

基于BIM技术的公路桥梁施工优化与管理模式

李勇民

江西中顺工程管理有限公司 江西上饶 334000

【摘要】随着建筑信息模型(BIM)技术的快速发展,将其应用于公路桥梁施工管理领域具有重要意义。通过构建包含施工进度、质量控制、成本管理等多维度信息的BIM模型,实现了对桥梁施工全过程的可视化管理与优化。研究以某高速公路跨江大桥为工程实例,运用BIM技术建立三维模型,将施工工序、材料管理、质量控制等要素集成到模型中。采用BIM技术后施工全过程实现可视化管理,显著提升了施工效率,减少了材料浪费,降低了质量问题发生率。同时建立了基于BIM的施工管理新模式,为公路桥梁工程施工管理提供了新思路与方法,对推进工程建设信息化和现代化具有重要意义。

【关键词】BIM技术;公路桥梁;施工优化;管理模式;可视化

引言:

公路桥梁工程具有投资规模大、施工工序复杂、质量要求高等特点,传统的施工管理方式已难以满足现代化施工需求。BIM技术作为一种新型的信息化管理工具,能够实现工程建设全生命周期的信息整合与共享。近年来,国内外学者对BIM技术在桥梁工程中的应用展开了广泛研究,但在具体实施过程中仍存在信息孤岛、协同性差等问题。针对这些问题,结合工程实践,深入探讨BIM技术在公路桥梁施工中的应用方法与优化策略具有重要的理论与实践价值。

1 BIM技术在桥梁工程中的应用基础

1.1 BIM技术概述与特点

建筑信息模型(BIM)技术是一种基于三维数字化技术的工程设计与施工管理手段,通过参数化建模方式构建工程项目的虚拟信息模型。BIM技术具有可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性五大核心特点。在工程实践中,BIM技术利用Revit、Tekla等专业软件平台,将建筑物的几何信息、物理信息和功能特性进行数字化集成,形成完整的工程数据库。BIM模型包含构件的三维几何信息和丰富的非几何信息,能够支持多专业协同设计,实现碰撞检查、管线综合等功能。同时,BIM技术可对施工过程进行动态模拟,预先发现设计与施工中的问题,优化施工方案,提高工程质量^[1]。在工程全生命周期管理中,BIM技术实现了设计、施工、运营等各阶段信息的无缝对接与共享。

1.2 桥梁工程施工管理现状分析

公路桥梁工程施工管理面临诸多挑战,传统管理模式存在明显不足。施工图纸以二维平面形式表达,难以直观展现复杂结构的空間关系,增加了施工人员的理解难度。施工进度控制主要依靠项目经理经验,缺乏科学的分析与优化手

段,导致工期延误现象频发。质量管理方面,现场监理人员无法全面掌握施工质量状况,质量问题往往在后期才被发现,返工成本高。成本管理仍停留在粗放式阶段,材料采购与使用缺乏精细化管理,造成资源浪费。各参建方信息共享不畅,沟通协调效率低下,影响施工进度。安全管理主要依靠人工巡查,难以实现全方位监控,存在安全隐患。施工资料管理以纸质文档为主,不利于信息的存储与调用^[2]。

2 工程项目概况与BIM模型构建

2.1 项目工程特点

某高速公路跨江大桥为双向六车道特大桥,全长2386米,主跨采用460米钢箱梁斜拉桥结构。桥梁基础采用钻孔灌注桩,主墩采用双薄壁空心墩,标准墩高85米。主梁为整体式钢箱梁结构,横断面宽度37.5米。斜拉索采用平行钢丝束斜拉索,主塔采用门式钢筋混凝土结构。工程跨越长江航道,通航净空要求高,施工场地受限,工期紧张。地质条件复杂,存在软土地基,抗震设防烈度为7度。施工过程涉及深水基础、高墩施工、钢箱梁吊装等多个技术难点,对施工精度和质量控制要求极高。工程总投资达38.6亿元,施工工期36个月,参建单位众多,管理协调难度大。

2.2 BIM模型构建过程

基于工程特点,采用Revit和Tekla软件构建桥梁BIM模型,如图1所示。模型构建遵循“总体设计-分部建模-模型集成”的技术路线。地形测量数据和地质勘察信息导入Revit中构建场地模型,结合CAD图纸创建桥墩、主塔等混凝土结构模型。钢箱梁结构采用Tekla软件进行深化设计建模,精确到每个焊缝和连接螺栓。斜拉索及附属设施采用参数化建模方式,确保几何尺寸准确。各分部模型采用IFC标准格式进行整合,建立包含几何信息、材料信息、施工

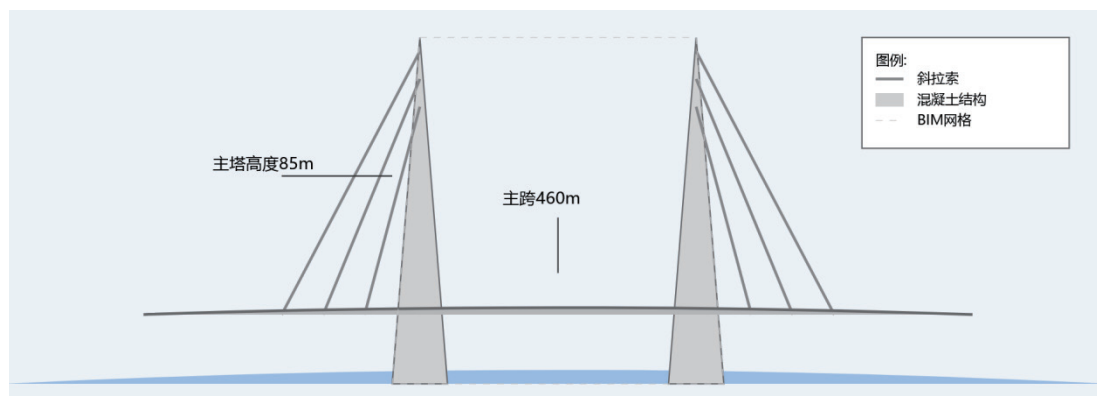


图1 基于BIM技术的桥梁工程三维模型

工序等完整数据的BIM模型。模型精度达到LOD400级别，满足施工深化设计要求。（见图1）

2.3 模型应用难点分析

BIM模型在桥梁工程实际应用中面临多重技术难点。大型桥梁结构复杂，模型数据量巨大，给软硬件性能带来严峻挑战。异形结构如变截面箱梁、扭转构件等参数化建模难度大，需要开发专门的族库。钢箱梁节段划分、螺栓布置等深化设计工作量大，模型深度难以满足施工需求。多专业模型整合时存在版本兼容性问题，数据传输与转换易产生偏差。现场施工环境复杂多变，模型更新维护工作量大，实时性难以保证。大量非标准构件需要自定义建模，增加了工作难度^[3]。模型数据管理系统性能不足，影响多方协同效率。BIM模型与施工机械设备的数据接口不统一，难以实现智能化施工控制。

2.4 关键技术突破

针对模型应用难点，采取一系列技术措施实现突破。开发基于分布式存储的轻量化模型引擎，解决大体量数据处理问题。构建桥梁构件参数化族库，实现异形结构快速建模。编制深化设计标准流程，提升模型精细度。基于IFC标准开发数据转换接口，确保模型整合精度。建立模型动态更新机制，采用云技术实现数据实时同步。开发专用建模工具，提高非标准构件建模效率。升级模型管理平台，优化数据传输与存储性能。研发BIM与施工设备物联网系统，实现智能化施工控制。通过关键技术突破，显著提升了BIM模型在桥梁工程中的应用效果，为施工管理创新奠定基础。

3 基于BIM的桥梁施工优化与管理

3.1 施工进度优化与管理

BIM技术基于4D施工模拟技术对桥梁施工进度进行优化管理。通过Navisworks软件将三维模型与施工进度计划关联，形成可视化的施工过程模拟。对深水基础、主塔、钢箱梁等关键工序制定详细的施工模拟方案，精确计算各工序的工期与资源需求。在施工场地布置方面，利用BIM模型

合理规划钢箱梁预制场、材料堆场位置，优化施工设备布局。施工过程中通过移动终端实时采集现场施工数据，与进度计划进行比对分析，及时发现进度偏差。对于进度滞后工序，系统自动预警并给出调整建议，项目部及时调配资源确保工期。通过BIM模型辅助施工工序优化，减少了工序之间的干扰，缩短了施工工期。

3.2 施工质量控制体系

基于BIM技术构建全过程质量控制体系。将质量控制点嵌入BIM模型中，形成三维可视化的质量检查标准。钢箱梁安装前通过模型进行预拼装模拟，确保各节段几何尺寸吻合。主塔混凝土浇筑采用BIM模型定位测量控制系统，实现塔柱垂直度的精确控制。斜拉索安装采用基于BIM的索力调整系统，保证索力、线形满足设计要求^[4]。质量检查人员利用移动设备扫描构件二维码，获取质量控制要点与检查标准，现场采集检测数据自动上传至管理平台。对于关键部位如钢箱梁焊缝、混凝土裂缝，采用传感器实时监测，数据与BIM模型联动，形成质量状态可视化展示。

3.3 成本管理与资源配置

BIM技术实现成本精细化管理与资源优化配置。在模型中集成材料价格、人工费用等成本信息，建立动态成本管理系统。对钢材、混凝土等主要材料用量通过BIM模型精确计算，实现材料采购计划的优化。材料进场时采用RFID技术与BIM模型联动，记录材料使用情况，避免积压浪费。对大型施工设备如履带吊、施工升降机等，基于BIM模型分析最优使用路径，提高设备利用率。人力资源配置方面，通过模型分析各工序劳动力需求，合理安排施工班组。成本支出数据与BIM模型关联，实现工程量、成本与进度的联动分析，及时发现成本超支并采取管控措施。

3.4 安全管理与风险防控

BIM技术建立施工安全动态监控系统。通过模型分析施工工序安全风险点，制定针对性防范措施。高空作业区域在BIM模型中标注危险源，移动终端自动推送安全提示。大

型设备作业采用BIM模型进行碰撞检测,合理规划设备运行路线。高墩施工采用BIM定位测量系统控制模板安装精度,防止倾覆风险。桥面吊装过程中基于BIM的受力分析系统实时监测结构变形,确保施工安全^[5]。在临边、洞口等危险部位设置智能预警装置,与BIM平台联动报警。恶劣天气条件下,气象监测数据接入BIM系统,及时发布预警信息。同时建立应急预案库,发生险情时快速调用相应预案进行处置。

4 施工优化效果验证

4.1 施工效率提升分析

应用BIM技术后,桥梁施工各环节效率显著提升。主塔施工周期从原计划的15个月缩短至12个月,提前完成施工任务。钢箱梁安装定位时间平均缩短30%,单个箱梁节段安装时间由原来的72小时减少至48小时。深水基础施工效率提升25%,钻孔灌注桩施工进度加快。现场管理人员通过移动终端实时掌握施工进度,决策响应时间缩短50%。图纸会审时间缩减40%,设计变更处理周期由原来的7天缩短至3天。施工场地布置优化后,材料周转效率提升35%,设备运行路线优化减少20%空载时间。各参建方信息共享及时,沟通协调时间缩短45%,有效提升了整体施工效率。

4.2 质量控制效果评估

BIM技术应用使桥梁施工质量得到有效控制。主塔垂直度偏差控制在10mm以内,优于规范20mm的标准要求。钢箱梁安装精度达到 $\pm 5\text{mm}$,接头焊缝一次合格率达97%。混凝土施工质量显著提高,主墩混凝土实体质量检测结果全部满足设计要求,外观质量达到优良标准。斜拉索安装索力误差控制在1%以内,索塔同步控制精度达到设计要求。施工质量问题发现及时,返工率降低65%,质量整改及时率达到98%。施工过程质量数据可追溯,质量管理文件归档完整,一次验收合格率达95%。结构安装施工质量评分达到95分,进入省级优质工程示范项目行列。

4.3 成本节约情况验证

BIM技术在成本管控方面取得显著成效。材料损耗率降低18%,钢材浪费减少52吨,混凝土用量节约286立方米,水泥用量减少58吨,钢绞线损耗降低12吨。设备使用效率提升,大型机械设备租赁费用节约120万元,其中塔吊使用费减少38万元,施工电梯费用节约22万元,履带吊租赁费降低42万元,其他设备费用节约18万元。劳动力优化配置节约人工费用85万元,钢筋工人工费减少26万元,模板工费用节约31万元,其他工种费用降低28万元。返工率降低带来成本节约156万元,其中钢结构返工费用减少68万元,混凝土返工费用节约52万元,装饰装修返工费用降低36万元。施工工期缩短3个月,减少管理费用支出210万元。通

过优化设计方案,节约工程造价580万元。质量管理体系改进降低质量缺陷处理成本95万元。信息化管理减少各类文档处理费用32万元。总计节约工程成本1278万元,工程总造价降低3.3%。投资回报率达到1:4.2,经济效益显著。

4.4 综合效益评价

BIM技术在桥梁施工中产生全方位价值。工程质量达到优良标准,获得省级优质工程奖,主体结构质量评分达到96分,装饰装修质量得分95分,桥面系统质量评分94分,工程质量综合评价为优秀。施工安全记录良好,无重大安全事故发生,轻微事故发生率较同类工程降低68%,安全生产标准化评定达到A级水平。工期提前3个月完工,创造显著经济效益,工期履约率100%。施工废料减少62%,节能减排效果显著,碳排放量较传统施工方式降低2860吨。施工人员技能水平提升,培养BIM技术骨干15名,全员信息化应用能力提升85%。形成标准化施工工艺45项,获得专利授权8项,培育科技创新成果3项。建立数字化管理标准体系,编制管理制度28项,工法6项,可推广应用至其他同类工程。提升企业市场竞争力,带动产业技术进步,企业科技创新能力评价提升2个等级。获得业主方高度认可,满意度评价98分,实现项目参与方多方共赢。项目管理经验入选交通部科技示范工程,在行业内产生积极影响,具有显著示范效应。

结语

通过对BIM技术在公路桥梁施工中的应用研究,证实了该技术在提升施工管理效率、优化资源配置、加强质量控制等方面具有显著效果。研究建立的基于BIM的施工管理新模式,实现了施工过程的精细化管理与智能化控制,为提升公路桥梁工程施工水平提供了有效途径。未来应进一步加强BIM技术的深度应用,促进施工管理模式创新发展,推动公路桥梁工程建设向信息化、智能化方向迈进。同时建议在技术标准、人才培养等方面加大投入,为BIM技术的推广应用创造良好条件。

参考文献:

- [1] 邓桢颖,章该胜.高速公路桥梁施工中预应力施工技术的应用研究[J].运输经理世界,2023,(27):73-75.
- [2] 聂汉鼎.基于BIM的高速公路桥梁施工安全管理研究[J].中国标准化,2022,(16):195-197.
- [3] 江昊.BIM技术在公路桥梁施工中的应用技术[J].四川建筑,2022,42(02):127-128+131.
- [4] 陈利伟.BIM技术在公路桥梁施工模拟及监测中的应用研究[J].辽宁省交通高等专科学校学报,2022,24(01):10-13.
- [5] 刘亚飞.BIM技术在公路桥梁施工模拟中的应用研究[J].工程技术研究,2023,8(12):213-216.