

# 基于BIM技术的公路桥梁全生命周期管理研究

陈 鹏

江西驱动交通科技有限公司 江西南昌 330000

**摘 要:** 本文旨在探讨BIM技术在公路桥梁全生命周期管理中的应用。通过分析公路桥梁全生命周期各阶段的特点和需求,阐述了BIM技术在设计、施工、运营维护等阶段的优势和具体应用方法。研究表明,BIM技术能够提高公路桥梁全生命周期管理的效率和质量,实现信息的共享和协同工作,为公路桥梁建设和管理提供有力支持。

**关键词:** BIM技术;公路桥梁;全生命周期管理

## 引言

公路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,其建设和管理的质量直接关系到交通运输的安全和效率。传统的公路桥梁管理模式存在信息不共享、协同工作困难等问题,导致项目建设周期长、成本高、质量难以保证。随着信息技术的发展,BIM技术应运而生,为公路桥梁全生命周期管理提供了新的解决方案。本文的研究目的是探讨BIM技术在公路桥梁全生命周期管理中的应用,分析其优势和挑战,提出相应的对策和建议。研究意义在于提高公路桥梁全生命周期管理的效率和质量,降低建设和运营成本,促进公路桥梁建设行业的信息化和智能化发展。

## 一、BIM技术概述

### (一) BIM技术的定义和特点

BIM即建筑信息模型,是基于数字化三维模型的综合管理系统。它建立三维数字模型,集成建筑项目各专业信息,实现多专业、多参与方信息共享与协同工作。BIM技术可视化程度高、可参数化建模、模拟分析能力强,能为项目全生命周期管理提供技术支持<sup>[1]</sup>。该技术改变传统二维设计模式,通过数据集成和智能分析,提升建筑行业效率和质量。

### (二) BIM技术在工程领域的应用现状

BIM技术在建筑、土木工程等领域广泛应用。在建筑领域,它贯穿设计、施工、运营维护等环节,通过三维可视化设计等功能,提高项目设计质量和施工效率。在土木工程领域,随基础设施建设发展,BIM技术用于公路、桥梁、隧道等项目建设管理,为复杂工程全过程管理提供新手段。尤其在大型桥梁工程中,BIM技术展现出显著优势和效益。

## 二、公路桥梁全生命周期管理分析

### (一) 全生命周期管理的概念和内涵

全生命周期管理是指从项目的规划立项、方案设计、施工建设、运营维护到最终拆除的整个过程中,对项目进行系统化、科学化的管理和控制。它强调项目的整体性和系统性,注重各阶段之间的有机衔接和协同工作,通过信息化手段实现全过程的数据共享和决策支持,以达到项目全生命周期内经济效益、社会效益和环境效益的最优化。这种管理模式突破了传统分段管理的局限,实现了项目管理的连续性和完整性。

### (二) 公路桥梁全生命周期各阶段的特点和需求

#### 1. 规划阶段

规划阶段是公路桥梁项目起始和基础阶段,主要开展项目可行性研究与建设方案比选。运用GIS等技术分析基础数据,结合区域规划制定方案,同时开展环境影响评价、社会经济效益评估等专项研究,为后续工作奠基。规划决策影响项目成败,需充分论证与多方案比较。

#### 2. 设计阶段

设计阶段是公路桥梁项目关键和技术核心阶段,决定项目质量与投资效益。此阶段进行详细结构计算分析、景观美学设计、附属设施配套设计等,兼顾安全、美观与功能<sup>[2]</sup>。同时考虑施工工艺和材料设备等可行性,为施工创造条件。现代设计依赖BIM等数字化技术,三维协同设计可提高质量与效率。

#### 3. 施工阶段

施工阶段是公路桥梁项目实体实施阶段,将设计转化为实际工程。进行施工组织设计、进度计划管理、质量安全控制等,确保项目按目标推进。重视施工现场安全管理、环境保护与文明施工,减少对周边环境影响。信息技术发展使新技术改变传统管理模式,提升精细化水平。

#### 4. 运营维护阶段

运营维护阶段是公路桥梁项目持续时间最长阶段，主要对建成桥梁结构进行养护管理。建立检测评估体系、养护维修制度和应急响应机制，通过定期检查、健康监测等处理病害隐患，确保桥梁技术状态良好。现代桥梁管理注重预防性养护与智能化监测，用大数据分析和预测性维护延长桥梁寿命。

#### 5. 拆除阶段

拆除阶段是公路桥梁项目最终阶段，对达使用年限或需改建桥梁进行安全拆除。制定拆除方案，考虑结构安全、环境保护、资源回收等因素，采用先进工艺和设备，确保拆除安全可控<sup>[3]</sup>。做好建筑垃圾分类处理与资源化利用，减少环境影响，实现绿色拆除。拆除工作需严格管理与技术支持，确保项目圆满结束。

### 三、BIM技术在公路桥梁全生命周期管理中的应用

#### (一) 规划阶段的应用

在规划阶段，BIM技术通过三维建模与数据整合为项目决策提供支撑。场地分析中，BIM构建高精度三维模型，呈现山体、水系及岩土特性，识别潜在风险，如某山区桥梁项目借助BIM调整选址，避免后期成本超支约20%。交通流量模拟方面，BIM结合交通数据建立动态模型，模拟车流量与拥堵节点，某城市环线桥梁优化匝道设计，使通行效率提升25%。环境影响评估中，BIM叠加项目模型与生态数据，分析施工影响，某跨自然保护区桥梁优化施工方案，缩小环境影响范围约40%。

#### (二) 设计阶段的应用

设计阶段，BIM应用聚焦提升设计精度与协同效率。三维建模实现桥梁结构可视化，便于发现尺寸与结构问题，某斜拉桥项目优化拉索锚固点设计，减少后期变更30%。碰撞检测整合多专业数据，识别冲突点，某大型互通立交项目提前解决120余处问题，降低返工率60%以上<sup>[4]</sup>。性能分析中，BIM与计算软件联动，模拟受力情况，某大跨度连续梁桥优化配筋方案，提高安全储备系数15%。

#### (三) 施工阶段的应用

施工阶段，BIM技术通过过程管控保障工程质量与进度。施工进度管理关联进度计划与三维模型，对比进度偏差，某桥梁项目调整资源配置，确保按期交付，BIM可使按时完工率提升35%。质量管理中，BIM标记关键指标实测数据，某预制梁场提升梁体合格率至98%。安全管理模拟施工过程，识别风险，某挂篮施工项目优化作业流程，提高隐患排查效率50%。

#### (四) 运营维护阶段的应用

运营维护阶段BIM技术构建全周期资产管控体系。设施管理模型整合照明、排水、监控等设备信息，实时记录运行状态与维护记录，某桥梁通过模型快速定位故障排水泵，缩短维修响应时间约30%。病害检测中，BIM标记裂缝位置、深度等数据并关联检测时间，形成病害发展趋势图，某服役10年的桥梁据此制定针对性维修方案，延长结构安全使用年限5年以上。维护计划制定基于模型中的结构参数与病害数据，某高速公路桥梁通过BIM优化养护周期，使年度维护成本降低15%。

#### (五) 拆除阶段的应用

拆除阶段BIM技术实现安全环保与资源高效利用。拆除方案制定中，BIM模拟切割顺序、设备站位及废弃物运输路线，某旧桥拆除项目通过模拟优化吊装方案，使作业时间缩短20%，且未发生安全事故。资源回收利用方面，BIM对钢材、混凝土等拆除材料进行分类标记与数量统计，某桥梁拆除通过模型管控实现80%以上钢材的回收再利用，降低拆除成本约15%，同时减少建筑垃圾填埋量30%。

### 四、基于BIM技术的公路桥梁全生命周期管理的优势和挑战

#### (一) 优势

##### 1. 提高信息共享和协同工作效率

BIM技术实现信息集中管理与共享，构建全要素数字化平台，各参与方可通过权限管理实时获取数据，避免传统纸质文档传递问题。如某跨江大桥项目应用BIM协同平台后，设计变更响应时间缩短，多方会议沟通效率提升。

##### 2. 可视化

借助BIM模型可视化功能，可直观呈现桥梁情况。设计阶段能提前发现问题，施工阶段可进行4D进度模拟，运营阶段能精准对应病害位置与结构部件<sup>[5]</sup>。某高速公路项目借助BIM可视化交底，降低施工错误率和现场返工成本。

##### 3. 模拟分析功能

BIM技术有强大模拟分析功能，可集成专业分析软件。设计阶段可进行模拟验算，施工阶段能优化方案，运营阶段可模拟结构老化趋势。某山区桥梁通过BIM施工模拟，缩短施工周期并降低高空作业风险。

##### 4. 提高项目质量和安全性

在全生命周期管理中，BIM技术实现全过程质量追溯。可快速定位不合格构件，施工阶段实时监控关键指标，运营阶段及时预警安全隐患。某市政桥梁项目应用

后, 结构验收合格率提升, 运营期安全事故发生率降低。

## (二) 挑战

### 1. 技术应用难度大

BIM技术涉及三维建模、数据集成、专业分析等多领域知识, 要求从业人员具备土木工程与信息技术的复合能力。目前我国BIM技术人才缺口达60万以上, 尤其缺乏既懂桥梁专业又精通BIM软件二次开发的高端人才。部分施工企业技术人员因操作复杂、学习成本高, 存在抵触应用的现象。

### 2. 数据安全问题

BIM模型包含桥梁结构参数、关键节点坐标、材料性能等敏感信息, 数据泄露可能带来工程安全风险。在数据传输(如跨企业协同)和存储过程中, 面临黑客攻击、权限滥用等威胁。某桥梁项目曾发生施工数据因云存储权限管理疏漏被泄露, 导致核心施工工艺外流。

### 3. 标准规范不完善

目前我国BIM技术标准体系仍在完善中, 不同软件(如Revit、Bentley)的数据格式存在兼容性问题, 模型交互时易出现信息丢失。桥梁专业的分类编码、信息交付标准尚未完全统一, 导致不同阶段模型数据难以无缝衔接。某城市群桥梁项目因设计与施工BIM标准不兼容, 模型转换损耗率达25%, 额外增加数据修复成本80万元。

### 4. 成本较高

应用BIM技术需投入软件采购(单套专业软件年均费用5-15万元)、硬件升级(高性能工作站、服务器)及人员培训成本。一个中型桥梁项目的BIM应用初期投入约50-100万元, 对于资金薄弱的中小型施工企业构成较大压力, 导致其应用积极性不足。

## 五、对策和建议

### (一) 加强人才培养

加强高校和职业院校的BIM技术专业建设, 开设桥梁BIM设计、施工模拟等特色课程, 建立“校企合作”实训基地。企业应制定分层培训计划: 对管理层开展理念培训, 对技术骨干进行高级建模与分析培训, 每年投入的培训经费不低于技术人员工资总额的3%。同时鼓励行业协会开展BIM技能认证, 建立人才评价体系。

### (二) 保障数据安全

建立完善的数据安全管理制度, 明确数据分级标准(如核心参数、一般信息), 对敏感数据采用加密传输和存储。引入区块链技术实现数据溯源, 采用权限动态管理防止越权访问。定期开展数据安全审计, 配备专业网络安全人员, 建立应急响应机制。某省级交通项目通过部署私有云+数据加密方案, 实现了BIM数据零泄露。

### (三) 完善标准规范

由交通主管部门牵头, 联合科研院所、龙头企业制定桥梁专业BIM标准体系, 明确模型深度要求、数据交换格式、信息交付节点。推动行业通用BIM构件库建设, 统一梁体、支座等标准构件的建模规范。加强标准宣贯培训, 建立标准执行评估机制, 对重点项目开展BIM应用合规性检查。

### (四) 降低成本

政府可以出台相关的扶持政策, 对应用BIM技术的企业给予税收减免、专项补贴(如按项目造价的1%-2%补贴), 将BIM应用费用纳入工程概预算。软件开发商应推出针对中小企的轻量化版本, 提供按项目付费的灵活订阅模式。鼓励企业联合共建BIM技术中心, 共享软件资源, 降低单个企业的投入成本。某省通过政策扶持, 使辖区内中小型企业BIM应用率从15%提升至40%。

## 结论

本文通过对BIM技术和公路桥梁全生命周期管理的分析, 探讨了BIM技术在公路桥梁全生命周期管理中的应用。研究表明, BIM技术能够提高公路桥梁全生命周期管理的效率和质量, 实现信息的共享和协同工作。同时, 也分析了基于BIM技术的公路桥梁全生命周期管理的优势和挑战, 并提出了相应的对策和建议。

未来, 随着信息技术的不断发展, BIM技术将不断完善和创新。同时, BIM技术与物联网、大数据、人工智能等技术的融合也将越来越深入, 为公路桥梁全生命周期管理提供更加强大的支持。因此, 需要进一步加强对BIM技术在公路桥梁全生命周期管理中的应用研究, 推动公路桥梁建设行业的信息化和智能化发展。

## 参考文献

- [1] 宋战平, 肖珂辉, 成涛, 等. 基于BIM技术的隧道全生命周期管理及应用研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2020, 52(1): 7.
- [2] 袁瑶. 基于BIM技术的项目全生命周期质量管理应用研究[D]. 南昌大学, 2020.
- [3] 张庆勋. BIM技术在桥梁工程全生命周期中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(4): 1.
- [4] 孙士成. 基于BIM的公路工程全生命周期平台框架及关键技术研究[J]. 中国港湾建设, 2022, 42(10): 80-84.
- [5] 陈焯. 基于BIM技术的建筑全生命周期应用管理研究[J]. 河西学院学报, 2022, 38(5): 37-42.