

数字化设计在市政道路桥梁建设中的应用与优化研究

马中华

长沙中大监理科技股份有限公司 湖南长沙 410000

摘 要：随着信息技术的快速发展，数字化设计在市政道路桥梁建设中扮演着越来越重要的角色。本文首先介绍了数字化设计的概念及其在市政道路桥梁建设中的重要性，然后分析了当前数字化设计在该领域应用的现状，包括设计流程的优化、施工模拟、以及后期的维护管理等方面。接着，文章探讨了数字化设计在实际应用中遇到的问题和挑战，如数据安全、技术标准不统一等，并提出了相应的优化策略。最后，文章展望了数字化设计未来的发展趋势，强调了持续技术创新和跨学科合作的重要性。通过本文的研究，旨在为市政道路桥梁建设的数字化转型提供参考和指导。

关键词：数字化设计；市政道路桥梁；信息技术

引言

随着城市化进程的加快，市政道路桥梁作为城市基础设施的重要组成部分，其建设质量和效率直接影响着城市的交通状况和居民的生活质量。传统的设计方法已难以满足现代城市建设的需要，数字化设计技术的应用成为提高设计效率、保证设计质量的重要手段。数字化设计不仅能够实现设计过程的自动化和智能化，还能通过三维可视化技术提高设计的直观性和准确性。

一、数字化设计在市政道路桥梁建设中的必要性

（一）工程复杂性需求

市政道路桥梁项目高度复杂，涉及道路、桥梁结构、排水、电气、交通等多专业技术领域交叉，各专业设计内容相互关联。同时，市政工程与周边城市环境紧密相关，需协调与地下管线、地上建筑物、既有交通系统及其他市政设施的关系。传统二维图纸设计方式在表达多维、多专业交叉关系时有局限，难以直观展示不同专业、构件在三维空间的位置、尺寸和相互关系，易导致设计人员理解偏差，引发设计冲突，如桥梁基础与管线位置冲突、上部结构与邻近建筑物空间干涉等。若设计冲突未在设计阶段解决，会遗留到施工阶段，导致停工、返工、修改设计等后期变更，增加工程成本、延长建设周期，还可能影响工程质量和安全。

（二）精细化管理需求

城市环境中土地和空间资源宝贵，市政工程建设需最大化利用有限空间、减少对城市运行的影响，因此对设计精度要求高，如桥梁线位、标高，管线埋深、井位都要精确控制。数字化设计能提供精确三维模型，该模

型含构件几何信息，还可附加材料、规格、性能等属性形成数字孪生体。基于此模型可进行精细化施工管理，如精确加工工厂预制构件、现场指导测量放样和安装定位以减少误差。同时，精确数字模型为工程运维管理提供基础，运维单位可据此快速了解结构构造和空间位置关系，便于日常巡检、维护保养、病害诊断和维修决策，实现科学高效的运维管理^[1]。

（三）协同工作需求

市政道路桥梁项目涉及设计、施工、监理、业主及运营管理等众多参与方，各参与方在不同阶段角色不同，需共享信息、协同工作。但传统管理模式，信息分散形成“信息孤岛”，导致传递不畅、沟通低效，如设计变更更难传达、施工问题反馈慢、专业协调会议效果有限。基于BIM技术的数字化协同工作平台可打破信息壁垒，参与方可在统一三维模型和信息数据库基础上工作，实时查看设计、施工进展和变更记录。设计单位上传方案，施工和监理单位基于模型模拟施工等，业主和管理单位掌握整体情况。这种共享透明的工作方式能提高协同效率，减少信息不对称导致的问题。

（四）设计优化需求

数字化设计工具为设计优化提供技术支撑。方案设计阶段，利用其可快速创建并可视化展示多种方案，便于设计团队和业主比较不同方案在空间布局等方面的优劣。更重要的是，能辅助复杂性能模拟分析，如进行结构受力分析，模拟桥梁在不同荷载组合下的内力分布和变形，优化结构尺寸和配筋方案；还能进行交通流模拟，预测道路设计方案对周边交通的影响，优化交通组织和信号配时。这些模拟分析为设计优化提供量化数据，使

设计决策基于科学分析。通过反复模拟、评估和调整,可改进设计方案,消除潜在缺陷,提升设计合理性和先进性,提高整体设计质量^[2]。

二、数字化设计在市政道路桥梁建设中的主要应用

(一) 设计阶段的应用

在设计阶段,数字化设计技术,特别是建筑信息模型(BIM)技术,得到了广泛应用。设计团队利用BIM软件创建包含几何信息 and 非几何信息的完整三维模型,这不仅能够直观展示道路、桥梁及其附属设施的空间形态,还能精确表达构件的尺寸、材质、构造等详细属性。这种可视化设计极大地提升了设计表达的清晰度,使设计意图更容易被理解和沟通。在模型构建过程中,系统能自动进行碰撞检查,识别出不同专业模型之间、以及模型构件与现有环境要素之间的空间冲突点,如结构钢筋与预埋管的碰撞、桥墩与地下管线的重叠等。这种在设计早期发现并解决冲突的能力,有效避免了后期施工中的变更和返工。同时,基于统一的三维模型,软件可以自动计算工程量,生成准确的工程量清单,提高了计量效率和精度。此外,数字化设计还能与地理信息系统(GIS)相结合,将设计方案置于真实的场地环境中进行分析。通过整合地形、地貌、现有建筑物、地下管线等GIS数据,设计人员可以更全面地评估场地的适用性,分析设计方案对周边环境的影响,进行日照、视线、排水等方面的模拟,从而更好地实现设计方案与场地条件的协调,减少对环境的不利影响^[3]。

(二) 协同工作平台

基于数字化平台,如专门的BIM协同平台,实现了设计信息的集中管理和多方共享。设计、施工、监理、业主等相关方都可以在授权范围内访问统一的数字模型和信息库。平台支持多方在线审阅,各方可以在模型上直接添加批注、提出修改意见,并跟踪意见的处理状态,这大大加快了沟通和决策的速度。平台内置的版本控制功能,能够记录模型和文档的每一次修改,清晰追溯设计变更的历史,避免因版本混乱导致的信息错误。通过平台,还可以对设计任务的分配、进度进行跟踪和管理,相关人员可以实时了解项目进展,及时发现并解决协作中的问题。这种基于数字化平台的协同工作模式,打破了传统模式下各参与方之间信息孤岛的壁垒,实现了设计、管理、施工等信息的流畅传递和高效整合,显著提升了整个项目团队的协作效率。

(三) 设计优化辅助

数字化设计工具为设计优化提供了强有力的支持。

利用这些工具,设计人员可以进行更深入的结构性能分析。例如,可以施加各种设计荷载(车辆荷载、人群荷载、风荷载、地震作用等)到三维模型上,进行详细的应力、应变分析,评估结构在不同工况下的安全性和可靠性。基于分析结果,可以对结构构件的尺寸、配筋进行优化调整,在满足安全要求的前提下,尽可能减少材料用量,实现结构的经济性。此外,还可以模拟不同材料组合的性能表现,辅助选择最优的材料方案。对于复杂的交通组织设计,数字化工具可以进行交通流模拟,预测不同设计方案下的交通运行状况,识别潜在的拥堵点,优化交叉口设计、车道布置和信号控制策略。这些基于数据的分析和模拟结果,为设计师提供了客观的决策依据,有助于他们在多种可能的设计方案中做出更优的选择,有效减少设计中的潜在缺陷和风险,提升设计的整体质量^[4]。

(四) 与其他阶段的衔接

数字化设计阶段创建的精细模型和数据,为项目后续阶段的工作奠定了坚实的基础。该模型可以直接用于施工阶段的4D(3D模型+时间)施工模拟,模拟施工过程、检查施工顺序的合理性、预测潜在的资源冲突和工期延误,辅助制定更科学的施工计划。模型中的构件信息、工程量数据也为施工阶段的成本控制提供了精确依据。在施工过程中,模型可以作为现场施工指导和质量检查的参照,提高施工精度和效率。更重要的是,设计阶段的数字化模型及其包含的丰富信息,是项目建成后的运维管理阶段的重要数据资产。它可以无缝对接到运维管理系统中,为设施的日常巡检、维护保养、性能监测、资产管理等提供基础数据支持,实现工程全生命周期的信息贯通和管理优化。

三、数字化设计应用中的问题与优化策略

(一) 应用中存在的问题

当前,数字化设计在市政道路桥梁建设中的应用虽然取得了一定进展,但仍面临若干挑战。首先,技术标准的不统一是一个突出问题,不同软件厂商、不同项目之间往往采用各自的数据格式和建模规则,导致数据互操作性差,模型信息难以在不同平台或不同参与方之间顺畅流转和共享,增加了信息传递的难度和错误风险。其次,数字化设计,特别是全面实施BIM等高级应用,需要较高的前期投入,包括购买专业软件、升级硬件设备、以及投入时间进行初始建模和数据准备,这对于一些预算有限的项目或单位来说构成了一定的经济门槛。再者,专业人才的缺乏也是一个制约因素,既精通市政

工程设计业务,又熟练掌握数字化工具操作的复合型人才相对不足,现有人员需要时间进行学习和适应。此外,业主方对于数字化设计的接受程度存在差异,部分业主可能对新技术带来的效益认识不足,或者担心增加管理复杂度,导致推广应用遇到阻力。最后,随着数字化程度的提高,项目过程中会产生大量敏感数据,涉及设计细节、成本信息、甚至周边环境数据,如何保障这些数据在存储、传输和使用过程中的安全,防止数据泄露或被滥用,以及如何保护相关方的隐私,成为必须重视的问题^[5]。

(二) 优化策略探讨

1. 标准化与规范化

为解决数据互操作性问题,需要积极推动建立并推广统一的市政道路桥梁数字化设计标准和数据交换格式。这包括制定统一的建模深度标准、构件命名规则、信息编码体系以及通用的数据接口规范。通过标准化,可以确保不同来源的模型数据能够被准确理解、集成和利用,打破信息孤岛,为数字化设计在全行业的普及和深度应用奠定基础。

2. 技术集成与平台建设

应鼓励和支持开发能够集成BIM、GIS、物联网(IoT)乃至云计算、大数据等技术的综合性设计管理平台。这样的平台能够将地理空间信息、三维模型信息、实时监测数据(如通过传感器获取的现场环境或结构状态数据)等融合在一起,提供一个统一的信息视图。它不仅支持设计阶段的协同工作,还能延伸至施工管理、运维管理等阶段,实现数据的连续性和一致性,提升项目整体的信息化管理水平。

3. 人才培养与团队建设

需要加强针对数字化设计技术的系统性培训,不仅要培训软件操作技能,更要培养员工理解数字化工作流程、利用数据进行决策的能力。应着重培养一批既熟悉市政工程专业知识,又掌握信息技术应用的复合型人才。这可以通过校企合作、在职培训、建立专业认证体系等多种方式实现。同时,要注重团队建设,鼓励不同专业背景的成员在数字化平台上进行有效协作。

4. 流程再造与组织协同

推动数字化设计的有效应用,不能仅停留在技术层面,还需要对现有的设计、施工、管理等业务流程进行数字化改造和优化。这意味着要重新审视和调整工作流程,使其适应数字化工具的特点,减少线下流转环节,实现信息的实时共享和同步更新。同时,要建立适应数字化协同的工作机制和组织结构,明确各参与方在数字

化环境下的职责和协作方式,打破部门壁垒,提升整体协同效率。

5. 成本效益分析与推广

需要通过具体的工程项目实践,深入分析和验证数字化设计带来的综合效益,包括提高设计质量、减少施工变更、缩短工期、优化成本控制、提升运维效率等方面的量化价值。将这些成功案例和效益数据清晰地呈现给业主方和相关决策者,有助于提高他们对数字化设计的认识和理解,增强其接受意愿。同时,要积极探索降低应用门槛的方法,例如开发轻量级应用、提供基于云的服务、推广模块化应用等,使更多规模和类型的项目能够负担并受益于数字化设计,从而促进其在更广泛范围内的应用和普及。

结语

数字化设计在市政道路桥梁建设中作用重要,是应对工程复杂、满足精细化管理、实现高效协同和优化方案的关键。目前应用中存在技术标准不统一、前期成本高、专业人才缺乏等问题,通过实施标准化与规范化、技术集成与平台建设等优化策略可逐步克服。未来,数字化设计将朝智能化、集成化和绿色化发展。新兴技术与数字化设计深度融合,使设计更自动化、智能化,能处理海量数据并提供更优方案;集成化设计管理平台将完善,实现数据流通共享;绿色化设计理念贯穿建设过程,助力节能减排等目标,推动行业可持续发展。市政道路桥梁建设行业应积极拥抱变革,加大研发应用投入,培养复合型人才,以提升建设质量和效率,为城市和居民提供坚实保障。

参考文献

- [1] 韩彦芳.工程地质信息在桥梁设计中的应用研究[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2021.
- [2] 戴维, 陈玉发, 刘洋, 等.BIM+技术在工程项目中的应用[J].铁道建设企业管理, 2020.DOI: CNKI: SUN: TDGG.0.2020-04-004.
- [3] 王振, 张保坤.BIM技术在市政路桥设计施工方面的应用浅析[J].工程建设(2630-5283), 2020, 003(003): P.17-20.DOI: 10.33142/ec.v3i3.1604.
- [4] 饶焱.BIM软件二次开发技术在桥梁配筋设计中的应用研究[J].交通科技与管理, 2021(9): 0216-0216.
- [5] 公振昂.优化市政道路与桥梁设计[J].数字化用户, 2020(47): 0087-0089.