

智能化技术在道路设计管理中的应用研究

杨小波

青海智通公路工程设计有限责任公司，青海省西宁市，810000；

摘要：随着新一代信息技术的快速发展，智能化技术正深刻改变道路设计管理的理念与实践模式。传统道路设计依赖人工经验与二维图纸，面临信息割裂、协同效率低与设计精度不足等问题，而智能化技术的引入则为其带来了数据驱动、系统协同与实时优化的全新路径。本文从智能化技术的发展构成出发，分析道路设计管理中的核心痛点，探讨包括智能测绘、AI辅助设计、BIM集成平台等技术在工程中的应用方式与效果。通过案例归纳与路径梳理，总结出一套适应未来道路建设需求的智能化设计管理优化策略，旨在为行业数字化转型提供理论支持与实践参考。

关键词：智能化技术；道路设计；协同管理；AI辅助；数字建模

DOI：10.69979/3060-8767.25.06.081

引言

道路基础设施作为城市运行与区域发展的关键支撑，其设计管理水平直接关系到项目质量、投资控制与运营效率。在传统管理模式下，道路设计多依赖于人工经验与静态图纸，不同专业间信息割裂，数据更新滞后，难以支撑复杂环境下的高效决策与系统协同。近年来，随着人工智能、建筑信息模型（BIM）、遥感测绘、自动化算法等智能化技术的快速演进，工程设计管理正逐步从“经验导向”迈向“数据驱动”。道路设计作为一个多专业协同、高精度建模、强依赖环境数据的复杂系统，其与智能技术的深度融合已成为不可逆的趋势。当前，不少公路、快速路与城市干道项目已开始试点引入智能测量、AI辅助选线、三维建模平台等技术手段，在提升方案科学性、优化流程协同与推动成果集成化方面初见成效。然而，整体应用仍处于起步阶段，尚存在技术标准分散、平台集成性不足、应用流程碎片化等现实问题。在此背景下，系统梳理智能化技术在道路设计管理中的应用路径，总结其成效与瓶颈，提出具有工程可行性的优化策略，对于推动道路工程数字化管理能力提升具有重要意义。

1 智能化技术概述与道路设计转型背景

1.1 智能化技术的构成与发展路径

智能化技术是信息技术与工程领域深度融合的产物，核心涵盖人工智能、建筑信息模型（BIM）、地理信息系统（GIS）、遥感测绘、大数据、云计算与物联网等多个分支^[1]。在基础设施领域，其应用特征呈现出平台化、多源数据集成、自动化处理与持续优化等趋势。人工智能主要通过机器学习算法与规则引擎参与路径

规划、地形分析与优化设计判断，BIM则提供三维参数模型作为信息载体，承载设计构造逻辑与各专业协同数据。GIS和遥感技术构成基础数据采集体系，实现对地形、交通、环境、水文等空间信息的快速建模与更新。大数据与云计算平台则提供强大的计算支撑与跨区域协同环境，使设计过程突破了传统的文件型管理方式，转向实时计算与远程交互的管理模式。

随着政策导向加强和工程实践推进，智能化技术已从早期的工具辅助阶段向管理主导型系统演进。一方面，各类专业设计软件逐步开放接口，支持数据互联、模型联动与成果自动生成，推动设计环节的自动化与智能化；另一方面，设计单位开始搭建属于自身的工程数据中台与集成平台，实现从原始数据采集、初设方案生成、施工图深化到交付模型管理的全链路打通。这种由技术驱动的流程再造，使得智能化不再只是提高某一环节效率的工具，而成为支撑工程决策、方案推演与资源统筹的核心引擎。

1.2 道路设计管理的传统局限与数字转型需求

传统道路设计流程以人工绘图、纸质图纸与分专业设计为主线，工作方式较为线性，各工种之间的沟通与交底依赖线下会议与文档传阅，不仅信息流通慢、易错漏，而且无法形成集中、可追踪、可更新的协同数据体系^[2]。在项目早期，路线选线往往依赖经验判断，缺乏系统的环境适应性评估与行车效率模拟；在方案设计阶段，不同专业之间由于缺乏统一数据平台，常出现构造冲突、图纸不一致或反复调整，影响整体设计周期与质量控制；在施工图编制环节，二维图形难以完整表达空间逻辑，现场技术人员对构造意图理解不一，容易出现实施误差。整个设计过程缺乏数据沉淀能力，设计成果

一旦交付,后续施工与运维阶段难以复用原始设计数据,导致重复建模、重复测量甚至重复设计。

在工程项目日益大型化、复杂化的背景下,传统管理方式暴露出响应速度慢、流程弹性差、风险控制薄弱等突出问题。尤其是在山区道路、城市快速通道、地下综合管廊等结构复杂、施工难度高的项目中,设计与现实之间的脱节现象尤为明显,亟需一种能够实现空间表达精细、协同逻辑清晰、数据持续传导的数字化管理体系。智能化技术的兴起,正为这种转型提供了工具基础与方法路径。通过构建多维数据模型、集成专业成果并赋予其逻辑关系,设计管理者能够对方案进行动态调度、自动校核与实时迭代,从而实现从“图纸管理”到“数据管理”的深层转变,为道路设计的精细化、标准化与协同化奠定技术基础。

2 智能化技术在道路设计中的应用实践

2.1 智能测绘与数据建模的集成应用

道路设计工作的前提是获取精准、全面、时效性强的外业数据。以往的传统测绘方式,如全站仪、水准仪测量等,受限于地形环境与作业效率,难以快速响应大范围道路项目的时空复杂性,数据精度也受人为操作影响波动较大^[3]。智能测绘技术通过无人机航测、激光雷达(LiDAR)、地面激光扫描、移动测量车、三维摄影测量与遥感影像融合等手段,能够在短时间内高效采集大体量、异构类型的空间信息,生成点云数据、数字高程模型(DEM)、三维地形图与影像叠加图层,为道路初步选线与设计定线提供可靠的空间依据。这些数据可通过GIS平台快速处理与分类,形成带属性标签的地形地物模型,实现对不同坡度、土质、水域、构筑物的分区分析,为道路走向规避障碍、选择合理路径提供数据支持。

建模方面,智能化平台基于测绘成果可快速搭建地形底图并进行参数化道路构件布设。系统可根据道路等级、设计速度、交通容量等输入条件,调用构件族库自动生成初步布设模型,包括路基断面结构、桥涵布置、交叉口节点与排水系统,同时在三维空间内动态计算纵断面坡度、转弯半径、视距要求、结构净空等指标,及时提示设计不合规或不协调之处。在道路走廊分析过程中,设计人员可实时调整道路轴线、构造布设与边坡控制线,系统自动重构模型并同步更新工程量数据,实现设计与数量的联动,减少了人工反复测算与误差积累。此外,智能建模平台还可与遥感影像匹配,检测潜在地质隐患,如滑坡体、岩溶区与水文冲刷带,为结构选型与施工方案提供前置判断。在大跨度桥梁、复杂立交与高填深挖段落中,系统可基于构造逻辑自动生成施工组

织辅助模型,便于后期施工模拟与安全预警。通过“智能测+一键建模”的融合机制,道路设计由“图纸导向”逐步迈向“数据驱动”,为全流程数字化管理奠定了扎实的基础。

2.2 基于AI与算法优化的道路设计辅助系统

道路设计的核心任务是在多目标、多约束、多环境条件下完成优化决策,从传统人工试算过渡到智能辅助判断,是技术演进与项目需求的双重推动结果。AI系统通过嵌入式路径规划算法、优化建模工具与机器学习引擎,能够在给定地形数据、交通预测、用地边界与成本约束条件下,自动生成多组可行性路线方案,并根据通行效率、造价、占地、坡度平顺性、环境扰动等多目标进行综合评分,辅助设计人员完成初选—复选—优化设计的全过程推演。路径规划中常采用遗传算法、模拟退火算法与A*算法等组合逻辑,搜索空间更广泛、收敛速度更快,尤其适用于山区道路、高速公路改扩建与城市快速通道等路线布设高度敏感的工程场景^[4]。

构造细节层面,AI可对标准构件进行智能匹配与布设。例如,系统可根据边坡高度与土质自动推荐护坡结构型式,针对桥涵孔跨布设给出力学合理与施工经济兼顾的组合选型,并进行基础承载力初步核验,缩短人工试配时间。在交叉口设计中,AI系统可对车流冲突点进行识别与通行效率模拟,提供渠化方案、信号配时建议与交通标志优化布设建议,尤其在城市交叉口密集区域效果显著。AI还可基于过往项目数据构建预测模型,对设计方案的后期养护成本、施工工期、环保影响等进行辅助估算,为决策提供多维数据参考。部分高端系统可通过深度学习模块实时吸收历史项目数据、用户交互行为与专家修正意见,实现自适应优化能力不断提升。随着BIM、CIM与AI系统的深度融合,AI不仅是图形生成与路径演算的工具,更是连接数据、工程逻辑与设计行为的认知中枢,为设计团队提供稳定、持续进化的智能支持体系。

3 智能化驱动下的道路设计管理优化策略

3.1 构建以数据为核心的协同设计流程

在传统道路设计管理模式中,信息孤岛现象严重,不同专业在方案传递、图纸交底、问题反馈等环节存在大量重复沟通与效率损耗。为适应智能化技术的深度应用,应将数据作为全过程设计管理的核心逻辑,重构协同工作机制^[5]。项目初期可构建统一的地理空间底图,并以BIM或CIM平台为技术底座,融合测绘数据、交通分析模型、地质资料、规划信息等异构数据,建立具有统一坐标系统与构件语义的综合模型,作为所有专业工

作的数据库。设计单位内部应推动多专业基于模型进行“集成设计”，实现各专业在统一平台同步建模、实时校核与协同调整，避免“你画你的、我做我的”的传统隔离作业方式。在团队组织结构上，应设立BIM负责人、数据工程师与智能设计协调员等角色，专责平台建设与管理，确保各类成果数据在源头清晰标注、合理分类与版本可追溯。

流程控制方面，可引入“阶段模型审查+滚动成果交付”的方式，每完成一个阶段性方案调整，即通过平台生成当前版本模型，并由各专业在模型中提出标注与审核意见，减少纸质图审周期与重复沟通成本。设计变更管理也应基于模型进行定位、编号与变更记录归档，系统自动提示影响构件与关联专业，便于快速响应和统一修正。对于涉及重大交叉结构或特殊节点区域，可通过平台开展三维协同会审，以构造剖解图、模型漫游、节点动画等方式直观展示设计意图，提升各参与方的理解效率与协调水平。协同流程中还应结合智能审图工具，实现对结构规范、尺寸逻辑与施工适配性等内容的自动校核，降低人为疏漏风险。数据驱动的设计协同机制不仅提升了工作效率，更打通了设计与施工、设计与运维之间的逻辑链条，为全生命周期的信息一致性与价值传导提供了基础支撑。

3.2 完善平台集成与成果交付机制

智能化技术在道路设计管理中的深化应用，离不开稳定的平台体系与标准化的交付机制。当前不少项目仍面临平台分散、接口不通与数据脱节等现实问题，导致设计成果难以实现向施工与运维的顺利过渡。因此，有必要构建多层次、一体化的设计管理平台体系，底层由数据中台支撑各类测绘、建模、分析工具的数据互通，中层部署专业设计工具与AI服务接口，高层则搭建综合管理界面，支持可视化进度追踪、成果输出与权限控制。平台之间的数据接口应逐步向开放标准靠拢，如采用IFC、CityGML、LandXML等格式实现模型的可读性与可移植性，减少不同软件之间的信息损耗与模型重建成本。

在成果交付方面，应推动“模型+数据+文档”协同交付机制，明确交付内容包含几何模型、属性信息、工程量清单、计算参数、结构逻辑与施工约束等核心字段，并建立多级校审流程确保模型质量合规。在交付节点设置上，应根据工程阶段设定“可研模型”“初设模型”“施工图模型”“竣工模型”等标准版本，并要求各模型具备可追溯性与交付记录，防止因模型滞后或版本错

乱造成现场执行偏差。施工单位接收模型后可直接用于施工模拟、工序安排与资源调度，运维单位则可据此建立设备台账、检修计划与监测逻辑，实现全流程信息贯通。平台侧应设置数据验证与成果提取功能，支持项目管理人员对模型完整性、碰撞率、属性字段、关联构件等进行快速检测，降低后续施工管理风险。为增强模型交付的实际可用性，建议引入可交互成果包技术，提供模型浏览器、移动端接口与二维码链接，使不同岗位人员都能便捷访问模型信息。通过完善平台集成体系与标准化交付机制，才能让智能化设计成果真正发挥其跨阶段支撑作用，推动道路设计从静态图纸转向动态模型，从文件成果转向数据资产，最终实现工程管理效能的全面提升。

4 结语

智能化技术的广泛应用正推动道路设计管理从传统线性作业向数据驱动、系统协同与智能决策的全新模式转型。在测绘、建模、设计、优化与成果交付等环节，AI算法、三维建模平台与集成系统的深度融合，不仅提升了设计效率与精度，也强化了跨专业协同与全流程信息连续性。当前，智能化在道路设计中的应用已初显成效，但仍需在标准体系建设、平台集成能力、数据接口规范与团队数字素养等方面持续推进。未来，随着技术工具日益成熟与工程实践不断丰富，道路设计管理将不再是碎片化流程的堆叠，而是一个以智能平台为核心、以数据为纽带、以优化为导向的系统工程。推动这一转变，不仅是技术革新的要求，更是提升基础设施建设质量与效率的必由之路。

参考文献

- [1] 葛冬冬, 张文慧, 吕松涛, 等. 智慧道路设计建造运维中的数字化技术综述[J]. 中国公路学报, 2024, 37(12): 294-309.
- [2] 胡坤福. 基于人性化和智能化的城市道路交通安全设施规划与设计研究[J]. 未来城市设计与运营, 2024, (06): 66-68.
- [3] 孙晓峰, 康洪席, 玄成泊. 城市智慧道路设计创新路径探析[J]. 汽车周刊, 2024, (06): 69-71.
- [4] 张效宾. 市政工程道路的智能化设计思路[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (04): 179-181.
- [5] 朱艺贝. 城市智慧道路工程智能化设计策略研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(03): 185-187.