

公路工程地理信息系统的构建与应用

袁鹏程

中铁长江交通设计集团有限公司 重庆 401121

摘要:公路工程建设场景复杂、空间数据体量庞大,传统管理模式难以实现工程信息的精细化统筹与高效利用。本文结合地理信息技术的运行机理与公路工程业务特征,梳理地理信息采集、解析、匹配的核心技术原理,完成系统架构设计、模块划分、数据库搭建及环境部署工作。规范多源空间数据的归集、规整与标准化处理流程,实现工程空间信息与实体要素的深度融合。依托搭建完成的信息系统,落地线路规划、施工管控、环境运维等多元化应用场景,全面提升公路工程全周期数字化管控水平。

关键词:公路工程;地理信息系统;数据处理;系统构建;工程应用

引言:现代公路工程建设逐步向规模化、数字化、精细化方向转型,工程建设及运维阶段会产生海量、多类型的空间地理与结构参数信息。传统人工管理方式对空间数据的整合能力有限,容易出现信息零散、精度不足、管控滞后等问题,制约工程建设与运维工作的推进质量。地理信息技术可实现空间数据的可视化、一体化、智能化管理,适配公路工程跨度大、场景复杂的建设特点,为公路工程数字化管控提供可靠的技术支撑。

1 公路工程地理信息系统相关技术原理

1.1 地理信息数据采集技术原理

地理信息数据采集构成公路工程地理信息系统建设的基础环节。整套技术依托野外勘测、传感探测等多元手段,获取公路建设涉及的地表空间信息。作业过程捕捉沿线地形起伏、地表高程、自然地貌及人工地物的空间点位与形态特征。所有采集工作依照统一空间基准开展,保证各类地理要素坐标规范统一。野外实景信息经过数字化转换,形成可录入、可处理的原始数据资料^[1]。采集范围覆盖公路线路走向、建设场地形态、沿线地物分布等关键内容,匹配公路工程跨度长、覆盖范围广的建设特征,为后续数据加工与系统构建筑牢前置基础。

1.2 空间数据处理与解析技术逻辑

野外采集得到的原始空间数据普遍存在格式不统一、内容繁杂、参数偏差等问题,无法直接投入系统使用。空间数据处理与解析依托拓扑运算、数据筛选、误差修正等技术完成深度加工。技术运行核心梳理各类地理要素的空间位置、边界范围与层级关联,厘清不

同要素之间的空间关系。工作人员对原始数据开展提纯与规整,清理无效冗余内容,修正勘测环节产生的微小误差。深度解析隐藏在空间数据中的地形属性、场地特征、地物参数,对各类数据完成分类规整。处理完成的标准化数据精度更高,能够满足公路空间建模与信息入库的严苛要求。

1.3 空间信息与公路工程要素匹配原理

单纯的地理空间数据无法直接服务工程建设,需要完成空间信息与工程要素的精准对应。该技术原理依托统一空间坐标系,搭建地理空间点位与公路实体参数的对应关系。将路基、桥梁、隧道、配套设施等工程结构,精准映射至对应的地形空间位置。梳理工程结构与周边地形、地质、环境的空间关联,实现地理空间资源与工程建设信息的深度融合。有效消除空间数据与工程建设相互割裂的问题,让地理数据能够真实反映工程场地实际状态,支撑公路全流程数字化管控工作开展。

1.4 地理信息系统平台底层支撑原理

地理信息系统的稳定运转依托成熟的底层技术架构提供支撑保障。架构体系整合数据存储、空间运算、信息渲染、资源调度多项核心技术,搭建完整数字化运行框架。系统采用结构化存储方式收纳各类规整后的空间与工程数据,构建稳定安全的数据仓储。内置空间运算程序可完成地理信息调取、运算、分析与可视化展示,实现界面直观呈现与数据高效调用。整套底层架构具备大容量数据吞吐与持续运算能力,能够承接公路工程繁杂的空间数据处理任务,稳固系统运行稳定性,支撑各类工程数字化应用落地运行。

2 公路工程地理信息系统框架搭建

2.1 系统整体架构设计思路

公路工程地理信息系统架构设计以公路数字化管理实际需求为核心出发点,适配公路线路跨度大、建设单元多、场地环境复杂的工程特征^[2]。整体架构采用分层式搭建逻辑,对数据承载、功能运算、人机交互等层级进行独立划分。各层级设置规范传输接口,保障层级之间数据正常交互流转。架构设计预留充足拓展空间,能够适配公路前期规划、现场施工、后期运维等不同阶段的业务需求。精简架构组成结构,剔除无效冗余环节,重点落实空间数据管控、工程信息调取、场景可视化展示等核心业务,维持系统高效、稳定的运行状态。

2.2 系统功能模块划分设计

系统功能模块依照公路工程业务流程进行精细化拆分,构建针对性强、覆盖全面的数字化功能体系。结合空间数据流转路径与工程管理流程,依次设置数据录入、信息管控、空间分析、场景展示、业务调用等功能单元。每个功能单元对应专属的工程应用场景,单独承担地理数据处理、工程要素管理、空间信息检索等具体工作。各模块配置标准化传输通道,实现内部数据互通流转。模块化的布局方式可以灵活适配不同施工阶段的作业要求,规避功能重复、功能缺失等问题,提升系统在公路工程场景中的实用性能。

2.3 公路工程专属数据库搭建方式

数据库是存储和处置公路工程地理信息的核心载体,搭建工作围绕公路工程数据独有特征有序开展。严格区分空间地理数据与工程属性数据的存储差异,采用分类归档、关联绑定的搭建模式。对地形地貌参数、线路坐标信息、构筑物技术参数、沿线环境资料等内容进行分项整理,建立独立专属的存储单元。统一各类数据的录入标准、存储格式与归档规范,规整整体数据结构。搭建完善的数据关联索引,将分散独立的地理数据与工程数据相互串联,实现数据快速调取、稳定存储、精准调用。

2.4 系统软硬件适配与环境部署

系统运行稳定性依托适配的软硬件环境实现,软硬件配置贴合公路工程数据运算体量与存储负荷。硬件设备根据数据存储规模、运算强度选配专业服务器、大容量存储设备及配套勘测设备,满足海量工程数据的处理需求。软件端选用适配空间运算、地理场景渲染的程序工具,全面兼容公路工程各类数据格

式。精细调试软硬件运行参数,优化设备运行状态,减少数据读取异常、程序卡顿等故障问题。结合公路工程现场使用场景完成系统落地部署,调试设备联动状态,保障整套系统可以稳定处理各类地理信息业务。

3 公路工程地理信息数据整合与处理

3.1 公路工程多源空间数据归集方式

公路工程建设周期长、覆盖范围广,产生的空间数据来源途径各不相同,数据结构存在明显差异。实地外业勘测可以获取现场原始地形点位、路面高程变化、场地边界轮廓等一手资料,直观反映施工现场真实状态。遥感探测手段能够捕捉大范围地表影像、地表植被分布、地形起伏特征,满足长距离公路线路的全域数据采集需求。工程设计环节生成的线路布设资料、结构布置参数,提供公路主体工程与配套设施的基础空间参数。数据归集工作对各类数据源进行分类收纳,按照数据属性与用途划分存储类别^[3]。梳理不同数据的采集标准与信息维度,筛选有效内容进行集中收纳,为后续精细化处理储备充足的原始数据资源。

3.2 地形地貌与线路数据规整处理

野外采集获取的初始地形与线路数据普遍存在杂乱冗余、坐标混乱、点位误差等问题,不具备直接入库条件。地形数据处理针对海量高程点位与地貌轮廓开展筛选清洗,剔除异常数值与无效噪点。修正地形轮廓模糊、高程点位错乱等问题,还原场地真实的地形起伏形态。线路数据处理重点梳理公路走线轨迹,校对线路桩号、高程参数、线形指标等关键内容。清除重复线段与无效点位,优化线路整体空间形态。统一地形数据与线路数据的坐标基准,消除不同数据源的坐标偏差与层级混乱,提升空间数据整体精准程度。

3.3 工程构筑物信息数字化录入

公路工程包含大量不同形态的构筑物,各类实体结构都需要完成数字化转写与系统录入工作。依托统一空间坐标体系,标定路基、桥梁、隧道、涵洞等主体结构的空间分布位置。录入结构尺寸、构造形式、建设参数等专属属性信息,实现空间位置与工程属性的一一对应。按照线状、点状、面状构筑物的形态差异,采用差异化录入方式,匹配对应的数字化标准。细化构筑物边界范围、衔接关系、空间排布特征,让数字化信息精准还原现场实体布局。严格把控录入流程细节,规避参数错填、点位偏移、信息缺漏等录入缺陷,保证数字化信息完整准确。

3.4 空间数据关联与标准化处理

经过前期处理的各类空间数据处于独立分散状态,需要搭建内在逻辑联系,形成完整的数据体系。结合公路工程空间布局规律,梳理地形、线路、构筑物、场地环境之间的空间关系,构建多维数据对应体系。打破各类数据的独立存储壁垒,实现不同类别数据的相互调用与协同支撑。标准化处理统一全部数据的存储格式、精度等级、命名规则与归档方式,重构杂乱无序的原始数据结构。整改精度不一、格式混乱、标准不一的问题,让所有数据适配系统运算逻辑与功能调用规则。规整后的空间数据具备良好的通用性,能够持续为系统各项工程业务提供数据支撑。

4 公路工程地理信息系统实际应用方向

4.1 公路线路空间规划与布设

公路线路规划是工程建设的前置核心环节,整体布设质量直接影响后续施工难度与运营稳定性。地理信息系统依托海量空间数据资源,为线路规划提供可靠的数字化支撑。系统整合区域内地形高程、地貌形态、地表地物等基础空间资料,完整还原建设区域的场地现状。设计人员依托可视化空间场景,直观研判山地沟壑、河湖水域、聚落建筑等场地要素对线路走向的约束作用。利用空间分析功能推演不同布设方案的落地可行性,筛选地形干扰小、线路线形平顺、建设成本可控的布设形式。结合公路长线建设的工程特点,细化线路坡度、曲线半径、桩号排布等关键指标,优化整体走线布局^[4]。有效避让生态保护区、地质脆弱地带、密集建筑片区等限制性场地,提升线路规划的科学性与落地性。

4.2 工程施工空间信息动态管理

公路施工现场覆盖范围广、作业单元分散,场地布局会随施工进度持续调整,传统静态管理模式难以适配现场作业需求。地理信息系统可实现施工全过程空间信息的动态管控,推动现场管理走向精细化。系统持续录入临时驻地、材料堆场、施工便道、机械设备作业范围等空间信息,实时更新现场布局状态。结合各施工阶段的作业需求,灵活调整功能区域划分,优化场地空间利用率。针对路基、桥梁、隧道等核心施工工序,依托精准空间数据界定作业边界,规范施工开展范围。全程记录工程推进过程中的空间形态变化,归集各类施工空间资料。规范现场作业秩序,减少场地交叉干扰问题,提升施工管理的精细程度。

4.3 公路沿线地理环境信息管控

公路工程建设会对沿线自然与地质环境产生直接影

响,环境管控是工程建设过程中的重点内容。地理信息系统归集沿线水系、植被、坡体、地质构造等环境数据,搭建全覆盖的环境信息管控体系。精准标注软弱土层、边坡危体、径流河道等敏感环境点位,梳理各类环境要素与公路工程主体的空间关联关系。借助空间可视化功能直观呈现沿线环境分布特征,精准识别场地内含的地质风险与环境制约因素。根据环境空间特征调整施工开展方式与作业范围,降低工程开挖、填筑、占地等作业对沿线生态与地质环境的扰动。持续更新沿线环境空间状态,实现工程建设与场地环境的协调管控。

4.4 公路运维阶段空间信息调度

公路工程进入运营阶段后,长期荷载、自然风化、环境侵蚀都会造成结构性能衰减,需要常态化开展运维管控工作。地理信息系统留存全套工程建设空间数据,保存路基、路面、桥梁、隧道等主体结构的原始布设参数与空间形态。运维作业开展期间,将路面开裂、路基沉降、结构锈蚀、设施破损等病害问题精准标注在对应空间点位,完成病害信息的精准归档。通过多期空间数据比对,捕捉结构位移、形变、沉降等细微状态变化,掌握工程结构的劣化规律。依据空间病害分布统筹排布养护作业内容,合理分配人力、设备与物资资源。精准落实养护整治工作,持续维护公路结构完整性,保障路网长期平稳运行。

结束语

地理信息系统能够有效整合公路工程全流程空间数据,依托成熟的技术原理与系统化的搭建流程,完成工程数据的标准化处理与整合归档。分层化的系统架构与模块化功能设计,可适配公路规划、施工、环境管控及后期运维等不同业务场景。数字化空间管控模式能够优化工程建设布局、规范现场作业秩序、提升运维管控精度,为公路工程数字化、精细化长效发展提供稳定的技术支撑。

参考文献

- [1] 王凯凯,杨蕾,包宇辰,等.基于 ArcGIS 平台的公路道路地理信息系统设计与实现[J].遥感技术与应用,2023,38(4):754-762.
- [2] 陈玉清.地理信息系统在高速公路工程信息化应用中的探索[J].科学与信息化,2024(19):175-177.
- [3] 谷振楠.唐港高速公路多维度信息可视化系统架构设计与实践[J].中国交通信息化,2025(5):126-131.
- [4] 吴崑.基于 GIS 平台的高速公路基础地理信息数据采集探讨[J].科学与信息化,2024(23):159-161.