

公路工程基于BIM+GIS的智慧功能区建设技术研究

田 鑫

中铁长江交通设计集团有限公司 重庆 401121

摘 要：BIM与GIS技术融合在公路工程智慧功能区建设中意义重大。涵盖规划设计、施工建设与运维管理阶段，能实现地形地貌与环境分析、方案比选优化、冲突检测协同设计，施工进度与资源、质量安全管理及成本控制，以及设施资产管理、运营监测分析和应急管理决策支持，全面提升公路工程智慧功能区建设与管理水平。

关键词：BIM技术；GIS技术；公路工程；智慧功能区；建设技术

引言：在公路工程建设领域，随着信息化、智能化技术的飞速发展，BIM与GIS技术的融合已成为推动行业变革的关键力量。BIM技术以其强大的三维建模与协同管理能力，为公路工程提供了精准的设计与施工依据；而GIS技术则凭借其卓越的空间分析与地理信息处理能力，为工程规划与决策提供了宏观视角。两者的深度融合，不仅实现了工程数据与地理空间数据的无缝对接，更为公路工程智慧功能区的全生命周期管理带来了全新的解决方案。

1 BIM+GIS 技术融合概述

在公路工程建设领域，随着信息技术的发展，BIM（建筑信息模型）技术与GIS（地理信息系统）技术的融合正成为推动智慧功能区建设的关键力量，为公路工程的管理与决策带来了全新的思路与方法。（1）BIM技术凭借其三维可视化、参数化设计以及协同管理等诸多优势，为公路工程功能区的建设提供了强大的技术支持。通过BIM技术，可以对公路工程功能区内的各类建筑物、构筑物进行精准建模，将工程的几何信息、物理信息、功能信息等高度集成于一个三维模型之中。这种精准建模不仅使得工程的设计更加直观、精确，而且方便了不同专业之间的协同工作，减少了因信息沟通不畅导致的设计变更和施工错误，极大地提高了工程建设的效率和质量。（2）GIS技术则以其强大的空间分析与地理信息处理能力，在公路工程智慧功能区建设中发挥着不可或缺的作用。它能够直观地展示公路工程功能区的地理位置、地形地貌、周边环境等空间信息，为工程的规划、选址和设计提供重要的参考依据。通过对地理空间数据的分析，可以合理规划道路走向、优化交通组织，充分考虑地形地貌对工程建设的影响，降低工程难度和成本。（3）BIM与GIS技术的融合，实现了工程数据与地理空间数据的无缝对接与互通。在公路工程智慧功能区建设中，这种融合打破了信息壁垒，构建了一个统一的

数据平台。从宏观的地理环境信息，如地形、地貌、周边交通网络等，到微观的工程细节信息，如建筑物的结构、尺寸、材料等，都能在这个统一的数据平台上得到有效整合与利用。（4）基于BIM+GIS融合技术构建的公路工程智慧功能区管理系统，能够实现对工程建设全过程的动态监控与管理。在规划设计阶段，通过三维可视化展示和空间分析，可以提前发现设计中存在的问题，优化设计方案；在施工阶段，实时监控工程进度、质量和安全，及时调整施工计划；在运营维护阶段，利用历史数据和实时监测信息，对公路工程进行科学的养护和管理，延长工程使用寿命^[1]。

2 基于 BIM+GIS 的规划设计技术

2.1 地形地貌与环境分析

地形地貌与环境是公路工程智慧功能区规划设计的首要考虑因素。GIS技术凭借其强大的空间数据采集与处理能力，能够高效获取功能区的地形地貌数据，包括高程、坡度、坡向等信息，并生成高精度的数字地形模型（DTM）。这一模型精准地呈现了功能区的地理空间特征，为后续分析提供了坚实的数据基础。结合BIM技术，将功能区的设计模型与DTM进行无缝叠加。通过这种叠加分析，设计人员可以直观地观察功能区与周边地形、环境的空间关系。例如，能够清晰地看到建筑物是否位于地质灾害易发区域，道路走向是否顺应地形起伏，功能区布局是否与周边自然景观相协调等。同时，还可以评估地形对功能区布局的影响，如是否需要大规模的土方开挖或填筑，以及这些工程活动对施工难度和成本的影响。此外，对于生态影响评估也具有重要意义，可提前预判工程建设对周边环境可能造成的破坏，从而采取相应的生态保护措施，避免因地形因素导致的设计不合理与施工风险，为合理规划功能区选址、路线走向以及整体布局提供科学依据。

2.2 功能区方案比选与优化

在公路工程智慧功能区规划设计中,往往需要制定多种设计方案以供比选。BIM技术能够快速建立多种功能区设计方案的三维模型,这些模型不仅包含了建筑物的几何形状,还包含了丰富的属性信息,如材料、结构等。结合GIS技术的空间分析功能,从交通流量、土地利用、生态保护等多维度对不同方案进行综合对比分析。在交通流量分析方面,利用GIS的交通网络分析功能,结合历史交通数据和预测模型,评估不同方案下的交通拥堵情况、通行能力等。在土地利用分析中,通过GIS的空间叠加分析,确定各方案对土地资源的占用情况,评估土地利用的合理性。在生态保护方面,结合GIS的生态敏感区数据,分析不同方案对周边生态环境的潜在影响。同时,利用BIM模型参数化特性,设计人员可以快速调整设计方案的各项参数,如建筑物尺寸、道路宽度等,并实时观察调整后的效果。结合GIS的空间模拟功能,评估不同方案在实际运营中的效果,如交通流量的变化、土地利用效率的提升等,从而实现功能区设计方案的优化,选择最具可行性与经济性的方案^[2]。

2.3 冲突检测与协同设计

在公路工程智慧功能区设计中,各专业之间的协同工作至关重要,而冲突检测是保障设计质量的关键环节。BIM技术的碰撞检测功能能够对功能区内建筑物、管线、道路等设施进行全面的三维空间冲突检测。通过预先设定检测规则,系统可以自动识别出不同设施之间的空间冲突,如管线交叉、空间布局不合理等问题。结合GIS技术,将检测结果与地理空间信息相结合,设计团队可以从宏观和微观两个层面协同解决问题。在宏观层面,利用GIS的空间分析功能,了解冲突区域在整个功能区中的位置和影响范围,评估其对整体规划和周边环境的影响。在微观层面,借助BIM技术的精细建模,对冲突部位进行详细分析和调整。通过这种协同设计方式,设计人员可以及时发现并解决设计中的潜在问题,确保功能区设计的准确性与合理性,提高设计效率与质量,减少施工过程中的变更和返工。

3 基于 BIM+GIS 的施工建设技术

3.1 施工进度与资源管理

施工进度与资源管理是公路工程智慧功能区施工建设的关键环节。利用BIM模型的施工进度模拟功能,结合GIS技术的地理空间信息,可对施工进度进行动态管理。将施工进度计划与BIM模型关联,在GIS地图上能够直观展示施工进度的空间分布情况,实时监控各施工区域的进度状态。例如,通过不同颜色在地图上标注已完成、正在进行和未开始的施工区域,管理人员可以一目了然

地了解整体施工进展,及时发现进度偏差并采取相应措施。同时,基于BIM模型对施工资源(如材料、设备、人员等)进行精准统计与分配。BIM模型中包含了详细的工程量和资源需求信息,结合GIS的交通信息与地理环境,可以优化资源运输路线与调配方案。例如,根据施工现场的地理位置和交通状况,利用GIS规划最优的材料运输路线,减少运输时间和成本;根据施工区域的分布和人员需求,合理安排人员调配,提高施工效率。

3.2 施工质量与安全管理

施工质量与安全管理是公路工程智慧功能区施工建设的重中之重。在施工过程中,利用BIM模型的三维可视化特性,对施工工艺与质量标准进行直观展示与交底。施工人员可以通过BIM模型清晰地了解施工工艺流程、质量要求和技术细节,确保施工过程符合规范标准。例如,在桥梁施工中,BIM模型可以展示桥梁各部位的施工顺序、钢筋绑扎要求、混凝土浇筑工艺等,使施工人员能够准确理解施工要点,提高施工质量。结合GIS技术,将施工现场的地理环境、危险源等信息与BIM模型关联,建立施工安全风险预警系统。通过传感器实时采集施工现场数据,如温度、湿度、应力、位移等,并反馈至BIM+GIS平台。平台对这些数据进行分析处理,实现对施工质量与安全的动态监测与预警。例如,当监测到桥梁结构的应力超过安全阈值时,系统会及时发出预警信号,提醒施工人员采取加固措施,避免发生安全事故。

3.3 施工成本控制

施工成本控制是公路工程智慧功能区施工建设的重要目标。基于BIM模型的工程量计算与成本估算功能,结合GIS技术的地理空间数据,可对施工成本进行精细化管理。在BIM模型中准确统计各施工部位的工程量,并根据市场价格信息进行成本估算。例如,通过BIM模型可以精确计算土方开挖量、混凝土浇筑量、钢筋用量等,结合材料价格、人工成本等因素,得出准确的工程成本预算。结合GIS技术,分析不同施工方案在地理环境下的成本差异。例如,不同的场地布置方案会影响场地租赁成本、临时设施建设成本等;不同的运输路线会影响材料运输成本。通过对这些成本因素的分析,为施工成本控制提供决策依据,选择最优的施工方案。同时,在施工过程中,利用BIM+GIS平台实时监控成本变化情况,及时发现成本偏差并采取调整措施,实现施工成本的动态监控与优化。

4 基于 BIM+GIS 的运维管理技术

4.1 设施资产管理

设施资产管理是公路工程智慧功能区运维管理的基

础。利用BIM技术对功能区内的建筑物、设备、管线等设施进行高精度三维建模,详细记录设施的规格、型号、安装位置、使用年限等关键信息。BIM模型不仅以直观的三维形式呈现设施的外观和结构,还为每个设施赋予了丰富的属性数据,形成了一个全面的设施信息数据库。将BIM模型与GIS系统深度融合,实现设施资产的空间定位与可视化管理。通过GIS地图,管理人员可以快速查询设施的位置与状态信息。例如,当需要查找某一特定设备时,只需在GIS地图上输入设备名称或编号,系统即可精准定位设备位置,并显示其详细信息。这种精准定位与可视化管理方式,便于对设施进行日常维护、检修与更新。管理人员可以根据设施的使用年限和维护计划,提前安排维护工作,提高设施资产管理的效率与准确性,延长设施的使用寿命,降低设施故障率。

4.2 运营监测与分析

在功能区运营阶段,通过安装各类传感器(如交通流量传感器、环境监测传感器等),实时采集运营数据,并将数据传输至BIM+GIS平台。这些传感器如同功能区的“神经末梢”,能够全方位、实时地感知功能区的运营状态。结合BIM模型与GIS技术,对功能区的运营状态进行可视化展示与分析。例如,通过交通流量传感器采集的数据,在BIM+GIS平台上可以直观展示交通流量分布情况,管理人员可以清晰地看到哪些路段交通拥堵,哪些路段交通顺畅。同时,结合环境监测传感器采集的数据,分析功能区的环境质量变化,如空气质量、噪声水平等。通过数据分析,为运营管理提供决策支持。例如,根据交通流量分布情况,优化交通调度方案,合理调整信号灯时长,提高道路通行能力;根据环境质量变化,制定环境治理措施,如增加绿化面积、加强污染源管控等,提升功能区的运营效率与服务质量^[3]。

4.3 应急管理与决策支持

当公路工程智慧功能区发生突发事件(如交通事故、自然灾害等)时,BIM+GIS平台发挥着至关重要的应急管理与决策支持作用。平台能够快速整合突发事件相关信息,如事件发生位置、影响范围、周边资源等。基于BIM模型的三维可视化与GIS技术的空间分析能力,管理人员可以直观地了解事件现场情况,快速制定应急救援方案。例如,在发生交通事故时,通过BIM模型可以查看事故现场的设施布局、周边道路情况等,结合GIS技术的路径规划功能,合理调配救援资源,规划最优的救援路线。同时,通过平台实时监控应急救援过程,及时掌握救援进展情况,根据实际情况调整救援方案。这种快速响应与高效处置能力,能够最大程度地降低突发事件造成的损失,保障功能区的安全稳定运行。

结束语

综上所述,BIM+GIS技术在公路工程智慧功能区的全生命周期管理中发挥着不可替代的作用。从规划设计阶段的地形地貌分析、方案比选优化,到施工建设阶段的进度、质量、成本控制,再到运维管理阶段的设施资产管理、运营监测与应急决策支持,BIM+GIS技术的融合应用实现了数据的高效整合与智能分析,为公路工程智慧功能区的科学决策、精细管理与高效运营提供了坚实的技术支撑,有力推动了公路工程行业的数字化转型与智能化升级。

参考文献

- [1]鲍涛.BIM技术在公路品质工程建设中的应用[J].绿色环保建材,2020(10):83-84.
- [2]于飞.基于BIM+GIS技术的公路工程可视化管理平台[J].中国交通信息化,2021(09):30-34.
- [3]何鑫.BIM+GIS技术在公路工程中的应用研究[J].山西交通科技,2020(06):42-45.