

公路路线设计的创新方法与实践

胡春龙

中佑勘察设计有限公司综合设计院

DOI:10.12238/etd.v6i4.15472

[摘要] 公路路线设计是公路工程建设的基础,直接影响工程质量、造价及运营安全。针对吉林省吉林市民企在公路勘察设计中面临的地形复杂、气候特殊等问题,本文探索创新设计方法,将无人机测量、奥维互动地图等先进技术融入路线设计全流程,结合吉林地区实际案例,分析创新方法在提高设计精度、降低成本、适应北方气候等方面的应用效果。实践表明,这些方法可显著提升公路路线设计的科学性与经济性,为北方地区公路工程设计提供参考。

[关键词] 公路路线设计; 创新方法; 无人机测量; 奥维互动地图; 吉林地区

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Innovative Methods and Practices in Highway Route Design

Chunlong Hu

Comprehensive Design Institute, Zhongyou Survey and Design Co., Ltd.

[Abstract] Highway route design is the foundation of highway engineering construction, directly affecting the quality, cost, and operational safety of the project. In response to the complex terrain and special climate conditions faced by private enterprises in Jilin City, Jilin Province during highway survey and design, this paper explores innovative design methods, integrating advanced technologies such as unmanned aerial vehicle (UAV) measurement and Amap interactive map into the entire route design process. By combining actual cases in the Jilin region, the application effects of these innovative methods in improving design accuracy, reducing costs, and adapting to the northern climate are analyzed. Practice shows that these methods can significantly enhance the scientific and economic nature of highway route design, providing a reference for highway engineering design in northern regions.

[Key words] Highway route design; Innovative methods; UAV measurement; Amap interactive map; Jilin region

引言

吉林省吉林市地处东北平原向长白山过渡地带,地形以山地、丘陵为主,冬季寒冷多雪,最低气温可达 -30°C ,积雪期长达5个月,对公路路线设计提出了特殊要求。作为当地民营勘察设计公司,在承接公路项目时,需应对地形复杂、冻土区处理、冰雪天气行车安全等挑战。传统路线设计依赖人工测绘和经验判断,存在精度低、效率差、对特殊气候适应性不足等问题。

随着测绘技术的发展,无人机测量、地理信息系统(GIS)等技术为公路路线设计创新提供了可能。本文结合我公司的实践经验,探讨先进测量技术与路线设计的融合路径,通过案例验证创新方法的可行性,为北方地区同类工程提供借鉴。

1 公路路线设计创新方法的技术基础

1.1 无人机测量技术

无人机测量通过搭载高清相机、激光雷达(LiDAR)等设备,

快速获取测区三维地形数据,具有效率高、成本低、适应性强的特点。在吉林地区山区公路勘察中,无人机可克服人工难以抵达的区域限制,在冬季积雪初期完成测绘,此时积雪厚度较薄,不会对地形数据采集造成较大影响。其数据采集效率较传统全站仪测量提升5-8倍,点云数据精度可达厘米级,为路线平纵面设计提供精准基础资料^[1]。

在设备选择上,考虑到吉林地区冬季低温的特点,选用抗寒型无人机,其工作温度范围为 -20°C 至 50°C ,确保在寒冷天气下正常作业。同时,配备备用电池保温箱,避免电池因低温导致续航能力下降。例如,在吉林市永吉县的公路勘察中,使用大疆Matrice300RTK无人机,在 -15°C 的环境下,单次飞行续航仍能达到25分钟,满足了数据采集需求。

1.2 奥维互动地图的应用

奥维互动地图融合天地图、四维地球卫星影像、吉林一号

卫星图等多源地理信息,支持离线地图下载、坐标标注及路径规划。在路线方案比选中,设计人员可叠加遥感影像与地形数据,直观分析路线与沿线村镇、林地、冻土区的位置关系,尤其适用于吉林地区冬季无法野外作业时的室内方案优化,缩短方案论证周期30%以上^[2]。

该地图还支持导入吉林省的冻土区分布数据、水文数据等专业资料,便于设计人员在方案设计时避开不良地质区域。例如,在舒兰市县道前金线改造工程的路线设计中,通过奥维互动地图叠加当地的冻土区分布图,设计人员清晰地看到路线原方案将穿越一处季节性冻土区,随即对方案进行调整,避开了该区域,减少了后期路基冻胀的风险。

1.3 BIM技术与三维可视化设计

建筑信息模型(BIM)技术以其强大的参数化设计与三维可视化能力,成为公路路线设计革新的核心工具。在数字化设计流程中,工程师通过输入路线平纵面线形、路基横断面尺寸等关键参数,BIM系统可自动生成包含地形地貌、结构物等元素的高精度三维模型。利用模型的碰撞检测功能,能快速识别路线与既有构造物、地下设施间的空间冲突,将传统设计中难以发现的潜在矛盾前置解决。

以吉林地区复杂气候环境下的公路设计为例,BIM技术的气候模拟优势得到充分发挥。借助气象数据与地理信息耦合,BIM模型可动态模拟冬季积雪对路线通行的影响:通过分析不同坡度路段的积雪厚度分布,精准优化爬坡车道长度与坡度组合;基于弯道积雪滑移模拟结果,科学调整曲线超高值与护栏防护等级;同时,结合雪天视线盲区分析,合理规划避险车道间距与防滑路面铺设范围,为极端天气下的行车安全构建多维度保障体系。

在施工阶段,BIM技术的4D模拟功能(3D模型+时间维度)为项目管理带来革命性提升。在2021年国省干线危旧桥梁改造工程中,项目团队利用BIM模型整合地质勘察、管线探测等多源数据,对桥梁桩基施工进行全流程模拟。模拟过程中,系统实时显示施工进度与资源调配情况,成功预判出原设计方案中3号桥墩桩基与地下管道存在空间冲突。基于BIM模型的可视化分析,设计团队迅速调整桩基布置方案,同步生成变更后的施工图纸与工程量清单。通过施工模拟,不仅避免了可能因管线迁改导致的工期延误与经济损失,更通过虚拟建造验证了新型旋挖钻机的施工可行性,为后续类似工程积累了宝贵经验。

2 吉林地区公路路线设计创新实践

2.1 基于无人机测量的选线优化

以永吉县口前镇口前至红峰(四间水库段)农村公路改造项目为例,该项目全长5.145km,穿越低山丘陵区,沿线存在多处林地和冻土区。传统选线需人工徒步测绘,受冬季封山影响,工期延误风险高。采用无人机测量技术后:

- 数据采集:无人机沿路线走廊往返飞行3次,获取1:1000地形图和点云数据,同步标注冻土区边界、古树位置等关键信息。为确保数据的准确性,在飞行过程中,设置了多个地面控制

点,通过后期数据处理,提高了地形图的精度。

- 方案生成:基于三维地形数据,生成3套路线方案,通过坡度、填挖方量、环境保护等指标对比,选择对冻土区扰动最小的方案。其中一套方案因需要大规模开挖冻土区,被直接排除;另一套方案填挖方量较大,增加了工程成本;最终选择的方案在满足路线标准的前提下,最大程度地避开了冻土区和林地。

- 优化结果:采用无人机测量后,工程设计的选择空间得到显著拓展。传统测量模式下,往往是先初步选线再进行实地测量,受限于测量精度和效率,选线时难以全面掌握地形、植被等细节,容易出现偏差。而无人机的加入改变了这一逻辑——通过快速构建高精度三维模型,设计人员可直接在模型中反复推演选线方案,能更直观地预判地形起伏、植被分布等对路线的影响。

2.2 奥维互动地图与无人机在灾后道路重建中的应用

2023年舒兰市受第5号台风“杜苏芮”残余水汽北上和副高后部切变共同影响,吉林北部出现大范围强降雨。拉林河上游水库以1240立方米/秒最大流量泄洪,多重因素叠加造成舒兰市金马镇、开原镇和七里乡、小城等乡镇出现较大汛情,开原镇青松林场突发特大山洪。洪峰过后,受灾地区道路被冲毁,通讯信号中断,给救援带来极大困难。在这样的背景下,奥维互动地图与无人机在灾后道路重建中发挥了重要作用。

- 道路原始信息获取:奥维互动地图中存储的历史影像数据,成为了灾后道路重建的重要基础。借助这些历史影像,能够精准确定原有道路的位置、走向以及大致的宽度等信息。在受灾区域道路被冲毁、现场一片狼藉的情况下,为重建工作提供了明确的参考基准,让工作人员在复杂的灾后环境中能快速找到道路的原始轨迹^[2]。

- 现场数据采集与分析:无人机凭借其灵活便捷的特点,能够进入车辆和人员无法到达的受灾区域。通过无人机航拍,可获取道路损毁的详细图像和数据,包括道路冲毁的长度、宽度、深度,以及周边山体滑坡、泥石流等次生灾害的影响范围。将无人机采集到的现场数据与奥维互动地图的历史数据进行对比分析,能够初步判断山体滑坡的方量、道路损毁的严重程度等关键信息,为制定科学合理的重建方案提供了第一手资料。

- 重建规划与实施辅助:基于奥维互动地图提供的历史道路信息和无人机获取的现场数据,可对灾后道路重建进行精准规划。在地图上标注出需要重建的路段、桥梁位置,结合现场的地形地貌、水文条件等因素,优化重建路线。对于一些因山体滑坡、河道改道等原因需要调整路线的区域,根据无人机测量的坡度、高程等数据,确定新的路线参数,确保重建后的道路能够适应周边环境,保障行车安全。同时,在重建过程中,无人机可实时监测施工进度和质量,及时发现问题并进行调整,提高重建工作的效率和准确性。

2.3 BIM技术在冻土区路基设计中的融合

舒兰市县道前金线改造工程,路线全长53.55km,项目穿越季节性冻土地区,最大冻深达1.8m。采用BIM技术进行路线与路基协同设计:

•模型构建:将无人机测量的地形数据与冻土勘察数据整合,建立包含冻土层分布的三维模型。在模型中,清晰地展示了冻土层的厚度、分布范围等信息,为路基设计提供了直观的参考。

•参数模拟:模拟不同路基高度对冻胀量的影响,优化路基最小填土高度至1.2m,设置砂砾石隔温层。通过模拟发现,当路基高度为1.0m时,冻胀量较大,可能导致路面开裂;当路基高度增加到1.2m时,冻胀量明显减小,满足了设计要求。

•成本分析:通过BIM模型计算,创新设计虽增加隔温层造价30万元,但可减少后期冻胀修复费用150万元,全生命周期经济性显著。同时,该设计还减少了因路面维修造成的交通拥堵,提高了公路的通行效率。

3 创新方法的优势与应用条件

3.1 核心优势

•适应北方气候:无人机冬季测绘解决了吉林地区野外作业窗口期短的问题;奥维互动地图的气象数据叠加功能,提升了路线对冰雪天气的适应性。例如,在吉林市龙潭区的公路项目中,利用创新方法,在冬季完成了原本需要等到春季才能进行的勘察设计工作,提前3个月完成了项目投标。

•提高设计精度:无人机点云数据与BIM模型结合,使路线平纵面线形设计误差控制在5cm以内。在吉林市昌邑区的公路验收中,实际路线与设计路线的偏差最大为3cm,远低于规范要求的10cm,确保了公路的施工质量。

•降低企业成本:民营设计企业引入无人机测量技术后,在外业人员配置上可减少30%,工作效率也得到显著提升。以吉林市某民营设计企业承接的20km公路勘察项目为例,采用传统测量方法需配备8名外业人员,而改用无人机测量后,仅需5名外业人员即可完成同等工作量,人员数量减少了3名。这一转变不仅降低了人工成本,更因无人机的高效作业特性,加快了项目整体推进速度,大幅提升了勘察工作的效率^[3]。

3.2 应用条件

•技术培训:需对设计人员开展无人机操作、奥维地图数据分析等培训,确保数据处理能力。我公司与当地的职业技术学院合作,定期组织员工参加培训,邀请专业讲师进行授课和实操指导,使员工能够熟练掌握相关技术。

•设备配置:建议配备多旋翼无人机(续航30分钟以上)、专业点云处理软件(如ContextCapture)。同时,考虑到吉林地区的气候特点,配备必要的防寒设备,如无人机保温罩、电池保温箱等^[4]。

•政策衔接:需符合吉林省关于无人机飞行空域申请、林地

测绘许可等相关规定。在进行无人机飞行前,提前向当地空管部门申请飞行空域;在林地进行测绘时,办理林地使用许可手续,确保项目合法合规进行。

4 案例对比分析

4.1 传统方法与创新方法的设计指标对比

以永吉县口前镇口前至红峰(四间水库段)农村公路改造项目为例,两种方法的关键指标如下:

指标	传统方法	创新方法(无人机+奥维地图)
外业周期	10天(不含冬季停工)	3天
路线方案数量	1套	3套
冻土区避让率	60%	95%

从上述对比可以看出,创新方法在多个指标上都具有明显优势。外业周期的缩短,使得项目能够尽快推进;路线方案数量的增加,为选择最优方案提供了更多可能;冻土区避让率的提高,减少了后期公路病害的发生。

5 结论与展望

我公司组建了“空天地”一体化测量体系,无人机搭载高精度LiDAR设备,应对-30℃低温,结合奥维互动地图,攻克丘陵高程采集难题,三维点云效率提升400%,误差±5厘米。创新技术使设计周期缩40%,成本降65%,全生命周期维护成本减28%。未来拟建“无人机+物联网”监测网,推动产学研融合,建寒区实验室,攻关关键技术,形成自主技术体系^[4]。

[参考文献]

[1]彭四,刘吉明.公路勘察设计中无人机航测技术的应用[J].工程技术研究,2020,5(11):68-69.

[2]张跃君,刘振宇.奥维互动地图在公路工程中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2020(10):112-113.

[3]交通运输部.公路路线设计规范:JTG D20—2017[S].北京:人民交通出版社,2017.

[4]闫利.低空无人机遥感技术与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2022.

作者简介:

胡春龙(1985--),男,汉族,吉林四平人,本科,高级工程师,研究方向:道路桥梁设计。