

文章编号: 1674—8247(2021)06—0016—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.06.004

实景三维地形在复杂艰险山区铁路工程中的应用研究

周玉辉 谢 毅

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:为确保复杂艰险山区铁路的设计及运营安全,笔者结合实景三维地形技术在铁路工程中的应用进行研究与创新,构建全线实景三维模型,实现铁路线路的三维展示,初步实现了室内虚拟踏勘。并探讨在复杂艰险山区铁路勘察设计中,如何利用实景三维地形开展铁路选线设计,在运营阶段,如何利用实景三维地形对铁路附近的不良地质、铁路工程建筑物的施工信息、运营设备设施等进行数据采集,为复杂艰险山区铁路的实时信息管理提供技术支撑。

关键词:铁路工程;实景三维地形;铁路选线;不良地质;运营维护

中图分类号:U212,U285 **文献标志码:**A

A Study on the Application of Real Scene 3D Terrain in Railway Engineering in Challenging Mountainous Areas

ZHOU Yuhui XIE Yi

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: In order to ensure the design and safety of operation of railways in challenging mountainous areas, the author conducted researches and innovation on the basis of the application of real scene 3D terrain in railway engineering to construct a real scene 3D model of the whole line for realizing the 3D display of railway lines, and initially realizing indoor virtual reconnaissance. The author also discussed how to use real scene 3D terrain to carry out railway route selection design in railway survey and design in challenging mountainous areas, and how to use real scene 3D terrain to collect data of unfavorable geology near the railway, construction information of railway engineering buildings, operation equipment and facilities, etc., so as to provide technical support for real-time information management of railway in challenging mountainous areas.

Key words: railway engineering; real scene 3D terrain; railway route selection; unfavorable geology; operational maintenance

我国西部地区某复杂艰险山区铁路部分段落整体穿越了我国最长、最宽、最典型的南北向山系横断山脉,具有“显著的地形高差”、“强烈的板块活动”、“频发的山地灾害”、“敏感的生态环境”四大环境特征,沿

线山高谷深,人迹罕至,该铁路勘察设计建设周期长,线路所经大部分地区属于高寒、高海拔缺氧地区,不适合人类长期居住和工作,勘察设计、施工及运营维护难度极大^[1]。

收稿日期:2020-10-16

作者简介:周玉辉(1966-),男,教授级高级工程师。

基金项目:中铁二院工程集团有限责任公司科技发展计划项目(KSNQ202021)

引文格式:周玉辉,谢毅.实景三维地形在复杂艰险山区铁路工程中的应用研究[J].高速铁路技术,2021,12(6):16-19.

ZHOU Yuhui, XIE Yi. A Study on the Application of Real Scene 3D Terrain in Railway Engineering in Challenging Mountainous Areas[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(6):16-19.

1 实景三维地形技术

随着航空摄影测量技术和 Lidar 技术的不断发展,实景三维建模技术已日趋完善,逐步应用于国民经济建设各行各业。三维实景地形具有地表信息丰富、纹理真实、可量测等特点。中铁二院工程集团有限责任公司通过不断的探索,在铁路勘测设计中采用多源数据构建全线实景三维模型,实现了铁路线路的三维展示,能逼真再现现场实景,给人一种身临其境的视觉效果,并初步实现了室内虚拟踏勘,为铁路三维设计提供了一个很好的平台。

1.1 多源数据

(1)利用数码航空摄影获取高分辨率影像数据,利用 Lidar 摄影获取高精度的 Lidar 点云数据,采用点云影像融合三维重建技术将岩体、不良地质等物体的立体面纹理展示在地形场景上,逼真再现现场环境实景。

(2)结合三维激光扫描技术及近景摄影测量技术可获取铁路工程结构物外部及内部信息的高精度点云数据,实现工程结构物外部及内部结构实景。

1.2 技术原理

(1)摄影测量技术集成了 GNSS 技术、INS 技术、图像处理、摄影测量等一体的集成控制技术,基于倾斜影像,制作测区三维实景模型,以高精真的数据为测区提供有效的基础地理实景场景。

(2)运用飞行的载体搭载高精度定位定姿(PPOI)系统、前后左右及正下方多个方向镜头的倾斜摄影相机对测区进行全方位无控制测量,获取垂直影像 360°多个侧面可量测倾斜影像。所获取的倾斜影像具有全纹理、真环境、可视化、可浏览的特点。通过倾斜影像数据处理软件,进行调色、纠偏、校正、镶嵌、融合等系列处理,形成符合应用需求的三维实景地图数据。

(3)采用三维激光扫描技术获取特殊地形、地物、不良地质体、铁路工程实体及沿线设施高密度的三维激光点云数据和高清晰 360°全景影像数据,通过差分 GNSS/IMU 融合处理,得到三维激光移动扫描系统运行轨迹和姿态;分别将轨迹姿态数据与激光扫描数据、全景影像数据进行地理参考处理,可提取结构物的三维空间坐标^[2]。

1.3 技术特点

(1)利用实景三维平台能够实现坐标获取,距离、面积、体积量测,断面量测功能,能够加入常见的三维模型并设定属性数据,还能对模型进行坐标设定。

(2)基于 BIM 技术,通过设计要素进行桥涵、路

基、隧道等结构体模型数据库的构建;通过实景三维地形调度渲染和交互操作实现工程实景展示。

(3)实现基于实景三维地形铁路线路平纵面交互式及可视化设计系统的应用。

在此基础上,开展铁路工程设计、铁路工程外部及内部实景三维建模在技术上成为可能,可为铁路工程 BIM 正向设计的开发奠定理论和技术基础。

2 实景三维地形应用

2.1 实景三维地形制作流程

铁路工程线路长,属于长大带状区域地形范围,线路长度常常上百公里或上千公里。若全部采用倾斜摄影技术进行数据采集,工作量巨大,工期较长,很难满足工期要求,因此,为制作全范围、全区域的实景三维地形,铁路工程项目一般可按照以下流程进行数据采集及制作。

(1)利用 DMC III 空摄数码进行大范围、全域航空数码摄影。

(2)利用无人机 Lidar 和倾斜摄影对重点区域、不良地质范围进行实景数据采集。

(3)航飞外业和外控完成后,用 ContextCapture 等软件进行空三加密(导入摄影数据、设置坐标系统、控制点量测等),然后做影像密集匹配,构建三角网格、不规则三角网(TIN)。

(4)提取影像对应的纹理,对不规则三角网(TIN)白模做纹理映射贴合,形成实景三维模型、格式转换等^[3]。

2.2 实景三维地质信息地形图

根据区域地质及现场调绘的地质信息将控制选线的重点工程、滑坡、堆积体、岩堆、顺层、断层、溶洞、特殊岩土工点、重要地质界线等地质点的工程地质特征(包括地层、岩性、地质构造及地震动参数)与实景三维模型进行融合处理,形成具有地质信息内容的实景三维地形图^[4],以供铁路进行三维选线设计。

2.3 实景三维地形图应用

(1)实景三维地形数据具有现势性强、精度高的特点,用于地形点、地物特征点三维坐标的提取。

(2)实景三维地形场景构建,实现目前常见三维地球的基本功能。

(3)实景场景下的多维度量测计算应用,为实景地形的专业化应用提供地学计算能力和交互绘制能力。

(4)可提供高分辨率的实景三维地形图供设计单位进行选线和调查,制作拆迁实景影像资料,在室内就

可对全线的地物及其属性一目了然,包括沿线的经济作物普查、用地估算、房屋拆迁等专项调查,辅助平面高程控制网测量及管理^[5]。

2.4 二三维联动设计

采用基于二三维混合结构的实景三维地形可视化GIS展示系统,展示铁路勘测设计中的各种数据信息,其中二维与三维可视化的多个视图场景之间的互动关联是其关键技术问题,其核心在于二维地图与三维球之间坐标系的唯一对应。利用地理坐标的一致性实现二维CAD地图与三维实景地形图的一致性控制,通过指令信息响应的机制实现二维窗口与三维场景的视觉展现效果。当三维场景中改变显示范围时,在二维窗口显示对应的地形位置;在二维地图上改变位置时,在三维窗口中显示对应的范围。在三维场景中进行目标属性信息查询时,二维场景的对应目标也高亮显示^[6]。二三维联动实现机制如图1所示。

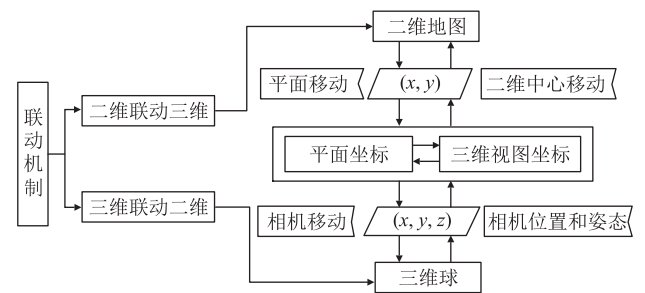


图1 二三维地图互响应联动机制图

2.5 铁路选线设计

2.5.1 三维实景选线技术路线

复杂艰险山区人迹罕至,地形地质条件复杂,采用实景三维地质信息地形图进行铁路选线设计的可有效提高铁路勘测设计的效率和质量,实现铁路减灾选线,并有效提高铁路勘测设计的信息化程度,是铁路勘测设计的发展方向^[7],其技术路线如图2所示。

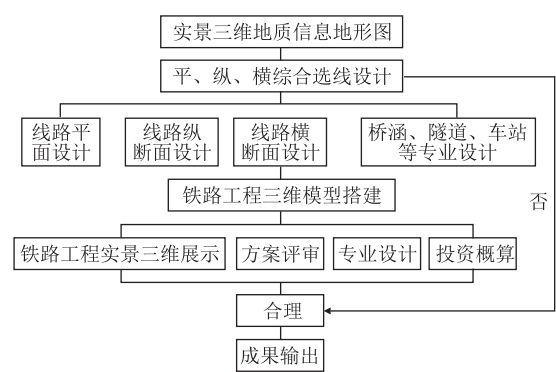


图2 技术路线图

2.5.2 方案研究设计

(1)在实景三维地形上进行方案设计时,由于地形真实性高、场景逼真,能够直观地判明不良地质范围,确定线路方案走向。

(2)在进行线路纵、横断面设计时,从实景三维地形上提取地面高程点,能直观地判释树林、沟谷、倒悬等复杂地形地貌,并可直接量测树高,提取地面高程点,避免了二维地形图剔除树高的误差(二维地形采用剔除平均树高进行地形等高线的绘制),因此采用实景三维地形进行纵、横断面设计的精度优于二维地形图。

(3)研究铁路线路以及桥梁、隧道、站场的三维建模方法,实现三维环境下实时动态交互式浏览线路方案;基于三维场景,实时提取线路、桥梁、隧道、站场等勘测设计信息。

2.6 BIM工程实景展示

在铁路线勘测设计阶段,中铁二院工程集团有限责任公司完成了两万余平方公里的实景三维地形制作,在某铁路项目的金沙江桥位方案设计中发挥了重要作用。该桥位置地形复杂,交通极其困难,人迹罕至,设计人员利用实景三维地形逼真再现了现场环境,进行线路方案设计和桥梁孔跨样式三维建模^[8],为稳定线路方案发挥了重要作用。

基于BIM技术,建立桥梁、隧道、轨道、路基、站场等工程数据库,动态展示规划设计实施后的工程实景模型。

3 运营维护

3.1 制作实景三维地形的竣工图

3.1.1 数据采集

在铁路竣工后,用无人机Lidar倾斜摄影,在设计阶段实景三维地形的基础上制作实景三维地形竣工图。全线采用无人机Lidar、倾斜摄影、三维激光扫描技术对工程实体进行摄影及扫描,摄影及扫描范围主要包括以下内容:

(1)路基工程:路基主体工程、路基挡护工程、路基附属工程等。

(2)桥涵工程:桥面工程、桥梁立面工程、桥梁墩台工程、涵洞立面工程等。

(3)隧道工程:隧道洞口结构工程、隧道取弃土场等。

(4)附属设施:供电工程设施、通信信号设施及其他管理设施等。

(5)铁路附近的不良地质:重大断层、滑坡体、堆

积体、危岩落石区域等。

铁路竣工后,在静态验收时,可采用以轨检小车为载体的车载三维激光移动扫描技术,以6 km/h行车速度对全线进行移动扫描测量,根据点云数据,提取铁路工程构筑物、铁路中心线坐标、轨面高程及轨道沿线设施等^[9],建立“初始点云数据库”。

3.1.2 制作实景三维地形

(1)为实现铁路信息化管理,实景地形图主要包括施工图设计信息、铁路工程建筑物的施工信息、运营设备设施信息等以及建立运营维护信息管理数据库。

(2)通过移动三维扫描,制作实景三维竣工图(外部及内部实景三维图)^[10],为数字铁路做好数据储备。

3.2 运营评价

在铁路沿线,特别是当线路途经高寒、高海拔缺氧、不适合人类长期居住及工作地区时,要创新检测评价方法。

3.2.1 工程评价

(1)在运营期间,可结合铁路GNSS连续运行参考站(CORS)网络采用三维激光扫描仪、无人机定期对重点工程、地质敏感点等进行“空、天、地”一体化定期巡检^[11],巡检流程如图3所示。

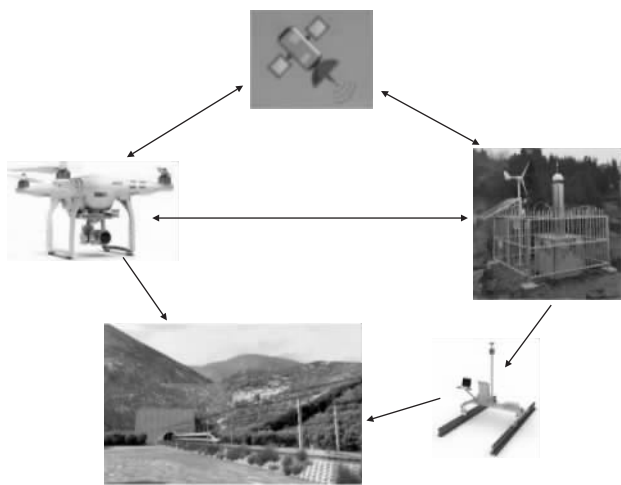


图3 “空、天、地”一体化检测示意图

(2)利用摄影数据,制作巡检实景三维地形,对路基挡墙、桥梁墩台、涵洞、隧道洞口等工程实体的外观、工程结构进行评价。

3.2.2 安全性评价

采用三维激光扫描测量定期对铁路轨道、隧道、路基防护等工程进行检测。采用移动扫描的方式进行,移动检测速度按照4~6 km/h进行,以100万点/s高速采集覆盖隧道内壁的扫描点云信息,一次扫描可获取结构变形、影像资料、隧道净空断面等成果。

(1)将每次运营维护扫描点云数据与在竣工阶段建立的“初始点云数据库”资料进行对比,即可评价隧道变形量,绘制隧道变形趋势图,隧道评价质量。

(2)利用高精度点云数据,提取轨道几何参数、三角坑、超高、欠超高数据等,评价轨道的平顺性。

(3)利用高精度点云数据,提取轨道周边管理设施,评价安全管理措施是否满足运营要求。

3.3 建立实景三维空间信息系统平台

3.3.1 信息平台规划

铁路建设周期长,一些复杂艰险山区铁路的工期常常在十年以上,因此,在可行性研究、初步设计和施工图设计阶段建立全线统一的三维空间信息平台尤为重要。在项目启动之初,需作好建立全线统一维、三维空间信息管理平台的规划。

3.3.2 运营信息平台

(1)项目竣工后,对竣工图、环境保护等内容进行三维建模,并纳入设计文件、施工日志等文件内容。

(2)根据竣工后的“初始点云数据库”及三维实景地形,进行轨道设施、运营设施、管理设施等系统的三维建模^[12]。

(3)在铁路全生命周期中,采用先进的云平台微服务架构,构建高性能的时空大数据软硬件平台,提供智能化的空间数据及其处理服务,为智能铁路建设奠定基础^[13]。

4 结论

本文通过对实景三维地形在设计及运营维护方面的应用探讨,主要得出以下结论:

(1)在铁路勘测设计阶段,结合地质信息,采用实景三维地形开展二维、三维联动铁路选线设计,技术可行。

(2)铁路在运营阶段,采用非接触式“空、天、地”一体化检测方法是可行的。

(3)为建设智慧、数字铁路,建立实景三维空间信息管理系统管理平台非常必要^[14]。

(4)面对复杂艰险山区极其复杂的自然条件,为后期运营提前做好测绘新技术的应用研究很有必要。

参考文献:

- [1] 中铁二院工程集团有限责任公司. 川藏铁路可行性研究报告[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2018.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Report of Feasibility Study of Sichuan-Tibet Railway [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2018.

(下转第46页)