

高速公路改扩建树木本底信息数智调绘方法与实践

宋昭富¹, 王 肖², 关泳妍²

(1. 广东省公路建设有限公司, 广东 广州 510000; 2. 广州天勤数字科技有限公司, 广东 广州 510000)

摘要: 为解决高速公路改扩建时传统树木调查效率低、风险高、精度不足等问题, 探索高效精准的技术方法, 并应用于工程实际。以广深高速公路改扩建项目作为研究对象, 采用“无人机+机载LiDAR”调查方法, 生成高精度正射影像与三维点云, 结合语义分割实现单木提取、树种识别及参数解译, 并建立树木本底调查数据库。结果表明: (1) 树木数量调查与树种识别平均准确率达97%, 2个月内高效完成东莞市、深圳市段10万余株树木调查; (2) 基于调查成果优化审批流程, 申报数量由10万株核减至6万株, 显著提升审批效率; (3) 有效降低高速公路涉路作业安全风险, 相关许可已获批, 为同类工程提供了可复制的实践参考。

关键词: 高速公路改扩建; 树木本底调查; 无人机+LiDAR

中图分类号:

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)09-0158-04

Method and Practice of Digital-Intelligent Surveying and Mapping for Tree Background Information in Expressway Reconstruction and Expansion

SONG Zhaofu¹, WANG Xiao², GUAN Yongyan²

(1. Guangdong Provincial Highway Construction Co., Ltd., Guangzhou 510000, China; 2. Guangzhou Tianqin Digital Technology Co., Ltd., Guangzhou 510000, China)

Abstract: In order to solve the problems of low efficiency, high risk and insufficient accuracy of traditional tree surveys in expressway reconstruction and expansion, the efficient and accurate technical methods are explored. Taking the Guangzhou - Shenzhen Expressway Reconstruction and Expansion Project as the research object, the “unmanned aerial vehicle + Airborne LiDAR” survey method is adopted to generate high-precision orthophoto images and 3D point clouds. Combined with semantic segmentation, single-tree extraction, tree species identification and parameter interpretation are realized, and a tree background database is established. The result shows that (1) the average accuracy rate of tree quantity survey and tree species identification reaches 97%, and the survey of over 100,000 trees in Dongguan City and Shenzhen City has been completed efficiently within two months. (2) Based on the survey results, the approval process is optimized, and the declared quantity is reduced from 100,000 to 60,000 trees, which significantly improves the approval efficiency. (3) The relevant permits have been approved to effectively reduce the safety risks of road-related operations on expressways, providing replicable practical references for similar projects.

Keywords: expressway reconstruction and expansion; tree background survey; UAV + LiDAR

0 引言

为贯彻落实《中华人民共和国公路法》^[1]、《广东省交通运输厅关于公路路政许可的实施办法》^[2]、《广东省城市绿化条例》^[3]关于工程建设处理树木要求, 进场施工前严格开展树木调查、完成树木处理方案申报并取得施工许可。高速公路改扩建工程传统树木调查^[4-8]在运营高速附近作业风险高、效率低、

成果精度不均, 难以达到现代智慧工程标准。同时, 有关高速公路树木审批规范等文件发布时间短, 关于高速公路改扩建项目树木处理申报例子较少, 申报途径等尚未完全成熟。

本文提出的“无人机+机载LiDAR”方法^[9-11], 通过空地协同遥感实现沿线树木非接触、高精度、批量化采集与智能识别, 在规避人工作业安全风险的同时提升效率与准确性。基于该方法开展树木处理申报工作^[12], 梳理各市申报途径, 可为改扩建项目树木调查与申报提供借鉴。

收稿日期: 2026-03-25

作者简介: 宋昭富(1995—), 男, 硕士, 从事高速公路建设管理工作。

1 工程概况

如图 1 所示,广深高速公路改扩建项目全长约 118.2 km,纵贯广州、东莞及深圳市。广州段通过人工调查已先行完成树木保护专章和申报工作,本文

选取东莞段和深圳段作为研究区域,上述路段路域环境复杂,树木繁茂交错。通过在该区域内开展“无人机+机载 LiDAR”融合的树木调查研究,系统验证所提出方法在复杂高速公路改扩建场景下的适用性与实用价值。



图 1 项目总体概况图

2 调绘方法论设计与应用方案

2.1 方法论设计

本文研究设计了一套针对高速公路改扩建场景的树木数智化调查方法(见图 2)。通过融合无人机影像与机载/地面 LiDAR 数据,构建高精度正射影像与三维点云模型。在此基础上,利用语义分割技术智能识别树种,并通过点云解译自动测量树高、冠幅、胸径等参数,最终在 GIS 平台^[13-14]实现树木信息的一体化管理,以验证在复杂路域环境中的实用价值。

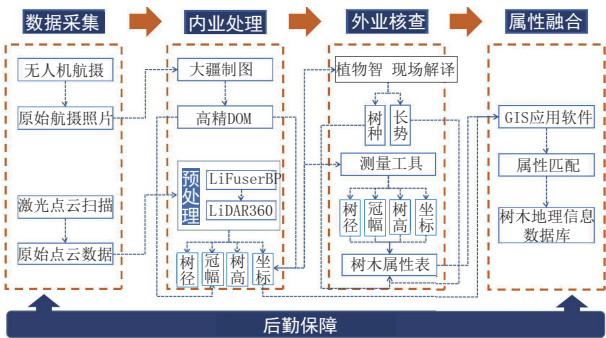


图 2 调绘方法论总体设计

2.2 空间数据建模

通过标准化设定航高、航速、无人机、航向和旁向重叠度等参数,以获取满足测绘要求的高分辨率影像数据(见图 3)。并基于原始影像及其内置参数开展空三模型重建,生成地面分辨率约 3 cm 的高精正射影像。

三维点云建模则采用机载 LiDAR 与地面手持 LiDAR 相结合的协同方式。数据处理阶段使用 LiFuser-BP、LiDAR360 分别对机载与地面 LiDAR 数

据进行噪声剔除、配准、分类与归一化处理,并通过空间配准与数据融合实现多源点云的统一整合,累计解译 LiDAR 点云数据文件约 1 TB(机载+地面)。

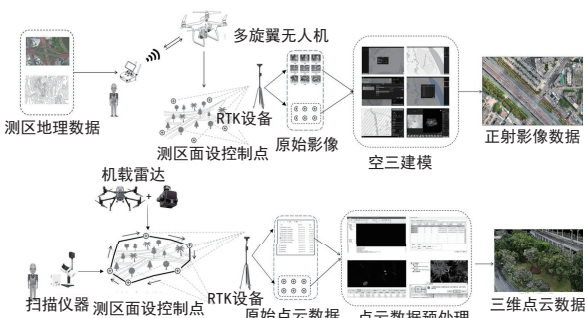


图 3 空间数据采集与建模流程

2.3 树种智能识别

树种识别使用语义分割网络^[15]提取树木冠层空间轮廓并进行标准化切片处理,使每个影像切片对应一株独立单体,并完成单体编号及切片中心点坐标提取。在完成树木单体划分与数量统计的基础上,将生成的树冠切片数据批量导入树种智能识别软件“植物智”,利用影像纹理与形态特征完成树种自动识别(见图 4)。

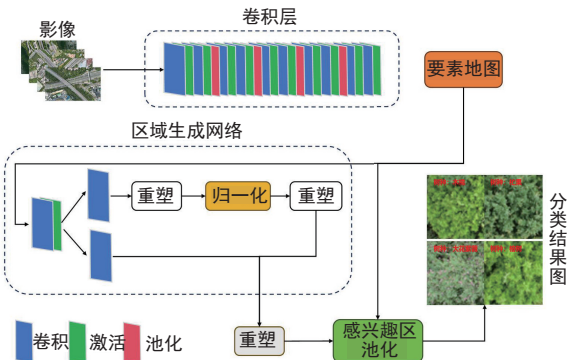


图 4 树种智能识别逻辑图

2.4 树木参数标绘及复核

树木参数测量基于机载与地面 LiDAR 融合点云数据开展,通过解译技术自动提取单木的树高、冠幅和胸径(见图5)。为验证精度,在智能识别与参数提取后,对成果进行了野外复核验证。通过抽检比对实测数据,校准了自动测算结果,确保了胸径关键参数的可靠性,形成了从数据采集到成果验证的完整技术闭环。

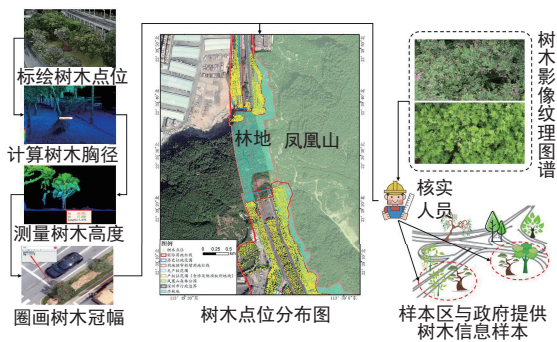


图5 内业标绘与外业复核

2.5 空间参数一体化管理

本文依托地理信息系统平台构建树木信息数据库。该平台以空间数据库为核心,实现空间数据与属性数据的统一组织与协同管理。通过前期获取的高速公路沿线正射影像^[16]、树木坐标及参数,分别作为建库所需的栅格数据、点矢量数据和点属性数据,构建形成树木信息数据库。

3 调绘结果与分析

本文选取桥梁段、互通立交段及路基段作为典型样区,将“无人机+LiDAR”获取的树木数据与前期人工测量结果进行对比分析,验证树木数智化调查方法的准确性与可靠性。结果显示,各样区数智化调查成果与人工核查数据保持高度一致(见表1)。

表1 数智化树木调查参数对照

区域	树木数量			树木种类		
	数智调查	人工核查	准确率	数智调查	人工核查	准确率
K55+500-K56(桥梁段)	120	122	98%	8	8	100%
K59+600-K60(互通立交)	2 183	2 245	97%	19	20	95%
K100+200-K100+500(路基段)	390	401	97%	16	16	100%

综上,沿线树木参数与树种识别的平均准确率均达到约97%,验证了数智化调查方法在高速公路复杂环境下获取树木信息的高效性与可靠性。该结果为树木处置方案编制、申报材料组织及后续审批工作提供了精准的数据支撑,有效地提升了改扩建

项目树木调查与处理的科学化水平。

4 采伐行政许可申报

4.1 行政许可申报

该项目途经广州、东莞、深圳三市,各市关于高速公路改扩建工程树木申报的相关规定存在一定差异,给树木报批工作带来了一定的协调难度。为此,本文系统梳理各地在树木迁移、砍伐及保护等方面的具体管理要求与审批流程,明确申报材料组织要点与办理路径,在此基础上汇总形成各市树木申报方式(见表2)。另外,林木采伐许可已在林地使用许可环节同步办理,本文不再另行赘述。

表2 广深改扩建项目沿线各市树木处理申报方式

市	种类划分	审批范围	审批单位	管养与补种
广州市	护路林	改扩建红线内	广州市交通局	迁移至指定地块或高速互通范围,项目后迁回高速绿化范围。根据砍伐数量补种10~15 cm 宫粉紫荆
		改扩建红线与公路用地线交叉地块(非行道树)	东莞市交通局	迁移至地方指定范围或高速互通内,管养12个月后再不再回迁。根据省交通厅批复的绿化方案进行补种
东莞市	城市树木	改扩建红线内市政行道树	镇/街/市城管局	同上
		改扩建红线与公路用地线交叉地块(非城市树木)	深圳市交通局	自行寻找迁移地,按12个月养护期进行永久迁移。根据省交通厅批复的绿化方案进行补种
深圳市	城市树木	改扩建红线内市政城市树木	区/市城管局	自行寻找迁移地,按6个月养护期进行永久迁移。根据省交通厅批复的绿化方案进行补种
		改扩建红线内市政行道树	区/市城管局	同上

4.2 树木优化

本项目东莞、深圳段共调查约10万棵树木,为进一步精准上报树木数量,通过查阅各地级市关于外来和低效的树种的管理规定,结合专家意见将较小胸径、病树、部分低效及外来入侵树种(如银合欢)纳入公路管养范畴进行清理,不另外进行上报审批。根据树木申报的最新进展,预计上报数量约6万棵,比实际调查数量减少4万棵,有效降低了审批压力。

5 结 语

(1)采用“无人机+机载 LiDAR”数智化方式调查了广深高速东莞段和深圳段10万多棵树木位置、树种及参数等,同步建立树木信息数据库,为该项目的

树木处理申报提供有力支撑。

(2)通过梳理广州市、东莞市、深圳市关于城市树木和护路林的申报流程和管理要求,汇总各市关于高速公路改扩建项目树木处理申报途径、审批范围、管养和补种要求等,为类似项目提供重要借鉴意义。

(3)基于树木调查数据及梳理树木处理申报方式等成果,目前广深高速改扩建项目广州段、东莞段护路林及东莞互通城市绿化树木的施工许可已顺利办结。其中,东莞麻涌至南城段护路林更新采伐许可,是东莞市交通运输局首例审批,为东莞市后续高速公路改建项目的审批与实施树立了标杆范例。深圳段先行段护路林已通过首次专家评审,深圳市段树木的申报工作正加快推进。同时,查阅有关树木管理规定,全线优化核减约4万棵树木,提高了审批效率。

(4)创新性将地“无人机+机载 LiDAR”数智化树木调查方式应用于广深高速改扩建项目东莞段和深圳段,累计调查时长仅2个月,较人工清点方式显著地提升了调查效率。同时,有效减少人工上路及进入厂区的调查频次,降低了涉路作业安全风险和现场协调难度。

参考文献:

[1] 中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会.中华人民共和国公路法[Z].北京:中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会,2017(6):912-919.
[2] 广东省交通运输厅关于印发公路路政许可实施办法的通知[N/OL].

广东省人民政府公报.(2022-09-02)[2026-02-06].https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2022/27/content/post_4023966.html.
[3] 广东省城市绿化条例[Z/OL].广东省人民政府.(2023-11-27)[2026-02-01].https://www.gd.gov.cn/zwgk/wjk/zcf/gk/content/post_2532101.html.
[4] 颜玉霞,王记祥.诸暨市体育公园园林树木病害调查简报[J].安徽林业科技,2020,46(2):51-54.
[5] 任紫燕.安康市江南城区园林树木调查与评价[J].陕西林业科技,2019,47(4):32-35;44.
[6] 王六如,尹洪波.新型便携式树木测高仪 DZH-30 在森林资源调查中的应用[J].林业资源管理,2019(6):132-136.
[7] 赵莲花,冯强,龚葵,等.信阳市城郊征地拆迁树木调查方法研究[J].绿色科技,2019(1):62-64.
[8] 邹福生.上海古树名木(后续)资源现状调查与分析[D].上海:上海交通大学,2017.
[9] 邓志豪,邱奎元.手持三维激光扫描仪在树木调查中的应用[J].北斗与空间信息应用技术,2025(6):90-92.
[10] 闫育超,宋康明.基于倾斜摄影测量技术的树木调查方法[J].工程技术研究,2025,10(20):214-216.
[11] 李潇,马力.无人机倾斜摄影与三维激光扫描在校园微改造中的应用[J].测绘通报,2024,(增刊2):143-145.
[12] 拓斌雄.改扩建土地报批对建设成本的影响及对策[J].中国公路,2024(19):56-58.
[13] 刘广亮.基于 RS 和 GIS 的吴起县森林资源现状调查与分析[D].咸阳:西北农林科技大学,2008.
[14] 张磊.基于 GIS 技术的城市森林生态效益研究[D].合肥:安徽农业大学,2008.
[15] 赵维恒.基于深度学习的高分辨率遥感影像语义分割方法研究[D].西安:长安大学,2024.
[16] 宋明彦.低空数字航空摄影正射影像生产过程与质量控制技术[J].数字技术与应用,2025,43(12):153-155.

(上接第 138 页)

路(二环路—三环路)改造工程为研究对象,通过系统分析现状交通特性,采用“节点突破、通道扩容、系统协同”的设计思路,经多方案比选确定了长出短进组合隧道方案,重点解决了潮汐交通流快出慢进、断面布置优化、公交站点整合等关键技术问题。研究结果表明,推荐方案可有效提升道路通行能力与服务水平,实现了交通改善与工程可行性的有机统一。该研究成果不仅为科华路改造工程的实施提供了技术支撑,也为同类城市建成区存量道路改造提供了有益借鉴。

参考文献:

[1] 李少杰,王万鹏,邢竞争.城市更新背景下的道路改造策略与工程实践[J].城市道桥与防洪,2024(11):34-37;58.
[2] 车风.城市更新背景下的快速路功能提升关键技术研究——以上海市外环普陀段交通功能提升为例[J].城市道桥与防洪,2024(4):1-5.
[3] 黄丽娜.城市更新路网的道路改造提升设计难点重点分析[J].交

通科技与管理,2023,4(13):39-41.
[4] 陈超,高翔.城市主干路交通提升改造的建设性策略研究[J].城市道桥与防洪,2025(6):40-43.
[5] 高旺生.城市主干路快速化改造的策略及案例分析[J].城市道桥与防洪,2023(6):9-11.
[6] 梁茂平.交通性主干路升级改造总体设计探讨[J].工程技术研究,2021(13):207-209.
[7] 姚亚庆,周红霞.城市更新背景下交通综合治理路径研究[J].城市道桥与防洪,2024(9):26-28;48.
[8] 陈丽甜,顾庆福.城市更新背景下旧城区道路交叉口改造方案研究——以揭阳天福东路下穿隧道为例[J].城市道桥与防洪,2025(9):85-89;98.
[9] 付海洋,王滢宇.城市更新中道路改造设计原则和要点分析[J].建筑设计管理,2022,39(11):63-67.
[10] 庞传建.城市主干路拓宽改造设计的新思路[J].中国市政工程,2020(4):10-13.
[11] 中国铁路成都局集团有限公司.中国铁路成都局集团有限公司涉铁工程管理办法(成铁办〔2024〕248号)[Z].成都:中国铁路成都局集团有限公司,2024.