引文格式：吴幼丝,杜顺季,刘梁美子. 面向建设工程的树木调查测绘技术研究和应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(7): 105-108. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.07.026

面向建设工程的树木调查测绘技术研究和应用

吴幼丝[1,2]，杜顺季[1,2]，刘梁美子[1,2]
（1. 广州市城市规划勘测设计研究院，广东 广州 510060；2. 广东省城市感知与监测预警企业重点实验室，广东 广州 510060）

摘　要：城乡建设绿色发展新格局下，树木调查评估已成为各建设项目开发报建的必要工作。区别于传统林业调查，利用高分辨率低空正射影像、三维模型等新产品提高调查效率，并结合传统仪器和简便方法获取树木参数信息，定制开发移动调查App和EPS自动化制图工具，实现了内外业一体化。实践证明，该树木调查测绘技术简便高效、成果丰富、可读性强，可为建设工程领域的树木调查提供有效借鉴。

关键词：建设工程；精细化；树木调查；信息化；简便
中图分类号：P231　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）07-0105-04

Research and Application of Tree Investigation Surveying and Mapping Technology for Construction Engineering

WU Yousi[1,2], DU Shunji[1,2], LIU Liangmeizi[1,2]
(1. Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou 510060, China;
2. Guangdong Enterprise Key Laboratory for Urban Sensing, Monitoring and Early Warning, Guangzhou 510060, China)

Abstract: Under the new pattern of urban and rural construction green development, tree investigation and evaluation has become a necessary work for the development and construction application of various construction projects. Different from traditional forestry investigation, we made full use of new products such as high-resolution low altitude orthophoto and 3D models to improve the efficiency of investigation, combined traditional instruments with simple methods to obtain tree parameter information, and carried out customized development of mobile investigation application and automated mapping tool based on EPS software, realizing the integration of internal and external industries. The practical application shows that the tree investigation surveying and mapping technology is simple and efficient, has rich results and strong readability, and provide effective reference for tree investigation in the field of construction engineering.

Key words: construction engineering, refine, tree investigation, informatization, simple and convenient

当前，同步推进物质与生态文明建设，落实碳达峰、碳中和成为国家战略，尤其是2021年8月以来，中共中央和国务院等部门密集出台了《关于推动城乡建设绿色发展的意见》《关于在城乡建设中加强历史文化保护传承的意见》等多份重要文件，提出“构建新发展格局，建立城乡建设绿色发展体制”、“坚持保护优先、不砍大树”。以广州市为代表的部分城市，已将树木调查评估补充确定为各类建设项目控制性详细规划调整、城市更新项目片区策划方案、立项和设计方案等开发报建审批阶段的必备工作。目前树木调查主要集中在古树名木的单木测量和传统大范围的林业调查，因此急需开展面向建设工程的精细化树木调查研究，精确快速地获取工程范围内树木的位置[1]、胸径、树高、树冠、品种、数量等信息。树木调查包括全面调查、抽样调查、典型调查和资料调查[2]，如通过已知距离和几何关系可测算树木高度[3-5]；利用高分影像与激光点云的优势，可提高单木定位的准确性[6]；通过影像识别树木根部、标牌、树冠，进而量测树高、树冠和胸径[7-8]；开展胸径快速提取研究[9-10]；基于欧氏聚类和PCA特征提取进行单棵树提取和参数估计，并通过深度学习算法进行树木检测与分类[11]。本文主要针对建设工程各阶段树木调查颗粒度更细（涉及胸径≥5 cm）、调查范围更广、精度要求更高的工作要求，研究精细化的树木调查测绘技术，对乔木开展相关工作。

收稿日期：2022-03-21；修回日期：2022-07-04。
项目来源：广东省城市感知与监测预警企业重点实验室基金资助项目（2020B121202019）；广州市城市规划勘测设计研究院科技基金资助项目（RDI2220201028）。
第一作者简介：吴幼丝（1990—），硕士研究生，工程师，注册测绘师，研究方向为摄影测量与遥感，E-mail：yousiwu@whu.edu.cn。

1 调查内容与技术路线

树木调查主要包括位置测量、胸径测量、树种调查、树高测量、冠幅测量、生长状况调查、权属情况和保护设施现状调查等内容。本文主要对范围内胸径≥5 cm的乔木现状进行摸查，充分利用已有高精度正射影像、三维模型、1∶500地形图等数据，严格依据国家、省市有关法规和文件要求，借助卫星定位、信息化等技术手段，通过外业测绘与调查、内业数据整理完成树木调查测绘工作。总体技术路线见图1。

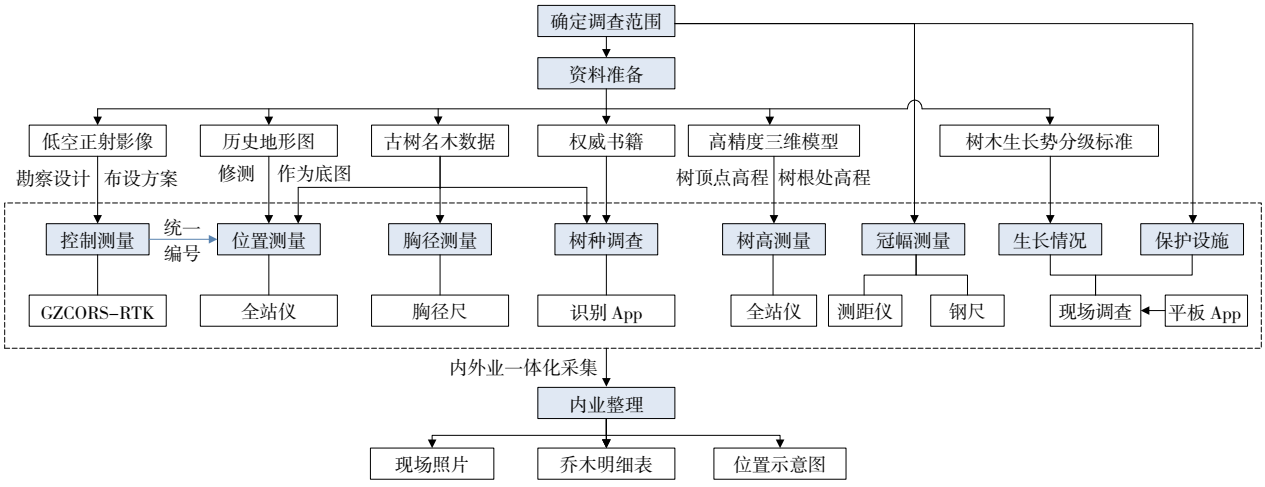


图1 树木调查测绘作业流程图

2 调查过程

2.1 准备工作

除历史地形图、古树名木数据、权威书籍等树木调查涉及的传统资料外，本文充分利用已有近期高分辨率低空正射影像、三维模型等新产品，直观获取调查地块的树木现势信息和分布情况。调查工具包括RTK、全站仪、胸径尺、测距仪等常规仪器，基于深度学习的树种智能识别App以及自主研发的树木调查内外业一体化移动App与EPS自动化制图工具。

2.2 树木测绘与调查方法

1）可视化现势性信息辅助下的快速控制测量。为定位乔木的空间位置，需开展控制测量。乔木包括行道树、散树、连片成林等，分布零散无序，传统作业中通常进行地毯式踏勘避免遗漏，费时耗力，1 d仅覆盖0.5 km^2。因此，本文充分利用现势性较强的可视化正射影像和三维模型，叠置调查范围进行内业快速“踏勘”分析，勘察设计控制点布设方案，0.5 km^2一般耗费2 h，且可全覆盖树木调查对象，大幅提高进场作业效率。

2）解析法与丈量法相结合的乔木位置测量。与传统作业模式相同，该方法在道路、球场、广场等通视条件较好的地方，通过全站仪以解析法获取乔木位置坐标；在小巷、小院等乔木位置隐蔽、遮挡较多、架设仪器存在困难的地方则以地形图为参考，通过丈量乔木与周边建（构）筑物间距来获取乔木位置。采用丈量法时，需先对乔木周边长期存续的建（构）筑物进行点位精度检测。

3）多源参考比对的乔木树种调查。树木种类对后续树木保护利用具有重要参考价值，本文主要采用中科院植物研究所分类图库开发的深度学习植物智能识别App“花伴侣”与权威书籍《植物分类学》等比对的新方法进行树种确认，可提高现场识别树种效率，并留存乔木照片进行复核。

4）内外业结合的乔木树高、冠幅测量。若通视条件较好，则可利用全站仪外业测量树顶碎部点 A 与地面碎部点 B，获取枝叶结构较稀疏、三维重建树梢缺漏较严重的乔木高度（图2）。

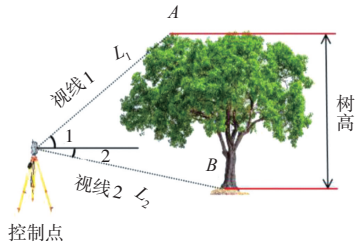


图2 全站仪测量树高示意图

$$\begin{cases} H_A = L_1 \times \sin(\angle 1) \\ H_B = L_2 \times \sin(\angle 2) \\ H = H_A - H_B \end{cases}$$

式中，L_1 为全站仪距离点 A 的长度；L_2 为全站仪距离点 B 的长度；$\angle 1$ 为视线1与水平线的夹角；$\angle 2$ 为视线2与水平线的夹角；H 为树高；H_A 为视线1的垂直高度；H_B 为视线2的垂直高度。

若乔木分布零散易辨认，枝叶结构较密集，可通过高精度三维模型内业直接量取树高、冠幅（图3），该模式速度快、人工成本低，根据实际经验，每人每天平均可量取300棵树木；其他情况则通过外业测距仪估测、目视估计等方式量取。

5）标准化采集的乔木照片。在实地调查过程中，由于场地限制或树木自身生长因素，难以近距离拍摄树木枝叶、花、果实等明显部位时，可采集树木周边落叶进行拍摄。



图3　通过高精度模型量测树高冠幅

2.3　内外业一体化采集

根据要求每棵树木需保存全景与特征照片，并出具调查报告。为提升作业效率与成果质量，本文一方面通过dart语言研发移动App软件（图4）辅助开展外业测绘与调查，通过调查、测量、询问等方式采集树木调查数据和现场照片并存档，内业拷贝导出即可获得归档完整的成果，实现树木参数相关台账信息内外业一体化；另一方面根据树木管理和项目报批要求，将乔木细分为4个等级：Ⅰ级为古树名木，Ⅱ级为胸径≥80 cm乔木，Ⅲ级为20 cm≤胸径＜80 cm乔木，Ⅳ级为5 cm≤胸径＜20 cm且树高≥3 m乔木。本文通过EPS VBScript语言研发内业乔木位置概略示意图制图工具，实现多级树木分层设色、符号标准设置、展点自动化，与传统方式相比，约可节约1 d作业时间。

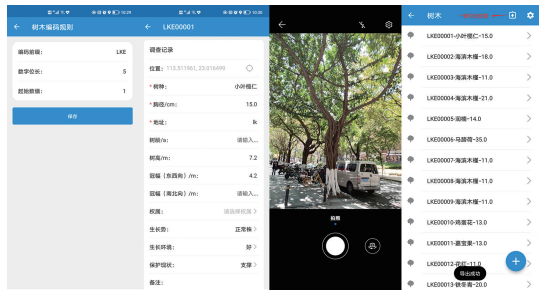


图4　树木调查软件界面

2.4　与传统作业模式的比较

与传统作业模式相比，本文方法精度满足树木保护专章编制对树木调查工作的要求，执行难度低，通过减少外业工序、内容和工作量，减少了相应的其他消耗；而且在效率上具有明显优势，以0.5 km^2的调查范围（内有树木3 354棵）为例，在作业人数相同的情况下，具体效率见表1。

3　项目应用

基于上述技术路线，本文开展了某地块0.5 km^2的树木调查工作，涉及32幅地形图，共调查3 354棵乔木，均属于国有，胸径区间为5 ~194 cm，Ⅱ级乔木13棵，Ⅲ级乔木1 907棵，Ⅳ级1 434棵，包括68种树种、56种科属，外业耗时5 d，内业耗时2 d，与传统方式相比，效率提高50%。

表1　本文方法与传统作业模式效率对比

项目	本文方法		传统作业模式	
	技术特点	耗时	技术特点	耗时
踏勘布控	通过正射影像和三维模型内业“踏勘”，可全覆盖树木调查对象	2 h	地毯式踏勘	1 d
乔木位置测量	解析法与丈量法相结合	5 d	解析法与丈量法相结合	7 d
树种调查	通过智能识别App和权威书籍比对确认树种，可提高现场识别树种效率，并留存乔木照片进行复核		园林景观工程师现场识别	
树高冠幅测量	通过全站仪、三维模型、测距仪、目视估计获取		精度要求不高时采用目估方法，精度要求较高时采用全站仪测量	
胸径	胸径尺测量		胸径尺测量	
信息与影像采集	研发App内外业一体化采集，自动归档，仅需与乔木位置测量进行匹配	1.5 d	人工录入，手动匹配与资料整理	4 d
概略位置图绘制	研发EPS脚本进行自动化绘制，仅需添加地形地图与整饰	2 h	通过EPS进行人工制图	2 d

4　结　语

本文从建设工程实施落地的角度出发，针对树木调查胸径≥5 cm全纳入范围的高颗粒度采集需求，提出了一种精细化的调查方法。首先利用低空高分辨率正射影像大幅提升控制网布设的效率，并将外业踏勘搬到了内业；其次通过解析法与丈量法相结合的位置测量方法有效实现了树木测量全覆盖，并保证

了精度；再次垂直投影方法测量冠幅简便、易操作；最后内外业一体化App辅助采集工具大幅提升了作业效率。本文精细化自动制图表达树木测量成果，除根据树木胸径进行分级分层设色外，还对树种进行标注，用图清晰明了、可读性强。实际应用证明，本文研究的树木调查测绘技术简便高效，可为面向建设工程的精细化树木调查提供有效借鉴。

参考文献

[1] 刘敏,何高波. 树木测量的作业流程和方法研究:以香港树木测量为例[J]. 矿山测量,2009,37(3):50-54

[2] 寇萍,刘奕博,沈大刚. 安康市高新区秦巴生态文化公园乔木类树木应用情况调查分析[J]. 安徽农学通报,2019,25(19):46-48

[3] 张真维,赵鹏,韩金城. 基于双目视觉的树木高度测量方法研究[J]. 林业工程学报,2021,6(6):156-164

[4] 高莉平. 基于智能手机的立木高度测量方法研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2018

[5] 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

[6] 刘欢,王玥,艾明耀. 融合LiDAR点云与高分影像的单木检测方法研究[J]. 地理空间信息,2021,19(10):1-4

[7] 安晨玥,安军,王一凡. 基于单张影像的树木量测模块设计[J]. 测绘标准化,2017,33(2):34-36

[8] 梁玉亮. 基于图像的树木三维建模与树木参数提取[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2019

[9] 翟晓晓,邵杰,张吴明,等. 基于移动LiDAR点云的树木三维重建[J]. 中国农业信息,2019,31(5):84-89

[10] 郑似青,方陆明,郑辛煜,等. 基于角度传感器的树木胸径测量装置研制[J]. 传感技术学报,2020,33(10):1 399-1 405

[11] 冯云鹤. 基于激光点云和多视角图像的城市道路树木检测与分类[D]. 厦门:厦门大学,2019

[12] 孙亮,夏永华,马小伟,等. 车载移动测量系统在城市树木普查中的应用[J]. 测绘科学,2018,43(3):137-141

[13] 李海生,王铁军,杨木,等. 工程测量中树木调查数据的自动标注[J]. 北京测绘,2012,26(3):60-62

[14] 苏逸平. 基于GIS的林木三维可视化分析技术[J]. 地理空间信息,2016,14(9):60-61

（上接第100页）

3 结 语

当前自然资源标准体系内还有许多新业务领域的空白需要填补，不同业务部门使用的交叉、重复、指标不一致的技术标准需要统一，许多已颁布的技术标准不能适应自然资源信息化发展的新形势与新要求，需要不断修订完善。在自然资源标准体系构建过程中，需从行业大局和长远利益出发，坚持世界眼光，向国际先进水平标准靠拢，以高标准助力高技术创新，促进高水平开放，引领高质量发展。此外，还应注重自然资源管理标准的动态管理和持续改进，及时公开和宣传解读新发布的标准，加强标准宣贯培训工作，增强各单位标准化意识，持续提升自然资源管理标准化、规范化和科学化水平。

参考文献

[1] 张金林,黄波,王浩. 湖北省矿山地质环境现状及防治对策研究[J]. 科技资讯,2011(26):105-106

[2] 宋芊. 土地质量评价指标体系研究进展与展望[J]. 现代农业研究,2022,28(3):42-44

[3] 赵露鹃. 乡村振兴战略背景下农村土地承包经营权流转问题研究[J]. 农村实用技术,2022(8):60-61

[4] 朱江江,李晓敏,钟瑞华. 江西省森林资源数据库建设:以遂川县为例[J]. 科技创新导报,2015,12(33):188-191

[5] 张红. 森林经营管理对森林碳汇的作用及提升策略研究[J]. 林业建设,2020(3):20-23

[6] 宫岩. 实景三维模型数据质量检查验收方法[J]. 办公自动化, 2020,25(2):43-47

[7] 徐承,答文威,孙仁先. 湖北省地质环境监测现状及监测网络优化建议[J]. 资源环境与工程,2018,32(1):109-112

[8] 王海军,李文超,王雪峰,等. 我国矿产资源节约集约政策及成效分析[J]. 中国国土资源经济,2020,33(4):16-22

[9] 邓玲,申文金. 自然资源资产管理体制下的标准化体系建设思考[J]. 中国标准化,2019(13):96-100

[10] 彭建. 关于自然资源权籍调查的实践与思考[J]. 文渊(高中版),2020(6):1 067

[11] 邓汝艳. 规划和自然资源一体化数据管理与服务平台关键技术研究与应用[J]. 资源信息与工程,2021,36(2):149-151

[12] 财政部,国家测绘局. 测绘生产成本费用定额[M]. 成都:成都地图出版社,2009

[13] 房产测量规范:GB/T 17986.1-2000[S]. 北京:中国建筑出版社,2000

[14] 王楠,李穗浓,张郁,等. 工程建设项目的多测整合对策研究[J]. 地理空间信息,2022,20(2):156-158