引文格式：方喜波,李振,王昌彦,等. 运用激光雷达扫描技术进行停车位调查[J]. 地理空间信息, 2024, 22(3): 87-90. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.03.021

运用激光雷达扫描技术进行停车位调查

方喜波[1]，李　振[1]，王昌彦[1]，何　航[1]
（1. 星际空间（天津）科技发展有限公司，天津 300384）

摘　要：城市停车位资源的基础空间数据一般采用人工传统测量与调查的方式获取，该方式工作量大、效率低、调查成果无法追溯，且人员在道路测量中存在安全隐患。鉴于此，以天津市南开区为例，利用车载和地面激光雷达扫描技术调查采集城市各类停车资源，借助人工和自动提取技术提取现状各类停车位和桥下空间信息，并通过数据核查对各类现状停车资源进行修正，快速获取城市各类停车资源的基础信息数据。采用激光雷达扫描技术调查停车位可突破传统车位调查的作业模式，大大提高调查的速度与准确度，并保障人员安全和数据的可溯源性，为城市停车位现状资源调查提供了新的技术方案。

关键词：车位调查；激光雷达扫描；桥下空间
中图分类号：P232　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）03-0087-04

Parking Space Survey Based on Laser Radar Scanning Technology

FANG Xibo[1], LI Zhen[1], WANG Changyan[1], HE Hang[1]
(1. StarGIS (Tianjin) Technology Development Co., Ltd., Tianjin 300384, China)

Abstract: The basic spatial data of urban parking space resources are generally obtained by traditional manual measurement and survey, but this method involve heavy workload, low efficiency, untraceable survey results and hidden safety risks in road measurement. In order to solve these problems, taking Nankai District of Tianjin City for example, we used the vehicle and ground laser radar scanning technologies to investigate and collect all kinds of urban parking resources, and extracted the information of all kinds of parking spaces and spaces under bridges by manual and automatic extraction technologies. After data verification, we corrected all kinds of current parking resources, and quickly obtained the basic information of all kinds of urban parking resources. Using lidar scanning technology to survey parking space can break through the traditional operation mode, greatly improve the speed and accuracy of survey, and ensure the safety of personnel and data traceability, which can provide a new technical scheme for the current situation investigation of urban parking space resources.

Key words: parking space survey, laser radar scanning, space under the bridge

随着我国经济社会的飞速发展，人民群众生活水平不断提高，城市中的机动车保有量，特别是私有小客车保有量保持快速增长态势；但停车泊位规划建设缓慢，停车问题总体缺口较大，停车泊位供给结构不平衡，导致停车成为急需解决的城市难题[1-2]。为了缓解停车难，停车位、停车场选址以及确定停车数量都需要对现状情况进行调查分析，根据城市特点进行针对性地规划。现有的城市停车设施信息调查大多采用人员实地调查的方法[3]，作业效率低、人员投入大，且在道路内调查不仅影响道路通行，而且调查人员也存在极大的安全隐患，因此亟需采用新的技术手段进行停车资源调查。叶斌[4]等将三维激光扫描技术应用于地下停车位测量中；张达[5]等利用车载激光扫描进行城市道路提取；方莉娜[6]等利用车载激光点云提取道路标识线；张世强[7]等利用高分辨率遥感影像提取车道线；胡舒[8]等利用车载点云自动检测提取车辆目标；王文峰[9]、李真[10]等分别利用车载点云进行道路测量和城市部件普查，上述研究主要是利用激光雷达或遥感影像测量、提取城市特定类型的车位或道路相关信息，目前仍未发现基于激光扫描技术的城市内道路路内路外、桥下空间、老旧小区内等多种类型停车位调查方面的研究。

根据《天津市机动车停车管理办法》的规定，停车位分为机动车停车场和道路停车泊位两大类。为快速准确地开展调查，结合现场使用情况，本文将道路停车泊位分为道路停车位、路外停车位，机动车停车

收稿日期：2022-07-27。
项目来源：2018 年天津市重点研发计划科技支撑重点项目（18YFYSZC00120）。
第一作者简介：方喜波（1987—），本科，高级工程师，注册测绘师，主要从事工程测量、测绘地理信息在城市规划中的应用工作，E-mail：fangxibo001@163.com。

场分为社区停车位、单位停车位、其他停车资源和桥下空间停车位；且为了有效缓解停车位的空间规划问题，新增调查了现有预留和零散用地停车资源。本文利用激光雷达扫描数据调查城市内道路路内路外、桥下空间、老旧小区等多种类型停车位资源，并进行综合性实践调查研究。

1 激光雷达技术

激光雷达是通过发射激光束探测目标的位置、速度等特征量的雷达系统。其工作原理是向目标发射探测信号（激光束），再将接收到的从目标反射回来的信号（目标回波）与发射信号进行比较，即可获得目标的有关信息，可快速、精确地测量探测器至物体的距离，然后通过数据处理生成精确的数字地面模型和正射影像[11-12]，并可直接提取所需的地物点云信息。车载激光雷达扫描设备是将三维激光扫描系统（激光雷达扫描设备、数码影像传感器、GPS_IMU系统）整体安装在汽车等交通运输平台上的主动式激光雷达扫描移动测量设备[13-14]，具有较高的灵活性，可快速、大面积获取对象表面高精度的三维坐标数据[15-16]。地面激光雷达扫描设备是将三维激光扫描系统架设在地面三脚架或固定的推车上进行数据采集的设备。通过内业提取采集的三维激光雷达点云信息，可生成高质量地形图，与GPS-RTK、全站仪等测量技术相比，具有明显的效率优势[17]。地面激光雷达扫描技术能快速、全面地获取数百米范围内目标的精确空间三维坐标，可满足对无特征区域的测量要求[18]。

2 技术流程

基于激光雷达扫描技术的停车位调查作业流程主要包括三维激光雷达数据扫描与处理、车位要素提取和属性梳理、数据核实、停车位资源统计分析、成果输出。三维激光雷达数据扫描与处理主要是利用车载与地面激光雷达设备对现状各类停车资源数据进行扫描，并对各类扫描点云进行数据融合与分类处理；车位要素提取和属性梳理主要是基于融合后的点云提取各类区域的现状车位，并按照区域特点和车位类型对车位情况进行属性梳理；数据核实主要是采用影像、街景、调查等方式对提取与梳理的车位情况进行核实检查；停车位资源统计分析主要是对各类现状车位和相关区域的停车资源指标进行分类和统计，并结合区域特点进行针对性的停车位资源分析评估；成果输出主要是按照规定格式将停车位调查、分析成果生成图、表和报告。

3 应用案例

天津市相关统计部门的数据显示，截至2016年底，天津市的汽车保有量已高达246万辆，大部分集中在市内6区范围内，停车位需求约为165万个[19]。天津市南开区总面积为40.6 km^2，2015年常住人口为114.5万人，小客车保有量约为24万辆，辖区内有7座大型高架桥、立交桥等桥下空间停车场，现状停车资源较紧张。本文以天津市南开区为例，利用激光雷达扫描技术对现状各类停车位资源进行数据采集与处理，获取南开区各类停车位资源的空间地理信息数据，为解决南开区停车资源供需不足、供给结构不平衡、部分区域停车位严重不足的问题提供真实准确的基础空间数据。

3.1 数据采集

根据区域采集限制条件和采集设备的技术特点，对不同种类停车资源进行分类采集。道路停车位、桥下空间停车位可利用车载激光雷达进行数据采集，路外停车位、社区停车位、单位停车位、其他停车资源、现有预留和零散用地停车资源等受采集GPS信号和行车限制的区域，可先利用车载激光雷达扫描采集，再利用地面激光雷达扫描进行数据增补采集。

1）车载激光雷达数据采集与处理。车载激光雷达扫描数据采集遵循的原则为：①根据工作计划确定每天的测量路段，打印外业测量需要的地形图或提供充分地图信息以供参考，可一次全部打印或只打印当天作业区域，若一次打印则应对纸质地形图进行编号；②正式作业开始、结束前，需静态观测5 min，以保证定位精度，作业过程中应注意行车方式与速度，争取最大范围地覆盖目标地物，转弯处行车速度不宜太快，以20~30 km/h为宜。车载激光雷达扫描数据处理包括采集后的预处理和内业数据处理。数据处理原则要求上一次外业采集数据的预处理和质量初步检查工作应在下一次采集前全部处理完成。

2）地面激光雷达数据采集与处理。根据现场情况对现状停车资源进行测站扫描，同时利用仪器自带的相机拍摄建筑的全景照片，记录停车资源的相关属性信息。数据采集时，为防止拼接误差累积，测站尽量避免直线布设，同时为保证拼接精度和完整性，两站之间应有30%的重叠度。测站扫描时，应在测区内选取适量的特征点进行测量，特征点的平面位置须尽量覆盖采集目标的周边，且避免处于同一直线上；特征

点的高程位置不能处于同一平面内。数据采集完成后，按照停车资源类型对扫描获取的点云分区域存放，再对采集的点云进行拼接着色、特征点坐标纠正、点云去噪和数据分类等处理，最终获取各类型特定扫描区域的车位资源点云数据。本文采用RIEGL-VZ-400i地面激光雷达扫描仪进行数据采集。

3.2　激光雷达数据融合

首先结合不同采集平台的特性，按区域或对象组织管理激光雷达点云数据，将获得的激光雷达点云数据基于同名控制点转换至同一坐标系；然后根据覆盖范围、点云密度、数据精度等，通过人机交互检查的方式确定各平台激光雷达获得点云数据的有效范围；再去除冗余数据；最后进行多平台激光雷达点云数据匹配，匹配前应结合现势性强的资料确定变化区域，基于未变化区域进行匹配。点云数据的融合原则为：①应统计同一区域不同平台获取的激光点云同名点匹配误差；②利用轨迹线或控制点确定各平台所获数据的精度，可以同区域精度较高的点云数据为参考纠正其他平台获得的点云数据；③匹配完成后，应利用精度检测点检查点云数据平面精度和高程精度是否满足项目设计要求。

3.3　数据提取

基于融合后的点云数据，根据调查范围对车载点云数据进行裁剪与分类，结合采集的影像数据进行阴影核实，去除建筑物、行驶车辆等遮挡；再将车载点云按照不同道路等级划分提取道路宽度、道路内车位范围。对于阴影遮挡区域，结合站式激光扫描点云进行停车位桥下信息提取、属性信息的判断；对于桥下空间停车场，需注意按照点云提取桥下空间的高度信息，其他种类停车位提取可用同样的办法进行采集和判断。道路停车位提取时，可根据亮度进行点云显示，道路内点云质量较好的停车位标线还可利用程序自动提取。道路停车位信息提取示例见图1。桥下空间信息提取时，点云可根据高程信息情况进行彩色显示，便于停车位信息的提取与属性判断。桥下空间点云与横纵断面情况见图2。

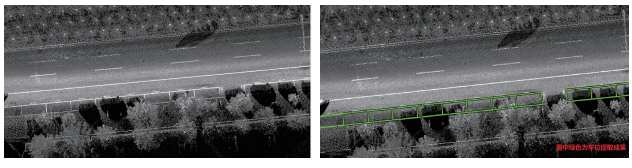


图1　道路停车位扫描点云与提取结果

3.4　调查结果统计分析

对提取成果进行核实后，可叠加界限信息。根据

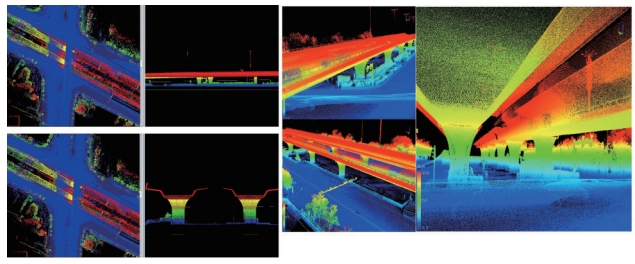


图2　桥下空间扫描点云

空间统计可知，在南开区现有停车资源中，道路停车位最多的是鼓楼街道，其次是广开街道，最少的是长虹街道；路外停车位最多的是广开街道，其次是体育中心街道，最少的是水上公园街道。基于各类停车资源调查结果，结合各街道的人口信息、南开区车辆保有量信息进行空间分析，获得南开区各街道的停车难易程度现状分析结果（图3）。

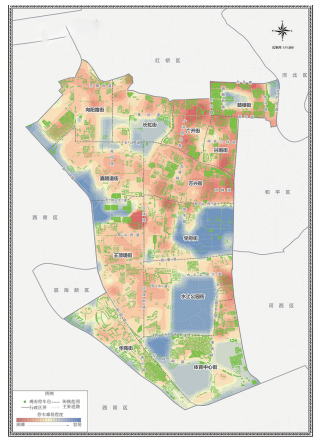


图3　南开区停车难易程度现状分析图

4　作业模式与效率比对

4.1　作业模式比对

传统停车资源调查需投入大量人力、调查效率低、工作量大，而规划机械停车位需要的高度信息则需采用全站仪进行测量，调查成本大大增加。激光雷达扫描技术具有作业效率快、精度高、白天与夜晚均可采集、安全性高的特点，大面积调查能显著降低生产成本。从作业模式来看，传统车位调查采用现场人工数据测量与调查的形式，数据采集与调查后需内业进行数据加工整理；基于激光雷达扫描技术的调查方法可快速获取各类停车资源的点云相关信息，再通过内业对点云数据进行信息提取和属性梳理，大大减少了外业测量的工作量，将测量与调查的主要工作转移到内业中去，降低了道路测量与调查的安全隐患。

4.2　效率比对

目前传统车位调查最常用的方式为全站仪测量和人工调查，本文将三维激光扫描技术与全站仪测量技

术进行比较，结果见表1，可以看出，本文方法不仅可在采集和提取方式上大大节省调查时间，避免人力与物力浪费，实现调查成果的可溯源性，还可改善外业人员的作业条件，避免了人员在道路内调查与测量中的安全隐患；作业效率提升了10倍以上。

表1 两种测量方式作业效率情况（按照平均1 h工作量核算）/km

分类	全站仪测量与人工调查	激光雷达扫描技术
数据采集	1~1.5	12~15
数据提取	3~4.5	3~4

5 结 语

本文从城市停车位调查难、作业存在安全隐患等问题入手，在明确激光雷达扫描数据获取方式与特点的基础上，设计了基于激光雷达扫描技术的全新城市停车位调查与分析模式。这种借助于车载移动设备与站式激光扫描仪的激光雷达点云数据，不仅提高了停车位调查的效率和准确率，而且有效扩大了停车位规划的数据来源，实现了城市停车位规划数据的高效性与时效性。基于激光雷达扫描技术的全新调查方式可快速调查现状停车位，提高外业调查作业效率和调查的准确率，降低外业调查的安全隐患，实现了调查数据的可溯源性。相较于传统调查方式，该方式具有革命性变化，还可应用于城市交通灯、路灯等其他城市部件的调查中，具有广阔的发展空间。

参考文献

[1] 齐艳华. 上海市小区停车难调查报告[J]. 统计科学与实践,2016(5):40-43

[2] 胡巧亚,唐炯燕,贾春玉,等. 破解宁波老小区停车难问题的对策与建议[J]. 宁波工程学院学报,2014,26(2):52-56

[3] 侯兴泽,陈宏强,蒲永峰,等. 测绘技术服务停车资源专题普查[J]. 测绘技术装备,2021,23(3):88-91

[4] 叶斌,李俊峰. 三维激光扫描技术在地下汽车位测量中的应用[J]. 地理空间信息,2014,12(6):22-24

[5] 张达,李霖,李游. 基于车载激光扫描的城市道路提取方法[J]. 测绘通报,2016(7):30-34

[6] 方莉娜,杨必胜. 车载激光扫描数据的结构化道路自动提取方法[J]. 测绘学报,2013,42(2):260-267

[7] 张世强,王贵山. 基于高分辨率遥感影像的车道线提取[J]. 测绘通报,2019(12):22-25

[8] 胡舒,王树根,王越,等. 基于车载LiDAR点云的车辆目标自动检测[J]. 地理空间信息,2021,19(3):10-13

[9] 王文峰. 车载LiDAR在智能化全息测绘中的应用[J]. 地理空间信息,2021,19(2):54-55

[10] 李真,吕志慧,张浩. 基于车载雷达技术的城市部件普查研究[J]. 地理空间信息,2021,19(9):34-37

[11] 马金玲,高井祥,张书毕. 数据分析与测量数据处理[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1984

[12] 刘春,陈华云,吴杭彬. 激光三维遥感的数据处理与特征提取[M]. 北京:科学出版社,2009

[13] 毛东辉. 三维扫描技术在隧道工程中的应用分析[J]. 铁道建筑技术,2009(9):119-122

[14] 刘丹. 三维激光扫描技术在西客站既有结构断面测量中的应用[J]. 铁道建筑技术,2011(增刊2):244-245

[15] 易凡. 一种基于车载LiDAR点云数据的城区树木三维信息自动提取方法[J]. 测绘技术装备,2019,21(1):80-83

[16] 张攀科,裴亮,王留召,等. 车载激光扫描系统在地籍测量中的应用[J]. 测绘科学,2015,40(9):163-166

[17] 胡玉祥,李勇,张洪德,等. 地面三维激光扫描技术在建筑物立面测绘中的应用[J]. 城市勘测,2019(3):87-91

[18] 王晏民,王国利. 地面激光雷达用于大型钢结构建筑施工监测与质量检测[J]. 测绘通报,2013(7):39-42

[19] 李若岩. 多中心治理视角下天津市老旧小区停车问题研究[D]. 北京:华北电力大学,2020

（上接第65页）

价分析系统[J]. 海洋环境科学,2021,40(6):922-928

[5] 叶志荣,宋立伟,沙宏杰,等. 中国海事电子海图分幅标准研究[J]. 测绘地理信息,2022,47(1):41-46

[6] 余粉香,郭丽萍,姚诚勤,等. S-57海图数据在数字地图中的转换研究[J]. 矿山测量,2021,49(5):60-64

[7] 黄忠刚,魏金桃,纪宏宇,等. 地形图与海图数据结构对照研究[J]. 海洋测绘,2009,29(3):58-60

[8] 刘秋生. 对海图与地形图上海岸线、干出线差异的分析[J]. 海洋测绘,1996,16(4):28-29

[9] 崔洪波,蔡梦雅,吉才盈,等. 基于陆海一体化的基础地理信息数字线划图产品设计研究[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(12):199-201

[10] 沈蕾,李乃强. 多源矢量数据的电子地图整合更新技术研究[J]. 地理空间信息,2021,19(7):119-122

[11] 李华光,陈田,魏海洋,等. 海陆一体化融合技术的中国电子海图服务研究[J]. 地理信息世界,2020,27(4):129-134

[12] 唐葆祥. S-57格式电子海图数据读取以及分层显示[D]. 广州:广东工业大学,2011

[13] 唐经宇,刘东峰,孙粤辉,等. S-57电子海图文件基础处理库的设计实现[J]. 计算机工程与科学,2013,35(2):184-190