

无人机航测内业处理技术及在市政道路改扩建中的精细化应用

林志维

(漳州职业技术学院, 福建 漳州 363000)

摘要: 为解决市政道路工程复杂、勘测效率低、施工精度难保障、安全运维成本高的痛点,系统阐述无人机航测技术适应复杂地形、低空作业、数据采集与数据处理方面的优势,剖析航测内业处理核心流程,研究DEM多算法自适应插值、路面阴影智能剔除技术,构建“无人机航测-三维建模-工程设计-运维管控”应用模式,结合城市道路改造工程实例,展示完整技术路线与实践方案。结果表明,规范的无人机航测与影像处理技术可快速获取高精度地理信息成果,为地形测绘、市政道路工程建设、运维等领域提供可靠的数据支撑,在提升工程勘测效率、保障施工精度、降低作业风险等方面具有显著实践价值。

关键词: 无人机航测;内业处理技术;市政道路;三维建模;数据处理精度;精细化应用

中图分类号: P23

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)07-0203-06

UAV Aerial Survey Interior Processing Technology and Its Refined Application in Municipal Road Reconstruction and Expansion

LIN Zhiwei

(Zhangzhou Institute of Technology, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: To address the pain points of municipal road engineering, including high complexity, low survey efficiency, difficulty in guaranteeing construction accuracy, and high safety operation and maintenance costs, the advantages of UAV aerial survey technology are systematically elaborated in adapting to complex terrain, conducting low-altitude operations, and performing data collection and processing. The core process of interior processing for aerial survey is analyzed. The technologies of DEM multi-algorithm adaptive interpolation and intelligent pavement shadow removal are studied. An application mode of “UAV aerial survey - 3D modeling - engineering design - operation and maintenance management” is established. Combined with the cases of urban road reconstruction engineering, the complete technical route and practical scheme are demonstrated. The results show that the standardized UAV aerial survey and image processing technologies can quickly obtain the high-precision geographic information results, providing the reliable data support for the fields such as topographic surveying and mapping, municipal road engineering construction, and operation and maintenance, which has the significant practical value in improving engineering survey efficiency, ensuring construction accuracy and reducing operation risks.

Keywords: UAV aerial survey; interior processing technology; municipal road; 3D modeling; data processing accuracy; refined application

0 引言

无人机航测技术应用于工程测量、施工管理具有成本低、安全性高、成果质量好的优势,颠覆了传统的人员设备勘测模式,使工程勘测更为简单、高效。在市政工程领域,无人机航测技术可广泛适配市政管网探测、道路改扩建、市政绿化升级等具体场

景,大幅提升勘测作业的安全性与精准度。道路工程作为市政工程的核心组成部分,面临着地形勘察复杂、管线分布密集、施工空间受限、工期要求严格等特殊挑战,传统勘测技术难以兼顾效率与精度。为此,围绕无人机影像数据的深度应用展开系统分析,其覆盖地形测绘、道路工程建设、施工管控及市政基础设施运维全流程,并重点聚焦两大方向进行研究:一是针对复杂地形航测数据处理痛点,提出优化策略,聚焦DEM多算法自适应插值、路面阴影智能剔除等关键技术,提升复杂场景下数据处理的精

收稿日期: 2026-01-25

作者简介: 林志维(1983—),男,硕士,讲师,从事无人机教学工作。

度与适配性,破解地形与环境因素对数据质量的干扰难题;二是构建“无人机航测、三维建模、工程设计、运维管控”一体化应用模式,着力解决技术与工程实际场景的深度融合问题,打通从数据采集、处理到落地应用的完整链路,实现市政道路改扩建数字化、智能化管控。

基于实际工程案例,系统剖析无人机影像内业处理的核心技术要点,探索其在地形测绘、工程设计、施工管控及后期运维中的应用路径,通过技术优化与模式创新,为市政道路工程提质增效提供坚实的技术支撑,以拓宽无人机航测技术的应用深度与广度,同时为行业内同类工程的技术应用提供可复制、可推广的实践参考与借鉴。

1 无人机航测技术应用的优势

1.1 复杂环境的适应性

无人机航测具备高分辨率影像采集、快速信息处理能力,且可在50~500 m的低空范围内灵活作业,有效规避高空气流对飞行稳定性的影响,适配道路工程中的山区路段、城市密集路段、边坡区域等复杂场景。对于地势陡峭、人员难以抵达的道路边坡地形,或是建筑物密集、遮挡严重的城市道路区域、管线复杂的低洼路段等特殊场景,无人机通过优化航线规划,可高效完成勘测。实施航测时若是高山峡谷区域,可采用折线航线沿地形等高线飞行,确保影像全覆盖;在城市密集路段,调整飞行高度和重叠度,穿透建筑物间隙可获取地面细节信息;能精准捕捉市政道路裂缝、管网井盖位置、人行道铺装破损、边坡位移、路基沉降等细微特征,为道路运维与病害检测提供数据支撑。在极端天气(如暴雨、地震)导致的道路损毁应急场景中,无人机可快速进入受灾区域,精准采集道路损毁范围、积水深度、边坡垮塌程度等数据,为应急抢修提供决策依据。

1.2 快速完成影像处理

无人机外业测量完成后,可通过4G/5G网络将采集的数据实时传输至地面控制中心,工作人员借助专业软件快速构建测区控制网,对航测正射影像进行矢量化处理,并校核坐标点数据的准确性,提升测绘成果的精度与外业工作的整体效率。针对复杂地形数据处理难题,通过滤波去噪、特征点优化匹配等技术提升成果精度。例如:在植被茂密区域,对原始点云数据进行滤波处理,剔除树冠干扰,保留地面真实地形;在路面纹理单一场景,优化特征点提取算

法,提升数据匹配准确性。

2 无人机航测内业处理技术

无人机航测影像处理内业工作涵盖了原始数据→空中三角测量→生成三维产品(DSM)→生成正射影像(DOM)→基于DSM/DOM或立体模型进行数据采集(DLG)→数据编辑与质检→数据入库与输出及影像图制作等多个环节(航测影像处理流程如图1所示)。每个环节的处理质量均直接影响工程的施工进度及最终成果精度。

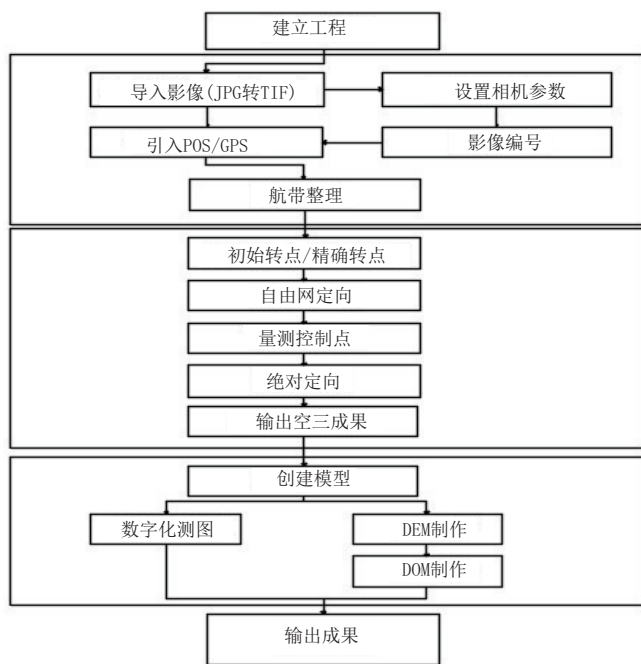


图1 无人机航测影像内业处理全流程示意图

2.1 原始数据预处理

数据预处理是提升后续处理效率与精度的基础,主要包括影像筛选、POS数据整理及相机参数校准3个核心步骤。

(1) 影像筛选

采用质量评价指标(清晰度 ≥ 0.8 ,曝光度1.2~1.8)自动筛选有效影像,剔除模糊、曝光过度、遮挡严重的影像,保留率一般控制在90%~95%。对于倾斜摄影数据,需要确保各角度影像数量均衡,避免因角度偏差导致建模漏洞。

(2) POS数据整理

对RTK/PPK获取的POS数据进行平滑处理,剔除定位精度低于0.1 m的异常数据,采用线性插值法补充缺失数据。将POS数据与影像文件关联,确保每幅影像对应唯一的位置(X,Y,Z)与姿态(滚转角、俯仰角、航向角)信息。

(3) 相机参数校准

通过相机检校场获取内方位元素(焦距 f ,主点坐标 x_0, y_0)与畸变参数(径向畸变 k_1, k_2, k_3 ;切向畸变 p_1, p_2),建立相机畸变纠正模型。

2.2 空三加密

空三加密(空中三角测量),是内业处理的基础核心环节,通过对影像内定向、相对定向和绝对定向的计算,为内业测图提供密集、均匀的平面和高程控制点。内定向的目的是恢复相机内方位元素、消除畸变,采用最小二乘法解算,残差控制标准为 ≤ 0.01 像素。相对定向采用SIFT特征提取算法(高斯差分金字塔层数6,特征点阈值0.03)提取影像特征点,确保匹配正确率 $\geq 90\%$,基于共面条件方程解算相邻影像的相对方位元素,确立相邻影像间的相对位置关系,构建立体模型,相对定向中误差 ≤ 0.02 像素。最后,结合像控点坐标进行绝对定向(平面中误差 ≤ 5 cm,高程中误差 ≤ 10 cm),将立体模型纳入大地坐标系,采用光束法平差进行全局优化,解算所有影像的外方位元素,平差后单位权中误差 ≤ 0.05 像素。对于大面积测区,采用分区平差+接边处理的方式,确保区域间精度的一致性。绝对定向是把已相对定向的模型进行旋转和平移,使其与地面量测的数据相匹配,从而在模型中建立起地面坐标系,故像控点布设是绝对定向的关键,需要遵循“均匀分布、重点覆盖”原则,在测区周边布设4~6个平高点,内部按1~2 km²布设一个平高点,对于地形复杂区域(如坡度 $>25^\circ$),加密布设至0.5 km²/个。另外,也可采用GNSS静态测量获取像控点坐标,观测时间 ≥ 30 min,以确保坐标精度。空三加密获取高精度外方位元素及立体模型,其目的是为后续DEM、DOM制作及DLG采集提供核心数据支撑,是保障整体成果精度的关键环节。

针对道路工程中路面纹理单一、阴影遮挡(如桥梁下、行道树遮挡)导致的特征点匹配困难问题,优化特征点提取算法,可采用SIFT算法与ORB算法结合的自适应匹配策略。对纹理丰富区域(如道路交叉口、建筑物周边)采用ORB算法提升匹配速度,对纹理单一区域(如沥青路面、水泥路面)采用SIFT算法增强特征点辨识度,同时引入阴影检测模型剔除阴影区域干扰点,有效提升空三匹配的完整性与准确性,匹配成功率较传统算法提升15%~20%。

2.3 数字高程模型

基于空三加密优化后的立体模型,采用“密集点云生成→滤波去噪→格网化”技术路线制作DEM,作

为地形分析及DOM纠正的基础数据,这是生成数字正射影像、进行地形分析(如道路纵断面设计、土方量计算)的核心数据,其获取途径主要有两种。一是从DLG(数字线划图)成果中提取,通过对DLG中的等高线、高程点进行插值计算,采用克里金插值法将滤波后的点云生成格网DEM,格网尺寸根据比例尺设定(1:500测图对应格网尺寸0.5 m,1:1 000测图对应1 m),DEM高程误差 ≤ 0.1 m(平地)、 ≤ 0.3 m(山地);其适用于已有高精度DLG数据的场景,可充分利用现有数据资源。二是基于“空三加密”建立的高精度几何模型,通过应用程序的密集匹配算法生成密集点云,再由点云数据生成初步的DEM模型,进行滤波去噪,剔除建筑物、植被等非地面点,滤波正确率 $\geq 95\%$ 。

两种方法各有优势,可根据项目需求选择。DLG提取法效率高、成本低,但精度受原始DLG数据限制;空三加密匹配法精度高,可反映更精细的地形起伏,适用于高精度地形建模场景,如滑坡监测、土方量计算等。实际应用中,可采用两种方法结合的方式,通过交叉验证提升DEM数据的可靠性。

针对道路工程中不同地形区域(如平坦路面、陡峭边坡、低洼路段)的DEM精度需求差异,采用自适应插值与滤波优化方法。对平坦路面区域采用克里金插值算法,提升高程数据的平滑性;对陡峭边坡区域采用反距离加权插值算法,保留地形起伏细节。同时,引入多尺度滤波模型,剔除非地面点干扰,最大限度保留道路路基、边坡的微地形特征。优化后的DEM数据能精准反映道路地形起伏,为道路纵断面设计、土方量精准计算提供支撑,其土方量计算误差可控制在2%以内。

2.4 数字正射影像(DOM)制作

数字正射影像(DOM)生成,是利用数字高程模型(DEM)对数字航空影像进行一系列处理,消除地形起伏和影像倾斜带来的几何变形,生成平面化影像成果的过程。其步骤包括数字微分纠正、影像镶嵌、图幅裁剪。数字微分纠正,以DEM为基础,对每一个影像像素进行坐标变换,纠正地形和姿态引起的变形;影像镶嵌,将多幅纠正后的单张影像按坐标位置拼接,通过色彩均衡处理消除影像间的色调差异;图幅裁剪,按标准图幅范围或项目需求范围对镶嵌后的影像进行裁剪,生成符合规范的标准影像数据。

DOM生成不仅可用于制作各种比例尺的道路地

图,满足不同用户需求,而且广泛应用于道路现状调研、路面病害(裂缝、坑槽)识别、道路周边环境分析、施工进度监控等场景,在城市道路规划、道路养护评估、管网改造规划等市政核心领域具有不可替代的作用,是无人机航测成果中应用最广泛的成果类型之一。

2.5 数字线划图(DLG)采集与编辑

空三加密、构建高精度立体模型完成后,内业测图工作即可开展,根据不同场景的地物地形特征,立体测图主要采用两种模式:一是先野外像片调绘,明确地物属性后再进行内业测图,适用于地物类型复杂、属性判定难度大的区域;二是依据立体模型全面采集几何要素,并借助原始采集图在外业进行属性核对、补充测量与位置调整,适用于地形相对简单、地物识别难度低的场景。两种模式均以保障数据准确性与完整性为核心,适配不同项目场景需求。

实际作业中,通常采用“内业采集+外业调绘”的协同模式,先基于立体模型全面采集几何要素,再利用生成的原始图件进行外业调绘。故要求采集人员具备较高的专业素养和丰富的外业经验,能够准确识别地物、地貌的类型与特征,并将其正确绘制于图面。对于内业难以判定属性或精确定位的地物,如隐蔽的管线井盖、权属边界等,可采集其外轮廓并标注特殊标识(如标注“A”),交由外业人员实地补测核实;若地物被高大建筑物遮蔽或存在影像缺失区域,则需要通过外业调绘予以补全。

数字线划图(DLG)成果可反哺DEM优化,通过DLG中的等高线、高程点对DEM格网数据进行校验修正,提升整体成果精度,形成DEM→DOM→DLG→DEM校验的闭环,也是实际作业中的成果互检流程,可使其成果质量可靠。

数据编辑依据《1:500 1:1000 1:2000地形图图式》等规范进行,其主要包括3项核心工作:一是数据修正,以外业调绘记录的地物属性、位置偏差等信息,对采集原图进行精准修正;二是注记标注,把各类地名、地物名称、高程值等,如道路名称、路面类型、高程值、边坡坡率、管线规格等注记内容,按规定的字体、大小及排列方式准确标注于数据图上,使注记清晰且不遮挡地物,满足道路工程设计与施工需求;三是格式标准化,严格依照设计要求的图层划分、颜色配置、线型与线粗细等参数进行精细化表达,确保成果数据符合数据库入库标准及道路工程设计软件(如AutoCAD、Civil 3D)的导入需求。

在完成数据编辑后,整理与完善控制点、图廓内各类注记,补充边坡剖面图、管线分布图等专项成果。专职检查员全面核查属性准确性、格式规范性与逻辑一致性,填写检查记录并督促整改,直至成果合格。

基于道路工程,按照DOM影像的纹理特征及DSM的高程信息,构建道路要素识别数据集(涵盖不同路面类型、光照条件、遮挡场景)。数据采集时对道路工程核心要素(道路中心线、路面标线、裂缝、边坡轮廓)自动识别与提取,并对采集的DOM影像和DSM数据进行智能分析,自动生成道路要素矢量数据,再通过人工微调优化成果精度,能把道路要素采集效率提升40%以上。同时,减少人工操作误差,尤其适用于大规模道路工程的批量数据处理,方案更具连贯性,体现“成果复用→智能处理→人工优化”提升的技术路径。

3 航测内业处理技术及道路工程应用实例

3.1 工程概况

某城市上街区道路改造工程,测区面积12.4 hm²,涉及道路拓宽、管线改造和绿化升级等多项内容,需要获取高精度实景三维模型用于工程设计和施工指导。项目选用大疆御3E专业测绘无人机,搭载全画幅相机(1英寸CMOS传感器),可拍摄5.4 K高清影像,满足厘米级测绘需求。

飞行作业参数设定如下:相对航高105 m,航向重叠度80%,旁向重叠度70%,确保影像拼接连续性;避开早晚交通高峰期进行错峰作业,作业飞行耗时6 min,获取原始影像164张,分辨率达0.03 m。

数据处理采用大疆智图建模软件,最终输出1:200比例尺精细化实景三维模型,满足工程设计与施工精度标准。

3.2 关键技术难点及解决方案

案例工程位于老城区核心地段,作业环境复杂,主要面临以下挑战:

一是交通流量大问题。测区道路为城市主干道,车流量大且人员现场采集数据存在较大安全隐患,同时车辆往来严重干扰传统测量仪器的信号接收,导致采集作业困难。针对该问题,项目团队采用“无人机抵近航拍+错峰作业”的方案,利用道路周边广场、停车场等空旷区域作为起降点,避开早晚交通高峰期,通过低高度抵近飞行获取道路细节数据,既保障作业安全,又避免交通干扰。

二是周边环境干扰问题。测区附近高楼林立,且存在多条高压电线、通信线路,易引发撞机风险,且建筑物遮挡导致影像缺失。项目团队采用精细化航线规划方案,通过前期实地踏勘获取建筑物高度数据、道路范围及周边建筑物高度差,设计“阶梯式”航线,高楼密集区域降低飞行高度至 80 m,开阔区域保持 105 m 高度,避开电线走向规划飞行路径。同时,增加影像重叠度至航向 85%、旁向 75%,使其建筑物遮挡区域有充足的影像冗余用于拼接,保障模型的精细化程度,以满足航测质量及市政工程设计精度需求。

3.3 无人机航测内业处理流程及方法

3.3.1 道路改造工程航测内业处理技术

上街路道路改造工程航测建模采用 DJI Terra 软件,核心操作路径为:

(1)新建工程:启动 DJI Terra 软件,配置成果文件存放于 D 盘 models 文件夹,新建可见光任务并命名为“上街路道路改造工程航测建模”,完成工程创建。

(2)照片导入及预处理:剔除模糊、曝光过度等无效影像,筛选 158 张有效影像并标记路面阴影区域;导入后核查清晰度,删除 6 张位置偏移影像,用 RTK 数据修正剩余影像 POS 信息。

(3)POS 数据及相机参数查看:确认影像精度,删除精度较差影像;因相机参数未知,采用软件默认设置。

(4)空三处理:本项目采用一遍空三模式,点击空三功能启动计算,在参数检查列表中确认设置特征点匹配阈值 0.8、密集匹配密度高,同时勾选阴影剔除选项,采用指定阴影检测模型剔除路面阴影,提升 DOM 影像细节清晰度,完成计算。

(5)像控点刺点:点击像控点管理,设置坐标系为 WGS1984_UTM_Zone_50N(与项目设计坐标系一致);将像控点文件后缀改为 csv,通过数据分列功能整理文件,定义序号为 x 、 y 、 z 列并保存;导入时设置忽略前 1 行、列分隔符为空格,完成导入;核查像控点展点范围,结合现场照片完成刺点,未自动识别的影像需要连续刺点 3 张以实现自动识别。

(6)精度核查及报告归档:像控点刺点精度达标,故不进行二遍空三,查看空三质量报告,平面中误差 0.05 m、高程中误差 0.08 m,满足 1:200 比例尺建模要求且道路核心区域精度合格,导出 PDF 格式质量报告归档。

(7)三维模型生产:沿用对应坐标系,选取道路改造相关区域(路面、路基、边坡及周边管线)作为模型生产范围,绘制范围并保存应用;启动重建(耗时约 2 h),生成道路破损、周边建筑及管线井位置的三维模型,满足工程设计需求。

3.3.2 成果生成与精度验证

按照航测内业处理流程生成成果,采用随机抽样法进行精度验证,选取 20 个检查点(均匀分布于测区),与 GNSS 实测坐标对比(见表 1),结果满足市政道路改扩建 1:200 测图精度要求。

表 1 精度验证

编号	成果类型	平面 中误差/cm	高程 中误差/cm	合格 率/%	规范要求/cm
1	DLG	4.2	7.8	100	≤5.0(平面) ≤10.0(高程)
2	DOM	3.5	—	100	≤5.0
3	DEM	—	8.5	100	≤10.0
4	实景三维 模型	4.8	9.2	100	≤5.0(平面) ≤10.0(高程)

3.3.3 航测技术在市政道路改扩建工程中的应用成效

(1)利用优化后的 DEM 数据,自动生成道路纵断面图、横断面图,为道路拓宽的路基设计、土方量计算提供数据支撑;采用道路特征自动提取技术,生成道路中心线、路面标线、井盖位置的矢量数据,导出为 CAD 格式,直接用于道路改造设计;基于实景三维模型,对道路边坡进行坡度分析、稳定性评估,识别边坡滑坡隐患区域,为边坡防护设计提供依据。

(2)依托无人机航测开展外业数据采集与内业影像解算处理,生成道路改造项目实景三维模型、数字正射影像(DOM)、数字高程模型(DEM),并结合项目现场应用需求,对道路专项矢量成果开展精细化校核与修正,使本项目道路拓宽方案得到优化。根据高精度三维模型与管线分布图,精准定位地下给排水、电力管线位置,避免了 3 处地下管网冲突,减少了管线改迁成本;提升了设计效率,缩短设计周期和施工周期共 2 周;节约了勘测与设计成本,相较于传统全站仪勘测模式,减少了外业作业人员,降低了勘测成本,同时减少了人工操作误差,提升了设计精度;强化施工质量管控,施工过程中通过实景三维模型与施工现状比对,及时发现 2 处路面基层沉降隐患(沉降量约 3 cm)及 1 处边坡位移隐患,并提前整改,避免了后期返工,保障了施工安全及道路拓宽施工质量;影像处理所生成的高精度 DOM 与三维模型可作为道路运维档案,用于路面病害定期监测、管线

维护规划,支撑后期运维。由此可见,无人机航测技术在市政道路工程设计、施工、质量管控全流程中发挥了重要作用,应用成效显著。

4 结论与展望

通过系统梳理无人机航测的技术体系与数据处理流程,对软硬件系统组成、核心技术优势及内业处理各环节的关键要点进行了详细阐述,探讨了市政道路特征点匹配自动提取、DEM自适应插值与滤波优化等数据处理方法,结合某城市道路改造工程实例验证了技术的可行性和实用性。实例表明,通过规范的航飞规划、精确的像控点布设、严谨的内业处理及创新方法应用,无人机航测能够高效、经济地获取高精度正射影像、DEM、DLG及实景三维模型。这些成果不仅直接服务于市政道路工程设计、施工管理、质量管控与后期运维全流程,更拓展至城市规划、自然资源管理乃至应急救援、基础设施建设与运维等关键领域,尤其在提升道路工程勘测效率、保障施工质量、降低作业风险、节约工程成本等方面成效显著,后续可拓展至防洪应急道路的快速勘测与损毁评估,其跨界的价值深度与广阔的应用前景日益彰显。

参考文献:

[1] 廖立军.测绘工程中无人机的运用[J].工程技术与应用,2019(15):

174-175.

- [2] 韩晋榕.无人机在测绘工程中的应用[J].科技与创新,2020(2):156-157.
- [3] 孙汉淇,潘晨,何灵敏,等.跨模态多层特征融合的遥感影像语义分割[J].计算机工程与应用,2022,58(24):256-264.
- [4] 马存富.基于无人机倾斜摄影技术矿山地形精准测量方法[J].世界有色金属,2018(3):15-16.
- [5] 刘杰.基于数字摄影测量的基础地理数据更新生产模式探讨[J].城市勘测,2011(4):60-67.
- [6] 王琳,吴正鹏,姜兴钰,等.无人机倾斜摄影技术在三维城市建模中的应用[J].测绘与空间地理信息,2015,38(12):30-32.
- [7] 陶俊.无人机航空摄影测量在地形测绘中的应用[J].工程技术,2016(5):207.
- [8] 张保明,吕翠华,王晏民.无人机航测数据处理关键技术及应用[J].测绘通报,2021(3):143-147.
- [9] 李清泉,杨必胜.无人机遥感技术与应用[M].北京:科学出版社,2018.
- [10] CH/T 3009—2019 无人机航摄安全作业规范[S].
- [11] 王磊.城市道路改造工程中无人机航测技术应用研究[D].西安:西安建筑科技大学,2022.
- [12] 赵未来,陈天恩,刘春霞.无人机航测空三加密精度影响因素分析[J].遥感信息,2023,38(1):158-163.
- [13] 陈明,李刚.无人机航测技术在市政道路改扩建工程中的应用[J].市政技术,2023,41(5):189-193.
- [14] 张伟,王丽.基于无人机航测的市政管网精细化探测技术研究[J].市政技术,2024,42(3):215-219.
- [15] 李建强,张宇.无人机航测内业数据处理优化及在道路改扩建中的实践[J].测绘工程,2024,33(4):12-17.
- [16] 陈曦,刘敏.基于实景三维模型的市政道路工程内业精细化处理技术研究[J].城市道桥与防洪,2023(8):234-237.

(上接第192页)

提出更高要求。为破解上述难题,需统筹规划、建设与管理全环节,采取“一院一策”的精准治理策略,“对症下药”切实提升应对成效。可以此类课题研究为样板,继续探索解决学校、商圈、老旧小区等停车问题,同时也为国内类似城市的停车建设管理提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 赵奇侠.医院交通组织停车设施规划建设指南[M].北京:中国出版集团研究出版社,2018.
- [2] 赵振宇,黄潇楠,易士尧,等.城市中心区大型医院就医停车问题调查与优化——以郑州大学第一附属医院为例[J].城市建筑,2018(29):68-71.
- [3] 蒋淑君,李善兵,彭美玲.老城区大型综合医院交通拥堵原因分

析及对策研究[J].江苏卫生事业管理,2021,32(5):643-645.

- [4] 廖钦.论医院交通组织优化策略——以某大型民营综合医院为例[J].规划设计,2021,22(9):57-60.
- [5] 周正.基于车辆停放特征的医院停车需求分析及管理研究[D].北京:北京交通大学,2019.
- [6] 王郁蓬.综合三甲医院机动车停车需求预测与停车规划指标研究[D].南京:南京林业大学,2023.
- [7] 建标110—2021 综合医院建设标准[S].
- [8] DBJ33/T 1021—2023 城市建筑工程停车场(库)设置规则和配建标准[S].
- [9] 赵轩,吴雪梅.医院停车特性分析及需求预测[J].城市道桥与防洪,2014(10):41-43;50.
- [10] 温州网.缓解“附一医”周边停车难!这里将建400个车位![EB/OL].温州新闻网,(2024-3-28)[2025-6-12].<https://news.66wz.com/system/2024/03/28/105628307.shtml>.