

测绘工程中特殊地形的测绘技术分析

欧阳飞

辽宁省自然资源事务服务中心, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]伴随现代社会的城市化进程以及基础设施建设的发展,特殊地形测量在工程建设规划、资源勘探开发、环境保护等方面起到了十分重要的作用。特殊地形主要有高山、深谷、密林覆盖区、老城镇及水体湿地等等一些地形地貌,它们的地貌地形错综复杂、道路崎岖难行、自然环境极为恶劣,传统测量手段很难达到精准度要求和测量速度需求,在此背景下近来全球定位系统、无人机遥感、GIS与LiDAR的技术结合应用使特殊地形测图有了一个全新的方案体系。本文通过梳理各种不同的技术和原理以及应用方式,针对山区、森林、老城及水体滩涂等地形的测图实践,对特殊地形测图方案设计、多种信息源数据整合以及智能测绘的研究现状进行了论述。文章最后总结出智能化、无人化、高精度三维建模将是未来特殊地形测绘发展的必然趋势,可为相关工程实践提供一定的理论和技术依据。

[关键词]特殊地形;测绘技术;无人机

DOI: 10.64635/ja.2026.1102

中图分类号: P208

文献标识码: A

Analysis of Surveying and Mapping Technologies for Special Terrain in Surveying Engineering

Ouyang Fei

Liaoning Natural Resources Affairs Service Center, Shenyang 110000, Liaoning, China

Abstract: With the advancement of urbanization and infrastructure development in modern society, surveying of special terrain has played a very important role in engineering planning and construction, resource exploration and development, and environmental protection. Special terrain mainly includes mountainous areas, deep valleys, densely forested regions, old urban districts and towns, as well as water bodies and wetlands. These terrains are characterized by highly complex landforms, difficult access, and harsh natural environments, making it difficult for traditional surveying methods to meet the requirements for accuracy and efficiency. Against this background, the integrated application of technologies such as the Global Positioning System (GPS), unmanned aerial vehicles (UAVs), GIS, and LiDAR has provided a new technical framework for mapping special terrain. By reviewing different technologies, their principles, and application methods, this paper discusses the design of surveying and mapping schemes for special terrain, multi-source data integration, and the current status of intelligent surveying in mapping practices for mountainous areas, forests, old urban areas, and waterside and tidal flat terrains. The paper concludes that intelligent, unmanned, and high-precision three-dimensional modeling will become the inevitable trend in the future development of special-terrain surveying and mapping, and can provide theoretical and technical support for related engineering practice.

Keywords: special terrain; surveying and mapping technology; UAV

引言

特殊地形测绘是测绘工程的一个重要部分,在复杂的地形地区进行工程建设和资源调查必不可少的一步。城市化建设以及道路交通设施的修建以及矿产资源开采等都需要大面积的地形测绘。而山区、山谷、丛林、旧城以及湿地等特殊的地形往往坡度大,覆盖率高,沟壑纵横交错,建筑物密集,传统的测量手段已经无法达到精确性、高效

性以及操作性的要求。并且为了提高工程项目对于测绘的要求以及缩短工期,单靠一种设备和技术已经不能完成测绘工作,因此综合多种技术的应用成为趋势。本文通过对特殊地形测绘难点的研究,着重介绍了GPS、无人机测绘、GIS以及LiDAR技术在特殊地形条件下是如何工作的以及它们的应用情况,最后通过多源融合及智能方法提出了特殊的地形测绘方案,对未来的技术发展进行了展望。以

期给特殊地形测绘提供理论与实践借鉴。

1 特殊地形测绘概述

特殊地形测绘主要是对地形复杂、地理环境恶劣的地方进行精密测量,主要是为了获得高精度的地形资料、建立起数字地形地貌模型,给工程规划设计、施工管理以及环境监测等工作提供依据,特殊地形主要有山地、谷地;树林、植被覆盖区、老城区、村庄聚居区等,每一类特殊地形都会面临不同的困难和问题,例如山地和峡谷地形陡峭坡度大不易通达,只能依靠人力测量很难做到全覆盖,树林内树木茂密光线不足地面观测不到,老城区房屋稠密障碍物多影响测量进度,水体和沼泽地带土壤松软甚至有积水,传统的测量方法危险系数较高。针对以上特殊复杂的地形,现在的测绘手段采用多种方式相结合的方式进行,使用GPS定位系统精确定位,无人机快速空投拍摄,再运用GIS技术和激光雷达构建三维立体模型并对模型进行分析处理等,从而达到高速度高质量的测绘效果,在工程建设的过程中起到决定性的作用的同时,也能用来做资源探测、环境保护、灾害预测、城市规划等工作,是现代测绘中必不可少的一环。

2 测绘技术类型与原理

2.1 全球定位系统(GPS/GNSS)

全球定位系统(GPS)、广义上的全球导航卫星系统(GNSS)是最主要的现代测量定位手段,以接收到卫星信号的方式对测站或者是运动的目标进行精确定位。GPS测量的基本原理就是测出接收机到各颗卫星的距离然后根据卫星轨道参数来运用三角法求地面点的三维坐标。在一些特殊的地貌上,由于其地形复杂使得测量过程中有视线通视的问题或者因为地理环境的关系导致测量困难等问题,GPS可以排除上述情况的影响做到精确而迅速地连续性测量。在山地、峡谷、密林等这种地形变化较大的地方,传统的测绘方式由于坡度较大,通讯不便等原因难以达到较高的效率,在此处利用差分GPS以及RTK进行测量就可以得到厘米级的精确坐标值作为地形建模和数字地形分析的基础资料。另外,GPS的测量也可以和一些其他的测绘手段比如无人机航空摄影或者激光扫描等相结合,以此来获得更多的信息,从而增加测量的准确性以及完整性,给予特殊地貌的建设提供有力支持。

2.2 无人机测绘技术

无人机测绘技术是近来迅速发展起来的一种现代化测绘手段,以无人机为载体安装光学数码相机、激光雷达设备以及多光谱传感器进行复杂地貌的高密级信息扫描

获取,它的测绘思想是以获取航片重叠处的相片为基础,用空中三角测量法和立体像对构建出高清晰度的数字地面模型(DSM)或数字高程模型(DTM)。无人机测绘具有剪性强、效率快、价格低、分辨率高的优势,在高山峻岭、峡谷深谷、丛林深处、老城区等无法进入的地区有其独特的优势,在险要的地貌区域能利用预先规划好的航线自主飞行对研究区域进行全覆盖拍照,并且与即时定位相结合保证了采集的质量,在复杂的自然环境中,还可以采用事先规划好的轨迹进行飞行,从而获得需要研究的整个区域的照片信息,还可以利用所获得的信息直接生成三维图像、三维地形图和灾害损失情况等。无人机测绘的应用使传统的大地测量工作朝着无人化、自动化方向发展,解决了复杂地形环境下的测量难题。

2.3 地理信息系统(GIS)与激光雷达(LiDAR)技术

地理信息系统(GIS)、激光雷达(LiDAR),两种技术通常会在一些比较特殊的地形上共同使用。完成一次完整的数据采集、存储、处理直至生成三维模型的过程;LiDAR设备发射出激光束并捕捉反射回来的波长变化情况,进而可以计算得到地面或物体表面各个测点到仪器的距离,从而得到大量详细准确的地面点云信息,在对于森林地区或者深沟、狭窄的街道等不易观察区域的地形测量尤为重要;而GIS则是用来对所获取的空间数据的管理和分析,并将其可视化,使得不同类型的数据可以通过空间叠加的方式来对比分析或者是建立相关的地理信息模型等等。两者结合起来以后就可以得到精准的立体化地形模型,对其坡度角、高程值以及空间位置等方面的数据进行研究,用于工程建设、环境保护、灾害防控等领域中的参考依据;另外采用多种手段相互配合的方式也可以充分发挥GPS、遥感影像、无人机还有LiDAR各自的长处,提升数据采集的质量和速度,即使是在很复杂的环境下也能够做出相对完善可靠的结果。

3 特殊地形测绘技术应用

3.1 山区与峡谷地形测绘

山区以及峡谷地区地势落差悬殊,坡陡难行,地面交通不便,在这种条件下开展测绘工作难度很大,因此对测量的精度和速度都有了更高的要求。对于这样的地形环境,现在的测量工程往往采取多种技术相结合的方法,主要以无人机航空摄影和激光雷达为主,配合GPS定位实施控制测量,无人机可以沿预定路线对一些不易进入的地方进行高效的航拍信息获取,清晰高精的成像是获取数字高程模型的基础资料,而激光雷达可以穿透树木或者其

他障碍物获得详细的点位分布图,用来计算坡度、高度还有峡谷宽度等,同时,差分GPS可以获得较高的控制点来保证整个工程的精确度达到工程要求的标准。在数据分析上,运用多源数据集成法将无人机影像信息、激光雷达点云信息与GPS控制网点结合起来形成精准的三维地形图样,山地峡谷地区的测绘成果应用到道路设计、水工建设、地质灾害防治以及生态环境研究等方面,为山区工程建设提供有效的技术支持。

3.2 森林及茂密植被区域测绘

林区因树木密闭、地表受遮挡严重使得传统的地貌量测无法得到可靠的结果,为克服上述困难,现今测绘一般使用航空或者无人机激光雷达技术以激光束穿过树冠来获得地面点信息进而构建出高清晰度的数字地形图。并且多光谱遥感图像可以反映出林木覆盖率以及具体的植被类型和生长状态等利于生态环境和资源研究,森林测绘中的GPS测点用来布置控制点使点云数据与地理坐标相吻合,而无人机遥感可以短时间内大面积扫描出高精度影像,数据整理时利用滤波及地表点提取的方法剔除森林点云得到实际地形图。对于森林区测绘结果的应用非常广泛例如林业资源清查、火灾预警、环境质量检测、防洪排涝等等都离不开这些成果资料的支持,是进行森林保护和合理开发的有力支撑。

3.3 旧城镇及村社房屋测绘

老城区及村落民居测量具有场地范围广、道路狭窄、房屋密集等特点,传统的测量手段易受遮挡及障碍物影响,造成测量困难、速度慢以及精度难控等问题,对于这种特殊环境往往采取无人机遥感加地面控制点的方式来实现对该区域的测量。无人机可以空中全视角拍摄得到高清晰度影像,覆盖整个村落民居及其街道等,降低了地面的测量难度,并且利用GPS设置的控制网点来控制无人机所拍摄图像的地理准确性。而激光雷达技术在建筑密集地区也有一定优势,可以生成建筑物的外轮廓和高度参数,方便进行三维建模等。在对数据进行处理的时候,从影像上进行正射校正、点云合并以及建筑外轮廓提取等步骤,从而完成村落民居的精确测量。最终测绘成果可用于旧城重建,房屋安全性检测,城市规划设计及基础设施部署等方面的工作,为城市建设的可持续发展提供有力的支持依据。

3.4 水域、湿地及泥泞滩涂地区测绘

水面、沼泽与泥浆地等地面起伏不定,存有大量积水或者泥泞,很难用传统的测量方法来进行而且还有安全隐

患,所以一般会采取航空摄影技术以及无人机航摄、水面测量法进行联合测量。无人机可以进行低空航摄,得到清晰度高的水面及滩涂的照片,同时还可以安装激光雷达或多种波段相机得到三维地形图像^[1]。水下测量的方式如声波探测仪可以精确测量出河道、湖泊、沼泽等地表以下部分的数据,作为对水域地貌建模的基础资料。在数据处理上使用水面反射率校正、滤除点云中的干扰信息、建立数字高程模型,进而完成对水域、泥浆地等地貌的精密测量工作。测绘结果可用于防汛抗旱、水利建设、生态保护、水质调查等领域。为水利工程的设计、自然环境保育提供了准确有力的支持。

4 特殊地形测绘技术策略与发展趋势

4.1 测绘方案设计与方法选择

针对特殊的地貌进行测绘,合理的测绘方案设计是保障测绘精度的关键。不同的地貌类型下应当根据不同的地貌复杂程度、交通情况以及测量范围和精度的要求来制定最合适的测绘方法组合^[2]。高山、深谷等地形起伏较大的地区一般应用GPS差分测量配合无人机航测法,在空中航拍迅速地全覆盖该地区后用控制点来进行误差改正;而对于森林茂盛的地方应该以LiDAR技术和多种波段遥感为基础,获取经过穿透植被的地形信息;城市的拥挤地带或者老城区则以无人机航空摄影与地面三维激光扫描为主,通过高精度GPS控制点来保障精度。除了需要技术手段的支持之外,在设计时还要兼顾工程条件、人员的安全和工期长短等因素,形成切实可行、灵活性高的测绘方案,从而使特殊地形测绘工作能够在复杂的环境中顺利开展并且高效的完成。

4.2 多源数据融合与精度控制

特殊的地貌测绘一般需要运用多种测绘的技术来采集信息,所以多源的数据结合是提高测绘数据精确度以及完整性的重要途径。不同的数据源比如GPS坐标、无人机飞行器拍摄的照片、激光雷达点云资料、卫星遥感图像等等,它们的空间精度、分辨率和数据格式都不同,通过对它们进行空间配准、点云匹配以及数据内插的方式来合成,从而得到一致连续并且精确度高的数字地形模型。而且精度控制措施也是结合过程中非常重要的一环,包含着控制网点布设、误差分析、质量检测与模型整饰等部分,确保最终得到的数据满足工程需求的标准,多源数据结合不仅可以弥补一种测量手段不足的问题,而且会加快测量的速度降低不必要的测量次数,在山地、林区、水域地带、城市的复杂地貌测绘中起着重要的角色。

4.3 智能化测绘技术与未来发展

测绘技术的进步使得智能无人化是特种地形测绘今后的发展趋势之一。通过引入 AI、大数据以及自动化等科技手段,能够达到无人机航测、激光雷达扫描及遥感影像处理的自主规划路线、智能判断点云类别以及快节奏建模的目的,提高测绘工作的效率以及数据准确度^[3]。而三维可视化以及虚拟现实的技术进步,也让复杂的地形测绘成果可以在数字化的空间里进行仿真模拟,从而对相关工程、环境影响、风险监测起到形象有力的支持作用。在不久的将来测绘技术会向着集成多类型数据源、自动化处理数据并提供自动推理结果的方向努力,在未来测绘工作中实现从传统的人工测量转变为高度智能化的模式,从而给予复杂特殊地形测绘强大的技术支持。

5 结语

本文全面剖析了测绘工程里对于特殊地貌的应用状况,归纳总结了山地、谷地、森林地区、老城区以及湖泊沼泽等地形类型特点及其测绘困难程度,指出了传统的测绘方式存在的不足主要有精确度低、速度快慢无法调节、作业条件差等问题。本文主要研究了 GPS、无人机测绘、

GIS 以及 LiDAR 等新技术的工作原理和使用方法以及它们适用的情况,介绍了多种技术相结合、数字处理技术以及三维成像模型对提升测绘精确度和工作速率的效果。此外也提出了测绘计划编制、多渠道数据分析整合和智慧型发展方向,给特殊地貌测绘提供参考依据。预计将来无人化、自动化水平提升以及三维建模精度的不断进步,都将使测绘工程在未来工程建设、物资调配和环境保护等方面起到更大贡献,从而推动整个测绘工程建设领域的变革进程。

[参考文献]

- [1]覃永兵.特殊地形测绘工程中的测绘技术[J].低碳世界,2025,15(05):46-48.
- [2]戴骏睿.测绘工程中特殊地形的测绘技术研究[J].工程技术研究,2024,9(24):212-214.
- [3]符永存.测绘技术在特殊地形测绘工程中的应用[J].中国高新科技,2023(07):158-160.

作者简介: 欧阳飞(1973.09—), 毕业院校: 河海大学, 所学专业: 测绘工程, 当前就职单位: 辽宁省自然资源事务服务中心, 职称级别: 专业技术五级岗位。