测量方法进行地形图更新测绘工作。

①无人机投入。

外业航飞使用精灵 Phantom 4RTK 四旋翼无人机进行倾斜摄影，配有单镜头相机，焦距 23.94mm，像素 2000 万，影像大小 5472*3648pixels。

②航摄设计。

根据成图区域的范围、地形条件以及比例尺，确定航高和地面分辨率，进行航线规划。

③像控点布设。

像控点采用平高区域网布点法，在区域网四角和周边布设平高点，内部区域加布适当数量的平高点。

④空三加密建模。

内业人工量测像控点和检查点（要确保至少 3 张影像），进行约束平差。导出空三报告，检查成果精度是否满足规范要求。如不满足，返工检查像控点的内外业测量情况。基于合格的空三成果，进行全自动建模，输出 osgb 格式的三维模型。浏览检查三维模型，确保模型无扭曲变形，无黑洞漏洞。

图 4 三维建模成果

3.2.2 全野外数字化测绘

对局部地区地物变化不大时，可利用原有经过校核，位置准确的地物点进行装测或设站修测，修测后地物与邻近原有地物的间距误差，不得超过图上 ±0.4mm，修测后的地物不应再作为修测新地物的依据。

3.3 数据处理

在三维模型测图系统里，导入模型数据。按照数据规范要求，对水系、居民地、交通、管线、地貌土质和植被等图层的地形要素分别按照点、线、面等各自不同的几何特征进行采集。对不能准确判读的（包括隐蔽地区、阴影部分等），需绘出部分轮廓线，在辨别困难处做出标记，予以说明，由外业进行补测、定位、定性。

3.4 外业调绘补测

外业依据内业采集后回放的线划图，在实地进行调绘核查，补调补测隐蔽地物、采集遗漏的地物和模型有漏洞处的地物，并纠正内业采集错误的地物，进行全面的实地检查和地理名称注记调查等。

3.5 内业编辑及入库

在“智慧常州空间数据采集平台 Map2020”上根据外野调绘补测内容，按照《1:500 1:1000 基础地理信息地形要素数据规范》要求，对采集数据进行图形编辑（要素分层、代码赋值、面要素编辑、符号化等）和属性编辑，完成倾斜摄影测量地形图成果图块。将图块编辑上图，处理与周边未变化地物要素的接边处理，完成局部区域的地形图更新工作。最终将数据通过采集平台，完善图上各元素线型、符号样式、分色，利用程序完成数据按《1:500 1:1000 基础地理信息地形要素数据规范》划分和入库。

3.6 数据检查

3.6.1 外业检查

将地形图以图幅为单位的图形文件回放纸图进行外业详查，着重检查有无错绘、漏绘地物，检查地物点数学精度是否满足设计要求。过程检查必须保证 100% 详查，单位最终检查按 GB/T 24356-2023《测绘产品质量检查与验收》相关规定抽取相应数量的样本，进行数学精度（地物点平面位置精度和间距精度、高程注记点精度）检测和野外巡视检查。

3.6.2 内业详查

内业对图面进行全面检查，主要包括：各种名称注记、说明注记应正确，指示明确，不得有错误或遗漏。线条应光滑，无抖动、重复等现象。注记应尽量避免压盖地物，其字体、字大、字数、字向、单位等应符合规定。符号间应保持规定的间隔，达到清晰、易读。在计算机上打开图形文件，检查地形图要素与调绘底图对比有无遗漏，层次、线形、颜色等是否正确等。

4 结语

地形图更新测量采用无人机倾斜摄影测量和人工全野外数据采集等“空地人机”多种视角多种测量仪器协同的更新技术，取长补短、提质增效。利用无人机倾斜摄影测量方法，完成新建小区、拒测区和大片施工区等变化区域的更新工作；传统的主要作业方法，全站仪、GNSS-RTK 全野外数据采集手段，现在变为了辅助测量手段，用于完成遮挡隐蔽地区点状要素的零星修补测量工作。多种技术在地形图动态维护工作中综合利用协同更新的技术体系日趋完善成熟，在提质增效方面发挥了较大的作用。

参考文献

[1] 李阳靖,陈志,罗超.无人机倾斜摄影在平立面一体化测绘中的应用[J].测绘通报,2024,(S2):201-203+238.

[2] 武文龙.无人机倾斜摄影测量在大比例尺地形图测绘中的应用——以晋城市基础测绘项目为例[J].经纬天地,2024,(03):38-43.

[3] 李自然,杨明军.基于联合测绘数据源的大比例尺地形图动态更新[J].北京测绘,2023,37(03):351-355.

Application of oblique photography and Lidar technology in the construction of new basic surveying and mapping

Yuanxun Li

Linyi Land and Resources Bureau Surveying and Mapping Institute, Linyi, Shandong, 276000, China

Abstract

Traditional basic surveying and mapping products usually follow the relevant national and local norms and industry standards as the production basis, using a fixed scale to display, its application is relatively fixed, can not fully adapt to the new requirements of modern urban construction and management. In addition, such products do not achieve flexible linkage updates and on-demand features in the update and service of the elements of the results. This paper combines the practical application of oblique photography and Lidar technology in the new infrastructure surveying and mapping construction project, and deeply analyzes the acquisition ways of various elements in the new basic surveying and mapping construction and the realistic needs of topographic map updating and upgrading, which plays an important role in exploring and improving the new basic surveying and mapping construction technology.

Keywords

oblique photography; Laser radar technology; Basic geographic entity; Surveying and mapping construction

倾斜摄影和激光雷达技术在新型基础测绘建设中的应用

李元勋

临沂市国土资源局测绘院，中国 · 山东 临沂 276000

摘　要

传统基础测绘产品通常遵循国家及地方的相关规范和行业准则作为制作基础，采用固定的比例尺进行展现，其应用方式相对固定，不能充分适应现代城市建设与管理的新要求。此外，这类产品在成果的要素更新和服务上，并未实现灵活的联动更新和按需定制的特性。本文融合倾斜摄影与激光雷达技术在新型基础设施测绘建设项目的实际运用，深度剖析了新型基础测绘建设中各种元素的采集途径及其满足地形图更新升级的现实需求，这对于探索和提升新型基础测绘建设技术具有重要作用。

关键词

倾斜摄影；激光雷达技术；基础地理实体；测绘建设

1 引言

经济发展水平的不断提高，推动着我国科技实力的飞速进步，特别是新型基础测绘技术的构建备受瞩目。测绘工作的优劣直接关系到工程质量的高低。作为一项要求高度专业化的任务，测绘工作依赖于先进技术的有力支撑，以确保其结果的精确度和合理性。伴随时代的演进与进步，部分测绘领域内的传统方法开始暴露出其局限性，不再适应现代行业发展的步伐。目前，我国各类工程项目激增，项目规模也在持续扩张，新型的基础测绘设施建设迫切需要更尖端的科技支持，以确保建设标准得以满足。继续依赖传统的测绘方式，不仅会降低测量的精确性，还将导致作业效率的下降。采用倾斜摄影与激光雷达这两项先进的三维测量手段，作为测绘领域的新型技术代表，它们的应用显著提升了作业的精确性，并且拓展了测绘服务的领域。本文旨在探讨这两项技术在新一代基础测绘项目中的应用情况，通过对比分析其各自的优点和不足，以便更好地挖掘新技术的潜力，进而提高测绘作业的品质。

2 倾斜摄影和激光雷达技术概述

2.1 倾斜摄影概述

倾斜摄影测量技术是利用飞行器如无人机装载多个感应设备，通过俯视、四周围观等多种视角对地面目标物体进行图像数据的捕捉，进而实现对该物体立体纹理信息的采集与记录的一种测量技术。

现阶段，测绘行业广泛运用的技术手段包括全站仪测量技术、三维激光扫描技术以及无人机航空摄影技术等。通过对这些技术手段的优缺点进行深入的比较研究，得出了以下观点：全站仪测量技术以其直接清晰的测量原理、简便的

【作者简介】李元勋（1992–），男，中国山东郯城人，本科，工程师，从事测绘工程研究。

操作流程和较高的测量精度而受到青睐，然而它的局限性在于劳动强度较高，成本效益不理想，且工作效率有待进一步提高，因此它通常适用于单一建筑或构造简单的测绘任务。三维激光扫描技术则对 GPS 信号的依赖性较小，适合单人独立作业，但缺点是容易受到周围障碍物的干扰，它更适用于那些结构复杂、立面特征丰富、对细节表现有较高要求的地物测绘。利用倾斜摄影技术进行测量，能够迅速且精确地捕获并构建出对象的三维实景模型，这些模型生动展现了地物的立体形态、构造、大小、质感以及空间位置等多维属性。该技术不仅具备出色的仿真性，通过倾斜和垂直角度的综合拍摄，所获取的地物纹理和空间构造信息，能够全方位地重现地物的实际地理环境，具有较强的真实感。此外，所生成的三维模型测量精度高，便于直接在模型上进行距离和高度的量测。该技术亦能迅速覆盖广阔区域，搜集地物的三维实景数据，进而迅速完成大型区域的实景三维建模工作，常用于环境较为单一的大规模测绘任务中。

2.2 激光雷达技术概述

激光雷达测绘技术依托于发射的激光束及其反射波的接收，通过对往返时间的精准测量，从而准确标定探测对象与测量装置的距离。激光探测系统一般由激光发射源、扫描装置以及高感度的接收单元构成。激光投射装置释放出瞬间且强大的光能光脉冲，这些光脉冲借助扫描系统向各个方位散射。一旦这些光波撞击到各类目标，如地面、楼房或其他构造体，便有部分光线反射折返并被接收器所接收。接收器将捕获的每个光脉冲的返回时间进行记录，进而依据这些时间戳确定与目标之间的距离。对众多距离测量点进行详尽分析，能够打造出精确度极高的三维立体模型，这对于地形图的绘制、城市布局规划、林业资源的管控等众多行业具有关键作用。激光雷达测绘技术以其精准测量和高效率的特点，在现代测绘技术中占据了不可或缺的地位，尤其在那些要求迅速且精确地掌握广阔地形信息的应用场景中。

激光雷达测绘技术作为当代测绘界的一项创新技术，以其卓越的测量精确度和细致的解析能力而广受瞩目。此手段通过发射密集分布的激光脉冲，并对每一束光脉冲的回波时长进行精确计时，得以绘制出地表以及其上覆物体的详尽立体图像。激光雷达在获取地形及地表物体细节方面，相较于传统的摄影测量和地面测量技术，展现出了显著的优越性。它能精确感知细微的地貌构造、建筑特征，乃至树梢掩盖的地貌线条。得益于其生成的数据点高度密集，拥有的分辨率令人印象深刻，即便是地面的微小起伏也能被详尽地捕捉并表现出来。另外，激光雷达系统在测量精度上表现卓越，其误差通常控制在数厘米之内。这样的精准度对于要求严格的工程测量尤为关键，例如在道路规划、桥梁施工以及山体滑坡观测等方面。高精度的测量结果不仅确保了测绘信息的优质性，同时也为之后的分析和决策制定提供了坚实的数据支撑。激光扫描测量技术的大规模运用，同样带来了许多其他优势。例如，在城市布局领域，通过激光扫描能够捕捉到极为精确的建筑边缘及地形特征数据，这些数据对于城市的构型打造与土地资源规划至关重要。而在环境保育领域，激光雷达能监测到森林的覆盖率、地表变动以及河流的水位情况，这对于生态系统的维护和资源的合理调配具有重要意义。

3 倾斜摄影和激光雷达技术在新型基础测绘建设中的具体应用

3.1 在精密测绘任务中的应用

激光雷达技术在精密工程测绘领域展现出它的显著强项，它能够精准地捕获并展现繁杂场景中的微小地形与构造细节，给予了强大的技术支撑。利用发射的激光脉冲以及对其返回时间的精准计算，该技术能够打造出分辨率极高的三维地形与地表物体信息，这对于需要超高准确度和精致细节的工程来说是极其关键的。在诸如桥梁、隧道及道路等规模庞大的基础设施施工过程中，激光雷达技术助力技术人员深入掌握地面及地下的构造情况，从而保障设计与建造的精准度。面对诸如山区或河川等复杂地貌，激光雷达技术能高效地捕捉地形变化，为规划人员提供制定更为科学决策的支持。另外，在古迹的修缮与维护工作中，激光雷达技术可以实现对建筑构造的非接触式测绘，为修复与保护工作提供了细致的数据基础。该技术同样在工程质量的监管上发挥着关键作用，例如，通过对建筑或设施进行周期性的扫描，来追踪其细微的变动，保障其安全性与稳定性。利用激光雷达收集的准确信息，不仅能够提升工程项目的作业效率，还可以有效减少风险及成本，这在现代化的基础测绘建设领域尤为关键。

3.2 在轨道交通建设中的应用

在基础测绘领域，倾斜摄影技术展现出其显著的价值，特别是在轨道交通项目的施工过程中，其作用尤为突出。依托于倾斜摄影所构建的模型，结合三维管网模型以及建筑信息模型（BIM）等，形成了综合的三维数据资源。通过智能分析系统的辅助，技术人员得以在操作平台上对这些精确数据进行深入的分析和评估，从而对轨道交通的建设进行专业的审视。空间位置分析、方案优劣的对比、拆迁成本估算等环节，都因这些技术的应用而变得更加迅速和方便，极大地提高了工作的质量和效率。①多源数据集成。结合多元化信息源，借助建筑信息模型与地理信息系统技术，构筑以三维实体模型为核心的数据架构。整合车站与轨道的建筑信息模型、地下管网模型等资源，实现立体化设计呈现，从而精确把握施工环境。在三维可视化的操作界面中，便于执行工程指挥与调度任务，减少冗余劳动，既节省人力成本，又提升作业效率，有效防止工地现场的混乱状况。②空间分析。在空间布局分析中，依托整合的倾斜摄影技术构建的模型、建筑信息模型（BIM）以及立体管线模型所形成的场景作为