



# 试论新型测绘手段在城市大比例尺地形图测绘中的应用

宋占军<sup>1</sup> 郑玉凤<sup>2</sup>

1河北省第二测绘院, 河北石家庄 050031

2河北地质职工大学, 河北石家庄 050031

**[摘要]** 随着我国数字城市建设的大范围开展, 传统大比例尺地形图的测绘方法耗时长、成本高, 越来越不能满足现代化的工作需求。本文试利用激光雷达和倾斜摄影这两种成熟的技术运用到城市大比例尺测图中, 以提高生产效率、降低生产成本。

**[关键词]** 倾斜摄影; 数字城市; 激光雷达; 大比例尺测

## 引言

随着数字中国、智慧中国概念的提出, 测绘地理信息技术在数字中国、智慧中国的地位越来越突出, 测绘地理信息技术对数字中国、智慧中国的建设有着不可替代的作用, 为全面推进数字中国、智慧中国的建设, 为满足日益增长的对测绘地理信息技术的迫切需要, 我们需要利用先进的测绘技术手段满足日益增长的需要。原国家测绘局也专门立项支持数字中国、智慧中国的建设, 根据人们生活和生产的实际需要, 在我省陆续开展了数字城市建设, 数字城市建设主要通过先进的测绘地理信息技术手段进行数据生产、互联网贯通、数据库建设等工作, 搭建一个便民的服务平台, 服务于人民生活、服务于生产建设。

城市地区的大比例尺地形图是数字城市建设中的基础底图, 它的生产周期、成本直接影响到后期数字城市建设的步伐和质量。随着我国数字城市建设的大范围开展, 大比例尺地形图测绘的需求越来越大, 然而大比例尺地形图测绘, 目前主要有解析法和航测法, 解析法测量精度高但在大面积更新时耗时长、成本高, 航测法速度快、覆盖面积大、投入成本低, 但成图过程复杂、精度低, 几种方法各有特色, 但普遍存在人工依赖度大、自动化程度不高等缺陷。

目前传统的解析法大比例尺地形图测绘主要通过全站仪、RTK 进行野外实地测量, 现场绘制草图, 室内计算机人工成图进行采集, 虽然这种采集方式相比过去的平板仪时代, 效率提高了很多, 但是随着人工成本的增加、工期时间的要求, 这种采集方式越来越不适应现在的时代步伐, 随着激光雷达技术、倾斜摄影测量技术的日趋成熟, 通过航空摄影高效获取高精度的地面位置信息已经相当成熟, 运用这些高技术手段进行大比例尺地形图测图也变为可能。

## 1 机载激光雷达

机载激光雷达技术是由西方国家首先提出来的, 它通过在航空平台上搭载激光发射器、激光接收器、IMU/POS 系统、高性能计算机、稳定平台系统、差分 GPS 系统, 机载激光雷达技术是通过主动的发射激光光束来获得地表坐标信息, 因此它是一种主动的测量手段。机载激光雷达技术的出现从根本上颠覆了人们对于地理信息获取手段的认识, 它拥有高效的、快速的、精确的获取地表三维坐标的能力, 从根本上改变了数据获取方式效率。

机载激光雷达即点云获取的原理为由航空机载平台上的主动式激光发射器发射激光脉冲, 激光到达地表后被反射回激光接收器, 通过计算机计算激光往返的速度和时间从而计算激光器到地表的距离, 通过惯性测量单元 (IMU) /DGPS 差分定位技术计算每一个激光点云的 xyz 坐标, 从而得到了大量的点云数据。并且通过记录激光的强度信息能够反演地表的一些特性。

机载激光雷达技术的引进大大提高了数据生产效率、因为激光不受光线的影响, 所以可以晚上进行作业, 从而大大提高了使用效率, 并且它的系统集成化程度高, 完全由计算机自主控制, 减少了人工的工作量; 它的数据生产周期短, 几个小时的时间就可以获得几十平方公里范围的点云数据; 它的精度高, 平面精度能够达到分米甚至厘米级, 高程精度能够达到十几个厘米的级别; 由于激光的自身特性, 激光具有一定的穿透力, 所以在获取树木较多的地区, 它可以穿透树木间的缝隙到达地面, 从而获得地面的三维信息; 它可以衍生出许多测绘产品, 如数字地面模型、地表模型等成果, 因此机载激光雷达技术的这些独有的特性和优点, 是传统光学摄影测量手段无法比拟的。

激光雷达技术获取激光点云数据的平面和高程精度已经可以满足 1:500 地形图的精度要求, 其中, 平面精度能够达到分米甚至厘米级, 高程精度能够达到十几个厘米的级别, 1:500 地形图的精度要求: 平面精度中误差为: 25 厘米, 高程精度为 15 厘米。点云的平面和高程精度完全能够满足 1:500 地形图的精度要求。

但点云数据还存在一些缺点,这些缺点跟它的特性有关,点云的特性主要有:点云数据具有海量性、高冗余、多样性、缺失严重、点密度不均一、非结构化等特性<sup>[1]</sup>,这些特性尤其是缺失严重、非结构化是制约点云数据制作大比例尺地形图的一大障碍,比如要想测量房屋的四角坐标,在点云数据里,房屋的轮廓是由多个点构成的,要想找到准确房屋的位置,哪个点的位置最接近房角?如遇到有房檐的房屋,点云表达的信息是房屋顶盖的轮廓,如果按这个测量房屋四角坐标,还存在房檐改正的问题,为了解决点云数据存在的一些弊端,还需要通过其他手段进行补充。目前主要途径为通过点云+DOM的办法:

该方法主要利用与点云同期获取的航空影像,主要步骤如下:

- (1) 外业实测像控点坐标;
- (2) 通过运用点云生数据,利用点云分类和提取技术生成数字高程模型数据;
- (3) 对航空影像利用外业实测像控点坐标进行正射纠正从而获得数字正射影像数据;
- (4) 然后利用专业的点云分类软件对点云数据进行分类,主要是分出地面点和非地面点。

(5) 在软件中同时叠加点云和正射影像数据,运用正射影像数据判地物、激光点云数据测位置的方式进行地表地物采集,基于数字正射影像,对人工能够判读的要害,在点云数据软件中,利用插件工具,人工逐个采集地物边界数据。边界数据的平面位置可以通过激光点云数据进行位置改正,以提高其精度,消除正射影像的平面位置误差;

(6) 地形图上的高程信息,主要利用点云的高精度高度信息进行提取。然后通过内外业相结合的方式开展外业地物补测,主要补测内业无法采集和漏采集地物。首先利用内业提取的矢量数据和正射影像数据制作外业调查底图,利用外业调查底图对丢漏和无法采集的地物进行实地采集。

(7) 最后通过对内业和外业的成果进行图形接边、图形拓扑检查、字段赋值,编辑整理,形成最终的大比例尺地形图成果。

该方法的优点为操作过程简单,成本低,但也存在采集盲区,需要外业补充测量,无疑增加了时间成本。

## 2 倾斜摄影测量技术

倾斜摄影测量技术 (Oblique Photogrammetry Technology) 是国际测绘届兴起的又一项高技术测绘手段<sup>[2]</sup>,2014年倾斜摄影测量技术首先被天下图引入中国<sup>[3]</sup>,倾斜摄影测量技术 (Oblique Photogrammetry Technology) 顾名思义,它是通过搭载不同视角的相机(如一个正射相机,四个倾斜相机)进行航空摄影,它不仅从正视角获取地表信息,还从不同的侧面获取建筑物,地表物体的侧面纹理信息,它是一种全新的摄影测量手段,通过一定的三维模型重建,贴纹理等自动算法,可以为人们构建一种真实的三维场景,这种三维场景是与实地尺寸,纹理完全相符的,是可量测的<sup>[4]</sup>。倾斜摄影测量技术 (Oblique Photogrammetry Technology) 的主要特点有,首先,它能获得建筑物的侧面纹理,从而免去了人工实地野外拍摄照片的工作量,大大提高了工作效率,它的纹理真实性、高效性是它的主要特性之一;其二,它利用一定重叠度的不同相机组合进行航空摄影,获得的数据能够自动化的进行空三解算,生产立体模型,自动贴纹理,工作效率大大提高。其三,倾斜摄影测量技术 (Oblique Photogrammetry Technology) 技术的数据量小,便于进行存储和操作。

传统的航空摄影只能从单一的视角即正射视角获取地表信息,遇到树木、高大建筑物等地物遮挡时,容易产生摄影死角,容易产生阴影等问题,这大大限制了传统摄影测量方法的应用面,生成的测绘产品应用面较少,传统的三维模型生产需要消耗大量的人力、物力,且通过传统的摄影测量手段获得建筑物的矢量坐标,和人工拍摄楼体侧面照片获得纹理信息,效率低,真实性较差,不能满足大面积数字城市建设的需要<sup>[4]</sup>。

而机载倾斜摄影测量技术运用飞机平台上搭载的多个专业航摄相机,从多个角度获取地表和高大建筑物的侧面和顶面视角数据,从而获得更加丰富多彩的多维信息,大大满足用户对现实世界真实信息的感知能力需求,从而在城市三维建模、文物保护、智慧城市建设中发挥重要作用。

利用倾斜摄影测量技术建立的三维城市模型,运用矢量采集工具采集房屋、道路等地物信息,大大提高了工作效率,然而倾斜摄影测量也存在着以下几方面不足:主要有存在建筑底座遮挡、高程精度较差等缺点。

## 3 LIDAR与倾斜摄影测量技术结合

通过以上对激光点云与倾斜摄影测量技术的优点和缺点进行分析可知,单一通过任何一种方式无法完成大比例尺测图的任务,本文通过利用激光点云与倾斜摄影测量技术相结合的方式,进行大比例尺测图,能够弥补二者的不足,从而提高生成效率。

点云+倾斜摄影三维模型的方法:该方法主要是运用倾斜摄影构建三维模型,在三维模型中对地物要素进行采集,运用点云数据获取高精度高程点和等高线,二者结合最后形成最终成果。

该方法主要的技术难点:一是倾斜摄影的平面位置精度能否满足 1:500 地形图的精度要求;二是倾斜摄影建立的三维模型在建筑物底部由于遮挡原因,出现许多凹凸,拉花等影响数据采集。对于模型的平面位置精度,要想获得高精度的三维模型数据,首先要提高倾斜摄影相机硬件水平和相机分辨率,然后提高航空摄影质量,如重叠度的保持,飞机姿态的控制等。

综合以上两种方案,第一种方案即点云结合 DOM 影像的方法的优点在于成本低,制作正射影像的成本要比制作三

维模型低,但第一种方案也存在着个别地物无法内业采集的问题,从而需要外业实地补测;第二种方法即点云+倾斜摄影三维模型的方法,制作三维模型增加了生产成本,并且为了提高三维模型的平面精度势必要在硬件上进行更高的投入。

目前市场上还没有成熟的商业软件支持从点云数据中采集线划图的功能,如果有比较成熟的商业软件来支持这项工作,应该会在软件中采用科学的算法来弥补点云的一些缺陷,从而提高采集矢量数据的效率,在这方面还需要增加研发的投入。

#### 4 结论

综合以上所述:点云+倾斜摄影三维模型的方法能在一定程度上为满足质量要求的大比例尺地形图生产提供一种可行的技术方法。

#### [参考文献]

---

- [1] 张继贤,林祥国,梁欣廉.点云信息提取研究进展和展望[J].测绘学报,2017:1460~1469
- [2] 田野.利用 Pictometry 倾斜摄影技术进行全自动快速三维实景城市生产[J].测绘通报.2013:59~61.
- [3] 包丹丹.倾斜摄影测量的空三精度和三维模型精度的评估方法研究[D].天津师范大学,2017:12~17.
- [4] 宋占军,张军,郑玉凤.试论倾斜摄影测量技术在数字城市建设中的应用[J].工程技术.2018:155~157.