

# Application of New Surveying and Mapping Techniques in Construction Project Planning and Completion Surveying

Yuxuan Chen

Liaoning Hengrui Surveying and Mapping Co., Ltd., Huludao, Liaoning, 125200, China

## Abstract

With the accelerating pace of China's modernization, the number of planning supervision and measurement projects after the approval of urban construction projects continues to increase, and high-rise, super high-rise and special-shaped buildings continue to emerge. Complex building contours, special building materials and unconventional building forms not only beautify the urban landscape and upgrade the urban level, but also pose new problems and challenges to the planning completion measurement.

## Keywords

new surveying and mapping technology; 3D laser scanning technology; UAV tilt photogrammetry technology; project planning completion survey

## 测绘新技术在建筑工程规划竣工测量中的应用

陈宇轩

辽宁恒睿测绘有限公司, 中国·辽宁 葫芦岛 125200

## 摘要

随着中国现代化建设步伐的不断加快, 城市建设工程批后规划监督测量项目量不断增加, 高层、超高层和异形建筑不断涌现, 复杂的建筑轮廓、特殊的建筑材料、非常规的建筑形式在美化城市景观、提升城市档次的同时, 也给规划竣工测量工作提出新的难题和挑战。

## 关键词

测绘新技术; 三维激光扫描技术; 无人机倾斜摄影测量技术; 工程规划竣工测量

## 1 建筑工程规划竣工测量主要存在的难题

### 1.1 控制点布测的作业效率和自动化程度较低

在实际工作中, 由于工程建设和人为破坏等原因竣工测量区域的控制点破坏较为严重。作为传统竣工测量的主要测绘手段, 全站仪内外业一体化配合草图法通过布设从外到内、从高级到低级的控制网, 布网时还需考虑测区范围、控制点间的通视情况和相邻点间的高差情况等, 因此控制点布测的作业效率和自动化程度较低。

### 1.2 工作人员难及区域数据值采集困难

传统全站仪需要配合棱镜进行测量, 即将全站仪安置在测站上, 棱镜放置在需要测量的位置进行测量。在规划竣工测量中, 很多建筑物空中结构变化复杂, 且存在楼顶拐角、高度过高测量人员难以抵达的区域, 在这些位置数据值采集困难。

### 1.3 不规则建筑物、异形建筑物数据获取效率低

传统竣工测量一次测量只能获取一个点数据, 即点测量模式。对于不规则、异形建筑物, 需要测定大量的点数据才能符合精度要求。这使传统全站仪竣工测量难以适应新时期的测量需求, 数据获取效率低。

### 1.4 规划竣工测量成果表现形式不够直观

目前竣工测量以二维平面图提供成果, 包含地形图、立面图等, 难以直观地表达异形、复杂、不规则建筑物的竣工现状。

## 2 测绘新技术应用的必要性

测绘新技术的飞速发展, 对建筑工程规划竣工测量将产生积极影响。近年来, 中国测绘新技术正朝着数字化、信息化方向迈进, 测绘新技术在传统技术的基础上进行了改善和

更新,优化了测量方式,提高了工作效率,并逐步实现了自动化、精确化和智能化,有效提高了建筑工程的测量精度,保障了建筑工程的施工质量。

三维激光扫描技术是一种新型、高精度、三维、立体扫描测绘技术,实现了测量方式从点测量到面测量转变的突破,被称为“继GPS技术之后的又一次技术革命”。它能快速、大量采集被测对象表面的空间点位信息,具有无接触、高精度、高密度、实时性、动态性、主动性等特点,提高了测绘工作的质量与效率,实现了被测物体三维影像模型的快速创建。

无人机倾斜摄影测量技术是一种新型的利用航空摄影相机进行复杂、高精度、大范围地物信息获取的测量手段,具有高效、快速、真实、高性价比等特点。为用户提供更高级、更直观、更丰富的体验,扩展了遥感影像的应用范围与领域<sup>[1]</sup>。

因此,测绘新技术在建筑工程规划竣工测量中的可行性研究与精度分析,以期为相关工程提供借鉴,提升规划竣工测量效率,丰富规划竣工测量成果,更好地辅助现代规划审批的流程,增加规划管理的科学性,提升建筑工程规划的监管力度。

近年来,随着测绘新技术的快速发展和传统测量方法的不足,连续运行卫星定位综合服务系统、三维激光扫描技术、无人机倾斜摄影测量技术等建筑工程规划竣工测量中的实践工作不断开展,中国和国际学者的研究成果也不断趋于成熟,大部分技术开始由理论研究转向工程实践,测绘新技术正在为建筑工程规划竣工测量带来越来越多的便利和更加丰富直观的竣工测量成果。

使用CORS系统进行建筑工程规划竣工测量的控制点布设与测量时,应严格执行CH/T2009-2010《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》的要求,控制点位置既要满足CORS系统的测量条件,又要满足规划竣工测量的要求,应选在远离电磁干扰、视野开阔、远离高大建筑物的区域。进行测量时,首先进行接收机手簿设置,依据已知的高等级起算点求取坐标转换参数,进行参数精度检核,平面坐标精度优于2cm、高程精度优于5cm时方可开始正式测量。测站采用三脚架对中整平,收敛稳定且得到固定解后记录,每次观测20个历元,每个控制点独立观测两次,平面较差小于2cm、高程较差小于3cm时取平均值

作为最终作业成果。

### 3 测绘新技术在建筑工程规划竣工测量中的意义

#### 3.1 CORS系统在建筑工程规划竣工测量中的意义

使用CORS系统进行建筑工程规划竣工测量提供全新、透明、实时、可视的测量服务。应用CORS系统进行批后竣工测量研究的意义主要体现在以下方面。

##### (1) 数据可靠、安全、稳定

CORS基准站进行全天候连续观测,数据实时采集,数据稳定、精度高。数据中心统一管理通过授权方式进行登录的用户,数据可靠性、安全性高。

##### (2) 作业区域广

基于南方测绘的单基站CORS系统可以实现半径30km范围内的cm级事后差分定位和实时定位,通过GPRS/CDMA实现50km作业半径范围内的成功定位的案例也已平淡无奇。

##### (3) 工作效率高

使用CORS系统技术不需要架设参考站,增加了作业便捷度,提高了工作效率,降低了作业成本。

##### (4) 测量精度高

使用CORS进行规划竣工测量中的图根控制测量时,无须通过控制点引测进行控制网布设,避免了传统测绘手段因控制点引测导致的误差积累,提高了测量精度。

#### 3.2 三维激光扫描技术在建筑工程规划竣工测量中的意义

三维激光扫描技术有效避免了传统作业方式外业劳动强度大、时间长、重复测量、工作效率低等弊端。三维激光点云数据可以真实的反映复杂建筑物的每一个细节,在建筑工程规划竣工测量,尤其在超高层、复杂、异形建筑的规划竣工测量中优势显著,具有重要的研究价值。

三维激光扫描技术为规划竣工测量突破传统单点测量模式提供了一种全新的数据获取手段。应用三维激光扫描技术进行规划竣工测量研究的意义主要体现在以下方面。

##### (1) 工作人员难及区域数据值采集便利

三维激光扫描技术通过非接触式数据获取手段,在规模宏大、结构复杂、造型奇特的建筑物的规划竣工测量工作中

有较好的应用价值<sup>[2]</sup>。

### (2) 数据获取效率高

三维激光点云数据的野外获取速度可以达到 300000 点/s, 极大地减小了劳动强度, 缩短了工作时间, 提高了工作效率, 且信息获取更加全面, 细节特征保留更加完善。

### (3) 竣工测量成果表现直观

传统竣工测量只测量平面数据和少量的高程数据, 制作二维竣工图, 并进行相关面积计算等。无人机倾斜摄影测量技术是全数字摄影测量系统的有力补充, 具有机动灵活、数据获取快捷、分辨率高、高效快速、作业成本低等优势, 由地面站系统、飞行平台、航拍摄影系统、数据处理软件等组成, 是高智能化、稳定可靠、作业能力强的低空遥感系统。在测量工作时, 无人机通过非测量型摄影相机获取丰富的正射和倾斜影像数据, 经数据处理软件处理获取三维地理信息模型, 具有数据准确、信息丰富、成本低、效率高等特点, 因此研究其在规划竣工测量中的应用具有重要意义。

## 3.3 无人机倾斜摄影测量技术在规划竣工测量研究的意义

应用无人机倾斜摄影测量技术进行规划竣工测量研究的意义主要体现在以下方面。

### (1) 实现高精度测量, 提高生产效率

无人机作为一种新型的低空遥感对地观测手段, 具有易于操控、获取影像周期短、作业机动性强等特性, 可以有效避免传统作业方式的强度大、效率低、周期长和重复测量等弊端, 提升生产效率。

### (2) 成果表现形式更加真实、形象, 符合人类感知

无人机倾斜摄影测量成果建立的三维模型, 更接近真实世界, 可以让用户从多个角度观察建筑模型, 且根据成果影像, 借助配套软件, 可直接进行长度、高度、角度、面积等的量测与获取。

### (3) 建筑模型可提供丰富的纹理信息

无人机倾斜摄影测量成果可提供丰富的建筑物立面信息, 为规划验收提供更为丰富、直观的数据信息, 辅助行政审批部门管理决策。

因此, 研究连续运行卫星定位综合服务系统(CORS系统)、三维激光扫描技术、无人机倾斜摄影测量技术等测绘新技术在竣工测量方面的可行性实践并进行相关的精度分析

具有重要意义。

## 4 测绘新技术在规划竣工测量中的应用实例

在对 CORS 技术、三维激光扫描技术和无人机倾斜摄影测量技术等测绘新技术在规划竣工测量中的应用进行相关研究之后, 本书以国家重型汽车工程技术研究中心项目为例, 利用全站仪、测距仪、GPS-RTK、三维激光扫描仪、无人机等多种测绘新技术结合进行了建筑工程规划竣工验收测量, 并对各测绘手段的施测效率和测量精度进行了对比分析, 验证了测绘新技术在超高层建筑规划竣工测量中应用的可行性, 对规划竣工测量的技术手段进行了有益探索。

### 4.1 项目概况与作业依据

#### 4.1.1 项目概况

国家重型汽车工程技术研究中心位于中国山东省济南市高新技术开发区舜华南路以东, 奥体北路以南, 地理位置优越, 是济南“东拓战略”的重要建设工程项目, 填补了济南市工业企业在国家级工程技术研究中心方面的空白, 实现了历史性突破。该中心由科研综合楼和汽车展库两部分组成, 竣工建筑物单体 12 栋, 总建筑面积 15.8 万平方米, 研究中心流线型的建筑造型与浩瀚的天空交相辉映, “一柱擎天”的设计理念寓意着企业节节攀升、奋勇争先的理念追求。项目建筑特点如下:

(1) 科研综合楼塔楼建筑设计高度 173.3 米, 外观采用弧线三角形设计, 建筑轮廓由复杂曲线构成, 每层轮廓曲线各异, 曲率半径自标准层向上逐层缩小。

(2) 厂房外形采用弧形倒角处理, 外墙采用金属幕墙和玻璃幕墙适应弧形曲线设计的凹进和凸出线条。

(3) 弧形结构占建筑总体的 80%, 外圈框架梁和部分内连梁均为由多圆心控制的多曲线弧形梁, 内部空间布局复杂<sup>[3]</sup>。

#### 4.1.2 作业依据

本项目中引用的规范、标准等作业依据及其适用的工序。

### 4.2 技术路线及与工作流程

#### 4.2.1 技术路线

考虑到该工程项目科研综合楼塔楼穹顶最高点高度施测难度大; 金属幕墙、玻璃幕墙反光效果差; 建筑弧形轮廓设计, 外业采集数据量大, 数据层级多, 内业数据处理效率低等特点,

结合建筑工程规划竣工测量的内容包括以下几点:

- (1) 图纸审核;
- (2) 控制测量;
- (3) 建(构)筑物平面位置、自身长宽尺寸等相关要素测量;
- (4) 建(构)筑物高程、高度等相关要素测量;
- (5) 建筑物建筑面积测量、计算;
- (6) 现状地形图测绘、其他附属设施及相关地物的测绘;
- (7) 规划四至距离关系标注;
- (8) 平面布局及其他规划要素的测量;
- (9) 与规划指标的比对及说明。

为保证国家重型汽车工程技术研究中心顺利完成验收,结合中国先进工程施工经验,形成了技术流程。

#### 4.2.2 工作流程

##### (1) 控制测量

为了实现国家重型汽车工程技术研究中心建筑工程规划竣工测量,首先根据现场情况和作业任务布设控制点,布设 P1~P13,共计 13 个控制点。利用 JNCORS 系统进行网络 RTK 测量。

作业前首先对已知控制点进行检核,检测已知点的平面位置(水平分量与垂直分量的平方和求根号得)差值  $W \pm 5\text{cm}$ , 高程差值  $W \pm 5\text{cm}$ 。

作业时,采用 LeicaGS12 型 GPS 接收机,采用三脚架架设天线进行作业,采用济南城区参数进行参数配置,各控制点观测测回数不少于 3 个,各测回观测时间间隔不小于 60S,观测历元数不少于 30 个,观测 GPS 卫星数 5~10,采样间隔为 1S,PDOP 值最大为 4.420。控制点距离与坐标采用全站仪进行检测,实量边长与反算条件边长较差的相对误差  $< 1/10000$ ,距离超限时进行距离改正,现场做好标志。同时,在控制测量作业过程中满足以下要求:

- ①竣工规划测量的平面控制起算点,应以邻近的城市测量控制点为基础。
- ②高程控制起算点不得低于《城市测量规范》6.3.12 技术要求。
- ③联测水准点时,高程控制测量宜采用附和线路,对起闭于一个水准点的闭合环,应先行检核该点高程的正确性。
- ④使用网络 RTK 布设控制点应符合下列规定:

- 1) 观测值在得到 RTK 固定解且收敛稳定后开始记录。
- 2) RTK 严禁用站杆观测,PDOP 值应小于 6。
- 3) 经度、纬度记录到 0.000017,平面坐标和高程坐标记录到 0.01m。
- 4) 在铺装路面或其他坚固的地面镶嵌钢钉作为固定标志。
- 5) 取三个测回的中数作为成果。

采用固定解进行解算,解算成果测回间平面坐标分量较差最大值 0.017m,高程较差最大值 0.027m,平面点位精度最大值 0.020m,高程精度最大值 0.030m,各项数据满足规范要求。完成控制点布设和测量后,对控制点距离和坐标利用全站仪后视定向方法进行检测。全站仪获取数据与理论数据的平面坐标分量较差最大值为 0.019m,高程较差最大值为 0.029m,实量边长与反算边长较差的相对误差  $W1/10000$ ,满足技术设计书要求<sup>[9]</sup>。

##### (2) 高度测量

本项目中,利用钢尺测量、水准测量、激光测距仪三角高程测量、全站仪对边测量和无人机低空摄影测量相结合的方法,对建筑物进行室内坪、层高、楼高测量。

针对建筑物穹顶高度高,施测难度大,本项目充分探索新技术新方法在生产实践中的应用,采用电磁波测距三角高程测量方法、全站仪对边测量方法和无人机低空摄影测量方法分别对建筑物最高点进行高度测量,并进行对比分析。

为提高测量精度,保证成果质量,电磁波测距三角高程测量时,采用变换仪器高或觇标高法测量两次,两次较差不大于 100mm 时,取均值作为最终观测成果。

全站仪对边测量时,充分发挥其无须定向、可选择最佳观测角度、测量精度高等优势,在科研综合楼周边建筑上设站,以减少测站与目标间的高差,提高测量精度<sup>[9]</sup>。

无人机低空摄影测量时,首先采用基于空间后方交会模型的试验场检校法进行相机检校,然后进行航空摄影获取高分辨率影像,采用航测法进行空三加密,生成 DEM、DOM、点云数据及实景三维模型,然后根据实景三维模型进行建筑物高质量测,获取科研综合楼高度。

##### (3) 轮廓测量与面积核算

测量与《建设工程规划许可证》附图对应的建设用地区域内的其他现状地物,如保留的建筑物、道路及绿化用地、单独设立的配套设施等,并用必要的注记在地形图中标注相

关的信息。

在进行面积核算时,应计算建设工程总建筑面积、分栋建筑面积和每栋分层建筑面积,并应注明建筑功能。对建筑物的边长进行校核,各尺寸之间应没有矛盾。整幢建筑的外框边长和套内轴线边长应满足其几何图形构成的边长闭合几何关系,分段量测边长之和与总边长应一致,对多余观测引起的边长较差,应进行配赋处理后,再进行计算<sup>[6]</sup>。

除此之外,建筑面积测量应符合现行济南市城乡规划主管部门的规定,绘制面积图时注意竣工建筑物分层图形信息应按照约定图层管理要求,明确计算全部建筑规模部分的范围线、计算一半建筑规模部分的范围线、不计算建筑规模部分的范围线。

本项目中,针对国家重型汽车工程技术研究中心的弧形轮廓设计以及玻璃幕墙、金属幕墙反光效果差,项目中利用全站仪激光免棱镜测量、三维激光扫描测量和无人机倾斜摄影测量方式进行建筑工程轮廓测量与面积核算。

利用全站仪激光免棱镜测量采集建筑物特征点时,根据建筑物弧形倒角设计,应尽可能多的采集建筑物轮廓特征点,然后根据采集点位拟合建筑物弧线轮廓,确定建筑物轮廓并进行面积核算。

利用三维激光扫描仪进行测量时,首先在控制点上架设三维激光扫描仪,从主体塔楼内部和四周进行扫描测量,经外业扫描、数据预处理、点云去噪、修补数据空洞、点云切割、点云配准、点云抽稀、分层切片处理、建筑轮廓提取等步骤,获取主体塔楼的平面位置和轮廓信息,并进行面积核算。

利用无人机进行倾斜摄影测量时,经外业飞行数据采集、影像处理等,生成正射影像图和实景三维模型,分别提取建筑物外轮廓线和建筑物标高,并根据建筑物轮廓完成面积核算<sup>[7]</sup>。

#### (4) 总平面竣工图测绘

总平面竣工图应按照规定的数据分层进行,编绘时注意如下内容:

①建设工程竣工的地上、地下建(构)筑物轮廓(含阳台等其他附属设施,如柱廊、檐廊、架空通廊、底层阳台、门廊、门墩和室外楼梯及与房屋相连的台阶等)。

②项目周边地物、地貌,如道路、围墙、周边现状建筑物(尤其周边在建,或需拆除建筑)、绿化植被、景观水系、

小区内部主要道路及其上的管线设施等。

③必要的名称、属性注记,如建筑物名称、层数、功能、尺寸与距离、各特征线型名称等。

④规划控制线及勘测定界与甲方提供的一致,并保存叠图核对。

⑤尺寸标注位置与总平面甲方盖章纸图一致(含四至距离);

⑥建筑物定位位置符合采点的点圆半径0.05m的误差限制。

⑦建筑物轮廓与面积图的差异,有合理的相对关系。

⑧建筑物地下部分与地上部分的相对关系正确,车库出入口标识。

⑨按规划附图标注:周边楼号,配套功能,地块分界,消防控制线、地上停车位,回车场,公厕等内容。

⑩新增建筑的表示应突出,尤其注意压盖红线,湿地功能名称,实测与面积一致等情况。

#### (5) 内业计算与成果编制

依据外业采集的数据与建筑设计图纸,内业计算各项数据并填表、编制成果文档资料;内业利用南方CASS9.0绘图软件编绘成图,作图时特别注意立面图中的各项对应关系,面积图中的数据准确性与逻辑一致性,竣工总平面图中的标注规划建筑物本身距离和建(构)筑物距四至距离,标注位置应与规划附图保持一致。同时,充分利用EPS2008,利用VBScript脚本开发提高作图质量、效率。通过AUTOCAD二次开发VBA程序进行数据提取与EXCEL表格进行对照,多表格嵌套比对的方式开展计算与检查工作。

### 4.3 技术难点与创新

本项目由于建筑物结构复杂,规划竣工测量技术难度大,采用多种测绘新技术进行了有益探索,主要技术难点与创新情况如下。

#### 4.3.1 穹顶最高点施测难度大

国家重型汽车工程技术研究中心项目科研综合楼塔楼最高点设计高度173.3m,地面架设仪器无法构成直接测顶的视线。因此,本项目中采用多种方案解决此问题。

(1) 变换仪器高法进行多余观测求取平均值。

(2) 对边测量,选择最佳观测角度。

(3) 采用无人机倾斜摄影测量。

### 4.3.2 建筑物轮廓提取复杂

国家重型汽车工程技术研究中心项目的金属幕墙、玻璃幕墙反光效果差,建筑弧形轮廓设计,各层轮廓曲线各异,建筑物轮廓提取复杂。项目中,采用多种方式解决此技术难题:

(1) 利用全站仪采集接缝处特征点,逐层采点,拟合建筑物轮廓。

(2) 处理三维激光扫描点云数据,获取建筑物轮廓。

(3) 处理无人机正射影像,提取建筑物轮廓。

### 4.3.3 数据处理效率低,数据入库复杂

国家重型汽车工程技术研究中心项目外业采集数据量大,数据层级多,内业数据处理效率低,数据入库复杂,项目中,采用多种方式解决此技术难题:

(1) 充分利用 EPS2008,利用 VBScript 脚本开发提高作图质量、效率。

(2) 利用南方 CASS9.0 进行二次开发,形成生产自动化解决方案——CASS 竣工测量版。

(3) 进行辅助软件开发,提高工作效率。

## 5 结语

论文以国家重型汽车工程技术研究中心规划竣工测量为

例,将全站仪、CORS 技术、三维激光扫描技术和无人机倾斜摄影测量技术等测绘新技术应用于建筑工程规划竣工测量项目中,并通过工作量与精度对比分析,证实了测绘新技术在建筑工程规划竣工测量中应用的可行性,为规划竣工测量提供了有益探索。

## 参考文献

- [1] 冯炎,雷朝锋.GNSS 测量技术在都市建成区测绘工作中应用及分析[J].西部探矿工程,2021,33(01):169-170+175.
- [2] 陈剑峰.测绘工程中无人机技术的应用探讨[J].中国住宅设施,2020(12):52-53.
- [3] 阮文龙.三维激光扫描技术在道路测绘中的应用[J].中国住宅设施,2020(12):93-94.
- [4] 张伟.试论 GPS 测绘技术在测绘工程中的应用[J].智能城市,2020,6(24):47-48.
- [5] 赵福超.无人机倾斜摄影测量技术在农村房地一体测绘中的应用[J].工程建设与设计,2020(24):252-254.
- [6] 胡浩.无人机技术在测绘测量中的技术应用分析[J].电子世界,2020(15):194-195.
- [7] 储扬静.基于测绘发展现状的工程测绘技术应用分析[J].居舍,2020(09):52.