

# 浅析全数字测图方法在高精度多要素地形图测量中的应用

贾高<sup>1</sup> 常健<sup>2</sup> 马强<sup>1</sup>

(1. 北京航天勘察设计研究院有限公司,北京 100071;2. 中国运载火箭技术研究院,北京 100076)

**【摘要】** 全数字测图有高精度、速度快、内外业一体化作业的优势,近年来随着 GPS、GIS 技术的发展,全数字测图又得到了迅速地发展与应用。在多要素地形图测量中,全数字测图的优势得到了充分地发挥。结合某研究院科研区大比例尺地形图测绘实例介绍了切实应用的几种测量方法,为相似工程提供参考。

**【关键词】** 数字测图;网络 RTK;多要素地形图;圆顶建筑高度测量

**【中图分类号】** TU 198.1

**【文献标识码】** A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2015.02.004

## Analysis on All-digital Mapping Method in Multi-factor Measurements of Topographic Maps

Jia Gao<sup>1</sup> Chang Jian<sup>2</sup> Ma Qiang<sup>1</sup>

(1. Beijing Aerospace Geotechnical Engineering Institute Co., Ltd, Beijing 100071, China;

2. China Academy of Launch Vehicle Technology(calt), Beijing 100076, China)

**【Abstract】** The all-digital mapping has high precision, fast speed, inside and outside the industry of the integration advantage. With the development of GPS and GIS technology, it has been developed and applied rapidly in recent years. In the multi factor topographic survey, the advantages of all-digital mapping has been fully exploited. In this paper, combined with the large scale a unit research area topographic mapping example introduces several measurement methods of the practical application, and provide reference for similar engineering.

**【Key words】** digital mapping; network RTK; many elements of topographic map; dome height measurement

### 0 引言

随着时代的快速发展,城市各种建筑物建设速度也在加快,原有地形图无法满足城市地理信息系统建设要求,更不能满足科学规划要求,进行多要素地形图测绘越来越重要。为满足航天事业的发展,航天器材生产厂房、实验厂房、科研办公楼等都在更新建设改造,某研究院科研区建筑更新比例超 30%,测量工作者采用基于北京市 GNSS 测绘服务系统的网络 RTK 技术、几何法测量楼高技术、免棱镜全站仪、高精度 DINI03 水准仪等设备,对该科研区进行全数字多要素大比例尺地形图测绘。

### 1 全数字地形测图

白纸测图即传统的平板仪测图和经纬仪测图,主要采用解析法和极坐标法,成果为模拟式的图解图。全数字地形测图利用先进的测量仪器和自动化成图软件,采用灵活的测量方法进行以数字信息表

示地图信息的测图工作,成果为模型式的数字图。全数字地形测图是以白纸测图原理为基础,采用数据库技术和图形及数字处理方法,实现地图信息的获取、变换、传输、识别、存储、处理、显示、编辑、修改和计算机绘图。目前,全数字地形图的应用已经十分广泛,尤其是在多要素地形图测绘的需求下,通过灵活运用各种测量仪器和成图软件,提高了成图效率和成图精度,满足了各项工程需要。

### 2 多要素数字测图概述

计算机信息科技的快速发展,地理信息数据库技术的出现,对大比例尺地形测图的现势性和精度要求更高,对地形图表达的要素要求更多。

#### 2.1 高精度多要素数字地形图的表达内容

城市智能化建设的发展对基础大比例尺地形图的表达内容要求越来越多,除常规的点线面要素外,楼房高度、投影占地面积、室内地坪高度、权属属性

等涵盖在城市大比例尺地形测图中。

### 2.2 高精度多要素数字地形图的精度要求

城市用地日益紧张,城市建筑越来越密集,每一寸土地的有效利用都会给社会带来巨大的经济效益。所以大中城市和土地权属单位对地形图的现势性和精度要求也越来越高,在地形图测量工程中,实际的精度要求要远高于现有规范的要求。

### 2.3 高精度多要素数字地形图的精度保证

在全野外地形图测量工程中,不同仪器和处理软件的充分运用,为大比例尺数字测图提供广阔的发展空间和精度保证。尤其是城市 CORS 网络的建立,高精度免棱镜全站仪、三维激光扫描全站仪的出现,摄影测量技术的成熟,使得对城市现代异形建筑的测量精度和测量效率有了跨越式发展。

## 3 几种全数字多要素测图成图方法

### 3.1 地面激光扫描仪

地面激光扫描仪是一种集成多种高新技术的新型测绘仪器,它采用非接触式高速激光测量方式,在较短时间内获取地形及空间物体三维表面的高精度、高密度阵列式几何图形数据,并以点云形式存储,由于激光扫描仪可以采用非常高的分辨率进行数据采集,所以可以很容易地生成较其它方法更为准确的数字高程模型,更可精确提取房屋高度等属性。比传统的 GPS+全站仪的作业方式更有效率优势,作业强度也大为降低。但该方法数据量非常巨大,内业处理技术要求高,一般需采用全站仪对死角进行补测,对于房屋密集区域、林地覆盖严重区域其测量优势无法体现。

### 3.2 航空摄影测量

采用航空摄影方法获取的航片,对航片进行像控、空三加密、建模、立体测图、调绘等内外业工作,快速生成 DLG、DEM、DOM 等数字产品,通过数据转换、坐标转换生成大比例尺地形图。生成数字高程模型时可直接提取建筑物顶部高程,成图速度快,适合大面积(例如整个城市)地形图测绘。在城市大比例尺地形测量中,如果高程需要达到 1:500 图精度,则需要进行高程控制点加密。该方法成图精确度比较高且较为均衡,大面积测图投入的资金和人力也少,成图周期短,可产生多种附带产品。该方法是实现未来城市大比例尺图及地理信息数据库等快速更新的方法。

### 3.3 全站仪全野外数字测图

#### 3.3.1 全站仪全野外数字测图主要作业方法

其主要作业方式:采用城市基于 GNSS 测绘服

务系统的网络 RTK 技术,进行道路绿化等遮挡物较少部位的地形图测量,并利用该设备进行控制网布设。再使用免棱镜全站仪配合电子手簿,进行房屋、密林等遮挡严重部位地形测绘,同时快速完成草图绘制。在房屋密集地区,网络 RTK 高程拟合精度达不到工程对室内地坪高程精度要求。所以使用高精度电子水准仪对城市控制点和已布设的控制网高程进行联测,已获得控制网高程数据。将观测的数据通过数字化成图系统工具绘制成图形。经过格式转换及修改整理等环节,生成符合规范要求的成果数据。全野外数字测图成图精度高,测量速度快,方法多样工序灵活,打破传统先控制后细部,先整体后局部的测量模式。适合精度要求高的中小面积地形图测量。

#### 3.3.2 全站仪全野外数字测图的作业流程

全站仪全野外数字测图流程图见图 1。

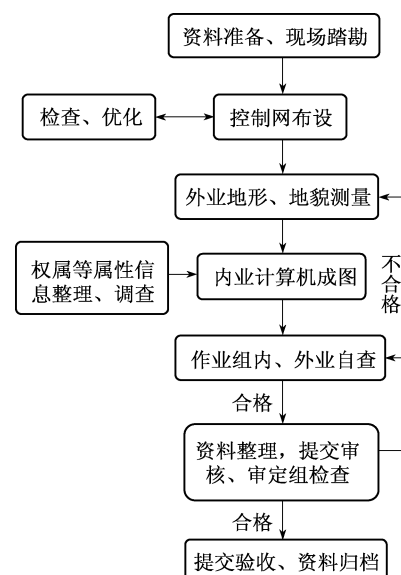


图 1 全站仪全野外数字测图流程图

## 4 房屋高度测量

在大比例尺地形图中除非工程特别要求一般不标注房屋高度,只注记房屋层数。随着城市规划建设用地的日趋紧张,楼房建筑密度不断加大,为保证采光及城市绿化比例。越来越多的大比例尺地形图测量工程要求测量房屋高度。楼房的测量方法很多,有直量法、气压计法、比例法等。测量工程内一般精度要求高,通常利用测量工具进行测量。

### 4.1 直量法

采用钢尺、塔尺或钢卷尺等直接量取房屋高度,一般平房和简易底层房屋采用该方法,简单易操作。

但是对于高层、超高层和异形楼房不适用。

#### 4.2 全站仪悬高法

首先安置全站仪,要求安置位置仰角可见楼房顶部和楼房散水,并选定悬高测量模式。把棱镜设立在楼房顶部测量点铅垂线与楼房散水的交点处,输入反射棱镜高,然后照准反射棱镜进行测量,再转动望远镜照准楼房顶部,便能实时显示出楼房顶部至散水的高度。该方法要求楼房顶部和楼房散水位置测量点在同一铅垂线上,否则会有测量偏差。该方法不用在楼房顶部设置棱镜。适合侧面为平面的楼房。

#### 4.3 全站仪高差法

首先安置全站仪,要求安置位置仰角可见楼房顶部和楼房散水,选定细部测量模式。测量楼房顶点高程和楼房散水高程,计算高差得出楼房高度。该方法不要求楼房顶部和楼房散水位置测量点在同一铅垂线上。免棱镜全站仪的出现,使得测量顶部高程时也不需要再在楼房顶部设置棱镜。适合侧面装饰较多,各层水平投影面不共线的楼房。

#### 4.4 圆顶建筑高度测量

由于顶部为曲面不好确定最高点位置,且人员很难上到圆顶建筑顶端,无法直接测量其高度,需要解析法计算出其实际高度。

测量方法如下:采用全站仪测量圆顶建筑底边A、B、C三点高程和坐标,要求三点在圆形边缘均匀分布,且三点高程一样(保证三点为同一水平面上的点)。利用三点坐标解算出该圆水平投影半径 $r$ 和圆心 $O$ 点坐标,或采用CAD三点画圆,得出 $O$ 点坐标。(见图2)

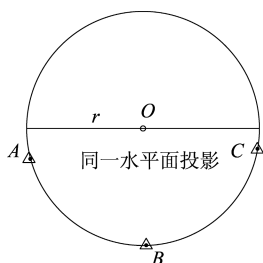


图2 三点解算圆心

测量A、B、C三点上部任意一点P坐标和高程,通过坐标计算该点至圆心O距离 $L$ ,以O点为原点,高程为Y轴,半径为X轴建立坐标系,则 $P_1$ 点坐标为 $(-r, 0)$ ,  $P_2$ 点坐标为 $(r, 0)$ , P点坐标为 $(L, H)$ ( $L$ 为P点到圆心距离, $H$ 为P点与A、B、C三点所在平面高程差值)。用该三点建立共线方程,求出该共线方程与Y轴交点G坐标,G点Y轴坐标

即为楼房最高点至A、B、C三点所在平面的高度,或者在CAD中通过P、 $P_1$ 、 $P_2$ 三点画弧,与Y轴交点到圆心距离即为楼房最高点至A、B、C三点所在平面的高度,见图3。

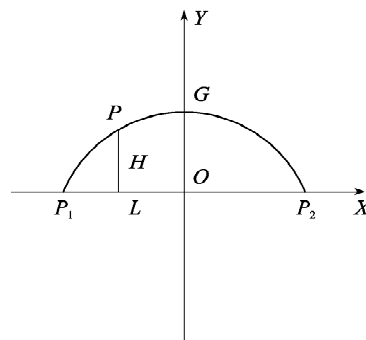


图3 三点解算共线方程

测量出A、B、C三点所在平面至建筑物散水高度,即可算出圆顶建筑物高度。

### 5 多要素全数字测图法在实际工程中的应用

#### 5.1 工程概述

某研究院科研区占地面积 $2.6 \text{ km}^2$ ,内部建筑密集。近年来随着航天事业的快速发展,科研区内部大量异形标志性建筑涌现。为了满足科研及保密需求,内部建筑外装饰形状比较复杂。科研区内有超过30%的建筑和道路已经重建或改建。原有地形图已经无法满足该院管理和规划需求。

#### 5.2 工程技术要求

1)测量成图比例尺:1:500;

2)平面采用北京地方坐标系,高程采用北京地方高程系;

3)地形图成果应满足《北京市基础测绘技术规程》(DB11/T 407—2007)<sup>[3]</sup>、《城市测量规范》(CJJ/T 8—2011)<sup>[4]</sup>、《1:500、1:1000、1:2000外业数字测图技术规程》(GB 14912—2005)<sup>[5]</sup>内的基本要。

4)特殊要求:为满足某研究院管理和规划要求,需要对科研区地形图进行重新测量。地形图成果除满足规范基本要求外,还应采集每个楼房高度,楼房高度从室外地坪算起,顶部形状不规则的建筑物,测量最高点高度。顶部装饰投影在外轮廓线以外的建筑,测量外装饰高度;采集每个单体建筑室内、室外地坪高程,同一建筑室内地坪不同的应分别采集注记,室外地坪高程应采集建筑高度起算点;采集每个单体建筑权属信息。权属信息包括:统一编号名称,内部功能名称,使用单位名称;计算每个单体建筑投影占地面积(含空中通道面积);采集每个单体建筑面积,多层建筑面积由甲方提供。要求以上属性除

建筑面积外都在地形图上表示,所有属性制作统一属性信息表。(见表1)

表1 ××院科研生产区建筑物属性表(局部)

序号	建筑物编号	建筑物名称	占地面积/m <sup>2</sup>	使用权单位	建筑面积/m <sup>2</sup>
1	35	×××	2209.7	×××所	×××
2	157	×××	2710.7	×××院	×××
3	153	×××	899.0	×事业部	×××
4	153-1	×××	821.4	××中心	×××
5	153-2	×××	790.1	×××	×××
6	144	×××	1716.8	×××	×××
7	9	×××	8605.3	×××	×××
8	213	×××	2774.8	×××	×××
9	192	×××	8003.5	×××	×××
10	172	×××	14993.3	×××	×××
11	155	×××	1437.0	×××	×××
12	159	×××	1817.3	×××	×××
13	163	×××	1405.5	×××	×××
14	168	×××	4854.4	×××	×××
15	169	×××	7317.9	×××	×××

5)精度要求:对测量精度的要求见表2,表2未提及的地物精度按标准规范要求执行。权属信息应注明统一编号,如“40A、170”等,名称应注明如“科研指挥楼、综合仿真楼”等。

表2 测量精度表

类别	相对于邻近控制点中误差	相对于邻近建筑物中误差
建筑平面位置	5 cm	7 cm
道路平面位置	15 cm	20 cm
建筑高度	5 cm	10 cm
室内、外地坪高程	3 cm	5 cm
路面高程	5 cm	10 cm
占地面积	0.2 m <sup>2</sup>	

### 5.3 成果展示

本文选取了几个有代表性的成果图用于表述多要素全数字测图在实例工程中的应用成果。(见图4、图5)

### 参考文献

- [1] 韩艳荣. 大比例尺全数字地形测图在城市测量中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2009(9):49.
- [2] 罗建忠, 魏晓鹏, 高素景. 天津市 CORS 系统网络 RTK 高程测量的精度分析与探讨[J]. 华北国土资源, 2012(S1):49-53.

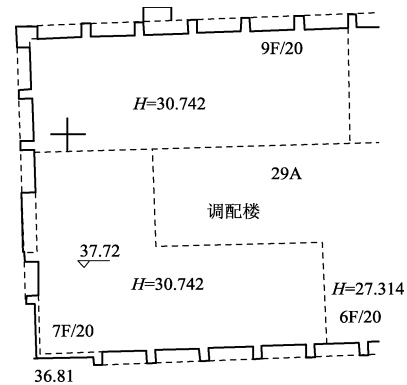


图4 某研究院新建调配楼局部

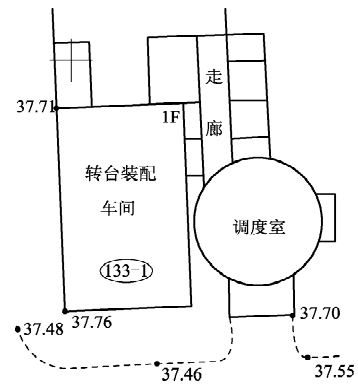


图5 某所贴建调度室及车间局部

## 6 结论与展望

近些年城市地理信息建设的快速发展和城市建设规范化要求的提高,使得工程建设对测量精度、效率和内容的要求也进一步提高。城市异形有特色的建筑群不断涌现,也要求测量方法不断更新,对测量行业提出了挑战。高科技含量的测量仪器的出现,为解决城市建设和城市信息建设的要求提供了必要支撑,传统的测量作业方法也得到改进和发展。

多要素地形图的测量要与数据库的使用相结合,利用数据库容易删补、更新的特点,可以实现对该地区规划的动态监测和动态设计。

- [3] DB11/T 407—2007 北京市基础测绘技术规程[S].
- [4] CJJ/T 8—2011 城市测量规范[S].
- [5] GB 14912—2005 1:500, 1:1000, 1:2000 外业数字测图技术规程[S].

收稿日期:2015-01-28