

# 关于铁路线路安全保护区平面测图的技术研究

欧立春

赣州市自然资源局

**摘要：**随着经济建设的发展，铁路等高速运行的交通越来越多，为保护人民的生命财产安全显得尤为重要，测绘安全运行区范围，划定铁路线路安全保护区势在必行。本研究通过铁路线路安全保护区平面测图为例，研究了狭长线路安全保护区测图的特点，总结了综合运用多方法的测绘方案，巧妙地解决了工作中的难题，提高了生产效益，为同类测绘生产、科研提供了有力的参考。

**关键词：**铁路线路；安全保护；平面测图

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.20.121

## 一、引言

随着国民经济的迅猛发展，我国铁路建设进入快速发展期。为保证列车高速运行时的安全性、人民生命和财产的安全性，列车安全运行环境保护显得尤为重要。铁路线路穿越的地形、地貌和人文环境等情况复杂多变，测绘难度非常大，需要运用多方面的技术和手段。本研究结合铁路线路安全保护区平面测图过程，采用的技术、处理方法等相关问题进行研究。

## 二、铁路线路安全保护区测图的作业内容

(1) 控制点测量：主要完成二级控制点、图根控制点、像控点测量；

(2) 铁路线路用地图测绘：按照土地管理相关规定，以土地权属证书和征地资料为依据，对不具备电子地籍数据的铁路线路用地，开展用地图测绘工作，并套入用地红线，取得电子地籍图资料；对于有电子地籍数据的铁路线路用地，通过细节补测达到测图要求。用地图测绘成果必须满足安保区界线的绘制要求。

(3) 铁路线路安全保护区平面图绘制：在铁路线路用地图的基础上，依据《铁路安全管理条例》铁路线路安全保护区的范围划定要求，绘制平面图。

## 三、铁路线路安全保护区测图的方法与要求

### (一) 测图的方法

鉴于铁路运营线全线半开放式状态，列车运行速度快，存在很大的安全隐患。为了避免出现生产安全事故，同时满足业主的要求，野外作业采用无人机倾斜摄影与常规地形图测量相结合的方式作业；室内作业一般采用测绘成果套合转绘和数字化成图技术。

### (二) 测图技术要求

1. 测图基础要求：必须采用统一的坐标系统、高程基准和成图比例尺。

2. 测绘范围要求：根据《铁路安全管理条例》铁路线路安全保护区的范围，从铁路线路路堤坡脚、路堑坡顶或者铁路桥梁（含铁路、道路两用桥，下同）外侧起向外的距离分别为：城市市区高速铁路为10米，其他铁路为8米；城市郊区居民居住区高速铁路为12米，其他铁路为10米；村镇居民居住区高速铁路为15米，其他铁路为12米；其他地区高速铁路为20米，其他铁路为15米。测绘范围在铁路沿线，安保区划定基准线（铁路路堤坡脚、路堑坡顶、路面边沟或铁路桥梁外侧）位于用地红线内侧的，以用地红线为基准向外扩15米，位于用地红线外侧的，以安全保护区基准线为基准外扩15~20米（城区及郊区15米，农村及无人区外扩20米，如线路为高速铁路的在此基础上向外加扩5米）。

### 3. 测图主要技术指标

(1) 二级控制点采用CORS加密布设，至少有一个以上的通视方向，测量精度保持在二倍中误差允许内；RTK平面二级控制点和高程控制点测量精度和技术要求为点位中误差 $\leq \pm 5\text{cm}$ ；边长相对中误差 $\leq 1/10000$ ，与基准站的距离 $\leq 5\text{km}$ ，观测 $\geq 3$ 次，起算点一级及以上等级。

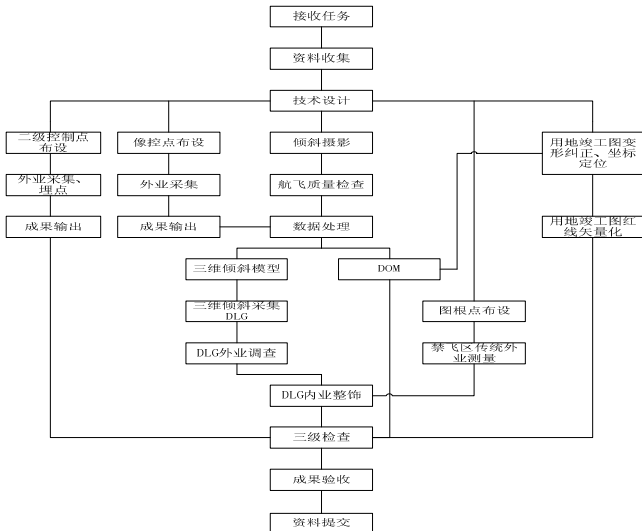
(2) 图根控制测量精度：图根点相对于起算点的点位中误差不超过图上0.1mm。高程中误差不大于1/10基本等高距；测站点相对于邻近图根点的点位中误差不大于图上0.3mm。高程中误差平地不大于1/10基本等高距，丘陵地不大于1/8基本等高距，山地、高山地不大于1/6基本等高距；采用RTK技术测量图根点时，二级控制点均联测不少于两次，两次联测较差均不超过 $\pm 4\text{cm}$ ，最后结果取其平均值。

(3) 数字地形图的精度要求：平面精度为地物点相对于邻近平面控制点的点位中误差平地（丘陵地） $\leq \pm 0.5\text{mm}$ 、山地（高山地） $\leq \pm 0.75\text{mm}$ ，地物点相对于邻近地物点的间距中误差平地（丘陵地） $\leq \pm 0.4\text{mm}$ 、山地（高山地） $\leq \pm 0.6\text{mm}$ ；高程精度为建筑区、平坦地区的高程注记点相对于最近图根点的高程中误差 $\leq \pm 0.15\text{m}$ ；其他地区高程精度以等高线插求点

的高程中误差来衡量，树林隐蔽等特殊困难地区，可放宽50%。

#### 四、测图实施方案

##### (一) 作业流程



##### (二) 控制点测量

在整个测区需布设二级控制点，对于禁飞区还需布设图根控制点，对于非禁飞区还需布设像控点。

###### 1. 二级控制点测量

根据测图的精度要求，在测区选好点均匀布设二级控制点；采用CORS的观测方式直接进行平面控制和高程控制测量，施测时，每次观测历元数都不小于20个，采样间隔为2s，每点观测两次，平面测量两次测量点位较差均在2cm以内，高程测量两次测量高程较差均在5cm以内，各次结果取中数作为最后成果。

相邻点基线其测量精度及所组成异步环的闭合差均符合下式规定：

$$\delta = \sqrt{(a^2 + (bd)^2)} \text{ (mm)} \quad a=10\text{mm} \quad b=10\text{ppm} \quad (d \text{ 为相邻点距离, 单位为公里})$$

若干个独立观测边组成闭和环时，全长闭合差均符合下式规定：

$$w \leq 3\sqrt{3n} \delta \quad W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad \text{式中 } n \text{ 为闭合环中的边数, } \delta \text{ 为相应级别规定的精度 (按平均边长计算); 复测基线长度较差 } D_s \leq 2\sqrt{2} \delta。$$

###### 2. 图根控制点测量

在禁飞区里，图根控制点是直接提供测图的依据，图根点的密度根据测区内建筑物的稠密程度和通视条件而定，以保证地形图测绘需要为原则，地形复杂、隐蔽以及城市建筑区，以满足测图需要并结合具体情况加大密度。外业数据采集是RTK流动站采用三角架定位，

测量时分三次各相隔120度量取天线高，天线高读取到1mm，每次采集固定解观测历元数大于60个，观测前重新获得初始化，同步观测健康卫星数大于5颗，PDOP值小于6，卫星截至高度角大于15°，各测回观测数据较差符合规范要求后取平均值。

###### 3. 像控点测量

在非禁飞区里，测区像控点布设采用流水号编号，选有标识性的地物为点位布设点面标志。布设原则为：周围便于安置接收设备和操作，视角开阔，视场内障碍角没有超过15°；远离大功率无线发射源（如电视塔，微波站，电台等），其距离大于200米，远离输电线路和高压输电线路通道，其距离大于500米；附近没有强烈反射卫星信号的物件（如大型建筑物等）；易于在影像判读，位置清晰可见。外业数据采集设置平滑采集10次，采用三角架对中、整平、量高，应用网络RTK进行测量三次，求取平均值作为最终结果。内业利用像控点坐标数据以及现场拍摄的远近照片，按照规定范本制作像控点点位信息表。

##### (三) 地形图测绘

为了避免出现生产安全事故和提高测绘生产效率，结合测区实际情况，我们采用无人机倾斜摄影测量+传统的测量作业方式进行地形图测绘。

###### 1. 非禁飞区测图

###### (1) 倾斜摄影测量

在非禁飞区根据测图需要选取无人机进行飞行倾斜摄影。根据测区面积大小、地形地貌决定分区，分区内的地形高差不大于六分之一摄影航高，在能够确保航线的直线性的情况下，分区的跨度尽量划大。具体实施：

1) 航摄前准备：作业组应认真检查清点所携带的设备、仪器等，检查飞行器并做好飞机保养工作；结合多方面的气象资料，掌握拍摄区气象条件，安排作业人员进场航摄。

2) 航飞作业：作业组充分组织好人员飞行前的地面准备工作，检查飞机的各项参数指标是否正常，做好记录，确保飞行安全；针对当日天气状况、光照情况设定好相机参数，并完成相机安装和调试工作，反复检查确认无误后开始航拍。

3) 数据整理及质量检查：飞机返航着陆后，有序地组织拆卸设备；及时进行数据备份、整理和完成数据的初检工作，对数据质量不符合要求的应做好重飞准备。

###### (2) 航摄质量控制

测区自检要航向重叠范围约85%和旁向重叠范围约

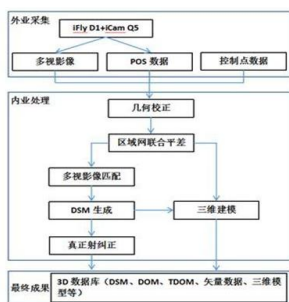
75%，测区检测项目要符合各项检测指标规定和数据齐全，检测精度、数据质量和飞行质量符合技术要求，影像质量要求图像清晰、分辨率高、色彩丰富、层次分明。

(3) 倾斜模型及DOM生产

项目采用专业软件进行三维倾斜建模及DOM生产。基本流程如下：



三维倾斜模型



DOM生产流程

(4) DLG生产

依据规范，利用专业软件对三维倾斜模型进行倾斜采集，采集完成后导入专业软件中进行数据编辑、修饰；对三维倾斜模型中被树等遮蔽物遮挡区域进行传统外业测量，并且通过外业调查去补充地名、单位名称等要素。

2. 禁飞区测图

用全站仪极坐标法对地形点和地物点进行测绘；用网络GPS-RTK技术进行外业实测地形、地物点坐标；内业利用专业软件编辑外业实测数据成图。

(四) 历史用地红线转绘

利用收集到的纸质竣工图，对其进行图形扫描，人工将扫描件上的用地红线上的界址点的里程、偏距信息敲录到EXCEL，通过图上面统一里程和施工里程的对照信息，将涵洞中心里程与扫描件上对照，计算中线的百米标并定义中线信息，根据公司专门开发的铁路软件导入EXCEL表上的界址点信息，绘制成边桩，连接边桩形成用地红线。

(五) 铁路线路安全保护区平面图绘制

根据《铁路安全管理条例》（国务院令第639号）铁路线路安保区距离范围规定，以及线路安全保护区平面图绘制规范文件要求为标准，按照当地市区、郊区和农村的行政区划，在线路用地图测绘成果和现有线路用地地籍上，绘制铁路线路安全保护区的界线和其他要素。具体为：从铁路线路路堤坡脚、路堑坡顶或者铁路桥梁（含铁路和道路两用桥）外侧起各外的距离分别为，城市市区高速铁路为10米，其他铁路为8米；城市

郊区居民居住区高速铁路为12米，其他铁路为10米；村镇居民居住区高速铁路15米，其他铁路12米；其他地区高速铁路为20米，其他铁路为15米。

五、案例应用

A铁路线路测绘距离跨度大、地形复杂多变、测绘难度相当大，根据测区情况，运用以上作业模式，非禁飞区采取野外无人机倾斜摄影与禁飞区常规地形图测量相结合的方式作业，室内采用测绘成果套合转绘和数字化成图技术，大大缩短工期，成果精度又高；铁路线路测绘总长140km（其中非禁飞区105公里，禁飞区35公里），测绘GPS-RTK二级控制点175个、GPS-RTK图根控制点270个、像控点608个，生产1:1000DOM 105公里，外业测量1:1000地形图35公里，1:1000带状地形图总面积为14km<sup>2</sup>，用地红线套合140公里，生产安全保护区平面图140公里。

为保证航空摄影安全与质量，针对天气等气候条件的影影响有效提高外业航拍效率，作业时选择了天气晴朗的时候航飞，派遣多台无人机同时进行航摄飞行；为有效减少无人机测绘对像控点的依赖，达到满足测绘的精度，作业都采用有机载差分GPS（RTK）的无人机飞行；为保证图形的相对精度及位置的可靠性，尽量收集齐全红线资料，作业通过分段纠正进行改正；为保证测绘产品的质量，项目质量检查严格实行三级检查制度（即自检、互检、终检）。

六、结束语

本研究介绍的测绘生产流程、各种技术方法，具有测绘作业灵活、精度高、成图快、使用广等特点，对于高速公路、铁路等线性带状、跨多种复杂区域的测绘生产或科研，尤其是作业难度大、人员作业较危险的测区，具有非常大的实用价值和推广价值，值得同行借鉴。

参考文献

[1] 《铁路安全管理条例》（国务院令第639号），2013。  
 [2] 《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》（CH/T 2009-2010）。  
 [3] 《国家基本比例尺地形图图式第1部分：1:500 1:1000 1:2000地形图图式》（GB/T20257.1-2017）规范。  
 [4] 《城市测量规范》（CJJ/T 8-2011）。

作者简介：欧立春（1971-），男，硕士研究生，高级工程师，主要研究方向：土地测绘与不动产登记、国土资源管理和地理信息化。