

露天矿实时动态(RTK)验收测量研究与应用

高洪俊, 张 勇

(沈阳市勘察测绘研究院, 辽宁 沈阳 110015)

摘 要:着重介绍 RTK 技术在露天矿采剥场验收测量中的实际应用, 并对应用过程中的精度进行分析。结果表明 RTK 技术具有直观快捷、实时性强、点位误差不积累等优点, 大大降低测量人员劳动强度, 提高工作效率和测绘成果的质量。

关键词:RTK; 坡顶线; 坡底线; 平面线

中图分类号:P228.4

文献标识码:B

文章编号:1672-5867(2010)05-0168-03

Application and Research of RTK Technology in Checking and Accepting Survey of Strip Mine

GAO Hong-jun, ZHANG Yong

(Shenyang Prospecting and Mapping Research Institute, Shenyang 110015, China)

Abstract: The article discusses application of RTK technology in checking and accepting survey of strip mine's slope, and precision on application is analyzed. The results indicate that intensity of labour on surveying personnel is reduced greatly and work efficiency and production quality are heightened by RTK technology possessing merits of intuitionistic and shortcut, strong real-time, non-accumulation of point location error, etc.

Key words: RTK; line of slope tip; line of slope bottom; plane line

0 引 言

露天矿采剥场验收测量的主要任务是:

1) 及时、全面地测量采剥进度并绘制成图。
2) 按区域、阶段平盘、工程项目、电铲号等计算实际采剥工程量。

3) 在验收测量图纸上量取实际工程技术指标, 如工作线长度、阶段平盘宽度、采剥进度、采宽、采高、工作帮坡度、设计高程等。

这三项任务的重点是“绘图”, 即绘制采剥工程平(断)面图。有了这些图, 就能完成 2)、3) 项任务。同时图的精度好坏直接影响 2)、3) 项任务完成的好坏。因此, 搞好采剥场验收测量是露天矿开采的重中之重。

当前, 露天矿的验收测量主要采用以下几种方法: 采用经纬仪和光电测距仪联合进行验收测量(阜新露天矿); 采用全站仪进行验收测量(神华准格尔能源黑代沟露天矿); 采用 3 维激光扫描技术进行验收测量(山西平朔煤矿); 采用 RTK 进行验收测量(霍林河煤矿)。

现在, GPS 测量技术已被绝大多数测量单位所采用。

在矿区地质测绘中, 采用 GPS 静态测量技术施测首级控制, 采用实时动态测量技术(Real Time Kinematic, 简称 RTK)施测图根点和地形点, 无线电干扰源少, 精度高, 速度快, 不受通视条件限制, 作业人员劳动强度降低, 效率大大提高, 可取得事半功倍的效果。

1 露天矿采剥场验收测量概述

露天矿在剥离、采矿工作中, 必须及时地测量采、剥工作面的位置, 验收采剥工作面规格质量, 计算岩土剥离量和矿物的采出量(如图 1-A、图 1-B 所示)。这些测量工作, 统称采剥场验收测量。

采剥阶段的段肩、段脚、平盘(或称工作面)是采剥场验收测量主要对象(如图 2 所示)。

这些对象都是空间直线和平面, 要将它们反映到图纸上, 需要按一定密度采集碎部点, 特征位置必须采集。

1.1 碎部分类

- 1) 坡顶点: 反映采场阶段的段肩的点位称坡顶点。
- 2) 坡底点: 反映采场阶段的段脚的点位称坡底点。
- 3) 平面点: 反映采场平盘表面现状的点位称平面点。

收稿日期: 2010-05-05

作者简介: 高洪俊(1975-), 男, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 学士, 1997年毕业于辽宁工程技术大学工程测量专业, 主要从事地籍测量、航测外业及测量一体化等工作。





图1-A 采剥场平面图
Fig. 1-A The stripping Plans

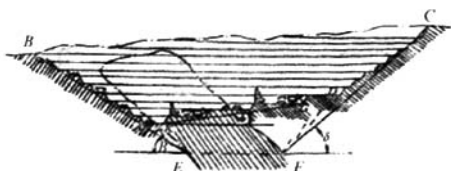


图1-B 采剥场剖面图
Fig. 1-B The stripping profiles

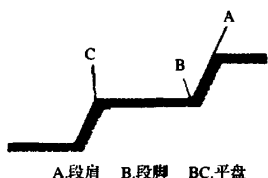


图2 工作面剖面图
Fig. 2 Face profile

4)地质点:反映地质构造及煤岩交界线的点位称地质点。

5)机械位置点:反映验收时主要机械所处位置的点称机械位置点。

1.2 反映主要对象的点和线

1)坡顶线:同阶段的坡顶点顺次连成的线称坡顶线。

2)坡底线:同阶段的坡底点顺次连成的线称坡底线。

3)平面线:同平盘的平面点按一定的走向连成的线称平面线。

4)尖点:同阶段中坡顶线与坡底线交点称尖点。

5)并掌点:不同阶段的坡顶线与坡底线交点称并掌点。

上述的点和线的作用与地形图中碎步点和等高线作用一样,将采剥场现状按一定精度用图的形式反映出来。它们是采剥场验收测量平面图主要要素。

2 采剥场验收测量平面图

外业采集的碎步点展绘到图上后,按其性质连线,采场各阶段坡顶点、坡底点、平面点、地质点、坡顶线、坡底线、平面线、等高线机械位置点等要素的集合,经编辑分幅整饰形成采剥场验收测量平面图(如图3所示)。

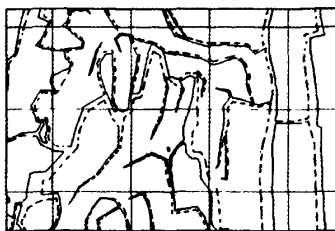


图3 霍林河金山矿某采场验收测量平面图
Fig. 3 The checking and accepting survey plan of a slope of Huolinhe Chinshan ore area

3 碎部点的测量

用RTK进行地形测图碎部测量可以不进行图根控制而直接根据分布在测区的一些基点进行各碎部点的测量。安置好基准站并输入必要已知数据(基点坐标、参考点坐标等)后即可进行碎部测量。

3.1 作业依据和设备

1)作业依据

①国家测绘局1992年6月8日发布的《全球定位系统(CPS)测量规范》;

②中华人民共和国能源部1989年1月制定的《煤矿测量规程》;

③项目合同书中有关的特殊要求。

2)采用的仪器设备

采用的仪器设备有:美国天宝仪器公司生产的TrimbleS700RTK基准站双频接收机1台,TrimbleS700RTK流动双频接收机2台,绘图软件(辽宁工程技术大学与霍林河露天煤业股份有限公司联合开发)一套,台式电脑1台及相关通讯设备GPS接收机,所有仪器设备在作业前均通过检测,性能和精度均达到技术要求。

3.2 外业数据采集

1)基准站架设

基准站架设在便于安置接受设备,视野开阔,远离大功率无线电发射源和高压输电线路,附近不得有强烈干扰接受卫星信号的物体等设备。还要考虑基准站电台的功率和覆盖能力,尽量布设在相对较高的位置,以获得最大的数据通讯有效半径。

2)基准站设置

在已知点上架设好GPS接收机和天线,连好连接线,打开接收机,输入基准站的WGS-84系坐标或北京54系坐标及天线高。待电台指示灯显示发射通讯信号,流动站即可工作。基准站接收机接收到卫星信号后,由卫星星历和测站已知坐标计算出测站至卫星的距离 $P_{\text{真距}}$,用观测量 $P_{\text{伪距}}$ 与计算值比较,得到伪距差分改正数 $\Delta\rho(P_{\text{真距}} - P_{\text{伪距}} = \Delta\rho)$,伪距差分改正数和载波相位测量数据,经数据传发射电台发送给流动站,一个基准站提供的差分改

正数可供数个流动站使用。

3) 流动站工作

通过手簿建立项目,对流动站参数进行设置,该参数必须与基准站及电台相匹配,然后用至少 4 个已知点坐标进行点校正。流动站在接收到 GPS 卫星信号同时,也接收到基准站数据通讯电台发来伪距差分改正数,数和载波相位测量数据,这个过程所需时间 1 min 左右,流动站只要接收到 5 颗卫星和基准站信息,即可在短时间内获取所测点位 3 维坐标。

4) 经点校正工作

流动站接收机可以实时得到所测点在当地坐标系下 3 维坐标。测量人员在能反映采剥场验收测量主要对象的点(点间隔 25m)上立测杆,输入点编码,保存数据,一个点位数据就采集完毕。

4 验收量计算

验收量(采剥工程量)计算,可采用垂直断面法或水平断面法。下面具体介绍水平断面法算量。

图 4 为水平断面法计算验收量的示意图, $A_1B_1C_1D_1$ 和 $A_2B_2C_2D_2$ 分别为上期末和本期末的采剥终止线。设上平盘 $A_1A_2B_1B_2$ 和下平盘 $C_1C_2D_2D_1$ 的面积分别为 S_1 和 S_2 ,上下平盘之间的平均高差为 h_a 。则该采剥体的体积为:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} h_a$$

式中, S_1 、 S_2 可用求积仪根据平面图求得; h_a 应根据平盘上各测点的平均高程求得。验收量即可求得。

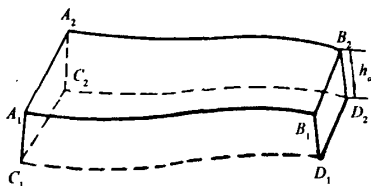


图 4 水平断面法计算示意图

Fig. 4 Sketch map of horizontal cross section method

5 RTK 内业处理

5.1 RTK 数据下载

将外业采集数据通过 Trimble Geomatics Office 软件导入计算机。为了实现 RTK 坐标数据与绘图软件展点数据格式统一,进行如下处理:

1) 应用 Trimble Geomatics Office 软件进行输出数据格式自定义,具体格式是“点号,代码,东坐标,北坐标,高程”。

2) 用 Trimble Geomatics Office 软件实现与 RTK 测量手簿连接,把数据下载到计算机。

3) 进行数据输出,通过编辑将数据存为 *.dat 格式(绘图软件要求格式),实现 RTK 数据和绘图软件数据格式统一,为内业成图做好准备。

5.2 绘制算量平面图

用绘图软件打开上月算量平面图,启用展点命令,将上述数据文件的点位展到图上,连线、编辑成图,完成平面图绘制(如图 5 所示)。

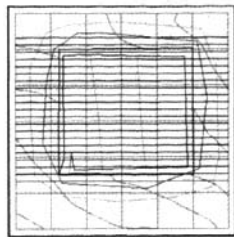


图 5 霍林河金山矿 5 月算量平面图

Fig. 5 The quantity plan of Huolinhe Chinshan mine area in May

启用“选择采区边界多边形”命令,从算量平面图上选择一个范围线,作为剖面的范围,即实际算量范围。

启用“作剖面线”命令,在算量平面图上,建立相应间隔剖面线,并形成本月与上月在该剖面线上的叠加剖面,经编辑后,自动计算出该剖面两月间的面积。

启用“计算采区煤岩量”命令,自动计算剥离量。

6 精度分析

《煤矿测量规程》规定在相邻两测站上进行经纬仪视距测量时,必须有 1~2 个测量校核点。两测站上测得同一校核点的点位偏差,在图上不得大于 ± 1.5 mm,按 1:500 比例尺算量平面图换算成实地点位误差为 75 cm;高程之差不得大于 ± 0.3 m。RTK 测点的点位中误差为 $\pm 1.5 \sim \pm 2$ cm,高程中误差 ± 3 cm,大大满足露天矿采剥场验收测量要求。RTK 测点的点位中误差是相对露天矿首级控制点误差传递较小。RTK 技术不需通视条件,可以由首级控制点直接到碎部点测量,摒弃传统的逐级控制原则,降低误差累积传递。

7 结束语

通过利用 RTK 技术对露天矿采剥场验收测量实践,得出如下结论:

1) 作业效率高

流动站在每个碎部上的观测时间仅 5 s 左右,一般条件下,一台流动站一个工作日可以采集 250~300 个数据。用传统的测图方法需要 20~30 d 的工作日,用 RTK 技术仅用 5 d 时间就可完成。

2) 人员少

RTK 流动站仅需一人操作,基准站在设置好后自动运行,无需人员中间操作,缓解当前测量技术人员短缺局面。

3) 点位精度分布较均匀

地形类别、提取数学模型。

3)为提高 DTM 的匹配精度可以引入地形的特征点线数据。

4)也可以利用已有的 DEM 数据引入后转换成 Inpho 的 DTM 数据格式。

5)DTM 的编辑:使用模块—DTmaster,在立体模式下进行点状、线状、面状编辑。

6)DTM 数据提取的独特之处:Inpho 数字摄影测量系统 DTM 数据的提取是一个整体,可以是整个加密区域也可以是一个子区域(BLOCK)。工程项目一旦建立,InphoDTM 模块会把每个象对的 DTM 都生产并进行自动的整体拼接,直接生产整个区域的 DTM 并进行输出。其 DTM 数据是一个连续变化的整体。同时 DTM 数据的立体检查编辑也是将 DTM 数据整体调入,再按象对进行编辑检查。编辑检查可时时更新 DTM 的局部失真。

3 Orthomaster 模块下的正射纠正

利用 REDN00A, GRNN00A, BLUN00A 三波段 L0 级影像及定向信息文件,建立正射纠正模型。

1)输入 RGB 三波段影像数据。

2)建立 BLOCK 导入已经提取好的 DTM 数据。

3)设置生成三波段正射影像的有效区域。

4)设置正射影像的地面分辨率,输出数据类型:16BIT 的 Geotif 数据(由于读入数据为 16BIT,此时输出数据最好也是 16BIT)。

5)分波段进行正射纠正,正射纠正的显著特点:极少出现影像的“拉丝”以及“像素模糊化”的现象,如我省黄河两岸的陡壁较多,以往利用其他软件进行影像纠正总会出现很多影像的“拉丝”现象,经常使陡壁下的道路、居民地等重要影像受到影响。但在 Orthomaster 下生成的正射影像基本上没有此类现象。

6)对生成的 RGB 三波段正射影像数据进行分段裁切(三个波段的坐标范围完全一致)。利用 RadioMetrix 对 16BIT 的影像的灰度进行整体调整,输出 8BIT 的 RGB 三波段正射影像数据。

7)利用第三方软件将 RGB 三波段正射影像数据融合为 RGB 影像。此时注意不要丢失影像的 GEOTIFF 信息。

4 OrthoVista 模块下的拼接、匀色、截图输出

1)建立拼接工程,输入测区内所有航线融合后的 RGB 影像。

2)对影像进行一致性处理(色彩和亮度、对比度大致一致)。

3)输入测区内所有的要裁切的图幅坐标范围。

4)设置整个拼接工程的参数。主要包括整体匀光匀色参数、智能拼接线的生成方式。

5)影像拼接结果检查。将整个测区裁切后的影像调入到 OrthoVista 下,我们会发现:首先整个测区一百多幅影像的色彩几乎完全一致;其次图幅之间的重叠区域完全一致,即图幅影像完全接边。这也是 Inpho 的 OrthoVista 模块最大的特点。

6)换带功能,由于 ADS40 影像的一个航线飞行距离一般有 150 km 左右,所以经常跨越两个投影带。处理方法:一种是根据坐标范围,在 DTM 提取时设置 DTM 提取的感兴趣区域,也就是分带提取 DTM 分带纠正。另一种方法是对纠正后的正射影像进行直接的换带处理。处理模块:Transform Project。

5 结束语

通过我院原平测区近 1 000 幅 ADS40 数据生产,发现第一,ADS40 数据在生产 1:10 000 DOM 上具有独特的优势。第二,Inpho 数字摄影测量系统在 DOM 的生产上具有独特的优势,速度快、精度高,同时很好地解决了 DOM 影像的接边难题,其次也很好地解决了影像的匀光、匀色难题。第三,ADS40 数据处理的主要技术环节有:定义和转换测区的坐标系统和高程系统;DTM 的编辑处理;RGB 影像的融合;影像的匀光、匀色。

参考文献:

- [1] 王之卓. 摄影测量原理[M]. 北京:测绘出版社,1984.
- [2] 刘军,张永生,范永弘. ADS40 机载数字传感器的摄影测量处理与应用[J]. 测绘工程大学测绘学院学报,2002, 19(3):186-189.
- [3] 赵双明,李德仁. ADS40 影像几何预处理[J]. 信息工程大学武汉大学学报(信息科学版),2006,31(4):308-311.

[编辑:胡 雷]

(上接第 170 页)

每个点的误差均为随机产生,不会像传统测量一样产生误差积累,成果可靠。

4)节省费用

用 RTK 技术进行测量,不需要布设工作控制点甚至首级控制点也不需太多,原先矿坑外沿至少有 5~8 个首级控制点(点位上需架设钢标),现有 2~3 个首级控制点就足够,也不需要架设钢标,节省大量人力、物力。

参考文献:

- [1] 李青岳,陈永奇. 工程测量学[M]. 北京:测绘出版社,1995.

- [2] 周立吾,张国良,林家聪. 矿山测量学(第一分册)生产矿井测量[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1987.
- [3] 张国良,朱家钰,顾和和. 矿山测量学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2001.
- [4] 王国祥,梅熙. GPS RTK 技术在工程测量中的应用[J]. 四川测绘,2001(4):22-23,27.
- [5] 田佩俊,陈汉华. 矿山测量学(第二分册)矿区建设施工测量[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1988.

[编辑:宋丽茹]

