

基于 EROS-B 影像更新矿区大比例尺地形图的方法与精度评价

陈国良,汪云甲,田丰

(中国矿业大学 江苏省资源环境信息工程重点实验室,江苏 徐州 221116)

Method and Accuracy Analysis of Updating Large-scale Topographic Maps for Mining District Based on EROS-B Image

CHEN Guoliang, WANG Yunjia, TIAN Feng

摘要:基于以色列 0.7 m 分辨率的 EROS-B 全色影像,经过多项式变换正射几何纠正后,将得到的正射影像 DOM 与原有数字线划图 DLG 叠加,经判读识别矿区地物的变化,实现对原有地形图的快速更新。通过对地面控制点和检查点纠正的精度分析,验证利用高分辨率影像更新矿区 1:2 000 大比例尺地形图的可行性。

关键词:大比例尺地形图;更新;EROS-B 遥感影像

一、引言

矿区地形图是矿区重要的基础地理信息之一,贯穿矿山运营的整个过程,其现势性、精确性直接关系到矿山的设计、生产、管理,以及煤矿开采后的影响评估、土地复垦、地面设施重建等。随着煤矿开采,矿区地表及其附属物变化的日新月异,传统的矿区地形图更新方法如全站仪测图和航空相片数据采集等由于耗时费力、成本高、更新周期长等局限性,难以满足矿山生产的要求^[1-2]。高空间分辨率遥感技术的应用,为快速、准确、经济地更新大比例尺地形图提供了有效手段^[3]。

本文结合皖北钱营孜煤矿 1:2 000 地形图更新需求,利用 0.7 m 全色波段 EROS-B 影像获取地物变化信息,对已有的地形图进行修测,并对更新地形图的点位精度进行了试验论证,结果表明该方法能够满足 1:2 000 比例尺地形图的精度。

二、研究区域概况

钱营孜煤矿位于宿州市西南,地理坐标在东经 116°51'00"~117°00'00"和北纬 33°27'00"~33°32'30"之间,面积 74.15 km²,整个区域地势平坦,最大和最小高程相差仅 8 m。矿区有大量居民点,区域内水系发育,浍河横贯其中。2009 年该矿投入生产后造成地面地形变化比较大,因此本次地形图更新主要以

地物为主。目前搜集到 2009 年规划设计时所测的 1:2 000 地形图(DWG 格式)及工业广场建成之后的部分补测图,为满足矿区现势 1:2 000 地形图修测精度,选择 2011 年 6 月拍摄的 EROS-B 加急编程数据。

EROS-B 卫星与 EROS-A 卫星构成了高分辨率卫星星座,由于两颗卫星影像获取时间不同(EROS-A: 10:30 ± 15 min; EROS-B: 14:00—15:00),EROS-B 的发射提高了目标影像的获取能力、获取频率以及获取质量。EROS-B 卫星能在 500 km 左右的高度获取 0.7 m 分辨率的地表影像,可以根据需要在同一轨道上对不同区域成像并具有单轨立体成像的能力。EROS-B 卫星遥感影像具有高空间分辨率(0.7 m)、重放周期短(5 d)等特点,并且扩展了紧急需求下的数据获取可能性,因此被广泛应用于现势的快速制图、土地利用动态监测、国家安全、基础设施规划、灾害评估、环境监测等方面。EROS-B 技术参数和主要应用范围如表 1 所示。

表 1 EROS-B 技术参数和主要应用范围

传感器	波段序号	波段范围/ μm	波段名称	地面分辨率/m	用途
EROS-B	PAN	0.5 ~ 0.9	全色波段	0.7	主要用于快速制图、土地利用动态监测、基础设施规划、环境监测等。

收稿日期: 2011-09-26

基金项目: 国土资源部公益性行业专项基金资助项目(201211011); 国家自然科学基金资助项目(50774080); 江苏省资源环境信息工程重点实验室基金资助项目(JS201107)

作者简介: 陈国良(1977—),男,山东肥城人,讲师,主要从事遥感影像信息处理、数字国土方面的研究工作。

三、地形图更新技术

1. 高分辨率影像解译判读

利用高分辨率遥感影像识别地物的性质、类型或状况,主要从色、形、位3个方面体现,最后通过基础地理数据来加以佐证。

(1) 色

色是指地物电磁辐射能量在影像上的模拟,记录在黑白像片上表现为灰阶,在彩色像片上表现为色别与色阶。采矿活动会使植被和土壤被剥离,岩石直接裸露,并且形成塌陷地,与周围地物反差比较大。在遥感影像上,通过色调就能较准确地识别该地类类别的区域。

(2) 形

形是指目标地物在遥感影像上的形状、纹理和大小。影像的形状指物体的一般形式或轮廓在影像上的反映。各种物体都具有一定的形状和特有的辐射特征,同种物体在影像上具有相同的灰度特征,这些灰度的像元在影像上的分布就构成与物体相似的形状。矿区各种地物类型可根据纹理加以区分,另外,还可借助 Google Earth 上的高分辨率影像和地面小比例尺的地形图来判读解译。

(3) 位

位是指目标地物在遥感影像上的空间位置,即地物所处的环境部位。各种地物都有特定的环境部位,因而它是判别遥感影像上地物属性的重要标志。

(4) 地形图数据

用于解译的地形图数据主要是居民点。由于居民点在影像上的色调和矿区开采点比较相似,在低分辨率影像中难以区分居民点和开采点,所以需要在高分辨率影像上叠加已有数字线划图中的居民点数据信息,从而增强解译能力。

根据钱营孜矿区高分辨率影像的具体特点(如图1所示),从各地物的形状、大小、纹理、位置和布局等方面综合考虑,总结出各地类解译标志特点如表2所示。



(a) 工业广场

(b) 钱营孜村

图1 钱营孜矿区建筑物影像图

表2 钱营孜矿区遥感影像各地类解译标志特征表

地物类型	主要类型	解译标志
建筑物	工业建筑	建筑物在影像上呈由若干小的矩形(屋顶形状)紧密相连在一起的成片图形。由于阴影的存在,居民地更易判别,居民地色调一般呈灰或灰白,具有比较规则的几何形状
	乡村居民地	
	城镇居民地	
道路	公路	道路在影像上呈细而长的条状,色调由白到黑,随路面的湿度和光滑程度不同而变化,一般湿度小,光滑,色调浅;反之深暗。铁路一般呈浅灰色或灰黑色的线状图形,转弯处圆滑或为弧形。公路一般为白色或浅灰色的带状,两侧一般有树和道沟,呈较暗的线条。土路一般呈浅灰色的线条,边缘不太清晰。小路成曲折的细线条状,浅灰色
	铁路	
	乡村公路	
	田间小路	
植被	耕地	平坦的农田耕地有明显的几何形状、面积较大,周围有道路与居民点相连。色调随土壤、湿度、农作物种类及生长季节不同而变化。一般湿度大的色调较暗、干燥较浅;生长着农作物的较暗、成熟的较浅;农田灌溉时较暗、不灌溉时较浅
	旱地	
	林地	旱地具有规则的几何形状,纹理平滑细腻,作物生长良好的地块为均匀平滑的绿色,其边界多有路、渠、田间防护林网等
	草地	森林在影像上一般为界线轮廓较明显、色调呈暗色,主要呈现出颗粒状图案,较容易判别 草地在影像上一般呈均匀的灰色或深灰色,纹理光滑细腻,形状不规则。人工草地较易判别,天然草地不易判别

2. 地形图更新方法

地形图更新是利用现势高分辨率遥感影像 EROS-B 对原有数字线划图配准后,判读各种地物的变化位置,根据地物的变化以屏幕数字化方法采集地物特征点,对地物进行修测和补测,采用人机交互的方式完成内业地物更新。内业更新完成后需

要进行外业调绘,实地勘察编辑后形成现势的地形图,利用遥感影像更新地形图的技术路线如图2所示。

3. 几何校正

几何校正就是为了消除由传感器、大气折射、地球曲率、地形起伏等因素引起的影像几何畸变。通

常采用多项式纠正模型对遥感影像进行几何校正,包括:选取地面控制点(GCP)、建立多项式纠正模型、重采样^[2]。针对具体情况,本文几何纠正的具体操作步骤为:

1) 选取地形图中的控制点和道路交叉口等明显标志点作为影像校正的地面控制点。为了使地面控制点均匀分布在整幅影像范围内,将整幅影像划分为3×3个网格,每个网格内选取2~3个地面控制点,以提高影像校正的精度,使误差均匀分布。

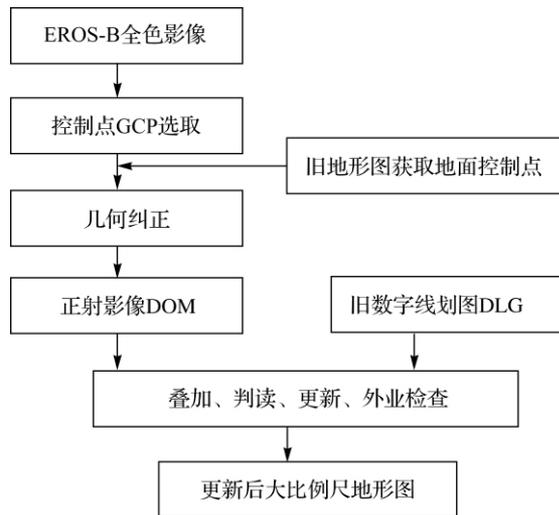


图2 地形图更新技术流程图

2) 地面控制点确定好后,利用二次或三次多项式建立数学校正模型

$$\left. \begin{aligned} x &= a_0 + a_1X + a_2Y + a_3XY + a_4X^2 + a_5Y^2 + \dots \\ y &= b_0 + b_1X + b_2Y + b_3XY + b_4X^2 + b_5Y^2 + \dots \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中, (x, y) 代表图像坐标; (X, Y) 代表地面坐标。

利用最小二乘回归求出多项式系数,然后利用式(2)计算每个GCP的均方根误差(RMS)

$$RMS = \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2} \quad (2)$$

式中, x', y' 代表多项式计算出的GCP的图像坐标。

RMS需小于0.5像素才能符合精度要求。然后利用纠正模型重新计算图像各像素的校正坐标。

3) 常用的重采样方法有最邻近法、双线性内插法和三次卷积法,为了达到较好的采样效果且运算量不是很大,可采用双线性内插法进行影像重采样。

四、精度评价

本文选取20个地面控制点,基本均匀分布于整幅遥感影像,利用ENVI软件采用二次多项式校正模型对影像进行纠正,纠正后各GCP的RMS如表3所示,总体RMS为0.41像素。

表3 各GCP点的RMS统计结果 像素

GCP	X 误差	Y 误差	RMS
1	-0.03	-0.38	0.38
2	0.32	-0.10	0.34
3	0.11	-0.02	0.11
4	0.06	-0.03	0.07
5	0.10	0.02	0.10
6	-0.10	-0.22	0.24
7	-0.22	-0.43	0.48
8	-0.42	-0.01	0.42
9	0.77	-0.29	0.82
10	-0.69	-0.16	0.71
11	-0.48	0.10	0.49
12	-0.17	0.43	0.46
13	0.06	-0.21	0.22
14	0.24	0.27	0.36
15	-0.37	0.15	0.40
16	0.08	0.16	0.18
17	-0.01	0.39	0.39
18	0.52	-0.02	0.53
19	-0.21	0.13	0.25
20	0.41	0.21	0.46

为了做到精度评定的科学、合理和可靠,在试验区同样选取分布均匀的20个检查点用作1:2000地形图更新的外业检核。通过对实地测得的检核点坐标数据与更新后地形图上同名点的坐标数据进行比较,得出评定结果如表4所示。

表4 检查点精度统计结果 m

检查点	坐标差 Δx_i	坐标差 Δy_i	Δp_i
1	1.222	0.185	1.236
2	0.776	1.468	1.660
3	0.966	-0.453	1.067
4	1.223	0.289	1.257
5	-0.762	0.135	0.774
6	-1.182	-0.355	1.234
7	-1.411	-0.143	1.418
8	-0.117	-0.385	0.402
9	1.035	0.224	1.059
10	-0.325	0.623	0.703
11	-0.523	0.316	0.611
12	0.619	-1.017	1.191
13	0.372	0.961	1.030
14	-0.273	-1.246	1.276
15	-0.566	-0.915	1.076
16	-0.623	-1.036	1.209
17	0.877	-1.322	1.586
18	0.991	1.268	1.609
19	-0.785	0.936	1.222
20	1.253	-1.197	1.733

(注: $\Delta P_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$)

(下转第43页)

设计及文化遗产领域的主要技术手段,有很大的应用价值。本文提出的改进的内业数据处理方法在天安门华表项目中得到了很好的验证,用数字化的方式非常逼真地展现了华表的精细造型,并保证了模型构建的精度。同时,在国内首次尝试使用 PDF 格式的文件精细展示小体量文物,这在数字展示方面是一种技术创新。然而,对于点云数据的预处理、三角网模型的快速准确构建及高分辨率模型与影像的快速纹理映射还不能做到完全自动化,对于大场景的众多精细模型的展示目前也还没有相应的解决方案,这些都是尚待认真研究解决的迫切问题。

参考文献:

[1] 张爱武,孙卫东,李凤亭. 基于激光扫描数据的室外场

景表面重建方法[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(2): 384-391.

- [2] 吴静,靳奉祥,王健. 基于三维激光扫描数据的建筑物三维建模[J]. 测绘工程, 2007(5): 57-59.
- [3] 张远智,胡广洋. 基于工程应用的三维激光扫描系统[J]. 测绘通报, 2007(1): 34-36.
- [4] 郑德华. 三维激光扫描数据处理的理论与方法[D]. 上海: 同济大学, 2005.
- [5] 李必军,方志祥,任娟. 从激光扫描数据中进行建筑物特征提取研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003, 28(1): 65-70.
- [6] LAI J Y, UENG WD, YAO C Y. Registration and Data Merging for Multiple Sets of Scan Data[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1999, 15: 54-63.

(上接第11页)

根据式(3),可分别计算出所有地物检核点的 x 方向和 y 方向中误差 m_x 、 m_y 以及点位中误差 m

$$\left. \begin{aligned} m_x &= \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} \\ m_y &= \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta y_i^2} \\ m &= \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta P_i^2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

计算得

$$m_x = \pm 0.872 \text{ m}, m_y = \pm 0.849 \text{ m}, m = \pm 1.217 \text{ m}$$

地物检核点的坐标误差由在更新地形图上的误差 m_1 和实地测得的同名点坐标误差 m_2 两部分组成,则

$$m^2 = m_1^2 + m_2^2$$

这两部分误差认为是等精度的,则有

$$m_1 = m/\sqrt{2} = \pm 0.861 \text{ m}$$

根据航测内业成图规范,1:2 000 地形图图上单点定位绝对精度的要求为 $\pm 1.0 \text{ m}$,此项精度指标表明基于 EROS-B 高分辨率影像提取地物已经达到了

1:2 000 地形图的更新要求。

五、结束语

本文利用高分辨率现势遥感影像与原有数字线划图配准,通过两图的叠加、判读,获取地物的变化信息。试验表明,采用 0.7 m 分辨率的 EROS-B 影像可以实现矿区 1:2 000 大比例尺地形图的更新精度,该方法具有快速、准确、经济等优点,是大比例尺地形图更新的发展方向之一。

参考文献:

- [1] 王行风,邓喀中,汪云甲. 利用 DGPS 和高空间分辨率影像进行煤矿区地形图更新研究[J]. 中国矿业, 2008(5): 103-105.
- [2] 李世平,武文波,康停军,等. 基于遥感影像的矿区地形图更新方法与精度分析[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2008(2): 198-201.
- [3] 杨泽运,康家银,赵广东. 利用 QuickBird 全色遥感影像更新城市大比例尺地形图[J]. 测绘工程, 2005(14): 29-31.