

# 用航空航天影像更新地形图地物要素的栅格化方法

林宗坚

(中国测绘科学研究院, 北京 100039)

**[摘要]** 文章针对当前我国 1:5 万和 1:1 万地形图更新的大规模生产的迫切需求, 提出在原有地形图栅格式数字化的基础上, 叠加经过精密纠正配准的航空或卫星遥感影像, 以栅格方式更新地物要素的全过程方法。文中特别阐述了: 1) 地形图栅格数字化不同于矢量数字化的扫描采样分辨率问题; 2) 区别于传统的“针孔式”控制点概念的图像图形阵列控制点技术; 3) 由于 DEM (数字高程模型) 数据缺乏或精度不足引起的航空航天影像与地形图图形配准误差的局部纠正方法; 4) 定性指导定量的影像判读方法; 5) 从遥感影像提取地物结构信息的半自动化方法。文章最后列出了利用所提出方法开发的软件系统功能, 以及利用该技术流程与软件系统完成我国首批 600 幅 1:5 万地形图更新的生产试验结果。

**[关键词]** 测绘遥感; 地形图更新; 数字栅格地图

## 1 引言

我国陆地国土的 1:5 万国家基本地形图约有 24 000 幅, 其中 90 % 已经到了需要更新的时候。而且, 随着经济建设速度的加快和对地形图现势性需求的提高, 地形图更新的任务将更趋紧迫, 周期将更趋近缩短。1:1 万地形图也面临同样的更新需求。

对于 1:5 万到 1:1 万范围的地形图更新, 版图不很大的先进国家目前普遍采用的是数字摄影测量技术, 而版图大的先进国家和发展中国家, 则更期待利用卫星遥感数据与技术实现这类工程目标。高分辨率卫星遥感数据及其处理技术的最新发展, 为后一条道路提供了现实可行性。

在 1:5 万和 1:1 万比例尺的意义上, 地形起伏的变化是缓慢的, 或者说是局部的; 但是其地物的变化是很快的。因此, 1:5 万和 1:1 万地形图更新的主要工作量集中在地物要素的更新。目前卫星遥感获取立体影像的能力还嫌不足, 从大规模生产的

意义上讲, 还只适合于作地物要素的更新。局部范围的地形更新可以用数字摄影测量方法由航空立体影像直接生成数字高程模型来解决。

目前我国已建立覆盖全部大陆国土的 1:100 万和 1:25 万矢量地图数据库。如果 1:5 万和 1:1 万矢量数据库也已建立, 那么这两种图的更新便可以在矢量数据的基础上进行。但是我国目前尚未建立 1:5 万和 1:1 万地形图矢量数据库。而且, 考虑到已经建立的 1:25 万矢量库的代价, 近期内未必可能, 也未必需要进行 1:5 万和 1:1 万地形图全部要素的矢量数据库建设。因此, 除矢量方式之外, 是否还有其它方式实现地形图更新, 便成为当前生产中的一个紧迫问题。于是, 萌发了以数字栅格形式进行地形图更新的思想。

## 2 生产技术流程

图 1 所示为根据上述思想设计的、经过一年多研究试验证实可行的一种生产技术流程。

该技术流程的主要技术环节可归纳为: a. 将

**[收稿日期]** 1999-07-09; **修回日期** 2000-02-28

**[基金项目]** 国家测绘局“九五”重点资助项目 (C95-06)

**[作者简介]** 林宗坚 (1943-), 男, 福建福州市人, 中国测绘科学研究院教授, 博士生导师

现有地形图扫描数字化<sup>[1]</sup>和纠正处理形成数字栅格地图 (DRG) 本底; b. 将航空和卫星遥感影像纠正处理<sup>[2]</sup>使其成为能与 DRG 配准的正射影像

(DOM); c. 在 DRG 本底和 DOM 叠加的屏幕人机交互环境下进行影像判读和 DRG 更新编绘<sup>[3,4]</sup>。

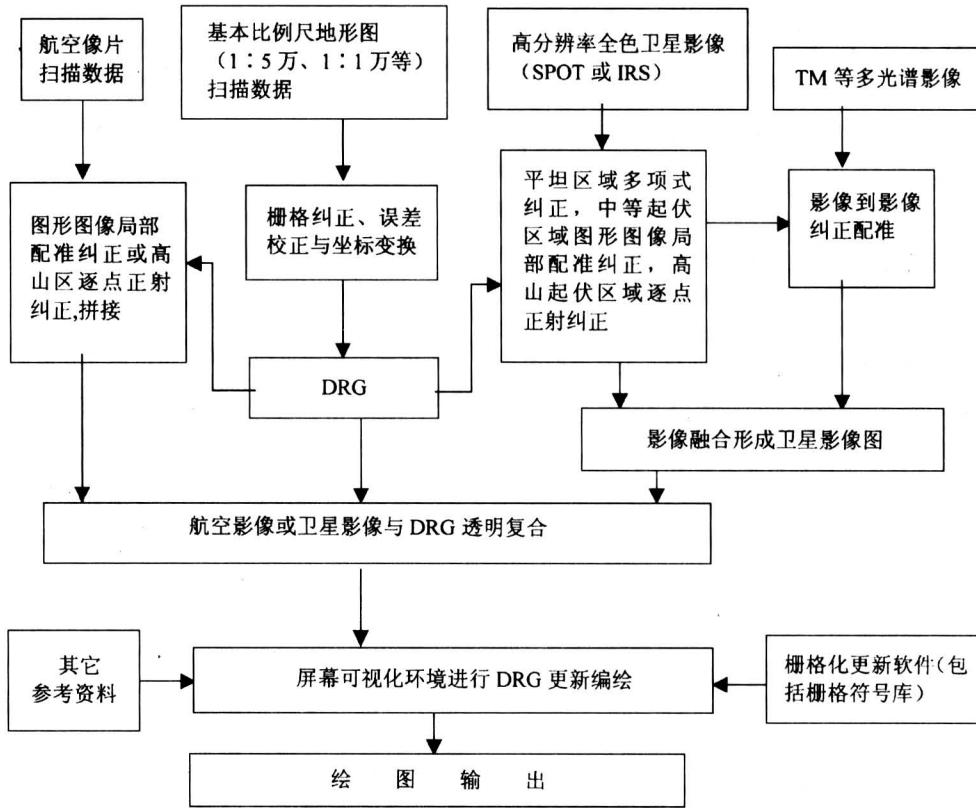


图 1 利用航空航天影像进行地形图栅格化更新技术流程图

Fig.1 Raster from map updating from aerial and space imagery

### 3 关键技术

#### 3.1 地形图栅格数字化的采样分辨率问题

这是一个在生产中曾被忽视的问题。根据矢量数字化的经验, 一般地形图以 250 dpi 的分辨率扫描即能满足几何精度要求。如图 2 所示, 若地形图上的线划宽度为 0.1 mm, 用 250 dpi 分辨率扫描, 当灰度数值二值化以后, 图 2a 的取样就会得到图 2b 的中心线划。其中位置 1 和 5 是居中正确的, 位置 2 和 3 是偏离的, 位置 4 的两个取样像元因低于阈值而成为空缺。这种缺陷在矢量数字化中可经平滑处理而不影响几何精度, 但在栅格数字化中则直接影响成果图件的线划视觉质量。因此, 栅格数字化的扫描采样分辨率应严格按照采样定理确定。例如, 对于最细线划为 0.1 mm 的图纸, 扫描采样分辨率必须在 500 dpi 以上。

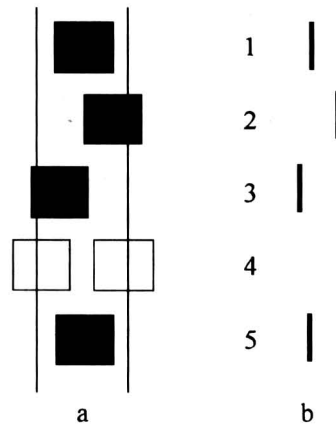


图 2 采样分辨率过低引起的缺陷

Fig.2 Defects in binary image caused by too low sampling interval

### 3.2 图像图形阵列式控制点

航空或卫星遥感影像纠正需要有控制点。这些控制点的地面（大地）坐标必须已知，影像点位必须清晰可辨，可精确量测。传统的方法是在影像上寻找明显地物的拐角点和交叉点，以针刺孔或用鼠标在屏幕上标定，此称针孔式控制点。这种控制点当不采用野外测量，而是从现有地形图选取时，就会出现选点困难或刺点精度低的情况。为此专门研究了图像图形阵列式控制点。它不需要人工标定“针孔”在地形图和影像上的位置，而只要确认地形图和影像上共有的（同名的）地物图形与图像斑块。在地形图 DRG 屏幕上用窗口圈定一个图形斑块，然后用目视或图像图形自动匹配的方法在影像屏幕上确定对应的斑块，就完成了选点与刺点任务。此时确定的不是一个明显角点，而是整个图形图形的重心，以此建立地形图与影像的点位对应。由于此方法所依赖的不是一个针孔点，而是整个图形图像斑块，因此无论目视还是计算机匹配，其精度都比针孔式控制点要高。选点的难度也小得多。

### 3.3 DRG 与 DOM 配准误差的局部纠正

一般制作正射影像，需要足够数量的控制点和足够精度的数字高程模型（DEM）进行数字微分纠正。当 DEM 精度不足，或在微起伏地区没有采用 DEM 的情况下，纠正后的影像（DOM）与 DRG 本底间可能存在局部的配准误差。这些误差即便在允许的几何精度范围内，也可能会影响从影像中更新的地物要素与 DRG 本底间的套合质量。因此，视觉上可见的图像图形配准残差必须尽量消除。为此专门研究了影像与图形配准残差局部纠正的方法。其原理如图 3 所示，设  $P_1$  和  $P_2$  为已纠正到没有残差的影像点， $P_0$  为发现有配准残差（ $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ ）的影像点，则按最近距离原则划定的局部范围内各影像点，均按下式分摊残差改正量（ $\Delta x$ 、 $\Delta y$ ）。

$$\Delta x = K\Delta X$$

$$\Delta y = K\Delta Y$$

$$K = \frac{(4R_0 + R_1 + R_2)R_1R_2}{(R_0 + R_1)(R_0 + R_2)(R_1 + R_2)}$$

其中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_0$  分别为待纠正点到  $P_1$ 、 $P_2$  和  $P_0$  点的距离。这种局部纠正需要对若干明显地物点反复进行，直到满足要求为止。

### 3.4 定性指导定量的影像判读方法

影像判读是用航空航天影像更新地形图的最大

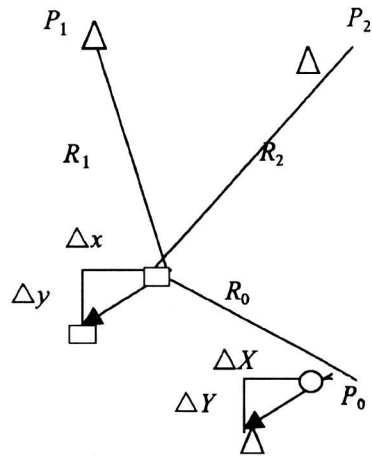


图 3 局部纠正示意图

△为控制点；○为变形点；□为待纠正点

Fig.3 The principle of local rectification

难点。除利用少量的野外获取的判读标志和依靠判读知识外，还要注意使用来自原有地形图的信息。在 DRG 本底与 DOM 配准叠加的情况下，用目视方法容易发现变化的和没有变化的地物。利用没有变化的地物的图形与影像对应，容易建立更多的适应局部范围的判读标志。在这些判读标志和判读知识的定性指导下，容易从影像中发现和识别已经消失、变化和新增加的地物，定量地将其描绘下来。这就是定性指导的定量判读。除地形图外，其它专题图（例如道路交通图、土地利用图等）也可以用于指导判读。

### 3.5 从黑白影像提取地物结构信息的半自动化法

地物结构信息是指地形图上描述地物所需要的几何特征，例如，线状地物的中心线，面状地物的轮廓线，以及角点、交叉点等。由于目前人工智能水平所限，还不能实现地物结构信息提取的全自动化。就目前的影像分割技术，结合目视判读提供的地物类别信息，实现部分地物结构信息的半自动化提取是可能的。其主要技术诀窍有两点：

1) 利用几何约束降低问题不确定度 地物结构信息主要是几何信息，通过人工粗略标定若干点形成几何约束，便可以大大降低问题的不确定度，减少影像分割的错误；

2) 知识指导下有效利用信息 当地物类别已知的前提下，根据已知的关于地物类别的知识，可以只提取足以区分该类地物区别于其它类周围地物的特征信息，从而提高操作效率和可靠性。

基于上述原理开发的功能有:

1) 在人工粗略标定线上若干点和指明线状地物类别的情况下, 自动提取线状地物的中心线或边界线;

2) 在人工给出若干种子点或给出多边形窗口的条件下, 根据地物类别知识的索引, 按色彩、灰度、纹理特征进行分割, 提取面状地物轮廓, 并且用最小二乘法进行边界曲线拟合;

3) 在一个较大的窗口范围内, 根据指定类别地物色彩、灰度、纹理特征的监督采样点进行是否该类地物的两类别分类(分割), 用以提取散列面状小图斑群。

由于这些方法是人机交互, 屏幕实时显示的, 因此对于错误的分割结果, 可采用人工否定, 改变条件再分割, 或者改为人工勾绘的方法, 最终得到正确的结果。

## 4 软件系统功能

根据上述原理开发的软件系统基本功能和备选功能(标有\*号的)如下。

### 4.1 由地形图制作 DRG 本底

1) 整体几何纠正 将地形图扫描数据由扫描仪坐标系变换为高斯投影平面直角坐标系, 实现对图幅定向并消除系统误差。纠正算法有两种供选用: 当采用四个图廓点理论坐标时选仿射变换纠正算法; 当增加若干均匀分布公里格网点时采用二次多项式纠正算法。程序中包含由地形图图幅号自动计算四个图廓点平面直角坐标理论值和图幅大小的模块。

2) 分格网几何纠正 为消除经整体定向与纠正后遗留的局部变形误差(由仪器和图纸变形引起的), 用公里格网四角点的理论坐标按双线性函数进行纠正。

3) 色彩归正 将地形图栅格数据的彩色分量归化到地图设计的标准色彩模式, 即实现按标准色彩分层的二值化, 并消除背景噪声。

### 4.2 由航空或卫星遥感影像数据制作正射影像

1) 图像图形阵列控制点标定 a. 地形图(DRG)上图形阵列选取; b. 图像图形配准的视准标定方法; \* c. 图像图形配准的自动匹配算法。

2) 影像纠正 a. 平坦地区卫星影像的多项式纠正; b. 平坦地区航空影像的中心投影纠正; c. 数字微分纠正; d. 图像图形配准残差的局部纠正;

e. 原始影像对正射影像的自动匹配纠正; \* f. 微起伏、地物丰富地区的图形图像自适应配准纠正。

3) 全色卫星影像与多光谱卫星影像的融合

a. 加权融合算法; b. HIS 变换融合算法

### 4.3 数字栅格地图更新编绘

1) DRG 本底与 DOM 的透明叠加 a. 黑白 DOM + 黑白 DRG; b. 黑白 DOM + 彩色 DRG; c. 彩色 DOM + 黑白 DRG; d. 彩色 DOM + 彩色 DRG。

2) 更新要素判读与更新图形编绘 a. 手工编绘包括点状符号、线状符号、面状符号、小钢笔、擦除、放大、缩小、开关 DOM、开关 DRG、漫游、文件保存等模块; \* b. 半自动编绘, 即从遥感影像提取地物结构信息的半自动化方法。

## 5 试验生产

首批试生产任务为长江、松花江、嫩江洪水易发区 600 幅 1:5 万地形图地物要素更新。其中 500 幅使用 1:35 000 航空影像, 100 幅使用 SPOT 全色影像(10 m 分辨率)和 TM 多光谱影像(30 m 分辨率)。任务从 1998 年 9 月启动, 到 1999 年 4 月完成。成果符合国家测绘局 1999 年 9 月颁布的《1:50 000 栅格地形图更新生产技术规定》要求, 已通过验收。

生产中, 地名和道路的更新参照了国家 1:25 万地名库、各省新版行政地图和交通部道路信息, 道路等级、路宽符号等信息均从交通图上提取, 部分地区还参照了新版 1:1 万图。

从生产统计数字看, 用栅格方式完成地形图更新的工天数仅为 1:5 万地形图矢量数字化工天数的三分之一。

首批生产的 600 幅更新 1:5 万栅格图已交付国家计委和有关部门使用。

## 6 结论

从本课题研究 and 首批试生产的结果看, 利用航空和卫星遥感影像进行数字栅格地形图地物要素的更新是可行的。所生产的数字栅格地形图能满足一般用户的要求, 而且再次更新的生产过程可以采用新影像对旧影像自动匹配纠正的办法, 精度和效率还能进一步提高。与数字摄影测量自动测绘 DEM 的方法相结合, 可以实现对 1:5 万和 1:1 万地形图的持续更新。

采用栅格化方法的突出优点是易于实现遥感与GIS的结合, 近期需要努力的是在栅格形式下进一步提高自动化水平, 将来随着地图技术标准的改革, 还有可能发展成把遥感影像自动分类所形成的可靠性很高的成果(例如水面、房屋、道路)直接表达在栅格地图中。

#### 参考文献

- [1] 黄培之. 实现彩色地图扫描数据自动分层的途径与方法[J]. 测绘学报, 1998, 27(4): 318~324
- [2] 贾永红. 基于像元的遥感影像融合方法比较[J]. 测绘信息工程, 1997, (4): 29~31
- [3] 林宗坚. “4D”技术及其应用[J]. 测绘工程, 1997, 6(3): 1~5
- [4] Woodsfoot P A. Spatial database update a key to effective automation [J]. ISPRS, 1996, XXXI (B4): 955~961

## Map Update in Raster Mode by Means of Aerial and Space Images

Lin Zongjian

(Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039, China)

**[Abstract]** To meet the urgent needs of updating 1:10 000 scale and 1:50 000 scale topographic map for the whole territory of China, an integrated technique for key elements revision is proposed, in which the topographic map is updated in raster mode through overlaying the precisely geo-rectified aerial or satellite image on the digitized map. The following issues are specially presented: 1) The scanning resolution of topographic map digitization in raster mode, which is not the same as the one in vector mode. 2) The concept of image array and graphic control point, instead of traditional pinpoint control point. 3) A local registration and adjustment method for rectifying aerial and space image using DRG without DEM. 4) Quantitative image interpretation by the guide of qualitative analysis. 5) The semi-automatic method for extraction of structural information from remote sensing image. Finally, a software developed on the basis of the proposed technique and its function are described, at the same time, an experiment result of 600 scenes of 1:50 000 scale topographic maps revision using the developed software is presented.

**[Key words]** surveying and mapping; remote sensing; map updating; digital raster graphic (DRG)

(cont. from p. 15)

## Digital Earth Model of Multiple Scales and Its Application in Virtualizing Earth

Li Boheng

(Ministry of Land & Resources, Beijing 100034, China)

**[Abstract]** The digital earth model is composed of three parts: digital frame model, digital elevation model, and digital earth-unit model. The question of building virtual earth in science mainly includes two sections: building the digital earth model and applying and developing modeling information effectively. The five characteristics of virtual earth and the key technologies for building digital earth model are introduced. This paper also discusses the seven engineering fields in which the digital terrain model is widely used. In the process of constructing, researching, and developing the digital earth model, attention should be paid to environment pollution, plough land decrease, waterlogging and east-west regional variances, which have influence on China's national economic construction.

**[Key words]** digital earth; virtual earth; information