

空间实验室图像的制图能力分析 及其地学应用

——以西藏日喀则地区和珠峰地区的试验为例

徐庚庆 朱重光 刘纪远 张增祥

(中国科学院遥感应用研究所)

黄才发

(铁道部专业设计院航勘处)

1989年2月14日收稿

摘 要

本文论述了空间实验室测量相机(MC)拍摄的彩色红外立体像对在中比例尺地形制图、正射影像地图以及土地资源调查中的应用可能性,给出1:10万和1:20万比例尺的制图例证,表明平面位置和高程精度能满足1:10万比例尺地形图规范要求;1:10万比例尺影像图可以满足专题制图精度要求。

应用数字图像处理技术,将二种来源(MC, MSS)的遥感数据做数字匹配,并进行信息提取、组合、增强和分类等处理,其结果与原始图像比较表明有独特的优越性,与MSS原始数据相比,图像的空间分辨率明显提高,各种类型界线更分明,可分辨类目增多;而与MC原始图像相比,其光谱特性获得改善且能保持原有的空间分辨率。土地利用类型解释精度与MSS和MC原始图像比较分别提高7—20%左右。

关键词 测量相机 地学应用 航天像片 图像复合 信息提取

一、引 言

航天科学技术的新成就使人们可以从轨道高度观察地球(或获取地表数据),拍摄各种图像,从而大大扩展了人们的视野。现今用摄影方法记录和存贮信息仍不失为最佳方法之一,胶片的优点是信息容量大,清晰度高。高质量航天摄影图像的取得,给现代测量提出了紧迫的研究课题,促进了航天摄影测量像片处理方法的发展。由于航天像片比例尺小,其每片覆盖地面积很大,所以其表面不能视为平面而是球面。航天像片的球面性使它的处理不同于航空像片。

自从人类首次从轨道高度获取地表摄影像片以来,绝大多数是用手提式相机拍摄的,大约为1:100万左右的小比例尺图像,其摄影参数无法精确标定,且图像畸变大,致使很难在摄影测量领域发挥应有作用。但它的大视野、高解像力和高清晰度,在地质学、水文

学和土地资源调查等方面具有一定的长处。

近年来,航天摄影技术有了明显改进,经过改进的西德 RMK/A 型测量相机和美国的配有位移补偿设备的大像幅相机(LFC),其图像畸变被校正控制在1—2微米数量级,并且给出整个画幅范围内的定标值,以供摄影测量时加以改正,再配以高解像力、高清晰度的黑白和彩色胶片,在飞行方向像片具有60—80%的重叠,像对基高比为0.3左右,地面分辨率达到10—20米。从而使它具备了制作中比例尺(1:5万—1:20万)地形图的能力。而其红外彩色片的感近红外、红和绿光谱段的感色性能与陆地卫星MSS的波段6、5、4光谱响应近似对应,又使它有可能在地学和其它领域的专题解译中作出贡献。

近年来一些作者^[1-4]对应用测量相机(MC)立体像对于地形制图进行了讨论,一般认为能满足1:10万比例尺制图要求,但人工地物(道路,交通网,居民地等)的表示不能满足欧洲一些发达国家的制图标准,而对于发展中国家的无图地区则是一个难得的高质量制图资料。

在西藏土地资源调查中,应用MC和LFC制作了试验区的地形图(1:10万,1:20万)和正射影像地图;并进行数据复合和信息抽取的数字匹配研究。用航天MC图像的数字数据与Landsat MSS数据的数字复合图像作信息增强、抽取、组合等处理,其结果在土地利用调查中和地质解译获得初步应用^[5],其效果是肯定的。

二、空间实验室测量相机像片的制图应用

1983年11月28日至12月8日的欧空局空间实验室测量相机(STS 9/spacelab, Metric Camera)试验,首次从轨道高度获取了23厘米×23厘米像幅的空间立体像对,其航向重叠为60—80%,共计550张彩红外反转片和470张黑白像片,覆盖地面大约143百万平方公里,其中1千万平方公里是无云区。航线号01从尼泊尔方向过珠峰上空入西藏向北偏东方向飞行。表1列出测量相机试验有关参数。

1. 空间实验室测量相机像片的几何特性

空间实验室使用的测量相机是经过严密定标的RMK/A 30/23型航空摄影机,畸变差控制在1—2微米数量级,且其值可以在摄影测量内业作业时加以校正。像片球面性引起像点位移必须加以改正,地形高差引起的像点位移也不同于航空像片,还有大气折射的影响。下面讨论这三个问题。

(1) 图像的球面性

被摄表面的球面性使像点产生像点位移。其几何原理跟航空像片上点位的地球曲率改正一样,其位移值:

$$\delta_c = -r \cdot H / 2Rf^2$$

立体量测时摄影测量基准面是与地表相切(或相割)的水平面,它与地球表面不一致, δ_c 引起高程误差为:

$$\Delta h_c = \delta_c * (H/r) \text{ 或 } \Delta h_c = \frac{D^2}{2R}$$

表 1 测量相机试验参数
Table 1 Parameters of Metric Camera

相机类型	标定过的 Zeiss RMK A30/23						
镜头	Topar A1 (7 镜片的组合镜头)						
标定焦距	305.128 毫米						
最大畸变	6 微米						
解像力	40 线对/毫米(用 Aviphut 全色片测定)						
胶片压平	抽气式压平						
快门	镜间气顶施转式圆片快门						
快门速度	1/250—1/1000 秒(共 31 档)						
光圈	f/5.6—f/11 (共 31 档)						
曝光间隔频率	4—6 秒和 8—12 秒						
幅面	23 厘米× 23 厘米						
胶片宽度	24 厘米						
胶片长度	150 米(约 550 张单幅像片)						
胶片解像率		低反差	高反差	地面分辨率		地面	等效像片尺寸
	B/W IR	25 26	40 38	低反差 33米 32	高反差 21米 22	12米 11米	
相机维度	46×40×50 立方厘米, 54 公斤						
暗盒维度	32×24×47 立方厘米, 24.5 公斤						
轨道高	250 公里(每绕地球一圈 1.5 小时)						
相对地速	7.55 公里/秒						

D 为像点离像片中心点距离对应的地面长度, R 为地球半径。

(2) 地形高差引起的投影差值 δ_h

在航天图像上地形高差引起的像点位移, 可以从图 1 中看出, 被摄影面是球面而不是平面。图中地形高差 h 引起像点位移 $\delta_h = a \cdot a_0$, $h = AA_0$, 向径 $r = Oa_0$, 地球半径 $R = EA_0$, 从 $\triangle sa_0a$ 与 $\triangle SA''A$ 相似可知

$$\frac{\delta_h}{f} = \frac{AA''}{SA'}$$

其中 $AA'' = A''A''' + A'''A = h \cdot \frac{r \cdot \cos \varphi}{f} + h \cdot \sin \varphi = h(r/f \cdot \cos \varphi + \sin \varphi)$,

$SA' = H + R - (R + h) \cdot \cos \varphi = H + R(1 - \cos \varphi) - h \cdot \cos \varphi$,

$$\frac{r}{f} = \frac{R \cdot \sin \varphi}{H + R(1 - \cos \varphi)}$$

$$\therefore \delta_h = f \cdot \left(h \cdot \frac{R \cdot \sin \varphi}{H + R(1 - \cos \varphi)} \cdot \cos \varphi + \sin \varphi \right) / [H + R(1 - \cos \varphi)]$$

$$-h \cdot \cos \varphi] = f \cdot h \cdot (H + R) \cdot \sin \varphi / [H + R(1 - \cos \varphi) - h \cos \varphi] \cdot [H + R(1 - \cos \varphi)] \quad (1)$$

单片 MC 图像地面覆盖 200 公里 × 200 公里左右,其 φ 角值不大,可简化 (1) 式,则得:

$$\delta_h = (1 + H/R) \cdot \frac{r \cdot h}{H} \quad (2)$$

此式为航天图像上由于地形高差 h 引起的像点位移值表达式。

(3) 大气折射对像点位移的影响

大气层的密度随高度而递减,所以光线在大气中并非直线传播,而为一弧线传播。光线的这种折光差使航天像片上的像点产生位移值:

$$\Delta r = E \cdot \gamma + \frac{E}{f^2} \gamma^3$$

其中 $E = \frac{n - n_H}{n + n_H}$, Δr 值将随 γ 值增加而迅速

增大(见表 2)。

表 2 表明,在使用单张航天像片制作专题图时,通常地形高差和地球曲率引起像点位移值对专题图要素的平面位置的正确表示影响不大,但若用于立体测图,对高程影响甚大,必须加以改正。

表 2 航天像片上像点几何畸变与飞行参数关系

Table 2 Relationship between image distortion and parameters of flying

航高 H (公里)	向径 r (毫米)	地形高差 h (米)	相机焦距 f (毫米)	地球曲率引起像 点位移 δ_c (毫米)	δ_c 引起高程 误差 Δhc (米)	地形高差引起 像点位移 δ_h (毫米)
250	70	500				0.146
250	70	1000				0.291
250	70	2000				0.582
250	100	500				0.207
250	100	1000				0.414
250	100	2000				0.832
250	70		100	0.681	2432	
250	70		200	0.171	607	
250	70		305	0.073	249	
250	100		305	0.213	532	

2. 航天图像制图精度的理论分析

摄影瞬间由于航天器飞行速度使影像在焦平面上有一位移量,以天空实验室为例,当其在 250 公里高度轨道上,用 305 毫米长焦距的摄影机摄影时,其影像在焦平面上运动速度为 9 毫米/秒。本次实验,由于冬季北半球光照条件差,使用 1/500 秒曝光时间,影像位

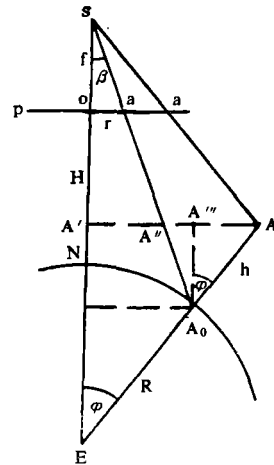


图 1 地形高差 h 引起像点位移示意图

Fig. 1 Image displacement by relief

移引起大约地面 16 米左右的误差。要减少影像位移,胶片感光度和解像力应达到一定要求,以中速和中等解像力为宜。从表 1 参数中可知,MC 相机系统(镜头分辨率、胶片解像力)的综合解像率大约为 25—40 线对/毫米。

单模型立体测图时以定向点置平模型,这种场合估算平面、高程精度用下式:

$$\Delta x \text{ (或 } \Delta y) = \frac{H}{f} * dp$$

$$\Delta Z = \frac{H}{b} * dP$$

上式中 H 为航高, f 为摄影机焦距, b 为立体像对基线长度, dp 为视差量测误差。

当 $H = 250$ 公里, $f = 305$ 毫米, $b = 90$ 毫米时 dp 引起平面、高程量测误差如下:

$$dp = 0.002 \text{ 毫米, } dx \text{ 或 } dy = 1.6 \text{ 米, } dz = 5.5 \text{ 米}$$

$$dp = 0.005 \text{ 毫米, } dx \text{ 或 } dy = 4.0 \text{ 米 } dz = 13.8 \text{ 米}$$

$$dp = 0.01 \text{ 毫米, } dx \text{ 或 } dy = 8.0 \text{ 米 } dz = 27.7 \text{ 米}$$

由此可以看出平面精度比高程精度高。一般测制地形图时,对高程精度比平面位置精度提出更高的要求,如对 1:5 万和 1:10 万比例尺地形制图的定向平面精度为 20 米和 40 米,高程精度为 5 米和 10 米;地形点平面精度 37.5 米和 75 米,高程精度 10 米和 20 米。

综上所述,理论上说明 MC 航天图像具有测绘 1:10 万比例尺地形图的能力。

3. 由 MC 图像测绘的地形图及正射影像图的制图精度

位于西藏日喀则和珠峰地区的三个立体像对 (01—0020/21/22—01 及 01—0014/15—01) 应用于试验工作。该地区位于西藏高原东南部,地形陡峭,像对内高差大。日喀则地区像对内高差为 2200 米 (3800—6000 米),地面坡度一般为 25° — 32° 间,局部达 40° 以上。珠峰立体像对内高差达 4900 米 (3900—8848 米),地面坡度通常为 25° — 35° ,局部最大坡度达 40° 以上。利用现有 1:5 万和 1:10 万航测地形图,在每个像对内选取至少 25 个标有高程的特征点,并将影像对照地形图辨认,平面位置在地形图上以 0.1 毫米精确度估读,这些点作为定向点和检查点。所有定向点,检查点均在 AC_1 解析仪上进行构网平差,舍去粗差点位,最后留下点位合适的 4—6 点作为定向点用,其余均作检查点。平差一般需反复进行,以确定最佳模型,然后测图。在 AC_1 测图仪上构网精度对日喀则双模型平面 $m_x = \pm 21.04$ 米 (22 个点平均),高程 $m_h = \pm 3.80$ 米 (26 个点平均);珠峰单模型平面 $m_x = \pm 22.84$ 米 (12 个点平均),高程 $m_h = \pm 3.40$ 米 (16 个点平均)。图 2 (见封三)是由 MC 立体像对测绘的 1:10 万比例尺线划图,等高线间隔 100 米。图 3 (见封三)为同一地区的航测 1:10 万地形图,等高线只清绘 100 米间隔计曲线。

线划图的高程精度检查用二种方法,其一是在绝对定向的模型上读取 60 个点的高程值,并在图上标出其平面位置(见封三图 2),然后用航测 1:10 万比例尺图(见封三图 3)按格网与图 2 对准后将这些标记点转刺到图 3 上,在图 3 上的点用等高线内插读出其高程值,二者的平均高程中误差为 ± 13.5 米;其二是在图 2 上作如 I I, II II, III III, IV IV 四条导线,将其与图 3 套合,总共读取 172 个特征点的高程值,比较二者差值,平均高程中误

表 3 四条导线检查高程制图精度
Table 3 Mapping accuracy in height

导线号	地形情况	地面平均坡度	点数	m_h (米)	最大较差(米)
I I	较完整	32°	60	±18.55	±50
II II	较破碎	25°	42	±20.67	±50
III III	较完整	32°	25	±14.43	±30
IV IV	较完整	32°	45	±14.59	±30
Σ		25—32	172	±17.58	

差为 ±17.58 米,最大误差 50 米,具体见表 3。

规范对土地利用现状图的平面位置图表示中误差,平地区为 0.75 毫米,丘陵区 1.0 毫米,山地为 1.5 毫米,而图 2 的图斑面积对耕地、林地、草地、居民地分别为 6、15 和 4 平方毫米。

影像图用仪器 OR-1 扫描,用 200 米高程间隔采样的 DTM 回放影像。理论上立体模型经大地定向,其定向点和检查点上残差不超限,则正射影像图上点位平面位置误差主要来自采样 DTM 时的高程误差引起的投影差,这一项由公式(1)和表 2 可知,在此场合最大不超过 0.1 毫米。而对土地利用制图,当检查点上最大平面位移不大于 1 毫米时,能满足要求。

三、MC 图像的复合处理及其制图应用

试验区有多种遥感数据,如陆地卫星的 MSS,侧视雷达图像,航天飞机的 MC 图像和 LFC 立体像对等。由于 MC 假彩色图像质量较差,再经扫描、放大等工序处理,制成的 1:10 万影像图虽然影像仍较清晰,分辨率也较好,但没什么色彩差异,地类界线很难区分。而 1986 年 7 月的 MSS 图像,其光谱效果很好,但分辨率差。将 MC 和 MSS 二者进行复合,利用 MC 的高分辨特性和 MSS 丰富的光谱信息,结合成数字复合图像,然后合成规格化假彩色图像,取代 MC 假彩色合成图像或数字复合图像进行非监督分类、监督分类等处理,产生有利于土地利用调查的新图像。

1. 图像数字化和数字配准

使用 C-4500 扫描仪将 1:80 万比例尺的原始 MC 透明彩色正片以 25 微米孔径分红、绿、蓝三色分层数字化,名为 MC_r 、 MC_g 、 MC_b ,建立 20 米的分辨率。陆地卫星 MSS 磁带其分辨率为 80 米。将对应地区图像取出并作 4 倍数字放大,使其地面单元与 MC 图像对应也为 20 米;MSS 图像由于数字放大而产生像元块状轮廓,对其施于 4×4 的低通滤波,使像元块状轮廓消除。

为了保证 MSS 图像的光谱值不再由于重新采样而带来损失,将 MC 数字文件以邻近点灰度值重新采样与 MSS 配准。

2. 图像复合和信息提取

图像复合在这里指二种不同遥感图像的配准和信息复合。复合的目的是利用 MC 图像的高分辨率将 MSS 图像锐化,提高 MSS 的地面分辨率。

(1) 数字图像相减

将 MC 图像的 R、G、B 三层影像对应 MSS 7、5、4 三波段,将二者配准后作减法,得到如图 6 (见图版 I) 所示结果,与原始 MC 图像(见图版 I 图 4)和原始 MSS 图像(见图版 I 图 5)相比,图 6 具有图 4 的清晰度,光谱信息增多,可分辨出的地物类型增多。

(2) 用波段取代图像

用 MC 的 MC_r 、 MC_g 、 MC_b 二层取代 MSS_7 、 MSS_5 、 MSS_4 二波段,用 MSS_7 、 MC_r 、 MC_b 三波段组成标准假彩色合成图像。它与 MSS 原始图像相比,其分辨率显然提高;由于用 MSS_7 的红外光谱取代了 MC 的红外感光层,结果使得图像的红外效果增强,有利于土地类型和植被的调查。

(3) 规格化图像

将 MC 图像的 R、G、B 分层影像 MC_r 、 MC_g 、 MC_b 与 MSS_7 、 MSS_5 、 MSS_4 分别对应做乘法,其结果作为假彩色合成图像的 R、G、B 三色分量,其结果如下:

$$R = \frac{MC_r * MSS_7}{(MC_r * MSS_7 + MC_g * MSS_5 + MC_b * MSS_4)}$$

$$G = \frac{MC_g * MSS_5}{(MC_r * MSS_7 + MC_g * MSS_5 + MC_b * MSS_4)}$$

$$B = \frac{MC_b * MSS_4}{(MC_r * MSS_7 + MC_g * MSS_5 + MC_b * MSS_4)}$$

3. 在土地利用现状调查中各类图像的分类精度

为验证经数字图像处理的 MC 和 MSS 的复合图像在土地利用分类中精度,我们在日喀则样区做了几种图像的判读及分类精度的比较。

以 1986 年夏季获取的日喀则地区彩红外航空像片 (1:2.56 万) 的专题调绘结果作真值,着重分析了经数字图像相减方法所得图像 (MC - MSS) 的分类精度,同时分析原始 MC 和原始 MSS 图像(比例尺都是 1:13.23 万)的分类精度作为比较。

在彩红外航空像片、原始 MSS 图像、原始 MC 图像和 (MC - MSS) 图像上各随机选取一一对应的 400 个分析点位,按照 1986 年度西藏自治区土地利用现状调查的分类系统,将 MSS、MC 和 (MC - MSS) 图像上各分析点的地类与彩红外航空像片上的对应点做比较统计,共得到三种图像六个一级类型,11 个二级类型的分类精度,结果如表 4。

结果表明,对本样区出现的土地利用类型,(MC - MSS) 图像比 MSS 和 MC 两种原始图像的分类精度都有不同程度的提高,特别是对耕地、林地、草地、水域等几个类型,分类精度的提高最为明显。图像总体分类精度的提高也比较显著。

如前所述,这次图像处理的出发点就是为了增强复合图像在土地资源调查中的适用

表 4 几种遥感图像的土地利用分类精度分析表

Table 4 The analysis of landuse classification accuracy for MSS, MC and (MC - MSS) images

图像	类型											总精度
	耕地	有林地	灌木林	沼泽化草甸	山地草甸	山地草原	山地灌丛草原	居民地	河流	滩地	裸岩	
MSS	37.1	12.5	0	0	47.1	51.0	0	0	25.4	25.0	0	52.3%
MC	53.6	31.3	0	0	4.4	63.8	0	40.9	31.1	41.7	0	65.3%
MC 与 MSS 复合	69.6	36.4	20.0	42.9	53.3	61.1	0	45.0	42.5	54.3	0	72.8%

性,集中体现原始 MC 和 MSS 图像的优点。原始 MC 图像空间分辨率较高,但比例尺小,光谱信息量有限,无法清晰地辨别各地类的内部结构; MSS 图像色彩比较丰富,不同地类色调差比 MC 明显,但因空间分辨率低,经放大后,无论地类内部结构还是外围轮廓都不清晰,这些都较大程度地限制了地类的目视的可判读性及准确性。分析的结果证明,集二者优点于一体的 (MC - MSS) 图像在一定程度上避免了上述不足,使分类精度明显提高,分别比原始图像提高 20.5 和 7.5 个百分点。特别有利于对耕地与林地;山地草甸与山地草原等类型的划分。分类精度都有显著提高。

同时,分析得到的分类精度也反映出有些地类的判读准确率仍然较低或无法判读。比较了这几种图像和实际情况后,我们认为这是由于在本试验样区灌木林和沼泽化草甸图斑小,注重色彩来区分地类的 MSS 图像和单靠高分辨率的 MC 图像均无法区分,数字图像相减得到的 (MC - MSS) 图像在一定程度上判读出了这两个类型,尽管分类精度仍然较低,但明显优于原始图像。裸岩在分析的三种图像上均无法判读。因原始 MC 和 MSS 图像上裸岩部分都是处在山体阴影中,无论其内部结构,色彩差异和轮廓都难以分辨,经数字图像相减得到的 (MC - MSS) 图像对此也无能为力,但不能否认复合图像处理的成功及在土地利用现状调查中的适用性。

总之,通过对 11 个不同土地利用类型在三种遥感图像上判读精度的分析,应该承认,无论单独依靠 MSS 图像丰富的光谱信息,还是 MC 图像的高空间分辨率,由于受比例尺限制,对土地利用现状分类都存在一定局限性。同时兼容这两者长处的 (MC - MSS) 图像在很大程度上弥补了这一不足。虽然提高的程度不同,但对各个土地利用类型的判读程度的改善有明显的提高。总体分类精度也由 MSS 的 52.3% 和 MC 的 65.3% 提高到 (MC - MSS) 图像的 72.8%。

四、结 论

(1) 试验样区的制图实验表明,空间实验室测量相机 (MC) 立体像对基/高比 0.3,影像清晰,地面分辨率为 20 米左右,能满足山区 1:10 万比例尺地形制图要求,对困难地区的 1:5 万比例尺地形图修测也起到很好作用。

(2) 用 MC 图像制作正射影像图时,对正射仪扫描所需的 DTM 采样,由表 2 得知立体像对定向点上的高程误差可放宽,即使高程误差达 200 米,输出的正射影像平面位移仍不超过 0.1 毫米。

(3) 为提高 MC 图像在土地利用现状调查中的应用水平,用计算机进行图像处理,实现 MC 图像与 Landsat MSS 图像的数字匹配是一种具有明显效果的方法。可以综合地发挥 MC 图像地面分辨率高和 MSS 图像地物波谱反射特性方面的优势,从而提高在土地利用现状调查中的分类精度。

(4) MC 图像制作的线划图,其地形细部表示较差,但总体地形、地貌表达还是很好的。地物的调绘与航测调绘工序应相同,因为图上地物的表示与他们能否在像片上清晰成像没有量的直接关系,而取决于地物本身的重要性和规范的特定规定。

(5) 试验中以 1:5 万和 1:10 万航测地形图作为数学基础,高程点尽量选用标高点,这样所得结果中包括了地形图本身的误差在内。若能使用野外控制点并作像片联测、电算加密,加上模型比例尺和观察倍率的恰当选择,作业人员进一步熟悉航天图像特性等,预计精度还会好些;另一方面若能使用更高解像力的胶片,提高基/高比,使用影像位移补偿量以及改善测图仪器测标大小和亮度性能,MC 图像的应用前景定会更广泛。

参 考 文 献

- [1] Konecny G., Investigation of metric camera data quality. ISPRS Archives, vol. 25, part 12, comm 1, pp. 64—69, 1984.
- [2] Konecny G., First results of the European spacelab photogra. camera mission. Satellite Rem. Sen. for Resources Dev. pp. 115—120, 1986.
- [3] Ronad J Ondrejka, Surveying and mapping with space data. ITC J., pp. 314—321, 1984.
- [4] Simeon O Ihemadu, Satellite Rem. Sen. as a mapping tool. ITC J. 1985.
- [5] 张庸,徐庚庆等,空间实验室测量相机像片地质判读初试,环境遥感, Vol. 3, No. 4, 1988.
- [6] XU Gengqing, Mapping for the top of the world, Proceeding of the Willi Nordberg Symposium 1987, 7—9 Sep. Graz, Austria, 1987.

Mapping Abilities of Spacelab Metric Camera Image and Its Geo-applications

XU Gengqing Zhu Chongguong Liu Jiyuan Zhang Zengxiang

(Inst. of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Huang Caifa

(Professional Design Institute of Railway Ministry)

Abstract

This paper deals with mapping abilities of Spacelab images (MC, Metric Camera), and its geo-applications. The 1:100000 and 1:200000 scale topographic maps and orthophotomap had been made from MC stereo-image, the results show that the high resolution MC images surely could meet the national standard at the scale of 1:100000 either for planimetric accuracy or for height-measuring, and could be used for revising map at scale of 1:50000.

The digital combination of digitized MC image and Landsat MSS in both spatial resolution and spectral characteristics were improved and it has some advantages for land use surveying and other geo-applications. The ground checking shows that the interpretation accuracy of land-use types were improved from 7% to 20% comparing with original Landsat MSS and MC images.

Key words Metric camera geo-application space image image integration information extraction



图 4 原始 MC 图像
20m / 像元

图 5 原始 MSS 图像
80m / 像元

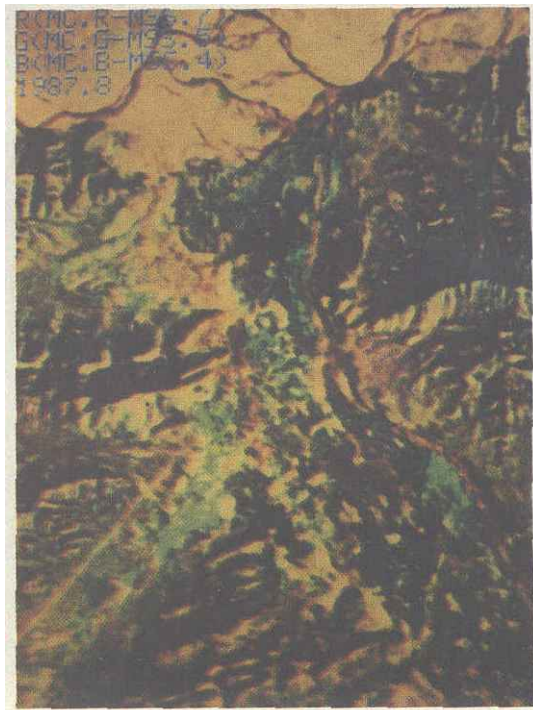


图 6 MC 图像与 MSS 图像的数字复合图像 20m / 像元

