

智力开发丛刊

综合地学信息图像处理 译文集



四川省高校编辑出版发行中心

前言

随着遥感数据处理技术的发展,数据图像处理已日益广泛地应用于非图像地学数据的处理和多源地学数据的综合分析中。

任何二维数据集或图件,如地质图、地形图、各种地球物理和地球化学数据等都可以通过数字化和网格化方法以灰度图像的形式予以表示。将它们投影到统一的坐标系上,形成以图像为基础的综合数据库。每一种信息源或各数据集中的每一种属性都可作为图像数据库中的一个数据层进行存取。一些通常的图像处理方法,如反差扩展、彩色合成、边缘增强、方向滤波、纹理分析、空间和频谱变换、空间运算和逻辑运算,以及模式识别等技术都可以应用于综合图像数据集中,用以研究各数据集之间的空间关系,提取能反映目标地质体特性的多方面的特征信息,帮助建立工作区的地质概念模式,指导或开展区域成矿预测。数字图像处理技术,正以它特有的形象直观、灵活多样、快速准确等特点,越来越赢得地质、遥感、地球化学、地球物理等学科的科研生产人员的青睐。

为了向广大地学工作者介绍综合数据图像处理技术在各学科数据处理中的应用现状和发展动向,我们收集了80年代以来,特别是1983—1986年期间国外各学术刊物和国际会议录中有关这一领域的有代表性的文献,编译了这本译文集。内容包括数据的镶嵌配准,物化探数据的图像处理、地质图件处理,数字地形模型的应用、多时相多传感器遥感图像处理、遥感及其它地学数据的综合图像处理方法及其在地质填图、油气勘查、多金属矿产勘查等方面的应用。涉及到综合数字图像处理的各个方面,较全面地反映这一领域中当前的研究水平和发展趋势。另外,还选择了两篇有关人工智能方法及专家系统在遥感和地学中应用前景的评述性文章,以帮助广大读者了解这一新型领域的发展动态。

本文集由地矿部地质遥感中心信息处理室王润生同志主持编译,选编和主要译校工作由王润生、刘心季及杨文久同志承担。参加译校工作的还有:和正民、夏友中、丁谦、马振春、汤志斌、王品清、张义彬、周福臻、舒世光和饶家振同志。在编译过程中得到遥感中心领导及周福臻、何裕盛、钱瑞云等同志的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编译者的水平所限,不可避免地存在一些缺点和错误,敬请读者批评指正。

编者

1987年12月

数字镶嵌处理

Shigekatsu Horii, Yutaka Oshima and Kozo Hirao

Advanced Space Programs Department

TOSHIBA Corporation

Kawasaki, Japan

Itoshi Kohno and Takeo Yokoyama

Earth Resources Satellite Data Analysis Center

Tokyo, Japan

摘 要

近年来,遥感技术不仅在农业和渔业上,而且在非可更新资源的勘查中都受到了极大的关注。通过卫星传送的任何一景图像只覆盖了有限面积的陆地,因此,不是总能按要求满足大面积油田勘查或其它研究工作的需要。

为了满足这一要求,有必要拼接成一幅合成镶嵌图以覆盖所需要的大范围区域。

我们已经研究出一种数字镶嵌技术,可把相邻地区的几个像幅镶嵌成一幅大的图像。这种技术消除了拼接处的接缝,形成了经得起仔细推敲的供分析用的高质量图像,并减少了计算时间。

1. 导 言

美国地球观测卫星——陆地卫星所产生的的一幅图像覆盖地面大约 $185 \times 185 \text{ km}^2$ 的面积。当要调查一个较大的地区,或者感兴趣区处在一幅图像的边部并且延伸到其它景图像上时,就必须把有关的图像镶嵌在一起。

镶嵌处理技术可分为像片镶嵌和计算机数字镶嵌。数字镶嵌优于像片镶嵌,它可以提供精确的拼接,而且易于作灰度校正。陆地卫星的MSS(多光谱扫描仪)所提供的每一幅图像大约包括 3500×3000 个像元(1个波段,经过几何畸变校正)。这意味着,两幅或更多幅图像的数据量必然很大。因此,需要建立一种数字镶嵌处理技术以进行高精度的镶嵌并减少所需的数据量。

我们已经建立起数幅图像数字镶嵌的算法,开发了镶嵌处理技术,采用这种技术,只要使用比较少量的数据就可以把图像高精度拼接在一起。应用这种技术在通用计算机和专用图像处理机上对6幅MSS图像(3列,2行)进行镶嵌已获得良好的结果。我们认为,我们已经建立起数字镶嵌处理技术。我们正着手进行高速处理系统的研究和开发工作。

以下逐步概述数字镶嵌处理技术处理过程以及处理后所得的结果。

2. 数字镶嵌处理技术梗概

图1给出了数字镶嵌处理的流程图。通常把输入图像经几何校正后投影到UTM（通用横墨卡托）或HOM（Hotine倾斜墨卡托）投影坐标系上。这些投影方法适合于一幅MSS图像。当对几幅图像进行镶嵌时，最好使用圆锥投影，形成比例尺为1:1000000到1:500000的图件。在这种情况下，镶嵌处理的第一步要进行投影或者座标变换。鉴于在制作各种图件中，广泛使用兰勃托横切保角圆锥投影，所以我们从许多种圆锥投影中选用了这种投影。

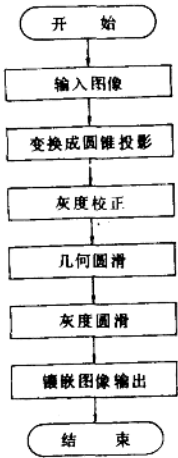


图1 数字镶嵌处理流程图

下一步的工作需要进行灰度变换，以消除图像之间由于成像日期不同或者其它因素所造成的灰度差异。由于灰度特性是随波段变化的，所以这种灰度变换要一个波段一个波段地进行。要参考给定图像进行灰度变换，使得重叠区内其它图像灰度的均值和方差与参考图像灰度的均值和方差相一致。

几何圆滑是对经投影变换后准备进行拼接的图像之间所残存的几何畸变进行校正。这种新的镶嵌处理技术只把要重新处理的图像之间的重叠区根据新的加权均值点进行再变换。这些新的加权均值点是使用重叠区内的对应点对，通过几何方法（二维）计算出来的。通过校正重叠区之间的几何畸变，并将它们高精度地拼接在一起，从而防止了图像质量的下降。另外，由于只对重叠区进行处理，减少了处理时间。

在灰度变换后，当拼接的图像之间仍存在着灰度差异时，灰度的圆滑也是必要的。和几何圆滑一样，这种技术也是通过计算加权均值来消除拼接区之间的灰度差异。

综上所述，数字镶嵌处理是一个几何变换和灰度变换相结合的过程。

3. 处理的算法

3.1 投影变换

投影变换是指把经过HOM或者UTM投影的图像改变成圆锥投影。本节主要介绍从HOM到圆锥投影的变换。图2说明了投影变换的概念。变换步骤详述如下：

(1) 利用图像数据的附带注记信息，把像素值 $P(x_i, y_i)$ 变换成 HOM 座标 $P(u_i, v_i)$ 。

(2) 把 HOM 座标 $P(u_i, v_i)$ 变换成经纬度值 $P(\phi_i, \lambda_i)$ 。

(3) 把经纬度值 $P(\phi_i, \lambda_i)$ 变换成兰勃托保角横切圆锥投影的极座标 $P(r_i, \theta_i)$ ，再变换成平面直角座标 $P(X_i, Y_i)$ 。

(4) 由平面直角座标得到输出像素值 $P(x'_i, y'_i)$ 。

(5) 根据相对应的输入像素值 $P(x_i, y_i)$ 和输出像素值 $P(x'_i, y'_i)$ ，利用最小二乘法计算出用于投影变换的三次多项式的系数。计算这些系数所使用的像素数目大约是

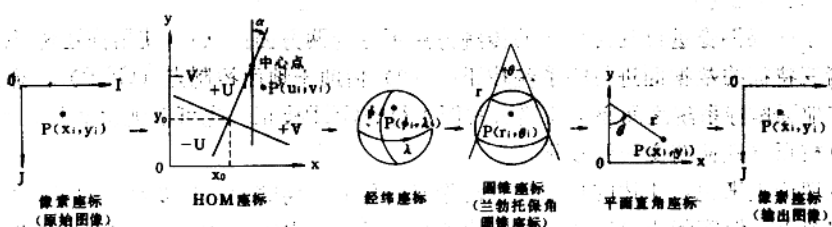


图2 投影变换的概念

本图说明了从HOM到圆锥投影的变换。到圆锥投影的变换是在有关的经纬度

求出后进行的。

30个。用相同的方法将UTM投影变换成圆锥投影，在这种情况下只不过是UTM投影变换公式取代步骤(1)和(2)中的HOM投影变换公式。

3.2 灰度校正 (亮度校正)

由于太阳高度和气象条件的季节变化，即使同一个目标的图像像素值也可能不同。当进行灰度校正时，应首先把两幅相邻图像之间的重叠部分从两幅图像上找出，计算出它们的均值和方差。然后，选择参考图像，以便对另一幅图像的像素灰度值进行变换，直至使其均值和方差与参考图像的均值和方差一致。图3说明了灰度校正的概念。

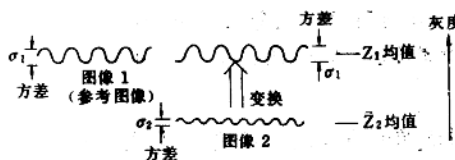
所求的灰度值由下式给出：

$$Z'_2 = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} (Z_2 - \bar{Z}_2) + \bar{Z}_1 \quad (1)$$

$$\bar{Z}_1 = \sum Z_1 / n, \quad \bar{Z}_2 = \sum Z_2 / n$$

$$\sigma_1 = \sum (Z_1 - \bar{Z}_1)^2 / n, \quad \sigma_2 = \sum (Z_2 - \bar{Z}_2)^2 / n$$

其中， Z'_2 ：变换后的像素灰度值； Z_2 ：变换前的像素灰度值； σ_1 ：第一幅图像重叠区的方差； σ_2 ：第二幅图像重叠区的方差； $\bar{Z}_1$ ：第一幅图像重叠区的均值； $\bar{Z}_2$ ：第二幅图像重叠区的均值。



如果在校正后灰度的差异仍然存在，则应在几何圆滑后接着进行灰度圆滑。

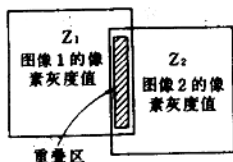


图3 灰度变换的概念

当使图像的均值和方差值与参考图像的均值和方差值相等时，灰度变换即告完成

3.3 几何圆滑

在投影变换后图像之间仍存在着几何畸变的情况下，应该进行几何圆滑。这一技术是为了校正图像之间的几何畸变，使得由于镶嵌产生的损失变得最小。

(1) 传统的几何校正

对于一幅图像进行几何校正的传统方法可分为两方面：(1) 使用描述畸变引起因素和畸变特征的数据而进行的系统校正；(2) 借助于地面控制点 (GCP)，通过建立图像与地面座标系统之间座标变换公式而进行的GCP校正。也可以把这两种方法结合起来进行校正 (几何畸变的精校正)。

从理论上来说，上述的校正方法消除了图像的几何畸变，只要经过平移就可以满足镶嵌的要求。但实际上由于系统校正的参数误差或GCP校正的读取控制点误差，这些畸变并没有完全消除掉。这种情况即使在投影变换后，也不会有什么改变。如果使用高精度的几何畸变校正，这个问题将会在一定程度上得到解决。然而，在难以读取控制点的地区和没有详细地图的地区都不能指望有什么改善。

为了使得这种几何畸变减少到最小，需要 (1) 使用在重叠区上选定的多个控制点，再一次对两幅图像进行投影；或者 (2) 在重叠区上圈定两幅图像的同名点，计算出这些点的几何均值，从而确定出新的参考点，再对两幅图像进行投影。图像的重新投影对这两种方法都是必要的，但对于尚未进行充分制图的地区，选取第一种方法是不适宜的。

宜的。

(2) 几何圆滑的算法

图4说明了几何圆滑的概念。图中所表示的左、右两图像是两幅图像重叠区的一部分。在这个范围内进行几何圆滑。这种几何圆滑具有这样的特点，即新的参考点是加权的均值点，它们是用对应的点对，通过几何方法 (二维) 计算出来的。如图4所示，权值在两幅邻接图像之间呈反方向的线性倾斜变化。

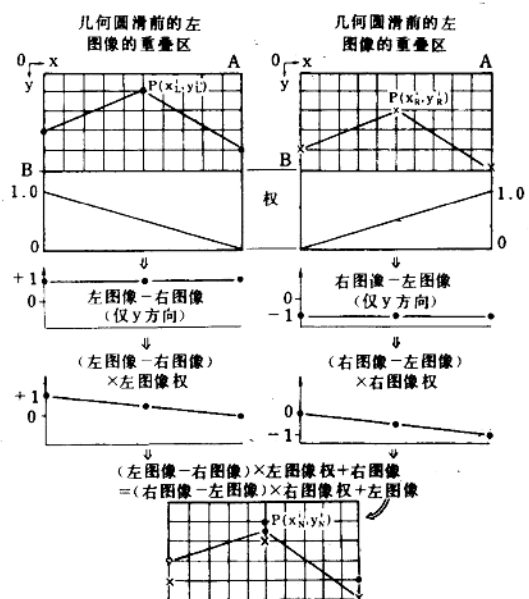


图4 几何圆滑的概念 (仅按y方向)

几何圆滑的新参考点是对应点的加权平均

假设图像的宽度是A，高度是B，每幅图像的左上角是座标原点，按照这个座标确定新的参考点。并假设两幅图像的对应点是 $P(X_L^i, Y_L^i)$ 和 $P(X_R^i, Y_R^i)$ ，我们得到的新参考点 $P(X_N^i, Y_N^i)$ 为：

$$\begin{aligned} X_N^i &= X_L^i + (X_R^i - X_L^i) \cdot K \\ Y_N^i &= Y_L^i + (Y_R^i - Y_L^i) \cdot K \\ K &= \frac{(X_R^i / A)}{(1 - X_L^i / A + X_R^i / A)} \end{aligned} \quad (2)$$

其中

$$0 < X_L^i \leq A, \quad 0 \leq X_R^i < A, \quad 0 \leq Y_L^i, \quad Y_L^i \leq B$$

$$X_N^i = 0, \quad Y_N^i = Y_L^i \quad \text{其中} \quad X_L^i = 0, \quad 0 \leq Y_R^i, Y_L^i \leq B \quad (3)$$

$$X_N^i = A, \quad Y_N^i = Y_R^i \quad \text{其中} \quad X_R^i = A, \quad 0 \leq Y_R^i, Y_L^i \leq B \quad (4)$$

图5示出所计算的参考点的几个例子。这时，需确定更多个新参考点并计算两幅图像变换的多项式系数。然后用所得到的多项式对两幅图像（重叠区部分）再进行投影。

3.4 灰度圆滑

当要拼接的相邻图像之间存在着灰度差异时，就需要作灰度圆滑。图6示出灰度圆滑的概念。这步处理是在几何处理后进行的，目的是在几何匹配后图像所给出的灰度范围内求出加权均值。同几何圆滑中的情形一样，权数在邻接图像之间呈反向线性倾斜。

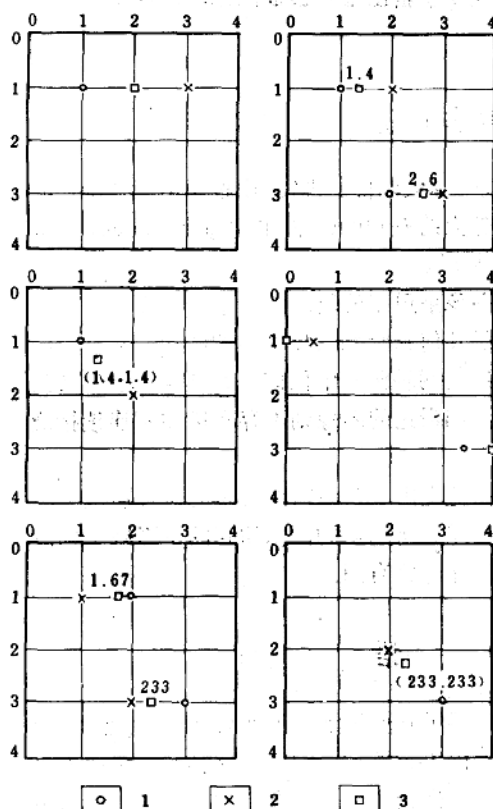


图5 几何圆滑新参考的点的计算举例

1. 左图像的对应点；
2. 右图像的对应点；
3. 新参考点

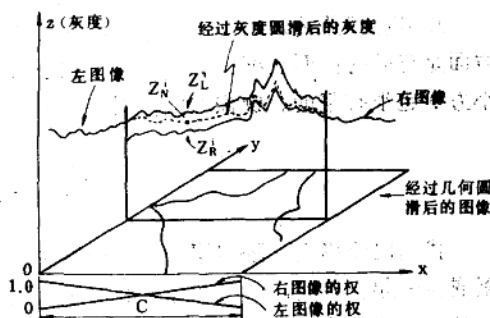


图6 灰度圆滑的概念

灰度圆滑的意图是要找出两幅邻接图像的加权均值

变化。经这种处理后，消除了拼接点附近存在的灰度差异。圆滑后的灰度由下式给出：

$$Z_N^i = Z_L^i + (Z_R^i - Z_L^i) \cdot K'$$

$$K' = X_N^i / C, \quad 0 \leq X_N^i \leq C$$

其中 Z_N^i ：经灰度圆滑后得到的像素灰度； Z_L^i ：左像图的灰度； Z_R^i ：右图像的灰度； C ：灰度圆滑的宽度； K' ：右图像的权。

3.5 镶嵌的输出处理

经过灰度圆滑, 将几幅图像镶嵌在一起。最后, 把整幅镶嵌的图像输出到磁带上。为了便于控制, 把整幅图像分成许多小部分, 指定准备输出的第一部分到最后部分的编号, 从而将整幅镶嵌图像输出。这样的划分不仅便于输出整幅镶嵌图像, 而且便于选择任何所需要的部分输出。

4. 镶嵌结果和评价

把秘鲁陆地的6幅陆地卫星MSS图像镶嵌成一幅大图像。图7示出按照第三节阐述的方法进行数字镶嵌所得的图像。整幅镶嵌的图像大约有12000(水平方向) $\times$ 7000(垂直方向)个像素, 覆盖的地面面积大约为600 $\times$ 400km²。

为了评价重叠区的数字数据图像, 对这种图像采用了波段间的关系运算和主分量分析。与此同时, 为了进行比较, 准备了一幅未经几何圆滑和灰度圆滑的图像。从波段间的关系运算和主分量分析的结果中发现, 没有经过两种圆滑中任何一种圆滑的图像都具有明显的不连续接缝。相比之下, 经这两种方法圆滑过的图像则不存在诸如不连续接缝之类的缺陷。

正如已经陈述过的, 十分明显, 几何圆滑在防止由于几何畸变带来的图像质量下降方面是有效的; 而灰度圆滑在把由于微小的灰度差异所引起的图像质量的下降减少到最小方面也很有帮助。镶嵌的图像对以后的分析工作非常有用。

5. 结 语

我们已经确立了数字镶嵌处理的算法, 它运用了几何圆滑, 把6幅MSS图像成功地镶嵌在一起。然而, 由于图像间的对应点还必须由人工选取, 因此, 这种技术需要大量的时间。现在的目标是要开发面向操作的软件, 以便使人工处理自动化, 从而减少整个处理的时间。由于需要管理大量的数据, 因此除了软件之外, 另一项任务是要改进包括硬件在内的整个图像处理系统。

杨文久译自《Proceedings of the Eighteenth
International Symposium on
Remote Sensing of Environ-
ment》, 1984, p.1785—1794

刘心季 校



图7 银城的6幅陆地卫星MSS图像

获得数据: 1980, 6—8月

景观范围: 南美洲, 秘鲁

平台, 传感器: 陆地卫星2, MSS

处理的大小: 大约 12000×7000 像元

彩色合成: R—波段7, G—波段5,

B—波段4

参 考 文 献

- (1) Alvert L. Zobrist, Nevin A. Bryant, Ronald G. McLeod, "Technology for Large Digital Mosaics of Landsat Data", Photogrametric Engineering and Remote Sensing, Vol. 49, No. 9, pp. 1325-1335, 1983.
- (2) Berthold K.P. Horn, Robert J. Woodham, "Landsat MSS Coordinate Transformations", 1979 Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium, IEEE, pp. 59-68, 1979.
- (3) Daniel I. Barnea, Harvey F. Silverman, "A class of Algorithms for Fast Digital Image Registration", IEEE Transactions on Computers, Vol. C-21, No. 2, pp. 179-186, February 1972.
- (4) Nobuo Sawada, Takashi Kondo, Masatsugu Kidode, "Remote Sensing Image and Large Image Processing", Proceedings of 2nd Scientific Lecture, The Remote Sensing Society of Japan, pp. 119-122, 1982. (in Japanese)
- (5) P.F. Holkembrick, et. al., "Manual on Characteristics of Landsat CCT produced by the EROS DATA CENTER digital image processing system", Version 0.1, pp. 43-45, 1978.
- (6) Shintaro Yagi, Hiromichi Maruyama, "Landsat MSS Data Mosaicking", Proceedings of Scientific Lecture (Autumn), The Japan Society of Photogrammetry, pp. 33-36, 1980. (in Japanese)
- (7) Takeo Yokoyama, Itoshi Kohno, Itsugu Takeishi, Shigekatsu Horii, Kazuo Kondo, "Digital Mosaic Processing", Proceedings of 3rd Scientific Lecture, The Remote Sensing Society of Japan, pp. 21-22, 1983. (in Japanese)
- (8) Toshiro Sugimura, Sataro Tanaka, Shuichi Ueda, and Noritsugu Seki "Satellite Photomap of Large Area from NOAA/AVHRR Data by Conformal Double Conic Projection and Its Prospects", Journal of The Remote Sensing Society of Japan, Vol. 3 No.1, pp. 23-32, 1983. (in Japanese)

用磁阴影图的立体投影 显示磁异常数据

JOHN BROOME

Geological Survey of Canada, 601 Booth St., Ottawa, Ont.,
Canada K1A 0E3

RÉJEAN SIMARD

Canada Centre for Remote Sensing, 2464 Sheffield Rd., Ottawa, Ont.,
Canada K1A 0Y7

AND

DENNIS TESKEY

Geological Survey of Canada, 601 Booth St., Ottawa, Ont.,
Canada K1A 0E3

现已发现加拿大地质调查所出版的1:1 000 000的彩色磁场图在区域地质图和编绘项目中能够起到有效的辅助作用。但是由于要量化成彩色间隔而丢失了原始磁场数据中的一些细节。采用立体阴影图技术则可以非常有效地显示出这些细微特征,虽然这么做将伴随着幅度信息损失,但用立体阴影图的方法可以使之得到恢复。通过对原始阴影图每一数据点做与其磁场强度成比例的偏移,可以得到另一幅阴影图,偏置图和原始图形成一组立体像对,用以进行立体观察。在洛克哈特河(Lockhart River, IMW NP 12/13),以及塞隆河(Thelon River, IMW NQ 12/13/14)图幅的阴影图和立体阴影图上可以看到的细节就是这种技术效果的一个实例。

前 言

1977年加拿大地质调查所开始进行一项用现已出版的磁场数据产生1:1 000 000比例尺磁场异常图的项目。Dods等人(1984)曾叙述了所用的编绘和印制技术。这个项目的目的是建立可用于进一步处理和图像增强的加拿大磁场数据的数字数据库。此数据库资料包含了沿飞行等值线截距数字化的原始飞行线资料,以及两组兰勃托保角投影网格数据(网格大小812.8m)。第一组数据对全部图幅有一个公共原点,第二组对世界国际分幅(IMW)的每一图幅都有各自原点(图1, IMW分幅索引,略)。

晕渲地貌图像

一种增强技术在圈定由于必要的彩色间隔量化而不能从彩色异常图上看到的小幅度特征方面取得了特别的成功。这种增强技术是“晕渲”或“低太阳角技术”,它计算每个网格单元平面的法线与模拟光源方向的夹角并给该单元赋以与夹角的余弦值成比例的

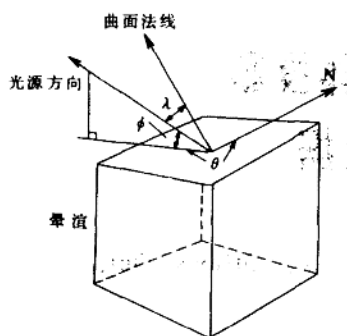


图2 晕渲地图原理

面元的反射光与面元法线和面元到光源的矢量间的夹角的余弦成正比

亮度值(图2)。Horn和Bachman(1978)论述了处理陆地卫星图像晕渲技术的基本原理。然而芝加哥地学光谱公司(Geospectra Corporation of Chicago)的实验结果将其扩大应用于位场领域中,他们制成了第一版洛克哈特河(Lockhart River)图幅($60^{\circ}-64^{\circ}\text{N}$, $104^{\circ}-112^{\circ}\text{W}$)的阴影磁渲图。Dods等人(1984)提供了加拿大调查所发展的用于Applicon绘图仪的算法和技术。加拿大地质调查所使用这些技术在Applicon彩色制图仪上制作了1:1000000比例尺的磁阴影图已于1983年出版,其太阳方位角为 45° 和 135° (图3b, 3c)。

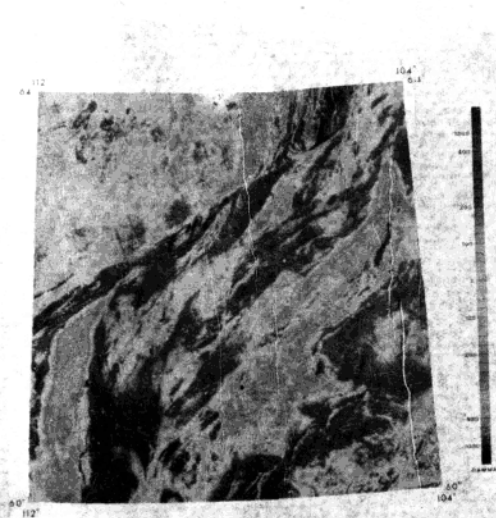
晕渲立体像对

晕渲技术虽能勾画出细微特征,但由于原始幅度信息没有被刻画出来,从而多少降低了成果图的使用。然而用磁异常值计算所需的视差产生的磁阴影立体像对可以使这些信息得到恢复。加拿大遥感中心开发的模拟卫星斜视获取图像的技术解决了这一问题(Simard, 1982)。这里阴影图被认作直接俯视的全色图像,磁场强度被认作阴影图上的视地形起伏。通过确定适当的倾斜视角,可以计算图像每一行上各点的一维视差。考虑到这一新的几何关系,接着用一维立方卷积算法根据原始阴影图像像元值,对全图进行了重新采样。加拿大地质调查所发展了这一技术,推出了在Applicon绘图仪上制做立体图像的更简单方法。成果立体图像对的观测可有两种方法,本文所附的图像中(图3d, 4d)用两种不同的颜色——蓝和红色绘制。左眼用蓝滤色片,右眼用红滤色片观察这幅双影像浮雕立体图,则可以看到三维图像^①。另一种方法象普通立体航片那样绘制两幅分开的图像。由原图和偏移图形成的立体图像显示出相应于磁场强度的视地形起伏,使仅用原阴影图无法表示的宽缓异常可以被识别出来。因此所得到的三维立体图像对于圈定和解译大或小范围的磁场特征十分有效。洛克哈特河图幅就说明了这一点,其原始彩色磁异常图如图3a所示,图3b和3c(方位角 45° 和 135°)为磁阴影图,图3d为浮雕立体像对。

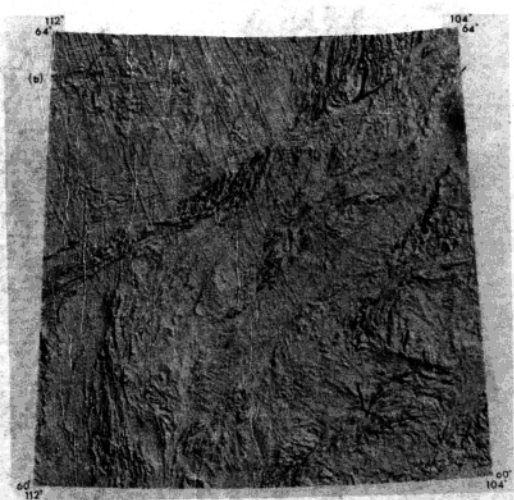
讨 论

由于阴影图和立体阴影图不象彩色异常图那样表达出磁场的幅度,而是强调了磁场

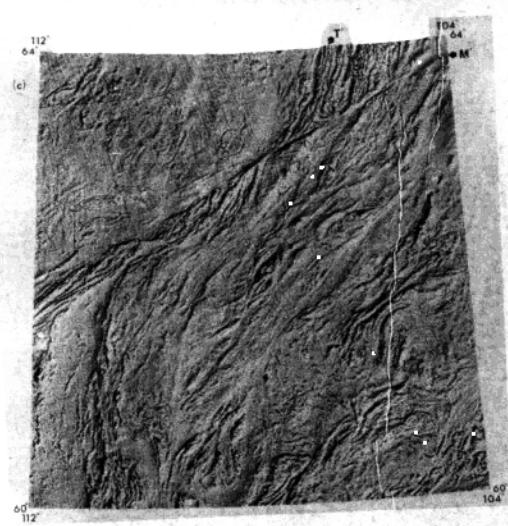
① 用一个硬纸板架和透明彩色塑料片或摄影胶片作为镜片很容易做成一副“立体镜”。左右镜片分别为红色和蓝色。



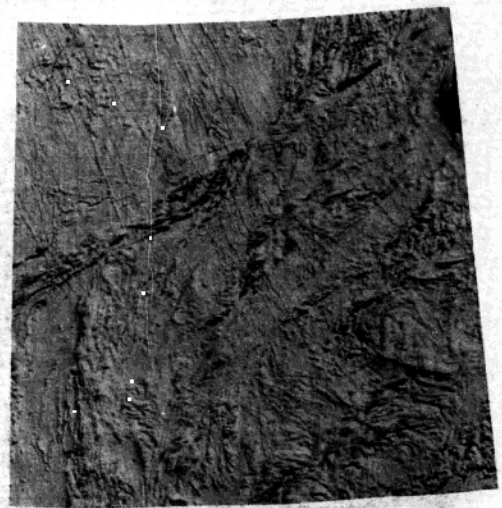
a) 彩色磁异常图



(b) 磁阴影图。倾角 40° ，方位角 45°



(c) 磁阴影图。倾角 40° ，方位角 135°



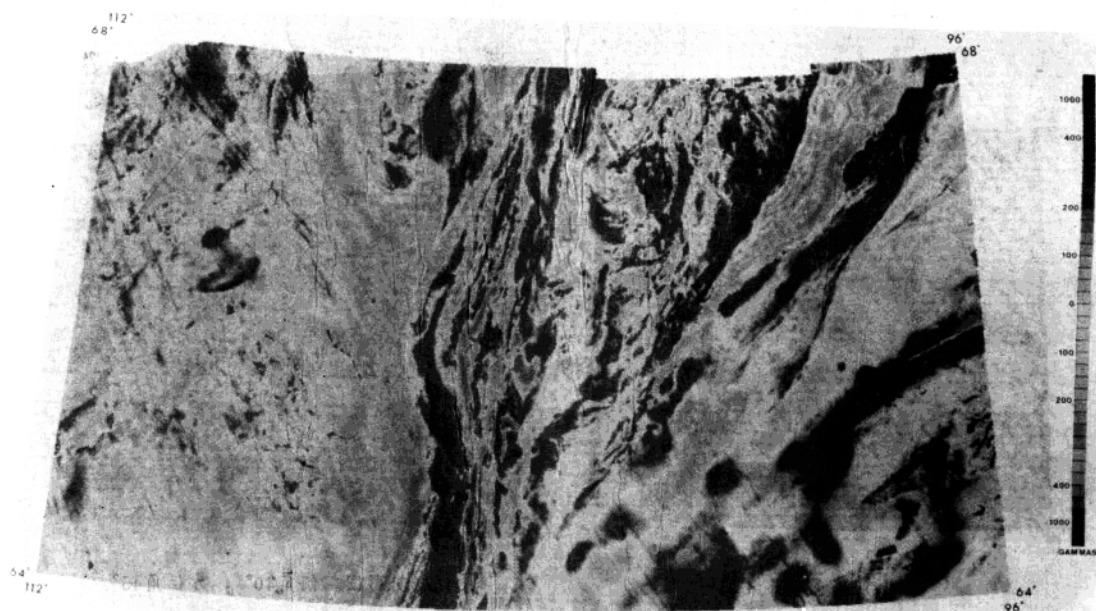
(d) 磁浮雕立体图

图3 洛克哈特河图幅 (IMW NP12/i3)

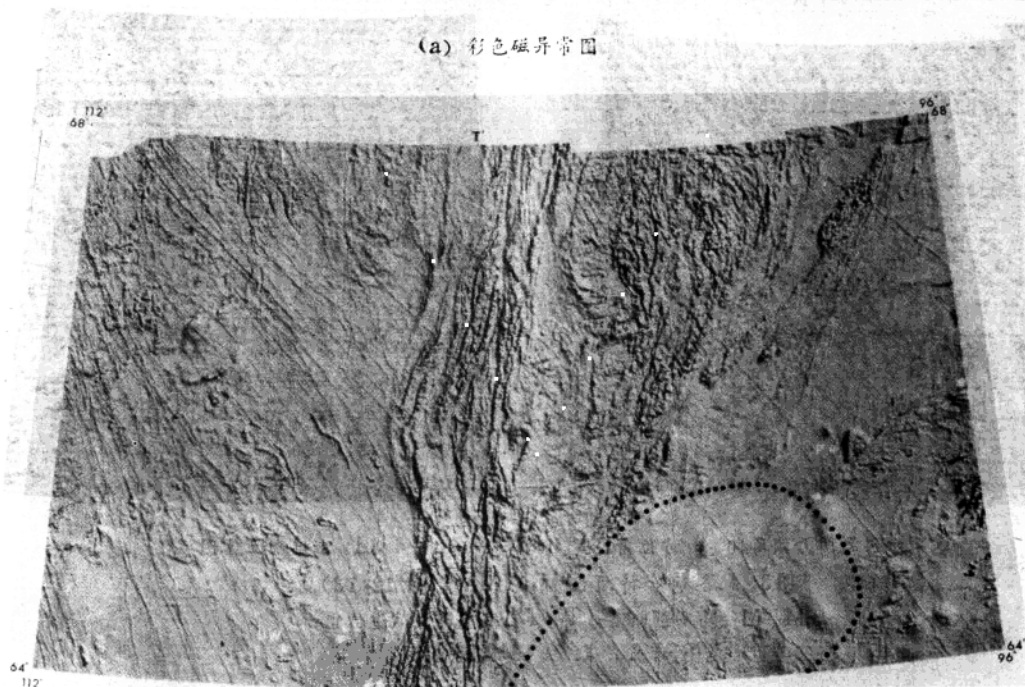
M—M'. 马多那断层; T—T'. 塞隆阵面 (近似);

GS. 辉长岩床, 大奴湖的东北支

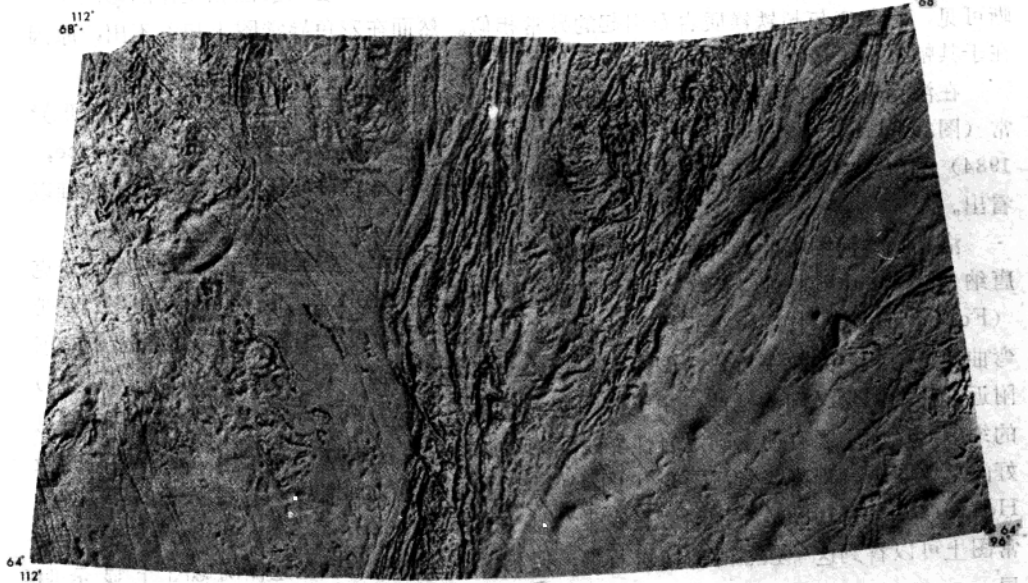
表面的形状, 从而更好地表现了细微特征。这种细节的最明显的例证是马更些 (MacKenzie) 垂直倾斜的岩脉群的表示得到很大改进, 该岩脉群走向北至北东穿过塞隆河 (Thelon River) 图幅 (图4b, 4c) 以及洛克哈特河 (Lockhart River) 图幅 (图3b, 3c)。另一个改进细节的例子为沿塞隆河幅南缘出现的两组小异常 (图4b的UW和UE)。Henderson等人 (1982) 将它们填绘成超铁镁质岩石。西异常组 (UW) 在区



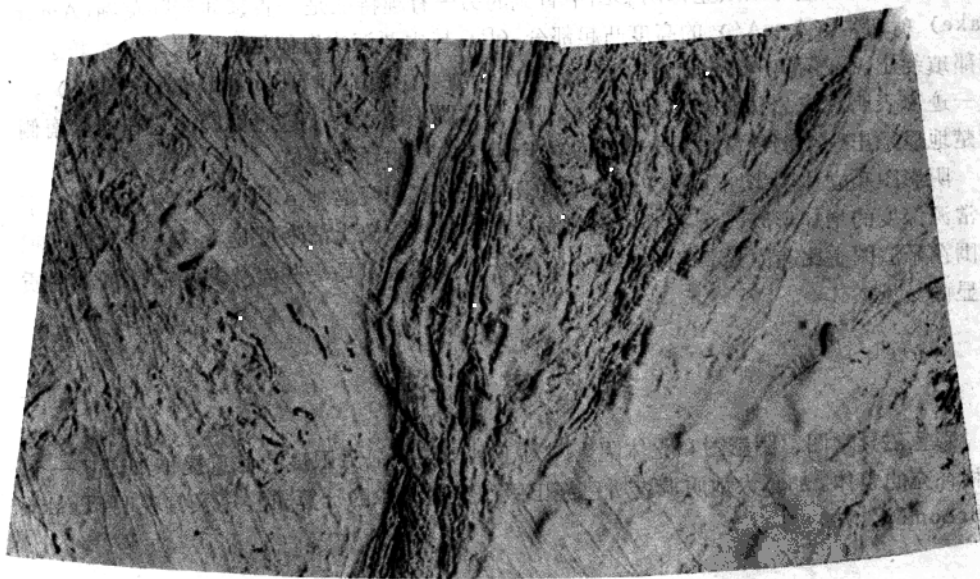
(a) 彩色磁异常图



(b) 磁阴影图。倾角 40° ，方位角 45° ；UW.超铁镁源；P.深成岩体；
UE.超铁镁源；T-T'.塞隆阵面；TB.塞隆盆地；S-S'."直线带"；
A.阿莫湖断层



(c) 磁阴影图。倾角 40° 方位角 125°



(d) 磁浮雕立体图

图4 塞隆河幅 (IMW NQ 12/13/14)

内所有的四张图上都可看出(图4a—d)。东异常组(UE)在阴影图和立体阴影图上清晰可见,看起来与超铁镁质岩石引起的异常相似。然而在彩色异常图上却看不出,原因在于其幅值小于最小的彩色间隔。

在洛克哈特河图幅(图3b—d)的阴影图和立体阴影图上可以看到一些小的弧形异常(图3c的GS)沿着大奴湖(Great Slave L.)东缘弯曲,为Haffman (Maurice, 1984)所填绘的厚度为几百米的辉长岩床所引起,然而这些特征在彩色异常图上也难以看出。

洛克哈特河图幅的大构造特征在磁场上表现得很清楚。明显的构造包括重要的麦克唐纳(McDonald)断层系(M—M')和图幅东南象限内南北走向的福特史密斯带(Fort Smith Belt)构造。在福特史密斯带构造北端麦克唐纳断层处,可看出其向东弯曲变得与断层大致平行。再向东在断层的北部塞隆阵面(Thelon Front)(T—T')附近,磁场图形又向北延伸。由于该图幅的立体图(图3d)既显示了有关构造走向信息的细节,又显示了有助于确定岩性界线的相对磁场强度,因此,它给出了这些构造的最好的总体图画。观察塞隆河图幅(图4)塞隆阵面的向北延伸部分,感兴趣的特征是Henderson等(1982)所说的“直线带”(“Straight Zone”, S—S'),从彩色异常图上可以看到这一强烈的剪切岩石带,但相对深度和细节仅在立体阴影图上显示明显。

塞隆河图幅上可以从立体阴影图中看到的另一有趣特征是一直延伸到阿莫湖(Amer Lake)剪切带(A—A')的高度凸起部分(P)。与主要深成岩体相似的岩石已在断裂带南部填绘出,在阿莫(Amer)断层附近存在有剪切引起的叶理(Tella等, 1983),这一迹象表明深成岩体被阿莫湖断层剪切。立体阴影图支持了这一解释,它在断层南侧清楚地显示出一个弱异常,看来断层使之产生了向西的轻微移位。

阴影图和立体阴影图上的纹理变化也很有意义。塞隆盆地(TB)弱磁沉积物之下异常源深度的增加形成一个平滑的磁场面,这在晕渲图像上清晰可见。这使得盆地沉积范围在晕渲图上比在原始彩色异常图上更易于加以圈定,马更些岩脉群的后期沉积性质也显而易见。

结 束 语

彩色磁异常图、阴影图和立体阴影图对于磁场数据最大限度的信息提取形成了一个互相补充的整体。加拿大地质调查所已经出版了这些技术的计算机程序及其说明(Tesky和Broome, 1984)。

马振春译自《Canadian Journal of Earth
Sciences》, Vol.32, No.2,
1985, p.311—314

王润生 校

参 考 文 献

- DODS, S. D., TESKEY, D. J. AND HOOD, P. J. 1984. The new 1:1,000,000 Magnetic Anomaly Map Series of the Geological Survey of Canada—compilation techniques and interpretation. *In* Utility of regional gravity and magnetic maps. Society of Exploration Geophysicists Publication. (In press.)
- GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA. 1983. Magnetic shadowgram of Lockhart River, Northwest Territories. Map 1586A (inclination 40° , declination 45°), Map 1587A (inclination 40° , declination 135°), Scale 1:1 000 000.
- HENDERSON, J. B., THOMPSON, P. H., and DONALD, T. J. 1982. The Healy Lake map area and the Thelon Front problem, District of Mackenzie. *In* Current research, part A. Geological Survey of Canada, Paper 82-1A, pp. 191-198.
- HORN, B. K. P., and BACHMAN, B. L. 1978. Using synthetic images to register real images with surface models. *Communications of the ACM*, 21(11), pp. 914-924.
- MAURICE, Y. 1984. Regional geochemical reconnaissance: interpretation of data from the Proterozoic Nonacho and East Arm sedimentary basins and adjacent crystalline basement, District of Mackenzie. Geological Survey of Canada, Paper 84-12.
- SIMARD, R. 1982. Improved spatial and altimetric information from SPOT composite imagery. *Proceedings, International Symposium on Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference, "Remote Sensing for Exploration Geology,"* Fort Worth, TX, Dec., Vol. 1, pp. 433-444.
- TELLA, S., ASHTON, K. E., THOMPSON, D. L., and MILLER, A. R. 1983. Geology of the Deep Rose Lake map area, District of Keewatin. *In* Current research, part A. Geological Survey of Canada, Paper 83-1A, pp. 403-409.
- TESKEY, D. J., and BROOME, H. J. 1984. Computer programs for the shaded magnetic relief and stereo-shadowgram techniques. *In* Current research, part B. Geological Survey of Canada, Paper 84-1B, pp. 375-389.