

构造增强图象处理方法及某些地区的应用效果

傅成铭

(核工业部西北二〇三研究所)

地球资源技术卫星(ERTS)多光谱扫描仪(MSS)所得到的计算机兼容磁带(CCT)记录着丰富的地表信息,对其进行数字图象处理,可以获得多种极为有用的资料,因此引起人们的普遍重视。本文拟通过笔者的理解,结合上机进行西北某些地区的图象处理实践,对其在解决构造问题中的应用方法和效果进行初步探讨。

(一) 陆地卫星CCT的特点及其在西北地区的适用性

由于多光谱扫描仪的地面分辨率(79m)和波段数(MSS 4、5、6、7)有限,再加上我国所得到的基本都是单时相图象,以及所记录光谱的表面性和综合性的特点,致使陆地卫星资料在应用上受到一定的限制。虽然用卫星资料在进行岩性划分和矿体、蚀变带的识别方面尚未取得十分令人满意的结果,但在解决构造问题中却得到了很好的应用。

西北地区岩石基本裸露,CCT充分地记录了基岩本身的光谱信息,外界干扰因素少,这就给遥感资料的应用奠定了基础;另外西北地区地域宽广,有些地方地面地质工作困难,用遥感地质解决有关地质问题,显然有其很大的优越性。

在确定处理地区时,应考虑到处理区的岩石、矿物、蚀变带在光谱上有一定的显示和在空间上有一定的展布范围,所选择的CCT质量最佳,处理者对处理区应有相当的了解,工作中用地球物理、地球化学和航空放射性资料加以配合,构成空间立体地质,这样将可能取得最佳效果。

(二) 构造专题处理的理论基础和基本功能

各地质体的千差万别,都反映在两个基本特征信息(即色调——灰阶特征信息和形态特征信息)的差异上,以这两个基本特征信息为依据,再综合考虑其它间接解译标志,是提高解译质量的有效途径。图象处理的宗旨就在于通过计算机去突出与解译标志有关的各种特征信息,使解译标志更为明显、更加容易为解译者辨认,从而达到提高地质解译效果的目的。构造专题处理也是建立在这一基础上,只是较多地考虑了与构造有关的其它信息,如线性形迹和色界面、色线等的突出,有一些常用的功能。

构造专题处理的技术可归纳为空间域滤波和频率域滤波两大类,另外太阳高度角的改变对突出构造形迹也有特殊的效用。包括提取高频信息、增强亮度边缘、线段检测、中值滤波、高斯滤波和太阳高度角的改变等6个方面;涉及到S₁₀₁图象处理系统中的4个功能,这些功能所解决的问题有所不同。

1. 空间卷积处理 ($\trianglelefteq$ Convolve): 这是增强线性构造重要的图象处理方法。图象处理中的提取高频信息、增强亮度边缘和线段检测方法都是通过这一功能来实现的, 只是选用不同形式的卷积模而已。

以一条陆地卫星扫描线上规则的象元数作横坐标, 其相应的亮度值作纵坐标, 便可得到一条复合曲线图, 这种复合曲线可用不同的滤波器 (此处即卷积模) 分解成各波长分量, 便可分别得到高通、中通和低通分量 (图1), 作空间滤波处理。

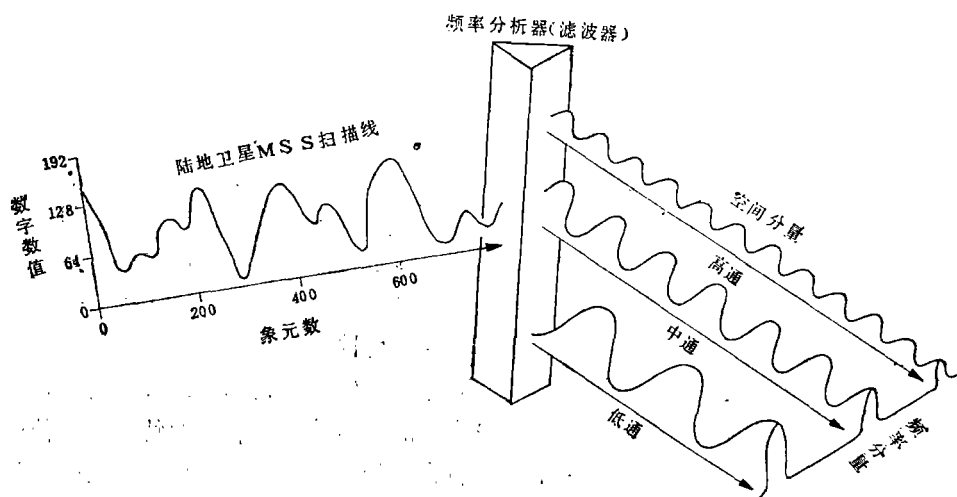


图 1 陆地卫星数据的空间—频率滤波

高通、中通和低通分别代表地表不同的特征信息, 高频成分反映的多是线性体、环形体和盆地轮廓等信息。构造专题的卷积处理, 就是尽可能地提取高频信息, 适当地压低低频信息, 以达到突出构造的目的。

(1) 提取高频信息、试图从形迹上增强线性体: 其方法是用原始数字图象与一个 $m \times n$ 矩阵 (一般用 3×3 矩阵) 进行掩模, 从而得到一个边缘增强的图象。用这种方法对构造细节都能得到较好地增强。

(2) 增强亮度边缘和线段检测: 考察与线性构造有关的亮度值变化梯度的方法是从色调上增强线性构造。

增强亮度边缘是由原始图象与“罗盘梯度掩模”进行卷积运算而成, 最后将卷积结果与原始图象叠加, 便得到边缘增强的图象。这种处理对增强某些特殊方向的线性体有很好的效果, 即常说的方向滤波。如果我们用拉氏算子 (Laplacian operator) 作全向滤波, 则对增强环形构造颇为有效。

线条检测是用“线条掩模”对图象进行卷积运算, 强调的是某一方向的线性特征, 对于判读不同走向的线性构造颇有帮助。

2. 中值滤波 ($\trianglelefteq$ Median filter): 对抑制图象中的噪声和弥补丢失的亮度值有特殊的作用。选择适当的滤波核对增强各个方向的线性构造有较好的地质效果。但是须注意, 中值滤波具有一定的偶然性, 有时可以去掉噪声, 有时却增强了噪声, 从而使图象变得模糊, 因此

选择适当的滤波模是很重要的。

3. 高斯滤波 (Δ Gauss' filter): 它是在频谱域对图象进行滤波的一种处理, 所以在作滤波处理前后, 必须对图象进行域变换处理, 处理过程如下:

$$f(x, y) \xrightarrow{\text{FFT}_{2D}} F(u, v) \xrightarrow{\frac{F(u, v) \times H(u, v)}{(\text{HPF})}} F'(u, v) \xrightarrow{\text{IFFT}_{2D}} g(x, y)$$

采用频率域的高通滤波去增强高频信息, 从而对线性边缘有所增强。

这种处理与前面谈到的空间卷积处理很类似, 效果也基本一样。但它必须经过变换和反变换, 很费机时, 所以只有在卷积处理结果尚不满意时才用此功能。

4. 改变太阳高度角 ($>$ Sun' angle): 可以将一幅图象改变为高太阳角和低太阳角, 以达到增强构造的目的。对一些平缓地区, 将太阳角变换成很低 (甚至小于 5°) 时, 可以使已经由于构造存在有一定高差但起伏很小的地形变得更加明显, 并能收到意想不到的效果。

构造专题处理常用到的主要是这 4 种功能, 但往往需要与其它功能配合才能收到较好的效果。这 4 种处理中, 常用的是空间滤波处理, 这种处理速度快, 用机时少, 容易见效。重要的是, 要根据所处理地区的具体情况, 选择适当的处理方法, 否则有时很难见效。

(三) 西北某些地区构造专题处理中所用方法、实例和效果

在工作中, 主要对新疆南天山、甘肃龙首山和青海冷湖一带进行了处理, 目的是解决这些地区的中、新生代盆地范围、控盆构造、岩体分布、区域构造和储油构造的分布等相关问题, 以期提高解译质量和作更深入的工作。处理中, 考虑到卷积处理速度快、用机时少, 所以较多地用了这种方法; 中值滤波效果不太理想; 高斯滤波由于速度慢、费机时多, 因此用得较少; 在增强储油构造时, 特别用了太阳高度角的改变, 并取得了令人满意的效果。当然, 在处理中配合了其它一些功能, 如跟踪球线性变换和比值, 对解决构造问题有时也能得到较好的结果。

通过对这些地区的处理, 一般对构造问题都能加以解决。在处理喀什盆地及邻区时, 主要作了全方位和不同方向的卷积处理, 前者使盆地轮廓和环形体变得较清楚, 后者使线性体 (即控盆构造) 得到明显地增强, 从而对盆地范围、环形体和控盆构造等有了比较全面的整体了解 (图 2); 在甘肃龙首山地区的处理中, 用了卷积和各种增强处理, 通过增强处理, 使环形体和一些标志线形体的色界面明显地表现出来, 卷积处理后, 线性构造呈浮雕状出现, 使解译工作很容易地进行 (图 3); 对青海冷湖地区的储油构造处理时, 考虑到处理区处于半沙漠区, 用了降低太阳高度角的处理方法, 处理后使阿尔金山山前断裂和储油的细微构造都有了明显地反映, 收到了预期的效果。

通过上机实践, 笔者认为在构造专题处理时, 要针对处理区的具体情况定出适当的处理方案。若处理区处于山区, 可多用卷积处理突出线性体, 也可适当地配合高斯滤波处理; 对于丘陵和平原区, 卷积、各种增强和太阳高度角改变的处理方法都能奏效, 特别是降低太阳高度角的方法往往能收到较满意的效果。

(四) 构造专题处理中物探资料的应用

构造的形成经历了漫长的地质过程, 对周围的影响, 必然会以地球物理、地球化学参数和遥感信息反映出来。物探资料反映的多为构造深部特征, 人们历来认为它是解决构造深部

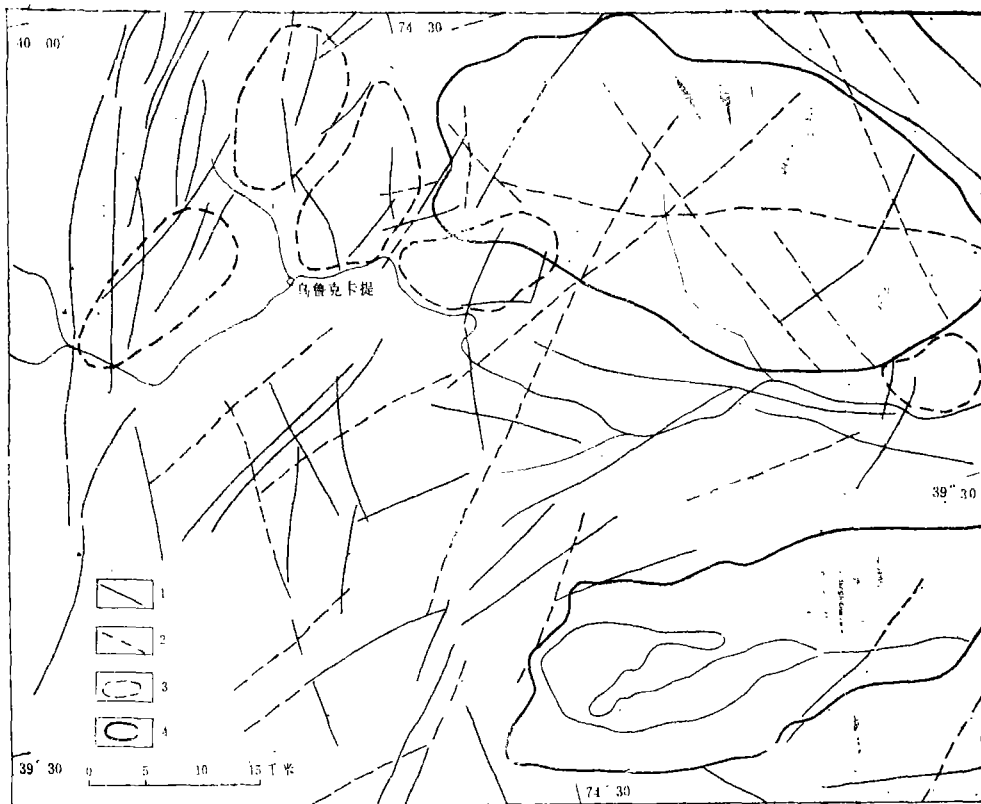


图 2 喀什盆地及控盆构造解译图

1—确定线性体；2—推测线性体；3—环型构造；4—盆地轮廓

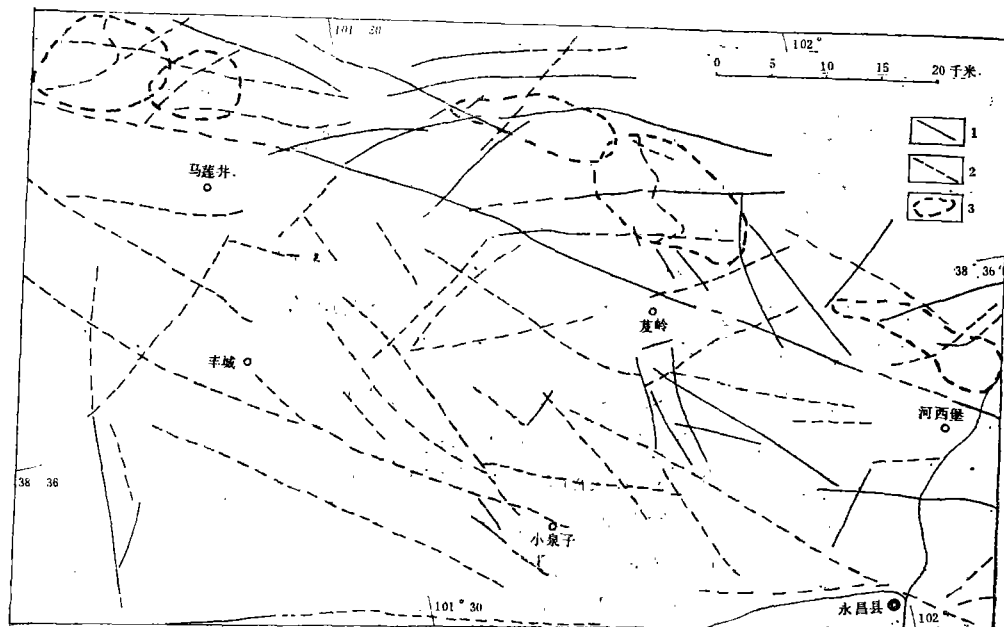


图 3 龙首山成矿带构造解译图

1—确定线性体；2—推测线性体；3—环型构造

西北五省（区）第二届矿山地质 学术交流会 在西安召开

西北五省（区）第二届矿山地质学术交流会于1985年10月24日至10月28日在西安召开，出席会议的有来自西北五省（区）矿山、勘探、科研、设计、大专院校等44个单位的100余人。

这次会议总结交流了加强基础地质工作、矿床地质研究工作、矿产资源合理开发与利用、矿山地质管理和新技术、新方法在矿山地质工作中应用方面的经验。促进了矿山地质工作的开展，并提高了对矿山地质在矿业开发和国民经济建设中地位与作用的认识。

（下转36）页

问题的有效手段；遥感资料对构造的地表分析颇为有效，通过计算机图象处理，把两者结合起来进行综合分析，则可构成比较理想的立体地质工作方法。

用遥感图象和相应的物探资料（磁异常分布图、布格重力异常图）进行套合，不但使物探资料具有空间感，而且对验证遥感图象已解译的构造和发现新构造都特别有用，多种信息在一张图上出现，对解译工作无疑是有利的。用图象处理机进行配准时，可用射象机将物探资料数字化，而后用遥感图象进行配准。处理时，可先选择遥感图象上一个明显的标志点，再用物探资料相应的点与其重合，随后对其中一个图象进行旋转，直至图象完全重合为止，这样反复进行就会得到一张很好的多信息图象。

在应用遥感和物探资料确定构造时，对它深部情况的了解是人们很关心的问题，应用航空物探资料有助于这一问题的解决。对于已确定的线性体和盆地构造，再用物探资料计算其向下延拓深度、产出状态和盆地基底起伏情况，这样便可掌握构造的纵向特征。这种从地表到地下，从直观的遥感图象到物探资料综合应用的工作方法，既有利于构造的整体研究，又使构造专题处理更为深入。

通过以上探讨，提出如下几点作为本文的结束语。

1. 计算机图象处理机时费较贵，所以处理前目的性要明确，准备工作应充分，根据处理区的具体特征，选择针对性强的方法，争取做到少用机时，收效明显。

2. 构造专题处理常用的是卷积、中值滤波、高斯滤波和太阳高度角改变等功能，其中以卷积处理最为常用，工作中若能恰当地配合其它处理方法，往往能收到更好的效果。

3. 地球物理资料和遥感资料用计算机进行套合，对验证解译成果和发现新构造有很大的适用性；用物探资料，按照解译的形迹，推算构造深部的延拓情况和产出状态是前段工作的继续，这对构造纵向特征的整体了解和建立立体地质的认识都是有益的。

图象处理是在地质部遥感中心S₁₀₁系统上完成的，工作中得到了他们的协助；我所戴文哈同志参加了南天山的图象处理；地质部西北石油综合研究大队王志明同志提供了青海冷湖一带的图象处理结果，在此一并致谢。