

文章编号: 1001-4632 (2003) 01-0028-05

# 铁路工程地质遥感信息的处理方法研究

秦 军

(西南交通大学 遥感中心, 四川 成都 610031)

摘要: 从系统工程和信息论的角度提出了对铁路工程地质信息的理解和分析。用部分研究项目的卫星遥感图像进行断裂、褶皱、岩性等信息模型描述和处理效果的对比。认为: 采用功能组合的图像处理方法是萃取信息的有效方法; 多个处理功能实施时, 处理功能必须有序的使用; 在增强提取岩性信息时, 采用对光谱维的幅度参数图像进行KL压缩, 选择压缩后的前三个波段合成彩色图像, 具有较好的效果。从色度学和视觉响应特性的匹配关系, 提出假彩色图像波段赋色, 应当按照波段信息量从主到次的顺序与蓝、红、绿色别对应。

关键词: 遥感技术; 图像处理; 工程地质; 地理地貌  
中图分类号: TP751 文献标识码: A

## 1 引言

铁路工程地质遥感, 广泛应用于铁路建设可行性研究、初测直至运营的各个阶段, 包括工程地质可行性评价, 遥感地质选线, 长、大、重工程方案地质比选, 线路地质灾害调查与发展趋势分析评价等。不同的工程地质研究目的形成了图像解译时对图像处理不同的要求<sup>[1]</sup>。此外, 图像几何分辨力、光谱分辨力、时相变化、所提供的基础图像的类型组合变化、经费的多少, 构成了实施图像处理任务的约束条件, 要在多约束条件下得到最好的效果和结果, 应利用系统工程方法和信息流方法研究合适的图像处理方法, 实现提高遥感图像解译效果的目的。图1是铁路工程地质遥感信息的层次结构图<sup>[2]</sup>。

## 2 处理遥感图像的方法论

### 2.1 功能组合的方法

从遥感图像处理的功能方法分类, 基本可以划分为图像恢复、图像增强、图像分类、图像编码四个范畴。图像增强和图像分类是提高遥感图像解译效果的主要研究内容。实践表明, 单纯使用某一个处理功能就达到理想的效果是比较少见的, 而采用

功能组合的图像处理方法是萃取信息的有效方法。

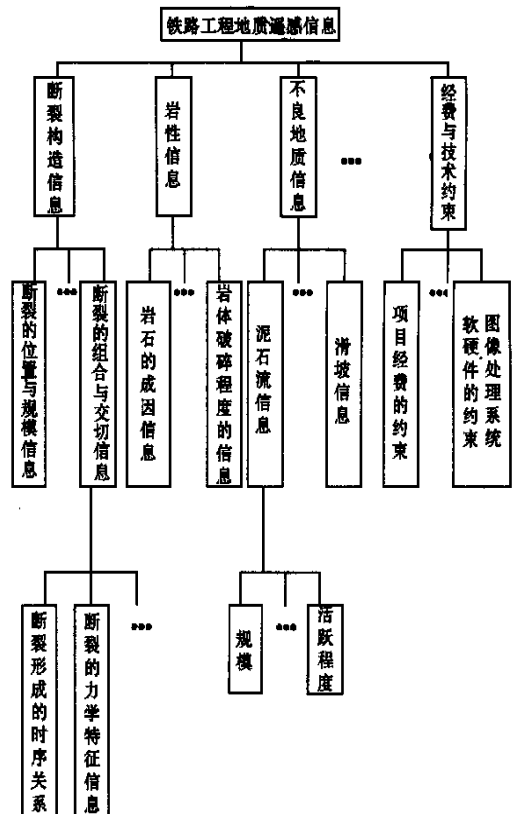


图1 铁路工程地质遥感信息层次结构图

首先, 遥感图像处理的全过程是一个系统工程, 系统的输入是原始的数据, 输出的是供分析和

收稿日期: 2002-06-28

作者简介: 秦军 (1954—), 男, 山西长治市人, 教授, 在职博士。

基金项目: 铁道部科技研究开发计划项目 (993)

解译的基础图像, 图像处理过程伴随着对信息的传递、重组, 体现了信息分流、滤波的过程。每个功能的使用, 其实质是对无关信息的滤除、弱化, 对有用信息的强化。从图像处理的理论和实践知道, 增强功能的特点之一, 是以损失部分特征作代价来强化某一种特征。例如常用的直方图均衡化方法, 该方法对出现频数高的象元值区间增强了反差, 但对出现频数低的象元值区间降低了反差。特点之二是某些功能的不可逆性, 如利用窗口区域的统计量特征进行局域自适应增强处理的 Wallis 算法。

由于各种处理功能对信息的选择性不同, 因此, 有序的使用多种功能是我们运用功能组合处理方法的关键所在。在西安—安康线秦岭越岭长隧道遥感地质选线的工作中, 为了突出南北向主要断裂和东西向主要断裂的组合关系, 组合了方向滤波和中值滤波两种功能。在反差增强处理时, 将直方图均衡化和局域自适应增强两种功能进行组合。在提取信息时, 采用的方法是: 对光谱维—维富利埃变换后, 不马上选择其频谱信息进行富氏反变换, 而是对频谱域的幅度参数图像进行 KL 压缩, 选择压缩后的前三个波段合成彩色图像。我们对安康市及其郊区的卫星 TM 图像局部进行了比较试验, 选用的波段是 2, 3, 5, 7 四个波段。选择的比较处理方案如下:

(1) 先将 2, 3, 5, 7 四个波段在波段维进行 FFT 处理, 然后对频谱进行高通滤波, 再进行 IFFT 处理。选择前三个图像进行彩色合成。

(2) 2, 3, 5, 7 四个波段在波段维进行 KL 处理, 然后选择第一、二、三分量进行彩色合成。

(3) 先将 2, 3, 5, 7 四个波段在波段维进行 FFT 处理, 将处理后的频谱图像进行 KL 变换后, 再进行 IFFT 处理, 之后选择前三个图像进行彩色合成。

三种处理方案效果从好到差依次为 (3), (1), (2)。

## 2.2 信息的叠加

信息叠加的技术, 是一种十分有效的技术<sup>[3]</sup>。但是, 采用哪些信息互相叠加, 需要根据问题来选择。褶皱是基本的地质构造之一, 褶皱在遥感图像上反映出的影像为成组、成束的平行曲线特征或圈闭特征, 当岩层具有较大的光谱组合差异时, 多光谱合成图像上会表现出不同色调的曲线族, 在已知岩性新老关系时, 可以进一步确定构造的性质 (如向斜还是背斜)。但如果岩性反映的光谱差异较小,

依赖光谱特征形成的色调差异是很小的, 同时各波段能量值具有较大的相关性, 对这一类型的遥感图像, 简单的使用卷积 (方向的或全向的), 效果都不理想, 这些空间域的卷积不能改变其数据的相关性。对此类图像处理的方法是, 分别对各个单波段施以不同特点的处理, 用于试验的图像是西安秦岭山前的 MSS 图像, 取其红色波段进行南北方向的方向模板增强, 取其绿色波段进行东西方向的方向模板增强, 对蓝波段采用直方图均衡化处理, 处理后的合成图像, 显著提高了解译的信息量。

## 2.3 根据遥感物理模型选择图像处理的参数

根据铁路工程地质遥感的物理模型选择图像处理的参数是十分重要的<sup>[4]</sup>。遥感图像处理的大部分功能是在广义的图像处理技术基础上发展起来的, 但遥感图像的处理有别于其他工业图像的处理。

遥感图像的特殊性在于:

(1) 由于图像几何分辨率的原因, 图像的最小信息单元——象元和我们所见到的视觉信息单元不完全相同。断裂构造信息能否被遥感传感器所感知, 以及在遥感图像上表现为什么形式, 不仅取决于断裂构造的尺度, 而且还依赖于断裂构造与周围背景区域的光谱能量差异。根据传感器在一个瞬时视场内能量获取记录的原理, 相邻象元能否被区分, 比如解译人员针对图像上常说的线性影像在计算机中并不是“线性”影像, 而是“条带”影像。在不同的几何分辨率参数下, 线性影像与条带状影像可以是同一个目标的不同数据结构。或反过来说, 相同的数据结构在不同的几何分辨率图像上代表不同的目标物。

(2) 图像信息的时间与空间变化导致同质异谱或异质同谱。不同时相的图像代表目标物在不同外部条件下的光谱特征, 如受降雨影响的含水量, 受气温影响的植被发育状况。由此产生了对一种目标描述的多标志问题, 如直接标志、间接标志。例如一条断层破碎带, 其直接标志为断层破碎物质, 如果在适宜的水、温条件下, 生成与非断层部位不同的植被优势, 植被分布的标志即为间接标志。对应于遥感图像的处理, 就可能是对应于直接标志的原始信息, 或者对应于植被的衍生信息。

(3) 目视解译中的名词和概念属于模糊概念, 如对岩层厚度的解译描述: “厚层”、“薄层”…。这种模糊性导致数学模型建立的困难。

(4) 遥感图像处理功能参数的有限性与影像模式的无限随意性的矛盾。例如, 采用模板对不同方

向的线性影像进行增强是一种常用的方法,但图像处理系统给出的方向模板只有  $0^\circ$  ( $180^\circ$ ),  $45^\circ$  ( $225^\circ$ ),  $90^\circ$  ( $270^\circ$ ),  $135^\circ$  ( $315^\circ$ ) 四种。实际处理过程中,常常遇到介于上述方向之间的线性影像方向,这时应当根据实际情况修改模板的参数。图2是对  $70^\circ \sim 80^\circ$  走向的线性影像放大分解图及适合该线性影像增强的改进模板。



a 线性影像方向 b 放大后的线性影像象元 c  $45^\circ$  ( $225^\circ$ )模板 d 改进后的模板

图2  $70^\circ \sim 80^\circ$  走向的线性影像放大分解图及  
适合该线性影像增强的改进模板

### 3 遥感图像中铁路工程地质信息的增强与提取<sup>[5]</sup>

#### 3.1 断裂构造信息的增强研究

断裂是最常见、最重要的地质信息之一。由于断裂构造破碎带的破碎结构特点,在长期风化、搬运作用下,往往形成地形上的沟壑、河谷等负地形,或者是地理单元的分界线,如秦岭与西安平原的地貌分界线。这类断裂通常具有光谱的、地貌的、地形的多种特征,可以采用的增强方法也比较多。甚至仅对原图像实施反差增强处理后,就可以获得大部分或一部分断裂的信息。在通常的目视解译中,通过对基本判释图像线性影像的分析,光谱差异组合产生的彩色信息的分析,就能解译出规模较大的断裂构造。线性影像的提法源于图像目视解译工作。线性影像的概念适用于不同的图像比例尺条件。根据美国地质学会1972年公布的《地质名词汇编》对“线性体”的解释是“地表上直的或舒缓弯曲的延伸性特征”。线体在国内称为线性影像。当遥感图像的象元几何分辨率大于实际的线性影像宽度一倍时,目视解译中的线性影像不再与遥感图像的线性影像对应,而是与遥感图像中条带影像的概念相对应。随断层规模不同、性质的差异,断层特征信息的变化比较大。对这些特殊的情况,其增强的方法要复杂一些。

##### 3.1.1 同一岩性单元中断裂的增强

一般来讲,发育在同一岩性单元中的断裂信息,不具备光谱方面的差异。这是因为断裂的两盘不论从岩石物质的成分、岩石的结构、构造还是其所处的外应力改造环境都是相同或非常近似的,可

以利用的只有地形上形成的负地形、沟谷、变坡点等空间信息。不同的地形特点形成目标物阴影和反射率的变化。过去的实践和研究表明,在无法从光谱信息组合方面得到断裂构造的增强时,主要依靠线性影像的特征。

线性影像增强的方法有空间域和变换域两类。空间域中的算法基于统计算法和差分算法。变换域中的算法常用富利埃变换在频率域进行高通滤波或带通滤波。总的来讲,这四种方法都能有效的增强线性影像。但是,随机的选择处理功能进行增强的做法有效但不是最优,通过对石棉幅MSS图像、TM图像的研究认为:对不同特点的图像和不同的目的应采用不同的方法。

(1) 在对所有的细节和线性影像都感兴趣时,使用频率域高通滤波的方法,效果是很好的。

(2) 当遥感图像有意义的线性影像具有某种空间韵律时,宜采用带通滤波器或相位滤波器。

(3) 使用一阶差分增强的观念对边缘有明显的增强作用,但是单纯使用这一功能会丢失很多信息,需要与其他的功能配合使用。

(4) 对卷积概念下的方向模板应当根据线性影像的方向选择模板结构。

(5) 当断裂带以影像“粗糙度”为特征时,采用窗口统计量作为判断标志。常用的统计量是方差(或标准差)。

##### 3.1.2 隐伏、风化破碎物覆盖地区的断裂增强

隐伏断裂通常被地表的第四系覆盖,它是断裂形成后在其上又发生沉积作用的结果。对于母岩风化破碎后,也会使断裂的出露迹象被改造。这两种情况的最大相同点是地面没有原始特征信息,如破碎带。也缺乏演化信息,如地貌界限。隐伏、风化破碎物覆盖地区的断裂常常反映为衍生信息,如第四系含水程度、水系特征、植物生态以及地球物理、地球化学等信息的传递。从信息的传递机理来讲,只有下伏断层对上覆物质形成不同的物性影响,且这种影响形成的差别能被传感器所感受并记录后,才能通过增强处理使之显示出来,所以,分析清楚隐伏断裂在地面上可能的表象和表现是很重要的。根据比较研究,隐伏断裂有如下一个或多个特征。

如果两盘岩性不同,有可能在地表形成两种不同的光谱特征。但是,这种界限表现为渐变过渡带,不是一条清晰的可定位的线性影像。但从较大的视域观察图像时,感觉到两个不同的区域,或者

有时隐时现的线性影像。当你想进一步标出其分界线时,却感到没有明确标志。受季节性气象气候的外因作用产生光谱差异。冬季有雪时,表现出不同的融化程度和融化速率。春季植物返青时间的不同步。秋季植物的枯萎不同步。地温变化的红外异常界限、不同的地温区域。由于覆盖层厚度的不同,在干旱条件下,可能会产生地面植被生长的差异。如果含水量差异是长期的,可能形成不同的耕作区,如果是短期的,这种差异会很快消失。针对隐伏断裂的信息特点,选择遥感图像时相是关键的工作。

### 3.2 褶皱构造信息的增强

褶皱构造的空间展布形式是重要的地质信息。由于差异风化,褶皱在图像上常常形成地形地貌的变化,故在可见光、近红外都有明显的特点。这种图像可以用全方位模板增强或者用高通滤波的技术将其增强。对向斜、背斜构造及岩浆活动上冲,基底隆起形成的环形构造,其影像特征一般表现为封闭的环形影像,要采用全方位的边缘增强方法。

### 3.3 岩性的增强<sup>[6]</sup>

岩性是图像解译的重要内容之一。对岩性或岩组的解译基础,比较有效的方法首先是色彩的差别。通过不同的假彩色来表现不同的岩性。其次是对具有不同纹理和结构的图块单元进行区分。

#### 3.3.1 岩性特征的体现

岩性从以下三个方面体现其特征。

##### (1) 光谱能量特征

在某些波段上,不同的岩类具有不同的光谱能量。

##### (2) 纹理和结构特征

不同岩石的抗风化、抗侵蚀能力的差异,形成不同的地貌差异,如我们常用的解译标志:灰岩地区的峰丛、漏斗,岩浆岩的浑圆形山头,各种由地面水流侵蚀形成的水系网,就是不同岩石的“脸谱”。从图像上来讲,是图像的纹理和结构。

##### (3) 类光谱曲线特征

在不同波长上岩石电磁波能量变化的特征。如果用电磁波波长为变量,能量为一维变量(波长)的函数进行分析,同一象元在不同波段图像上的象元值,组成了一个类似于光谱曲线的一维离散信号序列。相同的岩类或物质在外部条件变化不大的情况下,虽然不是完全相同的光谱曲线,但曲线形态是相似的。

#### 3.3.2 合成图像光谱段的组合选择与变换

波段之间进行代数运算和线性组合的方法已被人们选择应用并且十分有效。但这种方法应用的难点在于如何恰当的选择参与运算的波段和运算方法。

当对研究区主要的岩性和地面物质属性有一定的认识时,可以采用如下方法:

(1) 选择不同岩性的图像象元样本。象元要尽可能的“纯”,具有真正的代表性。不必拘泥于各个类别当前能否识别。然后,用可以参与分类的图像的对应点象元值组成类光谱曲线,通过目视比较的方法,选出类别离散程度突出的波段作为图像组合的待选波段。

(2) 在目视比较不容易选择的情况下,应通过简洁的代数运算得到新的导出量。常用的方法有比值法、差分法。

如果对研究区的情况了解不多,或变化太多不具有唯一性,建议采用如下方法:

(1) 采用信息“筛选”的方法,先将大类划分出来,然后在大类中继续划分小类。

(2) 用一维离散富利埃变换(FFT1D),可以获得相应的各种岩性的富利埃频谱。对频谱中的各个分量进行处理,如:对不同基频的虚部和实部可以生成相位、幅值。

## 4 讨论与结论

通过研究表明:利用不同处理功能的特点,采用功能组合的图像处理方法是萃取信息的有效方法之一。由于某些处理功能对信息处理的不可逆性,多个处理功能组合实施时,处理功能必须根据信息的特点确定处理顺序。

在增强提取铁路工程地质遥感信息时,空间域和变换域方法各有优势。在要求比较高的时候,建议采用变换域的处理方法。

对岩性或岩组的信息,一般情况下,可以根据类光谱曲线采用目视比较的方法,选出类别离散程度突出的波段作为图像组合的待选波段;对数据较多的地区,采用信息“筛选”的方法,先将大类划分出来,然后在大类中继续划分小类;采用对光谱维(或光谱、时相混合维)一维富利埃变换频谱域的幅度参数图像进行KL压缩,选择压缩后的前三个波段合成彩色图像,具有较好的效果。

从色度学和人眼视觉响应特性的匹配关系<sup>[7]</sup>,提出对假彩色图像波段赋色,应当按照波段信息量

从主到次的顺序与蓝、红、绿色别对应。

地质与地理、地貌信息的时间和空间变异特征,地球表面和浅表层的电磁波信息仍处于继续认

识和研究过程中。根据遥感信息的物理模型选择和修改处理功能参数是改善遥感图像处理效果的重要方法。

### 参 考 文 献

- [1] 卓宝熙. 遥感原理和工程地质判释(下册)[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1982.
- [2] 蒋爵光. 铁路工程地质学[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1991.
- [3] 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析[M]. 北京: 测绘出版社, 1990.
- [4] R B Ma, J Qin. Remote Sensing Method Used in Geological Exploration of a Long Tunnel Along Xian-Ankang Railway Line, Tunnel and Underground Works, Today and Future Vol. 3 [C]. International Academic Publishers, 1990: 107—110.
- [5] 邓午天. 铁路路基[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2000.
- [6] J Qin. Remote Sensing Image Processing Used in the Engineering Geological Exploration of a Long Tunnel Along Xian-Ankang Railway Line, Proceeding of 6th Symposium on Remote Sensing Application Research [C]. International Academic Publishers, 1990: 197—198.
- [7] 荆其诚, 等. 色度学[M]. 北京: 科学出版社, 1979.

## Research on the Processing Method of Remote Sensing Information on Railway Engineering Geology

QIN Jun

(Remote Sensing Center, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

**Abstract:** The railway engineering geology information is analyzed from a point of system engineering and information theory. The contrast of the model description and processing effect for fault, fold and rock characteristics base on some satellite remote sensing images processing project was studied. It shows that the picture processing method with combined function is an effective method to extract information. When many processing functions are put into effect, it must be used orderly. For strengthening rocky information, it gives better effect to adopting KL compression method to range parameter picture of spectral bands. Base on the matching relation of chromaticity and visual sense response property and spectrum bands entrusted colors principal, the blue, red and green are respectively matching according to the wave band information in the order from the important to the subordinate.

**Key words:** Remote sensing technique; Image manipulation; Engineering geology; Geography physiognomy

(责任编辑 许江)