

航空多光谱遥感识别沉积岩 地层岩性的应用研究

邵芸

朱亮璞

崔承禹

(中国科学院遥感应用研究所)

(北京大学地质系)

(中国科学院遥感应用研究所)

1988年7月4日收稿

摘 要

本文讨论了应用航空多光谱扫描数据提取的光谱信息,结合野外实测地面波谱和计算机图像比值等增强处理的方法,来识别岩性。进而在岩性组合判读的基础上,进行了地层分析,取得了预期的效果。

关键词 航空光谱 多光谱扫描 识别岩性 圈定岩层界线

一、引 言

遥感图像真实地记录了岩石波谱辐射特征及其形态特征,在获得辐射能量强度信息的同时也获得了空间分布的信息。由于岩石所处的大地构造背景和区域地质背景的不同,以及风化程度、覆盖程度的差异,使得岩石的波谱特征和形态特征有较大的变化,所以识别岩石类型,确定其形态和分布范围,是遥感在地质应用中一个重要而又难度较大的领域。岩性识别的主要目的之一,就是在岩性组合判读的基础上进行地层判读和矿产勘探,通过圈定具有某些固定判读标志及标志层意义的岩性界线来确定地层界线。若能准确地圈定岩石地层界线,便可大大地减少现场追索界线的工作量,加快地质成图和矿产勘探的步伐。

以往,利用遥感手段识别岩性基本上是通过图像判读来完成的,这是由于传感器接收到的相对反射率和辐射强度值,直接以图像的形式直观地显示出来。因而人们对传感器记录的航空光谱(或航天光谱)研究不多,作者则想对此作一尝试。国外已有将0.4—1.0微米波长范围分成512个通道和将2.0—2.5微米波长范围分成64个通道的光谱辐射计装载在飞机上^[1-3]测试一条航线的航空光谱,用来鉴别岩石和矿物的波谱特征,区分粘土岩和碳酸岩的各矿物群落。本文的目的在于,以11个波段的航空多光谱扫描数据为主体的信息源,提取某一剖面的各光谱亮度值,在航空光谱分析的基础上,配合野外地面光谱实测,进行岩性判读之后,有的放矢地提出多光谱扫描数据的计算机图像处理方案,以便获得面积性识别岩性的图像资料,为地质填图等提供新的快速方法。研究表明,航空光谱分析结果和图像判读结果与地面实况基本相符,取得了预期结果。但是由于本文是方法研究,加之条件的限制,因此,航空光谱剖面在两条中仅选取了一条,野外地面光谱实测样点也较少,图像也只取了512×512个像元作为各种处理的方法实验区。因此,尽管取得

了预期的结果,也只是初步的。

二、区域概况

对于华北地台来说,奥陶系和石炭系之间的假整合界线,是其发育史上的一个重要里程碑,具有重大的地层意义。而石炭系和上二叠系含煤地层界线的追索与圈定,则对整个华北煤田勘测具有重大的经济价值。因此,本文选择了位于北京市房山县周口店西面的长沟峪煤矿一带作为工作区,选择了包含奥陶系,石炭系、二叠系地层的北岭向斜西南翼约4平方公里范围作为图像处理样区,区内地层均向北东向倾斜,倾角 28° — 50° 左右,区内出露的主要地层如下:

中奥陶统马家沟组 (O_2b): 灰色薄层状坚硬致密灰岩,上部有变质的白云岩,平均厚度约3000米。

中石炭统本溪组 (C_2b): 假整合于奥陶统灰岩之上,为黄绿色中粒结构的铁质砂岩,平均厚度为36米,样区内厚仅3米。

上石炭统太原组 (C_3t): 由深灰、灰黑色不同粒级的砂岩、粉砂岩组成。本组地层为海陆交互相沉积,含煤二至三层,平均厚度92米。

下二叠统山西组 (P_1s): 由浅灰、深灰色不同粒级碎屑岩组成,以粉砂岩为主,少量为砂砾岩、砾岩和中细砂岩。含煤三至五层,厚度约200米。

上二叠统红庙岭组 (P_2h): 由红色、灰绿色中粗粒或含砾石英砂岩组成,其中夹有灰紫或黄色粉砂岩,底部有砂砾岩,厚度变化大,一般约20—300米。

上二叠统双泉组 (P_2s): 上部为灰绿、棕黄色凝灰质砂质板岩、粉砂岩、细砂岩;顶部为灰绿色石英砂岩;下部为灰绿、灰紫色板岩及粉砂岩互层,含少量砂砾岩、粗砂岩,粗砂岩往往呈灰黑色。

样区东南有两条相距很近的断层:长沟峪逆断层和长沟峪正断层。受区域变质作用影响,地层都发生了低级变质作用。

三、波谱分析

航空多光谱扫描仪瞬时视场的像元与地面某一区域相对应,该区域中一般包含多种地物,因此像元的亮度值由该区域内各种地物的光谱反射率共同决定,称之为混合地物光谱。理想情况下,野外光谱实测应与成像同步进行,以便于地物光谱能够和航空光谱直接对比。本文使用的航空多光谱数据是1982年9月19日扫描完成的,样区成像时间是9点15分,当时的太阳高度角是 $36^{\circ}30'$,各通道的波长范围见表1。但由于时间关系,野外光谱测试只好选在太阳高度角相近的4月5日进行,测试时间为10:14—15:38,太阳高度角为 $41^{\circ}40'$ — $36^{\circ}54'$,测试使用的是美国光谱工程公司出品的SE-590便携式野外光谱仪,波长范围为0.368—1.113微米,通道数为256。虽然测试时的辐照条件与成像时相似,但地面状况却很不相同。因此所测的混合地物光谱只能作为参考,单个岩石的反射率曲线不能代表地面实况,也只能作为参考标准,不能与航空光谱直接对应。同时,由于缺

少夜间热图像,也没有进行辐射温度测量。下面分别论述地面光谱和航空光谱的分析结果。

表 1 各通道的波长范围

Table 1 The wave length of each band

通道号	波长范围(微米)
1	0.38—0.42
2	0.42—0.45
3	0.45—0.50
4	0.50—0.55
5	0.55—0.60
6	0.60—0.65
7	0.65—0.69
8	0.70—0.79
9	0.80—0.89
10	0.90—1.10
11	8.5—14
12*	8.5—14

表 2 各样点岩性

Table 2 The rock type of each simple point

样号	年代	岩性描述
1	P _{2s}	浅灰绿色板状石英砂岩
2	P _{2s}	兰灰色含云母千枚岩
3	P _{2s}	紫红色千枚状板岩
4	P _{2h}	青灰色千枚状板岩
5	P _{2h}	红色中粒石英砂岩
6	P _{1s}	煤系岩层
7	P _{1s}	灰白色,花白斑状含石英砾岩
8	P _{1s}	灰黑色、炭质、粉砂质残积土壤
9	C _{3t}	灰色含黄铁矿假晶千枚岩
10	C _{3t}	灰黑色砂质板岩
11	C _{2b}	棕黄色中粒铁质砂岩
12	O _{2m}	淡灰色灰岩

* 备用通道

1. 地面光谱分析

为说明岩石的航空光谱分析识别岩性标志层进而划分地层的可能性,在样区内仅选择了具有典型标志层岩性的 12 个样点做地面光谱测量。表 2 是各样点的岩性,图 1 是其中几个典型样点 (No. 2, No. 5, No. 8, No. 9 和 No. 12) 的单个岩石光谱曲线,波段平均曲线和混合地面光谱曲线。混合地面光谱是样点内各种地物(岩石、土壤、植被)的反射率按面积比例的加权和。若与航空飞行同步测量,即可与航空光谱直接对应。测量时选取 4×4 米²的区域作为一个样点,从中选取 9 个目标作为测点进行测量。No. 2 是双泉组蓝灰色含云母千枚岩的光谱曲线。曲线具明显的两峰一谷,最大反射率峰位于 9 波段(与航空光谱对应的波段,下同),反射率在 25% 以上,最大可达 31%。2, 3 波段 (0.42—0.46 微米)的峰是由岩石本身的蓝灰色引起的。因为岩石色浅,内含反射力强的绢云母等浅色矿物,所以反射率值高。虽然样点内各岩石目标的光谱曲线形态一致,但岩石均匀性差,个别目标的反射率值低,从混合地物光谱可看出均匀性差和其它干扰因素的影响。No. 5 是红庙岭组红色中粒石英砂岩的光谱曲线。曲线呈高耸的山丘状,反射率随波长的增长以很大的斜率上升,0.55 微米以后,反射率值几乎直线上升,9 波段达到最大值 32%。这是由于岩石为红色并由石英等浅色矿物组成所引起的。No. 8 是山西组灰黑色含碳粉砂质残积土壤的光谱曲线。反射率值明显低,整体呈低缓平坦波纹状,最大反射率值位于 4 波段,为 10% 左右。因含大量碳质,具灰黑色调,故反射率值低,曲线平缓。No. 9 是上石炭统太原组灰色千枚岩的光谱曲线。呈两头低中间平缓的形态,最大反射率值位于 5 波段,为 12%。因岩石色调深,故反射率较低,曲线平缓。No. 12 是奥陶系灰岩的光谱曲线。呈锯齿形,有两个尖锐的反射峰分别位于蓝光 3 波段 (0.47 微米和近红外 9 波段处,反射率值分别为 31% 和 29%。反射率值在各个波段均很大。3 波段的高反

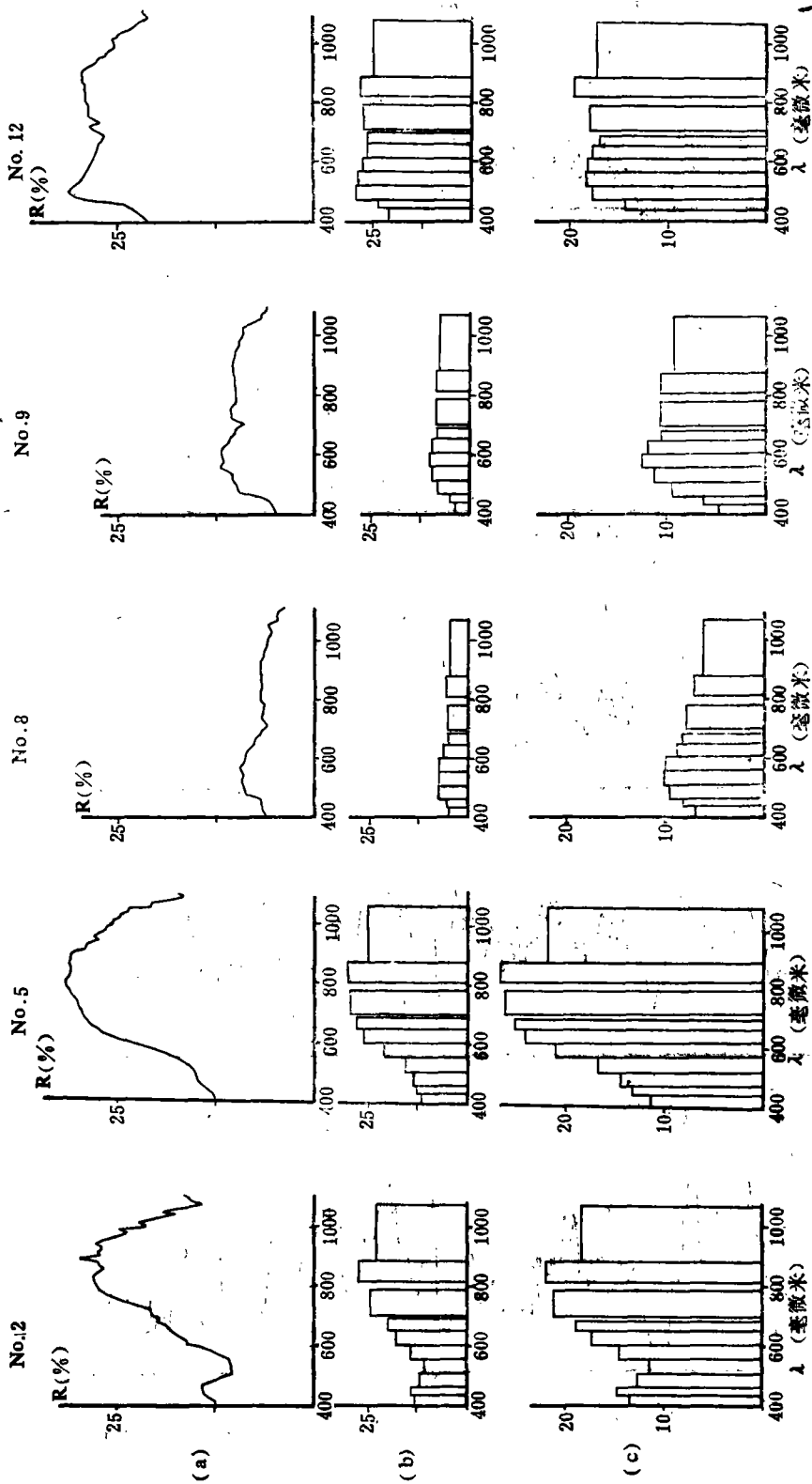


图 1 五个典型样点的岩石光谱曲线 (a 行)、波段平均光谱曲线 (b 行) 和混合地物光谱曲线 (c 行)
 Fig. 1 The rock spectral curve (row a), The rock average band spectral curve (row b) and mixed ground spectral curve (row c) of No. 2, No. 5, No. 8, No. 9, No. 12.

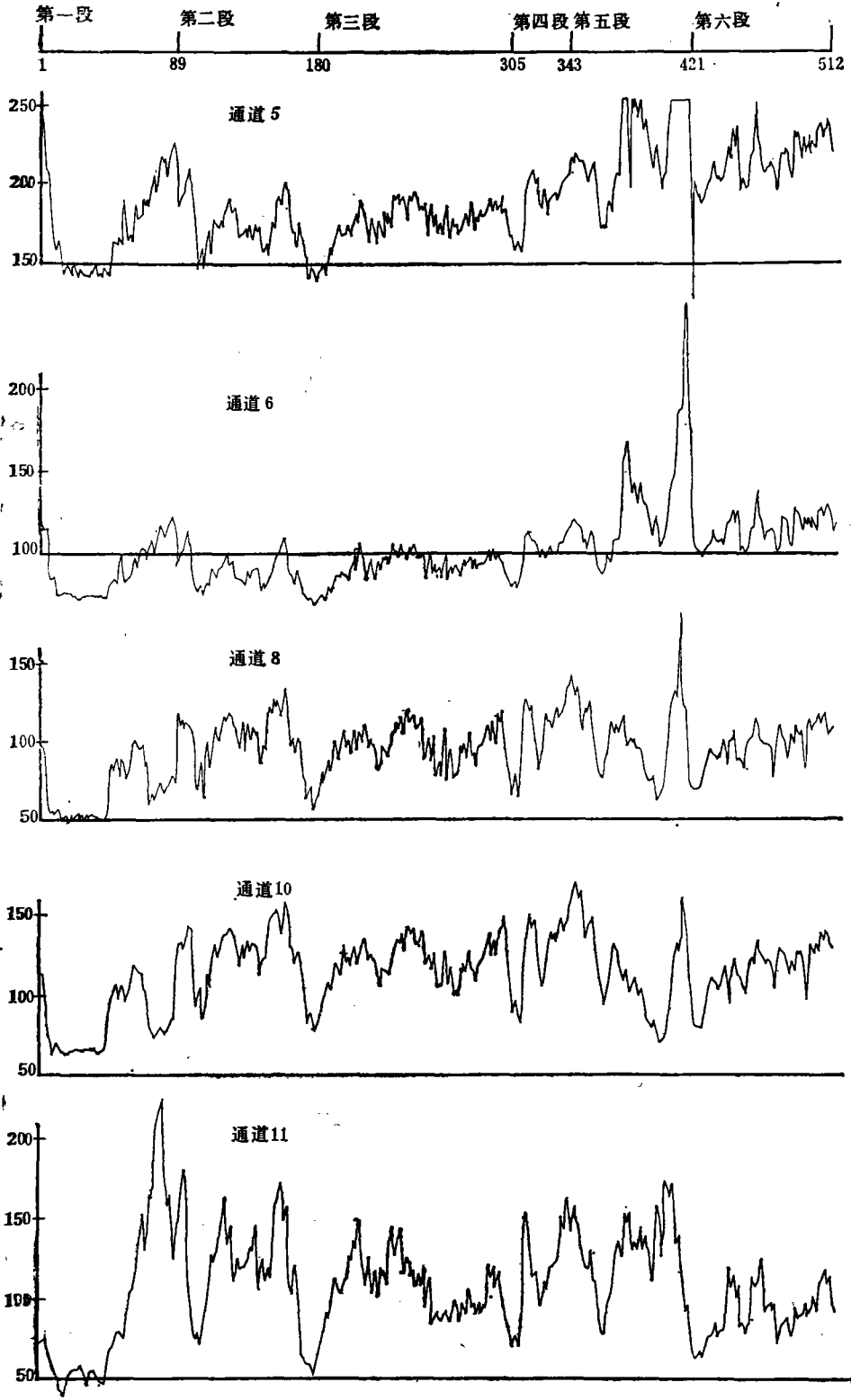


图 2 亮度值剖面图

Fig. 2 The greg section of band 5, 6, 8, 10, 11

射率值与灰岩的岩性和略带蓝色的浅灰色调有关。

由以上分析可见,不同的岩性,其波谱曲线的形态、各波段的反射率值、最大和最小反射率值及其所在波长的位置是不同的。由于所测波谱范围为 0.368—1.113 微米,因而岩石的颜色和深浅对光谱曲线具有决定性的影响。岩石色浅,反射力强,则反射率值高;岩石色深,则反射率值低,光谱曲线平缓。若岩石为彩色,则其本身的颜色必然引起相应的

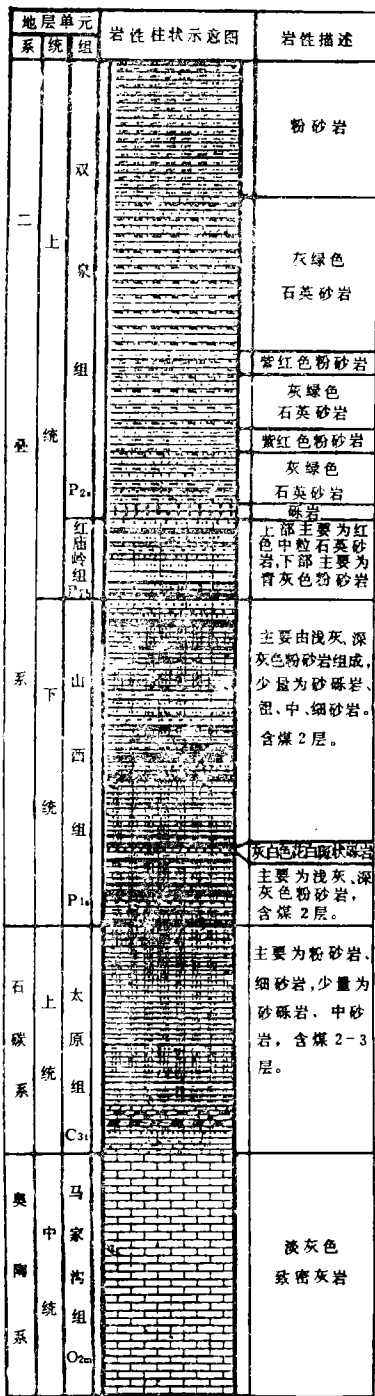
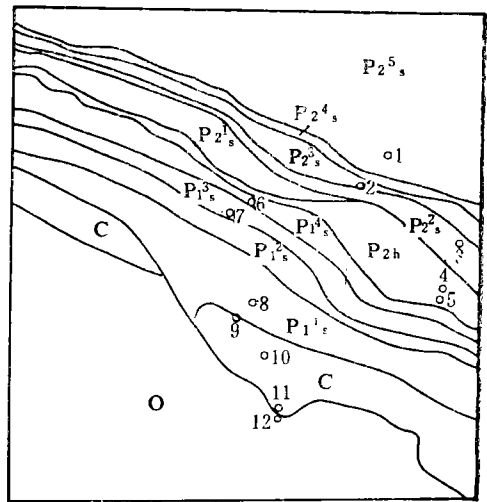


图 4 剖面地层柱状图

FIG 4 The geologic columnar section



- 07 第 7 样点位置
- P₂⁵_s 双泉组石英砂岩
- P₂⁴_s 双泉组千枚岩
- P₂³_s 双泉组石英砂岩
- P₂²_s 双泉组紫红色千枚状板岩
- P₂¹_s 双泉组石英砂岩
- P_{2h} 红庙岭组石英砂岩
- P₁⁴_s 山西组含煤层
- P₁³_s 山西组花斑砾岩
- P₁²_s 山西组含煤层
- P₁¹_s 山西组残积土壤层
- C 石炭系岩层
- O 奥陶系灰岩

图 5 岩性地层判读样点位置图

Fig. 5 The interpretation map of rock type, strata and the simple position

反射峰。除此以外,岩石的湿度、粗糙度也会影响光谱曲线。若从航空或航天平台上来观察岩石,则岩石的均匀性和地面状况也起重要作用。这两点均能从混合地物光谱中反映出来。所以,为了配合遥感平台的工作,测试混合地物光谱是非常重要的。

2. 航空光谱分析

本文使用的主要遥感资料是 DS-1260 航空多光谱扫描仪的磁带数据。图 2 是其中有代表性的对岩性判读较为有效的 5, 6, 8, 10, 11 通道的亮度值剖面图。所谓的亮度值剖面图,就是把样区内选定的一条多光谱扫描数据行(图版 I 图 3 彩色红外图像中的一条红线)的 12 个通道的亮度值打印绘制成图。剖面与岩层走向夹角为 60° 左右,从亮度值剖面图中可派生出某一像元的波谱特征曲线,即某一像元各个波段的亮度值。两者结合起来,统称为某一剖面的航空光谱。下面分别讨论干扰因素和岩层的航空光谱特征。

(1) 干扰因素的光谱特征

阴影在 11 个波段上均表现为低亮度值,形成陡直的亮度值深谷区,尤其在热红外和近红外波段,阴影区和非阴影区界线明显,如 $P_6-P_{46}^*$ 。植被在可见光和热红外波段亮度值低,在近红外波段高,形成明显峰区,如 $P_{46}-P_{71}$ 。土壤在 11 个波段上均为较低亮度值,但与阴影造成的陡谷不同,土壤的波谱特征曲线为一基本不受波长影响的平缓

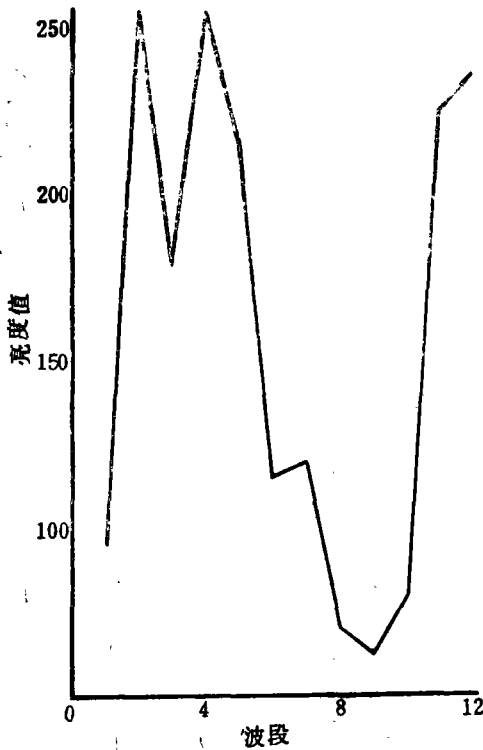


图 6 P_{80} 的波谱特性曲线
Fig. 6 The spectral curve of 80th pixel

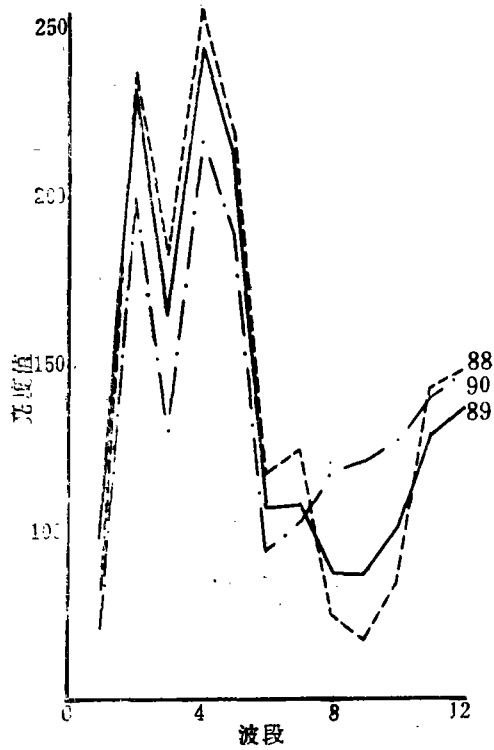


图 7 P_{88}, P_{89}, P_{90} 的波谱特性曲线
Fig. 7 The spectral curve of 88th, 89th, 90th pixel

* P_i 表示第 i 个像元。

曲线。

(2) 岩层的光谱特征

从图 2 可以看出, 整个亮度值剖面可以分成 6 段, 各段界面与岩层界线基本一一对应, 野外考察也证明了这一点, 地质剖面不是沿亮度值剖面拉的, 因此岩层厚度有变化, 只能作为参考(图 4)。

第一段 P_1 — P_9 , 对应于地面的奥陶系灰岩岩层(图 5)。这一段的亮度值在 11 个通道上均很高, 尤其是紫、蓝、绿和热红外波段。而红光与近红外偏低, 这与地物光谱相似, 正与红光和近红外的两个谷对应。这段热红外波段的亮度值为整个剖面的最高峰。说明灰岩为高反射率和高辐射强度的物体。图 6 是由 P_{90} 的 12 个通道的亮度值绘制的波谱特征曲线, 第 1—5 波段组成一个“M”形, 这一特点各像元相差不大, 不具典型性, 而第 6—11 (12) 通道则成一个漏斗形, 代表这一段岩性的特征光谱。图 7 中, P_{88} , P_{90} 分别为奥陶系灰岩和石炭系砂岩的波谱特征曲线, 而 P_9 则为灰岩和砂岩的分界线, 可以看出, 它兼具灰岩和砂岩的特征。 P_{88} 和 P_{90} 之间差别很大, 所以两种岩石很易区分, 许多处理过的图像中, 均有明显显示。

第二段 P_{90} — P_{100} , 对应于地面的石炭系岩层。这一段有 4 个峰, 4 个谷, 比较规则, 但各峰值、谷值在各波段表现不一。蓝光 3 波段和红光 6, 7 波段, 各峰呈圆丘状, 亮

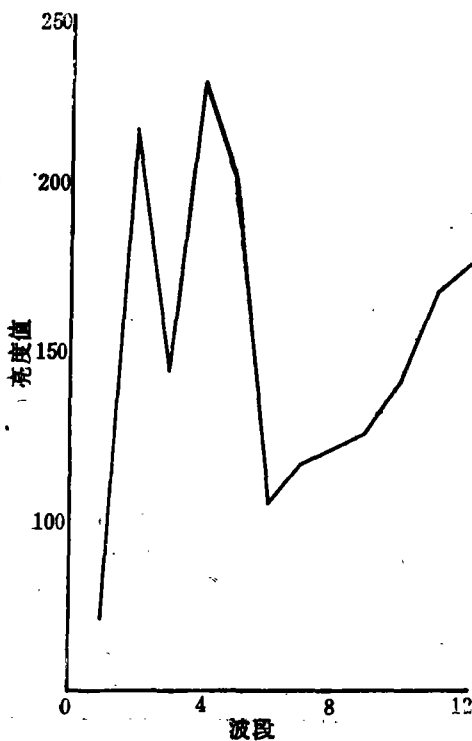


图 8 P_{97} 的波谱特征曲线
Fig. 8 The Spectral
curve of 97th pixel

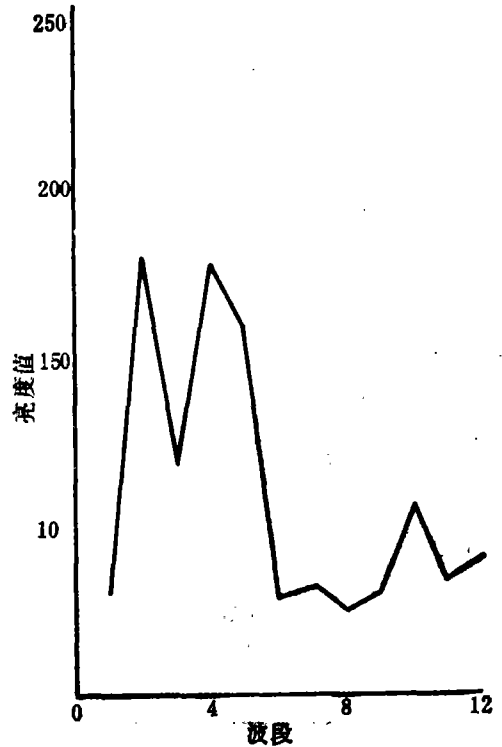


图 9 P_{101} 的波谱特征曲线
Fig. 9 The spectral curve
of 101th pixel

度值不高,但在黄绿光 4, 5 波段和热红外波段,波峰尖锐,尤其热红外波段,峰值和谷值相差很大,亮度值中等。近红外波段次级峰较多,第二、三谷不明显,亮度值较高,是植被覆盖引起的。总之,根据亮度值剖面和波谱特征曲线分析,可将本段分为六层: 第一层 $P_{90}-P_{100}$, 属上升型,如图 8; 第二层 $P_{101}-P_{111}$, 属起伏型,如图 9; 第三层 $P_{112}-P_{126}$, 属上升型; 第四层 $P_{127}-P_{149}$, 属起伏型向上升型的过渡型, 如图 10; 第五层 $P_{150}-P_{159}$, 属上升型; 第六层 $P_{160}-P_{180}$, 属起伏型。在这段中, 起伏型的波谱特征曲线是粉砂岩, 其中 $P_{101}-P_{111}$ 为炭质泥岩, 热红外波段的亮度值特别低。上升型的是中、细砂岩, 这与实地考察和地质剖面基本相符。

第三段 $P_{181}-P_{305}$, 对应于地面的山西组岩层。本段岩层很薄, 岩性很杂, 植被土壤覆盖严重, 尤其是剖面经过地区。许多图像处理方案都是为此而设计的, 效果不理想, 但在样区东边山坡上显示清晰。这一段 12 个通道的亮度值都很低, 可见光波段亮度值起伏很小, 只有几个灰阶的差别, 但变化频率大, 呈锯齿状, 根据光谱分析, 可将其分成六层。第一层 $P_{181}-P_{203}$, 属起伏型, 第二层 $P_{204}-P_{209}$, 属上升型; 第三层 $P_{210}-P_{231}$, 属起伏型(图 11); 第四层 $P_{232}-P_{236}$, 属上升型; 第五层 $P_{237}-P_{261}$, 属起伏型; 第六层 $P_{262}-P_{305}$, 也属起伏型(图 12), 其热红外波段亮度值较低, 这一层为山西组的含煤岩层。

第四段 $P_{306}-P_{343}$, 对应于地面的红庙岭组岩层。这一段 12 个通道的亮度值均在中等以上, 起伏很大, 变化频率很小, 阴影干扰严重。本段可分为两层, 第一层 $P_{306}-P_{331}$, 属起伏型; 第二层 $P_{332}-P_{343}$, 属上升型。

第五段 $P_{344}-P_{421}$, 对应于地面的双泉组岩层。第一层 $P_{344}-P_{376}$, 在亮度值剖面上,

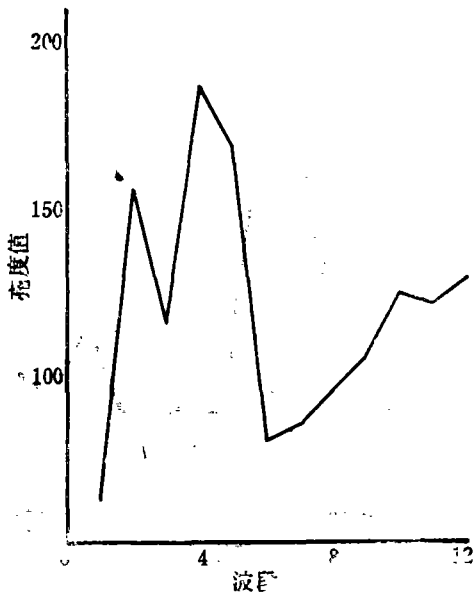


图 10 P_{133} 的波谱特征曲线

Fig. 10 The spectral curve of 133th pixel

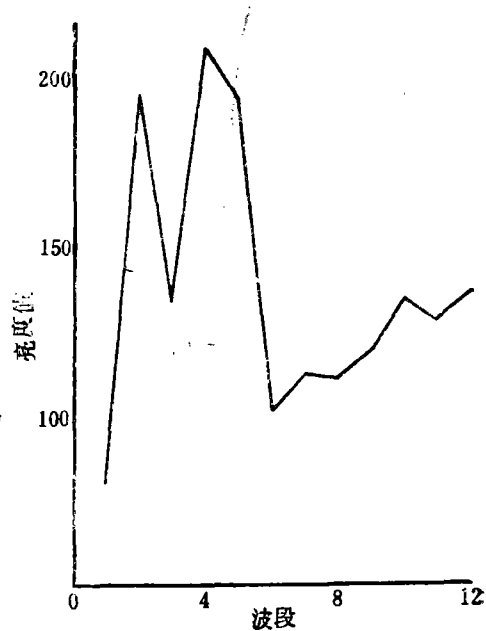


图 11 P_{231} 的波谱特征曲线

Fig. 11 The spectral curve of 231th pixel

图 12 P₂₇₈ 的波谱特征曲线

Fig. 12 The spectral curve of 278th pixel

图 13 P₄₀₁ 的波谱特征曲线

Fig. 13 The spectral curve of 401th pixel

具有第四段的特征,波谱特征曲线为起伏型。第二层 P₃₇₇—P₄₁₂, 属漏斗型(图 13)。红光和近红外波段为低亮度值,其余可见光波段为高亮度值,热红外亮度值中等。起伏和变化频率都不大。这层中间夹有软弱层,但仍为漏斗型。第三层 P₄₁₃—P₄₂₁,可见光和近红外波段均为极高的亮度值,形成尖锐陡峰,但热红外却为低谷,波谱特征曲线则很特殊。这是由于地形、植被和反射力很强的双泉组石英砂岩互相影响所致。

第六段 P₄₂₂—P₅₁₂,仍对应于地面的双泉组岩层,为阴影区,各像元的波段特征曲线相同,从近红外波段可看出,该段植被覆盖严重。

由上述分析可见,波谱特征曲线可分为三类:第一类为漏斗型,在亮度值剖面上,热红外值高的是灰岩,较低的是双泉组岩层;第二类为上升型,多为细、中砂岩,各段均有出现;第三类为起伏型,表现为 10, 11, 12 通道形成一个“V”谷,是粉砂岩,其中热红外值很低的是含碳较高的粉砂岩和含煤岩层。

综上所述,奥陶系灰岩的亮度值剖面起伏明显,但变化频率不大,亮度值高,尤其是 11 波段。石炭系岩层的亮度值起伏明显而规则,亮度值中等。下二叠统山西组岩层,亮度值低。上二叠统红庙岭组岩层具中等亮度值,因剖面所经地区位于阴坡,故与地物光谱相比,亮度值偏低。双泉组岩层可清楚地分为两层:一层为起伏型,另一层为漏斗型。前者为紫红色千枚状板岩,高亮度值的后者为浅灰绿色石英砂岩和含云母千枚岩。红庙岭组和双泉组岩层的亮度值起伏明显,但变化频率很小。由此可见,不同的岩性和不同的岩

性组合,各有其不同的航空光谱特征。因此,可以根据航空光谱束分析判读岩性,而且根据岩性组合及标志层的航空光谱还可进行地层分析。通过航空光谱的纵横向对比分析,为计算机图像处理的方案设计提供了必要的信息和参考依据,减少了盲目性。

四、图像处理及地质判读

在分析上述光谱特征的基础上,经过不同岩性的光谱亮度值的初步计算,确定对样区 512×512 个像元,面积约 2×2 平方公里的地域,采用加、减、乘、除和线性拉伸、集群分类、矩阵变换、彩色合成和密度分割等方案。结果图像的比例尺约 1:2.5 万,其中对于岩性判读效果较好的有以下几种:

11 + 12/10, 11 + 12/7, 9 + 10/4 + 5 TLM (R, G, B)¹⁾ 方案(图版 I 图 14); 10 + 9, 4 + 5, 11 TLM (R, G, B) 和 8 + 9/11 + 12, 6 + 7/11 + 12, 4 + 5/11 + 12 TLM (R, G, B) 方案可区分灰岩、石炭系岩层、山西组的残积土壤和含煤岩层以及花斑砾岩、二叠系岩层及其中的软弱层。11 + 12/2 + 3, 10 + 9/2 + 3, 6 + 7/2 + 3 TLM (R, G, B) 和 11 + 12/10 + 9, 11 + 12/6 + 7, 11 + 12/4 + 5 TLM (R, G, B) 方案可区分灰岩、石炭系岩层和上、下二叠统岩层。对区分山西组岩层效果最好的是矩阵变换(图版 I 图 15),在经过矩阵变换的图像上可将山西组分成四层。从南向北依次为:残积土壤(斑点状),含煤岩层(绿色条带状),花斑砾岩(红色条带状),含煤岩层(绿色条带状)。但这种方法对其它岩层界线的识别效果不理想。对于岩性判读效果最好的是 11-10/4 + 5, 10-9/4 + 5, 8-7/4 + 5 TLM (R, G, B) 方案(图版 I 图 16)。在这一图像上,11 波段和 10 波段亮度值相差较大的地物为红色调,突出了漏斗型和上升型地物。红庙岭砂岩在样区东部厚度很大,而在西部变薄,这一点只有在这一图像上才能清楚地显示出来,并且能清晰地显示本组岩层和山西组、双泉组岩层的界线。其它岩层界线显示得也很清晰,如奥陶系灰岩和石炭系岩层界线,石炭系岩层和山西组残积土壤的界线,山西组花斑砾岩层等。在双泉组岩层中有两条明显的蓝色条带,说明这里植被发育,岩层比较软弱。

从图像处理结果看,相加再比值的方案效果较好,相减再比值的方案效果最好。矩阵变换对判读覆盖严重地区比较有效。线性拉伸方案达到了预期目的,但效果不够理想,如果能在几个大区内存几个亮度值剖面,在综合分析几个剖面的基础上再确定拉伸范围,效果会更好些。集群分类和相乘效果较差。从 13 种彩色合成方案看,热红外波段对岩性判读意义重大,采用 11 波段的方案,效果一般都较好。

在图像上,灰岩以亮色调、表面光滑细腻、“丰”字型水系为标志而与石炭系岩层相区分,在航空光谱和地面光谱上,以高亮度值和高反射率值与具有中等亮度值和中等反射率值的石炭系岩层相区分。与石炭系岩层接触的是下二叠统山西组残积土壤,具斑点状影纹和暗色调,是山西组的标志层。山西组另一标志层是花斑砾岩,为窄条带状亮色调,具有较高的反射率值,但在剖面经过处被覆盖而没有航空光谱显示。从图版 I 图 16 可判别

1) TLM: 跟踪球线性变换。R, G, B 表示分别赋以红、绿、蓝三色的彩色合成。

出,蓝色调的为山西组岩层,红色调的为红庙岭组岩层,以此将两者分开。红庙岭组石英砂岩在样区东部与双泉组的紫红色千枚状板岩接触,厚度大,在西部与双泉组石英砂岩相接触,界线明显,两者均为明亮的色带。

五、结 论

(1) 利用 11 波段的航空光谱分析,配合地面光谱实测来识别岩性是可行的。在样区内识别了灰岩和石英砂岩,含煤岩层和其它岩层。

(2) 通过航空光谱分析,对各通道的亮度值分布状况有了充分了解,因而在设计图像处理方案时,减少了盲目性,节省了大量机时。处理结果表明,有许多方案对识别岩性均有很好的效果。

(3) 研究表明,航空多光谱扫描数据具有较高的空间分辨率和光谱分辨率,在识别岩性方面比陆地卫星 MSS 数据和彩色红外航空像片优越。

(4) 通过对一个亮度值剖面的分析,可在一定范围内比较准确地确定岩性、岩性组合界线,进而分析地层。这样只要在一个大区域内,沿岩层倾向打印出几个亮度值剖面,确定处理方案后进行数字图像处理,即可圈定出全区的可判读岩层界线,能节省大量的人力、物力和财力,大大加快地质填图和矿产勘探的步伐。

参 考 文 献

- [1] Melvin, H. Podwysochi et al.; Mapping the Distribution and Mineralogy of Hydrothermally Altered Rocks by Using Airborne Multispectral Scanner and Spectroradiometer Data, Marysvale, Utah; Presented at the International Symposium on Remote Sensing of Environment, Second Thematic Conference, Remote Sensing for Exploration Geology, Fort Worth, Texas; pp. 173—174, 1982.
- [2] William Collions et al.; Mineralogical Mapping of Sites near Death Vally, CA. Crossman Peak, Arizona, Using Airborne Near-Infrared Spectral Measurement; Presented at the International Symposium on Remote Sensing of Environment, Second Thematic Conference, Remote Sensing for Exploration Geology, Fort Worth, Texas; pp. 201—202, 1984.
- [3] William Collions et al.; Airborne Biogeophysical Mapping of Hidden Mineral Deposits; Economic Geology, Vol. 87, pp. 737—749, 1983.

THE APPLICATION OF AIRBORNE MULTISPECTRAL SCANNING DATA IN INTERPRETATION OF ROCK TYPE OF SEDIMENTARY STRATA

Shao Yun

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Zhu Liangpu

(Geology Department Peking University)

Chui Chengyu

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

The paper interprets the rock type and then proceed to interpret the strata on the basis of rock formation by means of analysing the airborne spectrum which is produced by airborne multispectral scanning data and ground spectrum and by using the digitally processed airborne multispectral scanning image.

Key words Aerial spectrum Multispectral scanning Identification of lithological characters Locatin of boundary for rock formation

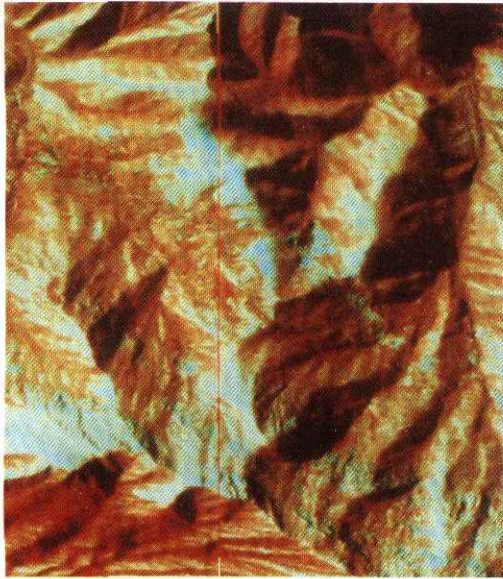


图 3

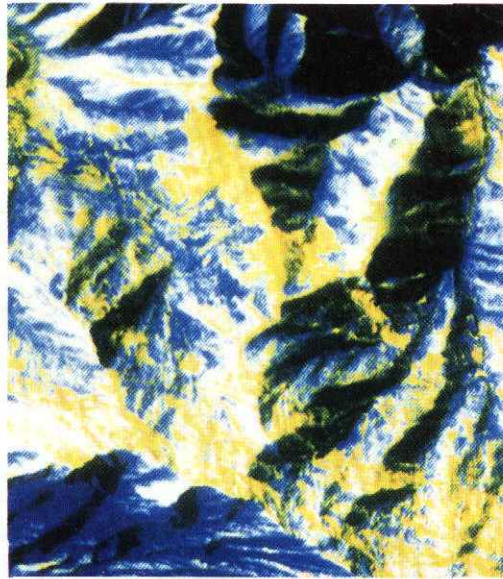


图 14



图 15



图 16