

伊宁盆地地物反射光谱分析

譚 青

(地质矿产部石油地质综合大队)

作者用野外光谱辐射计对伊宁盆地地物的反射率进行了野外测量,并用计算机对基础资料(4个波段、93个地物点的反射率)进行了对应分析。盆地地物可分成水体、积雪、植被、岩石沙土四类,它们的反射光谱各有特点,并与MSS假彩色合成影象之间存在相关关系。某些自然因素对地物的反射光谱特征有一定影响。

地物反射光谱的研究,是遥感技术系统的一项基础研究^[1]。人们很重视根据地物光谱特征来选择最佳遥感波段和传感器,但对地质工作者来说,更重要的问题应是如何根据地物光谱特征来提高对遥感图象的认识水平。本文对伊宁盆地地物野外反射光谱资料进行了分析,并对两条主要线性影象的地质意义进行了探讨。

一、地物反射光谱数据的获取和分类

伊宁盆地是一个山间盆地,盆边山势险峻,积雪和植被覆盖率较高,盆内为第四系沙土广覆。本文涉及的范围限于我国境内部分,其北为婆罗科努山,南为伊斯基里克山,东为阿吾拉勒山,西至中苏边界(参见图版I)。最高山脊海拔达3500m,最低区域为665m。在地形上可分为高山带(3000m以上)、中山带(1500—3000m)、低山丘陵带及伊犁河谷冲积-洪积山前平原地带。本区属北冰洋气候区,大陆性气候显著,日照时间长,气温变化大,年降雨量小于蒸发量,风主要为西风。这种地形和气候特点,使得该盆地地貌景观复杂,地物种类繁多。

对于这样的覆盖区,除了可对盆边褶皱山区直接进行岩性地层组合辨认外,还应根据一系列间接标志(地形、土壤、水系、植被等)进行地质解译。因此,我们确定地物波谱测试的目标包括水体、积雪、森林、草原、农田、盐渍地、不同时代的岩石及第四系沙土、黄土等。

野外使用的仪器是美国EXOTECH 100AX型野外光谱辐射计。该仪器具有A、B、C、D四个通道(CH),波长范围正好与陆地卫星MSS4、5、6、7波段一一对应:

CH _A	0.5—0.6 μm	对应 MSS4
CH _B	0.6—0.7 μm	对应 MSS5
CH _C	0.7—0.8 μm	对应 MSS6
CH _D	0.8—1.1 μm	对应 MSS7

为了分析盆地内地物反射光谱的意义和规律,我们将全部测试数据(93个地物点,4个变量)在电子计算机上进行了对应分析。首先作R型因子分析和Q型因子分析,并根据两者的关系导出Q型因子载负值,然后将内含A、B、C、D四个通道光谱反射率值的地物点标在第一、第二主成分因子轴构成的平面图上,对波谱点进行分类。计算机输出的部分统计结果见表1和表2。

表1 特征值和方差贡献

主 成 分	特 征 值	方 差 贡 献(%)
1	7.15144E-2	87.8
2	5.96788E-3	7.4
3	3.91216E-3	4.8
4	1.16478E-8	0

表2 特征向量矩阵

通道	第 一 主 成 分	第 二 主 成 分	第 三 主 成 分	第 四 主 成 分
A	0.589868	-0.883441	-0.16705	0.396602
B	0.542226	0.722874	-2.87977E-2	0.427077
C	-0.241316	-9.89792E-2	0.80787	0.528501
D	-0.547567	2.37205E-2	-0.564455	0.617249

从表1可以看出,第一、二主成分的方差贡献占总方差的95%以上,代表原始数据绝大部分变异,用这两个主因子对地物分类能较好反映伊宁盆地众多复杂地物之间的关系。

从表2亦可看出,第一主成分突出了可见光与近红外波段之间的变异。变异愈大(如绿色植物),则在第一主成分因子轴 F_1 上愈往负向移动。第二主成分突出了可见光波段A和B的变异,变异愈大,具有这种光谱特征的样品(如清澈的水体)在第二主成分因子轴 F_2 上愈往负方向移动。

从伊宁盆地地物反射光谱数据对应分析的结果(图1),可得出以下3点认识。

1. 伊宁盆地地物可分成水体、积雪、植被、岩石沙土四大类,其中植被类还可分成茂绿植被类(森林草原、灌木草原、青草、庄稼)和枯黄植被类(干草原、盐碱草地、潮湿草地)两个亚类,岩石沙土类还可分成沉积岩石类(砂岩、页岩、灰岩、第四系沙土、黄土、盐碱地)和火山岩石类(流纹岩、花岗斑岩、……枯草坡)两个亚类。

2. 上述四大类地物的光谱特征都具有一定规律,某些特殊的分布反映了它们所受到的一种或几种环境因素的影响。为了便于分析,在图上用椭圆分别将各大类地物圈出,并用虚线大致标明该类地物所受某种因素影响程度的趋势。

1. 水体类

伊犁河是盆地内主要水系,河水含有少量泥沙,稍带黄色。喀什河是其支流,水体清澈。野外波谱测试表明,浊水的反射率比清水高得多,特别是在B波段最明显。图1中,清水(C位置)和微混浊的水体的距离明显拉开。不难设想,从C点引出的虚线方

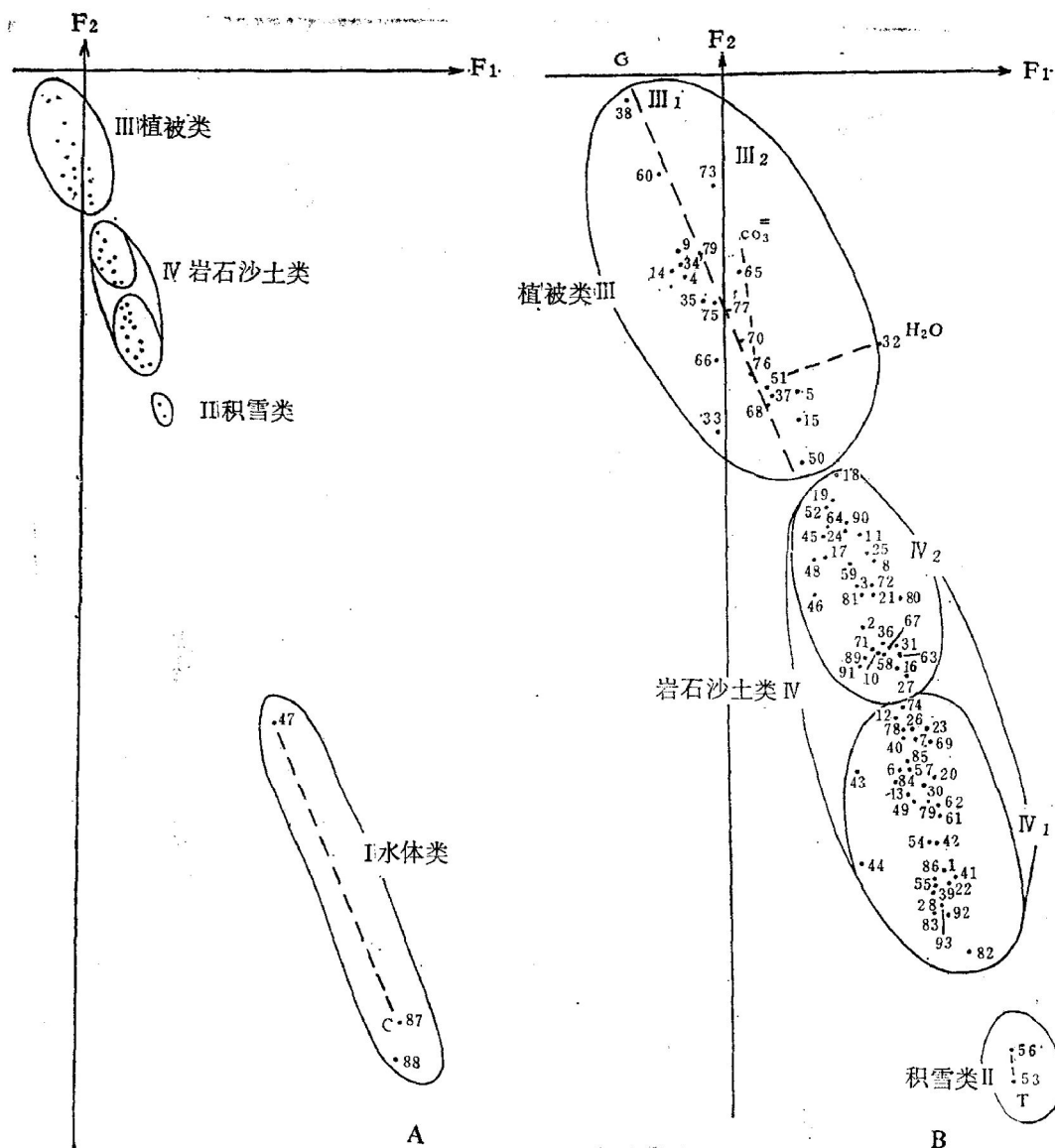


图1 伊宁盆地地物反射光谱数据对应分析结果

A—对应分析结果总体图 B—对应分析结果局部放大图

向反映水体中泥沙含量增多的趋势。计算机分析结果提示人们,在卫星图象上区分泥沙含量不同的水体是可能的。

II. 积雪类

伊宁盆地边缘最高山脊超过3500m,有终年不化的冰川积雪。这些冰川积雪的分布反映了高山带的地形、气候、水文、植被甚至地质构造等方面的特点。图1中积雪类两个光谱点分别代表雪后不同时间的情况。积雪时间愈长,反射率愈低,在图1中沿虚线向T方向移动愈远。

III. 植被类

在内陆干旱地区,卫片上不同植被的存在情况几乎直接反映了当地土质含水情况,

也间接反映了地质构造情况。伊宁盆地植被种类繁多,各类植被点在全波谱点中占相当大的比例。图1椭圆中虚线往G方向反映植被生长繁茂、叶绿素变多的趋势,其相反方向则反映植被枯萎程度加剧趋势,沿G轴依次分布着绿色树木、青草、绿黄草地、半枯牧草地等。此外,图1还反映了环境因素对植被类的影响,如 H_2O 轴向反映了潮湿土壤的影响, CO_3^{2-} 轴向反映了盐碱土壤的影响,偏离G轴愈远,植物受影响愈大。图中植被可用 F_2 轴为界,分成Ⅰ₁与Ⅰ₂两个亚类,即茂绿植被类和枯黄植被类。

IV. 岩石沙土类

岩石沙土类是地质工作者最感兴趣的地物,也是最复杂的地物。从图1可看出,岩石沙土类中包括的地物光谱点繁多,而且比较集中。由于各种复杂的自然因素(诸如岩石种类不同,风化程度不同,植被种类和覆盖率不同,土壤类型不同,湿度不同等)的影响,岩石沙土类比较复杂。图1将岩石沙土类大致分为两个亚类,Ⅳ₁类为沉积岩石类,Ⅳ₂类为火山岩石类。58号样品是砾岩,应归属Ⅳ₁沉积岩石类,但其砾石多为火山岩,因此根据光谱特征却应把它归入Ⅳ₂类。2号样品是灰岩,因已风化,而且表面生长有苔藓植被,它原来的光谱特征受到干扰,也未归入沉积岩石亚类。这些情况提示人们,地物分类的主要根据是反射光谱特征,一旦其光谱特征受到环境因素的干扰,就可能出现复杂的情况(岩石沙土类中那些零星分布的岩石露头尤其如此),在遥感图象分辨率受到限制的条件下,会给目视解译带来一定困难。

3. 各大类地物边缘带的光谱特征并不是截然可分的。例如植被类,随着枯萎程度增大和覆盖率降低,某些枯草地可延伸至岩石沙土类Ⅳ₁亚类。又如岩石沙土Ⅳ₂亚类与积雪类边缘的28号波谱点是浅水滩,由于清澈的浅水有一定透光能力,故其反射光谱综合了水及水面下水草和沙土的反射光谱特征,被划入沉积岩亚类而排于水体之外。处于植被和水体两大类之间的岩石沙土类,其光谱特征最易受到植物和水的影响,这是遥感解译工作者必需注意的。

二、地物—反射光谱特征—MSS假彩色合成影象的关系

伊宁盆地地物分类结果表明,尽管盆地的自然景观复杂,但依据反射光谱特征,它们是可以分类的,其分布也是有规律的。由于我们使用的光谱仪测试通道与卫星MSS波段中心频率相对应,而且MSS标准合成片采用黄、品红、青(减色法)合成,因此地物、地物反射光谱特征曲线、MSS标准合成影象这三者之间应存在相关关系。这一点通过我们几年来的波谱测试得到了证明。根据这种相关关系,不同地物有不同光谱特征,不同光谱特征MSS合成影象上表现不同色调,因此“假彩色”虽假,但其影象色调是有规律可循的,在一定范围内它们是可分辨的,我们可以根据典型光谱曲线直接建立遥感最基本的解译标志——色调。根据伊宁盆地地物光谱资料,可从以下三方面讨论。

1. 积雪、水体、河砾石

图2为积雪、水体、河砾石的反射率曲线。 y_{56} 、 y_{53} 均测自伊斯基里克山顶部的积雪,但陈雪(y_{53})反射率较低,这是由于陈雪受太阳照射时间较长,表面液态水含量增加的缘故。积雪在四个通道的反射率都很高,因而在MSS合成影象上呈白色,但高山带向阳坡积雪的反射率较低(特别是近红外的D波段),故在MSS合成影象上呈三角形

浅青色或浅蓝色。据此可判断冰雪覆盖区地形。

图2下部 y_{47} 与 y_{88} 分别代表伊犁河水与喀什河水的反射光谱特征,其反射率都不大于12%。代表伊犁河水的 y_{47} 在B波段稍高于喀什河 y_{88} ,这是伊犁河水中微含泥沙的反映。从 y_{88} 曲线特点可知,清澈水体在MSS 4、5、6、7合成片上应呈深蓝色调。

图2中 y_{26} 代表吉尔格浪沟下游河漫滩上干燥河砾石的光谱特征,其反射率不大于17%且相当平缓。不难看出,这种光谱曲线特点在卫片上应呈深灰或浅黑色调。

2. 树木、草地

图3列出了部分植被的光谱曲线。其中 y_4 和 y_9 分别代表云杉和灌木,都测自位于中山带的吉尔格浪沟上游。前者生长在奥陶志留系灰岩的上覆风化物上,而后者则生长在下石炭统火山岩的上覆风化物上。 y_4 和 y_9 都是正常植物的光谱曲线,其可见光部分的低反射率决定它在卫片上应呈红色调。云杉在D通道反射率低于C通道,这可能反映了针叶林的光谱特点。

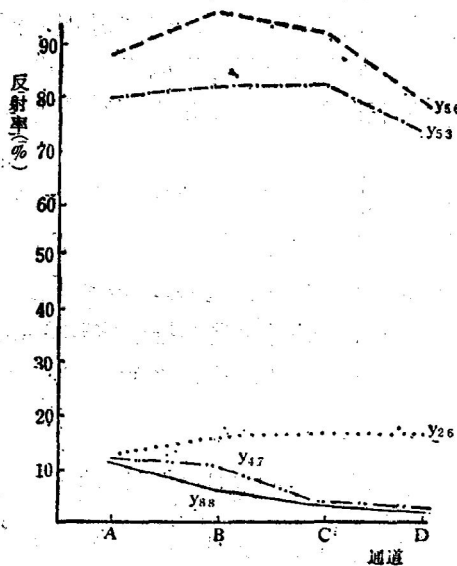


图2 积雪、河水和河砾石反射率曲线
 y_{56} —新雪(雪后3天), y_{53} —陈雪, y_{26} —河砾石,
 y_{47} —喀什河水, y_{88} —伊犁河水(微混)

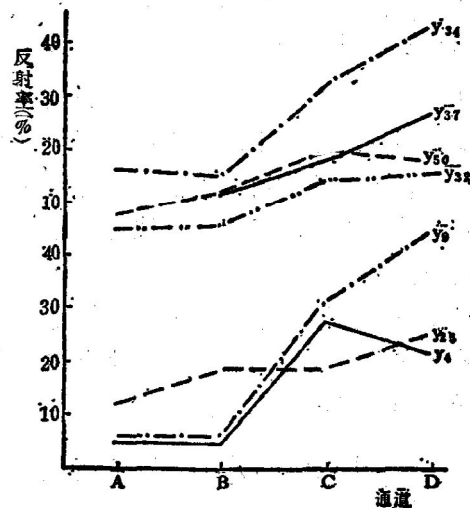


图3 部分植被的反射率曲线

y_{34} —黄绿色白杨树, y_{37} —绿黄色牧草地,
 y_{50} —潮湿枯黄草地, y_{32} —潮湿麦苗地,
 y_9 —绿色灌木, y_{25} —枯黄草坡, y_4 —云杉

y_{25} 测自低山丘陵带的枯黄草坡,它反映了干草原的光谱特征。其A、B、C波段的低反射率决定了它在卫片上呈浅灰黄色调。

图3上部为伊犁河谷平原上几种植被的反射率曲线。 y_{34} 是白杨树, y_{37} 为绿黄色牧草。树木的反射率在近红外波段远比草原高,在卫片上呈红色调,牧草地则是棕红色调。 y_{50} 是潮湿枯黄草地, y_{32} 是雨后两天的麦苗地,由于水分的影响,近红外部分反射率偏低。很明显,土壤潮湿的牧草地以及水田,即使植物茂绿,只要覆盖率不太高,它们在卫片上都不能呈红色调,而是随水分增多和植物减少逐渐呈暗红色、暗棕色甚至红黑色调等。据此可判断土壤的含水情况和水文地质条件。

3. 岩石、沙土

图4下部为下石炭统几种火山岩的光谱曲线。 y_{10} 为浅紫色石英斑岩, y_8 为浅紫红色流纹岩, y_{12} 为黄褐色安山岩, y_{13} 为紫褐色熔结集块岩。它们的反射光谱曲线形状类似,反射率都较低。这种共性,与火山岩有大体相同的矿物组成和表面颜色有关。但也略有差别,例如石英斑岩与流纹岩的反射率稍高于安山岩和集块岩。这是由于前两种岩石含有较多的石英,岩石致密,呈紫红色,而安山岩与熔结集块岩表面很粗糙,其风化面呈黄褐或紫褐色。由此可见,岩石表面愈粗糙,颜色愈深,其反射率会变低些(当然,与造岩矿物成分有关)。 y_{11} 反映石英斑岩风化面的光谱特征。其颜色虽比 y_{10} 深些,但表面生长很多黑、白苔藓,故在近红外D波段上反射率较高。

图4上部为几种沉积岩及第四系沙土的光谱曲线,其中 y_6 、 y_7 为奥陶志留系灰岩,前者由于风化面生长黑色苔藓,其反射率变低,在B、C波段反映较明显, y_{90} 、 y_{91} 是上二叠统沥青页岩的光谱曲线。页岩的反射率低于灰岩,但风化程度甚高的页岩,其表面颜色变浅,反射率要高些,

y_{63} 为第四系沙土的光谱曲线。它在A通道反射率较低,但高于20%,在B、C、D三个通道反射率均高达30%以上。由于第四系沙土往往面积较大,所受干扰较少,在MSS合成片上呈黄色或灰黄色调,故比较容易判译。

综上所述,各类地物及其反射光谱特征与它们在MSS合成影像上的色调存在相关关系。对应分析结果和卫片解译的实践都证明,岩石沙土类所概括的地物最多,反射光谱曲线最复杂,其光谱特征主要受到植被类和水体类的干扰,因此在MSS合成影像上,除了健康的植被呈红色、清澈的水体呈蓝色外,岩石沙土类常呈介乎黑、白之间的各种复杂色调。

根据遥感原理,卫星影像信息的获得是根据地球表面覆盖物所反射和发射的电磁波能量的空间分布和光谱分布^[2]。“光谱分布”在卫片上实际反映的是色调;“空间分布”在卫片上实际表现的是影纹,诚然,很多影纹特征是地物高差引起的,但亦有一些影纹却是由色调变化所造成,例如含水的沙地即是,这恰好说明那些地物的反射光谱特征受到环境因素的影响。无论如何,在建立卫片解译标志时,除了最基本的图象色调外,还应结合考虑图象的影纹。

三、几个影象异常形成机理的探讨

1. 松树大坂线性影象

松树大坂线性影象位于伊宁盆地北部的科古琴山(参见图版I)。呈近东西方向展布的条带形雪线指示了山脉的走向和盆地的构造线方向,在MSS合成影象上,线性异常的

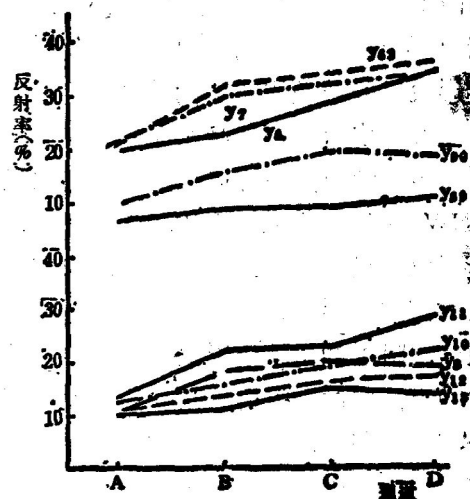


图4 几种主要岩石的反射率曲线

y_6 —奥陶志留系灰岩(深灰色风化面), y_7 —奥陶志留系灰岩(灰色新鲜面), y_{63} —第四系沙土, y_{90} —上二叠统浅灰色页岩风化壳, y_{91} —上二叠统黑灰色页岩风化物, y_{11} —下石炭统深紫色石英斑岩(风化面生长黑白苔藓), y_{10} —下石炭统浅紫红色石英斑岩, y_8 —下石炭统浅紫红色流纹岩, y_{12} —下石炭统黄褐色安山岩, y_{13} —下石炭统黄褐色熔结集块岩

南北主要表现为色调和影纹的明显差别^[3]。北部为较深的棕红、红、棕黄色调;南部为较浅的灰黄色调,夹杂较浅的棕红色调。北部为不规则的树枝状影纹,南部为羽毛状影纹。如上文所述,影纹是地球表面地形差异、岩性不同以及植被覆盖和含水性不均一所引起的“空间分布”的反映,色调则是地物的类别和性质不同所引起的“光谱分布”的反映。因此,北部不规则树枝状影纹反映了沟谷发育、切割很深、岩石质地较硬、地形十分险峻的情况。而南部的羽毛状影纹反映了山势平缓、岩石有层次的表现。线性影象北部山坡的西北侧(迎风坡)有斑点状鲜红色调。根据伊宁地区波谱资料,只有茂绿的森林和果园才有可能呈红色,因此可推断这些鲜红色的斑点反映的是中山带较潮湿的迎风坡上生长的比较茂盛的森林,而不可能是一般的草地。南部的基色是黄色或灰黄色,这是第四系沙土或黄土的反映。南部仅间杂有棕红斑点,且多半分布在平缓山坡的北侧,说明植被不如北部发育。综上所述,这条线性影象南北两侧的色调、影纹完全不同,说明两侧有着完全不同的地形、地貌、水文、植被和岩性。从色调、影纹上可看出,北侧老地层上升,而且北侧沟谷在线性影象的附近多呈弧形或扭曲状弯曲。由此判断该线性影象只能是逆掩断层的反映。

2. 霍尔果斯线性影象

伊宁盆地西部国境线附近,霍尔果斯河口与伊斯基里克山之间有一条笔直的黑灰色NNW向线性影象,很引起我们的兴趣。从色调和影纹来看,该线性影象与松树大坂线性影象有很大不同,其东侧和西侧都呈较均匀的灰黄色调,并在这个背景上展布多条树枝状深灰色影纹。较均匀的灰黄色或红色调无疑是沙土和植被的反映。黑灰色的线性影象同它附近的树枝状影象色调一致,并与图2中 y_{26} 所反映的河漫滩光谱特征及影象特征相吻合,因此它很可能是一条干沟。引人注意的是,线性影象两侧的色调有错动,特别是老山区部位,相对错位迹象更加明显。这说明西侧地物曾发生水平位移。不难看出,沿线性影象走向的位移约10km。线性体两侧色调的深浅亦表明植被的分布和沙土的含水情况因地形不同而改变,从而可推断线性体西侧地势较低。由于线性影象的背景主要是在覆盖区,并且在小比例尺卫片上反映亦很明显,可以认为这是深部断裂构造在地表上的反映,可能是隐伏的张扭性断层的反映^[4]。

航磁资料表明,伊宁市以西(霍尔果斯线性影象东侧)磁场有升高趋势,推断与基底升高有关。这就进一步证实上述推断可能是有道理的。

结 论

1. 加强地物波谱研究,是认识卫星影象异常形成机理,提高目视解译水平的关键。
2. 计算机对应分析是揭示各类地物光谱特征规律和彼此既互相独立又互相影响的有效方法。
3. 地物、反射光谱特征、MSS假彩色合成影象三者之间存在相关性。根据地物反射光谱曲线可直接建立遥感解译最基本的解译标志。
4. 通过典型线性影象异常的形成机理探讨,根据色调、影纹特点直接在卫片上分析断裂性质是可能的。

作者在写作和实际工作中得到吉言鹏、何庆志工程师的指导,深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 马蔼乃, 1984, 遥感概论. 科学出版社.
[2] P. H. 斯韦恩, S. M. 戴维, 1978, 遥感定量方法. 朱振福等译, 1984, 科学出版社.
[3] 中国科学院地理研究所, 1983, 中国陆地卫星假彩色影象图集. 科学出版社.
[4] B. Г. 特利福诺夫等, 1978, 地球的航天地质研究. 林彻等译, 1981, 地质出版社.

REFLECTION SPECTRUM FEATURE OF GROUND OBJECTS IN YINING BASIN

Tan Qing

(Comprehensive Research Institute of Petroleum Geology, Ministry of
Geology and Mineral Resources)

Abstract

An in situ field survey of the reflectance of ground objects was made in Yining Basin, Xinjiang Autonomous Region. Correspondence analysis of data (reflectance of 93 ground objects in 4 wave bands) obtained in the survey was taken by computer. The objects in the basin can be divided into 4 kinds, i. e. water body, snow, vegetation, rock-sand-soil. The reflection spectrums of the objects are correlative with false-colour synthetic pictures. Some natural factors, such as the humidity of soil, the weathering of rock outcrops are bound to have certain influence on the reflection spectrum features.

油田开发地质与油藏研究专题讨论会在杭州召开

中国石油学会石油工程学会与浙江省石油学会于1985年12月9日至13日在杭州召开了“油田开发地质与油藏研究”专题讨论会。来自全国各油田、各石油大专院校、北京石油勘探开发科学研究院、地质矿产部等单位的代表以及其他有关专家、学者共九十多人参加了讨论会。会上共宣读论文12篇。

这些论文主要反映近年来三个方面的新成果、新动向: (1) 储集层开采过程中其结构发生的动态变化研究。这是开发地质在研究储层非均质性方面由静态研究转向动态研究的一种趋向。四川石油管理局地质勘探开发研究院的唐泽尧同志通过对四川盆地一些老气藏的分析, 讨论了非均质碳酸盐岩储层动态变化的主要类型、特征及其对气藏开采的影响, 提出二次采气问题。指出了气层开采过程中的动态变化主要有三种类型, 即空隙压缩的变化、空隙启动的变化、岩壁水膜的变化。受到油田地质工作者的重视。(2) 把“将今论古”的地质学法则应用于油田开发地质工作。石油部北京石油勘探开发科学研究院薛培华同志提出一种点坝相储层“半连通体”模式, 引起与会代表的关注。作者从油田开发地质学的角度, 应用现代沉积研究方法, 结合油田开发实例, 分析了影响目前开发效果的地质因素, 侧重于点坝相储层的非均质属性研究, 并引用了有关数值模拟计算及其可能提高采收率16%的气水混注方式的方案讨论, 以便进一步建立、完善和论证点坝相砂体的“半连通体”储层模式的实践性和理论性。(3) 在储层非均质性研究上注意数学地质方法和数值模拟技术的应用。河南南阳油田勘探开发研究院的王寿庆同志在“双河油田储层非均质性与非均质模式”研究中把模糊数学应用于储层的综合评价。在油田开发地质研究从定性向半定量、定量方向发展方面作了有益的探索。

会议期间, 代表们广泛地讨论了当前开发地质工作中存在的问题, 尤其是面临着复杂油气藏开发的挑战。代表们认为当前我国油田开发地质工作面临着新课题, 一方面要保持老油田的持续稳产, 另一方面要开发新的复杂油藏——小断块油气藏、花岗片麻岩类的古潜山裂缝性油气藏、内幕复杂的灰岩古潜山油藏、低渗透岩性油气藏、稠油油藏以及凝析油气藏等。针对各种类型油气藏的复杂程度和开发地质特点的不同, 必须探索新方法、新理论, 开展多学科的综合研究。以使我国陆相含油气盆地油田开发地质研究水平及油田开发水平进一步提高。

本次会议的论文, 将由中国石油学会石油工程学会组织出版。

(刘 杰)