

橄榄岩的多角度偏振反射光谱研究

赵虎¹, 晏磊¹, 赵云升²

(1. 北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871; 2. 东北师范大学地理系, 长春 130024)

[摘要] 研究超基性岩浆岩——橄榄岩在 2π 空间的多角度反射光谱、偏振反射光谱特征。实验测定了橄榄岩在 2π 空间上反射光谱、偏振反射光谱与光线入射角、探测角、方位角、波段、偏振性等因子之间的关系。结果表明, 光线入射角对橄榄岩的反射光谱、偏振反射光谱影响很大。其次, 空间水平方位角对光谱具有偏振(极化)特征, 且也呈现椭圆分布规律。空间竖直探测角的影响是随着光线入射角的不同而显著影响着橄榄岩的波形曲线特征。最后, 波段的不同, 影响着橄榄岩反射光谱、偏振反射光谱吸收能量的大小, 但不显著影响橄榄岩的空间波形曲线特征。

[关键词] 橄榄岩 多角度 偏振 反射光谱

[中图分类号] P627 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2004)02-0051-04

0 引言

在利用多波段、多时相、高光谱的遥感数据来提高遥感对地物的识别能力的同时, 人们注意到角度信息在遥感图像识别和分类中所起的影响和贡献^[1], 即地物在 2π 空间上的三维光谱特征。

在多角度遥感研究中, 国内外的学者已展开了一系列的初步研究^[2-4]。目前在室内人们对多角度遥感的研究主要集中在典型地物在 2π 空间中的入射——反射主平面内光谱特征差异上, 而对整个 2π 空间进行系统的研究还比较少。其次随着辐射对反射入射角的不同, 反射率产生相应的变化, 人们对此关注的程度也远低于对整个半球反射的关注^[5]。本文以超基性岩浆岩中最常见的岩石——橄榄岩作为研究对象, 阐述了橄榄岩在 2π 空间的多角度反射光谱、偏振反射光谱的主要特征。橄榄岩的主要成分是橄榄石和辉石, 岩石中 SiO_2 含量很低, 主要是铁镁矿物, 颜色较深, 且呈致密块状构造^[6]。

1 橄榄岩样本的制作和测量

为了标准化可以和其它岩石具有可比性, 在橄榄岩样本上刨出一个平整的表面, 使之能放置在二向光度计中央的样品台上^[7], 调整好水平位置和高度, 然后打开光源, 将光源前的偏振片旋转到所需的

角度, 对每个样本都按 A(690~760 nm) 和 B(760~1100 nm) 两个波段分别测量其无偏振片, 0° 偏振, 90° 偏振的 2π 空间的反射光谱值, 同时改变入射光源的高度角, 测定不同高度角时的反射光谱值。这样以入射角、波段、偏振光等 4 个因子为变量因子, 研究它们对橄榄岩在 2π 空间内的反射光谱的影响规律。

2 橄榄岩的反射波谱特征分析

2.1 橄榄岩的反射光谱在 2π 空间的一般特征

图 1 是橄榄岩在 B(760~1100 nm) 波段, 不加偏振片, 光线在方位角为 0° 、入射高度角为 50° (以天顶角为 0° 计算, 令光线入射的方位角恒为 0°) 入射, 得到橄榄岩在 2π 空间的光谱曲线图, 其中横坐标表示水平方位角, 从 $0^\circ \sim 360^\circ$ 变化, 探测角高度角从 $0^\circ \sim 60^\circ$ 变化 (以天顶角为 0° 计算), 纵坐标为反射光谱的反射能量强度值 (为了简化图形, 舍去了 $0^\circ, 20^\circ$ 的曲线)。图 2 是该反射波谱曲线对应的立体图 (以原点作为极点, 以反射能量强度作为极径, 建立极坐标系, 这样在 2π 空间上的每一个方向都对对应着一个反射能量强度值)。

从图 1 和图 2 可以看出, 橄榄岩的反射光谱在 2π 空间存在着明显差异, 表现出强烈的非朗伯体特性。其值与探测角有很大的关系, 对于探测角为

[收稿日期] 2003-03-31; [修订日期] 2003-06-16; [责任编辑] 曲丽莉

[基金项目] 国家自然科学基金(编号:49771057)资助

[作者简介] 赵虎(1974年-), 男, 1999年毕业于中国科学院新疆生态与地理研究所, 获硕士学位, 在读博士生, 从事遥感与GIS工作。

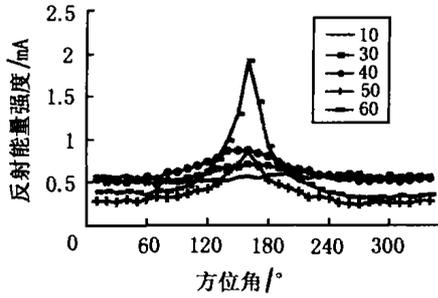


图1 入射角 50°,B 波段, 不加偏振片的橄榄岩波谱曲线图

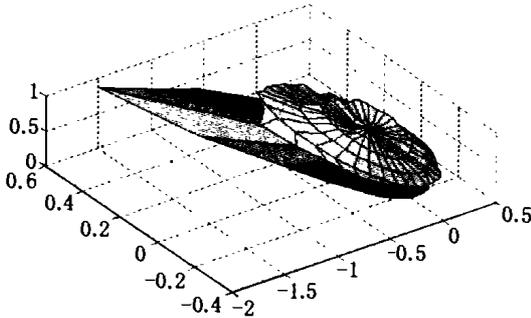


图2 入射角 50°,B 波段, 不加偏振片的橄榄岩波谱曲线立体图

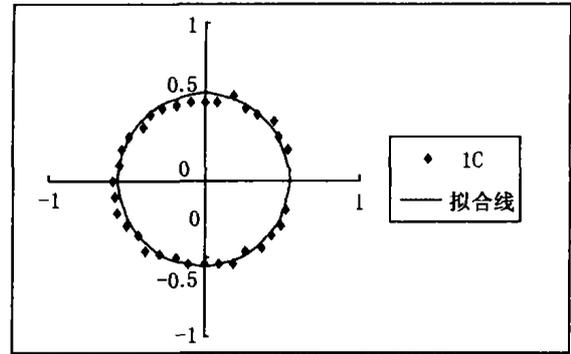


图3 入射角 50°,B 波段, 无偏振片,10°探测角的波谱曲线图

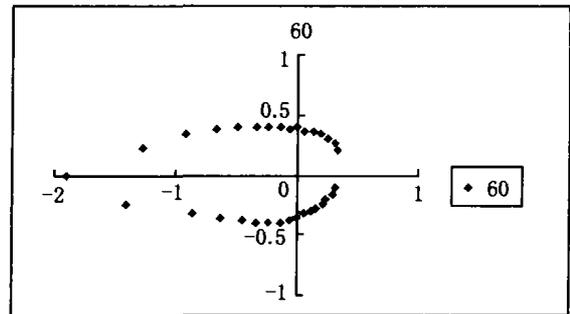


图4 入射角 50°,B 波段, 无偏振片,60°探测角的波谱曲线

0°,10°,20°,其光谱特征基本不随方位角的变化而变化,基本上都是一条直线(舍去0°,20°曲线也是这个原因,从理论上讲,0°波谱曲线是一条毫无波动的直线)。图3是图1中探测角10°波谱曲线与方位角的平面关系图,图中的点为观测值,实线是用其均值0.551mA作的圆,可以看出拟合效果非常好。

但当探测角为30°~60°变化时,光谱曲线在160°~200°之间起峰,起伏程度随探测角的不同而变化,30°、40°曲线出现弱小的峰值,50°、60°的光谱曲线出现强烈的峰值。图4是图1中探测角60°波谱曲线与方位角的平面关系图,不难发现Y轴右半部分为一个半圆,而左半部分被拉伸。这表明当探测角较大时,地物的镜面反射作用增强,破坏了地物原有的朗伯体特性。

从光谱数据上分析,探测角为0°、10°、20°获得的能量没有显著差异,其中20°获得的能量强度最大,其均值为0.621mA;0°次之,为0.612mA;10°为0.551mA。因此在图2中,它们的能量曲面在探测角为10°时,出现了褶皱。而对于探测角为50°、60°时,在未起峰的区域中,其获得的能量显著减少,只相当于前者的一半多,因此俯视图2,其50°的能量曲面被探测角为40°的能量曲面完全遮盖,而只有60°的能量曲面在出现波峰的区域中,其能量曲面从遮盖中尖锐地伸出。

2.2 橄榄岩的反射光谱与光线入射角的关系

图5、图6和图7是入射角在10°、40°和60°时橄榄岩在B波段,不加偏振片,探测角为30°~60°的波谱曲线图。由于探测角为0°,10°,20°的波谱曲线不随方位角发生显著变化,它们表现在图形上为一条波动不大的直线,这里略去。

从图5看,当光源入射角为10°时,各探测角曲线都比较平直,不存在明显的起峰现象,具有朗伯体的一定特性,且探测角为30°和40°的波谱曲线几乎重合。当光线入射角为20°时,其光谱图形与图5表现的也一样。但当光线入射角为30°、40°、50°、60°时,光谱表现出强烈的非朗伯体特性,如图6、图7和图1所示。而且,当探测角与入射角相等时,其起峰(极化)现象最明显。且入射角的变化,对探测角为60°波谱曲线影响最为强烈。

上述结果表明:光源以小角度入射(0°~20°)入射时,对波谱曲线的空间特征影响不大,在相同探测高度角上,表现出一定的朗伯体特性;当光源以大角度(30°~60°)入射时,对波谱曲线影响较大,表现出对方位角的极化现象。

2.3 橄榄岩的反射光谱与波段的关系

图8是在相同条件下,A波段且光线入射角为60°的波谱曲线图。此时波谱曲线同样发生了起峰

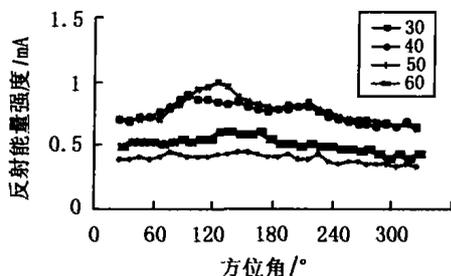


图 5 入射角为 10°, B 波段, 不加偏振片的波谱曲线图

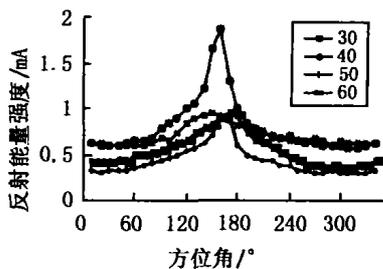


图 6 入射角为 40°, B 波段, 不加偏振片的波谱曲线图

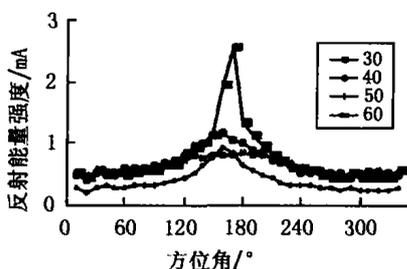


图 7 入射角为 60°, B 波段, 不加偏振片的波谱曲线图

(极化)现象。对于其它大角度入射,也是如此。这个现象表明,橄榄岩在 2π 空间的反射光谱在光线大角度入射时随空间角度变化出现的起峰(极化)现象是橄榄岩(地物)固有的空间光谱规律,与光线的波长没有显著关系。

最后,比较图 7 和图 8,虽然波形曲线类似,但反射能量强度在数值上有所不同。这表明在相同探测角下,橄榄岩对不同波长的光的反射能力不一样,显示出橄榄岩在 2π 空间上的反射光谱能量强度受光线波长的影响。

2.4 橄榄岩的反射光谱的偏振态研究

太阳光是横波,因此光具有偏振性。自然界存在各种各样的反射起偏器,如湖、水面、冰雪、沙漠、云等,经反射后的光具有一定的偏振性^[8]。它的特性主要表现在:垂直于反射光的那个平面上,光在各个方向上能量分布不均匀,发生极化现象,且大多呈椭圆分布;仅当以布儒斯特角入射时,反射光是线性偏振光^[8]。光线经橄榄岩发生反射后,是否具有偏

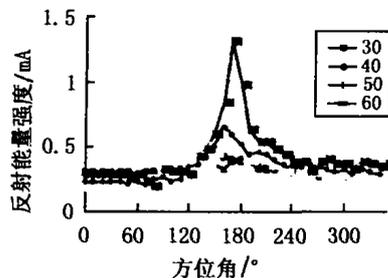


图 8 入射角为 60°, A 波段, 不加偏振片的波谱曲线图

振性? 其次,如果能产生偏振光,那么在不同的空间位置,橄榄岩的反射光谱中的偏振态有何规律? 作者测定了不加偏振片,和加上偏振片,且在相互垂直的两个角度(0°和 90°)测定橄榄岩的反射光谱特性。

比较这 3 种状态的反射光谱,可以看出它们的波形特征没有显著的差异,而在光谱反射能量强度上有差异。举空间同一点为例(平面方位角 170°, 竖直探测角 60°),在不加偏振片时,其值为 1.908mA,而在 90°偏振下,其值为 1.653mA,在 0°偏振下,只有 1.027mA,同样其它空间点测得的三态值都不一样。这充分证实了经过橄榄岩反射后的光具有偏振性,但在垂直于反射光(波动方向)的那个平面,光的电矢量分布形态(椭圆形)还不能确定,因为此时的 0°和 90°的偏振并不真正对应到这个椭圆的长轴和短轴。

2.5 岩石类型的差异与橄榄岩反射光谱的联系与影响

图 9 是花岗岩在入射角为 50°, B 波段,不带偏振片的波谱曲线图。图 10 是非岩石类物质(白板,其主要物质为 MgO)在相同条件下的波谱曲线图。比较图 1、图 9,可以看出尽管岩石种类不同,但是图 1 和图 9 却具有相同的共性,都在方位角 120°~240°之间出现起峰,只是峰值的高低不同。而它们的波谱曲线与图 10 有明显的差异。

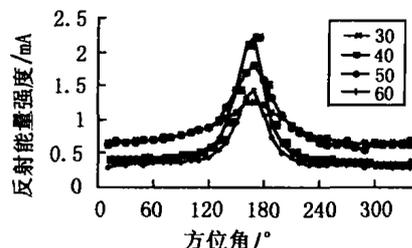


图 9 入射角为 50°, B 波段, 不加偏振片的花岗岩波谱曲线图

相似性说明,无论橄榄岩还是花岗岩,因为都是岩石,必然在空间的反射光谱上有其相似性。而它

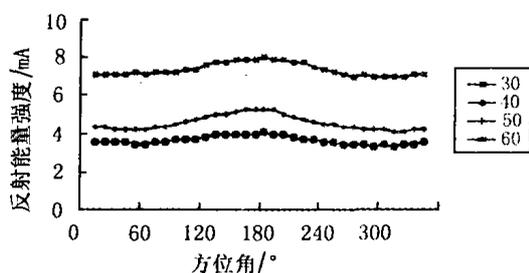


图 10 入射角为 50° , B 波段, 不加偏振片的白板波谱曲线图

们的差异性则说明,既然是两种不同的岩石,必然在物质组成和物质结构上存在的差异,这些差异导致了它们在 2π 空间上的反射光谱的差异性。这种差异性对于分辨岩石种类具有一定的应用价值。

3 结论

综上所述,可以看出橄榄岩在 2π 空间上的反射波谱、偏振反射光谱总体都不具备朗伯体的特征,它们受光线入射角、波长、岩性等多种因素的影响,其基本结论如下:

1) 无论光线入射角如何,橄榄岩的空间波谱特征在垂直方向都存在差异。

2) 当光线以小角度入射时,橄榄岩的空间波谱特征在空间水平方向上没有明显差异,表现出朗伯体特性。当光线以大角度入射时,光谱在空间水平方向上也出现差异,且有偏振(极化)现象。于是橄榄岩在 2π 空间的水平面和垂直于反射光的平面都存在偏振。

3) 光线入射角的不同显著地影响橄榄岩的空间波形曲线特征。但波段的不同,主要影响橄榄岩反射光谱、偏振反射光谱反射的能量大小,对空间波形曲线特征无显著影响。

4) 最后,由于橄榄岩的物质成分、颜色、结构、构造的不同,其光谱的偏振态以及在 2π 空间的三维光谱特征与其它岩石的光谱特征也存在差异。这是与其它 20 种岩石(玄武岩、闪长岩、花岗斑岩、正长岩、砾岩、紫红色页岩、蛇纹岩、大理岩等)对比得到的结果。

[参考文献]

- [1] P Bicheron, M Leroy, O Hauteceur. Enhanced Discrimination of Boreal Forest Covers Using Directional Signatures Measured by the Airborne POLDER Instrument [J]. Journal of Remote Sensing, 1997, 1 Suppl.
- [2] Rahman H, M M Verstraete, B Pinty. Coupled surface - atmosphere reflectance (CSAR) model I: model description and inversion on synthetic data [J]. J Geophys. Res., 1993, 98, 20779 ~ 20789.
- [3] 龙飞,赵英时,徐建春. 多角度 NOAA 数据方向信息提取方法研究 [J]. 遥感学报, 2000 (4): 101 ~ 105.
- [4] 徐建春,赵英时,龙飞. 卫星遥感影像中角度信息的分析和利用 [J]. 遥感学报, 2000 (4): 106 ~ 110.
- [5] 张静波编译. 遥感数据校正处理方法 [M]. 北京: 航天工业出版社, 2001.
- [6] 宋春青,张振春. 地质学基础 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1978.
- [7] 金锡峰,乔德林,周素香. 专利号: 96239489.0, 1998.
- [8] 张之翔. 光的偏振 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1985.
- [9] Li Xiaowen, Strahler A H Geometric optical modeling of a coniferous forest canopy [J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 1985, 23: 207 ~ 221.
- [10] Yan Lei, Zhao Hu. Structure Control for the Huge System on Resources, Environment and Ecology [J]. Advances in Systems Science and Applications, 2000, (2): 145 ~ 148.
- [11] 罗洪发. 被动源高频大地电磁系统的应用 [J]. 地质与勘探, 2002 (6): 51 ~ 55.
- [12] 翟裕生. 中国区域成矿特征探讨 [J]. 地质与勘探, 2002 (5): 1 ~ 4.

MULTI - ANGLE POLARIZED REFLECTANCE SPECTRUM OF PERIDOTITE

ZHAO Hu¹, YAN Lei¹, ZHAO Yun - sheng²

(1. Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, Beijing 100871;

2. Department of Geography, Northeast Normal University, Changchun 130024)

Abstract: The polarized reflectance characteristics of peridotite spectrum in 2π space is dealt with in this paper. The relationship data between polarizing reflectance spectrum and other influencing factors are measured. These influencing factors include incidence angles, horizontal azimuth, altitude azimuth, bands. According to the experiments, the incidence angle factor strongly affected the characteristics of peridotite spectrum. When the incidence angle is bigger than 30° , the horizontal azimuth polarizes the peridotite spectrum. The influence of altitude azimuth is also strongly but conditioned on the incidence angles. The different bands have influenced on the energy that the peridotite spectrum absorbed and reflected, and have no evident influence on the characteristics of wave shape of peridotite in 2π space.

Key words: peridotite, multi - angle, polarization, reflected spectrum