

地表光谱特征

祝昌汉 朱福康
(中国气象科学研究院)

刘玉洁
(卫星气象中心)

提 要

本文主要介绍地面植被、土壤、水和雪的光谱特性。实验得到的各种反射谱曲线，对卫星遥感波段的选择和遥感资料反演都是非常有用的。

人们识别一个物体主要靠的是该物体的反射辐射。卫星遥感方法就是利用仪器探测物体的反射辐射或放射辐射，来确定其物体的物理属性。卫星上多波段扫描辐射仪的采用，使卫星遥感方法趋于成熟。

NOAA系列气象卫星上的主要仪器，改进的甚高分辨率辐射仪(AVHRR)感应可见光和近红外波段的反射太阳辐射，或红外波段的地球及其大气的放射辐射。仪器的探测通道都选取大气吸收相对弱的“大气窗区”。其前提是，各种地表特征具有各自的光谱特征。经验也告诉我们，这个前提是常常成立的，根据各自的光谱特征能识别出很多地表特征，但并不是所有的地表特征都能识别清楚。因此，全面地了解各种地表的光谱特征，并了解这些谱特征的时空变化，将是十分重要的。根据气象学发展的需要，本文主要介绍地面植被、土壤、水和雪的光谱特征。

1. 植被

有植被的地表，其反照率与植被的种类、地面覆盖度、作物生长发育和颜色有关。对于绿色植物，其反照率取决于植物体内叶绿素和水的吸收，图1给出了绿色植被的反射谱曲线。

在可见光部分，有两个叶绿素吸收带(<0.40 和 $0.65\mu\text{m}$)，反射率很低。在这两个吸收带之间有一个较低的反射率峰值($0.54\mu\text{m}$)，称为绿波区，所以我们看到

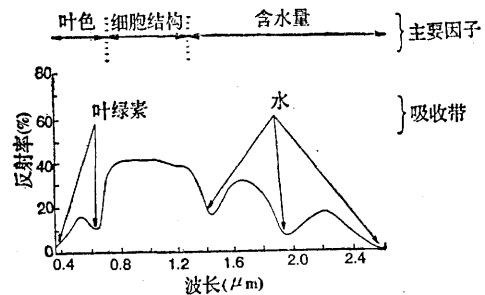


图1 绿色植被的反射谱曲线
的健壮的叶子都呈绿色。

从可见光到近红外部分，反射率明显增大。在近红外部分，反射率约为 0.45 — 0.50 ，透过率也为 0.45 — 0.50 ，吸收的部分不到 5% 。

在中红外部分，有强水汽吸收带(1.4 ， 1.9 和 $2.7\mu\text{m}$)，其中 $2.7\mu\text{m}$ 的吸收带最强。反射率的峰值出现在 1.6 和 $2.2\mu\text{m}$ 附近。

目前，利用AVHRR卫星资料监测冬小麦的基本原理就是根据上述绿色植被反射的谱特征，即，绿叶反射率在可见光波段较低，而在近红外波段迅速增大。通常采用的植被指数有两种：差值植被指数VI和规范化植被指数NVI。

$$\text{VI} = \rho_2 - \rho_1$$

$$\text{NVI} = (\rho_2 - \rho_1) / (\rho_2 + \rho_1)$$

其中， ρ_1 和 ρ_2 分别为可见光(AVHRR第1通道)和近红外(AVHRR第2通道)反射率。这说明遥感综合测产技术充分利用了这两个波段反射率的显著差异。

2. 土壤

一般而言，土壤反射的谱特征比植被要简单些。图2给出了3种不同的干土壤反射的谱曲线。由图可见，干土壤最显著的特征之一是反射率随波长增长而增大，特别是在可见光和近红外部分。

影响土壤反射率的主要参数是，土壤结

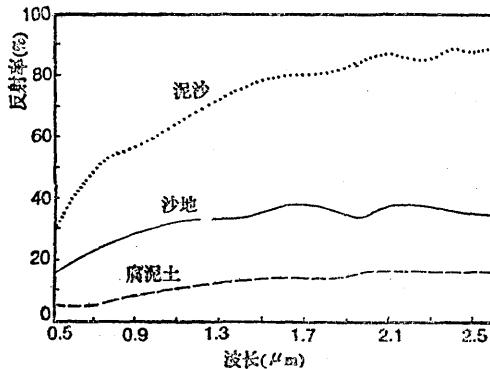


图2 各种干土壤反射的谱曲线

构、土壤湿度、表面粗糙度、内含的有机物质和氧化铁。总的来说，土壤颗粒越小，反射率越大；土壤粗糙度越小，反射率越大；土壤中，有机物质越多，反射率越小；氧化铁成分越多，反射率越小。但是，这些因子是密切相关的。例如，土壤湿度增加引起的反射率减小，与土壤中有机物质增多引起的反射率减小是相似的。所以，用遥感方法有时难于辨别这些因子。

图3给出了不同湿度条件下，粉砂壤土反射的谱曲线。由图可见，随着土壤湿度的增加，将引起整个反射波段内反射率的减小。当土壤湿度增大到一定值后，反射率减小将变慢，而当土壤水分达到饱和时，反照率将几乎不变。

1979年青藏高原气象科学实验期间，就观测到了这种关系。图4给出的是拉萨日平均反照率(A)与土壤湿度(W)的关系图。它们之间的曲线相关是显著的，可用如下公式拟合：

$$A = 0.305 W^{-0.185}$$

地面反照率随土壤湿度呈曲线下降。

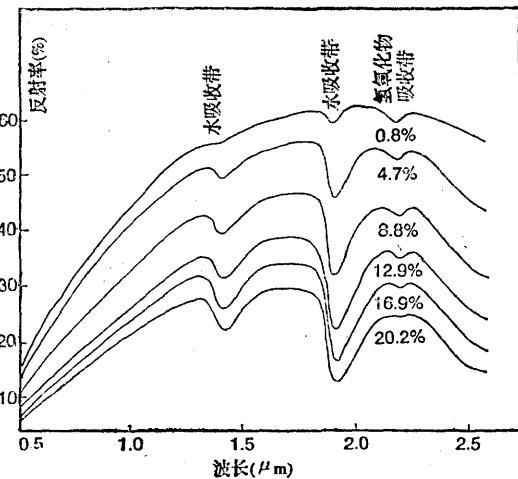


图3 不同湿度条件下，粉砂壤土反射的谱曲线
(图中数字为土壤相对湿度)

3. 水面

像植被和土壤一样，水的谱反响也随着波长而变化，但是用近红外和中红外波段很容易辨别出水体，即使是很浅的水体，在近红外和中红外波段也有好多明显的强吸收带(图5)。在自然界，水体差不多吸收近红外和中红外波段所有的人射能量，因此在这

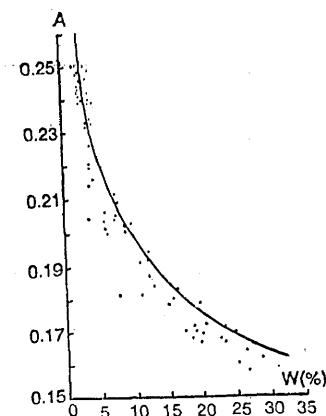


图4 拉萨日平均反照率(A)与土壤湿度(W)的关系(1979年5—8月)

些波段内反射的能量很小。这一点对遥感水面很有利，水面的低反射与植被或土壤的反射率形成十分鲜明的对比，水面在红外黑白图片上呈黑色，很容易从周围植被和土壤中

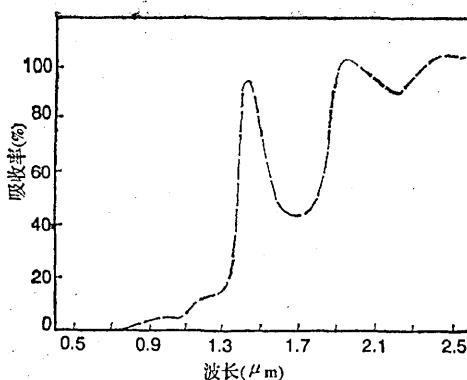


图 5 1mm深的水面吸收的谱曲线

识别和勾划出来。这一特征对监测水灾很有用。

但是在可见光部分，水面反射的谱性质相当复杂，水面的反射辐射不仅来自水面和水底物质，而且还与水中的浮悬物质有关。这些浮悬物质的存在是影响水体光谱特征的主要因素之一，因此，可以用来探测水中泥沙和叶绿素等物质的含量。测量表明，浊水的反射率比清水高得多，而且与清水相比，浊水的反射峰值出现在更长的波长上（图6）。因为水体在 $0.6-0.7\mu\text{m}$ 波段内的反射率与混浊度呈线性相关，由此可推算水中的含沙量。

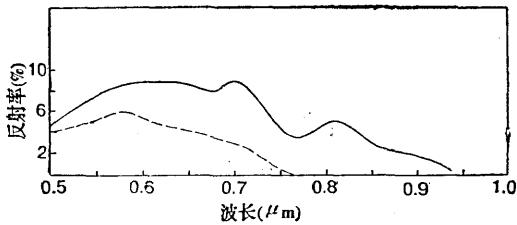


图 6 浊水(实线)和清水(虚线)反射的谱曲线

4. 雪盖

雪盖的地理位置和范围大小对全球气候变化和预报径流等都是重要的物理因子之一。为了经济地、经常不断地和正确地估算雪盖的面积，利用卫星资料收集系统和计算机应用技术是最理想的方法。

早期从 Landsat-I 资料研究的结果指

出，可见光和近红外波段难于判别出云和雪。但 Skylab 卫星多波段扫描仪资料第一次指出：中红外波段很容易区分开云和雪，特别是 $1.55-1.75$ 和 $2.10-2.35$ 波段。在这些波段内，云的反射率很高，呈白色图象，而雪的反射率很低，图象呈黑色。

图 7 给出了新雪和两天陈雪的反射率曲线。雪的反射率可由 100% ($0.8\mu\text{m}$) 跃落到 0% ($1.5\mu\text{m}$)，这是地表其他任何物质所没有的。同样可看到，在可见光部分，新雪和陈雪反射率无区别，但 $\lambda>0.8\mu\text{m}$ 以后，新雪的反射率比陈雪高，两者有明显的差异，这就有可能利用近红外波段来估计雪盖的年代和状况，绘制出雪盖范围。

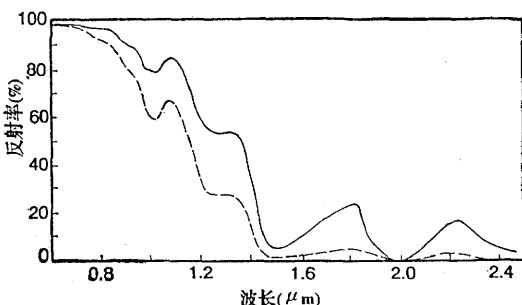


图 7 雪盖反射的谱曲线

实线：新雪 虚线：两天陈雪

由附表可见，在冰和雪的表面，第 1 和第 2 通道的反射率都较高，但它们的比值 (R_2/R_1) 可作为区别冰和雪的判据。虽然冰面的比值低于雪面，但融化中的雪，其比值降低，所以使得识别冰和雪变得复杂化了。在第 5 通道，水的比辐射率比冰的比辐射率要大，而在第 4 通道，两者的比辐射率相同。因此，第 4 与第 5 通道的温度差，在冰区比邻近水域要大，这就有可能利用 $T_4 - T_5$ 作为监测海上浮冰的一个判据。

但是，识别冰和雪有一定的难度。附表是冰和雪的光谱特征。

(下转第40页)

(上接第52页)

附表 冰、雪谱特征

参 数	雪	冰
R_1 (陆面)	>0.25	>0.05
R_2 (海洋)	>0.20	>0.05
R_2/R_1	0.85—1.15	0.06—0.85
T_4	233.0—274.5	233.0—274.5
$T_4 - T_5$	>0.8	

注: R_1 和 R_2 分别为第1和第2通道测到的反射率;
 T_4 和 T_5 分别为第4和第5通道测到的黑体温度(K)。

参考文献

(1) Swain, P.H. and S.M. Davis, Remote

Sensing: the quantitative approach,
McGraw-Hill International Book
Company, 1—386, 1978.

- (2) 曾忠一, 大气卫星遥测学, 渤海堂文化事业公司, 1—630, 1988。
- (3) 曾忠一, 大气辐射, 联经出版事业公司, 1—360, 1988。
- (4) Kuo-Nan Liou, An Introduction To Atmospheric Radiation, Academic Press, 1—392, 1980.
- (5) 祝昌汉、朱福康、王鹏举, AVHRR卫星资料及其在气象学上的应用, 新疆气象, 第14卷第1期, 2—10, 1991。
- (9) G.Gesell, An algorithm for snow and ice detection using AVHRR data, INT. J.REMOTE SENSING, 1989, Vol. 10, Nos.4 and 5, 897—905.