

# 土壤粘土矿物反射特性及其在土壤学上的应用\*

季耿善 徐彬彬

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘要

用实验室测量的埃洛石、蒙脱石、伊利石和蛭石加热处理前后的反射曲线(0.2—2.5 $\mu\text{m}$ ),研究上述矿物的反射光谱特征及其与化学组成的关系。提出鉴别主要粘土矿物类型、矿物二、三八面体和根据土壤反射曲线识别主导粘土矿物的方法;并用土壤剖面的反射曲线,解释土壤性状与形成特点。

土壤反射特性是土壤内在物质结构和性质的反映。本文拟在 0.2—2.5 $\mu\text{m}$  波长范围内,研究土壤中粘土矿物的反射特性及其应用,为鉴别土壤粘土矿物类型和确定主导粘土矿物与土壤性状、土壤发生的关系,提供科学依据。

## 一、实验方法

采自不同地区的高岭石(埃洛石)、蒙脱石、伊利石和蛭石经风干、玛瑙研钵研磨,通过 100 目(孔径 0.15mm)后,分别进行常规全量分析<sup>[1]</sup>与反射光谱测定(日立 UV 340 自记分光光度计)。全量分析结果列于表 1。

表 1 四种粘土矿物的化学组成(%)

Table 1 Chemical composition of four clay minerals (%)

粘土矿物 Clay minerals	采样地点 Location	烧失量 Loss on ignition	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
埃洛石 Halloysite	江苏苏州	14.03	45.86	0.21	38.89	0.17	0.05	0.01	0.002	0.14	0.02	0.04
蒙脱石 Montmorillonite	山东昌邑县	7.51	69.82	2.07	14.35	2.51	3.19	0.09	0.04	0.43	0.27	0.10
伊利石 Illite	江苏南京	4.90	62.50	1.27	23.32	0.43	0.99	0.96	0.001	4.33	0.65	0.17
蛭石 Vermiculite	江苏新沂	6.06	46.08	5.16	10.91	4.82	23.23	1.00	0.05	0.53	0.31	0.14

供研究用的土样,样品制备方法与前同。

\* 中国科学院安徽光机所刘洪馥、吴荣等同志协助进行光谱测定;本所物化室及杨德涌同志提供粘土矿物样品和 X 射线衍射谱;地理室教剑英等同志进行全量分析,张云等同志提取胶体和机械分析;本文承龚子同同志审阅指正。谨此致谢。

## 二、粘土矿物的反射特性

粘土矿物的反射特性是指矿物样品随波长而变化的特性。与所有固体物质一样,土壤和粘土矿物的光谱特征是由其内部分子或电子的能量变化产生的。可见光区是由外层电子引起的;红外区主要是极性分子偶极矩变化引起的震动能级跃迁;近红外区主要是红外性震动的倍频和合频光谱区<sup>[2,3]</sup>。

(一) 粘土矿物中水的光谱特征 除铁铝氧化物外,粘土矿物一般是指含水的层状硅酸盐矿物。不同的粘土矿物,其含水状况差异悬殊,并能显示不同的光谱特征。因此 Lingberg 等<sup>[10]</sup> 1972 年就指出:粘土矿物的光谱特征可能直接与水分子的光谱特征有关。

粘土矿物中的水按其位置有:(1)单元晶层内部的 OH 晶格结构水;(2)位于单元晶层之间的层间水;(3)吸附于粘粒表面的膜状水和受毛管引力或重力支配的移动较自由的水分子。

为了查明粘土矿物中各种水的光谱特征,我们用风干样品(60—70℃ 烘 4—6 小时)研究粘土矿物的持水特性;用加热到 105℃ (6 小时) 去掉吸附水后的样品研究层间水;用

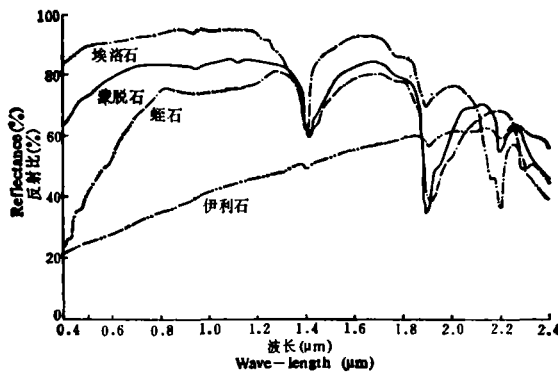


图 1 四种粘土矿物的光谱反射曲线(风干样品)

Fig. 1 Spectral reflectance curves of four clay minerals (air-dry samples)

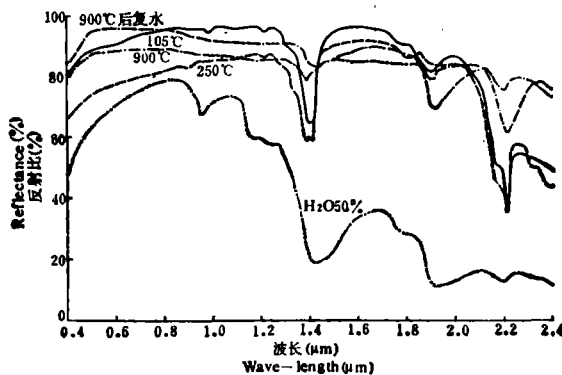


图 2 埃洛石的光谱反射曲线

Fig. 2 Spectral reflectance curves of halloysite

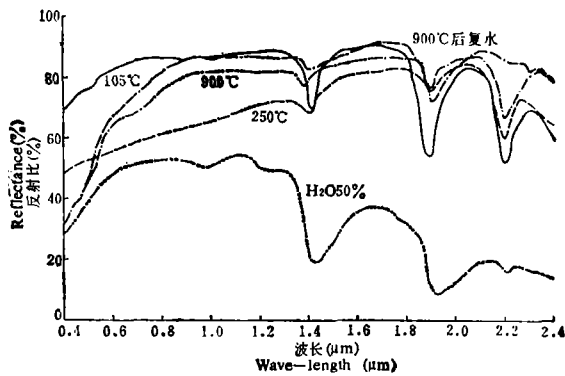


图3 蒙脱石的光谱反射曲线

Fig. 3 Spectral reflectance curves of montmorillonite

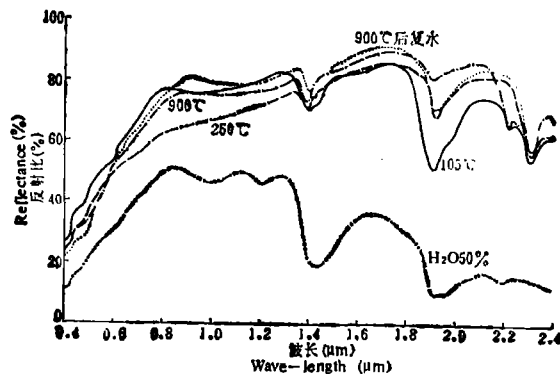


图4 蛭石的光谱反射曲线

Fig. 4 Spectral reflectance curves of vermiculite

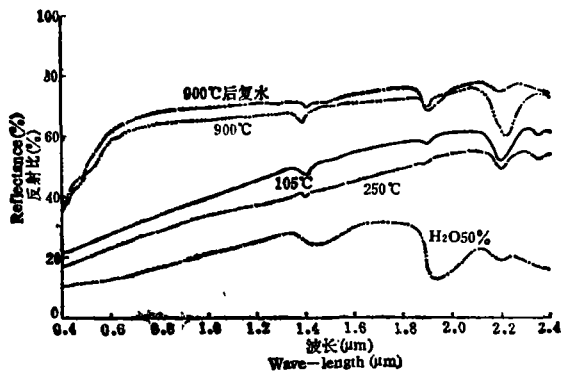


图5 伊利石的光谱反射曲线

Fig. 5 Spectral reflectance curves of illite

250°C (6 小时) 脱去层间水后的样品研究结构水; 用 900°C 加热 (1 小时) 样品研究矿物晶格被破坏, OH 水脱去后的光谱特性; 用 900°C 后在潮湿容器中自然吸湿一昼夜的曲线, 研究矿物复水后的反射率变化; 用风干样品加水, 使含水量达 50% 时, 研究样品有大

量水分子存在时,  $H_2O$  对反射特性的影响(图 1—5)。

不少研究者指出<sup>[2]</sup>, 样品含水时在 1.4 和 1.9  $\mu m$  处出现吸收带, 并把 1.9  $\mu m$  吸收带看作是吸附水的谱带。但在我们的实验中, 风干的或加热到 105 $^{\circ}C$  后的样品, 在 1.4 和 1.9  $\mu m$  处都有很强的吸收带。加热到 250 $^{\circ}C$  后, 1.4  $\mu m$  吸收带仍很强大(埃洛石更明显突出), 1.9  $\mu m$  极大削弱。由此可以认为: 在风干条件下, 粘土矿物 1.4  $\mu m$  附近的吸收带是以羟基为主的 OH 谱带; 1.9  $\mu m$  附近是以层间水为主的  $H_2O$  谱带。风干或加热到 105 $^{\circ}C$  的样品, 在 1.4  $\mu m$  处的吸收强度的次序是埃洛石 > 蒙脱石 > 蛭石 > 伊利石; 1.9  $\mu m$  处是蒙脱石、蛭石 > 埃洛石 > 伊利石。这二个次序与这些矿物所含结构水和层间水的多少是一致的<sup>[4,5]</sup>。加热到 900 $^{\circ}C$  后, 矿物晶格受到破坏<sup>[6]</sup>, 但在 1.4 和 1.9  $\mu m$  处仍出现较弱的吸收带, 这是样品吸收空气中少量水分子造成的。烧到 900 $^{\circ}C$  后又复水的样品出现的吸收带是吸附水的谱带。含水量为 50% 的反射曲线主要是由水分子吸收带支配而形成的。

从实验还可看出, 粘土矿物水谱带形状与水分子的排列有关。结构水和排列规则的层间水, 谱形清晰尖锐吸收强度大, 常呈较窄的“V”形或“U”形, 而排列不太规则的膜状吸附水、自由水等呈较短宽的弧形谱带。

伊利石的光谱特性比较特殊, 羟基等水谱带特征几乎看不出来, 这是云母的定向排列和测量光束有取向作用的结果<sup>[2]</sup>。这也是云母类矿物光谱的主要特征。另外, 从蛭石 900 $^{\circ}C$  及 900 $^{\circ}C$  后复水的曲线来看, 似乎蛭石在 900 $^{\circ}C$  后晶格破坏不大, 很易重新吸水而具有能恢复 OH 水的性质。

**(二) 粘土矿物中主要化学组成的特征光谱**  $SiO_2$  的 Si-O 伸缩振动出现在中红外区 10  $\mu m$  附近<sup>[2]</sup>, 在可见—近红外区是一条平直线。因此, 样品中硅的含量仅能影响该区的反射率而不产生特征谱带。

铁是土壤赋色的重要成分, 也是可见区光谱中最活跃的因素。不同形态的氧化铁可呈现不同的颜色。Hunt 等在 1976 年的报道中指出: 电子过程产生谱带的主要来源是二价及三价铁离子<sup>[2]</sup>。但是, 电子成因的谱带与振动成因谱带不同, 它不能形成尖锐清晰的吸收带, 只能产生宽而变幅不大的谱带, 主要根据反射率的相对强度来识别。

我们用连二亚硫酸钠脱铁后的曲线与未脱铁、铁与有机质均脱的曲线进行统计分析后得出结论: 游离氧化铁对光谱特性的影响极大。它在可见区有一个很宽的吸收带, 波长范围为 0.3—0.6  $\mu m$ , 有的可达 0.7  $\mu m$  以上, 其中最强的吸收位置在 0.42 和 0.48  $\mu m$ ; 近红外区铁的吸收带位于 0.8—1.1  $\mu m$  (有的可达 1.3  $\mu m$ ), 最强吸收位置在 0.9  $\mu m$  附近。通常还认为<sup>[2]</sup>, 0.9  $\mu m$  处是以三价铁、1.1  $\mu m$  附近是以二价铁为主的吸收带。

与  $Al_2O_3$  和  $MgO$  有关的特征谱带也出现在近红外区。Hunt 等人<sup>[7-9]</sup> 把 2.2 和 2.3  $\mu m$  附近的吸收带解释为羟基伸缩振动与 Al-OH 和 Mg-OH 弯曲振动的合频谱带。我们研究了粘土矿物 2.2、2.3  $\mu m$  吸收强度与  $Al_2O_3$  和  $MgO$  的定量关系。从表 1 和图 1—5 可见, 经 105 $^{\circ}C$  处理排除了吸附水谱带干扰以后, 2.2  $\mu m$  吸收强度与四种粘土矿物的  $Al_2O_3$  含量基本一致。蛭石在 2.3  $\mu m$  处的强吸收与它含有很多氧化镁 (23.23%) 有关。

另外, 250 $^{\circ}C$  及低于 250 $^{\circ}C$  诸处理, 总的来说对 2.2 和 2.3  $\mu m$  光谱影响不大。烧到

900℃后的样品,除蛭石外,都失去了原有特征谱线。但都在  $2.2\mu\text{m}$  处出现十分相似的“V”字形吸收带。说明矿物晶格受破坏后形成了新的矿物<sup>[6]</sup>。烧到 900℃的样品复水后,  $2.2\mu\text{m}$  吸收带大为减弱,甚至消失。它们与风干样品加水处理后的谱带基本相似,说明它们是被水的吸收光谱掩盖所造成的。各种加热处理对蛭石的  $2.3\mu\text{m}$  吸收带影响不大。

### 三、应 用

**(一) 鉴别粘土矿物类型** 目前,在鉴定和研究粘土矿物时,主要利用 X 射线衍射谱和差热分析等方法。在光谱方面主要利用红外吸收光谱。Goetz<sup>[7]</sup> 和 Hunt<sup>[9]</sup> 等人曾利用  $2.0\text{—}2.4\mu\text{m}$  反射光谱吸收带形状的差异,来区别某些矿物。依据上述研究,显然可知,将粘土矿物的化学组成、含水特点与特征吸收带联系起来,也可作为鉴定粘土矿物类型的一种方法。此法测试时间 1—3 分钟,试样 2 克左右。并具有不破坏试样、能反映样品颜色和化学组成等优点;X 射线不易鉴定的针铁矿和赤铁矿也可识别;还可应用于矿物结构、加热变化等研究。可作为矿物研究和鉴定的辅助手段。四种粘土矿物(风干样品)的反射曲线(图 1)鉴别要点如下:

伊利石:  $2.2\mu\text{m}$  处为较强吸收,以  $1.4$  和  $1.9\mu\text{m}$  窄浅的凹形吸收带、低反射、谱线斜率基本一致,而有别于其它粘土矿物。

蛭石:  $1.4$  和  $1.9\mu\text{m}$  为宽口“V”形强吸收带(右侧均有次吸收带形成),  $2.2\mu\text{m}$  有一定吸收(一般含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  7—15%)<sup>[4]</sup>, 可见区及近红外区的  $0.8\text{—}1.2\mu\text{m}$  有铁谱带(明显的凹形带)。  $2.3\mu\text{m}$  吸收带是与  $\text{MgO}$  (一般含 20—30%)<sup>[4]</sup> 有关的蛭石特征谱带。

蒙脱石:  $1.4$  (谱形较窄)、  $2.2\mu\text{m}$  强吸收,以  $1.9\mu\text{m}$  较尖的最强吸收带为主要特征,标志 2:1 型蒙脱石的膨胀性和吸湿力最强,含层间水最多。  $1.4$  和  $1.9\mu\text{m}$  右侧均有次要吸收带形成。

高岭石(埃洛石):  $1.4\mu\text{m}$  强吸收,  $2.2\mu\text{m}$  尖锐的特强吸收是高岭类矿物的主要特征(含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  30—40%)<sup>[4]</sup>, 该带由  $2.2\mu\text{m}$  主吸收带和  $2.155\mu\text{m}$  次吸收带形成的肩部组成。  $1.9\mu\text{m}$  处吸收极少是 1:1 型高岭石几乎没有层间水和膨胀性差的典型特征。如果  $1.9\mu\text{m}$  处出现宽浅的“V”形吸收带则是埃洛石的特征谱带。

由上可见,  $1.9\mu\text{m}$  吸收带也是区别 1:1 型和 2:1 型矿物的重要标志。

土壤中常见的其它粘土矿物如绿泥石、三水铝石、赤铁矿、针铁矿等也均可根据上述方法予以鉴别<sup>1)</sup>。

**(二) 区别矿物的二八、三八面体** 矿物有二八和三八面体之分,同一种粘土矿物如蛭石、云母、绿泥石等也可有二八、三八面体之分。本试验用的蛭石是三八面体(有少量二八面体);蒙脱石、埃洛石、伊利石是二八面体。单位晶胞中三个八面体位置被三价阳离子占据时为二八面体,被二价离子占据时为三八面体。本试验得知,  $2.3\mu\text{m}$  吸收带是由二价镁离子配位的 OH 谱带,  $2.2\mu\text{m}$  是由三价铝离子配位的 OH 谱带,因此,  $2.2$  和  $2.3\mu\text{m}$

1) 季耿善、徐彬彬, 1985: 土壤主要粘土矿物的近红外反射特性(土壤专报 42 期待刊稿)。

表2 几种土壤和粘粒 (&lt; 0.001mm) 的化学特性

Table 2 Chemical properties of some soil and clay (&lt; 0.001mm)

土壤类型 Soil type	地点 Location	母质 Parent material	深度 (cm) Depth	pH (H <sub>2</sub> O)	有机质 (%) O. M.	交换量 (me/100g土) CEC	化学全量组成 (%) Total chemical composition (%)										活性铁 (%) Active Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	游离铁 (%) Free Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
							Tgn. loss	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O			
黄棕壤 Yellow brown earth	安徽和县 赤山砂岩		0-18	5.10	1.68	7.74	3.40	86.01	2.06	6.07	痕迹	0.72	0.41	0.01	0.94	0.40	—	—	
			18-52	4.78	0.85	20.79	6.32	71.95	4.73	14.40	痕迹	0.96	0.38	0.05	1.43	0.18	—	—	
			网纹层(白)	5.03	0.43	20.48	5.11	77.39	1.50	13.11	痕迹	1.39	0.31	0.06	1.57	0.13	—	—	
			网纹层(红)	5.14	0.78	16.31	3.98	79.75	3.03	10.56	痕迹	1.11	0.28	0.04	1.58	0.15	—	—	
粘磐黄棕壤 Clay pan yellow brown earth	安徽 马鞍山	下蜀黄土	0-16 土体	6.67	1.97	20.05	5.72	68.64	5.33	13.18	0.78	1.07	0.10	2.23	1.25	0.69	1.92	—	
			0-16 粘粒	—	—	—	8.20	47.24	11.82	25.60	0.07	2.15	0.91	0.09	3.62	0.26	1.64	5.36	—
黄棕壤 Yellow brown earth	江苏 江宁县	粗面岩	0-9 土体	5.51	3.14	7.79	7.20	57.58	18.00	11.90	0.28	0.38	0.61	0.27	2.93	0.50	0.33	5.83	—
			0-9 粘粒	—	—	—	10.04	43.31	12.07	28.18	0.12	1.17	0.52	0.15	4.18	0.24	0.80	7.93	—
			9-21 土体	4.95	3.19	6.56	5.24	58.32	17.90	12.90	0.18	0.42	0.64	0.21	2.97	0.51	0.37	5.93	—
			9-21 粘粒	—	—	—	9.79	42.53	12.57	28.22	0.07	1.07	0.51	0.19	4.03	0.22	0.96	8.61	—
黄红壤 Yellow red earth	安徽 郎溪县	第四纪 红土	0-9 土体	5.29	3.20	8.08	6.79	75.18	4.16	9.89	0.12	0.46	0.84	0.08	1.34	0.32	0.25	2.26	—
			0-9 粘粒	—	—	—	9.42	44.00	11.87	28.34	0.06	1.20	1.13	0.09	2.94	0.26	0.95	9.62	—

吸收带是区分二、三八面体矿物的特征带。即粘土矿物的水铝片在  $2.2\mu\text{m}$ 、水镁片在  $2.3\mu\text{m}$  能产生吸收谱带。

(三) 根据土壤(或粘粒)反射曲线识别主导粘土矿物类型 土壤中  $< 0.001\text{mm}$  粘粒通常由多种粘土矿物组成,除结晶的次生层状硅酸盐外,还有非晶质的硅酸盐、胶体氧化物和氢氧化物。土壤的组成更为复杂。光谱曲线是各种成分的综合反映,所以土壤或粘粒的特征谱带一般较弱,解释起来比单纯的粘土矿物困难,但可用来识别主导粘土矿物。现举例说明之。所提到的土壤和粘粒都作过化学分析(表 2)和 X 射线测定。

例 1 赤山砂岩母质上发育的黄棕壤,采于安徽和县南义公社(图 6, 9)。

这是一个砂质土壤(进行 X 射线分析的样品经过淘砂),反射光谱特征表现得相当好。尤其是白色网纹的曲线,几乎与蒙脱石的曲线一致。 $1.9\mu\text{m}$  处吸收强度大是蒙脱石的特征, $1.4\mu\text{m}$  吸收强度相当大是表明其结晶好。除表层外,其它曲线所对应的土层,其主导粘土矿物也是蒙脱石,与 X 射线分析的结果是一致的。网纹层中红白两种土的差异,比 X 射线衍射谱表现得更明显。

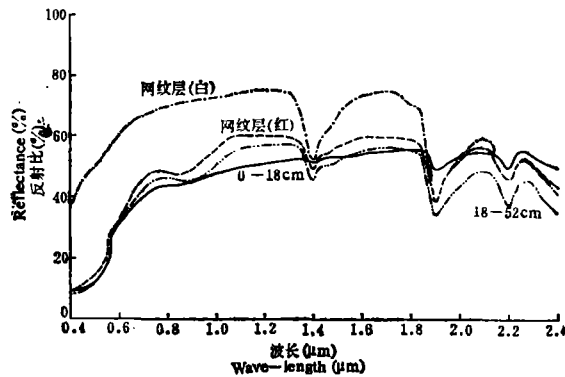


图 6 赤山砂岩母质发育的黄棕壤的反射曲线

Fig. 6 Spectral reflectance curves of yellow brown earth developed from Chishan sandstone

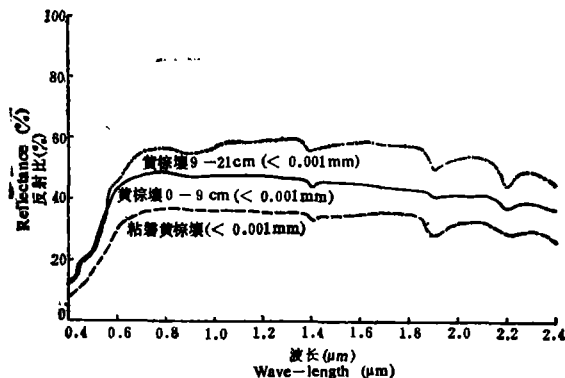


图 7 下蜀黄土母质上发育的粘磐黄棕壤 ( $< 0.001\text{mm}$ ) 和粗面岩母质上发育的黄棕壤 ( $< 0.001\text{mm}$ ,  $0-9\text{cm}$ ,  $9-21\text{cm}$ ) 的反射曲线

Fig. 7 Spectral reflectance curves of clay pan yellow brown earth developed from Xiash loess ( $< 0.001\text{mm}$ ) and yellow brown earth developed from Trachyte ( $< 0.001\text{mm}$ ,  $0-9\text{cm}$ ,  $9-21\text{cm}$ )

例 2 下蜀黄土母质上发育的粘磐黄棕壤,采于安徽马鞍山北 4 公里(图 7, 9)。

粘粒的光谱曲线在近红外区平直、铁谱带反映不明显和  $1.4\mu\text{m}$  处弱吸收是以水云母(伊利石)为主导矿物的特征。 $1.9\mu\text{m}$  处吸收稍强是多水高岭石和蛭石造成的。

例 3 粗面岩母质上发育的黄棕壤,采于江苏江宁县天台山(图 7, 9)。

$2.2\mu\text{m}$  处吸收强度大是高岭类矿物的特点。除  $2.2\mu\text{m}$  吸收强度大于  $1.9\mu\text{m}$  处外,  $0.9\mu\text{m}$  处铁谱带有一定反映。曲线的其它形状与例 2 相似,是一条以水云母和高岭石为主导粘土矿物的曲线。

例 4 第四纪红色粘土母质上发育的黄红壤,采于安徽郎溪南 8 公里(图 8, 9)。

在近红外区,土体或粘粒的反射率均最低,  $1.4$  和  $1.9\mu\text{m}$  处有相当吸收,铁谱带反映明显,这是一条以高岭石为主导矿物的曲线,水云母也有相当数量,但其光谱特征为高岭石的光谱特征所掩盖。粘粒的  $1.9\mu\text{m}$  吸收有一定强度是有一定量高岭石与蒙脱石的混层矿物所致。

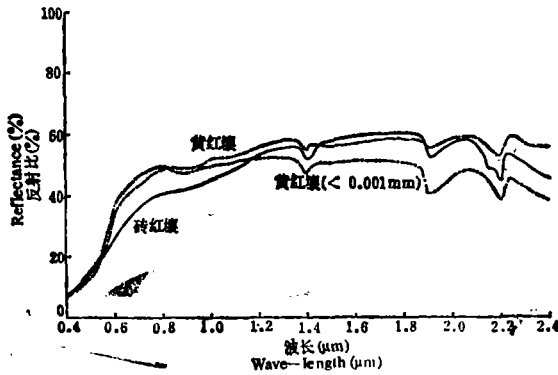


图 8 第四纪红土母质上发育的黄红壤和砖红壤的反射曲线  
Fig. 8 Spectral reflectance curves of yellow red earth and latosol developed from Quaternary red clay

例 5 砖红壤,采于海南岛(图 8)。

$2.2\mu\text{m}$  处吸收强度很大(高岭石与三水铝矿),并显示出由  $2.2\mu\text{m}$  主吸收带和  $2.15$  肩部(次吸收带)组成的高岭石典型谱形特征。曲线由红光区向蓝波段急剧下降和  $0.8-1.2\mu\text{m}$  吸收带说明赤铁矿的数量也相当多。

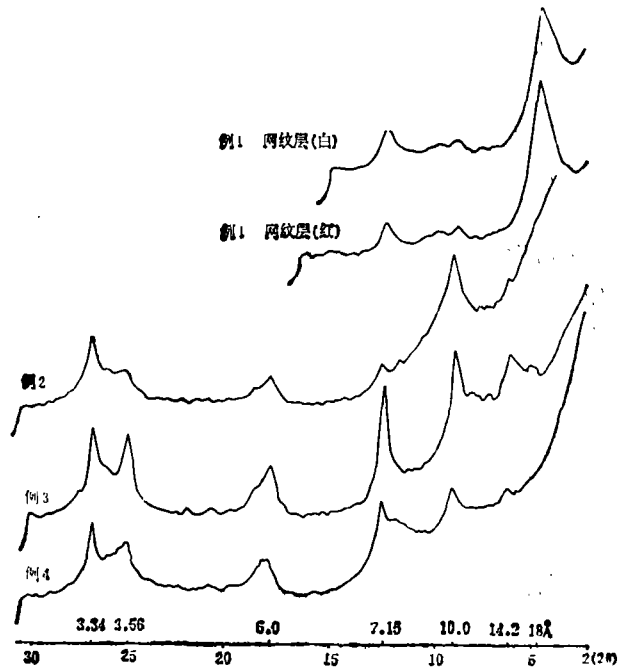
依照上述方法,作者在宁芜遥感试验区的花岗岩母质上发育的黄棕壤中,发现了用一般方法尚难找到的存在于粉砂粒级中的三八面体粗粒蛭石,使该土成土过程和一些难以理解的土壤性质获得了更好的解释,效果甚佳<sup>1)</sup>。

**(四) 土壤性状与土壤形成的解释** 根据土壤反射光谱可获得土壤类型、颜色、水分、有机质、氧化铁、粘土矿物类型、机械组成与粘粒含量、阳离子交换量以及土壤淋溶、淀积、氧化还原等信息<sup>2)</sup>。某些土壤形成特征可以从曲线图中直观而形象地观察到。以赤山砂岩上的黄棕壤为例(见图 6)可见到:(1)随着土壤淋溶作用的加强,表层粘粒不断流失,蒙脱石明显减少,而水化云母相对增加,表现在表层曲线的  $1.4$ 、 $1.9$  和  $2.2\mu\text{m}$  吸收强

1) 季耿善、徐彬彬, 1985, 宁芜遥感试验区的土壤特征(土壤专报 42 期待刊稿)。

2) 季耿善、徐彬彬, 1985, 遥感波段的土壤解译特性(土壤专报 42 期待刊稿)。





例1 赤山砂岩母质上发育的黄棕壤

Example 1 Yellow brown earth developed from Chishan sandstone

例2 下蜀黄土母质上发育的粘磐黄棕壤

Example 2 Clay pan yellow brown earth developed from Xiash loess

例3 粗面岩母质上发育的黄棕壤

Example 3 Yellow brown earth developed from Trachyte

例4 第四纪红土母质上发育的黄红壤

Example 4 Yellow red earth developed from Quaternary red clay

图9 X射线衍射谱 (CuK $\alpha$ )

Fig. 9 X-ray diffraction pattern

表3 黄红壤反射率与粘粒含量、CEC 的关系(安徽十字铺茶场)

Table 3 Reflectance of yellow red earth in relation with its clay content and CEC

深度 (cm) Depth	粘粒含量 (%) Clay content		1.9 $\mu$ m 吸收面积 (mm <sup>2</sup> ) Absorption area nearby 1.9 $\mu$ m	1.92 $\mu$ m 反射率 (%) Reflectance at 1.92 $\mu$ m	CEC (me/100g土)
	< 0.001mm	< 0.01mm			
0-10	17.0	41.2	168	53.7	12
10-24	19.0	46.5	190	51.4	14
24-50	28.0	52.8	218	49.8	14
50-80	44.6	66.1	296	44.9	24
80-144	21.6	49.9	224	56.6	13
144-185	26.3	56.9	282	57.3	11
185-240	37.4	56.5	280	46.9	15

度最低,而淀积层(18—52厘米)均与此相反,能反映粘粒含量及蒙脱石特征的1.9 $\mu$ m处具有很强的吸收带;(2)铁的淋溶使表层的0.9 $\mu$ m附近谱带,几乎是呈一条平滑直线,而以下各层特别是淀积层在0.8—1.1 $\mu$ m有很强的吸收带;(3)白色网纹与网纹层红色土

体氧化铁含量的差异也看得很清楚,半风化母岩的网纹层曲线与蒙脱石曲线接近,还可说明母岩对土壤形成的影响。

其它内容不再赘述,现仅将与土壤胶体有关内容叙述如下:

将近红外区反射曲线平滑化后,计算土壤剖面各层次在  $1.9\mu\text{m}$  处曲线的吸收带面积和  $1.9\mu\text{m}$  吸收带的最低反射率,发现:(1)  $1.9\mu\text{m}$  吸收带面积与土壤粘粒的含量成正相关;(2)  $1.9\mu\text{m}$  吸收带最低反射率与土壤阳离子交换量成反相关。从十字铺茶场的黄红壤所得的结果(表 3)可作为一个例子。

这种现象可用  $1.9\mu\text{m}$  吸收强度能综合地反映土壤吸附性能高低来解释,而与此有关的粘粒含量、粘土矿物类型又是决定土壤阳离子交换量的主要因素。另据研究,土壤阳离子交换量与  $2.1-2.3\mu\text{m}$  光谱反射率也有很高的相关性<sup>1)</sup> ( $n = 95$ ,  $R = -0.83$ — $-0.87$ ,  $S = 2.6-2.8\text{me}/100\text{g}$  土)。上述发现,对土壤肥力提出用第五个陆地卫星的 TM 2.08— $2.35\mu\text{m}$  波段进行半定量解译有重要意义。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析。上海科技出版社。
- [2] 地质部情报研究所编, 1980: 遥感专辑第一辑, 地质出版社。
- [3] 吕斯骅编著, 1981: 遥感物理基础。商务印书馆。
- [4] 许冀泉, 1960: 土壤中的胶体。土壤, 第 5 期。
- [5] 须藤俊男著(严寿鹤等译), 1981: 粘土矿物学。地质出版社。
- [6] R. E. 格里姆著(许冀泉译), 1960: 粘土矿物学。地质出版社。
- [7] Goetz, A. F. H., et al., 1983: Remote Sensing for exploration: An overview economic geology and bulletin of the society of economic geologists, Vol. 78, No. 4.
- [8] Cariati, F., et al. 1981: Water molecules and hydroxyl groups in montmorillonites as studied by near infrared spectroscopy. Clay and Clay Minerals, 29: (2), 157—159.
- [9] Hunt, G. R., 1979: Near-infrared (1.3—2.4  $\mu\text{m}$ ) spectra of alteration minerals—potential for use in remote sensing. Geophysics, 44: (12), 1974—1986.
- [10] Lindberg, J. D. and Snyder, D. G., 1972: Diffuse reflectance spectra of several clay minerals. American Mineralogist, 57: 485—493.

## REFLECTANCE OF SOIL CLAY MINERALS AND ITS APPLICATION IN PEDOLOGY

Ji Genshan and Xu Binbin

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

### Summary

The reflectance curves (0.2—2.5  $\mu\text{m}$ ) of montmorillonite, halloysite, illite and vermiculite were measured before and after heating of the samples. The reflectance spectroscopic characters of the clay minerals mentioned above and their relation to the chemical composition of the clay minerals were studied. The methods for identification of the main types and di- and tri-octahedra of clay mineral and for distinguishing dominant clay minerals in soils according to the reflectance curves of the soils are proposed. It is also suggested that the reflectance curves of soil profile can be used for interpretation of the soil properties and its genetic characteristics.

1) 季耿善、徐彬彬, 1985, 土壤阳离子交换量与光谱反射率相关研究(土壤专报 42 期待刊稿)。