

# 土壤光谱特征及其定量分析在 土壤分类上的应用研究\*

吴豪翔\*\* 王人潮

(浙江农业大学农业遥感技术应用研究室)

## 摘 要

本文研究了我国南方山地丘陵的砖红壤、红壤、黄壤、水稻土和紫色土等的光谱特征,对这些土壤的 360—2500nm 光谱反射率进行了定量分析,从心土层土壤光谱反射率中选出 10 个光谱指标,能有效地区分我国南方山地丘陵的主要土壤类型,它可作为土壤发生分类研究的光谱定量指标。

土壤光谱反射率是土壤理化特性的光谱行为的综合。随着遥感技术的快速发展和测试手段的提高,各国学者都致力于研究土壤的光谱特性及其与土壤理化性质的相互关系。尤其近 20 年来有较快发展。Stoner (1981) 根据美国和巴西的 485 个表层土样光谱反射率的变化特征,比较详细地描述了五大类土壤光谱反射曲线类型及其与土壤性质、土壤发生分类的关系<sup>[1]</sup>。戴昌达等(1981)根据 360—2500nm 的土壤光谱反射率,把我国主要土壤的光谱反射特性曲线划分为平直型、缓斜型、陡坎型和波浪型四类<sup>[2]</sup>。王人潮等研究也取得了相似结果<sup>[2]</sup>。然而,以往的许多工作是局限于对光谱特性的定性描述和分析,没有详细阐述它们与土壤发生分类的关系,更未提出土壤判别分类的定量指标<sup>[1-4,7-8]</sup>,远远不能满足当前土壤学科水平的提高和遥感应用的要求。

本文通过对我国南方山地丘陵的主要土壤的光谱反射率的测定和分析,以阐明我国南方山地丘陵土壤的光谱特性及其变化规律,并对土壤光谱的反射特征进行定量分析,试图为土壤发生分类研究提供光谱的定量指标。

## 一、材料和方法

(一) 供试土样 土样从浙江和广东两省收集,包括发育于多种成土母质类型的砖红壤、红壤、黄壤、水稻土和紫色土等五个土类,共 42 个剖面。基本能代表我国南方山地丘陵的主要土壤类型(表 1)。

(二) 土壤光谱反射率的测定 土样经风干研磨,使之全部通过 20 目筛后装盒,用日立 340 型分光光度计,在室内测定 360—2500nm 波长范围的风干土样光谱反射率,每间隔 10nm 取一光谱数据,每

\* 本研究得到中科院空间中心戴昌达研究员、中科院广州地质新技术研究所叶宗怀研究员的指导与帮助,并对本文提出宝贵意见,特此致谢。

\*\* 现在浙江省土地管理局工作。

表 1 供试土样的母质和剖面情况

Table 1 The parent material and sample distribution of experimental soils

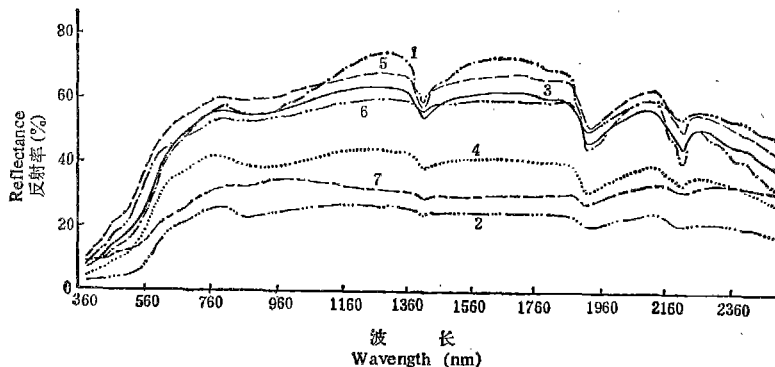
土壤类型 Soil type	成土母质 Parent material	剖面数 No. of Profiles	表层土样数 No. of surface soil sample	心土层土样数 No. of Subsoil sample
砖红壤	花岗岩	3	3	3
	玄武岩	3	3	3
红壤	花岗岩	4	4	4
	玄武岩	5	5	5
	凝灰岩	3	3	3
	石灰岩	2	2	2
	Q <sub>2</sub> 红土	3	3	2
黄壤	花岗岩	4	4	4
	玄武岩	1	1	1
	凝灰岩	3	2	3
水稻土	玄武岩	4	4	4
	Q <sub>2</sub> 红土	4	4	4
紫色土	紫砂岩	3	3	2
样本总数		42	41	40

个样品共测得 215 个光谱反射率数据,同时自动打印出光谱反射率的变化曲线,以便于分析光谱反射率的变化趋势和对比相互间的关系。

## 二、结果分析

### (一) 土壤光谱反射率的变化特征

土壤光谱反射率的测定结果显示,成土母质和不同的剖面层次对土壤的光谱反射率



1. 花岗岩发育的砖红壤; 2. 玄武岩发育的砖红壤; 3. 其它母质发育的红壤(除玄武岩外);
4. 玄武岩发育的红壤; 5. 花岗岩、玄武岩和凝灰岩发育的黄壤; 6. 玄武岩和 Q<sub>2</sub> 红土发育的水稻土; 7. 紫色砂岩发育的紫色土。

图 1 心土层土样的光谱反射率曲线

Fig. 1 The spectral reflectance curves of subsoil samples

表 2 各组土壤的判别系数

Table 2 Coefficients of discriminant functions of soils in different groups

组号 Group No.	判别系数 Discriminant coefficients										
	$\ln q + C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$
1	-63.7541	29.1473	1.2219	5.4743	-1.9497	-1.8061	5.4816	3.9669	2.5860	-6.5205	-5.0094
2	-15.2776	19.2245	10.6932	0.9931	1.4180	0.0241	-2.7393	-1.4565	-1.1302	-1.5899	3.5148
3	-34.2422	14.4275	7.4253	1.9779	0.3824	0.8421	-2.3184	1.9008	0.5193	0.2054	-4.1625
4	-31.8027	30.7462	18.9399	1.3246	2.4306	4.4893	-3.7879	-6.1285	-1.3036	-5.2498	12.1300
5	-32.3293	11.2281	-1.4962	0.7940	-2.3035	0.0776	-0.5488	0.9100	-0.8961	0.0283	-0.0117
6	-25.2870	5.1013	2.0395	2.8993	1.9608	4.8050	-1.9188	-0.0278	2.5246	-3.2107	-1.7096

表 3 六组样本两两间的F统计量

Table 3 F statistical values of six groups in pairs

	2	3	4	5	6
1	7.732**	6.094**	8.954**	7.033**	9.286**
2		3.341**	1.791	4.416**	4.526**
3			4.422**	2.394*	6.553**
4				6.378**	5.276**
5					4.834**

都有着重要影响,其中表土层由于受有机质和耕作措施等因子的影响,其变化大于心土层。为此,我们着重于对心土层进行研究。

测定结果表明,土壤类型和特殊的成土母质对土壤光谱特征有很大影响。根据土壤的光谱反射率强度,所有测试土样可以划分为二大光谱类型,如图1(根据各组土壤的光谱反射率均值绘制)所示,一类是低反射率光谱类型包括玄武岩发育的砖红壤、红壤和紫砂岩发育的紫色土,它们的光谱反射率均较低,最高处一般不超过40%,并在1400、1900和2200nm处的三个吸收谷强度也较弱(即图1中2、4、7);另一类是由花岗岩、凝灰岩等发育的砖红壤、红壤、黄壤和水稻土,其反射率高,在1400、1900和2200nm处的三个吸收谷强度也较大(图1中1、3、5、6),均属高反射率光谱类型。部分形成于种稻不久和水耕作用影响较小的玄武岩发育的水稻土。仍与其起源土壤属同一类光谱反射率。由图1还可看出,除紫色土外,测定的所有土壤都是在可见光谱段表现斜率剧增的陡坎型特征,且在800—1100nm处出现有明显的吸收带谱,这主要与我国南方山地丘陵土壤的富铝化成土过程和铁的吸收有关<sup>[1,2]</sup>。紫砂岩发育的紫色土有着特殊的光谱反射特征,主要表现在1000nm左右处出现较强的反射峰它有别于其它各类土壤;另一特征是在2300至2410nm波段范围反射率持续增加,而其它土壤在2300nm后的反射率是一直下降的。利用紫色土的这两个突出的光谱特征,就可将它同其它土壤区分开来。

表 4 逐步判别选区变量的原始数据及计算结果  
Table 4 The originated digits of selected variables and calculated results

样本号 Sample No.	选取 10 个变量的原始数据 Original digits of variables										计算结果 Calculated result		
	650—630	770—790	780	$\lambda_3$	$\lambda_2$	1660	2490	$\lambda_1^*$	1000	$\lambda^{**}$	原分类 Original group	归类 $\lambda$ Calculated group	验后概率 Proba- bility
101	2.3	0.3	55.4	14.6	15.9	74.5	34.7	14.2	57.5	54.3	1	1	1.0000
102	2.6	-0.3	61.6	16.2	15.1	74.4	34.4	14.3	63.4	56.5	1	1	0.9999
103	2.4	-0.5	53.6	13.7	15.2	68.8	30.6	12.7	54.9	50.8	1	1	0.9999
209	1.5	0.3	66.3	14.1	14.6	67.8	28.3	13.9	62.9	53.8	3	3	0.9741
210	1.7	0.3	59.2	16.1	14.6	70.8	29.6	13.7	60.5	53.5	3	3	0.9992
104	1.0	-0.1	27.4	4.6	2.8	29.2	20.7	2.15	28.1	25.0	2	2	0.9992
105	1.0	0.3	26.3	2.4	2.8	25.2	18.4	1.1	25.5	22.3	2	2	0.8901
106	0.9	0.1	22.1	2.3	1.5	18.9	15.7	1.1	21.3	17.6	2	2	0.9992
201	1.9	-0.6	49.8	10.2	11.1	57.4	34.1	7.45	53.4	46.5	3	3	0.8938
202	1.7	0.1	60.1	13.4	13.8	66.4	31.7	12.3	59.9	52.8	3	3	0.9232
203	1.0	0.2	68.3	12.5	9.8	72.0	45.8	8.9	68.1	61.5	3	3	0.9155
204	1.7	0.3	39.2	6.0	7.2	58.3	40.5	3.1	45.5	45.5	3	3	0.9375
205	1.5	-0.1	57.2	11.4	8.9	62.1	37.6	7.4	58.1	51.7	3	3	0.9887
206	1.6	0.0	58.0	6.8	7.0	61.7	47.1	4.4	58.9	53.3	3	3	0.9928
207	2.1	-0.1	53.7	4.9	5.3	56.4	47.8	2.65	55.5	49.7	3	3	0.9990
301	1.4	-0.2	50.3	4.8	5.4	59.2	49.3	2.35	54.8	51.3	5	5	0.8609
302	1.5	-0.3	59.3	7.1	8.9	66.1	46.8	5.9	62.6	56.8	5	5	0.9992
303	1.9	-0.8	66.3	13.5	10.2	78.0	52.1	9.1	69.9	65.1	5	5	0.9560

304	1.0	0.1	60.7	10.1	10.4	62.8	38.0	8.1	59.5	53.0	5	3	0.7653
305	1.9	-0.8	60.6	11.9	11.6	72.7	42.8	8.4	63.8	58.6	5	5	0.9880
211	0.9	0.7	41.0	4.6	5.3	35.5	22.3	2.9	36.0	31.5	4	4	0.9997
212	1.2	-0.1	48.7	4.0	4.6	47.8	40.0	2.1	48.1	43.5	4	4	0.6101
213	1.1	0.3	38.0	4.3	7.8	39.1	24.6	3.2	35.5	32.6	4	4	0.9988
214	1.0	0.4	37.7	3.0	3.3	32.1	24.4	1.6	34.0	29.8	4	4	0.9917
215	1.6	0.4	41.7	8.3	10.1	49.4	26.4	6.4	43.3	38.9	4	4	0.9735
306	2.0	-0.8	44.4	3.8	4.4	53.0	46.0	1.6	49.4	45.6	5	5	0.9010
307	1.4	-0.4	58.8	5.3	8.4	63.9	46.8	3.8	59.2	54.7	5	5	0.9962
308	1.3	-0.1	58.3	12.7	13.9	64.8	31.3	12.7	58.7	51.7	5	5	0.9643
216	2.0	-0.2	50.2	5.7	7.4	54.4	41.3	1.0	51.8	46.5	3	3	0.9620
217	1.9	-0.5	46.8	4.2	6.2	51.1	41.5	2.6	49.9	44.4	3	3	0.5664
507	0.1	0.0	17.7	0.8	0.6	15.2	16.1	0.3	16.3	15.2	6	6	0.7035
508	1.2	-0.4	35.1	7.3	10.6	48.6	27.6	4.8	36.7	36.9	6	6	0.9999
506	1.0	-0.2	44.1	4.2	7.4	48.1	35.0	2.5	43.4	40.9	6	6	0.9984
501	1.8	-0.1	52.8	6.2	6.9	58.5	46.7	3.3	55.5	50.5	6	3	0.9821
502	1.2	-0.4	61.6	5.8	5.3	70.1	62.3	2.7	64.7	62.4	6	6	0.9970
503	0.3	0.4	64.9	4.8	5.4	67.4	58.6	2.6	63.8	61.3	6	6	0.9999
504	0.8	-0.3	53.6	6.1	6.7	63.0	50.9	3.4	56.5	54.5	6	6	0.9979
505	0.9	-0.2	40.4	3.9	6.7	47.5	35.3	2.4	40.3	39.7	6	6	0.9998

$$* \lambda_1 = \frac{(1340 - 1410) + (1450 - 1410)}{2}; \lambda_2 = \frac{(1850 - 1920) + (1990 - 1920)}{2};$$

$$\lambda_3 = \frac{(2230 - 2210) + (2130 - 2210)}{2}; **\lambda \text{ 表示从 } 360 - 2500\text{nm 各波段均值。}$$

## (二) 土壤光谱特征的定量分析及其意义

为了定量解释我国南方山地丘陵的土壤类型,我们对除紫色土外的其它心土层土样,仍按图 1 所示,将土样分为 6 组进行了光谱特征的选择提取和多类逐步判别分析。

由于每个样品共测得 215 个光谱反射率值在计算中也即有 215 个变量,如不加选择地用这么多变量来加以区分,不仅计算困难,而且也不能有效地区分。从图 1 可见,土壤的光谱特征表现为反射率的强度、曲线变化的斜率和特征吸收谷的强度等。因而在光谱变量的压缩和提取上采用以下二步方法进行。首先,对样品的光谱反射率曲线进行对比分析,主观剔除各组土壤间无明显差异或相似的光谱变量,提取差异较明显的光谱变量、反射率的差值和吸收谷强度等光谱特征;其次是运用条件分布理论的数学手段,从 215 个反射率值中选择最具代表性的光谱变量,其方法的理论是基于广义方差达到最小的原则<sup>[6]</sup>。经以上二方面选择,得出 22 个变量作为 215 个光谱值的代表,再进一步作多类逐步判别分析。

本文采用 Bayes 准则下的判别分析,计算中先验概率近似用每组土壤的观察数与观察土壤的总数之比代替。计算结果表明,从 22 个变量中选出 780、1000、1660、2490nm 处的反射率,以及 650 和 630、770 和 790nm 处反射率的差值,整个测定波段范围反射率的均值以及近红外波段的三个吸收谷强度(表 4) 10 个光谱变量就能建立相应的六组判别方程:

$$f_i(x) = \ln q_i + C_{0i} + \sum_{k=1}^{10} x_k \cdot C_{ki} \quad (i = 1, 2, \dots, 6)$$

式中  $q_i$  为  $i$  组的先验概率,  $C_{ki}$  为判别系数,  $x_k$  为样品向量。各组土样判别方程的判别系数列于表 2。对六组样品的判别效果检验表明差异极显著 (Bartlett 统计量  $\chi^2 = 156$ )。它们的组间差异性检验列于表 3, 结果表明,除第 4 组玄武岩发育的红壤和第 2 组玄武岩发育的砖红壤在约 0.15 水平上差异,其余各组 ( $F > F_{0.05(10, 24)} \approx 2.25$ ) 均差异显著。

根据选择的 10 个指标进行计算分类的结果,分类后每组各指标的均值和标准差列于表 4 和表 5。结果表明,参与计算的 38 个样本,除 2 个与原分类不一致外,其余均相符,说明以上选取的光谱指标能有效地将我国南方几类主要土壤相区分。另 2 个与原分类不一致的土壤,如表 4 中 304 号试样位于浙江南部,母岩为花岗岩,海拔高度 780 米,原将它划为黄壤,其实它位于红壤和黄壤的过渡地段,根据光谱特征的计算结果归属红壤,说明在气候较湿热的浙南,在这个海拔高度上的土壤,其性质可能更接近于红壤,这在土壤分类上值得进一步研究。作为亚热带和热带山地富铝化土壤,它与红壤属同一发生学系列,在性状上和地理分布上的过渡不明显<sup>1)</sup>,主要是黄壤发生了水化附加过程,这就使得综合反映土壤属性的光谱特征更有可能成为它们的有效区分指标。501 号试样是发育于  $Q_2$  红土、种稻不久的新黄筋泥田,其土壤性质、特别是心土层仍保持红壤的特性,因此,土壤光谱特征的判别把它划归红壤也是无可非议的。

为了进一步验证上述结果的准确性,还测定了二个花岗岩发育的砖红壤、一个玄武岩发育的砖红壤、一个凝灰岩发育的黄壤和一个花岗岩发育的红壤样品的土壤光谱反射率,

1) 俞震豫, 1986: 《土壤发育及其鉴定和分类》, 浙江农业大学土化系。

表 5 判别分组土壤光谱变量的均值和标准差  
Table 5 Average and standard deviations of variables for discriminant analysis

变 量 Group No.	组 号 Variable					
	1	2	3	4	5	6
650—630	2.43±0.1528	0.97±0.0577	1.65±0.3382	1.16±0.2702	1.63±0.2928	0.79±0.4298
770—790	-0.17±0.4163	0.10±0.2000	-0.02±0.2891	0.34±0.2881	-0.49±0.3078	-0.16±0.2820
780	56.87±4.1968	25.27±2.7970	55.56±7.9788	41.42±4.4382	56.86±7.2248	45.34±16.3808
$\lambda_3$	14.83±1.2662	3.10±1.3000	9.35±3.9500	4.84±2.0256	8.44±4.1263	4.70±2.0833
$\lambda_2$	15.40±0.4359	2.37±0.7506	9.48±3.2347	6.22±2.7179	8.97±3.3340	6.10±3.0011
1660	72.57±3.2625	24.43±5.1926	61.52±6.3453	40.78±7.5768	65.39±8.2396	51.41±18.6397
2490	33.23±2.2854	18.27±2.5027	39.23±6.7379	27.54±7.1153	44.87±6.6608	40.83±16.9770
$\lambda_1$	13.73±0.8963	1.45±0.6062	6.83±4.4285	3.24±1.8770	6.26±4.0271	2.67±1.3413
1000	58.60±4.3555	24.97±3.4313	56.88±5.8930	39.38±6.0586	59.77±6.5900	45.96±17.2462
$\bar{\lambda}$	53.87±2.8745	21.63±3.7448	50.98±4.5970	35.26±5.7483	54.83±6.2053	44.41±16.6075

用相应的 10 个光谱指标代入上述判别分析得出六组判别方程进行计算归类验证,结果与原分类完全一致。

综上所述结果表明,我国南方山地丘陵土壤类型之间的光谱特征是有明显区别的,从分类学含义分析,目前我国南方红壤的分类还存在着分类指标的不够具体和不够明确等问题,但由于客观条件的限制,实际上也很难充分提供土壤实体的差异特征作为分类指标。例如,按原分类同位于海南岛的玄武岩发育的砖红壤和花岗岩发育的砖红壤,土壤性质差异明显,在光谱上也表现为二类显著不同的变化特征,在现阶段,一般认为是母质对土壤属性的影响。对我国红壤的分类问题,一直引起许多学者的关注<sup>1)</sup>。本文从土壤光谱的角度进行了一些定量分析研究,选取的 10 个光谱特征指标主要是表现在可见光和靠近红外波段的几个特征点和吸收谷上,如 650、780 和 1000nm 处反映了铁吸收带的影响,而近红外波段的三个吸收谷强度则与土壤的粘粒矿物有关。根据前人资料推出<sup>[1,2]</sup>,它基本上反映了我国南方山地丘陵土壤类型的光谱变化特征,因此可作为土壤发生分类和土壤属性研究的光谱定量指标。在土壤发生分类和土壤属性的研究中,光谱特征显示了它的综合特点,这对提高土壤发生分类以及整个土壤学科的研究水平具有重要意义。

### 三、结 论

1. 根据土壤光谱反射率的变化特征,可将我国南方山地丘陵的主要土壤分为二大类型。即一类是玄武岩发育的土壤、紫色土和部分形成于玄武岩母质上的水稻土,是属低反射率光谱类型,近红外波段的三个吸收谷强度较小,紫色土在 1000 和 2300—2400 nm 处有着特殊的光谱特征;另一类是其他母质发育的砖红壤和红壤、黄壤和水稻土,都属于高反射率光谱类型。

1) 俞震豫,1986:《土壤发育及其鉴定和分类》,浙江农业大学土化系。

2. 土壤的光谱反射率是土壤的内在属性,经光谱定量分析,从心土层选取的 10 个光谱特征,作为区分我国南方山地丘陵的土壤类型的光谱特征指标是可取的,它既能反映我国南方山地丘陵土壤的光谱反射特性,又可以作为土壤发生分类和土壤属性研究的光谱定量指标。

3. 从土壤光谱行为分析,土壤母质特性对光谱反射特征具有重要影响。在区分我国南方红壤类型时,应综合考虑土壤实体的属性变化。

### 参 考 文 献

- [1] 戴昌达, 1981: 中国主要土壤光谱反射特性分类与数据处理的初步研究。遥感文献, 315—323 页, 科学出版社。
- [2] 王人潮等, 1986: 浙江省主要土壤光谱反射特性及其模糊分类在土壤分类中的应用研究。浙江农业大学学报, 第 12 卷 4 期, 464—471 页。
- [3] 汪固伟等, 1987: 东北主要土壤的光谱反射特性。土壤通报, 第 5 期, 209—211 页。
- [4] 徐彬彬等, 1987: 土壤光谱反射特性研究及其应用。土壤学进展, 第 15 卷 1 期, 1—7 页。
- [5] Hunt, G. R., 1980: 矿物和岩石的可见及近红外光谱——第 III 篇。遥感专辑(第一辑), 38—50 页, 地质出版社。
- [6] 科民, 1976: 运用“条件分布”理论修定服装国家标准。应用数学学报, 第 2 期, 62—70 页。
- [7] Stoner, E. R. et al., 1981: Characteristic variations in reflectance of surface soils, *Soil sci. Am. J.*, 45: 1161—1165.
- [8] Latz, K. et al., 1984: Se Characteristic variations in spectral reflectance of selected eroded alfisols, *Soil sci. Am. J.*, 48: 1130—1134.

## SOIL SPECTRAL CHARACTERISTICS AND ITS QUANTITATIVE ANALYSIS IN SOIL CLASSIFICATION

Wu Haoxiang and Wang Renchao

(Zhejiang Agricultural University)

### Summary

A wide range of natural soils in southern China were collected to study the characteristic variation and to develop a quantitative approach of soil spectral reflectance which are related to soil classification and some soil properties. A total of 81 soil samples was collected from A or B horizon in 42 soil profiles which involve five main soil great groups, i.e. latosol, red earth, yellow earth, paddy soil and purplish soil. The reflectance of air-dried soils over range of 0.36—2.5  $\mu\text{m}$  wavelength by using a HIATCHI 340 model spectrophotometer in the laboratory.

The analytic results of characteristic variations in the reflectance of the soils demonstrated that soil type and parent material of natural soils have significant effect on the variations in the reflectance of the soils. Two distinct reflectance curve patterns were identified according to curve shape and character of spectral absorption bands. The first pattern exhibited a low reflectance with weak absorption bands at 1.4, 1.9 and 2.2  $\mu\text{m}$ , including latosols and red earths derived from basalts, purplish soils from purplish sandstones and some paddy soils developed from basaltic soils; and the second pattern had a higher reflectance and strong absorption



bands at 1.4, 1.9 and 2.2  $\mu\text{m}$ , including latosol red earths and yellow earths derived from granites, tuff etc. and the paddy soils. All of soils except purple soil showed stronger absorption bands in the range of 0.8 to 1.1  $\mu\text{m}$ , and these bands are related with allitic enrichment and iron oxide content which may directly affect soil reflectance. However, the reflectance of purple soil is influenced by some special properties of parent material, and has been found to exhibit two characteristic variations: stronger reflectance bands at 1.0  $\mu\text{m}$  and continual reflectance bands from 2.3 to 2.41  $\mu\text{m}$ .

The quantitative approach of the reflectance characteristic variations of B horizon soils were used to explain various types of soils in southern China. At first characteristic variations were chosen subjectively and extracted by mathematic method, and then many sorted stepwise discriminant analysis were conducted. The result have demonstrated that six groups of discriminant equations could be established only by 10 spectral variables chosen from the reflectance as follows:

$$f_i(x) = \ln q_i + C_{0i} + \sum_{k=1}^{10} x_k \cdot C_{ki} \quad (i = 1, 2, \dots, 6)$$

Where  $q_i$ ,  $C_{0i}$  and  $C_{ki}$  are coefficients of the discriminant equations. Ten variables are: reflectances at 0.78, 1.0, 1.66 and 2.49  $\mu\text{m}$ ; differences between 0.65 and 0.63  $\mu\text{m}$ ; 0.77 and 0.79  $\mu\text{m}$ ; average of the overall reflectances; intensity of the absorption valley at 1.4, 1.9 and 2.2  $\mu\text{m}$ . The discriminant equations could differentiate six soil groups available. The variables could be used as quantitative indices in the research of soil genesis and classification.