

252-261

土壤, 变性土, 矿物学特性

18

# 我国变性土矿物学特性的研究

顾新运

(中国科学院南京土壤研究所)

S155.2

S152.1

经研究,我国热带亚热带地区的曾被称为暗色粘土、膨粘土以及暖温带的砂姜黑土,根据它们的诊断特性和诊断层,应归属于变性土。该类土壤具有独特的剖面形态和内在性质。在粘粒矿物组成上均含有膨胀型矿物——蒙皂石,它是鉴定变性土的重要依据之一。因此,研究土壤成土过程中矿物学性质及其演变规律,对变性土的形成机理及土壤利用提供重要的理论依据。

## 一、样品和研究方法

### (一)供试土壤

采自闽、桂、皖地区的5个代表性土壤剖面,系发育于不同母质和地形部位的变性土,其基本状况见表1。

表1 供试土壤的基本状况

剖面号	土壤名称	采集地点	气候带	母质	地形部位
1	暗色粘土	福建漳浦前亭	中亚热带	玄武岩	台地顶部
2	膨粘土	广西百色华侨农场	亚热带	泥灰岩及河湖沉积物	低丘顶部
3	膨粘土	广西百色华侨农场	亚热带	泥灰岩及河湖沉积物	低丘中部
4	膨粘土	广西百色华侨农场	亚热带	泥灰岩及河湖沉积物	低丘下部
5	砂姜黑土	安徽蒙城	暖温带	河湖沉积物	湖洼地

### (二)研究方法

1. 土壤理化性质按常规方法测定。

2. 土壤矿物学鉴定

(1) 粘粒矿物组成采用X射线衍射分析。先将 $<2\mu\text{m}$ 粘粒用镁饱和的甘油水溶液制成定向薄片,在X射线衍射仪上用 $\text{CuK}\alpha$ 辐射获得矿物X射线衍射图谱。

(2) 矿物超显微形态鉴定。将粘粒置于试管中,制成悬浮液,经超声波分散后,将样品置于铜网上,用透射电镜拍摄电子显微照相。

(3) 土壤显微结构分析。选取原状土自然断面,制成 $0.1-1\text{cm}^3$ 土块,经喷涂导电金属膜后,用扫描电镜鉴定,并拍摄显微照相。

(4) 土壤微形态鉴定。先将原状土用不饱和聚酯树脂浸渍固定后,制成薄片,在偏光显微镜下进行观察并鉴定。

## 二、结果与讨论

### (一)土壤基本理化性质

• 国家自然科学基金资助项目。

由表 2 可见,变性土的许多理化性质有别于同地带其他土壤。变性土的粘粒含量较高,其变化顺序为:泥灰岩发育的变性土>河湖沉积物发育的变性土 $\geq$ 玄武岩发育的变性土。土壤质地均较粘重,各剖面的粘化率除个别层次外均大于 1。表明土壤颗粒在剖面中的垂直分异不明显。土壤阳离子交换量大多在  $20\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  以上。

表 2 变性土的基本性质

剖面号	深度 (cm)	pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )	有机质 $\text{gkg}^{-1}$	粘粒 ( $<0.002\text{mm}$ ) $\text{gkg}^{-1}$	阳离子交换量 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$	粘化率*
1-1	0-20	7.15	16.2	281	39.50	1.00
1-2	20-41	7.03	10.4	324	40.50	1.15
1-3	41-71	7.12	8.5	336	43.01	1.20
1-4	71-95	7.37	9.7	367	41.10	1.30
1-5	95-110	7.27	9.8	324		1.15
2-1	0-15	6.60	46.2	593	33.47	1.00
2-2	15-26	6.50	28.8	704	32.16	1.19
2-3	26-37	8.60	11.6	699	20.70	1.18
2-4	37-38	8.55	6.5	662	19.30	1.12
2-5	68-110	8.81	5.0	628	19.60	1.06
3-1	0-17	7.91	43.9	518	31.16	1.00
3-2	17-37	7.95	21.8	616	32.26	1.19
3-3	37-53	8.25	11.9	640	31.76	1.24
3-4	53-83	8.75	5.9	667	22.11	1.29
3-5	83-95	8.82	3.6	638	14.67	1.23
3-6	95-110	8.40	14.9	663	23.38	1.28
3-7	110-125	8.46	5.7	650	23.01	1.25
4-1	0-11	7.42	47.2	576	29.95	1.00
4-2	11-31	7.75	29.1	562	28.04	0.97
4-3	31-50	7.70	22.9	465	22.71	0.81
4-4	50-80	8.37	5.9	666	20.00	1.17
4-5	80-100	8.77	4.3	669	16.88	1.16
5-1	0-16	7.35	10.8	313	23.06	1.00
5-2	16-25	7.47	8.7	311	23.58	0.99
5-3	25-56	7.55	7.2	391	31.54	1.26
5-4	56-76	7.70	4.5	—	26.48	—
5-5	76-106	8.20	3.5	—	27.86	—

\* 粘化率=该层粘粒/A层粘粒

## (二)氧化铁、氧化锰类型及其含量

变性土与大多数其他土壤一样,铁、锰矿物的数量较层状矿物少,铁锰矿物具有颗粒细、比表面大、活性高对土壤物理化学性质产生深刻影响的特点,因此,深入了解铁锰矿物的形态和含量是全面研究变性土矿物学性质的重要内容。

表 3 表明,由玄武岩发育的变性土中(剖面 1)氧化铁总量很高,剖面各层次平均含量可达  $146.3 \pm 6.7\text{gkg}^{-1}$ ,而且无定形氧化铁含量亦较高,平均含量为  $3.96 \pm 0.6\text{gkg}^{-1}$ 。因此,土壤中铁的活化度较大(8.96—17.88),尤其在有机质比较丰富的表土,可阻止氧化铁进一步老化。所以,表土中铁的活化度通常比底土高出 1 倍以上。泥灰岩发育的 3 个土壤剖面,虽分别处于丘陵顶、中、下部不同的地形部位上(剖面 2、3、4),但三者氧化铁总量差别不大,分别为  $61.2 \pm$

12.3, 68.0±8.7, 66.4±9.5gkg<sup>-1</sup>。无定形氧化铁的含量亦较低,分别为0.84±0.9, 0.77±0.8, 1.64±1.32gkg<sup>-1</sup>。土壤中铁的活化度较小,除少数土层外,均在5以下。由此可见,土壤氧化铁含量及类型深受母岩、有机质及生物作用的影响,局部的地形差异影响较小。

变性土的氧化锰含量较氧化铁低几个数量级,各剖面氧化锰总量与成土母质有密切关系,其变化趋势与氧化铁类似。玄武岩发育的变性土氧化锰含量平均为2.30±0.14gkg<sup>-1</sup>,泥灰岩发育的变性土氧化锰含量按其所处地形部位是丘陵中部变性土(1.14±0.4gkg<sup>-1</sup>)>丘陵下部变性土(0.82±0.37gkg<sup>-1</sup>)>丘陵顶部变性土(0.63±0.19gkg<sup>-1</sup>)。在玄武岩发育的变性土剖面中氧化锰含量垂直变化不明显,而在泥灰岩发育的变性土中则分异非常明显。

表3 变性土中氧化铁及氧化锰的含量(gkg<sup>-1</sup>)

剖面号	全铁 (Fec)	游离铁 (Fed)	无定形铁 (Feo)	游离度 $\frac{Fed}{Fec} \times 100$	活化度 $\frac{Feo}{Fed} \times 100$	全锰 (Mxt)	游离锰 (Mnd)	无定形锰 (Mno)	游离度 $\frac{Mnd}{Mnt} \times 100$
1-1	135.0	27.4	±4.9	20.29	17.88	2.11	0.55	0.56	26.08
1-2	145.3	31.5	4.1	21.68	13.02	2.18	0.64	0.11	29.55
1-3	149.8	34.1	3.6	22.76	10.56	2.42	0.63	0.16	26.03
1-4	150.9	40.9	3.5	27.10	8.56	2.43	0.91	0.14	37.45
1-5	150.3	41.3	3.7	27.48	8.96	2.35	0.66	0.13	66.23
平均值	146.3±6.7	35.0±6.0	3.96±0.6			2.30±0.14	0.68±0.14	0.22±0.19	
2-1	73.3	42.1	2.5	57.44	5.46	0.43	0.15	0.14	41.86
2-2	74.6	56.4	1.1	75.60	1.95	0.43	0.21	0.25	48.81
2-3	59.2	43.1	0.4	72.80	0.93	0.78	0.48	0.32	61.54
2-4	48.5	32.2	0.2	66.39	0.62	0.67	0.26	0.22	38.60
2-5	50.6	34.7	0.2	68.58	0.58	0.65	0.39	0.34	45.88
平均值	61.2±12.3	41.7±9.5	0.84±0.9			0.63±0.19	0.30±0.13	0.26±0.06	
3-1	81.0	54.2	2.5	66.91	4.61	1.54	0.59	0.77	38.31
3-2	72.8	54.1	1.2	74.31	2.22	1.17	0.75	0.66	62.39
3-3	68.3	47.9	0.4	70.13	0.84	1.23	0.64	0.55	52.03
3-4	60.5	48.4	0.2	80.00	0.42	0.90	1.06	0.43	—
3-5	55.3	35.5	0.1	64.19	0.28	0.37	0.24	0.21	64.86
3-6	64.6	36.2	0.6	56.04	1.66	1.49	0.41	0.83	27.51
3-7	73.6	53.2	0.4	72.28	0.75	1.25	0.62	0.70	49.60
平均值	68.0±8.7	47.1±8.1	0.77±0.80			1.14±0.4	0.61±0.28	0.59±0.22	
4-1	70.9	46.9	2.5	66.15	5.33	0.95	0.37	0.55	38.34
4-2	70.4	60.5	2.8	85.93	4.63	1.15	0.33	0.63	28.69
4-3	71.7	52.1	2.5	72.66	4.80	1.14	0.46	0.57	40.35
4-4	69.7	51.7	0.3	74.18	0.58	0.57	0.33	0.28	57.89
4-5	49.4	34.0	0.1	68.83	0.29	0.30	痕迹	0.14	—
平均值	66.4±9.5	49.1±9.7	1.64±1.32			0.82±0.37	0.37±0.06	0.42±0.22	

### (三)土壤矿质全量组成

供试土壤及胶体矿质全量组成列于表4、表5。5个供试土壤剖面的元素含量有一定的差异。从剖面的垂直变化来看, Si、Al变化不大,说明在剖面中移动较弱,而各种氧化物含量变幅较大,尤其CaO在各土层中表现出明显的垂直分异特征,这可能与土壤成土环境密切相关。各剖面的土壤风化淋溶系数(ba值)普遍较大,变化于0.32—2.13之间,表明土壤风化淋溶作用较弱。土壤粘粒的硅铁率、硅铝率在剖面中垂直变化不大,但各剖面间有明显差别,泥灰岩发育

的3个土壤,其硅铁率较高,在14.48—17.44之间,玄武岩及河湖沉积物发育的土壤分别为10.35、12.81;而硅铝率的变化则相反,玄武岩、河湖沉积物发育的土壤较高,分别为3.76、3.81,泥灰岩发育的土壤则在2.69—2.87之间。另外,我们比较了同属亚热带地区,均由玄武岩发育的暗色粘土(剖面1)和红壤某些土壤发生特点,红壤的硅铁铝率和硅铝率低,分别为1.44、1.90<sup>①</sup>。说明红壤的风化淋溶和脱硅富铝化作用远比暗色粘土强。

综上所述,变性土的许多理化特性有别于同地带其他土壤,它们的共同点是:质地粘重,有机质含量低,土壤反应呈中性至微碱性,阳离子交换量高,土壤中硅、铁、铝的移动较弱,而钙、镁、钾、钠的变异较大,土壤的风化淋溶作用较弱,成土过程缓慢,是一种成土年龄古老而发育程度较弱的土壤类型。

#### (四)土壤粘粒矿物组成和显微特征

表4 供试变性土的土体全量分析

剖面号	深度 (cm)	化学组成 (gkg <sup>-1</sup> )										ba 值
		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>	
1	0—20	455.8	155.0	171.9	16.6	47.9	27.0	2.11	18.4	17.5	3.17	1.21
	20—41	468.7	145.3	177.3	18.8	46.9	29.1	2.18	15.8	16.3	4.01	1.11
	41—91	458.4	149.8	183.7	18.0	46.9	27.9	2.42	13.8	17.4	3.39	1.05
	71—95	448.4	150.9	196.6	16.0	45.2	29.3	2.43	12.9	11.1	2.70	0.89
	95—110	439.2	150.5	201.0	11.3	45.9	27.5	2.35	12.5	9.4	2.50	1.04
2	0—15	555.7	73.3	197.5	5.7	15.2	9.3	0.43	12.1	1.4	0.90	0.32
	15—26	518.6	74.6	236.2	16.8	13.0	8.2	0.43	14.0	2.8	0.74	0.35
	26—37	404.9	53.2	170.5	149.8	14.4	5.7	0.78	13.2	2.4	0.57	1.90
	37—68	424.1	48.5	156.4	140.3	23.4	6.1	0.67	13.9	2.6	0.64	2.13
	68—100	441.1	50.6	153.5	137.3	18.7	5.9	0.85	14.6	4.2	0.80	2.08
3	0—17	579.2	81.0	169.7	19.0	10.8	9.2	1.54	12.1	0.8	0.78	0.45
	17—37	575.7	72.8	207.7	7.8	20.1	9.3	1.17	14.4	1.7	0.59	0.40
	37—53	583.9	68.3	209.9	痕迹	27.6	9.2	1.23	17.1	1.5	0.55	0.43
	53—83	470.3	60.5	181.2	106.2	23.4	6.8	0.90	14.9	1.5	0.56	1.49
	83—95	505.6	55.3	172.6	92.0	16.6	6.8	0.37	17.0	1.8	0.50	1.34
	95—110	541.2	64.8	199.7	4.9	25.4	8.4	1.49	14.2	2.4	0.71	0.46
110—125	570.3	73.6	206.5	9.4	26.2	8.0	1.25	16.7	4.6	0.35	0.53	
4	0—11	574.0	70.9	178.5	5.3	19.9	9.3	0.95	11.8	1.3	0.88	0.42
	11—31	610.4	70.1	178.0	3.8	17.1	9.3	1.15	11.1	1.5	0.58	0.36
	31—50	622.2	71.7	168.6	12.9	15.8	10.0	1.14	10.2	0.4	0.53	0.44
	50—80	547.0	68.7	184.6	51.9	14.0	6.9	0.57	14.3	3.3	0.59	0.82
	80—100	457.4	49.5	155.7	131.3	13.4	5.6	0.30	13.9	1.9	0.64	1.89
5	0—16	777.1	38.8	116.9	12.5	10.5	7.7	0.58	17.7	16.5	0.82	0.82
	16—25	773.7	38.7	119.0	12.5	10.4	7.6	0.64	17.7	16.4	0.75	0.80
	25—56	726.0	53.9	146.4	19.4	13.7	7.6	1.09	19.0	13.8	0.68	0.77
	56—76	711.2	58.2	150.7	14.4	19.0	7.3	0.88	22.0	14.3	0.84	0.80
	76—106	701.2	54.6	145.3	31.1	18.4	7.3	0.73	22.4	16.0	0.83	1.06
	106—135	720.3	57.0	146.9	15.7	17.5	7.3	0.82	22.1	15.5	0.85	0.82

注: ba 值为风化淋溶系数;  $ba = \frac{K_2O + Na_2O + CaO + MgO}{Al_2O_3}$  (分子比)

① 引自《中国土壤》第54页。

表 5 供 试 变 性 土 的 粘 粒 全 量 分 析

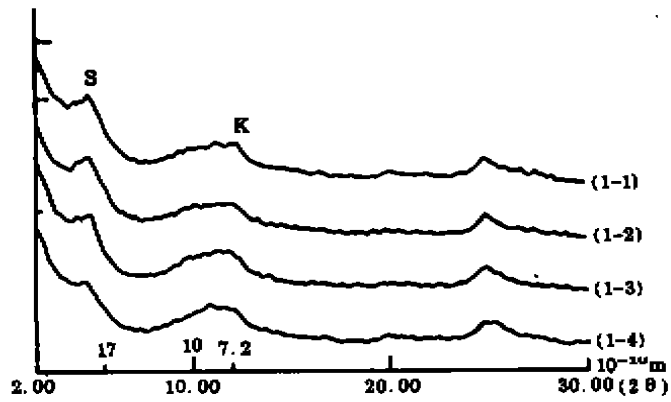
剖面号	深度 (cm)	化学组成 (g kg <sup>-1</sup> )														$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$		$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$		$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		平均值		平均值		平均值				
1	0-20	509.6	120.8	206.8	痕迹	24.9	18.3	0.44	3.8	1.7	2.05	11.24		4.25		3.08					
	20-41	196.3	126.3	212.7	痕迹	29.5	16.2	1.00	3.4	1.5	1.85	10.46		3.95		2.86					
	41-71	481.0	125.2	229.5	痕迹	27.4	17.0	0.96	2.6	0.9	2.29	10.20	10.35   0.71	3.55	3.76 ± 0.41	2.64	2.76 ± 0.27				
	71-95	483.6	129.3	236.4	痕迹	25.3	17.8	0.65	2.4	0.4	2.65	9.51		3.32		2.46					
2	0-15	458.9	78.1	315.9	0.13	15.1	7.4	0.09	18.7	2.6	0.88	15.54		2.45		2.12					
	15-26	459.5	79.9	312.0	0.13	18.8	7.2	0.33	19.1	3.0	0.71	15.30		2.50		2.15					
	26-37	466.5	87.5	291.1	痕迹	21.5	7.1	0.63	23.2	2.4	0.79	14.18	15.67 ± 3.2	2.69	2.69 ± 0.23	2.26	2.29   0.20				
	37-68	475.2	101.9	280.8	痕迹	20.5	6.7	1.34	30.4	4.0	0.97	12.34		2.82		2.29					
	68-100	503.1	63.6	288.6	痕迹	18.3	7.5	0.50	29.6	3.1	0.81	21.00		3.00		2.62					
3	0-17	493.1	71.7	293.1	痕迹	18.3	9.4	0.25	20.8	2.3	0.92	18.28		2.86		2.45					
	17-37	481.8	69.8	294.4	痕迹	17.9	7.3	0.52	21.5	2.9	0.65	18.35		2.78		2.41					
	53-83	483.9	79.6	290.4	痕迹	17.9	6.8	0.61	26.0	2.8	0.66	16.18	17.44 ± 1.4	2.83	2.87 ± 0.07	2.40	2.44 ± 0.03				
	83-95	497.6	69.7	285.3	痕迹	19.0	7.6	0.21	27.9	2.0	0.75	19.01		2.97		2.49					
	95-110	484.3	73.6	290.9	痕迹	19.8	6.9	0.36	21.6	2.3	0.46	17.52		2.83		2.43					
	110-125	484.1	84.0	279.9	痕迹	22.7	7.4	1.01	22.7	2.8	0.54	15.32		2.94		2.46					
4	0-11	489.0	69.9	296.3	痕迹	16.5	9.0	0.37	19.4	5.1	1.71	15.37		2.79		2.37					
	11-31	484.0	72.5	296.9	痕迹	16.8	9.0	0.25	18.5	2.3	0.79	15.19		2.77		2.34					
	31-50	469.2	85.1	286.5	痕迹	20.5	6.3	0.41	20.0	2.8	0.67	12.38	14.48 ± 1.3	2.79	2.79 ± 0.01	2.27	2.33 ± 0.04				
	50-80	488.2	72.7	295.6	痕迹	24.0	10.3	0.23	17.2	1.9	0.77	15.00		2.80		2.36					
	80-100	496.1	73.7	280.6	痕迹	19.2	6.9	0.22	17.2	2.6	0.79	14.44		2.79		2.34					
5	0-16	565.6	117.6	249.6	0.92	22.3			28.1	3.2		13.43		3.85		2.96					
	16-25	567.7	114.6	256.1	0.92	19.1			28.4	3.4		13.19		3.77		2.93					
	25-56	563.9	116.4	257.9	0.70	20.0			27.2	3.3		12.88	12.81 ± 0.44	3.72	3.81 ± 0.06	2.88	2.93 ± 0.03				
	56-76	561.4	121.3	250.2	0.82	24.2			31.8	3.0		12.24		3.82		2.92					
	76-106	559.6	117.6	250.6	0.82	24.1			31.0	3.4		12.57		3.88		2.97					
	106-155	559.3	118.6	250.5	0.62	23.1			31.5	2.8		12.57		3.79		2.91					

土壤中小于2微米粘粒矿物的组成及含量,不仅对确定变性土具有重要的诊断意义,而且与土壤的物理化学性质关系密切。对供试土壤进行的X射线半定量分析及显微特征研究结果表明(表6,图1),玄武岩发育的暗色粘土(剖面1),土壤粘粒矿物组成比较单纯,属蒙皂石—高岭石组合,其中2:1型膨胀性蒙皂石的含量占33—36%,1:1型高岭石的含量占64—67%,各土层的粘粒矿物含量变化不大。蒙皂石和高岭石的X射线衍射峰比较宽广而弥散,说明其矿物结晶程度较差,而且晶粒比较细小。经电子显微镜鉴定,蒙皂石的超显微特征呈卷曲波纹状薄片,边缘有刺状突起(照片1),高岭石大多为细小的鳞片状结晶,并伴有少量六角薄片晶粒。扫描电镜图像中,可直接观察到半风化的玄武岩上演变成较多蒙皂石,蒙皂石薄片明显的叠聚体结构,微结构之间裂纹、裂隙丰富(照片2),这与蒙皂石膨胀势较高有关,亦是变性土典型特征之一。泥灰岩发育的土壤(剖面2、3、4),其粘粒矿物组成均为蒙皂石—水化云母—高岭石组合(表6)。各种粘粒矿物含量:蒙皂石占10—27%,高岭石可占41—57%,水云母占17—48%。矿物在剖面的垂直分布中有一定分异,蒙皂石含量由下而上逐渐增加,尤其在表土及心土层剧增,水云母则由下而上呈减少趋势,高岭石含量的变化无明显规律性。X射线衍射图谱(图2)显示,该类土壤的粘粒矿物特征峰比较尖锐而狭窄,表明其结晶程度较高,晶粒较大,蒙皂石的超显微形貌亦呈卷曲波纹状薄片晶体,并有较多的刺状突起,且吸附较多氧化铁。水云母为不规则片状结晶,晶体边缘轮廓明显,并有少量水云母薄片边缘出现绒毛状,是水云母向蒙皂石过渡的特征显微形貌(照片3)。高岭石的晶体比较细小,除少数六角薄片状结晶外,大多为细小鳞片状。扫描电镜图像显示,泥灰岩经风化后形成蒙皂石叠聚体,而且常与水云母及高岭石相互胶结形成微团聚体,水云母叠聚体呈现云朵状显微形貌,由于各矿物交错分布,因此显微结构比较松散,微孔隙发达(照片4),发育于河湖沉积物母质的土壤(剖面5),粘粒矿物种类较多,全剖面均为蒙皂石—水云母—高岭石—绿泥石组合(图3),其中蒙皂石含量很高,可占总粘粒矿物的1/2,高达46—51%,水云母占32—36%,并有少量高岭石约占11—13%,和极少量绿泥石占5—7%。剖面各层次的垂直变化较小。蒙皂石超显微特征呈絮状或卷曲薄片状,边缘突起明显,结晶程度较高,水云母呈不规则薄片,绿泥石不规则薄片较厚,边缘比较圆滑(照片5)。扫描电镜显示,土壤中蒙皂石显微结构,呈卷曲叠片状,蒙皂石表面吸附一些无定形物质。除了粘粒矿物外,还可见到少量长石。长石表面经风化淋溶后,有明显的溶

表6 供试变性土粘粒矿物含量

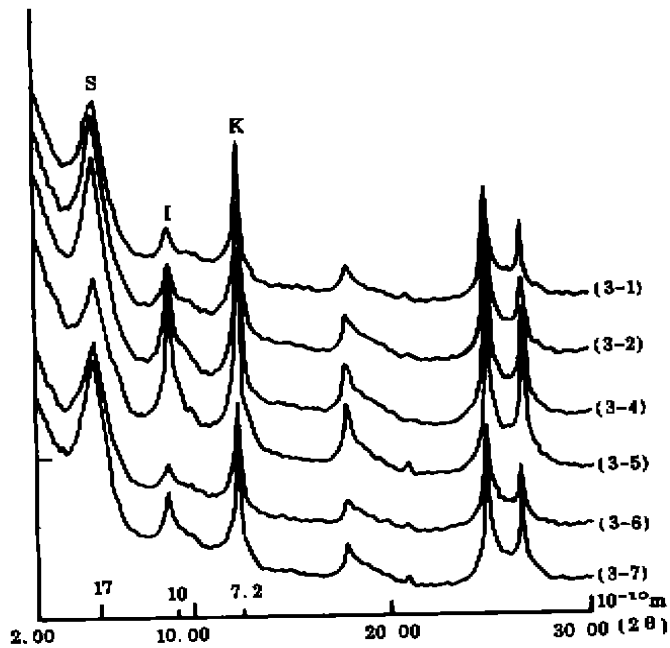
剖面号	深度 (cm)	粘粒矿物含量(%)			剖面号	深度 (cm)	粘粒矿物含量(%)			
		蒙皂石	水化云母	高岭石			蒙皂石	水化云母	高岭石	绿泥石
1-1	0-20	33		67	3-5	83-95	10	48	42	
1-2	20-41	34		66	3-6	95-110	22	26	52	
1-3	41-71	36		64	3-7	110-125	17	33	50	
1-4	71-93	34		66						
2-1	0-15	27	17	56	4-1	0-11	24	20	56	
2-2	15-26	26	20	54	4-2	11-31	22	18	60	
2-3	26-37	13	32	53	4-3	31-50	17	27	56	
2-4	37-68	14	40	46	4-4	50-80	14	19	67	
2-5	68-110	14	45	41	4-5	80-100	17	41	48	
3-1	0-17	25	24	51	5-1	0-16	46	34	13	7
3-2	17-37	26	27	47	5-2	16-25	51	32	13	6
3-4	53-83	16	41	43	5-3	25-56	48	36	11	5

蚀坑显微形貌(照片 6)。可能由于受沉积物母质及低洼地形的影响,该类土壤比较粘重,土壤结构比较紧实而致密,孔隙相对较少。



S:蒙皂石 K:高岭石

图 1 暗色粘土(剖面 1)粘粒 X 射线衍射图谱



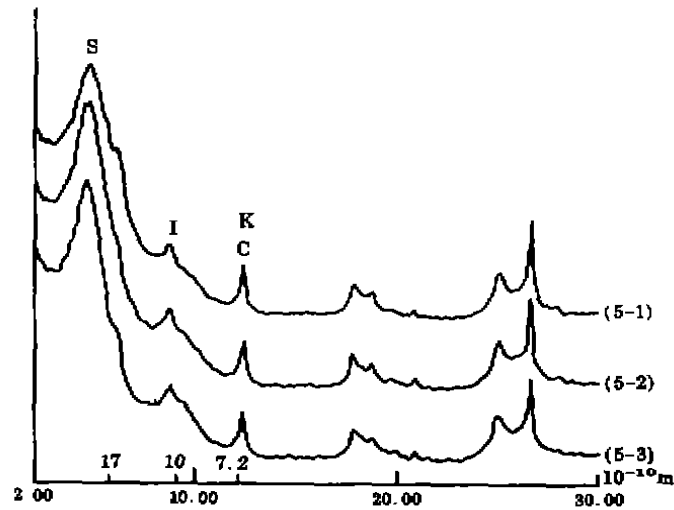
S:蒙皂石 I:水化云母 K:高岭石

图 2 膨粘土(剖面 3)粘粒 X 射线衍射图谱

### (五)粘粒矿物的形成与转化

为进一步探讨变性土矿物的来源及演变规律,对剖面 1、2、3、4 的母岩成分进行分析。经偏光显微镜鉴定,剖面 1 的母质属橄榄玄武岩,主要矿物成分为斜长石、橄榄石和辉石等。其中部分橄榄石已蚀变为伊丁石,基质中斜长石已蒙皂石化,岩块表面的裂隙间有明显的粘粒胶膜,

薄片还显示较多铁质浸染斑点,系母岩在风化过程释放的游离氧化铁所致。X射线衍射分析(图10)进一步证明,玄武岩母质中除长石外,还有粘粒矿物蒙皂石及一定量的 $TiO_2$ 。剖面2、3、4的母质均属泥灰岩和河湖沉积物,在正交偏光下显示碳酸盐基质及大量铁质浸染斑,并可见到孔隙壁及铁质凝团周围和基质内有大量因干湿交替形成的纤维状光性定向粘粒,它是变性土特有的微形态特征。X射线衍射分析还表明,泥灰岩和河湖沉积物母质还有较多蒙皂石及部分高岭石和石英。



S:蒙皂石 I:水化云母 K:高岭石 C:绿泥石

图3 砂姜黑土(剖面5)粘粒X射线衍射图谱

上述结果充分说明,变性土粘粒矿物可能有3种来源:(1)由原生矿物蚀变而成;(2)来自沉积物母质;(3)在成土过程中形成。3种来源在适当的环境下可互相转化。我们所研究的变性土大多处于比较湿热的气候和碱性环境中,加之粘土层中排水不畅,淋洗作用缓慢,而且又经历明显的干旱季节,土壤溶液中聚集了大量硅和镁等离子。这种高盐基水平的土壤环境,特别有利于蒙皂石的形成。而且土壤风化淋溶作用比同地带其他土壤弱,因此大量蒙皂石形成后比较稳定,不至于进一步向1:1型高岭石转化,因此变性土中蒙皂石占一定优势,这也是鉴别变性土的重要诊断依据。

水云母是原生矿物云母族矿物水化作用的产物。白云母经水化后,可淋滤出部分 $K^+$ ,其所空出的位置由 $(H_3O)^+$ 取代而形成水化云母。在暖湿气候条件下,水云母是不稳定的矿物,四面体中Al离子全部或部分被Si离子取代时,则转化为蒙皂石,在电镜中可观察到水云母边缘呈绒毛状结晶,这是水云母蒙皂石化的显微特征。高岭石的形成环境与蒙皂石不同,只有当土壤溶液中基本上无镁和其他盐基类物质,才能形成高岭石,因此,现存于变性土中的高岭石可能是早期风化成土作用的产物。另外有些原生矿物(如长石等),在水解作用下,钙离子有局部富集现象,长石亦可演变为蒙皂石;有时,由于钾离子不能及时迁移,在富钾的微区环境下,亦可形成水化云母。

### 三、结 语

本文研究的几种变性土,虽属于不同气候带,发育于不同母质上,但它们间具有相类似的





图 4(照片 1) 蒙皂石呈卷曲薄片·18000



图 5(照片 2) 玄武岩半风化体演变为蒙皂石

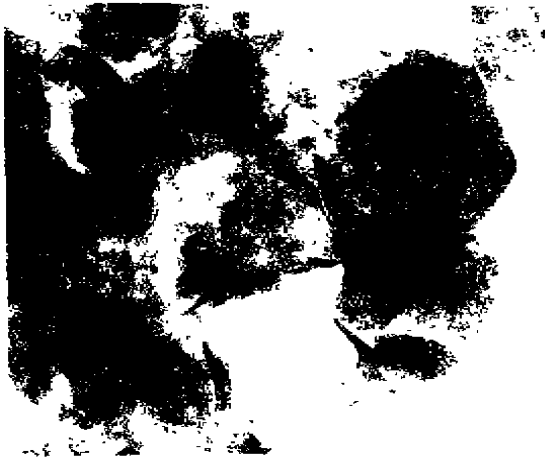


图 6(照片 3) 水云母薄片边缘呈绒毛状·18000



图 7(照片 4) 蒙皂石、水云母、高岭石互相胶结成微团聚体



图 8(照片 5) 绿泥石晶片较厚呈不规则片状



图 9(照片 6) 长石风化后呈现溶蚀坑形貌

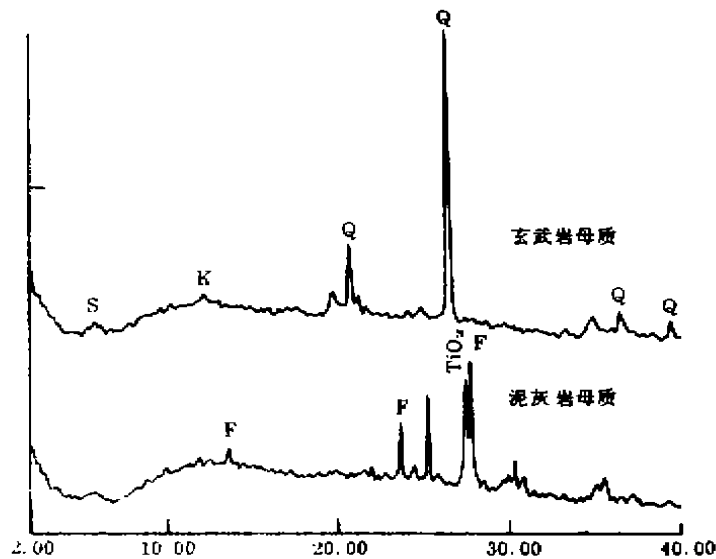


图 1 玄武岩、泥灰岩粉末 X 射线衍射图谱  
Q:石英 F:长石

特性,主要是:

- (1) 母质均属中性、盐基性母岩或富含钙镁等盐基的沉积物。
  - (2) 呈中性—微碱性反应,粘粒含量高,大多在  $300\text{gkg}^{-1}$  以上,阳离子交换量大,多数在  $20\text{cmol}^{-1}\text{kg}^{-1}$  以上,土壤中氧化铁活性较高。
  - (3) 与同气候带的土壤相比,其风化淋溶系数(ba 值)较大,硅铝率较高,表明土壤的风化度低,风化淋溶作用及富铝化作用较弱。
  - (4) 粘粒矿物组成以 1:1 型膨胀性蒙皂石占一定优势,伴随矿物为水云母、高岭石等。
- 分布在我国亚热带及暖温带的变性土(或变性土型的土壤)的特征,与国际上变性土的划分标准较为接近,尤其在亚热带玄武岩和暖温带湖积物发育的土壤剖面中,其蒙皂石含量占粘粒矿物总量 53% 以上,可与苏丹、埃及尼罗河谷地以及澳大利亚低地的变性土中所含的蒙皂石相比拟。

#### 参 考 文 献

- [1] 黄瑞采,周传槐编译,土壤发生分类与资源评价,200—213 页,江苏科学技术出版社,1986。
- [2] 熊毅,李庆远主编,中国土壤,39—66 页,科学出版社,1990。
- [3] 顾新运,李淑秋,砂姜黑土粘粒矿物特性及其在肥力上的意义,淮北地区水土资源开发与治理研究,论文集,146—155 页,科学出版社,1992。
- [4] El-Attar H. A. & M. I. Jackson. Montmorillonitic soil developed in Nilo River sediments. *Soil Sci.* 116: 191—201, 1973.
- [5] Dixon J. B. et al. (eds). Minerals in soil environments. SSSA, 210—256, 1977.
- [6] Wilding, L. P. & Puentes R. , Vertisols: Their distribution, properties, classification and management. Texas A & M University Printing Center, 55—79, 1988.