

# 广东北江第四纪沉积物发育土壤的 矿物特性\*

殷 细 宽      曾 维 琪

(华南农业大学)

## 摘 要

本文分析了粤北武水、北江、横石水和连江各级阶地及河漫滩上各时代沉积物发育土壤的粘粒矿物和原生矿物。结果表明,不同河流流经地区不同,物质来源不同,其矿物组成有别;同一河段,形成于早更新世的三级阶地( $T_3$ )上的土壤矿物组成与形成较晚的各级阶地差异甚大,这是母质来源和风化成土条件不同所致;二级阶地( $T_2$ )、一级阶地( $T_1$ )及河漫滩( $T_0$ )上的土壤矿物相似,只是风化程度有异,随着阶地升高,形成年代愈老,富铝化程度愈强烈;但各级阶地之间差异程度不均等, $T_2$ 至 $T_1$ 之间变幅大, $T_1$ 至 $T_0$ 之间差异较少,这是时间因素和古气候波动性叠加所致。

自第三纪末以来,粤北地区在新构造运动的影响下,曾多次发生间歇性上升,致使北江及其支流两岸形成多级阶地,其上普遍发育了第四纪红土。本文拟查明这些土壤的矿物学特性,研究它与土壤形成发育的关系。这项工作也有助于北江第四系地层、新构造运动和古气候的研究。

## 一、土壤剖面的自然条件

粤北在南岭山脉以南的北江流域,属中亚热带潮湿气候区,年均温 $9-20^{\circ}\text{C}$ ,年雨量 $1500\text{mm}$ 。北江较大支流有武水、浈水、翁江和连江等。武水源于南岭,向东南经坪石至韶关与浈水会合,再向南流成为北江,在坪石之前主要流经花岗岩组成之山地及其边缘变质带和红岩盆地。连江源于粤北西北面,向东南流至连江口注入北江,其河谷穿越寒武纪及古生代砂页岩及灰岩,其中灰岩及白云质灰岩分布广,境内岩溶地貌发育。翁江源于粤东,向西至英德流入江北,其支流横石水源于与韶关盆地相隔之大宝山花岗岩体。研究土壤分别采自武水(坪石)、北江(曲江)、连江(浈江)及横石水(翁城)各级阶地及河漫滩,土壤剖面自然条件及其B层基本性质列于表1。

第三级阶地( $T_3$ )为侵蚀阶地,形成于早更新世( $Q_1$ ),比高 $40-50\text{m}$ ,现已割切为缓坡丘陵,阶地面难于保存,有些地区古河流沉积之卵石和铁结核仅零星分布。卵石以石英砂岩为主,风化度高,手捏即碎,土层呈红色。

\* 本研究承韶关市农业局土肥科及省国土厅协助采样,特此致谢。

表 1 土壤剖面基本性质  
Table 1 Basic properties of soil profiles

地点 Location	剖面号 No.	土壤 Soil types	阶地类型 Terrace types	比高 (m) Relative height	地质时代* Geologic age	地貌 Land form	母质 Parent material	植被 Vegeta- tion	深度 (cm) Dept	pH (H <sub>2</sub> O)	土壤颜色 Soil color	质地** Texture
乐昌、浔石 武水南岸	Q116	红壤	基座阶地(T <sub>2</sub> )	40	Q <sub>2</sub>	丘陵	冲积物	芒箕、茅草	15—60	4.49	红 10R5/8	重壤土
	Q117	红壤性土	堆积阶地(T <sub>1</sub> )	10—15	Q <sub>3</sub>	冲积平原	冲积物	水稻、菜地	60—90	7.12	淡棕黄 2.5Y6/4	中壤土
	Q118	冲积土	河漫滩(T <sub>0</sub> )	0.5—1	Q <sub>4</sub>	平坦地	冲积物	草地	10—20	7.81	淡棕黄 7.5YR6/4	中壤土
韶关曲江 北江东岸	Q121	红壤	侵蚀阶地(T <sub>3</sub> )	40—45	Q <sub>1</sub>	丘陵	冲-坡积物	芒箕、茅草	50—80	4.57	暗棕红 2.5YR4/6	重壤土
	Q123	红壤	基座阶地(T <sub>2</sub> )	20—25	Q <sub>2</sub>	丘陵	冲积物	松、旱作	180—200	4.34	淡红 10R6/8	重壤土
	Q124	红壤	堆积阶地(T <sub>1</sub> )	8—10	Q <sub>3</sub>	冲积平原	冲积物	菜地	150—200	6.15	黄 2.5Y8/6	中壤土
	Q88	冲积土	河漫滩(T <sub>0</sub> )	1—2	Q <sub>4</sub>	平坦地	冲积物	菜地	43—143	6.02	近棕 7.5YR4/6	轻壤土
翁城、横石 水东岸	Q14	红壤	基座阶地(T <sub>2</sub> )	35—40	Q <sub>2</sub>	丘陵	冲积物	松、芒箕	4—24	4.20	淡棕红 2.5YR5/8	重壤土
	Q23	红壤性土	堆积阶地(T <sub>1</sub> )	8—10	Q <sub>3</sub>	台地	冲积物	旱作	7—50	4.20	红黄 7.5YR6/8	中壤土
	Q19	冲积土	河漫滩(T <sub>0</sub> )	3—5	Q <sub>4</sub>	冲积平原	冲积物	水稻田	90—150	5.72	近黄 2.5Y8/6	中壤土
英德、浚洗 连江北岸	Q102	红壤	侵蚀阶地(T <sub>3</sub> )	40—45	Q <sub>1</sub>	丘陵	残-冲积物	松、茶	0—17	4.02	近灰黄 2.5Y7/3	中壤土
	Q105	红壤	基座阶地(T <sub>2</sub> )	20—30	Q <sub>2</sub>	丘陵	冲积物	芒箕、旱作	70—184	4.8	淡红 10R6/8	轻粘土
	Q101	红壤性土	冲积阶地(T <sub>1</sub> )	10	Q <sub>3</sub>	台地	冲积物	松、旱作	23—97	5.27	近淡黄棕 10YR7/6	重壤土
	Q98	冲积土	河漫滩(T <sub>0</sub> )	3	Q <sub>4</sub>	冲积平原	冲积物	草地	20—107	5.66	近褐 2.5Y6/3	砂壤土

\* 根据广东地貌区划, 1962, 中国科学院华南热带资源综合考察队, 广州地理研究所; \*\*根据卡琴斯基分类法。

第二级阶地 ( $T_2$ ) 为基座阶地, 属中更新世 ( $Q_2$ ), 比高 20—40m, 现已被侵蚀为起伏平缓的台地或残丘, 阶地面隐约可见, 仍保持河流冲积物的二元结构。表层为红土, 质地为轻粘土到重壤土, 下部为红土夹卵砾石, 或为红、黄和白相间之网纹红土, 间夹砂姜状铁结核。剖面厚度 10m 以上, 有时可见基岩, 多为砂页岩和灰岩等。卵砾石为石英岩、石英砂岩、花岗岩等, 多已风化。花岗岩和砂岩卵石用锤轻击即碎, 砾石风化皮完整, 厚约 1cm。

一级阶地 ( $T_1$ ) 为堆积阶地, 属晚更新世 ( $Q_3$ ) 产物, 比高 8—15m, 阶地面保留较好, 成平坦台地, 有些地区亦受轻微侵蚀。为微起伏之台地。剖面内二元结构清晰, 表层为河漫滩相沉积, 为稍带黄色的红土层, 厚度数十厘米至数米不等, 质地为重壤土至中壤土, 下部为河床相卵砾石层。砾石为石英岩、砂岩、花岗岩、板岩等组成, 风化度低, 坚硬, 厚度可达数米至十余米。

河漫滩 ( $T_0$ ) 为近代沉积之平地, 前缘比高 0.5—5m, 宽度各河段不一, 宽者数十米, 窄者数米。近期连续上升地区, 逐步演变为超河漫滩, 已开垦为耕地。河漫滩沉积物二元结构明显。上部为河漫滩相, 质地为中壤土至砂壤土, 下部为河床相卵砾石层, 组成复杂, 有砂岩、石英砂岩、板岩、片岩和花岗岩等, 质地坚硬。

## 二、试验方法及结果

测试土样取自土壤剖面的 B 层, 除去  $> 3\text{mm}$  砾石, 加 NaOH 分散后, 湿筛分离出 0.1—0.5mm 的细砂粒, 再用沉降法抽提出  $< 0.002\text{mm}$  的粘粒。

### (一) 粘粒矿物组成

沉降分离出的粘粒分别制成氢粘粒和镁粘粒。取氢粘粒进行化学分析; 镁粘粒分别制成甘油定向薄片和钾质水薄片进行 X 射线衍射; 另取粉状镁粘粒进行差热分析和透射

表 2 土壤粘粒的化学组成 ( $< 2\mu\text{m}$ )

Table 2 Chemical composition of the clay fraction

剖面号 No.	粘粒含量(%) Clay fraction	$\text{SiO}_2$ (%)	$\text{Al}_2\text{O}_3$ (%)	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (%)	$\text{K}_2\text{O}$ (%)	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\text{SiO}_2$		阳离子交换量 (meq/100g) C.E.C
							$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$		
Q116( $T_2$ )	41.8	43.72	34.76	5.34	2.05	2.15	1.97	26.28	
Q117( $T_1$ )	25.0	43.85	33.57	5.18	3.06	2.21	2.03	29.96	
Q118( $T_0$ )	23.9	41.38	32.72	5.06	2.45	2.16	1.97	24.07	
Q121( $T_3$ )	38.4	31.21	40.02	11.24	0.43	1.33	1.13	7.99	
Q123( $T_2$ )	40.4	38.68	37.78	5.76	1.72	1.73	1.56	18.49	
Q124( $T_1$ )	33.1	42.36	34.19	4.68	2.85	2.09	1.92	18.61	
Q88( $T_0$ )	18.6	41.70	30.37	10.06	2.31	2.33	1.94	22.22	
Q14( $T_2$ )	38.0	30.86	44.48	4.74	1.08	1.16	1.09	15.11	
Q23( $T_1$ )	27.2	33.04	40.07	6.87	2.60	1.41	1.28	15.77	
Q19( $T_0$ )	30.8	38.75	47.29	10.24	3.72	1.41	1.25	19.28	
Q102( $T_3$ )	26.0	39.68	31.92	10.14	5.26	2.13	1.78		
Q105( $T_2$ )	68.6	36.27	34.71	11.75	1.71	1.76	1.46	26.41	
Q101( $T_1$ )	35.8	34.79	31.59	12.79	3.11	1.87	1.49		
Q98( $T_0$ )	7.2	35.25	28.15	15.35	3.28	2.11	1.55		

电镜观察。

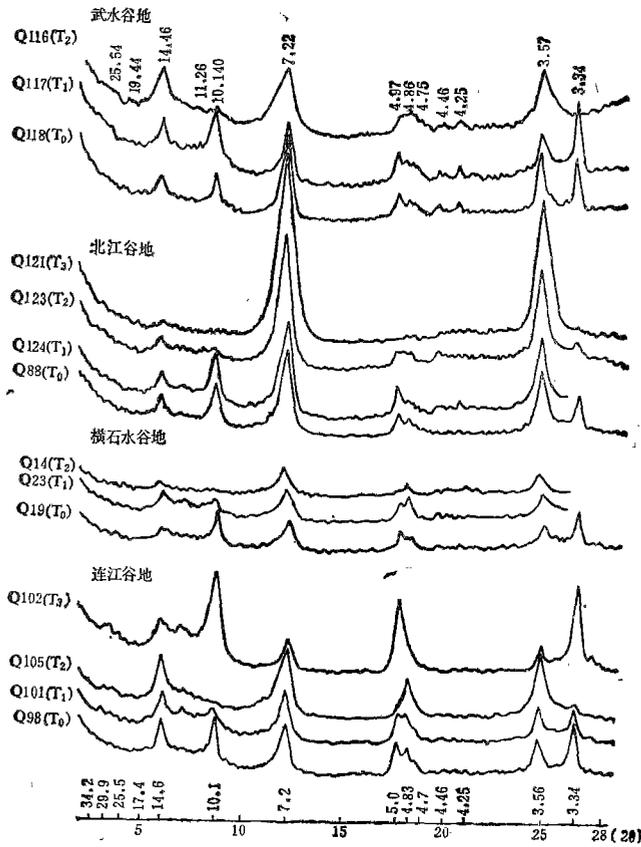


图 1 土壤粘粒 X 射线衍射谱 (CuKα)

Fig. 1 XRD patterns of clay fraction

从分析结果(表 2)可见高阶地 (T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub>) 土壤粘粒含量多, 而 K<sub>2</sub>O、pH 值和硅铝率较低 (Q102 例外), 低阶地 (T<sub>1</sub>) 及河漫滩 (T<sub>0</sub>) 则相反。各级阶地及河漫滩的粘粒矿物组成复杂, 从图 1、图 2 及照片 1 可见, 主要粘粒矿物有水云母和高岭石; 14 × 10<sup>-10</sup>m 峰普遍存在。钾水片经常温及 300℃ 热处理后, 再进行 X 射线分析, 多数样本 14 × 10<sup>-10</sup>m 峰消失, 而在 (14 - 10) × 10<sup>-10</sup>m 间出现宽峰, 此即 14 × 10<sup>-10</sup>m 过渡矿物。仍保存 14 × 10<sup>-10</sup>m 峰者则为绿泥石。若 14 × 10<sup>-10</sup>m 峰收缩为 10 × 10<sup>-10</sup>m 则为蛭石; 从低角度衍射峰复杂推测, 可能存在多种混层矿物; 此外还有一定的三水铝石、针铁矿和微量蒙脱石 (图 1、图 2、表 3)。所有矿物在电镜下观察晶形均不甚好 (图版 I, 照片 1)。

### (二) 原生矿物组成

各样本 0.1—0.5mm 粒级, 用三溴甲烷 (比重 2.98) 分离出轻、重矿物, 分别在立体双目镜和偏光显微镜下检查, 并以粒数为基础, 计算其百分含量, 结果见表 4、表 5。

云母本属重矿物, 由于其薄片状, 常悬浮在重液中, 不易下沉, 故多存在轻矿物中; 磁赤铁矿大都褐铁矿化; 部分铅石晶棱被磨掉, 仅隐约见其晶形, 或呈浑圆状 (图版 II, 照片

表3 土壤中粘粒矿物组成 (<2 $\mu\text{m}$ )

Table 3 Composition of clay mineral in soil

地区 Location	剖面号 No.	主要粘粒矿物* Major clay mineral	次要粘粒矿物* Minor clay mineral
武水谷地	Q116(T <sub>2</sub> )	高岭石 水云母	14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、埃洛石、三水铝石、赤铁矿、蒙脱石、绿泥石
	Q117(T <sub>1</sub> )	水云母 高岭石	埃洛石、蛭石、石英、蒙脱石、三水铝石、针铁矿
	Q118(T <sub>0</sub> )	水云母 高岭石	埃洛石、蛭石、绿泥石、蒙脱石、石英
北江谷地	Q121(T <sub>3</sub> )	高岭石	14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、赤铁矿、蒙脱石、针铁矿
	Q123(T <sub>2</sub> )	高岭石	水云母、三水铝石、针铁矿、14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、蒙脱石
	Q124(T <sub>1</sub> )	水云母 高岭石	14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、蛭石、蒙脱石、石英
	Q88(T <sub>0</sub> )	水云母 高岭石	14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、蛭石、埃洛石、蒙脱石、三水铝石
横石水谷地	Q14(T <sub>2</sub> )	高岭石 三水铝石	水云母、14 $\times 10^{-10}$ 过渡矿物、蒙脱石、埃洛石
	Q23(T <sub>1</sub> )	水云母 高岭石	14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、蛭石、三水铝石、蒙脱石、埃洛石
	Q19(T <sub>0</sub> )	水云母 高岭石	14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、蛭石、三水铝石、绿泥石、蒙脱石
连江谷地	Q102(T <sub>3</sub> )	水云母	埃洛石、高岭石、蛭石、14 $\text{\AA}$ 过渡矿物
	Q105(T <sub>2</sub> )	高岭石 14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 矿物 水云母	针铁矿、水云母、蒙脱石
	Q101(T <sub>1</sub> )	水云母 高岭石	14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、三水铝石、针铁矿、蒙脱石
	Q98(T <sub>0</sub> )	水云母 高岭石、蛭石	14 $\times 10^{-10}\text{m}$ 过渡矿物、绿泥石、针铁矿、蒙脱石、三水铝石

\* 矿物按丰度顺序排列。

2); 高阶地中钛铁矿多已白钛石化, 其它微量矿物还有石榴子石、独居石、锐钛矿、莹石和黄铁矿等。岩屑在高阶地中多为铁质石英岩、石英岩和砂岩, 低阶地中多为弱风化的云母片岩及炭质页岩, 均呈浑圆形或扁圆形。

从表 4、表 5 可见, 原生矿物中有抗风化能力强的矿物如电气石、锆石、石英和金红石等, 有较易风化的矿物如角闪石、透闪石(图版 II, 照片 2)和长石等。考虑到有些河段不含角闪石类矿物, 而绿帘石分布广泛, 根据前人研究<sup>[1]</sup>, 它的风化顺序紧跟角闪石, 因而将其与角闪石类一同列入不稳定矿物系列, 以便统计其风化系数。

表 4 0.1—0.5mm 粒级原生矿物组成(重矿物, 粒子%)  
 Table 4 Primary mineral composition of 0.1—0.5mm fraction (Heavy mineral, Particle%)

地区 Location	剖面号 No.	重矿物 重量% H.M. W.t.%	角闪石 H	透闪 闪石 Tre-Ac	绿帘石 Ep	白云母 Bi	白云母 Mu	电气石 To	锆石 Z	金红石 Ru	红柱石 And	磁铁矿 Ma	磁赤铁矿 Mah	钛铁矿 Il	褐铁矿 Li	白钛石 Mc	岩屑 Ro	风化系数* Weathered coefficient	
																		k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>
武水谷地	Q116(T <sub>2</sub> )	0.9			0.06	0.4	15.2	0.09	0.4	22.1	3.6	11.9	16.0	3.7	0.7	25.0	254	518	
	Q117(T <sub>1</sub> )	0.9	3.0		1.8	3.9	6.3	微量	0.6	11.4	5.1	5.7	6.7	10.5	微量	41.1	1.3	3.7	
	Q118(T <sub>0</sub> )	1.7	7.6		0.08	2.6	8.2	0.05	3.8	5.6	1.9	4.7	6.2	5.5	微量	36.5	1.1	2.1	
北江谷地	Q121(T <sub>3</sub> )	82.3									5.2		16.0	31.0	1.0		大	大	
	Q123(T <sub>2</sub> )	0.3	2.1	0.9	2.5	0.4	22.0	18.0	0.4	0.7	4.7	微量	47.3	8.0	微量	9.0	4.3	13.6	
	Q124(T <sub>1</sub> )	0.4	2.4	2.0	9.2	5.9	13.6	1.3	0.5	0.8	4.7	微量	15.4	6.8		11.7	1.1	2.5	
	Q88(T <sub>0</sub> )	1.2	3.6	2.3	15.9	7.6	14.7	2.5	0.9	0.8	1.5	微量	11.7	4.0		14.2	0.8	1.4	
横石水谷地	Q14(T <sub>2</sub> )	0.5					1.5	1.3	0.7		48.1		7.0	19.7	1.7	20.1	大	大	
	Q23(T <sub>1</sub> )	0.5					7.8	2.1	2.3		41.3		8.3	28.5	2.3	7.4	大	大	
	Q19(T <sub>0</sub> )	5.2			1.4		7.0	7.5	3.0		36.3		9.9	15.9	12.3	6.6	10.6	43.4	
连江谷地	Q102(T <sub>2</sub> )	1.9				1.4	1.6	0.2	1.9		6.1	10.8	5.9	34.8	1.8	36.8	大	大	
	Q105(T <sub>2</sub> )	1.2		微量	0.4		1.4	4.3	0.4		6.9		30.0	46.0	0.6	7.9	15.9	118	
	Q101(T <sub>1</sub> )	1.5		8.5	3.7		5.3	1.0	0.6		1.8		2.7	7.9	0.3	63.1	0.5	0.9	
	Q98(T <sub>0</sub> )	1.8		14.4	11.7	微量	6.9	1.3	1.5		2.5		2.3	18.0	0.3	38.4	0.3	0.5	

\* 根据 T.A. 哈里切娃简化补充: k<sub>1</sub> = 最稳定矿物总量与非稳定矿物总量之比 (To + 2/Ho + Tre - Ae + Ep)  
 k<sub>2</sub> = 较稳定矿物总量与非稳定矿物总量之比 (Ma + Il + To + 2/Ho + Tre - Ac + Ep)

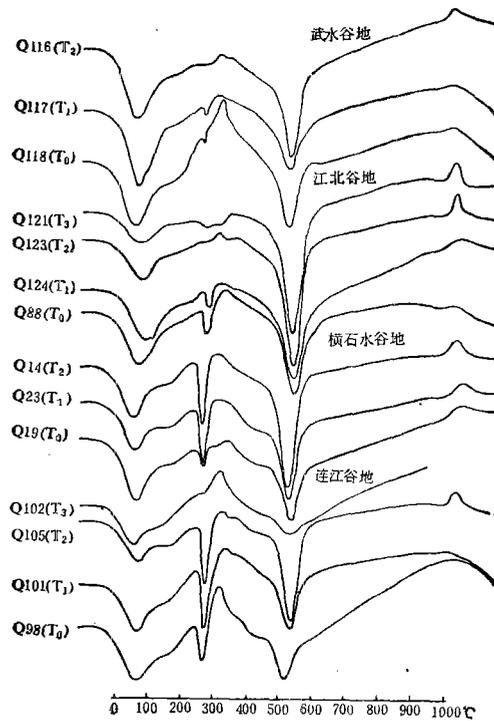


图2 土壤粘粒的差热曲线

Fig. 2 DTA curves of clay fraction

表5 0.1—0.5mm 粒级原生矿物组成(轻矿物, 粒子%)

Table 5 Primary mineral composition of 0.1—0.5mm fraction (Light mineral, Particle%)

地区 Location	剖面号 No.	轻矿物重 量(%) L.M. W.t.%	石英 Qz	长石 Fd	黑云母 Bi	白云母 Mu	绿泥石 Cho	绢云母 Se	岩屑 Ro	硅藻 Bac	风化系数 Weathered coefficient $k_3$
武水 谷地	Q116(T <sub>2</sub> )	99.1	98.8	0.6	0.07		0.4	微量			163
	Q117(T <sub>1</sub> )	99.1	87.3	7.4	0.2	1.1	3.0		0.9	0.1	12
	Q118(T <sub>0</sub> )	98.3	67.4	15.8	0.3	1.4	6.2		0.6	0.7	4.3
北江 谷地	Q121(T <sub>3</sub> )	17.7	70.0	0.9				10.3	18.2	0.5	78
	Q123(T <sub>2</sub> )	99.7	96.3	3.0	0.3		0.3		0.4		32
	Q124(T <sub>1</sub> )	99.6	70.4	14.5	0.8	1.2	2.8		9.7	0.1	5.0
	Q88(T <sub>0</sub> )	98.8	69.4	16.9	3.3	2.7	6.0		1.6	0.1	4.1
横石水 谷地	Q14(T <sub>2</sub> )	99.5	94.4	1.2	0.1	0.4	0.2		3.2	0.5	79
	Q23(T <sub>1</sub> )	99.5	95.4	2.6		0.4			1.0	0.4	37
	Q19(T <sub>0</sub> )	94.8	93.6	4.2	0.1	0.6	0.7	微量	0.4		23
连江 谷地	Q102(T <sub>3</sub> )	98.1	99.6	0.2			0.2				498
	Q105(T <sub>2</sub> )	98.8	99	0.8			0.2				123
	Q101(T <sub>1</sub> )	98.5	90.9	3.1			2.7		3.2		29
	Q98(T <sub>0</sub> )	98.2	88	4.4		0.5	4.5	微量	2.5		2.0

 $k_3 = \text{石英与长石之比 (Qz/Fd)}$

## 四、结果讨论

### (一) 各河谷阶地土壤母质来源

从土壤剖面自然环境及其基本性质看来,各级阶地及河漫滩均为河流相沉积物覆盖,其成土母质基本上为河流冲积物,然由于北江各支流流经不同地区,物质来源不一,其冲积物因而有异,故由这些冲积物发育的土壤矿物组成亦有差别<sup>[7]</sup>。

从表 4、表 5 可见,不同河谷原生矿物组合差别较显著。角闪石为南岭花岗岩体普遍存在的副矿物,花岗闪长岩中尤多;红柱石为泥岩和岩浆岩接触带之变质矿物;红岩则存在赤铁矿。武水在坪石之前主要流经南岭花岗岩山地,沿途还经花岗岩和砂页岩接触变质带及红岩盆地,因而沉积物中就存在角闪石、红柱石和磁赤铁矿,却未见透闪石。透闪石为典型的变质矿物,产于白云质灰岩与侵入岩的接触变质带,连江流经不少白云质灰岩地区,基底为花岗岩,因而沉积物具有透闪石而未见角闪石和红柱石。北江为河流主干,武水、浈水及与连江相似之支流所含矿物均有可能携至北江主干,因而使其矿物组成复杂,如角闪石、透闪石、红柱石和磁赤铁矿均存在。横石水为第三级支流,源于大宝山,沉积物组成深受该山铁矿影响,故重矿物中以磁铁矿、钛铁矿及褐铁矿为主。由此可见,原生矿物组成与河流流经地区的岩性有很大关系。

在同一河谷各阶地中,  $T_0$ 、 $T_1$  及  $T_2$  发育的土壤矿物组成基本相似,但  $T_3$  则不然,这是由于  $T_3$  形成于早更新世,年代老,分布位置较高,受侵蚀严重而成为侵蚀阶地,故其矿物组成与堆积阶地、基座阶地( $T_1$  和  $T_2$ )及河漫滩( $T_0$ )的矿物组成就有很大差别,如北江  $T_3$ (Q121),重矿物以磁铁矿、褐铁矿为主,粘粒矿物高岭石占绝对优势,这可能受附近大宝山花岗岩含铁矿体影响,母质来源有坡积物混入所致。又如连江  $T_3$ (Q102),河流沉积的砾石仅在地面零星分布,基岩风化壳(古生代砂页岩)裸露,母质深受残积物影响,故粘粒中水云母含量特多,而与  $T_2$ 、 $T_1$  及  $T_0$  矿物组成差别悬殊。

### (二) 土壤发育强度

在同一河段中,由于阶地年龄不同,土壤年龄有异,土壤矿物在风化程度上就有差别,从而形成不同土壤类型。

从土壤剖面看(表 1),由  $T_0$ 、 $T_1$  至  $T_2$ ,土壤质地由粗变细;土壤颜色由灰黄、红黄至红色;pH 值降低;砾石风化度增加。即时代愈老,土粒愈细,矿物中铁质分离,酸度增加,富铝化过程加强。

从粘粒矿物组成看,随着阶地升高,地层年代愈老,粘粒含量增加; $K_2O$ 、硅铝率、硅铁铝率和代换量下降(表 2)。粘粒矿物组成虽然多以水云母或高岭石为主,但从水云母结晶状况分析(表 6),其 HW 值<sup>[3]</sup>有随阶地升高而变小的趋向,“开形指数<sup>[4]</sup>”则相反。再从  $K_2O$  含量与水云母(001) $10 \times 10^{-10}m$  峰强度、“开形指数”及 HW 值相关性分析(表 6,图 1),其相关系数分别为  $r_1 = 0.787^{**}$ 、 $r_2 = -0.608^*$ 、 $r_3 = 0.632^*$ ,可见  $K_2O$  含量与  $10 \times 10^{-10}m$  峰强度呈极显著正相关;与“开形指数”呈显著负相关;与 HW 值呈显著正相关。根据近年研究,云母脱钾所制成的水云母是膨胀和非膨胀晶体组成的混合层矿物,进一步脱钾,膨胀晶层增加,结晶度降低,衍射峰不对称性加强,虽然峰顶仍在

$10 \times 10^{-10} \text{m}$  位置, 但基底向低角度扩张, “开形指数”便增加, 峰的强度 HW 值随之下降。可见阶地愈老, 风化强度愈大, 水云母脱钾愈多。水云母再进一步风化, 脱硅形成高岭石, 则高岭石相对增加, 二者含量比率随之下降, 从而使  $T_2$  高岭石  $>$  水云母,  $T_1$ 、 $T_0$  高岭石  $<$  水云母(表 6)。但武水  $T_0$  和北江  $T_0$  的水云母含量却较少(表 6、图 1), 原因是所取样本接近河面, 其原生矿物中白云母均较多(表 4、表 5), 可以认为这是沉积时间短暂, 白云母来不及转化所致。

表 6 粘粒矿物 X 射线分析

Table 6 X-ray diffraction analysis of clay mineral

地区 Location	剖面号 No.	衍射强度* X-ray diffraction intensity			水云母(001)** “开形指数” “Opening index” of hydromica	HW***值
		水云母(H) (001)	高岭石(K) (001)	H(001) K(001)		
武水 谷地	Q116( $T_2$ )	3724	3792	0.98	2.0	1.7
	Q117( $T_1$ )	7956	3422	2.32	1.3	4.8
	Q118( $T_0$ )	5116	5078	1.01	1.3	3.5
北江 谷地	Q121( $T_3$ )	1972	4730	0.20		
	Q123( $T_2$ )	2764	6938	0.40	2.5	0.9
	Q124( $T_1$ )	7196	4966	1.44	1.3	6.0
	Q88( $T_0$ )	5212	4496	1.16	1.3	4.5
横石水 谷地	Q14( $T_2$ )	816	1346	0.61		
	Q23( $T_1$ )	2400	1612	1.49	2.3	0.9
	Q19( $T_0$ )	4180	1598	2.62	1.7	4.8
连江 谷地	Q102( $T_3$ )	9476	1650	5.74	1.0	6.0
	Q105( $T_2$ )	1224	4150	0.29		
	Q101( $T_1$ )	3736	2666	1.40	1.4	1.9
	Q98( $T_0$ )	5776	2652	2.18	1.2	5.8

\* 水云母(001)和高岭石(001)峰强度为实测相对强度分别乘以权重系数 4 和 2 所得之重量峰强度值。

\*\* 水云母(001)峰中线半峰高处, 低角宽度与高角宽度之比<sup>[4]</sup>。

\*\*\* HW 值指  $10 \times 10^{-10} \text{m}$  峰高与半峰高处宽度之比<sup>[3]</sup>。

原生矿物分析结果也同样反映出风化系数随阶地年龄而增大(表 4、表 5)。当然, 这并不排除沉积物中继承性矿物的影响。但沉积后的风化作用则是主要的。各级阶地下部砾石表面具有不同程度的风化作用就可证明这一事实。另不同河段的同级阶地, 其物质来源不同, 原生矿物差异较大(表 4), 但粘粒矿物组成却较接近(表 3), 表明在相近的成土时间及生物气候等条件下, 粘粒矿物经风化、改造和调整而趋一致。但不同阶地, 沉积时代不同, 成土时间有异, 故粘粒矿物组成差异亦明显。

由此可见, 阶地沉积物愈老, 成土过程愈深, 矿物风化度愈高, 从而出现不同性质之土壤, 如  $T_0$  风化成土时间短, 形成幼年冲积土;  $T_1$  的红壤化过程较弱, 成为红壤性土;  $T_2$  风化成土过程强烈, 形成强富铝化的红壤。

### (三) 土壤矿物组成与古气候

从土壤矿物组成看, 除近代沉积之河漫滩外, 第四纪以来形成的各级阶地, 均有不同程度的红壤化过程, 且随着阶地年龄增加, 风化强度也增加, 但各级阶地之间差异并不均

等,图 1T<sub>2</sub> 水云母衍射峰有些矮小,有些几乎无法识别,而 T<sub>2</sub> 的差热曲线高岭石的特征则比 T<sub>1</sub>、T<sub>0</sub> 明显(图 2)。再从表 1、表 2 K<sub>2</sub>O 含量、pH 值、表 4、表 5 原生矿物的风化系数,表 6 的“开形指数”和 HW 值等均可见 T<sub>0</sub> 与 T<sub>1</sub> 性质接近,变幅少,而 T<sub>1</sub> 与 T<sub>2</sub> 变幅大。最突出则表现在原生矿物组成上,如 T<sub>2</sub> 的钛铁矿白钛石化强烈,表面常见白色被膜或斑点的白钛石(图版 II, 照片 2),不稳定矿物难以发现,故风化系数非常大,有些剖面还出现红、黄、白网纹红土层,这充分反映了当时强烈的湿热气候条件<sup>[1,2]</sup>。而 T<sub>1</sub> 则无上述现象,如以 T<sub>1</sub> 重矿物风化系数与 T<sub>2</sub> 相比,少数十倍至百倍(表 4),但与 T<sub>0</sub> 比较,增加仅数倍而已。可见由 T<sub>0</sub> 至 T<sub>1</sub>,土壤性质变幅小,而 T<sub>1</sub> 至 T<sub>2</sub> 则变幅大。究其原因,时间因素固然重要,T<sub>2</sub> 形成距今 10—70 万年(Q<sub>2</sub>),T<sub>1</sub> 及 T<sub>0</sub> 在距今 10 万年内沉积(Q<sub>3</sub> 和 Q<sub>4</sub>)。但二者变幅之大,还可能是古气候波动因素叠加的结果。可以认为粤北地区中更新世(Q<sub>2</sub>)时,河流沉积物形成之河漫滩,受新构造运动影响,脱离洪水抬升为阶地,从而受当时湿热气候条件的影响,进行强烈的富铝化作用,因而土壤矿物就保留着古风化壳的特点<sup>[6]</sup>。晚更新世(Q<sub>3</sub>)以来,粤北虽仍属亚热带气候,但与中更新世相比,后者高温潮湿,前者气温较低,不及后者炎热,且较干旱<sup>[6]</sup>,加上时间较短,风化成土过程微弱得多,故 T<sub>2</sub> 的矿物组成显著不同于 T<sub>1</sub> 与 T<sub>0</sub>。同时也是 T<sub>1</sub> 至 T<sub>2</sub> 之间气候变化速度较快,过渡时间较短的反映。

### 参 考 文 献

- [1] 席承蕃,1982: 试论土壤性状与第四纪变迁。第三届全国第四纪学术会议论文集,72—76 页,科学出版社。
- [2] 蒋梅茵,1985: 江西泰和第四纪红色粘土的矿物特征。沉积学报,第 3 卷 3 期,95—104 页。
- [3] 郑洪汉等,1985: 中国黄土中的粘土矿物及其在地层剖面中的变化趋势。中国第四纪研究,第 6 卷 1 期,158—165 页。
- [4] 王诗侗,1987: 伊利石“开形指数”的地质意义探讨。沉积学报,第 5 卷 1 期,58—62 页。
- [5] E.H. 帕尔费诺娃, E.A. 亚里洛娃,1966: 土壤学中的矿物学研究。44—45 页,科学出版社。
- [6] 华东师大等编,1984: 第四纪地质学。57—58 页,174 页,河北师范大学出版。
- [7] W.G. Harris. et al., 1980: Mineralogy of a chronosequence formed in New River Alluvium. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 862—868。

## MINERALOGY OF SOILS DEVELOPED FROM THE QUATERNARY SEDIMENTS OF THE NORTH RIVER OF GUANGDONG PROVINCE

Yin Xikuan and Zeng Weiqi

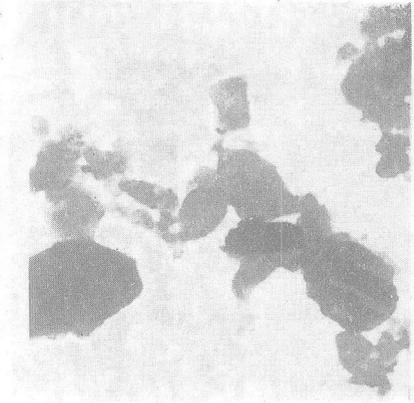
(*South China Agricultural University*)

### Summary

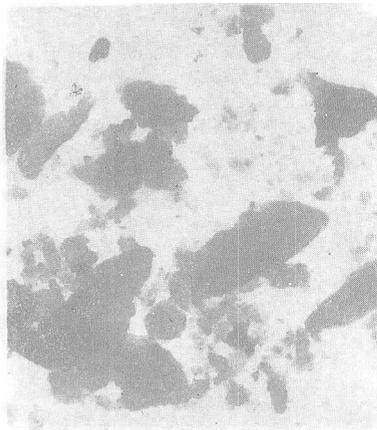
This paper deals with clay minerals and primary minerals of soils which developed on sediments on the terraces and valley flat of recent periods Wushui, the North River, Hengshishui and Lian River in Northern Guangdong. The result obtained showed that disparity in mineral composition depended upon different sources of sediments in river valleys. In the same river valley, composition of soil minerals in the third terrace ( $T_3$ ) which was developed from the Early pleistocene differed greatly from that in other terraces. It resulted from different conditions of weathering and soil formation and different sources of sedimentary matter. In the Second terrace ( $T_2$ ), the First terrace ( $T_1$ ) and the valley flat ( $T_0$ ), the composition of soil minerals were similar and sedimentary matter was basically the same, only weathering degree was different. The higher the terrace and the older the age of soil formation the stronger the allitic degree was. However, the disparity degree among the terraces was not the same. Because of time factor combined with climatic fluctuation  $T_1$  differed greatly from  $T_2$  but less from  $T_0$ .



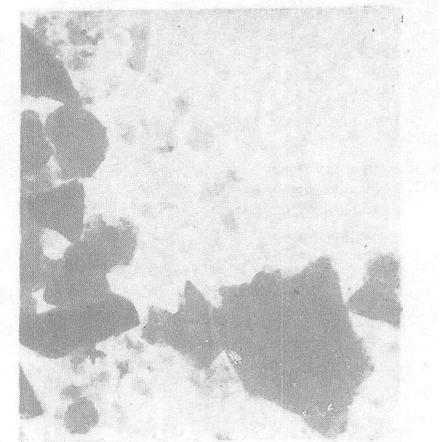
Q102(T<sub>3</sub>)  
水云母(H)  
埃洛石(Ha) ×11000



Q14(T<sub>2</sub>)  
高岭石(K) ×14000

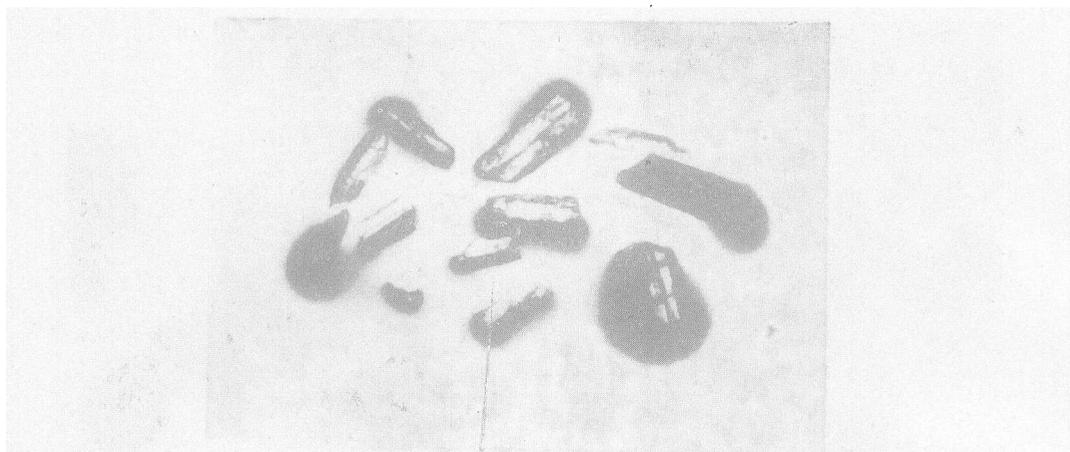


Q124(T<sub>1</sub>)  
水云母(H)  
高岭石(K) ×14000

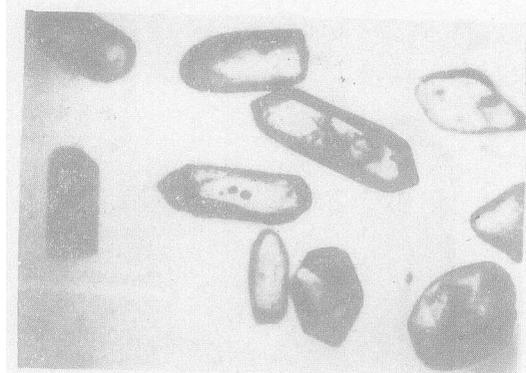


Q19(T<sub>0</sub>)  
水云母(H) ×11000

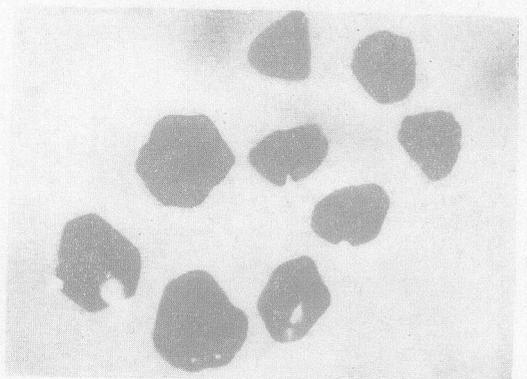
照片 1 粘粒电子显微镜照片  
Photo 1 T.E.M of the clay fraction



Q98(T<sub>0</sub>) 透闪石×12.5×25



Q101(T<sub>1</sub>) 铅石×12.5×10



Q105(T<sub>2</sub>) 钛铁矿×12.5×8

照片 2 土壤中原生矿物

Photo 2 Primary mineral of the soil