

# 中国南方的红土与红色风化壳

朱 显 谟

(中国科学院 水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
水 利 部

中国北起北纬 45°南迄北纬 20°间常见有红色风化壳的残留,其中尤以北纬 30°以南更为广泛;第四纪红土的出露则主要见于北纬 30°以南,常与第三纪红色岩层组成所谓红色盆地。这类“红色盆地”除台湾为海相红层外,均为陆相,同时在浙、赣、湘、鄂、黔、滇和两广上空俯视都清晰可见,其中尤以赣、湘二省最为发育。

40 年代后期刘海蓬<sup>[1]</sup>朱显谟<sup>[2]</sup>等曾就他们分别在闽、赣二省多年工作之所得,对红土和红色风化壳的红壤或砖红壤特性的研究认为,那是古环境长期作用的结果。这样就更加剧了地质界<sup>[3]</sup>和土壤界<sup>[4]</sup>的争论。

近年来的土壤研究工作<sup>[5~9]</sup>不断证明,我国南方广泛分布的黄壤、红壤、砖红壤等都是在第四纪红土和红色风化壳上发育的土壤,并确认后者在中南部热带、亚热带地区历经长期的富铝化作用的产物,即主要为赤铁矿、褐铁矿、三水铝矿等氧化铁、铝的相对积累,并且其细粒部分又以高岭石和埃洛石为主;一致认为,不管红土还是红色风化壳都是古气候条件下的产物,但其红壤化作用仍在进行,并且都确认,我国南方亚热带为现代红壤和热带为现代砖红壤等形成的生物—气候环境。又因其渗出水中的硅的含量相当高,而铁、铝含量均低,说明砖红壤当前仍进行着明显的脱硅和富铝化作用。赵其国等同时又指出:“红壤除具有上述脱硅富铝化过程外,同时具有明显的生物富集过程”<sup>[8]</sup>。

## 1 中国南方的风化壳

现在既然大家都承认,我国南方的红壤和砖红壤等都是从红色风化壳上经过生物富集化作用所形成的,那么就得首先弄清岩石风化壳的原有特性和现代成土作用(含风化作用)的趋向及其强度,然后在此基础上探索现代成土过程的实质,进而解决土壤的形成、分类等问题,并推动第四纪古环境研究。否则难免以古混今,妨碍有关研究的进展。

就风化壳而言,晚更新世以前的均呈红色,故又名红色风化壳,以化学风化为主,风化壳非常深厚,常在数米以上,最厚可达百米;晚更新世以后的风化壳均带棕或灰棕色,因其热力风化强烈且风化与成壤<sup>1)</sup>两种相互矛盾的过程又常同地同时进行,厚度不大,一般不超过 1m,土壤发生剖面与风化壳没有明显分界。这些差异非但有助于我们对古今风化壳的辨别,也有助于对土壤剖面与古风化壳的区分。这些现象在野外不难识别,现在又不断获得了理化特征和粘土矿物方面的验证<sup>[5~8]</sup>,中国南方要比北方更为普遍、常见,其中尤以石灰岩和花岗岩地区更为明显。

① 收稿日期:1995—06—10

1) 为了与风化过程明显区别起见,拟把生物作用特名为成壤作用,下同。

在中国南方石灰岩地区可以出现黑、灰、黄、棕、红及砖红色等各式各样的风化壳和土壤,它们都各自具有一定的厚度和分布位置以及各自的富铝化程度和粘土矿物组成。本来,任何一个地质工作者都可明确哪些是真正古代红色风化壳而哪些不是;哪些能真正代表现代风化壳和现代土壤而哪些又不是;哪些土壤特性是现代风化和成壤过程的产物而哪些是历史遗留下来的产物。同样,我们也可以在花岗岩或变质岩出露地区看到红色风化壳在比较低平的丘岗上广泛分布,也能在千米以上的棕、灰、黄等色风化壳的山地中零星残留;与此相反,棕、灰黄、灰棕色等薄层风化壳也见有在大片红色风化壳的“海洋”中出露的、遭受强烈侵蚀的“孤岛”上分布。凡是红色风化壳下伏的风化态母岩或红色土层,不论其厚薄和立地高低,必然保持母岩原有的层理结构或晶格痕迹。一般上部风化层除石英外均为红色所染,向下则只局限于云母、长石,同时长石部分颜色较淡,最下仅为云母,尤其黑云母部分显出鲜艳的红色;棕、灰棕色等风化壳下垫伏的风化态母岩非但不能保持原来状态,又常崩裂散碎,且无红色染渍,大小不一,细土少而“角砾”多。由此,我们不难判别哪个“古”哪个“今”,也容易识别现代成土过程的趋向和强度。

有人<sup>[5]</sup>也把第四纪红色粘土的整个地层都算作红色风化壳,这是值得商榷的。作者还是同意龚子同<sup>[7]</sup>的提法,就是第四纪红色粘土上具有红色风化壳的形成。我们已知,第四纪红色粘土系全新世前的水成沉积物,也就是全新世前高处古土壤和古风化壳被流水冲刷而下在河谷或低平处的堆积物。毫无疑问,在侵蚀、剥蚀和冲刷、运移沉积过程中,所有物质,不管是土壤、风化壳还是基岩的碎屑、石块都已相混,更由于当初系洪积或部分为山地泥石流或冰川<sup>[10,11]</sup>堆积,因此,红色粘土层中常混有一定数量的原生矿物,有时更杂有砾石。不过不论其是否曾受冰川的作用,更不管是不是古冰川的遗迹<sup>[12,13]</sup>,它们都是主要由红色粘土组成的地层,这种地层进行着成岩和成壤两种完全相背的过程。当其出露地表,不论其沉积厚度有多大,上部必然以成壤过程为主,成岩作用为辅;随着埋深加大而成岩作用不断加强。应该说,红色粘土上的红色风化壳就是在这样的基础上形成的。所以,我们不难从它们之间特征上的差异了解到后来成壤和风化作用的趋向及其强度。可见,中国南方凡是从红土和红色风化壳上形成的土壤,不管它们是否具有红壤或砖红壤的特征,都很难说是现代成壤作用的结果,也不能作为地带性土壤的代表,更不能把目前华南的生态条件看成红壤和砖红壤的理想环境。

## 2 第四纪古风化壳上的土壤

老的或古代的土壤往往成为现代土壤的母质,也就是说,现代土壤可以从原来的土壤和暴露地表的古土壤、古风化壳以及母岩上发育形成。在成壤之初,现代土壤的一切特性必将完全或极大部分受成壤母质的控制。美国最新土壤分类系统中的新成土<sup>[14]</sup>也许就是这样。现在,我们不妨循这一思路冷静而客观地检查一下华南古风化壳和古土壤上发育的土壤。

### 2.1 第四纪红色粘土上发育的红色风化壳和现代土壤

华南第四纪红土沉积与华北黄土沉积在时代上有很多可比之处。从大别山区所见的剖面<sup>[15]</sup>来看,均质红色粘土主要集中在网纹红土( $Q_3^1$ )以上。湖北长江南岸发现红色土层作孤丘状上下叠置,这与黄土丘陵区所见的情况相似。在网纹红土以上所见的四层均质红色粘土层又适于离石黄土上部( $Q_2^1$ )红三条<sup>[16]</sup>的层位相当。但红色粘土层中的古土壤,不论在剖面发育上或土层厚度上均没有黄土层中所见的古土壤明显。这也许与红土沉积地区降水多、侵蚀强烈等有关。无怪在沿河丘顶残留的红棕色粘土底部卵石夹红土层中未见古土壤层( $Q_3^1$ )<sup>[15]</sup>的出现。

以湖北武昌游家庙附近第四纪沉积剖面为例,其土体的全量分析结果如表 1。从表 1 不难看出

出,表层与第二层没有土壤发生上的联系,也就是说应属不同物质来源和不同沉积层次。同时,第二层上下部很象经过一定成壤作用的土壤剖面,不过原先 A 层早已冲失,目前仅见有 B 层和 C 层的残存而已。从这两个残存而具有土壤发生上联系的层次来判断,在这层均质红色粘土沉积以后的成壤过程中,脱硅要比铁、铝的淋淀作用微弱得多。因此,其富铝化特征也是原先固有的。其下四层红色粘土中,除第五层具有两个土壤发生层段外,其他也许由于侵蚀较强,没有留下明显的古土壤痕迹。因此,我们也只能认为它们之间在化学特性上的差异完全受当初沉淀物的控制。

表 1 第四纪红色粘土层的特点<sup>[5]</sup>

深度 (cm)	层次	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO+ MgO	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *
0~20	黄棕色粘土	76.78	3.20	7.99	1.00	0.106	0.074	2.86	13.0	16.0	63.9
20~100	有铁锰结核 的红色粘土	64.33	6.10	13.71	1.38	0.193	0.062	2.58	6.2	7.9	27.4
100~180	红色粘土	61.38	7.27	15.22	1.00	0.045	—	2.98	5.2	6.8	22.2
180~280	红色粘土	62.18	6.33	14.56	1.31	0.077	0.107	2.81	5.7	7.4	15.9
280~580	红色粘土	61.24	6.80	14.25	1.34	0.063	0.153	2.90	5.6	1.3	23.7
580~660	红色粘土	59.61	6.74	16.07	0.99	0.045	0.097	2.04	4.9	6.3	23.1
660~760	红色粘土	62.16	6.14	15.36	1.31	0.114	0.070	2.70	5.4	6.9	26.5
760→	网纹粘土	63.03	5.97	15.10	1.20	0.019	—	1.56	5.6	7.1	27.6

\* 为分子比。

现在,我们再来看一下第四纪红土分布最普遍的江西泰和红色盆地中的现代土壤剖面。根据许冀泉等研究结果<sup>[16]</sup>可列表 2~4 如下:

表 2 江西更新统红粘土发育的红壤<1μm 部分的化学组成和矿物组成<sup>[16]</sup>

地点	深度 (cm)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	粘土矿物
		(占烘干粘粒重%)							
	0~4	37.90	29.22	10.87	0.62	2.20	1.77	9.15	以结晶较好的 高岭石为主,其次为 蛭石,水云 母很少
	4~21	40.50	30.32	11.37	0.40	2.26	1.83	9.36	
泰和	21~51	36.76	30.00	9.97	0.55	2.08	1.71	9.71	
沿溪	51~84	38.66	29.69	10.17	0.86	2.21	1.83	10.14	
	84~119	39.44	29.88	12.17		2.24	1.77	8.52	

\* 为分子比。

表 3 江西泰和更新统红粘土发育的红壤<2μm 部分的矿物化学性质<sup>[16]</sup>

地 点	深度 (cm)	<2μm (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	游离 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	矿物组成(%)			
			(占烘干粘粒重%)								非晶物质	高岭石	水云母	蛭石
沿溪	0~22	39.5	41.54	30.79	11.75	1.88	7.24	2.31	1.85	9.41	19	26	22	25
公社	52~80	43.7	41.78	30.57	11.68	1.83	6.93	2.32	1.86	9.39				
文田														
大队	100 以下	30.3	42.39	25.59	13.22	2.06	9.76	2.43	1.89	8.40				

\* 为分子比

表 4 江西泰和更新统红粘土发育的红壤 10~50μm 部分的轻重矿物组成<sup>[16]</sup>

地 点	深度 (cm)	轻矿物 (%)	重矿物 (%)	重矿物(比重>2.9)%									
				角闪石	透闪石	辉石	电气石	锆英石	榍石	绿帘石	云母	不透明矿物	
沿溪	0~22	98.0	2.0	16.8	0.9	1.9	12.6	7.6	1.9	1.6	2.6	54.1	
公社	52~80	98.3	1.7	17.6	1.0	1.5	11.3	7.4	0.9	1.0	1.5	57.8	
文田													
大队	100 以下	98.2	1.8	19.4	1.0	1.1	13.6	7.7	1.5	1.4	3.3	51.0	

从上述可知泰和更新统红土沉积以后,并没进行明显的富铝化作用,不论其  $1\mu\text{m}$  和  $<2\mu\text{m}$  部分的粘土矿物,剖面上下并无土壤发生上的差异,尤其  $10\sim50\mu\text{m}$  部分轻矿物没有什么差异,重矿物部分虽有差异,但对风化作用的强弱缺乏指示意义,则也许由于先后沉淀物质有微小的差异所致。与湖北长江南岸的红土相比,其富铝化作用要强得多,这当然由于两地南北相距数百公里,当初古气候差异较为明显所致。总之,在现代气候条件下,由于侵蚀作用强烈,致使现代土壤停留在新成土阶段。

2.2 不同基岩红色风化壳上的现代土壤

现在来看一下基岩的红色风化壳上发育的现代土壤。许冀泉等<sup>[16]</sup>文中说:“赵其国<sup>[17]</sup>的研究指出:在昆明附近,砂岩、页岩、玄武岩、石灰岩等不同母质都可发育为地带性土壤——山原红壤(暗红壤)。……母岩对山原红壤的性质和发育程度有明显影响(表 5)”,并从矿物和粘土矿物的研究中又认为“页岩半风化体含有大量石英和水云母,形成土壤以后,粘粒中水云母已不多,只有蛭石、高岭石和少量三水铝石……。粘粒蛭石显然是成土作用的产物,估计是由水云母脱钾所成。蛭石进一步风化时,似未经蒙皂石阶段,直接往高岭石和三水铝石的脱硅方向发展。脱硅强度随剖面向上逐渐增强,并在很大程度上可能与目前的生物气候条件和土壤水分状况有关。砂岩上发育的红壤  $<1\mu\text{m}$  部分的主要粘土矿物是高岭石和水云母,……其次是少量三水铝石、蛭石和石英,游离氧化铁矿物较少。在玄武岩风化物上发育的铁质红壤中,  $<1\mu\text{m}$  部分的含量不很高,其主要矿物是高岭石、三水铝石、赤铁矿和针铁矿,未见水云母或蛭石;……粘粒的硅铝率也远比广东雷州半岛或海南岛玄武岩古风化壳上的砖红壤为高;底土的粘粒含量甚少,其中还保留有较多的含钾矿物,三水铝石也很少;全剖面  $\text{TiO}_2$  含量相当高,似与母岩矿物成分有关,不一定是风化度高的表示。石灰岩上发育的土壤剖面呈强酸性反应,粘粒部分含有结晶不良的高岭类矿物和三水铝石,硅铝率和  $\text{K}_2\text{O}$  含量都与红色石灰土相近……。”<sup>[16]</sup>

表 5 云南昆明附近土壤  $<1\mu\text{m}$  部分的化学组成<sup>[16]</sup>

地点和 母岩	深度 (cm)	$<1\mu\text{m}$ 烧失量 (%)		$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	游离 $\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3^{**}$	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3^{**}$
				(占烘干粘粒重量%)										
筇竹寺页岩	0~10	15.2	13.88	38.30	11.65	29.86	0.98	1.51	0.54	1.06	8.09	2.18	1.75	8.61
	50~60	27.0	11.26	38.29	11.28	31.81	0.93	1.06	0.45	1.28	8.21	2.04	1.66	8.97
	130~140	32.2	11.42	38.27	13.48	31.85	0.94	1.53	0.30	0.79	8.85	2.04	1.61	7.49
呈贡砂岩	0~10	8.5	9.97	41.89	11.84	33.27	0.78	2.60	0.24	1.14	6.43	2.14	1.74	9.29
	20~30	14.3	9.55	42.06	11.06	31.23	0.70	2.45	0.28	1.10	7.65	2.28	1.86	10.00
	70~80	21.8	10.36	40.70	11.39	32.67	0.77	2.36	0.33	0.95	7.82	2.11	1.73	9.40
黑龙潭玄武岩	0~10	33.1	11.31	29.27	22.73	26.63	2.54	0.09	0.22	0.22	14.59	1.86	1.21	3.41
	30~40	34.7	12.79	29.77	25.34	29.67	2.38	0.05	0.15	0.33	16.04	1.70	1.10	3.08
	80~90	39.6	10.84	30.18	24.67	26.31	3.52	0.09	0.12	0.55	16.76	1.95	1.22	3.22
	180~190	15.4	9.86	30.23	23.91	27.32	4.06	0.27	Tr	0.38	14.95	1.88	1.20	3.33
西山石灰岩	0~10	61.2	12.82	28.72	19.11	34.07	3.27	0.35	0.58	0.98	12.69	1.43	1.05	3.95
	40~50	68.9	13.66	25.94	22.42	32.74	3.12	0.34	0.48	0.86	13.86	1.34	0.93	1.35
	130~140	73.5	13.67	24.81	22.63	33.59	3.65	0.37	0.29	0.73	14.61	1.26	0.88	2.89

\* 为分子比。  
\*\* 作者朱显谟根据[16]原表算出加上去的。

表 5 的分析数据经过硅、铁、铝等计算比较以后,我们认为,在现代气候条件下四个土壤剖面中缺乏向脱硅发展的明显迹象,更无脱硅强度随着剖面向上逐渐增强的趋向,而实际上恰恰与此

相反,其中尤以玄武岩和石灰岩上发育的剖面更为明显。因此,它们与在第四纪红色粘土层上发育的土壤一样,其富铝化土壤特征是从古风化壳继承下来的。由于母岩的不同,,当初风化强度也有所差异,更由于现在侵蚀强度的差异以及局部再堆积(坡积为主)过程有无强弱不同等均可导致土壤剖面特征上的变异。当然,也不能排斥在这些曾经强度富铝化的红色古风化壳上进行着与前不相一致的成壤作用(也就是生物聚硅作用)。

从上述的情况看来,不管在第四纪红土上或红色风化壳上形成的土壤,不管它们晃是被称为红壤或砖红壤,硬作为目前生物—气候条件下的产物是不恰当的,当然更为能把它们目前所分布的生物—气候带作为这些土壤发育的理想条件。

表 6 玄武岩上古土壤的化学成分(%,灼烧重)<sup>[18]</sup>

钻孔号 和地点	古土壤的 地质名称	古土壤 类型	深度 (m)	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
				<1mm	<0.001 mm	<1mm	<0.001 mm	<1mm	<0.001 mm
715~1(Q <sub>3</sub> ) 湛江	①暗棕红色粘土	砖红壤	55.81~60.82	1.33	1.46	1.8	1.89	5	6.36
	②带黄色红粘土		55.81~60.82	1.45	1.45	2.2	1.92	4.9	5.92
	玄武岩	—	60.82~67.32	4.1	—	6.1	—	12.3	—
716(Q <sub>3</sub> ) 湛江	①红土	—	0~3.04	1.2	—	5.8	—	1.5	—
	玄武岩		3.04~10.32	1.1	—	2.1	—	1.9	—
	②暗棕色红土	砖红壤	80.84~82.32	1.6	1.41	2.3	1.86	5.5	5.75
	③砖红色土壤	红壤	82.32~86.38	3.4	1.49	4.8	2.12	11.2	5.0
	玄武岩风化碎屑	—	82.32~86.37	1.6	—	2.3	—	5.1	—
	①红色土	—	0~16.24	1.6	1.42	2.3	1.94	5.0	5.23
	蛇纹岩化玄武岩 风化物	—	16.24~35.19 35.19~74.38	2.2 1.95	1.90 —	3.1 2.8	— —	7.5 6.5	— —
722(Q <sub>2</sub> ) 徐闻	②砖红色土壤	红壤	77.27~77.98	6.8	1.67	10.2	2.63	20.3	7.18
	蛇纹岩化玄武岩	—	77.98~83.20	2.3	—	3.3	—	7.3	—
	③红土	红壤	83.20~85.00	4.7	1.67	7.2	2.32	17.4	6.0
	④暗红土	红壤	85.00~92.10	4.4	1.94	6.1	2.71	15.7	6.33
	玄武岩	—	92.10~95.30	3.7	—	5.4	—	12.3	—
	⑤红土	棕壤	95.30~95.80	4.3	3.07	6.3	4.60	14.3	9.2
	玄武岩	—	95.80~106.60	3.5	—	5.3	—	10.5	—
	⑥红土	棕壤	141.55~144.00	4.9	2.47	6.9	3.82	15.7	7.0
	蛇纹岩化玄武岩	—	144.00~152.70	3.1	—	4.7	—	9.4	—
	红色地层	—	170~182.98	3.2	—	4.9	—	9.2	—
	蛇纹岩化玄武岩	—	170~182.98	3.4	—	5.0	—	10.6	—

2.3 玄武岩区的红色风化壳与古土壤

前后喷发的玄武岩中,常有古风化壳和古土壤的埋藏和保存,这对我们研究第四纪古气候的变化有很大意义。

现以史学正等的研究<sup>[18]</sup>为例(表 6),摘要讨论于后,钻孔岩芯的化学分析虽然能获得土壤和 风化壳具有富铁、铝的特征,但与下伏基岩尤其风化态基岩的化学成分相比,则除易迁移元素钠、 钾、镁、钙外未见有其它元素明显的迁移,更未见强烈的富铝化和硅的迁移现象,有时反有倒转的 迹象。足证那时的生物小循环也有聚硅的作用。它们表现在徐闻玄武岩钻孔 722 的 77.27~ 83.20、95.30~106.60 以及 141.55~152.70m 处更为明显。这好象也与古土壤被后来玄武岩覆 盖前的侵蚀强度有关。如此,那时候的降水必然较多,气温也有所下降,导致整个成壤过程也有所 变异。也可能基本相同,不过那时的风化与生物小循环各自的强度和可能到达的深度各不相同而

已。

风化强度自中更新世起至晚更新世有不断增加的趋势,到晚更新世后期达最高峰,这一点与原作者史学正等的结论不相一致。但事实上这些都是假象,因为没有与风化壳、风化态母岩以及母岩的性质相比较。这就是说,不做对比而仅仅根据土体特征性来确定成壤作用是有问题的。

无论徐闻玄武岩上的红色风化壳在地表都有厚层残留。尽管它们目前侵蚀很强,但其脱硅强度有没有随着剖面向上逐渐增强的趋势呢?有关这一问题由于数据不足,虽然很难给予肯定或否定,但是也很难说它不受母岩或风化态母岩的控制。

3 对现代成壤作用的探讨

这是一个非常复杂的问题,本文限于篇幅,仅从当前地质大循环和生物小循环中各类元素尤其硅、铁、铝等成土元素的运移强度举例对比。由于研究对象是第四纪红土和红色风化壳,是公认的经过强烈脱硅和富铝化的产物,因此,我们无需讨论成土岩石、矿物破坏后风化壳发展的四个阶段,而仅仅涉及当前生物—气候条件下成壤和风化作用趋向。

赵其国等的研究<sup>[8]</sup>表明,不同母岩上发育的红色风化壳,在目前成壤条件下,其渗出水的化学组成虽随母质有所变化,但总的看来,硅的含量都相当高,而铁、铝含量均较低,说明红色风化壳当前仍进行着明显的脱硅化作用(表 7)。从表 7 不难看出,南昌第四纪红土在目前成壤条件下,脱硅作用明显较强,这是与红土在运积过程中夹入一定数量的原生矿物进行着风化作用有关,同时也足证热带砖红壤风化壳的脱硅强度有所滞呆,或脱硅作用仅局限于风化壳基部半风化态母岩部分。

表 7 红色风化壳中渗出水的化学组成(mg/L)<sup>[8]</sup>

地点	母质	硅	铁	铝	锰	钙	镁	钾	钠	磷	渗出硅、铁、铝总量 * (kg/m <sup>3</sup> )
广东徐闻	玄武岩	6.9	0.19	0.19	0.01	7.2	5.5	3.5	9.0	0.03	7.28
广东高州	花岗岩	6.7	0.25	0.21	0.01	3.4	1.7	2.0	4.1	0.01	7.16
广东高州	砂岩	6.7	0.85	0.21	0.01	2.6	0.7	1.6	2.1	Tr	7.76
江西南昌	第四纪红土	8.80	0.07	0.18	0.01	1.6	2.2	1.5	1.9	0.03	9.05

\* 以每公顷渗 出 100ml 水深计。

表 8 不同地带凋落物数量的比较 \*

地带	土类	植被	地点	全年总量 t/hm <sup>2</sup>	凋落物数量			
					占全年 %			
					春季	夏季	秋季	冬季
热带	砖红壤	雨 林	云南西双版纳	11.55	40.97	24.87	18.39	15.17
		次生林	海南岛	10.20	25.03	30.63	27.90	16.44
温带	暗棕壤	柞树红松林	黑龙江小兴安岭	4.44			48.98	
	森林土	云冷杉红松林	黑龙江小兴安岭	4.08			49.87	

\* 中国科学院云南热带森林生物地理群落站(1963)及中国科学院林业土壤研究所(1964)资料。

红壤或砖红壤的形成,除脱硅富铝化过程外,同时应和其它土壤一样具有明显的生物富集过程,也就是在一定的水热条件下,以草木为主的植物选择性吸收及其凋落物参与土壤强烈的生物循环和重新组合以及再分配等作用。

又据赵其国等报道<sup>[8]</sup>,在华南热带雨林条件下,枯枝落叶凋落物(干物质)每年可达 11.55t/hm<sup>2</sup>,热带次生林下达 10.20t/hm<sup>2</sup>,要比温带小兴安岭地区高出 1.2~2.0 倍(表 8)。足证热带、亚

热带地区水热条件优越,生物生长茂盛,生物质产量大,地面凋落物也多,植物与土壤间的生物循环也较强烈。

从西双版纳的雨林和橡胶林下残落物的组成(表 9)来看,其灰分总量和  $\text{SiO}_2$  含量都是雾季>湿季>干季,而  $\text{CaO}$ 、和  $\text{MgO}$  的含量在雨林下的累积趋势恰恰相反,说明各种植物在同一生物—气候地带中,由于生长季节性差异,对于各种营养元素的吸收是不一样的(见表 9)。与脱硅富铝化息息相关的是硅、铁、铝等元素在残落物中的反馈程度,倘以这三大元素的  $\text{t}$ (或  $\text{kg}$ )/ $\text{hm}^2$  计算,则雨林下每公顷每年残落物中就有 590kg 的硅(1 263kg 的  $\text{SiO}_2$ )、22.5kg 的铁、58.8kg 的铝;在橡胶林下就有 76kg 的硅、13.1kg 的铁和 20.3kg 的铝将回归土体。也就是说,热带雨林下每公顷每年将有硅铁铝率为 16.28 矿质土体 1.41t 归入土体;归入橡胶林土体的只有 220kg,前者又较后者高出 6.41 倍。倘与广东砖红壤渗出水(1 000 $\text{m}^3$ )<sup>1)</sup>中的相比则又将分别高出 180 倍和 28 倍以上。

表 9 热带雨林、橡胶林下残落物的氮及灰分元素组成(干物质,kg/亩<sup>2)</sup>)

植 季 节	氮	灰 分	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	硅、铁、铝总量 (t/hm <sup>2</sup> )				Mn	SO <sub>2</sub>	
										及分子比						
										总	SiO <sub>2</sub> /	SiO <sub>2</sub> /	SiO <sub>2</sub> /			
										量	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
热带 雨林	干季	3.4	34.9	0.3	1.1	2.6	3.1	22.1	0.3	2.4					0.2	0.7
	湿季	3.7	37	0.4	1.1	7.4	2.5	23.8	0.3	2.9					0.3	0.8
	雾季	3.9	51.6	0.4	0.6	2.3	1.5	38.4	1.6	2.2	0.71	8.14	51.6	9.7	0.2	1.4
	全年	10.9	123.5	1.1	2.7	7.2	7.1	84.2	2.2	7.4		590kg	22.5kg	58.8kg	0.6	2.8
	总量											(硅)	(铁)	(铝)		
橡胶 林	干季	5	9.7	0.6	0.9	2.2	1.0	1.1	0.8	0.6					—	—
	湿季	1.9	15.9	0.2	5.9	2.2	4.8	0.2	1.1						—	—
	雾季	1.9	19.3	0.2	0.2	7.9	2.6	5.1	0.3	0.1	0.11	2.58	11.39	3.7	—	—
	全年	8.7	44.8	1.0	1.3	16.0	5.8	10.9	1.3	2.6		76kg	13.1kg	20.3kg	—	—
	总量											(硅)	(铁)	(铝)		

从残落物中硅、铁、铝等矿物元素反馈土体和渗出水从土体中携出的数量相比,不论雨林或橡胶林下土壤的富铝化过程都非常微弱,相反,复硅作用是很强烈的。因此,这些风化壳上富铝化作用仍在不断进行的论点是值得研究的,至少目前华南雨林不能看作形成砖红壤的理想环境。

4 从古风化壳分布看古气候变迁

不论从第四纪红色粘土或残存的红色风化壳来看,华南地区的古气候自第三纪后期以来曾发生两个值得注意的现象:(1)热带气候向南迁移;(2)在南移过程中也曾不断出现较干燥高温和较温凉湿润等周期性波动。

前者适与古地磁极位置的研究相符合。据最新资料<sup>[9]</sup>,昆明盆地早第三纪时的古纬度约为 19.1°N,属热带,而今位于 25°N 应属南亚热带,二者相差约 6°,无怪其古风化壳均属砖红壤型,而较新风化壳仅属红壤型。上面列举各层红色粘土及其风化壳古土壤特征上的变异既可给予前者有力的验证,也可说明后者周期性波动的出现。红土中泥砾和网纹层等的出现,虽然存在着与冰川有无关联的争论,但是,不论冰期还是雨期,那时降水较多,气温较低,流水侵蚀强烈,这是大

① 该区全年降水一般 1 200~1 500mm 之间,与年蒸发量相比大体上趋于平衡<sup>[7]</sup>,同时,该区径流深高达 400~700mm,因此将下渗水深以 100mm 计,已高出实际数目。

家一致的观点。由此不难看出,华南红色风化壳系在比较干热的热带条件下形成的,第四红色粘土则系古红色风化壳受水流侵蚀运积而成。从广东湛江、徐闻二地玄武岩区古土壤钻孔的研究中又可明显地看出,当时当地气温偏高,降水量季节性递变频繁,生物的生存和发展不同,致使各层古土壤的富铝化程度有所差异;水动力条件有别,致使残存古风化壳的厚薄悬殊。

#### 参考文献

- 1 刘海蓬. 福建省土壤剖面中之聚铁层. 中国土壤学会会志, 1948, 第 1 卷, 第 1 期
- 2 朱显谟. 江西红壤之气候问题. 中国土壤学会会志, 1948, 第 1 卷, 第 1 期, 51~56
- 3 Teilhard de C. P., Young C. C., Pei W. C. and Chang H. C., 1935, On the Cenozoic Formations of Kwangsi and Kwangtung. Bull. Geol. Soc. China, 14(2), 179~205
- 4 J. 梭颇(Thorp). 中国之土壤. 中央地质调查所土壤特刊乙种第 1 号, 1936
- 5 席承藩. 关于中国红色风化壳的几个问题. 中国第四纪研究, 1965, 第 4 卷, 第 2 期, 42~54
- 6 李庆远等. 中国红壤. 科学出版社, 1983
- 7 龚子同. 红色风化壳的生物地球化学. 同上, 科学出版社, 1983, 24~40
- 8 赵其国等. 我国热带、亚热带地区土壤的发生、分类及特点. 同上, 科学出版社, 1983, 1~23
- 9 梁其中、丁申. 滇东早第三纪的古地磁极位及磁性地层特征. 地质论评, 第 32 卷, 第 2 期, 1986, 144~149
- 10 孙殿卿、徐煜坚. 广西第四纪冰川遗迹之初步观察. 同上, 第 9 卷, 第 3~4 期 171~200
- 11 孙殿卿. 中国第四纪冰川遗迹纪要. 科学出版社, 1957
- 12 周慧祥、熊黑纲. 广西兴安—桂林地区地貌与红土砾石层的特征及其成因. 中国第四纪冰川期学术讨论会论文集, 科学出版社, 1985, 79~86
- 13 施雅风等. 桂林地区古冰川遗迹何在? 冰川冻土, 1986 年, 第 8 卷, 第 2 期
- 14 USDA(美国农业部农业手册) Soil Taxonomy, Agriculture. Handborn No. 436 U. S. Department of Agriculture, 1975, 71~81
- 15 南京大学地理系地貌教研室. 中国第四纪冰川与冰期问题. 科学出版社, 1974, 102~110 页
- 16 许冀泉、蒋梅英、虞锁富、杨德涌. 华南热带和亚热带土壤中的矿物. 中国红壤, 1983, 41~73
- 17 赵其国. 昆明地区不同母质对红壤发育的影响. 土壤学报, 第 12 卷, 第 3 期, 1964, 253~265
- 18 Shi Xuezheng et al. Investigations of Laterization on the Basis of properties Studies on paleosols Developed in Leizhou peninsula. Current progress in Soil Research in Peoples Republic of China, Soil Science Society of China, 1986, 426~438

(上接第 93 页)

- 8 卢演传、安芷生. 约 70 万年以来黄土自然环境变化系列探讨. 科学通报, 1974 年, 第 24 期, 221~224
- 9 安芷生、魏兰英. 淀积铁质粘粒胶膜及其成因意义. 科学通报, 1979 年, 第 24 期, 365~359
- 10 林本海. 最近 130 000 年西安洛川地区黄土稳定同位素研究. 硕士学位论文研究论文, 1990
- 11 Bronger, A. 1989: Preliminary Report on the Goint Research Project Between the XLLQAS and the LSGIGVK Fed Rep of Germany