

热带地区玄武岩发育时间序列土壤中石英颗粒微形态特征^①

张 瑾^{1,2}, 李德成^{1*}, 张甘霖¹, 李辉信²

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

2 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘要: 利用扫描电镜研究了热带地区雷州半岛和琼北地区不同年代喷发的玄武岩上发育的时间序列土壤中石英颗粒的表面形态特征, 结果表明: ①同一剖面中表层土壤中石英的风化程度相对较大。②从新成土到铁铝土阶段(0.01~1.33 Ma), 石英颗粒表面风化程度逐渐加深, 机械作用形成的特征完全消失。成土时间较长的铁铝土(6.12 Ma)中石英颗粒出现裂解现象。③本研究一方面证实 Darmody 评估方法在研究我国热带地区土壤石英颗粒表面风化程度的可行性, 同时也说明在相同母质和环境条件下发育的土壤中, 石英颗粒表面的风化状况在一定程度上可以指示土壤的相对发育程度。

关键词: 石英颗粒表面微形态; 时间序列土壤; 扫描电镜; 玄武岩

中图分类号: S152.1

石英是一种自然界普遍存在的矿物, 具有硬度大、抗风化能力强、易于选取等特点。石英颗粒脱离母岩后, 受到特定的搬运方式、介质、气候、沉积速度和时间等因素的影响, 便会在其表面留下各种外形和风化特征。近年来国内外学者通过扫描电镜(SEM)技术对冰碛、湖泊、风积、残积、洪积、冲积等不同成因类型和不同气候条件下的石英的表面形态进行了比较系统的研究, 并将其按成因划分为机械作用和化学作用特征。机械作用特征包括贝壳状断口、翻卷薄片、碟形坑、三角形坑、擦痕、裂痕、V形坑、水下磨光面、麻点等; 化学作用特征包括溶蚀作用(鳞片状剥落、方向性溶蚀坑、深邃的溶蚀坑和溶蚀沟)、沉淀作用(硅质球、凸起的硅质鳞片、硅质薄膜)和石英晶体的增长^[1-2]。

石英微形态研究被广泛用于判别风化物物源、沉积环境和演变历史^[3-5]。国外关于石英形态特征与土壤发育关系方面的报道较多^[6-8], Howard等^[5]研究了美国弗吉尼亚州时间序列(90 ka~10 Ma)土壤中石英的形态, 发现随着土壤年龄的增加, 土壤中石英颗粒的表面形态越复杂, 溶蚀现象越强。而国内涉及这方面的研究较少^[9]。本文在现有研究的基础上, 在热带的雷州半岛和琼北地区分别选取了4个玄武岩上发育的土壤剖面(其除成土时间外, 控制和影响这些土壤

的成土因素均相同或相近), 分析风化成壤后石英表面形态特征, 并探讨其与土壤的发育程度之间的关系。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

雷琼地区地处华南板块, 是我国第四纪火山岩(以基性的玄武岩为主)分布面积最大的地区^[10-11]。在收集雷琼地区玄武岩喷发年代相关文献^[12-13]的基础上, 建立了玄武岩发育的典型土壤时间序列, 并在相应地理位置进行了野外采样。该研究区除成土时间外, 控制和影响这些土壤的成土因素均相同或相近。采样地点位于雷琼沿海台地半湿润地区, 海拔多在100 m以下, 年均温23~24℃, ≥10℃年积温8500~8700℃, 年降雨量1400~1800 mm, 主要集中在5—9月。具体信息见表1。

1.2 实验方法

1.2.1 石英颗粒微形态观察 土样预处理: 样品颗粒用分散剂六偏磷酸钠(NaPO_3)₆充分分散, 加30%的过氧化氢煮沸10 min去除有机质, 再用筛分法筛选出粒度在0.5~0.25 mm间的颗粒(该粒级范围被认为基本是各种成因沉积物中的最活跃组分, 表面结构成因组合发育齐全, 比较灵敏和全面地记录了它的成因

①基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-409)、国家自然科学基金项目(40771091, 40625001)资助。

* 通讯作者(dcli@issas.ac.cn)

作者简介: 张瑾(1982—), 女, 安徽淮南人, 硕士研究生, 主要从事土壤发生研究。E-mail: jzhang@issas.ac.cn

表 1 玄武岩发育的时间序列红壤基本信息

Table 1 Basic information of basalt-derived chronosequence soils

剖面	位置	成土年龄 (Ma)	经纬度	土壤类型
HN01	海南海口市十字路镇 ^[12]	0.01	19°51.488' N, 110°21.327' E	新成土
HN02	海南海口市东山镇 ^[12]	0.59	19°46.668' N, 110°13.086' E	富铁土
HN03	海南海口市永发镇 ^[12]	1.33	19°46.346' N, 110°12.887' E	铁铝土
HN04	海南澄迈县白莲镇乡 ^[12]	3.76	19°53.998' N, 110°07.438' E	铁铝土
LZ01	广东雷州市英利镇 ^[13]	0.58	20°36.361' N, 110°10.147' E	富铁土
LZ04	广东徐闻县城北乡 ^[13]	0.92	20°20.367' N, 110°07.051' E	富铁土
LZ05	广东徐闻县海安镇 ^[13]	3.04	20°16.609' N, 110°15.218' E	铁铝土
LZ08	广东徐闻县海安镇 ^[13]	6.12	20°17.662' N, 110°11.441' E	铁铝土

信息^[14]。经筛洗后的砂样取 3~5 g, 置于 10% 的稀盐酸中加热煮沸, 然后用蒸馏水冲洗干净后烘干^[9]。

从烘干的砂样中随机挑选 25~30 粒石英颗粒, 将石英颗粒成行粘于导电胶上, 再置于标准真空镀膜机中喷镀金膜, 将镀金样品放于样品墩上, 在扫描电镜下进行观察、分析、照相、统计。

电镜扫描观察在南京大学现代分析中心完成, 扫描电镜型号为 S-3400N II。样品在进行扫描电镜观察分析的同时进行了能谱 (EDX) 分析, 以确保双目镜下挑选的为纯度较高的石英颗粒。

1.2.2 石英颗粒化学风化程度评估 因本文研究不同程度发育土壤中石英颗粒, 所以采用了 Darmody^[15]提出的基于 SEM 观察石英颗粒表面特征为“新鲜”或“风化”石英的相对风化指示, 经 Marcelino 等^[16]修改后用于研究轻度或中度风化土壤。表 2 所列石英颗粒表面形态的 10 个评价特征, 以之为标准对样品中石英表面形态进行观察分析, 并给每个颗粒赋值。表 2 中负值代表“风化”特征, 正值表示“新鲜”特征, 不存在以上特征则赋值“0”, 最后把所有分值加和, 根据表 3 定出石英颗粒的风化等级, 判定每个石英颗粒的风化等级。每个样品测定 25~30 粒, 由各级别所占颗粒比例乘以其相应级别分值后之和, 即为该样品的风化等级。

2 结果与讨论

2.1 石英颗粒的剖面分布特征

由表 4 可知, 海南地区供试土壤中石英颗粒的风化等级集中在 b、c、d 3 个等级上。

HN01, 表层土壤中基本未风化和轻度风化的颗粒占 71.4%, 样品的风化等级平均值为 2, 属 d 级 (轻微风化)。颗粒大多棱角分明, 形态不规则, 机械作用留下的贝壳状断口或弧形台阶清晰可见。部分颗粒有

表 2 确定石英颗粒化学风化等级的表面特征

Table 2 Surface features of quartz grains used in assessing chemical weathering classes (modified from Darmody, 1985)

特征 (图 1)	分值
方向性或无方向性溶蚀坑	-1
擦痕	-1
棱角经磨蚀或圆状颗粒	-1
氧化硅溶蚀或沉淀	-1
鳞片状剥落或粗糙表面	-1
贝壳状断口	1
尖锐棱角或棱角状颗粒	1
“干净”光滑断口或解理面	1
大的起伏	1
弧形台阶	1

表 3 石英颗粒的化学风化分级

Table 3 Chemical weathering classification of quartz grains (based on Darmody, 1985)

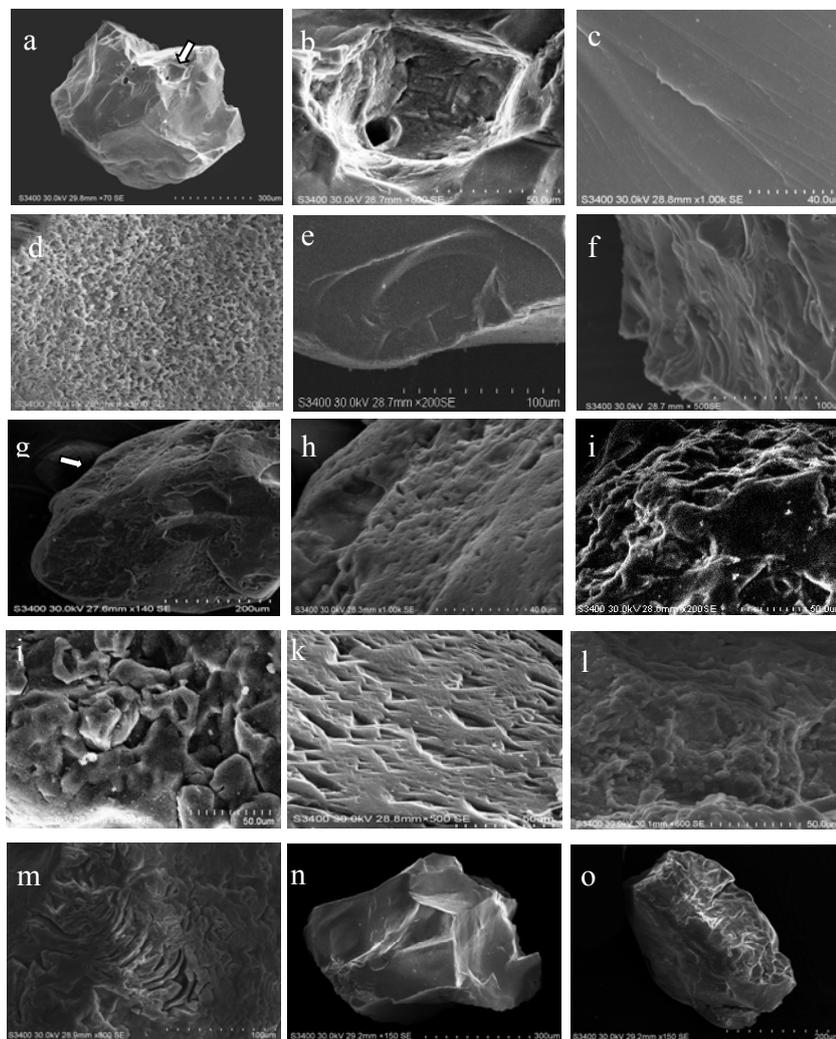
分级	分值
a 深度风化	-4, -5
b 中度风化	-2, -3
c 轻度风化	1, 0, -1
d 轻微风化	3, 2
e 基本未风化	5, 4

溶蚀坑出现在晶穴处, 这是由矿物晶体的内部结构决定的^[1] (图 1a~b, 其中照片 b 为 a 的局部放大), 同时溶蚀坑中有硅质球沉淀, 个别颗粒的平行解理薄片上有“晶芽” (石英晶体) 生长 (图 1c)。B 层土壤中石英颗粒风化程度有所加强, 主要为轻度和轻微风化颗粒, 占总数的 79.3%, 样品风化等级平均值为 1, 属 c 级 (轻度风化)。颗粒上二氧化硅沉淀现象更加明显, 未发现深度风化颗粒。

表 4 雷州半岛和琼北地区石英颗粒的化学风化等级
Table 4 Weathering classes quartz grains in Leizhou Peninsula and Hainan Island

剖面	土层深度 (cm)	发生层	风化分级										平均值	等级
			a		b		c		D		e			
			No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%		
HN01	0~16	A	0	0.0	3	10.7	9	32.1	5	17.9	11	39.3	2	d
HN02	0~18	A	5	16.1	12	38.7	9	29.0	4	12.9	1	3.2	-1	c
HN03	0~15	A	6	21.4	8	28.6	9	32.1	2	7.1	3	10.7	-1	c
HN04	0~15	A	11	34.4	10	31.3	11	34.4	0	0.0	0	0.0	-3	b
HN01	16~40	B	0	0.0	1	3.4	12	41.4	11	37.9	5	17.2	1	c
HN02	18~37	B	1	3.7	4	14.8	18	66.7	3	11.1	1	3.7	0	c
HN03	15~40	B	8	29.6	4	14.8	7	25.9	5	18.5	3	11.1	0	c
HN04	15~55	B	6	23.1	2	7.7	13	50.0	5	19.2	0	0.0	-1	c
LZ01	0~20	A	2	7.4	6	22.2	8	29.6	7	25.9	4	14.8	0	c
LZ04	0~23	A	5	17.2	4	13.8	12	41.4	5	17.2	3	10.3	-1	c
LZ05	0~18	A	4	16.0	9	36.0	7	28.0	4	16.0	1	4.0	-2	b
LZ08	0~20	A	9	31.0	4	13.8	7	24.1	8	27.6	1	3.4	-1	c
LZ01	20~50	B	3	10.3	1	3.4	8	27.6	11	37.9	6	20.7	1	c
LZ04	23~45	B	6	20.0	5	16.7	5	16.7	13	43.3	1	3.3	0	c
LZ05	18~37	B	5	18.5	10	37.0	9	33.3	3	11.1	0	0.0	-2	b
LZ08	20~45	B	4	15.4	8	30.8	12	46.1	2	7.7	0	0.0	-2	b

注：表中 No. 表示某个风化级别的石英颗粒数量，% 表示占颗粒总数（25~30）的百分比。



(a,b 溶蚀坑 (etch pits); c 解理面 (cleavage faces); d 晶芽 (SiO₂ crystals); e 贝壳状断口 (conchoidal fracture); f 弧形台阶 (arc-shape steps); g 棱角经磨蚀或次圆状颗粒 (subdued edges and rounded grain); h, i, j 溶蚀沟 (solution grooves)、和溶蚀坑 (etch pits); k 方向性溶蚀坑 (oriented etch pits); l 硅溶蚀 (solution of silica) 和硅沉淀 (precipitation of silica); m 粗糙表面 (rough surface); n 尖锐棱角或棱角状颗粒 (shape deges and angular grain); o 裂解 (quartz cracking))

图 1 剖面石英颗粒表面形态特征
Fig. 1 Surface structure characteristics of quartz grains in observed profiles

HN02, 表层土壤中主要为轻度风化和中度风化颗粒, 样品的风化等级平均值 -1, 属 c 级, 颗粒多为次棱状, 样品中半数颗粒可见方向性溶蚀坑, 部分石英颗粒的解理面上附有硅质沉淀。样品中有部分深度风化颗粒, 表面覆盖有大量的硅质薄膜, 其颗粒机械作用形成的特征基本消失。B 层土壤中有 66.7% 石英颗粒为中度风化颗粒, 样品风化等级平均值为 0, 属 c 级。颗粒多为次棱状, 贝壳状断口、方向性溶蚀坑、“晶芽”(图 1d)、氧化硅溶解和沉淀现象在样品中均有出现。

HN03, 表层土壤中主要为轻度、中度和深度风化的石英颗粒, 样品的风化等级平均值为 -1, 属 c 级。颗粒多为次棱角状, 表面有溶蚀坑, 有些颗粒表面的贝壳状断口和弧形台阶(图 1e~f) 尽管被硅沉淀覆盖或溶蚀, 仍能辨别。B 层样品风化等级平均值为 0, 属 c 级, 深度风化的石英颗粒明显增多。

HN04, 表层土壤中石英颗粒为轻度、中度和深度风化, 未发现基本未风化和轻微风化等级的颗粒。样品的风化等级平均值为 -3, 属 b 级(中度风化)。石英颗粒多为次棱状或次圆状(图 1g), 表面布满溶蚀沟(图 1h, 其中照片 h 为 g 的局部放大), 其机械作用形成的特征消失。B 层土壤样品的风化等级平均值为 -1, 属 c 级, 无 e 等级的石英颗粒。部分颗粒表面呈蜂窝状^[9], 溶蚀坑和溶蚀裂缝密布, 使得机械作用留下的痕迹难以分辨(图 1i~j, 其中照片 j 为 i 的局部放大)。

由表 4 可知, 雷州地区供试土壤中石英颗粒的风化等级集中在 b、c 两个等级。

LZ01, 表层土壤中各等级颗粒均匀分布, 样品的风化等级平均值为 0, 属 c 级。颗粒多为次棱状, 颗粒表面有大的起伏, 溶蚀作用和沉淀作用相伴出现。B 层土壤中基本未风化、轻微和轻度风化的石英颗粒含量达到 86.2%, 样品的风化等级平均值为 1, 属 c 级。多数颗粒可见较新鲜的断口、弧形台阶和解理面, 颗粒表面起伏较大; 部分颗粒表面方向性三角坑成簇出现(图 1k), 少数颗粒因强烈溶蚀或沉淀作用, 机械作用形成的特征消失。LZ04, 表层土壤石英的风化等级平均值为 -1, 属 c 级。各风化等级石英颗粒均存在, 其中轻度风化颗粒占 41.1%。颗粒多为次棱状, 溶蚀和沉淀现象明显, 少数颗粒表面有“晶芽”生长。B 层石英颗粒的风化等级平均值为 0, 属轻度风化, 多数颗粒贝壳状断口, 弧形台阶清晰可见。LZ05, A 层和 B 层石英的风化等级平均值均均为 -2, 属 b 级。颗

粒多为次圆状, 大部分石英颗粒表面因强烈的化学溶蚀作用, 使其表面形成大量的溶蚀裂痕和溶蚀坑(图 1m), 剖面颗粒达到中度风化。其中 B 层无 e 等级颗粒。LZ08, 表层土壤石英风化等级平均值为 -1, 属 c 级。该层发现有部分具有新鲜的贝壳状断口、尖锐棱角、“干净”光滑断口和解理面的石英颗粒(图 1n), 同时发现有一定数量的石英颗粒表面有大的溶蚀沟, 并出现不同程度的裂解和剥落现象(图 1o)。这些具有新鲜断口的石英可能是深度风化的石英颗粒裂解产生^[7,17]。B 层土壤石英风化等级平均值为 -2, 属 b 级, 中度和深度风化等级颗粒占 46.2%, 轻度风化颗粒占 46.1%, 未发现 e 等级颗粒。

2.2 石英颗粒形态特征与剖面层次和成土时间的关系

2.2.1 石英颗粒形态特征与剖面层次的关系

Phe 和 Mazzullo^[7]认为灰壤土 A 层由于受强降雨、低 pH 和表层植被产生的高含量的有机酸的影响, 使 A 层石英颗粒相对下层溶蚀和风化现象更明显。Cremeens 等^[18]和 Marjorie 等^[19]指出土壤孔隙硅浓度随土壤深度增加而增加, 溶解硅的浓度影响石英的表面溶解度, 石英的溶解度、表面溶蚀坑的密度, 随着土壤深度的减少而增加。由表 4 可知, 本研究绝大多数剖面 A 层土壤石英颗粒的风化平均值小于 B 层, 风化程度大于 B 层, 可能该地区降水的强淋洗, 引起土壤表层强烈淋溶, 表层石英风化程度高。

2.2.2 石英颗粒表面风化特征与成土时间之间的关系

土壤排水状况的好坏和土壤中硅浓度的大小影响着石英的溶解度^[20]。土壤溶液中的硅主要以单硅酸的形式存在, 其浓度主要取决于原生和次生含硅矿物的种类。在高度发育土壤中硅的强烈淋溶, 风化液中 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 的浓度有所降低(土层上部的淋失量较大)分解成三水铝石。黄成敏等^[21]、He 等^[22]在其研究中指出, 海南岛北部玄武岩上发育的成土年代系列土壤中高岭石含量随风化成土年代的增加而增高, 至富铁土达最高; 三水铝石含量逐渐增加。Oliva 等^[23]指出热带气候条件下高度发育土壤的脱硅速率约为 $70 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。本区处于热带高温多湿的环境条件, 土体内部进行着强烈的风化和淋失, 土壤中硅的迁移率为 25%~79%, 硅铝率为 1.56~6.01, 以脱硅富铁铝风化为主。

由表 4 和图 2 可知, 剖面 a 等级石英颗粒的百分含量随成土时间的增加而增加, 范围在 0~34.4% 之间, 最大值出现在铁铝土(3.76 Ma)的 A 层, 最小值在新成土(0.01 Ma)的 A 层。e 等级石英颗粒随成土时间的增加其百分含量相应减少, 变化范围在 0~

39.9% 之间，最大值出现在新成土阶段 (0.01 Ma)，最小值在铁铝土阶段 (3.04 ~ 6.12 Ma)，而 b、c、d 3 个等级百分含量随成土时间的变化趋势不明显。另由图 2 可知，随着土壤的发育，剖面石英的平均风化程度逐渐加深。新成土阶段 (0.01 Ma)，土壤中石英颗粒的风化平均值 ≥ 1 ，风化等级为 d (轻微风化)，富铁土阶段 (0.58 ~ 0.92 Ma) 和铁铝土初期 (1.33 Ma)，其风化等级平均值为 $-1 \sim 1$ ，基本维持在 c 级 (轻度风化)，石英颗粒风化程度变化不明显，颗粒多为次棱角或次圆状，溶蚀和沉淀现象明显；但多数石英颗粒

表面的贝壳状断口和弧形台阶尽管被沉淀覆盖或溶蚀，仍能辨别。铁铝土阶段 (3.04 Ma—)，石英颗粒风化等级达到 b 级。新成土阶段石英表面风化相对于铁铝土阶段更迅速，很快达到 d 等级，而铁铝土阶段和富铁土发育初期，石英颗粒的风化等级基本维持在 c 等级，这可能与土壤中硅的淋失速率有关。黄成敏和龚子同^[24]对海南岛北部玄武岩上发育土壤的研究认为，硅元素的淋失主要发生在成土作用的初期，在中度风化过程中硅还存在一定程度的淋溶，迁移率达到 80% 左右时淋失率趋于稳定。

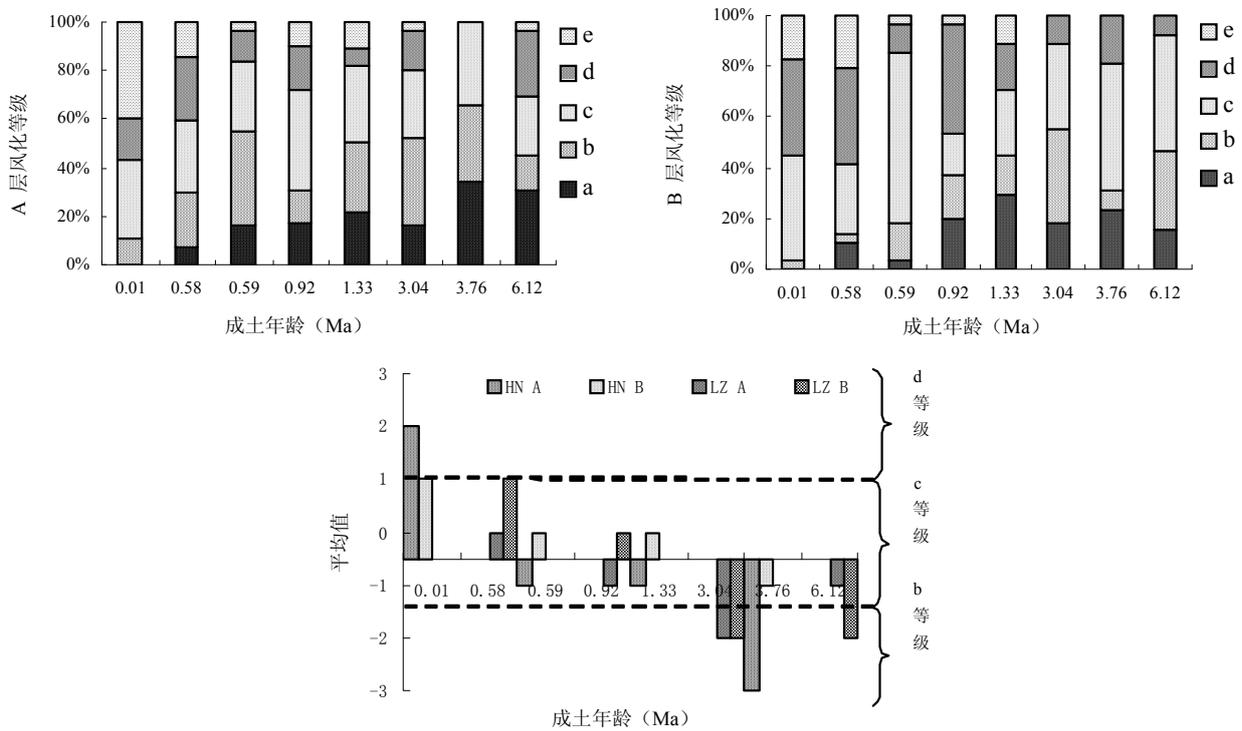


图 2 石英颗粒表面化学风化等级与成土时间之间的关系

Fig. 2 Changes of chemical weathering class of quartz grains with soil age

上述结果表明，玄武岩发育土壤为石英提供了良好的原位风化条件^[20]，本文认为相同母质和环境条件下发育的土壤，其石英颗粒的风化程度可以指示土壤的相对发育状况，同时证明了 Darmody 评估方法在研究该地区石英颗粒表面风化程度的可行性。因本研究跨越年轻-年老土壤，根据 Marcelino 等^[16]的结论，相对适合采用 Darmody 法^[15]。对于铁铝土而言，根据已取得的研究结果，由于土壤中的 SiO₂ 含量、矿物类型组成、生物硅含量等已基本稳定，很难再用于指示不同发育程度的铁铝土。而 Marcelino 和 Stoops^[17]提出可以根据石英表面溶蚀坑的大小和覆盖面积评估高度发

育土壤石英的风化状况，这将是我们的下一阶段要开展的研究。

3 结论

本研究表明，雷州半岛和琼北地区石英颗粒表面形态表现出相同的变化趋势：表层土壤中石英的风化程度大于 B 层。随着土壤的发育，其颗粒的风化程度逐步加深。新成土阶段石英颗粒多棱角状，机械作用在颗粒表面留下的形态特征清晰可见；富铁土到铁铝土阶段，石英颗粒多为次棱角或次圆状，溶蚀和沉淀现象明显，溶蚀面积增大；进入铁铝土阶段后，石英

颗粒多为次圆状, 机械作用形成的特征完全消失, 甚至出现石英颗粒裂解现象。

参考文献:

- [1] 谢又予. 中国石英砂表面结构特征图谱. 青岛: 海洋出版社, 1984
- [2] 陈丽华, 缪昕, 于众. 扫描电镜在地质上的应用. 北京: 科学出版社, 1986
- [3] 刘春茹, 刘秀明, 王世杰, 姜立君. 贵州碳酸盐岩风化壳物源判别的新证据: 石英颗粒形态、表面结构特征. 矿物学报, 2007, 27(1): 49-56
- [4] 夏应菲, 杨浩. 安徽宣城第四纪红土剖面石英颗粒扫描电镜研究. 南京师大学报(自然科学版), 1998, 21(1): 120-124
- [5] 张素新, 李振锋. 广东某地石英颗粒表面特征与沉积环境. 电子显微学报, 2000, 19(4): 525-526
- [6] Birkeland PW. Pedology, Weathering and Geomorphological Research. New York: Oxford University Press, Inc., 1974, 372
- [7] Pye K, Mazzullo J. Effects of tropical weathering on quartz grain shape: An example from Northeastern Australia. Journal of sedimentary Research, 1994, 64: 500-507
- [8] Howard JL, Amos DF, Daniels WL. Micromorphology and dissolution of quartz sand in some exceptionally ancient soils. Sedimentary Geology, 1995, 105: 51-61
- [9] 胡雪峰, 龚子同. 江西九江泰和第四纪红土成因的比较研究. 土壤学报, 2001, 38(1): 1-9
- [10] 黄镇国, 蔡福祥. 雷琼第四纪火山活动的新认识. 热带地理, 1994, 14(1): 1-10
- [11] 龚子同, 张甘霖, 漆智平. 海南岛土系概论. 北京: 科学出版社, 2004
- [12] 葛同明, 陈文寄, 徐行, 李大明, 樊利民, 李齐, 文思郁, 王昕. 雷琼地区第四纪地磁极性年表——火山岩钾-氩年龄及古地磁学证据. 地球物理学报, 1989, 32(5): 550-558
- [13] 朱炳泉, 王慧芬. 雷琼地区MORB—OIB过渡型地幔源火山作用的 Nd-Sr-Pb 同位素证据. 地球化学, 1989, 3: 193-201
- [14] 伍永秋, 崔之久, 葛道凯, 李耕年. 昆仑山垭口地区第四纪地层石英砂表面结构特征与沉积环境. 应用基础与工程科学学报, 1998, 6(2): 117-124
- [15] Darmody RG. Weathering assessment of quartz grains: A semiquantitative approach. Soil Science Society of America Journal, 1984, 49: 1322-1324
- [16] Marcelino V, Mussche G, Stoops G. Surface morphology of quartz grains from tropical soils and its significance for assessing soil weathering. European Journal of Soil Science, 1999, 50: 1-8
- [17] Marcelino V, Stoops G. A weathering score for sandy soil materials based on the intensity of etching of quartz grains. European Journal of Soil Science, 1996, 47: 7-12
- [18] Creameans DL, Darmody RG, Norton LD. Etch-pit size and shape distribution on orthoclase and pyriboles in a loess catena. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1992, 56: 3423-3434
- [19] Marjorie SS, Art FW. Chemical weathering in a tropical watershed, Luquillo Mountains, Puerto Rico III: Quartz dissolution rates. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1999, 63: 337-350
- [20] Thanachit S, Suddhiprakarn A, Kheoruenronme I, Gillkes RJ. Quartz sand grain size and surface morphology in some tropical soils. Thai Journal of Agricultural Science, 2009, 42(1): 41-60
- [21] 黄成敏, 龚子同, 杨德涌. 海南岛北部玄武岩发育而成的土壤粘土矿物研究. 西南农业学报, 2001, 14: 1-4.
- [22] He Y, Li DC, Velde B, Yang YF, Huang CM, Gong ZT, Zhang GL. Clay minerals in a soil chronosequence derived from basalt on Hainan Island, China and its implication for pedogenesis. Geoderma, 2008, 148: 206-212
- [23] Oliva P, Viers J, Dupre B, Fortune JP, Martin F, Braun JJ, Nahon D, Robain H. The effect of organic matter on chemical weathering: Study of a small tropical watershed: Nsimi- Zoetele site, Cameroon. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1999, 63: 4013-4035
- [24] 黄成敏, 龚子同. 海南岛北部玄武岩上土壤发生研究III. 元素地球化学特征. 土壤学报, 2002, 39(5): 643-652

Study on Micromorphological Characteristics of Quartz Grains in Basalt-derived Chronosequence Soils in Tropical Area of China

ZHANG Jin^{1,2}, LI De-cheng¹, ZHANG Gan-lin¹, LI Hui-xin²

(1 *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China;*

2 *College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)*

Abstract: The quartz grains from basalt-derived chronosequence soils in Leizhou Peninsula and Hainan Island were examined under scanning electronic microscope for their external morphological characteristics. The results showed that in the same profile, the weathering degree of quartz grains was stronger in the surface horizon. During soil development, the weathering degree increased gradually from Primosols to Ferralsols phase (0.01~1.33Ma), and mechanically-formed features totally obliterated. In Ferrallitic soil phase (6.12Ma), decomposition phenomena occurred in quartz grains. This study confirmed the validity of the weathering score method of Darmody in the tropical area of China, and also showed that the surface weathering status of quartz grains from soil which developed from the same parent material and under the same environmental conditions can indicate the relative degree of soil development.

Key words: Quartz grain surface micro-morphology, Chronosequence soils, Scanning electron microscope, Basalt