

华南晚更新世老红砂的元素风化迁移规律^{*}

王建华

(中山大学地球科学系, 广州 510275)

摘 要 根据粤琼等地老红砂典型剖面的沉积物全岩化学分析数据, 结合风化矿物的分析, 通过相关分析和聚类分析, 系统地总结了老红砂风化作用过程中的元素迁移规律, 划分了它的风化类型.

关键词 老红砂, 全岩化学分析, 数理统计, 风化过程

分类号 P 534

华南沿岸第四纪老红砂是一类成因归属尚有争议的堆积物, 主要分布于福建平潭至广东雷洲半岛及海南岛沿岸地区, 有关它们的成因、年代及古环境意义曾引起了广泛的争论, 其中有海相沉积^[1-3]、风沙沉积^[4-5]两种不同的观点, 作者通过近年来对广东惠来-陆丰、海南文昌等地几处老红砂的典型剖面的沉积学、矿物学、微体古生物学、年代学等方面的研究, 认为它们应为晚更新世中晚期低海平面期的海岸风沙堆积物, 经温湿-湿热气候条件下的风化作用形成^[1,2], 为了对老红砂的堆积物质性质、形成的气候条件有进一步的了解, 有必要对老红砂风化过程中元素的迁移规律作一分析.

1 老红砂的基本特征

华南沿岸晚更新世老红砂分布于沿海花岗岩侵蚀台地、丘陵山坡或沙坝、泻湖地带, 分布宽度数百米至数千米, 长数千米至十几千米以上, 厚度数米至二十米以上, 顶面分布高度从-8~+60 m不等, 表面常发育冲沟、崩岗和风蚀地貌, 沉积物分布区常为全新世和现代风沙堆积发育区域, 碎屑物质来源也较丰富. 老红砂的沉积物质为粒度十分均匀、分选较好的石英细砂至细粒中砂, 含少量的粉砂粘土, 可含个别磨损强烈的有孔虫等生物碎屑, 有一定的硬化胶结, 剖面上层常呈棕红-砖红色, 向下逐渐变为黄色、黄白色, 过渡层常见斑点状风化构造. 沉积构造特点是多呈块状, 不显层理, 个别地区也可出现高角度的交错层理或似水平层理.

老红砂经长期的风化作用, 砂矿物成分构成比较单调, 主要由石英砂组成, 但剖面下部仍可保留有少量的长石矿物; 沉积物中的重砂矿物含量较少 (0.06% ~ 0.33%), 且基本

^{*} 国家自然科学基金 (49202033) 资助项目

收稿日期: 1997-04-24 王建华, 男, 39岁, 副教授

1) 王建华等. 华南第四纪老红砂风成的若干证据. 热带海洋, 1997 (待刊)

2) 王建华等. 粤琼老红砂的岩矿特征与成因研究. 热带地理, 1997 (待刊)

上由钛铁矿、电气石、锆石等稳定的花岗岩类副矿物组成,角闪石、黑云母等含二价铁的不稳定矿物消失殆尽。

老红砂中出现的粘土矿物主要由不稳定矿物风化而成,主要由高岭石、三水铝石组成,也含有数量变化的伊利石、蒙皂石、绿泥石等中间风化矿物,以及一定量的赤铁矿、针铁矿等矿物,数量由剖面表层向下减少。

2 元素含量特征

本文分析了老红砂、花岗岩残积层、全新世的风成砂及海滩砂等 16 个样品的全岩化学组分(表 1)。

表 1 老红砂等堆积物的化学全量表

%

序号	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	P ₂ O ₅	烧失量
1	H93-12	82.23	0.48	8.06	3.62	0.06	0.01	0.08	0.04	0.11	0.23	3.01	1.37	0.02	0.01
2	H93-11	84.55	0.47	7.49	2.65	0.05	0.01	0.08	0.04	0.13	0.23	2.81	1.23	0.01	0.02
3	H93-9	84.46	0.39	8.73	1.59	0.05	0.01	0.06	0.09	0.1	0.19	3.17	1.21	0.01	0.01
4	H93-2	94.83	0.26	1.84	0.57	0.04	--	0.04	0.09	0.1	0.16	0.74	0.33	--	0.09
5	RD-12	87.98	0.44	5.09	2.43	0.07	0.01	0.08	0.06	0.11	0.22	1.74	1.23	0.01	0.29
6	RD-9	91.04	0.24	3.93	1.33	0.02	0.01	0.09	0.06	0.15	1.03	0.94	0.96	--	0.06
7	RD-1	96.15	0.27	1.15	0.46	0.05	0.01	0.02	0.06	0.11	0.12	0.43	0.21	--	0.11
8	RD-20	88.67	1.25	3.98	2.13	0.35	0.08	0.09	0.06	0.1	0.21	1.65	0.99	0.04	0.21
9	RD-24	89.4	0.42	4.86	1.63	0.08	--	0.04	0.03	0.1	0.13	2.19	0.81	--	0.21
10	RD-36	87.85	0.31	5.67	1.7	0.06	0.02	0.09	0.27	0.12	0.85	1.98	1.08	0.02	0.29
11	RD-32	89.29	0.32	4.74	1.36	0.02	0.02	0.06	0.13	0.11	0.88	1.6	1	0.04	0.06
12	RD-28	89.9	0.41	4.73	1.56	0.04	0.01	0.06	0.01	0.09	0.29	1.6	0.83	--	0.13
13	RD-26B	88.95	0.26	4.96	1.15	0.04	0.01	0.08	0.03	0.14	1.02	1.68	1.16	--	0.02
14	RD-37	89.58	0.11	4.59	1.05	0.02	0.02	0.09	0.08	0.16	1.68	1.35	0.8	0.05	0.01
15	RD-7	92.57	0.14	0.56	0.35	0.04	0.01	0.06	2.53	0.13	0.18	0.47	0.13	--	1.56
16	RD-10	72.29	0.34	13.88	5.62	0.05	--	0.04	0.06	0.11	0.17	5.35	1.81	--	0.1

注: 岩性 1~ 13 为老红砂, 14 为 Q₄ 风成砂, 15 为海滩砂, 16 为风化花岗岩;

取样地点 1~ 4 为文昌, 5~ 9, 15, 16 为陆丰, 10~ 14 为惠来

由分析结果可见,与花岗岩残积物相比,老红砂的化学成分有高硅、低铁、低铝的特点,其它元素或化合物的含量相近,其风化指数 SiO_2 / Al_2O_3 值(分子比)及 SiO_2 / R_2O_3 值($R_2O_3 = Fe_2O_3 + Al_2O_3$)均较高,这表明,由于老红砂为再搬运沉积的二次沉积物,其堆积时沉积物中长石类及铁镁硅酸盐类矿物含量不会太高,而由石英占绝对优势。

与现代海滩砂相比,老红砂则显示出低硅、高铁铝的特点;由于含有一定量的生物碎屑,海滩砂尚有高钙质、高烧失量的特点,但由于缺少含水的粘土矿物, H_2O^- 与 H_2O^+ 含量均很低。

与已有一定风化程度的中全新世海岸沙丘砂相比较,部分老红砂,特别是一些剖面下部所取的沉积物的元素指标与之相当接近。

老红砂中的 Ca、Mg、K、Na 等容易迁移的元素含量均很低,无论剖面位置或分布区域的因素,对它们的影响都不明显,可见这些元素的淋失过程是很快的。

在老红砂沉积物中,不同层位和不同区域样品的元素含量有明显的差异。首先,在剖面上层,老红砂中的硅含量相对减少,三价铁、三价铝以及 H_2O^- 、 H_2O^+ 的含量相对增高;

间呈明显的正相关, 这表明 SiO_2 与其他 4 种组分在风化迁移过程中的表现不同, 硅具有一定的迁移性, 可随风化程度的加强而减少, 而铝、铁是最难迁移的物质, 它们随风化程度的加强而聚集, 并由于形成水合物如三水铝石、埃洛石等引起 H_2O^+ 、 H_2O^- 的积聚, 一起在

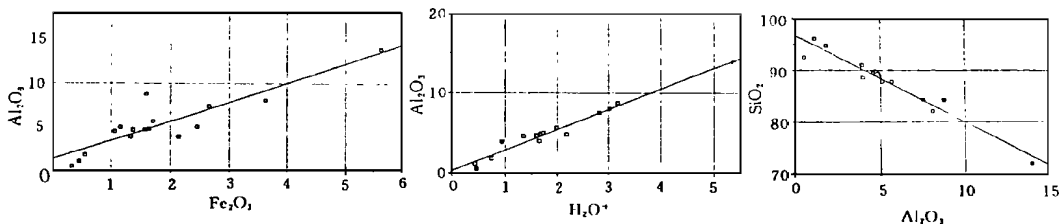


图 3 部分组分之间的相关分析图

沉积物剖面表层富集 (图 3).

TiO_3 FeO MnO 之间呈明显的正相关关系, 从重砂分析可知它们主要来自残留的稳定重砂矿物钛铁矿 ($\text{Fe}(\text{Mn})\text{TiO}_3$) 等, 它们略有在剖面表层富集的趋势.

易迁移的元素 Mg Ca Na K 中除了 Na 与 K 之间呈弱正相关之外, 均无明显的相关关系, 表明除了部份老红砂中尚残存有含 Na K 的长石类矿物之外, 这些元素有相对独立的淋失过程, 且可能不形成共同的风化矿物.

4 样品的 Q 型聚类

取 16 个不同性质的样品分析结果进行 Q 型聚类可得树状谱系 (图 4).

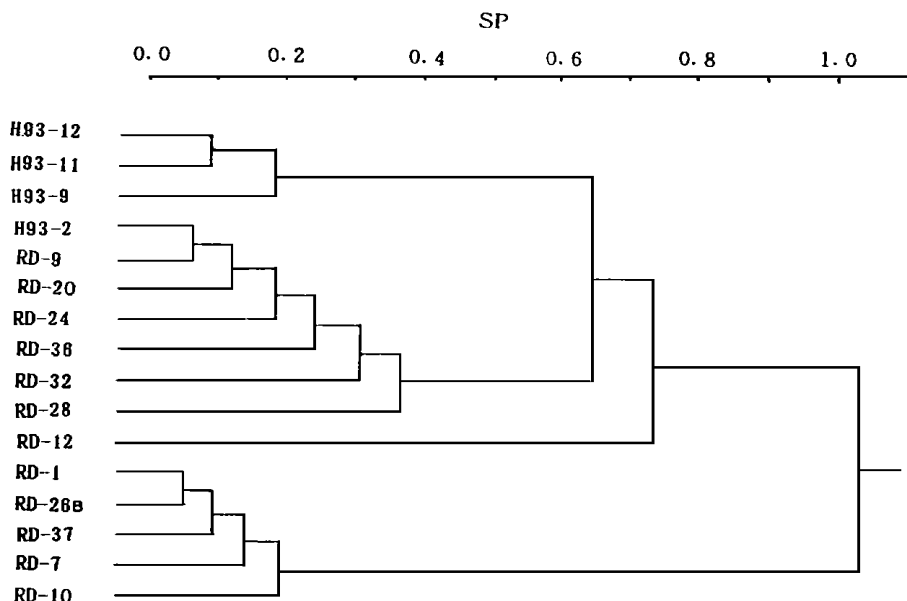


图 4 不同样品的 Q 型聚类图

取离差平方和增量 (SP) 0.4 为阈值时可将样品分为 3 大群, 第 1 群为风化最强烈的海南老红砂样品, 它们最重要的特征是具较低的风化指数; 第 2 群为大部分粤东老红砂样

品及海南老红砂剖面底部样品,它们或有中等风化指数,或有含量中等的 H_2O^+ 、 H_2O^- 、烧失量等特点;其它样品,包括了风化花岗岩(残积物)海滩砂、 Q_4 风成砂、粤东老红砂最低部风化很弱的个别样品等,它们或有很高、很低的风化指数,普遍偏低的 H_2O^+ 、 H_2O^- 含量、很高或很低的 K_2O 、 CaO 等组分含量.应该指出的是, Q 型聚类对不同的 14 个变量是同样对待的,它并不对其中部分地质意义相对比较重要的变量赋与特别的权重,这也是 Q 型聚类的特点及应用的局限性.

5 结 论

在热带亚热带气候条件下,老红砂的风化过程主要是化学风化作用,它的作用速度、强度及达到的程度,取决于原始物质的成分、剖面条件、介质的性质和浓度等,由这些条件控制了原始沙丘砂的水解-水合-淋滤-氧化等作用.

老红砂中具较高的硅质含量,这与原沙丘砂的物质构成有十分明显的关系,它在剖面上部含量减少,表明它有部分流失的过程; Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 H_2O^+ 、 H_2O^- 等组分在剖面上部特别是在气候湿热的区域聚集,表明由于风化作用形成难迁移的物质(Al 、 Fe)的相对富集,所形成的风化物为含有晶格水、结构水的水铝石族、高岭石族及水赤铁矿、针铁矿等矿物; Ca 、 Na 、 K 、 Mg 等易迁移的元素在这种风化条件下迅速流失;二价铁、二价锰和钛的含量较低,并在剖面上部略有富集的现象表明它们主要由残余的钛铁矿等稳定重矿物的含量决定;老红砂中磷质的贫化与其陆相形成背景有着密切的关系,说明老红砂的粘粒成分并非海相细粒物质,而是由长石等碎屑矿物在后期风化过程中形成;较低的烧失量由沉积物中极低的碳酸钙和有机质(如腐殖酸)含量引起,这一方面说明沙丘砂贫钙或风化过程中钙质的流失,另一方面也反映了在老红砂形成过程中植被的贫乏,这也造成老红砂在农、林业利用方面的困难.

综上所述,可以认为在晚更新世低海平面期海岸带的沙丘砂堆积之后,在气候变暖期沙丘砂遭受过强烈的化学风化作用,碎屑物质中的硅酸盐矿物、不稳定的二价铁镁等矿物遭到瓦解,此过程造成了三价铝和三价铁的相对富集、硅的部分流失、易迁移的碱金属和碱土金属的流失.从热带亚热带砖红壤风化壳的发育过程看^[7],老红砂已完成了高岭土化阶段,进入了红土化发育阶段,铁化阶段仍在孕育期中,故老红砂风化壳应划入红土化风化壳类型中.

参 考 文 献

- 1 张虎男,姚庆元,赵希涛. 闽南粤东沿海“老红砂”沉积成因和时代的探讨. 海洋地质与第四纪地质, 1985, 5 (1): 47~ 57
- 2 陈伟光,张虎男. 再论“老红砂”的成因及其地质地理意义. 热带地理, 1986, 6 (3): 247~ 255
- 3 宗永强,李平日. 粤东沿海“老红砂”的成因及利用改造问题. 热带地理, 1985, 5 (3): 186~ 193
- 4 李从先,陈刚. 对福建海岸晚第四纪地质若干问题的商榷. 台湾海峡, 1987, 6 (1): 40~ 44
- 5 朱孝宁,吴正,周曾权,王为. 粤东沿海“老红砂”成因再探. 热带海洋, 1988, 7 (4): 46~ 54
- 6 吴正,黄山,金志敏,胡守真. 华南沿海老红砂的成因与红化作用. 地理学报, 1994, 49 (4): 228

- 7 高柳青, 袁宝印. 南宁、百色盆地红土风化壳的地球化学特征及其环境意义. 地理研究, 1996, 15 (1): 82~ 90

Weathering Migration Property of Chemical Elements of the Late-Pleistocene “Old-Red Sands” in South China

Wang Jinhua^{*}

Abstract The “Old-Red Sands” is a quaternary sandy deposit along the coast of South China. Its origin may be concluded as a Late -Pleistocene coastal dune sediment weathered during the post-glacial period. Based on the chemical analysis, mineralogical analysis data of the sediments of some typical “Old-Red Sands” outcrops in Guangdong and Hainan provinces, and by the correlational and cluster analysis, the author has been led to conclude some properties about the chemical element migration during the weathering process of these sediments, and to classify the weathering nature to the “laterization”.

Keywords “Old-Red Sands”, total chemical analysis, statistic analysis, weathering process

^{*} Department of Geology, Zhongshan University, Guangzhou, 510275