continental crust. Nature, 1984, 307: 510~ 515
8 Bennett V C, DePaolo D J. Proterozoic crustal history of the western United States as determined by neodymium isotopic mapping. Geological Society of America Bulletin, 1987, 99: 674~ 685
9 胡蔼琴, 张国新, 李启新, 等. 新疆北部主要地质事件同位素年表. 地球化学, 1995, 24(3): 20~ 31
10 陆松年, 杨春亮, 蒋明媚, 等. 前寒武纪大陆地壳演化示踪. 北京: 地质出版社, 1996. 23~ 56
11 胡蔼琴, 王中刚, 涂光炽, 等. 新疆北部地质演化及成矿规律. 北京: 科学出版社, 1997. 9~ 35

(1997-11-21 收稿, 1998-02-20 收修改稿)

陕西洛川黄土中伊利石成因的透射电镜证据

季峻峰 陈 骏 鹿化煜④

(南京大学地球科学系, 内生金属矿床成矿作用国家重点实验室, 南京 210093; ④中国科学院西安黄土与第四纪地质国家重点研究室, 西安 710061)

摘要 运用透射电镜对洛川黄土_古土壤剖面中伊利石的形态和化学成分进行了研究, 发现伊利石颗粒主要呈磨圆的片状, 化学成分与近变质伊利石相似. 古土壤中伊利石含量较黄土为高, 主要是由于古土壤发育时冬季风减弱, 携带的伊利石增多引起的. 伊利石可作为在湖相和海相沉积物中鉴别黄土源物质的指示矿物.

关键词 **黄土 伊利石 成因**

伊利石是黄土及其伴生的古土壤中最主要的粘土矿物(> 50%), 在古土壤中的含量较黄土中高[1~3]. 伊利石是碎屑成因的[1]还是风化成土过程中新生的[3], 为黄土与古气候研究中的关键问题之一, 涉及到对黄土风化成土过程以及黄土物质来源的深入认识. 本文运用带能谱的透射电镜对黄土中伊利石的形态和化学成分特点进行了研究, 获得了一些有关其成因的新证据.

1 样品及测试方法

所用样品采自黑木沟剖面. 该剖面位于陕西省洛川县城南约 5 km(35°45′N, 109°25′E). 采样层位包括全新世黑垆土(S_0)、马兰黄土(L_1)、离石黄土顶部第一层古土壤(S_1)及其下伏黄土(L_2)和风化成壤最强的 S_5 古土壤.

按照常规方法, 把样品中所含碳酸盐、铁锰胶结物和有机质除去, 提取其中< 2 μm 的颗粒, 制成定向片, 先记录 X 射线衍射图谱并进行粘土矿物鉴定. 然后从定向片上刮取样品少量, 置于酒精溶液中, 用超声波分散为悬浮液, 取悬浮液数滴滴于样品网上, 在 JEM_200CX 型透射电镜下观察, 并对代表性颗粒进行 X 光能谱(Link 860 EDS 能谱仪)微区分析, 光斑大小为 4~ 17 nm.

2 结果

透射电镜观察表明, 洛川黄土和古土壤中伊利石的颗粒形态主要呈磨圆的片状, 少量为棱角状碎片(图 1(a)), 缺乏板条状和毛发状晶体; 伊利石常具溶蚀现象(图 1(b)). 部分伊利石可见很好的六边和假六边晶形(图 1(c), (d)), 且厚度较大, 属典型成熟伊利石晶形. 伊利石颗粒大小一

般为 0.5 μm × 0.6 μm~ 0.8 μm × 1.2 μm. 黄土和古土壤中伊利石形状没有差别.

黄土和古土壤中伊利石的化学成分见表 1. 由表 1 可见, 伊利石的钾含量为 0.60~0.78/ $O_{10}(OH)_2$, 通常认为伊利石平均含 K 为 0.75/ $O_{10}(OH)_2$. 因此, 黄土中伊利石为正常伊利石. 伊利石的层电荷为 0.72~ 0.88. 伊利石八面体中 Fe 和 Mg 尤其是 Fe 含量较高. 在 M^+ _4Si_R^{2+} 图解[4]上, 黄土和古土壤中伊利石投影点落在成岩伊利石和近变质伊利石区(图 2), 且主要位于近变质伊利石区.

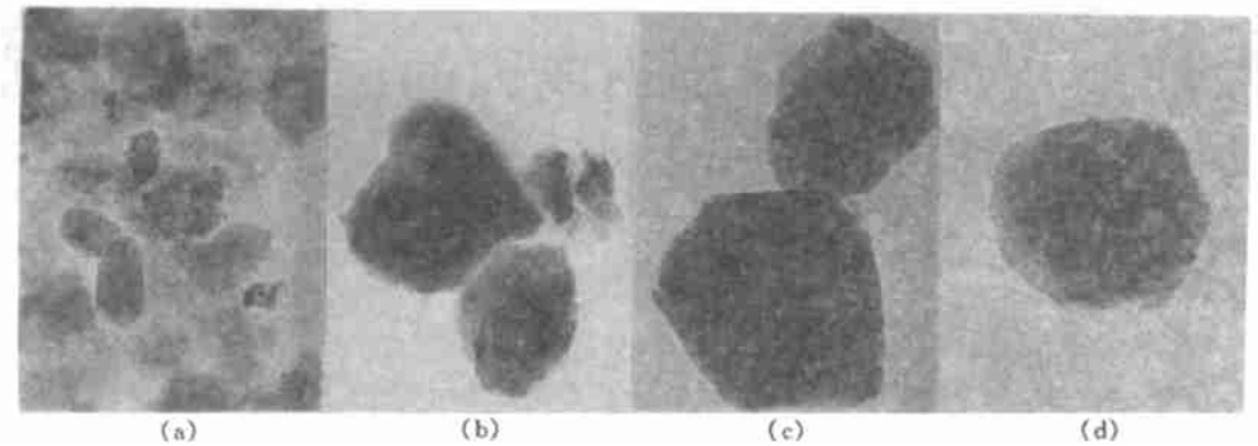


图 1 洛川黄土和古土壤中伊利石的形态

(a) L_1 黄土, 伊利石主要呈磨圆的片状, × 20 000; (b) L_1 黄土, 伊利石的溶蚀现象, × 50 000; (c) S_5古土壤, 伊利石呈六边和假六边晶形, × 30 000; (d) S_5 古土壤, 磨圆伊利石, × 50 000

表 1 洛川黄土和古土壤中伊利石的化学成分及结构式

岩性	黄土		古土壤		
层位	L_1	L_2	S_0	S_1	S_5
深度/cm	680	1 078	20	919	3 660
磁化率/SI	49.42	34.04	126.10	239.92	265.00
Si	48.09	47.25	48.19	47.54	48.45
Al	27.00	26.15	26.24	28.59	27.14
Fe	7.35	8.93	9.60	6.20	9.36
Mg	1.99	2.13	2.60	1.72	0.14
Ca	0.69	2.30	0.50	1.03	0.67
K	14.88	13.24	12.87	14.92	14.24
分子式(以氧原子 11 计算)					
四面体					
Si	3.51	3.50	3.53	3.46	3.56
Al	0.49	0.50	0.47	0.54	0.44
八面体					
Al	1.56	1.50	1.53	1.63	1.63
Fe	0.27	0.33	0.35	0.23	0.35
Mg	0.16	0.18	0.22	0.14	0.01
层间					
Ca	0.03	0.09	0.02	0.05	0.03
K	0.78	0.70	0.68	0.77	0.75
层电荷	0.84	0.88	0.72	0.87	0.81

3 讨论

在表生条件下伊利石主要有以下 3 种形成方式:

(1) 长石类物质经化学风化而形成伊利石. 这在风化带中比较常见. 长石类物质最初的风化产物往往不是伊利石、蒙皂石, 就是伊/蒙混层矿物. 通过这种方式形成的伊利石常常呈板条状晶形、蒙皂石层含量高、层电荷低(< 0.75)、结晶度低和 1M 多型. 在 M^+ 4Si R^{2+} 成分图上, 应位于成岩伊利石区中接近蒙脱石的区间内. 显然, 黄土中伊利石不是这种形成方式, 这与 Bronger 等人[3]的观点相一致.

(2) 蒙皂石经湿_干循环(wetting_drying cycles)向伊利石转变[5]. 由于地球表层经受湿_干循环最明显, 因此有人认为黄土_古土壤中有一部分伊利石是通过该方式形成的[6]. 但蒙皂石完全变成伊利石需要经过无数次湿_干循环, 一般只能形成过渡态矿物_伊/蒙混层粘土矿物[5].

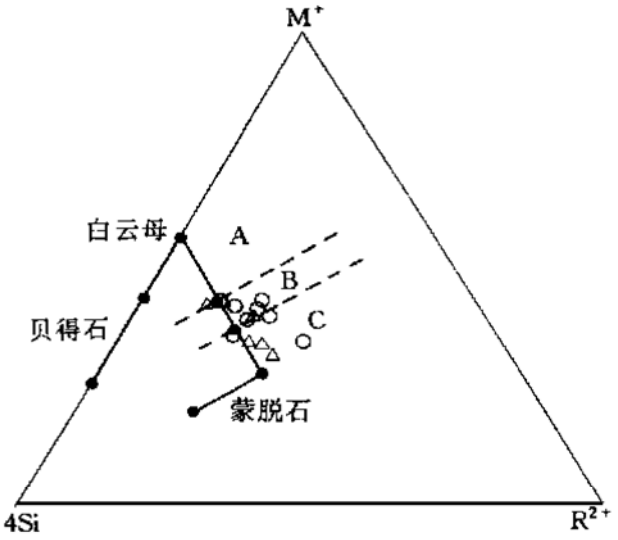


图 2　洛川黄土(△)和古土壤(○)中伊利石的 M^+_4Si_R^{2+} 图解

A——高温伊利石区, 包括浅变质带和热液伊利石; B——近变质带伊利石区; C——成岩伊利石区

(3) 白云母的物理和化学风化. Bronger 等人[3]认为, 古土壤中伊利石主要是成土过程中由粉砂级的白云母分解而来. 如果古土壤中伊利石是该种成因, 那么在形态上应以棱角状或不规则状为主, 而不应该有明显的磨圆现象; 并且在 M^+_4Si_R^{2+} 成分图上, 它的化学成分数据点应该接近白云母区. 因此, 古土壤中伊利石也不是主要由白云母经风化过程转变而来. 事实上, Srodon 等人[6]认为白云母在自然环境中是不可能碎裂为粘粒级的, Righi 等人[7]通过研究证实云母类矿物在风化过程中不易破碎, 而绿泥石易粉碎.

以上分析说明, 洛川黄土_古土壤剖面中伊利石不是成土成因的, 而是碎屑成因的. 实际上, 在 L_{1_3}黄土亚层、磁化率为 49.42(SI 单位)的样品中, 伊利石具有明显的溶蚀现象, 已说明黄土中伊利石在沉积之前就已存在, 并遭受过水的作用. 因此, 古土壤中伊利石含量较黄土为高, 主要是由于古土壤发育时冬季风减弱, 携带的伊利石增多引起的.

黄土伊利石化学成分特征与近变质带伊利石相似, 说明黄土物质起源与近变质带环境有关. 这可以从黄土伊利石的结晶度资料得到进一步的证实. 洛川黄土_古土壤剖面中伊利石的结晶度值为 0.35~ 0.24° Δ2θ (Kubler 指数), 落在近变质带伊利石的结晶度指数范围内(0.42~ 0.25° Δ2θ)[8].

黄土高原黄土来源于我国西北广大沙漠地区, 沙漠物质主要是经河流从沙漠盆地边缘隆起带搬运而来[1], 因此沙漠盆地边缘隆起区应该有大量浅变质岩分布. 事实上, 我国西北最大的沙漠——塔克拉玛干沙漠所在的塔里木盆地为天山山脉(北缘)和昆仑山脉及阿尔金山(南缘)所挟持. 这些山脉的主体为古生代浅变质岩系[9]. 本文得出黄土中伊利石主要起源于近变质带地质环境, 与黄土源区的地质背景相一致.

已有的研究显示, 黄土高原黄土物质可经河流和冬季风搬运而不断向中国海、菲律宾海和太平洋深海以及日本岛屿湖泊等地传输[10~12]. 在上述环境的沉积物中精确鉴别黄土源物质, 对于进一步研究洋流和季风的活动规律具有十分重要的意义. 由于伊利石是黄土中常见矿物, 又具有一定的形态、成分和结构特点, 可作为鉴别黄土源物质的重要标志矿物. 有关黄

土中伊利石的形状、化学和同位素成分以及结晶度等标型特征的进一步研究具有重要的意义.

致谢 在透射电镜研究过程中得到南京大学现代分析中心测试基金的支持和洪建明工程师的大力帮助. 本工作为国家杰出青年科学基金(批准号: 49725307)、教育部博士点专项基金和中国科学院西安黄土与第四纪地质国家重点研究室开放基金资助项目.

参 考 文 献

1 刘东生等, 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985
2 郑洪汉, Theng B, Whitton J. 黄土高原黄土_古土壤的矿物组成及其环境意义. 地球化学, 1994, 23(增刊): 112~ 122
3 Bronger A, Heinkele T. Mineralogical and clay mienralogical aspects of loess research. Quaternary International, 1990, 7/8: 37~ 52
4 Meunier A, Velde B. Solid solutions in I/S mixed- layer minerals and illite. American Mineralogist , 1989, 74: 1 106~ 1 112
6 Srodon J, Eberl D D. Illite. In: Micas S W Bailey ed, Reviews in Mineralogy. 1984, 13: 495~ 544
5 Rutter N, Ding Z. Paleoclimates and monsoon variations interpreted from micromorphogenic features of the Baoji paleosols, China. Quaternary Science Reviews, 1993, 12: 853~ 862
7 Righi D, Petit S, Bouchet A. Characterization of hydroxy_interlayered vermiculite and illite/smectite interstratified minerals from the weathering of chlorite in a Cryorthod. Clay and Clay Minerals, 1993, 41(4): 484~ 495
8 季峻峰, 陈 骏, 王洪涛. 陕西洛川黄土古土壤剖面中伊利石结晶度. 地质论评, 1997, 43(2): 181~ 185
9 贾承造等, 塔里木盆地构造特征. 北京: 石油工业出版社, 1997. 90~ 300
10 秦蕴珊, 陈丽蓉, 石学法. 西菲律宾海风成沉积物的研究. 科学通报, 1995, 40(17): 1 595~ 1 597
11 何良彪, 刘秦玉. 黄河与长江沉积物中粘土矿物的化学特征. 科学通报, 1997 , 42(7): 730~ 734
12 Xiao J, Inouchi Y, Kumai H, et al. Eolian quartz flux to lake Biwa, central Japan, over the past 145, 000 years. Quaternary Research, 1997, 48: 48~ 57

(1997-11-29 收稿. 1998-03-17 收修改稿)

张家口大麻坪碱性玄武岩内深源岩包体流体的碳同位素组成

刘 刚④ 王先彬 文启彬
(中国科学院兰州地质研究所气体地球化学国家重点实验室, 兰州 730000; ④中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室, 广州 510640)

摘要 用分步加热法和色谱_质谱联用的方法提取分析了大麻坪碱性玄武岩内黑色辉石岩和尖晶石二辉橄榄岩包体中 CO_2, CO 和 CH_4 的碳同位素组成. 分析结果表明, 在 400~ 1 140 ℃, CO_2 和 CO 的 $\delta^{13}C$ 值为 22‰~ 27‰, CH_4 的 $\delta^{13}C$ 值为 - 30‰~ - 50‰. 这些结果可能反映该地区上地幔部分熔融作用产生的岩浆, 经过多阶段去气作用之后残余挥发份中 CO_2, CO 和 CH_4 的碳同位素组成.

关键词 深源岩包体 流体 碳同位素

1 样品处理与实验方法

所用样品非常新鲜. 样品直接碎至 40~ 120 目, 其清洗方法及气体提取步骤与有关实验