

中国西北地区晚第四纪黄土中 镁铝地球化学与古气候意义

余素华 文启忠

(中国科学院地球化学研究所, 广州分部, 510640)

张士三 陈承惠

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门, 361005)

摘要 研究我国干旱半干旱区第四纪黄土剖面中镁铝含量比(m值)的变化特征及所反映的古气候古环境意义。表明黄土—古土壤的m值大小变化反映出黄土堆积—古土壤发育时期的气候干湿变化。

关键词 第四纪黄土 镁铝含量比 干旱半干旱区 古气候

第一作者简介 余素华 女 42岁 助理研究员 第四纪沉积地球化学

引言

元素的风化、搬运、沉积和成岩(成土)过程中的地球化学特征,体现在沉积物中化学元素的含量和分布上。提取这些信息探讨地质历史时期的自然环境和气候变迁,已成为当今科研工作的最新手段之一。已有文献研究了海洋沉积物中镁铝含量比的变化,并将该含量比定义为m值($m = 100 \times \text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$),作为判别沉积环境的一种指标(张士三, 1984; 1990; 1991)。本文试图利用m值对干旱区沉积环境的分辨效果和适用性进行试探;研究干旱半干旱区第四纪黄土剖面中镁铝比m值与古气候、古环境关系。

1 地质剖面概况

我国大部地区处中纬度地带,干旱半干旱地区面积广大,主要分布在华北和西北。第四纪沉积物以黄土分布最为广泛,西自天山,东至渤海中的小岛(如庙岛群岛),大致处于北纬30—40°的范围,其中以黄河中游地区的黄土最发育(文启忠, 1981)。

本文选取下列黄土剖面进行镁铝含量比的地球化学特征研究: 1. 黄河中游地区典型剖面—洛川黄土剖面。它位于陕西省洛川县城南5km的坡头村。该剖面稳定而连续发育了黄土—古土壤地层序列,完整地记录了距今约2.4Ma来黄土高原自然环境变迁的历史(刘东生等, 1985)本文讨论该剖面中更新世晚期以来约0.4Ma的黄土堆积(图1-1)。2. 新疆伊犁盆地坎苏黄土剖面。该剖面存有五层黄土和四层古土壤(或风化层)(图1-2),为中更新世晚期以来的黄土堆积(余素华等, 1990)。3. 天山北坡沙湾县鹿角湾黄土剖面。该剖面由五层黄土和四层古土壤组成,剖面自上往下(图1-3),L₀—S₀为全新世黄土;L₁与洛川黄土剖面中马兰黄土

相当;L₁以下为离石黄土(余素华等,1991)。4.天山北坡牛圈子黄土剖面为晚更新世马兰黄土,所夹古土壤将马兰黄土分为上、下两部分(图1-4)。

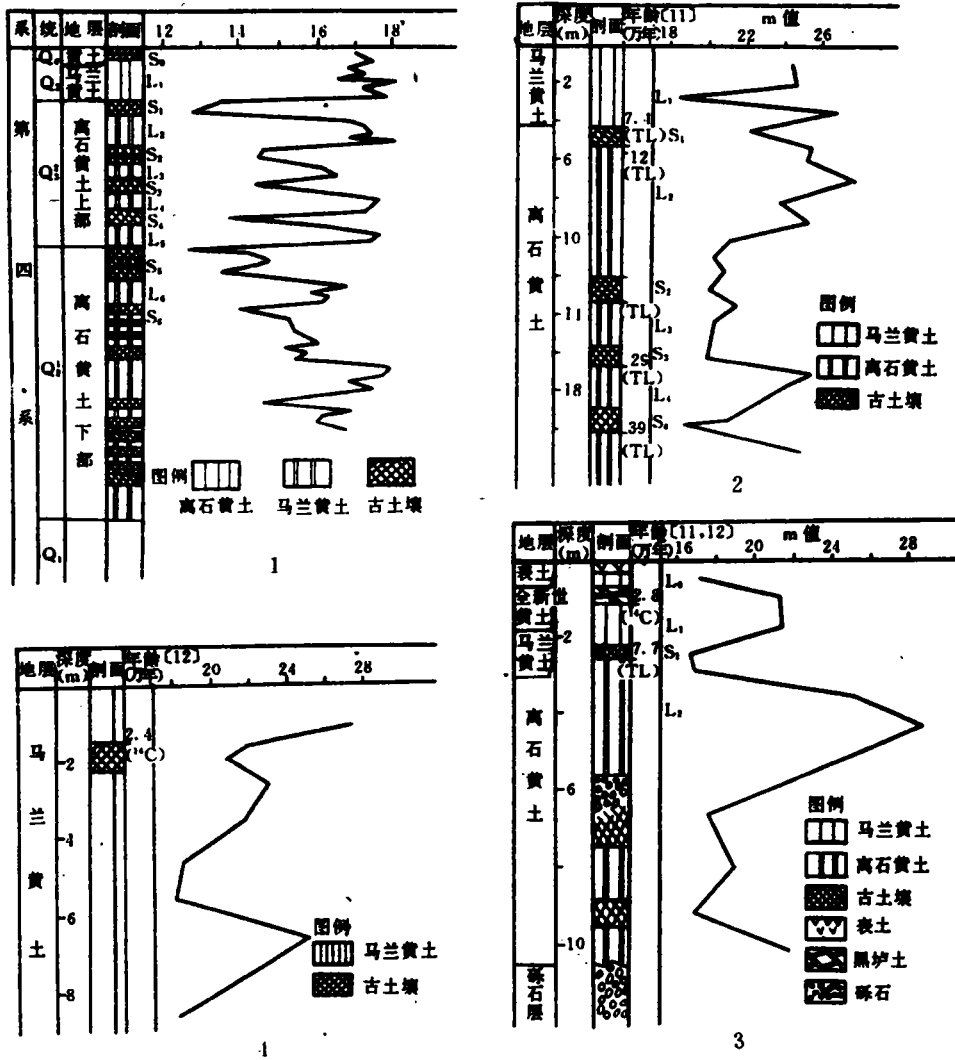


图1 黄土剖面 m 值变化曲线

1.洛川 2.坎苏 3.鹿角湾 4.牛圈子

Fig. 1 The variation curve of the in value in loessic section of Luochuan¹, Kansu², Lujiaowan³, Niuquanzi⁴

2 镁铝存在形式

镁属碱土金属族,是弱碱性元素。该族元素的碳酸盐被分解为不带电质点的能力,自上而下减弱。故在自然界中常见有方镁石(MgO),很少有CaO、SrO、BaO,且镁化合物更易于溶解,表明镁有较强的迁移能力(刘英俊,1984)。在自然界形成的镁铝硅酸盐矿物有辉石类、闪石类、黑云母等。由于镁元素的化学特性,决定其在表生地球化学过程中,地球化学电价为正二价

(Mg^{2+})。当岩石风化后, Mg 能以可溶性的 $MgCl_2$ 、 $MgSO_4$ 等形式进入水体。在黄土中, 镁则加入到辉石类、闪石类、云母和蛇纹石中以碎屑矿物出现。

铝元素的化学性具有两重性, 既可溶于酸又可溶于碱, 在中性溶液中, 溶解度很低。在水溶液中, 铝以简单离子和络合离子形式存在。在 $pH=5$ 的溶液里, 以 Al^{3+} 、 $Al(OH)^{2+}$ 、 $Al(OH)_2^+$ 阳离子形式存在; 当 $pH=7.5-9.5$ 时, 以 AlO_2^- 、 $H_2Al_2O_5^-$ 、 $Al(OH)_4^-$ 阴离子形式存在(刘英俊等, 1984)。自然界中铝主要形成氧化物。黄土中铝主要赋存于层状硅酸盐中, 而在铝土矿中则以氢氧化物形式出现。黄土中铝硅酸盐矿物有长石类、辉石类、角闪石、云母等。这些矿物在风化作用下都可转变为粘土矿物(如伊利石、高岭石、蒙脱石等), 但是, 这些粘土矿物并不被水溶液所带走。所以, 在表生沉积环境中, 铝是不易被迁移的元素之一。

3 黄土中镁铝含量和分布

分析数据表明, 黄土中 MgO 含量为 1.82—3.42%, 平均值 2.48%; 古土壤中为 1.86—2.81%, 平均值 2.35%。在黄河中游黄土沉积区、马兰黄土中 MgO 含量大致变化规律(文启忠等, 1989), 自西北向东南有逐渐减少的趋势, 这与气候从南往北逐渐变干有关。新疆地区马兰黄土中 MgO 平均含量低于宁夏、甘肃的值, 这可能是布点较少, 还有待深入工作后全面讨论。但仍可看出, 北疆马兰黄土中 MgO 含量低于南疆的趋势, 表明南疆气候环境较北疆干燥。在垂直方向上, 黄土相对富含 MgO , 而古土壤中含量减少。这是由于黄土堆积时期气候干旱, 不易于 MgO 迁移而得以较好保存, 当古土壤形成时期气候由干旱转变为相对湿润, MgO 遭到分解淋滤而迁移, 以致在古土壤中含量减少。

黄土中 Al_2O_3 含量为 10.23—12.88%, 平均值 11.92%, 与页岩中铝含量(为 11%)相近(文启忠等, 1989)。所以, 黄土中富含铝。古土壤中 Al_2O_3 为 12.16—14.03%, 平均值 13.06%。在水平方向上 Al_2O_3 含量变化规律, 自北而南, 从宁夏、甘肃、陕西、山西略有减少, 但变化不大。垂直方向上, 古土壤中 Al_2O_3 含量明显高于黄土, 这是由于古土壤成壤时期, 粘化作用增强, 粘土矿物增多, 铝主要以铝硅酸盐类粘土矿物沉积下来, 导致古土壤中 Al_2O_3 含量增高。

镁铝元素不同的地球化学特性及其含量在黄土—古土壤系列中变化规律, 是指示气候波动的指标。反映了黄土是在干旱少雨环境下堆积的, 而古土壤是在相对湿润的气候环境下形成的。

4 讨论

4.1 黄土—古土壤的 m 值

黄土中 m 值为 16.24—28.60, 平均值 20.81; 古土壤中 m 值为 12.86—21.88, 平均值 18.14。可见, 由镁铝元素地球化学性质决定, 镁铝含量比(m 值)的高值对应干旱的气候环境, 相对低值对应湿润的气候环境。这与黄土中 FeO/Fe_2O_3 、 SiO_2 、 K_2O 等的高值对应干冷气候, 低值对应相对温湿气候环境的情况相一致(余素华, 1991)。

4.2 黄土剖面中 m 值变化曲线

①洛川黄土剖面(图 1—1)m 值波动从 12.86—18.00。在黄土中为峰值, 平均值 17.10; 在四层古土壤中均出现相对低值, 平均值 14.26。所以, 图 1—1m 值曲线呈有规律峰谷波动。在

黄土堆积时期,气候干冷、pH 值较高、m 值也较高;古土壤发育时期,气候温湿、pH 值相对降低、m 值也较低。在黄土堆积时期,气候干旱,限制了镁元素的活动能力;在古土壤形成时期,气候相对湿润,提高了镁元素活动性,且粘化作用增强,粘土矿物增多,并以铝硅酸盐类沉积下来。从而表现了黄土保存了原始物质中镁铝元素含量,而古土壤中 m 值降低的结果。也表明洛川黄土剖面中更新世晚期以来记录了四次大的干/湿气候旋回。

②坎苏黄土剖面(图 1-2),在晚更新世马兰黄土(L₁)之下,存有四层埋藏古土壤,可与洛川黄土剖面(图 1-1)马兰黄土之下四层古土壤对照。该剖面 m 值为 18.50—27.47,黄土中平均值为 23.20,古土壤平均值为 19.88。其中 S₄m 值有明显低值,表明该层古土壤发育较好。在 S₂、S₃m 值变化曲线不显著,可能反映了这两层古土壤发育时期,温湿程度较黄河中游古土壤形成时要低。图 1-2 还表明,在马兰黄土中 m 值曲线有一低谷,表明马兰黄土堆积时期曾有过冷暖气候波动,但还未形成古土壤。

③鹿角湾黄土剖面(图 1-3)m 值波动范围 16.7—28.6,黄土中平均值 21.75,古土壤平均值 17.03。图 1-4m 值变化曲线也出现有规律的峰谷波动。在全新世黄土中似 m 值曲线出现低谷,马兰黄土(L₁)以下出露的三层古土壤 m 值曲线表示的低谷代表了三次气候冷暖的交替。

④牛圈子黄土剖面(图 1-4)m 值变化在 18.40—27.18,黄土平均值为 21.75,古土壤为 21.38。该剖面 m 值曲线表明,古土壤有明显低谷,在下部马兰黄土中也有一低谷,可能与坎苏黄土剖面马兰黄土中 m 值变化曲线有一低谷所反映的情况一致。

4.3 m 值与古气候、古环境关系

上述黄土剖面代表了干旱半干旱区中更新世晚期以来的黄土堆积。黄土—古土壤系列交替叠覆与 m 值高低的变化韵律基本一致,其峰谷变化显示黄土堆积过程中曾有过干湿气候波动。以上对于干旱半干旱区黄土剖面综合研究表明,m 值变化曲线峰谷波动记录了中更新世晚期(0.4Ma)来至少有四次干湿的气候交替。

结语

1. 在表生地球化学过程中,根据镁的易迁移性和铝不易迁移的地球化学特征,利用镁铝比(m 值)讨论干旱半干旱地区黄土—古土壤系列气候环境变迁的地球化学标志是可行的。

2. 黄土堆积时期,m 值较高,m 值变化曲线为峰值,代表干旱气候环境;古土壤发育时期,m 值较低,m 值变化曲线为低谷,代表了相对湿润的气候环境。

3. 干旱半干旱地区黄土剖面综合研究表明,中更新世晚期以来至少有四次干湿的气候旋回。当然,对于晚更新世和全新世时期气候变迁的研究还有待进一步完善。

参 考 文 献

张士三,1984,厦门港及九龙江口沉积物中镁铝含量比的研究,台湾海峡,3 卷 1 期,44—250 页。

张士三,1990,太平洋中部表层沉积物镁铝含量比的变化,台湾海峡,9 卷 3 期,244—249 页。

张士三、陈承惠,1991,太平洋中部沉积柱样中镁铝含量比的研究,海洋学报,13 卷 1 期,114—120 页。

文启忠、余素华、顾雄飞等,1981,黄土中稀土元素的初步探讨,地球化学,2 期,151—157 页。

刘东生等,1985,黄土与环境,北京:科学出版社。

余素华、文启忠,1990,新疆地区第四纪沉积物中碳酸盐的地球化学与古气候关系,环境地球化学与健康,贵阳:贵州科技出

版社, 88—91页。

余秉华、文启忠, 1991, 新疆北部地区第四纪沉积地球化学特征, 地球化学, 1期, 56—63页。

刘英俊、曹励明、李兆麟等, 1984, 元素地球化学, 北京: 科学出版社。

文启忠等, 1989, 中国黄土地球化学, 北京: 科学出版社。

黄宝林、卢良才, 1989, 中国黄土热释光年代学研究, 地球化学, 4期, 352—360页。

乔玉楼、黄仁良、姜漫涛等, 1987, 新疆晚第四纪沉积物的¹⁴C年代学研究, 矿物岩石地球化学通讯, 4期, 214—216页。

The Geochemistry and Paleoclimate Significance of Magnesium and Aluminium in Loess of Late Quaternary in Northwestern China

Yu Suhua Wen Qizhong

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guangzhou Branch, 510640)

Zhang Shisan Chen Chenghui

(Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005)

Abstract

Presented in this paper are the changing characteristics and its paleoclimatic and environmental significance of magnesium and aluminium content ration (*m* value) of loessic sections of Quaternary in arid and relatively arid regions of China. The changes of the *m* values in loess—paleosol show the changes of the paleoclimatic aridity and wet during loess deposition and paleosol development. During loess deposition, the *m* values are higher, the variation curves of the *m* values appear the peaks showing the arid climate and environment. During paleosol development, the *m* values are lower, the variation curves of the *m* values appear valley showing the relative wet climate and environment.

The result of study of magnesium and aluminium content rations of loess sections in arid and relatively arid regions of China shows alternatives of four times of arid and wet climate since late pleistocene at least.