

青海湖南岸黑马河黄土剖面碳酸盐含量与记录的古气候变化

王建国, 马海州, 谭红兵, 张西营, 姚 远, 许建新
(中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘 要: 在青海湖南岸黑马河 2.2 m 厚的黄土剖面中, 以 5 cm 的间隔采样, 进行了碳酸盐、碳酸盐中 Sr 含量以及磁化率的测定, 通过对比分析研究了 12.7 ka 以来青海湖湖区古气候的变化, 结果表明碳酸盐、碳酸盐中 Sr 含量、磁化率等基本较真实的记录了该区自 12.7 kaBP 以来经历的多次暖湿—干冷古气候变化过程。

关键词: 黑马河; 黄土; 碳酸盐; 磁化率; Sr; 古气候变化

中图分类号: P532

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2005)04-0005-04

0 引 言

青海湖是我国最大的内陆封闭性咸水湖, 位于青藏高原东北部, 海拔 3 200 m, 周长 360 km, 面积 4 583 km²。湖区地处东亚季风、印度季风和西风急流三者的交汇处, 也是西部干旱区、东部季风区、青藏高原三大区域的交汇地带, 对气候变化十分敏感, 是研究第四纪古气候演化的理想地区之一。它所处的独特的地理位置、环境特点以及目前表现出的一系列生态环境问题和气候变化, 对其它地区气候变化也有着重要的影响。青海湖区黄土主要发育和分布于湖周洪冲积阶地上, 厚度一般为 2.5 m 左右, 堆积物开始于约 12.7 kaBP。本文选择青海湖南岸黑马河黄土剖面(图 1) 讨论该区的古气候变化过程。

黄土中碳酸盐矿物含量较高, 可达 20% ~ 30%, 其中一部分来自物源区, 由风力搬运而来, 另一部分为当地环境下新形成的次生碳酸盐, 两者相比, 以次生碳酸盐为主, 占 80% ~

90%。我国各地黄土碳酸盐含量的范围: 甘肃, 10.93% ~ 19.07%; 陕西, 6.85% ~ 17.63%; 山西, 9.2% ~ 10.5%^[1]; 黄土次生碳酸盐化的程度主要取决于堆积区当时的气候环境, 特别是降雨条件。在其来源和堆积相对稳定的条件下, 暖湿气候阶段黄土中碳酸盐含量低; 冷干气候阶段黄土中碳酸盐含量高^[2-4]。但黄土中碳酸盐含量还受当地灰岩和植被的影响, 有一定的区域性特征, 碳酸盐含量这个古气候替代指标只有和其它地球化学元素(如 Sr)、磁化率等古气候替代指标相结合, 进行对比研究才会获得较可靠的信息。该黄土样品中除 CaCO₃ 外其它的碳酸盐含量极低, CaCO₃ 含量的变化可以反映黄土、古土壤形成时风化成土作用的强弱, 进而指示当时的气候环境状况^[1]。为了测量换算的方便, 作者用 CaCO₃ 含量的变化代替碳酸盐含量的变化。

1 样品的采集和实验方法

研究区域位于青海湖南岸黑马河(36°43'54" N, 99°46'18" E), 剖面厚度 2.2 m, 以 5 cm 为

收稿日期: 2005-04-05 修回日期: 2005-07-06

基金项目: 中国科学院创新工程重要方向性项目(KZCX2-SW-118)。

作者简介: 王建国(1978-), 男, 硕士研究生, 地球化学专业。



图 1 黑马河地理位置简图

Fig 1 Location of Heimahe loess section

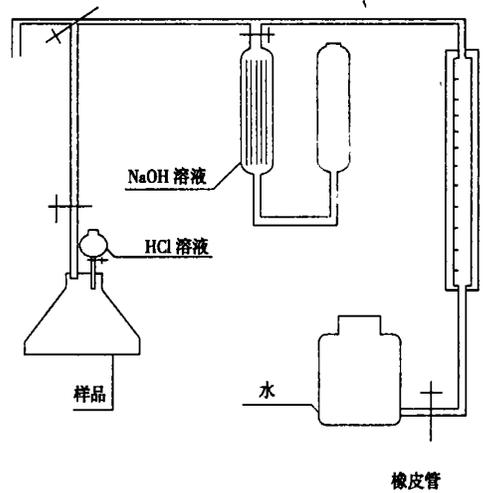


图 2 普通奥色仪简图

Fig 1 Aose apparatus

间距取样,共采集 43 个样品,然后用普通奥色仪测定(图 2),测试前先烘干研磨,过 100 目筛,然后按以下步骤测定:

第一吸收瓶内装有 30%NaOH 吸收液,准确称取样品少量(估计 CO_3^{2-} 约 0.05 g 左右),用 1:1HCl 溶液分解样品,将产生气体收集于气体量管中,读数之后用 30%NaOH 溶液吸收,等量管内液面不动为止,再记下读数,即可根据下式计算获得 CO_3^{2-} 的量。

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{V \times (P - P_w) \times C \times 100}{760 \times N}$$

式中: V —在温度 T 、大气压 P 时 CO_2 体积; P_w —1N H_2SO_4 溶液面水汽压力; P —测定时的大气压 $\times 0.75$; C —1 mL CO_2 的重量; N —样品重量; 某一温度下 P_w 和 C 数值可从下表中获得。最后把 CO_3^{2-} 换算成的 CaCO_3 质量百分数; 磁化率是由英国 Bartington 公司生产的 MS2 磁化率仪测量; Sr 则使用 GBC-908 原子吸收光谱仪分析; 在 University of California 采用 AMS 14C 方法测得深度为 2.2 m 处的年龄为 12.7 kaBP, 其它年代是根据本文中的数据及前人的研究^[5,15], 结合底界测定的年龄推断分析所得。

T	14	16	18	20
P_w	11.7	13.2	14.9	16.9
C	1.880	1.867	1.855	1.842
T	22	24	26	28
P_w	19.1	21.6	24.3	27.4
C	1.830	1.817	1.805	1.793

2 结果与讨论

黄土中富含 CaCO_3 , 这是黄土沉积物的一个重要特征, CaCO_3 的淋溶和淀积与降水密切相关, 这是反映气候变化的重要地球化学参数。黑马河剖面 CaCO_3 含量在 0.71%~9.91% 之间, 在 0.7~0.9 m 和 1.3~1.5 m 处出现了两个峰值。

碳酸盐 Sr 含量的高低可以反映黄土成土过程中的化学风化强度。Sr 元素作为气候替代指标对气候变化比较敏感, 在气候冷干, 风化成土作用较弱的条件下, Sr 可以在黄土中稳定存在, 而表现为相对高值; 而气候温湿, 风化成土作用较强时, Sr 元素极易淋失并相对亏损, 表现为相对低值^[3]。黑马河剖面典型黄土段 Sr 含量为 72.06~377.33 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 变幅比较大, 同样在 0.8 m 和 1.5 m 两处出现相对高值。

磁化率的大小主要由磁铁矿、赤铁矿及其它铁磁性矿物含量所决定, 反映沉积物堆积时地磁环境的一个参数。磁化率的高低, 在一定程度上记录了生物化学风化作用的程度, 可以作为指示古气候的一个有效指标。磁化率值越大, 气候越湿润, 磁化率值相对下降, 指示气候较干冷^[4]。黑马河黄土剖面中磁化率的范围在 58.25~24 SI, 在 0.5 m 和 1.4 m 处出现两个高

值。

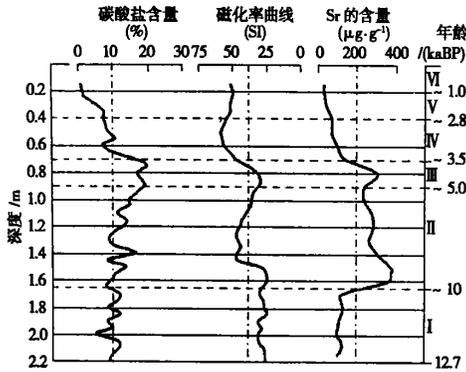


图3 黑马河黄土剖面的 CaCO_3 与Sr、磁化率曲线对比

Fig 3 Comparison between curves of contents of CaCO_3 , Sr and the susceptibility of the loess in Heimaha section

黑马河黄土剖面 CaCO_3 变化的分析结果表明,黄土剖面中磁化率高时,对应的 CaCO_3 和Sr的量低,反映了温暖湿润的气候;磁化率低时, CaCO_3 和Sr的含量高,反映了干冷的气候状况(图3),具体变化过程如下:

阶段 I (2.2 ~ 1.65 m)

CaCO_3 含量和磁化率变化略有波动但是波幅不大, CaCO_3 含量比较低但略有增加趋势, CaCO_3 的平均含量是8.94%;而Sr的含量也比较低,平均含量 $134.16 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;磁化率的变化范围是24~30.05 SI,平均值为27.11 SI。这段时期是末次冰期向冰后期转化的过渡阶段,通过 CaCO_3 、Sr含量和磁化率的变化可以发现,在这段时期中气温缓慢回升,而且比较湿润。湖区的植被此时已经有了相当大的改善,以蒿、藜、禾本科等组成的草原为主^[6,7],但是在水热条件较好的地段已有云杉、松、桦组成的小片针阔叶混交林^[9],这也证明了当时该区的气候是温凉。通过 CaCO_3 、Sr含量以及磁化率的曲线图可以看到该区总的气候特征为温、凉波动,但波幅不大。可推断在深度为1.65 m处的年龄约为10 kaBP。

阶段 II (1.65 ~ 0.9 m)

这一段时间, CaCO_3 含量缓慢增长,一直增长到深度为0.9 m处。 CaCO_3 的平均含量为12.54%,Sr的含量比较高,平均含量为 $290.53 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;磁化率的变化范围是23.55~46.45 SI,

平均值为37.62 SI,磁化率相对较高,但有缓慢下降的趋势。这也与1987年在祁连山郭德冰帽(38°06'N, 96°25'E, 海拔5325 m)钻取的长138 m郭德冰芯的氧同位素记录指示一致^[8],全新世大暖期应该在这段时期已经开始,而在8kaBP时青海湖区进入森林繁盛期^[9],出现桦、栎等落叶阔叶树种,其森林分布面积较以前扩展^[9],说明这一段时间青海湖区的环境是温暖湿润的,年代推测为10~5 kaBP。

阶段 III (0.9 ~ 0.7 m)

CaCO_3 含量出现一个高值, CaCO_3 的平均含量是18.14%;Sr也出现一个高值,其平均含量为 $242.3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;磁化率的变化范围是29.4~47.15 SI,平均值为36.61 SI,磁化率出现一个低值,磁化率总的来说相对较低。说明这个阶段气候突然变的干冷,姚檀栋等对来自昆仑山古里雅冰芯的分析结果表明,在5 kaBP左右气候开始激烈降温^[8],反映了大暖期鼎盛期过后,气候在转型过程中的冷暖和干湿的快速波动。相对于阶段II,这段时间气候变得干冷,年代推测为5~3.5 kaBP。

阶段 IV (0.70 ~ 0.40 m)

CaCO_3 含量呈明显下降趋势,平均含量为9.53%;Sr的含量也相应下降,平均含量为 $111.22 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;磁化率的变化范围是51.2~58.25 SI,平均值为55.56 SI,磁化率出现一个高值。说明气候正经过一段短期的变冷之后,已开始变得温暖湿润,这也反映气候在转型过程中的冷暖和干湿的波动变化,年代推测为3.5~2.8 kaBP。

阶段 V (0.40 ~ 0.20 m)

这一阶段向上接近耕作层, CaCO_3 的含量比较低,其平均含量为4.47%;Sr的含量也比较低,其平均含量为 $47.08 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;在这一阶段碳酸盐强烈淋溶分解,所以 CaCO_3 含量比较低;磁化率的变化范围是49.8~51.45 SI,平均值为50.63 SI,其值比阶段IV有所下降,说明这一阶段的气候是温暖湿润的,年代推测为2.8~1 kaBP。

阶段 VI (0.2 ~ 0 m)

现代耕作层,由于地表人为随机扰动和耕作破坏,无研究意义。

3 结 论

(1) 青海湖南岸黑马河剖面 CaCO_3 含量曲线同 Sr 含量曲线以及磁化率曲线吻合的较好, 能基本上反映出青海湖 12.7 kaBP 以来的气候变化过程;

(2) 最近 12.7 kaBP 以来几次重要气候变化事件, 在该黄土剖面的碳酸盐含量、Sr 含量以及磁化率曲线上都有反映, 总结起来主要经历了 3 次暖湿 (10~5 kaBP、3.5~2.8 kaBP、2.8~1 kaBP) 和 2 次干冷 (12.7~10 kaBP、5~3.5 kaBP) 气候变化过程。

致谢: 在数据整理过程中 Dr. Jeffrey Brantingham、周笃、韩凤清、高东林副研究员给予很多帮助, 在此表示感谢!

参考文献:

[1] 夏正楷. 第四纪环境学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1997. 56-57.
 [2] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 245-246.
 [3] 石建省, 李铮华. 黄土与气候演化[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 60-63.
 [4] 曹伯勋. 地貌学及第四纪地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995. 172-173.

[5] 周笃, 马海州, 高东林, 等. 青海湖南岸全新世黄土地球化学特征及气候环境意义[J]. 中国沙漠, 2004, 24(2): 144-148.
 [6] 余俊清, K. Kelts. 末次冰消期晚期青藏高原东北部气候变化[J]. 第四纪研究, 2002, 22(5): 413-423.
 [7] 张彭熹. 青海湖全新世以来古环境参数的研究[J]. 第四纪研究, 1994, 3: 25-226.
 [8] 何元庆, 姚檀栋, 沈水平, 等. 冰芯与其他记录所揭示的中国全新世大暖期变化特征[J]. 冰川冻土, 2003, 25(1): 11-17.
 [9] 孔昭宸, 杜乃秋, 山发寿, 等. 青海湖全新世植被演变及气候变迁——QH85-14C 孔孢粉数值分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1990, 10(3): 79-90.
 [10] 刘兴起, 沈吉, 王苏民, 等. 16 ka 以来青海湖湖相自生碳酸盐沉积记录的古气候[J]. 高校地质学报, 2003, 9(1): 38-44.
 [11] 鹿化煜, 马海州, 谭红兵, 等. 西宁黄土堆积记录的最近 13 万年高原季风气候变化[J]. 第四纪研究, 2001, 21(5): 416-426.
 [12] 彭红霞, 李长安, 杨桂芳, 等. 黄土中碳酸盐含量变化及其古气候记录[J]. 地质科技情报, 2003, 22(1): 53-55.
 [13] 刘兴起, 沈吉, 王苏民, 等. 青海湖 16 ka 以来的花粉记录及其古气候古环境演化[J]. 科学通报, 2002, 47(17): 1351-1355.
 [14] 郭盛乔, 夏威岚. 宁晋泊沉积剖面碳酸盐含量及其古气候意义[J]. 上海地质, 2001(增刊): 7-10.
 [15] 刘光秀, 施雅风, 沈水平, 等. 青藏高原全新世大暖期环境特征之初步研究[J]. 冰川冻土, 1997, 19(2): 114-122.
 [16] 陈发虎, 汪世兰, 张维信, 等. 青海湖南岸全新世黄土剖面、气候信息及湖面升降探讨[J]. 地理科学, 1991, 11(1): 76-85.

Change of Carbonate Content and Record on Palaeoclimate Fluctuations in Heimahe Loess Section on Southern Qinghai Lake Shore

WANG Jian-guo, MA Hai-zhou, TAN Hong-bing, ZHANG Xi-ying, YAO Yuan, XU Jian-xin
 (Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

Abstract: In Heimahe loess section, we collected samples in a 5 cm interval from bottom to surface about 2.2 m depth, and then measured the contents of carbonate, Sr and Susceptibility. We found the palaeoclimate changes since 12.7 ka in Qinghai Lake area by means of contrasting and analyzing. The results indicated that the contents of carbonate, Sr and susceptibility had a fine correlation and could be used as the proxy to discuss the palaeoclimate fluctuations and truly reflect the frequencies of warm-wet and dry-cold changes since 12.7 ka.

Key words: Heimahe; Loess; Carbonate; Sr; Susceptibility; Palaeoclimate change