

青藏高原东部 RM 孔碳酸盐氧同位素揭示的末次间冰期气候特征*

吴敬禄 王苏民

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

关键词 末次间冰期 气候不稳定性 Eemian 期 若尔盖盆地

最近, 格陵兰冰芯研究揭示的气候不稳定性被作为过去全球变化研究的重大进展. GRIP^[1]氧同位素研究首先提出, 相当于深海氧同位素地层 5e 亚段的暖期气候(Eemian)存在着两次明显的冷事件^[2], 这一发现后来被欧洲湖泊记录所证实^[3]. 但是 GISP2 未发现 Eemian 暖期气候有明显波动^[4], Kelgwin 等对大西洋沉积记录的研究也得出与此相似的结论^[5]. 因此, 一些研究者对 Eemian 暖期内部存在气候突变的观点表示怀疑. 最近作者对青藏高原东部 RM 孔湖泊记录研究结果, 发现末次间冰期 5e 亚段存在两次冷事件, 支持了 GRIP 研究者的观点, 同时证实了此种气候不稳定性也存在于中国的青藏高原这一事实.

1 RM 孔概况

RM 孔位于青藏高原东部若尔盖盆地沉积中心(33°57'N, 102°21'E), 孔口海拔 3 400 m, 孔深为 310.46m. 本文对 20~30m 层段进行了 87 个样品的碳酸盐氧同位素研究. 该段岩

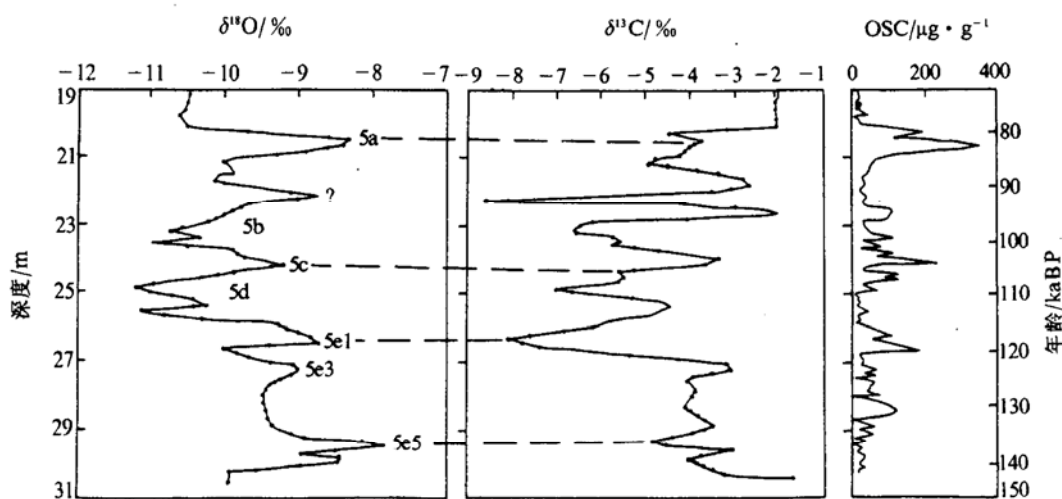


图1 RM 孔碳酸盐氧、碳同位素及色素(OSC)记录

1995-10-13 收稿, 1996-02-15 收修改稿

* 国家“攀登”计划资助项目

性以泥质粉砂、粉砂、粉砂质泥为主,见有水平层理及波状层理,局部泥炭富集,内含有机残体和贝壳碎片. 根据 ^{14}C 测年及磁性地层:2.6 m处为 $(3\,324 \pm 145)$ aBP, 2.85 m处为 $(3\,428 \pm 124)$ aBP, 4.15 m处为 $(6\,167 \pm 155)$ aBP, 6.3 m处为 $(21\,600 \pm 1\,500)$ aBP, 8.2 m处为 $(33\,140 \pm 2\,350)$ aBP, 布莱克事件(110 kaBP)出现在25 m处. 考虑到孔深约5 m处有沉积间断以及5 m以上已为河流沉积所取代,所以作者采用6.3 m及8.2 m处的 ^{14}C 测年资料,获得20~30 m层段的平均沉积速率为 0.167 mm/a ,并利用布莱克事件进行了年代插值计算(图1).

2 样品处理及实验方法

测试样品用重力浮选法获取. 同位素测试选用磷酸法,将样品与100%磷酸溶液在25℃的恒温水槽中反应6~8 h,反应释放 CO_2 用液氮冷阱收集,在Finigen Model-251型质谱仪中测定同位素值,采用的标准为PDB,实验误差 $\delta^{13}\text{C}$ 小于0.1‰, $\delta^{18}\text{O}$ 小于0.2‰.

3 实验结果与古气候分析

图1表示RM孔20~30 m段碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化,并与色素指标颤藻黄素(OSC)和蓝藻叶黄素(MYX)(蓝藻叶黄素(MYX)波动与OSC一致,图1中省略)分析结果进行了对比. 已有研究表明,湖泊碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值两者如呈反相变化,其 $\delta^{18}\text{O}$ 主要受温度影响,温度高有利于碳酸盐富集重氧同位素^[6]. $\delta^{13}\text{C}$ 主要受大气 CO_2 与湖泊水体中碳的交换、湖水的硬度、湖泊生产力等因素影响,其值的波动间接地指示温度变化,温度低有利于碳酸盐富集重碳同位素^[7]. 色素含量测定是确定湖泊古生产力的敏感指标,它除了与温度有关外,还与光照、营养物质及埋藏保存等环境因素有关^[8]. 研究层段内碳酸盐 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 -7.8‰ ~ -11.3‰ 间波动,最大变幅在4‰左右,次级波动明显. 对应于 $\delta^{18}\text{O}$ 高值段, $\delta^{13}\text{C}$ 偏负. 所以,其 $\delta^{18}\text{O}$ 值波动定性地指示了温度的变化. 从图1可见,30.5~29.5 m $\delta^{18}\text{O}$ 值明显升高,该高值延续到29.1 m后开始下降. 但一直到25.8 m, $\delta^{18}\text{O}$ 值始终保持相对较高,其上出现24.5~25.8 m及22.4~23.6 m两个低谷,到20 m后 $\delta^{18}\text{O}$ 值陡然下降,进入另一低值段,从总体上看 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线具有三峰二谷的波动特征. $\delta^{13}\text{C}$ 与色素曲线在细节上与 $\delta^{18}\text{O}$ 值波动存在一定的差别,但基本趋势是同步的,说明图1的3条曲线所反映的古气候信息是可信的. 根据 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线和测年计算, RM孔20~30 m段地层相当于深海氧同位素5阶段,其起止时间约为140~80 kaBP. 其中3个 $\delta^{18}\text{O}$ 高值段自下而上分别相当于5e, 5c和5a 3个峰,两个 $\delta^{18}\text{O}$ 低谷相当于5d和5b两个冷期(图2). 而5a下部22.5 m处的另一峰值可能相当于GRIP记录的IS22峰,但是从其波动特征分析却更象是5a的另一峰(图2). 另外,5e内部有两次冷事件,显示了末次间冰期5e暖期气候的明显不稳定性,这一结果与GRIP及欧洲湖泊记录相似. 但与若尔盖盆地RH孔揭示的5阶段气候特征存在有一定差别. 尤其是5e亚段, RH孔记录显示较弱^[9],这可能与测定样品的前处理与数量以及与RH孔所处的沉积相带有关. 现根据图1所示 $\delta^{18}\text{O}$ 值波动特征,侧重对RM孔湖泊记录揭示的5e亚段的气候不稳定性作如下讨论:(1)30~29.1 m(140~135 kaBP), $\delta^{18}\text{O}$ 值为该段最高(-7.8‰), $\delta^{13}\text{C}$ 值出现低谷. 碳酸盐贫重碳同位素与该期温度升高、大气 CO_2 浓度增高及水生生物作用增强有关. 所以该期温度较高,湖水淡化,湖泊水生生物开始繁盛,代表了暖偏湿气候;(2)29.1~27.6 m(135~125 kaBP),该段 $\delta^{18}\text{O}$ 值出现低值, $\delta^{13}\text{C}$ 较高,表明大气 CO_2 浓度减低及湖泊生物作用减弱,

$\delta^{13}\text{C}$ 值以受湖水硬度影响为主, 因而富集重碳同位素. 所以该期气候为冷偏干; (3) 27.6~26.8 m (125~121 kaBP), $\delta^{18}\text{O}$ 再次出现峰值, 但不如第 1 次峰值高, 颤藻色素含量明显比前期高, $\delta^{13}\text{C}$ 值变化不大, 并有升高的趋势. 该期气候为温湿; (4) 26.8~26.5 m (121~119 kaBP), $\delta^{18}\text{O}$ 值出现第 2 个低谷, 且比前期下降幅度大, 色素含量出现低谷, $\delta^{13}\text{C}$ 值较高. 以上特征表明, 该期气候为冷干; (5) 26.5~25.8 m (119~115 kaBP), $\delta^{18}\text{O}$ 值较高, 色素含量达到该段最高, 表明湖泊初级生产力高, $\delta^{13}\text{C}$ 值明显偏低 (-8‰), 这与湖泊水生生物繁盛有关, 反映水热条件较佳的暖湿气候.

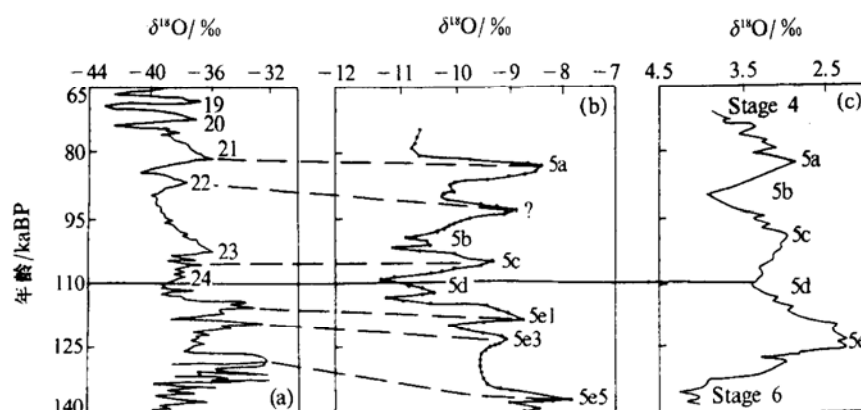


图 2 RM 孔氧同位素值记录(b)与北大西洋深海记录^[5](a)及格陵兰冰芯 GRIP 记录^[2](c)对比

以上分析表明, RM 孔氧同位素值波动揭示该地区在 140~115 ka 的气候以暖湿为主, 但内部至少存在两次冷波动. $\delta^{13}\text{C}$ 也显示了相同结果, 色素指标对气候的响应存在着较明显的滞后, 在末次间冰期初期表现较为突出.

4 结论与讨论

RM 孔末次间冰期氧同位素记录表明, 当时青藏高原东部的气候存在相当于深海氧同位素 5a, 5b, 5c, 5d 和 5e 亚阶段的波动特征. 5e 内部又有两次明显的冷波动, 可再细分为 5e1, 5e2, 5e3, 5e4 和 5e5 段, 其中 5e5 气候最暖, 5e3 相对较弱, 以 5e2 降温幅度最大. 这一现象与最近 GRIP 冰芯及欧洲湖泊记录的研究结果较为吻合^[2,3], 不同于深海及 GISP2 记录(图 2). 与 GRIP 相比, RM 孔氧同位素记录 5e 亚段中以 5e1 的水热配置条件最佳, 而整个末次间冰期以 5a 的水热配置条件最佳. 另外, 即使在间冰期内, 冷波动的持续时间也较暖期明显要长. 这些特点与冰芯相似, 与深海不同, 可能与高原高海拔的区域环境有关.

致谢 本文承蒙施雅风先生审阅, 王云飞研究员提出宝贵意见. 实验过程中得到王楚高级工程师的帮助, 色素资料由潘红玺工程师提供, 在此一并致谢.

参 考 文 献

- 1 Dansgaard W, Johnsen S J, Clausen H B. Evidence for general instability of past climate from a 250 ka ice-core record. *Nature*, 1993, 364: 218~220
- 2 GRIP members. Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core. *Nature*, 1993, 364: 203~207
- 3 Thouveny N, Tacques L B, Bonifay E. Climate variations in Europe over the past 140 ka deduced from rock magnetism. *Nature*, 1994, 371: 503~506
- 4 Grootes P M, Stuiver M, White J C. Comparison of oxygen isotope records from GISP2 and GRIP Greenland ice cores. *Nature*, 1993, 366: 552~554
- 5 Kelgwin L D, Curry W B, Lehman S J *et al.* The role of the deep ocean in North Atlantic climate change between 70 and 130 ka ago. *Nature*, 1994, 373: 323~325
- 6 Bowen R. *Isotopes and Climates*. London, New York: Elsevier Applied Science, 1990. 75~140
- 7 Emrich K, Ehhalt D H, Vogel J C. Carbon isotope fractionation during the precipitation of calcium carbonate. *Earth Planet Sci Letts*, 1970, 8: 363~713
- 8 Swain E B. Measurement and interpretation of sedimentary pigments. *Freshwater Biology*, 1985, 15: 53~75
- 9 张平中, 王先彬, 陈践发等. 若尔盖盆地 RH 孔沉积有机质的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和氢指数记录. *中国科学, B 辑*, 1995, 25(6): 631~638