新仙女木时期东亚夏季风降水不稳定的证据

周杰^(四) 周卫健 陈惠忠^(四) 薛祥煦^(四) Gerald Nanson

中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710054; ^(四)中国科学院兰州沙漠研究所, 兰州 730000;

④西北大学地质系, 西安 710069; School of Geosciences, University of Wollongong, NSW2522, Australia

摘要 通过位于沙漠/黄土边界带的杨桃岭剖面 AMS ^{14}C 年代和磁化率、粒度、有机质总量等气候代用指标的测定分析, 认为新仙女木(Younger dryas)气候事件在该区存在夏季风降水波动和不稳定性, 反映了东亚季风区和极地高纬地区 Younger dryas 时期的气候差异, 其原因可能是南北半球大气相互作用以及赤道太平洋地区气压异常(ENSO)所致。

关键词 新仙女木 东亚夏季风 降水不稳定 沙漠/黄土过渡带

北半球大量的地质记录表明 11~10 kaBP 发生了一次气候快速回返事件(新仙女木事件, Younger dryas, 下简称 YD), 当时格陵兰地区降温达 7°C ^[1]。在季风中国也发现了这一记录, 但气候特征表现不一。Kelts 等人^[2]提出此时青海湖水量增加的证据, 安芷生等人^[3]通过巴谢黄土-古土壤序列研究也认为当时出现一夏季风加强的时段。但是, 青藏高原 Sumxi Co 湖泊记录却显示出干冷特征^[4]。最近, 周卫建等人^[5]通过大量研究, 提出了 YD 在东亚季风区具有干冷-凉湿-干冷的气候颤动模式。新近笔者对沙漠/黄土过渡带杨桃岭高分辨率黄土/风成砂/古土壤剖面的系统研究, 揭示出 11~10 kaBP 东亚季风气候既具有北半球高纬地区类似的回返特征, 又表现出多次降水变化, 反映了 YD 时期东亚夏季风降水的多次震荡和不稳定性。

1 剖面位置、地层特点及年代

剖面位于陕西省神木县杨桃岭($38^{\circ}48'\text{N}$, $110^{\circ}20'\text{E}$), 位于黄土梁的风蚀残丘上, 全厚 400cm。地层沉积相由风成砂、黄土和古土壤三部分组成, 构成一完整的沉积序列, 其特点自上而下为(图 1):

40~0 cm, 灰褐色古土壤, 质地紧密。22 和 11 cm 处花粉年龄分别为($7\,790\pm70$)和($6\,950\pm60$) aBP。

80~40 cm, 灰黄~棕黄色细砂, 近底部含薄层粘土质条带, 该条带胡敏素年龄为(8395 ± 70) aBP。

160~80 cm, 灰褐色古土壤, 质地紧密, 根系发育。152 cm 处胡敏素年龄为($9\,645\pm80$) aBP, 102 cm 处花粉年龄为($9\,030\pm70$) aBP。

205~160 cm, 黄~棕黄色细砂, 质地疏松。

235~205 cm, 浅灰褐色弱发育古土壤, 具密集的根状条带。

310~235 cm, 灰黄~黄色细砂, 质地疏松。

350~310 cm, 弱发育灰褐色砂质古土壤, 含大量水平波状起伏的灰黑色粘土质条带。顶部花粉年龄为($11\,250\pm80$) aBP。

400~350 cm, 马兰黄土。

图 1 中的年代分别为花粉和胡敏素测试年代, 由美国亚利桑那大学 AMS ^{14}C 测年实验室测定。所以用它们作 ^{14}C 源, 主要基于下列认识: 沙漠/黄土过渡带属于干旱荒漠草原与半干旱草原过渡区, 植被多以当年生草本为主, 其花粉应与同年沉积物相伴沉积; 胡敏素是古土壤形成的直接产物, 它与古土壤应是同生的。因此, 无论是花粉年龄还是胡敏素年龄都能较准

确地反映黄土、风成砂或古土壤的地层年代.

图1 杨桃岭剖面地层、代用指标和古气候记录

2 代用指标与古气候重建

磁化率在野外以间距5cm进行测量. 有机质总量和粒度以间距10 cm(240~310 cm段间距5 cm)进行测定(见图1).

磁化率作为夏季风强度的替代性指标直接指示降水量的大小^[3, 6]. 有机质总量可间接反映植被盖度和土壤化程度^[7]. 粒度是冬季风风场强度及粉尘源区干燥度的有效指示^[8], 而>20 μm和>50 μm的颗粒百分含量则代表较纯的冬季风^[9]. 需要说明的是, 尽管磁化率和有机质总量均是夏季风强度的替代性指标, 但由于两者对夏季风变化的响应机制不一样, 前者是物理响应机制, 后者是生物响应机制, 因此, 它们在时序上并非表现为一一对应关系. 由图1可见, 11.2 kaBP前温度回升, 夏季风气候开始占居优势地位. 嗣后, 磁化率和有机质总量突然出现低谷, 粒度变粗, 反映冬季风的快速加强. 直到10 kaBP以后夏季风再次加强, 表明进入了全新世温暖期, 其中10~7 kaBP显示了全新世适宜期的温湿气候.

值得注意的是, 该剖面所揭示的11~10 kaBP气候特征既具有与北半球其他地区相似的干冷性质, 又表现出多次降水波动. 它们至少可分为11.2~10.5, 10.5~10.2和10.2~10 kaBP 3个变化阶段, 其间粒度变化不甚明显, 显示寒冷冬季风较为稳定的特征, 而磁化率和有机质总量变化显著, 特别是10.5~10.2 kaBP期间表现出夏季风降水的频繁振荡, 据计算降水变率达226 mm(最大降水268 mm, 最小降水42 mm)^[6].

3 讨论与结论

YD时期的气候快速变化不可能是轨道驱动的结果, 而很可能是海洋-大气环流模式超过

其影响临界值的体现。换言之,沙漠/黄土过渡带所表现出的东亚季风气候与北半球高纬地区的不一致性,可能是南北半球大气相互作用以及赤道太平洋地区气压异常所致。

在YD时期,一方面,北半球极地和高纬地区温度急剧下降,通过与西风带联系导致蒙古-西伯利亚高压加强,最终致使东亚冬季风增强。另一方面,与东亚夏季风相联系的太平洋海面却持续上升^[9],加之当时北半球夏季太阳辐射及其季节性变化显著加强,甚至达到最大值^[10],致使东亚夏季风也十分活跃。此外,与北半球相反,南半球冬季太阳辐射达到最小值,导致包括 Mascarene 高压和澳洲高压在内的南半球高压系统加强,其结果是与之相关的气流一起穿越赤道,加强了东亚夏季风及其波动频率。

赤道太平洋海面温度变化以及该地区气压异常形成的厄尔尼诺-南方涛动(ENSO),其发生频率可能是导致YD时期降水变化的另一个十分重要的因素。Lau 等人^[11]建立了最近100 a间10 a尺度 ENSO 与东亚季风降水变化的遥相关,认为其降水变率相关于热带太平洋冷暖变化以及东、西赤道太平洋之间的气压差。最新的研究表明,YD时期西太平洋中、低纬地区并未经历实质性降温^[12],相反,东太平洋却发生了剧烈的降温事件^[13]。因此,不难推测,东、西太平洋之间巨大的温度和气压梯度,很可能导致强大的 Walker 环流和频繁的 ENSO,进而影响YD时期东亚夏季风降水及其变化。由中国大陆较普遍的发现YD时期降水存在波动及区域差异,澳大利亚北部地区也出现干旱化^[14]等事实表明,受 ENSO 影响导致降水异常的区域范围是相当广泛的。

致谢 安芷生院士对本项研究提供了具体指导,对此表示感谢。本工作为中国科学院“九五”重大项目(编号:KZ951-A1-402)资助。

参 考 文 献

- 1 Lehman S J, Keigwen L D. Sudden changes in North Atlantic circulation during the last deglaciation. *Nature*, 1992, 356: 757~ 762
- 2 Kelts K, Zao C K, Lister G, et al. Geological fingerprints of climate history: a cooperative study of Qinghai lake, China. *Ecological Geol Helv*, 1989, 82: 167~ 182
- 3 An Zhisheng, Porter S, Zhou Weijian. Episode of strengthened summer monsoon climate of Younger Dryad age on the loess plateau of central China. *Quaternary Research*, 1993, 39: 45~ 54
- 4 Casse F, Arnold M, Fontes J C, et al. A 13 000 year climate record from western Tibet. *Nature*, 1991, 353, 742~ 745
- 5 周卫健, 李小强, 董光荣, 等. 新仙女木期沙漠/黄土过渡带高分辨率泥炭记录. *中国科学, D辑*, 1996, 26(4): 118~ 124
- 6 孙东怀, 周 杰, 蒋复初, 等. 末次间冰期黄土高原夏季风气候的初步研究. *科学通报*, 1995, 40(20): 1 873~ 1 875
- 7 An Zhsheng, Kukla G, Porter S C, et al. Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the loess plateau of central China during the last 130 000 years. *Quaternary Research*, 1991, 36: 29~ 36
- 8 Porter S C, An Zhisheng. Correlation between climate events in the North Atlantic and China during the last glaciation. *Nature*, 1995, 375: 305~ 308
- 9 Chappell J, Polach H. Post-glacial sea-level rise from a coral record at Huon Peninsula, Papua New Guinea. *Nature*, 1991, 349: 147~ 149
- 10 Kutzbach J E, Steet-Perrott F A. Milankovitch forcing of fluctuations in the level of tropical lakes from 18-0ky BP. *Nature*, 1985, 317: 130~ 134
- 11 Lau K M, Sheu P J. Teleconnections in global rainfall anomalies: seasonal to inter-decadal time scale. in *Teleconnections linking worldwide climate anomalies*. In: Glantz M, Katz R, Nicholls N, et al. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

227~ 255

- 12 Robert C T, Qingmin M. Sea surface temperature of the western Equatorial Pacific Ocean during the Younger Dryas. *Quaternary Research*, 1996, 46: 72~ 77
- 13 Leyden B. Evidence of the Younger Dryas in Central America. *Quaternary Science Reviews*, 1995, 14: 833~ 839
- 14 Deckker P D, Corregge T, Head J. Late Pleistocene record of cyclic eolian activity from tropical Australia suggesting the Younger Dryas is not an unusual climatic event. *Geology*, 1991, 19: 602~ 605

(1998-01-16 收稿, 1998-04-02 收修改稿)

未熟-低熟阶段有机质的“两极分化”作用 ——低温低压加水热模拟实验

王培荣 陈 奇 何文祥 朱俊章

(江汉石油学院分析测试研究中心, 荆州 434102)

摘要 用低温低压加水热模拟实验的数据再次验证, 在源岩未熟-低熟阶段的热演化过程中, 可溶和不可溶有机质都在不断同时发生着“缩聚”和“热解”反应, 即“两极分化”作用. 可溶和不可溶有机质始终是一个有机联系的整体, 相互转化处于动态平衡之中, 非烃和沥青质是干酪根与烃类间的重要的中间产物. 沥青质是未熟油中烃类的重要来源之一.

关键词 非烃 未熟油 两极分化 热模拟实验

蒂索等人^[1]指出在成岩作用阶段($R_o \leq 0.5\%$)有生物化学降解、缩聚、非溶解作用. 在深成作用阶段($R_o = 0.5\% \sim 2\%$)有热降解作用. 张大江、姚焕新等人报道褐煤中可溶有机质、腐植酸和残渣(干酪根)在热演化过程中均发生了“两极分化”作用^[2]. 王春江等人^[3]报道了低成熟阶段煤可溶有机质的热缩聚作用. 秦匡宗等人^[4]提出地质大分子在成熟初期, 结构单元之间的一些弱交联键首先被破坏, 导致交联度降低, 但一些低成熟单元周围往往有许多活性官能团, 它们之间的缩合导致固态大分子的交联度增高. 本研究则用低温(140~ 300℃, 相当于未熟-低熟阶段)加水热模拟实验的方法, 探索了在该演化阶段生油岩中可溶有机质和不可溶有机质在数量上的转化关系, 以及它们经热模拟实验后抽提物族组成(烃、非烃、沥青质)在数量上的转化, 验证生油岩中液态烃生成演化过程中的重要规律之一: 有机质的“两极分化”作用.

1 实验

样品选自我国典型盐湖盆地江汉王场油田王 11-3 井 875 m(Eq1)处深灰色泥岩, R_o 为 0.33%. 实验温阶为 140, 200, 260 和 300℃, 用密封在玻管中放在釜内同时进行热模拟的外标(百色褐煤)的镜煤反射率, 监测各温阶烃源岩的 R_o 值分别为 0.49%, 0.55%, 0.67% 和 0.78%. 每个温阶同时有 3 种样品即烃源岩、抽提物+ 催化剂和残渣(类干酪根)(催化剂系烃源岩样经反复抽提并在 N_2 气流下加热 450℃, 直至热解烃含量 $S_2 = 0$ 的残渣). 3 种样品分别做加水热模拟实验, 其后 3 种产物的抽提物均分离成沥青质、饱和烃、芳烃、中性非烃和酸性非