



末次冰盛期以来我国气候环境变化及人类适应

郭正堂^{①*}, 羊向东^②, 陈发虎^③, 鹿化煜^④, 吴海斌^①

① 中国科学院地质与地球物理研究所, 新生代地质与环境重点实验室, 北京 100029;

② 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008;

③ 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000;

④ 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210046

* 联系人, E-mail: ztguo@mail.iggcas.ac.cn

2014-09-09 收稿, 2014-09-11 接受, 2014-09-16 网络版发表

全球变化研究国家重大科学研究计划(2010CB950200)资助

摘要 该项目以末次冰盛期以来我国气候环境变化及人类适应为主攻目标, 通过多种高精度地质-生物记录的研究, 在全球温度变化对季风的影响、全球增温与我国干旱-半干旱区环境、自然和人为因素在环境变化中的作用等方面取得一批新进展. 这些成果不仅涉及轨道和亚轨道尺度的亚洲季风动力学、生态系统对气候变化的响应机理和大气温室气体浓度变化的控制因素等古气候学基础前沿问题, 而且对气候变化影响评估具参考价值.

关键词

古增温
季风演化
干旱-半干旱区环境
人类活动

“末次冰盛期以来我国气候环境变化及干旱-半干旱区人类的影响与适应”是科技部“全球变化研究国家重大科学研究计划”2010 年首批启动的项目之一. 该项目围绕全球温度变化对季风的影响、季风和西风环流的相互作用、自然和人为因素对干旱-半干旱生态系统的作用等前沿问题开展研究, 为理解全球增温对我国气候环境的影响、区分自然和人为因素对环境变化的作用从古气候学角度提供依据. 项目组基于多种高精度地质-生物记录, 在轨道和亚轨道尺度季风变化的行为和机制、干旱-半干旱区生态环境变化历史、自然和人为因素对全新世温室气体浓度的影响等方面取得一批新成果, 对气候变化影响评估亦具有参考价值.

1 全球温度变化对季风的影响

全球温度变化对季风的影响是学术界和社会公众普遍关注的问题. 项目针对轨道时间尺度上亚洲季风变化机制的争议, 研究了我国西南和东南季风区不同纬度的湖泊、石笋、黄土和沙漠记录, 重建了季风区干湿变化的时空历史, 揭示出末次冰盛期以来我国季风降水呈现“两步增加”的特征, 分别发生于~15000 及~8000 a BP^[1,2]. 该现象用低纬日照量和全球冰量变化均不能全面合理解释, 而是二者

共同驱动的结果.

项目以此为基础开展全球数据集成研究, 提出轨道尺度的季风变化包含低纬日照量分量(南北两半球反相位)和冰期-间冰期分量(南北两半球同相位)^[3]的认识, 后者亦受两极冰盖不对称演化的影响^[3,4]. 该观点能够较合理地解释我国不同地区环境变化的纬度差异, 亦可解释有争议的季风与岁差的相位关系问题. 进一步的研究显示, 与轨道参数配置相关的两极冰盖不对称演化可能有利于当前北半球温暖间冰期气候的持续^[4]; 而近百年来的全球气候变暖, 与最近一次 500 年周期的暖相位吻合^[5].

末次冰消期我国东部海洋变暖可能超前于陆地^[6], 指示了近海大洋环流对大陆东部季风气候的影响. 北半球高纬的冰筏/海冰事件与季风在亚轨道尺度上的减弱有明确的对应关系^[2,7], 支持季风“突变”源于高纬驱动的观点. 高精度石笋氧同位素记录研究厘定了新仙女木事件(YD)的精细变化过程, 发现季风气候在 YD 末期的回暖过程仅经历了~38 年的时间^[7], 也给古气候模拟提出新的问题.

上述结果均表明, 轨道和亚轨道尺度上过去发生的全球增温均有利于季风区降水的增加. 北半球高纬气候变化对亚洲季风气候有重要影响, 甚至可能导致季风气候系统的快速突变.

引用格式: 郭正堂, 羊向东, 陈发虎, 等. 末次冰盛期以来我国气候环境变化及人类适应. 科学通报, 2014, 59: 2937–2939

Guo Z T, Yang X D, Chen F H, et al. Climate changes in China since the Last Glacial Maximum and Holocene human adaptation (in Chinese). Chin Sci Bull (Chin Ver), 2014, 59: 2937–2939, doi: 10.1360/N972014-00976

2 气候变化与干旱-半干旱区生态环境

研究过去气候与干旱-半干旱生态系统变化的关系,对气候变化影响评估具有重要参考价值. 项目组基于多种记录,重建了我国干旱-半干旱区末次冰盛期以来的生态环境变化历史. 结果显示,六盘山以东的北方沙地由于受季风的影响显著,在全新世中期显著湿润化,多数地区流沙固定^[8],草原植被向北推进^[9],生态系统与季风的变化历史具有较高的一致性.

受西风环流影响较大的西北干旱区与季风区显示出明显差异,多数记录表明早全新世以干旱景观为主,在~8000 a BP 开始显著湿润,并在~4000 a BP 开始湿度下降^[10]. 西北干旱区在百年和年代际尺度上的湿度变化与华北和东北地区明显不同^[11,12],表明我国的北方沙地和西北干旱区对全球气候变化的响应存在差异.

对黄土高原不同地貌单元(山地、塬面和沟谷)植被变化的对比研究表明,全新世期间塬面上的地带性植被一直以草原类型为主^[13],气候适宜期植物多样性增加,C₄植物向西北显著扩张^[14]. 当时有森林植被,但主要分布于山地和沟谷地区^[15].

上述结果对气候变化影响评估和干旱-半干旱区生态修复具参考价值,表明全球增温导致的季风降水增加可使季风边缘区沙地的流沙范围大幅收缩,草原植被扩张;未来黄土高原塬面上的植被恢复应以退耕还草为主,在沟谷地区则可适当种植木本植物^[13].

3 全新世人类活动与环境关系的新证据

重建过去的人类活动历史、区分自然和人为因素对环境的影响是古全球变化研究的难点之一. 项目组运用孢粉、植硅体、植物大化石和炭屑等,结合古土地利用模型^[16],系统研究了北方典型流域的人类活动历史,获得了人类活动阶段性发展与环境关系的新证据.

结果表明,我国北方的旱作农业从 8000 a BP 年前后开始逐步扩张,先期以黍种植为主,至 5000 a BP 前后,旱作和稻作农业、畜牧业均大幅增加,逐步转变为以粟、大豆和水稻种植为主的多样化农业^[17]. ~4000 a BP,小麦种

植从西亚传入我国西北,当时的青铜冶炼和人类用火的增加对西北部分地区的植被构成较明显的破坏^[18]. 人类活动和畜牧业遗存于 3000 a BP 前后又大幅增加,成为全新世后期北方沙地活化的关键因素. ~2000 a BP 以来持续增强的人类活动使山地和沟谷中的云杉林在黄土高原地区基本消失^[15].

4 自然和人为因素对全新世温室气体浓度的影响

自然和人为因素对全新世 CO₂ 和 CH₄ 浓度的影响是学术界有争议的问题,对理解自然和人为因素对环境的作用、气候系统对温室气体浓度的敏感性等均有重要意义. 项目组基于上述研究,结合全球数据的集成,揭示出我国北方的早期旱作农业土地利用虽对植被有明显影响,但不足以解释大气 CO₂ 浓度在~8000 a BP 后增加的趋势^[16];轨道尺度上的大气 CH₄ 浓度变化主要受控于冰期-间冰期旋回和南北两半球热带季风的变化^[3]. 5000 a BP 前后大气 CH₄ 浓度的回返主要源于日照量驱动下的南北两半球热带季风的消长^[3]. 该研究为第四纪大气 CH₄ 浓度变化的机制提供了新的解释,表明工业革命前的温室气体浓度变化主要受控于自然因素.

5 未来研究展望

随着温室气体浓度的升高,理解气候变化的机制、评估气候变化的影响、揭示自然和人为因素的作用、降低未来气候变化预估的不确定性依然是古全球变化研究面临的主要挑战. 其中,理解各种现代环境过程和机理,揭示它们在不同时间尺度气候环境变化中的作用,从多种角度实现过去气候和环境参数的定量化重建是实现认识进步的关键节点之一. 未来研究应借助于我国在该方面已有的基础科学数据积累,针对典型现代环境过程开展系统研究,以机理和方法学为切入点,全面提升我国古环境定量化研究的能力. 该方面的努力在基础理论层面上可带动气候和环境变化机理认识的突破,在学科发展方面进一步打通现代环境研究与古环境研究的“壁垒”,最终为气候变化趋势预估和影响评估提供更加精确可靠的依据.

参考文献

- 1 Lu H Y, Yi S W, Liu Z Y, et al. Variation of East Asian monsoon precipitation during the past 21 ka and potential CO₂ forcing. *Geol*, 2013, 41: 1023–1026
- 2 Xiao X Y, Simon G H, Shen J, et al. Latest Pleistocene and Holocene vegetation and climate history inferred from an alpine lacustrine record, northwestern Yunnan Province, southwestern China. *Quat Sci Rev*, 2014, 86: 35–48
- 3 Guo Z T, Zhou X, Wu H B. Glacial-interglacial water cycle, global monsoon and atmospheric methane changes. *Clim Dyn*, 2012, 39: 1073–1092
- 4 Hao Q Z, Wang L, Oldfield F, et al. Delayed build-up of Arctic ice sheets during 400000-year minima in insolation variability. *Nature*, 2012, 490: 393–396

- 5 Xu D K, Lu H Y, Chu G Q, et al. 500-year climate cycles stacking of recent centennial warming documented in an East Asian pollen record. *Sci Rep*, 2014, 4: 3611, doi: 10.1038/srep03611
- 6 Xu D K, Lu H Y, Wu N Q, et al. Asynchronous marine-terrestrial signals of the last deglacial warming in East Asia associated with low- and high-latitude climate changes. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2013, 110: 9657–9662
- 7 Ma Z B, Cheng H, Tan M, et al. Timing and structure of the Younger Dryas event in northern China. *Quat Sci Rev*, 2012, 14: 83–93
- 8 Lu H Y, Yi S W, Xu Z W, et al. Chinese deserts and sand fields in Last Glacial Maximum and Holocene Optimum. *Chin Sci Bull*, 2013, 58: 2775–2783
- 9 Li Q, Wu H B, Guo Z T, et al. Distribution and vegetation reconstruction of the deserts of northern China during the mid-Holocene. *Geophys Res Lett*, 2014, 41, doi: 10.1002/2014GL059952
- 10 An C B, Zhao J J, Tao S C, et al. Dust variation recorded by lacustrine sediments from arid Central Asia since ~15 cal ka BP and its implication for atmospheric circulation. *Quat Res*, 2011, 76: 566–573
- 11 陈发虎, 黄伟, 靳立亚, 等. 全球变暖背景下中亚干旱区降水变化特征及其空间差异. *中国科学: 地球科学*, 2011, 41: 1647–1657
- 12 Huang W, Chen F H, Feng S, et al. Interannual precipitation variations in the mid-latitude Asia and their association with large-scale atmospheric circulation. *Chin Sci Bull*, 2013, 58: 3962–3968
- 13 Jiang W Y, Cheng Y F, Yang X X, et al. Chinese Loess Plateau vegetation since the Last Glacial Maximum and its implications for vegetation restoration. *J Appl Ecol*, 2013, 50: 440–448
- 14 Yang S L, Ding Z L, Wang X, et al. Negative $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^{13}\text{C}$ relationship of pedogenic carbonate from northern China indicates a strong response of C_3/C_4 biomass to the seasonality of Asian monsoon precipitation. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 2012, 317–318: 32–40
- 15 Zhou X Y, Li X Q. Variations in spruce (*Picea* sp.) distribution in the Chinese Loess Plateau and surrounding areas during the Holocene. *Holocene*, 2012, 22: 687–696
- 16 Yu Y Y, Guo Z T, Wu H B, et al. Reconstructing prehistoric land use change from archeological data: Validation and application of a new model in Yiluo valley, northern China. *Agr Ecosyst Environ*, 2012, 156: 99–107
- 17 周新郢, 李小强, 赵克良, 等. 陇东地区新石器时代的早期农业及环境效应. *科学通报*, 2011, 56: 318–326
- 18 Li X Q, Sun N, Dodson J, et al. The impact of early smelting on the environment of Huoshiliang in Hexi Corridor, NW China, as recorded by fossil charcoal and chemical elements. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 2011, 305: 329–336

Climate changes in China since the Last Glacial Maximum and Holocene human adaptation

GUO ZhengTang¹, YANG XiangDong², CHEN FaHu³, LU HuaYu⁴ & WU HaiBin¹

¹ Key Laboratory of Cenozoic Geology & Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

² State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

³ Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Ministry of Education (MOE), Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

⁴ School of Geographical and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China

Based on various geological records of high-resolutions, this project aims at addressing the climate and environmental histories in China since the Last Glacial Maximum (LGM) and human impacts on the Holocene environmental changes. Significant progresses have been obtained with regards to the impacts of past temperature changes to Asian monsoon and to the arid/semi-arid ecosystems in China. The results also suggest that changes in the concentrations of greenhouse gases in the pre-industrial era were mainly attributable to natural driven forces although early agriculture had significantly affected the landscapes.

past global warming, monsoon evolution, arid and semi-arid environments, human impacts

doi: 10.1360/N972014-00976