

文章编号: 1009-3850(2006)01-0107-03

全球气候变化综述

金 玮¹, 王成善², 崔 杰¹

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

地球系统科学把地球看成是一个相互关联的自然协调的系统, 涉及地圈、气圈、水圈和生物圈 (Johnson, 2000)。其基本方法强调化学的、物理的、生物的和动力过程的相互作用。在地球长期的演化中, 气候扮演了一个非常重要的角色^[1]。本文旨在通过对大气中 CO₂ 和构造事件对气候的影响以及第四纪气候变化的讨论, 初步探讨全球气候变化的特征和趋势。

1 CO₂ 对气候的影响

过去的几十年间, 人们对地球温室气体浓度增加所导致的全球气候变化的关注与日俱增, 气候变化已成为科学家们研究的一个热点, 这种已经出现的全球变化将可能对环境、经济、社会、文化等带来深远的影响。

我们在考虑气候变化时, 首先想到的就是对温室效应起重大作用的 CO₂。在考虑 CO₂ 的所有长期来源和下降的同时, 有必要对 CO₂ 的全球平衡问题有一明确的认识。大气中 CO₂ 的分压取决于许多互相影响的因素, 包括硅的风化、有机碳的埋藏、碳酸盐埋藏及 CO₂ 的排放程度等。

现在关于气候研究的最重大的问题有两点:

(1) 大气 CO₂ 的源和汇问题是全球变化的焦点问题之一^[2]。当前研究全球碳循环模型认为, 导致气候变暖的主要原因是大气温室气体浓度不断上升, 而大气温室气体, 尤其 CO₂ 的增加主要来自化石燃料的使用量增加和森林退化, 但没有考虑来自地球深部 CO₂ 的大量释放。现已发现地球深部

CO₂ 正通过地热区、火山活动及活动断裂带不断释放, 或直接进入大气, 或存在气藏中成为 CO₂ 气田。

(2) 全球气候变化的另一焦点问题是大气环流动力模型变化机制^[3]。为此, 需要获得尽可能高的时间分辨率和尽可能长的时间序列的环境变化资料, 以做模型验证。近年来的研究表明, 它不但涉及地球轨道的变化, 还涉及造山运动和陆地地形变化, 海陆空间分布变化, 海流、气流及海气、地气物质能量转换过程的变化。因此, 不可能用一个点上的变化过程的资料来建立这种模型, 要以全球气候的变化为基准建立这样的模型来分析全球气候的变化。

精确地测定过去及现代的 CO₂ 浓度, 对认识 CO₂ 的增加对气候变化的影响是至关重要的。目前在全球气候变化的研究中, 还很难弄清地球生态系统和大气中的 CO₂ 是否处于平衡状态和全球不同区域气候变化的差异性和不确定性等一系列具体问题^[3]。但已经明确的是, CO₂ 在大气中的增加必然引起温度的升高, 引起全球气候的变化进而导致全球气候变暖。19 世纪以来, 大气中的 CO₂ 浓度呈显著的增加趋势, 尤其是 1960 年以来, CO₂ 浓度呈指数形式增加。科学家们分析指出, 大气中 CO₂ 的浓度增加 1 倍, 全球温度将平均升高 3 ~ 5 °C^[4]。温度的升高将引起冰川消融和海平面上升, 这将对地球和其上的生物包括人类带来极大的影响。Hughes 和 Gary 通过对 1968 年到 1993 年间人为 CO₂ 释放的研究指出, 它对陆地表面大气温度产生了直接的影响。森林吸收 CO₂、放出 O₂ 在地球生态平衡中起着不可低估的作用, 但由于人口的增长和经济发

收稿日期: 2005-07-04

第一作者简介: 金玮, 1976 年生, 博士研究生, 研究方向为沉积地质。

展对木材的大量需求,森林遭受着灭亡的命运。森林被采伐利用的过程就是排放 CO_2 的过程,全球森林特别是热带雨林遭到破坏后,森林将向大气排放它储存的 CO_2 ,成为大气中 CO_2 的一个重要排放源^[3]。Aicock 指出热带雨林和气候之间的反馈可能产生这样一个系统:通过方程式 $\text{ET}_1(\text{evapo-transpiration}) = P_i - R(\text{runoff})$ 和 $P_{i+1} = E_{xt}(\text{water from external sources}) + \text{ET}_i$,联系了降水量(R)与滥伐林木之间的关系。地质记录表明这种反馈产生了像亚马逊盆地这样一个稳定的生态系统。然而,现时的滥伐林木可能成为这个系统崩溃的驱动力,所以保护森林资源是我们神圣的职责,也是为了人类更好地生存。

2 构造事件对气候变化的影响

新生代以来,全球环境最显著的变化是两极冰盖的起源和发展,从而导致全球性气候系统从根本上的重新组合。大量研究成果证明,一系列的构造运动对全球环境有显著的影响,如喜马拉雅山及青藏高原的隆升被认为可能是晚新生代全球变冷的重要因素^[5],中美洲地峡的关闭可能对北大西洋深层洋流有重要作用^[6]等。地质事件到底在全球气候演化方面扮演着什么样的角色是一个值得探索并具有重大科学意义的问题。当前众多地质学家对这个问题进行了广泛的研究。

Hay 和 William 指出大地构造控制着长时期的气候变化。尽管米兰科维奇轨道的变化控制着气候系统的脉动,但长时期的变化趋势却受大地构造决定。大地构造和气候之间直接联系是板块的运动影响了大气和海洋的环流,间接联系是通过板块俯冲和火山活动使温室气体进入到大气中,尔后又通过剥蚀、化学风化和有机物的埋藏改变大气中温室反应气体的平衡。一个山体的规模是大气环流(特别是当环流垂直时)的屏障,大地构造的地化结果、火成和变质的硅质岩蚀顶作用都是从大气-海洋系统中消耗掉 CO_2 。高原隆起还可以产生剥蚀和在快速下降中产生大规模有机碳的埋藏。大地构造还影响了洋盆和大洋环流之间大规模的变化,大洋中脊通道能在相对短的时间里开放和关闭,并因而诱发地球上气候的演化。

Hay 等指出大的构造事件可导致地球上不同纬度从太阳接受的辐射量的变化^[7]。Emanuel 和 Kerry 认为气候是一个稳定且多相关性的事物,一方面由于轨道的变化,使气候在接受太阳辐射方面是

有所变化的;但另一方面它总体上又是稳定的,因为地球表面的海洋并没有完全结冰或者蒸发掉(至少在最后的500Ma)。

在我国,与全球环境变化密切相关的是青藏高原隆升对该区环境的影响,更为重要的是高原隆升这一重大构造事件对我国和全球气候的影响^[8]。印度板块与欧亚板块的碰撞、喜马拉雅山与青藏高原的形成已被作为改变碳循环和影响全球气候的机制而提出。一些学者认为,青藏高原的隆升可能是全球变冷的重要原因^[5],因为高原隆升加剧了硅酸岩、碳酸盐岩的风化,使有机碳埋藏增加,这些作用大量消耗了大气中的 CO_2 ,直接导致全球气候变冷。Kutzbach 等用数值模拟研究后认为,高原隆升导致了西风带的分支^[9]。近年来的模型研究认为,特提斯洋的收缩使中亚由温暖气候向大陆气候转变,对季风的影响与青藏高原有同等重要的作用^[10]。青藏高原的隆升加强了化学风化作用,吸收大气中的 CO_2 ,从而是影响全球变冷的因素之一^[11]。

青藏高原的存在对东亚大气环流样式起着至关重要的控制作用,其特殊的热力作用、阻挡作用和分流作用导致了东亚季风系统的建立^[12]。中新世中期,青藏地区有过十分强烈的构造运动,一些部位有可能已达到相当的高度,足以阻碍西南夏季风所携带的水气向内陆的输送,这可能是西北地区干旱的主要原因^[8,13]。对印度洋孟加拉海底扇的研究揭示,从0.9Ma以来,喜马拉雅山的高度有过一次强烈的抬升^[14]。而中国黄土高原深厚的黄土-古土壤地层序列,并非仅仅是东亚季风形成演变的产物或标志,更应是构造与气候耦合作用的结果或记录^[15]。以青藏高原隆升与水系演变为特征的构造运动,对大气环流格局的演变,以及对风尘物质的供应、搬运与沉积及其时空演变起着相当重要的作用。所以从构造气候旋回角度来讨论气候的变化,既要考虑全球性的构造与气候相互作用在不同地区的环境响应,又要重视区域性的构造与气候耦合事件在当地的环境响应。

3 第四纪气候变化

第四纪是与人类最接近的,它的气候变迁对于人类的影响最大,所以一直颇受人们的关注,对于第四纪气候的研究也已取得令人鼓舞的成果。为了更好地了解当前的气候系统,同时能够预测未来的气候,需要明白过去气候的转变是如何发生的,尤其是对于第四纪气候变化的认识。

Maslin 和 Mark 介绍了第四纪自然界和气候快速变化的原因,指出自然界在最后的几百万年被许多突然改变的气候所间断,它们多数发生的时间尺度是几个世纪甚至是几十年。他们研究了对于第四纪时期每一次关键性的气候转变具有代表性的原始气候和许多模型,并且介绍了那些被认为是最重要的转变:(1)北半球冰川的开始,宣布了第四纪的开始;(2)中更新世的公转变换到一个非线性的全球气候系统;(3)冰期—间冰期的循环;(4)最后一次冰期与间冰期的转变;(5)间冰期期间气候的变化等。因此,他们推想这些指示长时期气候变化的证据是突变的而不是渐变的。

Berger 和 Wolfgang 对于 0.9Ma 前气候状态的变化进行了研究,指出在接近 0.92Ma 的中更新世气候的变动代表了一次冰期的重大变化,从一个中等幅度准线形反应到米兰科维奇压力再到大幅度的非线性的反应,这个变化持续了很长的时间。大约 0.9~0.8Ma 以后全球发生过一次重大的气候转变,表现为冰期和间冰期气候反差的增强,在我国黄土中表现为冬、夏季风的显著增强^[16],长时间的趋势要求达到这个时期一个新的气候变动的合理性。第四纪内部又一个较大的气候转变发生在 0.15Ma^[17],其中突出的特点是最后两个间冰期环境的较大差异,全新世的气候与末次间冰期气候相比变得更凉。晚第四纪以来对季风环流影响最大的地质事件就是青藏高原的进一步隆起。

Haug 对南美洲热带地区冰期和全新世时气候快速变化的海洋记录进行了研究,认为从 ~5.4ka 以来向更加干旱环境变化的趋势,高纬度地区变化的最小幅度发生在 3.8~2.8ka 阶段。这些观察都是通过大西洋中央冰期会聚带(ITCZ)的位置变化所解释,有可能是以太平洋为基础的气候变化所驱使。

第四纪以来的气候演化对地球环境进行了重大的调整,使之更加适合生物的生存,而人类就是在这样一种适宜的环境中出现的。人类出现以后,对自然界有了一定的改造作用,但是,对第四纪以来重大环境改变的研究,无一不是大自然自我调整的一个结果,都与一定的地质事件有着直接或间接的联系。

4 讨论

CO₂ 对气候变暖的影响目前得到很大的重视,但 CO₂ 增高到何种地步才能对全球产生灾难性的影响?对于这个问题,科学家们还没有达到统一的

认识。但是,大气中 CO₂ 增多使全球变暖的趋势是客观存在的。工业革命以来,大气中 CO₂ 的含量比工业革命以前增加了几倍,1960 年以来,更是呈指数增长,人们不得不为此担心。目前大气中 CO₂ 的增加主要是人为因素造成的,所以必须节制 CO₂ 的排放。

构造事件对气候的影响取决于事件发生的作用和作用的方式。地质事件和气候变化的作用因素是全球系统的。为了更好的了解两者之间的关系,必须着眼于全球变化。长时期的气候变化受大地构造事件控制,但什么因素造成气候的突然更替呢?如何建立大气环流动力模型变化机制?^[18]近年来的研究表明,这涉及地外和地内的众多因素(地球轨道的变化,还涉及造山运动和陆地地形变化,海陆空间分布变化,海流、气流及海气、地气物质能量变换过程的变化等)。随着研究手段的不断提高,人们对于重大地质事件和全球气候变化之间的关系将更加清晰,对于地球系统的演化有更加明朗的认识。

我们现在生活的地球,只是第四纪简短阶段的一个特例,是大冰期中一个小的间冰期,全新世以来发生的几次地质事件对气候产生了巨大的影响。Hay 认为全新世是一个很短期的气候事件^[1],在这个事件中,地球物理过程以非寻常的方式运作,多数地球化学体系也是不稳定的状态。在 24ka 和 11ka 之间气候的变化被认为是与太阳辐射的变化有直接的联系,但对于第四纪其他时间气候的变化与太阳辐射的变化没有直接的联系。影响第四纪气候变化的因素是多方面的,Berger 和 AndreL 研究的最重要的反馈机理涉及太阳辐射,水蒸汽和温度,雪的反射率,海平面和冰体积,冰层的均衡反弹等,尽管在某一特定时期某一种因素占优势,但还没有一个因素能独自重现冰期—间冰期循环的复杂性。

过去的气候条件为我们提供了很好的参考,但是对未来气候的演化规律不能直接套用这样的结论。气候变化是地球系统科学研究的一分子,应该利用气候系统的最基本的原理对过去和未来的气候演化进行模拟,这样我们才能更好的了解过去全球气候是如何演化的以及气候演化的机理以便能对未来的气候有明确的认识。

注:本文参考了会议文献《Earth System Processes—Programmes with Abstracts. 24—28 June 2001 Edinburgh, Scotland》。

(下转第 96 页)

The source-reservoir-seal associations in the Qianjiang salt lake basin, Hubei

TONG Xiao-lan^{1,2}, LU Ming-guo²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Jiangnan Oil Field Branch, SINOPEC, Qianjiang 433124, Hubei, China)

Abstract: The Qianjiang salt lake basin is a lonely continental high-salinity lake basin in China. The characteristics of the source-reservoir-seal associations in the basin are examined in the light of rhythmic successions. The Qianjiang Formation in the Qianjiang depression is built up of a succession of clastic rocks, carbonate rocks and evaporites heaped up by the accumulation of the northernly debris and marginal brines and salt sources in the water bodies with high salinity, intense evaporation and reduction-strong reduction under the frequently alternating dry and wet palaeoclimatic conditions. The ordered alternation of lithologic associations allow the source-reservoir-seal systems to be developed, which constitute excellent conditions for hydrocarbon accumulation.

Key words: salt lake; Qianjiang depression; source-reservoir-seal association; Hubei

(上接第 109 页)

参考文献:

[1] 蔡雄飞. 古气候在沉积盆地研究中的作用[J]. 矿物岩石地球化学通讯, 1993, 12(3): 161—162.

[2] 袁道先. 现代岩溶学和全球变化研究[J]. 地学前缘, 1997, 4(1—2): 17—25.

[3] 马万里, 罗菊春. 全球气候变化问题探讨[J]. 内蒙古师大学报(自然科学版), 2001, 30(1): 70—73.

[4] 丁一汇, 耿全震. 大气、海洋、人类活动与气候变暖[J]. 气象, 1998, 24(3): 11—17.

[5] RUDDIMAN W F, PRELL W L, RAYMO M E. Late Cenozoic uplift in southern Asia and the American West: Rational for general circulation modeling experiments [J]. Journal of Geophysical Research, 1989, 94(D15): 18379—18391.

[6] BURTON K W, LING H F, O'NIONS R K. Closure of the Central American Isthmus and its effect on deepwater formation in the North Atlantic[J]. Nature, 1997, 386: 382—385.

[7] HAY W W, DECONTO R M, WOLD CH N. Climate: Is the past the key to the future?[J]. Geol Rundsch. 1997, 86: 471—491.

[8] 刘东生, 郑绵平, 郭正堂. 亚洲季风系统的起源和发展及其与两极冰盖和区域构造运动的时代偶合性[J]. 第四纪研究, 1998, (3): 194—204.

[9] KUTZBACH J. E, GUETTER P J, RUDDIMAN W F et al. Sensitivity of climate to Late Cenozoic Uplift in southern Asia and the American West: Numerical experiments [J]. Journal of Geophysical Research, 1989, 94(D15): 18393—18407.

[10] REMSTEIN G, FLUTEAU F, BESSE J et al. Effect of orogeny, plate motion and land-sea distribution on Eurasian climate change over the past 30 million years [J]. Nature, 1997, 386: 788—785.

[11] RAYMO M E, RUDDIMAN W F, FROELICH P N. Influence of Late Cenozoic mountain building on ocean geochemical cycles [J]. Geology, 1988, 16(7): 649—653.

[12] AN ZHISHENG, KUTZBACH J E. PRELL W L, PORTER S C. Evolution of Asian monsoons and phased uplift of the Himalaya-Tibetan plateau since Late Miocene times [J]. Nature, 2001, 411: 62—66.

[13] GUO Z T, RUDDIMAN W F, HAO Q Z et al. Onset of Asian desertification by 22 Myr ago inferred from loess deposits in China [J]. Nature, 2002, 416: 159—163.

[14] AMANO K, TAIRA A. Two-phase uplift of Higher-Himalayas since 17 Ma [J]. Geology, 1992, 20(5): 391—394.

[15] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 中原邙山黄土及构造与气候耦合作用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(1): 45—51.

[16] 郭正堂, 刘东生, 安芷生. 渭南黄土沉积中 15 万年来的古土壤及其形成时的古环境[J]. 第四纪研究, 1994, 3): 256—269.

[17] 郭正堂, Fedoroff N, 刘东生. 全新世与上次间冰期气候差异的古土壤记录[J]. 第四纪研究, 1993, (1): 41—55.

[18] 胡修棉, 王成善. 100Ma 以来若干重大地质事件与全球气候变化[J]. 大自然探索, 1999, (1): 53—58.