

全球季风与气候的长期变化^{*}

汪品先

(同济大学海洋地质国家重点实验室 上海 200092)

关键词 全球季风, 气候变化



汪品先，中科院院士，同济大学教授。主要研究西太平洋尤其是南海的古海洋学、微体古生物学，以及东亚季风的演变。曾任国际海洋研究科学委员会副主席和过去全球变化计划的副主任。

当前关于“全球变暖”的争论，实质问题在于如何区分人类活动的影响和自然界本身的变化。只要认识了气候变化的自然趋势，问题也就迎刃而解，但是这方面科学界的意见分歧太大。如，下次冰期什么时候到来，有的认为远在5万年之后(Berger and Loutre, 2002)，而有的却说幸

亏有早期人类活动的影响，要不然冰期几千年前就已经降临(Ruddiman 2003)。不同时期科学界的主流观点也不相同：气候学家今天谈论全球变暖，而30年前“冷战”时期，谈论的却是“全球变冷”和“核冬天”。

意见分歧太大，说明气候变化的学科还欠成熟。虽然气候灾难见于各国的古代传说，但全球气候会发生根本性变化的概念，却在文艺复兴以后长期得不到现代科学的承认。到19世纪，才发现确实有过大规模的气候变化，主要分成两路：历史和考古学家看到的是大洪水，地质学家看到的是大冰期。时至今日，现代气候学家注意的是水文循环，关键在于干与湿；古气候学家强调的是冰期旋回，关键在于冷与热，两者的差异一脉相承。与侧重低纬过程的现代气候学不同，古气候学总的来说是以高纬的冰盖为中心。大多数古气候学家相信，全球气候变化源自冰盖的消长，通过“大洋传送带”驱动着全球各地的变化。

古气候学的这种倾向性，有着研究方法上的历史根源。许多年来，高分辨率的定量古气候研究只能适用于最近的地质时期。近年来的发现使情况发生改变：巨大的气候变化，不仅高纬区有、热带区也有，不仅地球南北极有冰盖的时候有，在没有大冰盖的时候也有，这就大大拓宽了气候学的视野。原来今天的地球属于特殊状态：近200万—300万年来，南、北两极都压在大冰盖下，是地球历史上至少6亿年来绝无仅有的异常现象；在“正常”状态下

^{*} 收稿日期：2009年12月11日



中国科学院

的地球两极都没有大冰盖,气候变化的主角是低纬过程,比如季风。

300 多年来,季风一直被看成一种巨型的“海陆风”,属于区域性现象;直到现在方才意识到这是一个全球系统,为南极以外各个大陆所共有(Trenberth et al., 2000)。全球季风贯穿着至少 6 亿年来的地质历史,并且随着各种地质旋回而变化,包括地球运行的轨道周期。正是全球季风的 2 万年岁差周期,导致了大约 4 000 年前亚洲和非洲一系列古文明的衰亡。同样的周期性变化也影响着大气的化学成分,极地冰芯气泡中的甲烷浓度和氧同位素值,也都随着岁差周期而发生变化。有证据表明:全球季风还给大洋碳储库带来长周期变化(Wang, 2009)。大洋碳储库在地质历史上呈现出 40 万年的变化韵律,来源于偏心率的长周期,被喻为地球系统的“心跳”(Palike et al., 2006)。这种韵律反映的是全球季风和低纬过程的长周期,在“正常”状态下的气候系统里扮演着主角。160 万年前极地冰盖的大幅度增长打破了这种状态,大洋碳储库的 40 万年周期“拉长”(Wang et al., 2004),地球系统进入“心律不齐”的状态。

可见,偏心率长周期在全球气候变化中起着关键性作用。不过大洋碳储库如何随着偏心率变,其中的机理并不清楚。初步推测:由于偏心率的长周期,使全球季风的强度呈现 40 万年的周期性盛衰,引起大陆化学风化作用的长周期变化,进而通过大洋沉降颗粒中有机碳与无机碳的比率(即所谓“沉积雨比值”)而改变大洋碳储库;但是冰盖的快速增长,可以通过洋流搅乱海洋对这种长周期的“正常”响应。今天的地球,正在经历着 40 万年一遇的偏心率最低值期,因此理解大洋碳储库长周期变化的实质、揭示其驱动机制,是古气候研究的当务之急。

可惜古气候学对于长度超过 10^5 年的周期兴趣不大,而现代气候学又只关心与人类寿命相近或者稍微长一点的时间尺度。但现代科学却已经证明,气候变化从年际到百万年以上的尺度上都在发生。不同尺度的气候变化就像俄罗斯“套娃”那样层层重叠;不但重叠,它们还通过相互作用纠缠在一起,以至于不考虑长过程就无法正确理解较短的过程。一部科学史告诫我们:人类的大脑总是倾向于依赖自己的感官,因此科学家很容易陷入“人类中心论”的时空观。恰如当年的“地心说”相信人类居住的地球是宇宙的中心一样,今天的气候学也习惯地只考虑与人类寿命可比的时间尺度,殊不知气候系统的“中心”并不在人类的尺度上。地球系统是复杂的,想把长期变化摞在一边,只走“近路”就能找到气候变化规律的企图,是不可能取得成功的。

在空间上讲,现代的大洋-大气系统中有两大对流不稳定区:一是西太平洋暖池的上空,季风大环流在那里辐散;另一是高纬度的大洋,北大西洋深层水在那里下沉。两者都是深穿透环流的产生地(Webster, 1994),都是气候变化的关键环节;在全球气候系统里前者是“引擎”,后者是“开关”。古气候研究的重点不能只是以冰盖消长为核心的高纬过程,也应该注意季风一类的低纬过程,因为在整个地质历史上低纬过程更为常见、更为典型。Pierrehumbert (2002)有个很好的比喻:“气候是二氧化碳和水的双人舞,而冰盖是位重要的客串演员”。近来的 100 万—200 万年,正是“客串演员”上场的一幕。当我们在为客串演员精湛演艺喝彩的时候,可不要忘掉了双人舞的主角。