

# 季风与大气环流系统

André Berger

Institut d'Astronomie et de Géophysique G. Lemaître, Université Catholique de Louvain, Chemin du Cyclotron 2, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium  
E-mail: [andre.berger@uclouvain.be](mailto:andre.berger@uclouvain.be)

2009-02-11 收稿, 2009-02-12 接受

André Berger. Monsoon and General Circulation System.

Chinese Science Bulletin, 2009, 54(7): 1111—1112, doi: 10.1007/s11434-009-0170-y

人类有气象仪器记录的历史太短, 不足以捕捉气候系统全部的变率, 更难以用来预测未来数十年到数百年的气候变化. 重建过去气候变化的历史、理解其机制和过程可以在很大程度上弥补上述不足. 在气候系统中, 由于季风的演化与变率对人类经济、文化和生活节奏的许多方面均有重要影响, 其研究工作对社会的重要性也日益增加. 亚洲季风受欧亚大陆和印度洋-太平洋之间海陆热力差异及青藏高原的强烈影响, 是气候系统非常重要的一个组成部分. 从气候学上讲, 季风区是大气对流活动最强烈的地区, 与热带辐合带密切相关, 对全球大气的热量和水汽传递起着非常重要的作用<sup>[1]</sup>. 通过地质记录来揭示季风在地质历史时期的变化过程和机制, 对更好地理解季风的变化规律、预测其未来趋势至关重要.

正是由于这样一种背景, 本期汪品先<sup>[2]</sup>的长篇文章会备受欢迎. 该文似乎是首次从全球视野、从如此漫长的地质历史的角度来回顾季风问题, 是一篇权威的综述. 汪品先<sup>[2]</sup>的主要论点是根本性的, 因而是重要的. 第一, 他强调低纬过程在气候系统变化中所起到的极为重要的作用. 第二, 他把季风看作是一个全球性现象, 是热带驱动对全球气候发挥作用的途径. 我完全同意这些论证, 并与汪品先一样, 认为气候学和古气候学界长期以来一直把季风当作区域现象, 而没有做出足够的努力来理解其行为的整体联系. 这个问题当然也相当复杂, 因而我也就想就此发表一些看法.

读者可在网页 <http://en.wikipedia.org/wiki/Monsoon> 上看到一个对季风、原因、历史和位置的简短介绍. “季风”一词来源于阿拉伯语 *mausem*, 意思为季节. 这就是为什么季风的原始定义只包含盛行风系统随

季节变化的含义. 毫无疑问, 最显著的季节性大气环流变化发生在南亚和东亚. 正是因为与季风相联系的降水的影响扩展了这个定义, 把世界其他一些地区也当作季风区. 后来, 季风的定义逐步被扩展到包括几乎所有出现在地球热带和亚热带的、具有季节周期的气候现象. 这显然说明了汪品先<sup>[2]</sup>把季风看作是一个全球性的热带系统的合理性.

当然, 由于热带气候是全球气候系统的一部分, 强调热带驱动并不意味着将热带气候从世界其他地区孤立出来. 气候系统(在季节和地质尺度上)对太阳能量的响应涉及到所有的纬度和季节, 且依赖于气候系统本身内部的反馈机制. 其中, 水汽反馈作用在热带地区起到非常重要的作用, 且太阳到达地球的能量约有一半被热带地区吸收. 这就是不可忽视热带驱动的原因. 当然, 也不能忽视被冰雪覆盖的高纬地区, 尤其是北半球; 那里的反照率与温度之间的反馈亦很明显, 季节变化的幅度亦相当大. 在涉及到重要季节性变化的问题, 如大气环流时尤其如此. 这种复杂性的一个例子是高纬冰盖和中国东部降雨之间的可能联系, 有时显得出人意料<sup>[3]</sup>. 高纬地区地表反照率影响太阳净辐射能的纬度梯度大小与季节特征, 它同地球自转一起, 驱动着三胞平均径向环流<sup>[1]</sup>. 因此, 哈德莱环流(Hadley cells)的强度和位置趋向于随季节波动, 且最强的波动出现在冬半球. 由哈德莱环流内来自南北半球的地表气流汇聚形成的热带辐合带(inter-tropical convergence zone, 简称为ITCZ)强对流区亦是如此. 热带辐合带根据太阳黄道的位置而南北移动, 尤其在冬至、夏至时与东南亚和澳大利亚北部的季风有密切关系. 由上可见, 热带辐合带不仅与热带驱动有关, 而且也与高纬相关. 热带辐合带的

移动与位于亚洲大陆上的最大的季节气压变化也有关系;冬季时在西伯利亚发育一个强高压,而夏季时在印度次大陆的北部发育一个低压系统.这就意味着,亚洲大陆与太平洋和印度洋之间的气压(和温度)梯度亦不可忽视.

在古气候天文学理论方面,汪品先<sup>[2]</sup>认为古气候记录中的天文信号非常有助于理解季风历史行为的物理驱动机制.我完全同意他的这个观点.这其中的首要任务是在地质记录中检索天文频率. Berger<sup>[4]</sup>最早计算了这些天文频率,并给出了它们的清单;在2005年又给出了更详细的关于100 ka周期的来源<sup>[5]</sup>;2006年论证了岁差谐波信号在赤道日照量中的存在<sup>[6]</sup>.研究的第二步就是分析日照量驱动与气候系统响应之间的关系.其中,对日照量参数的选择需要格外谨慎. Berger和Pestiaux<sup>[7]</sup>曾展示,一个季节内接收的太阳能总量只与地轴倾斜度有关,而季节的长度只

与岁差相关.因此,地轴倾斜度和岁差共同决定了季节平均日照量和天日照量的特征.这一点必须考虑,因为不同的日照量参数在时间变化上具有非常不同的表现特征<sup>[8]</sup>.

除了季风的全球视野外,汪品先<sup>[2]</sup>文章的亮点之一是对久远地质历史时期季风的论述.第四纪前的古气候记录,使气候系统中长尺度轨道周期的研究成为可能,也可以考察北极、甚至两极无冰时期的季风行为.尽管目前数据的局限性还不允许得出确定的结论,但汪品先关于气候系统中的长偏心率信号是否与长尺度季风周期有关的想法值得重视.

要全面理解热带驱动和高纬驱动的相互作用,科学界还有很长的路要走.为了这个目标,我完全同意汪品先关于对热带驱动在调节地球气候系统中的重要性给予更多关注的观点.正是通过这种努力所引发的和谐与争鸣的结合,使我们不断前进.

致谢 中文稿由尹秋珍博士翻译,在此表示感谢.

## 参考文献

- 1 Peixoto J P, Oort A H. *Physics of Climate*. New York: American Institute of Physics, 1993. 520
- 2 汪品先. 全球季风的地质演变. *科学通报*, 2009, 54(5): 535—556
- 3 Yin Q Z, Berger A, Driesschaert E, et al. The Eurasian ice sheet reinforces the East Asian summer monsoon during the interglacial 500000 years ago. *Clim Past*, 2008, 4: 79—90
- 4 Berger A. Long-term variations of daily insolation and Quaternary climatic changes. *J Atmos Sci*, 1978, 35(12): 2362—2367[[doi](#)]
- 5 Berger A, Mélice J L, Loutre M F. On the origin of the 100-kyr cycles in the astronomical forcing. *Paleoceanography*, 2005, 20: PA4019, [[doi](#)]
- 6 Berger A, Loutre M F, Mélice J L. Equatorial insolation: From precession harmonics to eccentricity frequencies. *Clim Past*, 2006, 2: 131—136
- 7 Berger A, Pestiaux P. Accuracy and stability of the Quaternary insolation. In: Berger A, Imbrie J, Hays J, et al, eds. *Milankovitch and Climate*. NATO ASI Ser C, Vol 126, Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1984
- 8 Berger A, Loutre M F, Tricot Ch. Insolation and Earth's orbital periods. *J Geophys Res*, 1993, 98(D6): 10341—10362[[doi](#)]