

太阳活动变化及其对地球气候的影响值得关注

李崇银^{1, 2}

(1 解放军理工大学气象海洋学院, 南京 211101; 2 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘要: 太阳活动与地球气候有密切关系, 太阳活动对地球气候的影响一直为科学界所关注, 过去已从各个角度进行了一系列研究, 但其影响机制比较复杂, 迄今为止很多问题还不是很清楚。概要总结了近年来国际上的一些研究分析结果和观点, 归纳了太阳活动影响地球气候的可能机制和途径。

关键词: 太阳活动, 地球气候, 影响机制

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2014.04.001

More Attention Should Be Paid to the Variability in Solar Activity and Its Impact on the Earth's Climate

Li Chongyin^{1, 2}

(1 Institute of Meteorology and Oceanography, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101

2 Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract: The variability in solar activity is closely related to that in the climate. The influence of solar activity on the Earth's climate and climate variation has always been the focus in the scientific community. Although series of studies from different angles have been carried out in the past years, there are still many questions concerning the complex influencing mechanisms unclear so far. This paper summarizes some international research results and perspectives in recent years, and it further generalized the possible mechanisms and pathways of the impact of solar activity on the Earth's climate.

Keywords: solar activity, Earth climate, influencing mechanisms

1 前言

近几年不断有人根据观测数据分析认为, 十几年来全球温度没有进一步加剧上升, 甚至有人认为全球温度基本稳定, 没有明显上升。例如, 2011年美国伯克利地面温度 (Berkeley Earth Surface Temperature, BEST) 计划就指出, 全球温度异常自1998年之后没有明显增大, 而且近几年有下降的趋势, 然而同时期大气中CO₂的含量却一直在增加。同时, 美国NOAA卫星观测所得到的北半球对流层底层平均温度资料 (1979—2011年) 也表明, 自20世纪以来温度基本没有持续增暖的情况。中国温度变化的情况与全球的情形基本一样, 图1是基于中国700多个观测站资料, 通过均一化处理得到的年平均温度的时间变化。不难看出, 年平均温度、年平均最高和最低温度都在20世纪80年代之后有十分明显的上升, 但从90年代后期开始增温已不明显, 基本处于振荡起伏的变化状态。

这里就出现一个十分值得注意的问题, 即大气

中CO₂的含量增加并没有导致近期全球温度的持续增加。这至少说明: 除大气中CO₂的含量增加通过加剧温室效应导致全球温度增高之外, 还应存在其他物理过程, 对全球温度变化产生重要影响。那么究竟是什么因素会对全球温度变化存在重要影响呢? 这是值得我们深入思考和研究的问题。

2 近期太阳活动的变化情况及趋势

作为大气和海洋运动能量基本来源的太阳, 无疑在大气、海洋等系统的运动和变化中起着重要的作用。事实上, 太阳活动与地球气候的关系及其影响

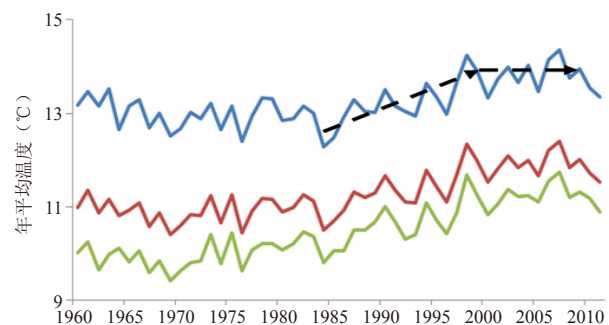


图1 中国年平均温度 (红线)、年平均最高温度 (蓝线) 和年平均最低温度 (绿线) 的时间变化^[1]

收稿日期: 2014年1月13日; 修回日期: 2014年2月26日

作者: 李崇银 (1940—), Email: lcy@lasg.iap.ac.cn

资助信息: 国家重大科学研究计划项目 (2012CB957804)

也一直为科学界所关注,过去已从各个角度进行了一系列研究^[2-9]。而近些年的观测表明,太阳总辐照度(TSI)曾经出现了明显的减小。图2是俄罗斯国家天文台TSI观测值的时间变化,显然,自1990年以来TSI的数值有明显减小趋势。观测表明,太阳活动第22周的平均TSI为 $1365.99\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,而第23周的平均TSI却为 $1365.82\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

俄罗斯科学家还同时对未来几十年太阳活动的变化进行了预测,图3是他们给出的太阳活动第24至26周太阳TSI和黑子数的演变情景。根据他们的模型计算,近期TSI的降低导致地球吸收的太阳能减少,地球能量收支平衡被打破,地球温度下降,地表反射增强。同时,这种反馈效应的连续链,会导致地球温度降低超过TSI减少带来的影响。因此,他们认为在2040—2050年期间,太阳TSI和黑子数都将达到一个相对的小值,全球气候会出现一个新的小冰期。

美国西华盛顿大学的Easterbrook^[11]依据各种数据(冰芯、太阳黑子等)的综合分析,也认为未来一段时间地球气温趋冷的可能性比较大,图4是他给出的一张预测图。

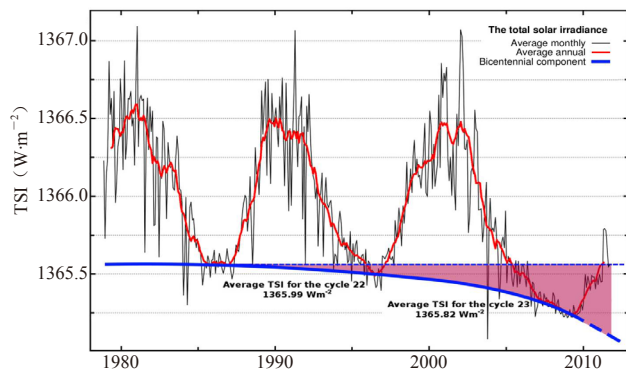


图2 1978—2011年太阳总辐照度(TSI)的变化及其自1990年以来的亏值^[10]

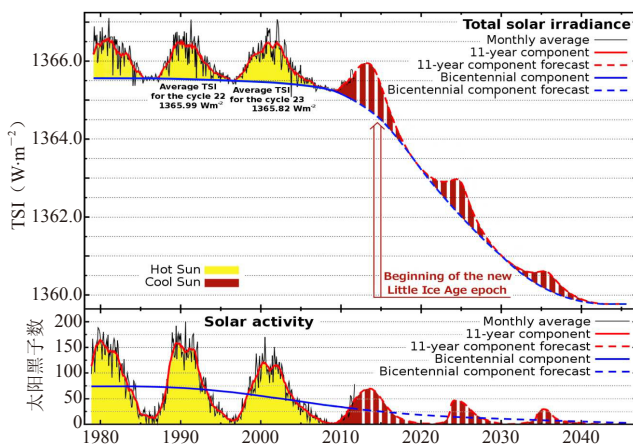


图3 1978—2011年期间TSI和太阳活动(黑子)的变化以及它们在24—26周(至2045年)的变化预测^[10]

很显然,这些俄、美等国科学家关于未来气候变化趋势的观点,与IPCC的结论是大相径庭的。如何对待这些不同观点,需要我们开展研究,才能有科学的判断,这对于国家的决策也是十分重要的。一方面,我们要继续坚持节能减排国策,改变经济发展模式,使我国社会经济可持续健康发展,与国际社会一道应对以全球增暖为代表的全球变化挑战。另一方面,我们也要关注太阳活动影响气候变化的问题,开展必要的科学研究,从多种角度全面认识气候变化,准备多个应对气候变化的预案。

3 太阳活动影响气候变化的途径

通过一系列的分析研究,在关于太阳活动影响天气气候变化方面学术界已有了一些初步看法,但尚未形成完整的理论。归纳起来,可以将它们概括为直接影响和间接影响,具体有如下几种可能途径(图5):

(1) 太阳活动→太阳辐射量→地表温度→大气环流→天气气候变化。这是最直接的方式^[13],但由于太阳辐射量的改变不大,如何通过非线性放大过程而对全球气候发生影响,是一个需要深入研究的问题。

(2) 太阳活动(特别是宇宙线加强)→地球大气电离程度→大气经圈环流→天气气候变化。一些观测研究已表明,在太阳黑子的高峰期,地球大气的电离程度比较强,尤其是在高纬度地区。这样,在电磁场的作用下,高纬度大气电离化的增强将导致高纬度地区大气直接经圈环流的加强。经圈环流的加强,将使空气的南北交换加强,大气活动中心会明显增强,全球的降水量也可能增多^[14]。同时,大气电离程度的变化还必然引起高层大气中离子含量的改变,高离子含量的空气被带到对流层,可能影响到云和降水过

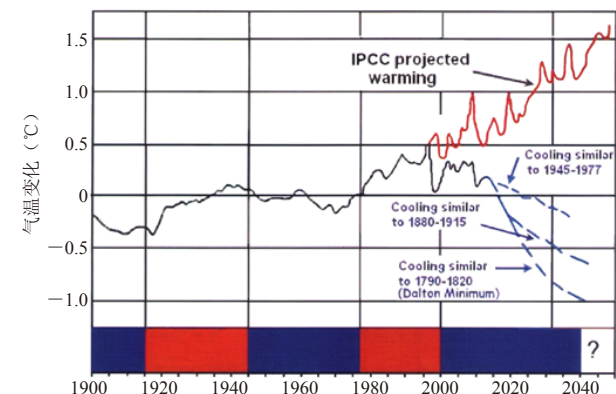


图4 未来到2040年前地球气温变化预测^[11]。预测有3种可能出现的情况:类似1945—1977年的冷却,类似1880—1915年的冷却和类似道尔顿极小期(1790—1820年)的冷却。类似蒙德极小期的冷却是道尔顿曲线的延伸

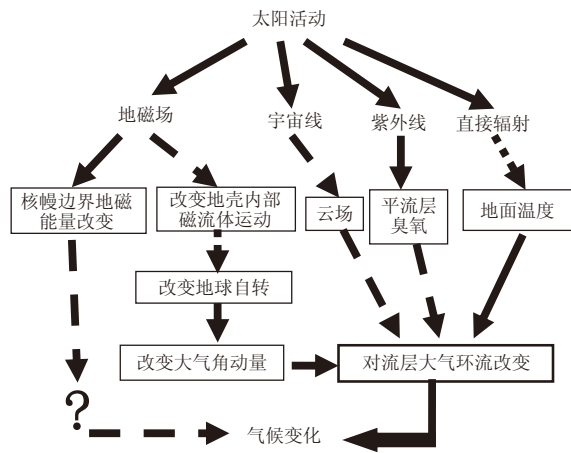


图5 太阳活动影响地球气候的可能途径示意图^[12]

程，一般也将有利于降水^[15]。

(3) 太阳活动→紫外辐射→臭氧层→平流层热状况→天气气候。卫星观测表明，平流层上层的臭氧混合比与太阳辐射加热有明显的正相关^[16-18]，太阳辐射加热强，在2hPa高度处的臭氧混合比就高。在这样的情况下，太阳活动（太阳黑子）所引起的辐射量（尤其是紫外辐射）的增加将使得平流层的臭氧量及其分布发生变化，从而引起平流层热状况的变化。平流层热状况的变化必将引起平流层温度场的变化，平流层大气环流亦将发生变化，进而通过行星波的异常影响对流层大气环流的改变，最终引起天气气候的变化。

(4) 太阳活动→地球磁场→地球自转速度（或地磁能量）→大气和海洋环流→天气气候。这是一种间接影响过程，目前国内外研究很少。太阳活动会引起地球磁场的变化，是已知的事实；而地磁场的变化如何引起地壳内部磁流体（熔浆）运动的改变尚不是很清楚。已经知道地球外核是以铁镍为主要成分的熔融态合金，其粘滞度近似于水，也可视为磁流体。地球磁场的变化将引起地球外核流动的改变，而外核流动的改变通过核幔耦合作用，包括电磁耦合、粘性耦合、热力耦合和地形耦合等过程，又将对地幔产生影响^[19-23]，然后又引起地球自转速度（日长）的变化^[24-25]。地球自转速度的变化，通过地球与大气和海洋的角动量交换将引起大气环流和海洋环流的变化，最终影响天气气候。同时，地磁场的变化也将引起核幔边界上地磁能量（焦耳能）的改变^[26-27]，这种能量通过一定的方式传到地面也可以影响气候变化。

需要特别指出，以上提到的太阳活动对气候影响的几种可能途径，每个都还需要进行深入研究，才能揭示出确切的物理过程和机制。

参考文献

- [1] Yan Z. Homogenized China daily mean/maximum/minimum temperature series 1960-2008. *Atmospheric and Ocean Science Letters*, 2009, 2(4): 237-243.
- [2] Friis-Christensen E, Lassen K. Length of the solar cycle: An indicator of solar activity closely associated with climate. *Science*, 1991, 245: 698-700.
- [3] National Research Council. *Solar influences on global change*. Washington D C: National Academy Press, 1994.
- [4] Friis-Christensen E, Frohlich C, Haigh J D, et al. *Solar Variability and Climate*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [5] Hoyt D V. Variation in sunspot structure and climate. *Climate Change*, 1979, 2: 79-91.
- [6] Labitzke K, Van Loon H. Associations between the 11-year solar cycle, the quasi-biennial oscillation and the atmosphere: A summary of recent work. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 1990, 330: 577-589.
- [7] Kodera K. Solar influences on the Indian ocean monsoon through dynamical processes. *Geophys Res Lett*, 2004, 31: L24209.
- [8] 李崇银, 翁衡毅, 高晓清, 等. 全球变暖的另一可能原因初探. *大气科学*, 2003, 27: 789-797.
- [9] 潘静, 李崇银, 顾薇. 太阳活动对中国东部夏季降水异常的可能影响. *气象科学*, 2010, 30(5): 566-578.
- [10] Abdussamatov H I. Bicentennial decrease of total solar irradiance leads to unbalanced thermal budget of the Earth and the little ice age. *Applied Physics Research*, 2012, 4(1): 178-183.
- [11] Easterbrook D J. On the potential demise sunspots. [Online] Available: <http://wattsupwiththat.com/2011/06/17/easterbrook-on-the-potential-demise-of-sunspots> (2014/7/8).
- [12] 李崇银. 太阳活动如何影响天气气候变化//21世纪100个交叉科学难题. 北京: 科学出版社, 2005.
- [13] Reid G C. Solar total irradiance variations and the global sea surface temperature record. *J Geophys Res*, 1991, 96: 2835-2844.
- [14] Clayton H H. *World Weather*. New York: MacMillan, 1923.
- [15] Dickinson R E. Solar variability and the lower atmosphere. *Bull Amer Meteor Soc*, 1975, 56: 1240-1248.
- [16] Hood L L. Solar ultraviolet radiation induced variations in the stratosphere and mesosphere. *J Geophys Res*, 1987, 92: 876-888.
- [17] Lean J. Solar ultraviolet irradiance variations: A review. *J Geophys Res*, 1987, 92: 839-868.
- [18] Chandra S. The solar UV related changes in total ozone from a solar rotation to a solar cycle. *Geophys Res Lett*, 1991, 18: 837-840.
- [19] Rochester M G. Geomagnetic core-mantle coupling. *J Geophys Res*, 1962, 67: 4833-4836.
- [20] Hide R. Interaction between the Earth's liquid core and solid mantle. *Nature*, 1969, 222: 1055-1056.
- [21] Song X D, Richards P G. Seismological evidence for differential rotation of the Earth's inner core. *Nature*, 1996, 382: 221-224.
- [22] Jault D, Le Mouél J L. Exchange of angular momentum between the core and the mantle. *J Geomag Geoelectr*, 1991, 43: 111-119.
- [23] Voorhies C V. Coupling an inviscid core to an electrically insulating mantle. *J Geomag Geoelectr*, 1991, 43: 131-156.
- [24] 傅容珊, 李力刚, 郑大伟, 等. 拉曼边界动力学-地球自转十年尺度波动, *地球科学进展*, 1999, 4: 541-547.
- [25] Zhong M, Naito I, Kitoh A. Atmospheric, hydrological, and ocean current contributions to Earth's annual wobble and length-of-day signals based on output from a climate model. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2003, 108(B1), doi: 10.1029/2001JB000457.
- [26] Matsushita S. *Solar quiet and limar daily variation-fields, Physics of Geomagnetic Phenomena* (Matsushita and Campbell, Eds). London and New York: Academic Press, 1967.
- [27] 高晓清, 柳艳香, 董文杰, 等. 地磁场与气候变化关系的新探索. *高原气象*, 2002, 21: 395-400.