太阳活动异常与降水和地面气温的关系

段长春[1]　孙绩华[2]

(1 云南省气象科学研究所 ; 2 云南省气象局 ,昆明 650034)

摘要　利用 1951 ~ 2000 年太阳 10 .7 cm 射电流量 、全国 160 站观测到的降水和气温距平资料 ,分析了太阳活动异常对中国夏季 、冬季降水和气温的影响 。结果表明 :太阳活动强的年份 ,夏季南方 、东北少雨 ,黄河中上游流域 、黄淮地区以及长江中上游则多雨 ;冬季全国均多雨 。北方(尤其是东北和新疆) 冬季气温偏高 ,夏季气温偏低 。太阳活动弱的年份 ,夏季华南及黄河以北多雨 ,而长江流域及以北到黄河中上游夏季则少雨 ;冬季全国均少雨 ,北方冬季气温偏低 。进一步讨论了中国东北地区夏季降水与太阳活动的密切关系 。

关键词　太阳活动　降水　地面气温　相关分析

引言

经过大量研究 ,科学家获得了太阳活动与地球的灾害性天气 、气候之间具有相关性的许多证据[1] 。太阳耀斑 、太阳射电爆发 、太阳风等多种形式的太阳活动都能导致太阳辐射增强和等离子体运动 ,直接或间接引起全球气候变化[2 ~ 7] 。

太阳活动与地球陆地的雨量和气温之间有一个统计关系 ,同时太阳活动对水文 、地质和气象的影响有明显的地域特征 。Guo 等[8]认为 ,由于太阳辐射的增强导致地球大气热力增强 ,使太阳活动峰年更易发生超级洪涝 。Kniveton 等[9]发现太阳活动峰年和谷年中 、高纬地区的宇宙射线与雨量之间有很强的相关性 。Verschuren 等[10]研究了东非的旱涝时空分布 ,发现干旱期与强太阳辐射同时 ,而湿度增加的时期则与弱太阳辐射同时 。Li 等[11]通过研究中国东部地区 1880 ~ 1999 年夏季降水的时空演变规律 ,发现华北地区存在的 11 年的振荡周期恰好与太阳黑子活动的 11 年周期一致 。在年代际时间尺度(包括次年代际时间尺度) 上 ,长江中下游 、淮河流域及华北地区夏季降水的变化与太阳活动有显著的正相关 。王钟睿等[12]用太阳黑子相对数和周期长度来拟合近 2000 年我国的气温变化 ,结果表明 ,太阳活动是引起 10 年以上气温变化的基本因素 。英国阿马天文台的科学家根据该天文台长达 200 多年的气候记录发现地面气温与太阳活动周期存在联系 。气温变化与太阳活动周期表现出显著的相关性 :当太阳处在一个较长活动周期时 ,气温较低 ;活动周期短时 ,气温较高 。尽管许多观测和统计研究表明太阳活动异常对地球气候有影响 ,但太阳和气候的关系远没弄清楚 。

为了进一步认识太阳活动异常对气候的影响 ,本文对 1951 ~ 2000 年的太阳活动年际变化与全国夏季 、冬季的降水和地面气温进行相关分析 ,并讨论中国东北地区夏季降水与太阳活动的密切关系 。

1　资料

研究中四季的划分以北半球为准 :春季为 3 ~ 5 月 ,夏季为 6 ~ 8 月 ,秋季为 9 ~ 11 月 ,冬季为 12 月至次年 2 月 。全国 160 站 1951 ~ 2000 年的夏季降水和气温资料 、冬季气温资料均来自国家气候中心 。地球大气温度 、成分 、密度和风的变化受太阳活动影响主要是受太阳远紫外线(EUV) 辐射的影响 ,用太阳 10 .7 cm 射电流量来指示[13] 。本文选用太阳 10 .7 cm 射电流量作为反映太阳活动年际变化的指标 。此资料来自于文献[14] ,共有 1951 年 1 月至

云南省气象局青年基金“太阳活动与云南夏季旱涝及其年代际异常关系的研究”课题资助

作者简介 :段长春 ,女 ,1965 年生 ,高级工程师 ,硕士 ,主要从事气候变化研究 ,E mail :duancckm @l26 .com

收稿日期 :2005 年 2 月 16 日 ;定稿日期 :2005 年 8 月 22 日

2000 年 12 月的月平均值。图 1 给出了太阳 10.7 cm 射电流量的年际变化。

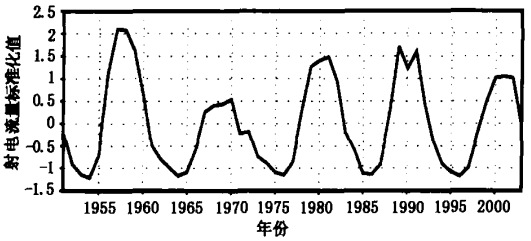

图 1 太阳 10.7 cm 射电年平均流量变化曲线

2 太阳活动年际变化与降水相关性分析

2.1 太阳活动与冬、夏季降水的相关性分析

影响降水的因素很多,太阳活动也是其中一个很重要的因子[15]。图 2a、2c 分别给出了 1951 ~ 2000 年全国 160 个站夏季降水与同年春季、夏季太阳 10.7 cm 射电流量之间的相关系数分布。从图 2a 可以看出,长江以南、黄河下游和东北靠渤海湾大部分地区都呈明显负相关,其中华南、山东、东北靠近渤海湾地区通过 0.05 信度检验。而北从黄河中上游流域,南到长江之间,以及整个新疆则呈明显的正相关,其中黄淮地区、新疆通过 0.05 信度检验。这种相关分布与 Chen 和 Zhao[16]给出的中国夏季降雨类型的第二类很相似。夏季降水与同期太阳射电流量的相关系数分布(图 2c)和它与春季太阳 10.7 cm 流量之间的相关系数分布(图 2a)基本一致。图 2b、2d 为 1951 ~ 2000 年全国 160 个站冬季降水与同年秋季、冬季太阳 10.7 cm 射电流量之间的相关系数。从图 2b 可以看出:除新疆、陕西少部分外全国大部分地区都呈明显正相关,其中云南东北部、甘肃西北部、东北 3 省通过 0.05 信度检验。冬季降水与同期太阳射电流量的相关系数分布(图 2d)和它与秋季太阳 10.7 cm 流量之间的相关系数分布(图 2b)基本一致。

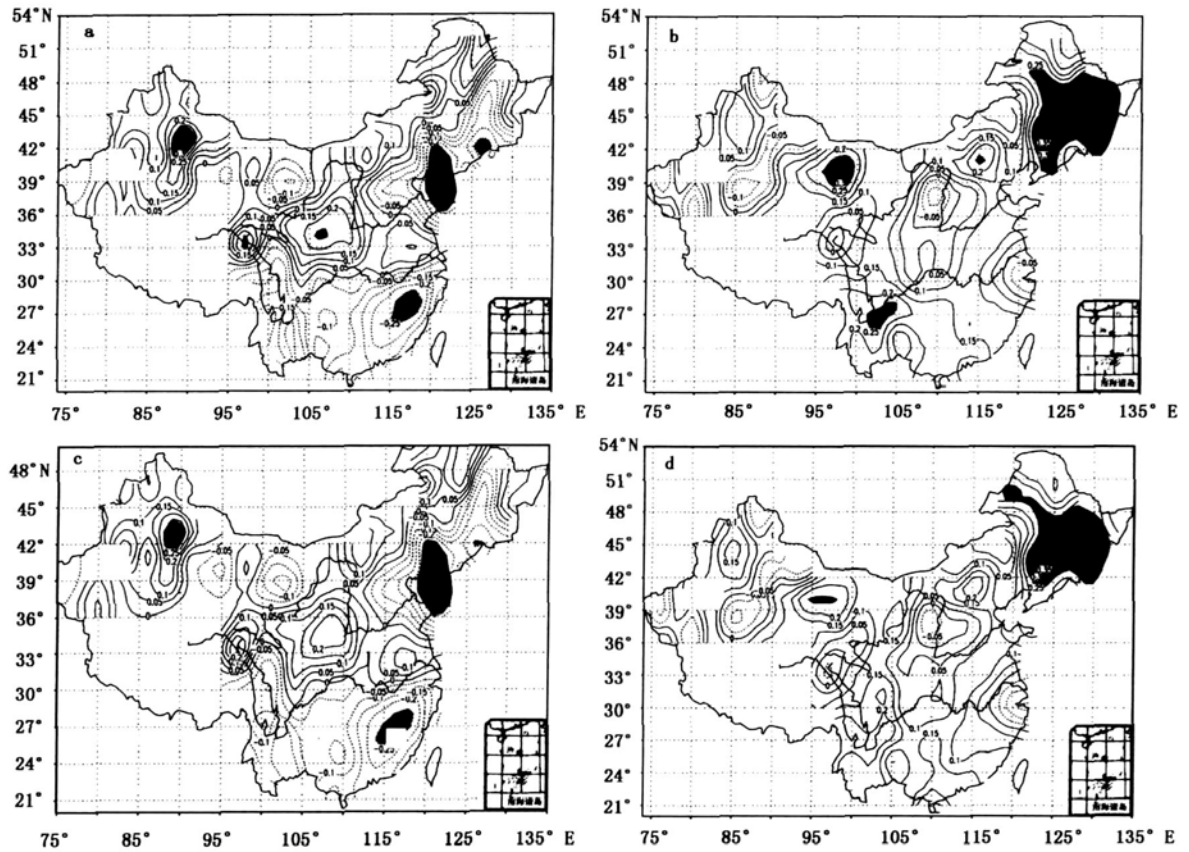

图 2 1951 ~ 2000 年全国降水和太阳射电流量相关系数分布

(a.夏季降水和春季太阳射电流量,b.冬季降水和秋季太阳射电流量,c.夏季降水和夏季太阳射电流量,d.冬季降水和冬季太阳射电流量;图中阴影区为通过 0.05 信度检验的区域)

2.2　太阳活动与冬、夏季降水相关的合成分析

为了更进一步揭示中国冬、夏降水与太阳活动之间的关系,取太阳 10.7 cm 射电流量为最大值的对应年份 1958、1970、1981、1989、1998 年夏、冬季降水量距平,作合成分析得到图 3a、3c。同样,取太阳 10.7 cm 射电流量为最小值的对应年份 1954、1964、1976、1986、1996 年夏、冬季降水量距平,作合成分析得到图 3b、3d。对合成分析进行 t 检验,图中阴影区通过 0.05 信度检验。图 3a、3c 显示太阳活动处于峰值的年代,长江和黄河下游、长江以南及东北大部分地区的夏季降水为负距平,而其余地区为正距平。东南沿海有较大的负距平;长江中上游以北到黄河中上游地区有较大的正距平,尤其是靠近长江流域。对于冬季降水而言,全国的平均距平基本上都为正。其中云南和内蒙古的平均距平值较大。图 3b、3d 表明太阳活动处于谷值的年代,除了长江以北少数为负距平,全国的夏季降水量都是正距平。值得注意的是,这时长江流域及以北到黄河中上游的夏季降水量为较小的正距平,甚至为负距平;长江以南的大部分地区及黄河以北的华北地区有较大降水量正距平。对于冬季而言,华南、华北及西北一带降水为负距平,其中甘肃、华南和华北靠近渤海湾地区的负距平较大,其余地区为较小的正距平。

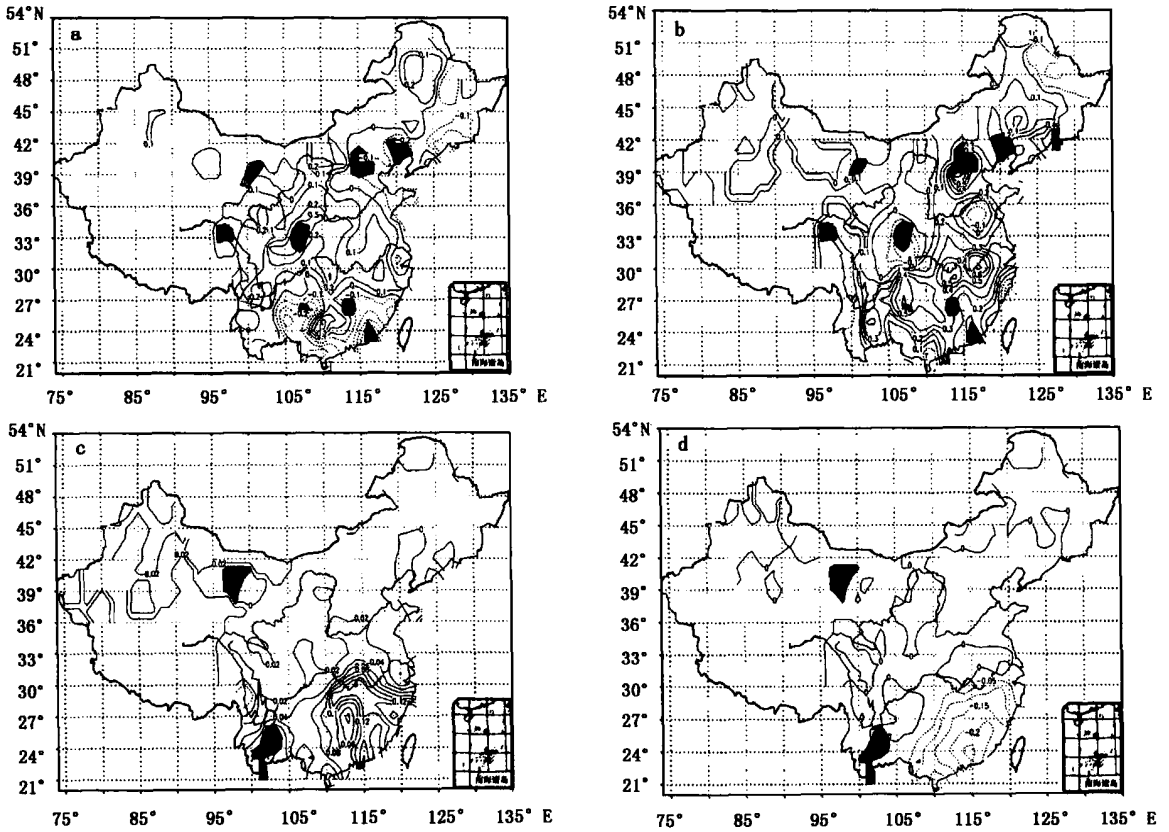

图 3　全国降水距平合成图

(a. 太阳活动峰年夏季降水, b. 太阳活动谷年夏季降水, c. 太阳活动峰年冬季降水,
d. 太阳活动谷年冬季降水; 图中阴影区为通过 0.05 信度检验的区域;降水距平等值线单位:100 mm)

3　太阳活动年际变化与气温相关性分析

3.1　太阳活动与冬、夏季气温的相关性分析

为了分析太阳活动对冬季气温寒冷、夏季气温炎热程度的影响,利用 1951~1999 年全国 160 个站冬、夏季气温距平与同期太阳 10.7 cm 射电流量做相关分析,分别得到相关系数分布(图 4)。从图 4a 可看出:除西南部分地区,全国大部分都呈正相关,说明当太阳活动增加时,地面气温随着升高,但相关并不显著,其中东北、新疆通过 0.05 信度检验。从

图 4b 可看出:新疆大部分、长江偏北一直到东北都为负相关,其中新疆通过 0.05 信度检验;长江流域以南,包括西北地区则为正相关。正相关最大区通过 0.05 信度检验的有两个区域,一个位于华南,另一个位于西北。

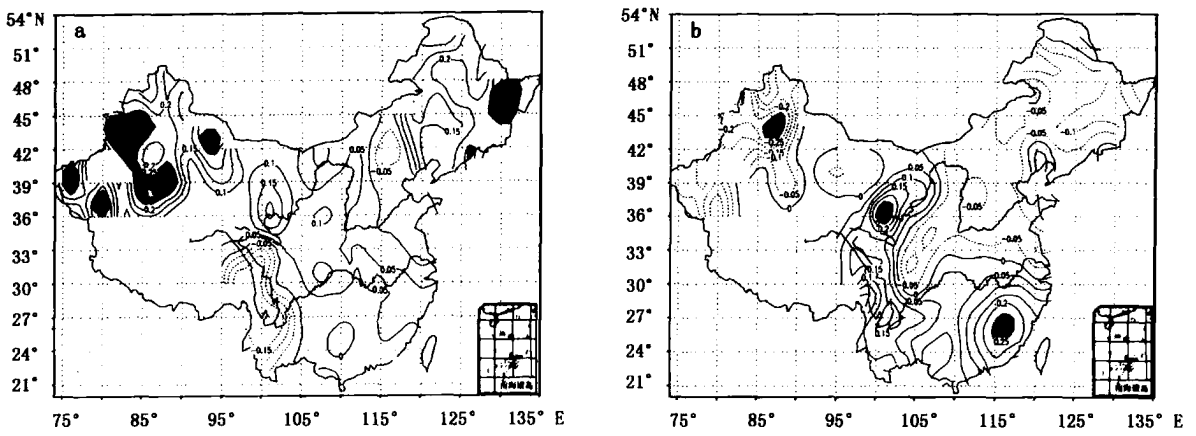

图 4 太阳 10.7 cm 射电流量与同期全国气温的相关系数分布
(a.冬季, b.夏季;图中阴影区为通过 0.05 信度检验的区域)

3.2 太阳活动与冬、夏季气温相关的合成分析

为进一步揭示中国冬季和夏季气温与太阳活动之间的关系,取太阳 10.7 cm 射电流量为最大值对应的年份 1958、1970、1981、1989 年冬、夏季的平均气温距平,分别作合成分析得到图 5a、5c。同样,取太阳 10.7 cm 射电流量为最小值对应的年份 1954、1964、1976、1986、1996 年冬季、夏季的平均气温距平,作合成分析得到图 5b、5d。对合成分析进行 t 检验,图中阴影区通过 0.05 信度检验。从图 5a 和图 5c 明显看出,当太阳活动处于峰值的年代,整个北方冬季气温的平均距平都为正且偏大。因此,北方气温偏高,气候偏暖,尤其明显的是东北、新疆和西北。对于夏季气温而言,东部地区和新疆的平均距平为负,东北和西部地区为正。但无论是正还是负,这个值都比较小。从图 5b 和图 5d 明显看出,当太阳活动处于谷值的年代,整个东北、新疆冬季气温的平均距平都为负且偏大。因此这两个地区气温偏低,气候偏冷,其他地区冬季气温的平均距平都为正,但值都比较小,只有青海东南部的平均距平较高。对于夏季而言,几乎所有地区的气温平均距平都为负距平,表明当太阳活动处于谷值的年代,夏季都具有较低气温。

4 东北地区冬季降水与太阳活动的相关

图 2b 相关系数分布显示出东北地区的夏季降水与太阳活动是密切相关的。为了进一步讨论夏季降水与太阳活动之间的关系,选取范围在 123° ~ 132°E、40° ~ 48° N 的东北 13 个站,按以下公式计算冬季降水指数 I_R[17]

$$I_R = \left| \frac{\sum_{i=1}^{m} P_i}{\sum_{i=1}^{m} \overline{P_i}} + \frac{k^+}{m} \right| \times 100$$

其中, P_i (i =1, 2, …, m) 为 12 月至次年 2 月总降水, $\overline{P_i}$ 为 1971 ~ 2000 年 12 月至次年 2 月季平均降水量, m 为区域内代表站数, k^+ 为 m 站中降水量距平大于等于 0 的站数。图 6 给出中国东北地区标准化冬季降水指数和标准化的太阳 10.7 cm 射电年平均流量曲线。太阳 10.7 cm 射电流量有 11 年周期。从图 6 可看出东北地区的降水指数也有 11 年的周期,并随太阳流量的增加而增大,减小而减小。中国东北地区冬季的降水指数和太阳 10.7 cm 射电年平均流量之间呈正相关的关系,相关系数为 0.46。但降水指数的峰值超前于太阳流量的峰值。

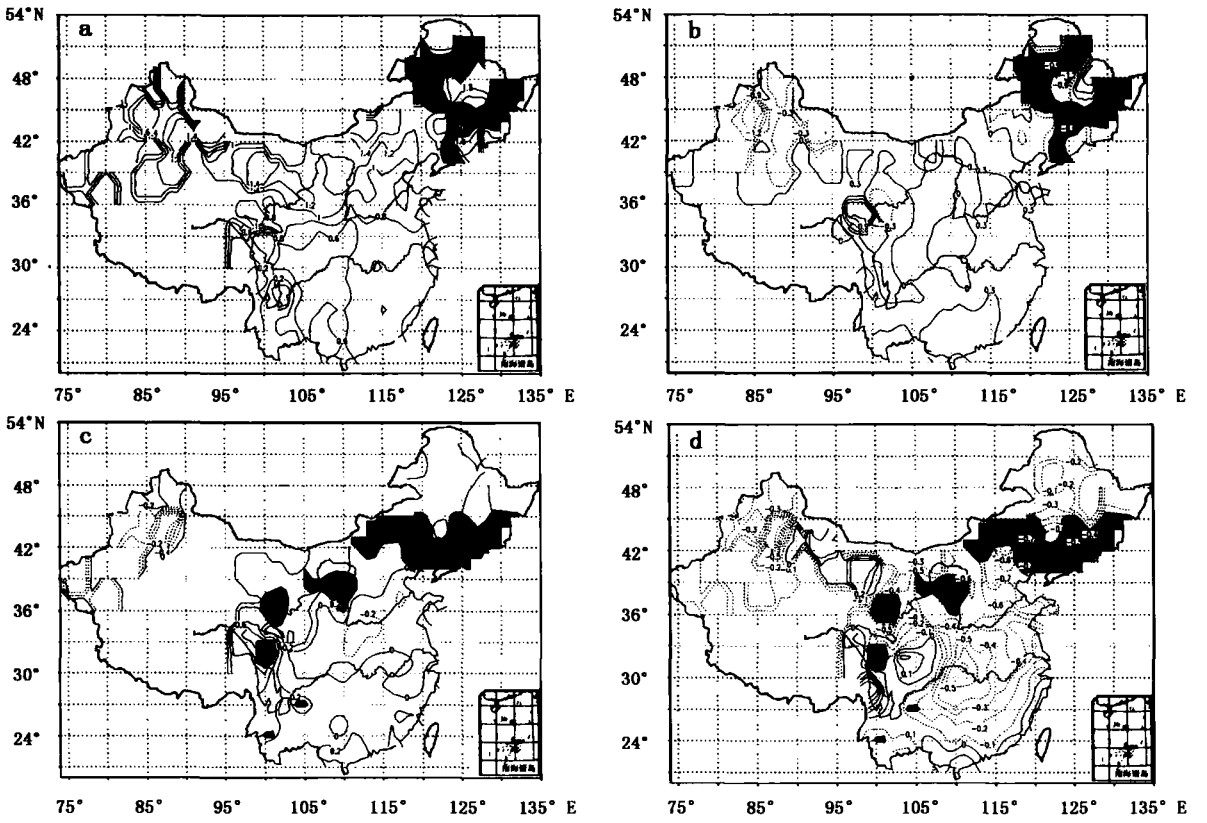

图 5　全国气温距平合成图

(a.太阳活动峰年冬季气温, b.太阳活动谷年冬季气温, c.太阳活动峰年夏季气温,
d.太阳活动谷年夏季气温;图中阴影区为通过 0.05 信度检验的区域;地面气温距平等值线单位:℃)

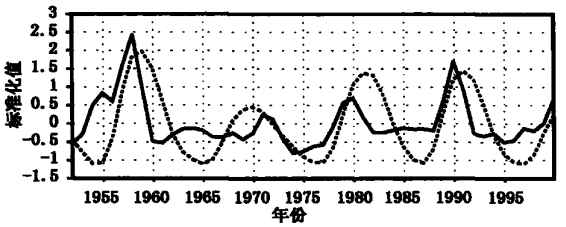

图 6　中国东北地区冬季降水指数(实线)和太阳 10.7 cm 射电流量(虚线)年际变化

5　结论

(1)太阳活动的强弱与夏季、冬季降水存在着一定的相关性。对于夏季降水,长江以南、黄河以北为负相关,黄河中上游流域以及黄淮地区为正相关。太阳活动强的年份,南方、东北少雨,黄河中上游流域、黄淮地区以及长江中上游则多雨;太阳活动弱的年份,华南及黄河以北多雨,而长江流域及以北到黄河中上游夏季则少雨;对于冬季降水,全国基本上是正相关,云南东北部、甘肃西北部和东北 3 省的正相关显著。太阳活动强的年份,降雨较多;太阳活动弱的年份,降雨较少。

(2)太阳活动的强弱与冬季、夏季气温存在着一定的相关性。对于冬季气温,全国基本上是正相关,东北和新疆正相关显著。太阳活动强的年份,北方(尤其是东北和新疆)冬季气温偏高,气候偏暖;太阳活动弱的年份则相反,北方气温偏低,气候偏冷。对于夏季气温,新疆大部分、长江偏北一直到东北为负相关,长江流域以南,包括西北地区则为正相关。太阳活动强的年份,北方夏季气温偏低,气候偏凉。

(3)东北地区的夏季降水与太阳活动异常有着密切的关系。中国东北地区冬季的降水指数和太阳 10.7 cm 射电年平均流量之间呈正相关的关系,相关系数为 0.46。这个地区的降水有 11 年的周期,随太阳辐射流量的增加而增加,减小而减小。降水指数的峰值超前于太阳流量的峰值。

参考文献

[1] Solanki, Sami K. Solar variability and climate change: Is there a link? [J]. Astronomy & Geophysics, 2002, 43(5): 9 - 13.

[2] Herman J R, Goldberg R A. Sun, Weather and Climate[R]. Washington: NASA, 1978.

[3] Battinelli A, Fazio A, Torelli M. The relation between extreme weather events and the solar activity [C]// Joint European and National Astronomical Meeting, JENAM-97. 6th European and 3rd Hellenic Astronomical Conference, Thessaloniki, Greece, 1997.

[4] Schlegel K, Diendorfer G. Thunderstorms, lightning and solar activity—Middle Europe [J]. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2001, 63(16): 1705 - 1713.

[5] 卫捷.亚洲季风年代际振荡及与天文因子的相关[J]. 高原气象,1999, 18(2):179 - 184.

[6] 李志安. 厄尔尼诺与太阳活动的 50d 振荡[J]. 天文学报, 1996, (4):76 - 83.

[7] 李可军.中纬度地区的洪水与太阳活动关系的研究[J]. 云南天文台台刊, 2000,(2):45 - 50.

[8] Gao Z J, Qin B Y. Discussion on the temporal regularity of mega-flood occurrence of the Yellow River [J]. Journal of Natural Disasters, 1992, 1(3):101 - 105.

[9] Kniveton D R, Todd M C. On the relationship of cosmic ray flux and precipitation[J]. Geophysical Research Letters, 2001, 28: 1527 - 1539.

[10] Verschuren D, Laird K R, Cumming B F. Rainfall and drought in equatorial east Africa during the past 1100 years [J]. Nature, 2000, 403:410 - 414.

[11] Li Xiaodong, Zhu Yafen, Qian Weihong. Spatiotemporal variations of summer rainfall over eastern China during 1880 - 1999 [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2002, 19(6): 1055 - 1068.

[12] 王钟睿,高晓清,汤懋苍. 用太阳活动拟合近 2000 年的温度变化[J].高原气象,2002,21(6):552 - 555.

[13] 焦维新. 空间天气学[M]. 北京:气象出版社,2003:82.

[14] NOAA. Solar-Geophysical Data (Part I)[G]. 2000:132 - 136.

[15] 王绍武. 太阳活动对气候变化的影响[C]// 80-913 项目 02 课题论文委员会气候变化规律及其数值模拟研究论文集(第三集). 北京:气象出版社,1996:100 - 110.

[16] Chen L X, Zhao Z G. Prediction of Summer Rainfall in China and its Application[M]. China Meteorological Press, 2000: 241 - 250.

[17] 张苏平,朱平盛,将尚斌. 华北夏季降雨与热带对流活动的关系[J]. 气象学报,2001,59(4):502 - 507.

Relationship between Abnormal Solar Activities and Precipitation and Temperature in China

Duan Changchun[1] Sun Jihua[2]

(1 Yunnan Provincial Institute of Meteorology, 2 Yunnan Provincial Meteorological Bureau, Kunming 650034)

Abstract: The impacts of abnormal solar activities on precipitation and temperature in summer and winter in China are analyzed based on the 10.7 cm solar radio flux data and the precipitation and temperature data of 160 weather stations across China from 1951 to 2000. The results show: (1) In high solar activity years, there occurs more precipitation in summer in the upper and middle reaches of the Yellow River and the Changjiang River, as well as over the Huanghuai region, but there occurs less precipitation in summer in South China and Northeast China. At the same time, there is more precipitation in winter across China. There is higher temperature in winter in North China, especially in Northeast China and Xinjiang, and lower temperature in summer. (2) In low solar activity years, there is more precipitation in summer in South China and the regions north of the Yellow River, while there is less precipitation in summer over the Changjiang River basin and the upper and middle reaches of the Yellow River. In winter, there is less precipitation across China and lower temperature in North China. The close relation of summer precipitation in Northeast China and solar activities is further discussed.

Key words: solar activity, rainfall, surface temperature, correlation analysis