

太阳活动与气候变化之关系研究

刘书岳
中山大学

[摘要] 经过近现代科学的发展研究，我们已经知道了太阳活动与地球的气候密切相关。太阳活动与气候变化的可能联系一直是人们不断研究的话题，本文将从太阳活动出发，尤其是太阳黑子的活动，探讨太阳活动对地球大气的电离程度的影响，并由此进一步影响到大气的经圈环流，最后引起气候的变化。本文将会通过对厄尔尼诺现象的分析来推导太阳活动对地球气候变化的机制，做出一些猜测并尝试验证其中的科学原理。

[关键词] 太阳活动；地球大气电离程度；大气经圈环流；厄尔尼诺；气候变化

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.10.1493

一. 太阳活动

对于人类而言，太阳是人类最为关心的一颗行星。太阳是地球上光和热的供给源，哺育着地球上的人类。现有理论业已表明，太阳目前正处于比较稳定的时期。太阳活动是太阳作为恒星的一切有迹象可循的活动的统称。太阳的各种活动事件由太阳大气中的电磁过程引起，时烈时弱，平均以11年为周期。

(一) 黑子

黑子是太阳活动中最基本、最明显的一个活动形式。作为太阳表面的最大漩涡，其温度大约3000°C-4500°C。通常，太阳黑子通常成群出现，活动周期是11年，活跃时会对地球磁场产生影响。

(二) 太阳耀斑

太阳耀斑是一种最剧烈的太阳活动。一般而言，根据观测手段的不同，主要分为光学耀斑、X射线耀斑等。耀斑释放的X射线和强大的紫外辐射使电离层中的电子浓度急剧增大，引发电离层突然骚扰，同时这些辐射会加热大气，引发大气升温，进而引起一系列的地球天气现象。

(三) 日珥爆发

日冕物质抛射是巨大的、携带磁力线的泡沫状气体，在几个小时中被从太阳抛射出来的过程。CME是太阳系内规模最大，程度最剧烈的能量释放过程。一次爆发可释放多达 10^{32} 尔格的能量和 10^{16} 克的太阳等离子体到行星际空间，并且伴随10keV-1GeV的高能粒子流。它会使很大范围的日冕受到扰动，破坏了太阳风的流动和磁场形态。由于这些能量很大，从而它们到达地球的时候会对地球产生剧烈影响，并且CME即使在太阳活动低年也常常发生。

二. 太阳活动对地球的影响

(一) 对大气电离程度的影响

太阳活动对电离层变化将会产生重大的影响。通常我们用太阳黑子数和太阳10.7cm射电流量来衡量。太阳10.7cm射电流量是太阳无线电喷射长度为10.7cm的一种度量， $F_{10.7}$ 指数单位为sfu ($1\text{sfu}=10^{-22}\text{m}^{-2}\text{Hz}^{-1}$)，其年均值与太阳黑子数有较好的统计相关性。而地球同步轨道大于2MeV高能电子的通量

可以反出地球电离层的电离程度的变化，从而可以从一定程度上代替TEC的相关效果。下面将通过计算拟合出2012-2021年间 $F_{10.7}$ ，SSN和electron三者年均值的相关系数，

表1 $F_{10.7}$ 指数、SNN及TEC之间的相关系数

	$F_{10.7}$	SSN	electron
$F_{10.7}$	1	0.9951	0.9151
SSN	0.9951	1	0.9288
electron	0.9288	0.9151	1

给出 $F_{10.7}$ 指数、SNN及electron之间的相关系数，我们可以从中看出，2012年—2021年 $F_{10.7}$ 指数的年均值与SNN的年均值相关系数为1.0000（此处其实不应该完全是1.0000，由于两者的相关性非常高，毕竟它们都是太阳2个相关特征，所以相关性很高从而计算机才会拟合出很高的相关系数），2012年到2021年 $F_{10.7}$ 指数的年均值与electron的年均值相关系数为0.9151，2012年到2021年SNN的年均值与electron的年均值相关系数是0.9288，而相关系数 $|r|>0.8$ 则可以表示两个变量间高度相关，由此我们可以看出 $F_{10.7}$ 指数，SNN及electron两两之间高度相关。

接下来我们以2017年9月6日太阳爆发X9.3级特大耀斑为例子进行分析。

我们首先分别提取2017年9月6日前后15天的太阳活动数据和电离层TEC数据进行分析，然后我们计算其相关系数。

表2 2017年 $F_{10.7}$ 指数、SNN及TEC之间的相关系数

相关系数	DOY 234—264	DOY 234—250	DOY 251—264
TEC与 $F_{10.7}$	0.7607	0.9308	0.7643
TEC与SNN	0.6579	0.8602	0.8194
$F_{10.7}$ 与SNN	0.9297	0.9094	0.9407

我们先从横轴分析，可以观察到TEC与 $F_{10.7}$ ，TEC与SNN在DOY 234-250的相关系数均比在DOY 251-264的相关系数高。

然后从纵轴分析,我们可以看出TEC与 $F_{10.7}$, TEC与SNN的相关系数仅为0.7607和0.6579,均没有超过0.8,表现出中强度的相关关系,但 $F_{10.7}$ 与SNN的相关系数就达到0.9297,表现出高强度的相关关系。因此, $F_{10.7}$ 指数和太阳黑子数有很强的正相关性。

综上,从2000-2016年的数据整体来看, $F_{10.7}$ 指数、SNN及TEC两两之间具有高度的整体相关性,但TEC与 $F_{10.7}$, TEC与SNN之间的局部相关性和整体的相关性有差异。整体上来说太阳活动是TEC变化的主要原因,即使局部数据的相关系数没有那么高,但是整体相关性仍然符合高度相关,因此我们仍然可以看出太阳活动对与TEC的影响不可忽视,这使我们认识到太阳活动会影响地球大气的电离程度,而这些影响,比如最直接导致的TEC的变化将会对地球的气候,尤其是极端天气现象产生影响。

(二) 对大气经圈环流的影响

经过前文的叙述,我们已经知道了SNN与TEC之间有着较高的相关系数,所以当太阳黑子数增加的时候,地球大气的电离程度就会加强,尤其是在高纬度的地区。这都会对气候会造成一定的影响。而地球电场和磁场的变化,来源于太阳活动增加了地球的大气电离度,进而在电磁场的作用下,电离化程度较高的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,从而经圈环流使南北空气交换加强,这样子会产生一些相关的天气现象。后文将以厄尔尼诺现象和拉尼娜现象为例子分析太阳活动对地球气候的具体影响。

三. 太阳活动与厄尔尼诺的关系

(一) 太阳黑子活动与厄尔尼诺的关系

太阳黑子活动与厄尔尼诺大致有如下关系:

1. 太阳黑子的峰谷年和厄尔尼诺发生年相关密切,6个峰值年均与厄尔尼诺发生年相对应,5个谷值年有3个与厄尔尼诺发生年相对应。

2. 太阳黑子从谷值年到峰值年一般是3-5年,从峰值年到谷值年一般是5-8年,且中间极有可能出现一次厄尔尼诺现象。

同时,厄尔尼诺事件的强弱与太阳黑子数也有密切联系。相关数据表明,强厄尔尼诺事件都发生在太阳黑子下降段中黑子数大于30的年份里。而4次弱厄尔尼诺事件发生在太阳黑子数小于30的年份里。

(二) 讨论与分析

现有观测事实和研究显示,太阳活动和厄尔尼诺/拉尼娜事件发生都具有周期性波动特点,前者约存在11年周期(最长13.6年,最短9年),后者波动周期约为2-7年。然而众所周知,太阳与地球距离遥远,实现这一过程的机制到底是什

么呢?我们知道,太阳活动的最主要表现是太阳黑子和太阳耀斑,其循环变化的周期相同约为11年,这与厄尔尼诺的周期性循环具有相似的特点。同时,据研究,在太阳黑子数小于70、70~100、高于100时,厄尔尼诺年出现概率分别为84%、22%、4%。在黑子谷年位相前后出现厄尔尼诺年的概率接近80%,证明厄尔尼诺年与黑子数小于70的年份关系密切。

太阳黑子的变化会对地球各个纬度加热造成改变,从而造成对大气环流的影响。我们可以对此做一些初步的定性解释,在太阳黑子极大年,太阳的电磁辐射波长变长,对于海洋而言它容易吸收这些波,然后海水水温就会升高,并且贮存了太阳能。而在赤道地区,它接受的太阳辐射最多,热带海洋上部会成为供应热量和水汽最多的地区。之后,在与大气充分耦合的情况下,只要受到一点小扰动,比如轻微的加热,都可以对大气运动产生影响。因此当黑子极大年过去后,经过一段时间的加热,厄尔尼诺现象就容易发生,所以经过我们前面的比对,才可以发现厄尔尼诺事件多发生在太阳黑子下降的时间段。

四. 结论

(一) 通过对 $F_{10.7}$ 指数, SNN, 电离层TEC两两之间相关系数的分析,我们知道太阳活动会对大气电离程度产生影响,从而对地球电场、地球磁场产生相应的变化。

(二) 太阳活动的增强会使得地球大气电离程度增加,尤其是在高纬度地区,从而大气电离化的增强直接导致大气经圈环流的加强。虽然进一步的机制等待考究,但可以发现太阳活动通过影响大气电离程度来影响大气经圈环流。

(三) 厄尔尼诺现象的发生与太阳活动密切相关,太阳活动会从多方面去影响大气经圈环流进而影响地球气候。

(四) 太阳活动比如太阳黑子的活动会影响降水量的多少,可以通过厄尔尼诺现象来体现,具体的机制更待深入研究。

参考文献

- [1] 丁继武: “太阳活动如何影响天气气候变化-李崇银”, 《中国气象报》, 2008年/3月/28日/第003版。
- [2] 谢文彬: “太阳爆发对地球的影响”, 《农家之友》, 2008年第18期(总253期)。
- [3] 田荣湘, 张炎: “太阳黑子、QBO对杭州地区梅雨的影响”, 《浙江大学报(理学版)》, 第34卷第1期2007年1月。
- [4] 顾品强: “太阳活动和厄尔尼诺对气候的影响”, 《生命与灾害》, 2015-8, 第28-31页。

作者简介:

刘书岳(2002-), 男, 汉族, 广东省潮州市人, 本科, 学生, 研究方向: 大气科学。