

南北极区和青藏高原臭氧变化 与中国降水和温度的联系^①

徐国强

朱乾根

李晓燕

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

(南京气象学院)

(河北保定市气象局)

提 要

利用 1978 年 11 月~1993 年 4 月 TOMS 全球臭氧资料和中国地面资料, 研究了南北极区春季和青藏高原大气臭氧变化与中国降水和温度变化的联系。结果显示, 南北极区春季和青藏高原冬季臭氧变化与中国的降水和温度变化具有较好的相关性, 因此可利用大气臭氧变化预测中国部分地区降水和温度变化。

关键词: 臭氧变化 降水和温度 相关

引 言

由于 20 世纪 80 年代出现了南极臭氧洞, 人类赖以生存的大气环境面临着严重的挑战, 大气臭氧变化及其带来的影响受到越来越多的科学家乃至政界领导人的关注。研究^[1]表明 20 世纪 70 年代初以来南北半球中高纬均发生了臭氧减少, 并且在 1985 年南极还发现了臭氧洞。任福民等^[2] (1998) 研究了近 15 年全球臭氧变化, 指出总体上北半球的下降趋势较南半球更加明显。1991 年 Stolarski 等^[3]对 TOMS 全球臭氧资料的研究发现, 臭氧减少主要发生在春季。周秀骥等^[4] (1995) 据 TOMS 资料在对中国地区的大气臭氧总量变化分析中发现, 冬春季大气臭氧总量的等值线与纬线几乎平行, 6~10 月在青藏高原上空形成一个臭氧总量低值区, 首次揭示出中低纬地区臭氧损耗的事实。臭氧对太阳紫外辐射的强烈吸收是平流层大气运动的主要热源, 平流层臭氧的存在对平流层的温度场、气压场和风场起着决定性作用。通过上下层的相互作用, 它又会影响到全球的大气环流^[5]。南北极和高纬地区臭氧总量严重减少时, 必然引起南北半球热量收支的改变, 从而影响到南北半球大气和地面的热

状况, 进而影响到全球大气环流和气候的变化。最近徐国强等^[6]研究指出, 南北极区大气臭氧都是各自的春季下降最快, 大气臭氧变化引起了大气温度和大气环流的变化。

既然过去的研究已经指出, 南北极区臭氧减少最明显的季节是各自的春季, 因此春季臭氧变化对大气环流的影响有较大的贡献, 青藏高原大气臭氧的明显变化也必然会对中国的气候产生影响。本文利用 1978 年 11 月~1993 年 4 月美国的 TOMS (第 7 版) 全球臭氧网格资料和中国 160 个站的降水和地面气温资料, 研究了南北极区春季和青藏高原大气臭氧变化与中国降水和温度变化的联系。

1 北极春季臭氧变化与中国降水和温度的关系

1.1 北极春季臭氧变化对中国夏季降水和温度的影响

图 1 是北极春季 (3~5 月) 大气臭氧与同年中国夏季 (6~8 月) 降水的相关系数分布图。从图中可见, 北极春季臭氧变化与长江中游夏季降水呈正相关, 另一个正相关区位于青藏高原的东部, 相关系数均在 0.4 以上; 较强的负相关区一个位于新疆和西藏的

^① 本文受国家科技攻关计划“2001BA607B”和中国气象科学研究院博士启动资金资助。

中西部,负相关系数在0.4以上,另一个强的负相关区处在我国的福建沿海地区,负相关系数在0.6以上,以上几个区域的相关性都通过了90%或95%的信度检验。此外在甘肃至四川中部和东北地区中部是较弱的负相关区。众所周知,北极臭氧总量在近几年是逐年减少的,因此,正相关区意味着夏季降水也具有减少的趋势,而负相关区则意味着随着北极春季臭氧的减少,夏季降水反而有增加的趋势。从图1中还能发现,北极春季臭氧变化与中国夏季降水存在一个遥相关波列,即新疆和西藏的中西部-,青藏高原东部+,甘肃、四川中部-,长江中游+,福建沿海-。在北极春季臭氧与同年中国夏季地面气温的相关系数分布图中(图略),北极春季臭氧变化与新疆南部和西藏北部的气温是正相关的,与东北地区也是正相关,中心相关系数在0.5以上,均通过了95%的信度检验;其他地区相关系数相对较小。与图1相比较,两图总起来看相关系数的分布特征是相反的,即臭氧与降水的正(负)相关区,一般对应臭氧与气温的负(正)相关区。这种关系是合理的,说明降水多的区域,日照时间短,气温降低;降水少的区域,日照时间长,则温度升高。

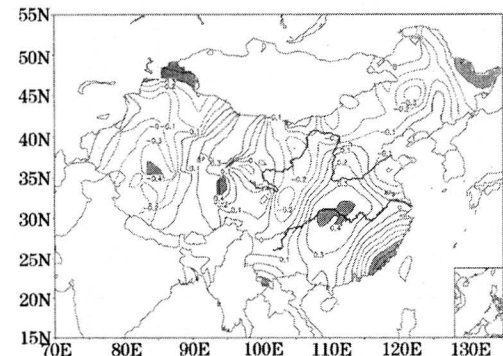


图1 北极春季(3~5月)大气臭氧与同年中国夏季(6~8月)降水的相关系数分布
(阴影区为通过90%以上相关性信度检验的区域)

1.2 北极春季臭氧变化对中国冬季降水和温度的影响

图2是北极春季(3~5月)大气臭氧总量与中国冬季(同年12月~次年2月)地面气温的相关系数分布图。由图可见,整个中

国除青藏高原为很弱的正相关区外,其它地区皆为明显的负相关区。这说明随着北极春季臭氧的减少,将会使除青藏高原外中国冬季的气温上升。这与中国20世纪80年代后期出现的暖冬气候相一致。而青藏高原表现出了与其它地区不同的相关分布特征,说明臭氧对其影响有一定的独立性。在北极春季臭氧变化与中国冬季降水的相关图上(图略),北极春季臭氧变化与青海省北部、东北地区的中南部及华南沿海的降水是正相关,其中青海省北部的正相关系数在0.5以上,说明这些区域的降水变化与北极春季臭氧的变化相一致,冬季降水随着臭氧总量的下降而减少。从图中还能看出,春季臭氧与西藏地区、长江中下游及东北北部是显著的负相关,说明这些地区的冬季降水随着臭氧总量的下降而增加。

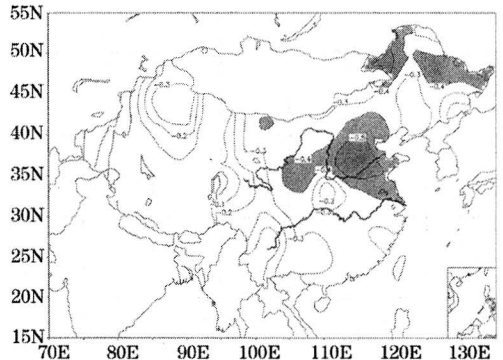


图2 北极春季(3~5月)大气臭氧与中国冬季(同年12月~次年2月)地面气温的相关系数分布
(阴影区为通过90%以上相关性信度检验的区域)

2 南极春季臭氧变化对中国降水和温度的影响

2.1 南极春季臭氧变化对中国夏季降水和温度的影响

图3是南极春季(9~11月)大气臭氧与次年中国夏季(6~8月)降水的相关系数分布图。从图3中可见,南极春季臭氧变化与长江中游的江北地区呈显著的正相关,相关系数在0.5以上,通过了95%的信度检验,与云南西部和高原东部也存在明显的正相关,可通过90%或95%的信度检验。南极春季臭氧变化与东北的中南部及新疆北部有显

著的负相关,负相关系数皆在 0.5 以上,通过了 95% 的信度检验。南极臭氧在春季是下降最快的季节,因此正相关区意味着次年夏季降水的减少,负相关区则预示次年夏季降水的增多。从图中还可看到,南极春季臭氧变化与中国东部的降水存在一个遥相关波列,即华南地区-,淮河流域+,东北中南部-,黑龙江西北部+。这与我我国东部夏季降水雨带的变动有很好的联系,所以利用南极春季臭氧变化特征可以预测第二年我国东部夏季降水的情况,是预测中国东部夏季降水变化的一个强信号。南极春季臭氧变化与中国夏季气温的相关图(图略),与图 3 比较,两图的正负分布特征几乎相反,当春季臭氧与降水是正相关时,则与地面气温是负相关,反之,亦反。这种相关分布特征是合理的。

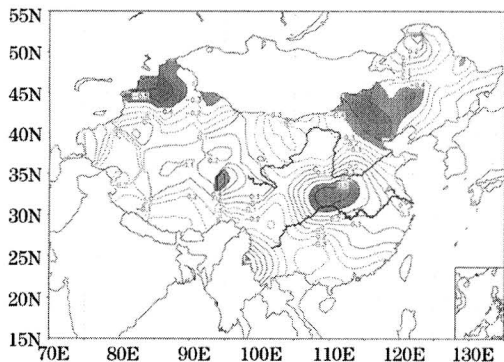


图3 南极春季(9~11月)大气臭氧与次年中国夏季(6~8月)降水的相关系数分布

(阴影区为通过 90% 以上相关性信度检验的区域)

2.2 南极春季臭氧变化对中国冬季降水和温度的影响

图 4 是南极春季(9~11 月)大气臭氧与中国冬季(同年 12 月~次年 2 月)地面气温的相关系数分布图。由图可见,整个中国皆为负相关区,最强的负相关区位于青藏高原。这说明随着臭氧的减少,整个中国的冬季地面气温是升高的,这与事实是相符的,众所周知,80 年代以来,中国及世界各地出现了暖冬现象,造成这种现象的原因之一可能就是由于大气臭氧的减少,造成到达地面的紫外辐射增多,从而使地面气温升高。在南极春季臭氧变化与中国冬季降水的相关图上(图略),南极春季臭氧变化与新疆、西藏的西部、

高原东部以及内蒙古北部和黑龙江北部是显著的负相关区,负相关系数中心数值皆在 0.5 以上,通过了 95% 的信度检验。这意味着南极春季臭氧减少(增加)时,则这些地区的冬季降水增加(减少)。臭氧变化与西藏南部呈明显正相关,预示着当南极春季臭氧减少(增加)时,则西藏南部的冬季降水也减少(增加)。

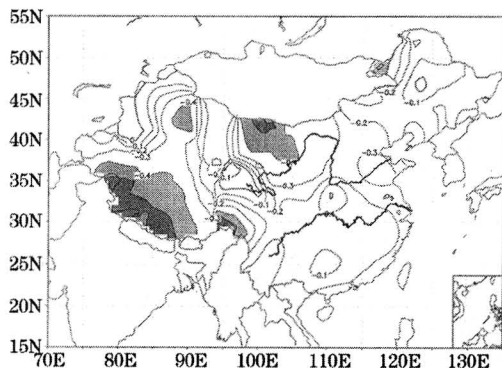


图4 南极春季(9~11月)大气臭氧与中国冬季(同年12月~次年2月)地面气温的相关系数分布

(阴影区为通过 90% 以上相关性信度检验的区域)

在图 2 中,青藏高原地面气温与北极春季臭氧变化相关性很弱,但在图 4 中,高原的地面气温与南极春季臭氧变化存在显著的负相关,负相关系数在 0.5 以上,通过了 95% 的信度检验。这说明青藏高原有独特的温度演变特征,因此,有必要对青藏高原大气臭氧变化及其对中国气候的影响进行研究。

3 青藏高原臭氧的季节变化特征及其对中国降水和温度的影响

3.1 青藏高原大气臭氧的季节变化特征

前面已指出,南极和北极大气臭氧存在明显的季节变化,它们都是春季下降最快。在 1995 年已经发现青藏高原存在臭氧总量的低值区^[4],其季节演变特征是怎样的呢?为此制作了青藏高原区域(27~42.5°N、75~103°E)平均臭氧总量春(3~5 月)、夏(6~8 月)、秋(9~11 月)、冬(12~2 月)的季节变化图(图 5)。图中显示,青藏高原春季臭氧含量最高,数值均在 310DU 以上,其次是冬季和夏季,秋季大气臭氧的含量最低,数值在 270~280DU 之间。季节分布特征与北极地

区相同^[6],但从各季节的时间演变特征分析,则有别于与北极臭氧总量的时间演变特征。青藏高原臭氧总量从1979年至80年代中期都是缓慢下降的,随后在春季和夏季臭氧总量都有所增加,而冬季和秋季从1986年开始至1989年臭氧总量增加到极值后又开始下降。其中在冬季青藏高原臭氧总量下降迅速,从1989年的304DU至1992年下降到287DU,下降速度达到5.7DU/年,从整个臭氧变化看,也是冬季下降最快,从1979年的312DU下降到1992年的287DU,共下降25DU,而其它季节下降幅度皆小于10DU。这与北极臭氧总量春季下降最快是不一致的。下面讨论青藏高原冬季臭氧变化与我国气候的关系。

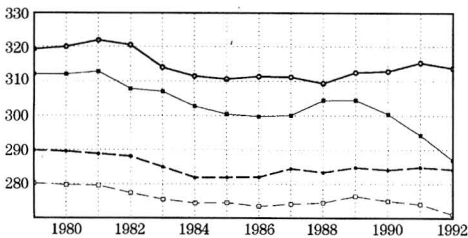


图5 青藏高原(27~42.5°N, 75~103°E)区域平均臭氧总量的四季趋势变化(单位:DU)

(粗实线:春季,细实线:冬季,粗虚线:夏季,细虚线:秋季)

3.2 青藏高原冬季臭氧变化对我国降水和温度的影响

为研究青藏高原大气臭氧总量变化对我国气候的影响,制作了青藏高原冬季臭氧总量变化与我国当年冬季地面气温和夏季降水

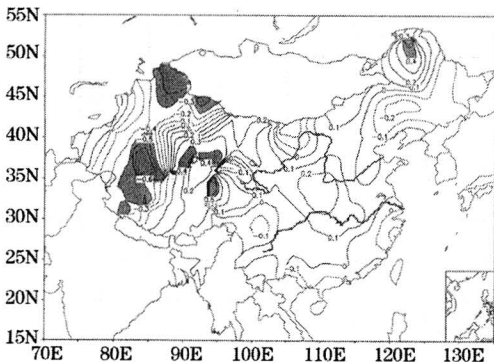


图6 青藏高原冬季臭氧变化与同年中国夏季(6~8月)降水的相关系数分布

(阴影区为通过90%以上相关性信度检验的区域)

的相关图。

在青藏高原冬季臭氧变化与同年夏季(6~8月)降水的相关图(图6)上,臭氧变化与新疆、青藏高原中西部呈显著的负相关,与高原东部和内蒙古北部黑龙江西部呈正相关,以上地区的中心相关系数皆通过了95%的信度检验。这说明高原冬季臭氧下降可引起我国新疆和青藏高原中西部的夏季降水增多和青藏高原东部、内蒙古北部黑龙江西部夏季降水的减少。在青藏高原冬季臭氧变化与同年夏季(6~8月)地面气温的相关图(图略)上,新疆、河套西部、东北南部及江南地区是较明显的正相关区。中心相关系数都可通过95%的信度检验。说明高原冬季臭氧下降可使这些地区的地面气温也下降。

在青藏高原冬季臭氧变化与同年冬季(1~2月)地面气温的相关图(图略)上,相关性较强的区域在青藏高原,其它地区的相关性较弱,这说明青藏高原冬季臭氧变化与其下方的地面气温存在明显的负相关,即当高原冬季臭氧增加(减少)时,其地面气温则下降(升高)。其原因是当臭氧减少(增加)时,使平流层吸收的紫外辐射减少(增加),从而达到地面的紫外辐射增加(减少),所以地面气温升高(下降)。在青藏高原冬季臭氧变化与同年冬季(1~2月)降水的相关图(图略)上,新疆和西藏的西部,内蒙古西部、甘肃西部及四川东部和黑龙江北部是明显的负相关区,负相关系数中心数值皆在0.5以上,通过了95%的信度检验。说明从20世纪80年代至90年代初,青藏高原冬季大气臭氧减少使以上地区冬季降水有所增加。高原东部是明显的正相关区,意味着高原臭氧减少使高原东部的冬季降水减弱。

总之,青藏高原大气臭氧变化有区别于北极的季节演变特征,它是冬季下降最快,而其它季节大气臭氧的变化幅度较小。其臭氧总量是春季最高,以下依次是冬季和夏季,秋季臭氧总量最低。周秀骥等在青藏高原发现的臭氧总量低值区也正是在6~10月份,与本文的结论是一致的。青藏高原冬季臭氧变化与同年中国冬季和夏季的气候有很好的相关性,说明高原冬季臭氧变化对我国的降水

和温度变化具有指示意义,从而可利用青藏高原冬季的臭氧变化预测中国冬季和夏季降水的多寡以及地面气温的高低。

南北极区和青藏高原大气臭氧严重减少时,必然会引起这些区域高层大气吸收的太阳紫外辐射减少,到达地面的太阳辐射增加,改变南北半球和青藏高原的热量收支状况,这种地球大气加热的变化必然会引起全球大气环流的改变,全球大气环流的改变会通过某种机制使中国的降水和温度发生变化,这种影响机制还不十分清楚,还需要进行更深入细致的研究。

4 小结

通过以上分析可得出如下结论:

(1) 北极和南极各自春季大气臭氧变化与中国部分地区的降水和温度变化具有较好的相关性,相关系数通过了 95% 或 95% 的信度检验,因此可利用极区春季大气臭氧变化预测中国部分地区降水和温度变化。北极、南极各自春季臭氧变化与中国夏季降水和地面气温的相关系数的正负分布特征是相反的,即臭氧与降水的正(负)相关区,一般对应臭氧与气温的负(正)相关区,这种关系是合理的;而冬季这种特征不明显。

(2) 青藏高原大气臭氧变化有区别于北

极的季节演变特征,它是冬季下降最快,而其它季节大气臭氧的变化幅度较小。青藏高原冬季臭氧变化与同年中国冬季和夏季的降水和温度变化有很好的相关性,说明高原冬季臭氧变化对我国的气候具有指示意义,从而可利用青藏高原冬季的臭氧变化预测中国冬季和夏季降水的多寡以及地面气温的高低。

(3) 南极、北极以及青藏高原大气臭氧变化对中国气候变化影响的机制还不十分清楚,有待于以后进一步的研究。

参考文献

- 1 Bojkov R. D., The ozone layer recent developments, Bulletin of WMO, 1994, 43(2): 113—116.
- 2 任福民,王梅华,周秀骥等. 近十五年全球臭氧变化. 气象学报, 1998, 56(4): 485~492.
- 3 Stolarski R S. Bloomfield P. Mcpeters R and Herman J. Total ozone trends deduced from NIMBUS 7 TOMS data. Geophy Res letts. 1991, 18(6): 1015—1018.
- 4 周秀骥,罗超,李维亮等. 中国地区臭氧总量变化与青藏高原低值中心. 科学通报, 1995, 40(15): 1396~1398.
- 5 王贵勤,肖文俊. 大气臭氧总量变化与大气环流关系的研究. 大气科学, 1987, 11(3): 337~340.
- 6 徐国强,朱彬. 极区大气臭氧总量变化特征及其对大气温度的影响. 南京气象学院学报, 1999, 22(4): 602~608.

Relationships between Ozone Variation over Polar and Tibetan Plateau Areas and Variation of Precipitation and Temperature in China

Xu Guoqiang

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Zhu Qiangen

(Nanjing Institute of Meteorology)

Li Xiaoyan

(Baoding Meteorological Observatory of Hebei Province)

Abstract

Based on TOMS ozone data from 1978.11 to 1993.4 and surface data of China, relationships between ozone variation over polar and Tibetan Plateau areas and the variation of precipitation and temperature in China are investigated. Results indicate that the variation of precipitation and temperature in China is closely related to the ozone variation over polar areas in spring and Tibetan Plateau in winter, so ozone variation can be used to prognosticate the precipitation and temperature in some parts of China.

Key Words: ozone variation precipitation temperature correlation