斯堪的纳维亚上空的臭氧亏损 与北大西洋海温*

周立波 邹 挥 季崇萍

(中国科学院大气物理研究所环境与极地研究部、北京 100029)

吴瑞欢

(浙江省萧山市气象局,浙江 311200)

摘 要 利用 TOMS 臭氧资料和 NCAR / NCEP 再分析海温资料,分析研究了斯堪的纳 维亚地区的臭氧亏损状况及其季节变化规律,指出在斯堪的纳维亚地区上空存在一个严重的 臭氧亏损区.该臭氧亏损有明显的季节变化:冬季最强,夏季最弱。同时研究了北大西洋海 温分布和季节变化,指出其与斯堪的纳维亚地区臭氧亏损有极好的负相关.因此,认为可以 用北大西洋海温的季节变化来估计斯堪的纳维亚地区气候尺度的臭氧亏损变化。

关键词: 臭氧亏损; 北大西洋; 海表温度

1 引言

大气中的臭氧是一种温室气体。它通过吸收太阳的短波辐射和地气系统的长波辐射 而加热大气。通过调整大气的加热场,大气臭氧含量和分布的变化能够影响全球气候变 化。同时,大气中的臭氧吸收来自太阳的紫外辐射,使地球的人类及生物圈受到保护。

因此臭氧的活动成为近年来人们关注的热点。

1985年,科学家们发现了南极臭氧洞^[1];以后又对南极臭氧洞及周边区域臭氧的下降趋势、分布和变化规律等问题进行了大量的研究^[2~5]。

1994年,周秀骥等人提出夏季青藏高原上空同样存在臭氧低值区^[6],邹捍等人则进 一步研究并指出了青藏高原臭氧亏损的可能机制^[7,8]。

大量研究证实北极的臭氧也在减少^[9~12]。个例分析和模式研究中发现 1991 / 1992 冬季北极存在一个严重的臭氧亏损区^[13]。

本文的研究表明:北极的斯堪的纳维亚地区存在一个严重的臭氧亏损区。研究该区 域的臭氧亏损对了解斯堪的纳维亚地区紫外辐射以及与其相连的北极地区臭氧亏损机制 等问题都是很重要的。

1999-11-17 收到, 2000-03-13 收到再改稿

* 中国科学院大气物理研究所重点创新项目 8-2212、国家海洋局"中国首次北极科学考察"研究经费、南北极 典型地区资源环境与全球变化研究 K 2951-A1-205 和国家自然科学基金资助项目 40075029 共同资助

2 资料和方法

本文使用的大气臭氧资料是由美国国家宇航局(NASA)提供的全球大气臭氧分布 资料(TOMS version 7),该资料是由 Nimbus-7 卫星上搭载的臭氧观测光谱仪观测得 到的,观测时间为 1979 年至 1992 年。全球海表温度资料来自于同时间的 NCAR / NCEP 再分析资料。研究所用的月平均资料是对 1979~1992 年的臭氧和海表 温度资料进行气候平均后得到的。对臭氧进行区域平均的范围为(0~10°E、55~ 65°N),对海表温度进行区域平均的范围为(5°W~5°E,55~65°N)。为了减去太阳季 节变化造成的纬向平均的化学和动力学效果,我们对臭氧总量进行了纬向偏差计算。具 体定义为:纬向偏差=区域平均-纬向平均。

3 斯堪的纳维亚地区臭氧亏损

图1分别给出了1979~1992年气候平均、冬季(12~2月)和夏季(6~8月) 臭氧纬向偏差的全球分布。由图可以看出在冬季斯堪的纳维亚及其邻近区域有一个严 重臭氧亏损区,覆盖整个挪威中部和邻近的挪威海域。该区域平均臭氧亏损都在~40 DU以上,臭氧最大亏损值位于(64°N,8°E),中心值达~50 DU,大约相当于该区 域平均臭氧亏损的15%;在气候平均图上该区域的平均臭氧亏损为~20 DU 左右,大 约相当于冬季平均臭氧亏损的50%。夏季该区域臭氧亏损很小,其亏损极大值为0~ -0.5 DU。



图 1 1979~1992 年的臭氧纬向偏差分布 (a) 气候平均







现极大值为 425 DU, 9 月出现极小值为 310 DU, 这与北半球其他纬度的扰动相似, 反映了因太阳驱动而造成的季节变化。同臭氧纬向平均相比,其区域平均存在一个滞后 的极大值(出现在 4 月, 397 DU)和极小值(出现在 11 月, 281 DU)。臭氧的纬向偏 差表明斯堪的纳维亚地区在夏季出现最大臭氧盈余(1.9 DU, 7 月),在冬季出现最大 臭氧亏损(-54.3 DU, 1 月),而后者的亏损相当于1 月平均臭氧总量的 16%左右。

5 海表温度 (SST)

图 3 给出了 1979~1992 年冬季(12~2月) 和夏季(6~8月) 全球海表温度



图 3 1979~1992 年冬季 (a) 和夏季 (b) 全球海表温度 (SST) 的分布



(SST) 分布。对比图 1 可知、臭氧的纬向偏差在斯堪的纳维亚地区的分布特征与北大 西洋海温在该地区分布特征极为相似。冬季海表温度在北大西洋东部沿挪威海岸直至斯 堪的纳维亚中部形成一条6.0℃的暖舌,其在北大西洋西部为0℃左右,北大西洋海温 东西向差异为6.0℃左右。在夏季,挪威沿岸为12℃等温线包围,此时其西部海表温 度值也在12C左右,即夏季北大西洋东西向差异为0C左右。因此,海表温度在北大 西洋的东西差异冬季要比夏季强得多。

北大西洋海温和斯堪的纳维亚臭氧亏损 6

为进一步了解臭氧亏损和北大西洋海表温度东西向差异的关系,我们定义 SST₁代 表北大西洋东部海温(5°W~5°E、55~65°N)的区域平均; SST2代表北大西洋西部海 温 (10~70°W, 55~65°N) 的区域平均; 北大西洋海温的东西差异 ΔSST= SST_1 -SST₂。图 4 给出了这 3 个变量的

季节变化: SST₁和 SST₂都在夏季出现 高值,冬季出现低值。SST₁与SST₂在 夏季非常接近,但是冬季 SST₁比 SST₂ 高得多。北大西洋海温的东西向差异 (ΔSST) 在冬季出现极大值 8.03 C (1) 月), 夏季出现极小值 3.31 ℃ (7) 月), 即冬季北大西洋海温的东西差异 比其夏季大得多。比较 SST 东西向差



图 4 北大西洋海表温度及其东西向差异的季节变化

异(ΔSST)和臭氧亏损纬向偏差的季节变化图可知,两者在同一时间出现极大值(1 月)和极小值(7月)、其相关系数为-0.96。此外,对1979~1992年间168个月的北 大西洋海温东西向差异和臭氧亏损的纬向偏差同样进行相关分析,其相关系数为-0.70 (见图 5)。从图 5 中可以看出,北大西洋海温东西向差异极大值与臭氧亏损高值







一一对应。分别对 12 个月和 168 个月的相关作 F 检验: F(12)=117.31, F(168)=162.22; 在信度(1- α)为 99%的标准 $F_{\alpha}(12)=9.33$, $F_{\alpha}(168)=6.63$, $F\gg F_{\alpha}$,即相关效果显著,通过检验。因此,我们认为可以把北大西洋海温东西向差异 作为斯堪的纳维亚地区臭氧亏损的一个重要预报因子。

7 结论

对 TOMS 臭氧和 NCEP 海温资料的分析发现:

(1) 冬季斯堪的纳维亚地区存在严重的臭氧亏损,中心值达-50 DU 以上;

(2)该地区臭氧亏损的纬向偏差有明显的季节变化,冬季出现亏损极大值(−54.3 DU,1月),相当于该月平均臭氧总量的16%;

(3)该地区臭氧亏损的季节变化与北大西洋海温的东西向差异密切相关,其相关系数为-0.96;

(4) 1979~1992年间 168个月的臭氧亏损和北大西洋海温东西向差异密切相关, 相关系数为--0.70。

由此认为可以把北大西洋海温的东西向差异(ΔSST)作为斯堪的纳维亚地区在气 候尺度变化上臭氧亏损的一个重要预报因子。

致谢: 本研究得到中国科学院大气物理研究所叶笃正院士和高登义教授的指导和建议,作者在此表示 衷心的感谢。同时,作者向提供 TOMS 臭氧总量资料的 Ms. Patricia 等人 (NASA Goddard Space Flight Center) 表示衷心的感谢。

参考文献

1 Farman, J. G. and J. D. ShaklinLarge, losses of total ozone in Antarctic reveal seasonal ClO_x / NO_x interaction,

- Nature, 1985, 315, 207~210.
- 2 Bojkov, R. D., L. Bishop, W. J. Hill, G. C. Reinsel and G. C. Tiao, A statistic trend analysis of revised Dobson total ozone data over the North Hemisphere, J. Geophys. Res., 1990, 95, 9785~9807.
- 3 Stolarski, R. S. et al., Measured trends in stratospheric ozone, Science, 1992, 256, 342~349.
- 4 Reinsel, G. C., G. C. Tiao, D. J. Wuebbles, J. B. Kerr, A. J. Miller, R. M. Nagatani, L. Bishop and L. H. Ying, Seasonal trend analysis of published ground-based and TOMS total ozone data through 1991, J. Geophys. Res., 1994, 99(D3), 5449~5464.
- Zou Han and Gao Yongqi, Long-term variation in TOMS ozone over 60-70°S, Geophys. Res. Lett., 1997b, 24(18), 2295~2298.
- 6 Zhou Xiuji and Luo Chao, Ozone valley over Tibeatan Plateau, Acta Meteorologica Sinica, 1994, 8, 505~506,
- 7 Zou Han, Seasonal variation and trends of TOMS ozone over Tibet, Geophys. Res. Lett., 1996, 23(9), 1029~ 1032.
- 8 Zou Han and Gao Yongqi, Vertical ozone profile over Tibet using SAGE I and II data, Adv. Atmos. Sci., 1997, 14(4), 505~512.
- 9 Braathen, G. O., M. Rummukainen, E. Kyro, U. Schmidt, A. Dahlback, T. S. Jorgensen, R. Fabian, V. V. Rudakov, M. Gil, R. Borchers, Temporal development of ozone with the Arctic vortex during the winter of 1991 / 1992, Geophys. Res. Lett., 1994, 21(13), 1407~1410.
- 10 Gathen, P., M. Rex, N. R. P. Harris, D. Lucic, B. M. Knudsen, G. O. Braathen, H. D. Backer, R. Fabian, H. Fast, M. Gil, E. Kyro, I. S. Mikkelsen, M. Rummukainen, J. Stahelin and C. Varotsos, Observed evidence for

2 Filin .

---- î **E**B

chemical ozone depletion over the Arctic in winter 1991-1992, Nature, 1995, 375, 131~134.

- 11 Manney, G. L., R. W. Zurek, L. Froidevaux and J. W. Waters, Evidence for Arctic ozone depletion in late February and early March 1994, Geophys. Res. Lett., 1995, 22(21), 2941 ~ 2944.
- 12 Manney, G. L., L. Froidevaux, M. L. Santee, R. W. Zurek and J. W. Waters, MLS observations of Arctic ozone loss in 1996-1997, Geophys. Res. Lett., 1997, 24(22), 2697~2700.
- 13 Orsolini, Y., D. Cariolle and M. Deque, Ridge formation in the lower stratosphere and its influence on ozone transport: A general circulation model study during late January 1992, J. Geophys. Res., 1995, 100(D6), 11113~ 11135.

The Relationship of Ozone Low over Scandinavian with the Surface Temperature of the North Atlantic

Zhou Libo, Zou Han and Ji Chongping

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

Wu Ruihuan

(Meteorological Bureau of Xiaoshan, Zhejiang Province, Xiaoshan 311200)

Abstract The distribution and seasonal variation of ozone loss over Scandinavia are analyzed using the TOMS ozone data and NCAR / NCEP reanalysis data. It reveals that there exists a strong ozone low over the Scandinavian and its adjacent areas. The ozone low varies with the season, and changes strongest in winter and weakest in summer. The relationship of the North Atlantic surface temperature (SST) with the ozone low shows a close correlation (negative). Therefore, we may estimate the ozone loss over the Scandinavian area using the North Atlantic SST as a predictor on a global climate change.

Key words: ozone loss; North Atlantic; sea surface temperature

E Mat	