

# 平流层大气臭氧含量变化特征

庞 昕<sup>1</sup>, 庞 伟<sup>2</sup>

(1. 商丘市气象局, 河南 商丘 476000; 2. 商丘市政法干校, 河南 商丘 476000)

**摘 要:** 利用卫星观测臭氧总含量 TOMS(第 7 版)资料, 分析了平流层臭氧含量的变化特征, 结果表明, 全球臭氧总含量呈下降趋势, 准两年振荡是臭氧变化中除年周期外的最显著的变化周期。

**关键词:** 臭氧; 下降; 准两年变化

**中图分类号:** P401

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-6372(2001)04-0027-02

## 引 言

自 70 年代初以来, 南、北半球中高纬均发生了臭氧减少现象, 1985 年 10 月, 英国科学家发现南极洲上空出现了一个巨大的“空洞”。南极“臭氧洞”的出现, 使人类赖以生存的大气环境面临着严重的挑战。

大气臭氧是近年形成的新学科分支——中层大气物理学——研究的主要对象。它是研究中、低层大气耦合作用的基础。Stolarski 等<sup>[1]</sup>对 TOMS 全球臭氧资料的研究发现, 臭氧减少主要发生在冬春季, 南极上空臭氧总量呈现每 10 a 减少 20% 的趋势, 北极和南、北半球中纬度 35~65° 地区的臭氧总量也存在着明显减少的趋势。葛玲等<sup>[2]</sup>研究表明, 15 年来大气臭氧损耗使南极平流层下部显著变冷, 对流层变暖。周秀骥等<sup>[3]</sup>据 TOMS 资料在对中国地区的大气臭氧总量变化分析中发现, 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。任福民等<sup>[4]</sup>研究了近 15 年全球臭氧的变化, 指出总体上北半球的下降趋势较南半球更加明显, 准两年振荡在强度和位相上基本上呈纬向分布, 并表现出赤道对称的特征。Jonathans 等<sup>[5]</sup>用平流层模式研究热带外地区和臭氧总量 QBO 机制时指出, 臭氧在低平流层 QBO 是由两个动力学机制引起的: 从低纬到中纬的 QBO 是“直接 QBO 环流”(有时又称为“赤道 QBO 引起的二级经圈环流”)产生的; 高纬的 QBO 是由赤道纬向风 QBO 引起的行星波位涡通量产生的。

大气臭氧在表现出下降的同时, 也包含着周期变化, 准两年振荡是除年振荡外最显著的振荡。史久恩等<sup>[6]</sup>对中国地区大气臭氧总量的研究表明, 中国南部地区臭氧变化也表现出显著的准两年振荡。

## 1 资 料

臭氧资料为 1978 年 11 月至 1993 年 4 月美国 Goddard Space Flight Center 的 TOMS(第 7 版本)全球网格点资料 and NCEP/NCAR(美国国家环境预报中心和国家大气研究中心)40 年再分析资料。由于臭氧资料在南、北纬 60° 至极区有缺

漏, 因此实际分析的资料范围为 60.5°S~60.5°N。为计算方便, 资料取整年, 即 1979 年 1 月~1992 年 12 月。

为消除年际变化, 将资料进行距平化处理, 即把每个格点的资料减去相应年份的 14 年平均值, 构成距平序列。

## 2 臭氧变化特征

### 2.1 臭氧总量随时间的变化

将臭氧距平资料进行全球平均, 得到全球臭氧总量随时间的变化(图 1)。从图 1 可以看出, 全球臭氧随时间总的呈下降趋势。

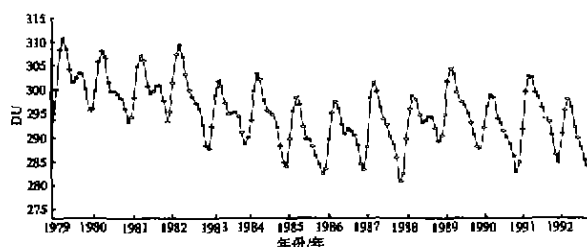


图 1 全球臭氧总量随时间的变化曲线

为了更详细地了解臭氧在各纬圈的变化, 又做了 60°S~60°N 范围内沿纬圈平均的各纬带臭氧距平随时间的变化图(图略), 由图可以看到, 各纬圈臭氧均有下降的趋势, 特别是北半球中高纬度下降更加明显。

### 2.2 臭氧的周期变化

#### 2.2.1 沿纬向变化的周期分析

滤波器的作用是将所需要的频率加强到最大, 将不需要的频率尽可能地减少到最小。这里使用的滤波分析就是将 TOMS 距平资料进行准两年的滤波(滤波器的中心周期取 28 个月), 以突出准两年周期性, 得到了图 2。图 2 直观地反映了全球臭氧的准两年周期, 并且表现出南半球的准两年振荡比北半球的更加明显; 在赤道附近和南、北半球的中纬度地区都显著地存在着准两年振荡。但在南、北纬的 10~20° 和 50° 以外这种振荡却不明显。

#### 2.2.2 Molet 小波分析

小波分析是在 80 年代发展起来的一种新型数据处理、信号分析方法。小波变换是一系列带通滤波器对信号进行滤波, 带通滤波器的带宽随中心频率的变化自动调节。本文采

收稿日期: 2001-05-18

作者简介: 庞 昕(1968-), 女, 河南商丘人, 工程师, 在读硕士研究生, 从事天气预报分析与研究

河南气象 2001 年第 4 期

用的是对周期具有较强分析能力的 Molet 小波分析 TOMS 臭氧资料在各纬圈的周期变化。

60°S~60°N 13 个纬带臭氧距平的 Molet 小波分析结果(图略)表明,臭氧在各个纬圈上均有比较明显的准两年振荡周期,并且臭氧在南半球的周期振荡频域较南半球宽广。

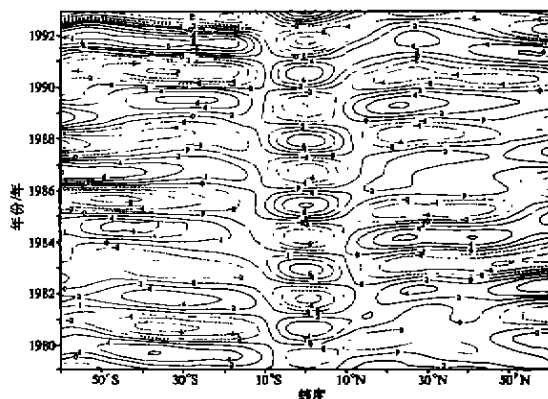


图2 滤波后的臭氧距平纬度-时间剖面图

### 3 臭氧与大气环流的关系

以上分析只是从总体上对臭氧变化的准两年振荡有了一个直观的了解,下面用 TOMS 臭氧资料和 NCEP/NCAR 40 年再分析资料进行相关分析,以期得到臭氧与赤道纬向风 QBO 之间更直接的关系。

平流层的准两年振荡(QBO)自上世纪 60 年代初被发现后,一直是大气科学的重要研究课题之一。下面我们对臭氧和低平流层纬向风 QBO 进行初步分析。

根据以往工作<sup>[6]</sup>,10 hPa 和 70 hPa 纬向风标准化距平之差的时间序列 $(\Delta \bar{u}_{10} - \Delta \bar{u}_{70})$ 具有比较好的准两年周期。我们以该序列作为赤道低平流层准两年振荡的标准序列与全球臭氧距平资料计算同时相关。计算分析发现:相关系数几乎呈纬向分布,在赤道附近为全球相关系数最大的区域,最大相关系数在 0.5 以上;在南、北半球的中纬度地区为相关系数次大地区;南、北半球中、高纬度地区的相关系数与赤道地区符号相反。这表明臭氧的准两年振荡在赤道地区与南、北半球中、高纬度是反位相的,而在两半球中、高纬度地区则是同步的。在赤道低平流层纬向风为西风切变位相下对应赤道地区臭氧较常年偏多,而南、北半球的中、高纬度臭氧较常年偏少;反之,在赤道低平流层纬向风为东风切变位相下,赤道地区臭氧较常年偏少,南、北半球的中高纬度臭氧较常年偏多。

臭氧分布主要在平流层,最多出现在赤道上空 30~35 km

处,冬季极夜地区也有大量的臭氧存在(这说明空气运动使臭氧从低纬向高纬输送)。所以当赤道低平流层处于西风切变位相时,对流层上层有异常上升运动,有正的高度距平,Walker 环流减弱,低纬经向环流减弱,臭氧由低纬向两半球中、高纬输送偏少,臭氧在低纬偏多。反之,在东风位相下,平流层低纬度经向环流加强,臭氧向中、高纬度输送偏多,因而臭氧在低纬偏少,而在中、高纬度偏多。

徐国强在其博士论文中指出大气臭氧变化总量的减少(增加)使平流层吸收的太阳紫外辐射减少(增加),从而加强(减弱)了到达对流层的太阳紫外辐射,将导致平流层温度降低(升高),对流层低层的温度升高(降低)。同时,也对大气环流产生影响,使极涡加深。大气中的臭氧含量和大气环流是相互影响的。大气环流的垂直交换和水平输送影响着臭氧含量的分布和变化;而大气中臭氧含量的分布和变化又影响着平流层的热状态,进而对大气环流及其动力过程发生影响。

### 4 结论

① 自 70 年代以来,全球臭氧均呈现下降趋势,并且北半球比南半球的下降更加明显。

② 准两年振荡是全球臭氧变化中除年周期外最显著的周期,其强度和位相基本呈纬向分布。在赤道地区附近和南、北半球的中纬度地区 QBO 较显著,南、北纬 16°附近和高纬地区则无明显的周期,南半球臭氧 QBO 比北半球 QBO 明显。

③ 当赤道低平流层为西风切变位相时,臭氧在低纬度地区是增多的,而在高纬度地区则是减少的;当赤道低平流层为东风切变位相时,臭氧在低纬度地区是减少的,而在高纬度地区则是增加的。

④ 大气中的臭氧含量和大气环流是相互影响的。

### 参考文献:

- [1] Stolarski R S, Bloomfield P, Mepeters R and Herman J. Total ozone trends deduced from NIMBUS 7 TOMS data[J]. Geophys Res Letts, 1991, 18(6): 1015-1018
- [2] 葛玲, 梁佳兴, 陈毅良. 南极对流层平流层下部气候变化特征及其原因[J]. 南京气象学院学报, 1997, 19(1): 47-53
- [3] 周秀骥, 罗超, 李继亮, 等. 中国地区臭氧总量变化与青藏高原低值中心[J]. 科学通报, 1995, 40(15): 1396-1398.
- [4] 任福民, 王梅华, 周秀骥, 等. 近 15 年全球臭氧变化[J]. 气象学报, 1998, 56(4): 485-492.
- [5] Jonathans S, Ka Kit Tung. Mechanisms for the extratropical QBO in circulation and ozone[J]. J Atmos Sci, 1999, 56(15): 1942-1962.
- [6] 吴洪宝, 余金波. 低平流层准两年变率研究[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(3): 305-31.

## The Evolution Characteristics of the Stratospheric Ozone

PANG Xin<sup>1</sup>, PANG Wei<sup>2</sup>

(1. The Shangqiu Meteorological Bureau, Shangqiu 476000, China; 2. Judicature Cadre Cultivated School of Shangqiu, Shangqiu 476000, China)

**Abstract:** Based on global TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer, vol. 7), the study aimed at the evolution characteristics of the stratospheric ozone ( $O_3$ ), the results show that total ozone decrease and it is discovered that quasi-biennial oscillation (QBO) is the most significant period in the change of ozone except the annual variation.

**Key Words:** Ozone; Decrease; Quasi-biennial oscillation