

北半球中纬度地区上层臭氧 变化的合成分析研究

陈 辉

(中国科学院大气物理研究所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室, 北京 100029)

摘 要 应用逆转方法 (C), 对北半球中纬度地区 8 个观测质量较好的 O_3 地面站的近 30 年地面遥感逆转资料进行标准处理。采用合成分析方法, 对中纬度带上层 O_3 进行了分析研究, 发现上层 O_3 总的长期演变趋势较为平坦, 仅 80 年代初及 90 年代初在 36 km 以上层 O_3 含量有突降现象。这可能与 EL Chichon 大火山爆发和 Pinatubo 大火山爆发有较大关系。此外, 在上层 O_3 含量的长期演变过程中, 还可看到准 11 年周期, 并证实 28~36 km 层及 36 km 以上层 O_3 含量季节变化位相相反。本研究结果可能对南极 O_3 洞的形成机制及近年来 O_3 层变浅薄的机制的认识提供依据并产生影响。

关键词 上层臭氧 合成分析 火山爆发

1 引言

确定 O_3 的长期变化趋势, 特别是上层 O_3 的变化趋势, 是目前中层大气物理科学中较为困难的问题之一^[1]。

在本世纪 20 年代, 人们开始用 Dobson O_3 仪对大气进行观测^[2]。而大量的地面常规观测开始于 50 年代末 60 年代初。尽管地面台站记录覆盖率有限, 但它是目前确定长期变化趋势最宝贵的资料。

近年来的观测表明, 全球臭氧变化较为异常。从 70 年代末开始, 全球臭氧量明显下降, 特别是在南极上空春季出现所谓臭氧空洞现象。这些结果被卫星探测进一步证实。臭氧层的重要作用也愈来愈受人们重视, 它对大气层的存在进而维持全球长期气候稳定和生态环境的平稳等都具有重要作用。因此, 正确认识臭氧剖面的长期演变趋势和规律有着重大意义。

由地面遥感反演而获得的垂直剖面资料是目前为期最长的数据。本文利用逆转方法 (C)^[3], 对北半球中纬地区状态良好的 8 个站 30 年的臭氧地面逆转遥感资料^[4]进行合成分析处理, 研究了中纬地区上层 O_3 的时空演变特征, 得到了一些有趣的结果。

2 中纬度地区上层 O_3 的长期趋势分析

根据 WMO 全球臭氧资料中心的臭氧资料, 选取北半球中纬地区国际公认的运行状态良好的北京香河站、TATENO 等 8 个站的资料 (见表 1), 用逆转方法 (C) 进行

表 1 选取的各台站资料情况

站 名	经纬度	起始年份	总记录数 / 个
BOULDER	40°01'N, 105°15'W	1978~1991	1182
LISBON	38°46'N, 9°08'W	1967~1991	873
SAPPORO	43°03'N, 141°20'E	1965~1991	380
MONT-LOUIS	42°30'N, 2°08'E	1965~1977	498
HAUTE PROVENCE	43°55'N, 5°45'E	1981~1991	1015
TORONTO	43°47'N, 79°28'W	1965~1973	109
TATENO	36°03'N, 140°08'E	1965~1991	2808
BEIJING	39°46'N, 117°00'E	1979~1991	556

统一标准处理, 利用合成分析的方法, 克服了资料少问题, 得出 1965~1991 年上层 O_3 的月平均资料 (见图 1)。

从图 1 可得, 在 1965~1991 年间, O_3 上层表现为: (1) 有规律性的季节变化; (2) 总体变化趋势基本平稳。为更清楚地反应出长期趋势, 我们消去季节变化影响, 对月平均资料进行年平均处理, 得到了 1965~1991 年上层 O_3 的年变化 (见图 2)。

从图 2 可以看出: (1) 上层 O_3 有周期变化。第 1 个峰值出现在 1968~1969 年附近, 第 2 个峰值出现在 1979 年前后, 第 3 个峰值出现 1990 年附近。在 36 km 以上层, 在 1991 年有一个突降 (我们将在下节讨论)。变化周期约为 10~11 年, 这与太阳黑子周期相近。(2) 对于 O_3 含量, 我们做了趋势分析。其一, 图中下面的直线 A 表示 1965~1991 年共 27 年的变化趋势。对 36 km 以上层而言, 其变化率为 -2.1%, 即下降了大约 2%; 对 28~36 km 层而言, 其变化率为 -0.13%, 即基本未有变化。其二, 1982 年和 1991 年的两次大火山爆发, 使得 O_3 有两次突降 (下节讨论)。把火山爆发影响扣除, 然后计算了 36 km 以上与 28~36 km 两层 O_3 的长期趋势 (上面的直线), 其变化率分别为 -0.13% 与 0.37%, 即基本未见变化。

总结以上 8 个站大量数据的合成分析, 从本世纪 60 年代中到 90 年代初, 中纬地区上层 O_3 量的变化, 除去带有周期的和短期的突变外, 总的长期趋势是平稳的。

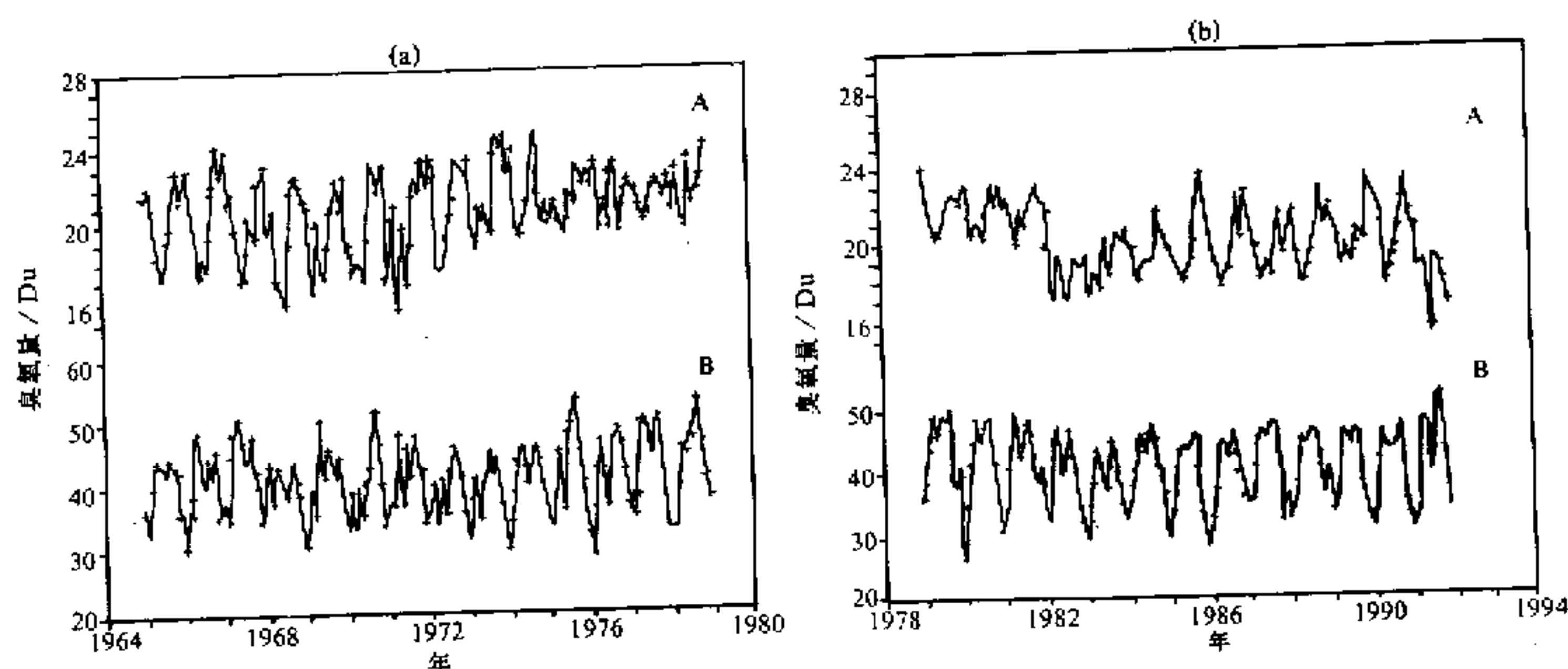
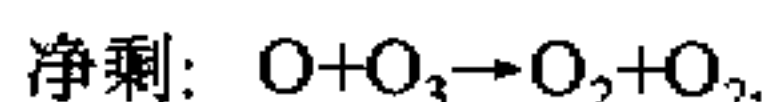
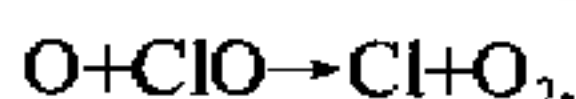
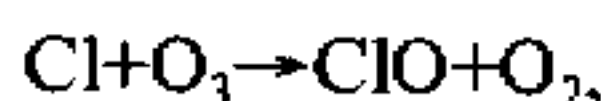


图 1 1965~1991 年上层臭氧量月平均变化图

(a) 1965~1978 年; (b) 1979~1991 年。A: 36 km 以上层; B: 28~36 km 层

3 中纬度地区上层 O₃ 的突变分析

从图 1b 的 A 图中可发现,除了季节振荡外,有两次明显的突变,一次发生在 1982~1983 年,另一次发生在 1991 年。这种现象同样可以在图 2 的 A 图中的看到。这种在 36 km 以上层的 O₃ 含量的突变现象给人们带来一个非常重要的信息,即大气 O₃ 含量的向下突变和大火山的爆发有关系。1982 年 3 月底,墨西哥的 El Chichon 大火山特大爆发,1991 年 6 月底,菲律宾的 Pinatubo 大火山特大爆发,而上述两次极明显的上层突变向下,都发生这两年和它以后的时间里。火山爆发喷发出大量多种成分的气体及气溶胶,其中有氯化物及氮氧化物、氢化物等气体。人们估计,仅氯化物气体中的氯氮离子的含量就高出人类活动所释放的氯的年释放量几个数量级^[5]。换言之,人类活动所释放的氯的年总量只及一次大火山爆发所释放的氯的千万分之一。而且,火山强大的喷发冲力很有利于将这些气体带到平流层内。经光化学作用而释放出的氯气分子产生如下反应:



由上面的反应式可见,氯原子通过循环反应消灭 O₃,一个氯原子可以消灭大约上万个 O₃ 分子。由于 36 km 以上层属于纯光化控制区,因此,火山爆发后,反应明显。而某一地区的总量变化,由于受到大气环流等方面的影响,不一定能很快反应出来,但对全球来讲,大火山爆发后,总量的下降是很明显的^[6]。此外,需要指出,已有观测证明,火山喷发物中的气溶胶能量显著地减少平流层中的 O₃ 含量^[7]。

4 上层 O₃ 量变化的位相特征

对月平均资料采用多年平均的方法,获得上层臭氧量的季节性变化图(见图 3)。

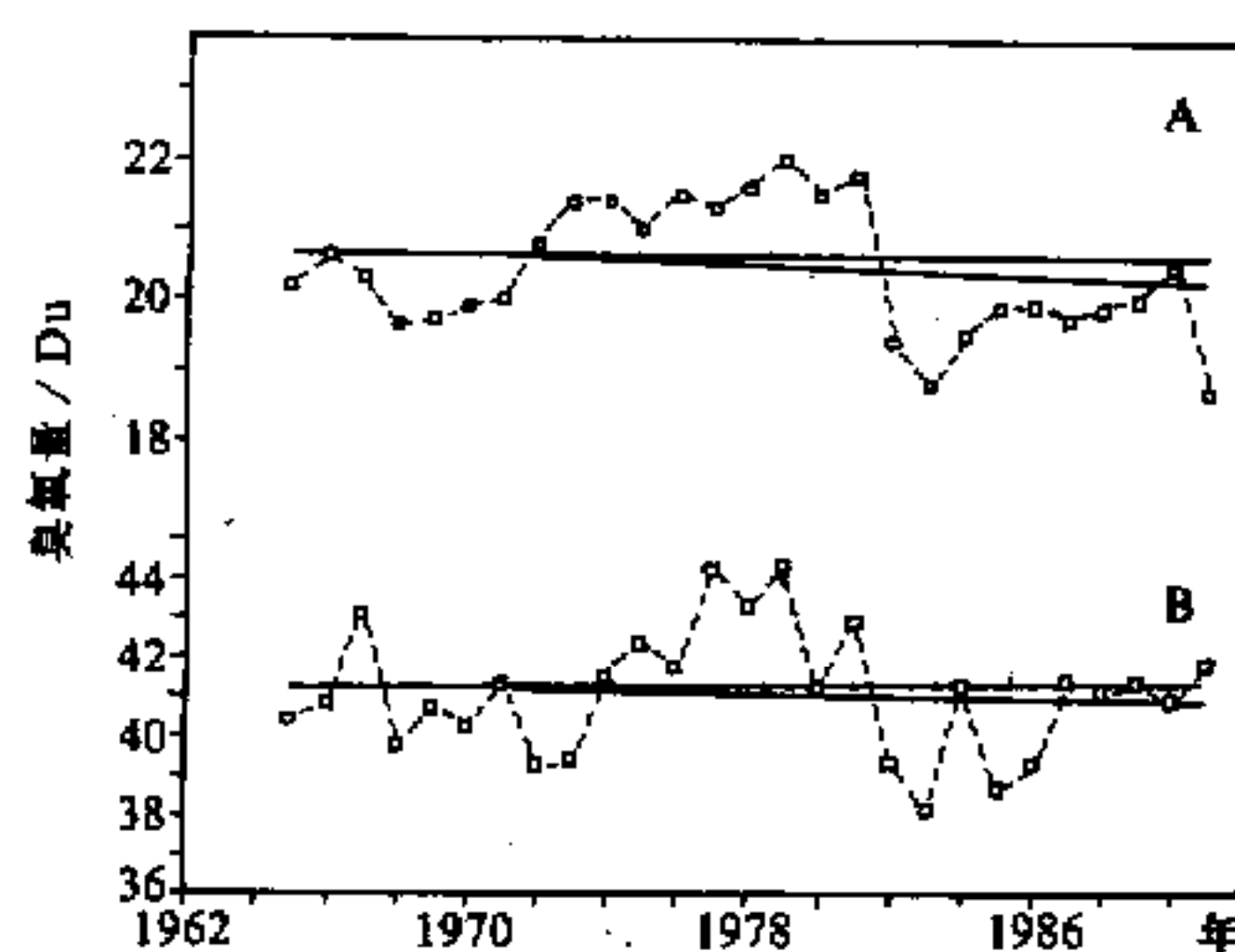


图 2 1965~1991 年上层臭氧量年平均变化图

A: 36 km 以上层; B: 28~36 km 层

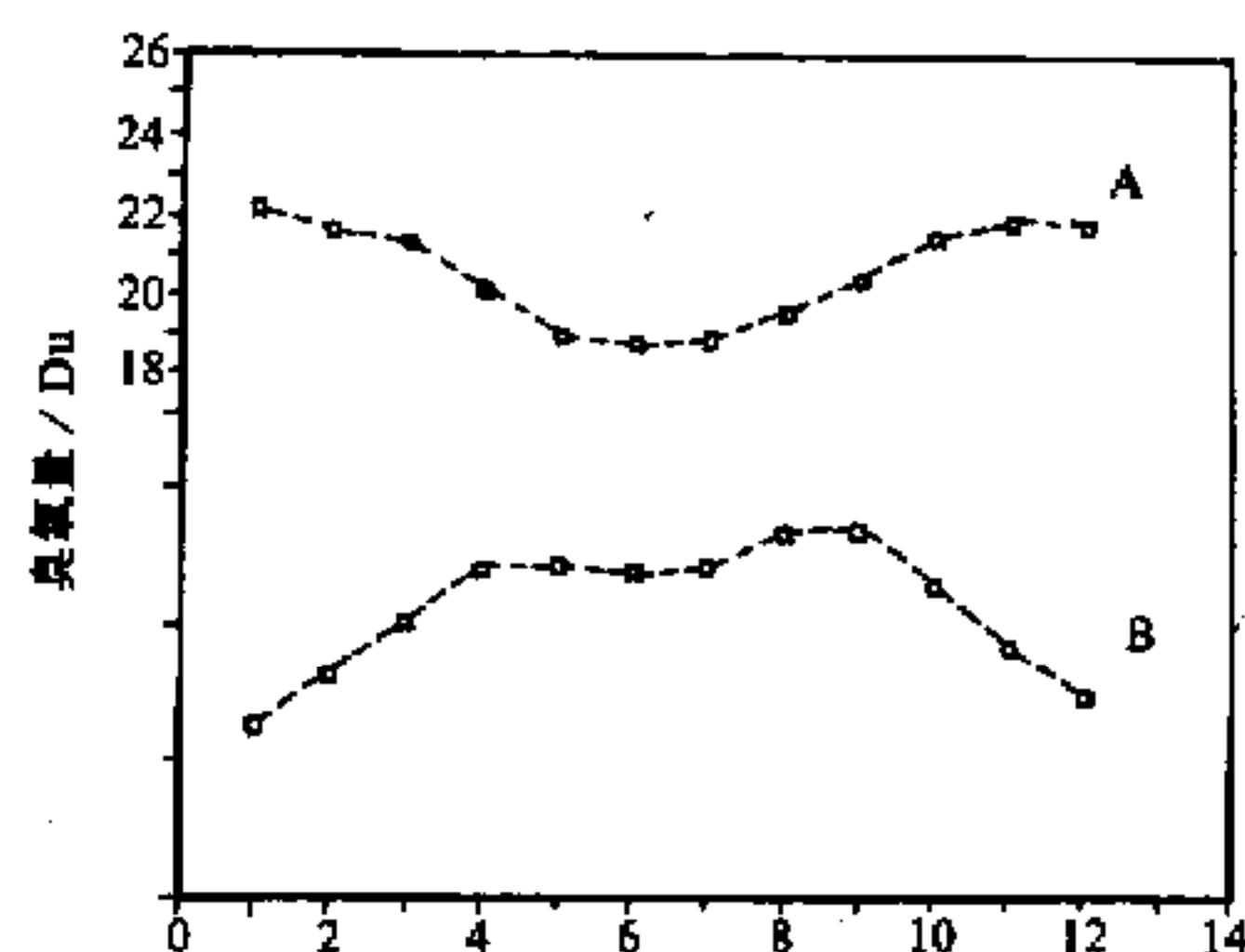


图 3 上层臭氧量季节变化图

A: 36 km 以上层; B: 28~36 km 层

从图 3 可以清楚地看出: 28~36 km 层与 36 km 以上层有着明显的反相关季节性变化特征, 其相关系数达 -0.79。这与订正后的北京地区 SBUV 资料的分析结果^[8]一致 (见图 4)。

在 36 km 以上层, O_3 含量冬春季为极大值区, 秋季为极小值区, 而在 28~36 km 层, O_3 含量冬春季为极小值区, 夏秋季为极大值区。这在图 3 和图 4 上都有一致的表现。需要强调指出是, 这种北半球中纬上层臭氧量的季节性变化位相相反特征^[8]通过此次较多资料的合成分析被进一步确认和证实。形成上层 O_3 含量不同的季节性变化特征的原因是, 在光化平衡时, 决定臭氧量的温度和密度参数在这两层有着不同季节变化^[8]。

5 结论

通过对大气 O_3 层大量地面遥感资料的合成分析研究, 得到如下结果:

- (1) 本世纪 60 年代中期至 90 年代初期, 近 30 年间北半球中纬度带地区上层 O_3 含量基本呈平稳变化。
- (2) 80 年代初期与 90 年代初期在 36 km 以上层 O_3 含量有突变现象, 这和 1982 年的 El Chichon 火山大爆发、1991 年的 Pinatubo 火山大爆发有重要关系。
- (3) 通过合成分析得出北半球中纬地区上层 O_3 量的季节性变化状况。再一次证实先前所发现的 28~36 km 层与 36 km 以上层 O_3 含量的季节变化的位相相反现象。
- (4) 中纬度地区上层 O_3 含量有较为显著的准 11 年周期振荡, 这和太阳黑子活动的准 11 年周期有关。

参 考 文 献

- 1 Richard D. Mcpeters and W. D. Komhyr, 1991, Long-term changes in the total ozone mapping spectrometer relative to world Dobson Spectrometer 83, *J. Geophys. Res.*, **96**(D2), 2987~2993.
- 2 Dobson G. M. B. and D. N. Harrison, 1926, Measurements of the amount of ozone in the earth's atmosphere and its relation to other geophysical conditions, *Proc. R. Soc. London*, **110**, 660~693.
- 3 魏鼎文、林启锦, 1964, 测量大气 O_3 垂直分布的逆转方法 (C) ——对逆转方法 (A) 与 (B) 的改进, *地球物理学报*, **4**, 260~270.
- 4 Canadian Department of Environment, *Ozone Data for the World*, 1965~1991.
- 5 Maduro, R. A. and R. Schauerhammer, 1992, *The Holes in the Ozone Scare*, 21st Century Science Associates, Washington, D.C.
- 6 魏鼎文、柳燕, 1996, 大气 O_3 层的长期演变特征, *地磁大气空间研究及应用*, 北京: 地震出版社, 282~268.

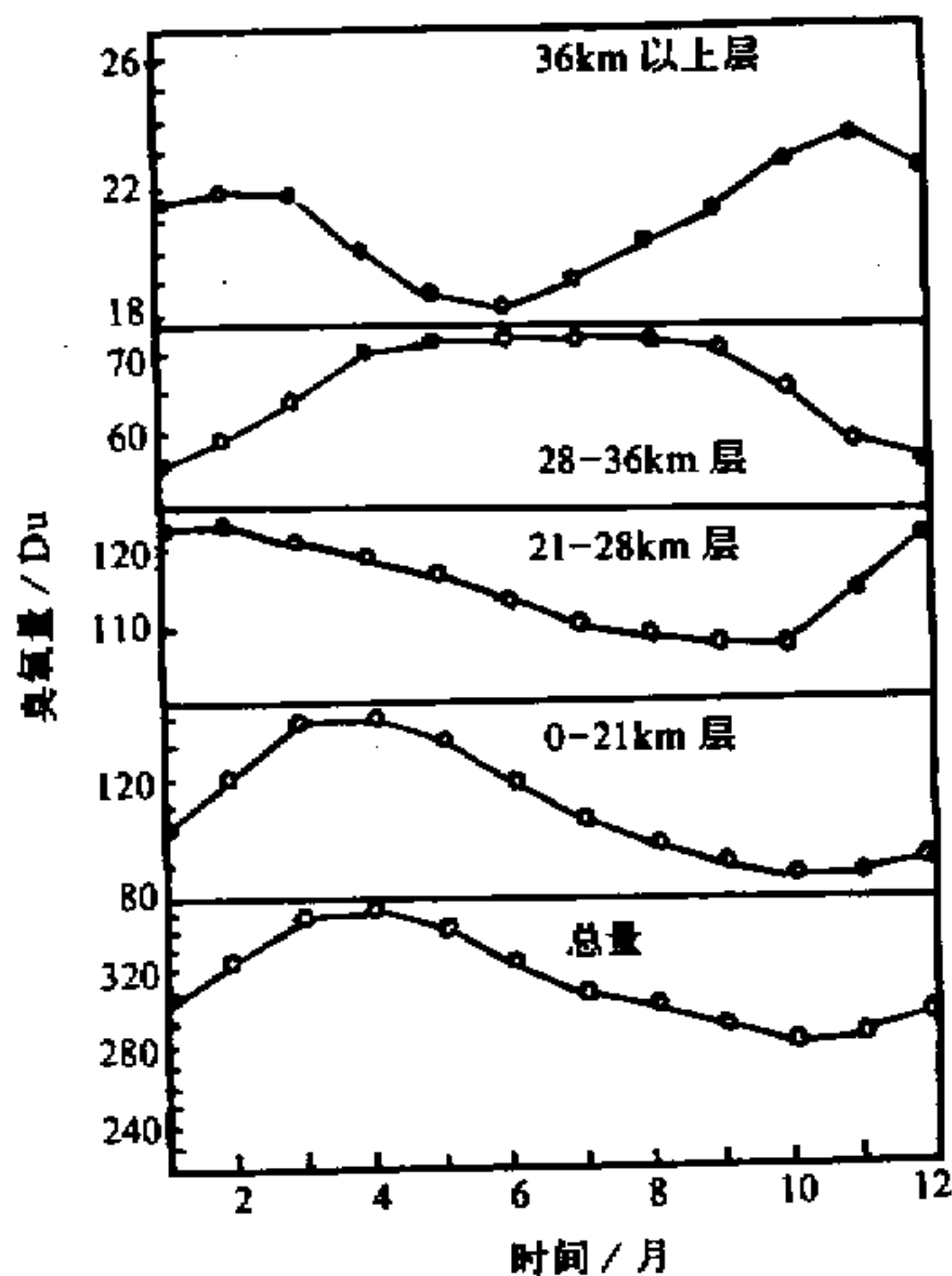


图 4 北京地区臭氧总量及各层臭氧量季节变化图

- 7 Grant W. B., Brwell E. V., Brakett, V. G. et al., 1992, Volcanic-aerosol-induced changes in stratospheric ozone following the eruption of Mt. Pinatubo, in: *Proc. of the Quadrennial Ozone Symposium 1992*, ed.: Hudson, R. D., Virginia, U. S. A. NASA, 631~634.
- 8 魏鼎文、陈辉, 1991, 北京地区臭氧垂直分布的演变趋势与特征的研究——卫星 SBUV 资料与地面遥感对比分析, 地球物理学报, 34(4), 415~425.

The Composite Analysis of Upper Level Ozone at Northern Middle Latitudes

Chen Hui

(State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract This paper presents the trends and characteristics of upper ozone layers over middle latitudes by the analyses of the Umkehr data of the period of 1965~1993. The results, from 1965 to 1993, show that the upper ozone variation of middle latitudes per decade are about $-1\sim 2\%$, and the ozone seasonal variations between the layer of 28~36 km and the layer of above 36 km have opposite phases. Because of the eruption of El Chichon and Pinatubo, during the period of 1982~1983 and after 1991 there was a sudden change in upper layer.

Key words upper level ozone composite analysis volcanic eruption