

大气臭氧总量变化与大气环流 关系的研究

王贵勤 肖文俊
(北京大学地球物理系)

近六十年的研究都证明了臭氧与大气环流有密切关系,问题在于各种大气运动对臭氧的影响程度及其物理机制需要进一步研究,并且已成为大家所关注的问题。本文把臭氧作为被动因子随着大气环流而迁移,在观测资料分析的基础上,阐明臭氧与大气环流的关系及其物理机制。

一、臭氧总量变化与地面气压形势关系

臭氧总量的变化与地面气压形势是否存在直接的相互联系,许多作者得出不同的结论^[1,2]。

我们分析了1957—1959年位于不同纬度上的18个台站的臭氧观测资料和地面气压形势图。当地面图上气压系统——气旋、反气旋移过测站时,将气旋、反气旋分为前部和后部,分别统计与臭氧总量的变化,其结果见图1。图1表明:当气旋通过测站时,在气旋的后部为正偏差,即臭氧总量增加,其前部为负偏差即臭氧总量减小;当反气旋过境时,在反气旋的前部为正偏差即臭氧总量增加,其后部为负偏差即臭氧总量减少。臭氧总量变化幅度在中纬度比较大,这因为中纬度冷暖气团交替明显,并与大气臭氧随纬度的变化规律是一致的。

我们分析了北京地区臭氧总量与地面气压变化的关系。图2a, b分别是1981年1月和10月份的臭氧总量和地面气压的5天滑动平均随时间的变化。可见,臭氧总量与地面气压的变化存在正相关趋势^[2]。但相关系数并不很大,特别是在夏季,这可能是由于用单站气压资料没有考虑气压系统位置的关系

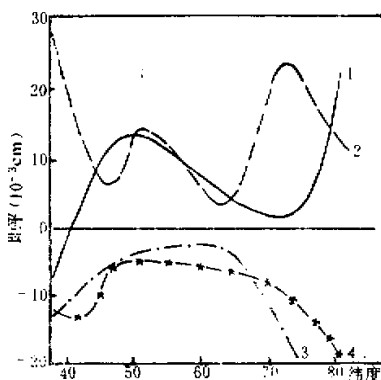


图1 气旋和反气旋前部和后部臭氧总量的变化
1——气旋后部, 2——反气旋前部, 3——气旋前部,
4——反气旋后部

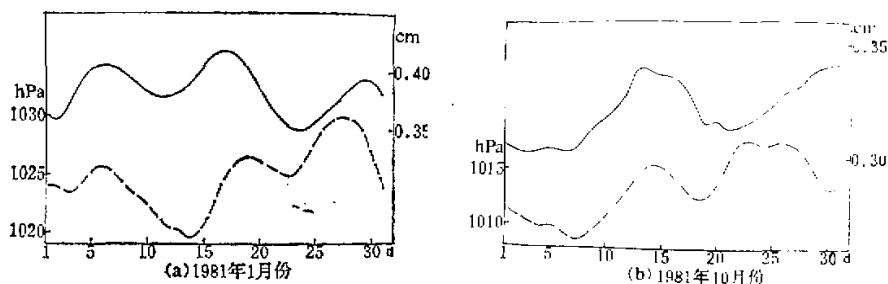


图2 臭氧总量和地面气压5天滑动平均值随时间变化

——臭氧总量 ----地面气压

系。例如图2b中臭氧低值区的4日08时,北京位于气旋暖区里,观测到臭氧总量小,日平均为0.30cm,而高值区的13日08时,北京位于高压中心的前部,臭氧总量比较大,日平均为0.37cm。

二、臭氧总量变化与高空等压面形势的关系

臭氧具有保守的特性,它同空气的混合比随着气团迁移保持不变。利用臭氧的这一保守特性,可以把它作为示踪剂研究大气环流。人们早就发现当高空槽通过时,臭氧总量增加;高空脊通过时,臭氧总量减少。臭氧总量与等压面高度存在负相关。Гущин^[8]还指出:在急流的作用下,大气臭氧场明显地变形,在急流轴的左侧臭氧总量上升,在急流轴右侧下降。

Гущин^[8]分析了100hPa高空形势图及臭氧总量的变化指出:在北半球上空盛行纬向气流时,使富含臭氧的高纬区与少含臭氧的低纬区隔开,阻碍了臭氧的经向输送,臭氧变化不大;而盛行经向气流时,纬向交换使臭氧总量发生明显变化。同时还指出,不能单用纬向交换强度来解释,还要考虑辐射因素的作用。

我们计算北京地区臭氧总量与100hPa等压面高度存在负相关,这种负相关在春季和夏季最为明显,其相关系数分别为-0.65, -0.64。

利用欧洲、亚洲和美洲不同纬度台站资料统计臭氧总量与200hPa气压形势的关系结果如表1^[9]。表1表明:在200hPa等压面上出现高空槽时,臭氧总量为正偏差,占统计数的79%,而且正的数值大;在200hPa等压面上出现高空脊时,臭氧总量为负偏差,占统计数的76%,负值也大。

魏鼎文等^[9]计算了北京地区300hPa和500hPa等压面高度与臭氧总量的相关,二者

表1 200hPa等压面高空槽和脊与臭氧总量偏差。(单位: 10^{-3}cm)

	样本总数	正偏差	百分比	负偏差	百分比
槽	80	+63	79	-17	21
脊	33	+8	24	-25	76

都存在负相关。300hPa 比 500hPa 明显,特别是夏季的 300hPa 相关系数高达 -0.86 。

我们分析了北京地区臭氧总量与 500hPa 等压面高度的逐日变化(见图 3)。从图中看出 500hPa 等压面高度和臭氧总量 3 天滑动平均变化距平曲线具有反位相规律。

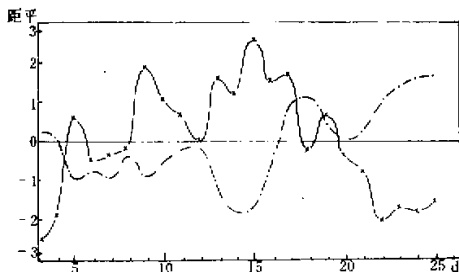


图 3 臭氧总量与 500 等压面高度 3 天滑动平均距平逐日变化曲线
(1980 年 1 月 3 日—1 月 25 日)

—x—臭氧总量 ———500hPa

(纵坐标为距平,每单位代表 0.01cm 和 40 位势米)

三、讨 论

1. 从统计得到位于气旋和反气旋前后部的臭氧总量的变化趋势,实质上是受高空气压系统配置控制。地面气旋的后部和反气旋的前部,相对应的是高空低槽位置,槽后的偏北气流从高纬度流向低纬度,将高纬度富含臭氧向低纬度输送,导致局部地区臭氧总量增加的趋势。地面气旋的前部和反气旋的后部,相对应的是高空高压脊的位置,脊后偏南气流从低纬流向高纬度,将低纬少含臭氧向高纬度输送,导致局地臭氧总量减少趋势。臭氧总量在经向环流时变化十分剧烈,而在纬向环流时变化较小。

2. 分析北京地区的臭氧总量与地面气压变化趋势得到两者存在正相关关系,实质上与上面讨论是一致的。我们知道:当地面出现气压值下降的趋势时,表明高空有高压脊通过,使臭氧总量出现减少趋势;当地面出现气压上升的趋势时,说明高空有槽通过,使臭氧总量出现增加趋势。

3. 我们采用二维垂直环流模式进一步讨论在地面出现低压系统和高压系统时高空的垂直环流结构及导致臭氧总量变化的动力和热力的物理机制。当地面为低压系统区域,低空是辐合上升运动,对流层上层是辐散,辐散最大值约在对流层顶高度附近,必伴随平流层低层辐合下沉运动。在这支垂直环流上空,根据补偿原理推论出平流层中上层有辐合上升运动。上升运动把臭氧层抬高并向周围扩散,在太阳紫外辐射作用下,臭氧处于光化不稳定状态,由于扩散和光化过程分解使局部地区上空臭氧含量减少。当地面为高压系统区域,同理,在平流层的中上层为下沉气流,使臭氧层降低,在低层臭氧的光化过程进行缓慢,处于光化稳定状态,局部地区上空臭氧得到堆积出现增加的趋势。

4. 归纳以上不同作者研究臭氧总量与地面气压和等压面高度值的相关系数(见表 2)。由表 2 比较可知,臭氧总量与地面气压值存在正相关,其相关系数比较小,特别是夏

季,而与各等压面高度存在负相关,以 300hPa 等压面高度的相关性为最好,全年各季节其相关系数都大于其它各层的相关系数值,最大值达 -0.86 ,出现在夏季。臭氧总量与等压面高度呈负相关这一事实,再一次证明了出现高空槽时,臭氧总量增加,出现脊时,臭氧总量下降的结论。臭氧总量与 300hPa 等压面高度相关性最好这一事实,说明用二维垂直环流结构模式解释臭氧总量与高空、地面气压数值变化趋势关系的合理性。

表 2 臭氧总量与地面气压, 500hPa, 300hPa, 100hPa 高度的相关系数

季节	地 面		500hPa		300hPa		100hPa	
	样本数	相关系数	样本数	相关系数	样本数	相关系数	样本数	相关系数
春	42	0.38	98	-0.57	98	-0.66	68	-0.65
夏	35	0.02	104	-0.79	104	-0.86	90	-0.64
秋	53	0.45	81	-0.54	81	-0.64	78	-0.49
冬	47	0.20	85	-0.49	85	-0.51	120	-0.29

从以上讨论,我们认为:臭氧总量的变化是受大气水平运动和垂直运动所控制以及太阳辐射的影响,而水平运动中的经向气流交换是臭氧场变化的主要因素;并以高空等压面上槽脊形式,当高空槽过境的区域,臭氧总量增加,高空脊过境的区域,臭氧总量减少;从统计结果来看,臭氧总量与 300hPa 等压面变化存在最好的负相关。因此,我们认为,利用 300hPa 等压面上高度与臭氧总量的相关性来预报臭氧总量的变化是值得进一步深入研究的。

参 考 文 献

- [1] Ван Гуй-цзинь, Г. П. Гушин, Колебания общего Содержания Атмосферного Озона в циклонах и антициклонах, Труды ГГО вып. 106 1961
- [2] 王贵勤,肖文俊,1985,北京地区大气臭氧总量与地面气压和温度的变化,北京大学学报,第 5 期。
- [3] Г. П. Гушин, К вопросу О распределении озона в зоне струйных течений, Труды ГГО вып. 357, 1976.
- [4] Г. П. Гушин, Колебания Общего содержания озона и циркуляция воздуха в Стратосфере в зимний период, Труды ГГО вып. 357, 1976.
- [5] 魏期文等,1983,中国北京地区大气臭氧层的基本状态及其与气象要素的相关分析,大气科学,第 7 卷,第 4 期。

《地理科学》征订启示

《地理科学》是地理学综合性学术刊物,主要反映我国地理科学领域的研究成果,促进国内外地理学的学术交流,为国民经济建设和四个现代化服务。《地理科学》主要刊登地理学科包括自然地理及其分支学科(水文、气候、土壤、植被、地貌、环境地质、沼泽等)、人文地理、地图、遥感以及资源开发、国土整治规划及环境保护等方面的论文、综述、研究报道等。读者对象主要是有关科研单位、大专院校师生和水利、气象、农业、环保等生产部门。

本刊为季刊,由科学出版社出版,国内外公开发行。全国各地邮局均可订购。国内刊号 8—31,国外刊号 Q-688,国际期刊编号:ISSN 1000—0690。国内每期定价 1.60 元。有漏订或补订的单位或个人,可径向本刊编辑部订购。汇款请寄吉林省长春市工农大路 10 号《地理科学》编辑部,或汇至长春市工商银行红旗街分理处,帐号: 89307。

《地理科学》编辑部