

青藏高原大气臭氧研究^①除 多^②

(西藏自治区气象局科研所, 拉萨 850000)

提 要

总结了国内外有关青藏高原大气臭氧方面开展的研究工作,并简要地介绍了1996~1999年利用NILUV观测仪器在拉萨地区进行臭氧和紫外辐射观测的初步结论。

关键词: 青藏高原 大气臭氧 大尺度环流

青藏高原位于我国西部,亚洲大陆的中部,总面积250万平方公里,素有“世界屋脊”和“地球第三极”之称。青藏高原不仅是我国和南亚、东南亚地区主要河流的发源地,也是北半球气候变化的启动区和调节区。这里的气候变化不仅直接驱动我国东部、西南部的气候变化,青藏高原的大气环流和大气中各种热力作用对我国和北半球产生重大影响,对全球的气候变化也具有明显的敏感性和调节性^[1]。

1 青藏高原大气臭氧研究现状

中国大气臭氧研究最早出现在40年代。50年代以来逐步建立了臭氧总量观测工作以及观测资料分析研究工作。从1979年开始,正式加入世界气象组织大气臭氧监测网,而近地面大气臭氧的观测与研究工作从80年代才起步^[2],但对青藏高原的大气臭氧研究从90年代才开始。虽然80年代及这以前对青藏高原的太阳紫外辐射有较多的研究,但尚未涉及与之密切相关的臭氧的研究。90年代初中国气象局和世界气象组织合作在位于我国青藏高原东部青海省境内的瓦里关山(海拔3810m,36°17'N,100°54'E)建立了全球内陆高原型大气本底观测站,大气臭氧的观测是其中的一个重要项目^[3]。1993年郭松

等利用该站的观测资料分析表明青藏高原地区的大气臭氧柱总量低值的特点^[3]。90年代青藏高原臭氧研究的重要里程碑是周秀骥首先发现了青藏高原臭氧低值中心^[4]。他于1994年利用1979~1991年美国雨云气象卫星TOMS资料对中国地区臭氧总量时空分布分析时发现6月份在青藏高原上空存在明显的臭氧总量低值(见图1、2、3),这个中心一直维持到9月份。10月份以后,臭氧低值中心逐渐消失。与我国同纬度地区对比时发现两地冬春季的臭氧总量月平均值差别很小,偏差不过3%,可夏季差别可达10%左右,最高偏差发生在6月份,达11%。显然,青藏高原夏季存在显著的臭氧损耗增强的物理与化学过程,其损耗虽不如南极“臭氧洞”,但在北半球是非常异常的现象,称之为青藏高原臭氧低值中心^[4]。郑向东等人1994年利用Brewer臭氧光谱仪观测了瓦里关山站的臭氧总量,结果表明该站地面1~4月份臭氧总量年际变化明显,UV-B辐射的季节变化趋势也明显^[2]。史久恩等人1994年分析中国地区臭氧变化时得出,虽然中国地区大气臭氧变化中最显著的特点是周期变化,周期为12个月的年变化,还存在着较显著的准两年振荡,但是青藏高原拉萨站大气臭氧既有纬

① 西藏自治区科委重点科技资助项目,编号46

② 现为中国科学院地理科学和资源研究所在读研究生

度较高站点的部分特征,在长期趋势变化特

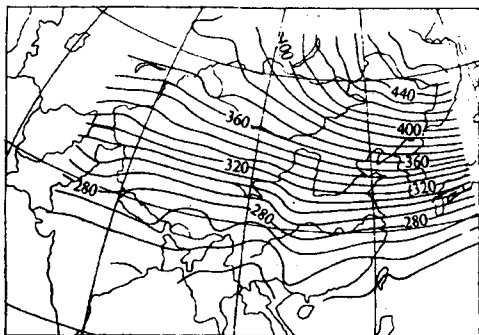


图1 1979~1991年臭氧总量1月份平均值分布
(周秀骥等,1995)

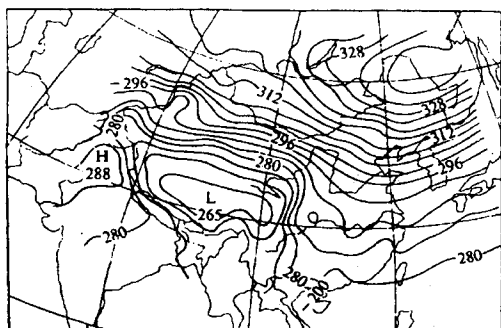


图2 1979~1991年臭氧总量9月份平均值分布
(周秀骥等1995)

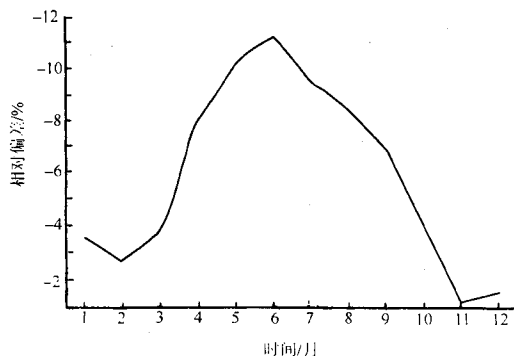


图3 青藏高原臭氧总量月平均值与同纬度
东部地区值的相对偏差(周秀骥等1995)

征中,拉萨站又与 32°N 以南的站点类似^[2]。由于拉萨地处青藏高原中部,海拔高度使其

两年振荡的周期特征不明显^[2]。

对流层臭氧不仅是边界层中光化学反应的主要成分,而且作为一种温室气体,吸收太阳红外辐射,对全球及区域性气候变暖有重要影响;同时近地面臭氧浓度过高,还会严重危害动植物生长。颜鹏等1994年根据瓦里关山站地面臭氧观测资料表明,其最低地面臭氧浓度出现在冬季,最高地面臭氧浓度在夏季,从地面的日平均分布来看,中午最小,而清晨和傍晚前后最大^[2]。汤洁等人1994年也根据该站的观测资料得出,瓦里关山站的地面臭氧浓度较高,且具有明显的季节变化,地面臭氧浓度的平均日变化幅度很小,只有 $3\sim 5\text{ppb}$ 左右^[2]。徐晓斌等人1994年分析中国大陆本底NMHC(Nonmethane Hydrocarbons,非甲烷烃,是一种大气低对流层中普遍存在的烃类化合物)浓度时发现,瓦里关山站的臭氧浓度与烯烃浓度有正相关,但控制那里臭氧的主要因素既非NMHC也非温度和湿度,而是风速^[2]。

由于南极臭氧洞的发现使人们开始关注大气臭氧大量损耗的可能性,不仅出现在极区而且有可能出现在中纬度地区。不同作者对中国地区臭氧总量的研究均表明,中国地区臭氧总量已有相当的减少^[4,5]。周秀骥^[4]1994年用月平均的TOMS卫星臭氧总量数据研究了臭氧总量的变化趋势,所得出的夏季青藏高原臭氧总量的减少量比中国其他地区严重得多,存在明显的臭氧低值中心,这一结果引起了国际科学界的极大关注。刘奇俊等人1995年在西宁地区实施了臭氧垂直廓线的探测,绘制了该地区较详细的大气臭氧的垂直廓线,并对不同季节的臭氧垂直廓线进行了对比^[6]。卞建春等人1997年运用欧洲中心七层分析资料和1995年青藏高原东南部探空资料分析青藏高原及其临近地区的水平流场、垂直速度、经圈环流及纬圈环流等的结构季节变化特征时发现,臭氧柱总量的平均偏差率有逐年增大的趋势,这表明青藏高原“臭氧异常低值中心”相对于同纬度地区有逐年加深的趋势,而周秀骥等根据臭氧柱总

量的变化趋势也得出了相同的结论。周秀骥还发现在青藏高原上空 100 和 200hPa 的位势高度场和 200、300hPa 的垂直速度 ω 这 4 个物理量与该区域相对于同纬度地区臭氧柱总量的平均偏差率 (DIF) 之间有很好的相关性,其中 200hPa 位势高度与 DIF 的相关性最好^[6]。王梅华等人用 1997 年 TOMS 卫星资料分析了青藏高原地区大气臭氧含量的低频变化特点,对拉萨站逐日臭氧资料分析发现,除少数年份外,青藏高原地区大气臭氧含量在冬夏季节均存在低频变化,主要周期为 40 天左右及准两周,但冬夏之间及年际之间存在一定的差异^[6]。

另外,付超等人 1997 年利用二维动力、辐射和光化学耦合模式,通过数值模拟分析了大尺度环流变化对大气臭氧的影响。模拟结果表明,青藏高原上空臭氧分布与全球同纬度平均状况相比,在平流层下部和对流层上部臭氧浓度是减少的,减少的极大值区域位于 10~20km,夏季青藏高原本身独特的地形及其动力和热力作用是形成青藏高原上空臭氧总量低值区的主要原因之一,青藏高原上升气流在高空的辐散作用是引起臭氧浓度减少的主要因子,相对而言,化学作用引起的臭氧浓度变化很小^[6]。王喜红等人 1998 年利用三维中尺度非静力模式 MM5 和化学模式分析了青藏高原地区夏季对流层臭氧的分布^[7]。结果表明,夏季青藏高原中低空存在很强的辐合气流,使周边臭氧向高原辐合,造成高原中低空臭氧浓度比周围高;而高原高空,受南亚高压控制存在很强的反气旋环流,臭氧由高原向四周辐散,从而又使整个西藏地区臭氧浓度比周围低,同时,夏季这种独特的环流形势有利于青藏高原维持稳定的上升气流,这种较强的上升气流将底层低浓度的臭氧向对流层中上部输送,从而稀释了对流层上部的臭氧浓度,这可能是造成青藏高原对流层上部臭氧浓度比周围低的又一原因;而冬季,青藏高原受西风带气流的控制,纬圈方向物质交换频繁,臭氧分布表征大尺度全球性特征。

以上这些工作都是基于整个青藏高原的有关该地区臭氧方面近年来研究取得的一些初步成果。但是,作为青藏高原的主体——西藏高原的臭氧研究除了周秀骥(1994)和王梅华等人(1997)利用拉萨站点的 TOMS 卫星资料得出了初步的结果之外这一方面的研究极少。

考虑到西藏高原臭氧研究的重要性,早在 1996 年西藏自治区高原大气环境科学研究所与挪威贝尔根大学地球物理系联合在西藏自治区科委的资助下 1996 年 6 月 25 日在西藏自治区气象局业务楼顶专门架设了由挪威贝尔根大学地球物理系提供的多波段分光式臭氧观测仪。从此,作为青藏高原的中心,拉萨地区首次有定点的、长时间系列的臭氧及 UV 辐射资料。该仪器是由挪威大气研究所 (Norwegian Institute of Air Research, NILUV) 研制,主要由一个 Teflon 散射器、一个滤光片和一个光敏二极管探测器组成。它有三个波段,一个中心波长为 305nm 的 UV-B 波段和两个中心波长分别为 320、340nm 的 UV-A 波段,带宽为 10nm^[8]。

这种仪器的最大特点是价格便宜,安装和操作简便,而且易于维护,平时全自动观测,每一分钟观测一次数据并自动保存在仪器内,14~16 天的资料可以用便携式微机读取一次。14 天的数据大概有 1 兆字节。与仪器配套提供的软件在设定好与拉萨观测站相关的参数后可以处理观测的原始数据。处理后的数据项包括白天每分钟的 305、320、340nm 波段的辐照度、太阳天顶角、UV 生物有效辐射剂量,臭氧柱总量和云的透射率。对这些数据,特别是如臭氧总量和 UV 生物有效辐射剂量我们分别利用全球和拉萨站点的 TOMS 卫星资料 and 不同年度之间的辐射剂量数据进行了系统的误差分析。由于地面观测的臭氧总量与 TOMS 卫星数据误差较大,其精度无法满足要求,所以在分析西藏高原臭氧含量的时空分布时所有的臭氧总量资料全部采用了全球 TOMS 卫星拉萨站点的数据。

2 1996~1999年拉萨地区臭氧总量的变化趋势

根据 TOMS 卫星拉萨站点资料计算的 1996~1999 年拉萨地区月平均臭氧总量见图 4。1996、1997、1998 和 1999 年各年份的月平均臭氧总量变化范围分别为 245.4~261.7DU、253.2~284.3DU、241.4~298.8DU 和 243.3~279.2DU, 其中 1998 年变化幅度最大, 为 57.4DU。241.4DU 和 298.8DU 也是整个时段(1996~1999)的月平均最小值和最大值。根据图 4, 从整体上讲, 秋季到春季臭氧总量呈上升趋势, 春季到夏秋季节臭氧总量将逐渐减少。月平均臭氧总量最低值出现的季节不一, 但最高值大多

出现在春季。另外, 冬春季的几个月波动较大, 夏季三个月呈比较平稳的下降趋势。从整个时段月平均臭氧总量的变化趋势可以看出, 1996 年 7~12 月臭氧总量逐渐下降, 而后又渐进上升到 1997 年的 4 月份, 该月也是 1997 年的月平均值最高的月份, 之后又逐步下降到 11 月份, 从 11 月的最低值开始又渐渐上升, 这一趋势一直延续到 1998 年 3 月份, 达到整个时段的月平均最高值, 之后又以较大的幅度逐渐下降, 一直到该年的 11 月份, 整整持续下降了 8 个月, 这种长时间的、大幅度的连续下降情况是少有的。11 月份达到该年臭氧月平均值最低点(该点也是整个时段内的月平均最小值), 而后又平稳上升, 这一趋势一直到次年的 12 月份。

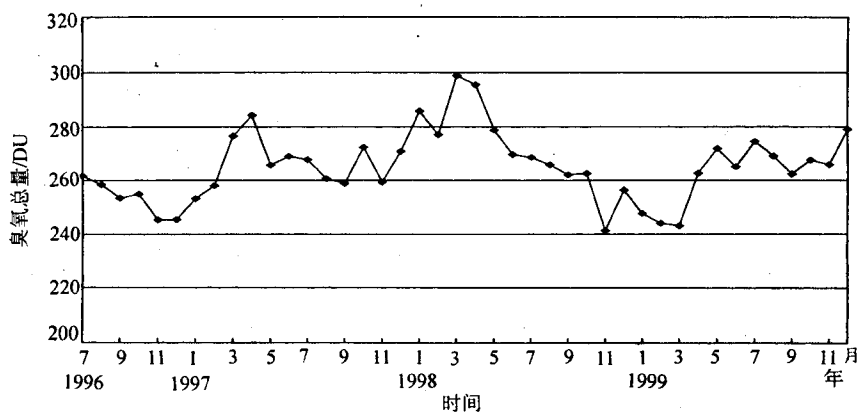


图 4 1996 年 7 月至 1999 年 12 月月平均臭氧含量/DU

3 结 论

(1) 在青藏高原开展紫外辐射研究的历史较长, 但与之密切相关的大气臭氧方面的研究工作只是近几年的事。90 年代以后随着青海瓦里关山(海拔 3816m, 纬度 $36^{\circ}17'25''$, 经度 $100^{\circ}53'85''$)大气本底观测站的建立, 青藏高原的大气臭氧研究进入了常规业务化运行阶段。但是, 西藏高原作为青藏高原的主体, 其大气臭氧方面开展的研究工作极为有

限, 缺乏高精度的常规运行的臭氧观测和紫外辐射仪器;

(2) 根据 1996~1999 年 TOMS 卫星拉萨站点的资料, 拉萨地区的臭氧变化主要特点是: 秋季到春季臭氧总量呈上升趋势, 春季到夏季平均臭氧总量逐渐减少; 月平均臭氧总量最低值出现的季节各年不一, 但最高值大多出现在春季; 另外, 冬春季的几个月臭氧总量波动较大, 夏季三个月则呈比较平稳的下降趋势。

参考文献

- 1 王天津. 青藏高原人口与环境承载力, 拉萨: 中国藏学出版社, 1998. 3.
- 2 周秀骥. 中国地区大气臭氧变化及其对气候环境的影响(一), 北京: 气象出版社, 1996.
- 3 郭松, 周秀骥, 张晓春. 青海高原大气 O_3 及紫外辐射 UV-B 观测结果的初步分析. 科学通报, 1994, 39(1): 50~53.
- 4 周秀骥, 罗超等. 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 巍鼎文, 赵延亮等. 中国北京和昆明地区大气臭氧层的异常变化. 科学通报, 1994, 39(16): 1509~1511.
- 6 周秀骥. 中国地区大气臭氧变化及其对气候环境的影响(二), 北京: 气象出版社, 1997. 6.
- 7 王喜红, 李兴生. 中国地区对流层臭氧变化和分布的数值研究. 气象学报, 1998, 56(3): 333~348.
- 8 Arne Dahlback. Measurements of biologically effective UV dose, total ozone abundances, and cloud effects with multichannel, moderate bandwidth filter instruments, Applied Optics, 35 (33): 6514 ~ 6521, (1996).

Study on Atmospheric Total Ozone over Tibetan Plateau

Chuduo

(Tibet Meteorological Bureau, Lhasa 850000)

Abstract

The current progress in studies of atmospheric ozone over Tibetan Plateau and preliminary observation of variations of total ozone over Tibetan plateau using NILUV (a multi-channel filter instrument) in Lhasa and TOMS from 1996—1999 were described.

Key Words: total ozone Tibetan Plateau ultraviolet radiation