

拉萨地区夏季地面臭氧的观测和特征分析^{*}

汤洁 周凌 郑向东 周秀骥

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

石广玉

(中国科学院大气物理研究所, 北京, 100027)

索郎多吉

(西藏自治区气象局, 拉萨, 850000)

摘要

1998 年 6~9 月, 在西藏拉萨郊区(海拔 3650 m, 29.65°N, 91.16°E)对地面臭氧进行了连续观测。该地区夏季地面臭氧日平均浓度在 10~60 nL/L, 夏初的浓度较高于夏季后期。地面臭氧浓度的日变化呈单峰型, 峰值出现在当地时间 10~18 时, 具有光化学过程臭氧生成的典型变化特征。局地风速、降水、太阳总辐射等气象因素的变化对地面臭氧浓度具有不同程度的影响。拉萨地区大规模宗教活动中的露天生物体燃烧, 对地面臭氧浓度的增加有十分明显的贡献。

关键词: 拉萨, 地面臭氧, 观测, 分析。

1 引言

全球臭氧变化问题是 20 世纪的重大环境问题, 受到全球科学家和各界人士的广泛关注。继南极和北极地区观测到明显的臭氧减少后, 1995 年周秀骥等^[1]通过对卫星观测资料的分析发现青藏高原上空臭氧的季节性降低(青藏高原夏季臭氧低谷)。臭氧低谷中心地区的大气臭氧减少主要发生在 20 km 以下的对流层和平流层底层, 一些研究者已开始从大气动力学过程方面入手研究并解释青藏高原夏季臭氧低谷的形成机制和原因, 认为夏季高原四周的辐合和爬升气流对高原周围污染物的向心输送以及对流层的低臭氧含量的大气向平流层的输送可能对该地区夏季臭氧减少有重要贡献^[2]。而另一方面, 在青藏高原东北地区瓦里关山-西宁地区进行的地面臭氧观测以及臭氧探空观测结果同时显示在夏季高原东北部低对流层大气臭氧浓度是一年中最高的^[3,4], 对上述地区的臭氧光化学收支的模式分析又表明该地区的自由对流层中光化学过程的净贡献是消耗臭氧^[5,6]。因此有必要深入的了解青藏高原

上空对流层臭氧的变化特征, 在此基础上进一步分析和探寻青藏高原夏季上空臭氧总量减少的机制和原因。为了考察青藏高原夏季臭氧低谷的中心地区上空的大气臭氧及其光化学过程特征、与其他前体物和大气气溶胶相互作用过程, 1998 年 6~9 月汤洁等在西藏拉萨地区进行了为期 4 个月的综合观测, 首次获取了大气臭氧总量及廓线、地面臭氧及其前体物、大气气溶胶和太阳辐射等的观测结果。本文报告此次实验中获得的表面臭氧观测结果, 并结合气象、辐射观测资料对地面臭氧的变化特征进行初步分析。

2 实验

2.1 站址环境及气候特点

拉萨市位于自东向西流淌的拉萨河河谷内, 该段河谷的宽度约 10 余公里, 拉萨河流经河谷的南侧, 拉萨市区分布在开阔平坦的北岸。拉萨地区具有较为独特的高原自然地貌, 大气透明度好, 日照强烈, 气候条件具有明显的山谷地区的特征。拉萨是中国省会城市中人口最少的, 不具有大工业, 大气环

* 初稿时间: 2000 年 3 月 7 日; 修改稿时间: 2000 年 7 月 4 日。

资助课题: 中国气象局大气化学开放实验室基金和中国国家自然科学基金(49775275)。

境质量也是最好的城市之一^[7], 该地区燃料构成中煤炭、石油制品燃料所占比例较小, 居民生活仍大量燃用干牛粪、薪材等生物体燃料。

观测站点设在拉萨市农业气象试验站业务楼的3层楼顶, 位于拉萨市东部近郊(见图1), 距离市区

边缘约 3 km 路程(海拔 3650 m, 29.65° N, 91.16° E)。站点附近为农田区, 3~5 km 范围内散布有少量居民住宅, 无工业和人口稠密区。农业气象试验站以农业种植实验工作为主, 人为活动对观测采样的直接影响很小。

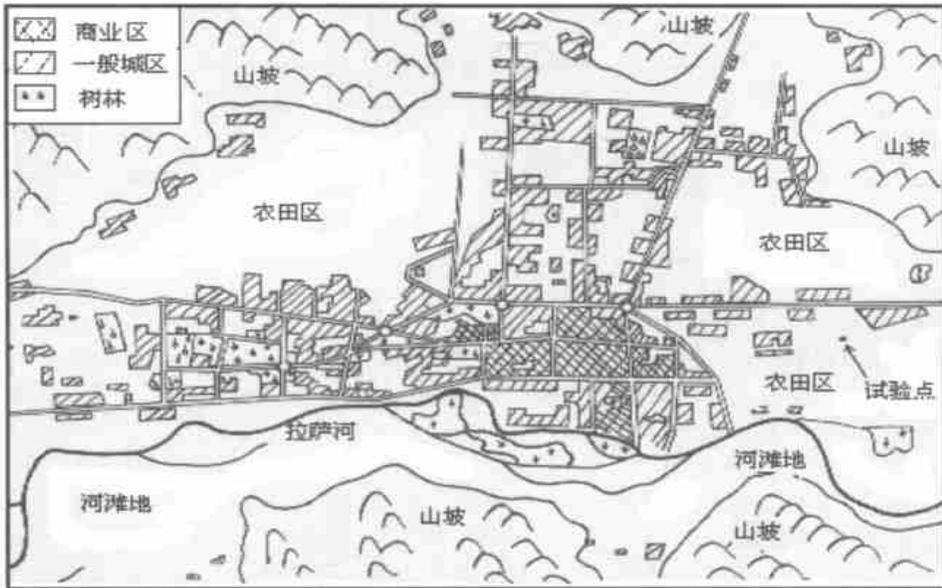


图1 观测站点位置示意

(网格区为商业区, 斜线阴影区为一般城区, “个”字形区为林区)

2.2 观测仪器和方法

采用美国 Thermo Environment 公司的 49 型紫外吸收式臭氧分析仪进行观测。该仪器采用双光池比较法测量臭氧对 254 nm 紫外光源(汞灯冷光源)的吸收, 对光池内气压、温度进行订正后, 得到环境中地面臭氧的浓度。仪器的输出信号由微机采集、记录、处理为 5 min 平均数据。空气进气口设在屋顶上方 2 m 的高度, 距地面高度约 12 m。观测前后利用可溯源到国际标准(美国 NIST)的 49PS 紫外吸收式臭氧标定仪(序号 49581)对仪器进行多点线性标定, 观测期间每 3 d 用“零气”进行一次零点标校, 结果表明仪器的线性精度和零点漂移等均在规范范围, 观测数据具有较好的可靠性和精确性。6~9 月间累计获得 2569 h 的地面臭氧观测数据, 数据完整率接近 90%。

3 结果和讨论

3.1 地面臭氧的浓度水平及其变化特征

图2显示的是地面臭氧日平均浓度、日最高和最低小时浓度的变化状况以及日平均浓度的多项式拟合趋势线。由图可以看出, 拉萨地区的地面臭氧具有明显的日变化, 日最高小时浓度和最低小时浓度的差一般都在 15 nL/L 以上, 最大的可达 40 nL/L 左右。4 个月中最高小时浓度出现在 7 月 12 日(193 日), 达 83.4 nL/L, 而在 8、9 月间的夜间频繁出现臭氧浓度的极低值, 出现的最低小时浓度在 1 nL/L 左右, 接近仪器的最低检测限。地面臭氧的日平均浓度也有较大的起伏波动, 4 个月中, 日平均浓度的最大值出现在 7 月 11 日(192 日), 达 60.2 nL/L, 最低日平均值出现在 8 月 17 日(229 日), 为 9.6 nL/L。就总体变化趋势而言, 6 月份初期的地面臭氧的浓度最高, 6~7 月间地面臭氧浓度由较高浓度逐渐下降(6、7 月份的月平均浓度分别为 41 nL/L 和 30 nL/L), 而后的两个月(8、9 月)则比较稳定地维持在一个较低水平上(20 nL/L 左右), 没有明显的趋势变化。

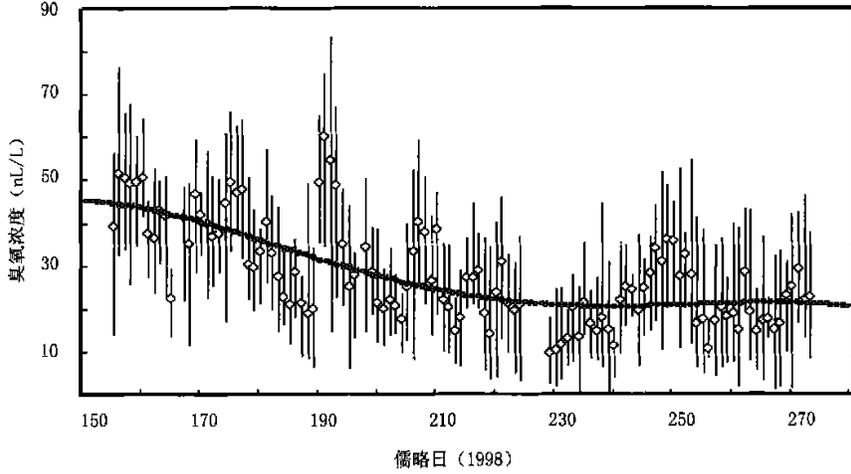


图 2 地面臭氧浓度变化

图 3 显示了 6~ 9 月间拉萨地区地面臭氧浓度的平均日变化。由图明显看出, 拉萨地区地面臭氧浓度的日变化呈单峰型, 正午—傍晚时段的 12~ 20 时(由于拉萨与北京的时差为两小时, 即为当地时间

10~ 18 时)地面臭氧的平均浓度是一天中浓度最高的时段, 夜间及凌晨前后的 6~ 8 时(相当于当地 4~ 6 时)则是一天中地面臭氧的平均浓度最低时段。大气本底地区的地面臭氧季节变化和日变化受

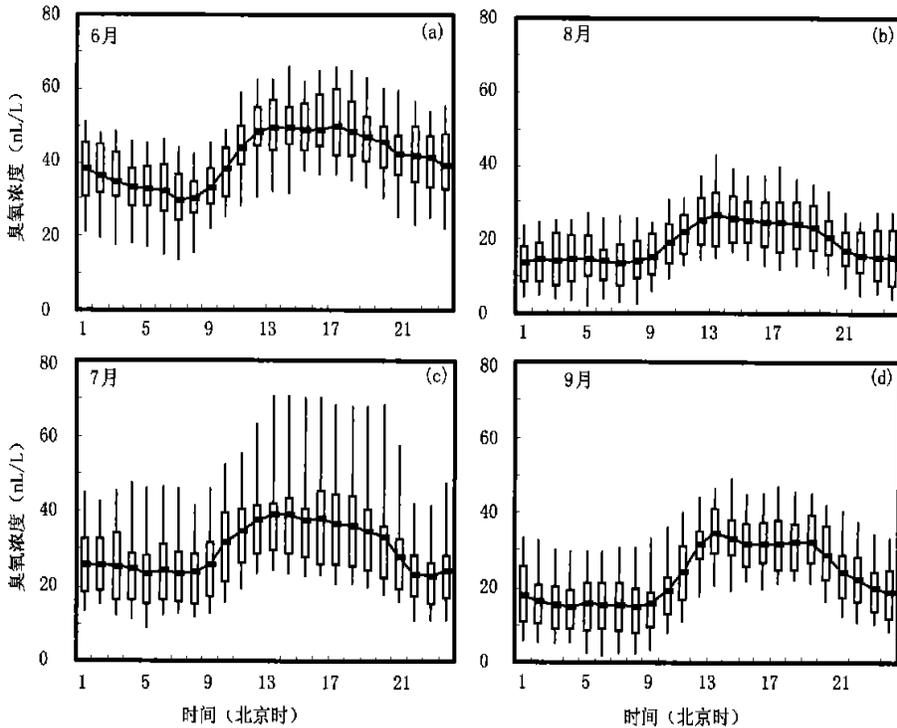


图 3 6~ 9 月拉萨地面臭氧浓度日变化(北京时间)

低对流层大气的扩散输送及局地(区域)光化学过程等因子共同影响, 就北半球已获得的多数观测资料

显示, 在极少人为污染影响的地区前者起主导作用, 其地面臭氧季节变化一般以春季高峰为特征, 全年

日变化幅度不明显,而在人为污染明显的地区由于局地光化学过程的贡献形成局地(区域)季节性臭氧源,致使地面臭氧的春季高峰向后扩展形成春-夏季高峰或夏季高峰,并具有日变化幅度较大的特点,臭氧浓度一般在正午-午后达到最高,清晨时段浓度最低^[8,9]。表 1 列出了拉萨郊区、青海省瓦里关山(36.3°N, 100.9°E, 海拔 3810 m)以及中国东部地区的 3 个长期地面臭氧本底观测站点的地面臭氧的季节、日变化特征,同时将国际上比较著名和有代表性的本底观测站点列出以作对比。中国东部地区的 3 个观测站点以及国外 Hohempeissenberg 站(48°N, 11°E, 海拔 990 m)的地面臭氧浓度变化特征都显示出明显的局地(区域)光化学生成臭氧影响,临安站

的臭氧高值季节甚至延后到秋季,河北兴隆(42°N, 118°E, 海拔 900 m)的日变化幅度较小则有可能说明该地的光化学过程更加具有区域尺度的特征。中国的全球大气本底站—瓦里关山地面臭氧浓度全年日变化幅度很小且日臭氧最高值出现在夜间,同夏威夷 Mauna Loa 站(20°N, 156°E, 海拔 3397 m)比较类似,说明两个站海拔高,大气环境十分清洁,其观测结果更能反映自由对流层臭氧的变化。模式研究指出尽管瓦里关山地区夏季大气光化学过程在以较弱的臭氧消耗为特征^[5,6],而地面臭氧的高峰季节却出现在夏季的 6, 7 月间,这很可能与该地动力输送机制有关,还需要进一步的研究。

综合以上讨论,可以对拉萨地区地面臭氧的季

表 1 拉萨地区地面臭氧浓度日、季节变化特征与其他站的比较(nL/L)

站 点	日变化特点(地方时)			范 围 (m)	季节变化特点		文 献
	幅 度	低值时段	高值时段		低值月份	高值月份	
西藏 拉萨	12~ 19	6~ 8	10~ 18	20~ 40	8, 9	(6月或以前)	
青海 瓦里关山	3~ 5	11~ 13	20~ 04	40~ 65	12	6, 7	[3]
黑龙江 龙凤山	~ 15	6~ 7	14~ 18	25~ 40	6, 7	8	[10]
浙江 临安	~ 22	7~ 8	15~ 18	20~ 50	7	9, 10	[10]
河北 兴隆	< 10	4~ 10	15~ 20	35~ 65	12	5~ 8	[15]
夏威夷 Mauna Loa	5	12~ 16	4~ 8	30~ 50	8~ 10	3~ 5	[16]
德国 Hohempeissenberg		7~ 8	正午- 傍晚		12, 1	5~ 8	[17]

节变化和日变化特征得到以下认识:

(1) 拉萨地区的地面臭氧浓度的日变化具有明显的局地光化学过程生成的特征,即正午前后浓度最高,后半夜(尤其是接近凌晨)则浓度最低。同中国东部 3 个站点的情形相比,其臭氧浓度的日变化幅度大体相当,但日间最大浓度时段出现得较早。局地光化学过程的臭氧产率取决于太阳紫外辐射的强度以及大气中 NO_x, CO 和碳氢化合物等前体物的浓度。拉萨地区紫外辐射强烈,当地的大量生物质燃烧以及其他排放源提供了较充足的臭氧前体物来源(3.3 节中还将进一步讨论当地生物体燃烧排放对局地光化学臭氧生成的贡献),其 CO 和碳氢化合物等前体物的浓度接近临安、龙凤山两地的水平,NO_x 的浓度高于瓦里关山^[10-14],因此日间光化学过程的臭氧生成是形成明显的臭氧日变化的主要原因。

(2) 从几个月的观测结果虽然还不能完全确定拉萨地区全年地面臭氧的季节变化,但是至少可以认定夏季的 7~ 9 月肯定不是该地区地面臭氧的高值季节。根据拉萨地区 6~ 9 月间观测结果的变化趋势推断,该地区地面臭氧的高值季节很可能出现

在春季或春夏交替季节,即 6 月或(及) 6 月以前。从这种季节变化特征首先可以推测,尽管拉萨地区局地光化学过程对地面臭氧的日变化有明显贡献,但这种贡献可能是相当局地性的,从大的尺度看不足以明显形成夏季臭氧高峰。其次可以看出,拉萨地区地面臭氧的高值季节同瓦里关山之间存在明显的相位差,由此可以推断青藏高原的不同地区上空低对流层大气臭氧具有不同的季节变化规律,进一步的观测和深入研究青藏高原的不同地区低对流层大气臭氧的变化规律对深入分析青藏高原夏季臭氧总量低谷形成的机制很有必要。

3.2 影响地面臭氧浓度变化的气象因子

图 4a 给出了拉萨地区的 6~ 9 月的地面风向和降水频率的日变化状况,可以清楚地看出,拉萨地区夜间东风为主导风向,白天以西风为主导,夜间有较高的静风频率和较频繁的降水。图 4b 给出了拉萨地区 6~ 9 月地雨风速的月变化状况,拉萨地区地面风速较小,夜间平均风速较小,凌晨期间平均风速低于 1 m/s,白天风速较大,午后平均风速(当地时 12~ 14 时)可接近 2.5 m/s 左右。

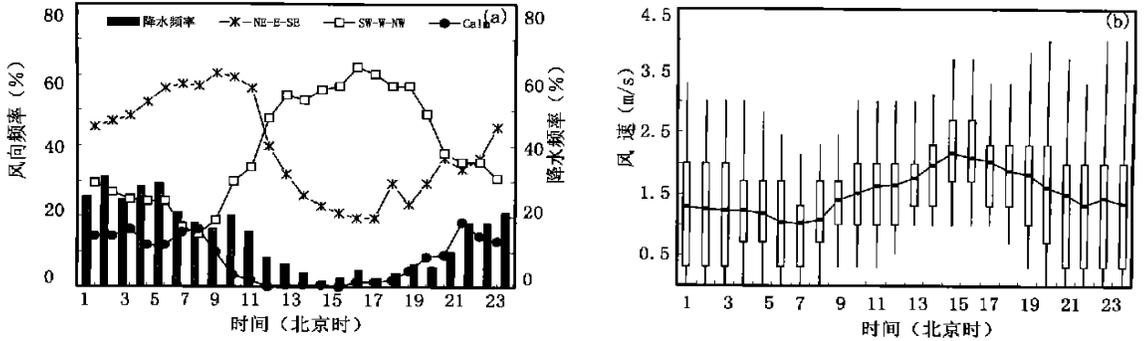


图 4 拉萨地区风向风速的日变化特点
(a. 地面风向和降水频率日变化, b. 地面风速日变化)

图 5 给出了局地风向(图 5a)和风速(图 5b)与臭氧浓度变化间的关系。在白天(地方时 7~18 时, 图 5a)或夜间(北京时 21~8 时, 地方时 19~6 时, 图 5b), 静风条件下地面臭氧的浓度总是很低, 随着风速的增加地面臭氧浓度呈升高趋势, 这种趋势在夜间尤为明显。在中国东部的龙凤山和临安两个站点也曾观测到过这种地面臭氧浓度与水平地面风速呈正相关关系的现象^[18, 19], 其原因被认为是水平风速的增大加强了大气扩散、输送过程的作用。另一方面, 不同风向时地面臭氧浓度水平以及变化趋势的差别不大, 说明尽管在西风条件(多为白天)下由

于观测点位于城市下风方, 城市污染物排放以及可能伴随的光化学臭氧生成过程没有对观测结果产生特别明显的扰动。

从图 5 还可以看到, 在白天地面臭氧的高值浓度多出现的 1~3 m/s 的风速范围, 而风速达到 3 m/s 后地面臭氧浓度趋于在较小范围内波动。这有可能说明光化学臭氧生成只是在拉萨市及邻近地区较小的局地范围内比较显著, 当风速增大到一定程度后, 地面臭氧的观测结果可以在某种程度上反映出周围地区的大气本底状况。

上述现象均表明, 拉萨地区近地层大气扩散条

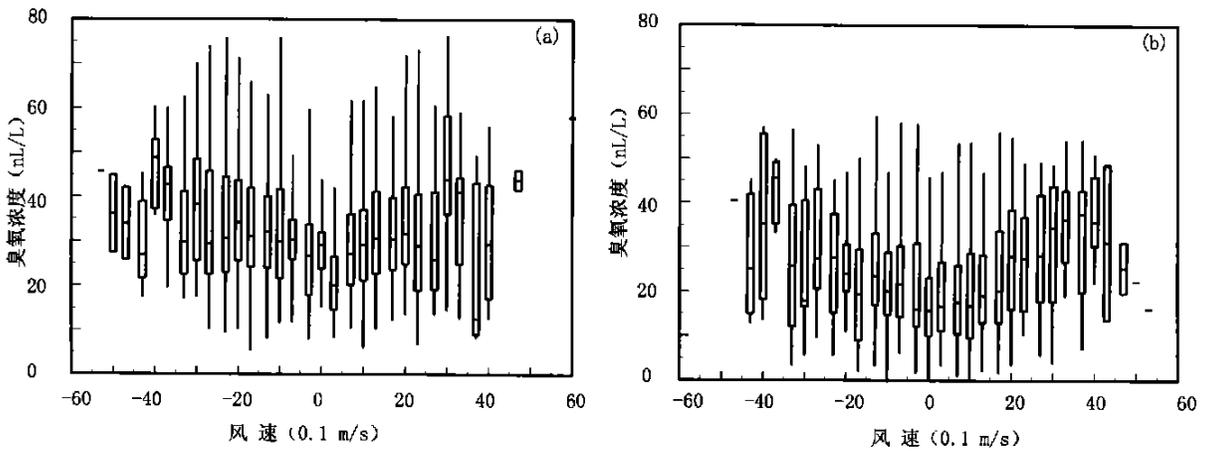


图 5 风向、风速与臭氧浓度变化间的关系
(a. 白天, b. 夜间)

件的变化对局地的臭氧生消过程的收支平衡以及观测结果的代表性具有重要的影响。

浓度(当地 11~15 时)、夜间平均浓度(当地 4~6 时)以及各月太阳辐射总量、天气状况、降水的变化状况。6 月份的臭氧浓度平均值以及日间、夜间平

表 2 列出了各月地面臭氧平均浓度、日间平均

均值都是最高,7月份次之,8月份最低,9月份略高于8月份。比较各月的日间、夜间臭氧平均浓度的差值(日较差),则可以看到6月和9月的日较差较大,分别为18.6 nL/L和17.1 nL/L,而8月和7月的日较差较小,为14.4 nL/L和11.5 nL/L。7,8月

份是拉萨地区的雨季,阴雨以及多云天气较多,太阳紫外辐射强度减弱,同时降水对臭氧及其前体物具有冲刷作用,这些都可以使得光化学生成臭氧量减少,日间臭氧峰值浓度降低。

图6进一步给出了地面臭氧浓度日均值和日间

表2 地面臭氧浓度与太阳辐射、降水状况的变化

月 份	6	7	8	9
平均臭氧浓度(nL/L)	40.9	29.9	19.0	22.9
日间平均浓度(nL/L)	49.3	38.2	25.4	32.3
夜间平均浓度(nL/L)	30.7	23.8	13.9	15.2
日均总辐射(MJ/m ²)	0.266	0.227	0.211	0.222
晴/多云/阴雨(d)	23/4/2	13/8/9	9/4/14	21/6/3
降水累计(mm)	85.4	143.9	220.1	50.4

峰值小时浓度与太阳辐射总量之间的相关关系,可以看出,两种浓度值均与太阳辐射总量之间存在较好的正相关关系,而日间峰值小时浓度值与太阳辐

射总量之间的相关系数更高,且斜率系数也更大,十分明显地反映了高原地区太阳紫外辐射对局地光化学过程生成臭氧的强烈控制作用。

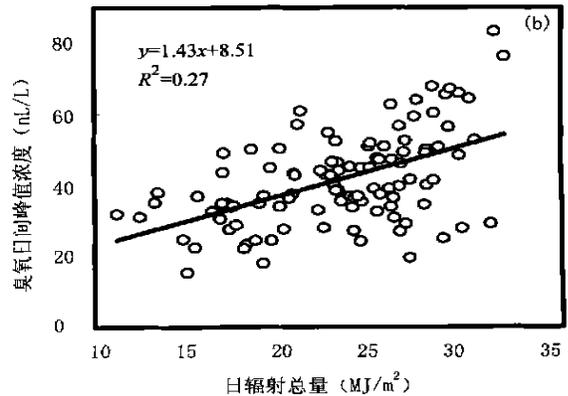
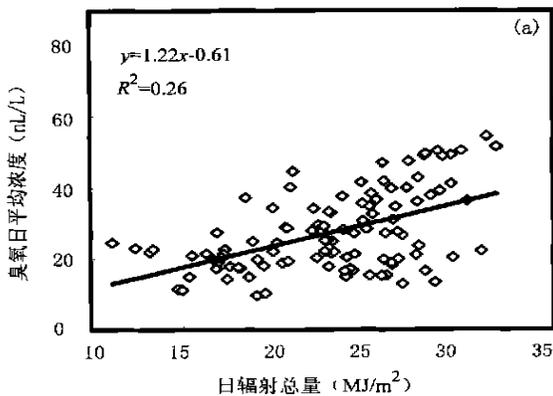


图6 地面臭氧浓度与太阳辐射的关系

3.3 露天生物体燃烧排物对臭氧浓度变化的影响

拉萨是中国著名的佛教城市,除去当地许多居民生活中使用的干牛粪、薪材等生物体燃料在燃料构成中占有较大比重外,当地寺庙集中,僧侣、群众常在寺庙内及周围燃用酥油香火进行祈祷,几乎每个月都有一些较大规模的佛事活动,在活动中大量地露天燃烧一些具有芳香气味的植物枝叶或青稞、谷物等,露天燃烧严重时可以明显地观测到市区及附近地区上空形成的烟雾。1998年实验期间对SO₂,NO₂,CO,非甲烷烃以及气溶胶化学成分的观测结果均显示当地的人为污染排放具有一些典型的生物体燃烧排放的特点,即相对较高大气氮氧化物浓度和较丰富的非甲烷烃^[11]。根据了解和现场观测记录,在此次实验观测期间,6月10日、7月9日、

7月27日是藏族群众盛大的佛事活动纪念日,城区各处堆放植物枝叶或青稞、谷物等的烧香活动达到很大规模,5月底至6月9日是藏传佛教节日萨嘎达瓦的上半月,藏族群众每日连续在城区露天烧香,此外在6~9月间每月还有2~3次较大规模的遍及城区的大规模烧香活动(见图7)。将6~9月间的重大佛事烧香事件同地面臭氧浓度的变化曲线以及降水事件进行了对照后可以发现,至少在6月上旬、7月9日、7月25日以及9月上旬前后的期间里出现的较高地面臭氧浓度与这些佛事活动的露天大规模烧香活动间存在着较好的一致对应关系,说明大规模的烧香活动中生物体燃料在人为有意识控制熏燃的条件下产生大量的非甲烷烃类物以及NO_x,CO等臭氧前体物,在高原强烈紫外线的照射下发生局

地光化学反应, 导致局地光化学臭氧的生成。我们还可以注意到在上述高臭氧浓度的期间, 臭氧浓度的日变化幅度也是较大的, 可以说明光化学过程比较旺盛。在其它时间段内的较大规模露天烧香活动

则没有产生十分明显的地面臭氧浓度升高的现象, 这是因为在对应的时间里伴随降水事件的天气变化使得太阳辐射强度有所减弱, 并对臭氧前体物质产生清除作用, 抑制了光化学臭氧生成。

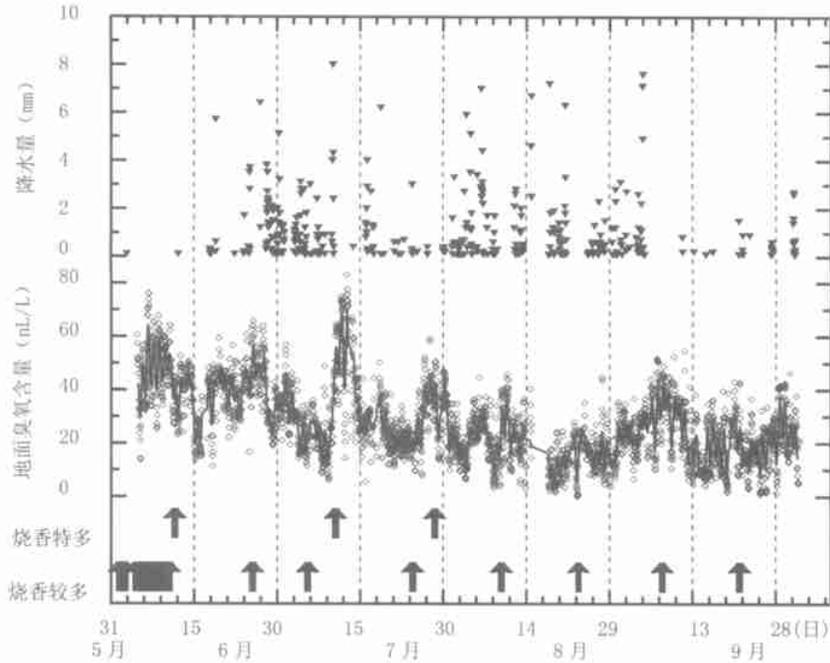


图7 生物体燃烧事件对地面臭氧浓度的影响

4 小 结

1998 年夏季在西藏拉萨郊区对地面臭氧进行了为期 4 个月的连续观测, 对其变化特征进行初步分析, 得到以下结果:

(1) 拉萨地区夏季地面臭氧浓度水平较低, 日平均浓度一般在 10~ 60 nL/L 范围, 夏初浓度较高, 而夏末较低, 其臭氧高值季节很可能出现在春季、春夏交接期间或其他季节。

(2) 地面臭氧浓度的日变化明显呈单峰型, 正午- 午后时段(地方时 10~ 18 时) 浓度最高, 凌晨前

后(地方时 4~ 6 时) 浓度最低, 具有局地光化学过程臭氧生成的典型变化特征。

(3) 拉萨地区近地层大气扩散条件的变化对局地的臭氧生消过程的收支平衡以及观测结果的代表性具有重要的影响。

(4) 伴随降水等天气过程交替的太阳总辐射量的变化对地面臭氧浓度具有控制性影响, 两者呈正相关关系。

(5) 拉萨地区的大规模宗教活动中生物体燃烧, 对地面臭氧浓度的增加有十分明显的贡献。

致谢: 西藏自治区气象局和青海省气象局有关单位为现场观测提供了各种协助, 在此表示感谢。

参考文献

- 1 周秀骥, 罗超, 李维亮等. 中国地区臭氧总量变化与青藏高原低值中心. 科学通报, 1995, 4(15): 1396~ 1398
- 2 付超, 李维亮, 周秀骥. 夏季青藏高原上空臭氧总量低值区形成的模拟实验. 见: 周秀骥主编, 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. 274~ 284
- 3 汤洁, 李兴生, 赵玉成等. 青海瓦里关山地面臭氧的观测和初步分析. 见: 周秀骥主编, 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. 19~ 29
- 4 刘奇俊, 周秀骥, 郑向东. 青海高原臭氧的垂直廓线特征. 见: 周秀骥主编, 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

- 出版社, 1996. 50~ 58
- 5 Luo Chao, Tang Jie, Zhuo Xiuji. Measurements and model simulations of surface ozone variations at different back-ground concentrations of the precursors. *Acta Meteor Sinica*, 1996, 10(2): 215~ 221
 - 6 Ma Jianzhong, Tang Jie, Zhang Xiaoshan. Estimates of ozone budget at Waliguan observatory. *J Atmos Chem*, 2002, 41: 21~ 48
 - 7 国家统计局. 中华人民共和国环境年鉴(1998). 北京: 中国环境报社, 1998. 645~ 651
 - 8 唐孝炎等. 大气环境化学. 北京: 高等教育出版社, 1990. 60~ 65
 - 9 Galbally I E, Miller A J, Hoy R D, et al. Surface ozone at rural sites in the latrobe valley and cape grim. *Atmos Environ*, 1986, 20: 2403~ 2422
 - 10 颜鹏, 李兴生, 罗超等. 我国地面 O_3 , NO_x , SO_2 背景值的观测研究. *应用气象学报*, 1997, 8(1): 53~ 61
 - 11 于晓岚, 汤洁, 周凌_日希等. 拉萨地区非甲烷碳氧化合物的排放特征和来源分析. *环境科学学报*. 2001, 21(2): 203~ 207
 - 12 于晓岚, 汤洁, 李兴生等. 我国西部清洁大气中 SO_2 和 NO_2 的观测和分析. *应用气象学报*, 1997, 8(1): 62~ 68
 - 13 王木林, 李兴生, 程红兵. 大气本底站的 CH_4 , CO_2 , CO 浓度的初步分析. 见: 周秀骥主编. 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. 38~ 47
 - 14 徐晓斌, 向荣标, 丁国安等. 中国大陆大气 NMHC 的浓度和构成及其与臭氧的关系. 见: 周秀骥主编. 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. 67~ 81
 - 15 孔琴心, 刘广仁, 王庚辰等. 华北兴隆地区地面 O_3 浓度及其变化特征. 见: 王庚辰, 温玉璞等编. 温室气体浓度和排放检测及相关过程. 北京: 中国环境科学出版社, 1996. 66~ 71
 - 16 Samuel J, Oltmans, et al. Surface ozone measurements from a global network. *Atmos Environ*, 1994, 28(1): 9~ 24
 - 17 Rumen D, Bojektiv. Ozone changes at the surface and in the free troposphere. In: Isaksen I S A ed. *Tropospheric Ozone*. Reidel Publishing Co, 1988. 83~ 96
 - 18 徐晓斌, 丁国安, 李兴生等. 龙凤山地区地面 O_3 , NO_x 及 SO_2 浓度变化特征和原因. 见: 周秀骥主编. 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. 48~ 66
 - 19 Zhou Xiuji, Luo Chao, Ding Guoan. Preliminary analysis of the variations of surface ozone and nitric oxides in Lin'an. *Acta Meteor Sinica*, 1995, 7(3): 287~ 294

THE OBSERVATIONAL STUDY OF SURFACE OZONE AT LHASA SUBURB IN SUMMER 1998

Tang Jie Zhou Lingxi Zheng Xiangdong Zhou Xiuji

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Shi Guangyu

(Institute of Atmospheric Physics, CAS, Beijing 100027)

Suolang Duoji

(Xizang Meteorological Bureau, Lhasa 850000)

Abstract

As a part of investigation study on the "Summer Ozone Valley over the Tibetan Plateau", which was found by Zhou Xiuji in 1995, continuous measurement of surface ozone was made at Suburb of Lhasa (29. 65° N, 91. 16° E, 3650 m a. s. l.) from June to September of 1998. The UV photometry method was used in the measurement with the instrument manufactured by Thermal Environmental Co. , USA. The daily mean concentration of surface ozone varied in the range of 10– 60 nL/L, higher in early summer and lower in late summer. The highest monthly mean ozone concentration is the value of 41 nL/L in June, and the lower monthly means of 20 nL/L in August and in September. The concentration of surface ozone showed a clear diurnal variation with a pronounced maximum from 10 to 18 o' clock, and a minimum from 4 to 6 o' clock at local time. The difference between the daytime maximum and the dawn minimum was ranging from several nL/L to 40 nL/L, and significantly controlled by the weather conditions such as solar radiation and raining events. Both of the daily mean ozone concentration and the maximum ozone concentration showed a positive correlation, with a factor greater than 0. 5, with the amount of daily solar irradiation. Wind also gave influences on the ozone concentration variation. The ozone concentration was higher at windy condition than at relatively stable condition, especially during the nighttime. The above facts indicated obviously the characteristics of local photochemical ozone production in surface ozone variation. The unique phenomena were noted, when checked the ozone data with the local religious events schedule, that the opened bio- mass burning of grinded flavor vegetation in the activities through out the city promoted higher ozone concentration by emitting more precursors locally for short period of days.

Key words: Lhasa, Surface ozone, Observation, Analysis.