第 56 卷第 5 期
1998 年 10 月

气 象 学 报
ACTA METEOROLOGICA SINICA

Vol. 56, No. 5
Oct., 1998

龙凤山大气近地层 O_3 浓度变化及与其它因素的关系*

徐晓斌　　国安　李兴生　向荣彪

(中国气象科学研究, 北京, 100081)

摘　要

研究首次在龙凤山区域大气本底站测得的地面 O_3 浓度及其变化的资料表明, 中国东北农村地面大气 O_3 浓度总体水平不很高, 但在少数特殊的天气条件下, 时均浓度可超过国家二级标准。O_3 浓度存在明显的季节和日变化, 其月平均浓度 1995 年 1 月最低(27.5 ppb), 1994 年 11 月最高(43.2 ppb)。O_3 日变化幅度夏季的晴天最大(28 ppb), 冬季的阴天最小(8 ppb)。气象要素(尤其是风速、气温和相对湿度等) 和 NO_x 与地面 O_3 浓度有较密切的关系。用多变量分析法探讨了地面 O_3 各指标随气象因子和 NO_x 共同变化的规律, 并拟合了寒冷和温暖期里与地面 O_3 日最高浓度、日最低浓度及日变化幅度有关的方程。

关键词: 地面臭氧, 氧化氮, 气象影响, 多变量。

1　引　言

大气 O_3 在全球气候和生态方面起着重要的作用, 是当今大气科学界重要的研究对象之一。人类活动已经引起全球大气 O_3 含量和分布的变化。平流层, 尤其是两极上空 O_3 层的破坏已是不容置疑的事实, 与此同时, 有证据表明近一个世纪以来北半球对流层 O_3 已增加了近两倍[1]。由于对流层 O_3 的光分解产物 $O(^1D)$ 与 H_2O 的反应是对流层 OH 自由基的主要来源[2, 3], 而 OH 自由基又是对流层许多化学物质重要的氧化剂, 因此, 对流层 O_3 的变化也将影响大气氧化能力。大气 O_3 在红外区的强烈吸收带使其成为对流层重要的温室气体之一, 因而对流层 O_3 浓度升高将会增加 "温室效应" 的影响[1]。此外, 边界层中高浓度 O_3 作为一种污染物可对人类健康产生影响, 而且可对植物造成不可逆转的伤害, 导致作物减产和树木死亡。由于上述原因, 对流层 O_3 变化已引起了广泛的重视和研究热情。近地层大气最直接地受人为和自然排放物以及下垫面的影响, 所以, 近地层 O_3 的观测与研究是整个对流层 O_3 研究工作的重要组成部分。

对流层 O_3 的主要来源是平流层注入和局地光化学反应, 主要汇是干沉降和化学反应[1, 2]。在未受人为污染影响的大气中, O_3 的浓度由其自然平衡决定, 然而人类活动排放的 O_3 前体物已在一定程度上对 O_3 自然平衡产生了扰动, 这种扰动的强度在不同的时间和地点有很大差别。全球许多城市及其下风方向夏秋季节 O_3 浓度常受到强烈扰动, 典型

* 初稿时间: 1996 年 1 月 22 日; 修改稿时间: 1998 年 4 月 15 日。
资助课题: 国家自然科学基金重大项目 4932701。

表现是光化学烟雾; 而远离人类活动的地方, 例如海洋上空, 对流层 O_3 主要受自然因素的控制。广大农村地区, 虽然远离城市, 但或多或少也受到人类活动的干扰, 那里的大气 O_3 本身的变化以及它受自然及人为影响的方式和程度还没有得到充分的研究。旨在为此类研究提供实测资料的观测还很缺乏。

世界上地面 O_3 的观测研究开展的比较早, 欧洲和北美的大气监测网中都把地面 O_3 做为一项长期的监测内容。对流层 O_3 研究也是国际大气化学研究热点之一。仅太平洋地区而言, 就有西太平洋考察(PEM-WEST-A 和 B)、东亚西北太平洋区域试验(APARE)和东亚大陆气团对太平洋对流层扰动试验(PEACAMPOT)。这些观测和研究扩大了人们对东亚和西太平洋对流层 O_3 的认识。中国较早开展地面 O_3 研究的是兰州西固的光化学烟雾[4], 此后比较多的工作是围绕酸雨形成机制将 O_3 做为对流层重要氧化剂开展的一系列研究工作[5, 6]。但是迄今为止中国一直没有长期持续的地面 O_3 观测。应用首次在中国东北农村地区取得的地面 O_3 的观测资料并结合同期获得的气象和 NO_x(NO_2, NO) 资料进行分析, 旨在揭示中国东北地区非城市大气 O_3 浓度的变化特征及其相关因素。

2　实验观测

2.1　场地

龙凤山观测站(44°44′N, 127°36′E, 拔海 330.5 m), 地处黑龙江省五常市(县级)境内离市区东南约 50 km 的龙凤山顶, 此山坐落于长白山脉的张广才岭的边缘, 北面和西面是松嫩平原, 因而处于农业区和林业区的交界地带。山的东北偏东方向是一座中等规模的水库。西面和北面的农业区主要种植水稻、玉米和高粱等作物。南面和东面广大地区是辽阔的森林。最近的村庄离观测站约 2 km。附近基本没有乡镇工业。水库向西是一条通往五常的乡村公路, 偶尔有少量客车及农用车通行。夏季及早秋, 库中有几只小型机动游船偶尔载客游览。这里农民和林场职工家庭基本以柴草为做饭和取暖的燃料。

2.2　仪器

O_3 和 NO_x(NO_2, NO) 的观测分别采用 Model 49 型 O_3 分析仪(美国 TE 公司, 检测下限和精度均为 2 ppb) 和 Model 42S 型 NO_x 分析仪(美国 TE 公司, 检测下限和精度分别为 0.05 ppb 和 1 ppb)。O_3 分析仪采用美国 EPA 混合标准气($NO+NO_2+SO_2$) 用气相滴定法进行了标定。NO_x 分析仪用上述标准气稀释后标定。

所有仪器放置于观测站的工作室内, 进气口设于楼顶的带防雨罩的架子上, 高于楼顶约 1.5 m, 高于地面约 5 m。所有进气管均为聚四氟乙烯材料。管路上连接了聚四氟乙烯过滤品器, 用美国和北京分析仪器厂生产的 Teflon 滤膜, 大约每周更换一次。监测数据用 PC 机采集, 每 3 min 计算并记录一次观测值。

3　结果和讨论

3.1　季节变化

现场观测从 1994 年 8 月 15 日开始到 1995 年 7 月 31 日结束, 持续约 1 a。图 1 给出的是 O_3 小时平均浓度的变化曲线。为了更清晰地显示较长时间的变化趋势, 图中曲线经过了滑动平均处理。图中断点处是由仪器故障或因停电和防雷关机造成的缺测以及因无

效数据剔除造成的空白。O_3 各月浓度的统计结果列于表 1。由图 1 可见, 地面 O_3 在经历了 8 月中旬到 9 月中旬的总体下降之后逐渐升高, 11 月初达到整个观测期间最高点。进入冬季, O_3 浓度维持在低位波动, 且起伏不大。入春以后, O_3 浓度总体升高并且波动增大。进入 1995 年夏季后, 虽然波动仍然很大, 但浓度趋势是下降的。从月平均值看(见表 1), 最低出现于 1995 年 1 月, 为 27.5 ppb; 最高出现于 1994 年 11 月, 达到 43.2 ppb。

表 1　龙凤山地面 O_3 浓度(ppb)观测统计结果

月　份	月均值*	最大时均	最小时均	最大日均	最小日均	有效时数	有效日数
94-08	39.4	76.6	8.5	50.6	27.7	289	14
94-09	34.9	71.5	9.0	54.0	18.4	698	30
94-10	42.4	67.3	11.3	52.8	32.4	606	27
94-11	43.2	86.1	11.8	66.2	25.1	551	23
94-12	28.4	40.9	13.1	33.5	22.8	227	10
95-01	27.5	45.3	14.9	32.4	22.1	713	31
95-02	32.2	47.2	18.8	38.4	26.5	665	28
95-03	34.0	51.8	18.7	43.5	24.4	633	31
95-04	37.1	63.1	14.6	51.8	26.1	688	30
95-05	39.0	61.4	18.5	53.9	25.2	574	27
95-06	35.4	70.8	5.8	57.9	22.2	328	16
95-07	28.6	59.9	4.3	48.5	16.5	538	24

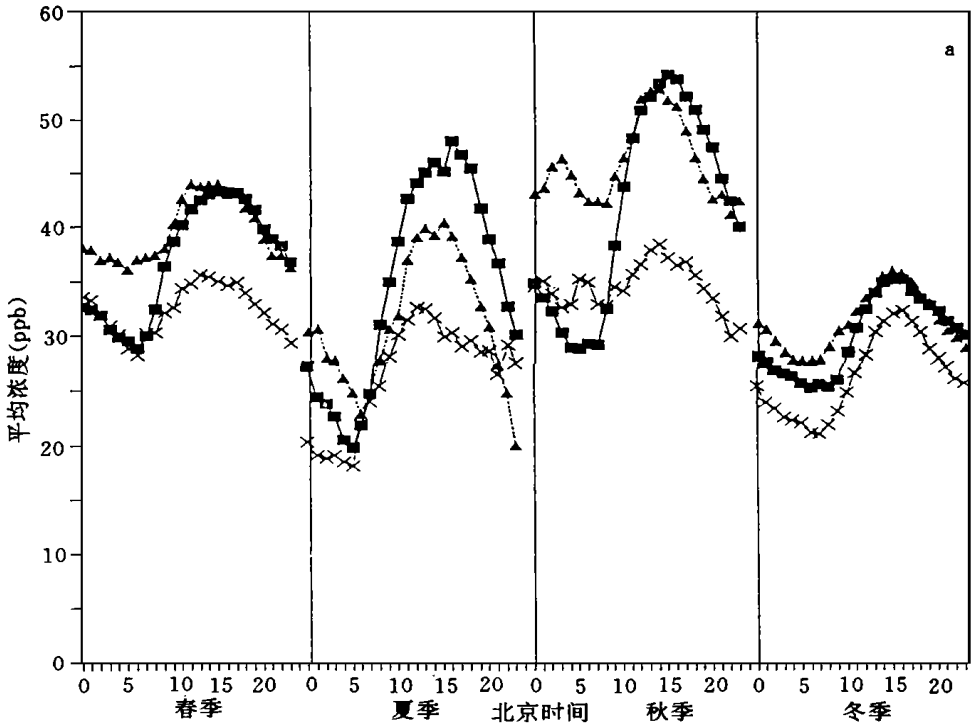
*　有效监测数据少于 12 h 的日子未参加月均值计算

该站的 O_3 浓度虽然总体低于污染地区的水平, 但少数情况下小时平均浓度能超过国家一级标准, 甚至二级标准, 如 1994 年 11 月最高小时平均值高达 86.1 ppb, 高于国家二级标准(75 ppb)。研究证明, 那里偶尔出现的很高浓度的 O_3 主要与自然原因有关。

3.2　日变化

作为一种典型的光化学反应产物, O_3 的浓度与太阳辐射的关系极为密切, 因此有着明显的日变化; 此外, 由于在对流层 O_3 浓度的分布一般是上高下低, 地面 O_3 有相当份量是来自较高层空气的垂直输送, 因而也会有明显的昼夜变化。图 2a 绘出了不同季节在不同天气条件下的臭氧季节平均日变化曲线。图 2b 是不同天气条件下全年平均的日变化曲线。

由图 2a 可以看出, 在典型的晴朗天气里, O_3 浓度一般在 5～6 时达最低点, 之后浓度迅速升高, 15～16 时达到极大值, 随后下降到次日临晨的最低点。昼夜变化幅度夏季可达 28 ppb, 而冬季不足 10 ppb。雨雪天的日变化趋势与晴天的基本一致, 但除冬季之外变化幅度均小于晴天, 主要由于白天的峰值远比晴天的低。虽然阴天的日变化幅度与雨雪天一样, 也明显比晴天的小, 但是除夏季之外 O_3 浓度的峰值与晴天的接近, 而夜间浓度则比晴天的高, 这就导致阴天 O_3 浓度整体上比雨雪天的, 甚至比晴天的高(见图 2b)。上述现象表明, 不同的天气情况下 O_3 的源和汇有显著的差别。



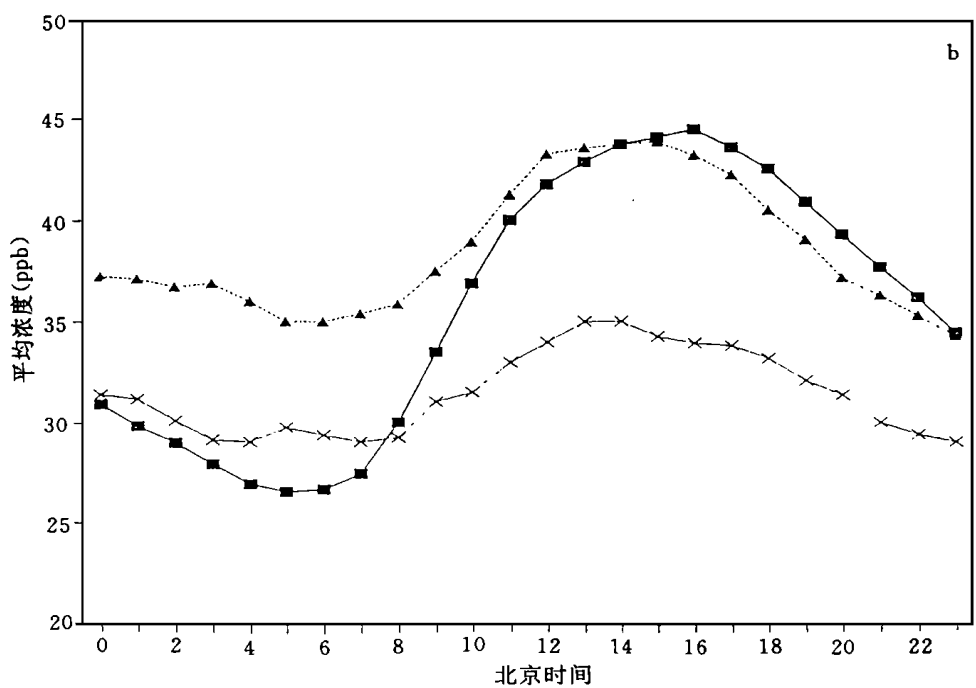


图 2 不同天气条件下龙凤山地面 O_3 浓度日变化曲线

(a. 季节平均日变化; b. 年平均日变化。方块线是晴天, * 线是降水天, 三角线是阴天)

3.3　与气象因素的关系

观测结果表明, O_3 浓度的变化与部分气象因素, 如地面风速、温度、相对湿度及太阳辐射等的波动均有一定关系。

图 3a, b 和 c 分别绘出了日最低臭氧时均浓度($[O_3]_{最低}$)与日平均风速(W_s)、日最高臭氧时均浓度($[O_3]_{最高}$)与日平均气温(T)和日最低臭氧时均浓度($[O_3]_{最低}$)与日平均相对湿度(RH)间的相互关系。各图中的直线分别代表最小二乘拟合线。回归所得的各相关线的斜率及其误差分别为 3.44(±0.34)、0.391(±0.046)及 0.244(±0.027), 相关系数

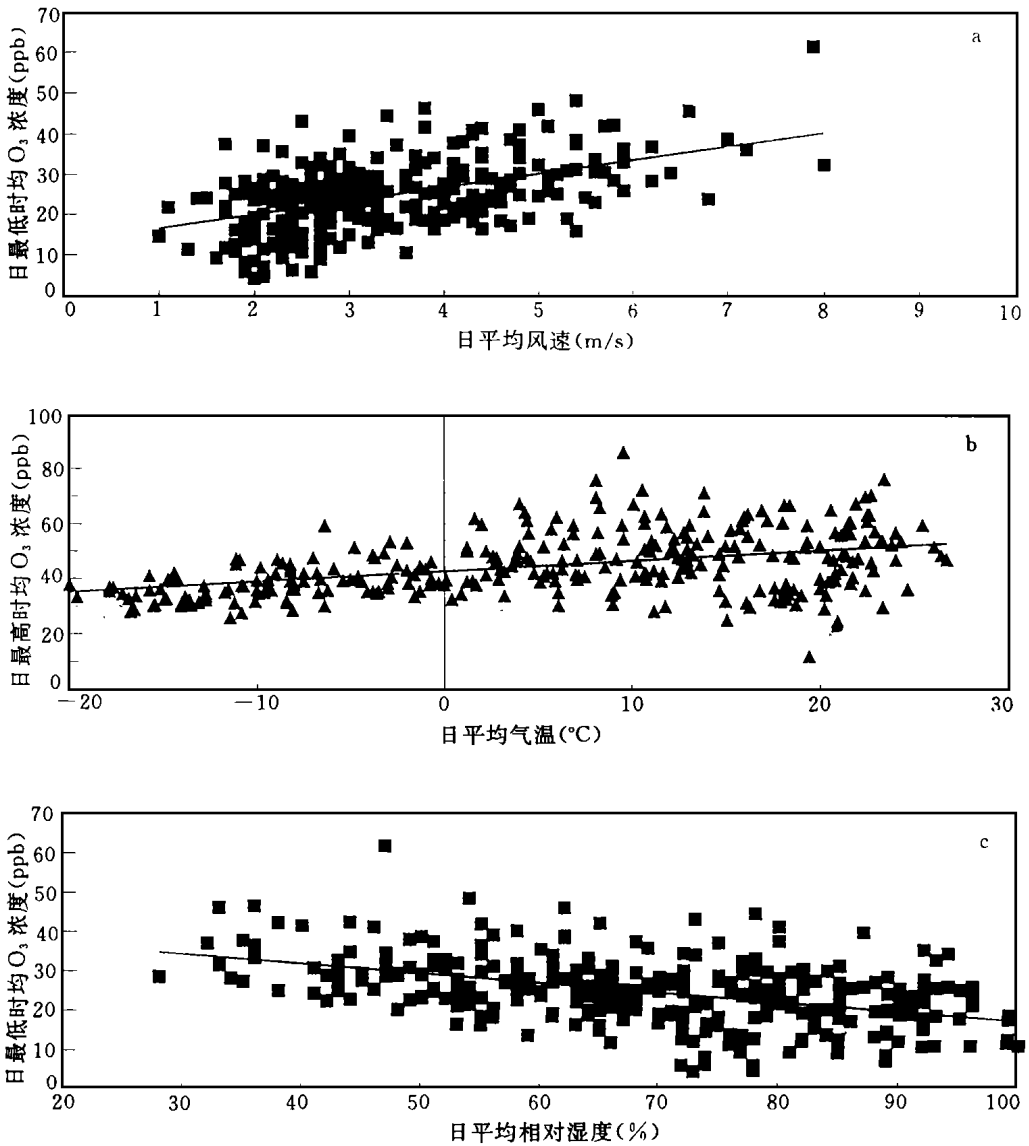


图 3　龙凤山气象因素与 O_3 浓度的关系

(a. 最低时均 O_3 浓度与日平均风速的关系; b. 最高时均 O_3 浓度与日平均气温的关系; c. 最低时均 O_3 浓度与日平均相对湿度的关系)

分别为 0.504, 0.436 和 0.459, 线性相关的可信度均达 99%。由此可见, 较大的风速和较高的气温与较高的臭氧浓度相关, 而较高的相对湿度则与较低的臭氧浓度相关。

风速对 O_3 浓度的关系还可以从图 4 和图 5 得到佐证。图 4 给出的的是在 1994 年 11 月 1 日至 9 日间 O_3 浓度时均值与 W_s 时均值的同时变化。3 个主要的 W_s 峰对应于 O_3 浓

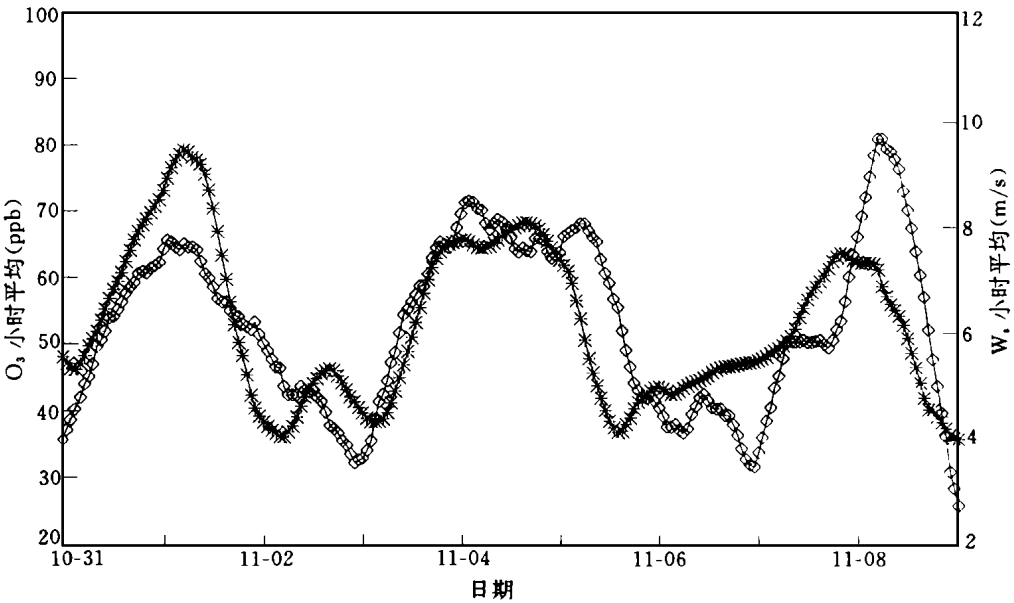


图 4 1994 年 11 月上旬 O_3 浓度和风速的同时变化

(* 是 O_3 的变化曲线, ◇是 W_s 的变化曲线)

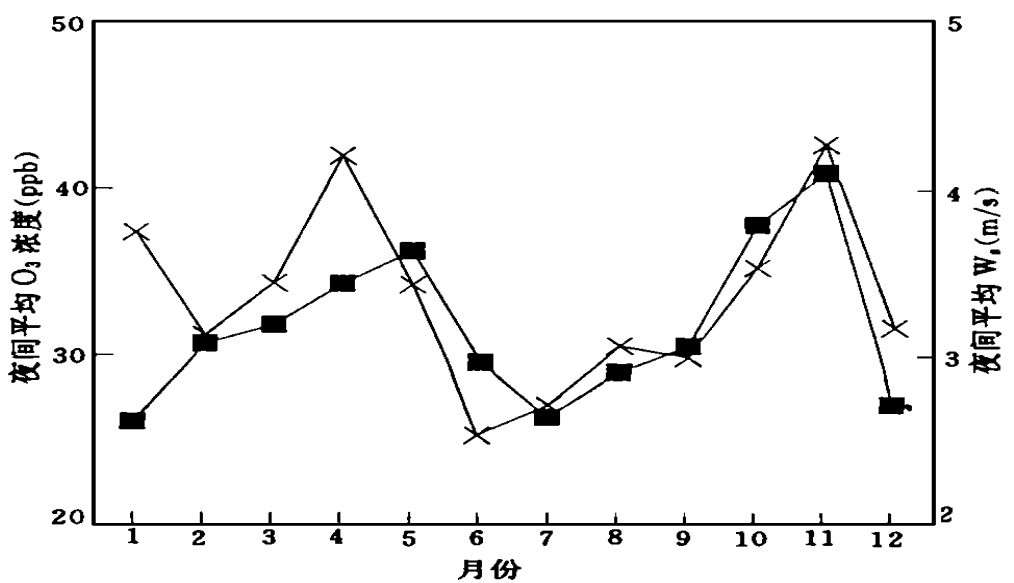


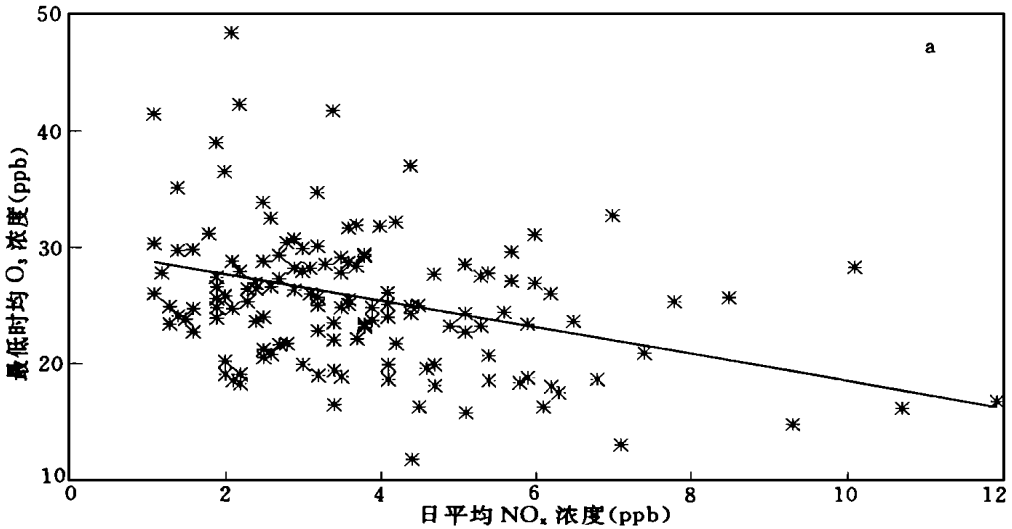
图 5 夜间风速与地面 O_3 浓度的关系

(■是 O_3 浓度曲线, ×是风速曲线)

度 3 个较大的峰, 而 O_3 浓度日变化则基本被掩盖。这是一个 O_3 浓度在较短的时间里对风速响应的例子。图 5 是 O_3 浓度在较大时间尺度与风速相关的例子。由于白天 O_3 浓度显著地受光化学反应影响, 因而图中只给出了夜间平均 O_3 浓度和 W_s 的逐月变化的情况。由图 5 可见, 两者的逐月变化趋势非常相近。

3.4　NO_x 的影响

NO_x 是对流层光化学 O_3 产生的必要条件之一。虽然光化学反应产生 O_3 的速率与 NO 浓度成正比[1], 但 NO_x 催化产生 O_3 的效率却因时间和空间而异, 变化很大, 而且是非线性的[7,8]。光化学反应只在白天重要。在夜间, 由于 O_3 与 NO 和 NO_2 反应, NO_x 是 O_3 的



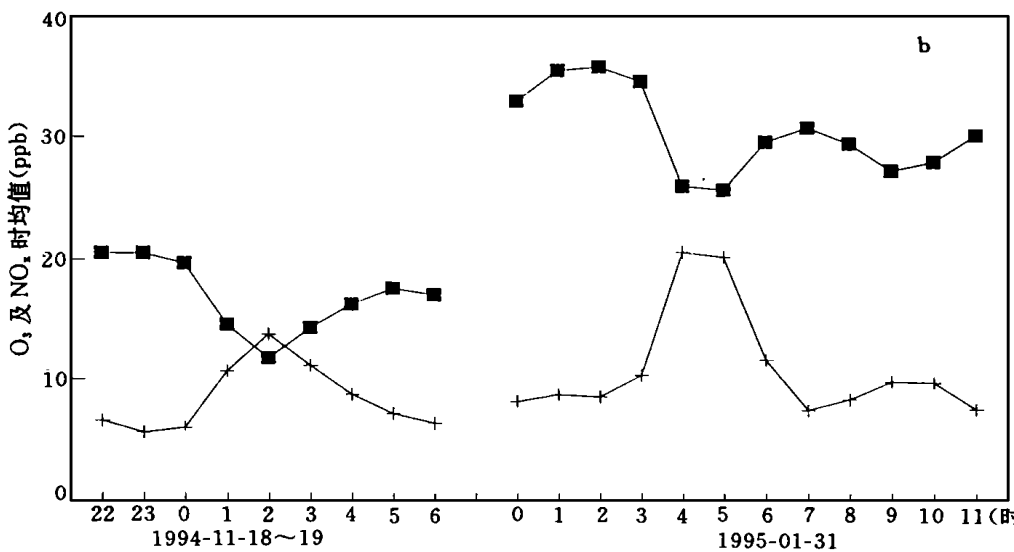


图 6　NO_x 对地面 O_3 浓度的影响

(a. 冬季日最低 O_3 浓度与 NO_x 的关系; b. 近地层 NO_x 与 O_3 的快速 "气相滴定" 现象, ■是 O_3 浓度曲线, ×是 NO_x 浓度曲线)

汇之一[9]。此时, 因 NO_x 而引起的 O_3 损失速率与 NO_x 的浓度成正比, 然而当 NO_x 浓度较低时, 地面 O_3 主要的损失机制则是干沉降, 而不是与 NO_x 反应。因此, NO_x 浓度与 O_3 浓度的关系是较复杂的, 与季节、日照、污染状况和下垫面条件关系很大。

龙凤山经常出现较高浓度的 NO_x, 这对那里地面 O_3 有显著的破坏作用。在冬季, 随着 NO_x 浓度的升高, 这种作用更加突出。图 6a 是冬季日平均 NO_x 和日最低 O_3 浓度变化情况。图中直线为最小二乘法拟合线, 其斜率和相关系数分别为 – 1.139 和 0.338, 线性相关的可信度 99%。由此可见, 随着 NO_x 浓度的增高 O_3 浓度趋于下降。偶尔, 当 NO_x 浓度迅速升高时, 甚至能观测到 NO_x 对地面 O_3 迅速的 "气相滴定" 现象。图 6b 就是这种现象的两个典型例子。由图 6 可见, 随着 NO_x 浓度在短时间内的迅速上升, O_3 浓度急剧下降, 而且 O_3 浓度的下降幅度基本与 NO_x 的峰高一致, 这说明当时 NO_x 对 O_3 的干扰强度远远超过了其它因素(如垂直输送和干沉降等) 的影响。

3.5 多变量分析

上述讨论已显示出龙凤山地面 O_3 浓度同时与多种因素相关, 有必要综合考虑这些因素与 O_3 的关系。

首先采用主因子分析法。这里选 $[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$、$[O_3]_{振幅}$(即日变化幅度)、W_s, T, E(日平均水汽含量), RH, UV(日平均紫外辐射), S(日照时间) 及 $[NO_x]$ 参与分析。为避免一些变量的强烈季节变化引起的干扰, 对各变量的观测值进行了 "滤波" 处理。具体方法是, 先对各变量的变化曲线进行 30 点(相当于 1 个月) 滑动平均, 求得代表长期变化的趋势, 再从各变量逐日值中扣除其长期趋势所对应的值, 用这样求得的代表短期波动的值作因子分析。扣除缺测, 观测值齐全的数据有 239 套。

表 2 控制地面 O_3、气象参数及 NO_x 的主因子

变 量	因子一	因子二	因子三	唯一因子
$[O_3]_{最高}$	0.568		0.675	0.186
$[O_3]_{最低}$	0.834			0.272
$[O_3]_{振幅}$			0.847	0.161
W_s	0.757			0.418
T	0.613		0.593	0.251
E		– 0.562	0.589	0.327
RH	– 0.611	– 0.618		0.242
UV		0.867		0.242
S		0.919		0.152
$[NO_x]$			0.443	0.726

表 2 是分析结果, 它表明, 10 个变量的波动受 3 个主因子控制。在第一个主因子上有高负载的是 $[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$、W_s, T 和 RH。根据以上分析, 这个因子代表的显然是 O_3 的源和汇。W_s 和 T 与 $[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$ 符号相同, 因而与 O_3 的源有关, RH 与 $[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$ 和 W_s 符号都相反, 可能与 O_3 的汇有关, 或者它自身受 W_s 和 T 的影响。第二个是纯气象因子, 它表明 UV 和 S 与 E 和 RH 之间的反相关关系。第三个主因子很可能代表光

化学反应, 它说明温度和水汽含量升高与$[O_3]_{最高}$和$[O_3]_{振幅}$增大相关。$[NO_x]$ 在第三因子中有较弱的负载, 这说明 O_3 最高浓度和日变化幅度既与 NO_x 有关但又不强烈地依赖于它。由于$[NO_x]$ 的唯一因子很高, 所以用这 3 个主因子不能很好地解释其变化, 即 NO_x 是较独立的。

因子分析结果基本与第 3.3 和 3.4 节中的分析结果一致, 同时也更简练地归纳和说明了各变量间的相互关系。

为了解各因子与 O_3 浓度的定量关系, 运用了多元逐步回归法。由于存在不同季节的差异, 将这 239 套数据分成两个矩阵处理。从 11 月 1 日至 4 月 15 日的 139 套数据代表寒冷期, 其日均气温约低于 2℃; 从 4 月 16 日到 10 月 31 日间的 100 套数据代表温暖期, 其日均气温一般高于 2℃。表 3 列出的是回归结果。从回归方程可见, 寒冷期里的$[O_3]_{最高}$主要与 W_s 和 T 相关, 而温暖期的$[O_3]_{最高}$除与 W_s 和 T 有关外, 还与 S 及 UV 有微弱相关。寒冷季节 O_3 最低浓度分别与 T, W_s 及 NO_x 有关。在温暖期, 由于 NO_x 的浓度很低, 而且变化很小, 所以它与$[O_3]_{最低}$基本上无关, 而 RH 却成为与$[O_3]_{最低}$下降有关的因素。$[O_3]_{振幅}$主要与 E, S 和 UV 有关, 在寒冷期还与 NO_x 有一定关系。

表 3　O_3 与其影响因素的多元回归结果

类型	回归方程	相关系数	置信度
寒冷期	$[O_3]_{最高} = 42.1 + 1.13 \cdot W_s + 0.81\ T$ (1) (2)	0.6604	99%
	$[O_3]_{最低} = 27.2 + 0.83 \cdot W_s + 0.33\ T - 0.64 \cdot [NO_x]$ (3) (1) (2)	0.5511	99%
	$[O_3]_{振幅} = 0.95 + 3.24 \cdot E - 0.21\ UV + 1.42\ S + 0.67 \cdot [NO_x]$ (1) (3) (2) (4)	0.5217	99%
温暖期	$[O_3]_{最高} = 37.4 + 2.15 \cdot W_s + 0.69\ T - 0.41\ UV + 1.93\ S$ (2) (1) (4) (3)	0.6386	99%
	$[O_3]_{最低} = 25.6 + 3.44 \cdot W_s - 0.16\ RH$ (1) (2)	0.6502	99%
	$[O_3]_{振幅} = 12.8 + 0.98\ E - 0.27\ UV + 1.59\ S$ (1) (3) (2)	0.6187	99%

注: 表中各自变量下的数字是回归过程中的入选次序, 代表各变量的重要性次序。

O_3 和 NO_x 的单位是 ppb, W, T, E, RH, UV 和 S 的单位为 m/s, ℃, hPa, %, W/m^2 和小时。

图 7 是$[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$和$[O_3]_{振幅}$的实测值和用表 3 中回归方程得到的计算值的对比。图中各对角线是 1∶1 线, 即计算值与实测值完全一致的情况。图中同时绘出了计算值与观测值的回归直线。图 7a, b, c, d, e, f 中的回归线的相关系数分别为 0.639, 0.650, 0.687, 0.660, 0.514 和 0.522, 置信度均达到 99%。用表 3 中的回归方程计算所得的温暖期的$[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$和$[O_3]_{振幅}$以及寒冷期的$[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$和$[O_3]_{振幅}$值与实测值的平均误差分别为 14%, 28%, 40% 及 14%, 18%, 35%。由此可见, 表 3 的回归方程可用来估算$[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$和$[O_3]_{振幅}$, 但与实测值有一定程度的误差。

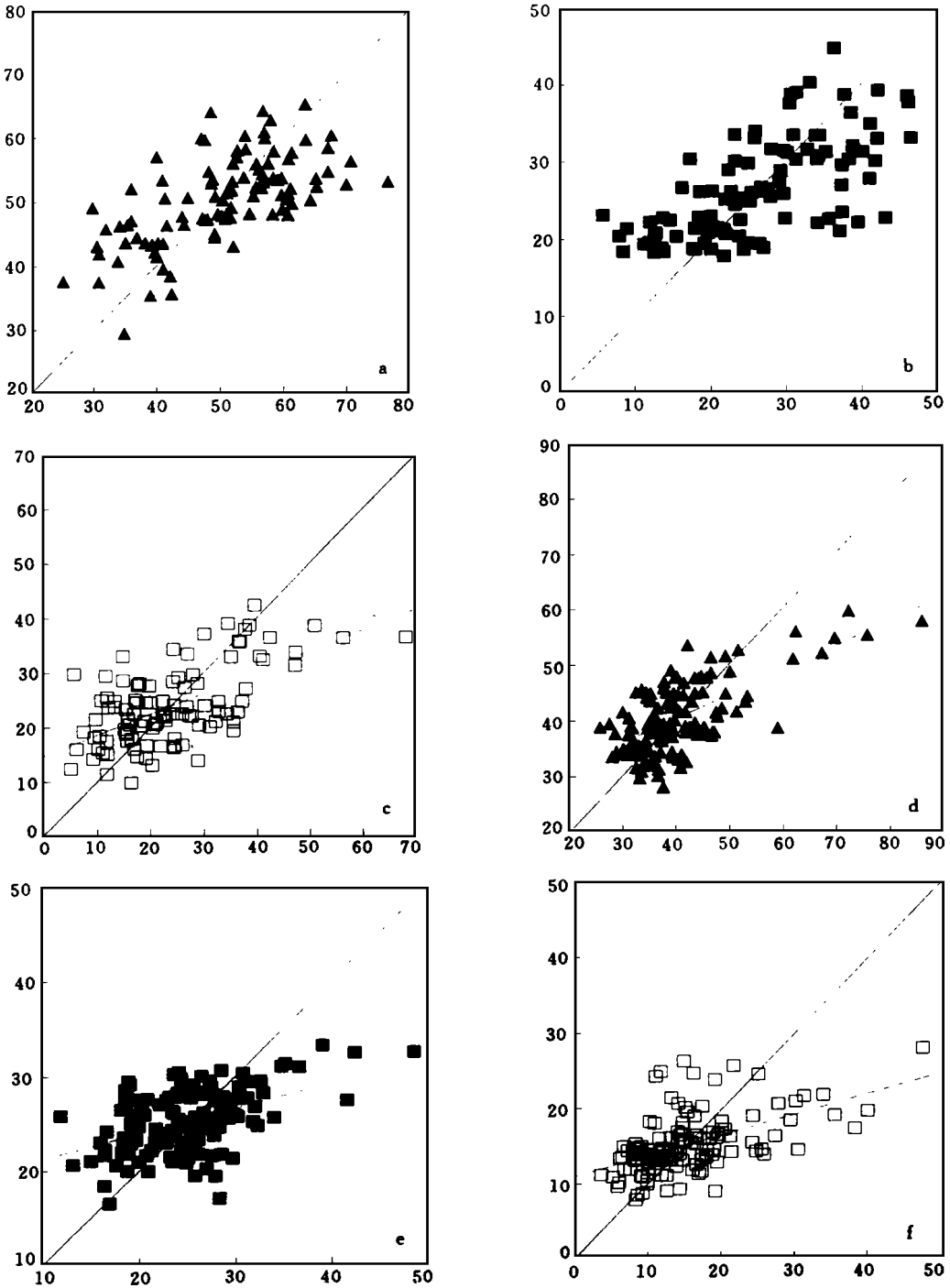


图 7 O_3 浓度最低值、最高值及变化幅度的观测值与由表 3 回归方程计算值的比较

(a. 温暖期 $[O_3]_{最高}$; b. 温暖期 $[O_3]_{最低}$; c. 温暖期 $[O_3]_{振幅}$; d. 寒冷期 $[O_3]_{最高}$; e. 寒冷期 $[O_3]_{最低}$; f. 寒冷期 $[O_3]_{振幅}$。对角实线为 1∶1 线, 虚线为计算值与观测值的最小二乘回归线。纵坐标为计算值, 横坐标为实测值)

4 结　论

一年观测表明, 中国东北农村地面 O_3 浓度总体水平不很高, 但在特殊天气条件下, 小时平均浓度可超过国家二级标准。O_3 浓度存在明显的季节变化和日变化。1995 年 1 月 O_3 月平均浓度最低, 1994 年 11 月 O_3 月平均浓度最高。O_3 日变化幅度夏季的晴天最大, 冬季的阴天最小。

气象因素及 NO_x 含量与地面 O_3 有较密切的关系。应用多变量分析法较好地说明了地面 O_3 与一些重要气象参数及 NO_x 的相互关系。风速和气温是与 O_3 浓度最显著相关的两个气象因子, 日照时间和相对湿度在温暖季节也与 O_3 有一定程度的关系, 前者与 O_3 日最大值正相关, 后者与 O_3 日最低值负相关。寒冷季节夜间较低的 O_3 浓度与较高 NO_x 浓度有一定关系。O_3 日变化的幅度主要随水汽含量升高和日照时间加长而增大, 但紫外辐射和 NO_x 含量也与 O_3 日变化有一定的关系。用逐步回归方法拟合出了寒冷和温暖期地面 O_3 日最高、日最低及日变化幅度有关的方程。用这些方程可估算 $[O_3]_{最高}$、$[O_3]_{最低}$ 和 $[O_3]_{振幅}$ 的值。

致谢: 感谢黑龙江省气科所沈福星同志和龙凤山本底站张忠华站长对观测工作的大力支持, 同时也感谢代鑫、谭晓军、李艳、宁尚军、赵金荣和柏金明同志认真负责地获取大量的观测资料。

参考文献

1 WMO. Scientific assessment of ozone depletion. World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No 37, 1994

2 Warneck P. Chemistry of the natural atmosphere, in international geophysics series, Vol. 41, edited by R. Dmowska and J R Holton, Academic Press Inc, USA, 1988

3 王明星. 大气化学. 北京: 气象出版社, 1991. 311

4 中国环境科学研究院、甘肃省环保局、甘肃省环保所等. 兰州西固地区大气光化学污染规律和防治对策的研究. 中国环境科学, 1985, 5(2): 1～11

5 徐家骝, 朱毓秀. 气象因子对近地面臭氧污染的研究. 大气科学, 1994, 18(6): 751～757

6 丁国安, 汤洁, 房秀梅等. 我国南方清洁地区春天地面 O_3 的某些特点. 科学通报, 1991, 36(8): 603～605

7 Liu S C. Ozone production in the rural troposphere and the implications for regional and global ozone distributions. J Geophys Res, 1987, 92: 4191～4207

8 Lin X, Trainer M and Liu S C. On the nonlinearity of the tropospheric ozone production. J Geophys Res, 1988, 93: 15879～15888

9 Platt U, Perner D, Schröder J, et al. The diurnal variation of NO_3. J Geophys Res, 1981, 86: 11965～11970

VARIABILITY AND RELATED FACTORS OF THE SURFACE O_3 AT LONGFENGSHAN IN NORTHEAST CHINA

Xu Xiaobin Ding Guoan Li Xingsheng Xiang Rongbiao

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing*, 100081)

Abstract

Surface O_3 was monitored at GAW's Longfengshan Regional Station(127°36′E, 44°44′N, 330.5m a.s.l), located in northeast China, from Aug. 15, 1994 to Jul. 31, 1995. Data show that the O_3 level at the site was generally not high, though relatively high O_3 concentration (hourly mean > 80 ppb) occurred in the first decade of November 1994. Large seasonal variation with the maximum monthly mean concentration (43.2 ppb) in November 1994 and the minimun (27.5 ppb) in January 1995 was observed. Significant diurnal variation always existed during measurement, but the daily O_3 amplitude depended very much on the weather and the season. The average daily amplitude was about 28 ppb on the clear days in the summer and nearly 8 ppb on the overcast days in the winter. The relationships between some of the meteorological parameters and the surface O_3 have been identified. Wind speed and temperature were found to be positively correlated to the surface O_3 level, while the relative humidity negatively. NO_x also had effects on the surface O_3 concentration, especially in the colder period when the surface NO_x concentration was relatively high. The "gas phase titration" between NO_x and O_3 could significantly decrease the nighttime surface O_3 concentration so that there was good anticorrelation between the nocturnal NO_x and O_3 concentrations. The daily amplitude was mainly related to the water vapor content, the sunlight time and the UV radiation. Empirical functions of the daily maximum, minimun and amplitude of the surface O_3 both in the colder and in the warmer seasons have been obtained using the step-by-step regression. The data calculated based on the functions coincide well with those observed.

Key words: Surface O_3, NO_x, Meteorological affect, Multivariate.