

陈镭,马井会,瞿元昊. 2019—2020 年上海地区空气质量变化特征及气象影响因素分析[J]. 气象研究与应用,2022,43(1):59–65.
Chen Lei, Ma Jinghui, Qu Yuanhao. Analysis of air quality change characteristics and meteorological influencing factors in Shanghai from 2019 to 2020[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2022, 43(1): 59–65.

2019—2020 年上海地区空气质量变化特征及气象影响因素分析

陈 镭^{1,2}, 马井会^{1,2}, 瞿元昊^{1,2}, 常炉予^{1,2}

(1.长三角环境气象预报预警中心, 上海 200030; 2.上海市气象与健康重点实验室, 上海 20030)

摘要: 利用 2019—2020 年上海地区 6 种空气污染物小时浓度和逐日空气质量分指数 (IAQI) 的监测资料, 统计分析了上海地区空气质量变化特征及其气象因素的影响。结果表明, 2020 年上海地区空气质量优良率达 86.9%, 空气质量状况优于 2019 年。上海地区 AQI 具有冬季最差, 秋季最好的季节特征, 最主要的污染物已由过去的 $\text{PM}_{2.5}$ 转变为 O_3 。分析 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度随时间的变化发现, O_3 浓度一天中存在一个峰值和一个谷值, 而 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度则有两个峰值和一个谷值; 从逐月变化来看, O_3 浓度呈现春夏高, 秋冬低的季节特征, 而 $\text{PM}_{2.5}$ 则呈现夏秋低, 冬春高的季节特征。地面风向风速、气温、日照和降水对上海地区 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度变化具有重要的影响。

关键词: 空气质量; 气象要素; $\text{PM}_{2.5}$; O_3

中图分类号: X51

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2022.1.11

引言

随着经济快速发展及城市化进程的加快, 大气污染对生存环境和身心健康的影响越来越为人们所关注, 空气污染治理已成为社会发展所面临的一项巨大挑战。近年来, 国内学者在城市空气质量的时空变化特征及其气象影响因素方面作了大量的研究, 肖悦等^[1]研究近 10a 中国城市空气质量发现, 全国空气质量逐年好转, 全年呈现先降后升的“U”型变化规律, 姜磊等^[2]、刘丽等^[3]也得出类似的结论。康娜等^[4]、王继康等^[5]在研究南京地区秋冬污染天气时发现, 相对稳定的天气条件不利于污染物在水平和垂直方向上的扩散, 有利于污染天气的发生发展。王新等^[6]在研究济南市空气质量特征时也发现, $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下的微风或静风会抑制污染物质的扩散, 使污染物积聚, 污染较重。郁珍艳等^[7]和欧娜音等^[8]研究污染天气与逆温层关系时发现, 逆温层高度越低,

低层大气扩散能力越弱, 空气质量越差。此外, 已有研究^[9-12]表明, 污染物浓度的变化和降水量、云量、相对湿度、气温等也有十分密切的关系。

上海位于我国东部沿海地区, 是一个经济发达、人口稠密的超大型城市, 其环境空气质量的变化历来备受关注。本文利用 2019—2020 年上海地区 6 种空气污染物小时浓度和逐日空气质量分指数 (Individual Air Quality Index, IAQI) 的监测资料, 对 2020 年上海地区空气质量的变化特征进行分析, 并与 2019 年进行对比, 探讨引起上海地区空气质量变化的气象成因, 以期对空气质量预报和空气污染防治提供一定的参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

本文采用的空气质量资料来自上海市环境监测中心的 10 个国控点 (图 1, 含 1 个对照点) 的污染物

收稿日期: 2021-10-28

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42005055)、上海市科委自然科学基金项目 (19ZR1462100)、上海气象局面上科研项目 (MS202013)、上海市青年科技英才扬帆计划项目 (21YF1412400)

作者简介: 陈镭 (1984—), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事环境气象预报业务和技术研究。E-mail: yuhuashi19840414@163.com

小时浓度资料,这 10 个站点中有 7 个分布在市区,3 个位于市区的边缘,其监测资料对上海地区具有一定的代表性,资料时段为 2019—2020 年。此外,文中还使用了同期的常规气象观测资料。

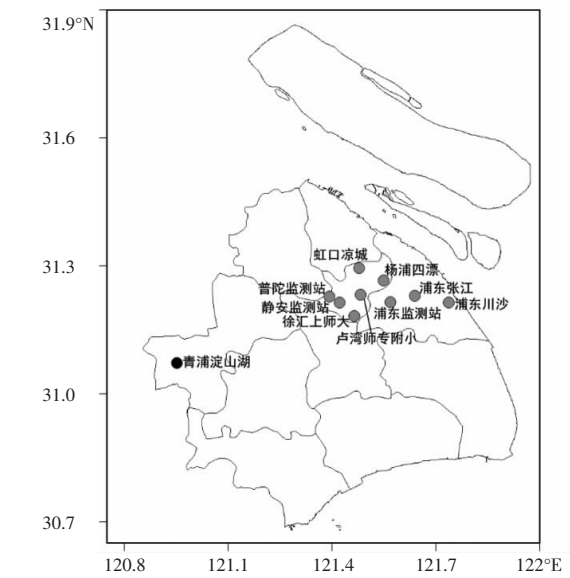


图 1 上海市环境监测中心国控点分布示意图

1.2 研究方法

目前,上海市环境监测中心用空气质量指数和空气质量分指数来衡量上海地区空气质量状况。空气质量指数(Air Quality Index,AQI)是定量描述空气质量状况的无量纲数,而空气质量分指数(Individual Air Quality Index,IAQI)则是单项污染物的空气质量指数。IAQI 的计算方法^[13]为:将空气污染物浓度根据分级浓度限值进行等标化,简化为单一的无量纲指数形式,可以进行不同污染物之间的对比,AQI 则定义为当日各项空气污染物 IAQI 中的最大值,当 AQI>50 时,其对应的污染物为首要污染物。

2 结果与分析

2.1 空气污染特征

2.1.1 AQI 变化特征

表 1 给出 2019—2020 年上海地区 AQI 各等级天数,可以看到,2020 年的优良天数达 318d,其中达优的天数为 117d,比 2019 年多了 37d,优良率达到了 86.9%,高于 2019 年的 84.3%;在污染日里轻度污染为 40d,较 2019 年偏少 10d,中度及以上污染天数为 8d,与 2019 年相差不大,两年均没有出现严重污染。总体来看,2020 年的空气质量状况较好,且优于 2019 年。

表 1 2019—2020 年上海地区 AQI 各等级出现天数(单位:d)

年份	优	良	轻度污染	中度污染	重度污染
2019 年	80	228	50	6	1
2020 年	117	201	40	7	1

图 2 给出 2019—2020 年上海地区逐月 AQI 各等级天数及优良率,由图 2b 可知,2020 年上海地区全年优良率均在 70%以上,其中 2—3 月和 10—11 月的优良率最高,均达到 97%,而最低则出现在 1 月和 12 月,为 74%。由污染天数的逐月分布可知,上海地区全年各月均有轻度污染出现,中度污染有 5 个月出现,重度污染仅在 12 月出现了 1d,冬季污染出现天数最多。对比 2019 年(图 2a)可以看到,两年 1 月的优良率均为全年最低,11 月均为全年最高,且较低的月份都出现在冬季,较高的月份都出现在秋季,逐月变化趋势两年差异较小。由污染天数的逐月分布可知,两年均为冬季污染天数最多,秋季最少,但 2019 年有 5 个月出现了 5d 以上的污染,而 2020 年仅有 3 个月。总体而言,2019 年和 2020 年上

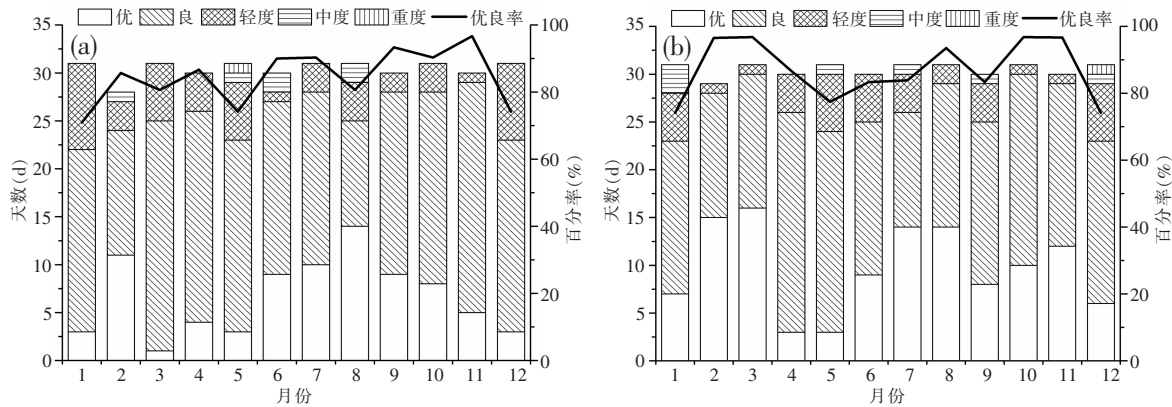


图 2 2019 年(a)和 2020 年(b)上海地区不同 AQI 等级出现天数及优良率月分布

海地区的空气质量具有冬季最差, 秋季最好, 春夏两季次之的特征。

2.1.2 首要污染物分布特征

由 2020 年上海地区不同首要污染物 AQI 各等级出现天数可见(表 2), 上海地区最主要的污染物为 O₃, 达 124d, 而 PM_{2.5} 只出现了 55d, 全年没有 SO₂ 和 CO 作为首要污染物出现; 从 AQI 不同等级出现的天数分布来看, 除 PM₁₀ 外, 其余污染物均出现了污染, 其中 O₃ 出现污染的天数最多, 达 27d, 占污染总天数的 56.2%, 其次为 PM_{2.5}, 污染天数有 16d, 且出现了 1d 重度污染, 占污染总天数的 33.3%。对比

2019 年可见, 2019 年和 2020 年上海地区首要污染物的分布一致, O₃ 均为最主要的污染物, 各首要污染物出现天数 2020 年较 2019 年均有所减少。陈镭等^[14]在研究 2013—2014 年上海地区的空气质量状况时发现, 上海地区最主要的污染物为 PM_{2.5}, 年污染天数达 59d, 而 O₃ 的污染天数为 19d。由此可见, 近年来, 在政府部门的大力管控和治理下, PM_{2.5} 污染状况逐年好转, 上海的主要污染物已从过去的 PM_{2.5} 转变为 O₃, 如何治理 O₃ 成为改善城市空气质量的关键。

表 2 2019 年和 2020 年上海地区各首要污染物不同 AQI 等级出现天数(单位: d)

首要污染物 AQI 等级	PM _{2.5}		PM ₁₀		NO ₂		O ₃	
	2019 年	2020 年	2019 年	2020 年	2019 年	2020 年	2019 年	2020 年
良	35	39	8	7	79	58	106	97
轻度污染	24	11	3	0	3	5	20	24
中度污染	1	4	0	0	0	0	5	3
重度污染	0	1	0	0	0	0	1	0
总天数	60	55	11	7	82	63	132	124

由 2020 年不同首要污染物出现天数和达到污染级别出现天数的逐月分布可见(图 3c 和图 3d), O₃ 作为首要污染物出现在 2—10 月, 污染主要出现在春夏季, 其中 5 月污染天数最多, 达 6d; 而 PM_{2.5} 作为首要污染物则主要出现在冬季, 污染也出现在

这一季节, 其中 1 月的污染天数最多, 达 8d; PM₁₀ 作为首要污染物出现在春秋两季, 全年没有出现污染; NO₂ 作为首要污染物在秋冬季出现的天数最多, 污染也出现在这两季。与 2019 年对比可见(图 3a 和图 3b), 2019 年 O₃ 作为首要污染物出现在 3—11 月,

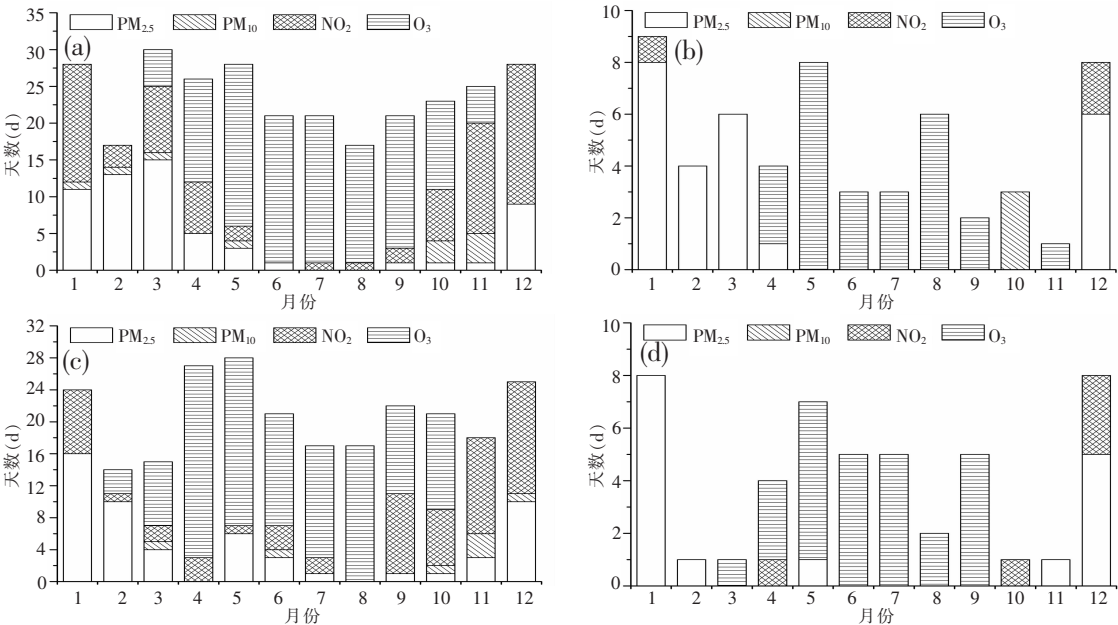


图 3 2019 年上海地区各首要污染物出现天数(a)和首要污染物达污染级别天数(b)、2020 年各首要污染物出现天数(c)和首要污染物达污染级别天数(d)月分布

较 2020 年整体延迟一个月,污染主要出现在春夏季,分布特征与 2020 年基本一致;两年 $\text{PM}_{2.5}$ 作为首要污染物出现的天数都是夏秋季偏少,冬季最多,污染主要出现在冬季;2019 年 PM_{10} 和 NO_2 作为首要污染物在各月的分布特征也基本与 2020 年一致。

2.1.3 污染物浓度变化特征

由前文分析可知,2019—2020 年上海地区最主要的污染物是 O_3 ,而污染则主要由 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 造成,因此本文将重点分析 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度随时间的变化特征。图 4 给出 2019—2020 年 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 逐小时浓度的平均值及其标准差分布图,由图 4a 可以看到, O_3 浓度在上午是一个快速上升的过程,午后则迅速下降,一天中有一个峰值和一个谷值,浓度日变化幅度较大;由其标准差日变化(图 4b)来看, O_3 浓度值在下午(13—18 时)离散程度较大,主要是由于受气

温、日照条件等气象因素的影响, O_3 污染多发生在下午,春夏季污染时小时浓度最大值可达 $300\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 以上,而冬季阴雨天时小时浓度最小值甚至小于 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,因此容易导致下午 O_3 浓度值变化幅度大。由图 4c 可以看到, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度早晨 06 时后开始上升,09 时出现峰值,之后浓度下降,17 时达到谷值,之后再次上升,20 时达到第二个峰值,00 时以后浓度缓慢下降, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的日变化幅度很小,在 $31\sim 34\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 范围起伏;由其标准差日变化(图 4d)可以看到,不同时段 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度值离散程度相差不大,主要是由于 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度受风向、风速、降水等气象因素的影响,影响时间可以出现在一天中的任意时段内,因此不同时刻 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度值都有可能出现极大值和极小值,从而导致分布区间相差不大。

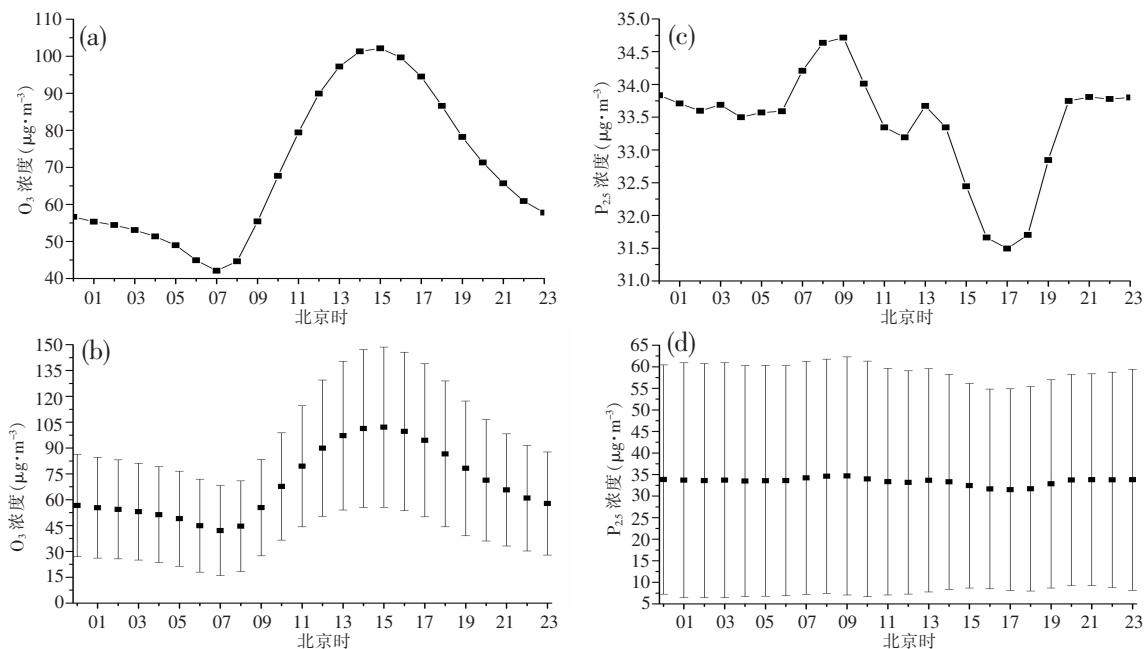


图 4 2019—2020 年上海地区 O_3 (a)、(b) 和 $\text{PM}_{2.5}$ (c)、(d) 逐小时浓度的平均值及其标准差分布图

图 5 为 2019—2020 年 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 月平均浓度的变化图,由图 5a 可以看到,1—5 月 O_3 浓度呈逐月上升的趋势,5 月达到最高值,之后逐月下降,9 月浓度出现反弹,之后再次下降,12 月为全年最低值, O_3 月平均浓度呈现春夏高,秋冬低的季节特征。从 $\text{PM}_{2.5}$ 月平均浓度的变化来看(图 5b),1 月和 12 月是 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的高值月,其中 1 月为全年最高月,2—8 月浓度是一个缓慢下降的过程,之后至 11 月缓慢回升,8 月为全年最低月, $\text{PM}_{2.5}$ 月平均浓度呈现夏秋低,冬春高的变化趋势。

2.2 空气污染气象条件分析

2.2.1 风速风向条件

从 2019—2020 年上海地区逐小时风速的平均值及其标准差分布(图略)可以看到,平均风速一天中有一个峰值和一个谷值,白天风速大于夜间风速;由其标准差日变化可以看到,一天中风速值离散程度相差不大。已有研究表明^[14-15],地面风速对上海地区空气污染物浓度变化具有重要的作用,对比图 4b 中 $\text{PM}_{2.5}$ 小时平均浓度变化可以看到,早晨风速较小,而此时城市交通早高峰造成排放源增多,水平扩

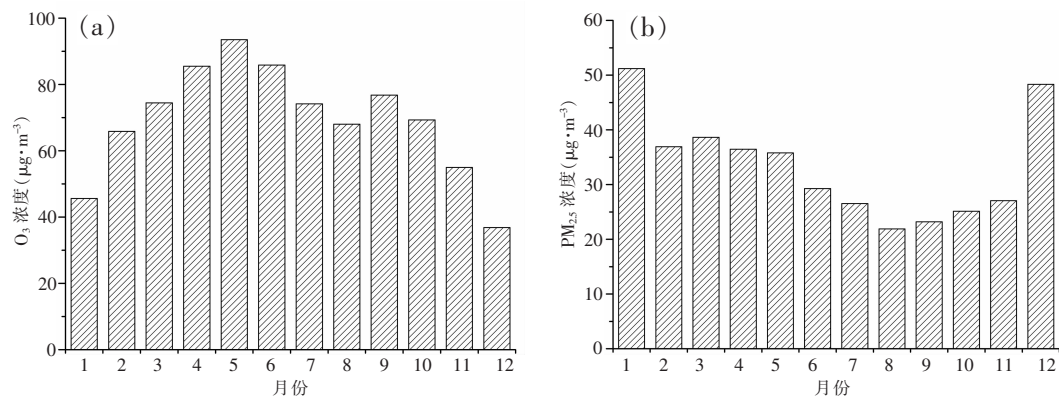


图5 2019—2020 年上海地区 O₃(a)和 PM_{2.5}(b)月平均浓度分布图

散条件不利,容易造成 PM_{2.5} 浓度的上升,上午随着风速增大,水平扩散条件转好,PM_{2.5} 浓度出现下降过程,傍晚到夜间随着风速不断减小,水平扩散条件持续转差,再叠加城市交通晚高峰,PM_{2.5} 浓度再次出现上升过程,而半夜到早晨排放源少,虽然此时风速最小,PM_{2.5} 浓度仍然缓慢下降,总体来看,PM_{2.5} 浓度日变化与风速有一定的负相关关系。从 2019—2020 年上海地区平均风速月变化分布(图略)可以看到上海地区平均风速逐月变化幅度不大,8 月为全年最高月,对比图 5b 发现,月平均风速与 PM_{2.5} 浓度没有呈现明显的负相关关系,造成此种情况的原因与风向有关,在相同的风速条件下,不同的风向会造成 PM_{2.5} 浓度的不同变化,下文将做详细分析。

表 3 给出 2019—2020 年上海地区不同风向频率逐月分布情况,可以看到上海地区风向具有明显

的季节性变化特征,冬季蒙古冷性高压强度最大,冷空气活动频繁,上海地区地面主导风向为偏北风和西北风的时间增多,有利于将上游地区的污染物不断重复地输送至本地,造成 PM_{2.5} 浓度的上升并且出现污染;夏季上海地区主要受副热带高压控制,地面盛行东南风,海上洁净的空气有利于污染物的稀释,不易造成 PM_{2.5} 污染;秋季副热带高压仍维持在我国上空,冷空气影响偏北,因此东北风和偏东风仍占主导地位,仍然有利于 PM_{2.5} 浓度的下降;而春季影响上海地区的天气系统复杂,这一季节冷暖空气势力相当,各个风向都有可能出现,对比秋季而言,来自内陆的风(西南风、偏西风和西北风)更偏多,因此春季的风向更有利于 PM_{2.5} 浓度的上升。上海地区地面风向这种季节性变化特征正好与 PM_{2.5} 浓度冬春高,夏秋低,且污染主要出现在冬季的季节性特征相对应。

表 3 2019—2020 年上海地区不同风向频率月平均表(单位:%)

风向	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
N	14.7	11.4	10.1	5.4	4.0	1.8	2.3	2.5	16.9	18.5	23.3	17.1
NE	27.5	24.5	17.9	16.3	11.4	9.3	10.8	9.8	27.5	37.8	24.8	21.9
E	12.3	21.0	19.0	25.5	19.8	26.4	24.2	21.6	21.2	16.9	17.4	12.9
SE	6.5	13.8	17.0	22.2	28.3	36.3	27.6	27.4	8.5	7.7	11.5	8.6
S	2.8	5.1	10.5	9.4	13.4	6.7	12.1	19.2	2.3	1.3	4.8	2.9
SW	2.3	2.6	7.0	5.1	5.9	7.5	8.0	12.4	3.3	1.9	2.0	2.8
W	20.3	13.2	10.6	10.0	10.3	8.4	10.8	4.5	12.3	7.8	6.1	15.7
NW	13.5	8.5	7.9	6.0	7.0	3.5	4.0	2.6	8.0	8.1	10.1	18.1

2.2.2 气温和日照条件

从上海地区 2019—2020 年平均气温日变化情况可以看到,上午随着气温的上升,O₃ 浓度呈现一个快速上升的趋势,午后在气温峰值后达到峰值,下午随着气温的下降,O₃ 浓度也随之下降,在气温谷

值后出现谷值,气温的日变化趋势与 O₃ 浓度呈明显的正相关关系。另外,由气温的标准差日变化可以看到,一天中气温值的离散程度几乎没有变化。

从上海地区 2019—2020 年月平均气温和日照时数分布图(略)看到 1—8 月气温逐月升高,8 月达

到全年最高,之后气温逐月下降,1月达到全年最低;而日照时数则是1—4月是一个上升过程,5月与4月持平略降,6—7月则明显下降,8月日照时数迅速回升,为全年最多,之后基本呈逐月下降的趋势,1月为全年最少月。 O_3 是经复杂的光化学反应产生的二次污染物,其成因复杂,气温、日照和降水是影响 O_3 浓度变化的主要气象因子。对比图5a可以看到,1—5月随着气温的上升和日照时长的变长, O_3 浓度呈现上升的趋势,6—7月,虽然气温继续上升,但日照条件转差, O_3 浓度出现了下降,8月虽然气温和日照条件全年最好,但 O_3 浓度仍然继续下降,9月之后随着气温和日照条件逐月转差, O_3 浓度呈现下降趋势。分析8月 O_3 浓度不高的原因可能与风速有关,由前文分析可知,8月平均风速为全年最大,水平扩散条件最好,有利于污染物的扩散,这可能是造成8月 O_3 浓度不高的原因。总体来看, O_3 浓度的月变化趋势受多种气象因子的影响,无法用单一的气象因子来预报。

2.2.3 降水条件

从2019—2020年上海地区平均月降水量和月雨日分布图(略),可以看到上海地区降水主要集中在6—9月,其中6月降水量最大;从平均月雨日分布可以看到,7月雨日最多,6月次之。降水对 $PM_{2.5}$ 具有湿沉降作用,降水偏多,有利于 $PM_{2.5}$ 浓度的下降,因此在一定程度上造成了上海地区夏秋季 $PM_{2.5}$ 浓度偏低,且污染较少。另一方面,月雨日较多,有利于抑制光化学反应,影响 O_3 浓度的上升,6—7月雨日较多,对于夏季 O_3 浓度的上升和出现污染有一定程度的影响。

总体来看,降水量偏多,湿沉降作用明显,有利于 $PM_{2.5}$ 浓度的下降,同时雨日偏多,有利于抑制光化学反应,影响 O_3 浓度的上升。

3 结论与讨论

(1)2020年上海地区空气质量优良率达86.9%,污染日数为48d,较2019年减少9d,没有出现严重污染,空气质量状况优于2019年。上海地区AQI具有冬季最差,秋季最好的季节性特征,最主要的污染物已由过去的 $PM_{2.5}$ 转变为 O_3 。2020年 O_3 作为首要污染物出现的天数达124d,其中污染天数达27d,占污染总天数的56.2%,污染主要出现在春夏季,而 $PM_{2.5}$ 污染天数为16d,占污染总天数的33.3%,污染主要出现在冬季。

(2)2019—2020年上海地区 O_3 浓度一天中存在于1个峰值和1个谷值,而 $PM_{2.5}$ 浓度则存在2个峰值和1个谷值;从逐月变化来看, O_3 浓度呈现春夏高,秋冬低的季节特征,而 $PM_{2.5}$ 则呈现夏秋低,冬春高的季节特征。

(3)地面气象要素对上海地区空气质量变化具有重要的影响;风速的日变化与 $PM_{2.5}$ 浓度具有一定的负相关关系,风速越大越有利于 $PM_{2.5}$ 浓度的下降,而风向的季节变化特征与 $PM_{2.5}$ 浓度季节变化特征相对应,来自海上的洁净空气有利于 $PM_{2.5}$ 浓度的稀释下降,来自内陆的风则有利于将上游的污染物输送至上海,造成 $PM_{2.5}$ 浓度的上升和污染;气温和日照对 O_3 浓度的变化有重要影响,气温高、光照条件好,有利于 O_3 的生成,气温的日变化趋势与 O_3 浓度呈明显的正相关关系,而 O_3 浓度的月变化趋势则受多种气象因子的影响,无法用单一的气象因子来预报。另外,降水也是影响 $PM_{2.5}$ 和 O_3 浓度变化的重要气象因子,降水偏多,湿沉降作用明显,有利于 $PM_{2.5}$ 浓度的下降,同时雨日偏多,有利于抑制光化学反应,影响 O_3 浓度的上升。

参考文献:

- [1] 肖悦,田永中,许文轩,等.近10年中国空气质量时空分布特征[J].生态环境学报,2017,26(2):243-252.
- [2] 姜磊,周海峰,柏玲,等.中国城市空气质量指数(AQI)的动态变化特征[J].经济地理,2018,38(9):87-95.
- [3] 刘丽,唐晓婵,马东卓,等.2013-2019年青岛市空气质量变化特征分析[J].中国环境监测,2020,36(6):66-71.
- [4] 康娜,胡康,KumarKR,等.2015年10月南京霾污染过程分析[J].环境科学研究,2017,30(12):1832-1840.
- [5] 王继康,花丛,桂海林,等.2016年1月我国中东部一次大气污染物传输过程分析[J].气象,2017,43(7):804-812.
- [6] 王新,杨晓霞,刘焕彬.济南市空气质量特征分析[J].气象科技,2007,35(6):803-808.
- [7] 郁珍艳,高大伟,李正泉,等.低层通风量及逆温条件对浙江省空气质量的影响分析[J].环境科学学报,2020,40(9):3165-3173.
- [8] 欧娜音,马骏,袁典,等.持续性逆温天气对哈尔滨市空气质量的影响[J].气象科技,2018,46(6):1266-1273.
- [9] 黄容,郭丽娜,马艳,等.2006—2012年青岛市空气质量与气象条件的关系[J].气象与环境学报,2015,31(2):37-43.
- [10] 陈训来,冯业荣,范绍佳,等.离岸型背景风和海陆风对

- 珠江三角洲地区灰霾天气的影响[J].大气科学,2008,32(3):530–542.
- [11] 邓涛,吴兑,邓雪娇,等.珠江三角洲一次典型复合型污染过程的模拟研究[J].中国环境科学,2012,32(2):193–199.
- [12] 刘宁,王雪松,胡泳涛,等.珠江三角洲秋季 PM_{10} 污染模拟与形成过程分析 [J]. 中国环境科学,2012,32(9):1537–1545.
- [13] 中华人民共和国环境保护部.环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行):HJ633–2012[S].北京:中国环境科学出版社,2012:1–2.
- [14] 陈镭,马井会,耿福海,等.上海地区一次典型连续颗粒物污染过程分析[J].气象,2016,42(2):203–212.
- [15] 张国珽,甄新蓉,谈建国,等.影响上海市空气质量的地面天气类型及气象要素分析[J].热带气象学报,2010,26(1):124–128.

Analysis of air quality change characteristics and meteorological influencing factors in Shanghai from 2019 to 2020

Chen Lei^{1,2}, Ma Jinghui^{1,2}, Qu Yuanhao^{1,2}, Chang Luyu^{1,2}

(1. Yangtze River Delta Environmental Meteorological Forecast and Early Warning Center, Shanghai 200030, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Meteorology and Health, Shanghai 20030, China)

Abstract: Based on the monitoring data of hourly concentrations of six air pollutants and daily air quality sub index (IAQI) in Shanghai from 2019 to 2020, the variation characteristics of air quality and the influence of meteorological factors in Shanghai were statistically analyzed. The excellent rate of air quality in Shanghai reached 86.9% in 2020, and the air quality was better than that in 2019. AQI in Shanghai has the seasonal characteristic that AQI is the worst in winter and best in autumn. The main pollutants have changed from $\text{PM}_{2.5}$ to O_3 . Analyzing the changes of O_3 and $\text{PM}_{2.5}$ concentrations with time, there was a peak and a trough in the O_3 concentration in a day, while the $\text{PM}_{2.5}$ concentration had two peaks and a trough. From the month-to-month change, O_3 concentration showed seasonal characteristics of high in spring and summer, low in autumn and winter, while $\text{PM}_{2.5}$ showed seasonal characteristics of low in summer and autumn, high in winter and spring. Surface wind direction, wind speed, temperature, sunshine and precipitation had important effects on the changes of O_3 and $\text{PM}_{2.5}$ concentrations in Shanghai.

Key words: air quality; meteorological elements; $\text{PM}_{2.5}$; O_3