

美日臭氧污染问题及治理经验借鉴研究

杨 昆^{1,2}, 黄一彦², 石 峰², 范纹嘉^{2*}, 周国梅²

(1. 生态环境部华南环境科学研究所, 广东广州 510655; 2. 中国—东盟环境保护合作中心, 北京 100035)

【摘要】 以臭氧(O₃)为主要成分的“光化学氧化剂”是光化学烟雾的真身。臭氧污染受臭氧前体物排放及其复杂的相互转化关系控制, 导致臭氧污染问题在治理过程中具有高度的复杂性和反复性, 甚至成为全球性环境难题。我国城市群臭氧污染问题继PM_{2.5}污染后日趋突出, 本文探讨和总结了美国洛杉矶、日本东京等大都市在污染治理方面的经验, 以期为我国构建更加全面、科学、系统的治理体系推进臭氧污染防治工作提供借鉴。

【关键词】 美国; 日本; 臭氧污染; 治理经验借鉴

【中图分类号】 X51

【文章编号】 1674-6252 (2018) 02-0085-06

【文献标识码】 A

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2018.02.085

以臭氧(O₃)为主要成分的“光化学氧化剂”是光化学烟雾的真身。自然界平流层中臭氧能抵抗太阳紫外线, 保护地球, 既是光化学反应的产物, 也是参与反应的气体; 在近地面对流层中, 可氧化清除许多天然和人为释放的污染物。但当浓度继续升高时, 其就变成对人类健康造成明显伤害的污染物, 逐步在国际大气环境保护领域引起重视。

对臭氧污染的认识最早源于20世纪40年代的“洛杉矶光化学烟雾”, 此后美国、日本等发达国家在经济快速增长阶段臭氧污染事件频发, 带来了严重的环境污染和人群健康损害。美国、日本在臭氧污染治理方面采取了多种协同措施, 累积了大量宝贵经验, 取得了一定效果。其中, 洛杉矶的大气臭氧污染始于20世纪40年代, 历经了50多年治理后大气环境得到了极大改善, 但目前仍然未达到环境质量标准值^[1-6]。而日本20世纪70年代开始治理臭氧污染问题, 经过一段时间的大气治理, 污染浓度逐渐减少, 一度以为问题得以解决, 但2002年7月4日, 在日本千叶县, 时隔28年又发出了光化学烟雾警报。2005年9月2日, 埼玉县也在时隔21年后首次发出光化学烟雾警报。

我国进入快速城市化和工业化以来, 频频出现的雾霾天气更是受到高度关注。自2013年9月国务院印发《大气污染防治行动计划》(气十条), 积极治理大气污染以来, PM_{2.5}污染问题得到了有效控制, 并呈逐年下降趋势, 但臭氧超标问题日益突出, 成为继PM_{2.5}之后又一个重要的具有区域性特征的污染物。2013—2015年, 长三角地区25个城市1—8月臭氧浓度平均超标率为13.2%~20.2%, 且平均浓度逐年上升, 而细颗粒物、SO₂和NO₂浓度却呈现下降趋势。重点地区O₃浓度上升

速度, 总体呈现京津冀最高, 珠三角最低, 长三角介于两者之间^[7]。

臭氧污染问题在治理过程中具有高度的复杂性和反复性, 甚至成为全球性环境难题。在我国臭氧问题逐渐显现的今天, 总结美国、日本等国在污染治理方面的经验和教训, 为建立更加全面、科学、系统的治理体系推进臭氧污染防治工作提供借鉴。

1 美国洛杉矶“光化学烟雾”污染成因和治理措施

1.1 洛杉矶烟雾污染的成因

洛杉矶烟雾污染的形成原因主要有两个方面: 城市发展格局、地理区位特征。

(1) 城市发展格局

洛杉矶的城市发展史从产业发展视角可分为无序缓慢发展期(18世纪80年代至19世纪80年代)、石油产业引领期(19世纪80年代至20世纪70年代)、多元产业协同发展期(20世纪70年代至21世纪初)三个时期。18世纪80年代洛杉矶仅为1600人的小镇, 到19世纪80年代人口随着铁路和石油产业的兴起而涌入, 第二次世界大战后已成为美国西部重要的经济发展中心。70年代后经历了产业转型升级, 新兴产业蓬勃发展, 到21世纪, 洛杉矶基本形成了多元产业结构和多维经济发展模式, 成为全球的高科技产业和服务业中心。而20世纪40—60年代末是洛杉矶制造业和石油产业发展的“黄金时代”, GDP最高以约240%的速度增长的同时, 洛杉矶光化学烟雾进入爆发期。

(2) 洛杉矶烟雾污染形成的人为条件

城市规划不合理。洛杉矶政府1910年颁布了工业区

作者简介: 杨昆(1979—), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事战略/规划环评、环境规划、区域环境与生态、环境政策等研究, E-mail: yangkun@scies.org。

* 责任作者: 范纹嘉(1987—), 女, 工程师, 硕士, 主要从事环境经济政策, 气候变化研究, E-mail: Fan.wenjia@chinaaseanenv.org。

内城市居住用地面积不削减的政策，导致工业区分散发展，工业用地和住宅用地混杂，为工业污染的扩散和对居民健康影响埋下了隐患。

石油化工产业蓬勃发展。洛杉矶城市化和以石油化工等为代表的污染型产业蓬勃发展，排放的颗粒物和有毒有害物质消耗了城市清洁大气。

机动车保有量大。洛杉矶一直被誉为“车轮上的城市”，是美国机动车保有量最高的地区。1924年道路建设促进了机动车的发展，同时也增大了移动源污染物（CO、CH和NO_x等）排放量。第二次世界大战后，洛杉矶摊大饼的城市格局和低效的公交系统使私家车在某种程度上成为了生活必需品。洛杉矶人在享受生活便利的同时，也变成了污染源^[8,9]。

（3）独特地形地貌是洛杉矶烟雾污染形成的自然地理条件

洛杉矶地处三面环山、一面临海的盆地，日夜温差较大，日间比较炎热，即便是冬季，日间气温也有摄氏20℃，夏季日间温度则常超越35℃，是典型的地中海气候。日照强烈，气候干燥，大气扩散条件差，这为“光化学烟雾”提供了天然有利条件。

1.2 洛杉矶“光化学烟雾”的治理进程

20世纪40年代洛杉矶烟雾爆发，直到20世纪90年代大气环境才得到较大改善，其治理经历了50多年。洛杉矶烟雾污染治理从公众认知和政府行为的改变来看，经历了四个阶段，即盲目期、推责期、改善期和改善后期^[8-12]（见表1）。

表1 洛杉矶烟雾污染治理四个阶段

阶段	时间	情势
阶段一：盲目期	20世纪40—50年代	光化学烟雾频发，政府、公众束手无策
阶段二：推责期	20世纪50—60年代	光化学烟雾事件；石油产业链企业推责；治霾行动推进缓慢
阶段三：改善期	20世纪70—90年代	南海岸空气质量管理局；《空气净化法》和《加州空气质量法》等
阶段四：改善后期	20世纪初至今	臭氧浓度大幅下降，但仍未达到标准值

20世纪40—50年代，烟雾天气频发，来源不清，群众恐慌地问责市政府。虽政府成立了空气污染控制局，但迫于石油企业的压力和对烟雾成因机理、治理经验的研究不足，未开展雾霾污染改善行为。

20世纪50—60年代，洛杉矶爆发了两次严重的“光化学烟雾”事件，政府虽已认清了雾霾的本质和来源，也成立相关的烟雾控制局，但由于利益链条的庞杂性，

大气治理行动推进缓慢。

20世纪60年代末开始，环保公众运动促使了环境法律法规、政策和政府环保机构的建立。1970年和1988年美国联邦政府和加州政府先后颁布了《清洁空气法》和《加州洁净空气法》，1970年成立美国环境保护署（EPA），1977年成立南海岸空气质量管理局和加州空气资源局，大力推进了洛杉矶地区污染气体的限排与污染治理工作。2003年，加州先于联邦政府制定了强制性PM_{2.5}标准（12μg/m³，2006年联邦标准15μg/m³）。至此，洛杉矶空气质量明显改观（见图1和图2），洛杉矶历经了50多年的治理基本使烟雾消失。

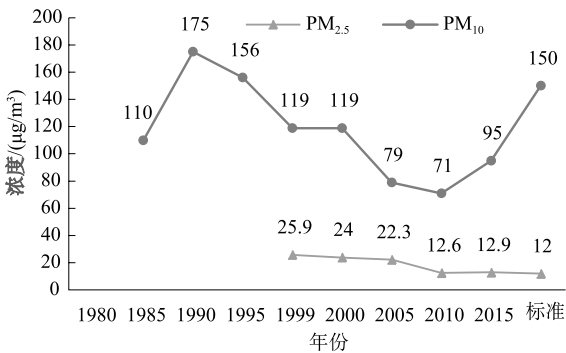
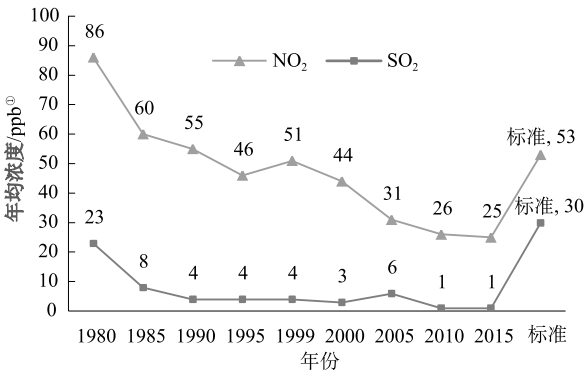


图1 1980—2015年洛杉矶NO₂、SO₂、PM₁₀和PM_{2.5}浓度演变趋势

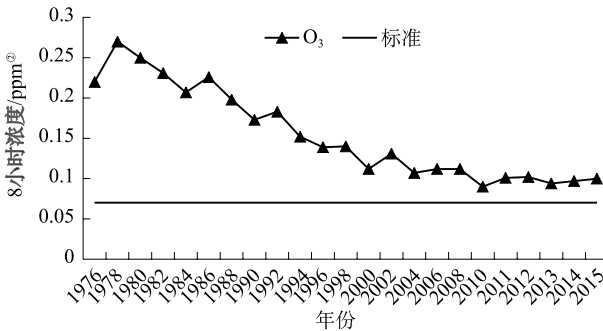


图2 1976—2015年洛杉矶都会区臭氧浓度演变趋势

资料来源：Courtesy of the South Coast Air Quality Management District.

① ppb=10⁻⁸。
② ppm=10⁻⁶。

21 世纪洛杉矶的大气臭氧浓度大幅下降, 但仍未达到质量健康标准值。而从 2008—2010 年洛杉矶 $\text{PM}_{2.5}$ 的年均浓度来看, 远超过美国环保署规定不高于 3 天的标准, 超过警报线的平均天数达 20.3 天^[8-12]。

1.3 洛杉矶空气污染治理经验和措施

(1) 制定严格的空气质量和污染治理政策

美国加州政府通过制定严于联邦政府的大气环境质量标准和严格的法律法规及环保政策, 并授权州和地方大气环境管理部门进行监管。

(2) 建立跨区域治理机构, 实施区域联防联控

建立跨区域的空气质量管理机构, 并赋予其强有力的行政执法和监管权力。24 小时实时网上公开发布污染监测数据, 促进公众环保意识和参与度, 对排污企业构成了强大监督和威慑, 极大地推动了空气污染的治理。

构建跨区域的大气环境质量管理部, 进行日常监管和执法; 通过媒体和网络增加环境污染监测数据的公开程度, 加强公众环保意识和参与度, 从而形成对污染企业的监督和震慑力, 推进区域大气环境质量的改善和污染治理。

(3) 公众强烈意愿支持

洛杉矶空气质量改善的动力来自公众对清洁空气的强烈诉求、环保组织和运动的兴起以及政治领导的决心。公众通过法律手段和其他维权运动迫使政府正视环境空气质量, 直接导致了《清洁空气法》的出台。

(4) 产业结构调整

从 1970 年开始, 洛杉矶进行了产业结构调整 and 升级。以附加值高、科技含量高的新兴产业如电子、通信、生物技术、网络等产业, 替代了大气污染物排放量大的能源、石油化工和机械制造等产业。

(5) 从供给侧控制和鼓励新能源的使用

美国环保署针对细颗粒物排放源(如火电站、机动车等)发布了规范和指导, 鼓励清洁能源的使用; 控制生产商生产符合新排放标准的产品, 减少大气污染物排放。洛杉矶地区要求油煤改气发电, 鼓励风能、太阳能等可再生新能源使用并给使用者财政补贴, 制定减少臭氧前体物排放政策等。

(6) 改变出行方式, 改善公共交通系统

洛杉矶于 1995 年开展了交通二十年发展规划, 把地铁、轻轨等大运量公共轨道交通定为发展重点。通过改变交通出行、用地分布和结构等进行减排。例如, 市区道路增设自行车道, 在高速路设置两人以上车辆专用道和新能源汽车单人驾驶专用道等。

(7) 优化城市空间布局, 减少通勤距离

洛杉矶 1970 年通过城市总体规划明确“多中心”城市发展模式, 合理布局居住、工业和商业用地结构, 缩减上下班的通勤距离; 增加城市交通干道和轨道交通沿线的住宅密度, 对减缓机动车大气污染起到了一定的积极作用^[13]。

2 日本“光化学烟雾”污染成因和治理措施

2.1 日本“光化学烟雾”臭氧污染成因

战后日本沿太平洋条带的“新产业城市”规划, 推动了经济和城市化的快速发展。1955—1970 年日本进入第二次世界大战后经济高速增长期, 增长率达 8.8%~12.4%, 以东京原工业带为基础, 推动了以京滨、中京、阪神、北九州四大“核心工业带”的发展。

产业快速发展带来了巨大能源消耗。1955—1964 年, 日本的能源消耗量增长了约 3 倍, 主要能源消耗类型由煤炭转为石油。煤炭消费从 1955 年的 49.2% 下降到 1965 年的 27.3%; 石油消费从 19.2% 增加到 58.0%。随着能源消耗的日益增长, 大气污染和其他形式的环境污染不断涌现, 以至于由石化产业造成的“联合企业公害”开始出现。在 20 世纪 60—70 年代大气污染达到顶峰, 神奈川的川崎市、兵库县的尼崎市、北九州市等由于制铁所、火电站、石油冶炼厂的蓬勃发展, 导致大气状况迅速恶化, 而名古屋南部、千叶县京叶高速沿线区域周围也变成了日本大气污染的集中沦陷区。

20 世纪 70 年代日本爆发的“光化学烟雾”, 导致东京呼吸道疾病患者激增, 环保民意运动最终推动了日本政府大气污染防治立法的驱动力。

2.2 日本大气污染和“光化学烟雾”事件的治理进程

(1) 大气污染治理进程与“光化学烟雾”的重现

20 世纪 50 年代, 日本开始进入战后经济复苏和高速发展时期, 随之而来的大气污染事件和民众的维权运动, 促使了日本环境法律法规的形成(见表 2)。而环境污染却出现了新旧问题的往复。

表 2 日本大气污染治理历程和相关法律法规

年份	事件
1950	北九州市受排烟危害的地方妇女会开展反污染示威
1955	东京制定《防止排烟条例》
1962	日本制定第一部《煤烟排放控制有关法律》
1967	《公害对策基本法》
1969	制定环境质量标准, 实行排放控制
1970	修订《公害对策基本法》和《防止大气污染法》
1971	成立环境厅, 各都道府县、各市町村设置政府环保机构
1993	颁布《环境基本法》

20 世纪 70 年代, 东京发生了以臭氧为主要成分的严重光化学烟雾事件, 导致一些学生中毒昏迷。而类似的事件在日本其他城市也相继发生。日本环保部门通过对东京几个主要污染源的调查发现, CO 、 NO_x 、 HC 这三种汽车排放的污染物占总排放量的 80%, 认定汽车尾气是光化学烟雾发生的源头。

日本经过 30 多年的大气污染治理, 使臭氧污染浓度逐渐下降, 一度认为问题已解决; 但千叶县在 2002 年

7月4日,时隔28年又发出了光化学烟雾警报,导致包括千叶县在内的东京都市圈,400多人出现眼睛不适及喉咙疼痛。时隔21年,埼玉县在2005年9月2日也首次发出这种警报。VOCs与NO_x排放比例上升、碳氢化合物和热岛现象可能是造成光化学氧化剂污染的新诱因,臭氧污染和治理问题正逐步成为全球性的环境难题。

(2) 日本光化学污染监测与警报

光化学氧化剂包括臭氧及其他大气中可氧化的物质,其中臭氧占主要部分,还包括 peroxyacetyl nitrate (PAN) 等。当光化学氧化剂小时均值大于0.12ppm时,当地政府通过大众媒体发出警报,协调社会各方减缓污染,如要求企业减少固定污染源排放,减少机动车使用等。当光化学氧化剂小时均值大于0.24ppm时,则发出光化学污染严重警报。

1985—2002年日本近地面对流层的臭氧浓度呈现逐年上升趋势(见图3)。全国326个监测点数据显示,平均臭氧浓度在1994—2002年比1985—1990年高3.5ppb。而偏远地区近地面对流层的臭氧浓度从1990年开始也呈上升趋势。

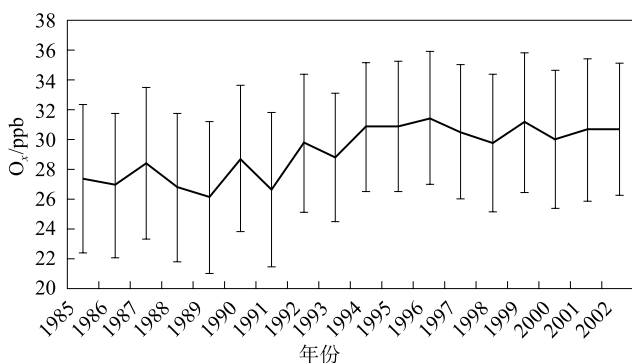


图3 日本光化学氧化剂年平均浓度^①

自20世纪70年代起,埼玉县对光化学污染进行监测并发出报警,年均有29天,且始终持续在高水平上,是当时报警天数最多的县。80年代后,由于采取有效的大气污染防治措施,警报天数减至16天,1984年有2733次投诉,到1994年有58次投诉,其间也存在无投诉年份,但2000年又重新转入高峰期(40天)。

东京都市区同样观测到臭氧浓度逐年上升。根据2005年东京市政府环境局的调查发现,1990—2002年,东京的光化学氧化剂日间平均浓度增长了5.6ppb,年均增长了0.5ppb。光化学烟雾报警天数自2000年起逐年增长,光化学氧化剂浓度超过120ppb的天数也在逐渐增加,比20世纪70年代晚期水平还要高。具体见图4。

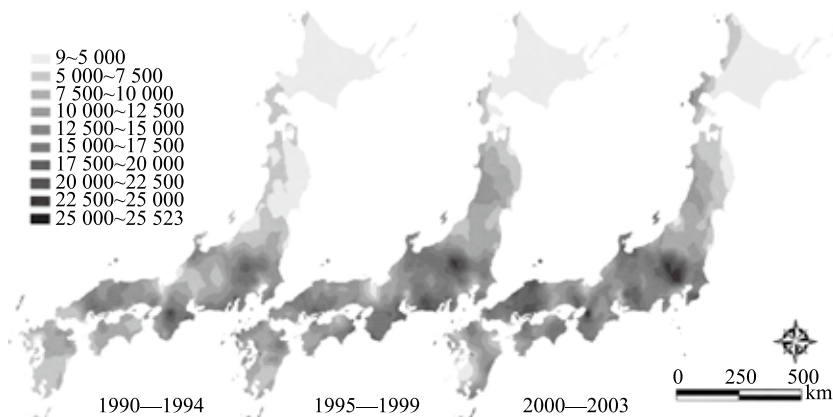


图4 1990—2003年日本光化学氧化剂AOT40平均值^②

2.3 日本治理光化学污染的相关政策和措施

(1) 臭氧污染前体物的排放管控政策和措施

出台《机动车NO_x和PM法案》。21世纪初,日本将工作重点转向颗粒物和臭氧防控。修订并提高了《机动车NO_x法案》(1992年)中原有NO_x的排放标准,且增加了颗粒物控制标准。

重点源实施VOCs排放管控和监管。2004年日本政府在《大气污染防治法》修订中,增加了《VOCs排放规制》的内容。2006年对化学品制造、涂装、工业清洗、粘接、印刷、VOCs物质贮存六类重点源实施VOCs排放控制,要求VOCs排放设施单位进行申报、达标排放和监测记录。

(2) 法律监管和自主减排相结合

日本在VOCs减排控制上,采用兼顾稳定、合理、公平的法律监管和具有创新、灵活性的企业自主减排结合的施政方针,并合理设置监管与自主减排的权重,实现最佳组合,于2004年录入《大气污染防治法》。

(3) 光化学污染超标警报措施

除冲绳等6个县以外,日本42个都道府县的市民均可通过手机随时了解环境省发布的光化学污染信息。污染严重时,相关地区的警报会每小时发布一次当时大气中光化学污染物的浓度,以便市民及时预防。

3 美国、日本臭氧环境质量标准与中国对比

美国和日本的臭氧环境质量标准相对于中国来说较严格。其中,日本还根据臭氧浓度划分了警报预警的等级。而美国加州的臭氧环境质量地方标准高于美国联邦政府的标准(见表3)^[14]。

① 数据源自全日本国326个连续环境空气污染监测站。Ohara and Sakata, 2003。

② AOT40是基于光化学氧化剂浓度超过0.06ppm及0.12ppm的小时总数估算并可视化。资料来源于Kohno, 2005。

表3 中国、美国和日本臭氧环境质量标准

中国	美国		日本
	联邦	加州	
0.16 ppm (一级标准) 0.20 ppm (二级标准) (1小时均值)	0.12 ppm (1979年)	0.09 ppm (1小时均值)	0.06 ppm (1小时均值)
0.10 ppm (一级标准) 0.16 ppm (二级标准) (8小时均值)	0.08 ppm (1997年)	0.07 ppm (8小时均值)	0.12 ppm (警报限值: 1小时均值)
			0.24 ppm (严重警报限 值: 1小时均值)
			0.40 ppm (紧急警报: 1小时均值)

4 对我国臭氧污染防治的政策建议

4.1 加强臭氧污染产生机制研究, 分类和精准控制臭氧前体物排放

我国煤烟型大气污染已随着燃煤污染控制得到了有效改善, 但城市“光化学烟雾”的臭氧污染和 $\text{PM}_{2.5}$ 已成为区域大气污染迫切需要解决的两大问题。因此, 臭氧污染控制应该尽快提上日程。控制区域“光化学烟雾”污染的关键需进行产生臭氧污染的前体物源解析和臭氧对其前体物排放变化的响应规律研究, 以便进一步精准控制不同来源臭氧污染前体物的工作开展。

4.2 加大 VOCs 减排和多种污染物协同控制

4.2.1 兼顾细颗粒物和臭氧污染治理, 多种污染物协同控制

与细颗粒物污染相比, 晴空之下的臭氧污染更具有隐蔽性。这就更需要政府和专家有针对性地对臭氧 8 小时污染及其治理进行宣教。挥发性有机化合物 (VOCs)、氮氧化物 (NO_x) 及颗粒物之间的转化关系复杂, 而臭氧的形成过程中, VOCs 和 NO_x 并不是一个线性关系, 与两者的比例密切相关。因此, 减少氮氧化物及悬浮颗粒物排放, 需同步减少挥发性有机化合物。若 VOCs 的减排速度赶不上氮氧化物减排速度, 导致 VOCs 和 NO_x 之间未达到合适比例, 减排效果就会不理想, 反易发生高浓度臭氧。

4.2.2 重点行业 VOCs 减排的基础上, 进一步加强中小型 VOCs 污染源管控

目前, 我国出台了重点行业的 VOCs 综合防治方案, 针对石化炼油、化学制品、合成纤维、表面涂装等 13 个重点行业的整治方案。但大气污染物的减排对象主要针对大型污染源, 但城市中分布着大量排放污染物造成面源污染的中小型商业企业, 对大气 VOCs 污染的贡献也很大, 如汽车维修店、小型加油站等。随着减排工作的深入, 中小型污染源也应纳入主要的管控对象。

4.3 加强重点区域 VOCs 连续在线监测和光化学烟雾长期性预测, 实施区域联合控制

4.3.1 VOCs 连续在线监测和光化学烟雾长期性预测

开展重点地区 VOCs 在线监测, 探索各重点地区不同时段臭氧前体物——VOCs 和 NO_x 的转化形成机制和控制技术, 协同治理 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 。

美国加州南海岸空气质量管理局拥有 9 倍于大气现状监测人员的污染预测研究人员, 从事洛杉矶大气环境质量中远期预测, 分析未来

污染来源, 科学提出治理应对之策。而目前我国环境监测属于跟踪性现状监测, 而基于区域城市、产业、交通、人口和技术发展程度下, 对未来大气污染源和污染程度的预测和研判能力较缺乏。

4.3.2 区域联防联控臭氧污染

一方面, 我国臭氧及其前体物的排放具有区域性特征, 由点及面地在城市之间传输。因此, 划定臭氧污染联防联控区具有重要意义。加强臭氧及其前体物的监测监控, 构建臭氧污染的预警预报机制和报警限值, 在区域臭氧浓度超标时启用应急预案。另一方面, 大力发展区域绿色公共交通体系, 推广新能源机动车, 提高输运效率, 降低臭氧前体物排放。

4.4 极端天气状况下采取临时性污染物应急控制措施

在区域臭氧污染的预测预报工作的基础上, 当臭氧联防联控区出现臭氧浓度超标时, 应采取临时性污染物应急控制措施, 包括通过各种公众媒体公告市民, 鼓励采取自愿生活行为方式协助降低臭氧前体物排放, 如乘坐高效率公共交通工具, 避免使用含有挥发性有机物的涂料, 改变烹饪方式, 等等。

参考文献

- [1] 柴发合, 王晓, 罗宏, 等. 美国与欧盟关于 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧的监管政策述评. [J]. 环境工程技术学报, 2013, 3 (1): 46-52.
- [2] MAZMANIAN D A. 美国洛杉矶空气管理经验分析 [J]. 环境科学研究, 2006, 19 (增刊): 98-108.
- [3] 侯佳儒, 王倩. 美国加州大气污染防治经历 [J]. 环境教育, 2014 (4): 94-96.
- [4] 郭彦军. 机动车排放物 VOCs 对光化学臭氧生成的影响研究 [D]. 西安: 长安大学.
- [5] 鲍雷. 光化学污染科学及发展现状研究 [J]. 环境科学与管理, 2016, 41 (3): 58-62.
- [6] 奇普·雅各布斯, 威廉·凯莉. 洛杉矶雾霾启示录 [M]. 曹军骥, 等, 译. 上海: 上海科学技术出版社, 2014.
- [7] 张杰. 长三角臭氧治理需对症 [N/OL]. 中国环境报, 2016-06-04. http://www.cenews.com.cn/qy/qygc/201606/t20160614_806159.html.

- [8] 高洪善. 洛杉矶的雾霾治理及其启示 [J]. 全球科技经济瞭望, 2014, 29 (1) : 5-8, 24-24.
- [9] 李家才. 洛杉矶经验与珠三角地区灰霾治理 [J]. 环境保护, 2010 (18) : 61-63, doi: 10.14026/j.cnki.0253-9705.2010.18.011.
- [10] 郭逸飞, 宋云, 孙晓峰, 等. 国外 VOCs 污染防治政策体系借鉴 [J]. 环境保护, 2012 (13) : 75-77.
- [11] SQ aqmd. The Southland' s war on smog: fifty years of progress toward clean air[EB/OL]. (2010-09-01) . <http://www.aqmd.gov/news1/Archives/History/marchcov.html>.
- [12] arb. Key events in the history of air quality in California[EB/OL]. (2010-09-07) . <http://www.arb.ca.gov/html/brochure/history.htm>.
- [13] 蒋希冀, 叶丹. 应对雾霾事件的城市规划策略: 洛杉矶的借鉴与警示 [C]// 新常态: 传承与变革——2015 中国城市规划年会论文集 (03 城市规划历史与理论) . 贵阳: 中国城市规划学会, 2015.
- [14] 陈平, 赵淑莉, 范庆. 解析日本空气环境质量标准体系 [J]. 环境与可持续发展, 2012, 37 (4) : 74-79.

Research on the Ozone Pollution and Control Measures in US and Japan

YANG Kun^{1,2}, HUANG Yiyan², SHI Feng², FAN Wenjia^{2*}, ZHOU Guomei²

(1.South China Institute of Environmental Science, Ministry of Ecology and Environment, Guangdong Guangzhou 510655, China;
2.China-ASEAN Environmental Protection Center, Beijing 100035, China)

Abstract: The “photochemical oxidant” with ozone (O₃) as the main component is the true body of photochemical smog. Because of ozone pollution controlled by the exposure of ozone precursors and their complex interactions, it is highly complex and repetitive in the governance process and even becomes a global environmental problem. The problem of ozone pollution in China's city clusters is becoming increasingly prominent accompanied by PM_{2.5}. In this paper, experiences in pollution control in Los Angeles and Tokyo were explored and summarized in order to build a more comprehensive, scientific and systematic management system to promote the prevention and control of ozone pollution in China.

Keywords: America; Japan; ozone pollution; governance experience reference