

洛杉矶的雾霾治理及其启示

高洪善

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘 要: 1943 年美国发生了著名的“洛杉矶雾霾”事件, 直到 20 世纪 70 年代, 该市区还被称为“美国烟雾城”。洛杉矶雾霾夏天主要起因于臭氧, 冬天主要是源于细微颗粒物等。洛杉矶在治理雾霾方面的主要做法包括立法、排污许可证制度、推广先进环保技术、建立排污交易机制和成立跨部门专门机构等, 其治理工作取得了明显成效: 2012 年, 加州达到“不健康空气”水平的日子比 2000 年减少了约 74%。我国治理雾霾, 应更加重视空气污染的长期性预测分析, 引入市场机制, 成立跨地区的空气污染治理机构, 同时, 加强中美间环保科技的国际合作。

关键词: 洛杉矶; 雾霾治理; 零排放

中图分类号: X513(712) **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2014.01.002

2013 年以来, 在北京等主要城市出现的长时间雾霾天气, 严重影响到人们的身体健康和工作生活环境, 受到国内外高度关注。事实上, 经济快速发展带来的空气污染问题, 也曾经困扰过欧美发达国家, 如 1943 年“洛杉矶烟雾”和 1952 年“伦敦烟雾”事件。国内如何治理雾霾, 我们可以借鉴发达国家的一些成功做法。本文对洛杉矶雾霾的形成机理进行了分析, 详细探讨了洛杉矶在治理雾霾方面的主要做法和取得的明显成效, 以期对我国治理雾霾有所启示。

1 概况

美国洛杉矶在经济快速发展时期也曾出现过严重雾霾天气。据记载, 1943 年 7 月 26 日, 正值二战期间的洛杉矶就为雾霾所困: 烟雾笼罩城区, 白天能见度只能看到 3 个街区以远; 居民出现刺眼喉疼等症状; 人们甚至怀疑遭受敌方“毒气攻击”, 在热浪之中喘不过气来。这就是有名的 1943 年“洛杉矶雾霾”事件^[1]。正是这起突出事件, 开启了洛杉矶治理雾霾之战, 迄今已近 70 年。

实际上, 在 20 世纪初, 高速发展的洛杉矶就出现了严重污染。如, 1903 年, 洛杉矶曾经因为受浓浓的工业烟雾袭扰, 民众误以为出现了日食。从 1905 至 1912 年, 洛杉矶市议会采取了多项措施阻止浓烟排放。

二战爆发后, 洛杉矶的飞机制造和军事工业迅速发展, 随着人口剧增, 20 世纪 40 年代, 洛杉矶汽车拥有量达到 250 万辆, 每天消耗汽油 1 600 万升。由于汽车漏油、汽油挥发、不完全燃烧和汽车尾气, 大量废气向城市上空排放。这些废气, 在 5 月至 10 月的强烈阳光作用下, 常会发生光化学反应, 生成淡蓝色光化学烟雾, 其中含有臭氧、氧化氮、乙醛和其他氧化剂等。

从地理位置看, 洛杉矶地处太平洋沿岸, 只有西面临海, 其他三面环山, 再加上独特气候的作用, 在洛杉矶上空形成强大的持久性的逆温层。这种逆温层使大气污染物不能上升到越过山脉的高度, 导致洛杉矶的光化学烟雾滞留在市区无法扩散。直到 20 世纪 70 年代, 洛杉矶市还被称为“美国的烟雾城”。

作者简介: 高洪善 (1965—), 男, 副研究员, 主要研究方向为生物学、农业经济学及科技管理。

收稿日期: 2013-10-30

2 主要做法

2.1 分析雾霾成因

1943 年，洛杉矶在分析雾霾产生的原因时，首先想到的是位于市区的南加州燃气公司生产厂，它生产一种合成橡胶原料的丁二烯产品。在公众的压力下，该厂生产被迫临时关闭。但雾霾仍然没有散去，显然它并不是雾霾产生的主要元凶。

二战期间，洛杉矶人以为工厂排放的烟雾是罪魁祸首，随后人们才知道雾霾还有许多其他来源，如，机车和柴油机车喷出的烟；后院焚烧炉、城市垃圾场、锯木厂、废木厂等焚烧的垃圾等。

1946 年，“洛杉矶时报”聘请空气污染专家 Raymond R. Tucker 分析洛杉矶雾霾问题并提出解决方案。经过分析，Tucker 提出减少空气污染 23 个推荐方案，包括禁止在后院焚烧废橡胶等。

1950 年，加州理工学院化学家 Arie J. Haagen-Smit 首次提出，雾霾形成与汽车尾气以及光化学反应下的气粒转化有着直接关系，并指出臭氧是洛杉矶雾霾的主要成分，这与美国东部污染主要来自燃煤和重油产生的 SO_2 有明显不同。他的结论，成为大气治污史上具有里程碑意义的研究。

2.2 出台法规为空气污染治理提供法律保障

2.2.1 洛杉矶地方政府

1943 年，洛杉矶县管理部门任命了一个烟雾委员会专门研究该地区的烟雾问题。在该委员会的建议下，洛杉矶县于 1945 年 2 月颁布了禁止排放浓雾的法令，并成立了空气污染控制办公室。

1947 年 4 月 15 日，洛杉矶县批准了一项法律草案，允许成立统一的空气污染控制部门。1947 年 10 月 14 日，不顾当地石油公司等强烈反对，洛杉矶地方政府成立了空气污染控制局，给所有的工业都设置了空气污染准入制度。这是美国第一个和大气污染防治相关的区域管理项目。

2.2.2 美国联邦政府

1963 年和 1967 年，美国联邦政府先后通过了《清洁空气法案》和《空气质量法案》两部法律，以立法形式对空气质量进行管理。

1970 年地球日，2 000 万美国民众走上街头，抗议政府在保护环境方面不得力。压力之下，时任总统尼克松不得不同意成立了一个特殊的部门：美

国环保署^[2]。

1971 年，美国政府还颁布了《国家环境空气质量标准》，要求对 6 种空气污染物进行管制。当时人们对污染物的概念是“总悬浮颗粒物（TSP）”，即所有飘浮在空气中的颗粒。随着科学的发展，人们发现，一些粒径更小的颗粒物，尤其是粒径在 $10\ \mu\text{m}$ 以下的颗粒物，对人体健康的影响更大。

1987 年，美国环保署废除了总悬浮颗粒物的标准，制定了 PM10 的标准。并开始展开了对更小的颗粒物，即 PM2.5 的科学研究。1997 年，美国环保署首次增加了 PM2.5 的标准，要求各州年均值不超过 $15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，日均值不超过 $65\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。2006 年，PM2.5 的日均值收紧至 $35\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2.3 成立南海岸空气品质管理局（AQMD）管理跨地区空气污染

洛杉矶所在的南加州是空气污染最严重的地区，由于空气的流动性，污染源与受害区域并不一致。为了实现跨地区合作应对空气污染，合理分摊治污费用，1977 年，由位于南加州地区的洛杉矶县、橙县、河滨县和圣伯纳纳县共同成立了南海岸空气品质管理局（Air Quality Management District, AQMD），统一负责南加州地区空气污染治理^[3]。AQMD 辖区达 10 743 平方英里，逾 1 670 万人居住，约占加州一半人口。

AQMD 经费来源分为 2 个部分，其中：约 74% 来自评审费、年度运营费、排放费、听证委员会费用、罚款、结算和投资；其余 26% 的收益来自联邦补助金、加州空气资源局（California Air Resources Board, CARB）补助金和加州清洁空气法机动车费用。

AQMD 制定和实施“空气品质管理计划”，促使本地区符合联邦和州清洁空气标准；同时还制定诸多规则以减少各种来源的排放，包括特定类型的设备、工业流程、涂料和溶剂，甚至消费性产品；向许多企业和行业发布可以确保符合空气品质的规则。AQMD 工作人员会定期检查以确保符合这些要求，并在所辖区域内 38 个位置持续监控空气品质，当出现空气品质不佳时及时通知公众。

AQMD 主要负责控制空气污染的静态来源。这些来源可能包括从大型发电厂和炼油厂到街角加油站的任何场所。大约有 28 400 家企业在 AQMD

许可下运营。许多消费性产品也被认为是静态来源，包括建筑涂料、家具清漆以及数以千计含挥发性溶剂的产品。

目前，洛杉矶空气污染，夏天主要是臭氧引起，冬天则是 PM_{2.5}。从来源看：约 23% 形成臭氧的空气污染来自静态来源——企业和住宅；其他 77% 来自移动来源，主要是汽车、货车和巴士，还有建筑设备、船舶、火车和飞机^[4]（见表 1 所示）。移动来源的排放标准是由州或联邦机构（如，加州空气资源局和美国环保署）制定。

表 1 南加州地区形成臭氧的污染物来源

污染物来源	所占比例/%
路上行驶的车辆	42
其它移动源	33
涂料与挥发性溶剂	13
静态燃料燃烧源	5
工业与各种加工	4
石油加工储藏与转运	3

数据来源：<http://www.aqmd.gov/aqmd/index.html>。

2.4 引入市场机制

治理空气污染，各国都实行排污许可证制度，并对排污企业进行管制。加州实行比美国联邦更加严格的标准，如，美国联邦将排污 100 t 以上的企业认定为主要污染源，而加州明确排污 10 t 以上的企业就按主要污染源予以监控。

如何用市场的手段治理空气污染，一直是人们思考的方向。AQMD 推出了 RECLAIM 空气污染排放交易机制。目前，纳入交易机制的约有 300 多家工厂，由 AQMD 对其排污情况进行在线实时监测，其排放额度分配依据 10 多年前的估算量而得出，并且每年递减，从而强制排污企业减少空气污染。排放指标在芝加哥期货市场公开挂牌交易，每年交易额约 10 亿美元。这种做法，对控制固定源污染较有效果^[5]。

2.5 空气污染先进技术开发

因为深受空气污染之害，加州在监测空气污染方面领跑全美，如：1970 年代，率先监测 PM₁₀；1980 年代，监测废气中的铅和 SO₂；1984 年，监测 PM_{2.5}；1990 年，分析 PM_{2.5} 的化学成分等。加州在开发先进技术治理空气污染方面也一直居领

先地位^[6-7]。

1953 年，加州空气污染控制改革委员会推广涉及空气污染控制技术，包括减少碳氢化合物的排放量、创建汽车尾气排放标准、柴油卡车和公交车使用丙烷作为燃料、放缓增长重污染工业、禁止垃圾露天焚烧、发展快速公交系统等。

加州还成立机动车污染控制局，负责测试汽车尾气排放并核准排放控制装置。20 世纪 60 年代，加州在全美率先实行减少汽车尾气排放量的措施。

1975 年，加州要求所有汽车配备催化转换器。

1970 年代开始，联邦政府逐步淘汰了汽油中铅的使用，因这种有毒的污染物如果浓度高，将会让儿童产生行为问题、学习障碍甚至脑损伤。20 世纪 70—80 年代，加州环保机构鼓励使用甲醇和天然气取代汽油，这样会减少一半的汽车烟雾排放量。

1987 年，加州空气质量管理机构通过了一项汽车公乘计划，以减少空气污染。该机构从 1993 年开始，通过回收项目来全面控制每个设施的烟雾排放量，他们还将开发更为广泛的交易计划来提高排放交易的效率和成本效益。

1988 年，加州空气质量管理局成立了技术进步办公室来帮助私营产业加快发展低排放或零排放技术。这些先进技术包括燃料电池、电动汽车、零 VOC 涂料和溶剂、遥感、可用替代燃料的重型车辆和机车。其中，AQMD 在开发治理空气污染先进技术方面发挥了积极作用，包括：资助零排放燃料电池和混合技术作为汽车、巴士和其他车辆的动力；提供超过 1 亿美元的州和地方资金，帮助把柴油拖船、建筑设备和重型卡车转换为低排放量和清洁燃料型运输工具；资助研究空气污染对健康的影响，尤其是对儿童、运动员以及呼吸系统疾病患者。

3 取得的主要成效

20 世纪 80 年代以来，洛杉矶空气质量有了明显改善。由于特殊的地理形态，洛杉矶至今仍是全美空气污染最严重的都市之一。但相比过去，洛杉矶已基本实现了全年空气质量指数良好的目标。据一份 2012 年公布的报告披露：2011 年，加州空气污染达到不健康水平的次数比 10 年前大幅减少；2012 年，在加州全州范围内达到“不健康空气”水平的日子比 2000 年减少了约 74%。1980 年至 2011

年间，在加州全境内臭氧污染每年都有所下降；在同一时间框架内，颗粒物质排放也有所减少。^[8-9]

从禁止洛杉矶居民在自家后院焚烧垃圾到不断提升汽油品质，从发明汽车催化转化器到开发零排放的燃料电池电动汽车，治理空气污染促进了技术创新，也引发了激烈的政治斗争。正是公众与舆论的强大压力，迫使洛杉矶政府和企业开始积极关注空气污染治理，经过较长时间的努力，明显改善了人们赖以生存的空气质量。

4 启示

(1) 加强空气污染的长期性预测分析

我国现在很多环保机构的监测能力很强，但缺乏前瞻性预测分析能力。监测工作，是记录当前空气的污染情况，仅属跟踪式；而预测分析，是要结合所在地区的城市发展、道路交通规划、工业布局、技术先进程度等诸多因素，预测未来空气污染的来源，如此，才有助于及早做出应对。AQMD 非常重视洛杉矶空气品质的远期预测，在人力物力多方面加以保障。AQMD 共有 800 多名员工，从事监测的人只占 10%，绝大多数都是从事空气污染的预测研究，分析未来污染源，科学提出治理应对之策。

(2) 引入市场机制治理空气污染

治理空气污染，除了使用排污许可证等强制手段外，还要把污染作为一种特殊产品，通过建立空气污染交易制度等市场手段，引导各方经济力量参与到治污工作，让治污好的机构收到实效，取得好的经济效益。

(3) 成立跨地区的空气污染治理机构

由于空气流动性大，常常会出现污染源与受害区的分离，并且往往是跨行政区的。根据空气污染的区域特点，成立跨区域的空气污染管理机构有利于统筹污染源与受害区，合理使用环保收费，调节环保资源分配。如洛杉矶所在的南加州地区跨地区成立 AQMD，较好地平衡了排污源与受害地区间的利益。

(4) 加强中美间环保科技的国际合作

2013 年初，在北京等地出现的长时间雾霾天气，引起了国内外广泛关注。事实上，欧美发达国家在经济起飞时期都曾出现过严重的雾霾天气，

如 1943 年的“洛杉矶烟雾”和 1952 年的“伦敦烟雾”。据洛杉矶的环保专家表示，这次北京雾霾天气，与洛杉矶 20 世纪 40 年代出现的严重雾霾很相似。北京与洛杉矶有些类似，多边环山，城市中排放到空气中的污染物容易停留在城市上方的大气中。洛杉矶在治理空气污染方面经过几十年的摸索，总结了很多有用的经验，如推广先进的环保技术、出台操作性强法规与管理手段等。我们应加大中美在空气污染治理方面的环保科技合作，多借鉴别人的长处，少走弯路。■

参考文献：

- [1] South Coast Air Quality Management District. The Southland's War on Smog: Fifty Years of Progress Toward Clear Air[EB/OL]. (1997-05)[2013-09-26]. <http://www.aqmd.gov/news1/archives/history/marchcov.html>.
- [2] EPA. Summary of the Clean Air Act, 1970[EB/OL]. [2013-09-26]. <http://www2.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>.
- [3] South Coast Air Quality Management District. About South Coast AQMD[EB/OL]. [2013-10-02]. <http://www.aqmd.gov/aqmd/index.html>.
- [4] Liu Chung. Power the Future in Southern California[C]// SCCAEP 2011 Symposium. California: SCCAEP, 2011.
- [5] South Coast Air Quality Management District. Draft Goals/Objectives For FY 2012-2013[R/OL]. [2013-10-02]. <http://www.aqmd.gov/aqmd/MissionStatement-Goals.pdf>.
- [6] Air Resources Board. The Success of Air Pollution Controls in California[R/OL]. (2008-02-28)[2013-10-06]. <http://www.arb.ca.gov/research/health/healthup/feb08.pdf>.
- [7] California Air Resources Board. Air Quality Update—California's Air Quality Continues to Improve[R/OL]. (2009-12)[2013-10-10]. <https://www.wspa.org/sites/default/files/uploads/documents/Energy%20Alerts/Air%20Quality%20Fact%20Sheet%20-%20California.pdf>.
- [8] California Air Pollution Control Officer's Association. California's Progress Toward Clear Air[R]. Sacramento, CA: CAPCOA, 2011-04.
- [9] WSPA. Climate Change[EB/OL]. [2013-10-10]. <https://www.wspa.org/issues/climate-change>.

(下转第 24 页)

Metrics of Innovation-Based Competitiveness in the U.S. and EU

HUANG Jun-ying

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: This paper examines the metrics of innovation-based competitiveness set by the Information Technology and Innovation Foundation (ITIF) of the United States, Innovation Union Scoreboard of the European Union and Global Innovation Index of European Institute of Business Administration (INSEAD). The innovation metrics of ITIF includes 6 primary indicators, and 16 secondary indicators, among which the “economic performance” and “innovation capacity” are two key indicators evaluating one country’s competitiveness; Innovation Union Scoreboard is aimed to indicate the advantage and disadvantage of research and innovation system of EU member states so as to help them know their situation and focus on improving their innovation performance; Global Innovation Index emphasizes on the metric of innovation environment, infrastructure and related achievements. The paper argues that the evaluation of the innovation-based competitiveness is indispensable to inform policy discussions so as to foster the efforts of China to become an innovation-oriented country. The evaluation of innovation performance is critical, which should be evidence-based and the metrics should be updated according to the changing situation.

Key words: innovation-oriented state; competitiveness; evaluation index system

(上接第8页)

Air Pollution Control in Los Angeles

GAO Hong-shan

(Ministry of Science and Technology of the People’s Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: The Las Angeles Smog Incident happened in 1943, and until 1970s the city was called the “smog city”. It was analyzed that smog in Los Angeles came from ozone in summer and from PM2.5 in winter. The paper discusses the effects and measures Los Angeles has taken to handle the air pollution, such as, air pollution control legislation, adopting emissions license system, fostering advanced technologies, and setting up the interagency administration. The clean air was achieved by these measures: the unhealthy air days in California was reduced by 74 percent in 2012 compared to 2000. The paper also gives some suggestions for Chinese current haze control as follows: emphasizing the forecast and analysis on air pollution, introducing the market mechanism, establishing interregional air pollution control administration, and enhancing sino-US cooperation in environment protection.

Key words: Los Angeles; air pollution control; zero emission