

# 大范围严重雾霾现象的成因分析与对策建议

刘 强 李 平

**【提 要】**大面积雾霾现象的主要成因并非单一来源的污染。其主要成因有：污染物排放总量超过了环境可以消纳的阈值，其根源在于环境排放标准严重偏低；长期积累形成的生态环境系统自净功能丧失，导致大气污染物无法消纳。转变发展方式，调整经济结构是治理雾霾的基础。调整能源消费与供给结构，提高环境排放标准，保护生态环境系统是治理雾霾的关键。

**【关键词】**雾霾 环境标准 经济结构 能源转换 生态环境

**〔中图分类号〕** X513 **〔文献标识码〕** A **〔文章编号〕** 1000—2952 (2014) 05—0063—06

2012年冬以来，雾霾频繁肆虐于中国广大中东部地区上空。对雾霾成因的分析成为很多研究单位的重要工作。目前对雾霾形成的原因有多种说法。有的观点认为燃煤占主导，有的观点认为是汽车尾气占主导，还有一种说法是燃煤过程形成的放射性污染，甚至有人认为家庭烹饪和街边烧烤也是雾霾成因之一。

典型观点认为，不利气象条件是雾霾天形成的“元凶”，空气污染物是“帮凶”（彭应登等，2013；<sup>①</sup>张军英、王兴峰，2013<sup>②</sup>）。其实这种观点说的是雾霾形成的机理，而非为什么中国出现大规模雾霾的原因。而这种原因也可以说是一种科学常识。石元春认为，由于大量使用化石能源和排放到空气中的细颗粒物导致有毒雾霾。<sup>③</sup>顾为东认为，中国工业化进程中工业等污染和广大农村的土壤、水源严重污染的叠加效应，是中国严重雾霾形成的特殊机理。<sup>④</sup>

在把雾霾形成指向化石燃料燃烧过程中所

产生的大气污染物的思想指导下，治理雾霾的政策就被引向了控制污染源头、减少工业锅炉、减少燃煤使用甚至控制工地扬尘等具体措施上。应该说这些措施都是正确的、应该采取的。但是通过本文的分析，我们认为，还有更为重要的原因——即生态环境系统自净功能的丧失没有得到应有的重视，从而使得上述政策的效果会打上折扣，这已为近来的事实所证明。

<sup>①</sup> 彭应登、张中华、胡艷艷：“北京雾霾天形成的原因及特点浅析”，2013中国环境科学学会学术年会论文集（第五卷），2013年。

<sup>②</sup> 张军英、王兴峰：《雾霾的产生机理及防治对策措施研究》，《环境科学与管理》2013年第10期。

<sup>③</sup> 石元春：《中国雾霾的产生机理及应对策略研究》，《陕西电力》2013年第4期。

<sup>④</sup> 顾为东：“中国‘雾霾’形成机理研究”，<http://finance.chinanews.com/cj/2014/04-28/6110654.shtml>。

## 一、雾霾形成原因辨析

雾霾的来源其实很清楚，那就是各种大气污染物，既包括化石燃料燃烧产生的废气，也包括工地扬尘。但是形成全国大面积雾霾的原因肯定与西方曾经出现的单个地理单元比如伦敦、洛杉矶的雾霾成因不同。伦敦、洛杉矶的雾霾形成有其地理特点因素，离开郁闭的山谷地带，就没有了雾霾。而中国近期的雾霾几乎弥漫了所有的乡村、城市、平原、山谷。

本文认为，形成这种大面积严重雾霾的原因有三个：一是总量原因，经济活动总体规模巨大，导致污染物排放量严重超标；二是排放标准原因，环保标准低使得排量更高；三是生态环境系统自净功能丧失，导致污染物无法消散。前两个原因可以说是充分条件，后一个原因可以视为必要条件。

### （一）总量原因

从国际经验来看，伦敦和洛杉矶曾出现过严重的雾霾现象。伦敦雾霾现象是由燃煤引起的，洛杉矶雾霾是由机动车尾气形成的，同时这两个城市雾霾的形成借助于本地特殊的地形特点导致大气污染物不易扩散。但是中国出现的雾霾覆盖全国1/3到1/2国土面积，地跨南北东西，北方的燃煤地区和南方的没有冬季取暖燃煤的地区都出现了严重雾霾天气。这表明，中国的雾霾现象反映的是我国大气污染物的排放水平已经超越了自然环境能够消纳的阈值，自然生态环境系统已经彻底丧失了自净功能。

以前我国化石燃料消费量较低，雾霾天气不明显。但是现在中国的化石燃料消费达到了极高水平，出现雾霾天气就不可避免了。2002年我国只消费14亿吨煤，现在每年约消费40亿吨煤；2002年我国石油消费还不到3亿吨，现在消费超过5亿吨。中国主要空气污染物排放均居世界首位。2010年，二氧化硫排放是美国的2.6倍，欧盟的4.5倍；氮氧化物的排放是美国的1.8倍，欧盟的2.4倍。<sup>①</sup>从区域分布情况看，大气污染物排放强度也与雾霾严重情况高度吻合。近三年美国和欧盟在能源消费

方面基本没有变化，大气污染物和温室气体排放甚至有所减少，但是中国在能源消费和大气污染物排放方面继续增长，与欧、美差距继续拉大。

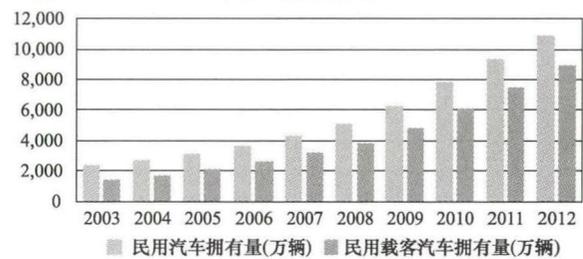
表1 中国、美国、欧盟煤炭消费、空气污染物和温室气体排放对比

	煤炭消费 (百万吨标准油)	SO <sub>2</sub> (万吨)	NO <sub>x</sub> (万吨)	PM10 (万吨)	PM2.5 (万吨)	气态汞 (吨)	CO <sub>2</sub> (亿吨)
中国	1713.5	2267.8	2273.6	1277.8		825.2	67.03
美国	524.6	860.0	1243.9	1023.2	413.4	103.0	58.27
欧盟	269.7	501.5	937.4	197.1	129.3	73.4	40.65

来源：YANG Jintian, 16 November 2013.

从来源上看，可以说煤炭消费的巨大总量为雾霾现象大规模出现打下了坚实的基础。但是，导致近年来雾霾的大量出现的最后一根稻草并不是煤炭消费，而是汽车燃油消费的快速增长。中国民用汽车拥有量从2003年的2000万辆，到2012年已经超过了1亿辆，十年间增长了4倍多。此外，还有大量的以农用车登记的行驶车辆。而同期汽车燃油经济性和尾气排放标准都没有明显改善。因此，来自汽车尾气的大气污染物成为很多城市的重要污染源。

图1 中国汽车保有量



数据来源：国家统计局：《中国统计年鉴2013》。

### （二）环境排放标准过低是重要原因

能源本身并无脏洁之分，污染都是发生于能源利用过程。如果实现能源清洁化利用，能

<sup>①</sup> YANG Jintian, *Air Pollution and Total Coal Consumption Control*, Chinese Academy for Environmental Planning, 16 November, 2013.

源使用并不一定会形成雾霾。因此，除了控制总量之外，提高能源利用过程的排放标准至关重要。以车用汽油二氧化硫含量标准为例，美国的标准为 10ppm，而当前我国国三和国四汽油中的硫含量分别是不大于 150ppm 和 50ppm。美国的柴油硫含量是 10ppm，我们的国家标准是 2000ppm，是美国的 200 倍。国十条也仅仅是要求到 2017 年达到 137ppm，仍然是美国的 10 倍多。因此，即使中国与美国汽车保有量相近，且每车平均行驶里程相似，中国的车辆二氧化硫排放也将是美国的 5 倍。二氧化硫在空气中的存在与雾霾形成有直接的关系。

我国大气污染物排放控制标准低。除电厂、钢铁厂等大型用户外，大多数用煤的小用户的排放标准低、管理不严。我国好的燃煤电厂烟尘的排放可达到每立方米 30 微克，二氧化硫排放可以控制到 30ppm 或者以下，但是国家控制标准却是国际先进水平的 3~4 倍。<sup>①</sup>

### （三）生态环境系统自净功能丧失

目前对雾霾成因的关注主要集中在化石燃料和污染物排放上，而忽略自然生态环境系统的自净功能。实际上，各种工业大气污染都是点源污染，在自然生态环境系统功能完整时，大量的大气污染物都被各种水体和森林系统所吸收、消纳。但是，随着中国工业化、城镇化进程的快速发展，各种自然生态环境系统被严重破坏。

据 20 世纪 50 年代初期统计，当时全国水蚀面积 150 万平方公里，风蚀面积 130 万平方公里，合计占国土面积的 29.1%。到 1990 年，全国水土流失总面积达 367 万平方公里，占国土总面积的 38.2%，其中水蚀面积 179 万平方公里，风蚀面积 188 万平方公里。从流失的程度来看，中度以上流失面积占 50%。目前全国农耕地水土流失面积约 4867 万公顷，占耕地总面积的 38%，严重影响了农业生产，特别是粮食生产。<sup>②</sup> 除极少数地区外，中国几乎已经不存在森林生态系统，而森林系统正是消纳大气污染物的最佳自然体系。这与几十年来对自然生态环境系统的掠夺与破坏息息相关。

从 1960 年至 2005 年，中国的湖泊数量上和

面积上都在萎缩，45 年间总面积减少 13%。<sup>③</sup> 2006 年媒体报道，黄河源区湿地退化严重，沼泽湿地面积减少最为显著，1990 年~2004 年间减少了近 200 平方公里，以湖泊的减少最为突出。<sup>④</sup> 2013 年媒体报道，过去的近 30 年间武汉市城市建设总面积增加了 200 多平方公里，但湖泊面积却减少了近 230 平方公里，平均两年消失三个湖。2010 年，武汉湿地面积由 2000 年第一次普查时的 3358.35 平方公里（占市域面积的 39.54%），减少到 3195.85 平方公里，净减少 162.5 平方公里。<sup>⑤</sup>

2013 年 11 月 28 日，陕西省监测发现中国最大沙漠淡水湖急剧萎缩，十多年面积减少近 1/3；<sup>⑥</sup> 2014 年 2 月新疆媒体报道博斯腾湖十年水域面积减少 460 平方公里（原面积 1228 平方公里）；<sup>⑦</sup> 而鄱阳湖、洞庭湖每年出现的大草原景观也表明，长江中下游鱼米之乡、渔舟唱晚的水乡景象已经发生了巨大的变化；华北、黄淮地区原来的水体面积如白洋淀、衡水湖、微山湖、洪泽湖等都出现了水体缩小、水环境污染的严重问题。

森林与水体资源的大幅度减少，大大破坏了自然生态环境系统的自净能力。人类活动产生的大气污染物排放无法被自然环境系统消纳，遇到无风天气就会悬浮于空中形成雾霾。

- ① 中国循环经济学会可再生能源专业委员会网站，“李俊峰谈雾霾控制”，<http://www.creia.net/news/creianews/1700.html>。
- ② 人民网，“我国水土流失概况”，<http://scitech.people.com.cn/GB/25509/50262/50980/3553777.html>。
- ③ 中国经济新闻联播网，“中国淡水湖泊正在萎缩总面积已减少 13%”，[www.ce02.net/main/ditan/d\\_43\\_15582.html](http://www.ce02.net/main/ditan/d_43_15582.html)。
- ④ 环境保护部网站，“黄河源区湿地退化严重”，[http://www.zhb.gov.cn/hjyw/200609/t20060927\\_93208.htm](http://www.zhb.gov.cn/hjyw/200609/t20060927_93208.htm)。
- ⑤ 新浪湖北资讯，“30 年武汉湖泊减少 230 平方公里平均 2 年 3 湖泊消失”，<http://hb.sina.com.cn/news/magazine/2013-11-19/2012122140.html>。
- ⑥ 中国日报网，“中国最大沙漠淡水湖面积减少近 1/3 正急剧‘萎缩’”，[http://www.chinadaily.com.cn/hqgj/jryw/2013-11-28/content\\_10692550.html](http://www.chinadaily.com.cn/hqgj/jryw/2013-11-28/content_10692550.html)。
- ⑦ 中国网新闻中心，“新疆博斯腾湖十年水域面积减少 460 平方公里”，[http://big5.china.com.cn/news/2014-02/07/content\\_31397160.htm](http://big5.china.com.cn/news/2014-02/07/content_31397160.htm)。

## 二、转变发展方式、调整经济结构是治理雾霾的基础

控制污染物排放和恢复自然生态环境系统自净功能是治理雾霾的两个途径。

中国经济已经成为全球第二大经济体、第一大贸易国、第一大能源生产与消费国、第一大煤炭消费国、第一大环境污染和温室气体排放国、第二大汽车保有量国家，并保持钢铁、水泥、电视机等多个商品的全球第一生产大国。经济可以无限发展，生态与环境的容量却是有限的。如果任由目前这种片面追求经济增长和财政增收而忽视环境容量的发展方式持续下去，生态与环境系统的崩溃近在眼前。

因此，目前突出的任务是把经济增长引擎从依赖资源投入的粗放型增长方式转向依赖智力与技术投入的集约型增长方式上来。转变发展方式不意味着不搞生产，而是要从提高各种商品的技术含量与附加值入手，以创新为引领，实现产业的升级。以美国、欧洲、日本为例，新世纪以来这些经济体仍然保持了较好的发展势头，但是其能源消费和温室气体排放基本没有增加，甚至还有所下降。

我国的城镇化进程，从城镇覆盖人口数量来看，已经接近完成，应限制城市建设无限度扩张尤其是城市建设面积的无限制扩大。

另外，中国城市普遍存在过度建设与过度硬化的问题。城市面积中很大一部分是广场，除了活动性广场之外，几乎每个商业性、办公性建筑周围都用混凝土形成一大块无用的观赏性面积。过度硬化导致城市土地水交换功能的丧失，降水不能渗入地下，最终导致土地沉降问题，危害公共安全。目前城市道路设计仍然沿用以前思路，保持了较宽的自行车道和人行道，路面也越修越宽，大量占用城市宝贵的土地面积。建议尽快进行城市规划标准修订工作，对城市土地硬化和路面规划标准进行符合城市生态学原则的修订，减少硬化面积，增加生态面积（目前很多城市热衷建设园林，这种人工修剪形成的园林在生态功能上远不如自然生长形成

的植物系统）。比如华盛顿作为美国首都，其规划面积内约有1/3为生态用地，保留了大面积的郊野公园和水体湿地公园，单条道路面积较小，而城市街道路网密度大，保障了城市生态功能的完整性，城市交通便利性也得以实现。

通过遏制过度工业化和过度建设，可以节约大量的高耗能产品，如钢材、水泥、玻璃、有色金属等，并间接节约大量的能源投入以及减少由此产生的各种污染物排放。

## 三、调整能源消费与供给结构，实现能源转换是降低大气污染物排放的重要措施

能源转换是指从不清洁的能源利用方式转向清洁能源，包括传统能源的清洁化和清洁替代能源的发展。中国能源结构过度偏重煤炭，对环境形成了巨大的挑战。只有实现能源转换，增加低排放的天然气、可再生能源、核能（保障安全的前提下），由使用煤炭带来的污染才可能从根本上得以缓解。尽管有人担心能源转换带来较高的能源成本，但是这种代价是必须付出的，否则全民族都将付出更大的健康代价。

十八届三中全会提出要调整资源价格体系，这是一个好的机会，有利于通过价格体系的调整，在全社会有效分担由能源转换带来的成本增加。结合经济结构调整，在降低能源消费总量的条件下，应推进以下工作。

### （一）调整能源资源税与价格机制

资源成本过低一直我国经济转型与升级的一大障碍。过低的资源成本，直接导致大量企业愿意投资资源简单加工型行业如煤炭、钢铁、有色、建材等。因此，通过提高能源资源税，形成较高的资源成本是实现能源结构转换的重要政策基础。我们建议使用资源税这种政策工具，而不是直接涨价。因为税收将进入全国总财政盘子，而直接涨价将强化集团利益，形成普通民众与利益集团的对立。资源成本提高之后，将会通过价格机制引导能源转换，并推动高耗能行业退出，有利于减轻我国大量产能过剩的情况。

提高资源税收的同时，必须辅以降低增值税作为对冲。否则就会从总体上提高我国本已较高的宏观税赋水平。

### （二）煤炭的资源替代

我国煤炭资源已经不再丰富，经过 30 多年的尤其是近十年的高强度开采，很多地区的煤炭资源都出现了开采难度加大、成本增加、资源储备减少的问题。同时，大规模北煤南运、西煤东运也带来较高的运输成本和以石油换煤炭的问题。今后，沿海地区应加强煤炭的进口资源替代，多进口澳大利亚、印度尼西亚甚至美国的优质煤炭，减少内陆地区煤炭开采带来的生态破坏与环境污染。

### （三）发展天然气能源

天然气是最清洁的化石能源，除传统天然气之外，还包括致密气、煤层气、油层气、页岩气等。中国虽然传统天然气储量一般，但是如算上各种非常规天然气资源，总量也相当可观。另外，中国还可以通过管道进口中亚、俄罗斯、缅甸的天然气，以及通过 LNG 形式进口澳大利亚、中东地区的天然气，今后还可以进口俄罗斯、蒙古的煤层气资源以及北美洲的页岩气资源。

天然气能源可以用于家庭炊事能源，也可以用于建设天然气电厂作为发展风电等可再生能源的调峰电场，以及发展风、光、天然气互补的分布式能源系统。

### （四）安全发展核电

核电一直存在较多争议。2011 年日本福岛事故之后，德国宣布弃核，中国暂停了一系列核电建设项目。但是，核电是唯一可以大规模替代煤电的可选项。核电安全问题主要不是来自核电本身，而是来自各种人为责任事故。第四代、第五代核电技术基本上解决了安全问题，只是成本偏高。法国核电比例超过了 60%，我国台湾地区也主要依靠核电提供电力，日本也没有弃核。中国只要在保障安全的情况下仍然可以发展核电。建议逐步启动沿海地区的核电项目，同时选用安全性最高的核电技术，并参与国际上核电建设项目的竞争，培育我国经济新的竞争力和增长点。

### （五）适度发展低污染替代能源与新能源汽车

2003 年之后的十年是世界可再生能源发展的黄金时期，但是也引起了很多争论。关键的问题是技术与市场形成的时间差。很多技术还处于未成熟阶段，与传统能源技术的成本存在较大的差异。这时是通过财政补贴可再生能源份额机制创设一个市场，来鼓励技术进步和成本降低，还是等待技术进一步成熟之后引导市场应用？这是问题的关键。

目前已经成熟的可再生能源是水电，其他如风电、地热发电、太阳能集热发电也比较成熟稳定，在一定条件下具备与传统能源相竞争的能力。在传统化石能源尤其是煤炭因资源税水平较低、污染的社会成本未计入价格的前提下，建议通过提高传统化石能源的资源成本，来推动传统能源的清洁化和推动可再生能源的发展。

除可再生能源之外，甲醇、乙醇、生物柴油等也可以作为替代能源投入市场。尽管目前还存在一定的技术性问题，但是应该鼓励各种替代能源的适当发展。

新能源汽车是降低汽车尾气污染，减轻雾霾现象的另一个选项。目前我国选用了纯电动汽车作为发展方向，但是这一路径面临着汽车安全性方面的挑战。而油电混合动力在发达国家已经证明能够较好的提高燃油经济性。建议国家有关部门重新论证新能源汽车的产业技术路径，选取技术前景较好、推广可能性更大的新能源汽车产业技术路径，并出台适当的鼓励性政策。

## 四、加强环保，保护生态，提高自然生态系统的自净能力

### （一）提高并严格执行环境排放标准

我国各种污染物排放标准明显偏低，并且在很多时候连这种偏低的标准也得不到执行。建议环保和工业部门重新研究火电、钢铁、水泥、玻璃、石油化工、煤化工、汽车等污染物排放标准尤其是大气污染物排放标准，实现与欧美日本等先进国家的环境标准的接轨。

环保法规的执行也是另一个需要加强的领域。没有公平的执法，就会造成劣币驱逐良币

的负面效应,把遵纪守法的企业驱逐出市场,而留下肆意排污的企业。

## (二) 保护生态环境系统

中国生态环境的恶化是在工业化之后才开始的。以前中国的东北平原、华北平原、黄淮平原、长江中下游平原等地都是湖沼水网纵横,黄土高原很多地方也覆盖着大面积的森林。在工业化进程开始之后,尤其是上世纪50年代之后,大规模的人造工程在很多地方改变了自然的生态环境系统。突出的例子是由于水电的快速发展,各种江河水坝工程蓄水之后,下游水位下降,导致两岸湖泊水体流失,很多湖泊萎缩甚至消失。

建议国家水利部门加强河流上下游水量的调控,为我国留下更多的湿地资源、湖泊资源以及各种依托于湿地、水体的生态系统。这将大大提高自然系统的污染物吸纳能力,有效减轻雾霾现象。

建议国家出台鼓励林业发展的有关政策,允许投资业主从投资林业资源获得收益。同时,鼓励基于生物资源的生物能源发展,比如沼气、生物质发电、纤维素乙醇、生物柴油等,以此来拉动各类投资主体利用荒山、荒地进行林业投资。森林资源的恢复,将大大提高自然生态系统调节空气、吸纳各种污染物的能力。

## 五、总结

雾霾是对中国可持续发展的极大挑战。解决雾霾问题,关系到我们的后代能否健康地生活。我们不能像有些意见说的那样,把这一问题作为长期问题来对待,而是必须采取坚决的措施,哪怕牺牲一定的发展速度,或者由全社会付出一定的经济成本也要加以解决。如果现在不付出成本,将来会付出更大的健康与环境修复成本。

伦敦和洛杉矶雾霾问题拖延时间比较长,是因为当时不了解雾霾形成机理。在工业科技已经相当发达的今天,解决雾霾的技术困难已经不存在,问题的关键是体制、制度。如果措施得当,治理雾霾不仅不会降低发展速度,相反,将会促进经济结构的转型与升级,提高发展质量,改善生态环境。

本文作者:刘强是中国社会科学院数量经济与技术经济研究所资源技术经济研究室副主任、副研究员、经济学博士;李平是中国社会科学院数量经济与技术经济研究所所长、研究员、博士生导师  
责任编辑:何辉

## An Analysis on the Causes of Large-scale Smog in China and Policy Recommendation

*Liu Qiang Li Ping*

**Abstract:** This paper discusses the cause of large-scale smog and puts forward that any single kind of pollution is not the answer. Two factors contribute to the formation of large-scale smog. One is that total pollution has surpassed the threshold which the environment can absorb, and this phenomenon results from the poor environmental standards. The other is that the eco-environmental system has lost its function of self-purification because of the serious damage since a long time ago. The policy advices in this paper include: to transform the development mode and adjust the economic structure, to adjust energy structure and implement energy transformation, to improve emission standards and enforce them strictly, to protect eco-environmental system and improve the function of purification.

**Keywords:** smog; environment standard; economic structure; energy transformation; ecological environment