

# 提升科学认知 协同控制大气污染物



贺克斌,清华大学环境学院教授、环境学院院长、中国工程院院士。国家自然科学基金委杰出青年基金获得者和“多介质复合污染与控制化学”创新群体带头人,教育部长江学者特聘教授和“区域复合大气污染与控制”创新团队带头人。担任国家环境保护大气复合污染来源与控制重点实验室主任,全球排放研究计划国际合作委员会主席,全球能源评估研究计划环境组组长,国际清洁交通技术委员会委员,亚洲城市清洁空气行动中心理事会理事等。

对话人:清华大学环境学院院长、中国工程院院士贺克斌  
采访人:本报记者刘蔚

5月18日~19日京津冀及周边地区的大气污染过程中,臭氧(O<sub>3</sub>)成为首要污染物。为什么臭氧污染会超越PM<sub>2.5</sub>成为首要污染物?为什么当前“散乱污”企业成大气污染防治重点?在河北省廊坊市近日举行的“京津冀大气污染防治高峰论坛”上,记者采访了贺克斌院士。

## 科学治理臭氧污染有哪些应对之策?

**中国环境报:**在5月18日~19日京津冀及周边地区的大气污染过程中,臭氧(O<sub>3</sub>)成为首要污染物。为什么臭氧污染会超越PM<sub>2.5</sub>成为首要污染物?防治臭氧超标,如何从科学角度提出应对之策?

**贺克斌:**治理臭氧污染,控制好前体物VOC和氮氧化物是

重点,因为VOC和氮氧化物的比值关系是决定臭氧浓度高低的关键。2012年以来,全国氮氧化物排放总量有所下降,但VOC排放总量还在上升。在京津冀及周边地区,从2013年以后,VOC和氮氧化物排放量的比值一直上升。其实,全国很多地区的情况也是如此。这是当前臭氧污染发生的根本原因。

需要说明的是,我国当前执

## 首先减排既是臭氧前体物,又是PM<sub>2.5</sub>前体物的VOC

行的臭氧标准已是世界卫生组织最严标准,但PM<sub>2.5</sub>离世界卫生组织最严标准还差3个阶段。全国大多数地区最主要的问题还是颗粒物,然后才是臭氧。值得重视的是,许多地区PM<sub>2.5</sub>浓度下降,但臭氧浓度上升。

我们知道,VOC防治比氮氧化物更复杂。VOC后面有一个S,表示VOC有好几百种。那

么,现在减排哪些VOC是最佳的选择?我们认为,应该首先减排既是臭氧前体物,又是PM<sub>2.5</sub>前体物的VOC,比如甲苯、二甲苯等。我们要弄清楚这些VOC主要分布在什么行业,从这些行业入手实施减排。

研究表明,对于臭氧的生成,烯烃(乙烯、丙烯)、芳香烃(二甲苯、甲苯)和含氧有机物(甲醛、乙二醛、乙醛)贡献较大,

而民用、交通和工业部门对上述污染物排放贡献率较高。目前,我们已经建立了重点地区、分行业、分VOC种类的区域排放清单。下一步,还需要建立重点城市高分辨率的排放清单,这样才能进行更精确的控制,才能实现多污染物协同控制的路径。我认为,这是从理念到实践之间科技支撑非常关键的一环。

## 对于重污染天气形成的科学研究有哪些进展?

**中国环境报:**我们知道,随着PM<sub>2.5</sub>减排的不断推进,蓝天白云的天数越来越多。但在气象等老天不给力的情况下,还是会重现重污染天气过程。对此,也有些人不理解。那么,对于雾霾成因以及重污染天气的形成,从科学研究的角度来看,有哪些进展?

**贺克斌:**在污染物排放同等情况下,有时会出现重污染,有时就是蓝天白云。为什么会这样?目前基本共识认为,内因是排放,外因是气象,转化是动力。把这3个因素掌握得比较清晰,是解决大气污染问题非常重要的基础。

先说内因,也就是排放。我们通过长期的科研成果和业务化数据集成了一个中国多尺度排放清单模型与数据库。数据覆盖1990年到2015年,包括800多种污染源、十几种污染物。从这个数据库我们可以看到一些特征。在我国过去的20年中,主要污染物处于快速上升的趋势。2010年之前,除了二氧化硫略有下降,其他都是非常明显的

上升趋势。而如果这些污染物排放量能够均分到960万平方公里,大气污染问题不会这么突出。实际上,这些污染物排放量不是均分而是向东部聚集,特别是聚集在京津冀地区。

二氧化硫排放量从2005年实施总量控制之后开始下降,到2010年下降了14%。最大的贡献者是火电厂,下降了40%左右。2013年“大气十条”确定PM<sub>2.5</sub>浓度控制目标,要求京津冀下降25%,长三角下降20%。在这个过程中,大家逐步认识到二次污染物硫酸盐的重要性,前体物二氧化硫的排放量继续大幅度下降。数据显示,1990~2005年间,全国火电厂数量和总装机容量一直快速增长,但2005年以后,火电厂二氧化硫都逐步执行了更严的排放标准甚至超低排放标准。因此,不是说火电厂多了就一定造成排放量增加。

氮氧化物总量控制比二氧化硫晚5年实施,从2005年到2010年排放量又上涨了30%多。总量控制实施后,2012年排放量开始下降,2013年开始针对PM<sub>2.5</sub>浓度质量实施减排后,下降得更加明显。

一次PM<sub>2.5</sub>排放量在2015年达到顶点,然后开始下降。2016年上半年,中国工程院做的“大气十条”实施效果中期评估认为,2013~2015年间,全国74个重点城市、京津冀、长三角和珠三角PM<sub>2.5</sub>浓度下降的主要贡献来自一次颗粒物减排,分别占62%、68%、59%和60%。

因此,我们认为,当前,在二次颗粒物控制上还有很大的潜力。当然,在掌握协同控制规律上还有很多工作要做。

**中国环境报:**二次颗粒物控制就是您所说的转化过程的控制吧?那么,如何做好二次颗粒物的减排?

**贺克斌:**转化是动力,对于怎么转化要有更多的科学认识。清华大学校园里有一个长期观测点,从1998年就开始运转。通过对这个观测点的数据分析,我们可以从每一次污染过程获得更多的认识。比如今年2月21日北京下了一场雪。下雪之前因边界层高度降低等气象因素,使PM<sub>2.5</sub>浓度快速上升,降

雪开始后PM<sub>2.5</sub>浓度迅速下降。按照以往经验,降雪后污染物会维持低浓度一段时间。但这次却不一样,雪停了以后第二天上午PM<sub>2.5</sub>浓度却一下子明显升高了。

通过观测数据分析发现,硫酸盐、硝酸盐上升得很快,因为雪化得快,相对湿度也涨得比较快,明显促进了二次颗粒物的快速形成。中国气象局专家长期数据分析发现,在京津冀地区凡是出现PM<sub>2.5</sub>浓度500μg/m<sup>3</sup>以上的时候,湿度都在80%以上。严重污染的时候湿度约75%。湿度超过65%,就会成为二次颗粒物形成的一个重要的因素。

高校和中科院的一批研究成果表明,重污染过程往往伴随着高湿度且静稳天气,使得颗粒物结合水含量及二氧化氮浓度显著增高。同时,由于存在大量氨、矿物质颗粒等碱性物质,使得我国城市细颗粒物结合水的pH值远高于美国等地区,直接改变了NO<sub>x</sub>氧化路径的相对重要性。因此,二氧化氮被颗粒物结合水中的二氧化氮氧化反应,很可能是当前我国华北重雾霾期间硫酸盐的主要生成路径。虽然

这方面我们已经有一些初步的认知,但目前对二次颗粒物成因的研究还有很多问题值得深入研究。

在多污染物协同控制方面,我们正在做更深入的研究和探索。比如,数据分析显示,2013~2015年间,京津冀二氧化硫和氮氧化物排放量持续下降,是否说明硫氮减排协同度不够?基于上述关于二氧化氮生成硫酸盐的认知,是否应该加大对氮氧化物的减排力度?又如,数据分析表明,京津冀地区黑碳和PM<sub>2.5</sub>排放量比2013~2015年一直在升高。最近有研究成果表明,黑碳会通过反馈机制使边界层高度降低,从而推高PM<sub>2.5</sub>浓度。这是否说明我们需要加大黑碳减排的针对性,从而提升黑碳和PM<sub>2.5</sub>减排的协同度?

总之,协同控制理念已经得到共识,在治理实践中必须有更多的落地应用。目前,对于这些科学研究还都限于不同时空范围,尚缺乏针对重污染过程的大范围系统研究。下一步,需要统一组织科研攻关,尽快形成实施协同控制的技术方法,解决当前大气污染防治

## 为什么“散乱污”企业成大气污染防治重点?

**中国环境报:**当前,整治“散乱污”企业已经成为大气污染防治工作的重点。那么,“散乱污”企业的排放对于大气污染物的贡献到底有多少?有没有初步的估算?

**贺克斌:**我们对散煤进行了计算,但之前“散乱污”企业不在统计分析范围之内。环境保护部正在组织对“2+26”个城市编制新一轮的排放清单,我们也在进行相关的技术支持。现在还没有全面完成数据分析,但不同的城市可能差异也比较大。现在正处于“散乱污”企业调查阶段,对于大气污染的总体贡献率,需要在调研分析

结果出来以后才能够计算出来。我们知道,从2005年开始控制总量的总量,火电厂二氧化硫的总量减排非常显著,特别是在实施了超低排放标准以后。随着硫和氮逐步得到控制,排放源的格局也在发生转变。通过对京津冀地区“2+26”传输通道污染源解析发现,每年春夏秋冬都是工业源排第一位,而冬季则是民用源排第一位。因此,加强“散乱污”企业的治理非常重要。

**中国环境报:**在“2+26”城市中,对于不符合产业政策,没有治理能力和治理措施的要清除,其他的要求治理设施和设备。那么,这些要清除的占比有多少?现在一些地

## 随着硫和氮逐步得到控制,排放源的格局也在发生转变

方上报的数字比较庞大,是否意味着“散乱污”企业的占比会比较大?

**贺克斌:**上报、核对、梳理,需要一个过程,现在还处于收集信息阶段。现在看到的是上报的个数比较多,但个数不代表排放量,还是需要经过核算后才能确定排放量。比如,1辆机动车比火电厂排放量要小得多,但500万辆机动车的排放就不是一个小的数字,因为这是一个巨大的群体。

**中国环境报:**对于“散乱污”企业的治理,由于涉及面较广,整治过程中有的地方群众可能存在不理解的现象。对此,您有何见解?

**贺克斌:**这个问题在京津冀

及周边地区2017年大气污染防治工作方案》里有全面具体的答案。简而言之,除了加大对“散乱污”企业的治理力度,今年还将加大错峰生产措施力度。在去年已经开展部分错峰生产的基础上,今年将在行业和地域范围上加大加强。

此外,还要调整交通结构上加以。比如,运煤要减少使用大货车公路运输,而转向铁路运输。总体来看,冬季的气象条件和取暖刚需两个因素,使得我们在冬季可以调控的空间非常小。为了保障供暖民生,冬季就必须在加大生产错峰、调整交通运输,以及治理“散乱污”企业等方面下功夫。

及周边地区2017年大气污染防治工作方案》里有全面具体的答案。简而言之,除了加大对“散乱污”企业的治理力度,今年还将加大错峰生产措施力度。在去年已经开展部分错峰生产的基础上,今年将在行业和地域范围上加大加强。

此外,还要调整交通结构上加以。比如,运煤要减少使用大货车公路运输,而转向铁路运输。总体来看,冬季的气象条件和取暖刚需两个因素,使得我们在冬季可以调控的空间非常小。为了保障供暖民生,冬季就必须在加大生产错峰、调整交通运输,以及治理“散乱污”企业等方面下功夫。

### ◆周彦

“谁执法谁普法”责任制已实行多年,2017年中央全面深化改革领导小组第三十二次会议审议通过了《关于实行国家机关“谁执法谁普法”普法责任制的意见》,进一步把落实国家机关普法责任制上升为党中央的决策意志。一些地方前段时间已经将依法治区领导小组办公室职责从地方人大划归到政法委,把依法治区工作上升到党委全面统领的高度来推行。微信公众号“环保部发布”前段时间通报了《环境保护法》配套办法执行情况。其中,福建泉州鲤城盛皇工程机械配件厂违法排放重金属涉嫌环境污染犯罪案件的启示这样写道:“本案中,王有洲和蒋宝环境法律意识淡薄,完全不清楚排放重金属废水的危

害性,亦不知加工厂外排含镍废水涉嫌环境污染犯罪。因此,环保部门应当加大对环境污染犯罪案件的宣传力度,组织企业负责人旁听环境污染犯罪案件庭审。”其实,类似的不知法、不懂法、不知罪现象在社会上普遍存在,有些人只是通过媒体对《环境保护法》略知一二,但对环境法律法规体系的了解近乎为零。导致这种现象的原因很多,其中之一就是一些地方的环境执法部门在法制宣传方面不到位。因此,地方环保部门不仅要加大对环境污染犯罪案件的宣传力度,还要在加强普法常

态化上持续用力,把普法作为行政执法的一项基础性工作扎实做好。然而,有些地方的基层环保部门还没有把包括普法在内的宣传教育工作提升到核心位置,跟不上形势,认为“任务书”是硬任务,宣传教育是虚把式、软指标。主要表现在以下几个方面:一是主要责任“挂空挡”。没有将普法工作排上时间表,年初没计划,年度跑空车,年尾编材料,完全处于缺位状态。二是机构职责不明。在有的单位“三定”方案里,找不到普法工作应有的位置,不知道哪个部门负

有落实。有的单位有法制部门却没有把普法工作纳入其中。有的单位没有把普法工作放在行政审批部门,导致部门不发力,干部不尽责,工作不落实,无人来负责。三是组织不健全。有的单位没有按上级要求成立普法领导小组。有的单位虽然有组织,但组织躺在红头文件里,一年到头不议事、不协调、不组织,说起来头头是道,干起来另有一套。这些现象归根结底是部分基层环保部门政绩观导向出现偏差,认为与其搞普法工作,还不如查几个大案更实在,忽视普法的

教育作用,未尽应有的宣教之责。基层环保部门是具体的监督执法部门,直接面对社会公众,直接接触环境违法行为。要落实“谁执法谁普法”责任,就要直面问题,普法先行,抓住环境污染问题的关键领域、重点区域、突出矛盾,宣传普及环境法律常识和污染防治技术。

要落实“谁执法谁普法”责任,首先要落实部门主要负责人“第一责任人”的责任,既要把责任压到主要负责人肩上,还要对主要负责人履职情况进行评价,对不落实“谁执法谁普法”责任的,有关部门应当追究其相关责任。此外,地方环境执法人员不仅要成为办案能手,还要成为普法能手,把普法寓于执法过程中。  
作者单位:广东省广州市海珠区环保局

## 环境普法不能靠“虚把式”

## 英国防治烟雾哪些经验值得借鉴?

### ◆乔昉 吴怡

“重典控烟”本是工业革命时期英国政府的无奈之举,是首批除烟支持者的最后希望,但历史证明,它是挽救英国大气质量的一根救命稻草,是对全球治理大气污染非常重要的经验输出。英国的成功经验告诉我们,政府能为、愿为、敢为环境保护支付必要的成本,是解决环境问题的重要出路。

### 三大转变推动英国烟雾防治取得成功

一是政府角色转变,从消极应对到主动出击。英国严格且生态化的环境立法,不仅强化了企业的环保责任,还为政府治理环境问题提供了强有力的法律依据。英国政府为了更好地执行国家立法,分别从3个方面进行了强化:财政支持,即加大财政投入,设立绿色基金;考评业绩,即制定国家战略和行动计划,明确政府职责;职能转变,即尊重民意与正视舆论相结合,塑造回应型服务型政府。

二是企业行为转变,从恣意违法到积极守法。虽然并不是所有企业都会为了追逐利益违背法律、铤而走险,但利益博弈阻碍立法进程的事实似乎已经证明了,企业追求的最终目标始终指向利益。英国政府为引导企业自觉守法和承担相应的烟雾防治义务,不仅提高了罚款数额,还通过制定财税优惠政策,正向鼓励企业实行清洁生产。在政府长期的政策扶持下,越来越多的企业开始重视培养环保理念,不断加大用于技术革新的资金投入,致力打造绿色的公众形象。如金融集团野村证券带头参与的企业合并运输项目,旨在减少大排放量货车日常工作次数,推动企业行为转变。此外,不少企业主动安装了排放量低的锅炉、耗能量低的照明和发电系统,增设自行车停放位呼吁员工低碳出行等。

### 三是民众观念转变,从经济优先到环境平衡

环境意识的觉醒和维权意识的增强使英国民众在立法及政策的出台推行上发挥了巨大作用。这同时得益于英国政府为民众履行环境治理知情权、参与权、监督权提供了诸多途径。具体表现在:民众可以多渠道了解空气质量数据及健康指导信息,如电话、邮件、网站、社交媒体等;政府允许且鼓励民众自行监测空气质量,此举被视为对国家监测的有益补充;民间环保组织力量逐渐增强,为监督政府治理烟雾和保障公众健康不断发声。

### 推动环境治理成为全社会共同参与的事业

我国在治理大气污染的过程中,要认真并承认比英国更加艰巨的客观事实。我们必须正确看待大气污染防治工作的成绩与问题。

笔者认为,改善大气质量需要依托强有力的立法与严格的执法。政府“能为、愿为、敢为”环境保护支付必要的成本,是解决环境问题的重要出路。

“能为”,即有法可依。我国大气污染防治法律已初成体系,但仍然存在着配套法规不完善等问题。一些法律明确规定的配套立法尚未出台,导致法律可操作性降低。

“愿为”,即法要落地。法律的生命力在于实施,如何确保执法必严,如何制定并推行相关配套的实施细则、办法及其他规范性文件作为执法依据,都成为政府在进行环境决策时不得不思考的问题。为落实《大气污染防治法》的要求,我国制定了《排污许可证管理暂行规定》加强源头治理,制定了《清洁生产审核办法》完善清洁生产评价指标体系等。由此可见,法律的落地,政府的执法,都依赖于配套实施文件的具体指引。

“敢为”,即拒绝权力寻租。近年来我国环境群体性事件频发,一些地方政府急功近利,超越环境承载能力和环境容量招商引资,且不注重环评的表现,无形中滋长了权力寻租。当前,国家通过中央环保督察、约谈、省以下环保机构监测监察执法垂直管理改革等重大举措,正督促地方政府重拳出击,从源头上破解地方政府

环境决策的局限性,推动利益驱动型环境决策向问题导向型环境决策的转变。此外,我国在治理大气污染方面,还应加快推动地方政府、企业、民众协同共治,使环境治理成为全社会共同参与的事业。地方政府自觉行政。治理大气污染需要地方政府真正把职权落在实处,关键的一条是要尊重民意,把公众关注的热点、焦点切实转化为对相关制度的大力支持和对相关职责的自觉履行。在短期计划中,地方政府应当注重效率、安全的价值观,如在环境行政执法中,限期不达标的企业要坚决依法责令其停产、关闭。在长期计划中,地方政府应当重视秩序、正义的价值观,主要体现在各类环境决策的完善。从《大气污染防治法》的修订到《大气污染防治法》的修订我们不难发现,我国环境经济政策逐步实现法治化,从意见、暂行办法、试行条例等法律位阶较低的形式提高到基础性法律的地位,环境经济政策与环境法律的差距正在逐渐缩小。

企业服从行政。地方政府与企业之间形成良性互动是构建协同合作政策体系的关键,良性互动的本质应是激励与约束并举。《环境保护法》《大气污染防治法》修订后的共同特点是强化了企业的环保主体责任,但主要还是借助于外力限制企业行为,企业内部缺乏自制力。虽然《大气污染防治法》规定了重点排污单位应当实行自动监测以及违反相关规定应承担的法律及责任,但是现实生活中仍有不少企业擅自移动、改变监测设备,篡改或不公开、不如实公开监测数据等。由此可见,通过法律、舆论等外在强制力量督促企业守法固然重要,但更重要的还是企业自身对法律的认同感以及对环境保护的社会责任感。而这些,可以通过对企业文化理念的输入和企业公众形象的输出来激励企业自愿听从引导、遵守约束,自觉接受地方政府的环境监管。

民众监督行政。《环境保护法》《大气污染防治法》赋予了公民享有获取环境信息、参与和监督环境管理的权利。环境知情权是第一要义,它最直、本质的要求就是环境信息公开。地方政府通过公开排污企业信息、环境影响评价信息、监管部门信息,使地方政府和企业暴露在阳光下,公开且透明地接受社会公众的监督。与英国环境信息公开立法不同,我国将环境信息公开作为政府信息的一部分,因此,确立一套独立的环境信息公开法律制度,推动《环境信息公开法》的出台,是保证社会公众真正参与环境管理的有效途径。

尽管在治理大气污染上,英国一直是我国学习及效仿的对象,但我国的雾霾有其特殊性,只有开展源解析,充分论证雾霾形成的未知因素,才能在防治大气污染的大道上行得通、走得更好。  
作者单位:西南政法大学经济法学院