

北京市重大活动空气质量评估技术体系

程念亮^{1,2,3}, 李云婷¹, 孙峰¹, 李金香¹, 程兵芬^{2,3}, 李红霞⁴, 邱启鸿¹

(1. 北京市环境保护监测中心, 大气颗粒物监测技术北京市重点实验室, 北京 100048; 2. 北京师范大学水科学研究院, 北京 100875; 3. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 4. 中山大学先进技术研究院, 广东广州 510275)

摘要 以2015年国庆大阅兵期间空气质量保障为例, 阐述了重大活动期间北京市空气质量分析的技术体系, 北京市监测中心在国内首次建立了规范的空气质量综合观测组织体系和科学的措施效果评估方法体系, 所获得的数据及其研究结果具有代表性、完整性和综合性。评估方法为基于大数据的观测评估和先进的模型评估相结合, 综合各类监测数据及模拟数据, 方法可信可行, 不确定性更低, 对减排措施的环境改善效果展开评估, 目标是剔除气象条件等外在因素对空气质量造成的影响, 相对客观准确地评估保障措施—污染物排放规模下降—污染排放量削减—空气质量改善之间的内在定性定量关系。

关键词 重大活动; 北京; 减排; 空气质量; APEC; 大阅兵
中图分类号 S181.3; X511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)29-0044-03

Technical System of Air Quality Assessment in Beijing during Major Activities
CHENG Nian-liang^{1,2,3}, LI Yun-ting¹, SUN Feng¹ et al (1. Key Laboratory of Airborne Particulate Matter Monitoring Technology of Beijing, Beijing Municipal Environmental Monitoring Center, Beijing 100048; 2. College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875; 3. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012)

Abstract The technical system of air quality assurance in Beijing during major activities in 2015 was elaborated based on the lesson of the parade on the 70th Victory Memorial Day for the Chinese People's War of Resistance against Japanese Aggression (Sept. 3 military parade). Beijing monitoring center established a comprehensive observation system and scientific evaluation system based on the obtained data and research results for the first time in China and the obtained data were representative, complete and comprehensive. Integrating all kinds of monitoring data and simulated data, the method was reliable and feasible, lower uncertainty. The goal was to eliminate meteorological conditions, and other external factors affecting the change of air quality for the evaluation of emission reduction measures. It was relatively objective and accurate to assess the measures of pollutants emissions reduction-decrease of emissions—improvement of the air quality qualitatively and quantitatively.

Key words Major activities; Beijing; Emission reduction; Air quality; APEC; Military parade

重大活动的空气质量保障是北京市乃至周边省市/自治区政府一项常态化的工作任务, 开展减排措施、气象条件分析及评估研究是国内外急需研究和关注的问题^[1-3]。为保障国际重大活动期间空气质量所采取的临时性减排措施较为罕见, 不可重复, 且为评估减排措施对空气质量改善分析及评估工作提供了难得的机会^[4-6]。国内和国际上均有一些城市因为保障重大活动期间空气质量而采取临时性或阶段性控制措施先例, 如2002年釜山亚运会、2010年印度德里联邦运动会、2008年北京奥运会、2014年北京APEC会议等^[6-10]。

分析认识重大活动期间北京及周边地区保障措施的实施后各项大气污染物浓度特征, 相对客观准确地评估保障措施—污染物排放规模下降—污染排放量削减—空气质量改善之间的内在定性定量关系是重点和难点^[10-15]。同时建立规范的空气质量综合观测组织体系和科学的措施效果评估方法体系, 能够为环境管理部门的官方权威发布第一时间提供准确的评估结论和丰富的数据支撑。一方面是服务于环境管理, 为保障措施的总体效果提供评估结论和数据支撑, 并

将结果及时向媒体和公众发布; 另一方面可为“十三五”北京市大气污染控制措施及下阶段清洁空气行动计划的制订提供技术支撑。笔者以2015年国庆阅兵空气质量保障为例, 阐述了重大活动期间北京市空气质量分析的技术体系。

1 技术方法体系

2014年11月1—12日12 d的北京APEC会议空气质量保障期间, 充分利用各方面资源优势, 在数据、技术、业务等层面与管理决策紧密结合, 形成了有效支撑。整合了区域常规污染物观测数据、综合观测数据、实时和预报气象资料以及减排措施等信息, 对环境信息综合分析技术、统计和数值预报技术以及案例分析技术等加以深入应用, 通过首席专家诊断、内部及区域会商、专家会诊、预报产品提炼等业务流程综合产出了空气质量短、中期预报, 区域污染及流场演变分析, 空气质量变化形势分析, 不同区域污染源贡献, APEC减排措施建议等各方面信息, 最终提供了准确的预报结果, 支撑了APEC期间京津冀及周边地区加强措施的启动, 同时基于空气质量三维观测对APEC期间的环境效果进行评估。APEC期间空气质量保障效果实施技术路线见图1。

北京市环境保护监测中心充分借鉴APEC期间、大阅兵期间空气质量保障方案效果评估工作经验, 补充和建立了评估技术手段及方法体系, 力争评估工作的高效、科学和严谨。评估方法为基于大数据的观测评估和先进的模型评估相结合。基于地面观测网络、综合实验室、遥感监测、垂直观测等三维监测手段, 获取高时空分辨率的观测数据, 同比、环比、空间差异分析和过程分析等方法评估环境空气质量状况和

基金项目 北京市团委创新项目“北京及周边城市4+2区域大气污染现状及成因分析”(2016000021733G166); 环境保护公益性行业科研专项“北京地区大气臭氧污染特征、发展态势和控制途径研究”(201409005); 国家重大科研专项“京津冀区域大气污染联防联控支撑技术研发与应用”(2014BAC23B03, 2016YFC0208902); 北京市环境保护局项目“VOCs基准监测体系评估及环境水平状况研究”。

作者简介 程念亮(1987—), 男, 山东泰安人, 工程师, 博士, 从事大气环境监测、模拟、预报和评估方面的研究。

收稿日期 2016-08-24

变化响应;应用源清单、数值模拟、化学质量平衡、动态源解析等多种源解析方法,确定污染物减排量、各源类的贡献,综合分析定量说明减排措施与空气质量变化之间的关系。评估大气污染物包括:重点污染物 $PM_{2.5}$ 与 O_3 ,其他常规污染物

SO_2 、 NO_2/NO_x 、 PM_{10} 和 CO ,以及研究性监测污染物 $VOCs$ 、 NH_3 等。评估空间范围重点是北京市区,其次周边区域,包括京津冀和 7 省区。评估的时间段划分为保障前、保障期间和保障后。2015 年阅兵期间北京市空气质量保障技术路线见图 2。

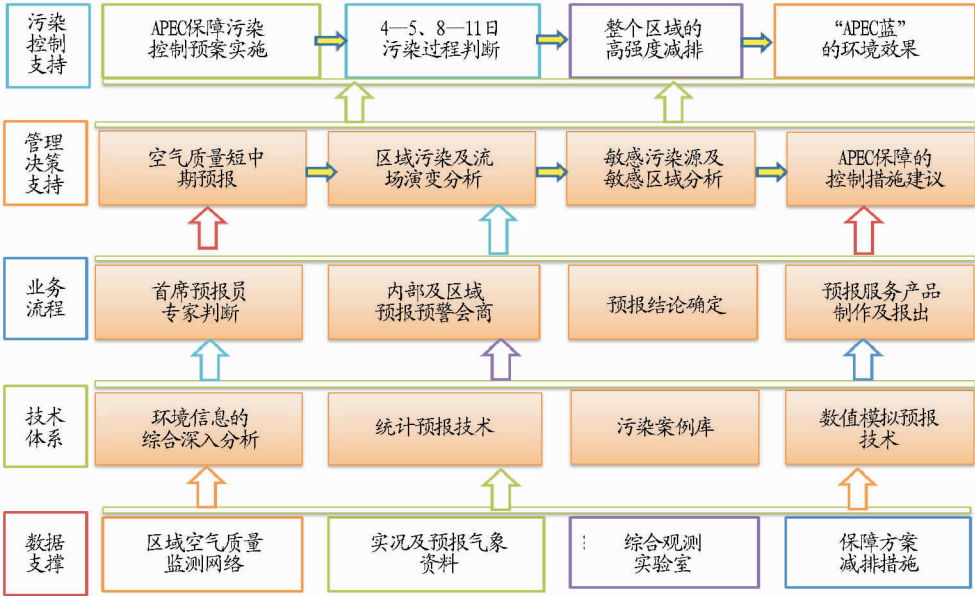


图 1 APEC 期间空气质量保障效果实施技术路线

Fig.1 Technical route for the implementation of air quality assurance during APEC in Beijing

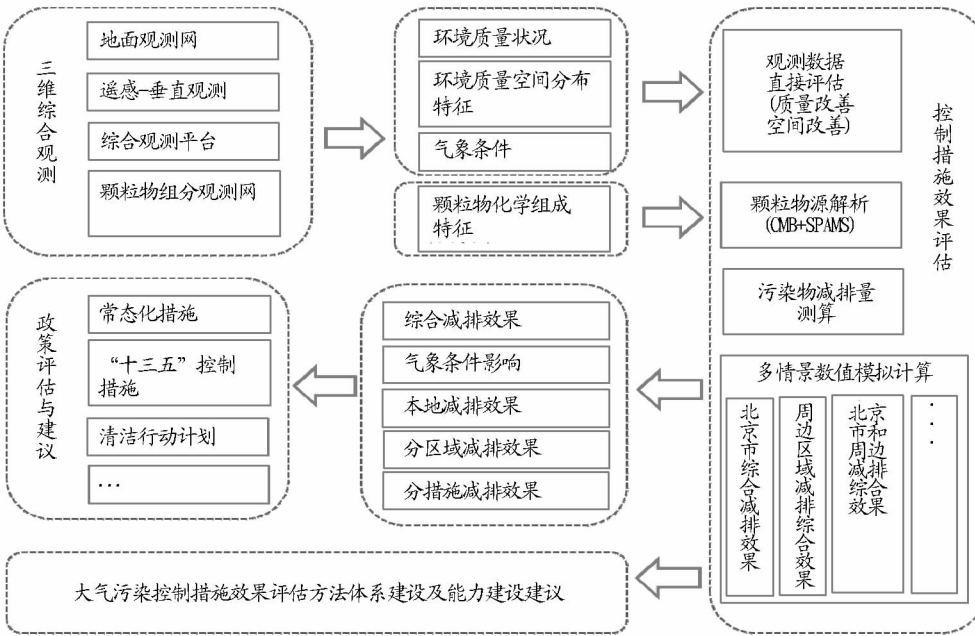


图 2 阅兵期间北京市空气质量评估技术路线

Fig.2 Technology system of air quality assessment during the military parade in Beijing

2 评估内容

空气质量评估主要涉及以下 5 个方面:一是北京市环境空气质量时间分布及响应特征分析。分析比较历史同期以及各阶段气象条件;通过横向与纵向比较,确定空气质量的改善程度;二是环境空气质量空间分布及响应特征分析。分析各区域(含天津、石家庄等重点城市)减排措施前后环境空气中污染物浓度变化;三是 $PM_{2.5}$ 化学组成及变化特征分析。

利用大气综合观测平台在线组分连续观测,分析组分逐时变化特征,特别是污染过程的积累、转化特征;比较分析历史同期、措施前后,重点比较燃煤、重点工业行业、机动车、工地扬尘、交通扬尘等特征组分的变化;四是 $PM_{2.5}$ 来源解析及措施效果定性评估。应用 CMB 模型开展 $PM_{2.5}$ 来源解析,分析措施前后来源特征;重点对重污染过程来源特征进行分析;五是空气质量数值模型解析评估。采用 CMAQ、CAMx 模型,分

别模拟测算空气质量综合保障措施效果,区分气象条件的影响和减排作用;评估本地减排、分区域减排的贡献,并对主要减排措施的有效性进行评估,包括北京市措施效果,周边 6 省区措施综合效果,北京市和周边 6 省区措施综合效果,与 2014 年同期气象条件的差异及其影响,北京市各项措施的有效性,周边不同空间范围措施的有效性等评估情景。

3 评估结果与分析

中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 70 周年纪念活动(以下简称纪念活动)空气质量保障方案。通过全社会的共同努力,8 月 20 日至 9 月 3 日,北京市 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度为 $17.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$,同比下降 73.2%,连续 15 d 达到一级优水平,相当于世界发达国家大城市水平。 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 等各项污染物平均浓度分别为 3.2 、 22.7 和 $25.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,同比分别下降 46.7%、52.1% 和 69.2%,均达到监测历史以来的最低

水平。特别是 9 月 3 日上午阅兵期间,该市 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度仅为 $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$,完美呈现“阅兵蓝”。

经测算,8 月 20 日至 9 月 3 日,与不采取措施相比,北京市 11 个国控站点 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度平均下降约 41%;如不采取保障措施, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度将比实际浓度增加约 70%;津、冀、晋、蒙、鲁、豫等周边省市区空气质量同步明显改善,70 个地级以上城市的 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度同比下降 40% 左右(图 3)。此次空气质量保障措施实现的污染物减排比例及环境 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度改善比例略高于 2014 年 APEC 空气质量保障。北京市 SO_2 、氮氧化物(NO_x)、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、挥发性有机物(VOC_s)的减排量分别达 286.3、3 655.5、5 333.5、1 276.2、2 907.5 t,与 2014 年同期相比总量减排比例分别达 36.5%、49.9%、50.3%、49.0%、32.4%。

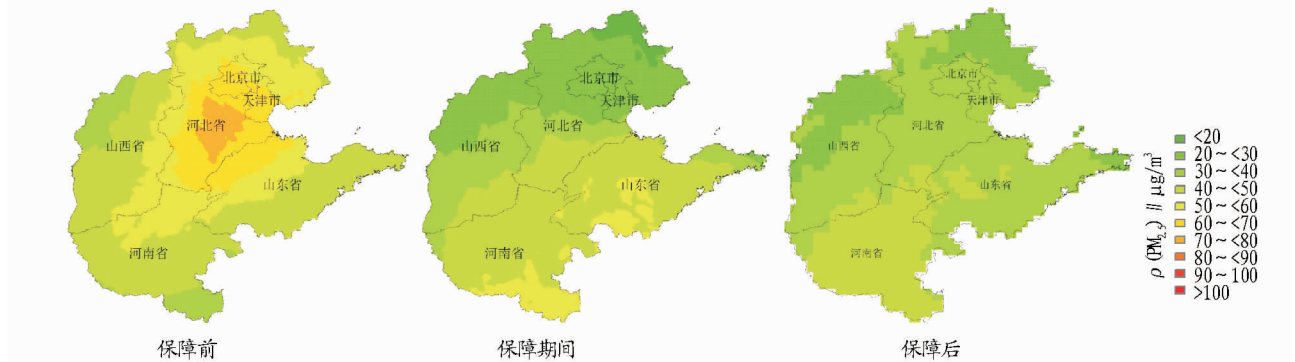


图 3 阅兵前后北京市及周边地区 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度空间变化

Fig. 3 The spatial variations of $\text{PM}_{2.5}$ concentration in Beijing and surrounding areas before and after the military parade in Beijing

采用数值模型计算的阅兵期间北京市 NO_2 减排贡献率(图 4),从保障措施对 NO_2 浓度变化贡献率看,8 月 20 至 9 月 3 日区域减排措施对 NO_2 浓度下降贡献率在 38.9%~48.4%,14 d 平均贡献率为 44.5%;相对于 $\text{PM}_{2.5}$, NO_2 减排贡献率较高且变化较为平缓,这主要与北京市机动车单双号及工业减排措施有关。从削减的各类污染源对各项污染物浓度改善贡献看,移动源对北京市 NO_2 改善贡献率最大,达 48.80%,而移动源对其他各项污染物 SO_2 、 PM_{10} 、

$\text{PM}_{2.5}$ 、 VOC_s 浓度改善贡献率分别为 0、2.50%、9.30%、41.90%,表明单双号限行对本地 NO_2 浓度改善最为显著。对比来看,阅兵期间空气质量保障措施实现的污染物减排比例及环境污染物浓度改善比例略高于 2014 年 APEC 空气质量保障。

4 小结

阅兵期间良好的空气质量得益于保障措施的精准发力、有效落实,得益于“人努力,天帮忙”,特别是得益于全社会的共同参与、共同治理。由于空气污染的复杂性,控制措施的环境效果评估需要多方法、多角度、多层次的全面系统评估,才能较为准确客观地评估措施的环境效果^[16-17],阅兵期间空气质量保障评估分析表明,污染控制措施在活动期间的空气质量改善中起到了主导作用。空气质量改善是一个长期的、艰巨的过程,需要进一步深化联防联控,推进区域大气污染协同治理;进一步提高城市精细化管理水平;优化经济结构、调整空间布局,倡导和推行生活方式转变,降低社会活动排放强度,完善全社会共同治理大气污染的格局。

参考文献

- [1] 北京市环境保护局. 回顾抗战胜利 70 周年纪念活动北京市空气质量保障工作[EB/OL]. (2015-09-06)[2015-10-02]. <http://www.bjepb.gov.cn/bjepb/413526/331443/331937/333896/4376820/index.html>.
- [2] 北京市环境保护监测中心. 2015 年两大活动期间空气质量保障效果综合评估报告[R]. 北京:北京市环境保护监测中心,2015.

(下转第 50 页)

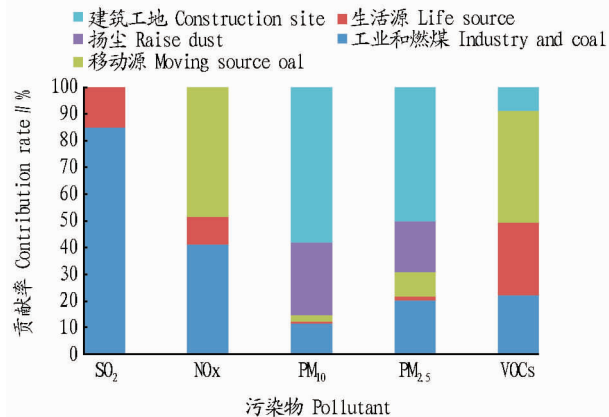


图 4 阅兵期间各项污染物贡献率分布

Fig. 4 Contribution rates of pollution sources during the military parade in Beijing

TP 入河量。

(7) 畜禽养殖污染严重。畜禽养殖污染严重, 派河流域散养畜禽和规模化畜禽养殖较多, 污染负荷占总量的比重分别为 COD 19.10%、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 8.83%, TP 42.97%。

(8) 农业面源污染。①流域内农业面源污染: 种植业等; ②流域内“一县四区”农村生活污水和生活垃圾污染; ③干流沿程圩区农田排涝水污染: 牛角大圩等。从干流中派韩院断面以下到入湖口位置无建城区, 但从派韩院断面到王湾渡口断面之间的 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度升高, 说明此段有面源污染汇入。

(9) 其他问题。①派河流域自然产流不足, 上游无水, 为雨源性河流, 在枯水期, 污水处理厂尾水是其水源, 污水处理厂尾水本身为劣 V 类, 需要补充生态基流; ②派河流域承担肥西产城融合示范区、肥西新港南区以及小庙重点建设发展区等的发展规划, 是未来合肥市重点打造的发展区域, 工业的发展势必带来人口的大量增加, 环境压力进一步增强。

4 治理措施

4.1 完善污水管网 派河流域城镇直排是主要污染源, 目前污水管网错接、漏接、混接以及零散点源无序排水而导致的沿河雨水排口旱流污水污染是流域污染物主要来源之一。潭冲河、卞小河及其支流童湾小河现状污水管网不完善, 部分污水随污水管直接排入河道, 导致河道污染。岳小河、斑鸠堰河所在区域大部分为建成区, 管网存在错接、漏接, 部分污水通过雨水管涵排入河道, 导致水体污染。

4.2 排污口截流工程 王建沟基本是污水沟, 其下游建有旱季截流坝, 冬雨季不会有污水溢出, 主要是经开区污水处理厂能力不足而抽排大量污水, 据了解每天近 2 万 t 污水通过王建沟直接进入派河; 在派河王建沟下游明显可见河岸污水痕迹, 水质发黑, 有恶臭味, 与派河上游明显区别。同时, 派河存在入河排污口, 繁华大道与方兴大道交叉口处排污口日流量达 1.5 万 t, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 13.67 mg/L, TP 6.12 mg/L, 需要进行截流。

4.3 支流小流域治理工程 派河流域有 9 条支流, 包括苦驴河、梳头河、五老堰河、岳小河、斑鸠堰河、王建沟、卞小河、潭冲河以及光明大堰泄洪河, 对污染严重的河流分阶段、分次序进行小流域综合整治, 以确保干流水质。

4.4 农村、农业面源治理工程 ①积极推进农村环境综合整治。针对苦驴河、梳头河开展社区生活污水一体化处理。

②着力抓好畜禽养殖污染防治。流域内规模化养殖场主要分布于苦驴河、孙老堰河、梳头河、五老堰河。畜禽养殖废水绝大多数未建设污水处理装置。要科学划分禁养区、控养区和可养区, 优化养殖区布局, 派河干线两侧 500 m 范围内建议划定禁养区, 规模化畜禽养殖企业要限时取缔或搬迁。散养密集区要实行畜禽粪便污水分户收集、集中处理利用。③逐步减少种植业污染物产生。从农田排水的“水量、水质、迁移路径”3 个方面控制种植业污染物入河量。

4.5 水资源保护调度 加强大别山水源的保护调度, 对派河适当进行生态补水, 以满足河道的生态需水量要求, 重点保障枯水期生态基流。

4.6 严格环境执法监管, 加强水环境管理 ①严格环境执法。所有排污单位必须依法全面实现达标排放。②加强水环境管理。推行“一河一策”治污模式, 自 2017 年起, 定期向社会公布; 深化污染物排放总量控制。在 COD 和 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 总量控制指标基础上, 派河流域增加 TP 总量控制, 子流域以不同控制片区与控制单元为单位核定排放量和控制目标; 全面推行排污许可, 依法核发排污许可证。

5 结语

派河作为引江济淮江淮沟通段的重要通道, 其水质改善对巢湖和引江济淮调水后的瓦埠湖乃至江水北送的水质都起到举足轻重的影响, 该研究仅针对“十三五”《安徽省水污染防治工作方案》水质管理目标, 派河水质目标为 V 类, 与引江济淮调水通道水质达到 III 类还有一定差距, 需要在源头控制、过程拦截以及河道净化, 特别是污水处理厂稳定达标、雨污分流、初期雨水调蓄、污水处理厂尾水湿地净化、畜禽养殖污染治理等方面加大力度, 才能实现 III 类水质目标^[6]。

参考文献

- [1] 张广萍, 周美正, 张延, 等. 安徽派河流域水污染特征及原因分析[J]. 人民长江, 2014, 45(18): 20-24.
- [2] 刘姝, 孔繁翔, 蔡元锋, 等. 巢湖四条入湖河流硝态氮污染来源的氮稳定同位素解析[J]. 湖泊科学, 2012, 24(6): 952-956.
- [3] 李慧. 派河上派镇段水质评价及污染防治对策[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(5): 786-787.
- [4] 中国环境科学研究院. 地表水环境质量标准: GB3838—2002[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [5] 安徽省人民政府. 安徽省水污染防治工作方案[Z]. 2015.
- [6] 张斯思, 匡武, 王军, 等. 引江济淮巢湖调水区水污染特性及对策研究[J]. 四川环境, 2016, 35(2): 42-47.
- [7] 程念亮, 李云婷, 张大伟, 等. 2014 年 APEC 期间北京市空气质量改善分析[J]. 环境科学, 2016, 37(1): 66-73.
- [8] 程念亮, 李军杰, 李云婷, 等. 基于 matlab 北京市 $\text{PM}_{2.5}$ 动态分区统计预报模型的开发[J]. 环境工程学报, 2015, 9(10): 4965-4970.
- [9] 北京市环境保护监测中心. APEC 空气质量保障环境空气质量改善效果评估报告[R]. 北京: 北京市环境保护局, 2014.
- [10] 程念亮, 陈添, 张大伟, 等. 2015 年春节北京市空气质量分析[J]. 环境科学, 2015, 36(9): 3150-3158.
- [11] 程念亮, 张大伟, 李云婷, 等. 2000~2014 年北京市 SO_2 时空分布及一次污染过程分析[J]. 环境科学, 2015, 36(11): 3961-3970.
- [12] 李云婷, 程念亮, 张大伟, 等. 2013 年北京市不同方位 $\text{PM}_{2.5}$ 背景浓度研究[J]. 环境科学, 2015, 36(12): 4331-4340.
- [13] 程念亮, 李云婷, 张大伟, 等. 2013 年北京市细颗粒物时空分布特征研究[J]. 环境工程, 2015, 33(10): 43-46.
- [14] 程念亮, 李云婷, 张大伟, 等. 2013 年 1 月北京市一次空气重污染成因分析[J]. 环境科学, 2015, 36(4): 1154-1163.
- [15] 程念亮, 李云婷, 张大伟, 等. 2014 年 10 月北京市 4 次典型空气重污染过程成因分析[J]. 环境科学研究, 2015, 28(2): 163-170.
- [16] 程念亮, 李云婷, 孙峰, 等. 北京市空气重污染天气类型分析及预报方法简介[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(5): 189-194.
- [17] 程念亮, 李云婷, 张大伟, 等. 2014 年北京市城区臭氧超标日浓度特征及与气象条件的关系[J]. 环境科学, 2016, 37(6): 2041-2051.
- [18] 程念亮, 张大伟, 陈添, 等. 2015 年北京市两次红色预警期间 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度特征[J]. 环境科学, 2016, 37(7): 2409-2418.
- [19] 程念亮, 李云婷, 张大伟, 等. 2013~2014 年北京市 NO_2 时空分布研究[J]. 中国环境科学, 2016, 36(1): 18-26.
- [20] 刘保献, 张大伟, 陈添, 等. 北京市 $\text{PM}_{2.5}$ 主要化学组分浓度水平研究与特征分析[J]. 环境科学学报, 2015, 35(12): 4053-4060.
- [21] 李令军, 王英. 基于卫星遥感与地面监测分析北京大气 NO_2 污染特征[J]. 环境科学学报, 2011, 31(12): 2762-2768.

(上接第 46 页)