

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第37卷 第1期

Vol.37 No.1

2016

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

碳质大气颗粒物的扫描质子微探针分析 包良满,刘江峰,雷前涛,李晓林,张桂林,李燕 (1)

中国8个城市大气多溴联苯醚的污染特征及人体暴露水平 林海涛,李琦路,张干,李军 (10)

广州城区秋冬季大气颗粒物中WSOC吸光性研究 黄欢,毕新慧,彭龙,王新明,盛国英,傅家谟 (16)

南京地区大气PM_{2.5}潜在污染源硫碳同位素组成特征 石磊,郭照冰,姜文娟,芮茂凌,曾钢 (22)

青奥会前后南京PM_{2.5}重金属污染水平与健康风险评估 张恒,周自强,赵海燕,熊正琴 (28)

南昌市秋季大气PM_{2.5}中金属元素富集特征及来源分析 林晓辉,赵阳,樊孝俊,胡恭任,于瑞莲 (35)

南京北郊冬春季大气能见度影响因子贡献研究 马佳,于兴娜,安俊琳,朱彬,于超,朱俊,夏航 (41)

边界层低空急流导致北京PM_{2.5}迅速下降及其形成机制的个例分析 廖晓农,孙兆彬,何娜,赵普生,马志强 (51)

电厂燃煤烟尘PM_{2.5}中化学组分特征 王毓秀,彭林,王燕,张腾,刘海利,牟玲 (60)

2014年APEC期间北京市空气质量改善分析 程念亮,李云婷,张大伟,陈添,孙峰,李令军,李金香,周一鸣,杨妍妍,姜磊 (66)

APEC会议期间北京机动车排放控制效果评估 樊守彬,田灵娣,张东旭,郭津津 (74)

晋城城市扬尘化学组成特征及来源解析 王燕,彭林,李丽娟,王毓秀,张腾,刘海利,牟玲 (82)

北京市混凝土搅拌站颗粒物排放特征研究 薛亦峰,周震,钟连红,闫静,曲松,黄玉虎,田贺忠,潘涛 (88)

长株潭地区人为源氨排放清单及分布特征 尤翔宇,刘湛,张青梅,漆燕,向仁军,苏艳蓉 (94)

长春城市水体夏秋季温室气体排放特征 温志丹,宋开山,赵莹,邵田田,李思佳 (102)

查干湖和新立城水库秋季水体悬浮颗粒物和CDOM吸收特性 李思佳,宋开山,赵莹,穆光熠,邵田田,马建行 (112)

不同地质背景下河流水化学特征及影响因素研究:以广西大溶江、灵渠流域为例 孙平安,于爽,莫付珍,何师意,陆菊芳,原雅琼 (123)

大渡河老鹰岩河段的水生生物群落结构及水质评价 黄允优,曾焯,刘守江,马永红,胥晓 (132)

西湖龙泓洞流域暴雨径流氮磷流失特征 杨帆,蒋铁锋,王翠翠,黄晓楠,吴芝斌,陈琳 (141)

合肥城郊典型农业小流域土壤磷形态及淋失风险分析 樊慧慧,李如忠,裴婷婷,张瑞钢 (148)

辽河入海口及城市段柱状沉积物金属元素含量及分布特征 王维契,周俊丽,裴淑玮,刘征涛 (156)

水源水库沉积物中营养元素分布特征与污染评价 黄廷林,刘飞,史建超 (166)

低分子量有机酸对三峡水库消落区土壤中汞赋存形态及其活性的影响 游蕊,梁丽,覃蔡清,邓晗,王定勇 (173)

北京市凉水河表层沉积物中砷含量及其赋存形态 王馨慧,单保庆,唐文忠,张超,王闯 (180)

紫外辐射对小球藻混凝效果作用途径探讨 王文东,张轲,许洪斌,刘国旗 (187)

二氧化钛光催化氧化阿散酸 许文泽,杨春风,李静,李建斐,刘会芳,胡承志 (193)

紫外光照下盐酸环丙沙星的光解性能 段伦超,王凤贺,赵斌,陈亚君 (198)

氢氧化镧-天然沸石复合材料对水中低浓度磷酸盐的吸附作用 林建伟,王虹,詹艳慧,陈冬梅 (208)

纳米TiO₂吸附HgCl₂水溶液中Hg(II) 周雄,张金洋,王定勇,覃蔡清,徐凤,罗程钟,杨熹 (220)

好氧生化污水处理厂化学品暴露预测模型构建 周林军,刘济宁,石利利,冯洁,徐炎华 (228)

3种苯胺类化学品在好氧污水处理模拟系统中的降解特性 古文,周林军,刘济宁,陈国松,石利利,徐炎华 (240)

Fe(II)活化过硫酸钠深度处理工业园区污水处理厂出水 朱松梅,周振,顾凌云,蒋海涛,任佳彪,王罗春 (247)

长江三角洲区域表土中多环芳烃的近期分布与来源 李静雅,吴迪,许芸松,李向东,王喜龙,曾超华,付晓芳,刘文新 (253)

直链烷基苯指示城市化过程初步研究 徐特,曾辉,倪宏刚 (262)

龙口煤矿区土壤重金属污染评价与空间分布特征 刘硕,吴泉源,曹学江,王集宁,张龙龙,蔡东全,周历媛,刘娜 (270)

水分减少与增温处理对冬小麦生物量和土壤呼吸的影响 吴杨周,陈健,胡正华,谢燕,陈书涛,张雪松,申双和,陈曦 (280)

中水浇灌对土壤重金属污染的影响 周益奇,刘云霞,傅慧敏 (288)

生物质炭对果园土壤团聚体分布及保水性的影响 安艳,姬强,赵世翔,王旭东 (293)

3种工业有机废弃物对铅锌尾矿生物化学性质及植物生长的影响 彭禧柱,杨胜香,李凤梅,曹建兵,彭清静 (301)

丛枝菌根真菌对铈污染土壤上玉米生长和铈吸收的影响 王芳,郭伟,马朋坤,潘亮,张君 (309)

珠江三角洲典型区域农产品中邻苯二甲酸酯(PAEs)污染分布特征 李彬,吴山,梁金明,邓杰帆,王珂,梁文立,曾彩明,彭四清,张天彬,杨国义 (317)

三峡库区重金属的生物富集、生物放大及其生物因子的影响 韦丽丽,周琼,谢从新,王军,李君 (325)

起源喀斯特溶洞湿地稻田与旱地土壤的微生物数量、生物量及土壤酶活性比较 靳振江,曾鸿鹄,李强,程亚平,汤华峰,李敏,黄炳富 (335)

序批式生物反应器填埋场脱氮微生物多样性分析 李卫华,孙英杰,刘子梁,马强,杨强 (342)

铁氮掺杂碳纳米管/纤维复合物制备及其催化氧还原的效果 杨婷婷,朱能武,芦昱,吴平霄 (350)

运行微生物燃料电池减排稻田土壤甲烷的研究 邓欢,蔡旅程,姜允斌,钟文辉 (359)

通风策略对污泥生物干化过程中含氮气体和甲烷排放的影响 齐鲁,魏源送,张俊亚,赵晨阳,才兴,张媛丽,邵春岩,李洪枚 (366)

高温生物滤塔处理污泥干化尾气的研究 陈文和,邓明佳,罗辉,丁文杰,李琳,林坚,刘俊新 (377)

应用FCM-qPCR方法定量检测水中常见病原体 王明星,柏耀辉,梁金松,霍咏,杨婷婷,袁林江 (384)

乙腈和正己烷对环境特征污染物免疫传感分析的影响 娄雪宁,周丽萍,宋丹,杨荣,龙峰 (391)

废弃菌糠资源化过程中的成分变化规律及其环境影响 楼子墨,王卓行,周晓馨,傅瑞琪,刘榆,徐新华 (397)

《环境科学》征订启事(9) 《环境科学》征稿简则(15) 信息(50, 165, 186, 287)

北京市混凝土搅拌站颗粒物排放特征研究

薛亦峰^{1,2}, 周震¹, 钟连红¹, 闫静¹, 曲松¹, 黄玉虎^{1*}, 田贺忠², 潘涛¹

(1. 北京市环境保护科学研究院, 国家城市环境污染控制工程技术研究中心, 北京 100037; 2. 北京师范大学环境学院, 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100875)

摘要: 随着北京市经济发展和人口增长, 城市建设规模及居民住房需求加大, 全市施工面积不断上升, 对商用混凝土的需求量也在逐年增加。混凝土生产过程中会排放大量颗粒物, 对周边空气质量造成较大的影响, 但目前对其污染物排放的时空特征还缺乏系统研究。本研究采用排放因子法, 核算了 1991~2012 年北京市混凝土搅拌站颗粒物排放量, 分析了污染物排放的时空分布特征, 采用蒙特卡罗分析方法定量评估了颗粒物排放量不确定性范围, 并基于相关经济和环境发展规划, 预测了北京市 2020 年混凝土搅拌站颗粒物排放情况。结果表明: ①北京市混凝土搅拌站颗粒物排放呈现“前高后低”趋势, 在 2005 年达到最大, 此后随着环境管理水平的提高和绿色生产, 搅拌站颗粒物排放增长势头得到一定的控制。②在空间分布上, 污染排放仍集中在城区, 主要为人口活动密集的六环以内, 其中又以五环到六环之间最为集中。③通过情景设置和分析, 本研究认为要使 2020 年污染排放得到较好地削减, 应实施更加严格的绿色生产标准和环境监管。

关键词: 混凝土搅拌站; 颗粒物; 大气污染; 排放因子; 北京

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2016)01-0088-06 DOI: 10.13227/j.hjxx.2016.01.013

Characteristic of Particulate Emissions from Concrete Batching in Beijing

XUE Yi-feng^{1,2}, ZHOU Zhen¹, ZHONG Lian-hong¹, YAN Jing¹, QU Song¹, HUANG Yu-hu^{1*}, TIAN He-zhong², PAN Tao¹

(1. National Engineering Research Center of Urban Environmental Pollution Control, Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China; 2. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: With the economic development and population growth in Beijing, there is a strong need for construction and housing, which leads to the increase of the construction areas. Meanwhile, as a local provided material, the production of concrete has been raised. In the process of concrete production by concrete batching, there are numerous particulates emitted, which have large effect on the atmospheric environment, however, systematic study about the tempo-spatial characteristics of pollutant emission from concrete batching is still rare. In this study, we estimated the emission of particulates from concrete batching from 1991 to 2012 using emission factor method, analyzed the tempo-spatial characteristics of pollutant emission, established the uncertainty range by adopting Monte-Carlo method, and predicted the future emission in 2020 based on the relative environmental and economical policies. The results showed that: ①the emissions of particulates from concrete batching showed a trend of "first increase and then decrease", reaching the maximum in 2005, and then decreased due to stricter emission standard and enhanced environmental management. ② according to spatial distribution, the emission of particulates from concrete batch mainly concentrated in the urban area with more human activities, and the area between the fifth ring and the sixth ring contributed the most. ③ through scenarios analysis, for further reducing the emission from concrete batching in 2020, more stricter standard for green production as well as powerful supervision is needed.

Key words: concrete batching; particulate; air pollution; emission factor; Beijing

混凝土通常是指用水泥、粉煤灰等作胶凝材料, 砂、石作集料, 与水(可含外加剂和掺合料)按一定比例配合, 经搅拌、成型而得到, 是建筑工程中应用最广泛的材料之一^[1, 2]。近年来北京市经济仍保持较快的增长, 城镇化水平还在不断提高, 在人口方面, 虽然采取了控制措施和疏导, 但总量依然在增长, 由此带来的住房或改善住房及办公场所、市政建设等需求增加, 导致全市住宅及其他施工面积居高不下, 对混凝土的需求量也在不断增加。

搅拌站作为混凝土集中搅拌的场所, 在混凝土

的生产过程中, 由于骨料运输、砂石配料、粉料装仓、粉料称量、物料的搅拌等过程中会产生大量的颗粒物, 从而对周边环境对人体健康产生影响^[3-5]。北京市空气质量形势严峻^[6-9], 2013 年全市空气中 PM_{2.5} 年平均浓度高达 89.5 mg·m⁻³^[10], 是环境空气质量二级标准(GB 3095-2012)的 2.6 倍。根据北京市

收稿日期: 2015-06-01; 修订日期: 2015-08-24

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2013BAC17B01, 2014BAC23B02)

作者简介: 薛亦峰(1983~), 男, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为大气污染防治, E-mail: xueyf_liep@163.com

* 通讯联系人, E-mail: huangyuhu@cee.cn

2013 年 $PM_{2.5}$ 来源解析结果,扬尘源对 $PM_{2.5}$ 污染贡献达 14.3%^[11],是重要的大气污染源. 搅拌站的颗粒物排放是扬尘源的重要组成部分^[12, 13],但目前对该类源的排放定量化与时空分布特征的研究较少.

本研究采用自下而上的排放因子法,核算了 1991~2012 年北京市混凝土搅拌站颗粒物排放量,分析颗粒物排放的时空分布特征. 采用蒙特卡罗分析方法定量评估了颗粒物排放量不确定性范围,基于控制管理水平设置了不同情景,预测了北京市 2020 年混凝土搅拌站的污染排放情况,以期为环境管理部门决策提供参考.

1 材料与方法

1.1 研究方法

多年北京市混凝土搅拌站颗粒物(TSP、 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$)排放量将基于排放因子法进行核算,见公式(1).

$$E = \sum_i \sum_j A_{i,j} EF_{i,j} \quad (1)$$

式中, E 为排放量; A 为排放源活动水平,在本研究中为混凝土的产量; EF 为不同粒径颗粒物、不同污染控制水平的排放因子; i 、 j 分别代表不同粒径颗粒物、不同污染控制水平.

对于颗粒物的空间分布,根据搅拌站的空间位置和核算的颗粒物排放量(2012年),基于GIS技术进行污染排放空间分布特征研究.

颗粒物污染控制情景,基于当前环境空气质量形势及未来人口、GDP发展判断,对全市施工面积进行趋势预测,推算2020年混凝土的需求量,并根据不同污染控制程度,进行污染排放的预测分析.

1.2 活动水平

根据田刚等^[14]的研究成果,混凝土的产生与施工面积存在一定的关系,施工面积混凝土平均用量为 $0.37 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$,混凝土的重量约为 $2.4 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$. 房屋建筑工地的桩基和主体结构施工阶段需要商用混凝土,全市每年的房屋建筑施工面积从北京市统计年鉴中获取,对1991~2012年期间竣工面积和施工面积进行回归分析,可知房屋建筑工地施工周期通常为3a,即每年约有30%的施工面积需要使用商用混凝土,在此基础上得到1991~2012年北京市混凝土产量,如图1所示.

1.3 排放因子

混凝土搅拌站的颗粒物排放点较多,分布在物料储存、输送、计量、混合及搅拌等环节,在无控制

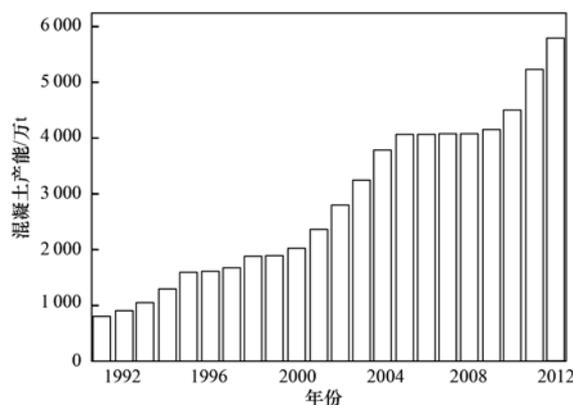


图1 北京市1991~2012年混凝土产量

Fig. 1 Production of concrete in Beijing from 1991 to 2012

的情况下,物料露天堆放,敞开进行混凝土生产及作业,导致颗粒物排放量较大^[15, 16]. 在良好的控制条件下,有专门的密闭料仓存放各种原料,并在物料输送环节也有密闭措施,搅拌混合系统后端装备高效的过滤式除尘器,在很大程度上实现绿色生产,颗粒物排放得到较好的控制. 搅拌站既有料堆扬尘、作业扬尘和交通扬尘等面状排放,兼有筒仓排气筒点状排放,且由于排放因子确定方法计算复杂,需要输入大量的本土化参数,从而使本地化排放因子的确定较为困难. 第一次全国污染源普查排放系数中,也仅给出输送储存、混合搅拌TSP的排放系数,未给出搅拌站其他产污环节及不同粒径包括 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的产排系数. 考虑到混凝土生产工艺在不同国家差异较小,物料配比也基本相同,因此本研究中采用美国EPA AP-42混凝土搅拌站颗粒物排放因子^[17],分成无控制和有控制两种类别,如表1所示.

表1 混凝土搅拌站不同粒径颗粒物排放因子/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$

Table 1 Emission factors of particulates with different size for concrete batching/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$

类别	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$
无控制	0.507 125	0.140 616	0.024 041
有控制	0.044 453	0.011 93	0.000 608

2 结果与讨论

2.1 排放趋势

结合有控制措施混凝土产量的比例,根据排放因子法,核算了1991~2012年北京市混凝土搅拌站不同粒径颗粒物(TSP、 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$)的排放量(图2). 由图2可见,搅拌站颗粒物排在2005年达到最大,之前污染排放逐年增加,年增长率为22.7%,主要与北京城镇化进程加快及经济发展所带来的施工面积增加有关,且这一阶段搅拌站环境管理较为

粗放,基本没有污染控制措施。

自北京市第七阶段(2002)大气污染控制措施实施以来,北京市逐渐加大对施工工地及搅拌站的颗粒物排放的控制力度^[18~20],发布《预拌混凝土绿色生产管理规程》(DB 11/642-2009),考核和认定绿色生产达标搅拌站,要求搅拌站不断提高绿色生产水平,从而使有良好颗粒物控制的搅拌站比例得以提升,根据调查数据,有污染控制的搅拌站比例从2002年的5.5%上升到2012年的61%,受2005~2009年期间施工工地增长放缓的影响,而污染控制的比例在此期间得以提升,因此这一阶段,混凝土不同粒径颗粒物的排放下降,污染势头得到一定的控制。在2010年后,全市施工面积再次快速增加,而污染控制比例并没有显著增加,因此,2010~2012期间颗粒物排放较为稳定,TSP、PM₁₀和PM_{2.5}的排放量在13 000、3 500和580 t左右。

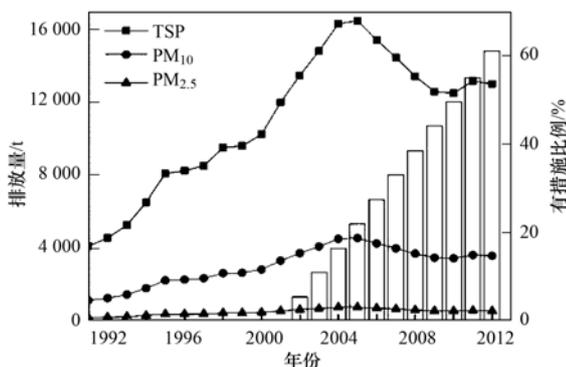


图2 1991~2012年北京市混凝土搅拌站颗粒物排放量

Fig. 2 Emission of particulates from concrete batching in Beijing, 1991-2012

2.2 空间分布特征

采用上述1.1节的核算方法,2012年混凝土搅拌站TSP、PM₁₀和PM_{2.5}排放量为13 010、3 593和563 t。根据2012年北京市混凝土搅拌站空间位置将其排放量落到1 km×1 km的网格上,颗粒物排放空间分布情况、各区县汇总的排放量如图3所示。

由图3可见,搅拌站颗粒物排放主要集中在城市功能拓展区和近郊区县,其中朝阳区最大,约占29.3%、昌平区和大兴区次之,分别占13.5%和8.8%,顺义区和海淀区的搅拌站颗粒物排放也较大,主要与这些区县施工规模和经济活动水平较高有关。另外,从环路的空间分布来看,污染排放基本上集中在六环内,占72.5%,而五环内仅占12.0%,五环到六环之间污染排放占全市的60.5%,主要原因是该区域内人口活动密度,住宅需求较大,导致施

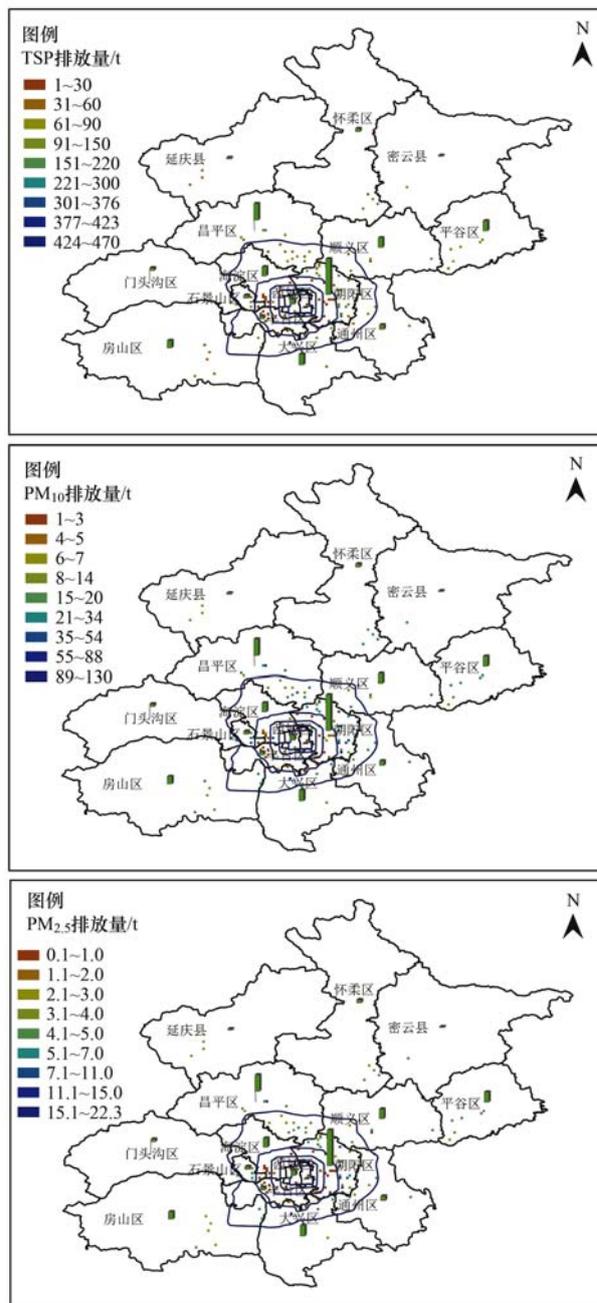


图3 2012年北京市混凝土搅拌站颗粒物空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of particulates emission from concrete batching in Beijing, 2012

工工地面积较大,而且受环境管理水平的逐渐推进,五环内搅拌站污染控制程度较高,相对来说,五环外搅拌站的污染排放水平较高。

2.3 污染排放预测

受本地供应的影响,混凝土的产量仍将取决于施工面积的高低。通过梳理1991~2012年全市施工面积,可以看出,受城镇化和人口需求增加的推动,施工面积呈现出逐年升高的趋势。基于线性和对数形式对2020年的施工面积进行预测,如图4所

示,可以看出线性方式的相关性更高,施工面积仍保持较高的速度增长. 但根据 2020 北京市总体规划,未来本市将加大人口规模和城市建设控制力度,预测未来施工面积将有所回落,因此对数的形式将更符合当前的发展态势,基于此对 2016、2020 年施工面积进行了预测,分别为 1.59 亿 m³ 和 1.67 亿 m³,对应的混凝土产量为 4 592 万 t 和 4 811 万 t.

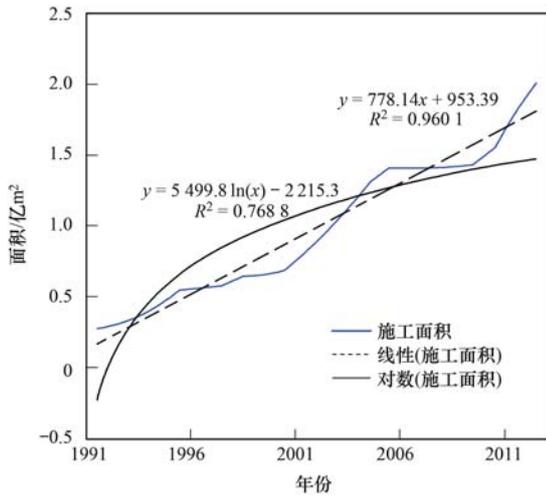


图 4 全市施工面积发展趋势分析

Fig. 4 Trends of construction area in Beijing since 1991

基于未来污染控制程度的不同,设置高、中、低这 3 种情景,对未来 2020 年北京市混凝土搅拌站颗粒物的排放进行了预测,如图 5 所示. 在低方案控制(情景 1)下,认为将继续维持现有的污染控制排放水平,五环外的搅拌站污染控制仍得不到有效的改善,污染排放仅受施工面积的变动影响,在 2013 ~ 2020 间污染排放将稳定在一个较高水平上. 在中方案控制(情景 2)下,认为受《预拌混凝土绿色生产管理规程》(DB 11/642-2014)地方标准的实施影响,绿色生产搅拌站比例将有所提高,五环至六环间的搅拌站生产企业能够采用有效密闭生产措施,有控制措施的比例将从 2012 年的 61% 上升到 83%,从而减少颗粒物污染排放,2020 年的污染排放将回到 1991 年的水平. 在高方案控制(情景 3)下,在市级及区县主管部门共同推进下,全市所有混凝土搅拌站均能实现绿色生产,产能实现有效的整合,最大程度地减少颗粒物的排放,2020 年搅拌站的 TSP、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 将减少到 2 139、574 和 29 t.

2.4 不确定性分析

基于排放因子法获取北京市混凝土搅拌站时空分布特征,对于研判当前的污染形势及预测未来的排放状况具有重要的作用. 但由于活动水平和排放因子都具有一定的不确定性^[21-23],因此采用蒙特卡

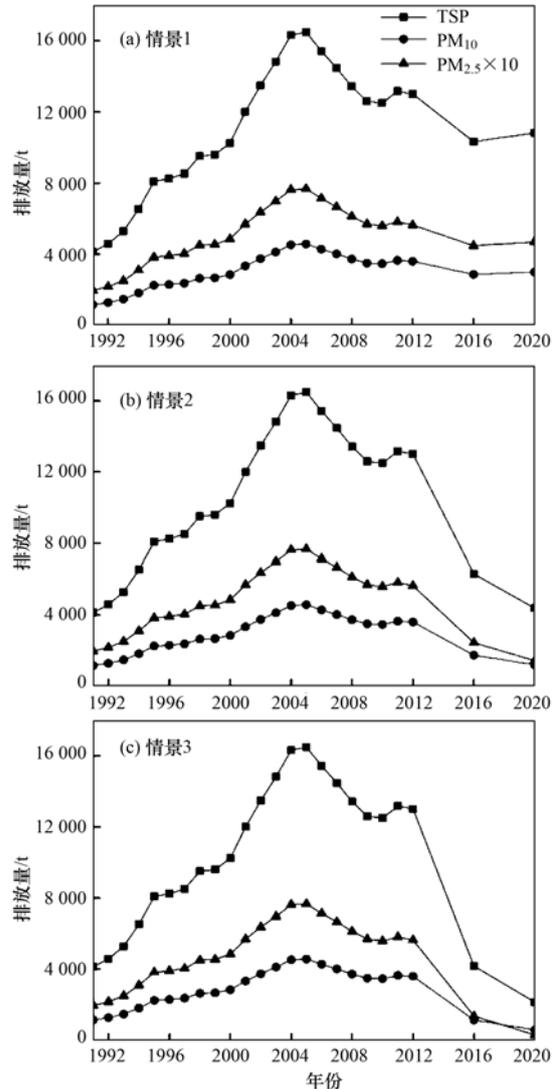


图 5 2020 年北京市混凝土搅拌站颗粒物排放的 3 种情景

Fig. 5 Scenarios analysis for projecting the future emission of particulates from concrete batching in Beijing, 2020

罗的不确定性分析方法对 2012 年北京市混凝土搅拌站颗粒物排放量进行定量分析,TSP、PM₁₀、PM_{2.5} 的不确定性范围分别为 -54% ~ 66%、-51% ~ 62% 和 -52% ~ 67% (如表 2),不确定性范围较大原因主要是由于缺少本地化的排放因子.

表 2 北京市混凝土搅拌站颗粒物排放量不确定性范围

Table 2 Uncertainty range of emission of particulates from concrete batching in Beijing

污染物	最大值	最小值	平均值	不确定性范围
TSP	21 532	5 897	13 010	(-54%, 66%)
PM ₁₀	5 834	1 757	3 593	(-51%, 62%)
PM _{2.5}	939	268	563	(-52%, 67%)

3 污染控制对策建议

基于搅拌站颗粒物污染排放特征及对未来污染排放的预测,为减轻其对周边环境质量及人体健康

的影响,需要从源头控制、提高末端治理及清洁生产水平及加强执法与管理这 3 个方面同时进行^[24~26]。①合理规划和布局混凝土搅拌站,城市建成区应严格控制混凝土搅拌站的数量和规模。新建混凝土搅拌站的选址要避开环境敏感点、人口稠密区和大型居住区,并采用先进生产工艺及污染控制措施,对储运环节进行密闭,化无组织排放为有组织排放。②现有混凝土搅拌站应对堆放、装卸、运输、生产等环节严格落实覆盖、洒水(喷雾)、封闭、除尘等控尘措施,确保粉尘、扬尘污染控制符合《预拌混凝土绿色生产管理规程》(DB 11/642-2014)和北京市地方标准《水泥工业大气污染物排放标准》(DB 11/1054-2013)相关标准要求,提高末端治理及清洁生产水平,减少颗粒物的排放。③强有力的监督及执法是减轻其污染的重要保障。住建、环保和交通等相关主管部门应加大对搅拌站资质管理及排放监测,推进混凝土搅拌站粉尘、扬尘控制工作。定期或不定期开展混凝土行业控尘执法检查,促使企业落实环境影响评价等制度,开展混凝土搅拌站除尘设备污染源定期监测。

4 结论

(1)北京市混凝土搅拌站的污染排放在时间变化上呈现“前高后低”趋势,在 2005 年达到最大,此后随着环境管理水平和绿色生产水平的提高,搅拌站颗粒物排放开始逐年下降,近几年趋于稳定。2012 年混凝土搅拌站 TSP、PM₁₀和 PM_{2.5}排放量为 13 010、3 593 和 563 t。

(2)北京市混凝土搅拌站颗粒物排放主要集中在城市功能拓展区和近郊区县,其中朝阳区最大,约占 29.3%、昌平区和大兴区次之,分别占 13.5% 和 8.8%,顺义区和海淀区的搅拌站颗粒物排放也较大,从环路的空间分布来看,污染排放基本上集中在六环内,占 72.5%,其中五环到六环之间污染排放占全市的 60.5%,与人口的空间分布趋势基本一致。

(3)通过情景分析,在严格的绿色生产及有效的环境监管的制约下,全市混凝土搅拌站均能实现绿色生产,能够很大程度地减少其颗粒物的排放,2020 年搅拌站的 TSP、PM₁₀和 PM_{2.5}将减少到 2 139、574 和 29 t。

参考文献:

[1] Deligiannis V, Manesis S. Concrete batching and mixing plants: A new modeling and control approach based on global automata

- [J]. *Automation in Construction*, 2008, **17**(4): 368-376.
- [2] 艾小松. 混凝土搅拌站智能控制系统[D]. 长沙: 中南大学, 2008.
- [3] Abdul-Wahab S A. Impact of fugitive dust emissions from cement plants on nearby communities[J]. *Ecological Modelling*, 2006, **195**(3-4): 338-348.
- [4] Brocklesby M W, Davison J B. The environmental impacts of concrete design, procurement and on-site use in structures[J]. *Construction and Building Materials*, 2000, **14**(4): 179-188.
- [5] Dong Y H, Ng S T. A life cycle assessment model for evaluating the environmental impacts of building construction in Hong Kong[J]. *Building and Environment*, 2015, **89**: 183-191.
- [6] Zhang R J, Jing J, Tao J, *et al.* Chemical characterization and source apportionment of PM_{2.5} in Beijing: seasonal perspective[J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2013, **13**(14): 7053-7074.
- [7] Zhao P S, Dong F, He D, *et al.* Characteristics of concentrations and chemical compositions for PM_{2.5} in the region of Beijing, Tianjin, and Hebei, China[J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2013, **13**(9): 4631-4644.
- [8] 谢元博, 陈娟, 李巍. 雾霾重污染期间北京居民对高浓度 PM_{2.5}持续暴露的健康风险及其损害价值评估[J]. *环境科学*, 2014, **35**(1): 1-8.
- [9] 郑子龙, 张凯, 陈义珍, 等. 北京一次混合型重污染过程大气颗粒物元素组分分析[J]. *环境科学研究*, 2014, **27**(11): 1219-1226.
- [10] 北京市环境保护局. 2014 年北京市环境状况公报[EB/OL]. <http://www.bjepb.gov.cn/bjepb/resource/cms/2015/04/2015041609380279715.pdf>, 2015-04-16.
- [11] 北京市环境保护监测中心. 北京市大气环境 PM_{2.5}污染现状及成因研究[R]. 北京, 2014.
- [12] Xue M, Ma J Z, Yan P, *et al.* Impacts of pollution and dust aerosols on the atmospheric optical properties over a polluted rural area near Beijing city[J]. *Atmospheric Research*, 2011, **101**(4): 835-843.
- [13] Yan Y, Sun Y B, Weiss D, *et al.* Polluted dust derived from long-range transport as a major end member of urban aerosols and its implication of non-point pollution in northern China[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, **506-507**: 538-545.
- [14] 田刚, 黄玉虎, 樊守彬. 扬尘污染控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2013.
- [15] Azarmi F, Kumar P, Mulheron M. The exposure to coarse, fine and ultrafine particle emissions from concrete mixing, drilling and cutting activities[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2014, **279**: 268-279.
- [16] Cazacliu B, Ventura A. Technical and environmental effects of concrete production: dry batch versus central mixed plant[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2010, **18**(13): 1320-1327.
- [17] EPA. Emission Factor Documentation for AP-42 Section 11.12 Concrete Batching[EB/OL]. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/bgdocs/b11s12.pdf>, 2006-06-15.
- [18] 黄玉虎, 田刚, 秦建平, 等. 不同施工阶段扬尘污染特征研

- 究[J]. 环境科学, 2007, **28**(12): 2885-2888.
- [19] 田刚, 李钢, 闫宝林, 等. 施工扬尘空间扩散规律研究[J]. 环境科学, 2008, **29**(1): 259-262.
- [20] Huang X L, El Badawy A M, Arambewela M, *et al.* Mineral phases and metals in baghouse dust from secondary aluminum production[J]. *Chemosphere*, 2015, **134**: 25-30.
- [21] Tian H Z, Cheng K, Wang Y, *et al.* Temporal and spatial variation characteristics of atmospheric emissions of Cd, Cr, and Pb from coal in China[J]. *Atmospheric Environment*, 2012, **50**: 157-163.
- [22] Tian H Z, Wang Y, Xue Z G, *et al.* Trend and characteristics of atmospheric emissions of Hg, As, and Se from coal combustion in China, 1980-2007 [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2010, **10**(23): 11905-11919.
- [23] Wei W, Wang S X, Hao J M. Uncertainty analysis of emission inventory for volatile organic compounds from anthropogenic sources in China[J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2011, **32**(2): 305-312.
- [24] Kaly F, Marticorena B, Chatenet B, *et al.* Variability of mineral dust concentrations over West Africa monitored by the Sahelian Dust Transect[J]. *Atmospheric Research*, 2015, **164-165**: 226-241.
- [25] Salem W M, Sayed W F, Halawy S A, *et al.* Physicochemical and microbiological characterization of cement kiln dust for potential reuse in wastewater treatment [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2015, **119**: 155-161.
- [26] Yu H L, Lin Y C, Kuo Y M. A time series analysis of multiple ambient pollutants to investigate the underlying air pollution dynamics and interactions[J]. *Chemosphere*, 2015, **134**: 571-580.

CONTENTS

Investigation of Carbonaceous Airborne Particles by Scanning Proton Microprobe	BAO Liang-man, LIU Jiang-feng, LEI Qian-tao, <i>et al.</i> (1)
Atmospheric Polybrominated Diphenyl Ethers in Eight Cities of China; Pollution Characteristics and Human Exposure	LIN Hai-tao, LI Qi-lu, ZHANG Gan, <i>et al.</i> (10)
Light Absorption Properties of Water-Soluble Organic Carbon (WSOC) Associated with Particles in Autumn and Winter in the Urban Area of Guangzhou HUANG Huan, BI Xin-hui, PENG Long, <i>et al.</i> (16)
Investigations on Sulfur and Carbon Isotopic Compositions of Potential Polluted Sources in Atmospheric PM _{2.5} in Nanjing Region	SHI Lei, GUO Zhao-bing, JIANG Wen-juan, <i>et al.</i> (22)
Pollution Level and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Atmospheric PM _{2.5} in Nanjing Before and After the Youth Olympic Games ZHANG Heng, ZHOU Zi-qiang, ZHAO Hai-yan, <i>et al.</i> (28)
Enrichment Characteristics and Source Analysis of Metal Elements in PM _{2.5} in Autumn in Nanchang City	LIN Xiao-hui, ZHAO Yang, FAN Xiao-jun, <i>et al.</i> (35)
Contributions of Factors That Influenced the Visibility In North Suburb of Nanjing In Winter and Spring	MA Jia, YU Xing-na, AN Jun-lin, <i>et al.</i> (41)
A Case Study on the Rapid Cleaned Away of PM _{2.5} Pollution in Beijing Related with BL Jet and Its Mechanism	LIAO Xiao-nong, SUN Zhao-bin, HE Na, <i>et al.</i> (51)
Characteristics of Chemical Components in PM _{2.5} from the Coal Dust of Power Plants	WANG Yu-xiu, PENG Lin, WANG Yan, <i>et al.</i> (60)
Improvement of Air Quality During APEC in Beijing in 2014	CHENG Nian-liang, LI Yun-ting, ZHANG Da-wei, <i>et al.</i> (66)
Evaluation on the Effectiveness of Vehicle Exhaust Emission Control Measures During the APEC Conference in Beijing	FAN Shou-bin, TIAN Ling-di, ZHANG Dong-xu, <i>et al.</i> (74)
Chemical Compositions and Sources Apportionment of Re-suspended Dust in Jincheng	WANG Yan, PENG Lin, LI Li-juan, <i>et al.</i> (82)
Characteristic of Particulate Emissions from Concrete Batching in Beijing	XUE Yi-feng, ZHOU Zhen, ZHONG Lian-hong, <i>et al.</i> (88)
Anthropogenic Ammonia Emission Inventory and Its Spatial Distribution in Chang-Zhu-Tan Region	YOU Xiang-yu, LIU Zhan, ZHANG Qing-mei, <i>et al.</i> (94)
Seasonal Variability of Greenhouse Gas Emissions in the Urban Lakes in Changchun, China	WEN Zhi-dan, SONG Kai-shan, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (102)
Absorption Characteristics of Particulates and CDOM in Waters of Chagan Lake and Xinlicheng Reservoir in Autumn	LI Si-jia, SONG Kai-shan, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (112)
Hydrochemical Characteristics and Influencing Factors in Different Geological Background; A Case Study in Darongjiang and Lingqu Basin, Guangxi, China SUN Ping-an, YU Shi, MO Fu-zhen, <i>et al.</i> (123)
Community Structure of Aquatic Community and Evaluation of Water Quality in Laoyingyan Section of Dadu River	HUANG You-you, ZENG Yu, LIU Shou-jiang, <i>et al.</i> (132)
Characteristics of Nitrogen and Phosphorus Losses in Longhong Ravine Basin of Westlake in Rainstorm Runoff	YANG Fan, JIANG Yi-feng, WANG Cui-cui, <i>et al.</i> (141)
Soil Phosphorus Forms and Leaching Risk in a Typically Agricultural Catchment of Hefei Suburban	FAN Hui-hui, LI Ru-zhong, PEI Ting-ting, <i>et al.</i> (148)
Concentrations and Distribution of Metals in the Core Sediments from Estuary and City Section of Liaohe River	WANG Wei-jie, ZHOU Jun-li, PEI Shu-wei, <i>et al.</i> (156)
Distribution Characteristics and Pollution Status Evaluation of Sediments Nutrients in a Drinking Water Reservoir HUANG Ting-lin, LIU Fei, SHI Jian-chao (166)
Effect of Low Molecular Weight Organic Acids on the Chemical Speciation and Activity of Mercury in the Soils of the Water-Level-Fluctuating Zone of the Three Gorges Reservoir YOU Rui, LIANG Li, QIN Cai-qing, <i>et al.</i> (173)
Arsenic Content and Speciation in the Surficial Sediments of Liangshui River in Beijing	WANG Xin-hui, SHAN Bao-qing, TANG Wen-zhong, <i>et al.</i> (180)
Effect of UV Light Radiation on the Coagulation of Chlorella and Its Mechanism	WANG Wen-dong, ZHANG Ke, XU Hong-bin, <i>et al.</i> (187)
Photocatalytic Oxidation of <i>p</i> -arsanilic Acid by TiO ₂	XU Wen-ze, YANG Chun-feng, LI Jing, <i>et al.</i> (193)
Photodegradation of Ciprofloxacin Hydrochloride in the Aqueous Solution Under UV	DUAN Lun-chao, WANG Feng-he, ZHAO Bin, <i>et al.</i> (198)
Adsorption of Phosphate by Lanthanum Hydroxide/Natural Zeolite Composites from Low Concentration Phosphate Solution	LIN Jian-wei, WANG Hong, ZHAN Yan-hui, <i>et al.</i> (208)
Experimental Research of Hg(II) Removal from Aqueous Solutions of HgCl ₂ with Nano-TiO ₂	ZHOU Xiong, ZHANG Jin-yang, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (220)
Development of Chemical Exposure Prediction Model for Aerobic Sewage Treatment Plant for Biochemical Wastewaters	ZHOU Lin-jun, LIU Ji-ning, SHI Li-li, <i>et al.</i> (228)
Degradation Characteristics of Three Aniline Compounds in Simulated Aerobic Sewage Treat System	GU Wen, ZHOU Lin-jun, LIU Ji-ning, <i>et al.</i> (240)
Advanced Treatment of Effluent from Industrial Park Wastewater Treatment Plant by Ferrous Ion Activated Sodium Persulfate	ZHU Song-mei, ZHOU Zhen, GU Ling-yun, <i>et al.</i> (247)
Recent Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Soils from Yangtze River Delta	LI Jing-ya, WU Di, XU Yun-song, <i>et al.</i> (253)
Preliminary Study on Linear Alkylbenzenes as Indicator for Process of Urbanization	XU Te, ZENG Hui, NI Hong-gang (262)
Pollution Assessment and Spatial Distribution Characteristics of Heavy Metals in Soils of Coal Mining Area in Longkou City	LIU Shuo, WU Quan-yuan, CAO Xue-jiang, <i>et al.</i> (270)
Effects of Reduced Water and Diurnal Warming on Winter-Wheat Biomass and Soil Respiration	WU Yang-zhou, CHEN Jian, HU Zheng-hua, <i>et al.</i> (280)
Effect of Recycled Water Irrigation on Heavy Metal Pollution in Irrigation Soil	ZHOU Yi-qi, LIU Yun-xia, FU Hui-min (288)
Effect of Biochar Application on Soil Aggregates Distribution and Moisture Retention in Orchard Soil	AN Yan, JI Qiang, ZHAO Shi-xiang, <i>et al.</i> (293)
Effects of Three Industrial Organic Wastes as Amendments on Plant Growth and the Biochemical Properties of a Pb/Zn Mine Tailings PENG Xi-zhu, YANG Sheng-xiang, LI Feng-mei, <i>et al.</i> (301)
Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth and Ce Uptake of Maize Grown in Ce-contaminated Soils	WANG Fang, GUO Wei, MA Peng-kun, <i>et al.</i> (309)
Distribution Characteristics and Risk Assessment of Phthalic Acid Esters in Agricultural Products Around the Pearl River Delta, South China LI Bin, WU Shan, LIANG Jin-ming, <i>et al.</i> (317)
Bioaccumulation and Biomagnification of Heavy Metals in Three Gorges Reservoir and Effect of Biological Factors	WEI Li-li, ZHOU Qiong, XIE Cong-xin, <i>et al.</i> (325)
Comparisons of Microbial Numbers, Biomasses and Soil Enzyme Activities Between Paddy Field and Dryland Origins in Karst Cave Wetland JIN Zhen-jiang, ZENG Hong-hu, LI Qiang, <i>et al.</i> (335)
Analysis on Diversity of Denitrifying Microorganisms in Sequential Batch Bioreactor Landfill	LI Wei-hua, SUN Ying-jie, LIU Zi-liang, <i>et al.</i> (342)
Synthesis of Fe/nitrogen-doped Carbon Nanotube/Nanoparticle Composite and Its Catalytic Performance in Oxygen Reduction	YANG Ting-ting, ZHU Neng-wu, LU Yu, <i>et al.</i> (350)
Application of Microbial Fuel Cells in Reducing Methane Emission from Rice Paddy	DENG Huan, CAI Li-cheng, JIANG Yun-bin, <i>et al.</i> (359)
Effect of Aeration Strategies on Emissions of Nitrogenous Gases and Methane During Sludge Bio-Drying	QI Lu, WEI Yuan-song, ZHANG Jun-ya, <i>et al.</i> (366)
Treatment of Flue Gas from Sludge Drying Process by A Thermophilic Biofilter	CHEN Wen-he, DENG Ming-jia, LUO Hui, <i>et al.</i> (377)
Application of FCM-qPCR to Quantify the Common Water Pathogens	WANG Ming-xing, BAI Yao-hui, LIANG Jin-song, <i>et al.</i> (384)
Effect of Acetonitrile and <i>n</i> -hexane on the Immunoassay of Environmental Representative Pollutants	LOU Xue-ning, ZHOU Li-ping, SONG Dan, <i>et al.</i> (391)
Compositional Variation of Spent Mushroom Substrate During Cyclic Utilization and Its Environmental Impact	LOU Zi-mo, WANG Zhuo-xing, ZHOU Xiao-xin, <i>et al.</i> (397)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 刘 毅 汤鸿霄 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2016年1月15日 第37卷 第1期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 37 No. 1 Jan. 15, 2016

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 120.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行