

上海市交通路边空气污染特征研究

段玉森

(上海市环境监测中心,上海 200233)

摘要:通过比较2015年上海市5个交通空气质量监测点与附近环境监测点的监测数据,分析该市交通路边空气污染特征。结果表明:上海市交通空气污染水平总体高于环境站点,特别是黑碳(BC)、非甲烷总烃(NMHC)和苯系物(BTX)等特征污染因子;常规污染物及BC和BTX等特征因子均表现为冬季高于夏季;交通站 NO_x 浓度明显高于环境点位,早晚高峰非常明显;交通站点的BC和BTX日变化的早晚高峰趋势比环境站点更加显著。

关键词:细颗粒物;氮氧化物;黑碳;苯系物;交通空气污染;上海

中图分类号:X51 文献标志码:B 文章编号:1006-2009(2019)01-0034-05

Characteristics of Air Pollution by the Roadside in Shanghai

DUAN Yu-sen

(Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200233, China)

Abstract: The characteristics of air pollution by the roadside in Shanghai were analyzed according to the air quality data from 5 traffic monitoring sites and nearby sites during 2015. The results showed that air pollution in the traffic sites were overall more severe than that in the environment sites. Especially, black carbon (BC), NMHC and BTX were the specific pollution factors. The concentration of normal pollutants, BC, BTX ect. were higher in winter than that in summer. The concentration of NO_x in the traffic sites were higher than that in the environment sites. Peak time appeared obviously in the morning and at evening. BC and BTX's diurnal variation and peak feature at rush time in traffic sites were more significant than that in the environment sites.

Key words: $\text{PM}_{2.5}$; NO_x ; BC; BTX; Traffic air pollution; Shanghai

近年来,机动车尾气污染日趋严重,使得我国城市大气污染呈现煤烟型和机动车尾气污染共存的特征。交通运输燃烧大量化石燃料,将含有 NO_x 、CO、碳氢化合物和微粒等的尾气排放到大气中,是造成大气环境污染的主要原因^[1-2]。国外研究表明,交通污染是黑碳(BC)、苯系物(BTX)和 $\text{PM}_{2.5}$ 细颗粒的重要来源^[3-8]。国内这方面的研究正在逐渐展开^[9],并且发现国内交通路边空气污染水平较国外大部分城市高得多,空气污染呈明显的早晚双峰特征,交通污染影响明显^[10-15]。

今基于2015年上海市交通空气质量监测数据,分析 NO_x 、CO和 $\text{PM}_{2.5}$ 等常规因子,以及BTX、非甲烷总烃(NMHC)和BC等特征因子的变化趋势与分布特征,并结合路况信息进一步分析交通污染问题,为城市交通污染治理提供科学依据。

1 研究方法

选择上海市中心城区5个交通空气质量监测站(见表1)2015年的实时监测数据。目前交通站均具备 NO_x 、CO、 $\text{PM}_{2.5}$ 等常规因子及BTX特征因子的监测能力,部分站点具备NMHC和BC监测能力。其中, NO_x 、CO、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 仪器型号分别为Thermo 42i型、Thermo 48i型、Thermo 1405F型和Thermo 1405型;BC和NMHC的仪器型号分别为Magee AE33型和Chormatotec GC866型;BTX仪器

收稿日期:2018-01-03;修订日期:2018-12-10

基金项目:国家重点研发计划基金资助项目(2016YFC0201805);国家重大仪器设备开发专项基金资助项目(2014YQ09070908);上海市社会发展领域科研基金资助项目(16DZ1204600,17DZ1203100)

作者简介:段玉森(1979—),男,山东淄博人,高级工程师,硕士,主要从事大气环境监测与分析研究工作。

型号除共和新路站为 Chormatotec GC866 型外,其余 4 站均为 AMA GC5000 型。所有仪器参照国家《环境空气质量自动监测技术规范》(HJ/T 193—

2005)等相关规范运行^[16],每周定期巡检,每月 1 次零跨校准,3 个月 1 次多点线性检查,每天专人负责数据审核,数据有效率均达到 90% 以上。

表 1 上海市交通空气质量监测站点信息

Table 1 Traffic monitoring site information in Shanghai

| 站点名称 | 所属区域 | 监测因子 | 周围情况 |
|-------|------|---|----------------|
| 漕溪路站 | 徐汇区 | NO - NO ₂ - NO _x 、CO、PM _{2.5} 、PM ₁₀ 、BC、BTX、NMHC | 高架下地面道路,以小汽车为主 |
| 中山南路站 | 黄浦区 | NO - NO ₂ - NO _x 、CO、PM _{2.5} 、BC、BTX | 地面道路,以小汽车为主 |
| 共和新路站 | 静安区 | NO - NO ₂ - NO _x 、CO、PM _{2.5} 、BC、BTX、NMHC | 高架下匝道路口边 |
| 延安西路站 | 静安区 | NO - NO ₂ - NO _x 、CO、PM _{2.5} 、PM ₁₀ 、BTX | 高架下道路一侧,以小汽车为主 |
| 东方路站 | 浦东新区 | NO - NO ₂ - NO _x 、CO、PM _{2.5} 、BTX | 地面道路,车流量相对较少 |

2 结果与讨论

2.1 交通空气质量与环境空气质量比较

2.1.1 常规因子污染水平

表 2 为交通站及其附近环境空气质量监测国控点(徐汇上师大、卢湾师专附小、静安监测站、浦东监测站)2015 年大气常规污染物监测数据,以及 5 个交通站均值与全市 9 个国控点均值的比较。由表 2 可知,上海地区交通空气污染水平总体高于环境站点,NO_x 污染问题突出。交通站 NO_x 和 NO₂ 年均值分别高于国控点 134% 和 48%,PM₁₀ 和 CO 分别高于国控点 9% 和 5%,PM_{2.5} 略高于国控点 1 μg/m³。机动车尾气和道路扬尘污染特点突出。

表 2 交通站空气质量与国控点的比较 μg/m³

Table 2 Comparison of air quality between traffic site and national site μg/m³

| 站点名称 | NO ₂ | CO | NO _x | PM _{2.5} | PM ₁₀ |
|--------|-----------------|------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| 漕溪路站 | 74 | 1.10 × 10 ³ | 184 | 54 | 80 |
| 徐汇上师大 | 50 | 930 | 65 | 53 | 68 |
| 中山南路站 | 61 | 700 | 103 | 52 | |
| 卢湾师专附小 | 49 | 1.05 × 10 ³ | 65 | 55 | 68 |
| 共和新路站 | 78 | 980 | 179 | 55 | |
| 延安西路站 | 70 | 1.01 × 10 ³ | 151 | 57 | 70 |
| 静安监测站 | 47 | 870 | 61 | 55 | 67 |
| 东方路站 | 55 | 740 | 110 | 51 | |
| 浦东监测站 | 43 | 800 | 54 | 53 | 66 |
| 交通站均值 | 68 | 900 | 145 | 54 | 75 |
| 国控点均值 | 46 | 860 | 62 | 53 | 69 |

2.1.2 特征因子污染水平

选取环境空气质量监测点(浦东超级站),对其 2015 年大气特征污染物的监测数据进行统计,

并与交通站作比较,结果见表 3。由表 3 可知,交通站 NMHC 体积分数为环境站点浦东超级站的 9.92 倍,BC 和 BTX 分别高于环境站点 64% 和 88%,BC 为柴油车排放特征因子,NMHC 和 BTX 为汽油车排放特征因子。

漕溪路交通站 BC 值明显高于中山南路站和共和新路站,这可能与漕溪路站点路段的柴油车较多有关;而共和新路站 NMHC 明显高于浦东超级站和漕溪路站,可能是由于汽油车尾气挥发性有机物(VOCs)排放较高,对 VOCs 贡献较大所致^[17-19]。

表 3 交通站大气特征污染物与环境站点的比较

Table 3 Comparison of specific air pollutants between traffic site and environmental site

| 站点名称 | ρ(BC)/ (μg · m ⁻³) | φ(NMHC)/ 10 ⁻⁶ | φ(BTX)/ 10 ⁻⁹ |
|-------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 漕溪路站 | 4.44 | 1.11 | 7.93 |
| 中山南路站 | 3.26 | | 7.13 |
| 共和新路站 | 3.13 | 4.05 | 8.12 |
| 延安西路站 | | | 6.46 |
| 东方路站 | | | 7.76 |
| 交通站均值 | 3.61 | 2.58 | 7.48 |
| 浦东超级站 | 2.20 | 0.26 | 3.98 |

2.2 交通空气污染特征

2.2.1 月变化特征

图 1(a)~(f)为 2015 年交通站与国控点大气常规污染物月变化比较。由图 1 可见,交通站 NO₂、NO_x、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 等常规污染物平均值均表现为冬季高于夏季,主要是由冬季空气污染扩散条件不利导致污染累积引起的。其中,NO、NO₂ 和 NO_x 3 项机动车尾气特征污染指标交通站与环境

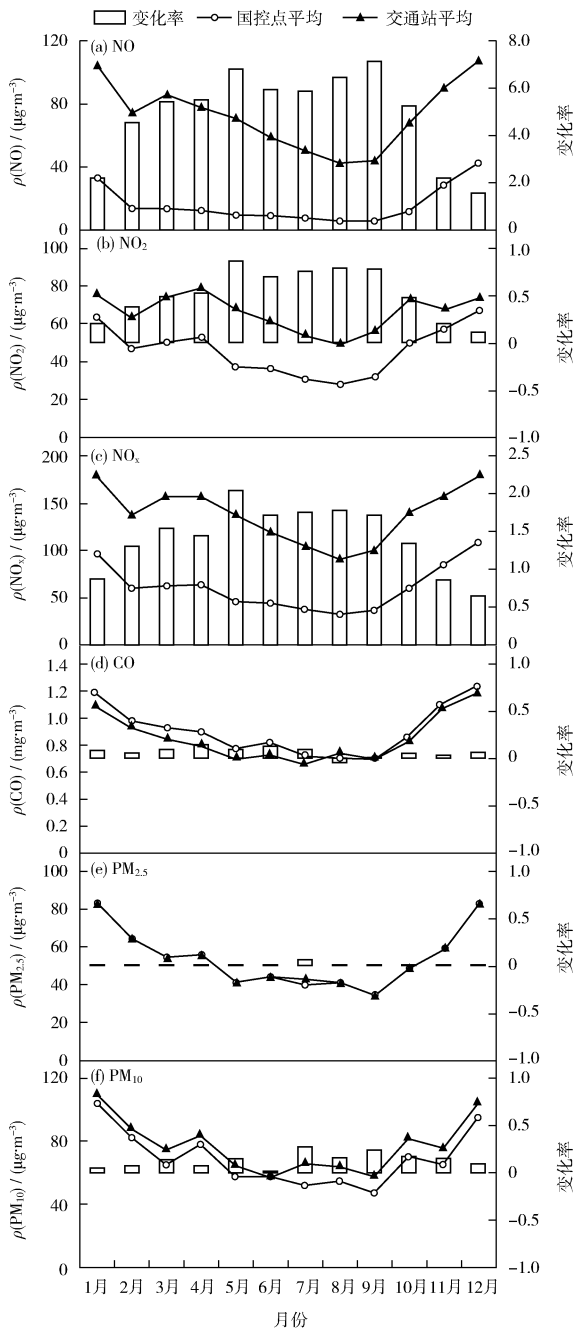


图 1 交通站与国控点大气常规污染物月变化比较
Fig.1 Comparison of monthly variation of normal air pollutants between traffic site and environment site

点位差异最大,且夏季差异较冬季显著,可能是由于冬季环境点位还受区域输送和燃煤等其他源的增加影响所致。

夏季交通站 NO 浓度明显高于环境点位,主要是由于夏季大气光化学活性强,交通尾气排放的 NO 在环境中迅速转化成 NO₂ 所致,同时也导致夏季交通站点 NO₂ 浓度高于环境点位。

图 2(a)(b) 为 2015 年交通站与浦东超级站大气特征污染物月变化比较。由图 2 可见,交通站 BC 和 BTX 明显高于环境点位浦东超级站。冬季 11—12 月环境点位 BC 和 BTX 接近甚至高于交通站,说明在冬季不利气象条件下,环境空气受到北方燃煤污染输送等其他污染源的明显影响,且由于低温下光化学反应消耗量小,导致 BTX 不断累积。2 月交通站 BC 下降明显,可能与春节期间柴油车减少有关;交通站 BTX 甚至接近或低于环境点位,这与春节期间汽油车大幅减少有关。

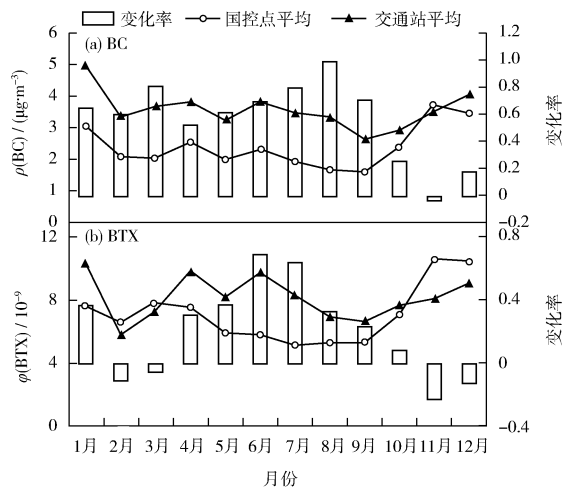


图 2 交通站与浦东超级站大气特征污染物月变化比较
Fig.2 Comparison of monthly variation of specific air pollutants between traffic site and Pudong supersite

2.2.2 日变化特征

选取漕溪路交通站与其附近的徐汇上师大环境点进行大气常规污染物全年平均日变化比较,见图 3(a) — (f)。由图 3 可见,与环境点位相比,交通站 NO_x 浓度明显高于环境点位,尤其是 NO。环境点位早高峰 NO 浓度有所上升,晚高峰没有出现,而交通站 NO 早晚高峰非常明显。颗粒物浓度白天交通站明显高于环境点位,这与白天交通流量增加导致道路扬尘增加有关,而下半夜交通站 CO 和 PM_{2.5} 浓度均低于环境点位,这主要是由于夜间交通流量减少。下半夜 PM_{2.5} 减少幅度明显小于 CO, PM₁₀ 仍高于环境点位,初步推测该点位所在路段夜间可能有较多货运或施工车辆通过。

选取漕溪路交通站与环境监测点浦东监测站进行 BTX 和 BC 全年平均日变化比较,见图 4

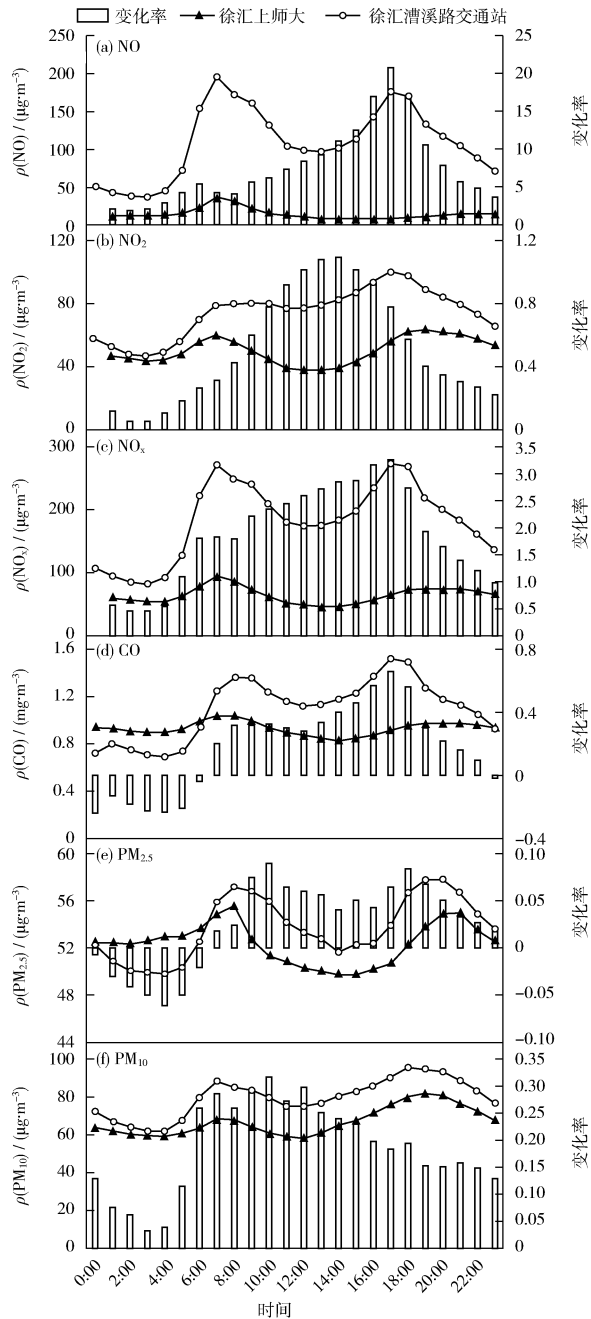


图 3 交通站与环境点位大气常规污染物日变化比较
Fig.3 Comparison of daily variation of normal air pollutants between traffic site and environment site

(a)(b)。由图 4 可见,与环境站点相比,交通站 BC 和 BTX 日变化的早晚高峰趋势更加显著;交通站 BTX 体积分数和 BC 质量浓度分别高于环境点约 1 倍和 2 倍。同时,早高峰 BC 峰值出现在 6:00 前后,初步推测受柴油货车排放影响,而 BTX 峰值出现在 9:00 前后,与上班高峰小汽车出行峰值吻合。

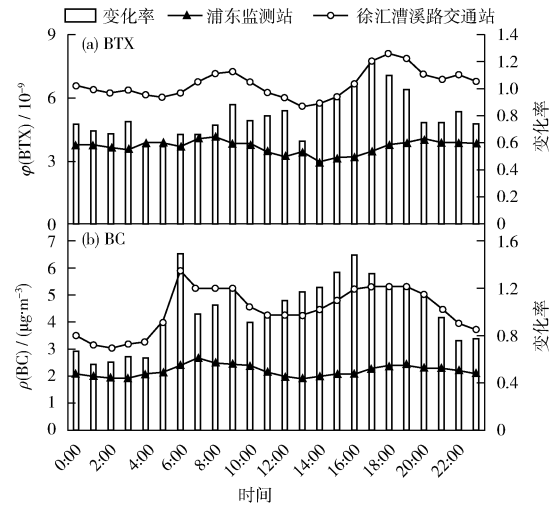


图 4 交通站与环境点位大气特征污染物日变化比较
Fig.4 Comparison of daily variation of specific air pollutants between traffic site and environment site

3 结论

(1) PM_{10} 和 NO_x 是上海市交通路边空气污染典型指标。交通站 NO_x 浓度水平明显高于环境点位。 PM_{10} 略高于环境点位, $PM_{2.5}$ 与环境点位基本持平,反映了道路粗颗粒污染问题相对较突出。 BC 、 $NMHC$ 和 BTX 等特征污染物污染水平明显高于环境站点,机动车尾气本身对 NO_x 和 $VOCs$ 的高排在合适的气象条件下即可发生快速的光化学反应导致臭氧污染加剧问题值得进一步研究。

(2) 交通站 NO_2 、 NO_x 、 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 常规污染物,以及 BC 和 BTX 特征污染物均表现为冬季高于夏季,主要是由于冬季扩散条件不利导致污染物累积。冬季交通站与环境点位差异较小,可能是由于受区域输送和燃煤等其他源的增加影响所致。

(3) 机动车尾气排放 NO_x 和 $VOCs$ 浓度高,需进一步跟踪监测研究机动车尾气排放 $VOCs$ 组分,减少机动车排放 NO_x 和 $VOCs$ 组分,降低中心城区臭氧光化学污染前体物浓度。

[参考文献]

[1] 刘登国,刘娟,黄伟民,等.基于交通信息的道路机动车排放 NO_x 模拟研究[J].环境监测管理与技术,2016,28(3):15-19.
[2] 洪盛茂,郑仙珏,沈建东,等.杭州市区霾和非霾天气下污染状况分析[J].环境监测管理与技术,2017,29(6):31-35.
[3] RATTIGAN O V, CIVEROLO K, DORAISWAMY P, et al. Long term black carbon measurements at two urban locations in New York[J]. Aerosol and Air Quality Research, 2013, 13: 1181-1196.

- [4] CARSLAW D C. Transport sources of primary nitrogen dioxide in London[J]. Kings College London, 2005, 15(1): 55-57.
- [5] SKOV H, HANSEN A B, LORENZEN G, et al. Benzene exposure and the effect of traffic pollution in Copenhagen, Denmark[J]. Atmospheric Environment, 2001, 35(14): 2463-2471.
- [6] HILDEMAN L M, MARKOWSKI G R, JONES M C, et al. Sub-micrometer aerosol mass distributions of emissions from boilers, fireplaces, automobiles, diesel trucks, and meat-cooking operations[J]. Aerosol Science and Technology, 1991, 14(1): 138-152.
- [7] PEARSON R L, WACHTEL H, EBI K L. Distance-weighted traffic density in proximity to a home is a risk factor for leukemia and other childhood cancers[J]. Journal of the Air and Waste Management Association, 2000, 50(2): 175-180.
- [8] RAMANATHAN V, CRUTZEN P J, MITRA A P, et al. The Indian Ocean experiment and the Asian brown cloud[J]. Current Science, 2002, 83(8): 947-955.
- [9] 王合生, 刘继明, 陈国支. 全面建立机动车排气污染监管体系探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(3): 52-54.
- [10] 张俊刚, 王跃思, 吴方堃, 等. 北京市大气中 BTEX 工作日与非工作日的浓度变化[J]. 环境化学, 2009, 28(1): 112-116.
- [11] 张爱东, 郭明明, 修光利. 上海市交通干道空气中苯系物冬季污染特征初探[J]. 上海环境科学, 2005, 24(3): 119-123.
- [12] 刘欢, 贺克斌, 王岐东. 天津市机动车排放清单及影响要素研究[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2008, 48(3): 370-373.
- [13] 孙思思. 南京市道路交通污染现状及特点[J]. 区域经济, 2015(12): 54-55.
- [14] 贾智海. 青岛市交通干线附近细颗粒物污染特征分析[J]. 城市环境与城市生态, 2016, 29(2): 43-46.
- [15] 叶丛雷, 谢品华, 秦敏, 等. 广州市交通主干道空气中苯系物的测量[J]. 环境科学, 2012, 33(11): 3718-3724.
- [16] 国家环境保护总局. HJ/T 193—2005 环境空气质量自动监测技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.
- [17] 叶贤满, 徐昶, 洪盛茂, 等. 杭州市大气污染物排放清单及特征[J]. 中国环境监测, 2015, 31(2): 5-11.
- [18] 伏晴艳. 上海市空气污染排放清单及大气中高浓度细颗粒物的形成机制[D]. 上海: 复旦大学, 2009.
- [19] 童延东, 白宏涛, 陈骁, 等. 基于 EMIT 模型探讨机动车污染物排放清单构建方法——以天津城区主干道为例[J]. 环境污染与防治, 2014, 36(1): 64-68, 91.

(上接第13页)

- [42] 刘翠棉. 利用 HM1000 型便携式重金属测定仪应急监测水中的重金属研究[J]. 价值工程, 2018, 49(4): 119-120.
- [43] 崔邢涛, 王学求, 栾文楼. 河北中南部平原土壤重金属元素存在形态及生物有效性分析[J]. 中国地质, 2015, 42(2): 655-663.
- [44] 高怀友, 师荣光, 赵玉杰. 不同土壤中 Zn 有效态含量与全量关系的统计研究[J]. 环境科学学报, 2006, 26(8): 1400-1403.
- [45] 赵小学, 姚东平, 成永霞, 等. 铅冶炼区土壤重金属总量和有效态含量的函数分析[J]. 中国环境监测, 2017, 33(1): 68-74.
- [46] 丁琮, 陈志良, 李核, 等. 长株潭地区农业土壤重金属全量与有效态含量的相关分析[J]. 生态环境学报, 2012, 21(12): 2002-2006.
- [47] 薛洪宝, 张晖, 梁丽丽, 等. 玉米发芽过程重金属镉中毒机理研究[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(3): 356-364.
- [48] CLEMENS S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants[J]. Biochimie, 2006, 88(11): 1707-1719.
- [49] ZHANG J R, LI H Z, ZHOU Y Z, et al. Bioavailability and soil-to-crop transfer of heavy metals in farmland soils: A case study in the Pearl River Delta, South China[J]. Environmental Pollution, 2018, 235: 710-719.
- [50] 赵健. 高速公路沿线农田土壤和水稻重金属含量的空间分布特征及其影响因素分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [51] 滕葳, 柳琪, 李倩, 等. 重金属污染对农产品的危害与风险评估[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 223.
- [52] 彭景, 李泽琴, 侯家渝. 地积累指数法及生态危害指数评价法在土壤重金属污染中的应用及探讨[J]. 广东微量元素科学, 2007, 14(8): 13-16.
- [53] 邵帅, 邵秀权, 夏锦梦, 等. 基于模糊综合模型的湿地沉积物重金属污染评价[J]. 环境监测管理与技术, 2017, 29(6): 41-45.
- [54] LEE S W, LEE B T, KIM J Y. Human risk assessment for heavy metals and as contamination in the abandoned metal mine areas, Korea[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 119(1-3): 233-244.
- [55] 周建利, 陈同斌. 我国城郊菜地土壤和蔬菜重金属污染研究现状与展望[J]. 湖北农学院学报, 2002, 22(5): 476-480.
- [56] PERIN G, CRABOLEDDA L, LUCHESE M, et al. Heavy metal speciation in the sediments of Northern Adriatic Sea. A new approach for environmental toxicity determination[M]//LAKKAS T D. Heavy metals in the environment: Vol. 2. Edinburg: CEP Consultants, 1985: 2454-2456.
- [57] 黄莹, 李永霞, 高甫威, 等. 小清河表层沉积物重污染区重金属赋存形态及风险评价[J]. 环境科学, 2015, 36(6): 2046-2053.
- [58] 柏建坤, 李潮流, 康世, 等. 雅鲁藏布江中段表层沉积物重金属形态分布及风险评价[J]. 环境科学, 2014, 35(9): 3346-3351.
- [59] 钟晓兰, 周生路, 李江涛, 等. 经济快速发展区土壤重金属累积评价[J]. 环境科学, 2010, 31(6): 1608-1616.
- [60] 钟晓兰, 周生路, 赵其国, 等. 长三角典型区土壤重金属有效态的协同区域化分析、空间相关分析与空间主成分分析[J]. 环境科学, 2007, 28(12): 2758-2765.
- [61] 王玉军, 刘存, 周东美, 等. 一种农田土壤重金属影响评价的新方法: 土壤和农产品综合质量指数法[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(7): 1225-1232.

本栏目编辑 姚朝英