

目次

气候变化对中国夏季臭氧影响	胡安琪, 谢晓栋, 龚康佳, 侯宇晖, 胡建林 (1801)
基于 EOF 分解和 KZ 滤波的 2019~2021 年中国臭氧时空变化及驱动因素分析	王浩琪, 张裕芬, 罗忠伟, 王艳阳, 戴启立, 毕晓辉, 吴建会, 冯银厂 (1811)
华北工业城市夏季大气臭氧生成机制及减排策略	郑镇森, 窦建平, 张国涛, 李丽明, 徐勃, 杨文, 白志鹏 (1821)
2015~2020 年中国城市 PM _{2.5} -O ₃ 复合污染时空演变特征	牛笑笑, 钟艳梅, 杨璐, 易嘉慧, 慕航, 吴倩, 洪松, 何超 (1830)
2015~2021 年京津冀及周边地区 PM _{2.5} 和臭氧复合污染时空特征分析	宋小涵, 燕丽, 刘伟, 贺晋瑜, 王亚晨, 黄同林, 李园园, 陈敏, 孟静静, 侯战方 (1841)
2000~2020 年中国典型经济区 PM _{2.5} 时空变化及其与植被景观格局的关系	徐勇, 李欣怡, 黄雯婷, 郭振东, 盘钰春, 郑志威, 戴强玉 (1852)
北京市核心区冬春季大气离子沉降量特征及来源解析	赵宇, 李贝贝, 黄玉虎, 梁静, 杨洪玲, 秦建平, 朱玲 (1865)
南京近郊农田大气颗粒物及金属干沉降输入特征	刘翠英, 靳浩, 樊建凌 (1873)
西安冬季 PM _{2.5} 中不同极性水溶性有机物的污染特征及氧化潜势	罗玉, 黄沙沙, 张甜, 孙健, 沈振兴 (1882)
机动车源和民用燃料源颗粒物中有机碳和元素碳的排放特征	王红磊, 刘思略, 孙杰娟, 刘煥武, 赵天良, 裴宇僊, 可玥, 武自豪, 刘诗云 (1890)
伊犁河谷核心区春季 PM _{2.5} 组分特征及来源解析	谷超, 徐涛, 马超, 伊布提哈尔·加帕尔, 郭丽瑶, 李新琪, 杨文 (1899)
基于高分辨率网格的郑州市城镇居民 PM _{2.5} 暴露浓度与健康风险变化评估	李媛, 徐艺斐, 袁明浩, 苏方成, 王申博, 王克, 张瑞芹 (1911)
基于多源数据融合的河南省建材行业排放清单	刘晓, 胡京南, 王红梅, 杨丽, 张皓 (1924)
开封市城区冬季大气挥发性有机物污染特征及来源解析	施雨其, 郑凯允, 丁玮婷, 刘金平, 陈洪光, 高光, 王玲玲, 王楠, 马双良, 郑瑶, 谢绍东 (1933)
2020 年和 2021 年南京城区臭氧生成敏感性和 VOCs 来源变化分析	陆晓波, 王鸣, 丁峰, 喻义勇, 张哲海, 胡崑 (1943)
北京市城区夏季大气 VOCs 变化特征及臭氧生成潜势	张蕊, 孙雪松, 王裕, 王飞, 罗志云 (1954)
青岛市臭氧污染与非污染期间 VOCs 化学特征及来源解析	贾智海, 顾瑶, 孔翠丽, 宋江邦, 孟赫, 石来元, 吴建会, 刘保双 (1962)
基于总过氧自由基观测研究合肥市西郊夏季 O ₃ 生成特征	俞辉, 韦娜娜, 徐学哲, 刘芊芊, 姚易辰, 赵卫雄, 张为俊 (1974)
“大气十条”政策的节能降碳效果评估与创新中介效应	李少林, 王齐齐 (1985)
北京市减污降碳协同控制情景模拟和效应评估	俞珊, 张双, 张增杰, 翟艳芝, 刘桐坤 (1998)
基于不同排放清单的长三角人为 CO ₂ 排放模拟	马心怡, 黄文晶, 胡凝, 肖薇, 胡诚, 张弥, 曹畅, 赵佳玉 (2009)
武汉汉江水源水质变化趋势及风险分析	卓海华, 姜保峰, 徐杰, 陈洁, 陈杰, 兰秀薇, 范文重, 欧阳雪姣, 兰静 (2022)
长江武汉段水源地典型抗生素及抗性基因污染特征与生态风险评价	李柏林, 张贺, 王俊, 沙雪妮, 陈晓飞, 卓海华 (2032)
陕北矿区典型河流多环芳烃的赋存特征、来源及毒性风险分析	吴喜军, 董颖, 赵健, 刘静, 张亚宁 (2040)
典型湖泊有机聚集体时空特征及驱动因子	谢贵娟, 龚伊, 朱富成, 刘昌利, 卢宝伟, 邓辉, 汤祥明 (2052)
桂林市不同功能型公园水体微塑料的分布特征及风险评估	李沛钊, 吴莉, 黄菲菲, 林才霞, 舒小华, 张倩 (2062)
长江流域浮游植物群落的环境驱动及生态评价	张静, 胡愈圻, 胡圣, 黄杰 (2072)
环境异质性对三峡库区支流香溪河附石硅藻群落的影响及驱动作用	纪璐璐, 赵璐, 欧阳添, 杨宋琪, 郑保海, 杜雨欣, 李玉鑫, 李佳欣, 施军琼, 吴忠兴 (2083)
武汉市 3 种类型湖泊浮游植物群落特点及关键影响因素	张浩坤, 闵奋力, 崔慧荣, 彭雪, 张心怡, 张淑烟, 李竹栖, 葛芳杰, 张璐, 吴振斌, 刘碧云 (2093)
重金属污染对不同生境中微生物群落结构的影响	何一凡, 肖新宗, 王佳文 (2103)
亳清河水体细菌群落的结构和分布特征	王森, 陈建文, 张红, 李君剑 (2113)
微塑料暴露对小棒指软珊瑚 (<i>Sinularia microclavata</i>) 共生细菌群落结构和功能的影响	刘敏, 车文学, 曾映旭, 边伟杰, 吕淑果, 穆军 (2122)
上海市从源头到龙头的饮用水新型污染物分布特征及健康风险评价	严棋 (2136)
铝改性生物炭对水体低浓度氟的吸附特性	刘艳芳, 高玮, 刘蕊, 尹思婕, 张妙雨, 刘晓帅, 李再兴 (2147)
典型雌激素在微塑料上的吸附特征及位点能量分布	刘姜艳, 郑密密, 胡嘉梧, 柳玉荣, 贺德春, 潘杰 (2158)
面向工业园区废水臭氧氧化深度处理性能评价的模型污染物选择与评估	辛勃, 单超, 吕路 (2168)
基于地理探测器和多源数据的耕地土壤重金属来源驱动因子及其交互作用识别	张宏泽, 崔文刚, 刘绥华, 崔瀚文, 黄月美 (2177)
基于 APCS-MLR 和 PMF 模型的煤矸山周边耕地土壤重金属污染特征及源解析	马杰, 沈智杰, 张萍萍, 刘萍, 刘今朝, 孙静, 王玲灵 (2192)
基于蒙特卡罗模拟的铅锌冶炼厂周边农田土壤重金属健康风险评估	黄剑波, 姜登登, 温冰, 王磊, 石佳奇, 周艳 (2204)
基于 BP 神经网络预测北京市加油站周边土壤多环芳烃含量	马赛炎, 魏海英, 马瑾, 刘奇缘, 吴颐杭, 屈雅静, 田雨欣, 赵文浩 (2215)
石家庄市土壤中喹诺酮类抗生素时空分布及其风险评估	赵鑫宇, 陈慧, 赵波, 宋圆梦, 卢梦淇, 崔建升, 张璐璐, 李双江 (2223)
典型黑色岩系地质高背景区土壤和农产品重金属富集特征与污染风险	邓帅, 段佳辉, 宁墨兔, 谭林, 蒲刚, 陈际行, 齐小兵, 蒋尚智, 谢桃园, 刘意章 (2234)
岩溶区不同母质土壤 Cd 地球化学特征及玉米籽实 Cd 含量预测	戴亮亮, 徐宏根, 巩浩, 彭志刚, 肖凯琦, 吴欢欢, 许青阳, 郭军, 汤媛媛, 张俊 (2243)
龙岩市不同利用类型土壤及农作物 Pb、Cd 和 As 污染风险与贡献分析	王蕊, 陈楠, 张二喜 (2252)
小麦籽粒镉含量影响因素 Meta 分析和决策树分析	刘娜, 张少斌, 郭欣宇, 宁瑞艳 (2265)
黄土高原次生林演替过程土壤有机碳库及其化学组成响应特征	刘涵宇, 刘颖异, 张琦, 封伦, 高起乾, 任成杰, 韩新辉 (2275)
短期氮磷添加对祁连山亚高山草地土壤呼吸组分的影响	江原, 甘小玲, 曹丰丰, 赵传燕, 李伟斌 (2283)
黄河源区斑块退化高寒草甸土壤微生物多样性对长期封育的响应	杨鹏年, 李希来, 李成一, 段成伟 (2293)
不同海拔箭筈锦鸡儿根际和非根际土壤细菌群落多样性及 PICRUSt 功能预测	李媛媛, 徐婷婷, 艾喆, 魏庐璐, 马飞 (2304)
模拟酸雨及氮沉降对马尾松林土壤细菌群落结构及其多样性的影响	王楠, 钱少郁, 潘小承, 陈一磊, 白尚斌, 徐飞 (2315)
磷石膏和碱蓬对盐渍化土壤水盐及细菌群落结构的影响	刘月, 杨树青, 张万峰, 姜帅 (2325)
菌渣与化肥肥施对稻田土壤微生物群落组成及多样性的影响	耿和田, 王旭东, 石思博, 叶正钱, 周文晶 (2338)
增氧对不同秸秆还田稻田田面水养分动态及温室气体排放的影响	胡锦涛, 薛利红, 钱聪, 魏利祥, 曹帅 (2348)
外源褪黑素对胁迫下水稻幼苗生长和抗氧化系统的影响	储玉檀, 李颜, 黄益宗, 保琼莉, 孙红羽, 黄永春 (2356)
面向 2035 的节能与新能源汽车全生命周期碳排放预测评价	付佩, 兰利波, 陈颖, 郝卓, 邢云翔, 蔡旭, 张春梅, 陈轶嵩 (2365)
农田土壤微塑料分布、来源和行为特征	薄录吉, 李冰, 张凯, 马荣辉, 李彦, 王艳芹, 孙斌, 刘月岩 (2375)
农田土壤除草剂污染的修复技术研究进展	胡芳雨, 安婧, 王宝玉, 徐明恺, 张惠文, 魏树和 (2384)
我国黑土地农田土壤除草剂残留特征研究及展望	李睿, 吴秋梅, 赵归梅, 胡文友, 田康, 黄标, 吴祥为, 刘峰, 赵玉国, 赵永存 (2395)
《环境科学》征订启事(1910)	《环境科学》征稿简则(1984)
信息	(2167, 2191, 2324)

基于多源数据融合的河南省建材行业排放清单

刘晓, 胡京南*, 王红梅, 杨丽, 张皓

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 建材行业是典型的资源和能源消耗型产业,也是大气污染的主要排放源之一. 中国作为全球最大的建材产品生产国和消费国,目前针对建材行业排放特征的研究总体较少,数据来源较为单一. 以河南省建材行业为研究对象,首次将应急减排清单应用到排放清单构建中,通过对应急减排清单、排污许可和环境统计等多源数据的融合研究,完善和细化了建材行业活动水平数据,建立了更为精准的河南省建材行业排放清单. 结果表明,2020年河南省建材行业的 SO_2 、 NO_x 、一次 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 的排放量分别为21 788、51 427、10 107和14 471 t. 其中,水泥和砖瓦是河南省建材行业大气污染物排放占比最高的2个行业,合计超过50%,水泥行业 NO_x 排放问题较为突出,砖瓦行业整体治理水平比较落后. 豫中和豫北是河南省建材行业排放贡献最高的地区,合计超过全省的60%. 建议加快推进水泥行业超低排放改造,针对砖瓦等行业完善地方排放标准,持续提升建材行业大气污染治理水平.

关键词: 建材行业; 大气污染; 排放清单; 污染应急; 绩效分级

中图分类号: X51 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2023)04-1924-09 DOI: 10.13227/j.hjks.202204092

Emission Inventory of Building Material Industry in Henan Province Based on Multi-source Data Integration

LIU Xiao, HU Jing-nan*, WANG Hong-mei, YANG Li, ZHANG Hao

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The building materials industry is a typical resource and energy-consuming industry, as well as one of the major sources of air pollution. As the world's largest producer and consumer of building material products, China thus far has insufficient research on the emissions of the building materials industry, and the data sources are short of multiplicity. In this study, the building materials industry in Henan Province was chosen, and the control measures inventory for pollution emergency response (CMIPER) was applied to the development of the emission inventory for the first time. Through the integration of multi-source data such as CMIPER, a pollution discharge permit, and environmental statistics, the activity data of the building materials industry was refined, and a more accurate emission inventory of the building materials industry in Henan Province was established. The results showed that the SO_2 , NO_x , primary $\text{PM}_{2.5}$, and PM_{10} emissions of the building materials industry in Henan Province in 2020 were 21 788, 51 427, 10 107, and 14 471 t, respectively. Cement and bricks and tiles were the two categories with the highest contribution of emissions from the building materials industry in Henan Province, accounting for more than 50% in total. The NO_x emission of the cement industry was a key issue, and the overall emission control level of the brick and tile industry was relatively unadvanced. The central and northern parts of Henan Province contributed the most emissions in the building materials industry, accounting for more than 60%. It is recommended to further implement ultra-low emission retrofit in the cement industry, and for other industries such as the bricks and tiles, the improvement of local emission standards is encouraged to persistently promote the emission control of the building materials industry.

Key words: building materials industry; air pollution; emission inventory; pollution emergency response; performance rating

我国建材行业企业数量多,能耗占全国能耗总量的7%~8%,占工业部门总量的12.8%,废气排放量约占工业废气排放量的18%^[1]. 2013年,中国成为全球最大的建筑材料生产国和消费国,主要建材产品产量持续增长,2020年水泥产量达23.8亿t,平板玻璃产量达9.5亿重量箱^[2]. 河南省是我国建材行业分布的典型地区,2020年全省砖瓦、耐火材料和卫生陶瓷产量均为全国第一^[3~5],建材行业已成为当地重要的工业污染源之一. 近年来,为了控制建材行业大气污染物排放,河南省针对水泥和平板玻璃行业开展了超低排放改造,对水泥、砖瓦窑、陶瓷和耐火材料等行业实施重点时段错峰生产^[6],陆续制定和颁布了一系列地方标准^[4,7~9],建材行业污染控制水平显著提升,因此需要对河南省建材行业的排放特征开展更深入的研究分析.

目前我国建材行业排放研究主要针对水泥和

板玻璃行业,建立了1990~2018年全国尺度的水泥行业排放清单^[10~15],重点区域和城市如京津冀、陕西省、四川省和重庆市等地的水泥行业排放清单^[16~22],以及2013~2015年全国平板玻璃行业大气污染物排放清单^[23]. 对于砖瓦窑、陶瓷和耐火材料等其他建材行业,大气污染物排放清单研究相对较少. 现有清单研究的数据主要通过环境统计、排污许可、污染源普查或者企业填报等方式获取,由于不同数据来源的统计方法和口径不同,存在企业缺失、信息不准确、漏报和错报等问题,有可能导致计算得到的排放结果偏离实际情况,进一步影响

收稿日期: 2022-04-08; 修订日期: 2022-07-04

基金项目: 大气重污染成因与治理攻关项目(DQGC2021301); 河南省大气污染成因分析和污染防治科技支撑项目

作者简介: 刘晓(1998~),男,硕士研究生,主要研究方向为大气污染源排放清单, E-mail: liuxiao613613@163.com

* 通信作者, E-mail: hujn@craes.org.cn

精准化的空气质量管理. 以往研究采用的建材行业排放因子主要来自文献[24,25], 虽然在不断完善, 但大多仍为全国统一的系数, 只有水泥和平板玻璃行业的排放因子包含了工艺技术特点, 其他行业的排放因子不能反映产品类型、燃料类型和工艺技术等特征的差异性.

本文以河南省主要建材行业(水泥、砖瓦、陶瓷、耐火材料、石灰和平板玻璃)为研究对象, 首次将应急减排清单应用到区域排放清单构建中. 应急减排清单相较以往的清单基础数据具有覆盖企业广、生产工序详细和产品信息准确等优点, 通过对统计数据、排污许可和应急减排清单等多源数据的融合分析, 减小了单一来源数据的局限性, 提高了基础数据质量, 获得了更为完善的河南省建材行业活动水平信息. 同时, 根据文献[26], 结合应急减排清单中的绩效分级企业信息选取了建材

行业分类分级的排放因子, 进一步建立了 2020 年河南省建材行业大气污染物精细化排放清单. 本研究有助于深化对我国建材行业排放现状和污染特征的认识, 以期为进一步建材行业的污染深度治理提供技术支撑.

1 材料与方法

1.1 活动水平

本研究对河南省应急减排清单、排污许可和环境统计等多源数据进行融合分析, 统计上述数据源中的企业基本信息、生产线/工序、产品类型和产量等并进行比对, 在融合多类数据时, 结合河南省统计年鉴^[28]和相关行业标准^[4,9]等信息, 针对不一致的数据进行了修正和完善, 获得了更加精准的河南省建材企业活动水平数据. 2020 年河南省建材行业基本信息统计见表 1.

表 1 2020 年河南省建材行业基本信息统计

Table 1 Basic information statistics of building materials industry in Henan Province in 2020

行业	规模等级	企业数量	产品产量 ¹⁾ /万 t
水泥(熟料)	新型干法(以熟料计) $\geq 4\,000\text{ t}\cdot\text{d}^{-1}$	46	5 321
	新型干法(以熟料计) $< 4\,000\text{ t}\cdot\text{d}^{-1}$	26	646
水泥(粉磨)	粉磨站(以水泥计) $\geq 60\text{ 万 t}\cdot\text{a}^{-1}$	189	11 112
	粉磨站(以水泥计) $< 60\text{ 万 t}\cdot\text{a}^{-1}$	35	609
砖瓦	砖瓦窑(以标砖计) $\geq 5\,000\text{ 万块}\cdot\text{a}^{-1}$	332	10 727
	砖瓦窑(以标砖计) $< 5\,000\text{ 万块}\cdot\text{a}^{-1}$	744	2 188
陶瓷		501	5 049
耐火材料		1 341	1 071
石灰		113	567
平板玻璃		5	95

1) 砖瓦、陶瓷、耐火材料、石灰和平板玻璃行业产品产量为折算后数据

1.2 排放因子数据来源

以往建材行业排放清单采用的排放因子主要来自文献[25], 该手册针对我国大气污染源进行了四级分类, 提供了覆盖行业较全的排放因子. 其中, 建材行业只有熟料和平板玻璃行业的排放因子包含了工艺技术信息, 其他行业则不区分工艺技术, 只提供一套排放因子, 因此在建材行业排放清单的测算过程中存在较大的不确定性.

本研究中, 建材行业 SO_2 和 NO_x 排放因子来自文献[26], 其他污染物排放因子来自文献[27]. 建材行业排放因子根据建材企业的产品类型、燃料类型、工艺技术和规模等级等信息进行选择, 相较以往的排放因子更加精准. 建材行业主要排放系数见图 1, 平板玻璃和耐火材料行业的 SO_2 排放因子较高, 均大于 $2.50\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, 水泥行业的 SO_2 排放因子较低; 平板玻璃行业 NO_x 排放因子较高, 平均值为 $8.18\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, 砖瓦和石灰行业 NO_x 排放因子较小; PM 排放因子最高的行业为陶瓷, 由于其生产工艺

特殊, 生产陶瓷的喷雾干燥塔工艺 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 排放因子分别大于 $500\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$ 和 $1\,600\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$ (图 1 未给出), 除陶瓷行业外, 水泥熟料生产过程的 PM_{10} 排放因子最高, 平均值为 $48.51\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$.

本研究中建材行业 SO_2 、 NO_x 和 PM 的污染物控制措施的去除效率主要来自文献[26], 该手册的污染物控制措施的去除效率为建材行业下细分子行业的平均去除效率, 相较以往仅根据技术提供的单一去除效率, 更加接近建材行业的真实治理水平, 其他未涉及的污染物控制措施的去除效率依据文献[25,27]进行补充.

水泥熟料、粉磨和平板玻璃企业治理水平信息来自排污许可数据, 该数据包含上述行业每家企业的污染治理设施信息. 对于其他建材行业, 由于排污许可数据缺失部分企业信息, 因此本研究以文献[29]中建材企业绩效分级指标为基础, 将部分排污许可企业的治理信息和应急减排清单中企业的绩效等级信息相结合, 依据上述信息对应应急减排清单中

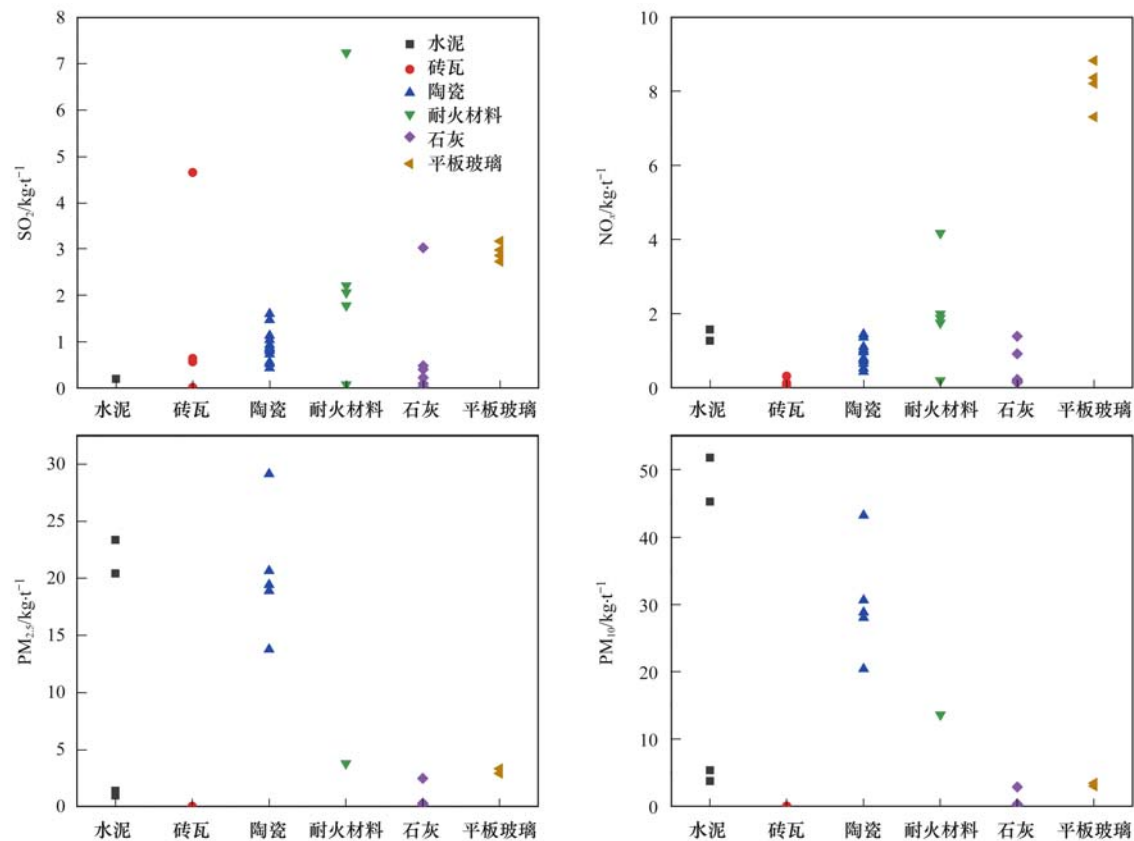


图1 河南省建材行业排放因子
Fig. 1 Emission factors of building materials industry in Henan province

的部分企业进行污染去除效率的分配。

河南省水泥熟料和粉磨企业配备了以袋式除尘器为主的除尘设施；由于新型干法生产熟料过程中SO₂排放量较低,NO_x排放量较高,因此熟料企业大多不配备脱硫设施,但配备了多种脱硝设施,约39%的熟料企业配备了以SNCR技术和低氮燃烧技术为主的脱硝设施组合。砖瓦行业除尘和脱硫主要采用袋式除尘和湿法脱硫的技术组合；由于砖瓦企业窑炉温度在850~1100℃之间,NO_x产生浓度相对较低,约60%的企业未安装脱硝设施。陶瓷、耐火材料和石灰企业大多配备了脱硫和除尘设施,但行业脱硝治理水平整体较差。平板玻璃企业配备了较好的除尘、脱硫和脱硝设施。

1.3 排放量计算

本研究中建材行业大气污染物排放量计算方法参考文献[25]中的推荐公式(1)：

$$E = A \times EF \times (1 - \eta) \quad (1)$$

式中, E 为排放量, $\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$, A 为建材行业活动水平, $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$; EF 为排放因子, $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$, η 为污染物控制措施的去效率,%。

本研究中所有建材行业均未计算无组织排放,其中熟料生产过程只涉及窑尾,未考虑窑头颗粒物排放,因此会导致水泥行业颗粒物排放量计算结果

偏低^[11]。

2 结果与讨论

2.1 河南省建材行业产品产量与燃料类型

2020年河南省建材行业产品总产量为31610万t,其中水泥和砖瓦是产量最大的2个子行业,合计占全省建材行业产品产量的78.5%。2020年河南省地级市建材行业产品产量见图2,许昌市和平

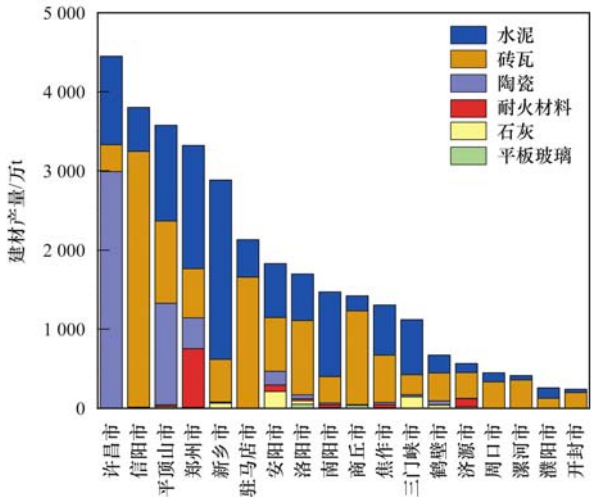


图2 2020年河南省地级市建材行业产品产量
Fig. 2 Production of building materials industry in prefecture-level cities in Henan Province in 2020

顶山市建材产品主要为陶瓷,产量分别占全市的 67.2% 和 35.9%; 郑州市建材产品主要为水泥和耐火材料,产量占比分别为 46.9% 和 22.4%; 河南省其他各地市建材产品主要由水泥和砖瓦构成,其中豫中和豫北建材产品主要为水泥,豫东和豫南地区建材产品主要为砖瓦。

2020 年河南省建材企业分布见图 3,水泥行业的熟料和粉磨企业主要集中在豫中和豫北地区,其

中新乡市是河南省水泥产量最大的城市,占全省的 19.4%; 砖瓦企业数量众多,各个地级市均有分布,信阳市砖瓦产量为全省第一,占比约 25.0%; 陶瓷企业主要分布在许昌市,该市陶瓷产量占全省的 59.3%; 郑州市是河南省耐火材料企业数量最多的城市,耐火材料产量占全省的 69.4%; 安阳市是河南省石灰企业数量最多的城市,石灰产量占全省的 37.2%; 平板玻璃企业位于洛阳市、商丘市和焦作

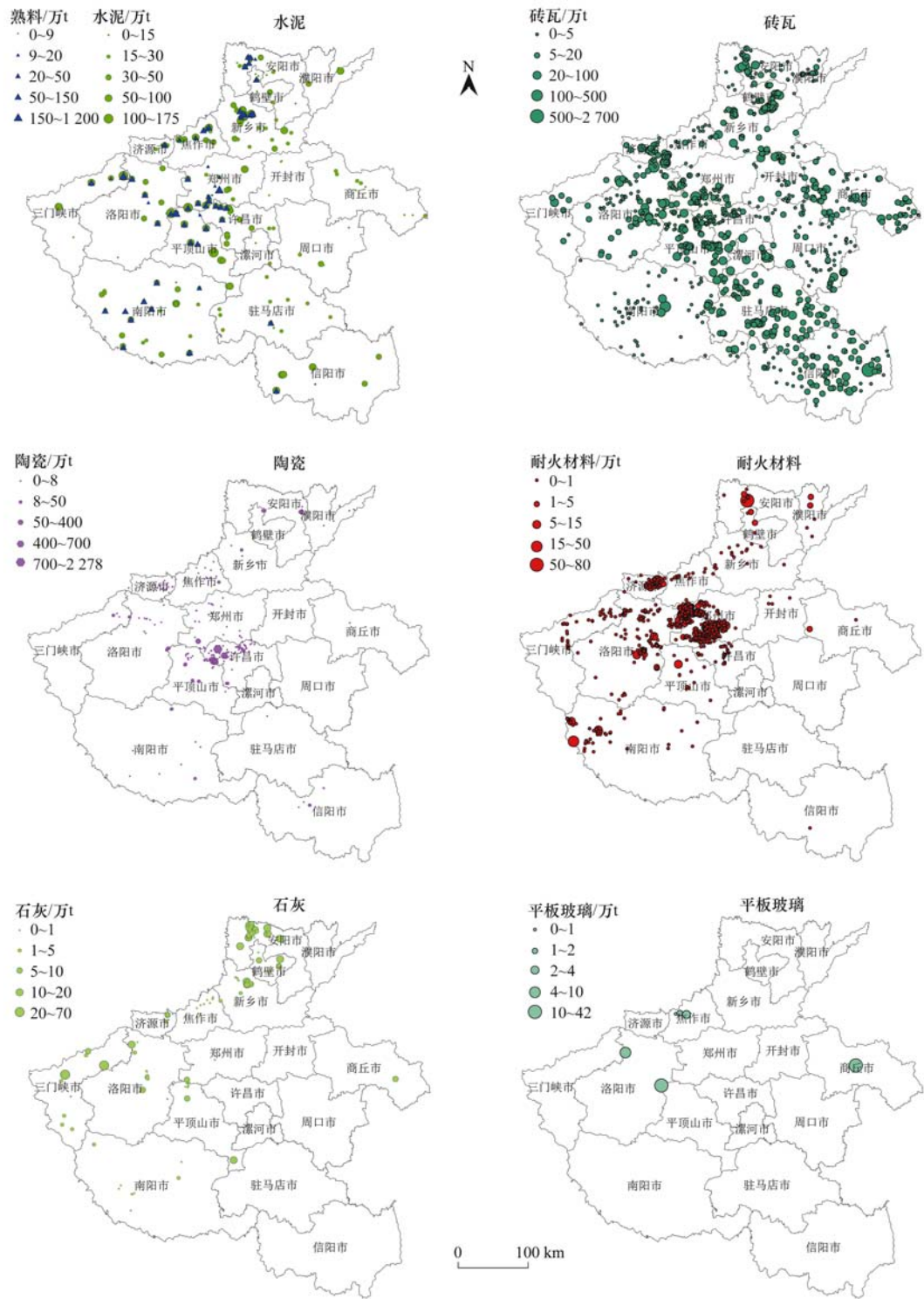


图3 2020 年河南省建材企业分布

Fig. 3 Distribution of building materials enterprises in Henan Province in 2020

表 2 2020 年河南省建材行业使用不同燃料类型的企业占比/%

行业	燃煤	燃油	焦炭	生物质	石油焦	天然气
熟料	88.24	32.25				2.94
粉磨 ¹⁾	2.86	8.57				1.14
砖瓦 ¹⁾	39.68	13.94	0.56	0.37	0.19	9.39
建筑陶瓷 ¹⁾	57.63					23.73
耐火材料 ¹⁾	1.61	3.52	2.93	0.73		65.25
石灰 ¹⁾	58.41	18.58	0.88	0.88	0.88	3.54
平板玻璃	20.00	20.00				80.00

1) 各种燃料类型的企业占比合计不足 100% 的,其余企业均使用电力

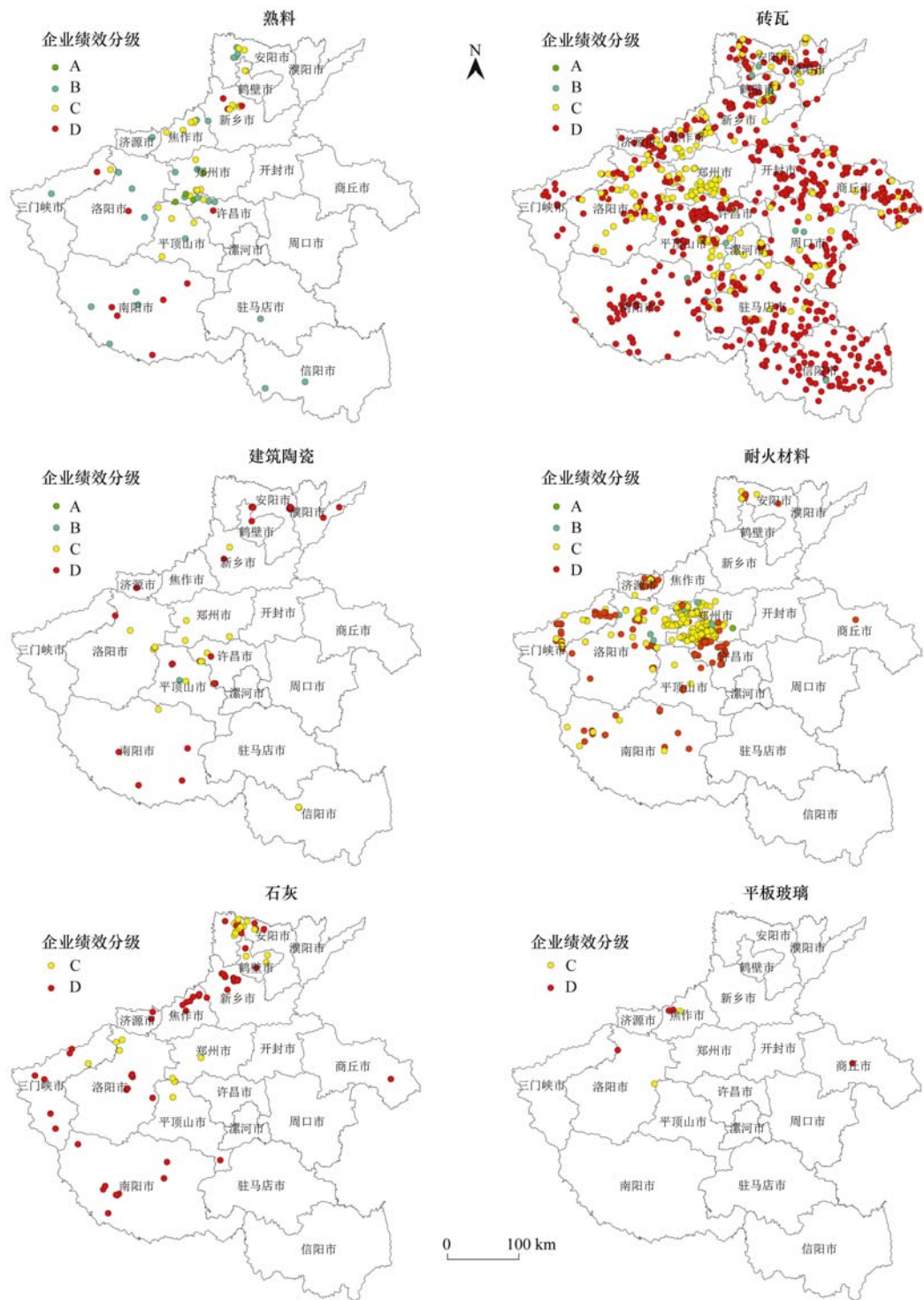


图 4 2020 年河南省建材企业绩效分级

Fig. 4 Performance classification of building materials enterprises in Henan Province in 2020

市,其中洛阳市和商丘市的平板玻璃产量最多,合计占比 93.9%。

2020 年河南省建材行业使用不同燃料类型的企业占比见表 2。2020 年河南省熟料、砖瓦、建筑陶瓷和石灰企业主要使用燃煤作为燃料,使用燃煤的熟料企业占全省熟料企业的 88.24%,相较其他建材行业,熟料行业是使用燃煤企业占比最高的建材行业;耐火材料和平板玻璃行业主要使用天然气作为企业燃料,使用天然气的耐火材料企业和平板玻璃企业占比分别为 65.25% 和 80.00%,相较其他建材行业燃料更加清洁。

2.2 建材行业绩效分级特征

河南省的水泥熟料、烧结砖瓦、建筑陶瓷、耐火原料与制品、石灰和平板玻璃行业开展了绩效分级,A、B、C 和 D 级分别表示企业污染治理水平从高到低。2020 年河南省建材企业绩效分级情况见图 4 和图 5,从行业分析来看,水泥熟料企业环保绩效水平优于其他行业,B 级及以上企业占比达 39%;耐火原料与制品企业绩效水平和水泥熟料行业相比略差,主要为 C 级企业,占比为 72%;烧结砖瓦、建筑陶瓷、石灰和平板玻璃企业绩效水平比较落后,主要为治理水平较差的 C 级和 D 级企业。从空间分布上来看,水泥熟料企业中 A 级都位于郑州市,其他城市主要为 B 级和 C 级企业,新乡市无 C 级以上企业;郑州市和漯河市的烧结砖瓦企业主要为 C 级,其他城市烧结砖瓦企业主要为 D 级;建筑陶瓷行业中,郑州市、洛阳市和信阳市的企业均为 C 级,其他城市主要为 D 级企业;安阳市和郑州市的石灰企业以 C 级为主,其他城市主要为 D 级企业。

2.3 2020 年河南省建材行业排放量

河南省建材行业污染物排放情况见表 3,水泥

和砖瓦是河南省 SO₂ 排放量最大的两个行业,占比分别为 47.6% 和 34.6%;水泥、砖瓦和耐火材料是 NO_x 排放量最大的 3 个行业,占比分别为 45.0%、20.9% 和 16.2%;PM₁₀排放量最多的 2 个行业是水泥和陶瓷,占比分别为 63.0% 和 22.9%,PM_{2.5}排放情况类似。河南省建材行业各地区污染物排放量见图 6,其中,豫中和豫北地区的建材行业排放量占全省的 37.4% 和 26.4%,豫南、豫西和豫东地区的排放量占比均低于 20%。

表 3 河南省各建材行业污染物排放量/t

Table 3 Pollutant emissions from various building materials

industries in Henan Province/t				
行业	SO ₂	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀
水泥	10 381.6	23 147.0	5 872.2	9 129.5
砖瓦	7 554.1	10 780.7	679.9	786.2
陶瓷	1 287.4	7 406.0	3 096.3	3 325.0
耐火材料	1 762.9	8 374.1	387.5	1 159.2
石灰	161.8	810.4	11.0	11.6
平板玻璃	640.1	908.5	59.9	60.1

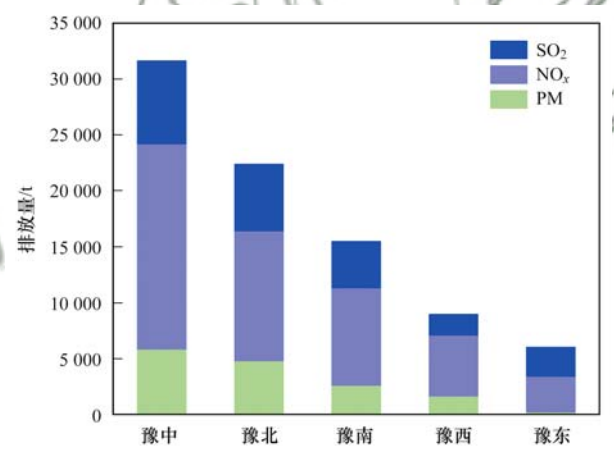


图 6 2020 年河南省建材行业各地区污染物排放量

Fig. 6 Pollutant emissions in various regions of the building materials industry in Henan Province in 2020

2020 年河南省建材行业排放空间分布见图 7,新乡市、南阳市和郑州市是河南省水泥行业 NO_x 排放量最大的 3 个城市,合计占比为 55.7%。商丘市、信阳市和平顶山市是砖瓦行业 NO_x 排放量最大的城市,合计占比为 46.2%。许昌市、安阳市和平顶山市是陶瓷行业 NO_x 排放量最大的城市,占比为 80.2%。郑州市是耐火材料行业 NO_x 排放量最大的城市,占比为 86.6%。安阳市、三门峡市和新乡市是石灰行业 NO_x 排放量最大的城市,合计占比为 76.4%。洛阳市是平板玻璃行业 NO_x 排放量最大的城市,占比为 45.1%。

2020 年河南省各城市建材行业污染物排放量合计见图 8。其中 SO₂ 排放量最大的 3 个城市是郑州市、新乡市和平顶山市,占比分别为 17.5%、

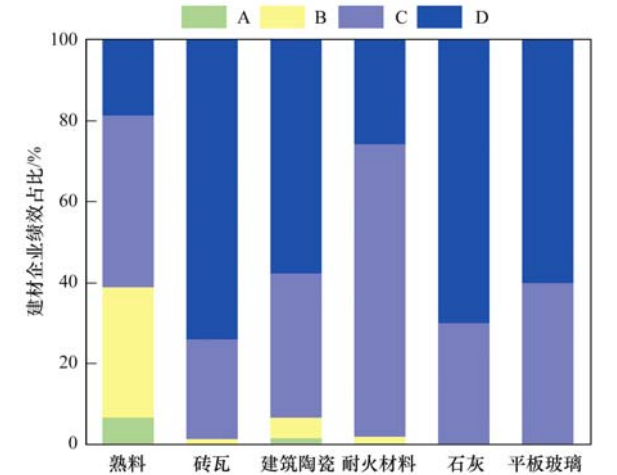


图 5 2020 年河南省建材企业绩效分级情况

Fig. 5 Proportion of building materials enterprises in performance classification of Henan Province in 2020

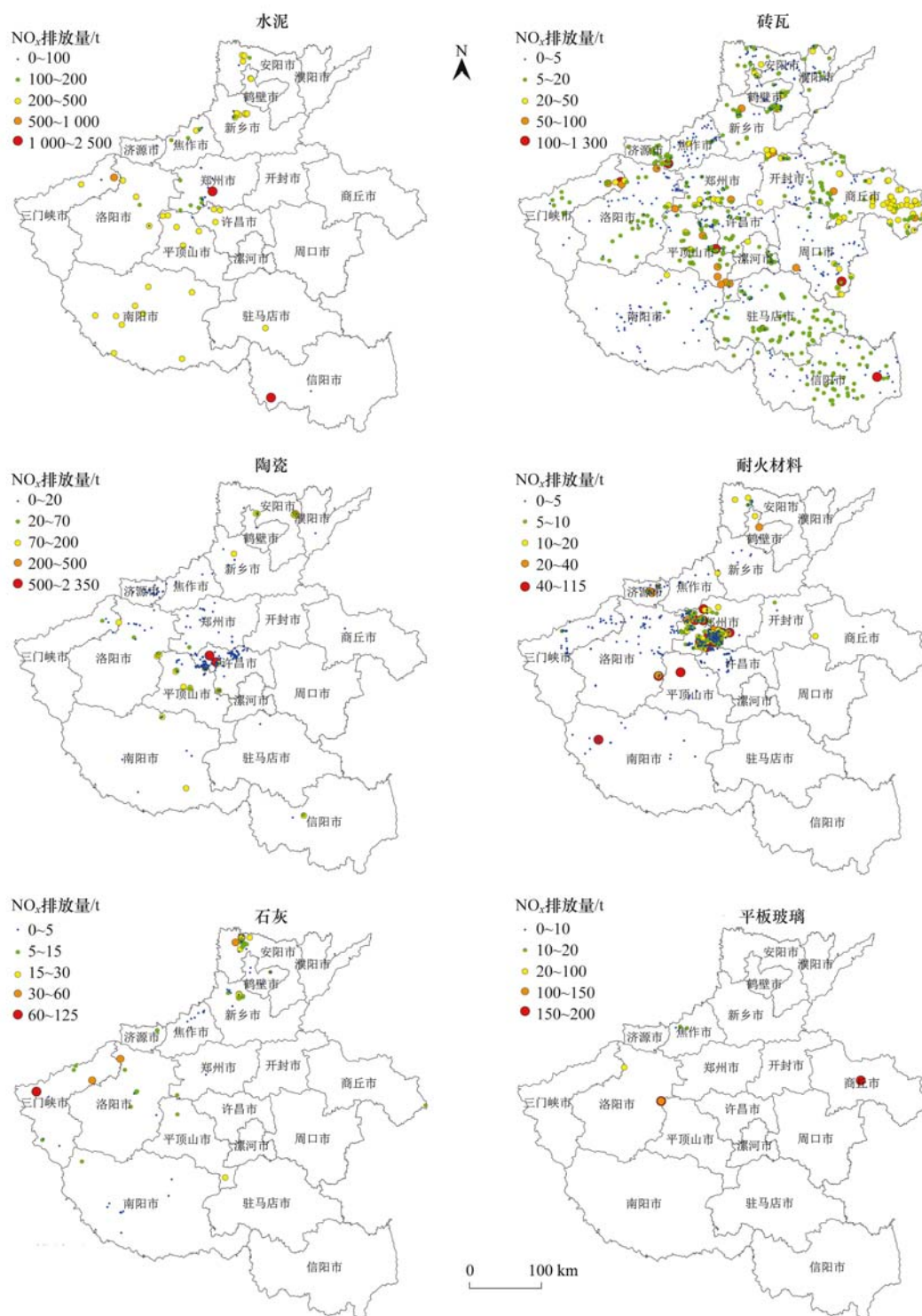


图7 2020年河南省建材行业排放空间分布

Fig. 7 Spatial distribution of emissions from building materials industry in Henan Province in 2020

11.5%和11.0%； NO_x 排放量最大的3个城市是郑州市、许昌市和平顶山市，占比分别为16.9%、11.3%和10.0%； PM_{10} 排放量最大的3个城市为郑州市、许昌市和新乡市，占比分别为14.7%、12.9%和11.1%， $\text{PM}_{2.5}$ 排放情况类似。

2.4 不确定性分析

一是活动水平数据方面，水泥和平板玻璃行业数据来自国家统计局，不确定性相对较小；砖瓦、

陶瓷、耐火材料和石灰行业数据主要来自应急减排清单，由于行业工艺、产品类型较多，在收集和整理活动水平信息过程中，尽管开展了多源数据的比较分析，但仍然存在较高的不确定性。二是污染物排放因子来自文献[26,27]，均经过多次更新和完善，不确定性相对较小；但由于基础数据中部分产品、工艺和燃料类型等信息的不规范或缺失，在进行排放因子选择时仍存在一定的不确定性。

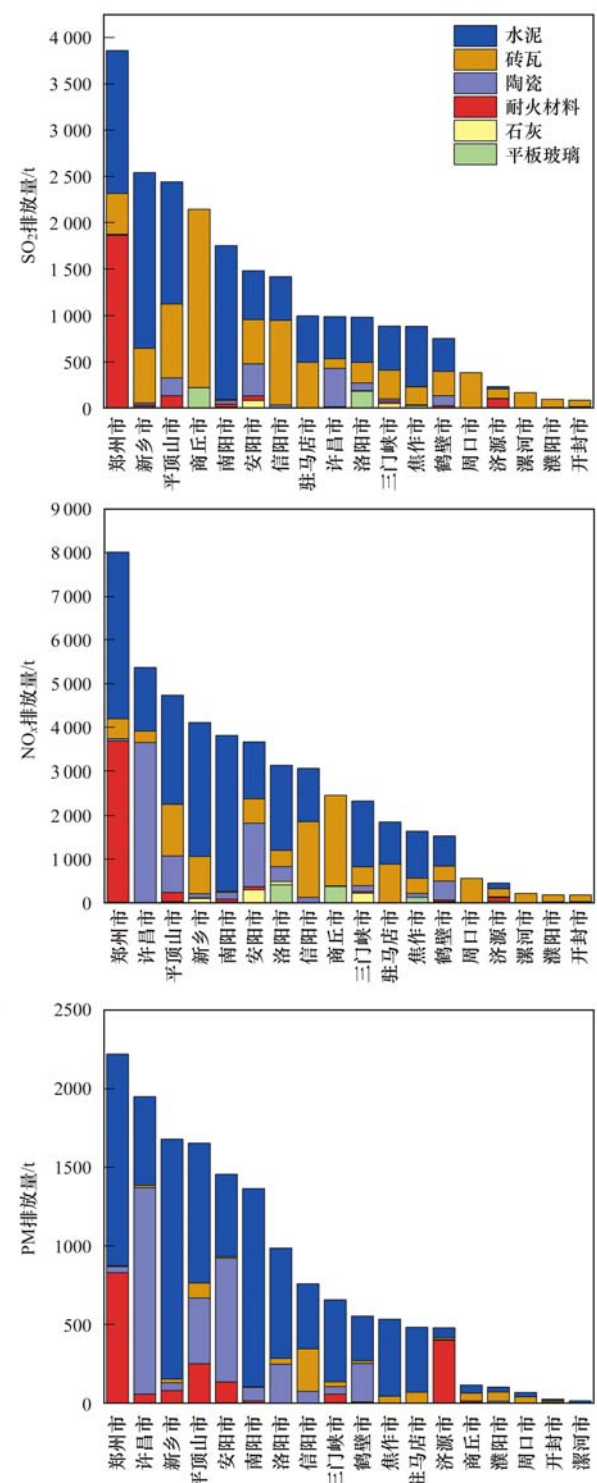


图8 2020年河南省各地市建材行业污染物排放量

Fig. 8 Pollutant emissions from the building materials industry in various cities in Henan Province in 2020

3 结论

(1)本文首次将应急减排清单应用到区域排放清单的建立中,通过对应急减排清单、排污许可和环境统计等多源数据的融合与相互校验,可以获取更加精细的企业活动水平信息,选择分类分级的排放因子,为构建精准化排放清单提供了一种新的技术方法。

(2)2020年河南省建材行业SO₂、NO_x、PM_{2.5}和PM₁₀的排放量分别为21788、51427、10107和14471t.其中水泥和砖瓦是SO₂排放贡献率最高的行业,占比为47.6%和34.6%;水泥、砖瓦和耐火材料是NO_x排放贡献率最大的3个行业,占比为45.0%、20.9%和16.2%;水泥和陶瓷行业是PM₁₀排放贡献最大的2个行业,占比为63.0%和22.9%,PM_{2.5}排放情况类似。

(3)2020年河南省建材行业SO₂、NO_x、PM_{2.5}和PM₁₀的主要排放区域为河南中部和北部地区,占比超过60%.SO₂排放贡献最大的3个城市为郑州市、新乡市和平顶山市,占比为17.5%、11.5%和11.0%;NO_x排放贡献最大的3个城市为郑州市、许昌市和平顶山市,占比为16.9%、11.3%和10.0%;PM₁₀排放最大的3个城市为郑州市、许昌市和新乡市,占比为14.7%、12.9%和11.1%,PM_{2.5}排放情况类似。

(4)水泥行业主要污染物排放量在建材行业中占比最大,建议加快实施水泥行业超低排放改造;砖瓦、陶瓷、石灰和平板玻璃行业治理水平相对较差,针对上述行业建议进一步完善地方排放标准,持续提升建材行业大气污染治理水平。

参考文献:

[1] 工业和信息化部,国家发展和改革委员会,生态环境部,住房和城乡建设部. 四部门关于印发建材行业碳达峰实施方案的通知[EB/OL]. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2022/art_8f6d55dd58d64283937d7fb87e21b666.html, 2022-11-02.

[2] 中华人民共和国工业和信息化部. 2020年建材行业经济运行情况[EB/OL]. https://www.miit.gov.cn/jgsj/ycls/gzdt/art/2021/art_0c383ae1a51a4fb7948705641601e9b9.html, 2021-02-08.

[3] 王远. 对河南建材产业结构调整的分析与思考[J]. 财经界, 2014, (3): 113.

[4] 河南省生态环境厅大气处. 关于征求《耐火材料工业大气污染物排放标准(征求意见稿)》意见的函[EB/OL]. <http://sthjt.henan.gov.cn/2020/12-29/2069205.html>, 2020-12-29.

[5] 前瞻产业研究院. 2020年我国卫生陶瓷行业产量区域分布发展现状[EB/OL]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1655845742285035368&wfr=spider&for=pc>, 2020-01-16.

[6] 河南省人民政府办公厅. 河南省人民政府办公厅关于印发河南省2018年大气污染防治攻坚战实施方案的通知[EB/OL]. <https://www.henan.gov.cn/2018/02-23/249520.html>, 2018-02-06.

[7] DB41/1953-2020, 水泥工业大气污染物排放标准[S].

[8] DB41/1066-2020, 工业炉窑大气污染物排放标准[S].

[9] 河南省生态环境厅监控中心. 河南省生态环境厅关于《砖瓦工业大气污染物排放标准》公开征求意见的公告[EB/OL]. <http://sthjt.henan.gov.cn/2021/09-08/2309283.html>, 2021-09-08.

[10] 王永红, 薛志钢, 柴发合, 等. 我国水泥工业大气污染物排放量估算[J]. 环境科学研究, 2008, 21(2): 207-212.

Wang Y H, Xue Z G, Chai F H, et al. Estimation of air

- pollutants emissions of cement industry in China[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2008, **21**(2): 207-212.
- [11] 雷宇, 贺克斌, 张强, 等. 基于技术的水泥工业大气颗粒物排放清单[J]. *环境科学*, 2008, **29**(8): 2366-2371.
- Lei Y, He K B, Zhang Q, *et al.* Technology-based emission inventory of particulate matters (PM) from cement industry[J]. *Environmental Science*, 2008, **29**(8): 2366-2371.
- [12] Hua S B, Tian H Z, Wang K, *et al.* Atmospheric emission inventory of hazardous air pollutants from China's cement plants: temporal trends, spatial variation characteristics and scenario projections[J]. *Atmospheric Environment*, 2016, **128**: 1-9.
- [13] 蒋春来, 宋晓晖, 钟悦之, 等. 2010~2015 年我国水泥工业 NO_x 排放清单及排放特征[J]. *环境科学*, 2018, **39**(11): 4841-4848.
- Jiang C L, Song X H, Zhong Y Z, *et al.* Emissions inventory and characteristics of NO_x from cement industry [J]. *Environmental Science*, 2018, **39**(11): 4841-4848.
- [14] 汤铃, 薛晓达, 伯鑫, 等. 中国水泥排放清单及分布特征[J]. *环境科学*, 2020, **41**(11): 4776-4785.
- Tang L, Xue X D, Bo X, *et al.* Contribution of emissions from cement to air quality in China[J]. *Environmental Science*, 2020, **41**(11): 4776-4785.
- [15] Liu J, Tong D, Zheng Y X, *et al.* Carbon and air pollutant emissions from China's cement industry 1990-2015: trends, evolution of technologies, and drivers [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2021, **21**(3): 1627-1647.
- [16] 田刚, 王凡, 束韞, 等. 京津冀水泥工业大气污染状况研究[J]. *中国水泥*, 2014, (6): 68-70.
- [17] 薛亦峰, 曲松, 闫静, 等. 北京市水泥工业大气污染物排放清单及污染特征[J]. *环境科学与技术*, 2014, **37**(1): 201-204.
- Xue Y F, Qu S, Yan J, *et al.* Development of an air pollutant emission inventory of cement industry for Beijing and pollution characteristics analysis [J]. *Environmental Science & Technology*, 2014, **37**(1): 201-204.
- [18] 何敏, 陈军辉, 韩丽, 等. 四川省 2008—2014 年水泥行业大气污染物排放清单及时空分布特征[J]. *环境科学学报*, 2017, **37**(1): 34-43.
- He M, Chen J H, Han L, *et al.* Cement industrial emission inventories development and their temporal and spatial distribution for Sichuan Province from 2008 to 2014 [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2017, **37**(1): 34-43.
- [19] 孙欣, 周欢, 李玲. 重庆市重点工业行业大气污染物排放趋势分析及建议[J]. *环境保护与循环经济*, 2018, **38**(1): 55-59.
- [20] 王彦超, 蒋春来, 贺晋瑜, 等. 京津冀及周边地区水泥工业大气污染控制分析[J]. *中国环境科学*, 2018, **38**(10): 3683-3688.
- Wang Y C, Jiang C L, He J Y, *et al.* Analysis of air pollutants control in cement industry in and around Beijing-Tianjin-Hebei region [J]. *China Environmental Science*, 2018, **38**(10): 3683-3688.
- [21] 耿子婷. 陕西省水泥行业污染物排放清单编制及污染特征分析[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2021.
- [22] 梅林德, 熊文朋, 冯小琼, 等. 四川省水泥工业大气污染物排放水平分析[J]. *环境监测管理与技术*, 2021, **33**(2): 60-63.
- Mei L D, Xiong W P, Feng X Q, *et al.* Analysis on air pollutant emission levels of the cement industry in Sichuan [J]. *The Administration and Technique of Environmental Monitoring*, 2021, **33**(2): 60-63.
- [23] 钟悦之, 宋晓晖, 王彦超, 等. 中国平板玻璃行业大气污染物排放特征研究[J]. *中国环境科学*, 2018, **38**(12): 4451-4459.
- Zhong Y Z, Song X H, Wang Y C, *et al.* Emission characteristics from flat-glass industry in China [J]. *China Environmental Science*, 2018, **38**(12): 4451-4459.
- [24] 第一次全国污染源普查资料编纂委员会. 污染源普查产排污系数手册[R]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.
- [25] 贺克斌. 城市大气污染源排放清单编制技术手册[R]. 北京: 清华大学, 2018.
- [26] 生态环境部. 关于发布《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》的公告[EB/OL]. http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202106/t20210618_839512.html, 2021-06-11.
- [27] 贺克斌. 城市大气污染源排放清单编制技术指南[R]. 北京: 清华大学, 2022.
- [28] 河南省统计局, 国家统计局河南调查总队. 河南统计年鉴-2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [29] 生态环境部. 重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南(2020 年修订版)[R]. 北京: 生态环境部办公厅, 2020.

CONTENTS

Impact of Climate Change on Summer Ozone in China	HU An-qi, XIE Xiao-dong, GONG Kang-jia, <i>et al.</i>	(1801)
Spatial-temporal Variation and Driving Factors of Ozone in China from 2019 to 2021 Based on EOF Technique and KZ Filter	WANG Hao-qí, ZHANG Yu-fen, LUO Zhong-wei, <i>et al.</i>	(1811)
Photochemical Mechanism and Control Strategy Optimization for Summertime Ozone Pollution in an Industrial City in the North China Plain	ZHENG Zhen-sen, DOU Jian-píng, ZHANG Guo-tao, <i>et al.</i>	(1821)
Spatiotemporal Evolution Characteristics of PM _{2.5} -O ₃ Compound Pollution in Chinese Cities from 2015 to 2020	NIU Xiao-xiao, ZHONG Yan-mei, YANG Lu, <i>et al.</i>	(1830)
Spatiotemporal Distribution Characteristics of Co-pollution of PM _{2.5} and Ozone over BTH with Surrounding Area from 2015 to 2021	SONG Xiao-han, YAN Li, LIU Wei, <i>et al.</i>	(1841)
Spatio-temporal Variation in PM _{2.5} Concentration and Its Relationship with Vegetation Landscape Patterns in Typical Economic Zones in China from 2000 to 2020	XU Yong, LI Xin-yi, HUANG Wen-ting, <i>et al.</i>	(1852)
Characteristics and Source Apportionment of Atmospheric Ion Deposition During Winter and Spring in the Core Area of Beijing	ZHAO Yu, LI Bei-bei, HUANG Yu-hu, <i>et al.</i>	(1865)
Input Characteristics of Dry Deposition of Atmospheric Particulates and Metals in Farmland in the Suburb of Nanjing	LIU Cui-ying, JIN Hao, FAN Jian-ling	(1873)
Pollution Characterizations and Oxidative Potentials of Water-Soluble Organic Matters at Different Polarity Levels in Winter PM _{2.5} Over Xi'an	LUO Yu, HUANG Sha-sha, ZHANG Tian, <i>et al.</i>	(1882)
Emission Characteristics of Organic Carbon and Elemental Carbon in PM ₁₀ and PM _{2.5} from Vehicle Exhaust and Civil Combustion Fuels	WANG Hong-lei, LIU Si-han, SUN Jie-juan, <i>et al.</i>	(1890)
Characteristics and Source Apportionment of PM _{2.5} in the Core Area of Ili River Valley in Spring	GU Chao, XU Tao, MA Chao, <i>et al.</i>	(1899)
Evaluation of Changes in PM _{2.5} Exposure Concentration and Health Risk for Urban Resident in Zhengzhou Based on High Spatial Resolution Grids	LI Yuan, XU Yi-fei, YUAN Ming-hao, <i>et al.</i>	(1911)
Emission Inventory of Building Material Industry in Henan Province Based on Multi-source Data Integration	LIU Xiao, HU Jing-nan, WANG Hong-mei, <i>et al.</i>	(1924)
Pollution Characteristics and Source Apportionment of Atmospheric Volatile Organic Compounds in Winter in Kaifeng City	SHI Yu-qi, ZHENG Kai-yun, DING Wei-ting, <i>et al.</i>	(1933)
Changes in O ₃ -VOCs-NO _x Sensitivity and VOCs Sources at an Urban Site of Nanjing Between 2020 and 2021	LU Xiao-bo, WANG Ming, DING Feng, <i>et al.</i>	(1943)
Variation Characteristics and Ozone Formation Potential of Ambient VOCs in Urban Beijing in Summer	ZHANG Rui, SUN Xue-song, WANG Yu, <i>et al.</i>	(1954)
Chemical Characteristics and Source Apportionment for VOCs During the Ozone Pollution Episodes and Non-ozone Pollution Periods in Qingdao	JIA Zhi-hai, GU Yao, KONG Cui-li, <i>et al.</i>	(1962)
Characteristics of O ₃ Production in the Western Suburb of Hefei in Summer Based on the Observation of Total Peroxy Radical	YU Hui, WEI Na-na, XU Xue-zhe, <i>et al.</i>	(1974)
Evaluation of Energy Saving and Carbon Reduction Effect of Air Pollution Prevention and Control Action Plan and Innovation Intermediary Effect	LI Shao-lin, WANG Qi-qi	(1985)
Scenario Simulation and Effects Assessment of Co-control on Pollution and Carbon Emission Reduction in Beijing	YU Shan, ZHANG Shuang, ZHANG Zeng-jie, <i>et al.</i>	(1998)
Simulation of Anthropogenic CO ₂ Emissions in the Yangtze River Delta Based on Different Emission Inventories	MA Xin-yi, HUANG Wen-jing, HU Ning, <i>et al.</i>	(2009)
Water Quality Change Trend and Risk Analysis of Wuhan Hanjiang River Water Source	ZHUO Hai-hua, LOU Bao-feng, XU Jie, <i>et al.</i>	(2022)
Pollution Characteristics and Risk Assessment of Antibiotics and Resistance Genes in Different Water Sources in the Wuhan Section of the Yangtze River	LI Bo-lin, ZHANG He, WANG Jun, <i>et al.</i>	(2032)
Occurrence Characteristics, Sources, and Toxicity Risk Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Typical Rivers of Northern Shaanxi Mining Area, China	WU Xi-jun, DONG Ying, ZHAO Jian, <i>et al.</i>	(2040)
Spatio-temporal Characteristics of Organic Aggregates and the Driving Factors in Typical Lakes	XIE Gui-juan, GONG Yi, ZHU Fu-cheng, <i>et al.</i>	(2052)
Distribution Characteristics and Risk Assessment of Microplastics in Water of Different Functional Parks in Guilin	LI Pei-zhao, WU Li, HUANG Fei-fei, <i>et al.</i>	(2062)
Environmental Driving Factors and Assessment on the Aquatic Ecosystem of Periphytic Algae of Six Inflow Rivers in Yangtze River Basin	ZHANG Jing, HU Yu-xin, HU Sheng, <i>et al.</i>	(2072)
Influence and Driving of Environmental Heterogeneity on the Epilithic Diatom Community in Xiangxi River, a Tributary of the Three Gorges Reservoir Area	JI Lu-lu, ZHAO Lu, OUYANG Tian, <i>et al.</i>	(2083)
Characteristics of Phytoplankton Communities and Key Impact Factors in Three Types of Lakes in Wuhan	ZHANG Hao-kun, MIN Fen-li, CUI Hui-rong, <i>et al.</i>	(2093)
Effects of Heavy Metal Pollution on the Structure of Microbial Communities in Different Habitats	HE Yi-fan, XIAO Xin-zong, WANG Jia-wen	(2103)
Structure and Distribution Characteristics of Bacterial Community in Boqing River Water	WANG Sen, CHEN Jian-wen, ZHANG Hong, <i>et al.</i>	(2113)
Effects of Microplastic Exposure on the Community Structure and Function of Symbiotic Bacteria in <i>Sinularia microclavata</i>	LIU Min, CHE Wen-xue, ZENG Ying-xu, <i>et al.</i>	(2122)
Distribution Characteristics and Health Risk Assessment of Emerging Contaminants from Raw Water to Drinking Water in Shanghai	YAN Qi	(2136)
Adsorption Characteristics of Fluoride in Low-Concentration Water by Aluminum and Zirconium-Modified Biochar	LIU Yan-fang, GAO Wei, LIU Rui, <i>et al.</i>	(2147)
Sorption Characteristics and Site Energy Distribution Theory of Typical Estrogens on Microplastics	LIU Jiang-yan, ZHENG Mi-mi, HU Jia-wu, <i>et al.</i>	(2158)
Selection and Evaluation of Model Pollutants for Performance Assessment of Advanced Treatment of Industrial Park Wastewater by Ozonation	XIN Bo, SHAN Chao, LÜ Lu	(2168)
Identifying Driving Factors and Their Interacting Effects on Sources of Heavy Metal in Farmland Soils with Geodetector and Multi-source Data	ZHANG Hong-ze, CUI Wen-gang, LIU Sui-hua, <i>et al.</i>	(2177)
Pollution Characteristics and Source Apportionment of Heavy Metals in Farmland Soils Around the Gangue Heap of Coal Mine Based on APCS-MLR and PMF Receptor Model	MA Jie, SHEN Zhi-jie, ZHANG Ping-ping, <i>et al.</i>	(2192)
Contamination and Probabilistic Health Risk Assessment of Heavy Metals in Agricultural Soils Around a Lead-Zinc Smelter	HUANG Jian-bo, JIANG Deng-deng, WEN Bing, <i>et al.</i>	(2204)
Prediction of PAHs Content in Soil Around Gas Stations in Beijing Based on BP Neural Network	MA Sai-yan, WEI Hai-ying, MA Jin, <i>et al.</i>	(2215)
Spatial-temporal Distribution and Risk Assessment of Quinolones Antibiotics in Soil of Shijiazhuang City	ZHAO Xin-yu, CHEN Hui, ZHAO Bo, <i>et al.</i>	(2223)
Accumulation and Pollution Risks of Heavy Metals in Soils and Agricultural Products from a Typical Black Shale Region with High Geological Background	DENG Shuai, DUAN Jia-hui, NING Mo-huan, <i>et al.</i>	(2234)
Geochemical Characteristics of Cd in Different Parent Soils in Karst Area and Prediction of Cd Content in Maize	DAI Liang-liang, XU Hong-gen, GONG Hao, <i>et al.</i>	(2243)
Pollution Risk and Contribution Analysis of Pb, Cd, and As in Soils and Crops Under Different Land Use Types in Longyan City	WANG Rui, CHEN Nan, ZHANG Er-xi	(2252)
Influencing Factors of Cadmium Content in Wheat Grain: A Meta-analysis and Decision Tree Analysis	LIU Na, ZHANG Shao-bin, GUO Xin-yu, <i>et al.</i>	(2265)
Response Characteristics of Soil Organic Carbon Pool and Its Chemical Composition During Secondary Forest Succession in the Loess Plateau	LIU Han-yu, LIU Ying-yi, ZHANG Qi, <i>et al.</i>	(2275)
Effects of Short-Term Nitrogen and Phosphorus Addition on Soil Respiration Components in a Subalpine Grassland of Qilian Mountains	JIANG Yuan, GAN Xiao-ling, CAO Feng-feng, <i>et al.</i>	(2283)
Response of Soil Microbial Diversity to Long-term Enclosure in Degraded Patches of Alpine Meadow in the Source Zone of the Yellow River	YANG Peng-nian, LI Xi-lai, LI Cheng-yi, <i>et al.</i>	(2293)
Diversity and Predictive Functional of <i>Caragana jubata</i> Bacterial Community in Rhizosphere and Non-rhizosphere Soil at Different Altitudes	LI Yuan-yuan, XU Ting-ting, AI Zhe, <i>et al.</i>	(2304)
Effects of Simulated Acid Rain and Nitrogen Deposition on Soil Bacterial Community Structure and Diversity in the Masson Pine Forest	WANG Nan, QIAN Shao-yu, PAN Xiao-cheng, <i>et al.</i>	(2315)
Effects of Phosphogypsum and <i>Suaeda salsa</i> on the Soil Moisture, Salt, and Bacterial Community Structure of Salinized Soil	LIU Yue, YANG Shu-qing, ZHANG Wan-feng, <i>et al.</i>	(2325)
Effects of Combined Application of Fungal Residue and Chemical Fertilizer on Soil Microbial Community Composition and Diversity in Paddy Soil	GENG He-tian, WANG Xu-dong, SHI Si-bo, <i>et al.</i>	(2338)
Effects of Aeration on Surface Water Nutrient Dynamics and Greenhouse Gas Emission in Different Straw Returning Paddy Fields	HU Jin-hui, XUE Li-hong, QIAN Cong, <i>et al.</i>	(2348)
Effects of Exogenous Melatonin Treatment on the Growth and Antioxidant System of Rice Seedlings Under Antimony Stress	CHU Yu-tan, LI Yan, HUANG Yi-zong, <i>et al.</i>	(2356)
Life Cycle Prediction Assessment of Energy Saving and New Energy Vehicles for 2035	FU Pei, LAN Li-bo, CHEN Ying, <i>et al.</i>	(2365)
Distribution, Sources, and Behavioral Characteristics of Microplastics in Farmland Soil	BO Lu-ji, LI Bing, ZHANG Kai, <i>et al.</i>	(2375)
Research Progress on the Remediation Technology of Herbicide Contamination in Agricultural Soils	HU Fang-yu, AN Jing, WANG Bao-yu, <i>et al.</i>	(2384)
Research Progress and Prospect of Herbicide Residue Characteristics in Black Soil Region of China	LI Rui, WU Qiu-mei, ZHAO Gui-mei, <i>et al.</i>	(2395)