

方知库
Eco-Environmental
Knowledge Web

环境科学

ENVIRONMENTAL SCIENCE

ISSN 0250-3301 CODEN HCKHDV

HUANJING KEXUE

■ 主办 中国科学院生态环境研究中心

■ 出版 科学出版社



2019

Vol.40 No.5

第40卷 第5期

目次

2016年10~11月期间北京市大气颗粒物污染特征与传输规律	张晗宇,程水源,姚森,王晓琦,张俊峰(1999)
餐饮排放有机颗粒物的质量浓度、化学组成及排放因子特征	王红丽,景盛翱,乔利平(2010)
泰山顶(1534 m)夏季气溶胶粒径分布特征	沈利娟,王红磊,银燕,陈魁,陈景华,施双双(2019)
郑州-新乡冬季PM _{2.5} 中元素浓度特征及其源分析	闫广轩,张朴真,黄海燕,高雅,张靖雯,宋鑫,张佳羽,李怀刚,曹治国,姜继韶,樊静,王跃思,金彩霞(2027)
我国PM _{2.5} 浓度分阶段改善目标情景分析	贺晋瑜,燕丽,王彦超,雷宇,汪旭颖(2036)
安阳市典型工业源PM _{2.5} 排放特征及减排潜力估算	杜小申,燕丽,贺晋瑜,汪旭颖,王克,张瑞芹(2043)
郑州市典型工业炉窑细颗粒物排放特征及清单	赵庆炎,韩士杰,张铁舜,杨留明,张瑞芹,燕启社(2052)
2015年南京市城区挥发性有机物组成特征及大气反应活性	乔月珍,陈凤,赵秋月,刘倩(2062)
兰州市化石燃料燃烧源排放VOCs的臭氧及二次有机气溶胶生成潜势	刘镇,朱玉凡,郭文凯,刘晓,陈强(2069)
12种常见落叶果树BVOCs排放清单和排放特征	李双江,袁相洋,李琦,冯兆忠(2078)
我国典型陆地生态系统水化学离子特征及空间分布	黄丽,张心昱,袁国富,朱治林,唐新斋,孙晓敏(2086)
我国典型区域地表水环境中抗生素污染现状及其生态风险评价	刘昔,王智,王学雷,李珍,杨超,厉恩华,位慧敏(2094)
我国七大流域水体多环芳烃的分布特征及风险评价	范博,王晓南,黄云,李霖,高祥云,李雯雯,刘征涛(2101)
大连海域入海污染源中PFASs的赋存、输入通量和季节特征	陈虹,韩建波,张灿,程嘉熠(2115)
干旱内陆河流域降水稳定同位素的时空特征及环境意义	袁瑞丰,李宗省,蔡玉琴,邹海明(2122)
柳林泉域岩溶地下水区域演化规律及控制因素	黄奇波,覃小群,刘朋雨,程瑞瑞,李腾芳(2132)
崇左响水地区岩溶地下水主要离子特征及控制因素	周巾枚,蒋忠诚,徐光黎,覃小群,黄奇波,张连凯(2143)
三峡水库水体溶解磷与颗粒磷的输移转化特征分析	秦延文,韩超南,郑丙辉,马迎群,杨晨晨,刘志超,张雷,赵艳民(2152)
三峡水库蓄水至175 m后干流沉积物磷蓄积特征及释放潜力	黎睿,潘婵娟,汤显强,肖尚斌,李青云,杨文俊(2160)
不同水期洞庭湖水体中磷分布特征及影响因素	李莹杰,王丽婧,李虹,欧阳美凤(2170)
巢湖十五里河沉积物磷平衡浓度对外源磷的响应及释放风险	李如忠,鲍琴,戴源(2178)
闽江上游溪流沉积物有机磷空间分布及其环境意义分析	徐健,袁旭音,叶宏萌,张晓辉,周慧华,韩年(2186)
生态工程综合治理系统对农业小流域氮磷污染的治理效应	蒋倩文,刘锋,彭英湘,王华,姚燃,李红芳,罗沛,刘新亮,吴金水(2194)
太湖流域河流沉积物重金属分布及污染评估	张杰,郭西亚,曾野,邓建才(2202)
三峡水库支流汝溪河口水体汞的时空变化特征	马尉斌,陈秋禹,尹德良,孙涛,王永敏,王定勇(2211)
多功能型城市人工湿地水体汞分布特征及其量变分析	刘伟豪,王永敏,樊宇飞,吕东威,王定勇(2219)
不同类型城市人工湿地水体汞的分布特征	樊宇飞,刘伟豪,孙涛,苑萌,吕东威,李先源,王永敏,王定勇(2226)
微塑料对河口沉积物抗生素抗性基因的影响	黄福义,杨凯,张子兴,苏建强,朱永官,张娟(2234)
上海市郊道路地表径流多环芳烃污染特征对比及源解析	吴杰,熊丽君,吴健,沙晨燕,唐浩,林匡飞,李大雁,沈城(2240)
异龙湖不同湖区浮游植物群落特征及其与环境因子的关系	王振方,张玮,杨丽,徐玉萍,赵凤斌,王丽卿(2249)
水库热分层期藻类水华与温跃层厌氧成因分析	刘雪晴,黄廷林,李楠,杨尚业,李扬,徐进,王涵玥(2258)
绿狐尾藻对铜绿微囊藻和羊角月牙藻的抑藻效应	毕业亮,吴诗敏,周思宁,吴尚华,宿辉,白志辉,徐圣君(2265)
紫外/亚硫酸钠还原降解三氯乙酰胺的效能	伏芝萱,郭迎庆,楚文海(2271)
UV降解水溶液中拉法辛的影响因素及机制	吕娟,许志伟,王言(2278)
铝代水铁矿协同吸附砷的机制	黄博,郭朝晖,肖细元,彭驰,朱惠文,史磊,阳安迪(2287)
新型材料磁性氧化铁的除氟效能	方文侃,李小娣,方菁,吴德意(2295)
羧基改性阴极对微生物电合成系统产乙酸性能的影响机制	祁家欣,曾翠平,骆海萍,刘广立,张仁铎,卢耀斌(2302)
基于分区供氧与溶解氧调控的低C/N比污水短程硝化反硝化	吴春雷,荣懿,刘晓鹏,史会欣,章武首,金鹏康,马文伟(2310)
不同COD浓度下低基质厌氧氨氧化的启动特征	马艳红,赵智超,安芳娇,黄利,师晓娟,慕浩,陈永志(2317)
15℃SBBR短程硝化快速启动和稳定运行性能	孙艺齐,卞伟,李军,赵青,王文啸,梁东博,吴耀东(2326)
长期低聚磷条件对AO-SBR系统Accumulibacter代谢特性的影响	王少坡,李柱,赵乐丹,于静洁,赵明,郑胜达,孙力平(2333)
厌氧氨氧化颗粒污泥EPS及其对污泥表面特性的影响	杨明明,刘子涵,周杨,祁菁,赵凡,郭劲松,方芳(2341)
HN-AD菌生物强化接触氧化工艺处理猪场沼液	刘向阳,张千,吴恒,李宸,唐健泓,封丽,肖芃颖,赵天涛(2349)
温度对自养型同步脱氮工艺处理猪场废水厌氧消化液性能及微生物群落的影响	黄方玉,邓良伟,杨红男,杨含,肖友乾,王兰(2357)
城市污水处理系统真核微生物群落特性与地域性差异	秦文韬,张冰,孙晨翔,陈湛,文湘华(2368)
三江平原湿地开垦对土壤微生物群落结构的影响	王娜,高婕,魏静,刘颖,庄绪亮,庄国强(2375)
亚高山湖群中真菌群落的分布格局和多样性维持机制	刘晋仙,李鑫,罗正明,王雪,暴家兵,柴宝峰(2382)
生物质炭对双季稻田土壤反硝化功能微生物的影响	刘杰云,邱虎森,王聪,沈健林,吴金水(2394)
地膜覆盖和施肥对菜地CH ₄ 排放的影响	倪雪,江长胜,陈世杰,李晓茜,石孝均,郝庆菊(2404)
亏缺灌溉对冬小麦农田温室气体排放的影响	王晓云,蔡焕杰,李亮,徐家屯,陈慧(2413)
不同施肥模式对热区晚稻田CH ₄ 和N ₂ O排放的影响	田伟,伍延正,汤水荣,胡玉麟,赖倩倩,文冬妮,孟磊,吴川德(2426)
周期性变温对紫色土有机碳矿化的影响	曾蔓蔓,慈恩,樊晶晶,李江文,翁吴璐,李松(2435)
广西高镉异常区水田土壤Cd含量特征及生态风险评价	宋波,王佛鹏,周浪,吴勇,庞瑞,陈同斌(2443)
超富集植物藿香薹(Ageratum conyzoides L.)对镉污染农田的修复潜力	张云霞,宋波,宾娟,周子阳,陈记玲,陈同斌(2453)
种植油菜麦评价多环芳烃污染土壤的农用风险	焦海华,郭佳佳,张婧旻,张晓霞,茹文明,白志辉(2460)
土壤重金属累积对土地利用与景观格局的响应	舒心,李艳,李锋,冯靖仪,沈嘉瑜,史舟(2471)
某区生活垃圾焚烧发电厂周边及厂区内土壤中重金属元素的污染特征及评价	吕占禄,张金良,陆少游,邹天森,刘凯,张晗,谷亚亚(2483)
《环境科学》征订启事(2018)	《环境科学》征稿简则(2042)
信息(2114, 2348, 2393)	

我国 PM_{2.5} 浓度分阶段改善目标情景分析

贺晋瑜, 燕丽*, 王彦超, 雷宇, 汪旭颖

(生态环境部环境规划院, 北京 100012)

摘要: 分析了部分发达国家、地区 PM_{2.5} 改善经验和我国 74 个重点城市 2013~2016 年 PM_{2.5} 年均浓度的改善情况, 得出不同浓度区间城市所能达到的 PM_{2.5} 年均浓度降幅, 并据此设计了我国城市 PM_{2.5} 浓度改善情景, 通过自下而上的计算方法, 测算了全国城市、31 个省(区、市)及重点区域的 PM_{2.5} 浓度分阶段改善目标。结果表明, 在 2 种情景下我国 PM_{2.5} 年均浓度均将在 2025 年前实现达标, 在 2030 年下降到 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 以下; 京津冀及周边地区在 2030 年实现达标; 长三角地区在 2025 年达标, 2030 年区域内城市实现全面达标。北京、天津、河北、河南等省(市)基准年 PM_{2.5} 年均浓度高, 在 2030 年实现达标的压力较大; 在重点区域强化情景下, 京津冀及周边地区 2030 年仍有接近 40% 的城市 PM_{2.5} 浓度超标, 应持续加大重污染地区 PM_{2.5} 污染防治工作的力度, 以推进 PM_{2.5} 浓度目标的实现。

关键词: PM_{2.5}; 年均浓度; 分阶段目标; 情景分析

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2019)05-2036-07 DOI: 10.13227/j.hjxx.201808241

Scenario Analysis of PM_{2.5} Concentration Targets and Milestones in China

HE Jin-yu, YAN Li*, WANG Yan-chao, LEI Yu, WANG Xu-ying

(Chinese Academy of Environmental Planning, Beijing 100012, China)

Abstract: Reports of decreasing PM_{2.5} concentrations in some developed countries and regions, as well as the trends of annual average concentrations of PM_{2.5} in the 74 key cities of China from 2013 to 2016 were analyzed. The cities were categorized based on PM_{2.5} concentration ranges and the regions where they are located. The average annual declining rates of PM_{2.5} concentration were calculated for these categories. Based on previous PM_{2.5} rates, we proposed different scenarios of decreasing PM_{2.5} concentration in Chinese cities for the future decades. Future PM_{2.5} concentration was calculated for each of the Chinese cities, and the milestones for 31 provinces and key areas were analyzed. The results showed that the annual average concentration of PM_{2.5} in China could meet the national air quality standard by 2025 and drop below 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ in 2030 under both scenarios. The PM_{2.5} concentration in Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas could meet the standards in 2030, and the Yangtze River Delta area in 2025. It will be difficult for Beijing, Tianjin, Hebei, and Henan to meet the standard in 2030. Even in the scenario where measures were intensified in the key areas, the cities failed to meet the PM_{2.5} concentration standards. In Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas, the values were close to 40% of the target by 2030. To accelerate the reduction of PM_{2.5} concentration, extreme efforts will be needed in the highly polluted areas.

Key words: PM_{2.5}; annual average concentration; milestone; scenario analysis

国务院 2013 年印发的《大气十条》首次对京津冀、长三角、珠三角区域提出了明确的 PM_{2.5} 浓度下降目标^[1], 有力地推进了重点区域空气质量的改善, 京津冀、长三角、珠三角地区 2016 年 PM_{2.5} 浓度分别较 2013 年降低了 33%、31.3% 和 31.9%^[2]。但大气污染防治是一项漫长、艰巨的任务^[3], 目前我国 PM_{2.5} 污染依然严重, 2016 年超过 70% 的城市 PM_{2.5} 年均浓度超标^[4], 中东部地区的污染尤为严重^[5~7], 部分东部省份一次 PM_{2.5} 和各项前体物的排放量大幅超出环境容量, 造成区域性的 PM_{2.5} 超标^[8]。

高浓度的 PM_{2.5} 是造成我国区域灰霾重污染的主要因素, 对人体健康和能见度均具有重要影响^[9~12]。目前, 国内学者主要从 PM_{2.5} 及其组分的污染特征及来源解析, 污染治理对 PM_{2.5} 改善的影响等方面开展相关研究^[13~16], 针对 PM_{2.5} 目标改善的研究很少。为持续推进空气质量的改善, 需针对

不同的区域、省份及城市, 制定分阶段的 PM_{2.5} 浓度改善目标, 以加强目标管理。本研究以 2016 年为基准年, 考虑到不同区域的污染程度、环境管理要求等, 结合美国、日本等发达国家地区及我国 74 个重点城市 PM_{2.5} 年均浓度改善情况, 开展全国、重点区域、31 个省(区、市) PM_{2.5} 年均浓度改善情景分析, 以期为分阶段的 PM_{2.5} 浓度改善目标的制定等提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 总体研究方法

以 PM_{2.5} 年均浓度为研究对象, 分析部分发达国家、地区 PM_{2.5} 改善经验和我国 74 个重点城市 2013

收稿日期: 2018-08-30; 修订日期: 2018-11-20

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0207505, 2017YFC0212406)

作者简介: 贺晋瑜(1985~), 女, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为大气环境管理, E-mail: hejy@caep.org.cn

* 通信作者, E-mail: yanli@caep.org.cn

~2016 年 PM_{2.5} 年均浓度的改善情况, 得出不同浓度区间城市所能达到的 PM_{2.5} 年均浓度降幅, 并依据城市 PM_{2.5} 污染程度, 设计我国城市 PM_{2.5} 年均浓度改善情景. 建立目标计算方法, 测算全国-省-重点区域 2020、2025 和 2030 年的阶段改善目标.

1.2 目标计算方法

采用自下而上的计算方法, 以地级及以上城市为基本单元, 按上一年 PM_{2.5} 污染程度分类确定 PM_{2.5} 年均浓度下降比例, 逐年计算城市 PM_{2.5} 浓度目标. 并以此为基础, 计算省(区、市)、重点区域和城市的 2020、2025 和 2030 年 PM_{2.5} 年均浓度改善目标. 计算公式如下:

$$c_{i,j} = c_{i-1,j} \times (1 - x) \tag{1}$$

$$c_{i,p} = \frac{\sum_{j=1}^n c_{i,j}}{n} \tag{2}$$

式中, c 为 PM_{2.5} 年均浓度, $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; i 为年份; j 为城市; x 为 PM_{2.5} 年均浓度下降比例, %; p 为省份或区域; n 为省份或区域所包含的城市数量, 个.

1.3 PM_{2.5} 年均浓度下降比例设定依据

1.3.1 城市 PM_{2.5} 污染程度

有研究表明, 在 PM_{2.5} 浓度较高或是排放量较大的时期, 更易实现浓度的快速下降^[17,18], 但随着 PM_{2.5} 浓度的降低, 污染物排放削减和大气环境管理的边界成本逐渐升高, PM_{2.5} 浓度的下降难度也将增加^[19]. 因此在确定城市 PM_{2.5} 年均浓度下降比例时, 应考虑其 PM_{2.5} 污染程度. 根据空气质量监测数据(图 1), 2016 年全国 338 个地级及以上城市中 PM_{2.5} 年均浓度达标的城市有 96 个, 占 28.4%; 超标 20% 及以内的城市有 57 个, 占 16.9%; 超标 20% ~ 50% (含 50%) 的城市有 74 个, 占 21.9%, 超标 50% ~ 100% (含 100%) 的城市有 75 个, 占 22.2%, 超标 1 倍以上的城市有 36 个, 占 10.7%.

1.3.2 发达国家城市 PM_{2.5} 浓度下降情况

美国 PM_{2.5} 年均浓度虽然处于较低水平, 但仍

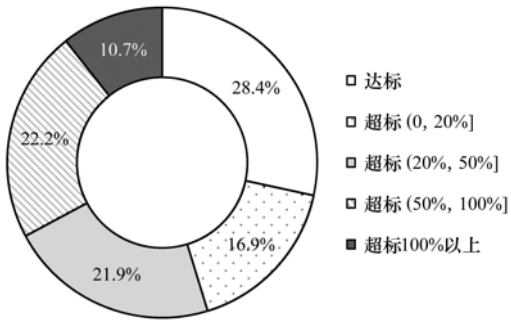


图 1 2016 年 338 个城市 PM_{2.5} 污染程度
Fig. 1 PM_{2.5} pollution in 2016 (338 cities)

在持续下降(表 1). 2000 ~ 2016 年, 美国全国 PM_{2.5} 年均浓度从 13.5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 下降至 7.8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 共计下降 42%, 年均下降 3.5%^[20]. 加州曾是美国空气污染最严重的地区之一, 经过几十年的治理, PM_{2.5} 的年均浓度均有显著下降^[21], 加州空气资源委员会的环境空气质量监测结果^[22] 显示, 自 1999 ~ 2013 年加州南海岸、圣华金河谷等 5 个地区 PM_{2.5} 年均浓度的年均下降比例达到了 2% ~ 5%; 洛杉矶市 PM_{2.5} 年均浓度从 1999 年的 25.7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 下降至 2016 年的 12 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 共计下降 53.3%, 年均下降比例超过 4%.

欧盟开展 PM_{2.5} 监测较晚, 从 2006 年才开始进行系统监测. 2012 年欧盟多数站点 PM_{2.5} 的浓度集中在 10 ~ 25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 从 2006 ~ 2012 年, 欧盟交通和其他(主要是工业区)站点的浓度有所下降, 平均每年下降 0.4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 左右^[23].

日本城市站颗粒物浓度从 2011 年的 15.4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 下降至 2015 年的 13.1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 共计下降 14.9%, 年均下降 3.8%; 路边站颗粒物浓度从 2011 年的 16.1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 下降至 2015 年的 13.9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 共计下降 13.7%, 年均下降 3.5%^[24]. 日本尼崎市曾有工都之称, 污染严重, 现经过治理, 空气质量得到显著改善. 监测数据显示, 2000 ~ 2012 年, 尼崎市 PM_{2.5} 年均浓度平均年下降率达到 3.7%^[18].

表 1 部分国家/地区/城市 PM_{2.5} 下降率

Table 1 Decline rates of PM _{2.5} concentration in some countries/regions/cities			
国家/地区/城市	年份	起始年 PM _{2.5} 年均浓度/ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	PM _{2.5} 年均浓度平均年下降率/%
美国	2000 ~ 2016	13.5	3.5
加州南海岸	1999 ~ 2013	28.3	5.2
圣华金河谷	1999 ~ 2013	23.9	2.9
圣地亚哥	1999 ~ 2013	15.8	3.5
旧金山湾区	1999 ~ 2013	13.6	2.0
萨克拉门托河谷	1999 ~ 2013	15.8	3.8
洛杉矶市	1999 ~ 2016	25.7	4.3
日本(城市站)	2011 ~ 2015	15.4	3.8
日本(路边站)	2011 ~ 2015	16.1	3.5
尼崎市	2000 ~ 2012		3.7

1.3.3 我国城市 PM_{2.5} 浓度改善情况

我国大规模开展 PM_{2.5} 监测始于 2013 年, 以第一批按新标准监测并发布环境空气质量的 74 个城市为对象, 根据 74 个城市空气质量月报^[25], 分类统计了其 PM_{2.5} 年均浓度改善情况(图 2). 2013 ~ 2016 年, 74 个城市中 90% 以上的城市 PM_{2.5} 浓度年均下降比例达到 6% 以上, 其中, 2013 年 PM_{2.5} 超标 20% 及以上、超标 20% ~ 50% (含 50%)、超标 50% ~ 100% (含 100%) 和超标 1 倍以上的城市年均降幅平均分别为 7.1%、7.2%、10.0% 和 10.5%.

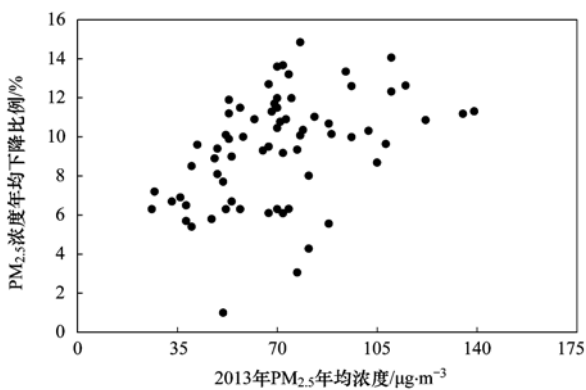


图 2 2013 ~ 2016 年 74 个城市 PM_{2.5} 年均浓度改善情况
Fig. 2 Improvement of PM_{2.5} concentration in 74 key cities from 2013 ~ 2016

1.4 改善情景设计

发达国家地区的 PM_{2.5} 污染状况较轻, 从美国、日本一些城市的 PM_{2.5} 年均浓度变化数据来看,

PM_{2.5} 年均浓度在 35 μg·m⁻³ 以下时, 仍可保持年均 2% ~ 5% 的下降. 我国多数城市 PM_{2.5} 浓度较高, 根据 74 个重点城市 2013 ~ 2016 年 PM_{2.5} 年均浓度改善情况及达标策略的相关研究^[26,27], 在相应政策和技术支持下, 我国 PM_{2.5} 污染严重的城市, PM_{2.5} 浓度年均下降 6% ~ 8% 是可以实现的.

借鉴国内外空气质量改善经验, 基于城市 PM_{2.5} 年均浓度水平分类确定 PM_{2.5} 年均浓度下降比例, 设计了我国城市 PM_{2.5} 年均浓度改善的基准情景. 不同浓度级别下的 PM_{2.5} 年均下降比例, 基于稳步改善的原则及 PM_{2.5} 浓度较高时期更易实现浓度的快速下降的实践经验确定, 其中, 已达标城市 PM_{2.5} 年均下降比例依据所分析的美、日等发达国家和城市 PM_{2.5} 浓度年均下降率的最小值; 超标 20% 及以上、超标 20% ~ 50% (含 50%)、超标 50% ~ 100% (含 100%) 和超标 100% 以上的城市分别按照 74 个城市中相同浓度区间城市 2013 ~ 2016 年平均降幅的 50%、60%、60% 和 70% 取值.

根据 PM_{2.5} 污染时空分布特征的研究, 京津冀及周边、长三角等区域 PM_{2.5} 污染依然严重, 仍将是我国下一阶段大气污染防治的重点区域^[28]. 同时, 考虑到上述区域作为打赢蓝天保卫战确定的主战场^[29], 在大气污染防治措施、资金投入等方面将持续加大力度, 有望加快空气质量改善的进程, 设计了重点区域强化情景, 具体如下表 2 所示.

表 2 城市 PM_{2.5} 年均浓度改善情景

Table 2 Scenarios for improvement of PM_{2.5} concentration

项目	基准情景(情景一)	重点区域强化情景(情景二)	
		重点区域	其他地区
已达标	持续改善(年均下降 2% 左右)	持续改善(年均下降 2% 左右)	持续改善(年均下降 2% 左右)
超标 20% 及以上	年均降低 3.5% 左右	年均降低 4% 左右	年均降低 3.5% 左右
超标 20% ~ 50% (含 50%)	年均下降 4% 左右	年均下降 5% 左右	年均下降 4% 左右
超标 50% ~ 100% (含 100%)	年均下降 6% 左右	年均降低 7% 左右	年均下降 6% 左右
超标 100% 以上	年均下降 7% 左右	年均降低 8% 左右	年均下降 7% 左右

2 结果与讨论

2.1 城市 PM_{2.5} 年均浓度改善目标

根据 PM_{2.5} 年均浓度改善情景计算了 2017 ~ 2030 年全国城市 PM_{2.5} 年均浓度和达标城市的比例, 如图 3 和图 4 所示. 在基准情景下, 2020、2025 和 2030 年全国城市 PM_{2.5} 平均浓度分别为 39、33 和 29 μg·m⁻³, PM_{2.5} 年均浓度达标城市的比例分别达到 39.3%、63.3% 和 86.4%. 在重点区域强化情景下, 2020、2025 和 2030 年全国城市 PM_{2.5} 平均浓度分别为 39、32 和 28 μg·m⁻³, PM_{2.5} 年均浓度达标城市的比例分别达到 39.3%、65.4% 和 91.9%.

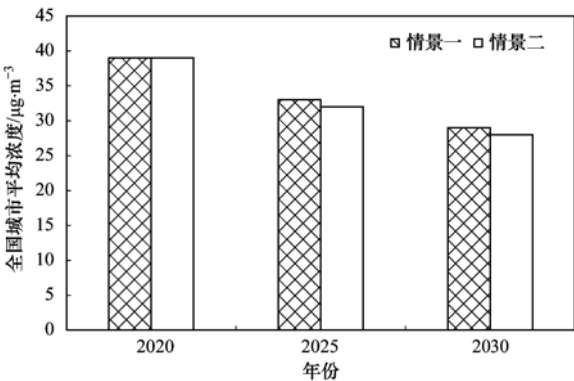


图 3 全国城市各阶段 PM_{2.5} 平均浓度

Fig. 3 Average PM_{2.5} concentration of 338 cities in 2020, 2025, and 2030

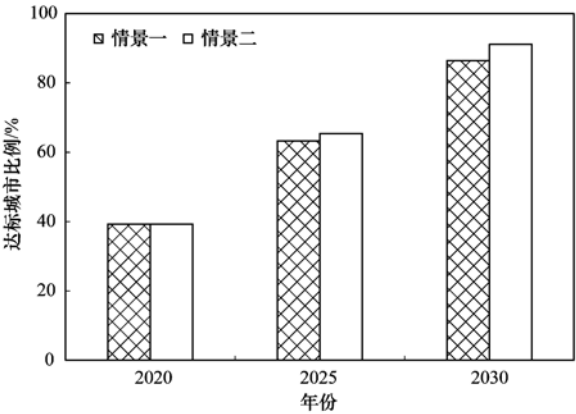


图4 各阶段全国 PM_{2.5} 达标城市比例

Fig. 4 Proportion of cities which reached the standards in 2020, 2025, and 2030

2.2 省(区、市)PM_{2.5} 年均浓度改善目标

根据各城市 PM_{2.5} 年均浓度改善目标测算了全国 31 个省(区、市)各阶段的年均浓度改善目标,如图 5 和图 6 所示. 在基准情景下,2020 年全国有 12 个省(区、市)PM_{2.5} 年均浓度达标,比例达到 38.7%;到 2025 年达标省份增加到 19 个,比例达到 61.3%;到 2030 年达标省份增加到 27 个,仍有北京、天津、河北、河南这 4 个省(市)未能实现达标.

在重点区域强化情景下,2020 年全国有 12 个省(区、市)PM_{2.5} 年均浓度实现达标,比例达到 38.7%;到 2025 年达标省份增加到 21 个,比例达到 67.7%;到 2030 年全国 31 个省(区、市)PM_{2.5} 年均浓度可全部实现达标.

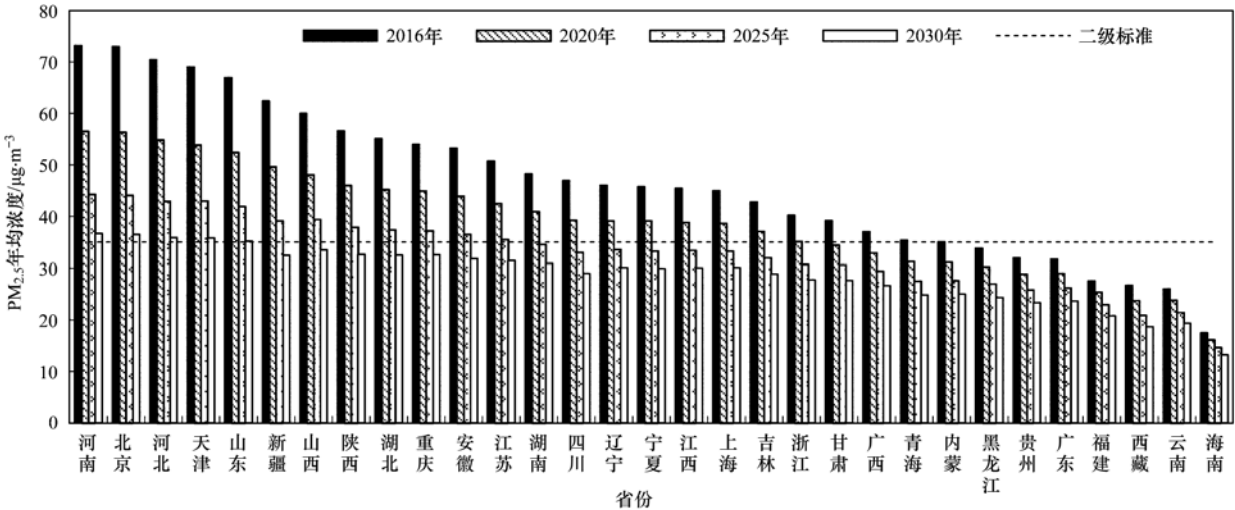


图5 31 个省(区、市)各阶段 PM_{2.5} 年均浓度目标(情景一)

Fig. 5 Target of average PM_{2.5} concentration by province(scenario1)

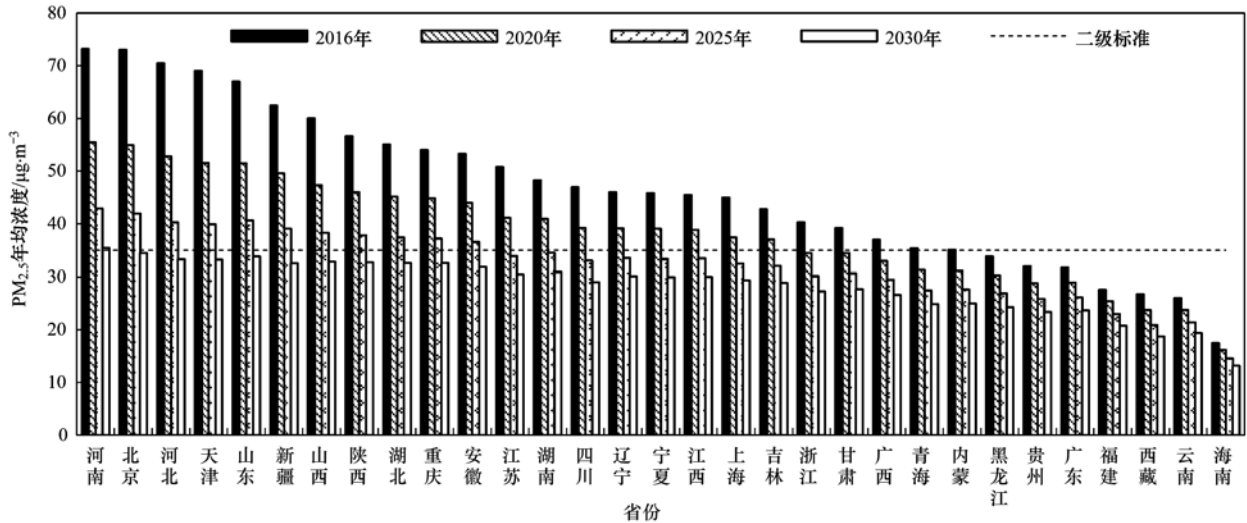


图6 31 个省(区、市)各阶段 PM_{2.5} 年均浓度目标(情景二)

Fig. 6 Target of average PM_{2.5} concentration by province(scenario2)

2.3 重点区域 PM_{2.5} 年均浓度改善目标

2.3.1 京津冀及周边地区

根据所设计的改善情景测算了京津冀及周边地

区 PM_{2.5} 年均浓度改善目标,如图 7 所示. 基准情景下,京津冀及周边地区 2020、2025 和 2030 年 PM_{2.5} 年均浓度分别为 53、42 和 35 μg·m⁻³;重点区域强

化情景下, 2020、2025 和 2030 年区域 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度分别为 52、41 和 34 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

由于京津冀及周边地区城市基准年 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度普遍较高, 城市达标所需时间相对较长。两种情景

下, 2020 年和 2025 年区域达标城市的比例均为 9% 和 14%; 2030 年达标城市的比例分别增加至 35% 和 60%, 重点区域强化情景下城市达标的进程明显加快。

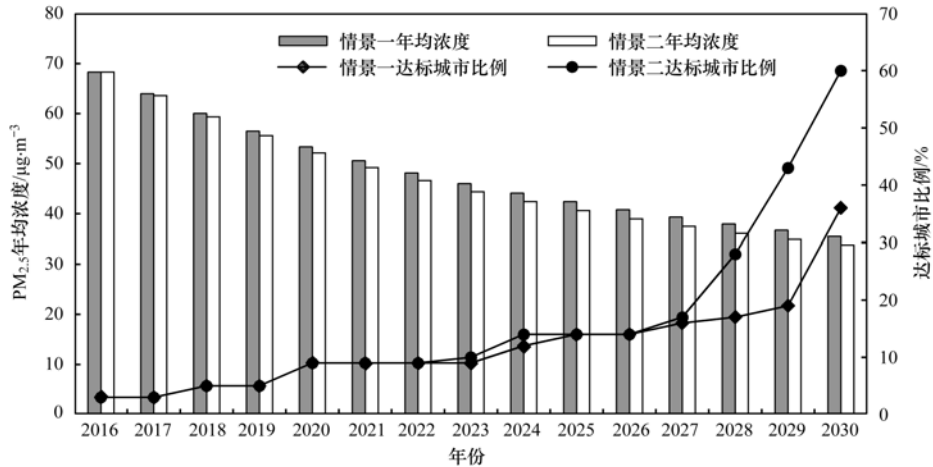


图7 京津冀及周边地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度目标和达标城市比例

Fig. 7 Target of average $\text{PM}_{2.5}$ concentration and proportion of cities that reach the standards in Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas

2.3.2 长三角地区

长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度改善目标测算结果如图 8 所示。基准情景下, 2025 年长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度为 35 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 实现达标; 但接近一半的城市尚未实现达标, 达标城市比例为 51%。

2030 年长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度下降至 31 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 达标城市比例上升至 100%, 区域内城市全面达标。重点区域强化情景下, 长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度达标和区域内全部城市达标的时间将提前 1~2 a。

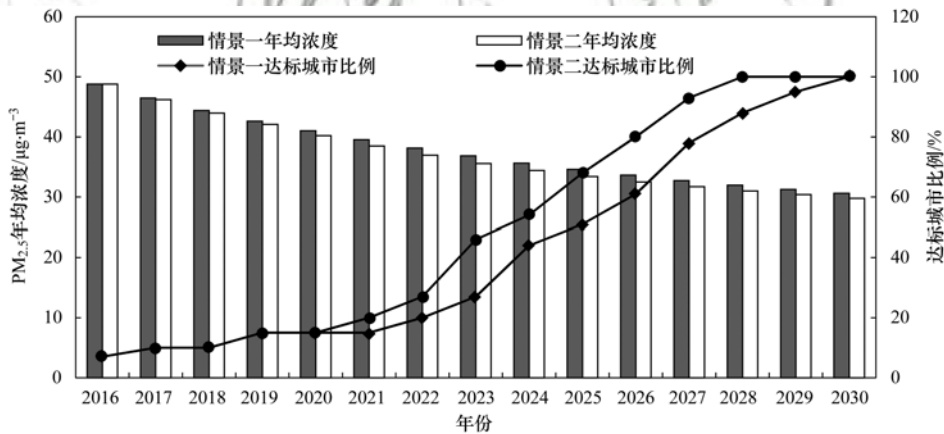


图8 长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度目标和达标城市比例

Fig. 8 Target of average $\text{PM}_{2.5}$ concentration and the proportion of cities that reach the standards in the Yangtze River Delta area

3 结论

(1) 根据所设计的 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度改善情景, 我国 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度将在 2025 年前实现达标, 在 2030 年下降到 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 以下; 京津冀及周边地区可在 2030 年实现达标; 长三角地区在 2025 年达标, 2030 年区域内城市可实现全面达标。

(2) 北京、天津、河北、河南等省(市)基准年 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度高, 在 2030 年实现达标的压力较大。在重点区域强化情景下, 到 2030 年全国 31 个省

(区、市) $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度可全部实现达标, 但在基准情景下, 北京、天津、河北、河南这 4 个省(市) 2030 年 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度仍超标 2%~4%。适当提高污染较重城市 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度的改善目标, 有利于省(市)、区域空气质量的总体改善。

(3) 重点区域强化情景下城市 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度达标的进程明显加快, 两种情景下, 全国 2030 年 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度达标城市的比例分别为 86.4% 和 91.9%; 京津冀地区 2030 年达标城市的比例分别为 35% 和 60%。京津冀及周边地区基准年 $\text{PM}_{2.5}$ 浓

度普遍较高,在重点区域强化情景下,到2030年仍有接近40%的城市PM_{2.5}浓度超标,需以更大的力度推动重点区域治理工作,以降低PM_{2.5}浓度。

参考文献:

- [1] 国务院. 国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zwqk/2013-09/12/content_2486773.htm, 2013-09-10/2016-03-28.
- [2] 中华人民共和国环境保护部. 环境保护部发布2016年全国空气质量状况[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-01/23/content_5162688.htm#1, 2017-01-23/2018-03-29.
- [3] 燕丽, 汪旭颖, 贺晋瑜. 城市PM_{2.5}年均浓度达标策略研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, **24**(11): 114-116.
Yan L, Wang X Y, He J Y. Study in city PM_{2.5} annual average concentration compliance strategy [J]. China Population, Resources and Environment, 2014, **24**(11): 114-116.
- [4] 中华人民共和国环境保护部. 2016 中国环境状况公报[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-06/06/content_5200281.htm, 2017-06-06/2018-03-29.
- [5] 张殷俊, 陈曦, 谢高地, 等. 中国细颗粒物(PM_{2.5})污染状况和空间分布[J]. 资源科学, 2015, **37**(7): 1339-1346.
Zhang Y J, Chen X, Xie G D, et al. Pollution status and spatial distribution of PM_{2.5} in China[J]. Resources Science, 2015, **37**(7): 1339-1346.
- [6] 韩力慧, 张鹏, 张海亮, 等. 北京市大气细颗粒物污染与来源解析研究[J]. 中国环境科学, 2016, **36**(11): 3203-3210.
Han L H, Zhang P, Zhang H L, et al. Pollution and source apportionment of atmospheric fine particles in Beijing[J]. China Environmental Science, 2016, **36**(11): 3203-3210.
- [7] Wang Z F, Li J, Wang Z, et al. Modeling study of regional severe hazes over mid-eastern China in January 2013 and its implications on pollution prevention and control[J]. Science China Earth Sciences, 2014, **57**(1): 3-13.
- [8] 薛文博, 付飞, 王金南, 等. 基于全国城市PM_{2.5}达标约束的大气环境容量模拟[J]. 中国环境科学, 2014, **34**(10): 2490-2496.
Xue W B, Fu F, Wang J N, et al. Modeling study on atmospheric environmental capacity of major pollutants constrained by PM_{2.5} compliance of Chinese cities[J]. China Environmental Science, 2014, **34**(10): 2490-2496.
- [9] 吴兑, 刘啟汉, 梁延刚, 等. 粤港细粒子(PM_{2.5})污染导致能见度下降与灰霾天气形成的研究[J]. 环境科学学报, 2012, **32**(11): 2660-2669.
Wu D, Lau A K H, Leung Y K, et al. Hazy weather formation and visibility deterioration resulted from fine particulate (PM_{2.5}) pollutions in Guangdong and Hong Kong[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2012, **32**(11): 2660-2669.
- [10] 宋宇, 唐孝炎, 方晨, 等. 北京市能见度下降与颗粒物污染的关系[J]. 环境科学学报, 2003, **23**(4): 468-471.
Song Y, Tang X Y, Fang C, et al. Relationship between the visibility degradation and particle pollution in Beijing[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2003, **23**(4): 468-471.
- [11] Pope III C A, Hill R W, Villegas G M. Particulate air pollution and daily mortality on Utah's Wasatch Front[J]. Environmental Health Perspectives, 1999, **107**(7): 567-573.
- [12] 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.
Xie Y B, Chen J, Li W. An assessment of PM_{2.5} related health risks and impaired values of Beijing residents in a consecutive high-level exposure during heavy haze days[J]. Environmental Science, 2014, **35**(1): 1-8.
- [13] 王新, 聂燕, 陈红, 等. 兰州城区大气PM_{2.5}污染特征及来源解析[J]. 环境科学, 2016, **37**(5): 1619-1628.
Wang X, Nie Y, Chen H, et al. Pollution characteristics and source apportionment of PM_{2.5} in Lanzhou City [J]. Environmental Science, 2016, **37**(5): 1619-1628.
- [14] 周雪明, 郑乃嘉, 李英红, 等. 2011~2012北京大气PM_{2.5}中重金属的污染特征与来源分析[J]. 环境科学, 2017, **38**(10): 4054-4060.
Zhou X M, Zheng N J, Li Y H, et al. Chemical characteristics and sources of heavy metals in fine particles in Beijing in 2011-2012[J]. Environmental Science, 2017, **38**(10): 4054-4060.
- [15] 吴文景, 常兴, 邢佳, 等. 京津冀地区主要排放源减排对PM_{2.5}污染改善贡献评估[J]. 环境科学, 2017, **38**(3): 867-875.
Wu W J, Chang X, Xing J, et al. Assessment of PM_{2.5} pollution mitigation due to emission reduction from main emission sources in the Beijing-Tianjin-Hebei Region[J]. Environmental Science, 2017, **38**(3): 867-875.
- [16] 王振波, 梁龙武, 林雄斌, 等. 京津冀城市群空气污染的模式总结与治理效果评估[J]. 环境科学, 2017, **38**(10): 4005-4014.
Wang Z B, Liang L W, Lin X B, et al. Control models and effect evaluation of air pollution in Jing-Jin-Ji urban agglomeration [J]. Environmental Science, 2017, **38**(10): 4005-4014.
- [17] 中国清洁空气联盟. 空气污染治理国际经验介绍之伦敦烟雾治理历程[R]. 北京: 中国清洁空气联盟, 2013.
- [18] 孟露露, 单春艳, 白志鹏, 等. 中国城市PM_{2.5}空气质量改善分阶段目标研究[J]. 中国环境监测, 2017, **33**(2): 1-10.
Meng L L, Shan C Y, Bai Z P, et al. Phased-in targets of PM_{2.5} air quality improvement in Chinese cities [J]. Environmental Monitoring of China, 2017, **33**(2): 1-10.
- [19] 王金南. 控制PM_{2.5}污染: 中国路线图与政策机制[M]. 北京: 科学出版社, 2016. 316.
- [20] United States Environmental Protection Agency. Particulate matter (PM_{2.5}) trends [EB/OL]. <https://www.epa.gov/air-trends/particulate-matter-pm25-trends>, 2018-04-10.
- [21] 孟露露, 单春艳, 李洋阳, 等. 美国PM_{2.5}未达标区控制对策及对中国的启示[J]. 南开大学学报(自然科学版), 2016, **49**(1): 54-61.
Meng L L, Shan C Y, Li Y Y, et al. Control strategy of PM_{2.5} nonattainment area in the united states and its enlightenment to China [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Nankaiensis, 2016, **49**(1): 54-61.
- [22] California Air Resources Board. Air quality and meteorological information system [EB/OL]. <https://www.arb.ca.gov/aqmis2/aqmis2.php>, 2018-04-10.
- [23] European Environment Agency. Air quality in Europe—2014 report[R]. Denmark: European Environment Agency, 2014.
- [24] Ministry of the Environment Government of Japan. Annual report on environmental statistics 2017 [EB/OL]. <http://www.env.go.jp/en/statistics/e2017.html>, 2018-04-10.
- [25] 中华人民共和国生态环境部. 城市空气质量状况月报[EB/OL]. http://www.mep.gov.cn/hjzl/dqhj/cskqzlzkyb/index_1.shtml, 2018-04-10.
- [26] 中国清洁空气联盟. 京津冀如何实现空气质量达标? -基于情景分析的京津冀地区PM_{2.5}达标情景研究[R]. 北京: 中国清洁空气联盟, 2016.
- [27] 中国清洁空气联盟. 长三角如何实现空气质量达标? 上海、江苏、浙江的PM_{2.5}达标情景分析[R]. 上海: 中国清洁空气联盟, 2016.

[28] 姜磊, 周海峰, 赖志柱, 等. 中国城市 $\text{PM}_{2.5}$ 时空动态变化特征分析: 2015-2017 年[J]. 环境科学学报, 2018, 38(10): 3816-3825.

Jiang L, Zhou H F, Lai Z Z, *et al.* Analysis of spatio-temporal characteristic of $\text{PM}_{2.5}$ concentrations of Chinese cities: 2015-

2017[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2018, 38(10): 3816-3825.

[29] 孙秀艳, 刘毅, 寇江泽, 等. 打赢蓝天保卫战三年行动启动(在习近平新时代中国特色社会主义思想指引下——新时代新气象新作为)[N]. 人民日报, 2018-02-04(01).

《环境科学》征稿简则

1. 来稿报道成果要有创新性, 论点明确, 文字精炼, 数据可靠. 全文不超过 8 000 字(含图、表、中英文摘要及参考文献). 国家自然科学基金项目、国家科技攻关项目、国际合作项目或其它项目请在来稿中注明(在首页以脚注表示). 作者投稿时请先登陆我刊网站(www.hjkx.ac.cn)进行注册, 注册完毕后以作者身份登录, 按照页面给出的提示信息投稿即可.

2. 稿件请按 GB 7713-87《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》中学术论文的规范撰写. 论文各部分的排列顺序为: 题目; 作者姓名; 作者工作单位、地址、邮政编码; 中文摘要; 关键词; 中图分类号; 英文题目; 作者姓名及单位的英译名; 英文摘要; 关键词; 正文; 致谢; 参考文献.

3. 论文题目应简练并准确反映论文内容, 一般不超过 20 字, 少用副标题.

4. 中文摘要不少于 300 字, 以第三人称写. 摘要内容包括研究工作的目的、方法、结果(包括主要数据)和结论, 重点是结果和结论. 英文摘要与中文对应, 注意人称、时态和语言习惯, 以便准确表达内容.

5. 前言包括国内外前人相关工作(引文即可)和本工作的目的、特点和意义等. 科普知识不必赘述.

6. 文中图表应力求精简, 同一内容不得用图表重复表达, 要有中英文对照题目. 图应大小一致, 曲线粗于图框, 图中所有字母、文字字号大小要统一. 表用三线表. 图表中术语、符号、单位等应与正文一致.

7. 计量单位使用《中华人民共和国法定计量单位》(SI). 论文中物理计量单位用字母符号表示, 如 mg(毫克), m(米), h(小时)等. 科技名词术语用国内通用写法, 作者译的新名词术语, 文中第一次出现时需注明原文.

8. 文中各级标题采用 1, 1.1, 1.1.1 的形式, 左起顶格书写, 3 级以下标题可用(1), (2)……表示, 后缩 2 格书写.

9. 文中外文字母、符号应标明其大小写, 正斜体. 生物的拉丁学名为斜体. 缩略语首次出现时应给出中文全称, 括号内给出英文全称和缩略语.

10. 未公开发表资料不列入参考文献, 可在出现页以脚注表示. 文献按文中出现的先后次序编排. 常见文献书写格式为:

期刊: 作者(外文也要姓列名前). 论文名[J]. 期刊名, 年, 卷(期): 起页-止页.

图书: 作者. 书名[M]. 出版地: 出版社, 年. 起页-止页.

会议文集: 作者. 论文名[A]. 见(In): 编者. 文集名[C]. 出版地: 出版社(单位), 年. 起页-止页.

学位论文: 作者. 论文名[D]. 保存地: 保存单位, 年份.

报告: 作者. 论文名[R]. 出版地: 出版单位, 出版年.

专利: 专利所有者. 专利题名[P]. 专利国别: 专利号, 出版日期.

11. 来稿文责自负, 切勿一稿多投. 编辑对来稿可作文字上和编辑技术上的修改和删节. 在 3 个月内未收到本刊选用通知, 可来电询问.

12. 投稿请附作者单位详细地址, 邮编, 电话号码, 电子邮箱等. 编辑部邮政地址: 北京市 2871 信箱; 邮编: 100085; 电话: 010-62941102, 010-62849343; 传真: 010-62849343; E-mail: hjkx@rcees.ac.cn; 网址: www.hjkx.ac.cn

CONTENTS

Pollution Characteristics and Regional Transport of Atmospheric Particulate Matter in Beijing from October to November, 2016	ZHANG Han-yu, CHENG Shui-yuan, YAO Sen, <i>et al.</i> (1999)
Chemical Compositions, Mass Concentrations, and Emission Factors of Particulate Organic Matters Emitted from Catering	WANG Hong-li, JING Sheng-ao, QIAO Li-ping (2010)
Size Distributions of Aerosol During the Summer at the Summit of Mountain Taishan (1534 m) in Central East China	SHEN Li-juan, WANG Hong-lei, YIN Yan, <i>et al.</i> (2019)
Concentration Characteristics and Source Analysis of PM _{2.5} During Wintertime in Zhengzhou-Xinxiang	YAN Guang-xuan, ZHANG Pu-zhen, HUANG Hai-yan, <i>et al.</i> (2027)
Scenario Analysis of PM _{2.5} Concentration Targets and Milestones in China	HE Jin-yu, YAN Li, WANG Yan-chao, <i>et al.</i> (2036)
PM _{2.5} Emission Characteristics and Estimation of Emission Reduction Potential from Typical Industrial Sources in Anyang	DU Xiao-shen, YAN Li, HE Jin-yu, <i>et al.</i> (2043)
Emission Characteristics and List of Inorganic Elements in Fine Particles of Typical Industrial Kilns in Zhengzhou City	ZHAO Qing-yan, HAN Shi-jie, ZHANG Yi-shun, <i>et al.</i> (2052)
Composition and Atmospheric Reactivity of Ambient Volatile Organic Compounds(VOCs) in the Urban Area of Nanjing, China	QIAO Yue-zhen, CHEN Feng, ZHAO Qiu-yue, <i>et al.</i> (2062)
Formation Potential of Ozone and Secondary Organic Aerosol of VOCs from Fossil Fuel Combustion in Lanzhou City	LIU Zhen, ZHU Yu-fan, GUO Wen-kai, <i>et al.</i> (2069)
Inventory and Characteristics of Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOCs) for 12 Deciduous Fruit Trees	LI Shuang-jiang, YUAN Xiang-yang, LI Qi, <i>et al.</i> (2078)
Ion Concentrations and Their Spatial Variability in Underground Water and Surface Water in Typical Terrestrial Ecosystems in China	HUANG Li, ZHANG Xin-yu, YUAN Guo-fu, <i>et al.</i> (2086)
Status of Antibiotic Contamination and Ecological Risks Assessment of Several Typical Chinese Surface-Water Environments	LIU Xi, WANG Zhi, WANG Xue-lei, <i>et al.</i> (2094)
Distribution and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water Bodies in Seven Basins of China	FAN Bo, WANG Xiao-nan, HUANG Yun, <i>et al.</i> (2101)
Occurrence, Input, and Seasonal Variations of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in Rivers and Drain Outlets from the Dalian Coastal Area, China	CHEN Hong, HAN Jian-bo, ZHANG Can, <i>et al.</i> (2115)
Space-time Characteristics and Environmental Significance of Stable Isotopes in Precipitation at an Arid Inland River Basin	YUAN Rui-feng, LI Zong-xing, CAI Yu-qin, <i>et al.</i> (2122)
Regional Evolution and Control Factors of Karst Groundwater in Liulin Spring Catchment	HUNAG Qi-bo, QIN Xiao-qun, LIU Peng-yu, <i>et al.</i> (2132)
Major Ionic Characteristics and Controlling Factors of Karst Groundwater at Xiangshui, Chongzuo	ZHOU Jin-mei, JIANG Zhong-cheng, XU Guang-li, <i>et al.</i> (2143)
Analysis of Transport and Transformation Characteristics Between Dissolved Phosphorus and Particulate Phosphorus in Water of the Three Gorges Reservoir	QIN Yan-wen, HAN Chao-nan, ZHENG Bing-hui, <i>et al.</i> (2152)
Vertical Distribution Profiles and Release Potential of Mainstream Column Sediments in the Three Gorges Reservoir After Impoundment to 175 m	LI Rui, PAN Chan-juan, TANG Xian-qiang, <i>et al.</i> (2160)
Distribution Characteristics and Influencing Factors of Phosphorus in the Dongting Lake at Different Water Periods	LI Ying-jie, WANG Li-jing, LI Hong, <i>et al.</i> (2170)
Effects of Exogenous Carbon Addition on Equilibrium Phosphate Concentration and Risk of Phosphorus Release from Sediments in the Shiwuli River, Chaohu Lake Basin	LI Ru-zhong, BAO Qin, DAI Yuan (2178)
Spatial Distribution of Organic Phosphorus in Sediment and Its Environmental Implication in the Upper Stream of Minjiang River	XU Jian, YUAN Xu-yin, YE Hong-meng, <i>et al.</i> (2186)
Nitrogen and Phosphorus Removal by Integrated Ecological Engineering Treatment System in a Small Agricultural Watershed	JIANG Qian-wen, LIU Feng, PENG Ying-xiang, <i>et al.</i> (2194)
Spatial Distribution and Pollution Assessment of Heavy Metals in River Sediments from Lake Taihu Basin	ZHANG Jie, GUO Xi-ya, ZENG Ye, <i>et al.</i> (2202)
Temporal and Spatial Variation of Mercury in the Water of the Ruxi River Estuary, a Typical Tributary of the Three Gorges Reservoir Area	MA Wei-bin, CHEN Qiu-yu, YIN De-liang, <i>et al.</i> (2211)
Mercury Distribution Characteristics and Its Mass Balance in a Multifunctional Urban Wetland	LIU Wei-hao, WANG Yong-min, FAN Yu-fei, <i>et al.</i> (2219)
Distribution Characteristics of Mercury in Different Urban Constructed Wetlands	FAN Yu-fei, LIU Wei-hao, SUN Tao, <i>et al.</i> (2226)
Effects of Microplastics on Antibiotic Resistance Genes in Estuarine Sediments	HUANG Fu-yi, YANG Kai, ZHANG Zi-xing, <i>et al.</i> (2234)
Comparison and Source Apportionment of PAHs Pollution of Runoff from Roads in Suburb and Urban Areas of Shanghai	WU Jie, XIONG Li-jun, WU Jian, <i>et al.</i> (2240)
Characteristics of Phytoplankton Community and Its Relationship with Environmental Factors in Different Regions of Yilong Lake, Yunnan Province, China	WANG Zhen-fang, ZHANG Wei, YANG Li, <i>et al.</i> (2249)
Algal Bloom and Mechanism of Hypoxia in the Metalimnion of the Lijiahe Reservoir During Thermal Stratification	LIU Xue-qing, HUANG Ting-lin, LI Nan, <i>et al.</i> (2258)
Allelopathic Effects and Allelochemicals of <i>Myriophyllum elatinoide</i> s on <i>Microcystis aeruginosa</i> and <i>Selenastrum capricornutum</i>	BI Ye-liang, WU Shi-min, ZHOU Si-ning, <i>et al.</i> (2265)
Removal Efficiency of Trichloroacetamide by UV/Sodium Sulfite	FU Zhi-xuan, GUO Ying-qing, CHU Wen-hai (2271)
Influencing Factors and Transformation Mechanism of Venlafaxine Degradation by UV	LÜ Juan, XU Zhi-wei, WANG Yan (2278)
Mechanism of Synergistic Adsorption of Arsenic and Cadmium by Aluminium-substituted Ferrihydrites	HUANG Bo, GUO Zhao-hui, XIAO Xi-yuan, <i>et al.</i> (2287)
Fluoride Removal Efficiency of Novel Material: Magnetite Core/Zirconia Shell Nanocomposite	FANG Wen-can, LI Xiao-di, FANG Jing, <i>et al.</i> (2295)
Impact Mechanisms of Carboxyl Group Modified Cathode on Acetate Production in Microbial Electrosynthesis Systems	QI Jia-xin, ZENG Cui-ping, LUO Hai-ping, <i>et al.</i> (2302)
Partial Nitrification and Denitrification of Low C/N Ratio Sewage Based on Zoning Oxygen and Dissolved Oxygen Control	WU Chun-lei, RONG Yi, LIU Xiao-peng, <i>et al.</i> (2310)
Start-up Performance of Low-substrate Anaerobic Ammonium Oxidation Under Different COD Concentrations	MA Yan-hong, ZHAO Zhi-chao, AN Fang-jiao, <i>et al.</i> (2317)
Partial Nitrification Fast Start-up and Stable Performance of 15°C SBBR	SUN Yi-qi, BIAN Wei, LI Jun, <i>et al.</i> (2326)
Effects of Long-term Poly-P Deficiency on the Metabolic Properties of <i>Accumulibacter</i> in AO-SBR System	WANG Shao-po, LI Zhu, ZHAO Le-dan, <i>et al.</i> (2333)
Extracellular Polymeric Substances of ANAMMOX Granular Sludge and Its Effects on Sludge Surface Characteristics	YANG Ming-ming, LIU Zi-han, ZHOU Yang, <i>et al.</i> (2341)
Treatment of Piggery Biogas Slurry by Enhanced Biological Contact Oxidation with HN-AD Bacteria	LIU Xiang-yang, ZHANG Qian, WU Heng, <i>et al.</i> (2349)
Effect of Different Temperatures on the Performance of Autotrophic Nitrogen Removal and Microbial Community from Swine Wastewater	HUANG Fang-yu, DENG Liang-wei, YANG Hong-nan, <i>et al.</i> (2357)
Characteristics and Regional Heterogeneity of Eukaryotic Microbial Community in Wastewater Treatment Plants	QIN Wen-tao, ZHANG Bing, SUN Chen-xiang, <i>et al.</i> (2368)
Effects of Wetland Reclamation on Soil Microbial Community Structure in the Sanjiang Plain	WANG Na, GAO Jie, WEI Jing, <i>et al.</i> (2375)
Distribution Pattern and Diversity Maintenance Mechanisms of Fungal Community in Subalpine Lakes	LIU Jin-xian, LI Cui, LUO Zheng-ming, <i>et al.</i> (2382)
Influence of Biochar Amendment on Soil Denitrifying Microorganisms in Double Rice Cropping System	LIU Jie-yun, QIU Hu-sen, WANG Cong, <i>et al.</i> (2394)
Effects of Plastic Film Mulching and Nitrogen Fertilizer Application on CH ₄ Emissions from a Vegetable Field	NI Xue, JIANG Chang-sheng, CHEN Shi-jie, <i>et al.</i> (2404)
Effects of Water Deficit on Greenhouse Gas Emission in Wheat Field in Different Periods	WANG Xiao-yun, CAI Huan-jie, LI Liang, <i>et al.</i> (2413)
Effects of Different Fertilization Modes on Greenhouse Gas Emission Characteristics of Paddy Fields in Hot Areas	TIAN Wei, WU Yan-zheng, TANG Shui-rong, <i>et al.</i> (2426)
Effects of Cyclical Temperature Fluctuations on Organic Carbon Mineralization in Purple Soil	ZENG Man-man, CI En, FAN Jing-jing, <i>et al.</i> (2435)
Cd Content Characteristics and Ecological Risk Assessment of Paddy Soil in High Cadmium Anomaly Area of Guangxi	SONG Bo, WANG Fo-peng, ZHOU Lang, <i>et al.</i> (2443)
Remediation Potential of <i>Ageratum conyzoides</i> L. on Cadmium Contaminated Farmland	ZHANG Yun-xia, SONG Bo, BIN Juan, <i>et al.</i> (2453)
Evaluation of the Potential Agricultural Risks of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contaminated Soil by Planting <i>Lactuca sativa</i> L.	JIAO Hai-hua, GUO Jia-jia, ZHANG Jing-min, <i>et al.</i> (2460)
Impacts of Land Use and Landscape Patterns on Heavy Metal Accumulation in Soil	SHU Xin, LI Yan, LI Feng, <i>et al.</i> (2471)
Pollution Characteristics and Evaluation of Heavy Metal Pollution in Surface Soil Around a Municipal Solid Waste Incineration Power Plant	LÜ Zhan-lu, ZHANG Jin-liang, LU Shao-you, <i>et al.</i> (2483)