

# 兰州市冬季机动车限行对环境空气质量影响的效果评价\*

唐代茂 任欢欢 张书浩 王鹏飞 高银燕 甘婷 刘兴荣\*

(兰州大学公共卫生学院,甘肃 兰州 730000)

**摘要** 通过观察2014—2016年兰州市环境空气质量变化,特别分析了2016年冬季机动车单双号限行政策对兰州市环境空气质量的影响,初步评价兰州市机动车限行政策效果。结果表明:2014—2016年冬季限行期(11月20日至12月26日)PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO年均值均呈现逐年上升趋势;2016年冬季限行期PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>日均值和O<sub>3</sub> 8 h均值没有明显改善,分时段单双号限行期PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>日均值较全天单双号限行期有所升高,冬季单双号限行政策效果有限;气象条件、地理类型、人为活动对兰州市空气质量影响较大。

**关键词** 兰州市 机动车限行 效果 影响因素

DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2019.05.014

**Evaluation of the motor vehicle restriction policy in winter on the air quality in Lanzhou, China** TANG Daimao, REN Huanhuan, ZHANG Shuhao, WANG Pengfei, GAO Yinyan, GAN Ting, LIU Xingrong. (School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou Gansu 730000)

**Abstract:** The study aimed to understand the variation trend of ambient air quality in Lanzhou during 2014-2016, especially the impact of the motor vehicle restriction policy in winter 2016 to preliminarily evaluate the motor vehicle restriction in Lanzhou. The results showed that the means of concentration of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and CO presented an upward trend in the period of the traffic restrictions based on even- and odd-numbered license plates (November 20th - December 26th) during 2014-2016. The change of daily concentration of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> and the concentration of O<sub>3</sub>-8 h was not obviously changed in the period of the traffic restriction based on even- and odd-numbered license plates in winter 2016. The daily concentration of PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> in the period of the traffic restriction based on even- and odd-numbered license plates from 7:00 to 20:00 increased compared with that from 0:00 to 24:00. The effect of the motor vehicle restriction in winter 2016 in Lanzhou was limited. Meteorological conditions, geographical types and human activities had a greater impact on air quality in Lanzhou.

**Keywords:** Lanzhou; the motor vehicle restriction policy; effect; influence factors

近年来,随着城市大气污染治理力度加大,越来越多的城市将机动车限行措施作为常态化大气污染治理手段频繁使用<sup>[1-2]</sup>。墨西哥城、圣保罗、北京等城市实施了不同形式的限行政策,均发现限行政策在短期内对空气质量改善有一定效果,长期效应不明显<sup>[3-8]</sup>。限行政策实施后,部分车主会购置第二辆车或选择在非限行时段出行等方式抵消其效果<sup>[9]</sup>。因此,机动车限行能否显著改善城市大气质量或反而刺激机动车购买导致更加严重的城市交通拥堵和大气污染?对这一问题迄今尚有很多争论。

兰州市曾为中国冬季大气污染较严重的城市之一<sup>[10-12]</sup>,在2010年9月开始实施机动车限行措施,即全年实施机动车尾号限行,在采暖期根据城市大

气污染的严重程度,适时停止尾号限行措施,启动机动车单双号限行措施<sup>[13]</sup>,该模式的机动车限行政策在兰州市已持续实施6年。

2016年冬季,兰州市受到3次冬季输入性沙尘及本地扬尘等综合影响,曾出现连续19 d中、重度污染天气,兰州市先后采取了机动车尾号限行、全天单双号限行、分时段单双号限行等多种模式的限行措施应对大气污染。本研究以此为案例,结合2014—2016年同期限行模式和空气质量,评价兰州市机动车限行政策对环境空气质量的影响效果,结合兰州市市情进行深入分析,为优化机动车限行措施,兼顾民生与环保需要,科学制定大气污染治理措施提供依据。

第一作者:唐代茂,女,1994年生,硕士研究生,研究方向为环境政策效果评价。\*通讯作者。

\*兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(No.lzujbky-2017-it32)。

表1 兰州市2014—2016年本地机动车运行数据  
Table 1 The operation data of local motor vehicles during 2014-2016 in Lanzhou

| 时间      | 限行模式  | 限行比例/% | 保有量/万辆 | 运行数量/(万辆·d <sup>-1</sup> ) |
|---------|-------|--------|--------|----------------------------|
| 2014年   | 尾号限行  | 20     | 61.48  | 49.184                     |
| 2015年   | 尾号限行  | 20     | 80.46  | 64.368                     |
| 2016年   | 尾号限行  | 20     | 89.88  | 71.904                     |
| 2016年冬季 | 单双号限行 | 50     | 89.88  | 44.940                     |

## 1 资料来源

2014—2016年兰州市空气质量数据来自原环境保护部和中国空气质量在线监测分析平台,包括空气质量指数(AQI)、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO日均值和O<sub>3</sub> 8 h均值及每日首要污染物。气象数据来自天气后报网站。年度机动车保有量来自地方年鉴和机动车管理部门。

## 2 限行时段和模式

为便于分析2016年兰州市冬季机动车单双号限行下空气质量变化,研究将2016年冬季单双号限行前后分为3个时段,即冬季限行前期(尾号限行期,2016年10月14日至11月19日)、中期(单双号限行期包括全天单双号限行期2016年11月20日至12月2日、分时段单双号限行期2016年12月3—26日)、后期(恢复尾号限行期,2016年12月27日至2017年2月1日)。

兰州市现有5个空气质量监测点,具体位于城关区生物制品所、城关区铁路设计院、七里河区职工医院、西固区兰炼宾馆、榆中兰大校区。其中,城关区、七里河区为兰州市主城区的主要居民场所,较多企业工厂位于西固区,榆中兰大校区远离主城区,受主城区影响较小。2014—2016年兰州市机动车尾号限行区域覆盖城关区、七里河区。2016年兰州市冬季机动车单双号限行区域覆盖城关区、七里河区、西固区、安宁区,限行范围扩大。

## 3 结果与讨论

### 3.1 2014—2016年机动车保有量变化情况

兰州市2014—2016年本地机动车运行数据如表1所示。2014—2016年兰州市民用机动车保有量逐年上升,分别比上年末增长21.16%、30.87%、11.71%。粗略估算兰州市2014—2016年尾号限行期本地机动车运行数量均呈上升趋势。2016年冬季单双号限行期理论上本地机动车运行数量与2015年相比少19.428万辆/d,与2016年尾号限行期相比少26.964万辆/d。

• 568 •

### 3.2 2014—2016年环境空气质量分析

如图1所示,兰州市2014—2016年环境空气质量总体呈现出非采暖期(4—10月)优于采暖期(11月至次年3月),每年6—9月波动不大。2016年11—12月,AQI均值均高于2014、2015年同期。结合2014—2016年11—12月气象条件,11—12月风力风向均以≤3级的无持续风向为主,气温相差不大,各出现4、8、2次雨雪天气,2016年11月出现3次浮尘天气,加之兰州市“两山夹一川”的地理条件,导致了2016年11—12月AQI均值较高。

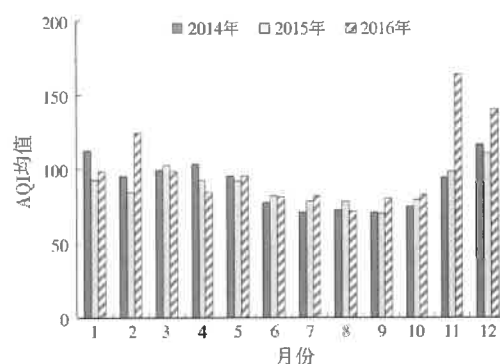


图1 兰州市2014—2016年月AQI均值变化  
Fig.1 The monthly mean AQI variation during 2014-2016 in Lanzhou

由表2可见,总体上,兰州市2014—2016年各季度首要污染物以PM<sub>10</sub>或PM<sub>2.5</sub>为主;夏秋两季以O<sub>3</sub>为首要污染物的天数逐年增加,季节对O<sub>3</sub>浓度影响较大;2016年冬季在尾号限行加上单双号限行措施下,以NO<sub>2</sub>为首要污染物的天数较2016年春夏秋3季变化不明显。兰州市属典型的河谷盆地类型,冬季静风频率高,逆温现象严重,污染物扩散状况差,工业污染、生活污染、面源污染、机动车尾气和输入性沙尘等是主要大气污染来源,造成每年12月前后AQI均值高峰及每年各季度PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度增高<sup>[14-16]</sup>。甘肃省NO<sub>2</sub>排放源主要来自煤炭化石燃料燃烧和工业排放<sup>[17]</sup>,兰州市近年来实施的大气污染治理措施及在2016年冬季单双号限行期间要求市内燃煤电厂发挥脱硫脱硝除尘设施的最大减排潜力、禁止在兰州市近郊四区使用不合环保要求的煤炭、部分工业企业停产等,但以NO<sub>2</sub>为首要污染

物的天数变化不明显。

表2 兰州市2014—2016年各季度首要污染物时间汇总  
Table 2 The summary of primary pollutants every season during 2014-2016 in Lanzhou

| 首要污染物                               | 年份   | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 |
|-------------------------------------|------|----|----|----|----|
| NO <sub>2</sub>                     | 2014 | 3  | 10 | 7  | 6  |
|                                     | 2015 | 8  | 7  | 10 | 14 |
|                                     | 2016 | 15 | 10 | 11 | 9  |
| NO <sub>2</sub> 、PM <sub>10</sub>   | 2014 | 1  | 0  | 1  | 0  |
|                                     | 2015 | 1  | 0  | 2  | 0  |
|                                     | 2016 | 2  | 1  | 1  | 0  |
| NO <sub>2</sub> 、PM <sub>2.5</sub>  | 2014 | 0  | 0  | 0  | 1  |
|                                     | 2015 | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                                     | 2016 | 1  | 0  | 0  | 0  |
| PM <sub>10</sub>                    | 2014 | 46 | 61 | 63 | 35 |
|                                     | 2015 | 54 | 60 | 44 | 38 |
|                                     | 2016 | 45 | 48 | 32 | 59 |
| PM <sub>2.5</sub>                   | 2014 | 38 | 13 | 12 | 42 |
|                                     | 2015 | 26 | 0  | 9  | 35 |
|                                     | 2016 | 23 | 1  | 0  | 23 |
| PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> | 2014 | 1  | 2  | 2  | 1  |
|                                     | 2015 | 0  | 0  | 0  | 2  |
|                                     | 2016 | 2  | 1  | 0  | 0  |
| O <sub>3</sub>                      | 2014 | 0  | 2  | 1  | 0  |
|                                     | 2015 | 0  | 20 | 20 | 0  |
|                                     | 2016 | 0  | 28 | 41 | 0  |
| NO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub>     | 2014 | 0  | 1  | 0  | 0  |
|                                     | 2015 | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                                     | 2016 | 1  | 0  | 0  | 0  |
| PM <sub>10</sub> 、O <sub>3</sub>    | 2014 | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                                     | 2015 | 0  | 1  | 3  | 0  |
|                                     | 2016 | 0  | 0  | 1  | 1  |
| CO                                  | 2014 | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                                     | 2015 | 0  | 0  | 0  | 1  |
|                                     | 2016 | 0  | 0  | 0  | 0  |

如图2所示,2014年PM<sub>2.5</sub>年均值高于2015、2016年;2016年PM<sub>10</sub>年均值高于2014、2015年;SO<sub>2</sub>年均值逐年下降;NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>年均值逐年上升;CO年均值变化不明显。根据2014—2016年兰州市本地机动车运行数量、AQI均值和PM<sub>2.5</sub>等污染物年均值的比较,结合3年间首要污染物综合分析,兰州市2014—2016年PM<sub>2.5</sub>等污染物浓度变化,不仅与当年机动车限行政策有关,还受气象条件的影响。

### 3.3 2014—2016年冬季限行期空气质量分析

如图3所示,2014—2016年冬季限行期(11月20日至12月26日)PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO年均值均呈现逐年上升趋势;2016年冬季限行期O<sub>3</sub>年均值高于2014、2015年同期。2014—2016年冬季限行期风力风向以≤3级的无持续性风向为

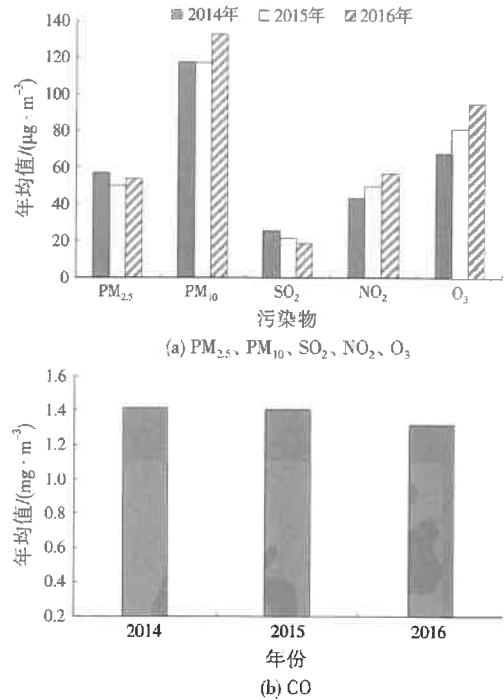


图2 兰州市2014—2016年6种污染物年均值变化  
Fig.2 The annual mean concentration variation of six air pollutants during 2014-2016 in Lanzhou

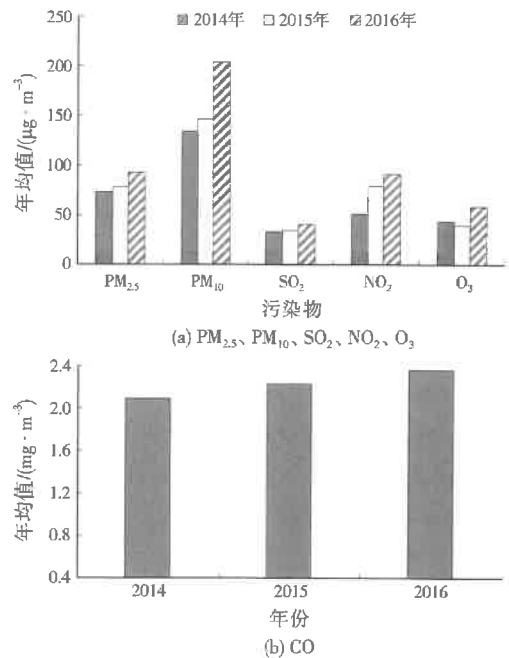


图3 2014—2016年冬季限行期污染物年均值变化  
Fig.3 The annual mean concentration of six air pollutants in winter restriction period during 2014-2016

主,分别为33、36、34 d,均以晴、多云天气为主,出现雨雪天气次数分别为3、4、1次,2016年在此期间出现1次浮尘天气,且在2016年冬季限行期间本地机动车运行数量理论上低于2014、2015年同期,甚至比2015年同期减少近20万辆。近年来,兰州市

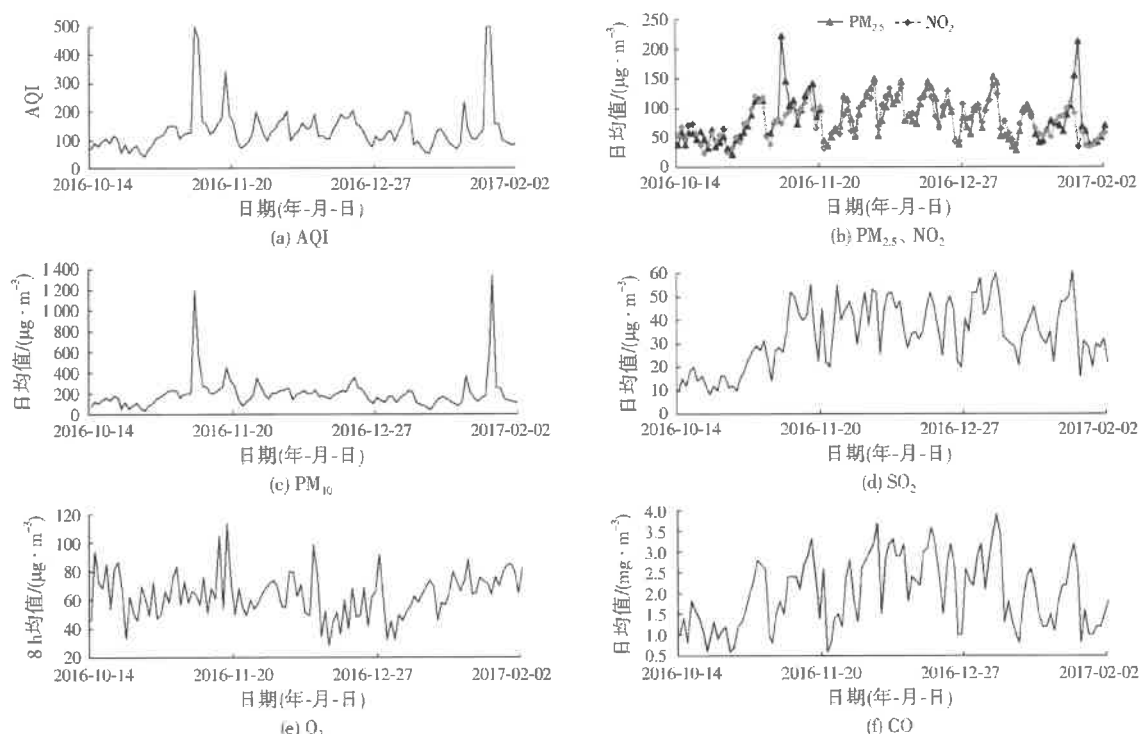


图4 兰州市2016年冬季机动车限行前后AQI和6种污染物质量浓度变化  
Fig.4 The means' variation of AQI and the concentration of six pollutants before and after the motor vehicle restriction in winter 2016

冬季大气污染综合治理措施越发严格,有研究已证明机动车尾气排放的减少对短期内 $NO_2$ 等污染物浓度的降低具有积极作用<sup>[18-19]</sup>,表明大气污染物浓度的变化与城市汽车保有量及本地机动车运行数量、当时气象条件等有关。

### 3.4 2016年冬季单双号限行前后环境空气质量分析

如图4所示,冬季限行前后AQI、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 日均值变化较明显,前期出现了AQI、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 日均值高峰值;中期AQI变化趋势较前、后期平缓;但去除两次高峰后,中期 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 日均值变化趋势较前期没有明显下降;AQI、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 日均值在后期均出现了一次高峰值。前期 $SO_2$ 日均值低于中、后期。冬季单双号限行前后 $PM_{2.5}$ 与 $NO_2$ 日均值变化趋势较一致。中期 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、 $NO_2$ 、CO日均值和 $O_3$  8 h均值较前期、后期没有出现明显改善。全天单双号限行期AQI、 $PM_{10}$ 、 $SO_2$ 、CO日均值和 $O_3$  8 h均值较分时段单双号限行期变化不明显;分时段单双号限行期较全天单双号限行期 $PM_{2.5}$ 、 $NO_2$ 日均值上升。

冬季单双号限行前后以 $\leq 3$ 级的无持续风向(分别为34、34、37 d)和晴朗、多云天气为主,但尾号限行期因输入性沙尘、本地扬尘和焚烧等因素的影

响,导致了AQI、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 日均值高峰值。在单双号限行期, $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、 $NO_2$ 日均值和 $O_3$  8 h均值未出现明显下降,可以初步看出此次单双号限行效果有限,这与曹静等<sup>[20]</sup>采用断点回归方法分析北京奥运会之后实行的限行政策对 $PM_{10}$ 、 $NO_2$ 、 $SO_2$ 的影响后认为尾号限行收效甚微的结论相符。2017年1月27日左右,正值我国农历春节期间,烟花爆竹量增加,因此出现了恢复尾号限行期后AQI、 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 日均值高峰值。

分时段单双号限行期 $PM_{2.5}$ 、 $NO_2$ 日均值较全天单双号限行期有所升高,但限行中期较前、后期没有出现明显下降,全天和分时段单双号限行期气象条件均是以 $\leq 3$ 级的无持续风向(分别为11、23 d)和晴、多云天气为主,且限行前、后期理论上本地机动车运行数量比全天单双号限行期多约27万辆,但全天单双号限行期 $PM_{2.5}$ 、 $NO_2$ 日均值未明显降低,说明全天单双号限行对改善 $PM_{2.5}$ 、 $NO_2$ 日均值的作用有限。

## 4 结论

(1) 兰州市在此次冬季限行期间执行了更严格的周边企业管理和单双号限行措施的基础上, $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、 $NO_2$ 日均值和 $O_3$  8 h均值没有明显改

善,表明此次冬季单双号限行政策效果有限。

(2) 分时段单双号限行期  $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{NO}_2$  日均值较全天单双号限行期有所升高,但全天单双号限行效果有限。

(3) 气象条件、地理类型、人为活动对兰州市空气质量影响较大。

#### 参考文献:

- [1] 龚志文,刘太刚.北京市机动车单双号限行政策可否常态化?——基于公共利益视角的分析[J].行政科学论坛,2016(4):37-44.
- [2] 刘武俊.单双号限行常态化须经立法取得最大公约数——限行措施升级得由人大立法说了算[J].人大研究,2016(4):42-45.
- [3] DAVIS L W. Saturday driving restrictions fail to improve air quality in Mexico City[J]. Scientific Reports, 2017(7):1-9.
- [4] SALAS C H. Evaluating public policies with high frequency data: evidence for driving restrictions in Mexico City revisited [D]. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010.
- [5] 向何龙. 机动车辆限行政策分析——以北京市为例[J]. 商, 2016(4):255.
- [6] GALLEGO F, MONTERO J P, SALAS C. The effect of transport policies on car use: evidence from Latin American cities [J]. Journal of Public Economics, 2013, 107(2):47-62.
- [7] SUN C, ZHENG S, WANG R. Restricting driving for better traffic and clearer skies: did it work in Beijing? [J]. Transport Policy, 2014, 32(1):34-41.
- [8] WANG R. Shaping urban transport policies in China: will copying foreign policies work? [J]. Transport Policy, 2010, 17(3):147-152.
- [9] 高浩然,陈瀚,李沁鲜.基于层次分析法的小汽车尾号限行政策评价[J].公路与汽运,2011(5):39-41.
- [10] 孙文杰,刘明,尹勤,等.近十几年兰州空气污染变化及治理建议[J].甘肃科技纵横,2016,45(10):8-13.
- [11] 白芳铭,张松林.兰州生态城市建设对策探讨[J].安徽农业科学,2007,35(3):846-847.
- [12] 刘瑾.兰州市环境空气质量评价方法浅析[J].环境研究与监测,2015,28(2):60-64.
- [13] 陈志刚.兰州机动车按车牌尾号限行[N].人民公安报,2010-09-19(001).
- [14] 羊德容,王洪新,兰岚,等.兰州市能源改造前后大气污染对人体健康经济损失评估[J].环境工程,2013,31(1):112-116.
- [15] 郭立磊,董晓峰,于琳荣.基于RS·GIS的兰州盆地LUCC分析[J].安徽农业科学,2010,38(33):19229-19233,19236.
- [16] 王莉霞,李建刚,赵炬.兰州市气候变化与大气污染关系研究[J].天水师范学院学报,2015,35(5):8-11.
- [17] 李兵.基于卫星遥感数据的甘肃省对流层  $\text{NO}_2$  时空分布特征研究[D].兰州:西北师范大学,2016.
- [18] CAI H, XIE X D. Traffic-related air pollution modeling during the 2008 Beijing Olympic Games: the effects of an odd-even day traffic restriction scheme[J]. Science of the Total Environment, 2011, 409(10):1935-1948.
- [19] XIE X Y, TOU X D, ZHANG L. Effect analysis of air pollution control in Beijing based on an odd-and-even license plate model[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 142:936-945.
- [20] 曹静,王鑫,钟寒寒.限行政策是否改善了北京市的空气质量?

[J]. 经济学(季刊), 2014, 13(3):1091-1126.

编辑:黄苇 (收稿日期:2018-09-27)

(上接第 550 页)

(2) 与单独使用生态浮岛组件的 G1 组相比,与活性炭纤维、曝气进行自由组合得到“生态浮岛+”可不同程度的缩短水体修复进程所需时间,特别是带有曝气组件的处理组效果更佳明显,基于生态浮岛+活性炭纤维+曝气的“生态浮岛+”全组合装置可使水质达标时间减少一半左右。

(3) “生态浮岛+”利用颗粒物沉降、植物吸收、微生物降解以及活性炭纤维吸附等协同作用净化水质,可通过调整曝气量及活性炭纤维长度以适应不同水质、水深的水体。相较传统单一的生态浮岛系统,“生态浮岛+”在工程实例中可用范围更广,适应性更强。

#### 参考文献:

- [1] 王金丽,颜秀勤,宁冰,等.浮岛植物净化水质效果研究[J].环境科学与技术,2011,34(10):14-18.
- [2] 吕家展,张顺涛,李葱碧,等.生态浮岛种植水生植物水质改善效果评价[J].环境科学与技术,2017,40(增刊1):191-195.
- [3] CHANG Y, KU C, LU H. Effects of aquatic ecological indicators of sustainable green energy landscape facilities[J]. Ecological Engineering, 2014, 71:144-153.
- [4] 徐玉良,张剑刚,蔡聪,等.昆山市凌家浜黑臭水体生物治理与生态修复[J].中国给水排水,2015,31(12):76-81.
- [5] 沙昊雷,章黎芳,陈金媛.常州市白荡浜黑臭水体生态治理与景观修复[J].中国给水排水,2012,28(14):74-78.
- [6] DING X, XUE Y, ZHAO Y, et al. Effects of different covering systems and carbon nitrogen ratios on nitrogen removal in surface flow constructed wetlands[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 172:541-551.
- [7] 吴湘,叶金云,杨肖娥,等.生态浮岛植物在富营养化养殖水体中去磷途径的初步分析[J].水产学报,2011,35(6):905-910.
- [8] ZHANG C B, LIU W L, PAN X C, et al. Comparison of effects of plant and biofilm bacterial community parameters on removal performances of pollutants in floating island systems[J]. Ecological Engineering, 2014, 73:58-63.
- [9] 李淑英,周元清,胡承,等.水生植物组合后根际微生物及水净化研究[J].环境科学与技术,2010,33(3):148-153.
- [10] 孟洁,李兰,陈攀.活性碳纤维在石化废水处理中的应用研究[J].中国农村水利水电,2015(5):81-84.
- [11] 梁益聪,胡湛波,涂玮灵,等.碳素纤维生态基技术对城市黑臭水体的修复效果[J].环境工程学报,2015,9(2):603-608.
- [12] 马兆昆,刘杰.碳纤维表面特性对兼性及厌氧微生物固着的影响[J].材料研究学报,2004,18(1):60-65.
- [13] 李楠,王秀蓓,亢涵,等.pH对低温除磷微生物种群与聚磷菌代谢的影响[J].环境科学与技术,2013,36(3):9-11.
- [14] 黎秋华,李平,朱萍萍,等.SBR工艺中pH值与DO对硝化过程中  $\text{N}_2\text{O}$  释放的影响[J].水处理技术,2008,34(4):52-55.

编辑:丁怀 (收稿日期:2018-03-19)