

10.13358/j.issn.1008-813x.2019.1028.02

# 株洲市 2013—2018 年空气质量时空分布特征

胡 希

(湖南省株洲市环境监测中心站, 湖南 株洲 412000)

**摘 要:** 利用 2013—2018 年株洲市空气自动监测站点  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、 $O_3$ 、 $SO_2$ 、 $NO_2$  和  $CO$  的逐日监测数据, 分析该地区近 6 a 空气质量的时空变化特征。研究发现: 株洲市空气质量整体显著性提高, 2018 年达标率达到 78.9%, 重污染日天数逐年降低且持续时间缩短。 $O_3$  污染问题日益突出, 尤其是 5 月—10 月易发生超标。空气质量空间差异明显, 郊区达标率较高, 工业区和市中心达标率相对较低。污染物超标情况区域特征明显, 工业区  $SO_2$  和  $NO_2$  超标天数相对较多, 市中心  $O_3$  超标日明显多于其他区域。

**关键词:** 空气质量; 时间变化; 空间分布;  $PM_{2.5}$ ;  $O_3$

中图分类号: X831

文献标识码: A

文章编号: 1008-813X(2019)06-0086-05

## Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Air Quality in Zhuzhou City from 2013 to 2018

Hu Xi

(Zhuzhou Ecological Environment Monitoring Center of Hunan Province, Zhuzhou Hunan 412000, China)

**Abstract:** The daily dates of  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  and  $CO$  at environmental monitoring stations from 2013 to 2018 were applied to investigate the variation characteristics of temporal and spatial distribution of Zhuzhou City. The result showed the air quality of Zhuzhou City has been significantly improved, with the compliance rate of 78.9% in 2018. The days of severe pollution decreased yearly and the duration was shortened. The  $O_3$  pollution was increasingly prominent, especially during May and October. The spatial differences of air quality were obvious. The compliance rate was high near suburbs, and relatively low in industrial areas and downtown areas. The regional characteristics of pollutants exceeding the standard were obvious. The number of days exceeding the prescribed limit for  $SO_2$  and  $NO_2$  in industrial areas was relatively high, and the days of  $O_3$  exceeding the prescribed limit in the downtown area were significantly more than other areas.

**Key words:** air quality, temporal variation, spatial distribution,  $PM_{2.5}$ ,  $O_3$

我国城市化、工业化快速推进, 局部资源和能源消耗大幅增加致使灰霾天气、光化学污染等大气污染问题日益凸显<sup>[1-4]</sup>。有大量的学者对我国

的空气质量状况进行了研究分析<sup>[5-8]</sup>。王莉莉等<sup>[5]</sup>发现持续的静稳天气、区域污染物传输和本地污染源叠加是产生持续重污染天气的原因。郭家瑜

收稿日期: 2019-10-28

作者简介: 胡希(1986-), 女, 湖南常德人, 毕业于中南大学应用化学专业, 硕士, 助理研究员, 主要从事环境监测方面的研究工作。

等<sup>[7]</sup>对北京 2015 年空气质量进行了研究,发现重污染天气主要发生在秋冬季,且污染严重,持续时间长,颗粒物浓度城区高于郊区,夜间明显高于白天。针对中部地区城市空气污染状况的研究也不少<sup>[9-13]</sup>。王红磊等<sup>[9]</sup>对武汉在三类不同大气污染过程下的污染特征进行分析,发现沙尘天气主要以 PM<sub>10</sub> 污染为主,PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 为 0.29;霾过程以 PM<sub>2.5</sub> 污染为主,PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 为 0.904;而秸秆燃烧过程中大气污染物浓度均不同程度的增加。李婷婷等<sup>[10]</sup>对以武汉、长沙、南昌等 6 个城市为代表的中三角城市群空气质量进行了研究,发现武汉、长沙和常德为污染较重的 3 个城市,且国内 4 个大城市群的大气污染程度排序为京津冀>中三角>长三角>珠三角,提出应加大对中三角城市大气污染成因及控制的研究。

2012 年环保部发布了新版《环境空气质量标准》,2013 年发布了《环境空气质量评价技术规范(试行)》将空气质量评价指标由 API 改为 AQI,评价项目由 3 项增至 6 项。株洲市位于长株潭城市群中心区,在新的标准和评价体系下,从新的角度重新审视当地空气质量状况、分布和变化规律,为城市群空气污染治理提供新的数据支持是非常有必要的。本研究以株洲市 2013—2018 年 6 项污染物监测数据为对象,采用新的评价体系分析讨论株洲市整体空气质量状况、时间变化和空间分布特征及重点污染物,为地区大气污染防治和产业布局提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

株洲市位于罗霄山脉西麓、南岭山脉至江汉平原的倾斜地段,市域总体地势呈东南高、西北低。气候属亚热带季风性湿润气候,四季分明。全市共有 7 个国家控制环境空气质量自动监测站点(大京风景区为对照点,不参与城市空气质量评价),具体情况见表 1。

1.2 数据来源

本研究所采用的污染物浓度数据均来自于株洲市空气质量自动监测网络。所有仪器均按照国家相关规定进行校准。

2 结果与讨论

2.1 空气质量的时间变化特征

2.1.1 年际变化

2013—2018 年株洲市空气质量达标率整体呈上升趋势,由 57.3%增加至 78.9%,平均每年提高 3.6 个百分点,空气质量逐年好转。

表 1 研究区域概况

测点	区域	研究区概况
1	株冶医院	工业区,靠近清水塘工业园,附近污染产业较多。
2	市监测站	混合区,周边以居住、商业为主,公园、教育等公共配套设施较完备,道路密度较高。
3	火车站	交通区,靠近市中心,周边以商业为主,道路密度高,人口集中,绿地覆盖较少。
4	市四中	混合区,周边以居住、教育为主,人口密度适中。
5	天台山庄	文教区,附近以行政办公、商业等为主,车流量较大,绿地覆盖率较少。
6	云田中学	文教区,周边污染产业少,人口密度小,绿地覆盖率高。
7	大京风景区	对照点,远离城区,周边产业少,人口密度小,绿地覆盖率高。

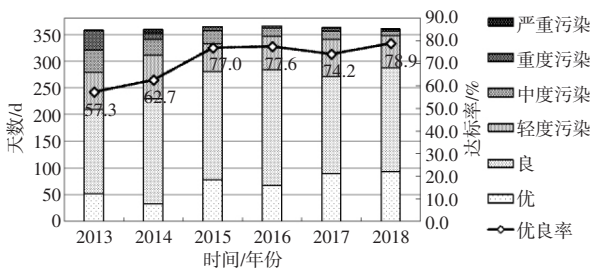


图 1 株洲市 2013—2018 年空气质量级别分布

表 2 整理了 2013—2018 年空气质量为重度及以上污染天数情况:株洲市重度及以上污染天数逐年减少,2015 年和 2016 年甚至没有出现严重污染天气。除 2016 年外,其余 5 a 均出现了不同程度的持续重污染天气,其中 2013 年和 2014 年分别出现了连续 8 d 和 7 d 的重污染过程,之后持续重污染天气时长和出现次数均下降。重度及以上污染天气主要集中在冬季 12 月和 1 月,占重污染天数 70%以上,4 月—9 月没有出现一次大气重污染过程。在全部重污染天气中,首要污染物均为 PM<sub>2.5</sub>,表明 PM<sub>2.5</sub> 仍是当前影响株洲市空气质量的主要污染物,尤其是在冬季,仍需采取有力措施控制 PM<sub>2.5</sub><sup>[13]</sup>。

表 2 重度及以上污染天数统计结果

年份	重度及以上污染天数/d	严重污染天数/d	持续重度(严重)污染 2 d 以上/次	首要污染物	重度及以上污染天气分布/d					
					1月	2月	3月	10月	11月	12月
2013	38	2	9	PM <sub>2.5</sub>	16	1	2	8	2	9
2014	19	8	5	PM <sub>2.5</sub>	14	1	0	0	2	2
2015	7	0	1	PM <sub>2.5</sub>	5	1	0	0	0	1
2016	4	0	0	PM <sub>2.5</sub>	2	1	0	0	0	1
2017	7	1	2	PM <sub>2.5</sub>	5	1	1	0	0	0
2018	5	1	2	PM <sub>2.5</sub>	2	1	0	0	0	2

### 2.1.2 逐月变化

株洲市 2013—2018 年逐月空气质量达标率变化趋势见图 2。从图 2 可见, 达标率呈现中间高、两端低的特征。其中 6 月—8 月(夏季) 年平均达标率在 90% 以上; 在 10 月易出现一个小低谷, 达标率最低出现在 12 月或 1 月(冬季), 尤其是 1 月空气污染频率更高, 每 10 d 中 8 d 空气质量不达标。这与大多数城市空气质量季节变化规律类似, 气候因素是主要成因。冬季冷空气更为活跃, 且冬季地面热量更易向高空扩散, 产生逆温层的次数比夏季多, 强度比夏季更强, 且冬季平均风速小于夏季, 因此冬季污染更为严重<sup>[14]</sup>。

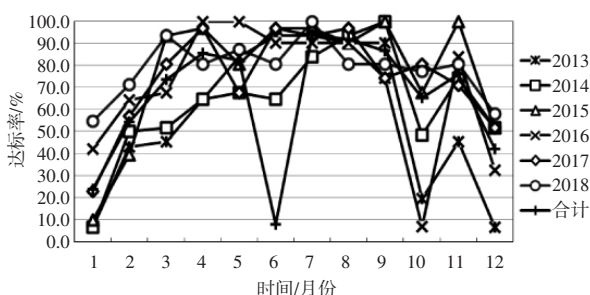


图 2 株洲市 2013—2018 年逐期空气质量达标率变化趋势

### 2.2 空气质量的区域分布特征

大气环境是人类活动和地表生态环境息息相关, 人类活动干扰下空气质量区域分布特征可能存在一定变化。株洲市 2013—2018 年不同点位空气质量达标率分布如表 3 所示。统计结果显示空气质量从好到差的监测点位分别是云田中学、市四中、市监测站、天台山庄、株冶医院和火车站。较云田中学点位相比, 株冶医院和火车站点位达标率分别低了近 6 个和 8 个百分点, 城市区域空气质量差异较大。这与点位附近的区域环境状况密不可分, 云田中学附近区域植被覆盖率高, 人、车流量较少; 株冶医院位于工业园内, 污染物排放源较多且集中; 火车站位于市中心, 区域内人、车流量非常大, 绿地覆盖少。而空气质量与城市道路密度、人口密度和工业活动呈负相关, 与绿地覆盖面积成正相关<sup>[15-17]</sup>。

表 3 株洲市 2013—2018 年不同点位空气质量达标率 %

点位	株冶医院	火车站	市监测站	天台山庄	市四中	云田中学
达标率	61.8	59.6	65.0	64.8	66.8	67.5

对不同点位污染物 2013—2018 年超标天数进行分析, 结果如表 4 所示。工业区(株冶医院)  $\text{SO}_2$  超标情况相对较重, 位于工业园区的株

冶医院和发电厂附近的市监测站点位的  $\text{NO}_2$  累计超标天数也显著高于城市其他区域, 市中心(火车站)  $\text{O}_3$  累计超标天数高于其他区域, 市中心(火车站) 和工业区(株冶医院)  $\text{PM}_{2.5}$  累计超标日相对较高, 较文教区(云田中学) 多了近 200 d。不同污染物超标情况空间差异化明显, 说明局地污染源对区域空气质量, 尤其是对重点污染物的污染程度存在较大影响。煤炭作为主要能源, 燃烧产生大量  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_2$  是株冶医院点位和市监测站点位附近两项污染物超标的主要原因。市中心(火车站) 附近交通网密度大, 机动车尾气排放产生大量 VOCs 和  $\text{NO}_x$ , 为参与光化学反应提供了重要原料<sup>[17-18]</sup>。机动车尾气也是  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  的主要来源, 随距交通主干道的距离增加,  $\text{PM}_{2.5}$  浓度呈下降趋势。此外, 工业活动对颗粒物浓度也有贡献<sup>[16, 19]</sup>。

表 4 株洲市不同点位 2013—2018 年  
污染物超标天数统计

项目	年份	株冶医院	火车站	市监测站	天台山庄	市四中	云田中学
$\text{PM}_{2.5}$	2013	154	140	129	125	128	85
	2014	139	132	115	129	126	87
	2015	94	84	77	82	65	63
	2016	78	77	71	62	50	46
	2017	63	76	79	93	62	38
	2018	48	52	52	36	44	43
	累计	576	561	523	527	475	362
$\text{PM}_{10}$	2013	36	26	82	62	30	62
	2014	62	51	50	60	60	43
	2015	47	52	32	38	40	34
	2016	38	40	30	30	32	26
	2017	41	42	34	36	53	27
	2018	25	42	23	19	39	23
	累计	249	253	251	245	254	215
$\text{SO}_2$	2013	15	2	6	3	1	0
	2014	1	2	0	3	0	3
	2015	7	0	0	1	0	0
	2016	10	1	0	2	0	0
	2017	4	0	0	0	0	0
	2018	3	0	0	2	0	0
	累计	40	5	6	11	1	3
$\text{NO}_2$	2013	55	9	54	10	1	0
	2014	27	8	25	9	1	0
	2015	4	5	4	10	1	0
	2016	1	3	0	5	3	0
	2017	8	8	16	19	3	2
	2018	2	0	5	0	0	0
	累计	97	33	104	53	9	2
$\text{O}_3$	2013	0	21	6	14	19	28
	2014	24	31	7	29	14	11
	2015	19	22	10	4	12	11
	2016	21	14	31	16	19	10
	2017	25	33	13	16	23	22
	2018	15	26	41	32	20	17
	累计	104	147	108	111	107	99



2.3 首要污染物和超标污染物

首要污染物是决定城市空气质量的第一污染物，是影响城市大气质量的短板。由表 5 可知，2013—2018 年株洲市以 PM<sub>2.5</sub> 为首要污染物的天数由 247 d 降至 100 d，以 PM<sub>10</sub> 为首要污染物的天数先大幅增加后小幅度减少，首要污染物天数 PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> 的比例正逐渐增加。O<sub>3</sub> 为首要污染物的天数 2013—2018 年显著增加，由 36 d 增加至 118 d，2018 年首要污染物天数 O<sub>3</sub> 首次超过 PM<sub>2.5</sub>。可以看出，细颗粒物污染已经引起大众重视，一系列环保措施和政策的实施，使得 PM<sub>2.5</sub> 的控制已经初显成效，随之 PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub> 的污染问题却日益凸显，特别是 O<sub>3</sub> 的污染形势需要引起重视。这与廖志恒、夏亚红等对城市空气质量污染特征的调查研究有相同结果<sup>[20-21]</sup>。

表 5 2013—2018 年株洲市首要污染物分布 d

年份	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	CO	O <sub>3-8</sub>	PM <sub>2.5</sub>
2013	3	1	20	0	36	247
2014	0	2	37	0	33	255
2015	0	0	64	0	58	165
2016	1	3	74	0	85	136
2017	0	6	52	0	75	140
2018	0	5	45	0	118	100

超标污染物是影响城市空气质量的元凶。表 6 统计了近 6 a 超标污染物的累计天数。结果表明：2013—2018 年，株洲市唯一的 1 d SO<sub>2</sub> 超标出现在 2013 年 1 月，2014—2018 年没有出现 SO<sub>2</sub> 超标现象，标志着株洲市已基本结束了煤烟型污染；颗粒物污染全年每个月都可能发生，集中在冬季，且 12 月和 1 月发生频率最高。

表 6 2013—2018 年株洲市污染物累积超标天数统计结果 d

月份	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	O <sub>3-8</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
1	141	95	0	1	6
2	75	27	0	0	3
3	45	23	1	0	1
4	22	5	1	0	2
5	22	8	10	0	0
6	11	5	18	0	0
7	5	0	7	0	0
8	5	0	10	0	0
9	5	0	20	0	0
10	56	24	21	0	3
11	43	17	2	0	1
12	108	62	0	0	11
累计	538	266	90	1	27

同时，对超标污染物的叠加污染情况进行了统计，结果如表 7 所示：（1）NO<sub>2</sub> 污染主要发

生在冬季，且均伴随 PM<sub>2.5</sub> 污染出现；（2）仅 PM<sub>10</sub> 一项污染物超标的频率较低，多数情况下 PM<sub>10</sub> 都是与 PM<sub>2.5</sub> 同时超标；（3）O<sub>3</sub> 超标集中发生在 5 月—10 月，与 NO<sub>2</sub> 的污染时间相反，且两者没有同时超标的情况，这可能与臭氧的生成需消耗 NO<sub>2</sub> 有关<sup>[19]</sup>；（4）近 6 a 臭氧累计出现超标 90 d，有 65 d 仅为臭氧污染，25 d 为臭氧和颗粒物的复合型污染。进一步数据分析表明，复合型污染多发生在夏秋季节，主要集中在 6 月和 10 月。这与隋玫轩等<sup>[22]</sup>调查得出山东省 PM<sub>2.5</sub> 和 O<sub>3</sub> 复合型污染特征明显，且主要发生在夏季的结果存在相似点，但也具有差异，这可能与不同的气候影响因素有关。

表 7 超标污染物同时超标天数统计 d

	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	O <sub>3-8</sub>	NO <sub>2</sub>
PM <sub>2.5</sub>	230	257	24	27
PM <sub>10</sub>	257	8	1	0
O <sub>3-8</sub>	24	1	65	0
NO <sub>2</sub>	27	0	0	0

3 结论

研究表明，株洲市空气质量的时空分布特征如下：

2013—2018 年期间空气质量整体呈上升趋势，达标率平均每年上升 3.6 个百分点。O<sub>3</sub> 为首要污染物天数显著增加，2018 年平均每 3 d 中有 1 d 以 O<sub>3</sub> 为首要污染物，城市 O<sub>3</sub> 污染问题日益突出。PM<sub>10</sub> 多数情况下与 PM<sub>2.5</sub> 同时超标，而 O<sub>3</sub> 有 72.2% 的概率为单独超标，26.7% 的概率发生 O<sub>3</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的复合型污染。重污染空气发生频率逐年降低，且持续时间逐渐缩短。重污染发生时首要污染物均是 PM<sub>2.5</sub>，其仍是当前影响株洲市空气质量的主要污染物。当空气质量较差时，尤需注意采取有力措施控制 PM<sub>2.5</sub>，防止变成重污染天气。污染源对局部空气质量存在较大影响，污染物超标情况空间差异化显著。

参考文献

[1] 谢元博,陈娟,李巍.雾霾重污染期间北京居民对高浓度 PM<sub>2.5</sub> 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.

[2] 潘小川.关注中国大气灰霾(PM<sub>2.5</sub>)对人群健康影响的新常态[J].北京大学学报(医学版),2015,47(3):377-379.

[3] CHAN C K,YAO X.Air pollution in mega cities in China[J]. Atmospheric Environment,2008,42(1):1-42.

[4] ZHANG Q,HE K,HUA H.Cleaning China's air [J].Nature, 2012,484(7393):161-162.

- [5] 王莉莉,王跃思,王迎红,等.北京夏末秋初不同天气形势对大气污染物浓度的影响[J].中国环境科学,2010,30(7):924-930.
- [6] 任振海,万本太,虞统,等.不同尺度大气系统对污染边界层的影响极其水平流畅输送[J].环境科学研究,2004,17(1):7-13.
- [7] 郭家瑜,张英杰,郑海涛,等.北京2015年大气细颗粒物的空间分布特征及变化规律[J].环境科学学报,2017,37(7):2409-2419.
- [8] 李令军,王占山,张大伟,等.2013—2014年北京大气重污染特征研究[J].中国环境科学,2016,36(1):27-35.
- [9] 王红磊,沈利娟,施双双,等.武汉市三类不同大气污染过程下大气污染物特征及潜在源区分析[J].三峡生态环境监测,2019,4(2):27-39.
- [10] 李婷婷,尉鹏,程水源,等.2005—2014年中三角城市群大气污染特征及变化趋势[J].环境工程学报,2017,11(5):2977-2984.
- [11] 罗岳平,陈阳,李蔚,等.长株潭地区秋冬季环境空气质量分析及与气象参数的关联性研究[J].上海环境科学,2015,34(2):47-54.
- [12] 杨云芸,李跃清,周慧,等.长沙市API指数时空变化特征及气象条件影响[J].气象与环境科学,2017,40(1):108-113.
- [13] 程慧波.兰州市主城区大气颗粒物污染特征和健康风险研究[D].兰州:兰州大学地理学,2016.
- [14] 杨云芸,李跃清,周慧,等.长沙市API指数时空变化特征及气象条件影响[J].气象与环境科学,2017,40(1):108-113.
- [15] 项佳娥,徐丽华,张方方,等.杭州城区PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>污染特征及其影响因子分析[J].中国环境监测,2016,32(6):36-42.
- [16] 赵金镬,李丽,钱春燕,等.上海市居民区大气细颗粒物污染水平及时空分布特征研究[J].卫生研究,2012,41(1):35-39.
- [17] 陈皓,王雪松,沈劲,等.珠江三角洲秋季典型光化学污染过程中的臭氧来源分析[J].北京大学学报(自然科学版),2015,51(4):620-630.
- [18] 于林平,贾建军.城市光化学烟雾的形成机理及防治[J].山东科技大学学报(自然科学版),2001,20(4):111-114.
- [19] 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.
- [20] 廖志恒,孙家仁,范绍佳,等.2006—2012年珠三角地区空气污染变化特征及其影响因素[J].中国环境科学,2015,25(2):329-336.
- [21] 夏亚红.鄂州市城区环境空气的臭氧污染特征及其防治对策[J].中国环境管理干部学院学报,2017,27(4):82-85.
- [22] 隋政萱,王颢樾,唐晓,等.山东省2015年PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>污染时空分布特征[J].中国环境监测,2019,35(2):59-69.

(编辑:程俊)

(上接第20页)

国迅速行动,制定了实施可持续发展战略的对策与措施,全面加强了生态保护工作。目前我国正在全面建设小康社会,并向现代化进军。在这个过程中,必须正视发展和建设中所遇到的环境问题,将自然资源的开发、利用、保护与生态系统的保护结合起来,还必须将建设、发展与生态保护相协调。总之,人类对各种生态系统既要严加保护,也要合理利用,力争实现人与自然的和谐发展。

#### 参考文献

- [1] 巴巴拉·沃德,雷内·杜博斯.只有一个地球[M].北京:石油化学工业出版社,1974.
- [2] 联合国环境规划署.世界自然资源保护大纲[Z].1980.
- [3] 中国自然保护纲要编写委员会.中国自然保护纲要[M].北京:中国环境科学出版社,1987.
- [4] 蒋志学,邓士谨.环境生物学[M].北京:中国环境科学出版社,1989.
- [5] 金鉴明,王礼婧,薛达元.自然保护概论[M].北京:中国环境科学出版社,1991.
- [6] 刘燕生.自然保护基础[M].北京:中国环境科学出版社,1991.
- [7] 世界自然保护同盟,联合国环境规划署,世界野生动物基金会.国家环境保护局外事办公室译.保护地球——可持续生存战略[M].北京:中国环境科学出版社,1992.
- [8] 中国环境报社.迈向21世纪——联合国环境与发展大会文献汇编[M].北京:中国环境科学出版社,1992.
- [9] 国家计划与发展委员会.全国生态环境建设规划[N].人民日报,1999-01-07(1).
- [10] 国家环境保护总局.全国生态环境保护纲要[M].北京:中国环境科学出版社,2000.
- [11] 邹晶.农业文化遗产[J].世界环境,2011(1):10-11.
- [12] 孔繁德.关于《生态保护学》学科建设若干问题初探[J].中国环境管理干部学院学报,2006(2):10-13.
- [13] 孔繁德,王连龙,谭海霞,等.生态保护是建设生态文明的重要基础[J].中国环境管理干部学院学报,2008(1):5-6+21.
- [14] 孔繁德文集编委会.孔繁德文集——生态保护与环境演化[M].北京:中国环境出版社,2015.
- [15] 孔繁德,高爱明,杨彬然.生态保护[M].北京:中国环境科学出版社,1994.
- [16] 蒋志刚,马克平,韩兴国.保护生物学[M].杭州:浙江科学技术出版社,1997.
- [17] 孔繁德.生态保护概论[M].北京:中国环境科学出版社,2001.
- [18] 程胜高,罗泽娇,曾克峰.环境生态学[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [19] 孔繁德.生态保护[M].北京:中国环境科学出版社,2005.
- [20] 黎华寿.生态保护导论[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [21] 孔繁德.生态保护概论[M].2版.北京:中国环境科学出版社,2010.
- [22] 刘玲玲.联合国最新报告显示——全球百万物种濒临灭绝[N].人民日报,2019-05-08(16).

(编辑:王彦伟)