

文章编号: 2096-1618(2022)02-0234-07

驻马店市十三五期间大气环境容量和紧缺度核算及分析

兰延文¹, 郭丽君², 李 森³

(1. 驻马店市环境监控中心, 河南 驻马店 463000; 2. 驻马店市生态环境局, 河南 驻马店 463000; 3. 驻马店市生态环境监测中心, 河南 驻马店 463000)

摘要: 随着社会的进步和工业的发展, 人为因素对大气环境的影响日益突出。驻马店市作为河南省中原城市群中重要的、以平原为主的农业大市, 其空气质量在历次大气污染过程中易受到华北、江淮等地区的影响。为响应政府大气污染防治任务的相关要求, 定量评价驻马店市空气自净能力, 利用修正 A 值法从年度、季节性两个时间维度和容量、容量紧缺度两个指标维度研究该区域十三五期间的大气污染 SO_2 、 NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 四类污染物的大气环境容量及容量紧缺度, 对计算结果进行讨论和分析, 为十四五驻马店市的大气污染防治工作提供参考。研究表明: (1) A 值和四类污染物的环境容量有明显的季节性特征, 表现为秋冬季 A 值和环境容量较低, 春夏季节 A 值和环境容量较高; (2) 两种气态污染物 SO_2 、 NO_2 在四季中紧缺度指数数值变化不大, PM_{10} 紧缺度指数表现为冬季较高, $\text{PM}_{2.5}$ 紧缺度指数表现为春冬季较高, 尤其是 $\text{PM}_{2.5}$ 冬季紧缺度指数达到 8.9201; (3) 四类污染物中除两类气态污染物容量紧缺度指数逐年降低, 两类颗粒物容量紧缺度波动下降。

关键词: 环境容量; 紧缺度; 驻马店; 十三五

中图分类号: X51

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2022.02.018

0 引言

按照国际标准化组织(ISO)的定义, 大气是指环绕地球的全部空气的总和^[1]。大气是由多种气体或物质混合而成, 包括三个部分: 干燥洁净的空气、水蒸气、杂质。大气中的杂质包含气态物质和悬浮物质, 主要来自自然过程和人类活动的排放。人类活动除了包括生产活动外, 还包含如做饭、取暖、交通等生活活动; 自然过程包括山林活动、土壤及岩石风化、气流运动、生物腐烂等。由于自然所具有的物理和化学作用, 自然过程所造成的大气污染在一定时间内可以通过自然的净化能力清除, 由此可见大气环境的污染过程主要是人类行为所致^[2]。随着社会的进步、工业的发展, 工业烟尘废气、汽车尾气等污染物的排放加剧, 导致大气环境质量急剧恶化, 对人们的日常生活和身体健康带来严重的影响。因此, 科学评估人类活动, 评价区域大气自净能力对区域空气质量控制显得尤为重要。环境容量的概念就是在这种背景下被提出。

环境容量是指对一定区域, 根据其自自然净化能力, 在特定的污染源布局和生态结构条件下, 以环境目标值为约束, 所允许的大气污染物最大排放量^[3]。环境量是评价一定区域污染物最大排放量和对空气质量预

测的重要指标, 与人类活动的关系是相互作用的, 两者此消彼长, 一方面当某一类的污染物最大排放量超过该区域的最大环境容量时, 该地区原有的生态平衡将被打破, 另一方面当人类活动所排放的污染物减少时, 环境容量将得到提升。大气环境质量涉及的因素比较广泛, 如气象条件、地表特征、自然稀释和化学转化等为主的自然因素; 以工业排放、汽车尾气排放等为主的社会因素。

大气环境容量的概念自被引入中国以来, 引起了中国环境科学界认识的广泛关注和应用。针对大气环境容量的测算工作在近年也成为国内外学者的重点。目前, 中国主要的大气污染物有 SO_2 、 NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 等。针对大气环境容量, 国内外的学者提出了多种核算方法, 较主流的大气环境核算方法包括基于箱模型的 A 值法, 以最优化理论为基础、以大气环境容量为优化目标的线性规划法, 结合多种空气质量模型、以大气污染物扩散演变规律的模拟为手段的多源模型法^[4]。这三类方法对于不同的区域结构有着不同的适用性, 如 A 值法适合区域较大的情况, 且不考虑污染源布局及污染物的扩散和转化等, 而线性规划法与多源模型法适合中小尺度区域, 所需参数复杂, 且对污染源分布、气象、排放源清单等资料依赖程度较高^[5]。近些年, 针对不同地域的特点和气象变化, 大量学者对环境容量核算工作进行研究。王俭等^[6]利用基于修

正A值法对盘锦市大气环境容量核算;关玉转等^[7]将A值法与多源模型法结合,估算了江门市十二五期间的大气环境容量,说明了多种模型结合能够为容量的计算提供更加科学合理的方法;仇慧等^[8]采用基于箱体模型的烟囱模型法研究了重庆市合川区的大气环境容量,并利用环境基尼系数来确定污染物总量控制方案,达到了不错的效果;贺伟光^[9]等利用实测数据对开封市污染物的气象特征进行了分析,并计算了该市的基本环境容量和真实环境容量。以上研究均是针对环境容量这一单一指标,并以此来分析当地大气污染防治形势。由于大气环境容量计算没有考虑外来污染源的输入,因此容量的大小虽然能够在一定程度上反映当地大气的最大容纳能力,但是单从数值大小并不能反映当地环境质量控制的压力。大气环境容量紧缺度指数是指大气环境容量在某一地区的缺乏程度^[10]。该指标通过已使用的大气环境容量与总环境容量的关系来评价某区域大气环境质量控制压力,能够为当地的排放控制提供参考。

驻马店市地处河南省中南部,北纬 $32^{\circ}58'$,东经 $114^{\circ}01'$,东西最大距离191.5 km,南北最大距离137.5 km,北临漯河、南接信阳,东与安徽阜阳市为临,西与南阳平顶山相界,属于丘陵平原地区。驻马店市作为中原城市群中以农业为主的新型工业城市,辖1区9县,总面积为15083 km²,全年平均降水量为850~980 mm,年平均风速为2.2 m/s。辖区内有嵯岈山、薄山湖、铜山、乐山、金顶山、白云山、凤鸣谷、宿鸭湖等风景区。2019年,全市常住总人口922.76万人。从能源消费结构上来看,驻马店是以煤炭为主要能源结构的城市,对煤炭等化石燃料有着严重的依赖。从汽车保有量来看,驻马店市城市机动车保有数量规较小(152万辆),但增速较快,所引起的尾气排放量剧增将导致氮氧化物排放量增加;从城市建设、工业生产等为主的人类活动来看,烟粉尘颗粒物污染加重的隐患较大。作为中原城市群中豫南4市中重要的经济发展区域,驻马店市正处于快速建设、发展和转型的重要阶段,未来大气污染治理仍面临严峻考验。

目前,针对驻马店市的环境容量核算工作尚未进行研究,通过对十三五期间的大气环境容量进行核算能够对驻马店市在整个十三五期间的环境形势和各种举措提供科学的参考与评价,具有重要意义。在此背景下,本文采用修正A值法对驻马店市“十三五期间”SO₂、NO₂、PM_{2.5}、PM₁₀四类污染物的四季大气环境容量及其容量紧缺度进行测算,分析四类污染物大气环境

容量和紧缺度数值变化,从年度、季节性两个时间维度和容量、容量紧缺度两个指标维度分析驻马店市的区域环境自净能力,并对测算结果进行分析,力图为该地区十四五期的大气污染防治问题提供科学参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

研究采用来自河南省空气质量监控平台2015–2020年的国控站、省控站地区污染物浓度数据,以及气象站包含风向、风速、降水量及探空在内的气象数据,并依照《环境空气质量标准》(GB3095–2012)的空气质量分级、《驻马店市土地利用总体规划(2010–2020年)规划调整方案》进行功能区划分,并确定该驻马店市环境功能区分级、各项污染物的浓度标准限值等数据。考虑到驻马店市企业排放源清单精确度受限以及相关重要气象数据的获取难度,以及同一地区在较长时期大气稳定度分布特性变化不大,本研究利用文献[11]中所使用的1971–2009年大气稳定度分布数据弥补关键数据缺失。

1.2 研究方法

研究采用方法基于《根据制定地方大气污染物排放标准的技术方法》(GB/T 13201–91)(以下简称方法)中推荐使用的A值法。A值法是基于箱式模型的一种方法,把研究区域上空的大气层视为一个箱体,箱体下垫面与上垫面被视为大气混合层,且在箱体内部,风速、降水、各种气体的背景浓度等处处相等,城市的整体面源强度保持一致。该方法中,A的取值大小对于区域环境容量的测定有重要的影响。《方法》根据气候条件相似性将中国分成几类区域,以确定不同类别的区域的A参考范围。但是,一方面由于中国幅员辽阔、气候复杂、地形差异显著,这些因素对A值的影响极大,采用固定的A值所得到的结果不能很好地表现出当地的大气环境真实容量;另一方面,同一地区的同一污染物在四季的活性、转化等方面的表现有很大的差异,因此需要对四季容量的数值进行区分,能够更全面的分析区域的环境清除能力变化,因此借鉴文献[12–13]对《方法》中的修正A值法,并进行改进和分析,对驻马店市十三五期间的四季大气环境容量和紧缺度进行估算。

首先给出常规A值法计算方法,研究区域污染物

最大排放量公式可表示为

$$Q = A(c_k - b_{k,i}) \sum_{i=1}^I \frac{\sqrt{s_i}}{s} \quad (1)$$

其中, s_i 表示第 i 功能区的面积大小; A 表示第 i 功能区的年排放总量控制系数, 可以通过《方法》直接获取; s 表示研究区域的总面积大小; c_k 表示第 i 功能区第 k 个污染物符合该类功能区质量控制要求的浓度限值 $b_{k,i}$; 表示第 i 功能区第 k 个污染物的年日平均浓度值; Q 表示年最大排放总量。

大气中的污染物除了伴随大气流动的迁移扩散还包括以干湿沉降以及化学转化等形式的消散。对于污染物的干湿沉降及化学转化, 常规 A 值法没有考虑污染物的干湿沉降和化学转化过程, 且推荐 A 值为常数, 不能有效适应区域气象、地理等条件的变化, 因此需要对 A 值进行修正, 并对研究区域的干湿沉降即化学转化量进行计算, 以确保计算结果的可靠性。

1.2.1 干沉降

气态污染物的干沉积作用主要是受到湍流运动、分子扩散和受体物质的表面吸附。而颗粒物的干沉降主要是受到自身重力作用。本文参考部分学者的研究基础, 以经验法对污染物的干沉降量进行估算^[9]。第 k 种污染物的干沉降清除总量 Q_k^d 估算公式如下

$$Q_k^d = 3.1536 \times c_k s a_{k,a} \quad (2)$$

其中, $a_{k,a}$ 表示第 k 种污染物的干沉降速率。在本研究中, 设定 SO_2 , NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} 四类污染物的年干沉降速率分别为 $0.35 \pm 0.004 \text{ cm/s}$, $0.07 \pm 0.0007 \text{ cm/s}$, $0.25 \pm 0.00405 \text{ cm/s}$, $0.44 \pm 0.005 \text{ cm/s}$ 。

1.2.2 湿沉降

污染物的湿沉降主要是降水冲刷所致。气态污染物与颗粒物的湿沉降速率计算略有不同, 对于颗粒物的湿沉降清除量估算, 可以引入清洗比 R_w 来求解污染物的湿沉积速率。清洗比是指降水中含有的污染物浓度 (w_k) 占污染物背景浓度 c_k 之比^[14], 即 $R_w = w_k / c_k$ 。第 k 中污染物的湿沉降清除总量 Q_k^w 估算如下

$$Q_k^w = 3.1536 c_k s \beta_{k,w} \quad (3)$$

其中, 湿沉积速率 $\beta_{k,w} = R_w J$, J 表示降水率。对于颗粒物的湿沉积速率, 直接设定两种颗粒物的清洗比为 1.9×10^{-5} 。

对于气态污染物的湿沉积速率, 利用经验公式进行估算, 表示如下

$$\beta_{k,w} = a J^b \quad (4)$$

其中, a 和 b 均为季节性经验因子。本文设定 SO_2 的季节性经验因子 a 在春夏秋冬四季分别取值为 0.036、

0.140、0.036 和 0.009, 同时设定其污染物的季节性经验因子 b 在春夏秋冬四季分别取值为 0.530、0.120、0.530 和 0.700。对于 NO_2 , 参照文献^[5], 本文设定其湿沉积速率为 SO_2 湿沉积速率的 1/4。

1.2.3 化学转化

本研究中仅考虑气态污染物的化学转化, 计算公式表示如下:

$$Q_k^c = 3.15360.639 c_k s \frac{H_i}{T_k^{1/2}} \quad (5)$$

式中, H_i 表示研究区域的混合层高度; $T_k^{1/2}$ 表示第 k 个污染物(气态)的半衰期。一般, SO_2 和 NO_2 的半衰期分别在 10^5 s 和 $6.7 \times 10^5 \sim 7.5 \times 10^5 \text{ s}$, 这里取驻马店市 SO_2 和 NO_2 的半衰期分别为 10^5 s 和 10^5 s 。

1.2.4 修正 A 值法的污染物季节性最大排放量

综合式(2)~(5), 考虑干湿沉降后和化学转化的修正 A 值法计算第 i 功能区的污染物最大排放量 $Q_{k,i}$, 可以表示为

$$Q_{k,i} = A_{k,i}(c_k - b_{k,i}) \sum_{i=1}^I \frac{\sqrt{s_i}}{s} + (Q_k^d + Q_k^w + Q_k^c) \frac{s_i}{s} \quad (6)$$

由于区域大气环境容量在不同季节表现不同, 因此式(1)对于大气环境容量四季差异性不能有效地适应, 在此参照文献^[9], 提出季节性 A 值计算公式, 表示为

$$A_{p,k,i} = 3.1536 \times 10^3 \frac{\sqrt{\pi}}{2} \sum_{i=1}^I [(c_k - b_{p,k,i}) V_{p,i}^E \sqrt{s}] \quad (7)$$

其中, $A_{p,k,i}$ 表示第 i 功能区在季节 p 中第 k 种污染物排放总量控制系数; $V_{p,i}^E$ 表示第 i 功能区内在季节 p 的通风量; $b_{p,k,i}$ 表示在第 i 功能区内季节 p 的季节日平均浓度值。

季节性通风量 $V_{p,i}^E$ 可以通过季节性平均风速和混合层高度来求解, 过程如下

$$V_{p,i}^E = \frac{3}{\sum_{j=1}^3 \frac{1}{u_j^p \cdot H_j^p}} \quad (8)$$

其中 u_j^p 和 H_j^p 分别表示 p 季节第 j 个月的平均风速和混合层高度。

单月混合层高度 H_j^p 可通过该月内混合层高度逐日平均值得到, 其计算公式表示如下

$$H_j^p = \frac{n}{\sum_{d=1}^n \frac{1}{h_i}} \quad (9)$$

混合层内的单月平均风速可以通过本月内的日均风速值和该月的混合层高度

$$u_j^p = \frac{\int_0^{H_j^p} u(z) dz}{H_j^p}$$
$$\approx \frac{\int_0^{200} u_{10} \left(\frac{z}{10} \right) dz + \int_{200}^{H_j^p} u_{10} \left(\frac{200}{10} \right) dz}{H_j^p} \tag{10}$$

其中, u_{10} 表示混合层内部 10 m 处风速测量值, 而当该数值大于 6 m/s 时取风速为 6 m/s。

根据式 (1) ~ (10), 可以得到采用修正 A 值法计算区域季节性污染物最大排放量 $Q_{p,k}$, 表示为

$$Q_{p,k} = A_{p,k,i} (c_k - b_{k,i}^p) \sum_{i=1}^{\frac{1}{s} \sqrt{S_i}} + c_k \sum_{i=1}^{\frac{1}{s} \sqrt{S_i}} 3.1536 S_i (d_p \alpha_d + w_p \beta_w + 0.639 \frac{H_{p,i}}{T_k^{1/2}}) \tag{11}$$

其中, $b_{k,i}$ 表示污染物 k 在季节 p 的日均溶度值。

1.2.5 紧缺度指数计算

大气环境紧缺度指数根据已用环境容量与最大可用环境容量之间的数值关系可分成两个计算部分: 当已用环境容量尚未超过最大可用环境容量时, 容量紧缺度指数用剩余环境容量的倒数表示; 当已用环境容量超过最大可用环境容量时, 容量紧缺度指数等于环境容量利用率和某一个正数的乘积。大气环境容量紧缺度用公式表示如下

$$G_k = \begin{cases} \frac{1}{1 - Q_k^c / Q_k^t}, & Q_k^c < Q_k^t \\ g \times \frac{Q_k^c}{Q_k^t}, & Q_k^c > Q_k^t \text{ 或 } Q_k^t \approx 0 \end{cases} \tag{12}$$

其中, Q_k^c 和 Q_k^t 分别表示驻马店市第 k 种污染物已用大气环境容量和环境总容量, g 为修正常数因子, 取 $10^{[15]}$ 。大气环境容量紧缺度指数越接近 1 表示该区域大气环境容量的利用率越低, 即该区域某类污染物

的环境质量超过目标限值的压力较小; 反之, 紧缺度指数越远离 1, 特别是等于或者超过 10, 表明该区域大气环境容量利用强度越大。

2 驻马店市季节性大气环境容量、紧缺度指数核算及分析

2.1 驻马店市功能区划分

根据《方法》中的功能区划分原则, 对该市按照驻马店市一区九县的行政划分确定 10 个子控制区域, 并对各个子控制区进行功能区划分。按照驻马店市《驻马店市土地利用总体规划 (2010–2020 年) 规划调整方案》和《方法》规定将驻马店市辖区内部的嵯岬山、薄山湖、铜山、乐山、金顶山、白云山、凤鸣谷、宿鸭湖等风景区 9 处确定为一类环境功能区, 其余地区为二类环境功能区。驻马店市功能区划分及面积见图 1 与表 1。



图 1 驻马店市环境功能区划分示意图

表 1 研究区域功能区划分

单位: km²

研究区域功能区划分										
区县名称	驿城区	确山县	泌阳县	遂平县	西平县	上蔡县	汝南县	正阳县	平舆县	新蔡县
一类区面积	0	226	292	148	38	0	239	0	7.26	0
二类区面积	1327	1404	2043	932	1051.8	1529	1236	1903	1277.7	1453
总面积	1327	1630	2335	1080	1089.77	1529	1475	1903	1285	1453

2.2 驻马店市大气环境容量计算结果

对驻马店市季节性大气环境容量、年度大气环境容量、季节性大气环境紧缺度指数和年度大气环境紧缺度指数进行计算。相关背景浓度设定按照前文所提及的河南省空气质量监控平台十三五期间的国控站、省控站地区污染物浓度数据求取各年度、各季节平均

值; 参考河南省 1971–2009 年近 30 a 的大气稳定度分布数据, 依照研究方法中所涉及的公式计算季节性平均风速、混合层高度等中间变量; 最终核算相应环境容量及紧缺度。驻马店市十三五期间四季的通风量、混合层高度, 见表 2。驻马店市十三五期间各年的年度干湿沉降及化学转化清除量, 见表 3。

表 2 驻马店市十三五期间四季通风量及混合层高度

年份	混合层高度/m				通风量/m ²			
	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
2016	589.646223	505.879448	451.645449	433.351098	1907.3435	1317.575318	1287.247337	1491.669837
2017	595.673009	539.022224	458.100167	406.073723	2014.727642	1556.891763	1226.708503	1279.876147
2018	631.083907	536.471692	429.660722	389.083008	2197.526228	1490.554514	1148.105848	1166.714609
2019	575.206042	524.133543	452.966872	346.94685	1816.958561	1406.231016	1267.224608	893.824543
2020	648.343048	542.493943	397.241291	349.169855	2301.965181	1528.254762	923.038281	907.322969

表 3 驻马店市十三五期间年度大气环境清除量 单位:万吨

年份	SO ₂ 干沉	NO ₂ 干沉	PM _{2.5} 干沉	PM ₁₀ 干沉	SO ₂ 湿沉	NO ₂ 湿沉	PM _{2.5} 湿沉	PM ₁₀ 湿沉	SO ₂ 化学 转化	NO ₂ 化学 转化
2016	2.3588	1.3140	1.1899	2.3588	7.4206	1.0334	3.7433	3.9056	2.5393	0.1965
2017	2.3588	1.3140	1.1899	2.3588	7.9755	1.1117	4.0240	4.1976	1.9501	0.1509
2018	2.3588	1.3140	1.1899	2.3588	8.8759	1.2409	4.4810	4.6715	2.5517	0.1974
2019	2.3588	1.3140	1.1899	2.3588	9.4877	1.3270	4.7904	4.9935	1.9638	0.1520
2020	2.3588	1.3140	1.1899	2.3588	10.4848	1.4601	5.2890	5.5183	2.5653	0.1985

2.2.1 季节性大气环境容量及紧缺度计算

对驻马店市十三五期间四季的季节性大气环境基本容量和真实容量核算结果分别见表 4 和表 5。季节性大气环境容量变化趋势如图 2 所示。

表 4 季节性大气环境 A 值与基本环境容量 单位:万吨

季节	季节性 A 值	SO ₂	NO ₂	PM _{2.5}	PM ₁₀
春季	5.7229	21.6426	9.5565	3.5231	8.8097
夏季	4.0801	16.2891	7.6879	5.2588	11.1164
秋季	3.2712	12.7942	4.7719	2.0463	5.2905
冬季	3.2081	11.6851	4.2161	-2.1129	0.9656

表 5 季节性大气环境容量 单位:万吨

季节	SO ₂	NO ₂	PM _{2.5}	PM ₁₀
春季	35.6648	12.3327	9.2757	15.9291
夏季	29.9737	10.4380	11.0114	18.2358
秋季	26.0839	7.4914	7.7989	12.4099
冬季	24.7466	6.9180	3.6397	8.0849

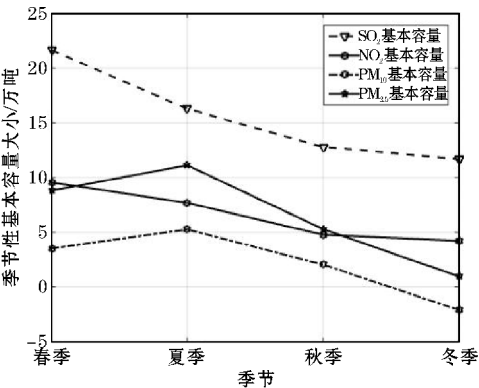


图 2 季节性大气环境容量

从表 4、表 5 和图 2 中观察到,驻马店市各种污染物大气环境容量具有明显的季节特征,具体表现为:(1)驻马店市十三五期间,四季对应的 A 值按从大到小排列依次为春季、夏季、秋季、冬季。(2)SO₂、NO₂ 两种气态污染物的季节性基本环境容量按照从大到小顺序排列依次为春季、夏季、秋季、冬季。(3)PM₁₀ 与 PM_{2.5} 两种颗粒污染物的季节性基本环境容量按照从大到小关系排列依次为夏季、春季、秋季、冬季。

对驻马店市十三五期间四类污染物的季节性大气环境容量紧缺度指数进行计算,结果见表 6。

表 6 大气环境季节性容量紧缺度指数

季节	SO ₂	NO ₂	PM _{2.5}	PM ₁₀
春季	1.1110	1.3776	2.4436	2.1215
夏季	1.0562	1.2231	1.3616	1.3889
秋季	1.0540	1.4228	1.7144	1.7478
冬季	1.0946	1.5059	8.9201	2.9648

由表 6 可知,驻马店市 SO₂、NO₂ 两种气态污染物及 PM₁₀ 在 2016–2020 年气态污染物的容量紧缺度在四季中均处于 3 以下,表明驻马店市在十三五期间对于两种气态污染物在环境质量控制的压力在四季均表现较小的压力。另外,四类污染物紧缺度指数冬季最高,夏季最低,值得特别关注的颗粒物 PM_{2.5} 容量紧缺度在冬季维持在较高水平,表明该类污染物在十三五期间的各年冬季浓度控制有较大压力。

2.2.2 年度大气环境容量及紧缺度计算

对驻马店市十三五期间四类污染物的年度大气环

境容量,结果见表 7。

表 7 大气环境年度容量				
				单位:万吨
年份	SO ₂	NO ₂	PM _{2.5}	PM ₁₀
2016	26.1767	8.8552	4.9716	12.0846
2017	27.6136	8.7290	6.0807	12.1631
2018	31.1600	9.4908	7.5989	13.9436
2019	25.8563	7.0545	3.4960	7.8879
2020	29.5769	9.7393	8.5375	14.2620

由表 7 得知,除 2019 年外,四类污染物容量在整个十三五时期有上升趋势或保持在较高水平。2019 年四类污染物的环境容量相对较低,源自当年的降水较少,环境清除能力受限,且当年经历了几次重污染过程,这也可以一定程度上由驻马店市这 5 年中四类污染物逐年平均浓度数据来得到验证。

对紧缺度指数进行计算,结果见表 8 和图 3。

表 8 大气环境年度容量紧缺度				
年份	SO ₂	NO ₂	PM _{2.5}	PM ₁₀
2016	1.1778	1.4639	10.1041	2.6719
2017	1.0790	1.4428	2.1925	2.0998
2018	1.0519	1.3849	1.7281	1.8941
2019	1.0516	1.3599	2.3069	1.9910
2020	1.0346	1.2602	1.7181	1.6219

从表 8 的数据可以观察到,四类污染物的紧缺度逐年降低,尤其是 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 紧缺度在 2020 年均接近于 1。

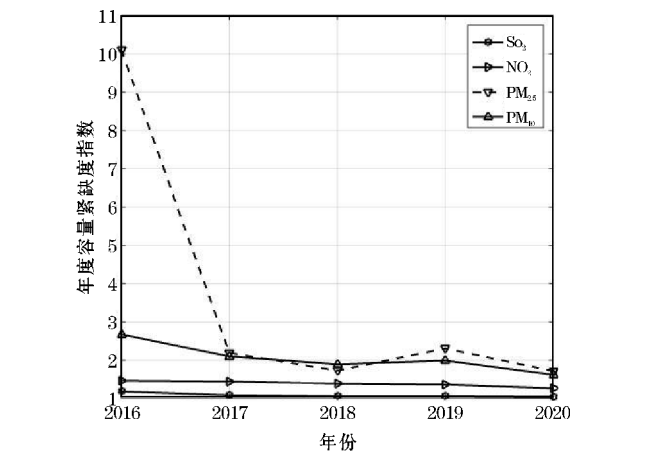


图 3 污染物年度容量紧缺度

从图 3 中这 5 年各类污染物容量紧缺度变化来看,四类污染物容量紧缺度在 5 年降低趋势非常明显,这一定程度反映了近 5 年当地的大气污染治理工作所取得的明显成效,尤其是 PM_{2.5} 的容量紧缺度从 2016

年的 10 以上下降到 2020 年的 1.7,这表明了驻马店市年度空气质量控制在十三五期间取得明显成效。结合表 4 的季节性紧缺度指标,可以发现两种颗粒物在冬季的紧缺度指标较高,未来十四五期间需要更加关注冬季对两种颗粒物,尤其是 PM_{2.5} 的治理工作,才能保证控制质量的持续提高。

3 总结与结论

根据河南省环境质量控制平台的污染物浓度数据、气象数据,结合河南省大气稳定度分布规律和目前驻马店市行政区域划分,利用修正 A 值法对驻马店市十三五期间 SO₂、NO₂、PM_{2.5}、PM₁₀ 的年度环境容量和季节性环境容量进行核算,然后对年度环境容量和季节性环境容量的紧缺度指数进行计算,最后对响应的结果进行分析和讨论。

研究结果表明:

(1)驻马店市十三五期间的 A 值和四类污染物的环境容量有明显的季节性特征。表现为秋冬季 A 值和环境容量较低,春夏季节 A 值和环境容量较高。

(2)从驻马店市十三五期间四类污染物的季节性容量紧缺度指数来看,两种气态污染物 SO₂、NO₂ 在四季中紧缺度指数数值变化不大,PM₁₀ 紧缺度指数表现为冬季较高,PM_{2.5} 紧缺度指数表现为春冬季较高,特别是冬季达到 10.1041。

(3)驻马店市十三五期间的四类污染物年度容量紧缺度指数逐年降低。

综上,驻马店市十三五期间的各类污染物有明显的季节性特征,研究结果可以供相关部门根据当地环境质量控制形势,按照当地工业结构,有的放矢地根据季节进行排放控制,为十四五期间驻马店市的大气污染治理工作提供参考。

参考文献:

[1] ISO, standard Atmosphere, ISO 2533:1975 [EB/OL]. <https://www.iso.org/standard/7472.html>, 1975.

[2] 郝吉明,马广大,王书肖. 大气污染控制工程(第三版)[M]. 北京:高等教育出版社,2020:3.

[3] 李云生. 城市区域大气环境容量总量控制技术指南[M]. 北京:中国环境科学出版社,2005.

[4] 高晓敬. 基于 A-P 值法的大气环境容量计算研究[D]. 郑州:战略支援部队信息工程大学,2018:3-4.

- [5] 韩东银. 阳泉市区大气污染物扩散及空气质量控制研究[D]. 北京:中国矿业大学,2014.
- [6] 王俭,路冰,夏广锋. 基于修正A值法的盘锦市大气环境容量核算[J]. 资源节约与环保,2018(5):79-80.
- [7] 关玉转. 江门市“十二五”期间的大气环境容量估算研究[D]. 广州:华南理工大学,2011.
- [8] 仇慧. 大气环境容量核算与污染物总量控制研究[D]. 重庆:重庆大学,2016:5-6.
- [9] 贺伟光. 开封市污染气象特征与大气环境容量研究[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2010.
- [10] 林秀珠,陈芳,刘吴喜,等. 福建省大气环境容量紧缺度分析[J]. 福建师大福清分校学报,2019(2):21-26.
- [11] 朱业玉,潘攀,张方. 河南大气稳定度的分布特征[J]. 气象与环境科学,2011,34(1):19-22.
- [12] 陈云强,崔蕾,孙明. 川南经济区年大气环境容量核算的初步研究[J]. 成都信息工程大学学报,2017,32(1):74-77.
- [13] 王俊喜,王誉晓. 基于修正A值法天府新区季节大气环境容量初步研究[J]. 成都信息工程大学学报,2019,34(6):676-680.
- [14] G Chan, R Stavins, R Stowe, et al. The SO₂ Allowance Trading System and the CleanAir Act Amendments of 1990:Reflectionson Twenty Years of Policy Innovation[J]. Working Paper 17845,2012.
- [15] 张昌顺,谢高地,鲁春霞. 中国水环境容量紧缺度与区域功能的相互作用[J]. 资源科学,2009,31(4):559-565.

Calculation and Analysis of Atmospheric Environmental Capacity and Shortage in Zhumadian during “13th Five Year Plan Period”

LAN Yanwen, GUO Lijun, LI Sen

(1. Zhumadian supervision Center of Environment, Zhumadian 463000, China; 2. Zhumadian Municipal Ecology and Environment Bureau, Zhumadian 463000, China; 3. Zhumadian Municipal Ecological and Environment Monitoring Center, Zhumadian 463000, China)

Abstract: With the advance of society and the development of industry, the impact of human factors on the atmospheric environment has become increasingly prominent. Zhumadian is one of the most important agricultural cities in Henan Province. Its air quality is easily affected by North China, Jianghuai and other regions in the process of previous air pollution. In response to the relevant requirements of the government's task of air pollution prevention and control, this paper quantitatively evaluates the air self-purification capacity of Zhumadian, and uses the modified A-value method to study the air environmental capacity and capacity shortage of four pollutants (SO₂, NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀) during the “13th five year plan period” from two time dimensions of annual and seasonal and two index dimensions of capacity and capacity shortage. The discussion and analysis can provide reference for the air pollution prevention and control in Zhumadian during the “14th Five Year Plan period”. The results show that: (1) The A-value and the environmental capacity of the four kinds of pollutants have obvious seasonal characteristics, which are lower in autumn and winter and higher in spring and summer; (2) the shortage index of two kinds of gaseous pollutants SO₂ and NO₂ changed little in the four seasons, PM₁₀ shortage index was higher in winter, PM_{2.5} shortage index was higher in spring and winter, especially that of PM_{2.5} reached 8.9201 in winter. (3) The annual capacity shortage index of such two air pollutants decreased year by year, and the other two types of particulate capacity fluctuated with a trend of decreasing.

Keywords: environmental capacity; shortage; Zhumadian; 13th five year plan