

## 西部工业城市二氧化硫总量分配方案合理性研究

李炳宏<sup>1</sup>, 许玮<sup>2</sup> (1. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西西安 710054; 2. 西安工程大学, 陕西西安 710048)

**摘要** [目的]分析西部工业城市二氧化硫(SO<sub>2</sub>)排放总量分配方案的合理性。[方法]采用定量化的基尼系数理论,结合城区19个SO<sub>2</sub>主要污染源分布及其排放情况对原有总量分配方案进行分析和调整。通过大气环境影响预测软件对总量分配方案调整前后城区地面SO<sub>2</sub>浓度贡献进行预测。[结果]调整后城区SO<sub>2</sub>地面贡献浓度降低。[结论]基尼系数理论用于评价和优化SO<sub>2</sub>总量分配方案是可行的。

**关键词** SO<sub>2</sub> 排放总量;分配;合理性;西部城市

**中图分类号** S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)27-0100-02

## Rationality of Sulfur Dioxide Total Allocation Scheme in the Western Industrial City

**LI Bing-hong<sup>1</sup>, XU Wei<sup>2</sup>** (1. Xi'an Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group, Xi'an, Shaanxi 710054; 2. Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shaanxi 710048)

**Abstract** [Objective] The aim was to analyze the rationality of sulfur dioxide total allocation scheme in the western industrial city. [Method] By using quantitative Gini coefficient theory, combining with distribution and emission of 19 main pollution sources of SO<sub>2</sub>, the original allocation scheme was analyzed and adjusted. Through atmospheric environment prediction software, contribution of SO<sub>2</sub> ground concentration in urban area before and after adjustment of total allocation scheme was predicted. [Result] After adjustment, SO<sub>2</sub> ground contribution concentration in urban area was decreased. [Conclusion] Gene coefficient theory is feasible for the evaluation and optimization of SO<sub>2</sub> total distribution.

**Key words** The total SO<sub>2</sub> emissions; Allocation; Rationality; Western city

研究城市位于河西走廊东端、祁连山北麓、阿拉善台地南缘,城控区污染型工业企业众多。根据该城市已完成的大气环境容量核定技术报告显示,主要城控区二氧化硫(SO<sub>2</sub>)大气环境容量为54 740.00 t/a,而实际SO<sub>2</sub>排放量为114 846.34 t/a,SO<sub>2</sub>排放量超过其环境容量<sup>[1]</sup>,地面监测数据显示其年均值超标严重,城区部分区域SO<sub>2</sub>地面浓度年均值高达0.135 mg/m<sup>3</sup>,急需削减每个企业排放量,关键问题是各个企业应该削减多少。因此,研究SO<sub>2</sub>总量如何分配及其分配合理性意义重大。区域SO<sub>2</sub>总量分配需考虑各排污单元经济贡献、地理位置、人口等因素,分配方案是各因素综合考虑优化的过程。已有不少学者基于基尼系数理论在区域范围内评价大气污染物总量分配合理性,并对各个影响要素量化<sup>[2-4]</sup>,但有关城市各个企业总量分配合理性的研究较少<sup>[5]</sup>。企业是最基本的排污单元,如果总量分配不合理则会直接影响企业的发展,对区域经济发展产生直接影响。鉴于此,笔者以西北某重镇为例,在现有SO<sub>2</sub>总量分配方案及排放量基础上,利用基尼系数理论对其进行评价和优化,以期使该地区的SO<sub>2</sub>排放总量分配方案更为合理,为该地区大气污染的总量分配提供理论指导。

## 1 材料与与方法

**1.1 污染源现状排放量及允许排放量** 研究区内主要分布19处SO<sub>2</sub>污染源,为了研究方便,以A、B、C等字母以此类替代污染源名称(表1)。该研究区SO<sub>2</sub>现状年排放量为37 460.25 t/a,根据环境容量计算得出其允许排放量为29 063.51 t/a<sup>[6]</sup>,其中D、F、A等污染源削减潜力较大,占削减总量93.10%以上。

表1 污染源源强及允许排放量统计

Table 1 Statistics of pollution intensity and allowable emission

代号 Code	污染源名称 Pollution source name	初始排放量 Initial emission	削减量 Reduction quantity	允许排放量 Allowable discharge amount
A	制酸厂	3 950.00	589.84	3 360.16
B	热电站锅炉	3 458.00	37.84	3 420.16
C	2#熔铸	2 165.00	4.67	2 160.33
D	闪速炉	10 921.00	5 800.26	5 120.74
E	50 t/a 锅炉	897.00	67.16	829.84
F	一硫酸	3 795.00	1 427.39	2 367.61
G	75 t/a 锅炉	2 724.00	2.73	2 721.27
H	双钠车间	2 552.00	169.22	2 382.78
I	1#熔铸	2 298.00	211.27	2 086.73
J	集中供热站	2 287.00	17.04	2 269.96
K	供热二车间	317.00	15.15	301.85
L	办事处锅炉	200.07	0.60	199.47
M	电缆厂锅炉	225.00	0.42	224.58
N	金属加工厂	304.18	27.76	276.42
O	动力一车间一段	284.00	6.85	277.15
P	动力一车间三段	266.00	0.49	265.51
Q	铜材厂	359.00	17.27	341.73
R	动力一车间二段	242.00	0.49	241.51
S	动力一车间四段	216.00	0.29	215.71
合计 Total		37 460.25	8 396.74	29 063.51

**1.2 技术路线** 评价城市污染源指标分配结果时,SO<sub>2</sub>基尼系数是在了解各污染源现状排放量的基础上,综合考虑各种影响污染源允许排放指标分配公平性的因素,选择主要的影响因素作为评价指标,对SO<sub>2</sub>现状排放量指标形成的洛仑兹曲线进行分析和计算,依据标准判断计算结果的合理性,如果评价结果不合理,则再制订合理的削减方案,最终形成比较合理的总量分配方案。其技术路线归纳如下:以城市环境容量作为控制指标,通过P值法和平权削减法计算各污染源

**基金项目** 西安工程大学博士科研启动基金(BS1303)。

**作者简介** 李炳宏(1982-),男,甘肃白银人,工程师,硕士,从事生态环境保护工作。

**收稿日期** 2016-07-27

削减量,根据现状排放量得到各污染源允许排放量;选择影响城市污染源允许排放量的因素,这些因素包括环保投资、工业产值、环境影响等(由于资料来源所限,该研究只选用现状排放量进行分析);根据环境基尼系数理论计算各因素相应的基尼系数值,并绘制对应的洛伦兹曲线;根据评价标准对以上各因素基尼系数值进行分析,对不合理的因素进行分析,如果需要进行污染源再削减,则进行削减直至评价结果合理为止(图 1)。

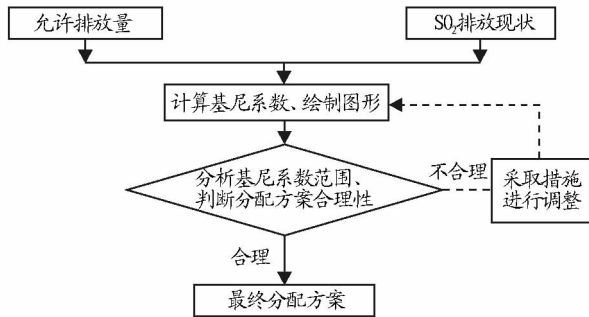


图 1 基尼系数法评价分配公平结果性技术路线

Fig. 1 Technical route of evaluating distribution fairness by Gene coefficient method

**1.3 SO<sub>2</sub> 削减方法** 该市大气环境容量核算方法主要采用 A-P 值法,初次削减是在 P 值法与按照排放标准计算得到允许排放量中较小者的基础上对排放量大的污染源进行削减。由于城区污染源众多,进行初次削减后在控制点浓度叠加后仍会出现超标现象,需进一步进行削减,即根据多源扩散模式计算出各个污染源在控制点上的浓度分担率,以此作为二次削减的依据,通过二次削减后得到各个污染源的削减量,最终平权削减量为初次削减量与二次削减量之和。这种总量控制方法既考虑大气环境容量又兼顾地面环境质量,是一种比较科学的分配方法。

**2 结果与分析**

**2.1 计算与调整** 首先分别计算 SO<sub>2</sub> 现状排放量和允许排放量比例,并进行排序,结果见表 2。对现状排放量和允许排放量百分比进行排序,并分别对各自排序后的百分比累计求和,同时以此构建洛伦兹曲线坐标系,并利用弓形面积求得现状排放量 - 允许排放量基尼系数为 0.13。洛伦兹曲线如图 2 所示。

**2.2 削减前后环境质量变化分析** 选择全年联合频率,利用宁波市环境保护科学研究设计院六五软件工作室开发的“EIA 大气环评助手”软件进行长期地面浓度预测。根据以上统计的污染源及削减方案模拟该城区 SO<sub>2</sub> 污染源在削减前后地面浓度贡献值,模拟结果如图 3、4 所示。由图 3、4 可知,统计污染源未削减前 SO<sub>2</sub> 在市区贡献值最大值达 0.045 mg/m<sup>3</sup>,其等值线范围比较广,且在三类区几个等值线分布比较密集,表明这个区域各个污染源贡献值均比较大,即受影响最为严重;实施削减方案后各个污染源在市区贡献值最大值为 0.040 mg/m<sup>3</sup>,其等值线所占范围也比较小,即影响区域有所减小,在原等值线分布较密集的区域也有所改善。

表 2 SO<sub>2</sub> 现状排放量和允许排放量排序结果

Table 2 Ranking of SO<sub>2</sub> current emissions and allowable discharge amount

代号 Code	现状排放量 Current emissions t/a	比例 Proportion %	代号 Code	允许排放量 Allowable discharge amount // t/a	比例 Proportion %
L	200.07	0.53	L	199.47	0.69
S	216.00	0.58	S	215.71	0.74
M	225.00	0.60	M	224.58	0.77
R	242.00	0.65	R	241.51	0.83
P	266.00	0.71	P	265.51	0.91
O	284.00	0.76	N	276.42	0.95
N	304.18	0.81	O	277.15	0.95
K	317.00	0.85	K	301.85	1.04
Q	359.00	0.96	Q	341.73	1.18
E	897.00	2.39	E	829.84	2.86
C	2 165.00	5.78	I	2 086.73	7.18
J	2 287.00	6.11	C	2 160.33	7.43
I	2 298.00	6.13	J	2 269.96	7.81
H	2 552.00	6.81	H	2 367.61	8.15
G	2 724.00	7.27	G	2 382.78	8.20
B	3 458.00	9.23	B	2 721.27	9.36
F	3 795.00	10.13	F	3 360.16	11.56
A	3 950.00	10.54	A	3 420.16	11.77
D	10 921.00	29.15	D	5 120.74	17.62

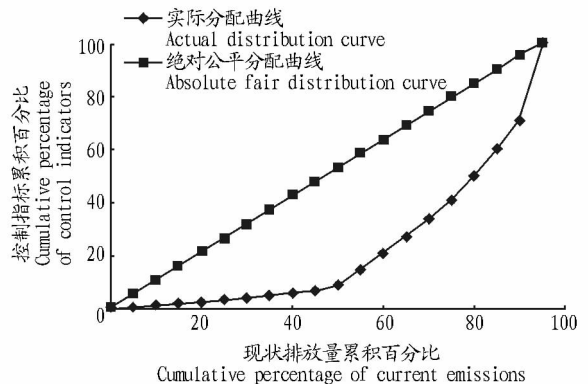


图 2 现状排放量 - 允许排放量洛伦兹曲线

Fig. 2 Lorenz curve of current emissions - allowable discharge amount

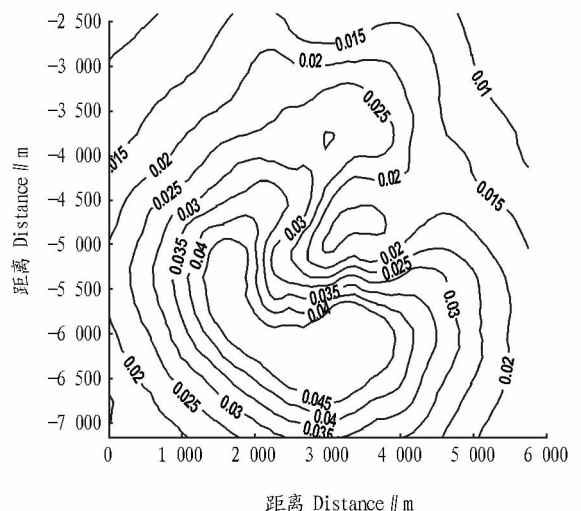


图 3 调整前污染源地面浓度贡献值

Fig. 3 Ground contribution to concentration before adjustment

### 3 结论与讨论

(1) 该研究结果表明,巢湖万年埠沿岸微囊藻和鱼腥藻主要受  $TN$  和  $NO_3 - N$  的影响,而 5 ~ 10 月微囊藻和鱼腥藻主要受  $T$ 、 $pH$ 、 $TP$ 、 $PO_4 - P$ 、 $DTP$  和  $TN$  的影响。从全年浮游植物细胞密度来看,巢湖万年埠沿岸带富营养化严重,其细胞密度高于  $1.00 \times 10^6$  个/L。水华前浮游植物主要种类有蓝藻、硅藻、隐藻和绿藻,发生水华后主要种类是蓝藻中的微囊藻,隐藻和绿藻较少出现。水华前和水华后浮游植物主要种类存在差异,这一方面是由于微囊藻可以分泌他感物质并使其其他藻类具有较低的生长率<sup>[9-10]</sup>;另一方面,巢湖万年埠水华前平均  $TN/TP$  值为 16.1,发生水华后  $TN/TP$  值为 7.7。因此,微囊藻分泌的他感物质和较低  $TN/TP$  值可能是发生水华后隐藻和绿藻较少出现的原因。

(2) Steinberg 等<sup>[11]</sup> 研究表明,在  $TP$  浓度超过  $10 \mu g/L$  时,蓝藻的生长很大程度上受物理因子的影响。孔繁翔等<sup>[12]</sup> 研究提出,形成水华的主导因子是水文条件、气象因素。该研究中,湖水中  $TP$  处于富营养化水平,浓度远远超过  $10 \mu g/L$ ,因此, $TP$  不是巢湖浮游植物生长的限制因素。发生水华后,微囊藻与  $T$  相关性最高,这与 Steinberg 等<sup>[11-12]</sup> 的结论相吻合。水华前,巢湖水体中出现大量的鱼腥藻,可能与巢湖水体  $TN/TP$  值较低有关<sup>[13]</sup>。

(3) 巢湖万年埠位于西半湖,属亚热带气候,发生水华一般在 7 ~ 8 月,但 2013 年水华提前在 5 月发生。蓝藻水华发生的水温条件一般大于  $20.0 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。在温室效应的影响下,2013 年 5 月平均水温为  $22.4 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,且这一时期降水量小,为  $91.8 \text{ mm}$ ,水体稳定性强,并具备营养盐基础,因此蓝藻迅速

繁殖,形成水华。

(4) 研制环保型化肥,提高土壤对氮、磷的吸收率,从而控制氮、磷流向水体。要求巢湖流域周边企业实行达标排放,施行对外源污染的控制,以控制氮、磷水平。采用人工捞取、生物操纵、底质清淤和种植湿地植物方法,控制浮游植物大量繁殖。然而,对于大型浅水湖泊富营养化问题,不能单方面考虑,须因地制宜,因时制宜,统筹兼顾。

### 参考文献

- [1] 张婷. 熊河水库浮游藻类群落结构的周年变化[J]. 生态学报, 2009, 29(6): 2971 - 2979.
- [2] LEPISTÖ L, HOLOPAINEN A L, VUORISTO H. Type-specific and indicator taxa of phytoplankton as a quality criterion for assessing the ecological status of Finnish boreal lakes[J]. Limnologia, 2004, 34: 236 - 248.
- [3] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类: 系统、分类及生态[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] SCHLESINGER W H. Biogeochemistry: An analysis of global change[M]. San Diego: Academic Press, 1991.
- [5] VITOUSEK P M, MOONEY H A, LUBCHENKO J, et al. Human domination of earth's ecosystems[J]. Science, 1997, 277: 494 - 499.
- [6] 王成贵, 曹勇, 汪海波. 巢湖西半湖水体富营养化污染状况及防治对策[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(8): 1475 - 1476.
- [7] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [8] 国家环境保护总局, 水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法[S]. 4 版. 北京: 科学出版社, 2002.
- [9] WALSBY A E, KINSMAN R, GEORGE K I. The measurement of gas vesicle and buoyant density in planktonic bacteria[J]. Journal of microbiology methods, 1992, 15: 293 - 309.
- [10] WALSBY A E. Gas vesicles[J]. Microbiol research, 1994, 58: 94 - 101.
- [11] STEINBERG C E W, HARTMANN H M. Plankton bloom-forming cyanobacteria and the eutrophication of lakes and rivers[J]. Freshwater biology, 1988, 20: 279 - 287.
- [12] 孔繁翔, 高光. 大型浅水富营养化湖泊中蓝藻水华形成机理的思考[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 589 - 594.
- [13] 姜霞, 王书航, 钟立香. 巢湖藻类生物量季节性变化特征[J]. 环境科学, 2010, 31(9): 2056 - 2062.

(上接第 101 页)

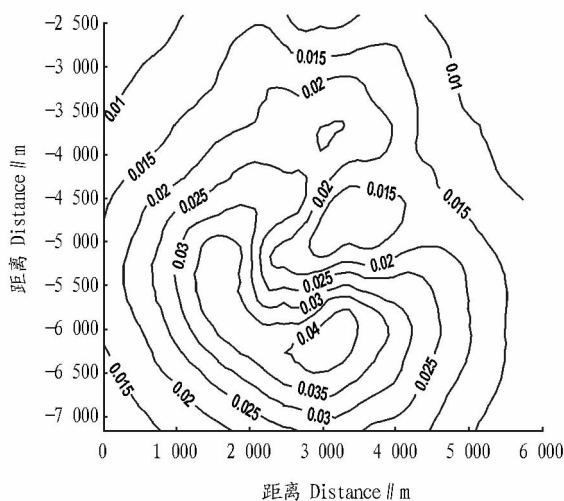


图 4 调整后污染源地面浓度贡献值

Fig. 4 Ground contribution to concentration after adjustment

通过以上分析,证明实施削减方案后区域环境质量有一定的

改善。

### 3 结论

尽管基尼系数理论可以量化评价总量分配合理性,但在指标选取、警戒线设置方面未进行深入研究。评价指标关乎能否建立科学的评价体系,对分配合理性影响重大,不同的指标体系评价结果就会存在一定差异。警戒线同样至关重要,前人只是借鉴了经济学基尼系数警戒线,但其在总量分配方面应用是否合适尚无定论,因此直接影响总量分配合理性结果。

### 参考文献

- [1] 翟腾腾, 郭杰, 欧名豪. 基于基尼系数的江苏省建设用地总量分配研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015(4): 84 - 91.
- [2] 刘娜, 谢绍东. 中国不同经济区域大气污染总量分配方法的选择研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2007, 43(6): 803 - 807.
- [3] 刘耀, 吴仁海, 廖瑞雪. 大气污染物总量分配公平性评价研究[J]. 环境科学与管理, 2007, 32(9): 159 - 162.
- [4] 张有贤, 李炳宏, 荀彦平. 西部地区  $SO_2$  总量控制指标分配合理性研究[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(6): 44 - 47.
- [5] 刘娜, 谢绍东. 城市点源大气污染物总量分配方法及其进展[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2006, 42(6): 824 - 828.
- [6] 兰州大学资源环境学院. 甘肃省金昌市大气环境容量核定技术报告[R]. 兰州, 2004.