

# 江苏省水泥制造业经济发展与大气环境变化相关性分析

田颖, 沈红军

(江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

**摘要:** 选取了2001—2014年的相关数据, 分析了江苏省水泥制造业的经济发展、资源能源消耗和污染物排放特征, 同时对行业经济发展与大气环境污染变化进行了相关性分析。结果表明, 2001—2014年, 江苏省水泥制造业工业总产值呈现波动增加趋势, 工业煤炭消费量呈现波动增加趋势, 投入产出比呈现逐年波动上升态势;  $\text{SO}_2$  的排放强度呈现波动下降的趋势, 低于全省平均水平; 烟粉尘的排放强度波动下降, 高于全省平均水平;  $\text{NO}_x$  的排放强度呈现波动上升的趋势, 高于全省平均水平;  $\text{SO}_2$  与烟粉尘排放量与 GDP 均高度呈负相关, 回归曲线模拟基本类似 U 型的左半段, 随着 GDP 的增加,  $\text{SO}_2$  和烟粉尘的排放量呈现下降趋势。

**关键词:** 水泥制造业; 大气环境; 相关性分析; 江苏省

中图分类号: X520

文献标志码: B

文章编号: 1674-6732(2016)04-0013-04

## Study on the Impact of Cement Manufacturing Industry on the Atmospheric Environment in Jiangsu Province

TIAN Ying, SHEN Hong-jun

(Jiangsu Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

**Abstract:** Based on the data of 2001—2014, this paper analyzed the economic development, resources and energy consumption, and the characteristics of pollutant emissions of cement manufacturing industry in Jiangsu province. At the same time, the correlations between industrial economic development and environmental pollution were analyzed. The results showed that the total industrial output value and coal consumption of cement manufacturing industry in Jiangsu province presented a fluctuating increase trend from 2001 to 2014, and the input-output ratio was gradually rising year by year. The emission intensity of  $\text{SO}_2$  showed a downward trend, which was lower than the provincial average. The emission intensity of smoke-dust and  $\text{NO}_x$  fluctuated downward and upward, respectively, both of which were higher than the provincial average.  $\text{SO}_2$  and smoke-dust emissions were highly negatively correlated with GDP, and the regression curves were similar to the left half of the U model, that was, emissions of  $\text{SO}_2$  and smoke-dust decreased with the increase of GDP.

**Key words:** Cement manufacturing industry; Atmospheric environment; Correlation analysis; Jiangsu

水泥是一种重要的资源性和影响国民经济发展的基础性产品, 中国是世界上最大的水泥生产国。2012年, 江苏省水泥产量17 030万t, 居全国第一位, 占全国水泥产量的7.8%, 累计增长11.7%。然而, 较高的投资规模导致水泥产能过重问题凸显。中国水泥工业排放的水泥粉(烟)尘占全国工业粉尘排放总量的39%, 高居工业排尘之首, 属于重点污染行业。目前, 国内外关于经济发展与环境质量相关关系的理论研究路线众多, 各有特色。对国民经济发展与环境质量变化关系的研

究, 多以库兹涅茨曲线理论和协调发展理论为主, 研究环境库兹涅茨曲线的发展走向及影响因素, 研究区域环境与社会经济发展的协调性程度<sup>[1-5]</sup>。严新峰等<sup>[6]</sup>开展了宁夏水泥行业  $\text{NO}_x$  排放现状及对策研究, 莫华等<sup>[7]</sup>开展了火电行业大气污染物

收稿日期: 2016-02-23; 修订日期: 2016-04-20

基金项目: 江苏省第四期“333工程”培养基金资助项目 (BRA2014376)

作者简介: 田颖(1982—), 女, 工程师, 硕士, 从事环境质量综合分析、地理信息系统等工作。

排放对  $PM_{2.5}$  的贡献研究。

现利用江苏省统计年鉴数据及江苏省环境统计数据,探讨了江苏省水泥制造行业的行业经济发展、资源能源消耗与污染物排放情况,同时对行业经济发展与大气环境污染变化进行了相关性分析,研究了江苏省水泥制造行业的发展对大气环境的影响效应。

## 1 江苏省水泥制造业发展与污染物排放特征

### 1.1 行业经济发展

图1为江苏省水泥制造业2001—2014年工业总产值及污染排放变化趋势。由图1可见,2001—2014年,江苏省水泥制造业工业总产值呈现波动增加的趋势,2014年水泥制造业的工业总产值为459.16亿元,占全省工业总产值的比例为1.09%,较之2001年的97.07亿元,增加了362.09亿元,增加幅度为373.02%,增幅较大。2012年工业总产值达到14年间的最高值,2013年开始有所下降,这与江苏省深化产业结构调整,严控“两高”行业新增产能的政策息息相关,工业总产值的下降说明,在发展规模上,水泥行业有缩小趋势。

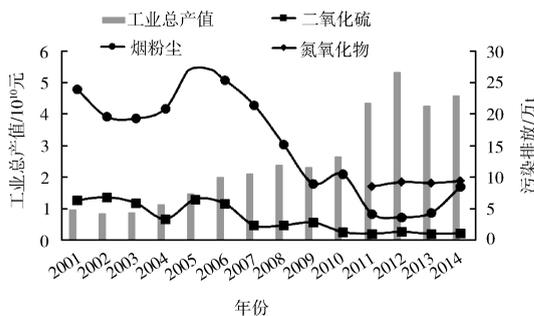


图1 2001—2014年江苏省水泥制造业工业总产值及污染排放变化趋势

### 1.2 资源能源消耗

由图2可以看出,2001—2014年,江苏省水泥制造业工业煤炭消费总量呈现波动增加的趋势,但是增加幅度不大,2014年水泥制造业工业煤炭消费总量为785.33万t,较2001年的637.99万t,增加了147.34万t,增幅为23.09%,占全省的比重呈现下降趋势,由2001年的7.20%下降为2014年的2.91%。

从水泥制造业工业煤炭消费量与其工业总产值之间的投入产出比分析,2001—2014年,江苏省

水泥制造业的投入产出比呈现逐年波动上升的态势,2014年较之2001年增加了0.43万元/t,说明江苏省水泥制造业高投入低产出的状况有所缓解,2001年水泥制造业投入产出比与全省平均水平二者差距为0.47万元/t,而2014年二者差距为0.99万元/t,虽然14年间江苏水泥行业的投入产出比上升,但是低于全省平均水平,同时与全省平均水平差距的加大,说明水泥制造业“高资源投入,低工业产出”的特征依然明显。

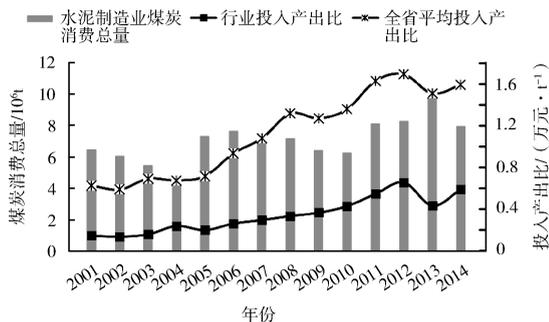


图2 2001—2014年江苏省水泥制造业煤炭消费总量及产值投入产出比变化

### 1.3 主要污染物排放

#### 1.3.1 $SO_2$

据统计,2014年水泥制造业的 $SO_2$ 排放量为0.95万t,占全省工业 $SO_2$ 排放总量的1.09%。相比2001年,排放量减幅达到82.11%,占全省工业 $SO_2$ 排放总量的比例也由2001年的4.88%下降到2014年的1.09%。 $SO_2$ 的排放强度亦呈现波动下降的趋势,由2001年的54.69 kg/万元下降到2014年的2.06 kg/万元,与全省平均水平的差距也由2001年的34.96 kg/万元下降至2014年的0.17 kg/万元,与全省平均水平的差距在逐渐减小(图3)。

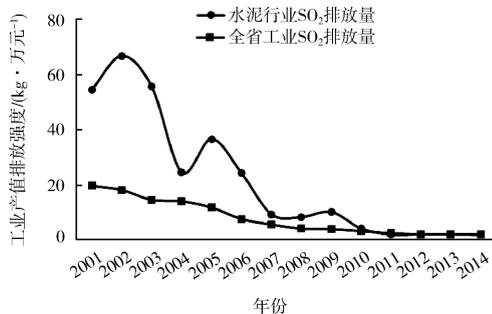


图3 2001—2014年江苏省水泥制造业 $SO_2$ 排放强度变化

说明江苏省对于水泥制造业的产能控制,以及提高污染物排放标准初见成效,但是其排放强度持续高于全省平均水平,在未来的发展中,采取新的政策控制其  $\text{SO}_2$  排放的空间依然存在。

### 1.3.2 烟粉尘

2014年江苏省水泥制造业的烟粉尘排放量为7.09万t,相比2001年减幅达到64.51%,占全省工业烟粉尘排放量的比例也由2001年的29.55%下降至2014年的9.84%。

2001—2014年全省水泥行业烟粉尘的排放强度波动下降,从2012年到2014年又有缓慢上升的趋势,由2001年的205.81 kg/万元下降到2014年的15.43 kg/万元,与全省平均水平差距也由2001年的193.54 kg/万元下降至2014年的13.71 kg/万元,下降幅度较大,但是排放强度总体上仍高于全省平均水平,体现了水泥行业是烟粉尘排放大户的特征(图4)。

虽然其烟粉尘排放强度与全省平均水平的差距在缩小,但是水泥行业作为烟粉尘排放之首的行业,对其烟粉尘的控制,提高其清洁生产力度仍为重中之重。

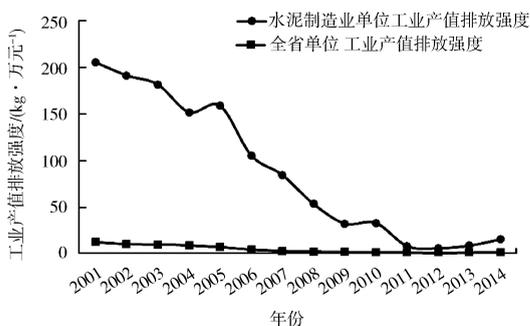


图4 2001—2014年江苏省水泥制造业烟粉尘排放强度变化

### 1.3.3 $\text{NO}_x$

在环境统计数据中,2011年开始统计  $\text{NO}_x$  排放量,因此采用2011—2014年  $\text{NO}_x$  的排放量对江苏省水泥制造业的  $\text{NO}_x$  排放进行分析。2014年水泥制造业的  $\text{NO}_x$  排放量为7.84万t,相比2011年减幅达到42.21%,虽然排放量减少,但是占全省比例却逐年上升,占全省比例由2001年的5.93%上升到2014年的8.82%。

2011—2014年全省水泥行业  $\text{NO}_x$  的排放强度呈现波动上升的趋势,由2011年的16.33 kg/万元

上升到2014年的17.07 kg/万元,并且总体上高于全省平均水平,与全省平均水平差距较大(图5)。

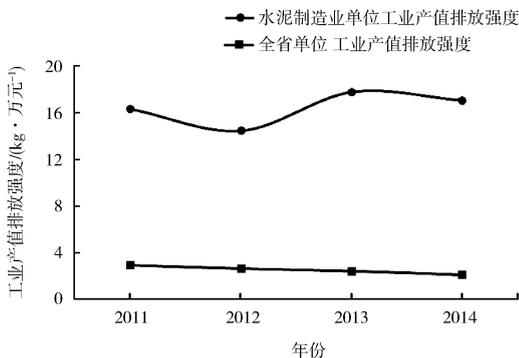


图5 2011—2014年江苏省水泥制造业  $\text{NO}_x$  排放强度变化

## 2 水泥制造业经济发展与大气污染变化相关性

### 2.1 评价指标体系与方法

社会经济发展与环境质量演变之间存在复杂关系,依据系统协调性和数据代表性、可得性、可比性、可操作性等原则,选取工业经济发展指标:地区生产总值(GDP)和污染物排放指标( $\text{SO}_2$ 排放量、烟粉尘排放量),采用2001—2014年时间序列数据,系统分析江苏省近14年来水泥制造业发展和大气环境演变的相关性。数据来自江苏省统计年鉴、环境统计数据和环境质量例行监测数据。

相关系数  $r$  的计算公式如下:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

利用相关系数  $r$  的大小可以判断变量间相关关系的密切程度。当  $r > 0$  时,表示两变量正相关;当  $r < 0$  时,表示两变量负相关;当  $|r| = 1$  时,表示两变量为完全线性相关;当  $|r| = 0$  时,表示两变量间无相关关系;当  $0 < |r| < 1$  时,表示两变量存在一定程度的相关关系,且  $|r|$  越接近1,两变量间相关关系越密切; $|r|$  越接近于0,表示两变量的相关关系越弱。

### 2.2 经济发展与大气环境污染变化相关性分析

以2001—2014年水泥制造业污染物排放数据为因变量,行业总产值为自变量,进行变量间的相关性分析,其拟合曲线见图6(a)(b)。

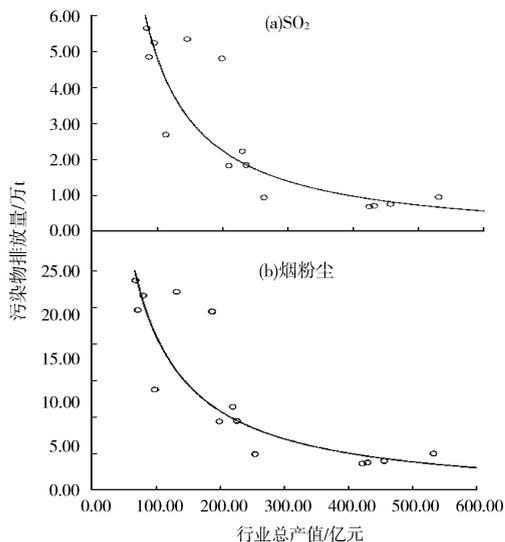


图6 2001—2014年江苏省水泥制造业行业总产值与SO<sub>2</sub>和烟粉尘拟合曲线

经济发展与污染物排放的相关性分析结果表明:水泥制造业的SO<sub>2</sub>和烟粉尘排放量与行业总产值均呈负相关。且烟粉尘排放量与行业总产值相关系数达到-0.847,SO<sub>2</sub>与行业总产值相关系数达到-0.819,呈现高度负相关。

对行业总产值和烟粉尘以及SO<sub>2</sub>排放量之间进行回归曲线模拟,烟粉尘和SO<sub>2</sub>与行业总产值的拟合曲线有一定相似性,基本类似U型的左半段,随着行业总产值的增加,SO<sub>2</sub>和烟粉尘的排放量呈现下降趋势。

水泥行业的烟粉尘高居排尘之首,属于重点污染行业,江苏省水泥产量居全国第一位,占全国水泥产量的7.8%,随着行业经济的发展,水泥产量和污染物排放持续增加,但是单位工业产值的污染物排放强度呈现下降趋势,这主要是因为,在行业发展的过程中,水泥制造业不断提升其自身行业的清洁生产水平,现代企业对行业环保的意识不断加强,在企业可持续发展的过程中不断加大环保的投入,近几年江苏省不断控制水泥制造业产能,提高污染物排放标准,不断针对大气环境出台强有力的政策。

为缓解污染问题,江苏省先后采取关停污染严重的水泥企业、停止上马水泥项目,加大对水泥等建材行业的整治力度等,加大了行业的清洁生产力度,淘汰落后产能。先后制定下发了《江苏省工业清洁生产“十二五”行动纲要》《江苏省创建清洁生

产先进企业管理办法(试行)》《江苏省重点工业行业大气污染防治清洁生产行动计划》,针对水泥制造业实施了新型干法水泥窑低氮燃烧技术改造,全省现有45条新型干法水泥生产线,均已建成脱硝设施,“十二五”期间,江苏省水泥制造业压减或化解产能3248万t。同时新建水泥生产线安装效率不低于60%的脱硝设施。为了加快水泥制造业的脱硫脱硝步伐,印发了《江苏省重点行业大气污染限期治理实施方案》。省政府颁布了《江苏省大气颗粒物污染防治管理办法》,积极推进非电行业除尘设施改造,2013年底制定实施了水泥制造业除尘设施改造计划。针对水泥制造业的大气环保工作重视程度、工作力度和投入强度前所未有的,因此在发展过程中,烟粉尘和SO<sub>2</sub>的排放量呈现下降趋势,水泥制造业烟粉尘和SO<sub>2</sub>的排放量随着行业总产值的增加呈现下降的趋势<sup>[8]</sup>。

### 3 结论

(1)从2001—2014年,江苏省水泥制造业工业总产值呈现波动增加趋势,增加幅度为373.02%,增加幅度较大。2012年工业总产值达到14年间的最高值,2013年开始有所下降,在发展规模上,水泥行业得到了控制,这与江苏省深化产业结构调整,严控“两高”行业新增产能的政策是息息相关的。

(2)2001—2014年,水泥制造业工业煤炭消费量呈现波动增加趋势,但是增加幅度不大,增幅为23.09%,占全省的比重呈现下降趋势。从工业煤炭消费量与工业总产值之间的投入产出比分析,江苏省水泥制造业的投入产出比呈现逐年波动上升态势,水泥制造业高投入低产出的状况有所缓解,虽然14年间江苏水泥行业的投入产出比上升,但是低于全省平均水平,同时与全省平均水平的差距加大,说明水泥制造业“高资源投入,低工业产出”的特征依然明显。

(3)14年间,SO<sub>2</sub>的排放强度呈现波动下降的趋势,说明江苏省对于水泥制造业的产能控制,提高污染物排放标准初见成效,但是水泥制造业的SO<sub>2</sub>排放强度一直高于全省平均水平,虽然其与全省平均水平的差距在逐渐减小,在未来的发展中,采取新的政策控制其SO<sub>2</sub>排放的空间依然存在;2001—2014年全省水泥行业烟粉尘的排放强度波

(下转第45页)

(2) 湖泊营养因子水平在4个湖泊之间均存在较明显的差异,尤其是TN和SD 2项指标阶梯状差异较为明显,主要影响了湖泊的富营养化程度;各湖泊富营养化特征存在差异性,宝应湖与白马湖富营养化特征较为类似,与高邮湖差异较大,邵伯湖富营养化特征与高邮湖接近,又兼有与宝应湖、白马湖相似性特征;

(3) 各湖泊Chl-a呈现不同程度的年内分布与水平差异,春、夏季存在藻类暴发的风险;各湖泊Chl-a与环境因子相关性差异较大,宝应湖、白马湖以及综合分析的高宝湖群Chl-a均与水温、TP相关性显著,TP总体上应是高宝湖群藻类生长限制的主导因子,水力交换、污染源汇入等外界因素也应综合影响了高宝湖群的富营养化状况。

#### [参考文献]

[1] 曹金玲,许其功,席北斗,等. 我国湖泊富营养化效应区域

(上接第16页)

动下降,排放强度总体上高于全省平均水平,体现了水泥行业是烟粉尘排放大户的特征。虽然其烟粉尘排放强度与全省平均水平的差距在缩小,全省水泥行业的结构调整和节能减排取得了一定效果,但是水泥行业作为烟粉尘排放之首的行业,对其烟粉尘的控制,提高其清洁生产力度仍为重中之重;2011—2014年全省水泥行业NO<sub>x</sub>的排放强度呈现波动上升的趋势,并且总体上高于全省平均水平,与全省平均水平差距较大。江苏省水泥制造业NO<sub>x</sub>的排放现状依然严峻,今后的工作中应加强对NO<sub>x</sub>的控制。

(4) 经济发展与污染物排放的相关性分析结果表明:水泥制造业的SO<sub>2</sub>与烟粉尘排放量与行业总产值均高度呈负相关。对行业总产值和烟粉尘以及SO<sub>2</sub>排放量之间进行回归曲线模拟,烟粉尘和SO<sub>2</sub>与行业总产值的拟合曲线有一定相似性,基本类似U型的左半段,随着行业总产值的增加,SO<sub>2</sub>和烟粉尘的排放量呈现下降趋势。水泥制造业不断提升其自身行业的清洁生产水平,不断加大环保的投入,江苏省一系列地方性大气环境治理和保护文件出台,对大气环境的改善和治理起到了积极的作用,水泥行业烟粉尘和SO<sub>2</sub>的排放量随着行业总产值的增加呈现下降的趋势。但是水泥制造业

差异性分析[J]. 环境科学, 2012, 33(6): 1777-1783.

- [2] 陈小华,李小平,王菲菲,等. 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析[J]. 生态学报, 2014, 34(2): 390-399.
- [3] 金相旭,刘树坤,章宗涉,等. 中国湖泊环境(第1册)[M]. 北京:海洋出版社, 1995.
- [4] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [5] 江苏省水利厅. 江苏主要河湖健康状况公报[R], 2012—2013.
- [6] 申哲民,张涛,马晶,等. 富营养化与温度因素对太湖藻类生长的影响研究[J]. 环境监控与预警, 2011, 3(2): 1-4.
- [7] 阮晓红,石晓丹,赵振华,等. 苏州平原河网区浅水湖泊叶绿素a与环境因子的相关关系[J]. 湖泊科学, 2008, 20(5): 556-562.
- [8] HU L M, HU W P, ZHAI S H, et al. Effects on water quality following water transfer in Lake Taihu, China[J]. Ecological Engineering, 2010(36): 471-481.
- [9] 王兆群,张宁红,张咏,等. 洪泽湖水质富营养化评价[J]. 环境监控与预警, 2010, 2(6): 31-35.

“高资源投入,低工业产出”的特征依然明显,因此在未来的发展过程中,针对水泥行业的大气环境治理政策应继续加强。

#### [参考文献]

- [1] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental impact of a North American Free Trade Agreement[Z]. Cambridge: National Bureau of Economic Research. 1991.
- [2] JAEKYU L. Economic growth and environment: Some empirical evidences from South Korea[R]. School of Economics, University of New South Wales. 1997.
- [3] 陆虹. 中国环境问题与经济发展的关系分析——以大气污染为例[J]. 财经研究, 2000, 26(10): 121-125.
- [4] 朱智洛. 库兹涅茨曲线在中国水环境分析中的应用[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2004, 32(4): 387-390.
- [5] 胡明秀,胡辉,王立兵. 武汉市工业“三废”污染状况剂量模型研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4): 52-55.
- [6] 严新峰,王淑娟. 宁夏水泥行业氮氧化物减排现状及对策[J]. 节能与环保, 2013(12): 64-66.
- [7] 莫华,朱法华,王圣. 火电行业大气污染物排放对PM<sub>2.5</sub>的贡献及减排对策[J]. 中国电力, 2013, 46(8): 1-6.
- [8] 朱德明. 深化大气环境监测管理立法的对策[J]. 环境监控与预警, 2015, 7(4): 1-3.

栏目编辑 周立平