

doi:10.7515/JEE201404009

福建省主要污染物排放强度的差异分析

陈一萍, 郑朝洪, 刘杏英

(泉州师范学院 资源与环境学院, 泉州 362000)

摘要:密切值法是多目标决策的一种优选方法, 本文采用多目标的密切值法对福建省主要污染物排放强度的年际差异和区域差异进行了分析。首先, 对福建省各主要城市 2012 年的主要污染物排放强度进行了比较分析, 结果表明主要污染物排放强度在空间上存在显著差异, 其中福州、泉州、龙岩是污染物排放强度较大的区域, 这些地区应该作为今后环境治理的重点地区; 其次, 在调查 2007—2012 年福建省主要污染物排放量的前提下, 分析了各种主要污染物排放强度的变化趋势, 探讨了主要污染物排放强度与经济发展之间的关系, 结果表明经济增长与环境污染之间的矛盾虽然出现了一定程度上的缓和, 但减排力度仍不容乐观。并在此基础上提出降低主要污染物排放强度的对策与措施。

关键词:密切值法; 福建省; 主要污染物; 年际差异; 区域差异; GDP

中图分类号: X822 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2014)04-0287-05

Analysis on the differences of main pollutants emission intensity in Fujian Province

CHEN Yi-ping, ZHENG Chao-hong, LIU Xing-ying

(College of Resources and Environment, Quanzhou Normal University, Quanzhou 362000, China)

Abstract: The osculation value method is an optimal method for the multi-aims decision. The interannual and regional differences of main pollutants emission intensity were analyzed in Fujian Province based on the osculation value method. Major pollutants emission intensity in 2012 were compared with the different cities of Fujian Province. The results showed that there were significant regional differences in the main pollutants emission intensity and the top three cities were Fuzhou, Quanzhou and Longyan which should be key areas of environmental governance in the future. Then based on the data of the pollutants in Fujian Province from 2007 to 2012, the change trend about all kinds of main pollutants emission intensity was analyzed. And it was discussed that the correlation coefficients between main pollutants emission intensity and GDP in Fujian Province. The results showed that contradiction between economic growth and environmental pollution had been eased, but it was still not optimistic. At last it was provided the measures for reducing pollutants emission in this paper.

Key words: osculation value method; Fujian Province; main pollutants; interannual differences; regional differences; GDP

近年来, 随着海峡西岸经济区建设的加快, 福建省工业化、城镇化进程加快和消费结构持续升级, 能源需求呈刚性增长, 消化排污总量的压力加大, 资源环境约束日趋强化, 目前节能减排

形势严峻, 任务十分艰巨。为了实现城市的可持续发展道路, 分析福建省主要污染物排放强度的差异状况并对其减排潜力进行分析, 已经成为迫在眉睫的事情。

收稿日期: 2014-04-28

基金项目: 泉州市科技局项目 (2011Z22); 福建省教育厅 A 类科技项目 (JA12281); 福建省高校服务海西建设重点项目 (A102)

通讯作者: 陈一萍, E-mail: chenyping2005@qztc.edu.cn

关于污染物排放的研究，国内外的文献多侧重于从单一或多种污染物的排放强度与经济发展水平之间的关系着手来分析经济发展和污染物排放的关系 (Krishna et al, 2005; Valeria and Salvatore, 2008)。这些文献在研究经济发展和污染物排放关系时，没有对各种污染物排放强度进行综合分析评价，缺乏对污染物排放强度在时间与空间上的差异分析。

鉴于此，本文以近年来福建省主要污染物排放强度为研究对象，采用多目标的密切值法对其时空分布的整体特征和趋势进行分析，并在此基础上提出福建省进一步降低污染物排放强度的对策措施，具有重要的现实意义。

1 密切值法的简介

密切值法是多目标决策中的一种优选方法。它的基本原理在于将多个目标系统综合成一个能从总体上衡量适宜性优劣的单目标以便于排序 (黄静等, 2008; 李明等, 2009; 陈一萍, 2010; 刘晓敏等, 2012)。

1.1 建立规范化矩阵

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_{ij}^2}} \quad (1)$$

式中 a_{ij} 为第 i 个评价单元的第 j 个评价指标的原始数据， r_{ij} 为 a_{ij} 的归一化值。当评价单元为

正向指标 (即数值越大越好) 时，数值取正值；当评价单元为负向指标 (即数值越小越好) 时，数值取负值，将整个系统指标转化为正向指标。

1.2 确定各评价指标的“最优点”和“最劣点”

$$\bigvee_{i=1}^n \{r_{ij}\} = B_j, \quad \bigwedge_{i=1}^n \{r_{ij}\} = W_j \quad (2)$$

1.3 计算各评价单元与最优点和最劣点的密切程度

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - B_j)^2}, \quad l_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - W_j)^2} \quad (3)$$

1.4 计算密切值

$$d' = \bigwedge_{i=1}^n \{d_i\}, \quad l' = \bigvee_{i=1}^n \{l_i\} \quad (4)$$

$$\text{则密切值为 } c_i = \frac{d_i}{d'} - \frac{l_i}{l'} \quad (5)$$

密切值是个无量纲，当 c_i 值越小时，表明被评价单元越好，根据密切值的大小可以确定各评价单元的优劣排序。

2 主要污染物排放的区域差异分析

2.1 数据来源

原始数据来源于《2013年福建省统计年鉴》，包括了福州、厦门、莆田、三明、泉州、漳州、南平、龙岩以及宁德九个城市的废水 (D1)、化学需氧量 (D2)、氨氮 (D3)、烟 (粉) 尘 (D4)、二氧化硫 (D5)、氮氧化物 (D6)、工业固体废物 (D7) 等七类污染物的排放强度数据，详见表 1。

表 1 各主要城市污染物排放强度数据 (单位: 万吨)
Table 1 The main pollutants emission in the different cities (10⁴ ton)

城市	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
福州市	36837.15	106784	15851	40151	77536	107706	728.4
厦门市	47507.57	44032	8226	4783	19765	34273	114.47
莆田市	11647.86	41631	5917	5925	15121	29945	54.88
三明市	23465.69	53881	6610	37452	51527	46136	830.98
泉州市	55097.79	127133	16875	55672	103768	97853	719.43
漳州市	39830.19	107313	13977	11112	28408	47188	182.83
南平市	15537.08	66498	7563	18503	23552	17603	292.32
龙岩市	13722.46	63649	8513	51764	33338	56074	4576.47
宁德市	11504.72	44755	8762	27249	18186	30416	219.64

2.2 结果分析

根据公式 (1) — (5) 计算各城市的密切值，结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出，2012 年福建省主要污染物排放强度在区域上呈现一定的差异。其中主要污

染物排放强度较大且居前三位的城市分别是泉州、龙岩和福州；污染物排放强度较小的后三位分别为莆田、南平和宁德。

产生污染物排放区域差异的原因是多方面的，但是环境污染始终是离不开经济的发展，为此我

们对各城市 GDP 与主要污染物排放强度之间的关系进行了研究。结果见图 1, 数据来源于 2012 年《福建省国民经济和社会发展统计公报》。

从图 1 可以看出, 除了龙岩市以外, 其他各城市的主要污染物排放强度基本与该地区 GDP 成正相关关系, 这表明经济发展的同时也给环境造成很大的影响。福州和泉州作为福建省的两个经济大

市, 其主要污染物排放强度也是最大的。但是厦门同样也是福建省经济发展较好的城市, 但其污染强度却远远低于福州和泉州。最不可思议的是龙岩市的 GDP 相对落后, 但污染物排放强度却走在全省的前列, 这可能与龙岩市大部分企业规模偏小、产业层次较低, 铜、煤炭等矿产资源的不合理开发有关, 因此龙岩应该作为减排的重点研究对象。

表 2 各主要城市密切值计算表
Table 2 The evaluation results of the osculation value method in the different cities

城市	d_i	l_i	c_i	密切值排序
福州市	0.896	0.863	12.206	7
厦门市	0.389	1.343	4.638	4
莆田市	0.070	1.453	0.005	1
三明市	0.484	1.087	6.165	5
泉州市	1.124	0.808	15.500	9
漳州市	0.511	1.201	6.472	6
南平市	0.198	1.336	1.916	2
龙岩市	1.091	0.786	15.054	8
宁德市	0.254	1.341	2.703	3

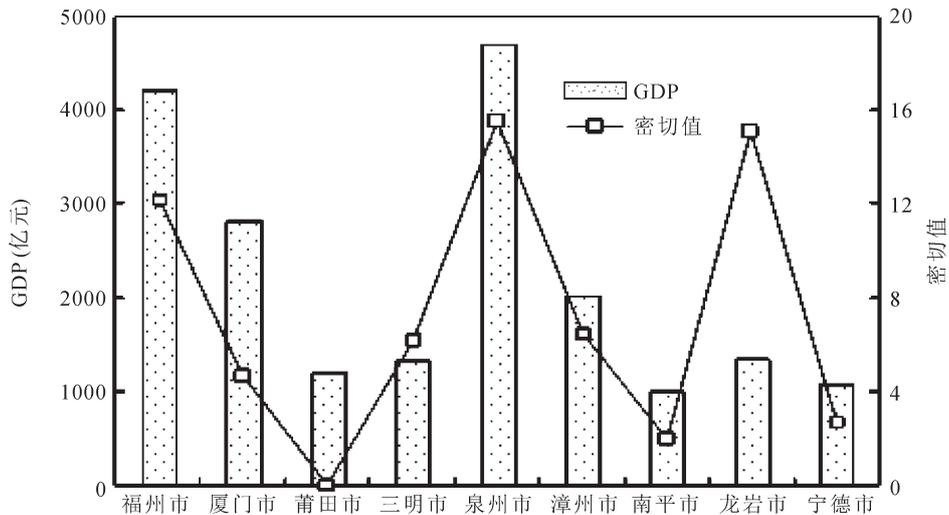


图 1 各城市主要污染物排放强度与 GDP 的相关关系
Fig.1 Correlation coefficients between main pollutants emission intensity and GDP

3 主要污染物排放的年度差异分析

3.1 数据来源

原始数据来源于 2007—2012 年《福建省环境统计年鉴》和《福建省环境质量公报》, 采用废水 (D1)、化学需氧量 (D2)、氨氮 (D3)、烟 (粉) 尘 (D4)、二氧化硫 (D5)、工业固体废物 (D6) 等六种排放指标作为研究对象, 详见表 3。

3.2 结果分析

根据公式 (1) — (5) 计算各城市的密切值, 结果如表 4 所示。

从表 4 可以看出, 除了 2008 年以外, 密切值基本随着时间的增加而增大, 也就是说这几年来福建省主要污染物排放强度呈现逐年增大的趋势, 环境污染问题日益突出。尤其是 2010—2011 年整

个增长的速度特别显著, 2011年后增长速度虽然得到了一定程度的遏制, 但其环境污染程度仍然是这几年来最糟糕的。

为了进一步了解造成主要污染物排放强度年

际差异的主要因素, 我们对2007—2012年福建省经济发展水平进行了研究, 数据主要来源2007—2012年《福建省国民经济和社会发展统计公报》, 详见图2。

表3 2007—2012年福建省主要污染物排放强度数据(单位:万吨)

Table 3 The main pollutants emission from 2007 to 2012 (10^4 ton)

年份	D1	D2	D3	D4	D5	D6
2007	226900	38.3	2.98	30.49	44.6	4814.86
2008	236300	37.8	3	28.82	42.9	5370.86
2009	246000	37.6	3.01	26.99	42	6348.91
2010	238500	37.3	2.98	27.88	40.9	7486.58
2011	316176	67.9	9.5	22.53	38.92	4414.89
2012	256263	66.004	9.318	25.264	37.125	7719.54

表4 2007—2012年福建省污染物排放强度密切值

Table 4 The evaluation results of the osculation value method in Fujian province from 2007 to 2012

年份	d_i	l_i	c_i	密切值排序
2007	0.144	0.563	0.116	2
2008	0.129	0.549	0.025	1
2009	0.156	0.534	0.261	3
2010	0.223	0.531	0.786	4
2011	0.532	0.256	3.669	5
2012	0.544	0.146	3.958	6

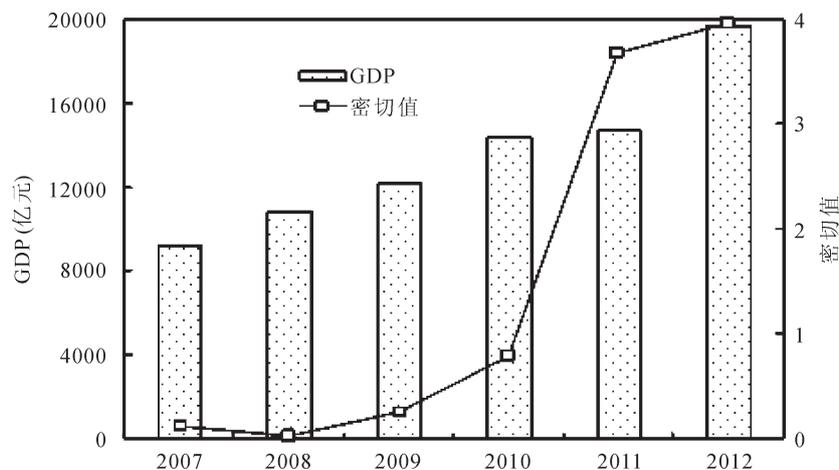


图2 2007—2012年福建省主要污染物排放强度与GDP的相关关系

Fig.2 Correlation coefficients between main pollutants emission intensity and GDP from 2007 to 2012

从图2可以看出, 近年来福建省经济生产总值与环境污染程度之间的关系大体可以分成三个阶段, 一是2007—2009年经济增长的同时主要污染物排放强度也在增加, 但这阶段经济增长的速度明显高于环境污染水平; 二是2009—2011年主要污染物排放强度呈现直线上升的趋势, 这阶段经济增长的速度已经明显滞后于环境污染的程度,

如果按这势态继续发展下去经济的增长将来不及弥补污染物排放所造成的环境问题, 形势堪忧; 三是2011—2012年随着经济生产总值的快速增长, 主要污染物排放强度的增加弧度开始趋于平缓, 经济增长与环境污染之间的矛盾出现了一定程度上的缓和, 但是减排的力度还不够, 由于累积效应等各方面因素的影响, 其环境污染程度仍然是

这几年来最糟糕的。

4 结语

(1) 福建省的主要污染物排放强度在空间上存在显著的差异, 因此分配各城市主要污染物排放强度减排任务时, 不能一刀切, 应该根据各地的实际情况, 因地制宜地采取有针对性的措施。其中福州、泉州、龙岩是污染物排放强度较大的区域, 这些地区应该作为今后环境治理的重点地区。尤其是龙岩市, 应该作为重点研究对象, 为了降低其污染物排放强度, 可以考虑从以下几个方面着手: 从产前、产中和产后全方面加强污染物的治理; 坚决淘汰高能耗、高污染的落后生产工艺和设备; 改善能源结构, 不断增加清洁能源的使用力度; 调整和优化产业结构, 促进产业结构升级; 大力发展循环经济等。

(2) 福建省主要污染物的排放强度在时间上也呈现一定的差异, 政府应该根据各个阶段的特点采取相应的对策与措施, 就目前来讲虽然减排工作取得了一定的成效, 经济增长与环境污染之间的矛盾出现了一定程度上的缓解, 但减排力度仍不容乐观, 减排任务相当艰巨。

参考文献

陈一萍. 2010. 基于密切值法的节能减排评价研究 [J]. *生态环境学报*, 19(2): 419–422. [Chen Y P. 2010. Evaluation of energy saving and emission reduction based on the

osculation value method [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 19(2): 419–422.]

黄静, 马宏忠, 纪卉. 2008. 密切值法在电能质量综合评价中的应用 [J]. *继电器*, 36(3): 60–63. [Huang J, Ma H Z, Ji H. 2008. Application of intimate data method in synthetical evaluation about power quality [J]. *Relay*, 36(3): 60–63.]

李明, 郑怀昌, 仲维光. 2009. 基于密切值法的矿井通风方案优化与探讨 [J]. *化工矿物与加工*, (2): 32–35. [Li M, Zheng H C, Zhong W G. 2009. Optimization of mine ventilation scheme based on osculating value method and its discussion [J]. *Industrial Minerals & Processing*, (2): 32–35.]

刘晓敏, 李志宏, 范凤翠, 等. 2012. 基于密切值法的河北省市域农业循环经济综合评价 [J]. *中国农学通报*, 28(11): 146–147. [Liu X M, Li Z H, Fan F C, et al. 2012. Comprehensive evaluation of agro-recycling economy of city field in hebei province based on the osculation value method [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 28(11): 146–147.]

Krishna P P, Hector Z, Dwi S. 2005. An empirical test of Environmental Kuznets Curve for water pollution [J]. *Environment & Resources Economics*, 31(3): 325–348.

Valeria C, Salvatore M. 2008. Environment, human development and economic growth [J]. *Ecological Economics*, 64: 867–880.

(上接 281 页)

Kocman D, Horvat M, Pirrone N, et al. 2013. Contribution of contaminated sites to the global mercury budget [J]. *Environmental Research*, 125: 160–170.

Marsh D O, Clarkson T W, Cox C, et al. 1987. Fetal methylmercury poisoning. Relationship between concentration in single strands of maternal hair and child effects [J]. *Archives of Neurology*, 44(10): 1017–1022.

Meng B, Feng X B, Qiu G L, et al. 2010. Distribution patterns of inorganic mercury and methylmercury in tissues of rice (*Oryza sativa* L.) plants and possible bioaccumulation

pathways [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(8): 4951–4958.

Meng B, Feng X B, Qiu G L, et al. 2011. The process of methylmercury accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Environmental Science & Technology*, 45(7): 2711–2717.

National Research, Council. 2000. Toxicological effects of methylmercury [R]. Washington DC: National Academy Press.

Schroeder W H, Munthe J. 1998. Atmospheric mercury—An overview [J]. *Atmospheric Environment*, 32(6): 809–822.