

# 基尼系数法在惠州市水污染物总量负荷分配中的应用

黄良辉<sup>1,2</sup>, 蒋岳青<sup>2</sup>, 彭兵<sup>1</sup>, 柴立元<sup>1</sup>

(1.中南大学 冶金学院 环境工程系, 湖南 长沙 410083; 2.湖南工业大学, 湖南 株洲 412008)

**摘要:** 通过借鉴评价收入公平性的指标——基尼系数的概念, 提出了惠州市区域间水污染物总量分配方案合理性的评估方法。使用基尼系数法分析了惠州市各县区人口、GDP、水资源量、环境容量等指标对分配的影响, 绘制各影响因素与主要污染物的洛伦茨曲线, 并根据洛伦茨曲线对分配方案的合理性进行评估; 按照合理的基尼系数范围确定各县区主要污染物排污量的削减方案。结果表明: 基于水资源量与环境容量的洛伦茨曲线反映了惠州市区域水污染情况日趋严峻, 为污染物总量负荷分配及削减方案提供了依据。

**关键词:** 基尼系数; 惠州; 水污染物; 总量分配

**中图分类号:** F224.9; X11

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2007)04-0080-04

## Gini Coefficient Method Applied in Total Pollutant Load Allocation for Water Bodies in Huizhou City

Huang Lianghui<sup>1,2</sup>, Jiang Yueqing<sup>2</sup>, Peng Bing, Chai Liyuan<sup>1</sup>

(1. Department of Environmental Engineering, College of Metallurgy, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

**Abstract:** Using reference of the conception of Gini coefficient — the target was used to evaluate the impartiality of earnings, and the way was put forward to evaluate the equity of total pollutant load allocation for water bodies in Huizhou city. Gini coefficient method was used to analyze the effect of targets such as the population, GDP, water resource, water environment capacity to the allocation. The rationality was evaluated by the Lorenz curves of correlative factors. According to Gini coefficient method, the plan was decided to reduce the quantity of mainly water pollutions. The results indicated that Lorenz curves of water resource can focus on the key areas of water pollution in districts in Huizhou city correctly and also provide the basis for gross water pollutant reduction.

**Key words:** Gini coefficient; Huizhou; water pollution; total load allocation

## 1 背景知识

水环境污染物允许排放总量的分配是总量控制的核心<sup>[1]</sup>, 科学的总量分配方案是实施水污染总量的技术关键<sup>[2]</sup>。分配允许排放量, 实质上是确定各排污者利用环境资源的权利, 确定各排污者削减污染物的义务, 即利益的分配和矛盾的协调<sup>[3]</sup>, 应尽可能地考虑公平和效益原则。

目前污染物允许排放量分配的方法, 归纳起来主要有以下几种。

**等比例分配法** 在区域范围内承认各污染源现状排放的基础上, 将总量控制系统内的允许排放总量等比例分配到源, 各源分担等比例排放责任。其前提是承认排污现状, 但没有分析产生污染的原因, 甚至忽视了部分源为减少污染排放所做出的努力。这一方法, 实际上是对主动承担污染减排责任的污染源的一种打击。

**按费用最小原则分配法** 在区域范围内, 以治理费用为目标函数, 使系统的污染治理投资费用总

收稿日期: 2007-06-06

作者简介: 黄良辉 (1980-), 男, 江西高安人, 湖南工业大学讲师, 硕士, 主要研究方向为环境工程。

和最小的前提下, 确定各污染源的允许排放量。其结果考虑的是整个系统的经济效益、社会效益和环境效益。这种分配原则对系统的经济、环境等起到了积极作用, 但却忽视了各排污者之间的公平性问题, 不可避免地造成污染治理效率高, 边际治理费用低, 但管理得力的污染源承担更多的削减量。国内外实践表明, 只依照最小费用的分配方法在实施时将受到很大阻力。

**按贡献率削减排放量分配法** 按污染物贡献率的大小来削减污染负荷, 对水质影响大的污染源要多削减, 反之少削减。体现了各污染源平等共享水环境资源, 也平等承担超过其允许负荷量的责任的公平性。但忽视了不同行业污染治理费用的差异, 在污染治理费用方面有一定的不公平性。此外, 不同地理位置的企业对统一控制断面, 污染影响也不一致, 近距离的污染贡献必定比远距离的大, 则近距离的排污者应承担更多的削减负荷, 如近地源在规划前已存在, 则对之仍是不公平的。

区域间在经济、环境、资源和管理等方面存在的差异性, 以及排污总量控制系统所具有的不确定性, 对污染物削减分配的公平性也有影响<sup>[1]</sup>, 忽视了这方面的信息, 所制定的污染物削减分配也难以收到预期的效果。

本文采用基尼系数法<sup>[2]</sup>对区域水污染物总量分配进行研究。基尼系数来源于经济学中综合考察经济社会中居民收入分配差异状况的指标, 可较直观地反映不同收入的居民在收入分配中所处的位置及分配水平的大致程度, 在国际上已得到广泛应用<sup>[4]</sup>。基尼系数的计算如图 1 所示, 设收入的实际分配曲线 (洛伦茨曲线) 和绝对平等分配曲线之间的面积为  $S_A$ , 实际分配曲线右下方的面积为  $S_B$ , 以  $S_A/(S_A+S_B)$  值表示不平等程度, 该值称为基尼系数。曲线弧度越大则基尼系数越大, 表明分配越不平等。根据基尼系数原理, 将其用于水污染物总量分配方案的公平性评估, 该评价结果可作为总量分配方案修改的依据, 使方案更为合理、公平。

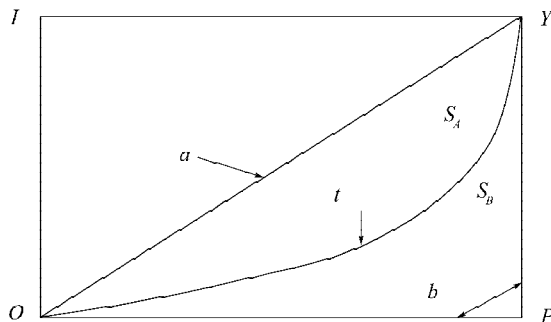


图 1 洛伦茨曲线

Fig. 1 The Lorenz curve

应用基尼系数法对区域水污染物总量进行分配, 主要分为以下几个步骤: 1) 对研究的环境影响因素进行分析, 选择合适的评估指标; 2) 收集整理各分配对象的相关指标数据及主要污染物的污染排放量数据; 3) 绘制各指标与水污染物总量相对应的洛伦茨曲线, 计算相应的基尼系数, 绘制时应按各指标的单位污染量对数据进行由低到高排序; 4) 根据基尼系数在环境评价领域的合理范围, 判断各基尼系数的合理性, 若不合理, 则需采取相关措施进行修正。修正原则为: 主要因素的基尼系数由高向低进行调整, 其它因素的基尼系数不超过合理范围, 直至所有的环境基尼系数达到合理时终止; 5) 根据上级下达的指标, 确定各分配对象的污染物允许排放量及削减量。

作者结合《惠州市环境保护规划》中惠州市水环境污染现状及预测, 根据基尼系数法的分析步骤, 对研究区域进行污染物总量控制分析。

## 2 区域水污染物总量分配对象及影响因素分析

根据惠州市行政区划及水资源情况, 为便于管理和实施, 将水资源分区作为分配对象, 即对惠州市下属的各区县: 惠城区、大亚湾区、惠阳区、博罗县、惠东县、龙门县作为总量分配对象。考虑惠州市人口、社会经济、环境及其它自然资源情况, 区域水污染物总量分配的影响因素有如下几类: 1) 社会因素, 包括人口、国民经济总产值 (GDP) 和排污口情况等; 2) 自然因素, 包括土地面积、河流长度、水资源量和水质现状; 3) 综合因素, 包括人口密度、水环境容量、排污量和环境保护投入等。经过分析比较, 选择人口、GDP、水资源量和环境容量作为基尼系数法的评估指标。各评估指标与水污染物排放量的基尼系数, 反映的是不同区域单位相应指标的水污染排放量的差异。根据国家环保总局及国家发展改革委员会的要求, 目前对区域环境规划要求的主要污染物通常为化学需氧量 (COD) 和氨氮 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), 因此我们主要考虑 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  两个污染物指标。

## 3 基尼系数的求取及洛伦茨曲线的绘制

基尼系数求取的方法有不依赖洛伦茨曲线的直接计算法、近似洛伦茨曲线的回归曲线法、利用洛伦茨曲线分组求和的人口等分法, 以及当城市和乡村的收入分布完全不重叠时使用的城乡分解法等<sup>[5]</sup>。在此采用将洛伦茨曲线下方的面积近似分成若干梯形面积进行积分计算, 其公式为:

$$G_{\text{Gini}} = 1 - \sum_{i=1}^n (X_i - X_{i-1})(Y_i + Y_{i-1}), \quad (1)$$

式中,  $X_i$  为评估指标的累计比例;  $Y_i$  为污染物的累计比例;  $i$  为分配对象数量。

根据惠州区域各县区基本情况统计及惠州市环境保护规划数据<sup>[6]</sup>, 各县区的各类指标占研究区域总量的比例见表 1。

**表 1 6 县区各类指标占惠州区域总量的比例**  
Table 1 The percentage of indexes in six districts to Huizhou city

区域名称	评估指标					水污染排放	
	人口	GDP	水资源量	环境容量 COD	氨氮	COD	氨氮
惠城区	27	42	7	16	11	20	25
大亚湾区	5	21	2	11	10	13	5
惠阳区	15	11	15	3	2	18	19
博罗县	24	13	25	22	33	21	10
惠东县	20	10	28	20	10	17	34
龙门县	9	3	23	28	34	11	7

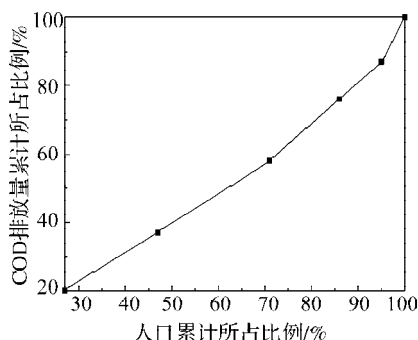
根据基尼系数法, 以人口—COD 排放量洛伦茨曲线为例, 先按人均 COD 排放量对各县区进行排序, 具体结果见表 2, 再做洛伦茨曲线 (见图 2), 并根据图 2 计算人口—COD 排放量基尼系数。根据式 (1), 通过计算得到人口—COD 的基尼系数为 0.163。根据同样的方法, 得到人口—氨氮排放量洛伦茨曲线图 (见图 3), 并计算得到人口—氨氮的基尼系数为 0.195。

依次可得到其它各指标的洛伦茨曲线和对应的基尼系数, 具体的基尼系数见表 3。

**表 2 各县区人均 COD 排放量所占比例**

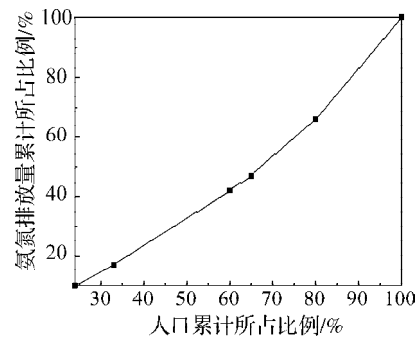
Table 2 Per capita COD discharge and its percentage

区域名称	人均 COD 排放量	人口所占比例	人口累计所占比例	COD 排放量	
				所占比例	累计所占比例
惠城区	0.74	27	27	20	20
惠东县	0.85	20	47	17	37
博罗县	0.875	24	71	21	58
惠阳区	1.2	15	86	18	76
龙门县	1.22	9	95	11	87
大亚湾区	2.6	5	100	13	100



**图 2 人口—COD 排放量洛伦茨曲线图**

Fig. 2 Lorenz curve based on the population and COD



**图 3 人口—氨氮洛伦茨曲线图**

Fig. 3 Lorenz curve based on the population and  $\text{NH}_3\text{-N}$

**表 3 惠州市各指标的基尼系数**

Table 3 The Gini coefficient of each index in Huizhou city

水污染物 排放量	人口	GDP	水资源量	环境容量
COD	0.163	0.197	0.314	0.293
氨氮	0.195	0.167	0.297	0.349

## 4 基尼系数的合理性判断及实施

在评估总量分配方案前, 需界定基尼系数的合理范围。在经济学中, 由于社会发展的局限性, 人均收入的分配不可能平衡, 因此基尼系数在 0~0.2 的可能性很小, 基尼系数的合理范围为 0.2~0.4。但在流域间环境基尼系数的计算中, 由于各流域间没有水资源冲突, 没有不平等的前提<sup>[6]</sup>。故认为基尼系数趋近于零是最合理的, 因此将基尼系数的合理范围界定为 0~0.2。由表 3 可知, 人口—污染物排放量、GDP—污染物排放量的基尼系数是比较合理的, 而水资源与环境容量指标的基尼系数超过了合理范围, 从水资源—环境容量洛伦茨曲线来看, 主要是居于曲线顶点的大亚湾、惠城及龙门的单位污染物排放量过高所致。由表 3 可知, 水资源量—水污染物排放量和环境容量—水污染物排放量的基尼系数较高, 属主要调整指标, 对处于曲线顶点的区域则是重点污染区域, 是污染物削减排放的主要对象。

在 COD 和氨氮两指标上, 根据以上分析, 主要对大亚湾、惠城、龙门进行调整, 相应减小 8%~12%; 而对其它区域, 则根据“十一五”全国污染物总量削减原则, 以  $(5 \pm 0.5)\%$  为宜。在该目标的基础上, 通过对基尼系数的调整, 使各区域的总量分配趋于平衡。结合规划中惠州区域水环境容量测算汇总, 通过对基尼系数进行调整, 同时结合《广东省十一五环境保护规划》和《珠三角十一五环境保护规划》的规划环境保护目标和分阶段规划目标值, 各指标的基尼系数的变化情况见表 4, 目标年惠州市各县区减排目标情况见表 5。

表4 基尼系数变化

Table 4 The change of Gini coefficient

项目	COD 排放量				NH <sub>3</sub> -N 排放量			
	人口	GDP	水资源量	水环境容量	人口	GDP	水资源量	水环境容量
基尼系数原值	0.163	0.197	0.314	0.293	0.195	0.167	0.297	0.349
基尼系数新值	0.161	0.181	0.320	0.289	0.192	0.149	0.272	0.321
减小幅度	0.002	0.016	0.020	0.021	0.030	0.018	0.025	0.028

表5 惠州市各区县 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 的削减方案Table 5 The plan of reduction of COD and NH<sub>3</sub>-N in Huizhou city t/年

县区	现排放量		允许排放量		削减量	
	COD	NH <sub>3</sub> -N	COD	NH <sub>3</sub> -N	COD	NH <sub>3</sub> -N
惠城区	4 210	421.3	3 868	379.2	342	42.1
大亚湾区	2 737	83.6	2 488	75.2	249	8.4
惠阳区	3 789	320.6	3 714	310.8	75	9.8
博罗县	4 421	168.4	4 331	162.7	90	5.68
惠东县	3 579	572.2	3 512	557.4	67	14.74
龙门县	2 315	118.1	2 086	106.5	229	11.6
惠州市	21 051	1 684.2	19 999	1 600	1 052	92.4

## 5 实施效果分析

由表4可知,调整后各项的基尼系数都有所下降,不过虽然水资源量—水污染物排放量与水环境容量—水污染物排放量的基尼系数下降明显,但仍未达到理想范围。这主要是因为:1)深圳等地的工业污染排入惠州,导致惠阳水污染环境本底值过大;2)随着大型石化项目的进驻,惠州市经济的跨越式发展和人口的急剧增加,给环境治理带来巨大的压力;3)根据对惠州区域环境容量的测算,区域内总体的允许排放量可达2.88万t,远高于广东省及珠三角下拨惠州的1.99万t的指标(2010年),这还不包括海域部分及缺乏监测数据的湖库的容量及排放量。4)根据“十一五”全国污染物总量削减原则,削减比例以(5±0.5)%为宜,若整体削减太大,对区域的环境污染物削减的操作性和可行性带来较大的影响。因此,上述负荷分配方案比较合理可行,能满足区域环境阶段性目标的要求。

## 6 结论与讨论

本文利用基尼系数法对区域水污染物总量分配方案进行评估,依据评估结果进行方案调整,可使方案更加公平合理。在调整基尼系数时,以水资源量和环境容量为主要调整指标,对解决惠州市现行的各县区的产业结构升级和调整带来的系列环境问题,有较强的实际指导意义。当然,基尼系数本身是一个比例参数,因此仅从基尼系数本身下结论将丢失一些信息,从而对负荷分配的离散程度的反映也不明确。但总体来讲,基尼系数能够说明水污染物负荷分配的分布情况,同时还可以进一步分析水污染物负荷分配的公平程度,这对当前环境管理中提倡的“效率优先,兼顾公平”的思路来说是一种有效的实现手段。

### 参考文献:

- [1] 国家环保总局. 总量控制技术手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [2] 汪俊启, 张颖. 总量控制中水污染允许排放量公平分配研究[J]. 安庆师范学院学报, 2000(8): 37-40.
- [3] 傅国伟. 水污染物总量的分配原则与方法[C]//环境背景值及环境容量研究. 北京: 科学出版社, 1993: 444-450.
- [4] 杨玉峰, 傅国伟. 区域差异与国家污染物排放总量分配[J]. 环境科学学报, 2001, 21(2): 129-133.
- [5] 熊俊. 基尼系数四种估算方法的比较与选择[J]. 商业研究, 2003, 23(3): 123-125.
- [6] 罗曰镁. 从基尼系数看居民收入差距[J]. 统计观察, 2005(6): 89-90.