

Water Environmental Capacity Allocation Method for Water Function Area Based on Fairness*

Yiwen Xie¹, Hongbo Zhang², Xian Li³, Yongyu Zhou¹, Jiamin Hu¹

¹College of Chemical and Environmental Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan

²China Nuclear Power Design Co., Ltd., Shenzhen

³Institute of Environment Science Research, Dongguan

Email: 323100301@qq.com

Received: Apr. 29th, 2012; revised: May 17th, 2012; accepted: May 28th, 2012

Abstract: Gini coefficient distribution method is one for water environmental capacity in the water functional area on the basis of the allocation principle of fairness and the criterion of Gini coefficient, with comprehensively considering a variety of factors. The example research shows that the ratio of COD capacity distribution accounting Gini coefficient of total industry production based on Gini coefficient distribution method is from 0.47 (unfairness) down to 0.29 (relatively fairness) through the water environmental capacity allocation of towns in the Dongyin Canal water function area in Dongguan City, the rest Gini coefficient of factors all are in the scope of fairness. The results display that, all Gini coefficient is in the range of fairness by more factors introduced to comprehensively evaluate and the distribution capacity of objects adjusted for Gini coefficient distribution method. Also, the water environmental capacity allocation in the water function area is more fair and reasonable.

Keywords: Gini Coefficient; Water Functional Area; Water Environmental Capacity; Allocation

基于公平性的水功能区水环境容量分配方法研究*

谢毅文¹, 张洪波², 李 娴³, 周咏瑜¹, 胡嘉敏¹

¹东莞理工学院化学与环境工程学院, 东莞

²深圳中广核工程设计有限公司, 深圳

³东莞市环境科学研究所, 东莞

Email: 323100301@qq.com

收稿日期: 2012年4月29日; 修回日期: 2012年5月17日; 录用日期: 2012年5月28日

摘 要: 基尼系数分配法是一种基于公平性为分配原则、以基尼系数为分配依据、综合考虑多个影响因素作用的水功能区水环境容量分配方法。通过东莞市东引运河水功能区内镇街水环境容量分配实例研究显示, 基于基尼系数分配法的 COD 容量分配对工业总产值的基尼系数由等比例分配法分配得出的 0.47(不公平)下降到 0.29(相对公平), 其余影响因素的基尼系数均处于公平范围。结果表明, 基尼系数分配法通过引入多个影响因素进行综合评价, 调整分配对象分配容量使基尼系数均符合公平范围, 从而使水功能区水环境容量分配更具有公平性和合理性。

关键词: 基尼系数; 水功能区; 水环境容量; 分配

*基金项目: 广东高校优秀青年创新人才培养项目(LYM10123), 广东省科技厅项目(2010B050300010), 广东省水利科技创新项目(2009-39), 中山大学重大项目培育和新兴交叉学科项目(10lgzd11)及东莞理工学院创新人才培养计划项目(E3496108)资助。

作者简介: 谢毅文(1980-), 男, 汉族, 广东东莞人, 讲师, 博士, 研究方向为水资源水环境保护。

1. 前言

水功能区是根据流域或区域的水资源状况, 并考虑水资源开发利用现状和经济社会发展对水量和水质的需求, 在相应水域划定的具有特定功能, 有利于水资源的合理开发利用和保护, 能够发挥最佳效益的区域。2002年4月水利部印发了《中国水功能区划(施行)》, 2003年5月水利部制定《水功能区管理办法》并于2003年7月开始施行。其后, 全国各省、市、县对各自水功能区划做了复核与调整, 并按照批准实施的水功能区划制定水环境容量总量分配方案及入河污染物控制管理措施。市县一级行政区的水功能区常跨越多个乡镇行政区, 水功能区的水环境容量总量如何在其所包含的多个乡镇间进行合理分配成为一个关乎于各乡镇切身利益及市县社会经济发展大局的热点问题。目前, 水环境容量总量分配有等比例分配法、层次分析法和 Delphi 法等^[1], 但以上方法具有一定的缺陷性, 如层次分析法和 Delphi 法考虑因素全面、科学性强, 但数据获取困难且过程繁琐, 权重或因素受主观影响大, 实用性较差, 应用较少; 而目前应用较多的是等比例分配法, 等比例分配法对数据要求低、使用简单方便, 但其明显缺乏科学性和公平性^[2]。基于目前应用方法的缺陷和不足, 从分配方法的科学性和公平性的角度出发, 参考前人在基尼系数应用方面的研究成果^[2-8], 提出基尼系数分配法来进行水功能区水环境容量总量分配, 即通过计算同一水功能区内各乡镇水环境容量分配对多个影响因素的基尼系数及评价其公平性, 以此为依据进行水功能区各乡镇水环境容量总量分配。

2. 基尼系数法分配法的建立

2.1. 基尼系数的基本原理

基尼系数(或称洛伦兹系数)是由意大利经济学家基尼(Gini)于1922年根据洛伦兹曲线提出的^[9]。基尼系数是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公平的大致程度, 已在国际上得到了广泛应用^[8]。基尼系数是根据洛伦兹曲线图中的面积来计算的(见图1), 设收入的实际分配曲线(洛伦兹曲线)和绝对平等分配曲线之间的面积为

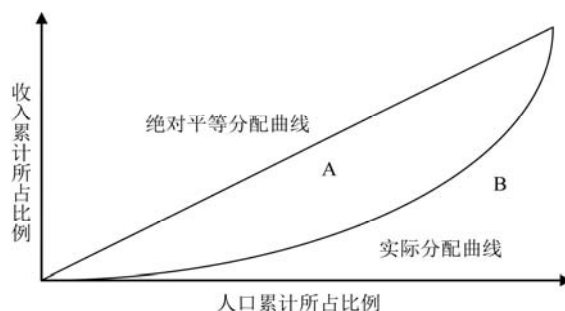


Figure 1. Lorenz (Gini coefficient) curve
图1. 洛伦兹(基尼系数)曲线图

A, 实际分配曲线右下方的面积为 B, 并以 $A/(A+B)$ 值表示不平等程度, 该值被称为基尼系数。基尼系数在 0~1 之间变化, 系数越大, 表示越不均等(不公平), 系数越小, 表示越均等(公平)^[9]。

2.2. 基尼系数的计算方法

基尼系数的计算方法有很多, 主要有四种有代表性的估算方法^[10], 分别是直接计算法、分组计算法、拟和曲线法^[11]和分解法。本研究拟考虑采用分组计算法求算基尼系数。

分组计算法有点类似用几何定义计算记分的方法, 在 X 轴上寻找 n 个分点, 将洛伦兹曲线下方的区域分成 n 部分, 每部分用以直代曲的方法计算面积, 然后加总求出面积。分点越多, 就越准确, 当分点达到无穷大时, 则为精确计算。实际应用中常采用的计算公式是:

$$G = \sum_{i=1}^n x_i y_i + 2 \sum_{i=1}^n x_i (1 - s_i) - 1 \quad (1)$$

式中: x_i 代表按收入分组后各组的人口数占总人口数的比重; y_i 代表按收入分组后, 各组人口所拥有的收入占收入总额的比重; s_i 代表累计收入百分比,

$$s_i = y_1 + y_2 + \dots + y_i。$$

2.3. 分配对象、影响因素及合理范围

水功能区水环境容量分配对象为处于同一水功能区内的多个乡镇, 同时处于两个或以上水功能区的乡镇则按面向不同水功能区的排污比例划分出相应部分作为分配对象。可能影响水功能区水环境容量总量分配的因素有以下几类: 1) 社会因素, 包括人口、GDP、工业总产值等; 2) 自然因素, 包括流域面积、

河流长度、水资源量等; 3) 综合因素, 包括人口密度、水质、环保投入等。对不同的区域, 影响因素可以根据实际情况有所增减, 所选因素应较好地反映该区域的社会、经济等属性, 且可以量化及获得较为准确的数据。由于本文以广东省东莞市东引运河水功能区为例, 考虑到东莞市是全国著名制造业城市, 人口众多, 经济发达, 经过分析选择人口、工业总产值和用水量作为该区域的评价指标。

在以基尼系数评价水功能区排污公平性之前, 需界定基尼系数的合理范围。按照国际惯例, 将水功能区水环境容量分配的基尼系数公平范围界定为: 0~0.2 为公平, 0.2~0.3 为相对公平, 0.3~0.4 为相对不公平, 0.4~0.5 为不公平, 0.5 以上为高度不公平^[12]。

2.4. 基尼系数法的技术路线

基尼系数法其技术路线(见图 2)为: 1) 按照水功能区内各乡镇的规划年污染物入河量比例对水环境容量总量作初步分配, 同时收集各乡镇的相关影响因素数据(人口、用水量和工业总产值)。2) 计算各影响

因素与容量初次分配的基尼系数, 并绘制洛伦兹曲线。3) 依据各基尼系数评价分配方案的合理性, 如所有基尼系数均在合理范围内, 则认为现有的分配比例合理; 如某影响因素的基尼系数处于不合理范围, 则认其为主要影响因素, 通过对各乡镇水环境容量分配进行调整, 修正其基尼系数回到合理范围以内。4) 调整各乡镇容量分配使主要影响因素的基尼系数降低的过程中, 其他因素的基尼系数也会发生相应变化, 某些因素基尼系数会上升, 甚至超过合理范围, 所以在调低主要影响因素基尼系数的同时也要计算其他因素的基尼系数, 通过反复调整分配最终使所有影响因素的基尼系数均在合理范围。

3. 实例分析

本文以东莞市东引运河二级水功能区(东引运河工业农业用水区)为例应用基尼系数分配法进行水功能区水环境容量总量分配实例研究。东莞市位于广东省珠江三角洲广州与深圳、香港之间的黄金通道上, 是全国有名的工业城市, 经济发达, 人口众多。东引运河是东莞市一条人工挖掘的重要水道, 流经东莞市主城区及虎门、厚街等 13 个发达镇街, 所以东引运河水功能区水环境容量分配对象包括东莞市 13 镇街的全部或部分。本实例研究采用人口、用水量、工业总产值为影响因素, 对水功能区 COD 水环境容量进行基尼系数法分配计算, 同时采用等比例法进行分配计算并做对比分析。东引运河水功能区各镇街(乡镇)数据见表 1(数据来源于 2007 年东莞市第一次全国污染源普查成果)。

2007 年东引运河水功能区 COD 入河量为 57,360 t, 需要削减至该水功能区的总 COD 水环境容量 23,122 t。基尼系数计算结果显示(见表 2), 采用等比例方法对水功能区 COD 容量做初次分配时, COD 容量对人口和用水量的基尼系数处于 0~0.2 高度公平范围, 但 COD 容量对工业总产值的基尼系数为 0.47, 处于 0.4~0.5 不公平范围。考虑到东莞市是全球重要制造业中心, 所以在水环境容量分配中忽略工业的影响是不合理, 适当参考工业总产值因素进行分配具有合理性和科学性。

以基尼系数分配法(技术路线见图 2)采用工业总产值、人口、用水量为影响因素进行水功能区 COD

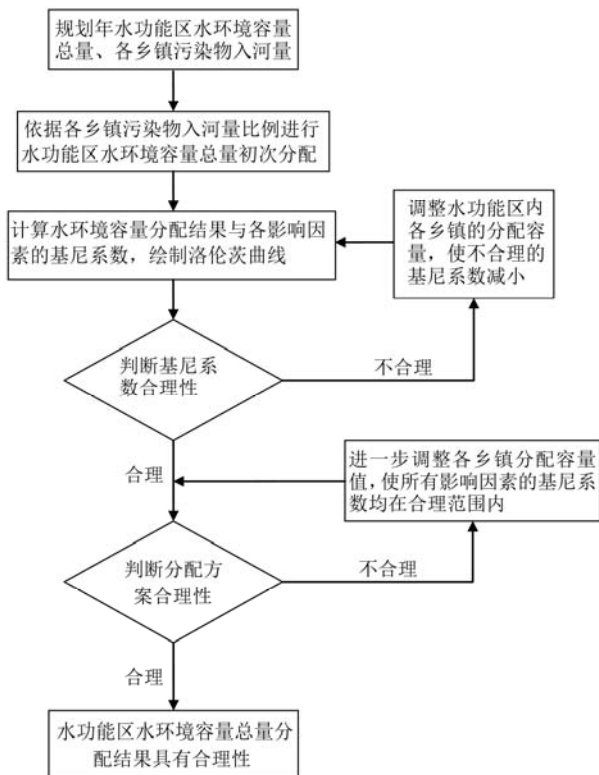


Figure 2. The technology roadmap of Gini coefficient distribution method
图 2. 基尼系数分配法技术路线

Table 1. Data of towns in Dongguan canal water function area
表 1. 东莞市东引运河水功能区各镇街数据表

分配对象	分配对象占该镇街比例	人口	用水量 (万 m ³)	工业总产值 (万元)	COD 入河量 (t)	等比例法分配容量 (t)	基尼系数法分配容量 (t)
茶山镇	95%	172,272	3748	2,176,437	4620	1862	2620
东城区	69%	228,896	9214	3,615,578	5667	2284	2338
东坑镇	100%	100,762	3044	785,394	2625	1058	1225
横沥镇	80%	145,651	3050	3,020,624	3300	1330	1300
厚街镇	100%	485,284	12,170	2,006,068	11,328	4566	3128
虎门镇	55%	352,977	8237	362,708	9029	3640	719
寮步镇	30%	76,793	2241	533,169	1812	730	1012
南城区	87%	137,079	11,561	2,494,038	5071	2044	2571
企石镇	100%	99,176	2439	2,526,391	1985	800	1585
桥头镇	90%	89,258	3433	4,386,655	2368	955	1768
沙田镇	30%	39,779	1360	170,603	1321	532	321
石排镇	99%	126,231	2838	2,131,814	2867	1156	2367
莞城区	100%	237,455	7366	1,167,274	5367	2163	2167
合计		2,291,613	70,700	25,376,755	57,360	23,122	23,122

Table 2. Comparison of Gini coefficients computed by proportional distribution method and Gini coefficient distribution method
表 2. 等比例分配法与基尼系数分配法的基尼系数比较

分配方法	等比例分配法			基尼系数分配法		
	工业总产值	人口	用水量	工业总产值	人口	用水量
基尼系数	0.47	0.07	0.17	0.29	0.3	0.29

容量分配, 由于 COD 容量对工业总产值基尼系数严重超出公平范围, 由此认为工业总产值是主要影响因素, 以其基尼系数为主要依据对各镇街分配的 COD 容量进行调整。以工业总产值基尼系数为主要依据进行容量分配调整会导致人口和用水量的基尼系数上升, 由于必须考虑其他因素的公平性, 需要经过反复计算和调整, 一方面将通过调整将工业总产值基尼系数下降到公平范围内, 另一方面通过反复验算保证人口和用水量基尼系数上升不超出公平范围, 以保证水功能区水环境容量分配的公平性和合理性。

计算结果(表 2)显示, 基于基尼系数分配法的 COD 容量分配方案中 COD 容量对工业总产值的基尼系数由原来 0.47 下降到 0.29, 处于相对公平范围; 人口和用水量的基尼系数有所上升, 由原来的 0.07 和 0.17 上升到 0.3 和 0.29, 但仍处于相对公平范围。由于基于基尼系数的 COD 容量分配既考虑了工业因素(工业总产值), 也考虑了社会(人口)及用水现状(用水量),

而且三者基尼系数均处于公平范围内, 所以可以认为该分配结果是合理的。

4. 结语

综合以上分析可见, 基尼系数分配法是一种基于公平性为分配原则、以基尼系数为分配依据、综合考虑多个影响因素作用的水功能区水环境容量分配方法。对于市县级水功能区水环境容量分配, 如果不综合考虑区域现实情况及社会经济特征, 而采用简单的等比例分配法进行水环境容量分配, 可能会导致容量资源分配错位, 进而影响社会经济发展全局。通过东莞市东引运河水功能区水环境容量基尼系数分配法实例研究显示, 基尼系数分配法通过引入多个基尼系数评价影响因素, 基于公平性原则进行分配, 使水环境容量分配结果对各影响因素的基尼系数均符合于公平范围, 可以充分考虑分配区域的社会、经济、生态的实际情况, 避免容量资源分配错位, 使水环境容量分配方案更具公平性和合理性。所以, 基尼系数分配法对于影响因素复杂、利益诉求多样化的区域应该有较好的实用性。

参考文献 (References)

- [1] 李如忠. 水污染物允许排放总量分配方法研究[J]. 水利学报, 2003, 12(5): 112-115, 121.

- LI Ruzhong. Study on distribution of total amount of drainage water pollutant in a region. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2003, 12(5): 112-115, 121. (in Chinese)
- [2] 吴悦颖, 李云生, 刘伟江. 基于公平性的水污染物总量分配评估方法研究[J]. *环境科学研究*, 2006, 19(2): 66-70.
WU Yueying, LI Yunsheng and LIU Weijiang. Study on Gini coefficient method of total pollutant load allocation for water bodies. *Research of Environmental Sciences*, 2006, 19(2): 66-70. (in Chinese)
- [3] 刘德地, 陈晓宏. 一种区域用水量公平性的评估方法[J]. *水科学进展*, 2008, 19(2): 268-272.
LIU Dedi, CHEN Xiaohong. Method for evaluating the fairness of water use in Guangdong province. *Advances in Water Science*, 2008, 19(2): 268-272. (in Chinese)
- [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.
YANG Yufeng, FU Guowei. Total pollution load distribution at national level and the regional diversity. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2001, 21(2): 129-133. (in Chinese)
- [5] 袁辉, 王里奥, 胡刚, 崔志强, 詹艳慧. 三峡重庆库区水污染总量的分配[J]. *重庆大学学报*, 2004, 27(2): 136-139.
YUAN Hui, WANG Li'ao, HU Gang, CUI Zhiqiang and ZHAN Yanhui. The allocation of total pollutants discharge control for Chongqing region Three Gorges Area. *Journal of Chongqing University*, 2004, 27(2): 136-139. (in Chinese)
- [6] 王恒, 叶宏, 唐小军, 江腊海. 四川省环境洛伦兹曲线的分析及应用研究[J]. *四川环境*, 2007, 26(3): 117-122.
WANG Heng, YE Hong, TANG Xiaojun and JIANG Lahai. Analysis and application of environmental Lorenz curve of Sichuan Province. *Sichuan Environment*, 2007, 26(3): 117-122. (in Chinese)
- [7] 张志耀, 张海明. 污染物排放总量分配的群体决策方法研究[J]. *系统科学与数学*, 2001, 21(4): 473-479.
ZHANG Zhiyao, ZHANG Haiming. Study of group decision method in allocation of pollutant discharge total. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2001, 21(4): 473-479. (in Chinese)
- [8] 孟祥明. 基尼系数法在水污染物总量分配中的应用[D]. 天津: 天津大学, 2007.
MENG Xiangming. Application of Gini coefficient in total pollutant load allocation for surface water. Tianjin: Tianjin University, 2007. (in Chinese)
- [9] 罗日镁. 从基尼系数看居民收入差距[J]. *统计观察*, 2005, 8(6): 89-90.
LUO Yuemei. Survey resident income gap by Gini coefficient. *Commercial Research*, 2005, 8(6): 89-90. (in Chinese)
- [10] 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: 123-125.
XIONG Jun. Comparison and selection of four estimation of Gini coefficient. *Commercial Research*, 2003, 23: 123-125. (in Chinese)
- [11] 欧阳植, 于维生. 收入分布曲线的拟合与基尼系数计算[J]. *吉林大学社会科学学报*, 1992, 3: 53-58.
OUYANG Zhi, YU Weisheng. The fitting of income distribution curve and the calculation of Gini coefficients. *Jilin University Journal Social Sciences Edition*, 1992, 3: 53-58. (in Chinese)
- [12] 王金南, 逯元堂, 周劲松. 基于 GDP 的中国资源环境基尼系数分析[J]. *中国环境学*, 2006, 26(1): 111-115.
WANG Jingnan, LU Yuantang and ZHOU Jingshong. Analysis of China resource environment Gini coefficient based on GDP. *China Environment Science*, 2006, 26(1): 111-115. (in Chinese)