

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2020.04.013

# 广州市用水结构空间均衡差异性分析

范嘉炜<sup>1,2,3</sup>, 黄锦林<sup>1,2,3</sup>, 袁明道<sup>1,2,3</sup>, 张旭辉<sup>1,2,3</sup>, 谭彩<sup>1,2,3</sup>

- (1. 广东省水利水电科学研究院大坝安全技术管理中心, 广东 广州 510635;
2. 河口水利技术国家地方联合工程实验室, 广东 广州 510635;
3. 广东省粤港澳大湾区水安全保障工程技术研究中心, 广东 广州 510635)

**摘要:**以空间均衡治水方针为指导思想,采用基于洛伦兹曲线、基尼系数的方法,对广州市用水结构整体趋势及均衡差异性进行了分析。结果表明:广州市用水结构空间分配不够均衡,大部分区域已超过设定的警戒线标准;农业用水空间分配差距较大,主要集中于从化、花都、增城区等市内非核心区;工业用水结构虽然整体分布较均衡,但黄埔区与其余区域存在巨大差异,区位熵是其他区域工业平均区位熵的3倍;居民生活、城镇公共、生态环境用水结构空间分配差距悬殊,表现为向天河、越秀、荔湾等市内核心区域集中,且用水量保持逐年增加的趋势,这在一定程度上加剧了区域差异性;各类用水结构差异性虽已得到有效控制,空间均衡性处于平稳阶段,但仍未达到“空间均衡”治水目标,应进一步强化用水监督管理,实现用水结构合理布局和水资源的优化配置。

**关键词:**空间均衡;用水结构;洛伦兹曲线;基尼系数;广州市

**中图分类号:**TV213.4   **文献标志码:**A   **文章编号:**1004-6933(2020)04-0082-05

**Analysis of spatial equilibrium of water consumption structure in Guangzhou City** // FAN Jiawei<sup>1,2,3</sup>, HUANG Jinlin<sup>1,2,3</sup>, YUAN Mingdao<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Xuhui<sup>1,2,3</sup>, TAN Cai<sup>1,2,3</sup> (1. *Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510635, China*; 2. *State and Local Joint Engineering Laboratory of Estuary Hydropower Technology, Guangzhou 510635, China*; 3. *Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area Water Safety Engineering Research Center, Guangzhou 510635, China*)

**Abstract:** Following the idea of water management with spatial equilibrium, we analyzed the overall trend and equilibrium difference of water consumption structure in Guangzhou City by Lorentz curves and Gini coefficient. The results indicate that, the spatial distribution of water consumption structure is not balanced and most regions have exceeded the warning line; There is a big gap in the spatial distribution of agricultural water consumption, mainly concentrated in Conghua, Huadu, Zengcheng and other non-core urban areas; Although the overall distribution of industrial water consumption is more balanced, there are significant differences between Huangpu District and the rest of the region. And the location quotient (LQ) of Huangpu District is three times of the industrial average. There are significant differences among water consumptions of residents, urban public and ecological environment. This can be illustrated as more water consumed in downtown areas like Tianhe, Yuexiu, Liwan, etc. and increasing water consumption year by year, which, to some extent, exacerbates regional differences. The differences in water consumption structure are already under control and the spatial equilibrium has reached the stable stage, but the goal of “spatial equilibrium” is still to be achieved. We should keep on strengthening the supervision and management of water consumption to achieve the rational water consumption structure and optimal allocation of water resources.

**Key words:** spatial equilibrium; water consumption structure; Lorentz curves; Gini coefficient; Guangzhou City

随着社会经济的快速发展,合理利用水资源,实现水资源优化配置已变得刻不容缓<sup>[1-2]</sup>,“节水优

先,空间均衡,系统治理,两手发力”十六字治水方针<sup>[3]</sup>表明,在新型产业化进程中,正确把控水资源

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0402605)

作者简介:范嘉炜(1991—),女,工程师,硕士,主要从事水资源管理研究。E-mail: jiawei\_fan@126.com

通信作者:黄锦林,教授级高级工程师。E-mail: 1657826640@qq.com

和人口经济的关系是实现人与自然和谐共生的重要原则。目前,水资源空间分布不均导致区域经济无法均衡发展的问题逐渐引起国内众多水利学者的重视,为提出有效的解决方案,一些学者尝试将洛伦兹曲线、基尼系数等本属于经济学的概念应用于水资源的空间分配中,如魏寿煜等<sup>[4]</sup>以基尼系数理论为基础,建立了重庆市水资源与耕地、人口的空间匹配模型;刘欢等<sup>[5]</sup>利用洛伦兹曲线对郑州市不同类型用水的空间分布和变化特点做了分析探讨;冯颖等<sup>[6]</sup>以陕西省为研究对象,利用基尼系数理论对陕西省各市各类型用水的时空分布进行了分析;张洪波等<sup>[7]</sup>利用洛伦兹曲线和基尼系数模型分析了榆林市农业、工业、生活三类用水的空间分布情况;吴昊等<sup>[8]</sup>以南京市为例,分析了区域用水结构演变特征以及用水结构变化的驱动力因素;章恒全等<sup>[9]</sup>利用基尼系数分析了湖北省各市(区、州)的总用水量与水资源量的分布状况。

广州市过境水资源虽相对丰富,但本地水资源较少,加上社会经济发展迅速,导致广州市工农业等产业用水问题日益凸显,水资源总量不足、空间均衡性不足的问题已成为广州市社会经济进一步发展的阻碍<sup>[10]</sup>。为此,本文选取广州市 2007—2017 年各类用水数据对广州市用水结构的时空分布均衡性进行分析,以期广州市各产业结构的水资源合理配置和有效利用提供参考。

## 1 研究方法

### 1.1 洛伦兹曲线

洛伦兹曲线由美国经济学家 Lorenz 于 20 世纪初提出<sup>[11]</sup>,用来表征不同区域间收入和财富分配的不均匀性。随着社会经济不断发展和学科之间交叉融合,目前在多个研究领域得到了有效利用<sup>[7-11]</sup>。在洛伦兹曲线图中,纵、横坐标均为累积百分比,百分比含义由研究对象决定。不同研究对象的累积曲线  $y=f(x)$  与绝对平均线  $y=x$  距离的远近表明了研究对象空间分配的均衡程度,即距离  $y=x$  越近,研究对象的空间分配越均衡,越远空间分配差距越大。

### 1.2 区位熵

计算各区域的区位熵是得出洛伦兹曲线的关键步骤<sup>[12]</sup>。区位熵为各研究区域类用水累积百分比与总用水累积百分比的比值,即洛伦兹曲线中的斜率大小,可用以下公式表示:

$$L_{ij} = \frac{Q_{ij}/Q_j}{Q_i/Q} \quad (1)$$

式中: $L_{ij}$ 为区位熵; $Q_{ij}$ 为  $i$  分区第  $j$  类用水量,  $m^3$ ;  $Q_j$  为整个区域的第  $j$  类用水总量,  $m^3$ ;  $Q_i$  为  $i$  分区各类用水总量,  $m^3$ ;  $Q$  为整个区域的各类用水总量,即总用水量,  $m^3$ 。

由式(1)可计算出各分区的区位熵,按区位熵从小到大分别列出各分区第  $j$  类用水量和各分区该年的总用水量,求出类用水和总用水的累积百分比,用两组累积百分比数据就可绘制成洛伦兹曲线。按  $L_{ij}$  由小到大的顺序进行排列,每一个分区在洛伦兹曲线图中均概化为一点,将各点用平滑的曲线依次相连,斜率(即  $L_{ij}$ )由小变大,自(0,0)始,至(1,1)终,形成凹型曲线。

### 1.3 基尼系数

洛伦兹曲线虽然可以直观地表现区域用水的空间均衡程度,却不能用于定量描述,尤其是当图中涉及多类用水时,面对多条凹型曲线,无法得出孰优孰劣的准确结论,因此引入基尼系数这一概念。基尼系数表示的是绝对平均线  $y=x$  与实际凹型曲线所围面积和绝对平均线下直角三角形面积的比值,它由意大利科学家基尼在 1922 年提出,并用于分析收入分配的均衡程度,如今基尼系数已广泛应用于城建、资源配置、土地利用等多个学科领域<sup>[13-17]</sup>,其计算公式为

$$I = 2 \int_0^1 [x - f(x)] dx \quad (2)$$

式中: $I$ 为基尼系数; $f(x)$ 为洛伦兹曲线。本文  $x$  为总用水累积百分比, $f(x)$ 为类用水累积百分比。

然而实际洛伦兹曲线方程  $f(x)$  很难用精确的数学表达式表示,通常采取近似估算法估算。本文采用三角形面积法进行基尼系数估算:

$$I = \sum_{i=1}^{n-1} (M_i P_{i+1} - M_{i+1} P_i) \quad (3)$$

式中: $M_i$ 、 $M_{i+1}$ 分别为  $i$ 、 $i+1$  分区总用水累积百分比; $P_i$ 、 $P_{i+1}$ 分别为  $i$ 、 $i+1$  分区类用水累积百分比; $n$ 为分区总数,本文整体趋势分析中  $n=7$ ,即包括中心区、番禺区、南沙区、增城区、从化区、花都区、萝岗区 7 个区,均衡性及差异性分析考虑到新的行政区划问题, $n=11$ ,即荔湾区、越秀区、海珠区、天河区、白云区、番禺区、花都区、南沙区、黄埔区、增城区、从化区共 11 区。

本次评价分析采用国际上公认的评价区间划分标准<sup>[18-19]</sup>,即  $0 < I < 0.2$  为绝对平均,  $0.2 \leq I < 0.3$  为比较平均,  $0.3 \leq I < 0.4$  为相对合理,  $0.4 \leq I < 0.5$  为差距较大,  $0.5 \leq I < 1$  为差距悬殊,以  $I=0.5$  为警戒线值。

## 2 用水结构分析

### 2.1 整体趋势性

图1为广州市典型年各类用水洛伦兹曲线,可以看出,2007—2017年农业用水基尼系数并无明显变化,其余4类用水的空间分布情况均有较明显的增长。表1对广州市典型年各类用水的基尼系数进行了计算汇总,统计结果显示,增长幅度以2007—2013年最为显著;工业用水基尼系数从2007年的0.09增长至2013年的0.27;居民生活用水基尼系数从2011年的0.29增长至2013年的0.53;城镇公共用水基尼系数从2011年的0.30增长至2013年的0.58;生态环境用水基尼系数从2007年的0.23增长至2013年的0.60。巨大的基尼系数增幅使得评价结论直接从“相对合理”变为“差距悬殊”,可见

自2007年起,广州市用水结构差异程度呈现出逐步扩大态势。

从表1的评价结果可以看到,虽然用水结构上仍存在着显著差异,但整体差异性未进一步扩大,且已有逐渐归于平稳的趋势性,其中居民生活、城镇公共用水基尼系数已开始逐步回落。这是由于近年来水资源不足与用水合理性问题日益凸显,各地区开始着手对各类用水实施统筹规划、合理利用和优化配置。

### 2.2 空间均衡性

以2017年为广州市用水现状年,进一步对市内11个行政区进行用水结构均衡分析。以《广州市水资源公报(2017)》《广州市统计年鉴(2017)》等为资料收集数据,对市内5类用水空间均衡分布情况进行统计分析,并绘制洛伦兹曲线图,结果见

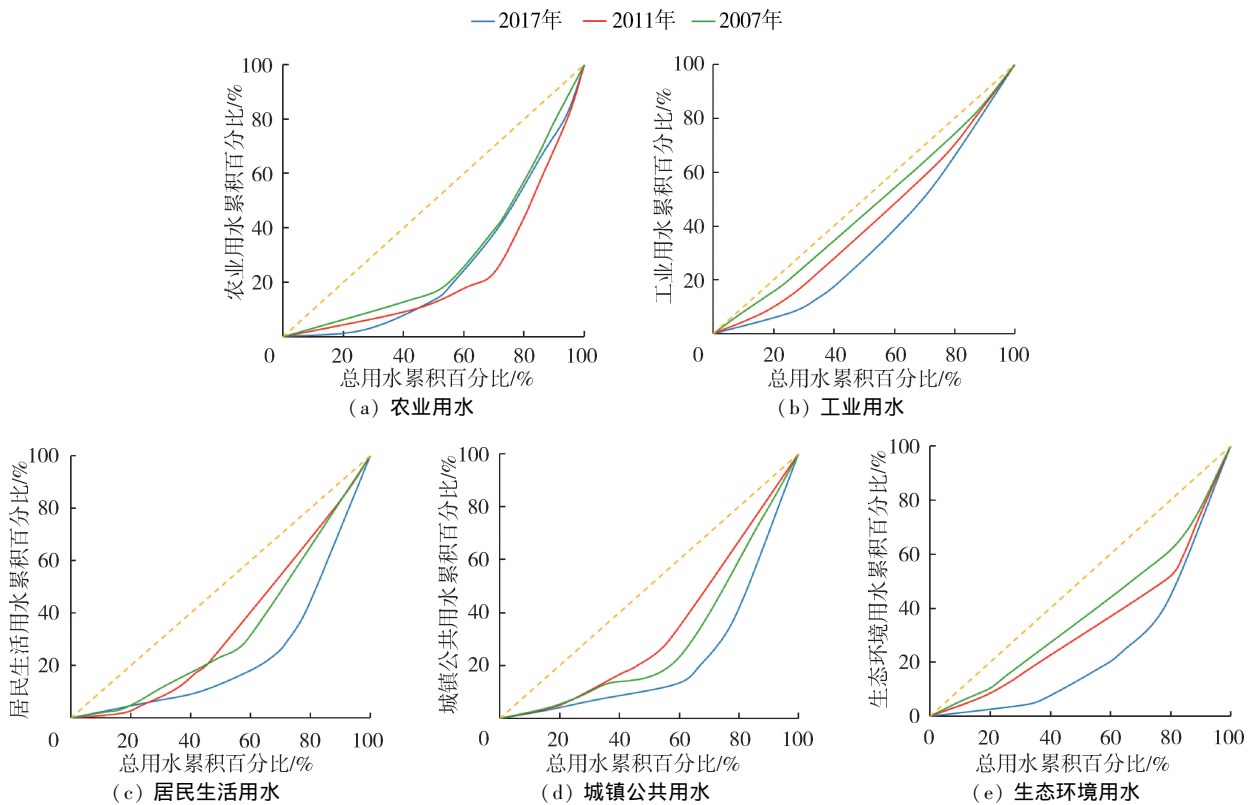


图1 广州市各类用水洛伦兹曲线

Fig. 1 Lorentz curve of water consumption in Guangzhou City

表1 广州市典型年各类用水基尼系数及评价结果

Table 1 Gini coefficient and evaluation results of water consumption in typical years in Guangzhou City

典型年	农业用水		工业用水		居民生活用水		城镇公共用水		生态环境用水	
	基尼系数	评价结果	基尼系数	评价结果	基尼系数	评价结果	基尼系数	评价结果	基尼系数	评价结果
2007年	0.39	相对合理	0.09	绝对平均	0.31	相对合理	0.37	相对合理	0.23	比较平均
2011年	0.49	差距较大	0.17	绝对平均	0.29	比较平均	0.30	相对合理	0.32	相对合理
2013年	0.47	差距较大	0.27	比较平均	0.53	差距悬殊	0.58	差距悬殊	0.60	差距悬殊
2014年	0.47	差距较大	0.28	比较平均	0.52	差距悬殊	0.58	差距悬殊	0.61	差距悬殊
2015年	0.48	差距较大	0.28	比较平均	0.51	差距悬殊	0.58	差距悬殊	0.59	差距悬殊
2016年	0.49	差距较大	0.29	比较平均	0.50	差距悬殊	0.56	差距悬殊	0.59	差距悬殊
2017年	0.49	差距较大	0.29	比较平均	0.50	差距悬殊	0.55	差距悬殊	0.61	差距悬殊

表 2 和图 2。

表 2 2017 年广州市用水量统计

Table 2 Statistics of water consumption in Guangzhou City (2017)

行政区	用水量/亿 m <sup>3</sup>					用水总量
	农业	工业	居民生活	城镇公共	生态环境	
荔湾	0.02	1.70	0.56	0.87	0.05	3.20
越秀	0.00	0.04	0.91	1.05	0.09	2.09
海珠	0.08	0.30	1.33	0.84	0.09	2.64
天河	0.03	0.55	1.16	0.66	0.29	2.69
白云	1.27	0.60	1.77	0.59	0.01	4.24
番禺	0.68	1.47	1.44	0.91	0.01	4.51
花都	1.79	2.06	0.76	0.42	0.07	5.10
南沙	2.34	8.09	0.46	0.29	0.11	11.29
黄埔	0.34	15.59	0.63	0.49	0.03	17.08
增城	3.00	5.78	0.85	0.20	0.19	10.02
从化	1.51	0.31	0.50	0.21	0.00	2.53
类用水总量	12.33	37.09	12.14	7.12	0.95	69.63

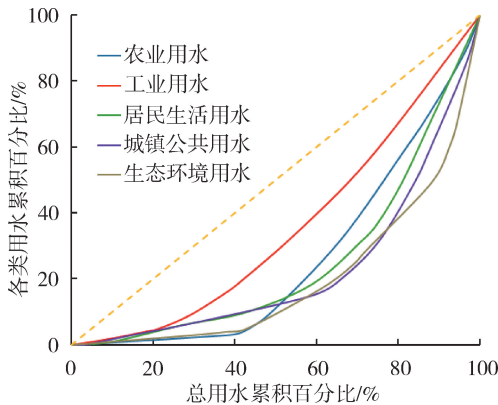


图 2 2017 年广州市各类用水空间均衡分布

Fig. 2 Spatial equilibrium distribution of water consumption in Guangzhou City (2017)

由图 2 可以看出,在 5 类用水中,距离绝对平均线最近的是工业用水洛伦兹曲线,农业用水洛伦兹曲线也比较接近,居民生活、城镇公共、生态环境用水洛伦兹曲线距离绝对平均线较远,意味着空间分布差异明显。虽然洛伦兹曲线图可以直观地表现各类用水空间分布的均衡程度,但却无法对它们进行定量描述,因此本文借助基尼系数来进一步描述广州市各区不同类型用水的差异性,评价结果见表 1。2017 年广州市各区工业用水基尼系数为 0.29,属于“比较平均”区间段;农业用水基尼系数为 0.49,属于“差距较大”区间段;居民生活、城镇公共、生态环境用水基尼系数均大于 0.5,属于“差距悬殊”区间段。

### 2.3 均衡差异性

广州市的区域用水结构比例差异较大,经济相对发达的地区农业用水比例较低,而城镇公共、生态环境等用水比例较高;经济发展程度一般的地区则

相反,表现为农业用水比例较高,居民生活、城镇公共、生态环境用水比例较低。为了进一步探究造成广州市各区用水量空间均衡程度差异性的原因,将各类用水量的区位熵按区域进行计算,得到用水区位熵计算结果如表 3 所示。

表 3 2017 年广州市各类用水区位熵

Table 3 Location entropy of water consumption in Guangzhou City (2017)

行政区	各类用水区位熵				
	农业	工业	居民生活	城镇公共	生态环境
荔湾	0.035	0.997	1.004	2.659	1.145
越秀	0	0.036	2.497	4.913	3.156
海珠	0.171	0.213	2.889	3.112	2.498
天河	0.063	0.384	2.473	2.399	7.901
白云	1.691	0.265	2.394	1.361	0.172
番禺	0.851	0.612	1.831	1.973	0.163
花都	1.982	0.758	0.855	0.805	1.006
南沙	1.170	1.345	0.234	0.251	0.714
黄埔	0.112	1.714	0.212	0.281	0.129
增城	1.691	1.083	0.487	0.195	1.389
从化	3.370	0.230	1.134	0.812	0

由表 3 可知,工业用水在 5 类用水中均衡程度最优,除南沙区、黄埔区、增城区外,广州市其余区域区位熵均为 1.0 以下区间段,南沙区的工业用水区位熵为 1.345,与其他区域的差距尚不明显,相比之下,黄埔区的工业用水区位熵高达 1.714,为其余 10 区工业用水区位熵平均值的 2.9 倍,可见,广州工业用水虽表现为空间分布较为均衡,但实际上黄埔区与其他区域存在显著的差异,应当根据黄埔区实际情况,对传统工业产业实施绿色化改造,强化工业节水,同时对高耗水的企业开展用水效率评估,提升用水效率,实现清洁生产、循环利用。

农业用水方面,从化、花都、增城、白云区的农业用水比例较高,其中从化区的农业用水区位熵高达 3.370,远超出其他区域,这是由于多年来,从化区依托优越的农业资源和区位优势,一直积极推进农业的快速发展,农业已成为区域建设中的主导产业,同时也是支撑从化区经济发展的重要基础。

居民生活、城镇公共、生态环境 3 类用水表现为向天河、海珠、越秀、荔湾等中心区域集中,且用水比例整体较高;而工、农业用水量在中心地区表现为用水比例偏低,且中心区域内部之间差异性较小。这是由于随着城市现代化发展的加快,天河、海珠、越秀区等逐渐成为广州市枢纽型的核心区域;而周边区域如南沙、增城等上述类型用水比例增加幅度较小,甚至有减小的趋势,由此造成地区间差异性日益显著。

考虑到目前中心区域发展形势较好,未来中心

区域的居民生活、城镇公共、生态环境用水将保持逐年增加的态势,因此为保持区域水资源的可持续利用,对于居民生活、城镇公共用水,应加强节水理念的宣传,普及节水用水器具的应用,推进区域水管网的升级改造;对于生态环境用水,应着力提高城市公共绿化、景观等回水利用率,以保障区域产业的协调发展。

总之,目前广州市用水结构差异性虽然得到了有效控制,空间均衡性趋于平稳发展,但仍有诸多问题亟待解决,这需要进一步加强用水结构的管理监督,以及对广州市社会经济和产业布局进行合理引导,实现水资源的利用最大化。

### 3 结 论

a. 广州市农业用水比例较高的区域为从化、花都、增城、白云区,其中从化的农业用水区位熵明显高于其他区域,农业用水空间分布的逐渐集中将进一步拉动农业产业带的发展完善,因此需结合实际制定合理的农业用水、节水制度,推进农业水利工程建设,持续改善农业用水的基础设施条件。

b. 工业用水在 5 类用水中均衡程度最优,表现为空间分布较为均衡,但实际上黄埔区、南沙区与其他区域存在较为显著的差异,其中黄埔区工业用水区位熵为其他区域工业用水平均区位熵的 2.9 倍,工业用水结构与其他区域差异巨大,将可能会引发一定的环境生态问题。

c. 为营造良好的市区形象,广州市加大了对天河、海珠、越秀、荔湾等中心区域的环境整治力度,使得居民生活、城镇公共、生态环境用水比例整体较高,工、农业用水比例相对较低且内部差异性较小。因此,应结合中心区域的用水结构特点,积极倡导科学节水,提高用水效率,保障各区域、各产业的协调可持续发展。

d. 总体来讲,广州市用水结构比例分配存在较大差异,空间分配不够均衡,绝大部分已超过设定的警戒线值,应当引起足够重视,以防止对将来社会发展造成不利影响。

#### 参考文献:

[1] 王浩,刘家宏. 国家水资源与经济社会系统协同配置探讨[J]. 中国水利, 2016(17): 7-9. (WANG Hao, LIU Jiahong. Collaboration of national water resources with eco-social system in China[J]. China Water Resources, 2016(17): 7-9. (in Chinese))

[2] 朱彩琳,董增川,李冰. 面向空间均衡的水资源优化配置研究[J]. 中国农村水利水电, 2018(10): 64-68. (ZHU Cailin, DONG Zengchuan, LI Bing. Research on

water resources allocation based on spatial equilibrium [J]. China Rural Water and Hydropower, 2018(10): 64-68. (in Chinese))

[3] 吴强,刘汗. 加快水利供给侧结构性改革的四大着力点[J]. 水利经济, 2018, 36(1): 17-19. (WU Qiang, LIU Han. Four major points to accelerate supply-side structural reform in water conservancy [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2018, 36(1): 17-19. (in Chinese))

[4] 魏寿煜,谢世友. 基于基尼系数和洛伦兹曲线的重庆市水资源空间匹配分析[J]. 中国农村水利水电, 2015(2): 56-59. (WEI Shouyu, XIE Shiyu. A spatial matching analysis of Chongqing's water resources based on Gini coefficient and Lorenz curves[J]. China Rural Water and Hydropower, 2015(2): 56-59. (in Chinese))

[5] 刘欢,左其亭. 基于洛伦茨曲线和基尼系数的郑州市用水结构分析[J]. 资源科学, 2014, 36(10): 2012-2018. (LIU Huan, ZUO Qiting. Analysis of water consumption structure in Zhengzhou based on Lorenz curves and Gini coefficient[J]. Resources Science, 2014, 36(10): 2012-2018. (in Chinese))

[6] 冯颖,屈国俊. 基于基尼系数和洛伦兹曲线的陕西省用水结构态势分析[J]. 统计与决策, 2017(16): 111-114. (FENG Ying, QU Guojun. Situation analysis of water consumption structure in Shanxi Province based on Gini coefficient and Lorenz curves[J]. Statistics & Decision, 2017(16): 111-114. (in Chinese))

[7] 张洪波,兰甜,王斌. 基于洛伦茨曲线和基尼系数的榆林市用水结构时空演化及其驱动力分析[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2018, 39(1): 15-24. (ZHANG Hongbo, LAN Tian, WANG Bin. Analysis of temporal and spatial evolution and driving forces of water consumption structure in Yulin City based on Lorenz curves and Gini coefficient [J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power(Natural Science Edition), 2018, 39(1): 15-24. (in Chinese))

[8] 吴昊,华骅,王腊春,等. 区域用水结构演变及驱动力分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2016, 44(6): 477-484. (WU Hao, HUA Hua, WANG Lachun, et al. Analysis of change and driving forces of regional water consumption structure [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2016, 44(6): 477-484. (in Chinese))

[9] 章恒全,杨雅婷,张陈俊. 基于基尼系数的湖北省用水公平性研究[J]. 水利经济, 2019, 37(1): 1-6. (ZHANG Hengquan, YANG Yating, ZHANG Chenjun. Fairness of water utilization in Hubei Province based on Gini coefficient[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2019, 37(1): 1-6. (in Chinese))

(下转第 99 页)

- 程变化及污染评价[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2018,46(1):16-22. (LIU Zhenyu, TANG Hongwu, XIAO Yang, et al. Variation and pollution evaluation of the total phosphorus and heavy metals in sediments of Huaihe River [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2018,46(1):16-22. (in Chinese))
- [15] 孙金水, WAI O W H, 王伟, 等. 深圳湾海域氮磷营养盐变化及富营养化特征[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2010,46(6):960-964. (SUN Jinshui, WAI O W H, WANG Wei, et al. Characteristics of eutrophication and variation trend of nitrogen and phosphorus nutrient in Shenzhen Bay[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2010,46(2):56-59. (in Chinese))
- [16] 全为民, 沈新强, 韩金娣, 等. 长江口及邻近水域富营养化现状及变化趋势的评价与分析[J]. 海洋环境科学, 2005(3):13-16. (QUAN Weimin, SHEN Xinqiang, HAN Jindi, et al. Analysis and assessment on eutrophication status and developing trend in Changjiang Estuary and adjacent sea [J]. Marine Environmental Science, 2005(3):13-16. (in Chinese))
- [17] 孙全民, 胡湛波, 李志华, 等. 基于 SWMM 截流式合流制管网溢流水质水量模拟[J]. 给水排水, 2010, 46(7):175-179. (SUN Quanmin, HU Zhaobo, LI Zhihua, et al. Modeling of overflow quantity and quality based on SWMM interception combined drainage network [J]. Water and Wastewater Engineering, 2010, 46(7):175-179. (in Chinese))
- [18] 黄国如, 陈晓丽, 任秀文. 北江飞来峡库区典型流域非点源污染特征分析及模拟[J]. 水资源保护, 2019, 35(4):9-16, 62. (HUANG Guoru, CHEN Xiaoli, REN Xiuwen. Characteristic analysis and simulation of non-point source pollution in typical watershed of Feilaixia Reservoir area [J]. Water Resources Protection, 2019, 35(4):9-16, 62. (in Chinese))
- [19] 郑明凤, 陈斯典, 秦华鹏, 等. 降雨径流污染对深圳湾富营养化影响的模拟研究[J]. 中国给水排水, 2017, 33(9):133-138. (ZHENG Mingfeng, CHEN Sidian, QIN Huapeng, et al. A simulation study on effects of urban rainfall runoff pollutions on eutrophication in Deep Bay, Shenzhen, China [J]. China Water and Wastewater, 2017, 33(9):133-138. (in Chinese))
- [20] 张静. 深圳湾水环境综合评价及环境容量研究[D]. 大连:大连海事大学, 2010. (收稿日期:2019-05-15 编辑:王芳)

(上接第 86 页)

- [10] 田涛, 薛惠锋, 张峰. 基于 ARIMA 与 GM(1,1) 的区域用水总量预测模型及应用:以广州市为例[J]. 节水灌溉, 2018(2):61-70. (TIAN Tao, XUE Hui Feng, ZHANG Feng. Forecasting models of regional water consumption and their application based on ARIMA and GM(1,1): a case study of Guangzhou City [J]. Water Saving Irrigation, 2018(2):61-70. (in Chinese))
- [11] LORENZ M O. Methods for measuring the concentration of wealth [J]. American Swtistics Associwtiora, 1905, 70(9):209-219.
- [12] 刘竞, 袁绪英. 天津市流动人口密度区位熵分析[J]. 天津师范大学学报, 2018,38(4):68-72. (LIU Jing, YUAN Xuying. Location entropy analysis of floating population density in Tianjin [J]. Journal of Tianjin Normal University (Natural Science Edition), 2018, 38(4):68-72. (in Chinese))
- [13] BARRETT C R, SALLES M. On a generalization of the Gini coefficient [J]. Mathermathical Social Sciences, 1995, 30(3):235-244.
- [14] JACOBSON A, MILMAN A D, KAMMEN DM. Letting the (energy) Gini out of the bottle: Lorenz curves of cumulative electricity consumption and Gini coefficient as metrics of energy distribution and equity [J]. Energy Polic, 2005, 33(14):1825-1832.
- [15] WILKINSON R G, PICKETT K E. Income inequality and population health: a review and explanation of the evidence [J]. Social Science Medicine, 2006, 62(7):1768-1784.
- [16] 王金丽, 毛德华, 李锦慧. 基于多角度的湖南省水资源基尼系数分析 [J]. 温州大学学报(自然科学版), 2017, 38(3):30-35. (WANG Jinli, MAO Dehua, LI Jinhui. Analysis on Gini coefficient of water resource based on multi-dimension in Hunan Province [J]. Journal of Wenzhou University (Natural Science Edition), 2017, 38(3):30-35. (in Chinese))
- [17] 夏帆, 陈莹, 龚明, 等. 水资源空间均衡系数计算方法及其应用 [J]. 水资源保护, 2020, 36(1):52-57. (XIA Fan, CHEN Ying, DOU Ming. Calculation method and application of spatial equilibrium coefficient of water resources [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(1):52-57. (in Chinese))
- [18] BARRETT C R, SALLES M. On a generalization of the Gini coefficient [J]. Mathematical Social Sciences, 1995, 30(3):235-244.
- [19] 胡登, 石丽忠. 基于基尼系数的辽宁省水资源与人口经济匹配研究 [J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2016, 28(5):379-383. (HU Deng, SHI Lizhong. Matching population study of Liaoning Province's water resources with and economic based on Gini coefficient [J]. Journal of Shenyang University (Natural Science), 2016, 28(5):379-383. (in Chinese)) (收稿日期:2019-04-06 编辑:熊水斌)