

基于均衡系数的广东省水资源空间均衡研究*

黄锋华, 黄本胜, 邱静

广东省水利水电科学研究院 / 河口水利技术国家地方联合工程实验室 /
广东省流域水环境治理与水生生态修复重点实验室, 广东 广州 510610

摘要: 根据2006~2018年广东省经济社会指标和水资源及其利用数据, 通过构建水资源负载指数、水土资源匹配系数、水资源效益指数测算模型, 采用基尼系数和协调发展度的均衡系数法对水资源空间均衡进行研究。研究表明, 2018年广东省水资源负载指数为4.0, 等级为Ⅲ级, 属于开发利用程度中等, 各市水资源负载差距悬殊, 其基尼系数达到0.79; 表现为经济总量大、人口密集、水资源条件相对不足的地区, 开发利用程度高, 潜力小。全省水资源负载指数呈现逐年增加趋势, 其基尼系数处于0.7~0.8之间。2018年, 全省水土资源匹配系数为8.3, 基尼系数为0.69, 说明各市水土资源匹配程度空间分布较为悬殊; 全省单方水产生GDP产值为240元, 基尼系数为0.47, 用水效益最大的地市是最小的22倍。2006~2018年全省水资源空间均衡系数均值为0.79, 表明广东省水资源空间均衡等级为Ⅳ级, 属于中度失衡。

关键词: 广东省; 水资源负载指数; 水土资源匹配; 用水效益; 基尼系数; 均衡系数

中图分类号: TV213.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2021)05-0086-08

The spatial equilibrium of water resources of Guangdong based on equilibrium coefficient

HUANG Fenghua, HUANG Bensheng, QIU Jing

Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower / National and Local Joint Engineering Lab of Estuarine Water Technology / Guangdong Key Laboratory of Water Environment Treatment and Water Ecological Restoration, Guangzhou 510610, China

Abstract: Based on economic and social indicators and water resources data of Guangdong Province from 2006 to 2018, the Gini coefficient and the equilibrium coefficient of coordinated development are used to research the spatial equilibrium of water resources by constructing a calculation model of water resource load index, matching coefficient of water and soil resources, and water resource benefit index. In 2018, the water resources load index of Guangdong Province was 4.0 in grade III, which is a medium level of development and utilization. The water resources load gap was very different from city to city with the highest Gini coefficient of 0.79. It was expressed in areas with large economic aggregates, dense populations, and relatively insufficient water resources, which have a high degree of development and utilization and low potential. The water resources load index shows an increasing trend year by year, with the Gini coefficient between 0.7 and 0.8. The matching coefficient of water and soil resources in Guangdong was 8.3, with the Gini coefficient of 0.69, indicating the spatial distribution of the matching degree in water and soil resources in each city was quite different. The GDP output value per cubic meter of water was 240 Yuan in RMB, with the Gini coefficient of 0.47, which was 22 times higher in the cities

* 收稿日期: 2020-06-04 录用日期: 2020-08-24 网络首发日期: 2021-01-14
基金项目: 国家社会科学基金(19ZDA065, 19BJY078); 广东省水利科技创新项目(2017-21)
作者简介: 黄锋华(1985年生), 男; 研究方向: 水文水资源; E-mail: hydrohfh@163.com

with the greatest water efficiency than in those with the smallest. The average value of the spatial equilibrium coefficient of water resources in the province was 0.79 from 2006 to 2018, indicating that the spatial equilibrium level of water resources in Guangdong province was level IV, which was a moderate imbalance.

Key words: Guangdong Province; water load index; matching soil and water resources; water efficiency; Gini coefficient; equilibrium coefficient

水资源是不可替代的重要自然资源和经济资源,对推动经济高质量发展有着重要影响。人多地少水缺,水资源时空分布不均,与生产力布局不相匹配是我国的基本水情。我国高度重视水资源问题,明确了“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路。习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上强调,把水资源作为最大的刚性约束。水资源的空间均衡是新时代水利发展的重要支撑,是水利改革发展所需要遵循的基本要求。

广东地处我国丰水地区,水资源相对丰富,但人均水资源量相对不足,人均本地水资源占有量 $2\ 100\ \text{m}^3$,低于全国人均 $2\ 200\ \text{m}^3$ 的水平,不到世界人均水资源量的 $1/4$ 。水资源时空分布不均、与生产力布局不相匹配,水环境压力巨大,既是广东现阶段的突出水情,也是将要长期面对的基本省情^[1]。广东省水资源作为支撑粤港澳大湾区建设的基础性资源,目前对其空间均衡性尚未有系统性研究成果,因此开展广东省水资源空间均衡研究对于指导地区水利改革发展和合理高效配置水资源具有重要意义。

空间均衡理论在土地利用^[2]、国土空间^[3]、产业布局^[4]、公共资源^[5]等领域得到广泛应用。关于水资源空间均衡性分析已有专家学者研究,以中文研究居多、定性为主^[6]。如邓伟等^[7]于2003年对水空间管理与水资源可持续的关系进行了研究。金菊良等^[8]、左其亭等^[6,9]、郦建强等^[10-11]从空间均衡研究进展、理论方法、应用规则、对策措施等方面进行理论研究。近年来,部分学者借助基尼(Gini)系数开展区域水资源水生态空间匹配、用水合理性研究^[12-18]。本文基于2006~2018年广东省经济社会指标和水资源条件数据,通过构建水资源负载指数、水土资源匹配系数、用水效益指数、均衡系数等对水资源空间均衡性进行定量研究,分析水资源空间均衡的状态和特点,以期对粤港澳大湾区水安全保障、水利改革发展规划、水资源规划与管理等提供参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

根据研究对象和目标选择的不同,水资源空间均衡度又被赋予不同的具体含义。水资源空间均衡应当从水资源压力、水土资源匹配程度以及用水效益三方面综合考虑^[13]。因此,本文采用水资源负载指数、水土资源匹配系数、用水效益指数作为水资源空间均衡系数计算指标。

1.1.1 水资源负载指数 最早在干旱和半干旱地区,利用降水、人口和农业灌溉面积等3项数据与水资源量的关系,反映水资源的利用程度及开发的难易程度;在经济发展快速地区如京津冀地区则采用国内生产总值替代农业灌溉面积^[19]。本文采用国内生产总值替代农业灌溉面积,计算得到水资源负载指数

$$C = \frac{K\sqrt{HG}}{W}, \quad (1)$$

式中 H 为人口数量(万人); G 为国内生产总值(亿元); W 为本地水资源总量(亿 m^3); K 为与降水有关的系数

$$K = \begin{cases} 1.0, & P < 200; \\ 1.0 - \frac{0.1(P - 200)}{200}, & 200 < P \leq 400; \\ 0.9 - \frac{0.2(P - 400)}{400}, & 400 < P \leq 800; \\ 0.7 - \frac{0.2(P - 800)}{800}, & 800 < P \leq 1600; \\ 0.5, & P > 1600, \end{cases} \quad (2)$$

式中 P 为年降水量(mm)。

C 值越大说明开发利用程度越高,开发困难越大、潜力越小。为直观反映水资源时空分布及开发利用的状况,将水资源负载指数划分为5个等级^[20],如表1所示。

1.1.2 水土资源匹配系数 水土资源匹配系数是表征特定区域农业生产所拥有的水资源与耕地资源在时空上适宜匹配的量比关系,将该系数引入区域水土资源的匹配测度,旨在揭示一定区域尺度水资源和耕地资源时空分配的均衡状况与满足

表1 水资源负载指数分级评价表

Table 1 Grading and evaluation of water resources load indexes

| 级别 | C | 水资源利用程度 及开发潜力 | 今后水资源不开发评价 |
|-----|------|------------------|---------------|
| I | >10 | 很高, 潜力很小 | 艰巨、有条件时需外流域调水 |
| II | 5~10 | 高, 潜力小 | 开发条件很困难 |
| III | 2~5 | 中等, 潜力较大 | 开发条件中等 |
| IV | 1~2 | 较低, 潜力大 | 开发条件较容易 |
| V | <1 | 低, 潜力很大 | 兴修中小工程, 开发容易 |

程度。本研究水土资源匹配系数采用刘彦随等^[21]提出的测算模型计算得到

$$R^{wl} = \frac{\alpha W}{L}, \quad (3)$$

式中 R^{wl} 为地区水土资源匹配系数 ($\text{万 m}^3/\text{hm}^2$); W 为地区水资源量 (亿 m^3); L 为地区耕地面积 (万 hm^2); α 为地区农业用水占该地区用水总量的比例。 R^{wl} 的值越大, 地区水资源量相对越丰富, 区域水资源与耕地资源分配一致性水平越高, 农业生产的基础条件越优越。

1.1.3 用水效益指数 用水效益指数是用于评价水资源作为生产要素投入与产出的关系, 本研究采用单方水 GDP 产值来反映用水效益水平。测算公式为 $Z=G/W$ 。其中 Z 为每立方米水 GDP 产值 ($\text{元}/\text{m}^3$); G 为 GDP 产值 (亿元); W 为用水量 (亿 m^3)。 Z 的值越大, 说明用水效率越高, 越有利于水资源可持续利用。

1.1.4 基尼系数 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, 用以评价国民收入分配之间的差异性^[22], 该方法原理在相关文献 [23] 中已进行了详细的说明, 在此不再赘述。基尼系数有多种计算方法, 本文采用张建华^[24]提出的一种简便易用基尼系数计算方法, 即

$$G_i = 1 - \frac{1}{n} \left(2 \sum_{i=1}^{n-1} W_i + 1 \right), \quad (4)$$

式中 G_i 为基尼系数, W_i 为每个计算指标从第 1 组累计到第 i 组的总和占全部总量的百分比, n 为组数。通常把 0.4 作为不平衡的“警戒线”, 即 $G_i \geq 0.4$ 表

明收入差距较大。

1.1.5 水资源空间均衡系数 夏帆等^[13]引入协调发展度的概念提出了水资源空间均衡系数反映整体的均衡水平。将水资源负载指数基尼系数、水土资源匹配系数基尼系数、用水效益指数基尼系数进行协调发展度计算, 得到水资源空间均衡系数 D 表达式

$$D = \sqrt{XY}, \quad (5)$$

其中系统多要素的协调度 $X = \left[\frac{\prod_{j=1}^m I_j}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m I_j} \right]^{1/m}$, 系统

多要素的综合评价指标 $Y = \sum_{j=1}^m \alpha_j I_j$, I_j 为系统第 j 个

要素指标, 本文主要指标为水资源负载指数基尼系数、水土资源匹配基尼系数、用水效益指数基尼系数, α_j 为第 j 个要素指标的权重, 满足 $\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$ 。本文取 $m=3$ 。根据计算结果, 将水资源空间均衡系数划分为 5 个等级 (如表 2)。

1.2 数据来源

本文研究数据主要来源于《广东省水资源公报》(2006~2018 年)^[25]、《广东省统计年鉴》(2007~2019 年)^[26]。

2 结果与分析

2.1 区域概况

广东省国土面积 17.79 万 km^2 , 2018 年全省国内生产总值 10.1 万亿元 , 常住人口 1.13 亿 , 人口和经济总量在全国各省区排名均为首位, 人均 GDP 约为 1.337 万美元 , 达到世界银行划分的上中等收入经济体水平。全省多年平均降水量 1771 mm , 年内降水主要集中在 4~10 月, 约占全年降水量的 75%~95%; 年际之间相差较大, 最大年降水量是最小年的 1.84 倍; 多年平均年降水量最高的阳江市阳春县达 3124 mm , 而雷州半岛徐闻县仅 1156 mm , 两者相差约 3 倍。多年平均本地水资源总量 1830 亿 m^3 , 多年平均入境水量 2361 亿 m^3 。

表2 水资源空间均衡系数等级划分表

Table 2 The classification of spatial balance coefficients for water resources

| 均衡系数 | <0.2 | 0.2~0.4 | 0.4~0.6 | 0.6~0.8 | 0.8~1 |
|------|------|---------|---------|---------|-------|
| 均衡等级 | 绝对均衡 | 比较均衡 | 一般失衡 | 中度失衡 | 严重失衡 |

2.2 水资源负载分析

依据《2018年广东省水资源公报》^[25]和《广东省统计年鉴-2019》^[26], 采用水资源负载指数和基尼系数测算模型, 计算得到广东省 21 个地市的水资源负载指数 (见表 3)。由表 3 可知, 全省总体水资源负载指数为 4.0, 等级为 III 级, 属于开发利用程度中等。其中深圳市水资源负载指数等级为 I 级, 属于开发利用程度很高, 开发潜力很小地区; 揭阳、茂名市水资源负载指数等级为 II 级, 属于开发利用程度高, 开发潜力小地区。目前深圳、揭阳、茂名等市已经或正在实施了跨流域调水工程, 以解决水资源负载压力大的问题; 云浮、佛山、中山、江门、珠海、清远等市具有丰富过境水资源, 负载指数小于 1, 属于开发利用程度低, 开发潜力很大地区。2018 年水资源负载指数基尼系数 $G_i=0.79$, 说明 2018 年全省各市水资源负载指数差距悬殊, 表现为经济总量大、人口密集, 水资源条件相对不足的地区, 水资源开发利用程度高, 继续开发利用潜力小; 引起全省水资源负载指数分布悬殊的主要因素为深圳的指数超过 90, 也说明了深圳市迫切需要通过实施境外引调水工程, 支撑当地经济社会发展。不考虑过境水资源量, 全省水资源负载指数达到 8.9, 等级为 II 级, 属于开发利用程度高, 开发潜力小, 表明广东省对过境水资源依赖程度较高。

从 2006~2018 年全省水资源负载及其基尼系数变化来看 (见图 1), 广东省水资源负载指数呈现逐年增加趋势, 对区域水资源开发利用强度和土地资源承载压力不断提升; 基尼系数处于 0.7~0.8 之间波动, 属于差距悬殊等级。

表 3 广东省各市水资源负载指数结果¹⁾

Table 3 The water resource load indexes for various cities in Guangdong province

| 地市 | H/万人 | G/亿元 | K | W/(亿 m ³) | C |
|----|--------|---------|------|-----------------------|------|
| 广州 | 1 490 | 22 859 | 0.50 | 1 935 | 1.5 |
| 深圳 | 1 303 | 24 222 | 0.50 | 31 | 90.3 |
| 珠海 | 189 | 2 915 | 0.50 | 1 247 | 0.3 |
| 汕头 | 564 | 2 512 | 0.52 | 236 | 2.6 |
| 佛山 | 791 | 9 936 | 0.50 | 2 809 | 0.5 |
| 韶关 | 300 | 1 344 | 0.50 | 212 | 1.5 |
| 河源 | 309 | 1 006 | 0.53 | 177 | 1.7 |
| 梅州 | 438 | 1 110 | 0.57 | 244 | 1.6 |
| 惠州 | 483 | 4 103 | 0.50 | 306 | 2.3 |
| 汕尾 | 299 | 920 | 0.50 | 61 | 4.3 |
| 东莞 | 839 | 8 279 | 0.50 | 343 | 3.8 |
| 中山 | 331 | 3 633 | 0.50 | 2 686 | 0.2 |
| 江门 | 460 | 2 900 | 0.50 | 2 532 | 0.2 |
| 阳江 | 256 | 1 350 | 0.50 | 319 | 0.9 |
| 湛江 | 733 | 3 008 | 0.50 | 192 | 3.9 |
| 茂名 | 631 | 3 092 | 0.50 | 128 | 5.4 |
| 肇庆 | 415 | 2 202 | 0.50 | 2 318 | 0.2 |
| 清远 | 387 | 1 565 | 0.50 | 444 | 0.9 |
| 潮州 | 266 | 1 067 | 0.54 | 186 | 1.6 |
| 揭阳 | 609 | 2 152 | 0.50 | 85 | 6.7 |
| 云浮 | 253 | 849 | 0.50 | 2 305 | 0.1 |
| 全省 | 11 346 | 101 026 | 0.50 | 4 256 | 4.0 |

1) 水资源量 W 包括本地水资源量和入境水资源量

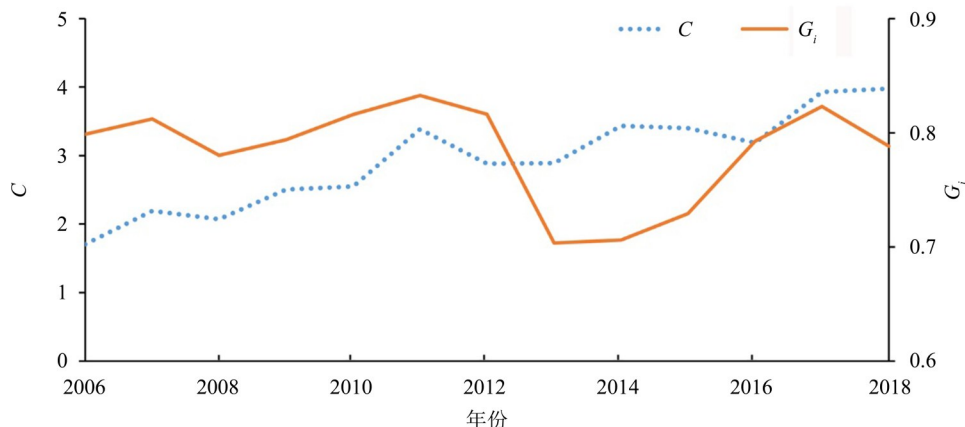


图 1 2006~2018 年广东省水资源负载指数及其基尼系数

Fig. 1 The water resources load index of Guangdong and its Gini coefficient during 2006-2018

2.3 水土资源匹配度分析

根据水土资源匹配系数测算模型, 可计算得到全省水土资源匹配系数 $R^{ml}=8.3$, 各市 R^{ml} 值 (见表4)。由表4可知, 水土资源匹配系数在各个地市具有一定差异性, 其中西江干流流经的中山、佛山、云浮、珠海、肇庆、江门市水土资源匹配程度较高, R^{ml} 均在 100 以上; 全省最高的是中山市 (533.1), 最低的是深圳市 (2.3), 前者是后者的 231 倍。全省水土资源匹配系数低于全省平均水平的有韶关、揭阳、汕尾、茂名、湛江、深圳等 6 市, 主要分布于粤西茂名、雷州半岛地区 (湛江)、粤东汕尾和揭阳以及水资源相对贫乏的深圳等地区。粤西湛江茂名是我省农业大市, 水资源自然禀赋相对不足, 以雷州半岛地区尤为突出, 地区水土资源匹配程度差。2018 年水土资源匹配系数基尼系数 $G_i=0.69$, 说明当年全省各市水土资源匹配系数分布差距悬殊。

从 2006~2018 年水土资源匹配系数及其基尼系数变化来看 (见图 2), 2010 年前呈现下降趋势, 2010 年后水土资源匹配系数相对平稳, 常年保持在 8.0 左右; 基尼系数处于 0.6~0.7 之间波动, 属于差距悬殊等级。

2.4 用水效益指数分析

根据用水效益指数测算模型, 2018 年广东省用水效益指数呈现较明显特征: 珠三角地区用水效益明显优于粤东粤西地区, 粤东粤西地区优于粤北地区。用水效益指数分布与广东省经济社会用水结构有关, 珠三角地区以高新科技、服务业等第二、第三产业为主, 用水附加值高; 粤东粤西以制造业、纺织业等第二产业为主, 粤北地区

表 4 广东省各市水土资源匹配系数结果¹⁾

Table 4 The matching coefficients of water and land resources for various cities under Guangdong province

| 地市 | $L/(\text{万 hm}^2)$ | $W/(\text{亿 m}^3)$ | a | R^{ml} |
|----|---------------------|--------------------|------|----------|
| 广州 | 8.03 | 1 935 | 0.17 | 41.0 |
| 深圳 | 0.62 | 31 | 0.05 | 2.3 |
| 珠海 | 1.77 | 1 247 | 0.17 | 122.3 |
| 汕头 | 5.04 | 236 | 0.47 | 21.9 |
| 佛山 | 3.67 | 2 809 | 0.23 | 174.1 |
| 韶关 | 22.00 | 212 | 0.71 | 6.9 |
| 河源 | 14.38 | 177 | 0.72 | 8.9 |
| 梅州 | 16.26 | 244 | 0.74 | 11.0 |
| 惠州 | 13.81 | 306 | 0.60 | 13.3 |
| 汕尾 | 9.46 | 61 | 0.70 | 4.5 |
| 东莞 | 1.31 | 343 | 0.10 | 17.0 |
| 中山 | 1.55 | 2 686 | 0.31 | 533.1 |
| 江门 | 15.64 | 2 532 | 0.71 | 115.0 |
| 阳江 | 15.02 | 319 | 0.80 | 17.1 |
| 湛江 | 46.65 | 192 | 0.76 | 3.1 |
| 茂名 | 22.68 | 128 | 0.76 | 4.3 |
| 肇庆 | 14.31 | 2 318 | 0.72 | 116.7 |
| 清远 | 26.81 | 444 | 0.78 | 12.9 |
| 潮州 | 3.58 | 186 | 0.56 | 29.2 |
| 揭阳 | 8.67 | 85 | 0.64 | 6.3 |
| 云浮 | 10.42 | 2 305 | 0.77 | 169.8 |
| 全省 | 262.69 | 4 256 | 0.51 | 8.3 |

1) 水资源量 W 包括本地水资源量和入境水资源量



图 2 2006~2018 年广东省水土资源匹配系数及其基尼系数

Fig. 2 The matching coefficients of water and land resources and its Gini coefficient for Guangdong province during 2006~2018

则第一产业比重较大, 经济相对落后。2018年全省用水效益指数 $V=240$, 基尼系数 $G_i=0.47$, 说明当年全省各市用水效益差距较大, 用水效益均衡性差; 用水效益最大的地市为深圳市 (1 170), 最小的地市为梅州市 (52), 前者是后者的22倍。

从2006~2018年用水效益指数及其基尼系数变化来看 (见图3), 呈现明显的逐年上升趋势, 说明广东省水资源利用效率和用水效益不断提高; 多年平均基尼系数为0.46, 属于差距悬殊等级。

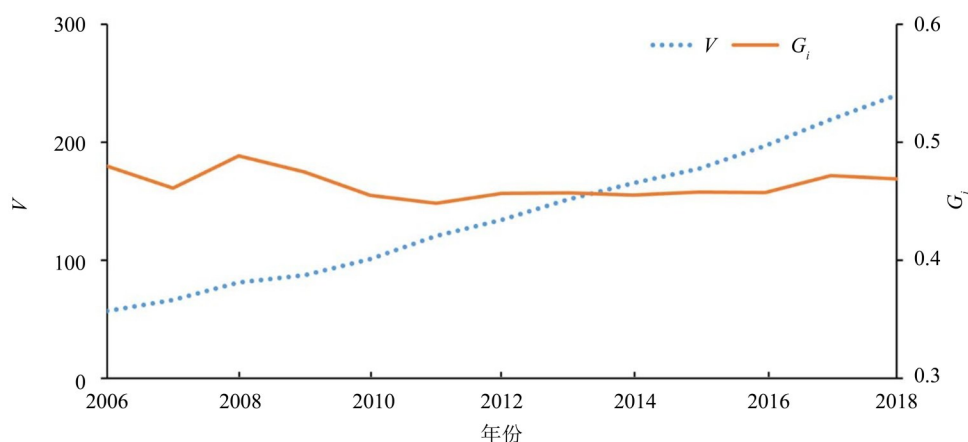


图3 2006~2018年广东省用水效益及其基尼系数

Fig. 3 The water usage efficiency of Guangdong and its Gini coefficient during 2006~2018

2.5 水资源均衡分析

采用水资源空间均衡系数测算模型, 参考有关研究成果^[13], 确定水资源负载指数、水土资源匹配系数和用水效益指数的权重分别为0.18、0.69和0.13, 计算2006~2018年广东省水资源空间均衡系数 (见表5)。近13年来, 广东省水资源空间均衡系数在0.75~0.82之间, 均值为0.79, 水资源空间均衡等级为IV级 (中度失衡), 13年间有6年处于中度失衡状态, 7年处于严重失衡状态, 表明了广东省水资源总体丰沛, 但水资源空间分布与生产力布局不匹配。2018年珠三角核心区人口占全省56%, GDP总量占全省80%, 而水资源量仅占全省34%; 粤东粤西粤北地区人口分别占全省15%、14%、15%, GDP总量分别占全省7%、7%、6%, 而水资源量分别占全省9%、19%、38%。仅粤港澳大湾区范围看, 东片区 (广州、深圳、惠州、东莞及香港) 人口是西片区 (珠海、佛山、中山、江门、肇庆及澳门) 的近2倍, GDP总量是西片区的3.6倍, 而水资源总量仅为西片区的70%。特别是深圳的水资源供需矛盾突出, 80%用水量需从流域外调入。此外, 城镇化进展加快, 珠三角地区水污染问题, 粤东西北地区用水浪费、用水效率低下, 加大水资源承载压力, 进一步加剧了水资源空间失衡。

表5 2006~2018年广东省水资源空间均衡系数

Table 5 The spatial equilibrium coefficient for water resources in Guangdong during 2006~2018

| 年份 | 水资源负载 | | 水土资源匹配 | | 用水效益 | | D |
|------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|------|
| | C | G_i | R^{rel} | G_i | V | G_i | |
| 2006 | 1.7 | 0.80 | 11.2 | 0.64 | 57.0 | 0.48 | 0.80 |
| 2007 | 2.2 | 0.81 | 9.8 | 0.63 | 66.3 | 0.46 | 0.79 |
| 2008 | 2.1 | 0.78 | 8.1 | 0.64 | 81.2 | 0.49 | 0.80 |
| 2009 | 2.5 | 0.79 | 7.4 | 0.65 | 87.3 | 0.47 | 0.80 |
| 2010 | 2.6 | 0.82 | 7.4 | 0.64 | 101.2 | 0.46 | 0.79 |
| 2011 | 3.4 | 0.83 | 7.2 | 0.65 | 120.5 | 0.45 | 0.80 |
| 2012 | 2.9 | 0.82 | 8.4 | 0.60 | 134.2 | 0.46 | 0.75 |
| 2013 | 2.9 | 0.70 | 8.9 | 0.61 | 151.5 | 0.46 | 0.77 |
| 2014 | 3.4 | 0.71 | 7.9 | 0.62 | 165.5 | 0.46 | 0.78 |
| 2015 | 3.4 | 0.73 | 8.4 | 0.62 | 177.6 | 0.46 | 0.78 |
| 2016 | 3.2 | 0.79 | 9.4 | 0.69 | 197.0 | 0.46 | 0.81 |
| 2017 | 3.9 | 0.82 | 8.0 | 0.69 | 219.5 | 0.47 | 0.82 |
| 2018 | 4.0 | 0.79 | 8.3 | 0.69 | 240.0 | 0.47 | 0.82 |
| 均值 | 2.9 | 0.78 | 8.5 | 0.65 | 138.4 | 0.46 | 0.79 |

3 结论

通过构建水资源负载指数、水土资源匹配系数、用水效益指数测算模型, 基于基尼系数和水资源空间均衡系数, 分析了广东省2006~2018年水

资源空间均衡状态,并重点分析了2018年全省各市水资源负载、水土资源匹配和用水效益特征。

1) 2018年广东省水资源负载指数等级为Ⅲ级,属于水资源开发利用程度中等。水资源负载指数基尼系数为0.79,各市水资源负载差距悬殊,表现为经济总量大、人口密集,水资源条件相对不足的地区,开发利用程度高,潜力小。全省水资源负载指数从2006~2018年呈现逐年增加趋势,区域水资源承载压力不断提升,且各市负载指数差距悬殊等级。不考虑过境水资源,全省水资源负载指数等级为Ⅱ级,表明广东省对过境水资源依赖程度较高。

2) 2018年广东省水土资源匹配系数为8.3,基尼系数为0.69,说明全省各市水土资源匹配程度空间分布较为悬殊。粤西茂名、雷州半岛地区(湛江)、粤东汕尾和揭阳以及水资源相对贫乏的

深圳等地区水土资源匹配程度较低。全省水土资源匹配程度近几年来相对平稳,省内分布仍然差距悬殊。

3) 全省用水效益指数呈现逐年增加趋势,2018年单方水产生GDP产值为240元,基尼系数为0.47,全省各市用水效益差距较大,用水效益最大的地市是最小的22倍。

4) 2006~2018年广东省水资源空间均衡系数在0.75~0.82之间,均值为0.79,表明广东省水资源空间均衡等级为Ⅳ级(中度失衡)。水资源空间分布与生产力布局不匹配、快速城镇化、区域水污染和用水效率低是导致水资源空间失衡的主要原因。建议进一步补齐水资源空间优化配置工程短板,强化对节约用水和水资源监管,更好地支撑广东高质量发展和粤港澳大湾区建设。

参考文献:

- [1] 林旭钿. 实行最严格水资源管理制度促进广东经济转型升级[J]. 中国水利, 2014, 739(1):10-13.
LIN X D. Implementation of the most stringent water resources management system to promote Guangdong's economic transformation [J]. China Water Resources, 2014, 739(1):10-13.
- [2] JIN Y, DENMAN S, DENG D, et al. Environmental impacts of transformative land use and transport developments in the greater Beijing region: insights from a new dynamic spatial equilibrium model [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2017, 52: 548-561.
- [3] 盛科荣,樊杰,杨昊昌. 现代地域功能理论及应用研究进展与展望[J]. 经济地理, 2016, 36(12):1-7.
SHENG K R, FAN J, YANG H C. Progress and prospect of modern regional function theory and its application [J]. Economic Geography, 2016, 36(12):1-7.
- [4] BEAUDRYP, GREEN D A, SAND B M. Spatial equilibrium with unemployment and wage bargaining: theory and estimation[J]. Journal of Urban Economics, 2014, 79:2-19.
- [5] 马志飞,尹上岗,乔文怡,等. 中国医疗卫生资源供给水平的空间均衡状态及其时间演变[J]. 地理科学, 2018, 38(6):869-876.
MA Z F, YIN S G, QIAO W Y, et al. Spatial equilibrium state and its time evolution of medical health resource supply level in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(6):869-876.
- [6] 左其亭,韩春辉,马军霞,等. 水资源空间均衡理论应用规则 and 量化方法[J]. 水利水运工程学报, 2019(6): 50-58.
ZUO Q T, HAN C H, MA J X, et al. Application rules and quantification methods of water resources spatial equilibrium theory [J]. Hydro-Science and Engineering, 2019(6):50-58.
- [7] 邓伟,翟金良,闫敏华. 水空间管理与水资源的可持续性[J]. 地理科学, 2003, 23(4):385-390.
DENG W, ZHAI J L, YAN M H. Management of space for water and sustainability of water resources [J]. Scientia Geographica Sinica, 2003, 23(4):385-390.
- [8] 金菊良,郦建强,吴成国,等. 水资源空间均衡研究进展[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2019, 40(6):47-60.
JIN J L, LI J Q, WU C G, et al. Research progress on spatial equilibrium of water resources [J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition), 2019, 40(6):47-60.
- [9] 左其亭,韩春辉,马军霞,等. 水资源空间均衡理论方法及应用研究框架[J]. 人民黄河, 2019, 41(10): 113-118.
ZUO Q T, HAN C H, MA J X, et al. Theoretical method and applied research framework of water resources spatial equilibrium [J]. Yellow River, 2019, 41(10):113-118.
- [10] 郦建强,王平,何君,等. 水资源空间均衡理论方法与对策措施研究[J]. 中国水利, 2019(23):23-25.
LI J Q, WANG P, HE J, et al. Study on theory methodology and countermeasures about water resources spatial equilibrium [J]. China Water Resources, 2019(23):23-25.

- [11] 酃建强,王平,郭旭宁,等. 水资源空间均衡要义及基本特征研究[J]. 水利规划与设计, 2019(9): 1-5+23.
LI J Q, WANG P, GUO X N, et al. Study on the essentials and basic features of water resources spatial equilibrium [J]. Water Resources Planning and Design, 2019(9): 1-5+23.
- [12] 姜宁,付强. 基于基尼系数的黑龙江省水资源空间匹配分析[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(5):56-60.
JIANG N, FU Q. Spatial matching analysis of Heilongjiang province's water resource based on Gini coefficient [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2010, 41(5):56-60.
- [13] 夏帆,陈莹,窦明,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 F, CHEN Y, DOU M, et al. Calculation method and application of spatial equilibrium coefficient of water resources [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(1): 52-57.
- [14] 蒋艳,曾肇京,张建永. 基于基尼系数的中国水生态分区研究[J]. 生态学报, 2015, 35(7):2177-2183.
JIANG Y, ZENG Z J, ZHANG J Y. Establishment of aquatic ecosystem divisions based on the environmental Gini coefficient in China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(7):2177-2183.
- [15] 洪思扬,宋志松,程涛,等基于基尼系数的南水北调受水区水资源空间匹配分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2017(2):175-179.
HONG S Y, SONG Z S, CHENG T, et al. Spatial matching analysis of water resources in the intake area of South-North Water Transfer Project based on Gini coefficient [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2017(2):175-179.
- [16] 张吉辉,李健,唐燕. 中国水资源与经济发展要素的时空匹配分析[J]. 资源科学, 2012, 34(8):1546-1555.
ZHANG J H, LI J, TANG Y. Analysis of the spatio-temporal matching of water resources and economic development factors in China [J]. Resources Science, 2012, 34(8):1546-1555.
- [17] 张国兴,徐龙. 基于时空维度的水资源与经济匹配分析[J]. 水电能源科学, 2020(3):54-57.
ZHANG G X, XU L. Analysis of water resources and economic matching based on spatio-temporal dimensions [J]. Water Resources and Power, 2020(3):54-57.
- [18] 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 H Q, YANG Y T, ZHANG C J. Fairness of water utilization in Hubei province based on Gini coefficient [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2019, 37(1):1-6.
- [19] 封志明,刘登伟. 京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力[J]. 自然资源学报, 2006, 21(5): 689-699.
FENG Z M, LIU D W. A study on water resources carrying capacity in Jingjinji region [J]. Journal of Natural Resources, 2006, 21(5):689-699.
- [20] 蒋定生,范兴科,徐学选,等. 略论延安市降水资源的潜力与高效利用模式[J]. 水土保持研究, 2000, 7(2):58-69.
JIANG D S, FAN X K, XU X X, et al. The preliminary discussion on the potentiality of rainfall resources in Yan'an city and its efficiency use models [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2000, 7(2):58-69.
- [21] 刘彦随,甘红,张富刚,等. 中国东北地区农业水土资源匹配格局[J]. 地理学报, 2006, 61(8): 847-854.
LIU Y S, GAN H, ZHANG F G, et al. Analysis of the matching patterns of land and water resources in north-east China [J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(8): 847-854.
- [22] 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 Y Y, LI Y S, LIU W J. Study on Gini coefficient method of total pollutant load allocation for water bodies [J]. Research of Environmental Sciences, 2006, 19(2):66-70.
- [23] 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 D D, CHEN X H. Method for evaluating the fairness of water use in Guangdong province [J]. Advances in Water Science, 2008, 19(2):268-272.
- [24] 张建华. 一种简便易用的基尼系数计算方法[J]. 山西农业大学学报(社会科学版), 2007, 6(3): 275-278.
ZHANG J H. A convenient method to calculate Gini coefficient [J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Social Science Edition), 2007, 6(3):275-278.
- [25] 广东省水利厅. 广东省水资源公报[R]. 2006-2018.
- [26] 广东省统计局. 广东省统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2007-2019.