

江西省水资源利用与经济发展适配关系研究

王菲^{1,2}, 穆雅晴^{1,2}, 田培^{1,2}, 郝芳华^{1,2}, 陈述³, 吴宜进^{1,2}

(1.华中师范大学 地理过程分析与模拟湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430079;

2.华中师范大学 城市与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 3.长江水利委员会长江科学院, 湖北 武汉 430010)

摘要: [目的] 探讨江西省及其 11 个地级市 2015—2020 年用水总量与总 GDP、三次产业用水量与相应产业 GDP 的适配关系及变化趋势, 揭示产生适配差异的原因, 进而为该地区水资源利用与经济发展相协调提供科学依据。[方法] 基于产业用水量和产业 GDP 数据, 应用 Tapio 模型开展研究。[结果] 2015—2020 年江西省用水总量与总 GDP 均处于适配状态, 呈现“强适配—扩张性适配—强适配”的变化趋势, 且适配程度表现出西北部>南部>中东部的空间分布规律; 全省农业用水量与第一产业 GDP 呈“适配—耦合—适配”的变化趋势, 而各市的适配关系波动变化; 江西省工业用水量与第二产业 GDP 除 2018—2019 年为扩张性适配外, 其余时段均为强适配关系, 各市 2017—2018 年全部达到强适配状态; 该省第三产业在 2015—2020 年均处于扩张性适配、正耦合状态, 除 2020 年疫情期间, 大部分地市在 2015—2019 年适配情况好于农业; 整体来看, 江西省产业用水与产业 GDP 适配程度为: 工业>第三产业>农业。[结论] 分析水资源利用与经济发展适配关系变化的主要原因有降水量、经济水平、政策措施、产业结构、技术进步以及水利设施建设等, 提出了因地制宜发展特色产业、以水定产、推动产业结构转型升级等对策, 以助推江西省可持续发展。

关键词: 水资源利用; 经济增长; Tapio 脱钩模型; 适配度; 江西省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2023)04-0327-11

中图分类号: X22

文献参数: 王菲, 穆雅晴, 田培, 等. 江西省水资源利用与经济发展适配关系研究[J]. 水土保持通报, 2023, 43(4): 327-337. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20230613.001; Wang Fei, Mu Yaqing, Tian Pei, et al. Adaptation relationship between water resource utilization and economic development in Jiangxi Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(4): 327-337.

Adaptation Relationship Between Water Resource Utilization and Economic Development in Jiangxi Province

Wang Fei^{1,2}, Mu Yaqing^{1,2}, Tian Pei^{1,2}, Hao Fanghua^{1,2}, Chen Shu³, Wu Yijin^{1,2}

(1.Key Laboratory for Geographical Process Analysis & Simulation, Wuhan, Hubei 430079, China;

2.College of Urban and Environmental Sciences, Central China Normal University, Wuhan, Hubei 430079, China;

3.Yangtze River Scientific Research Institute, Changjiang River Water Resources Commission, Wuhan, Hubei 430010, China)

Abstract: [Objective] The adaptation relationship and the changing trends between total water consumption and total GDP, water consumption of three industries and GDP of corresponding industries in Jiangxi Province and its 11 prefecture-level cities from 2015 to 2020 were studied, revealing the reasons for the adaptation differences, and providing scientific basis for the coordination of water resource utilization and economic development in the region. [Methods] Industrial water consumption and industrial GDP data were used with the Tapio model in this study. [Results] Total water use and total GDP of Jiangxi Province were both in a state of adaptation from 2015 to 2020, showing a trend pattern of “strong adaption—expanded adaption—strong adaptation”. The degree of adaptation exhibited a spatial distribution pattern of northwest

收稿日期: 2022-10-08

修回日期: 2022-12-18

资助项目: 教育部“春晖计划”合作科研项目“绿色转型视角下长江中游城市群‘水—能—粮’系统适配性研究”(202200199); 湖北省自然科学基金项目(2021CFB550); 国家自然科学基金区域创新发展联合基金项目(U21A2039); 江西省水利厅科技项目(202124ZDKT20)

第一作者: 王菲(2000—), 女(汉族), 山东省聊城市人, 硕士研究生, 主要从事水资源研究。Email: 2543067846@qq.com.

通讯作者: 田培(1988—), 男(汉族), 湖北省大悟县人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土壤侵蚀与水土保持方面的研究。Email: tianpei@ccnu.edu.cn.

> south > central and east. Agricultural water consumption and GDP of the primary industry showed a trend pattern of “adaptation—coupling—adaptation”, while the adaptation relationship for each city fluctuated. Except for the expansionary adaptation between industrial water consumption and GDP for the secondary industry in the province in 2018—2019, there was a strong adaptation relationship in other periods, and all cities reached a strong adaptation state in 2017—2018. The tertiary industry of the entire province was in a state of expansionary adaptation and positive coupling from 2015 to 2020. Except during the pandemic period in 2020, the adaptation of most cities was better than that of agriculture from 2015 to 2019. On the whole, the degree of adaptation between industrial water consumption and industrial GDP in Jiangxi Province followed the order of industry > tertiary industry > agriculture. [Conclusion] The main reasons for the change in the adaptation relationship between water use and economic development were precipitation, economic level, policy measures, industrial structure, technological progress, construction of water conservation facilities, etc. Countermeasures, such as developing special industries according to local conditions, determining production with water, and promoting transformation and upgrading of industrial structure, have been proposed to help promote sustainable development in Jiangxi Province.

Keywords: water resource utilization; economic growth; Tapio decoupling model; adaption degree; Jiangxi Province

水资源是重要的基础资源,经济增长对水资源利用的影响尤为显著^[1]。20 世纪中期以来,大量资源消耗驱动经济增长的同时导致了水资源短缺、利用效率低等问题。面对日益突出的“水”问题,我国水资源管理模式不断向精细化方向转变^[2-3]，“坚持以水定城、以水定地、以水定人、以水定产,把水资源作为最大的刚性约束”,以有效控制用水总量、提高水资源集约节约水平^[3-4]。因此,研究水资源利用与经济发展的适配关系对推进“以水四定(以水定域,以水定地,以水定人,以水定产)”目标落地及可持续发展具有重要意义^[5]。

“脱钩理论”源于西方学者对经济增长与能源消耗关系的研究,随后经济合作与发展组织(OECD)把脱钩定义为环境危害与经济增长关联性的破裂,并认为脱钩是测量及评价资源环境与经济增长两者协调关系的一种手段^[6]。之后该理论被广泛应用于能源消耗、碳排放、耕地及建设用地等^[7-10]与经济发展关系的研究中。汪奎等^[11]首次将脱钩概念引入到水资源利用与经济增长的分析中,开拓了新的研究思路。不同学者在资源环境领域进行脱钩分析时,应用的评价方法大体有 8 种^[12],其中 Vehmas 脱钩指数法、Tapio 弹性分析法是研究水资源利用与经济增长脱钩关系的主要评价方法^[13-17]。潘安娥等^[13]基于水足迹理论与 Vemhas 脱钩模型探讨了湖北省水资源利用与经济脱钩关系,发现湖北省在 1995—2010 年协调能力有减弱趋势;彭虹等^[14]利用 Vemhas 脱钩指数法定量分析了重庆市农业用水量与农业产值间的脱钩关系;潘忠文等^[15]基于水足迹理论结合 Tapio 弹性模型定量分析了中国 1999—2016 年水资源利用

与经济增长脱钩关系,发现两者整体处于弱脱钩状态,且工业脱钩程度优于农业;韩文艳等^[16]利用 Tapio 弹性分析法发现中国 4 个直辖市 2001—2014 年两者脱钩程度顺序为:北京市>上海市>天津市>重庆市,农业脱钩优于工业;左其亭等^[17]通过 Super-SBM 模型量化水资源利用效率并结合 Tapio 弹性理论探究了黄河流域水资源利用水平与经济社会发展的适配度,发现 9 省区两者适配程度具有阶段性特征,且呈现较强的空间差异。由此可见,明确水资源利用与经济增长的脱钩程度可为实现区域可持续发展目标提供重要参考。

江西省位于长江以南中下游地区,降水丰沛,但时空分布不均,水资源禀赋差异大且开发利用程度相对较低^[18],而该区域社会经济发展对水资源的需求日益增加。因此,亟需研究水资源总量丰富但开发利用率相对较低区域的经济发展与水资源适配关系,以实现从规划源头落实水资源刚性约束要求,推进经济发展与水资源良性互动。Wang 等^[19]依据 Tapio 脱钩模型在对 30 个省份 2004—2019 年经济增长和用水量脱钩关系评估过程中,发现江西省在该时期存在强脱钩、弱脱钩和膨胀耦合 3 种状态;Kong 等^[20]在分析长江经济带经济增长与用水量的脱钩关系时,发现江西省 2004—2017 年强脱钩与弱脱钩状态并存;Hu Mianhao 等^[21]和李芳林等^[22]则利用 Tapio 脱钩和 LMDI 模型分别探讨了江西省 1999—2015 年和 2012—2020 年经济增长与水资源利用的脱钩程度及驱动因素。总体而言,目前对江西省水资源利用与经济增长关系的相关研究主要集中在全省尺度,缺少对江西省各地级市水资源与产业发展的关联程度及变化趋势的研究,故本文基于产业用水量和

产业 GDP 数据,应用 Tapio 模型探讨江西全省及 11 个地级市 2015—2020 年每个时段水资源利用与经济增长的适配度及其变化趋势,从而揭示江西省水资源利用与经济发展的适配关系,为该省可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

图 1 为江西省近几年水资源利用情况,整体上看,用水总量在 2015—2019 年均高于 $2.45 \times 10^{10} \text{ m}^3$,2016 年有所下降,之后缓慢上升,由于疫情原因,2020 年用水量明显降低,为 $2.44 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。目前江西全省用水总量低于 2020 年水资源利用红线 ($2.60 \times 10^{10} \text{ m}^3$),控制情况良好。用水结构中,农业用水量比重最大,占到用水总量的 60% 以上,且用水量不断增加,其次为工业、生活、生态用水,工业用水整体呈递减趋势,生活与生态用水均呈上升趋势。

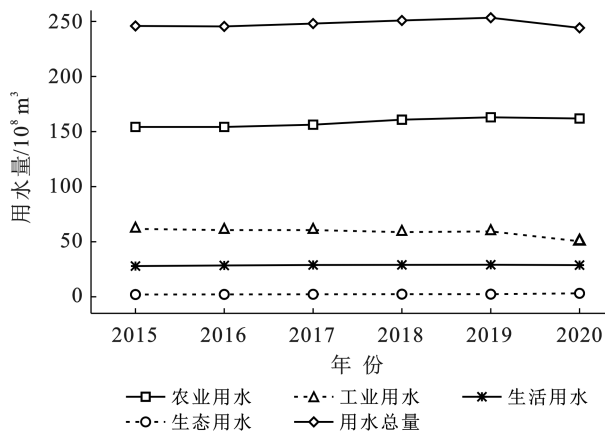


图 1 江西省 2015—2020 年水资源利用情况
Fig.1 Water resources utilization in Jiangxi Province from 2015 to 2020

由图 2 可知,江西省 2015—2020 年的 GDP 总量逐年增加。2017—2019 年增长率持续上升,2020 年增长率有所下降。江西省三次产业中,第一产业产值最低,仅占总 GDP 的 10% 左右且增长率较低,2015—2018 年第二产业 GDP 占总 GDP 比值最高,而 2019 年第三产业产值赶超第二产业跃居主位,2019 年江西省三次产业比重为 8.3 : 44.2 : 47.5,产业结构实现由二次—三次—初级结构向三次—二次—初级结构的再一次升级。

1.2 数据来源

本研究所用数据主要是江西省及其 11 个地级市 2015—2020 年的经济发展和水资源数据。经济指标选取年度总 GDP 及第一、二、三产业 GDP 值,数据来

源于江西省统计年鉴及各市统计公报。为剔除价格波动的影响,本文经济指标均换算成以 2015 年为基期的可比价进行计算^[13]。用水指标选用年度用水总量、农业用水量、工业用水量及第三产业用水量,其中第三产业用水量利用生活用水减去居民生活用水的差值来表示^[23],水资源数据来源于相应年份的江西省水资源公报。

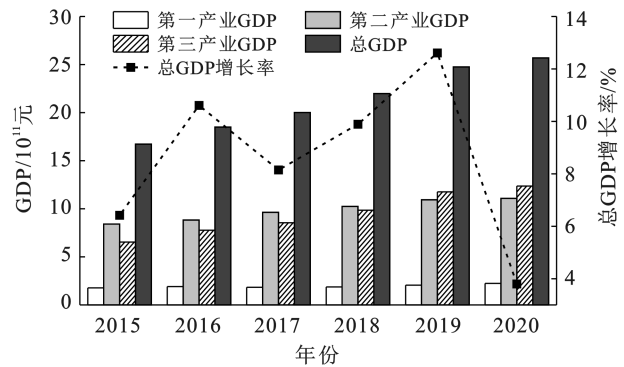


图 2 江西省 2015—2020 年经济发展情况
Fig.2 Economic development of Jiangxi Province from 2015 to 2020

2 研究方法

Tapio 弹性分析是以时期为时间尺度,利用资源消耗与经济变化率的比值衡量脱钩状态,时期选择具有较大的灵活性和稳定性,系数区间划分详细,可以很好地判断两者是否脱钩以及脱钩程度,从而间接阐明该区域经济发展状况及未来对水资源需求的变化趋势^[12,24],是目前水资源利用与经济发展协调关系评价的常用方法之一。本文依据 Tapio 弹性模型^[25],参考 Tapio 脱钩弹性计算公式进行产业用水量与产业 GDP 适配系数计算,可以直观反映两者的关系是否协调及两者间的变化是否有利于城市的发展^[5]。

$$\alpha_i = \frac{\Delta W_i}{\Delta G_i} = \frac{(W_i^{t+1} - W_i^t)}{(G_i^{t+1} - G_i^t)} \quad (1)$$

式中: ΔW_i , ΔG_i 分别为 i 产业年度用水量及相应产值 GDP 的变化速率; W_i^t , G_i^t 分别为 i 产业第 t 年的用水量及相应的产业 GDP; α_i 为 i 产业年度适配系数,表示 t 到 $t+1$ 相邻两年经济变化与水资源变化的适配关系。

参照 Tapio 脱钩状态体系建立水资源利用与经济增长适配状态的分类标准^[15,26],本文将适配系数以 0,0.8,1.2 为界划分 8 个适配等级分别对应 8 种适配类型,并阐述了相应等级的适配特征,如表 1 所示。

表 1 水资源利用与经济增长适配类型划分及特征

Table 1 Classification and characteristics of adaptation types between water resources utilization and economic growth

适配状态	适配类型	适配等级	ΔW	ΔG	α	适配特征
适配	强适配	4	≤ 0	> 0	≤ 0	区域用水量减少, 产值增加, 发展最为合理
	弱适配	3	< 0	< 0	≥ 1.2	区域用水量与产值均呈减少趋势, 但 GDP 减少速度慢于用水量, 发展合理
耦合	扩张性适配	2	> 0	> 0	(0~0.8)	区域用水量与产值均呈增加趋势, 但 GDP 增加速度快于用水量, 发展合理
	扩张性正耦合	1	> 0	> 0	[0.8~1.2)	区域用水量与产值均呈增加趋势, 且两者增加速率相近, 发展比较合理
负适配	衰退性负耦合	0	< 0	< 0	[0.8~1.2)	区域用水量与产值均呈减少趋势, 且两者减少速率相近, 发展比较合理
	衰退性负适配	-1	< 0	< 0	(0~0.8)	区域用水量与产值均呈减少趋势, 但 GDP 减少速度快于用水量, 发展不合理
负适配	弱负适配	-2	> 0	> 0	≥ 1.2	区域用水量与产值均呈增加趋势, 但 GDP 增加速度慢于用水量, 发展不合理
	强负适配	-3	≥ 0	< 0	≤ 0	区域用水量增加, 产值减少, 发展极不合理

注: ΔW , ΔG 分别为产业年度用水量及相应产值 GDP 的变化速率; α 为产业年度适配系数。

3 结果与分析

利用公式(1)计算江西全省及各地级市 2015—2016 年, 2016—2017 年, 2017—2018 年, 2018—2019 年, 2019—2020 年这 5 个时段的用水总量与地区生产

总值、农业用水量与第一产业 GDP、工业用水量与第二产业 GDP 及第三产业用水量与第三产业 GDP 间的适配系数, 探讨江西省及各市水资源利用与产业发展的适配关系及其变化趋势, 其适配状态按等级结果如图 3 所示。

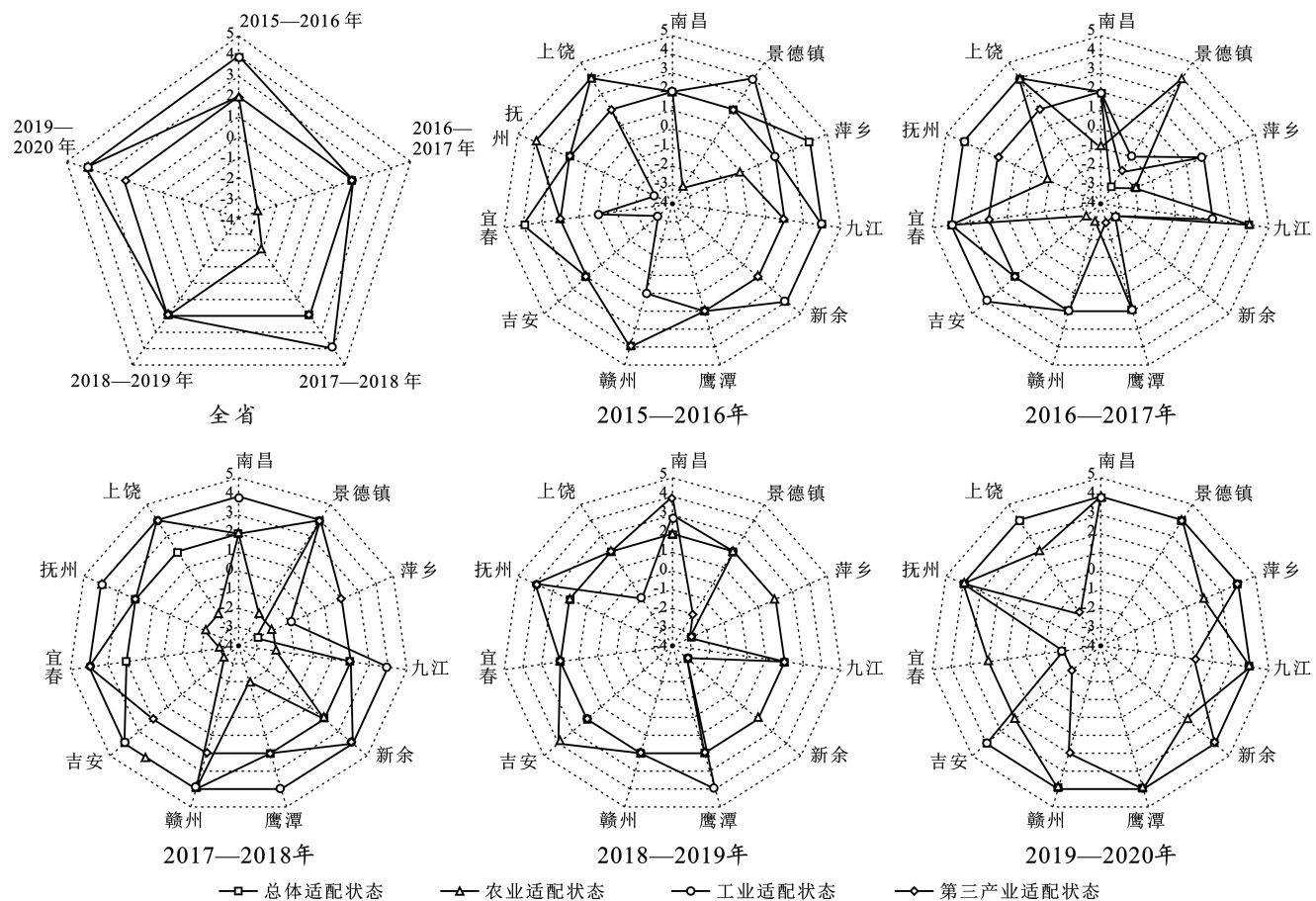


图 3 江西全省及各地级市 2015—2020 年水资源利用与产业 GDP 适配等级

Fig.3 Adaptation status of water resources utilization and industrial GDP in Jiangxi Province and prefecture-level cities from 2015 to 2020

3.1 用水总量与总 GDP 适配关系及变化趋势

由图 3 可知, 江西全省用水总量与总 GDP 在

2015—2020 年均处于适配状态, 情况较为稳定, 且整体呈现“强适配—扩张性适配—强适配”的变化趋势,

表明江西省该时期经济增长尚未完全脱离对水资源的依赖。图 4 表明,大部分地市 2015—2020 年用水总量与总 GDP 均为良好的适配状态,但适配情况呈现出不同的时空变化:时间上,2015—2019 年各市适配程度呈下降趋势,处于强适配状态的城市由 2015—2016 年 6 个逐渐减少至 2018—2019 年 1 个,

2019—2020 年适配关系相对较好,仅宜春市处于弱负适配状态,其余城市均为强适配类型;空间上,南昌市与鹰潭市在 2015—2019 年一直为扩张性适配关系,除萍乡市外,其余各市呈强适配与扩张性适配交替出现,整体来看,江西省适配程度空间分布格局表现为:西北部>南部>中东部。

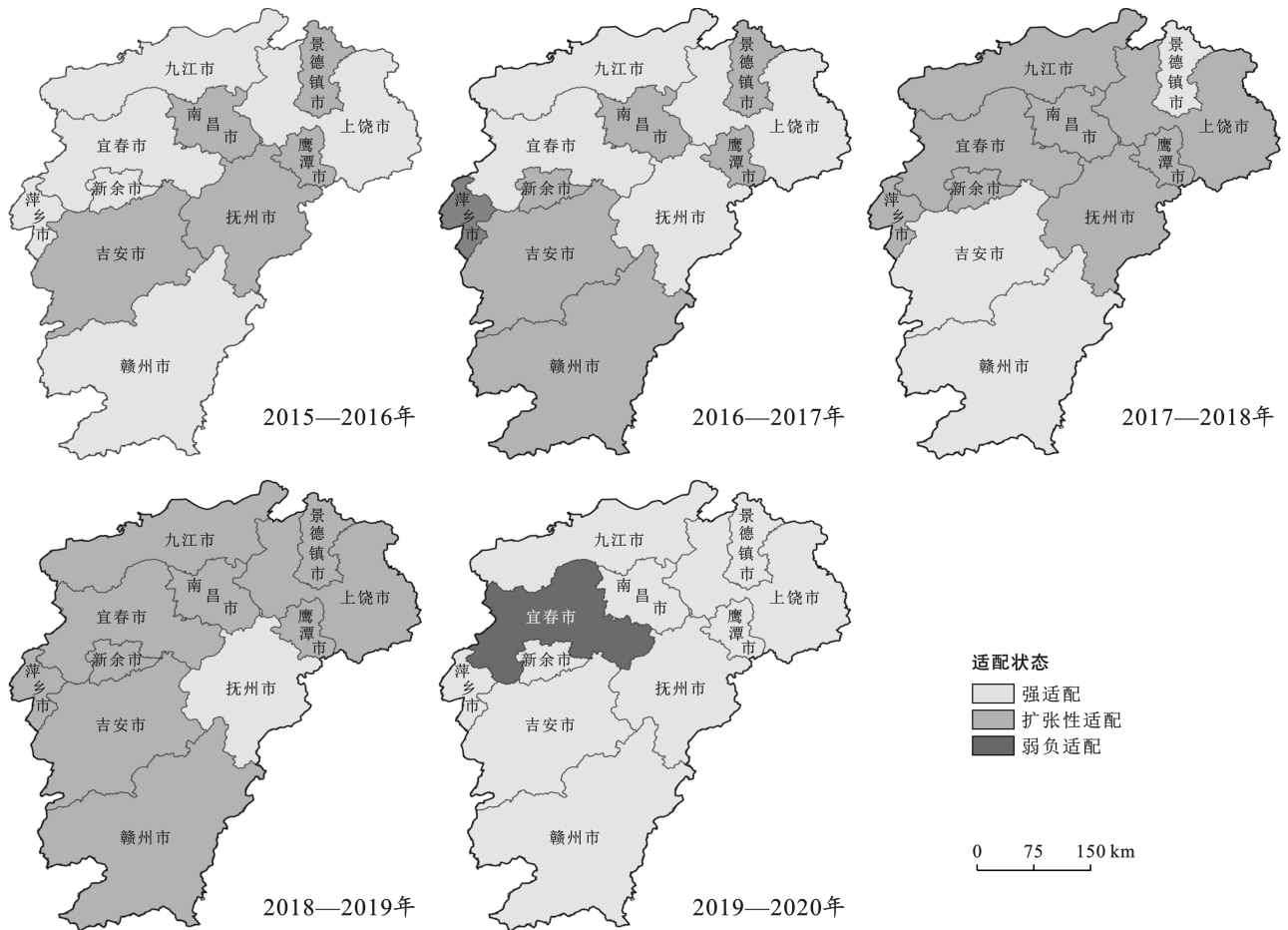


图 4 江西省各市 2015—2020 年用水总量与 GDP 适配状态

Fig.4 Adaptation state of total water use and GDP in Jiangxi Province from 2015 to 2020

3.2 产业用水量与产业 GDP 适配关系及变化趋势

3.2.1 农业用水量与第一产业 GDP 江西省作为农业大省,是中国重要的粮食生产地,农业用水量所占比例较高。如图 3 显示,2015—2020 年全省农业用水量与第一产业 GDP 的适配状态呈“适配—耦合—适配”的变化趋势,2015—2017 年全省处于扩张性适配状态,农业用水速度低于第一产值增加的速度;2017—2018 年两者增速一致,为扩张性正耦合关系;之后由扩张性适配变为强适配状态。由图 5 可知,江西省 11 个地级市在 2015—2020 年农业用水与第一产业 GDP 间适配关系不稳定,变化规律大致归为 3 种:①2015—2020 年一直为耦合或适配状态,如南昌、景德镇及抚州市;②负适配—耦合/适配—负适

配的变化趋势,即新余市;③其余地市为适配—负适配—适配/耦合状态,如九江、上饶等市。时间上,2016—2018 年各市适配情况最差,处于负适配状态的城市相对较多,2018 年后情况得到改善。可以看出,江西省大部分地市第一产业发展对农业用水消耗的压力一直存在,但有减弱趋势,两者协调性不断改善。

3.2.2 工业用水量与第二产业 GDP 工业是用水的另一大部门,也是第二产业的重要组成部分。图 3 可以看到,全省 2015—2020 年工业用水与第二产业 GDP 适配关系除 2018—2019 年呈扩张性适配外,其他时段均为强适配关系,且工业用水 2020 年相对 2015 年下降 18.26%,第二产业 GDP 增加了 44.84%。

这表明江西省工业发展已逐渐脱离对水资源的依赖,达到了协调性较好的强适配状态。图 6 显示各市工业用水与第二产业 GDP 的适配关系。整体看来,除宜春市 2019—2020 年为弱负适配外,其余各市在研究期间工业用水与第二产业 GDP 均为适配关系,且

2015—2018 年呈强适配状态的地市逐渐增多,由 2015—2016 年的 4 个增加至 2017—2018 年 11 个该期间适配系数小于 -1,而 2019—2020 年各市适配系数则在 -4 到 -10 范围内变化,由此可见,适配系数波动较大,强适配关系稳定性还有待加强。

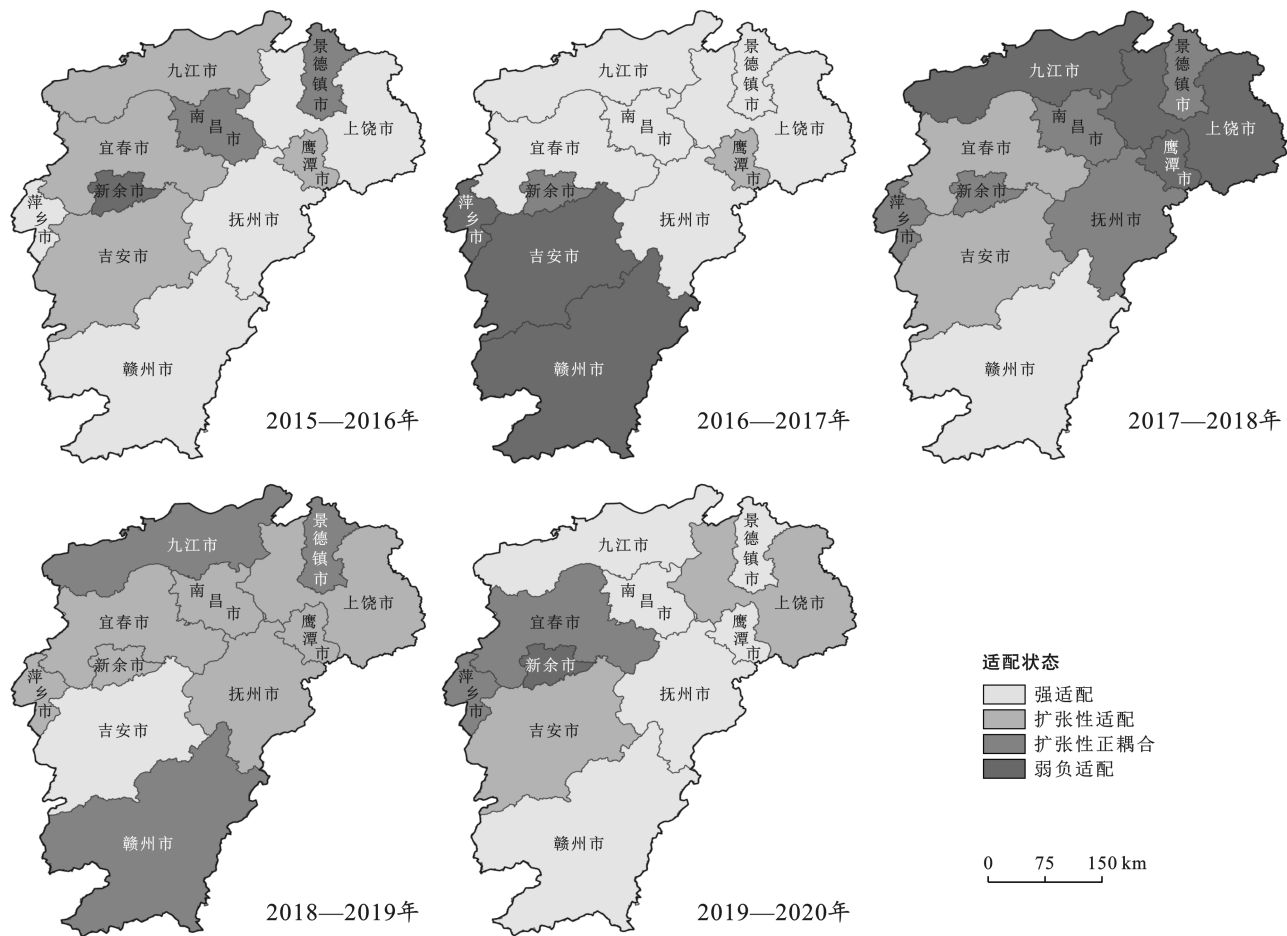


图 5 江西省各市 2015—2020 年农业用水量与第一产业 GDP 适配状态

Fig.5 Adaptation state of agricultural water consumption and GDP of primary industry in Jiangxi Province from 2015 to 2020

3.2.3 第三产业用水量与第三产业 GDP 由图 2 可知,自 2019 年开始,第三产业 GDP 所占比重已超过第一、二产业,逐渐呈现“经济服务化”的趋势。如图 3 所示,江西省第三产业用水量与第三产业 GDP 适配关系在 2015—2019 年均为扩张性适配,2019—2020 年为扩张性正耦合状态,即 GDP 增加速度开始快于用水量,后两者速度变为一致,协调程度有所下降。各市适配情况如图 7 所示。大部分地市 2015—2019 年均处于适配状态,仅上饶、鹰潭与景德镇市出现耦合与负适配状态,且景德镇市强适配与弱负适配交替出现;时间上,2017—2018 年各市均为适配关系,且有 9 个地市呈强适配状态,适配度最好;2019—2020 年九江、宜春等 4 市出现弱负适配情况,适配关系最差。

3.3 水资源利用与经济增长适配关系变化的成因

3.3.1 用水总量与总 GDP 适配关系变化 江西省用水总量与总 GDP 在研究期间均为适配状态。这是因为该省“十三五”期间大力推进节水型社会建设,《江西省节约用水办法》及一系列用水管理政策的发布促进了江西省用水的规范化和制度化;同时坚持把水资源承载力作为刚性约束,实行最严格的水资源管理制度;污水排放量在该时期逐年下降,与经济增长呈现强脱钩状态^[27],水生态文明得分持续增加^[28],用水效率波动上升^[29];适配关系呈现“强适配—扩张性适配—强适配”的变化趋势,与该省农业适配程度变化一致,说明用水总量与总 GDP 适配关系很大程度上由农业适配度决定;各市 2019 年适配状态在研究期间最差,2020 年最好。由图 2 可知,2019 年经济增长

率最高,同时用水总量达到近几年峰值,2020 年增长率最低,用水总量相应减少,经济增长率的变化一定程度上影响了适配关系的改变;用水总量与总 GDP 间的适配程度空间分布格局与田进明等^[30]所研究的江西省

用水总量及水资源综合利用效率呈现:赣北>赣南>赣中的分布规律相似。萍乡市适配状态由 2017 年耦合转为 2018 年适配,与其坚持水污染治理及海绵城市建设有关,对该市净水、节水具有重要意义^[31]。

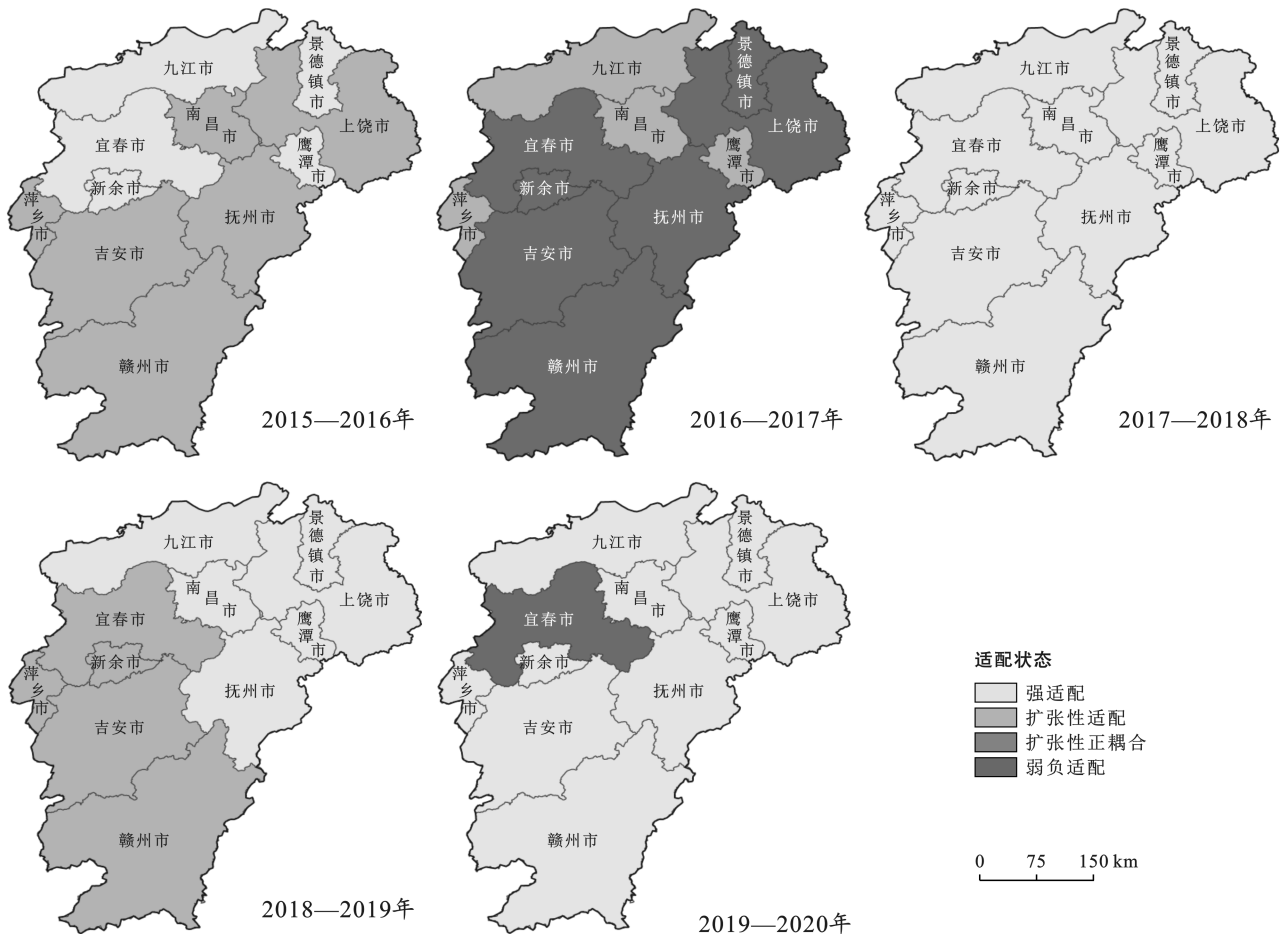


图 6 江西省各市 2015—2020 年工业用水量与第二产业 GDP 适配状态

Fig.6 Adaptation state of industrial water consumption and GDP of secondary industry in Jiangxi Province from 2015 to 2020

3.3.2 农业用水量与第一产业 GDP 适配关系变化

2015—2020 年,江西全省农业用水量与第一产业 GDP 的适配关系呈现“适配—耦合—适配”的变化趋势,其中大部分地市为“适配—负适配—适配”的变化特征。不同年份适配关系产生变化的原因有降水量、技术水平、种植结构和政策等,其中,降水量差异对适配程度影响较大。江西省 2015—2020 年逐年降水量、多年平均降水量如图 8 所示。据《水文情报预报规范》的丰、平、枯水年划分方法^[32],2015 和 2016 年为丰水年,全省及各市适配情况较好;2017 年为平水年,适配度下降,表现为萍乡、吉安、赣州与新余 4 个地市出现弱负适配及扩张性正耦合状态。2018 和 2019 年均均为平水年,但 2018 年降水量低于多年平均值,故 2018 年全省及各市的适配程度均受影响,呈弱负适配及扩张性正耦合状态的地市增至 8 个;2019

年降水增多,相应的,农业用水与第一产业 GDP 间适配关系趋好。2020 年为丰水年,全省也由 2019 年的扩张性适配转为强适配状态。多位学者^[14,33-34]也证明了降水量变化与适配程度变化的强相关性。由图 8 可知,江西省在研究期间第一产业 GDP 年增长率整体呈下降趋势且与降水量变化无明显相关性,而农业用水量年增长率变化与降水量变化相关性显著(皮尔逊相关系数为-0.896),说明降水量主要通过影响农业用水量变化来影响农业用水量与第一产业 GDP 间适配程度的改变。有研究^[35]基于遥感技术表明 2019 年江西省农业干旱严重,但本研究发现 2019 年江西省各市均为耦合或适配状态,这主要与江西省水利设施较为完善相关,表明水利工程及相关措施能在一定程度上减轻降水量变化对农业用水与经济发展适配性的影响程度,缓解自然因素(降水)大幅波动对江西省农业发展造成的不利影响。

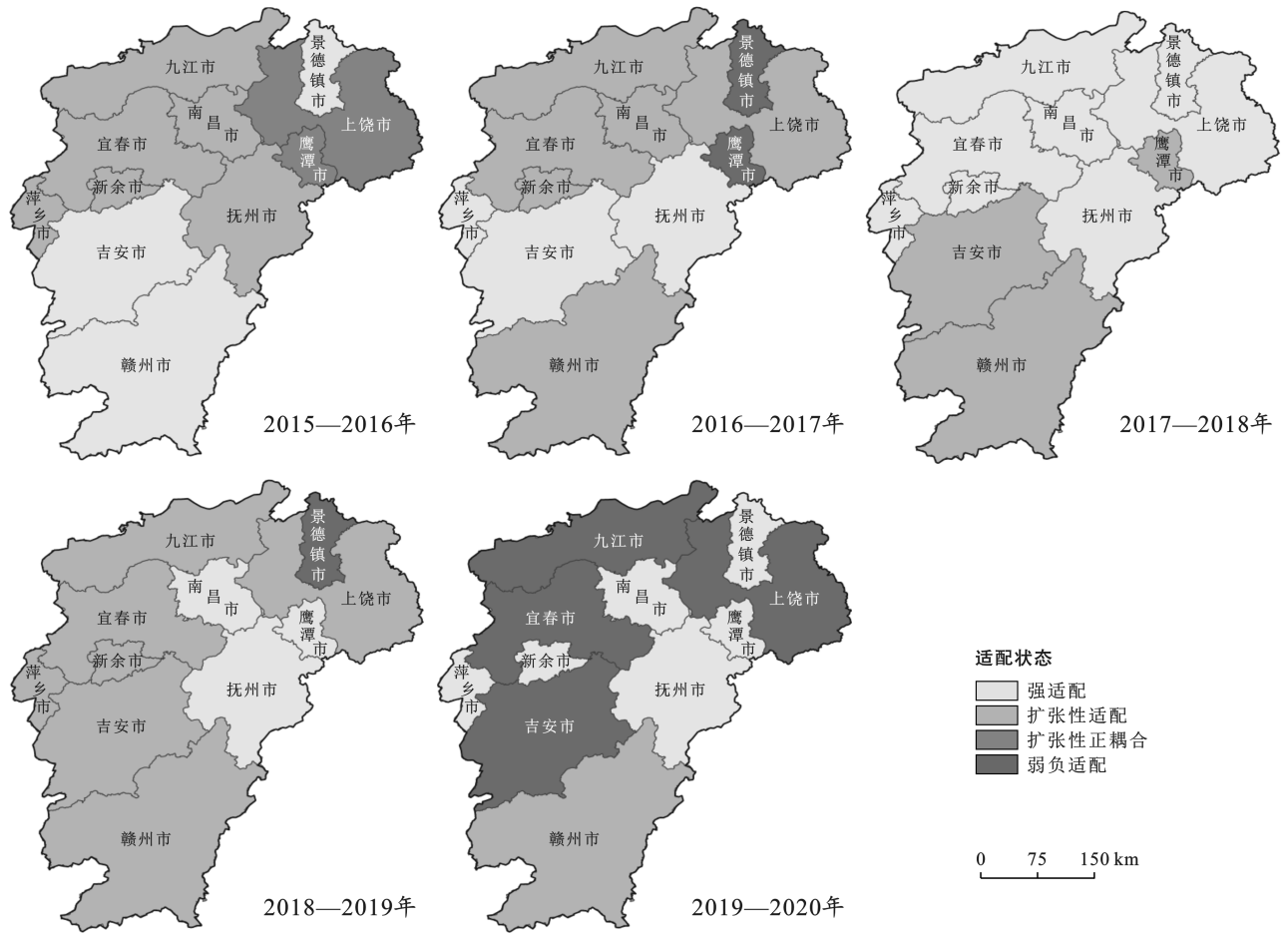


图 7 江西省各市 2015—2020 年第三产业用水量与第三产业 GDP 适配状态

Fig.7 Adaptation state of water consumption of tertiary industry and GDP of tertiary industry in Jiangxi Province from 2015 to 2020

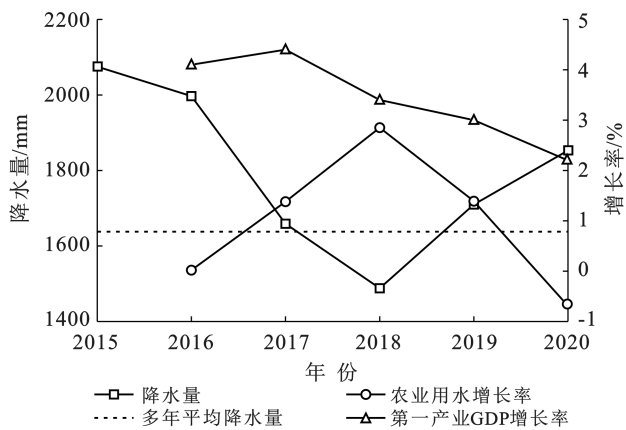


图 8 江西省 2015—2020 年降水量及农业用水与第一产业 GDP 增长率

Fig.8 Precipitation, agricultural water consumption and primary industry GDP growth rate in Jiangxi Province from 2015 to 2020

节水和生产技术水平影响农业用水与第一产值增加,由表 2 可知,该省近些年农田灌溉有效利用系数与机械化水平不断增加,农业用水效率有所改善,这与该省农业技术进步密切相关^[18,36],但农业用水量在该时期不断上升,存在“反弹效应”,与黄晓慧等^[37]

的结论一致,可能与该省有效灌溉面积不断增加有关。农业生产效率是影响第一产业产值快速增加的原因之一。谌贻庆等^[38]在江西省农业生产效率研究中发现江西省九江市、吉安市农业发展严重缺乏效率,而抚州、景德镇市农业生产相对有效。图 4 显示吉安市、九江市在 2016—2018 年出现了负适配状态,景德镇与抚州市未出现负适配情况,与谌贻庆等的研究具有一定的符合度。表 2 显示,2018 年后播种面积及粮食作物面积减少,而经济作物呈增加趋势,种植结构发生变化,粮食作物需水减少,经济作物产值增加,这与余艳锋等^[39]的结果一致;研究发现新余市生产效率在全省排名靠前^[38],但并未有较好的适配状态,说明新余市应适当调整农业生产结构,以增加第一产业产值。农业与第一产业适配度 2018 年后有较大改善,与推进农业水价综合改革任务及 2018 年水利部印发《深化农田水利改革的指导意见》等政策措施密切相关,建立农业灌溉用水量总量控制和定额制度,如九江市农业灌溉用水定额减小,用水效率增加^[40]。作为水权交易试点之一,江西省实施的水权交易政策对提高全省农业用水效率、节省水资源具有重要作用^[41-42]。

表2 江西省农业生产要素变化

Table 2 Changes of agricultural production factors in Jiangxi Province

年份	增长率/%							
	农业用水	第一产业 GDP	农田灌溉有效利用系数	农业机械总动力	有效灌溉面积	播种面积	粮食作物面积	经济作物面积
2016	0.02	4.10	1.02	-2.62	0.45	-0.31	-0.53	-0.53
2017	1.38	4.40	1.62	4.90	0.11	0.64	2.72	-2.19
2018	2.85	3.40	1.19	3.13	-0.34	-0.73	-1.72	1.76
2019	1.39	3.00	0.79	3.76	0.20	-0.63	-1.51	1.82
2020	-0.69	2.20	0.39	4.85	0.10	2.23	2.93	2.21

3.3.3 工业及第三产业适配关系变化 库兹涅茨曲线表明工业用水量随着经济发展不会持续增长,当达到一个峰值后会出现零增长甚至负增长^[43]。随着经济发展,江西省工业用水在2015—2020年呈“减少—增加—减少”的变化特征,工业用水量与经济增长间的关系似N形曲线,这与赵雨等^[44]对景德镇2003—2014年工业用水与经济增长关系研究一致;2019年为整体变化的突变点,可能由于2019年的大旱对该地区各产业均产生了影响。工业用水与第二产业GDP适配性总体较好与坚持把工业节水与防污有机结合,用水效率明显提高有关^[45];同时随着2017年工业用水定额标准的实施及工业节水的投入,工业用水体系得到完善,用水重复率不断提高,其中重点用水行业节水型企业建成率均值达到52%以上^[46],大幅度增加了工业节水成效;此外,刘鑫等^[40]研究表明该阶段水资源空间禀赋与第二产业布局相对匹配,且基尼系数有明显减小趋势,显示出第二产业布局不断改善,内部产业结构得到一定优化。

江西省2015—2019年第三产业发展迅速,用水需求增加,故该时期第三产业用水与第三产业GDP间呈扩张性适配状态,2019年后产业结构发生变化,未来一定时期内第三产业用水会持续上升,为第三产业发展服务。2019—2020年多市出现负适配与疫情有较大关系,影响了各市的生产生活,从适配结果来看,宜春市所受影响最大,工业及第三产业发展均有所下降;吉安与上饶两市旅游业发展同样受到阻碍。景德镇市第三产业用水与第三产业GDP负适配与适配交替出现,其变化原因有:①与该市用水效率较低且波动变化相关^[29];②景德镇已被列为资源枯竭型城市,处于城市转型发展过程中,产业结构失调,第三产业发展相对滞后,适配程度不稳定。

4 讨论

本文定量分析了江西全省及各市水资源利用与经济增长的适配关系,结果表明,江西省用水总量与

总GDP在2015—2020年均处于适配状态,与Wang Qiang等^[19]、李芳林等^[22]的研究结果一致,且适配程度具有西北部>南部>中东部的空间分布特征;另外,通过对各地级市各产业适配关系变化趋势的研究,得出产业用水量与相应产业GDP适配情况为:工业>第三产业>农业,这与Hu Mianhao等^[21]对江西省1999—2015年研究发现第一产业用水量与经济增长的脱钩状态不稳定,而第二、第三产业用水量与经济增长的脱钩状态较好的结论相似,说明江西省近几年适配状态总体变化不大,情况较为稳定,但对增强脱钩状态不稳定的第一产业用水与经济增长间的协调性没有突破性进展。相关文献^[21-22]采用LMDI等模型定量识别江西省水资源利用与经济增长的脱钩驱动因素,这往往基于全省尺度,且缺少对两者间脱钩关系变化原因的详尽分析,因此依据本文研究结果,并结合相关研究成果,初步揭示了江西省水资源利用与经济增长适配关系变化的机制:该省经济发展尚未完全脱离对水资源的依赖,经济变动仍会对两者适配关系的变化产生影响;该区每年自然降水量的变化直接影响两者适配程度的改变,而水利设施的建设和技术进步可以在一定程度上减缓两者适配关系的变化,适配程度的空间分布受到水资源利用效率分布规律的影响;同时农业有效灌溉面积增加及技术水平提高可能会造成农业用水的反弹效应;政府通过采取相应政策措施调控水资源配置,加强水资源管理,倒逼产业结构优化升级以促进用水投入的合理性,从而能够改善水资源利用与经济增长间的协调性。

5 结论与建议

5.1 结论

(1) 江西省2015—2020年全省用水总量与总GDP均处于适配状态,呈现强适配—扩张性适配—强适配的变化趋势;除萍乡与宜春市外,其余地市在2015—2020年均处于良好的适配状态,且适配程度有西北部>南部>中东部的空间分布规律。

(2) 江西省 2015—2020 年全省农业用水量与第一产业 GDP 的适配状态呈适配—耦合—适配的变化趋势,各市适配关系变化复杂,不稳定;全省工业用水与第二产业 GDP 在研究期间仅 2018—2019 年为扩张性适配,其余时段均为强适配关系,11 个地市除宜春市外均为适配关系且 2017—2018 年全部达到强适配状态;江西省第三产业用水量与第三产业 GDP 适配关系在 2015—2020 年均处于扩张性适配、耦合状态,除 2020 年疫情期间,其余时间大部分地市整体适配情况好于农业。整体来看,江西省产业用水与产业 GDP 适配程度为:工业>第三产业>农业;

(3) 水资源利用与经济增长适配关系变化的原因,首先与降水量有较强的相关性,其次经济水平、水利设施建设、技术进步、政府政策实施及产业结构优化均会对两者适配关系变化产生影响。

5.2 建议

基于本研究,对如何改善江西省经济发展与水资源适配关系,提出对策建议:①江西全省用水总量与总 GDP 适配程度较好,故需继续加强水资源管理,完善用水定额制度,维持江西省总体经济发展的长久协调性;但各地级市适配程度存在差异,与用水总量及水资源综合利用效率有关,因此江西省下一步应注重政策制定及措施实施的空间差异性,注重因地制宜;②对于适配关系不稳定城市应重点突破,如萍乡市,该市水资源短缺且水污染较严重,需继续加强污水处理工程的建设,提高废水治理达标率,同时加大节水宣传力度;③由于江西省农业用水受自然降水影响较大,因此一方面应继续重视后备水源的储存,加强农业节水工程及水库蓄水设施建设;另一方面应推动农业技术创新,继续提高节水灌溉和生产效率,向节水型、绿色农业发展;④优化产业结构,特别是对于资源枯竭型城市如景德镇市应聚焦特色产业转型,探寻新的发展道路;同时注重水资源利用与产业结构高级化的适配,以水定产,量水而行,以实现江西省水资源利用与经济增长的协调可持续。

[参 考 文 献]

- [1] 丁萌,罗璇,郭熙,等.基于结构方程模型的江西省水资源利用影响因素分析[J].水土保持通报,2021,41(4):182-188.
- [2] 王浩,许新发,成静清,等.水资源保护利用“四水四定”:基本认知与关键技术体系[J].水资源保护,2023,39(1):1-7.
- [3] 陈学群,管清,花,题宇洋,等.水资源刚性约束研究与山东实践[J].中国水利,2022(16):14-17.
- [4] 吴丹,向筱茜.基于双层诊断准则的京津冀水资源与产业

结构优化适配方法[J].中国人口·资源与环境,2022,32(4):154-163.

- [5] 郭佳航,左其亭,李东林,等.新疆水资源利用与产业发展关联研究[J].水资源保护,2021,37(2):34-42.
- [6] 王宝强.基于脱钩分析的中国经济增长与水资源关系利用研究[D].甘肃 兰州:兰州大学,2015.
- [7] Lu I J, Lin S J, Lewis C. Decomposition and decoupling effects of carbon dioxide emission from highway transportation in Taiwan, Germany, Japan and South Korea [J]. Energy Policy, 2007,35(6):3226-3235.
- [8] Lu I J, Lin S J, Lewis C. Grey relation analysis of motor vehicular energy consumption in Taiwan [J]. Energy Policy, 2008,36(7):2556-2561.
- [9] Yang Ke, Chen Baiming, Tang Xiumei. Decoupling relationship between cultivated land occupation by construction and economic growth in China during 1998—2007 [J]. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2010,8(1):38-46.
- [10] 钟太洋,黄贤金,王柏源.经济增长与建设用地扩张的脱钩分析[J].自然资源学报,2010,25(1):18-31.
- [11] 汪奎,邵东国,顾文权,等.中国用水量与经济增长的脱钩分析[J].灌溉排水学报,2011,30(3):34-38.
- [12] 钟太洋,黄贤金,韩立,等.资源环境领域脱钩分析研究进展[J].自然资源学报,2010,25(8):1400-1412.
- [13] 潘安娥,陈丽.湖北省水资源利用与经济协调发展脱钩分析:基于水足迹视角[J].资源科学,2014,36(2):328-333.
- [14] 彭虹,黄攀攀,张万顺,等.重庆市农业用水量与农业经济发展脱钩程度的时空变化[J].水资源保护,2020,36(2):13-20.
- [15] 潘忠文,徐承红.我国水资源利用与经济增长脱钩分析[J].华南农业大学学报(社会科学版),2019,18(2):97-108.
- [16] 韩文艳,陈兴鹏,张子龙.基于脱钩理论的城市水资源利用与经济增长关系研究[J].水土保持通报,2017,37(5):140-145.
- [17] 左其亭,张志卓,马军霞.黄河流域水资源利用水平与经济社会发展的关系[J].中国人口·资源与环境,2021,31(10):29-38.
- [18] 孟丽红,吴绍雄,郑蓬蓬,等.江西省水资源利用时空变化特征及区域差异[J].水土保持通报,2020,40(5):276-283.
- [19] Wang Qiang, Zhang Fuyu, Li Rongrong. Do environmental regulation and urbanization help decouple economic growth from water consumption at national and subnational scales in China? [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022,29(13):19473-19495.
- [20] Kong Yang, He Weijun, Yuan Liang, et al. Decoupling economic growth from water consumption in the

- Yangtze River Economic Belt, China [J]. *Ecological Indicators*, 2021,123:107344.
- [21] Hu Mianhao, Hu Yunlin, Yuan Juhong, et al. Decomposing the decoupling of water consumption and economic growth in Jiangxi, China [J]. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 2019,9(1):94-104.
- [22] 李芳林,汪家幸.江西水资源与经济增长的脱钩关系及其驱动因素[J].*水利规划与设计*,2022(3):25-29.
- [23] 黄晓家,赵潭,于水静,等.我国第三产业发展与节水研究[J].*中国给水排水*,2022,38(4):49-56.
- [24] 郑炎辉,何艳虎,王金杰,等.基于脱钩理论的区域产业节水目标研究:以广东省为例[J].*水资源与水工程学报*,2021,32(4):38-44.
- [25] Tapio P. Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. *Transport Policy*, 2005,12(2):137-151.
- [26] 贾莉,刘彦花,沈怡静.水资源利用与经济发展脱钩分析:以广西北部湾经济区为例[J].*人民长江*,2018,49(2):40-45.
- [27] Zhang Yuying, Sun Meiyang, Yang Rongjin. Decoupling water environment pressures from economic growth in the Yangtze River Economic Belt, China [J]. *Ecological Indicators*, 2021,122:107314.
- [28] Kan Daxue, Yao Wenqing, Lyu Lianju, et al. Temporal and spatial difference analysis and impact factors of water ecological civilization level: evidence from Jiangxi Province, China [J]. *Land*, 2022,11(9):1459.
- [29] 吴向东,许新发,成静清,等.江西省水资源利用效率时空演变及其影响因素[J].*人民长江*,2021,52(12):92-98,121.
- [30] 田进明,孟丽红,刘友存,等.江西省城市水资源利用效率时空演变与驱动因素[J].*中国农村水利水电*,2022(9):146-154.
- [31] Han Xu, Wu Yan. Construction and application of "the sponge city" in different precipitation regions: case studies in Pingxiang and Ji'nan, China [J]. *Energy Procedia*, 2019,159:207-212.
- [32] 杨昊,倪福全,邓玉,等.基于SWAT模型分析嘉陵江流域蓝、绿水资源量的时空变化特征[J].*水资源与水工程学报*,2022,33(2):18-26.
- [33] 陈述,汪钟铃,颜克胜,等.湖北省水资源压力与经济发展脱钩的时空演化[J].*水资源保护*,2023,39(3):134-141.
- [34] Liu Yanhua, Li Jia. Research on decoupling between economic development and water resource utilization [J]. *Iop Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019,233(5):052038.
- [35] 李彤彤,齐述华.2001—2020年江西省农业干旱发生时空格局的遥感评价[J].*江西师范大学学报(自然科学版)*,2022,46(4):434-440.
- [36] Song Malin, Wang Rui, Zeng Xiaoqian. Water resources utilization efficiency and influence factors under environmental restrictions [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018,184(5):611-621.
- [37] 黄晓慧,杨飞.农业技术进步下的农业用水反弹效应及特征:基于长江中下游粮食主产区省级面板数据[J].*节水灌溉*,2022(6):107-111,116.
- [38] 谌贻庆,王华瑞,陶春峰.江西省农业生产效率评价及影响因素研究[J].*华东经济管理*,2016,30(7):21-28.
- [39] 余艳锋,王长松,彭柳林,等.江西农业产业结构与农业自然资源生态系统协同性分析[J].*科技管理研究*,2021,41(12):83-93.
- [40] 刘鑫,吴向东,鄢笑宇,等.鄱阳湖流域水资源开发利用的时空特征[J].*水资源与水工程学报*,2022,33(4):72-78.
- [41] Chen Shaojian, Cao Yuanyuan, Li Jun. The Effect of water rights trading policy on water resource utilization efficiency: Evidence from a Quasi-Natural experiment in China [J]. *Sustainability*, 2021,13(9):5281.
- [42] Fang Lin, Zhang Lin. Does the trading of water rights encourage technology improvement and agricultural water conservation? [J]. *Agricultural Water Management*, 2020,233:106097.
- [43] Yue Z, Alun G U, Bolin P. Relationship between industrial water consumption and economic growth in China based on environmental Kuznets curve [J]. *Energy Procedia*, 2017,105:3557-3564.
- [44] 赵雨,胡赞,韦丽.库兹涅茨曲线在工业用水与经济增长关系分析中的应用:以景德镇市为例[J].*江西水利科技*,2015,41(5):369-373.
- [45] 李曦.江西工业用水有所控制利用效率明显提高[J].*中国统计*,2015(8):20-21.
- [46] 夏丽丽,刘越,王敬斌,等.江西省县域节水型社会建设成效分析[C]//北京:中国水利学会2020学术年会论文集第5分册,2020.