

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2020.02.003

重庆市农业用水量与农业经济发展 脱钩程度的时空变化

彭虹¹, 黄攀攀¹, 张万顺², 夏函², 许典子²

(1. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072;

2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079)

摘要:在系统分析重庆市不同水文条件下农业用水量及农业经济发展水平变化特征的基础上,对重庆市及其38个县(区)的农业用水量与农业经济发展之间的脱钩程度、时序演变和空间分布规律进行了定量评价和综合分析。结果表明:重庆市水资源总量时空分布不均且与农业经济发展不匹配;农业用水量受到水文条件变化的影响,特枯年份农业用水量无法得到保障,农业生产产值也随之降低;重庆市农业用水量与农业产值总体上一直处于脱钩状态,且脱钩程度随水文特征的变化而变化,由平水年到枯水年时,脱钩状态不稳定,水资源总量减少时,农业用水量与农业产值之间多数处于不理想的脱钩状态;由枯水年到平水年时,农业用水量与农业产值由较为理想的弱脱钩状态向理想的强脱钩状态转化;2014—2016年,随着水资源由平水—偏枯—平水变化,重庆市约72.9%的县(区)农业用水量与农业产值之间的关系得到改善。

关键词:农业用水量;农业经济发展;时空变化特征;脱钩分析;重庆市

中图分类号:TV213 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2020)02-0013-08

Spatial-temporal change characteristics of decoupling between agricultural water consumption and agricultural economic development in Chongqing // PENG Hong¹, HUANG Panpan¹, ZHANG Wanshun², XIA Han², XU Dianzi²

(1. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Based on the systematic analysis of the characteristics of agricultural water consumption and agricultural economic development level under different hydrological conditions in Chongqing, a quantitative evaluation and comprehensive analysis were made on the decoupling degree, time series evolution and spatial distribution law between agricultural water consumption and agricultural economic development in Chongqing and its 38 counties. The results show that the spatial and temporal distribution of total water resources in Chongqing is uneven and does not match with the development of agricultural economy. The agricultural water consumption in Chongqing is affected by the changes of hydrological conditions. The agricultural water consumption cannot be guaranteed, and agricultural production value is also reduced in especially dry years. The agricultural water consumption and the agricultural output value of Chongqing have been in the state of decoupling, and the degree of decoupling varies with the change of hydrological characteristics. The decoupling state is very unstable from the normal year to the dry year, when the total amount of water resources decreases, most of the agricultural water consumption and agricultural output value are in an unsatisfactory decoupling state. From the dry year to the normal year, the decoupling state of agricultural water consumption and agricultural output value changes from the ideal weak one to the ideal strong one. From 2014 to 2016, the relationship between agricultural water consumption and agricultural output value was improved in about 72.9% of the counties (districts) of Chongqing with the change of water resources from normal to dry to normal.

Key words: agricultural water consumption; agricultural economic development; spatial-temporal change characteristics; decoupling analysis; Chongqing City

重庆市是长江上游重要的经济、金融和商贸物流中心。为了保障社会经济和国土空间有序发展,2010年我国颁布了《全国主体功能区规划》,重庆市作为落地实施的典型区域,涵盖了重点开发区和重点生态功能区两种主体功能区划^[1-3]。不同功能区之间发展目标存在差异,重点开发区和重点生态功能区分别以城镇发展和生态安全保障为主要功能。作为我国农村面积最广、农业比重最大和农业贫困人口最多的直辖市,重庆市在推动城镇与生态安全保障功能良好发展的同时,保证农业功能正常发挥,对提高重庆市自身主体功能区建设成效以及确保长江上游地区的社会经济和谐与可持续发展,具有重要意义^[4]。

水资源作为社会经济发展的基础性自然资源和战略性经济资源,是农业发展不可或缺的基本要素^[5-6]。我国水资源与农业发展之间的关系已受到政府和学术界的广泛关注,当前国内外学者们对于农业发展与农业用水的研究主要集中在气候变化对农业生产影响、农田改造以及土地流转对农业生产影响、农业发展能力及其驱动因素、农业用水现状与驱动因素分析、农业水资源承载力评价、农业用水效率测度及影响因素评价等。如 Laux 等^[7]和 Piao 等^[8]分别分析了气候变化对喀麦隆以及中国农业生产的影响;Jin 等^[9-10]采用数值模型法评估了2006—2010年农田改造对中国农业生产力的影响;Yan 等^[11]以黄淮海平原为研究区域,建立了农业生产率模型,分析了土地流转对农业生产率的影响;张凤太等^[12]采用主成分分析法定量分析了三峡库区重庆辖区农业发展能力及其驱动力因素;李保国等^[13-15]在国家尺度上分析了我国农业用水的现状、结构以及驱动因素;邵薇薇等^[16-17]则以省级行政区划为研究区域,分别对我国南、北方地区城镇化和工业化进程中农业用水演变规律及其影响因素进行了详细分析,并从工程建设、法律法规、政策管理等层面提出农业用水保障措施;张士锋等^[18]、熊黑钢等^[19]采用综合评估法分别对松花江区以及新疆奇台县农业水资源承载力优化配置等进行了研究;封志明等^[20]针对农业水资源利用效率评价指标的不相容性问题,提出了农业水资源利用效率综合评价的遗传投影寻踪方法,并对甘肃省81个县域农业水资源利用效率进行了综合评价与分区。经济发展的同时资源消耗降低的现象称为“资源利用脱钩”,经济发展与水资源利用之间的“脱钩”是指在保持经济社会继续增长的前提下,水资源利用效率持续快速提高,而水资源利用总量增长速度逐渐减慢,最终水资源利用总量达到顶峰,实现用水零增长

甚至负增长^[21]。对区域农业用水与农业经济发展之间脱钩态势进行量化评价,是把握区域农业用水需求变化趋势,实现农业经济发展与水资源消耗利用脱钩,进而推动农业绿色现代化生产的重要前提,对保障区域农业功能正常发挥,促进区域水资源利用和社会经济和谐可持续发展具有重要意义。

本文结合重庆市各区县主体功能区定位,在综合分析重庆市水资源及农业发展水平在平水年和枯水年不同水文年下变化特征的基础上,对重庆市及其38个县(区、县)的农业用水与农业经济之间的脱钩程度进行量化分析,以期改善重庆市农业用水与农业经济发展关系及实现农业用水与农业经济发展的永久“强脱钩”奠定科学基础。

1 研究区域概况

重庆市地处青藏高原与长江中下游平原的过渡地带,市域面积8.24万km²,下辖38个区(市、县),是中国西部最大的城市和西南地区的工商业重镇,同时也是“一带一路”^[22]和长江经济带的重要联结节点。重庆市地势呈现东南部和东北部高,中部和西部低,由南北向长江河谷逐级降低的趋势,地形起伏较大,地貌类型复杂多样,以山地、丘陵为主,属亚热带季风性湿润气候,年平均气温16~18℃,年降水量1000~1450mm。重庆市境内河流纵横,长江自西南向东北横贯市境,北有嘉陵江,南有乌江汇入,形成向心的、不对称的河网水系,水资源丰富。重庆市地理位置和主体功能区划如图1所示。

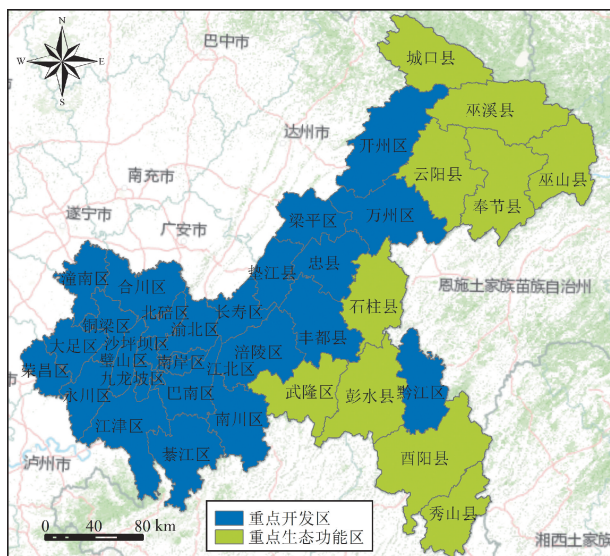


图1 重庆市地理位置和主体功能区划

Fig.1 Geographical location and main function positioning of Chongqing City

2 研究方法与数据来源

2.1 农业用水与农业经济协调发展脱钩评价模型

20 世纪 50 年代,西方科研工作者在发达国家经济增长与资源能源消耗关系研究的基础上,提出了脱钩(decoupling)理论,脱钩被定义为经济增长与物质消耗速率不同步的过程。近年来脱钩一词被世界银行引入到资源环境领域,并逐步发展成具有资源环境领域特色的脱钩分析。脱钩评价方法主要有:变化量综合分析法、脱钩指数法、弹性分析法、基于完全分解技术的脱钩分析方法、IPAT 模型法、描述统计分析法、计量分析法和差分回归系数法等^[22-23]。这些方法被国内外学者广泛应用于经济发展与土地利用、碳排放、能源利用等方面,但对中国农业经济发展与水资源消耗利用之间脱钩分析的研究文献却很少^[24]。本文主要运用 Vehmas 脱钩指数法来定量分析农业用水量与农业产值之间的关系。Vehmas 脱钩指数又称综合指数法,主要运用一定时期的 GDP 变化率与水资源的变化率来确定脱钩关系,计算公式为

$$D_t = \frac{\Delta W}{\Delta G} = \frac{(W_e - W_s)/W_s}{(G_e - G_s)/G_s} \quad (1)$$

式中: D_t 为 t 时期的脱钩指数; ΔW 和 ΔG 分别为农业用水量和农业产值的变化速率; W_s 和 W_e 分别为起始年和末年的农业用水量; G_s 和 G_e 分别为起始年和末年的农业产值。

为更准确地反映农业用水量与农业产值之间的关系,有学者对脱钩指数的取值范围进行了界定,将农业用水量与农业经济发展的关系划分为强脱钩、弱脱钩、衰退性脱钩、强复脱钩、弱复脱钩、扩张性复脱钩 6 个等级^[25],如表 1 所示。

2.2 数据来源

本文采用的重庆市水资源总量、各产业用水总量、生活用水量、生态用水量等数据主要来自《重庆市水资源公报》;农业产值数据主要来自《重庆市统计年鉴》。为充分分析水资源变化对重庆市农业用水与农业经济发展的影响,根据《重庆市水资源公

报》,本文选取涵盖丰、平、枯不同水文条件的 2003—2017 年时间序列,探讨不同水资源条件下重庆市农业用水与农业经济发展的脱钩程度。

3 结果与分析

3.1 重庆市水资源时空分布特征

降水是重庆市水资源量的主要来源,降水量越大,水资源总量越丰富。根据《重庆市水资源公报》,2003—2017 年重庆市水资源总量随降水量波动变化,平均水资源量为 535.0 亿 m^3 ,水资源总量丰富,但年际变化较大,水文条件不断发生改变。其中 2003—2005 年、2007—2008 年、2014 年以及 2016—2017 年为平水年,2009—2013 年以及 2015 年为偏枯年,2006 年重庆市发生重大干旱灾害,降水较常年同期明显减少,是 1951 年以来降水量最少的年份,为特枯年。受地理位置、区域面积、降水等自然因素的影响,重庆市水资源量空间分布不均匀(图 2)。

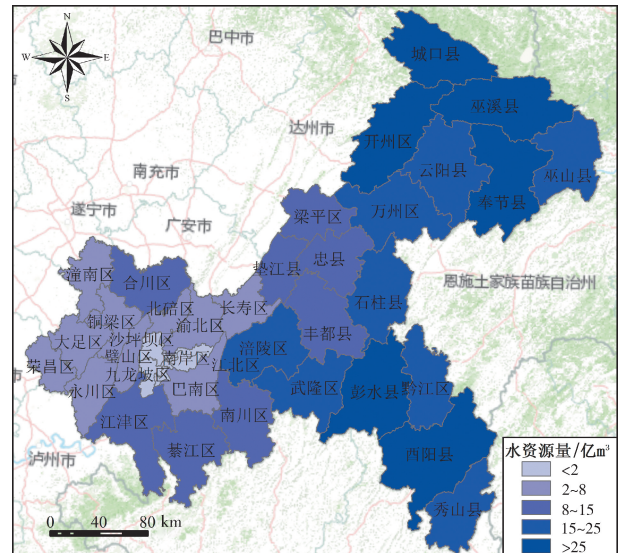


图 2 重庆市多年平均水资源量空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of average water resources in Chongqing

由图 2 可知,重庆市水资源在空间分布上表现为自西部向中、东部递增的趋势,城口县、巫溪县、奉

表 1 农业用水量与农业产值的关系

Table 1 Relationship between agricultural water consumption and agricultural output value

ΔW	ΔG	D	状态	含义
<0	>0	<0	强脱钩	农业产值增长,农业用水量减少
>0	>0	[0,0.8)	弱脱钩	农业产值与农业用水量都在增加,农业产值增长速率大于农业用水量增长速率
>0	>0	[0.8,1.2]	扩张性耦合	农业产值与农业用水量都在增加,二者增长速率基本上保持一致
>0	>0	>1.2	扩张性负脱钩	农业产值与农业用水量都在增加,农业用水量增长速率大于农业产值增长速率
>0	<0	<0	强负脱钩	农业用水量增长,农业产值减少
<0	<0	[0,0.8)	弱负脱钩	农业产值与农业用水量都在减少,农业产值减少的速率快于农业用水量减少的速率
<0	<0	[0.8,1.2]	衰退性耦合	农业产值与农业用水量都在减少,二者减少速率相差不大
<0	<0	>1.2	衰退性脱钩	农业产值与农业用水量都在减少,农业用水量减少的速率大于农业产值减少的速率

节县、彭水县、酉阳县等重点生态功能区水资源量均大于 25 亿 m³, 水资源相对丰富; 渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区等重点开发区, 多年平均水资源量均小于 2 亿 m³, 水资源相对匮乏。水资源量最大的是北部的重点生态功能区巫溪县, 多年平均水资源量为 54.7 亿 m³; 水资源量最小的是西部的重点开发区渝中区, 多年平均水资源量为 0.1 亿 m³。

3.2 重庆市农业用水量及农业经济变化特征

2003—2017 年不同水文特征条件下重庆市农业用水量与农业产值如表 2 所示。

表 2 重庆市不同水文年农业用水量与农业产值

Table 2 Agricultural water consumption and agricultural output value in different hydrological years in Chongqing

年份	水文年	农业用水量/亿 m ³	农业产值/亿元
2003 年	平水年	23.61	270.12
2004 年	平水年	22.87	332.95
2005 年	平水年	24.11	358.30
2006 年	特枯年	20.18	341.00
2007 年	平水年	20.78	401.48
2008 年	平水年	20.67	465.47
2009 年	偏枯年	20.69	522.80
2010 年	偏枯年	21.63	623.30
2011 年	偏枯年	25.45	751.20
2012 年	偏枯年	25.18	841.80
2013 年	偏枯年	24.55	909.20
2014 年	平水年	23.74	967.90
2015 年	偏枯年	25.87	1033.70
2016 年	平水年	25.51	1151.80
2017 年	平水年	25.42	1193.69

从时间变化上看, 2003—2017 年重庆市农业用水量受水文条件变化的影响。分析表 2 中的农业用水量数据可知, 平水年、枯水年和特枯年农业平均用水量分别为 23.3 亿 m³、23.9 亿 m³ 和 20.18 亿 m³, 结合水文条件分析原因可知, 在平水年, 得益于充足的天然降水, 农业发展对灌溉用水的需求较枯水年有所减小, 因此农业用水量平水年小于枯水年; 而在特枯水文年, 天然降水严重不足, 农业发展虽对灌溉用水有极大需求, 但受水资源总量极度匮乏的限制, 为满足生活与工业生产用水的需求, 农业用水量受到大幅削减, 下降至研究时间段的最低点。分析农业经济数据可以看出, 除在 2006 年水文特枯年的农业产值有所下降外, 其他年份农业产值均呈增加趋势。

从空间分布上看, 重庆市农业用水量与农业产值空间分布特征相同, 均呈现出明显的地域不均衡性(图 3 和图 4)。其中, 多年平均农业用水量与农业产值最小的区县均为重点开发区渝中区, 最大的区县均为重点开发区江津区, 江津区多年平均农业

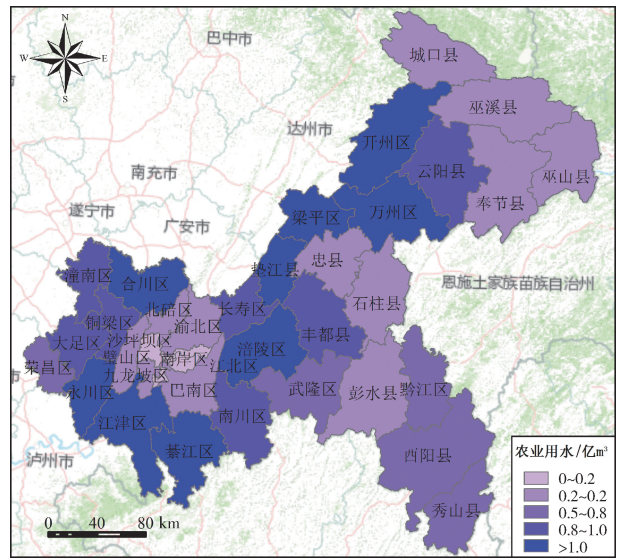


图 3 重庆市多年平均农业用水量空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of average agricultural water consumption over years in Chongqing

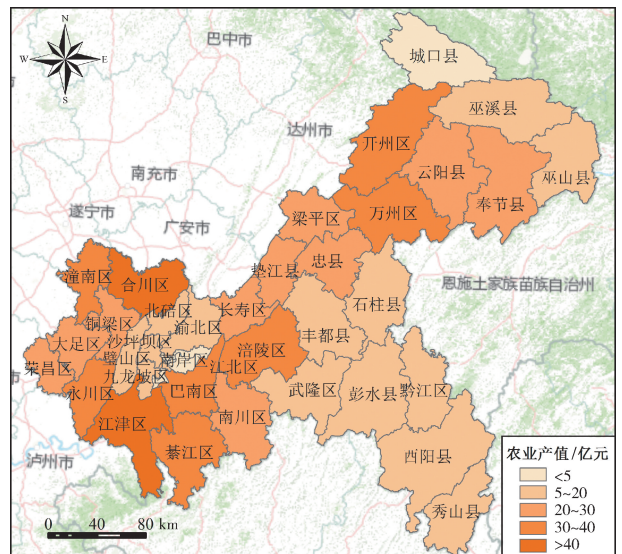


图 4 重庆市多年平均农业产值空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of average agricultural output value over years in Chongqing

用水量与农业产值大约是渝中区的 25 000 倍, 地区差异显著。近年来, 重庆市主城区的渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区 6 个重点开发区, 农业产值均呈不断下降趋势, 即这 6 个重点开发区在推动城镇功能良好发展的同时, 忽视了农业功能的正常发挥, 导致农业功能逐渐减弱, 特别是渝中区的农业产值降低至 0, 农业功能完全丧失, 变为完全城市化地区。

结合图 2 的重庆市水资源量空间分布进一步分析可知, 重庆市水资源分布与农业经济发展不匹配。重点开发区水资源量占重庆市水资源总量的 46.7%, 农业产值占重庆市农业总产值的 75.1%,

而重点生态功能区水资源量占重庆市水资源总量的 53.3%，但农业产值仅占重庆市农业总产值的 24.9%。其中，农业产值超过 40 亿 m^3 的江津区与合川区这两个重点开发区水资源量均低于 15 亿 m^3 ，水资源丰富程度处于一般水平；而水资源量超过 25 亿 m^3 的重点生态功能区城口县，农业产值低于 5 亿元，农业功能较弱。

3.3 重庆市总体农业用水与农业产值脱钩程度及时序演变

根据式(1)，以重庆市 2003—2017 年水资源公报数据和社会经济数据为基础，计算变化水文条件下重庆市总体农业用水与农业产值的脱钩指数，并以此来判断重庆市总体农业用水与农业经济发展之间的相互关系，见表 3。

总体而言，重庆市总体农业用水量与农业产值之间一直处于脱钩状态，但脱钩程度受水文特征变化的影响。当水文条件由平到枯，脱钩情况很不稳定，在衰退性脱钩—弱脱钩—扩张性负脱钩之间转换，即水资源总量减少时，重庆市总体农业用水量与农业产值之间多数处于不理想的脱钩状态。当水资源由枯到平时，重庆市总体农业用水量与农业产值之间一直处于较理想的弱脱钩状态或最理想的强脱钩状态，即随着水资源量的增加，农业用水量与农业产值之间的关系趋于理想状态。具体表现如下：

a. 水资源由平到枯时，重庆市农业用水量与农业产值之间分别处于衰退性脱钩、弱负脱钩以及扩张性负脱钩状态。其中，2005—2006 年处于衰退性脱钩状态，原因是平水年到特枯年，受水资源极度短缺的影响，农业用水量大幅减少，农业产值下降，且水资源消耗减少的速率大于经济衰退的速率，因此处于衰退性脱钩状态。2008—2009 年以及 2014—2015 年水资源均为平水到偏枯状态，但农业用水量与农业产值的关系分别处于弱脱钩与扩张性负脱钩状态，分析原因可知，2008—2009 年以及 2014—2015 年水资源量同由平水转向偏枯状态，需要增加灌溉用水量来满足农业发展的需求，但 2014—2015 年相比 2008—2009 年降水量减少更多，因而农业灌

溉用水需求增加更多，这虽然造成 2008—2009 年以及 2014—2015 年水文特征变化趋势相同，但农业用水量与农业产值的关系发生变化。

b. 水资源由枯到平时，重庆市农业用水量与农业产值由较为理想的弱脱钩状态向理想的强脱钩状态转化。其中，2006—2007 年处于弱脱钩状态，主要原因是特枯到平水年，水资源总量增加，农业用水量与农业产值随之增加，但农业产值增长的速率要大于农业用水消耗的速率，处于较为理想的弱脱钩状态。2013—2014 年以及 2015—2016 年水资源均由偏枯到平水变化，这得益于天然降水量的增加，农业发展对农业灌溉用水的需求减少，农业用水量减少，但农业产值增加，农业用水量与农业产值处于最理想的强脱钩状态。

3.4 各县(区)农业用水量与农业产值脱钩程度

为进一步分析水文条件变化对重庆市各县(区)的农业用水量与农业产值相关关系的影响，结合水文变化特征，选取 2014—2016 年 3 个水资源发生变化的连续年份，根据公式(1)分别计算出各功能区 2014—2015 年、2015—2016 年农业用水量与农业产值间的脱钩指数，分析水资源由平水年—偏枯年—平水年变化对各县(区)农业用水量与农业产值关系的影响，如表 4 所示。

总体表明，重庆市各县(区)农业用水量与农业产值之间的关系很不稳定，脱钩程度受水文条件变化的影响，2014—2016 年，随着水资源由平水年—偏枯年—平水年变化，约 72.9% 的功能区农业用水量与农业产值之间的关系得到改善，其中约 5.4% 的县(区)由不理想的扩张性负脱钩状态转换为较理想的弱脱钩状态；约 45.9% 的县(区)由不理想的扩张性负脱钩状态转换为最理想的强脱钩状态；约 21.6% 的县(区)由较理想的弱脱钩状态转换为最理想的强脱钩状态。

2014—2016 年，多年平均水资源量均小于 2 亿 m^3 ，即水资源量相对匮乏的大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区 5 个重点开发区，农业用水量与农业产值之间一直处于不理想状态的弱负

表 3 重庆市不同水文年农业用水与农业产值脱钩关系

Table 3 Decoupling relationship between agricultural water consumption and agricultural output value in different hydrological years in Chongqing

总体水文条件变化	详细水文条件变化	时间段	ΔW	ΔG	D_t	脱钩状态
平水年—枯水年	平水年—特枯年	2005—2006 年	-0.16	-0.05	3.38	衰退性脱钩
	平水年—偏枯年	2008—2009 年	0.00	0.12	0.01	弱脱钩
	平水年—偏枯年	2014—2015 年	0.09	0.07	1.32	扩张性负脱钩
枯水年—平水年	特枯年—平水年	2006—2007 年	0.03	0.18	0.17	弱脱钩
	偏枯年—平水年	2013—2014 年	-0.03	0.06	-0.51	强脱钩
	偏枯年—平水年	2015—2016 年	-0.01	0.11	-0.12	强脱钩

表4 各县(区)农业用水量与农业产值脱钩关系

Table 4 Decoupling relationship between agricultural water consumption and agricultural output value in each county (district)

区县	ΔW		ΔG		D_t		脱钩状态	
	2014—2015年	2015—2016年	2014—2015年	2015—2016年	2014—2015年	2015—2016年	2014—2015年	2015—2016年
万州区	0.03	0.06	0.09	0.12	0.32	0.498	弱脱钩	弱脱钩
黔江区	0.09	-0.04	0.04	0.16	2.61	-0.250	扩张性负脱钩	强脱钩
涪陵区	0.15	-0.07	0.08	0.13	1.92	-0.548	扩张性负脱钩	强脱钩
大渡口区	-0.01	-0.02	-0.03	-0.10	0.25	0.239	弱负脱钩	弱负脱钩
江北区	-0.02	-0.07	-0.05	-0.10	0.49	0.706	弱负脱钩	弱负脱钩
沙坪坝区	-0.11	-0.18	-0.04	-0.01	2.63	16.056	衰退性脱钩	衰退性脱钩
九龙坡区	-0.05	0.00	-0.02	-0.01	3.14	0.088	衰退性脱钩	弱负脱钩
南岸区	-0.08	-0.02	-0.01	-0.07	6.76	0.339	衰退性脱钩	弱负脱钩
北碚区	0.07	0.06	0.06	0.09	1.20	0.696	扩张性负脱钩	弱脱钩
渝北区	0.05	-0.02	0.07	0.10	0.73	-0.186	弱脱钩	强脱钩
巴南区	0.15	-0.03	0.07	0.10	2.03	-0.319	扩张性负脱钩	强脱钩
长寿区	0.06	0.00	0.09	0.15	0.64	-0.006	弱脱钩	强脱钩
江津区	0.17	0.04	0.09	0.11	2.00	0.333	扩张性负脱钩	弱脱钩
合川区	0.01	-0.01	0.09	0.12	0.14	-0.051	弱脱钩	强脱钩
永川区	0.15	-0.02	0.09	0.14	1.61	-0.158	扩张性负脱钩	强脱钩
南川区	0.17	-0.04	0.09	0.13	1.86	-0.294	扩张性负脱钩	强脱钩
綦江区	0.13	-0.02	0.08	0.12	1.60	-0.192	扩张性负脱钩	强脱钩
大足区	0.09	-0.01	0.06	0.13	1.54	-0.061	扩张性负脱钩	强脱钩
璧山区	0.13	-0.08	0.09	0.33	1.51	-0.231	扩张性负脱钩	强脱钩
铜梁区	0.11	0.00	0.03	0.15	3.53	-0.014	扩张性负脱钩	强脱钩
潼南区	0.08	-0.07	0.08	0.13	0.96	-0.532	弱脱钩	强脱钩
荣昌区	0.04	-0.03	0.08	0.12	0.52	-0.254	弱脱钩	强脱钩
开州区	0.21	-0.14	0.09	0.13	2.41	-1.062	扩张性负脱钩	强脱钩
梁平县	3.99	-0.75	0.09	0.15	42.76	-4.946	扩张性负脱钩	强脱钩
武隆区	0.43	-0.24	0.09	0.16	4.65	-1.544	扩张性负脱钩	强脱钩
城口县	5.43	-0.81	0.10	0.14	55.62	-6.023	扩张性负脱钩	强脱钩
丰都县	0.35	-0.16	0.10	0.13	3.54	-1.233	扩张性负脱钩	强脱钩
垫江县	2.31	-0.70	0.09	0.15	25.10	-4.746	扩张性负脱钩	强脱钩
忠县	3.93	-0.76	0.09	0.15	45.35	-5.239	扩张性负脱钩	强脱钩
云阳县	0.05	0.00	0.09	0.13	0.53	-0.010	弱脱钩	强脱钩
奉节县	0.06	0.02	0.09	0.14	0.63	0.104	弱脱钩	弱脱钩
巫山县	0.03	-0.02	0.09	0.14	0.33	-0.125	弱脱钩	强脱钩
巫溪县	0.03	0.00	0.10	0.17	0.30	0.022	弱脱钩	弱脱钩
石柱县	0.11	-0.01	0.04	0.15	2.79	-0.064	弱脱钩	强脱钩
秀山县	-0.10	-0.05	0.09	0.14	-1.08	-0.377	弱脱钩	弱脱钩
酉阳县	0.05	-0.06	0.10	0.16	0.48	-0.356	弱脱钩	强脱钩
彭水县	0.07	0.02	0.09	0.14	0.78	0.132	弱脱钩	弱脱钩

脱钩或衰退性脱钩状态。另有部分多年平均水资源量大于 20 亿 m^3 , 即水资源相对丰富的县(区), 如重点开发区万州区以及奉节县、秀山县、彭水县 3 个重点生态功能区, 农业用水量与农业产值脱钩程度不受水资源变化的影响, 始终处于较理想的弱脱钩状态。

4 结 论

a. 重庆市水资源量时空分布不均, 且与农业经济发展不匹配, 西部的涪陵区、巴南区、江津区、合川区、永川区、綦江区、潼南区等重点开发区农业功能较强而水资源量相对较少, 北部的重点生态功能区

城口县农业功能较弱而水资源量相对较丰富, 可通过工程与非工程措施, 提高区域调蓄能力, 优化水资源配置, 改善水资源时空分布不均的局面, 实现农业经济发展与水资源分布的空间匹配。

b. 重庆市总体农业用水量与农业产值一直处于脱钩状态, 且脱钩程度受水文特征变化的影响, 水文条件由平到枯时, 农业用水量与农业产值之间多数处于不理想的脱钩状态; 水文条件由枯到平时, 农业用水量与农业产值由较为理想的弱脱钩状态向理想的强脱钩状态转化; 重庆市多数县(区)农业用水量与农业产值之间的关系同样受水文条件变化的影响, 2014—2016 年, 随着水资源由平水年—偏枯

年—平水年变化,约 72.9% 的功能区农业用水量与农业产值之间的关系得到改善。可通过增强重庆市农业科技研发投入与农业发展科技创新能力,提高农业用水效率,降低水文条件变化对农业用水量与农业产值之间关系的影响,进一步提高重庆市农业用水量与农业经济发展的脱钩程度,实现水资源利用与经济的和谐可持续发展。

c. 近年来,重庆市主城区的大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区等重点开发区,农业用水量与农业产值均呈下降趋势,农业功能逐渐减弱,农业用水量与农业产值之间始终处于不理想状态。需进一步分析造成农业功能下降的原因,并采取相应措施,遏制功能区农业经济衰退态势,保障农业功能正常发挥。

参考文献:

[1] 樊杰. 中国主体功能区划方案[J]. 地理学报,2015,70(2):186-201. (FAN Jie. Draft of major function oriented zoning of China[J]. Acta Geographica Sinica,2015,70(2):186-201. (in Chinese))

[2] FAN Jie, LI Pingxing. The scientific foundation of major function oriented zoning in China [J]. Journal of Geographical Sciences,2009,19(5):515-531.

[3] 朱寒松,董增川,曲兆松,等. 基于 SWMM 模型的城市工业园区低影响开发效果模拟与评估[J]. 水资源保护,2019,35(2):32-36. (ZHU Hansong, DONG Zengchuan, QU Zhaosong, et al. Simulation and evaluation of low impact development effect of urban industrial park based on SWMM [J]. Water Resources Protection,2019,35(2):32-36. (in Chinese))

[4] 胡江霞,文传浩. 基于地统计分析的三峡库区农业发展的空间分布特征研究[J]. 河南农业大学学报,2016,50(2):248-253. (HU Jiangxia, WEN Chuanhao. Study on spatial distribution characteristics of agricultural development in the Three Gorges Reservoir Area, based on the statistical analysis of geography [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2016, 50 (2): 248-253. (in Chinese))

[5] 王浩,杨贵羽,杨朝晖. 水土资源约束下保障粮食安全的战略思考[J]. 中国科学院院刊,2013,28(3):329-336. (WANG Hao, YANG Guiyu, YANG Zhaohui. Thinking of agriculture development in China based on regional water resources and land cultivation [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2013,28(3):329-336. (in Chinese))

[6] 韩宇平,贾冬冬,黄会平,等. 基于通径分析的海河流域冬小麦水足迹及影响因素[J]. 水资源保护,2019,35(1):6-13. (HAN Yuping, JIA Dongdong, HUANG Huiping, et al. Water footprint of winter wheat and its

influencing factors in Haihe River Basin based on path analysis [J]. Water Resources Protection,2019,35(1):6-13. (in Chinese))

[7] LAUX P, JÄCKEL G, TINGEM R M, et al. Impact of climate change on agricultural productivity under rainfed conditions in Cameroon: a method to improve attainable crop yields by planting date adaptations [J]. Agricultural and Forest Meteorology,2010,150(9):1270-1271.

[8] PIAO Shilong, CIAIS P, HUANG Yao, et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China [J]. Nature,2010,467(7311):43-51.

[9] JIN Xiaobin, SHAO Yang, ZHANG Zhihong, et al. The evaluation of land consolidation policy in improving agricultural productivity in China [J]. Scientific Reports, 2017,7(1):2792.

[10] DU Xindong, ZHANG Xiaoke, JIN Xiaobin. Assessing the effectiveness of land consolidation for improving agricultural productivity in China [J]. Land Use Policy, 2018,70(1):360-367.

[11] YAN Huimin, LIU Jiyuan, HUANG Heqing, et al. Assessing the consequence of land use change on agricultural productivity in China [J]. Global and Planetary Change,2009,67(1/2):10-19.

[12] 张凤太,苏维词. 重庆三峡库区生态经济区农业发展驱动力分析及能力评价[J]. 水土保持研究,2007,15(4):236-238. (ZHANG Fengtai, SU Weici. An analysis for agricultural development driving factors at Three-Gorges-Reservoir in Chongqing [J]. Research of Soil and Water Conservation,2007,15(4):236-238. (in Chinese))

[13] 李保国,黄峰. 1998—2007 年中国农业用水分析[J]. 水科学进展,2010,21(4):575-583. (LI Baoguo, HUANG Feng. Trends in China's agricultural water use during recent decade using the green and blue water approach [J]. Advances in Water Science,2010,21(4):575-583. (in Chinese))

[14] 王玉宝,吴普特,赵西宁,等. 我国农业用水结构演变态势分析[J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):399-404. (WANG Yubao, WU Pute, ZHAO Xining, et al. Development tendency of agricultural water structure in China [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2010,18(2):399-404. (in Chinese))

[15] 周玉玺,葛颜祥,周霞. 我国水资源“农转非”驱动因素的时空尺度效应[J]. 自然资源学报,2015(1):65-77. (ZHOU Yuxi, GE Yanxiang, ZHOU Xia. Scale effect on driving factors of agriculture-to-urban water transfers in China [J]. Journal of Natural Resources,2015,30(1):65-77. (in Chinese))

[16] 邵薇薇,刘海振,周祖昊,等. 南方地区城镇化、工业化进程中农业用水演变规律分析[J]. 水利经济,2016,34(2):11-15. (SHAO Weiwei, LIU Haizhen, ZHOU Zuhao, et al. Evolution rules of agricultural water during

- urbanization and industrialization in south areas of China [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2016, 34 (2): 11-15. (in Chinese))
- [17] 邵薇薇, 刘海振, 周祖昊, 等. 东北地区城镇化、工业化进程中农业用水影响因素分析与对策[J]. 水利经济, 2015, 33(1): 1-3. (SHAO Weiwei, LIU Haizhen, ZHOU Zuhao, et al. Influencing factors and countermeasure for agricultural water during urbanization and industrialization in Northeast China [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2015, 33(1): 1-3. (in Chinese))
- [18] 张士锋, 孟秀敬. 粮食增产背景下松花江区水资源承载力分析[J]. 地理科学, 2012, 32(3): 342-347. (ZHANG Shifeng, MENG Xiujing. Water resources carrying capacity of the Songhua River under the background of grain production increases [J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(3): 342-347. (in Chinese))
- [19] 熊黑钢, 常春华, 冒静. 基于模糊综合评判的新疆奇台县农业水资源承载力分析[J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21(4): 38-42. (XIONG Heigang, CHANG Chunhua, MAO Jing. Analysis on carrying capacity of agricultural water resources based on fuzzy comprehensive evaluation in Qitai of Xinjiang [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2010, 21(4): 38-42. (in Chinese))
- [20] 封志明, 郑海霞, 刘宝勤. 基于遗传投影寻踪模型的农业水资源利用效率综合评价[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 66-70. (FENG Zhiming, ZHENG Haixia, LIU Baoqin. Comprehensive evaluation of agricultural water use efficiency based on genetic projection pursuit model [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(3): 66-70. (in Chinese))
- [21] 吴丹. 中国经济发展与水资源利用的演变态势、“脱钩”评价与机理分析: 以中美对比分析为例[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2016, 18(1): 47-53 (WU Dan. An analysis of evolution trend and decoupling evaluation mechanism of economic development and water resource utilization in China based on comparative analysis of China and America [J]. Journal of Hohai University (Philosophy and Social Sciences), 2016, 18(1): 47-53. (in Chinese))
- [22] 左其亭, 郝林钢, 刘建华, 等. “一带一路”分区水资源特征及水安全保障体系框架[J]. 水资源保护, 2018, 34(4): 16-21. (ZUO Qiting, HAO Lingang, LIU Jianhua, et al. Characteristics of water resources in “Belt and Road” district and its framework of water security system [J]. Water Resources Protection, 2018, 34(4): 16-21. (in Chinese))
- [23] 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. (ZHONG Taiyang, HUANG Xianjin, HAN Li, et al. Review on the research of decoupling analysis in the field of environments and resource [J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(8): 1400-1412. (in Chinese))
- [24] 吴丹. 中国经济发展与水资源利用脱钩态势评价与展望[J]. 自然资源学报, 2014, 29(1): 46-54. (WU Dan. Evaluation and prospect on the decoupling trend of economic development and water resource utilization in China [J]. Journal of Natural Resources, 2014, 29(1): 46-54. (in Chinese))
- [25] 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. (JIA Li, LIU Yanhua, SHEN Yijing. Decoupling analysis between economic development and water resources utilization; case of Beibu Gulf economic zone of Guangxi [J]. Yangtze River, 2018, 49(2): 40-45. (in Chinese))

(收稿日期: 2019-05-02 编辑: 彭桃英)

(上接第 12 页)

- [15] 李凤清, 蔡庆华, 傅小城, 等. 溪流大型底栖动物栖息地适合度模型的构建与河道内环境流量研究: 以三峡库区香溪河为例[J]. 自然科学进展, 2008(12): 1417-1424. (LI Fengqing, CAI Qinghua, FU Xiaocheng, et al. Establishment of habitat suitability model for large benthic animals in streams and study on the environmental flow in rivers [J]. Progress in Natural Science, 2008(12): 1417-1424. (in Chinese))
- [16] 刘中, 彭瑞文, 林霞, 等. 栖息地法确定樟溪河生态流量研究[J]. 环境影响评价, 2015, 37(5): 49-51. (LIU Zhong, PENG Ruiwen, LIN Xia, et al. Habitat method to determine the ecological flow of Zhangxi river [J]. Environmental Impact Assessment, 2015, 37(5): 49-51. (in Chinese))
- [17] 刘国民, 姜翠玲, 王维琳, 等. 基于栖息地模型的新安江坝下生态流量研究[J]. 水资源与水工程学报, 2016, 27(4): 61-65. (LIU Guomin, JIANG Cuiling, WANG Weilin, et al. Study on ecological flow under Xin'an river dam based on habitat model [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2016, 27(4): 61-65. (in Chinese))
- [18] 魏卿, 薛联青, 张敏, 等. 淮河流域环境流变化及其对洪泽湖鱼类栖息地的生态影响[J]. 水资源保护, 2019, 35(4): 89-94 (WEI Qing, XUE Lianqing, ZHANG Min, et al. Changes of environmental flow in Huaihe River Basin and its ecological impact on fish habitat in Hongze Lake [J]. Water Resources Protection, 2019, 35(4): 89-94. (in Chinese))

(收稿日期: 2019-06-28 编辑: 彭桃英)