

不同GDP增长率下的江苏省用水结构模拟

沈家耀,张玲玲

(河海大学公共管理学院,江苏南京 210098)

摘要:在全面了解江苏省水资源利用现状的基础上,运用系统动力学方法,根据各子系统之间相互作用的情况,构建江苏省用水结构系统动力学模型,将用水结构作为模型的输出存量,通过对模型参数进行敏感度分析,找出影响用水结构的重要决策变量,并根据GDP高、中、低增长速度以及现状经济发展速度,设计并模拟了4种情景发展方案,分析了区域经济增长速度、总用水量、用水结构之间的响应关系,为江苏省合理制定经济发展规划、优化水资源配置提供决策参考。

关键词:水资源;GDP增长率;用水结构;系统动力学;江苏省

中图分类号:TV213

文献标识码:A

文章编号:1003-9511(2016)04-0021-05

水资源是支撑社会、经济系统存在和发展的基本因素。随着城镇化和工业化进程的不断推进,水资源需求量不断增加,由供需矛盾引起的经济社会问题越来越尖锐,如何调控区域用水结构,提高用水效率与效益,取得区域经济社会发展与总量控制约束下经济发展与水资源之间的适应性,已成为江苏省未来社会亟待解决的问题之一。

近年来,关于用水结构的研究已经取得了一定的成果,主要集中于利用投入产出、灰色系统理论、模糊数学等定量分析方法对产业用水系统进行量化研究和对用水结构演化过程的研究。如刘燕等^[1]将信息熵引入水资源用水结构的研究,建立了用水结构特征的信息熵和均衡度定量计算公式,分析了渭河流域水资源用水系统结构演化的合理性和均衡性。潘雄锋等^[2]利用我国用水结构的成分数据建立灰色GM(1,1)模型,对未来用水结构进行短期预测。蒋桂芹等^[3]以安徽省工业发展为例,对区域产业结构与用水结构协调度指标进行了综合评价,并给出了促进其协调发展的调控对策。这些研究对于丰富用水结构理论具有重要的意义,但从系统仿真的角度对区域用水这种复杂系统进行深入研究的数量不多。笔者运用系统动力学方法,以江苏省行政区域为系统边界,以边界内系统整体变化为研究核心,通过改变水资源利用系统的参数变量,分析边界

内各用水主体与区域内可供水量的相互作用关系。

系统动力学(System Dynamics)的研究始于1956年,是一种以计算机模拟技术为主要手段,通过结构、功能分析,研究和解决系统反馈结构与行为的一门科学,具有系统综合分析及模拟的优点,可全面模拟各类复杂系统的结构,分析系统内在关系,擅长处理高阶和非线性问题,较好地把握系统的各种反馈关系,对于分析和处理社会经济系统具有独特的优势^[4]。

运用系统动力学对江苏省用水结构进行动态模拟仿真,主要有以下几个步骤:①系统综合分析,明确用水系统主要问题,初步划定系统边界;②系统结构分析,主要分析用水系统的反馈机制;③建立数学模型和用水结构方程,确定参数取值;④模型的检验与评估,包括模型结构适应性,行为适应性及模型结构、行为与实际系统的一致性。在此基础上,对多种决策方案进行仿真模拟,得到有价值的预测性结果,并进行综合结果分析^[5]。

1 研究区概况及数据来源

江苏省地处江淮沂沭泗五大河流域,东濒黄海,是长江三角洲地区的重要组成部分。地形以平原为主,多湖泊河流,面积10.26万km²。至2014年末,江苏省人口总数达7960.06万人,是中国人口

基金项目:国家软科学基金(2014GXS4B047);水利部公益性行业科研专项(201301003,201201022)

作者简介:沈家耀(1991—),男,安徽合肥人,硕士研究生,主要从事水利行政管理研究。E-mail:958379523@qq.com

通信作者:张玲玲(1979—),女,山东潍坊人,教授,主要从事水利经济、公共政策模拟、资源与环境管理等研究。E-mail:llzhang007@163.com

密度最大的省份,其中城镇人口为 5 190.76 万人。2014 年江苏省 GDP 为 65 088.32 亿元,人均 GDP 为 81 874 元。

近 10 年来江苏省产业结构变动呈现两种趋势:第一产业增加值比例和第二产业增加值比例总体上呈平稳下降趋势,年均下降率分别为 3.4% 和 0.98%;第三产业增加值比例则一直保持上升趋势,见图 1。图中数据根据《江苏省统计年鉴》(2003—2014)处理得到。

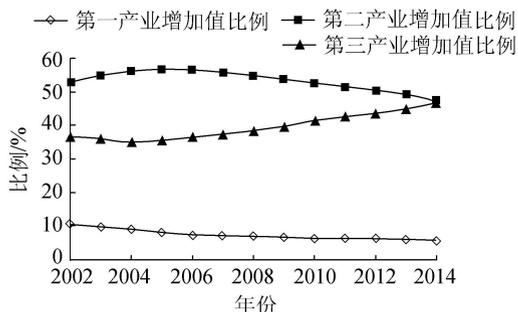


图 1 2003—2014 年江苏省产业结构状况

为更直观地分析江苏省用水系统之间的关系,将用水量分为第一产业用水、第二产业用水、第三产业用水、居民生活用水和生态用水 5 类用水主体。其中第一产业用水量所占比例最大,且用水量多集中于农田灌溉用水;随着技术的改进,第二产业用水量有明显的下降;由于江苏省产业结构的不断调整转型,第三产业用水量逐年增加,随着人口的不断增长和居民提高生活品质的诉求,生活、生态用水量未来均处于稳定增长的阶段。2003—2014 年江苏省主要年份用水量数据见表 1,表中数据根据江苏省水资源公报(2003—2014)处理得出。

2 江苏省用水结构系统动力学模型

2.1 模型构建

为了描述江苏省用水结构的演变过程及变化趋势,揭示其对社会经济的反馈作用,将模型的系统边界确定为江苏省行政分区,模型时间确定为 2008—2025 年,基准年为 2008 年,步长为 1a。其中 2008—2014 年为检验模拟阶段;2015—2025 年是预测模拟阶段。

根据系统分析理论中的协同原理,选取影响和构成江苏省用水系统的各项要素,将江苏省水资源

利用系统划分为经济子系统、人口子系统、用水子系统及水资源子系统。从系统论的观点来看,4 个子系统、各变量之间存在着相互耦合和相互制约的关系,构成了一个复杂的动态反馈系统,共同作用于江苏省水资源复合利用系统。

a. 人口子系统。人是水资源利用系统中的主要因素,选取总人口作为人口子系统的水平变量,其存量主要由城镇人口、农村人口及人口增长率所决定。人口子系统通过居民生活用水量与用水子系统相联系。

b. 经济子系统。经济子系统是江苏省水资源复合利用系统的核心,其行为直接影响整个系统的状态以及其余子系统的行为。将区域总 GDP 作为水平变量,其存量为区域 GDP 的增长率,经济产值的变化会影响各用水部门的用水情况。

c. 用水子系统。江苏省水资源复合利用系统共 5 类用水主体。各部门用水量通过万元 GDP 增加值用水量或用水定额等值进行确定。

d. 水资源子系统。水资源子系统反映江苏省水资源利用供需平衡情况,供水量由地下水资源和地表水资源组成,流域总用水量即 5 类用水主体用水之和。水资源子系统的水资源供需平衡比是衡量区域水资源复合利用系统状况的重要指标。

基于对江苏省人口、经济、用水以及水资源系统的具体分析^[6],运用系统动力学专用建模软件 Vensim 构建江苏省用水结构系统动力学模型。模型包括 57 个系统动力学方程,其中初始值方程 7 个,表函数方程 18 个,结构方程 32 个。江苏省水资源复合利用系统流图如图 2 所示,图中的 Time 为时间,用于建立表函数。

2.2 参数来源

相关数据主要来自《江苏省水资源公报》(2003—2014)、《江苏省统计年鉴》(2003—2014)、《江苏省“十二五”规划》、《江苏省水资源综合规划》、《江苏省土地利用总体规划》(2006—2020)。模型中用到的主要状态变量的初始值采用整理得出的江苏省 2008 年的统计数值,模型参数取值见表 2。

2.3 模型检验

模型的历史检验是将模型仿真计算得到的结果与现实结果相比照,检验两者是否相匹配,从而判断

表 1 江苏省 2003—2014 年主要年份用水量数据

亿 m³

年份	总用水量	第一产业用水量			第二产业用水量	居民生活用水量			第三产业用水量	生态用水量
		总计	农田灌溉	林牧渔畜		总计	农村居民	城镇居民		
2003	421.50	221.40	199.00	22.40	157.30	29.30	12.30	17.00	6.00	2.60
2008	549.30	291.10	255.20	35.90	211.30	32.98	11.39	22.00	10.84	3.10
2014	480.70	297.80	259.50	38.30	129.50	35.80	9.22	26.58	14.90	2.70

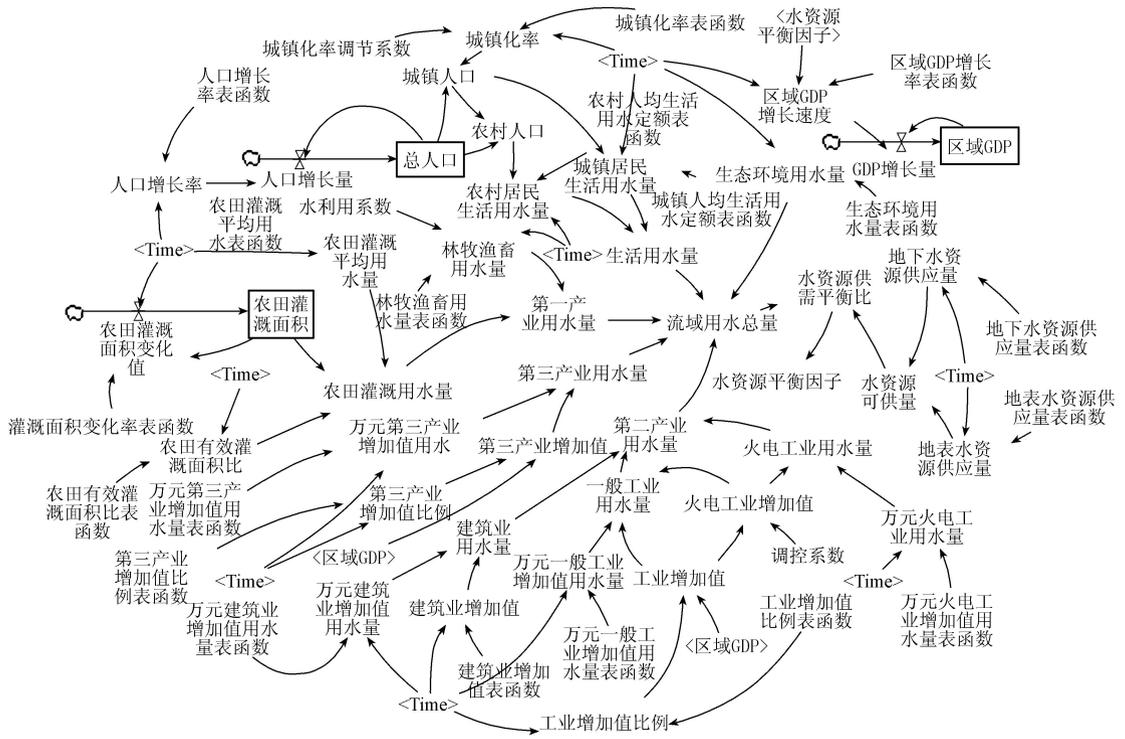


图2 江苏省水资源复合利用系统流图

表2 江苏省用水结构系统动力学模型主要参数取值

年份	人口增长率/%	城镇化率/%	农田灌溉面积变化率/%	GDP增长率/%	农田灌溉平均用水量/(m ³ ·hm ⁻²)	万元一般工业增加值用水量/m ³	万元第三产业增加值用水量/m ³	生态用水量/亿 m ³	地表水供应量/亿 m ³	地下水供应量/亿 m ³
2008	2.30	54.3	1.0	19.0	6660	36.0	8.94	3.08	539.6	9.7
2015	2.50	68.0	0.0	8.0	6450	17.9	4.42	3.40	490.0	8.0
2020	2.40	73.0	0.4	6.4	5925	13.4	3.50	3.60	450.0	7.4
2025	2.35	80.0	0.2	5.0	5250	10.5	2.20	3.90	430.0	6.4

模型模拟的可靠性和准确性^[7]。将模型模拟出的江苏省总人口、区域GDP总量、第一产业用水量输出结果与现实数据进行一致性检验。由表3可知,相对误差介于-0.03%~4.56%,说明拟合精度较高,模型可用于模拟和预测。

3 用水结构演变的情景方案设计

系统动力学模型原始运行只是基于现状按照既有惯性进行模拟预测,需要借助情景设计,通过改变模型相关决策变量并进行模拟,以确定不同情景下系统状态的相应变化,找到合适的发展方向^[8]。

用水结构系统动力学模型调控变量的确定需要对主要变量进行灵敏度分析,以识别影响系统运行的关键因子,其计算公式如下:

$$S_q = \left| \frac{\Delta q(t)}{q(t)} \cdot \frac{x(t)}{\Delta x(t)} \right| \quad (1)$$

式中: t 为时间; $q(t)$ 为变量 q 在 t 时刻的值; $x(t)$ 为变量 x 在 t 时刻的值; S_q 为 x 对参数的敏感度; $\Delta q(t)$ 和 $\Delta x(t)$ 分别为 q 和 x 在 t 时刻的增长量。敏感度均值表示所有变量对某一参数的敏感度,具有更强的稳定性。从 $1 \sim n$ 的 (q_1, q_2, \dots, q_n) ,敏感度均值可表示为

$$S = \frac{1}{n} S_{q_i} \quad (2)$$

式中: n 为变量个数; S_{q_i} 为 q_i 的敏感度; S 为 x 的平均敏感度。本文主要分析模型用水结构反馈中总用水量和水资源供需平衡比2个变量对11个参数的变化敏感度。具体方法为:从2008—2025年每个参数逐一逐年变化10%,求出每个参数的平均敏感

表3 模型历史检验结果

年份	总人口			区域GDP总量			第一产业用水量		
	实际值/万人	模拟值/万人	相对误差/%	实际值/亿元	模拟值/亿元	相对误差/%	实际值/亿 m ³	模拟值/亿 m ³	相对误差/%
2011	7898.80	7822	0.97	49110.27	48233	-0.17	310.3	296.12	4.56
2012	7919.98	7843	0.97	54058.22	53847	-0.03	305.3	293.56	3.84
2013	7939.49	7864	0.95	59161.80	58962	-0.03	302.0	291.00	3.64

度。敏感度分析结果见图3。

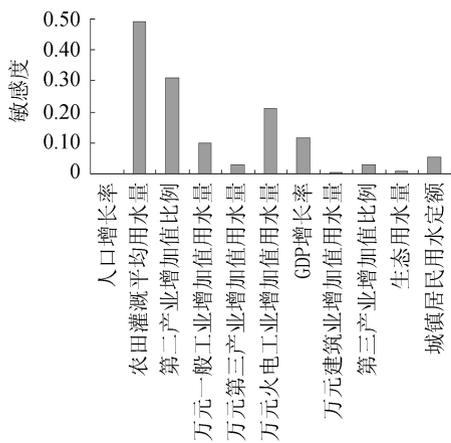


图3 江苏省用水结构敏感度分析结果

由图3可知,选取的11个影响江苏省用水结构的参数中,农田灌溉平均用水量、第二产业增加值比例、万元火电工业增加用水量、GDP增长率的平均敏感度大于10%,说明这些参数对于江苏省用水总量和水资源供需平衡比的影响程度较大;而人口增长率、万元建筑业增加值用水量、生态用水量等参数甚至低于1%,表明这些参数对江苏省总体用水结构影响程度不明显。

3.1 方案设定依据

保持其他变量不变,将平均敏感度超过10%的GDP增长率作为唯一决策变量,设定高、中、低以及现状经济增长率4种发展速度,继而设计了现状经济发展方案、经济高速发展方案、经济中速发展方案、经济低速发展方案进行模拟演示,分析其对区域主要用水主体用水行为的影响,得出区域经济增长速度、总用水量、用水结构之间的响应关系,并最终优选出能够保障江苏省经济社会可持续发展的方案^[9]。

现状经济发展模式的GDP增长率是在既定参数取值下,按照根据参数设定的系统历史发展水平,不对影响系统运行的参数进行调整的结果输出;经济中速发展方案中的GDP增长率依据江苏省近10年GDP增长情况,并结合《江苏省“十二五”规划》中的指导思想和《江苏省循环经济发展规划》相关数据计算得出,2015年和2025年经济中速发展方案GDP年增长率分别为7.5%和5.3%;高、低发展方案分别在中速发展方案取值的基础上增加、减少10%。

3.2 各经济发展方案用水量分析

社会发展的必然结果是水资源的不断消耗。随着江苏省最严格水资源管理制度的落实,各用水部门将转变用水行为,以水定需,量水而行,全面加强节水 and 用水定额管理,推行节水技术改造,提高用水效率。到2025年,江苏省在4种经济发展方案下的总用水量分别为469.48亿m³、463.08亿m³、

474.42亿m³和452.39亿m³。制度成效的显现往往需要一定的时间,现状、中速和高速发展方案在2015—2017年间用水量继续增加,随后逐年下降;而经济低速发展方案由于过于强调调低经济发展速度,影响了产业良性发展,导致用水量一直保持下降的趋势。由图4可知,在现状经济发展方案下,2015—2017年是用水量的上升阶段,由2015年的496.3亿m³增加到2017年的498.08亿m³;2017—2025年是用水量的下降阶段,由498.08亿m³下降到469.48亿m³,年均下降率为0.71%;经济中速发展和经济高速发展方案在用水量上升阶段,年均增加率分别为0.01%和0.26%,在用水量减少阶段下降率分别为0.82%和0.62%;经济低速发展方案下,用水量逐年下降,由2015年的495.45亿m³减少到2025年的452.39亿m³,年均减少量为4.20亿m³,年均减少率为0.85%。通过模拟结果可以发现,在现状、中速和高速发展方案总水量上升的模拟期,在其他参数变量保持既定的前提下,经济发展速度越快,用水量增加越明显;在用水量不断下降的模拟期后期,经济发展速度越慢,总用水量的下降越快。因此,合理制定经济发展速度将有助于控制用水量的消耗。

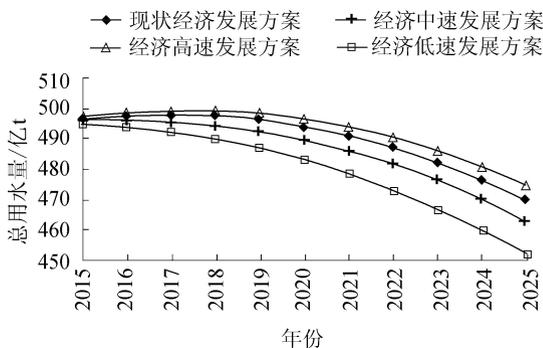


图4 不同经济发展方案下用水量变化

3.3 各经济发展方案水资源供需比分析

水资源供需比反映的是该地区水资源的开发利用情况,供需比越大,表明水资源供给能力越强;供需比越小,则供给能力越弱;若供需缺口很大,供需矛盾愈发严重,水资源将成为社会经济发展的制约因素。随着未来江苏省地表水和地下水供应量的减少,总用水量下降幅度缓慢,水资源供需矛盾依然严峻。由图5可知,在现状经济发展方案和经济中速发展方案下水资源供需比在2015—2024年间逐年下降,年均减少率分别为0.82%和0.69%,自2024年开始,水资源供需比逐渐增加,分别增加0.07%和0.13%,供需矛盾有所缩小;在经济高速发展方案下水资源供需比呈现逐年下降的趋势,10年间下降了8.2%,2025年达91.98%,供需缺口过大,将

使经济发展难以为继;而经济低速发展方案在2015—2023年水资源供需比不断变小,由2015年的100.7%下降到2023年的96.05%,相较于其他3种发展方案下降幅度最小,说明经济放缓对于水资源消耗具有明显的抑制作用,而在模拟期的最后2年水资源供需比增加了0.41%,96.46%的供需比已基本能够满足经济社会发展需求。

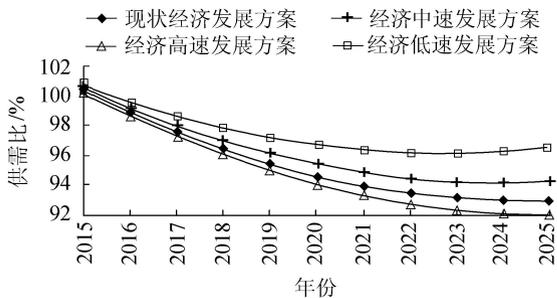


图5 不同经济发展方案下水资源供需比

3.4 各经济发展方案用水结构分析

由表4可知,4种方案的第一产业用水比例均呈现逐年下降趋势,其中经济高速发展方案降幅最大,10年下降5.67%;经济低速发展方案降幅最小,10年减小了3.41%。第二产业用水、居民生活用水和生态用水量在各方案模拟期内均逐年增加,到2025年,居民生活用水和生态用水量比例在经济高速发展方案下最低,在经济低速发展方案下最高,第二产业用水量在经济高速发展方案下增幅最为明显,在经济低速发展方案下增幅最小。经济高速发展方案下,随着万元工业增加值用水量的降低,第二产业用水量增幅将趋于减缓;第三产业用水量在模拟前期由于万元增加值用水量仍比较大,总体上仍呈现上升趋势,模拟后期,随着万元增加值用水量

表4 2015—2025年间不同发展方案下江苏省用水结构变化情况

用水部门	年份	用水结构/%			
		经济低速发展方案	经济中速发展方案	经济高速发展方案	现状经济发展方案
第一产业	2015	57.70	57.58	57.45	57.49
	2020	55.03	54.28	53.52	53.80
	2025	54.30	53.04	51.78	52.32
第二产业	2015	31.11	31.37	31.37	31.19
	2020	32.88	34.48	34.48	33.38
	2025	32.67	35.27	35.38	33.55
第三产业	2015	3.03	3.06	3.05	3.04
	2020	3.28	3.44	3.44	3.33
	2025	3.13	3.39	3.40	3.22
居民生活	2015	7.47	7.46	7.44	7.45
	2020	8.05	7.94	7.83	7.87
	2025	9.04	8.83	8.62	8.71
生态用水	2015	0.68	0.69	0.60	0.69
	2020	0.73	0.75	0.70	0.74
	2025	0.82	0.84	0.70	0.83

迅速减少,总用水量逐渐减少。采用不同的经济发展方案将直接影响各用水主体间用水比例。在经济高速发展方案下,为了完成经济规划目标,就必须大力发展第二、三产业,其用水量也将水涨船高,无形中会挤压其他用水主体的用水份额,如造成居民生活和生态用水比例减少,不利于社会的协调发展;而在合理的经济增长速度情况下,人们将着眼于社会可持续发展总体目标,综合考虑并合理规划确定各主体间用水比例,促进水资源优化配置,谋求在水资源约束条件下实现社会效益与经济效益的最大化目标。

4 结论及建议

经济高速增长发展方案能够带来较高的经济价值,但逐年下降的水资源供需比会给社会协调发展带来巨大的阻力,严重的可能会引起生态系统的崩溃;经济低速发展方案虽然在一定程度上能够缓解区域缺水状况,但规划年2025年119229亿元的区域GDP总值与江苏省建立基本经济现代化目标不相适应,必然会对居民收入水平、产业发展、社会稳定造成不良影响。综合江苏省社会经济发展情况与水资源约束条件,最终选择经济中速发展方案作为模型优化的推荐方案。

综合用水结构系统动力学模型结果分析,并结合江苏省用水实际,对江苏省用水结构调控提出建议:

a. 近10年来,江苏省地下水供给量逐年减少,平均年下降率达2%,因此必须对地下水进行全面科学的规划管理,建立严格的水资源论证和取水许可制度,适度开发地下水资源,加强水生态环境保护与修复。

b. 为实现《江苏省水资源综合规划》中的在2020年将用水总量控制在600亿m³左右,建立最严格的水资源管理制度的目标,江苏省未来可通过设置一段时期内区域用水上限控制指标,抑制不合理用水、降低过度消耗等途径来实现用水总量控制,尽快制定并实施区域各县市的水量分配方案,合理确定各用水主体的用水量,在总量控制约束下,建立科学合理的用水和消费模式,提高水资源利用效率,充分挖掘用水潜力,逐步实现用水定额管理。

参考文献:

[1] 刘燕,胡安焱,邓亚芝. 基于信息熵的用水系统结构演化研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006,34(6):140-144.
 [2] 潘雄锋,刘凤朝,郭蓉蓉. 我国用水结构的分析与预测[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(10):11.

(下转第34页)

流转,一些田间灌排设施由种植大户或企业长期经营管护,能够有效降低管护成本和价格水平。

加强灌溉供水供给改革,提高灌溉设施的供水保障能力,优化灌溉供水组织管理体系,也是促进农业水价改革的重要边界条件。受多因素影响,一些灌区设施老化失修,“最后一公里”问题突出,真正干旱用水时难以满足农户的灌溉需求,也是农业水价改革推进的制约因素。有序推进灌区配套与节水改造,特别是加强田间工程的运行维护,畅通水源—输水—田间灌溉系统,形成旱能灌、涝能排的灌排工程体系,提高灌溉供水保障水平和服务能力。同时,通过深化农田水利设施产权改革、培育专业化灌溉服务机构、推进建立用水户参与决策机制等措施,提

(上接第 25 页)

- [3] 蒋桂芹,于福亮,赵勇. 区域产业结构与用水结构协调度评价与调控:以安徽省为例[J]. 水利水电技术,2012(6):8-13.
- [4] 钟永光,贾晓菁,李旭. 系统动力学[M]. 北京:科学出版社,2012.
- [5] 贾佳,梁亦欣,于鲁冀,等. 基于 SD 的流域环境经济协调发展模拟分析[J]. 环境科学与技术,2014,37(8):198-204.
- [6] 马黎华,康绍忠,粟晓玲,等. 西北干旱内陆区石羊河流域用水结构演变及其驱动力分析[J]. 干旱地区农业研

(上接第 30 页)

相关部门应当积极采取措施应对扬尘污染的问题,例如增加洒水频次、覆盖堆土、定期清洗围挡落尘等;③随着经济结构转型的深入,用水结构必须得到实时优化;④用水效率的全面提高还应关注重复用水率和节约用水这两项指标,除了进行相关节水宣传外,制定合理的阶梯水价是提高节水意识的有效途径。

参考文献:

- [1] 左其亭,胡德胜,窦明,等. 基于人水和谐理念的最严格水资源管理制度研究框架及核心体系[J]. 资源科学,2014,36(5):906-912.
- [2] 盖美,赵晓梅,田成诗. 辽宁沿海经济带水资源:社会经济可持续发展研究[J]. 资源科学,2011,33(7):1225-1235.
- [3] 吕王勇,陈美香,王波,等. 基于主成分的区域水资源与社会经济的协调度评价[J]. 水资源与水工程学报,2011,22(1):122-125.
- [4] 崔东文. 基于模式识别的区域水资源与经济社会协调度评价[J]. 水利经济,2013,31(5):15-19.
- [5] 潘安娥,陈丽. 湖北省水资源利用与经济协调发展脱

高管理效能,降低供水成本,创造良好的农业水价市场化改革的边界条件。

参考文献:

- [1] 李宝萍,赵慧珍,陈海涛,等. 农业水价改革与农民承受能力研究[J]. 人民黄河,2007,29(2):58-59.
- [2] 王冠军,刘小勇,王健宇,等. 小型农田水利工程产权制度改革的理论与实践[M]. 北京:中国水利水电出版社,2015.
- [3] 马克思,恩格斯. 马克思恩格斯选集(第 1 卷)[M]. 2 版. 北京:人民出版社,1995.
- [4] 徐璇,毛春梅. 我国农业水价分担模式探讨[J]. 水利经济,2013,31(2):19-22,26.

(收稿日期:2016-03-15 编辑:方宇彤)

究,2008,26(1):125-130.

- [7] 李静芝,朱翔,李景保,等. 基于系统动力学的湖南省水资源供需系统模拟研究[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(1):46-52.
- [8] 薛冰,宋新山,严登华. 基于系统动力学的天津市水资源模拟及预测[J]. 南水北调与水利科技,2011,9(6):43-47.
- [9] 王小军,张建云,贺瑞敏,等. 区域用水结构演变规律与调控对策研究[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(2):61-65.

(收稿日期:2015-12-03 编辑:胡新宇)

钩分析:基于水足迹视角[J]. 资源科学,2014,36(2):328-333.

- [6] 杜湘红. 水资源环境与社会经济系统耦合建模和仿真测度:基于洞庭湖流域的研究[J]. 经济地理,2014,34(8):151-155.
- [7] 吴琼,王如松,李宏卿,等. 生态城市指标体系与评价方法[J]. 生态学报,2005,25(8):2090-2095.
- [8] 刘耀彬,宋学锋. 城市化与生态环境的耦合度及其预测模型研究[J]. 中国矿业大学学报,2005,34(1):91-96.
- [9] 国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见.[EB/OL]. [2012-02-16]. http://www.gov.cn/zwgk/2012-02/16/content_2067664.htm.
- [10] 周宏. 现代汉语辞海[M]. 北京:光明日报出版社,2003:820-821.
- [11] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J]. 广州环境科学,1996,19(1):12-16.
- [12] 王慧敏. 落实最严格水资源管理的适应性政策选择研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2016,18(3):38-43.

(收稿日期:2016-02-28 编辑:陈玉国)