



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdkq.2016.01.029

葛通达, 方红远, 梁振东. 基于因素分解与总量控制的区域社会经济用水分析[J]. 2016, 14(1): 172-177.

GE Tong da, FANG Hong yuan, LIANG Zhen dong. Regional socio economic water consumption based on factors decomposition and total water use quantity limit[J]. 2016, 14(1): 172-177. (in Chinese)

# 基于因素分解与总量控制的区域社会经济用水分析

葛通达, 方红远, 梁振东

(扬州大学 水利与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225009)

**摘要:** 考虑到经济产业结构调整和水效率控制对社会水循环过程调控的重要性, 以江苏沿海开发区域内的盐城市为研究区, 根据其社会经济现状与发展计划、水资源开发利用战略与目标、节水型社会建设规划方案等实际情况, 采用水资源利用驱动因素分析法和数学规划解析法相结合的手段, 建立了纳入驱动因素分解效应量化值的非线性规划模型, 计算了2010-2015年研究区基于用水总量控制的社会经济发展规模、产业结构比例及其用水效率的合理方案。最后, 根据计算成果, 分析了研究区产业结构、用水定额、经济水平与人口规模四个因素对区域用水总量变化的影响。

**关键词:** 用水总量控制; 因素分解; 社会经济用水; 非线性规划模型; 分析; 盐城市

**中图分类号:** TV213.9    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1672-1683(2016)01-0172-06

## Regional socio economic water consumption based on factors decomposition and total water use quantity limit

GE Tong da, FANG Hong yuan, LIANG Zhen dong

(School of Hydraulic, Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** In consideration of the significance of industrial structure adjustment and water use efficiency control to the Hydro-social Cycle, and taking Yancheng City, a typical region in Jiangsu Coastal District as case study region, a nonlinear programming model was set up by using Logarithmic Mean Divisia Index approach and mathematical programming method, which contains constraint of total water use quantity limit and quantization equations of driving factors decomposition effect. The analytic model took full account of socio economic development present situation and plan, water resources utilization strategy and target, saving water society construction planning. During 2010 to 2015, the rational scheme on Yancheng City's socio economic development size, industrial structure proportion and water resources utilization efficiency was achieved by solving model. According to our computation results, the characteristic of driving factors effects from intensity of water utilization, industrial structure, economic development level and population scale were analyzed, as well as the adjustment policy of the primary industry, secondary industry and tertiary industry.

**Key words:** total water use quantity limit; factors decomposition; socio economic water consumption; nonlinear programming model; analysis; Yancheng City

水资源是影响区域经济发展及产业结构变化特征的重要内在驱动力和制约因素之一, 产业结构的

合理调整有利于区域水资源供需平衡实现以及促进水资源的可持续利用<sup>[1-3]</sup>。在社会水循环过程调控

收稿日期: 2015-04-28    修回日期: 2015-12-22    网络出版时间: 2016-02-27  
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20160227.1630.011.html>  
基金项目: 国家自然科学基金项目(51379181)

**Fund:** National Natural Science Foundation of China(51379181)

**作者简介:** 葛通达(1990), 男, 河北保定人, 主要从事水资源规划及管理方面研究。E-mail: yangdatongda@126.com

**通讯作者:** 方红远(1963), 男, 江苏丽水人, 教授, 主要从事水资源规划及管理方面研究。E-mail: hyfang4936@aliyun.com

手段中,社会经济的产业结构调整 and 用水定额管理(即用水效率控制)具有关键影响作用,这是因为社会经济的发展必然促进用水需求的增长,而用水量的增加将会强化区域水资源开发利用程度,因而影响区域经济的进一步发展并引起生态环境的变化;这种用水需求增长与社会经济发展受限和生态环境退化的因果作用,将迫使区域经济结构作适应性调整,以及通过强化节水措施提高用水效率<sup>[4,12]</sup>。

江苏沿海开发区域劳动力资源较为丰富,基础设施体系初步形成,农业比较发达,是本省重要的大宗农产品和水产品生产基地,而且工业初具规模,纺织、机械、汽车、化工等已成为主导产业,同时建筑业较为发达,旅游业特色鲜明,海洋产业在部分领域具备明显的比较优势。但本区域经济结构布局还缺乏统一规划,港口、城镇、产业发展互动不够,产业规模偏小、层次偏低、关联度不大,且由于历史与自然条件等原因,经济基础相对薄弱,在社会经济发展的初期,接纳了许多由苏南等地区转移而来的化工、造纸、印染等高耗水高污染的产业门类,加之沿海地区土壤盐碱度较高,淡水资源相对匮乏,使区域水资源开发利用愈加面临困境。

本文以江苏沿海开发区域内的盐城市为研究区,根据其社会经济现状与发展计划、水资源开发利用战略与目标、节水型社会建设规划方案等具体情况,采用水资源利用驱动因素分析法和数学规划法相结合的手段,建立解析模型,以分析一定规划期内研究区基于用水总量控制的社会经济发展规模、产业结构比例及其用水效率的合理方案。

## 1 水资源利用驱动因素分析

在能源与资源利用以及碳排放变化动因分析中,通常采用指数分解法(Index Decomposition Analysis, 简称 IDA)。IDA 是将总量计算公式表示为几个因素指标的乘积,并根据不同的权重确定方法进行分解,以确定各个指标的增量份额。在现有的若干指数分解方法中,对数平均迪氏分解法即 LMDI(Logarithmic Mean Divisia Index)法<sup>[13,14]</sup>很好地解决了残差项问题,具有全分解、无残余项、一致的聚合、富有灵活性等优点,可避免参数估计的主观性和随意性,且计算操作简便,因此在实际研究中被广泛应用。国外通常将指数分解法应用于能源消耗、CO<sub>2</sub> 排放等问题的研究方面<sup>[15,17]</sup>。国内相关研究始于 21 世纪初,主要运用于工业部门的能源消费变化、工业部门能源消耗和 CO<sub>2</sub> 排放的变化特征、区域产业终端能源消费变化以及主要影响因素的贡

献程度、能源强度变化的结构与效率因素贡献等方面。近年来也开始关注指数分解模型在区域水资源利用驱动因素以及经济结构对水资源利用的影响分析方面,如 2004 年贾绍凤等<sup>[18]</sup>利用因素分解原理对北京市经济结构调整的节水效应进行了定量分析;2009 年孙才志等<sup>[19]</sup>运用指数分解模型对辽宁省用水变化的驱动力及时空变异进行了研究;2011 年张强等<sup>[20]</sup>利用 LMDI 法研究分析了大连市 1980 年-2009 年间的水资源利用变动规律,从社会经济规模、产业结构状况等方面分析了该市水资源利用的关键驱动因素。不过,应用因素分解模型对区域水资源利用驱动因素的解释分析仍处于探索与发展阶段。

根据社会经济用水特征可以认为,影响区域用水总量的因素主要包括产业结构特征、各产业用水效率、区域社会经济水平以及人口规模等。设  $W_t$  为  $t$  时段区域用水总量,  $W_{i,t}$  为  $t$  时段第  $i$  产业的用水量,  $GDP_t$  为  $t$  时段区域国内生产总值,  $GDP_{i,t}$  为  $t$  时段第  $i$  产业的国内生产总值,  $S_{i,t}$  为  $t$  时段第  $i$  产业的结构比重,即  $S_{i,t} = GDP_{i,t} / GDP_t$ ,  $I_t$  为  $t$  时段用水定额(以万元产值用水量表示),则  $I_t = W_t / GDP_t$ ,  $I_{i,t}$  为  $t$  时段第  $i$  产业的用水定额,即  $I_{i,t} = W_{i,t} / GDP_{i,t}$ 。  $P_t$  是  $t$  时段区域人口总量,  $Y_t$  为  $t$  时段内区域的人均国内生产总值,即  $Y_t = GDP_t / P_t$ ,  $N$  为产业分类数目。根据文献[14]和[20],则  $t$  时段区域用水总量及其驱动因素分解可表达如下:

$$W_t = \sum_{i=1}^N W_{i,t} = \sum_{i=1}^N [(W_{i,t} / GDP_{i,t}) \times (GDP_{i,t} / GDP_t) \times (GDP_t / P_t) \times P_t] = \sum_{i=1}^N I_{i,t} \times S_{i,t} \times Y_t \times P_t \quad (1)$$

设  $W_0$ 、 $W_T$  分别表示基准年和规划期时段(记为  $T$  年)的区域用水总量,由式(1),自基准年至  $T$  年的用水量变化值  $\Delta W_{tot}$  可表示为

$$\Delta W_{tot} = W_T - W_0 = \Delta W_I + \Delta W_S + \Delta W_Y + \Delta W_P \quad (2)$$

式中:  $\Delta W_I$  为用水定额效应,反映了由技术进步和水资源管理产生的用水效率变化对用水量变化值的贡献;  $\Delta W_S$  为产业结构效应,反映基于区域水资源禀赋条件考虑的产业结构调整对用水量变化值的贡献;  $\Delta W_Y$  为经济水平效应,反映区域社会经济规模和社会福利水平对用水量变化值的贡献;  $\Delta W_P$  为人口规模效应,反映区域人口规模因素对用水量变化值的贡献。

## 2 总量控制的产业结构及用水效率分析模型

式(1)至式(2)可用于针对一定时期内区域用水量变化驱动因素的定量分析,鉴别用水定额、产业结构、经济水平及人口规模等因素在导致区域用水量变化方面的影响度(或贡献)大小。由于前述区域用

水量变化影响因素中包含用水定额及产业结构因素,因此,可建立基于 LMDI 分解法的,并考虑用水总量控制的区域产业结构和用水定额优化分析的数学规划模型。

### 2.1 目标函数

由于本文提出的基于用水总量控制的区域产业结构和用水定额优化分析的目的,是在不突破区域用水总量控制指标的前提下,寻求合理的产业结构比例及其相应的用水效率,以期获得与区域水资源可利用量相适应的平衡发展和最大的国内生产总值,因此,可以将极小化需水总量与用水总量控制指标之差的绝对值作为优化模型的目标,即

$$\text{Min} |W_0 + \Delta W_I^t + \Delta W_S^t + \Delta W_Y^t + \Delta W_P^t - W_m| \quad (3)$$

式中:  $\Delta W_I^t$ 、 $\Delta W_S^t$ 、 $\Delta W_Y^t$ 、 $\Delta W_P^t$  分别为相应于规划期时段  $t$  的驱动因素效应值;  $W_m$  为用水总量控制指标。

### 2.2 约束条件

(1) 区域 GDP 总量目标要求。

$$GDP_t \geq GDP_m \quad (4)$$

式中:  $GDP_m$  为规划期时段  $t$  要求达到的 GDP 目标值;  $GDP_t$  为规划期时段  $t$  的 GDP 值。

(2) 人均 GDP 目标要求。

$$Y_t \geq Y_m \quad (5)$$

式中:  $Y_m$  为规划期时段  $t$  要求达到的人均 GDP 目标值;  $Y_t$  为规划期时段  $t$  的人均 GDP。

(3) 人口规模约束。

$$P_t \leq P_0(1+i)^T \quad (6)$$

式中:  $P_0$  为基准年的区域人口规模;  $P_t$  为规划期时段  $t$  的人口规模;  $i$  为区域社会经济发展计划确立的人口自然增长率控制值;  $T$  为自基准年到规划期时段的年数。

(4) 用水量变化驱动因素约束。

$$\Delta W_I^t = \sum_i \frac{I_{i,t} S_{i,t} GDP_t - W_{i,0}}{\ln(I_{i,t} S_{i,t} GDP_t) - \ln W_{i,0}} \times \ln \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \quad (7)$$

$$\Delta W_S^t = \sum_i \frac{I_{i,t} S_{i,t} GDP_t - W_{i,0}}{\ln(I_{i,t} S_{i,t} GDP_t) - \ln W_{i,0}} \times \ln \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \quad (8)$$

$$\Delta W_Y^t = \sum_i \frac{I_{i,t} S_{i,t} GDP_t - W_{i,0}}{\ln(I_{i,t} S_{i,t} GDP_t) - \ln W_{i,0}} \times \ln \frac{Y_{i,t}}{Y_{i,0}} \quad (9)$$

$$\Delta W_P^t = \sum_i \frac{I_{i,t} S_{i,t} GDP_t - W_{i,0}}{\ln(I_{i,t} S_{i,t} GDP_t) - \ln W_{i,0}} \times \ln \frac{P_{i,t}}{P_{i,0}} \quad (10)$$

式中:  $\Delta W_I^t$ 、 $\Delta W_S^t$ 、 $\Delta W_Y^t$ 、 $\Delta W_P^t$  分别为导自于 LMDI 分解法的相应于规划期时段的用水定额、产业结构、人均生产总值和人口规模等驱动因素对用水总量变化的效应。

(5) 区域综合用水效率约束。

$$(W_0 + \Delta W_I^t + \Delta W_S^t + \Delta W_Y^t + \Delta W_P^t) / GDP_t \leq C_m \quad (11)$$

式中:  $C_m$  为根据水资源综合规划与节水型社会建设规划等确立的区域万元产值用水量目标值。

(6) 区域用水总量控制约束。

$$W_0 + \Delta W_I^t + \Delta W_S^t + \Delta W_Y^t + \Delta W_P^t \leq W_m \quad (12)$$

式中:  $W_m$  为根据省、市下达的“三条红线”分解指标中的区域用水总量控制指标值。

(7) 区域产业结构比重总和约束。

$$\sum_{i=1}^N S_{i,t} = 1 \quad (13)$$

式中:  $S_{i,t}$  为  $t$  时段(规划期时段)第  $i$  产业的结构比重;  $N$  为划分的产业分类数。

(8) 产业结构比重约束。

对研究区而言,适当压缩第一产业比,重点发展第二产业,逐步推动第三产业发展是规划期内的社会经济发展政策。因此可对第一产业和第二产业比重适当进行控制。

$$S_{1,t} \leq S_{1,0} \quad (14)$$

$$S_{2,t} \geq S_{2,0} \quad (15)$$

式中:  $S_{1,0}$ 、 $S_{2,0}$  分别为基准年(或某一选定的参照年)的第一产业和第二产业比重。

(9) 决策变量非负性约束。

模型中作为待求的决策变量主要包括规划期时段  $t$  的  $GDP_t$ 、 $Y_t$ 、 $P_t$  以及产业结构比  $S_{i,t}$  和各产业的用水定额  $I_{i,t}$ ; 其中驱动因素效应  $\Delta W_I^t$ 、 $\Delta W_S^t$ 、 $\Delta W_Y^t$ 、 $\Delta W_P^t$  可起中间转换变量作用,模型求解时它们仍被作为独立变量处理,但无非负性约束。而非负性约束主要有:

$$GDP_t, Y_t, P_t \geq 0 \quad (16)$$

$$S_{i,t}, I_{i,t} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (17)$$

## 3 实例研究

### 3.1 研究区概况

江苏省盐城市地处江淮平原东部,位于浦东经济开发区、长江三角洲辐射区范围内,行政区域面积为 16 972 km<sup>2</sup>。研究区属于亚热带向暖温带的过渡区,多年平均降水量 867.7 mm。《盐城市水资源公报》(2012 年)显示,2012 年全市总用水量 53.350 亿 m<sup>3</sup>,其中第一产业用水 44.291 亿 m<sup>3</sup>,占生产用水的 88.4%,其中农田灌溉用水 39.731 亿 m<sup>3</sup>,占第一产业用水的 89.7%,占生产用水总量的 79.3%;第二产业用水 5.359 亿 m<sup>3</sup>,占生产用水的 10.7%,其中电力用水 2.130 亿 m<sup>3</sup>,一般工业用水 2.988 亿 m<sup>3</sup>,建筑业用水 0.241 亿 m<sup>3</sup>;第三产业用水 0.453 亿 m<sup>3</sup>,占生产用水的 0.9%。

《盐城市统计年鉴》表明<sup>[21]</sup>,2012 年盐城实现地

区的生产总值为 3 120 00 亿元,其中第一产业实现增加值为 456 13 亿元,第二产业实现增加值为 1 472 87 亿元,第三产业实现增加值为 1 191 00 亿元。从三次产业所占比重来看,盐城市三次产业所占比重由 1990 年的 45 05: 33 48: 21 47 调整为 2012 年的 14 62: 47 21: 38 17,第一产业增加值占比迅速下降,但仍远高于江苏省全省的 6 3%。以工业为主的第二产业和以服务业为主的第三产业比重都有了很大的提高,但是三大产业之间比例依然不合理。从 1990 年以来,第一产业产值所占比重一直在下降,尤以到 1995 年之间,第二、第三产业所占比重在稳步上升。在 1990 年-1995 年间,在第一产业的比重不断下降的同时,第二产业在不断的上升,直到 1995 年,第二产业比重首次超过第一产业,生产重心逐渐向第二产业转移,但两种产业差距不大,地区生产总值以第一和第二产业为主,三次产业所占比重由 45 05: 33 48: 21 47 调整为 36 91: 38 10: 24 99,产业结构形态由“一二三”型改变为“二一三”型。1995 年后,第三产业得到发展,并在 2000 年以 31.27% 超过第一产业的 30.10%,在 1995 年-2012 年间,第二产业始终占据主导地位,第一产业比重降到一个较低值,地区生产以第二和第三产业为主,产业结构形态呈现“二三一”型。对比工业化发展规律来看,盐城的第二产业占主导地位,第三产业在快速的发展,所以,盐城正处在工业化中期阶段。

### 3.2 基于 LMDI 的驱动因素分解计算分析

利用前述 LMDI 分解方法,分别对产业结构、用水定额、经济水平与人口规模四个因素对盐城市用水总量变化的贡献进行定量分析。将盐城市生产总值及其构成、各产业用水量、人口数量等数据带入式(7)-式(10)进行计算,可获得盐城市 2006 年-2008 年、2008 年-2010 年以及 2010 年-2012 年三个时间段的驱动因素效应计算值,见表 1。

表 1 盐城市水资源利用驱动因素效应量化值

Tab. 1 Driving factors effect values of water resources utilization in Yancheng

时间段	驱动效应/ 亿 m <sup>3</sup>				总效应
	用水定额	产业结构	经济水平	人口规模	
2006-2008 年	- 5.075	- 7.307	14.038	0.400	2.056
2008-2010 年	- 10.071	- 2.843	16.830	0.268	4.184
2010-2012 年	- 13.488	- 4.257	15.859	0.390	- 1.496

由表 1 可知如下结果。

(1) 用水定额效应在 2006 年-2008 年、2008 年-

2010 年以及 2010 年-2012 年三个时间段始终为负值,且随着时间的发展,负效应的程度愈加明显,这说明盐城市在全市大力推行节能减排的政策方针形势下,水资源开发利用、管理与保护工作逐渐深入,各产业部门在相关节水政策引领下,积极推动技术进步,以落实最严格水资源管理制度措施为抓手,努力实施节水型社会建设规划方案,使得全市用水效率逐步提高。产业结构效应在三个时间段也均表现为负值,但数值呈现出波动状态,这与盐城市自“十一五”时期以来,依据国家和省的经济发展规划、本地社会经济发展现状与目标、水资源自然条件、水资源开发利用特征、水资源利用技术水平等方面的实际情况和客观需求一直在调整区域产业结构有关。从现阶段社会经济发展特征看,虽然水资源供需态势不是决定区域产业结构特征的惟一因素,但其重要影响是不可忽视的,同时产业结构的变化对区域水资源开发利用特征的作用也是明显的。

(2) 人口规模和经济水平驱动因素均为正效应,表明它们对区域用水总量增长具有促进作用。在 2006 年-2008 年、2008 年-2010 年以及 2010 年-2012 年三个时间段内,人口规模的效应值虽有变化,但幅度不大,这表明在分析期内,由于盐城市的经济发展规模和就业空间的特征,使得人口流动对区域人口总量的影响还不是很明显,加之全市人口计划政策的实施,自然增长率一直控制在一定范围内,导致全市人口规模变化不大。以人均生产总值表达的经济水平因素的驱动效应,其量化值明显大于人口规模因素,说明它对区域用水总量增加的效应高于人口规模,但由于地区生产总值和人口规模都随时间而变,因此由这两个参数计算而得的经济水平因素,则呈现出随时间变化但波动并不大的特征。从本文选择的经济水平因素内涵看,它涉及区域生产总值(即经济规模)和人口数量(人口规模)两个参数,是典型的社会经济发展指标。表 1 中三个时间段的该因素效应量化值说明,盐城市目前的社会经济发展特征还属于工业化(初)中期阶段,社会经济水平的提高仍有待于产业结构的优化与科学技术水平的提升。

### 3.3 总量控制的产业结构与用水定额计算分析

根据前面建立的基于用水总量控制的区域产业结构与用水定额优化分析的数学规划模型,现以盐城市国民经济发展的“十二五”时期作为研究规划期以验证模型的适用性。选择 2010 年作为基准年,2015 年作为规划期末年。据《盐城市水资源公报》统计表明,2010 年盐城市人口规模为 816.12 万人,用水总量

为 51.60 亿 m<sup>3</sup>, 其中第一产业用水量为 44.97 亿 m<sup>3</sup>, 第二产业用水量为 5.76 亿 m<sup>3</sup>, 第三产业用水量为 0.87 亿 m<sup>3</sup>; 全市国内生产总值为 2 266.26 亿元, 相应人均生产总值为 27 768.71 元。近年的该市社会经济发展状况以及国民经济发展计划显示, “十二五”期间全市人口自然增长率宜维持在 4‰ 以内。

根据江苏省下达的省辖各市“三条红线”中用水量总量分解控制指标值, 盐城市 2015 年用水总量应控制在 54 亿 m<sup>3</sup> 以内; 同时由盐城市水资源规划及节约用水规划等成果分析, “十二五”期末全市综合万元产值用水量宜不超过在 146 m<sup>3</sup>/万元。根据盐城

市近年社会经济发展趋势以及国民经济预定目标, 区域国内生产总值目标值宜定为 3 600 亿元, 人均生产总值 42 000 元。图 1(a) 和图 1(b) 分别表示 2006 年—2012 年盐城市三产用水量及三产产值变化过程情况, 图 1(c) 为 2006 年—2012 年盐城市三产结构变化过程, 图 1(d) 为 2006 年—2012 年盐城市人口规模和人均生产总值变化过程。

将上述相关参数代入已建立的非线性规划模型式(3)–式(17), 并采用数学规划计算软件求解该模型, 可得盐城市“十二五”期末(2015)产业结构比重及其相应的用水定额等计算成果, 见表 2。

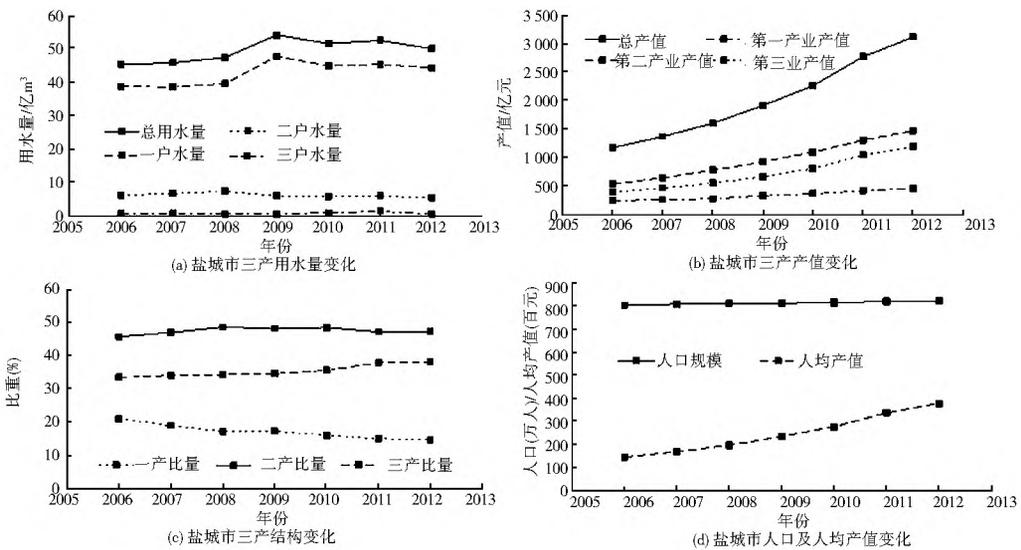


图 1 盐城市近年社会经济参数和用水量

Fig. 1 Yancheng's socioeconomic parameters and water consumption in recent years

由表 2 所列出的模型计算结果可见, 在满足用水总量控制指标, 以及预期的社会经济发展目标条件下, “十二五”期末, 盐城市三次产业结构比重应分别为 13.40%、48.39% 及 38.21%。相比 2012 年统计数值, 第一产业比重有所下降, 减少 8.34%; 而第二产业比重有所增加, 增长 2.5%; 第三产业比重几

乎保持不变, 仅增长 0.1%。同时, 第一产业万元产值用水量自 970.99 m<sup>3</sup> 减少为 958.29 m<sup>3</sup>, 下降 1.3%; 第二产业和第三产业万元产值用水量基本保持不变。由产业结构比重及其相应各产业的用水定额计算可知, 2015 年盐城市用水总量为 54 亿 m<sup>3</sup>, 可维持总量控制指标值。

表 2 规划期末年的模型计算值

Tab. 2 Model computation values of 2015 year

决策变量	GDP <sub>T</sub> /亿元	Y <sub>T</sub> /(元·人 <sup>-1</sup> )	P <sub>T</sub> /人	ΔW <sub>I</sub> <sup>1</sup> /亿 m <sup>3</sup>	ΔW <sub>S</sub> <sup>1</sup> /亿 m <sup>3</sup>	ΔW <sub>Y</sub> <sup>1</sup> /亿 m <sup>3</sup>	ΔW <sub>P</sub> <sup>1</sup> /亿 m <sup>3</sup>
模型计算值	3600	44857.3	816.67	-14.546	-8.180	25.092	0.035
决策变量	S <sub>1T</sub> (%)	S <sub>2T</sub> (%)	S <sub>3T</sub> (%)	I <sub>1T</sub> /(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	I <sub>2T</sub> /(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	I <sub>3T</sub> /(m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	用水总量/亿 m <sup>3</sup>
模型计算值	13.40	48.39	38.21	958.29	36.38	3.80	54.00

上述计算成果分析表明农业虽然仍为盐城市重要的基础产业, 但其用水量大, 且用水效率不高, 因此农业发展应以节水作为主导方向, 减少高耗水的种植业, 大力发展节水型设施农业、生态农业以及林牧渔业, 同时应将部分节余的水资源转用到其他产业, 实现水资源的高效配置和可持续利用。第二产业所占比例比较大, 对本区域国民经济发展起着举足轻重的

作用, 鉴于第二产业的增加值高于第一产业和第三产业, 对国民生产总值的贡献大, 到“十二五”期末的产业结构中, 仍要适当加大二产的比重, 但应通过内部结构调整, 减少或消除高耗水、高耗能和高污染的产业门类。第三产业目前对本地区水资源压力还比较小, 其产值一般较高, 在近期强化第二产业的同时, 应保持第三产业的稳定高效发展, 并根据本地第三产

业的特征,大力发展符合区域生态环境改善与维护,提高人民生活质量与健康水平的产业项目,这应该成为盐城市第三产业内部结构优化的重点。

## 4 结语

本文基于社会经济产业结构调整和水效率控制是社会水循环过程调控的重要基本措施这一认知,运用区域水资源利用驱动因素分析法与数学规划解析法相结合的手段,建立了江苏省沿海盐城市产业结构比重和用水定额的解析分析模型,为区域社会经济发展规划、产业结构调整以及水资源利用调控与预测等提供了一种定量分析方法。研究表明,在江苏省沿海开发战略引导下充分利用政策机遇是提升盐城市经济发展速度与质量的突破口,市域内必须具有意识超前、目标定位合理以及规划完善等良好基础,其建设与发展势必与整个区域的社会经济发展战略及资源开发利用等大环境相适应;在开发过程中,必须合理布局产业结构,严格限制发展高耗水产业,全力构建与水资源、水环境承载力相适应经济结构体系,加强节约用水,提高水资源利用效率。

### 参考文献(References):

- [1] 许新宜,王浩,甘泓,等.华北地区宏观经济水资源规划理论与方法[M].郑州:黄河水利出版社,1997.(XU Xir yi, WANG Hao, GAN Hong, et al. The theory and method of the water resources planning and macro economy in North China area[M]. The Yellow River Water Conservancy Press, 1997. (in Chinese))
- [2] 王书华,王忠静,熊雁晖.现代水资源规划若干问题及解决途径与技术方法(四)——水资源、宏观经济、生态环境系统耦合[J].海河水利,2003(4):15-18.(WANG Shu-hua, WANG Zhong-jing, XIONG Yan-hui. Some problems in modern water resources planning and their solutions and technical methods (4) [J]. Haihe Water Resources, 2003(4):15-18. (in Chinese))
- [3] 雷社平,解建仓,阮本清.产业结构与水资源相关分析理论及其实证[J].运筹与管理,2004(2):100-105.(LEI She ping, XIE Jiarcang, RUAN Benqing. Industrial structure and water resources related theory and the analysis of the empirical[J]. Operations Research and Management Science, 2004(2):100-105. (in Chinese))
- [4] 王浩,龙爱华,于福亮,等.社会水循环理论基础探析Ⅱ:定义内涵与动力机制[J].水利学报,2011,42(4):379-387.(WANG Hao, LONG Ai-hua, YU fu-liang, et al. The theory of social water cycle Ⅱ: definition and dynamic mechanism[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(4):379-387. (in Chinese))
- [5] 龙爱华,王浩,于福亮,等.社会水循环理论基础探析Ⅰ:科学问题与学科前沿[J].水利学报,2011,42(5):505-513.(LONG Ai-hua, WANG Hao, YU fu-liang, et al. The theory of social water cycle Ⅰ: Scientific topics and discipline frontier[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(5):505-513. (in Chinese))
- [6] Falkenmark M. Society's interaction with the water cycle a conceptual framework for a more holistic approach[J]. Hydrological Science Journal des Sciences Hydrology, 1997, 42(4):451-466.
- [7] Hardy M J, Kuczera G Coombes. Integrated urban water cycle management: the Urban Cycle model[J]. Water Science and Technology, 2005, 52(9):1-9.
- [8] Merrett S. Integrated water resources management and the hydro-social balance[J]. Water International, 2004, 29(2):148-157.
- [9] 王建华,王浩.社会水循环原理与调控[M].北京:科学出版社,2014.(WANG Jian-hua, WANG Hao. Principle and regulation of social water cycle[M]. Beijing: Science Press, 2014. (in Chinese))
- [10] 陈庆秋.珠江三角洲城市节水减污研究[M].北京:中国水利水电出版社,2006.(CHEN Qing-qiu. Research on pollution reduction and water saving of city in Pearl River Delta(M). Beijing: Chinese Water Conservancy and Hydropower Press, 2006. (in Chinese))
- [11] 钱正英,张光斗.中国可持续发展水资源战略研究[M].北京:中国水利水电出版社,2001.(QIAN Zheng-ying, ZHANG Guang-dou. Study on the strategy of sustainable development of water resources in China[M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2001. (in Chinese))
- [12] 张杰,熊必永,李捷.水健康循环原理与应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.(ZHANG Jie, XIONG Bi-yong, LI Jie. Principle and application of water health circulation[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2006. (in Chinese))
- [13] ANG B W. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method[J]. Energy Policy, 2004(32):1131-1139.
- [14] ANG B W, LIU F L. A new energy decomposition method: Perfect decomposition and consistent in aggregation[J]. Energy, 2001, 26(6):537-548.
- [15] SUN J W. Accounting for energy use in China, 1980-1994[J]. Energy, 1998(20):835-849.
- [16] CHUNBO M, David I S. China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis[J]. Energy Economics, 2008(30):1037-1053.
- [17] ZHAO X L, CHUNBO M, HONG D Y. Why did China's energy intensity increase during 1998-2006: Decomposition and policy analysis[J]. Energy Policy, 2010(38):1379-1388.
- [18] 贾绍凤,张士峰,夏军,等.经济结构调整的节水效应[J].水利学报,2004(3):111-116.(JIA Shao-feng, ZHANG Shi-feng, XIA Jun, et al. Effect of economic structure adjustment on water saving[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004(3):111-116. (in Chinese))
- [19] 孙才志,王妍.基于因素分解模型的辽宁省用水变化驱动力测度及时空分异[J].干旱区地理,2009,32(6):850-858.(SUN Cai-zhi, WANG Yan. Driving force measurement of water utilization change in Liaoning Province and analysis of their spatial-temporal difference based on factor decomposition model[J]. Arid Land and Geograph, 2009, 32(6):850-858. (in Chinese))
- [20] 张强,王本德,曹明亮.基于因素分解模型的水资源利用变动分析[J].自然资源学报,2011,26(7):1209-1216.(ZHANG Qiang, WANG Ben-de, CAO Ming-liang. Analysis of water resources utilization change based on factor decomposition model[J]. Journal of natural resources, 2011, 26(7):1209-1216. (in Chinese))
- [21] 盐城市统计局.盐城市统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2006-2012.(Yancheng City Bureau of Statistics. Yancheng Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2006-2012. (in Chinese))