

# 南京市水资源利用效率研究

林 昕<sup>1</sup>, 刘嘉熙<sup>2</sup>

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100; 2. 同济大学经济与管理学院, 上海 200092)

**摘要:**以南京市为研究对象,构建了南京市水资源利用效率评价指标体系。选用基于时间序列的 DEA 模型,分别对不考虑非期望产出情况的水资源利用效率和考虑非期望产出下的水资源利用效率进行测算。对比两种情况下的效率值,发现在环境约束下,考虑非期望产出的南京市水资源利用效率比不考虑非期望产出下的效率值提高了。引入环境效率概念,解释了其原因在于节能减排、环境治理工作取得成效、环境效率提高所致。

**关键词:**水资源;利用效率;时间序列 DEA 模型;环境效率;南京市

**中图分类号:**TV213.4      **文献标识码:**A      **文章编号:**1003-9511(2017)05-0023-05

水资源的可持续利用是社会经济可持续发展和生态环境健康的重要保障。南京市属于亚热带季风气候,2005—2013 年全市的年降水量均值为 1090.3 mm,水资源总量均值为 28.11 亿 m<sup>3</sup>,人均水资源量不足 290 m<sup>3</sup>。

实现社会可持续发展,解决当前水资源问题,是建设资源节约型、环境友好型社会的要求,其关键在于提高水资源利用效率。对南京市水资源利用效率进行研究,不仅对南京市实现可持续发展具有重要意义,也可为其他地区的水资源利用提供一定的借鉴。

## 1 水资源的内涵及研究发展

水资源的定义有广义和狭义之分,广义上是指对人类有直接或间接使用价值,能作为生产资料或生活资料的天然水体,狭义上指人类可以直接使用的用水。本文所研究的水资源是指可以被人类直接开发利用的,比如工业用水、农业用水、生活用水和生态用水。

国外很早就开始对资源利用效率进行研究。18 世纪初,有学者开始注意到人口与资源、环境问题。进入到 20 世纪,随着工业经济的发展,人口持续膨胀,水资源供需出现矛盾,水资源问题得到广泛关注,许多学者预言 21 世纪水问题将是最严重的全球性问题<sup>[1-2]</sup>。到了 20 世纪 90 年代,开始深层次讨论水资源可持续利用问题。国外学者对水资源利用效

率的研究很大程度上集中在农业水资源利用上,对工业用水、城市用水以及综合用水效率的研究相对较少。

我国对水资源问题越来越重视,对水资源利用的研究也越来越深入。但国内学者在对水资源利用效率进行评价时,更多侧重于经济发展与用水之间的关系,对不同地区采用的准则和方法也一样,缺少对各个地区经济发展以及自然地理、气候条件的综合考虑,同时也很少考虑到生态环境与用水效率之间的关系。

笔者在构建南京市水资源利用效率评价指标时,全面综合考虑了各种影响因素,将生态环境纳入到指标中,考虑了生产过程中的非期望产出 COD(化学需氧量)排放量,更真实地反映了南京市水资源利用效率。

## 2 南京市用水指标分析

南京虽处于沿江地区,但水资源时空分布不均,本地水资源不足,加之水环境遭到破坏,南京市水资源状况令人担忧,水资源利用效率相对较低,浪费情况较为严重,这将制约南京市的可持续发展。

有关用水指标有很多,本文选取万元 GDP 用水量、万元工业增加值用水量这两个有代表性的指标来分别代表综合用水、工业用水情况。南京市 2005—2013 年用水指标情况见表 1 和图 1。

作者简介:林昕(1993—),男,硕士研究生,主要从事工程管理研究。E-mail:609096188@qq.com

表 1 2005—2013 年南京市主要用水指标 m<sup>3</sup>

年份	万元 GDP 用水量	万元工业增加值用水量
2005	183.8	155.3
2006	152.3	143.1
2007	122.3	92.3
2008	109.8	92.5
2009	96.4	91.6
2010	92.5	75.9
2011	76.0	60.9
2012	60.1	49.8
2013	52.6	47.6

数据来源:2005—2013 年南京市水资源公报、南京统计年鉴

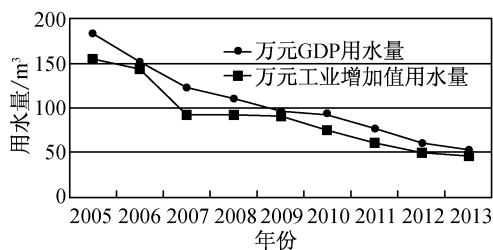


图 1 2005—2013 年南京市用水指标变化情况

由表 1 和图 1 可以看出:

(1) 从 2003 年开始,南京市的万元 GDP 用水量一直呈下降趋势,该指标可以反映一个地区的用水整体情况。一般情况来说,该值越小说明水资源利用效率越高。

(2) 南京市万元工业增加值用水量除有稍许波动之外,也一直呈下降趋势。万元工业增加值用水量是指一个地区在统计期内,工业新用水量与工业增加值的比值。万元工业增加值用水量呈下降趋势,说明南京市工业用水效率在逐步提高。

## 2 水资源利用效率测算指标体系

构建水资源利用效率评价指标应做到全面真实地反映出水资源利用情况。笔者根据以下 3 个原则构建水资源利用效率评价指标:科学性原则、全面性原则以及可操作性原则。

### 2.1 指标体系确立

在经济学中,一般认为资本、劳动力、资源是生产活动必不可少的三要素。结合上述原则,笔者欲从以下方面确定投入产出指标。

#### 2.1.1 投入指标

##### (1) 水资源投入指标

水资源利用效率评价的投入指标中选择用水总量,本文中的用水总量主要是每年新用水量,不包括重复利用水量,这样可以确保更真实地反映出用水情况。

##### (2) 资金投入指标

资金的投入对经济的快速发展有着重要作用,同时,充足的资金在供水和治污基础设施建设、保护生态环境等方面又起到关键作用。固定资产投资额对改善公众物质文化水平,进一步调整产业结构,扩大固定资产的再生产具有极大作用。本文选取全社会固定资产投资额作为水资源利用的资金投入指标。

##### (3) 劳动力投入指标

劳动力是经济生产中必不可少的生产要素,本文选取从业人数作为水资源利用的劳动力投入指标。从业人数是指从事一定劳动并合法取得劳动报酬的人数,可以用来反映一定时期内对劳动力资源的利用状况。

#### 2.1.2 产出指标

##### (1) 期望产出

资源的投入使用必定会带来经济效益,水资源的投入所带来的经济效益最直接的反映就是国民生产总值(GDP),本文选择 GDP 作为水资源利用的期望产出指标。大多数文献<sup>[3-6]</sup>在构建水资源利用效率评价指标体系时,都选择了 GDP 作为经济产出指标。在对农业水资源利用效率评价时选择 GDP 中的农业产值<sup>[7]</sup>,在对工业用水效率评价时用 GDP 中的工业产值作为产出指标<sup>[8]</sup>。

##### (2) 非期望产出

资源的利用会带来“好”的产出,但同时也会带来“坏”的产出,如污染物。水资源在利用的时候会带来经济的增长,同时也不能忽视带来环境污染,如工业废水和生活废水中的 COD(化学需氧量)、氨氮等污染物,这些就是非期望产出,给生态环境带来了破坏。考虑数据的可获性,本文选择 COD 排放量作为南京市水资源利用的非期望产出。

根据上述内容,笔者建立了南京市水资源利用效率评价指标体系(表 2)。

表 2 南京市水资源利用效率评价指标体系

评价指标	变量	单位
投入指标	固定资产投资额	亿元
	从业人员数	万人
	用水总量	亿 m <sup>3</sup>
产出指标	期望产出	GDP 亿元
	非期望产出	COD 排放量 万 t

### 2.2 时间序列 DEA 模型

本文所研究的是 2005—2013 年南京市水资源利用效率,是基于时间序列的,而 DEA 大多应用于对横截面数据的处理分析<sup>[9-11]</sup>,如果想要把 DEA 运用到分析时间序列数据,那么传统 DEA 就不适用,因为要无法假设在所有时间点上技术水平是

相同的。1999年, Lynde<sup>[12]</sup>等建立了一种基于时间序列的DEA模型来分析生产率和效率的变化情况。

用 $y_t \in R$ 来定义在时间点 $t$ 上的产出, 设生产 $y_t$ 需要 $m$ 种投入,  $x_t \in R^m$ 则表示生产 $y_t$ 的投入向量。用 $S = \{(y_t, x_t) : t = 1, 2, \dots, n\}$ 表示观察期 $n$ 个时间点内所有的投入和产出的生产可能集。同时设 $f: R^m \rightarrow R$ 为单调递增的凹函数, 参数 $\theta_t \in R, A_t \in R$ 及 $v_t \in R^m$ , 可以如下表示生产技术:

$$\begin{cases} y_t = f[\theta_t A_t(x_t - v_t)], t = 1, 2, \dots, n \\ 0 \leq \theta_t \leq 1, t = 1, 2, \dots, n \\ A_1 \leq A_2 \leq \dots \leq A_n = 1 \\ y_t \geq 0, x_t \geq 0, v_t \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: $v_t$ 为松弛变量; $A_t$ 为技术进步指数, 在 $t = n$ 时值为1,  $\theta_t = 1$ 表示时间 $t$ 时的所有投入利用的综合技术效率。当 $v_t = 0$ , 表示没有松弛变量,  $\theta_t = 1$ 表示综合技术效率为1, 即在现有的技术水平下, 投入资源充分利用。当 $v_t = 0$ 且 $\theta_t = 1$ 时, 函数可以变成 $y_t = f(A_t x_t)$ , 这是个不考虑资源利用中存在无效率的标准模型。值得注意的是, 方程1说明技术是不可逆的, 也就是说技术进步是与知识的积累相关的, 并且如果松弛变量为0, 资源被充分利用, 标准化 $A_n = 1$ , 得到 $y_t = f(x_t)$ 。因此可以把 $f$ 定义为最佳生产前沿面, 除非 $A_t = 1$ , 否则一般情况下这个前沿面在时间 $t < n$ 时不能得到, 也就是意味着在时期 $t$ 和 $n$ 之间内是不存在技术进步的。

在时间为 $t$ 时, 产出为 $y_t$ , 用 $u_t$ 表示投入的有效向量, 则 $u_t = \theta_t A_t x_t - \theta_t A_t v_t$ 。DEA方法是用数据包络来估计最佳生产前沿面 $f$ 和参数 $\theta_t, A_t$ 和 $v_t$ 。

$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ 表示输出矩阵,  $x_t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{mt})^T$ 表示在时间 $t$ 时 $m$ 种投入向量,  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 表示输出矩阵, 在规模报酬固定的前提下, 得到如下线性规划模型:

$$\begin{cases} \min \theta_t \\ \theta_t, \lambda_t \\ \text{s. t. } e^T \lambda_t \leq 1 \\ y^T \lambda_t \geq y_t \\ X^T \lambda_t \leq \theta_t x_t \\ \lambda_t \geq 0, \theta \text{ 无约束} \end{cases} \quad (2)$$

以上关于时间序列的DEA模型中没有考虑存在非期望产出的情况, 本文在借鉴该模型的基础上, 考虑非期望产出(badout)的弱可处置性, 给模型(2)加上线性约束条件, 用 $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)^T$ 表示非期望产出矩阵, 考虑非期望产出改进后的模型如下:

$$\begin{cases} \min \theta_t \\ \theta_t, \lambda_t \\ \text{s. t. } e^T \lambda_t \leq 1 \\ y^T \lambda_t \geq y_t \\ X^T \lambda_t \leq \theta_t x_t \\ \lambda_t \geq 0, \theta_t \text{ 无约束} \\ b^T \lambda_t = b_t \end{cases} \quad (3)$$

## 2.3 南京市水资源利用效率测算

### 2.3.1 不考虑非期望产出的南京市水资源利用的经济效率测算

#### (1) 投入产出指标相关性分析

考虑到DEA模型的限制条件, 必须对构建的投入产出评价指标体系进行合理化分析。本文采用eviews6.0对指标体系进行相关性分析, 确保指标体系中投入指标的变动必然会对产出产生影响, 这样才能对水资源利用效率进行科学有效的评价。

南京市2005—2013年水资源利用投入产出原始数据如表3所示。

表3 2005—2013年南京市水资源利用投入产出原始数据

年份	投入变量			产出变量
	固定资产投资额/亿元	从业人员数/万人	用水量/亿m <sup>3</sup>	GDP/亿元
2005	1402.72	316.69	44.30	2411.11
2006	1613.55	339.11	45.78	2773.78
2007	1867.96	367.81	42.33	3283.73
2008	2154.17	407.70	45.07	3814.62
2009	2668.03	407.70	40.77	4230.26
2010	3306.05	457.75	41.84	5012.64
2011	4010.03	468.34	46.65	6145.52
2012	4683.45	478.00	43.85	7201.57
2013	5265.55	481.20	42.11	8011.78

数据来源: 2005—2013年南京市水资源公报、南京统计年鉴

运用eviews6.0对投入指标和产出指标进行相关性分析, 分析结果如表4所示。

表4 投入产出指标相关性分析结果

产出	投入		
	固定资产投资额	从业人员数	用水量
GDP	0.997	0.949	0.194

由表4可以看出, 产出GDP与各项投入是正相关, 说明增加投入会带来经济产出的增加, 因此指标的选取是合理可行的。

#### (2) 效率测算

不考虑非期望产出时的南京市水资源利用效率即经济效率, 反映了资源投入使用带来的经济产出情况。

借助lingo11.0, 运用模型(2)对不考虑非期望产出的南京市水资源利用的效率进行测算, 结果如

表 5 所示。

表 5 不考虑非期望产出的南京市水资源利用的经济效率

年份	经济效率	$s_1^-$	$s_2^-$	$s_3^-$
2005	0.971	0.000	49.708	14.517
2006	0.971	0.000	32.742	11.677
2007	0.993	0.000	14.174	3.233
2008	1.000	0.000	0.000	0.000
2009	0.954	0.000	15.926	0.000
2010	0.941	0.000	36.676	0.000
2011	0.968	0.000	4.878	1.738
2012	0.996	0.000	9.099	0.996
2013	1.000	0.000	0.000	0.000
均值	0.977	0.000	18.134	3.608

注:表中平均值是指几何平均值, $s_1^-$ 为固定资产投资额的松弛变量, $s_2^-$ 为从业人数的松弛变量, $s_3^-$ 为用水量的松弛变量。

由表 5 可以看出,在不考虑非期望产出的情况下,南京市水资源利用效率均值为 0.977,整体水平较高,也就是说在同等投入下带来的经济产出水平较高。这 9 年间非 DEA 有效的年份达到 7 个,占样本总数的 77.78%。这 9 年水资源利用效率非 DEA 有效的原因是因为存在人力资源和用水资源的浪费,尤其是人力资源,南京拥有丰富的人力资源,但是资源没有得到合理配置,造成浪费。

### 2.3.2 考虑非期望产出的南京市水资源利用的综合效率测算

如果只考虑水资源利用带来的经济效益,不考虑在生产过程中的污染物给效率带来的影响,那样必定会造成不能真实反映水资源利用情况。本文将非期望产出纳入指标,具体选择了 COD 排放量这个指标。南京市 2005—2013 年 COD 排放量情况如表 6 和图 2 所示。

表 6 2005—2013 年南京市 COD 排放量情况 万 t

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
COD 排放量	15.16	14.9	14.07	13.51	12.72	12.12	9.55	10.89	10.3

数据来源:2005—2013 年南京市环境状况公报

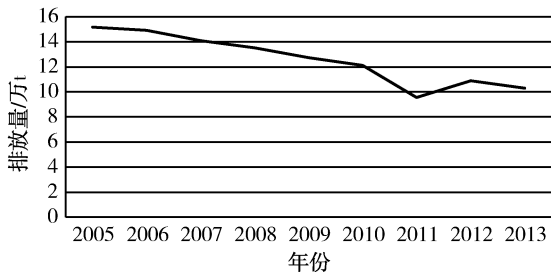


图 2 2005—2013 年南京市 COD 排放量趋势图

由图 2 可以看出,南京市 COD 排放量呈下降趋势,尤其是 2011 年 COD 排放量最低。这是因为 2011 年是“十二五”的第一年,南京市环境保护力度加强,用在环境保护上的直接投入达到了南京市生

产总值的 2.6% (159.53 亿元),对污染物的减排工作更加重视,污染物减排工作取得一定时效。

关于投入和产出指标之间的相关性分析,3.3.1 小节已作分析,产出指标和投入指标是合理可行的,此处可省略分析。

运用 lingo11.0 和模型(3)对南京市 2005—2013 年水资源利用综合效率进行测算,运算结果如表 7 的显示。

表 7 2005—2013 年考虑非期望产出的南京市水资源利用效率情况

年份	综合效率	$s_1^-$	$s_2^-$	$s_3^-$
2005	1.000	0.000	0.000	0.000
2006	1.000	0.000	0.000	0.000
2007	1.000	0.000	0.000	0.000
2008	1.000	0.000	0.000	0.000
2009	1.000	0.000	0.000	0.000
2010	0.975	16.457	25.499	0.000
2011	0.990	0.000	60.489	9.105
2012	0.996	0.000	9.838	1.094
2013	1.000	0.000	0.000	0.000
均值	0.996	1.829	10.647	1.133

由表 7 可以看出,2005—2013 年考虑非期望产出的情况下,南京市水资源利用综合效率均值为 0.996,整体水平较高。2005—2013 年 9 年间有 6 年综合效率达到 DEA 有效,投入和产出都达到最优。

从投入冗余来看,2010 年、2011 年、2012 年和 2013 年 DEA 无效,都存在投入冗余,这也是这几年 DEA 无效的原因。2010 年的固定资产投资额和从业人员数存在冗余,说明资金存在不合理配置,人力资源浪费。2011 年和 2012 年的从业人员数和用水量存在冗余,用水结构不合理,水资源使用浪费。南京市在发展过程中水资源和人力资源投入过多,投入不合理,可以减少对资源的投入,从而节约水资源。

### 2.3.3 南京市水资源利用的环境效率测算

环境效率是指本地的环境治理的政策、技术等因素对资源利用效率的影响。首先计算不考虑非期望产出下的经济效率  $\theta_1^*$ ,其次计算考虑非期望产出时的综合效率  $\theta_2^*$ ,接着得出环境效率  $SBMI_2 = \theta_1^* / \theta_2^*$ ,鉴于此,结合表 5 的经济效率和表 7 的综合效率,得出南京市水资源利用的环境效率(环境效率 = 经济效率/综合效率),结果如表 8 所示。

表 8 南京市水资源利用环境效率情况

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
效率值	0.971	0.971	0.993	1.000	0.954	0.965	0.978	1.000	1.000

数据来源:由表 5 和表 7 整理所得

表9 南京市水资源利用效率情况

年份	综合效率	经济效率	环境效率	平均效率
2005	1.000	0.971	0.971	0.981
2006	1.000	0.971	0.971	0.981
2007	1.000	0.993	0.993	0.995
2008	1.000	1.000	1.000	1.000
2009	1.000	0.954	0.954	0.969
2010	0.975	0.941	0.965	0.96
2011	0.99	0.968	0.978	0.979
2012	0.996	0.996	1.000	0.997
2013	1.000	1.000	1.000	1.000

注:平均效率是指经济效率、综合效率和环境效率的几何平均值

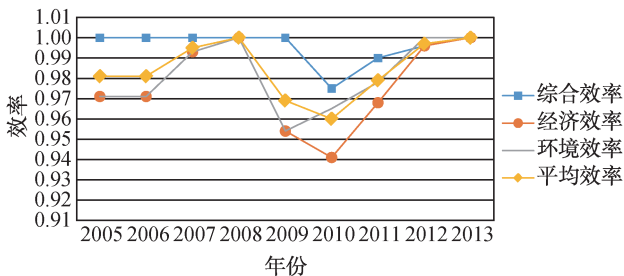


图3 不同效率对比图

由表8可以得出:2008年、2012年和2013年的环境效率为1,说明增加环境约束后对这3年的水资源利用效率测算分析没有影响;其余几年的环境效率都小于1,说明环境治理导致了投入资源的浪费,导致期望产出GDP的减少,也说明这几个年份环境治理对水资源利用效率的影响还有提升的潜力。

由表9和图3可以看出:

(1) 增加环境约束条件后,考虑非期望产出的水资源利用综合效率比不考虑非期望产出的水资源利用的经济效率有所提高,这是因为环境效率高,环境治理在发挥作用。南京市每年的COD和氨氮等污染物的减排量都在上升,减排工作进行顺利。同时,也说明南京市对原有粗放型经济 and 环境污染治理工作起到了一定作用。

(2) 从平均效率的波动趋势来看,波动较大,但是目前趋于上升趋势。南京市在经济发展追求GDP的同时,也要继续注重环保工作,加大对环境的治理投入。

综上所述,可以看出南京市在快速发展经济的同时也兼顾了环境的保护,走可持续发展道路。但是在取得同样的产出下可以减少资源的投入,资金、人力和水资源的利用还存在浪费,没有做到资源的充分利用。

### 3 政策建议

通过对南京市水资源利用效率的计算分析,结合当前南京市现状,笔者提出以下建议。

### 3.1 合理配置人力资源

从2.3.1的计算结果可知:南京市2005—2013年存在水资源利用效率非DEA有效的原因是因为存在人力资源和用水资源的浪费,尤其是人力资源浪费。南京市拥有丰富的人力资源,但是资源没有做到合理配置,造成浪费。资本的合理规划主要指对资金和人力资源的合理使用。南京市在人力资源使用上存在冗余,没有发挥最大效用。南京市人力资源丰富,但是光有量是不够的,需要提高劳动者的素质,将人力资源优势转化为经济优势。

### 3.2 调整用水结构,综合利用各类水资源

从2.3.2中的2011、2012两年间用水量存在冗余可以看出,南京市用水结构不尽合理,造成了水资源的浪费。南京市在发展过程中水资源投入过多,投入不合理,可以减少对资源的投入,从而节约水资源。

#### (1) 污水处理及中水回收利用

提高污水处理回收率,促使污水资源化。加大污水处理和重复利用,既增加了水资源的供应,又避免了生态环境的污染。在一定的社会经济发展阶段,生产、生活污水将会逐渐增大,污水资源化将是实现水资源可持续利用的关键因素,是维持社会、经济、资源、生态环境协调发展的重要措施。

#### (2) 雨洪的调蓄利用

南京雨洪水量大,通过工程措施调蓄利用雨洪水量,对缓解南京用水压力和提高水资源利用效率具有重大作用。

### 3.3 加大环境治理力度

2.3的分析结果表明:增加环境约束条件后,考虑非期望产出的水资源利用综合效率比不考虑非期望产出的水资源利用的经济效率有所提高,这是因为环境效率高,环境治理在发挥作用。在水资源利用、水资源保护和污染治理工作等方面需要用完善的法律去规范约束,不但要建立法规体系,还要根据实际情况的变化不断去完善,目的是为了在高效利用水资源的同时,降低环境污染,提高水资源利用效率,更好地去保障水资源可持续利用发展。

### 参考文献:

[1] GIBBONS D. The economic value of water[M]. Washington, D. C: Resources for the Future, 1986: 1-5.  
 [2] DIETER H, NAJMA R. Water regulation: the periodic review[J]. Fiseal Studies, 1994, 15(7): 74-94.  
 [3] 张浩文. 兰州市水资源利用效率研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2012.  
 [4] 马海良, 黄德春, 张继国, 等. 中国近年来水资源利用效率的省级差异: 技术进步还是技术效率[J]. 资源科学, 2012, 34(5): 794-801.

(下转第35页)

水服务市场负面清单制度,加快节水服务企业信用体系建设,褒扬诚信,惩戒失信,不断提高行业整体素质,确保节水服务产业有序发展。三是创新竞争机制。鼓励各类投融资平台及社会资本组建具有较强竞争力的专业化节水服务企业,积极开展用水评估、水平衡测试、节水设计、技术集成、节水改造、节水效率评估等技术服务。鼓励运用互联网+合同节水管理等方式,构建集节水信息发布、节水技术集成、节水产品推广、节水政策咨询等于一体的节水信息平台,有效推动节水服务产业有序发展,不断提高节水服务行业整体水平。

### 3.3 以点带面推动开展试点示范

合同节水管理是一种新的节水管理模式和投资方式,由于刚刚起步,可供借鉴的经验不足。《国民经济和社会发展第十三个五年规划刚要》明确提出实施100个合同节水管理试点,就是要通过3~5年的试点示范,激发市场活力,创建有利于全社会共同参与的节水新模式。在试点类型的选择上,结合全民节水行动计划、“十三五”水资源消耗总量和强度双控行动方案工作要求,建议首先选择公共机构、高效节水灌溉、供水管网漏损控制和水环境治理等领域先期开展合同节水管理试点示范。通过试点建立起可复制、易推广的不同类型合同节水管理模式,推动先进节水技术、工艺和产品应用,初步形成政府引导、市场主导的节水服务机制。

### 3.4 创新引领增加市场竞争活力

《国民经济和社会发展第十三个五年规划刚要》明确提出实施创新驱动发展战略,把大众创业、万众创新融入发展各领域各环节,打造发展新引擎。一是促进企业在节水技术和产品上创新,积极推动建立以企业为主体的节水技术创新体系。支持企业充分利用国家专项资金,牵头节水治污等关键技术攻关。鼓励骨干企业主导建立节水服务产业技术创新联盟,形成产学研结合平台,

集成推广先进技术和节水产品。二是推动国家科技推广服务体系在技术推广上创新。科技推广部门应积极开展节水技术和产品的评估和推广工作,及时制定国家鼓励和淘汰的节水工艺、技术和装备目录。三是促进节水服务企业在优质服务上创新,通过政府积极为符合条件的节水服务企业提供融资支持,提高节水服务企业的市场竞争能力,并鼓励节水服务企业通过创新提供最优的节水诊断、改造服务,最大幅度地提高水资源利用效率,进而促进自身竞争力不断提高。

## 4 结语

推行合同节水管理是我国国情、水情的客观要求。推行合同节水管理,有利于激发市场活力,充分调动全社会参与节水的积极性;有利于促进节水服务产业发展,培育新的经济增长点;有利于促进节水减排,提高用水效率,推动绿色发展,是落实节水优先、两手发力的重要举措。

### 参考文献:

[1] 苏征耀. 我国水资源形势及其应对策略[J]. 水资源研究, 2007(1):11-13.  
[2] 孙才志, 张蕾, 闫冬. 我国水资源安全影响因素与发展态势研究[J]. 水利经济, 2008, 26(1):1-4.  
[3] 褚俊英, 王建华, 秦大庸, 等. 我国节水型社会建设的模式研究[J]. 中国水利, 2006(23):36-39.  
[4] 常振华, 王萍蒋, 蒋海宁, 等. 构建节水型水价机制的思考[J]. 人力资源管理, 2011(10):180-182.  
[5] 刘德艳, 尹庆民. 基于修正 Shapley 模型的合同节水管理利益分配研究[J]. 水利经济, 2016, 34(3):53-58.  
[6] 王华, 卢顺光. 合同节水管理模式及其运行机制框架[J]. 中国水利, 2015(19):6-8.  
[7] 尹庆民, 刘德艳, 焦晓东. 合同节水管理模式发展与国外经验借鉴[J]. 节水灌溉, 2016(10):101-104.

(收稿日期:2017-06-28 编辑:陈玉国)

(上接第27页)

[5] 李红新. 辽宁省用水效率的时空变化分析及影响因素研究[D]. 大连:辽宁师范大学, 2008.  
[6] 廖虎昌. 基于 DEA 和 Malmquist 指数的西部 12 省水资源利用效率研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2011.  
[7] 佟金萍, 马剑锋, 王慧敏, 等. 农业用水效率与技术进步:基于中国农业面板数据的实证研究[J]. 资源科学, 2014, 36(9):765-1772.  
[8] 孙爱军, 董增川, 王德智. 基于时序的工业用水效率测算与耗水量预测[J]. 中国矿业大学学报, 2007, 36(4):547-553.  
[9] 廖虎昌, 董毅明. 基于 DEA 和 Malmquist 指数的西部 12

省水资源利用效率研究[J]. 资源科学, 2011, 33(2):273-279.  
[10] 买亚宗, 孙福丽, 石磊, 等. 基于 DEA 的中国工业水资源利用效率评价研究[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(11):42-47.  
[11] 姜博骞, 刘欣. 基于 DEA-Malmquist 的环渤海经济区水资源利用效率评价[J]. 资源开发与市场, 2015, 31(1):49-51.  
[12] LYNDE C, RICHMOND J. Productivity and efficiency in the UK: a time series application of DEA[J]. Economic Modelling, 1999, 16(1):105-122.

(收稿日期:2017-05-07 编辑:陈玉国)