

# 基于 AHP 和 GRA 的江阴市节水型社会建设综合评价

刘煜晴<sup>1</sup>, 沙晓军<sup>2</sup>, 袁艳梅<sup>1</sup>, 栾慕<sup>1</sup>, 刘俊<sup>1</sup>

(1. 河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 江阴市水资源管理办公室, 江苏 江阴 214400)

**摘要:** 从节水效率、节水管理、节水保障、创新性工作 4 个方面, 建立了江阴市节水型社会评价指标体系, 并对其节水型社会建设进行了阶段划分。运用层次分析法确定评价指标权重, 结合灰色关联分析法建立了江阴市节水型社会建设综合评价模型。结果表明: 江阴市节水型社会建设总体已处于优秀阶段, 其中工业用水重复利用率、水平衡测试率、节水型载体覆盖率、地表水功能区水质达标率、地下水管理水平处于良好阶段, 城市供水管网漏损率和用水定额达标率仍处于中等水平, 城市再生水回用率还只是初级阶段。研究结果可以科学反映江阴市节水型社会建设水平, 并指导节水型社会建设工作的进一步实施, 同时对其他城市建设节水型社会也具有一定的借鉴意义。

**关键词:** 节水型社会; 综合评价; 灰关联分析法; 层次分析法; 江阴市

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2016)06-0239-05

## Comprehensive evaluation of water saving society construction in Jiangyin City based on AHP and GRA

LIU Yuqing<sup>1</sup>, SHA Xiaojun<sup>2</sup>, YUAN Yanmei<sup>1</sup>, LUAN Mu<sup>1</sup>, LIU Jun<sup>1</sup>

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Water Management Office of Jiangyin, Jiangyin 214400, China)

**Abstract:** The water – saving society evaluation index system of Jiangyin city was established from four aspects of water saving efficiency, water saving management, water saving protection and innovative work, and the construction of water saving society has also carried on the stage division. Through the determination of the weight of evaluation index by AHP, a comprehensive water saving society construction evaluation model based on the grey relational analysis method was established in Jiangyin city. The results showed that: the construction of water – saving society in Jiangyin had been generally in excellent stage. The industrial water recycling rate, water balance test rate, water saving carrier coverage rate, surface water quality compliance rate of functional areas and groundwater management level were all in good stage. The leakage rate of city water supply pipe network and water quota compliance rate were still at a medium level. Urban regeneration water reuse rate was only at the primary stage. The results can scientifically reflect the level of water saving society construction in Jiangyin City, guide the further implementation of water – saving society construction object, and also have reference significance for other cities building water – saving society.

**Key words:** water-saving society; comprehensive evaluation; grey relational analysis; analytic hierarchy process; Jiangyin City

## 1 研究背景

水资源短缺问题越来越成为制约我国社会经济可持续发展的瓶颈。建设节水型社会不仅能够有效

改善水资源短缺状况, 还可以减少水污染, 缓解水环境压力。了解节水型社会建设现状, 对节水型社会建设成果进行科学评价, 是制定切实可行的节水措施和政策的基础。

收稿日期: 2016-06-14; 修回日期: 2016-08-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41471015)

作者简介: 刘煜晴(1992-), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 研究方向为城市水资源配置。

通讯作者: 刘俊(1968-), 男, 安徽当涂人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市水资源配置。

目前关于节水型社会建设评价已有不少研究:王曦等<sup>[1]</sup>运用层次分析法对成都平原某市进行了节水型社会建设评价。颜志衡等<sup>[2]</sup>建立了节水型社会的模糊层次评价模型,并在西藏年楚河流域进行了应用研究。车娅丽等<sup>[3]</sup>应用PSR模型建立了以综合评价城市节水型社会建设水平为目标的节水型社会建设评价指标体系,并运用主成分分析法对扬州市节水型社会建设水平进行了综合评价。赵世雯等<sup>[4]</sup>采用物元分析法建立指标体系,并运用因素贡献率计算权重,对上海市节水型社会建设效果进行了评价。李艳等<sup>[5]</sup>提出了基于层次分析法赋权的TOPSIS评价方法,并运用此方法对广东省节水型社会建设进行了评价。

可见,层次分析法和模糊评价法已得到广泛的应用,主成分分析法和物元分析法等也已经被应用于评价中,但适用性不强。本文在建立江阴市节水型社会评价指标体系并对节水型社会建设进行阶段划分的基础上,运用层次分析法确定评价指标权重,结合灰色关联分析法构建了江阴市节水型社会建设综合评价模型,并对江阴市节水型社会建设现状进行评价。

## 2 评价方法

本次研究综合运用灰色关联分析法(GRA)和

$$Y_0(k) = \begin{cases} 1 & X_0(k) \geq X_{\max}(k) \\ \frac{X_0(k) - X_{\min}(k)}{X_{\max}(k) - X_{\min}(k)} & X_{\min}(k) \leq X_0(k) \leq X_{\max}(k) \\ 0 & X_0(k) \leq X_{\min}(k) \end{cases} \quad (1)$$

$$Y_i(k) = \frac{X_i(k) - X_{\min}(k)}{X_{\max}(k) - X_{\min}(k)} \quad (2)$$

对成本型指标,即数值越小越优的指标,标准化方法为:

$$Y_0(k) = \begin{cases} 1 & X_0(k) \leq X_{\min}(k) \\ \frac{X_{\max}(k) - X_0(k)}{X_{\max}(k) - X_{\min}(k)} & X_{\min}(k) \leq X_0(k) \leq X_{\max}(k) \\ 0 & X_0(k) \geq X_{\max}(k) \end{cases} \quad (3)$$

$$Y_i(k) = \frac{X_{\max}(k) - X_i(k)}{X_{\max}(k) - X_{\min}(k)} \quad (4)$$

(3) 计算绝对差序列。

$$\Delta_{0i}(k) = |Y_i(k) - Y_0(k)| \quad (5)$$

(4) 计算关联系数。

$$\xi_{0i}(k) =$$

$$\frac{\min_i(\min_k(\Delta_{0i}(k))) + \rho \max_i(\max_k(\Delta_{0i}(k)))}{\Delta_{0i}(k) + \rho \max_i(\max_k(\Delta_{0i}(k)))} \quad (6)$$

层次分析法(AHP)对江阴市节水型社会建设进行评价,在依据层次分析法确定各指标权重的基础上,采用灰色关联分析法对指标数据进行综合评价。

### 2.1 层次分析法

本文选择层次分析法确定指标权重。该方法具有系统、简洁实用、所需定量数据信息较少等特点。具体步骤<sup>[6-7]</sup>如下:

(1)建立层次分析模型。从上到下一般是目标层、准则层和方案层;(2)构造两两比较判断矩阵。采用1-9级标度方法进行思维判断数量化;(3)各指标相对权重计算;(4)一致性检验。

### 2.2 灰色关联分析法

灰色关联分析<sup>[8]</sup>是灰色系统理论的一个分支,其基本思想是根据参考序列和比较序列曲线几何形状的相似程度来判断其关联度的大小。灰关联分析的基本步骤如下:

(1)确定参考序列 $X_0(k)$ 和比较序列 $X_i(k)$ ,以评价区域各指标值为参考序列,以评价阶段各指标标准值为比较序列。

(2)序列标准化。评价指标类型、量纲和单位不同会给评价带来影响,因此运用极差变换法<sup>[9]</sup>对序列进行标准化处理以消除影响。

对效益型指标,即数值越大越优的指标,标准化方法为:

式中: $\rho$ 为分辨系数, $\rho \in (0,1)$ ,一般取0.5。

(5)计算各准则层指标的关联度,并列出关联序。关联度最大的阶段即为该准则层所在的阶段。各准则层指标关联度计算公式如下:

$$\gamma_{0i}(j) = \sum_{k=1}^n w(k) \xi_{0i}(k) \quad (7)$$

式中: $w(k)$ 为由层次分析法得出的各准则层指标权重值。

(6) 综合评价整合节水型社会建设所处阶段。计算总加权关联度,列出关联序。关联度最大的阶段即为节水型社会建设所处阶段。总加权关联度计算公式如下:

$$R_{0i} = \sum_{j=1}^n w(j) \gamma_{0i}(j) \quad (8)$$

式中: $w(j)$  为层次分析法得出的各准则相对于目标层的权重值。

### 3 江阴市节水型社会建设综合评价

#### 3.1 研究区域概况

江阴市位于江苏省南部,长江三角洲太湖平原北端,是“苏锡常”金三角的几何中心。江阴市地处江南水乡,但本地水资源并不十分丰富,多年平均水资源可利用总量仅为  $5.31 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,而年取用水量达到  $20 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,几乎是多年平均水资源可利用总量的4倍。因此江阴取水必须依靠丰富的长江水资源,目前长江供水量占总供水量的80%以上。江阴

市水质监测为V类及劣V类的水功能区水体超过50%,水质型缺水制约了江阴市经济社会的可持续发展。建设节水型社会是解决江阴市水资源短缺问题的重要举措。

#### 3.2 节水型社会评价指标体系构建及阶段划分

节水型社会涉及多种因素、多个方面,决定了节水型社会评价必然是多指标综合评价。而多指标综合评价的前提是具有科学合理的评价指标体系。本文参考文献[10],依据科学性、全面性、系统性、可操作性等指标体系设置原则<sup>[11]</sup>,提出江阴市节水型社会评价指标体系。文献[10]只是对指标内涵给出具体解释,并未涉及各个指标、各个阶段标准的衡量。本文参考国内外有关节水指标先进值<sup>[12-14]</sup>,将节水型社会分为起步、初级、中等、良好和优秀五个阶段,并给出各阶段划分的标准。为与定量指标相一致,将定性指标量化后按0~10进行标准阶段划分<sup>[13]</sup>。节水型社会评价指标体系及阶段划分见表1。

表1 节水型社会评价指标体系及阶段划分

目标层	准则层	指标层	阶段划分				
			起步	初级	中等	良好	优秀
节水型社会建设水平综合评价 A	节水效率 B <sub>1</sub>	单位地区生产总值用水量 $C_1 / (\text{m}^3 \cdot \text{万元}^{-1})$	> 500	300 ~ 500	120 ~ 300	50 ~ 120	< 50
		农田灌溉水利用系数 $C_2 / \%$	< 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 60	> 60
		单位工业增加值用水量 $C_3 / (\text{m}^3 \cdot \text{万元}^{-1})$	> 108	108 ~ 70	70 ~ 40	40 ~ 30	< 30
		工业用水重复利用率 $C_4 / \%$	< 30	30 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 90	> 90
		城市供水管网漏损率 $C_5 / \%$	> 30	20 ~ 30	10 ~ 20	5 ~ 10	< 5
	节水管理 B <sub>2</sub>	计划用水率 $C_6 / \%$	< 35	35 ~ 55	55 ~ 75	75 ~ 95	> 95
		水平衡测试率 $C_7 / \%$	< 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 60	> 60
		用水定额达标率 $C_8 / \%$	< 30	30 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 90	> 90
		节水型器具普及率 $C_9 / \%$	< 30	30 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 90	> 90
		节水型载体覆盖率 $C_{10} / \%$	< 10	10 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	> 60
		城市污水处理率 $C_{11} / \%$	< 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	> 80
		城市再生水回用率 $C_{12} / \%$	< 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	> 80
		非传统水源利用率 $C_{13} / \%$	< 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	> 5
	节水保障 B <sub>3</sub>	地表水功能区水质达标率 $C_{14} / \%$	< 45	45 ~ 55	55 ~ 65	65 ~ 70	> 70
		地下水管理水平 $C_{15}$	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10
管理制度建设 $C_{16}$		0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	
管理能力 $C_{17}$		0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	
创新性工作 B <sub>4</sub>	节水宣传 $C_{18}$	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	
	投入水平 $C_{19}$	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	
	创新性工作 $C_{20}$	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	

### 3.3 层次分析法确定指标权重

根据构建的江阴市节水型社会评价指标体系,建立江阴市节水型社会建设评价层次分析模型。采用1-9级标度法构造判断矩阵,根据各项指标相对重要性的两两比较,构建得出层次分析判断矩阵如下:

$$B_1 = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ C_1 & 1 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ C_2 & 0.3 & 1 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \\ C_3 & 1 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ C_4 & 0.3 & 3 & 0.3 & 1 & 1 \\ C_5 & 1 & 5 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 & C_{10} & C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} \\ C_6 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 5 & 1 & 5 \\ C_7 & 0.3 & 1 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 1 & 1 & 0.3 & 0.3 \\ C_8 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 3 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ C_9 & 1 & 5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ C_{10} & 1 & 5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ C_{11} & 1 & 3 & 0.3 & 1 & 1 & 1 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ C_{12} & 0.3 & 1 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 1 & 3 & 0.3 & 1 \\ C_{13} & 0.2 & 1 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 1 & 0.2 & 1 \\ C_{14} & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 5 & 1 & 3 \\ C_{15} & 0.2 & 3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 1 & 1 & 0.3 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B_3 = \begin{pmatrix} & C_{16} & C_{17} & C_{18} & C_{19} \\ C_{16} & 1 & 3 & 4 & 2 \\ C_{17} & 0.3 & 1 & 3 & 3 \\ C_{18} & 0.25 & 0.3 & 1 & 1 \\ C_{19} & 0.5 & 0.3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 \\ B_1 & 1 & 0.2 & 1 & 3 \\ B_2 & 5 & 1 & 3 & 3 \\ B_3 & 1 & 0.3 & 1 & 3 \\ B_4 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 1 \end{pmatrix}$$

利用 AHP 专业软件(yaahp0.6.0),输入所构建的判断矩阵,进行一致性检验,通过计算得到各准则层指标权重值及准则层对目标层的权重值。结果如下:节水效率层  $B_1$  各指标  $C_1 \sim C_5$  权重分别是 0.274,0.066,0.274,0.142,0.244; 节水管理层  $B_2$  各指标  $C_6 \sim C_{15}$  权重分别是 0.147,0.036,0.148,0.139,0.139,0.119,0.055,0.036,0.139,0.042; 节水保障层  $B_3$  各指标  $C_{16} \sim C_{19}$  权重分别是 0.470,0.280,0.114,0.136。

各准则层  $B_1 \sim B_4$  对目标层  $A$  的权重分别是

0.179,0.528,0.204,0.089。

### 3.4 灰色关联分析法

3.4.1 标准化处理 根据江阴市节水型社会评价指标体系,收集相关资料,查找和计算出 2015 年江阴市各指标值,作为参考序列。以评价阶段各指标标准值为比较序列,对参考序列及比较序列进行标准化。江阴市节水型社会建设指标值及评价指标标准值标准化结果见表 2。

表 2 江阴市节水型社会建设指标值及评价指标标准值标准化结果

评价 指标	江阴市 各指标值	评价指标标准值				
		起步	初级	中等	良好	优秀
$C_1$	1	0	0.222	0.644	0.922	1
$C_2$	1	0	0.125	0.375	0.750	1
$C_3$	1	0	0.244	0.679	0.936	1
$C_4$	0.818	0	0.167	0.500	0.833	1
$C_5$	0.594	0	0.200	0.600	0.900	1
$C_6$	0.919	0	0.167	0.500	0.833	1
$C_7$	0.819	0	0.125	0.375	0.750	1
$C_8$	0.641	0	0.167	0.500	0.833	1
$C_9$	1	0	0.167	0.500	0.833	1
$C_{10}$	0.831	0	0.100	0.400	0.800	1
$C_{11}$	1	0	0.167	0.500	0.833	1
$C_{12}$	0.178	0	0.167	0.500	0.833	1
$C_{13}$	1	0	0.167	0.500	0.833	1
$C_{14}$	0.868	0	0.200	0.600	0.900	1
$C_{15}$	0.725	0	0.250	0.500	0.750	1
$C_{16}$	1	0	0.250	0.500	0.750	1
$C_{17}$	1	0	0.250	0.500	0.750	1
$C_{18}$	1	0	0.250	0.500	0.750	1
$C_{19}$	1	0	0.250	0.500	0.750	1
$C_{20}$	0.900	0	0.250	0.500	0.750	1

3.4.2 关联度计算 采用公式(5)计算参考序列与比较序列的绝对差,再根据公式(6)计算关联系数,关联系数最大的阶段则判定为该指标所达到的阶段。关联系数计算结果见表 3。

根据得到的各准则层指标权重值及准则层对目标层的权重值,采用公式(7)、(8)分别计算各准则层关联度及总加权关联度。关联度最大的阶段则判定为该准则层所达到的阶段。关联度计算结果见表 4。

### 3.5 评价结果分析

根据表 3 可知,从各项指标来看,江阴市 20 项指标中 12 项处于优秀水平,工业用水重复利用率、水平衡测试率、节水型载体覆盖率、地表水功能区水质达标率、地下水管理水平处于良好阶段,城市供水

管网漏损率和用水定额达标率仍处于中等水平,城市再生水回用率还只是初级阶段。

表 3 关联系数计算结果

评价指标	起步	初级	中等	良好	优秀	阶段判定
$C_1$	0.333	0.391	0.584	0.865	1.000	优秀
$C_2$	0.333	0.364	0.444	0.667	1.000	优秀
$C_3$	0.333	0.398	0.609	0.886	1.000	优秀
$C_4$	0.379	0.434	0.611	0.971	0.733	良好
$C_5$	0.457	0.559	0.989	0.621	0.552	中等
$C_6$	0.352	0.399	0.544	0.853	0.861	优秀
$C_7$	0.379	0.419	0.530	0.879	0.734	良好
$C_8$	0.438	0.513	0.780	0.722	0.582	中等
$C_9$	0.333	0.375	0.500	0.750	1.000	优秀
$C_{10}$	0.376	0.406	0.537	0.941	0.748	良好
$C_{11}$	0.333	0.375	0.500	0.750	1.000	优秀
$C_{12}$	0.737	0.977	0.609	0.433	0.378	初级
$C_{13}$	0.333	0.375	0.500	0.750	1.000	优秀
$C_{14}$	0.365	0.428	0.651	0.940	0.791	良好
$C_{15}$	0.408	0.513	0.690	0.952	0.645	良好
$C_{16}$	0.333	0.400	0.500	0.667	1.000	优秀
$C_{17}$	0.333	0.400	0.500	0.667	1.000	优秀
$C_{18}$	0.333	0.400	0.500	0.667	1.000	优秀
$C_{19}$	0.333	0.400	0.500	0.667	1.000	优秀
$C_{20}$	0.357	0.435	0.556	0.769	0.833	优秀

表 4 关联度计算结果

准则层	起步	初级	中等	良好	优秀
节水效率	0.370	0.438	0.684	0.813	0.853
节水管理	0.389	0.451	0.589	0.810	0.795
节水保障	0.333	0.400	0.500	0.667	1.000
创新性工作	0.535	0.474	0.394	0.375	1.000
总加权关联度	0.387	0.440	0.571	0.743	0.865

由表 4 各准则层关联度大小可知,目前江阴市节水管理工作尚处于良好阶段,节水效率、节水保障和创新性工作均已达到优秀。总体加权关联度最大的是优秀阶段,说明江阴市节水型社会建设综合评价结果为优秀。这与江阴市通过国家住建部和发改委的“国家节水型城市”联合评审的实际相符合,验证了该体系方法的有效性和实用性。

在下一步工作中,江阴市应进一步加强管理,开展节水生产技改和水平衡测试工作,加强水环境治理,推进供水管网改造,重视非常规水源利用,争取在工业用水重复利用、水平衡测试、节水型载体、地表水功能区水质、地下水管理水平,特别是城市供水管网漏损、用水定额和城市再生水回用等方面有所突破。

## 4 结 论

本次研究依据江阴市节水型社会建设特点,建立了江阴市节水型社会评价指标体系,并进行了节水型社会建设阶段划分。在选用层次分析法确定指标权重的基础上,结合灰色关联分析法建立了江阴市节水型社会综合评价模型。评价结果显示江阴市节水型社会建设总体已处于优秀阶段,而在节水管理方面尚需进一步加强工作。评价结果符合实际,适用性较好,对其他城市进行节水型社会建设评价具有一定的参考价值。节水是一个动态的过程,在后续研究中,节水型社会评价指标及阶段划分标准应随着社会经济的发展进行适当调整,以适应节水型社会建设的不断发展。

### 参考文献:

- [1] 王曦,张永丽,陈康.基于 AHP 的节水型社会建设评价[J].人民黄河,2012,34(6):80-82.
- [2] 颜志衡,袁鹏,黄艳,等.节水型社会模糊层次评价模型研究[J].水电能源科学,2010,28(4):35-39.
- [3] 车娅丽,徐慧,龚李莉,等.基于 PSR 模型和主成分分析法的节水型社会建设评价[J].水电能源科学,2014,32(7):124-127.
- [4] 赵世雯,唐德善.上海市节水型社会建设效果评价[J].南水北调与水利科技,2014,12(6):173-176.
- [5] 李艳,陈晓宏,张鹏飞.基于 TOPSIS 法的广东省节水型社会建设评价[J].人民珠江,2014,35(3):1-3.
- [6] 张丹.节水型社会评价指标体系构建研究[D].西安:长安大学,2013.
- [7] 余莹莹.区域节水型社会建设综合评价研究[D].扬州:扬州大学,2007.
- [8] 杨建仁,刘卫东.基于灰色关联分析和层次分析法的新工业水平综合评价——以中部六省为例[J].数学的实践与认识,2011,41(2):122-132.
- [9] 高军省.灰色关联分析法在节水灌溉工程投资决策中的应用[J].长江大学学报(自然版),2011,8(1):16-17.
- [10] 南京水利科学研究所,水利部水资源司,水利部水资源中心.节水型社会评价指标体系和评价方法(GB/T28284-2012)[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [11] 张熠,王先甲.节水型社会建设评价指标体系构建研究[J].中国农村水利水电,2015(8):118-120.
- [12] 陈莹,赵勇,刘昌明.节水型社会评价研究[J].资源科学,2004,26(6):83-89.
- [13] 郭巧玲,杨云松.节水型社会建设评价——以张掖市为例[J].中国农村水利水电,2008(5):25-30.
- [14] 郭艳,朱记伟,刘建林,等.陕西省节水型社会建设试点城市评价及对比分析[J].中国农村水利水电,2015(5):31-34.