

DOI: 10. 20040/j. cnki. 1000-7709. 2023. 20221458

# 大型灌区农作物灌溉水经济价值估算及影响因素分析

韩运红<sup>1</sup>, 李文秀<sup>2</sup>, 陈昊荣<sup>1</sup>

(1. 中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510000; 2. 广州医科大学财务处, 广东 广州 511400)

**摘要:** 以云南省石屏大型灌区为例, 通过效益分摊系数法和剩余价值法分析了灌区内农作物灌溉水经济价值和影响因素, 发现经济作物和水果的灌溉水经济价值高于粮食作物, 同时建议在灌区规划时推荐采用效益分摊系数法计算效益, 结果可指导类似灌区规划, 助力于高标准现代化灌区建设。

**关键词:** 大型灌区; 效益分摊系数法; 剩余价值法; 灌溉水经济价值; 影响因素

中图分类号: TV213.9

文献标志码: A

文章编号: 1000-7709(2023)01-0159-04

## 1 概况

石屏大型灌区位于云南省红河州中部, 涉及石屏、建水 2 县, 为红河州高原特色农业和国家现代农业示范区, 灌区设计灌溉面积  $4.536 \times 10^8 \text{ m}^2$ 。灌区所处地理位置优越, 具有发展高原特色农业得天独厚的自然条件和生态环境, 灌区内地势平坦、土地肥沃、光热条件好、日照长、气温高、积热多, 特别适合高原热带、亚热带特色农作物种植和生长。根据灌区种植结构调查, 石屏大型灌区主要种植农作物有水稻、玉米、豆类、烤烟、洋葱、马铃薯、蔬菜及各种特早熟水果等; 且灌区内部分灌片因地制宜发展高效节水灌溉面积约  $2.102 \times 10^8 \text{ m}^2$ 。灌溉水经济价值指的是水资源被分配到农业生产中所创造的经济价值<sup>[1]</sup>, 当灌溉水经济价值高于农业水价时, 农户能从使用水资源中获得超额利润; 当灌溉水经济价值低于农业水价时, 农户使用水资源的成本高于其创造的经济价值, 农户节水意识提高或通过调整作物种植结构来获得超额利润。目前, 灌溉水经济价值的研究方法主要有选择试验法、剩余价值法、生产函数法和效益分摊系数法等。RIGBY D 等<sup>[2]</sup>通过选择试验法分析西班牙不同地区灌溉水经济价值, 发现缺水地区灌溉水经济价值高于丰水地区; 刘维哲等<sup>[1]</sup>通过剩余价值法计算了陕西关中地区不同作物的灌溉水经济价值, 并发现经济作物苹果的灌溉水经济价值高于粮食作物小麦和玉米,

还发现作物类型和灌溉方式为影响灌溉水经济价值的主要因素; 张秋平等<sup>[3]</sup>采用 C-D 生产函数研究黄淮海地区粮食农作物的水经济价值, 发现各省(市)粮食农作物经济价值略有差别, 平均经济价值为  $1.02 \text{ 元/m}^3$ ; 甘泓等<sup>[4]</sup>以海河流域为例, 通过 3 种方法计算种植业、第二和第三产业的水经济价值, 认为效益分摊系数法相对合理。根据已有研究成果, 选择试验法易受到农户主观认知偏差和灌溉用水政策的影响<sup>[1]</sup>; 生产函数需假设函数形式, 易受到函数设定偏差的影响<sup>[1]</sup>; 剩余价值法不仅可避免选择试验法、生产函数法两种方法对计算结果的影响, 还具有资料获取容易、可操作性强等优点, 但在国内实际灌区规划中应用较少; 效益分摊系数法主要通过获取生产要素的代价比例进行贡献分摊<sup>[4]</sup>, 计算结果相对稳定, 在我国应用广泛, 同时该方法也是《水利建设项目经济评价规范》(SL 72-2013)<sup>[5]</sup>中计算灌溉效益的指定方法。因此, 本文选择效益分摊系数法和剩余价值法研究了云南省石屏大型灌区农作物灌溉水经济价值, 分析两种方法的适用性, 同时估算粮食作物、经济作物和水果的灌溉水经济价值, 确定了灌溉水经济价值的影响因素。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

降水、温度、风速、日照时数、水汽压等气象数据主要通过收集建水、石屏气象站资料获得; 灌溉

收稿日期: 2022-07-15, 修回日期: 2022-08-17

基金项目: 2022 年中水珠江规划勘测设计有限公司科研项目(2022KY09)

作者简介: 韩运红(1989-), 女, 硕士、工程师, 研究方向为水利规划与水利经济, E-mail: 1275519530@qq.com

面积  $A_i$  和种植结构统计数据由农业、水利等部门提供,并经实地踏勘分析确定;主要农作物单位价格  $P_i$ 、灌溉后产量  $Y_i$ 、各项农作物总投入成本(种子、化肥、农药、人工、土地、机械等)通过查阅《红河哈尼族彝族自治州统计年鉴》(2015~2020年)、《建水县社会经济统计资料》(2015~2016年)、《石屏县领导干部经济工作手册》(2015~2016年)等获得,对于年鉴中不全的数据(如成本、雨养产量  $Y_0$  等)通过直接对灌区内农户询问获得。

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 效益分摊系数法

效益分摊系数法基于灌溉范围内农作物分摊的效益和作物灌溉需水量估算农作物的灌溉水经济价值,具体计算公式<sup>[6]</sup>为:

$$E_{EVW,ir,i}^1 = \frac{T_{TVW,ir,i}}{Q_i} = \frac{T_{TVW,ir,i}}{T_{TGIWR_i}} = \frac{T_{TVW,ir,i}}{G_{GIWR_i}A_i} \quad (1)$$

式中,  $E_{EVW,ir,i}^1$  为作物  $i$  的灌溉水经济价值;  $i$  为作物种类;  $T_{TVW,ir,i}$  为作物  $i$  的灌溉分摊效益;  $Q_i$  为作物  $i$  的灌溉总水量;  $T_{TGIWR_i}$  为作物  $i$  的灌溉总需水量;  $G_{GIWR_i}$  为作物  $i$  的单位灌溉水量;  $A_i$  为作物  $i$  的灌溉区域面积。

(1)灌溉需水量  $T_{TGIWR_i}$ 。灌溉需水量通过灌溉净定额、灌溉面积和灌溉水利用系数进行计算,具体公式为:

$$T_{TGIWR_i} = G_{GIWR_i}A_i = A_iM_i/\eta \quad (2)$$

式中,  $M_i$  为作物  $i$  的灌溉净定额;  $\eta$  为灌溉水利用系数。

作物灌溉净定额用作物系数法计算各类作物的需水量,然后按水量平衡法计算各类作物各生育期的灌水量  $m$ ,相加得到各类作物灌溉净定额  $M$ 。

(2)灌溉分摊效益  $T_{TVW,ir,i}$ 。灌溉分摊效益计算公式为:

$$T_{TVW,ir,i} = \epsilon_i(Y_i - Y_0)P_iA_i/T_{TGIWR_i} \quad (3)$$

式中,  $\epsilon_i$  为作物  $i$  的灌溉效益分摊系数;  $Y_i$  为灌溉后作物  $i$  的单位年产量;  $Y_0$  为只靠雨水灌溉的作物  $i$  的单位年产量;  $P_i$  为作物  $i$  的单位价格。

(3)灌溉效益分摊系数  $\epsilon_i$  确定。灌溉效益分摊系数  $\epsilon_i$  是指由于灌溉增产的效益在综合措施(水利、种子、技术等措施)下进行效益分摊。研究发现,  $\epsilon_i$  与农作物对水的依赖程度(灌水量)、农作物生长期的降水量、降水过程、灌区受益时间、节水技术有关,一般对灌溉依赖程度越高,  $\epsilon_i$  值越大<sup>[7]</sup>;  $\epsilon_i$  值与降水量呈直线负相关,与灌水量呈直线正相关<sup>[8]</sup>;降水过程越均匀、灌区受益时间

越长,  $\epsilon_i$  值越小。另外  $\epsilon_i$  值还与节水技术实施和化肥、机械等贡献有关,节水灌溉的  $\epsilon_i$  值低于常规灌溉  $\epsilon_i$  值,化肥、机械贡献率越高,  $\epsilon_i$  值越低;不同地类之间  $\epsilon_i$  值大小比较,菜田 > 水田 > 水浇地<sup>[4]</sup>;同水文年不同农作物之间  $\epsilon_i$  值大小比较,油菜 > 小麦 > 玉米 > 烤烟<sup>[9]</sup>。本文通过实地调研典型灌片渠首、渠末灌溉流量,分析现状灌区用水效率、节水措施和用水管理水平等,综合确定农作物的灌溉效益分摊系数  $\epsilon_i$ 。

### 2.2.2 剩余价值法

剩余价值法以利润最大化为目标<sup>[1]</sup>,假定除水以外的市场为完全竞争,非水要素总产出等于所有投入要素的总机会成本,单位面积的水经济价值就等于生产总产出与非水总投入成本之差<sup>[4]</sup>。具体计算公式为:

$$E_{EVW,ir,i}^2 = \frac{(Y_iP_i - F_{nw,i})A_i}{Q_i} = \frac{(Y_iP_i - F_{nw,i})A_i}{T_{TGIWR_i}} = \frac{Y_iP_i - F_{nw,i}}{G_{GIWR_i}} \quad (4)$$

$$F_{nw,i} = F_{nwi,i} + F_{nwh,i} + F_{nwn,i} + F_{nwj,i} + F_{nwl,i} + F_{nwt,i} + F_{nwg,i} \quad (5)$$

式中,  $E_{EVW,ir,i}^2$  为剩余价值法计算的作物  $i$  的灌溉水经济价值;  $F_{nw,i}$  为作物  $i$  的非水总成本投入;  $F_{nwi,i}$ 、 $F_{nwh,i}$ 、 $F_{nwn,i}$ 、 $F_{nwj,i}$ 、 $F_{nwl,i}$ 、 $F_{nwt,i}$ 、 $F_{nwg,i}$  分别为作物  $i$  的种子、化肥、农药、机械、劳动、土地、其他设施成本投入。

### 2.2.3 OLS 回归模型

OLS 模型是用来解释因变量  $y_i$  与自变量  $x_i$  之间关系的多元线性函数,采用 OLS 模型分析灌溉水经济价值与各影响因子间的线性关系<sup>[10]</sup>,计算公式为:

$$y_i = \beta_0 + \sum_i \beta_i x_i + \eta_i \quad (6)$$

式中,  $\beta_0$  为常数项;  $\beta_i$  为回归系数;  $\eta_i$  为随机误差项。

### 2.2.4 影响因素分析

灌溉水经济价值受多重因素影响,整体可分为农业生产内外部因素与主客观条件两大类,参考文献[1,9]并结合石屏大型灌区实际,选取农户年龄、教育水平、耕地块数、灌溉水紧缺程度、灌溉用水是否要付费、是否进行高效节水灌溉、是否进行农业水价综合改革共 7 个变量进行影响因素分析,具体变量含义见表 1。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同方法灌溉水经济价值估算

通过效益分摊系数法、剩余价值法两种方法

表 1 石屏大型灌区农作物灌溉水经济价值因素选择

Tab.1 Selection of economic value factors of crop irrigation water in Shiping large irrigation area

序号	变量名称	含义
1	年龄	农户年龄
2	教育水平	未上学=0,小学=1,初高中=2,其他=3
3	耕地块数	该作物耕地细分块数
4	灌溉水紧缺程度	灌溉水紧缺程度
5	灌溉用水是否要付费	否=0,是=1
6	是否高效节水灌溉	常规灌溉=0,高效节水灌溉=1
7	是否进行农业水价综合改革	否=0,是=1

估算 2015~2020 年灌内农作物灌溉水经济价值,对比结果见图 1。

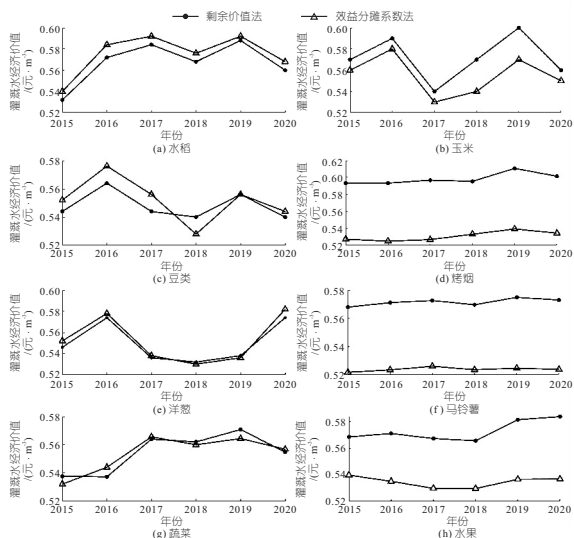


图 1 两种方法估算的农作物灌溉水经济价值结果对比

Fig.1 Comparison of economic value results of crop irrigation water estimated by two methods

由图 1 可看出,两种方法估算的水稻、玉米、豆类、洋葱、蔬菜的灌溉水经济价值结果较接近,对应年份相对误差均不超过 5%,而通过剩余价值法计算的马铃薯、烤烟、水果三类农作物灌溉水经济价值比采用效益分摊系数法的计算结果偏大。通过分析发现,马铃薯、烤烟、水果水要素成本投入仅为非水成本投入的 0.11%~0.27%,剩余价值法在计算时却将所有非水成本投入的效益全部归结于水要素成本投入,导致计算灌溉水经济价值结果偏大;而效益分摊系数法主要通过分摊系数,将水要素的贡献按投入(或成本)比例分成,计算结果较稳定。

### 3.2 不同作物灌溉水经济价值估算

考虑到剩余价值法对产值高、需水少的农作

物计算结果偏大,因此在计算马铃薯、烤烟、水果灌溉水经济价值时推荐采用效益分摊系数法,通过两种方法计算的农作物灌溉水经济价值结果见表 2。

表 2 两种方法计算的不同农作物灌溉水经济价值结果

Tab.2 Results of economic value of irrigation water for different crops calculated by two methods

作物种类	作物名称	效益分摊系数法	剩余价值法	平均值
粮食作物	水稻	0.72	0.70	0.71
	玉米	0.56	0.55	0.56
	豆类	0.61	0.60	0.60
经济作物	烤烟	9.45	9.45	9.45
	洋葱	2.81	2.77	2.79
	马铃薯	5.94	5.94	5.94
	蔬菜	4.42	4.37	4.40
水果	水果(杨梅)	14.16	14.16	14.16

注:两种方法计算结果为 2020 年数值。

由表 2 可知,粮食作物灌溉水经济价值平均值为 0.56~0.71 元/m<sup>3</sup>,最高为水稻 0.71 元/m<sup>3</sup>,最低为玉米 0.56 元/m<sup>3</sup>;经济作物灌溉水经济价值平均值为 4.40~9.45 元/m<sup>3</sup>,最高为烤烟 9.45 元/m<sup>3</sup>,最低为洋葱 2.79 元/m<sup>3</sup>;水果代表作物杨梅的灌溉水经济价值平均值为 14.16 元/m<sup>3</sup>。

根据灌区需水预测结果可知,灌区内农作物亩均需水量为 3.43~41.52 m<sup>3</sup>/ha,最高为 41.52 m<sup>3</sup>/ha(水稻),最低为 3.43 m<sup>3</sup>/ha(烤烟);粮食作物平均亩均需水量(22.03 m<sup>3</sup>/ha)为经济作物的 2.2 倍(10.12 m<sup>3</sup>/ha),水果的 2.57 倍(8.58 m<sup>3</sup>/ha);粮食作物平均亩产值仅为经济作物的 24.3%、水果的 20.0%。水果和经济作物由于单位面积产值高且灌溉需水量较少,使水果和经济作物灌溉水经济价值高于粮食作物灌溉水经济价值,这与 SPEELMAN S 等<sup>[9]</sup>使用剩余价值法计算南非地区蔬菜的灌溉水经济价值>粮食作物结果一致,也与夏天等<sup>[6]</sup>使用改进 EVIW 法和效益分摊系数法分析的结果相符。

### 3.3 影响因素分析

将 2015~2020 年各类农作物灌溉水经济价值的平均值作为因变量,7 个影响因素作为自变量,通过 OLS 回归模型,得到回归结果见表 3。

表 3 农作物灌溉水经济价值影响因素 OLS 模型回归结果

Tab.3 OLS model regression results of influencing factors on economic value of irrigation water for crops

序号	变量	水稻	玉米	豆类	烤烟	洋葱	马铃薯	蔬菜	水果
1	年龄	-0.001	-0.001	-0.001	-0.014	-0.004	-0.009	-0.007	-0.013
2	教育水平	0.009	0.007	0.019	0.187	0.055	0.117	0.087	0.167
3	耕地块数	-0.006	-0.007	-0.008	-0.107	-0.031	-0.044	-0.048	-0.079
4	灌溉水紧缺程度	0.008	0.006	0.012	0.145	0.043	0.091	0.068	0.130
5	灌溉用水需付费	0.020	0.016	0.014	0.262	0.078	0.165	0.123	0.235
6	高效节水灌溉	0.024	0.018	0.017	0.310	0.092	0.195	0.145	0.277
7	农业水价综合改革	0.016	0.012	0.014	0.203	0.060	0.127	0.095	0.182

由表 3 可看出,农户年龄、耕地块数对灌溉水经济价值的影响为负向,教育水平、灌溉水紧缺程度、灌溉用水需付费、高效节水灌溉、农业水价综合改革对灌溉水经济价值的影响为正向。影响因素大小排序为高效节水灌溉>灌溉用水需付费>农业水价综合改革>教育水平>灌溉水紧缺程度>年龄>耕地块数。

## 4 结 论

a. 效益分摊系数法适合各种类型农作物灌溉水经济价值计算,剩余价值法适合以水为关键生产要素的农作物灌溉水经济价值计算,当水对农作物产出贡献远小于其他要素对产出的影响时,计算结果偏大;建议在灌区效益分析计算时采用效益分摊系数法。

b. 灌区粮食作物的灌溉水经济价值均较低,为 0.56~0.71 元/m<sup>3</sup>,经济作物灌溉水经济价值平均值为 4.40~9.45 元/m<sup>3</sup>,水果灌溉水经济价值为 14.16 元/m<sup>3</sup>。不同农作物灌溉水经济价值的差异说明在灌区农业灌溉水价制定时应考虑农业用水分类定价,以体现不同农作物种植的用水效益;同时在保障粮食安全供给的前提下,鼓励水资源更多地分配到经济作物或水果中以提高地区水的经济价值。

c. 灌溉方式为影响灌溉水经济价值的主要因素,因此在灌区规划时宜因地制宜、分类指导,在有条件地区积极推进高效节水灌溉,全面提升灌区建设、管理运营能力,助力农业高质量发展,进而实现乡镇乡村振兴、农业增效、农民增收。

## 参 考 文 献:

- [1] 刘维哲,唐溧,王西琴,等. 农业灌溉用水经济价值及其影响因素——基于剩余价值法和陕西关中地区农户调研数据[J]. 自然资源学报, 2019, 34(3): 553-562.
- [2] RIGBY D, ALCON F, BURTON M. Supply uncertainty and the economic value of irrigation water [J]. European review of agricultural economics, 2010, 37(1): 97-117.
- [3] 张秋平,郝晋珉,白玮. 黄淮海地区粮食生产中的农业水资源经济价值核算[J]. 农业工程学报, 2008, 24(2): 1-5.
- [4] 甘泓,汪林,倪红珍,等. 水经济价值计算方法评价研究[J]. 水利学报, 2008, 39(11): 1160-1166.
- [5] 中华人民共和国水利部. 水利建设项目经济评价规范: SL 72-2013 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [6] 夏天,唐震,吴震. 干旱区农作物灌溉水经济价值估算的改进模型[J]. 统计与决策, 2021, 37(16): 180-183.
- [7] 梁亚伟. 灌溉效益分摊系数法及其在坪地水库灌区的运用[J]. 水利科技, 2008(3): 35-36, 40.
- [8] 袁再健,谢枬乐,沈彦俊. 河北省灌溉效益分摊系数时空变化与影响因素研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2015, 43(3): 93-97.
- [9] SPEELMAN S, FAROLFI S, PERRET S, et al. Irrigation water value at small-scale schemes: Evidence from the North West Province, South Africa [J]. International journal of water resources development, 2008, 24(4): 621-633.
- [10] 耿甜伟,陈海,张行,等. 基于 GWR 的陕西省生态系统服务价值时空演变特征及影响因素分析[J]. 自然资源学报, 2020, 35(7): 1714-1727.

# Estimating Economic Value of Crop Irrigation Water and Analysis of Influencing Factors in Large Irrigation Areas

HAN Yun-hong<sup>1</sup>, LI Wen-xiu<sup>2</sup>, CHEN Hao-rong<sup>1</sup>

(1. China Water Resources Pearl River Planning Surveying & Designing Co., Ltd, Guangzhou 510000, China;  
2. Financial Department of Guangzhou Medical University, Guangzhou 511400, China)

**Abstract:** Taking Shiping large irrigation area in Yunnan Province as an example, this paper studied the economic value of irrigation water and analyzed the influencing factors of crops in the irrigation area through the benefit sharing coefficient method and residual value method. It is found that the economic value of irrigation water for cash crops and fruits is higher than that for food crops. At the same time, it is recommended to use the benefit sharing coefficient method to calculate the benefits in irrigation district planning. The results of this study can guide similar irrigation district planning and help the construction of high standard modern irrigation districts.

**Key words:** large irrigation area; benefit sharing coefficient method; residual value method; economic value of irrigation water; influencing factors