

基于帕累托优化的农业用水定价机制与模型研究

Agricultural Water Fixed Price Mechanism and Model Research on the Basis of Pareto Optimum

马孝义/MA Xiao-yi, 赵文举/ZHAO Wen-ju

西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西杨凌 712100

School of Water Conservancy and Architecture, Northwest Sci-Tech University of Agriculture & Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China

[摘要] 在综合考虑供水单位和农民双方利益的基础上, 从经济学角度探讨了基于帕累托优化的农业用水定价机制, 建立了考虑国家对农民直接补贴的基于帕累托优化的农业用水的水价模型。以陕西省关中地区为例, 初步确定了灌区保本运营的政府对农业亩灌溉用水的直补定额, 并分析了其节水综合效益及这一促进农业节水的激励制度设计的优越性和与之配套的制度设计。研究得出, 在现有的条件下, 通过利用市场水价调节机制提高水价, 从经济学角度实现水资源配置的帕累托最优化, 使水资源达到供需平衡, 是实现节水农业的经济和现实途径。但在农民对提高农业水价承受能力较弱的现实条件下, 水价的调整必须保护农业的基本用水需求和农民利益, 对农户适当补贴才能使供、用水双方达到帕累托最优化状态。为此, 可建立现实的激励节水机制, 且力争达到政府对农户直补资金有较高的投入产出比, 只有这样, 方可调动农业供、用水双方的节水积极性, 对发展节水农业产生重要的推动作用。

[关键词] 农业用水; 需求弹性; 帕累托优化

[中图分类号] S274.1, F014.31

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)10-0050-04

Abstract: This paper discussed agricultural water fixed price mechanism on the basis of Pareto optimum from economic angle, comprehensively considering supply unit and farmers' benefits, set up an agricultural water price model of direct subsidy to farmers by the government. Taking Guanzhong irrigation district of Shaanxi Province for an example, we preliminarily ascertained direct subsidy quota from government to farming on the basis of guaranteed operation, analyzed its composite water-saving results, advantages of this system and its corresponding design. Under the existing condition, we draw the conclusion that it will be an economical and practical approach to improve water price through market water price regulating mechanism, collocate water resource optimum, and attain water resource co-ordination of supply and demand. for the farmers' poor capacity for the higher water price, its regulating must ascertain the essential agricultural water use and farmers' benefits, give some proper subsidy so as to arrive the bilateral Pareto optimum, and set up a practical encouraging water-saving mechanism. The direct subsidy has the high input and output ratio, it may arouse the supply unit and farmers' water-saving activity, meanwhile it can play an important role in prompting water-saving agriculture.

Key Words: agricultural water; demand flexibility; Pareto optimum

CLC Numbers: S274.1, F014.31

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)10-0050-04

建立科学合理的水价形成机制、通过水价政策调节用水需求、调动供水部门和农民自觉节水的积极性, 已成为发展节水农业、保障农业水资源的优化配置和持续利用的最有效的经济手段。目前国内现行农业水价较低, 约为成本的一半, 水价调整方向主要是在考虑农民承受能力的基础上由政府主导下逐步向成本价过渡。但这一定价方法存在的突出问题是政府很难较为

精确地确定供水部门的成本、农民承受能力, 并对供水部门的成本进行监管和约束, 也会使水价改革缺乏市场化的有效调节机制。目前, 国内外尽管对流行的供水服务成本定价、用水户承受能力定价、投资机会成本定价、边际成本定价、全成本定价和完全市场用水定价等模式^[1]的优点和问题及适用条件进行了大量的研究, 也指出用水定价必须在兼顾用水公平性和平等性、成本

回收、水资源可持续利用和高效配置的原则下, 根据不同国家的经济发展水平、水资源条件、社会制度与发展阶段, 选择适宜的模式^[2-4], 但对如何定量确定现阶段农业水价的具体方法的研究还不很成熟。另一方面, 许多学者^[5-7]都通过定量分析得出了提高水价对促进农业节水有显著作用的结论, 但这些研究都存在着仅研究提高水价后的节水效应, 而对提高水价中如何保障农民利

收稿日期: 2006-05-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(50479052), 教育部青年教师资助计划课题(2003-108)

作者简介: 马孝义, 男, 陕西杨凌西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 教授, 主要从事农业水土工程方面的研究;

E-mail: xiaoyimasi@yahoo.com.cn

益研究较少的缺憾。雷波(2004)^[9]运用局部均衡原理探讨了农业水资源配置问题,得出了利用市场水价调节机制是实现节水农业的经济和现实途径,即通过提高水价,使水资源达到供需平衡,实现水资源配置的帕累托优化,并提出对农户适当补贴以保护农业的基本用水需求和农民利益,才能通过市场机制实现农业节水目标的思路。但对如何在目前农业生产投入产出低、农民对提高农业水价承受能力较弱的现实情况下,确定农业用水价格的定量方法还缺乏研究。本文试图深入分析基于帕累托优化的农业用水定价机制,以及农民对提高农业水价承受能力较弱的现实情况,探讨国家对农民直接补贴的农业水价制定方法,为更好地利用水价杠杆促进农业节水服务。

1 基于帕累托优化的农业用水定价机制分析

经济学家帕累托提出了作为资源配置评价标准的帕累托最优(Pareto optimum)准则:一个经济系统的资源配置如果达到如下状态,即在社会成员的福利都不减少的条件下,已经无法通过生产与分配的更新安排和组合来增加任何社会成员的福利,这时资源配置就达到了最优状态,也即帕累托最优状态^[9]。如果通过资源配置的制度设计使一个经济系统的资源配置向帕累托最优状态逐步改进,称为帕累托改进,也称为帕累托优化^[10]。在农业水价改革过程中,应该追求这一目标。为此,本文从经济学角度分析农业水资源供需变化与水价关系及水价改革的追求帕累托改进的方向,如图1所示。图中AC、MC分别为供水方的供给(平均成本)和边际成本曲线,其均有随价格升高而供水量增大的趋势;K、MR分别为用

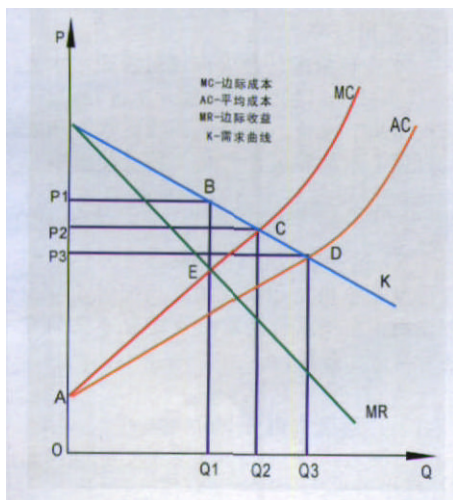


图1 水资源供求变化与水价关系曲线
Fig. 1 Relation curve of water resource supply- demand and changes and water price

水者需求和边际收益曲线,其均有随价格升高而用水量下降的趋势。在自由竞争条件下,在供水方的边际成本曲线MC与用水方的需求曲线K的交点C确定水价 P_2 ,根据福利经济学第一定律,水资源总供给与总需求达到均衡,社会总效用最大,此时的水资源配置达到帕累托最优化,水资源得到合理利用和达到农业节水的效果,这就是应追求的最优水价。

但实际上,对具有自然垄断性质的供水方,如政府对其不进行价格管制,在边际成本MC等于边际收益MR处的E点决定其最佳供水量 Q_1 ,它按用水者的需求曲线抬高水价确定其垄断价格 P_1 ,以追求利润最大化的目标并获得超额利润。这虽节约用水,但却将严重损害农民利益,也不利于促使供水行业降低成本、提高劳动生产率。可见,具有自然垄断性质的用水,完全由市场定价是帕累托低效的表现。为此,政府应对供水方进行价格上限管理,也称最高限价,且管制水价应低于 P_1 点,这是十分必要的。

如在平均成本曲线AC与需求曲线K的交点D处决定其价格 P ,此时供水方的赢利为零,无法扩大再生产。对农户来讲,福利剩余比C点大,他们乐意接受,但这不利于农业节水。通过上文分析可得出,现有农业水价改革方向应使水资源总供给与总需求达到均衡,社会总效用最大,水资源配置达到帕累托最优,确定最优水价 P_2 。但在现实中,边际成本曲线MC和需求曲线K很难定量计算^[11],因而难以由此途径来确定最优水价。所以,应通过放开水价市场,让市场自动调节最优水价 P_2 ,但同时防止自然垄断属性的供水企业为追求超额利润损害农民的利益。因此,国家必须对供水方实行适当的价格管制。

2 基于政府补贴的农业用水定价模型及直补定额实例的初步分析

2.1 建模的基本假设

现阶段我国水价偏低^[12-14],根本无法达到图1中的D点,发挥不了市场的调节功能。另外,由于我国农产品产值较低,农民每年因灌溉而增加的净收入有限,农民对农业水价改革的承受能力是非常有限的。许多学者^[15-17]调查表明,目前调整水价到成本价格,农民根本无法承受,若严重损害农民的利益,也就谈不上帕累托最优化,这已经成为水价改革的两难选择。基于以上问题,笔者考虑在国家给与补贴的情况下,调整水价达到成本价格。这样,农民利益既没受到损害,供水单位又获得赢利,还节约了用水。这就可以让市场来自动调节供需变化,调整农民的种植结构,国家就可以逐步减少补贴。若将节约的水考虑水权转让或进行生态建设,社会整体福利将会增大。基

于此,笔者建立了考虑国家补贴情况下帕累托优化的农业用水定价制定模型。

本文提高水价系数基于以下假设:供水企业为单一卖方,农户为单一买方;供水企业在供求链上处于领导者的地位,能够掌握每年农业灌溉需求的变化信息;最终农户为诚信顾客,故不考虑拖欠;供水企业具有足够的供水能力。

文中: M 、 M' 为现行水价和提高水价后农民因灌溉而增加的净收入; P 、 P' 为现行农业灌溉水价、提高水价后的价格; P_1 、 T 为农产品价格和增加的产出; L 为农民的劳动投入; Q_s 、 Q_s' 为现行灌溉用水需求量和提高水价后农业灌溉需求量; E 为需求价格弹性; d 为提高水价的系数; C 为供水单位单位水量支付的成本; R 、 R' 为现行水价和提高水价后供水方获得的利润; K 为国家为农业每亩的补偿金额; A 为有效灌溉面积。

2.2 模型的建立

2.2.1 农民用水利润分析模型

在现行水价的情况下,农民因农业灌溉的净收入如下:

$$M = P_1 T - P Q_s - L \quad (1)$$

研究表明,适当地提高水价可导致需水量大量减少^[18]。水资源需求与价格间关系可用需求价格弹性确定,它是指农业用水需求变化百分比与水价变化的百分比关系,反映用水需求变动对水价变动的灵敏程度。当 P 、 P' 、 Q_s 、 Q_s' 分别为水价、水价变动量、需求量、需求量变化,则需求价格弹性 E_s 为:

$$E_s = (\Delta Q_s / Q_s) / (\Delta P / P) \quad (2)$$

当 P 变化很小时,此时 E_s 为点弹性,上式可用微分方式表示如下:

$$E_s = \lim_{\Delta P \rightarrow 0} \left(\frac{Q_s / Q_s}{P / P} \right) = dQ_s / dP \cdot P / Q_s \quad (3)$$

提高水价后,建立需求与价格的非线性函数关系,农民灌溉用水的年需求量变形为:

$$Q_s = Q_s d^{-E_s} \quad (4)$$

假设农民的种植结构、农产品价格、劳动投入不变,当调价系数为 d ,调高水价为 Pd 后,加上政府直补 K ,则农民净收入为:

$$M' = P_1 T - Pd Q_s' - L + KA \quad (5)$$

提高水价后节约了用水,但农民利益受到了损失。在这里,为了追求帕累托优化,我们考虑了国家直接对农民的补贴,农民灌溉净利润大于或等于不提高水价时的利润,还让他们充分了解现在水价的真实价格和国家每年对农业灌溉用水的补贴,即在 $M' \geq M$ 成立的条件下考虑农民灌溉用水价格方案为:

$$P_1 T - Pd Q_s' - L + KA \geq P_1 T - P Q_s - L \quad (6)$$

整理得:

$$P Q_s d^{-E_s} - P Q_s \leq KA \quad (7)$$

2.2.2 供水者供水利润模型

在不提高水价的情况下,供水者向农民售水获得的销售利润为:

$$R=(P-C)Q_s \quad (8)$$

当调价系数为 d ,供水者向农民销售的价格为 Pd ,此时供水方的利润为:

$$R=(Pd-C)Q_s$$

整理得:

$$R=PQ_s d^{-E_s}-CQ_s d^{-E_s} \quad (9)$$

为使供水者利润最大,即式(9)达到最大,在考虑实际的情况下,每年可以在 $[1,2]$ 区间对 d 进行搜索,找到使式(9)达到最大的 Pd 作为最优水价策略。并且考虑符合帕累托优化标准,卖方供水单位利润也应满足约束条件 $R \geq R_0$,即:

$$PQ_s d^{-E_s}-CQ_s d^{-E_s} \geq (P-C)Q_s \quad (10)$$

整理得:

$$P(d^{-E_s}-1) \geq C(d^{-E_s}-1) \quad (11)$$

2.2.3 供水单位与农民综合帕累托优化模型

综合上文研究,在放开水价时以供水方作为经济行为的“理性人”,提高水价时必然以取得最大利润为目标,故本文确定函数为式(12)。同时,即在提高水价后必须使农民的利润不小于不提价时的利润,供水单位的利润大于不提价时的利润,这样才能实现供需水双方的帕累托最优化,双方都会接受该水价的提高系数策略。用式(13)、(14)确定约束条件如下:

$$\max: (PQ_s d^{-E_s}-CQ_s d^{-E_s}) \quad (12)$$

$$\text{s.t: } PQ_s d^{-E_s}-PQ_s d^{-E_s} \leq KA \quad (13)$$

$$P(d^{-E_s}-1) \geq C(d^{-E_s}-1) \quad (14)$$

2.3 政府直补定额确定实例与节水综合分析

以下以陕西省关中地区为例,研究模型的应用并分析其节水的综合效益。2000年,该区灌溉面积约为 87.06 万 hm^2 ,灌溉用水约为 31 亿 m^3 ^[19],农业水价约为 0.20 元/ m^3 ^[13],成本价约 0.26 元/ m^3 ^[19],农业用水需求弹性系数随不同地区变化较大。表 1 为

国内学者研究的黄河流域典型灌区农业用水需求弹性系数。但总体上,北方地区、黄河流域下游、提水灌区较高;南方地区、黄河流域上流、水库和自流引水灌区较低。关中地区由于水价较高,农业用水需求弹性系数较高。陕西省关中地区农业用水需求弹性系数粗略可取 0.55。并假设在现阶段农业用水的需求弹性系数在短时期不变。当调价系数 d 的值为 1.3 时,即调整水价到灌溉用水成本价 0.26 元/ m^3 ,则该地区次年农业灌溉用水量为:

$$Q_{s2}=Q_{s1}|P_1/P_2|^{E_s}=31 \times 0.20/0.26|^{E_s}=26.83 \text{ 亿 } \text{m}^3 \quad (15)$$

此结果表明,当水价增加到灌溉用水成本价时,可以节约用水 4.17 亿 m^3 ,占总用水量约 13.5%。水价提高到成本价格后,供水企业的利润增加 0.78 亿元,可初步达到保本运营,而农民利益受到了损失。因此,考虑政府可对供水者补贴转为对农民直补,使农民灌溉用水受益维持与不提水价时的净收入一致,补贴因应为 90 元/ hm^2 ,共需 0.78 亿元,单方水补贴为 0.03 元/ m^3 。这相对于国家兴修水利工程,对供水方补贴,投资小而收益高。若将节约的水资源考虑水权转让或生态环境建设,必将创造更大的效益。

按照信息经济学的观点,居于信息优势与信息劣势的市场参与者之间可以构成委托人-代理人的关系。其中掌握信息多者称为代理人,掌握信息少者称为委托人^[20]。在农业节水问题中,用水户掌握更多的节水可能性的信息,可视为代理人,政府可视为委托人。同时,委托人和代理人的效用函数经常是不一致的。作为经济活动中的“理性人”的代理人,其行为主要受个人利益最大化所驱动,他没有为委托人争取最大利益的内在动力,所以,委托人利益的最大化常常是没有保证的^[21]。而提高农业水价和政府对于农民直补这一制度设计,具有很好的激励与约束机制。农民作为经济活动中“理性人”的代理人,他的行为主要受个人利益最大化所驱动,他们知道如何才能节水,他会

自动采取简便易行的田间节水和调整种植结构等措施,保证农业产量和提高水价后自身的利益。同样,供水方作为经济活动中“理性人”的代理人,因政府减少补贴,也必将通过降低自身供水成本,千方百计地来实现更大的利润。因此,在现阶段采取提高农业水价、政府对农民直补和减小对供水方的补贴等手段,必将调动供水方和农民自觉节水的积极性,是一种促使水资源优化配置和发展节水农业的、理性的制度设计。

2.4 模型的应用存在问题及配套制度设计的初步探讨

对现行小型水利工程已实行拍卖、承包和租赁经营,实际上就是这一制度设计的雏形,政府应该积极试点、倡导,待成熟后逐步向大中型水利工程推广。同时,若地区节约的农业用水无偿被其他地区或行业所用,则仍影响这一制度实施效果,这需要逐步建立水权制度,与实施地区之间、工农业之间的水权转让制度配套。

由于水价问题十分复杂和资料缺乏等原因,本文研究的模型中确定政府对农民直补金额时,仅考虑了提高水价后的用水成本,未考虑农民用水减少而产生的减产效应。根据目前已有的研究成果,这一减产比例的影响可以通过农户自觉节水或适当提高直补定额予以消除。另外,本文研究中的供水成本价没有考虑资源、环境等成本水价;仅研究灌区保本经营,未考虑灌区微利经营问题。这些问题十分复杂,还需要今后进一步深入研究。

3 结论

本文采用帕累托优化理论,研究了基于帕累托优化的农业用水定价机制,以及政府对农业用水直补的用水定价模型,并以陕西省关中地区为例进行了初步的实例分析,得出以下结论。

1) 在现阶段,政府应该对农业用水直补,逐步减少对灌区补贴,放开水价,通过市场机制调节水价,这必将调动供水方和农民自觉节水的积极性,是一种促使水资源优化配置和发展节水农业的优良制度设计。

2) 这一制度设计必须与灌区内部经营适度竞争机制和水权制度相配套才能发挥作用。由于水价问题十分复杂,本文研究还有待进一步探讨。

参考文献(References)

- [1] 钟玉秀,刘洪先.对水价确定模式的研究与比较[J].价格理论与实践,2003(9):17-18.
- [2] 喻玉清,罗金耀.可持续发展条件下的农业水价制定研究[J].灌溉排水学报,2005,24(2):77-80.
- [3] 苏宝军.运用价格杠杆,实现水资源有效控制

表 1 黄河流域典型灌区农业用水需求弹性系

Tbl. 1 Flexibility coefficient of agricultural water demand in the typical irrigation areas in the Huanghe valley

灌区或地区	宁夏引黄灌区	河南人民胜利渠灌区	陕西宝鸡峡灌区	陕西东雷抽黄灌区	自流引水灌区	水库供水灌区	机电排灌区
弹性系数	0.131	0.372	0.565	0.716	0.33	0.29	0.52
引用文献	文献[5]				文献[20], 均由山西省黄河流域大中型灌区分析确定		
灌区或地区	上中游提水灌区	上中游提水灌区		中下游灌区	江苏省高扬程灌区		
弹性系数	0.710	0.619		0.741	0.278		
引用文献	文献[6], 均由黄河流域 88 个提灌、自流灌区分析确定				文献[7]		

中国钢铁生产过程中的 CO₂ 排放现状及减排措施

Current Situation of CO₂ Emission in Iron and Steel Producing and its Controlling Methods

冉 锐/RAN Rui, 翁 端/WENG Duan

清华大学材料科学与工程系先进材料教育部重点实验室, 北京 100084

Key Laboratory for Advanced Materials of Ministry of Education, Department of Material Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

[摘要] 随着我国钢铁产量的逐年提高,我国钢铁工业的碳排放总量呈逐年上升趋势,年碳排放量在万 t 以上,钢铁工业的 CO₂ 减排任务面临着巨大的压力。针对我国钢铁产业发展特点,降低能耗、提高能源利用效率、加大废钢重炼以及 CO₂ 回收和资源化力度等,是我国钢铁工业实现 CO₂ 减排的主要途径。此外,充分利用《京都议定书》中提出的清洁发展机制,也是实现 CO₂ 减排的另一有效措施,这同时也有利于改善我国的能源结构。

[关键词] 钢铁工业; CO₂ 减排

[中图分类号] X701

[文献标识码] A

[文章编号] 1000- 7857(2006)10- 0053- 04

Abstract: CO₂ emission is one of the most imperative problems in Chinese iron and steel industry. It can be estimated that much more than 10 thousand tons of CO₂ are produced every year in the iron and steel making- process concomitantly, and this number is continuously increasing. Currently, there are several effective methods for CO₂ emission control in China, including energy economy, scrap smelting, and recycling of CO₂. Furthermore, the practice of CMD can also be utilized for reducing the CO₂ emission, as well as improving our energy sources.

Key Words: iron and steel industry; CO₂ emission control

CLC Number: X701

Document Code: A

Article ID: 1000- 7857(2006)10- 0053- 04

收稿日期: 2006- 07- 28

作者简介: 冉 锐,女,北京海淀区清华园清华大学材料科学与工程系先进材料教育部重点实验室,博士生,主要从事稀土催化材料及环境材料理论研究; E- mail: ranrui@mails.tsinghua.edu.cn

翁 端(通讯作者),男,清华大学材料科学与工程系先进材料教育部重点实验室,教授,主要从事环境材料及工业生态学研
究; E- mail: duanweng@tsinghua.edu.cn

- | | | |
|--|--|--|
| <p>[J]. 地下水, 2003, 25(3):129- 130.</p> <p>[4] LUIZ G T, ALEXANDRE M B. Water pricing reforms: Issues and challenges of implementation [J]. Water Resources Development, 2005, 21(1):19- 29.</p> <p>[5] 裴源生, 方 玲, 罗 琳. 黄河流域农业需水价格弹性研究[J]. 资源科学, 2003(6):25- 30.</p> <p>[6] 毛春梅. 农业水价改革与节水效果的关系分析[J]. 中国农村水利水电, 2005(4):2- 4.</p> <p>[7] 周春应, 章仁俊. 农业需水价格弹性分析模型[J]. 节水灌溉, 2005(6): 24- 26.</p> <p>[8] 雷 波. 政府干预与市场行为对实现节水农业的作用[J]. 节水灌溉, 2004(2): 36- 38.</p> <p>[9] [美] 保罗·萨缪尔森, 威廉·诺德豪斯. 微观经济学[M]. 萧琛, 等译. 北京: 华夏出版社, 1999.</p> <p>[10] 厉以宁, 吴易风, 李 懿. 西方福利经济学评述[M]. 北京: 商务印书馆, 1984:84- 99.</p> | <p>[11] J A GOMEZ, J BERBEL. Multicriteria analysis of derived water demand functions: a Spanish case study[J]. Agricultural Systems, 2000, 63:49- 72.</p> <p>[12] 贾大林, 姜文来. 农业水价改革是促进节水农业发展的动力[J]. 农业技术经济, 1999(5):4- 7.</p> <p>[13] 贾绍凤, 康德勇. 提高水价对水资源需求的影响分析——以华北地区为例[J]. 水科学进展, 2000, 11(1): 49- 53.</p> <p>[14] 沈大军, 梁瑞驹, 汪 浩, 等. 水价理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1999.</p> <p>[15] 郭善民, 王 荣. 农业水价政策作用的效果分析[J]. 农业经济问题, 2004(7):41- 44.</p> <p>[16] 王密侠, 汪志农, 尚虎君, 等. 关中九大灌区农业水价与农户承载力调查研究[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(3):1- 4.</p> | <p>[17] 卓汉文, 王卫民, 宋 实, 等. 农民对农业水价承受能力研究[J]. 中国农村水利水电, 2005(11): 1- 5.</p> <p>[18] KNAPP K C. Irrigation management and investment under saline, limited drainage conditions [J]. Water Resource Research, 1992, 28(2):3099- 3109.</p> <p>[19] 胡 浩. 价格杠杆在关中地区水资源配置中的作用研究 [D]. 西北大学硕士学位论文, 2002:26- 42.</p> <p>[20] 畅明琦, 刘俊洋. 农业供水价格与需求关系分析[J]. 水利发展研究, 2005(6):21- 24, 42.</p> <p>[21] [美] 肯尼思·阿罗. 信息经济学[M]. 何宝玉, 等译. 北京经济学院出版社, 1989:157- 193.</p> <p>[22] 关良宝, 李 曦, 陈崇德. 农业节水激励机制探讨[J]. 中国农村水利水电, 2002(9):19- 21.</p> |
|--|--|--|

(责任编辑 肖庆山)