

农业灌溉用水效率评价国内外研究综述

孙天合^{1,2}, 赵 凯^{1,2}

(1. 西北农林科技大学经济管理学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学应用经济学研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 基于国内外关于农业灌溉用水效率评价的已有研究, 在明确区分灌溉技术效率和灌溉经济效率的前提下, 分别对国外和国内研究现状和进展进行归纳, 进而总结灌溉效率影响因素的相关研究。最后, 指出了已有研究的不足之处和今后需要进一步研究的重点问题。

关键词: 效率评价; 灌溉技术效率; 灌溉经济效率

中图分类号: F323.3 **文献标识码:** B

Review on Efficiency Evaluation of Agricultural Irrigation Water of Foreign and Domestic

SUN Tian-he^{1,2}, ZHAO Kai^{1,2}

(1. College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China;

2. Center of Applied Economics Research, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Based on the existed domestic and foreign researches on the efficiency evaluation of agricultural irrigation water, a clear distinction between irrigation technical efficiency and irrigation economic efficiency is given, which is as the premise to respectively discuss foreign and domestic research status and progress. Then factors effecting irrigation efficiency from the related researches are summarized. Finally, the shortages of the existed researches and the important issues that needed to be researched in the future are pointed out.

Key words: efficiency evaluation; irrigation technical efficiency; irrigation economic efficiency

0 引言

在全世界很多地区, 尤其是在干旱或半干旱地区, 水资源不仅短缺, 而且还正在被滥用和污染。随着用水需求量的不断增加, 更加激烈的水资源竞争将不可避免。农业用水虽然占总用水量的比重不断下降, 但仍是用水量最多的部门, 而农业用水主要用于灌溉, 提高单位水资源的农业产出水平, 即提高灌溉效率成为节约水资源的关键所在。关于灌溉效率的研究国内外进展不一, 而且研究角度呈现多元化, 以至于没有明确统一的定义。为此, 本文从主要经济研究的角度对灌溉效率的定义、分类及其影响因素等国内外研究动态作一综述性的讨论。

1 国外研究综述

在提高灌溉效率的过程中, 农户所关注的不仅仅是节水

量, 更多的在于其自身得到的经济回报。此处的灌溉效率分为从纯技术角度上讲的灌溉技术效率和从经济回报上将的灌溉经济效率, 下面我们将分别从这两个角度来回顾国外的已有研究。

1.1 灌溉技术效率

1.1.1 灌溉技术效率的相关定义讨论

从工程学概念来看, 灌溉效率就是有效灌溉水资源的比率, 即真正被作物利用的水量与用于灌溉的水量之比, 或者是在特定灌溉地块里起到有效作用的灌溉水量与输送到该地块上的水量之比。为了方便测量, 也有研究者利用易于测量的指标进一步把灌溉效率具体化, 可称为灌溉水资源利用效率 (Irrigation Water Use Efficiency, IWUE), 即作物产量与包括降雨量的灌溉水量之比。这里又不可避免地提到水资源利用效

收稿日期: 2012-01-04

基金项目: 西北农林科技大学青年骨干教师支持计划(Z111020611); 西北农林科技大学基本科研业务费科技创新专项(QN2011166); 西北农林科技大学人文社科专项项目(2011RWZX02-4)。

作者简介: 孙天合(1987-), 男, 硕士研究生, 主要从事资源环境经济研究。E-mail: suntianhe163@163.com。

通讯作者: 赵 凯(1971-), 男, 副教授, 主要从事土地经济与环境经济研究。E-mail: xinongzhaokai@sina.com。

率(Water Use Efficiency, WUE)的定义,即单位土地上单位蒸散总量(蒸发水量和植物蒸腾水量的总和)所形成的固形物量,或者固形物总量与蒸散总量的比率,或者单位蒸散总量的作物产出量,还有单位蒸腾水量所产生的光合作用等定义。

还有研究从灌溉水循环的角度来阐述灌溉效率,Zhi Wang和Dawit Zerihun(1996年)^[1]指出灌溉水的最终去向可分为4个方面:植物的蒸腾(V_1)、地下深度渗流(V_2)、地表流失(V_3)和地表蒸发(V_4)。对比植物蒸腾水而言,后三者都是最终浪费即对植物生长没起到作用的水。除此之外,对于植物根系在底下没有充分灌溉到部分的缺水设为 V_0 ,那么最后得出的灌溉效率 $IE=V_1/(V_1+V_2+V_3+V_4+V_0)$ 。也有研究从灌溉过程来阐述灌溉效率,Md. Hazrat Ali et al(2000年)^[2]得出灌溉效率是水的传送效率、使用效率以及分配效率的综合结果。

1.1.2 不同灌溉技术的灌溉效率的比较

灌溉技术是灌溉水资源管理中至关重要的环节,相对高级有效的灌溉技术能够提高灌溉效率。对于地表灌溉而言,平均的灌溉效率约为0.6,而滴灌和喷灌的灌溉效率则能达到0.95(Hanemann et al., 1987年)^[3]。也有研究表明使用滴灌系统的灌溉效率区间为0.8~0.91(Battikhi and Abu-hammad, 1994年)^[4];使用喷灌系统的灌溉效率区间为0.54~0.8(Zalidis et al., 1997年)^[5];而地表灌溉的灌溉效率区间为0.5~0.73(Oster et al., 1986年; Battikhi and Abu-hammad, 1994年; Zalidis et al., 1997年)^[4-6]。

Yilmaz和Harmancioglu(2008年)^[7]选用DEA方法的VRS模型测算了土耳其曼德莱斯三角洲地区17个灌区2003—2005年的技术效率发现一些低效率的灌区采用现代的灌溉方法可以提高技术效率。

Batchelor等研究者(1996年)^[8]利用1985—1995年期间在斯里兰卡和津巴布韦的实验数据集中研究了简单的微灌技术在蔬菜种植中对灌溉效率的提高作用。研究对比了不同灌溉技术(包括漫灌、改进的漫灌、低头滴灌、地表管道灌溉和壶灌)的优缺点,并测量了3种微灌技术的灌溉效率,结果显示使用陶管的地表灌溉在增加作物产量和节约用水方面特别有效率,而且便宜、易于使用。

Al-Jamal et al(2001年)^[9]利用美国新墨西哥州立大学1986和1987年的实验数据,对比了喷灌、滴灌以及皱纹灌溉(沟灌和畦灌)在洋葱生产中的灌溉效率。结果发现滴灌的效率只有0.79,与地表灌溉相当,喷灌更低,显然投资于滴灌和喷灌技术是不经济的;而皱纹灌溉的效率竟高达0.79~0.82。

1.2 灌溉经济效率

灌溉技术效率仅仅是从技术角度衡量特定地块在特定年份的灌溉效率,效率的高低也许和当时的降水、光照等自然条件、农户采用的灌溉技术以及土壤的类型等因素有直接关系。然而,灌溉经济效率是基于农户投入产出的视角来衡量灌溉过程的经济性,也就是在灌溉水不极度稀缺的情况下,农户对灌溉效率的理解在于灌溉带来最大的经济产出,而非使用最少的水资源(J. W. Knox, 2011年)^[10]。在水价和产出价格不变的前提下,最优的灌溉效率是同时达到作物产出最大化和水资源损失最小化(S. Burke, 1999年)^[11],也就是用最少的水资源生

产最多的作物,这和前面提到的灌溉水资源利用效率(IWUE)有相似之处(区别在于这里不包括降水量)。但是,若加入变化的水价和和产出价格这一现实因素,灌溉效率就不仅仅取决于技术,更可能表现为取决于管理和技术因素综合的灌溉经济效率。管理因素在技术条件短期不变的情况下对于灌溉经济效率的高低具有决定作用,Mc. Gockin(1992年)^[12]认为管理水平的提高比灌溉技术的改进更为重要,仅靠应用节水灌溉技术而忽略农户的灌溉管理能力是无法提高灌溉经济效率的。

Lilienfeld和Asmild(2007年)^[13]利用1992—1999年美国堪萨斯州西部地区43个灌溉农场的面板数据,运用DEA模型分析了他们的灌溉技术效率。研究发现灌溉系统类型与灌溉用水量过量没有明显关系,漫灌系统并不都是效率低下的,管理水平在水资源利用效率上发挥着重要作用。同时,水资源使用过量与农户年龄呈正相关关系,与农场规模呈负相关关系,处于不同地下水管理区域的农户的灌溉效率也是不同的。

Dhehibi et al(2007年)^[14]采集了突尼斯纳布尔地区随机抽取的144个柑橘农场数据,运用SFA方法估计了他们的灌溉技术效率,结果显示平均灌溉效率为0.53,低于生产技术效率的0.677;平均灌溉水成本效率(投入倾向性的灌溉经济效率的表现形式)为0.7081,其中71%的农场灌溉水成本效率大于0.9。发现农场主年龄、农场规模、教育水平、农业技能培训、农场主对水资源可处置性的察觉会对生产技术效率和灌溉效率有显著影响。

Omezzine和Zaibet(1998年)^[15]基于阿曼巴提那地区采用滴灌技术的11个西红柿农场调查数据,测算了灌溉技术效率和水资源配置效率(allocative efficiency, AE),结果发现,由于水资源的使用不当,两个效率都表现效果较差。水资源配置效率直接体现了灌溉管理水平,可以测出灌溉水量是过多还是过少。研究中配置效率的测量是通过柯布—道格拉斯生产函数的对数形式求解水资源的边际生产价值(MVP),再用边际生产价值对水价的比率作为配置效率,即 $AE=MVP/P$ (P为水价)。只有当 $AE=1$ 时,配置效率达到最优;当 $AE>1$ 时,说明灌溉水量不足;当 $AE<1$ 时,说明灌溉水量过量。研究结果显示平均的配置效率为1.8,说明土地没有得到充分灌溉。该实证研究中,对于柯布—道格拉斯生产函数的投入部分只有灌溉用水量、土地面积和一些影响灌溉效果的控制变量,最基本的劳动投入和资本投入被遗漏,这样的估计结果显然是有偏的,致使因劳动和资本的功绩部分算入灌溉水而水资源边际生产价值大于其实际水平,需要改进。

2 国内研究综述

2.1 灌溉效率的评价

灌溉效率是水资源有效利用程度的最直接数量化体现,我国农业灌溉用水资源稀缺且有效利用率较低。尤其是在生产力还相对落后的西部地区,研究发现在西北地区的水资源利用率低下,水资源严重浪费(鞠正山等,2002年)^[16],整个西部地区农业水资源的平均消耗系数为1.1(于法稳 李来胜,2005年)^[17]。提高灌溉效率确实可以显著提高农作物产量(黄继焜等,2005年)^[18],但由于研究方法的局限性,国内在灌溉效率的

测算方面起步较晚,现在比较流行的方法主要有非参数估计法中的数据包络线分析法(DEA)和参数估计法中的随机前沿分析法(SFA)。

对于DEA研究方法而言,起初是通过将灌溉投入引入农业生产函数,计算农业技术效率,如采用DEA方法测量1980—1995年中国农业产出技术效率,发现农业技术效率不断下降,中西部地区与东部地区的技术效率差距在扩大(孟令杰,2000年)^[19];运用DEA—Malmquist指数法,将灌溉投入作为内生变量分析了1990—2003年中国农业全要素生产率的发展趋势和省际差异(陈文江,曹威麟,2006年)^[20]。接下来是把有效农田灌溉面积表示水资源投入来测算农业技术效率,如运用DEA模型计算2003年浙江省11个地区的农业技术差异(徐琼,2005年)^[21];采用DEA—Malmquist指数法分析西部地区900个县的规模效率、技术效率及全要素生产率的变化趋势(李周,于法稳,2005年)^[22]。

国内DEA研究方法始终没有把灌溉的技术效率独立测算出来,SFA研究方法的引入不仅能够独立体现灌溉用水效率,而且能够分析出影响灌溉效率的因素。王晓娟和李周(2005年)^[23]利用河北省石津灌区1996、2003和2004年的农户调查数据,选取SFA方法测算了生产技术效率和灌溉技术效率,并分析了影响灌溉用水效率的因素。结果表明平均灌溉用水效率为75.43%,远低于生产技术效率。对影响灌溉用水效率的因素分析表明:提高渠水使用比例、提高水价、使用节水灌溉技术和参与农民用水协会会提高农户灌溉用水效率。王学渊和赵连阁(2008,2009年)^[24、25]基于1997—2006年省级面板数据,分别采用SFA和DEA方法估计了中国灌溉用水效率和农业生产技术效率,发现平均农业用水效率为0.49,也低于农业生产技术效率,农业用水效率的地区差异较大,其中西北地区农业用水效率和农业生产技术效率效率最低。同时发现减少水资源消耗较多的农作物、增加有效灌溉面积、减少供水中地表水份额会提高农业用水效率,同时,农业水价改革和组建农业用水协会也会在一定程度上提高农业用水效率。提出通过改进农业生产经营规模、增强水投入自由处置性,优化农业水资源管理与经营体制来最大程度地提高灌溉效率。

2.2 灌溉效率的影响因素

灌溉效率是一个多因素作用后的数量化结果,灌溉系统的水权结构、灌溉水市场的组成状况和发育程度、农业节水技术的采用程度以及灌区水资源管理制度都是影响灌溉效率的重要因素。

(1)灌溉系统水权结构对灌溉效率的影响。产权的界定从来都是影响经济主体行为的重要因素,对于灌溉系统水权的界定也是影响农户灌溉效率的关键因素,明晰农户水权可以提高水资源利用效率(许咏梅,2005年)^[26]。现代水权改革与变迁基本上是以市场机制和经济手段为核心来合理分配水资源,以期能提高水资源利用效率,解决水事冲突,促进水资源持续有效利用(王金霞,2001年)^[27]。王金霞和黄季焜(2001年)^[28]证明自20世纪80年代以来,地下水灌溉系统的产权制度逐渐从集体产权向非集体产权演变;他们还基于河北省机电井系统的实地调研,建立了机电井系统供水量的随机边界生产函数模

型。研究结果表明,非集体所有制的灌溉技术效率明显优于集体所有制,个体机井与集体机井相比,机井的管理效率可以提高11%。

明晰水权来提高灌溉效率的内在机制是与水权变革后所引起的种植结构的调整密切相关的。非集体产权机井的发展会促进农民调整种植结构,表现为随着非集体产权机井比例的提高,经济价值高的作物比例也提高,从而提高灌溉经济效率(向青,黄继焜,2000年)^[29]。除此之外,机井的私有化因灌溉效率的提高还会对作物产量产生正向影响(曹建民,王金霞,2008年)^[30]。当然,地下水灌溉系统产权制度的变革也有其影响因素,包括水资源开发利用程度、生存环境、社区经济条件、市场发展程度、水利财政政策和水利信贷政策等因素(王金霞,黄继焜,2000年)^[31]。

(2)灌溉水市场对灌溉效率的影响。灌溉水权的私有化必然催生相应发展程度的灌溉水市场,良好的灌溉水市场是灌溉效率提高的有利环境。对南亚一些国家的研究表明,地下水市场的发育具有提高灌溉系统的利用效率和用水公平性、促进地下水有效利用、提高作物单产、改善没有机井农民的生计、增加农业劳动力需求等功能;而我国北方地区的地下水市场也已经有了相当程度的发育,而且具有无约束性、地域性和分散性等特点(张丽娟等,2005年)^[32]。还有研究发现农村灌溉水市场中的卖水者往往更有可能是那些相对富裕的、在农业活动中具有比较优势的、在本地拥有较高社会地位的农户(米建伟等,2008年)^[33]。当然,影响地下水市场发育的主要因素有机井产权制度、水资源和耕地资源的短缺程度等。水资源的短缺程度是与灌溉水市场发育特征紧密相关的:那些水资源稀缺的村子地下水市场的发育程度显著高于水资源丰富的村子;在水资源丰富的村子的灌溉水市场服务项目较为单一,而在水资源短缺的村子的灌溉服务项目较多样(陈瑞剑,王金霞,2008年)^[34]。水资源的稀缺所引发的用水需求成了灌溉水市场发育的强大驱动力。另外,灌溉水市场服务的增多也有利于提高作物单位用水的生产率,主要表现在产出能力和经济价值上(王金霞,张丽,2009年)^[35]。

(3)农业节水技术采用对灌溉效率的影响。灌溉节水技术可大体划分为传统型、农户型和社区型。传统型节水技术包括:畦灌、沟灌和平整土地3种节水技术;农户型节水技术包括:地面管道(白龙或水袋等)、地膜覆盖、留茬免耕(秸秆还田)、间歇灌溉和抗干旱品种5种节水技术;社区型节水技术包括:地下管道、喷灌、滴灌和渠道防渗4种节水技术(刘宇等,2009年)^[36]。资金需求少和一家一户易于采用的传统型和农户型节水技术的采用程度相对较高,而资金需求大且需要集体行动的社区型节水技术的采用程度很低且发展缓慢(刘克亚等,2011年)^[37]。从总体上来看,尽管农业节水技术的空间分布较广且扩散很快,但是以播种面积测量的采用程度却很低。政府和水资源的稀缺是影响农业节水技术的两个重要因素(刘宇等,2009年)^[36],如果政府希望推动农业节水技术的采用,节水技术的推广政策和示范村的建立都是十分有效的措施(刘克亚等,2011年)^[37]。

(4)灌区灌溉管理制度对灌溉效率的影响。节水技术的采

用固然可以从技术上提高灌溉效率,但有效的灌溉管理制度则可以在有限水资源的条件下实现灌溉水源配置的效率最大化。随着我国北方灌区,特别是黄河流域的灌溉水资源的稀缺程度的逐渐加深,新的灌区灌溉管理制度改革也在逐渐推进,其主要措施是将灌溉系统(主要是村级渠道系统)的管理权责从国家或集体部门转移给当地用水者,通过建立相应的激励机制和鼓励农民的参与来提高灌溉系统的运行绩效和水资源的利用效率(王金霞等,2004年)^[38]。这种改革措施其实就是一种参与式灌溉管理(Participatory Irrigation Management, PIM),也被称为灌溉管理转权(Irrigation Management Transfer, IMT),是在清晰划定水文边界的同一区域内,由农户自愿组成非营利性的具有社团法人地位的农民用水协会,接受政府授权,部分或者全部承担管辖区域内支渠以及支渠以下的灌溉工程管理的权利和责任,参与灌区规划、施工建设、运行维护等方面的事务(冯广志,2002年)^[39]。随着此种改革,传统上村级的集体水资源管理制度正在逐渐被用水协会和承包管理所代替(王金霞等,2005年)^[40],而且用水协会已经成为改革的主导方式(邢相军,2010年)^[41]。

在灌区水资源管理制度改革中,激励机制的建立和农民参与是衡量改革成功的两大主要指标。虽然在改革的推进中,激励机制的建立和农民参与也都有了较大进步,但是其效果并不理想。就建立节水激励机制而言,名义上的改革对节水没有影响,只有那些真正建立了有效节水激励机制的水资源管理制度才能实现节水的目标(王金霞等,2004,2005年)^[38,18]。其他基于影响灌区农业用水效率的主要因素的研究也发现设计水权激励机制(包括提高水费)可以提高水资源利用效率,增加农业节水量(刘渝等,2007年;李文,于法稳,2008年)^[42,43]。

3 结 语

通过以上文献综述可知,在灌溉技术效率方面国内研究明显落后于国外,并且关于灌溉经济效率的研究明显少于灌溉技术效率的研究。在灌溉效率的定义上,国内外还没有明确提出灌溉效率的两个表现,即灌溉技术效率和灌溉经济效率;并且经常把灌溉技术效率直接作为灌溉效率,或者稍加区别地叫做“工程学上的灌溉效率”(Omezzine and Zaibet, 1998年)^[11]。对于灌溉技术效率的多重专业定义,国内很多学者把它和灌溉经济效率定义相混,并且不区分它和灌溉水资源利用率的差别。在经济研究中,我们用作物产量代替生物工程学上的植物蒸腾量,并以此来研究灌溉技术效率;加入投入和产出价格后,计算灌溉经济效率。

在研究方法上,把灌溉用水投入作为一个必要的生产要素,是测算农业生产技术效率的一大进步。但非参数估计法(如DEA)始终无法估计出单个生产要素(如水资源)的技术效率;虽然参数估计法(如SFA)可以通过偏微分方法间接测算水资源的灌溉效率,但是在全要素生产条件下,已有研究无法无偏地分离出水的灌溉效率,也不能合理地分配生产函数中的投入变量和控制变量并处理两种变量间的内生性问题。因此下一步的研究重点在于:在用非参数估计时,要从多投入中科学地分离出水的技术效率;用参数估计时,要设定合理的生产函

数模型。在研究内容上,国内外研究都侧重于测定灌溉技术效率值和找出其影响因素两个方面。但是由于没有统一的效率界定标准,所测量的效率值差异悬殊,无法进行比较;对于影响因素的研究忽略了灌溉的操作者,其年龄和知识结构以及社会关系的差异对灌溉效率的影响也是有待研究的。因此未来的研究重点在于:规范灌溉效率定义,建立一套合理的灌溉效率比较体系;在研究影响因素时,要加入农户的人力资本和社会资本等因素。

参考文献:

- [1] Zhi Wang, Dawit Zerihun, Jan Feyen. General irrigation efficiency for field water management[J]. *Agricultural Water Management*, 1996,(30):123-132.
- [2] Md Hazrat Ali, Lee Teang Shui, Kwok Chee Yan, et al. Modeling water balance components and irrigation efficiencies in relation to water requirements for double-cropping systems[J]. *Agricultural Water Management*, 2000,(46):167-182.
- [3] Hanemann W M, Lichtenberg E, Zilberman D, et al. Economic implications of regulation agricultural drainage to the San Joaquin River[C] // Sacramento. Technical Committee Report to the State Water Resources Control Board, 1987:121-133.
- [4] Battikhi A M, Abu-hammad A H. Comparison between the efficiencies of surface and pressurized irrigation systems in Jordan [J]. *Irrig. Drain. Syst*, 1994,(8):109-121.
- [5] Zalidis G, Dimitriads X, Antonopoulos A, et al. Estimation of a network irrigation efficiency to cope with reduced water supply [J]. *Irrig. Drain. Syst*, 1997,(11):337-345.
- [6] Oster J D, Meyer L, Hermsmeier L, et al. Field studies of irrigation efficiency in Imperial Valley [J]. *University of California, Berkeley Hilgardia*, 1986,54(7):1-15.
- [7] Yilmaz B, Harmancioglu N B. The assessment of irrigation efficiency in Buyuk Menderes Basin [J]. *Water Resource Management*, 2008,(23):1 081-1 095.
- [8] Charles Batchelor, Christopher Lovell, Monica Murata. Simple microirrigation techniques for improving irrigation efficiency on vegetable gardens [J]. *Agricultural Water Management*, 1996,(32):37-48.
- [9] M S Al-Jamal, S Ball, T W Sammis. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production [J]. *Agricultural Water Management*, 2001,(46):253-266.
- [10] J W Knox, M G Kay, E K Weatherhead. Water regulation, crop production, and agricultural water management -Understanding farmer perspectives on irrigation efficiency [J]. *Agricultural Water Management*, 2011,(10):1-6.
- [11] S Burke, M Mulligan, J B Thornes. Optimal irrigation efficiency for maximum plant productivity and minimum water loss [J]. *Agricultural Water Management*, 1999,(40):377-391.
- [12] McGockin J T, Gollehon N, Ghosh S. Water conservation in irrigated agriculture: A stochastic production frontier model [J]. *Water Resource Research*, 1992,(28):305-312.
- [13] Lilienfeld A, Asmild M. Estimation of excess water use in irrigated agriculture: A data envelopment analysis approach [J]. *Agricultural Water Management*, 2007,(94):73-82.

- [14] Dhehibi B, Lachaal L, Elloumi M, et al. Measuring irrigation water use efficiency using stochastic production frontier: An application on citrus producing farms in Tunisia[J]. African Journal of Agricultural and Resource Economics, 2007, (1): 1-15.
- [15] Abdallah Omezzine, Lokman Zaibet. Management of modern irrigation systems in oman; allocative vs. irrigation efficiency[J]. Agricultural Management, 1998, (37): 99-107.
- [16] 鞠正山, 张凤荣, 刘晓霞. 西北特干旱区农业水资源利用潜力与粮食增产的关系[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 177-180.
- [17] 于法稳, 李来胜. 西部地区农业水资源利用的效率分析及政策建议[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(6): 35-39.
- [18] 王金霞, 徐志刚, 黄季焜, 等. 水资源管理制度改革、农业生产与反贫困[J]. 经济学, 2005, 5(1): 189-202.
- [19] 孟令杰. 中国农业产出技术效率动态研究[J]. 农业技术经济, 2000, (5): 1-4.
- [20] 陈文江, 曹威麟. 改善中国农业水管理的对策研究[J]. 科技进步与对策, 2006, (2): 30-32.
- [21] 徐 琼. 基于 DEA 模型的技术效率实证分析——浙江省地区农业效率差异分析[J]. 宁波大学学报(理工版), 2005, 18(2): 215-218.
- [22] 李 周, 于法稳. 西部地区农业生产效率的 DEA 分析[J]. 中国农村观察, 2005, (6): 2-10.
- [23] 王晓娟, 李 周. 灌溉用水效率及影响因素分析[J]. 中国农村经济, 2005, (7): 11-17.
- [24] 王学渊, 赵连阁. 中国农业用水效率及影响因素——基于 1997-2006 年省区面板数据的 SFA 分析[J]. 农业经济问题, 2008, (3): 10-17.
- [25] 王学渊. 基于数据包络分析方法的灌溉用水效率测算与分解[J]. 农业技术经济, 2009, (6): 40-49.
- [26] 许咏梅. 从农村用水现状引发的思考[J]. 农业技术经济, 2005, (2): 79-80.
- [27] 王金霞, 黄季焜. 国外水权交易的经验及对中国的启示[J]. 农业技术经济, 2001, (5): 56-62.
- [28] 王金霞, 黄季焜. 机电井地下水灌溉系统分析及其效率——河北省机电井地下水灌溉系统的实证研究[J]. 水科学进展, 2001, 13(2): 259-264.
- [29] 向 青, 黄季焜. 地下水灌溉系统产权演变和种植结构调整研究——以河北省为实证的研究[J]. 管理世界, 2000, (5): 163-168.
- [30] Cao Jianmin, Wang Jingxia. Development of Groundwater Resources and Farmers' Response on Privatizing Tubewells: Empirical Research in the Rural Areas of Hebei Province[J]. Journal of Natural Resource, 2008, 23(6): 970-980.
- [31] 王金霞, 黄季焜, Scott Rozelle. 地下水灌溉系统产权制度的创新与理论解释——小型水利工程的实证研究[J]. 经济研究, 2000, (4): 66-74.
- [32] 张丽娟, 王金霞, 黄季焜, Scott Rozelle. 地下水市场的发育及影响因素——北方地区的实证研究[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2005, 4(3): 3-6.
- [33] Mi Jianwei, Huang Jikun, Wang Jinxia, et al. Participants in Groundwater Market: Who are sellers? [J] Journal of Natural Resource, 2008, 23(6): 959-969.
- [34] Chen Ruijian, Wang Jinxia. Characteristics of Groundwater Markets in Northern China: Is it Related with the Local Water Endowment? [J] Journal of Natural Resource, 2008, 23(6): 981-989.
- [35] 王金霞, 张丽娟. 地下水灌溉服务市场对农业用水生产率的影响[J]. 水利水电科技进展, 2009, 29(2): 19-22.
- [36] 刘 宇, 黄季焜, 王金霞, 等. 影响农业节水技术采用的决定因素——基于中国 10 个省的实证研究[J]. 节水灌溉, 2009, (10): 1-5.
- [37] 刘克亚, 王金霞, 李玉敏, 等. 农业节水技术的采用及影响因素[J]. 自然资源学报, 2011, 26(6): 932-942.
- [38] 王金霞, 黄季焜, Scott Rozelle. 激励机制、农民参与和节水效应: 黄河流域灌区水管理制度改革的实证研究[J]. 中国软科学, 2004, (11): 8-14.
- [39] 冯广志. 用水户参与灌溉管理与灌区改革[J]. 中国农村水利水电, 2002, (12): 1-5.
- [40] 曹建民, 王金霞. 井灌区农村地下水位变动: 历史趋势及其影响因素研究[J]. 农业技术经济, 2009, (4): 92-98.
- [41] 邢相军, 王金霞, 张丽娟. 黄河流域灌区的灌溉管理改革进展及影响因素研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(25): 14098-14102.
- [42] 刘 渝, 王兆锋, 张俊飏. 农业水资源利用效率的影响因素分析[J]. 经济问题, 2007, (6): 75-77.
- [43] 李 文, 于法稳. 中国西部地区农业用水绩效影响因素分析[J]. 开发研究, 2008, (6): 60-63.

(上接第 66 页)

权重与指标矩阵相乘得: $P=71.32$ 。由此, 该镇节水灌溉效果良好。

3 结 语

提出了节水灌溉效果评价的三级指标体系, 建立了节水灌溉效果模糊综合评价模型, 采用专家打分法和层次分析法确定各级指标的权重, 主、客观相结合, 克服了过去在权重确定上的主观任意性及难以准确确定的缺点, 符合农业生产的实际情况, 具有较好的实用性。所提出的节水灌溉效果评价模型简单适用, 当指标因素越多时, 该模型优越性体现得越明显。

然而实际中各个专家对问题看法不同, 各评价指标权重也可能不同, 模型中还是存在着一定的主观臆断成分。因此,

对节水灌溉效果综合评价方法还应进一步研究。

参考文献:

- [1] 安徽省水利厅. 安徽省节水灌溉“十一·五”发展规划[Z]. 安徽省: 安徽省水利厅, 2005.
- [2] 雷 波, 姜文来. 节水农业综合效益评价研究进展[J]. 灌溉排水学报, 2004, (3): 65-69.
- [3] 张于心, 智明光. 综合评价指标体系和评价方法[J]. 北方交通大学学报, 1995, (3): 393-400.
- [4] 黎 军, 刘广河. 教师教学质量评估优化模糊模型[J]. 中国农业教育, 2007, (4): 17-19.
- [5] 杨春红. 西北地区农业节水项目社会效果后评价研究[D]. 南京: 河海大学, 2007.
- [6] 孙吉国. 基于层次分析法与模糊综合评价的 CEO 绩效评估研究[J]. 石家庄经济学院学报, 2007, (4): 37-39.