

计量水价、定额管理还是每亩收费？*

——海河流域农业用水政策探究

易福金^{1,3} 肖蓉¹ 王金霞²

摘要：本文以海河流域为例，通过建立局部均衡模型，分析计量水价、定额管理和每亩收费3种农业用水政策在不同节水目标下对农业生产的影响。结果表明，不同政策会带来作物播种面积和灌溉强度的变化，进而影响作物产量和农业部门社会福利。具体来说：①随着用水成本的提高，灌溉作物总播种面积有较大幅度减少，雨养作物总播种面积有较大幅度增加，但作物总播种面积波动幅度较小。②不同节水目标下，每亩收费政策使各作物灌溉强度下降幅度最小。③相同节水目标下，计量水价政策更符合中国保障粮食安全的目标，但会进一步加剧中国大豆产业的对外依存度。④定额管理政策能够以较低的农业部门总福利损失节约更多的水资源。⑤水资源的节约虽使农业部门整体社会福利下降，但几乎不会给农民带来农业生产利润损失。

关键词：计量水价 定额管理 每亩收费 海河流域

中图分类号：F323.21 **文献标识码：**A

一、引言

在气候变化与传统经济发展模式发生转变的大背景下，工业用水量与生活用水量激增，水污染问题加重，中国农业生产部门面临着越来越严重的水短缺问题。从水资源供给来看，一方面，中国人均水资源占有量少，仅为世界人均水平的28%，且近年来北方各流域水资源总量呈现明显减少趋势^①。另一方面，中国水资源时空分布不均，年际变化大，极易形成水旱灾害。从水资源需求来看，经济发展和居民收入提高使得工业部门和生活部门的用水需求不断增加。从1978~2016年，全国工业和生活用水量占总用水量的比例由13%增长至38%，部门间用水竞争日益激烈。此外，气候变化预计将在未

*本研究得到国家自然科学基金面上项目“近地面臭氧污染下的粮食安全研究”（项目编号：71673137）、江苏省高校优势学科建设工程资助项目（PAPD）、南京农业大学中央高校科研业务费人文社科基金（SKCX2017001）、江苏农村发展与土地政策研究基地、江苏省农业现代化决策咨询基地的资助。感谢匿名审稿专家和编辑部老师提出的宝贵意见和修改建议，但文责自负。

^①资料来源：《〈全国水资源综合规划〉概要》，《中国水利》2011年第23期。

来几十年加剧中国主要粮食产区的水资源短缺 (Wang et al., 2013)。

鉴于以上现状,我国急需积极调整农业水资源管理政策以应对严峻的水资源短缺问题。为此,中国政府于2011年提出了最严格的水资源管理制度。目前,在该项制度的框架下,中国农业用水管理政策主要包括定额管理、水价政策(包括计量水价和按亩收费)、水权机制等。针对以上相关政策,急需回答的问题是,这些政策对农民灌溉用水、各作物播种面积及产量和社会福利等方面究竟产生了怎样的影响?不同政策的影响有何差异?目前的研究大多忽略了对比不同政策影响的差异性(例如畅明琦、刘俊萍,2005;刘莹等,2015),或者只分析了政策对某一个或两个方面的影响(例如Feike,2015)。本文试图弥补已有相关研究的不足,尝试以定额管理和水价政策为研究重点回答上述问题,并对缓解中国水资源短缺、粮食生产与节水的矛盾提出合理建议。

海河流域是中国重要的粮食产区之一。从水资源短缺的角度看,海河流域以不足全国1.3%的水资源量承担着全国11%的耕地面积,灌溉用水短缺问题十分严峻。从地理位置看,海河流域包括北京、天津、河北等省(自治区、直辖市),在中国政治、经济、文化领域中占有独特地位,随着城市化和工业化的快速推进,面临更大的用水压力。从政策实施条件看,由于海河流域近70%的灌溉水源是地下水,而且所有灌溉机井都装有电表,还有一些农业水价综合改革示范点的机井安装了水表,这些条件都有利于实施农业用水定额管理和计量收费。因此,以海河流域作为研究对象是恰当的,也是十分必要的,研究结果对北方其他水资源短缺地区的农业用水管理也具有借鉴意义。

二、中国农业用水管理的政策背景

面对水资源短缺问题,在20世纪50年代,中国坚持采用“以需定供”策略,即通过兴修水利增加供水量,这在当时百废待兴、水利设施缺乏的情况下是较为有效的办法。但是,随着经济发展,水资源需求量越来越大,受社会、政治等因素制约,其边际开发成本也快速上升,水资源“以需定供”的传统供给管理策略逐渐被调整为“以供定需”的需求管理策略。在这样的改革思路下,政府部门希望运用有效的水管理政策调整水需求以应对水资源短缺问题,从而促进水资源的可持续利用(孙天合,2017)。针对灌溉用水的需求管理策略,政府部门提出了一系列措施,包括水价改革、定额管理、建立水权制度、推广节水技术等。

为进一步加强水资源管理,提高水的利用效率,中国政府又开展了节水型社会建设试点工作,涉及范围包括农业、工业和生活部门,试图通过产业结构调整、节水工程建设、定额管理等措施,把农业用水管理纳入整个社会用水管理的框架之下。2002年3月,甘肃省张掖市被确立为首个节水型社会试点,此后,海河流域的天津塘沽区、北京海淀区等地也先后成为节水型社会建设试点。为了推进农业水价改革、建立农业用水的水权制度以有效地进行定额管理,2007年5月,中国又确立了首批农业水价综合改革试点地区,包括黑龙江、吉林、山西等8省(区、市)的14个灌区,拉开了中国农业水价综合改革的大幕。

下面仅对本文关注的水价改革(计量水价和按亩收费)和定额管理政策进行详细介绍。计量水价和按亩收费在中国都有一些实施先例。从原理上说,计量水价指的是按照实际用水量对灌溉用水进行

计费，而按亩收费是指按照灌溉面积收取水费。这两种收费方式都属于水价政策的内容，原则上都试图利用市场手段来调节用水量。在实施时间上，新中国建立之前，就有地方政府按亩收取灌溉水费。计量水价则最早出现于 1965 年中国制定的《水利工程水费征收、使用和管理试行办法》，但由于“文革”的影响，此《试行办法》基本形同虚设。直到 1985 年 7 月，国务院发布《水利工程水费核订、计收和管理办法》，此后，在一些计量用水方便的地区，计量水价政策得到了一定程度的推广，而在计量用水不方便的地区，按亩收费也得到了较好的施行。尽管如此，总体上中国农业用水收取的灌溉水费总额仍然极低。例如，《百家大中型水管单位水价调研报告》中提到，2001 年中国平均农业水价为 0.0361 元/立方米，农业部门平均水费收取率为 71%^①，低于工业水费和自来水水费的收取率。

定额管理政策是通过政府强制力对可用水量的总额进行控制来实现预期合理的调配，属于调节用水量的非市场手段。早在 2002 年，中国各地陆续颁布了农业用水定额标准。随着 2007 年中国推行农业水价综合改革，中央政府进一步提出各地区要因地制宜地建立农业用水总量控制和定额管理制度。2011 年中国确立水量控制、用水效率控制和污染控制“三条红线”的管理政策后，定额管理政策得到了国家的大力推行和实施。尽管如此，现有文献对定额管理政策实施效果的研究非常有限，大多是定性的逻辑分析。

三、文献综述

针对计量水价、定额管理和按亩收费这 3 种农业用水政策，国内外学者也进行过诸多研究。按亩收费出现较早，由于收费方式简单而被广泛应用于发展中国家。然而，由于用水量与收取的水费无关，进而难以对农民节约用水产生激励，现有研究一致认为该政策的节水效果非常小（Tsur, 2005）。关于定额管理政策的分析有很多，但大部分都是描述性的。一些学者认为，定额管理政策是一种有效的节水方法，能促进种植结构调整和高效节水农业的发展（Shi et al., 2014）。但是，由于合适的定额难以确定、量水设施缺乏、水权交易成本高（Chang and Liu, 2010），定额管理往往在实际中效率并不高。关于计量水价对农民微观主体影响的研究结果众说纷纭。尽管现有文献基本都认为计量水价提高不利于农民收入的增加（Wang et al., 2016；廖永松, 2009），但在节水效果的结论上存在较大分歧。一些学者研究发现，价格机制能有效节约用水量，提高水的利用效率（Dinar and Mody, 2004；毛春梅, 2005）；另一些学者则认为，计量水价提高不能产生显著的节水效果（Yang et al., 2003；Mamitimmin et al., 2015），主要原因是水的需求价格弹性较低，用水的边际成本只有在超出水的边际价值或机会成本时才会发挥作用（Huang et al., 2010）。在对作物种植结构的影响上，一些学者发现单位水价提高会使农民改变作物种植结构（Bazzani et al., 2004；刘莹, 2008）；而另一些学者通过事实分析表明，计量水价政策对作物结构影响不大甚至没有影响（Mamitimmin et al., 2015；赵连阁、王学渊, 2006），主要原因有灌区耕地的专用性高、农民并非完全追求利润最大化、农村劳动力富余、水价上涨幅度小等。

已有的关于农业用水政策影响的文献主要是对单独某项政策的变化产生的影响进行研究，也有一

^①资料来源：《百家大中型水管单位水价调研报告》，<https://wenku.baidu.com/view/677c86fcaef8941ea76e057a.htm>。

小部分文献关注几种政策影响的对比。总的来看可分为3类：①通过回顾各国农业用水政策进行经验分析（例如 Molle, 2009）；②采用一般均衡模型从宏观层面考虑各项政策在整个国民经济系统行业间的相互作用，分析政策对农业部门经济的影响（例如牛坤玉、吴健, 2010；王克强等, 2011）；③采用数学规划法从微观角度考虑政策对节水、农民收入、作物生产等的影响，并以此为基础对政策进行评价（例如 Shi et al., 2014；Feike, 2015）。但已有研究的结果并不一致，例如，有的学者认为实施定额管理政策比水价政策更为适当，有的则认为水价政策能更有效地进行水资源配置。研究结果产生差异的一个重要原因在于自然环境和农业生产状况的差异性，例如，农民的反应以及水需求弹性的相对强度在很大程度上取决于农艺、区域和制度等因素（Varela-Ortega et al., 1998；Gómez-Limón and Riesgo, 2004）。

综上，从研究的广度看，对微观主体进行分析的多数文献仅仅针对单独某项政策的影响开展研究，而忽略了对各项政策影响的对比；少数文献尽管考虑了政策影响的对比，但从研究的深度看，仅仅关注政策变动对某一个或两个方面的影响，忽视了政策变动带来的其他影响。例如，Feike（2015）在分析水价变动对节水量的影响时假定每亩作物的用水量固定不变。从研究的结果看，受制于不同自然环境和农业生产状况，已有研究结果存在较大分歧。鉴于此，本文以海河流域为研究区域，对计量水价、定额管理和按亩收费3种农业用水政策进行分析，全面考虑各种政策变动对各作物播种面积和灌溉强度的影响，并进一步分析其对作物产量和社会福利的影响，从而拓展以往此类研究的广度和深度，丰富海河流域水资源管理政策的相关研究。

四、理论分析与模型设定

为了分析不同用水管理政策对农业部门的影响，本部分首先从简化的水资源需求理论出发讨论计量水价、定额管理和按亩收费政策变动对农业生产的影响机制，接着建立用于分析3种农业用水政策影响的海河流域局部均衡模型，最后在该局部均衡模型的基础上通过比较静态分析探讨用水管理政策变动分别对作物播种面积、灌溉强度、产量和社会福利的影响方向。

（一）理论分析

本文着重分析计量水价、定额管理和按亩收费政策变动对农业用水量、作物生产和社会福利的影响，分析各种政策变动下水资源节约量与粮食生产的关系，权衡水资源节约与农业生产的利弊。从本质上说，计量水价和按亩收费都是通过影响用水成本对农业生产产生作用，因此，受篇幅限制，下面只具体分析提高计量水价和减少灌溉定额对农业用水量的影响（见图1和图2）。

水价政策和定额管理政策在影响灌溉用水、作物播种面积、产量和社会福利等方面具有不同的特点。对计量水价来说，根据现行水价和影子价格之间的关系，其影响有两种情况。在图1中， S_1 代表地区可用水量， DD 代表无资源约束时水的价格需求曲线。第一种情况：第一种情况：现行水价 P_{01} 远低于影子价格 P_s ，这时将水价从 P_{01} 提高到 P_1 ，农民用水成本增加，带来的损失为 $P_{01}ABP_1$ 的面积，但用水量不变，仍为 Q_1 。只有将水价从 P_{01} 提高到 P_2 （高于影子价格），用水量才从 Q_1 下降到 Q_2 ，进而产生较大的损失（ $P_{01}AEFP_2$ 的面积），各作物播种面积和作物产量等都将可能发生变化。第二种

情况：现行水价 P_{02} 接近影子价格 P_s ，这时将水价从 P_{02} 提高到 P_2 （高于影子价格），用水量将从 Q_1 下降到 Q_2 ，产生的损失为 $P_{02}CEF P_2$ 的面积，但该损失小于第一种情况中单位水价从 P_{01} 提高到 P_2 时产生的损失。

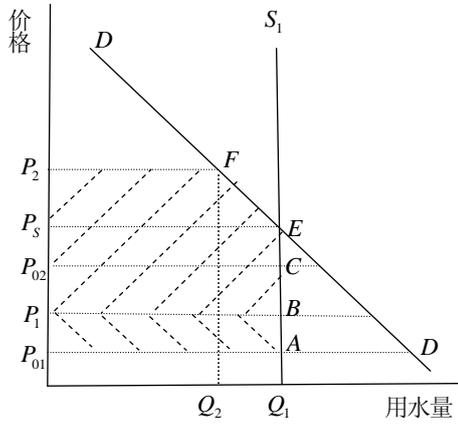


图1 计量水价上升对灌溉用水量的影响

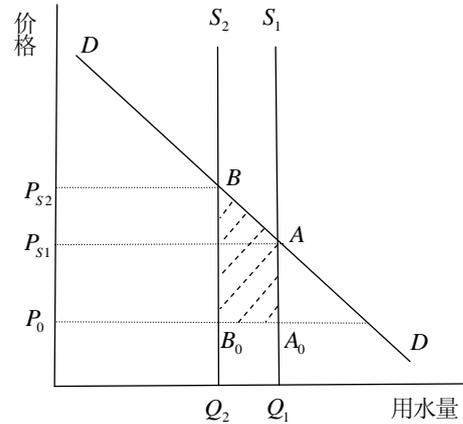


图2 灌溉定额减少对灌溉用水量的影响

定额管理政策易实施、成本低，一般不会给农民带来过重负担，对节水目标的实现是精确有效的，但是设定合理的定额并不容易。在图 2 中，当用水定额从 Q_1 减少到 Q_2 时，产生的损失为阴影部分 ABB_0A_0 的面积，且水资源的影子价格将从 P_{s1} 上升到 P_{s2} 。可用水资源的减少可能会促使农民调整各作物播种面积和灌溉强度。并且，用水量的减少可能会导致农作物单产下降，进而使作物总产量和农业部门总福利也受到不利影响。为了简化分析，本文假设水定额不能交易，所以在每个县^①都实现同样的节水目标下，预期实行定额管理政策的灵活度要比实行计量水价政策低，并且伴随着一些效率损失。

理论上，每亩收费实施和管理的成本相对较低，是许多国家广泛应用的工具。但是，该政策会带来两个后果：一是造成节约水资源的农民与浪费水资源的农民之间的不公平；二是几乎不会起到节约用水的效果，因为实际用水量与支付的水费之间没有必然联系（Tsur, 2005；郭善民, 2004）。水费发生变动时，若每亩耕地上的收费水平低于选择灌溉带来的边际收益，就无法促使农民节水。只有当每亩耕地上的收费水平不断增加到足够高时，农民才会减少灌溉面积或改变作物种植结构以应对灌溉成本的上升。

（二）模型设定

本文拟通过建立海河流域的局部均衡模型对上述 3 种农业用水政策进行分析，基本思路是假定农户在各种资源约束条件下以实现利润最大化为目标。为确保该模型在实际应用中具有代表性，本文采用非线性 PMP 方法（positive mathematical programming）对模型进行了校准^②。总体上，本文借鉴 Graveline and Mérel（2014）的农业用水优化配置方法，利用广义 CES 生产函数计算各作物产量，并且考虑了农产品价格的内生性，以求能更准确地反映农业用水政策与农业生产之间的动态关系。本文

^①本文以海河流域的 333 个县级行政区为研究单位。

^②由于篇幅所限，本文没有给出具体的校准过程，有兴趣的读者可向作者索要。

且考虑了农产品价格的内生性，以求能更准确地反映农业用水政策与农业生产之间的动态关系。本文构建的模型如下所示：

$$\underset{\substack{q_{gi}^r \geq 0 \\ x_{gij}^r \geq 0}}{\text{Max}} \sum_g \sum_i \sum_r \left\{ p_{gi} q_{gi}^r - \sum_j (c_{gij}^r + \gamma_{gij}) x_{gij}^r \right\} \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^2 x_{gi1}^r \leq b_{g1} \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^2 x_{gi2}^r \leq b_{g2} \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \left\{ \begin{array}{l} q_{gi}^1 = \mu_{gi}^1 \left[\sum_{j=1}^J \beta_{gij} x_{gij}^1 \right]^{\frac{\delta_{gi}^1}{\rho_{gi}}} \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{gi}^2 = \mu_{gi}^2 x_{gi1}^{2\delta_{gi}^2} \end{array} \right. \quad (5)$$

(1) 式是最大化农业部门社会福利的目标函数。在该函数中，每种作物的生产利润等于总收益与总成本之差。其中，变量 x_{gij}^r 代表在 g 县 r 类地 ($r=1$ 为灌溉地， $r=2$ 为雨养地) 上生产作物 i 要素 j 的投入量。 p_{gi} 是作物 i 在 g 县的价格， q_{gi}^r 是作物 i 在 g 县 r 类地上的产量。模型中考虑了 3 种要素的投入， $j=1$ 、 $j=2$ 、 $j=3$ 分别表示土地、水和劳动力。 c_{gij}^r 是各生产要素的单位投入成本。在本研究中，灌溉作物的其他投入（如农药、化肥等）和雨养作物的投入都按土地的固定比例计算，故将这些成本包括在土地成本 c_{gi1}^r 中。根据 PMP 方法，参数 γ_{gi1} 、 γ_{gi2} 和 γ_{gi3} 的其中之一被加入到土地、水或劳动力的成本中进行校准。理论上，3 个校准参数中至多有一个参数非零。在只有一种资源约束的地区，笔者将其加入到占成本比例最大的投入中；在有两种资源约束的地区，将 γ_{gi1} 加入到土地成本当中，即 $\gamma_{gi2}=0$ ， $\gamma_{gi3}=0$ (Mérel et al., 2011)。由于篇幅限制，本文没有给出利用基期数据^①求出各县自价格供给弹性和各类参数的过程。

(2) 式和 (3) 式分别表示土地限制和水资源约束，要求各县所有作物的总播种面积不超过基准情景下的总播种面积，各县的灌溉用水总量不超过基期的灌溉供水总量。 b_{g1} 和 b_{g2} 分别代表各县土地资源和水资源的供给总量。

(4) 式和 (5) 式分别是灌溉作物和雨养作物的生产函数，满足规模报酬递减假设。本研究对灌溉作物采用的是 CES 生产函数，其中， q_{gi}^1 表示 g 县灌溉作物 i 的产量， x_{gij}^1 表示 g 县为灌溉作物 i 投入的要素 j 的数量。该函数还涉及生产要素的效率参数 μ_{gi}^1 、规模效益系数 δ_{gi}^1 、生产要素 j 的

^①本研究以 2014 年为基期，详见第五部分的介绍。

投入占要素总投入的份额参数 β_{gij} 、生产要素替代系数 ρ_{gi} ^①。令 $\rho_{gi} = (\sigma_{gi} - 1) / \sigma_{gi}$ ，其中， σ_{gi} 是生产要素的替代弹性。本文参照严婷婷（2015）的方法，根据极大化熵法计算得出 $\sigma_{gi} = 0.435$ 。对于雨养作物，本研究采用的是固定比例生产函数，其中， q_{gi}^2 表示 g 县雨养作物 i 的产量， x_{gi}^2 表示 g 县雨养作物 i 的播种面积， μ_{gi}^2 和 δ_{gi}^2 同样分别是雨养作物的效率参数和规模效益系数。在规模报酬递减假设下，灌溉作物和雨养作物的生产都满足 $\delta_{gi}^r \in (0, 1)$ 。

（三）比较静态分析

随着农业用水管理政策的调整，各作物播种面积、灌溉强度、作物产量和社会福利将会相应发生变化。下面以计量水价变化为例进行说明。

1. 计量水价变化对作物播种面积的影响。就作物播种面积而言，可将灌溉作物播种面积表示为 $x_1^1(\lambda_1(P), c(P), p)$ ，将雨养作物播种面积表示为 $x_1^2(\lambda_1(P), c, p)$ 。其中 P 代表计量水价； λ_1 代表土地的影子价格； c 代表灌溉作物或雨养作物的总生产成本，但雨养作物的总生产成本与水价无关； p 代表农产品价格。为了节约篇幅，下面以计量水价升高为例进行分析。

将 x_1^1 对 P 求导可得：

$$\frac{\partial x_1^1}{\partial P} = \frac{\partial x_1^1}{\partial \lambda_1} \frac{\partial \lambda_1}{\partial P} + \frac{\partial x_1^1}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial P} \quad (6)$$

(6) 式中，当计量水价升高时，易知 $\partial x_1^1 / \partial \lambda_1 < 0$ 且 $\partial \lambda_1 / \partial P < 0$ ，即计量水价升高引起土地影子价格下降进而对灌溉作物播种面积产生正向影响。当 $\partial x_1^1 / \partial c < 0$ 且 $\partial c / \partial P > 0$ 时，计量水价升高引起成本上升进而对灌溉作物播种面积产生负向影响。因此，当计量水价升高时，灌溉作物播种面积的增减取决于以上两部分的相对大小。

将 x_1^2 对 P 求导可得：

$$\frac{\partial x_1^2}{\partial P} = \frac{\partial x_1^2}{\partial \lambda_1} \frac{\partial \lambda_1}{\partial P} \quad (7)$$

当计量水价升高时，(7) 式中的 $\partial x_1^2 / \partial \lambda_1 < 0$ 且 $\partial \lambda_1 / \partial P < 0$ ，即计量水价升高引起土地影子价格下降进而对雨养作物播种面积产生正向影响。因此，计量水价升高将使雨养作物播种面积增加。

2. 计量水价变化对灌溉强度的影响。灌溉强度变化不仅与亩均用水量的变化相关，也与各县作物播种面积的调整相关。灌溉强度可以用 $W(x_1^1(P), x_2(P))$ 表示，其中， x_2 表示各县作物的亩均用水量，将 W 对 P 求导可得：

^①参见 Yi et al. (2015)。

$$\frac{\partial W}{\partial P} = \frac{\partial W}{\partial x_1^1} \frac{\partial x_1^1}{\partial P} + \frac{\partial W}{\partial x_2} \frac{\partial x_2}{\partial P} \quad (8)$$

(8) 式中, 当计量水价升高时, 易知 $\partial W / \partial x_1^1 < 0$, 从上文对 (6) 式的分析中可知, $\partial x_1^1 / \partial P$ 受到两方面影响, 其符号无法确定; 而 $\partial W / \partial x_2 > 0$ 且 $\partial x_2 / \partial P < 0$, 即计量水价升高对灌溉强度的影响是负向的。最终, 灌溉强度的增减由上述两部分共同决定, 因此, 影响方向是未知的。计量水价下降时的分析与上文类似, 不再赘述。

3. 计量水价变化对作物产量的影响。作物产量与播种面积和用水量相关, 可以简单表示为 $Q(x_1(P), x_2(P))$, 其中, x_1 表示灌溉作物播种面积与雨养作物播种面积之和, 将 Q 对 P 求导可得:

$$\frac{\partial Q}{\partial P} = \frac{\partial Q}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial P} + \frac{\partial Q}{\partial x_2} \frac{\partial x_2}{\partial P} \quad (9)$$

(9) 式中, 当计量水价升高时, 易知 $\partial Q / \partial x_1 > 0$, 且在土地面积给定的条件下有 $\partial x_1 / \partial P \leq 0$, 即水价升高通过影响各作物播种面积进而对作物产量产生负向影响; 同时, $\partial Q / \partial x_2 > 0$ 且 $\partial x_2 / \partial P < 0$, 即水价提高通过减少亩均用水量而对各作物产量产生负向影响。综上, 计量水价升高会减少作物产量, 而计量水价下降的影响方向则相反。

4. 计量水价变化对社会福利的影响。社会福利包括生产者福利 $ps(c(P); \varepsilon_1)$ 和消费者福利 $cs(c(P); \varepsilon_2)$, 其中, ε_1 和 ε_2 分别代表农产品的价格供给弹性和价格需求弹性, 且与计量水价变化无关。对生产者福利而言, 水价升高带来农产品生产成本上升, 使供给曲线上移, 从而影响均衡价格和产量。对消费者福利而言, 生产者成本上升带来产品价格上升, 进而使消费者福利下降。但是, 在价格需求弹性较小的情况下, 生产者福利是有可能上升的。因此, 笔者预期在计量水价升高的条件下社会总福利的变化方向是不确定的, 在计量水价降低的条件下亦然。

五、数据与情景设置

(一) 研究区域和数据来源

本文的研究区域为中国华北地区的海河流域, 该流域面积占全国国土面积的 3.3%, 水资源总量仅占全国水资源总量的 0.8%, 跨北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、山东和河南等 8 个省(区、市), 共包括 333 个县级行政区^①。其中, 北京和天津全部属于海河流域; 河北、山西和山东 3 省在海河流域的面积占各自所辖面积的比例分别为 91%、38% 和 20%; 河南、内蒙古和辽宁有小部分面积位于海河流域内。本研究所使用的数据主要由 3 个部分组成: ①研究所、湖泊流域科学数据中心和政府部门的二手统计数据; ②中国科学院农业政策研究中心的实地调查数据; ③期刊文章的研究数据。

^①下文中所讲的“县”都指的是县级行政区。

海河流域所有县的各作物播种面积和平均单产数据来自中国农业科学院农业信息研究所。由于海河流域边界与跨流域的县级行政区边界并不一致，笔者利用 GIS 软件划分出各县位于海河流域内的面积，进而得到各县流域内分作物的播种面积。2002 年海河流域 1:25 万边界数据来自国家地球系统科学共享服务平台“湖泊流域科学数据中心”。

本研究关注农业用水政策对作物灌溉结构的影响，因此，需要区分灌溉作物和雨养作物的播种面积和单产。目前，中国并没有将各作物播种面积按照灌溉和雨养分别统计，因此，各县灌溉作物和雨养作物各自所占的播种面积比例和产量比例是参照相关研究（例如石玉林、卢良恕，2001；李浩，2008），并根据中国科学院农业政策研究中心的一手调查资料修正后得到。获得这些比例数据后，笔者在中国农业科学院农业信息研究所的各作物播种面积和平均单产数据基础上，计算得到各县灌溉作物与雨养作物的播种面积和单产数据。

农业用水数据主要包括两个方面。一方面是水价数据，来自中国科学院农业政策研究中心 2015 年的实地调查，并利用国家发展和改革委员会价格监测中心的省（区、市）级平均灌溉用水价格数据进行补充。另一方面是农作物灌溉用水量数据，同样来自中国科学院农业政策研究中心 2015 年的实地调查。该调查采用分层随机抽样法确定样本县、样本村和样本农户，问卷包括县级问卷、村级问卷和农户问卷。由于该调查在海河流域仅包括山西、河南、河北、内蒙古和辽宁 5 省（区），未包括北京、天津和山东，因此，这 3 个地区的县级灌溉用水量数据根据各县的农业灌溉用水定额进行补充。

本研究所用的农业生产的其他相关数据包括主要农产品价格、劳动力价格、地租、亩均劳动力投入、亩均化肥投入、亩均种子投入、亩均农药投入等。这些数据均来自于《全国农产品成本收益资料汇编 2014》^①。同时，考虑到农产品价格的内生性，本研究采用了张宗威（2004）的各作物需求价格弹性数据。

（二）基期数据描述

本文选取 2014 年作为与模拟期对比的基准年，并对基期数据的相关指标情况进行了统计描述（见表 1）。表 1 中的结果显示，2014 年，在海河流域的九大作物中，玉米的播种面积最大，占比为 47.94%；甜菜的播种面积最小，占比仅为 0.05%。表 1 中也报告了各作物的主要投入情况，包括灌溉水、劳动力和其他投入（包括土地租金、种子、农药、化肥等）。此外，表 1 中也报告了各作物的产出情况，包括作物单产和主要农产品价格。

表 1 2014 年海河流域主要作物播种面积比例、单位面积投入和产出情况

作物类型	播种面积比例 (%)	投入			产出	
		灌溉水 ^a (立方米/亩)	劳动力 (天/亩)	其他投入 (元/亩)	单产 (公斤)	单价 (元/公斤)
水稻	0.93	476.9	7.7	1 170.6	559.9	3.0
小麦	35.07	293.3	5.1	639.2	431.5	2.4
玉米	47.94	151.7	5.8	525.3	411.3	2.2

^①国家发展和改革委员会价格司编，中国统计出版社出版。

(续表 1)

大豆	1.67	72.8	5.5	400.8	134.7	4.4
花生	3.96	149.7	10.1	725.2	249.1	5.8
油菜籽	0.26	69.7	3.7	327.0	115.9	5.2
棉花	7.13	54.1	22.0	706.5	80.0	16.2
甜菜	0.05	171.5	12.8	727.7	2677.9	0.6
土豆	3.00	108.8	7.5	776.5	290.8 ^b	1.2

注：基期数据均为汇总到流域层面的均值；^a灌溉水投入指的是灌溉地上作物的亩均用水量；^b土豆单产为折粮值。

由于篇幅所限，2014 年海河流域各县各作物的单位灌溉水价并未在表 1 中列出，但对海河流域 8 省（区、市）平均灌溉用水价格的统计结果显示，各省（区、市）之间灌溉用水的计量水价差距较大，省（区、市）平均水价介于 0.15~0.46 元/立方米之间。各地区间水价相差较大主要与水资源的稀缺程度和水源相关。一般来说，以地表水灌溉为主的县水价较低，而以地下水灌溉为主的县水价较高。

（三）情景设置

笔者拟通过模拟计量水价、定额管理和按亩收费的不同政策强度来实现 3 种特定的节水目标。这 3 种节水目标分别被设定为减少基期灌溉用水量的 10%、20%和 30%。在计量水价情景下，以基期（2014 年）各县的单位灌溉水价为基础，逐步提高水价以实现相应的节水目标。在定额管理情景下，以基期各县灌溉水资源总量为基础，根据节水目标直接对各县可用灌溉水资源总量设定约束。在按亩收费情景下，以基期各县每亩水费为基础，逐步提高收费水平直至实现相应节水目标。由于农作物在灌溉过度的情况下反而会减产，因此，限制该情景下各县各作物的亩均用水量不超过基期的亩均用水量。当政策强度发生变化时，农民会权衡收益和成本，并对各作物播种面积和灌溉强度做出相应调整，进而影响海河流域整个农业部门的作物总产量和社会福利。

六、模拟结果分析

在计量水价、定额管理或按亩收费的政策强度发生变化时，为追求利润最大化，土地、水和劳动力资源会得到重新分配，与之相关的作物产量和农业部门总福利也将相应变化。为实现节水 10%、20%、30%的政策目标，3 种政策的政策强度变化幅度如表 2 所示。在节水量相同的情景下，按亩收费政策下水费的提高幅度远高于计量水价政策下水价的提高幅度。例如，为实现节水 30%的目标，按亩收费政策下每亩地平均收取的水费是基期的 4.5 倍，而计量水价政策下每立方米灌溉用水的水价是基期的 3.4 倍。

表 2 不同节水目标下农业用水政策强度的变化幅度

节水量	计量水价 (%)	定额管理 (%)	按亩收费 (%)
10%	85	-10	140
20%	200	-20	290
30%	340	-30	450

（一）各政策变化对作物播种面积的影响

表 3 展示了不同政策下节水量与灌溉作物总播种面积、雨养作物总播种面积的关系。从各政策下灌溉作物总播种面积变动的结果来看，灌溉作物总播种面积都在减少。其中，按亩收费政策下灌溉作物总播种面积减少的幅度最大，是定额管理政策下减少幅度的两倍多。主要原因是，按亩收费与用水量无直接关系，当每亩水费增多时，节水主要来源于各作物灌溉面积的减少。与灌溉作物总播种面积的变动相对应，所有政策下雨养作物总播种面积都有较大幅度增加，其中，按亩收费政策下雨养作物总播种面积增加得最多。

表 3 各种政策不同节水目标下灌溉作物和雨养作物总播种面积的变化

节水量	灌溉作物总播种面积的变动幅度 (%)			雨养作物总播种面积的变动幅度 (%)		
	计量水价	定额管理	按亩收费	计量水价	定额管理	按亩收费
10%	-4.04	-4.11	-8.85	4.40	6.54	9.62
20%	-9.05	-8.98	-20.19	11.33	14.33	26.07
30%	-15.36	-14.76	-31.29	21.33	23.59	43.84

表 4 展示了计量水价政策下实现各节水目标时各灌溉作物播种面积（简称“灌溉面积”）和各雨养作物播种面积（简称“雨养面积”）的变化情况^①。从表 4 中的结果可以看出，用水成本越高，大部分作物的灌溉面积减少得越多，雨养面积相应增加得越多。例如，在节水 10%、20% 和 30% 时，玉米的灌溉面积减少率分别为 5.76%、14.84% 和 26.03%，而雨养面积增加率分别为 4.47%、11.75% 和 20.39%。作物的灌溉面积减少（或增加）幅度与单产对灌溉用水的敏感程度、单位面积土地的用水量和单位面积利润有关。当用水成本增加时，一般来说，单产对灌溉用水较敏感、水密集型且单位面积利润较低的作物，灌溉面积下降的幅度较大。但是，从表 4 的结果中发现，水稻的灌溉面积随着用水成本的提高而有所增加，这是因为在当前的种植技术条件下，其产量对于灌溉用水量并不是特别敏感，这和 Mérel et al. (2014) 的发现一致。另外，尽管水稻属于水资源密集型作物，但水稻的单位面积净利润较高，因此，其灌溉面积随着水价升高呈现上升趋势。不过可以看到，水稻的灌溉面积增幅较小，仅在 3.24%~7.11% 之间。从表 4 中的结果也不难发现，随着目标节水量的提高，各种作物的雨养面积并不都会增加。对此的解释是，由于土地的稀缺性，在受到政策变化的冲击时，农户一般来说会把土地优先分配给单位面积利润高的作物，进而挤占单位面积利润较低的作物。表 4 中的数据表明，小麦、玉米、甜菜和土豆的雨养面积都是增加的，其中，小麦的雨养面积增加幅度最大；大豆、油菜籽和棉花的雨养面积略有减少。

表 4 不同节水目标下计量水价政策对各作物播种面积的影响

土地类型	作物类型	基期	节水目标		
			10%	20%	30%
		播种面积 (公顷)	播种面积变动 (%)	播种面积变动 (%)	播种面积变动 (%)
灌溉	水稻	93922	3.24	7.11	3.57

^①受篇幅所限，本文没有列出定额管理和按亩收费政策变化对灌溉作物和雨养作物播种面积的影响结果，有兴趣的读者可以向本文作者索要。

(续表 4)

	小麦	2524890	-1.01	-2.05	-3.21
	玉米	2721811	-5.76	-14.84	-26.03
	大豆	81205	-18.26	-17.93	-12.67
	花生	188566	-6.36	-15.59	-25.87
	油菜籽	12621	-2.29	96.94	82.88
	棉花	462347	-5.89	-11.00	-17.41
	甜菜	3404	-10.32	-8.29	-13.22
	土豆	154878	-12.01	-21.47	-28.14
雨养	小麦	1031284	7.02	18.03	38.18
	玉米	2138581	4.47	11.75	20.39
	大豆	87973	-0.47	-2.08	-4.14
	花生	212626	0.25	-0.54	-2.29
	油菜籽	14233	-1.09	-4.82	-10.04
	棉花	260070	-0.11	-0.96	-2.17
	甜菜	1833	2.65	10.84	18.30
	土豆	148803	2.51	6.62	11.01

灌溉作物总播种面积和雨养作物总播种面积的变化最终会影响作物总播种面积（见表 5）。从表 5 中的结果可以看出，在节水量相同的情况下，按亩收费政策下作物总播种面积减少得最多，定额管理政策下减少得最少。总体来说，在节水量 30% 以内，作物总播种面积并没有发生较大变化。

表 5 各种政策不同节水目标下作物总播种面积变化

节水量	作物总播种面积的变动幅度 (%)		
	计量水价	定额管理	按亩收费
10%	-0.80	-0.02	-1.75
20%	-1.22	-0.02	-2.42
30%	-1.27	-0.03	-2.42

(二) 各政策变化对作物灌溉强度的影响

一般来说，随着用水成本增加，灌溉强度的变化受到 3 个方面因素的影响：①是否属于水资源密集型作物。对于水资源密集型作物，用水成本增加对灌溉强度的负向影响更大。②单位播种面积的种植收益。单位面积的种植收益越低，用水成本增加对灌溉强度的负向影响越大。③作物单产对灌溉用水的弹性。单产对灌溉用水越敏感，用水成本增加对灌溉强度的负向影响越小。另外，由于作物单产对灌溉用水的弹性是非线性的，各作物的灌溉强度究竟如何变化，很难进行直观判断。本文是将县级数据汇总到流域求出各作物灌溉强度，因此，各作物灌溉强度变化不仅与亩均用水量相关，还与各县作物播种面积的调整相关（具体可见上文（8）式）。表 6 报告的是在不同节水量情况下各作物灌溉强度的变化。在粮食作物中，水稻属于水资源密集型作物，且单产对灌溉用水的弹性小，在 3 种政策

不同节水量情况下灌溉强度的下降幅度都比较大。当目标节水量为 30% 时，水稻在计量水价政策下灌溉强度的下降幅度超过了 33%。

表 6 各种政策不同节水目标下各作物灌溉强度的变化

政策	节水量	各作物灌溉强度的变动幅度 (%)								
		水稻	小麦	玉米	大豆	花生	油菜籽	棉花	甜菜	土豆
计量水价	10%	-18.55	-8.28	-6.13	4.47	-4.58	-11.37	-1.26	-5.49	-6.79
	20%	-29.21	-15.00	-11.49	-18.45	-10.69	-61.20	-6.13	-24.22	-18.10
	30%	-33.08	-21.69	-17.33	-41.93	-19.34	-65.34	-13.43	-32.22	-28.84
定额管理	10%	-7.51	-8.49	-6.39	0.69	-4.16	10.33	-5.95	0.87	-1.58
	20%	-15.04	-16.52	-12.78	0.04	-8.22	16.64	-10.96	-2.28	-4.31
	30%	-22.43	-24.39	-18.73	-0.91	-11.66	22.00	-15.26	-5.23	-7.27
按亩收费	10%	-1.65	-2.35	-1.64	-1.22	-0.39	-0.03	-0.28	2.24	-6.95
	20%	-3.05	-3.21	-1.68	-1.77	-1.04	-0.30	-0.41	2.19	-10.91
	30%	-3.71	-3.56	-1.21	-2.02	-1.95	-0.73	-0.19	2.26	-13.03

对比同一政策不同节水目标下的结果不难发现，绝大部分作物的灌溉强度均有不同程度的下降。随着目标节水量的增加，计量水价政策下所有作物的灌溉强度越来越小，定额管理和按亩收费政策下大部分作物的灌溉强度也越来越小。对比同一政策下不同作物的结果可以发现：①计量水价情景下实现 10% 的节水量目标时，水稻的灌溉强度下降得最多，接近 19%；当实现 20% 和 30% 的节水量目标时，油菜籽的灌溉强度下降得最多，超过了 60%；②定额管理政策不同节水量情况下，灌溉强度下降最多的是小麦，其次是水稻。在节水量为 30% 时，这两种作物的灌溉强度分别下降了 24.39% 和 22.43%；③按亩收费政策下，如果实现 30% 的节水量，灌溉强度下降较多的依次是土豆、水稻和小麦。

对比不同政策同一节水量情况下各作物的灌溉强度变化可以看出，按亩收费是 3 项政策中对作物灌溉强度影响最小的。进一步比较计量水价和定额管理政策下各作物的灌溉强度变化可以发现，对水稻、花生和土豆而言，无论在何种节水量下，其灌溉强度在定额管理政策下的变动幅度都比计量水价政策下小；对小麦和玉米而言，无论在何种节水量下，其灌溉强度在计量水价政策下的变动幅度都比定额管理政策下小；对大豆而言，当节水量达到 20% 甚至 30% 时，其灌溉强度在计量水价政策下受到的影响最大，下降幅度分别达到 18.45% 和 41.93%，而另外两个政策下大豆的灌溉强度受到的影响则非常有限。

(三) 各政策变化对作物产量的影响

各作物产量的变化是作物播种面积、灌溉强度等变化综合影响的结果。从结果来看，在各种政策下，当用水成本增加使得节水量增加时，各种作物的总产量（包括灌溉和雨养）都出现下降（见表 7），这与对 (9) 式的分析结果一致。例如，在计量水价政策下，大豆节水量为 10%、20% 和 30% 时，其总产量损失分别为 1.41%、4.26% 和 7.98%。

表 7 各种政策不同节水目标下各作物总产量的变化

政策	节水量	作物总产量的变动幅度 (%)								
		水稻	小麦	玉米	大豆	花生	油菜籽	棉花	甜菜	土豆
计量水价	10%	-0.61	-0.24	-0.59	-1.41	-0.80	-0.83	-0.43	-0.37	-0.30
	20%	-1.50	-0.70	-1.86	-4.26	-2.64	-2.62	-1.49	-1.26	-0.95
	30%	-2.86	-1.51	-3.61	-7.98	-5.50	-5.14	-3.37	-2.28	-1.78
定额管理	10%	-0.89	-0.52	-1.02	-2.20	-1.82	-1.56	-1.12	-0.33	-0.30
	20%	-2.06	-1.19	-2.30	-4.71	-4.01	-3.37	-2.54	-0.75	-0.72
	30%	-3.64	-2.05	-3.89	-7.71	-6.59	-5.64	-4.33	-1.30	-1.28
按亩收费	10%	-0.95	-0.41	-0.89	-1.71	-0.95	-1.64	-0.42	-0.78	-0.57
	20%	-2.37	-1.13	-2.21	-3.63	-2.94	-3.34	-1.12	-1.91	-1.27
	30%	-4.05	-2.10	-3.90	-6.70	-5.71	-5.13	-2.57	-3.07	-2.03

在节水量相同的情况下，不同政策对各作物产量的影响程度不同。总体来看，计量水价政策引起的作物产量损失最小（见表 7）。这是因为，与按亩收费政策相比，计量水价下的用水成本与用水量直接相关，节水效率必然更高。与定额管理政策相比，计量水价可对每一单位灌溉用水收费，促使农民调整用水需求并对农业生产进行优化，而定额管理政策针对每个区域实现同样的节水量，灵活性不足，容易产生效率损失。表 7 中的结果表明，无论设定为哪种节水目标，计量水价政策情景下，水稻、小麦、玉米、花生总产量的下降幅度都最小。

值得注意的是，2017 年中国大豆进口量 9542 万吨，占国内需求量的 85%。进口的大豆中，34% 来自美国。随着中美贸易战的打响，大豆成为进口农产品中的突出问题。根据本文结果，在所有作物中，无论在何种政策或节水量下，大豆总产量的下降幅度都最大，最高损失将近 8%，这将进一步加剧中国大豆产业的对外依存度。

（四）各政策变化对农业部门社会福利的影响

图 3 描绘了各种政策不同节水量情况下农业部门社会福利的变化。图 3（a）反映了随着节水量的增加农业部门总福利呈现下降趋势。在节水量相同的情况下，定额管理政策引起的福利损失最小，而按亩收费政策引起的福利损失最大，主要是因为按亩收费政策下用水量和用水成本无直接关系的低效节水方式造成了更多的福利损失。

图 3（b）是各种政策在节水目标不断提高的情况下生产者福利的变化趋势。从图中可以看出，定额管理和按亩收费政策下生产者福利都会增加，而计量水价政策下生产者福利会受到损失，不过损失很小。这之前大部分研究（例如 Wang et al., 2016; 廖永松, 2009）得出的“节水将导致农民利润下降”的结果不太一致。主要原因来自两个方面：一是灌溉作物的水投入和其他投入之间具有替代性，这将抵消一部分灌溉用水量减少给生产者带来的损失。二是在本文中农产品价格是内生的，而主要粮食作物的需求价格弹性较低，产量下降会引起农产品价格的较大幅度上升^①，从而带来生产者利润的

^①受模型所限，本研究假定农产品国际贸易量和库存量在短期内保持不变。

增加。由于本文的分析考虑了投入要素的替代性和价格的内生性，与以往的研究相比更贴近现实。相对于另外两种政策，计量水价政策下生产者福利稍有下降，一方面是由于在计量水价下要达到节水目标，单位水价必须高于影子成本，这给农民带来较大的用水负担；另一方面是由于计量水价高效率的节水机制使得作物产量损失最小，农产品价格上升增加的利润低于用水成本上升和产量下降带来的损失。

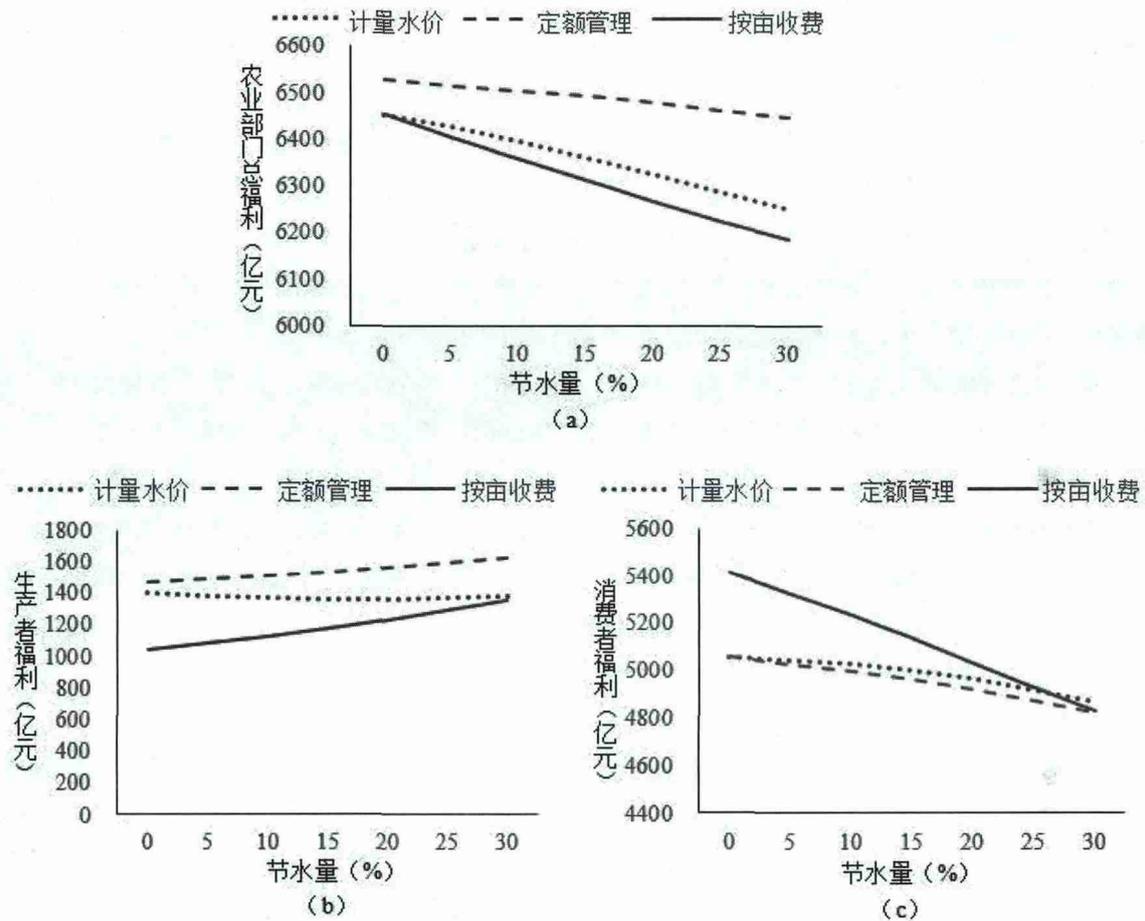


图3 各农业用水政策不同节水目标下社会福利的变化

注：在图(a)中，当节水量为0时，各农业用水管理政策对应的农业部门总福利水平略有不同，主要原因是本文设定计量水价和按亩收费政策在基期的单位用水成本等于实际观测值，而定额管理政策在基期的水费为0。从模拟分析的结果来看，这些差别不会对研究结论产生影响。

与生产者福利受到的影响不同，随着节水量的增加，各种政策下消费者福利都在不断下降（见图3(c)）。其中，按亩收费政策下消费者福利下降速度最快，当节水量大于25%时，按亩收费政策下消费者福利开始低于计量水价政策。这主要是因为，在同样的节水量下，按亩收费政策造成作物总产量出现较大的损失，进而使农产品价格上升，最终导致消费者福利损失较大。因此，在采用节水政策的同时，更应关注的可能不是农民收入，而是农产品价格上升导致生活水平下降的低收入群体。

七、结论与政策建议

中国北方地区日益严重的水资源短缺问题对未来保障农业生产提出了极大的挑战，同时也意味着制定高效的水资源管理政策具有必要性和紧迫性。本文针对海河流域分析了3种潜在农业用水政策（计量水价、定额管理和按亩收费）对各作物的播种面积、灌溉强度、产量和社会福利的影响。

从结果来看，这3项政策都能在一定程度上减少水资源的使用，但对农业生产和社会福利有着不同影响。从对作物播种面积的影响看，随着节水量的增加，灌溉作物总播种面积在各种政策情景下都有较大幅度下降，雨养作物总播种面积都有较大幅度上升，但各作物总播种面积变化较小。在实现同样节水目标的情况下，定额管理政策更有利于维持播种面积，按亩收费政策带来的播种面积减小幅度最大。从粮食安全的角度看，海河流域利用计量水价政策节水对粮食总产量的冲击最小，较另外两个政策更符合中国保障粮食安全的目标。从社会福利的角度看，定额管理政策能够以较低的农业部门总福利损失节约更多的水。灌溉用水的节约虽然会使农业部门整体的社会福利下降，但基本不会给农民带来利润损失，即节水与中国保障农民收入的政策目标并不抵触。

本文根据所得结论提出以下政策建议：第一，提高雨养作物的农业用水效率。在各种农业用水成本增大的情况下，雨养作物总播种面积都有较大幅度的增加，提高其用水效率的重要性不言而喻。第二，从粮食安全和生产者福利角度考虑，通过提高灌溉用水的计量水价来实现节水目标对中国更为合适，但也应启动配套政策以平衡作物生产与水资源节约之间的关系。例如，在计量水价情景下，水价升高使大豆产量损失较大，将进一步加剧中国大豆产业的对外依赖程度，因此启动配套政策保持大豆的稳定生产至关重要。第三，节水政策会导致作物减产，从而使农产品价格上升，这将降低低收入群体的生活水平，需要政府在一定程度上对低收入群体进行补贴。在政府有财政压力的情况下，也可考虑将节约的水资源适当转移给工业部门，并从工业部门收取水费以补偿低收入群体。

当然，受制于数据的可获得性，本文的研究结论存在一定的局限性。由于中国目前没有官方统计的县级灌溉作物和雨养作物的播种面积、单产以及用水量数据，本研究利用播种面积比例和单产比例进行估算，通过调查数据和官方的县级用水定额确定它们的用水量和水价数据，因此，数据很有可能存在一定程度的误差。但是，笔者认为，本文主要进行的是趋势性的比较静态分析，数据误差的影响也可能较小。在未来可以获得更可靠的数据后，笔者期待在进一步的研究中对本文研究结果进行更新。

参考文献

1. 畅明琦、刘俊萍，2005：《农业供水价格与需求关系分析》，《水利发展研究》第5期。
2. 郭善民，2004：《灌溉管理制度改革问题研究——以皂河灌区为例》，南京农业大学博士学位论文。
3. 李浩，2008：《气候变化对中国水资源的影响及适应性措施初步研究——水政策模型的构建及情景模拟》，中国科学院研究生院博士学位论文。
4. 廖永松，2009：《灌溉水价改革对灌溉用水、粮食生产和农民收入的影响分析》，《中国农村经济》第1期。
5. 刘莹，2008：《黄河上游水价政策对灌溉用水及农户种植收入的影响》，中国科学院研究生院博士学位论文。

- 6.刘莹、黄季焜、王金霞, 2015:《水价政策对灌溉用水及种植收入的影响》,《经济学(季刊)》第4期。
- 7.毛春梅, 2005:《农业水价改革与节水效果的关系分析》,《中国农村水利水电》第4期。
- 8.牛坤玉、吴健, 2010:《农业灌溉水价对农户用水量影响的经济分析》,《中国人口·资源与环境》第9期。
- 9.石玉林、卢良恕, 2001:《中国农业需水与节水高效农业建设》,北京:中国水利水电出版社。
- 10.孙天合, 2017:《农业水价政策及灌溉用水的经济价值评估:中国北方灌区的实证研究》,中国科学院大学博士学位论文。
- 11.王克强、李国军、刘红梅, 2011:《中国农业水资源政策一般均衡模拟分析》,《管理世界》第9期。
- 12.严婷婷, 2015:《气候变化条件下农业用水优化配置及其对农作物生产的影响:基于北方五大流域的研究》,中国科学院大学博士学位论文。
- 13.张宗威, 2004:《提高农业产业整体利润水平的深层思考》,《科技导报》第2期。
- 14.赵连阁、王学渊, 2006:《水价变化对灌区种植结构的影响——对辽宁丹东东港铁甲灌区的模拟分析》,《农业经济问题》第3期。
- 15.Bazzani, G. M., S. D. Pasquale, V. Gallerani, and D. Viaggi, 2004, "Irrigated Agriculture in Italy and Water Regulation under the European Union Water Framework Directive", *Water Resources Research*, 40(7): 380-383.
- 16.Chang, B., and Y. Liu, 2010, "Study on Water Saving Effect of the System of 'Increase Price and Allocate Subsidy'", *China Water Resources*, 97(2): 41-44.
- 17.Dinar, A., and J. Mody, 2004, "Irrigation Water Management Policies: Allocation and Pricing Principles and Implementation Experience", *Natural Resources Forum*, 28(2): 112-122.
- 18.Feike, T., 2015, "Multiple Policy Instruments for Sustainable Water Management in Crop Production——A Modeling Study for the Chinese Aksu-Tarim Region", *Ecological Economics*, 135 (1): 42-54.
- 19.Gómez-Limón, J. A., and L. Riesgo, 2004, "Water Pricing: Analysis of Differential Impacts on Heterogeneous Farmers", *Water Resources Research*, 40(7): 308-322.
- 20.Graveline, N., and P. Mérel, 2014, "Intensive and Extensive Margin Adjustments to Water Scarcity in France's Cereal Belt", *European Review of Agricultural Economics*, 41(5): 707-743.
- 21.Huang, Q., S. Rozelle, R. Howitt, J. Wang, and J. Huang, 2010, "Irrigation Water Demand and Implications for Water Pricing Policy in Rural China", *Environment & Development Economics*, 15(3): 293-319.
- 22.Mamitim, Y., T. Feike, I. Seifert, and R. Doluschitz, 2015, "Irrigation in the Tarim Basin, China: Farmers' Response to Changes in Water Pricing Practices", *Environmental Earth Sciences*, 73(2): 559-569.
- 23.Mérel, P., L. K. Simon, and F. Yi, 2011, "A Fully Calibrated Generalized Constant-elasticity-of-substitution Programming Model of Agricultural Supply", *American Journal of Agricultural Economics*, 93(4): 936-948.
- 24.Mérel, P., F. Yi, J. Lee, and J. Six, 2014, "A Regional Bio-economic Model of Nitrogen Use in Cropping", *American Journal of Agricultural Economics*, 96(1): 67-91.
- 25.Molle, F., 2009, "Water Scarcity, Prices and Quotas: A Review of Evidence on Irrigation Volumetric Pricing", *Irrigation & Drainage Systems*, 23(1): 43-58.

26. Shi, M., X. Wang, H. Yang, and T. Wang, 2014, "Pricing or Quota? A Solution to Water Scarcity in Oasis Regions in China: A Case Study in the Heihe River Basin", *Sustainability*, 6(11): 7601-7620.
27. Varela-Ortega, C., J. M. Sumpsi, A. Garrido, M. Blanco, and E. Iglesias, 1998, "Water Pricing Policies, Public Decision Making and Farmers' Response: Implications for Water Policy", *Agricultural Economics*, 19(1-2): 193-202.
28. Wang, J., L. Zhang, and J. Huang, 2016, "How Could We Realize a Win-win Strategy on Irrigation Price Policy? Evaluation of a Pilot Reform Project in Hebei Province, China", *Journal of Hydrology*, 539 (1): 379-391.
29. Wang, J., J. Huang, and T. Yan, 2013, "Impacts of Climate Change on Water and Agricultural Production in Ten Large River Basins in China", *Journal of Integrative Agriculture*, 12(7): 1267-1278.
30. Tsur, Y., 2005, "Economic Aspects of Irrigation Water Pricing", *Canadian Water Resources Journal*, 30(1): 31-46.
31. Yang, H., X. Zhang, and A. J. B. Zehnder, 2003, "Water Scarcity, Pricing Mechanism and Institutional Reform in Northern China Irrigated Agriculture", *Agricultural Water Management*, 61(2): 143-161.
32. Yi, F., P. Mérel, L. Juhwan, Y. H. Farzin, and J. Six, 2015, "Switch Grass in California: Where, and at What Price?", *Global Change Biology Bioenergy*, 6(6): 672-686.

(作者单位: ¹南京农业大学经济管理学院;

²北京大学现代农学院;

³南京农业大学中国粮食安全研究中心)

(责任编辑: 张丽娟)

Water Price, Quota or Irrigated Area Tax? An Examination of Agricultural Water Policies in Haihe River Basin

Yi Fujin Xiao Rong Wang Jinxia

Abstract: Taking Haihe River Basin as an example, this article analyzes the influences of three major water management policies in the agricultural sector, namely, water price, quota and tax based on irrigated area on agricultural production by a partial equilibrium model. The results show that the total plantation areas of irrigated crops decreased significantly with the increase in water cost, and the total plantation areas of rain-fed crops increased, while the change of the total plantation areas of crops were minor. Second, under different water-saving targets, the irrigation intensity of crops under the tax based on irrigated area policy decreased the least. Third, the price policy seems the least harmful to China's food self-sufficiency, but it will further enhance the external dependence of China's soybean industry. Fourth, the quota policy can save more water resources with a relatively low welfare loss in the agricultural sector. Finally, although water conservation has reduced the social welfare of the agricultural sector, it does not seem to affect producers' surplus in the agricultural sector.

Key Words: Water Price; Water Quota; Tax Based on Irrigated Area; Haihe River Basin