

引用格式:张长征,李嘉雯,孙杰. 农田水利基础设施投资缺口对粮食生产效率损失的影响[J]. 资源科学, 2022, 44(1): 169-180.  
[Zhang C Z, Li J W, Sun J. Influence of investment gap in farmland water conservancy infrastructure on the loss of grain production efficiency[J]. Resources Science, 2022, 44(1): 169-180] DOI: 10.18402/resci.2022.01.13

# 农田水利基础设施投资缺口对粮食生产效率损失的影响

张长征<sup>1,2,3</sup>, 李嘉雯<sup>1,3</sup>, 孙杰<sup>1,3</sup>

(1. 河海大学商学院, 南京 211100; 2. 江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心, 南京 211100; 3. 河海大学产业经济研究所, 南京 211100)

**摘要:**粮食生产离不开农田水利基础设施支撑,农田水利基础设施投资不足会导致农户粮食生产陷入“效率损失”陷阱之中。本文以中国31个省份2009—2018年数据为样本,以秦岭—淮河为界,将全国划为南方、北方和秦岭—淮河3个区域,构建缺口测度模型和EBM模型,分别测度农田水利基础设施投资缺口和粮食生产效率损失,并基于Tobit随机效应面板模型对二者关系进行实证检验。结果表明:①中国农田水利基础设施投资缺口严重,且区域差异明显,呈现南方<北方<秦岭—淮河的空间特征;②南方和秦岭—淮河区域的粮食生产效率损失主要源于纯技术效率损失,而北方区域主要源于规模效率损失;③农田水利基础设施投资缺口对粮食生产综合效率损失和规模效率损失存在显著正向影响,农业经营收入和人口城镇化对粮食生产综合效率损失和纯技术效率损失存在显著负向影响;④农田水利基础设施投资缺口的粮食生产效率损失效应存在功能区差异。对此,应实行功能区策略,即在主产区走“农田水利+技术创新”路径、在非主产区走“农田水利+技术不掉队”路径,并与提升农业经营收入和城镇化水平协调配合,以提升中国粮食生产效率。

**关键词:**农田水利基础设施;投资缺口;粮食生产;效率损失;EBM测度模型;Tobit随机效应面板模型;中国

DOI: 10.18402/resci.2022.01.13

## 1 引言

粮食生产是安天下、稳民心的战略性产业。习近平总书记指出:中国人要把饭碗端到自己手里,而且要装自己的粮食。“十三五”规划提出,实施“藏粮于地、藏粮于技”战略,坚守耕地红线,提高粮食产能。在相关政策引导下,2003以来中国粮食产量保持持续稳定增长,2021年中国粮食总产量达68285万t(13657亿斤),比上年增加1336万t(267亿斤)。在取得巨大成就的同时,人多地少、人多水少的矛盾日益凸显。此外,国际上的严峻形势也不容忽视。新冠疫情的大爆发对全球供应链造成冲击,致使各国纷纷收紧粮食出口,引发全球“粮食危机”甚嚣尘上,必然威胁到中国粮食安全<sup>[1]</sup>,显然提高粮

食产量已成为事关粮食安全和社会稳定的大事。粮食稳产增长的途径主要在于加大粮食生产要素的投入和降低粮食生产效率损失,而依靠大规模生产要素投入的粗放性发展模式与绿色发展的时代理念和农户低成本的利益诉求相背离,因此,降低粮食生产效率损失是保障粮食安全的首要选择。

不同于其他产品生产,粮食生产具有相对均质且低附加值的特征。粮食生产效率损失是指由于受粮食生产内外部因素的约束,粮食实际产出未达到最优产出水平而失去的效率<sup>[2,3]</sup>,可分为由规模欠优导致的规模效率损失和技术不足导致的纯技术效率损失。水土约束是粮食生产面临的最大约束,水土结构的适配性决定了粮食生产行为的选择。

收稿日期:2021-05-19,修订日期:2021-09-02

基金项目:国家社会科学基金重大项目(19ZDA084)。

作者简介:张长征,男,河南沈丘人,副教授,研究方向为金融风险管理与跨境投资。E-mail: hhu2007@126.com

众所周知,水利是农业的命脉,水资源问题会直接影响粮食生产效率<sup>[4,5]</sup>。研究显示,在全球自然灾害中干旱占比5%,但其引发的全球粮食生产损失却占比高达30%<sup>[6]</sup>。尤其在全球气候变化背景下,干旱、洪涝等极端气候事件频发,粮食生产面临着更严峻的挑战<sup>[7-9]</sup>。农田水利基础设施作为缓解粮食生产水土约束的重要工具,其投资建设能在一定程度上缓解以上问题,弥补粮食生产的效率损失<sup>[10]</sup>。从主要功能来看,农田水利基础设施可以优化水资源时空配置,降低粮食生产的资源硬约束<sup>[11]</sup>,既是促进粮食增产<sup>[12]</sup>、降低粮食成本<sup>[13,14]</sup>的重要手段,又是发挥农业灌溉节水、技术进步等手段的先行投资<sup>[15]</sup>。

新中国成立以来,农田水利基础设施建设取得了显著成效,形成了完备的防洪、灌溉、排涝、抗旱等工程体系,在“藏粮于技、藏粮于地”战略取向中,农田水利基础设施也发挥着重要作用<sup>[16]</sup>。然而,当前运行的农田水利基础设施大多修建于20世纪60、70年代,许多设施由于老化失修、设备破损等原因效益衰减严重。此外,农田水利基础设施投资重建、轻养护、主体责任不明晰等公共产品投资弊端逐渐暴露<sup>[17,18]</sup>,导致中国农田水利“投资不足”与“管理缺位”并存。由于农户私人投资能力有限,政府成为农田水利基础设施的主要提供者,公共资源公平高效分配是其投资建设目标<sup>[19]</sup>。由于中国小农经营与各级政府水利欠账联动,致使农田水利基础设施投资难以满足粮食生产实际需求,出现总体规模不足、管护主体缺失、结构欠优和效率低下等投资缺口问题<sup>[20,21]</sup>。为此,填补农田水利基础设施投资缺口对于弥补粮食生产效率损失至关重要。

通过梳理相关文献可知,已有研究存在以下不足:①现有研究虽普遍认为中国农田水利基础设施投资存在缺口,但缺乏相关定量研究。②大多研究关注粮食生产的综合效率,但是对粮食生产的规模效率与纯技术效率关注的相对较少,且从效率损失视角出发的研究也较少。③现有研究割裂了粮食生产效率损失与农田水利基础设施投资缺口的关系,缺乏农田水利投入缺口对粮食生产效率损失的影响研究。那么农田水利基础设施投资缺口是否会影响粮食生产效率?尤其对于地理环境和资源禀赋处于劣势的地区,农田水利基础设施投资缺口

是否客观造成了地区之间粮食生产“质”与“量”的差异?基于以上分析,本文将进一步探讨农田水利基础设施投资缺口的粮食生产效率损失效应,力图找到二者之间的关系规律,以优化农田水利基础设施投资来推动中国粮食生产效率提升,并为相关部门政策制定和投资决策提供依据。

## 2 理论分析

从生产者理论来看,在物质投入边际效应递增阶段,新增的私人物质投入成本能够由单产增加予以弥补。在水资源约束下,如果农户私人投入无法实现“单产增长弥补生产成本增加”的情况,农户将不会开展生产性投入。从社会剥夺理论来看,社会剥夺是指个人、家庭或群体所在的社区处于缺乏衣食住行基础条件,以及面临生产约束等综合不利的状态<sup>[22,23]</sup>,对于农户而言,相比政府投资充裕地区,投资不足地区农户在可用生产资源上面临着更多不公平的“社会剥夺”,可用农田水利基础设施越少,粮食生产受水的约束就越大。新古典经济学理论认为,假定在时间偏好、生产技术和政策约束条件一定的前提下,不同的生产性资源配置会造成农户选择不同生产率的生产线。基于此,本文运用动态资产贫困约束框架解释生产性资源配置与不同生产率的生产线选择关系,从理论上分析农田水利基础设施投资缺口对农户选择不同生产率生产线的影响。

如图1, $F_1$ 和 $F_2$ 分别表示表示低生产率生产线和高生产率生产线, $UL$ 和 $UH$ 分别表示对应的低生产效用和高生产效用, $AS$ 是农户可用的农田水利基础设施资产的均衡点。农业生产均衡点的动态变化所代表的不确定性与农户所面临的风险是农户丧失农田水利投资管理积极性的重要原因,也代表政府作为农田水利供给主体对农户的生产行为选择的影响作用,进而影响到粮食生产效率。当可用的水利资产位于 $AS$ 左边时,农户粮食生产只会选择低生产率 $F_1$ ,反之,农户将选择高生产率 $F_2$ 。在粮食生产均衡点不变时,农户会利用均衡信息对其粮食生产性资产进行投资,但如果生产均衡点处于动态性变化之中,预期风险会造成农户粮食生产效率损失。

由于农田水利基础设施具有公共产品属性,其

2022年1月

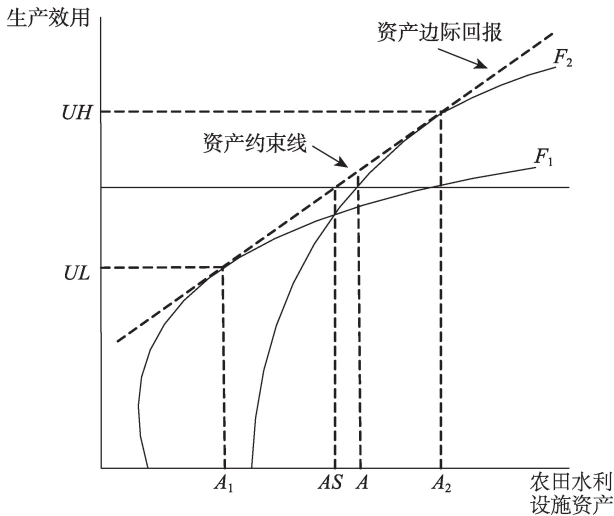


图1 农田水利基础资产约束的动态均衡与农户生产选择

Figure 1 Dynamic equilibrium of farmland water conservancy basic assets constraint and farmers' production choice

投资缺口问题本质上属于公共资源配置问题,这就涉及到公共资源配置的公平性。一个地区粮食播种面积决定粮食生产对于农田水利基础设施的需求量,播种面积越大,越应获得更多的投资。不可忽视的是,由于各地方政府公共财政和自然资源禀赋的差异,导致一些地区农田水利基础设施公共财政投资相对不足并形成投资缺口,与农田水利基础设施发达地区相比,这些地区的农户将倾向于选择生产效率低的粮食生产线。因此,要想跳出缺口陷阱需要政府公共财政投资,以公平提供农田水利基础设施的方式规避农户低生产效率的粮食生产选择。

### 3 研究方法与数据来源

#### 3.1 研究方法

##### 3.1.1 农田水利基础设施投资缺口测度模型

本文基于公共资源配置公平性调节思路构建农田水利基础设施投资缺口测度模型<sup>[24,25]</sup>,即先计算公共资源配置的社会剥夺指数,再计算公平性调节指数作为填补投资缺口的程度,具体模型如下:

##### (1) 农田水利基础设施投资的社会剥夺指数

一个地区农田水利基础设施投资是否处于“社会剥夺”状态,主要依据该地区粮食生产水土约束是否比水土资源环境相近地区严重。由于中国地理差异较大,精确计算每个地区的投资相对差距参

照物十分困难。出于可比性需要,本文在水土资源匹配相近地区选择上,以省份为基本单元,以秦岭—淮河地理分界线为区域划分依据,将中国31个省份(因数据缺失,不包括港澳台地区)划分为南方区域、秦岭—淮河区域和北方区域,其中,秦岭—淮河区域包括秦岭—淮河线经过的省份,即陕西、河南、安徽、江苏。每个区域内所有省份中农田水利基础设施存量水平最高的区域,就是该区域其他地区农田水利基础设施投资的目标值。具体计算公式如下:

$$G_{ij,t} = 1 - \frac{ability_{ij,t}}{\text{Max}(ability_{ij,t})} \quad (1)$$

式中: $i$ 代表各省份所在区域, $i=1$ 表示北方区域、 $i=2$ 表示南方区域、 $i=3$ 表示秦岭—淮河区域; $j$ 为各区域内的省份; $G_{ij,t}$ 为*i*区域*j*省在*t*年的农田水利基础设施投资的被剥夺程度; $ability_{ij,t}$ 为*i*区域*j*省*t*年的农田水利基础设施存量水平; $\text{Max}(ability_{ij,t})$ 表示该区域内农田水利基础设施存量水平最高值。

##### (2) 农田水利基础设施投资缺口指数

结合上文理论分析,以粮食播种面积作为社会剥夺的公平性调节依据,公平性调节变量和投资缺口指数计算公式如下:

$$\lambda_j = 1 - G_{\min} \quad (2)$$

$$E_j = \frac{(G_j + \lambda) \text{cultiv}_j}{\sum_{j=1} (G_j + \lambda) \text{cultiv}_j} \quad (3)$$

式中: $\lambda_j$ 为*j*省农田水利基础设施投资的社会剥夺相对公平性调节量,且 $0 \leq \lambda \leq 1$ ;  $G_{\min}$ 为区域内省份中社会剥夺指数的最小值; $E_j$ 为*j*省农田水利基础设施投资缺口指数; $G_j$ 为*j*省社会剥夺指数; $\text{cultiv}_j$ 为*j*省粮食播种面积。

##### 3.1.2 粮食生产效率损失测度模型

目前研究生产效率方法主要集中在生产可能性边界估计法,该方法主要包括参数法(SFA)与非参数法(DEA)。相比SFA方法而言,DEA不需要设定函数具体形式,也不需要考虑变量量纲问题,可以解决技术中性和技术非有效等问题。传统DEA模型以投入产出指标同比例变化为前提,不能考虑冗余量、副产出等因素的影响。于是,Tone于2004年提出了SBM模型,该模型虽然考虑非径向松弛变



量,却以投入产出指标目标值与实际值之间的比例信息损失为代价。此后,Tone等<sup>[26]</sup>提出EBM模型,该模型同时考虑了径向与非径向的混合距离函数,为此本文选择EBM模型对粮食生产效率进行测度,模型的具体函数形式与计算请见文献[26]。

根据前文对粮食生产效率损失值分析和界定,本文将中国及其各省份粮食生产效率值与1之间的差值视为粮食生产效率损失值,即:

$$R_j = 1 - \theta_j; \text{ s.t. } \{0 \leq R_j \leq 1; 0 \leq \theta_j \leq 1\} \quad (4)$$

式中:  $R_j$  为  $j$  省的粮食生产效率损失值,取值介于  $[0, 1]$  之间;  $\theta_j$  为  $j$  省的粮食生产效率值。

### 3.1.3 农田水利基础设施投资缺口对粮食生产效率损失的影响模型

前文理论分析认为农田水利基础设施投资缺口使得地区农户粮食生产倾向于选择低效率生产线,造成其粮食生产效率损失。为了进一步探讨农田水利基础设施投资缺口与粮食生产效率损失关系,针对OLS等回归模型存在参数估计的有偏与不一致等问题,本文使用Tobit随机效应面板模型,实证检验农田水利基础设施投资缺口的粮食生产效率损失效应,具体模型见式(5)。

$$R_{jt} = \alpha_{jt} + \beta_j x_{jt} + \gamma_j conv_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (5)$$

式中:  $x_{jt}$  为  $j$  省  $t$  年的农田水利基础设施投资缺口;  $conv_{jt}$  为控制变量;  $\alpha_{jt}$  为截距项;  $\beta_j$ 、 $\gamma_j$  为方程的待定系数;  $\varepsilon_{jt}$  为随机扰动项。

## 3.2 变量选取与数据来源

### 3.2.1 农田水利基础设施存量水平测度指标

农田水利基础设施存量水平主要体现在对地区粮食生产的灌溉、节水、防洪、除涝等能力方面,以及实际的水灾率和旱灾率。本文运用因子分析法对  $ability_{j,t}$  进行测度,数据来源于中国31个省份2009—2018年统计年鉴,指标与计算方法及其描述性统计如表1所示。

### 3.2.2 粮食生产效率损失测度指标

结合粮食生产特点,遵循EBM方法构建粮食生产效率的投入产出指标(表2)。测度时间和对象是中国2009—2018年31个省份的粮食生产效率,相关数据来源于国家统计局与中国水利数据库。

在投入指标计算上,借鉴相关学者<sup>[27,28]</sup>的方法,机械化水平、农药使用量和化肥使用量指标均以粮食播种面积与农业播种面积的比例为系数进行折算;年度农田水利投资额以当年各地区在防洪、除

表1 农田水利基础设施存量水平测度指标及其描述性统计

Table 1 Measurement indicators of farmland water conservancy infrastructure stock level and descriptive statistics

指标名称	计算方法	样本量	最小值	最大值	平均值	标准差
有效灌溉率	有效灌溉面积/粮食播种面积	310	0.21	1.00	0.54	0.21
节水灌溉率	节水灌溉面积/粮食播种面积	310	0.05	0.78	0.27	0.19
堤防保护率	堤防保护耕地面积/粮食播种面积	310	0.00	0.94	0.18	0.21
除涝率	除涝面积/粮食播种面积	310	0.01	1.00	0.34	0.27
单位播种面积小型水库库容/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	小型水库库容量/粮食播种面积	310	4.18	2454.40	679.77	668.61
水灾发生率	水灾受灾面积/农作物总播种面积	310	0.00	0.58	0.07	0.08
旱灾发生率	旱灾受灾面积/农作物总播种面积	310	0.00	0.80	0.11	0.15

表2 粮食生产效率损失测度的投入产出指标及描述性统计

Table 2 Input-output indicators of grain production efficiency loss and descriptive statistics

指标类型	指标名称	样本量	最小值	最大值	平均值	标准差
投入指标	粮食播种面积/千hm <sup>2</sup>	310	103.8	14902.7	5260.5	3885.1
	机械化水平/万kw	310	43.2	9863.7	2284.7	2240.1
	农药使用量/万t	310	0.07	11.7	3.8	3.1
	化肥使用量/万t	310	3.5	538.3	129.6	110.5
	劳动力/万人	310	9.7	1182	328.2	258.4
	年度农田水利投资额/百万元	310	498.6	36678.0	8618.7	6731.1
产出指标	粮食总产量/万t	310	63.7	9012.7	2832.1	2213.0

2022年1月

涝、灌溉与供水方面的水利投资总额为基础,并以2009年为基年,以固定资产投资价格指数进行折算;劳动力指标计算公式如下:

$$\text{劳动力} = \text{第一产业从业人员} \times \frac{\text{农业产值}}{\text{农林牧副渔业总产值}} \times \frac{\text{粮食播种面积}}{\text{农业播种面积}} \quad (6)$$

### 3.2.3 农田水利基础设施投资缺口对粮食生产效率损失的影响因素模型变量选取

#### (1)被解释变量

粮食生产效率损失是指粮食生产的实际损失情况,取决于粮食生产的综合效率损失,而粮食生产综合效率损失取决于粮食生产规模效率损失与粮食生产纯技术效率损失。本文基于EBM模型的投入产出指标体系测算出的粮食生产综合效率损失、纯技术效率损失与规模效率损失,并将这三者作为被解释变量。

#### (2)核心解释变量

农田水利基础设施投资缺口( $E$ )是地区农田水利基础设施实际投资与实际投资需求之间的差值,一方面衡量地区的农田水利基础设施投资欠账程度,另一方面衡量区域内农田水利建设的不均衡现象。本文基于社会剥夺理论测算出各地区 $G$ 值和 $E$ 值,并将 $E$ 值作为核心解释变量。

#### (3)控制变量

旱田占比( $field$ ):即旱田面积/耕地面积。水土资源匹配是粮食生产效率的物质基础,旱田对农田水利基础设施依赖较大。

农村居民收入结构( $revenue$ ):即经营性收入/工资性收入,其中经营性收入专指农产品的买卖收入,农户的收入结构往往会影响农户的粮食生产行为<sup>[29]</sup>。

人口城镇化水平( $townpeople$ ):即城镇常住人口/总人口。人口城镇化一方面可以推动农业生产

要素流动,促进农业生产技术进步<sup>[27]</sup>,另一方面诱发农业劳动力外流,造成农业生产劳动力空缺<sup>[30]</sup>。

控制变量数据来源于2010—2019年的中国农业年鉴与中国三农数据库,中国31个省份2009—2018年数据的描述性统计如表3所示。

#### (4)虚拟变量

中国疆域辽阔,但自然资源分布不均,水资源呈现东南多、西北少的分布态势,耕地则是东部多、西部少。党的十九大报告提出以确保粮食安全为目标,实施粮食生产功能区规划。根据2003年《关于改革和完善农业综合开发若干政策措施的意见》,将黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、河南、山东、江苏、安徽、四川、湖南、湖北、江西等13个省级单位作为中国粮食的主产区。划分不同粮食生产功能区,有助于进一步分析农田水利基础设施投资缺口对粮食生产效率损失的影响。基于此,在农田基础设施与粮食生产效率损失关系实证检验中,将功能区定位作为重要控制变量,探讨不同功能区下二者的关系。

## 4 结果与分析

### 4.1 中国农田水利基础设施投资缺口测度结果分析

由公式(1)和(2)计算得出中国省域农田水利基础设施投资“社会剥夺”指数 $G$ 值和农田水利基础设施投资缺口 $E$ 值,具体如表4所示。

由 $G$ 值的测算结果来看,从区域间比较来看,三大区域的 $G$ 值方差较为接近,表明三大区域间农田水利基础设施投资水平差距不大。从区域内部比较来看:在秦岭—淮河流域内,陕西 $G$ 值最大(0.582),江苏 $G$ 值最小(0.000),表明陕西农田水利基础设施投资的“社会剥夺”水平最大,江苏则不存在“社会剥夺”;在南方区域,上海 $G$ 值最小(0.000),表明其农田水利基础设施投资不存在“社会剥夺”,海南、重庆、贵州、云南 $G$ 值较大,表明这些地区“社会剥夺”水平较高;在北方区域,天津 $G$ 值最小

表3 控制变量的描述性统计

Table 3 Descriptive statistics of other variables

变量名称	变量符号	样本量	最小值	最大值	平均值	标准差
旱田占比	<i>field</i>	310	0.01	0.88	0.47	0.25
农村居民收入结构	<i>revenue</i>	310	0.06	6.65	1.39	1.04
人口城镇化水平	<i>townpeople</i>	310	0.22	0.90	0.55	0.14

表4 2009—2018年中国各省份G值和E值

Table 4 G and E values of the provinces of China's mainland, 2009-2018

南方区域			秦岭—淮河区域			北方区域		
地区	G值	E值	地区	G值	E值	地区	G值	E值
福建	0.473	0.010	安徽	0.311	0.039	北京	0.142	0.001
广东	0.625	0.023	河南	0.328	0.055	甘肃	0.697	0.044
广西	0.694	0.038	江苏	0.000	0.024	河北	0.282	0.043
贵州	0.743	0.041	陕西	0.582	0.033	黑龙江	0.550	0.110
海南	0.758	0.007				吉林	0.626	0.052
湖北	0.553	0.040				辽宁	0.551	0.036
湖南	0.638	0.034				内蒙古	0.593	0.067
江西	0.655	0.025				宁夏	0.630	0.010
上海	0.000	0.001				青海	0.674	0.005
云南	0.726	0.055				山东	0.282	0.050
浙江	0.247	0.013				山西	0.661	0.035
重庆	0.746	0.021				天津	0.000	0.002
四川	0.630	0.053				西藏	0.533	0.029
						新疆	0.228	0.060
均值	0.576	0.028		0.305	0.040		0.461	0.039
方差	0.222	0.017		0.238	0.013		0.227	0.030

(0.000),北京G值较小,甘肃、青海、宁夏、吉林G值较大,表明天津的水利基础设施投资不存在“社会剥夺”,北京的“社会剥夺”水平较低,而甘肃、青海、宁夏、吉林则较高。以上分析一定程度表明,中国农田水利基础设施投资的地区差距明显,大致表现为经济发展越落后的地区,其农田水利基础设施投资的“社会剥夺”越大,对农户生产的增长阻碍越多,导致这些地区农户粮食生产越倾向选择低生产率的粮食生产线。

由E的测算结果来看,从区域层面分析,投资缺口总体呈现南方区域<北方区域<秦岭—淮河区域的空间分布特征,即南方投资缺口最小,北方和秦岭—淮河区域投资缺口较大且区域均值相当。从省级层面分析,黑龙江、内蒙古和新疆3省(区)最为严重,河南、云南、四川、吉林、山东、甘肃、河北、贵州等8地较为严重,而这些地区主要集中在西南、西北、华北和东北等水土约束相对明显地区,并分布于中国多个粮食生产基地。以中国产粮第一大省黑龙江省为例。2021年,黑龙江粮食播种面积为21826.95万亩,耕地面积约占该省面积的37%。粮食总产达7867万t(连续11年位列全国第一),但粮

食单产量仅为5406.9 kg/hm<sup>2</sup>(未达全国平均水平),且自2018年起呈现不稳定波动趋势。结合投资缺口测度结果,本文推断可能原因是黑龙江农田水利农业基础设施薄弱,投资欠账明显(E值较大),导致农户生产成本居高不下,挫伤其种粮积极性。为此,这类地区应加大农田水利基础设施投资,进而填补其投资欠账问题,破解农户粮食生产约束,创造与其他地区同等的生产公平性。

#### 4.2 中国粮食生产效率损失测度结果分析

利用Maxdea软件计算出2009—2018年中国31个省份的粮食生产效率值,并代入式(3)求出中国各省(市)粮食生产效率损失值,如表5和图2所示。结果表明:①中国粮食生产效率损失值在年度上呈现倒“U”型变化(拐点在2013年),且纯技术效率损失对中国粮食生产综合效率损失走势起着决定性作用;②粮食生产效率损失值空间上呈现北方区域<南方区域<秦岭—淮河区域的特征,综合效率损失值小于0.1的区域中,南方5地占比39%、北方4地占比29%,③省域层面上,纯技术效率损失值小于0.1的地区主要为南方的贵州、湖南、江西、上海、四川,秦岭—淮河的河南、江苏,北方的北京、黑

2022年1月

表5 2009—2018年中国各省份粮食生产效率损失值

Table 5 Food production efficiency loss in the provinces of China's mainland, 2009-2018

南方区域				秦岭—淮河区域				北方区域			
地区	综合	规模	纯技术	地区	综合	规模	纯技术	地区	综合	规模	纯技术
福建	0.308	0.059	0.263	安徽	0.246	0.016	0.234	北京	0.331	0.331	0.000
广东	0.321	0.010	0.313	河南	0.111	0.111	0.000	甘肃	0.424	0.040	0.400
广西	0.256	0.017	0.243	江苏	0.164	0.082	0.089	河北	0.276	0.044	0.243
贵州	0.07	-0.003	0.072	陕西	0.409	0.041	0.383	黑龙江	0.000	0.000	0.000
海南	0.375	0.254	0.151					吉林	0.000	0.000	0.000
湖北	0.146	0.022	0.127					辽宁	0.193	0.011	0.184
湖南	0.08	0.000	0.009					内蒙古	0.006	0.006	0.000
江西	0.059	0.004	0.055					宁夏	0.116	0.097	0.024
上海	0.000	0.000	0.000					青海	0.012	0.012	0.000
云南	0.431	0.006	0.427					山东	0.140	0.140	0.000
浙江	0.213	0.017	0.200					山西	0.474	0.046	0.448
重庆	0.287	0.013	0.277					天津	0.344	0.251	0.118
四川	0.048	0.000	0.044					西藏	0.272	0.272	0.000
								新疆	0.000	0.000	0.000
均值	0.200	0.031	0.168		0.233	0.063	0.177		0.185	0.089	0.101

龙江、吉林、宁夏、青海、山东、西藏、新疆。北方粮食生产效率损失来自规模效率损失,其纯技术效率要高于南方和秦岭—淮河区域,表明北方区域的粮食生产技术领先全国,而自然禀赋的规模效率仍是其粮食生产最大约束,尤其以综合效率损失值高于0.1的北京、宁夏、山东、西藏地区为典型。

#### 4.3 农田水利基础设施投资缺口的粮食生产效率损失效应检验

为检验农田水利基础设施投资缺口与粮食生产效率损失关系,运用模型式(5)进行实证检验,结果如表6所示。

##### (1)农田水利基础设施投资缺口( $E$ )对粮食生

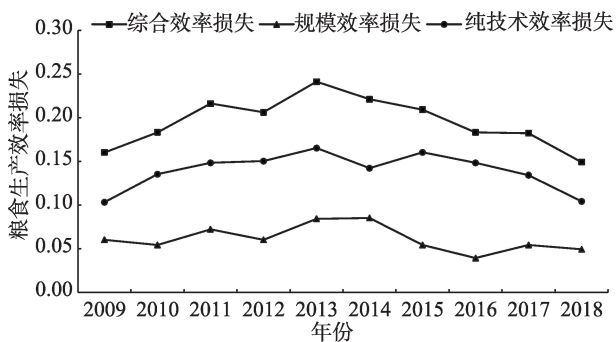


图2 2009—2018年中国粮食生产效率损失变化趋势

Figure 2 Trend of change of China's grain production efficiency loss, 2009-2018

产综合效率损失和规模效率损失具有显著正向影响,影响因子分别为0.437和0.568,对纯技术效率损失影响不显著。由此可知:①中国农田水利基础设施投资缺口的粮食生产效率损失效应确实存在,农田水利投资长期“欠债”不利于中国粮食生产效率提升,填补其投资缺口是提升粮食生产效率的重要途径之一。②农田水利基础设施投资缺口对粮食生产规模效率损失影响较大。表明投资缺口( $E$ )的

表6 农田水利基础设施投资缺口对粮食生产效率损失影响的Tobit随机效应面板回归检验结果

Table 6 Tobit random effect panel regression test results of the impact of farmland water conservancy infrastructure investment deficiency on grain production efficiency loss

变量	综合效率损失	规模效率损失	纯技术效率损失
$E$	0.437** (2.06)	0.568*** (3.64)	-0.068 (-0.23)
$field$	0.261** (2.30)	0.175** (2.13)	0.177 (1.16)
$townpeople$	-0.278** (-2.51)	-0.126 (-1.61)	-0.267* (-1.93)
$revenue$	-0.398** (-2.41)	0.035 (0.34)	-0.801*** (-3.54)
常数	0.403*** (3.27)	0.161* (1.82)	0.262 (1.64)
对数似然比	-172.536	-174.192	-177.853

注:\*\*\*、\*\*与\*分别代表在1%、5%与10%的水平上显著,下同。



粮食生产效率损失效应集中在规模效率损失层面,在技术水平不变的情况下,粮食生产效率提升主要依靠水土结构匹配,尤其是北京、宁夏、山东等北方省份,突破其粮食生产的规模效率约束的出路在于填补农田水利基础设施投资缺口。③前文分析认为,纯技术效率损失对中国粮食生产效率损失影响较大,结合以上回归结果,可见农田水利基础设施投资不足并未诱发粮食生产技术创新,并由此提升粮食生产效率。

(2)旱田占比(*field*)对粮食生产综合效率损失和规模效率损失具有显著正向影响,对纯技术效率损失影响不显著。由此可知:①旱田占比越低,粮食生产综合效率损失越低。②规模效率损失主要受制于自然禀赋,农田水利基础设施投资可通过改善水土资源匹配来优化生产规模,减少规模效率损失。

(3)人口城镇化水平(*townpeople*)和农村居民收入结构(*revenue*)对粮食生产综合效率损失和纯技术效率损失具有显著负向影响,对规模效率影响不显著。由此可知:①人口城镇化水平和农业经营收入占比越高,粮食生产综合效率损失越低。②纯技术效率损失主要受制于社会经济因素。其中,人口城镇化的影响与城镇化的技术溢出效应及农村大量冗余劳动力转移有关,农业经营收入占比的影响与农户收入依赖于农业经营,导致农户对先进技术投入的意愿比较强烈有关。

#### 4.4 不同功能区农田水利基础设施投资缺口的粮食生产效率损失效应检验

为进一步探索农田水利基础设施投资缺口的粮食生产效率损失效应,在不同功能区下对二者关系进行分析,将中国31个省份划分为粮食主产区和非粮食主产区,检验结果如表7所示。

(1)农田水利基础设施投资缺口(*E*)对主产区和非主产区粮食生产效率损失的影响存在显著差异。①*E*对主产区的综合效率损失影响因子为0.649,且通过了5%水平的显著性检验。对非主产区的影响不显著,表明粮食主产区增加农田水利基础设施投资有助于粮食生产效率提升;②从效率损失结构来看,*E*对主产区纯技术效率损失的影响因子为0.925,且通过了5%水平的显著性检验。对规模效率损失影响不显著。对非主产区规模效率损失影响因子为0.842,而对纯技术效率损失影响因子显著为-1.700,且均通过了1%水平的显著性检验。表明*E*对非主产区粮食生产纯技术效率损失的负向影响大于其对规模效率损失的正向影响,使得*E*对非主产区粮食生产综合效率不敏感。

由此可得,农田水利基础设施投资应推行功能区策略,在粮食主产区走“农田水利+技术创新”路径、非主产区走“农田水利+技术不掉队”路径。前者以投资带动主产区粮食技术创新,这是由于水土结构调整后,打破以往束缚技术创新的地理因素,推进了新技术、新工艺和新方法在粮食主产区的应

表7 粮食主产区和非主产区的Tobit随机效应面板回归检验结果比较

Table 7 Comparison of Tobit random effect panel regression test results between main grain production areas and non-main grain production areas of China's mainland

变量	粮食主产区			非粮食主产区		
	综合效率损失	规模效率损失	纯技术效率损失	综合效率损失	规模效率损失	纯技术效率损失
<i>E</i>	0.649** (1.98)	0.230 (0.90)	0.925** (1.81)	-0.561 (-1.40)	0.842*** (3.27)	-1.700*** (-3.80)
<i>field</i>	0.361** (2.15)	0.276* (1.69)	0.139 (0.50)	0.188 (1.32)	0.194** (2.07)	0.132 (0.82)
<i>townpeople</i>	-0.412** (-2.47)	-0.243* (-1.77)	-0.315* (-1.76)	-0.002 (-1.01)	-0.083 (-0.84)	0.099 (0.51)
<i>revenue</i>	-0.802** (-2.49)	-0.666** (-2.37)	-0.275 (-0.66)	-0.202 (-1.10)	0.204* (1.87)	-0.724*** (-2.67)
常数	0.569*** (3.60)	0.229 (1.78)	0.536** (2.47)	0.037 (0.20)	0.142 (1.21)	-0.270 (-1.17)
对数似然比	-189.256	-176.784	-172.553	-184.437	-173.695	-177.471



2022年1月

用;后者则以投资带动非主产区粮食生产规模效率提升,这是由于水土结构调整提供了粮食生产的必要水土条件,但也要重视规模效率提升贡献超过技术效率,导致非主产区粮食生产在技术创新层面出现舍弃和倒退。

(3)控制变量回归结果显示:①旱田占比(*field*)对粮食主产区粮食生产综合效率损失和规模效率损失存在显著正向影响,对非主产区规模效率损失存在显著正向影响。②人口城镇化水平(*townpeople*)对主产区的粮食生产效率损失均存在显著负向影响,对非主产区影响不显著。③农村经营收入占比(*revenue*)对主产区粮食生产综合效率损失和规模效率损失存在负向显著影响,对非主产区纯技术效率损失存在显著负向影响。

由此可得,“藏粮于地、藏粮于技”战略是一个系统工程,除了农田水利基础设施投资发挥关键作用之外,人口城镇化建设和农业收入结构也至关重要,三因素需要协同配合才能提升粮食生产效率。

## 5 结论与政策建议

### 5.1 结论

本文基于动态资产贫困约束框架和社会剥夺理论,采用EBM模型与面板Tobit随机效应模型相结合的方法,对以秦岭—淮河划界的中国三大区域和省域层面2009—2018年的农田水利基础设施投资缺口和粮食生产效率进行测度分析和影响研究。得到以下结论:

(1)中国农田水利基础设施投资缺口呈现南方区域<北方区域<秦岭—淮河区域的空间特征,且区域内部差异明显。新疆、内蒙古、黑龙江是投资缺口最为严重地区。投资缺口较为严重区域主要集中在“水土”和“人水”矛盾突出的西南、西北、华北和东北地区,如贵州、河北、甘肃、山东等地。上述投资缺口严重省份处于中国粮食生产基地,事关中国粮食安全。

(2)研究期内中国粮食生产效率损失呈现倒“U”型变化趋势,纯技术效率损失是综合效率损失主因;三大区域粮食生产效率损失呈现秦岭—淮河区域>南方区域>北方区域的空间特征,其中南方和秦岭—淮河区域综合效率损失主要源于纯技术效

率损失,而北方区域综合效率损失主要源于规模效率损失。可见中国粮食生产效率损失存在区域差异,有些地区受制于技术,而有些地区受制于自然。

(3)农田水利基础设施投资缺口具有粮食生产效率损失效应,填补投资缺口可以推动中国粮食生产效率提升。投资缺口对规模效率损失影响显著,而对纯技术效率损失影响不显著;此外,提升农业经营收入占比和人口城镇化水平能显著减少粮食生产综合效率损失和纯技术效率损失,旱田占比的加大会显著增加综合效率损失和规模效率损失,表明中国粮食生产纯技术效率主要受制于社会经济因素,而粮食生产规模效率则受制于自然禀赋。

(4)农田水利基础设施投资缺口存在功能区差异,投资缺口与主产区的综合效率损失和纯技术效率显著正相关,表明主产区增加农田水利基础设施投资有助于粮食生产效率提升;投资缺口对非主产区的综合效率损失影响不显著,究其原因是对纯技术效率损失的显著负向影响超过了其对规模效率的显著正向影响。

### 5.2 政策建议

基于以上结论,本文根据中国省域农田水利基础设施投资缺口和粮食生产效率损失情况及前者对后者影响关系的差异,以提升粮食生产效率为目标,提出以下政策建议:

(1)鉴于中国粮食生产效率受制于自然和技术因素,实施“藏粮于地、藏粮于技”战略刻不容缓。尤其对于水土矛盾突出的新疆、内蒙古、黑龙江等地区,应将农田水利基础设施作为战略工具,加大投资支持力度,此外还应完善地区农田水利基础设施投资机制,破除其单一依靠政府公共财政投入的问题,建立多元农田水利基础设施投资体系以及多渠道市场化投入机制。

(2)鉴于投资缺口对粮食生产效率损失效应的区域异质性,应实行功能区策略。在粮食主产区采取“农田水利+技术创新”策略,推进区域粮食生产效率在规模和技术上齐头并进;在非主产区粮食生产走“农田水利+技术不掉队”策略,既要发挥农田水利基础设施“硬建设”的粮食生产保障作用,也要推动其在规模受限之下而倾向的技术创新。

(3) 鉴于粮食生产纯技术效率损失是影响中国粮食生产效率的主因, 应将粮食生产效率提升点落到技术层面, 增强技术创新的支撑。此外, 还应与社会经济手段协调配合, 从系统视角评估农田水利基础设施投资和粮食生产效率的关系, 发挥农田水利基础设施建设与提高农业收入和城镇化水平的协调配合作用。

## 参考文献(Reference):

- [1] 王国敏, 侯守杰. 新冠肺炎疫情背景下中国粮食安全: 矛盾诊断及破解路径[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 42(1): 120-133. [Wang G M, Hou S J. Ensuring China's food security in the global COVID-19 crisis: Contradiction and resolutions [J]. Journal of Xinjiang Normal University (Edition of Philosophy and Social Sciences), 2021, 42(1): 120-133.]
- [2] 刘春明, 陈旭. 我国粮食生产技术效率及影响因素研究: 基于省级面板数据的Translog-SFA模型的分析[J]. 中国农机化学报, 2019, 40(8): 201-207. [Liu C M, Chen X. Study on technical efficiency and influencing factors of grain production in China: Analysis of Translog-SFA model based on interprovincial panel data[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2019, 40(8): 201-207.]
- [3] 高鸣, 宋洪远. 补贴减少了粮食生产效率损失吗: 基于动态资产贫困理论的分析[J]. 管理世界, 2017, (9): 85-100. [Gao M, Song H Y. Did subsidies reduce the loss of food production efficiency: Analysis based on dynamic asset poverty theory[J]. Management World, 2017, (9): 85-100.]
- [4] 金涛. 中国粮食作物种植结构调整及其水土资源利用效应[J]. 自然资源学报, 2019, 34(1): 14-25. [Jin T. The adjustment of China's grain cropping structure and its effect on the consumption of water and land resources[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(1): 14-25.]
- [5] 罗海平, 黄晓玲. 我国粮食主产区粮食生产中的水资源利用及影响研究[J]. 农业经济, 2020, (2): 3-5. [Luo H P, Huang X L. Utilization and influence of water resources in grain production in major grain producing areas of China[J]. Agricultural Economy, 2020, (2): 3-5.]
- [6] Lu Y J, Yan D H, Qin T L, et al. Assessment of drought evolution characteristics and drought coping ability of water conservancy projects in Huang-Huai-Hai River basin, China[J]. Water, 2016, DOI: 10.3390/w8090378.
- [7] 刘立涛, 刘晓洁, 伦飞, 等. 全球气候变化下的中国粮食安全问题研究[J]. 自然资源学报, 2018, 33(6): 927-939. [Liu L T, Liu X J, Lun F, et al. Research on China's food security under global climate change background[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(6): 927-939.]
- [8] 黄萌田, 周佰铨, 翟盘茂. 极端天气气候事件变化对荒漠化、土地退化和粮食安全的影响[J]. 气候变化研究进展, 2020, 16(1): 17-27. [Huang M T, Zhou B Q, Zhai P M. Impacts of extreme weather and climate events on desertification, land degradation and food security[J]. Climate Change Research, 2020, 16(1): 17-27.]
- [9] 罗海平, 邹楠, 胡学英, 等. 1980—2019年中国粮食主产区主要粮食作物气候生产潜力与气候资源利用效率[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1234-1247. [Luo H P, Zou N, Hu X Y, et al. Climatic potential productivity and resources utilization efficiency of major graincrops in the main grain production areas of China, 1980-2019[J]. Resources Science, 2021, 43(6): 1234-1247.]
- [10] 李俊鹏, 郑冯忆, 冯中朝. 基于公共产品视角的水资源利用效率提升路径研究[J]. 资源科学, 2019, 41(1): 98-112. [Li J P, Zheng F Y, Feng Z C. Study on the improvement path of water resources utilization efficiency from the perspective of public products[J]. Resources Science, 2019, 41(1): 98-112.]
- [11] 卓乐, 曾福生. 农村基础设施对粮食全要素生产率的影响[J]. 农业技术经济, 2018, (11): 92-101. [Zhuo L, Zeng F S. Research on the impact of rural infrastructure on total factor productivity of grain[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2018, (11): 92-101.]
- [12] 蔡保忠, 曾福生. 农业基础设施投入对不同粮食作物产出的影响研究[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(4): 646-654. [Cai B Z, Zeng F S. The impacts of agricultural infrastructure investment on the outputs of some main grain crops[J]. Research of Agricultural Modernization, 2019, 40(4): 646-654.]
- [13] 李俊鹏, 冯中朝, 吴清华. 农田水利设施的粮食生产成本节约效应研究[J]. 改革, 2019, (6): 102-113. [Li J P, Feng Z C, Wu Q H. Study on the cost saving effect of farmland water conservancy facilities on grain production[J]. Reform, 2019, (6): 102-113.]
- [14] 何悦, 漆雁斌. 城镇化发展对粮食生产技术效率的影响研究: 基于我国13个粮食主产区的面板数据[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(3): 101-110. [He Y, Qi Y B. Study on the influence of urbanization development on the technical efficiency of grain production: Based on the panel data of 13 major grain-producing areas in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(3): 101-110.]
- [15] Habteyes B G, Ward F A. Economics of irrigation water conservation: Dynamic optimization for consumption and investment[J]. Journal of environmental management, 2020, DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.110040.
- [16] 陈祥云, 李荣耀, 赵劲松. 我国粮食安全政策: 演进轨迹、内在逻辑与战略取向[J]. 经济学家, 2020, (10): 117-128. [Chen X Y, Li R Y, Zhao J S. Food security policy in China: Evolutionary trajectory

2022年1月

- tory, internal logic and strategic direction[J]. *Economist*, 2020, (10): 117-128.]
- [17] 李丽莉, 张忠根. 农村公共产品供给的影响因素与经济效应: 国内研究进展与深化[J]. *西北农林科技大学学报(社会科学版)*, 2019, 19(1): 96-103. [Li L L, Zhang Z G. Influencing factors and economic effects of rural public goods supply: Domestic research progress[J]. *Journal of Northwest A&F University (Social Science Edition)*, 2019, 19(1): 96-103.]
- [18] 李玉贝, 陆迁, 郭格. 农户对水土保持技术的支付意愿及影响因素分析: 基于社会关系网络视角[J]. *干旱区资源与环境*, 2018, 32(4): 31-36. [Li Y B, Lu Q, Guo G. Farmers' willingness to pay for soil and water conservation technology and its influencing factors[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2018, 32(4): 31-36.]
- [19] 吴高辉. 国家治理转变中的精准扶贫: 中国农村扶贫资源分配的解釋框架[J]. *公共管理学报*, 2018, 15(4): 113-124. [Wu G H. Targeted poverty alleviation in the transition of national governance: Analysis of the allocation of poverty alleviation resources in rural China[J]. *Journal of Public Management*, 2018, 15(4): 113-124.]
- [20] 周茜, 郑林颖. 规则流变视角下农村基层治水体系建设: 以福建省永春县农田水利设施管护改革为例[J]. *中国农村观察*, 2020, (2): 2-15. [Zhou Q, Zheng L Y. A dynamic analysis of rural irrigation governance based on Ostrom's governance principles: A case study from Yongchun County, Fujian Province[J]. *China Rural Survey*, 2020, (2): 2-15.]
- [21] 仲德涛. 农村公共产品供给研究: 基于理论维度模型视角[D]. 北京: 中共中央党校, 2019. [Zhong D T. Research on the Supply of Rural Public Products: Based on the Perspective of Theoretical Dimension Model[D]. Beijing: Party School of the Central Committee of C.P.C., 2019.]
- [22] 高军波, 谢文全, 韩勇, 等. 1990-2013年河南省县域人口、经济和粮食生产重心的迁移轨迹与耦合特征: 兼议与社会剥夺的关系[J]. *地理科学*, 2018, 38(6): 919-926. [Gao J B, Xie W Q, Han Y, et al. The evolutionary trend and the coupling relation of gravity center moving of county-level population distribution, economical development and grain production during 1990-2013 in Henan Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(6): 919-926.]
- [23] Spevec D. Urban geography: A global perspective[J]. *Croatian Geographical Bulletin*, 2005, 23(2): 97-102.
- [24] 张敏, 陈锐, 李宁秀. 中国公共卫生财政资源分配公平性研究: 基于社会剥夺的视角[J]. *公共管理学报*, 2009, 6(3): 40-46. [Zhang M, Chen R, Li N X. Equity in financial resource allocation for public health in China: From the view of social deprivation[J]. *Journal of Public Management*, 2009, 6(3): 40-46.]
- [25] Jarman B. Underprivileged areas: Validation and distribution of scores[J]. *British Medical Journal*, 1984, 289(6458): 1587-1592.
- [26] Tone K, Tsutsui M. Dynamic DEA: A slacks-based measure approach[J]. *Omega*, 2010, 38(3): 145-156.
- [27] 赵丽平, 侯德林, 闵锐. 城镇化对农户粮食生产技术效率的影响: 以湖南、河南两省477个农户为例[J]. *中国农业大学学报*, 2018, 23(4): 148-156. [Zhao L P, Hou D L, Min R. Impact of urbanization on the technical efficiency of grain production: Taking 477 farmers in the two provinces of Hunan and Henan as examples [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2018, 23(4): 148-156.]
- [28] 胡迪, 杨向阳, 王舒娟. 劳动力转移影响粮食生产技术效率的区域差异及门槛效应研究[J]. *农村经济*, 2019, (2): 47-53. [Hu D, Yang X Y, Wang S J. Study on regional difference and threshold effect of labor transfer on technical efficiency of grain production [J]. *Rural Economy*, 2019, (2): 47-53.]
- [29] 姜天龙, 郭庆海. 农户收入结构支撑下的种粮积极性及可持续性分析: 以吉林省为例[J]. *农业经济问题*, 2012, 33(6): 14-20. [Jiang T L, Guo Q H. Producers' enthusiasm for grain production and policy support under the income structure: Case of Jilin Province[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2012, 33(6): 14-20.]
- [30] 郭庆海. 小农户: 属性、类型、经营状态及其与现代农业衔接[J]. *农业经济问题*, 2018, (6): 25-37. [Guo Q H. Small farmers: Attribute, type, status of management and the way of embedding modern agriculture[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2018, (6): 25-37.]



## Influence of investment gap in farmland water conservancy infrastructure on the loss of grain production efficiency

ZHANG Changzheng<sup>1,2,3</sup>, LI Jiawen<sup>1,3</sup>, SUN Jie<sup>1,3</sup>

(1. Business School, Hohai University, Nanjing 211100, China; 2. Jiangsu Provincial Collaborative Innovation Center of World Water Valley and Water Ecological Civilization, Nanjing 211100, China; 3. Institute of Industrial Economics, Hohai University, Nanjing 211100, China)

**Abstract:** Food production is inseparable from farmland water conservancy infrastructure. The dynamic asset poverty constraint framework indicates that insufficient investment in farmland water conservancy infrastructure will cause farmers' food production to fall into the trap of low efficiency. Based on the data of 31 provinces in China's mainland from 2009 to 2018, this study divided the country into three regions the south, the north, and the Qinling Mountains-Huaihe River reign, taking the Qinling-Huaihe River as the boundary and constructed a "gap" or deficiency measurement model for farmland water conservancy infrastructure investment and an EBM (epsilon-based measurement) model for food production efficiency loss, and analyzed the relationship between the two based on the Tobit random effect panel model in an empirical test. The results show that the deficiency of farmland water conservancy infrastructure investment is serious and has significant regional differences, which shows spatial characteristics of southern region less than northern region less than Qinling-Huaihe River boundary region, and the deficiency in China's grain production bases is also serious. The loss of grain production efficiency in the south and the Qinling-Huaihe boundary regions is mainly caused by the loss of pure technical efficiency, while in the north is mainly caused by the loss of scale efficiency of grain production. The deficiency of farmland water conservancy infrastructure investment has significant positive impact on the loss of food production combined efficiency and scale efficiency, and agricultural operating income and urbanization level have significant positive impact on the pure technical efficiency. The effect of the deficiency of farmland water conservancy infrastructure investment on the loss of grain production efficiency differs between the main production areas and non-main production areas. Therefore, the functional zone strategy should be taken: taking the path of "farmland water conservancy and technological innovation" in the main production areas and "farmland water conservancy and technology catching up" in non-main production areas, and coordinate with the improvement of agricultural income and urbanization level to improve grain production efficiency in China.

**Key words:** farmland water conservancy infrastructure; investment deficiency; grain production; efficiency loss; EBM measurement model; Tobit random effect panel model; China