

粮食安全视角下农田灌溉系统的功能演进、现实困境与治理对策

穆月英 王镜淳

摘要: 粮食安全是建设农业强国的必然要求,农田灌溉系统是保障粮食安全的基础,二者在乡村社会的交织,体现为农田灌溉系统的多重属性。以“物质-技术-制度”的多重属性为理论基础,探究农田灌溉系统的对粮食安全的作用机制,明确农田灌溉系统的功能演进和现实困境的本质,对于实现农业可持续发展和乡村治理有效具有重要意义。我国农田灌溉系统的功能演进体现在“数量-质量-生态”物质属性功能的渐进发展、“水-能-粮耦合”技术属性功能的体系建构、“多元参与”制度属性功能的建设格局,现实困境表现为气候变化引致的设施脆弱性困境、“大国小农”引致的技术推广困境、主体缺位和机制失灵引发的管护困境。为此,全方位夯实粮食安全根基,必须以综合可持续为目标建设农田灌溉设施,以产权和价格机制为杠杆提升农田灌溉系统市场化供给水平,以协同治理为抓手加强农田灌溉系统管护,从而促进农田灌溉系统的效能发挥。

关键词: 粮食安全; 农田灌溉系统 “物质-技术-制度”属性; 治理对策

中图分类号: F323.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0751(2024)05-0032-09

粮食安全是“国之大者”,水土资源的“硬”约束是保障粮食安全的最大瓶颈。中国自然因素决定的降水时空不均衡、水旱灾害频发以及“水在南方、地在北方”水土资源组合失衡的特点^[1],使得灌溉对我国粮食生产以及农村经济发展的先行引领效应逐步放大。1978—2022年我国粮食产量由30476.5万吨增长到68652.8万吨,耕地灌溉面积也由4496.5万公顷增加到7035.9万公顷。粮食产量和耕地灌溉面积的双增长凸显了灌溉之于粮食生产的重要意义,也预示着粮食安全赋予了农田灌溉系统新的内涵和延展空间。2024年中央一号文件明确指出,推进重点水源、灌区、蓄滞洪区建设和现代化改造,实施水库除险加固和中小河流治理、中小型水库建设等工程,加强小型农田水利设施建设和管护。实践

中农田灌溉系统的发展是实现粮食生产水土时空匹配的关键,不仅改善了水资源与粮食作物生育期、种植规模的时空匹配条件,打通了农田水利基础设施“最后一公里”,更夯实了粮食稳产增收的根基。

农田灌溉系统是农田基础设施补短板的重中之重,地方政府建设大型水利骨干工程,水利部门负责运行,村集体参与末级渠系管护^[2]。本文所述的农田灌溉系统是具有灌溉和排涝两种功能,为农业经营主体提供农田灌溉服务的多主体参与建设、运营、管护的水利基础设施。作为中国乡村社会最具有代表性的公共池塘资源,农田灌溉系统既具有农业基础设施的共性特征,又因其所处空间的复杂性具有独特性质。已有研究将农田灌溉系统视为农业物质基础设施的先行社会资本,认为农田灌溉设施与土

收稿日期: 2023-12-25

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“我国粮食生产的水资源时空匹配及优化路径研究”(18ZDA074)。

作者简介: 穆月英,女,中国农业大学经济管理学院教授、博士生导师(北京 100083)。王镜淳,女,中国农业大学经济管理学院博士生(北京 100083)。

地、劳动、资本等生产投入要素一样具有生产效应,通过改变要素投入结构降低生产成本,提高农业全要素生产率^[3]。灌溉的发展提升了粮食生产力,也影响了水资源对生态系统的支撑功能^[4],一旦超过水资源承载力的阈值,将威胁灌溉地区粮食生产的可持续发展。高效节水灌溉技术是实现水资源合理配置、提升粮食生产用水效率的必然选择^[5]。在此阶段,农田灌溉系统既具有基础设施的物质属性,又具备节约资源的技术集成属性^[6],已不再是一个单纯的市场和国家力量问题,而是农民行动者与其所处的乡村空间的情境交互过程,共同构成了农田灌溉系统治理制度变迁、集体行动的结构框架。

现代农业的发展对农田机械化、智能化、集约化的要求越来越高,异质性农户对农田灌溉系统的需求差异越来越大,以血缘地缘关系和共同劳动记忆为纽带的乡村共同体式微^[7],共同导致了农田灌溉系统投资不足、效率低下与管护失位的现象并存,多重属性在不同时空层面的交织给农田灌溉高质量发展带来了新挑战。而已有文献并未从多学科交叉视角进行农田灌溉系统多重属性的理论分析,对农田灌溉系统的演进特点及其现实困境也缺少必要的探讨。本文关注的重点在于,当前农田灌溉系统多重属性的本质特征是什么?其背后体现了什么样的理论和现实依据?长期看,我国农田灌溉系统的功能演进特点和现实困境如何?具体原因何在?需要何种治理对策实现农田灌溉系统高质量发展?厘清这些问题,对于进一步保障粮食安全、促进农业强国建设具有重要的战略意义。

一、粮食安全视角下农田灌溉系统的理论分析

农田灌溉系统与我国水土情况相匹配,由物质设施与流动的水资源构成,物质设施必须建设在农地之上并有完善的配套系统,水资源流动又涉及自然资源产权的归属问题,农业组织模式和农地产权制度变迁也重塑了农田灌溉系统的结构^[8],水资源和其他要素的耦合性蕴含在农田灌溉系统之中。粮食生产水资源兼具自然和经济特征,既直接参与粮食生产过程,组成了农产品的自然资源和经济转化基础,又通过制度安排构成了乡村治理体系的关键环节,间接参与粮食的生产过程。农田灌溉系统的“物质-技术-制度”属性正是分析如何在粮食安全的前提下实现灌溉水经济再生产和乡村高效治理的

理论基础。

1. 农田灌溉系统的多重属性

农田灌溉系统具有“物质-技术-制度”三重属性。农田灌溉系统的物质属性表现为设施价值与使用价值、主体供给意愿和供给能力的统一。农田灌溉设施具有灌溉和排涝等改善粮食生产条件的使用价值,而使用价值反映了设施产权承包交易的可及性。农田灌溉系统的主体必须具备投资意愿和投资能力才能供给一定数量的农田灌溉设施。

农田灌溉系统的技术属性亦即技术衍生于物质设施上的高效供给,体现了农田灌溉系统功能和体系建构的扩展,在系统内部强调考虑用水效率,系统之外考虑灌溉与相关联的子系统以“技术包”形式构成完整的粮食生产体系,如水肥一体化、农田生态退水处理系统等。

农田灌溉系统的制度属性体现在农户对设施的管护行为,即将农田灌溉系统置于乡村社会的视野之中,认为农户个体理性的强化与集体理性的弱化共同造成了灌溉系统管护困境^[9],因而良好的合作制度成为破解农田灌溉系统治理困境的关键方案。村庄非正式制度如社会规范、信念等在某种意义上承担着超越差序格局、解决公私关系与合作的功能^[10],进一步甚至可能演化为正式制度的范本。只有合作过程中正式制度和非正式制度良好互动才能降低交易成本,促进农田灌溉系统的健康发展。

2. 农田灌溉系统对粮食安全的作用机制

以上述分析为前提,建立包含农田灌溉系统要素的粮食生产函数。在农田灌溉系统建设的初级阶段,粮食生产(Q_1)与农田灌溉系统的关系并不紧密。粮食生产水资源投入量($Water_1$)、灌溉设施生产资本投入($Capital_1$)、水土不匹配的低效土地($Land_1$)和低知识水平的农村劳动力($Labor_1$)参与粮食生产(Q_1),这些要素构成了农田灌溉系统物质属性功能发挥的基础。以灌溉技术为代表的现代农业技术(A_1)较少融入粮食生产之中,因此将该时期的技术水平视为外生变量。灌溉的制度属性尚未完全建立,制度并不作为要素投入直接影响粮食生产函数,在既有的制度路径依赖下难以对粮食生产产生根本性的影响,此时农田灌溉系统是低质低效的:

$$Q_1 = f_1 [Labor_1, Capital_1, Land_1, Water_1, A_1]$$

农田灌溉系统引致粮食生产函数变化可归因于三个方面,即农田灌溉系统物质属性的强化、农田灌溉系统的技术属性亦即技术衍生于物质设施上的高效供给、农田灌溉系统制度属性的重组和超越。进

入高质量发展阶段的农田灌溉系统是水资源利用和生产力发展到一定程度的产物,显著区别于依靠大量资源投入、高度消耗水资源和能源的发展方式,体现在物质属性、技术属性和制度属性的互动不断加深上。粮食生产劳动力为技能水平更高的农户($Labor_2$)他们更容易掌握现代农业技术,更有意愿和能力进行农田灌溉系统的投资($Capital_2$)与管护合作,又引入了部分社会资本和贷款融资(k_3)参与投资建设。农业用水总量控制使得灌溉系统水资源供给量($Water_2$)由“保供”转变为“供需平衡”,资源分配更加合理。将粮食生产绿色发展水平(E_2)作为生态环境要素加入生产函数(Q_2)中。在技术层面,技术是一个引进—追赶—自主创新的过程,在更高的技术配套水平(A_2),农田灌溉系统中参与粮食生产的要素规模和生产效率发生了深刻变化。乡村的非正式制度虽逐步消亡,正式制度在弱非正式制度的约束下发生了内部的重组和变迁,将原本冗余的无效投入整合为高质的有效供给,制度属性强功能的发挥产生了新要素,产生有效供给的函数 g_2 :

$$Q_2 = f_2 [Labor'_2 - Labor'_2, Capital'_2 + k_2 - Capital'_2, Land'_2 - Land'_2, Water'_2 - Water'_2], E_2 - E'_2] + g_2(A_2 [Labor'_2, Capital'_2, Land'_2, Water'_2, E'_2])$$

由此可见,农田灌溉系统已超越了实体结构的物理设施边界,依靠非实体的制度供给等柔性边界延伸,紧密地根植于乡村社会体系中。农田灌溉系统以实体或非实体的结构内嵌于不同的场域之中,作用范围和效果随时空动态变化而不断演化,因而具备了“物质-技术-制度”等多重属性。若处于初级阶段和高质量阶段的中间形态,农田灌溉系统可能呈现出多重属性的不完全兼容,某种属性的发展超过或迟滞于其他属性的有效作用范围变化,外部冲击和内部结构的适应性较差,将导致农田灌溉系统出现功能演进和现实困境并存的“物质-技术-制度”属性弱兼容状态。粮食安全视角要求保证粮食稳产增产,此背景下农田灌溉系统的研究框架需要着重分析现阶段的功能演进、现实困境,通过一系列治理对策达到高质量发展阶段的标准要求,达到“物质-技术-制度”属性融合发展的状态(见图1)。

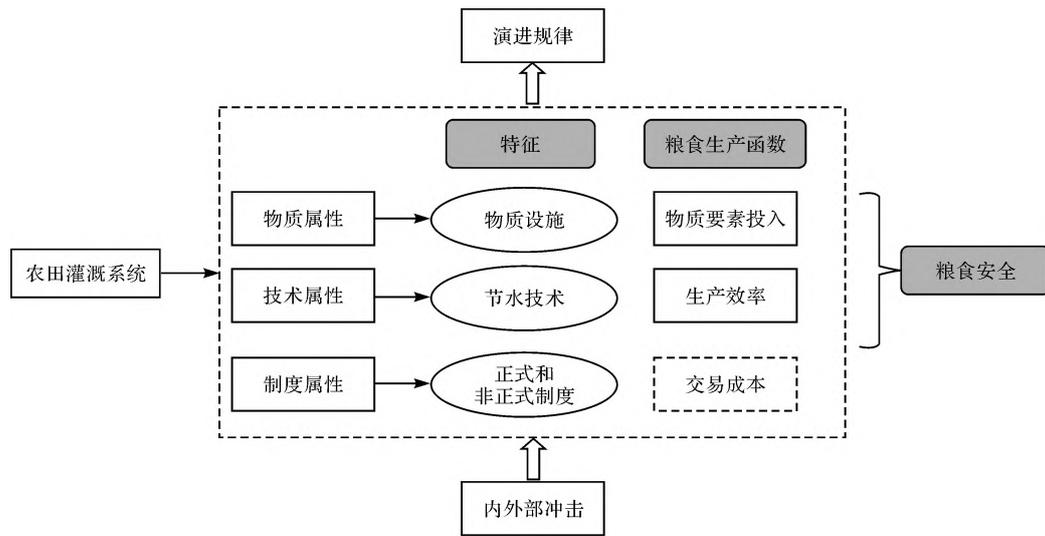


图1 农田灌溉系统对粮食安全的作用机制分析
个角度进行概括。

二、农田灌溉系统的功能演进

党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央提出了“确保谷物基本自给、口粮绝对安全”的新粮食安全观,明确提出“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的十六字治水思路。农田灌溉系统已与粮食安全、乡村振兴、绿色发展深度融合,功能向持续保障国家粮食安全和推动绿色可持续发展转变。粮食安全视角下农田灌溉系统的功能不断丰富拓展,其演化规律可从“物质-技术-制度”属性三

1. “数量-质量-生态”物质属性功能的渐进发展

随着对水资源安全认知的深化,农田灌溉系统的物质属性功能体现为水量输送充足、水质达标供应、生态美学价值“三维”功能的渐进发展,即从改变灌溉设施内部结构的角度实现农田灌溉系统功能发展。

以水资源短缺为背景参照,水资源自然和供给稀缺性增强以及非农用水需求日益增长使得灌溉水的短缺逐步加重,形成“水量型缺水”。粮食生产

“水量型缺水”的成因不仅有自然禀赋导致的存量不足,也有地下水地表水利用的结构性不足,还同时存在着其他产业挤占农业用水、畜牧业挤占种植业用水以及主粮与非主粮内部争水导致的流量不足^[1,11]。2022年全国农田灌溉水有效利用系数由2000年的0.43提升到0.57,2022年河北、吉林、黑龙江、江苏、山东、河南等粮食主产区更是达到了0.6以上的高效利用水平^①,水资源短缺背景下提高用水效率成为农田灌溉系统发展的新方向。一方面,农田灌溉系统的建设保障了粮食生产供用水量,地下水供水量转向持续减少态势,地表水源的供水量较为稳定,农业用水量近年来稳定在3600亿立方米,耕地实际灌溉亩均用水量由2011年的415立方米降至2022年的364立方米,下降了12.3个百分点^②,粮食生产供用水结构更加合理高效。另一方面,农田灌溉系统减少了灌溉水的无效损失,形成了东北地区节水增粮、华北黄淮海地区节水压采、西北地区节水增效、南方地区节水减排的格局。2000—2020年我国节水灌溉面积从1638.89万公顷增长到3779.60万公顷,占灌溉面积的比重由27.62%上升到49.94%,微灌、喷灌、低压管灌等现代高效节水灌溉面积也迅速增长。

面源污染物经农田排水、地表径流、地下渗漏等方式进入水体导致稀释水量增加,造成“水质型缺水”。第二次全国污染源普查结果显示,2017年种植业氨氮、总氮、总磷排放(流失)量分别为8.30万吨、71.95万吨和7.62万吨,分别占水污染物排放总量的8.6%、23.7%和24.2%,较2007年大幅下降^③。2022年,我国地表水水质优良(I—Ⅲ类)断面比例为87.9%,Ⅳ—Ⅴ类断面比例为11.4%,劣Ⅴ类断面比例为0.7%,优良断面比例不断增大^④。2023年国家农产品质量安全例行监测总体合格率为97.8%^⑤,共认定了408个国家农产品质量安全县(市)^⑥。总体上看,中国的水环境质量持续好转,农业污染源治理成效显著,农田灌溉水质的改善有力提升了生产端农产品质量安全水平。

农田灌溉系统按照作用类型可划分为取水景观、排水景观、田间灌溉景观等地表景物,以及因设施建构而形成的水域、陆域景观^[12]。农田灌溉系统静态的物质实体和静态动态的水资源构成了乡村社会特有的生态美学和人文价值。党的十九大提出了“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”的实施乡村振兴战略的总要求,党的二十大报告进一步强调“建设宜居宜业和美乡村”。

2019—2022年我国累计在167个县(市、区)开展水系连通及农村水系综合整治试点(或水系连通及水美乡村建设试点)并给予177亿元的中央资金支持,前三批127个试点县(市、区)通过水系连通及水美乡村建设,已治理河流长度7000余公里,治理农村湖泊塘坝1529个,防洪除涝受益面积1.6万平方公里,水源涵养或水土保持综合治理面积2760平方公里,补充生态水量8.49亿立方米^[13]。

2. “水-能-粮耦合”技术属性功能的体系建构

农田灌溉系统功能体系建构随着对水资源、能源、粮食生产系统的认知不断发展,系统之间进行着物质流的交换,以期在不牺牲子系统发展的基础上用最低的水-能源投入,实现空间区域最大的粮食产量和收入^[14]。随着经济社会的不断发展,三者间的制约性特征越来越明显,农田灌溉系统正是实现“水-能-粮”耦合的桥梁^[15]。农田水循环支持了粮食系统生产布局即种植结构和种植面积的调整^[16],农业部门的碳排放则来自灌溉和农业生产中的能源消费,过程中会存在产业结构效应和能源结构效应,农田灌溉系统形成了以水资源节约集约利用为导向的“水-能-粮”耦合体系框架(见图2)。2013—2020年我国灌溉碳排放一直呈现持续增长的态势,相关学者预测在生态和经济协同发展情景下,2030年灌溉碳排放可以实现达峰^[17]。因此,农田灌溉系统“水-能-粮”耦合是技术属性内涵的扩充和延展,从多系统耦合的体系建构实现农田灌溉系统的新的更高的稳态。

提水灌溉是温室气体排放的重要来源之一,能源消耗量因水源和灌溉方式而异,依靠地表水重力灌溉比地下水提水灌溉消耗的电能更少,因而提高节水和节能的协同效益存在巨大潜力^[18]。《华北地区地下水超采综合治理行动方案》指出“增加地表水和外调水供水是治理地下水超采的有效措施,要加强水源置换工程。”“强力关停城镇自备井和农灌井。”高标准农田也是促进“水-能-粮”耦合的关键,《全国高标准农田建设规划(2021—2030年)》提出,到2025年累计建成高标准农田10.75亿亩,并改造提升1.05亿亩已建的高标准农田,到2030年建成高标准农田12亿亩,改造提升2.8亿亩。农业农村部数据显示,高标准农田项目区比非项目区的机械化水平提高15%—20%,节电达到30%以上,节药约达到19%,节肥约达到13%,亩均粮食产能一般增加10%—20%,亩均节本增效约500元,有力支撑了新一轮千亿斤粮食产能提升行动^⑦。

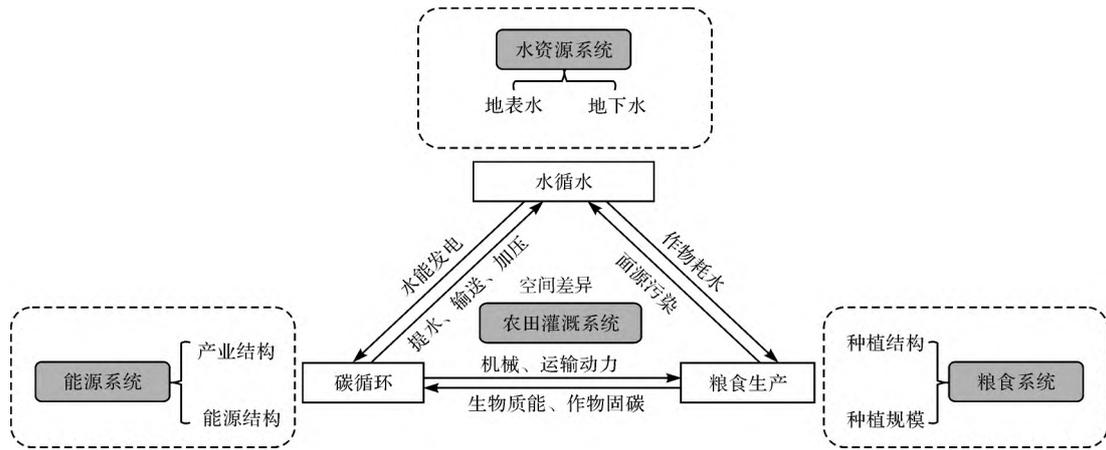


图2 农田灌溉系统“水-能-粮”耦合体系框架

3. “多元参与”制度属性功能的建设格局

“多元参与”的功能建设格局反映了合作成为破解农田灌溉系统治理困境的关键,非正式制度在某种意义上承担着超越差序格局、解决公私关系与合作的功能^[10],能将原本冗余的无效投入整合为新质生产力。2009年中央财政设立小农水专项资金,要求各级财政坚持以“政府引导、民办公助、以奖代补”等方式逐步建立小型农田水利设施建设多元化投入机制,试图应对村社灌溉单元逐步解体的现象,小型农田水利设施成为大中型水利设施的替代方案^[19]。社会资本是农田灌溉设施资金的有益补充,2018年水利部印发的《深化农田水利改革的指导意见》提出了鼓励社会资本建设运营农田水利工程的具体形式,明确要求创新农田水利多元化投融资机制。2022年农业农村部等八部委联合印发的《关于扩大当前农业农村基础设施建设投资的工作方案》指出,鼓励符合条件的相关市场主体参与承建农业农村基础设施,推行政府投资与金融信贷投贷联动,鼓励社会资本合作建设运营农业农村基础设施项目,建立稳定多元的贷款偿还渠道。

2011—2022年我国当年完成水利建设投资由3086亿元快速增长到10893.2亿元,中央政府投资规模占比有所下降,由中央政府引导的功能建设格局正在形成。地方政府作为农田水利投资主体的中间层次需要发挥承上启下的作用^[20]。同期地方政府的投资金额和占比不断增加,在2014年后超越中央政府成为我国当年完成水利建设投资占比最高的主体。同时,企业和私人投资由74.9亿元增长到1065.5亿元,国内贷款和债券的投资额占比也不断提高。我国水利建设投资逐步由财政主导模式转变为“财政支持,多元主体参与”模式。从建设成效来看,我国农作物受灾面积以及水旱灾受灾面积呈现

波动下降的趋势,农作物受灾面积占农作物播种面积的比重由1990年的26%降至2021年的7%左右,近年来稳定在10%的水平区间^⑧。以农田灌溉系统为代表的农业防灾减灾体系建设取得了巨大成就,粮食生产水资源供给能力大幅提升,农田水利工程建设资金支持不断增强,综合效益逐步显现。

三、农田灌溉系统的现实困境

农田灌溉系统的功能不断演进,但自然经济社会系统内外部的冲击也使其实现高质量发展面临诸多困境。物质设施脆弱性困境、技术推广困境和管护困境是“物质-技术-制度”属性弱兼容状态下的综合表现,是农田灌溉系统在气候变化、“大国小农”、市场机制不完善等内外部冲击下适应性不足的体现。

1. 气候变化引致的设施脆弱性困境

随着全球气候变暖加剧,我国区域性极端强降水、大范围极端高温热浪、复合型气象灾害等事件数量多、强度大、范围广,对农业生产与粮食安全构成了严重威胁。2022年长江流域发生历史罕见夏秋冬连旱,中旱以上日数77天,为1961年以来历史同期最多^[21]。2023年河南等地持续连阴雨给夏收带来不利影响,海河流域性特大洪水和松辽流域严重汛情启用了多个蓄滞洪区,部分地区农田受淹,基础设施损毁严重。外生冲击考验着农田灌溉系统多重属性的稳定性和兼容度,最终体现在物质属性的设施供给脆弱性中。

根据笔者2023年在河南省南部的调研,受“烂场雨”影响,小麦收获时间比往年平均推迟约5天,较上年同期减产约30%,品质较低的霉变小麦收购价为每市斤0.8—0.9元,农田排水设施紧缺和排水

沟渠不畅是造成农田积水、收获窗口期滞后的重要原因。值得关注的是,在旱涝灾害频发的气候变化背景下,农田灌溉设施的脆弱性将持续广泛存在。农户对灌溉设施建设的必要性感知和适应性行为是气候长期冲击的结果,往往滞后于极端气候事件的发生,因此农田灌溉系统存在着设施供给滞后于实际需求的脆弱性困境。从空间结构来看,农田灌溉设施建设导向多重灌溉轻排水,尤其是南方水稻种植区排涝标准仍然较低,北方地区忽视排水设施的改善,农田灌溉系统的排水功能表现为空间错配,气候变化的不确定性使农田灌溉系统存在设施建设导向单一的脆弱性困境。从时间变化来看,粮食生产高度依赖灾害期区域流域的水资源量,农田灌溉系统如何在旱涝灾害期合理调配水量,对平衡城乡、区域和产业间的需求至关重要,因此农田灌溉系统还存在设施供水时间配置不合理的脆弱性困境。

2. “大国小农”引致的技术推广困境

“大国小农”是我国的基本国情农情,具体表现为小农数量庞大和农户分化。“大国小农”的结构增加了农业治理的难度^[22],技术推广与实际粮食生产脱节的情况屡见不鲜。节水技术推广不仅要靠自身技术创新,更取决于农户基于成本收益的行为响应。在经济利益的驱动下农户结合自身对节水灌溉技术的价值认知选择灌溉方式^[23]。从农业水价综合改革来看,一方面,农业水价综合改革区多位于经济基础相对薄弱的农业大县,县级财政没有持续的资金渠道用于补贴和奖励,资金缺口较大。若仅依靠中央和省级财政资金,核算到农户的补贴金额太少,起不到良好的激励效果。另一方面,粮食生产成本增速持续高于产值增速,农户种粮收益空间不

断被压缩^[24]。若灌溉水价设计不合理,势必会直接抬高小农户的种粮成本,影响种粮积极性,进而给粮食安全带来风险。同时,农户的节水意识薄弱也与灌溉计量水费支付方式有关。2023年笔者对冀鲁豫三省农户的调查显示,81.9%的农户按用电量支付水费,7.4%的农户按面积支付水费,仅5.4%的农户按用水量支付灌溉水费,整体灌溉水价偏低。“以电折水”或“按亩收费”的计量方式弱化了小农户对真实灌溉水量的感知,而小农户对已有非正式农业用水制度也有一定的路径依赖^[25],其心理参照点水价等于零或小于实际水价^[26],依靠现阶段水价改革来提升节水技术采纳水平存在着小农户积极性不高的风险。

此外,小农户仍是农田灌溉系统节水技术推广的着力点,但小农户单独投资的形式使得采纳节水灌溉设施的资金门槛较高,投资回报周期较长,很可能天然地会将部分小农户排挤在外。而且,节水技术的推广也受到地块总体规模和地块布局的影响,节水技术非无限可分性的特点需要一定的耕地规模才能达到高灌溉用水效率^[27]。灌溉机械的流量、喷洒宽度都有合理区间,农户地块过小会使多余的灌溉用水进入相邻农户的地块,农户高度分散的耕地也使节水技术的推广并非一家一户的内部决策,需要考虑相邻地块以及村集体其他农户的意愿。

3. 主体缺位和机制失灵引发的管护困境

农田灌溉系统对土地制度、产权体制、利益主体有明显的依赖性^[28]。我国农田灌溉系统管护模式逐步由政府、集体的单极带动转变为制度先行、政府主导、市场化供给和农户参与的多元协同模式(见表1)。

表1 我国农田灌溉系统的治理历程

划分阶段	治理特征	资金来源	土地政策调整	利益主体
设施建设阶段 (1949—1978年)	国家主导的计划供给	集权化“统收统支”	人民公社化运动、集体经营	政府、生产队(公社、村集体)、农户
快速发展阶段 (1979—2003年)	村干部包干到村委“三提五统”	“共同生产费”“两工制”	双层经营体制	政府、国际援助机构、村集体、农户
艰难转型阶段 (2004—2011年)	用水户协会以“一事一议”自主治理	农村税费改革、政府专项补助资金	家庭经营为主;限制土地流转	政府、国际援助机构、村集体、用水户协会、企业、设施承包户、用水户
高质量发展阶段 (2012年至今)	政府引导下的多元协同	先建后补、以奖代补、社会主体融资	农村土地“三权分置”	政府、村集体、用水户协会、新型经营主体

农田灌溉系统的管护困境主要体现在四个方面:第一,国家力量的退出导致农村基层治理和农户集体行动陷入困境^[9],乡村的组织动员能力和共同生产的记忆逐步弱化,极易引发村庄灌溉秩序的纠纷和搭便车行为,建设投资滞后甚至数量不足。第

二,水权水价制度改革跟不上土地制度改革的步伐,农田灌溉系统作为长期投资表现出强烈的规模经济、外部性和公共物品特征^[29]。农地产权制度变迁导致农民个体经济理性强化、村庄基层组织公共事务管理功能弱化和农地细碎化^[8],增加了农户集

体协商成本和监督管理成本。通过农户间自发联合如用水户协会等组织解决灌溉系统问题的难度极大,我国仍在试点探索灌溉水权交易和农业综合水价改革。第三,大部分小型农田水利设施缺少统一规划,导致建设布局不科学、施工不规范、竣工验收不严格等供给质量问题突出,造成了耕地灌溉面积的波动(见图3)。小型灌溉系统难以与中大型骨干工程融合衔接,又切割了原有的水利系统,导致区域生态环境遭到破坏。第四,理顺多主体间的关系、保

障农田灌溉系统持续运行的收益分配机制尚不完善。新型农业经营主体、社会资本和小农户之间存在利益和风险分配不均的现象,降低了小农户参与农田灌溉系统供给的积极性,导致农田水利工程和中大型灌溉区斗渠以下灌溉系统存在有人用、没人管、设备衰败等问题^[30]。我国农田灌溉设施的效益水平仍有较大的提升空间,人地矛盾依然较为突出,农田灌溉系统主体缺位和机制失灵引发的管护困境依然存在。

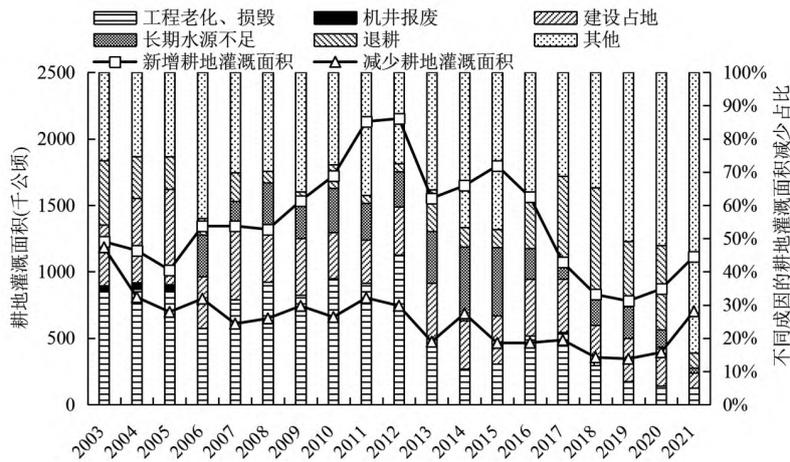


图3 2003—2021年我国耕地灌溉面积增减情况

数据来源《中国农村统计年鉴》(1989—2022年)。

四、农田灌溉系统高质量发展的治理对策

农田灌溉系统高质量发展是一个长周期的过程,是具有系统性和复杂性的工程,需要建立并完善富有弹性的设施建设机制、市场化供给机制和合意的管护机制等,需要明确目标导向,加强协同治理,实现“物质-技术-制度”三重属性的融合发展。

1. 建立以综合可持续为目标的农田灌溉设施建设机制

第一,气候变化是一个长期的适应性过程,要将农业防灾减灾思维融入农田灌溉设施的建设规划中,同等重视排水等其他功能的发挥,制定科学的水资源配置方案,以应对极端气候事件的冲击,实现粮食稳产的目标。第二,以提高粮食生产率和产量为出发点,积极发展节水灌溉技术,从农艺、工程、生物、管理四个层次相配合的角度规划建设节水型农田灌溉系统。在实施过程中,要遵循先试点再推广的渐进原则,充分考虑土地经营权放活、新型经营主体出现和灌溉设施非无限可分性的特点,因地制宜发展多种形式的建设模式,以提高其与土地制度、农

业经营方式的适用性,科学选用灌溉设施机械进行粮食生产作业。第三,重点关注农田化学品对水资源的污染,从农田灌溉系统水肥高效利用和污水净化设施的角度,尽可能减少其对粮食质量安全的不良影响,并对农田灌溉设施供水的水质进行监测,从农田进水和退水的水质多维角度保证灌溉水的绿色高效利用。第四,将农田灌溉系统适应性地融入村庄景观规划中,融入实用价值和生态美学价值,并作为吸纳劳动力、带动当地乡村旅游、生态康养等第三产业发展的基础设施准备,发挥其社会效益。

2. 以产权和价格机制为杠杆提升农田灌溉系统市场化供给水平

第一,产权制度和资金门槛是阻滞农田灌溉系统技术推广的症结所在。农田灌溉设施市场化供给是家庭联产承包责任制以来改革的主导方向,农户个体理性强化和集体理性的弱化使得农田灌溉系统需要通过产权移交的形式转移给农户或村集体、用水户协会等,但过于分散的农田水利产权制度安排难以支撑现代农业适度规模经营,需要将农地经营权和农田灌溉设施的产权进行捆绑,通过水权交易和水价综合改革打破农田水利产权不可完全分割的藩篱。对于集体所有的排灌泵站、水塘、水坝等公益

性较强的灌溉设施,可作为村集体经济发展的资产承包给市场主体进行运营管护,市场主体享有设施使用价值的收益权。对于零散分布的农户自建农田灌溉设施,可通过土地流转配合农田水利产权打包流转给新型经营主体,新型经营主体拥有设施的使用权和管理权;未流转土地的小农户则可通过节水灌溉托管服务、产业联盟等市场化方式联合使用农田灌溉设施,衔接现代农业发展。对于市场主体建设的灌溉设施,按照“谁投资、谁所有”的原则明晰设施所有权、使用权。第二,水权水价改革能够为农田灌溉系统市场化供给营造良好的制度环境。要持续推进农业水价综合改革,因地制宜确定价格标准、收缴方式等,逐步转向用水量计价模式,使农业灌溉定价机制规范化、科学化。市场化供给配合水权水价改革更有助于降低农地细碎化引致的节水技术推广风险,从设施成本、体制机制两个层面促进粮食生产用水效率的提升。需要指出的是,提升市场化供给水平不代表政府对农田灌溉系统的投资减少,政府要在农田灌溉系统市场化供给的过程中充当好引导者、投资者、监督者的角色,并给予相应的市场化主体以政策性补贴,激发其创造力和积极性。

3. 以协同治理为抓手加强农田灌溉系统管护

现阶段农田灌溉系统的管护主体主要分为两类,以地下水井灌区为例,农户个人私有的机井由个人进行维修和管护;用水小组或村集体所有的机井主要由管水员或电工进行电费的收缴、日常维护,灌溉设施管护状况较差。政府或某一管护主体的“极化”都绝非提升农田灌溉系统管护水平、解决公地悲剧的良策,需要构建政府、农户、市场三方力量共同介入、协同治理的组织结构。

第一,政府加大对农田灌溉系统的投入。无论是特定的资金注入还是依托高标准农田建设等的政策组合,都要避免强制干预和行政介入。农田灌溉系统治理要由单纯的目标导向供给转为“自下而上”的自我扶持式发展,给予地方政府和农户一定限度的自主性,对不同地区选择的行政型、市场型政策工具有更强的包容性,实现管护供给和需求的量质匹配。同时,要加强部门的协调能力,避免陷入“九龙治水”的多头管理陷阱。第二,积极发展农民水利合作组织。要明确农民水利合作组织资产实体的法律界定和收益权边界,也要以农民自身形成的非正式制度为基础发展出一套有效规则与规章制度,突出农民水利合作组织的社区性特点。发挥农民水利合作组织作为连接上级供水单位和小农户的

纽带作用,减轻政府为农村提供公共灌溉服务的压力,将分散的用水农户组织起来参与农田灌溉系统管护,弥补村庄基层公共管理功能的不足。同时,可将农民水利合作组织作为节水技术推广的组织机构,引导小农户联合参与灌溉设施的应用,形成高水效的粮食生产体系。第三,建立有效的利益分享和政策补贴机制。积极通过PPP等形式吸引市场主体参与建设和管护农田灌溉设施,适当给予补贴激励,支持新型经营主体吸纳原土地承包户,农户通过股份分红或打包转让灌溉设施的方式获得收益。第四,培育农户合作理性。重视非正式制度对激发农户积极性的带动作用,发挥“新乡贤”等乡村精英的示范作用,将合意的农田灌溉管护行为视为乡村美德,融入村规民约、家风家训之中,增强农户灌溉管护的主动意识和能力。

注释

- ①此处数据由笔者根据水利部网站(<http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/>) 2011—2022年《中国水资源公报》相关数据整理计算所得。
②此处数据来自中华人民共和国水利部编《2022年中国水利统计年鉴》,中国水利水电出版社2023年版。
③此处数据来自《第二次全国污染源普查公报》,生态环境部网站,<https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202006/W020200610353985963290.pdf>, 2020年6月8日。
④此处数据来自《生态环境部公布2023年第四季度和1—12月全国地表水环境质量状况》,生态环境部网站,https://www.mee.gov.cn/ywdt/xwfb/202401/t20240125_1064785.shtml, 2024年1月25日。
⑤此处数据来自《全国农产品监测总体合格率97.8%》,农业农村部网站,https://www.moa.gov.cn/ztl/zyncgzh2023/pd2023/202312/t20231228_6443673.htm, 2024年1月5日。
⑥此处数据由笔者根据农业农村部网站(<http://www.aqsc.agri.cn/jdjc/nepaqx/>) 相关数据整理计算所得。
⑦《国务院政策例行吹风会》,中国政府网,<https://www.gov.cn/xinwen/2021zccfh/44/index.htm>, 2021年9月16日。
⑧此处数据来自国家统计局农村社会经济调查司编《中国农村统计年鉴》,中国统计出版社1991—2022年版。

参考文献

- [1]穆月英.资源有效利用保障粮食安全的路径研究[J].理论学刊, 2022(6): 110-118.
[2]秦国庆,朱玉春,马恒运,等.农户分化背景下制度变迁对农田水利自治的影响[J].西北农林科技大学学报(社会科学版), 2021(2): 110-118.
[3]吴清华,冯中朝,何红英.农村基础设施对农业生产率的影响:基于要素投入的视角[J].系统工程理论与实践, 2015(12): 3164-3170.
[4]沈彦俊,齐永青,罗建美,等.地理学视角的农业节水理论框架与水资源可持续利用[J].地理学报, 2023(7): 1718-1730.
[5]王万钧.农田水利工程高效节水灌溉发展技术的推广研究[J].现代农业研究, 2022(9): 106-108.
[6]陈宏伟,穆月英.节水灌溉设施的粮食生产增效机制[J].华南农业大学学报(社会科学版), 2021(4): 76-89.

- [7]王璐璐.乡村伦理共同体的重建:从机械结合走向有机团结[J].伦理学研究,2015(3):118-122.
- [8]杜威漩.农地产权制度变迁对小农水治理的引致效应分析[J].农林经济管理学报,2015(5):453-459.
- [9]徐晓鹏.气候变化对我国水资源和重大水利工程影响研究进展[J].农村经济,2021(12):126-135.
- [10]刘守英,王一鸽.从乡土中国到城乡中国:中国转型的乡村变迁视角[J].管理世界,2018(10):128-146.
- [11]穆月英,张哲晰,陈宏伟,等.充分有效利用水资源保障“藏粮于地”战略定位[J].山西农业大学学报(社会科学版),2023(3):48-54.
- [12]耿金.中国水利史研究路径选择与景观视角[J].史学理论研究,2020(5):98-108.
- [13]刘诗平.打造县域治水样板 水美乡村建设扩至167县市区[EB/OL].(2022-11-24)[2024-03-20].https://www.gov.cn/xinwen/2022-11/24/content_5728583.htm.
- [14]郝林钢,于静洁,王平等.面向可持续发展的水-能源-粮食纽带关系系统解析及其研究框架[J].地理科学进展,2023(1):173-184.
- [15]吴蒙.基于农田灌溉系统水能关系的农业节水管理分区研究:以上海为例[J].灌溉排水学报,2018(2):116-122.
- [16]崔思梦,吴梦洋,王小军,等.基于水足迹与水-能源-粮食关联关系的提水灌溉系统种植结构优化[J].水利学报,2023(8):967-977.
- [17]蔡素丽,顾佳艳,陈敏,等.2000—2020年中国种植业碳排放驱动因素及预测分析[J].环境科学与技术,2023(2):159-167.
- [18]Wang J X, Rothausen S G S A, Conway D, et al. China's Water-Energy Nexus: Greenhouse-Gas Emissions from Groundwater Use for Agriculture[J]. Environmental Research Letters, 2012, 7(1): 014035.
- [19]贺雪峰,郭亮.农田水利的利益主体及其成本收益分析:以湖北省沙阳县农田水利调查为基础[J].管理世界,2010(7):86-97.
- [20]蒋育燕,王广深.农田水利投资主体的投资行为机理研究[J].暨南学报(哲学社会科学版),2017(8):50-55.
- [21]应急管理部.应急管理部发布2022年全国自然灾害基本情况[EB/OL].(2023-01-06)[2024-03-20].<https://sleyflh.mem.gov.cn/Item/34475.aspx>.
- [22]张慧鹏.大国小农:结构性矛盾与治理的困境:以农业生态环境治理为例[J].中国农业大学学报(社会科学版),2020(1):15-24.
- [23]穆月英,张龙.我国“藏粮于技”战略的实现路径与对策研究[J].中州学刊,2022(12):40-48.
- [24]王晓君,何龙娟,王国刚.全球粮食不安全形势下保障中国粮食安全的逻辑思维与战略取向[J].改革,2022(12):66-77.
- [25]杨鑫,张哲晰,穆月英.农业水价综合改革的推进困境及成因分析:基于小农户风险视角[J].水利经济,2022(2):61-67.
- [26]张维康,曾扬一,傅新红,等.心理参照点、支付意愿与灌溉水价:以四川省20县区567户农民为例[J].资源科学,2014(10):2020-2028.
- [27]许朗,陈杰,刘晨.小农户与新型农业经营主体的灌溉用水效率及其影响因素比较[J].资源科学,2021(9):1821-1833.
- [28]董洁,魏奇锋,李宏伟.农田水利:从路径依赖走向路径创造[J].财经问题研究,2011(10):126-129.
- [29]纪月清,胡杨,杨宗耀.单独抑或联合:地块规模与农户土地投资决策[J].南京农业大学学报(社会科学版),2017(6):59-70.
- [30]王亚华.中国用水户协会改革:政策执行视角的审视[J].管理世界,2013(6):61-71.

The Functional Evolution, Realistic Dilemma and Governance Countermeasures of Farmland Irrigation Systems from the Perspective of Food Security

Mu Yueying Wang Jingchun

Abstract: Food security is an inevitable requirement for building an agricultural power, and the farmland irrigation system is the foundation basis for ensuring food security. The interweaving of the two in rural society is reflected in the multiple attributes of agricultural irrigation system. Based on the multiple attributes of “Material-Technology-Institution”, this paper explores the mechanism of farmland irrigation system’s impact on food security, and clarifies the functional evolution of farmland irrigation system and the essence of practical difficulties, which is of great significance for achieving sustainable agricultural development and effective rural governance. The functional evolution of China’s farmland irrigation system is reflected in the gradual development of the material attribute function of “quantity-quality-production”, the system construction of the technical attribute function of “water-energy-grain coupling”, and the construction pattern of the institutional attribute function of “multiple participation”. The practical dilemmas are the facility vulnerability dilemma caused by climate change, the technology promotion dilemma caused by “large countries and small farmers”, and the management and protection dilemma caused by the absence of subjects and mechanism failure. Therefore, in order to comprehensively consolidate the foundation of food security, we must promote the efficiency of farmland irrigation system by constructing farmland irrigation facilities with the goal of comprehensive sustainability, enhancing the market-oriented supply level of farmland irrigation systems with the leverage of property rights and price mechanism, and strengthening the management and protection level of farmland irrigation systems with the grasp of collaborative governance.

Key words: food security; farmland irrigation system; “Material-Technology-Institution” attribute; governance countermeasures

责任编辑: 澍文