水利工程与农机的协同发展对农业生产效率的影响研究

韩振强

东港市水资源服务中心,辽宁 东港 118300

摘要:通过案例分析,系统阐述了水利工程与农机的协同发展对农业生产效率的重要影响,这包括提高灌溉效率、扩大有效灌溉面积、优化作物布局、合理配置种植结构、减小劳动强度、促进生产规模化经营等。结合江西省于都县白杨水库及下游灌区的改造实践,分析了水利设施与农机协同发展的具体做法,以及取得的显著经济效益和生态效益,指出了管网供水压偏低、水源紧张、机械作业风险等问题,并提出了采用大径管替换、引水补充和作业管控等针对性解决对策,为指导农村水利基础设施建设提供了科学依据,对促进农业可持续发展具有一定借鉴作用。

关键词:水利工程;农业机械化;协同发展

中图分类号:X-1　　DOI:10.3969/j.issn.2097-065X.2024.04.009

0 引言

我国是个农业大国,发展水利工程与推进农业机械化是提高农业生产率与资源利用效率的两大关键途径。水利工程可规划合理的灌溉系统,实现水资源的高效配置与利用。农业机械化可减轻劳动强度,促进规模化经营,发挥现代科技在农业发展中的重要作用。因此,水利工程与农业机械化之间应有机衔接,协同配套,发挥综合系统效应,推动我国农业增效与可持续发展。本文通过典型案例分析,系统阐述水利工程与农机协同发展的重要性。首先概述了协同发展的方式,分析了其对灌溉面积扩大、作物布局优化、劳动强度降低等方面的影响;然后结合实践案例,提出了存在的问题及解决对策;最后,展望未来发展方向。

1 水利工程与农机协同发展方式概述

水利工程主要包括水库、引水河道、主干渠系、分渠系等,用于调节和输送水资源[1]。结合当地自然地理环境、气候条件和作物种植模式,合理规划和布置水利设施,实现高效节水灌溉。常见的灌溉方式有渠道引水灌溉、管道微灌、喷灌、滴灌等。结合农田基本建设,规划合理的田块边长比例,控制田间大坝长度,减少渗漏损失。农业机械化采用机械动力替代人工和畜力,提高土地开发与施工、播种管理、田间操作、收获运输等环节的作业效率,主要有轮式拖拉机、履带拖拉机、联合收割机、脱粒打捆机、运输车辆等。为实现水利工程与农机的协同发展,必须使工程建设、机械配置与农业结构、种植方式、管理模式相适应。东北平原地区可配套采用大型拖拉机和大流量水管,华北黄淮海平原区适宜搭配中小型拖拉机与管道灌溉或喷灌系统,西北山区可匹配使用小型拖拉机或畜力机械与原有渠系和水源。此外,合理选用机具工作幅宽,使之与已形成的标准田块尺寸模块化,方便连续作业。

2 水利工程与农机协同发展对农业生产效率的影响

2.1 提高灌溉效率,扩大有效灌溉面积

农业生产中,灌溉水的高效利用是保障增产增效的关键。我国约2/3的粮食产量来自灌溉农田。通过水利工程建设与农机配置的协同,可以显著提高灌溉效率,扩大有效灌溉面积[2]。随着浇灌技术与设备的现代化,传统的地表灌溉逐步被先进的微喷灌、滴灌等低压管道灌溉所取代。旋转喷头与滴灌带相结合后,单产水量由原来的3~5 kg/m^{3}提高到10~15 kg/m^3。顺义区郭八庄村在改造渠系和配套滴灌机具后,小麦平均亩产达到900 kg。采用配套的节水灌溉系统,可最大限度减少输水过程中的漏损,有效控制蒸发散失,灌区引水量比传统开渠灌溉至少减少30%的漏损。陕西富平县节水灌溉改造工程通过封闭和改管工程,使灌区总引水量由3 500万m^{3}降至2 100万m^3,渠系运水效率由原来的0.45提高到0.76,最高效率可达0.85,农田灌溉效率显著提升。合理选用与当地水资源相匹配的农机,可扩大单位水量的有效灌溉面积[3]。山东省鄄城县采用多轴接口灌溉技术,通过多点低压供水与控制调度,平均增产30%以上,较好缓解了该县旱灾频发的问题。水利工程与农机的协同配套可提高

水资源利用系数，节约用水成本，扩大单位水量的可灌溉面积，对粮食安全与水资源高效配置具有重要意义。

2.2 优化作物布局，合理配置种植结构

合理的作物布局和种植结构配置，是实现水资源高效利用和农业机械化条件下规模经营的关键。水利工程与农机的协同发展可指导合理的区域作物布局，优化种植结构，提高土地产出率。不同的作物对水资源和机械化条件要求不同。水稻、小麦、玉米等主要粮食作物可以大面积推广机械化生产，经济作物如棉花、烤烟、花生等则需要配套灌溉设施，蔬菜、中药材等要求品质高的工厂化栽培，依赖于标准化大棚和精细化作业设备。因此，根据局部区域的水资源情况、气象条件、土壤特征和机械化基础设施，科学布局主导作物，合理配置种植结构，实现资源优化配置，可显著提升单位面积产出[4]。湖南通道的年均气温 17°C，土壤沃壤度较高，年降雨量 1 350 mm，但地势较为复杂。采用梯级排水沟渠与壁挂式输水管道相结合的水利工程系统，配套轮式拖拉机和人工对其边坡地带进行播种、施肥、除草等作业。结合作物习性和联产联销模式，60%以上的梯田种植稻谷，20%左右的梯田种植豆类或玉米等杂粮和经济作物，余下的梯田种植蔬菜或坡地防护林网。这种结合区域特点与市场需求的作物布局配置，比单一的水稻种植农业总产值提高了 80%。类似案例表明，科学合理的作物布局与种植结构调整是发挥水利工程与机械化协同效应的重要途径。

2.3 机械化操作可降低劳动强度

农业机械化的推广应用能够大幅度减少农业生产过程中的劳动量，降低劳动强度，提高生产效率。传统农业生产存在大量低效的人工操作[5]，山东省寿光地区一季度的小麦种植中，每公顷需要的人工播种劳动量为 23.5 人·日，除草劳动量为 26.2 人·日，灌水劳动量为 21.3 人·日，收割、运输劳动量为 35.4 人·日，劳动量合计高达 106.4 人·日。机械化改造后，上述工作主要由拖拉机和联合收割机完成，人工劳动仅剩 20 人·日左右，约减少 80%，大大降低了劳动强度，人均工作量每天从原来的 10 h 减少到 3～4 h，工作效率提高 60%以上。就单个作业程序而言，如农田深松，人工使用锄头进行耙翻每公顷需要 8～10 人·日；采用动力耕整机械，作业深度可达 35 cm，作业效率高达 3.5 hm^2/(人·日)，是人工的 7 倍以上。除草作业中，人工铲除或控制性除草每公顷需花费 15～20 人·日，大型除草机 1m 作业宽度下可完成 3 hm^2 以上，节省 90%以上的劳动力。在水稻收获环节，我国南方的典型模式为人工割插、拔禾捆扎；联合收割机械化可在 1 h 内完成 1 hm^2 多的操作，比人工快 7～10 倍，省去大量繁重的体力劳动，可见农业机械化对降低劳动强度、提高工作效率意义重大。与合理的水利工程系统配套，农机可实现作业过程的连续化、集约化，大大降低农业生产的劳动强度，对现代农业发展具有重要推动作用。

2.4 集约化生产，规模化经营管理

水利工程建设与农业机械化水平的整体提高为农业生产由分散小农户向集约化大户的转变提供了物质基础。规模化生产经营可以解决我国农业“小、散、乱”的历史积弊，发挥规模效应，显著提高资源利用效率。以湖北省潜江市湘口镇古家港村为例，该村原有耕地 678 hm^2 分散在 1 800 多个农户中，人均耕地面积仅 0.4 hm^2。经过土地整理，重新规划为 18 个大型矩形地块，方便机械化作业；同时将分散的小水库、河道引入渠系化管理，形成有机灌溉系统。在此基础上，采用专业合作社形式组建 18 个家庭农场，每个经营面积约 40 hm^2。这种大户规模经营能够中配置拖拉机、播种机、收割机等大型农机，共享作业资源，发挥规模效应。3 年时间内，该村小麦平均亩产由 350 kg 提高到 620 kg，增产比例达 80%，农业总产值增长 130%，证明了规模化经营对农业生产率的重大推动作用。除直接经济效益外，这个方案解决了土地碎片化导致的“围绕场”问题，方便机械作业，同时减少了农药化肥用量与污染排放。规模化生产不仅提高产出，也使资源配置更加合理化[6]。未来，数字化、信息化水平的提高将推动农业向标准化、精细化的转型，这也是水利工程与农机协同进步的必然趋势。

3 水利工程与农机的协同发展提高农业生产效率的实践案例

3.1 工程背景

江西省于都县是典型的丘陵山区县，地形复杂，水资源相对匮乏，地势高低悬殊使得水力资源丰富，蕴藏总量高达 310 万 kW。为充分开发利用水力资源，于都县 2003 年在武阳镇白杨村兴建了一个以农田节水灌溉为主、发电为辅的综合利用水利枢纽工程。工程设计规模如下：枢纽总库容 1 510 万 m^3，正常蓄水位 175.5 m，退水位 171 m，兴利库一下马塘河输水干渠总长 18.76 km，额定流量 3.5 m^3/s，同时建设发电厂房(装机容量 1.2 万 kW)。

白杨溪河流域面积 51.8 km^2，多年平均径流量 1.83 亿 m^3。新建水库具有防洪、灌溉、发电等综合效益。设计防洪标准为 20 年一遇的洪水，可调节

1 840万m^3洪水；灌溉面积可达270 hm^2，有效增加粮食种植面积12 hm^2；年发电量预计2 400万kW·h。该水利枢纽工程建成后，与下游农田节水改造和农业机械化改造形成配套体系，都县农业增产显著，获取了良好经济效益和生态效益。

3.2 水利工程与农机的协同发展实践

白杨水库建成后，于都县农业局组织当地17个村镇的农户及科技人员对白杨溪河下游52 km河道进行了全面改造，建立了分级供水的管网系统，同时引进轮式拖拉机、田间操作机、喷雾器、联合收割机等适合山地作业的农机设备127台套。改造内容主要包括：

(1)建设矩形标准田块，平均边长210 m，分块面积0.6～0.8 hm^2；边坡坡度控制在25°以内，长度比不超过1.3。

(2)设计施工埋管引水系统，采用ϕ315、ϕ250、ϕ150三级供水管网；主干管采用高压PCCP管材，分支管道采用GRP管材；管网间距280～320 m。

(3)配置移动式喷灌车和微喷系统，喷头间距2.0～2.5 m，工作压力0.15～0.35 MPa，喷雾量1.2 m^3/h。

(4)集中配备拖拉机、联合收割机等大型机械，采用家庭农场模式统一调度作业。

改造后，标准化大田块满足机械化作业要求，埋管微喷系统显著提高灌溉效率。如表1所示，改造后的第一年，设计灌溉面积新增1.2万亩(800 hm^2)，小麦平均亩产提高20.3%；第二年，设计灌溉面积扩大至100 hm^2，小麦增产超过30%。通过水利设施建设与农机配置的有机配套实现了灌溉水资源的高效利用、作物产量和农业效益的大幅提升。

表1 改造效果表

指标	改造前	改造后第一年	改造后第二年
灌溉面积(万亩)	1.15	2.35	3.15
小麦平均亩产(kg)	251	302	325
农业总产值(万元)	982	1853	2971

3.3 存在的问题及解决对策

虽然白杨水库的灌区改造取得了显著效益，但由于浇灌面积的扩大也暴露了需要解决的一些问题。(1)管网压力偏低，末端供水不足。部分管网末端实际工作压力仅0.05～0.08MPa，影响了喷灌系统的正常工作，这与管径选择及路线设计不当有关。(2)夏季水源供水量跟不上需求。7－9月份的日蒸发量大，水库水源紧张，导致计划灌溉面积无法全部满足。(3)拖拉机、联合机大量作业存在隐患。部分地块边坡度超过20°，轮式拖拉机作业存在翻侧风险；作业频次过高加剧了水土流失。

为解决上述问题，拟定了以下对策措施：(1)采用ϕ200箍筋塑料管替代部分ϕ150支管，提高末端供水压力，确保正常工作压力超过0.15MPa。(2)使邻县磨溪水库通过涵洞向白杨水库补水1 210万m^3。(3)严禁大型轮式机械进入边坡度超过15°的地块作业，而改为人工或小型机械操作；加强作业监督，避免过度破坏地表植被。经评估，上述措施可有效解决当前阶段改造中暴露出的问题，实现灌区供水的稳定增长，确保农机安全作业(表2)。

表2 效果预测

指标	现状	预期目标
末端工作压力(MPa)	0.05－0.08	＞0.15
补充水量(万m^3)		1210
作业事故率(%)	6.2	＜3

4 结语

发展水利工程与推进农业机械化是提高农业劳动生产率与资源利用效率的两大关键途径。它们之间只有实现有机衔接、协同配套，方能发挥系统效应，最大限度地促进粮食增产和农业现代化。这种协同发展也需要不断探索创新，解决管网供水压力偏低、水资源供给不足、机械作业风险等实际问题。希望通过科学规划、逐步完善、加强监管等措施，使我国水利工程建设与农业机械化推广之路越走越宽。

参考文献：

[1] 赵志强.基于农业水利工程环境影响后评价指标体系分析[J].黑龙江水利科技，2023，51(10)：152-154.

[2] 李军.农业综合开发水利工程项目建管存在问题及对策[J].云南水力发电，2023，39(8)：277-280.

[3] 荣萌萌，刘攀.农业水利工程施工中混凝土裂缝的有效防治技术[J].新农业，2023(10)：90-91.

[4] 魏临霞.农业水利工程中提水泵站运行管理问题及对策[J].新农业，2023(9)：106-108.

[5] 安子玉.农业水利工程中提水泵站的安全运行管理探究[J].新农业，2023(16)：90-91.

[6] 马建涛.粮食安全战略下思茅区农田水利工程建设管理问题及对策[J].云南水力发电，2023，39(11)：269-272.

作者简介：韩振强，男，1971年生，助理工程师。研究方向为水利水电工程。