

# 小型水利工程在农村灌溉中的优化应用策略研究

拉扎提·切克斯

新疆维吾尔自治区金沟河流域水利管理中心 新疆 沙湾 832100

**摘要:** 小型水利工程是农村灌溉体系的核心构成,在保障粮食安全、推动农业可持续发展方面意义重大。当前,我国小型水利工程存在设施老化、管理粗放、技术滞后等普遍问题,造成水资源利用效率低、农业抗灾能力弱。本文系统剖析其农村灌溉中的现状与问题,借鉴国内外先进经验,提出设施更新、管理创新、技术升级、多方协同等优化策略,旨在构建科学、智能、可持续的农村灌溉体系,助力乡村振兴。

**关键词:** 小型水利工程;农村灌溉;水资源利用效率;优化策略;可持续发展

## 引言

我国农业用水量在全国总用水量中占比超60%,而小型水利工程承担了约70%的农田灌溉任务。随着全球气候变化加剧,极端天气频发,加之城市化进程加快,农村水资源供需矛盾愈发突出。据相关统计,全国小型水库中约40%存在病险问题,灌溉渠道渗漏率普遍超30%,每年因灌溉设施低效导致的粮食减产达数百万吨。在此形势下,优化小型水利工程在农村灌溉中的应用,是提高水资源利用效率的关键举措,对保障国家粮食安全、推动农业绿色转型具有不可替代的作用。

### 1 小型水利工程在农村灌溉中的核心作用

#### 1.1 水资源时空调节功能

小型水利工程借助水库、塘坝、泵站等设施,能够有效实现雨洪资源的蓄滞与错峰调节。通过合理规划和调度,将丰水期的水资源储存起来,在枯水期用于灌溉,缓解水资源在时间上的分布不均<sup>[1]</sup>。同时,跨区域调水工程配套的田间渠系等小型水利设施,可实现水资源的空间调配,解决局部地区水资源短缺问题,保障农业生产的稳定用水需求。

#### 1.2 农业抗灾能力提升

在应对极端气候事件时,小型水利工程是保障农业生产的“最后一道防线”。在暴雨洪涝灾害中,排涝泵站等设施能够及时排除积水,保护农田免受涝灾;在干旱时期,结合滴灌、微喷等节水灌溉技术的小型水利设施,可为作物提供精准的水分供应,增强作物的耐旱能力,减少干旱对农作物产量的影响,提高农业生产的稳定性和抗灾能力。

#### 1.3 农村生态经济协同发展

小型水利工程对改善农田水分条件具有重要作用,为农业产业结构优化提供了有力支撑。良好的水分条件有利于发展特色农业、高效农业,促进农业产业多元化

发展,提高农业经济效益。此外,小型水利设施的景观化改造可与乡村旅游相结合,打造具有水利特色的旅游景点,带动乡村旅游发展,促进农村生态经济的协同共进。

### 2 小型水利工程在农村灌溉中的现存问题

#### 2.1 设施老化与功能退化

全国范围内,大量建于20世纪60-70年代的小型水利工程,由于使用年限较长,普遍存在坝体渗漏、渠道坍塌、机电设备报废等问题。设施老化不仅导致蓄水、输水能力下降,影响灌溉效能,还存在严重的安全隐患,威胁周边居民的生命财产安全。

#### 2.2 管理体制碎片化

当前小型水利工程管理存在“多龙治水”的混乱局面。产权归属不清晰,使得责任主体难以明确,导致工程管理责任落实不到位;维护资金缺乏稳定来源,基层水利站经费缺口较大,难以对工程进行及时有效的维护和更新;技术人才短缺,乡镇水利员队伍中专业技术人员占比较低,难以满足工程管理和技术支持的需求。

#### 2.3 技术应用滞后

传统灌溉方式在农村仍占据主导地位,高效节水灌溉技术应用不足。大水漫灌等传统方式不仅造成水资源的浪费,还容易引发土壤盐碱化等生态问题<sup>[2]</sup>。同时,信息化管理水平低下,大部分小型水利工程缺乏智能监测设备,难以实现对工程运行状态的实时监测和精准调度,影响灌溉效率和管理效果。

#### 2.4 区域发展失衡

受经济水平和地理条件的制约,小型水利工程建设在不同地区存在显著差异。东部地区经济发达,对水利工程建设投入较大,每万亩耕地拥有小型水利设施数量较多,高效节水灌溉面积占比较高;而西部地区经济发展相对滞后,水利建设投入不足,设施数量和质量都远低于东部地区。这种区域发展失衡加剧了地区间农业发

展差距,不利于全国粮食安全保障能力的整体提升。

### 3 国内外小型水利工程优化经验借鉴

#### 3.1 国内创新实践

国内一些地区在小型水利工程管理方面进行了积极探索和创新,形成了具有借鉴意义的模式。如河南的“四制管理”模式,通过明确项目法人责任制、招标投标制、建设监理制和合同管理制,规范了工程建设程序,提高了工程质量,缩短了建设周期;江苏的“河长制+”升级版,将小型水利工程纳入河长制管理体系,实现动态监管全覆盖,有效提升了病险水库治理率;甘肃的“水银行”机制,通过水权交易平台实现水资源的市场化配置,提高了水资源利用效率,增加了农户节水收益。

#### 3.2 国际先进经验

国外在小型水利工程优化方面也有许多成功经验值得借鉴。以色列通过构建完善的滴灌技术体系,将压力补偿滴头、土壤湿度传感器与云计算平台相结合,实现了灌溉用水的精准控制,农业用水效率达到世界领先水平;日本的“治水特区”制度,明确了政府与农户在水利设施建设和管理中的责任和权益,通过共同出资、统一管理的方式,确保了设施的高维护率;美国的《安全饮水法》配套政策,为小型供水工程提供了税收减免和贴息贷款等支持,有效提高了农村饮水安全覆盖率。

### 4 小型水利工程在农村灌溉中的优化策略

4.1 设施更新与功能升级:夯实工程基础,提升运行效能

小型水利工程的设施状态是其功能发挥的前提,而当前许多工程因建设年代久远,普遍存在结构性缺陷与功能衰退问题,亟需通过系统性改造实现“老旧换新”。以病险水库、塘坝为例,坝体裂缝、渗漏是常见病害,不仅降低蓄水能力,更威胁下游安全。对此,需采用新型复合材料进行加固,如“混凝土面板+土工膜”双层防渗结构,既可阻断渗漏通道,又能增强结构稳定性;对坝体进行加高培厚时,需结合气象数据提高设计洪水位标准,预留安全冗余,以应对极端天气频发带来的挑战。此外,传统“硬化”加固模式正逐步向“生态化”转型,通过在坝体中嵌入植被层,利用植物根系固土、叶片减蚀,实现稳定性与生态性的双赢。

灌溉渠道的防渗改造是减少水资源浪费的关键环节。改造需因地制宜选择材料与技术:在山区,地形起伏大、水流冲刷强,混凝土预制块衬砌因其抗冲击性强、施工便捷成为首选;在平原地区,高分子防渗膜(如PVC、HDPE)成本低、适应性强,可快速铺设于渠道底部与侧壁;在生态敏感区,则需采用生态护坡技

术,如植草砖、石笼网等,通过模拟自然坡面形态,为两栖动物、昆虫提供栖息地,同时利用植被根系固土,减少水土流失。此外,渠道线路优化同样重要,通过缩短输水距离、减少弯道与跌水,可进一步降低能耗,提升输水效率。

泵站作为灌溉系统的“心脏”,其运行效率直接影响灌溉保障能力。智能化改造需从设备升级、远程监控与自动化控制三方面入手:设备层面,安装变频调速装置,根据实时水位、流量自动调节泵组转速,实现“按需供水”,节能率可达20%-40%;远程监控层面,部署传感器与摄像头,实时采集泵站运行数据(如电压、电流、振动),通过云平台分析预警故障,减少停机时间;自动化控制层面,集成PLC控制系统,实现闸门、泵组的联动操作,避免人工操作滞后性<sup>[3]</sup>。例如,智能闸门可根据上游来水与下游需求自动调节开度,平衡水量分配,确保灌溉系统稳定运行。

#### 4.2 管理体制创新:明晰权责,激活多元主体参与

产权制度改革是激活管理活力的核心,需遵循“谁投资、谁所有、谁受益、谁负担”原则,明确工程所有权归属投资者或使用者。通过拍卖、租赁、承包等方式,将经营权转让给专业合作社、企业或个人,形成“以水养水”的良性循环。例如,小型水库承包给水产养殖户时,可约定灌溉用水优先权,养殖收益反哺工程维护;农民合作社联合投资建设灌溉渠道时,按用水量分摊成本,共享管理收益;引入水利服务企业通过PPP模式参与建设与运营时,约定水费分成、广告收益等回报机制,激发社会资本投入积极性。

多元化投入机制是保障工程长期稳定运行的关键。政府需发挥主导作用,通过财政补贴、专项债券、土地出让收益提取等方式提供基础资金,重点支持公益性工程;金融部门需创新产品,开发“水利贷”“节水贷”等低息贷款产品,允许工程收益权质押融资,降低融资成本;社会资本需通过PPP模式参与建设与运营,政府与企业约定风险分担与收益分配机制,如“建设-运营-移交”(BOT)模式,确保工程全生命周期管理;用户需承担部分成本,通过“一事一议”制度按受益面积分摊工程更新费用,增强农户参与感与责任感。

绩效考核与问责机制是强化管理责任的重要手段。需将小型水利工程管理纳入地方政府考核体系,设定量化指标:水量保障率(工程实际供水量与设计供水量的比值)反映供水能力,工程完好率(完好工程数量占总工程数的比例)体现维护水平,群众满意度(通过问卷调查评估)衡量管理服务质量。对管理不善的地区实施问责,包

括通报批评、绩效扣分、财政资金扣减等；同时，建立工程维护基金，从水费收入、财政补贴中提取一定比例，专项用于日常修缮，确保工程长期稳定运行。

#### 4.3 技术集成与应用：科技赋能，推动精准灌溉

技术是提升小型水利工程效能的关键驱动力，需通过节水技术推广、智慧平台建设与生态技术融合，实现灌溉“精准化、智能化、绿色化”。高效节水灌溉技术的普及需结合区域气候与作物特性差异化推进：在干旱地区，滴灌、微喷技术通过低压管道将水直接输送至作物根部，减少蒸发损失，水分利用率可达90%以上，尤其适合果树、蔬菜等高价值作物；在平原地区，低压管道灌溉替代传统土渠，输水效率提升40%-60%，且占地面积小、维护成本低；在水稻区，“浅湿灌溉”模式通过干湿交替控制无效蒸腾，节水30%以上，同时减少甲烷排放，兼具节水与减排效益。此外，水肥一体化技术将肥料溶解于水中通过灌溉系统同步输送，实现“水肥同步供应”，可提升农业产出15%-20%。

智慧水利平台的构建是提升管理效率的核心。通过集成物联网、大数据与人工智能技术，形成“感知-传输-决策-执行”闭环系统：感知层部署水位、流量、土壤湿度、气象等传感器，实时采集工程运行数据；传输层利用4G/5G、LoRa等通信技术将数据上传至云平台；决策层通过大数据分析预测用水需求，优化调度方案；执行层通过智能闸门、变频泵组自动执行调度指令。

绿色水利技术的开发是减少工程生态影响的关键。在工程建设中融入生态理念，可实现“工程-生态-社会”多赢：生态护坡技术通过植草砖、石笼网等替代传统混凝土护坡，既保障边坡稳定，又为生物提供栖息地；人工湿地在灌溉尾水排放口建设，通过植物吸收、微生物降解净化水质，降低农业面源污染；清洁能源的推广，如太阳能泵站、风力提水设备，可减少化石能源消耗，实现“低碳灌溉”。

#### 4.4 区域协同与公众参与：构建共治格局，提升治理效能

小型水利工程涉及跨区域、跨主体利益协调，需通过机制创新与公众动员，形成“政府引导、区域联动、公众参与”的治理合力。跨区域调水与生态补偿机制是解决水资源分布不均的关键<sup>[4]</sup>。在水资源短缺地区，需建立跨区域调水机制：通过水量分配协议明确调出区与

调入区的权益，约定最小生态流量，保障调出区生态用水；实施生态补偿制度，对调水区因水量减少导致的经济损失（如农业减产、渔业受损）给予补偿，补偿资金可来源于调入区财政转移支付或水费加价；构建联合调度平台，实现跨区域水利信息共享，实时协调水量分配，避免无序用水。

新型农业经营主体的培育是提升用水效率的重要途径。支持农民合作社、家庭农场等主体参与水利设施建设与管理，可实现规模化经营与专业化服务：规模化经营通过土地流转实现集中连片灌溉，统一调配水资源，提高用水效率；专业化服务由合作社集中采购节水设备、聘请技术顾问，降低单个农户参与成本；民主决策通过“一事一议”制度，由成员共同决定工程更新、用水分配等事项，增强归属感。

科普宣传与技能培训是提升公众参与能力的基础。开展“水利知识下乡”活动，通过田间课堂、示范基地等形式普及节水技术、工程维护知识，发放操作手册；定期组织水利员参加技术交流、实操演练，提升其设备维修、数据解读能力；建立反馈机制，通过热线电话、APP等渠道收集农户用水需求，优化工程运行方案。

## 5 结语

小型水利工程优化是解决农村灌溉、实现农业现代化的关键。文中提出的设施更新等策略在部分地区成效显著。未来研究可聚焦三点：探索数字孪生技术应用，实现全生命周期精准管理；开发碳汇功能，构建绿色金融支持体系；加强气候适应性规划，提高工程应对气候变化能力。乡村振兴战略推进下，小型水利工程迎来机遇，通过改革创新，农村灌溉体系将从“规模扩张”转向“质量效益”，保障国家安全。

## 参考文献

- [1]李伟娟.节水灌溉与农村水利设施现代化的价值、现状及策略[J].农村科学实验,2025,(16):97-99.
- [2]侯军强.农村农田水利灌溉技术管理中存在的问题及解决对策[J].河南农业,2025,(08):67-69.
- [3]陈亚平.农村水利灌溉系统智能化管理的实践与探索[J].河南农业,2025,(04):70-72.
- [4]刘雪萍.农村农田水利灌溉管理存在的问题及对策[J].中国果业信息,2025,42(01):87-89.