

加快推进灌区现代化改造 补齐国家粮食安全短板

康绍忠

(中国农业大学中国农业水问题研究中心, 100083, 北京)

摘要:阐述了灌区在我国经济社会发展中的地位与面临的问题,认为灌区是我国经济社会发展的重大公益性基础设施,是国家粮食安全与农产品有效供给的命脉,迫切需要加大投入,加快推进以节水高效、生态健康和高质量发展为目标的灌区现代化改造。分析了灌区现代化的内涵和主要特征,认为灌区现代化是工程设施现代化、管理方式现代化、创新能力现代化的系统集成,其主要特征是设施完善、管理科学、创新驱动、智慧精准、节水高效、生态健康和高质量发展,在此基础上对如何因地制宜确定灌区现代化评价指标体系进行了讨论。最后,提出了加快推进我国灌区现代化升级改造的几点建议。

关键词:灌区现代化;节水高效;生态健康;高质量发展;评价指标体系

Accelerating modernization of irrigation districts to make up shortfall of national food security//Kang Shaozhong

Abstract: Focusing on the role of irrigation districts as public good of great significance in economic and social development of China, and the lifeblood of national food security in the supply chain of agricultural products, more investments should be needed to accelerate its modernization with goals of water conservation and high-efficient use by ecologically-sound and high-quality development. With analysis of connotation and main characteristics of irrigation district modernization, it is found that it should be a systematic integration of engineering facilities, management mode and innovative capabilities, aiming at perfection of irrigation system, scientific management, innovation-driven, smart and intelligent, high efficient water conservation, ecologically-sound and high-quality development. Moreover, the discussion focuses on defining indicator system according to local conditions for evaluation and assessment. Finally, several suggestions are offered to accelerate modernization and upgrading of irrigation districts in China.

Keywords: irrigation districts modernization; water saving and high efficiency; health of ecology; high quality development; evaluation index system

中图分类号: TU991.64

文献标识码: B

文章编号: 1000-1123(2020)09-0001-05

一、灌区在我国经济社会发展中的地位与面临的问题

灌区是我国经济社会发展的重大公益性基础设施,是国家粮食安全与农产品有效供给的命脉,同时是城镇和工业以及生态环境供水的重要载体,也是山水林田湖草系统治理和乡村振兴的重要支撑。我国有大中型灌区 7 748 处,小型农田水利工程 2 200 多万处,灌溉面积 9.88 亿亩(1 亩=1/15 hm²,下同),排涝面积 3.25

亿亩。其中 30 万亩以上的大型灌区 459 处,灌溉面积 2.8 亿亩,1 万~30 万亩中型灌区 7 380 处,灌溉面积 2.4 亿亩;排灌泵站 43.5 万座,装机 2 700 多万 kW,其中大型 450 座、中型 3 500 座,灌排面积 6.4 亿亩。每年占全国耕地面积约 49%的灌溉面积上生产出约占全国总量 75%的粮食和 90%以上的经济作物。我国灌区粮食平均单产 570 kg/亩,是全国平均单产的 1.8 倍,是旱地平均亩产的 2.9 倍。据有关研究,灌溉对我国粮食增产贡献率大致

为 56.74%,其中分摊效应 36.27%,累积效应 20.47%。

现有灌区工程设施大多建于 20 世纪 50 年代至 70 年代,虽然自 20 世纪 90 年代启动了大型灌区续建配套与节水改造,但由于长期投入严重不足,灌区工程仍然标准低、配套差、管理不畅,有的运行时间已超过使用寿命,工程坏损率高,特别是末级渠道毁坏严重,灌溉最后一公里不通畅,效益降低。灌区发展已成为保障国家粮食安全和农业农村稳定发展的短

收稿日期: 2020-04-02

作者简介: 康绍忠,中国工程院院士,中国农业大学中国农业水问题研究中心主任,中国农业节水与农村供水技术协会会长,中国国家灌排委员会副主席。

板。目前,灌区发展面临的突出问题主要体现在如下几方面:

1.灌区投入长期严重不足,无法满足灌排工程更新改造与运行管理的需要

灌区工程设施是有使用年限的,需要持续不断投入进行更新改造和维护管理。虽然近年中央财政各种渠道用于灌区更新改造的投入逐年增加,但由于历史欠账多、大型灌区续建配套与节水改造等地方财政建设资金到位率低,投入仍难以满足需求,投入不足仍然是影响灌区发展的明显短板。特别是农村“两工”取消后,全国每年农田水利投入减少约 80 亿个工日,按每个工日 100 元估计,每年减少的投入约 8 000 亿元。“两工”取消后新的投入保障机制没有形成,尽管中央和地方财政逐步加大投入力度,仍难以弥补资金缺口。除了部分承担城镇生活和工业供水的灌区水费收入能解决部分运行管理经费外,以农业灌溉为主的大部分灌区,由于水价提升与农业比较效益低的矛盾,水价无法按成本计收,一直处于亏损运行状态。

2.灌排工程设施不配套,灌溉除涝保证率低,工程建设标准偏低,重数量轻质量,难以实现真正的节水高效

由于投入不足,我国灌区灌排工程设施更新改造明显滞后,工程设施薄弱仍然是影响灌溉效益发挥的最大“硬伤”。根据有关调查,全国约 40% 的大型灌区、50%~60% 的中小型灌区工程设施不配套,大型灌排泵站设备完好率不足 60%,灌排标准依然不高,全国 10% 以上低洼易涝地区排涝标准不足 3 年一遇,抗御自然灾害的能力严重不足。2019 年秋冬一直延续到 2020 年的南方大范围持续干旱,充分凸显了我国灌区改造欠账严重,尤其是小型灌溉工程荒废、水渠老化、泵站损坏、机井失修等各种问题在旱灾面前暴露无遗。长期投入不

足直接导致现有灌排工程建设标准偏低,建设质量差,使用寿命短,影响投资效益发挥。人工、材料价格逐年上涨,但工程概算定额多年未进行大的调整,工作推进中过分注重面积数量指标,对质量指标和后评估重视不够。我国灌溉水有效利用系数仅 0.543,单方灌溉水的产粮数仅 1.5 kg,远低于发达国家的水平,与真正的节水高效相比还有明显的差距。

3.灌区管理效率偏低,创新能力不足,用水监控体系尚未建立,信息化水平远不能满足精准管水和用水的需求

长期以来形成的重建设、轻管理局面未得到根本扭转。灌区管理人员中专业技术人员比例低,灌区创新驱动高质量发展能力不足,科技进步支撑灌区发展的贡献率低。加之管理模式落后,导致我国人均灌区管理面积只有发达国家的 1/8~1/10,管理效率低下,灌区管理改革任务依然十分艰巨。灌区抗旱服务队、节水灌溉技术服务队等准专业化服务体系建设也存在区域间发展不平衡、投入机制不健全、服务水平不足等问题。农民用水者协会很多仅流于形式。灌区用水计量率低,用水监控体系尚未建立,灌区信息化建设仍处于试点、探索阶段,已建信息系统好看不好用,难以实现实时监测、精确计量和精准管理。

4.贯彻适水发展理念不够,盲目扩大灌溉面积和引用水量,节水挖潜力度不大,灌区绿色发展和生态健康面临严峻挑战

由于没有贯彻适水发展理念,节水挖潜不够,靠增加引用地表与地下水量盲目扩大灌溉面积,灌溉挤占生态用水和超采地下水的现象十分严重。如西北内陆干旱区上中游灌区过度开发利用水资源导致下游生态环境严重退化,华北平原灌溉用水增加导致地下水大幅度下降,东北地区盲目发展水稻种植面积导致地下水水位下降和湿地萎缩,灌区绿色发展和

生态健康面临严峻挑战。根据《全国现代灌溉发展规划(2012—2020 年)》,全国灌溉可用水量与基准年 2012 年相比较,2020 年和 2030 年西北内陆干旱区需要分别减少 86 亿 m^3 和 116 亿 m^3 ,华南沿海需要分别减少 45 亿 m^3 和 64 亿 m^3 。这需要在保住灌溉面积的前提下大幅度压缩灌溉用水,灌区节水挖潜任务十分艰巨。另一方面,灌区农田排水被忽视、土壤次生盐碱化严重、中低产田比例高。灌溉导致的化肥农药流失和面源污染、土壤侵蚀和板结重,环境污染难以控制,灌区生态环境状况堪忧。

面对灌区存在的上述问题,迫切需要加大投入,加快推进以节水高效、生态健康为目标的灌区现代化改造,通过完善灌排工程设施和提高科学管理水平,实现灌区高质量发展,补齐保障国家粮食安全和农业农村稳定发展的短板。

二、对我国灌区现代化内涵与主要特征的再认识

灌区现代化是农业农村现代化的重要内容之一,没有灌区现代化就没有中国农业农村的现代化。究竟什么是节水高效和生态健康为目标的灌区现代化?不同领域的专家学者有不同的定义或说法。我理解的灌区现代化是一个发展的理念,是一个不断发展的动态过程,它富有鲜明的时代特征。灌溉系统现代化、灌区自动化或者灌区信息化不等于灌区现代化。灌区现代化应该是工程设施现代化、管理方式现代化、创新能力现代化的系统集成,最终实现灌区节水高效、生态健康和高质量发展。

灌区现代化应该以山水林田湖草生命共同体系统治理为出发点,以整体观和系统思维为指导,在协调农业生产—水资源—生态环境耦合关系的基础上,统筹考虑生产、生活和生态用水,以水定地、以水定产、以水定居、以水定绿,聚焦提升山水林田湖

草系统服务支撑能力、农林牧渔生产系统增产增效能力以及乡村宜居环境质量,支撑粮食安全、乡村振兴、生态文明和美丽中国建设。依据水平衡和水资源承载力科学确定灌区发展规模和工程的空间优化布局,做到适水发展和高质量发展。

灌区现代化的标志是工程完善、管理科学、创新驱动、智慧精准、节水高效、生态健康、高质量发展,具体特征包括:

1. 灌排工程设施现代化

以比较完善的现代化灌排工程系统为基础,即有比较完善可靠的水源保障工程、输配水工程、田间灌水设施、排水工程和排水容泄区、防护工程、水生态景观工程、计量监测设施、信息化工程等,实现高效率地引、输、配、用水和排水,从而达到提高灌溉除涝保证率和旱涝保收能力、农业用水效率和效益以及灌区生态环境质量的目的。

2. 灌区管理方式现代化

有相对稳定、具备现代科学技术知识和技能水平、高效的灌区管理队伍;具有很高的组织化程度和较高的管理能力与管理水平,广泛采用先进的管理技术和管理手段进行标准化、规范化管理;具有高效率地把分散的农民组织起来的组织体系,建立有完善的农民用水合作组织;完成了水价综合改革任务,建立有非常完善的水权交易市场体系;具有工程运行维护保障经费,落实了“两费”财政补贴;灌区信息化管理水平高,能做到精准管水和精准用水。

3. 灌区创新能力现代化

灌区现代化的过程,实质上是先进科学技术在灌区广泛应用的过程。如果离开科技的注入,灌区的现代化就会停滞不前。新技术、新材料、新能源、新装备的出现,将使灌区发生巨大的变化。现代化的灌区应该具有筛选或者联合研发适合当地的先进实用技术,并广泛应用这些先进实用技

术的能力,以提高灌区工程设施配套与更新改造质量、降低工程成本并通过灌区科学运行实现节水高效、生态健康和高质量发展。

4. 节水高效和生态健康

灌区工程设施现代化、管理方式现代化、创新能力现代化的最终目标是实现节水高效、生态健康和高质量发展。节水高效要求灌溉系统节水技术、田间节水灌溉技术和农艺节水技术有机集成,采用先进的节水灌溉技术、节水灌溉制度和节水型种植制度,优化配置和联合运用多种水资源,形成调动农民主动节水的激励机制,具有较高的灌溉水有效利用率和灌溉水效益。生态健康体现在灌区具有良好的生态环境,维持山水林田湖草生命共同体和谐稳定。

灌区现代化改造应该聚焦“工程完善、管理科学、创新驱动、智慧精准、节水高效、生态健康和高质量发展”进行,用山水林田湖草生命共同体和谐稳定的理念和更广阔的视野,将传统的工程观、技术观与科学观、系统观、市场观、生态观、全球观、未来观相结合,通过广泛应用信息技术、生物技术、生态环境技术、新材料技术、新能源技术、智能制造技术等高新技术,实现灌区工程设施、管理方式和创新能力的现代化改造,大幅度提高灌区水土资源利用效率和农产品供给质量与市场竞争力,用技术创新和制度创新双轮驱动灌区高质量发展,补齐保障国家粮食安全和农业农村稳定发展的短板。

三、对我国灌区现代化评价指标体系设计相关问题的讨论

灌区现代化评价绝不是一个随意、简单的问题,而是一个主客观信息综合集成的复杂过程。它涉及灌区现代化发展水平评价和灌区现代化改造成效评价,这两种评价有所不同,都需要一套比较科学客观的评价

指标体系。如何确定这些指标体系和给不同的指标赋值是十分复杂的问题,由于各地经济社会发展水平的差异、灌区大小和类型不同,加之灌区现代化是一个发展过程,具有阶段性特点,需要因地制宜地确定。目前常用的综合评价方法有模糊综合评价法、灰色关联法、人工神经网络法、投影寻踪法、可拓评价法、近似理想点法等,每种评价方法都各有其优点和不足。而且,随着新理论、新方法的产生和应用,以及现代数学、系统工程和计算机技术的发展,各种新的评价方法、评价模型都在不断地改进和完善。到目前为止,尚未有一种被大家公认的权威的综合评价方法。

评价指标体系设计要遵循系统性、可操作性、代表性、实用性、量化的原则。涉及灌区现代化评价的指标至少有几十个,对其进行综合评价,应选取尽量少的指标,反映最主要和最全面的信息,每项指标应具有独立性、可比性和通用性。另外,在综合评价过程中,不同分级指标权重的确定也是相当复杂的。权重是各个指标在评价过程中重要程度的反映,它取决于两个方面,一是指标本身在决策中的作用和指标价值的可靠程度,二是决策者对该指标的重视程度。指标权重对多指标综合评价的影响是决定性的。权重确定合理与否将影响评价结果的可信度,同样的指标选用不同的权重会得出不同的评价结果,科学合理地确定指标权重是提高综合评价质量的前提。

灌区现代化的评价指标体系是否科学、合理、实用,决定了评价结果是否真实可靠,评价指标体系设计应该全面反映“工程完善、管理科学、创新驱动、智慧精准、节水高效、生态健康和高质量发展”。

灌区工程设施完善指标:体现工程设施的配套程度和完好状况以及灌溉除涝能力。包括灌排渠沟工程、灌排系统附属建筑物、机井与泵站工程、

灌区防护工程等,评估它们的配套率、维护率、完好率、衬砌率、淤积率、抗冻率、老化率等。灌区灌溉除涝能力体现为灌溉除涝保证率以及灌区供水的保障程度等。如果是评价灌区现代化改造成效,则主要是新增恢复灌溉面积、新增节水灌溉面积、工程防洪标准与主要低洼易涝地区排涝标准提高程度等。关于灌区现代化改造,讨论较多的是究竟渠道衬砌率达到多少合适?渠道是采用混凝土衬砌硬化形式还是大力推广生态渠道?在这方面社会上仍存在一些误区,需要加以澄清。有人认为灌溉渗漏补给地下水还能重复利用,不必花那么多钱发展渠道衬砌。这种观点忽略了一个事实,就是提水灌区灌溉水从低处到高处,并灌区灌溉水从地下到地面是需要消耗大量能源和花费成本的。例如甘肃的景电工程,十几级泵站提水要花费多少能源成本?这样宝贵的灌溉水能让它渗漏吗?另外有人认为灌溉渠道衬砌后引起了渠道两旁胡杨林和沙生植物死亡,影响了生物多样性,所以不该发展渠道防渗。实际上渠道衬砌产生的这些负效应是可以科学设计克服的。如果渠道不衬砌,一个大型灌区一次灌完同样面积作物的时间会倍增,根本满足不了作物需水的时间要求,会造成严重的作物减产损失。

科学管理指标:包括管理人员文化程度、专业技术人员占比,水价与水费计收到位率,农民用水合作组织,管理标准化与规范化,经营管理,万亩管理人员数量和管理效率等。

创新能力指标:包括灌排试验站、基层科技服务体系、先进技术应用程度、科技进步贡献率等。目前灌区整体创新能力不够,特别是全国现有的近400个灌溉试验站发挥作用不够。如何使灌溉试验站更加有活力?如何通过与高校和科研单位的合作真正实现产学研用相结合?开展一些针对当地实际的节水灌溉技术研究、培训

和推广,使其真正在生产实际中发挥作用是值得深入考虑的问题,不能仅看试验站和从业人员的数量,还要看所发挥的作用以及驱动节水高效和生态健康的能力。

智慧精准指标:包括灌区信息工程完善程度和信息化水平,具体有办公自动化率、信息网互联互通、灌区水信息感知、用水智能量测控、智慧水管理决策平台等。在智慧精准指标方面,要解决好“好看”与“好用”的关系,我参观考察过一些灌区的智慧灌溉管理系统,界面做得花里胡哨,但根本就没有用,更没有实现智慧精准。因此,不能仅看信息工程完善程度,更要看其稳定性和发挥作用的情况。

节水高效指标:包括农林牧渔生产系统增产增效能力、高效节水灌溉面积、单位面积用水强度、灌溉水有效利用率、水分生产率或单方水的效益等。节水高效指标不能仅盲目关注发展喷微灌等高效节水灌溉技术,还要关注受农民欢迎的其他节水形式。我在黄淮海平原调查时,很多灌区和地方告诉我,他们认为在当地末级渠系改造措施比发展高效节水灌溉面积更起作用。高效节水灌溉工程不能仅看发展了多少面积,还要高度重视其质量和效益,严格把控工程建设质量,争取做到新建一片、达标一片、成功一片,实现由高效节水面积数量指标向工程质量和效益指标的转变;要适当提高节水工程建设标准,严把质量关,从而保证节水灌溉工程能够长期、有效运行。

生态健康指标:主要体现灌区山水林田湖草系统服务支撑能力、生态安全保障能力和绿色发展支撑能力以及乡村宜居环境质量。具体包括山水林田湖草系统优化配置指标,例如渠网、湿地、林带、草地、园田化、人居环境如何协调,灌区内供用水总量控制值以及生产、生活、生态用水比例,灌区水质达标率,节水防污等技术推广率,控排减污、降耗压采、生境保育

等。对于不同类型灌区,评价指标应该有所侧重,南方灌区重点为减排指标,北方灌区重点为用水总量控制、地下水水位和控盐指标。关于生态健康指标,要防止一些灌区以水生态水文化景观建设为名,投入大量资金进行这方面的建设,作为工程配套与现代化改造的公益性投入项目,首先还是应该解决保障粮食安全和农产品有效供给能力建设的资金投入。

高质量发展指标:主要考虑灌区综合发展状态,体现灌区经济发展、民生改善、人民幸福的程度,较难具体量化,究竟包含多少个层次的指标还需要更多、更深入的讨论。我理解应该包括灌区经济社会发展状况、经济运行综合效益、集约发展水平、劳动生产率与土地产出率、单位GDP的资源消耗、绿色优质农产品比例、灌区从业者文化素养、文化建设、美丽宜居乡村建设达标率、灌区居民和管理人员的幸福满意度等。

四、关于加快推进我国灌区现代化升级改造的几点建议

1. 科学制定国家和区域灌区现代化发展规划,因地制宜确定不同类型灌区的现代化改造标准

灌区现代化改造规划应以山水林田湖草生命共同体为出发点,在协调农业生产-水资源-生态环境耦合关系的基础上,统筹考虑生产、生活和生态用水,依据水平衡和资源承载力科学确定工程规模和空间优化布局,做到适水发展和高质量发展。应与相关部门规划,特别是水资源规划、生态保护规划和农业功能区规划相衔接,根据不同地区的经济社会发展水平和不同类型灌区的具体情况,因地制宜确定灌区现代化的目标和任务,科学确定不同区域、不同类型灌区现代化改造的标准,避免仅做传统的灌排工程现代化规划,而是把山水林田湖草路居作为一个整体进行总体规划、分步分项实施。灌区现代

化改造作为国家重大公益性基础设施投资项目,应该首先在粮食主产区和生态脆弱区推进。积极推进适合我国国情和农业现代化需求的灌区现代化,建设节水、生态、高效、智慧、创新型的现代化灌区。

2. 建立我国灌区现代化发展基金,形成灌区投资收益保障机制,充分调动社会资本投资和农民投入的积极性

灌区现代化的进程需持续不断地投入,首先需要健全以公共财政为主的多元化投入稳定增长机制,建立灌区现代化发展基金,国家把土地出让收益的10%和种粮补贴增量的一部分直接划入,地方政府也安排一定比例的资金,解决灌区的历史欠账问题。二是建立灌区投资收益保障机制,调动社会资本投资和农民投入的积极性。如通过核算和制定政策建立投入最低收益保障;建立灌区固定资产保险,保障投资者利益;采用无息或贴息贷款引导投入;将农民投资投劳股权化与水费计收减免相结合提高积极性等。三是建立资金统筹协调机制,统一协调灌区建设、高标准农田建设、小型农田水利、高效节水灌溉等建设项目实施,依托灌区现代化改造总体规划,动态调整工程概算定额,合理提高工程标准,提高资金使用效益。

3. 加快推进灌区管理体制改革,提高管理效率,建立灌区综合改革试验区

首先需要探索政府—企业—农户协调的灌区建设与管理模式,重构农村合作管理机制,强化农民用水户协会,按照“民办、民管、民受益”的原则,协调设施管护。二是按照农业灌溉用水成本分类核算水价,引入市场机制,建立分类水价改革措施,充分发挥水价在灌区管理中的杠杆作用。三是尝试推行代建制,通过规定程序委托有相应资质的工程管理公司,代理建设单位负责项目建设全过程的组织管理,提高工作效率。四是通过政策引

导打造包括政府、企业、科研机构、农户、金融机构、市场、创业者多要素深度融合的现代灌区利益共同体,建立不同类型的灌区综合改革试验区,创新灌区现代化建设与管护模式。

4. 积极推动灌区管理者和劳动者的现代化,努力提升其掌握和应用现代科学技术的能力与经营管理水平

从事灌区管理和农业生产或经营的人,应该基本具备现代化的文化知识和技能,离开人的现代化是无法存在的。提高管理者和劳动者的文化知识和技能,既是灌区现代化的目标,也是实现目标的可靠保证。作为灌区现代化的价值主体和创造主体,灌区管理者与新型农民首先必须现代化,包括生产方式的现代化、生活方式的现代化和价值观念的现代化,提高其自觉接受和运用科学技术的能力,提升经营管理水平。

5. 强化创新驱动灌区发展能力建设,促进灌区现代化改造与高质量发展

一是加强对灌区现代化升级改造标准和评价体系的相关研究,具体包括灌区现代化发展水平和更新改造标准与评价体系、现代灌区山水林田湖草路居多生态景观优化设计、现代灌区节水灌溉与农机作业相协调的田块标准、高标准农田建设与耕地质量提升、灌区信息化标准及智慧管理决策支持系统、灌区现代化升级改造综合效应监测与后评估等前期研究。二是加强我国灌区科技服务体系创新,促进灌区现代化科技综合试验示范基地建设,并逐步形成灌区水利科技推广的市场化、产业化经营。三是加强变化环境下农业节水与用水效率的长期定位观测和科学数据积累,把我国不同典型区的重点灌溉试验站纳入国家重点野外观测研究站管理,完善国家灌溉排水试验与用水监测网络,实现数据共享,为灌区现代化规划设计和管提供科学依据。

四是建立健全现代灌区科技创新长效保障机制,建议设立“农业绿色高效用水”科技创新专项,推动我国灌区现代化技术创新与区域模式集成示范,重点针对华北地下水超采区、东北黑土区、西北内陆干旱区、南方旱涝易发区、黄土高原旱作区,综合考虑不同地区自然条件、种植制度和经济发展水平,聚焦粮食、棉花、油料、果菜等重要和特色农产品及区域主导型种植业,构建华北节水压采、东北节水增粮、西北节水增效、南方节水减排的综合解决方案,形成可推广、可复制、标准化的区域农业绿色高效用水发展新模式,为保障国家粮食安全和助力乡村振兴提供重要科技支撑。

致谢:本文承蒙水利部农村水利水电司倪文进副司长提出修改意见与建议,特此致谢。

参考文献:

- [1] 国家发展改革委,水利部.全国大中型灌区续建配套节水改造实施方案(2016—2020年)[R].2017.
- [2] 水利部水利水电规划设计总院,中国灌溉排水发展中心.全国现代灌溉发展规划(2012—2020年)[Z].2014.
- [3] 康绍忠.农业水土工程学科路在何方[J].灌溉排水学报,2020(1).
- [4] 王雅娟.西北干旱区农田基础设施综合评价初步研究[D].北京:中国农业大学,2012.
- [5] 中国灌溉排水发展中心,水利部水利水电规划设计总院.大型灌区续建配套与现代化改造实施方案编制技术指南[S].2020.
- [6] 康绍忠.贯彻落实国家节水行动方案 推动农业适水发展与绿色高效节水[J].中国水利,2019(13).
- [7] 康绍忠.以节水助力农业绿色发展和乡村振兴[J].中国水利,2019(1).
- [8] 康绍忠.关于建设国家节水灌溉试验与监测网络的建议[J].中国农村水利水电,2002(12).

责任编辑 马颖卓