

文章编号: 1007-2284(2019)05-0136-06

长江流域灌区现代化建设与发展对策

罗文兵¹, 畅益峰², 范琳琳¹, 姚付启¹, 李亚龙¹

(1. 长江科学院农业水利研究所, 武汉 430010; 2. 长江水利委员会农村水利局, 武汉 430010)

摘要: 分析了长江流域灌区发展现状、存在问题以及进行灌区现代化建设的必要性, 阐述了灌区现代化内涵, 并针对长江流域灌区的特点, 探讨了长江流域灌区现代化建设的主要内容。结合长江流域灌区实际情况, 提出了评价指标和灌区现代化发展对策。

关键词: 长江流域; 灌区; 现代化; 评价指标

中图分类号: TV212 **文献标识码:** A

Constructions and Development Countermeasures of Irrigation District Modernization in Yangtze River Basin

LUO Wen-bing¹, CHANG Yi-feng², FAN Lin-lin¹, YAO Fu-qi¹, LI Ya-long¹

(1. Institute of Agricultural Water Conservancy, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China;

2. Rural Conservancy Bureau of CRCC, Wuhan 430010, China)

Abstract: This paper analyzes the current situations and main problems of the irrigation district development, explores the necessity of construction and connotation of irrigation district modernization in Yangtze River Basin. According to the characteristics of irrigation district in Yangtze River Basin, the main contents of irrigation district modernization are discussed. Based on the actual situation of irrigation district in Yangtze River Basin, the evaluation indexes and development countermeasures of irrigation district modernization are proposed.

Key words: Yangtze River Basin; irrigation district; modernization; evaluation index

0 引言

灌区是我国农业规模化生产和重要的商品粮、棉、油基地, 也是我国农业、农村乃至国民经济发展的基础设施。灌区是农业生产活动最为集中的区域, 也是灌溉工程设施最为密集、农业用水保证程度最高、农业产出量最大的区域^[1]。截止2015年底, 全国已建成大型灌区456处、中型灌区7773处、小型灌区1000多万处, 以全国耕地40%的面积生产了占全国75%的粮食和90%以上的经济作物。长江流域内已建灌区15.6万处, 有效灌溉面积0.15亿hm², 有效灌溉率约49%。可见, 灌区已成为直接关系当地人民群众生命安全、生产发展、生存环

境的民生工程。

2018年中共中央一号文件提出, 实施国家农业节水行动, 加快灌区续建配套与现代化改造。目前, 灌区的水利工程设施和管理水平还存在一些不足, 灌区在不断发展的过程中也带来了一些新的问题, 例如环境、生态、管理、安全等^[1], 这些问题的解决, 也成为未来灌区发展的导向。因此, 国家发展的目标、农业现代化的需求、我国水利现状与先进国家的差距、发展过程中出现的新问题, 既为灌区发展提出了新要求, 也为现代灌区发展指明了新方向, 开展灌区现代化建设成为服务经济社会一项十分必要与紧迫的任务。

本文结合长江流域灌区的发展现状和存在的问题, 对长江流域灌区现代化的内涵与建设内容进行了分析, 提出了长江流域灌区现代化的评价指标体系, 并从资金投入、体制机制改革、标准制定、试点示范和人才培养等方面提出相关对策建议。

1 长江流域灌区现状及现代化建设必要性

1.1 长江流域灌区发展现状和问题

1.1.1 工程建设方面

新中国成立以来, 长江流域内的灌区不断发展完善, 通过

收稿日期: 2018-08-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(51509010); 中央级公益性科研院所基本科研业务费资助项目(CKSF2016028/NS、CKSF2017049/NS); 湖北省自然科学基金项目(2016CFB606)。

作者简介: 罗文兵(1986-), 男, 高级工程师, 博士, 研究方向为农田灌溉与排水。E-mail: luowenbing2005_0@126.com。

灌区续建配套与节水改造、新建节水灌区、节水灌溉示范等项目,流域内已建灌区 15.6 万处,同时还修建了一大批小型农田水利工程,有效灌溉面积 0.15 亿 hm^2 。长江流域内 2 万 hm^2 以上灌区 104 处,有效灌溉面积 380 万 hm^2 ,占流域总灌溉面积的 26%;1~2 万 hm^2 灌区 1 794 处,有效灌溉面积 340 万 hm^2 ,占全流域总有效灌溉面积的 22%;万亩以下灌区有效灌溉面积 780 万 hm^2 ,占全流域总有效灌溉面积的 52%。

长江流域山区面积占流域总面积的 65%,而山区以分散的小型灌区为主。由于地形条件限制,耕地分布零散,相应的灌溉设施也零星分散。长江流域灌区的大规模建设集中在 20 世纪 50~70 年代,传统灌区的建设主要以追求生产能力最大化为基本原则,受当时经济发展水平、科技水平及投资体系的制约,不少灌溉工程建设标准低、配套程度差、老化失修,工程效益得不到充分发挥。通过对长江流域 54 个 2 万 hm^2 以上灌区进行调查评价,得到灌区完好率 28%~84%,平均 63%;设备完好率 32%~85%,平均为 66%;同时对其中 34 个大型灌区工程的老损程度进行了分等分级,被划为 I 级老化的灌区 11 个,划为 II 级老化的 1 个,划为 III 级老化的 9 个,划为 IV 级老化的 2 个,IV 及以上的老化率占 67.6%,可见,灌区工程老化损坏严重。灌区干支渠衬砌率低,干、支渠水量渗漏损失严重,节水灌溉特别是高效节水灌溉发展缓慢。据统计,截止 2015 年底,长江流域节水灌溉面积还不到有效灌溉面积的一半,管灌、喷灌和微灌等高效节水灌溉面积仅占有效灌溉面积的 11.0%左右,与西北地区的 47%相比差距很大。灌区建设缺乏统筹规划,部分地区灌区规划缺乏科学性、权威性、指导性和与相关规划的衔接性^[2]。

1.1.2 管理体制与机制方面

在计量设施安装方面,通过对湖南、江西、四川、湖北等省进行大中型灌区量水设施调研发现,大型灌区在渠首和骨干工程引水口均安装了量水设施,相比之下,中型灌区的渠首量水设施安装率仅为 10%~40%。大型灌区干渠和支渠的计量设施安装情况明显好于中型灌区,如四川省大型灌区干渠计量设施配套率约为 38%,中型灌区仅为 6%;湖北省大型灌区干渠计量设施配套率约为 54%,中型灌区为 25%。受益于大型灌区续建配套与节水改造项目,大型灌区渠系的量水设施普及率较高,中型灌区在量水设施布设方面还存在较大的发展空间。在水价征收方面,长江流域各省农业灌溉水价执行情况不一。如四川省绵阳市游仙区终端水价为 0.1~0.12 元/ m^3 ,灌区末级渠系水价运行成本为 0.02 元/ m^3 ,执行水价能够达到运行维护成本。而贵州省黔南州贵定县执行水价为 0.06 元/ m^3 ,执行水价仅为供水成本的一半。灌区运行管理与工程管护经费缺口较大。

目前长江流域大部分省份雨量丰沛,水资源丰富,绝大多数农户甚至基层水利工作者节水意识淡薄。农业用水方式粗放,农业灌溉还普遍沿用“大水漫灌”的模式,水资源浪费严重。绝大部分灌区农业水费征收仍然延续“按亩收费”的方式,灌溉水价大约是 0.05~0.16 元/ m^3 ,与西北地区相比,如宁夏灌溉水价为 0.3~0.7 元/ m^3 ,农业灌溉水价偏低,水费收取力度低,低于全国平均水平(水费收取率 80%左右)。部分地区完全不收,如西藏等,部分县由财政兜底补助,没有真正发挥水价的经济

杠杆作用。用水计量设施建设滞后,并且大部分灌区末级渠系无量水设施,导致精准计量、精准补贴的要求难以落实到位。由于用水管理粗放和计量设施的缺乏,农业用水量控制和定额管理制度也不能有效落实,对浪费灌溉用水的行为缺乏制度约束,节约用水也难以得到合理补偿。“重建轻管”现象依然存在,工程效益降低。农业经营主体多元化、不稳定,建管并重要求与建管主体缺位、责任不明的矛盾十分突出。可见,长江流域灌区农田水利工程的管护责任、持续运行机制尚未落实,灌区计量设施建设有待加强,灌溉用水合理水价机制尚未形成,缺少节水减污的激励机制。此外,农民用水户合作组织发展尚不均衡,专业化、社会化的服务体系尚未形成。

1.1.3 信息化建设方面

大型灌区至今已经历了“十五”、“十一五”两期信息化试点建设,据统计长江流域共有 13 座大型灌区参与大型灌区信息化建设,分布在长江流域的安徽、江西、湖北、湖南、四川、云南等 6 省。通过开展信息化建设,配套完善了相应的通信设施,信息采集监测基本实现了数字化、远程化,但总体上信息化程度不高,还存在以下方面的问题^[3]:灌区信息采集点少、手段落后,信息传输手段比较单一;信息化系统的综合集成能力差,重硬件建设轻软件开发,尤其缺乏针对灌区特点的应用软件开发;缺乏统一规划和统一的开发标准,信息共享性差;灌区管理人员信息化意识和技术水平亟待提高,缺乏进行信息化研发和设施运行的专业人员,许多建成的信息化设施未能发挥应有的效益。

1.1.4 灌溉效率与效益

截至 2016 年底,长江流域农田有效灌溉面积已超过 0.17 亿 hm^2 ,节水灌溉面积达到 0.51 亿 hm^2 ,其中高效节水灌溉面积达 120 万 hm^2 。在长江流域,农业是第一用水大户,2015 年农业用水量占总用水量的 48.56%,农田灌溉亩均用水量 411 m^3 ,单方水粮食产出为 1 kg。根据 2016 年全国灌溉水利用系数测算结果可知,长江流域各省目前灌溉水利用系数在 0.43~0.61 之间,绝大部分省份如西藏、重庆、四川、贵州、云南、湖北、湖南省的灌溉水利用系数均低于全国的 0.542。总体上灌溉效率低下,效益不高。

由于长江流域水资源丰富,水资源总量 9 956 亿 m^3 ,占全国水资源总量的 36.5%。但由于水资源时空分布不均,已建工程调控能力不足,导致局部地区和部分时段缺水,与经济社会发展需求不相适应。上游地区缺乏骨干调蓄工程,已建工程老化失修,调节性能差,抗旱标准偏低,工程性缺水现象突出;中游部分丘陵山区仍存在较严重的工程性缺水现象,部分地区存在水质性缺水;下游地区受水污染和河口段咸潮上溯影响,导致水质性缺水。

随着经济社会的快速发展、人口的增加和城镇化进程的推进,水资源的供需缺口越来越大,未来长江流域农业用水量将逐步减少,农业用水形势将逐步严峻。长期以来,长江流域农业用水存在着灌溉方式较粗放,用水效率不高的问题。大部分地区特别是水稻灌区习惯大灌大排或长流水、不计量、不收水费等现象突出,造成用水浪费、用水效率低下、灌溉定额普遍偏高。长江流域作物水分生产效率不足发达国家的一半。长江

流域各省目前灌溉水利用系数低于发达国家(灌溉水利用系数为0.7~0.8)的水平。

1.1.5 生态环境方面

灌区对于区域生态环境起着重要的支撑作用。传统灌区建设由于受当时认识水平、资金、技术、资源等因素的制约,存在着重工程建设和经济效益,轻灌区生态环境的倾向,从而导致许多传统灌区存在盲目扩大灌溉面积、水资源利用效率低下的现象,造成了诸多生态环境问题,如东北地区土地盐碱化、西北地区荒漠化和土壤盐渍化、华北地区地下水超采等问题。而长江流域作为重要的农业区和产粮区,由于在种植过程中过量施用化肥、农药,导致农业面源污染严重,进一步引起生态群落退化,对人、牲畜和野生动物带来安全隐患。随着经济社会的发展和人类活动影响的加剧,其对灌区生态系统的负面影响也加大。

(1) 灌区骨干沟、渠、河道硬化,影响灌区生物多样性。长江流域传统灌区建设呈现出以下基本特征^[4,5]:①沟渠河网建设的顺直化、自然河流的渠道化;②沟渠河网建设的硬化;③自然河流的非连续化。可见,由于强调渠道的灌溉和防洪功能导致灌区骨干沟、渠、河道硬化,割裂了土壤与水体的关系,淡化了沟、渠湿地的资源功能和生态功能,破坏了沟、渠的生态链,导致水污染程度加剧和生态环境恶化。

(2) 化肥、农药过量施用,农田面源污染严重。长江流域是我国重要的农业生产区。截止2015年底,长江流域拥有耕地灌溉面积约853.1万 hm^2 ,虽仅占全国耕地灌溉总面积的26.4%,但粮食产量却占全国的40%,水稻产量约占全国的70%。长江流域灌区的污染源主要来自化肥和农药的使用。由于灌溉方式粗放,过量和不合理施用化肥、农药,化肥利用率仅为30%左右,氮、磷等污染物经地表径流、农田排水、地下渗漏等途径进入自然水体,导致灌区内地表水和地下水中的氮、磷普遍超标。如云南滇池、江苏太湖的农业面源污染的氮量分别占入湖总氮量的70%和73%^[6],安徽巢湖约有52%的总磷和70%的总氮来自农业^[7]。可见,农田面源污染已成为灌区河道的主要污染源。此外,粗放的灌排方式以及面源污染还引起灌区土壤质量退化,生产力降低。

长江流域灌区容易引发面源污染,其原因在于^[8]:①气候:灌区属中国南方湿润地区,降雨多,极易造成降雨与施肥期重合,从而导致大量的农田氮、磷径流流失;②河湖水系:长江流域水系发达,河湖众多,灌区内河网、渠系交错,连接陆域农田与主河道和湖泊水体,从而为农田氮、磷等污染物扩散提供了便利条件,使得距离主河道和湖区较远的农田,即使在地表径流较小的条件下,也很容易形成面源污染;③种植模式:水旱轮作和粮菜轮作的种植方式使得水域、陆域的边界在一个或几个轮作周期中不断变换,加剧了氮、磷的扩散。

近年来,通过出台支持政策,加大资金投入,长江流域灌区基础设施条件不断改善,农业用水效率效益不断提高,建设管理体制机制改革不断深化,农业抗旱减灾成效显著,农业综合生产能力明显提高,为实现粮食产量增长奠定了坚实基础。但总体上工程建设标准低、配套程度差、老化损坏严重,管理粗放、机制落后、服务能力弱,信息化水平低,灌溉效率与效益不

高,农业面源污染、生物多样性退化等生态环境问题突出。与现代农业发展、节水型社会、生态文明建设、河长制、乡村振兴战略的要求不相适应,与国家现代化建设的步伐不相协调。

1.2 长江流域灌区现代化建设的必要性

长江流域灌区发展面临的挑战和机遇:一是极端天气发生频率的增加。尽管长江流域水利工程建设取得了巨大的成绩,但由于经济社会的快速发展,同时极端天气发生频率的增加,近如局部地区突发性高强度短历时暴雨事件及江南、华南等传统多雨湿润地区的极端高温干旱事件频繁发生,导致水旱灾害仍然是长江流域经济社会发展的主要威胁,现代灌区建设需要把水旱灾害的治理放在重要的位置。

二是农业现代化和城市化进程的加快,对灌区现代化建设出了新的要求,包括:提高灌溉保证率,保障民生的水利设施和用水管理,提高用水效率和效益,保障生态安全,提供工业、城市和生活用水服务等。

三是长江大保护战略为长江流域灌区现代化建设提供了新的发展机遇。长江大保护战略的推行,将更加注重流域的科学发展、协调发展、有序发展和高质量发展,因此,灌区现代化建设应在提高质量、提高效率,重视生态、重视环境上下功夫,灌溉排水系统统一规划,山水林田湖草综合治理。

面对上述挑战和机遇,我们必须更新理念,将灌区及其所在的流域作为一个完整的、可持续发展的生态系统,科学谋划灌区未来的建设与发展,提出灌区现代化改造的发展对策。对于提高农业综合生产能力、促进农民增收、改善生态环境,推进农业现代化建设,具有重要的现实意义。

2 长江流域灌区现代化内涵及建设内容

2.1 灌区现代化内涵

联合国粮农组织的关于灌区现代化的定义为“与体制、制度改革相结合,在技术上与管理上改进与提高灌溉系统的过程;其目标是改进对劳动力资源、水资源、经济资源和环境资源的利用,以及改进对农民的配水服务”^[4,9]。韩振中、王修贵等综合分析国内外灌区研究成果与发展经验,将灌区现代化的内涵可以概括为,用人与自然和谐的理念指导灌区建设,用先进技术、先进工艺、先进设备打造灌区工程设施,用现代科技引领灌区发展,用现代管理制度、良性管理机制完善灌区管理,建立有效的防灾减灾体系、健全的灌排保障体系、完善的管理与服务、高效的水分生产率、优美的灌区生态与环境,不断提高灌区水资源利用效率和农业综合生产能力,为农业现代化、生态文明建设、全面建成小康社会提供水利支撑。

针对长江流域特殊的自然地理与社会经济状况,笔者认为,长江流域的灌区现代化内涵,应在共抓大保护的战略框架下,采用高标准建设灌区工程设施,用先进的技术装备、信息化的管理手段和完善的服务引领现代灌区建设,用现代管理制度、良性管理机制完善灌区管理,采用先进的技术手段和科学的管理手段,实现水资源优化配置、高效利用以及节约保护,建立有效的防灾减灾体系、完善的农田灌排工程体系,规范高效的管理与服务体系、先进实用的信息化管理体系、科学高效的水资源管理体系、人水和谐的生态环境保护体系^[1,10],做到

设施健全、管理先进、效益显著、人水和谐。针对长江流域灌区的特点和问题,应突出做好几个方面工作:

(1) 资源的节约保护与高效利用。由于长江流域水资源相对丰富,但时空分布不均,工程型缺水问题突出,因此,应注意水资源的节约利用和保护;长江流域人口密度高,人均占地少,同时,由于光热充足,农业用地生产率高,因此,灌区现代化建设应做好水土资源规划,提高水土资源的利用效率。

(2) 防洪、抗旱、除涝、降渍减灾体系的建立和完善。由于长江流域降雨量较大,多年平均降水量在 1 000~1 600 mm 之间,主要集中在 5-9 月份,因此,洪涝、干旱、旱涝交替等成为制约灌区发展的障碍。因此,统筹灌溉、排水、防洪是长江流域内灌区建设和管理的重要内容。同时,由于山区、丘陵、平原等多样的地形条件,长江流域灌区现代化建设需要在总结多年实践经验的基础上,借助现代技术,不断提升灌区的管理与服务水平。例如,在山区和丘陵区,充分利用大中型骨干工程和当地小型塘堰工程、集雨工程,形成长藤结瓜调节系统;针对高附加值特产作物发展高效节水灌溉工程。在平原湖区,充分利用河湖及灌排水网,并借助现代气象、遥感和洪水测报技术,构建灌排结合、灌排互济、排水再利用、灌排统一调度的平原湖区灌排管理系统。

(3) 灌排与管理设施的配套建设与完善。由于长江流域灌区普遍存在工程建设标准低、骨干工程与田间设施不配套、老化损坏严重、管理设施不健全的问题,应加强统筹规划,采用先进技术、工艺和设备,高标准建设灌区工程设施强化工程质量管理,包括设计、施工和监理等。

(4) 用先进的技术装备,现代化的信息管理手段引领灌区现代化建设,如采用管灌、喷灌、微灌等高效节水灌溉技术、以农田墒情和作物水分生理特征为控制指标的智慧灌溉技术、水肥药一体化技术、农田水肥药耦合调控技术、自然沟渠和人工湿地构建技术及水生植物合理配置技术、生态田间、河道、沟渠的综合整治技术方法等先进技术,利用 3S 技术进行信息化管理。

(5) 保障民生、重视生态。在保障民生方面,实施灌溉排水和农村供水、便民设施、景观设施统一规划和实施;灌溉排水系统必须考虑生物通道、实施生态保护等,山水林田湖村统一规划,与当地的自然环境和灌区自然禀赋相协调。

(6) 构建稳定的灌区管理队伍和完善的服务体系。改进人事制度,纳入事业管理和财政编制,改变现有依赖水费收入发工资的体制;建立人才激励机制,能吸引优秀人才投入灌区建设管理工作,建立培训和职工教育制度;向社会购买管理与维修服务。

2.2 长江流域灌区现代化建设内容

针对长江流域水资源丰富、工程型缺水问题突出、洪涝渍旱灾害频发、灌溉水利用效率低下、农业面源污染严重、运行管理机制不健全等特点,借鉴发达国家和中国发达地区水利现代化建设的标准与要求,笔者认为,灌区现代化建设内容主要有以下 6 个方面,即:水土资源管理体系、防灾减灾体系、灌排工程体系、管理与服务体系、生态环境保护体系、技术装备体系^[1]。

(1) 水土资源管理体系。长江流域水土资源分布和匹配不均衡,区域间差异显著。针对该特点,灌区现代化建设需打破行政区划界限,从灌区角度、全局角度研究水土资源匹配特性和空间变异规律,在充分考虑水资源承载能力、节水潜力、农作物种植结构调整需要、农业生产布局优化、技术经济合理性、生态环境等多种因素的基础上,建立农业水土资源高效利用管理体系。如在水资源高效利用方面,针对长江流域灌区水源点广、类型多,用户多的特点,需采用多水源联合配置技术,建立灌区多水源、多用户、多层次、多阶段的用水体系,从而构建水资源可持续利用、社会经济发展和生态环境系统改善的多水源合理配置与调控方案及管理技术体系^[4]。

(2) 防灾减灾体系。长江流域洪涝渍旱灾害频繁,如长江流域易涝区分布面广,93%分布在中下游平原区,易涝耕地总面积约占流域耕地面积的 1/7,涝渍灾害损失非常严重。由于降水时空分布不均,流域季节性缺水比较严重,导致旱灾经常发生,山区丘陵出现的几率更大,年均受旱面积约 360 万 hm^2 ,成灾面积 180 万 hm^2 ,年均减产粮食 300~500 万 t。2006 年流域内作物受旱面积 0.11 亿 hm^2 ,成灾面积 750 万 hm^2 。未来改造升级现有灌区,重点是加强低洼易涝区排涝体系建设。针对流域该特点,灌区现代化建设需建立完善的防洪除涝减灾体系和快速响应的自然灾害(洪涝旱等灾害)预警体系和防御机制,具备完善的防灾减灾调度决策与应急响应系统,满足农业生产与居民生活防灾减灾要求。

(3) 灌排工程体系。针对长江流域灌区工程建设标准低、配套程度差、老损严重等问题,需建立完善的农田灌排工程体系,渠、沟、田、林、路、电综合配套,满足农业机械化、集约化和现代化生产要求。对于灌排系统,在输配水(灌溉渠系)和将多余的地表、地下水排除、控制地下水位(排水沟系)的同时,兼顾防污、降污功能,亦即从只考虑输送水量,转变到兼顾水质的改善。农田灌排工程设计标准达到规范要求,工程配套齐全、设施完好。灌溉水利用系数不低于《节水灌溉工程技术规范》(GB/T50363-2006)的要求,水分生产率达到 1.4 kg/m^3 以上。

(4) 管理与服务体系。针对长江流域灌区农田水利工程的运行管护机制尚不健全、管理信息化建设较为滞后及基层水利服务体系缺失的问题,灌区现代化建设应建立健全专管与群管相结合的管理体系和完善的管理制度,充分发挥用水户协会与基层水利服务网络的作用,保障工程管理与运行高效,灌溉服务良好,灌区计量设施完善,建立合理的水价体系与征收办法,水费计收公开、透明,供水公平、可靠,管理维护经费满足工程运行管护正常需求。灌区工程管理与用水管理实现信息化,能够优化配置水资源,适时适量供水与排水,满足灌区现代农业生产需求^[10]。建设一支与现代化灌区建设管理相适应的高素质人才队伍,构建与先进文化相协调、与经济实力相匹配、与职工切身利益相契合的灌区文明建设格局。

(5) 生态环境保护体系。2016 年 1 月 5 日,习近平总书记在重庆召开的推动长江经济带发展座谈会上,全面深刻阐述了推动长江经济带发展的重大战略思想,提出实施长江经济带发展战略。并提出“当前和今后相当长一个时期,要把修复长江

生态环境摆在压倒性位置,共抓大保护,不搞大开发。”党的十九大报告又将“以共抓大保护、不搞大开发为导向推动长江经济带发展”纳入新时代实施区域协调发展战略的重要内容。2018年4月26日,习近平总书记主持召开第二次长江经济带发展座谈会,再次强调“共抓大保护,不搞大开发,努力把长江经济带建设成为生态更优美、交通更顺畅、经济更协调、市场更统一、机制更科学的黄金经济带,探索出一条生态优先、绿色发展新路子”。因此,建设生态环境保护体系,既是贯彻落实长江经济带发展战略和党的十九大精神的重要部署,也是保障长江流域灌区生态环境良好的有效手段。

针对长江流域水资源丰富、时空分布不均、季节性缺水、工程性缺水和水质性缺水严重的特点,在长江流域灌区现代化建设中要将节水摆在优先位置,深刻理解“节水优先”就是减少污水排放的逻辑关系。通过总量控制、定额管理、水价机制等提高节水意识,通过节水减少污水排放。节水工程、技术和制度体系是生态环境保护体系的第一构成要素。如在长江流域灌区因地制宜推广管灌、喷灌、微灌、水稻节水灌溉技术,作物高效用水生理调控技术及精量灌溉控制技术,构建灌区田间高效节水技术与模式。

对长江流域农业生产的特点及灌区实况,保护灌区生态环境中最主要的任务是防治、降低农业面源污染。针对以上问题,长江流域灌区现代化建设需建立生态环境保护体系,应用农田水肥药耦合调控技术,建立控制面源污染的节水灌溉、控制排水与土壤养分管理技术体系^[4];应用灌区自然沟渠和人工湿地构建技术及水生植物合理配置技术^[4],推广农田节水灌溉

-田间排水草沟-塘堰湿地-生态骨干排水沟“四道防线”^[11],构建面向灌区水环境改善的“减污-控源-截留-输导-修复”技术体系;应用满足于田间灌溉工程设计、水力设计、生态设计多重约束下生态田间、河道、沟渠的综合整治技术^[4],建立灌区林草植被的修复重建技术体系。在工程建设中,注重工程的生态环境效应,防止对渠系的过度硬化、白化。应在水利工程建设管理的各个环节,高度重视对生态环境的保护,使工程建设与生态环境保护和谐发展。

通过建立生态环境保护体系,使得农田排水水质达标排放,排水对下游或外部环境不产生不利影响,河湖塘库水质符合水功能区的要求;地下水多年采补平衡,地下水位适宜,灌区无渍害发生;保障灌区河流的生态基流、湖泊及水库的生态水位、林草地及旱荒地的生态用水。

(6) 技术装备体系。长江流域现代灌区应建立以互联网为基础的用水计量、墒情监测、信息查询系统;以智能控制为基础的辅助决策、控制与调度系统;实施灌溉排水系统的水量水质监测、控制和调度。实现以农田墒情和作物水分生理特征为控制指标的自动灌溉排水与施肥控制^[1]。

3 长江流域灌区现代化评价指标

借鉴相关研究成果,结合灌区现代化建设内容,确定灌区现代化评价指标,分为防灾减灾、灌溉排水、管理与服务、灌溉效率与效益、生态环境、技术装备等5类29项指标^[10],其中定量评价指标27项,定性评价指标2项。详见表1。

表1 灌区现代化评价指标

一级指标	二级指标	三级指标	指标值计算
防灾减灾	防洪工程	堤防工程达标率	达标堤防长度/堤防总长
		蓄水工程达标率	达标蓄水工程座数/蓄水工程总座数
	村镇除涝	村镇除涝达标面积比	达到村镇除涝排水标准要求的面积/村镇居住总面积
		洪涝旱渍受害	因洪涝旱渍成灾面积占耕地面积百分比
灌排体系	工程设施	输水渠(管)道完好率	输水渠(管)道完好长度/输水渠(管)道总长度
		排水沟(管)道完好率	排水沟(管)道完好长度/排水沟(管)道总长度
		渠(沟)道建筑物(含水源工程)完好率	渠(沟)道建筑物(含水源工程)完好座数/建筑物总座数
		配套设施完善程度	满足现代农业生产路桥数量/应设数量
		大型灌区干支渠(沟)进水口量(控)水设备配置率	大型灌区干支渠(沟)进水口配置量(控)水设备数/大型灌区干支渠(沟)总进口数
	灌排体系	中型灌区干渠(沟)进水口量(控)水设备配置率	中型灌区干渠(沟)进水口配置量(控)水设备数/中型灌区干渠(沟)总进口数
		渠(沟)量(控)水设备完好率	渠(沟)量(控)水设备完好数/渠(沟)配备量(控)水设备总数
		耕地灌溉	耕地灌溉实现程度
	节水灌溉	节水灌溉面积比例	节水灌溉面积/总灌溉面积
		高效节水灌溉面积比例	高效节水灌溉面积/节水灌溉面积
农田除涝排渍	农田除涝排渍达标率	10 a一遇标准以上农田除涝排渍面积/易涝易渍总面积	
灌溉效率	灌溉用水效率	灌溉水利用系数目标实现程度	灌溉水有效利用系数/区域灌溉水有效利用系数阈值
与效益	灌溉效益	单方灌溉水粮食产量	灌区灌溉粮食总产量/灌区灌溉粮食总耗水量

续表 1 灌区现代化评价指标

一级指标	二级指标	三级指标	指标值计算
管理与服务	职工队伍技术素质	水利专业技术人员配置比	大专以上学历技术人员人数/水利职工总人数
	管理制度	管理制度完善程度	出台了工程管理、用水管理、水价体系与征收办法、计划用水“总量控制、定额管理”等管理办法、细则或条例,管理制度合理。
	农民用水户合作组织	农民用水户合作组织覆盖率	农民用水户协会等群众用水户合作组织管理的灌溉面积/总灌溉面积
	工程维护运行	工程维护费用保障程度	年平均实际到位工程维护运行费(包括水费和财政补助等)/年工程维护运行需要资金
	水费征收	灌溉水价与成本比 水费实收率	农业灌溉水价/供水成本 实际收到的水费总数/按规定应收水费总数
	信息化水平	信息化管理实现程度	根据 3S 技术应用、旱涝灾害预警、防灾决策系统、建立互联网站提供灌溉管理服务、灌区信息管理系统、灌溉预报与灌溉决策支持系统等方面定性判断
	培训与能力建设	管理与技术人员培训	技术与管理人员达到培训学时要求人员数/人员总数
生态环境	灌溉水质	灌溉水质达标率	满足《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)的水样数/总的水样数
	灌区排(退)水	灌区排水水质达标率	排水水质与根据下游承泄区水质要求确定的排水总磷、总氮、COD 三项指标允许值比较来判断全部满足要求
	水土流失	水土流失率	水土流失面积/灌区总面积
	渍害田治理	渍害田面积比例	地渍害田与农田盐碱地面积之和/耕地总面积

4 长江流域灌区现代化发展对策

4.1 健全多元的投入保障机制

一是设立财政专项资金,搭建融资平台,调动地方积极性。二是大力加强项目资金整合,按照“渠道不乱、用途不变、优势互补、各记其功”的原则,在不改变资金性质和用途的前提下,整合各类涉农涉水资金,统筹安排、集中使用,形成合力。三是鼓励、支持和引导社会资本参与灌区水利工程建设和管理。四是落实好各项金融政策,鼓励和支持符合条件的地方政府融资平台公司通过直接、间接融资方式拓宽水利融资渠道,充分发挥财政贴息资金对信贷资金的引导和杠杆作用。

4.2 深化灌区管理体制与运行机制改革

按照“谁投资、谁所有,谁受益、谁负担”的原则,明晰小型水利工程产权,推进灌区农田水利工程产权制度改革;多渠道筹集工程管护经费,建立工程管护经费的长效机制;针对不同类型工程特点,因地制宜采取专业化集中管理及社会化管理等多种管护模式;加强灌区基层水利服务机构能力建设,鼓励和扶持农民用水户合作组织多元发展,大力培育防汛抗旱、灌溉排水、农村供水等专业化服务队伍,推行农田水利工程专业化、物业化管理。

4.3 加快灌区农业水价综合改革

大力推行合同用水,实行计划用水。综合考虑农田水利工程供水成本、水资源稀缺程度以及用户承受能力等因素,探索实行分类水价和超定额累进加价制度;加快用水计量设施建设,进一步完善和全面推行“计量供水、配水到户、收费到户、开票到户”的水费计收办法,健全水价、水量、水费“三公开”制度,加强水费计收和使用管理;在适当提高农业用水价格的基础上,探索建立农业用水精准补贴机制和节水奖励机制;加强农业水价监督检查,充分发挥农民用水者协会在水价改革中的

积极作用。

4.4 制定灌区现代化改造技术标准

目前灌区续建配套与节水改造仍执行 20 世纪 90 年代的建设与技术标准,其与现代农业发展、节水型社会建设和乡村振兴战略的新要求存在差距,应根据新时期现代农业发展、生态文明建设等对灌区的要求,研究提出灌区现代化建设模式、建设标准、技术体系、改造方案和评价指标,制(修)订灌排工程建设与运行管护、新技术推广应用、灌区管理信息化等方面的技术规范与规程,加快建立灌区现代化管理标准体系。

4.5 开展灌区现代化示范

结合大中型灌区续建配套与节水改造项目建设,在长江流域选择有代表性的大中型灌区,开展灌区现代化建设试点。根据灌区现代化建设标准,从规划理念、技术标准、新技术应用、信息化建设、生态友好型改造措施等方面开展示范试点,总结经验,形成成熟模式,逐步推广,为灌区现代化规模发展奠定基础。

4.6 加强技术创新与人才培养

加强灌区农田水利人才的培养,提高从业人员的专业素质。建立以政府为主导的多元化、多渠道的灌区科研投入机制,发挥科研单位、大专院校在人才、设备和创新能力上的优势,建立产、学、研相结合的灌区科技创新机制,加快科技创新和技术推广的速度。□

参考文献:

- [1] 王修贵,张绍强,刘丽艳,等. 现代灌区的特征与建设重点[J]. 中国农村水利水电,2016(8):6-9.
- [2] 罗琳. 适应现代农业发展的现代化灌区发展对策研究[J]. 中国农村水利水电,2016(8):10-12.
- [3] 王小林,马北福. 我国灌区现代化管理的现状及发展趋势[J]. 水利科技与经济,2010,16(2):212,214. (下转第 148 页)

3 结 语

(1) 在不同区域及条件下地下水入渗补给强度具有明显变化。灌区地下水入渗补给强度均值为 167.7 mm/a, 在有灌溉地区入渗补给强度为 193.1 mm/a; 无灌溉地区入渗补给强度均值为 104.4 mm/a。

(2) 不同的作物类型对灌溉水利用效率不同, 地下水入渗补给强度不同。如冬小麦~夏玉米在有灌溉条件下地下水入渗补给强度均值分别为 198.6 和 110.7 mm/a, 棉花在有灌溉条件下降水和灌溉水对地下水入渗补给强度均值分别是 138.3 和 85.5 mm/a。冬小麦~夏玉米的地下水入渗补给强度大于棉花的补给强度, 主要是由于棉花对土壤水利用效率较高, 可降低大气降水和灌溉水对地下水的补给。

(3) 2015-2016 年, 通过综合入渗补给系数和克里金空间插值分析得知, 地下水水位与综合入渗补给系数之间存在正相关关系。对比两次示踪试验结果发现, 第一次试验补给强度比第二次平均高 20%, 这种差异主要由灌溉量和灌溉周期引起。

(4) 灌区地下水综合补给系数变化范围为 13.7%~22.4%, 均值为 19.36%。灌区上游和中游地下水综合入渗补给系数大于下游。其中阳谷县、东阿和东昌府区较大, 范围为 20.7%~22.4%, 而临清市、高唐县的综合入渗补给系数相对较小, 范围为 13.7%~16.2%。 □

参考文献:

- [1] Sanford W. Recharge and groundwater models: An overview [J]. *Hydrogeol. J.*, 2002(10): 110-120.
- [2] Wada Y, Beek L P, Kempen C M, et al. Global depletion of groundwater resources [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2010(37): 114-122.
- [3] Liu Y, Jiang X, Zhang, G, et al. Assessment of shallow groundwater recharge from extreme rainfalls in the Sanjiang plain, northeast China [J]. *Water*, 2016(8): 440.
- [4] Esteller M V, Diaz-Delgado C. Environmental effects of aquifer over-exploitation: A case study in the highlands of Mexico [J]. *Environ. Manag.*, 2001(29): 266-278.
- [5] Liu C M, Yu J J, Eloise K. Groundwater Exploitation and Its Impact on the Environment in the North China Plain [J]. *Water Int.*, 2001(26): 265-27.
- [6] Scanlon B R, Healy R W, Cook P G. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge [J]. *Hydrogeol. J.*, 2002(10): 18-39.
- [7] Rueddi J, Purtschert R, Brennwald M S, et al. Estimating amount and spatial distribution of groundwater recharge in the jullemeden ba-

- sin (Niger) based on ^3H , ^3He and CFC-11 measurements [J]. *Hydrol. Process.*, 2010(19): 3 285-3 298.
- [8] Beyer M, Jackson B, Daughney C. Morgenstern, U.; Norton, K. Use of hydrochemistry as a standalone and complementary groundwater age tracer [J]. *J. Hydrol.*, 2016(543): 127-144.
- [9] Bonner R, Aylward L, Harley C. Kappelmeyer, U.; Sheridan, C.M. Heat as a hydraulic tracer for horizontal subsurface flow constructed wetlands [J]. *J. Water Process Eng.*, 2017(16): 183-192.
- [10] Köhne S, Lennartz B, Köhne J M, Sim Nek J. Bromide transport at a tile-drained field site: experiment, and one- and two-dimensional equilibrium and non-equilibrium numerical modeling [J]. *Journal of Hydrology*, 2006, 321(1-4): 390-408.
- [11] Lassaad Dassi. Use of chloride mass balance and tritium data for estimation of groundwater recharge and renewal rate in an unconfined aquifer from North Africa: a case study from Tunisia [J]. *Environ Earth Science*, 2010(60): 861-871.
- [12] Th. Müller a, K. Osenbrück, et al. Use of multiple age tracers to estimate groundwater residence times and long-term recharge rates in arid southern Oman [J]. *Applied Geochemistry*, 2016(74): 67-83.
- [13] 谭秀琴, 杨金忠, 宋雪航, 等. 华北平原地下水补给量计算分析 [J]. *水科学进展*, 2013, 24(1): 73-81.
- [14] 李杰彪, 苏 锐, 周志超, 等. 氡示踪法在北山地区地下水补给研究中的应用初探 [J]. *世界核地质科学*, 2015, 32(2): 114-124.
- [15] 帅 品, 史良胜, 蔡树英, 杨金忠. 溴离子示踪法在华北平原地下水补给计算中的应用 [J]. *灌溉排水学报*, 2014, 33(2): 11-16.
- [16] 马 欢, 薄宏波, 蔡建峰, 等. 位山灌区典型农田地下水硝酸盐氮污染分析 [J]. *人民黄河*, 2012, 34(10): 105-107.
- [17] 唐莉华, 雷慧闯, 新兵, 等. 位山灌区农业活动对地下水水质的影响 [J]. *水资源保护*, 2010, 26(5): 33-37.
- [18] 李庆朝. 位山引黄灌区上游地下水开发的研究 [J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(24): 6 555- 6 556.
- [19] 赵佳辉, 李一鸣, 陈宝辉. 地下水补给方法研究综述 [J]. *农村经济与科技*, 2018, 29(7): 48-49.
- [20] 朱锦艳, 王伟龙. 示踪剂在油田开发中的应用 [J]. *勘测开发*, 2016(12): 131.
- [21] 盛 丰, 方 妍, 张仁铎. 运用染色示踪方法研究土壤质地对土壤水非均匀流动特征的影响 [J]. *土壤通报*, 2012, 43(1): 25-28.
- [22] 王玉新, 刘渭萍, 张素艳. 等. 离子选择电极法测定溴的研究 [J]. *辽宁化工*, 2001, 30(11): 507-508.
- [23] 窦 妍, 刘传富, 鲁 茹, 等. 水中溴离子含量测定方法的研究 [J]. *应用化学*, 2013, 42(5): 936-938.

(上接第 141 页)

- [4] 何晓科, 乔 鹏, 赵德远, 等. 现代化节水型生态灌区建设与管理技术体系研究 [J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(29): 14 547-14 549, 14 604.
- [5] 顾斌杰, 王 超, 王沛芳. 生态型灌区理念及构建措施初探 [J]. *中国农村水利水电*, 2005(12): 7-9.
- [6] 高 超, 朱建国. 农业非点源污染对太湖水质的影响、发展态势与研究重点 [J]. *长江流域资源与环境*, 2002(3): 260-262.
- [7] 阎伍玖, 鲍 祥. 巢湖流域农业活动与非点源污染的初步研究 [J]. *水土保持学报*, 2001, 15(4): 129-132.

- [8] 刘凤丽, 黄国兵. 南方季节性缺水灌区生态节水模式和实时灌溉预报研究 [C] // 第九届全国环境与生态水力学学术研讨会, 2010: 370-375.
- [9] 龙立华, 张 进, 龙振华, 等. 生态灌区建设中应该注意的几个问题 [J]. *农村经济与科技*, 2010, 21(8): 31-34.
- [10] 韩振中. 大型灌区现代化建设标准与发展对策 [J]. *中国农村水利水电*, 2013(7): 69-71.
- [11] 孙宁宁, 董 斌. 水稻灌区水质净化效果试验研究 [J]. *灌溉排水学报*, 2011(6): 1-5.