



## 中国节水灌溉装备与技术发展展望

李仰斌<sup>1\*</sup>, 刘俊萍<sup>2</sup>

(1. 中国灌区协会, 北京 100073; 2. 江苏大学国家水泵及系统工程技术研究中心, 江苏 镇江 212013)



李仰斌

**摘要:** 分别从灌排设施、灌排管理体制和投资政策3个方面,回顾了我国灌溉排水70 a以来所取得的成就。随着灌溉面积增大,灌排设施极大提高了我国粮食产量和农业生产能力;灌排管理体制发生巨大变化,由农民集体管理为主转化为骨干工程国家事业单位管理为主,促进了灌排工程快速发展和良性运行;投资政策有效地服务于水利基本建设。但目前我国依旧存在灌溉用水利用率较低、水肥一体化灌溉农田占比较低和灌溉系统信息化程度较低等问题,与高质量的农业生产发展还有很大的距离。结合国家粮食与生态保障的战略需求,分别从大中型灌区节水改造、水肥一体化节水灌溉装备与技术和喷滴灌、管道输水灌溉和泵站改造方面,提出了中国节水灌溉装备与技术的未来机遇和挑战。为了促进中国节水灌溉行业发展,加强灌排装备的理论研究和自主创新,发展高效、节能和环保的技术和产品,提高产业信息化、智能化和网络化,是实现农业现代化生产建设的必然趋势。

**关键词:** 节水灌溉;装备;发展成就;问题;机遇

**中图分类号:** S277.94 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-8530(2020)07-0738-05

**Doi:** 10.3969/j.issn.1674-8530.20.0103

李仰斌,刘俊萍.中国节水灌溉装备与技术发展展望[J].排灌机械工程学报,2020,38(7):738-742.

LI Yangbin, LIU Junping. Prospects for development of water-saving irrigation equipment and technology in China[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering(JDIME), 2020, 38(7):738-742. (in Chinese)

## Prospects for development of water-saving irrigation equipment and technology in China

LI Yangbin<sup>1\*</sup>, LIU Junping<sup>2</sup>

(1. China Irrigation Districts Association, Beijing 100073, China; 2. National Research Center of Pumps, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

**Abstract:** The achievements in irrigation and drainage in China in the past 70 years were reviewed in terms of irrigation and drainage facilities, irrigation and drainage management systems and investment policies, respectively. With the increase in irrigation area, irrigation and drainage facilities had greatly improved grain yield and agricultural production capacity of China. The irrigation and drainage management system had experienced huge changes, i.e. from the collective management of farmers to the management of state-owned back-bone institutions, which promoted the rapid development and healthy operation of irrigation and drainage projects. Investment policies served water conservancy infrastructure effectively. However, presently in China, there are still problems such as poor utilization efficiency of irrigation water, small proportion of water and fertilizer integrated irrigation farmland and low extent of informatization of irrigation system, which are far behind the development of high-quality agricultural

收稿日期: 2020-04-09; 修回日期: 2020-04-21; 网络出版时间: 2020-06-08

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1814.TH.20200608.0922.002.html>

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0403200)

第一作者简介: 李仰斌(1957—),男,山西万荣人,教授级高工(通信作者,13910751399@qq.com),主要从事农村水利技术研究。

第二作者简介: 刘俊萍(1982—),女,辽宁海城人,副研究员,博士(liujp@ujs.edu.cn),主要从事节水灌溉装备理论与技术研究。

production. Combined with the strategic needs of national food and ecological security, the future opportunities and challenges in water-saving irrigation equipment and technology to China are proposed in a few aspects, namely, water-saving transformation of large and medium-sized irrigation districts, water and fertilizer integrated water-saving irrigation equipment and technology, spray and drip irrigation, pipeline water delivery irrigation and pump station upgradation. In order to promote the development of water-saving irrigation industry in China, taking the measures, such as strengthening the theoretical research and independent innovation of irrigation and drainage equipment, developing efficient, energy-saving and environmental protection technologies and products, and improving industrial informatization, intelligence and networking, is the inevitable trend to achieve agricultural modernization.

**Key words:** water-saving irrigation; equipment; development achievement; problems; opportunity

中国水资源严重短缺,耕地水资源短缺指数的年均值约为0.413,并且分布严重不均,总体上处于水资源高度压力状态,并且呈随时间加剧的趋势<sup>[1]</sup>.农业是用水大户,中国存在不同省级行政区之间的粮食生产用水效率差异大、粮食生产用水投入要素配置不合理、粮食生产灌溉用水和粮食生产有效降水均存在投入冗余或投入不足等现象<sup>[2]</sup>.大力发展农业节水 and 高效灌排装备,是缓解水资源供需矛盾的必然选择,也是促进水资源可持续利用的重要举措.中国现有的1.35亿 $\text{hm}^2$ 耕地中,有0.67亿 $\text{hm}^2$ 是没有灌溉条件的“望天田”,耕作条件处于“亚健康”状况,表现为耕地破碎化严重以及农田基础设施不完善<sup>[3]</sup>.已建成的0.68亿 $\text{hm}^2$ 灌溉耕地,农田灌溉水有效利用系数也只有54.8%,远低于世界先进水平;作物全生育期耕地利用水土资源匹配程度总体较低,其指数主要分布在0.45以下,但呈现出生高趋势且差异化增强<sup>[4]</sup>.发展灌溉排水是保障国家粮食安全的战略选择.21世纪以来,连续15个中央“一号文件”,都把发展节水灌溉作为经济社会可持续发展的一项战略任务<sup>[5]</sup>.

全球气候异常,旱灾和洪涝频发,迫切需要研制大型移动泵站、节水灌溉设备以提高防灾减灾的能力.排灌机械是大型水利枢纽和区域调水工程的关键设施,也是农业稳产高产的装备保证,对建设节水型社会、增加农民收入、推动农业和农村经济可持续发展具有重要作用.袁寿其等<sup>[6]</sup>建议加强丘陵灌溉装备、智能精确喷灌机组、微喷灌与水药肥协同精准控制技术装备和清洁能源节水灌溉装备等方面的研究工作.王少丽等<sup>[7]</sup>分析了农田涝灾并提出发展评估技术、建立评估标准、提高水肥资源利用和提升除涝技术的建议.

在节水灌溉模型方面,陈凯文等<sup>[8]</sup>对水稻节水灌溉技术方案进行评价优选,表明了在保证产量的前提下控制灌排模式具有稳健的节水省工效果.

近年来,在滴灌、喷灌、水肥一体化等方面也有大量的研究成果.例如刘林等<sup>[9]</sup>对大田移动式精量配肥灌溉施肥一体机进行了研究开发.

中国的节水灌溉装备及技术已具有一定的水平,但中国幅员辽阔,各地地形条件、环境因素、人力因素和发展水平等并不相同.因此,文中分别从灌排设施、灌排管理体制和投资政策等方面分析中国70 a来节水灌溉发展所取得的成就,结合国家粮食与生态保障的战略需求,提出中国节水灌溉装备与技术的未来机遇和发展趋势,这对中国节水灌溉事业的发展具有指导意义.

## 1 灌溉排水的发展成就

新中国成立70 a来,灌溉排水事业取得了举世瞩目的巨大成就,建成了较为完善的农业灌排工程体系和管理体制与机制,为农业可持续发展和保障国家粮食安全做出了重大贡献.在灌排设施、灌排管理体制和投资政策等方面的综合措施,使农田水利工程等基础设施得到了快速巩固和发展,粮食产量连续5 a达到6 000亿kg以上,新增加了千亿kg粮食生产能力,粮食安全保障上了一个大台阶.

### 1.1 灌排设施

到2018年底,农田灌溉面积由解放初的0.16亿 $\text{hm}^2$ 发展到0.68亿 $\text{hm}^2$ ,高效节水灌溉面积为0.22亿 $\text{hm}^2$ ,排涝面积发展到0.24亿 $\text{hm}^2$ ,灌溉面积位居世界第一<sup>[9]</sup>.其中,全国固定机电排灌泵站43.4万处,总装机容量为2 716万kW.大型泵站450处,装机560多万kW;中型泵站3 500多处,装机580多万kW;小型泵站42万多处,装机1 560万kW.除此之外,农用电井490万眼,装机4 950万kW.机电提水灌溉面积占到总灌溉面积的近60%.这些重要的农业灌溉装备和设施,大大提高了农业综合生产能力,使中国粮食总产量达到6 579亿kg,稳定解

决了近 14 亿人的吃饭问题,人均粮食达 472 kg,肉 61 kg、蛋 22 kg,蔬菜、水果等都高于世界平均水平<sup>[10]</sup>。

### 1.2 灌排管理体制

灌排工程管理体制由农民集体管理为主,转化为骨干工程国家事业单位管理为主、田间工程农民用水合作组织管理。改革开放前后有 50 多 a 时间,灌排管理体制以农民集体管理为主(20 世纪 80 年代灌区还有一大批“亦工亦农”的水管员,采取水费征收、多种经营和承包责任制的管理办法,简称“二个支柱一把钥匙”)。到 2002 年以后,国家出台了《水利工程管理体制改革实施意见》<sup>[11]</sup>和《小型农村水利工程管理体制改革实施意见》<sup>[12]</sup>,大中型灌区及泵站管理单位定性为公益性或准公益性事业单位。全国灌区及泵站管理机构有 2.23 万处,管理人员 24 万多人<sup>[13]</sup>。这些管理机构中,以国家事业单位管理为主的,占总数的 57%,集体性质的占 30%,企业性质的占 13%。管理体制的巨大变化,促进了灌排工程快速发展和良性运行。

### 1.3 投资政策

1949 年后有 50 多 a 时间,灌排工程建设采取群众自力更生、农业学大寨、“劳动积累工制度”等自筹为主,国家补助为辅的政策开展农田水利基本建设。2002 年之后,国家出台了《关于建立农田水利建设新机制的意见》<sup>[14]</sup>和《农田水利条例》<sup>[15]</sup>,工程建设以国家财政投入为主,社会资本和受益农民多渠道筹措资金的办法开展农田水利基本建设,在运行管理上开展农业水价综合改革,使农业水价总体上达到运行维护成本,实现了工程良性运行。目前,大中型灌区、泵站更新改造,高效节水灌溉,小农水和农村饮水安全等项目都是国家财政投入为主;在工程管理方面,有 70% 的管理单位进入各级财政补助体系,完善了 2.9 万个基层水利服务站、7.8 万个农民用水合作组织和 6 000 多个水利专业化服务队<sup>[16]</sup>。

## 2 节水灌溉装备与技术的未来机遇

### 2.1 国家粮食与生态保障的战略需求

国家发展进入新时代,中国特色社会主义将进一步引领中国灌排事业高质量发展。党的十九大提出要实施乡村振兴战略,加快推进农业现代化。习近平总书记对水利工作提出“节水优先,空间均衡,系统治理,两手发力”的 16 字方针;水利部积极践行“水利工程补短板,水利行业强监管”的水利改革发展总基调;国家发展改革委员会和水利部出台了

《国家节水行动方案》<sup>[17]</sup>,提出要实施重大农业节水工程建设,开展大中型灌区续建配套与现代化改造,建设节水型、生态型、智慧型灌区,推动智能化和自动化建设。特别是习总书记在考察黄河后提出了黄河流域生态保护和高质量发展的新要求,因此,节水灌溉装备与技术要适应新形势、新要求,为灌溉现代化高质量发展做出新的贡献。根据发展预测,到 2035 年国家粮食需求要达到 7 500 亿 kg,这与现状生产能力比较还差近 1 000 亿 kg 缺口<sup>[18-19]</sup>。水利是农业的命脉,灌排工程现代化改造是提高粮食生产能力的主要途径。

### 2.2 发展中存在的问题与机遇

1) 大中型灌区节水改造。目前灌排技术方面的最大短板是节水和节肥,灌溉水利用系数很低,仅为 0.55 左右,肥料利用率更低,仅为 35% 左右。大型灌区水利用系数为 0.41~0.58,平均为 0.50 左右;中型灌区水利用系数为 0.45~0.71,平均为 0.52 左右<sup>[19]</sup>。所以,大、中型灌区节水改造将是下一步高质量发展的重中之重。

2) 水肥一体化节水灌溉装备与技术。全国 0.68 亿  $\text{hm}^2$  灌溉面积中,高效节水的喷滴灌面积仅为 0.067 多亿  $\text{hm}^2$ ,还有 80% 多的灌溉面积采用大水漫灌<sup>[20]</sup>。今后,节水灌溉装备与技术如何保证实现水肥一体化、促进农业高质量发展,是灌排装备行业急需解决的大问题。

3) 喷滴灌、管道输水灌溉和泵站改造。根据发展预测,到 2030 年还需要发展高效节水灌溉面积 0.13 多亿  $\text{hm}^2$ ,每年平均要新增 133.33 万  $\text{hm}^2$  高效节水灌溉面积和 200 多亿元投资<sup>[21]</sup>;中央“一号文件”提出的中型泵站更新改造任务还没有开始,中型泵站有 3 500 多处装机为 580 万 kW,按 5 000~6 000 元/kW 估算,还需要 300 多亿元投资;大、中型灌区现代化改造中有条件的地方要大力推广“骨干渠道+一体化智能泵站+管道输水”模式(中国灌区协会已经颁布了一体化智能泵站的团体标准);灌区信息化建设要推广“信息技术+测控一体化闸门”,配合农业水价综合改革,实现全渠道监测控制;除此之外,国家还明确到 2022 年要建成 0.67 亿  $\text{hm}^2$  旱涝保收的高标准农田<sup>[21]</sup>。这些喷滴灌、管道输水灌溉和泵站改造等灌排设施都需要大量的机电、水泵等新装备支撑。

从国家“十四五计划”到“十五五计划”这 10 a 期间,应该是节水灌溉装备与技术大发展的机遇期。相信在新时代大中型灌区将会得到更高水平发展,

在节水型、生态型和智慧型灌区建设方面跨上一个新台阶。

### 3 发展趋势

随着经济的快速发展,中国农业排灌事业已经进入一个新的发展阶段.排灌设备发展潜力巨大,关键技术环节仍需突破,例如实现排灌泵站节能技术改造;推广以小水源开发利用、风光互补提水设备、高效蓄水和引水为主的农牧区节水灌溉技术;大、中型灌区全渠道控制技术研发,实现精准控制灌溉;发展高效的喷、微灌机械和自动化技术与设备等.智能化与信息化是排灌机械行业全面提高发展质量和核心竞争力的关键环节,将互联网平台和信息技术融合到产品全生命周期,实现生产过程数字化、网络化和智能化;形成“互联网+排灌机械标准件”是未来的一个发展模式.因此,加强灌排装备的理论研究和自主创新,发展高效、节能和环保的技术和产品,提高产业信息化、智能化和网络化,加大节水灌溉的推广力度,是实现农业现代化生产建设的必然趋势。

### 4 结 语

节水灌溉装备的研发升级和节水灌溉技术的进步是提高农业水资源利用率的基础,也是农产品增产增收的重要保障.根据国家粮食与生态保障的战略需求,排灌设备具有巨大的发展潜力,是经济社会可持续发展的一项战略任务.因此,应加强对节水灌溉装备与技术的研究力度,使节水灌溉更加标准化、精确化、信息化、多样化、智能化,满足农业生产建设的现代化需求,促进农业经济可持续发展。

#### 参考文献 (References)

- [ 1 ] 操信春,刘喆,吴梦洋,等.水足迹分析中国耕地水资源短缺时空格局及驱动机制[J].农业工程学报,2019,35(18):94-100.  
CAO Xinchun, LIU Zhe, WU Mengyang, et al. Temporal-spatial distribution and driving mechanism of arable land water scarcity index in China from water footprint perspective[J]. Transactions of the CSAE, 2019, 35(18):94-100. (in Chinese)
- [ 2 ] 谭忠昕,郭翔宇.基于超效率DEA模型的中国粮食生产用水效率评价[J].农业机械学报,2019,50(8):280-288.  
TAN Zhongxin, GUO Xiangyu. Evaluation and analysis of Chinese grain production water use efficiency based on super-efficiency DEA model[J]. Transactions of the CSAM, 2019, 50(8):280-288. (in Chinese)
- [ 3 ] 叶思菁,宋长青,程锋,等.中国耕地健康产能综合评价与试点评估研究[J].农业工程学报,2019,35(22):66-78.  
YE Sijing, SONG Changqing, CHENG Feng, et al. Cultivated land health-productivity comprehensive evaluation and its pilot evaluation in China[J]. Transactions of the CSAE, 2019, 35(22):66-78. (in Chinese)
- [ 4 ] 张莹,雷国平,张弘强,等.微观尺度分析挠力河流域耕地利用水土资源匹配时空动态[J].农业工程学报,2019,35(8):185-194.  
ZHANG Ying, LEI Guoping, ZHANG Hongqiang, et al. Spatiotemporal dynamics of land and water resources matching of cultivated land use based on micro scale in Naoli River Basin[J]. Transactions of the CSAE, 2019, 35(8):185-194. (in Chinese)
- [ 5 ] 2020年中央一号文件.中共中央 国务院关于抓好“三农”领域重点工作确保如期实现全面小康的意见[EB/OL].(2020-02-05)[2020-04-09].[http://www.gov.cn/zhengce/2020-02/05/content\\_5474884.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2020-02/05/content_5474884.htm).
- [ 6 ] 袁寿其,李红,王新坤.中国节水灌溉装备发展现状、问题、趋势与建议[J].排灌机械工程学报,2015,33(1):78-92.  
YUAN Shouqi, LI Hong, WANG Xinkun. Status, problems, trends and suggestions for water-saving irrigation equipment in China[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering, 2015, 33(1):78-92. (in Chinese)
- [ 7 ] 王少丽,许迪,陈皓锐,等.农田除涝排水技术研究综述[J].排灌机械工程学报,2014,32(4):343-349.  
WANG Shaoli, XU Di, CHEN Haorui, et al. Review on research of farmland drainage technology[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering, 2014, 32(4):343-349. (in Chinese)
- [ 8 ] 陈凯文,俞双恩,李倩倩,等.不同水文年型下水稻节水灌溉技术方案模拟与评价[J].农业机械学报,2019,50(12):268-277.  
CHEN Kaiwen, YU Shuang'en, LI Qianqian, et al. Simulation and evaluation of technical schemes for water-saving irrigation of rice in different hydrological years[J]. Transactions of the CSAM, 2019, 50(12):268-277. (in Chinese)
- [ 9 ] 刘林,李扬,杨坤,等.大田移动式精量配肥灌溉施肥一体机设计与试验[J].农业机械学报,2019,50(10):124-133.

- LIU Lin, LI Yang, YANG Kun, et al. Design and experiment of mobile irrigation and fertilization integrated machine of precision fertilizer in field[J]. Transactions of the CSAM, 2019, 50(10):124-133. (in Chinese)
- [10] 国家统计局. 农业生产跃上新台阶 现代农业擘画新蓝图——新中国成立70周年经济社会发展成就系列报告之十二[EB/OL]. (2019-08-05) [2020-04-09]. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201908/t20190805\\_1689117.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201908/t20190805_1689117.html).
- [11] 国务院体改办. 水利工程管理体制改革实施意见[EB/OL]. (2002-09-17) [2020-04-09]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content\\_61785.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61785.htm).
- [12] 水利部. 小型农村水利工程管理体制改革的实施意见[EB/OL]. (2003-12-09) [2020-04-09]. <http://www.jszg.com.cn/Index/Display.asp?NewsID=5523>.
- [13] 韩振中. 我国灌区发展展望与科技创新驱动[J]. 中国农村水利水电, 2016(8):1-3, 5.  
HAN Zhenzhong. Prospective development of irrigation districts and technology innovation[J]. China rural water and hydropower, 2016(8):1-3, 5. (in Chinese)
- [14] 发展改革委, 财政部, 水利部, 农业部, 国土资源部. 关于建立农田水利建设新机制的意见[EB/OL]. (2005-10-06) [2020-04-09]. [http://www.gov.cn/zwgk/2005-10/25/content\\_83322.htm](http://www.gov.cn/zwgk/2005-10/25/content_83322.htm).
- [15] 国务院. 农田水利条例[EB/OL]. (2016-06-02) [2020-04-09]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-06/02/content\\_5078987.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-06/02/content_5078987.htm).
- [16] 水利部. 全国基层水利服务机构建设情况通报[EB/OL]. (2013-10-24) [2020-04-09]. [http://www.mwr.gov.cn/ztpd/2013ztbd/dentsljs/njjb/201310/t20131024\\_515459.html](http://www.mwr.gov.cn/ztpd/2013ztbd/dentsljs/njjb/201310/t20131024_515459.html).
- [17] 国家发改委, 水利部. 国家节水行动方案[EB/OL]. (2019-04-15) [2020-04-09]. <http://zfxgk.ndrc.gov.cn/web/iteminfo.jsp?id=16153>.
- [18] 国家发改委. 国家粮食安全中长期规划纲要(2008—2020)[EB/OL]. (2008-11-03) [2020-04-09]. [http://www.gov.cn/jrzq/2008-11/13/content\\_114-8414.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2008-11/13/content_114-8414.htm).
- [19] 张晶. 2035年中国人粮关系情景分析[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(3):26-31.  
ZHANG Jing. Scenario analysis of relationship between population and grain in China in 2035[J]. Chinese journal of agricultural resources and regional planning, 2011, 32(3):26-31. (in Chinese)
- [20] 水利部网站. 国新办举办中国节水灌溉发展状况新闻发布会——李国英介绍有关情况并答记者问[EB/OL]. (2014-09-30) [2020-04-09]. [http://www.mwr.gov.cn/xw/slyw/201702/t20170212\\_843890.html](http://www.mwr.gov.cn/xw/slyw/201702/t20170212_843890.html).
- [21] 农业部. 全国农业可持续发展规划(2015—2030年)[EB/OL]. (2015-05-28) [2020-04-09]. [http://www.gov.cn/xinwen/2015-05/28/content\\_28699-02.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2015-05/28/content_28699-02.htm).

(责任编辑 张文涛)