

# 我国灌区发展展望与科技创新驱动

韩 振 中

(中国灌溉排水发展中心,北京 100054)

**摘 要:**分析了大型灌区现状和存在问题,剖析了现代农业与社会经济发展对灌区发展的需求;展望了灌区未来发展趋势;提出在灌区规划设计方法、灌区灌溉面积阈值与节水潜力分析方法、新材料新技术新工艺、灌区信息采集与监控技术、灌区智慧管理系统研发等方面创新突破,驱动灌区未来发展。

**关键词:**发展趋势;信息采集;面积阈值;智慧管理

**中图分类号:**S27;TV93 **文献标识码:**B

## Prospective Development of Irrigation Districts and Technology Innovation

HAN Zhen-zhong

(China Irrigation and Drainage Development Center, Beijing 100054, China)

**Abstract:** The actual situation and problems of irrigation districts are analyzed. The demands for irrigation and drainage by agriculture modernization and social economic development are discussed. Based on these, the development trend of irrigation districts is forecasted. To drive the development of irrigation districts, the innovations in irrigation district plan, analysis methods on determination of irrigation area threshold and water saving potential, new materials and new technology, collection and control of information and intelligence management system of irrigation districts, etc. are proposed.

**Key words:** development trend; information collection; threshold of irrigation area; intelligence management

## 1 我国灌区现状与存在问题

### 1.1 灌区现状

#### 1.1.1 灌排设施

2013年,我国总灌溉面积6 948万 $\text{hm}^2$ ,其中,耕地灌溉面积6 347万 $\text{hm}^2$ ,占总灌溉面积的91.4%,占耕地面积的46.9%。节水灌溉工程面积2 710万 $\text{hm}^2$ ,占灌溉面积的39%,喷灌、微灌面积占总灌溉面积的9.8%。2008年以来,节水灌溉工程面积年均增长4.3%,喷微灌面积年均增长12.4%,特别是微灌面积发展迅速,年均增长为31.6%。

根据2011年水利普查,667 $\text{hm}^2$ (1万亩)以上灌区7 709处,其中,2万 $\text{hm}^2$ (30万亩)以上灌区456处;667 $\text{hm}^2$ (1万亩)以上灌区灌溉面积占总灌溉面积的43.5%。133 $\text{hm}^2$ (2 000亩)及以上、667 $\text{hm}^2$ (1万亩)以下的灌区1.45万处,灌溉面积占总灌溉面积的5.2%。

133 $\text{hm}^2$ (2 000亩)及以上灌区0.2 $\text{m}^3/\text{s}$ 及以上的灌溉渠道总长度115万 $\text{km}$ ,其中,防渗衬砌长度占29.7%,万公顷灌溉面积渠道长度平均为451.5 $\text{km}$ ;渠系建筑物共311万座。0.6 $\text{m}^3/\text{s}$ 以上的排水沟47万 $\text{km}$ ,排水沟系建筑物数量共计78.9万座。

133 $\text{hm}^2$ (2 000亩)及以上灌区1 $\text{m}^3/\text{s}$ 及以上的灌溉渠道长度31万 $\text{km}$ ,衬砌长度占40.1%,每万公顷灌溉面积1 $\text{m}^3/\text{s}$ 及以上渠道长度全国平均为129.3 $\text{km}$ ;渠系建筑物85.6万座,其中,量水建筑物2.23万座,平均万公顷灌溉面积量水建筑物为7.35座。3 $\text{m}^3/\text{s}$ 及以上的排水沟共3.28万条,长度12.9万 $\text{km}$ ;排水沟系建筑物22.1万座。

#### 1.1.2 管理与服务

近年来不断深化灌区、泵站管理体制,提高专业管理能力与水平。大力推进基层水利服务体系和农民用水合作组织建设,加快工程设施产权制度改革,增强田间灌排工程管护;试点探索农业水价综合改革,激励节水的自觉性,支撑田间工程正常管护与良性运行。目前已建立3万多个基层水利站、在岗人数13万人。

133 $\text{hm}^2$ 及以上灌区由事业单位管理的灌区占56.5%,集体管理的占30.6%,由企业等其他类型单位管理的占12.9%;

收稿日期:2016-07-14

作者简介:韩振中(1963-),男,教授级高级工程师,主要从事灌溉排水、水资源规划与管理方面的研究。E-mail: hanzz@mwr.gov.cn。

灌区共有专管人员数量 24.10 万人,每万公顷专管人员 66 人。

667 hm<sup>2</sup>(1 万亩)以上灌区每万公顷专管人员 60 人,大型灌区每万公顷专管人员数量平均为 49.5 人,中型灌区为 72.0 人。在 667 hm<sup>2</sup> 以上灌区中,执行水价小于 0.05 元/m<sup>3</sup> 的灌区占 33.8%,0.05(含)~0.1 元/m<sup>3</sup> 之间的灌区占 29.3%,0.1 元/m<sup>3</sup>(含)以上的灌区占 36.9%。

### 1.1.3 灌区信息化

随着灌区节水改造的开展,为了适应灌区管理的实际需求,大中型灌区不同程度地开展了信息化建设,重点完善信息采集等信息化基础设施,开发建立基础数据库、水情工情监测系统、水费征收管理系统、灌区用水管理系统以及灌区管理办公系统等,提高了灌区的管理效率。

## 1.2 灌区发展存在的突出问题

### 1.2.1 重灌溉轻排水

近年来灌区节水改造、节水灌溉发展得到空前重视,资金投入集中向节水灌溉倾斜,但对于农业生产同样重要的排水设施重视不够,在灌区改造规划中,很少考虑甚至没有考虑排水设施建设,在一些灌区由于排水不畅、排水系统老化或不满足农业生产要求,已经成为影响灌区发展的重要制约因素。

### 1.2.2 头脚分离治理

基于项目投资为中心的灌区改造与建设,因项目渠道不同、内容要求不同,一个完整的灌排工程系统人为分为水源工程、骨干工程、田间工程以及灌溉工程、排水工程等分离改造。大型灌区节水改造、中间中型灌区节水改造项目主要进行骨干工程改造,小型农田水利补助项目重点进行田间工程建设,另外还有国土整治、新增 500 亿 kg 粮食、农业综合开发等项目均开展灌区改造与建设,不同项目、不同要求,不同项目,不统筹规划、不同期实施,导致灌区虽周身有病却头脚分治。

### 1.2.3 重视工程功能要求,忽视生态健康需要

在灌区改造与建设中,规划设计与工程建设,基本是以工程功能要求来确定,如,灌溉渠道主要关注输水效率高、渗漏损失小;分水闸门主要关注控制水流分水功能;排水工程只关注尽量、尽快把农田多余的水分排走。而对工程材料和工程形式的生态环保性、与自然环境的协调性以及景观效果等重视不够,对工程系统的生态功能、灌区生态健康等重视不够。尽管这些年来有许多相关研究成果,一部分灌区也开始重视灌排工程的生态环境效应,但缺乏系统的理论与技术支持,实际应用相对较少。

### 1.2.4 新技术新材料新工艺应用不足

现代科技发展日新月异,绿色技术、低碳技术正在逐步兴起,生物、信息、新材料、新设备、新工艺等高新技术层出不穷,广泛应用于农业、工程等领域,但限于投资标准制约、新技术等研发滞后等,在灌区改造与建设中新技术、新材料、新工艺应用不够。

### 1.2.5 信息化管理相对滞后

相对于其他行业,灌区信息化管理处于初级阶段,严重滞后于管理需求,大多数灌区的信息化建设仅停留在信息采集、工情水情监测、水费计收和灌区管理办公系统,缺乏灌排系统监测管理、灌溉排水决策支持、水源与用水优化调度、旱涝预警

与应急响应、信息共享与社会化服务等与灌区实际管理需求相契合的深化的业务应用系统,单一固化系统多,规范、标准、通用、模式化系统少,不能满足灌区现代管理需要。

## 2 社会经济发展对灌区发展的要求

### 2.1 农业效益提高面临水资源制约瓶颈

我国人多地少水缺,工业与农业、城市与农村、经济社会与生态争水日益突出,水土资源供需矛盾越发尖锐。到 2020 年,满足食物有效供给,耕地灌溉面积需达到 0.67 亿 hm<sup>2</sup>(10 亿亩)以上,再加上提高现有灌溉面积上灌溉保证率等要求,按目前用水水平,尚缺灌溉用水 500 亿~600 亿 m<sup>3</sup>。现状灌溉面积的 90%左右为地面灌溉,农田灌溉用水有效利用系数只有 0.51,农业用水短缺和用水浪费现象并存。需要大力发展灌区节约用水、高效用水,新增恢复灌溉面积,显著提高农业抵御自然灾害的能力和耕地生产能力。

### 2.2 农业现代化发展需要灌区现代化提供支撑

未来要在农业生产中推进家庭经营、集体经营、合作经营、企业经营等共同发展的农业经营方式创新,鼓励农村发展合作经济,扶持发展规模化、专业化、现代化经营,这些趋势将有力推动传统农业向现代农业的转变。现代农业生产要求提供种类丰富、品质优良、数量充足的农产品,必须提高农业水利化、机械化和信息化水平。这就要求灌区配套先进灌排设施,进行灌溉用水科学合理调配,实现针对作物适时、适量供水灌溉,合理有效防洪、排涝,为现代农业、高效农业发展提供基础支撑。

### 2.3 农村劳动力转移需要减轻灌排劳动强度

随着农村体制变革和社会经济结构转型,农村劳动力结构形式发生较大变化,大量青壮年劳动力外出务工,农村留守的多是老人、妇女,从事农业生产劳动,迫切需要减轻灌溉劳动强度,提高灌溉效率。随着全面小康社会建设不断深入和农民生活水平的提高,“粗老笨重”“两脚泥”式体力劳动已不能适应农村的现实生活,减轻劳动强度,改善劳动环境,提高劳动效率与效益成为必然要求。这些需要与之相适应的省工、节地、节能、高效的灌溉技术与现代化灌溉管理方式。

### 2.4 生态文明建设需要灌区提供基础保障

灌区是自然生态系统和人工生态系统的融合的复合生态系统,生态文明建设需要灌溉排水提供基础保障。由于农业灌溉挤占生态用水,造成一些地区生态环境恶化;过量施用的化肥农药随着降雨或过量灌溉的农田径流流入河流,降低了肥药利用效率并污染环境。要大力推进生态文明建设,努力建设美丽国家,需要推进灌区现代化发展,依据人与自然和谐的设计理念,采用先进的灌溉技术,合理施肥、用药,提高水、肥、药利用效率,有效减轻地下水超采、农业面源污染和草原生态退化,保护区域生态环境。

## 3 灌区发展展望

### 3.1 发展展望

根据我国水土资源条件,未来灌溉面积发展潜力有限,根据初步分析,考虑水资源承载能力、水资源红线约束以及生态环境健康的情况下,我国灌溉面积发展的阈值为 11.0~11.5

亿亩,新建灌区发展灌溉面积的潜力有限,重点是对现有灌区进行现代化改造。

灌区是农业生产的重要基础设施,是自然人工复合生态载体,灌区发展必须与农业现代化、生态文明建设相融合。根据我国实际情况以及未来农业和生态文明建设的新要求,适应我国“四化同步”发展战略,灌区未来发展方向是“先进、高效、生态”,即,用人与自然和谐的现代理念指导灌区发展,用先进技术、先进工艺、先进设备打造灌排工程,用科技创新提升技术水平,用现代管理制度与先进管理手段增强灌区管理,具有较高的灌溉效率、管理效率,较低的水土资源、能源消耗,满足农业现代化、生态文明建设以及国家现代化进程对灌区发展的要求,达到先进、高效、生态,实现节水、节能、节地、省肥、省工综合效益,灌区生态环境健康。

### 3.2 发展趋势

为了达到以上目标,灌区发展将实现“四个转变”。

#### 3.2.1 从单要素治理向综合系统治理转变

2013年,国务院发布《全国高标准农田建设总体规划》:整治田块、改良土壤、建设灌排设施、整修田间道路、完善农田防护与生态环境保护体系、配套农田输配电设施、加强农业科技服务、强化后续管护等,到2020年,建设旱涝保收高标准农田0.533亿 $\text{hm}^2$ 。以农田为载体,以满足农业现代化需要为牵引,以提高农业生产能力为目标,将沟、渠、田、林、路综合治理,实现沟渠互相协调、林路互相配套、田方地平,灌排适时高效、农田高产生态。做到灌排设施统筹兼顾,大小工程无缝对接,沟渠田林路互相统筹配套。

#### 3.2.2 从突出节水向注重综合效益转变

国家主导灌区建设,更多地注重社会效益和生态效益,也就是节水、减少地下水超采、河流断流等,而用水户更加注重省工、节地、方便实用、节能省钱等与其直接相关的利益。实际上,在一些灌区,各种效益折算为货币表示,节水、省工、节地、节能、增产效益中,节水占的比重并不大,主要是增产、省工、节地。未来要使灌区持续健康发展,调动各方积极性,必须采取综合措施,从注重节水向注重节水、省工、节地、节能、增产综合效益转变,使国家利益与集体、个人利益有机结合,灌区发展焕发出更强生命力。

#### 3.2.3 从满足灌排工程功能要求向工程功能生态需求兼顾发展

灌区工程在满足各项工程功能、提高工程效益的条件下,应使工程形式与外观与景观效果、自然环境相协调,工程材料选择、施工工艺等应兼顾环保、生态要求。排水系统设计在满足排水除涝要求同时,要考虑水体净化、削减洪峰等因素,减轻面源污染和骨干河网排洪压力。

#### 3.2.4 从传统管理向现代管理发展

经过近20年的灌区节水改造,工程设施有所改善,基本解决了老化失修严重、病险与“卡脖子”工程问题,工程设施条件不断完善,灌区效益逐步发挥。但灌区尤其是大中型灌区,受益面积大,输水距离长,用水配水过程复杂,采用传统管理方式不能适应新的要求,而互联网、信息化、遥感等新技术发展迅速,为灌区管理提供了技术条件。为适应现代农业与未来社会

经济对灌排要求,灌区管理将从传统管理向现代管理发展,建立现代管理制度,采用先进管理手段,提高管理效率和便捷性。

## 4 驱动灌区发展的科技创新

面对灌区未来发展需求,在科学研究与应用技术方面,需要取得关键创新与突破,以科技创新驱动灌区发展。

### 4.1 灌区规划设计现代方法与规划工具创新

系统总结国内外灌区改造与建设基础理论与经验,按照“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念,针对灌区未来发展的实际需求,创新灌区现代规划设计理论与方法,研究现代灌区建设理论与建设标准等,为指导灌区未来建设提供技术支持。

(1)研究基于水资源消耗总量控制的灌区耗水平衡分析方法,在灌区改造与建设规划中,进行灌区水资源供需平衡、耗水平衡“双平衡”分析,确定灌溉节水量和资源节水量“两个节水量”。

(2)研究提出基于用水高效、环境友好的灌区灌排系统规划设计方法,灌区灌排工程节水、生态化改造技术与标准,灌排工程同时满足工程功能、经济合理、生态环境友好要求。

(3)开发基于GIS的灌区规划设计现代工具与系统软件,利用计算机、互联网、GIS与模拟技术,集成灌区水土资源分析、优化布局、工程设计、方案比选与可行性分析、效益评价、环境影响评价等功能,构建灌区规划支持平台,为现代灌区建设提供科学高效规划手段。

### 4.2 灌区灌溉面积阈值与节水潜力分析方法研究

开展灌区发展中涉及的急需破解的技术方法与应用理论研究,为灌区持续健康发展,实现“先进、高效、生态”目标提供基础依据。

(1)研究开发资源环境制约下的灌区灌溉规模适宜性分析评价模型与方法,确定不同类型灌区灌溉面积阈值。

(2)研究灌区水土资源优化配置模型与技术方法,基于技术经济、生态效应的灌区灌溉用水效率阈值与灌溉节水、资源节水潜力分析方法等。

(3)研究提出灌区生态系统健康标准与监测评估方法等。

### 4.3 新材料新技术新工艺研发

根据新材料、新技术、新工艺的最新研究与应用成果,以灌区现代化建设需求为牵引,在大流量输水管道管材研制、柔性复合高分子防渗材料、防渗渠道和渠系建筑物工厂化制造与机械化施工、水闸新材料研制、排水沟生态治理技术等方面开展创新,降低成本和对环境不利影响,提高工程质量、耐久性、施工机械化水平。

### 4.4 灌区信息采集、监测、控制技术创新

适应灌区未来发展需要,灌区信息采集与监测应该从地面点测向地面点测与空间面测融合方向转变,加强信息覆盖范围、自动采集、实时分析、传输与处理能力。

(1)研发量测控一体化新型灌区量水与控制设备、田间灌溉控制技术与设备等,统一标准、提高兼容与适应性。

(2)研究基于遥感技术的灌区基础信息快速调查、监测分析方法,重点在利用高分辨率、多时相遥感信息 (下转第5页)

发展和生态环境保护协调发展。再次是实现灌区环境美化与经济发展。通过统筹规划,对灌区渠、路、田、林进行综合治理与改造,形成农、林、田网合理布局。在建设高标准农田、发展高效节水灌溉的同时,提高灌区生产、生态、景观综合效益,创建高效节水农业生态园,大力倡导生态灌区旅游业,将第一产业与第三产业有机结合,实现灌区环境美化与灌区经济良性发展。最后是提高灌区生态系统自净能力与实现良性循环。通过建立完善的灌区水土监测系统、水肥管理系统以及缺失生态功能修复等,逐渐提高灌区的自净能力,完善灌区生态系统建设,使得灌区生态系统逐渐实现良性循环。

### 3 建设现代化生态灌区的有效途径

#### 3.1 规划设计必须融入良好生态理念

我国灌区建设由于历史原因,一直存在着边建设边发展的状况,这对解决我国粮食安全有着重要意义,但是如果没有一个具有良好的生态理念的规划设计来指导生态灌区的建设,那么在建设生态灌区的过程中将会造成重大浪费甚至是失败。生态灌区的规划设计要重视整体观、可持续发展观以及人水和谐观。在规划设计中体现合理利用有限资源的同时,还要充分利用灌区退水、雨水资源,重视灌区面源污染物的资源化利用。具有良好生态理念的规划设计是建设好生态灌区的基础。

#### 3.2 必须具有完善的现代化硬件设施

生态灌区建设必须通过 3S 技术、通信技术、网络技术等技术,逐步实现灌区管理自动化、信息化、精准化。对灌区水资源需求、水土环境变化、水肥管理等实现动态性、实时性监测管理,从而为实现科学管理提供设备保障。具有完善的现代化硬件设施是实现生态灌区现代化的标志。

#### 3.3 科学先进的管护系统

生态灌区必须建立科学管理与维护系统,尽可能减少人为干扰。生态灌区科学先进的管护系统以灌区的信息化为基础,通过对灌区信息自动收集、处理、反馈信息,形成对事物发展的

前瞻性看法,从而实现对灌区自动、精准、及时的科学管理。同时要建立完善的维护系统,保证灌区管理系统的正常运行。具有科学先进的管护系统是实现生态灌区节水高效、可持续发展的有效途径。

#### 3.4 筹措资金的有效途径

生态灌区建设需要大量资金支撑,没有充足的资金作为后盾,要实现生态灌区建设,那将会是纸上谈兵。如何有效筹措到建设所需的资金,是能否建成生态灌区的关键。由于我国灌区众多,生态灌区建设所需资金庞大,目前全部通过国家投资不太可能。因此,灌区管理部门应考虑部分通过国家支持,部分通过股份制形式动员灌区全民参与,利益共享的模式建立新形势下的集体所有制形式的现代化生态灌区,为建设生态灌区筹措到必需的资金。

#### 3.5 建立突发事件应对机制

要保证生态灌区实现人水和谐的可持续发展,除了加强日常管理维护之外,必须要有应对突发事件的处置能力,确保灌区在发生洪涝灾害、事故灾难等突发事件后能够很快恢复。因此,生态灌区管理部门应依据生态灌区的实际情况,对可能发生的突发事件预先研究应对预案,确保灌区在发生突发事件时及时采取有效措施,极大降低对灌区生态环境与社会生产的不良影响,维护灌区生态安全。 □

参考文献:

- [1] 姜开鹏. 建设生态灌区的思考——用生态文明观,拓展思路,促进灌区可持续发展[J]. 中国农村水利水电, 2004, (2): 4-10.
- [2] 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.
- [3] 杨培岭,李云开,曾向辉,等. 灌区建设的理论基础及其支撑技术体系研究[J]. 中国水利, 2009, 14: 32-35, 52.
- [4] 张福胜. 现代化节水型生态灌区建设架构及目标与技术体系[J]. 江西建材, 2013, 127(4): 159-160.
- [5] 彭世彰,纪仁婧,杨士红,等. 节水型生态灌区建设与展望[J]. 水利水电科技进展, 2014, 34(1): 1-7.

(上接第 3 页) 息反演灌溉面积、作物种植结构、土壤墒情、作物耗水量、水分生产率等方面取得突破,提高数据信息的精准度、时效性和处理分析效率。

(3)构建集地面地下观测、地面验证、空间监测(遥感、无人机)为一体的灌区立体多维信息采集、监测网络体系,水量、水质双监控,开发多源信息融合与综合处理分析系统。

#### 4.5 灌区智慧管理系统(知识管理系统)研发

在构建的灌区立体多维信息采集、监测网络体系基础上,深入挖掘灌区信息数据,建立灌区知识库(知识管理系统),紧密结合灌区业务需要,开发灌区智慧管理系统,为灌区现代化发展创造条件。

(1)以灌区信息采集监测网络为支撑,开发规范标准化与兼容性强的自学习型灌区知识管理系统,动态分析灌区气象、土壤水分、作物生长、水源、灌区生态等信息,自动更新分析灌区要素信息规律与交互关系,全方位感知灌区工程、用水、作物、环境等状况。

(2)开发基于 3S、互联网、云计算的灌区全域、分区、分作物灌溉预报以及灌排管理决策支持系统,实现灌区灌排管理的科学化与信息化,提高灌区管理效率与能力。

(3)集成灌区知识管理系统、灌溉预报与决策支持系统、用水管理、灾害预警与应急响应、灌区评价等应用系统,统一规范标准与模式化软件开发,形成兼容通用的灌区智慧管理平台,为灌区管理、知识共享、公众服务提供有效工具,驱动灌区现代化发展。 □

参考文献:

- [1] 韩振中. 中国大陆灌溉排水发展展望[C]// 海峡两岸农田水利交流研讨会,重庆,2015.
- [2] 中国灌溉排水发展中心. 灌区专项普查[R]. 北京,2016.
- [3] 韩振中. 农田水利现代化与科技创新[J]. 水利发展研究, 2015, (1): 10-13.
- [4] 李杨,刘军,徐柏杨,等. 综合平台下多源水利信息的主题可视化实例[J]. 水利信息化, 2016, (3): 1-5.