

# 我国节水灌溉及其技术措施研究

王飞寒<sup>1</sup>,王 鹏<sup>2</sup>,孙亚楠<sup>3</sup>

(1.黄河水利职业技术学院,河南 开封 475004;2.平顶山市郟县水利局汝河管理所,河南 平顶山 467100;

3.嵩县龙源水电有限公司,河南 洛阳 471400)

**摘 要:**分析了国内灌区实行节水改造和推行节水灌溉的必要性,探讨了降低渠道输水损失,改进灌水的方法、技术和集蓄利用雨水,提高用水管理水平等几种主要的农业节水灌溉技术措施,总结了推行节水灌溉的成效。

**关键词:**水资源利用;灌区改造;节水灌溉;技术措施;减效分析

中图分类号:TP212.54

文献标识码:B

文章编号:1008-486X(2012)03-0020-04

## 0 引言

水是大自然的重要组成物质,是“生命之源、生产之要、生态之基”,是人类生活和生产活动不可缺少的重要资源,是经济社会可持续发展的基础,也是维持良好生态环境的要素之一<sup>[1]</sup>。我国多年平均年水资源总量为 28 412 亿 m<sup>3</sup>(扣除地表和地下水资源量的重复计算量),其中,地表水资源量为 27 338 亿 m<sup>3</sup>,地下水资源量为 8 218 亿 m<sup>3</sup>。从水资源总量上看,我国属于富水国,居世界第 6 位。然而,我国耕地占世界耕地的 9%,人口占世界人口的 22%,当前人均水资源占有量约为 2 100 m<sup>3</sup>,仅为世界人均水平的 28%,是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一<sup>[1-2]</sup>。因此,我国是一个水资源并不富裕的国家,人多水少、水资源时空分布极不均匀是我国的基本国情、水情。

在我国各个用水部门中,农业用水最多,约占全国总用水量的 70%~80%。由于农业进行节水灌溉的各项措施还没有得到充分实行,水资源浪费较大,因此,灌区全面推行节水灌溉是解决我国水资源匮乏问题的一条关键途径。

## 1 我国灌区实行节水改造与推行节水灌溉的必要性

我国人口众多、耕地资源和水资源匮乏,节约灌溉用水、提高水资源利用效率和效益,恢复和发展灌溉面积,稳定和提高粮食综合生产能力,是当今水利工作的一项重要任务。

灌区一般是指有可靠水源,引、输、配水渠道系统和相应排水沟道的灌溉面积。目前,我国有大型灌区 402 处、中型灌区 5 200 多处、小型灌区 1 000 多万处<sup>[2]</sup>。我国大中型灌区灌溉面积约占全国总灌溉面积的 2/3,是我国的粮棉主要生产基地,也是国家粮食安全的重要保障,在我国农业经济发展、城乡供水乃至整个国民经济领域,都占有十分重要的地位。

### 1.1 实行节水改造的必要性

目前,我国农业年用水量 4000 多亿 m<sup>3</sup>,尚缺数百亿 m<sup>3</sup>。然而,我国多数灌区的灌溉水有效利用系数在 0.4 左右,因此,需要通过节水改造缓解水资源的供需矛盾。

我国大中型灌区多建于 20 世纪 50~70 年代,因当时条件所限,灌区工程设计标准低、施工质量差,运行维护投入不足,经过几十年运行,普遍存在老化失修严重、工程安全隐患众多、灌溉管理方式落后、有效灌溉面积衰减、灌溉效益低下等问题。这些问题都已经成为农业和整个国民经济发展的制约因素。

国家非常重视灌区节水改造工作。早在 1996 年,国家就正式启动了大型灌区续建配套和节水改造项目,至 2005 年,中央和地方已投入资金 152 亿元,对全国 255 处大型灌区实施了以节水为中心的续建配套和更新改造,新增、恢复灌溉面积 200 余万 hm<sup>2</sup>,改善灌溉面积约 467 余 hm<sup>2</sup>,新增节水能力

收稿日期 2012-04-28

基金项目:河南省教育厅自然科学资助计划项目(2011B570006);黄河水院青年科研基金资助计划项目(2011QNKY011)。

作者简介:王飞寒(1968-),男,河南开封人,副教授,硕士,主要从事工程水文与水资源专业教学与研究工作。

120 亿  $m^3$ , 新增粮食生产能力 110 亿 kg, 投资效益非常显著。2011 年, 中共中央、国务院一号文件《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》中关于“大兴农田水利建设”的第一要求: 到 2020 年, 基本完成大型灌区、重点中型灌区续建配套和节水改造任务。扩大节水、抗旱设备补贴范围, 大力发展节水灌溉。“十二五”期间, 新增农田有效灌溉面积 266.7 万  $hm^2$ , 将农田灌溉水有效利用系数提高到 0.55 以上。

## 1.2 推行节水灌溉的必要性

节水灌溉是指根据作物需水规律和当地供水条件, 高效利用降水和灌溉水, 以获取农业的最佳经济效益、社会效益、生态环境效益所采取的多种措施的总称。其核心是降低灌溉用水过程中水资源的无效损耗, 尽量减少水量输送过程中水库、渠系的水面蒸发和渗漏损失, 减少农田的无效土壤蒸发和深层渗漏, 减少作物的蒸腾耗水, 实现最大限度地提高灌溉水有效利用率和作物水分利用效率。

在我国各个用水部门中, 农业用水最多, 约占全国总用水量的 70%~80%。但是, 我国的节水灌溉处于低水平发展阶段, 先进的节水灌溉技术覆盖率不足 10%。农业灌溉水利用率只有 25%~40% 左右, 比发达国家低 25%~30%。传统漫灌使 1  $hm^2$  耕地每年灌溉用水量高达 9 000  $m^3$ , 比发达国家多 4 500~6 000  $m^3$ 。随着经济社会的发展和人们生活水平的提高, 水资源的供需矛盾越来越突出。据统计, 现在在全国每年缺水约 400 亿  $m^3$ , 其中, 农业缺水现象较为严重。旱灾给农业生产造成巨大损失, 因旱灾损失的粮食产量占各种自然灾害损失粮食总产量的 50% 以上, 占年平均粮食总产量的 5% 左右。据统计, 20 世纪 90 年代, 全国农业因旱受灾面积年平均为 2 490 万  $hm^2$ , 进入 21 世纪, 年平均为 2 570 万  $hm^2$ 。2000 年是严重干旱年, 因旱灾减产粮食 600 亿 kg, 占年粮食总产量的 13%, 经济作物损失高达 511 亿元。在农业水资源短缺的同时, 由于人们对水资源的管理利用不当, 先进的农业节水技术和现代化的管理措施没有得到大面积的应用和推广, 水资源的浪费也是非常严重的。有人估计, 每年农业浪费的水量达 1 000 亿  $m^3$ 。由此可见, 我国的水资源浪费严重, 农业节水潜力巨大。

随着我国人口的增长和经济的快速发展, 水问题已成为 21 世纪我国通往可持续发展道路的一大障碍。因此, 推广节水灌溉技术、提高灌溉管理水平势在必行。

## 2 农业节水灌溉的主要技术措施

节水技术是一个综合技术体系, 包含了农学、植物生理、土壤化学、微生物学、环境、气象和农业工程等多门学科的综合应用技术<sup>[3-4]</sup>。农业节水技术主要包括 3 个方面: 工程节水技术、非工程节水技术和管理节水技术。农业节水技术体系如图 1 所示。

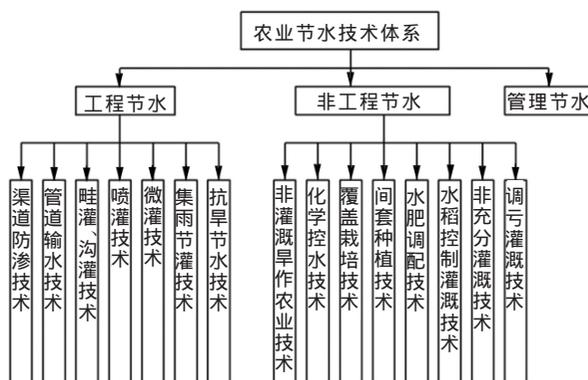


图 1 农业节水技术体系图

Fig.1 Agricultural water-saving technology system

下面主要介绍几种常用的农业节水技术措施。

### 2.1 降低渠道输水损失

发展节水型农业行之有效的措施有渠道防渗、低压管道输水、改进地面灌溉技术、发展喷灌与微灌、实行节水灌溉制度等。这些节水技术无疑均是重要的和必需的, 但节水效益最大的技术则是渠道防渗。根据国内外实践经验, 采取防渗措施后, 至少可使渠道渗漏损失量减少一半以上。目前, 我国农业灌溉的主要输水手段是渠道, 而传统的土渠输水渗漏损失量约为引水总量的 50%~60%, 一些土质较差的渠道渗漏损失达 70% 以上, 是灌溉水损失量的最大一部分。因此, 大力发展渠道防渗技术, 是节水灌溉的重要途径。据有关资料分析, 我国每年灌溉用水量约为 3 500 亿  $m^3$ , 而渠系每年渗漏损失水量约为 1 700 亿  $m^3$ , 水量损失非常严重。目前, 我国已建渠道防渗工程为 55 万多 km, 仅占渠道总长的 18%, 即 80% 以上的渠道没有进行防渗, 渠系水的利用系数很低, 平均不到 50%, 低于其他国家(美国为 0.78, 前苏联为 0.6~0.7, 日本为 0.61, 巴基斯坦为 0.58 等)。也就是说, 从水源到田间, 有 50% 以上的灌溉水因渠道渗漏而损失掉了。由于渠道渗漏浪费的水量很大, 我国粮食作物的水分生产率仅为 1  $kg/m^3$  左右, 而以色列高达 2.32  $kg/m^3$ 。如果我国灌溉渠系水的有效利用系数提高 0.10, 则每年可节约水量 350 亿  $m^3$  左右, 约等于正在规划建设的南水北调中线工程年引水量 2.7 倍。这对缓解我国水资源供需矛盾将起到巨大作用。

## 2.2 推广节水型灌水方法和技术

灌水方法的好坏,直接影响灌水均匀程度和田间水量损失大小。我国目前采用较多的节水型灌水方法有下列几种类型<sup>[9]</sup>。

(1)喷灌、微灌。喷灌不要求地面平整,可用于地形复杂、土壤透水性大等进行地面灌溉有困难的地方,但要求有一定的机械设备和动力,投资较大,技术也较复杂。喷灌与地面灌溉相比,可省水30%~50%。微灌又称局部灌溉,是只湿润作物根部附近一部分土壤的灌水方式,它比喷灌更省水。

(2)低压管道灌溉。低压管道灌溉简称“管灌”,是利用低压管道代替渠道输水的一种灌水方法。它具有一次性投资少、设备简单,节水(比土渠省水40%),省工、省地、省时,增产效益显著,农民易于掌握等优点,颇受重视。目前,在无力发展喷灌和微灌的地方,“管灌”是一个可行的节水灌溉方法。在井灌区,逐步用低压管道来代替中小型渠道,也可以取得很显著的节水效果。在我国北方,井灌区已发展到 $30 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。实践证明,“管灌”是我国北方地区发展节水灌溉的重要途径之一。管道输水有多种使用范围,大中型灌区可以采用明渠输水与管道有压输水相结合的方法,配备专门为喷灌供水的压力输水管道和为田间沟畦灌的低压管道输水。

(3)节水型地面灌溉。地面灌溉,如沟灌、畦灌等至今仍是我国广泛使用的灌水方法。传统的地面灌溉定额大、渗漏多,比其他方法费水。但是改进后,可节省很多水量。例如,平整土地,长畦改短畦,大畦改小畦,利用地膜输水(即膜上灌)等,均有显著的节水效果。

## 2.3 集蓄利用雨水

雨水集蓄利用工程是指对降雨进行收集、汇流、存储,并用于节水灌溉的一套系统。一般由集雨系统、输水系统、蓄水系统和灌溉系统组成。雨水利用是一项古老的技术,远在公元前2000多年的中东地区,就有收集雨水用于生活和灌溉的事例。在阿富汗、伊朗、巴基斯坦和中国的新疆,2000多年前就建造了坎儿井,用于灌溉。约1500年前,以色列的纳巴泰人利用年降雨量仅100 mm的雨水资源,在沙漠中种出庄稼。在墨西哥、秘鲁和南美的安第斯山的山坡上,1000多年前就建造起了能灌能排的雨养梯田。几百年前,印第安人就收集雨水,种植玉米、南瓜和甜瓜。20世纪中期,以色列制订了“沙漠花园”计划,实施多种形式的雨水集蓄利用工程,在沙漠上种出了庄稼,产生了巨大的经济效益。20世

纪80年代以来,在一些发展中国家(如东南亚的尼泊尔、印度、菲律宾和泰国,非洲的肯尼亚、博茨瓦纳、纳米比亚、坦桑尼亚和马里等国),雨水集蓄利用系统得到迅速发展,利用范围也从生活用水向城市用水和农业用水发展。工业发达国家,如日本、澳大利亚、美国、新加坡、法国、瑞典等国,目前也都在开发利用雨水。

20世纪80年代末,我国开展了雨水汇集利用技术的研究,如汇流表面薄层水泥处理技术,水窖构建及布局技术,汇集效率、汇流面与种植面积比例确定技术等,都取得了一些成果。近几年,在甘肃东部、陕西白于山区和宁夏南部发展起来的窖灌农业就是采用典型的雨水汇集利用技术,有的地区已把它作为扶贫工程,深受群众欢迎。

## 2.4 提高用水管理水平

管理节水是通过提高灌溉管理水平,采用科学的灌溉方式进行节水的一种措施。科学有效的管理,能大量减少灌溉用水的浪费。例如,山东省在引黄灌区采用“分级供水,用水计量”的办法,使灌溉定额由原来的 $351 \text{ m}^3$ 减少到 $272 \text{ m}^3$ ,节水23%,渠系水有效利用系数由原来的0.43提高到0.54。

管理节水措施主要有:根据作物需水量和对土壤墒情的监测,进行适时、适量的科学灌溉;对灌溉用水进行科学合理的调度;通过调整过低的水价,改革用水管理体制,让农民参与管理,提高农民节水意识。

## 3 推行节水灌溉的成效

### 3.1 灌溉水利用率显著提高

中国平均灌溉水利用率由20世纪70年代估算的30%左右提高到了2007年的47.5%,单位面积平均灌溉用水量从 $7950 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 降到 $6435 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。在灌溉用水总量基本不增加的情况下,有效灌溉面积由20世纪70年代末的4887万 $\text{hm}^2$ 发展到2007年的5778.2万 $\text{hm}^2$ 。

以大型灌区续建配套和节水改造项目为例,1996~2006年10年间,中国累计投资212.6亿元,对363个灌区的病险工程、“卡脖子”工程和渗漏严重的渠段进行了改造,共恢复、改善、新增灌溉面积666.7万 $\text{hm}^2$ 。据分析测算:项目实施前后相比,渠系水利用系数由0.49提高到0.54,灌溉水利用率由42.1%提高到47.8%;亩均灌溉水量由 $529 \text{ m}^3$ 下降到 $469 \text{ m}^3$ ;新增节水能力125亿 $\text{m}^3$ <sup>[2]</sup>。

### 3.2 水分生产率和农业综合生产能力明显提高

根据对363个已经实施续建配套和节水改造的大型灌区的测算分析:粮食作物产量平均提高了

450 kg/hm<sup>2</sup>,新增粮食生产能力 115 亿 kg;取得了国家每投入 1.84 元,新增 1 kg 粮食生产能力和节水 1.1m<sup>3</sup> 的双重效益。

### 3.3 加快了传统农业向现代农业的转变

节水灌溉的发展加快了中国农业由传统向现代转型的进程。良好的灌排基础设施与先进的农业技术和优良品种有机结合,使不少节水灌溉项目区由过去一家一户的分散经营形式转变为农民合作组织、大户承包等经营形式,推进了农业的区域化种植、规模化经营和产业化生产,有力地促进了农业增产和农民增收。

### 3.4 缓解了水资源供需矛盾,改善了区域生态环境

推行节水灌溉后,节约的灌溉用水,一部分用于提高灌溉保证率,改善和新增灌溉面积;一部分转移为工业和生活用水;一部分提供给生态用水系统。据调查,2004 年前实施的续建配套和节水改造的大型灌区,2004 年与 1998 年比较,项目区新增节水能力的 30.1%用于生态环境建设,16.1%用作城市和工业供水,取得了显著的社会及生态环境效益。

## 4 结语

水资源短缺与节水将是我国未来不得不面对

的一个主题。它不仅关系到粮食安全、生态安全,而且关系到国家安全。农业节水将是解决我国水问题的一条关键途径。

目前,我国在节水灌溉技术措施的各方面都已具备了相当的技术支撑与储备,但由于种种原因,应用面积与范围尚小。继续加大节水灌溉工程技术的投入力度,在各类灌区大力发展渠道防渗技术、低压管道输水灌溉技术、喷灌技术、滴灌技术、雨水汇集利用技术和加强用水管理等各项节水技术,将是我国今后节水灌溉发展的方向。

### 参考文献:

- [1] 吕桂军. 盐碱土壤中根系分区交替灌溉条件下水盐运动研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006:1-3.
- [2] 中华人民共和国水利部农村水利司,中国灌溉排水发展中心. 中国节水灌溉[M]. 北京:中国水利水电出版社,2009.
- [3] 谭兴华. 黄河下游大型引黄灌区节水改造技术研究 [J]. 人民黄河,2002(8):34-35.
- [4] 逢焕成. 我国节水灌溉技术现状与发展趋势分析[J]. 中国土壤与肥料,2006(5):1-6.
- [5] 郭元裕. 农田水利学[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997.

[责任编辑 杨明庆]

## Research on Our Country Water-saving Irrigation and Its Technology Measures

WANG Fei-han<sup>1</sup>, WANG Peng<sup>2</sup>, SUN Ya-nan<sup>3</sup>

(1. Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, Henan, China;

2. Ru River Management Institute of Water Conservancy Bureau of Jia County, Pingdingshan 467100, Henan, China;

3. Longyuan Hydropower Co. Ltd. of Song County, Luoyang 471400, Henan, China)

**Abstract:** The necessity of saving water transformation and water saving irrigation is analyzed in this paper. Some measures of agricultural water-saving irrigation are discussed, for example, reducing channel conveyance loss, improving irrigation method and technique, collection and utilization of rain water, improving the level of water management. Finally, effects of implementing water-saving irrigation are stated.

**Key Words:** Utilization of water resources; irrigation district reconstruction; water-saving irrigation; technical measures; effect analysis