

# Construction of Water-Saving Ecological Irrigation Area in the Lower Yellow River

Limin Zheng<sup>1</sup>, Jianguo Fu<sup>2</sup>, Juntao Wang<sup>1</sup>, Dongqi Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou Henan

<sup>2</sup>Binzhou City Xiaokaihe Yellow River Irrigation Administration, Binzhou Shandong

Email: zlm009@126.com

Received: Apr. 24<sup>th</sup>, 2019; accepted: May 8<sup>th</sup>, 2019; published: May 15<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The Yellow River Irrigation District in the lower Yellow River generally has ecological problems such as insufficient water resources utilization, water shortage, low water supply guarantee rate, sediment deposition, non-point source pollution and ecosystem instability. The ecology and environment of the irrigation area are analyzed. The status quo of irrigation district engineering, irrigation technology, ecosystem, irrigation district management and cultural status, analysis of the characteristics, construction principles, system construction, technical system and evaluation indicators of water-saving ecological irrigation districts, analysis of engineering measures, field water conservation, management Technical and ecological construction, firmly grasp the actual needs of irrigation districts, and build a water-saving ecological irrigation area.

## Keywords

The Lower Yellow River, Yellow River Diversion, Water-Saving, Ecology, Irrigation District, Construction

---

# 黄河下游引黄节水型生态灌区的构建

郑利民<sup>1</sup>, 傅建国<sup>2</sup>, 王军涛<sup>1</sup>, 王东琦<sup>1</sup>

<sup>1</sup>黄河水利科学研究院, 河南 郑州

<sup>2</sup>滨州市小开河引黄灌溉管理局, 山东 滨州

Email: zlm009@126.com

收稿日期: 2019年4月24日; 录用日期: 2019年5月8日; 发布日期: 2019年5月15日

---

## 摘要

黄河下游引黄灌区普遍存在水资源利用不充分、水资源紧缺、供水保证率低、泥沙淤积、非点源污染和

生态系统不稳定等生态环境问题，分析了灌区的生态与环境、灌区工程、灌水技术、生态系统、灌区管理及文化现状的现状，分析了节水型生态灌区的特点、构建原则、体系构建、技术体系、评价指标，分析了通过工程措施、田间节水、管理技术和生态化建设，紧紧把握灌区实际需求，构建引黄节水型生态灌区。

## 关键词

黄河下游，引黄，节水型，生态，灌区，构建

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 节水型生态灌区的概念与特点

### 1) 国内外节水型生态灌区建设情况

国外在 20 世纪 70 年代末已经完成灌区灌、排基础设施建设，实现灌溉和排水基本功能。在 90 年代末完成灌区建设要与农村地区发展、生态可持续发展相衔接，强调方田化、机械化[1]，目前农业建设实施重点开始转向推行更大规模的土地整治、整合，更为先进的设施配套、机械化在更广泛的国土整治框架下推进农村土地综合治理。同时，农业信息化、灌溉自动控制等开始广泛应用。

我国基本农田建设和农田水利建设在 90 年代末期完成灌区灌、排设施建设，实现灌溉和排水基本功能。从 2000 年开始大范围土地整理、土地规模化经营、农田水利设施改造升级，以农业“三减”行动为标志的农业生态建设理念推广、农业机械化普及、以工补农的政策实施稳定，现代农业企业快速进驻农业领域，以“互联网+”为代表的农业信息化全面推进。

### 2) 节水型生态灌区的概念

近年来，我国许多学者都从生态灌区构建原理与关键技术方面、生态灌区建设支撑技术方面研究了生态灌区的概念。顾斌杰等认为生态灌区是指灌区系统与流域生态环境相协调，达到灌区水量和化肥农药施用节约化、水质自我净化、农产品品质无害化、水土保持和土壤结构持续利用化、工程布局和调控管理最优化、秸秆处置和沟渠河道生态化、经济和社会效益最大化[2]。杨培岭等认为生态灌区是在人与自然和谐理念指导下，通过灌区水资源高效利用、水环境保护与治理、生态系统恢复与重构、水景观与水文化建设、灌区生态环境建设及灌区管理等多方面的生态调控技术措施，以维持灌区生态系统的稳定及修复脆弱的生态系统使其形成良性循环为目的，形成的生产力高、灌区功能健全、水资源配置合理、生物多样性高而单位水量提供的生态服务功能最大的节水型灌区[3]。

节水型生态灌区是在人与自然和谐理念指导下，以维持灌区生态系统的稳定及修复脆弱的生态系统使其形成良性循环为目的，通过灌区水资源高效利用、水环境保护与治理、生态系统恢复与重构、水景观与水文化建设、灌区生态环境建设基准及监测管理方法等多方面的生态调控关键技术措施，形成的生产力高、灌区功能健全、水资源配置合理、生物多样性高而单位水量提供的生态服务功能最大的灌区。能够创造出比自然生态系统具有更高生产力的自然、社会、经济与人融合为一个有机整体所形成的互惠共生的复合系统，是现代化灌区发展的高级阶段。

### 3) 节水型生态灌区的特点

节水型生态灌区能够有效巩固水利基础设施，提高农业抗灾减灾能力，保证粮食安全，促进农业种

植结构调整, 增加粮食及经济作物的产量, 促进地区经济发展; 提高灌区输配水能力和水资源利用率, 提高水资源综合生产能力, 同时保护生物多样性与生态环境, 改善人民生活等多种功能和多重效益, 实现粮食作物高产、节水与生态安全之间的和谐[4]。

节水型生态灌区它具有和谐性、高效性、可持续性等特点[5]。工程与自然、人与社会和谐, 在整体协调的秩序下寻求发展; 水土资源高效利用, 灌区工程配套, 经济效益好; 合理配置资源, 形成生态生产观, 能够满足可持续发展的需要。

## 2. 黄河下游引黄节水型生态灌区建设中的主要问题

黄河下游引黄灌区涉及两岸沿黄地区、黄河滩区, 共有灌区 86 处, 其中 30 万亩以上大型灌区 48 处; 30 万亩以下中型灌区 38 处, 有效灌溉面积 4181 万亩。黄河下游引黄灌区示意图见图 1。

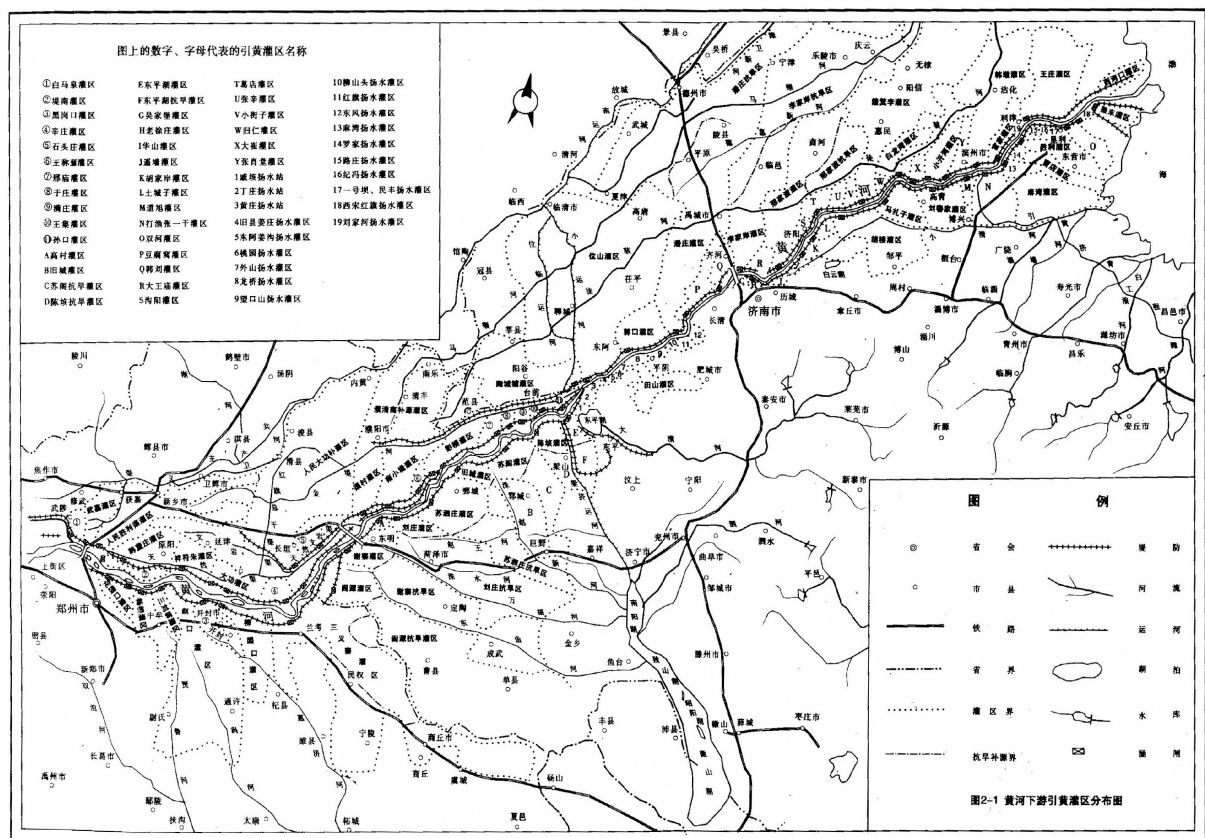


Figure 1. Schematic diagram of Yellow River diversion irrigation area in the lower reaches of the Yellow River  
图 1. 黄河下游引黄灌区示意图

黄河水资源贫乏、时空分布不平衡、含沙量大、水污染严重, 黄河下游引黄灌溉存在水资源浪费严重、节水意识淡薄、节水灌溉发展缓慢、缺乏针对灌区特点的节水技术研究等问题。

随着人口增长、经济发展、城市化推进, 社会发展对水资源的需求日益增加, 水资源供需矛盾不断加剧。多数引黄灌区未实现灌区水土资源的合理配置、没有深入探求灌区生态环境受损退化机理、未能立足长期发展机制、未能实现科学生产, 节水灌溉服务体系不健全。近年来, 由于引黄灌区渠道淤积、工程失修、渠道输水利用率低、灌区管理制度落后、供水保证率下降等问题, 导致灌区生态环境恶化、灌溉面积逐步萎缩, 从而影响了引黄灌区的可持续发展。

### 1) 进入黄河下游的水量呈减少趋势

随着黄河流域工农业发展的不断扩大,其供水范围也逐渐扩大,对供水量的需求也在逐年地增长,用水需求呈刚性增加,水资源供需矛盾更加尖锐。黄河下游花园口站 2000~2015 年多年平均来水量及含沙量分别为 254.6 亿  $\text{m}^3$ 、3.5  $\text{kg}/\text{m}^3$  较 1986~1999 年时段分别降低 7.9%和 85.6%,而较 1950~1985 年时段分别降低 44.2%和 86.7%。小浪底水库运用后,2000~2015 年黄河下游年来水量相比 1986~1999 年仅略有减小,而较 1985 年前仍大幅降低。

### 2) 引水时机不易调控、引水灌溉保证率较低

黄河下游春季降雨量少,农业灌溉需水量大、供水集中的矛盾十分突出。且在农业灌溉高峰期往往是黄河枯水季节,受黄河流域水量调度的约束,下游引黄灌区引水灌溉,无论在引水量还是在引水时机上,均不能完全按照灌区的运行方式来调控,集中水流输送泥沙的“高水位、大流量、速灌速停”的运行方式难以做到。

小浪底水库建成运用以来,下游主河槽得到全线冲刷,引黄灌区引水条件与设计情况相比发生了变化,同流量水位降低,造成部分河段灌区引水困难,特别是每年 3、4 月份的春灌时节,部分河段出现了无法正常引水的情况,影响了农业生产适时灌溉。

黄河下游属于典型的游荡性河道,主流摆动频繁,河势在变化的过程中经常造成引水口门脱离河道,导致引水困难甚至无法引水,降低了渠首引水保证率。

### 3) 渠道和排水河道淤积频繁

黄河水含沙量大,渠道淤积是引黄灌区显著的特点。由于下游许多灌区缺乏完善的拦沙及沉沙措施,使浑水直接进入渠道,造成渠道和排水河道淤积,降低渠道引水能力。灌区渠道纵比降平缓是影响泥沙远距离输送效果的主要因素,灌区调整加大渠道比降的潜力非常有限。受地形地貌的制约,渠道比降较缓,输水流速慢,挟沙能力低,是造成渠道淤积的主要原因。另外,由于泥沙进入渠道、沟道和田间,还加重了灌区群众的清淤负担,有些支渠每灌水一次必须清淤一次,频繁的清淤导致了农业生产成本的增加。随着小浪底水库拦沙库容的淤满,黄河下游干流含沙量将随之增加,灌区引水含沙量也会随之加大,灌区泥沙问题依然严重。

### 4) 灌区管理制度落后

引黄灌区管理机构名义上为专管与群众相结合,而实质上是农民对灌溉管理的参与程度较低,干渠有专管组织,田间斗、农、毛渠几乎无人管或管理不善。灌溉管理水平低下,技术手段落后,措施不力,没有建立起良性运行机制。农民主动参与管理的意识淡薄,水事纠纷频繁,专管单位资金缺乏,管理措施跟不上要求,影响着管理工作的正常开展和工程效益的正常发挥。

水资源配置是灌区用水的关键问题,部分灌区没有按照灌溉用水量进行合理配置,风枯调节,多源互补的局面尚未形成。灌区部分区域因为无水可灌,过度开采地下水,导致地下水位严重下降,致使土地严重旱化,进而影响生物的生存和生物多样性的改变。

### 5) 引黄灌区基础设施薄弱

引黄灌区工程体系不完善,支渠以下工程老化失修,末级渠系工程建设滞后,水资源调控能力不强,灌水周期长、灌溉不方便、灌溉水利用效率较低,影响了灌溉节水工作的开展。节水灌溉因投入资金不足、配套差、用水结构不合理等问题,节水进展仍很缓慢。上述问题造成黄河下游灌溉面积萎缩,制约了下游沿黄两岸农业生产发展,对粮食安全造成了威胁。

### 6) 灌水技术落后,用水效率和效益低

黄河下游灌区缺乏节水意识,供水计划可准确性和时效性差。灌区水资源配置和调度以经验为主,难以实现优化配置,大部分灌区仍采用比较落后的传统地面灌水技术,用水浪费现象严重,灌溉水有效

利用系数仅为 0.40~0.55, 许多灌区农田灌溉采取漫灌的方式, 不仅大大地降低了灌溉水有效利用系数, 而且还造成水资源严重浪费。个别灌区灌水采用了节水灌溉方式, 但采取节水灌溉方式灌溉的面积仅占总灌溉面积的 10%左右。

#### 7) 灌区信息化建设系统不完善

多数引黄灌区仅仅是在总干及支干少数监测点实施, 未能覆盖整个灌区, 加上灌区量测设备较少、大部分采用简单的方法观测, 信息传输手段单一, 时效性差, 无法满足现代化管理的需求。

#### 8) 生物多样性低、区域环境质量下降

灌区为了减少渠道渗漏, 采用混凝土和浆砌石对渠道进行衬砌。衬砌后的渠道, 水土能量交换方式被阻断, 渠道内生物的生存环境被破坏。硬质渠道虽然能有效的减少灌溉输水损失, 但不符合生态灌区建设理念。大量残留的氮磷等污染物进入地下水, 使灌区内地下水的氮磷普遍超标。清淤泥沙主要成分为细沙, 粉沙和粉土, 密实性差, 每逢刮风天, 灌区附近尘土飞扬, 空气质量下降。

### 3. 黄河下游引黄节水型生态灌区的构建原则

要保证黄河下游粮食安全和实现水资源高效利用, 维护经济与生态和谐等多目标的灌区建设模式, 就要以水生态文明指导灌区建设。

1) 可持续性。生态型灌区可持续包括生态可持续、经济可持续和社会可持续。

2) 水土资源有限。在现有的灌区水土资源的基础上建设生态型灌区, 逐步建立全方位的水土资源管理模式, 构建生态型节水灌区。

3) 自我净化。提高灌区系统生物多样性和生态系统可持续性。使灌区系统保持生态健康。

4) 管理现代化。对生态型灌区进行现代化管理, 借助现代化手段对灌区的地形地貌、水土资源、生态环境、人文景观等各方面的数据以数字的形势进行获取和存储, 实行动态监测和管理, 实现灌区信息化和数字化。

### 4. 黄河下游引黄节水型生态灌区建设的体系构建

现代化节水型生态灌区为灌区发展的高级阶段, 其目标就是确保灌区生态系统的平衡, 最终实现灌区生态系统运行的良性循环, 其具有生产能力强、功能全面、水资源配置科学合理、生物物种多样化等特点并且能够取得良好的节水效果[6]。

节水型生态灌区既要合理妥善安排节水工程, 采用先进的灌溉技术, 同时也要对农作物等进行综合性改造, 进行合理的搭配与优化, 实现生态化建设与管理目标。节水型生态灌区建设过程中, 要注重成本控制和实际管理与运作的稳定性。通过灌溉技术与日常管理工作的有机融合, 将现代科技的作用发挥到最大。

#### 1) 优化配置灌区水资源

实现水资源节约和高效利用是生态灌区建设的重要任务, 建设生态灌区, 首要的是建设节水型灌区。对灌区水资源进行科学的优化配置, 确保黄河水源供水能力的可靠性, 以维持水资源供应与需求之间的平衡关系, 进而体现了其良好的社会效益、经济效益以及环境效益。

灌区水资源既要满足农业生产、农村生活, 还要满足灌区生态需水要求, 寻求水资源在农业生产、农村生活与生态需水之间的合理配置, 满足单位产值的水资源消耗最小、生态服务功能最大的要求, 保障水资源开发利用和生态环境保护同步开展, 充分发挥水资源的综合效益[7]。在进行节水建设的同时, 要处理好节水建设和环境污染治理及退化生态系统修复之间的关系。

#### 2) 改进节水措施

通过农业节水措施对生态环境影响机理的研究,改良和提高已有灌溉技术,使其具有节水、增产等优点,保证生态系统的完整性。开展泥沙对下级渠道淤积影响的研究监测、引进田间泥沙对土壤性状和结构的影响预测,加强灌区水沙监测,合理调度水沙,预防田间因泥沙引进不当对土壤性状产生不利的影响。

通过对生态环境的保护和对水污染的治理,促进水的不同形态的转换与循环,达到保护灌区生态系统的目的。谨慎对灌排沟渠的节水衬砌改造,保持灌区沟渠水系的生态净污功能,确保粮食等农产品安全[8]。保障居民饮水安全,使得他们切实用到达到安全水质标准的饮用水以维持其生活以及居住环境的优美。

### 3) 构建灌区灌溉、排水运行模式

加强排水系统建设,推广节水的灌溉方式,预防土壤次生盐碱化。构建满足最佳去污要求的田间节水灌溉、沟系控制排水,明晰氮磷污染物在各个环节的最佳滞留时间及净化效果,确定达到最佳去污能力的系统调度方案。

在灌区工程运行管理等方面应该采用先进的管理技术手段使其具备现代化信息管理水平,对输水、配水加以优化,建立行之有效的管理机制,组建一支高水准的管理单位,做到依法管水与改进灌溉技术服务和推广体系[9]。

### 4) 构建智慧型灌区

建立灌区生态系统恢复以及水环境、土壤环境质量基准和标准;建立灌区灌溉系统水量监控与调配系统以及灌区环境监测体系和信息网,对灌区地下水位特征、农村水环境与水生态、土壤墒情、作物生长等信息进行监测评价,开发面向生态型灌区的信息化管理系统和灌区生态及环境系统健康诊断、灌溉输配水模拟、水生态模拟等多学科领域先进技术适应性研究,构建上游来水减少、黄河水减少等多种条件下的预警系统。

以灌区的信息化为基础,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、及时的管理。利用3S技术、通信技术、网络技术等在节水型生态灌区的基础上寻求自动化、信息化、实时性,节水、高产的目的,构建智慧型灌区[10]。

### 5) 构建节水型生态灌区

黄河两岸地势平坦,灌区泥沙大部分无法送到田间,利用两岸低洼、盐碱、沙荒地修建沉沙池是处理泥沙、解决渠系泥沙淤积的有效途径,同时还可改良土壤,改善生态环境。

生态灌区的特色文化以水为载体,建立在灌区自然环境和社会环境基础之上,通过灌区工程与景观建设相结合,构建具有田园风光的生态灌区,是灌区水文化的物质体现,全面提升灌区的生态文化品位,惠泽未来。

## 5. 黄河下游引黄节水型生态灌区建设的技术体系

### 1) 水资源高效利用关键技术

采取高标准田间高效节水技术,研究田间水盐循环以及灌区生态系统用水量和转化机制与规律,寻求加大水资源利用系数、农作物用水效率、农业生产效益的方法等;推广多水源联合配置技术,建设生态灌区多水源、多用户、多层次、多阶段的用水体系,从供水、输水、用水、排水等方面加以完善;采取再生水与微咸水安全灌溉技术,以此保持农田土壤肥力、作物质量,使得其温室气体排放正常且不会对地下水水质造成不良影响。合理确定再生水灌溉指标,形成综合性的生态灌区灌溉技术体系[11]。

### 2) 环境保护和污染治理关键技术

改用面源污染节水灌溉控制技术,分析在天气状况、土质、不同作物氮磷、农药含量受到降雨、节

水灌溉等作用的影响并且研究农田不同因素对污染物迁移转化的作用从而完善田间养分资源管理技术体系；对灌区小型污水整治方面最好选用最新、经济、实用且效果较好的处理技术，从而完成灌区内污水就地处理以及回收的目标；合理应用自然沟渠、人工湿地、水生植物配置等有效整合而生成技术完善田间多道防线，在此基础上，改进水环境治理的减污、控制水源、截留污染源、输导、修复过程整治流程。

### 3) 生态系统恢复与修补关键技术

科学分析水源或者田间的氮磷等物质吸收降解效应，便于调节灌区生态系统；加强对灌区河道、沟渠等设施综合整治减少其硬化程度维持生态系统中生物多样性；推广田间生态工程建设通过新产品、新技术的研发、田间生态修养管护、生态承载能力模型对灌区生态系统进行进一步的恢复与修补。

### 4) 生态环境监测与管理技术

完善生态及生态灌区评价指标体系，计算节水型灌区生态系统服务功能及生态需水，开发生态灌区监测评价及信息化管理与预警系统，从而形成现代化节水型生态灌区环境监测与管理的技术体系[12]。

## 6. 黄河下游引黄节水型生态灌区的评价指标

节水型生态灌区具有较强的复合性，在对节水型生态灌区进行科学评价时，需要构建立体性、科学性、综合性的评价体系，从多个方面入手，进行深入、客观的分析。

在构建黄河下游引黄节水型生态灌区的评价体系过程中，要充分纳入灌区工程、水资源利用效率、生态环境效益、经济效益等多种要素，通过多个指标的有效配比，提升科学、客观的评价体系，进行全方面的评价，提升综合管理效能，为节水型生态灌区发展提供更加科学、客观、合理的依据。

以科学性、代表性、全面性及可操作性为原则，提出灌区工程、水资源、生态环境、管理和社会经济评价准则。

1) 工程指标。工程设备配套程度、渠道防渗处理情况、渠道生态处理情况、排水系统生态处理情况、安全措施配套情况。

2) 水资源量。评价指标有人均可供水量、灌溉水利用率、灌溉水水质、地下水可开采量、单位水量生产效率、生态需水量保证率、劣质水重复利用率。

3) 生态环境指标。包括林草植被覆盖率、土壤有机质含量、土壤重金属含量、空气质量、化肥使用量、生物多样性情况。

4) 管理指标。有基层水利服务情况、灌区水利信息监测情况、用水户参与灌溉管理情况、灌区组织管理情况。

5) 社会经济评价指标。节水宣传情况、农民人均收入、文化生活设施配套情况、灌区总体效益。

节水型生态灌区建设指标体系不是一成不变的，指标体系的建立需以现代社会理念及先进的科学技术为指导，在节水型生态灌区评价方法选择上，要提升评价方法的科学性与体系性，运用多层次的评价方法，通过实践考评与数据计算相结合的方式，提升节水型生态灌区评价的科学性，提升总体评价精度。

## 7. 结语

黄河下游引黄生态灌区建设是一个系统、复杂、长期的工程，按照生态灌区建设要求，节水建设是生态灌区建设的首要任务，水生态环境保护是生态灌区建设的关键所在，实现灌区人、水、自然、社会相互间的和谐是生态灌区建设的核心，实现灌区良性可持续发展是生态灌区建设的目的。

在生态灌区建设中，要注意处理好节水工程建设和生态系统保护及修复之间既矛盾又统一的关系，结合灌区实际，适度范围内进行节水防渗衬砌工程建设，在节水、输沙、生态系统保护等多方面进行功

能及综合效益评估,形成生产力高、灌区功能健全、水资源配置合理、生物多样性高而单位水量提供的生态服务功能最大的节水型灌区。

## 基金项目

黄河水利科学研究院基本科研业务费专项(项目号: HKY-JBYW-2017-22)。

## 参考文献

- [1] 顾斌杰. 生态型灌区构建原理及关键技术研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 河海大学, 2006.
- [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, 杨进怀, 等. 生态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] 彭世彰, 纪仁猜, 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.
- [5] 王超, 王沛芳, 侯俊, 钱进, 饶磊, 敖燕辉. 生态节水型灌区建设的主要内容与关键技术[J]. 水资源保护, 2015, 31(6): 1-7.
- [6] 王岩, 王建国, 李伟, 薄录吉, 杨林章. 生态沟渠对农田排水中氮磷的去除机理初探[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(6): 586-590.
- [7] 程文辉. 对灌区水生态文明建设的思考[J]. 中国水利, 2013(6): 12-14.
- [8] 王修贵, 张绍强, 刘丽艳, 马军朝, 罗强. 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+12.
- [9] 张绍强. 做好大型灌区续建配套与节水改造提高管理水平和管理效率[J]. 中国农村水利水电, 2015(12): 23-26.
- [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+74.
- [11] 冯晓拥, 赵坚, 朱霞, 等. 生态型灌区的建设与现代化管理[J]. 社会科学前沿, 2017, 11(6): 1461-1466.
- [12] 宋旦. 节水型生态灌区建设与展望[J]. 河南水利与南水北调, 2018, 47(2): 21-22.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ojs@hanspub.org](mailto:ojs@hanspub.org)