

# 我国灌溉用水效率提升潜力 与实现路径

韩振中, 冯保清, 田雨, 黄泽军

(中国灌溉排水发展中心, 100054, 北京)

**摘要:**灌溉水有效利用系数是表征灌溉用水效率的主要指标,也是我国实行最严格水资源管理制度用水效率控制红线的重要考核指标。监测数据表明,随着国家节水改造投入力度持续加大和灌区管理水平不断提高,大型、中型、小型灌区和纯井灌区灌溉水有效利用系数均不同程度得到提高,但与节水灌溉标准相比,仍有提升潜力。灌区和区域灌溉水有效利用系数受输水工程设施、田间灌水技术、灌区管理等因素以及灌区规模、灌区自然条件等自然属性影响,不同灌区、区域差异较大,其提升潜力应综合考虑节水高效、经济合理、生态健康等要求,系统分析,科学评价。提高灌溉水有效利用系数是一项系统工程,涉及水利、农业等多个部门,应统筹考虑、系统施策、协同施力、加快推进。

**关键词:**灌溉水有效利用系数;影响因素;阈值;节水潜力;系统施策

**Potential for improving irrigation water use efficiency in China and realization path//HAN Zhenzhong, FENG Baoqing, TIAN Yu, HUANG Zejun**

**Abstract:** The effective utilization coefficient of irrigation water is a key indicator of irrigation water use efficiency and serves as an important assessment metric under China's strictest water resources management system. Monitoring data indicate that, with increased national investment in water-saving renovation and improved management in irrigation districts, the effective utilization coefficient has improved to varying degrees across large, medium, small, and pure well irrigation districts, but there is still potential for improvement compared to water-saving irrigation standards. Influenced by factors such as water conveyance infrastructure, field irrigation techniques, and irrigation district management, as well as inherent attributes like district scale and natural conditions, the effective utilization coefficient varies across districts and regions, and its improving potential should be analyzed systematically and evaluated scientifically, taking into account the requirements of water conservation, high efficiency, economic rationality and ecological health. Improving the effective utilization coefficient of irrigation water is a systematic endeavor involving multiple sectors, including water resources and agriculture, necessitating integrated considering, systematic approach, coordinated efforts, and accelerated implementation.

**Keywords:** effective utilization coefficient of irrigation water; influencing factors; threshold; water-saving potential; systematic approach

中图分类号: TV+S274 文献标识码: B 文章编号: 1000-1123(2025)11-0028-06

DOI:10.3969/j.issn.1000-1123.2025.11.004

收稿日期: 2025-05-06

作者简介: 韩振中, 原总工程师, 正高级工程师。

基金项目: 水利部行政事业类项目“水资源节约(全国各省区市、各流域机构农田灌溉水有效利用系数核算)”(102126252220010000001)。

国家提出加快建设农业强国战略,加强灌区现代化改造,逐步把具备条件的永久基本农田全部建成高标准农田,对促进农业节水、提高灌溉用水效率、夯实水资源保障基础提出了新的更高要求。党的十八大以来我国大力推进灌区现代化改造与建设,加快高标准农田与高效节水灌溉发展,实施水资源刚性约束制度和农业水价综合改革,强化灌区节水科技创新与数字赋能,构建农业灌溉用水效率监测网络体系,不断提高灌溉用水效率与粮食安全保障能力,取得显著成效,但我国农业灌溉用水效率总体仍然偏低。进入新发展阶段,推进灌区高质量发展,走水安全有效保障、水资源高效利用、水生态明显改善的节约集约发展之路,需要科学评价我国农业用水效率现状,分析提升潜力,提出对策措施。

## 一、我国灌溉用水效率现状

### 1. 全国总体情况

灌溉水有效利用系数是表征灌溉用水效率的主要指标。2006年,水利部启动全国灌溉水有效利用系数测算分析工作,目前已经构建覆盖各省(自治区、直辖市)的全国样点灌区网络体系、测算分析技术支撑体系、一体化信息管理平台等,持续监测评估灌溉用水效率动态变化。根据测算分析,2023年我国灌溉水有效利用系数达到0.576,较2012年提高了0.06(见图1),较2006年提高了0.113。随着灌区节水改造和管理水平提高,灌溉用水效率稳步提升,2020年灌区关键病险工程和渗漏损失最为严重渠道基本得到治理之后,灌溉水有效利用系数年度增幅有所放缓。

2023年我国灌溉水有效利用系数达到0.576,即损失水量占42.4%。根据水资源公报数据分析,全国耕地灌溉用水量3160.2亿 $m^3$ ,损失水量1339.9亿 $m^3$ ,其中输水与灌溉过程中无效蒸发消耗229.2亿 $m^3$ ,约占耕地灌溉用水量的7.3%,在输水与灌溉过程中渗漏损失(补给地下水和土壤水)以及管理中灌溉弃退水总计1110.7亿 $m^3$ ,约占耕地灌溉水量的35.15%,这部分水量转化为地下水、土壤水或排入河湖中,未真正消耗,通过开采地

下水或其他方式可以重新开发利用或改善生态环境。

### 2. 不同类型灌区平均值

2023年,全国大、中、小型灌区和纯井灌区灌溉水有效利用系数分别达到0.543、0.557、0.567和0.738,较2012年分别提高了0.076、0.075、0.052、0.030,较2006年分别提高了0.127、0.132、0.105、0.050,不同规模与类型灌区用水效率变化见表1。大、中型灌区续建配套节水改造投入持续稳定,管理改革推进力度大,工程设施与管理水平显著提高,用水效率增幅相对较大;小型灌区量大面广,工程设施和管理能力相对薄弱,用水效率增幅低于大、中型灌区;纯井灌区输水距离短,规模较小,基础相对较好,灌溉用水效率基准较高,增长相对缓慢。

与《节水灌溉工程技术规范》中节水灌溉标准要求比较,大型灌区平均值0.543,已经超过节水灌溉标准下限值;中、小型灌区和纯井灌区距标准还有一定差距。

### 3. 不同类型样点灌区

2023年全国灌溉水有效利用系数测算分析样点灌区3963处,基本能够代表不同类型灌区的实际情况。

#### (1) 样点灌区工程设施状况

据初步统计分析,2023年大型灌区样点干渠、支渠防渗长度占比平均分别为70%、51%,有41处灌区干支渠全部防渗,约10%的灌区田间喷微灌面积达到60%以上,主要集中在西北地区;中型灌区样点干渠、支渠防渗长度占比平均分别为68%、57%,有153处灌区干支渠全部进行了防渗,约4%的灌区田间喷微灌面积达到60%以上,亦主要集中在西北地区。

#### (2) 样点灌区灌溉水有效利用系数

根据2023年样点灌区监测结果分析,大型、中型、



图1 我国灌溉水有效利用系数变化

小型和纯井灌区样点灌溉水有效利用系数最小值分别为0.416、0.405、0.381、0.541,最大值分别为0.721、0.753、0.917、0.962(见表2)。其中,大型灌区、中型灌区最大值对应工程设施条件分别为:干、支、斗、农渠全部衬砌,微灌面积占比83%;干渠管道输水,滴灌面积占比45%。小型灌区、纯井灌区最大值对应工程设施条件为管道输水和田间滴灌。

大型灌区样点灌溉水有效利用系数达到节水灌溉标准下限的个数占82.4%,中型灌区、小型灌区和纯井灌区分别占11.6%、7.0%、32.3%,与节水灌溉标准还有一定差距,提升潜力较大(见图2)。

## 二、灌溉水有效利用系数主要影响因素

### 1. 输水工程设施

通过渠道防渗、管道输水等工程措施,可以减少渗漏和蒸发损失,提高输水环节水利用效率。对于大型灌区,通过渠道防渗,其渠系水利用系数可提高0.2~0.4;采用管道输水,管道水利用系数可达0.95以上。

### 2. 田间灌水技术与农艺节水配套措施

通过平整田块、改进畦沟地面灌溉,采取喷微灌技术、非充分灌溉技术及农艺节水措施等,可以显著提高田间水利用效率。水稻节水控制灌溉、旱作改进地面灌溉,田间水利用系数可达到0.9以上,微灌可达到0.95以上,覆膜滴灌水利用效率更高。另外,秸秆还田、

覆膜保墒可减少蒸发,实现节水增产。

### 3. 灌区管理

通过渠系运行优化调度、科学配水、强化工程管理、用水户参与管理等,减少输水过程中的跑水、漏水和无效退水;通过用水计量、合理的水价政策以及总量控制、定额管理,实施科学灌溉,可减少灌溉用水浪费。

### 4. 灌区规模与类型

根据2011年水利普查资料,大型、中型灌区 $0.2\text{ m}^3/\text{s}$ 以上流量渠道长度平均分别为1138.6 km、66.7 km,渠系建筑物数量平均分别为3240座、186座。一般来说,灌区规模越大,则渠道级数越多,总长度越大,调配水的建筑物也越多,灌区配水和田间灌水协调难度就越大,渠系水渗漏量、蒸发损失量和弃水跑水损失也越大,灌溉水有效利用系数就越低。相同渠道防渗率和管理水平下灌溉水有效利用系数随着灌区规模增大而降低。

### 5. 灌区自然条件

区域气候气象条件影响输水渠道蒸发损失量和田间灌溉过程中的蒸发损失量。同样规模和长度的渠道,西北干旱地区蒸发损失量比南方湿润地区多,有的甚至多3倍以上。区域土壤质地、地下水埋深等对于土渠渗漏和田间灌溉深层渗漏量也影响较大。

另外,一个流域或行政区域的灌溉水有效利用系数除了与上述影响因素有关外,还与区域内不同类型灌区组成结构有关。在相同工程设施条件和管理水平下,区

表1 全国及不同规模灌区灌溉水有效利用系数变化

灌溉水有效利用系数		全国平均	大型灌区	中型灌区	小型灌区	纯井灌区
2006年(基准值)		0.463	0.416	0.425	0.462	0.688
2012年	系数值	0.516	0.467	0.482	0.515	0.708
	增加值	0.053	0.051	0.057	0.053	0.020
2023年	系数值	0.576	0.543	0.557	0.567	0.738
	增加值	0.113	0.127	0.132	0.105	0.050
节水灌溉工程标准		-	$\geq 0.5$	$\geq 0.6$	$\geq 0.7$	$\geq 0.8$

表2 2023年不同规模与类型样点灌区灌溉水有效利用系数

样点灌区灌溉水有效利用系数		大型灌区	中型灌区	小型灌区	纯井灌区
最小值	系数值	0.416	0.405	0.381	0.541
	设施状况	渠道防渗占比24%,渠道老化、地面灌溉	渠道防渗占比9%,地面灌溉	土渠、地面灌溉	防渗渠道地面灌溉,但建成多年,损毁严重
最大值	系数值	0.721	0.753	0.917	0.962
	设施状况	干、支、斗、农100%防渗,微灌面积占比83%	干渠管道输水,滴灌面积占比45%	全部管道输水,100%滴灌,种植火龙果	滴灌,种植西瓜
平均值		0.543	0.557	0.567	0.738

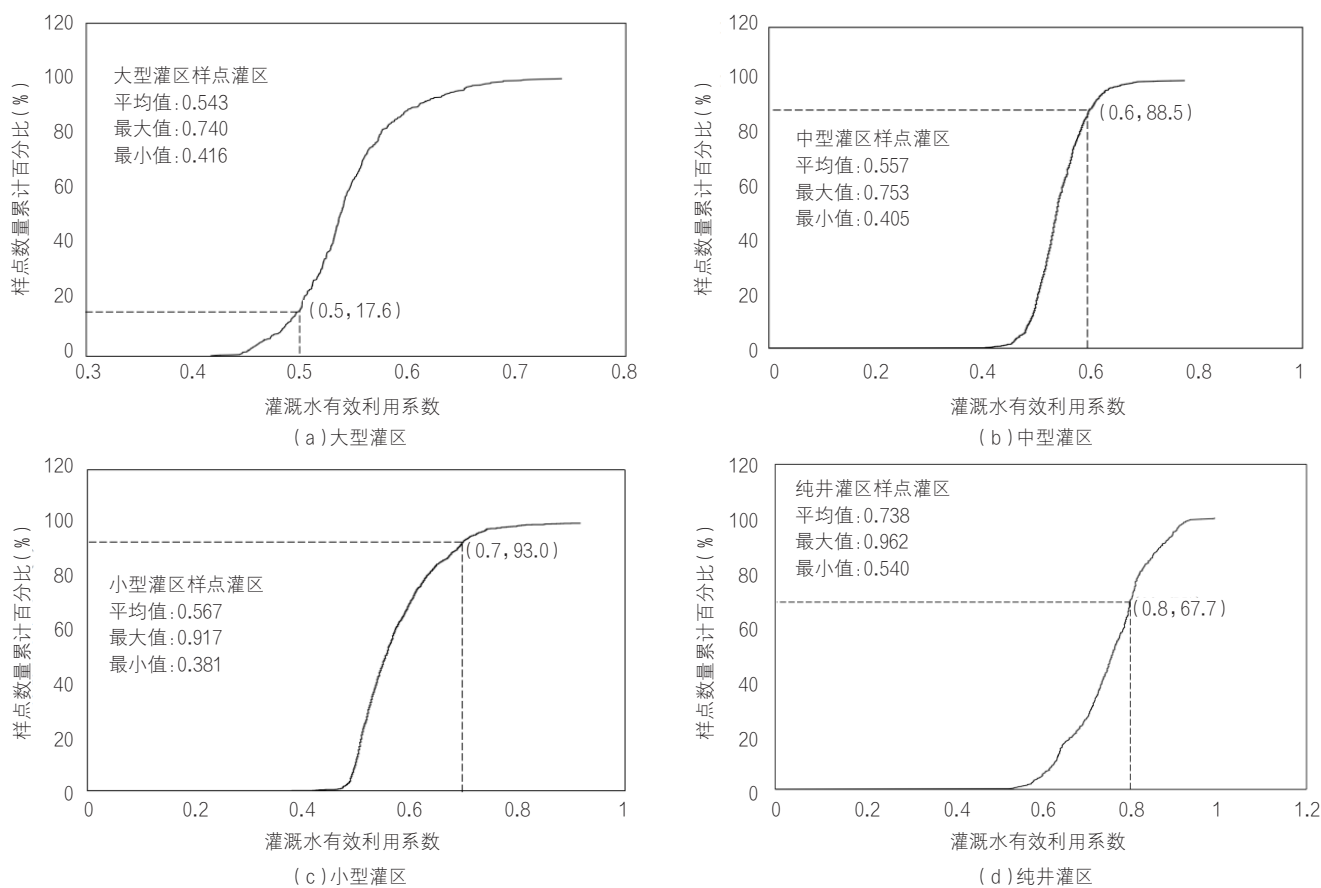


图2 不同规模灌区样点灌溉水有效利用系数分布

域内小型灌区、纯井灌区灌溉面积占比越大,其灌溉水有效利用系数就越高。因此对于不同区域灌溉水有效利用系数不能简单对比,应该综合分析,科学评价与比较。

### 三、灌溉用水效率提升潜力

2023年我国灌溉水有效利用系数为0.576,未来提升潜力受到行业内外普遍关注。结合我国灌区实际情况和灌溉水有效利用系数主要影响因素,对用水效率提升潜力进行初步分析。

#### 1. 与节水灌溉工程技术标准对比分析

根据《节水灌溉工程技术规范》,达到节水灌溉标准应符合:大型灌区、中型灌区、小型灌区、纯井灌区渠道防渗输水灌溉工程灌溉水有效利用系数分别不应低于0.5、0.6、0.7、0.8,管道输水灌溉工程不应低于0.8。

这是根据标准制定时(2018年)实际情况和未来发展的可行性确定的不同类型灌区的下限值,如大型灌区节水灌溉标准值下限值是根据特大型灌区渠道防渗率不低于40%,田间灌溉采用旱作改进地面灌溉、水稻干湿交替节水灌溉情况而确定。现状与节水灌溉标准对比的差值即为提升潜力(见表3)。小型灌区现状平均值与节水灌溉标准差距大,相对提升潜力较大;大型灌区平均值已经超过节水灌溉标准下限,但不同灌区差异大,有些灌区仍然较低,仍有提升潜力。

根据不同类型典型灌区现状情况,考虑区域特点和节水灌溉可能达到的实际水平,分析得到不同省域内灌溉面积全部达到节水灌溉标准时的灌溉水有效利用系数介于0.518~0.769,不同区域差异明显,由此可以看出,由于区域内灌区规模结构不同,灌溉面积全

表3 与节水灌溉标准对标的灌溉水有效利用系数提升潜力

灌溉水有效利用系数	全国	大型灌区	中型灌区	小型灌区	纯井灌区
2023年平均值	0.576	0.543	0.557	0.567	0.738
节水灌溉标准	$\geq 0.643$	$\geq 0.5$	$\geq 0.6$	$\geq 0.7$	$\geq 0.8$
提升潜力	$\geq 0.067$	-	$\geq 0.043$	$\geq 0.133$	$\geq 0.062$

面达到节水灌溉标准时,其灌溉水有效利用系数差异明显。根据各省域分析结果加权平均,全国灌溉面积全部达到节水灌溉标准时,灌溉水有效利用系数可达0.64以上,在现状基础上可以提升0.067以上。从近10年灌区改造与节水灌溉发展实践来看,由于渠道防渗、管道输水建设力度加大,田间大面积推广喷微灌技术,工程设施改善将超过节水灌溉标准基准值,实际提升潜力将更大。

## 2. 基于灌区的灌溉水有效利用系数理论最大值分析

当一个灌区干、支、斗、农渠等输水渠道全面防渗(或管道输水),田间工程全面推广地面节水灌溉或稻田干湿交替灌溉、喷微灌等节水灌溉技术,灌区管理达到最高水平(无因管理不善造成的跑冒滴漏等)时,其灌溉水有效利用系数最大,这是理论上能够达到的最大值,灌区现状值与理论最大值比较,即可得到其理论最大提升潜力。

根据2004年华北地区典型灌区调研成果,渠道防渗后渠道水利用系数为干支渠0.85~0.96、斗农渠0.90~0.99。如果防渗后各级渠道水利用系数统一取0.95,旱作地面灌溉、水稻节水灌溉、滴灌的田间水利用系数分别取先进水平高值0.90、0.95、0.98,估算得到不同类型灌区灌溉水有效利用系数理论最大值见表4。从全国宏观角度看,相对于2023年,大、中、小型灌区和纯井灌区的理论提升潜力分别为0.09~0.21、0.13~0.28、0.16~0.31、0.07~0.19。

按照相同思路,每一个灌区可根据其实际情况分析得到灌溉水有效利用系数的理论最大值,与其现状值对比即可得到理论最大提升潜力。一个灌区灌溉水有效利用系数的理论最大值就是其用水效率的“天花板”,一些小型灌区、纯井灌区可以达到,但对于大中型灌区,考虑到投资成本、经济合理性和生态健康等因素,一般很难达到甚至不可能达到。

## 3. 基于经济合理和生态健康的灌溉水有效利用系数阈值

灌溉水有效利用系数是表征灌区工程系统水利用效率的指标,在输水与灌溉过程中产生的蒸发、渗漏、弃水退水等均作为损失量,损失越大,效率越低。但损失量中的渗漏、弃水退水等分别回到了地下水、土壤水、地表水等自然水体中,并未真正消耗,只是在水循环中进行了时空转化,从全国来看,这部分水量占灌溉用水总量的35%左右。对于井渠结合灌区,入渗补给地下水的量,通过开采地下水可重复利用。另外,在西北等干旱地区,灌溉除了满足作物生产所需水分外还具有生态环境效应。

单从灌区灌溉工程角度出发,取用水最大化用于灌溉作物即灌溉水利用系数越高越好;但如果系统考虑经济合理、水重复利用率、生态健康等因素,其数值并不一定越高越好,即有一个合理的阈值。从系统、综合、均衡的角度出发,每一个区域、每一个灌区都有一个灌溉水有效利用系数阈值,低于阈值还有提升的潜力;达到阈值是基于节水高效、经济合理、生态健康的最合理水平;高于阈值则会付出更大投入和生态代价等,不一定合理。对于灌溉水重复利用、生态效应突出的区域或灌区,应合理施策、科学用水、系统节水,因地制宜提高区域或灌区的水资源综合利用效率。科学确定区域和灌区灌溉水有效利用系数阈值,是一个值得深入研究的重大课题。

## 四、灌溉用水效率提升路径

由以上讨论可以看出,提高灌溉用水效率是一项系统工程,涉及水利、农业等多个部门,涵盖灌溉保障、工程效益、技术经济、生态效应等多个方面,应统筹施策、协同施力、系统治理、加快推进。

### 1. 骨干工程、田间工程节水同步推进,加快灌区现代化升级改造

#### ①加大灌区骨干工程节水改造与现代化升级改造力

表4 不同类型灌区灌溉水有效利用系数理论最大值估算

灌区类型	渠道级数	渠系水利用系数	田间水利用系数			灌溉水有效利用系数理论最大值	灌溉水有效利用系数理论提升潜力
			旱作地面灌溉	水稻节水灌溉	滴灌		
大型灌区	5~7	0.70~0.77	0.90	0.95	0.98	0.63~0.75	0.09~0.21
中型灌区	3~5	0.77~0.81	0.90	0.95	0.98	0.69~0.84	0.13~0.28
小型灌区	2~4	0.81~0.90	0.90	0.95	0.98	0.73~0.88	0.16~0.31
纯井灌区	1~2	0.90~0.95	0.90	0.95	0.98	0.81~0.93	0.07~0.19

注:下限值分别对应大、中、小型灌区和纯井灌区渠道7级、5级、4级、2级(即渠道级数最多)、旱作地面灌溉情况;上限值分别对应大、中、小型灌区和纯井灌区渠道5级、3级、2级、1级(即渠道级数最少)、田间全部微灌情况。

度,提高渠道水利用效率和安全运行能力。②完善田间灌溉设施,因地制宜建设管道输水灌溉、喷灌、微灌等高效节水灌溉设施,实施科学、精准灌溉。③合理调整农业种植结构,推广应用耐旱、低耗水作物品种,采用秸秆还田、覆膜保墒等技术。④完善用水计量设施,推进灌溉用水精细化管理与智慧灌区、智慧灌溉建设,数字赋能农业节水。⑤水利、农业等部门密切协作,骨干工程改造、田间工程提升同步推进,发挥灌区工程综合效益。

## 2. 用水约束、节水激励并举,深化制度建设与管理改革

①加强灌区地表水、地下水综合管理和优化调配,提高水资源综合利用效率。②实施灌溉用水、耗水双控制,强化科学灌溉、总量控制、定额管理,超定额累进加价。③全面推进灌区标准化管理,深化农业水价综合改革,实现灌区良性运行,提高灌溉服务质量。④健全农业节水扶持、激励政策和水市场机制,激发灌区管理者和用水主体节水的主动性和积极性。⑤健全专管与群管结合的节水管理机制,加强农民用水合作组织等建设,补强灌溉节水管理“最后一公里”。

## 3. 科技创新、成果转化、技术推广、技术服务全方位发力,强化农业节水技术支撑

①健全产学研用相结合、跨领域联合攻关有效机制,坚持需求牵引、重点突破,围绕科学灌溉、节水增效、节水减排防污、节水减碳、灌区现代化等开展技术创新与设备研发,形成自主完整的技术体系和设备系列。②畅通科技成果转化路径,加大新技术示范应用与推广力度,更快更好地服务于生产实际。③支持企业技术创新,研发先进的智能灌溉设备,提高灌溉精准化、智慧化水平。④强化农业节水专业化、社会化服务体系建设,大力推广先进节水技术,提高农业节水服务质量和水平。

## 4. 基础研究、监测评估统筹提升,夯实农业节水工作基础

①完善国家灌溉试验站网,聚焦主要作物、重点品种,加强作物需水、节水灌溉制度、高效水肥调控等灌溉试验研究,探究不同灌溉方式农作物高产条件下净耗水量、水分生产率变化规律,为农业节水高质量发展、灌溉用水效率提升提供基础依据。②针对不同区域、不同灌区,开展基于经济合理、生态健康的灌溉水有效利用系数阈值研究,系统、科学分析节水潜力,提高农业节水综合效益。③根据我国灌区改造和农业节水新进展,以及经济社会高质量发展要求,吸收最新技术成果与实践经验,修订完善相关技术标准,为提升灌溉用水

效率及农业节水高质量发展提供基础依据。④完善灌溉水有效利用系数动态监测网与监测评估方法,构建立体监测体系,利用遥感、无人机等技术,提高监测评估质量和效率,为农业节水高质量发展提供依据。

### 参考文献:

- [1] 水利部农村水利司,中国灌溉排水发展中心.灌溉水有效利用系数测算分析理论方法与应用[M].北京:中国水利水电出版社,2018.
- [2] 中国灌溉排水发展中心.2023年度全国灌溉水有效利用系数测算分析成果报告[R].2024.
- [3]《节水灌溉技术规范》编制组.渠道防渗率与渠系水利用系数关系专项调研报告[R].2004.
- [4] 韩振中.创新驱动节水灌溉高质量发展 夯实农业强国建设基础[J].中国水利,2023(7):11-14.
- [5] 韩振中,裴源生,李远华,等.灌溉水有效利用系数测算与分析[J].中国水利,2009(3):11-14.
- [6] 韩振中,冯保清.灌溉用水效率测算分析与评估[J].中国水利,2016(23):36-40.
- [7] 冯保清,韩振中.全国灌溉水有效利用系数测算分析网络构建方法与实践[J].中国水利水电科学研究院学报,2013,11(2):94-98.
- [8] FENG B Q, CUI J, WU Q M, et al.Application of a monitoring and evaluation method in irrigation water efficiency[J].Irrigation and Drainage, 2020, 69(S2): 161-170.
- [9] 冯保清.我国不同分区灌溉水有效利用系数变化特征及其影响因素分析[J].节水灌溉,2013(6):29-32+35.
- [10] 冯保清.全国大型灌区灌溉水有效利用系数空间变异性分析[J].灌溉排水学报,2012,31(6):42-44.
- [11] 冯保清,崔静.全国纯井灌区类型构成对灌溉水有效利用系数的影响分析[J].灌溉排水学报,2013,32(3):50-53.
- [12] 孔东,冯保清,郭慧滨,等.典型区灌溉水有效利用系数比较分析[J].中国水利,2009(3):25-27.
- [13] 崔远来,李远华,陆垂裕.灌溉水有效利用系数尺度效应分析[J].中国水利,2009(3):18-21.
- [14] 赵勇,裴源生,陆垂裕.大型灌区灌溉水有效利用系数比较分析[J].中国水利,2009(3):15-17+14.
- [15] 高峰,黄修桥,王景雷,等.渠道防渗与灌溉水有效利用系数关系分析[J].中国水利,2009(3):22-24.

责任编辑 熊 璠