

合肥市农田灌溉水有效利用系数分析与节水增效措施

于凤存^{1,2}

¹安徽省水利部淮河水利委员会水利科学研究院农村水利研究所, 安徽 合肥

²水利水资源安徽省重点实验室, 安徽 蚌埠

收稿日期: 2024年4月25日; 录用日期: 2024年5月23日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

为综合评价农业灌溉水有效利用率, 合肥市选取3个大型样点灌区、15个中型样点灌区、22个小型灌区作为样点灌区。采用直接量测数据结合实地调研确定作物的净灌溉定额, 根据作物实际灌溉面积计算灌区的净灌溉用水量; 通过水量实测、油电折算等推算灌区的毛灌溉用水量, 采用首尾测算分析法计算样点灌区的农田灌溉水有效利用系数。采用算数平均法推算全市小型灌区农田灌溉水有效利用系数, 通过大、中型样点灌区农田灌溉水有效利用系数和毛灌溉用水量的加权平均推算全市大、中型灌区农田灌溉水有效利用系数。由全市大、中、小型灌区农田灌溉水有效利用系数与毛灌溉用水量加权平均推算合肥市农田灌溉水有效利用系数。结果表明: 农田灌溉水有效利用系数的逐步提高, 主要得益于灌区工程配套日益完善与管理维护水平逐渐提升, 为合肥市灌区建设提供借鉴。

关键词

农田灌溉水, 有效利用系数, 首尾测算法, 直接测量法, 观测分析法

Study on Effective Utilization Coefficient of Farmland Irrigation Water and Measures for Saving Water and Increasing Efficiency in Hefei

Fengcun Yu^{1,2}

¹Anhui and Huaihe River Institute of Hydraulic Research, Department of Rural Water Management, Hefei Anhui

²Anhui Province Key Laboratory of Water Conservancy and Water Resources, Bengbu Anhui

Received: Apr. 25th, 2024; accepted: May 23rd, 2024; published: May 31st, 2024

文章引用: 于凤存. 合肥市农田灌溉水有效利用系数分析与节水增效措施[J]. 农业科学, 2024, 14(5): 599-606.

DOI: 10.12677/hjas.2024.145076

Abstract

To comprehensively evaluate the effective utilization rate of agricultural irrigation water, Hefei City has selected 3 large-scale sample irrigation areas, 15 medium-sized sample irrigation areas, and 22 small-scale irrigation areas as sample irrigation areas. The net irrigation quota of crops was determined through direct measurement data combined with field research, and then the total net irrigation water was calculated based on the actual irrigation area of crops. The total amount of gross irrigation water was calculated by measuring water volume or converting oil and electricity in the irrigation area. The effective utilization coefficient of farmland irrigation water was calculated through head-tail calculation analysis method in the sample irrigation area. The effective utilization coefficient of irrigation water in small-scale irrigation areas was calculated throughout the city using the arithmetic mean, and which were calculated in large-scale and medium-sized irrigation areas through the weighted average of the effective utilization coefficient of irrigation water and gross irrigation water consumption in large-scale and medium-sized irrigation areas throughout the city. Calculate the effective utilization coefficient of farmland irrigation water in Hefei City based on the weighted average of the effective utilization coefficient of farmland irrigation water in the large, medium, and small irrigation areas of the city and the gross irrigation water consumption. The results show that the gradual improvement of the effective utilization coefficient of irrigation water in farmland is mainly due to the increasingly perfect supporting facilities of irrigation projects and the increasing level of management and maintenance, providing reference for the construction of irrigation areas in Hefei City.

Keywords

Farmland Irrigation Water, Effective Utilization Coefficient, Head-End Measurement Method, Net Irrigation Norm, Gross Irrigation Water Consumption

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

灌溉水有效利用系数综合反映灌溉工程状况、灌溉用水技术水平、灌溉用水管理水平，是最严格水资源管理制度“三条红线，四项指标”的重要内容[1][2]，有助于提高灌溉效率、节水水平、工程管理水平，推动落实水资源管理制度、灌区管理体制的完善。节约用水、本文主要采用首位测算法，推算了合肥市 2016~2022 年的农田灌溉水有效利用系数，评估了不同灌溉类型灌区(自流引水灌溉和提水灌溉)及不同规模(大中小灌区)的灌溉水利用效率，为合肥市大中型灌区续建配套和现代化改造、高标准农田建设、灌区标准化管理等提供科学依据，也可为其他地区农田灌溉水有效利用的测算提供借鉴。

2. 研究区概况

合肥位于安徽中部、江淮之间、环抱巢湖，总面积 11,445 km²，下辖瑶海区、庐阳区、蜀山区、包河区、长丰县、肥东县、肥西县、庐江县、巢湖市。境内有河湖低洼平原、低山残丘、丘陵岗地三种地貌，以丘陵岗地为主，总的地势是中部高，南北低。地处中纬度地带，为亚热带湿润季风气候，全年气温冬寒夏热，春秋温和，年均降雨量 1000 mm。地表水系较为发达，江淮分水岭以北为淮河水系、以南

为长江水系。土壤主以黄棕壤、水稻土为主，约占全部土壤的 85%。作物种植以稻、麦、菽类为主，其次为薯类、玉黍、棉、油料、瓜蔬等。

全市现有灌区 935 个，灌区总有效灌溉面积 642.23 万亩。大型灌区 3 个，分别是淠史杭灌区、驷马山灌区及撮镇灌区，其中淠史杭灌区有效灌溉面积 314.83 万亩，驷马山灌区有效灌溉面积 70.62 万亩，撮镇灌区有效灌溉面积 36.0 万亩；中型灌区 51 个，总有效灌溉面积 135.15 万亩；小型灌区 881 个，总有效灌溉面积 85.59 万亩。

3. 样点灌区选择

合肥市有 3 处大型灌区、51 处中型灌区和 881 处小型灌区。3 处大型灌区分别为提水灌区驷马山灌区和撮镇灌区、自流引水灌区淠史杭灌区，其淠史杭灌区是全国三个特大型灌区之一。依据《全国农田灌溉水有效利用系数测算分析技术指导细则》，遵循具有代表性、具备测算工作基本条件、稳定性的原则，选取 3 处大型、15 处中型和 22 处小型灌区作为样点灌区，见表 1 和表 2。

大型样点灌区：3 处大型灌区，总有效灌溉面积 421.49 万亩。

中型样点灌区：15 处中型样点灌区，其中提水灌区 8 处、自流引水灌区 7 处，样点灌区有效灌溉面积 66.83 万亩，占全市中型灌区总有效灌溉面积的 49.45%。

小型样点灌区：22 处小型样点灌区，其中提水灌区 10 处、自流引水灌区 12 处，样点灌区有效灌溉面积占全市小型灌区总有效灌溉面积的 8.22%。

Table 1. Statistical table of sample irrigation areas with different scale in Hefei City

表 1. 合肥市不同规模样点灌区统计表

灌区类型		全部		样点	
		个数	有效灌溉面积(万亩)	个数	有效灌溉面积(万亩)
大型灌区	自流引水	1	314.83	1	314.83
	提水	2	106.62	2	106.62
中型灌区 (15~30 万亩)	自流引水	0	0	0	0
	提水	0	0	0	0
中型灌区 (5~15 万亩)	自流引水	3	32.63	2	17.98
	提水	4	28.09	3	21.88
中型灌区 (1~5 万亩)	自流引水	18	28.05	5	16.57
	提水	26	46.38	5	10.40
小型灌区 (小于 1 万亩)	自流引水	708	58.22	12	3.31
	提水	173	27.37	10	3.34
合计		935	642.43	40	496.07

4. 测算方法

样点灌区灌溉水有效利用系数测算采用首尾测算分析法[3] [4]，是指直接测量统计灌区从水源引入(取用)的毛灌溉用水总量，通过分析测算得到田间实际净灌溉用水总量，田间实际净灌溉用水总量与毛灌溉用水总量的比值即为灌溉利用系数，计算公式如下：

$$\eta_w = \left(\frac{W_j}{W_a} \right) \times 100\%$$

(1)

式中： η_w —灌溉水利用系数； W_j —净灌溉用水总量， m^3 ； W_a —毛灌溉用水总量， m^3 。

为了能够反映灌区灌溉水利用状况的整体情况，本次测算以年作为计算时段。

4.1. 净灌溉用水量测算

样点灌区净灌溉用水量，采用作物的净灌溉定额与实际灌溉面积相乘得到[5]。合肥市样点灌区 3 处大型灌区、15 处中型灌区及 10 处小型灌区采用直接测量法计算净灌溉定额；12 处小型灌区采用观测分析法计算净灌溉定额，具体见表 2。

Table 2. Situation table of sample irrigation areas in Hefei City
表 2. 合肥市样点灌区情况表

类型	引水方式	灌区名称	有效灌溉面积(万亩)	净灌溉定额确定方式	样点田块选取/定额确定方法
大型灌区	自流	淠史杭灌区	314.83	直接测量法	上、中、下游有代表性的斗渠控制范围内分别选取，每种需观测的作物种类选取 3 个典型田块
		驷马山灌区	70.62		
	提水	撮镇灌区	36		
中型灌区 (5~15 万亩)	自流	庐北大圩灌区	11.24	直接测量法	在上、下游有代表性的农渠控制范围内分别选取，每种需观测的作物种类选取 3 个典型田块
	引水	岱山水库灌区	6.74		
		柘黄站灌区	8.54		
	提水	庄墓电灌站灌区	8.3		
		柘方站灌区	5.04		
中型灌区 (1~5 万亩)		杨柳圩灌区	4.55	直接测量法	
		下汤水库灌区	2.37		
	自流	西大圩灌区	1.8		
		托山水库灌区	1.2		
		霍集水库灌区	1.1		
		神灵灌区	3		
		沐集站灌区	1.68		
	提水	罗集灌区	1.8		
		十八联圩灌区	1.4		
		东岳电灌站灌区	0.92		

续表

小型灌区	自流	郭家圩灌区	0.12	直接测量法	按照作物种类、耕作和灌溉制度与方法、田面平整程度等因素，每种需观测的作物种类选取 2 个典型田块
		姚洼水库灌区	0.71		
		蒋冲水库灌区	0.55		
	自流	王南集水库灌区	0.15	观测分析法	观测实际进入典型田块田间的年亩均灌溉用水量；再根据当年气象资料、作物种类等情况，依据水量平衡原理计算典型田块某种作物当年的净灌溉定额；对二者比较进行判断，得出典型田块年亩均净灌溉用水量
		跃进坝水库灌区	0.07		
		马湖坝灌区	0.62		
		马兴灌区	0.4924		
		落沈圩旗麓灌区	0.22		
		林场灌区	0.056		
		王河坝灌区	0.024		
		板桥河水库灌区	0.7		
		鹰子圩灌区	0.11		
	提水	金牛电灌站灌区	0.59	直接测量法	按照作物种类、耕作和灌溉制度与方法、田面平整程度等因素，每种需观测的作物种类选取 2 个典型田块
		星光站灌区	0.68		
		迎霞站灌区	0.662		
		陆桥灌区	0.12	观测分析法	观测实际进入典型田块田间的年亩均灌溉用水量；再根据当年气象资料、作物种类等情况，依据水量平衡原理计算典型田块某种作物当年的净灌溉定额；对二者比较进行判断，得出典型田块年亩均净灌溉用水量
		梅元灌区	1.03		
		河东电站灌区	0.1		
		四房郢电站灌区	0.075		
		临湖站灌区	0.58		
		跃进站灌区	0.26		
		李墩站灌区	0.12		

4.2. 毛灌溉用水量测算

毛灌溉用水总量是根据灌区从水源地实际取水测量值统计取得，当灌区中存在大量的塘堰坝时，往往塘堰坝与骨干灌溉水源联合对灌区供水，应将塘堰坝拦蓄降雨径流增加的供水量或其它水源灌溉供水量加进来。合肥市样点灌区毛灌溉用水量计算依据灌区主管部门的渠首供水记录，结合对灌区内水库、塘坝及河流沟渠蓄水等供水量估算而得。

4.3. 市级小、中、大型灌区有效利用系数测算

1) 市级小型灌区有效利用系数测算

以测算分析得出的各个小型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数为基础，采用算术平均法计算合肥市小型灌区灌溉水有效利用系数。计算公式[3]如下：

$$\eta_{\text{市小}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{\text{小}i} \tag{2}$$

式中： $\eta_{\text{市小}}$ ——小型灌区灌溉水有效利用系数； $\eta_{\text{小}i}$ ——第 i 个小型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数； n ——小型灌区样点灌区数量。

2) 市级中型灌区有效利用系数测算

以中型灌区 3 个档次样点灌区灌溉水有效利用系数为基础,采用算术平均法分别计算 1~5 万亩、5~15 万亩、15~30 万亩灌区的灌溉水有效利用系数;然后将汇总得出的 1~5 万亩、5~15 万亩、15~30 万亩灌区年毛灌溉用水量加权平均得出合肥市中型灌区的灌溉水有效利用系数。计算公式[3]如下:

$$\eta_{\text{市中}} = \frac{\eta_{1-5} \cdot W_{\text{市毛1-5}} + \eta_{5-15} \cdot W_{\text{市毛5-15}} + \eta_{15-30} \cdot W_{\text{市毛15-30}}}{W_{\text{市毛1-5}} + W_{\text{市毛5-15}} + W_{\text{市毛15-30}}} \quad (3)$$

式中: $\eta_{\text{市中}}$ ——中型灌区灌溉水有效利用系数; η_{1-5} 、 η_{5-15} 、 η_{15-30} ——分别为 1~5 万亩、5~15 万亩、15~30 万亩不同规模样点灌区灌溉水有效利用系数; $W_{\text{市毛1-5}}$ 、 $W_{\text{市毛5-15}}$ 、 $W_{\text{市毛15-30}}$ ——分别为 1~5 万亩、5~15 万亩、15~30 万亩不同规模灌区年毛灌溉用水量, 万 m^3 。

3) 市级大型灌区有效利用系数测算

依据各大型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数与用水量加权平均后得出大型灌区灌溉水有效利用系数。计算公式[3]如下:

$$\eta_{\text{市大}} = \frac{\sum_{i=1}^N \eta_{\text{大}i} \cdot W_{\text{样大}i}}{\sum_{i=1}^N W_{\text{样大}i}} \quad (4)$$

式中: $\eta_{\text{市大}}$ ——大型灌区灌溉水有效利用系数; $\eta_{\text{大}i}$ ——第 i 个大型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数; $W_{\text{样大}i}$ ——第 i 个大型灌区样点灌区年毛灌溉用水量, 万 m^3 ; N ——大型灌区样点灌区数量, 个。

4.4. 市级灌溉水有效利用系数计算

基于不同规模与类型灌区灌溉水有效利用系数和年毛灌溉用水量, 市级农田灌溉水有效利用系数计算公式[3]如下:

$$\eta_{\text{市}} = \frac{\eta_{\text{市大}} \cdot W_{\text{市大}} + \eta_{\text{市中}} \cdot W_{\text{市中}} + \eta_{\text{市小}} \cdot W_{\text{市小}}}{W_{\text{市大}} + W_{\text{市中}} + W_{\text{市小}}} \quad (5)$$

式中: $W_{\text{市大}}$ 、 $W_{\text{市中}}$ 、 $W_{\text{市小}}$ ——分别为大、中、小型灌区的年毛灌溉用水量, 万 m^3 ; $\eta_{\text{市大}}$ 、 $\eta_{\text{市中}}$ 、 $\eta_{\text{市小}}$ ——分别为大、中、小型灌区的灌溉用水有效利用系数。

5. 结论

基于实测资料及资料整理分析, 计算得出合肥市 2022 年度大、中、小型灌区的农田灌溉水有效利用系数分别为 0.5732、0.5859、0.6265, 大型灌区大、中、小型灌区毛灌溉用水量分别为 1173.64 万 m^3 、4.24 万 m^3 、7.09 万 m^3 , 由此得出合肥市农田灌溉水有效利用系数为 0.5732, 具体见表 3。合肥市近几年的农田灌溉水有效利用系数见图 1。

从表 3 和图 1 可以看出:

1) 引水方式相同情况下, 灌区面积越大其农田灌溉水有效利用系数越小。因为灌区灌溉面积大, 各级渠道的数量越多, 渠道长度也会增加, 灌溉用水在输配水的过程中渗漏等损失就越大, 导致有效利用系数变小。反之, 灌区面积小, 则渠道数量少、长度短、输水损失小, 其灌溉水有效利用系数就大。

2) 灌区面积相同情况下, 提水灌区比自流引水灌区的农田灌溉水有效利用系数大。一般情况下, 提水灌区工程渠道防渗衬砌较好, 用水管理制度较为健全, 灌区管理维护较为到位; 引水灌区的工程条件与管理条件相对较差, 因此, 提水灌区的灌溉水有效利用系数比引水灌区的有效利用系数高。

3) 合肥市近几年农田灌溉水有效利用系数呈现逐渐增加的趋势，得益于大中型灌区续建配套节水改造项目、三达标一美丽－灌区达标、高标准农田建设、灌区管护等项目逐步开展实施，陆续发挥效用，较好地改善了灌区的输配水条件，取得了较好的社会经济和生态环境效益，加之管护工作日益完善成熟，且因地制宜地及时调整作物种植结构，采用节水灌溉模式，从工程和管理两个方面提高了灌溉水有效利用效率，保障合肥市农田灌溉水有效利用系数由 2018 年的 0.5339 逐步提高至 2022 年的 0.5732。

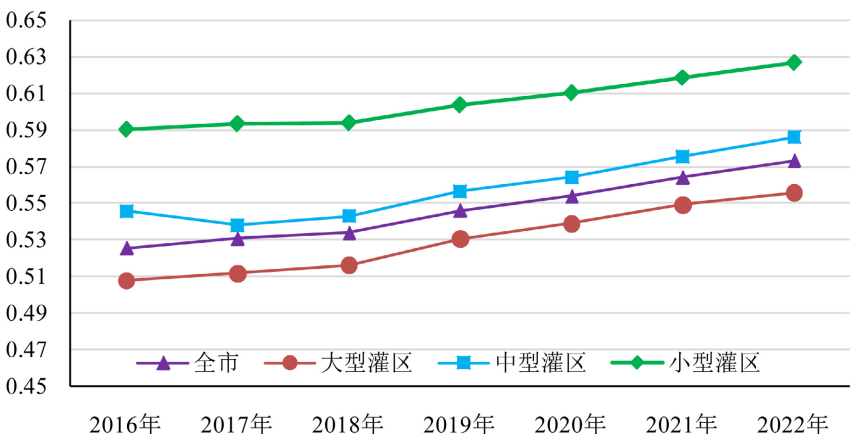


Figure1. Statistical chart of effective utilization of farmland irrigation water in Hefei City
图 1. 合肥市农田灌溉水有效利用统计图

Table 3. Statistical table of effective utilization coefficient of farmland irrigation water in Hefei City
表 3. 合肥市农田灌溉水有效利用系数统计表

规模	引水方式	农田灌溉水有效利用系数			
大型	自流	0.5546	0.5557	0.5557	
	提水	0.5602			
中型 (5-15 万亩)	自流	0.5689	0.5852	0.5859	
	提水	0.5960			
中型 (1-5 万亩)	自流	0.5807	0.5874		0.5732
	提水	0.5941			
小型	自流	0.6209	0.6265	0.6265	
	提水	0.6332			

6. 建议

- 针对合肥市的农田灌区的现状提出农业节水增效措施如下：
- 1) 提升高效节水灌溉面积的比例，统筹农田水利、高标准农田、新增千亿斤粮食、农业综合开发、国土整治等项目资金用于发展高效节水灌溉，促进高效节水灌溉的发展。坚持先易后难的原则，因地制宜发展高效节水灌溉工程。
 - 2) 加强工程设施改造，完善骨干渠系配套工程。如渠首、渠系以及骨干灌排水工程的配套改造，减少灌区引水、输水、配水过程中的输水损失量，提高渠系水用水效率。
 - 3) 不断改善农田田间基础设施，提高田间灌溉水用水效率。加大田间工程建设力度，加强田间灌溉用水管理，建立节水灌溉技术服务体系[6]，以提高作物水分生产效率 实施灌区节水改造，通过土地平整、

优化畦田长宽规格等提高田间用水效率。

4) 加强灌区灌溉用水的管理措施, 通过加强灌溉用水管理, 提高管理水平和能力, 合理的水价政策, 推进用水大户参与灌溉管理, 调动用水户的节水积极性, 提高用水户的节水意识, 改善用水行为, 减少水资源的浪费, 以减少非工程性水量损失。

基金项目

国家自然科学基金项目(52209002), 安徽省自然科学基金项目(2308085US06)。

参考文献

- [1] 许一, 徐承娟. 池州市农田灌溉水有效系数测算分析[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(4): 141-142.
- [2] 冯保清. 我国不同尺度灌溉用水效率评价与管理研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2013.
- [3] 中华人民共和国水利部. 全国农田灌溉水有效利用系数测算分析技术指导细则[Z]. 2015.
- [4] 中华人民共和国水利部. 灌溉水利用率测定技术导则: SL/Z 699-2015 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015.
- [5] 中华人民共和国水利部. 灌溉试验规范: SL13-2015 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015.
- [6] 鞠艳, 杨星, 毕克杰, 等. 江苏省农田灌溉水有效利用系数年际变化及其影响因素分析[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(12): 123-130.