

首尾测算法在青弋江灌区中的应用

唐洪火 (安徽省宣城市青弋江灌区管理处, 安徽宣城 242000)

摘要 青弋江灌区采用首尾测算法测算农田灌溉水有效利用系数(以下简称农水系数), 通过选定典型样点田块, 基于直接量测法与观测分析法相耦合途径确定灌区作物净灌溉定额, 测算出 2019 年农水系数为 0.460 6, 并对测算过程和结果进行合理性分析。

关键词 农水系数; 首尾测算法; 青弋江灌区

中图分类号 S27 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)03-0222-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.03.059



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application of Head-tail Measurement Method in Qingyi River Irrigation District

TANG Hong-huo (Administration Office of Qingyi River Irrigation District, Xuancheng, Anhui 242000)

Abstract The effective utilization coefficient of farmland irrigation water (hereinafter referred to as agricultural water coefficient) of Qingyi River Irrigation District was calculated by the head-tail measurement method. Through the selection of typical sample plots and the coupling approach of direct measurement method and observation analysis method, the net irrigation quota of crops in the irrigation district was determined, and the agricultural water coefficient in 2019 was calculated as 0.460 6, and the rationality analysis of the calculation process and results was carried out.

Key words Agricultural water coefficient; Head-tail measurement; Qingyi River Irrigation District

农水系数是指某一时期灌入田间可被作物利用的水量与水源灌溉取水总量的比值, 其反映灌区从水源引进的灌溉水能被作物吸收利用程度, 是实行最严格水资源管理制度、确立“三条红线”控制目标的主要指标之一^[1-2]。农水系数测算具有重要意义, 得到国内众多学者的关注。王洪斌等^[3]对静态和动态测定法测定灌溉水有效利用系数的方法进行了对照分析; 高峰等^[4]提出农田灌溉水有效利用系数综合测定方法; 蔡晓东等^[5]开展了咸宁市农田灌溉水有效利用系数测算的实践应用。青弋江灌区是宣城市境内唯一大型灌区, 其农水系数测算在整个宣城市农水系数测算工作中占据重要作用。青弋江灌区分别在泾县和宣州选定典型样点田块, 开展田间实测工作, 并采用首尾测算法测定农水系数。

1 基本概况

青弋江灌区地处安徽省长江南岸, 跨漳河流域和青弋江、水阳江流域中下游地区, 属全国 402 个大型自流引水灌区之一。总控制面积 1 383 km², 设计灌溉面积 7.13 万 hm², 有效灌溉面积 4.82 万 hm², 总灌溉面积 3.34 万 hm²。共有 5 级渠系, 干、支、斗、农、毛, 受益范围涵盖宣城市的泾县、宣州区、宁国市和芜湖市的南陵县、繁昌县。宣州区和泾县是宣城市境内主要受益地区, 有效灌溉面积 1.83 万 hm², 选定为青弋江灌区宣城市代表性测算片区(简称测区)。

2 灌区农水系数测算方法

过去青弋江灌区农水系数测算值 0.4, 通过实测获得不同级别典型渠道的渠道水利用系数, 加权平均得到灌区干、支、斗、农各级渠道的渠系水利用系数; 测量典型田块的田间水利用系数, 采用系数连乘的方法算得^[6], 存在精度不高且合理性分析不足等缺点。为改进不足提高精度, 2019 年农水系数测算采用首尾测算法。

首尾测算法是指直接测量统计灌区从水源引入(取用)的毛灌溉用水量, 通过分析测算得到田间实际净灌溉用水量, 田间实际净灌溉用水量与毛灌溉用水总量的比值即为灌溉利用系数^[7], 计算公式如下:

$$\eta_w = \frac{W_j}{W_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中, η_w 为农水系数; W_j 为净灌溉用水量, 单位为 m³; W_a 为毛灌溉用水量, 单位为 m³。

2.1 净灌溉用水量观测方法 测区主要耗水作物需采用直接量测法测定田间净灌溉用水量, 对于种植比例不超过 10% 的作物则采用观测分析法测定田间净灌溉用水量。具体观测方法如图 1 所示。

2.1.1 直接量测法。对于旱作物, 根据典型田块灌溉前后计划湿润层土壤含水率的变化确定某次平均净灌溉用水量, 计算公式如下:

$$w_{\text{田间净}} = 0.044 \times \frac{\gamma}{\gamma_w} \times H \times (\theta_{g2} - \theta_{g1}) \quad (2)$$

式中, $w_{\text{田间净}}$ 为典型田块某次平均净灌溉用水量, 单位为 m³/hm²; H 为灌水期内典型田块土壤计划湿润层深度, 单位为 mm; γ 为典型田块 H 土层内土壤干容重, 单位为 g/cm³; γ_w 为水的容重, 单位为 g/cm³; θ_{g1} 为灌水前典型田块 H 土层内土壤质量含水率, 单位为%; θ_{g2} 为灌水后典型田块 H 土层内土壤质量含水率, 单位为%。

对于淹灌水稻, 根据典型田块灌溉前后田面水深变化来确定某次平均净灌溉用水量, 计算公式如下:

$$w_{\text{田间净}} = 0.044 \times (h_1 - h_2) \quad (3)$$

式中, h_1 为灌水前典型田块田面水深, 单位为 mm; h_2 为灌水后典型田块田面水深, 单位为 mm。

2.1.2 观测分析法。对于旱作物, 其生育期净灌溉定额分析计算采用水量平衡原理确定, 平衡方程式如下:

$$M_i = ET_{ci} - P_e - G_{ei} + \Delta W \quad (4)$$

作者简介 唐洪火(1984—), 男, 安徽泾县人, 工程师, 从事农田灌溉研究。

收稿日期 2020-06-17

式中, M_i 为第 i 种作物净灌溉定额, 单位为 mm; ET_{ci} 为第 i 种作物的蒸发蒸腾量, 单位为 mm; P_e 为作物生育期内的有效降雨量, 单位为 mm; G_{ei} 为第 i 种作物生育期内地下水利用

量, 单位为 mm; ΔW 为生育期始末土壤储水量的变化值, 单位为 mm^[8]。

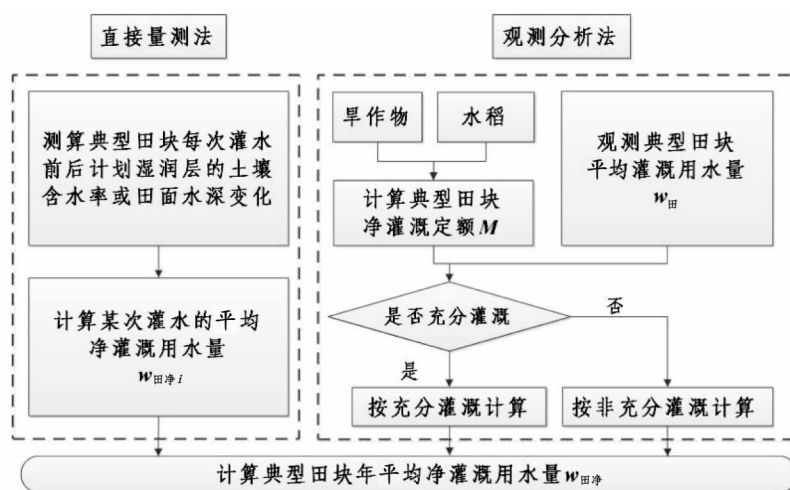


图 1 灌区净灌溉用水量观测方法示意

Fig. 1 Observation method of net irrigation water consumption in irrigation district

对于淹灌水稻, 水稻的净灌溉需水量包括泡田水量、蒸发蒸腾水量以及必要的渗漏水量三部分^[9]。水稻全生育期净灌溉定额计算公式如下:

$$M_i = ET_c + F_d + M_0 - P_e - G_e \quad (5)$$

式中, ET_c 为水稻的蒸发蒸腾量, 单位为 mm; F_d 为水稻全生育期渗漏量, 单位为 mm; M_0 为泡田定额, 单位为 mm; G_e 为水稻全生育期间地下水的利用量, 单位为 mm。

2.2 灌区毛灌溉用水量总量测定方法 灌溉用水总量 W_a 是指灌区全年从水源地引入(取用)用于农田灌溉的总水量, 其等于从水源地取水总量扣除由于工程保护、防洪除险等需要的渠道(管路)弃水量。农田灌溉输水与城市、工业或农村生活供水使用同一渠道或管路时, 扣除相应的城市、工业或农村生活供水量^[10]。年毛灌溉用水量总量是根据灌区从水源地实际取水测量值统计取得, 而非其他(如计收水费等)目的收费计算的水量数值。

测区存在大量的塘堰坝, 这些塘堰坝与骨干灌溉水源联合对灌区进行灌溉供水。塘堰坝的蓄水一部分来自拦蓄当地降雨产生的地表径流, 同时还有一部分来自渠道的补水。因此, 在统计灌区毛灌溉用水量总量时, 将塘堰坝拦蓄降雨径流增加的供水量或其他水源灌溉供水量加进来。塘堰坝或其他供水水源灌溉供水量按以下要求测算: ①对有实际塘堰坝或其他供水水源灌溉供水量统计资料, 以统计资料为准, 供水量中不包括灌区渠系引水入塘堰坝的水量。②对统计资料缺乏的典型灌区, 灌溉用水代表年塘堰坝或其他供水水源灌溉供水情况进行调查, 并依据调查结果进行估算^[11]。

3 农水系数测算结果与分析

3.1 田间净灌溉定额测定 在测区分别选定 9 块样点田块开展田间净灌溉用水量实测工作。其中, 泾县主要田间实测作物为中稻, 4 月底播种, 9 月下旬收割; 宣州主要田间实测作物为双季稻, 双季早稻 4 月底插秧, 7 月下旬收割, 双季晚

稻 7 月下旬插秧, 10 月中旬至 10 月下旬收割。2019 年典型样点田块田间实测过程具体如表 1 所示。

由表 1 可知, 泾县和宣州典型样点田块具体田间实测灌水过程, 可得典型样点田块 2019 年度净灌溉定额, 具体如下: ①泾县上、中、下游全部样点田块中稻平均净灌溉定额为 525.1 mm; ②加上水稻育秧折算 345.0 mm/hm², 宣州上、中、下游全部样点田块双季早稻平均净灌溉定额为 5 506.5 mm/hm²; ③加上水稻育秧折算 345.0 mm/hm², 宣州片上、中、下游全部样点田块双季晚稻平均净灌溉定额为 7 501.5 mm/hm²。

对于播种面积少于灌区总播种面积 10% 的大宗灌溉作物, 则采用观测分析法来确定净灌溉定额, 由式(4)和式(5)求取。采用观测分析法的主要是宣州片区的中稻, 具体计算净灌溉定额为 465.5 mm。此外, 根据实地调查, 灌区内旱作物 2019 年没有进行取水灌溉, 净灌溉定额为 0 mm。

3.2 毛灌溉用水量确定 青弋江灌区供水体系较为复杂, 从渠首总干渠溪口闸取水, 至纪村电站发电后尾水进入芜湖, 在此期间泾县居民生活用水从总干渠取水, 南瓜山电站发电要消耗总干部分取水量; 此外, 在黄村闸处有流域面积约 1 338 km² 的徽水河水系汇入总干渠, 而黄村闸可泄洪至灌区范围之外。据统计, 宣城在 2019 年灌溉期间从渠首溪口闸取水 14.81 亿 m³, 徽水河汇入降雨径流 3.75 亿 m³, 黄村闸泄洪 2.59 亿 m³, 南瓜上电站发电用水 0.66 亿 m³, 泾县居民生活取水 0.16 亿 m³, 纪村电站发电用水 13.30 亿 m³, 则可计算宣城内农业灌溉渠首水量为 1.85 亿 m³。据水利普查数据, 测区有塘坝及小水库蓄水容量 2 605.7 万 m³, 根据灌区内典型塘坝 2019 年取用水记录, 灌区范围内塘坝及小水库平均复蓄次数约为 0.42, 则可得测区塘坝及小水库供水总量为 0.11 亿 m³。综上所述, 测区 2019 年毛灌溉用水量为 1.96 亿 m³。

3.3 测区 2019 年农水系数测算结果 采用首尾测算法对测区农田灌溉水利用系数进行测算, 具体计算结果见表 2。

表 1 测区田间净用水量统计

Table 1 Statistics of net water consumption in field in the survey area

mm

灌区名称 Name of irrigation district	作物类型 Crop type	典型田块 Typical plot	灌溉次数 Irrigation times							田间净用水量 Total net water consumption in field
			1	2	3	4	5	6	7	
青弋江灌区泾县 Qingyi River Irrigation District	中稻	上 1	97	52	73	94	87	66	59	528.5
		上 2	84	58	73	90	85	66	55	511.6
		上 3	94	53	77	90	87	61	55	516.7
		中 1	107	51	76	91	83	68	52	528.4
		中 2	100	53	72	91	83	65	51	515.5
		中 3	89	53	76	93	84	65	57	517.5
		下 1	97	58	79	95	84	63	58	533.6
		下 2	107	55	73	95	85	69	55	537.6
		下 3	87	56	74	99	87	69	60	533.3
青弋江灌区宣州 Qingyi River Irrigation District	双季早稻	上 1	87	110	78	72				347.2
		上 2	85	108	79	70				342.4
		上 3	88	112	82	71				353.1
		中 1	86	114	68	79				347.1
		中 2	89	113	60	81				343.3
		中 3	86	112	75	82				355.3
		下 1	82	110	77	65				334.1
		下 2	86	113	77	63				339.0
		下 3	84	111	67	73				335.1
	双季晚稻	上 1	90	110	104	85	84			473.1
		上 2	87	113	102	94	88			484.3
		上 3	86	105	102	90	86			469.5
		中 1	86	114	107	87	82			476.6
		中 2	89	105	104	93	87			478.8
		中 3	85	111	103	94	86			479.7
		下 1	92	107	102	92	87			480.5
		下 2	85	112	104	90	84			475.9
		下 3	90	107	110	89	85			481.7

表 2 测区农水系数测算结果

Table 2 Calculation results of agricultural water coefficient in the survey area

灌区名称 Name of irrigation district	水源类型 Water source type	有效灌溉面积 Effective irrigation area 万 hm ²	作物类型 Crop type	净灌溉定额 Net irrigation quota m ³ /hm ²	播种面积 Sowing area 万 hm ²	实灌面积 Actual irrigation area 万 hm ²	净用水量 Net water consumption 万 m ³	毛灌溉用水量 Gross irrigation water consumption 万 m ³	灌溉水利用系数 Irrigation water utilization coefficient
青弋江灌区宣城片 Qingyi River Irrigation District	自流引水	1.83	双季早稻	3 350.85	0.608	0.608	2 231.67	19 582.30	0.460 6
			双季晚稻	5 354.85	0.594	0.594	2 970.76		
			中稻	4 654.95	0.814	0.814	3 816.26		
			小麦	0	0.477	0	0		
			油菜	0	0.339	0	0		

3.4 测算过程与结果合理性分析

在青弋江灌区农水系数测算过程中,采用直接量测法和观测分析法相结合、微观模型研究与宏观分析评价相结合的方法。对采用直接量测法

测定净灌溉定额的作物,运用观测分析法测算了相应作物净灌溉定额,并进行对比分析,结果如表 3 所示。

表 3 测区作物净灌溉定额测算结果对比

Table 3 Comparison of the calculation results of crop's net irrigation quota in the survey area

灌区名称 Name of irrigation district	作物类型 Crop type	生育时期 Growth stage	ET _c mm	净灌溉定额 Net irrigation quota/mm	
				直接量测法 Direct measurement method	观测分析法 Observation analysis method
青弋江灌区宣州 Irrigation District	双季早稻	05-10—07-20	298.72	367.05	335.07
	双季晚稻	07-21—10-10	326.13	500.13	535.46
青弋江灌区泾县 Jingxian of Qingyi River Irrigation District	中稻	05-01—09-25	526.69	495.42	525.12

由表 3 可知,测区基于直接量测法测定的作物净灌溉定额与基于观测分析法测算的作物净灌溉定额相差 29.70~35.33 mm,换算百分比为 6.0%~8.7%。由此可见,基于直接量测法的作物实测净灌溉定额具有较强的可信度,实测结果

合理。

4 结语

(1)青弋江灌区在宣城泾县和宣州选定典型样点田块开

(下转第 237 页)

和挑战也逐步显现:城乡之间发展参差不齐,物流等配套设施不够完善,苏南、苏中、苏北之间的电商发展程度差异较大,地区发展不平衡,乡镇村的农产品电商的物流成本比城市高,江苏在亚热带季风气候的影响下农产品容易损坏变质^[8-9],网络、冷链仓储等设施亟待完善;农产品上行电商发展缓慢,品牌意识不强,不少地方的特色产业缺少大型企业和经济能人带动,在产品加工包装、品牌推广等方面实力较弱,难以打造适宜电商销售的精品网货品;农村人才短缺,缺乏专业性、复合型电商人才,许多农村的电商从业者没有经过专业培训学习^[10],思想观念、专业技能、营销方法相对落后,此外很多电商人才不愿回到农村,导致农村缺少具有专业技能的电商类人才。

4 江苏省农业电子商务发展对策

4.1 与特色农业相结合 依托“一村一品一店”模式的推广,提升特色农产品、品牌农产品线上销售比重,将资源优势转变为产业优势和经济优势,提高产业集群化水平。鼓励产品有特色、产业上规模的市场主体自建平台,打造农产品全产业链单品电商平台。通过电商平台宣传特色农产品,打通网上销售窗口。

4.2 与品牌建设相结合 深入推进农业电商品牌建设,保护地理标志农产品,支持农业电商企业做大做强,加快培育区域公用品牌和企业产品品牌,打造一批市场竞争力强、知名度高的农业电商品牌,开创一村一品、一县一业发展新格局。加大品牌宣传力度,利用好社交平台、新媒体在营销领域的重要作用,开展电商品牌推介活动,多角度全方位宣传特色农产品及电商品牌,提高农产品的市场需求量和知名度。

4.3 与用户体验相结合 鼓励 O2O 和乡村旅游的新型电商经营模式,发展乡村旅游与电子商务相结合、线上营销和线下体验一体化经营模式,进而提高农产品在线营销能力。鼓

励有条件的农业电商企业加大大本地化生态圈构建,提高服务质量、用户体验感和满意度,鼓励农业和乡村旅游产业基础好的地区发展休闲观光农业,进一步推动产业振兴和农民增收。

4.4 与主体培育相结合 引导新型农业经营主体、职业农民和各类返乡创业主体等,运用互联网多渠道、多形式开展农产品营销推介。鼓励知名电商平台、优秀农业电商企业、电商产业园和相关社会机构有针对性地开展农业电商培训。引导农业高职院校开设电子商务专业课程,培育一批扎根基层、创业农村的农业电子商务人才。

4.5 与完善设施相结合 加强对农产品上行供应链的基础设施建设,推进农村物流业发展,加速冷链物流体系建设。全面推进信息进村入户,实现通信、宽带、网络行政村全覆盖,为农民提供便捷高效的信息服务。完善旅游景区基础设施建设,改善公共服务设施条件,为农业电商加速发展奠定硬件基础。

参考文献

- [1] 农业部市场与经济信息司,中国农业科学院农业信息研究所. 中国农业电子商务发展报告—2017 [M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2017:7-11.
- [2] 周玲,王明宇. “互联网+”背景下的农业电商发展现状及趋势研究[J]. 中国商论, 2015(13):48-50.
- [3] 于连军. 基于互联网+的农业电子商务发展模式的研究[J]. 农业网络信息, 2015(11):19-21.
- [4] 吴彦艳,吴红伟,陈德慧,等. 黑龙江省农业电子商务发展模式分析[J]. 电子商务, 2017(6):32-33.
- [5] 郭红东,曲江,曾忆武,等. 沐阳模式——“互联网+三农”典范[R]. 杭州:浙江大学中国农村发展研究院(CARD)农村电商研究中心, 2016:3.
- [6] 李瑞强. “互联网+”时代农业电商平台线上线下融合服务模式研究[J]. 农业经济, 2016(11):120-122.
- [7] 曾敏,唐闻捷,王贤川,等. 浙江省温州市农业电子商务发展模式分析及创新研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24):403-407.
- [8] 胡晓庆. 长三角地区农业电商发展现状及对策研究[J]. 电子商务, 2015(11):10-12.
- [9] 孙永成. 浅议“互联网+”背景下的农业电商发展[J]. 经济师, 2016(3):46-47.
- [10] 万玉龙,章艳华,洪琼,等. “互联网+”背景下苏北地区农产品电子商务物流发展存在问题与对策[J]. 电子商务, 2017(5):26-27, 47.

(上接第 224 页)

展田间净灌溉定额实测工作,测定了青弋江灌区内主要作物的净灌溉定额;根据灌区降雨和气象数据,采用观测分析法计算出作物净灌溉定额,并与实测的作物净灌溉定额进行对比,确定了灌区作物净灌溉定额。

(2) 青弋江灌区是一个集生活供水、农业灌溉和水力发电等多功能的自流引水大型灌区,且在总干黄村闸处有区间汇流和泄洪闸,农业灌溉渠首水量需扣除区间汇流、泄洪水量、生活供水和水力发电耗水等才能确定,由于影响因素众多且难于精确测定,导致青弋江灌区宣城片农业灌溉渠首水量测定会存在一定偏差。

(3) 在科学、合理确定青弋江灌区测区各作物净灌溉定额和毛灌溉用水总量的基础上,采用首尾法测算了青弋江灌区宣城片 2019 年农田灌溉水有效利用系数,并与 2018 年测算结果进行了对比,阐述了灌区系数变化的原因,进行了测算合理性分析。该测算成果可为青弋江灌区农田灌溉管理和节水调水方案制定提供理论依据。

参考文献

- [1] 申佩佩,杨路华,谢晓彤,等. 灌区灌溉水有效利用系数内涵及测定方法研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(6):73-75, 80.
- [2] 杨水才,孙立平,吴中行,等. 武夷山楮树下灌区灌溉水有效利用系数测算分析[J]. 中国农村水利水电, 2018(5):28-32.
- [3] 王洪斌,闻绍珂,郭清. 灌溉水利用系数传统测定方法的修正[J]. 东北水利水电, 2008, 26(4):59-61, 72.
- [4] 高峰,赵克成,许建中,等. 灌溉水利用系数测定方法研究[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(1):14-20.
- [5] 蔡晓东,陈新明,李普超. 咸阳市农田灌溉水有效利用系数测算与分析[J]. 节水灌溉, 2018(1):82-85, 89.
- [6] 马之刚. 农田灌溉水有效利用系数测算分析[J]. 安徽水利水电职业技术学院学报, 2018, 18(3):33-36.
- [7] 王成功,杨利民. 浅析农业灌溉用水系数测算[J]. 科技传播, 2010(16):58, 64.
- [8] 王景山,党素珍,李海霞,等. 宁夏现状灌溉水利用系数研究[J]. 人民黄河, 2014, 36(2):82-84, 89.
- [9] 张东,张贤瑞,冯永军,等. 天津市现状灌溉水利用率测算研究[J]. 节水灌溉, 2009(2):42-44.
- [10] 孙国斌. 区域灌溉水利用系数测算软件的开发与应用[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2009.
- [11] 河南省水利厅农村水利处,河南省水利科学研究院. 河南省“十一五”农业灌溉用水有效利用系数测算分析工作实施方案[EB/OL]. (2011-04)[2020-01-05]. <http://www.docin.com>.