

文章编号: 1007-2284(2020) 04-0112-04

农田灌溉用水量统计工作中的 样点灌区选取方法研究

沈莹莹¹ 陈梦婷² 崔 静¹ 张绍强¹ 罗玉峰²

(1. 中国灌溉排水发展中心, 北京 100054; 2. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 武汉 430072)

摘要: 为合理确定样点灌区数量, 减少用水量统计的工作, 提高用水量统计推算的精度, 研究提出了一种农田用水量推算工作中样点灌区的选取方法, 确定了样点灌区的选取原则、基本要求和选取方法。该方法要求, 设计灌溉面积 667 hm² 及以上的所有大中型灌区水量直接填报, 设计灌溉面积 667 hm² 以下的小型灌区水量需选取样点灌区进行推算; 小型灌区根据取水类型分别进行样点灌区选取, 纯井灌区根据最低数量要求进行样点灌区选取, 地表水源灌区根据“样点灌区数量初步确定-样点灌区最低数量要求-样点灌区数量最终确定”3 个阶段最终确定; 根据该方法, 全国按照灌溉分区共需布设 2 218 个小型地表水源样点灌区和 602 个小型地下水源灌区。

关键词: 样点灌区; 灌溉用水量; 样点选择

中图分类号: [TV93] **文献标识码:** A

A Study of the Selection Method of the Sample Irrigation Area in Agricultural Irrigation Water Consumption Statistics

SHEN Ying-ying¹, CHEN Meng-ting², CUI Jing¹, ZHANG Shao-qiang¹, LUO Yu-feng²

(1. China Irrigation and Drainage Development Center, Beijing 100054, China;

2. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: In order to determine the number of sampling irrigation areas reasonably, by reducing the workload of water consumption statistics and improving the accuracy of water consumption statistics, this study proposes a method of selecting sampling irrigation areas in the calculation of agricultural water consumption, and determines the selection principles, basic requirements and selection methods of sampling irrigation areas. This method requires that all large and medium-sized irrigation areas should be calculated directly, and that the small-sized irrigated areas should be calculated by selecting the irrigated area samples. The small-sized sample irrigation areas are selected according to the water intake type, the well irrigation areas were selected according to the minimum quantity requirements, and the surface water source irrigation areas are determined according to the three stages of “preliminary determination of the number of sample irrigation areas - minimum number of sample irrigation areas - final determination of the number of sample irrigation areas”. According to this method, a total of 2218 small surface water source sample irrigation areas and 602 small-well irrigation areas should be arranged according to the irrigation zones.

Key words: sample irrigation areas; irrigation water consumption; sample selection

收稿日期: 2019-11-06

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC0407703)。

作者简介: 沈莹莹(1988-), 女, 工程师, 主要从事农业用水量统计、地下水等方面的研究。E-mail: shenyinying_cugb@163.com。

通讯作者: 陈梦婷(1995-), 女, 博士研究生, 主要从事节水灌溉理论与技术及灌区建设与管理研究。E-mail: chenmengting@whu.edu.cn。

水利部部长鄂竟平提出, 下一步水利工作的重心将转到“水利工程补短板、水利行业强监管”上来, 这是当前和今后一个时期水利改革发展的总基调。其中, 对水资源的监管, 要体现水资源管理“最严格”的要求, 全面监管水资源的节约、开发、利用、保护、配置、调度等各环节工作。用水总量统计工作作为水资源管理一项重要的基础工作, 不仅反映用水总量控制制度的实施效果, 还为水资源规划、管理、节约与保护等日常工作提供必要的基础支撑, 为我国宏观水资源战略提供决策依据。

我国经济社会用水中,农业用水量占比达到60%以上,是用水总量控制的重点。而农田灌溉用水量占农业用水量的88%左右,及时准确地统计农田灌溉用水量数据,是落实最严格水资源管理制度的一项重要任务。按照2014年水利部下发的《用水总量统计方案(试行)》和目前正在开展试点的《用水统计调查制度》要求,农业灌溉用水量应以灌区为基本单元,采取用水大户逐一计量统计、一般用水户抽样调查、综合推算区域农业用水量的技术方法进行统计^[1]。按照2011年水利普查成果,我国共有设计灌溉面积2万hm²及以上的大型灌区456处,设计灌溉面积667~20000hm²的中型灌区7293处,设计灌溉面积667hm²以下的小型灌区数百万处(准确数字无法统计)^[2]。按照最新统计数据,2018年我国农业用水总量为3693.1亿m³,农田灌溉用水量为3256.7亿m³^[3]。其中,大中型灌区农田灌溉用水量占农田灌溉用水量的59.5%,而数量以百万计的小型灌区灌溉用水量占比仅为40.5%。由于小型灌区数量众多,水源和工程情况各异,且大部分小型灌区没有专门的管理机构,计量设施安装率低^[4],因此,需要对样点灌区选择的方法进行深入研究,合理确定样点灌区数量,既减少用水量统计的工作量,又尽可能地提高用水量统计推算的精度^[5]。

1 样点灌区选取原则和基本要求

1.1 样点灌区选取原则

代表性:综合考虑农业灌溉用水户规模、工程设施情况、水源取水方式(自流引水、提水)、地形地貌、土质类型、种植结构等因素选择灌溉样本用水户。灌溉样本用水户应在省级行政区和水资源分区的同类型灌溉用水户中具有代表性。

可行性:灌溉样本用水户应具备一定的量水条件和技术力量,保证统计数据来源可靠。

可持续性:针对灌溉样本用水户计量、统计分析过程中存在的问题,适时增加或调整监测站(点),以保证数据精度^[6]。

1.2 样点灌区选取基本要求

(1)应按照各省用水定额标准文件中的农业灌溉分区进行选取,在每一灌溉分区中选择在工程设施情况、水源取水方式(自流引水、提水)、地形地貌、土质类型、种植结构等方面有代表性的灌区为样点灌区,作为农田灌溉用水量统计推算的基础。

(2)为充分利用已有的基础资源,样本用水户的选取应尽可能与国控、省级行政区监测站(点)和取水许可监督管理等工作相衔接。

(3)应分析现状灌溉样本用水户是否具有代表性,统计数量能否满足监测计量水量的比例要求,如不满足要求,应按照上述原则和方法增加或调整样点灌区。

2 样点灌区选取方法

2.1 总体要求

设计灌溉面积667hm²及以上的所有大中型灌区水量均应直接填报,不存在样点灌区选择问题。

设计灌溉面积667hm²以下的小型灌区需按照典型推算的方法进行农业灌溉用水量的填报,故应选取样点灌区。根据

地表水源灌溉和地下水源灌溉(即纯井灌区)两种取水类型,分别选择有代表性的灌区作为样点灌区。

2.2 小型样点灌区选取方法

小型样点灌区需要根据地表水源和地下水源(纯井)两种取水类型分别选取。纯井灌区以单井控制灌溉面积作为一个样点灌区,单井控制面积一般比较小,灌溉的作物相对单一,灌溉单位面积用水量主要取决于不同节水工程形式和种植的作物、土质类型,因此样点灌区选取时相对简单,一般要求每个灌溉分区内不少于3个,但应当保证样点灌区在灌溉分区内的代表性,即样点灌区应包括灌溉分区内小型地下水源灌区主要的节水工程形式(渠道防渗、喷灌、滴灌或低压管道),不同节水工程形式下的有效灌溉面积应与灌溉分区内小型地下水源灌区总的节水工程现状相协调,并且样点灌区的工程设施情况、土壤类型和作物种植结构要在灌溉分区内的同类型灌区中具有代表性。

对于小型地表水源灌区,水源和工程情况更为复杂,样点灌区的选择分为“样点灌区数量初步确定-样点灌区最低数量要求-样点灌区数量最终确定”3个阶段最终确定,其中“样点灌区数量初步确定”阶段,主要是采用了2018年度农田灌溉水有效利用系数测算的1614个小型地表水源样点灌区调查资料,以样点灌区耕地灌溉单位面积用水量作为调查样本数据,计算样本的标准差。

(1)样点灌区数量初步确定。省级区样点灌区数量初步确定。以所有小型地表水源灌区为样本总体,按照提水和自流两种取水方式进行样本容量确定。通过确定标准误差的置信水平和抽样误差,并采用2018年度农田灌溉水有效利用系数测算的小型地表水源样点灌区为调查样本数据,估算确定样本的标准差,初步确定各省小型地表水源样点灌区的数量。

根据统计学原理,耕地灌溉单位面积用水量估计的样本容量计算公式为^[7]:

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{e^2} \quad (1)$$

式中: z 为标准误差的置信水平,本方案置信度为95%,经查表 $z=1.96$; σ 为总体标准差; e 为可接受的抽样误差,本方案取10%;

采用2018年度农田灌溉水有效利用系数测算的小型地表水源样点灌区为调查样本数据,估算确定样本的标准差,标准差公式为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (2)$$

式中: N 为调查样本中小型灌区样本数; x_i 为调查样本中第*i*个小型地表水源灌区耕地灌溉单位面积用水量, m³/hm²; μ 为调查样本中的平均小型地表水源灌区耕地灌溉单位面积用水量, m³/hm²。

灌溉分区样点灌区数量初步确定。目前大部分省区都发布了行业用水定额或灌溉用水定额标准,标准中对本省的农业灌溉分区进行了划分,根据收集整理的相关标准文件,全国共有27个省区(北京、天津、上海、西藏除外)划分了农业灌溉分区,其中一级灌溉分区132个,二级灌溉分区185个。将通过样本容量计算初步确定的小型灌区样点灌区数量按灌溉分区

比例分配到各个灌溉分区,得到每个灌溉分区的小型地表样点灌区初步数量。

(2) 样点灌区最低数量要求。样点灌区应包括提水和自流引水 2 种取水方式,每个灌溉分区内每种取水方式的小型地表水源样点灌区数量不少于 5 个。应当保证样点灌区在灌溉分区内的代表性:

不同取水方式的样点灌区数量和有效灌溉面积应与灌溉分区内同类型灌区有关指标比例相协调,并且样点灌区的工程设施情况、土壤类型和作物种植结构要在灌溉分区内的同类型灌区中具有代表性。

(3) 样点灌区数量最终确定。将通过样本容量计算初步确定的小型地表水源灌区样点灌区数量按比例分配到灌溉分区后,与该灌溉分区内最低样点数量相比较。如果根据初步确定后的样点灌区数量少于最低样点数量,则以最低样点数量为准;

如果高于最低样点数量,则以初步确定的样点灌区数量为准。

3 样点灌区数量确定及分析

3.1 样点灌区数量确定

省级小型灌区标准差及样本容量如表 1 所示。内蒙古、辽宁、黑龙江、浙江和安徽省部分取水方式由于调查数据缺失无法计算标准差故直接以最低数量要求确定最终样本容量,其余部分省及直辖市由于某种取水方式的灌区数量较少,故不布设该取水方式的样点灌区。从表中可以看出,根据统计学原理确定初步样本容量,小型地表水源样点灌区需布设 877 个提水样点灌区和 882 个自流样点灌区。部分省及直辖市由于调查数据标准差较小,所需样点灌区数量少,如甘肃省,自流和提水小型灌区分别仅需 4 个样点灌区即可满足用水量估算的要求,为了确保样点灌区在灌溉分区的代表性,提高用水量估算的精度,

表 1 省级小型样点灌区标准差及样本容量

省份	标准差		初步样本容量			最终样本容量		
	提水	自流	提水	自流	小计	提水	自流	地下
全国	-	-	877	882	2 824	1 087	1 131	606
北京	-	-	-	-	22	-	-	22
天津	0.18	-	12	-	28	13	-	15
河北	0.38	0.22	55	18	236	64	39	133
山西	0.41	0.28	65	31	159	67	33	59
内蒙古	无	0.29	0	32	69	20	35	14
辽宁	无	0.37	0	51	99	25	54	20
吉林	0.11	0.07	4	2	64	20	20	24
黑龙江	0.22	无	18	0	97	24	20	53
上海	0.13	-	7	-	7	7	-	-
江苏	0.28	0.30	29	34	84	40	44	-
浙江	0.40	无	61	0	98	68	30	-
安徽	0.28	无	30	0	141	40	25	76
福建	-	0.27	-	27	49	-	28	21
江西	0.17	0.16	11	10	40	20	20	-
山东	0.37	0.29	53	33	118	55	36	27
河南	0.51	0.41	102	65	207	104	70	33
湖北	0.27	0.30	28	35	85	40	45	-
湖南	0.27	0.10	28	4	58	33	25	-
广东	0.16	0.35	10	46	79	30	49	-
广西	0.32	0.21	40	17	60	41	16	-
海南	0.10	0.20	4	15	21	5	16	-
重庆	0.32	0.17	39	11	61	41	20	-
四川	0.37	0.68	52	177	250	66	184	-
贵州	0.44	0.11	75	5	103	78	25	-
云南	0.31	0.20	36	15	73	43	30	-
西藏	0.05	0.19	1	14	19	5	14	-
陕西	0.44	0.45	76	77	189	78	78	33
甘肃	0.10	0.10	4	4	84	25	25	34
青海	0.09	0.24	3	22	59	20	27	12
宁夏	0.15	0.47	9	84	113	15	85	13
新疆	-	0.25	-	24	52	-	35	17

将每个灌溉分区每种取水方式的小型地表水源样点灌区数量增至 5 个。最终,全国共需布设 2 218 个小型地表水源样点灌区和 602 个小型地下水源灌区,其中小型地表水源样点灌区根据取水方式,分别需要布设 1 087 个小型提水样点灌区和 1 131 个小型自流样点灌区。

3.2 样点灌区与现有基础对比分析

农田灌溉水有效利用系数测算工作从 2006 年开始实施,截至 2018 年,全国共布设样点灌区 3 715 个,其中大型灌区 441 个,中型灌区 1 102 个,小型地表水源灌区 1 614 个,小型地下水源灌区(纯井灌区) 558 个。该项工作累计了大量的工作基础,因此,农田灌溉用水量的统计应与该项工作密切结合,尤其是样点灌区的选择方面。

通过上述方法确定,全国按照灌溉分区共需布设 2 218 个小型地表水源样点灌区和 602 个小型地下水源灌区。而 2018 年度农田灌溉水有效利用系数测算布设的小型地表水源灌区为 1 614 个、小型地下水源灌区(纯井灌区)为 558 个,现有系数测算样点灌区暂时不满足要求。通过对确定的各灌溉分区中样点灌区数量与现有 2018 年度农田灌溉水有效利用系数测算布设的样点灌区进行比较分析,可以发现:

(1) 总体来说,确定的各灌溉分区中样点灌区数量与现有 2018 年度农田灌溉水有效利用系数测算布设的样点灌区数量相差不大,现有系数测算样点灌区只需适当增加和调整即可满足农田灌溉用水量的统计要求。

(2) 与现有样点灌区相比,需要增加的小型样点灌区数为 648 个,其中小型地表水源灌区 604 个,小型地下水源灌区 44 个。

(3) 在 132 个灌溉分区中,有 94 个灌溉分区需要增加小型样点灌区的数量,38 个灌溉分区的现有小型样点灌区已达要求。

4 结 语

本研究提出一种农田用水量推算工作中样点灌区的选取方法,确定了样点灌区的选取原则、基本要求和选取方法。主要结论有:①设计灌溉面积 667 hm^2 及以上的所有大中型灌区水量直接填报,设计灌溉面积 667 hm^2 以下的小型灌区水量需选取样点灌区进行推算;②小型灌区根据取水类型分别进行样点灌区选取,纯井灌区根据最低数量要求进行样点灌区选取,地表水源灌区根据“样点灌区数量初步确定-样点灌区最低数量要求-样点灌区数量最终确定”3 个阶段最终确定;③根据上述方法,全国按照灌溉分区共需布设 2 218 个小型地表水源样点灌区和 602 个小型地下水源灌区,与现有样点灌区相比,需要增加的小型样点灌区数为 648 个,其中小型地表水源灌区 604 个,小型地下水源灌区 44 个。 □

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部办公厅.关于印发用水总量统计方案的通知:办资源(2014)57号[Z].
- [2] 中华人民共和国水利部,中华人民共和国国家统计局.第一次全国水利普查公报[M].北京:中国水利水电出版社,2013:5-6.
- [3] 中华人民共和国水利部.中国水资源公报 2018[M].北京:中国水利水电出版社,2018.
- [4] 苏 飞,胡荣祥,贾宏伟,等.浙江省灌溉用水统计名录样点灌区分析[J].浙江水利科技,2015(5):6-8.
- [5] 沈莹莹,张绍强,吉 晔.我国农业灌溉用水量统计方法的确定及工作开展情况[J].中国农村水利水电,2016(11):133-134,138.
- [6] 张运鑫,韩振中,沈莹莹,等.我国农业灌溉用水量统计中样点灌区选择方法研究[J].节水灌溉,2018(4):78-81.
- [7] 邵志强.抽样调查中样本容量的确定方法[J].统计与决策,2012(22):12-14.
- [8] 林艳竹.基于数值模拟的长期气候条件下华北平原地下水响应研究[D].北京:中国地质大学(北京),2015.
- [9] 孙宏勇,刘小京,邵立威,等.不同种植模式对河北低平原区域地下水平衡和水分经济利用效率等的影响[J].中国农学通报,2014,30(32):214-220.
- [10] 杨建莹,梅旭荣,刘 勤,等.气候变化背景下华北地区冬小麦生育期的变化特征[J].植物生态学报,2011,35(6):623-631.
- [11] 刘 勤,梅旭荣,严昌荣,等.华北冬小麦降水亏缺变化特征及气候影响因素分析[J].生态学报,2013,33(20):6 643-6 651.
- [12] 杨建莹,刘 勤,严昌荣,等.近 48 a 华北区太阳辐射量时空格局的变化特征[J].生态学报,2011,31(10):2 748-2 756.
- [13] 王 学,李秀彬,辛良杰.河北平原冬小麦播种面积收缩及由此节省的水资源量估算[J].地理学报,2013,68(5):694-707.
- [14] 赵俊芳,郭建平,郭定荣,等.2011-2050 年黄淮海冬小麦,夏玉米气候生产潜力评价[J].应用生态学报,2011,22(12):3 189-3 195.
- [15] 赵俊芳,郭建平,徐精文,等.基于湿润指数的中国干湿状况变化趋势[J].农业工程学报,2010(8):18-24.
- [16] 陈玉民,郭国双,王广兴.中国主要农作物需水量等值线图研究[J].北京:中国农业科技出版社,1993,1(9):93.
- [17] 张 丽.基于供需平衡的灌区水资源合理配置研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [18] 周浩勇.冬小麦灌溉需水量适宜估算模式的研究[D].北京:中国农业科学院,2016.
- [19] 邵晓梅,严昌荣.黄河流域主要农作物的降水盈亏格局分析[J].中国农业气象,2007,28(1):40-44.
- [20] 张 杰.乡镇农业经济信息空间分析与辅助决策系统[D].北京:中国农业科学院,2015.
- [21] 熊范纶.面向农业领域的智能系统技术体系架构及其实现[J].模式识别与人工智能,2012,25(5):729-736.
- [22] 褚庆全,李 林.地理信息系统(GIS)在农业上的应用及其发展趋势[J].中国农业科技导报,2003,5(1):22-26.
- [23] 孙周亭,陈彦清,张 超,等.基于克里格插值法的农用地等别快速预测方法研究[J].沈阳农业大学学报,2013,44(3):278-283.
- [24] 孙周亭.基于空间插值法的耕地等别快速评价方法研究[C]//中国农业工程学会(CSAE).中国农业工程学会 2011 年学术年会论文集.中国农业工程学会(CSAE):中国农业工程学会,2011.
- [25] 靳国栋,刘衍聪,牛文杰.距离加权反比插值法和克里金插值法的比较[J].长春工业大学学报,2003,24(3):53-57.