

江苏省洪金灌区分级量水方案探讨

薛鹏飞¹, 周 璐², 刘建刚³

(1. 扬州大学, 江苏 扬州 225009; 2. 江苏省水利工程科技咨询股份有限公司, 江苏 南京 220000;
3. 常州市武进区礼嘉水利站, 江苏 常州 213100)

摘要:灌区量水是实现灌区灌溉水资源优化配置的基本手段,也是农业水价综合改革的基础性工作。对大型平原自流灌区而言,量水方案的选取,对灌区量水的成本和效率具有较大影响。以江苏省洪金灌区为例,根据大型平原自流灌区灌溉工程的特点,结合管理要求,提出一套完整的分级量水方案;对面广量大的农渠,首次提出一种基于标准断面的新型量水方法。该分级量水方案可以为其他平原自流灌区开展量水工作提供参考。

关键词:分级量水; 定型断面; 量水方法; 自流灌区

中图分类号:S275.2 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2019)09-0064-05

Discussion on the grading water metering scheme in Hongjin Irrigation District of Jiangsu Province

Xue Pengfei¹, Zhou Lu², LIU Jiangang³

(1. Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu;
2. Jiangsu Province Water Engineering Sci-tech Consulting Co., Ltd. Nanjing 210029, Jiangsu;
3. Lijia Water Conservancy Station of Wujin District, Changzhou 213100, Jiangsu)

Abstract: Measuring water of irrigation area is the basic means to realize the optimal allocation of irrigation water resources in irrigation area, and it is also the basic work of comprehensive reform of agricultural water price. For large-scale plain gravity irrigation area, the selection of water measurement scheme has a great impact on the cost and efficiency of water measurement in irrigation area. Taking Hongjin Irrigation Area in Jiangsu Province as an example, according to the characteristics of irrigation project in large-scale plain gravity irrigation area and the requirements of management, a complete scheme of grading water measurement was put forward, and a new method of water measurement based on standard section for large-scale agricultural canals was proposed for the first time. The grading water metering scheme could provide reference for water metering work in other plain gravity irrigation areas.

Key words: grading water metering; stereotype section; water-measuring method; gravity irrigation area

用水计量是合理调度灌区灌溉水源、正确执行用水计划、加强用水管理的必要措施,是灌区实行计划用水、征收水费的主要依据,也是衡量灌区管理水平和灌溉水利用率的重要技术手段^[1]。国内外研究表明,灌区是否安装计量设施、安装条件与形式的不同,对工程管理、灌溉效益有着较大的影

响^[2]。近年来,随着我国农业水价综合改革不断推进,农业水资源利用效率日益受到重视,进一步完善田间量水工程需要更为迫切。因此,针对不同灌区情况开展量水方案研究,对灌区水资源的合理利用与农业水价综合改革的推进将产生至关重要的作用。

收稿日期:2019-05-29

基金项目:国家重点研发计划“自流灌区用水调控技术集成与应用示范”(2017YFC0403205)

作者简介:薛鹏飞(1994—),男,硕士研究生,研究方向为农业水土工程。

1 灌区量水现状

量水方案的选取直接影响建设成本和水费征收。19世纪20年代,Cone首次提出了文丘里量水槽,后经Parshall等人^[3]的努力,量水堰槽在灌区量水中得到了初步的应用。1986年,Hager^[4]第一次在渠道中放置圆柱形量水槽进行研究,根据经验公式推求出该量水槽的水位与流量的关系。2000年,Samani. Z和Magallanzez.^[5-6]提出了半圆型量水槽,突出了水槽集中圆形量水槽和无喉道槽的一些优点,量水更准确。2016年Xiao YZ^[7]在标准巴歇尔量水槽的基础上设计出一种新型的便携式短喉量水槽,针对田间进水口处进行量水,其田间测量精度进一步提高,且简便易操作。近年来,随着经济社会的发展,灌区量水方式也有了更多的选择。目前灌区农业用水计量设备一般分为结合水工建筑物量水、特设量水设备、流速观测设备、仪表类量水设备等几种类型。随着政府对农业水价综合改革的深入推进,分级量水、分级确定水权是今后灌区量水的必然要求。因而,依据不同灌区的特点,选择恰当的量水设备与技术,设计合适的分级量水方案,是今后灌区量水工作开展的重点。本文以洪金灌区为例,开展大型平原自流灌区量水方案设计,以期为同类型灌区开展量水工作提供参考。

2 灌区概况

洪金灌区位于南水北调东线工程沿线,洪泽湖以东,耕地面积2.8万 hm^2 ,设计灌溉面积2.39万 hm^2 ,有效灌溉面积2.17万 hm^2 ,属大型自流灌区,设计灌溉保证率为75%。灌区灌溉供水主要是通过总渠首洪金洞直接从洪泽湖引水,经过总干渠分流进洪金南干渠和洪金北干渠,干渠辖支渠102条和直挂斗111条,再经斗、农渠流入农田。

灌区内部实行市、县、乡多级管理模式,洪金灌区管理处属淮安市水利局领导,主要负责洪金渠首及干渠上南北干渠渠首闸、塘潮闸等10座闸的运行管理工作;洪泽、金湖两县(区)洪金灌区管理所负责本县(区)范围内骨干建筑物的运行管理及灌溉水源调配、水费收缴等工作;支、斗渠以下工程由乡镇水利站负责管理,从而使整个灌区形成较为完善的管理网络,但有效的量水工作尚未开展,现状主要采用按亩收费的方式收取水费。

3 洪金灌区分级量水方案

洪金灌区骨干渠道底坡较缓,比降小,渠系众

多。灌区干渠灌溉水头对灌溉效果影响极大,如总干渠,往往由于10~20cm的水头差,就使得近万亩甚至数万亩的农田不能自流灌溉。因此保持有效水头,减少量水过程中的水头损失,是洪金灌区量水设施选型的关键所在。

根据洪金灌区灌溉工程特点,规划灌区分级量水方案如下,即:干渠首、县域分水闸选择建筑物量水;斗渠首选择标准断面量水;对于面广量大的农渠,由于全面开展用水计量尚存一定的难度,规划选择部分典型农渠进行量水,将来有条件时逐步推广。具体量水点位置选择为:洪金洞(干渠首)、县域分水闸、斗渠首、典型区农渠,详见图1。

3.1 干渠首量水

洪金灌区干渠首建筑物为洪金洞,一般来说,采用建筑物量水,对建筑物尺寸、结构完整度、测流建筑物上、下游水流状况均具有较高要求^[8-9]。经过现场全面的技术评定,洪金洞的建筑质量和水利条件完全可以满足建筑物量水的要求,可以直接把洪金洞作为量水设施。在灌溉放水时,通过闸门开启度控制洪金洞流量,按照宽顶堰流公式来计算流量。

宽顶堰堰流计算公式为:

$$Q = \sigma_s \varepsilon_1 m n b' \sqrt{2gH_0}^{3/2} \quad (1)$$

式中, Q 为过闸流量, m^3/s ; b' 为闸孔总净宽, m ; H_0 为计入行近流速水头的堰上水头, m ; σ_s 为堰流淹没系数; ε_1 为堰流侧收缩系数; m 为堰流流量系数。

测量时,首先要测量水位,然后区别流态,最后选用相应的流量计算公式进行计算。在已知闸门开启度,测量上下游水位,可通过闸孔出流公式来计算过闸流量,再由不同时段的过闸流量,计算得各次灌溉用水量。洪金洞示意图2。

实际布置时,在洪金洞上下游设置浮子式水位仪,闸门处设置高度传感器,由计算机自动采集有关参数,处理、贮存、传输有关灌溉水量资料。减少测量的工作量,提高测量精度。

3.2 县域分水闸量水

洪金灌区中洪泽区和金湖县的县域分界闸分别是洪金北干渠的山阳闸、中北干渠进水闸以及洪金南干渠上的黄庄闸。经技术评定,水闸建筑质量和上、下游水流符合建筑物量水要求,在对灌区进行续灌、干渠分段轮灌和干渠分条轮灌时,干渠节制闸闸门全开,节制闸底部堰顶水平且厚度 $2.5 < \sigma/H < 10$,为宽顶堰。因此,采用宽顶堰堰流公式

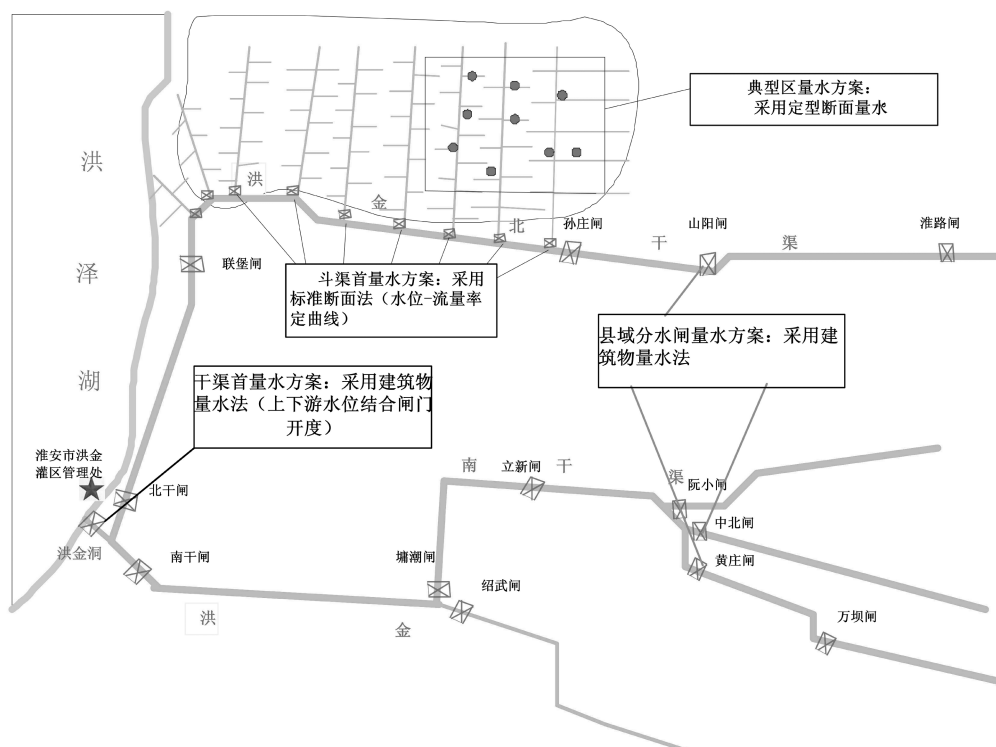


图 1 洪金灌区分级量水示意图

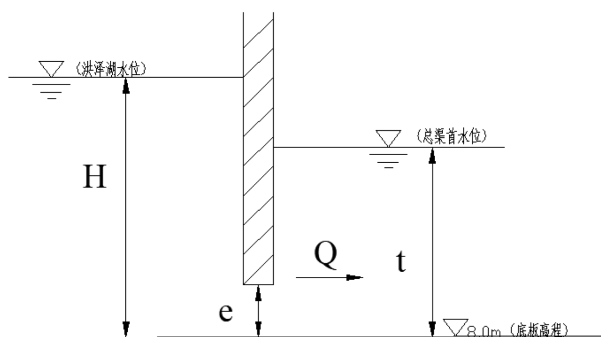


图 2 洪金洞示意图(3孔,单孔净宽3.0m)

来计算流量。见图3。

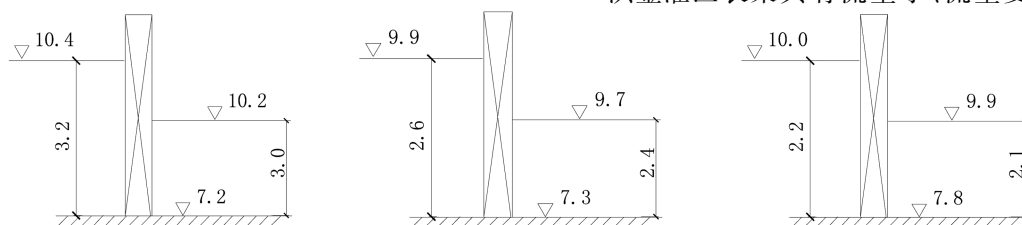


图 3 山阳闸、黄庄闸、中北干渠进水闸上下游设计水位

各分界闸量水与洪金洞量水类似,灌溉时闸门全开,获得上、下游水位就可以得出水量数据。

3.3 斗渠首量水

洪金灌区斗渠基本采用混凝土衬砌,渠道流态稳定,近似于均匀流,故可采用标准断面法进行斗渠首量水。选择某一段横断面形状规则的棱柱体渠道作为标准断面量水渠段,在衬砌均一、粗糙系

数保持一致的条件下,设置水尺,并经过水位-流量关系曲线的率定,达到测定渠道过流量的目的。

目前洪金灌区共有2种断面(U型、梯形断面)、3种情况(梯形、U型根据水位是否在弧形底内分两种情况)。水位-流量率定曲线的确定以曼宁公式为基础,现场确定参数值。测流渠段安装浮子式水位计,记录水位变化,利用积分法推求出通过水量。水量信息通过信息传输设备向管理部门实时传送。洪金灌区部分斗渠示意图4。

3.4 典型区农渠量水

洪金灌区农渠具有流量小、流量变化频繁、多

泥沙、多杂质等特点,量水的要求在于方便可靠,现场可读。由于农渠断面小,规格较多,衬砌农渠没有普及,而且又直接面向农户,要求量水直接可读,为此可采用改进标准断面法进行量水,即定型农渠断面量水。

根据洪金灌区实际,定型农渠断面量水包括2类(T形、U形)12种(水面渠宽60cm、80cm、

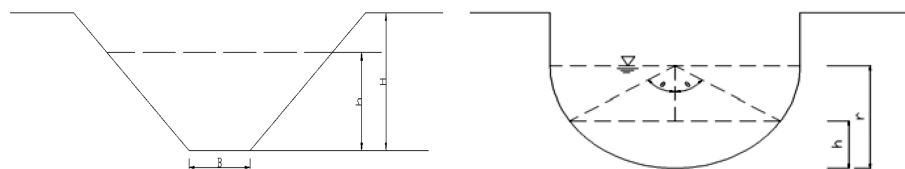


图 4 洪金灌区部分斗渠示意图

100 cm,比降 1/500、1/1000)定型断面,并相应开发工厂化生产的定型量水渠段,来弥补以往基于水位流量关系的量水计^[10]需要现场率定的缺点,同时满足用水户直接可读的要求。

定型量水渠段总体结构包括定型断面量水渠段、磁性液位计和流量积算仪 3 个部分。渠段主体部分通过工厂化生产。水位传感器选用磁性液位计替代原有的静压式液位计,用来克服“零漂”“温漂”等问题,使得测量稳定可靠,精度高,适合野外长期使用。流量积算仪则用来接收磁性液位计输出的电信号,并通过事先录入水头(电阻)与流量函数关系的微处理器,最终将流经定型断面量水槽的瞬时流量和累积流量显示出来,加装信息传输装置,向管理部门实时传输水量信息。

定型量水渠段设计:

(1)渠段长度

根据《灌溉渠道系统量水规范》(GB/T 21303 – 2007),设置标准断面的渠段长度,应大于 20 倍最大水深。定型断面量水渠槽的渠段长度如表 1 所示。

表 1 渠段长度最小值

规格	设计水深(m)	最小渠段长度(m)
T40	0.35	7.0
T60	0.52	10.4
T80	0.69	13.8
U40	0.30	6.0
U60	0.42	8.4
U80	0.56	11.2

注:T 表示 T 形渠段,U 表示 U 形渠段

(2)比降

根据洪金灌区地形特点和农渠实际比降,比降采用 1/500 和 1/1000。

(3)水力最优断面设计参数确定

以湿周最小为目标函数,通过常用断面的最优水力参数分析,推荐优化、实用的混凝土衬砌输水

明渠横断面,确定水力最优斗农渠边坡系数为 $\sqrt{3}/3$ ^[11]。

此外,U 型最优断面为圆底直角时,设计水位线上在圆心上。断面参数见表 2。

根据最优断面参数,预制定型渠段,并预留磁性液位计和流量积算仪的位置,供后续安装。

(4)渠段安装

为便于直接确定渠道比降,定型断面在工厂制作时,在渠道堤顶安装水准气泡,当水准气泡居中时,设定的定型渠道断面比降即为 1/500 或 1/1000 时,不需再进行渠槽断面参数的现场率定,通过量测定型断面渠道水深,即可求得过水流量。图 5 为设置水准气泡的梯形渠道定型断面和 U 型渠道定型断面示意图。

4 结语

本文以江苏洪金灌区为例,结合大型平原自流灌区特点,提出分级量水方案,即采用水工建筑物量水法、标准断面法,分别对洪金灌区干渠首、县域

分界闸、斗渠首进行量水;在进行农渠量水时,提出一种全新的定型渠道断面,解决农渠量水难题。同时,该分级量水方案在不打破灌区原有的管理模式基础上,通过水量信息的互联,建立灌区用水计量系统,满足了农户对计量可读的需求,提高了灌区管理的效率,有利于农业水价综合改革的推进。对

表 2 圆底三角和梯形最优断面参数

断面形式	过水断面 (A) 系数 (k_1)	湿周 (W) 系数 (k_2)	设计水深 (h) 系数 (k_2)	水面宽 (B) 系数 (k_2)	水力半径 (R) 系数 (k_2)	渠底宽 (b) 系数 (k_2)	备 注
圆底三角 ($m=0\sim0.25$)	1.583 ~ 1.584	3.153 ~ 3.160	1.0025 ~ 1.004	2.008 ~ 2.067	0.502 ~ 0.5025		k_i 含义: $A = k_1 (\frac{nQ}{\sqrt{i}})^{3/4}; h = k_3 (\frac{nQ}{\sqrt{i}})^{3/8};$ $W = k_2 (\frac{nQ}{\sqrt{i}})^{3/8}; B = k_4 (\frac{nQ}{\sqrt{i}})^{3/8};$ $R = k_5 (\frac{nQ}{\sqrt{i}})^{3/8}; b = k_6 (\frac{nQ}{\sqrt{i}})^{3/8};$
梯形($m=\sqrt{3}/3$)	1.622	3.353	0.968	2.225	0.484	1.118	

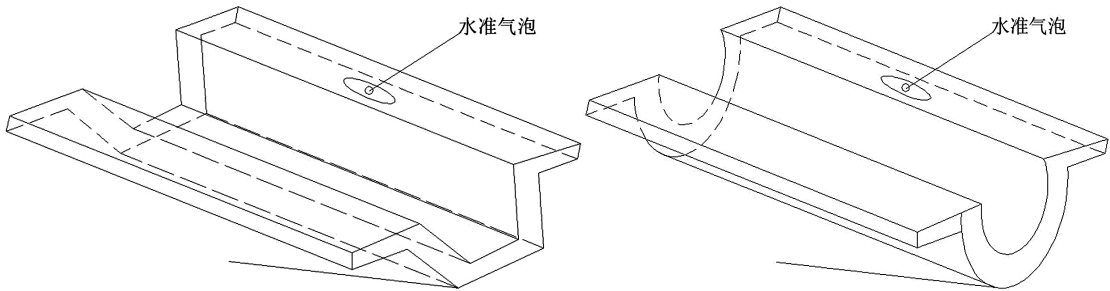


图 5 梯形和 U 型渠道水准气泡安装位置($i=1/500$ 或 $1/1000$)

于增强灌区节水意识,强化节水管理,将起到积极作用。同时亦为其他平原自流灌区制定量水方案提供参考。

参考文献:

[1] 张军明. 水库灌区量水设施应用技术比较研究[J]. 节水灌溉, 2010, 10:69-71+74.

[2] 王滇红, 蔡守华, 张健. 京杭大运河江苏段里运河沿线大中型灌区灌溉用水计量方法探讨[J]. 节水灌溉, 2018, 12:92-96+103.

[3] 谢崇宝, 高占义, 等. 灌区量水技术与设备发展现状及趋势[J]. 节水灌溉, 2003(06):27-28.

[4] A. Kozyra, K. Skrzypczyk, K. Stebel, A. Rolnik, P. Rolnik, M. Kúma. Remote controlled water craft for water measurement[J]. Measurement, 2017, 111.

[5] Shiv Kumar Jaiswal, Sanjay Yadav, Ravinder Agarwal. Design and development of a novel water flow measurement system[J]. Measurement, 2017, 105.

[6] Mohammad Ghamsari - Yazdel, Masoud Esmaili. Re-

liability - based probabilistic optimal joint placement of PMUs and flow measurements[J]. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2016, 78.

[7] Xiao YZ, Wang WN, Experimental and numerical research on portable short - throat flume in the field[J]. FLOW MEASUREMENT AND INSTRUMENTATION, 2016, 03:54-61.

[8] 谢亚军. 基于 ComGIS 的洪金灌区灌溉管理决策支持系统研究[D]. 扬州:扬州大学, 2005.

[9] 王莹莹, 王文娥, 胡笑涛. 矩形薄壁侧堰水力特性试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(10):70-74.

[10] 苏怡, 胡笑涛, 王文娥, 等. U 形渠道斜坎量水堰水力性能试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2017(10):94-97+103.

[11] 陈平, 程吉林, 钱爱云, 等. 梯形衬砌渠道边坡(m)的优选方法[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2000, 28(05):25-29.