

基于前池水位高程的简易灌区量水法

刘德斌, 马莉, 潘德峰 (江苏省沿海水利科学研究所, 江苏东台 224200)

摘要 农业灌溉用水的计量是灌区量中的重要环节, 针对灌区已经安装好的泵站, 提出了利用前池水位法测定泵站运行流量的方法。在东台三灶灌区, 通过对泵站工作时的运行流量 Q 及与之对应的前池水位 h_q 进行实测后, 拟合出 h_q - Q 回归曲线, 根据曲线和实测 h_q 值可进行灌区灌水量计算。实测结果表明, 在泵站正常运行流量范围内, h_q - Q 呈良好的二次曲线关系, 5 次前池水位测定即可拟合出满足计算流量精度要求的 h_q - Q 回归曲线, 因此前池水位法是一种简便易行的灌区量水方法。

关键词 灌区量水; 前池水位; 水泵流量; 曲线拟合

中图分类号 S275.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)27-09625-02

A Simple Irrigation Water Measurement Method Based on the Water Level of Forebay

LIU De-bin, MA Li, PAN De-feng (Institute of Water Science in Coastal Regions of Jiangsu Province, Dongtai, Jiangsu 224200)

Abstract Measurement of the agricultural irrigation water is important in the irrigation district. For the installed pumping stations, a method based on the water level of forebay was suggested to determine the pump station operation flow. In Dongtai's Sanzao irrigation area, the pump flow Q and the corresponding water level of forebay h_q were measured and h_q - Q curve was fitted, and then the total irrigation water could be calculated with the curve and h_q value. The results showed that in the pump running flow range, h_q - Q was well fitted with a conic curve, and five water level of forebay values can make an h_q - Q curve meeting the calculation requirements well. The water level of forebay method is a simple method to calculate the irrigation water.

Key words Irrigation water measurement; Water level of forebay; Pump flow; Curve fitting

农业灌溉用水的计量是灌区量水工作中的一个重要环节^[1], 是衡量一个地区的农业灌溉用水水平的主要因素之一。分析目前灌区量水困难的主要原因有两点: 一是测定时间跨度长, 测定工作量大, 需根据作物生长需要和天气情况, 不定期提水灌溉, 对泵站全部灌溉均进行测定较困难; 二是测定精度要求高, 且过程繁琐。现有灌区灌溉水量测量, 普遍采用的方法是测标准渠道断面的水位及断面特征点的流速, 进而推求过水断面面积及过水断面的平均流速, 并以此为依据计算渠道过水流量及累积灌溉水量^[2]。这对渠道断面流量测量的精度提出了较高要求, 否则最终测算的灌区灌水量与实际值会有很大偏差。

目前灌区常用的水量量测手段主要有^[3], 利用水工建筑物量水、利用流速仪测流、利用量水构筑物等, 但这些方法在实际应用中各有其局限性^[4]。蔡长举^[5]等人提出了利用输水灌溉时, 干渠内的水位与泵站流量间的关系, 测算泵站流量的观点, 但此方法的干渠水位易受下游用水量的影响, 其误差较大。感应式水位流量计由于受使用条件的限制^[6], 近期较难大范围推广。超声波流量计由于测量时误差大, 且对待测液体深度有特定要求^[7], 不宜大面积推广。以东台三灶灌区为例, 灌区种植品种为淮稻 5 号, 在对水稻生长季内泵站运行流量 Q 及对应前池水位 h_q 进行实测基础上, 探求出两者间关系, 进而为简化灌区量水测算工作提供一定实践经验。

1 测量原理

水泵的扬程与流量间的变化关系曲线称为 Q-H 特征曲线。一般泵站为固定式提水电灌站, 泵站出水口高程已经固定。设泵站出水口处的高程为 M , 泵站提水灌溉的前池水位

h_q , 则前池水位 h_q 与扬程间存在以下公式:

$$H = M - h_q + \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g} \quad (1)$$

式(1)中, H ——水泵扬程, m ; M ——泵站出水口高程, m ; h_q ——前池水位, m ; Q ——运行流量, m^3/s ; A ——泵站出水口管道断面面积, m^2 ; g ——重力加速度, $9.81, m/s^2$ 。

试验时泵站出水口实测流量 Q 介于前池水位 295.3 ~ 461.8 m^3/hm 之间; 泵站出水口面积 A 为 0.072 9 m^2 ; $\frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g}$ 的计算结果介于 0.065 ~ 0.162 m ; 与泵站扬程和前池水位高

程值相比极小, 为简化计算, 此处近似认为 $\frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g}$ 的计算结果忽略不计, 故公式(1)简化为:

$$H = M - h_q \quad (2)$$

对于短管道的电动提水灌站, 扬程 H 是流量 Q 的单值函数^[8]。表示如下:

$$H = f(Q) \quad (3)$$

从式(2)、(3)及流量 Q 与扬程 H 间的关系可知, 泵站流量 Q 与前池水位 h_q 间呈单值函数关系, 具体为:

$$Q = f^{-1}(M - h_q) \quad (4)$$

通过现场实测泵站运行流量 Q 与前池水位 h_q 数值, 采用线性回归方法分析两者间的关系, 拟合出泵站运行时流量 Q 与前池水位 h_q 间的回归方程。并以此为依据, 对泵站实测次数进行相应的减少优化, 可在保证测算结果满足一定的精度条件下, 提高灌区量水的效率。

2 试验设计

2.1 试区概况 试验所在地东台三灶灌区属里下河圩区, 灌区常水位 1.1 m (废黄河零点, 下同) 左右。若遇插秧需水

作者简介 刘德斌(1977-), 男, 江苏大丰人, 工程师, 从事水土保持与农业节水灌溉研究。

收稿日期 2014-08-14

高峰期(6月中下旬),水位最低可降至0.6~0.7 m间,主汛期(7~8月)受过境外来水的推托作用,水位可上升至2.7~2.8 m间,水位变化幅度大。灌区田间地面高程普遍在4.1 m左右。由于受基础设施和灌溉条件等因素限制,泵站出水口高程设置为4.95 m。灌区渠道除泵站出水口处有一长度为120 m左右的混凝土防渗外,其余均为土渠。该电灌泵站由于使用年限久远,泵站铭牌缺失,具体型号及参数不详。

2.2 测定参数 为保证测算精度,此次试验水稻生长季全部灌溉的运行流量 Q 及前池水位 h_q 均进行测定。

(1)运行流量 Q 。采用流速仪法测定,所用设备为南京水利水电自动化研究所生产的LGY-II型便携式流速仪。实测时,在泵站出水口约100 m左右位置选择一处形状规则、流态稳定的断面,通过量测标准渠道断面的水位及断面特征点的流速,推求过水断面面积及过水断面的平均流速,再以此计算渠道过水流量及累积水量。为保证测算结果的准确性,同时在提水泵站的出水口管道上,另安装了一台UFT-100型超声波流速仪,以便对所测流量结果进行校核。

(2)前池水位 h_q 。在提水泵站前池位置布设水尺用以测量前池水位,水尺量程为0.0~3.0 m,测量精度为0.01 m。布设时需与附近东台抽水站的水尺进行校准。泵站稳定运行时,对前池水位值进行观测并记录。

3 结果与分析

3.1 灌区灌水量测量 2011年水稻生长季内,东台三灶灌区共提水灌溉13次,测定所得前池水位、运行流量、灌水时长和灌水量等数据见表1。

表1 东台三灶灌区泵站运行测定结果

前池水位 m	运行流量 m ³ /h	灌水时长 h	灌水量 ×10 ⁴ m ³
0.71	295.3	13.7	0.405
0.83	304.5	24.5	0.746
0.94	312.7	10.3	0.322
1.02	335.1	9.5	0.318
1.09	341.4	10.1	0.345
1.1	345.6	10.4	0.359
1.13	352.1	9.1	0.320
1.14	349.5	14.9	0.521
1.25	362.7	14.8	0.537
1.52	395.1	11.5	0.454
1.57	423.7	9.3	0.394
2.13	447.1	10.3	0.461
2.46	468.1	10.9	0.510
总计	-	159.3	5.692

表2 三灶灌区泵站提水量测定结果

选测次数	前池水位//m	曲线方程	计算灌水总量 ×10 ⁴ m ³	实测灌水总量 ×10 ⁴ m ³	相对误差//%
3	0.71,1.13,2.13	$Q = -28.33 h_q^2 + 187.3 h_q + 176.5$ $R^2 = 1.000$	5.726	5.692	0.59
4	0.83,1.09,1.25,2.13	$Q = -32.37 h_q^2 + 205.6 h_q + 156.0$ $R^2 = 1.000$	5.648	5.692	0.77
5	0.83,1.09,1.14,1.57,2.46	$Q = -61.66 h_q^2 + 307.7 h_q + 85.19$ $R^2 = 0.990$	5.716	5.692	0.41
6	0.83,1.02,1.10,1.25,1.57,2.46	$Q = -57.25 h_q^2 + 292.4 h_q + 96.40$ $R^2 = 0.988$	5.716	5.692	0.41
7	0.71,0.94,1.09,1.10,1.14,1.52,2.13	$Q = -23.77 h_q^2 + 178.5 h_q + 175.7$ $R^2 = 0.991$	5.668	5.692	0.43

对测算精度要求的同时,应尽量减少测定次数以节省工作量。由表2中试算的相对误差综合判断,要想将测定的相对

从表1可知,东台三灶灌区水稻生长季灌水总量为: $5.692 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

3.2 h_q - Q 曲线拟合 根据表1中灌区泵站的运行流量 Q 与前池水位 h_q 值,绘制出 $Q-h_q$ 散点图(图1)。由散点图拟合得 $Q-h_q$ 回归方程:

$$Q = -38.58h_q^2 + 226.7h_q + 143.7 \quad R^2 = 0.981 \quad (5)$$

式中: R ——相关系数。

由图1可知,泵站运行流量 Q 随前池水位 h_q 的升高而增加,根据计算结果: $R = \sqrt{0.981} \approx 0.9904 > 0.99$ 可知,两者间具有良好的二次曲线关系。

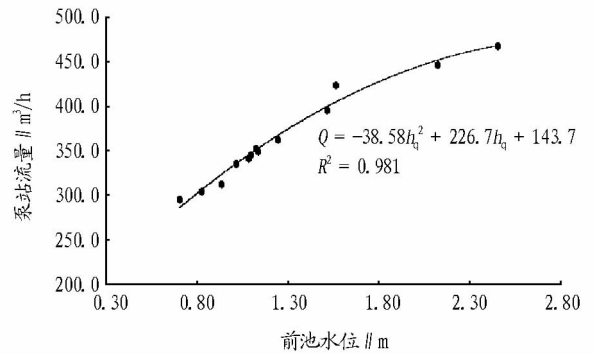


图1 泵站运行流量与前池水位关系

3.3 确定最少 h_q 测定次数 图1中的抛物线方程是建立在对水稻生长季内所有13次提水灌溉均进行测定的基础上拟合而得,这样的结果固然十分精确,但测定时的工作量巨大且过程繁琐,需要对此方案进行适当优化。

考虑到水稻生长季内共提水灌溉13次,结合灌区提水灌溉时前池水位介于0.71~2.46 m之间,由于运行流量 Q 与前池水位 h_q 间具有良好的二次曲线关系,选测时所测的前池水位 h_q 数据采取均匀分布的原则,具体试算过程见表2。

试算时,首先将不同选测次数(3~7次)的运行流量 Q 与前池水位 h_q 间的曲线方程拟合出,然后将水稻生长季内13次提水灌溉的前池水位 h_q 分别代入与之对应的曲线方程,计算出运行流量 Q 。结合表1中的灌水时长,分别计算出历次泵站灌水量,最终对计算的灌水量进行求和,得出灌水总量。

从表2可知,选测3~7次拟合所得到的曲线方程,相关系数 R 介于0.994~1.000之间,说明拟合所得的方程均能较好的代表所测数据规律。实际测算时,在考虑到灌区量水

误差控制在0.5%以内,选择5次测定次数为宜,具体测定时
(下转第9632页)

应用程序上传到WEB服务器,再通过互联网实现系统各种功能。网络设计如图2所示。

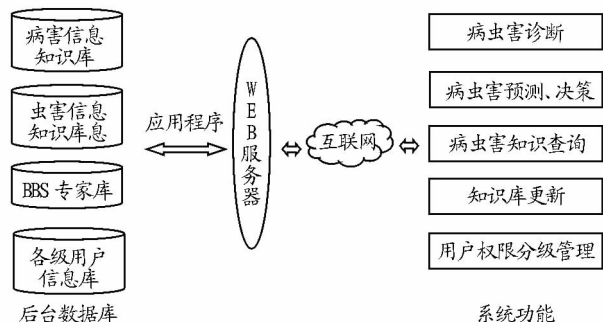


图2 系统的网络设计示意

系统的网络管理采用分级管理方式,WEB主服务器设在石家庄市农林科学研究院,分服务器设在石家庄下属17个县(市)农业局。主服务器管理员能通过终端随时管理分服务器,各分服务器能通过上传请求,对主服务器的数据进行更新,这样就保证了系统数据的时效性。

2.3 系统的主要功能 系统由5个部分构成:①病虫害诊断子系统。此系统有两种诊断方式供选择,分别是图片式诊断和检索式诊断,两者互为补充。②病虫害预测、决策子系统。以专家经验为基础,以病虫害的发生规律和用户提供的作物生长环境为依据,此系统可进行病虫害预警,并给出防治建议。③病虫害知识查询子系统。用户可以查询到石家庄地区18种常见病害和14种虫害。病虫害知识包括了典型症状图片、中英文名称、病原形态特征、为害症状、发生规律、发病条件、最新防治方法及常用药剂等。④知识库更新

子系统。管理员可对数据库内知识进行增加、修改和删除,保证系统数据实时更新。⑤用户权限分级管理子系统。主服务器管理员可对系统进行全面的数据更新和系统升级,分服务器管理员能随时向主服务器提出知识更新请求,得到允许后可更新系统数据库,一般用户不能对系统进行管理。

3 结语

该系统采用ASP.NET技术进行网页设计,已与石家庄市农林科学研究院网站进行对接并运行,系统将数据库技术和玉米专家技术很好地结合在一起,形成的专家系统是现代生产要素,更容易被玉米种植大户所接受,从而发挥其独特作用,为农业生产提供参考。

参考文献

- [1] 周立阳,高增祥,李典谟.害虫预测预报的生态学基础和应用技术研究进展[J].生态学报,2001,21(6):1013-1019.
- [2] 刘大有,唐海鹰,陈建中,等.玉米病虫害防治专家系统[J].计算机研究与发展,1999(1):36-41.
- [3] 王辉,程雪,李玉霞.信息技术在农业生产中的应用[J].河北农业科学,2009,13(7):145-147.
- [4] 黄鸿章.植物保护的发展现状与新世纪展望[J].河北农业科学,2000,4(2):34-48.
- [5] 金立平,邓玉洁,马志强.植物保护工作的发展策略与展望[J].河北农业科学,2010,14(8):170-172.
- [6] 赖传雅.农业植物病理学(华南本)[M].北京:科学出版社,2004.
- [7] 北京农业大学.农业植物病理学[M].北京:农业出版社,1991.
- [8] 赵美琦,魏开锋,毕可政.小麦纹枯病流行预测的研究[J].植物保护学报,1997,24(4):303-308.
- [9] 刘树海,刘铁铮,付雅丽,等.梨树专家系统及其应用[J].河北农业科学,2012,16(2):88-89,92.
- [10] 吴玺,谭宏,夏建国.试论我国农业专家系统的应用及展望[J].计算机与农业,2000(8):1-4.
- [11] 朱凤林,刘景春.农业专家系统的应用与发展[J].厦门科技,1998(5):35.

(上接第9626页)

应考虑前池水位 h_0 在灌区水位最高值与最低值之间均匀分布为佳。

4 结语

(1)试验表明,在泵站正常运行流量范围内,灌区泵站的运行流量 Q 与前池水位 h_0 两者间具有良好的二次曲线关系,前池水位法可作为灌区量水的简便一种手段。

(2)通过试算得出,东台三灶灌区水稻生长季灌水总量为 $5.692 \times 10^4 \text{ m}^3$,将13次减少成5次的试算结果 $5.716 \times 10^4 \text{ m}^3$ 与实测灌水量 $5.692 \times 10^4 \text{ m}^3$ 之间相差为0.41%,提升灌区量水效率60%以上。

参考文献

- [1] 刘力兵,曾辉斌.一种新的灌区量水方法[J].河海大学学报,2006(5):534-536.
- [2] 王红雨,周斌.小型U形渠道标准断面量水的简化方法[J].中国农村水利水电,2009(10):99-102.
- [3] 蔡勇,李同春.灌区量水设施分析研究[J].中国农村水利水电,2005(2):13-15.
- [4] 张军明.水库灌区量水设施应用技术比较研究[J].节水灌溉,2012(10):69-71,74.
- [5] 蔡长举,付杰,刘浏.水位-流量关系曲线在山区无量水设施渠道水量测量中的运用[J].节水灌溉,2012(7):29-30.
- [6] 刘磊,董新光.感应式电子数字水位流量计在新疆灌区的应用[J].中国农村水利水电,2012(6):69-72.
- [7] 吴振峰,霍志学.超声波水位流量计在灌区的应用[J].节水灌溉,2009(11):68-70.
- [8] 宋生奎.离心泵流量-扬程曲线拟合法探讨[J].石油科技,1999(4):32-34.