

农业灌溉用水计量方法研究

沈 波¹, 吉庆丰², 张玉建³, 刘美华⁴, 许 赤³

(1. 南通市水利局, 江苏 南通 226018; 2. 扬州大学, 江苏 扬州 225009;
3. 如皋市机电排灌管理站, 江苏 南通 226500; 4. 南通市供排水管理站, 江苏 南通 226018)

摘要: 南通市农业灌溉基本为电灌站提水灌溉, 水泵基本为中小型的混流泵。本文采用现场测试方法, 系统研究根据泵站用电量计算灌溉用水量的电水转换法。对南通市中小型混流泵研究得出, 电水转换法计算经验公式中的流量功率比与水泵规格无明显关系; 在扬程变化幅度不大(0.5 m 左右)的情况下, 扬程对流量功率比的影响很小, 可以忽略不计; 流量功率比与装置效率关系密切, 随装置效率的提高而显著增大; 由实测数据得到的提水量计算经验公式具有较高精度, 通过与如皋马尧泵站一个水稻灌溉周期的提水量实测数据进行比较, 经验公式计算的相对误差为 8.85 %, 能够满足农业灌溉用水计量的要求。

关键词: 农业灌溉; 用水计量; 电水转换法; 流量功率比

中图分类号: TV697.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2017) 04 -0013-05

Study on measurement method of agricultural irrigation water

SHEN Bo¹, JI Qingfeng², ZHANG Yujian³, LIU Meihua⁴, XU Chi³

(1. Nantong Water Conservancy Bureau, Nantong 226018, Jiangsu;

2. Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu;

3. Rugao Drainage Management Station, Nantong 226500, Jiangsu;

4. Nantong Water Supply and Drainage Management Station, Nantong 226018, Jiangsu)

Abstract: The basic method of irrigation is pumping water in Nantong. The pump is basically small and medium mixed flow pump. In this paper, the indirect measurement method of electric water conversion is studied by field test method. There is no obvious relationship between the flow power ratio and the pump specifications in the empirical formula of the water electricity conversion method for the medium and small mixed flow pump in Nantong. In the case of the small change of the head (about 0.5m), the influence of the head on the flow power ratio is very small and can be ignored. The flow power ratio is closely related to the efficiency of the device, and increases with the increase of the efficiency of the device. By comparing with the measured data of Mayao pump station in Rugao for a rice irrigation cycle, the relative error of empirical formula is 8.85%, which can meet the requirements of agricultural irrigation water measurement.

Key words: agricultural irrigation; measurement of water consumption; electric water conversion; flow power ratio

收稿日期: 2017-01-23

作者简介: 沈波(1968-), 男, 本科, 高级科普师, 主要从事水利管理工作。

1 概述

目前国内农业灌溉用水有的采用特设量水设备的方法进行直接计量,也有的不安装量水设施,利用原有的水工建筑物量水,或者利用用水定额推算、水泵用电量等数据间接估算。农业用水计量手段大致可归纳为以下几类^[1-3]:一是灌溉渠系上设有各种类型的配套建筑物,如水闸、渡槽、倒虹吸、涵管、跌水等。这些建筑物的过流符合一定的量水水力学条件,即可用作量水。二是在断面稳定、没有回水影响的渠段内,设置水尺观测水位,利用率定好的水位流量关系,求得流量,简便易行,设备费用低,容易为群众所掌握。关键是测流渠段的水流应不受下游节制闸或壅水建筑物回水的影响,如果该断面不为临界水深,往往难以判别,需通过多次过水,凭经验确定。三是采用特设量水设备测流。特设量水设备一般由行进渠槽、量水建筑物和下游段三部分组成,如量水堰、量水槽等。其通过量水建筑物主体段过水断面的科学收缩,使上下游形成一定的水位差,从而得到较为稳定的水位流量关系。但不可避免地会带来一定的水头损失,使用时应根据具体边界条件和不同的精度要求,选择相应的特设设备。四是利用水表、电磁流量计、超声波流量计等仪器自动计量。其结构简单、量测直观、计量简便,同时能累计水量。五是间接估算方法进行计量^[4],如用水定额推算、水泵用电量、耗油量数据间接估算等。此类方法各地采用较多,因量水设备配套不完善等问题无法进行直接计量的,基本上采用此类方法。

南通市农业灌溉基本是通过电灌站进行提水灌溉,水泵基本为中小型的混流泵。根据南通市的实际情况,本文采用现场测试方法,重点研究有较高精度的、根据泵站用电量计算灌溉用水量的电水转换法。

2 泵站现场测试

为了研究泵站用电量与提水量的关系,得出经济实用、具有较高精度的泵站提水量计算方法,2015年和2016年,先后对如皋市和海安县37座泵站、65台水泵进行了现场测试。

2.1 测点布置

根据南通市泵站分布情况,结合交通、研究经费等因素,最终选择如皋市搬经镇、白蒲镇、城北

街道、磨头镇、九华镇和海安县墩头镇,共36座泵站63台水泵进行面上流动测试。选择如皋市磨头镇马尧泵站的2台水泵进行定点测试,连续测量泵站一个水稻种植周期的提水量和用电量。

2.2 测试内容

(1) 2015年和2016年,各安排1次面上测试工作,测量所选泵站各台水泵的几何扬程、单泵出流量、输入功率等电机运行参数。

(2) 2016年,选择3个不同时间段,对如皋市磨头镇宋渡南、立新和先进3座泵站共7台水泵进行测试,测量水泵的几何扬程、单泵出流量、输入功率等电机运行参数。

(3) 2016年,选择如皋市磨头镇马尧泵站的2台水泵进行定点测试,连续测量泵站在一个水稻种植周期内的提水量和用电量。

2.3 测试方法

(1) 几何扬程。采用水尺测量,或者直接用钢尺量出水泵进出水池水面高差。

(2) 流量。采用超声波流量计测量。选用NSBCT-2000型便携式和插入式超声波流量计。便携式超声波流量计用于面上的流动测量,插入式超声波流量计用于固定泵站的连续测量。

(3) 输入功率。采用电动机经济运行测试仪测量。选用DJYC-2型电动机经济运行测试仪。

2.4 测试结果

面上泵站测试,可直接得到水泵流量、几何扬程,电动机输入功率,进一步计算出水泵装置效率。

水泵装置效率计算公式:

$$\eta = \frac{\rho g Q Z}{1000 P} \quad (1)$$

式中:

ρ —水的密度,取 1000 kg/m^3 ;

g —重力加速度,取 9.8 m/s^2 ;

Q —流量, m^3/s ;

Z —几何扬程, m ;

P —电机输入功率, kW 。

为研究提水灌区农业用水量计量方法,定义计算参数流量功率比 α 如下:

$$\alpha = \frac{Q}{P} \quad (2)$$

式中:

Q —水泵流量, m^3/h ;
 P —电机输入功率, 也就是每小时耗电度数, kW ;
 α —泵站流量功率比, m^3/kWh 。
通过实测数据, 计算出水泵的流量功率比值。

3 农业用水量计量方法研究

本文针对南通市提水灌区, 研究有较高测量精度、基本能够满足农业用水计量要求的电水转换法。

3.1 提水灌区用水量计算公式

在分析研究的基础上, 提出如下形式的用水量计算公式:

$$W=\alpha E \tag{3}$$

式中:

W —用水量, 也就是泵站的提水量, m^3 ;
 E —泵站用电量, kWh ;
 α —泵站流量功率比, m^3/kWh 。

泵站流量功率比值由(2)式计算, 其大小与水泵类型、水泵规格、泵站扬程、水泵装置效率等因素有关。

2015 年和 2016 年, 对分布在如皋市搬经镇、白蒲镇、城北街道、磨头镇、九华镇和海安县墩头镇等 6 个镇, 共 36 座泵站、63 台水泵, 进行了 2 次面上现场测试。另外, 在 2016 年, 选择 3 个不同时间段, 对如皋市磨头镇宋渡南、立新和先进 3 座泵站共 7 台水泵进行了现场测试。

现场测试的主要目的, 是较系统地研究泵站流量功率比值与水泵规格、扬程和装置效率的关系, 最终得到值的经验取值。

由于南通市提水灌区泵站所采用的水泵均为混流泵, 本文没有研究水泵类型对泵站流量功率比值的影响。

3.2 水泵规格对流量功率比的影响

2015 年面上测试 62 台水泵, 其中 20 吋水泵 6 台, 16 吋水泵 23 台, 14 吋水泵 19 台, 12 吋水泵 13 台, 10 吋水泵 1 台。2016 年面上测试 60 台水泵, 其中 20 吋水泵 6 台, 16 吋水泵 23 台, 14 吋水泵 18 台, 12 吋水泵 12 台, 10 吋水泵 1 台。

表 1 给出了 2015 年和 2016 年, 不同规格水泵的流量功率比测试结果。图 1 给出了 2015 年 20 吋、16 吋、14 吋和 12 吋等 4 种不同规格水泵的流量功率比测试结果。图 2 给出了 2016 年 20 吋、

表 1 不同规格水泵的流量功率比测试结果

测试年份	测试项目	水泵规格			
		20 吋泵	16 吋泵	14 吋泵	12 吋泵
2015	流量功率比平均值 (m^3/kWh)	51.79	57.42	49.39	50.28
	装置效率平均值 (%)	47.96	46.25	41.10	38.01
2016	流量功率比平均值 (m^3/kWh)	47.41	49.36	45.48	47.81
	装置效率平均值 (%)	50.19	42.03	38.94	36.67

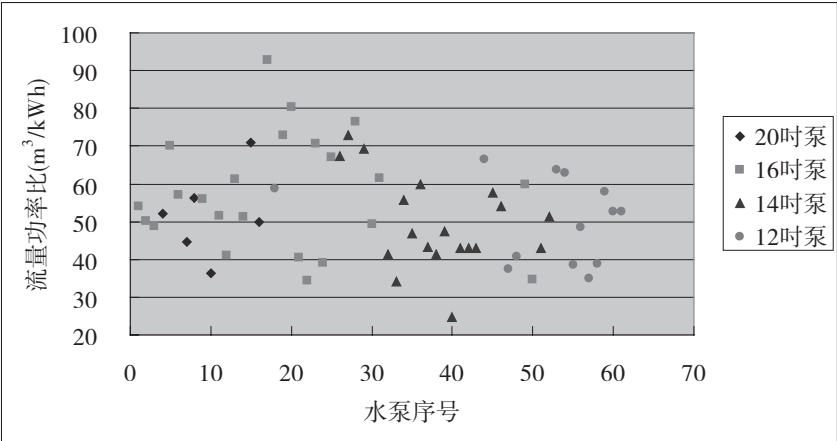


图 1 不同规格水泵的流量功率比 (2015 年测试结果)

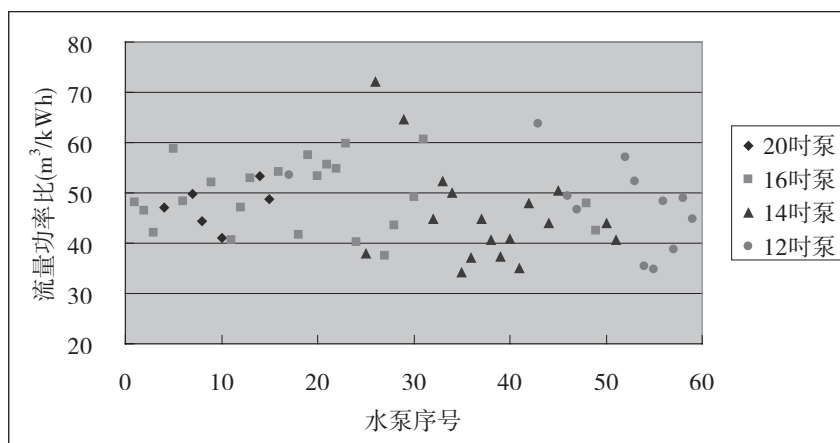


图2 不同规格水泵的流量功率比(2016 年测试结果)

16 吋、14 吋和 12 吋等 4 种不同规格水泵的流量功率比测试结果。

由表 1 和图 1、图 2 可以看出, 泵站流量功率比和水泵规格之间没有明显的变化关系。不同规格水泵的装置效率变化有规律, 装置效率随着水泵管径增大而提高, 2015 年和 2016 年的测试结果均如此, 这与通常的认识是一致的。而流量功率比, 与测试前预想的不同, 并没有随水泵管径增大而增大。从现有实测结果看, 流量功率比没有随水泵规格的改变而有明显的变化。

对 20 吋到 12 吋的水泵, 可以认为, 泵站流量功率比与水泵规格无关。

3.3 扬程对流量功率比的影响

为了研究扬程变化对泵站流量功率比的影响, 在 2016 年, 专门选择水位有明显不同的 3 个时间段, 对如皋市磨头镇宋渡南、立新和先进 3 座泵站共 7 台水泵, 进行了针对性的现场测试。每台

水泵, 1 次面上测试结果, 3 次专门测试结果, 共有 4 个测试点, 扬程变化幅度在 0.5 m 左右。

从测试结果看, 对宋渡南泵站、立新泵站北泵、先进泵站南 2 泵, 流量功率比随扬程增大而减小; 对立新泵站中泵, 流量功率比几乎不随扬程变化; 对立新泵站南泵、先进泵站北 1 泵和北 2 泵, 流量功率比随扬程增大而增大。对 7 台测试水泵, 流量功率比与扬程没有一个确定的变化关系。

总体来看, 在扬程变化幅度不大的情况下, 扬程对流量功率比的影响较小, 可以忽略不计, 认为泵站流量功率比不随扬程变化。

3.4 水泵装置效率对流量功率比的影响

将 2015 年和 2016 年面上现场测试的数据, 点绘流量功率比与装置效率的关系图, 见图 3 和图 4。可以清晰地看出, 无论是 2015 年的测试结果, 还是 2016 年的测试结果, 流量功率比都随装置效率的提高而显著增大。

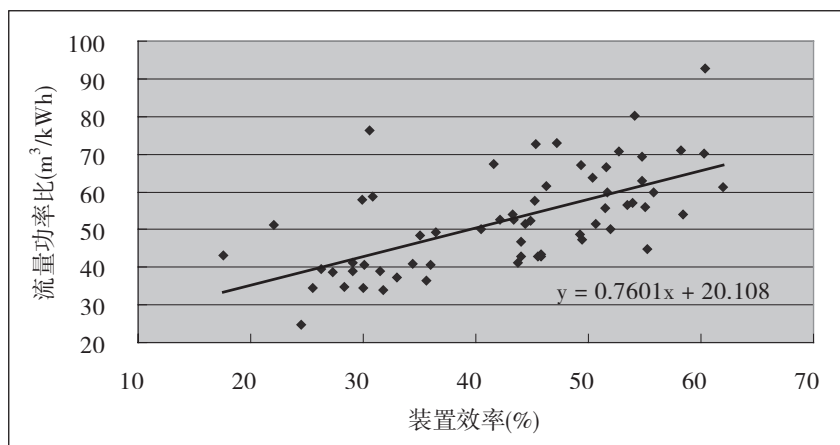


图3 流量功率比与装置效率的相关关系图(2015 年测试结果)

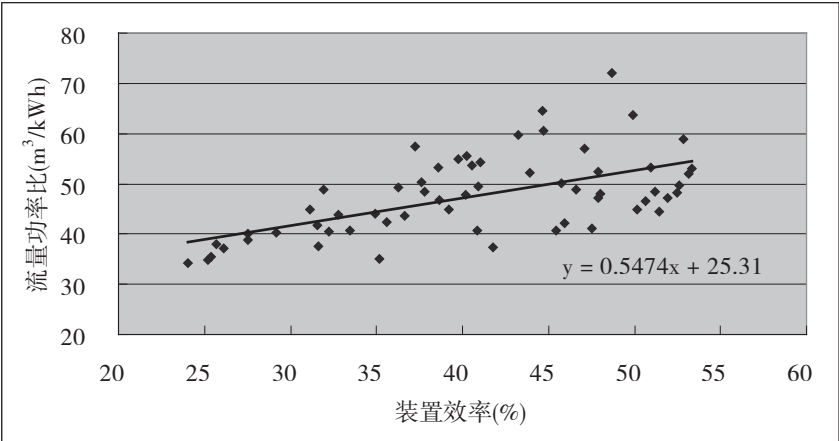


图4 流量功率比与装置效率的相关关系图(2016年测试结果)

装置效率越高,流量功率比越大。

3.5 泵站流量功率比的经验取值

前面已对泵站流量功率比的影响因素进行了较系统的研究。针对小型混流泵,在水稻灌溉期内,由于河道水位变幅不大,泵站流量功率比可近似看成一个常数。

依据2016年现场测试数据,泵站流量功率比值取 $47.54\text{ m}^3/\text{kWh}$ 。经验参数的适用条件是:(1)水泵为中小型混流泵;(2)水泵实际扬程在 $2\sim 4.5\text{ m}$ 。

2016年,在一个水稻灌溉周期内,对如皋市磨头镇马尧泵站的2台水泵进行了连续测量,记录了每次提水量和用电量。利用公式(3)计算提水量,并与实测数据作比较,计算值与实测值基本吻合,一个水稻灌溉周期的提水总量计算相对误差为 8.85% ,公式(3)有较高的计算精度,能够满足农业用水计量的要求。

4 结语

- (1) 本文提出电水转换法经验公式中的泵站流量功率比具有明确的物理含义,是水泵出流量与电机输入功率的比值,可通过泵站现场测试直接得到。以往文献仅仅把流量功率比视为电水转换经验系数。
- (2) 对中小型泵站,流量功率比与水泵规格无

明显关系。在扬程变化幅度不大(0.5 m 左右)的情况下,扬程对流量功率比的影响很小,可以忽略不计。流量功率比与装置效率关系密切,随装置效率的提高而显著增大。

(3) 针对南通市中小型混流泵,提水量计算经验公式具有较高精度。通过与如皋马尧泵站一个水稻灌溉周期的提水量实测数据进行比较,经验公式计算的相对误差为 8.85% ,能够满足农业用水计量的要求。

(4) 电水转换法计算简单,实际管理操作方便,运行维护费用很低,是提水灌区农业用水计量的首选方法。

参考文献:

- [1] 徐进,罗尖,耿清蔚.加强太湖流域农业用水计量的思考[J].中国水利,2016,(1):39-41.
- [2] 王成福,罗浩,景少波.浅析我国农业灌区用水量测技术的现状与发展[J].陕西水利,2016,(4):167-168.
- [3] 王克强,刘红梅.建立精准的用水计量体系和累进的农业用水价格机制的调查研究[J].软科学,2010,24(2):99-102.
- [4] 李娜.关于农业灌溉用水计量方法的探讨[J].水科学与工程技术,2014,(6):69-71.

(责任编辑:王宏伟)