

一种新的灌区量水方法

刘力旻¹, 曾辉斌²

(1. 河海大学现代农业工程系, 江苏 南京 210098; 2. 湖南五凌电力有限公司, 湖南 长沙 410007)

摘要: 针对灌区目前缺少适用于面广量大的斗、农渠, 以及适合大面积推广应用的量水方法等问题, 提出一种基于细长板开启角与明渠流量关系的量水方法. 通过试验可知: 细长板开启角度、明渠非均匀流流量与板前水深三者单值对应, 并满足二元函数的变化关系. 在确定渠断面、细长板尺寸以及安装布置条件下, 只要准确测得细长板开启角与板前水深, 便可利用等流量线图得知此时的流量. 用该法测得的流量值与实际流量相比较, 相对误差在 ± 5% 以内.

关键词: 节水农业; 灌区量水; 单值对应; 二元函数

中图分类号: S274.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-198X(2006)05-0534-03

农业灌溉计量是灌区量水工作中的一个薄弱环节, 应尽快研究并推广经济实用、可靠性高的量水设施.

目前灌区常用的水量量测手段^[1-7]主要有 (a) 利用水工建筑物量水. 如闸、涵、渡槽、倒虹吸等水工建筑物, 只要其出流符合一定的量水水流条件, 都可以量水. 用水工建筑物量水既可以减少灌溉系统量水设施产生的水头损失, 又可节省大量附加量水设备的建设费用. 但由于斗、农渠等建筑标准较低, 会对量测精度造成较大影响, 故一般较少采用. (b) 利用流速仪测流. 流速仪测流精度高, 但是施测时对于不同的渠道断面需要布置不同的测点, 工作量大; 此外, 对水质或施测环境要求较高, 不适合面广量大的斗、农渠应用. (c) 利用特设的量水建筑物. 按照结构形式, 现有的特设量水建筑物主要有量水堰、量水槽和量水计三大类. 这类量水建筑物理论与技术均较为成熟, 但由于水位参数的精度对流量影响较大, 因此对量水建筑物本身的工艺制作要求较高, 不适合在灌区内推广应用.

拍门是泵站常用的截流闭锁装置, 泵站正常运行时, 可以计算其在水流冲击作用下的开启角度^[8]. 由于拍门开启角度与水流的流量和流速有关, 因此假如在明渠中设置一类似于拍门的可绕轴转动的金属薄板, 则可由金属薄板的开启角度测定流量. 金属薄板可选用不锈钢材料的细长板. 当细长板的长宽比大于 10 时, 对水流产生的阻力及水头损失均较小. 本文通过一系列试验研究了明渠流量与细长板开启角的关系, 以探讨该方法的测流原理.

1 量水原理

在来流冲力作用下, 细长板会开启一角度. 明渠均匀流流态下细长板开启角与流量满足关系式^[9]:

$$PL_P\cos\alpha - G\frac{L_G}{2}\sin\alpha + FL_F\sin\alpha = 0 \tag{1}$$

式中: α ——细长板开启角; P ——水流冲力; L_P ——冲力力臂; G ——细长板自重; L_G ——板长; F ——浮力; L_F ——浮力力臂. 明渠横断面示意和细长板受力情况见图 1 和图 2.

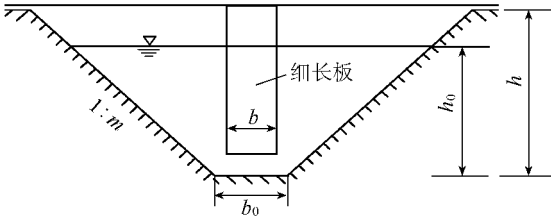


图 1 明渠横断面示意图
Fig.1 Cross section of open channel

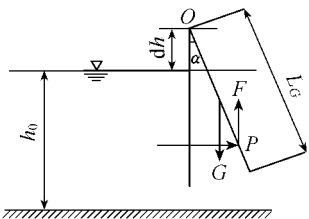


图 2 细长板受力分析
Fig.2 Sketch of stress analysis of long and narrow plate

式(1)同样适用于矩形渠道和各种尺寸的细长板,但流态只限于明渠均匀流^[9],然而实际中流态多是明渠非均匀流,因此本文将研究明渠非均匀流流态下二者的关系以及这种关系是否可以实现灌区流量的测定。

2 试验设计

采用验证均匀流关系的试验装置,如图 3 所示。
通过调节下游活动堰板的高度,可以调节水流从测量渠道到调节水池的出流速度,从而调节板前水位,此时冲击板的水流是明渠非均匀流。固定上游堰板,保持出流流量不变,调节下游活动堰板的高度以变化板前水位。待水流稳定时,在读取板前水位的同时读取细长板开启角,可以得到同一流量下不同板前水位对应的细长板开启角的变化规律。再变化出流量,即可以得到不同流量下板前水位与细长板开启角的关系。

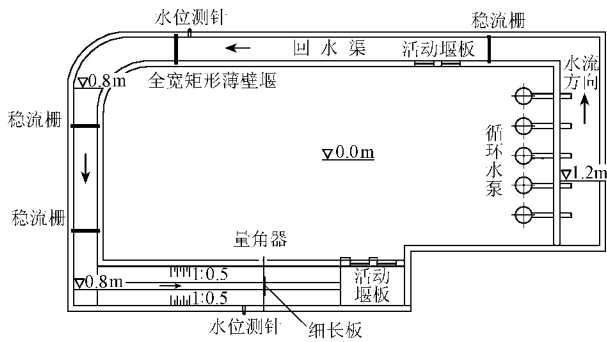


图 3 试验布置平面图
Fig.3 Layout plan of experiment

3 试验成果及分析

3.1 分析

图 4 是一系列由试验数据得到的等流量线图,图上的每一条曲线表示同一流量时细长板开启角与板前水位的变化关系。试验表明(a)同一流量下,细长板开启角度与板前水位呈单值对应关系,不同流量时,等流量线之间无交叉点,即一个既定的细长板开启角对应唯一的流量和板前水位;反之,一组细长板开启角与板前水位,对应唯一确定的流量,说明三者满足二元函数 $z=f(x,y)$ 的变化关系。这种单值对应的关系决定了利用细长板开启角与明渠流量关系实现流量测定的可能性。在确定的明渠断面、细长板尺寸以及安装布置条件下,只要准确测得细长板开启角与板前水位,便可利用等流量线图得知此时的流量。整套测流设施安装、维修方便快捷,非常适合面广量大的斗、农渠测流。如果具备良好的软硬件条件,则细长板开启角与板前水位的测量均可实现自动化。(b)对于某一等流量线存在某一点,该点左边为一水平线,右边为一曲线,也就是说,假设该点对应渠中水位 h^* ,当渠中水位 $h < h^*$ 时,细长板开启角仅与流量有关,而与渠中水位无关;而当 $h > h^*$ 时,细长板开启角不仅与流量有关,还与板前水位有关。从试验可以观察到: h^* 值和某一流量对应的正常水深 h_0 接近,但 h^* 是否等于 h_0 还需进一步研究。一般情况下,灌区水位大于正常水深,所以这一点基本不会影响流量的准确测定,但可以作为该法是否合适的考虑因素之一。

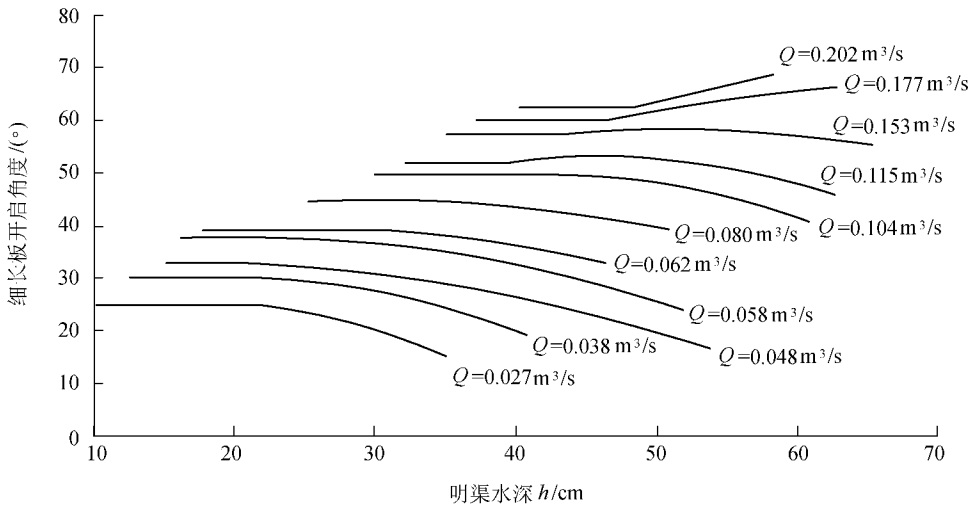


图 4 等流量线
Fig.4 Equal flux curves

3.2 验证

根据上述测流原理,只要测得细长板开启角 $\alpha(^{\circ})$ 与板前水位 $h(\text{cm})$,便可求得 (h,α) 对应的理论流量

$Q(\text{m}^3/\text{s})$. 为验证这种测流方法的精度,仍在上述设备条件下,测定某一已知流量下的一组 (h, α) 值. 应用等流量线图进行二元插值,将流量的计算值与已知的实际流量相比较,计算二者的相对误差 R , 并取其绝对值. 比较结果见表 1.

由表 1 可见,理论流量与实际流量相对误差的绝对值最大值为 2.9%, 最小值为 0.1%, 均在 3% 内, 试验值与计算值吻合良好, 满足规范对于测流方法精度的要求, 可用于渠道流量的测量工作中.

4 结 论

研究结果表明:同一流量下,细长板开启角度与板前水位呈单值对应关系. 不同流量时,等流量线之间无交叉点,即一个既定的细长板开启角对应唯一的流量和板前水位;反之,一组长细板开启角度与板前水位,对应唯一确定的流量. 三者满足二元函数 $z = f(x, y)$ 的变化关系. 这就是利用细长板开启角与明渠流量的关系实现流量测定的原理. 这种新的测流方法,具有制作、安装、维修、施测方便快捷的特点,适用于斗、农渠,适应于不同管理水平和经济能力的灌区,且适合灌区大面积的推广应用. 若配合仪表研制,有望开发出精度合理的全自动数字化灌区测流仪表.

参考文献:

[1] DAVID C. Ultrasonic flowmeters get the nod[J]. Control Engineering, 1998(11):125-126.
[2] 陈毓陵,王靖波. 灌区量水方法及应用对策[J]. 水利水电科技进展, 2000, 20(6):39-42.
[3] 蔡勇,周明耀. 灌区量水实用技术指南[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2001:34-245.
[4] 谢崇宝,高占义,朱嘉英. 灌区量水技术与设备发展现状与趋势[J]. 节水灌溉, 2003(6):27-28.
[5] 俞双恩,左晓霞,赵伟. 我国灌区量水现状及发展趋势[J]. 节水灌溉, 2004(4):35-37.
[6] 刘焕芳,宗全利,李强. 灌区梯形量水堰测流改进研究[J]. 农业工程学报, 2005, 20(1):57-60.
[7] 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.
[8] 严登丰. 泵站过流设施与截流闭锁装置[M]. 北京:中国水利电力出版社, 2000:116-118.
[9] 刘力英,徐辉,于永海,等. 细长板开启角与明渠均匀流流量关系的研究[J]. 水利水电科技进展, 2005, 25(1):45-47.

A new method for flux measurement in irrigated area

LIU Li-huan¹, ZENG Hui-bin²

(1. Department of Modern Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Wuling Power Co., Ltd. of Hunan Province, Changsha 410007, China)

Abstract: In consideration of the fact that there lacks a reasonable method suitable for wide application in flux measurement for considerable lateral canals and ditches, a new method based on the relationship between the opening angle of long and narrow plate and flux of open channel is put forward. Experimental result shows that the non-uniform flux of open channel is single-valued corresponding to the opening angle of the plate and water depth in front of the plate, and satisfies the dualistic function. Therefore, under the certain condition of the profile of open channel, the size of long and narrow plate and installation, the flux can be achieved from the equal flux curve if the opening angle of the plate and water depth in front of the plate are accurately determined. In comparison with the real value of flux, the relative error of the measured data by the method is within $\pm 5\%$.

Key words: water-saving agriculture; water measurement for irrigated area; single-valued correspondence; dualistic function

表 1 流量计算值与实际值的对比分析

Table 1 Comparison of calculated result of flux with experimental data

验证点 (h, α)	$Q_{\text{计算}} / (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	$Q_{\text{实际}} / (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	$R / \%$
(34.35, 18.0)	28.7	26.9	1.8
(37.77, 41.0)	73.4	70.5	2.9
(47.38, 37.5)	72.2	74.9	2.7
(39.41, 45.5)	88.9	86.9	2.0
(32.6, 40.0)	68.4	68.9	0.5
(46.48, 34.0)	65.6	67.6	2.0
(37.82, 38.5)	67.6	67.5	0.1
(49.38, 46.0)	99.8	101.1	1.3
(55.15, 63.5)	177.7	178.3	0.6