

灌区明渠水位流量积算仪的研制与应用

刘玉海¹,谢清华²,樊铭京³,陈祥磊⁴,马树升^{3*}

1. 东营市河口区水利局, 山东 东营 257200
2. 枣庄市水利勘测设计院, 山东 枣庄 277800
3. 山东农业大学水利土木工程学院, 山东 泰安 271018
4. 日照市东港区水利局, 山东 日照 276800

摘要: 灌区明渠量水技术是节水农业的关键技术之一。依据明渠水力学原理中水位流量关系, 研发了灌区明渠水位流量积算仪。经在明渠均匀流渠段或标准量水槽上应用, 较传统明渠测流具有效率高、实时性强、精度高等特点。

关键词: 灌区; 明渠; 水位流量; 积算仪

中图分类号: P332.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)04-0565-04

Development and Application of Water Flow Integrator in Open Channel of Irrigated Area

LIU Yu-hai¹, XIE Qing-hua², FAN Ming-jing³, CHEN Xiang-lei⁴, MA Shu-sheng^{3*}

1. Water Bureau of Hekou District Dongying City, Dongying 257200, China
2. Zaozhuang Water Conservancy Investigation and Design Institute, Zaozhuang 277800, China
3. College of Water Conservancy and Civil Engineering/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China
4. Water Bureau of Donggang District Rizhao City, Rizhao 276800, China

Abstract: It is one of the key techniques to measure the water flow in an open channel of irrigated area for the water-saving agriculture. This paper developed a water flow integrator in irrigated area according to the relationship of water flow in hydraulic principle. Its effect in application was more efficient, more real-time and more accurate than traditional one for open channel.

Keywords: Irrigated area; open channel; water level and flow; integrator

灌区明渠量水技术是灌区实行配水调度、计划用水、节水灌溉、按方收水费的关键技术措施。在农业节水灌溉各项技术措施中, 灌区量水是一项基础的、关键的、也是难度较大的技术^[1]。该技术是灌区管理部门进行引水、输水、配水工作必须采用的技术环节。任何一种节水灌溉技术的节水效果都离不开对灌溉水量的精确计量手段。因此, 开展灌区量水技术研究也是节水农业研究的关键技术内容, 对于促进农业节水增收、实现水资源高效利用和建立节水型社会具有十分重要的意义。

1 明渠水位流量监测水力学原理

1.1 明渠水流的形态

明渠水流是一种具有自由水面的水流, 水流表面压强为大气压强, 即相对压强为零, 因此明渠水流也称为无压流。不仅天然河道、人工渠道中的水流为明渠水流, 只要管道、隧洞中的水流未充满整个断面, 水面仍与外界大气充分接触, 其水流也属明渠水流^[2]。

明渠水流根据其运动要素(流量、流速、水深等)是否随时间变化分为恒定流和非恒定流; 根据其运动要素是否随流程变化, 分为均匀流和非均匀流。

由于自然降雨或河渠流量的人工调节, 会使河渠水流的流速、水深、流量等随时间不断地变化, 而形成明渠非恒定流。严格地说大多数河渠水流属于非恒定流, 只是生产实践中, 人们常把一些特定时段内水情随时间变化较缓慢的水流当作恒定流来处理。

1.2 明渠均匀流的特点及流量计算公式

明渠均匀流是运动要素(流量、流速、水深等)沿一定渠长不发生变化的水流。它的形成需有一定的条件: 水流为恒定流; 该一定渠长内无支流的流入或流出即流量沿程不变; 该一定渠长必须长而直的棱柱体正坡明渠, 且粗糙系数沿程不变; 过水断面的形状、尺寸沿程不变, 即无闸坝、跌

收稿日期: 2016-04-10

修回日期: 2016-06-03

作者简介: 刘玉海(1977-),男,本科,工程师,研究方向农田水利。E-mail:liuyuhai3658522@163.com

*通讯作者: Author for correspondence. E-mail:mss@sdau.edu.cn

水或陡坡等建筑物的干扰。

明渠均匀流的流量, 根据恒定流的连续性方程式为: $Q=Av=\text{常数}$ (1)

另据均匀流的动力方程式: $v=C\sqrt{RJ}$ (2), 对于明渠均匀流, 水力坡度等于渠底坡度, 则

$v=C\sqrt{Ri}$ (3), 由此明渠均匀流的流量公式为: $Q=AC\sqrt{Ri}$ (4)

对于梯形断面或矩形断面渠道, 由式(4)可得到:

$$Q=(b+mh)h \cdot \frac{1}{n} \left[\frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (5) \text{ 或 } Q=bh \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{bh}{b+2h} \right)^{\frac{1}{6}} \sqrt{i \times \frac{bh}{b+2h}} \quad (6)$$

1.3 明渠均匀流的水位流量关系

由流量公式 (5) 和 (6) 可知, 流量与各水力要素间存在着一定的函数关系即:

$$Q=AC\sqrt{Ri}=f(m, b, h, i, n) \text{ 或 } Q=AC\sqrt{Ri}=f(b, h, i, n)$$

对于已建好的渠道, 渠底纵坡 i 、渠底宽 b 、边坡系数 m 和粗糙系数 n 均为已知, 可以根据设计流量 Q 求得水深 h , 也可根据水流深度 h 求得流量 Q 。当渠道断面上述要素已定, 又是明渠均匀流, 则水深 h 与流量 Q 就有一确定的 $h-Q$ 曲线关系。

除梯形或矩形断面外, 灌区中常见的 U 形断面、圆形断面、马蹄形断面也能根据式 (4) 确定其 $h-Q$ 关系曲线; 渠道上的量水堰槽如巴歇尔量水槽、无吼道量水槽、半圆柱量水槽、机翼形量水槽等均是根据稳定的 $h-Q$ 关系量测流量的。

2 明渠水位流量积算仪研制

通过测量过水断面的水深, 再根据该断面水深流量 $h-Q$ 关系曲线折算出该断面的流量值是一个传统的测流方法^[3]。以往是在渠道边固定上水尺, 由人工每天或几天观测一次水尺上的读数, 再人工于室内推算相应的流量。该方法简单易行, 但最大的缺点是测流效率低、精度低。

2.1 总体设计方案

明渠水位流量积算仪是采集水位传感器实时监测的水位(深)信号, 按照既定公式计算明渠流量的仪表。设计可同时监测采集两个水位即上游水位和下游水位, 使用时按不同的渠道情况或是明渠或是标准流槽进行切换, 再对应不同的公式采用这两个水位值进行流量积算。

流量积算仪表设计采用点阵式液晶屏进行显示; 可清晰直观显示出上下游两个水位、瞬时流量和累积流量数据信息。

流量积算仪表可通过按键进行渠道参数及仪表参数的设置, 每台仪表均有可设置或修改地址码, 输出数据具有地址信息。

水位流量积算仪表要具有电源控制功能, 可控制仪表液晶屏、水位采集及 U 盘数据存储各功能模块的电源, 从而达到有效的降低系统功耗的目的。还设计有电池电压检测功能, 以实时监测供电电压和欠压报警。

流量积算仪设有可拔插的 U 盘, 使实时监测的水位数据和同步积算的流量数据, 以 Excel 表格的方式进行存储, 一个测水周期终了可拔下 U 盘在计算机上读取数据, 进行长期存档备份或数据整理分析等。

流量积算仪设有通信接口并具有 GPRS 通信功能, 可将监测数据和积算数据实时上传到上位工控机, 与 U 盘存储功能平行使用作为储存功能的冗余。

流量积算仪具有实时时钟功能, 可实现水位流量信息的实时记录, 使所有数据具有时间性可便于数据统计分析和查阅。

2.2 总体硬件结构设计

硬件主要包含如下模块, MCU 模块、电源模块、液晶显示模块、按键模块、GPRS 通信模块、U 盘存储模块、实时时钟模块、存储模块、电压检测模块、水位采集模块、升压模块等(图 1)。

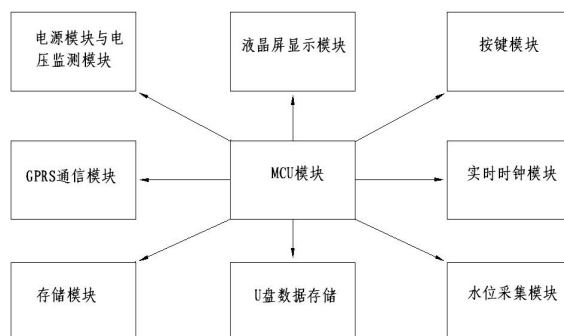


图 1 流量积算仪的结构模块

Fig.1 The structural modules of water flow integrator

2.2.1 MCU 模块 明渠流量仪表设计选用了低功耗单片机 STM32L152VBT6 作为主控芯片, 此单片机为 32 位单片机, 同时支持最高 32 M 的时钟频率, 具有多种工作模式, 特别在 sleep 模式下具有微安级别的功耗。该单片机具有丰富的 IO 口资源、USART 资源及模拟量检测资源。同时具有 128 kb 的 flash 存储器和 16 kb 的 RAM 等。

2.2.2 其它模块设计 仪表内各电器原件较多且各自的工作电压不同, 故电源模块较多包括有 5.0 V 电源稳压模块、3.3 V 电源稳压模块、RS-485 通信稳压模块、+24 V 电源稳压模块、电池电压检测模块等。设计采用+12 V 电源模块外接+12 V 外接电源, 经过 MP2560 稳压后产生+5 V 和 3.3 V 电源稳压模块, 供 MCU 模块、液晶屏显示、按键模块、数据存储、实时时钟模块和 RS-485 通信模块使用

液晶屏显示设计采用 192*64 点阵式液晶屏显示, 单片控制液晶屏电压及背光电压控制液晶屏功耗; 在唤醒按键按下后, 液晶屏显示仪表信息; 5 min 内无按键操作时, 单片机将液晶屏电源及背光电源全部关掉, 达到降低功耗的目的。

明渠流量仪表采用有 8+1 按键设计, 8 个常规按键, 1 个唤醒按键; 常规按键实现仪表参数设置; 唤醒按键实现单片机从休眠状态唤醒, 方便仪表参数配置及查看仪表数据。

仪表设置参数存储采用铁电存储芯片存储, 结构容量为 4 kb, 具有功耗低、读\写次数无限制、掉电数据保存时间长及读写速度快等优点。流量仪表采用外部 U 盘进行数据保存, 流量仪表上电后, 每小时进行数据存储, 存储近 1 h 内, 每 5 min 的流量仪表读数; 采用每天创建 EXCEL 表格的方式进行存储; 方便后期数据查看; 同时单片机控制 U 盘存储模块电源, 达到控制功耗的目的。

3 明渠水位流量积算仪应用

研制的明渠水位流量积算仪外形如下图, 并且已获得中国专利授权, 专利号为: 201520986167X。



图 2 流量积算仪

Fig.2 Water flow integrator

3.1 水位(深)测量点选定

流量监测点一般选在各级渠道的首端进口处往下游的一段渠段上, 这样测到的是该渠道进口流量。要求该渠段稳定顺直、断面尺寸和衬砌均匀一致、纵坡边坡不变, 该渠段长度可为 8~15 倍渠宽, 因渠道顺直情况不同至少应有 8 倍渠宽长度。

3.2 水位传感器的安装

在该 8~15 倍渠宽的顺直渠段上,水位传感器可安装在距上游 5~9 倍渠宽、距下游 3~6 倍渠宽处。水位传感器可装在渠道 1 侧岸坡的测井里,测井与渠道以连通管于底部连通。构造图如下。

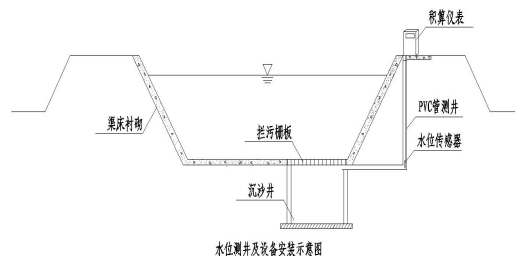


图 3 水位传感器安装位置示意图

Fig.3 The schematic installation for water level sensor

3.3 流量积算仪安装与防护

明渠水位流量积算仪的水位传感器采用投入式的、测水体静水压力的传感器,将其放入 PVC 管测井内,可准确测出随水深正比变化的水体静水压力,并经信号调理电路转换成标准信号输出,再根据信号与水深的线性对应关系确定出渠水深度。

明渠水位流量积算仪的显示仪表,可就近置于测井旁边的渠道堤顶上,其上加罩一玻璃钢材质的防护罩盖,于罩内用特制锁具锁紧以防雨水及暴晒、被盗或损坏。

3.4 实际安装应用

2012 年笔者在山东武城县、滕州市数条斗渠上进行了设备安装,均是斗渠渠首的块石衬砌矩形断面改造成混凝土无吼道量水槽,每槽设有 2 个水位测井分为上游水位和下游水位,采用该明渠水位流量积算仪表进行流量监测。2012 到 2013 连续 2 年在山东莒南县陡山水库灌区的 10 多条斗渠进行了设备安装,同样是将渠首矩形断面改造成混凝土无吼道量水槽进行流量监测。这几个灌区的流量监测无论在测流的实时性、流量精确度、数据可储存保留以及数据迅速上传等方面均取得了较好的效果。但都遇到渠道坡度较缓,增建量水槽后造成阻水降低渠道过水能力的困扰。因此,2014 到 2015 年在山东莒南县陡山水库灌区七支渠的斗渠测流时,设备直接装在明渠均匀流渠段上。安装前对各斗渠是否能发生明渠均匀流进行了勘测筛选,对测流渠段长度、宽度和渠底纵坡进行了测量,严格确定测井位置^[4]。将原有衬砌石体拆除、改用混凝土浇筑测井并预埋角钢及螺栓、固定玻璃钢防护罩盖等。

在灌区渠系图上对每条斗渠进行了编号,将流量积算仪及玻璃钢防护罩上也对应刻印相同编号,输入各渠道的测量参数。结合 2015 年及 2016 年的农田灌溉,采用流速仪对各斗渠道进行了测流率定,取得了很好的测流效果^[5]。

4 结论

笔者在明渠均匀流渠段或某些标准量水槽上,采用研制的灌区明渠水位流量积算仪,按水力学原理通过实时监测渠或槽内水深,可同步快捷将积算出渠道的瞬时流量和累积流量。仪表可同步储存水深、瞬时流量和累积流量的数据过程并实时上传数据。该积算仪的应用较传统的灌区明渠测流具有测流效率高、实时性强、精度高、信息化自动化程度高等特点。

参考文献

- [1] 阮芬,马树升,白俊清,等.超声波流量计的测流原理及其应用研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,2006,37(1):99-104
- [2] 杨红玲,马树升,张加义,等.超声波法与流速仪法在明渠测流中的比较研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,2008,39(2):301-304
- [3] 樊铭京,马树升,王贵田.明渠恒定非均匀流渠道流量实时监测方法与探讨[J].山东农业大学学报:自然科学版,2010,41(3):440-442
- [4] 马腾远,张庆,宋玉娟,等.灌区明渠水位流量实时监测技术研究与应用[J].山东农业大学学报:自然科学版,2011,42(3):411-414
- [5] 马玉水,樊铭京,王爱军,等.基于无喉道量水槽的灌区流量实时遥测系统研究与应用[J].山东农业大学学报:自然科学版,2013,44(1):86-89