

平原灌区田间渠道量水计研制

杨汉塘

(南京水利水文自动化研究所 南京 210012)

摘要 对内蒙古河套灌区量水系统的总体方案、工作原理和量水计的标定方法作了简介;着重介绍引黄灌溉用水中含沙量高、水草漂浮物多等恶劣的水流条件下仪器的总体布局、工作原理和结构上采取的特殊设计。本量水计适用于平原灌区,也可用于一般灌区,以及环保部门对工业污水的现场监测。

关键词 平原灌区;田间渠道;量水计;旋杯转子

内蒙古河套灌区田间渠道的灌溉用水量,在70年代,曾引用各种传统的量水堰、槽及改进型的无喉道、短道等量水设备,由于灌区渠道坡度平缓(1/4000~1/7000),建成的量水设备上、下游水位差小,淹没度大,量水精度低。之后,改进常规水工建筑物结构设计,提高了上、下游水位差,测流精度虽可满足要求,但过流能力受到很大的制约,影响灌溉用水。

80年代后,采用流速仪法,每天测流两次,以此推算一轮灌水期间的总用水量。由于依靠泵站从黄河抽水的水源、流量极不稳定,时有断流,因此,用水量统计误差极大,只得人为修正用水量,常引起水费纠纷。

1992年,内蒙古河套灌区沙壕渠试验站与南京水利水文自动化研究所合作共同研制田间渠道量水计。沙壕渠站负责总体设计和水工建筑物的研制,以及量水系统的野外试验工作,南京水利水文自动化研究所负责量水计的研制和测试工作。本文主要介绍量水计部分。

1 量水系统总体方案及工作原理

1.1 总体方案

本课题的任务是研制一种具有连续测流、自动累记用水量功能的量水计。要求仪器性能稳定,工作可靠,结构简单,坚固耐用,价格便宜,安装、使用、维护方便,读数直观,计数器功耗微瓦级,计量精度符合水文规范要求。

量水计的工作水流条件,除上述流量变化大、渠道平缓外,灌溉用水中含沙量 $1\sim 20\text{ kg/m}^3$,且常挟带有水草、作物茎秆、树枝等漂浮物,给长期工作

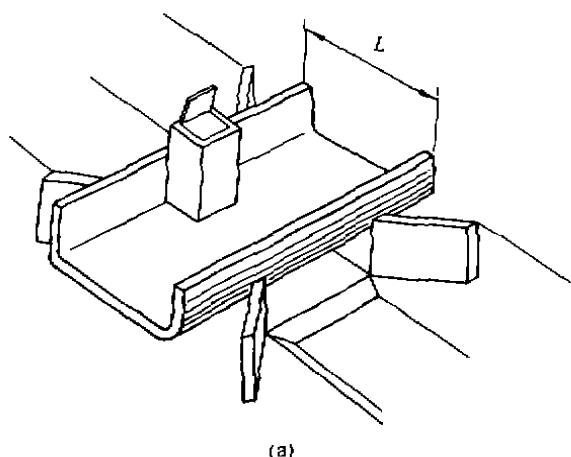
的仪器带来极大危害。

灌溉渠道流量 Q 为渠道过水断面面积 A 与其平均流速 v_m 的乘积。为满足上述任务和工作条件,首先必须建造一个能保持一定断面面积的水工建筑物。为此,需将明渠自由流转换为有压管流;其次,用于连续测流的转子式量水计,其结构必须满足在上述水流条件下能长期工作,与其配套的水量累记计数器也应以极低功耗工作。

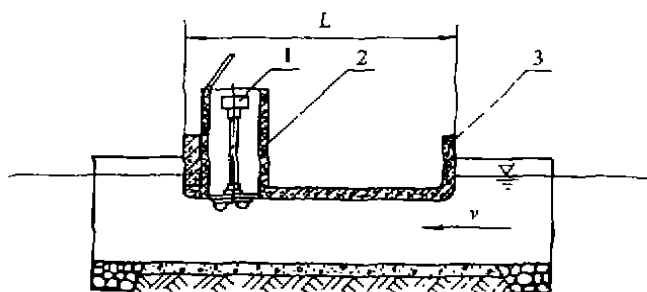
1.2 工作原理

在田间灌溉渠道上,选择一渠道顺直、水流平稳的测流断面,其上、下游直线段长度应大于 $10\sim 20$ 倍渠宽,横跨渠道建造量水涵洞(见图1),其过水断面为矩形,高宽比为 $1:2\sim 1:4$,涵洞长度为 $1.6\sim 2\text{ m}$ 。涵洞高度应根据灌溉用水量和满管流工作所必需的上、下游水位差确定,一般不宜过大,可参考水力学短管有压潜流理论设计。为使水流顺畅流过涵洞,并保持其平稳性,涵洞进、出口的侧墙为引水的挡水墙,洞顶制成过渡圆弧。为保证量水计安装位置正确,装卸方便,以及保护仪器免遭人为破坏,需建造一个牢固的仪器保护室。量水计安装在固定基座上,其联接板如同盖子正好封住洞口,联接板底面与洞顶齐平,其下面为一斜度呈 45° 的导流罩,旋杯转子的半个锥体部分突出在其外部,用以感测水流速度。水力学理论和实验表明,流经有压量水涵洞的水流,其流态基本上是稳定的,流速分布符合恒定流时紊流流态下管流分布规律,即对数分布,并可确立洞顶一点流速 $v_{\text{顶}}$ 与断面平均流速 v_m 的关系。流经涵洞的过水流量 Q 的计算公式为

$$Q = \varphi A v_{\text{顶}} \quad (1)$$



(a)



(b)

图1 灌溉渠道量水系统

1. 量水计; 2. 仪器室; 3. 量水涵洞土工建筑物

式中 φ 为表征 $v_{\text{顶}}$ 和 v_m 之间的关系系数, 与量水计旋杯转子位置、涵洞结构和渠道特性等有关, 可通过现场标定. 量水计测量流速的计算公式为

$$v_{\text{顶}} = K \frac{N}{T} \quad (2)$$

式中: K 为与量水计旋杯转子结构参数有关的常数, 或称水力螺距; N 为旋杯转子总转数. 将式(2)代入式(1), 得:

$$Q = \varphi AK \frac{N}{T} \quad (3)$$

令 $\beta = \varphi AK$, 则一轮灌溉用水期, 历时为 T , 总用水量为

$$W = \beta N \quad (4)$$

式中 β 为包含上述各种因素的流量综合系数, 代表水流流过涵洞测流断面时, 量水计转子每转单元水量. 式(4)的形式十分简单, β 值累加数就是一轮灌溉用水量.

1.3 量水计标定

综合流量系数 β 除与量水计旋杯转子结构有关外, 更重要的是与量水涵洞结构、断面积和渠道特性等因素有关. 因此, 必须在现场标定. 标定方法是采用流速仪测流比较法. 按照水文规范要求, 在测流涵洞下游约 5~10 m, 选择一水流平稳的测流断面, 用精测法测定流量 Q_0 , 假设 Q_0 为标准值, 测流起迄历时为 T , 同步观测量水计总水量为 W , 则流量综合系数为

$$\beta = \frac{W}{Q_0 T} \quad (5)$$

2 量水计工作原理及其结构

量水计由流速传感器、信号转换器和水量累计计数器等三部分组成(见图2).

流速传感器的旋杯转子感受水流直线运动的速

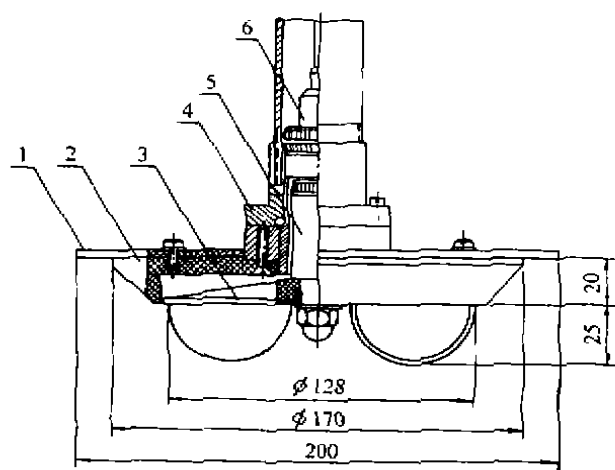


图2 流速传感器和信号转换器(单位:mm)

1. 联接板; 2. 导流罩; 3. 旋杯转子; 4. 联接盘; 5. 旋转支承部件; 6. 信号转换器

度, 同时把其模拟量转换为转子圆周转数的数字量, 以便进行数据传输、处理. 转子转速 n 与水流速度存在一定的比例关系, 通过流速仪检定槽实验确定. 在实际使用中, 可通过测量转子转速 n 来确定水流速度. 旋杯转子轴轴上端装有磁钢, 旋杯转子每转一转, 磁钢与其上方的磁敏器件接近一次, 电路导通, 完成一次信号转换. 此信号由屏蔽电缆输出至用水量累记计数器进行数据处理、显示.

2.1 流速传感器

流速传感器主要元件为转子, 目前转子结构型式有旋桨、旋杯、旋叶和萨沃纽斯等. 在测流中, 转子以及转子与支承部分的结合处最容易被水草漂浮物缠绕, 是国内外水文测验中多年未能很好解决的难题. 旋桨转子的结构被公认为甩脱水草能力较好的结构, 但在汛期多水草漂浮物河流工作, 也很难避免水草缠绕. 黄河水文站是将旋桨转子支承部分加长, 使其远离铅鱼头部. 日本 TK-102 型电气流速计等,

是将旋桨安置在铅鱼尾部,并用碗状拦污栅保护.这些措施可起到缓解作用,因每测一条垂线流速后,仪器可提出水面清除水草等缠绕物.

本仪器采用旋杯转子作为流速传感元件,其创新点是旋杯为6个半圆锥体,安装在导流罩中,只有半个锥体露出,且与导流罩的45°锥面相切;支承部分结合处缩进导流罩上部.根据伯努力定律,水流经导流罩导向,流过突起旋杯时,速度加快,压力减少,因此,其作用力是向下的.再加上水流动力和旋杯转子离心力向外的合力,水草等漂浮物就无法缠绕其上.经验证,在现场量水涵洞上游投放许多水草、麦桔、树枝和塑料地膜等易缠绕的漂浮物,结果均无缠绕.4年来通过200多台仪器的实用证明,效果良好.

2.2 旋转轴动态密封

本仪器采用非接触式迷宫密封装置.根据化工设备严谨的密封设计经验知,旋转轴动态密封性能主要与旋转枢轴-静套之间缝隙三次方成正比,与迷宫途径长度成反比,当转动体径向跳动量大时,它将产生偏心泵的挤压作用,使密封效果大为减弱.按此原则设计的流速仪,在我国的江河水流中能长期、可靠地工作.本仪器的工作条件相对较好,因此,从上述理论分析可知,本仪器的密封性能是较完善的.

2.3 用水量累记计数器

用水量累记计数器电路选用特种计算器专用芯片,具有很高的集成度和很强的功能.它用液晶显示,工作电流为2 μ A,功耗为2 μ W.用一颗扣式电池(1.5V)可工作1~2年,非常适用于野外长期工作的仪器.该芯片设有防抖动输入电路,延时为50ms,因此,可保证信号输入稳定可靠.计数器具有存储功能,可将流量综合系数 β 置入存储器,直接显示累记用水量,或进一步置入水价,则可直接显示水费,非常直观,便于农民监督.

目前,一般计数器均采用单片机,基本功能相似,但从功耗、操作、维修、价格等诸多因素综合评估,性能价格比低.

3 结 语

本课题较好地解决了机械式转子量水计在多水草、高含沙量水流条件下长期工作的两大难题:转子结构和旋转轴动态密封.因而仪器可在极不利的水流条件下,长期自动测流并自动累记用水量.

a. 河套灌区灌溉用水量变化大,流速仪法测流次数太少,统计总用水量误差太大.使用本量水系统,将大大提高量水精度;按每年节水5%计,可增加灌溉面积约2.67万 hm^2 ,节省水费425万元,减轻盐碱化危害;同时能改善管理、测流的负担,减员增效,提高灌区科学管理水平,具有良好的社会、经济和生态效益.

b. 本量水系统也可用于一般灌区.

c. 本量水计可供环保部门对工业污水排放进行自动监测,量水槽有待进一步标准化.

d. 目前江河水情自动测报系统都是以测量水位来预报流量的.对一些水位-流量关系不太密切的测站,如河口地区测站,可采用本传感器作为遥测系统的流量传感部分,达到测流遥测、自动化的目的.

e. 测表面流是目前国际测流发展方向,实践表明,本仪器在测表面流方面是可行的,且具有方法简单,实用,操作方便、快捷和精度高等特点.现本仪器仅用于1~2m宽小渠道,对于大渠道或小河可采用多台仪器同步测量,有待进一步推广试用.

f. 本仪器传感器部分可安装于航标灯下,配上一套遥测系统,为航行的船只提供航道水流的即时流速.

(收稿日期:1998-03-08 编辑:张志琴)

《河海大学学报》征订启事

《河海大学学报》(自然科学版)是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登本校在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、管理工程、水利经济、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考.

本刊创办于1957年,是我国中文核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响.刊载的文章中,有不少国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果,部分达到了国内领先和国际先进水平,为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议,发挥了较大的社会效益和经济效益,深受工程界和科技界赞许,并于1989年分别获得江苏省和全国高等学校自然科学学报优秀编辑质量一等奖.本刊每逢单月出版,国内外公开发行人,邮发代号:28-63,每期定价:8.00元,全年订费48.00元.欢迎广大读者在全国各地邮局订阅或直接与编辑部联系.联系地址:南京市西康路1号《河海大学学报》编辑部,邮政编码:210098.