

一种接触式泥位测量方法

倪文军, 栗克国, 刘 锐

(交通运输部天津水运工程科学研究院, 天津 塘沽 300451)

摘要: 在比较研究渠道断面泥位测量的基础上, 研究了一种接触式的泥位测量方法。经过现场试验验证, 该方法简单可靠, 测量精度能够满足实际需要, 具有推广价值。

关键词: 灌区自动化; 泥位计; 水深测量

中图分类号: TH89

文献标志码: B

文章编号 1006-7647(2012)S2-0010-02

泥位测量在灌区日常管理中具有重要地位, 测量结果直接影响渠道断面流量的计算, 也对断面流速测量有一定影响, 并间接影响流量的测量精度, 因此, 寻找简单可靠的泥位测量方法具有重要的意义。

“十二五”期间, 国家加大了对水利建设的投资, 灌区信息化建设也得到了难得的发展机遇。笔者在与相关灌区合作开发自动化系统过程中, 发现渠道断面泥位测量一直是困扰灌区信息化的一个难题, 当前大部分灌区还采用原始的人工方式测量泥位。经过比较分析各种泥位测量方法, 笔者设计了一种接触式泥位测量方法。经过现场试验验证, 该方法具有较好的测量结果, 精度满足实际测量的需要, 具有推广价值。

1 常用的泥位测量方法

水位、水深、泥位是3个相互联系参数, 水位等于水深加上泥位。在灌区信息化建设中, 一般需要测量其中2个参数以求第3个参数。水位参数的测量可以使用超声波水位仪、雷达物位仪、跟踪式水位计、电容式水位计等进行测量, 但到目前为止, 水深和泥位这2个参数尚没有简单可靠的测量方法, 这是因为: (a) 灌区水深一般较浅, 传统的水深测量设备, 如回声测深仪测量精度不足; (b) 回声测深仪等设备投资较大, 大部分灌区很难支撑; (c) 泥位高度很难直接测量, 并且由于淤积程度不同对测量结果的影响很大。

目前市场上常采用超声波测量水深的方法, 其基本工作原理是传感器发出超声波遇到泥层会反射, 以此测出发射波和反射波的时间, 就可以得出传

感器到泥层的距离 H ; 传感器到水底的距离 L 可通过其他方法得到, 这样就可以得到泥层厚度和水位深度, 如图1所示。

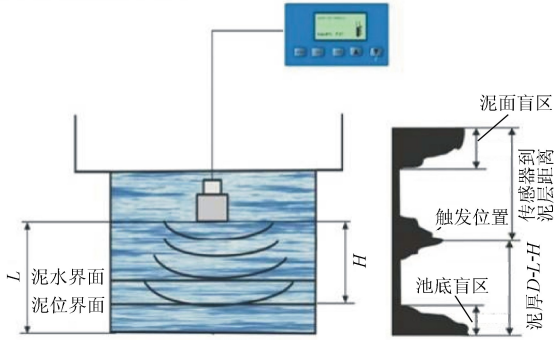


图1 泥位检测原理

2 接触式泥位测量方法

2.1 基本原理

通过对各种泥位测量方法的比较分析, 发现使用纯机械的方法进行泥位测量具有一定的可行性, 其基本原理如图2所示。

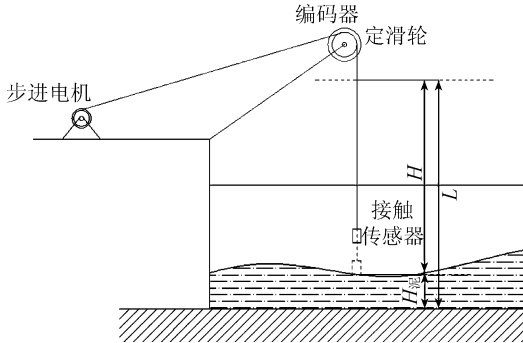


图2 测量方法基本原理

由图 2 可见,步进电机转动带动钢丝移动,定滑轮上固定的编码器对旋转角度精确记录,接触传感器固定在钢丝一端,随着步进电机的旋转上下移动。工作时,首先步进电机将接触传感器收回,直到遇到上行限位,此时,设置接触传感器到渠底的高度为 L ,该值可通过其他途径获得。然后清零编码器,步进电机带动接触传感器向下移动。当接触传感器接触水面时,传感器不动作;当接触传感器接触泥面时,发出控制信号,控制步进电机停止。此时通过读取编码器的数值,再根据定滑轮直径即可计算出接触传感器向下移动的距离 H ,则泥位高度为 $L-H$ 。

2.2 存在的问题及解决方法

上述方法虽然简单,但在实际应用中存在 2 个问题:一是如何保证接触传感器对水面不产生信号,而对泥面产生强烈反应;二是传感器进水后,流速冲击会造成钢丝有一定的倾斜角度,从而造成测量不准确。针对这 2 个问题,笔者采取以下办法克服。

对于水面及泥面接触反馈的问题,比较研究了电容式接近传感器、光电式接近传感器和微动开关 3 种传感器,分别使用清水和 5 kg/m^3 、 50 kg/m^3 的含沙水进行试验,泥底使用黄河细沙和河道淤泥模拟,试验结果如表 1 所示

从表 1 可以看出,3 种传感器除微动开关能够屏蔽水面反应以外,其他传感器均对水面有反应,当然这可以通过软件设计进行屏蔽,但是在试验过程中发现了另外一个问题,即多次试验后,接近传感器的探头上附着一层泥,导致传感器越来越不灵敏,最终造成设备无法正常检测。

经过大量试验,最终选用微动开关形式的结构进行泥底检测。实际使用时,使用磁感应开关代替微动开关,以得到更好的效果。

对于水流冲击造成钢丝线偏移问题,通过率定流速与铅鱼的关系对其进行补偿计算,以对测量结果进行数据修正。

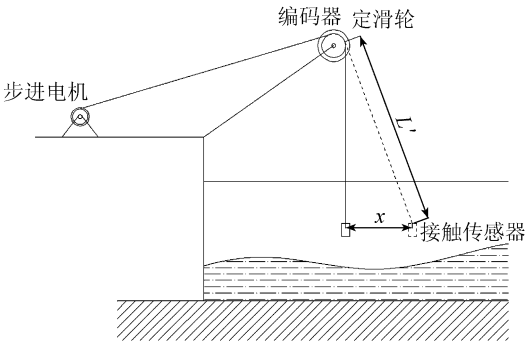


图 3 横向偏移误差分析

如图 3 所示,假设泥位计横向偏移距离为 x ,测量高度为 L' ,则

$$h^2 + x^2 = L'^2$$

据此即可计算出实际高度。 L' 可实际测量获得;事先率定铅鱼与流速关系, x 通过测量流速获得。

3 精度分析及现场试验

本文提出的测量泥位的方法为间接测量方法,因此其精度受到每个直接观测环节精度的影响:

$$H_{\text{泥}} = L - H_{\text{测}}$$

式中: L 为传感器零点到渠底的高度,可精确获得; $H_{\text{测}}$ 通过步进电机和编码器获得,对整体精度的影

表 1 传感器比对测试结果

传感器类型	传感器参数	水样条件	泥底条件	测试结果
电容式接近传感器	反应距离 2 mm, 直径 8 mm	清水	黄河细沙	水面响应 1.5 mm, 泥面响应 1.2 mm
		5 kg/m ³ 含沙水		水面响应 1.5 mm, 泥面响应 1.1 mm
		50 kg/m ³ 含沙水		水面响应 1.6 mm, 泥面响应 0.9 mm
		清水	河道淤泥	水面响应 1.5 mm, 泥面响应 1.2 mm
		5 kg/m ³ 含沙水		水面响应 1.5 mm, 泥面响应 1.1 mm
		50 kg/m ³ 含沙水		水面响应 1.6 mm, 泥面响应 0.9 mm
光电式接近传感器	反应距离 3 mm, 直径 6 mm	清水	黄河细沙	水面响应 2.5 mm, 泥面响应 2.4 mm
		5 kg/m ³ 含沙水		水面响应 2.5 mm, 泥面响应 2.2 mm
		50 kg/m ³ 含沙水		水面响应 2.5 mm, 泥面响应 1.5 mm
		清水	河道淤泥	水面响应 2.5 mm, 泥面响应 2.4 mm
		5 kg/m ³ 含沙水		水面响应 2.5 mm, 泥面响应 2.2 mm
		50 kg/m ³ 含沙水		水面响应 2.5 mm, 泥面响应 1.5 mm
微动开关(进行防水改进),微动开关上连动一个轻质泡沫块	动作压力 1.96 N, 行程 1.3 mm	清水	黄河细沙	水面无反应,泥面有信号
		5 kg/m ³ 含沙水		
		50 kg/m ³ 含沙水	河道淤泥	水面无反应,泥面有信号
		清水		

(下转第 39 页)

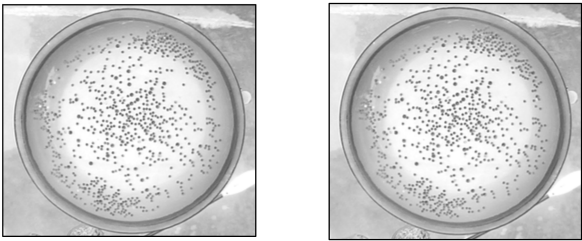


图3 间隔 40 ms 的两幅粒子运动图像

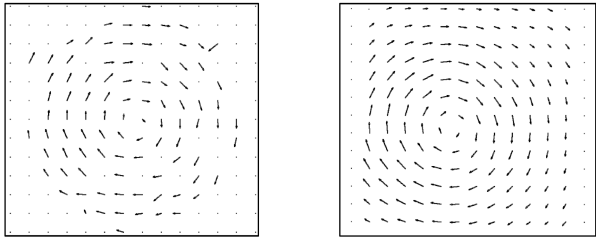


图4 流场分布

和流速,能满足 PIV 表面流场测量系统的精度和速度要求。

(上接第 11 页)

响可以忽略。此时,影响最终测量结果的是传感器被水流冲击造成的位置误差以及钢丝弹性造成的误差。钢丝使用不锈钢合金钢丝,铅鱼质量设计为 30 kg,此时钢丝的弹性变形一般很小,也可以忽略,因此,误差主要由横向位移的测量引起。由于横向位移测量通过流速间接导出,因此误差相对较大,现场试验基本误差在 0.6% 左右。在一般现场条件下,这部分引入的误差量在 1 mm 左右。

最后一部分影响测量精度的因素是接触传感器压缩泥面产生的误差,这部分误差与泥面承载力密切相关,一般来说,泥面越硬误差越小。经过实验室模拟试验,这部分误差在 5 mm 以下。

该系统在黄河某灌区进行实际试验,流速 0.8 m,水平偏移 0.42 m,铅鱼质量 15 kg,测试 6 个点,每个点测试 3 遍。人工使用水尺测杆插入泥底,通过卷尺测量水深获得泥位,数据见表 2。

表 2 现场测试数据					cm
第 1 次 测量值	第 2 次 测量值	第 3 次 测量值	测量 平均值	人工 测量值	误差
25.2	25.1	25.2	25.17	26.5	-1.33
23.3	23.3	23.4	23.33	24.8	-1.47
10.8	10.9	10.9	10.87	13.2	-2.33
8.6	8.6	8.6	8.60	10.8	-2.40
16.5	16.4	16.5	16.47	16.5	-0.03
26.7	26.6	26.7	26.67	29.4	-2.73

4 结 语

本文介绍了反距离权重插值法的原理及其实现方法,并且根据流体连续性运动方程的特征,对反距离权重法进行改进,使该方法不仅能实现网格插值的功能,而且能有效剔除噪声干扰点,进一步提高了插值准确度和精度。试验表明,改进的反距离权重插值法不仅能适用规则的 PIV 数据,也可应用于随机分布的 PTV 技术,能较好地反映流场的运动规律,且实现较为简单,易被推广应用。

参考文献:

[1] 陶文铨. 数值传热学[M]. 西安:西安交通大学出版社, 2001.
[2] 李新. 空间内插方法比较[J]. 地球科学进展, 2000, 15 (3):260-265
[3] 阮晓东,吴锋,杨华勇,等,一种自动检测 PIV 数据中误差矢量的算法[J]. 机械工程学报, 2004,40(7):89-92.
[4] 李志林,朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000:134-139.

(收稿日期:2012-07-10 编辑:熊水斌)

从表 2 可以看出,自动测量与人工测量误差在 3 cm 以下,且基本朝一个方向偏差,应该是存在一个可以修正的固定偏差值。修正后整体误差可以控制在 2 cm 左右,能够满足实际需要。

4 结 语

泥位测量是渠道断面流量测量中的一个重要参数,本文提出的方法及相关设备,经过现场试用具有较好的稳定性和可靠性,测量精度能够满足要求,成本较为低廉,具有较好的应用前景。这种方法也为渠道断面流量自动测试提供了一种参考方法。

参考文献:

[1] 戴建国,姚刚,唐炜. 一种新型水文缆道综合测量装置的研究[J]. 水利水电自动化,1999(4):44-46.
[2] 张孝兵,沈晓红. PLC 在步进电机控制中的应用[J]. 机电工程技术,2008,37(1):104-106.
[3] 汪仁里. 超声接近报警器[J]. 电子制作,2008(3):67-70.
[4] 杨仁文. 超声波泥位计的研制和应用效果[J]. 山地研究,1998,16(1):77-79.
[5] 苏红鲁,张扩成,张厚芹. 邢家渡灌区自动测水量水系统研制[J]. 山东水利,2011 (10):14-15.

(收稿日期:2012-07-25 编辑:胡新宇)