

漂木撞击力量测方法及撞击力特性研究

傅宗甫, 刘明明, 吕家才

(河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:提出利用钟摆原理模拟漂木撞击漂木道的过程, 从而直接测定撞击力的方法. 介绍研制的应变式撞击力传感器的构造及其主要技术性能, 将其应用于太平驿漂木道模型漂木撞击力的测试. 根据实测资料, 分析了斜向撞击力与撞击角、门顶潜没深度以及库水位的变化关系, 得出单位体积内单位速度漂木撞击力只与撞击角有关, 并给出其与撞击角的关系式.

关键词:漂木道; 撞击力; 传感器; 钟摆原理; 水利枢纽

中图分类号:TV143

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2001)03-0033-02

在有漂木要求的河道上兴建了水利枢纽后, 为了节约用水, 漂木道得到了广泛应用. 漂木漂经漂木道过程中, 往往会撞击漂木道, 如果撞击力过大, 则会损坏漂木设施而造成严重后果. 如果事先确定了漂木的撞击力, 就可以在设计漂木道时采取相应的保护措施, 保证漂木设施的安全运行. 影响漂木撞击力的因素虽然不多, 但难以进行定量估算, 所以通过理论计算的方法来确定撞击力的大小目前还有局限性. 本文通过专门设计制作的传感器, 利用钟摆原理将木材独立出来对撞击力进行了成功的测试. 太平驿漂木道模型漂木撞击力的测试表明, 该传感器结构简单, 性能优良, 利用它来测试漂木撞击力不失为一种行之有效的方法.

1 撞击力传感器

以往漂木道漂木试验的结果表明, 漂木对漂木道的撞击一般发生在闸门溢流面板直线与反弧切点附近的反弧曲面上. 因此设计传感器时将其表面设计成相应的曲面. 撞击力传感器的基本原理是将木材的撞击力传递到敏感元件后转换为电信号^[1]. 考虑到传动头面积较大, 木材撞击时易产生转动, 设计时利用钢珠对其进行约束, 使它在木材撞击时只产生垂直方向的微小位移. 传感器基本结构如图1所示, 其基本尺寸可根据试验及制作要求来决定. 应变片采用半桥贴片方式, 其标称电阻值为118Ω.

图2为撞击力传感器的标定曲线, 从图2可以看出它具有优良的线性关系及恢复特性. 经检测, 该传感器的主要性能指标如下: 灵敏度637.10 mV/N;

分辨率 9.81×10^{-3} N; 非线性度3%; 应变桥自振频率700 Hz; 量测范围为 $9.81 \times 10^{-3} \sim 11.77$ N.

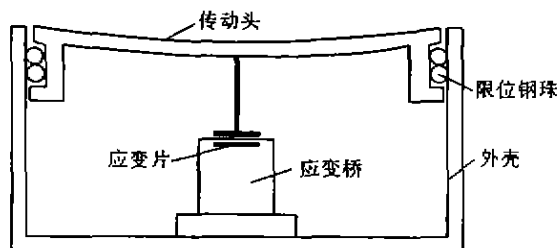


图1 撞击力传感器结构示意图

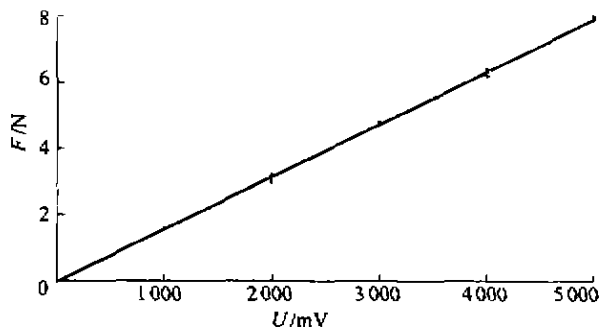


图2 撞击力传感器率定曲线

2 漂木撞击力量测方法

2.1 间接测量法

根据冲量原理得:

$$F = m\Delta v / \Delta t \quad (1)$$

式中: F 为平均撞击力; m 为漂木的质量; Δv 为速度改变量; Δt 为撞击所持续的时间. 通过高速摄像机测得 Δv 和 Δt 后, 即可得到 F . 该法虽然理论上可行, 但对测试设备的要求很高, Δv 和 Δt 的量测

均较困难,而且只能得到 Δt 时间内的平均撞击力。

2.2 直接测量法

利用传感器直接测量撞击力,这种方法原理简单,可以测得瞬时最大撞击力。本文采用这种方法。

撞击力传感器的平面尺寸不宜太大,太大后很难将其装于模型漂木闸门的撞击点处,所以将木材独立出来,利用钟摆原理模拟其撞击过程,进而测定漂木撞击力,图3为撞击力测试示意图。测量中对漂木的撞击过程作了一些假定:漂木撞击闸门前的瞬间速度与闸门撞击点附近处的水流流速相等,撞击过程中漂木的重量为其体积和饱和容重的乘积,忽略水流对漂木的阻尼作用。根据能量守恒原理,测量中只要控制下落高度 Δh ,使 Δh 满足:

$$\Delta h = v^2 / (2g) \quad (2)$$

式中: v 为漂木撞击闸门时的速度(即模型闸门处水流流速); g 为重力加速度。撞击角 θ 通过漂木闸门水力学模型试验的摄影法来确定。

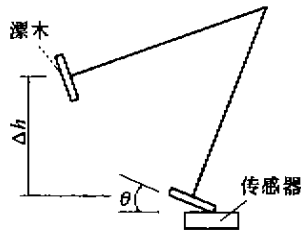


图3 撞击力测试示意图

根据动态结构模型的相似条件^[2],原型撞击力可按按下式进行换算:

$$F_p = \lambda_L^3 F_m \quad (3)$$

式中: F_p 为原型撞击力; F_m 为模型实测撞击力; λ_L 为几何比尺。

3 应用及成果分析

根据太平驿漂木道水力学模型试验,撞击闸门的漂木大多数长度大于5.8m,直径在0.78m以上,撞击角度为25°左右,撞击试验即采用这种尺寸的木材。试验中几何比尺与水力学模型试验相同,即 $\lambda_L = 25$ 。为了使木材在撞击过程中的容重与其饱和容重(已知原型木材的饱和容重为750 kg/m³)相同,将木材均匀钻孔减轻重量进行模拟。试验在20°~30°范围内,对不同撞击角度 θ ,上游水位分别为1081m,1080m,1079m,门顶潜没深度3m和4m时的撞击力进行了测试。各库水位与门顶潜没深度下漂木撞击速度见表1,表1中的值为水力学模型试验结果。

1081m,1080m,1079m三种库水位下,漂木斜向撞击力 F 与撞击角 θ 和潜没深度 h 的关系见图4,由图4可知,各种工况下漂木撞击力的变化趋势

基本相同,均随撞击角 θ 和潜没深度 h 以及库水位 H 的增加而增大。

表1 各库水位与门顶潜没深度下漂木撞击速度

库水位/m	潜没深度/m	漂木撞击速度 $v/(m \cdot s^{-1})$
1081	4.0	10.24
1081	3.0	9.99
1080	4.0	9.67
1080	3.0	9.43
1079	4.0	9.00
1079	3.0	8.80

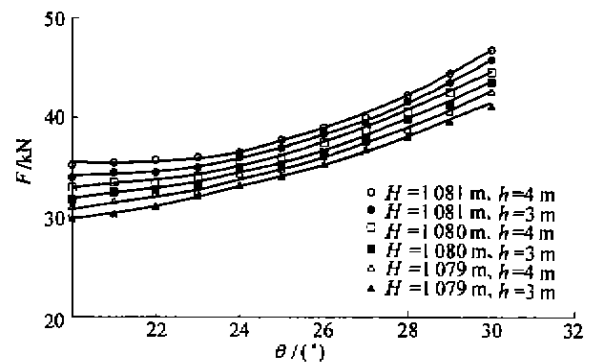


图4 漂木撞击力与撞击角和潜没深度及库水位的关系

为了使试验结果更具普遍意义,同时便于得到其它种类漂木的撞击力,将上述撞击力试验结果转换成单位体积漂木的斜向撞击力 f 。图5点绘了 f/v 与撞击角 θ 的关系曲线,通过回归分析可以得到如下关系式:

$$f/v = 0.67911 - 0.0362\theta + 0.00096\theta^2 \quad (4)$$

式(4)表明,单位体积内单位速度漂木的撞击力 f/v 只与撞击角 θ 有关,而与库水位及潜没深度无关。

式(4)适用于撞击角在20°~30°范围内的漂木道,漂木道中漂木的撞击角通常也在此范围内。

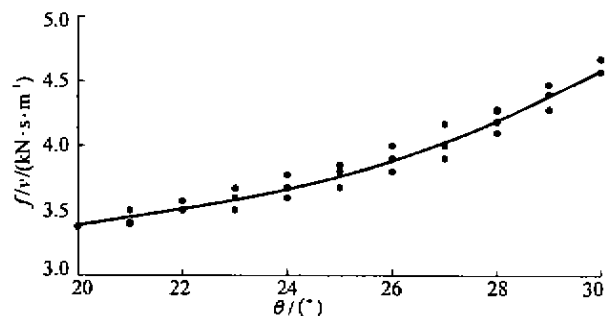


图5 f/v 与撞击角的关系曲线

4 结 语

a. 利用自行研制的传感器测量漂木的撞击力,原理简单,操作简便,实现了漂木撞击力的量化过程。

b. 各种工况下,漂木撞击力的变化趋势基本相同,均随撞击角和潜没深度以及库水位的增加而增大。

c. 单位体积单位速度漂木撞击力与库水位及淹没深度无关,仅与撞击角有关。(下转第63页)

理,临时存储。

b. 1747-AIC⁺ 通信适配器(简称适配器),负责值班机与主机的通信匹配。

c. OMRON 24V 直流电源(简称直流电源),负责对适配器提供 24V 直流电源。

d. APC-500 不间断电源(简称不间断电源),负责提供性能比较稳定的交流电源。

e. IBM 300GL 微型计算机(简称主机,配 M/C6540 彩色显示器),负责数据进一步处理,绘制各种曲线,整理各种报表,打印及上网输出。

f. ACCURA 56K 调制解调器,负责网络与主机的通信匹配。

g. HP LaserJet 6L 激光打印机(简称打印机),负责报表打印。

2.2 工作原理

由 MagMaster 电磁流量计输出的 4~20 mA 电流信号经值班机实时采集、误差补偿、数据比较、累计以及整点处理,把所得数据堆栈(数据大约可存放 3 d)。

当主机开机时,值班机通过适配器与主机通信(如果通信成功,则清除堆栈),把数据传给主机。主机对数据进行更进一步处理,形成各种报表、曲线并存入数据库。当需要时,还可以将数据备份、打印报表和上网。

3 电源系统配备

MagMaster 电磁流量计电源采用 95~260 V 交流电源。由于农村电网存在经常停电、夜间电压偏高和常遭雷击等问题,而江东计量站地处山区地带,雷击现象经常发生,一旦值班机停电,将导致数据丢失;如电源系统配备不当将导致惨重损失。因此流量计采用图3所示的电源配备。计算机监控系统的电源配备,经北溪供水局与厦门海特工程自动化有限公司反复研究和探讨,采取分开供电措施(见图4):①由于流量计已经配有不间断电源,而值班机功率也只有 20 W 左右,故把值班机电源改由流量计不间断电源系统供电,从而解决了值班机因停电产生数据丢失以及供电不同步的问题;②因值班机可临时存放 3 d 的数据,平时主机、直流电源、适配器、打印机、调

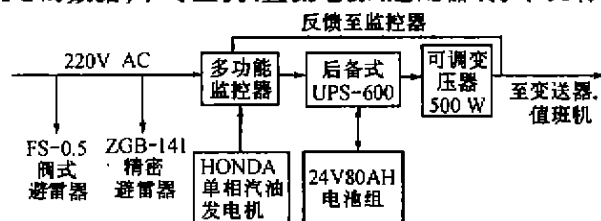


图3 流量计电源

制解调器又是候机工作状态,不仅浪费电能,也缩短设备使用寿命,故把它们的电源合并由 APC 500 不间断电源供电,平常可关掉电源(但不得超过 3 d 不开机,否则值班机将有部分数据丢失);③需要打印报表或上网时,可随时打开相应设备,完成各种作业。

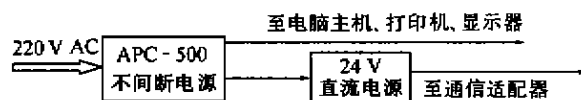


图4 计算机监控系统电源

4 设备保养

电磁流量计及其计算机监控系统虽有众多优点,但它是精密仪器,对高温、雷击、撞击、鼠咬、灰尘、潮湿等特别敏感,因此要做好以下工作:

a. 固定好变送器及其它设备,做好室内通风散热,有条件的应安装空调。

b. 做好防雷接地,安装防雷设备,在台风、雷雨季节还要加强人工看护,下雨或响雷时最好把电源插头拔去,采用 UPS 供电。

c. 做好防鼠工作,供电线路及信号线路宜采用套管保护。

d. 做好室内防尘、防潮工作。

5 结 语

MagMaster 电磁流量计的投入使用,解决了以往管道供水计量不准的问题。在福建省水利系统中,管道供水计量使用原装进口 2 m 管径流量计尚属首例。使用结果表明:它具有高精度、安全可靠、无须人工干预、自动显示的特点,尤其是与监控系统配套使用,可实现无人值守,能自动跟踪、记录和处理数据,解决了边远地区职工长期值守而产生的生活枯燥问题,实现了数据采集实时化、记录自动化、处理规范化、传输现代化的目标,同时也提高了工作效率,减轻了劳动负荷。该流量计从 1998 年 3 月投入使用以来,一直安全可靠地运行,为引进使用高精度、自动化量水设备提供了宝贵经验。

(收稿日期:1999-12-24 编辑:熊水斌)

(上接第 34 页)

参考文献:

- [1] 华东水利学院. 模型试验量测技术[M]. 北京:水利电力出版社,1984. 40~41.
- [2] 左东启,王世夏,刘大恺,等. 模型试验的理论和方法[M]. 北京:水利电力出版社,1984. 294~302.

(收稿日期:2000-01-17 编辑:张志琴)