

基于数字图像处理技术的推移质输沙率测量方法

周 森,李 杰,任明轩

(北京尚水信息技术股份有限公司,北京 100085)

摘要:针对传统推移质输沙率测量方法只能对水槽末端或某个断面的输沙率进行测量的缺陷,提出了基于数字图像处理技术的推移质输沙率测量方法。使用激光对推移质表面进行示踪,利用导光玻璃消除水面对激光片光源散射的影响,用图像处理技术获得推移质高度,结合高精度运动机构的运动定位,得到高度随时间、空间的变化量,可快速准确地计算水槽实验中任意断面的推移质输沙率。

关键词:推移质;输沙率测量;激光线状光;图像处理

中图分类号:TV149.3

文献标志码:A

文章编号:1006-7647(2012)S2-0067-02

推移质运动是水流中泥沙运动的主要形式之一,也是泥沙研究中的重点问题。泥沙推移时,推移质颗粒在河床表面作各种不同形式的集体运动,使床面形态也随着输沙强度的不同而时时都有改变。对于山区河流,推移质沿河床表面以滚动、滑动或跳动,对河床形态有巨大影响,因此研究推移质的输沙率,具有重要的意义。由于推移质运动往往引起水库淤积,缩短水库寿命,所以推移质研究是工程可行性研究的关键问题之一,需要水槽实验对推移质运动进行论证研究^[1]。输沙率作为推移质运动的重要参数,它的测量对于工程的可行性研究有实用价值。

本文基于数字图像技术,提出了一种测量水槽实验中推移质输沙率的新方法。传统方法采用在水槽末端或某个断面放置推移质取样盒,接纳通过水槽的全部推移质^[2-3],在一次实验中,只能对总输沙率或者某个断面的输沙率进行测量,本文提出的新方法可以在一次实验中测量水槽中任意断面的输沙率。

1 测量方法原理

该方法使用激光线状光对推移质表面进行示踪。激光器发出线状光,穿过推移质上方的水,打在推移质表面,线状光将在推移质表面形成较亮的断面光带。

摄像机垂直于激光面在水槽一侧照射,连续拍摄推移质的图像。

激光器与摄像机以固定的相对位置安装在测架

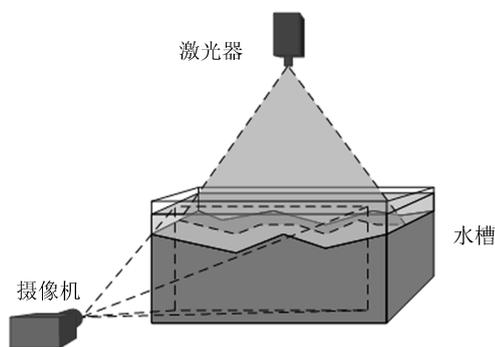


图1 测量方法原理

上,并以一定的速度沿摄像机光轴方向行走,可得到推移质不同断面图像。

通过软件对图像进行处理,得出激光与推移质表面的亮光带的位置信息,经过图像标定,获取推移质断面的高度信息。

对所有断面信息进行插值处理,便可重构推移质的形态信息。并根据推移质的形态变化,计算出推移质的输沙率。

2 测量设备和方法

利用数字摄像设备获得推移质的图像,用计算机对图像进行处理,得到推移质的地形信息,通过分析推移质的地形变化信息,得到推移质的输沙率。

2.1 硬件构成

测量硬件由激光器、摄像机、运动测架、计算机组成,如图2所示。其中激光器对推移质表面进行

作者简介:周森(1985—),女,四川资中人,工程师,博士,主要从事水利量测研究。E-mail:zhoumia0410@163.com

示踪,摄像机对推移质进行图像采集,运动测架控制摄像机及激光器沿水槽横轴进行运动。计算机对所有图像进行存储,并且进行数据计算。

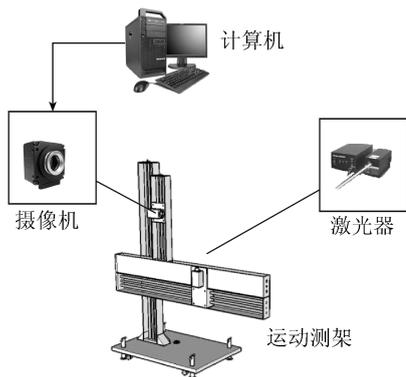


图2 硬件结构

激光器采用连续激光器作为光源。激光器功率稳定性高,可以有效地进行激发示踪,让采集断面更加清晰。

激光光源为连续激光,对摄像组件无曝光时间限制,不需要进行复杂的同步控制。光强相对脉冲激光较弱,在玻璃水槽实验中,不会由于玻璃的反射或折射对底部流区产生强光照射。光源经过鲍威尔棱镜转化为片光,片光光强分布均匀。

采用工业级千兆网络摄像机进行图像采集。摄像机采用高分辨率,满足推移质采集的需求,采集频率可达100帧/s。摄像机通过千兆网口与计算机连接,连接灵活,并可远距离传输。

架设摄像机和光源的运动模组与水槽匹配,可架在水槽上,也可独立支撑。运动组件采用运动模组组装而成,为了适合水槽实验的特殊要求,可灵活搭配成各种结构。模组使用滚珠丝杠进行传动,重复精度15 μm,精度52 μm,可以满足水槽实验的定位要求。

2.2 水面对激光片光源散射的影响消除

光源由水面上方向下照射,穿过试验用水照射到泥沙上。由于测量过程中水在流动,水面在测量过程中会出现波动,如果激光直接照射,会增大水面的散射,减小激光功率,并且水面的不规则波动,会使激光通过水面时产生不一致的折射,到达推移质表面后不能保持平面状态,因此需要增加导光设备,使激光通过水面时不发生不规则的折射及减小散射。

使用导光玻璃解决水面的折射问题,导光玻璃竖直穿过水面,上半部放置在空气中,下半部放置在水中。激光通过导光玻璃一侧射入,由另一侧射出,不经过水与空气的接触面。而导光玻璃平行于激光面,保证入射到水里的激光为一平面,并且减少其在空气中的散射。

2.3 图像预处理

利用数字摄像技术及数字图形技术获得推移质表面的形状信息。首先控制摄像机将数字图像采集到内存中,再对图像进行预处理。本测量方法获取的图像的噪声主要为椒盐噪声。椒盐噪声是图像中经常见到的一种噪声,它是一种随机的白点或者黑点。预处理采用中值滤波去除噪声。

中值滤波法是一种非线性平滑技术,它将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内的所有像素点灰度值的中值。中值滤波效果如图3所示。

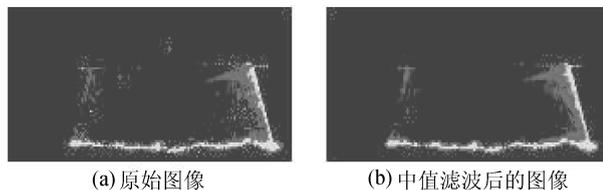


图3 推移质中值滤波效果

2.4 三维地形重构

获得预处理图像后,根据图像的灰度直方图获取自适应阈值,对图像进行阈值分割^[4]。将分割后的二值化图像进行边缘提取,根据现场采集的情况,将推移质的边界从水面、激光面边缘分离出来^[5]。

将提取出来的推移质地形,利用已经标定好的坐标系转换矩阵,处理为实际的坐标值。在水槽断面上不同位置进行连续多次采集,对每次采集进行时间及空间上的插值,最终形成推移质的三维地形信息。

2.5 输沙率计算

在推移质三维的地形信息基础上,根据在 t 时刻的推移质纵断面地形信息,以及上一时刻($t-1$)的地形信息,可以获得该断面在该时刻的输沙率。设 H 为推移质高度, x 为水槽横断面坐标, y 为水槽纵轴坐标,在平衡输沙时, $H(t)$ 与 $H(t-1)$ 的均值是相等的;在理论上,强度高于沙垄的平整床面输沙阶段, $H(t)$ 无明显变化而输沙率很大,因此,仅由单点的 $H(t)$ 值无法判断。本文采用的方法是通过从推移质起始断面到测量断面的推移质高度 $H(t, y)$,获得推移质起始断面到测量断面间的沙量变化,根据质量守恒,从而得出测量点的沙通量。对于一个距离起始点为 Y 的被测断面,断面宽 X , t 时刻输沙率 Q_s 计算公式为

$$Q_s(t, Y) = \frac{\int_0^X \int_0^Y (H(t, x, y) - H(t-1, x, y)) dx dy}{\Delta t} \rho_{沙}$$

将采集后的输沙率结果进行三维可视化,使数据表现更加直观形象。

(下转第101页)

高程附近测点水平位移 10 mm 作为蓄水过程中坍塌堆积体边坡达到极限平衡状态时的水平位移阈值。同理,库水位降落过程中,除 TP8 测点水平位移较小外,其余测点位移普遍达到或超过 25.0 mm,故将以 450 m 高程附近测点水平位移 25.0 mm 作为库水位消落过程中坍塌堆积体边坡达到极限平衡状态时的水平位移阈值。在水位上升或消落过程中,一旦这些测点位移接近或超过了上述位移阈值,即表明坍塌堆积体已经接近或达到临界状态,应立即加强监测频次,必要时采取一定的工程措施,确保坍塌堆积体稳定。

5 结 语

坍塌堆积体的稳定问题是许多水利水电工程中难以避开的工程地质问题,因其特殊的物质组成和赋存环境,开展室内和现场试验难度较大,从而给强度和变形参数的确定带来极大的困难。水电工程建设周期较长,在建设期内或试验性蓄水阶段对坍塌堆积体变形开展连续监测,对于了解其力学性质和稳定状态具有重要的意义。

本文以西部某水电站左岸坍塌堆积体的变形监测资料为基础,开展了大量的资料分析和反演计算研究,得到了堆积体的强度和变形参数以及湿化参数,预测了蓄水过程中边坡的变形趋势并计算了正常和非常运行工况下的安全系数。计算结果表明,坍塌堆积体在竣工期和正常蓄水位以及地震等工况下安全系数均满足规范要求;但在校核洪水位骤降时,安全系数将降低至规范允许值以下,故应加强汛

(上接第 68 页)

3 结 语

本方法采用了技术领先的高精度、大功率的激光发生器和高频率、高分辨率的数字摄像机,应用先进的数字图像处理技术及三维数字仿真实景重现技术,技术优势明显,为泥沙实验研究提供了高效、精确、先进的测量平台,为推移质规律的研究提供了重要的技术手段。

参考文献:

- [1] 何娟,陈立,鲍倩,等. 水库下游近坝段卵石推移质输沙率的研究[J]. 泥沙研究,2008(4):69-73.
- [2] 彭润泽,常德礼,张振秋,等. 用水槽模拟试验求卵石河床推移质输沙率[J]. 泥沙研究,1984(3):32-38.
- [3] 段志科,彭润泽,许德风,等. 非均匀卵石推移质分组输沙率水槽试验资料初步分析[J]. 泥沙研究,1990(3):

期管理,避免出现此类工作条件。

笔者以蓄水期和库水位降落期安全系数为基础,计算了坍塌堆积体达到临界状态时的强度参数,并计算了上述工况下边坡的位移。根据计算结果建议将 450 m 高程附近测点水平位移值 10 mm 作为蓄水过程中坍塌堆积体边坡达到极限平衡状态时的水平位移阈值;将 450 m 高程附近测点水平位移 25.0 mm 作为库水位消落过程中坍塌堆积体边坡达到极限平衡状态时的水平位移阈值。一旦这些测点位移接近或超过了上述位移阈值,应立即加强监测频次,必要时采取稳控措施,确保边坡稳定。

参考文献:

- [1] 贺可强,阳吉宝,王思敬. 堆积层滑坡位移动力学理论及其应用:三峡库区典型堆积层滑坡例析[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [2] 李树武,聂德新,刘惠军. 大型碎屑堆积体工程特性及稳定性评价[J]. 岩石力学与工程学报,2006,25(Sup2):4126-4131.
- [3] 董倩,朱正伟,刘东燕. 崩塌堆积体的渐进破坏及稳定性分析[J]. 西安建筑科技大学学报,2010,42(3):358-364.
- [4] 殷宗泽. 土工原理[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007.
- [5] 陈祖煜. 土质边坡稳定分析:原理·方法·程序[M]. 北京:水利水电出版社,2003.
- [6] SL386—2007 水利水电工程边坡设计规范[S].

(收稿日期:2012-08-01 编辑:胡新宇)

56-64.

- [4] 张立科. 数字图像处理典型算法及实现[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [5] 张乐. 基于 Visual C++ 的沙波测量成像系统[J]. 自动化与仪器仪表,2010(4):131-133.

(收稿日期:2012-08-03 编辑:熊水斌)

