

模型试验中迹线的可视化技术

陈 诚,唐洪武,肖 洋,雷 鸣,阿衣丁

(水文水资源及水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210029)

摘要:基于数字图像处理技术,研究模型试验中迹线的可视化技术,提出一种适用于模型试验的迹线动态可视化方法,采用该方法不仅可以清晰地显示迹线,而且可以动态地显示迹线的变化过程。

关键词:迹线;可视化;数字图像处理技术;模型试验

中图分类号:TV131.63

文献标志码:B

文章编号:1006-7647(2012)S2-0062-02

河(港)工模型试验一直是解决我国河流治理、水运工程、防洪抗旱等工程中关键技术问题的重要研究方法。在模型试验中,迹线是描述水流流态的一种重要手段,然而由于水是无色透明的液体,对其迹线的可视化一直是模型试验工作者希望解决的问题^[1]。目前,在模型试验中,迹线的显示方法主要有以下两种:第一种是通过往水流中添加有色染料(如墨水、高锰酸钾等)形成有色水体,有色水体随水流一起运动,从而实现流动轨迹的可视化,然而由于水流的对流扩散等原因,有色水体逐渐扩散,导致形成的迹线不够明显;第二种是向水流表面布撒跟随性较好但不会与水流发生掺混的示踪粒子(如纸屑、塑料小球等),采用延长相机曝光时间记录粒子运动轨迹的方法来显示迹线,该方法显示的迹线比较模糊,而且只是单张照片,无法显示迹线的动态变化。本文基于数字图像处理技术,提出一种适用于模型试验的迹线动态可视化方法,为模型试验迹线的可视化显示提供了一种新的方法。

1 迹线可视化技术

1.1 基本原理

通过在水流中布撒反光性较好的白色示踪粒子,用高清摄像机拍摄示踪粒子的运动过程,然后采用数字图像处理的方法提取粒子图像跟踪粒子轨迹,并生成视频,动态地显示水流中迹线的运动过程。该方法与目前广泛应用的粒子图像测速技术^[2-5]的相同之处在于都是对拍摄的示踪粒子图像

进行分析处理,不同的是可视化显示不需要进行粒子匹配及相关运算^[6-8]。

1.2 数字图像处理方法

在摄像机拍摄的彩色高清数字图像中,每个像素都具有 R, G, B 3 个分量,分别对应红、绿、蓝分量,每个分量一般采用 0~255 级灰度值。白色示踪粒子具有比水体及模型更大的灰度值,对每帧图像的各个像素进行如下分析处理:首先处理第一帧图像,当帧号 $n=1$ 时,直接将图像赋值为当前处理结果:

$$\begin{cases} P_r(x, y) = R_n(x, y) \\ P_g(x, y) = G_n(x, y) \\ P_b(x, y) = B_n(x, y) \end{cases} \quad (1)$$

式中: $P_r(x, y), P_g(x, y), P_b(x, y)$ 分别为图像处理后的像素 (x, y) 处的 R, G, B 分量; $R_n(x, y), G_n(x, y), B_n(x, y)$ 分别为第 n 帧图像在像素 (x, y) 处的 R, G, B 分量。

当 $n>1$ 时,进行如下处理:

$$P_n(x, y) = P_r(x, y) + P_g(x, y) + P_b(x, y) \quad (2)$$

$$f_n(x, y) = R_n(x, y) + G_n(x, y) + B_n(x, y) \quad (3)$$

如果 $f_n(x, y) > P_n(x, y)$, 则按式(1)更新当前图像像素的 R, G, B 分量。

最后,将每一帧图像的处理结果写入 AVI 图像,生成迹线的动态视频。

2 实际应用

将本文的迹线可视化方法应用于长江南京段八

基金项目:国家重大科学仪器设备开发专项(2011YQ07005501,2011YQ07005502);交通运输建设科技项目(201132874640);国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2012CB417002);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(Y212009)

作者简介:陈诚(1982—),男,贵州贵阳人,工程师,博士,主要从事水利量测技术及河流海岸泥沙研究。E-mail:cchen@nhri.cn

卦洲分流比控导工程,取得了较好的效果。如图 1 所示,在上游某一断面投放多个示踪粒子,可生成较为清晰和完整的迹线,并可生成从迹线初始到结束整个过程的动态变化视频。



图 1 迹线可视化

为了显示工程前后迹线的变化,可通过设定阈值提取粒子图像,将粒子迹线用不同的颜色进行标记,工程前后迹线对比如图 2 所示,图中白色迹线为工程前的迹线,黑色迹线为在八卦洲洲头增加导流坝后的迹线。

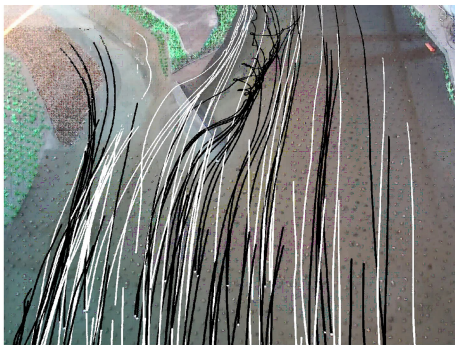


图 2 工程前后迹线对比显示

在水流中均匀撒一些粒子,生成一小段时间内的迹线,则可作为流速大小的可视化,如图 3 所示。



图 3 流速大小的可视化

在拍摄粒子图像的过程中,需要保证摄像机在同一个位置固定不同,并且尽量减少周围运动物体带来的干扰。

3 结 语

本文基于数字图像处理技术,研究了模型试验

中迹线的可视化技术,提出一种适用于模型试验的迹线动态可视化方法,不仅可以清晰地显示迹线,而且可以生成视频,动态地显示迹线的变化过程。目前的方法主要针对模型试验中表面水流迹线的可视化,今后可进一步应用于三维水流中迹线的可视化显示。

参考文献:

- [1] 唐洪武,唐立模,陈红,等. 现代流动测试技术及应用[M]. 北京:科学出版社,2009:11-33.
- [2] 唐洪武. 复杂水流模拟问题及图像测速技术的研究[D]. 南京:河海大学,1996.
- [3] 王兴奎,东明,王桂仙,等. 图像处理技术在河工模型试验流量量测中的应用[J]. 泥沙研究,1996(4):21-26.
- [4] 田晓东,陈嘉范,李云生,等. DPIV 技术及其应用于潮汐流动表面流速的测量[J]. 清华大学学报:自然科学版,1998,38(1):103-106.
- [5] 谢海波,傅新,杨华勇. 微流场可视化测速技术及其应用[J]. 中国机械工程,2007,18(9):1100-1103.
- [6] LLOYD M P, BALL D J, STANSBY P K. Unsteady surface velocity field measurements using particle tracking velocimetry[J]. Journal of Hydraulic Research, 1995, 33(4):519-534.
- [7] WEITBRECHT V, KUHN G, JIRKA G H. Large scale PIV-measurements at the surface of shallow water flows[J]. Flow Measurement and Instrumentation, 2002(13):237-245.
- [8] MESELHE E A, PEEVA T, MUSTE M. Large scale particle image velocimetry for low velocity and shallow water flows[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004, 130(9):937-940.

(收稿日期:2012-08-20 编辑:骆超)

(上接第 61 页)

- [7] POSEY C J. Test of scour protection at bridge piers[J]. J Hydr Engrg, ASCE, 2004, 110(12):1173-1183.
- [8] CHIEW Y M. Mechanics of riprap failure at bridge piers[J]. J Hydr Engrg, ASCE, 1995, 121(9):635-643.
- [9] 房世龙,陈红. 桥墩局部冲刷防护工程研究进展[J]. 水利水电科技进展,2007,27(4):84-89.
- [10] 马明正. 京广线黄河大桥桥墩浅基防护技术[J]. 铁道建筑,2005(6):48-49.
- [11] 房世龙,唐洪武,周宜林. 桥墩附近四面体框架抛投防冲效果试验研究[J]. 水科学进展,2006(3):354-358.
- [12] 陆浩,高冬光. 桥梁水力学[M]. 北京:人民交通出版社,1991.
- [13] CHIEW Y M. Effect of dun migration on scour at bridge piers[J]. International Journal of Hydraulic Research, 1992, 25(1):77-92.

(收稿日期:2012-08-10 编辑:骆超)