

TIDE2000 测量系统在感潮段河弯物理模型中的应用

傅 铁¹ ,戴小琳²

(1.南京水利科学研究院 江苏 南京 210029 ;2.江苏省水利厅 江苏 南京 210029)

摘要 :为进行感潮段河弯水力模拟研究 ,采用 TIDE2000 潮汐控制系统 ,在模型试验过程中实现了生潮和 水位、流速等数据采集的自动化控制 .试验中对潮汐控制采集系统总结出一套行之有效的操作 规程 ,对测试手段和试验方法提出了改进 ,提高了试验成果的精度和质量 ,满足了潮汐水力模拟的 试验要求 .

关键词 潮汐控制系统 ;河工模型 ;自动化控制

中图分类号 :TV131.61 文献标识码 :A 文章编号 :1006-764X(2004)07-0024-03

为了在潮汐水力模型中产生与原型相似的非恒定的交变流速 ,需要采用特殊的设备 ,潮汐模型控制 仪器的基本原理是将模型边界上的测量值与期望值 进行比较 .对于模拟至潮汐边界的全河口水力模型 , 只需调节相应于海洋的模型边界来实现 .潮汐物理 模型通过生潮设备模拟天然潮汐 ,通过调节海洋边 界上的控制系统使生成的潮汐曲线与原型相对应 . 在进行模型试验时 ,需对各验证点的水位、控制断面 的流速进行实时采集 ,水位仪与流速仪的可靠性及 准确度直接决定试验数据的可靠与否^[1~3] .

长期以来 ,潮汐物理模型试验大多用尾门或潮 汐箱作为生潮设备 ;水位仪一般采用步进电机或码 盘把水位的涨落转换为圆周运动 ,然后通过计量圆 周运动的弧长作为水位的变化 ;水位传感器和流速 测杆通过电缆连接到中控室进行集中监控 ;计算机 监控界面或采用 DOS 操作系统界面 ,或套用一些工 业监控软件 ,难以适应潮汐物理模型试验中非常规 数据处理的要求 .

模型生潮设备的研制开发 ,先后出现四通阀、双 向泵等生潮设备 ,但其共同之处都是对生潮设备的 制作或土建施工有着特殊的技术要求 ,通用性差 .常 用的尾门及潮汐箱生潮设备 ,耗能大且不易布置 .数 据的传输采用集中监控方式 ,强弱电信号通过长电 线接到控制计算机 ,造成线路损耗多、弱信号易受干 扰 ,系统的可靠性、稳定性大大降低 .在进行潮汐河 段水流模拟的物理模型试验中 ,采用了珠江水利委 员会科研所研制的 TIDE2000 潮汐控制系统^[4] ,实现 了生潮和 水位、流速等数据采集的自动化控制 .本文

介绍 TIDE2000 控制生潮系统的组成结构及其在感 潮段河湾水力模型中的应用 .

1 TIDE2000 生潮控制系统介绍

TIDE2000 生潮系统控制系统软件为 windows 风 格操作界面^[4] ,以主控菜单、下拉式菜单、弹出式菜 单、工具条和对话框等实现对系统各功能模块的调 用 .硬件连接以通用潜水泵为生潮供水设备 ,用变频 调速器直接控制潜水泵电机 ,通过调节加在电机上 的交流电压频率来改变电机的运行速度 ,从而实现 对进、出模型流量的控制 ,达到产生潮汐涨落的目的 .整套控制采集系统的硬件组成有 :中央监控计算 机、现场工控计算机、7.5 kW 富士变频调速器、通用 低扬程潜水泵、GS-3 光栅水位仪、LS-BC 八线光电流 速仪及工业现场总线 .各级仪器设置通讯接口 ,以串 行通信电缆连接 ,实现数据的传送 .图 1 为系统结构 示意图 .

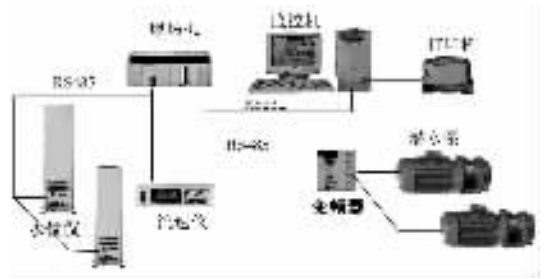


图 1 监控系统结构示意图

该生潮系统的工作过程就是不断控制与采集的 过程 .现场控制机接收上级中央机预先设定的潮型 曲线 ,插值计算后将命令输出给变频器调整潜水泵

作者简介 :傅铁(1976—),男,贵州紫云人,硕士,从事水利工程模型试验研究.

转速,控制模型的水位,水位仪同步采集的数据信息传回现场控制机,现场机根据预设的期望值与采集值之间的偏差经控制换算后再调整变频器的输出量,从而达到控制与采集的目的。LS-B 流速仪通过 RS485 通信口收到中央监控机同步测流速的命令后,依据模型要求的计数时间,在该时间内采集螺旋桨转动的圈数,并进行数据的预处理,当上位机采集程序呼叫送数据时,流速仪将流速数据送出。中央监控机主要存储模型试验的各种参数及采集数据、发布命令、报警、打印相关参数、显示实时监控图表、过程曲线及历史试验数据、趋势图。系统先进的智能化采集与控制技术,使得试验数据的采集与试验过程的控制更加精确可靠,提高了试验效率和成果质量。

2 模拟感潮河段的基本情况

河口段水流受径流和潮汐双重作用,为研究典型潮汐河段电厂引、排水口附近水流及河床变形情况,选择典型河道形态、典型径流泥沙及潮汐水文条件,经概化后,进行清水定床的物理模型试验研究^[5]。

本模型试验遵循重力相似理论,考虑几何场地条件、供水系统能力、测量精度要求、经济造价比较以及过水能力和糙率等多方面问题,确定模型几何比尺为: $\lambda_h = 60$, $\lambda_l = 360$, 即变率为 6 的定床变态河工模型。模型设计的主要比尺如表 1 所示。

表 1 模型主要比尺

名称	符号及关系式	数值
模型几何比尺	λ_h	60
	λ_l	360
模型变率	$\xi = \lambda_l / \lambda_h$	6
坡降比尺	$\lambda_I = \lambda_h / \lambda_l$	0.167
流速比尺	$\lambda_v = \lambda_h^{1/2}$	7.746
水流时间比尺	$\lambda_t = \lambda_l / \lambda_v$	46.476
流量比尺	$\lambda_Q = \lambda_l \lambda_h^{3/2}$	167 312.88
糙率比尺	$\lambda_n = \lambda_h^{2/3} / \lambda_l^{1/2}$	0.808

根据概化河段的平面河相关系,参考该河段的基本边界、水力泥沙及潮汐特点等特征参数,确定模型的形态、尺寸与相关水力条件。

2.1 模拟河道几何条件

根据设计方案,模型区包括上游延伸段、河道试验段、电厂取排水设施、下游潮汐池及沉沙池 4 部分组成。上游延伸段包括前池与曲折延伸河段。河道试验段由上游直线段、中部曲线段、下游直线段 3 段组成。

2.2 模拟河道水力条件

a. 试验工况:大河流量为 $0.016 \text{ m}^3/\text{s}$,因模拟河道为平原性河流,在平原河口一般不会出现急流,为了避免落潮时出现急流状况,最低水位以落潮时控制站处滩地水深保持 5 cm 控制。

b. 潮汐特征:潮波曲线采用实测大潮曲线,将原型走潮时间(24 h)依据时间比尺($\lambda_t = 46.47$)转化为模型走潮时间,每个时步步长为 78 s,以尾门作为走潮水位控制站,控制曲线见图 2。

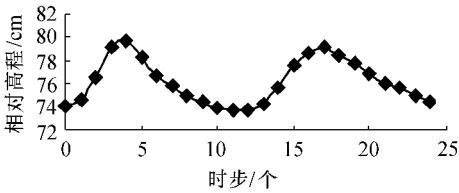


图 2 潮汐控制曲线

3 生潮系统的设计布置

3.1 生潮设备布置

潮汐池与蓄水池之间用隔墙分开,在隔墙下部沿口门方向同一水平面上每隔 0.5 m 左右设置一排水孔,作为潜水泵出水口及落潮通道,两台 7m 扬程的通用农用潜水泵安装在蓄水池内,潜水泵出水口对准潮汐池与沉淀池隔墙的孔洞,两孔之间相隔 1.5 m,潜水泵的另一端由一小墩及楔子固定。蓄水池生潮设备立面布置见图 3。蓄水池中 1 台大功率的水泵由直径 100 cm 的封闭管道连接至前池,并安装电子流量计控制流量,从而形成模拟河道来流的循环。系统设备的平面布置见图 3。

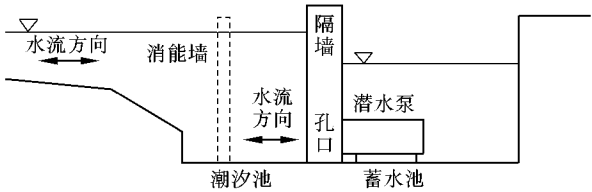


图 3 蓄水池生潮设备布置立面图

模拟涨潮时,现场控制机通过变频调速器提高潜水泵转速,增大进入模型内的流量;模拟落潮时,变频调速器以低频率进行控制,使进入蓄水池的水量大于潜水泵打入潮汐池的水量。

生潮控制原理示意如图 4。

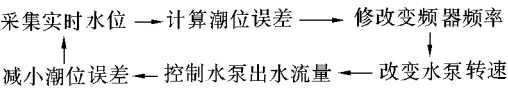


图 4 生潮控制原理示意图

3.2 微机监控系统

微机监控系统设计为分布式工业控制系统^[6],中央监控机主要存储模型试验的各种参数,发布命令,显示实时监控图表、过程曲线、历史试验数据,打印相关参数和报警等等。监控机通过 RS232 串行通信线与现场机连接,现场机依据中央监控机的命令,自动完成数据采集和生潮设备控制等任务。所有现场仪器、设备都具有 RS485 串行通信和数据预处理

功能.

3.3 现场量测仪器及控制设备

GS-3 光栅跟踪水位仪采用工业标准线位移计量光栅、双 CPU 结构、机电一体化设计,可实时完成测量所需水位,并将水位数据通过 RS485 通信口送至远端采集机.水位仪分辨率为 0.02 mm,精度为 0.1 mm,量程为 300 mm,跟踪速度为 25 mm/s.

LS-BC 光电流速仪设计为恒定流驱动、接收整形处理、双 CPU 结构、大尺寸点阵背光液晶屏幕.它采集设定时间内红外旋桨转动的圈数,并进行流速数据的预处理,再通过 RS485 通信口将流速数据送出.其测杆数为 6 支,量程为 20~1000 mm/s.

变频调速器通过 RS485 通信口接受现场机发出的运行模式、运行频率和正反转等命令,控制低扬程大流量潜水泵的出水量.其输出频率为 0~50 Hz,输出功率为 7.5 kW.水泵为潜水泵,具有无噪音污染、安装简单的特点.扬程为 2.5 和 2 m,出水流量为 320 m³/h,输入功率为 3.2 kW.

潮汐 2000 生成与控制系统在试验过程中的走潮见图 5,在潮波方面有很好的重复性与可信度.

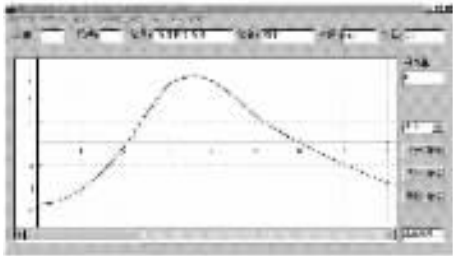


图 5 中央监控机监控画面及实走潮波曲线

4 模拟成果

4.1 流场水位

使用自动跟踪式水位仪,对某河道弯顶、下游尾间的水位进行了跟踪记录,水位变化过程见图 6、图 7.根据设计潮型,涨潮段水位上升较陡峻而下降较平缓.第一个潮波的波峰比第二个潮波略高,第一个潮周期比第二个潮周期短一些,因此第一个潮波比较陡峻而第二个潮波略显平缓.试验过程的实际水位量测记录数据表明:经过潮波在河道的传播变形影响,上述潮波特点在试验河段的中上部被进一步放大,这从两条水位过程线的变化特点可以很清楚地看出.

4.2 流速分布

采用红外流速仪在试验河段布设的 8 个测速断面上每次同步实时采集量测每一断面上的 6 个测点流速.落涨、潮过程中,试验河段在涨急($t = 240\text{ s}$)和落急($t = 620\text{ s}$)时刻全场瞬时流速分布见图 8.

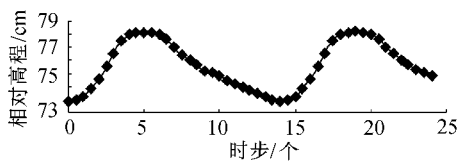


图 6 河道弯顶水位过程线

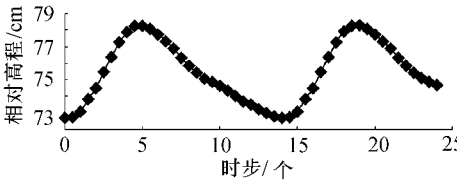


图 7 下游河道尾间水位过程线

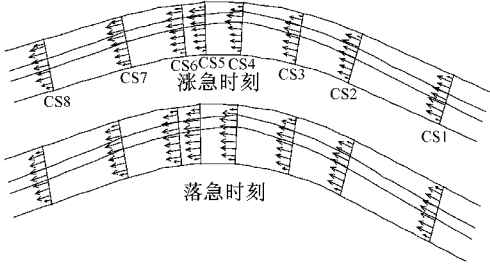


图 8 流场瞬时流速分布

从各断面流速分布可以看出,在开始涨潮时,下游水位比较低,初始流速比较大.随着潮位的升高流速逐渐减小,在 $t = 150\text{ s}$ 时下游(CS8 断面)水流流速首先变为零,也就是从此时河道出现倒流现象.然后从下游向上游各断面流速依次变为零,但到上游 CS1 断面流速变为零的时间滞后 25 s,CS4 断面则滞后约 12 s.在 $t = 400\text{ s}$ 以前,流速变化非常迅速,在 $t = 210 \sim 240\text{ s}$ 时达到最大反向流速 -0.1 m/s 左右,而后仅 160 s 流速又恢复到正向 $0.2 \sim 0.25\text{ m/s}$.从 $t = 400 \sim 800\text{ s}$ 这一段,水流流速变化非常平缓,仅略有增加.到 $t = 1000\text{ s}$ 以后,便又逐渐转入下一周期.第二周期的流速变化规律基本同前一周期,流速变化相对平缓,变幅也相对较小,只有极微弱的反向流速,上游几乎没有反向流动.

通过对 6 个典型断面在高、中、低 3 个不同潮位时瞬时流速分布图的对比分析,不难发现当高潮位时,在下游直线段河道左侧(L 断面)的水流流速要大于右侧(R 断面)的水流流速,弯顶段水流右侧(R 断面)的流速大于左侧(L 断面)的水流流速,到上游直线段又变为河道左侧(L 断面)的水流流速大于右侧(R 断面)的水流流速.当低潮位时,水流流速分布基本同高潮位.不论是高潮位还是低潮位,试验河段水流流速分布规律都与弯道水流的变化特点一致.

5 结 语

感潮段河弯水力模拟的试验研究^[5],涉及弯道水流运动、潮汐物理模拟的基本理论,(下转第 38 页)

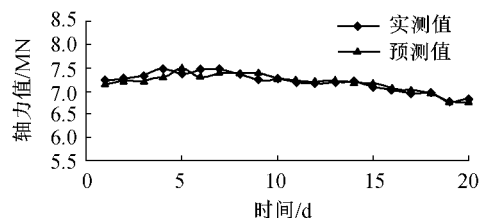


图2 第二道支撑轴力实测值与预测值比较

$\eta = 0.18$, 以 2002 年 4 月 22 日 ~ 5 月 4 日的监测数据对网络进行训练, 对 2002 年 5 月 5 ~ 19 日的支撑轴力值进行预测, 在预测过程中, 每得到一个监测数据, 就将其放入训练网络的样本中, 也即随着时间的推移, 样本数越来越多, 结果如图 3 所示。

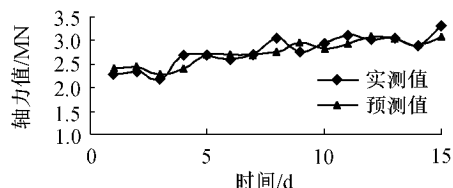


图3 第五道支撑轴力实测值与预测值比较

在 ICBP 神经网络训练过程中, 收敛速度明显比普通的 BP 神经网络快, 训练所需时间缩短二分之一以上。

由图 2 和图 3 可以看出, 对于比较平缓的数据, 预测结果和实测结果拟合的很好, 最大误差不超过 2.5%, 平均误差为 0.9%, 而对于波动较大的数据, 预测结果和实测结果拟合的效果稍微差一些, 最大误差为 10%, 平均误差为 4.3%, 这样的结果在工程实际中是可以接受的。

监测所得的数据可分为确定性和随机性两部分, 对于确定性部分, 是可以利用 ICBP 神经网络建立的预测模型对其进行预测的, 对于随机的干扰, 是无法预测的, 但可以考虑其影响。由预测和实测数据的比较可以看出, 在发生变化的起初, 预测效果较差, 主要是因为受到干扰因素的影响, 比较难模拟, 但随着训练的增多, 拟合程度变好, 说明该网络模型有较强的自适应能力。

4 结 论

a. 利用润扬大桥南汊南锚锭深基坑工程现场实测资料, 采用 ICBP 神经网络可以较为准确地预测基坑支撑轴力值, 预测值与实测值吻合得较好, 具有较高的可信度。

b. ICBP 神经网络是在普通的 BP 神经网络基础上通过附加一特殊项所得, 在网络训练过程中, 收敛速度有了很大提高, 预测精度也有一定的提高。

c. 用神经网络在基于时间序列的基础上预测支撑轴力时, 随着训练数据量的增加, 在一定范围内

求解精度也将随之提高。

d. 利用 ICBP 神经网络建立的预测模型对支撑轴力进行预测时, 对数据的要求较低, 不必要要求数据为平稳、零均值和正态分布的时间序列, 因此同利用自回归预测模型相比, 具有较强的适应性。

参考文献:

- [1] 李永盛. 高层地下室基坑混凝土变形实测分析 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1997. 235 ~ 247.
- [2] 高玮, 郑颖人. 岩土工程监测位移预测的神经网络建模研究 [J]. 岩土工程师, 2002, 14(1): 8 ~ 12.
- [3] 张本柱, 陈松灿. 改进的 CBP 网络与矢量量化网络的等价 [J]. 数据采集与处理, 2001, 16(3): 291 ~ 294.
- [4] 张玉祥. 岩土工程时间序列预报问题初探 [J]. 岩土力学与工程学报, 1998, 17(5): 552 ~ 558.

(收稿日期 2004-07-26 编辑 熊水斌)

(上接第 26 页) 又紧密结合工程实际, 具有十分重要的理论意义和实用价值。为了在潮汐水力模型中产生与原型相似的非恒定和交变的流速, 需要采用特殊设备。采用有效的控制设备和先进的量测技术是确保试验精度和成果质量、缩短试验周期的必备手段。本试验中采用了 TIDE2000 潮汐控制系统, 实现了生潮和水位、流速等数据采集的自动化控制。试验中对潮汐控制采集系统总结出一套行之有效的操作规程, 对测试手段和试验方法提出了改进, 确保了这套控制设备与量测仪器的正常运转, 提高了试验成果的精度和质量, 满足了潮汐水力模拟的试验要求。测试手段和方法的改进, 有利于对弯道水流进行研究深入, 对复杂水流条件下弯道水流运动规律的认识也会逐渐提高, 将对实际工程具体问题的解决起到更好的促进作用。

参考文献:

- [1] 刘杰, 乐嘉钻. 潮汐河口物理模型试验数据采集和处理方法 [J]. 水运工程, 2000(11): 4 ~ 6.
- [2] 虞邦义, 武锋, 吕列民. 河工模型量测与控制技术研究进展 [J]. 水动力学研究与进展 A 辑, 2000(1): 84 ~ 91.
- [3] 刘明明, 吕家才, 傅宗甫. 水位流速自动控制及采集系统原理与应用 [J]. 河海大学学报(自然科学版), 2000, 28(2): 88 ~ 91.
- [4] 珠江水利委员会科学研究所. 新型潮汐模型自动控制系统开发应用研究研制报告 [R]. 广州: 珠江水利委员会科学研究所, 2002.
- [5] 孙东坡, 李国庆. 火/核电厂取排水口附近河段模型试验研究报告 [R]. 郑州: 华北水利水电学院, 2002.
- [6] 林俊, 吴化良, 何启莲. HMMC 水力物理模型计算机测控系统及其应用 [J]. 中国水利, 2003(8): 57 ~ 58.

(收稿日期 2004-06-16 编辑 高建群)