

淮河干流正阳关至涡河口段实体模型自动化测控系统

虞邦义,施奇,武锋

(安徽省·水利部淮河水利委员会水利科学研究院,安徽蚌埠 233000)

摘要:介绍了淮河干流正阳关至涡河口段实体模型测控系统的总体构成和功能,断面水位与流速测量系统、流量测控系统、闸门、口门及尾门控制系统、行洪区粒子图像测速系统、模型视频监控与语音系统等现场测控系统以及模型网络通信系统、软件系统的技术方案、性能和设备配置概况,以及淮河实体模型新型测控技术研究。

关键词:淮河实体模型;测控系统;技术方案;淮河干流

中图分类号:TV131.66 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2012)S2-0006-04

淮河实体模型工程上至淮滨,下至洪泽湖出口,分四段分期进行建设,正阳关至涡河口段实体模型是先行建设的第一段实体模型,模型平面几何比尺为1:300,垂直比尺为1:60,开展定床试验研究。该模型研究河段河势复杂,支流入汇集中,行蓄洪区与生产圩区密集分布,分洪河道参与泄洪,支流、行洪区、生产圩区及分洪河道与淮干水流相互影响,构成了复杂的防洪除涝减灾体系,边界条件十分复杂。为保证复杂边界条件下的试验精度,提高工作效率,本段实体模型需构建一套测控精度好、运行平稳可

靠、自动化程度高的测控系统,为此开展了淮河干流正阳关至涡河口段实体模型自动化测控系统的研究工作。

1 测控系统总体构成及功能

该实体模型测控系统主要由基地监控中心、模型现地测控系统、计算机网络系统、软件系统、远程数据接口等部分组成。模型测控系统总体结构框图见图1。

基地监控中心设置在淮河实体模型基地的试验

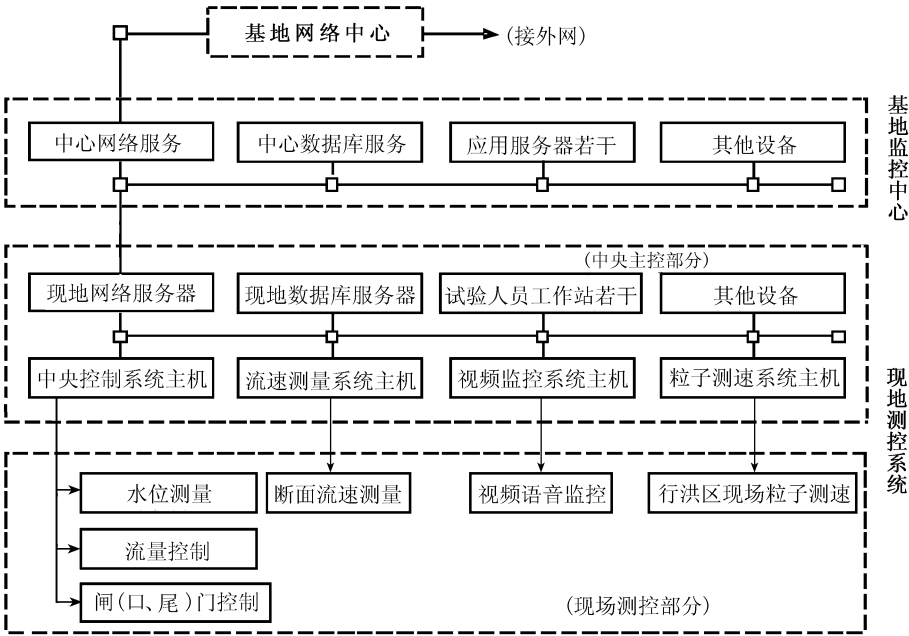


图1 模型测控系统总体结构框图

控制楼内,设有数据库服务器、应用服务器、网络服务器、监控工作站、远程监控操作平台、DLP 大屏幕及其他必要的外部设备,可监控试验大厅现场试验情况,浏览现地测控传输过来的图像、图表、视频等多媒体画面及试验数据,并与基地网络中心实现高速网络连接和数据双向传输。

现地测控系统布设在模型试验大厅内,分为中央主控和现场测控两个部分。中央主控由若干主控计算机承担,布置在现地中央控制室,通过下位机(工控机)、模/数转换(A/D)卡、开关量输入/输出(DI/DO)卡、RS232C-485C 转换器和 MAX 卡等与现场测控设备相连。现场测控是实体模型整个测控系统的关键环节,负责模型水力边界过程控制和试验数据采集,主要由断面水位与流速测量系统、流量测控系统、尾门、闸门与口门控制系统、行洪区粒子图像测速系统、视频监控与语音系统等部分组成。

模型测控系统综合应用量测技术、计算机技术、工业自动化技术、网络技术、多媒体技术、数据库技术,以通信网络为纽带,实现模型水力边界控制和数据采集、现场监控与数据传输、动态数据查询与互动验证、数据发布与决策支持等功能。

2 断面水位与流速测量系统

断面水位与流速测量系统由精密水位仪、三针式自动跟踪器、测流架、模块分布式流速仪、红外调制流速传感器等部分组成。精密水位仪与三针式跟踪器联合配置实现了模型断面水位检测与自动跟踪,与传统的两针式水位自动跟踪架相比,三针式自动跟踪器具有跟踪精度可调、抗干扰性好、水位不易振荡等优点,较好地解决了灵敏度和水位振荡之间的矛盾^[1]。系统运行时,三针式自动跟踪器根据模型断面水位控制测架的升降,使测架上的红外调制流速传感器能自动跟踪测量一定水深的流速。流速仪和水位仪通过 RS485 接口,将实时采集的断面流速和水位数据传送至现地中央主控计算机,进行数据存储和分析处理。为进一步提高断面流速测量可靠性,本系统中的红外调制流速传感器通过对红外光的调制和解调进行流速测量,比普通红外传感器的抗干扰性更强、功耗更低、寿命更长,同时解决了流速测量不稳定的问题^[2-3]。红外调制流速传感器若采用 15 mm 大直径叶轮和通孔式框架结构,其启动流速可小于 1 cm/s。

本段实体模型共配置水位测量系统 45 套,断面流速测量系统 23 套,每套断面流速测量系统平均配置红外调制流速传感器约 16 只。

3 流量测控系统

本段实体模型为清水定床模型,可采用量水堰控制模型出入流流量。模型支流入汇较多,各支流入汇全部采用数字量水堰进行流量控制,干流入流采用“变频泵+数字量水堰”式测控系统进行流量控制,尾水出流流量采用数字量水低堰进行测量。数字量水堰入流流量控制的原理是:现地中央主控计算机根据模型目标调节流量值,计算相应的堰顶水头理论值,并连续监测堰顶水头理论值与实测值的差值,根据差值发出相应指令调节溢流闸门开度大小,实时调节堰顶水头高低,使实测过堰流量逐渐逼近目标调节流量。系统采用闭环式控制系统和增量式 PID 参数整定方法,以进一步提高模型入流流量调节效率和精度^[4]。

干流入流采用的“变频泵+数字量水堰”流量测控系统,是由泵房端的“水泵+变频柜”组成变频泵和模型端的数字量水堰组成复合系统。系统运行时,先设定一个比模型入流目标流量值偏大(放大系数一般取 5% 左右)的初调流量值,现地中央主控计算机分析初调流量值与过堰实测流量与放大系数乘积值的差值,向水泵变频控制柜发出调节指令,通过调节水泵出力在泵房端实现流量初步调节;初调后,运用模型入流端的数字量水堰,对入流流量进行进一步精确调节。本系统的主要特点是:在非恒定流试验中,水泵出力能够随模型干流入流流量变化连续改变,无需始终维持在对应最大流量时的大功率状态,实现节能目的。淮河正阳关至涡河口河段,干流入流流量占模型总流量的比重较大,在长期试验过程中,节能效果十分明显,降低了模型试验成本。

本段实体模型共配置“数字量水堰”入流流量测控系统 4 套,“变频泵+数字量水堰”式入流流量测控系统 1 套,数字量水低堰流量测量系统 2 套。

4 闸门、口门及尾门控制系统

闸门、口门及尾门控制系统分别实现对模型闸门、行洪区口门开启过程及尾水调节的自动控制。除目标控制闸门、口门及尾门外,系统基本都包含主控计算机、输出控制器、电动执行器、精密水位仪等主要组成部分。在控制过程中,闸门、口门控制系统均采用带有位置反馈的电动执行器实施控制,闸门采用闭环控制方式进行开度调节,口门采用开环限位方式进行控制运用;尾门控制系统采用以计算机技术构建的闭环调节系统,通过控制尾门开转角度实现尾水的自动跟踪调节^[3]。

闸门与口门的开关速度和位置可由主控计算机

分别通过输出控制器进行控制。系统可采用按水位控制和按时间控制两种控制方式运行。按水位控制的技术原理是:当精密水位计实测水位达到给定的行洪水位时,主控计算机发出闸门、口门开启指令,由输出控制器驱动电动执行器开启闸门或口门行洪,直至达到闸门的指定开度或口门的限位开度,闸门和口门开启速度根据需要进行调节。按时间控制的技术原理是:当闸门或口门到达预定的行洪时间时,由输出控制器驱动电动执行器开启闸门或口门至指定开度行洪。

实体模型尾水调节全部采用差动式尾门,这种尾门是在翻板尾门门体基础上加开不同形状的溢流槽改进而成。差动式尾门数学模型理论研究和实际应用均表明,它解决了翻板尾门尾水振荡幅度大和拉栅门小流量调节困难的问题,又兼有两种尾门的优点,水位调节平稳,测控精度高,便于实现尾水全过程自动控制^[5]。尾门溢流槽一般加工成三角堰或矩形堰形,溢流槽宽度、间距和堰口高低都可根据需要灵活改变,对应河槽部分的溢流槽宽度大、间距小、堰口高程低,对应滩地部分溢流槽宽度小、间距大、堰口高程高。这样形成的组合式差动尾门,其出口处流速分布和流量分配与河道滩槽的实际情况比较相似^[6]。

本段实体模型共配置闸门控制系统 4 套,口门控制系统 20 套,差动式尾门控制系统 2 套。

5 行洪区粒子图像测速系统

粒子图像测速系统(DPIV)测速是一种快速全流场测量方法,这种测量方法可较好地用于淮河实体模型行洪区大范围流场测量。本段实体模型中,每套单独的 DPIV 系统包括一台专用图像处理主机、若干图像卡、CCD 摄像机、一套专用处理软件以及其他的监视设备,对于多套 DPIV 系统,可采用集合式图像处理机柜进行处理计算。DPIV 系统测速的基本原理是:由 CCD 摄像机实时拍摄水流表面示踪粒子的运动轨迹,图像处理主机对运动图像进行纠偏处理及矢量化计算,从而得到示踪粒子代表的流体表面速度场。系统还配置一套 16 画面分割设备和彩色投影设备。系统运行时,摄像机的输出信号经过分配器后,一路输入到图像处理主机进行实时流场计算,另一路输入到画面分割器进行画面组合并采用投影仪进行实时显示。

本段实体模型共配置行洪区粒子图像测速系统 8 套,每套 DPIV 系统包含 16 台 CCD 相机,模型行洪区测速面积约为 3 000 m²。

6 视频监控与语音系统

模型视频监控系统区别于基地安防系统,重点对实体模型大厅及泵房运行情况进行监控。系统由前端设备、控制中心设备和信号传输设备三个部分构成,前端设备主要有彩色一体化三可变半球形(或一体化球机)摄像系统、彩色定焦摄像系统、室外防护罩及云台等,控制中心设备主要有监控主机(硬盘录像机)及解码器等,信号传输采用专用视频传输电缆。系统运行时,前端摄像设备采集现场视频信息,经视频传输电缆传送至现场视频监控系统主机中,系统主机配备大容量硬盘,必要时可进行硬盘录像;同时,系统主机通过高速网络与基地监控中心的监控操作台及显示终端设备连接,使基地监控中心工作人员可通过操作台远程控制现场云台的旋转、镜头的三可变调节,并实时查看大厅及泵房现场各处运行情况,实现“遥视”功能。

语音系统为典型的无线会议扩音系统,主要功能是方便基地监控中心对大厅试验现场的调度以及各处试验人员的对讲协作。系统由一套多路无线语音对讲广播系统组成,主要设备包括无线对讲主机、扩音设备及终端对讲分机等。无线对讲主机和扩音设备设置在监控中心,对讲分机可固定或移动地布置在大厅内各处。

本段实体模型视频监控系统共需配置彩色球形摄像机 10 套、高清晰度定焦摄像机 30 台;语音系统需配备无线对讲主机 1 台,无线对讲分机 8 台。

7 网络通信系统

模型测控系统要实现以计算机局域网络为基础的各类数字信息分布式处理,由于实时交互的视频、图像、图表、文本等类型信息数据量极大,对网络的带宽及稳定性提出了较高要求。本段实体模型采用星型层次化网络结构,以千兆以太网技术构造骨干网和汇聚层,网络协议为 TCP/IP 协议。骨干网选择具有第三层交换功能的千兆以太网交换机(核心交换机)作为通讯设备;汇聚层通过千兆模块与核心交换机相连。基地网络中心和基地监控中心均位于试验控制楼内,由于试验大厅和试验控制楼距离相对较远,试验大厅内网络服务器与基地监控中心的核心交换机之间采用单模光纤连接。通过租用电信局的线路,局域网可同淮河水利委员会等机构外网联网。为保证局域网网络安全,系统将充分利用核心交换机的虚拟网络功能,并安装、配置网络防病毒系统和防火墙、反入侵系统。

实体模型的现场测控设备组网方案采用 RS485

串行通信和 TCP/IP 联合组网新技术,这种组网技术相对简单,通讯灵活,在国内其他行业中已得到一定的应用。

本段实体模型本网络通信系统需要配备核心交换机 1 台、汇聚交换机 3 台、路由器 1 台、网络管理服务器 1 台、数据库服务器 1 台、网络防病毒系统及防火墙及反入侵系统各 1 套以及电源防雷器和信号防雷器等。

8 软件系统

实体模型软件系统由专用测控软件、数据库管理软件及应用软件等部分组成。专用测控软件实现对现场测控设备实时控制和系统集成,使现场测控设备自动完成模型水力边界控制和沿程水力参数采集,是模型软件系统中最重要组成部分。模型试验数据经分类筛选和标准化处理后,便可利用数据库管理软件输入到数据库中。应用软件通过调用数据库里的试验数据,对数据作进一步的加工处理,并对处理成果进行输出。

本段实体模型将采用组态软件开发模型专用测控软件。组态软件开发具有开发简便、周期短、通用性强、可靠性高等优点,只需通过硬件组态(硬件配置)、数据组态、图形图像组态等工作即可完成开发工作,目前在国内外石油、化工、电力、通讯等行业得到了广泛的应用。自 1999 年至今,淮河流域多个大型河工、水工模型自动测控系统均采用组态软件开发了相应的测控专用软件系统,取得了非常好的效果^[7]。模型数据库管理软件可采用 SQL-Server 数据库系统,该系统支持图形、视频、声频、文本和其他高级数据对象,试验数据输入到数据库后,可进行网络发布,并方便应用软件的进一步调用处理。应用软件主要实现远程监控、二维图表参照、三维场景及多媒体演示、在线诊断等方面的功能。

本段实体模型软件系统需配置专用测控软件 4 套、数据库管理软件 2 套、各类应用软件 4 套。

9 结 语

正阳关至涡河口段实体模型自动化测控系统的整体设计研究,充分体现了安全可靠、实用先进、操作简便、易于维护的基本原则,满足模型非恒定流试验要求。近年来,出现了一些新的控制技术、网络技术和硬件设备,推动了实体模型测控技术的进步与发展。淮河实体模型在当前成熟的技术基础上,也在积极开展新型的测控技术研究,如新型的 PID 调节方法、新型现场测控设备组网技术、新型电磁式及超声波量测技术以及 Web 和 GIS 应用技术等,以更

好地为今后的淮河实体模型试验研究服务。

参考文献:

[1] 马浩,吴其保,武锋,等. 一种三针式水位跟踪架[J]. 水利水电科技进步,2002,22(2):51-52.
[2] 虞邦义,武锋,马浩,等. 新型流速传感器及其流速数据采集系统[J]. 水利水运工程学报,2001(2):71-73.
[3] 虞邦义等. 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,2001,16(1):84-90.
[4] 虞邦义,武锋,吕列民. 非恒流流水力模型流量检测控制系统及其特性分析[J]. 河海大学学报:自然科学版,2003,31(1):33-37.
[5] 虞邦义,马浩,俞国青. 差动式尾水调节系统数学模型[J]. 泥沙研究,2005(1):21-25.
[6] 虞邦义,武锋,蔡华,等. 临淮岗洪水控制工程水工模型自动检测与控制系统[J]. 水利水电技术. 2002,33(6):59-62.
[7] 虞邦义,武锋,马浩. MCGS 组态软件及其在大型河工模型试验中的应用[J]. 泥沙研究,2001(3):46-49.

(收稿日期:2012-08-15 编辑:熊水斌)

(上接第 5 页)

[3] 虞邦义. 河工模型相似理论和自动测控技术的研究及其应用[D]. 南京:河海大学,2003.
[4] 赵有皓,蔡辉. 河工物理模型试验采集与控制系统的运行断点处理技术[J]. 水利水运科学研究,2000(1):63-68.
[5] 赵有皓,蔡辉,马虹蛟,等. 大型河工模型智能化采集与控制系统[J]. 河海大学学报:自然科学版,1998,26(4):14-19.
[6] 孙磊,李平舟. 智能测控系统中的 RS485 总线和 CAN 总线[J]. 电子科技,2009(9):46-48.
[7] 陈莉. 基于 ZigBee 协议的环境监测无线传感器网络测量节点的设计[D]. 上海:上海交通大学,2008.
[8] 李文仲,段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.

(收稿日期:2012-07-10 编辑:骆超)

