

潮汐测量标准装置系统设计

王志超,李帆,晏天,李庆超,陆遥

(国家海洋局南海标准计量中心 广州 510715)

摘要:为使仪器检测能力满足海洋观测业务发展对潮位测量仪器性能的要求,结合各类验潮仪的检定规程,设计潮汐测量标准装置,应用先进的电气控制技术进行水位精准控制和潮汐模拟,实现仪器定点值测量和动态响应测试,通过图像识别软件实现水位和标尺动态识别,提高标准值的精确度,并集成远程控制功能,提升仪器检测效率,使装置能对潮位测量仪器开展完善合理且高效的检测,从而进行全面系统的仪器性能评价。

关键词:海洋计量;水位测量;潮汐模拟;动态识别;远程控制

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2022)03-0064-04

Systematic Design of the Tidal Measuring Standard Equipment

WANG Zhichao, LI Fan, YAN Tian, LI Qingchao, LU Yao

(South China Sea Center of Ocean Standards and Metrology, SOA, Guangzhou 510715, China)

Abstract: In order to make the detection capability of the instrument meet the performance requirements of the ocean observation business development for the tidal level measuring instrument, combined with the verification procedures of various tide gauges, advanced electrical control technology was applied for precise water level control and tidal simulation, and to realize instrument fixed-point value measurement and dynamic response test, realize the dynamic identification of water level and scale through image recognition software, and to improve the accuracy of standard value, integrating remote control function to improve instrument detection efficiency, so that the device could carry out perfect, reasonable and efficient detection of tide level measuring instruments, so as to conduct a comprehensive and systematic evaluation of instrument performance.

Keywords: Oceanographic metrology, Water level measurement, Tidal simulation, Dynamic identification, Remote monitoring

0 引言

准确的海洋潮汐测量数据对海洋预警预报、海洋工程、海洋运输和海洋科研等工作意义重大。海洋潮位测量仪器主要有浮子式、压力式和超声波式验

潮仪等,验潮仪的检定校准技术在20世纪90年代已经较为成熟,仪器检定规程相继发布实施^[1-3],但相应的计量检定装置一直处于仅能满足相应规程要求的水平,建设功能更加完善的验潮仪检定校准装置,

收稿日期:2021-06-07;修订日期:2022-02-23

基金项目:全球变化与海气相互作用专项(GASI-02-ZL-01)。

作者简介:王志超,助理工程师,硕士,研究方向为海洋计量等

是海洋观测业务发展的迫切要求和重要保障。

南海标准计量中心在国内现有验潮仪检定装置实现功能的基础上进行改进,完善全日潮和半日潮的模拟、水位和标尺动态识别计算等功能^[4-5],实现精准控制和实时测量,集成蓝牙和4G网络通信模块进行远程控制,提升装置自动化程度,建设完成潮汐测量标准装置。本研究阐述了该装置系统工作原理和设计思路,并进行了图像动态识别和潮汐模拟测试,评估水位测量系统和控制系统动态响应性能。

1 工作原理

潮汐测量标准装置由10 m水塔、给排水系统、控制系统和水位测量系统等组成。水位控制由工控机或移动终端发送指令到PLC控制器控制给排水系统完成,控制范围为0~9 m;水位测量由CCD相机获取透明管内水位和钢钢尺图像,通过动态识别软件识别水位线计算水位值。装置标准器为10 m钢钢尺,示值分辨力1 mm,年稳定性小于0.4 mm。控制系统参考标准为光电式水位计和流量计,光电式水位计量程0~10 m,示值分辨力1 mm,最大测量误差0.05%满量程。流量计测量范围0~0.03 m³/s,最大测量误差2%满量程。装置工作原理如图1所示。

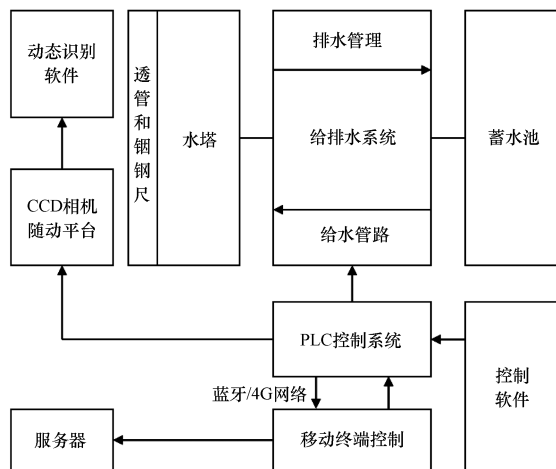


图1 潮汐测量标准装置工作原理

2 系统设计

2.1 水位控制系统设计

给排水管路设备包括水泵、电动球阀、流量计和压力表等,通过工控机软件向PLC控制器发送指令控制管路设备运行,工控机与PLC控制器通过以

太网连接。水位控制安全变化速率范围为0~10 mm/s,可以选择两种控制模式,流量控制模式通过流量计反馈,水位控制模式通过光电式水位计反馈,水位控制模式精度更高。

进行潮汐模拟时,设定目标水位和到达目标水位时间间隔。全日潮、半日潮模拟分别预设24个、12个目标水位值,由网络计时器进行时序控制。工控机软件通过预设目标水位和时间间隔计算所需水位变化速率和对应给排水速率,发送指令到PLC控制器调节变频器输出。在设定时间间隔内依次自动完成目标水位控制,实现潮汐模拟功能,水位值时序变化要求能形成接近平滑的正弦波曲线。潮汐模拟控制流程如图2所示。

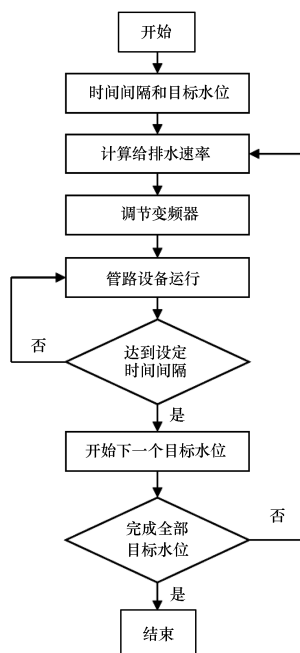


图2 潮汐模拟控制流程

2.2 图像动态识别设计

图像动态识别分为视频跟踪和图像信息提取两部分。CCD相机随动平台由伺服电机控制,可以跟随水位变化移动,随动平台跟随模式可选择水位跟随或速度跟随,水位跟随模式通过图像动态识别水位线位置反馈,速度跟随模式通过标准水位计反馈,由于图像动态识别响应不如标准水位计响应快,一般采用速度跟随模式,保证水位线在监控画面中心线上。

CCD相机以每秒25帧速率采集图像,当水位变化速率为10 mm/s时,每帧图像移动距离为

0.4 mm,移动速率较低,图像处理可以看做是静态图像处理过程,简化了图像处理计算。图像信息提取需甄别画面像素点,CCD 相机取景高度为 10 mm,分辨率为 $1\,280 \times 1\,024$,每个像素对应高度约为 0.01 mm,为提高计算效率,采用 10 个像素为 1 个单元格,理论精度可达 0.1 mm。图像处理采用灰度识别法,分两个步骤进行,首先进行钢钢尺刻度识别,选择钢钢尺某一刻度值作为标定值,在水位移动过程中不断识别钢钢尺刻度线进行长度累加计算,确定画面中每个刻度对应的标准值;再进行水位识别,由于水位线处灰度值与透明管其他位置有明显差异,通过灰度识别确定水位线位置,结合水位线相对钢钢尺刻度位置,即可计算并显示水位值。水位完全稳定时,软件可于凹液面最低处精准识别,由读数引入的标准不确定度分量仅需考虑 CCD 相机靶面相对于水位线的位置^[6]。灰度识别参数根据照明强度设置,软件一次图像处理计算过程平均耗时 2 ms。图像动态识别需保证钢钢尺刻度清晰,测量过程照明均匀,可在 CCD 相机镜头处放置环形 LED 灯提供光源,如有需要,还需在透明管内放置醒目薄片状漂浮物。图像动态识别流程如图 3 所示。

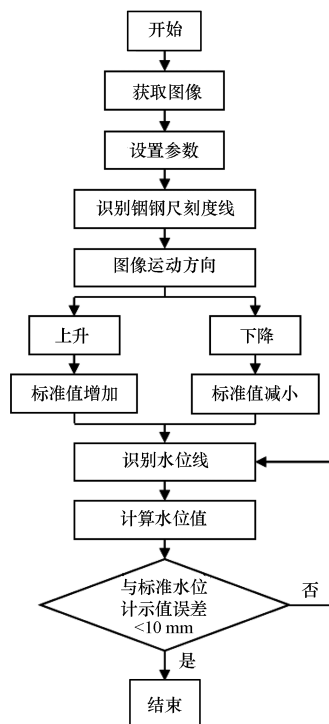


图 3 图像动态识别流程

2.3 无线通信模块设计

除工控机控制外,装置集成无线通信模块,实现远程控制功能。无线通信模块包括蓝牙模块和 4G 网络模块,蓝牙连接有效传输距离为 10m,主要用于设备检修时通过移动终端控制装置运行,4G 网络连接理论上可以在任何有网络覆盖的区域连接装置 PLC 控制器,可在长时间潮汐模拟测试过程中实现无人值守,通过移动终端控制和监控装置运行,并将仪器测试和装置运行数据上传至服务器保存。进行无线连接时,可以选择蓝牙和 4G 网络连接中的一种方式,通信指示灯亮起后,PLC 连接指示灯也亮起,表示连接成功,无线通信软件实现功能与工控机软件一致,如图 4 所示。

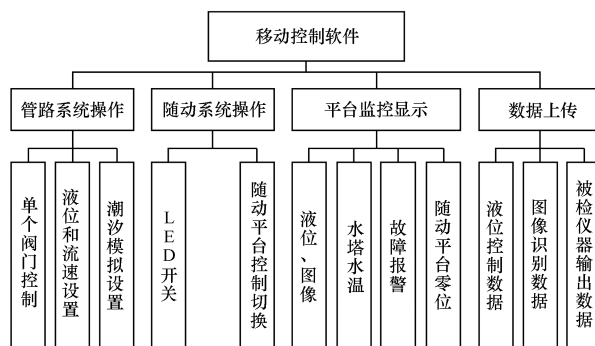


图 4 无线通信软件功能设计

3 装置系统测试

进行装置系统图像动态识别测试和潮汐模拟测试,评估装置系统性能。

3.1 动态识别测试

测试水位上升和下降过程随动平台跟踪和图像处理软件动态识别性能,步骤如下:

- (1) 控制水位回到 0 m,切换 CCD 相机随动平台手动控制模式使随动平台回到零位;
- (2) 标定软件标尺线;
- (3) 切换 CCD 相机随动平台自动控制模式,选择速度跟随;
- (4) 设置目标水位为 2 m,水位变化速率 3.0 mm/s,到达目标水位后,设置目标水位为 0 m,完成一次给排水测试。

动态测试结果如表 1 所示,其中起止零位读数为水位线稳定状态时读数。结果表明,随动平台跟

踪和图像动态识别响应良好,以钢钢尺作为读数标准的图像动态识别结果准确。水位上升时,水位线平直清晰,可以进行精准识别,水位下降时,表面张力使凹液面较为明显,会拉长水位线阴影区,使动态识别水位线高于实际水位,读值需进行修正。

表 1 动态测试结果

水位计高度/mm	动态识别读数/mm	差值/mm
0	0.03	0.03
400	398.16	−1.84
800	798.20	−1.80
1 200	1 198.22	−1.78
1 600	1 598.24	−1.76
2 000	1 998.23	−1.77
1 600	1 598.93	−1.07
1 200	1 199.31	−0.69
800	799.06	−0.94
400	399.11	−0.89
0	0.02	0.02

3.2 潮汐模拟测试

潮汐模拟是在一段时间内模拟水位正弦波曲线变化,设波高为 4 m,峰峰值为 8 m,一次全日潮周期变化时间为 4 h,则潮汐模拟标准正弦函数为 $y = 4\sin(\pi x/2) + 4$,水位变化设置如表 2 所示,实际水位控制变化曲线如图 5 所示。结果表明,装置通过时序变化预设阶段水位值进行潮位模拟的方法可以较好地模拟潮汐变化正弦函数曲线,水位控制系统给排水速率变化过渡平滑。

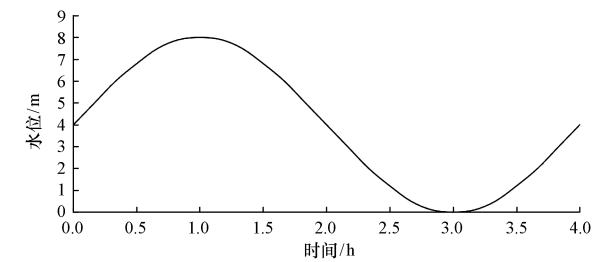


图 5 水位控制变化曲线

表 2 水位变化设置

m			
序号	水位	序号	水位
0	5.0	12	3.0
1	6.0	13	2.0
2	6.8	14	1.2
3	7.5	15	0.5
4	7.9	16	0.1
5	8.0	17	0
6	7.9	18	0.1
7	7.5	19	0.5
8	6.8	20	1.2
9	6.0	21	2.0
10	5.0	22	3.0
11	4.0	23	4.0

注:时间间隔为 10 min,开始水位为 4.0。

4 结语

测试结果表明,本研究介绍的潮汐测量标准装置,可以实现准确高效的图像动态识别和潮汐模拟控制,用以进行仪器动态响应测试,能为水位测量类产品研发、水位测量新方法研究和验潮仪检定校准方法改进提供更好的试验平台。无线通信模块提升了装置自动化水平,应用于仪器设备检修、远程监控和数据传输等方面,能进一步提高仪器检测工作效率。

参考文献

[1] 国家质量监督检验检疫总局.JJG 587—2016 浮子式验潮仪检定规程[S].北京:中国质检出版社,2017.

[2] 国家质量技术监督局.JJG 946—1999 压力验潮仪检定规程[S].北京:中国质检出版社,1999.

[3] 国家质量技术监督局.JJG 947—1997 声学验潮仪检定规程[S].北京:中国质检出版社,1999.

[4] 岳明.验潮仪检定装置研究[D].天津:天津大学,2011.

[5] 李妍,周振杰.自容式压力验潮仪检定装置的建立与研究[J].工业仪表与自动化装置,2020(3):111—113.

[6] 高占科,余惠莉,索利利,等.水位计(验潮仪)的检定和校准[J].计量技术,2007(7):53—56.