



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.2014.02.014

基于 Trio 控制器的吸收式造波机运动控制系统设计

张小乐, 呼英俊

(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 设计了基于 Trio 控制器的吸收式造波机运动控制系统, 确定了其 PC 和运动控制器相结合的控制方式. 选择了 Trio 控制器, 并结合 EtherNet/IP 和 SERCOS 通信协议实现数据交换. 上位机程序设计采用 C 语言和 Fortran 混合编程方式, 对执行机构的控制由 Trio 控制器自带 Trio Basic 语言编写运动控制程序实现. 实验表明, 设计的吸收式造波机控制系统得到的波面最稳定, 能获得期望波高.

关键词: 吸收式造波机; 运动控制; Trio 控制器

中图分类号: TH123 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2014)02-0067-04

Motion Control System Design of Absorbing Wave Maker Based on Trio Controller

ZHANG Xiaole, HU Yingjun

(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: An absorbing wave maker motion control system was designed with the combination control of PC and Trio controller. EtherNet/IP and SERCOS communications protocol was used to realize data exchange. In the host computer, C language and Fortran mixed programming method was used. The actuator was controlled by the Trio controller with Trio Basic language program to realize the motion control. Experiments show that the newly designed absorbing wave maker motion control system is very stable and can obtain the desired height.

Key words: absorbing wave maker; motion control; Trio controller

造波机是在实验水池中模拟波浪的设备, 可人工控制产生不同类型的波浪, 模拟实际海浪对船舶或各种建筑物的作用. 但因为实验水池的长度有限, 造波机对模型或池壁的反射波会再一次反射, 即波浪的二次反射, 它会严重影响实验结果. 而吸收式造波机在产生拟需波浪的同时, 能吸收实验区域内的二次反射波, 其原理是在推波板式造波的基础上, 通过采集、计算波浪数据, 给推波板一个附加的二次位移, 以消除反射波浪撞击推波板形成的二次反射波, 从而更真实地模拟海浪的运动^[1].

现有吸收式造波机多采用工控机与控制卡的方式进行运动控制^[2]. 这种方式提前设定工控机和控制卡的相关程序, 硬件组成、连接及操作都比较简单. 其缺点在于集成化过高, 扩展性、互换性不好, 在不同造波环境、不同造波条件下难以通用; 各种处理

运动控制和参数采集的板卡全由工控机控制, 还需进行模数转换, 延缓了控制命令传输和采集信号处理的时间, 控制时效和精度不够理想.

随着计算机控制技术的发展, 运动控制也逐渐网络化、数字化. 网络化使控制更灵活、开放, 数字化使控制更简单、精确. 采用 PC 和运动控制器相结合的控制方式, 用 PC 作为信息处理平台, 可发挥 PC 的信息处理快、开放的程序语言及可在线网络检测和修复等优点; 用控制器实现期望造波运动, 可充分利用运动控制器中的运动算法和进行精确的轨迹控制. 这种方式的信息处理速度快、运动控制精度高、开放扩展程度好、系统可靠性高, 更适合吸收式造波^[3-4].

本文针对吸收式造波, 选择支持网络化、数字化的运动控制器, 在程序设计中利用 C 语言应用广泛、人机交互方便和 Fortran 语言在数据处理上的优势,

收稿日期: 2013-09-18; 修回日期: 2013-12-07

作者简介: 张小乐 (1986—), 男, 山西太原人, 硕士研究生; 通信作者: 呼英俊, 副教授, huyj@tust.edu.cn.

并调用运动控制器的运动算法,使得造波运动程序设计、参数设置和数据分析都更简单,较好地实现了吸收式造波。

1 运动控制系统的基本工作原理

吸收式造波机运动控制系统的工作原理见图 1。根据期望的波高周期数据,由上位机程序计算推波板的位移和时间控制信号,运动控制器接收后将其转换为运动方向和速度的控制信号,伺服驱动器再将其转换为脉冲信号驱动伺服电机运动,经执行装置带动推

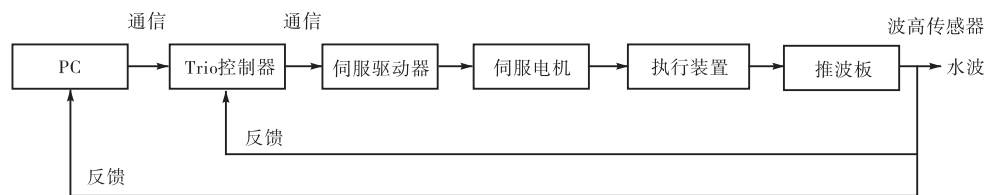


图 1 运动控制系统的工作原理

Fig. 1 Block diagram of the motion control system

2 运动控制器及其通信

2.1 Trio 控制器

运动控制器选用 Trio Motion 公司的 Trio MC224 型数字独立运动控制器,其融合了最新的控制理论和技术,具有多种控制和通信方式、多任务编程、可扩展性丰富等优点。它采用 32 位 120 ~ 150 MHz 的 DSP 微处理器,计算速度快,控制精度高,满足吸收式造波对控制器运算速度的要求;包含直线运动、梯形运动、曲线运动等多种轴运动轨迹控制模式,可完全脱离 PC 独立进行控制,在 PC 出现通信故障等问题时,依然可以进行吸收式造波的控制。控制器采用模块化设计,可连接扩展多种具有轴控制功能的子板,实现对多个伺服单元的控制,在大港池、多方向条件下造波也完全适用。控制器与 PC 间通信可采用总线或网络方式,如 PROFIBUS、DeviceNet、EtherNet/IP、CANopen 等方式;控制器与伺服驱动器通信可采用总线或数字式,如 CANopen、EtherNet/IP、SERCOS 等方式,多种通信接口使其应用扩展更广泛。

2.2 EtherNet/IP 通信

Trio 控制器与 PC 之间选用 EtherNet/IP 通信协议,它是一种工业以太网的应用协议。相比于其他控制系统中常见的总线结构,工业以太网的标准更规

范、更通用,在远距离传输、组件成本、软硬件资源等方面也更有优势;而且可与普通网络通连,利用网络的在线监测,远程控制也很方便,已成为现场设备控制网络的发展趋势。

在吸收式造波机工作过程中,最重要的是要实时采集推波板前波高数据,迅速计算得出下一位移量并确保执行装置及时响应,这就对运动控制器的性能及信号传输速度提出了较高的要求。

范、更通用,在远距离传输、组件成本、软硬件资源等方面也更有优势;而且可与普通网络通连,利用网络的在线监测,远程控制也很方便,已成为现场设备控制网络的发展趋势。

EtherNet/IP 协议采用 Producer/Consumer 通信模式,它不同于其他协议从源到点的指定模式,而是规定所有节点都可在同一时间读取来自同一个源的数据^[5]。这种模式的效率更高,实时性更好,适用于在造波现场由 PC 向控制器发送信号指令。

Trio 控制器面板配置有相关接口,通过网线即可实现连接;PC 中基于 Windows 平台建立 EtherNet/IP 网络也较简单,为组网和数据交换提供了很大便利。

2.3 SERCOS 接口

在吸收式造波中,Trio 控制器与伺服驱动器之间的通信最重要,要求快速、稳定、误差最小地传输调整信号。而现有系统中多常用模拟接口,受噪声影响较大、传输速度缓慢、精度不高、线路连接复杂,不能满足吸收式造波高速、稳定的要求。基于数字化控制的设想,选用 SERCOS 数字接口。SERCOS 接口是数字控制接口的唯一国际标准,具有较高精度的实时性和开放性,可保证快速建立数字连接、传送参数、精确控制和智能诊断的实现。

SERCOS 光纤网络结构如图 2 所示,其最主要的特点就是用光纤取代传统多轴控制系统中的普通电

缆,是全数字式的网络通信方式,不会受到其他电气系统的干扰,对噪声的免疫能力很强,无信号漂移,传输精度高.其协议也规定了数据传输格式,对网络通信带宽的需求相对较低,通信速率大于 4 MB/s,通信周期小于 1 ms^[6].相比传统的模拟技术,SERCOS 有效提高了工程速度,减少工程调试及维护时间,运行速度更快,精确度更高.

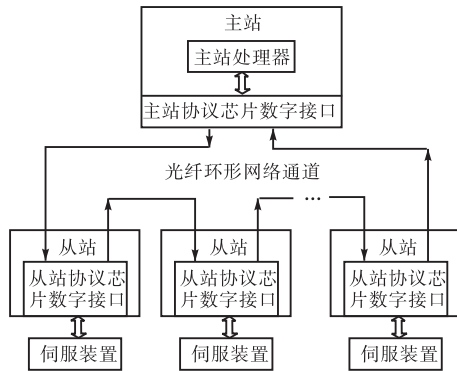


图 2 SERCOS 光纤网络结构

Fig. 2 SERCOS fiber-optic network structure

Trio 控制器自带 SERCOS 通信子板模块,选用的驱动器配置有 SERCOS 接口,可以方便地用提供的线缆进行连接,实现 SERCOS 数字通信.

3 程序设计

在程序设计上采用混合编程调用的方法,采用 C 语言和 Fortran 语言进行上位机程序设计,实现包括基本造波及吸收式造波的控制功能、系统的初始化设定、推波板的回零定位、目标波谱及造波参数的设

定、数据统计分析及报警保护功能^[7].

控制执行机构由 Trio 控制器自带 Trio Basic 语言编写运动控制程序实现.编程通过 Motion Perfect 平台进行,然后下载到控制器中存储和运行. Trio 控制器提供 ActiveX 功能,可以根据设备的需要在计算机中用高级程序语言进行二次开发;提供 OCX Component 功能,可以自动检测控制器内的程序并与计算机中程序比较;计算机中有 VB、VC、C++ 等语言编写的程序时,可直接调用其运动函数,复制到 Trio 处理器中进行运算处理和控制在方便进行操作.

4 实验

利用本文设计的控制系统,在天津水运工程科学研究所的实验水槽中进行测试.水槽长 35 m,宽 1 m,高 1.2 m,最大水深为 0.8 m.实验时,将模拟的波谱或波高数据由主程序输入,计算获得控制推波板运动所需的数字控制信号,经由运动控制程序,驱动机械装置带动推波板运动.推波板往复运动的位移决定波高,往复运动的频率决定波浪周期.板前设置 2 个波高传感器,运用两点法进行入反射分离,分别求得入、反射波高与周期^[8].部分实验数据见表 1.对实验数据的评价参考 JTJ/T234—2001《波浪模型试验规程》,模拟规则波的平均波高和周期的允许偏差为 ±5%.结合表 1 数据可以看出:非吸收式造波的波高数据受反射波的影响,误差很大;而吸收式造波的结果误差小,满足要求;本文设计的吸收式造波机的实验误差最小,精度最高.

表 1 各类型造波机造波实验数据

Tab. 1 Experimental wave data of various types of wave maker

目标波高/m	目标周期/s	造波类型	平均波高/m	波高偏差/%	平均周期/s	周期偏差/%
0.4	1.2	设计吸收式	0.409	2.25	1.196	-0.33
		现有吸收式	0.383	-4.25	1.209	0.75
		非吸收式	0.437	9.25	1.219	1.58
0.4	1.4	设计吸收式	0.415	3.75	1.406	0.43
		现有吸收式	0.378	-5.50	1.413	0.93
		非吸收式	0.441	10.25	1.435	2.50
0.6	1.4	设计吸收式	0.612	2.00	1.394	-0.43
		现有吸收式	0.574	-4.33	1.409	0.64
		非吸收式	0.667	11.17	1.433	2.36

另外,程序可统计画出实验的波面过程图.其目标波高 0.4 m、周期 1.4 s 的实验波面过程如图 3 所

示.由图 3 可以看出:实验过程中,非吸收式造波的波面波动较大,在很长的实验时间范围内都难获得稳

定的波高; 现有吸收式造波机相比非吸收式造波, 在波高稳定性上有明显的进步, 进行吸收造波之后的波高变得比较稳定, 但由于控制系统不够精确, 与期望的波高还是有一定差距; 而本文设计的吸收式造波机的波面最稳定, 波高偏差最小。

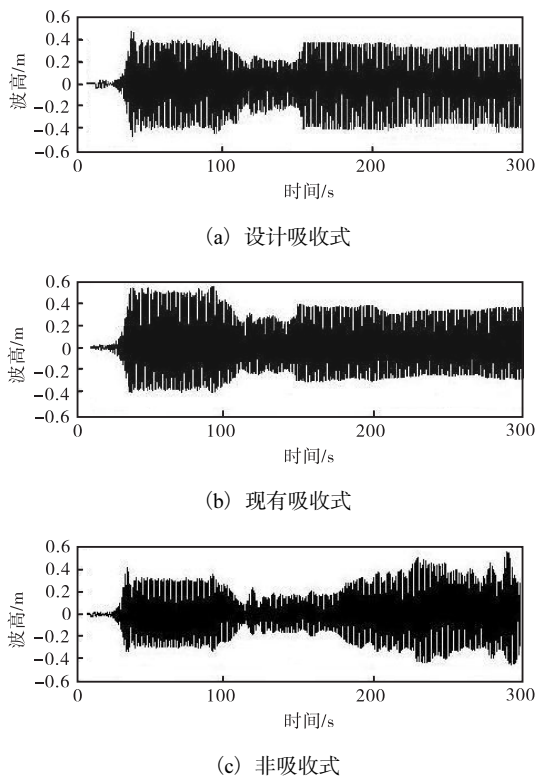


图3 各类型造波机造波实验波面过程图

Fig. 3 Experimental wavefront process map of various types of wave maker

5 结 语

本文设计了吸收式造波机的运动控制系统, 针对现有造波机的信号传输处理不及时、控制精度不理想问题进行改进. 上位机程序设计采用混合编程的方式, 对执行机构控制调用 Trio Basic 语言, 更好地实现了对推波板的运动控制. 相比现有装置, 信号传输与处理完全采用数字信号, 使控制系统响应更快, 运行更稳定. 实验证明设计达到了预期效果.

参考文献:

- [1] 王先涛. 吸收式造波机理论[D]. 大连: 大连理工大学, 2002.
- [2] 张亚群. 造波机的控制及其实现[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [3] 班华, 李长友. 运动控制系统[M], 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [4] 郝志刚, 周宏甫. 运动控制器的发展与现状[J]. 电气传动自动化, 2005(3): 12-16.
- [5] 邓昌建. 工业以太网通讯协议和接口技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2005.
- [6] 李琰, 徐殿国, 戚佳金, 等. SERCOS 接口应用技术研究[J]. 伺服控制, 2006(5): 26-28.
- [7] 张瑞波, 王收军, 朱国良. 基于 VC6.0 和 FORTRAN 语言的造波机控制软件的研究与开发[J]. 制造业自动化, 2008(8): 49-52.
- [8] 张瑞波. 港工波浪模拟设备的研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2008.

责任编辑: 常涛

(上接第 53 页)

- [10] Foster K R, Schwan H P. Dielectric properties of tissues and biological materials: A critical review[J]. Critical Reviews in Biomedical Engineering, 1989, 17(1): 25-104.
- [11] Satoshi Watanabe. Pattern Recognition, Human and Mechanical[M]. New York: John Wiley & Sons, 1985.
- [12] 赵喜林, 赵喜玲, 江祥奎. 模式识别方法及其比较分析[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2004, 14(3): 37-40.
- [13] Yang Shuying, Zhang Cheng, Zhang Weiyu, et al. Unknown moving target detecting and tracking based on

computer vision[C]//Proceedings of the 4th International Conference on Image and Graphics. Piscataway: IEEE, 2007: 490-495.

- [14] 胡国胜. 入侵检测的 Fisher、Bayes 和 MSE 识别算法及等价性证明[J]. 计算机应用与软件, 2012, 29(4): 293-296.
- [15] 张新明, 李振云, 郑颖. 融合 Fisher 准则和势函数的多阈值图像分割[J]. 计算机应用, 2012, 32(10): 2843-2847.

责任编辑: 常涛