

低速增压风洞模型支撑系统中的角度机构控制

Angel Mechanism Control of Low-Speed Pressurized Wind Tunnel Model Support System

中国航空工业空气动力研究院 明强 桂兵 张伟

[摘要] 介绍了在低速增压风洞模型支撑系统中以单片机为核心构建的角度机构控制系统。该控制系统利用单片机接口电路实现了对伺服电机的控制及与上位机之间通信、数据传输,解决了模型支撑系统中由于机械回差带来的精度问题以及角度机构支杆非线性运动带来的模型控制问题,达到了风洞试验要求的控制精度。

关键词: 低速增压风洞 模型支撑系统 角度机构控制

[ABSTRACT] An angle mechanism control system, taking SCM as a core, in the low speed pressurized wind tunnel model support system is introduced. This system uses the interface circuit of SCM to realize the control of the servomotor and the communication and data transfer among the master computers and to solve the problems of the unaccuracy caused by the mechanical backlash and of the model control caused by the nonlinear movement of the angle mechanism bearing rod in the model support system. The military control precision required by the wind tunnel test is achieved.

Keywords: Low-speed pressurized wind tunnel Model support system Angle mechanism control

模型支撑系统(即模型架车)是风洞测控系统的重要组成部分,用来控制模型在风洞中的姿态及模型受力采集。其中角度机构用于控制模型姿态,天平传感器用来采集模型受力,而系统的可靠性及精度直接影响到风洞试验的成败。

本文介绍了在低速增压风洞中模型支撑系统的角度机构控制的研制,针对低速增压风洞模型支撑系统试验现场特殊要求,实现多轴伺服控制,并通过伺服系统的控制实现对模型姿态角双自由度控制的要求,解决了模型架车角度机构转盘机械结构由于精密度局限问题带来的回差现象以及机构支杆非线性运动带来的控制问题,从而达到风洞试验要求的控制精度^[1]。

1 低速增压风洞模型支撑系统角度机构概述

低速增压风洞是我国航空领域重要基础设施,是一座高雷诺数的低速风洞。它的建设是一项庞大复杂的系统工程,涉及到多个技术领域,在其测控系统中回路与被测参数非常多,许多被控参数相互关联,相互影响,许多参数的控制均为多变量耦合的输入输出控制。为了使测控系统能够满足风洞试验,达到高精度、高效率、安全可靠地运行,需要在不同的环节采用实时的测控系统,再将各环节嵌入总体控制系统中,形成完整的低速增压风洞控制体系。

本文所指的模型支撑系统是低速增压风洞的常规测力模型支撑系统,作为增压风洞控制系统的一个环节它的角度机构走位由伺服控制系统完成,包括伺服电机及伺服控制器。角度机构要完成模型俯仰、侧滑角度两轴变化,即双自由度变化。其控制包括:(1)读取上位机指令,与伺服控制器进行通信,控制伺服电机走位,以此达到对模型姿态控制的目的;(2)完成对模型位置的数据读取并将采集数据回传上位机,保障角度机构精度及可靠性。

2 基于单片机的角度机构控制系统

2.1 系统设计方案制定

传统的工控伺服系统是由 PLC 完成的,但其自动化、集成度各方面发展潜力有限,不能满足低速增压风洞多环节嵌入式控制的要求,在控制灵活性及精度上也有所不足。对于常见的伺服系统控制卡,其固有的控制方式又不完全匹配增压风洞现场的实际需要。考虑到单片机的可靠性,灵活性及高集成度趋势,系统采用单片机构建一套符合模型支撑系统需要的伺服控制系统,即单片机控制模块。

图 1 为低速增压风洞模型支撑系统图。根据低速增压风洞模型控制系统现场情况要解决以下关键技术问题:(1)单片机控制模块需要控制 3 台伺服电机完成对模型姿态的控制,3 台伺服电机运动规律各不相同,这涉及到单片机要完成多轴控制,并确保各个

伺服电机相对独立,互不干扰;(2)模型支撑系统俯仰机构的机械结构为非线性结构,完成对它的控制不能靠规律公式换算角度位置;(3)模型支撑系统机械结构存在回差,现有机械结构所能达到的精度不能完全避免这一机械问题,需要单片机控制模块程序对其进行修正,克服机械回差带来的误差,保证走位精确。

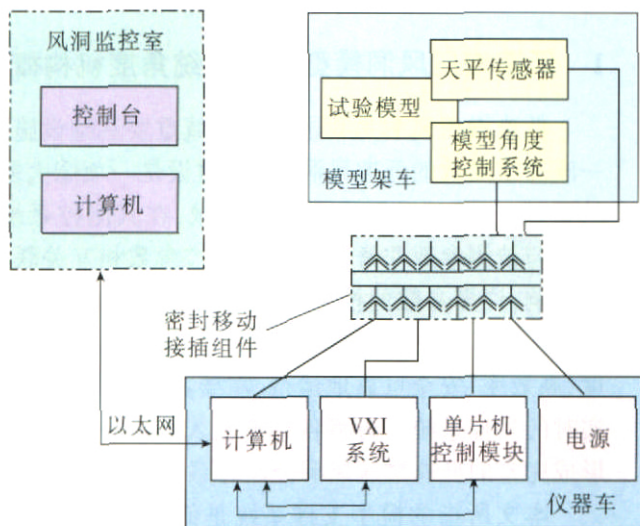


图1 模型支撑控制系统
Fig.1 Model support control system

对上述技术问题,单片机控制模块在设计中采用以下方案:扩展 I/O 口,实现多点信号传输,利用振荡电路脉冲数字信号提高数据传输的可靠性,并在通讯过程中加入回传信号效验,确保传输过程无数据丢失;由单片机片选功能扩展锁存器构建的电路,用来实现对多台伺服电机的独立控制,满足伺服控制器多信号独立传输要求;指定单片机特定存储区存储预设角度脉冲值,在机构运行中调用相应角度值完成模型走位,避免支杆非线性运动带来的走位问题,并通过程序走位使模型姿态保持正向转动,弥补回差带来的精度问题^[3]。

2.2 硬件电路设计

单片机控制模块以 W77E58 为核心。W77E58 是有高性能内部时钟和存储功能的 8051 处理器,其内部晶振周期速度和指令周期要比 8051 快一倍,EPROM 为 32k。芯片可在 -65 ~+125 范围内正常工作,满足增压风洞 0.4MPa 满载运行的工作条件。

整个模块涉及 76 个 I/O 口,扩展包括 74LS244、74LS377、26LS31 共 9 片芯片及相应保护电路,信号包括伺服 ON、ABS 请求、伺服到位、速度到达、电磁制动及脉冲信号等所有必要信号,除此还包括电机零位等硬件 I/O 信号,满足了与上位机及三台伺服控制器同时通讯的要求,32k 存储功能也满足模型支撑系统双自由度角度机构姿态角的数据储存^[2]。

单片机控制模块结构示意图如图 2 所示。电路最大程度上实现了硬件的简洁,控制模式单一,数据传输均为八位二进制代码,保证单片机控制模块在运行过程中出现最少的错误,增加系统的稳定性。

2.3 软件设计

单片机控制模块软件采用循环等待的方式,系统上电后程序始终处于等待模式,并会不断查询上位机命令,在收到角度走位命令及位置信号并经过数据校验无误后开始与控制相应机构的伺服控制器进行通信。图 3 为单片机控制模块程序流程示意图。(模型支撑系统角度机构采用三菱伺服系统,ABS 通信为三菱伺服系统绝对位置控制特有通信方式,具体通信流程可查阅《三菱通用伺服系统使用说明》)^[4]。

角度机构伺服系统为绝对位置控制模式,单片机内部存有零位信号,在判定控制信号类别后,控制三台伺服电机走位方式,通过片选给不同伺服控制器发送指令,完成不同走位要求。

模型支撑系统角度机构变化值是通过预先测量

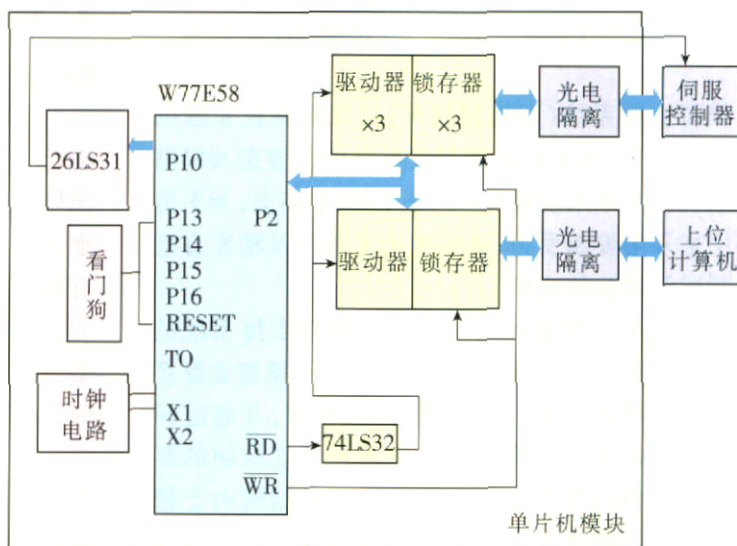


图2 单片机控制模块主要硬件组成
Fig.2 Main hardware constitution of SCM control module

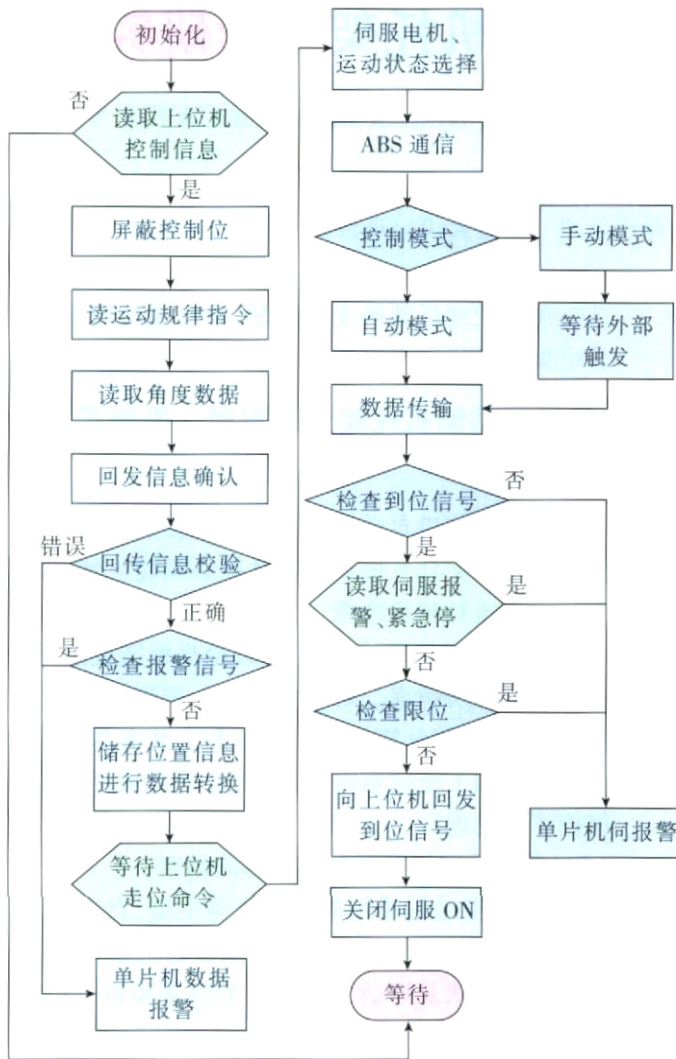


图3 单片机控制模块程序流程示意图
Fig.3 Programme flow chart of SCM control module

得到并存入单片机的，走位过程即调用预存的数值，通过 P1 口的 26LS31 以脉冲差分形式发送给伺服控制器，存储区内存有正负角度 32 个，满足常规试验要求，解决了支撑系统腹撑支杆非线性运动的问题(腹撑控制支杆为图 1 中黑实线部分)。在接收上位机信号时，单片机会判断走位命令为模型正转或反转，通过脉冲累加使角度机构到位前总保持正向运动，并用来解决机构存在的回差。

在精度方面，伺服控制器对脉冲信号分辨率为 131 072 脉冲/r，相当于 1/304 分。当电机以额定转速 1 000r/min 转动时(带减速机后)，需发送脉冲频率约为 27k，远低于单片机的脉冲发送频率的 200k，也就是说单片机所能达到的精度大于伺服控制器的脉冲

分辨率，也满足试验精度，在调试过程中其分辨率可使伺服电机走位精度误差在 2 /周以内。

3 结束语

单片机控制模块是为低速增压风洞模型支撑系统角度机构量身定制的控制系统，它以最简洁、可靠的方式最大限度地满足风洞试验对模型支撑系统的控制要求。

控制模块包括内部 I/O 及外触发信号，能够同时控制三台伺服系统同步、异步、独立地转动，完成模型俯仰、侧滑角的姿态角变化，并能够通过程序修正解决非线性运动及机械回差带来的精度问题。

随着低速增压风洞建设进一步完善，模型支撑系统已开始进行试验测量，作为模型支撑系统角度机构控制核心，单片机控制模块以其可靠性完成了对伺服系统的控制，满足了多轴控制要求，达到了角度机构控制精度，很好地保障了风洞试验的进行。

参 考 文 献

- [1] 艾伦·波普. 低速风洞试验. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [2] 南建辉, 熊鸣, 王军茹. MCS-51 单片机原理及应用实例. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [3] 李朝青. 单片机 & DSP 外围数字 IC 技术手册. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [4] 三菱株式会社. 三菱通用伺服系统使用说明.

(责编 微凉)

哈飞直升机奥运航拍显身手

为了展现北京奥运场馆的概况，更加全方位、立体式地报道奥运赛况，奥运期间，中央电视台出动了 9 架直升机进行航拍，其中 7 架是由哈飞公司生产的 Z9 直升机，主要承担奥运会开幕式、闭幕式以及马拉松、帆船赛等赛事的航拍报道任务。奥运会期间航拍任务的持续时间创历史之最。

航拍多采用中小型直升机，而 Z9 直升机属于轻型多用途飞机，4 个多小时的较高续航时间为持续完成航拍任务提供了保障。

奥运会期间，央视航拍组采用哈飞公司生产的 Z9 直升机，既是国人的骄傲，更是航空人的骄傲!

(本刊记者 凌川)