

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.10.027

运动控制器在地面效应试验中的应用

童卓, 方浩舟

(中国兵器工业第五八研究所工业自动化工程技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对传统地板升降系统的缺点, 对运动控制器在风洞地面效应试验中的应用进行研究。选用三菱运动控制器, 采用虚拟主轴方式, 设计出多 CPU 集中和独立控制多轴的自动控制系统, 实现了地板自动升降。结果表明: 该方式具有同步精度和定位精度高、操作方便、自动化程度高等优点, 可推广应用于其它多轴精确同步控制的场合。

关键词: 地面效应; 运动控制器; 虚模式程序设计; 同步控制

中图分类号: TP332 **文献标志码:** A

Application of Motion Controller in Ground Effect Test

Tong Zhuo, Fang Haozhou

(Dept. of Industrial Automation Engineering Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the shortcomings of traditional floor lift system, research on application of motion controller in ground effect test. Select Mitsubishi motion controller, using the virtual master mode, focus and design a multi-CPU multi-axis independent control of the automatic control system, automatically lifting the floor. The results show that the method has high synchronization accuracy and locating precision, easy operation, high degree of automation can be applied to other multi-axis precisely synchronized to promote control of the situation.

Keywords: ground effect; motion controller; virtual mode programming; synchronization control

0 引言

目前, 国内风洞地面效应试验中的地板升降系统均为液压同步系统或单一机械式支撑, 存在同步误差大、定位精度低、操作繁琐、故障率高的问题, 导致试验效率低下^[1]。

运动控制器是集通讯、控制、反馈为一体的自动控制平台, 具有响应快、功能全面、使用简便等优点。对于精度要求不高的多轴同步系统, 普通的应用方式就能便捷地实现。对于精度要求较高的多轴同步系统, 结合恰当的补偿方式能够取得较好的同步效果^[2]。因此, 笔者设计了一种机电同步控制系统, 以实现地板自动升降, 并提高定位及同步精度和实验效率。

1 系统组成

1.1 系统总体结构

系统由控制柜、主电柜、地板机械结构组成, 如图 1。

控制柜内部主要放置三菱 Q 系列顺控 CPU、Q 系列运动控制器、GT15 系列触摸屏及其他低压元件; 主电柜内部主要放置三菱伺服放大器、变压器、滤波器等元件; 地板结构包括 8 m×4 m 升降地板、

4 台伺服电动缸、可调限位装置、工字梁等。由于升降地板面积大、重量重, 故采用 4 台伺服电动缸同步控制来完成升降位置的精确控制。

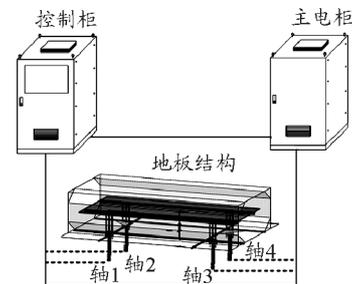


图 1 系统总体结构

1.2 控制硬件组成及结构

该系统采用了三菱的 Q 系列顺控和 MOTION 运动控制器作为整个系统的主控元件。顺控 CPU 主要用于整个系统的逻辑控制, 运动控制器作为系统的运动控制, 直接作用于 4 套伺服系统, 完成整套装置的精确运动。GT15 系列人机界面主要用于参数设置、系统监控、自动运行的启停操作等。组成结构示意图如图 2。

伺服放大器采用了三菱电机 MR-J360B, 该伺服放大器能够与运动控制器通过 SSCNET 实现高速串行通讯, 速度命令输出最高可达 50 MPPS, 传输

收稿日期: 2011-07-11; 修回日期: 2011-07-26

作者简介: 童卓(1979—), 男, 四川人, 从事自动化设备设计研究。

距离最长为 800 m, 充分发挥运动控制器的多轴同步、插补功能, 以满足本系统的高精度定位和四轴同步要求。

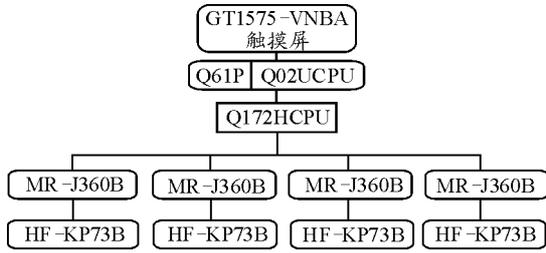


图 2 系统控制组成结构示意图

2 软件设计

运动控制器响应时间快, 运行周期可以达到 0.44 ms。采用 Motion SFC 语言编程, 可以在测试模式下监控各种状态标志, 实现点动及原点回归等。采用实模式和虚模式 2 种方式进行运动控制, 在虚模式下可支持机械程序, 替代机械主轴实现高精度同步控制, 可以创建凸轮曲线, 实现电子凸轮控制。为实现系统四轴在同一时间内同一位置偏差不能超过 1 mm 的同动要求, 采用虚模式下虚拟轴 V.1 同时启动 4 套伺服, 并在运动过程中用虚拟轴 2、3、4、5 分别带动 1、2、3、4 伺服电机, 进行 PID 整定, 其运动系统配置如图 3。

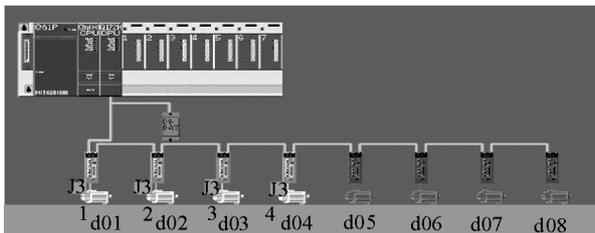


图 3 运动系统配置图

2.1 同步启动控制

在 SV22 虚模式下由虚拟轴 V.1 和四轴 Axis₁、Axis₂、Axis₃、Axis₄ 组成机械系统程序配置如图 4, 由顺控 CPU 发送 S(P).SFCS 指令, 运动 CPU 调用机械系统程序, 启动虚拟主轴实现同时启动风洞地板升降动作。

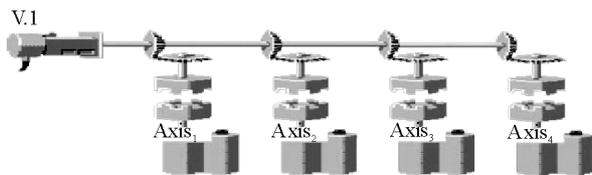


图 4 四轴虚模式机械系统程序配置图

2.2 PID 控制

在运动过程中, 由于信号传输距离不一致, 地

板重心不均, 以及机械加工装配误差和电磁扰动等因素, 会造成同时启动的 4 台电缸在同一时刻的实际位置有所偏差, 影响同步精度要求^[3]。系统在传统主从轴跟踪同步方式上加以改进, 以虚拟轴 V.1 作为主动轴 (此轴的位置值为触摸屏给定的理想值 S), 实际运行的 Axis₁、Axis₂、Axis₃、Axis₄ 为从动轴, 通过每轴的外部编码器回馈作为偏差判断值 S₁、S₂、S₃、S₄, 在每个采样周期内, S₁、S₂、S₃、S₄ 与 S 比较, 如果位置偏差值 e(i) 大于等于允许的同步误差值 ΔX_{min}, 运用 PID 控制, 使用积分分离补偿算法, 输出补偿量, 减小系统震荡的同时满足了四轴同步要求。PID 算法如下:

$$U(i) = K_p \left\{ e(i) + \frac{T}{T_i} \beta \sum_{j=0}^i e(j) + \frac{T_d}{T} [e(i) - e(i-1)] \right\} \quad (1)$$

$$\beta = \begin{cases} 1 & |e(i)| \leq \Delta X_{\max} \\ 0 & |e(i)| > \Delta X_{\max} \end{cases}$$

其中, i 为采样序号, i=0, 1, 2, 3, …; e(i) 为第 i 次采样时刻输出的位置偏差。u(i) 为第 i 次采样时刻的运动控制器的控制值; T_i 为积分系数, T_d 为微分系数, K_p 为比例系数, T 为采样周期。β 项为积分项的开关系数。同步控制算法流程图 5。

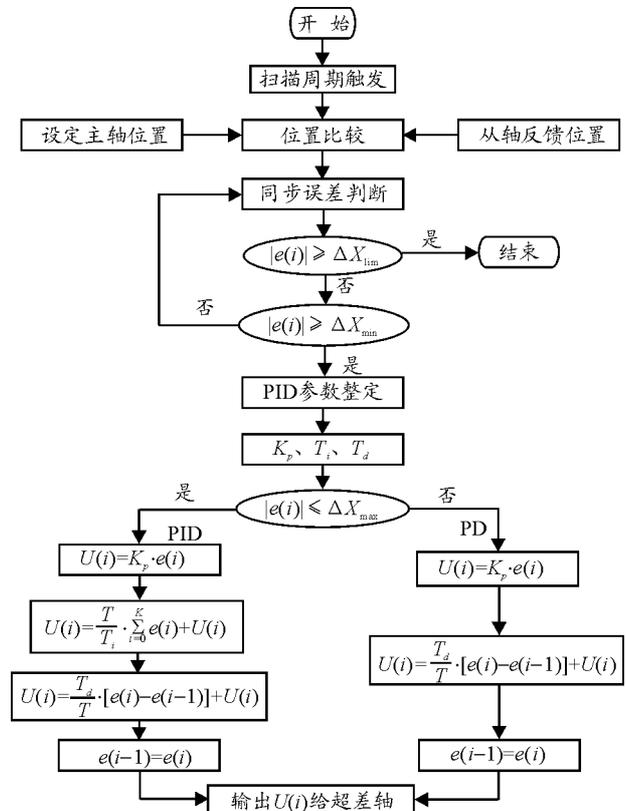


图 5 同步控制算法流程图