

# 基于 Compax3 的伺服升降平台控制系统设计

凌 好, 高 双, 王学平, 陈占晖, 谢瑜玻

(中国船舶重工集团 第 704 研究所, 上海 200031)

**摘要:** 针对现有同步、大载荷升降平台行程控制精度低、人机交互性差的缺点, 设计了一种基于 Compax3 伺服控制器的升降平台控制系统; 利用一台伺服电机驱动多个滚珠丝杆同步螺旋升降运动, 分别通过 CANopen 和串口通信的方式实现本地、远程同时对升降平台的运动控制和状态监控, 并且独立控制电机刹车方便安装和调试; 试验结果表明, 该控制系统的行程控制误差小于 0.1 mm, 系统控制精度高、人机界面友好、功能丰富、性能稳定, 具有较高的工程应用价值。

**关键词:** Compax3; 伺服控制; 本地/远程监控

## Design of Control System for Servo Lift Platform Based on Compax3

Ling Hao, Gao Shuang, Wang Xueping, Chen Zhanhui, Xie Yubo

(NO. 704 Research Institute, CSIC, Shanghai 200031, China)

**Abstract:** In order to improve the stroke control precision and human-computer interaction of the synchronous lift platform with large load, a new type of lift platform control system was designed based on Compax3. The system used a servo motor to drive the ball screws to a spiral lifting movement, and achieve motion control and monitoring through CANopen and serial communication means in local and long distance at the same time, with the motor braking independent control for convenient installation and debugging. Experimental results show that, the stroke control error is less than 0.1mm of the control system. Respectively the system possessed the features of high control precision, friendly man-machine interface, multi-functions, stability performance and with high application value in engineering.

**Keywords:** Compax3; servo control; local and remote motion control and monitoring

## 0 引言

升降平台作为一种位移、起重、施压机械, 在生产流水线、搬运、装配等各种工作场合中得到了广泛的应用。传统升降平台多使用液压、气动传动的方式进行驱动, 同步性差且行程控制精度较低。滚珠丝杆螺旋升降机是将电机、减速系统、丝杆传动等巧妙地组合在一起的机电一体化运动执行单元, 利用丝杆将旋转运动转变为直线运动的特性, 与电驱机构配套使用<sup>[1]</sup>。其既可以单独使用, 又可以多台组合, 拼积木似地通过直角转向器、联轴节和传动轴等联接件组合在一起并能按一定程序准确控制机构的升降、往复、翻转等运动, 从而可以在多种场合取代传统的液压和气压传动。

本文提出以 Compax3 伺服控制器为核心部件的伺服升降平台控制系统方案, 以一台伺服电机作为执行机构, 同时驱动多台滚珠丝杆螺旋升降机, 并分别通过本地触摸屏和远程控制器对升降平台进行运动控制和状态监控, 在提高升降平台行程控制精度的同时, 也具备较好的人机交互性。

## 1 系统结构及原理

整个伺服升降平台结构由多台滚珠丝杆螺旋升降机组构成, 如图 1 所示。采用齿轮比 1:1 锥齿轮箱定位和均分载荷, 通过主驱动轴系统的所有升降机构均同步运动。传动连接采用结构紧凑的全挠型齿轮联轴器, 负载条件下不但能够提供强大的传递力, 而且挠性连接又可以有一定程度的相对位移, 在联接两轴有较大安装误差及工作时两轴有相对位移时能够起到一定

的补偿被联轴两轴轴线相对偏移的作用。

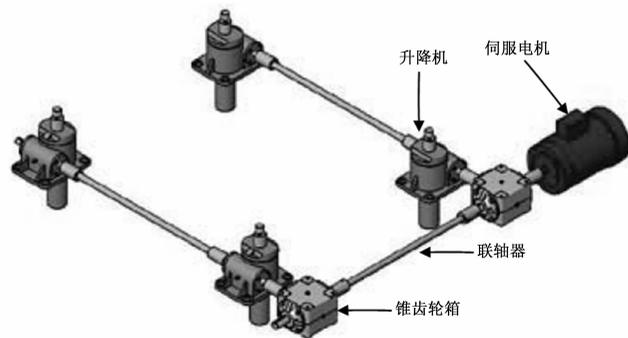


图 1 平台结构组成图

平台控制系统构成如图 2 所示, 系统选用 Parker 公司的 Compax3 作为伺服控制器, MHA 系列伺服电机作为驱动源。伺服电机和轴系采用联轴器直接耦合的连接方式, 并在轴系上安装了光电编码器, 通过 HIPERFACE 接口将其输出的正余弦反馈信号直接送到 Compax3 中进行读取和处理。电机自带刹车, 通过 24VDC 的 I/O 信号控制, 与电机的起动、停止配合动作, 实现对轴系的制动和自锁保持。

使用过程中, 伺服控制器根据本地/远程选择开关, 分别通过 CANopen 接收本地触摸屏的操作指令或通过 RS485 接收远程控制器的控制命令, 控制伺服升降平台实现相应的运动动作。并且 Compax3 同时接收本地触摸屏和远程控制器周期性的状态询问, 分别回复控制器的状态信息, 实现本地和远程两地的平台实际运行状态更新。

升降平台的运动控制主要为位移和速度控制, 位移控制的起始零点通过限位开关定位, 启动平台控制系统时首先进行归零点定位, 指定的位移量都以此零点为基准; 电机速度控制通

收稿日期: 2015-03-24; 修回日期: 2015-05-11。

作者简介: 凌好(1987-), 男, 江苏仪征人, 硕士研究生, 主要从事机电系统设计等方向的研究。

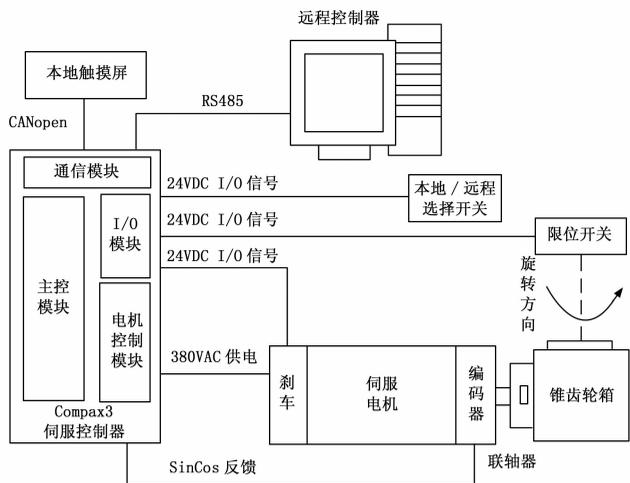


图 2 平台控制系统构成图

过给定脉冲信号的频率  $F$  来实现，工作台移动的速度取决于指令脉冲数  $N$ 、脉冲信号频率  $F$  和丝杆导程  $L$ 。系统运行前预先设置好滚珠丝杆的导程及行程等控制参数。

## 2 硬件设计

整个平台控制系统由外部 380 V 电源供电，利用其中一相火线和零线经开关电源后转化为 24 VDC，为低压直流设备供电。电源输入时，为了抑制来自电网的噪声对电路本身的侵害，并抑制由电路产生并向电网反馈的干扰，在 380 V 电源供电之前增加滤波器 NFI01/02。而为了补偿电机长电缆运行时的耦合电容的充放电影响，避免变频器过流，在伺服控制器电机输出端增加输出电抗器 MDR01/04。并且为解决电机感性负载输出电压下降和输出电压控制的问题，在负载两端反并联续流二极管 IN4148，把输出电压的负波形去掉，防止反向冲击电流。

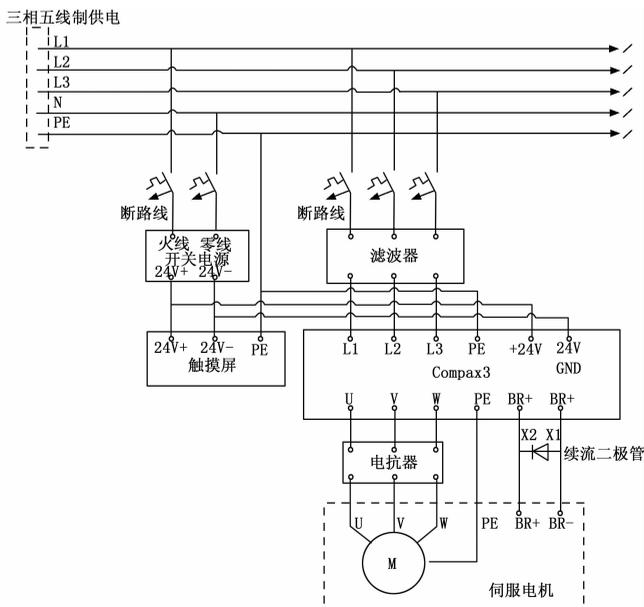


图 3 平台控制系统硬件原理图

通常情况下，对于 MHA 系列该种自带集成刹车的伺服电机，Compax3 在控制时会将刹车与电机的运动控制联动，即电机停止时刹车自动抱紧，运动时则自动松开，而在失电时刹

车则一直抱紧。该种联动控制模式，在控制程序上无需对刹车另行操作，但同时却也无法实现对集成刹车的独立控制，即无法在带电的情况下实现对刹车的抱紧、松开手动操控。而在安装、调试过程中，若无法手动控制刹车，不可避免的会出现重复拆装电机的情况。为此，系统将集成刹车的 24 VDC 刹车控制线改接到伺服控制器的 I/O 模块，通过后续软件中对外部 I/O 信号的操控转而对刹车的抱紧、松开控制。

## 3 软件设计

Compax3 伺服控制器软件采用模块化设计，可实现电流环、速度环和位置环的自闭环运动控制<sup>[2]</sup>，并且能够支持多种通讯接口协议，同时与多个外接设备进行信息实时交互。

### 3.1 运动流程设计

为实现不同的运动方式，Compax3 可对应采用不同的运动模块<sup>[3]</sup>，I/O 配置及控制的功能字、状态字也可根据实际功能需求自行定义。运动模块的各个闭环回路控制器在 Compax3 初始化时进行一次闭环校正系数自整定，根据系统初始化时得到的驱动器和电机参数，并结合测试而来负载的惯量进而得到系统的传递函数，则可根据传递函数生成各个环节的校正系数。

Compax3 软件编程基于 CoDeSys（可编程逻辑控制 PLC 的完整开发环境），程序设计时主要通过其已有的控制模块进行控制，实现自动走位、点动走位、故障复位、零位设定等功能。平台控制系统软件流程图如图 4 所示。

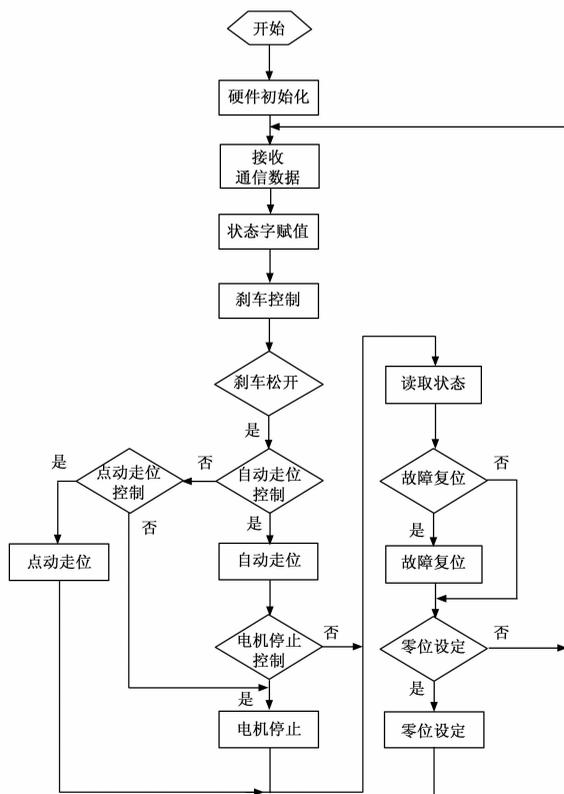


图 4 平台控制系统运动流程图

自带集成刹车的伺服电机默认为刹车联动控制，在 Compax3 伺服控制器中其电机使能控制与刹车控制互斥，即电机

$$g_{\lambda}(x_3, x_2, x_1, x_6, x_4) = 0.862\ 8,$$

$$g_{\lambda}(x_3, x_2, x_1, x_6, x_4, x_5) = 0.999\ 9$$

将所求的模糊测度及各评价准则的评价值代入式 (19) 得到新型装甲装备通用质量特性的综合评价值  $Q$  为:

$$Q = \int qdg = \sum_{i=1}^n [q_i^* - q_{i-1}^*] g_{\lambda}(A_i^*) = 0.854\ 3$$

通过计算可知各评价准则对应的  $\lambda = 0.000\ 2$ , 大于 0, 说明各评价准则之间为正相关。而新型装甲装备通用质量特性综合评价值为 0.854 3, 与实际状况基本相符, 说明该数字化机步师新型装甲装备通用质量特性的综合水平处于优秀水平的边缘, 更趋于良好, 总体表现尚可, 但其质量特性还有一定的提升空间, 可通过采取相应措施进行改进提高。

### 4 结束语

针对新型装甲装备通用质量特性关联性的问题, 在建立评价指标体系的基础上, 结合新型装甲装备特点, 运用 IGAHP 法融合了专家群体权重, 实现了指标主观赋权, 并引入熵权法确定了指标客观权重, 采用博弈论的思想, 融合了指标的主客观权重, 并通过 Choquet 积分解决了通用质量特性评价准则关联性的问题, 实现了新型装甲装备通用质量特性的评价, 并通过示例验证了评价模型的可行性。新型装甲装备通用质量特性的改进研究是接下来的研究重点。

(上接第 2430 页)

使能时刹车松开、失电时刹车抱紧。因此为实现之前所述对集成刹车的独立控制, 本平台控制系统在硬件上将刹车控制线改接到 I/O 模块的同时, 在软件上利用一个控制位与刹车控制线 I/O 输出相映射关联, 以此同时实现对电机使能和刹车的独立控制。值得注意的是, 在对 Compax3 已有各个运动模块相关配置时, 需充分考虑相关控制逻辑, 确保启动时在刹车松开后电机马上运动, 而停止时电机停转后刹车能够马上刹紧, 实现刹车与电机的“联动”。

### 3.2 本地/远程监控

Compax3 采用主从通信模式, 伺服控制器在接收到符合其通信格式的报文后, 会立即响应其控制指令动作并进行通信回复。

本地操作时, 触摸屏选用威伦 EMT3070A, 与 Compax3 通过 CANopen 进行通信, 实现本地控制。控制界面绘制使用组态软件 EB8000, 通过将本地控制界面上组态软件参数与 Compax3 控制器的内部参数相关联, 即可实现外部对伺服控制器内部参数的输入、输出, 进而实现相应的状态显示和运动控制等功能。

远程控制时, 远程控制器采用 Compax3 通信模式中的“二进位记录”, 借组块加密与 Compax3 进行快速安全的通信。报文通过 CCITT 算法, 对所有的字符完成块加密 (CRC16), 以此确保报文的正确性, 带有块加密的二进位记录报文基本结构如下:

起始码+地址+数据长度+数据+块加密

其中, 起始码决定了数据报文的功, Compax3 由此判定报文是写入对象、读取对象或运动控制。而地址位则是为了区别不同的伺服控制器。

远程控制器以 MFC 为基础编制远程控制软件, 充分利用其固有资源, 有效降低软件开发成本<sup>[4]</sup>, 根据二进位记录报文

### 参考文献:

- [1] 张延生, 黄考利, 连光耀. 基于改进 AHP 法的导弹装备测试性参数选择方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (2): 412-414.
- [2] 刘勇, 高建华, 丁志伟. 基于改进熵权法的中原城市群城镇化水平综合评价 [J]. 河南大学学报 (自然科学版), 2011, 41 (1): 49-55.
- [3] 黄建新, 边亚琴, 张胜涛. 基于 BP 神经网络的雷达装备维修质量评估研究 [J]. 航空维修与工程, 2010 (2): 88-90.
- [4] 王军武, 王旭东, 王全新. 一种基于 AHP 以及欧氏距离的权重分配新途径 [J]. 华中科技大学学报 (城市科学版), 2007 (24): 26-27.
- [5] 王绍玉, 孙研. 基于 AHP-Entropy 确权法的城市公众应急反应能力评价 [J]. 哈尔滨工程大学学报, 2011, 32 (8): 992-996.
- [6] 吴叶科, 宋如顺, 陈波. 基于博弈论的综合赋权法的信息安全风险评估 [J]. 计算机工程与科学, 2001, 33 (5): 9-13.
- [7] 刘国颂, 蔡春明, 聂春龙, 等. 基于博弈论组合赋权的边坡稳定性集对分析 [J]. 长江科学院院报, 2014, 31 (6): 83-88.
- [8] 张磊, 樊治平, 乐琦. 基于 Choquet 积分的综合风险评估方法 [J]. 东北大学学报 (自然科学版), 2010, 31 (11): 1665-1668.
- [9] Marical J L. Entropy of discrete Choquet capacities [J]. European Journal of Operational Research, 2002, 137 (3): 612-624.
- [10] 黄洁, 李弼程, 赵拥军. 基于 Choquet 模糊积分的目标威胁评估方法 [J]. 信息工程大学学报, 2012, 13 (1): 18-21.

结构组成串口通信报文, 与伺服控制器通信控制升降平台运动, 并每隔 50 ms 询问 Compax3 的状态, 实时获知平台所处的实际位置、是否正在动作、故障代码等运动状态。

### 4 试验验证

将文中设计完成的基于 Compax3 的控制系统应用到如图 1 所示的伺服升降平台中, 对平台的行程控制精度进行测试。通过现场测试可知, 在保证机械安装精度的情况下, 该伺服升降平台控制系统的位置精度可达 0.1 mm。

表 1 系统总体行程控制精度测量

设定距离/mm	0.0	50.0	100.0	150.0	200.0
实际距离/mm	0.01	50.02	100.01	150.01	200.02
总体偏差/mm	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02

### 5 结论

本文简要介绍了基于 Compax3 的伺服升降平台控制系统, 阐述了系统主要部分的设计实现原理和步骤。应用测试表明, 基于此控制系统的升降平台能够实现本地、远程对升降平台的运动控制和状态监控, 行程控制精度可达 0.1 mm, 人机界面友好, 并且系统运行稳定、控制功能丰富, 达到了预期的控制效果, 可用于机电一体化实践当中。

### 参考文献:

- [1] 徐书峰, 贺春. 电动升降平台 [J]. 机械工程师, 2009 (5): 82-83.
- [2] 于丹, 陈娟, 王威立, 等. 基于 Compax3 的光电跟踪伺服控制系统电气传动 [J]. 2013, 43 (6): 56-58.
- [3] 王威立. 基于 Compax3 的数据融合高精度光电跟踪伺服控制系统 [D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2012.
- [4] 庞宇, 孙永维, 李洋, 等. 某型飞行模拟器火控控制台设计与实现计算机测量与控制 [J]. 2012, 20 (7): 1910-1912.