

大型天线的五点同步起吊系统设计

陈 科, 师亚祥, 张福明

(合肥工业大学 机械工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 大型天线需要保持悬吊天线不同的姿态或角度, 为此设计该五点同步起吊系统。该系统控制部分以触摸屏显示屏作为上位机, 与两台下位机 PLC 之间采用以太网通信方式进行信息交流, 实现系统 5 个吊点的同步起吊以及个别吊点的单独调整。控制器采用 Modbus 通信方式与伺服驱动器进行信息交流; 并提出了一种参数处理方法, 消除了机械结构产生的起吊误差。实验表明, 系统性能稳定, 可操作性强。

关键字: 同步起吊系统; 触摸屏; PLC; 以太网通信; Modbus 通信

中图分类号: TP271+.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-4437 (2017) 01-0001-05

近年来, 随着信息化和现代化进程的加快, 各种大型天线的设计研究蓬勃发展。凡是利用电磁波来传递信息的, 都依靠天线来进行工作, 例如无线电通信、广播、电视、雷达、导航、遥感、射电天文等工程系统^[1]。在大型天线的设计研究过程中, 需要对天线进行悬吊, 并让其在不同高度上保持水平或者合适角度, 以便进行试验和调试。由于大型天线的重量重、体积大、跨度大、位置精度要求高, 无疑对悬吊技术提出了严格的要求。传统的悬吊技术不仅浪费大量的财力物力, 影响工作周期和试验准确度, 还会对科研人员的安全造成威胁, 存在着很大的局限性。PLC 作为一种智能化、可靠性很高的工业控制设备, 在国民经济各个行业中的应用越来越广泛, 在各个控制领域也显示了其较强的应用潜力^[2]。因此, 研究设计基于 PLC 的大型天线同步起吊系统, 具有十分重要的现实意义。

1 起吊系统总体设计

五点同步起吊系统是天线悬吊系统的一部分, 该起吊系统需在一定误差范围内实现五个吊点的同步提升, 也可通过单点起吊以调整反射面天线的水平度, 并实时显示各工作参数和系统工作状态。

设计该系统由控制部分和机械执行机构部分组成, 其中控制部分分为输入部分和伺服驱动系统。输入部分由若干物理按钮和触摸屏构成, 其中触摸屏作为人机交互界面实时显示系统各运行参数; 伺服驱动系统由 PLC、伺服驱动器、伺服电机、编码器等构成。执行机构由减速器、电葫芦等构成。该系统悬吊平台长宽为 31m*31m, 起吊高度最大行程为 8m, 起吊精度为 1mm, 主吊点最大承重量为 8t, 副吊点最大承重量为 2t。五点同步起吊系统整体组成如图 1 所示, 电气柜中包含变压器、PLC、

收稿日期: 2016-12-20

作者简介: 陈科 (1965-), 男, 河南郑州人, 合肥工业大学教授、博士生导师, 主要研究方向: 机电产品的现代设计理论和方法; 机电产品的 CAD/CAE/CAM。

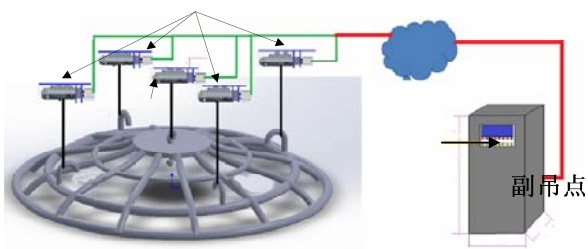


图1 天线悬吊系统示意图

Fig. 1 schematic diagram of antenna suspension system

伺服驱动器、触摸屏、空气开关以及主吊点。主吊点位于悬吊机构中央，承载主要重量，副吊点均匀分布在主吊点周围，主要起维持平衡和调平作用。

控制系统硬件部分主要设计：

(1) 器件选型：根据性能要求，选择控制器为 S7-1200 PLC，台达 ASDA-A2 系列高性能通讯型驱动器，以及其配套的伺服电机、绝对式编码器。

(2) 安全保护：

1) 系统的极限位置装有限位开关，当运行到极限位置碰触限位开关时，对应信号传送给控制器，控制器控制伺服电机停止转动，实现限位保护。

2) 起吊装置的上下边界装高能阻尼缓冲器，限制天线的活动范围，当系统运行发生故障时，起到硬件限位保护的作用，防止损坏系统其他部分。

3) 系统选用的电机自带电磁抱闸装置，可进行断电保护，防止断电时天线失控下坠。

控制系统软件部分主要设计：

(1) 人机界面：根据功能需求，设计操作界面分为主控界面、自动运行界面、同步起吊界面、单点起吊界面。

(2) 运行模式：同步起吊模式和单点起吊模式以及自动运行模式，每个模式皆可执行连续运动和点动。伺服驱动器的控制方式是脉冲+方向，通过 PLC 内部各程序块相互协作发出不同指令给各伺服驱动器，从而控制伺服电机实现各模式起吊。

机械执行机构部分的主要设计：

(1) 部件选择：根据系统的起吊重量、起吊速度、精度等要求，选择 CD1 型四绳电葫芦为起吊执行机构^[3]，外接减速机，使用伺服电机作为动力来源。

(2) 结构布局：五个吊点中，主吊点位于悬吊机构中央，承载主要重量，副吊点均匀分布在主吊点周围，主要起维持平衡和调平作用。

该系统通过触摸屏输入起吊相关参数以及启动信息，两台 S7-1200PLC 与触摸屏之间通过以太

网进行通信得到运行信息，从而分别控制由 PLC、伺服驱动器、伺服电机、编码器等构成的 5 个闭环伺服驱动系统，进而带动执行机构对天线进行起吊。五点同步起吊系统可以实现 5 个起吊点的单点起吊，也可以实现 5 点同步起吊，在起吊过程中触摸屏实时显示吊点的位置、起吊速度、系统状态信息和故障信息等，并且系统出现问题时可以进行自我保护。

2 参数处理方法

由于该起吊系统机械部分含有 CD1 型四绳电葫芦，该电葫芦工作时，绕线点会随着卷筒转动而移动，导致吊绳偏斜，从而使起吊高度与电葫芦转动圈数两者之间呈非线性关系，但是 TIA Portal V13 中运动控制模块内部只能处理线性关系的数据^[4]，无法完成上述非线性计算，这就造成整个系统起吊精度大幅下降。为达到精度要求，需要对输入参数进行处理。

本系统中使用的 CD1 型四绳电葫芦，其机械结构可简化为图 2 所示，其中 a 图为起吊过程中卷筒绕线 N 圈时的状态，b 图为初始状态及吊绳达到最大伸长量时的状态，图中 B 为电葫芦绕线槽间距，D 为电葫芦卷筒直径，H 为吊绳最大伸长距离及最大起吊高度，L 为卷筒绕线 N 圈时侧绳长度，h 为卷筒绕线 N 圈时起吊高度。

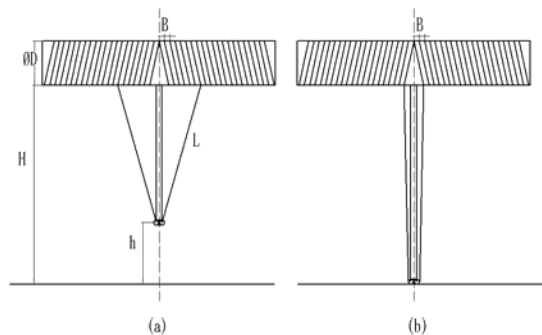


图2 电葫芦结构示意图

Fig. 2 schematic diagram of electric hoist

则卷筒转动一圈绕线长度

$$C = \sqrt{B^2 + (\pi D)^2} \quad (1)$$

经分析图中几何关系可得：

联立 (2)、(3) 式, 整理可得:

$$h + (H - L) = NC \quad (2)$$

$$(NB)^2 + (H - h)^2 = L^2 \quad (3)$$

$$N = f(h) = \frac{(H + h)C - \sqrt{(H + h)^2 C^2 - 4Hh(C^2 - B^2)}}{C^2 - B^2} \quad (4)$$

(4)式中 H 、 C 、 B 为机械结构决定的已知常量。

由于主副吊点所承载的重量不同, 所以两处所用电葫芦的机械结构参数也不相同, 继而造成主副吊点提升相同高度但其电机所需转过的圈数不同的现象, 这时需要控制两者电机转速之间的比例才能完成同步起吊。

主副吊点提升相同的任意高度其电机所需转动圈数之比为:

$$\frac{N_{\text{主}}}{N_{\text{副}}} = 1.22 \quad (5)$$

为使主副吊点之间保持同步, 则在参数转换的过程中需保持:

$$\frac{n_{\text{主}}}{n_{\text{副}}} = \frac{N_{\text{主}}}{N_{\text{副}}} = 1.22 \quad (6)$$

所以将从输入设备中得到的运动速度、起吊高度等参数进行上述方法的转换, 就可分别得到主副吊点处电葫芦实际准确的 $n_{\text{主}}$ 、 $n_{\text{副}}$ 、 $N_{\text{主}}$ 、 $N_{\text{副}}$, 在程序设计中使用此方法即可减小误差, 以达到系统的精度要求。

3 伺服驱动系统设计

3.1 硬件组成及连接

伺服驱动系统其硬件分别由触摸屏、物理按键、控制器及其扩展模块、伺服驱动器、伺服电机、编码器、行程开关等组成。

整个系统共需要数字量输入端口 25 个, 数字量输出端口共 15 个, 串口通信端口 1 个, 用于与驱动器进行通信, 设置并读取其运行参数。PROFINET 端口 2 个, 一个与触摸屏进行通信, 另一个用于控制器之间的通信。

根据起吊功能要求, 为满足整个系统的需求选用西门子公司 S7-1200 系列 PLC 产品 CPU1215C 为控制器, 由于该型号 PLC 每台最多可控制四轴运

动, 所以伺服驱动系统共需要两台该型号 PLC, 其中一台控制四个副吊点, 另一台单独控制主吊点。另需添加一个串口通信扩展模块 CM1241。由于该型号 PLC 的 CPU 模块自带 IO 端口数量不满足使用需求, 所以还需添加 DI8/DQ8x24VDC 扩展模块。整个驱动系统的硬件连接及组成关系如图 3 所示。

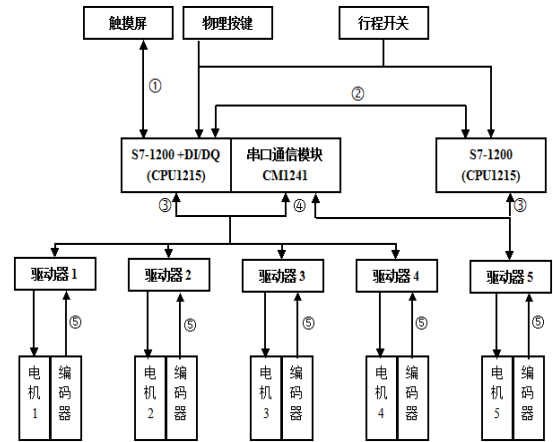


图 3 硬件连接示意图

Fig. 3 schematic diagram of hardware connection

图中信号①、②为各吊点运动参数、状态信号, 通过以太网传递; 信号③为各吊点运行脉冲、方向等输出型控制信号以及到位信号; 信号④为驱动器以及电机工作状态信号, 传输方式为 RTU 模式的 Modbus 通信, 通信接口为 RS485 接口^[5]; 信号⑤为各电机的位置、速度等信号。

3.2 程序设计

程序设计采用模块化的编程思想, 根据系统实际工作要求, 对软件需要实现的功能进行分析, 将程序划分为以下五大模块:

(1) 主程序: 主程序的功能是检测 CPU、各种扩展模块以及设备的工作状态和指令的执行情况, 产生相应报警、到位等信号。等待输入设备的指令, 以及接收数据并调用相应程序块, 对数据、指令进行传输、处理、执行。

(2) Modbus 通信模块: 该程序块主要是读取伺服驱动器中伺服电机运行情况的信息, 并转存到 PLC 的相应存储区, 方便其他程序块读取使用。

(3) 以太网通信模块^[6]: 该模块一是用于接收触摸屏传来的信息指令, 二是 PLC-1 把从输入设备接收来的指令数据处理后发送给 PLC-2, 以及接收从 PLC-2 发送来的主吊点运行状态等反馈信息并进行存储。PLC-1 与 PLC-2 通信内容参照表如表 1 所示:

表 1 以太网通信内容参照表

Tab. 1 Ethernet communication content reference table

	位 0	位 1	位 2	位 3	位 4	位 5	位 6	位 7
第 1 字节	使能	回原点	复位	报警	点/连动	绝对启动	停止	相对启动
第 2 字节	点升	点降	运行	轴选 1	轴选 2	轴选 3	轴选	轴选 5
第 3 字节	起吊速度值							
第 4 字节	起吊速度值							
第 5 字节	起吊速度值							
第 6 字节	起吊速度值							
第 7 字节	绝对运动目标位置							
第 8 字节	绝对运动目标位置							
第 9 字节	绝对运动目标位置							
第 10 字节	绝对运动目标位置							
第 11 字节	相对起吊高度值							
第 12 字节	相对起吊高度值							
第 13 字节	相对起吊高度值							
第 14 字节	相对起吊高度值							

(4) 运动控制模块：该模块是软件设计的核心之一，用于根据接收到的信息，按照一定的规则发送相应指令给伺服驱动器，从而控制伺服电机带动执行设备把被起吊物以一定方向、速度起吊到相应的位置。

(5) 参数转换模块：由于机械执行机构中电葫芦的结构决定了提升高度与电机转速之间为非线性关系，但运动控制模块不能实现这种非线性转化，所以该模块运用本文第二节中所介绍的方法对输入的运动参数进行处理，然后再把处理过的数据传递给运动控制模块，从而达到精确控制起吊高度的目的。整个软件的系统流程如图 4 所示。

3.3 人机界面设计

人机界面设计分为欢迎界面、主控界面、自动运行界面、同步起吊界面、单点起吊界面。

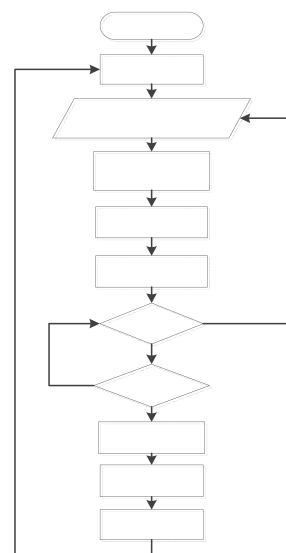




图 5 主控界面

Fig. 5 Master interface

自动运行界面如图 6 所示,可控制自动运行的启停,自动运行轨迹为程序设计时已规划完毕的固定轨迹。该界面左侧为运行状态指示灯,以及启停控制按钮和位置显示,右侧为运行速度、当前位置实时曲线图。

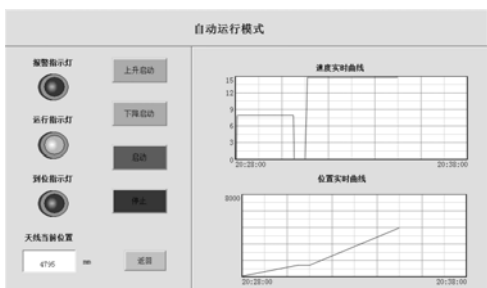


图 6 自动运行控制界面

Fig. 6 Autorun control interface

同步起吊界面如图 7 所示,该界面左侧区域可进行回原点、复位操作,以及运行方式、运动速度、终点位置的设定,并且具有运行状态指示灯。右侧区域可对实时速度、实时位置以运行曲线的形式进行显示,并且出现故障报警时,可在右下方信息框内显示故障报警的对象以及原因等相关信息。

单点起吊界面如图 8 所示,该界面的右侧上方区域可对起吊点进行选择,并可进行回原点、复位等操作以及起吊形式的设定。右下方为运行指示灯以及运行目标位置和速度设定的区域。右侧区域以曲线形式实时显示运行速度以及吊点位置。

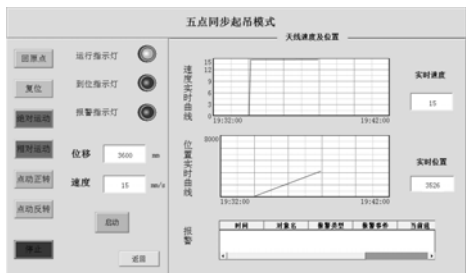


图 7 同步起吊控制界面

Fig. 7 Synchronous lifting control interface

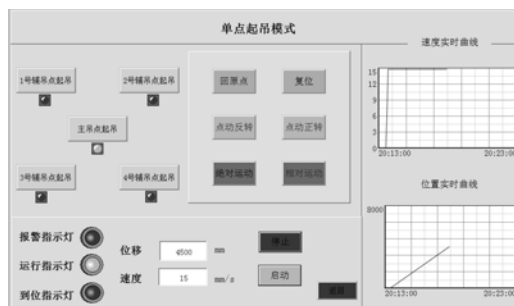


图 8 单点起吊界面

Fig. 8 Single point lift control interface

4 结论

本研究设计了一种易维护、可靠性高、操作方便的五点同步起吊系统,以 PLC 为控制核心,结合触摸屏以及伺服驱动器组成其控制系统,该系统可实现调平、同步起吊、自动运行、状态监测、故障报警等功能。通过对机械部分各组成部件结构的分析,运用一种参数处理方法,使得起吊高度更加精确,解决了因机械参数不同导致的主副吊点之间起吊不同步的问题。该系统的设计与应用,提高了天线等大型精密设备研发和试验的效率及安全性。

参考文献:

- [1] William, Imbriale, 郑耀昕. 空间天线手册[J]. 国外科技新书评介, 2015 (4): 6-6.
- [2] 孙忠涛. PLC 的自动控制技术[J]. 中小企业管理与科技, 2007 (6): 73-74.
- [3] 杨震, 王富强, 张育益. 电动葫芦的使用和维护[J]. 起重运输机械, 2005 (3): 82-82.
- [4] 刘伟杰. 西门子 TIA 博途 V13 应用原理与案例设计[J]. 智慧工厂, 2016 (6): 58-60.
- [5] 李喜东, 刘波涛, 刘刚. Modbus RTU 串行通讯协议在工业现场的应用[J]. 自动化技术与应用, 2005, 24 (7): 37-40.
- [6] 陈建. 西门子工业控制网络技术研究与应[D]. 南京理工大学, 2005.

论国人应有的文化自觉、文化认同和文化自信

华锦木

(新疆师范大学 语言学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘 要: 文章以中国文化的历史发展和现实实践为依据, 评价分析了国人应树立的文化自觉、文化认同和文化自信。

关键词: 文化; 自觉; 认同; 自信

中图分类号: G03

文献标识码: A

文章编号: 1672-4437 (2017) 01-0006-03

当今世界和人类面临着经济危机、环境危机、能源危机、社会公平危机、就业危机等等, 其实质是人与自然、人与人、人与自我产生了严重冲突; 社会上不同程度存在的道德颠覆、信仰缺失、精神空虚、理想淡化等现象, 其根源是文化吸引力和文化感召力出现了偏差和问题。众所周知, 真正的大国不光取决于它的经济军事实力, 不在于 GDP 有多高, 起决定性作用的是精神力量和文化影响力, 要看是否创造了先进文化, 是否输出了具有普世价值的文化或思想。文化鲜明的意识形态属性和价值观体系决定着文化的性质和发展方向, 它影响制约着一个民族的生活方式、行为情感、伦理道德、价值观念、宗教信仰和生命智慧等, 它是民族的灵魂和血脉, 是民族的精神之根和智慧之源。一个民族和国家要想自立图存、兴旺发达, 必须具备自己的文化, 拥有自己的文化是一个民族和一个国家复兴和崛起的基础。作为和平崛起中的中国, 虽然拥有五千年历史和光辉灿烂的优秀文化, 但我们国人却

缺少与之相应的文化自觉、文化认同和文化自信。文章摆事实、讲道理, 期望国人树立应有的文化自觉、文化认同和文化自信。

一、了解学习, 树立文化自觉

张岱年、方克立先生在其主编的《中国文化概论》中总结指出: “中国文化是中华民族对于人类的伟大贡献。独具特色的语言文字, 浩如烟海的文化典籍, 嘉惠世界的科技工艺, 精彩纷呈的文学艺术, 充满智慧的哲学宗教, 完备深刻的道德伦理, 共同构成了中国文化的基本内容。”^[1]虽然总结的只是 1840 年鸦片战争以前的中国文化, 虽然仅有八句话, 但已将中华民族五千年的优秀文化结晶呈现在我们面前, 已经足够激起我们的文化自觉和文化自豪了。当前, 伴随我国经济的快速发展和整体实力的日益增强, 越来越多的国家和人民迫切希望了解中国、了解中国文化, 学汉语汉文化的留学生

收稿日期: 2017-01-09

基金项目: 新疆普通高校人文社科重点研究基地“新疆少数民族双语教育研究中心”项目 (040413A01)。

作者简介: 华锦木 (1963-), 男, 江苏海安人, 新疆师范大学教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 语言文化教学。