

基于PLC的钢支撑智能伺服控制系统设计

彭昊¹, 刘显晖¹, 李建强², 杨帆²

(1. 广西科技大学, 广西 柳州 545000;

2. 柳州泰姆预应力机械有限公司, 广西 柳州 545000)

摘要: 由于地下建筑的逐渐发展, 为保障在基坑工程中的质量和安全, 需要充分利用自动化控制技术的优势, 而钢支撑又是基坑工作中必不可缺的一个部分。从钢支撑智能伺服控制系统的控制需求、PLC控制系统的基本设计思路、PLC程序功能划分、程序编制、人机界面以及系统调试几个方面进行描述。结果表明, 基于PLC的钢支撑智能伺服系统实现了基坑施工过程中的实时轴力补偿, 替代了传统的人工控制, 并且利用了人机界面的实时监测, 做到了控制精细、响应及时, 从而保障了地下空间建设的安全。

关键词: PLC; 钢支撑; 人机界面; 系统调试

中图分类号: TP273 文献标识码: A 文章编号: 1003-7241(2025)04-0053-05

Design of Steel Support Intelligent Servo Control System Based on PLC

PENG Hao¹, LIU Xian-hui¹, LI Jian-qiang², YANG Fan²

(1. Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545000 China;

2. Liuzhou Temu Prestressed Machinery Co., Ltd., Liuzhou 545000 China)

Abstract: Due to the gradual development of underground construction, in order to ensure the quality and safety of foundation pit engineering, it is necessary to make full use of the advantages of automatic control technology, and steel support is an indispensable part of foundation pit work. This paper describes the control requirements of the steel support intelligent servo control system, the basic design ideas of the PLC control system, the division of PLC program functions, programming, man-machine interface and system debugging. The results show that the PLC-based steel support intelligent servo system realizes real-time axial force compensation in the process of foundation pit construction, replaces the traditional manual control, and uses the real-time monitoring of the human-machine interface to achieve fine control and timely response, thereby Guarantee the safety of underground space construction.

Keywords: PLC; steel support; man-machine interface; system debugging

0 引言

为保证地面向下开挖形成的地下空间在地下结构施工期间的安全稳定所需的挡土结构及地下水控制、环境保护等措施称为基坑工程^[1]。基坑工程是集地质工程、岩土工程和结构工程等于一身的系统工程。其主要内容: 工程勘察、支护结构设计与施工、土方开挖与回填、地下水控制、信息化施工及周边环境保护等^[2]。基坑开挖过程中带来的影响往往达到80%以上^[3], 需要用到钢支撑作为支撑防护用, 顶住基坑周围的土方, 防止基坑坍塌, 在地铁施工中广泛运用。组件主要包括固定端、中间节段、活络接头端。而传统钢支撑是通过在活络接头端加塞楔形块来保持钢支撑轴向预加力, 当检查发现预加力不足时, 需要在活络接头端重新安装千斤顶, 补足受力, 并再次楔

紧楔形块。操作费时费力费人工, 难以实时发现预加力不足的钢支撑, 可能会对钢支撑的支撑效果有一定程度的影响^[4]。针对安全、高效、经济的智能伺服钢支撑在基坑中的应用, 对该项技术进行研究设计具有重要意义。

1 系统概述

基于PLC的钢支撑智能伺服系统是由信息管理服务器、现场中央控制器、钢支撑伺服单元三大部分, 一个工程项目可由多组现场中央控制器和钢支撑伺服支撑单元共同完成。其中现场中央控制器是由PLC控制单元, GPRS通信单元, 触摸屏人机界面组成。作用是通过无线控制泵顶单元, 将钢支撑的数据通过GPRS传送到WEB服务器; 钢支撑伺服单元是由泵站与千斤顶组成的泵顶组布置于钢支撑管内部, 通过无线连接中央控制器, 系统设备如图1所示。



图1 设备示图

2 PLC控制系统的基本设计

2.1 控制需求分析

钢支撑在基坑中作用的时候,会存在一系列的问题,例如施工过程中,预加力不足会导致基坑失稳甚至基坑坍塌、线路过多导致工作时不方便、操作费时费力费人工、人机交互性差等问题。针对于这些问题,结合对钢支撑在基坑工作中的控制需求,本文从钢支撑的运行过程控制、实时力监测、报警功能、人机交互性以及数据存储几个方面的功能需求进行分析^[5]。

(1) 运行控制:钢支撑应具有自动和手动两种形式,根据需要,钢支撑可在工程运作中相互实时切换。根据钢支撑系统的自身条件工作压力需在0-60 Mpa、千斤顶的行程控制在0-200 m,为满足控制精度:压力测量精度控制在0.5%FS以及位移测量精度需控制在0.2%FS。当钢支撑内部千斤顶到达预设应力的范围时,需要使钢支撑保持现状,维持应力的恒定,长期的工程中可以使基坑保持一个安全稳定的状态。

(2) 实时监测:首先对于钢支撑的实时力监测是非常重要的,当不满足基坑所能支撑的轴力时或超过了极限轴力,可能会导致基坑的塌陷,其次钢支撑站内的温度、

环境温度以及千斤顶的位移变化等因素的实时监测,能让钢支撑在工程中更好地运作。

(3) 报警功能:系统需设有报警和自锁功能,避免安全事故的发生。在高强度不间断的基坑工程中,工作人员极易疲惫,报警功能可以在一定程度上减少类似安全事故的发生。

(4) 人机交互性:在钢支撑运行之前,根据不同工况需要调整系统的控制参数,如轴力预设值、预加轴力、泄压范围、位移报警上下限等参数。

(5) 数据存储:一般的基坑工程的工期大概在2-3个月之间,长则是1年以上,是一个长期且复杂的工程,所以在钢支撑的工作的过程中,需要做到对数据的存储记录,可以帮助事故后的责任追究以及对运行过程的优化分析。

2.2 硬件的选择

2.2.1 PLC的选择

根据工作原理及控制需求描述,为了保证控制系统按照设计的控制逻辑工作。本系统DVP-12AS2是PLC控制器,根据实际需求,增加PLC的数字量扩展模块DVP-16SP,其作用是利用驱动器驱动步进电机,实现控制数字阀门开关,进行截止低速和截止高速。采用DVP-06XA模块进行压力和温度的采集,3块PLC各自的接线图分别如图2所示。

2.2.2 电机的选择

表1 三相异步电机的型号

型号	YE2-100L2-8		
电压	380 V	功率	1.1 kW
电流	3.32 A	频率	50 Hz
转速	690 r/min	效率	73%
绝缘等级	F	功率因数	0.69

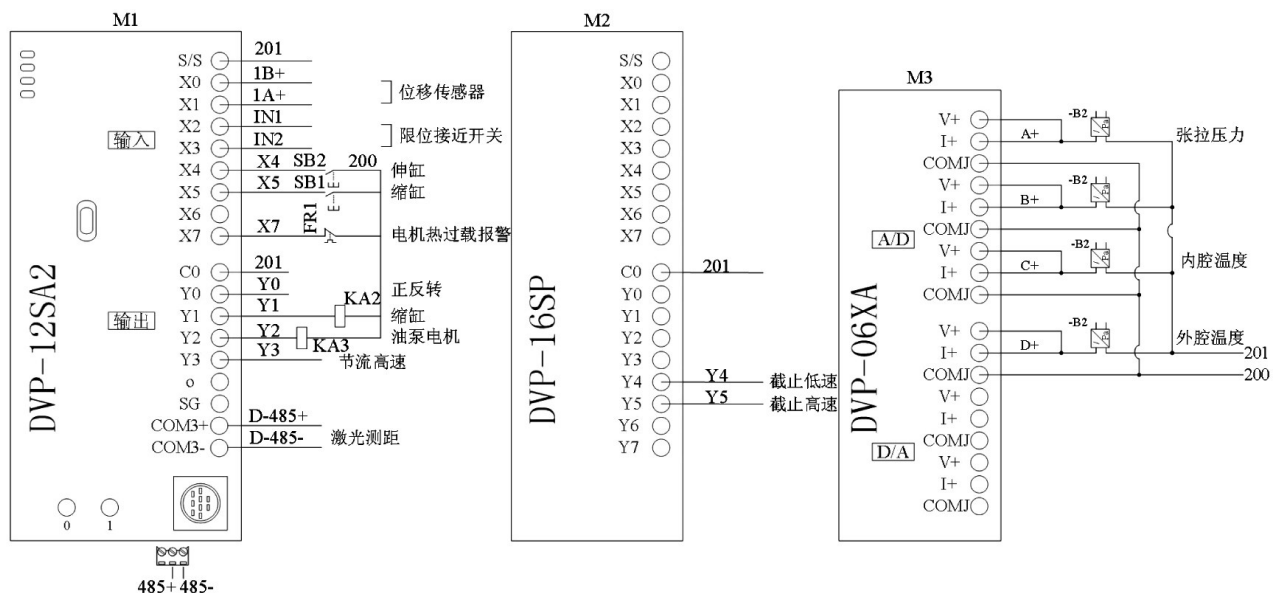


图2 PLC接线图

本系统电机采用三相异步电机,其型号如表1所示。

根据三相异步电动机有一个很大的特点:在一定范围内,能自动调节转矩和转速的关系,为能充分地发挥出PLC技术的应用优势^[6]。三相异步电机的转矩方程:

$$T_e = 3n_p(\psi_{r\beta}i_{r\alpha} - \psi_{r\alpha}i_{r\beta}) \quad (1)$$

式中, n_p 是转子极对数, $\psi_{r\alpha}$ 和 $\psi_{r\beta}$ 是 α 轴和 β 轴的转子磁链, $i_{r\alpha}$ 和 $i_{r\beta}$ 是 α 轴和 β 轴的转子电流。

最大转矩就是在电机在过载情况下自我调节的一个参数,但电机在过载情况下时,转子的转速就会下降,从而使电机一直在稳定点附近运行。

2.2.3 触摸屏的选择

根据控制需求实现人机交互界面,为了使触摸屏与本装置的PLC兼容,并且具有成本低、通讯速度快、稳定性高等优点。本装置采用威纶通的MT8102iQ配套组态软件EasyBuilderPro组态上位机画面^[7]。系统投入运行后,在初始阶段对中控台主站进行调整:PID参数、伺服站技术参数、中央控制器技术参数等。使设备工作在最佳状态。

2.3 软件设计

2.3.1 PLC程序设计

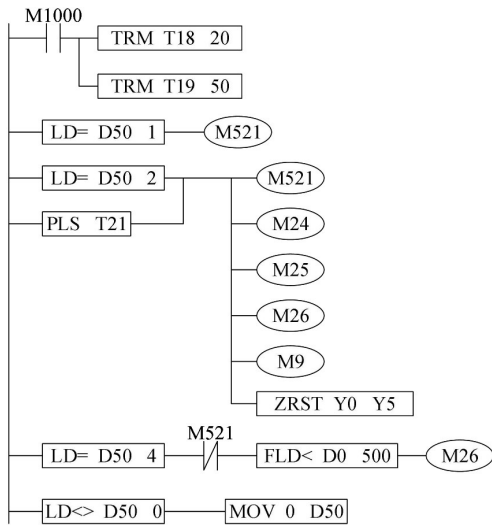


图3 自动启动部分梯形图

基于PLC的钢支撑智能伺服控制系统自动工作模式,当系统初始化完成后,系统需对实施压力、电机以及千斤顶的位移到达预设值要求,系统方才启动。泵站按回归方程补压至预加轴力使泵站保压,再保压过程中需实时监测压力传感器和位移传感器采集到的数据,控制实时力和千斤顶的位移变化量,为让实时力满足大于目标力下限且小于等于极限轴力的条件和千斤顶满足大于等于位移报警下限且小于等于上限的条件。其中实时力大于等于极限轴力时且千斤顶位移大于位移下限,需要进行泄压,此时的实时力则需满足小于极限轴力减去泄压范

围的差值后,再进行保压。系统还需要针对于激光传感器,温度传感器采集数据进行实时监测:近端接近开关不亮,远端接近开关不亮,实时力小于目标力下限;近端接近开关亮,远端接近开关亮,实时力小于目标力下限;泵站内部温度小于等于温度报警上限。系统运行过程中未发生报警后,开始回程、卸压,在卸压过程中如果实时力小于了目标力下限则需要补压,然后再开始保压确保基坑稳定,最后系统结束运行。根据自动工作模式控制逻辑,可编写出系统的自动启动以及报警控制的部分梯形图如图3,图4所示。PLC控制器的程序主要流程图如图5所示。

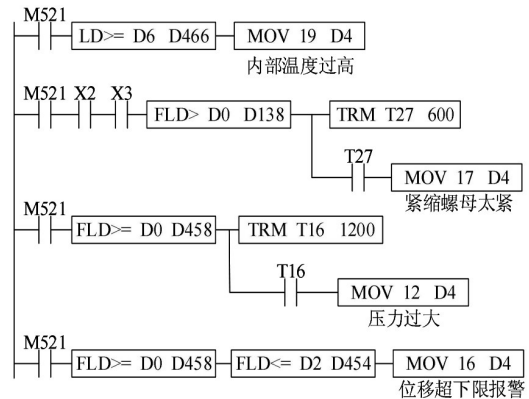


图4 部分报警梯形图

其中M1000表示运行常开接点;X2和X3分别表示接近开关1和接近开关2;T16, T18, T19, T21, T27分别表示延时压力报警,开机延时判断,开机延时启动油泵,断开自动和接近开关延时1;D0, D2, D4, D6, D50分别表示实时力,实时位移,实时状态,内温度和状态;D138, D454, D458, D466分别表示目标力下限,位移报警下限,极限轴力和温度上限;M521, M24, M25, M26, M9分别表示自动启动标志,补压触发,卸压触发,回程标志和排空;Y0和Y5分别表示A截止阀反转和A截止阀高速。

2.3.2 人机界面设计

在基坑施工现场,通过对基于PLC的钢支撑智能伺服控制系统的运行测试,明确了系统的报警功能,实现了对钢支撑在基坑工作中的智能化监控、提高了系统的性能等,人机界面设计方案如图6所示,主显示界面如图7所示,伺服站参数界面如图8所示。

3 系统调试

3.1 系统测试

进行系统调试时,如果不满足需求,要进行修正一些程序,改进一些辅助硬件设施等情况解决发现的问题,调试完成后在施工中人机界面可以更加方便于操作与监控^[8]。

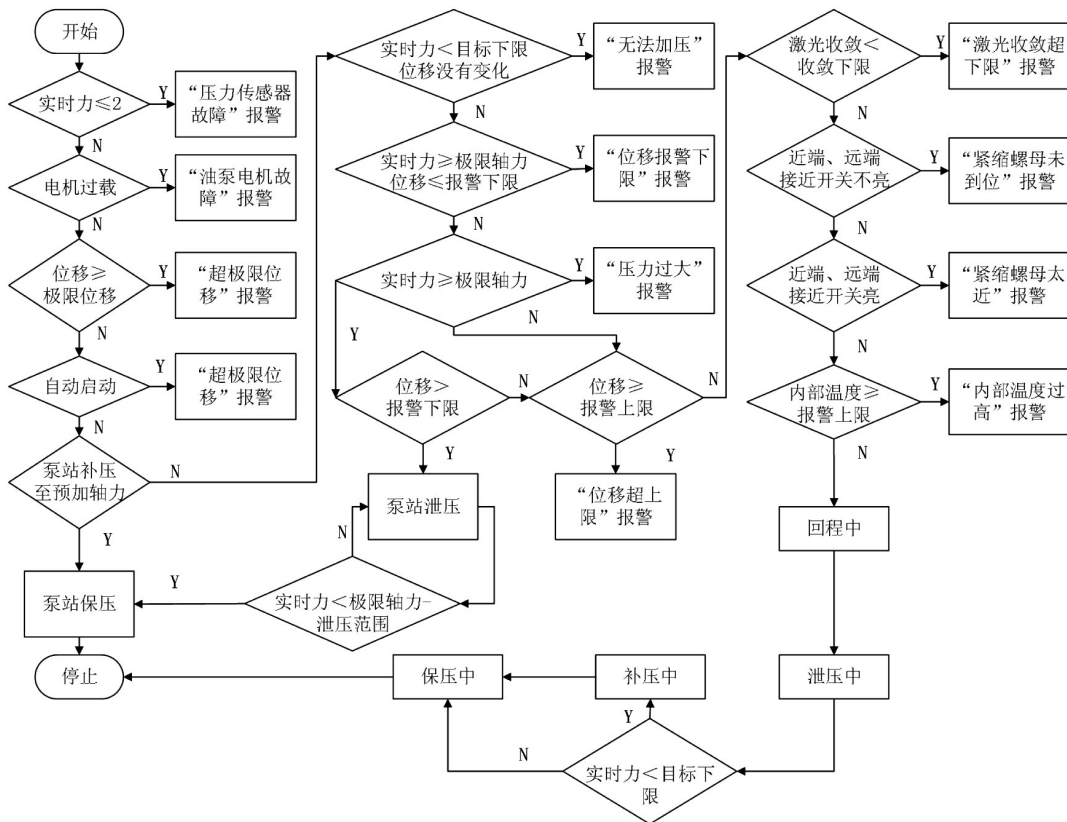


图5 程序流程图

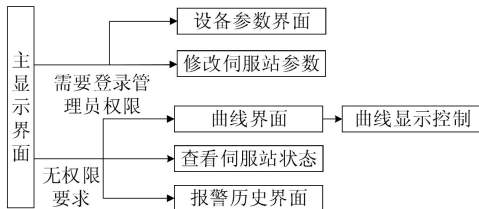


图6 触摸屏界面结构图



图7 主显示界面图



图8 伺服站参数界面图

首先进行单泵站运转校验:1)电箱检测完毕后,上电下载PLC以及触摸屏程序,写入变频器参数,调节电位器,张拉回程压力示值不大于0.1;2)运行阀门复位(两手轮逆时针转到堵转位置),运行油泵排空(两手轮顺时针旋转),马达运转正常无异响;3)按回程按钮,黄色手轮顺时针转,到位停止,调节回程安全阀压力;4)设手动应力55 Mpa,按张拉按钮,分别在10 Mpa、30 Mpa、50 Mpa处停留,观察无泄漏、无异常;5)调节张拉安全阀压力,最终在55 Mpa出持荷3 min,总压降不大于3 Mpa;6)勾上油表开机校零,运行标定程序,油表指针上升时无卡顿,校验每级压力与油表误差不大于0.5 Mpa。再进行主从站联接调试:1)确认无线模块已写入参数,修改Wi-Fi的参数:ZNB。传入参数,试张拉一个孔道,将从站移至50米外测试点,再次传入参数张拉一个孔道,强度在90%以上不大范围波动;2)确认A2从站SMB28旋钮最大、SMB29最小,联接信号已联通强度100%,并且长时间无中断现象;3)将信息、千斤顶标定数据位移补偿值录入;4)放油,贴标签纸,将油路设定为外部供油。

3.2 应用结果

选取钢支撑GZC-D1,区段号为1,处于第一层,设定力值为1000 kN,采样时间10月26日凌晨0点5分至2点36分,其现场监控如图9所示。基于PLC的钢支撑智能

(下转第70页)