

关于浮式起重机控制系统设计相关技术问题的思考

黄利锋 刘林业

上海振华重工(集团)股份有限公司, 上海 200125

[摘要]随着浮式起重机日益增加的实际使用需求,尤其是在海上风电、钻井平台安装等项目中得到了广泛的使用,其控制系统中的诸多要素或者系统设计过程中所需考虑的一些问题所涉及的安全性、故障保护性以及先进技术的应用等方面是浮式起重机设计的关键所在。文中对浮式起重机设计过程中的控制系统设计要素,功能设计实现,电气系统设计等多个方面提出了一些注意的问题,并且针对这些问题,做出一些关于未来浮式起重机设计在需求输入端,智能化应用,培训机制的完善等方面的思考。

[关键词]浮式起重机; 控制系统; 技术问题

DOI: 10.33142/ec.v5i11.7147

中图分类号: TP29

文献标识码: A

Thoughts on Technical Problems Related to the Design of Floating Crane Control System

HUANG Lifeng, LIU LinYE

Shanghai Zhenhua Port Machinery Company Limited, Shanghai, 200125, China

Abstract: With the increasing actual use demand of floating cranes, especially in offshore wind power, drilling platform installation and other projects, many elements in the control system or some problems that need to be considered in the system design process, such as safety reliability, fault protection and the application of advanced technology, are the key to the design of floating cranes. This paper puts forward some problems in many aspects such as the design of control system, the realization of function design, and the design of electrical system in the design process of floating crane, and makes some thoughts on the future design of floating crane in terms of demand input, intelligent application, and the improvement of training mechanism.

Keywords: floating crane; control system; technical issues

引言

浮式起重机在我国海上工程类作业中得到了广泛的应用,主要有单臂架、双臂架、固定式和全回转浮式起重机。目前,从2000年左右至今,部分起重机存在着系统落后、技术落后、创新投入不足,资源利用率低等问题,已严重制约了后续海上风电等业务的发展。目前主流的海上工程类设备,尤其是浮式起重机的发展,正向面向作业本身的专用化,自动化、集成化和智能化方向发展,其应用越来越广泛。

1 控制系统设计要素

PLC(可编码逻辑控制器)是整个提升控制系统的核心。除紧停开关,超速开关,驱动器故障等是通过硬件回路构架接入紧停回路以达到硬件故障停车外,所有操作、记录和执行设备均通过PLC系统控制连接。为了减少电气干扰的影响,除来自综合控制台的信号外,所有外部信号垢输入和输出均通过PLC系统DI/DO, AI/AO模块接受和输出信号给继电器连接,并完成对执行设备运行的控制要求。紧停开关按钮是紧急情况下人工干预的最后一种方式,即使PLC功能不工作时,它也可以正常工作。该信号直接作用于连接开关以断开连接,并通过关闭电源立即停止所有浮吊。综合控制台上的所有其他操作命令都连接到PLC

系统,然后PLC系统控制每个变频器以达到控制变频电机起的目的,使其加速、减速并停止工作。操作指令与变频电机的运动方向和转速相对应,并由PLC系统锁定。

1.1 速度控制转换器命令和状态信号

PLC系统向不同的变频器发送不同的操作指令、停止、工作和速度指令,并采集变频器的数据信号和错误状态的信号。

1.2 速度信号

反馈信号通过电机侧增强型编码器收集,并将编码器信号接入变频器,直接输入变频器,以参与闭环控制。并通过变频器与PLC系统的通讯,传输给PLC控制系统来反馈显示当前变频电机的运行速度。

1.3 控制与反馈

当变频器开始运行时,必须可靠地释放所有机械制动器。如果变频器因任何原因停止,必须可靠地关闭所有机械制动器,其功能主要由PLC系统与变频器之间控制功能字来实现并结合变频器自有与外部设备、系统等对接信号状态来控制变频器的运行。比如,变频电机侧的增量型编码器反馈的速度信号出现故障时,变频器就会停止,并输出相应编码器故障信号给PLC控制系统,并促使控制系统控制断开,停止机构运行。

2 系统功能设计

2.1 主要操作面板的设计

浮式起重机的主要操作指令是由司机联动台来进行的,联动台的面板布置包含有以下几部分,操作用的主令手柄(电位计),各种功能性的按钮开关及旋钮开关,紧急停止开关,指示灯等,另外配有供司机操作时观察机构运行的人机交互系统(HMI)等辅助系统。(请见以操作联动台示意图1)

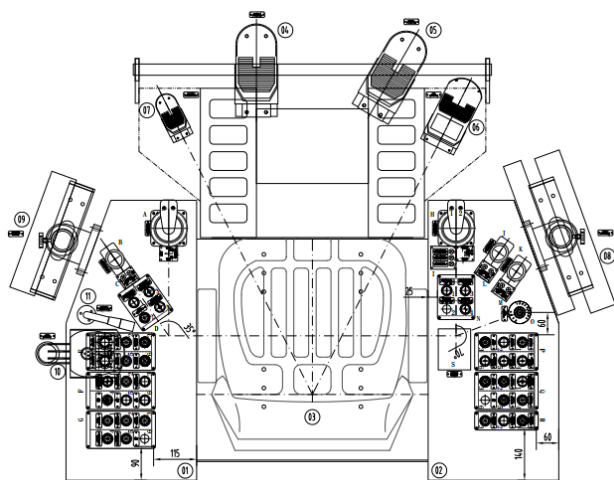


图1 浮式起重机司机操作面板示意图

2.2 操作按钮等

按钮主要分类两类,一是按钮式开关,主要是以脉冲信号或者是上升沿触发命令,通过PLC系统完成相应控制指令;二是旋钮式开关,此类开关主要是用于实现执行机构运行模式的切换,动作指令的切换等功能。当起重机停止时,所有开关处于初始位置。所有命令和操作都被阻止。准备起重机起升机构操作时,将旋钮开关置于机构运行选择的模式以执行本机构的所有操作。同时,根据主令手柄上的编码器数据,将手柄给定的信号通过PLC系统传输至对应机构的变频驱动器,变频驱动器根据手柄的指令,打开对应机构的相关制动器,完成机构运行方向以及速度的控制。

2.3 主令手柄

浮式起重机的主令手柄(主令控制器)主要分为两种形式,一是通过模拟量输出信号的电阻型手柄,二是通过格雷码通讯方式为主的手柄,两都具有零位,方向输出信号。无论是模拟量的变化或者是格雷码通讯方式的给定,都可以达到操作主令手柄,通过PLC控制系统给定变频驱动器控制最终执行机构按要求进行速度或力矩控制,除了起升机构的上升或下降方向的控制外,还有回转机构的左右方向上的控制,起重机的司机按需求进行对机构运行方向,速度,力矩等操作,来完成相应的工程作业。

2.4 起重机钩头的特殊装置

由于目前海上工程作业的复杂性,有许多起重机的起

升机构衍生出了很多特殊功能的装置,比如具有打桩功能的冲锤装置,具有抓斗功能的抓握装置等,这些装置在功能和应用上千差万别,各有各的特点,比如以冲锤装置为例(见下图2示意),在满足冲锤装置落锤条件后,控制系统需要对装置下落的位置以及速度有相对更为严格的要求^[4],当下落反弹回来后时,由于存有卷筒钢丝绳松的情况,为防止乱绳,需要对机构进行反向起升运作,这一过程需要慢速配合整个装置的运作,制动器的控制也需要做到匹配这一过程运作而制动或打开,所以对于整体机构的控制要求更为精细。

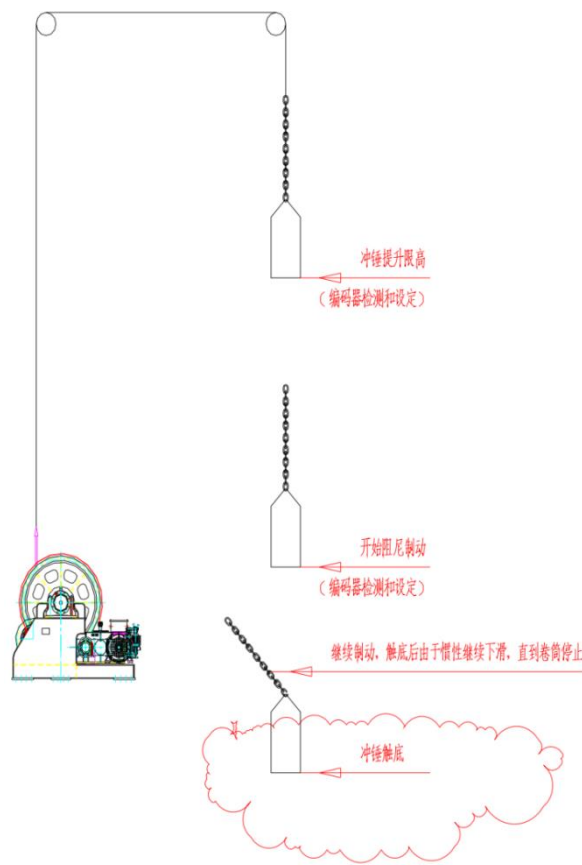


图2 具有打桩功能的冲锤装置

3 安全封锁

3.1 锁定机构的电气故障

浮式起重机机构的电气故障包括变压器故障、变频驱动器故障、柜内器件主回路断路器故障等,主要回路故障情况下的,硬件控制断设计(比如机构的超速故障,紧急故障等,在需要PLC发出命令立即停车的同时,硬件回路各也能将机构停车^[1]。

3.2 机械故障的安全锁定

浮式起重机的机械故障主要包括有制动器故障,限位装置故障等。当发生相应机械故障时,可能通过装置上安装的传感器信号来通过PLC系统判断,制动器是否有故障,

比如释放限位的状态来判断制动器打开的状态,压力传感器的信号来判断带式制动器(液压驱动)的打开状态。限位装置是指示起重机的高度极限,超速保护功能的装置,此类装置发生故障时,也可能通过相应传感器状态的判断来达到此类装置故障的锁定。

3.3 PLC 系统发生故障时的安全锁

如果 PLC 出现故障,浮式起重机设备将立即关闭。变频驱动系统也会随之发出停车制动的命令,关闭所以起升和回转的机构。如果以上未能完成相关锁定关闭功能时,也可以通过操作紧停开关来完成硬件回路上的关闭锁定,则执行紧急关闭程序^[2]。

4 防误操作

4.1 加速度误差电流保护

如果司机临时将主令操作手柄给定从零转速转换为最高转速,变频器不会立即对此过程作出反应,变频器有相应的加度过程,在正常情况下,加速度会增加。

4.2 快速返回防误操作

如果司机从机构运行方向快速切换到另一方向运行时,变频器不会立即对此操作做出反应,即在正常制动和停机后,在零反馈后以相反方向启动。

4.3 行程防误操作

如果司机意外操作起升机构向上运行触发高度位置保护时,PLC 立即向该机构发送紧急停止命令,并停止该方向的移动。当司机复位时,在相反方向启动操作,使设备离开该位置^[3]。

4.4 力矩平衡

当机构组成中是由两台(或者多台)变频电机来驱动一个机构卷筒时,如果两台电机分别对应的驱动器以速度控制为主的情况下,可能会导致机构的传动齿轮箱受力不平衡的情况,严重时可能会破坏传动齿轮,这时需要将两台电机的控制在驱动器里设置为主从关系,并且从机以力矩跟随主机进行运行,这时的两台电机能达到输出的力矩基本相同。

5 电气系统的设计

根据主要设备的研发,浮式起重机将机械、电气、液压、光电、计算机、信息和通信等结合成一个复杂的人机协同系统。起重机主要由主金属结构,回转底盘,人字架,臂架组成,电气控制系统包括运动控制和通信,包括变幅系统、保护和通信系统。

5.1 自动操作系统

整体操作系统需要更有序的机械控制,这必然要求精确控制、快速反馈、安全可靠。为了提高工作效率和性能,电气核心和主要部件均采用 PLC 和频率计算控制系统。PLC 控制器具有设备管理、数据管理、数据处理、数据传输等多种功能,可在驾驶室的 HMI 触摸屏上显示运行状态、机构运行模式和实时错误等信息,显示和管理操作系统信

息。变频调速范围宽、速度控制精度高、动态响应好,在精密控制速度、节能降耗方面对提高工艺质量和生产效率起着重要作用。

5.2 安全管理制度

电驱起重机承载能力高、船宽和船深低、稳定性和安全性高,是电动起重机建设和发展的关键。船体发电机及配电板运行的稳定性、可靠性和及时性是评估其安全性的最重要因素。浮式起重机上的电气设备施工时,应特别海上环境的影响,防盐雾,防腐蚀,防水等的要求,特殊的电气设备(比如驱动器,传感器,变频电机等)还需要注意防电磁干扰的问题。

为防止操纵手柄误触导致机构运行,在主令手柄功能区上增加了使能开关,只有当使能开关被按下时,才能主令手柄的操作视为有效,从而避免了设备远程控制中出现的错误,并且在 PLC 控制系统中,机构运行允许还有其他外部许多条件满足时,才能被允许触发。另外紧停开关通过硬件回路直接连接到电路,无需引入 PLC 系统,以确保紧停开关的准确性和可靠性,能及时有效的使起升和回转等机构及时停车,确保整个起重机的安全运行。

起重机上安装了满足要求风速仪传感器,风速仪信号接入至 PLC 系统,可实时跟踪风速并将信号显示在司机室 HMI 屏上,当风速传感器发出报警并自动启动防风程序,提示司机安全操作,如果风速超过安全手册中规定的限制,PLC 系统将限制起升机构上升的运行,提示司机起升机构下降,臂架归至搁架操作。如有必要,应采取回归作业码头或者锚地等措施防止风类事故发生。

在起重机吊载构件或部件时,起重机会把一些主要运行的状态信号(起重量,钩头的位置,回转角度,变幅角度等)传输给船体的控制中心,船体根据这些信号的状态,来进行合理的船体压载和 DP 系统的操作,达到稳定船舶的目的。

6 智能维护服务系统的主要特点

浮式起重机智能维护系统要实现的目标:主要机构运行的状态记录、变频驱动器的状态控制以及起重机操作、操作、故障警告、完整记录。该系统具有以下特点:

信息收集的自动化。起重机包括起重绞车、底盘、液压装置、电气系统和中央控制系统(PLC 可编程逻辑控制系统),变频驱动系统等,智能维护系统必须能够实时准确地从机械、电气、液压和外部主要部件(如钢丝绳,电机等)捕获数据。这些信号包括:开关数量、模式(机器和电子设备)、工作场所设备的点状态记录;模拟量模式(如电流、电压、温度、压力等)用于测量系统运行时的状态;通信手段(有线和无线通信)、装配设施的运行状态、系统管理和数据交换广泛的信息分析。智能操作系统的信息分析不再局限于电气控制系统的分析,而是可以扩展到多个层次,分析系统和系统信息。例如,分析电气控制的运行状态,分析机器的整体保护,分析机械、变频器、

液压系统和操作等。它具有可读性高、操作方便、数据和状态记录可视化、操作自动化快速等特点,使用户界面更加人性化,实时数据处理。系统可实现机电工作状态的实时监测、报警和故障报警,存储存储器、记录和打印,保证数据同步传输。网络和远程信息的传输。系统提供控制系统中的数据传输网络、起重机与船体控制系统之间的数据传输网络以及远程岸基或公司运维管理系统中的数据传输网络。

7 起重机系统的智能化设计

7.1 基本结构

鉴于现场控制装置之间的通信是在传统上为 4-20 mA/24 VDC 信号通信模式下进行的,有限的通信技术使得设备之间以及系统与外部世界之间难以交换信息,起重机的自动控制变成了一个信息个体,严重阻碍了航空电子信息的集成和自动化。Profibus 现场总线技术取代数字通信技术,具有扩展舒适、响应时间短、抗干扰能力强等特点。这将自动控制系统和设备连接到船舶信息网络,并到达船舶信息网络的底部。因此,船舶信息通信的覆盖范围扩展到了浮式起重机。

为了解决上述问题,浮式起重机的控制系统在 PROFIBUS 总线上保证了高性能和高安全性,自动控制系统紧密结合现场实际环境和高网络要求,被接受。它提供了系统网络结构的合理性、简单性和可扩展性^[6]。

7.2 浮式起重机的所有子系统

在西门子 S-1500PLC 架构下,通过目前 Profibus-net 现场总线的形式,以真正实现“集中控制和分散控制”。通过提供辅助机构和液压站同时接入 ET200 站控网络,数字通信是一个强大的抗干扰系统,测控精度高。由于数字双向传输和先进的设备控制的特点,实现了远程参数采集,采集了丰富的仪器信息,方便了设备的故障诊断,提高了控制水平。它使用工业以太网、基本 PLC 网络、控制模型和数据库来确保控制系统的控制、控制和跟踪。WinCC 界面允许显示工作卡、条形图、趋势主题、存储器、设置和其他图像和图表,并与主管形成集中和分散的自动控制。

7.3 系统冗余

通过对 S-1500 通讯环网的建设,达到了整个浮式起重机 PLC 系统的通讯冗余,系统中的单点通讯故障,不会影响整个系统的有效运行,主要机构控制用的 I/O 模块冗

余,也提高了在遇到突发情况下的系统应对能力。

比较 S-1500 操作系统上两个子规则之间的数据,以确保转换后两个子系统的数据一致,控制面板在两个 S-1500 系统中同时“分配”操作系统数据,电源可“切换”意味着任何时候只有一个中继器连接,可以通过开关手动连接,也可以通过处理器自动连接。

7.4 通信功能

现场过程或通信 (PROFIBUS NET) 用于将变频器和传感器连接至自动化系统、HMI 或控制系统。可通过集成处理器接口或接口模块、接口子系统和通信处理器访问变频器和传感器等子系统^[7]。

8 结束语

关于浮式起重机系统设计相关技术问题的思考,除了提高人员的技能和经验此外,还强调有针对性的培训,以发现不足并解决具体问题。同样的错误不会再发生了。持续和系统的培训,以提高所有员工的工作质量。只有具备真正技能的操作员才能获得最大的好处。浮式起重机设备的合理选择、正确布置、合理使用和调整根据现场生产情况,调查确定了主要技术参数和应用的合理布置,提高了自动化程度,以提高经济效益。

[参考文献]

- [1] 罗宇鹏. 桥式起重机防摇控制系统设计与实现[J]. 自动化应用, 2020(12): 3.
- [2] 高春立. 桥式起重机防摇控制系统设计与研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2019.
- [3] 王大为, 韩爽. 浮式起重机的吊钩起升高度测量方法[J]. 现代制造技术与装备, 2019(5): 157-158.
- [4] 王大为, 韩爽. 浮式起重机的吊钩起升高度测量方法[J]. 现代制造技术与装备, 2019(5): 2.
- [5] 朱绘丽, 杨用增, 尹献德, 等. 桥门式起重机智能制造系统设计与关键技术研究[J]. 起重运输机械, 2019(9): 6.
- [6] 成瑞刚, 李一欣. 基于 PLC 和变频器的桥式起重机控制系统研究[J]. 中国战略新兴产业(理论版), 2019, 000(11): 1-2.
- [7] 苏冶. 关于化工类企业电气系统设计的几点思考[J]. 决策探索(中), 2020, 660(8): 22-22.

作者简介: 黄利锋(1985.12-)男, 所学专业: 机电一体化, 职称及学历: 工程师、本科, 职务: 电气工程师。