

基于三菱 Q 系列 PLC 自升式钻井平台控制系统

李 宏,薛 伟,闫 铁,历建爱

(东北石油大学 电气信息工程学院,黑龙江 大庆 163318)

摘 要:海洋钻井平台是海洋油气勘探、开发的主要设备。但是目前,我国使用和制造的海上石油钻井平台中的控制系统都是采用国外产品且造价昂贵,并且控制系统中控制信号的输出和传感器信号的输入大多为模拟信号,未采用专门的运动控制模块,从而导致平台升降控制精度较低。为了解决这个问题,提出并且设计了一种基于三菱 Q 系列 PLC 的自升式石油钻井平台控制系统,采用卷扬机代替昂贵的齿轮带动平台升降,利用 Q 系列 PLC 和运动控制器共同控制伺服放大器来实现对伺服电机的控制,有效地提高了升降控制精度。经实际证明,本控制系统能够有效并且精确地实现平台的控制功能,相比现有的平台控制系统,节省了大量的经费开支。

关键词:PLC;海洋钻井平台;升降控制

中图分类号:TE951

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)11-0211-04

Control System of Jack-Up Drilling Platform Based on PLC of Sanling Q Series

LI Hong, XUE Wei, YAN Tie, LI Jian-ai

(Electrical Information Engineering Institute, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract: Marine drilling platform is the main equipment of marine hydrocarbon prospecting and developing. But at present, the control systems of the drilling platform usually use foreign products in our country, these are very expensive, and in the control system, the output of control signal and input of sensor signal is mostly analog signals, without using special motion control module, these cause platform control precision is low comparatively. In order to solve this problem, it puts forward a control system of jack-up drilling platform based on PLC of Sanling Q series and designs a new mechanical model. It adopts hoist instead of expensive gear. PLC of Sanling Q series and motion controller common control servo amplifier to achieve servo motor control. These improve the lift control precision effectively. The actual proof is that the control system can effectively and accurately realize platform control functions. Compared with the existing control system, it has saved a great deal of funding.

Key words: PLC; marine drilling platform; lifting control

0 引 言

随着海洋石油工业的发展,各种海上钻井平台活跃于世界各海域。海洋钻井平台(drilling platform)是主要用于钻探井的海上结构物。主要分为移动式平台和固定式平台两大类。在移动式平台中,自升式平台适合于浅海区域,具有在各种海况下几乎都能持续作业和效率高等优点^[1-2]。自升式钻井平台由平台、桩腿和升降机构组成,平台能沿桩腿升降,故称自升式。平台桩腿下部结构视海底承载能力的不同分沉垫和插入式两种。桩腿周围装升降系统,钻井平台升降装置按动力源形式,可分为电动升降装置和液压升降装置。

电动升降平台,是由电动机作为原动力,利用减速器将转动转矩传动到升降齿轮上,由多个啮合于桩腿齿条上的升降齿轮的同时动作来带动平台的升降。液压升降平台,采用电动机—液压泵—液压马达的传动方式^[3]。其中电动升降装置平台升降时间对平台的安全性尤其重要,因此准确的控制平台升降时间是电动升降平台装置研究的一个重点,根据这个方面,设计了一种基于三菱 Q 系列 PLC 的自升式石油钻井平台控制系统^[4]。

1 控制系统总体设计方案

在实际的应用中,电动升降平台是由电动机作为原动力,利用减速器将转动转矩传动到升降齿轮上,由多个啮合于桩腿齿条上的升降齿轮的同时动作来带动平台的升降。因此电动升降平台也称为齿轮齿条式升降平台。但是由于齿轮齿条造价昂贵,而经费有限,所

收稿日期:2011-05-16;修回日期:2011-08-20

基金项目:黑龙江省教育科学技术研究项目(11551026)

作者简介:李 宏(1969-),女,博士,研究方向为信息传输及处理;
薛 伟(1987-),女,硕士研究生,研究方向为信息传输及处理。

以,机械部分采用卷扬机卷动钢绳带动平台升降,机械部分没有实际的复杂,依旧能实现对平台的所有控制功能。具体的控制功能有开机自动回零,自动上升/下降,手动/自动切换,实现点动操作,设置上、下限位开关,平台接近上、下限位开关时能自动停止锁紧。同时,按下停止键时也能锁紧。

根据具体的控制功能,控制系统采用三菱电机 FA 工控产品,采用 Q 系列 PLC 和运动控制器共同控制伺服放大器,伺服放大器控制伺服电机的运转。整体控制框图如图 1 所示。

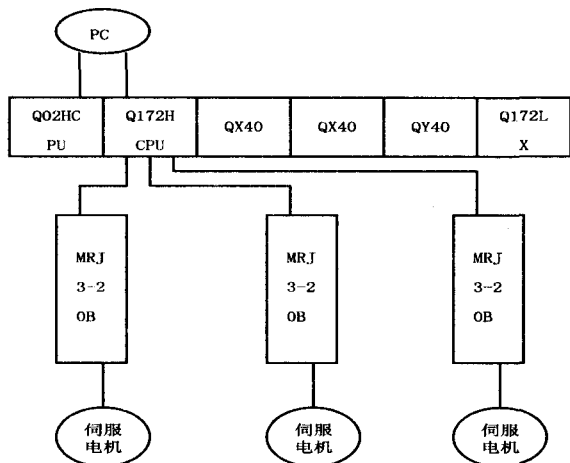


图1 自升式钻井平台的控制系统框图

Q 系列 PLC 可以实现多 CPU 模块在同一基板上的安装,组成多 CPU 系统。本系统中要用到运动控制器,所以,可以把 QPLC 和运动 CPU 组态到同一个基板上,顺序控制和运动控制可以在一起实现,以获得高一级的运动控制系统。为了控制一个多 CPU 系统,在所有安装在主基板上的 CPU 模块中,必须用 PLC 参数设置“Number of mounted CPU module(CPU 模块安装个数)”和“Control CPU(控制 CPU)”。同时在一个多 CPU 系统中,也需设定(控制 CPU 设置)哪个 CPU 模块控制哪个 I/O 模块和智能功能模块^[5,6]。

2 运动控制器系统设计

三菱 Q 系列运动控制器是日本三菱电机推出的第二代高性能运动控制器,以其小巧的体积和卓越的性能,成为复杂、精确运动控制的最佳选择。利用 Q 系列 PLC 的多 CPU 功能, Q 系列运动控制器可以和 PLC 的 CPU 安装在同一基板上,各自发挥它们的优势,将顺序控制和运动控制分开处理,优化系统的结构。在本系统中,采用三菱 Q172H CPU。

Q172H CPU 运动模块的功能主要有以下几点:

- (1) 进行伺服参数下载,执行同伺服放大器的伺服 ON/OFF、位置指令。
- (2) 选择伺服控制功能/程序语言。
- (3) 使用各种与运动模块连接的限位开关信号、同步编码器信号进行运动控制。
- (4) 进行伺服控制和数字 I/O 的输入/输出控制。
- (5) 进行 CPU 间数据交换,如自动刷新。
- (6) 连接示教模块,进行伺服程序的改变、监视或 JOG 运行。

本系统主要用到了定位控制中的原点回归、JOG 操作和 3 轴直线插补控制功能。

2.1 原点回归

原点回归,即机械系统和电气系统校正。是相位控制、位置控制的关键,选择恰当的原点回归方式才能保证系统控制精度。原点回归在开启电源等有必要确认机械原点的时候进行,进行原点回归时有必要设定每个轴的原点回归数据。Q172CPU 的原点回归方式共有六种,分别为:近点 DOG 型、计数型、数据设置型、DOG 支架型、停止器停止型、限位开关混合型。本系统选用第一种近点 DOG 型方式。

近点 DOG 型方式又可以分为近点 DOG 型 1 和近点 DOG 型 2,文中选用近点 DOG 型 1,即近点 DOG ON 到 OFF 的零点位置作为原点的方式。

2.2 JOG 操作

JOG 操作可以执行设定的 JOG 运行, JOG 运行可以进行单独启动或同时启动,通过运动 SFC 程序或在外部设备的测试模式执行。进行 JOG 运行的情况下,每个轴的 JOG 运行数据必须设定。

本系统中使用同时启动。JOG 运行同时启动指令(M2048)为 ON 时,根据各轴的 JOG 速度设置设定寄存器的值进行 JOG 运行,使 M2048 OFF 则减速停止,加速/减速根据 JOG 运行数据中设定的数据进行控制。进行 JOG 运行的轴,在 JOG 运行同时启动轴设定寄存器中设定。JOG 运行数据设置如图 2 所示。

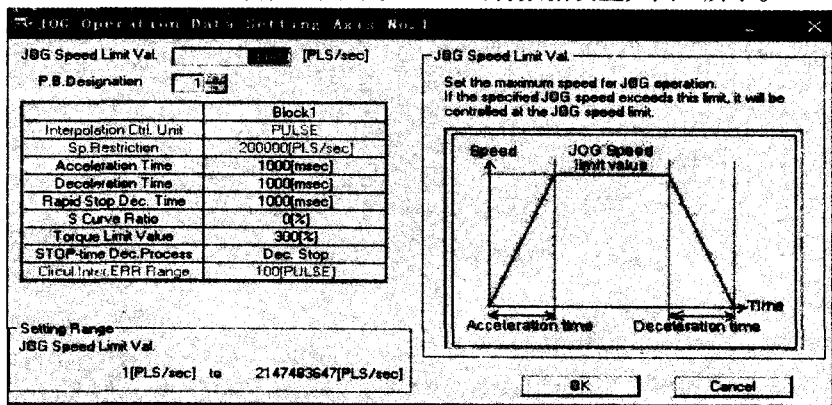


图2 JOG 运行数据设置

2.3 三轴直线插补控制

三轴直线控制又可以分为绝对数据控制方式和增量数据控制方式。本项目中选用增量数据控制方式,即执行从当前停止地址到各轴指定移动方向的定位控制。各轴的移动方向由各轴移动量的符号决定:正移动量表示正向定位控制(地址增加方向),负移动量表示反向定位控制(地址减少方向)。定位地址和定位速度在程序中设定。

3 伺服系统设计

伺服系统是用来精确地跟随或复现某个过程的反馈控制系统^[7]。本系统中采用三菱 MELSERVO-J3 系列通用 AC 伺服。MELSERVO-J3 系列产品与现有的 MELSERVO-J2-Super 系列产品相比具有更高的性能和更强的功能。伺服放大器通过高速同步网络与伺服系统控制器连接,并通过直接读取定位数据进行操作。利用指令模块的数据执行伺服电机的转速/方向控制和高精度定位。为了保护主电路的功率晶体管不会受到快速加/减速或过载引起的过流的影响,伺服放大器具有夹紧转矩限制电路^[8,9]。此外,转矩限制值可以通过参数进行设置。由于此新的系列具有 USB 通讯功能,可以利用安装在个人计算机上的伺服设置软件进行参数设置、试运行、状态显示监控、增益调整等。利用实时自动调谐,可以根据机器自动调整伺服增益。伺服系统信号接线图如图 3 所示。

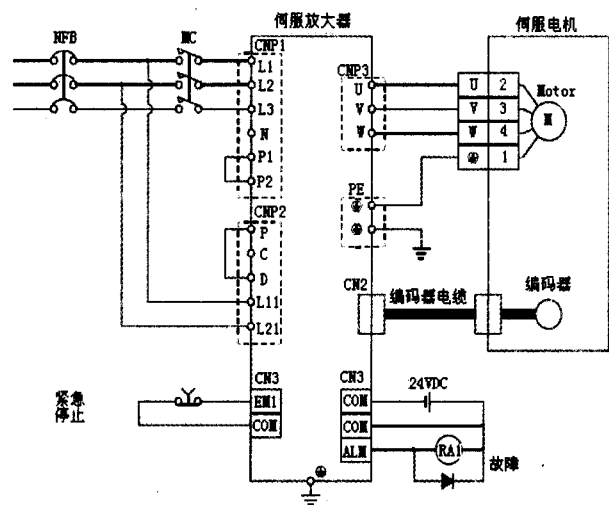


图 3 伺服系统信号接线图

伺服放大器中,根据功能将参数分为:基本设置参数,在控制模式中使用放大器时,利用这些参数进行基本设置;增益/滤波器参数,手动进行增益调整时使用这些参数;扩展设置参数,更改设置时使用这些参数,例如模拟监控输出信号或编码器电磁制动器顺序输出;I/O 设置参数,改变伺服放大器的 I/O 信号时使用这些参数。本项目中只需设置基本参数。

4 伺服系统外部信号接口模块设计

伺服系统外部信号接口模块采用 Q172LX,主要用于接收定位控制等必要的外部信号一个 Q172LX 的 I/O 点数为 32 点,Q172LX 根据软件的系统设置确定 I/O 编号中伺服外部信号按轴分配,每轴对应一组输入编号。伺服系统外部信号主要有四种^[10],分别为:上限行程极限输入(FLS),下限行程极限输入(RLS),停止信号输入(STOP)与近点 dog/速度-位置切换输入(DOG/CHANGE)。

上下限行程极限输入用来测定上下限行程极限输入,停止信号输入用来控制是否停止,最后一个输入信号用来检测近点 dog 式、计数式原点回归时的近点 dog,或速度-位置切换控制时切换用。

5 系统调试

5.1 QPLC 的调试

QPLC 在本系统中主要作用是对伺服系统的状态进行监控^[11],通过 QPLC 的自动刷新功能可以很方便地将运动 CPU 中的信息传到 QPLC 中显示。QPLC 中的刷新设置如图 4 所示。

刷新设置

设置切换 设置1

CPU	各CPU发送范围			CPU端软元件	
	自动刷新区域	备注)		起始软元件	M2400
	点数(*)	起始	结束	起始	结束
1号CPU	0				
2号CPU	10	0000	0009	M2400	M2559
3号CPU					
4号CPU					

刷新设置

设置切换 设置2

CPU	各CPU发送范围			CPU端软元件	
	自动刷新区域	备注)		起始软元件	DO
	点数(*)	起始	结束	起始	结束
1号CPU	0				
2号CPU	66	000A	004B	DO	D65
3号CPU					
4号CPU					

图 4 QPLC 刷新设置 1 和设置 2

运动 CPU 的刷新设置如图 5 所示:

Refresh Setting

Setting 1

CPU	Send range for each CPU			CPU side device	
	CPU share memory G			Dev. starting	W0
	Point (*)	Start	End	Start	End
No.1	0				
No.2	10	0800	0809	W0	W9
No.3					
No.4					

Refresh Setting

Setting 2

CPU	Send range for each CPU			CPU side device	
	CPU share memory G			Dev. starting	W10
	Point (*)	Start	End	Start	End
No.1	0				
No.2	66	080A	084B	W10	W51
No.3					
No.4					

图 5 运动 CPU 刷新设置 1 和设置 2

5.2 伺服系统的调试

通过 Q172HCPU 进行伺服参数的设定,调整电机的转动惯量等参数,使伺服电机工作在最佳特性曲线上。由于本系统中平台是一个钢性的结构,所以必须保证三台电机每时每刻都保持在同一个水平面上,防止出现机械冲突,引起电机的过载。采用了自动参数调整模式 1,只需要调整其响应性就可以了。

5.3 系统联调

系统联调的工作流程为选择手动模式—手动上升至工作位置—切换至自动模式—自动下降至初始位置—自动上升至工作位置—切换至手动模式—手动下降至初始位置^[12]。

6 结束语

文中主要是利用三菱电机 FA 工控产品,实现了对自升式海洋钻井平台模型的控制。由于条件限制,对机械模型的设计进行了大胆创新,采用卷扬机带动平台在三根桩腿上升降,很大程度上节省了经费开支。控制部分利用三菱 Q 系列 PLC 的多 CPU 控制功能,QPLC CPU 和运动 CPU 共同控制伺服系统,实现了对平台的精确控制。实现的基本功能有平台的自动/手动升降和锁紧控制。

参考文献:

[1] 田海庆,李德堂.胜利开发三号采油平台液压升降系统设

计[J].石油矿场机械,2004,33(6):80-82.

- [2] 谭 跃,邱赤东.自升式海洋平台自动平衡控制的研究[J].大连海事大学学报,2000,26(2):95-97.
- [3] 孙永泰.自升式海洋平台齿轮齿条升降系统的研究[J].石油机械,2004,32(10):23-26.
- [4] 方彦军,胥 军.Profibus-DP 高速现场数据通信网络的组建[J].工业仪表与自动化装置,2005(3):44-47.
- [5] Yu H, Feng Z J, Wang X Y. Nonlinear control for a class of hydraulic servo system[J]. Journal of Zhejiang University Science, 2004, 5(11): 1413-1417.
- [6] Fernando M, Agustin J, Al-Hadithi, et al. The fuzzy Kalman filter state estimation using possibilistic techniques[J]. Fuzzy sets and systems, 2006, 157(16): 2145-2170.
- [7] 刘长年.液压伺服系统优化设计理论[M].北京:冶金工业出版社,1989.
- [8] 牛 标,张代远.可监控智能液位控制器系统设计[J].计算机技术与发展,2010,20(7):188-191.
- [9] 魏泓宇,田 青.基于 Profibus-DP 和工业以太网的典型污水处理自动控制系统[J].天津科技,2007(5):62-65.
- [10] 夏小华,高为炳.非线性系统控制及解惑[M].北京:科学出版社,1993.
- [11] Oke S A, Charles-Owaba O E, Johnson A O, et al. A fuzzy safety control framework for oil platforms [J]. International Journal of Quality Reliability Management, 2006, 23(5): 564-582.
- [12] 刘洪涛,黄 海.PLC 应用开发[M].北京:电子工业出版社,2007.

(上接第 210 页)

- der diagram with control Petri Net[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2004(2): 245-252.
- [2] 章德平.软件 PLC 开发平台的设计与实现[D].武汉:武汉理工大学,2007.
- [3] 王兆义.可编程控制器教程[M].北京:机械工业出版社,1993.
- [4] 郭荣佐,郭 进,杨 扬.PLC 构成 PROFIBUS 网络原理及应用[J].微机发展(现更名:计算机技术与发展),2004,14(10):97-99.
- [5] 葛 芬,吴 宁.基于 AOV 图及二叉树的梯形图与指令表互换算法[J].南京航空航天大学学报,2006(6):754-758.
- [6] 朱兆斌,赵东标.软 PLC 中梯形图向指令表转化的实现[J].机械与电子,2008(12):61-64.
- [7] 黄晶晶,陈文彦,叶军君,等.基于二叉树的 PLC 梯形图转化为指令表的算法[J].现代电子技术,2010(4):125-127.
- [8] 毕 辉,程良鸿.关于软 PLC 梯形图向语句表转换方法的研究[J].微计算机信息,2007(25):63-65.
- [9] 陈 辉,李坚强,裴海龙,等.基于梯形图语言的软 PLC 技

术研究与实现[J].微计算机信息,2006(25):266-268.

- [10] 姚 远,丑武胜,陈友东,等.软 PLC 编程开发系统的设计和实现[J].组合机床与自动化加工技术,2006(6):14-17.
- [11] 吴 倩,陶亦亦,陆春元.基于 XML 的软 PLC 语言编辑系统的设计与实现[J].机械制造与自动化,2007(2):100-102.
- [12] 裴 锋,蔡启先,郭 森,等.梯形图与指令表互换算法的研究[J].广西工学院学报(自然科学版),2010(3):42-45.
- [13] 崔小乐,周卓岑.可编程控制器的梯形图语言与语句表语言的互换算法[J].微电子学与计算机,2000(1):26-30.
- [14] 石 锐,周 雷,杨正益.软 PLC 梯形图到语句表转换新策略的研究[J].计算机工程与应用,2010(18):244-248.
- [15] 潘 勇.数控系统中梯形图编程软件的研究及实现[D].武汉:武汉理工大学,2005.
- [16] 傅 亮,胡飞虎,刘 乐,等.基于串并联归并的 PLC 梯形图向指令表转换算法[J].计算机工程与应用,2009(27):72-74.