

起重机区域设备识别绕行控制技术

刘洪军 高刚 王国芳

中冶宝钢技术服务有限公司, 上海 宝山 200941

[摘要]起重机是钢铁生产厂矿作业的重要设备, 操作人员驾驶起重机配合机组设备对生产物料进行吊运作业。在工业 4.0 的时代大环境下, 智能自动化控制已成为各工厂建设、改善智能化产线, 完善设备安全体系的重要发展趋势。桥式起重机作为物流体系的重要环节, 是制造企业中用于货物周转的主要吊装设备。但随着厂内机组, 操作室等地面设施高度不断提高, 起重机在运行时会有碰撞的安全隐患, 所以相关需求需要具备安全绕行能力。因机组设备高低不同、操作疏忽、驱动控制设备缺陷等原因, 时有发生起重机吊物与机组设备相撞的事故发生。对此重大事故问题开展了技术研究创新, 在关键机组及复杂区域使用的起重机控制系统中, 增加三维位置检测及控制逻辑保护等技术, 杜绝起重机吊物与机组设备相撞的事故发生, 保障机组生产稳定运行

[关键词]激光测距仪; 绝对值编码器; 可编程逻辑控制器 (PLC)

DOI: 10.33142/ect.v1i4.9327

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Identification and Detour Control Technology for Equipment in Crane Area

LIU Hongjun, GAO Gang, WANG Guofang

MCC Baosteel Technology Service Co., Ltd., Shanghai, 200941, China

Abstract: The crane is an important equipment for mining operations in steel production plants. Operators drive the crane to cooperate with the unit equipment to lift production materials. In the era of Industry 4.0, intelligent automation control has become an important development trend for factories to build, improve intelligent production lines, and improve equipment safety systems. As an important part of the logistics system, overhead crane is the main lifting equipment used for cargo turnover in manufacturing enterprises. However, as the height of ground facilities such as the unit and operation room in the factory continues to increase, there may be a safety hazard of collision when the crane is running, so it is necessary to have safety detour ability. Due to differences in the height of the unit equipment, negligence in operation, and defects in drive control equipment, accidents of crane lifting objects colliding with the unit equipment often occur. Technical research and innovation have been carried out on this major accident issue. In the crane control system used in key units and complex areas, technologies such as 3D position detection and control logic protection have been added to prevent accidents where crane lifting objects collide with unit equipment, ensuring stable and smooth production of the unit.

Keywords: laser rangefinder; absolute value encoder; programmable logic controller (PLC)

引言

桥式起重机主要由桥架、大车移动机构、小车移动机构、提升机构、驾驶室构成, 机械结构系统自重较大。吊运作业时, 起重机大车电动机驱动车轮沿厂房两边轨道做纵向运动, 小车电动机驱动车轮沿桥架主梁上的轨道做横向运动; 提升机构电动机驱动钢丝绳卷筒缠绕钢丝绳做升降运动, 形成空间三维吊运作业运行。

桥式起重机的电路由受电主电路、受电控制电路、各机构主电路、各机构控制电路及照明等电路组成, 缺少空间三维运行检测控制设备。常规控制方式, 受操作人员和外部环境的影响, 易发生吊装物品与生产设备相撞的事故发生。为遏制事故的发生, 在常规的控制基础上增加三维检测控制技术, 实现区域设备识别绕行控制能力, 保证起重机能安全运行。

起重机区域设备识别绕行控制技术是通过利用激光传感器与激光测距仪在规定位置触发, 发送开关量信号给

PLC, 通过 PLC 逻辑编程输出相应的减速, 停止信号, 并给于驾驶室报警信号提醒, 以达到靠近机组时减速和停止的功能, 从而保证起重机安全运行, 不会发生碰撞事故。

1 系统设计概述

1.1 桥式起重机主回路组成

桥式起重机各驱动单元分别采用鼠笼绕线式异步电动机作为驱动单元, 通过各机构电气驱动装置和接触器分别通过相应的受电电压给电机定子回路, 电机转子回路串接外接电阻, 控制转子回路中电流的大小, 实现各机构需求的运行速度。

1.2 控制回路概述

桥式起重机运行控制主要采用凸轮控制器、中间继电器和机械限位来实现。

凸轮控制器是手动操作的控制电器。驾驶人员直接操作凸轮控制器控制电动机的启动与停止、正反转及按照装

置设定的速度运行;各机构凸轮控制器分别用一对触点串联实现零位保护,触点闭合与串接控制电路启、停按钮并自锁送电。相应开关断开,使中间继电器动作,受电回路电源断电实现停电保护。

起重机运行过程中到达一个方向的限位减速点或停止点,机械限位保护开关动作,相应中间继电器动作,相应的控制回路电源断开,起重机电制动减速或停止正在执行的运行方向。在此位置,操作凸轮控制器可以控制反方向运行。

起重机运行过程中,遇到紧急危险情况,操作人员按下紧急停止按钮或各机构装置异常,使相应中间继电器动作,驱动了受电回路主接触器动作,起重机受电到各驱动单元主回路电源断电,运行机构机械制动,保证起重机停止运行。

1.3 设计概述与功能

在桥式起重机大车移动机构、小车移动机构、提升机构系统中,增加大、小车激光测距仪和主起升高度绝对值编码器,进行实时位置测量。增加三维检测控制设备进行逻辑运算,根据机组设备实际位置坐标数据,建立逻辑控制技术,控制各机构中间继电器动作,实现对各机构运行状态控制。

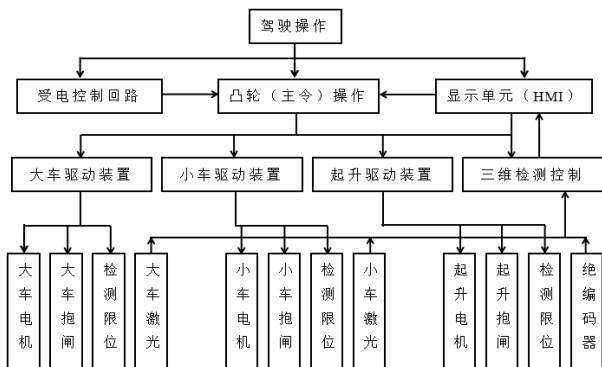


图1 桥式起重机驱动及三维检测控制系统示意图

2 方案设计及系统集成

2.1 硬件系统设计

桥式起重机区域绕行识别系统硬件结构如图1所示,系统设计考虑由两台 SICK-DL100 激光测距仪分别实时检测大车和小车实际位置数据,用 SICK-ATM60-P4H13x13 绝对值编码器实时检测起升位置数据,系统采用西门子 S7-300 作为逻辑控制器,在驾驶室装配显示报警单元,采用发光二极管点阵布置,用于人机对话功能的实现。

2.2 输入输出点需求

插槽	模块	订货号	固件	MPI...	I...	Q...	注释
1	PS 307 10A	6ES7 307-1EA01-0AA0					
2	CPU 315-2 DP	6ES7 315-2BH14-0AA0					
X2	DP				2047*		
3							
4	DI16xAC120/230V	6ES7 321-1BH01-0AA0			0...1		
5	DO16xAC120V/230V/1A	6ES7 322-1BH01-0AA0				0...1	
6	DO16xAC120V/230V/1A	6ES7 322-1BH01-0AA0				2...3	

图2 逻辑程序控制系统配置示意图

在受电控制回路中增加2个中间继电器,用于绕行识

别系统装置自检功能正常输出,起升高度在受限高度时的断电保护,分别串联到受电控制回路中进行断电保护。

在大车驱动控制上增加4个中间继电器,在前、后减速和停止检测限位控制回路中,分别串联中间继电器,实现区域空间多个位置的前、后方向减速和停止功能。

在小车驱动控制上增加4个中间继电器,在左、右减速和停止检测限位控制回路中,分别串联中间继电器,实现区域空间多个位置的左、右方向减速和停止功能。

在主起升驱动控制上增加4个中间继电器,在上、下减速和停止检测限位控制回路中,分别串联中间继电器,实现区域空间多个位置的上、下方向减速和停止功能。

2.3 系统原理及通讯配置

采用绝对值编码器测量起升高度,起升装置的驱动电机、减速机、钢丝绳滑轮组、钢丝绳卷筒等组成的变比都是固定,通过绝对值编码器测量出电机运转实际圈数,知道钢丝绳卷筒运行一圈钢丝绳行程和钢丝绳滑轮组变比,可以通过计算公式得出主起升实际起升高:

$$\text{实际起升高度} = \frac{3.141 * \text{卷筒直径} * \text{电机转动圈数} / \text{减速机变比}}{\text{滑轮组变}}$$

图3 实际起升高度计算公式

采用1台绝对值编码器与2台激光测距仪,分别实时测量的旋转的脉冲数值与大小车运行距离数值,通过 Profibus-DP 总线协议,传输数据到程序控制器进行逻辑控制计算。

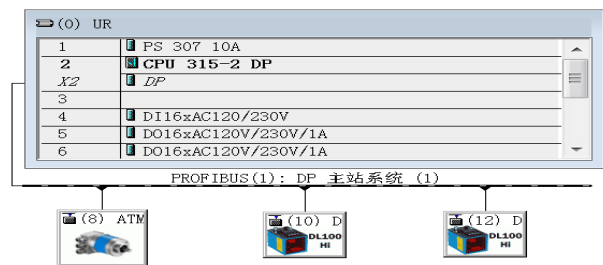


图4 系统配置及通讯组态

3 逻辑控制设计流程

3.1 PLC 控制器数据接收

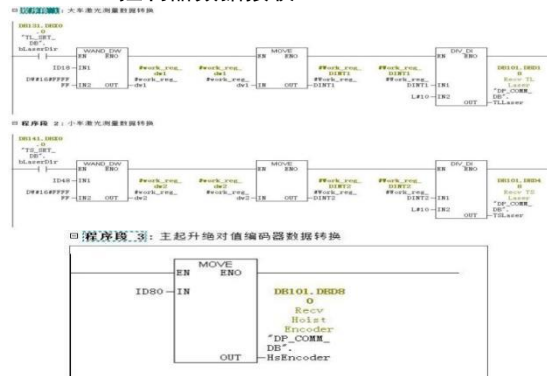


图5 分配地址及转换数据接收逻辑

3.2 逻辑控制实现

控制系统的 PLC 程序设计流程如图 6 所示。程序设计流程主要包含四个部分，分别是：受电控制逻辑、起升控制逻辑、大车控制逻辑和小车控制逻辑。对应于人机对话的显示，可以通过触摸屏或显示指示灯结合操作人员操作主令电器及按钮分别控制；除此之外，系统运行的状态和故障信息可以通过通讯将信息显示在触摸屏或指示灯上。

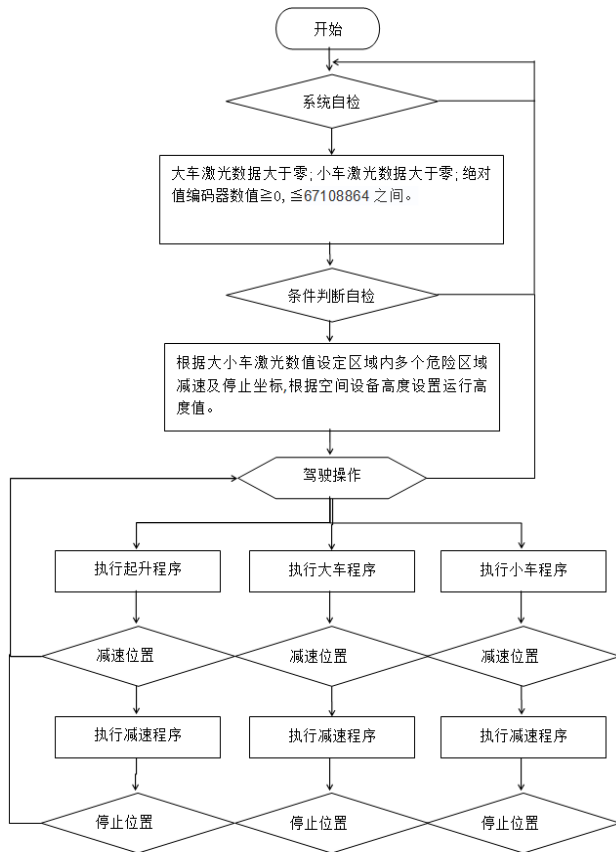


图 6 逻辑程序设计流程

3.3 工作原理

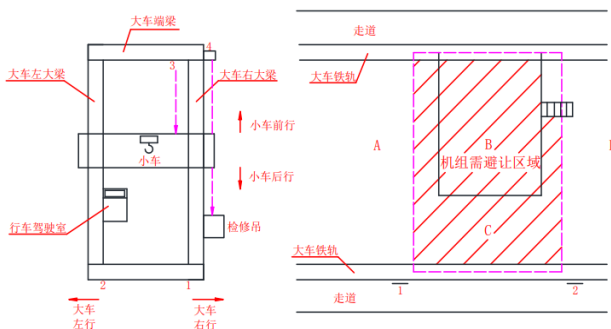


图 7 起重机区域设备识别绕行控制技术工作原理图

当起重机处 A 位置时，大车向右行驶，此时当大车上 1 红外识别镜组照到走道上 1 特殊反射板时系统报警提示，当大车即将进入机组需避让区域，此时有 2 种状态供选择：

当小车正处 B 或 C 位置时大车 3 激光测距器工作，经识别小车正对在 C 区域时，大车可继续右行通过，但此时在此区域时小车前行靠近机组时停止。后行则不受限。小车若正对 B 区域直至大车上红外识别镜组时，大车慢车并延时停车。直到小车行走时正对 C 区域大车才能正常向右行驶。

同理当起重机处于 D 位置时，大车向左行驶，此时当大车上 2 红外识别镜组照到走道上 2 特殊反射板时，系统报警提示表示大车即将进 小车 3 2 1 大车 左行大车右行大车左大梁大车端梁起重机驾驶室大车右大梁小车前行小车后行走道大车铁轨走道 A C B D 1 2 机组需避让区域检修吊 4 个机组需避让区域，此时同样也有 2 种状态供选择：

当小车正对于 B 或 C 位置时，大车上 3 激光测距器经过识别，若小车正对 C 区域，大车可继续左行通过，直至大车红外识别镜组 1 照到走道上 1 特殊反射板解除报警或大车返回大车上 2 红外识别镜组照到走道上特殊反射板 2 解除报警。（若小车正对 B 区域则大车无法向左行走并慢速直至停止；小车在 C 区域时，小车靠近 B 需避让机组时前行受限，后行不受限），同理检修吊通过 4 测距仪同样原理并存。

4 结论

本文给出了基于现代数字控制技术对桥式起重机的电气控制系统进行完善。常规桥式起重机用限位开关实现检测控制技术，受环境、驾驶人员、设备缺陷等各种因素的影响，起重机运行期间会出现各种危险情况，采取数字控制技术完善常规起重机控制方式，可以杜绝出现安全事故，保障安全性生产。实现起重机区域识别避让，可以保障机组设备运行和起重机运行安全，且较小的成本去满足非无人化起重机避让高机组，高设施的要求，可替代利用昂贵的坐标跟踪设备来进行避让，防碰撞的方案，且调试简单，维护方便，以小成本来满足起重机安全运行的要求，是一种可以大面积推广的技术方案，今后如果起重机需要新增区域识别避让功能都可以采取该方案，节省技术成本，增强企业科技软实力。通过本技术，可以推动企业自身技术积累的良性发展，锻炼一线技术人员的技术能力，以较小的成本解决现场面临的共性问题，为后续的起重机本质化安全打好基础。使起重机安全、稳定运行，为安全生产保驾护航。

[参考文献]

- [1] 廖常初. S7-300/400PLC 应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 朱少伦, 武金艺. 基于 PLC 的桥式起重机电气控制系统设计[J]. 机械工程与自动化, 2017(2): 164-165.
- [3] 白宏伟, 张敏, 张永停. 一种基于 PLC 控制的桥式起重机系统的设计[J]. 河南机电高等专科学校学报, 2010(3): 12-14.

- [4]王庆.对桥式起重机电气控制设计若干认识[J].安徽冶金科技职业学院学报,2017(3):202-204.
- [5]解太林.基于 PLC 控制的变频调速在桥式起重机中的应用[J].电子技术与软件工程,2016(24):136-139.
- [6]李显枫.Profibus 现场总线技术的应用[J].计算机工程,2003(5):19-22.

作者简介:刘洪军(1969.9—),男,毕业学校:哈尔滨工业大学,大专,专业:工程造价管理,职称:工程师;高刚(1995.7—),男,毕业学校:兰州理工大学,本科,专业:自动化,职称:项目工程师;王国芳(1986.7—),男,毕业学校:江西理工大学,本科,专业:专长:电气工程及其自动化,职务:主管。