

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2018.09.010

塔式起重机吊点定位控制技术研究*

黄 冀,梁杰金,严 波,陈春潮,周 立
(广西壮族自治区特种设备检验研究院,广西 南宁 530219)

摘要:针对塔式起重机吊点定位精度不良的问题,结合塔式起重机的工作特点和技术缺陷,研制出了一套定点吊自动控制系统。在该系统中,通过多圈绝对值编码器获得了塔式起重机的幅度和高度,通过电子罗盘获得了大臂的水平绝对角度值,将上述数据通过MCU进行了解包和效验,从而建立了吊钩的三维空间坐标;在MCU中,通过自适应算法和模糊神经算法,将定点坐标与当前吊钩坐标数据进行了对比,计算出了最佳定点位置数据;设定了塔式起重机的高度、幅度及角度的定点,利用高精度全站仪对上述参数进行了测量,进而对系统进行了测试。研究表明:该系统具有定位精度高、准确可靠、重复性好等优点,并且随着自学习的深入以及测试次数的增加,系统的定位精度逐步提高。

关键词:塔式起重机;绝对值编码器;电子罗盘;控制系统

中图分类号:TH213.3;TP273

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2018)09-0955-04

Analysis of point positioning control technology of tower crane

HUANG Ji, LIANG Jie-jin, YAN Bo, CHEN Chun-chao, ZHOU Li

(Guangxi institute of special equipment Supervision and inspection, Nanning 530219, China)

Abstract: Aiming at the condition of the tower crane lifting point positioning accuracy was bad, combining with the working characteristics of tower crane and technical defects, a set of fixed automatic control system was developed. In this system, the range and height of the tower crane were obtained by multi-ring absolute encoder, horizontal absolute angle value of big arm was gotten through the electronic compass, will the data through MCU for unpacking and efficacy, thus hook three-dimensional space coordinates was established. In MCU, the fixed-point coordinates were compared with the current hook coordinate data to calculate the optimal fixed-point location data through adaptive algorithm and fuzzy neural algorithm. The point about the height of the tower crane, the amplitude and angle was set, using high-precision total station to measure the parameters, and then testing system. The results show that the the system has high positioning accuracy, accurate and reliable, as well as good repeatability. With the continuous deepening of self-learning and the increase of test times, the positioning accuracy of the system is gradually improved.

Key words: tower crane; multi-ring absolute encoder; digital compass; control system

0 引 言

近年来,塔式起重机的定位技术成为了研究热点,但不同的研究方法也存在一些问题^[1-3]。NARA与MIYAMOTO^[4-5]采用激光测距来对起重机位置进行定位,但无法准确确定起重机工作吊钩位置;OMAR^[6]设计了全状态反馈控制器,控制小车的定位和起重臂的

回转,但系统的鲁棒性较差;CHATTERJEE S^[7]将速度反馈应用到起重机的回转和变幅运行中,但执行响应时间较长;冷建伟^[8]应用激光测距和条码对起重机进行追踪定位,但系统未考虑吊钩上下运动位置。

针对目前塔式起重机工作特点和技术缺陷以及国内外对定位技术研究所存在的问题,本文将研制一套定点吊自动控制系统。

收稿日期:2017-11-22

基金项目:广西科学研究与技术开发计划项目(14122006-11)

作者简介:黄 冀(1966-),男,广西南宁人,高级工程师,主要从事特种设备安全关键技术方面的研究。E-mail:280635612@qq.com

1 多圈编码器测量幅度和高度技术

编码器采用绝对型旋转光电编码器,抗干扰能力强,可以在任何时刻感知当前的绝对角位置^[9]。多圈绝对值编码器内部结构如图 1 所示。

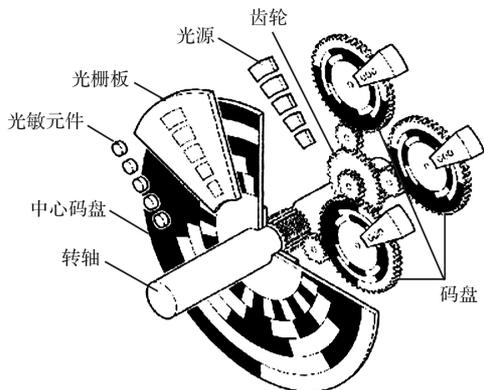


图 1 多圈绝对值编码器组成

该编码器由多个光电码盘按钟表齿轮机械传动原理组合工作,中心码盘旋转时,通过齿轮带动另外几组码盘旋转,即可以实现对中心码盘的圈数编码。图示的中心码盘上有 5 圈码道,码道不同位置的亮暗位置分别代表二进制中的 1 和 0,从光源发出的光线透过码盘上的亮处,然后穿过光栅板被光敏元件接收,获得一个 5 位的二进制码,且每个位置编码唯一不重复,多圈绝对值编码器把多个码盘上获得的二进制码按照设定的次序组合在一起,即可以获得一个多位的二进制编码(格雷码)。

多圈绝对值编码器通过联轴器分别与起重机变幅和起升卷筒连接。

塔式起重机进行变幅或者起升作业时,卷筒的转动圈数与塔式起重机水平幅度或吊钩高度存在线性对应关系,电机驱动变幅或起升卷筒旋转,卷筒转轴带动编码器作同轴同步旋转。多圈绝对值编码器能够识别 2 的 24 次方组不同的二进制码^[10],因此不同幅度位置在编码器中都有一个唯一的二进制编码与其对应,因此通过从编码器获得的二进制码可以实时监测塔式起重机幅度。连接起升卷筒的编码器则可以实时监测吊钩高度。

2 电子罗盘测量水平绝对角技术

定点吊自动控制系统采用基于磁阻效应传感器的平面电子罗盘测量起重臂的旋转角度数据。磁阻式传感器是根据磁性材料的磁阻效应制作而成的测量用传感器^[11]。其磁阻效应原理如图 2 所示。

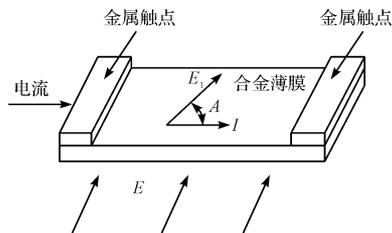


图 2 磁阻效应原理

图 2 中,在平行于合金平面但垂直于电流方向施加一外磁场 E 的作用下,合金薄膜平行于电流流向的内磁场 E_1 旋转一个角度 A ,进而使得合金的电阻 R 发生变化,其函数关系为:

$$R = R_0 + \Delta R_0 \cos^2 \theta \quad (1)$$

式中: R_0 —合金薄膜在未施加外磁场时具有的电阻值; ΔR_0 —合金薄膜材料的阻值绝对变化量; θ —合金薄膜内磁场与电流夹角。

由此可见:电阻与磁场间是非线性关系,磁阻效应是一个角度效应,非常适合于角度参数的测量。

磁阻效应传感器是由 4 个连接成惠期通电桥的合金电阻组成^[12]。在被测磁场作用下,电桥中位于相对位置的两个电阻阻值增大,另外两个电阻的阻值减小。在其线性范围内,电桥的输出电压与被测磁场成正比。塔式起重机做回转运动时,起重臂与地球磁场之间形成一个变化的夹角,通过测量磁阻效应传感器的输出量,进而确定塔式起重机起重臂的水平绝对角度。

本研究安装了电子罗盘的塔式起重机,起重臂回转至与地球磁场形成夹角,电子罗盘内的信号处理系统根据此时磁阻效应传感器输出的模拟量,经过信号放大、模数转换后,得出的数据与地球磁场的数据修正值进行对比,最终确定起重臂的水平绝对角度。

电子罗盘安装在塔式起重机的平衡臂上的专用非铁磁性平台支架上,其测量平面与水平面尽可能保持平行,存在一定倾角的情况下不影响测量结果。平台设置的目的是避免电子罗盘受到塔机上易磁化材料的微弱磁场干扰^[13]。

3 塔式起重机吊点定位控制技术

基于电子罗盘和多圈绝对值编码器的起重机定点吊控制系统主要由数据采集传感器、中央处理器、人机操作界面组成,其控制系统结构如图 3 所示。

定点吊控制系统采用高度、幅度、角度传感器测量起重机吊钩坐标位置,用户可以将吊钩任意位置设置为定点,并通过系统将定点存储到 MCU(微控器)。在用户指定要去的吊点后,MCU 调出该吊点的坐标数据并与运行的吊钩位置实时进行比较,当吊钩坐标接近

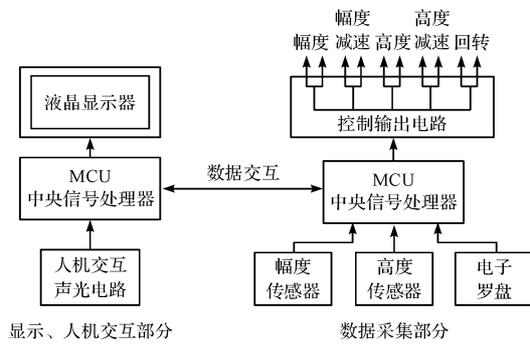


图 3 控制系统结构框图

吊点坐标时,定点吊系统控制减速继电器实现运行减速,吊钩达到吊点后停止起重机动作。塔式起重机定点吊控制系统的整体安装布局方案如图 4 所示。

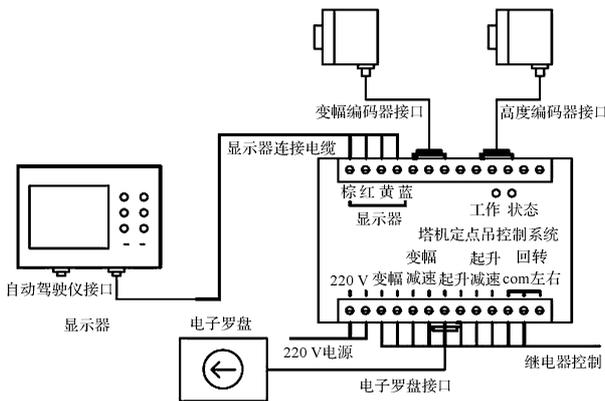


图 4 控制系统安装示意图

在塔式起重机作回转、起升、变幅过程中,分别由电子罗盘、两个多圈绝对值编码器采集塔式起重机起重臂的水平角度、吊钩垂直高度、小车水平幅度的数据,并通过 MCU 中央信号处理器进行解包和效验,建立当前吊钩的三维空间位置,同时将三维空间位置的坐标数据实时显示在操作界面上。系统工作时,司机操作吊钩至指定位置,按下定点按键取得定点位置坐标,MCU 中央信号处理器自动将定点位置坐标存储并将定点显示操作界面上,当需要将重物吊运至指定位置时,司机通过操作界面按钮选择定点位置,MCU 中央信号处理器调出该点的定位数据,并显示在操作界面上,同时 MCU 通过自适应算法和模糊神经算法将定点坐标与当前吊钩坐标数据进行对比,计算出最佳定点位置数据,并以动态的进度条图型的形式显示定点与吊钩的距离。塔式起重机运行时,幅度、高度、角度的数值和进度条连续变化显示吊钩的实时位置;同时采用人工智能技术的声光辅助定位电路(即人机交互声光电路),即以声光方式提醒司机当前位置坐标与定点位置的距离。吊钩当前的幅度值、高度值、角度值 3 项中任意一个接近定点的坐标值时,定点吊控制系统自动对相应的控制继电器发出减速指令,控制变幅,起升或回转

的电机实现预减速;到达定点坐标位置后,系统发出停止指令,通过继电器控制相应电机断电、制动器制动。

4 吊点定位控制技术特点及优势

通过安装电子罗盘和多圈绝对编码器的吊点定位控制系统塔式起重机与传统塔式起重机的使用对比,安装该吊点定位控制系统的塔式起重机具有如下优点:

- (1) 幅度、高度采用多圈绝对编码器测量,测量精度高、重复性好,在实际应用中能够达到较高的定位精度:幅度误差 ≤ 0.2 m、高度误差 ≤ 0.4 m、回转平均误差 0.5° (经过 3-5 次自学习后);
- (2) 回转角度采用电子罗盘测量,准确可靠,无需调试;
- (3) 采用预减速控制方式,对机械结构、变频器等设备冲击小且定点位置准确;
- (4) 回转定点停车采用自适应算法,对不同塔机的适应性好;
- (5) 人机交互界面友好,采用高清晰液晶屏实时显示高度、幅度和角度参数;
- (6) 采用不同声音提示与目标点距离便于司机了解塔机定点状态。

5 实验验证

为了验证定点吊控制系统的可靠性、重复性及定位精度,本研究对定点吊控制系统人为设定 2 个定点空间坐标,使塔式起重机吊钩在两定点之间相互移动,并通过人为现场仪器测量两定点坐标数据进行实验验证。

为便于实验操作及测试数据的准确性,实验应用全站仪测试数据,并将全站仪设置在塔式起重机回转中心轴上,使全站仪测试读取数据即为吊钩实际位置坐标。实验前司机操作塔式起重机使吊钩移动到两坐标为 A(20,20,90°),B(10,10,45.5°)处,并将 A、B 两点在系统中设置为两定点。实验操作过程中首先使塔式起重机吊钩位于 A 点,并测量 A 点的幅度与高度;测试记录完成后使吊钩从 A 点自动运行到 B 点,测试 B 点幅度、高度及 A 点到 B 点的水平角度;其中 A 点运行到 B 点过程中的显示界面如图 5 所示。

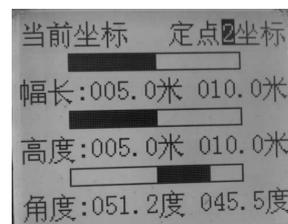


图 5 A 点运行到 B 点过程中显示界面

B 点数据测试记录完成后使吊钩从 B 点自动运行到 A 点,测试 A 点幅度、高度及 B 点到 A 点的水平角度,如何循环 10 次并测试数据,实验验证流程图如图 6 所示。

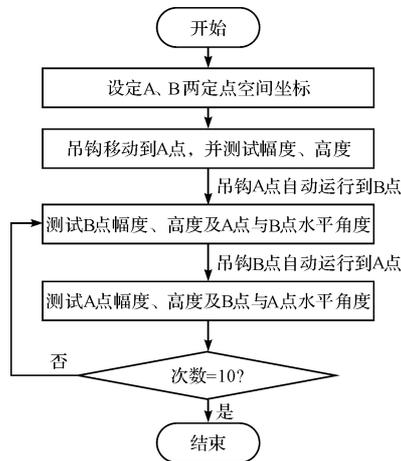


图 6 实验验证流程图

本研究通过定点吊控制系统现场实验测试两定点幅度、高度及角度(为便于测试数据的分析,应用全站仪测试角度的分与秒全部换算为度),测试数据如表 1 所示。

表 1 实验验证现场测试数据

序号	定点	幅度 /m	高度 /m	A(B)相对于 B(A)水平角度/(°)	A(B)实际位置角度/(°)
1	A	20.000	20.000	/	/
	B	9.458	11.252	46.13	43.87
2	A	20.892	21.077	47.98	91.85
	B	10.537	9.217	45.39	46.46
3	A	19.544	20.996	42.30	88.76
	B	9.611	10.581	43.88	44.88
4	A	20.325	19.456	45.96	90.84
	B	10.196	9.606	44.89	45.95
5	A	19.808	20.393	43.57	89.52
	B	9.838	10.293	44.36	45.16
6	A	20.163	19.699	45.20	90.36
	B	10.142	9.749	44.58	45.78
7	A	19.851	20.268	43.94	89.72
	B	9.869	10.219	44.45	45.27
8	A	19.863	19.774	44.98	90.25
	B	10.126	9.817	44.56	45.69
9	A	20.130	20.194	44.09	89.78
	B	9.881	10.158	44.44	45.34
10	A	19.876	19.823	44.87	90.21
	B	10.115	9.857	44.57	45.64

可以发现:定点 A 幅度、高度及角度在系统自学习 5 次后达到定位精度,定点 B 幅度、高度及角度在自学习 4 次后达到定位精度,并且随着系统自学习次数越多,系统的定位精度越高,同时验证了系统具有高的准确性、可靠性及好的重复性。

6 结束语

本研究研究了塔式起重机应用多圈绝对编码器测量幅度及高度技术、电子罗盘测量水平绝对角技术,以及通过自适应算法和神经模糊算法建立的吊点定位控制系统。

现场实验验证了吊点控制系统的定位精度、可靠性及重复性,并且该系统具有自学习功能,随着测试次数的增加,定位精度会逐步提高;系统可根据定点的使用频率,将使用频率高的定点优先置于显示屏前供操作人员选择使用。

参考文献 (References):

- [1] 黄炬源,王黎明,吴 尚. 自动化集装箱码头桥式起重机大车定位系统[J]. 水运工程,2016,42(9):111-115.
- [2] 叶恭宇. 桥式起重机定位控制研究[J]. 工业 C,2016,8(4):167-168.
- [3] 张建平. 集装箱起重机定位技术[J]. 港口装卸,2012,34(5):29-32.
- [4] NARA S, MIYAMOTO D, TAKAHASHI S. Position measurement of crane hook by vision and laser[C]. Industrial Electronics, IECON 2006-32nd Annual Conference, Paris: IEEE, 2006.
- [5] MIYAMOTO D, NARA S, TAKAHASHI S. Visual feedback control with laser for the position detection of crane hook [C]. SICE-ICASE, 2006 International Joint Conference, Korea:IEEE, 2006.
- [6] OMAR H M, NAYFEH A H. A simple adaptive feedback controller for tower cranes[C]. Proc. of 18th Biennial Conference on Mechanical Vibration and Noise, Pittsburgh: American Society of Mechanical Engineers, 2001.
- [7] CHATTERJEE S. Vibration control by recursive time-delayed acceleration feedback[J]. **Journal of Sound and Vibration**, 2008, 317(1-2):67-90.
- [8] 冷建伟,李 涛,安 飞,等. 新型的桥式起重机定位系统[J]. 天津理工大学学报,2010,26(4):58-61.
- [9] 何亚福,宋英滋. 浅谈多圈绝对值编码器作为单圈编码器的运用[J]. 锻压装备与制造技术,2009,44(6):40-41.
- [10] 盛向伟. 总线式多圈绝对值编码器在顶杆小车位置控制系统中的应用[J]. 机械管理开发,2009,24(1):98-99.
- [11] 方佩敏. 新编传感器原理应用电路详解[M]. 北京:电子工业出版社,1994.
- [12] 郭 鑫,唐晓莉,张怀武,等. 基于磁阻效应的地磁场探测研究[J]. 电子元件与材料,2014,33(11):70-72.
- [13] 赵毅强,管大年,陈豪敏. 电子罗盘在精确定位平台中的应用[J]. 传感技术学报,2005,18(1):140-142.

[编辑:周昱晨]

本文引用格式:

黄 冀,梁杰金,严 波,等. 塔式起重机吊点定位控制技术研究[J]. 机电工程,2018,35(9):955-958.

HUANG Ji, LIANG Jie-jin, YAN Bo, et al. Analysis of point positioning control technology of tower crane[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2018,35(9):955-958.

《机电工程》杂志;http://www.meem.com.cn