

40t 智能同步架车机的设计

文 | 刘忠诚 齐齐哈尔斯潘塞重工装备有限公司

一、引言

架车机是高铁车辆制造及检修过程中,用于升降高铁车辆所必用的重要非标机械装备,传统的架车机举升吨位小,一般都是 30 吨以下,多采用限位开关控制,运行作业过程中同步精度不高,并且多采用的梯形螺纹自锁性能不好,安全系数不高,我们在传统架车机设计基础上,根据市场需求

设计研发出 40t 智能同步架车机(图 1)。

本文介绍了 40 吨智能同步架车机优点、机械结构、电气控制原理、同步精度控制原理、升降系统故障监测问题的解决方案以及智能同步架车机的应用前景等。

二、40t 智能同步架车机的优点

该架车机的电气系统采用 PLC 可编程控制器、编码器组

合一个高频接近开关、上下端极限保护限位开关及销轴压力传感器的联合智能控制技术,使升降位置控制更加精确,更加智能,使得整套控制系统更加先进。

采用锯齿形螺纹丝杠螺母副,并加设保护螺母机构,使得传动方式更加合理,并且安全系数高,使用可靠,检修方便。

采用液压微调装置进行重载横向移动,使得该架车机的综合功能更加完善,智能化更高,适用工况更加柔性化,智能化。

采用在托头内嵌入新型销轴称重装置的先进设计,使得检测系统能



图 1 40t 智能同步架车机

够实时闭环智能跟踪检测与智能调整,托头压力传感器设有运行声光警示灯,使得同步检测系统更加精确,更加先进与智能。

三、同步精度具体控制原理

作业时4台单台架车机组成一组,多组(一般为8组)组成一列编组同时进行举升作业,实现对一节或一列高铁编组车辆的升降作业。每组4台架车机由一个控制单元控制。每编组架车机由一个综合控制柜集中控制。每组架车机具有单控、联控和编组联控3种使用功能。在单控模式下,每台架车机均可单台升降。在联控模式下4台架车机同步升降。在编组模式下以组为联动单元进行整列编组架车机的升降。同步精度由PLC可编程控制器、编码器组合高频接近开关及销轴压力传感器联合实现。

在进行同步控制时,根据编码盘反馈给PLC的各架车机实际高度,以其中一台架车机的位置为参考基准,利用工控机循环比较程序,实时监控比较各台架车机的位置,当任意架车机与此架车机同步超差后,在原有频率的基础上加上一个与超差值成比例的小频率 f (这个小频率可正可负,当这台架车机高于基准为负,低于基准为正),举例来说,超差4mm,对应5Hz,那么超差2mm, $f=(5/4) \times 2=2.5\text{Hz}$,超差3mm, $f=(5/4) \times 3=3.75\text{Hz}$,这样这台架车机就以较快的速度在缩小超差,直到超差达到允许范围内,然后恢复到原先设定的频率。也就说系统一直在动态的、实时的比较各台架车机的位置,一有微小不同步,马上就校正,不会出现超差很大的情况,即达到小于2mm范围。

四、智能同步架车机主要技术参数

智能同步架车机主要技术参数为:单台额定起重载荷40t;每组(4台)架车机总起重能力:160t;升降速度为200mm/min;同步精度为 $\pm 2\text{mm}$;最低架车点高度为700mm;最大起升高度为2300mm;托头最大伸缩行程为500mm;单机功率为5.5kW;工作电源为AC380V $\pm 10\%$,50Hz $\pm 2\%$;工作环境温度为 $-10^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$;相对湿度为 $\leq 95\%$;单台自重为3t。

五、40t 智能同步架车机的结构组成

40t智能同步架车机由起升动力装置、液压微调装置、托头组成、托臂组成、机架组成、电控系统及走行装置等部件

组成(如图2所示)。

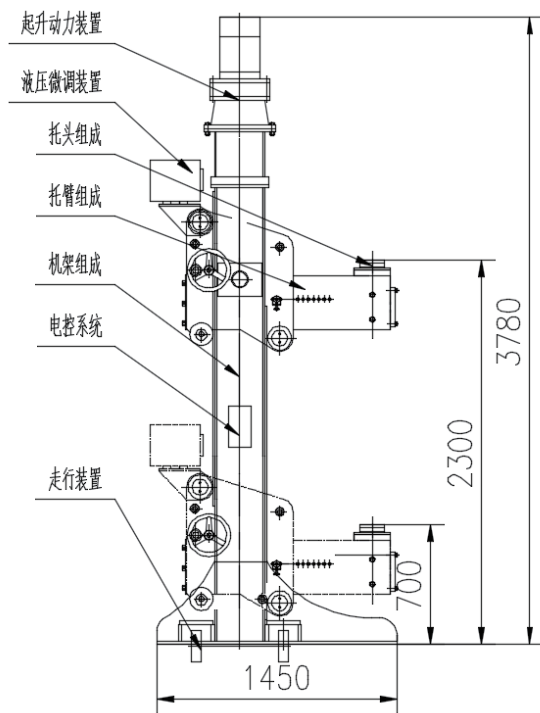


图2 40t 智能同步架车机结构图

1、升降动力装置

该装置采用摆线针轮减速机(型号为:BLY6-87-YEJ-5.5-6P)驱动丝杠螺母副进行升降运动,丝杠最大外径140mm,提升部分采用外径120,螺距为12mm锯齿形螺纹与组合螺母进行配合,通过组合螺母带动托臂做升降运动。该动力装置的传动丝杠采用悬挂式组装形式安装,即在丝杠顶端采用调心滚子轴承支持,使丝杠在起升作业时只受拉力,以达到发挥丝杠材质的最优使用性能的目的,且丝杠组合螺母副采用锯齿螺纹配合形式传动,组合螺母采用承载螺母悬挂安全螺母的组合螺母设计,当承载螺母磨损超限时,安全螺母能够代替承载螺母承受应急载荷而不致出现安全事故,并采用接近开关检测承载螺母与安全螺母的距离,如果检测结果超过设定极限数值,控制系统会进行报警,提醒操作人员进行检修。因此,该传动起升动力装置具有安全可靠、传动效率高、扭矩大、结构紧凑、传动平稳、噪音小、自锁性好、安装及检修方便等优点。

2、液压微调装置

架车机在架车过程中,由于生产工艺需要,所架车辆有时需要横向移动,用以调整车辆中心线,便于车辆的安装及检修作业,这种情况由于手轮机构处于锁定状态,无法实现横向伸缩移动。

为实现架车机在举升作业过程中托头能够横向移动功能,设计采用在镐头下面安装有液压微调装置,以实现在架车机机架固定不动的情况,通过液压微调装置驱动镐头进行横向微调,实现车辆的横向位置微调的工艺要求,该液压微调装置参数如下:(1)液压缸的运动速度为 0.8~1.0mm/s;(2)系统流量为 4~6 ml/s;(3)系统的工作压力为 5 MPa;(4)连接油管采用耐压 80kg 及以上的耐油胶管;(5)采用三位四通电磁换向阀控制,该液压微调装置具有体积较小、驱动力大、运动平稳和安全可靠等优点,如图 3 所示。

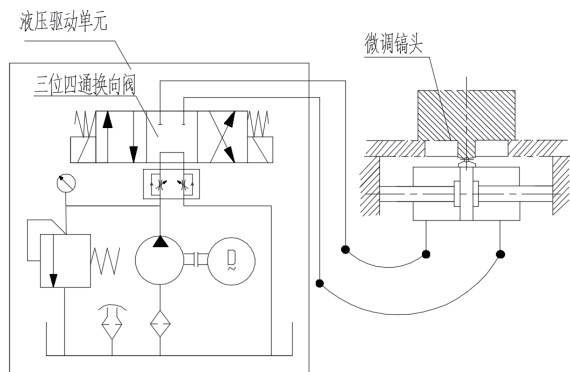


图 3 微调装置液压原理图

3、托头组成

托头组成设计采用在托头内镶入销轴称重装置,各托头与车体都接触后,压力达到设定值时发出电信号,才能同步起升架车,避免过接触和虚接触,实时检测每台架车机托头所的工作状态。该销轴称重传感器为一款新型传感器,结构为采用一根承受剪力作用的空心截面圆轴,将双剪型电阻应变计粘贴在中心孔内凹槽中心的位置上组成惠斯通电桥再并联进行测量,销轴称重传感器的优点为重复精度高,性能稳定。弹性元件为一整体空心截面圆轴,制造成本底结构力学性能好,能够承受很大的抗扭转、抗弯曲力,并且轴销中性轴处的应力最大。当空心截面轴销承受垂直和水平弯曲时,

弯矩为零的截面为同一截面;安装检修方便,如图 4 所示。

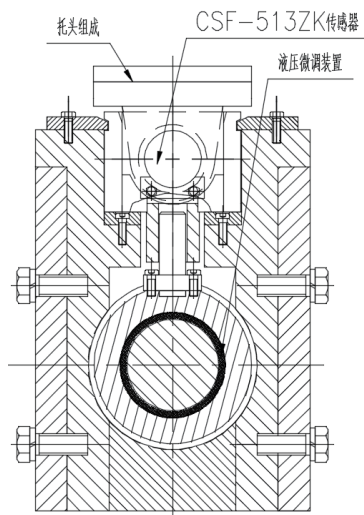


图 4 托头组成

4、托臂组成

采用带导向轮的框架伸缩臂结构,伸缩距离 500mm,丝杠通过螺母横担轴带动托臂组成整体在架车机机架组成上做上下运动。托架设有齿轮齿条横向伸缩移动机构,通过手轮转动控制齿轮齿条机构实现托头组成能够横向伸缩功能,手轮齿条机构设有锁死机构,当托头伸缩调整到工作位置后,利用锁死机构将托臂锁死,防止车辆举升过程中发生横向移动。

5、机架组成

机架组成采用高度 300mm× 宽度 150mm 的 H 型钢(如图 5 所示),并在两侧增设 2 个厚度为 12mm× 宽度为 280mm 的腹板,组焊成复合双箱型网格结构立柱,立柱的两侧面焊接宽度 76mm× 厚度 12mm 的托臂行程轨道板。该板采用材质 16Mn,该材质焊接性能好、硬度高和综合力学性能好。2 个立柱再与底座及顶部连接装置组焊成双立柱龙门结构,用以承受来自丝杠的纵向压力及托臂的横向的弯矩。材质选用低合金结构钢 Q345E,该材质综合力学性能好,塑性和焊接性能良好,在制造车辆、起重机和桥梁等行业中广泛应用,机架组成所有型材均经抛丸预涂底漆处理,采用先组焊成型,然后整体加工的制造工艺,机架顶部与起升动力装置采用高强度螺栓联接,整体形成龙门式结构,因此该结构具有承载力大、刚度好,受力合理,检修方便等优点。

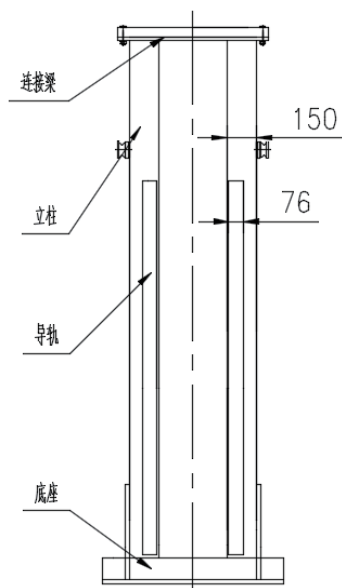


图 5 机架组成

六、电气控制原理

控制系统采用日本欧姆龙 CJ 系列 PLC 作为中央控制，并通过以太网模块与工控机通信，工控机操作界面和监控报警界面采用 VB 编程语言进行编制，画面具有每台架车机的动画模型，当架车机托头进行上升或下降作业时，架车机模型的托头也会同步上升或下降，并且有位置数据显示。当某台架车机发生故障，控制柜上的声光信号发出报警，其余各台立即停止工作，这时可进入报警界面查看故障原因，而且故障原因与发生的时间会存入系统，方便以后查看；每台托头升降采用欧姆龙变频器进行变频控制，可通过 PLC 模拟量输出模块对变频器的控制来实现对托头升降电机的无级调速。在每台架车机的丝杠端部或电机尾部安装一片编码盘，通过 PLC 对编码盘反馈回来的数值进行读取，然后在 PLC 内部进行计算，就可知道镗头的实际升降高度。

主要电气元件有：CPU 单元、变频器、以太网模块、Controller link 模块、模拟量输出模块、销轴压力传感器和测量显示控制仪等。

CPU 单元型号是 CJ1G-43H，程序容量 20K 步，指令处理时间 0.04ms，扩展机架 3 个，I/O 点数 1280，每个机架最多功能 10 个模块。

Controller link 模块型号为 CJ1W-CLK21-V1，在

Controller link 模块上有一个单元号设置开关和一个节点号设置开关，两波特率设置开关，一个终端电阻设置开关。单元号设置开关可设置范围 0~F，设置单元号主要是为网络通信分配内存区域。节点号可设置范围 0~99，设置节点号是为了识别要和那个设备通信，类似互联网要设置 IP 地址一样，而且不能重号。波特率设置与通信距离有关，距离近波特率高一点，距离远低一点。终端电阻在网络的始末端置 ON。

以太网模块型号是 CJ1W-ETN21，在以太网单元上有一个单元号设置开关、一个节点号设置开关和一个 RJ45 网线插口。单元号设置开关可设置范围 0~F。节点号可设置范围 0~99。各开关设置用途与 Controller link 模块基本相同。

模拟量输出模块型号是 CJ1W-DA08C，分辨率 4 000，输出信号 4~20mA。变频器接收的信号是 4~20mA，代表的是 0~50Hz，这样一来 4 000 就代表 50Hz。假如现在 PLC 内的数据是 2 000，那么变频器这边就是 25Hz。

七、系统自动检测难点的解决

以往架车机进行起升作业时常见的故障是每组架车机中的一台架车机的升降系统出现故障，导致升降系统停止升降，而此时电机还在驱动丝杠继续转动，这种故障 PLC 无法检测到，仍会继续控制 4 台架车机作业，如果没有其它检测方案促使系统停机，将导致安全事故的发生，针对该难点我们经研究采用在每台架车机的托头上安装一个新型销轴称重传感器，将销轴称重传感器嵌入升降装置的托头内，使其参与升降受力，来实现检测每台架车机工作时托头受力状态，如果一台架车机升降系统故障，运行失位，就会导致托头内部传感器受力异常，该组架车机将会停机，控制柜会发出故障报警信号。

八、推广应用情况

该架车机采用锯齿型螺纹传动，集成液压微调功能，利用销轴传感器检测系统故障，使得 40t 智能同步架车机的功能更加完善，更加智能，更加安全；目前该架车机已在高铁列车制造企业的生产中得到实际应用，实现了预期功能，效果良好。IM