

# 纯电动汽车驱动电机的定子焊接设备设计

## Design of Stator Welding Equipment for Pure Electric Vehicle Drive Motor

曾恒奇

Hengqi Zeng

深圳市鸿明机电有限公司 中国·广东深圳 518000

Shenzhen Hongming Mechanical and Electrical Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

**摘要:** 随着新能源汽车产业的发展,纯电动汽车驱动电机的应用越来越广泛。对于驱动电机来说,定子铁心的质量直接影响到其性能及使用寿命,对其进行焊接工艺研究对保证驱动电机性能及质量有着重要意义。为解决纯电动汽车驱动电机定子焊接时存在的效率低、生产成本高的问题,论文设计了一种电动汽车驱动电机定子焊接设备。该设备主要由焊接小车、自动上料机、焊接电源和电焊机等组成,可用于各种型号的电动汽车驱动电机定子快速高效焊接。

**Abstract:** With the development of new energy vehicle industry, the application of pure electric vehicle drive motor is more and more widely used. For the drive motor, the quality of the stator core directly affects its performance and service life, and the welding process research is of great significance to ensure the performance and quality of the drive motor. In order to solve the problems of low efficiency and high production cost of pure electric motors, a kind of welding equipment is designed. The equipment is mainly composed of welding trolley, automatic feeding machine, welding power supply and electric welding machine, which can be used for various types of electric vehicle drive motor stator fast and efficient welding.

**关键词:** 纯电动汽车; 驱动电机; 定子焊接; 设备

**Keywords:** pure electric vehicle; drive motor; stator welding; equipment

**DOI:**10.12346/etr.v4i12.7444

## 1 引言

定子是驱动电机中重要的零部件之一,对电机的性能有着至关重要的影响。定子铁心由多个钢锭通过机械加工制成,每个钢锭内都有多个焊接点,以保证铁心与电机铜排连接。为提高电机工作效率和可靠性,保证电动汽车的运行稳定性及安全行驶,电动汽车定子铁心通常采用铜包铝(Co-Cr-Bi)结构。在实际生产中,一般将内绕组和外绕组一起装配形成一个整体结构。为了保证电机在高速运转时的稳定性和安全可靠性能,因此对于定子铁心而言需要对其进行高效且稳定的焊接工艺研究。

传统人工焊制效率低、生产成本低,而使用自动焊机则可以有效提高焊接效率和降低生产成本。目前,国际上对电动汽车驱动电机定子铁心焊接设备的研究较多,中国也有很多相关文献报道。但是这些设备大多不能满足新能源汽车产

业快速发展对驱动电机定子铁心焊接效率和成本的要求。论文结合深圳市鸿明机电有限公司实际研发生产经验,对纯电动汽车驱动电机的定子焊接设备设计进行细致研究,为此设计一种电动汽车驱动电机定子焊接设备。

## 2 焊接小车设计

焊接小车是整个定子焊接设备的核心部件,主要由夹具、轨道和气动元件等组成。在实际的生产过程中,如果采用人工手动操作的方式来进行定子铁心的焊接生产,不仅效率低、劳动强度大、生产成本低,而且还容易出现质量问题。

为了解决上述问题并提高焊装车间生产效率,设计了焊接小车。目前,中国汽车市场上采用的定子铁心多为非调质钢结构,其焊接工序主要有:

①铁心预处理:包括对铁心进行去氧化皮、打磨、

【作者简介】曾恒奇(1968-),男,中国湖南邵东人,本科,高级工程师,从事电机非标自动化设备研究。

除油等工序。

- ②定位与组装：用于完成定子的组装。
- ③上料及焊接：对焊装车间进行上料和焊接。
- ④矫直：进行铁心矫直处理。
- ⑤装配过程：对焊装车间进行组装后，再装配至产品上去。

首先根据工艺要求确定小车的结构尺寸。确定结构长度为1200mm，宽度为500mm，高度为500mm；宽度和高度的比例可以根据实际情况来确定；宽度要比设计尺寸大0.5~1cm，因为小了以后容易产生间隙；长度要与设计尺寸一致。为了保证结构紧凑而不影响整体效果，在设计中采用了等长法；在实际生产过程中尽量使用小规格产品；小车各部件可以在同一平面上组装，所以小车的稳定性要好一些<sup>[1]</sup>。

然后根据结构尺寸和现场环境设计小车各个部分部件的造型和尺寸。接下来进行整体外形图设计：将小车分为A、B两个部分；A部分主要是用于移动及控制系统、自动上料机及焊装工位等部件，B部分是负责移动焊接位置和安装定位部件。具体尺寸如下：长度为1200mm、宽度为500mm、高度为500mm。

然后根据实际需求进行结构图设计：

①结构图主要包括夹具系统、焊接工位和焊接电源等部分构成。

②夹具系统：采用气动式夹具与电动伺服阀配合使用来实现自动上料机的运动控制。A、B两夹具均采用气动式夹具。

③焊接工位：主要包括焊接工位和上料工位；其中焊接工位包括上料机构和自动调平机构两部分组成。上料机构主要用来进行焊装车间上料及装卡等工作。上料系统则是在PLC控制下对自动上料机控制，实现人工与自动换向控制来满足需求；它还可以实现自动化上料、智能识别、定位和监控等功能。

④焊接电源：采用三相交流电供电；输出电压为12V，电流为1.5A，功率为2kW。额定工作电压为24V。额定电流为25A。额定功率为2kW，输入电压为220V/50Hz；输出电压为12V，电流为1.5A。输出频率在20~40Hz。输出电流在15~60A；交流输入电压范围在 $48V \leq V_n \leq 80/220V \leq 24/380V$ （50Hz）；额定输出频率范围在20~60Hz。输入电压范围在 $36V|100V|220 \pm 10V|-4$ 。输出功率在2kW。

⑤夹具组成及控制系统：夹具主要由夹具本体、焊接电源等组成。其中，夹具本体包括夹板和横梁两部分。

### 3 自动上料机

上料机是用于电动汽车驱动电机定子上料的自动化机械装置，主要由上料箱、气动马达、气缸等组成。上料箱采用不锈钢材质，使用寿命长；内部空间较大并且结构合理，方便放置焊枪或夹具，同时配备了气动控制系统，实现自动开

合以控制气缸的开关<sup>[2]</sup>。气动马达是利用电磁铁控制气缸的开关，带动气缸转动来实现送丝器送丝，速度可调并能满足不同焊接速度需求。焊接小车采用高精度伺服电机，通过编程可实现焊接速度和工件位置的自动调整功能。工装夹具采用高精度卡盘和气动伺服控制系统相结合的方式来实现自动化。

#### 3.1 气动控制系统

上料机采用气动系统来实现送丝器送丝和气缸开关，同时通过PLC控制气缸的开关位置来实现上料机上料动作<sup>[3]</sup>。气压控制采用流量调节器进行调节，可满足不同规格尺寸的焊丝使用。液压系统采用力士乐液压元件（包含了气动元件）和力士乐机械部件组成，通过液压马达驱动气缸实现了上料机整体自动化。在气缸中设置了电磁阀和电磁帽两种气动元件，通过电磁阀可调节压力，从而能调节气缸的开合角度（即送丝器送丝角度）；电磁帽主要用于控制气缸的密封性能。气动系统采用德国力士乐公司生产的DU系列电子元件，具有高响应、高可靠性和低成本等特点。

#### 3.2 高精度卡盘

高精度卡盘主要参数包括卡板厚度、板宽和宽度、定位销中心距和导向销尺寸。在每一个卡盘的下面都设计有垫块，用来防止卡板与工件发生相对运动而导致工件变形。安装在工件上的高精度卡盘会根据工件的变化，自动调节到适合尺寸，保证工装夹具的定位性能以及夹紧可靠性。工装夹具通过安装在工作台上的多个高精度卡盘卡紧工件，可同时完成一个工件卡紧和工装夹具夹持功能。

### 4 焊接过程管理

焊接电源的工作原理是：焊接小车将铁心送入焊机后，铁心中的电流经电阻发热，在焊机中通过电极进行加热，使铁心产生一定热量，然后在焊机中使铁心熔化。在整个电焊过程中，焊接小车需要按照程序依次将铁心外圈和内圈与电机轴连接起来。为了保证定子外圈的焊缝美观和牢固度，电焊机采用无氧铜导线进行搭接并连接到焊机上。采用无氧铜导线连接后的优点是：当需要焊接多个外圈时可以方便地更换不同型号的接头，可以避免产生较大的变形和较长的磨损寿命、接头具有良好的导电性。无氧铜导线的接头可以很容易地通过焊枪内套与焊接小车内铁心上的铜片、弹簧、螺钉及垫片等进行搭接<sup>[4]</sup>。

在焊接过程中，焊接小车必须保持稳定，不得随意摆动，当焊枪与铁心内圈接触时，必须保证焊枪内套的接触良好。焊枪内套在焊接时，受力不均会导致内圈产生变形。

当电焊机开始工作后，焊接小车应及时移动来保证焊接方向与铁心上铜片、弹簧等焊接位置相同。当电焊机焊到定子外圈时，铁心已基本熔化，电焊机需要停止工作以保护电焊时铁心内部的温度。当需要进行两个以上外圈与铁心之间焊缝时，可以通过焊枪内套来完成两个外圈与内圈之间的连

接。当需要焊接较多的外圈时,可通过焊枪内套在焊机上进行一次焊接后再将其送回电焊机中进行二次焊缝。无氧铜导线需用专用接头套连接到焊机上<sup>[5]</sup>。

在整个焊接过程中,焊接机器人都处于工作状态,不允许随意停顿。如果在焊接过程中出现停顿,焊枪内的电流就会减小。在整个焊接过程中,每一步焊接机器人都要进行计数,以检测有无焊接漏焊或缺料现象发生。为了保证每次焊接时的计数正确有效,每个焊接步骤和焊枪停止工作前都有一个重新计数时间,保证机器人每一次停止工作前都要重新计数一次。当出现断口时,焊枪停止了正常工作,并通过光电传感器进行报警。报警信息通过串口上传到PLC的上位机上。如果不出现缺料现象则证明机器没有问题。为了防止缺料现象的发生,每一步必须进行人工检验。如果两个焊枪缺料,则会报警提示;两个人发现则会同时通知维修人员进行维修。

## 5 自动焊机

电焊机是电动汽车驱动电机定子铁心自动焊接的核心部件,根据焊接电流和电源电压的不同,分为直流型、直流型和交直交型三种。控制系统主要由PLC控制程序、电源、焊炬及焊接控制器组成。PLC控制程序控制器进行编写,其中包括焊接小车的定位,自动上料装置的设计、送丝机构的设计、焊缝跟踪控制等功能。电源模块主要包括输入接口、输出接口。其中输入接口为电流和电压两种端口;输出接口为开关量输出端和模拟量输出端。焊炬及送丝机构由电焊机电源提供,主要用于实现焊接小车和电焊机的对接定位,实现焊接小车与焊机的对接焊接功能;将焊好后的工件放入工件传送带,并通过控制系统使之送到指定位置。

在自动焊前通过PLC控制程序对焊缝进行跟踪控制,以实现对接速度及坡口质量的检测等功能;在自动焊后通过PLC控制程序对焊后焊缝进行跟踪调节,以实现对接效果的检测。

## 6 试验测试与数据分析

试验时,将一根带有端部焊接夹具的焊接电极分别插入A、B两根铁心中。此时,可在自动上料机上按下焊点位置的按键,将铁心放入焊接夹具中。然后,焊点处接触到工件时,自动控制电焊机对工件进行焊接。当焊接电流从4A变化到8B后,电焊机上显示所处位置的电压值。当焊接电流从8B变化到6B时,电焊机会以每分钟1个电流的速度不断对焊点进行加热;当焊接电流从6B变化到8B后,电焊机会以每分钟3个电流值不断对工件进行加热。当上料机上的夹具移动时,工件也会随之移动。因此,在焊接过程中应

随时观察工件在移动过程中的位置情况。在上料机上对两根铁心进行了多次试验后发现:当两个铁心同时与焊点处接触时,由于两者接触面积小而使焊点熔化不充分而造成铁心表面出现明显的未熔合或未焊透现象;如果此时两个铁心间没有较大的缝隙时则可以将其移到同一位置上继续进行焊接;否则应重新对工件进行加热处理。

为了验证不同温度下铁心表面变形情况与焊缝宽度之间的关系,通过不同温度下对铁心表面进行拉伸试验得到了上述数据。在试验中,将试样分别放在两根定子铁心端部位置和定子铁心中间位置进行了拉伸试验。为了验证工艺参数对焊缝宽度和厚度的影响情况,在相同的焊缝宽度和焊接参数情况下分别进行了两次拉伸试验。从试验结果可以看出:在相同温度下,随着保温时间延长而使得工件变形量增大;随着保温时间增长而使得工件变形量减小;不同温度下对于同一尺寸定子铁心的焊缝宽度影响较小;同一厚度下对于同一尺寸定子铁心焊缝宽度影响较大;而在相同时间内对于同一尺寸定子铁心焊缝宽度影响最大。

## 7 结语

论文设计的电动汽车驱动电机定子焊接设备,可用于电动汽车驱动电机的定子铁心的自动焊接,该设备结构简单、紧凑。该设备采用了PLC控制,程序编写容易,操作简单,可实现对焊接小车的位置控制、速度控制和焊接电源等设备功能,达到设计要求。本设计已达到实际使用目标,可将此设备应用于各种型号的电动汽车驱动电机定子的自动焊接,为电动汽车驱动电机定子高效、高质量焊接提供了一种可行方案。论文提出一种电动汽车驱动电机定子快速高效焊接装置,该装置能够实现焊接小车在一定范围内的位置控制和速度控制;采用PLC控制系统可以实现对该装置的控制;通过上料机将焊丝准确送到焊枪中与定子铁心焊件进行对接焊时,能够准确定位到该焊缝位置,并且具有较高精度和较高速度。

## 参考文献

- [1] 谭晓东,赵博.电机定子自动焊接装置的设计[J].辽宁工业大学学报(自然科学版),2014,34(4):239-241.
- [2] 林德超,史耀武.电机定子铁心TIG焊接工艺研究[J].中小型电机,1997(2):33-36.
- [3] 左治国.发电机定子绕组接头钎焊工艺探讨[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2009,204(1):246.
- [4] 刘岳臣.汽车发电机定子铁心的焊接[J].汽车技术,1987(12):39-43.
- [5] 姜幼卿,杭世(马总),周兴中.微电机定子的激光焊接[J].微特电机,1989(5):30-32.