

# 一种基于单片机的车下配线工装原理及结构简介

## The Principle and Structure of the Undercarriage Wiring Fixture Based on Single Chip Microcomputer Are Introduced

张林塞 郑辉

Linsai Zhang Hui Zheng

中车四方车辆有限公司  
中国·山东 青岛 266111  
CRRC Sifang Co.,Ltd.,  
Qingdao, Shandong, 266111, China

**【摘要】**论文主要讲述了一种基于单片机系统的自动通线工装,实现仪器代替人工完成车下配线作业的功能。工装依靠单片机控制系统、牵引直流电机、转矩调节模块和位置检测模块实现车下配线自动通线,通过此工装可以减少车下配线作业人员数量,简化烦琐的操作。

**【Abstract】**This paper mainly describes a kind of automatic wiring tooling based on the single chip microcomputer system, which realizes the function of the instrument to complete the wiring job under the vehicle instead of manual work. The tool relies on single-chip microcomputer control system, traction direct current machine, torque adjustment module and position detection module to realize the automatic unwinding of off-car wiring. The tool can reduce the number of operators of off-car wiring and simplify tedious operation.

**【关键词】**直流电机;传感器;单片机;自动通线

**【Keywords】**direct current machine; sensor; single chip microcomputer; automatic transmission line

**【DOI】**10.36012/etr.v2i4.1703

## 1 引言

论文主要介绍了车下通线配线过程、工装原理及工装组成,阐述了设计过程中转矩整定原则与方法,简单介绍各模块及其控制方法。

工装采用直流电机输出机械转矩,机械转矩通过拉线滚轮转化为牵引力。在配线过程中,电缆在线槽内不同位置时需牵引力不同,控制器计算拉线所需输出的牵引力,并通过调节电阻调节电机转矩来实现通线配线。而电缆突遇阻碍时,控制器通过位置传感器时刻检测电机转速,检测到转速突变时,控制电机停转,人工解决卡线问题后,控制器控制工装继续完成配线。工装结构如图1所示。

## 2 车下通线配线过程

车下配线通、拉线时,将钢丝从一位端穿入线槽到二位

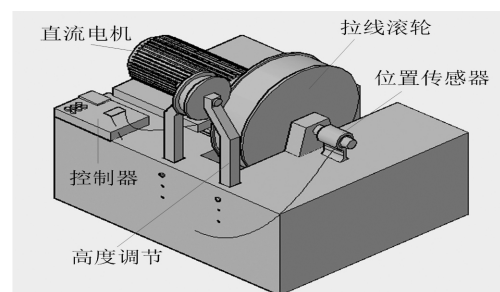


图1 工装结构图

端,代入拖线的钢丝绳,并将钢丝绳和铁链用螺栓连接、紧固。穿线时须包上线槽绝缘护套,用封箱胶带每隔500mm缠绕一圈,将线包在护套内。

在两端的一、二位侧分线箱及线槽内涂上适量滑石粉,在另一端分线箱端面处加垫橡胶板,防止拉线过程中划伤绝缘护套和线皮,同时将工艺保护垫铺于拉线侧地面上。两人在车

辆一端电力连接器(下)处将线扶起,其他人则从另一端分线箱处缓慢地将线拉入线槽内,线槽护套应伸出线槽断面100mm左右,以保护导线。

### 3 原理分析

在配线过程中,由于电缆在线槽中位置不同,电缆所受摩擦力随电缆位置改变。设电缆单位长度质量密度为 $\rho$ (单位为 $\text{kg/m}$ ),则配线距离为 $s$ (单位 $\text{m}$ )时,线槽内电缆质量 $m$ (单位 $\text{kg}$ )的公式如下:

$$m = \rho s \quad (1)$$

通线在线槽中拖动过程中受到牵引力和阻力,牵引力由人工或机器提供,阻力主要为通线在线槽内所受摩擦力。已知滑动摩擦力公式为

$$F_N = mg\mu \quad (2)$$

式中, $F$ 为电缆摩擦力,单位 $\text{N}$ ; $g$ 为重力加速度,单位为 $\text{N/kg}$ ; $\mu$ 为线槽和电缆间动摩擦因数。

在配线过程中,所需要牵引力为

$$F_Q = F_N = \rho s g \mu \quad (3)$$

由式(3)可知,配线过程所需牵引力随电缆在线槽内位置发生变化。假设拉线滚轮半径为 $r$ (单位为 $\text{m}$ ),则所需牵引转矩为

$$T = r F_Q \quad (4)$$

### 4 工装原理分析

论文设计工装设定电机为恒转速运行,选择他励或并励直流电机,其机械特性曲线如图2所示,通过电枢串联调节电阻,可以调节电机输出转矩。

假设工装以转速 $n_0$ 运行,则开始时,串联电阻 $R_0$ 较大,输出转矩 $T_0$ 较小;当电缆位置增大时,工装需要输出较大转矩,则调小调节电阻为 $R_1$ ,使输出转矩 $T_1$ 满足牵引作用,电机转速不变。电缆突遇阻力情况以图2中调节电阻为 $R_2$ 为例说明,由于调节电阻不变,突遇阻力使输出转矩不足以满足牵引要求,电机特性曲线沿箭头方向运动,使电机转速急剧下降,控制器可以通过位置传感器识别转速突变,进而控制电机停转,这样可以起到保护作用<sup>[1]</sup>。

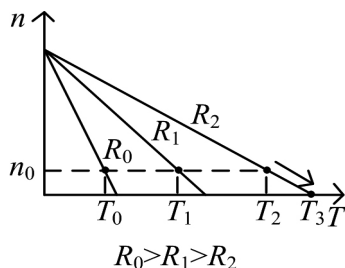


图2 他励(并励)直流电机机械特性曲线

## 5 工装组成及原理

自动配线工装包括牵引电机、位置检测模块、转矩调节模块、控制器四个部分。

### 5.1 牵引电机

直流电机选型时需要考虑电机励磁方式、额定功率、额定转速、额定电压、额定电流。在配线过程中,电机转速不需太高,而牵引力需要较大,选择低速大转矩电机。由式(4)可求电机输出所需最大转矩。假设电机空载转矩为 $P_0$ ,则电机电磁转矩与功率公式为

$$P = (T + T_0)\Omega \quad (5)$$

式中, $P$ 为电机额定功率; $\Omega$ 为电机机械角速度,可由电机额定转速导出。

由公式(5)可以确定电机额定功率,额定电压、额定电流可以根据实际工况选择。

### 5.2 位置检测模块

位置检测模块在此工装中作用分为两个。

第一,通过位置检测模块可以检测电缆在线槽中的具体位置 $s$ ,控制器根据式(3)和式(4)计算电机输出转矩,由电机机械特性曲线,在保证电机转速恒定情况下确定调节电阻阻值。

第二,位置检测模块可以计算电机转速,并检测电机转速变化率,当转速急剧变化时,说明拉线遇到突发阻力,由控制器进行保护动作。

位置检测模块可以选择霍尔位置传感器或编码器,以霍尔位置传感器为例进行原理说明,霍尔位置传感器有三位二进制信号可以输出逻辑信号,故可以表示8个状态,去除000和111显示,霍尔位置传感器将电机转子分为6个不同位置,其原理如图3所示。

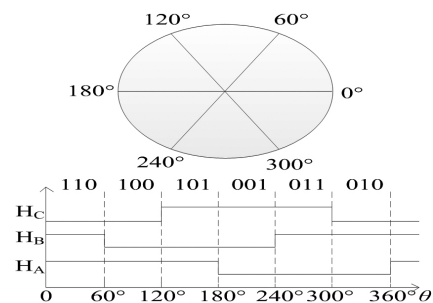


图3 霍尔位置传感器原理(一)

通过检测信号 $H_A$ 、 $H_B$ 、 $H_C$ 的状态可以检测转轴位置。控制器从拉线开始计数,每经过一个信号跳变沿计数器加1,故电机旋转一周计数器计数加6,通过计数器计数值 $k$ 得到电机旋转圈数,进而计算电缆在线槽内位置,计算式为

$$s=2\pi rk/6=\pi rk/3 \quad (6)$$

位置传感器可以间接计算电机转速,其工作原理如图4所示。控制系统采用51系列单片机<sup>[23]</sup>,片内含有时钟系统,当检测到一个跳变沿时(如图中检测点1),定时器开始工作,检测到下一个跳变沿时(如图中检测点2),定时器停止工作,通过读取定时器值计算两次检测点时间间隔 $t$ (单位为s),则电机在此段时间间隔内平均转速为

$$n=60/6t=10/t \quad (7)$$

式中, $n$ 为电机转速,单位为r/min。

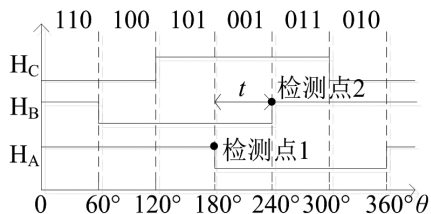


图4 霍尔位置传感器原理(二)

### 5.3 转矩调节模块

工装中转矩调节模块对直流电机输出转矩进行调节,这样的转矩调节方法使电机机械特性斜率增大,电机机械特性变软,当突遇阻力时,电机转速变化大,位置传感器更容易检测,对突发情况更敏感,可以提高配线过程的安全性。控制器根据位置检测模块确定电缆在线槽内具体位置,根据式(3)可以计算得到拉线需要的牵引力,根据式(4)可以计算所需要的机械转矩,即为电机目标转矩。同时,由位置传感器得到电机实际转速,计算电机实际转矩,将两者的差值作为控制输入,控制调节电阻阻值。

控制系统可以通过控制舵机角度间接调节电阻阻值。舵机是一种位置伺服控制器,可以根据控制系统的需要输出保持角度。舵机控制简单,控制信号由接收机的通道进入信号调制芯片,获得直流偏置电压。它与舵机内部基准信号相比较,并将获得的直流偏置电压和电位器电压比较,获得电压差输出。最后,将电压差的正负输出到电机驱动芯片决定电机的正反转。当电机转速一定时,通过级联减速齿轮带动电位器旋转,使电压差为0,电机停止转动。因此,只需根据电阻值大小,确定舵机角度,就可通过单片机I/O口输出合适的脉冲,带动电阻箱旋转,获得相应电阻值。

### 5.4 控制器

控制器采用51系列单片机,单片机内置8051微处理器,程序存储器,数据存储器,看门狗,I/O口,定时/计数器,中断

系统,串口单元和可扩展单元,单片机包含运算功能、储存软件程序、保护功能、输出功能及通信功能等。

## 6 工装可行性分析

由于铁路客车对所用电缆有标准要求,当拉线强度大于电缆抗拉强度时,会破坏电缆的绝缘性,从而引起安全问题。根据《铁道客用电缆技术条件(V1.0)》要求,电缆分为标准壁厚电缆,小尺寸壁厚电缆和薄壁电缆三种。其中,标准壁厚电缆抗拉强度最低为8MPa,以其作为可行性分析模型。

以车端有四个电力连接器为例分析,客车按三线四线制布线,单根线槽内布有8根电缆,分别为相线6根,线径为120mm<sup>2</sup>,中性线2根,线径为50mm<sup>2</sup>。根据压力分别求各类电缆承受最大拉力,即

$$F=PS \quad (8)$$

式中, $F$ 为拉力; $P$ 为抗拉强度; $S$ 为线径。

计算相线抗拉强度为960N,中性线抗拉强度为400N。已知客车车体长度为25.2m,假设线槽长度为25.5m,查得相线单位密度为1.14kg/m,中性线密度0.47kg/m。胶皮和铸铁间动摩擦因数为0.4~0.6。由于在线槽端部添加滑石粉,取动摩擦因数为0.5。根据式(1)计算8根电缆全部在线槽内时质量为198.39kg,根据式(2)电缆受最大摩擦力为972.1N。由于作用力均匀作用在每根电缆上,单根电缆承受压力为121.5N。

根据以上计算,可以得到采用机器布线过程中电缆承受拉力远小于其抗拉强度,采用机器布线方法可行。

## 7 结语

论文设计了一种基于单片机的车下配线工装,实现了车下通线自动配线。该工装由单片机控制系统、牵引直流电机、转矩调节模块和位置检测模块组成,工装可以检测配线过程中突遇阻力,并停止配线,待人工解决卡线问题后恢复配线。文章对配线过程做了力学分析,阐述了工装的工作原理,验证了方法的可行性。

### 参考文献

- [1]汤蕴璆,罗应立,梁艳萍.电机学(第三版)[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [2]郭天祥.新概念51单片机C语言教程[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [3]张毅刚.MCS-51单片机应用设计[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2003.