

# Multi-Motor Synchronous Control in Optical Fiber Coiling System

Shuochun Feng

Equipment Development Department, The 46th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Tianjin, 300220, China

## Abstract

In the optical fiber coiling system, precision fiberizing and tension control is its key technology. The essence of this technology is to achieve consistent operation of the platform and spindle driven by the cable motor. Therefore, the way of this technical control is mainly to achieve consistent synchronization control of the motor speed. Optical fiber coiling system has a close relationship with motor control. With continuous research and development, the performance of optical fiber coiling system is constantly improving and perfecting, which has also contributed to the application and development of optical fiber gyros. In the following, this paper analyzes the multi-motor synchronous control in the optical fiber coiling system to gain an in-depth understanding.

## Keywords

optical fiber coiling system; multi-motor; synchronous control

## 光纤绕制系统中的多电机同步控制

冯硕春

中国电子科技集团公司第46研究所设备开发部, 中国·天津 300220

## 摘要

在光纤绕制系统中, 精密排纤和张力控制是其关键的技术, 这种技术的实质是实现排线电机所带动平台和主轴保持一致的同步运行, 因此, 这种技术控制的方式主要是进行电机转速的一致同步控制。光纤绕制系统和电机控制有着密切的关系, 随着不断的研究和发展, 光纤绕制系统性能也在不断提高和完善, 这对光纤陀螺应用和发展也产生了推动作用, 下面, 本文就针对光纤绕制系统中的多电机同步控制进行分析, 来对其进行深入的了解。

## 关键词

光纤绕制系统; 多电机; 同步控制

## 1 引言

光纤绕制系统主要应用在光纤环绕制机中, 光纤绕制机是进行光纤、绕组以及线圈制作的设备, 传统光纤环绕制主要采用人工的方式进行, 经过长期的研究, 在绕制领域逐渐的实现了全自动化的绕制, 这种光纤环全自动绕制对光纤陀螺发展产生了巨大的影响, 有效的提高了光纤陀螺精度以及生产的速度, 而光纤绕制系统是如何进行多电机的同步控制, 就是本文主要研究的内容。

## 2 光纤绕制系统概述

### 2.1 张力控制

光纤绕制中, 光纤排列精密的程度以及绕制中的光纤受

张力稳定的程度, 都会对光纤环绕制的精度以及效率产生很大的影响, 恒定张力的控制对光纤的特性和绕制层具有的均匀性会有影响, 其张力控制的系统发展也经历了三个阶段。使用机械结构来对张力实施控制, 比如, 使用“CTC”进行控制, 其就是一种具有平衡式的自动化补偿功能设备, 其中制动主要是依靠刹车带和制动轮之间的摩擦力进行具体实现的, 阻力矩也可以通过刹车弹簧的变形量进行有效的调节, 另外相应的电子元件也能够实现电控式的张力控制, 利用应变的传感器实现对张力的动态检测, 并及时将反馈信息传送至控制器内, 同时, 控制器把测量值与设定值进行比对, 从而根据比对结果进行相应的控制信号的发送和传输, 最终利用放大器的能力, 对电力实施精准的控制以及驱动。并能把张力固定在一定的范围内, 而这样的控制调节一般是借助了微处理

器作为其核心控制部件,并利用计算机和数字电路进行控制,使系统的复杂性得到进一步的稳定,完成了的系统可靠性的构建<sup>[1]</sup>。

## 2.2 精密排纤

光纤的环绕制主要是通过进行光纤张紧力的施加,并且有效的控制其松紧程度完成相应的调节,并对光纤环线圈内采取有效的降低,使绕制的光纤环处于相对均匀的排列状态,在工业排线的绕制过程中,一般来说都是由机械方式和伺服电机的排线等方式进行的,在机械排线的过程中,主要是依靠机械的凸轮完成相应的变速操作,在凸轮的使用过程中,应该按照设定的方式进行,并同时保证绕线轮半径以及宽度按照制定的参数进行设置,而电机的排线和材料的线径变化也要严格的遵守相应的标准进行。虽然对线轮的宽度限制并没有明确表明,但是应当注意的是在低速的状态下,步进电机的运行过程会出现不规则的抖动,进而影响排线结构稳定,严重的甚至对其造成一定的损害,而伺服电机则能够精准的进行跟踪,保持了系统的稳定性,也为高精度的作业要求创造了机械条件,但是其实现的成本相对较高。

## 3 电机同步控制概述

在动力系统的内部,能够实现对于多个电机的有效控制,并保证处于同步状态,同步的控制是由多个电机于各自驱动器控制下而具有的一种转动关系,实际的应用中,多电机的同步控制具有的关系主要有比例同步、完全同步以及动态同步。多电机的同步控制有机械总轴的同步以及电同步两种方式,在前一种的方式运用中,总轴要依靠较大的驱动设备来带动,并使用齿轮来实现柔性带的传动,另一种主要是借助控制器与控制算法来对多电机需要的转速、位置以及角度等,实现有效的控制反馈,从而实现电机同步的控制<sup>[2]</sup>。

多电机同步的协调控制主要有两种方式,一是交叉性耦合的同步控制,其次则是非交叉性耦合的同步控制,对于非交叉性耦合的同步控制,通常是指系统在运行的过程中,各电机的响应性能不会遭受到其它电机产生的影响,其电机间也呈现出一种具有独立运行关系的状态;对于交叉性耦合的同步控制来说,电机的运行动态性在多电机的控制系统内是会进行相互影响的,在非耦合同步的控制系统中,其转速的控制主要有多电机进行的控制,在非耦合性进行控制,即便

是能够通过控制的优化进一步提高设备与电机控制的精度,也不能消除客观存在的系统误差。

## 4 光纤环的绕制方式

无骨架光纤线圈在绕制完成后,拿出其骨架,再使用黏性胶对其实施固化,这就能够保证其形状并不会呈现出变化的情况,在缠绕的过程中,不仅仅要对光纤的自身特性实施充分的考虑,同时还要对其不同的温度内所呈现出稳定性进行严密的坚实,因此,这也对缠绕难度提出了更高的标准,如在具体的设施过程中,通常采取的方法有直接性缠绕,以及单极对称绕法,二极对称绕法甚至是八极对称绕法等<sup>[3]</sup>。

### 4.1 直接性缠绕法

这种直接性的缠绕方法进行缠绕是十分简单的,需要先将其光纤的一端,紧紧的靠近在骨架的内边缘位置,然后再沿着线轴实施逐层的缠绕,直至缠绕完成,其光纤轴向与径向温度在反生变化之后,它们之间影响就不能够抵消,并会累加于光纤环中,因此,其光纤环就受到其自身性质的改变,而产生一定的误差。

### 4.2 单极对称绕法

在运用单极对称绕法的时候,光纤的中点紧紧的贴在骨架壁实施缠绕,其光纤的前半端根据直接的绕法实施线圈内层的绕制,然后将其另一半的光纤借助同样的方式进行环圈外层的缠绕,这种缠绕的方式距离其中心点的距离比较近,而离两侧的光纤则比较远,对光纤中点远离的两端是紧紧排列的,较大的温度所产生的漂移就会受到有效的抑制,因此,也就降低了温度对其产生的影响,但是对于较小光纤段,其分别在线圈内外层,则温差就会比较大<sup>[4]</sup>。

### 4.3 二极对称绕法

这种方法主要是把一根光纤从其中点的位置处实施有效的等分,再把其光纤的两端分别的缠绕于两供线的轴上部位,从其中点的位置处开始让骨架的内壁保持紧贴缠绕,在第一层的抽绕环节,使用一供线进行,而第二层的缠绕再用另一个来进光纤的一端构成往往是奇数端,在这样的方法下依次更替进行缠绕,这种方法的重点就是其对称部分位置温度是不变的,能够在稳定的温度环境下,控制漂移的情况出现。

### 4.4 四极对称绕法

四极对称绕法主要是建立于二极的绕法上,来使用一个

供线轮于骨架上实施第一层方式的缠绕,在进行完成之后,再接着使用另一个供线轮实施第二层的缠绕,后再用此供线轮实施第三层的回绕,并接着第一个位置处的供线轮实施第四层的回绕,一个周期的绕制,包含有四层,在周期性绕制的过程中要保持其一致性,其第一层外的两个放线轮需要分别缠绕在两层的光纤上,从而实现一次交换处理。其中,双层对称的绕法时使用奇数层减去偶数层获得温度感应来进行的,其容易造成误差累加。四极绕法是使用奇数层与偶数层的交叉减,其误差并不是结果相加,温度的不同极其荣耀造成误差的出现。

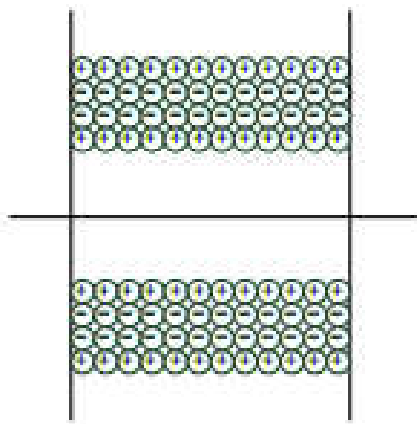


图1 四极对称绕法

#### 4.5 八级对称绕法

四级的对称绕法与反四极的对称绕法进行某种方式的排列,就构成了八级对称绕法,所谓反四极的绕法与四极绕法具有反向绕制关系,这种绕制方法相对复杂,两层之间容易发生交叉的情况出现,这就造成了应力奇点的增加,减弱了其减小热到非互易性优点,所以一般不推荐使用这种方法。

### 5 电机调速的方式

#### 5.1 主从同步控制

对于这种主从同步的控制方式来说,其主要是针对那些具有两个及以上的需要进行同步控制的对象采取的主要措施,其输入信号通常由其给定的转速进行设置,而主电动机的输出速度的相关信息被当作其电机输入的速度信号,并进行使用。这种同步控制的方式在一定范围内能够消除不同控制对象产生的误差,并实现对电机的实时信号跟踪,从而达到主从运动的有效控制。所以,对于主电机的速度等相关指令以及负载扰动等都可以得到电机的有效反馈和跟随性信息监测,

同时也能够忽视在信息反馈中出现的扰动,保证系统整体架构的稳定性<sup>[5]</sup>。

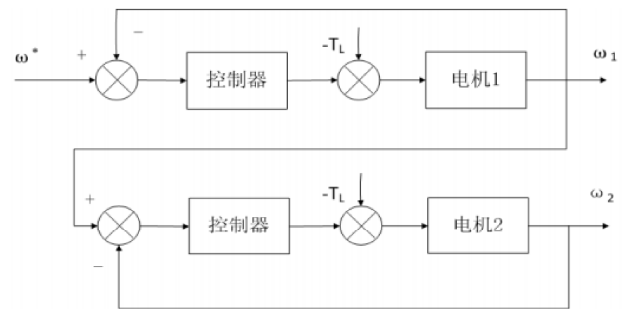


图2 主从同步控制

#### 5.2 交叉耦合控制

对于交叉耦合控制来说,主要是对多电机具有的控制系统内如果遭受到外界的干扰,而导致其各电机内系统的输出转速出现误差,而产生的一种同步闭环形式的控制方式,借助电机间所具有的一种耦合关系,来对其相对运动的信息参数进行有效的控制,从而实现对其同步的控制效果。两台电机的输出转速具有的信号进行实时的比较是这种方法的主要特点,将其得到的差值信号进行有效跟踪,从而能够根据信号的产生定位到指定电机的负载变化,实现控制的精准化,与主从的控制方式相比较,各个电机间的给定输入相关信号势必会造成其两电机间的同时响应,因此在启动和停止的控制中,具有较强的实时性,能够保持系统的精准控制<sup>[6]</sup>。

#### 5.3 偏差耦合控制

偏差耦合控制一般适用于具有多个控制对象的情况,这种控制方式是在交叉耦合的控制结构基础上进行的改进,提高了其应用的性能,同时使其实现对交叉耦合的控制限制的克服,提高控制的精度。这种偏差耦合的控制可以借助速度的补偿器的功能有效调配补偿值,偏差耦合的控制速度的补偿器所产生补偿值,其获取途径一般是一台电机速度反馈和另一台的电机速度产生的反馈差值和两台电机的转动惯量进行相乘操作而得到的,其作用是补偿各电动机间由于不同转动惯量而导致的速度误差。

### 6 结语

综上所述,光纤绕制系统能够实现对多电机的同步控制,为了促进其能够更好的得到应用,还需要对其进行不断的探

索和研究,完善和改进其功能,这也是其发展中需要一直重视的内容。

### 参考文献

- [1] 李力. 光纤绕制系统中的多电机同步控制 [D]. 中北大学, 2014.00023-00023.
- [2] 郭明明. 光纤环绕制电机控制策略研究 [D]. 中北大学, 2017.113-113.
- [3] 刘良检. 光纤绕环过程中的高精度张力控制 [D]. 哈尔滨工业大学, 2015.63-63.
- [4] 乔立军, 杨瑞峰, 张鹏, 等. 光纤环绕制中张力控制与高精度排线的研究 [J]. 科学技术与工程, 2016, 16(25): 272-277.
- [5] 王姣. 基于图像监控的光纤绕线机排线系统研究 [D]. 北方工业大学, 2017.00096-00096.
- [6] 郑雪井. 光纤缠绕变张力控制系统研究 [D]. 西安工业大学, 2014.52-52.