

一种机器人移动定位双电机消隙控制方法

Method of Anti-Backlash Control With Two Servo-motors for Positioning of Robot Base

中航工业北京航空制造工程研究所 高明辉 秦玉波

[摘要] 针对一种用于壁板类部件的机器人自动钻铆系统,对机器人移动定位控制技术进行了研究,提出了用于机器人移动定位控制的双电机消隙伺服驱动控制方法,并给出了实现方式和进行了试验验证,此项研究的控制方法也可扩展应用于其他大行程的移动定位系统。

关键词: 机器人 移动定位 双电机消隙

[ABSTRACT] Aimed at a robot automatic drilling and riveting system used for panel components of aircraft, a method of anti-backlash control with two servo-motors is proposed. And some experiments are carried out and verifies the method. Other positioning systems with large distance can use this method.

Keywords: Robot Positioning Anti-backlash with two servo-motors

随着现代飞机设计的发展,飞机装配也向数字化、柔性化、自动化和集成化方向发展,机器人自动钻铆系统作为一种高柔性、低成本的自动化装备,能够完成对飞机部件的钻铆加工,大型客机等大型飞机的部件尺寸大,工艺要求加工过程均采用部件不动加工机床移动的工作方式。机器人随底座在导轨上往复运动,实现对部件上不同位置的加工。这种长距离的运动,通常通过电机经过齿轮齿条来驱动。齿隙是齿轮传动过程中不可避免的一种非线性因素,严重影响系统动态性能和稳态精度。在设备高速运动的情况下,驱动系统的传动间隙对系统性能的影响将更加突出,可能造成系统的震荡而无法工作,严重时甚至会损坏设备的结构。因此,在设备的研制和生产中,必须考虑传动间隙的消除方法^[1]。

传统消隙方法采用机械方法,机械方法方便但精度不高,机械方法会使结构复杂且不适合大功率情况,本文提出一种用于机器人移动定位控制的双电机消隙伺服驱动控制方法,并给出了实现方式和进行了试验验证,此项研究的控制方法也可扩展应用于其他大行程的移动定位系统。

1 机器人双电机消隙移动定位系统构成及原理

1.1 机器人双电机消隙移动定位系统构成

机器人移动平台由机器人底座、导轨、大齿轮(齿条)和伺服电机驱动的小齿轮构成。2个尺寸相同的小齿轮一前一后驱动机器人平台,实现其沿导轨方向的移动定位;2套完全一样的伺服驱动器、伺服电机、减速器带动小齿轮分别贴紧在大齿轮的相反啮合面上驱动机器人平台移动。

1.2 机器人双电机消隙移动定位控制原理

利用伺服控制电路使伺服控制系统在启动和换向的过程中,2套完全一样的伺服驱动器、伺服电机、减速器、输出小齿轮分别贴紧在大齿轮的相反啮合面上,使大齿轮受到夹紧力矩,不能在齿隙间摆动,从而达到消除齿轮间隙的目的。传动简图如图2所示。

消隙系统工作时,双电机(电机A和电机B)的输出转矩、驱动负载的合成转矩与速度调节器输出的转矩指令之间的关系如图1所示。

系统传动过程分3种状态:

(1)静止状态: A电机输出转矩为 T_0 , B电机输出转矩为 $-T_0$,合成转矩为0,系统处于张紧消隙状态;

(2)运动状态: 当转矩 $0 < T_{CMD} < 2T_0$ 时, A电机输出正向转矩 T_1 , B电机输出反向转矩 T_2 ,若 $T_1 > T_2$,系统按A电机的驱动方向运动, B电机提供消隙转矩; 当 $T_{CMD} > 2T_0$ 时, A电机和B电机均输出一个方向的转矩,此时B电机越过齿间隙,共同驱动负载。

(3)换向状态: 若换向前 $T_{CMD} > 2T_0$ 时,减小转矩,当 $0 < T_{CMD} < 2T_0$ 时,此时B电机越过齿间隙提供消隙转矩; 当转矩 $0 > T_{CMD} > -2T_0$ 时,系统按B电机的驱动方向运动实现换向, A电机提供消隙转矩,当 $T_{CMD} < 2T_0$ 时, B电机和A电机均输出一个按B方向的转矩,此时A电机越过齿间隙,共同驱动负载。

2 双电机消隙控制技术

2.1 双电机消隙控制技术研究

由前面的原理分析,实现消隙控制的关键是设置合适的静止时消隙转矩 T_0 ,能够自动的在轻载期间张紧间隙,电动机在相反方向提供转矩来保持齿条在张紧或压缩状态。在重载期间,自动拉开在间隙另一侧的电动机,使两个电动机共同负担负载。这在大加速期间特别重要,允许2个电动机共同加速负载。它要求用一半的电

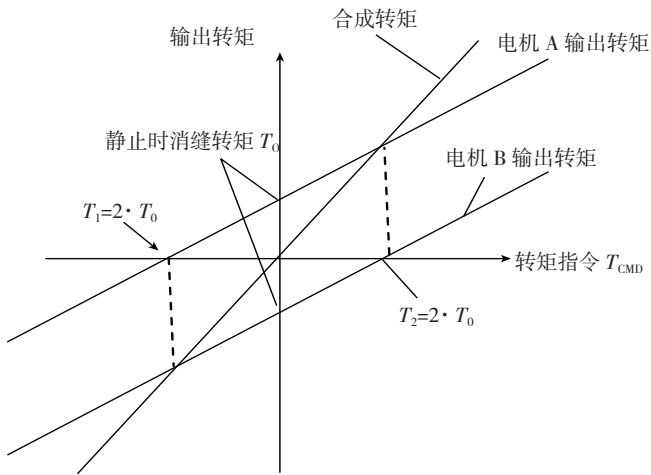


图1 消隙系统转矩关系

Fig.1 Torques relationship of anti-backlash system

动机容量来获得一定水平的加速度或抵御扰动转矩,好比电动机不共享负载时那样。在加速结束时,负载自然减小,返回到电动机通过间隙使齿条再一次保持张紧或压缩状态^[2]。

传统的消隙控制系统采用主从控制方式,这种控制方式如果在一个方向上使用,可以通过速度环来消除扰动;由于主从驱动器之间没有实现电流共享,如果扰动来自2个方向,且扰动大于偏转力矩时,系统就可能出现一个齿隙的间隙。如果采用图4所示的消隙控制方式就可以消除这种扰动带来的影响。PI均衡调节器(K_p+K_i/S)保证2个环的输出相等(除了 I_{BIAS} 引起的差别)。均衡调节器驱动2个PI速度环输出之差为0,保证2个环彼此之间不打架。如果2个PI速度调节器输出的和大于 I_{BIAS} , I_{Cl} 由负变为正。当它发生时,驱动器1翻转方向并帮助驱动器2。同样,当2个PI速度调节器输出的和大于 $-I_{BIAS}$ 时,驱动器2翻转方向并帮助驱动器1。在两种情况下,当负载减小时,PI速度环输出之和变成低于 I_{BIAS} ,该系统又保持在张紧或压缩状态。

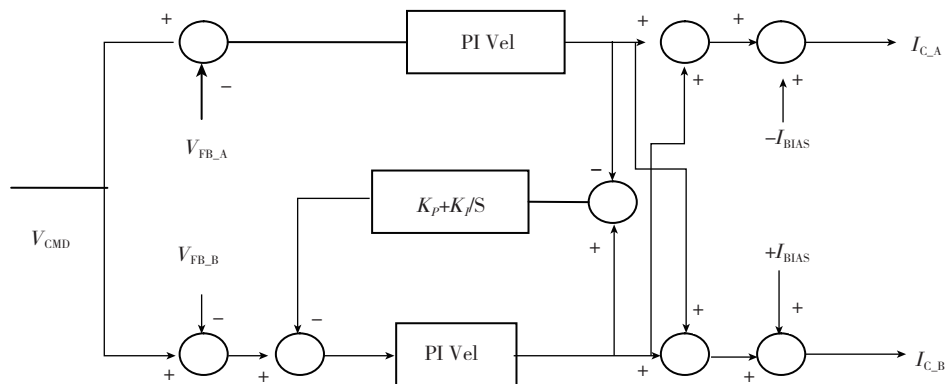


图2 消隙控制机理

Fig.2 Principle of anti-backlash control system

KOLLMORGEN 的 S700 伺服驱动器的 RDP 功能可以满足消隙控制的技术要求。由于 DRP 提供两个积分速度环,当齿条张紧时,来自另一方向的负载由电动机的全部转矩来抵御。RDP 确保当两个驱动器的速度指令有一点不同时两个速度环彼此间不打架,例如当 A/D 转换器的偏置有点误差时。没有这个特点,2 个速度环在相反方向上通常会切断,因为两个积分环如果指令有一点不同,但确实强迫有相同的速度。这样,一个速度环的结构不能满足,直到该环饱和。

RDP 的功能是:允许实际上任何运动控制器象控制单电机那样控制两个小齿轮电动机;

在轻载时消除间隙;允许两个电机共同分担负载,即使在大加速期间也可以;支持 2 个积分速度环,彼此之间不打架;当电动机越过间隙时保持平滑的控制,避免齿轮冲击。

2.2 双电机消隙控制技术实现

(1) 选择使能(Enable)模式。

如图 3 所示,当配置驱动器为“fault Disable Other Drive”时,2 个 RDP 驱动器的 Enable 通过 2 个驱动器的 BTB/RTO 串联接线。它能防止另一个驱动器故障时一个驱动器被 Enable。如果失败可能引起非故障驱动器以全速飞车。

(2) 控制器与驱动器的信号连接。

连接来自控制器的速度指令到 A 驱动器的模拟量给定 1。模拟量给定 1 对应驱动器变量 ANIN1。为了减少噪音,要求适当的屏蔽,滤波和接地。以图 4 所示的差动模式连接指令信号。驱动器 A 的输出 ANOUT1 连接到驱动器 B 的信号给定输入。驱动器之间的电流指令信号必须共享。

3 双电机消隙试验研究

3.1 驱动系统参数配置

分别配置 2 个驱动器的参数, Analog Inputs 类型;

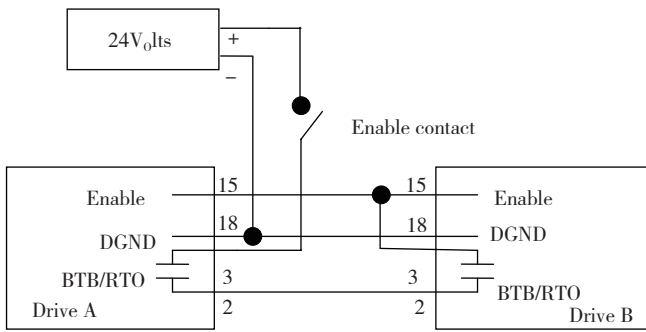


图3 使能控制模式
Fig.3 Enable control mode

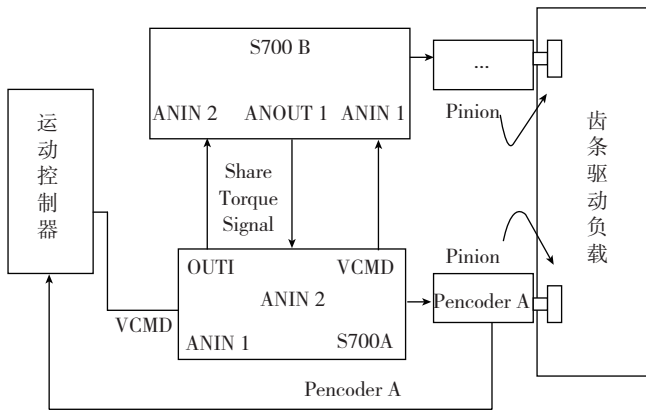


图4 驱动控制架构
Fig.4 Servo control architecture

Analog Input1 和 Analog Input2 的 offset ; Current Scale 和 Velocity Scale ; Analog Output1。在 Terminal 中设置 RDP 参数: RDP、RDPKI、RDPKP、RDPCLAMP、RDPBIAS。

3.2 参数测试

在不同的 RDPBIAS 参数下,静止时给使能,测量的

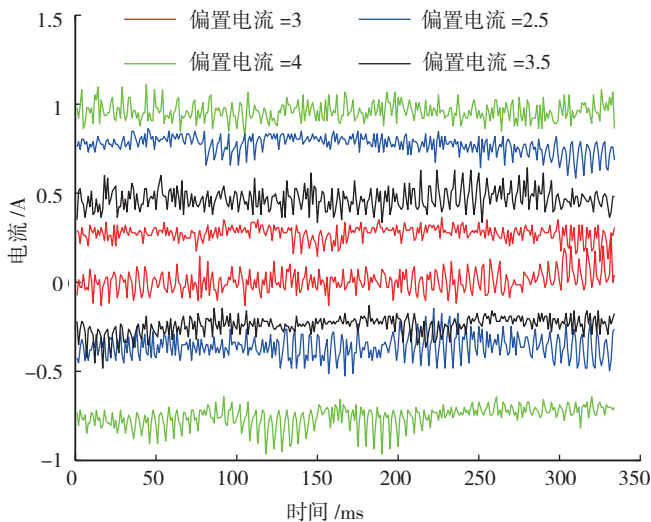


图5 不同RDPBIAS静止时的电流变化曲线
Fig.5 Curves of different RDPBIAS current at a standstill

电流曲线结果如图 5 所示。

从图 7 中可以看出,2.5 时, Master 的 RDPBIAS 为正,但实际电流为负; Slave 的 RDPBIAS 为负,但实际电流为正。在 RDPBIAS= ± 3 时, Master 的电流在 0 附近; Slave 的电流在 0.3A 左右,电流方向还是跟 RDPBIAS 设置的方向不一致。RDPBIAS 参数为 3.5 时可以看出, Master 和 Slave 的电流方向和 RDPBIAS 的符号一致,其值大小适中。当 RDPBIAS= ± 4 时,其消除电流较大。当 RDPBIAS= ± 0.1、1、2 时,电机的电流很大,其中 0.1 时达到 3.2A,因此,并没有采集其电流变化图像。

根据在静止情况下给使能的测试结果,主要针对 3、3.5、4 这三组参数进行运动状态电流参数测试。

在 3 时,平稳运行时电流最大 4A,而静止时电流过于小,偏转力矩太小,消除效果不明显;在 4 时,静止时电流 1A 左右,偏转力矩过于大;在 3.5 时,运行和静止时电流都合适。

3.3 回程间隙测试

采用百分表固定在底座上,测量单电机往返运动和双电机消除情况下往返运动的回程间隙,结果见表 1。从表中结果可以看出,采用本消除控制方法可以使平台定位和换向控制精度提高一个数量级,消除效果明显。

表1 回程间隙测量 mm

测量方式	由东换向西		由西换向东	
	东	西	西	东
单电机误差	0.18	-0.14	0.28	-0.035
单电机误差	0.16	-0.09	0.22	-0.035
双电机消除误差	0.01	-0.01	0.01	-0.01
双电机消除误差	0.01	-0.01	0.01	-0.01

4 结论

本文针对机器人装配系统,研究了机器人双电机消除移动定位控制技术,论述了双电机消除移动定位系统构成、消除实现方法、试验结果分析,采用双电机消除控制方法,可以使机器人回程间隙的控制精度提高一个数量级,在移动定位过程中不必随时标定机器人的移动定位精度,从而使整个系统的控制流程简化,提高自动化装配效率。本文论述的控制方法也可适用于多种飞机装配设备的机器人移动控制。

参考文献

- [1] 薛汉杰. 双电机驱动消除技术及其在数控设备中的应用. 航空制造技术, 2009(17):84-89
- [2] 程登元. 一种双电机消除伺服系统. 雷达科学与技术, 2009(5):392-394.

(责编 亿霖)