

基于 Motion CPU 的子午线轮胎冠带缠绕系统

崔伟杰

(中航工业北京航空制造工程研究所, 北京 100024)

摘要:介绍一种基于 Motion CPU 的子午线轮胎冠带缠绕系统, 提出直线插补、恒速和同步启动 3 种冠带缠绕控制方案。分别介绍了 3 种方案的原理和程序实现方式, 并对 3 种方案的优缺点进行分析, 结合实际生产对冠带缠绕的精度和效率的要求, 给出最优方案。实践证明, 同步启动控制方案兼顾了效率和精度, 在不影响生产效率的情况下可满足轮胎对冠带缠绕精度的要求, 保证了轮胎整体对均匀性及动平衡性的要求。

关键词:子午线轮胎; 冠带缠绕; 直线插补控制; 恒速控制; 同步启动控制

中图分类号:TQ330.4⁺93; TQ336.1 **文献标志码:**B **文章编号:**1000-890X(2014)08-0496-03

随着汽车工业及高速公路的迅速发展, 对子午线轮胎的各项性能要求更高。而轮胎的高性能必须建立在良好的均匀性和动平衡性的基础上, 均匀性不仅影响乘坐舒适性, 还会影响轮胎的使用寿命、异常损耗以及耗油量^[1]。

目前我国生产的半钢子午线轮胎冠带缠绕机主要靠引进国外的缠绕机和使用国内简易缠绕机。国内的冠带缠绕机存在的主要问题一是缠绕控制精度不高, 冠带条重叠宽度和搭接长度波动较大, 同一断面肩部两侧不对称, 影响胎坯的质量均匀性; 二是缠绕过程中无张力控制, 导致缠绕速度不均匀, 同一条轮胎缠绕松紧不一致, 从而导致轮胎均匀性和动平衡性不合格^[2]。本文提出 3 种冠带缠绕控制方案, 通过对比方案原理和程序实现, 分析 3 种方案的优缺点, 并结合实际生产对冠带缠绕的精度和效率要求给出最优方案。

1 冠带缠绕原理

汽车高速行驶时轮胎始终处于滚动交变变形过程中, 钢丝帘线头可能划破胶料产生裂口, 这些裂口会随着轮胎的使用逐渐增大, 最终引起轮胎带束层脱层。为解决此问题, 通常在钢丝带束层上覆盖冠带层, 以保证带束层在高形变、高应力下的整体性, 从而降低轮胎发生灾难性破坏的危险。

作者简介:崔伟杰(1982—), 男, 山东青岛人, 中航工业北京航空制造工程研究所工程师, 硕士, 主要从事子午线轮胎一次法成型机的设计和调试工作。

半钢子午线轮胎的冠带层一般有两种形式: 一种是传统形式, 即将全宽度的帘布沿轮胎周向包绕到带束层上, 其缺点是包绕后会形成一个接头(接缝), 接头处仍然存在发生爆裂的危险; 另一种是将窄帘布条沿轮胎周向螺旋缠绕到钢丝带束层上, 这种方法从根本上保证了冠带层的强度, 消除了发生带束层爆裂的可能。缠绕式无接头冠带层轮胎的高速性能、耐久性能、均匀性和平衡性能均较好, 因而被越来越多的轮胎生产企业采用^[3]。

冠带缠绕要求冠带在辅助鼓上按设定的缠绕间距进行多圈缠绕, 缠绕方式以 S 型缠绕为主, 如图 1 所示, 从辅助鼓中心 A 点向左缠绕到 B 点, 然后反向缠绕到辅助鼓的另一端 D 点, 再反向缠绕到辅助鼓中心, 要求 E 点与 A 点刚好对接。一般要求冠带条并排缠绕, 即冠带条之间既不允许搭接也不允许有间隙, 并且对缠绕过程中的冠带张力有比较严格的要求。

2 系统介绍

PCR1624 轮胎成型机伺服系统采用三菱 Q 系列运动控制器 Q173H 和 MR-J3-B 型伺服放大器, Q173H 与 PLC CPU Q06H 构成多 CPU 系

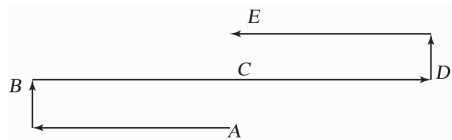


图 1 冠带缠绕方式示意

统。用 Q173H 实现复杂的伺服控制,以此来分散 Q06H 控制处理的工作负荷,实现高速、高效的复杂应用。伺服系统结构如图 2 所示。

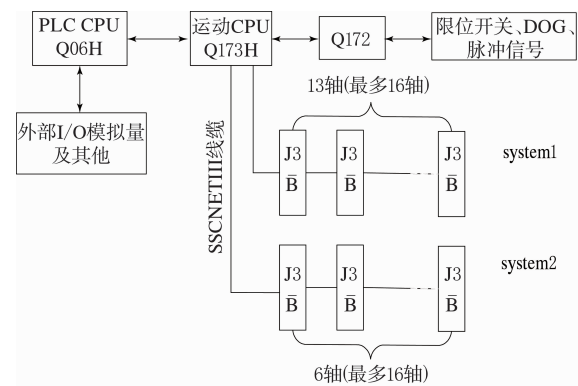


图 2 PCR1624 轮胎成型机伺服系统结构示意图

Q06H 与 Q173H CPU 之间采用 Q-bus 高速总线通讯方式,Q173H 与伺服放大器之间采用 SSCNETIII 高速光纤网络通讯。

软件采用 MT-Developer SV22 集成软件(运动控制器端)和 GX-Developer 软件(PLC 端)编程。控制程序结构如图 3 所示。

GX-Developer 用于定义自动刷新区域、伺服调用接口处理和数据预处理等。

MT-Developer SV22 用于系统设定、参数设定、伺服程序编写和机械系统结构程序编写等。

3 冠带缠绕方案

3.1 直线插补控制

插补是机床数控系统依据一定的方式控制执

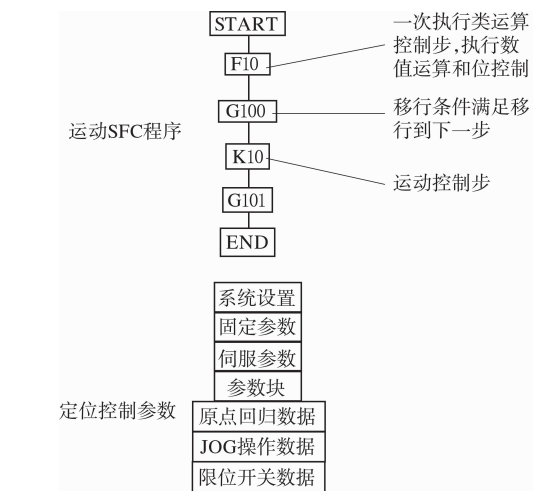


图 3 控制程序结构示意图

行部件运动,进而产生零件轮廓的过程。插补的实质是在所需路径或轮廓上的两个已知点间,根据某一数学函数确定其中多个中间点的位置坐标值^[4]。插补的任务就是根据进给速度的要求,完成轮廓起点和终点间中间点的坐标值计算^[5]。

两轴插补控制只需设置两轴的进给距离或位置,系统可以实现从两轴的加速启动到两轴减速停止的任意时间点上两根轴的速度匹配。定位速度的设置主要有合成速度、长轴基准指定以及参考轴基准指定 3 种方法。实际的加减速时间与速度的设置方法相关,由合成轴的加、减速度,长轴或者参考轴的加、减速度决定。

两轴插补控制方式的优点是精度高,但由于两轴插补控制在 S 型冠带缠绕方式的缠绕过程中有两处反向定位,因此实际控制方式为三段式两轴插补控制。在整个缠绕过程中有两次停顿,即在第 1 段插补到终点的时候辅助鼓和冠带平移电动机都会减速停止,然后加速启动开始第 2 段缠绕,在频繁的减速和加速过程中冠带条的张力易发生变化,从而降低缠绕效率,并且产生缠绕系统的不连贯。

3.2 恒速控制

冠带条张力不均主要由辅助鼓的启停造成,为了使辅助鼓在缠绕过程中连续旋转,需要使用恒速控制。

恒速控制是以指定的定位方式和定位速度执行到通过一次启动预先设定的经过点的定位。由于恒速控制可以保证始终以设定的速度执行定位,并且经过点可以设置为行程方向改变的地址,恰好符合 S 型冠带缠绕方式的轨迹控制,可以将 S 形轨迹的每个转折点设置成经过点,在 S 形轨迹的第 1 段设置辅助鼓和平移电动机以一定的速度定位,到达转折点以后,第 2 段设置速度不变,平移的定位方向反向,实现辅鼓无停顿缠绕。程序流程如图 4 所示。

恒速控制的优点是可以达到辅助鼓缠绕过程中不停顿,并且精度较高,但在冠带平移换向过程中有零点时刻,此时由于合成速度是固定的,整个速度的分量施加到辅助鼓上,导致在换向过程中辅助鼓转速会有一个明显的提升,假设合成速度为 v ,冠带平移速度与合成速度的夹角为 α ,正常

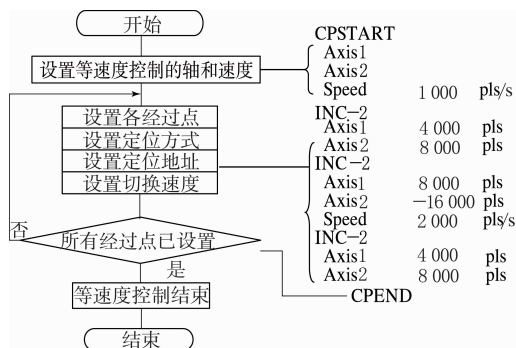


图4 恒速控制程序流程示意

情况下冠带平移速度分量为 $v\cos\alpha$, 辅助鼓转速分量为 $v\sin\alpha$, 当冠带速度变为零的瞬间, 辅助鼓的转速达到 v 的转速, 导致辅助鼓转速提升。

这样的速度提升易导致冠带张力不均匀, 并且在两轴等速控制的过程中, 一轴在换向的过程中不进行加减速处理, 过高的缠绕速度会出现伺服错误警告。对于换向过程的转速提升, 解决方法是在换向过程中将辅助鼓的转速重新赋值, 将合成速度变为辅助鼓的分量, 而换向后再将合成速度赋值为原来的 v , 由于赋值过程伴随速度改变, 而加减速过快又影响启动时的加减速速度, 使得辅助鼓在启动过程中不够平滑。

3.3 同步启动控制

为了解决两轴等速度控制出现的新问题, 考虑采用同步启动控制。同步启动控制是指同时启动指定的几个伺服程序, 启动后每根轴的控制通过指定的伺服程序进行, 辅助鼓以正常的一轴定位控制, 冠带条由于行程分3段控制, 考虑采用一轴等速度转速控制。辅助鼓以一个恒定的速度运行, 冠带平移轨迹为S形, 在换向过程中单独设定较小的加减速时间, 保证换向过程时间较短, 以确保缠绕精度。由于同步启动几个伺服程序后, 各个伺服程序实际是互相独立的, 因此各轴的速度匹配、加速时间及加速曲线等问题需要自行匹配, 通过合理的加速时间和加速曲线的设定, 保证两根轴在任何时间点的速度相匹配。速度的匹配需要考虑加速段的速度匹配问题, 三菱系统的加速时间是指从开始加速到速度限制值的时间, 而不是加速到实际转速值的时间, 因此要保证两根轴任意时刻速度匹配, 需要保证两轴加速时间的比例和最高转速限制的比例相同, 并且保证所选的加速曲线平滑率相

同。加速曲线平滑率越大, 启动越平滑, 但是平滑率过大容易造成启动缓慢, 从而产生部件反应迟钝的感觉, 因此应按实际情况在满足要求的情况下选择加速曲线平滑率相对较小的较为合适。同步启动控制在程序启动后, 两个独立的程序按照各自设定的参数启动运行, 互相没有关联。辅助鼓采用一轴的定位控制, 冠带平移采用一轴的恒速控制。

冠带平移分为3段, 为达到快速反向的目的, 中间反向过程中的加减速时间设置较小, 与开始启动和正常缠绕结束的加减速速度不同, 因此在缠绕过程中若出现暂停, 不能用简单的再启动命令, 由于两根轴以不同的减速度减速, 会导致停止位置的偏差。对于中间暂停的处理要实行统一快速停止指令, 以保证加减速速度匹配, 停止位置精确。

4 实际应用

PCR1624 轮胎成型机的冠带缠绕系统首次在厂家调试采用两轴直线插补控制, 缠绕精度很高, 但是效率较低, 恒速控制虽然提高了缠绕速度, 但是由于缠绕过程中的张力变化较大使得轮胎的均匀性不合格。同步控制综合考虑了以上两种方案的优缺点, 既保证了缠绕精度, 又满足了厂家对缠绕效率的要求, 最终得到了用户的认可。

5 结语

冠带缠绕作为轮胎成型机中耗时较长的工序, 需要不断提高速度, 从而提高设备的整体运行效率, 同时冠带缠绕对精度有较高的要求, 需要在速度和精度之间达到较好的平衡, 同步启动控制正是基于平衡这两方面需求的一种方案。

参考文献:

- [1] 鲍旭清. 提高半钢子午线轮胎均匀性的措施[J]. 轮胎工业, 2005, 25(4): 230-235.
- [2] 王玉秋, 梁继霞. 新型窄冠带缠绕机的研制[J]. 橡胶科技市场, 2008(3): 22-23.
- [3] 崔寿日, 朱坤方, 陈征峰. 半钢子午线轮胎冠带层缠绕机的改造[J]. 轮胎工业, 2009, 29(11): 692-694.
- [4] 方石银. CNC系统逐点比较直线插补的新算法[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2010(2): 123-125.
- [5] 李恩林. 数控系统插补原理通论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008. 1-2.