

* 文章编号:1000-5811(2008)04-0092-04

切纸机传动工艺分析

郝鹏飞, 康家玉

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要:分析了切纸机的传动工艺过程,从机械减速比设计和电气角度分析了各主要因素对切纸精度的影响,并对变频控制和伺服控制两种技术方案进行了精度计算.结果表明,变频控制不能满足切纸机切纸精度要求,只有采用伺服控制才能够保证切纸精度,同时给出了采用伺服控制的两种实用可行的技术方案.

关键词:切纸精度; 传动工艺; 伺服控制

中图分类号:TS734. +7; TS736

文献标识码:A

0 引言

切纸机传动系统不仅要求速度同步,还要求切纸精度,而在速度同步的同时还要求相位相同,因此切纸机对传动系统的要求高于纸机传动系统.目前国内没有大型的专业生产切纸机的企业,国产的切纸机存在速度低、幅宽窄、精度低等问题,高速、宽幅度切纸机大都为进口设备.本文对切纸机传动系统的工艺过程及传动系统设计进行了分析研究.

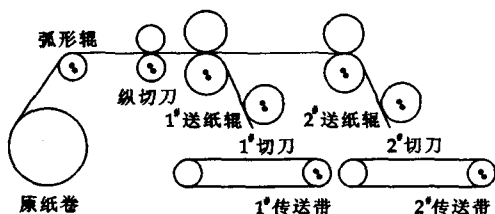


图1 切纸机传动分布示意图

号送纸辊,进入2号切刀切纸^[1].

切纸机传动系统设计包括两个部分,即传动机械减速比设计和传动系统设计,影响切纸机精度的因素很多,所以在设计中需要充分考虑各部分对切纸精度的影响,下面以一个普通双刀切纸机为例进行分析.双刀切纸机工作过程如图1所示,原纸卷经过弧形辊之后进入纵切机构,纵切机构对纸页按照生产所需要的规格进行纵向切割,分切后的纸页经过1号送纸辊后一部分下行进入1号切刀切纸,一部分到达2号送纸辊,进入2号切刀切纸^[1].

1 传动系统机械减速比设计及其对切纸精度的影响

1.1 送纸辊机械减速比设计

设切纸机工作最大车速为 V_{\max} (m/min),舒展辊、1#送纸辊、2#送纸辊要求与车速同步,所以最大工作速度就是最大车速 V_{\max} . 1#与2#送纸辊辊径相同,所以减速比相同,设送纸辊机械减速比为 i ,直径为 D ,电机采用四极电机,转速为 $n_0 = 1500$ r/min,则

$$V = \frac{n}{i} \times \pi D \Rightarrow i = \frac{n_0 \pi D}{V_{\max}} \quad (1)$$

1.2 切纸刀机械减速比设计

设切纸长度为 L ,切纸刀每旋转一圈切一张纸.纸页经过切纸刀的速度就是送纸辊送纸速度 V ,设切纸刀电机转速为 n ,减速比为 i ,则切刀每分钟切纸页数量为:

* 收稿日期:2008-05-09

作者简介:郝鹏飞(1974-),男,陕西省绥德县人,工程师,研究方向:电力电子与电气传动

$$m = \frac{n}{i} \quad (2)$$

$$V = Lm \quad (3)$$

所以切纸刀减速比为:

$$i = \frac{nL}{V} \quad (4)$$

切纸长度是变化的,长度在 $L_{\min} \sim L_{\max}$ 之间. 根据式(4)可以得出

$$\frac{n_0 L_{\min}}{V_{\max}} < i < \frac{n_0 L_{\max}}{V_{\min}}$$

1.3 切纸刀减速比对切纸精度的影响

切纸机的精度主要取决于切纸刀的速度控制精度,速度给定从宏观上看是连续的给定量,但从微观上看却是阶跃变化的,取决于 A/D 精度或设计精度. 如 ABB 变频器采用通讯给定的精度为 1/10 000,那么这就是切纸刀的速度控制给定精度. 设给定转速精度为 Δn , 根据式(2), 每分钟切纸数量变化为:

$$\Delta m = \frac{\Delta n}{i} \quad (5)$$

则切纸精度:

$$\Delta L = \frac{\Delta m(L + \Delta L)}{m + \Delta m} \quad (6)$$

由于 $\Delta m \ll m, \Delta L \ll L$, 由式(5)、式(6)可以推出:

$$\Delta L = \frac{\Delta m L}{m} = \frac{\Delta n L}{im} = \frac{\Delta n L^2}{iV} \quad (7)$$

由此可以看出,切纸机精度与切纸机工作速度 V 、切长 L 、减速比 i 及传动精度有关系,减速比越大越有利于提高切纸精度. 另外,一般切纸机工作在最小切长上的时间都比较短,可以充分利用调速系统转速允许超过额定转速的特点适当选择减速比.

2 变频与伺服方案分析

从传动产品的角度看,切纸机传动可以采用变频传动控制或交流伺服控制,交流伺服控制的成本大大高于交流变频传动,下面就对这两种方案进行分析.

2.1 变频调速方案分析

目前,市场上一般高性能的矢量变频器说明书上都标有编码器闭环稳态精度为 0.01%,编码器闭环动态精度为 0.1%. 变频器通讯数字给定精度一般为 10 000 对应 50 Hz,所以给定精度为 0.005 Hz.

如四极电机的额定同步转速为 1 500 r/min, 稳态精度为 0.15 r/min, 动态精度为 1.5 r/min, 给定精度为 0.15 r/min, 所以给定误差等于稳态误差.

切纸机精度与送纸辊传动精度、切纸刀传动精度、切长 L 、工作速度 V 都有关系,切长越大、工作速度越低,误差也越大,所以只要其能够满足大切长、低速度要求,则高速时一定可以满足要求. 下面以 3150/120 切纸机为例进行分析. 切纸机参数:净纸宽度 3 150 mm,设计车速 120 m/min,最大工作车速 120 m/min,切纸长度 530~1 380 mm,送纸辊直径为 400 mm,送纸辊减速度比为 16,切刀减速比为 12,切纸精度 ± 0.5 mm. 我们分析工作速度为 30 m/min,切长为 1 300 mm 的工作点.

2.1.1 切纸刀变频传动对切纸精度的分析

由式(7)可以得出稳态精度为

$$\Delta L = \frac{\Delta n_0 L^2}{iV} = \frac{0.15 \times 1\,300^2}{12 \times 30 \times 1\,000} = 0.704 \text{ (mm)}$$

动态精度为

$$\Delta L = \frac{\Delta n_0 L^2}{iV} = \frac{1.5 \times 1\,300^2}{12 \times 30 \times 1\,000} = 7.04 \text{ (mm)}$$

所以,稳态精度、动态精度都不满足切纸精度的要求.

2.1.2 送纸辊变频传动对切纸精度的分析

由式(3)得

$$\Delta L = \frac{\Delta V}{m} = \frac{\Delta VL}{V} \quad (8)$$

由式(1)、式(8)得

$$\Delta L = \frac{\Delta n L}{n} \quad (9)$$

工作速度为 30 m/min,切长为 1 300 mm 时的稳态精度为:

$$\Delta L = \frac{\Delta n L}{n} = \frac{4\Delta n_0 L}{n_0} = 4 \times 0.01 \% \times 1\,300 = 0.52 \text{ mm}$$

动态精度为:

$$\Delta L = \frac{\Delta n L}{n} = \frac{4\Delta n_0 L}{n_0} = 4 \times 0.1 \% \times 1\,300 = 5.2 \text{ mm}$$

由上面的分析可以得出结论,送纸辊、切纸刀都采用变频控制的方案不能满足切纸精度的要求.需要注意的是,送纸辊精度的分析是在单纯变频控制时的精度分析,如果在送纸辊到切纸刀另加位置闭环,则该结论不成立.

2.2 伺服控制方案分析

交流伺服电机一般都采用高分辨率的编码器(13 位、16 位、17 位),提高了位置控制精度,交流伺服一般控制精度都可以达到八千分之一转以上(13 位编码器),其给定可以采用脉冲给定方式,给定脉冲频率一般为 0~450 kHz,外部给定精度为 2/1 000 000,而且交流伺服内部还有倍频功能,可以进一步提高精度,所以在切纸机控制中完全可以忽略给定与控制精度对切纸精度的影响.

通过以上分析可以得出,采用变频传动控制的技术方案不能满足切纸机控制的要求,应该采用交流伺服传动的技术方案.

3 切纸机传动技术方案

切纸机传动由弧形辊、纵切刀、传送带、送纸辊和切刀组成,由图 1 可以看出,弧形辊主要作用是舒展纸页,防止起皱,所以其速度与纸页同步或略快;纵切刀一般需要比纸速快 1.2 倍左右;传送带主要是带动切好的成品纸页,形成纸垛,所以这 4 个传动点控制要求比较低,可以采用变频传动开环控制方式,与主传动形成速度链式的速差控制,满足控制要求.

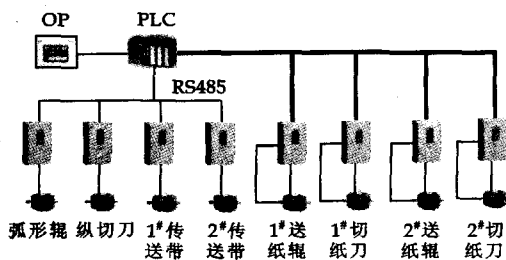


图 2 切纸机控制系统结构图

切纸机基本控制系统结构如图 2 所示,PLC 与变频器之间采用 RS485 通讯方式,对切纸机的操作控制通过触摸屏来实现^[3].

切纸机的送纸辊与切刀之间的控制实际上是高精度的速比控制,我们只需要控制切长在误差范围之内就可以了,而不是像印刷机中需要精确的位置控制.为此送纸辊和切纸刀的控制可以采用两种控制方案:一种是送纸辊采用变频传动,切纸刀采用伺服传动,这种技术方案成本比较

较低,主要是充分利用交流伺服的功能,但是有许多公司伺服控制器不支持;另外一种方案是送纸辊、切纸刀均采用伺服传动^[4].

在切纸机控制中对交流伺服都采用位置指令作为给定输入,一般伺服单元数字频率的给定如图 3 所示,可以用 PLC 给定或跟踪编码器信号,控制给定信号的频率就可以控制电机的速度,所以 PLC 要选择具有高速脉冲频率输出的 PLC,最好选择专门用于伺服定位控制的 PLC,如永宏 FBS-44MN.

永宏 PLC 与伺服的控制连接如图 4 所示,PLC 输出两路脉冲信号作为伺服控制的给定,给定频率为

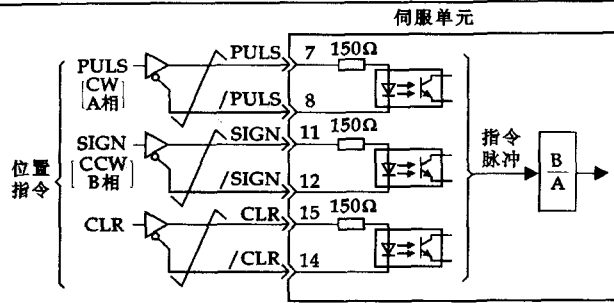


图 3 交流伺服位置指令输入流程

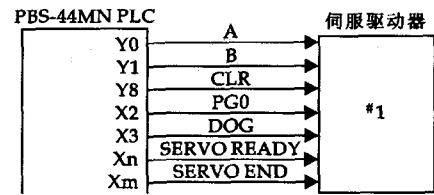


图 4 PLC 与伺服的控制连接

0~460 kHz,永宏 FBS-44MN 具有 8 路高速脉冲频率信号输出,可以控制 4 台交流伺服控制器,送纸辊和切纸刀给定都由 PLC 给出,送纸辊之间和切纸刀的速度比控制在 PLC 内部,由 PLC 计算出各点数字频率输出^[5]。

交流伺服内部一般都有高精度的电子齿轮比设定,一般分辨率可以达到 1/65 535,并可以通过通讯来改变电子齿轮比分子 B 调节速度比,所以送纸辊为变频器的方案将是送纸辊电机编码器信号作为伺服的给定,切刀伺服跟踪送纸辊电机,由 PLC 改变电子齿轮比从而实现速度比控制,进而达到调节切长的控制,但是有些伺服控制器不支持在线修改电子齿轮比。

4 结束语

由以上分析可知,只有采用这两种伺服控制方案才可以满足切纸精度的要求。另外影响切纸机切纸精度还有机械死区、间隙等因素,为此机械设计应尽量采用紧密连接。机械死区、间隙等因素也可以通过电气控制去解决,但系统会更加复杂,难度更高。

参考文献

- [1] 李天利,郝鹏飞.高速切纸机中纸张搭结的分析与控制[J].陕西科技大学学报,2003,(6):110-112.
- [2] 王素娥,郝鹏飞,高承雍.高性能变频器在纸机传动系统中的应用[J].西北轻工业学院学报,2000,(3):14-16.
- [3] 王素娥,郝鹏飞.纸机传动系统的现状及发展趋势[J].中国造纸,2007,(1):52-54.
- [4] 郝鹏飞,王素娥,许德玉.切纸机分布传动过程控制系统[J].西北轻工业学报,2000,(3):54-59.
- [5] 张楚清.高速切纸机控制系统介绍[J].中国造纸,2005,(11):71,72.

ANALYSIS OF CUTTER MACHINE DRIVING TECHNOLOGY PROCESS

HAO Peng-fei, KANG Jia-yu

(School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: In this paper, driving technology process of cutter machine is analyzed. Major factors influencing paper cutting precision are introduced from mechanical reduction ratio and electrical. And it is carried on the accuracy computation to the frequency conversion control and the servo-control. It is obtained that the frequency conversion control can't satisfy paper cutting accuracy requirement. Simultaneously two kinds of practical and feasible technical programs of servo-control are obtained.

Key words: paper cutting precision; driving technology process; servo-control