

文章编号 :1009-038X(2000)04-0389-04

多色卷筒印刷套准精度及自动控制系统^①

钱军浩

(无锡轻工大学计算科学与信息传播系,江苏无锡 214036)

摘 要 :分析了多色卷筒印刷机在印刷过程中造成套准误差的原因,指出张力变化是导致套印不准的主要因素,提出了在高速印刷时通过张力变化得到套准误差补偿的新思路,并运用多步预测、反复滚动优化的复合预测方法,对印刷机自动套准控制系统进行了创新设计.

关键词 :多色卷筒印刷 张力 ;自动套准控制 ;创新设计

中图分类号 :TS802.3 ;TS803.6

文献标识码 :A

System of Positive Registration of Multi-Color Web Printing

QIAN Jun-hao

(Department of Computer and Information communication, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract : This paper mainly analyses the factors and causes of multi-color registration errors caused during Multi-Color Web Press Printing(MCWP), and suggests that the slack or over-tight web tension of the web is one of the most important factors which lead to mis-registration. It points out a new thinking that ensures registration. Errors can be corrected through changing the web tension in the course of high-speed printing. In addition, it recommends adopting Error Predication Improved Dynamic Matrix(EPIDM) control to exercise predication and feed back control over the automatic registration-control system of MCWP. In this way, it carries out an innovatory design on some structures of positive registration of whole MCWP.

Key words : multi-color web print ; web tension ; automatic control of registration accurately ; creative design

在多色轮转式印刷机中,套印要求是第一位的,如果套印不准,就不可能进行多色印刷工作,因为它不仅影响着高质量印刷层次、画面清晰度和精细度、产品档次,而且对后续的模切、折页乃至自动包装工艺的准确性都起着极其重要的作用.现今印刷机都向多色、高效、自动化方向发展,因此自动检测与控制套准误差在当代印刷领域中显得尤为重要.而国内目前尚缺乏成熟的自动套准控制系统,亟待研制开发,为此,作者提出了一种新型多色卷

筒材料印刷套印控制的方法.

1 影响套准精度因素的分析

影响印刷套色不准的因素主要有 :机器制造误差与结构不合理 ;印刷工艺条件变化 ;材料特性不稳定 ;温、湿度影响 ;张力变化等.从这些因素看,以材料特性变化、张力不稳定引起的误差最明显.而且,在探讨消除套印误差的办法时,也可看出通过改变张力来消除套印误差是最有效也是最易实施

① 收稿日期 :1999-11-16 修订日期 :2000-03-04.

作者简介 :钱军浩(1969-),男,江苏丹阳人,工学硕士,讲师.

的.其他因素有的属于系统误差,而有的通过改进可以得到部分弥补,但不能从根本上完全消除,因此作者通过控制张力着手研究.

2 张力与套印不准的关系

为了保证印刷时套准正常,对张力进行适时控制是必要和有效的.现有文献中提及张力这一概念时,常常叙述为“保持印刷过程中张力的精确一致”,这一提法显然不尽合理.研究证明,送纸张力能在印刷前适度改善纸的状况,送纸张力越大,进入印刷时,纸卷越易得到改善,纸就越均匀,此时的控制即常说的“张力控制”,即通过控制使纸带保持最佳工艺张力.但是,当第一色印刷好以后情况就发生了变化,进行多色印刷时,为了保证套准精度,应使单位时间内各机组之间通过的纸带长度相等,此时所要控制的纸带张力,可称之为二级张力控制(一级为解卷、印刷、收卷过程中维持的张力),这是本论文所述方案的前提.

要适时改变辊间张力以达到消除误差的目的,首先须定性分析出张力与套印不准的关系.文献[1]提出了第一色与第 K 色之间套印不准与纸带张力变化的函数关系,但此类关系都是非线性的,离实践中真正利用张力控制套印还有距离.为便于分析,根据弹性理论,当印刷材料受一张力 T 作用时,其在张力方向的伸长 δ 与所受张力 T 有如下关系:

$$\delta = LT / (AE) \tag{1}$$

式中, L 为材料的长度, A 为材料的截面面积, E 为弹性模量.

3 改变幅材张力方式

3.1 调节辊摆动式

见图 1. 其工作原理为,将检测信号送入自动套准装置电子控制台,经独立的数控电路运算处理后,发出补偿调整信号,控制调整电机驱动补偿调节辊摆动,从而调整印刷单元间路径和张力,达到校正误差的目的.

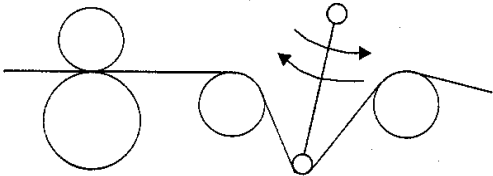


图 1 调节辊摆动式原理

Fig. 1 Principle on swing of adjustable roller

目前用此种方式的印刷机较多,如日本产 FX 系列凹印机中 IC-470、T-520 型套准控制系统等.此种调节方式,摆动辊质量应尽量减轻,以减少频繁摆动过程中的惯性,否则会因惯性而带来调节误差,并且频繁的来回摆动,势必带来纸带波动,导致印刷状态的不稳定.

3.2 改变调节辊的速度

此为作者提出的方案.以纸带为例,考虑到纸带张力的精确控制,首先以纸带张力为对象建立其动态数学模型,其次从张力检测机构至调节电机间,建立其完整的数学模型.文献[3]对纸带张力的数学模型进行了一定的推导,得到了纸带张力与速度改变的关系,但结果都以非线性形式表示,在工程应用中显得较不方便.

为了研究和应用上的方便,首先做一些基本假设:纸带是线性弹性材料,其弹性模量是一常数(实际有变化);纸带与导向辊之间无相对滑动;在印刷过程中,纸张的含水量不变;纸带与辊子接触的一段很短时间内纸带张力没有变化;纸带拉伸变形是一定的,也就是说,由于拉伸造成的横截面积的减少可以忽略不计.这样建立过程模型,见图 2.

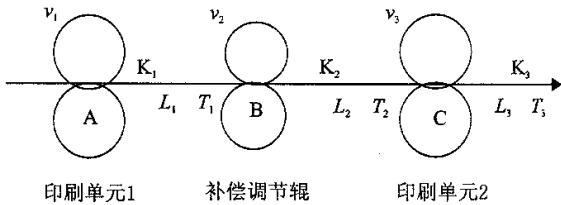


图 2 纸带张力的模型

Fig. 2 The model of the web tension

设定常量 ϵ 为单位长度上受单位拉力后纸带的伸长量,那么图中 K_2 区域上,受 T_2 的拉力后,伸量为 $\delta = T_2 \epsilon$.

$$L_2 = L_{02} (1 + \delta) \tag{2}$$

式中: L_{02} 为未拉伸时纸带长度.由式(2)得

$$L_{02} = L_2 / (1 + T_2 \epsilon) \tag{3}$$

(3)式两边对时间求导得

$$\frac{dL_{02}}{dt} = - \frac{L_2 \cdot \epsilon}{(1 + T_2 \epsilon)^2} \cdot \frac{dT_2}{dt} \tag{4}$$

假定在机器运行时,未拉伸状态下进入 K_2 区域的纸带长为 L_1 ,输出区域 K_2 的纸带长度为 L_2 ,则 $\frac{dL_{02}}{dt} = \frac{dL_1}{dt} - \frac{dL_2}{dt} = \dot{L}_1 - \dot{L}_2$.

由前面假设知,由于忽略了纸带表面的滑动,所以纸带的速度等于辊子表面的速度.即有

$$\begin{cases} \dot{L}_1 = \frac{v_1}{1+T_1\epsilon} \\ \dot{L}_2 = \frac{v_2}{1+T_2\epsilon} \end{cases} \quad (5)$$

则由式(4),(5)得

$$\begin{aligned} [\dot{L}_1 - \dot{L}_2] &= -\frac{L_2 \cdot \epsilon}{(1+T_2\epsilon)^2} \cdot \frac{dT_2}{dt}, \\ \frac{dT_2}{dt} &= -\left(\frac{V_1}{(1+T_1\epsilon)} - \frac{v_2}{(1+T_2\epsilon)}\right) \cdot \frac{(1+T_2\epsilon)^2}{L_2 \cdot \epsilon} \end{aligned} \quad (6)$$

在上面的分析中,认为 K_2 区间是不变的。
在本论文讨论的二级张力控制系统中,靠调节辊的速度控制张力,也就是改变模型中 B 辊速度 v_2 ,在起始条件下,设 $v_1 = v_2$,现改变 B 辊的速度 v_2 ,使其相对 v_i 有一个增量 Δ 。

在理想状态下, v_2 的改变并不影响 v_1 和 T_1 ,由前面分析已知

$$\begin{aligned} \frac{dT_2}{dt} &= -(\dot{L}_1 - \dot{L}_2) \frac{(1+T_2\epsilon)^2}{L_2\epsilon}. \\ \text{由于 } \dot{L}_1 &\text{ 是一个常量 } (v_1, T_1 \text{ 不变}), \text{ 所以 } \dot{L}_1 = \frac{v_1}{T_1\epsilon + 1} \text{ 不变, 因而得} \end{aligned}$$

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{v_2}{L_2\epsilon} (1+T_2\epsilon) - \frac{v_1}{1+T_1\epsilon} \cdot \frac{(1+T_2\epsilon)^2}{L_2\epsilon} \quad (7)$$

解微分方程(7),可求得 T_2 值

$$T_2 = \frac{1}{\epsilon} \left\{ \frac{1}{\left(\frac{\Delta}{1+T_1\epsilon} \cdot \frac{v_1}{v_2} \right) e^{-\frac{v_2}{L_2}t} + \frac{\dot{L}_1}{v_2}} - 1 \right\} \quad (8)$$

由(8)式看到:当 $t \gg \frac{L_2}{v_2}$ 时,张力渐近于稳定,此时

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{1}{\epsilon} \left\{ \frac{1}{\left(\frac{\Delta}{1+T_1\epsilon} \cdot \frac{v_1}{v_2} \right) e^{-\frac{v_2}{L_2}t} + \frac{\dot{L}_1}{V_2}} - 1 \right\} \approx \\ \frac{1}{\epsilon} \left[\frac{v_2}{\dot{L}_1(1+\Delta)} - 1 \right] &= \\ \frac{1}{\epsilon} \left[\frac{v_2(1+\Delta)}{\dot{L}_1(1+\Delta)^2} - 1 \right] &\approx \\ \frac{1}{\epsilon} \left[\frac{v_2(1+\Delta)}{\dot{L}_1} - 1 \right] &= \\ \frac{1}{\epsilon} \left[\frac{v_1(1+\Delta)(1+T_1\epsilon)(1+\Delta)}{v_1} - 1 \right] &\approx \\ \frac{1}{\epsilon} (T_1\epsilon + \Delta + \Delta T_1\epsilon) &\approx T_2 + \frac{\Delta}{\epsilon} = T_{20} + \frac{\Delta}{\epsilon} \end{aligned}$$

至此,得出了当调节辊有一个速度增量 Δ 时,进入印刷状态之前纸带张力有一个 Δ/ϵ 的变化量。

纸带张力的改变可以看作为惯性环节^[2,3],即

$$\text{万方数据}(s) = \frac{k}{\tau s + 1} \quad (9)$$

前面通过假设得到了张力环节的增益 $k = \Delta/\epsilon$,实际过程中,张力值的改变有一个滞后时间,因而(10)式中 τ 有明确的物理意义:

$$\tau = \frac{k_2}{v_2} \quad (10)$$

至此,得到了纸带张力传递函数式(11):

$$T(s) = \frac{\Delta/\epsilon}{k_2/v_2 + 1} \quad (11)$$

4 控制方法的选择

解决套准误差的张力控制系统是一个较复杂的控制系统,各种确定的、不确定的因素都将引起张力的变化,如卷径、加速度和材料本身参数等各种动态变化,使得张力值很难达到一定的控制精度。但是,目前采用的闭环控制系统张力调节器,其参数都是固定的(如有的文献提出的“现代调节器”或日本 IC-470 型套准控制系统采用的 PID 调节机构),因而无法适应张力控制系统中存在时变参数的问题,使得控制系统出现了偏差。

针对以上情况,作者提出了预测与反馈相结合控制的新方案,即误差预测改进的 DMC 算法(EPIDMC 法)^[5],应用于张力控制系统,从而达到张力精确控制的目的。

该预测控制采用多步预测、反复滚动优化的算法,具有建模简化、鲁棒性强的显著优点。预测控制的效果和鲁棒性与预测精度密切相关。现在采用的各种预测控制算法、预测输出都是基于对象的数学模型,没有考虑到建模误差和对象不确定性的影响,随着预测长度的增加,建模误差和对象不确定性将使预测误差变得很大,从而影响到预测控制的效能。因此,必须尽量提高预测模型的预测精度。

建模误差和对象的不确定性,控制对象和数学模型存在差异,称为模型失配(Model-Plant Mismatch, 简称 MPM)。为了克服 MPM 的影响,采用一个复合预测模型代替一般的 DMC 预测模型。该模型由两部分组成,一是原有的 DMC 预测模型;二是利用原预测模型与实际输出误差的过去信息,通过在线辨识建立的预测误差的模型(PEM),对未来预测误差进行预测。这两者之和即为新的复合预测模型。复合预测模型考虑了 MPM 带来的预测误差,且能通过在线辨识不断提高模型精度,因此基于复合预测模型的改进 DMC 算法与原 DMC 算法相比,对 MPM 有较好的鲁棒性,可改善控制性能。

因为误差预测模型可以在线辨识,DMC 算法的结构要相应地调整。在 DMC 算法中,反馈校正

用最新的输出误差值来校正未来输出的预测值,新的算法保留了这个步骤.

该方法首先用 AR 模型建立预测误差模型,然后建立复合预测模型,并利用输出误差预测改进的动态矩阵控制算法(Error Prediction Improved Dynamic Matrix Control,简称 EPIDMC),使反馈校正用最新的输出误差值校正未来输出的预测值,另外还根据模型预测误差值,进行误差 AR 模型的在线辨识,使其逼近预测误差,从而对套准误差进行实时控制.

5 控制系统的模型建立

所要建立的数学模型是卷筒类机构及控制系统的模型,通过这一模型的建立,将定量地分析系统的结构及参数,为控制参数确定提供依据. 张力控制系统的结构如图 3 所示.

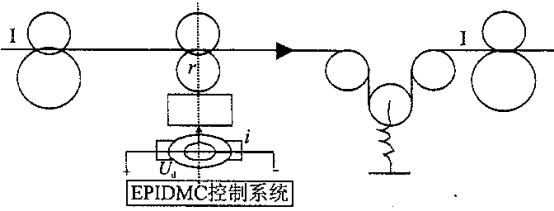


图 3 自动张力控制原理

Fig.3 Principle of automatic control of the web tension

检测信号送入自动套准装置电子控制系统,经数控电路运算处理后,发出补偿调整信号,使控制电路电压变化,调整电机电流,驱使补偿调节辊速度的改变,调节印刷单元间幅状材料的张力,从而校正套印误差.

6 自动套准控制器系统

结合前述内容综合分析并进行创新设计,图 4 是自动套准控制器系统框图. 其工作原理简述如下:在印刷过程中,扫描头监视印刷品上的套印检测标记,使光电倍增管的光量发生变化,光量变化转换为电流变化,输出一个电流脉冲,主副脉冲之间的时间差(相位差),即代表两色之间的套印误差,如果两者同步,表明无套印误差,套印准确;如果副脉冲信号超前或滞后,则表明存在套印误差,主副脉冲时间差越大,则套印误差也越大. 示波器件用于检测脉冲信号,可以在显示屏上显示脉冲的形状. 计算机系统用于输入数据,设置或改变脉冲的水平和垂直位置及其周期,调出各种印刷数据及修改、输入新的数据. 另外可依照 EPIDMC 算法流

程和套准控制函数算法流程,对预测控制、反馈校正、参数改变等进行程序设计或修改,使主机既作为前端完成控制对象的数据采集和直接控制,又能进行辨识和预测控制.

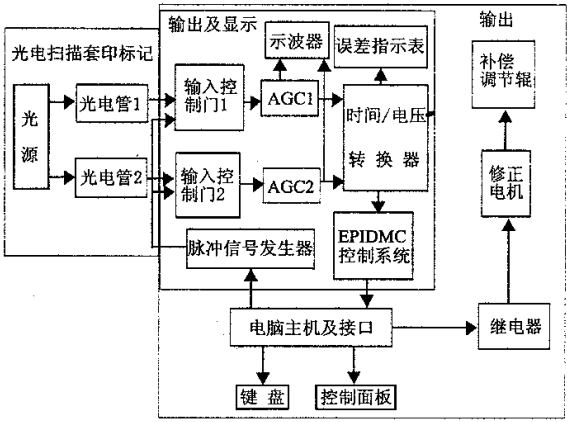


图 4 自动套准控制系统

Fig.4 Automatic registration control system

补偿调整用电动机是带有减速器和制动器的伺服电机,由它驱动补偿调节辊. 为了保证调节辊的表面线速度与印刷速度一致,在主传动装置上装上一个脉冲编码器,此脉冲信号送到控制回路,经过运算后变成印刷信号,由此控制调节辊驱动电机的转速,使调节辊表面线速度与主机速度一致;其次,纸带在运行过程中,当发生套准误差时,为了进行修正,适时控制调节辊的转速,使纸带张力发生变化,从而调节印刷单元之间卷筒材料的长度,校正套印误差.

7 结 语

围绕消除套准误差这一问题,本文提出:对于出现的纵向套准误差,可用相应改变张力的办法解决,借助于变速装置调节中间驱动辊的速度,调节经过印刷机组间的幅材长度或改变幅材的行进速度. 这一设想,与日本 IC-470(T-520)型套准控制系统不同. 作者认为,移动调节辊的装置为微分机构,印刷时调节辊机构作跳跃式摆动,其惯性较大,且带来幅卷带的波动,另外还带来了两辊间包角的变化和走纸路径的变化. 因此,控制环节中就会有其他不利因素产生. 而本文提出的方案在一定程度上减少了这些不利因素,且该线性控制方式简单实用,灵敏性好. 同时,采用预测与反馈相结合的综合控制算法,克服了传统反馈控制中存在的调节器参数固定及预测控制中存在的非输入输出因果关系等缺点,具有跟踪性能好、算法简单、易于实现等优点(下转第 417 页)

点. 该新型自动套准控制系统方案, 客观地反映了多色卷筒类印刷机的工作规律, 为我国包装印刷领域向多色、高效、自动化方向发展提供了借鉴.

参考文献

- [1] [苏] C·N·瓦尔塔尼杨 著. 胶印过程的自动化问题[M]. 王诚华译. 北京 印刷工业出版社, 1982.
- [2] [苏] B·B·卡所克维齐 著. 印刷过程的自动控制系统[M]. 王诚华译. 北京 印刷工业出版社, 1984.
- [3] [苏] A·A·丘林 著, 自动印刷机[M]. 汪泰临, 谢普南译. 北京 印刷工业出版社, 1987.
- [4] JOE STRADER. Mechanical requirements for controlling register[J]. *High Volum Printing*, 1992(4) : 12~36.
- [5] 席裕庚. 预测控制[M]. 北京 国防工业出版社, 1991.
- [6] LINNEN H, LINDQVIST U. Runnabilty characteristics of web - fed press[J]. *Advance in printing Science and Technology*, 1993(18) : 4~20.

(责任编辑: 秦和平)