

同步 传动系统

沈洪勋 杨公源 陈振翼 等编

纺织工业出版社

A decorative border at the bottom of the cover, consisting of a series of stylized, overlapping arches or waves in shades of blue and black, set against a light green background.

同步传动系统

沈洪勋 杨公源 陈振翼 等编

纺织工业出版社

(京) 新登字037号

内 容 提 要

本书在总结了染整设备直流同步传动设计经验的基础上,推导出完整的同步设计理论,对共电源直流同步系统的设计具有较大的指导作用。书中还对国外不同类型的染整设备的电气传动系统作了较详细的分析,并介绍了同步系统的调试和故障处理的常用方法。本书理论结合实践,概念清楚,可供染整机械的设计、使用和维修人员学习参考。

同步传动系统

沈洪勋 杨公源 陈振业 等编

*

纺织工业出版社出版发行

(北京东直门南大街4号)

电话: 4662932 邮编: 100027

纺织工业出版社印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32 印张: 9 4/32 插页: 1 字数: 291千字

1992年9月 第一版第一次印刷

印数: 1—3,000 定价: 8.40元

ISBN 7-5064-0781-7/TS·0739

序 言

国产棉印染联合机自1954年起就开始采用一部分少单元的直流同步调速传动系统，而由纺织机械部门自行设计的直流同步系统于1971年才开始应用于生产。通过54型、65型、71型和74型印染机历次的实践和以后进一步的研究，对同步系统设计理论的探索已日益完善。目前印染设备的主要制造厂的电气人员已基本上能运用成熟的同步理论来指导多单元同步调速系统的设计，并取得成功。但仍有不少主机厂的设计人员和使用厂的维护人员对共电源调磁同步系统的设计理论尚缺乏正确的认识，对多单元联合机同步调试中出现的问题往往缺少解决的对策，甚至对现有的设计方案存在许多模糊或错误的概念。为此，本书作者在总结20多年来对直流同步系统设计经验的基础上，系统地论述了同步运行的基本理论，推荐了独创的优化设计方法，并对引进染整设备中的典型直流同步系统作了详细的分析，为设计、调试、使用和维修提供了有力的依据。本书的特点是内容切合实际、物理概念清楚、对电路的分析较完整，不失为一本较为实用的参考资料。它是到目前为止有关直流同步系统的唯一较全面的参考书。它与纺织工业出版社出版的《纺织用电机》、《张力控制系统》和《变频调速》等书一起，可作为纺织机械电气传动技术的一套基础读物。

本书第一、二章和附录由纺织工业部北京纺织机械研究所沈洪勋撰写，第三、四章由天津纺织工学院杨公源、陈素波合编，第五章由陈振翼、沈乃财合写，第六章由陈振翼撰

写，第七章由陈效邦、陈振翼合编，全书由沈洪勋负责审校并整理成册。由于编者水平有限，书中难免有误，希望广大读者提出批评指正。

编 者

1990年8月1日

目 录

第一章 同步传动的基本概念	(1)
第一节 联合机同步传动的含义和要求.....	(1)
第二节 同步传动的基本方案.....	(6)
第二章 调磁同步系统设计理论	(26)
第一节 标么化的速度方程式.....	(26)
第二节 同步方程式.....	(29)
第三节 同步条件的分析.....	(31)
第四节 同步系数 c 值的最佳选择.....	(37)
第五节 同步设计工具曲线.....	(48)
第六节 同步系统设计程序.....	(53)
第七节 关于磁场电路的设计.....	(55)
第八节 共电源升压器同步系统的设计.....	(56)
第九节 联合机的制动.....	(58)
第十节 关于直流调磁同步系统中若干问题的说明.....	(67)
第三章 同步系统的动态分析与设计	(75)
第一节 调磁同步系统.....	(76)
第二节 调压同步系统.....	(90)
第三节 动态过程中松紧架位移的估算.....	(100)
第四章 PERBLE圆形堆布式连续漂白机	
同步传动系统的线路分析.....	(114)
第一节 概述.....	(114)
第二节 公共电枢电源电路.....	(117)
第三节 调磁同步系统.....	(147)

第五章	短环烘干拉幅定型机直流调速系统	(163)
第一节	工艺及传动系统概况	(163)
第二节	拉幅定型机中的“电轴”系统 及其自控环节	(168)
第三节	三相变流装置控制电路原理分析	(177)
第四节	单相变流装置控制电路分析	(195)
第五节	系统中的其他控制环节	(205)
第六章	DORNIER丝光机和圆网印花机	
	电气线路分析	(218)
第一节	德国DORNIER丝光机	(218)
第二节	圆网印花机传动系统	(229)
第七章	同步系统的调试和维护	(241)
第一节	印染联合机调试方法简介	(241)
第二节	常见故障处理	(255)
附录 I	静态同步设计的图算法	(262)
附录 II	新旧电气图用图形符号对照表	(278)

第一章 同步传动的基本概念

第一节 联合机同步传动的 含义和要求

一、同步的含义

在电机学中，同步是指交流电动机的转子速度与定子绕组所产生的旋转磁场的速度完全一致而言，因而有同步电动机和异步电动机之分。但在电气传动中，同步是指分部传动的联合机中各从动机的线速度始终向主令机看齐的意思。实际上同步传动乃是协调运行的一种狭义的解释。在织物或纤维的连续加工过程中，根据工艺上不同的要求，希望各单元机在给定的速度下以一定的速度关系保持协调运行。协调运行的速度关系有以下三种类型：

1. 紧式加工 这种加工方式适用于一般的棉布和涤棉织物的染整工艺。紧式是指织物在加工过程中容许承受一定限度的张力。由于织物属于弹性体，在一定张力下加工时总有伸长，因此严格讲，各单元机的线速度并不完全相等。但因现代的多单元分部传动系统已能实现低张力的传动，而且在加工过程中经过干和湿以及冷和热的处理还会产生收缩现象，因此总的伸长现象可以忽略不计，即使略有残余的伸长，在同步调节系统中也能自动获得速度补偿。在此假设下可认为各单元的线速度完全相等，即同步运行。此时

$$v_1 = v_2 = v_3 = \dots$$

2. 松式加工 这种加工方式适用于中长纤维织物和针织物的染整工艺。它要求织物在处理过程中,特别是在烘干和热定型过程中完全处于松弛状态以获得仿毛型的手感。由于在松式加工中,织物一般没有轧点的握持,因此能自由收缩。在此情况下,每一单元机的进布速度必须略大于出布速度(即超喂),才能使织物不承受张力。于是有

$$v_1 > v_2 > v_3 > \dots$$

上式也可写成

$$k_1 v_1 = k_2 v_2 = k_3 v_3 = \dots$$

此处 $k_1 < k_2 < k_3 < \dots$

若令 σ 为织物的收缩率,则

$$\sigma_1 = \frac{\Delta v_1}{v_1} = \frac{v_1 - v_{1-1}}{v_1} = 1 - \frac{v_{1-1}}{v_1} = 1 - \frac{k_1}{k_{1-1}}$$

影响收缩率的因素很多,它随织物的材料、温度的变化、染液的化学性质和机械状态的不同而异,一般很难事先确定。为了适应收缩率的变化,在松式加工设备中一般都采用可调的超喂机构进行手动微调作为同步的辅助调节。

3. 定拉伸加工 这种加工方式主要用于合成纤维的后处理工艺和帘子线的浸胶工艺。它要求丝束以固定的拉伸倍数进行拉伸以达到所需的纤度特数。拉伸是藉单元机的输出速度大于输入速度来实现的,因此各单元机的线速度应满足以下关系:

$$v_1 < v_2 < v_3 < \dots$$

上式可写成

$$k_1 v_1 = k_2 v_2 = k_3 v_3 = \dots$$

此处 $k_1 > k_2 > k_3 \dots\dots$

若令 δ 为拉伸率, 则

$$\delta_i = \frac{\Delta v_i}{v_i} = \frac{v_{i+1} - v_i}{v_i} = \frac{k_i}{k_{i+1}} - 1$$

或拉伸倍数为

$$\delta_i + 1 = \frac{k_i}{k_{i+1}}$$

拉伸倍数是根据工艺要求事先给定的, 因此各单元机的速比便能确定。

上述三种运行方式均称为协调运行, 其普遍的速度关系可用下式表示:

$$k_1 v_1 = k_2 v_2 = k_3 v_3 = \dots\dots$$

若 $k_i > k_{i+1}$, 则为牵伸加工; 若 $k_i < k_{i+1}$, 则为松式加工; 若 $k_i = k_{i+1}$, 则为同步运行。可见同步仅是协调运行的一个特例。

二、同步运行的要求

协调运行的三种方式虽然要求不同, 但有一共同的原则, 即各单元机的速度必须保持一固定的关系, 因此协调运行的控制原则就是在给定的主令速度下自动调节各从动电动机的速度来保持这固定的关系。为了满足此要求, 速度调节系统必须是无差调速系统。因为即使速度的最终值与目标值有极微小的误差存在, 则随着时间的积分, 织物的长度将出现累计误差, 结果必然造成织物拉断或堆积, 这是不允许的。各单元机之间的速度关系不仅要求在一种速度下保持不变, 而且在联合机所有的工作速度范围内均须保持不变, 另

外，不仅在稳定运行条件下，而且在动态过渡过程中也必须保持协调运行，这些就是调速系统的设计原则。

要实现无差调节，调速系统中必须至少有一个积分环节，这个积分环节的构成在三种协调运行方式中也各不相同。在传统的紧式加工同步传动中这个积分的功能由松紧架来完成。其调节辊随着织物的松紧而摆动或上下移动，形成位移。位移的大小是相邻两个单元机速差的积分，即 $\Delta S = \int (v_2 - v_1) dt$ 。因此只要有速差存在，调节辊将继续移动，其位移通过传感元件转换成相应的电气信号，进行自动调速使误差消除，直到速差完全消除，调节辊才静止而进入稳定运行状态。

在松式加工中，虽然各单元的线速度并不相等，但这些速度差异大多是在单元机内部通过超喂来形成的，而对相邻两个单元机而言，后一单元的出布速与前一单元的进布速仍然应满足同步的关系，因此仍能通过松紧架实现无差调节。但由于松式加工不允许织物承受松紧架调节辊的重量所引起的初始张力，因此不能采用紧式加工中的导辊式松紧架，一般常采用织物自重所形成的垂环，通过光电来自动调节。因其原理与松紧架相同，故俗称光电松紧架。可见松式的协调运行实质上也属于同步系统，因而习惯上常称为松式同步系统，其设计原则与紧式同步并无根本差别。

对于定拉伸加工而言，应分两种情况来考虑：一种是拉伸倍数在单元机内部通过长边轴传动而形成。此种情况与松式加工中的超喂相类似，所以单元机之间仍然可作为同步传动来考虑，例如涤纶短丝的后处理设备就属于此种类型。另一种是拉伸倍数在两个独立传动的相邻单元之间形成，拉伸

比由两台电动机的速度来控制。由于各单元机的线速度完全不同，所以在相邻两单元之间不能采用松紧架调节，而必须采用其他措施以实现无差调节。常用的有两种方法：一种是在直流电动机的传动系统中采用双闭环控制，通过PI调节器可构成一两阶的积分环节；另一种是直流电动机采用开环运行而通过自整角机和差动齿轮组成的速差积分装置以及伺服机构来实现无差调节。但后者由于系统结构复杂，因此已由前者所取代。这种系统并不属于真正的同步运行，但由于习惯上的原因，也常称之为定牵伸同步系统。

综上所述，三种协调运行的中心问题是同步调速，因此本书的讨论重点也将以同步调速为主。对于分电源的定牵伸传动而言，除了由于过大的牵伸张力而导致电动机被倒拖而作为发电状态运行，必须考虑采用反并联的晶闸管整流器供电外，其双闭环的直流调速系统与同步调速系统中的主令电动机的设计基本相同，别无特殊之处。

必须指出，采用共电源供电的直流调速系统中，当某一电动机由于倒拖而作为发电机运行时，再生的电能可向其他电动机供电，作为能量的回输电路。但在分电源单独供电时，则再生电能只能向电源回输，若直流电动机是由晶闸管整流电源供电时，由于整流元件的单向导电性，必须采用反并联连接，才能提供回输能量的回路。由于反并联的控制回路比较复杂，因此在引进的日本浸胶机中采用了BL电动机（即交流无换向器电动机）来代替直流传动。BL电动机能在四个象限内运行，适用于倒拖运行。关于这种系统的控制应属于张力控制系统的范畴，其细节请参阅纺织出版社出版的《张力控制系统》一书，本书不再赘述。

第二节 同步传动的的基本方案

国内的多单元同步传动曾出现过多种方案。50年代开始采用由电动发电机供电的直流伦纳德同步系统；60年代研制成饱和电抗器交流同步传动和转差离合器同步传动系统，曾一度在生产上推广，取代了直流传动；70年代以后上述两种交流同步系统由于系统复杂、力能指标低、可靠性差和维修困难等原因而逐步淘汰，被晶闸管整流器供电的静止式伦纳德同步系统所取代。从此直流系统成为染整和化纤设备多单元同步传动的主流。目前直流系统在技术上已相当成熟，应用也十分普遍。到80年代的后半期，由于变频技术的进步，国外不少染整和化纤设备中已开始采用交流异步电动机的变频同步调速系统，从而为同步传动开辟了新的途径。此种系统力能指标高、电动机不受使用环境的限制、维护工作简便且运行可靠，因而有很大的发展前途。但在国内还刚起步，目前正处于研制试用阶段，因此本书所讨论的同步传动方案仍以直流伦纳德调速系统为主。在西欧某些国家中还有采用交流整流子电动机同步传动的方式，尤其是在德国的许多印染厂中至今仍有大量的联合机采用整流子电动机的同步系统，由松紧架通过链条传动来移动电刷而实现同步调节。这里电刷的移动不能采用伺服电动机来控制，因为松紧架和伺服电动机均属于积分环节，而在同一闭环系统中若有两个积分环节而不采取任何补偿措施，则不可能获得稳定运行（这在国内曾试验而告失败），所以必须由松紧架直接带动电刷。此种方式中电动机系开环运行，电路结构极为简单，力能指标也较高，但因国产的整流子电动机质量远比不上德国

的产品，因而在国内还未能推广。

另外日本的染整设备中仍有很多采用VS电机的同步传动，例如广东恩平印染厂1988年从日本引进的全套染整设备均采用VS传动。但这种新型VS电动机与60年代所用的电动机不同，它的电枢上也设有铜导体，因此效率有所提高。

一、共电枢电源

1. 调磁同步 在这种方式中所有的电动机均由一公共的电枢电源供电。改变电源电压能使各电动机同时升速或降速。同步调节则是通过从动电动机励磁电流的改变来实现。当松紧架产生位移时，带动一励磁调节器调节从动电动机的磁场，从而使其转速相应改变，实现同步运行，见图1-1。这种方式的系统结构最简单，是染整设备传统的控制方式，应用最广。但由于调磁的同步能力随着车速的降低而减弱，必须藉放大电动机的容量来弥补同步能力的不足，因此不适于调速范围较大的场合。上述的励磁调节器是一种新颖的调磁装置，它由一功率旋转变压器和整流器组成，可直接向励磁

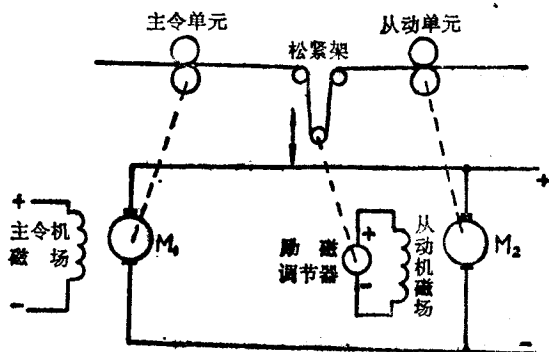


图1-1 调磁同步原理图

绕组供电，输出电压随转子位移而变，详见第二章第七节。

2. 升压器调压同步 为了克服调磁同步的缺点，可采用调压同步的方式。在各从动电动机的电枢回路中串接一可调的升压器。升压器的电压与公共电枢电压叠加后施加在电动机两端，改变升压器的输出电压即可调节电动机的速度。升压器由松紧架带动，它可由调压器和整流器构成，也可采用晶闸管升压器或功率旋转变压器经整流后接入电枢回路。当松紧架产生位移时，升压器的电压作相应的变化而实现同步调节作用，见图1-2。调压系统的同步能力并不受车速高低的影响。对于同样的电压调节量而言，在低速时升压器的电压占电枢电压的比例增大，也就是对速度的调节作用将更为显著，因此不需要放大电动机的容量就能满足较广的调速范围。

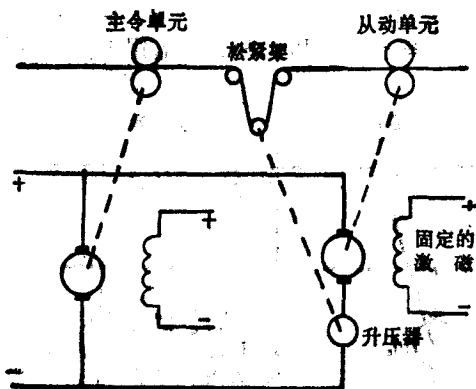


图1-2 升压器调压同步原理图

3. 升压器调压兼调磁同步 调磁和调压的作用正好相

反，前者在高速时同步能力强，而后者在低速时同步能力强。因此为了取两者之长，可采用升压器调压兼调磁同步的方式，以适用于深调速的同步系统。这种系统最早出现在荷兰Stork公司的圆网印花机上，调速范围可达1:40，后来在国产的染整设备上也推广应用，效果比较显著。图1-3中的调压器有两个输出，其一为交流电压供升压电路的整流桥；另一为直流电压直接供从动电动机的激磁绕组。调压器可采用接触式的自耦调压器，但最好是采用无触点的相控调压器（西安无线电十厂有此产品）。调压器由松紧架带动时，两个输出电压的增减方向正好相反，以保证调磁和调压的调节功能始终保持一致。

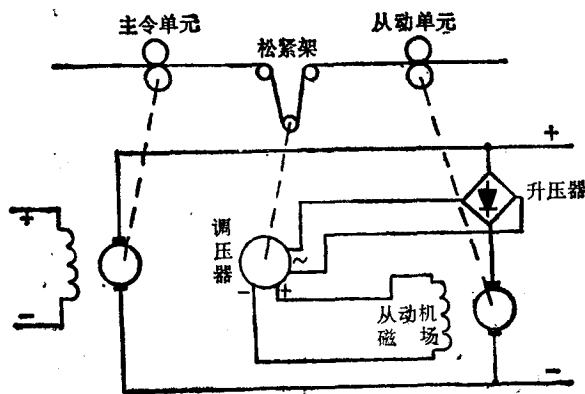


图1-3 升压器调压兼调磁同步

二、分电源调压同步

上述的共电源调压同步虽只用一个电枢电源，但每个电枢回路中仍需设置一可调的直流升压电源，其电流容量必须

能承受它所控制的电动机的电枢电流值。因此若从动电动机的功率较大时，则升压器的容量和体积也需相应增大而失去其优越性。因此这种系统只适用于从动单元机功率较小的场合。

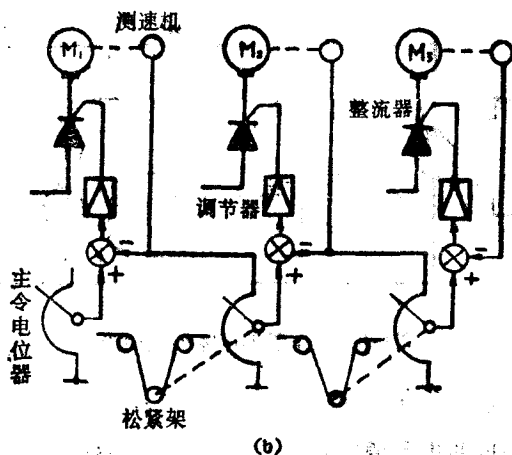
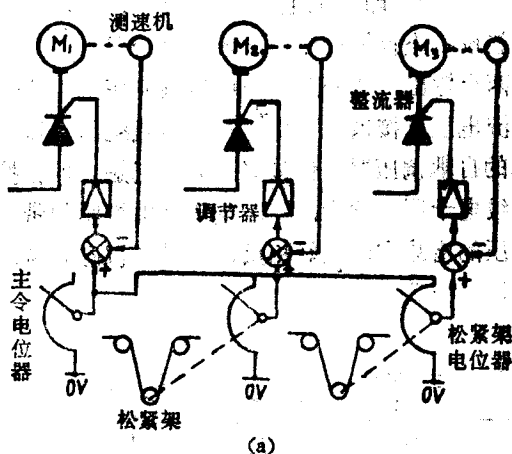


图1-4 分电源同步系统单线图