

文章编号: 0253-9721(2007)04-0116-05

# 纺织印染机械多电机群变频调速同步 DCS

潘湘高, 李晓峰

(湖南文理学院 电气工程系, 湖南 常德 415000)

**摘要** 针对纺织、印染机械传统多电机拖动同步控制系统操作管理和使用维护都不方便以及故障率高, 维修工作量大, 严重影响生产的问题, 论述了变频器永磁同步电机群调法、变频器电流负反馈软机械特性法和大小电机变频调速法 3 种变频调速同步原理和方法, 研究了采用计算机通过 RS-485 控制总线控制变频器实现的多电机群变频调速同步新方案, 为其设计了基于 MCGS 的集散控制系统(DCS)。该方案极大地简化了同步拖动控制系统结构, 降低了设备成本, 大大提高了系统的可靠性和控制管理水平。

**关键词** 纺织印染机械; 多电机驱动; 变频调速; 同步; 集散控制系统; 张力控制

中图分类号: TS103.7 文献标识码: A

## DCS of multi-drive variable frequency adjusting speed synchronization system for weaving and dyeing machines

PAN Xianggao, LI Xiaofeng

(Department of Electrical Engineering, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan 415000, China)

**Abstract** The traditional multi-drive synchronous control system for weaving and dyeing machines has such drawbacks as inconvenient in operation and management, high fault rate, and great maintenance workload that give negative impact on production. For this reason, after studying the principles and methods of variable frequency adjusting speed synchronization of several kinds of multi-drive system, a new scheme using the RS-485 control bus to realize multi-drive variable frequency adjusting speed synchronization system is proposed and the DCS which is based on MCGS are designed for it. The results indicate that the structure of synchronization drive control system is simplified greatly, the equipment costs are reduced and the reliability and management level are improved significantly.

**Key words** weaving and dyeing machine; multi-drive; variable frequency adjusting speed; synchronization; DCS; tension control

与直流电机传动相比, 交流电机变频调速传动系统具有质量轻, 体积小, 使用维护简便的显著优点, 并具有和直流调速相媲美的好动、静态性能<sup>[1]</sup>, 故已开始取代直流调速装置。纺织、印染设备常组合成联合机, 为改善张力均匀性, 数量众多的加工单元主动辊分别各由 1 台电动机拖动, 形成多电机群传动系统。在将织物进行连续加工的过程中, 因为各单元进出织物的速度应满足一定的关系, 所以要求多电机传动系统能“同步”地协调运行, 这是

设备正常运行的关键。在纺织、印染行业采用多电机同步调速方案的设备非常多, 传统设备采用笨重的直流电动机加变速箱传动, 单元间采用摆式或辊式松紧架同步装置或自整角机调节电机的转速, 或采用张力传感器构成恒张力控制系统。虽然这些方法可实现同步控制, 但精度较低, 可靠性较差<sup>[2]</sup>, 控制操作管理和使用维护都不方便, 且故障率高, 维修费用大, 影响生产。近几年来, 已有人研究采用高精度、高质量的光电编码盘或光栅等数字转速传感器

收稿日期: 2006-08-18

修回日期: 2006-11-27

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(04JJ40044); 湖南省教育厅资助科研项目(06C603)

作者简介: 潘湘高(1963—), 男, 副教授, 硕士。研究方向为自动化技术、计算机控制技术及应用。E-mail: pxg987654321@163.com。

和数字控制器实现的同步控制方案<sup>[3]</sup>;还有人研究利用计算机和网络加开量I/O和A/D、D/A接口模块控制的同步方案。但这2种方案都存在因所需传感器或接口模块数量多,致使设备成本大大增加和对控制实时性要求非常高的缺点。采用交流变频调速取代直流调速,技术水平有了很大的提高,但由于沿用原有的松紧架同步装置,仍存在不足。随着计算机和网络的发展及其成本的不断下降,它们已开始用于纺织、印染等行业大量使用。如果将计算机技术、网络技术和变频技术相结合,应用于多电机群同步调速控制之中,则可充分发挥它们的优势,提高多电机群同步系统的可靠性和控制管理水平以及设备运行的经济效率。

## 1 多电机群变频调速的同步原理

这类设备电机负载转矩主要来自各种运动摩擦阻力、轧辊压轧阻力及加工料后面与前面的张力差,属恒转矩负载性质,在正常运行过程中一般都保持不变。系统的主要扰动是电网电压波动,虽然生产工艺要求调速,但对速度的精度要求却不高,主要是对同步控制的要求高,由于电压波动对同步系统来说相当于共模扰动,故对同步没有太大的影响,更何况变频器具有很强的抗电压波动的能力,据此研究了基于网络,由计算机控制变频器实现的无松紧架和无张力传感器的多电机群变频调速同步新方案,并设计了基于MCGS工控组态软件的同步调速集散控制系统(DCS)。

### 1.1 多电机群同步拖动系统控制要求

一种典型的连续加工纺织印染机械多单元电机拖动调速系统如图1所示。 $M_1$ 为主令电机,其转速由车速决定。其它的为从动电机,转速由 $M_1$ 及工艺要求决定。

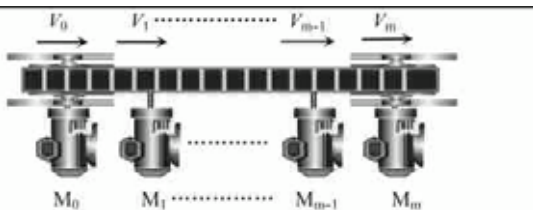


图1 一种典型的纺织印染机械多电机同步调速系统

Fig.1 A typical multi-drive synchronous system of adjusting speed for weaving and dyeing machine

在连续加工过程中,根据工艺的不同要求,各单元要以一定的线速度 $V$ (m/min)关系保持协调运

行<sup>[4]</sup>,其关系为

$$k_i V_i = k_{i-1} V_{i-1}, i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

式中 $k_i$ 为协调系数,当 $k_i < k_{i-1}$ 时, $V_i > V_{i-1}$ 为牵伸加工;当 $k_i = k_{i-1}$ 时, $V_i = V_{i-1}$ 为紧式加工,也称同步运行;当 $k_i > k_{i-1}$ 时, $V_i < V_{i-1}$ 为松式加工。前2类加工最为普遍,工艺要求保持各单元之间加工物料的张力恒定或者线速度成适当关系。

### 1.2 变频调速同步原理与方法

由于现代变频器采用数字控制技术,智能化程度越来越高,功能逐步完善。例如,无速度传感器矢量控制变频器既可以工作在速度模式,也可以工作在转矩模式,可以检测和输出电机的转速、线速度、转矩、电压和电流等信号。有些原来很难完成的工作,现在借助于变频器可以很容易地实现。例如,借助于这些功能,可以研究设计出一些减少或取消松紧架且无张力传感器的变频调速同步方法。

#### 1.2.1 变频器永磁同步电机群调法

若几个单元的功能和结构相似,每个单元驱动功率不大,距离也不太远,则可以考虑每个单元各用1台永磁同步电机拖动,共用1台变频器来驱动,各单元之间不用松紧架和张力传感器,但各主动辊的直径应略有差别,前面的比后面的依次稍微大一点,以保证一定的张力,这种方法适用于恒张力或微张力系统。

#### 1.2.2 变频器电流负反馈软机械特性法

引入矢量控制变频器的输出电流负反馈来设计异步电机拖动系统的软机械特性。由于软机械特性是由电流负反馈形成的,所以不会降低用电效率。当某台电机转速有上升的趋势时,其负载转矩因轧辊所受后面与前面的张力差增大而增大,而电磁转矩有减小的趋势,故转速升不上去;同理,有跑慢倾向的因负载变轻也慢不下来,最终维持线速度一致,这样使电机间保持良好的同步。各单元的线速度应设定成前面的比后面的依次稍大一些,以实现物料加工所要求的张力调节。这种方法适合于几个单元的功能和结构相似,每个单元各有1台电机和1台变频器驱动并要求有较大加工张力的情况。

#### 1.2.3 大小电机变频调速法

1个单元用大小不同的2台电机变频调速驱动,功率大的电机足以将该单元驱动,其变频器工作在速度模式,决定该单元的速度大小;小功率电机则可以提供一定的辅助驱动转矩,其变频器工作在转矩模式,用来调节张力,不设松紧架和张力传感器,

同样能很好地同步并且可以调节张力,这种方法适用于功率较大且对张力控制要求较高的场合。

令式(1)中  $k_i = 1$ , 则有

$$V_j = \frac{V_1}{k_j}, j = 0, 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

设轧辊的直径为  $d$  (m), 电机的转速为  $n$  ( $r/min$ ), 则有  $V_1 = \pi d_1 n_1$  和  $V_j = \pi d_j n_j$ , 代入式(2)得

$$n_j = z_j n_1, j = 0, 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$z_j = \frac{d_1}{d_j k_j}, j = 0, 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

式中  $n_1$  为主令电机转速, 由加工要求的车速确定, 即  $n_1 = V_1/\pi d_1$ , 从动电机的转速按式(3)计算;  $z_j$  为转速系数。磁极对数为  $p_j$  的交流电机定子交流电的频率应为

$$f_j = \frac{p_j n_j}{60(1 - s_j)}, j = 0, 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

式中  $s_j$  为电机转差率, 在正常电动状态, 对同步电机其值为 0, 对异步电机其值很小, 接近于 0。将式(3)和式(4)代入式(5)得

$$f_j = \frac{K_j p_j V_1}{60\pi d_j (1 - s_j)}, j = 0, 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

式中  $K_j = 1/k_j$ , 称为对基速  $V_1$  ( $m/min$ ) 即车速的传动速比。将车速和各个单元电机磁极对数、转差率、轧辊直径及传动速比数据存入电脑, 各变频器的主频率给定值按式(6)计算确定, 这种控制算法非常简单, 很容易实现。另外, 现代智能型变频器采用数字控制, 其运行参数一经设定就能自动保持, 实际上无需计算机的过多干预, 所以除了在系统调试、开机启动和改变生产工艺及车速时对计算机控制的实时性

要求稍高以外, 在正常运行时对计算机控制的实时性要求不高, 计算机主要是对各单元运行参数加以监视。系统一经开机投入正常运行, 即使上位 PC 和现场 PC 及网络出现故障也不会对设备运行和生产造成影响。需要注意的是, 对于退卷机和绕卷机, 因其直径是随时变化的, 故为了及时调节其转速, 对这 2 个特殊单元应保留松紧架或张力传感器同步装置, 通过变频器的辅助频率输入端进行反馈调节控制其电机的转速。对其它单元则去掉松紧架或张力传感器, 电机转速由计算机通过控制总线设定其变频器的转速(频率)实现同步。

## 2 系统的总体方案设计

对于如图 1 所示的要求同步的多单元拖动电机都采用交流变频调速, 将这些变频器分成 1 组, 由工控机或普通 PC 机(现场工作站)通过 RS-485 总线通信设定各变频器的运行参数进行控制。进一步地可将企业各变频器组由其现场 PC 机和上位 PC 机一起再组成以太网, 甚至还可以接入因特网。上位 PC 机采用双机热备, 更增强了系统的可靠性, 全部 PC 都安装网络版 MCGS 工控组态软件, 这样由计算机和变频器群组通过网络组成集散控制系统即 DCS, 如图 2 所示。通过上位机和工作站可以对每台变频器的运行参数进行读取或改写, 如设置变频器的启、停、正反转、运行频率、控制模式等参数, 同时也能对电动机的运行情况, 如定子电流、电压、频率等参数进行监视、显示、存储和打印。

在工业现场, RS-485 是应用较多的一种控制总

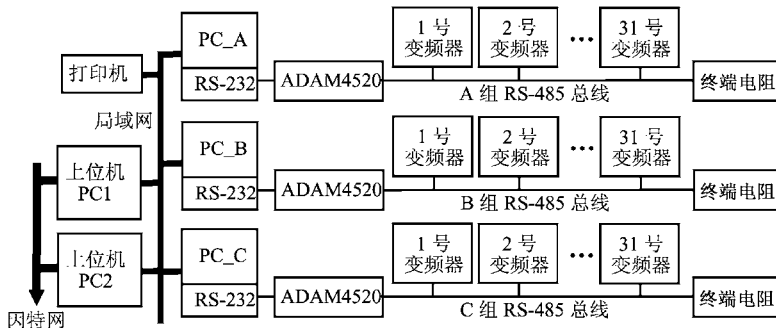


图 2 纺织印染机械多电机群变频调速 DCS

Fig. 2 DCS of multi-drive synchronous system of variable frequency adjusting speed for weaving and dyeing machine

线通信方式。RS-485 的驱动器在总线上可带 32 个接收器, 在波特率为 100 kbit/s 时, 通信距离可达到 1 200 m; 通信距离为 15 m 时, 波特率可达 10 Mbit/s。所有变频器都采用支持 RS-485 总线通信方式的智

能型变频器。每组的 PC 通过 ADAM4520 RS-232/RS-485 转换器与该组的所有变频器(带 RS-485 总线接口)相连接组成 RS-485 总线控制网, 如图 2 中的 A 组所示。PC 及每台变频器被赋予各自的地址码

用以识别身份,这样 PC 便能通过 RS-485 通信线对挂在上面的所有变频器(最多 31 台)进行控制操作。PC 与变频器之间采用主从方式进行多机通信,网上的每一次通信都由主机控制完成。

上位机与现场工作站之间的通信采用 TCP/IP 协议;PC 与变频器之间的通信可利用厂家提供的变频器或控制变频器的 PLC/DSP 的设备通信驱动程序(协议),由 MCGS 通信设备组态功能实现通信<sup>[5]</sup>。在动态数据库定义各个参数的动态变量,将需要进行通信的设备通过动态变量建立“通道”连接,所有数据通信都是通过动态数据库实现,由 MCGS 自动完成的。这里定义的主要动态变量有基速, A、B、C 3 组各个单元轧辊直径,传动速比,线速度,电机的磁极对数,变频器的给定频率,负载电流,转矩等。

### 3 系统监控及操作管理人机界面

系统控制软件用 MCGS 组态软件编程实现,系统按优先级来管理多个任务进程,如数据处理、控制算法、自动故障诊断、报警和保护以及串口通信、工艺动画显示、趋势曲线、数据存盘和打印等任务,通过每个任务的时间片轮回,宏观上实现多个进程的并行处理。上位 PC 和现场 PC 主机操作采用人机

交互界面,丰富、友好、直观的人机界面使得整个 DCS 的操作管理变得非常灵活和方便。

以 L 型练漂联合机同步系统的改造为例,该机整机分 A、B、C 3 个部分(大单元),共使用了 28 台传动电机,其中 A 单元 10 台, B 单元 7 台, C 单元 11 台。整个联合机属 2 级同步, A 为主令单元, B 和 C 为从动单元,调速范围为 35 ~ 140 m/min, 3 个单元既可联合运行也可单独运行。3 个大单元之间及每个大单元的各台电机之间的同步调速由原来的三辊式松紧架和旋转变压器构成的直流调速同步系统改造为交流变频调速同步系统。系统的监控由 MCGS 工控组态软件完成。

图 3 为基于 MCGS 的整机工艺流程监控动画窗口,可直观地监控 3 个大单元及退卷机和绕卷机的运行速度。整机控制可设置为手动或自动,当设置为自动时,只有“A 单元控制”可由鼠标操作,其它的都自动向 A 单元“看齐”;当设置为手动时,则都可以由鼠标操作。如果哪个部分出现异常或故障,则其电机旁边的报警灯及总报警灯闪亮。点击该窗口中的各个文字框热区或电机图标热区,当然也可以通过主控窗口的菜单操作,可以方便地进入各个部分监控的子窗口,再点击子窗口中各台电机就可以再进入该电机变频器参数设置及监控窗。

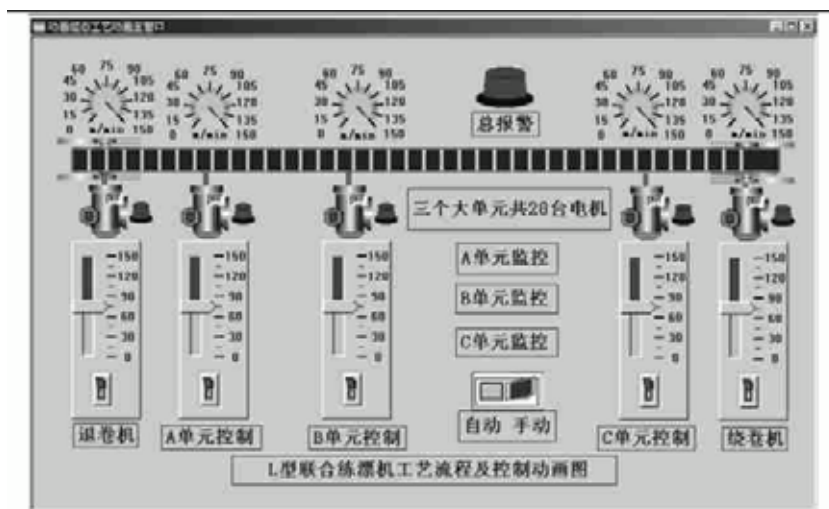


图 3 基于 MCGS 的整机工艺流程监控动画窗

Fig. 3 Management and control animation window of technics procedure of whole machine based on MCGS

单台电机变频器主要参数设置及监控窗如图 4 所示,当开关设置为自动时,只能由滑杆输入器或输入框输入轧辊直径和传动速比系数,当开关设置为手动时则可以直接设置该电机速度和开关机。一般只有在调试或处理故障时才设置为手动,正常运行

应设为自动。

系统还设有 3 个大单元的“运行主要参数集中设置及监控窗”和每个大单元的“运行主要参数集中设置及监控窗”,其特点是集中、方便和准确,各个参数的设置和监视就如同填表和看表一样,非常直

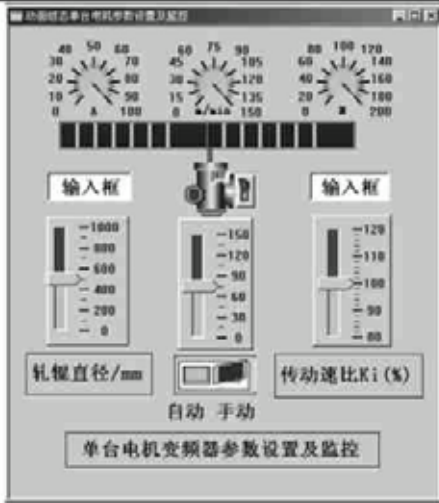


图 4 单台电机变频器参数设置及监控窗

Fig.4 Window of management and setting parameter of single variable frequency converter

观。集中监控窗示意图如图 5 所示,点击打印按钮就可将数据表打印出来。将监控数据和正常运行数据进行比较,可很容易发现各个单元的异常情况,判断是否有故障或发生故障的隐患,为及时排除故障及隐患提供可靠的信息,还可以进行自动故障诊断和自动保护,避免设备事故造成的损失。还有实时运行参数监控曲线窗和历史监控曲线窗等许多人机界面,在此不再详细讨论。

### 4 结 论

本文将现代 PC 机、网络 and 变频器应用于传统的多电机直流同步调速系统。实践证明,变频调速同步法是成功有效的。智能型变频器大大降低了对计算机控制的实时性要求,将普通 PC 机装上工控组态软件并和变频器联网就组成了多电机群变频调

电机变频器参数集中设置及监控表													
单元	电机变频器编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
A单元	输入参数	轧辊直径 (mm)	50	80	80	80	80	80	80	80	50	50	
		传动速比Ki(%)	100	101	102	103	102	104	105	106	107	108	
	监控参数	速度(m/min)	120	121.1	121.2	121.5	121.5	121.4	121.5	121.6	121.7	121.9	
		负载电流 (A)	85.0	85.1	86.5	88.4	88.3	87.6	86.4	88.2	88.6	89.2	
	张力 (N)	15.1	15.1	15.4	15.6	15.5	14.8	14.6	15.8	15.7	15.9		

图 5 电机变频器运行主要参数集中设置及监控窗

Fig.5 Window of central management and setting main parameters of motor and variable frequency converter operation

速同步 DCS,大大简化了系统结构,降低了设备成本,极大地提高了系统的可靠性和控制管理水平,减少了管理和维修费用,有利于提高产品的产量、质量和设备运行的经济效益;注意尽量使企业变频器群组 DCS 融入整个企业的计算机管理网。该成果有很大的推广应用价值。 FZXB

#### 参考文献:

[ 1 ] 陈伯时.电力拖动自动控制系统 [ M ]. 2 版.上海:机

械工业出版社,2003.

[ 2 ] 成玲,何勇.印染机械多电机同步控制系统[ J ].纺织学报,2005,26(1):97-99.

[ 3 ] 于海生,潘松峰.纺织印染机械多电气传动同步控制器的研制[ J ].纺织学报,1999,20(4):53-56.

[ 4 ] 于海生.微型计算机控制技术[ M ].3 版.北京:清华大学出版社,1999.

[ 5 ] 潘湘高.基于 MCGS 的冷库集散控制系统的研究与设计[ J ].湖南文理学院学报:自然科学版,2005(4):62-64.