



浅析阿克隆 422 成型机计算机系统 国产化改造中的几个问题

李政敏 周秩军 胡东方

(贵州轮胎股份有限公司 贵阳 550008)

摘要:422 成型机的计算机控制系统技术改造为 PLC 系统,浅析成型功能技改中几个与生产过程紧密联系的问题:如何根据生产过程确定 PLC 系统软硬件配置;外部输入输出信号与控制系统接口通信问题(数字信号逻辑电平、模拟信号 A/D 和 D/A 转换精度的确定);用户程序调试中对永磁式直流电动机的驱动与制动问题;缠绕同步控制回路的改进问题。加深对 422 成型机控制系统的维护水平。

关键词:422 成型机;缠绕机;计算机系统;可编程逻辑控制器

1 简介

贵州轮胎股份有限公司三分厂的 422 成型机和 McNeil 缠绕机于 1996 年从美国 AKRON(阿克隆)公司引进,二者联袂实现机内缠绕、共同承担起贵州轮胎股份有限公司三分厂品种繁多的大规格工程轮胎的成型和缠绕工序任务,具有举足轻重的作用。它们的运行情况历来备受公司领导和分厂的重视。

其中的两台 422 成型机兼负单独成型和匹配缠绕的双重功能,其电气控制系统采用 SIEMENS S5-100U PLC 逻辑控制器与计算机系统相结合。PLC 实现数字量(开关量)的逻辑控制,计算机系统用来控制后压装置和成型鼓旋转的动作。

2 技改原因概述

由于 422 成型机是进口设备,同时也存在着进口控制元件的备件难购买、供货周期长、费用高的弊端;加上 AKRON 公司技术保密,常规的维修计算机方法无法处理其自行开发的电子板的软

硬件故障。当计算机接口板等系统部件故障时,给维修工作带来极大压力。经公司研究决定,将 422 成型机计算机控制系统改造为 PLC 控制系统。

3 技改现场实施过程中的几个主要问题的产生、定性分析与解决

3.1 根据计算机系统的外部输入/输出量及功能情况来确定改用的 PLC 系统的软硬配置

因为被改造的计算机系统的控制程序不可知、不可读阅,就象黑箱子一样,只能采用测量、原理分析、数理统计、模糊识别和比较等方法。422 成型机计算机系统的信号连接示意图如图 1。

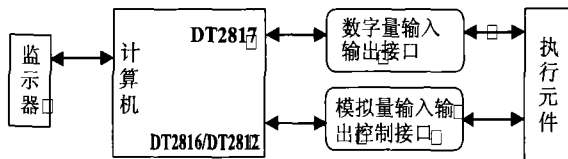


图 1 422 成型机的计算机控制系统示意图

经测量、统计,422 成型机的计算机系统的控制参量为 64 个数字量和 12 个模拟量,见表 1。

作者简介:李政敏(1976-),女,贵州轮胎股份有限公司助理工程师,从事生产过程自动控制系统的维护、管理与技改工作。

表 1 计算机控制系统涉及的外部控制参量

输入输出控制量	信号来源或流向	技改前/后控制量的电压范围	连接计算机的 I/O 接口板	替代计算机 I/O 接口板的 S7 系列 PLC 模块
数字量	I18.0~I18.7 I19.0~I19.7	原 S5-100U PLC 的输入模块 (6ES5 431-8MA11) I18、I19 的输入信号	逻辑 0,	SM322 DO 16×DC24V
	Q7.0~Q7.7 Q8.0~Q8.7	原 S5-100U PLC 的输出模块 (6ES5 451-8MA11) Q7.0、Q8.0 的输出信号	+5VDC/正逻辑 0.	SM321 DI 16×DC24V
	IPC00~IPC23 OPC24~OPC31	成型鼓直流电机、后压装置(X 轴向、Y 径向、Z 转向)的直流电机的直流调速器工作信号	+24VDC	SM322 DO 16×DC24V
模拟量	CH0~CH7	后压装置 X 轴向、Y 径向、Z 转向的位置信号	0~10VDC	SM331 AI 8×12BIT
	CN02、CN05、 CN07、CN09	给控制成型鼓旋转、后压装置(X 轴向分合、Y 径向上下、Z 向正/反转)的直流调速器的速度给定信号	±5VDC	SM332 AO 4×12BIT

因为 422 成型机计算机控制系统不仅控制生产过程的开关量和模拟量,还与原有的 S5 100U PLC 系统的数字输入模块 I18、I19 和数字量输出模块 Q7、Q8 进行通信。

3.2 确定选用 PLC 的模/数(A/D)和数/模(D/A)转换精度,从而配置 PLC 的模拟量输入模块

解决思路:所选的 PLC 模拟输入/模拟输出模块对模拟量的转换精度必须等于或大于原计算机系统对模拟信号的转换精度。

3.2.1 确定计算机系统对模拟量的 A/D 转换精度为 12 位

定性分析:模拟信号只有经采样和 A/D 转换,才能得到在时间上与幅值上均是离散的数字量,从而与只识别“0”、“1”代码的计算机(或 PLC)通信。

经采样和 A/D 转换:

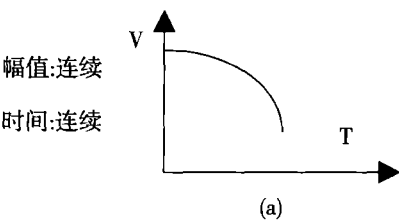


图2(a) 为连续的模拟量输入信号

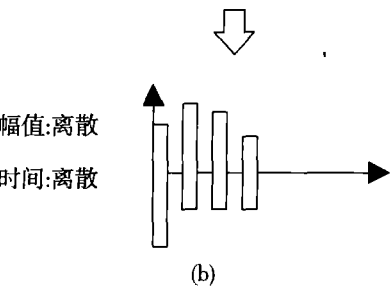
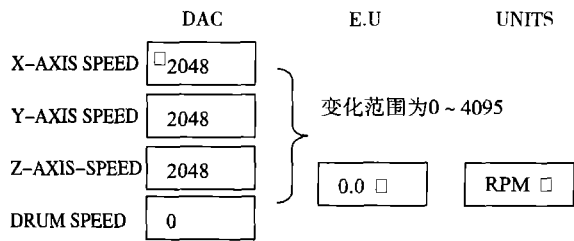


图2(b) 为经采样和A/D转换后的调制信号(数字量)

借助图 1 中监视器画面的“Analog Input channels”窗口,经测量推知,原计算机的 A/D 转换精度为 12 位,其分辨率为 0.05%。表 1 中计算机的模拟输入信号范围为 0~10VDC,因此当模拟输入量在两个相邻时刻的两个电压值的差大于 0.0005VDC 时,A/D 转换器才能给出两个不同的整数值。

分辨率 = 1 / [2ⁿ - 1] ≈ 0.05 %
△V = 分辨率 × (电压范围)
≈ 0.05 % × 10VDC
= 0.005VDC

3.2.2 由监视器的“Analog output Channels”画面



确定计算机的模拟信号 D/A 转换精度为 12 位(n=12 时,其码数范围为 0~2ⁿ - 1 = 4095)。

因此选用了表一中 A/D、D/A 转换精度为 12bit 的 PLC 模入/模出功能块,实现 PLC 与外围模拟量的通信。

3.3 两类 PLC 的数字量接口模块信号通信逻辑匹配

两类 PLC 是指:原控制系统中的 S5-100 型 PLC 与替代计算机的 S7 300 型 PLC。

我们将配置的 PLC 系统替代计算机系统正确连入到 422 成型机的控制系统中,通电后测试

信号逻辑电平,发现:原 S5-100 型 PLC 的数字量输入模块 I18、I19(6ES5 431-8MA11)上的输入信号指示灯不亮,无法识别相关数字信号的通/断状态,与选用的 S7 PLC 的数字量输出模块 1 (SM322 DO 16×24VDC)不能正常通信。开始我们估计是 I18、I19 模块不能与替代的 PLC 系统匹配,准备更换 I18、I19 模块时,发现其后面板上有两个开关 S1、S2。

定性分析 S5-100 PLC 的 6ES5 431-8MA11 的 1 路数字输入接口电路,见图 3。

问题解决:不必更换 I18、I19 模块;与计算机控制系统连接时,I18、I19 后面板的开关 S1 接 M,负逻辑;与 S7 PLC 控制系统连接时,I18、I19 后面板的开关 S1 接 L+,正逻辑。

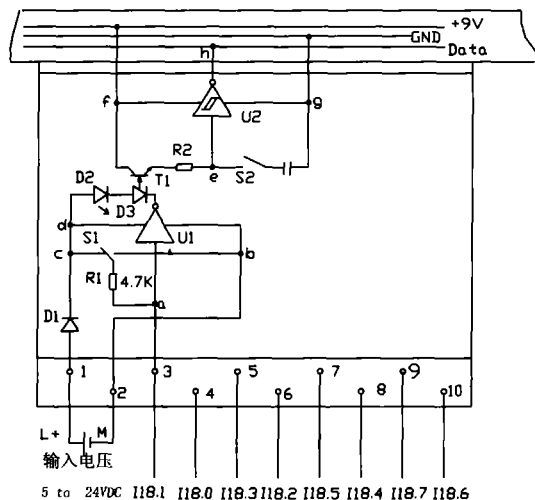
经过上述测量分析的过程,确定配置了表 1 中 S7 PLC 的输入/输出接口模块及其他功能模块,编程软件为 SIEMENS S7 300。

4 永磁式直流电动机的启动、调速和制动

在轮胎成型工序中,阿克隆 422 成型机后压装置上的辊压轮对成型鼓上的帘布筒进行压实,电气上用 X 轴向、Y 径向、Z 转向的永磁直流电机执行对后压装置的机械负载进行拖动和制动的功能,它们的控制回路大同小异。由于控制系统发生改变,要使这些直流电动机实现同样的负载功能,从直流电机的控制回路入手,替代控制系统 PLC 如何控制直流电动机的运行。

X 轴直流电动机的控制回路示意图见图 4。

调试之初,我们模拟计算机的外部控制功能,由 PLC 系统给(X 轴)直流调速器提供使能信号 OPC29 和±5VDC 速度给定信号。在图 5 和图 6 中,后压装置没有辊压帘布时,永磁直流电动机的启动、运行和制动均正常;但在图 7 中,后压装置的辊压小轮侧压帘布时,我们碰到 X 轴向的永磁直流电动机不能正常制动的现象:在正/反包侧压过程中,在 X 轴合向上,后压支臂的压辊小轮往里压成型鼓上胎侧到一定程度后,断开 PLC 的控制信号(即切断直流调速器的电枢电压),X 轴直流电机不能立即制动、反而会反向低速运行 6~8 秒钟才停转,后压装置左右支臂自动分开,无法保持轴向的辊压压力。



L+: 输入电压(5...24VDC) 低电平“0”—25%L+
高电平“1”—45%L+

R1: 输入阻抗 4.7KΩ D1、D2、D3: 二极管

U1: 非门 U2: 电压滞回反向器

S1: 开关,确定输入阻抗 R1 接通 L+ 或 M

S2: 开关,选通积分延迟时间常数 1ms 或 10ms a~h: 电路接点

图 3 S5100U 型 PLC 的输入模块 6ES5

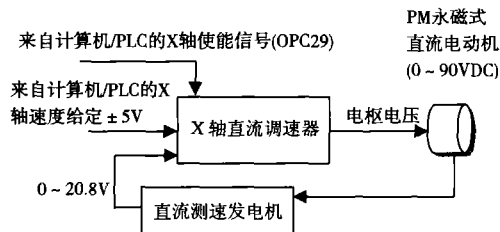


图 4 X 轴直流电动机的控制回路示意图

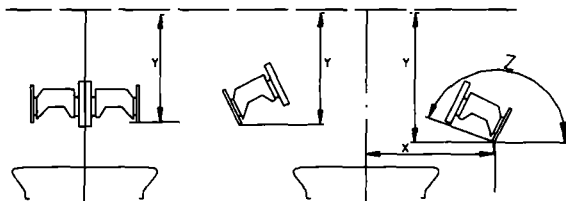


图 5 中心位

图 6 包角位

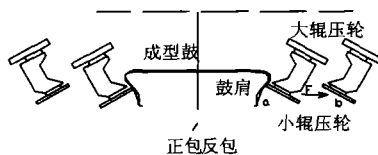


图 7 侧压

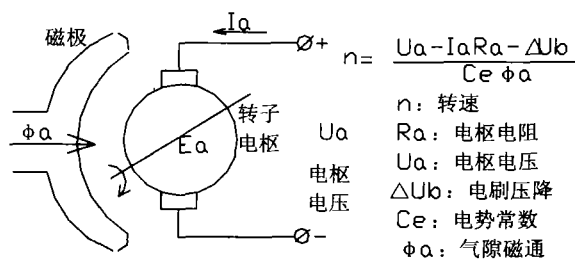


图 8 直流电动机工作原理

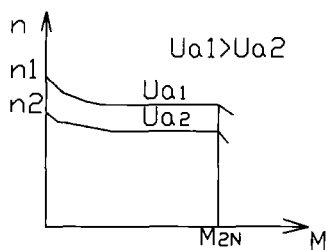


图 9 永磁直流电动机的机械特性

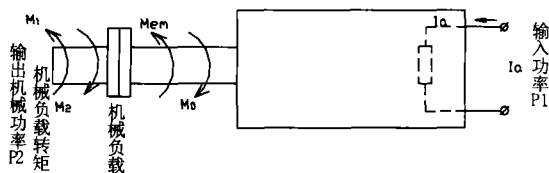


图 10 永磁直流电动机的转矩平衡示意图

4.1 永磁式直流电机原理及机械特性定性分析

如图 7 所示为永磁直流电动机的工作原理。该永磁直流电动机由永久磁场建立励磁磁场，在运行中其气隙磁通 ϕ_a 不可调节，故要改变永磁直流电机的转速 n ，只能采用图 9 中的调节电枢电压 U_a 的方式。带有稳速装置(测速发电机)时，永磁直流电机的机械特性如图 9 所示，当电枢电压 $U_{a1} > U_{a2}$ 时，直流电动机的转速 $n_1 > n_2$ 。

图 10 为永磁直流电机的转矩平衡示意图，其中直流调速器提供给永磁直流电机的输入电功率 P_1 大于永磁直流电动机的机械负载功率 P_2 ，功率损耗($P_2 - P_1$)体现为铜耗、铁芯损耗、碳刷压降损耗等。因直流电动机体现拖动性质，工作时有转矩平衡关系式：

$M_{em} = M_2 + M_0 + Jd\omega/dt$

式中： M_{em} ——电磁转矩；
 M_2 ——机械负载转矩(负载制动转矩)；
 M_0 ——空载损耗转矩；
 $Jd\omega/dt$ ——惯性转矩。

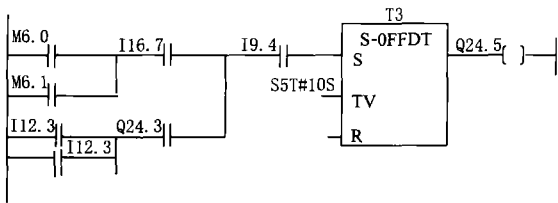
在启动、制动过程中，由于直流电动机转子角速度 ω 在变化，故惯性转矩 $Jd\omega/dt \neq 0$ ，稳态运行时，转速稳定，可认为 ω 不变化，此时 $M_{em} = M_2 + M_0$ 。

4.2 产生问题的原因

图 7 中，X 轴向合、往里侧压帘布到 a 状态，后压支臂上的辊压小轮受 X 轴向的合成变力 F 反作用，通过机械部件的传动，使 X 轴向的永磁直流电动机的转轴受到合成力矩 M_1 (如图 10 中所示)。越往里侧压，侧压力越大，其反作用力 F 也越大，力矩 M_1 增大。当 M_1 大于永磁直流电动机的反向启动转矩，此时若立即切断 S7 300 PLC 提供给直流调速器的工作使能信号(OPC29)和 $\pm 5VDC$ 电压给定信号，电动机的电磁转矩迅速减为零；电机受反向力矩 M_1 作用而反向旋转，反向拖动 X 轴向的后压装置机械负载；在惯性转矩的作用下，电机反向减速运行，直到惯性转矩小于负载制动力矩时，电机才制动。从而导致小辊压轮脱离鼓面，无法保持轴向侧压的辊压压力。

4.3 解决办法

在编制的 S7-300 PLC 的应用程序 OB1 中，在程序段 Network27 的梯形图中。



其中符号定义为：

符号	名称	符号	名称
M6.0	X 轴分开标志位	Q24.5	X 轴使能信号
M6.1	X 轴合标志位	I9.4	程序停止
I16.7	手柄触发信号	I12.3	脚踏开关点动时成型鼓反转
T3	Off-delay	I12.1	脚踏开关点动时成型鼓正转

加入功能块 T3(off-delay),并不断调整其时间参数。使图 4 中的 Q24.5 断电延时,即使直流调速器的输出电压断电延时,在侧压时随着外力矩 M1 的产生和增大,只要电磁转矩 Mem 保持 5~10s 再断电,满足电动机的转矩平行关系式: $M1 < Mem + M2 + M0$ 。

让与转速反向的外力矩 M1 的作用小于直流电动机的启动转矩,即可实现 X 轴直流电机的回馈制动,从而保持了滚压压力。侧压的反力矩 M1 的上限值由滚压保护开关控制。注意的是, T3 延时时间不能过长,否则会造成永磁直流电动机频繁短时堵转而发热,影响电机的使用寿命。

5 缠绕自动同步控制回路的改进问题

5.1 旋转同步原理简介

缠绕时,成型鼓直流调速器的速度给定信号(PQW272)由缠绕机的单板机提供。成型鼓与压型辊组成的可编程转轴速率同步系统(数字闭路系统),以所要求的胶条缠绕速率精确地实现 422 成型机的成型鼓与 McNeil 缠绕机的压型辊的速度匹配。

5.2 McNeil 缠绕机的成型鼓与压型辊同步控制系统故障

我们对控制回路作改进,通过 2 个 5K 电位器(R1、R2)和中间继电器(J1 和 J2)将成型鼓的同步信号(PQW272)另取自运输带与压型辊的同步控制系统,再稳定挤出机速度,实现成型鼓与缠绕线的速度自动同步运行。

6 结束语

要对一个生产过程中的内部控制规律不可知的“黑箱子”控制系统(计算机系统)进行改造,使之“白箱子”化为内部程序可知、可控的控制系统(PLC)。可从熟悉生产工艺的逻辑过程、熟悉“黑箱子”系统外部工作特性出发;在配置替代的控制系统(PLC)的软硬件后,现场调试中如何让替代后的控制系统发挥原有“黑箱子”系统的功能?不妨结合控制系统及其涉及的外部执行元件的工作特性灵活处理。技术改造后,加深了对 422 成型机控制系统和永磁直流电机的理解和维护水平,利于备件储备和管理,一定程度上改善了设备的运行情况。

新型等压变温轮胎硫化工艺

经桂林橡胶机械厂科研人员经潜心研究,结合国内外轮胎各种工艺特点,特别是与国外著名轮胎公司专家深入探讨,成功地研制出新型等压变温轮胎硫化工艺。

目前轮胎硫化多数是采用传统的等压等温轮胎硫化工艺。即在硫化轮胎的胶囊中通入一定温度和压力的介质(如蒸汽或过热水),并持续一定时间,再向胶囊中通入同样介质,如此反复进行,直至硫化完成,在整个过程中,介质需保持一定的压力和温度不间断地循环流动。这个过程需要消耗大量能源,是轮胎生产中最大的能量消耗过程。但实际上循环介质的热量只有一小部分被轮胎所吸收,大量的能源在无效地循环。同时,传统硫化工艺因正硫化时间长,易造成过硫化,致使轮胎的物理性能降低,从而影响轮胎质量。

新型等压变温轮胎硫化工艺的主要原理是:硫化初始,在硫化轮胎的胶囊中通入比一般硫化温度高出 15%~25% 的高温蒸汽,保压一段时间;随后,再向胶囊中通入过热水,保持一定的温度和压力,短时间的循环;接着,让过热水在胶囊中停止循环,持续到硫化结束。此过程压力不变而温度在硫化过程中下降,故称为等压变温过程。

该轮胎硫化工艺优点为:1. 大量减少了轮胎硫化过程中过热水的循环时间,节约了加热大量过热水所需的能源,也节约了过热水循环输送过程中的能源,使轮胎硫化过程的耗能大大降低;2. 轮胎硫化时间缩短了 5%~10%,提高生产效率和产量,也提高了设备利用率;3. 由于正硫化阶段开始后再没有热量补充,有效地防止了硫化阶段轮胎发生焦烧现象,轮胎质量明显提高,所跑的里程数较等温等压硫化工艺生产的轮胎提高 5%~10%。

据悉,新型等压变温轮胎硫化工艺现已在上海、山东等部分轮胎生产企业使用,并通过了验收。国外也有几家著名轮胎公司对该工艺感兴趣。该硫化工艺有望近期内在轮胎生产企业迅速推广,并成为该厂新的经济及利润增长点。

陈维芳 张忠明