

轮胎成型机数字控制系统

张庆文

(风神轮胎股份有限公司, 河南 焦作 454003)

摘要: 轮胎成型机是轮胎制造的关键设备, 通过对国内外先进技术的大量调研分析, 努力探索, 不断完善, 在成型机控制系统中采用可编程序控制器 PLC、触摸屏、变频调速等数字控制技术, 提高了控制系统工作的稳定性, 缩短了胎胚生产周期, 提高了工艺控制精度, 使成型机各项功能得到了充分发挥, 取得了良好的效果。

关键词: 成型机; 可编程序控制器 PLC; 触摸屏; 变频控制

轮胎成型机是轮胎制造的关键设备, 成型机控制系统工作的稳定性、精确性是影响轮胎成型品质的一个重要因素。国内传统的成型机多采用手动控制方式, 工艺控制精度无法得到保证, 产品质量波动较大。我公司与福建建阳龙翔机械电器有限公司对国内外轮胎程成型机的先进技术进行了大量的调研分析, 努力探索, 相互协作, 不断完善, 通过在成型机控制系统中采用可编程序控制器 PLC、触摸屏、变频调速等数字控制技术, 提高了控制系统工作的稳定性, 缩短了胎胚生产周期, 提高了工艺控制精度, 降低了人为随机因素造成的产品质量波动, 班产量和成型合格率显著提高。

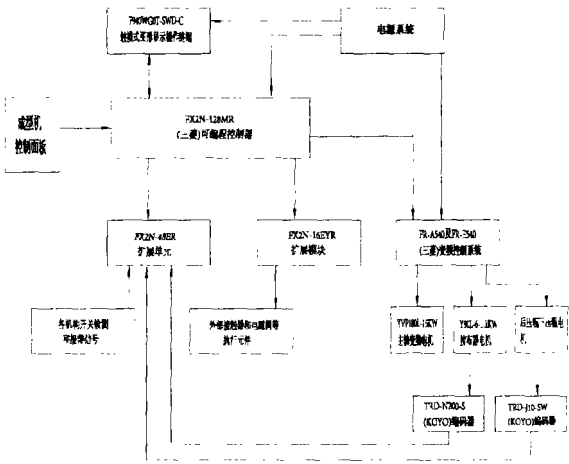


图 1 成型机电气控制系统组成图

1 PLC 控制系统

1.1 PLC 的型号和特点

这里介绍选用日本三菱 FX2N-128M 型 PLC 作为控制核心系统, 实现成型机与各执行机构间指令、数据通讯及实时逻辑控制如图 1 所示, 使各执行机构合理协调动作, 相互间的安全保护, 故障诊断与排除等。

FX2N-128MR 型 PLC 体积小, 具有超高速运算处理速度, 可实现 PLC 与外部控制执行单元数据的适时交换, 动作精确到位, 内存容量大, 能满足多种规格轮胎成型工艺数据存储的要求。

1.2 PLC 程序的编制要点

以成型 9. 00 20 斜交轮胎为例的主要成型工艺流程, 如图 3 所示。

项 目	内 容
运算控制方式	存储程序反复运算方式 (专用 LSI), 中断命令
输入控制方式	批处理方式 (执行 END 指令时), 有 I/O 刷新指令
指令种类	顺控梯形图
	应用指令
运算处理速度	基本指令
	应用指令
尺寸	350mm×90mm×87mm
质量	1.8kg

图 2 三菱 FX2N 系列 PLC 部分参数

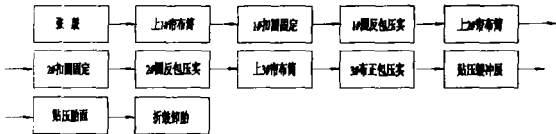


图 3 9. 00 20 斜交轮胎成型工艺流程图

1. 采用步进梯形图指令 (STL) (RET), 实现成型自动控制的步进跳转功能。以成型 1[#] 帘布筒动作为例, 简述流程的处理, 如图 4 所示。

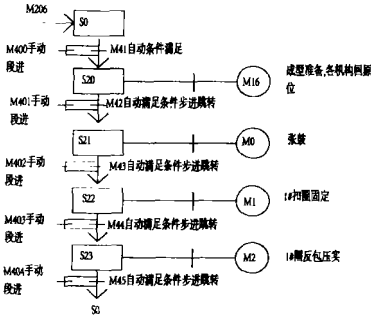


图 4 成型 1[#] 帘布筒流程图

根据成型工艺流程, 轮胎成型的每道工序可看作一个相对独立的动作组合。在自动成型状态下, 当前道工序完成后, 每个动作机构进到下一道工序的准备位置, 当这道工序的操作条件满足时, 按下“步进”开关, 才能进行相应的工序动作 (即 M 41、M 42、M 43、M 44、M 45 之一接通)。在手动状态下, 按压“段进”开关 (即 M 400、M 401、M 402、M 403、M 404 之一接通), 可以选择进入任何一个内部软元件状态 (S)。手动选好步进段后, 接通自动状态 M 61, 于是程序运行当前工序段的自动成型动作。

这样可以方便、直观地对控制程序自动部分进行读、写、修改、监控等操作。

2. 应用子程序及子程序嵌套 (指针 P), 实现自动状态流程中, 重复动作和动作组合交叉使用。

成型机程序设置了 13 个子程序, 并相互嵌套使用。13 个子程序是: P₁ 各机构复位 (回原始状态位), P₂ 左侧机构前进, P₃ 胶囊反包动作, P₄ 扣圈进退动作, P₅ 后压辊反包动作, P₆ 下压辊动作, P₇ 指形正包、后压到位准备, P₈ 后压辊正包动作, P₉ 扩、拉布器联动上帘布筒, P₁₀ 后压辊进、分、正转动作组合, P₁₁ 后压辊退、合、反转动作组合, P₁₂ 压缓冲层准备位, P₁₃ 压胎面准备位。

如图 5 所示, 简要说明成型 3[#] 布筒的工艺动作:

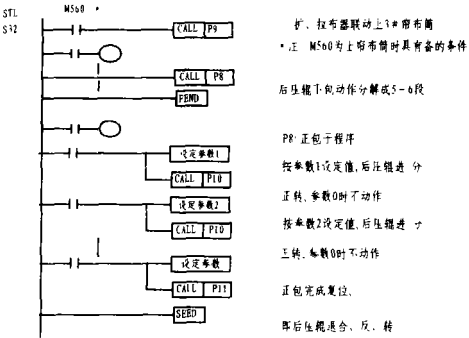


图 5 成型 3[#] 布筒工艺 (子程序嵌套) 梯形图示意

应用子程序和子程序嵌套, 可以节省大量程序存储空间, 缩短程序扫描周期, 提高输出处理速度。

在实际编程及调试中应注意使用子程序的条件, 来完成子程序的调用与返回。不能强制步进梯形图的跳转, 否则会影响 PLC 对输出的处理。

3. 应用中断处理, 提高拉布器装置到位精度。

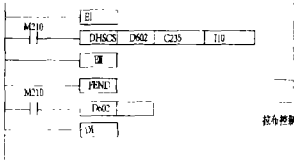


图 6 中断处理示例

PLC 程序的扫描周期为 5.3ms, 如果拉布器的运动速度为每秒 0.6m, 继电器输出型的应答滞后时间为 10 ms, 因此, 拉布器动作响应滞后为 $0.6 \times (5.3 + 10) = 9.18 \text{ mm}$, 与工艺要求 $\pm 2 \text{ mm}$ 相差很大。

通过中断及输出应答的刷新处理, PLC 应答滞后时间为 0.02 ms, 拉布器动作响应滞后为 $0.6 \times 0.02 = 0.012 \text{ mm}$, 这样, 大大提高了拉布器到位的控制精度, 保证了工艺参数的精确控制, 如图 6 所示。

4. 程序设计采用现行动作与准备动作同时并存的思路。

如图 7 所示, 在自动生产过程中, 一道工序完成后, 下一道工序应紧凑进行, 尽量减少工序间的时间等待。编程中应考虑当前工序动作正在进行时, 下一道工序动作应提前运行到准备位, 这样才能使每道工序, 每个动作间连接紧密, 缩

短胚胎生产周期，提高成型产量。例如，在胶囊反包过程中，应让后压辊前进、分开、正转到准

备反压位置，在指形片开始缩回的同时，后压辊紧跟加压反压扣圈等。



图 7 现行动作与准备动作同时并存示意

前后工序部分重合的动作，在程序编制时要严格应用互锁条件保护功能，充分考虑每个动作的安全性，保障设备安全可靠的运行。

5. 在顺序控制的程序段中，设置了以下程序段：人机界面服务程序，外部故障适时监控及报警输出，对触摸屏的通信和操作，成批输出信号模式，基本动作单元，手动动作单元，自动动作单元。

2 触摸屏画面系统

2.1 触摸屏的型号与特点

这里介绍选用日本三菱加宽型 F940WGOTSWD 触摸屏，其特点有：最多可显示 500 个用户制作画面，能显示多种控制图形，可用 8 种颜色画面进行显示，能用语句表或梯形图方式监控 PLC 元件的设定值或当前值，可修改 PLC 内部数据，可将显示面板作为触摸键行使开关功能，还可在指令清单程序方式下进行程序的读出/写入/监视等操作，其外部接线如图 8 所示。

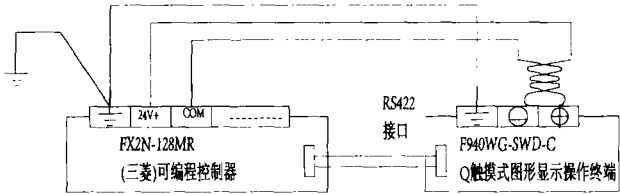


图 8 触摸屏外部接线示意图

由于成型机是三班连续作业，操作人员多，容易发生误改成型机控制程序的操作，于是在设计时应尽量考虑操作中更多应用面板功能开关，减少对触摸屏的触摸频率，使触摸屏主要应用于调试、规格调用及适时故障显示查找等用途，并且要由电气专管负责人输入密码才能进入相应的修改控制界面。

2.2 触摸屏功能界面的设定流程（图 9 所示）

1. 过程监控：显示成型工艺流程。当自动成型到某一状态时，界面屏幕显示此状态下整机各机构应进入的准备位置和这一功能状态下设备各机构动作过程。

2. 参数设定：输入密码，可进入各控制参数设定状态，能够对各种设定参数进行修改、调整。参数修改十分简单，触摸需更改的参数值，屏幕右下角跳出一功能键盘，只需触摸功能键盘

相应键，输入新的设定参数值，回车后确认，新设定值将覆盖原工艺参数。

3. 规格调用：本机设定了 10 种轮胎规格参数。当调整轮胎品种时，只需触摸“功能调用”框，进入规格 1~10 选项，再触摸任一规格，屏幕滚动显示所有设定参数，确认无误后，触摸“确认”键，将所有显示参数传送至 PLC 中数据寄存器，即完成规格调用过程。

4. 故障指示帮助：在过程监控状态下，整机中任一电机或变频器发生故障时，界面屏幕将整屏提示：（1）具体故障部件；（2）电气及操作中引起故障的原因；（3）如何排除故障等，便于维修人员迅速查找并排除故障。

应用人机界面技术，使整机设备操作直观明了，方便掌握，轮胎成型规格更换简单方便，参数调整一目了然，电气故障适时显示，故障排除

和检修方便、快捷。应用触摸屏界面可直接实现对 PLC 程序的编辑、监控等功能。如需增加新功能、新界面,可随时通过计算机迅速加入,操作简捷。

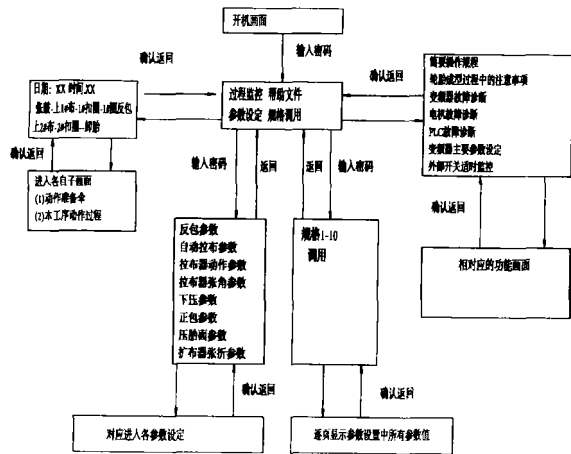


图 9 触摸屏设定流程图

3 变频器控制系统

3.1 变频器型号和特点

成型机控制系统选用日本三菱 A540 和 E540 系列变频控制器,该系列变频器具有体积小,重量轻,功能齐全,调节方便等特点,适合轮胎成型机的使用要求。

3.2 变频器控制系统的应用

成型机变频器控制系统如图 10 所示:



图 10 变频器控制系统示意图

1. A540 变频器用于控制成型主轴变频电机 (YVP180L-15KW),因成型工艺要求,成型机主轴需频繁加速、制动,成型机头转动惯量大,

根据算式:

$$I_{eTP} \geq K \frac{I_1 t_1 + I_2 t_2 + \dots + I_i t_i - I_i - 1}{t_1 + t_2 + \dots + t_i} \quad (A)$$
$$= K \frac{i I_1 t_1}{t_1 + t_2} \quad (A)$$

(按最恶劣的情况确定)。式中:

I_{eTP} ——变频器频繁起动额定输出电流。

I_1 ——电机加速阶段电流

T_1 ——加速运行时间

T_2 ——频繁起动间隔时间

K ——裕量系数 频繁动作时取 1.2

计算得出:

$$I_{eTP} \geq 1.2 \frac{2 \times 34.6 \times 0.8}{0.8 + 0.8}$$
$$= 41.52 \quad (A)$$

根据以上算式,我们选取 FR A540 22K 变频器,其额定电流为 43A。

2. E540 变频器具有 15 段速度设定,成型机后压辊及拉布运动中最多使用的是 8 段,为保证工艺控制对后压辊动作提出更精细的运动要求,选用的 FR A540-22K 变频器具有更多的速度选择余量。

成型机的每个动作都采用光电编码器提供反馈信号,使系统形成闭环,这样成型机后压辊及拉布器的运动轨迹能够得到准确地控制,充分满足轮胎成型工艺的要求。

4 结束语

在轮胎成型机上应用现代数字控制技术,大大提高了成型设备的运行精度,降低了零部件损耗和故障发生频率,检修方便,在不影响工艺流程的前提下,缩短了轮胎生产周期,提高了劳动生产率,为轮胎产品质量的提高提供了重要保证,效果显著。

通过多年的设计和实践,现代数字控制技术已在我公司斜交轮胎成型机、快速胶囊反包成型机、子午线轮胎成型机中广泛推广使用,使成型机各项功能得到了更好的发挥,取得了良好的效果。