

# 床单印花机电子控制器及其可靠性

陈友余  
(成都毛巾床单厂)

**〔提要〕** 本文就目前一般台板式床单印花机继电器控制器的可靠性问题进行了探讨。通过实际统计和理论分析,提出用电子(集成)控制器取代继电器控制器的方案。并在试制过程中应用系统工程方法,较全面地分析故障因素,解决元件选取、线路设计、功能设计、人机联系、干扰隔离、工艺装配等一系列技术问题,以保守设计方法和故障检测手段换取高的可靠性,因而在生产中取得好效果。并对进一步提高控制系统可靠性提出了看法。

台板式床单印花机是床单生产中的重要设备之一。在国内今后相当长的一段时期内,这种印花机仍将占有较大的比例。现在,大多数单位仍采用故障多、可靠性差、维修困难的继电器控制器,如不解决这一问题,床单行业的发展将受到影响。

从计算机发展过程可看出:电子管式计算机平均稳定工作时间只有2至3小时,而一台中、小规模集成电路计算机,平均稳定时间可达5000至7000小时。继电器式的计算机比电子管的更差。因此,提高控制系统的可靠性,仅从元件的角度来看,就必须向集成电路、大规模集成电路的方向发展。

我厂自1978年以来着手试制CY-1型床单印花机电子控制器,1980年下半年投产运行至今,已稳定运行两年左右。床单产质量得到稳定和提高。1982年我厂又将第二台电子控制器CY-2型投入生产,控制另一台床单印花机,在CY-1型的基础上作了较大改进。

## 一、印花机生产工艺过程

台板式床单印花机的简单工作原理可由图1说明,在上轨道台板上铺有准备印花的床单。当网框下降后,由刮刀的往复运动将

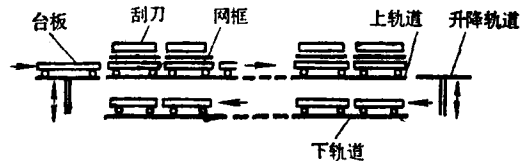


图1 床单印花机生产工艺示意图

根据设计要求的各种颜料刮印到床单上。然后在丝杆推进器的作用下,将台板移动到下一个位置定位,进行下一次套色过程,直到全色套完。为使控制过程连续进行,推到最后位置去的台板将通过升降轨道传送到下轨道。下轨道又将台板反向循环,同时收、铺床单。

整机由8台电动机、6台电磁离合器分别执行走板和印花等程序。

## 二、控制器总体结构和主要技术性能

总体结构如图2。现将其主要部分分述如下:

1. 输入部分采用干簧管、晶体管接近开关;输出用小型中间继电器驱动交流接触器,控制电机。
2. 采用P-MOS集成电路。
3. 设立操作管理控制电路,实行“手动-预动-自动”操作方式。在机器处于“预动”状

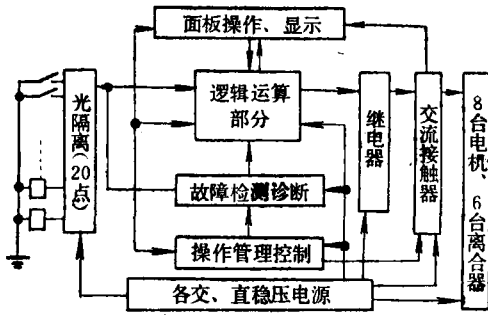


图2 控制器总体结构图

态时，自动检查印花机各传动机构是否处于初始状态。若未处于初始状态，则自动令其复位，并判定是上轨或下轨开机，减少操作手续。

4. 刮印次数设定。运行中可使刮印次数在0~3次之间任意选择、变化，在0次时只走台板不刮印。这样以满足换花版、洗框以及多次重刮的特殊要求。

5. 产量计数(0—999)。

6. 随机启停。可不影响程序和定位位置随时启停机器。

7. 故障检测。自动检测外部机器运行中出现的故障，如担板、推进器未退够、内部电源失电等。

8. 故障处理。发生故障时作：(1)刮印、走板控制分级处理；(2)指出故障发生部位；(3)声光报警。

9. 显示系统。(1)程序显示；(2)操作方式显示；(3)各定位点动态显示；(4)刮印次数动态显示；(5)产量显示；(6)故障及其内容显示。

10. 电源。电子线路、接触器等电源全部实行稳压。三相交流电源另配一台交流感应式稳压器。

11. 抗干扰性能。距控制器不大于1米处，用本控制器频繁启动7.5千瓦电动机无干扰误动。正常工作时对电网、电机类干扰有很强的抗干扰性能。

图3是总控制流程图。

### 三、可靠性

表1 继电器控制器主要元件更换情况

更换元件名称	单位	1970年	1980年*	占更换件总数
行程开关	只	88	86	52%
时间继电器	只	43	19	18%
接触器	只	50	54	30%
价值	元	3200	3100	

\* 不包括四季度

从表中可看出，采用继电器控制器平均每2天换一次电气元件。这样高的故障无法进行生产，对产质量的影响更难以估计。这说明，保证印花机生产的工作稳定主要在于控制系统的可靠性。

由可靠性、工作效率、可维修性技术得知系统的工作效率为：

工作效率 =

平均无故障运行时间

—————  
平均无故障运行时间 + 平均故障修复时间

这就要求尽可能提高可靠性，少出故障，一旦出故障，修复的时间应越短越好。

为此，从系统(包括元件、线路、工艺到整机)的角度进行可靠性分析和设计；采用高可靠性元件，如集成度高的集成电路；大裕量保守设计方法和有备份冗余方法掩蔽故障，以可靠性不太高的元件组成高可靠性系统。另一方面，采用故障检测、故障诊断技术，迅速发现、解除故障，缩短维修时间，以减少发生故障时对生产的影响。

以下重点分析控制器可靠性问题及改进措施。

1. 从表1看出，继电器控制器输入检测元件(行程开关)占整机故障率52%，逻辑控制部分占48%。因此首先从这两个部分入手。

我们选用了JAG-2H干簧管和晶体管接近开关取代行程开关作输入元件。在非接触式、无机械直接冲击力的工作情况下，

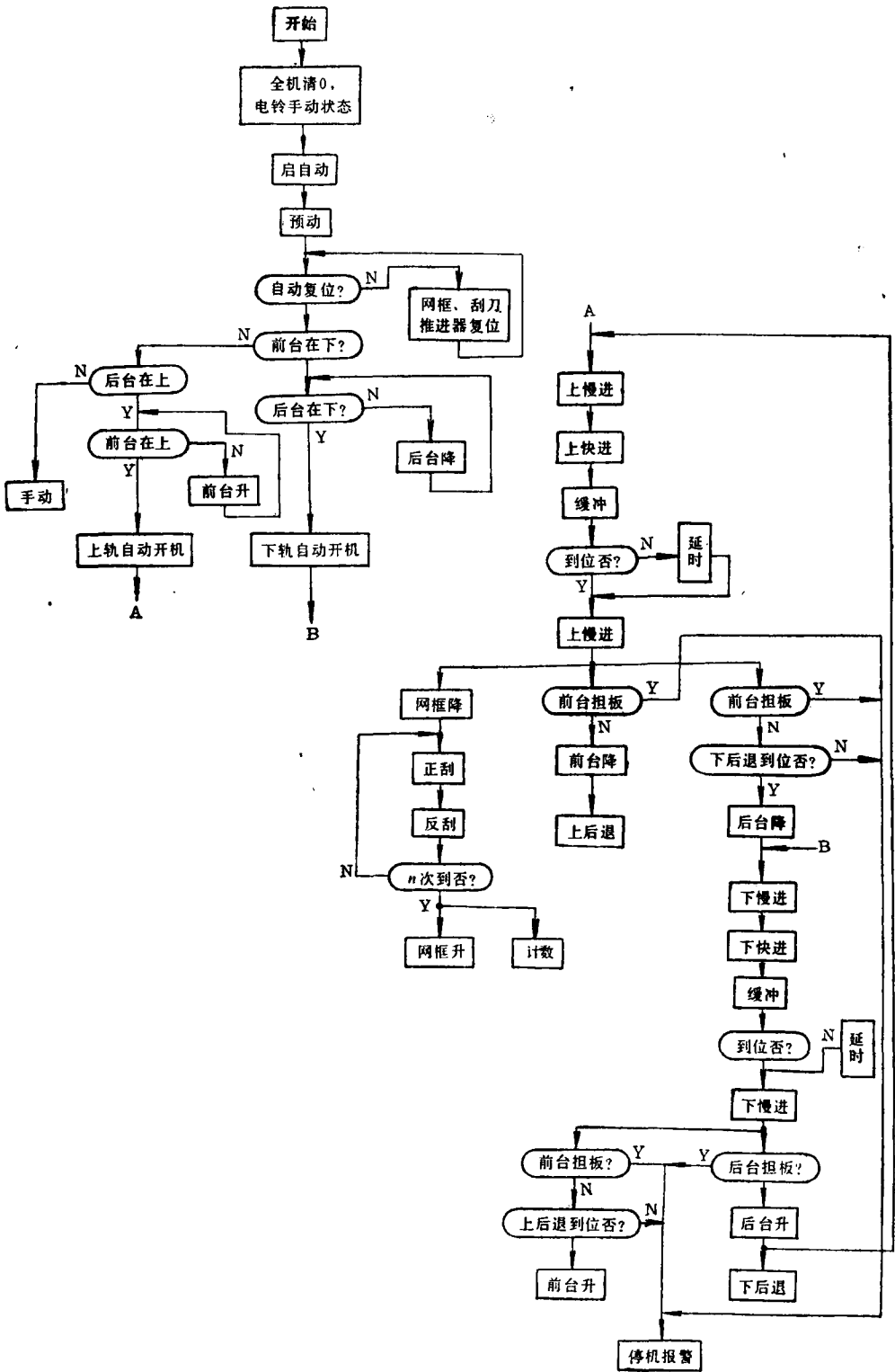


图3 总控制流程图

JAG-2H 的寿命可达  $10^7$  次，并用并联冗余增加其可靠性。预测在本机可用 5 年以上。

2. 逻辑运控部分选用集成度高、抗干扰力强的 P-MOS 集成电路，晶体管、二极管等均用降额使用法进行工艺老化、筛选，其他元件也作技术检验。

3. 尽量使操作手续自动化以减少人为事故。控制器开机自动复位电路就是为此而设计的。它是由 CK、CS (见图 4) 两只触发器实现“手动-预动-自动”操作转换的。

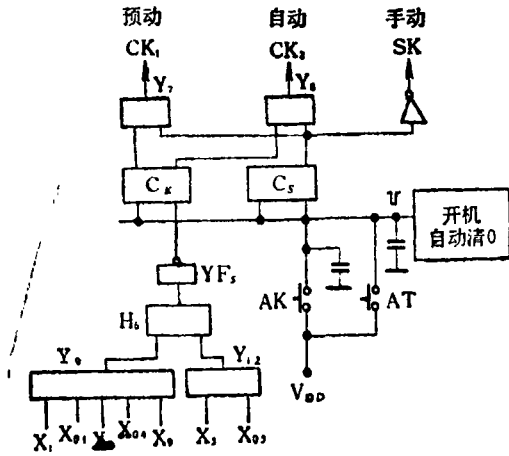


图 4 控制器开机自动复位电路

如图 4，由于开机自动清 0 电路将 CK、CS 及其它所有触发器清 0。此时 SK 出“1”，CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 出“0”，机器处于“手动”操作阶段。但可不作手动，而启动 AK，则 CS 出“1”，SK 变为“0”，CK<sub>1</sub> 变为“1”，CK<sub>2</sub> 仍为“0”，机器处于“预动”操作阶段。用 CK<sub>1</sub> 电平去分别启动推进器的退位及网框、轨道的升降，从而达到机器自动复位的目的。又因门 Y<sub>0</sub>、Y<sub>12</sub> 分别是上推进、下推进的条件与门，当 Y<sub>0</sub> 或 Y<sub>12</sub> 为“1”时，经 H<sub>0</sub>、YF<sub>0</sub> 使 CK 触发器置“1”，自动判别并转入“上轨道开机”或“下轨道开机”操作阶段。此时，CK<sub>1</sub>=0，CK<sub>2</sub>=1，机器处于“自动”操作阶段。

此外，面板上设有“各定位点显示屏”，供操作人员观察用。详细开机复位流程参看总

流程图。

#### 4. 程序设计对工作稳定性、可靠性的影响

印花机台板推进是问题较多、不够稳定的部位，因此常采用快进、慢进减速、定位方法。但图 5(a) 的程序设计就不如图 5(b) 的稳定可靠。因为台板一开始推进时就受到快进的很大冲击力，易使台板碰头撞坏；又在快进突然转入慢进时 ( $t_1$ )，机械传动部分实际上受到一种制动扭矩，速度突变，运行不平滑稳定。又因慢进到定位点距离较长，走板周期时间长而产量难以提高。

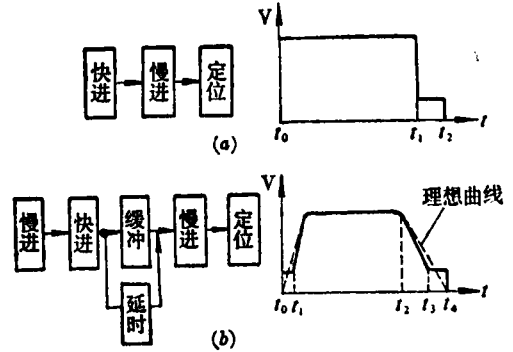


图 5 两种台板推进程序设计

图 5(b) 是以慢进启动台板而后快进加速，在快进和慢进之间加一机械自然缓冲过程，这就使运行冲击力大大减小，接近于理想的平滑曲线。运行时间缩短，车速提高。但机械缓冲过程可能由于电网电压波动、室温高低以及各种机械摩擦力变化等因素影响，

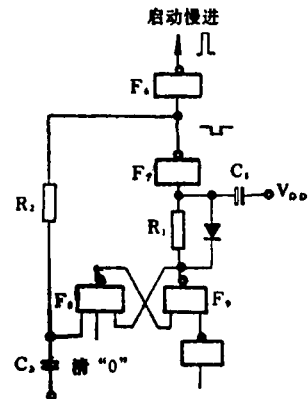


图 6 延时电路

造成缓冲不到  $t_3$  点, 使程序中断。故需设置一延时电路, 使其在一定时间以后, 自动启动慢进, 继续执行程序。

延时电路如图 6 所示。当快进到  $t_2$  点时缓冲即开始,  $x_2$  出“1”, 由  $F_8$ 、 $F_9$  组成的  $R-S$  触发器置“1”, 经  $R_1$ 、 $C_1$  延时后,  $F_7$  由“1”变“0”,  $F_6$  输出为“1”, 启动慢进。另  $F_7$  的负电平经  $R_2$ 、 $C_2$  延时 ( $R_2C_2 < R_1C_1$ ), 使  $R-S$  触发器清“0”,  $F_6$  输出为一正脉冲。

5. 组合逻辑与时序逻辑的可靠性分析  
各程序均采用“条件控制”方式。

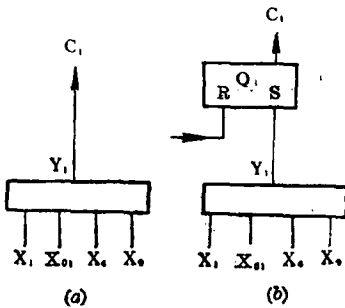


图 7 组合逻辑和时序逻辑示意

图 7 (a) 和 (b) 分别用组合逻辑和时序逻辑条件控制方式控制同一程序  $C_1$ 。从函数关系来讲二者是等价的。即

$$C_1 = X_1 \cdot X_{01} \cdot X_4 \cdot X_9$$

由可靠性数学分析得知: 当  $C_1=0$  时, 欲使  $C_1$  误动(即  $C_1$  偶然变为“1”)的概率是极小的。各输入点  $X_1$ 、 $X_{01}$ 、 $X_4$ 、 $X_9$  同时为“1”的概率为

$$\lambda C_1 = \lambda Y_1 = \lambda X_1 \cdot \lambda X_{01} \cdot \lambda X_4 \cdot \lambda X_9$$

$$\text{若设 } \lambda X_1 = \lambda X_{01} = \lambda X_4 = \lambda X_9 = 0.1$$

$$\text{则 } \lambda C_1 = 0.1^4 = 0.0001。$$

可见, 要使  $X_1 \dots X_9$  同时为“1”是极不容易的。此时组合逻辑与时序逻辑故障概率相同。

但  $C_1=1$  时, 组合逻辑  $C_1 = Y_1 = X_1 \cdot X_{01} \cdot X_4 \cdot X_9$ , 只要  $X_1 \dots X_9$  中任一变量出故障(由“1”变“0”), 即  $C_1$  为 0。这就造

成如台板推进或刮印中停之类的事。而在时序逻辑中,  $Y_1=1$  已寄存到寄存器  $Q_1$  中,  $X_1-X_9$  之后任一变量出故障都与  $Q_1$  无关而使  $C_1$  始终保持“1”状态。所以此时组合逻辑比时序逻辑的故障率高得多。采用时序逻辑较为可靠。

6. 故障检测

实行故障检测和故障定位, 将有助于迅速查出故障, 缩短维修时间, 提高机器运行工作效率, 并能防止事故的进一步扩大或损坏机器。各种故障检测内容和手段如下:

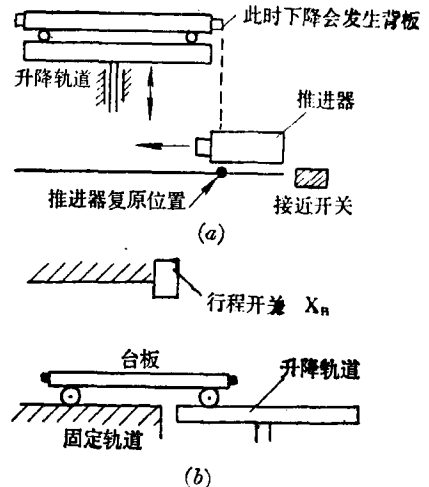


图 8 推进器未退够产生的故障及解决方法示意图

(1) “推进器是否退够”, 如下推进器未退够, 后台板降时会使台板横担在推进器上, 造成“背板”事故(见图 8a)。

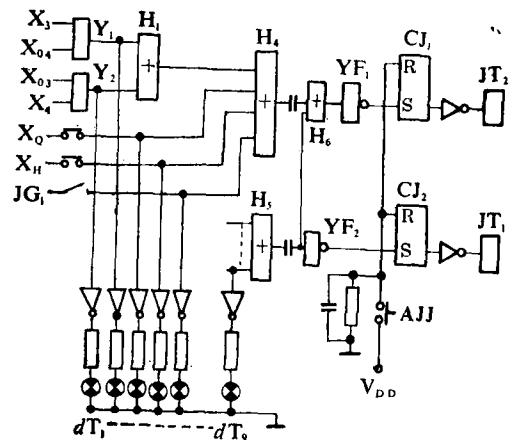


图 9 防止推进器“背板”事故线路图

解决办法见图9。当 $X_3=1$ (此时程序上应为后台板下降),若推进器未退至 $X_{04}$ 点,则 $X_{04}=0$ ,门 $Y_1=1$ ,经 $H_1$ 、 $H_4$ 、 $YF_1$ ,使触发器 $CJ_1=1$ ,继电器 $JT_2$ 吸合,切断走板部分电机电源,并报警。同时 $dT_2$ 指示出“后推进器未退够”,达到故障定位目的。

(2)“担板”,若台板处于下轨道(固定)和升降轨道(活动)之间,在升轨道时必然造成“背板”事故,严重时会使轨道折断。解决办法是在上轨道上安装 $X_H$ 保护开关(如图8b)。若有“担板”,台板必撞击 $X_H$ 使其动作。从图9中可看到, $X_H$ 信号经 $H_4$ 、 $YF_1$ 使 $CJ_1$ 、 $JT_2$ 动作,切断电机电源。

(3)故障分级处理。经实际观察分析,走板部分是故障较多部分,而刮印部分故障少但最影响质量。这就要对两者不同类型的故障区别处理,将刮印故障定为一级停机,走板故障定为二级停机,使走板发生故障时不影响刮印。

如图9, $JT_1$ 是控制刮印电机电源, $JT_2$ 是控制走板电机电源, $H_4$ 的输入端包含走板部分故障内容,而 $H_5$ 输入端包含刮印和各电源失电等影响全机正常工作的故障内容。这样, $H_5$ 有输出 $JT_1$ 、 $JT_2$ 同时动作; $H_4$ 有输出只有 $JT_2$ 动作,实现了分级处理故障。

7.刮印次数设定。正常运行时正反刮印只有一次。但若中途停车时间长,或受温度、颜料稠度影响,往往需要刮二次、三次。一般情况必须停自动,转手动刮印操作。“刮定次数设定”电路可以通过控制台面板按键随时变更刮印次数,其电路如图10。它是将每次刮印脉冲送入计数器计数,而后译码取出0或1、2、3次。若译码后次数电平被 $JA_0$ ~ $JA_3$ 按键选中,则输出电平去控制刮印电路停止继续刮印程序。LED作发光二极管动态显示。

8.抗干扰。分析对本机电子控制部分的干扰途径不外有下列几种:

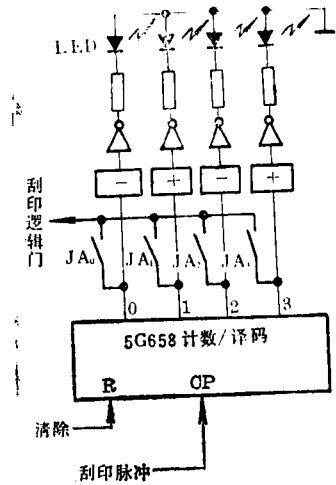


图10 刮印次数设定电路

- (1) 外部输入检测引线的干扰,见图11;
- (2) 执行控制部分继电器、接触器的干扰;
- (3) 电网干扰;
- (4) 电机、离合器干扰;
- (5) 电子线路内部干扰。

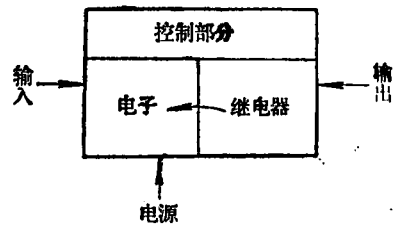


图11 外部输入的干扰

主要采取的措施有:

(1) 在输入到控制器之间加光电耦合器隔离(见图12)。由于光电耦合器以光的形式传输信息,输入-出之间有很高的绝缘电阻(大于几十兆欧)和很小的分布电容(约几PF)而无反馈,入-出端可不共地,因而具有比一般方法有更强的隔离性能。用光电耦合器的引线可长达几百米,而一般方法只有几十米或几米。

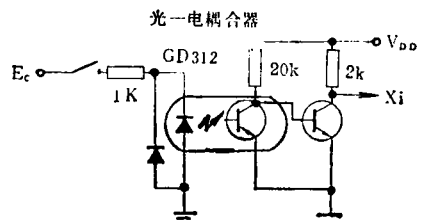


图12 光电耦合器隔离线路

(2) 在电机、接触器、继电器等感性负载端接吸收电容、压敏电阻等,抑制强电部分对弱电部分的干扰。

(3) 所有触发器、计数器输入控制端加0.15PF低频独石电容。对于正跳变电平(脉冲),电容接V<sub>DD</sub>(负);负跳变电平(脉冲)接地(正)。实践证明是十分有效的。见图13。

(4) 逻辑地与电网用不同“地”隔离。

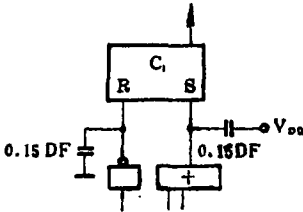


图13 加独石电容线路

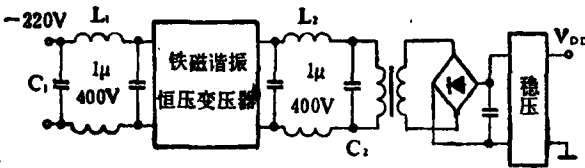


图14 电源多重隔离线路

(5) 电子线路的电源采用“低通-恒压变压器-低通-变压器”多重隔离,如图14。铁磁谐振恒压变压器不仅有优良的稳压性能(输入250~160伏变化时输出220±1伏),重要的是它有很强的抑噪声性能(大于120分贝)。

#### 四、运行情况与实际效益

经两年实际运行证明,本控制器是稳定可靠的。电子控制部分基本无故障,这是继电器控制器不可能达到的。其经济效益明显,表现在产、质量的稳定和提高,产量比原来提高30%以上,班产保持在800~1000条,达到国内同类台板式印花机的先进水平。维修费用仅为原来的1/30左右。

#### 五、高可靠系统的讨论

如要进一步提高可靠性,减少故障率或维修时不停车,则可考虑使用双重化系统。双重化系统有两种方式:

1. 离线备用系统(亦称“冷储备”系统):是指一台控制器工作,另一台控制器“待命”。当工作的控制器出故障时,立即切换到“冷储备”系统工作,然后再维修有故障的控制器。这种方式的缺点是在切换时信息消失,需重新启动,如图15A)。

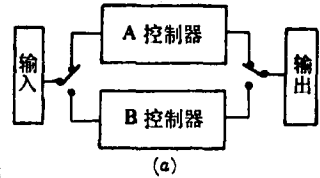


图15A “冷储备”系统

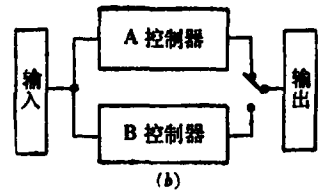


图15B 热储备系统

2. 在线备用系统(亦称“热储备”系统):是两台控制器同时工作,而其中只有一台控制器运转。一旦发生故障时立即转入正常控制器工作(图15B)。这种方式的特点是切换时保存原有信息,瞬时转入正常运行,几乎不停机。

双重控制系统的缺点是要多增加一台控制器的设备投资。但从生产角度出发是合算的。

从实际维修来看,床单印花机故障相对较多的仍是检测部分和离合器部分,因为这两个部分受机械影响最大。电气元件的可靠性是足够的,主要是维护保养工作。若加强这

部分的日常维护、调整，问题是不难解决的，也可考虑在检测部分采用备用系统。

微型计算机、微处理器具有更高的可靠性（单片达  $10^6$  小时），用它们来取代一般顺序控制器或组成双重化高可靠系统，不仅可能而且便宜。至于是否采用双重化系统应视各厂具体情况而定，如有的厂有两台印花机而不是满载运行时，则可考虑用一台控制器作它们两者的备用系统等。

## 参 考 资 料

- [1] 陈延槐、陈光熙著，〈数字系统的诊断与容错〉，国防工业出版社。
- [2] 〈半导体器件可靠性〉，国防工业出版社。
- [3] 天津电气传动研究所著，〈半导体逻辑元件及其应用〉。
- [4] 〈コンピュータ制御入門〉，电气计算，第22卷，第15号，1974，〈高信頼度二重化システムのソフトウェア〉等篇。
- [5] 〈电子科学技术〉，1980，No. 1~4。
- [6] 〈电子技术〉，1981，No. 3~10。
- [7] 〈继电器及其应用〉，上海科学出版社。