

微电脑应用优选集

(第二集)

哈尔滨市科学技术委员会工交处
黑龙江省电子工业科技情报站

一九八三年

目 录

四、微电脑在工业控制方面的应用

- 37. 应用微型计算机对可逆冷轧机的张力进行控制····· 于常友 薛兴昌 (1)
- 38. 交流电梯的微计算机控制系统····· 杨学浚 袁修乔等 (25)
- 39. DJS—051B微型计算机在自动测控中的应用····· 张万善等 (30)
- 40. 微型计算机精密炉温群控系统的启动和跟踪····· 肖桂林 (41)
- 41. 一种实时多任务管理程序在Z—80微型机工业监控系统中的实现····· 洪喆子 (48)
- 42. 单板微型计算机在橡胶压延机自动控制中的应用····· 姚志石 徐君毅 胡曙逵 (58)
- 43. 微机控制地声定向系统的软件设计····· 陈德元 郝山临 刘钢 李竞洪 (70)
- 44. 微型计算机控制的邮政包裹分拣机系统····· 湖南省电子研究所 (74)
- 45. 控制舞台灯光的微型计算机系统····· 徐培南 余振唐 胡金初 (81)
- 46. 铣床微型计算机自适应数控系统····· 韩庆瑶 韦彦成 王克昌 (90)
- 47. 用单板计算机实现可控硅直流拖动系统直接数字控制的研究····· 马宝甫 (99)
- 48. 应用DWJ—80A单板微型机的印制线路板自动钻床系统····· 李仁德等 (109)
- 49. 微型计算机在试桩工程中的应用····· 刘根发等 (118)
- 50. 户外施工电梯的微型电脑控制系统····· 高云钦等 (125)
- 51. 用微型计算机控制大型龙门壁板铣床····· 单云清 付光永 (131)
- 52. 微型计算机控制双闭环直流调速系统····· 林杞等 (140)
- 53. 中束流离子注入机微型计算机控制系统研究····· 房文博等 (155)
- 54. 步冲、点冲复合压力中心的微型机控制系统软件····· 孙振东 刘 菲 (168)
- 55. FC—II型微机邮政包裹分拣控制系统····· 王义章等 (175)
- 56. 微型计算机精密炉温群控系统·····
1409所8室、成都电信工程学院803教研室 (186)
- 57. 微型机在陶瓷工业中应用的探讨····· 周惠兰 (192)
- 58. TRS—80微型计算机在温度自动调节系统中的应用····· 李先永 (199)
- 59. 微型计算机电力系统数据管理程序····· 辜体仁 (209)
- 60. 供电系统运动装置管理微计算机····· 牛健儒等 (224)
- 61. 用AIM—65微机控制线切割机床····· 钟令军 李惠明 (233)
- 62. 微型计算机应用于铝电解生产过程的控制····· 王树人等 (240)

五、微电脑在科学计算、信息处理及其它方面的应用

63. 保证一定精度 (0.1%) 的一种微处理机实现的典型函数快速求值
 算法.....李山林等 (245)
64. 微型机曲线拟合程序.....朱仲英等 (255)
65. 微型计算机辅助工艺设计.....马之行等 (262)
66. 应用M6800微处理机的全电子电传打字机控制程序介绍.....徐桂林 (269)
67. 用TRS—80微型电脑进行遥测信息数据处理.....陈峻夫 (285)
68. 微型机与光谱仪器的通用接口—微型机
 应用于UV—200分光光度计.....刘德远等 (289)
69. 煤气化研究实验装置与微计算机的机用.....马小云等 (297)
70. 用微处理器实现“锁相”与帧同步—Z—80在通信中的应用
 荀殿林 (307)
71. 微型计算机的小型网络—观察中心与台站之间的通讯传输...宋知用等 (315)
72. 《电路分析》自学习系统.....苏宝琴 (320)
73. 在地震观测台现代化系统中利用微处理机进行数据的实时采集、处理和
 传输.....任国城 (330)

应用微型计算机

对可逆冷轧机的张力进行控制

于常友、薛兴昌等

在利用可逆轧机轧制冷轧带钢的生产过程中,为了减低轧制压力,提高板型质量往往都采用恒张力自动控制。太钢七轧厂的八辊轧机是六十年代从西德引进的设备,它是通过“电流调节器”、“电势调节器”和“动态补偿环节”构成的“复合张力调节器”来保证恒张力轧制的。由于动态电流和励磁电流计算不准,且在升降速时又不能及时的提供动态电流。因而在薄带小张力轧制的情况下,经常出现松带,蹦带和断带现象,有时甚至达到无法轧制的程度。为了解决上述问题,我们应用了微型计算机技术对八辊轧机的张力控制系统进行了改造。下面用新老系统对比的方法对微型计算机控制系统进行介绍。

一、工艺过程和张力分析

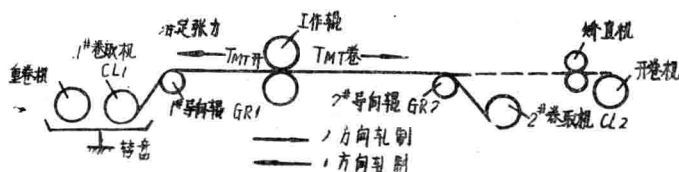


图 1

1. 工艺过程

所谓可逆轧机是指轧制方向可逆的轧机。需要轧制的钢卷首先放在开卷机上,然后启动开卷机将钢卷全部卷到1#卷取机的卷筒上,这称之为上卷。上卷结束后开始穿带,即将1#卷取机卷筒上钢带的头部通过1#导向辊,工作辊,2#导向辊咬入2#卷取机的卷筒。穿带结束后,1#、2#卷取机都分别给定张力,然后启动轧机,此时1#卷取机处于开卷态,2#卷取机处于卷取态,带钢沿轧制2方向前进,调整上下工作辊间的辊缝,带钢通过工作辊就轧制成了所需要的厚度。1方向轧制时,钢卷在2#卷取机上,2#卷取机处于开卷态,1#卷取机处于卷取态。其工艺过程同2方向轧制,轧制结束时,钢卷只能在1#卷取机的卷筒上。转盘旋转180°,将1#卷取机的卷筒转到重卷机的位置上,启动重卷机将钢卷运走,称之为卸卷。

2. 张力分析

所谓张力是指1*卷取机与主轧机间和2*卷取机与主轧机间带钢所受到的拉力，它是通过分别给定1*、2*卷取机电机以相应的电枢电流来获得的，每一道次开始轧制前都要首先给定张力。

设本道次的轧制方向为2方向，则1*卷取机处于开卷态，给定其电机电枢电流为 $I_{MT开}$ ，开卷侧带钢所获得的张力为 $T_{MT开}$ ；2*卷取机处于卷取态，给定其电机电枢电流为 $I_{MT卷}$ ，卷取侧带钢所获得的张力为 $T_{MT卷}$ ；在张力 $T_{MT开}$ 和 $T_{MT卷}$ 的作用下，分别将开卷侧和卷取侧的带钢拉紧。在轧制的过程中，要求给定张力 $T_{MT开}$ 和 $T_{MT卷}$ 不变，称之为恒张力轧制。下面分析在不同的轧制状态下，引起张力变化的原因，从而找出保证恒张力轧制的条件。

在升降速轧制时，引起张力 $T_{MT开}$ 和 $T_{MT卷}$ 变化的原因是主轧机的速度发生了变化，在升速轧制时，开卷侧绷带，张力 $T_{MT开}$ 增大；卷取侧松带，张力 $T_{MT卷}$ 减小。此时，要减少1*卷取机对带钢的拉力，增加2*卷取机对带钢的拉力，即1*卷取机电机电枢电流要增加一个动态电流分量 $-I_{Ms开}$ ，2*卷取机电机电枢电流要增加一个动态电流分量 $I_{Ms卷}$ ，使1*、2*卷取机电机的速度作相应的变化，以保证恒张力轧制。在减速轧制时，开卷侧松带，张力 $T_{MT开}$ 减小；卷取机侧绷带，张力 $T_{MT卷}$ 增加。1*、2*卷取机电机电枢电流分别增加一个动态电流分量 $+I_{Ms开}$ ， $-I_{Ms卷}$ ，使其转速作相应的变化，以保证张力 $T_{MT开}$ 和 $T_{MT卷}$ 不变。

不管是升降速轧制还是稳速轧制，对于1*卷取机，由于带钢的卷径越来越小，使其由于转动惯量引起的对带钢的拉力越来越小，因而随着卷径的减小，要相应的减小励磁电流 I_f ，以增加对钢带的拉力，从而保证张力 $T_{MT开}$ 不变。对于2*卷取机，由于钢带的卷径越来越大，使由于转动惯量引起的对带钢的拉力越来越大，因而要相应的增加2*卷取机的励磁电流，以减少它对钢带的拉力，从而保证张力 $T_{MT卷}$ 不变。

1方向轧制时，2*卷取机处于开卷态，1*卷取机处于卷取态，其分析同2方向轧制。

二、原系统的控制思想及存在的问题

由动力学原理知： $P = T_{MT} \cdot V$

由电机原理可知： $P = \frac{E}{V} \cdot I_M$

于是有张力： $T_{MT} \propto \frac{E}{V} \cdot I_M$ (1)

其中： P —电机的功率， T_{MT} —带钢的张力。 E —电机的反电势。 V —带钢的线速度。

$I_M = I_{MT} + I_{Ms}$ —电机的电枢电流。 I_{MT} —给定的张力电流。 I_{Ms} —动态补偿电流。

1. 电势调节

在稳速轧制时，因为 $I_{Ms} = 0$ ，所以 $I_M = \text{常量}$ 。由(1)式知，在轧制的过程中，只要保证 $\frac{E}{V} = \text{常量}$ ，就可以保证张力 T_{MT} 不变。

原系统的电势调节采用了由电势调节器和励磁电流调节器组成的双环结构。由一个电势桥检测电机的反电势，用同侧导向辊测速机检测带钢的线速度，二者在电势调节器

中进行比较,产生偏差信号,经放大后送至三级调节器,三级调节器的输出提供给一个直流自耦电机,带动多圈电位器,产生与卷径成比例的信号,再经非线性校正,作为励磁电流调节器的给定值。

处于开卷状态的卷取机,由于卷径 $D \downarrow$,而带钢的线速度 $V = \pi D n = \text{常量}$,因而导致了电机的转速 $n \uparrow$,又因为电机的反电势 $E = C_e \phi n$,从而导致了 $E \uparrow$,出现了 $V < E$ 。此时,电势调节器输出负的偏差信号,使直流自耦电机反转一个角度,从而使多圈电位器输出减小,即使励磁电流调节器的给定值减小,经励磁电流调节器调节,使励磁电流 $I_f \downarrow$,从而使 $\phi \downarrow$,又引起 $E \downarrow$,保证了 E 不变,从而保证了 $\frac{E}{V} = \text{常量}$ 。

处于卷取态的卷取机,由于 $D \uparrow$,而 $V = \pi D n = \text{常量}$,从而导致 $n \downarrow$,又因为 $E = C_e \phi n$,又导致 $E \downarrow$,于是出现了 $V > E$ 。此时,电势调节器输出正的偏差信号,使直流自耦电机正转一个角度,从而使多圈电位器输出增加,即励磁电流调节器的给定值增加,使励磁电流 $I_f \uparrow$,引起 $\phi \uparrow$,又使 $E \uparrow$,保证了 E 不变,从而保证了 $\frac{E}{V} = \text{常量}$ 。

2. 动态补偿电流的形成

在升降速轧制时, $I_M = I_{MT} + I_{M\pm}$,由(1)式知,除了保证 $\frac{E}{V} = \text{常量}$ 外,还要增加一个适当的动态电流分量 $I_{M\pm}$,才能保证张力 T_{MT} 不变。

原系统的电枢电流调节是由电流调节器、速度调节器和动态补偿环节来完成的。速度调节器处于饱和工作状态,通过一个限幅放大器提供恒定的电流给定值到电流调节器,在升降速轧制时,由动态补偿环节提供附加的电流给定值,即提供动态补偿电流。其值为:

$$I_{M\pm} = (C_1 \frac{i^2}{D^2} + C_2 \frac{1}{D^2} + C_3 D^2) \frac{dv}{dt}$$

原系统通过导向辊测速机测得线速度 v ,经过微分电路形成线加速度信号 $\frac{dv}{dt}$ 。通过多圈电位器的输出产生卷径 D ,经过函数发生器产生 $[C_1 \frac{i^2}{D^2} + C_2 \frac{1}{D^2} + C_3 D^2]$ 并与 $\frac{dv}{dt}$ 相乘产生动态补偿电流 $I_{M\pm}$ 。

3. 存在的问题及方案选择

使用光电示波器和记录仪获得了轧机的有关参数,通过分析和计算得出如下结论。原系统的电枢电流调节器和励磁电流调节器,动态特性好,抗干扰能力强,调节特性和电机特性接近,予以保留。电势调节器采用电势桥作检测,精度低,受温度的影响大;三级调节器的门槛电压也容易受外界干扰和温度影响,多圈电位器长期使用容易造成接触不良和局部火花,电枢电流动态补偿环节用微分电容检测速度的变化量,精度低,且极易引进干扰,函数发生器误差大。因而原系统的电势调节器和动态电流补偿环节用微型机系统代替,则可以大大的提高控制精度和可靠性。

三、计算机系统的控制原理和算示推导

根据动力学的力矩公式;

$$M_{\text{卷}} = \text{力} \times \text{力臂} = T_{\text{MT}} \times \frac{D}{2}$$

根据电机的力矩公式:

$$M = C_M \phi I_M$$

将电机的力矩折合到卷筒上:

$$M_{\text{卷}} = i C_M \phi I_M$$

将得到钢带的张力:

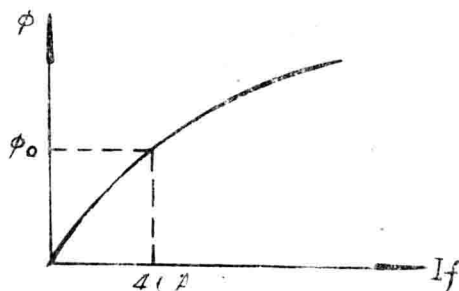
$$T_{\text{MT}} = 2i C_M \frac{\phi}{D} I_M \quad (2)$$

其中: T_{MT} —带钢的张力 i —电机到卷筒的传动比 D —钢带的卷径 ϕ —磁通量
 $I_M = I_{\text{MT}} + I_{\text{Ms}}$ —电机的电枢电流 I_{MT} —给定的张力电流 I_{Ms} —动态补偿电流

1. 稳速轧制

因为 $I_{\text{Ms}} = 0$, 所以 $I_M = I_{\text{MT}} = \text{常量}$, 根据 (2) 式知, 只要保证 $\frac{\phi}{D} = \text{常量}$, 就可以保证张力 T_{MT} 不变。

处于卷取态的卷取机, 初始卷径即卷筒的直径 $D_0 = 610\text{mm}$, 初始励磁电流 $I_{f0} = 40\text{A}$, 由 $I_f = f(\phi)$ 曲线可查得 ϕ_0 , 根据 $\frac{\phi}{D} = \text{常数}$ 知, $\frac{\phi}{D} = \frac{\phi_0}{D_0} = K_0$ 可求。在轧



制过程中, 检测卷径 D , 根据 $\phi = K_0 D$, $I_f = f(\phi, \text{曲线})$ 求 ϕ , 再根据 $I_f = f(\phi)$ 曲线查得 I_{f0} 此时求出的 I_f 包括 I_{f0} , 所以计算机输出的励磁电流为 $\Delta I_f = I_f - I_{f0}$ 。

处于开卷态的卷取机初始卷径 D 是最大的卷径, 它由前一道次轧制时(或上卷时), 由计算机算得并记住的, 由 $\phi = K_0 D$ 来计算 ϕ , 再由 $I_f = f(\phi)$ 曲线查得 I_f 。计算机输出初始励磁电流 $\Delta I_f = I_f - I_{f0}$ 以后就根据检测到的 D 来计算 ΔI_f 。

2. 升降速轧制

此时 $I_M = I_{\text{MT}} + I_{\text{Ms}}$, 所以除了保证 $\frac{\phi}{D} = \text{常量}$ 外, 还要增加一个适当的动态电流分量 I_{Ms} , 才能保证张力 T_{MT} 不变。

$\frac{\phi}{D} = \text{常量}$ 是通过励磁调节来实现的。下面仅对 I_{Ms} 的计算公式进行推导。

根据动力学的加速力矩公式

$$M = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$$

根据电机的转矩公式:

$$M = C_M \phi I_{\text{Me}}$$

于是有动态电流

$$I_{Ms} = \frac{GD^2}{375 \phi C_M} \cdot \frac{dn}{dt}$$

其中: GD^2 —电机、卷筒和钢卷总的转动惯量。

ϕ —磁通量

C_M —电机常数

$\frac{dn}{dt}$ —电机的加速度

又因为卷取机为双电机串联, 所以每一个电机的动态电流为其一半, 即:

$$\frac{1}{2} I_{Ms} = \frac{1}{2} \frac{GD^2}{375 \phi C_M} \cdot \frac{dn}{dt}$$

由设备说明书查得卷筒和电机的转动惯量为 $3192 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 。

由动力学公式知, 钢卷的转动惯量

$$GD^2_{\text{卷}} = \frac{1}{2i^2} \frac{D}{D_0} \pi B R \beta D^3 dD = \frac{1}{8i^2} \pi R B \beta (D^4 - D_0^4)$$

式中: $i=3.32$ —传动比

$R=7800 \text{ kg}/\text{M}^2$ —带钢的比重

$B=1.2^{\text{M}}$ —带钢的宽度

$\beta=0.93$ —占积率

$D_0=0.61^{\text{M}}$ —卷筒的直径

由动力学原理知: $C_e=1.03 C_M$

于是 $E=C_e \phi n=1.03 C_M \phi n$

所以
$$C_M \phi = \frac{E}{1.03n} = \frac{\pi D E}{1.03 \times 60iv}$$

且:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{60i}{\pi D} \cdot \frac{dv}{dt}$$

则有

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} I_{Ms} &= \frac{1}{2} \frac{3192 + \frac{\pi}{8i^2} B R \beta (D^4 - D_0^4)}{375 \pi E D / 1.03 \times 60iv} \cdot \frac{60i}{\pi D} \cdot \frac{dv}{dt} \\ &= \frac{1.03 \times (60i)^2 \times [3192 + \frac{\pi}{8i^2} B R \beta (D^4 - D_0^4)]}{2 \times 375 \pi^2 D^2 E} \cdot v \cdot \frac{dv}{dt} \\ &= \left[\frac{17382}{D^2} \frac{Y}{E} + 1711 D^2 \cdot \frac{V}{E} \right] \frac{dy}{dt} \end{aligned}$$

由卷取机负载特性查得:

当线速度 $v=5^{\text{M}}/\text{S}$, $I_f=44^{\text{A}}$, $I_M=1720^{\text{A}}$, $n=522^{\text{r}/\text{min}}$ 时, 电枢电压 $U_M=400^{\text{V}}$

于是有 $E=U_M - I_M R \Sigma = 400 - 1720 \times (0.00609 + 0.00508) \times 1.1 = 387^{\text{V}}$

从而得:
$$\frac{V}{E} = \frac{5}{387} = 0.013$$

主轧机的加速度 $\frac{dv}{dt} = 0.5\text{m/S}^2$

$$\text{从而有} \quad \frac{1}{2}I_{Ms} = \frac{113}{D^2} + 11.1D^2 \quad (3)$$

式中: I_{Ms} 动态电流, 单位A D : 卷径, 单位 M。

3. 卷径的计算

在轧机同侧的卷筒和导向辊轴上各装一个每转一周发 150 个脉冲的霍尔振荡器, 因为同侧卷筒和导向辊上带钢的线速度相等, 因而有:

$$\pi D_{\text{卷}} N_{\text{卷}} = \pi D_{\text{导}} N_{\text{导}}$$

式中: $D_{\text{卷}}$ — 钢卷的直径。

$N_{\text{卷}}$ — 卷筒的转速, 以脉冲量计量。

$D_{\text{导}}$ — 导向辊的直径 ($D_{\text{导}} = 400\text{mm}$)

$N_{\text{导}}$ — 导向辊的转速, 以脉冲数计量。

于是:
$$D_{\text{卷}} = \frac{N_{\text{导}}}{N_{\text{卷}}} \cdot D_{\text{导}} \quad (4)$$

$N_{\text{导}}$ 和 $N_{\text{卷}}$ 通过计数器获得, 所以 $D_{\text{卷}}$ 可求。

4. 压下补偿系数的计算

求动态电流 I_{Ms} 时, 使用的是主轧机的加速度信号, 我们可以认为处于卷取态的卷取机卷筒上的线速度等于主轧机的线速度, 但是处于开卷态的卷取机卷筒上的线速度要比主轧机的线速度低, 所以求出的动态电流要乘上一个压下系数。

$$\text{压下系数} = \frac{V_{\text{入}}}{V_{\text{出}}} = \frac{\pi D_{\text{导入}} N_{\text{导入}}}{\pi D_{\text{导出}} N_{\text{导出}}} = \frac{D_{\text{导入}} N_{\text{导入}}}{D_{\text{导出}} N_{\text{导出}}}$$

其中: $V_{\text{入}}$ — 入口侧带钢的线速度。

$V_{\text{出}}$ — 出口侧带钢的线速度。

$D_{\text{导入}}$ — 入口侧导向辊直径。

$D_{\text{导出}}$ — 出口侧导向辊直径。

$N_{\text{导入}}$ — 入口侧导向辊转速, 以脉冲数计量。

$N_{\text{导出}}$ — 出口侧导向辊转速, 以脉冲数计量。

$D_{\text{导入}}$ 和 $D_{\text{导出}}$ 已知, 只要在同一时刻取 $N_{\text{导入}}$ 和 $N_{\text{导出}}$ 就可以计算出压下系数。

四、微型计算机系统框图及工作原理

如图2所示, SCC是单板计算机, 它包括: Z—80A, 8K的 ROM, 1K的RAM, 多功能I/O接口片5501, 并行I/O口OA和OB。CTB 是计算接口板, 包括8个四位同步计算器 T_{214} , 可编程并行口8255, 中断管理芯片8214, 状态记忆芯片8212, 六个记录中断源的R—S触发器, 中断源清除芯片8205和两片母线驱动器8216。D+7A板包括一个并行数字量I/O口和4路的模拟量I/O。AIB板共4块, 是模拟量输出隔离板。面板上有8只七段发光显示器, 用来显示地址和数据; 16个功能键, 每个功能键都可以请求键盘中断; 8个扭子开关组成打码开关, 用来输入二进制的数据和状态; 四个十进制的码盘, 用来输入

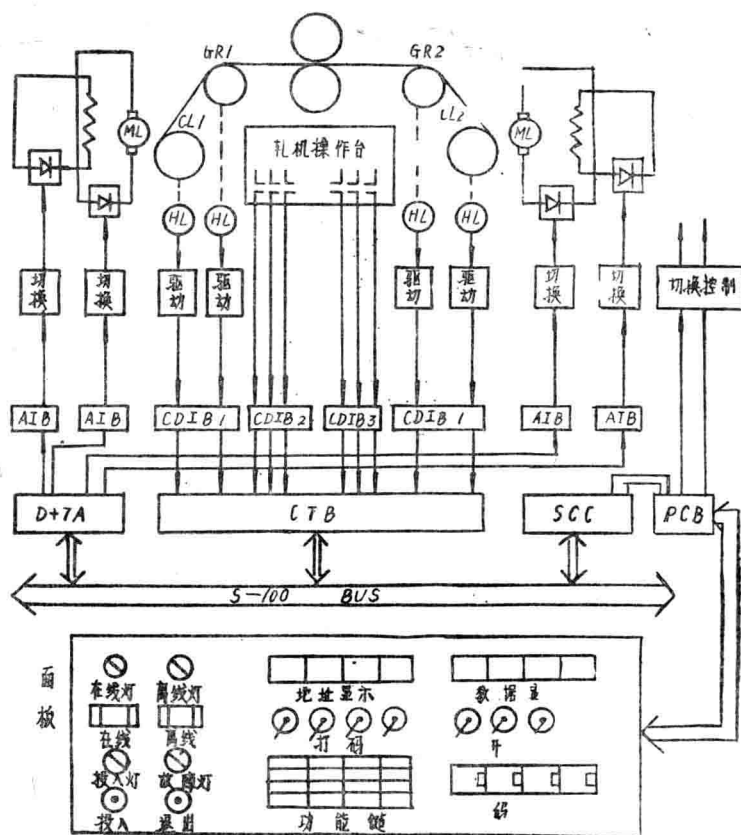


图 2

十进制的数据；还有投入、退出键及相应的指示灯和故障灯；在线键和离线键属于功能键，但是它们对应得在线灯和离线灯、PCB板是面板控制板，它包括两个作为功能键状态门锁的8锁定触发器；8个作为数据通路选择的八选一选择器；4个作为控制台输出的8锁定触发器与8个5G727十六进制数据显示驱动器组成显示线路，双D触发器用来记忆系统的状态并驱动相应的指示灯，还没有WATCHDOG报警线路，当CPU失效，系统软件紊乱，通电自检和在线自检找出故障时，发出报警信号。CDIB板共三块，是数字量输入隔离板，每块板四点。

1. 计数量和开关量输入

(1) 计数输入

如图2所示，分别在 CL_1 、 GR_1 、 CL_2 、 GR_2 轴上都装有每转一周发出150个脉冲的霍尔振荡器，其脉冲经过驱动电路放大后，送CDIB—1板进行光电隔离，隔离后的脉冲信号分别作为计数器 C_{11} 、 C_{12} 、 C_{21} 、 C_{22} 的计数脉冲，设轧制方向为1方向，则利用计数器 C_{11} 和 C_{12} 的计数值来计算处于卷取态的1*卷取机的卷径，利用计数器 C_{21} 和 C_{22} 的计数值来计算处于开卷态的2*卷取机的卷径，现以1*卷取机为例来说明卷径的计算方法。

计算器 C_{11} 记录1*卷取机轴上的霍尔振荡器发出的脉冲数，计算器 C_{12} 记录1*导向

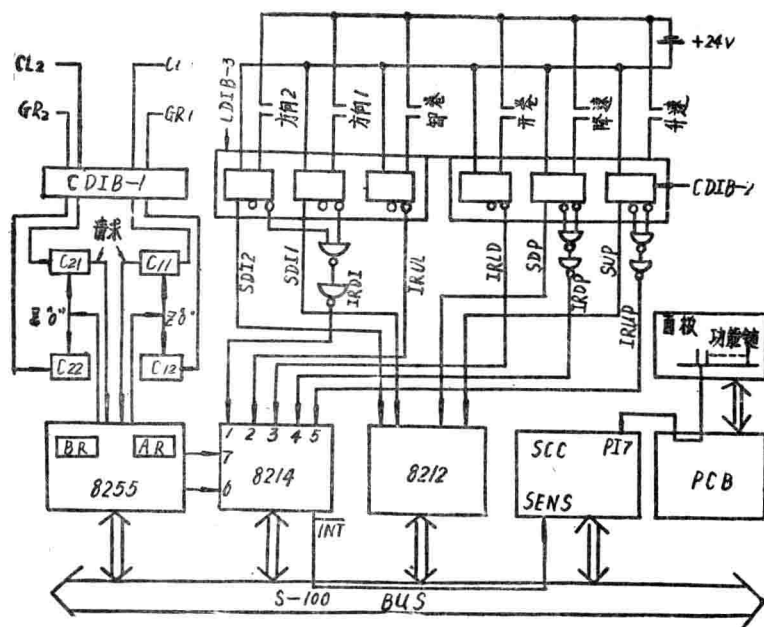


图 3

辊轴上的霍尔振荡器发出的脉冲数。当计数器 C_{11} 计满64时，产生请求信号，8255接到这个请求信号后，将计数器 C_{12} 的计数值打入 8255 的A口，同时发出中断请求信号到 8214，通过8214和5501向Z—80A发出中断请求信号。Z—80A 响应中断后，取 8255A口 的内容（即 C_{12} 的计数值），如图3所示计算机利用下述公式计算卷径。

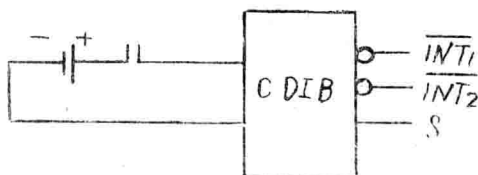
$$D_{卷1} = \frac{C_{12}}{C_{11}} \cdot D_{导1} = \frac{C_{12}}{64} \cdot D_{导1}$$

同理可计算处于开卷态的2#卷取机的卷径，其计算公式为：

$$D_{卷2} = \frac{C_{22}}{64} \cdot D_{导2}$$

(2) 开关量输入

开关量的输入方式有两种，一种是作为中断请求信号，去请求外部中断；另一种是作为状态输入的。为了说明这两种信号是怎样获得的，首先介绍一下 CDIB 板的最小单元（即一点开关量输入的隔离电路）的功能。



如图所示，当触点吸合时， INT_1 产生负脉冲， $S=1$ 状态；当触点断开时， INT_2 产生负脉冲， $S=0$ 状态。

① 中断请求信号的产生

如图3所示，当方向1或方向2触点吸合时，产生方向中断请求信号 $IRDI$ ；当重卷机启动时，卸卷触点吸合，产生卸卷中断请求信号 $IRUL$ ；开卷机启动时，开卷触点吸合，

产生开卷中断IRLD，降速触点吸合或断开时产生中断请求信号 IRDP；升速触点吸合或断开时，产生中断请求信号 IRUP；8214 是一块中断管理芯片，它可以管理八级中断，本系统只用了它的1~7级，0级没有用。1—5级作为由开关请求的外部中断，6、7级作为卷筒计数中断。上述7级中断不管是哪一级有请求，8214都向 SCC的 5501 作出中断请求。

另外面板上有十六个功能键，不管按下哪一个，都通过PCB板向SCC 的5501发出中断请求，这称之为键盘中断，也属于由开关请求的外部中断。

②状态信号输入

如图3所示，方向2的状态信号为SDI2，方向1的状态信号为 SDI1，降速的状态信号为SDP，升速的状态信号为SUP。这些状态信号组成状态字记忆在芯片 8212中。当主机响应方向中断后，取状态字，判断是1方向中断，还是2方向中断；当主机响应升速或降速中断时，取状态字，判断是升速还是稳速或者是降速还是稳速轧制。

2. 模拟量输出

要输出的模拟量包括：1#卷取机电机的动态补偿电流和励磁电流，2#卷取机电机的动态补偿电流和励磁电流。共四个模拟量。用D+7A板进行D/A转换，并将转换的结果进行输出。

3. 开关量输出

开关量输出包括点离线灯，在线灯和周期性的给WATCHDOG电路发信号。

4. 中断结构和中断流的查找

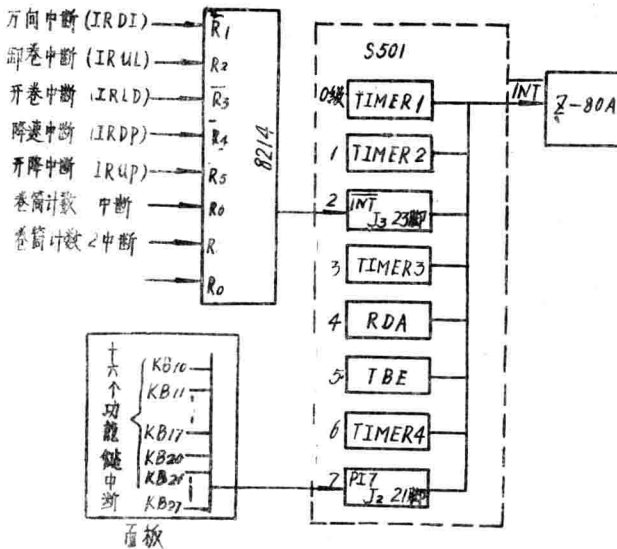


图 4

如图 4 所示，8214芯片可以管理八级中断（实际上用了七级），不管是哪一级中断申请，都发出中断请求信号，去将5501的第2级中断请求触发器置“1”。面板上有16个功能键，不管按下哪一个功能键，都发出中断请求信号，去将5501的第七级中断请求触发器“1”。5501有八级中断，不管是哪一级有请求，都向 Z-80A 发出中断请求，我们的系统只用到了5501的第1、2、7级中断。

Z-80A响应中断后，首先判别5501的中断源，若是 TIMER1 中断，则直接转相应的中断处理程序；若是第 2 级中断，则需取 8214 的中断向量码，从而判明 8214的中断源，若是升速，降速或方向中断，还需取8212中的状态字，再根据状态字进一步判明是升速、降速还是稳速，是方向1还是方向2，然后才能转相应的中断处理程序。

若是键盘中断，中断响应后，要取功能键的状态字，找到是哪个功能键请求的中

断,从而转相应的切能键处理程序。

5. 系统和硬件的可靠性设计

(1) 系统的可靠性设计

八辊轧机原系统是通过“复合张力调节器”来控制张力的,虽然是因为多种原因对张力控制不准,表现在薄带小张力时,经常出现松带,绷带和断带现象,但是在大张力和中张力的情况下尚能使用。因而我们使用微型机对张力控制的过程中,让原张力控制系统进行热备份,当计算系统出现故障时,产生WATCHDOG报警,使其自动地切换到原系统,计算机系统退出,由原系统进行张力控制。这实际上是一个双机控制系统,只不过是备份级采用的模拟控制。这样在大张力和中张力轧制时,系统的可靠性可提高50%。应当指出在小张力轧制时备份不起作用,即使采用了无干扰切换,原系统对小张力轧制控制也是不灵的。

(2) 硬件的可靠性设计

①采用了全隔离技术。计算机与现场间所有传输的信号都进行了隔离,模拟量信号采用了变压器隔离,数字量信号采用了光电隔离。有效的拟制了来自工业现场的各种干扰。

②采用了全脉冲量输入技术。模拟量输入极易引进干扰,本系统将所有的模拟量输入信号都变成了脉冲量输入,通过计数器记录脉冲数,提高了抗干扰的能力。

③在结构上采用了积木化结构。控制柜分为三层,上层为主机箱和操作面板,中层为I/O箱,下层为电源箱和端子板,各层之间都加有冷却风扇。主机箱上的各板都具有独立的稳压电源和母线驱动,使电源失效危险分散,母线驱动能力增强。I/O箱中全部是模拟量和数字量隔离板,线路设计标准化,通用性强。

五、系统软件的组成和特点

为了提高系统的可靠性和实时性,在研制系统软件时,采用了一套行之有效的办法。

1. 系统的状态和软件的层次

系统由通电到进入在线实时控制运行要经历四种状态。相应的把软件分成三层,每层由若干切能模块组成。各层之间互相独立。系统的状态变换和软件的层次交换,依赖于操作控制按钮。采用身顶向下的设计方法,按照状态划分层次。按照功能划分模块,各功能模块之间也尽量独立,减少循环。这就将一个整体复杂的问题变成了一个一个个地局部问题,提高了整个软件系统的可靠性和易懂性。

系统的状态变换和软件的层次变更如下述。

(1) 0状态(自检态)系统自检验。

进入条件:通电或面板上按下RESET键。

运行程序:自检程序。

故障指示:显示故障部件代码。

接续状态:高线态。

(2) 1状态(离线态):数据I/O和程序调试。

进入条件：自检通过或在线态按下离线键。

运行程序：离线各功能键组成的。MONITOR

故障指示：借助调试程序在操作台上显示。

接续状态：在线态。

(3) 2状态（在线态）：系统在线实时运行，但控制量不传送到控制对象。

进入条件：离线态按在线键或投入态退出。

运行程序：在线实时控制程序。

故障指示：WATCHDOG控制下的故障灯。

接续状态：投入态。

(4) 3状态（投入态）：系统在线实时运行，并输出控制量到控制对象。

进入条件：投入按钮按下。

运行程序：同在线态。

故障显示：同在线态。

由上述的系统各状态的进入条件可以看出均要由人工干预，按下相应的按钮，而不是程序的直接跳入。这就使不同状态下运行的程序互相隔离起来，防止不同层次间的程序循环和嵌套，保护了程序和数据区，因为程序过多的循环和嵌套往往是造成死锁的主要原因，同时系统由一个状态转入接续态，相应的程序也由一个层次转入下一个层次，并且是以上一层程序运转正常为前提的，这就相当于进行了程序的自检。

采用层次结构的程序设计其优越性是人所共知的，但是目前绝大多数用于实时控制的单板微型计算机系统都是采用无序模块结构。本系统在这方面使系统的状态和软件的层次统一起来是一个有益的尝验，其优点是显而易见的。

2. 中断驱动和轧机状态字、控制字、方向字及特征字。

工业控制计算机的在线实时能力，表现在对外部异步发生的事件及时响应和处理。外部事件一般分为两类，一类是随机事件。如本系统中各控制继电器吸合和释放；一类是定时产生的事件。如本系统中动态补偿电流的投入和退出时间的延时。对外部事件的响应有两种方法，一种是定时查询方式，一种是中断方式。为了不失常实时性，本系统对外部事件的响应采用了中断方式。

本系统采用了状态字、控制字、方向字和特征字以及及时的方便灵活的响应外部事件的请求。状态字存放在8212芯片中，主机可以随时调用。主机响应控制中断（包括：升速和降速中断）并判明轧机的工作状态后，由相应的控制程序填写控制字，升速时的控制字为2，降速时为1，稳速时为0。主机响应方向中断并判明轧制方向后，由方向中断处理程序填写方向字。1方向时方向字为1，2方向时为2，主机响应卷筒中断后，由卷筒中断服务程序填写特征字。1*卷筒中断特征字为0，2*卷筒中断特征字为1。

特征字、控制字和方向字与控制量之间的关系可列表如下

本系统把卷径的测量周期作为系统的调节周期，当卷径计数器计满64个脉冲时，产生一次卷径中断，转卷径中断处理程序，根据特征字，判明是哪个卷筒请求中断，根据控制字判明轧机的工作状态，根据方向字判明卷筒的工作状态。从而转相应的控制程序，去进行中断处理。

例如：设特征字为0，控制字为2，方向字为1。则计算1*卷筒的卷径，查表得相应

		特 征 字 为 0			特 征 字 为 1		
方向字	控制字	2	1	0	2	1	0
1		$+I_{Mg} \Delta I_f$	$-I_{Mg} \Delta I_f$	ΔI_f	$-I_{Mg} \Delta I_f$	$+I_{Mg} \Delta I_f$	ΔI_f
2		$-I_{Mg} \Delta I_f$	$+I_{Mg} \Delta I_f$	ΔI_f	$+I_{Mg} \Delta I_f$	$-I_{Mg} \Delta I_f$	ΔI_f

的 ΔI_f 和 $+I_{Mg}$ ，并进行模出送1#卷取机电机的励磁电流调节器和电枢电流调节器。

3. 快速准确的表格法

已知动态电流的计算公式为：

$$I_{mg} = \frac{113}{D^2} + 11.1D^2$$

其中：D的单位为米， I_{mg} 的单位为安培。

又知D的范围为0.61~1.52M。为了计算准确取D的单位为mm，于是上式变成：

$$I_{mg} = \frac{113 \times 10^6}{D^2} + 111 \times 10^{-7} D^2 \quad (*)$$

使用D+7A板进行D/A转换，模出的数字量为八位，最高位是符号位，7位为有效数字位，所以能转换的数字量的范围是0~127。由上式算出最大的动态电流 $I_{mgMax} = 307^A$ 。因而将动态电流乘上比例系数 $\frac{127}{307}$ ，则所求出的动态电流就与相应的数字量相符了。此时动态电流变为：

$$I_{mg} = \left(\frac{113 \times 10^6}{D^2} + 111 \times 10^{-7} D^2 \right) \times \frac{127}{307} \quad (**)$$

例如，用(*)式求出的最大动态电流 $I_{mgmax} = 307^A$ ， $307 \times \frac{127}{307} = 127$ ，则用数字量127表示最大的动态电流。这实际上是把用(*)式求出的动态电流都缩小了 $\frac{127}{307}$ 倍。

D以双字节方式存入内存， D^2 为四字节，根据D的变化范围可知， D^2 的最高字节为00舍去，再舍去最后一个字节，变成字2节，于是有：

$$I_{mg} = \left(\frac{113 \times 10^6 / 256}{D^2 / 256} + \frac{111 D^2 / 256}{10^7 / 256} \right) \times \frac{127}{307}$$

按照上式用 4^{MHz} 的Z-80A，求一次动态电流，需要近2mS的时间，且计算误差最大为3。

在研制本系统的软件系统时，采用了一种从后往前推的表格法。因为系统的输出采用了D+7A板，所能输出的数字量为0~127，共128个数。输出的数字量实际上是一个比例值，比例系数为 $\frac{127}{307}$ 。由每一个可以输出的数字量除比例系数，得出电流数，由电流数根据算式推出卷径D，这样就可以以卷径D为自变量排成一个表，而该卷径相应的数字量输出值，可以根据它所在表中的序号求出。

励磁电流表的计算同动态电流表（略）。

励磁电流表和动态电流表的形式如下：

动态电流表		励磁电流表	
序号	卷径	序号	卷径
0	610	0	610
1	613	1	621
2	616	2	631
⋮	⋮	⋮	⋮
88	1514	126	1512
89	1626	127	1520

如由卷筒中断转来算出当时卷径为 611mm，查动态电流表知道该值位于表的 0 项和 1 项之间，按四舍五入的原则属于 0 项。用 127 减去序号就是要输出的数字量。这里 127 对应于最大动态电流值（动态补偿电流随卷径的增大而减小）。用该卷径（ $D = 611^{\text{mm}}$ ）值查励磁电流表序号也为 0。即为励磁电流的增量输出值（励磁电流随卷径增大而增大，初始励磁电流为 40A，对应于最小卷径，计算机输出是相对于这个初始值的增量值）。这两张表占用内存 436 个字节。采用表格法具有以下几个方面的优点：

首先，提高了运算速度。按对半查表法所需最长查找时间为 302us，平均查找时间为 178us，比算法提高 10 倍。

第二，提高了运算精度。表格是按所能输出的范围，从步长为 1 排列的，最大误差为 0.5。同时，励磁电流 I_L 和磁场强度 Φ 是非线性关系，而 Φ 与 D 是线性关系。按公式计算时， $D \sim I_L$ 曲线分成五段折线线性化，而表格法却把 $D \sim I_L$ 曲线分成 128 个点。128 个点的励磁电流 I_L 的输出值和 D 的关系是按设备说明书上给出的励磁电流曲线直接列出的。显然非线性校正的精度提高了。

第三，运算的可靠性提高了。按算式计算，其中间结果要存入 RAM 中，而采用表格法整个表都存于 ROM 中，ROM 的抗干扰能力和可靠性都高于 RAM。

采用表格法的缺点是：占用内存单元多。但是使用 ROM 存贮器的微型计算机同使用磁芯存贮器的小型计算机时空观念并不完全一样。由于半导体存储器的集成度高，如本系统中的 8KROM，仅使用 4 片 2716。若不采用表格法，程序占用 3KROM，也要使用 2 片 2716（共 4K），剩余的 1K 字节，由于不能随机读写而造成浪费。从这个观点来看，表格法即充分的利用了在板上的存贮器空间，又提高了运算速度。

4. 灵活的程序设计

除了控制对象极其简单的微型机系统外，一般在现场调试中，对于程序和数据总是要进行修改的。程序一般放在 ROM 中，不便于修改，即便是放在 RAM 之中，一般单板机系统并不配备汇编程序，应用软件均以绝对地址机器码的形式存放在存储器之中。加入或删除一条指令或一段程序都要引起地址的变动，在加入或删除点以后的指令地址需改动，这是极不方便的。

一个大的应用程序都是由若干小的程序模块组成的，可以在每一程序模块的开头或其适当位置加一条调用指令。也可以加在几个重要模块中。再为加进去的每一条调用指令设置一个特征字于 RAM 之中。如本系统的升速处理程序开头如下：

ROM 中的程序

RAM 中的特征字

```

uPPRM: LDA, (UPWORD)          uPWORD DB 0
      AND A
      CALL NZ, UPPRM
uPPRM 0;

```

在现场调试时,先令(uPWORD) = 0,执行ROM中的程序。若有问题需要修改,可令(uPWORD) = 1,在RAM中新编一个程序,或将ROM中的程序传送到RAM中做修改。在从uPPRM开始执行,即执行RAM中的程序。转到此程序后,修改存于堆栈之中的返回地址,即可返回到程序的任一点。采用这种方法调试修改程序是以模块为单位的,而且所有的程序模块都可以在一块集中使用的RAM区中提供备份的存储空间。这给单板机现场调试提供了极大的方便。待调试通过后,再将程序重新固化于ROM之中。

同样,应用软件中的一些数据,需要在现场调试阶段进行修改。其中有些数据,即便在交付使用之后,也需操作者根据工艺情况,从操作台打入。为了方便数据的修改,减少人工操作,数据的修改不影响程序的结构和地址,设置了修正系数指示字。

设某一参数在不同的工艺情况下为 a_1 , a_2 或 a_3 ,则给该参数设置一个修正指示字,修正指示字与参数值的关系如下表所示:

参 数 值:	a_1	a_2	a_3
指 示 字:	0	1	2

当工艺要求该参数为 a_1 时,在修正指示字中填写0,程序执行到需要使用此参数时,首先判别修正指示字,今修正指示字为0,则程序到存放 a_1 的单元中取出 a_1 供使用。

设置特征字和指示字仅仅多用了几个字节,但对于程序的调试和数据的修改提供了十分有效的手段。

5. 系统自检和故障报警

为了确保系统的安全可靠,在软件上配置了两套自检程序,对计算机系统本身进行自检。还配置了系统监视电路,——WATCHDOG,对付CPU失效和软件紊乱。

系统通电或按下RESET键,由0号单元进入自检程序。首先是CPU自检,按指令的执行由简到繁,由访问寄存器到访问存储器编制一个算法程序。CPU自检通过后,对ROM进行代码和校验,对RAM进行读写校验,同时还要对模出通道和I/O口进行校验。全部自检通过后,点亮线灯,进入离线态。每一个受检验的部件(除CPU外)出故障时,产生报警信号,并在操作台上显示故障信号的代码。

系统进入在线态时,利用执行应用程序的空闲时间,执行RAM自检。自检以一个字节为单位,在关中断的情况下进行,该字节自检通过即开中断。开中后,若有现场控制中断请求,即可响应。若没有现场控制中断,则继续下一个字节的检验。模出通道的自检是利用多余的模入口实现的。当RAM或模出口发生故障时,停止向系统监视电路发正常信号,系统监视电路超时,则发报警信号,并释放投入继电器,计算机系统退出,原系统投入运行。

以中断进入的各实时程序的执行时间都远小于WATCHDOG的定时时间。这些程序执行完毕,均转到主程序,由主程序向WATCHDOG电路发信号并对D+7A进行数据复送。当CPU失效;现场干扰或存储器损坏等原因引起软件紊乱时,程序就不能按时返回到主程序,则WATCHDOG产生超时报警,并释放投入继电器,自动切换到原系统控制。