

机床数控



上海市业余工业大学

目 录

第一章 数控冲床	1
§ 1 单元线路.....	1
一、门电路.....	1
二、触发器.....	1
三、脉冲发生器.....	1
§ 2 数控冲床原理.....	3
一、概况.....	3
二、控制电路方框图及其相互联系.....	4
三、数控冲床总逻辑走图说明.....	12
附录一、数控冲床总逻辑图.....	13
附录二、符号索引.....	13
第二章 《QK-1》冲床群简易控制器	17
§ 1 《QK-1》简易群控概况.....	17
§ 2 《QK-1》控制原理.....	17
一、控制器主要部件的基本原理.....	18
二、《QK-1》冲床群控制器走图说明.....	20
附录一、《QK-1》冲床群控制器总逻辑图.....	22
附录二、符号索引.....	22
第三章 《SK-6》简易数控车床	23
§ 1 《SK-6》简易数控车床概况.....	23
§ 2 《SK-6》简易数控车床原理.....	24
一、《SK-6》简易数控车床的逻辑框图.....	24
二、主要逻辑部件.....	24
§ 3 程序编制与加工举例.....	36
一、工艺的程序编制.....	36
二、指令插孔板及其用法.....	37
三、加工过程.....	38
四、操作面板及手动操作.....	41
附录一、《SK-6》简易数控车床总逻辑图.....	42
附录二、符号索引.....	42
第四章 YK5116 数控插齿机数控装置	45
§ 1 概述.....	45
§ 2 逻辑电路介绍.....	47
一、输入部分.....	47
二、运算部分.....	52
三、输出部分.....	53
§ 3 开关及显示介绍.....	61

附录一、YK5116 数字控制系统总逻辑图	62
附录二、符号索引	62
第五章 《CSK-B》数控车床	67
§ 1 《CSK-B》控制箱简介	67
一、概况	67
二、技术性能	67
三、本机所用元件介绍	67
§ 2 运算原理	71
一、数学依据	71
二、直线插补公式	72
三、圆弧插补公式	77
四、循环切削	89
五、十翻二运算	98
六、具有分枝的循环程序的结构	100
七、专用计算机的设计过程	101
附录一、圆弧插补的误差估计和计算机所能加工的最大圆弧半径的确定	102
附录二、直线插补的误差估计和计算机所能加工的最长直线的确定	105
§ 3 输入控制器	107
一、输入控制器的框图	107
二、纸带所采用的代码——EIA 代码	109
三、数与文字鉴别电路	111
附 关于多变量卡诺图的相邻项	114
四、输入工作节拍	115
五、数字寄存器	117
六、地址寄存器	118
七、输入奇偶校验	120
八、置 J 分配器	122
§ 4 运控	123
一、计算机框图	123
二、主控制器的组成	124
三、加工线型寄存器	128
四、时序脉冲分配器	129
五、控制线路和运算器的结构	131
§ 5 输出	168
一、环形分配器	168
二、功放线路	171
§ 6 总逻辑读图举例	172
一、纸带输入过程	173
二、加工过程	177
附录一、《CSK-B》数控车床总逻辑图	181
附录二、符号索引	181
第六章 SKBX-2MOS 锥度、间隙补偿线切割机	186
§ 1 圆弧插补和直线插补	186
一、逐点比较法的圆弧插补和直线插补原理	186
二、逐点比较法的工作节拍	188

§ 2 自动间隙补偿原理——比例法	189
一、问题的提出	189
二、比例法的数学原理	190
三、自动间隙补偿的工作节拍	192
四、特殊程序	194
§ 3 锥度原理	198
§ 4 输入	200
一、输入代码	200
二、输入设备	201
三、输入节拍	201
四、数码和指令的输入	203
§ 5 选择显示	208
§ 6 节拍脉冲发生器	209
§ 7 运算器及加工控制	211
一、总运算器	211
二、加工指令寄存器和加工控制	217
§ 8 控制器	221
一、输入开关 T_{KS} 及加工开关 T_{KW}	221
二、齿补 Z_b 、补偿 $G_{补}$ 显示 $G_{显}$ 和加工四者的关系	221
§ 9 齿隙补偿和进给门	223
一、齿隙补偿	223
二、进给门	226
§ 10 总逻辑看图说明	229
一、准备工作	229
二、纸带输入	230
三、加工控制	234
四、加工结束和程序转换	237
§ 11 方案讨论	238
一、比例法的讨论	238
二、双坐标联动	239
三、平方法	240
附录一、SKBX-2 MOS 锥度、间隙补偿线切割机总逻辑图	244
附录二、符号索引	244
第七章 MK-8532 数控曲线磨床	248
§ 1 单元线路	248
一、门电路	248
二、双稳态触发器	249
三、单稳态触发器	251
四、振荡器	251
五、清“0”线路	253
§ 2 MK-8532 逻辑框图及代码表	253
一、逻辑框图	253
二、代码表及各指令的意义	254
§ 3 输入	257
一、同步孔信号的产生和代码信号的读入	259

二、奇偶校和译码	259
三、输入开关	266
§ 4 运控	267
一、运算器	268
二、运算控制器	269
§ 5 输出	274
一、输出设备	274
二、其他设备	278
§ 6 总逻辑走图举例	282
一、准备输入	282
二、辅机纸带输入	283
三、运算过程	284
四、主机纸带输入	286
五、主、辅机交替工作	286
六、加工结束	287
附录一、MK-8532 数控曲线磨床总逻辑图	287
附录二、符号索引	287

第一章 数控冲床

数控冲床是属于点位式控制数控机床的一种类型，冲床采用数字程序控制对于安全保护、减轻劳动强度和提高了生产效率有一定的意义。下面介绍的数控冲床是我校数控班与玩具元件一厂共同设计的。

§1 单元线路

本冲床的数控装置完全由分立元件组成，具体的单元线路及符号如下：

一、门电路

1. 与门(图 1.1.1)

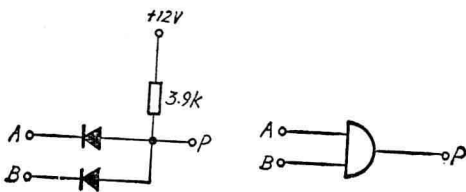


图 1.1.1

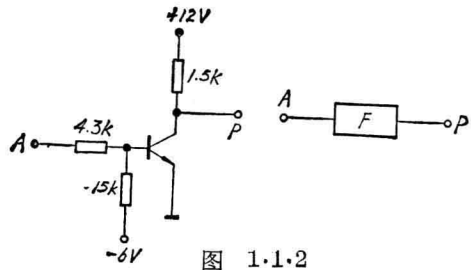


图 1.1.2

2. 非门(反相器)(图 1.1.2)

3. 或非门(图 1.1.3)

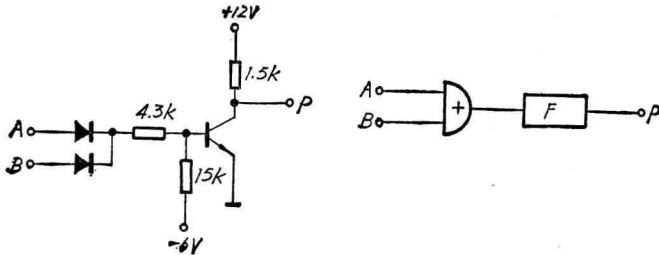


图 1.1.3

二、触发器

1. 整形器(图 1.1.4)

2. 双稳态触发器

图 1.1.5.(1) 是计数触发双稳态，图 1.1.5.(2) 是强迫触发双稳态，当启动时，继电器吸合， Z_D 强制为“0”；中停时，继电器释放， Z_D 强制为“1”。

3. 单稳态触发器(图 1.1.6)

三、脉冲发生器

1. P 线路——脉冲变换器

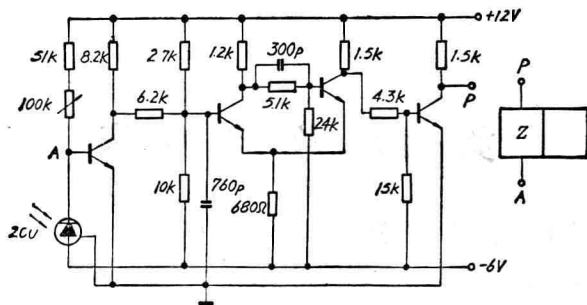


图 1.1.4

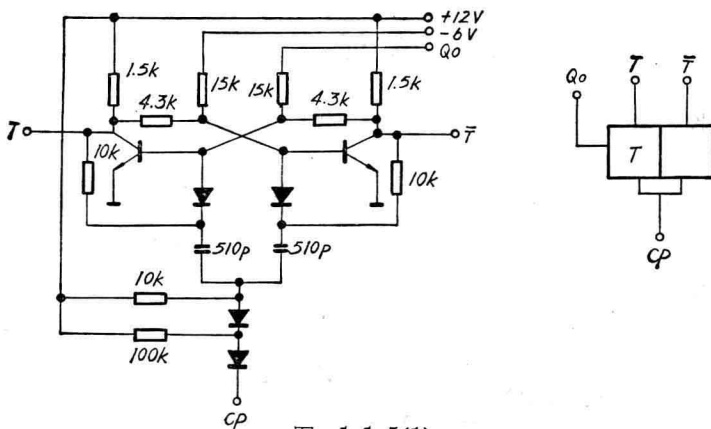


图 1.1.5(1)

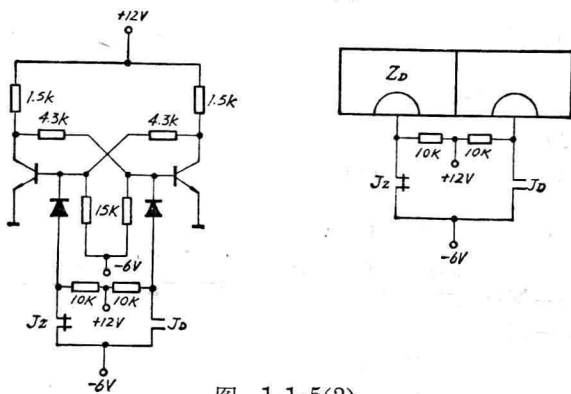


图 1.1.5(2)

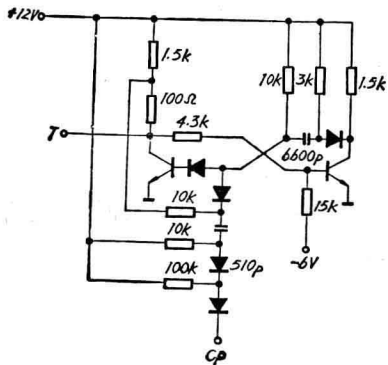


图 1.1.6

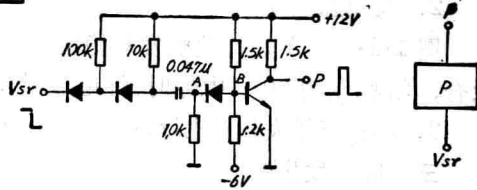
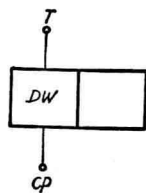


图 1.1.7

P 线路能把负阶跃变换为脉冲,其线路如图 1.1.7 所示,它的工作原理如下:平时 P 输出约为 $0V$,当输入端 V_{sr} 输入一个负阶跃时,则 A 点因电容的充放电得到一个负尖脉冲,同时 B 点也近似得到这个波形,因此使三极管由饱和到截止再到饱和,从而在 P 点就得到一个幅值为 $12V$ 的脉冲。

2. 压控振荡器

压控振荡器用来控制进给速度,其线路如图 1.1.8 所示。图中 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 组成射极输出多谐振荡器,输出电压幅度约为 $9V$ 。电容 C_1 的充放电回路为 I_1 、 I_2 。 V_c 为控制电压,由 T_{7e} 引出, $V_{cmax}=10V$ 、 $V_{cmin}=4V$ 。当 $V_c=10V$ 时, T_5 、 T_6 管均截止,振荡频率由 R_0C 决定,约 $0.2KC$;当 $V_c=4V$ 时,且 MF 为低电位, \overline{MF} 为高电位时, T_6 管导通,电容 C_1 的放电电流除 I_1 外,还增加了 I_3 ,此时振荡频率约为 $1.8KC$ 。同理,对 C_2 也是这样。这里控制电压 V_c 是由 C_3 的充放电逐步使其上升或下降,以实现自动升降速的目的。

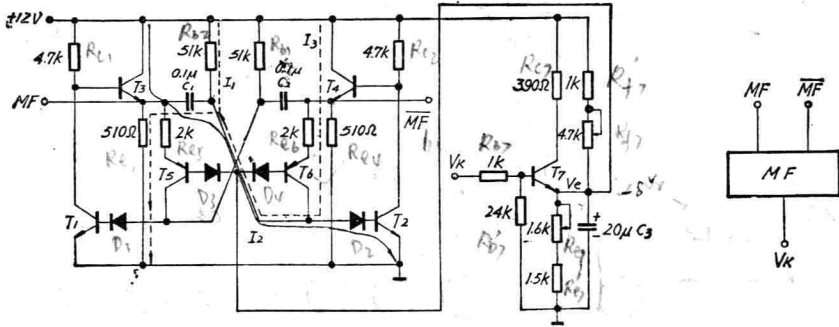


图 1.1.8

§ 2 数控冲床原理

一、概况

这台数控冲床采用点位式控制系统,通过控制 x 、 y 方向的步进电机(见图 1.2.1)来实现图 1.2.2 所示的 A 、 B 、 C 三类轨迹的自动送料,还可在模板信号控制下加工边角料,即 D 类轨迹,其轨迹形状同 C 类走法一样。

图 1.2.1 中送料架由一对同步传动的滚筒组成,在 y 向步进电机带动下运动,送料架的横移是由 x 向步进电机通过齿轮、齿条机构传动。微动开关 S_0 是作为送料手将料已经送到滚筒的回答信号;微动开关 D_0 是作为 y 方向送料长度计数的起始定位点。冲头同步信号 D_1 作为协调冲床数控装置各部件动作的指挥信号,由通过设在冲床上的干簧同步地产生。另外,当冲头在最下位置时,应停止 x 、 y 向的进给动作。

加工图 1.2.2 所示的零件时,应根据图纸上的排料要求,经过调整试验后,把以下四个预定的控制尺寸拨进控制面板上的拨盘开关(控制面板布置见图 1.2.3 所示)。

1. y_1 : 由机床定位点到起始冲制的位置进给长度的二分之一(即定位点经过送二次 y_1 距离后,才到达冲床第一次冲次位置。如只需走一次 y_1 距离时,可由设在控制箱内的开关 K_G 控制),见图 1.2.4 所示。

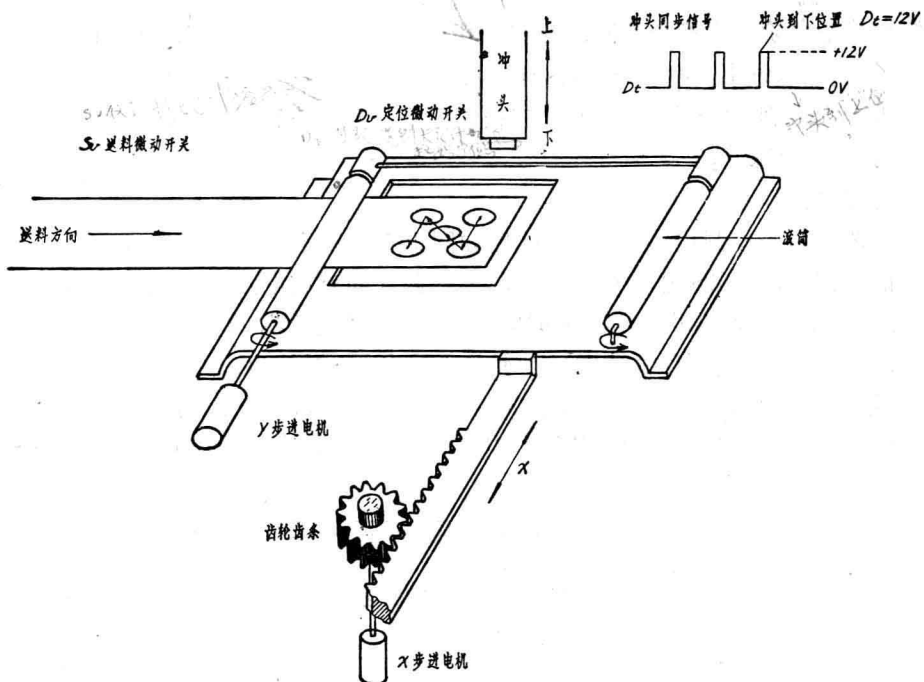


图 1.2.1

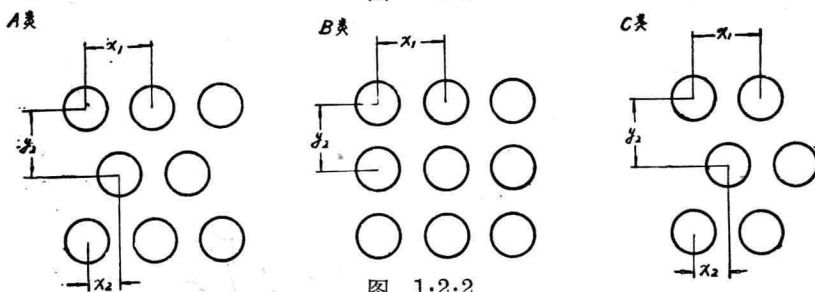
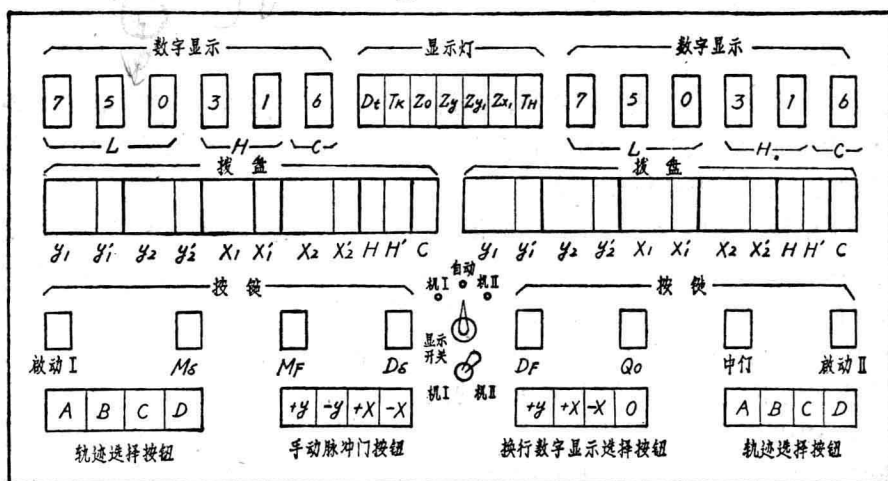


图 1.2.2



Ms——手动单脉冲

Ds——单次冲头信号

Qo——清零按钮

MF——手动连续脉冲

DF——连续冲头信号

图 1.2.3

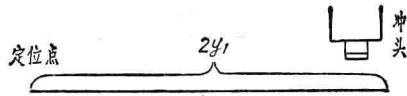


图 1.2.4

2. y_2 : 从一行转向新的一行, x 与 y 共同进给时 y 的长度。
3. x_1 : 在同一行中, x 单独进给时的进给长度。
4. x_2 : 从一行转向新的一行, x 与 y 共同进给时 x 的长度。以上进给当量是每个脉冲 0.1mm 。

把冲制的行数和每行的个数也拨入相应的拨盘开关 H 和 C 。

启动数控冲床后,按下清零按钮 Q_0 ,送料架即回原点,并自动进料在距定位点 $2y_1$ 长度处停下,当冲头冲制后刚离开工作面,即开始进给。

以后数控装置在冲头同步讯号控制下,自动的按既定的排料要求连续动作,直至要求停机时为止。对于片料,机器能控制的最多行数为 100 行,每行最多 10 个零件。

二、控制电路方框图及其相互联系

逻辑方框图见图 1.2.5 所示。

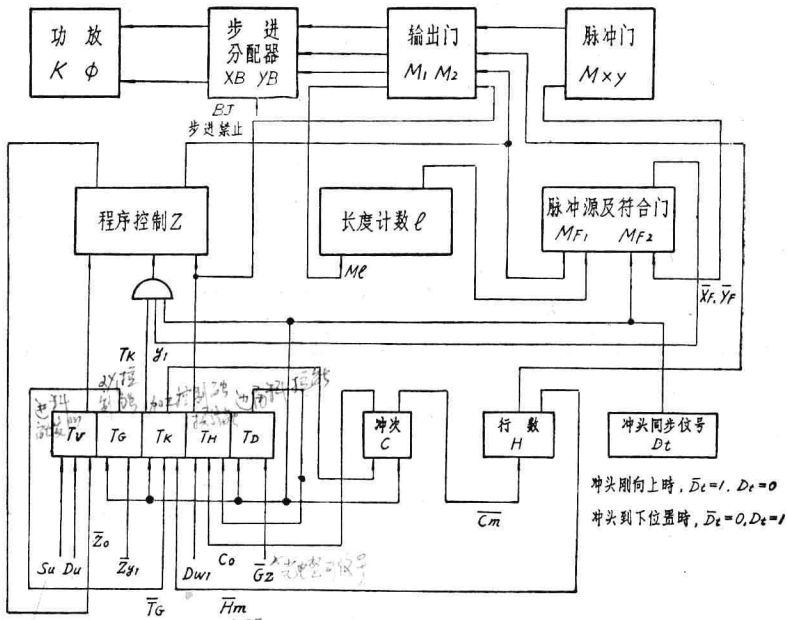


图 1.2.5

下面按逻辑框图叙述主要环节的逻辑结构和它们之间的相互联系,至于通常的计数器、环形分配器和功放等就不再叙述,请读者参阅《数字脉冲电路》和《数控技术》。

1. 程序控制器 Z (203)

Z 由二个触发器组成四进制计数器,如图 1.2.6 所示。在程序触发脉冲 P_z 作用下,它依次形成 Z_0 、 Z_y 、 Z_{y1} 、 Z_{x1} 四个程序,其作用见表 1.2.1。

当清“0”冲脉使 $Z_A = Z_B = 0$ 时,即实现 Z_0 程序。送料机架回至原点,送料手吸料送至滚筒,触动微动开关 S_v ,使 \bar{T}'_v 产生负阶跃,触发 P 线路产生负脉冲 P_z 使程序触发器翻成

表 1.2.1

程序	Z_A	Z_B	作用
Z_0	0	0	送料机架回到原点
Z_y	1	0	快进送料至定位点
Z_{y1}	0	1	由定位点经 $2y_1$ 距离至冲头下面起始冲制位置
Z_{x1}	1	1	横向 X 进给控制

$Z_A=1$ 、 $Z_B=0$ ，就进入 Z_y 程序。当快进送料至定位点时，再触动微动开关 D_v ，使 T'_v 产生负阶跃，又触发 P 线路产生负脉冲 P_z ，使 $Z_A=0$ ， $Z_B=1$ ，程序翻转至 Z_{y1} ，在 y 方向进给 $2y_1$ 距离后，至冲头下停止。待冲头下冲时，由 $T_k D_t y_1$ 产生正阶跃使 $Z_A=1$ ， $Z_B=1$ 进入 Z_{x1} 程序，开始以后的连续冲制控制，其逻辑图见图 1.2.6。图中 T_v 为 $R-S$ 触发器。

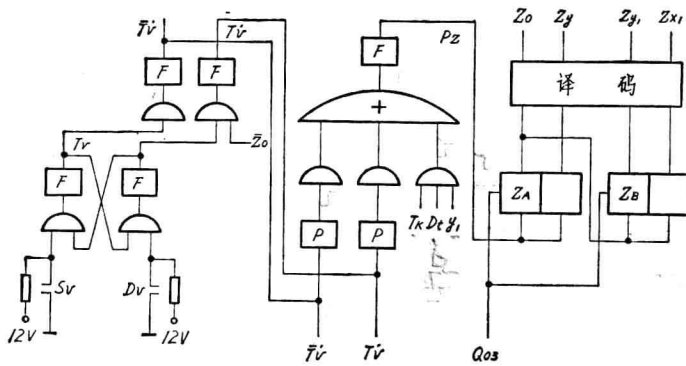


图 1.2.6

2. 启停触发器 T_M 、中停触发器 Z_D (206)

在冲制过程中，送料架的动作是由冲头同步讯号 D_t 控制的。

为了保证脉冲门 M_x 、 M_y 输出脉冲完整，避免脉冲毛刺误触发计数器，采用启停触发器 T_M 来控制进给脉冲输出。当 $Z_D=0$ (即启动状态)，冲头刚向上时， $\bar{D}_t=1$ ，打开与门，当第一脉冲后沿使 T_M 置“1”后，进给脉冲门 M_x (M_y) 才能打开。同样，当 Z_D 置“1”后

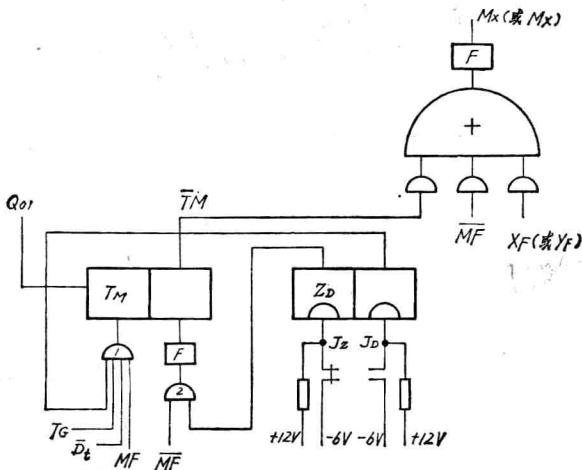


图 1.2.7

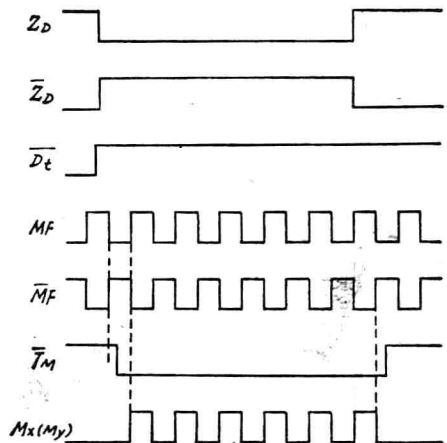


图 1.2.8

(即中停状态), 打开与门 2, 输出脉冲后沿(即 \overline{MF} 前沿)使 T_M 重又置成 0 状态, 封锁进给门, 这样就能达到上述要求而不致脉冲毛刺从进给门输出, 以致造成计数与步进转角不一对应的情况。逻辑图与波形图如图 1.2.7, 图 1.2.8 所示。

图中 D_t 的作用是使冲头下冲至工作台面时, 用 \overline{D}_t 封锁与门(1), 同时 Q_{01} 使 $T_M=0$, 封锁进给门 M_x (或 M_y), 以确保冲制时送料停止。

3. Z_{y1} 程序的实现(204)

当程序翻到 Z_{y1} 时, $\overline{Z}_{y1}=0$, T_G 电位脉冲门(见图 1.2.9) 打开, 冲头刚向上而离开工作台时, 产生 D_t 的负阶跃使 $T_G=1$, 打开与门(1), 脉冲 MF 使 $T_M=1$, 打开脉冲门 M_x (M_y)。当走完了第一个 y_1 距离后, 冲头空冲一次, 待向上时, D_t 再发负阶跃, 使 $T_k=1$, 进料又走一次 y_1 距离后停下, 到达冲床第一次冲次位置。当冲头冲下第一只零件时, 与门 $T_K D_t y_1$ 发正阶跃, 使 P_Z 发负阶跃, 程序控制器翻成 $Z_A=1$ 、 $Z_B=1$, 而翻到程序 Z_{x1} , 程序 Z_{y1} 动作完毕(如只需走一次 y_1 则应将 K_G 与 \overline{Z}_{y1} 连接)。

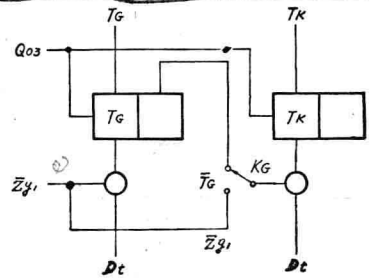


图 1.2.9

4. 换行控制器(204)

当每行冲次满, $C_m=1$ 时, \overline{C}_m 的负阶跃触发单稳 DW_1 产生正脉冲, 将 T_H 置“1”(见图 1.2.10), 表示自动冲制已进入换行程序。此时应暂停 Z_{x1} 横向冲制控制, 故用 \overline{T}_H 封锁 Z_{x1} 译码与门, 使 Z_{x1} 暂时为“0”信号。待换行结束后, 冲制第一只零件时, 冲次为零的译码 C_0 出现负阶跃, 使 T_H 恢复为“0”状态, 表示换行已结束。再次使 $Z_{x1}=1$, 仍然执行横向冲制程序, 以后每当换行, 就重复上述过程。

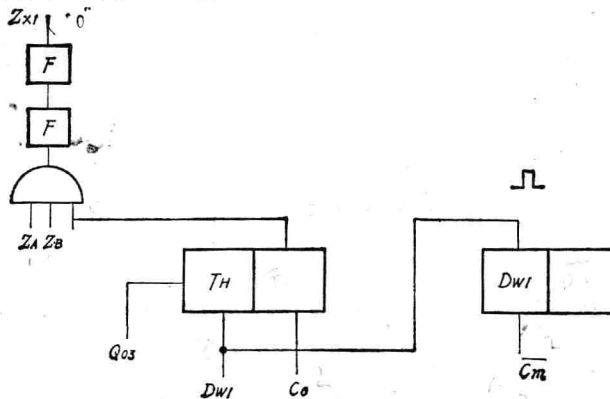


图 1.2.10

5. 计数器及符合电路

数控冲床共有三条十进制计数器, 分别进行长度计数、冲次计数及行数计数。长度计数器是控制进给长度 x_1 、 x_2 、 y_1 、 y_2 用, 共三位; 行数计数器有二位; 冲次计数器仅一位。由译码电路译出对应每一位的十个状态, 给出 0……9 十个数, 各位数分别接相应的拨盘开关, 经拨盘常触点引出, 见图 1.2.11。

在长度计数器上共对应 20 只拨盘开关, 经拨盘常触点引出信号, 再经一级反相器分别输出到符合电路的与门端, 见图 1.2.12。

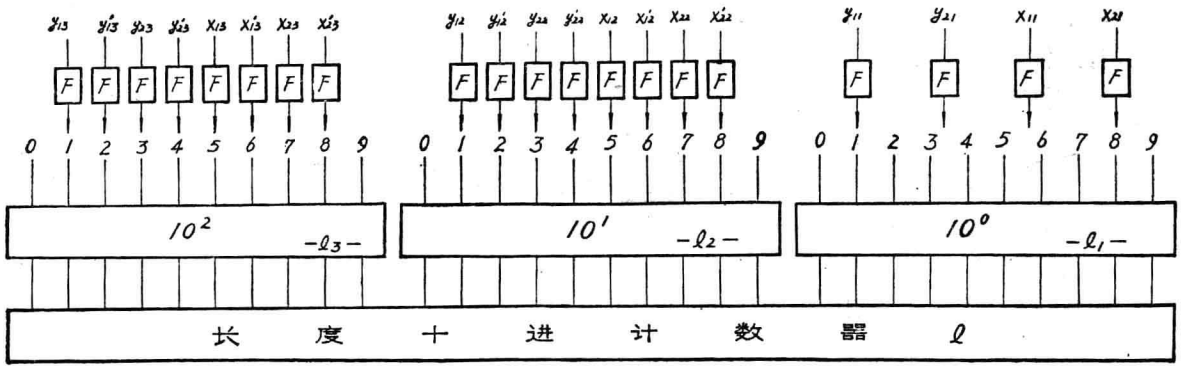


图 1.2.11

在给定的程序下,当计数器状态符合相应拨盘的数字时,符合与门输入端出现全“1”信号,经反相器使 y_F (或 x_F) 产生负阶跃,把 Y_F (或 X_F) 置“1”,封锁进给脉冲门, M_Y (或 M_X) 就停止进给。

长度计数器在 M_i 作用下翻转,在冲头下冲时由 θ_{01} 自动清“0”,而 M_i 计数门结构如图 1.2.13 所示。

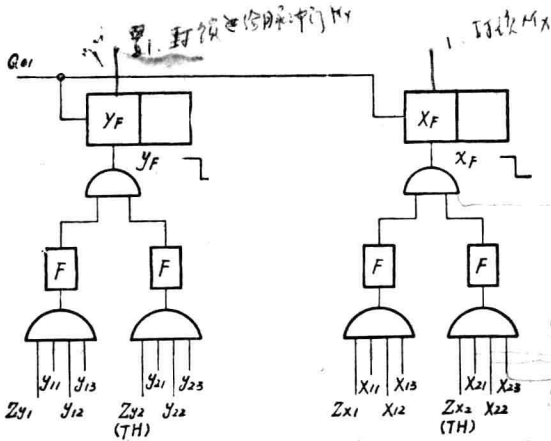


图 1.2.12

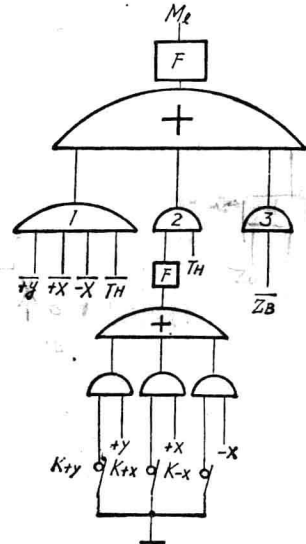


图 1.2.13

为了调试方便,计数脉冲分为换行 ($T_H=1$) 与不换行 ($T_H=0$) 两个通道。在 $T_H=0$ 时,打开与门 1。由于不换行时,进给总是单方向的,所以 $+y$ 、 $+x$ 、 $-x$ 三个与门输入端中两个为 1,另一个为脉冲信号,经反相成 M_i 送入计数器。在换行时, $T_H=1$,此时 x_2 、 y_2 同时进给。为了调试时能方便地显示其中任一个脉冲数,故增加了手动开关 K_{+x} 、 K_{-x} 、 K_{+y} ,在需要时可关闭两个,而只打开一个开关,即可达到目的。在正常加工时,三个开关需全部打开。由于在程序 Z_0 、 Z_y 时,不需要计数,故由 $\bar{Z}_B=1$ 去封锁计数脉冲,这就是设置与门 3 的原因。

行数、冲次计数器及符合电路与长度计数器结构相同,只是符合与门的输入端数不同,故不再累述。

6. A 类轨迹奇行时补冲次(205)

冲制零件时,行数和次数的计数,均为先冲后计数的方法,故第一行冲完后,行数显示才

为“1”。由 A 类轨迹可知，奇行时冲制次数应比偶行时减少 1，故在 A 类轨迹时，奇行冲次 $0 \rightarrow 1$ 时应自动补加 1，实现换行后冲一次，实际计数与显示均为 2 的结果。这样冲次计数的符合电路无需变更，对 A、B、C 三类轨迹同样适用。补加 1 电路如下：

当冲制 A 类轨迹零件时，补冲次与门打开，见图 1.2.14，奇行换行时，与门输入端均变为高电平。当换行后冲好第一只零件时，冲次计数脉冲使冲次计数器翻转为 1，与此同时， T_H 负阶跃使 B_C 亦发负阶跃，计数器立即翻转为 2。

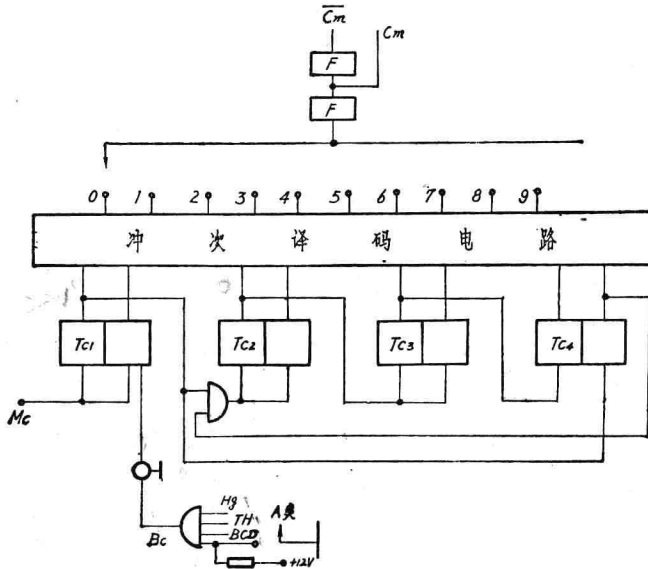


图 1.2.14

奇行、偶行的控制信号由计数器的个位第一个触发器产生，其线路如图 1.2.15。其中 $H_0=1$ ，表示奇行； $H_0=0$ ，表示偶行，而行数计数器由冲次符合信号 \bar{C}_m 来触发翻转。

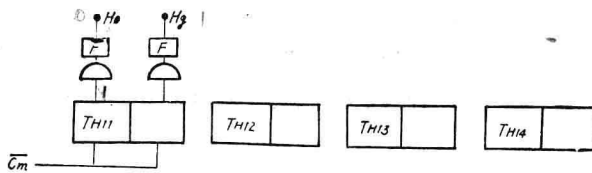


图 1.2.15

7. 升降速原理

根据冲制特点，机器送料应在冲头刚离开工作面后，即 $\bar{D}_t=1$ ， $\bar{Y}_G=1$ 时就开始升速，直到 1.8KC。当离需送料长度一定距离后，即开始降速，在冲头到达下冲位置时， $\bar{D}_t=0$ ， $\bar{Y}_G=1$ ，应保持低速约 0.2KC (见图 1.1.8)。

降速信号由 Y_G (或 X_G) 触发器控制，见图 1.2.16。其中 y'_{13} 、 y'_{12} 、 y'_{23} 、 y'_{22} 、 x'_{13} 、 x'_{12} 、 x'_{23} 、 x'_{22} 都是长度计数器中从拨盘上引出的高位符合信号。当计数长度高位数字与拨盘的数字相符合时，对应程序控制的与门(1、2、3、4)中某个与门出现“1”信号，经反相将 Y_G (或 X_G) 置“1”，使 F_2 输出高电位，控制压控振荡器的控制电压 V 。上升到 10V 左右，振荡器频率就降低至约 0.2KC。待冲头向下后，由 Q_{01} 将 Y_G (或 X_G) 复零。

换行时, x_2 、 y_2 同时进给, 这时可能由于 x_2 、 y_2 长度相差过大, 使 MF 过早降速, 以致在进给时出现长时间的低速爬行, 这样会大大降低机床加工范围, 见图 1.2.17。例如从 O_1 到 O_2 换行时, x_2 短, y_2 长, 就会出现 O 到 O_2 长距离低速进给。

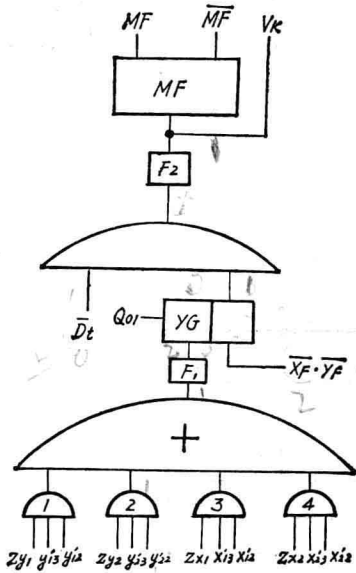


图 1.2.16

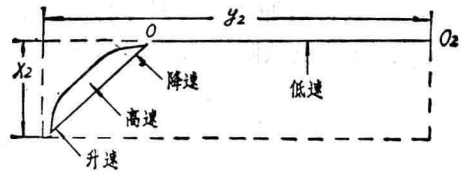


图 1.2.17

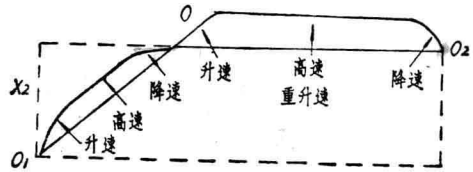


图 1.2.18

为了改变这种状态, 在降速触发器 Y_G (或 X_G) 上增加触发信号 \bar{X}_F 、 \bar{Y}_F 。这样当 y_2 (或 x_2) 进给符合时, y_F (或 x_F) = 1, \bar{x}_F 、 \bar{y}_F 的负阶跃又触发 Y_G (或 X_G) 使它成为“0”状态, 于是 MF 又升速, 以后再提前降速, 直到 x_2 、 y_2 进给结束, 见图 1.2.18。

8. 清“0”门 Q_0 (205)

本机清“0”分长度计数器 l 清“0” Q_{01} 、冲次计数器 C 清“0” Q_{02} 、行数计数器 H 清“0” Q_{03} 。具体线路如图 1.2.19 所示, 其工作原理如下:

平时 Q_0 输出约为 $-6V$, 作为触发器负偏压电源。当清“0”线路的输入端 V_{sr} 输入一个负阶跃时, Q_0 输出一个脉冲, 从而使 T 导通, 见图 1.2.20, 这样就达到了 T 触发器的清“0”效果。

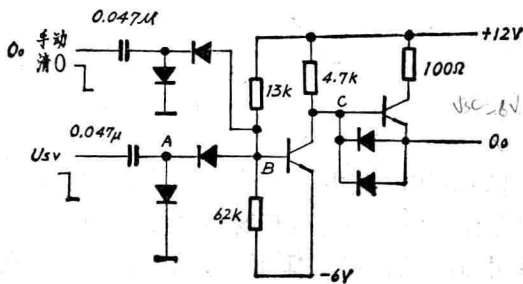


图 1.2.19

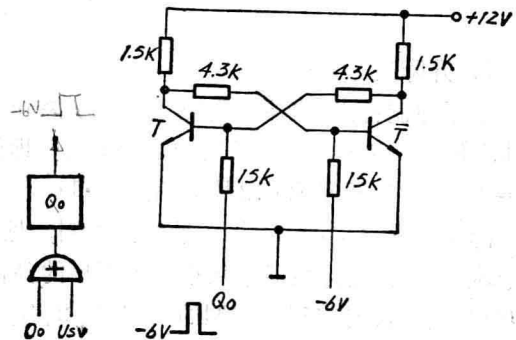


图 1.2.20

9. 进给门 $M_1(302)$ 、 $M_2(303)$

根据 A、B、C 三种排料 (D 类同 C 类) 及设定的坐标系 (见图 1.2.21) 可列出进给方向如表 1.2.2 所示。

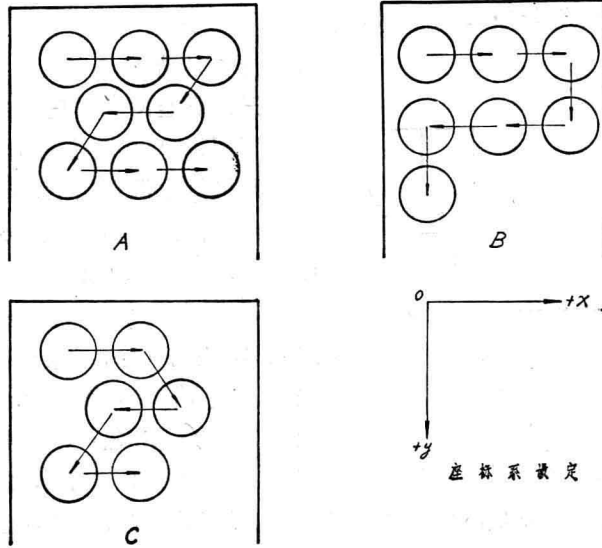


图 1.2.21

表 1.2.2

		横向进给	换行
A 类	奇行 H_g	$-x_1$	$-x_2, +y_2$
	偶行 H_0	$+x_1$	$-x_2, +y_2$
B 类	奇行 H_g	$-x_1$	封 $x_2, +y_2$
	偶行 H_0	$+x_1$	封 $x_2, +y_2$
C 类	奇行 H_g	$-x_1$	$+x_2, +y_2$
	偶行 H_0	$+x_1$	$+x_2, +y_2$
D 类	奇行 H_g	同 C 类	同 C 类
	偶行 H_0	同 C 类	同 C 类

这里 $+y$ 进给门还须在 Z_v 、 Z_{v1} 程序时进给, $-y$ 进给门在机械手时须回 0。因此有

$$\text{滚动方式} \begin{cases} +y \text{ 进给门} = (Z_{v1} + T_H) M_Y + M_f(Z_0 + Z_y) \\ -y \text{ 进给门封锁} \end{cases}$$

$$\text{机械手方式} \begin{cases} +y \text{ 进给门} = (Z_{v1} + T_H) M_Y + M_f Z_y \\ -y \text{ 进给门} = Z_0 \overline{OY} M_f \\ +x = (Z_{x1} H_0 + H_g T_H D C) M_x \\ -x = Z_0 \cdot \overline{Ox_f} \cdot \overline{Ox_j} M_f + (Z_{x1} H_g + T_H H_0 \overline{B} + A T_H H_g) M_x \end{cases}$$

其他还可在手动脉冲 M_s 作用下经开关 K_{s21} 、 K_{s22} 、 K_{s23} 、 K_{s24} 选择进给方向。

10. D 类边角料加工方法 (204)

加工边角料时，冲制零件方式选为C类。但由于边角料宽度不一，横向冲次数难以控制，这里采用光电信号来控制换行的方法代替原来 C_m (冲次满信号)。光电信号由模板加以控制，当横向冲制到最后一只时，光透过孔，使光电信号 G_z 产生正阶跃， $\bar{G}_z=0$ 、此时 \bar{D}_t 为负阶跃使 $T_D=1$ (见图 1.2.22)。表示应换行，以后过程与 A、B、C 类相同，一直到冲制行数符合时结束。

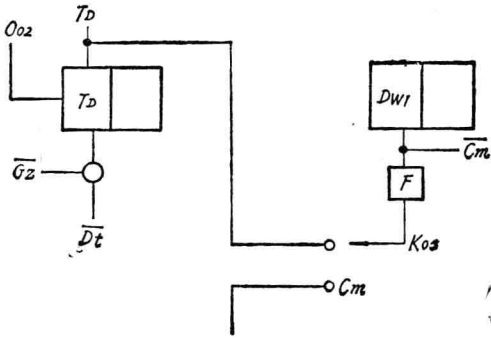


图 1.2.22

三、数控冲床总逻辑走图说明

下面以 A 类轨迹为例来说明走图过程。

开机待电源正常后，^①全机清“0”，送料架即回原点。回到以后，^②发出 S_t 送料信号，送料手便送料，碰到微动开关 S_v ，使 \bar{T}'_v 产生负阶跃，触发 P 线路发负脉冲 P_z ，使 $Z_A=1$ 、 $Z_B=0$ ，进入 Z_v 快进程序，继续送料再碰到定位微动开关 D_v ，使 T'_v 产生负阶跃，又触发 P 线路再发负脉冲 P_z ，使 $Z_A=0$ 、 $Z_B=1$ ，进入 Z_{v1} 程序。

当 D_t 产生负阶跃将 T_G 置“1”，在 MF 作用下，将 T_M 置“1”，打开脉冲门 M_Y 发脉冲，当 y_1 进给脉冲数符合时， y_F 发负阶跃将 Y_F 置“1”，封锁 M_Y 门，冲头就空冲一次， \bar{D}_t 又发负阶跃，触发清“0”线路，发清“0”脉冲 Q_{01} 将长度计数器 l 清“0”， T_M 、 Y_F 清“0”。当 D_t 再发负阶跃时，又将 T_M 置“1”，重新打开 M_Y 门。因 $T_k=1$ ，待 y_1 进给脉冲数符合时， y_F 发负阶跃将 Y_F 触发器置“1”，封锁 M_Y 门，待冲头下冲时， \bar{D}_t 发负阶跃，首先使 $T_k \cdot D_t$ 发正阶跃，反相后使 M_c 发负阶跃，将冲次记 1。其次发清“0”脉冲 Q_{01} 把 Y_F 、 T_M 、 l 清“0”。另外，使 $T_k \cdot y_1 \cdot D_t$ 发正阶跃使 P_z 发负阶跃将 Z_A 、 Z_B 置“1”，从而翻至 Z_{x1} 程序。当 x_1 进给脉冲数符合时， x_F 发负阶跃把 X_F 置“1”，封锁 M_x 门。

待冲头再向下冲时， \bar{D}_t 发负阶跃，它一方面使 M_c 发负阶跃，将冲次记 2。另一方面发清“0”脉冲 Q_{01} ，将 X_F 、 T_M 、 l 清“0”。当冲头向上时， $D_t \cdot M_F$ 又将 T_M 置“1”，打开 M_x 门，……一直至实际冲次与所需冲次相符合时， C_m 发正阶跃，经反相后成 \bar{C}_m ，将行数记 1。并触发单稳态 DW_1 ， DW_1 发出的正脉冲，触发清“0”线路，产生清“0”脉冲 Q_{02} ，将冲次计数器 C 清“0”。同时将 T_H 置“1”，表示换行。

由于 $\bar{T}_H=0$ ，暂时封锁 Z_{x1} ，就执行换行程序。待换行结束后， x_2 、 y_2 均符合所需冲次数，封锁 M_x 、 M_y 门。当冲头下冲时， \bar{D}_t 发负阶跃将冲次又记 1，而 C_0 的负阶跃将 T_H 置“0”，表示换行结束。 Z_{x1} 封锁撤消，重新执行 Z_{x1} 程序，进行横向冲制 (此时行数为 1 是奇行，需补冲次记数)，这时 $H_0 T_H (BCD)$ 发负阶跃，通过 B_c 将冲次再加 1，变成 2，而冲次数码管也同时显示为 2。以后横冲过程同前，只是进给方向相反待冲次满， $C_m=1$ ， \bar{C}_m 发负阶跃使行数记为 2，……一直加工到行数与所需行数符合时， \bar{H}_m 的正阶跃经反相后触发单稳态 DW_2 ，其正脉冲再触发清“0”线路，发 Q_{03} 把行数计数器 H 清“0”。因 $Z_A=0$ 、 $Z_B=0$ ，送料架回到原点，表示一张片料已加工好。以后重复上述过程直至叠片料加工完毕。

C. 类轨迹与 A 类相似，不同点仅在于每行横向冲次数一样，无需象 A 类在奇行时补冲次，因此换行时进给方向也略有不同。

B. 类轨迹与 A 类的差别除上述外，还有在换行时， x_2 方向是封锁的，只进给 y_2 ，故用