

一、电子凸轮原理

传统的机械凸轮是由凸轮、从动件和机架三部分组成。机械凸轮是一种不规则的机件，一般为等转速的输入件，可经由直接接触传递运动到从动件，使动作依设定的规律运动。从动件为机械凸轮所驱动的被动件，一般为产生不等速、不连续、不规则运动的输出件。

电子凸轮是利用构造的凹轮曲线来模拟机械凸轮，以达到机械凸轮系统相同的凸轮轴与主轴之间相对运动的软件系统。

电子凸轮相较于机械凸轮而言，使得机械和电气部分的设计越来越简单。电子凸轮功能可使设备灵活的使用于不同的模版和板式，也允许对设备的操作流程和周期进行修改，即可在设备的设计阶段修改也可在设备成型后修改，降低了设备复杂度，试设备更平稳的运行，双倍提高生产效率。

二、电子凸轮功能描述

1、建立电子凸轮数据

LX3VE 提供 3 种方式建立电子凸轮数据：

- ①通过 DMOV 指令向表格数据区写入表格数据。
- ②通过 ECAMTBX 指令自动生成电子凸轮数据。
- ③使用 PLC Editor 软件绘制电子凸轮数据。

2、主轴脉冲选择

LX3VE 系列 PLC 可选择的主轴有 C 类型虚拟的时间轴 K。

其中，外部的高速输入使用高速计数器，支持单相单计数输入\单相双计数输入和双相双计数输入。其中计数器的分配参考 PLC 帮助中高速计数器的使用说明。

当使用 C 寄存器(高速计数器)，主轴的脉冲由内部获取，修改计数器的值，不影响凸轮判断实际的脉冲输入数量。

当使用普通计数器时，主轴的脉冲从软元件中获取，修改寄存器的数值，会影响到主轴脉冲的判断。

当使用 K 类型寄存器时，表示使用内部虚拟的时间轴，其最小单位为 100us，K1=100us，K10=1ms。

3、启用电子凸轮配置

使用 DECAM 指令配置 PLC 的电子凸轮功能。

名称	功能	位数 (bits)	是否脉冲型	指令格式	步数
DECAM	电子凸轮配置	32	否	DECAM S1 S2 S3 D1 D2	21

```

      M0
      |
      |-----[ DECAM C231 D2000 X000 Y000 Y001]
  
```

(1) 参数说明

- S1: 主轴输入, 适用软元件 C、K;
- S2: 凸轮参数地址, 适用软元件 D;
- S3: 外部启动信号, 适用软元件 X、M;
- D1: 从轴脉冲输出, 适用软元件 Y0-Y3;
- D2: 从轴方向输出, 适用软元件 Y。

(2) 功能说明

当触点 M0 接通时, PLC 启用电子凸轮功能, 但此时电子凸轮功能还未运行。

该指令配置了凸轮运行的相关寄存器和需要的数据, 并启用电子凸轮的功能, 但是凸轮并未实际运行。如果真正启动电子凸轮功能, 还需指令的缓存地址 (如指令中为 D2000) 中的相关软元件, 来控制凸轮的启动和停止。

当该指令断开时, 凸轮即停止工作。

凸轮参数软元件的定义参考【电子凸轮功能寄存器】的说明。

(3) 指令错误说明

当指令运行时, PLC 会检查缓存地址中的相关凸轮参数, 并给出相应的错误提示, 可根据提示的【PLC 错误码信息】找出错误所在:

- 6781: 表示参数错误;
- 6782: 表格超出范围;
- 6783: 凸轮超出个数;

当产生错误时, 此时电子凸轮功能未开启。

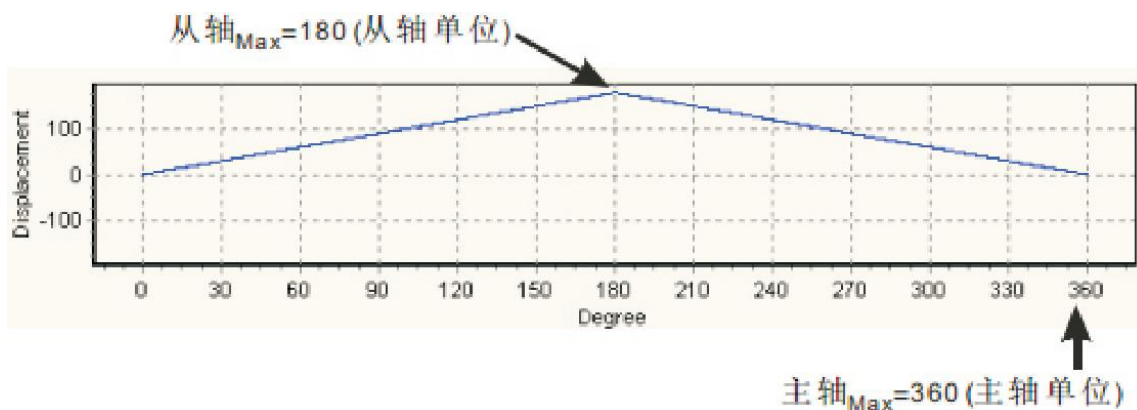
(4) 指令执行中涉及到的软元件有:

- D8141 (高字节), D8140 (低字节): Y000 输出脉冲数。反转时减少。(使用 32 位)
- D8143 (高字节), D8142 (低字节): Y001 输出脉冲数。反转时减少。(使用 32 位)
- D8151 (高字节), D8150 (低字节): Y002 输出脉冲数。反转时减少。(使用 32 位)
- D8153 (高字节), D8152 (低字节): Y003 输出脉冲数。反转时减少。(使用 32 位)
- M8145: Y000 脉冲输出停止 (立即停止)
- M8146: Y001 脉冲输出停止 (立即停止)
- M8152: Y002 脉冲输出停止 (立即停止)
- M8153: Y003 脉冲输出停止 (立即停止)
- M8147 : Y000 脉冲输出中监控 (BUSY/READY)
- M8148 : Y001 脉冲输出中监控 (BUSY/READY)
- M8149 : Y002 脉冲输出中监控 (BUSY/READY)
- M8150 : Y003 脉冲输出中监控 (BUSY/READY)

4、电子凸轮启动/停止

4.1 周期式电子凸轮启动/停止

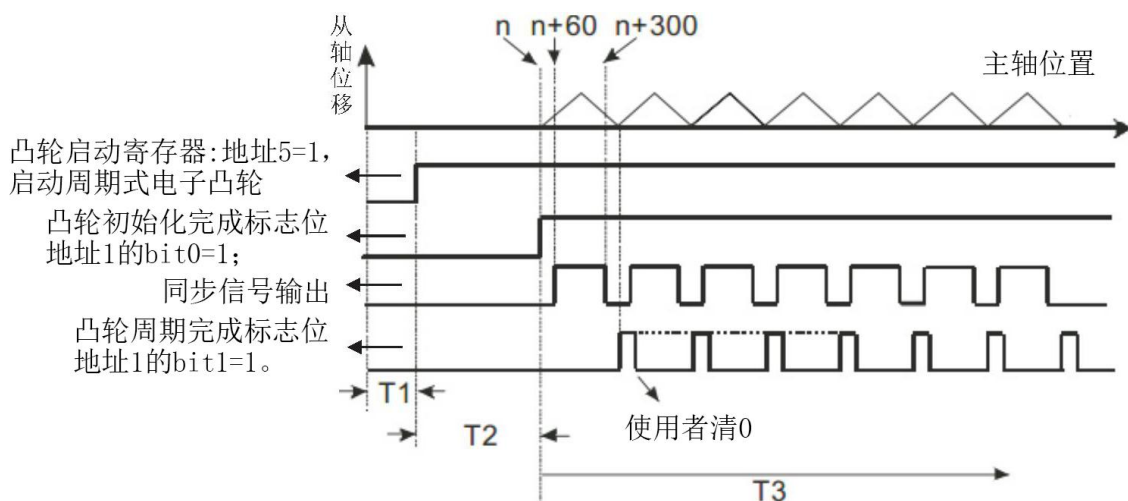
周期式电子凸轮指在主轴不断前进的同时, 凸轮轴会依“电子凸轮曲线表格 (表格)”实现相对应的位置, 但表格只定义了一个周期的数据, 所以在此模式下主/从轴的位置关系就是表格的不断重复延伸。



(1) 周期式电子凸轮启动

以下周期式电子凸轮启动顺序。

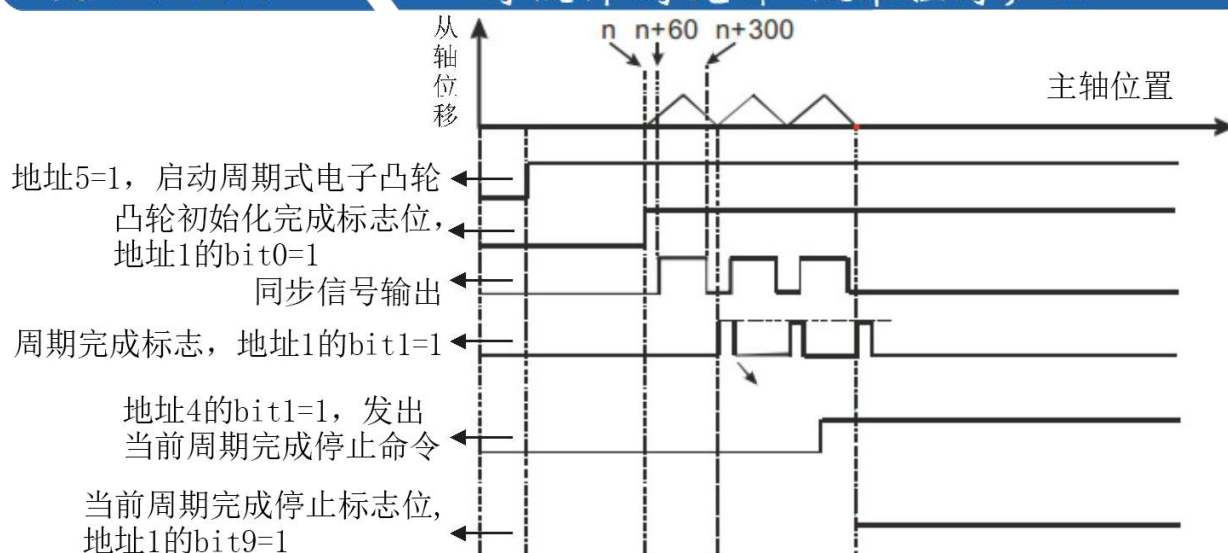
1. 在时间 $T1$ 时，地址 $5=1$ ，启动周期式电子凸轮。
2. 经过时间 $T2$ 后，PLC 主动设定地址 $1-bit0$ (电子凸轮初始化完成标志)。
3. 在时间 $T3$ 期间，电子凸轮初始化完成开始周期性动作。从轴开始依照表格的位置关系跟随主轴的动作，同时同步信号端子根据同步点范围输出。
4. 当一个周期运行完毕，电子凸轮周期完成标志地址 $1-bit1$ 置 ON，使用者自行清除完成标志后便继续下一个周期的判断。



(2) 周期式电子凸轮停止

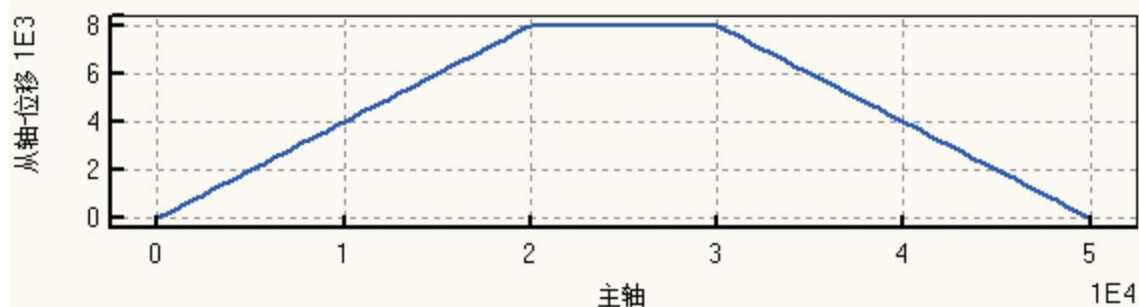
以下周期式电子凸轮停止顺序：

1. 电子凸轮启动寄存器（地址 5 ） $=0$ 时，电子凸轮就立即停止运作。
2. 当周期式电子凸轮运作时，系统接受到完成停止标志（地址 $4-bit1$ ），周期式电子凸轮会继续，直到当前表格执行完成，从动轴才停止运作，如下图所示。此时如果要再次启动周期凸轮，则需将地址 5 写 0 ，并保持 $100\mu s$ 以上，然后才能再次通地址 5 启动周期凸轮。



(3) 范例说明

下图所示为电子凸轮数据, 其中主轴长度 50000, 输出单位为脉冲个数, 同步范围为 20000~30000, 当运行到同步区中, 同步端子输出, 可用来做为控制信号。建立电子凸轮数据, 参考电子凸轮数据。硬件线路, Y1 输出脉冲, 接到 X0, 表示主轴输入端接收 Y1 的输出脉冲。



此范例是用软件 PLC Editor 设定好表格。

【操作说明】：

1、程序执行时, 首先执行设定特殊寄存器, 设定的参数如下:

(1) D8140, D8141 Y0 位置清 0,

(2) 启动 C231 计数器, 接收 X0 的高速脉冲输入(该案例中, X0 的脉冲来自 Y1 的输出脉冲)。

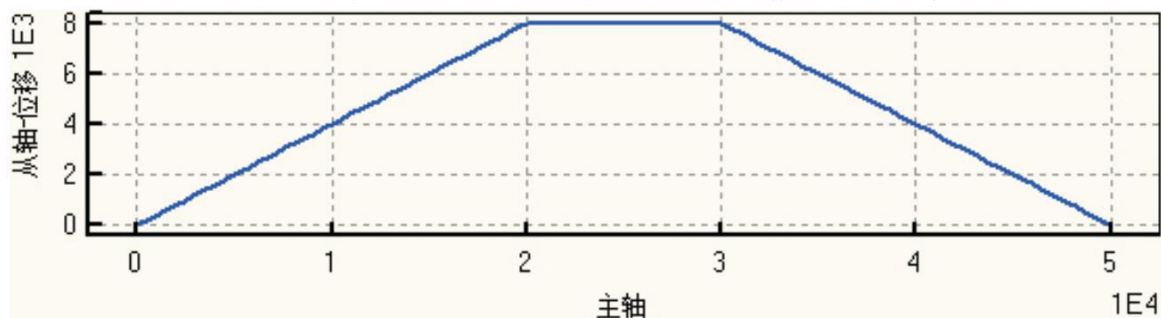
2、SET M0, 启动电子凸轮, Y 轴开始执行变速度运动; 主轴接收 Y 轴变速度输入脉冲, 从轴依照电子凸轮曲线输出脉冲, 且当主轴位置在每个周期 20000~30000 时, Y7 为 ON 状态。

【注】电子凸轮启动前必须设定特殊寄存器, 设定电子凸轮同步位置上下限 $D2010 = 20000$, $D2012 = 30000$; 并设置同步端子 Y 的编号 $D2008$, 以及同步输出使能 $D2004-BIT0$, 一个电子凸轮周期为 50000 脉冲, 主轴位置在 20000~30000 脉冲时(可由 $D2025$, $D2026$ 来监控), 同步端子为 ON。

3. RST M0, 凸轮停止运行。

步序	元件	元件名称	操作	源操作数	目标操作数	注释
0	M8002	初始脉冲常开触点	[ZRST	D8140	D8141	Y000脉冲输出数
				Y000脉冲输出数		
			[DMOV	K5000	D0	Y1的脉冲频率
			[DMOV	K0	D2	Y1的脉冲个数
24	M8000	RUN监视常开触点	(C231	K9999999		接收Y1输出的脉冲
30	MO	凸轮使用能	[DMOV	K20000	D2010	同步区下限
			[DMOV	K30000	D2012	同步区上限
			[MOV	K7	D2008	同步端子编号
			[MOV	K1	D2004	功能寄存器设置
60	MO	凸轮使用能	[DECA	C231	D2000	接收Y1输出的脉冲的地址
				X001	外部启动信号	
				Y000	从轴脉冲	
				Y002	从轴方向	
82	MO	凸轮使用能	[DPLSY	D0	D2	Y1的脉冲频率
				Y001	Y1的脉冲个数	
96	MO	凸轮使用能	[MOV	K1	D2005	凸轮启动寄存器
103	MO	凸轮使用能	[RST		D2005	凸轮启动寄存器
108			[END			

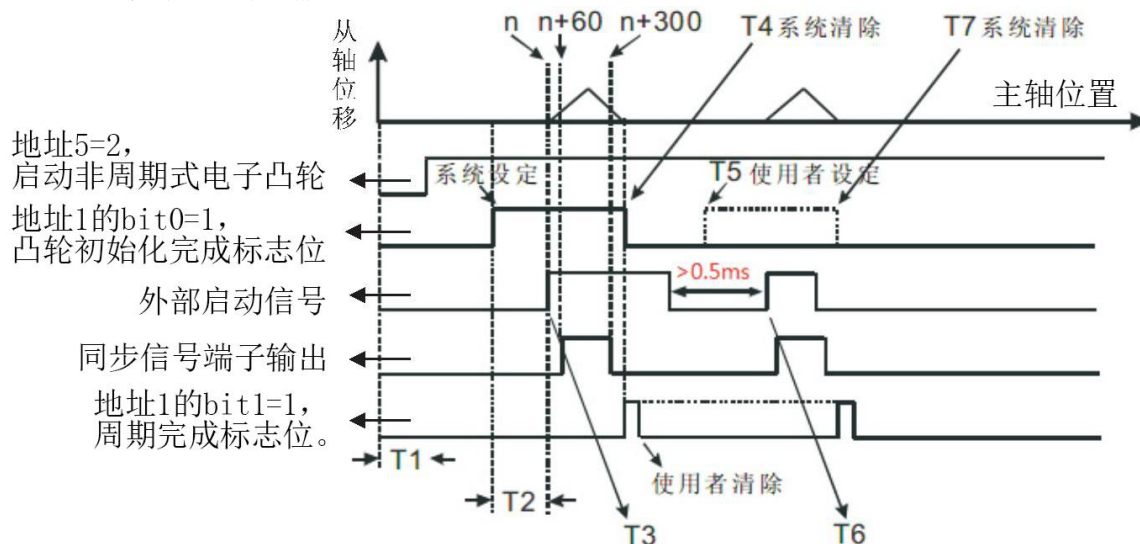
非周期式电子凸轮是指在主轴不断前进的同时，凸轮轴开始依表格实现相对应的位置的动作时机，是在凸轮启动信号输入之后。不同于周期式电子凸轮，在此模式下主/从轴的位置关系，实际上只运行一个周期，即表格只动作一次。



(1) 非周期式电子凸轮启动

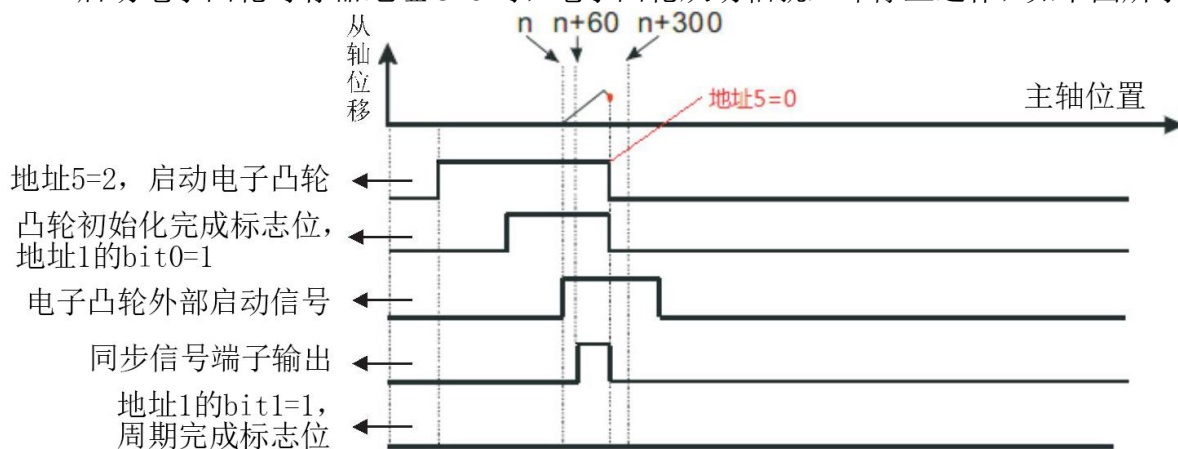
以下非周期式电子凸轮启动顺序：

1. 在时间 T1 时，地址 5=2，启动了非周期式电子凸轮。
2. 经过时间 T2 的计算后，PLC 主动设定地址 1-bit0=0N(非周期式电子凸轮初始化完成)，此时从轴还不会跟随主轴动作。
3. 在时间 T3 位置，电子凸轮启动信号置 ON(当使用外部启动信号开启时)，从轴开始依照表格的位置关系跟随主轴动作一个周期。
4. 周期完成后在时间 T4 位置, PLC 会主动清除地址 1-bit0=0N 的状态, 同时使用者也可利用地址 1-bit1 的状态判断是否完成周期。
5. 在时间 T5 内，使用者可以通过程序选择是否再次设定地址 1-bit0=0N, 以供下次完成判断之用。
6. 时间 T6/T7 位置是将 T3~T4 的动作再重复一次。**注意：凸轮启动信号上升沿的间隔时间必须在 0.5ms 以上。**
7. 同步信号端子输出。

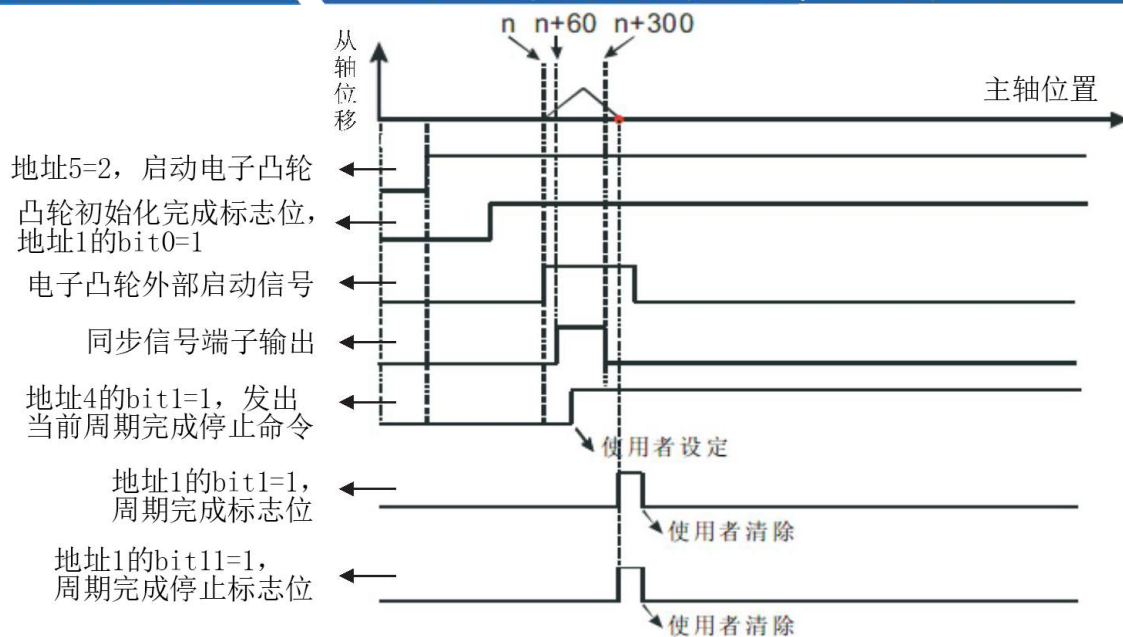


(2) 非周期式电子凸轮停止

1. 启动电子凸轮寄存器地址 5=0 时，电子凸轮从动轴就立即停止运作，如下图所示。

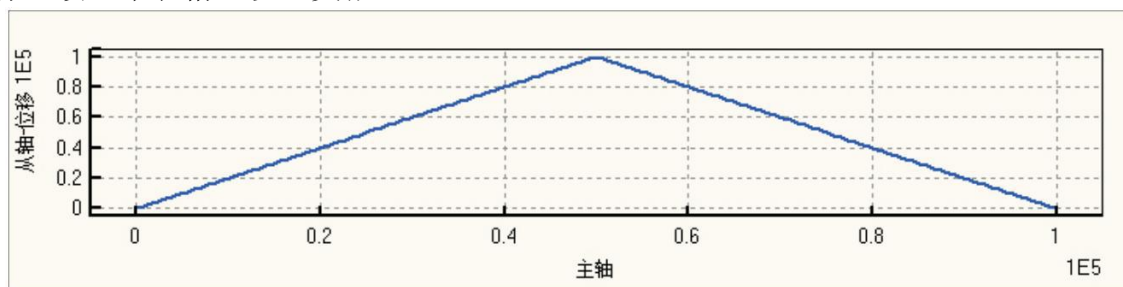


2. 当非周期式电子凸轮运行, 地址 4-BIT1=1 (当前周期完成后停止), 非周期式电子凸轮会继续运行完表格, 从动轴才停止运作，如下图所示。



(3) 范例说明

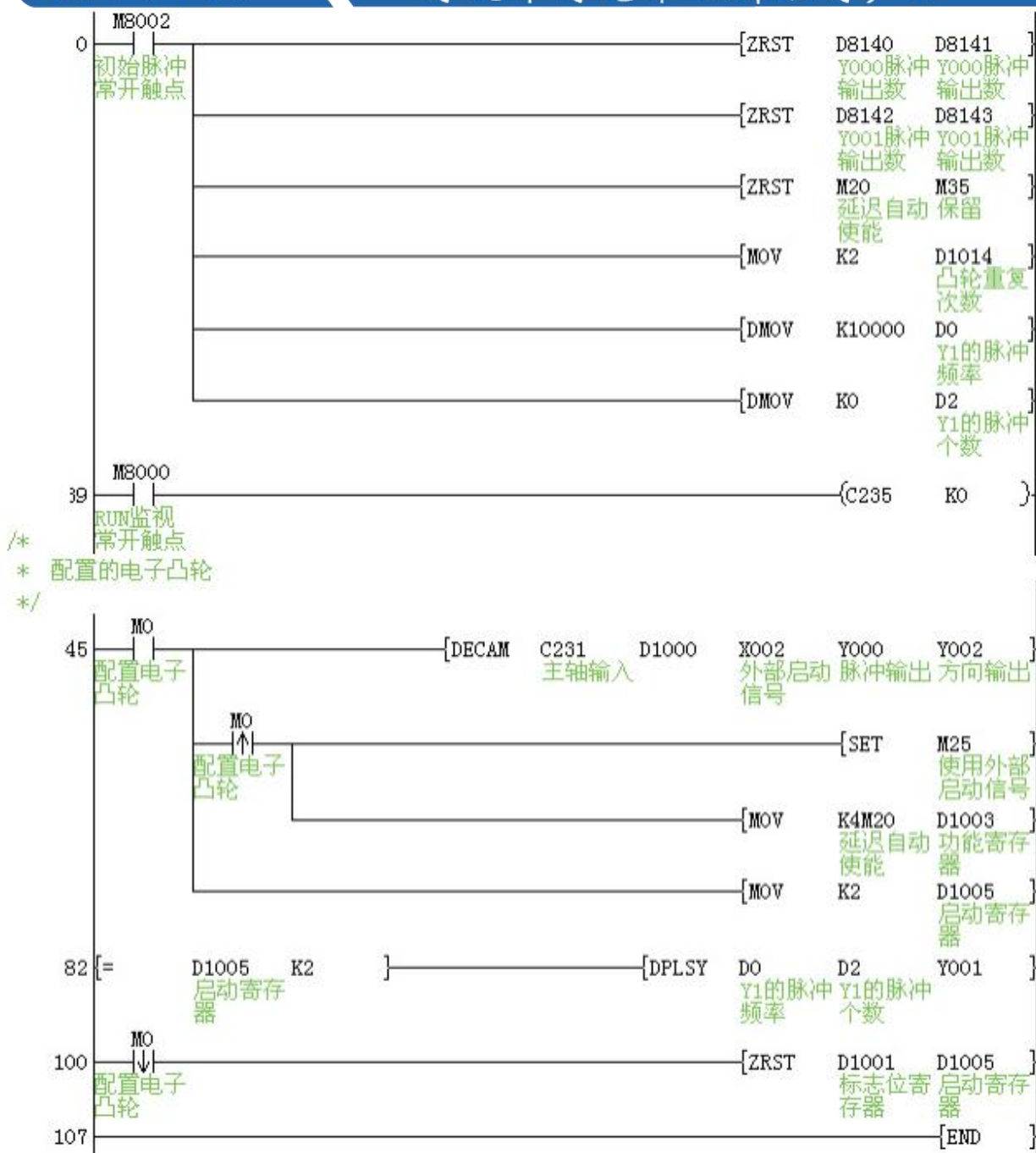
下图所示为电子凸轮运行表格(主轴长 0 ~ 100000 为一个周期), 其输出是脉冲个数, 当外部信号 X2 上升沿触发, 执行连续三个表格 (D1832=2), 等 X2 上升沿再次触发, 再执行连续三个表格, 以此类推。



此范例是用软件 PLC EDITOR 对 ECam0, 详细建立电子凸轮曲线步骤请参考 2.5 章节。硬件线路 Y1 轴输出脉冲, 接到 X0 轴输入端, 表示主轴输入端位置是接收 Y1 轴脉冲输出为输入。

【操作步骤】

1. 程序执行时, 首先执行特殊寄存器的设定, 设定的参数如下:
 - (1) D8140、D8141 与 D8142、D8143 内容清除为 0
 - (2) 设定 D1014=2(重复执行表格两次)
 - (3) Y1 轴移动速度
2. Set M0 配置并启动凸轮; 当 M0 上升沿时, 设置 D1003-Bit5 使用外部启动信号, 当 D1005=2, Y1 输出脉冲, 此时 Y0 轴尚未输出。
3. 外部信号 X2 触发, Y0 轴随着电子凸轮曲线输出; 执行 3 个周期后停止输出。
4. RST M0, 关闭电子凸轮模式; 若在电子凸轮运行时 RST M0, 则 Y0 轴立即停止输出。



5、电子凸轮功能寄存器

偏移地址	名称	说明	初始值	范围
0	表格版本号		5200	
1	标志位寄存器	Bit0 - 初始化完成标志位 电子凸轮允许信号启动后，计算电子凸轮相关数据，初始化完毕后自动设定 ON，使用者需自行清除此标志状态	0	—
		Bit1 - 周期完成标志位 电子凸轮完成标志。当周期式电子凸轮执行完毕后，此标志会自动设为 ON；欲重新启动周期式电子凸轮，使用者需先清除此标志状态。	0	—
		Bit2 - 脉冲发送延迟了标志位 Bit3 - 出错电子凸轮停止运行标志位 Bit4 - 参数错误出错，电子凸轮停止运行标志位 Bit5 - 表格出错，电子凸轮停止运行标志位 Bit6 - 周期性电子凸轮标志位 Bit7 - 非周期性电子凸轮标志位 Bit9 - 当前周期完成停止标志位 Bit10 - 周步区标志位 Bit11 - 时间轴标志位 Bit12 - 新表格载入完成标志 Bit13 - 周期延迟性电子凸轮标志 Bit14 - 延迟启动功能，延迟等待中标志位	0	—
2	错误寄存器	运行错误情况（查看地址 1 的 Bit3）：显示错误码。 参数错误情况（查看地址 1 的 Bit4）：显示错误参数寄存器偏移地址。 表格错误情况（查看地址 1 的 Bit5）：显示错误的表格段号。	0	—
3	功能寄存器 （电子凸轮使用能前确定）	Bit0 - 延迟启动使能 Bit1 - 指定位置启动 Bit2 - 主轴缩放 Bit3 - 从轴缩放 Bit5 - 使用外部启动信号 Bit6 - 从当前位置启动	0	—
4	功能寄存器 （电子凸轮运行中可更改）	Bit0 - 同步信号使能 Bit1 - 当前周期完成后停止电子凸轮 Bit2 - 周期完成后切换表格，切换完成后，该位自动变回 0	0	—

5	电子凸轮启动寄存器	0: 立即停止电子凸轮 1: 周期性电子凸轮（启动） 2: 非周期性电子凸轮（启动） 3: 周期完成后停止，该寄存器自动变为 3 4: 周期延迟性电子凸轮（启动） 其他：保留，不能使用	0	—
6	电子凸轮最高输出频率设定	电子凸轮最高输出频率设定； 当小于 0 时或者大于 200K 的频率时，则为 200K	200000	0-20000 0
7	电子凸轮最高输出频率设定			
8	同步信号 Y 端子号	输出端子编号： 设定同步输出端子的 Y 编号，范围 0~255，当启用同步输出的功能，当在同步区时，相应的 Y 端子输出同步信号，该功能需先设定同步位置上下限。	0	0-255
9	CAN 同步位置下限(低字)	电子凸轮的同步位置上/下限设定， 当同步位置下限 ≤ 主轴位置 ≤ 位置上限 且同步信号使用能（地址 4，BIT0）时同步信号端子 Y 输出 ON	0	32 位无符号整数
10	CAN 同步位置下限（高字）			
11	CAN 同步位置上限(低字)		0	32 位无符号整数
12	CAN 同步位置上限(高字)			
13	电子凸轮脉冲余数分配设定（保留）	保留	—	—
14	非周期性电子凸轮执行次数	周期性电子凸轮：保留； 非周期性电子凸轮：控制表格执行次数；当值为 H0001 时，电子凸轮执行 1 次后停止； 当值为 HFFFF 时，将变成周期性电子凸轮执行。 当值为 HFFFF 时，将变成周期执行电子凸轮。	1	1-65535
15	电子凸轮启动延迟脉冲设定（低字）	周期性电子凸轮——保留 非周期性电子凸轮和周期延迟性电子凸轮：可通过（地址 3，Bit0-延迟启动使能）来启用延迟启动功能。执行非周期电子凸轮时，接受一个凸轮启动信号，若没有要立即执行电子凸轮表格，而要延迟主轴转动几个脉冲，才运行表格，此时此寄存设定延迟脉冲数。	0	32 位无符号整数
16	电子凸轮启动延迟脉冲设定（高字）			
17	主轴指定位置起动(低字)	周期性电子凸轮——保留 非周期性电子凸轮：	0	32 位无符号整数
18	主轴指定位置	可通过（地址 3，Bit1-指定位置启动使能），		

	起动(高字)	来启用指定位置启动的功能。 启动位置由该地址设置。		
19	从轴当前位置 (低字)	输出轴：从轴当前位置（ 转换后 ） 当前凸轮执行过程中从轴的位置，缩放后	0	32 位无 符号整 数
20	从轴当前位置 (高字)			
21	从轴当前位置 (低字)	输出轴：从轴当前位置（ 转换前 ） 当前凸轮执行过程中从轴的位置，缩放前	0	32 位整 数
22	从轴当前位置 (高字)			
23	从轴倍率分母	从轴缩放	1	1-65535
24	从轴倍率分子		1	1-65535
25	主轴当前位置 (低字)	输入轴：主轴当前位置（ 转换后 ） 当前凸轮执行过程中主轴的位置，缩放后	0	32 位无 符号整 数
26	主轴当前位置 (高字)			
27	主轴当前位置 (低字)	输入轴：主轴当前位置（ 转换前 ） 当前凸轮执行过程中主轴的位置，缩放前	0	32 位无 符号整 数
28	主轴当前位置 (高字)			
29	主轴倍率分母	主轴缩放	1	1-65535
30	主轴倍率分子		1	1-65535
31	指定下周期要 运行的表格	周期完成后切换表格功能中使用。 0：使用默认表格 1：使用表格 1 中的数据（CPVAL 指定地址） 2：使用表格 2 中的数据（CPVAL 指定地址）	0	0-2
32	当前周期运行 的表格	周期完成后切换表格功能中使用。指示当前周 期运行的表格。	0	0-2
33	保留	保留	—	—
34	保留	保留	—	—
35	保留	保留	—	—
36	保留	保留	—	—
37	保留	保留	—	—
38	表格的段数	凸轮表格数据的总数据段	0	0-512
39	表格的起始偏 移	指定凸轮表格的偏移地址，固定为 40	40	40
40	第 0 段主轴 (LOW WORD)	第 0 段主轴位置	0	32 位整 数
41	第 0 段主轴 (HIGH WORD)			
42	第 0 段从轴	第 0 段从轴位置	0	32 位整

	(LOW WORD)			数
43	第 0 段从轴 (HIGH WORD)			
44	第 1 段主轴 (LOW WORD)	第 1 段主轴位置	0	32 位整数
45	第 1 段主轴 (HIGH WORD)			
46	第 1 段从轴 (LOW WORD)	第 1 段从轴位置	0	32 位整数
47	第 1 段从轴 (HIGH WORD)			
40+ N*4	第 N 段主轴 (LOW WORD)	第 N 段主轴位置	0	32 位整数
40+ N*4+1	第 N 段主轴 (HIGH WORD)			
40+ N*4+2	第 N 段从轴 (LOW WORD)	第 N 段从轴位置	0	32 位整数
40+ N*4+3	第 N 段从轴 (HIGH WORD)			

5.1 凸轮寄存器相关说明

(1) 地址 2 -- 错误寄存器:

运行错误（查看地址 1 的 Bit3）错误码说明：

-1: 表格编号不在范围

-2: 表格未正确初始化

-3: 表格段数太短

1: 主轴输入错误，脉冲变化太大，100us 超过 200 个

3: 计算的从轴个数太多

5: 主轴在当前周期未处理的脉冲数过多

8: 计算从轴在当前需要输出的脉冲数过多

9: 凸轮主轴超前从轴 2 个周期了

参数错误（查看地址 1 的 Bit4）：显示错误参数寄存器偏移地址。

表格错误（查看地址 1 的 Bit5）：显示错误的表格段号。

(2) 地址 3—电子凸轮使能前功能寄存器

启动用凸轮相应的功能寄存器，当相应的置 1 时，启用凸轮相应的功能。

BIT6—从当前位置启动

可设置凸轮启动时，从主轴和从轴的从何处进行启动。当启用该功能时，

主轴的初始位置从【地址 27, 28 — 主轴当前位置（转换前）】获取；

从轴的初始位置从【地址 19, 20 — 从轴当前位置（转换后）】获取。

(3) 地址 4—电子凸轮运行中功能寄存器

Bit0 -同步信号使能

当地址 4-Bit0=1 时，当主轴位置在同步位置下限 $\leq$ 主轴位置 $\leq$ 同步位置上限，同步端子输出。

Bit1 -当前周期完成停止

当地址 4 - BIT1 = 1 时，当前表格执行完成后，凸轮立即停止，停止后，地址 5 会自动变为 3，重新设为 1，可再次启动周期性电子凸轮，非周期同理。

(4) 地址 5—电子凸轮启动寄存器

周期性电子凸轮启动：当地址 5=1 时，启动周期性电子凸轮：地址 5=0 时，停止电子凸轮。

周期延迟性电子凸轮启动：当地址 5=2 时，启动第一个周期延迟地址 15、16 设置的延迟脉冲后，按照周期性电子凸轮执行；地址 5=0，停止电子凸轮。

周期性电子凸轮和非周期性电子凸轮进行切换时，地址 5=1→地址 5=0→地址 5=2 之间的数据切换，需要 100us 以上的间隔。

(5) 地址 8—同步信号 Y 端子号

此寄存器用来设置同步信号输出的端子号。

当地址 4-Bit0=1 时，当主轴位置在同步位置下限 $\leq$ 主轴位置 $\leq$ 同步位置上限，同步端子输出。

(6) 地址 9-12—同步位置上下限

地址	功能	范围
地址 9	CAM 同步位置下限 (LOW WORD)	32 位整数
地址 10	CAM 同步位置下限 (HIGH WORD)	
地址 11	CAM 同步位置上限 (LOW WORD)	32 位整数
地址 12	CAM 同步位置上限 (HIGH WORD)	

电子凸轮的同步位置上/下限设定，当同步位置下限 $\leq$ 主轴位置 $\leq$ 位置上限且同步信号使能（地址 4，BIT0）时，同步信号端子 Y 输出。

**(7) 地址 14—非周期式电子凸轮执行次数设定**

地址	功能	范围
地址 14	周期性电子凸轮时—保留	1-65535
	非周期性电子凸轮—控制电子凸轮执行的次数	

当选择非周期性电子凸轮模式时，地址 14 控制电子凸轮执行次数，当前地址设置为多少，则凸轮重复执行表格多少次。当值为 HFFFF 时，将变成周期凸轮执行。当值为 0 时，超出范围，当前地址自动变为 1。

重复次数=0



重复次数=1

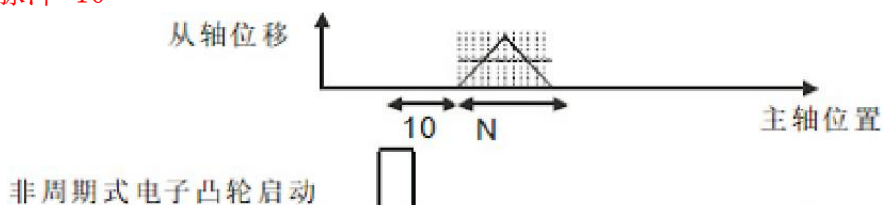


(8) 地址 15-16—电子凸轮启动延迟脉冲设定

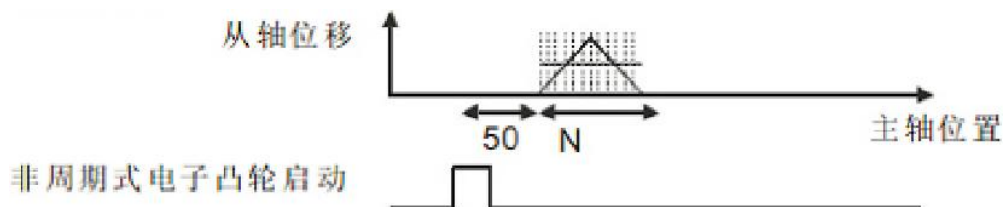
地址	功能	范围
地址 15	非周期性电子凸轮或周期延迟性电子凸轮, 主轴转动了设定的脉冲数, 才会立即执行电子凸轮表格	32 位无符号整数
地址 16		

执行非周期电子凸轮或周期延迟性电子凸轮时, 若设置了地址 3 (Bit0-延迟启动使能), 即启用延迟启动功能。从轴接受一个凸轮启动信号, 若没有立即执行电子凸轮表格, 而是延迟主轴转动几个脉冲后才运行表格, 此时需给地址 16 设定延迟脉冲数。如下图所示: 当系统接受一个凸轮启动信号, 主轴转动了设定的脉冲数后才会立即执行电子凸轮表格。

延迟启动脉冲=10

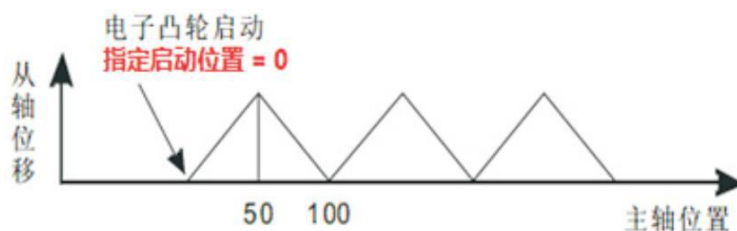


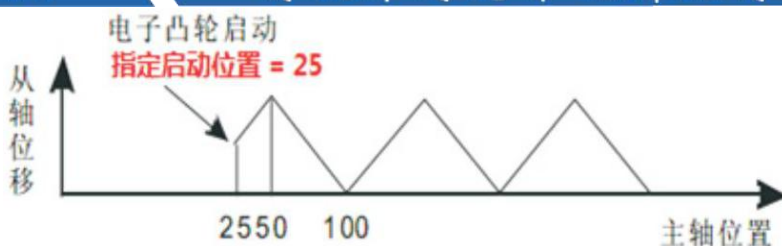
延迟启动脉冲=50



(9) 地址 17-18—主轴指定位置启动

地址	功能	范围
地址 17	非周期性电子凸轮, 可通过地址 3 (Bit1-指定位置启动使能), 来启用指定位置启动的功能。启动位置由该地址设置。	32 位无符号整数
地址 18		





6、电子凸轮电子表格数据建立

6.1 单笔表格数据变更设定

每一个电子凸轮表可建立 512 点数据，分别使用偏移地址 40-地址 $[40+n*4+4]$ 设定。每 4 点数据为一组 ECAM 数据，由主轴位置和从轴位置组成。

使用 DMOV 指令操作表格数据：

0	MO	[↑]	[MOV K3 D2038]	设置电子凸轮表格数据的总数据段为 3
			[DMOV KO D2040]	第 0 段主轴位置为 0
			[DMOV KO D2042]	第 0 段从轴位置为 0
			[DMOV K100 D2044]	第 1 段主轴位置为 100
			[DMOV K100 D2046]	第 1 段从轴位置为 100
			[DMOV K200 D2048]	第 2 段主轴位置为 200
			[DMOV KO D2050]	第 2 段从轴位置为 0
61	MO	[↑]	[DECAM C235 D2000 X000 Y000 Y001]	配置电子凸轮（详情请查看第二部分
83			[END]	第 3 点的配置说明）

6.2 使用 PLC Editor 生成表格数据

定义主轴/从轴之间的关系，称之为电子凸轮表格数据。

在数据的输入上，电子凸轮表格有两种方法表述：

方法 1：采用两者的函数关系

方法 2：采用 X, Y 的点对点关系

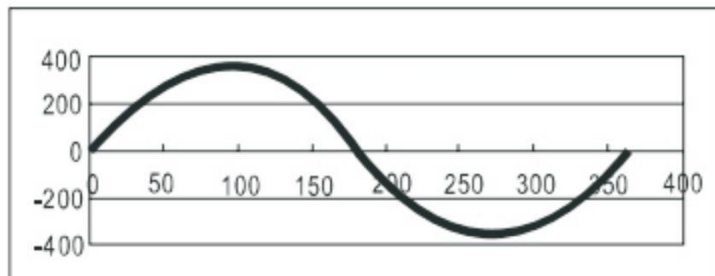
电子凸轮表格的获取也有两种途径：

途径 1：根据主从轴的标准函数关系

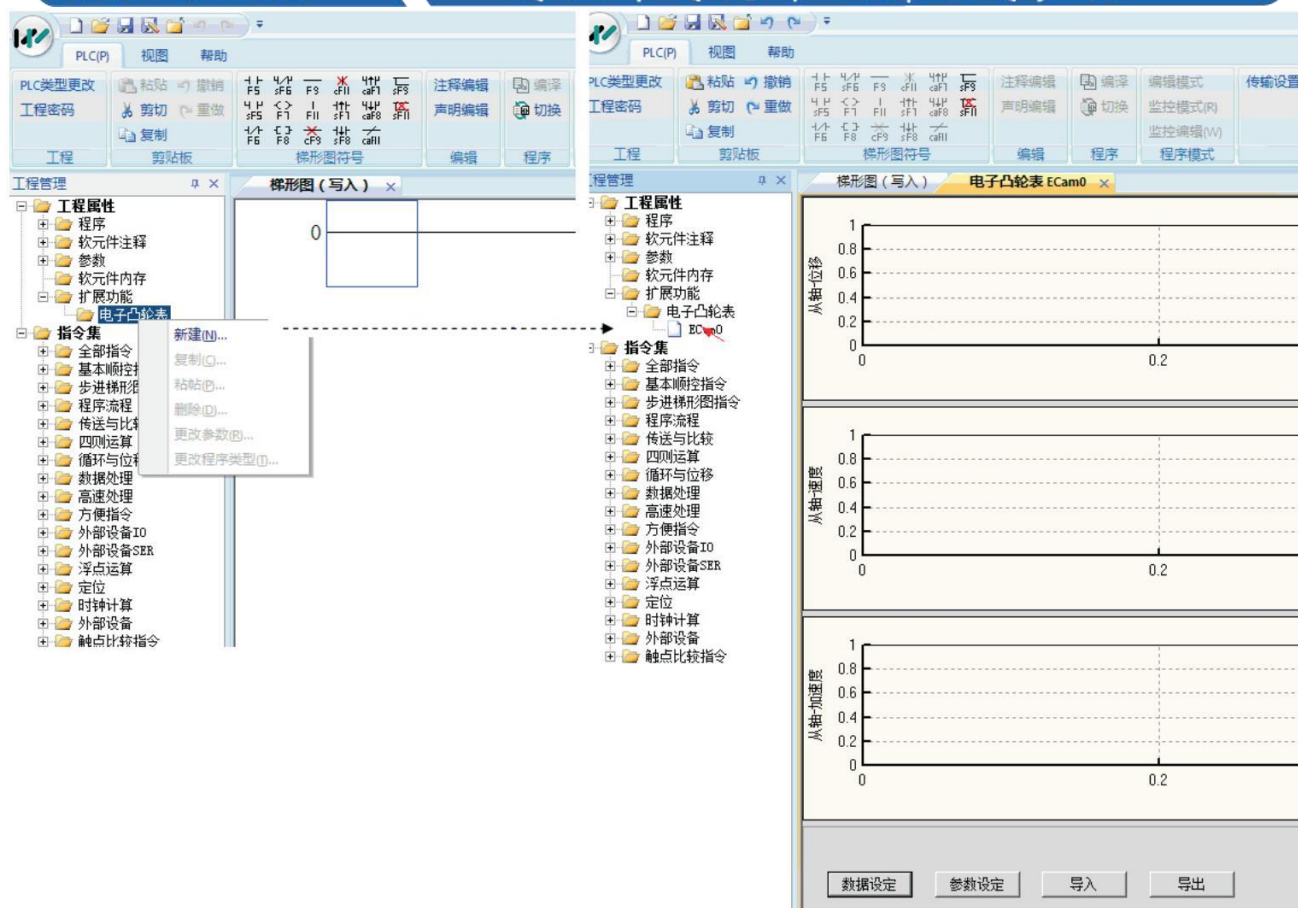
途径 2：根据实际工作中测量到的点与点之间的对应关系。

凸轮表格可以定义多个 CAM 曲线，关系确定后，根据主轴的位置就能得到从轴的位置。

例如正弦信号的凸轮表格：



电子凸轮表格在 PLC Editor 中称之为电子凸轮表，在【工程属性】-【扩展功能】中选择【电子凸轮表】，右键可以加入可删除表格。

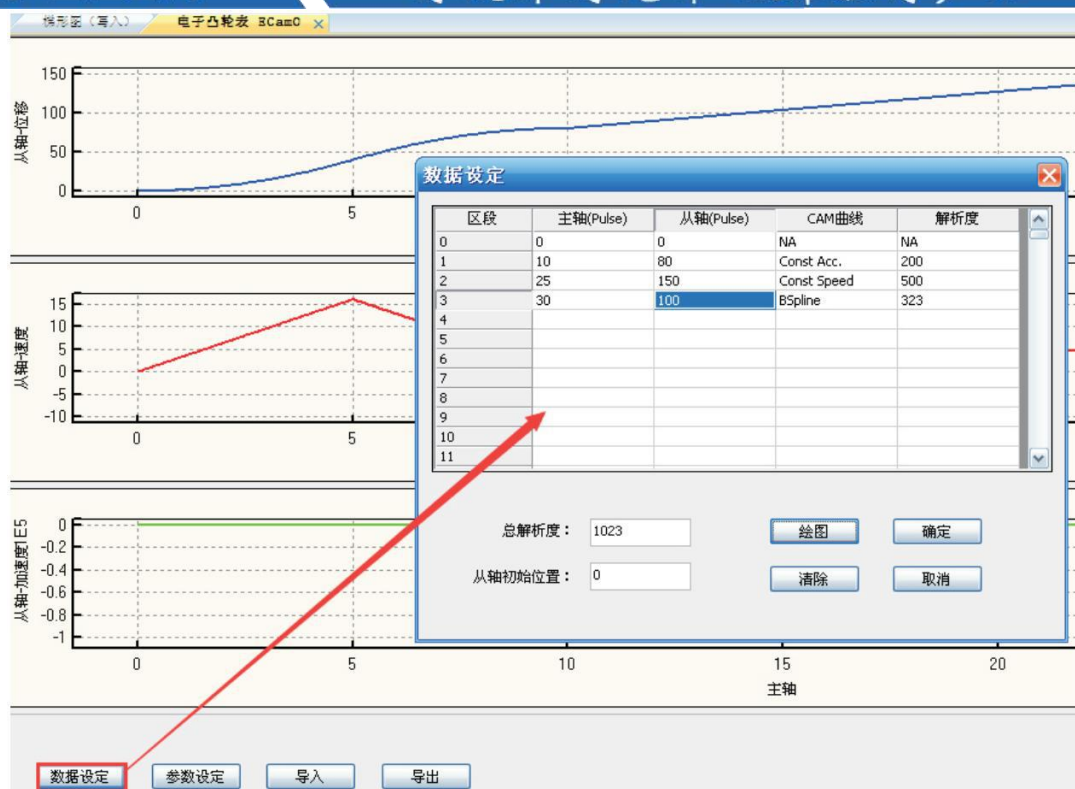


图表上主要分为 4 个部份，分别为主/从轴相对位置、主/从轴相对速度、主/从轴相对加速度以及最下方的数据设定。前 3 部份用来显示使用者所设定的 CAM 数据。横轴都是主轴，纵轴分别为从轴的位置、从轴跟主轴的速度比、从轴跟主轴的加速度比。数据设置区介绍如下：

- 1、位移分辨率：提供使用者设定该表格总共所占的数据点数，可设定范围从 10~512，其中 1 个点占用 4 个 WORD 的软元件。
- 2、数据设定：通过函数方式来描述主/从轴轴的位移变化。
- 3、导入：通过点对点的方式来描述主/从轴的位移变化。
- 4、导出：将主/从轴的变化关系以点对点的方式输出并存档。

6.2.1 以函数方式描述主从轴的位置变化

在数据设定区里选择【数据设定】出现“数据设定窗口”，该窗口可让使用者将整个凸轮的曲线以函数的方式描述出来，而不是以点对点的方式进行描述。目前维控 PLC 提供 3 种凸轮曲线模式供使用者选择，分别是：Const Speed（匀速），Const Acc（匀加速），BSpline（摆线）。



【数据设定】的窗口是由区段所组成的，每个区段提供使用者设定一段凸轮曲线，再由整个区段组成凸轮曲线。每个区段由主轴、从轴、CAM 曲线以及解析度组成，说明如下：

主轴：主轴的位移，主轴的位移必须大于 0 的值，且为递增；

从轴：从轴的位移，从轴位移为正或为负；

CAM 曲线：目前区段所使用的函数；

分辨率：目前区段所使用的点数，整个表格可设定范围 10-512。1 点占用 4 个 WORD。如果没有设定，则将剩余的点数进行均分。分辨率依设备需求来设定，分辨率越高设备运行较平滑，但是占用的软元件更大。

6.2.2 以点对点方式描述主从轴的位置变化

直接以点对点的模式，将数据添加到电子凸轮表格中，一个凸轮表最多可输入 512 点的数据。

【导出】将当前的表格数据按点对点的方式进行导出，并存储到指定的文件中。

【导入】将当前的表格数据按点对点的方式进行导入。

6.3 使用 ECAM TBX 生成表格

名称	功能	位数 (bits)	是否脉冲型	指令格式	步数
ECAMTBX	生成电子凸轮表格数据	16	否	ECAMTBX S0 S1 D1 D2	9

S0--参数地址, 允许软元件:D。

说明:生成曲线的时, 设定的参数, 详细参看【附录】-【参数表】中说明

S1--曲线类型, 允许软元件: D、H、K。

说明: 指示要生成的曲线类型。

K0、K1:以 1ms 的主轴, 生成 S 型加减速曲线

K2:自定义指定关键点生成表格

K100:生成飞剪曲线

K101:生成追剪曲线

D0--凸轮参数首地址

说明：生成的表格数据 存放于【D0 + 40】开始的位置，【D0 + 38】中存放表格段数。

D1--表格生成结果

D1 < 0 生成表格出错；

D1 > 0 生成表格成功，D1 表示当前表格的总段数。

ECAMTBX 指令生成曲线错误码：

- 1: 条件参数错误
- 2: 主轴脉冲数过少，不够同步区
- 3: 未知的凸轮曲线类型
- 4: 解析度范围错误
- 5: 计算的从轴脉冲数太多
- 6: 计算的从轴脉冲数太少
- 7: 计算的主轴脉冲数超出设定长度
- 8: 设置的从轴脉冲数为 0
- 9: 设置的从轴脉冲数为负数
- 10: S 型加减速曲线计算错误
- 11: 未知的曲线类型

关键点生成曲线错误码：

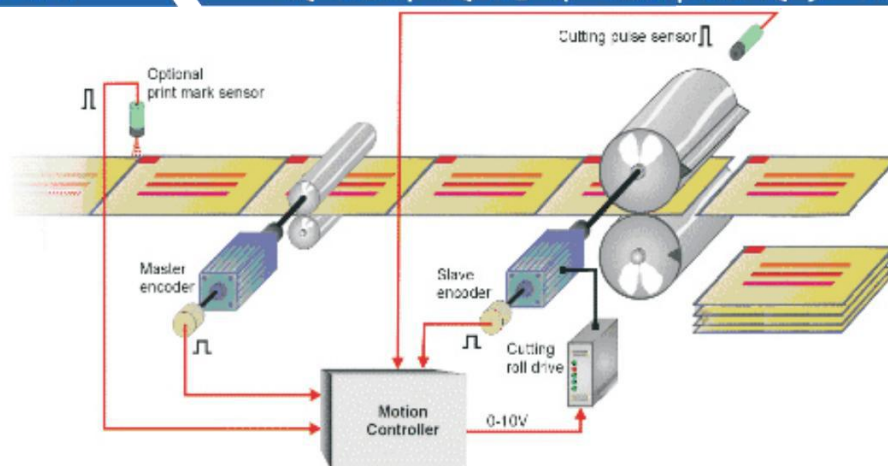
- 21: 关键点个数不在范围
- 22: 总解析度超过范围
- 23: 主轴大小关系不正确
- 24: 每一段解析度设置不正确
- 25: 计算时，关键点个数不足
- 26: 未知加速曲线类型

注：用 ECAMTBX 指令生成曲线成功后，可以在 PLC Edit 上位机软件的 PLC 上传中凸轮表格到上位机查看。

三、电子凸轮的实际应用

1、飞剪应用

在送料裁切应用上，传统的做法是使用走停式，送料轴先走到固定的长度，随后剪料轴再动作，之后不断重复“送料停”及“剪料停”的过程。中方法的缺点在送料轴走停的过程中，所需要的加减速使生产效益无法提高，因此新的做法是采用送料不停的方式，一般有两种送料裁切的方法：飞剪和追剪。两者的差异为飞剪是同向运动，而追剪是往返运动，所设定的 CAM 表格曲线也不同。



1.1 飞剪动作说明

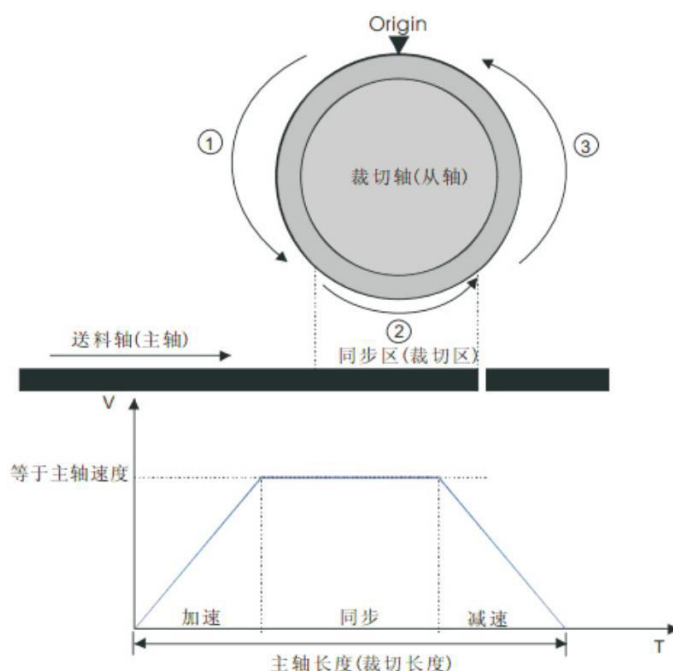
(1) 飞剪控制裁切轴往同一方向旋转，利用刀具接触物料的时间点进行裁切，期间送料轴不停断的持续等速送料。飞剪控制的动作与输出行程如下图所示：

- ①. 从轴一开始先加速移动至同步区；
- ②. 在同步区与主轴等速并且输出裁切信号 (CLR0)；
- ③. 待离开同步区从轴便减速移回原点，完成一个周期裁切。得知行程后即可画成速度关系

系。

(2) 在旋切过程中，最重要的是速度同步。比如在切刀接触到物料时一定要与物料速度同步，如果接触时切刀速度大于同步速度，出现对物料一个向前牵扯的力，会造成物料切面不平，如果速度低于物料速度，会出现堵料的现象。

(3) 同步区的规划会影响到实际设备的运行，一个裁切周期中若同步区越大，加减速的时间就越小，表示设备需要在短时间内进行加减速，对于电机、机台、切刀的冲击都很大，而且容易导致伺服过流报警，设备无法正常运行。



- (4) 裁切长度与切刀周长的关系：

裁切长度 < 切刀周长： 在同步区切刀线速度与送料速度同步，过了同步区后，为了赶上下一次裁切，则裁切轴加速，如图所示。	
裁切长度 = 切刀周长： 裁切轴匀速运动	
1 倍切刀周长 < 裁切长度 < 2 倍切刀周长： 于同步区裁切动作完成后，裁切轴减速，然后再加速到同步进行下次裁切，如图所示。	
裁切长度 > 2 倍切刀周长： 在剪断长大于 2 倍刀周长情况下（这也是最常见的一种情况），在一个周期中，刀刃在同步区剪断完成后，减速到停止，等待一定长度过去后，启动下次裁切。	

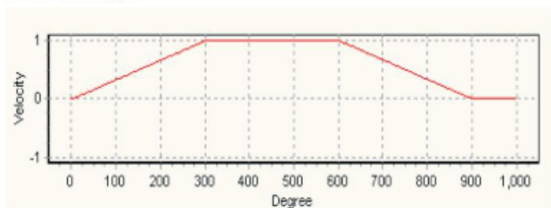
1.2 飞剪生成

PLC 内建飞剪曲线自动生成指令，生成曲线所需要的参数参看“飞剪参数表”，其中深度 6 中的 CAM 曲线共有 5 种形式，利用此 5 种形式搭配可生成所需的飞剪曲线，如下图所示。

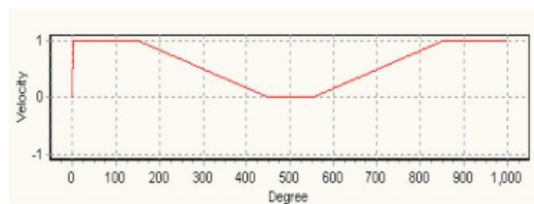
飞剪曲线参数设定				
参数	偏移地址	名称	格式	说明
参数 1	地址 0	主轴长度	32 位整数	送料轴移动裁切长度，单位 Pulse。
	地址 1			
参数 2	地址 2	从轴长度	32 位整数	裁切轴周长(含刀具长度)，单位 Pulse。
	地址 3			
参数 3	地址 4	从轴同步长度	32 位整数	从轴同步区长度要小于从轴长度，一般设为从轴长度的 1/3。（当选择新 S 型飞剪时，该值满足 $40 * \text{同步倍率} \leq \text{同步长度} < \text{从轴长度} - 2$ 。）
	地址 5			
参数 4	地址 6	从轴同步倍率	浮点数	计算方法一：在同步区，主轴与从轴速度相等，同步倍率计算方法： $v1 = v2 \Rightarrow \frac{R_1 * 3.14 * D_1}{R_1} = \frac{R_2 * 3.14 * D_2}{R_2}$ $\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{D_2}{D_1}$ 其中 V1 (V2) = 主 (从) 轴速度
	地址 7			

				F1 (F2)=主(从)轴速度(Hz) D1 (D2)=主(从)轴直径 R1 (R2)=主(从)轴一圈脉冲数 计算方法二: 从轴同步倍率=1mm 从轴需要的脉冲数/1mm 主轴需要的脉冲数
参数 5	地址 8	从轴最高倍率限制	浮点数	最大倍率= 从轴最高速度/主轴最高速度
	地址 9			
参数 6	地址 10	加速曲线	整数	0: 等加速曲线, 速度曲线为 T 型 1: 等加加速度曲线, 速度曲线为 S 型 2: 保留 3: 保留 4: 新 S 型飞剪曲线(同步区位于中间), 详细说明见附录, 当前曲线只支持 CAN 曲线为 0
	地址 11	CAM 曲线	整数	起始、停止、以及不同同步区位置的各段曲线选择: 0: LeftCAM 同步区位于前端曲线; 1: MidCAMall; 2: MidCAMBegin 起始曲线; 3: MidCAMEnd 结束曲线; 4: RightCAM 同步区位于后端的曲线; BIT[15]=1: 接续前次数据, 用于拼接曲线, 如设置曲线的细分, 范围 10~511, 两条飞剪曲线拼接为追剪曲线
参数 7	地址 12	解析度	整数	
	地址 13	保留	保留	保留
参数 8	地址 14	同步区起始位置	32 位整数	正确生成曲线后, 计算得到的主轴同步区起始位置, 可用于设置同步区下限。
	地址 15			
参数 9	地址 16	同步区结束位置	32 位整数	正确生成曲线后, 计算得到的主轴同步区结束位置, 可用于设置同步区下限。
	地址 17			
参数 10	地址 18	从轴最小限制运行倍率	浮点数	当参数 6 加速曲线设置为 4 时才有效, 确定从轴实际运行最高速度不能小于该值倍率对应的速度。从而调节减速段的斜率。
	地址 19			

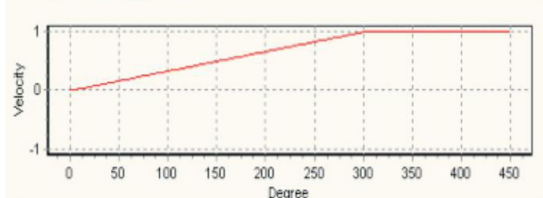
0: leftCAM



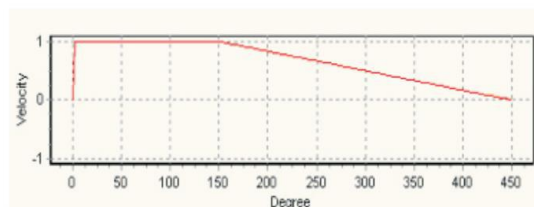
1: midCAMall



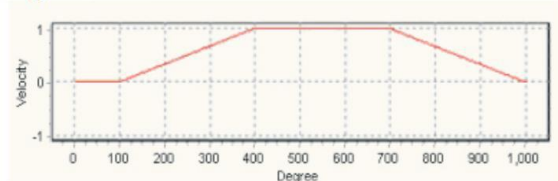
2: midCAMbegin



3: midCAMend



4: right CAM



1.3 飞剪配置

1.3.1 概述

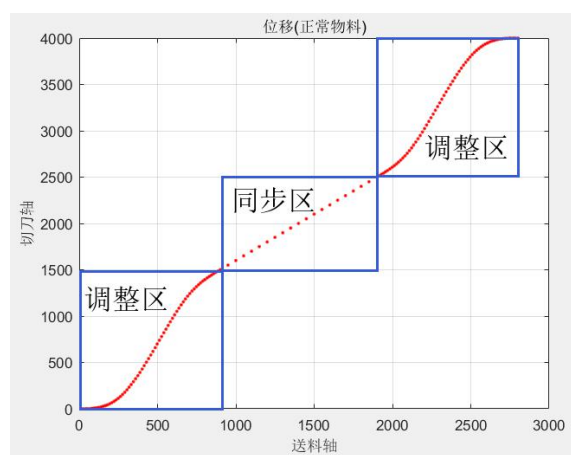
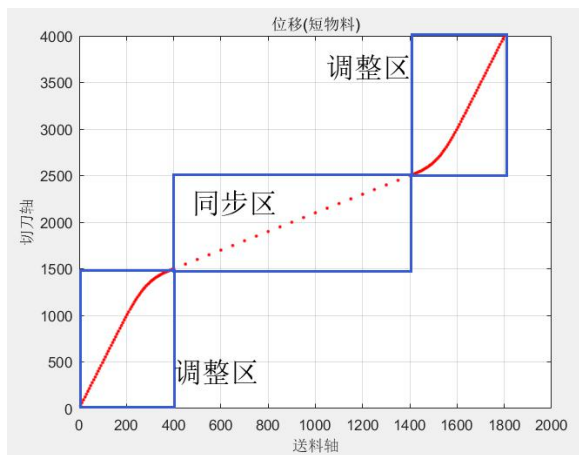
同步区：此时送料轴与切刀轴按固定速度比例运转（刀头线速度与切割面的线速度相等），材料的切割发生在同步区。

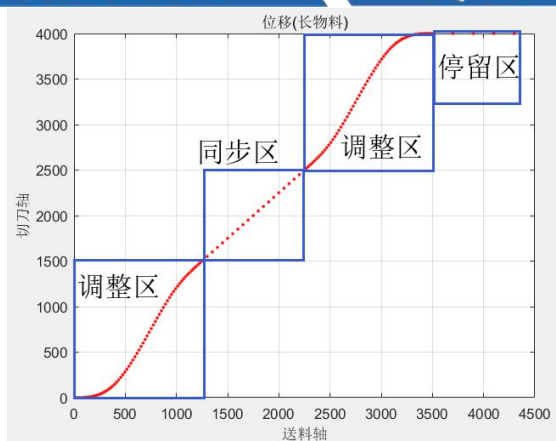
调整区：由于切割长度不同，需要做相应的位移调整。根据切割长度调整区可以分为下面三种情况。

短物料切割：切刀轴在调整区内先匀速，然后再减速到同步速度。

正常物料切割：此情况下，切刀轴在调整区先加速。然后减速到同步速度。

长物料切割：此情况下，切刀轴在调整区内先加速到最小限制运行速度，再减速到同步速度，当切刀轴转一圈后，切刀轴减速到零，停留一段时间，然后再加速，循环操作。物料长度越长，停留的时间也越长。

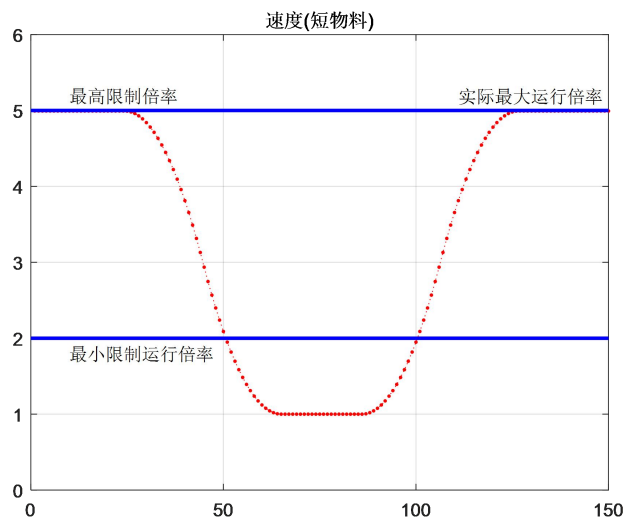




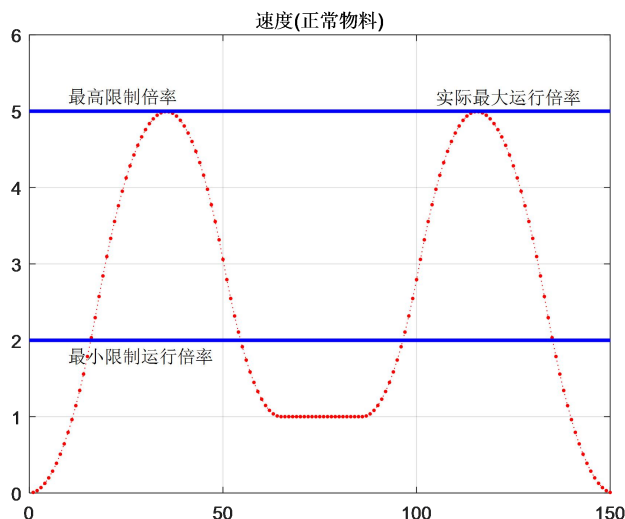
注:

当设定最高限制倍率, 同步倍率, 最小限制运行倍率时, 物料长度边界也就确定。几个极限值的情况如下:

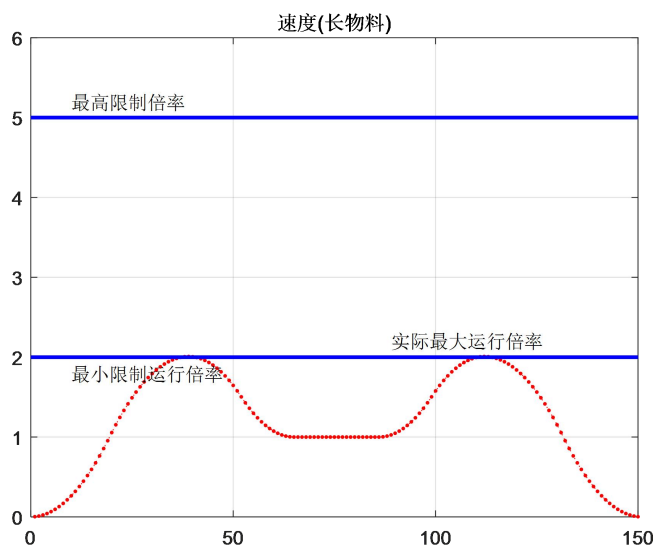
(1) 最短物料 ($Lm1$) 的速度满足: 实际最大运行倍率 = 最高限制倍率, 调整区为匀速+减速过程。



(2) 最短正常物料 ($Lm2$): 实际最大运行倍率 = 最高限制倍率, 调整区为加速+减速过程。



(3) 最短长物料 ($Lm3$) : 实际最大运行倍率 = 最小限制运行倍率, 调整区为加速+减速+停留过程。



因此物料的长度确定了从轴的运行类型:

- ① 当 $Lm1 \leq L < Lm2$, 此为短物料, 其 $0 \leq \text{实际最大运行倍率} \leq \text{最高限制倍率}$
- ② 当 $Lm2 \leq L < Lm3$, 此为正常物料, 其
最小限制运行倍率 $\leq$ 实际最大运行倍率 $\leq$ 最高限制倍率
- ③ 当 $L \geq Lm3$, 此为长物料, 实际最大运行倍率 = 最小限制倍率。存在停留区, 物料越长, 停留的时间越长。

1.3.2 示例

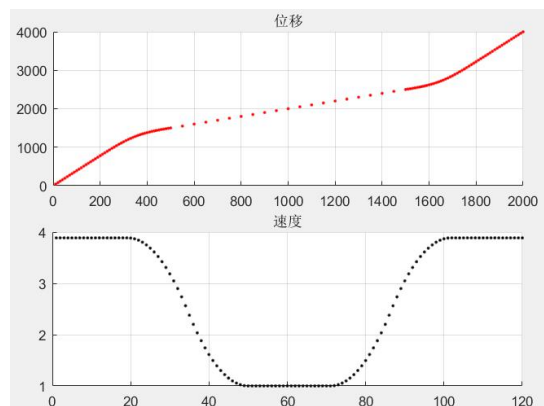
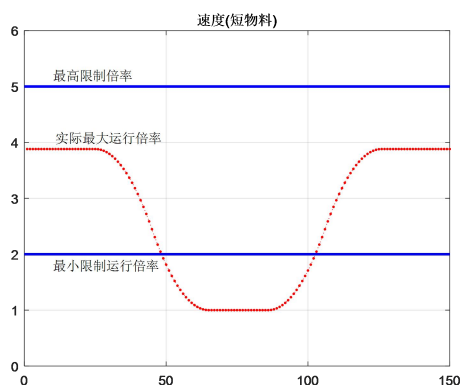
根据最高限制倍率, 同步倍率及最小限制运行倍率的不同, 过程结果也会不同。

1.3.2.1 同步倍率 < 最小限制运行倍率 < 最高限制倍率

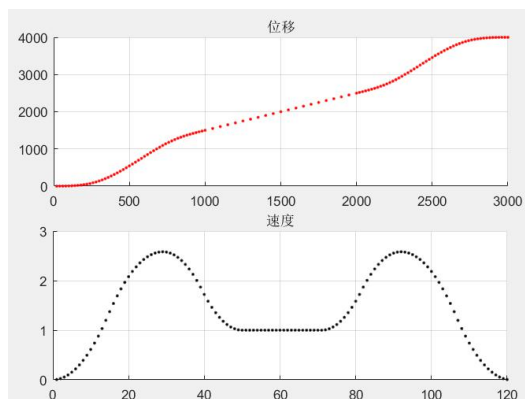
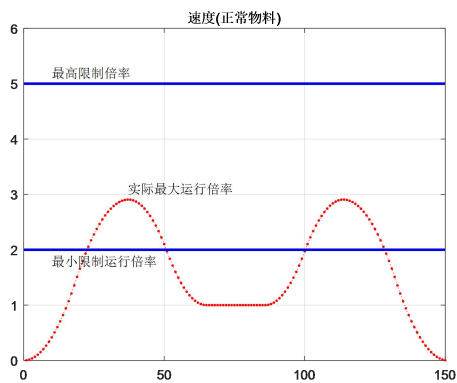
参数设置如下:

模拟	
订单管理	
订单1	2000
订单2	0
参数设置	
切刀周长	4000
同步区长度	1000
最高限制倍率	5.0
最小运行倍率	2.0
同步倍率	1.0
解析度	120

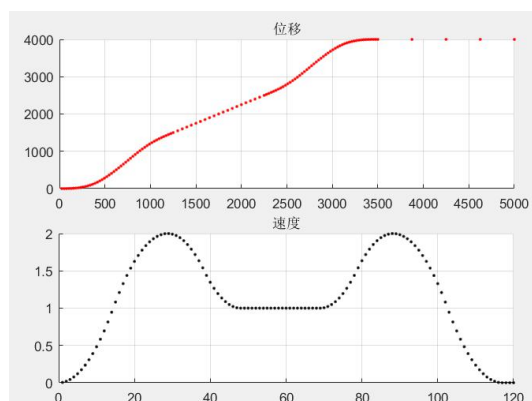
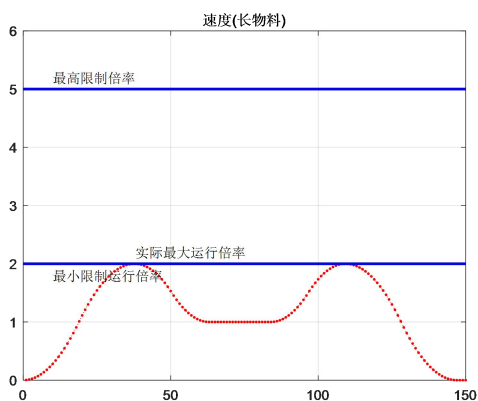
短物料:



正常物料:



长物料:



1.3.2.2 同步倍率 = 最小限制运行倍率 < 最高限制倍率

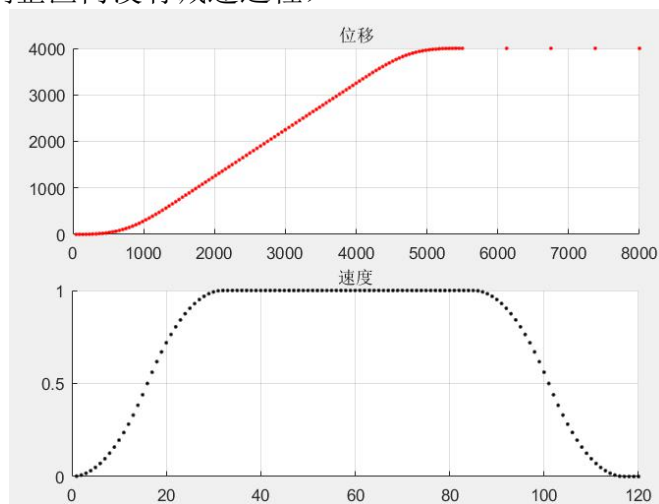
此种情形下，长物料时，不存在减速进入同步区的情形。参数设置如下：

订单管理	
订单1	8000
订单2	0

参数设置	
切刀周长	4000
同步区长度	1000
最高限制倍率	5.0
最小运行倍率	1.0
同步倍率	1.0
解析度	120

短物料与正常物料的情况与 2.1 中描述的相同。

长物料：（没有调整区内没有减速过程）

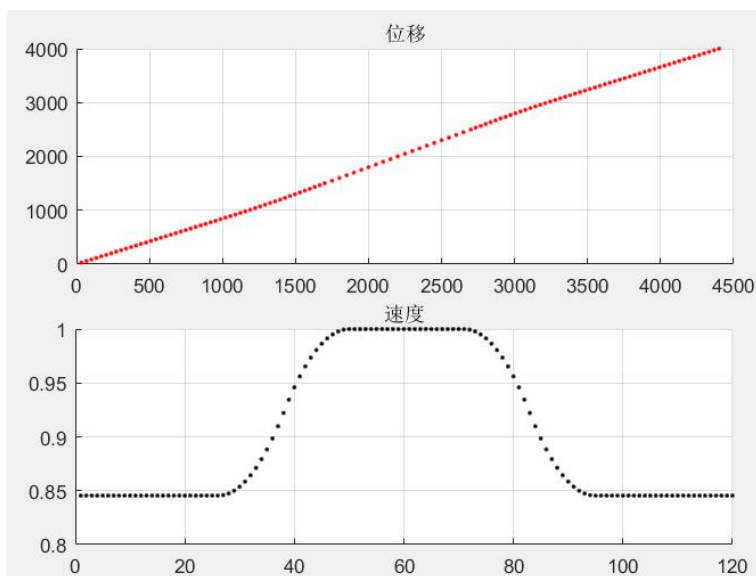


1.3.2.3 同步倍率 = 最小限制运行倍率 = 最高限制倍率

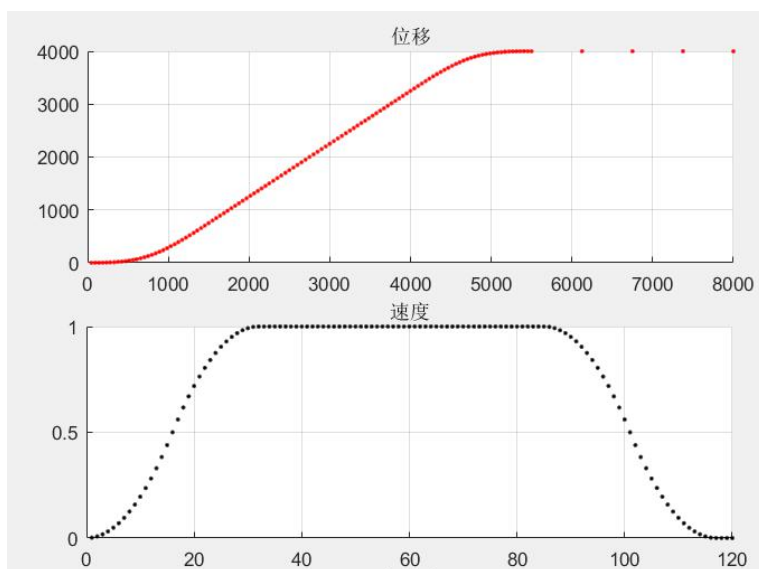
此种情形下，没有正常物料的情况，只有短物料与长物料的情况。参数设置如下：

模拟	
订单管理	
订单1	4400
订单2	0
参数设置	
切刀周长	4000
同步区长度	1000
最高限制倍率	1.0
最小运行倍率	1.0
同步倍率	1.0
解析度	120

短物料：



长物料：



1.4 案例

(1) 控制要求：

①.使用飞剪曲线自动生成建立凸轮表。

②.裁切轴与送料轴所搭配的设备，其伺服参数为 1,000 pulse/rev。

③.相关参数:

裁切料长度为 1000 mm

裁切轴周长为 60π mm

送料轴周长为 100π mm

送料轴速度为 1,000 Hz

(2) 建立飞剪曲线所需的参数

参数 1: 需输入主轴裁切料长度, 由于裁切料长度为 1000mm 转换为脉冲
 $1000 \times 1000 / 100\pi = 3183$ (脉冲)

参数 2: 从轴周长即从轴转一圈需多少脉冲数 1000 pulse

参数 3: 从轴同步长度设定约为从轴周长的 1/3 为 $1000/3 = 333$ pulse。

参数 4: 同步时, 主从轴的速度比 $\frac{F_2}{F_1} = \frac{R_2/D_2}{R_1/D_1} = \frac{1000/60}{1000/100} = \frac{5}{3}$

参数 5: 最高倍率限制为: 设定为同步倍率的 10 倍为 $50/3$ (浮点数)。

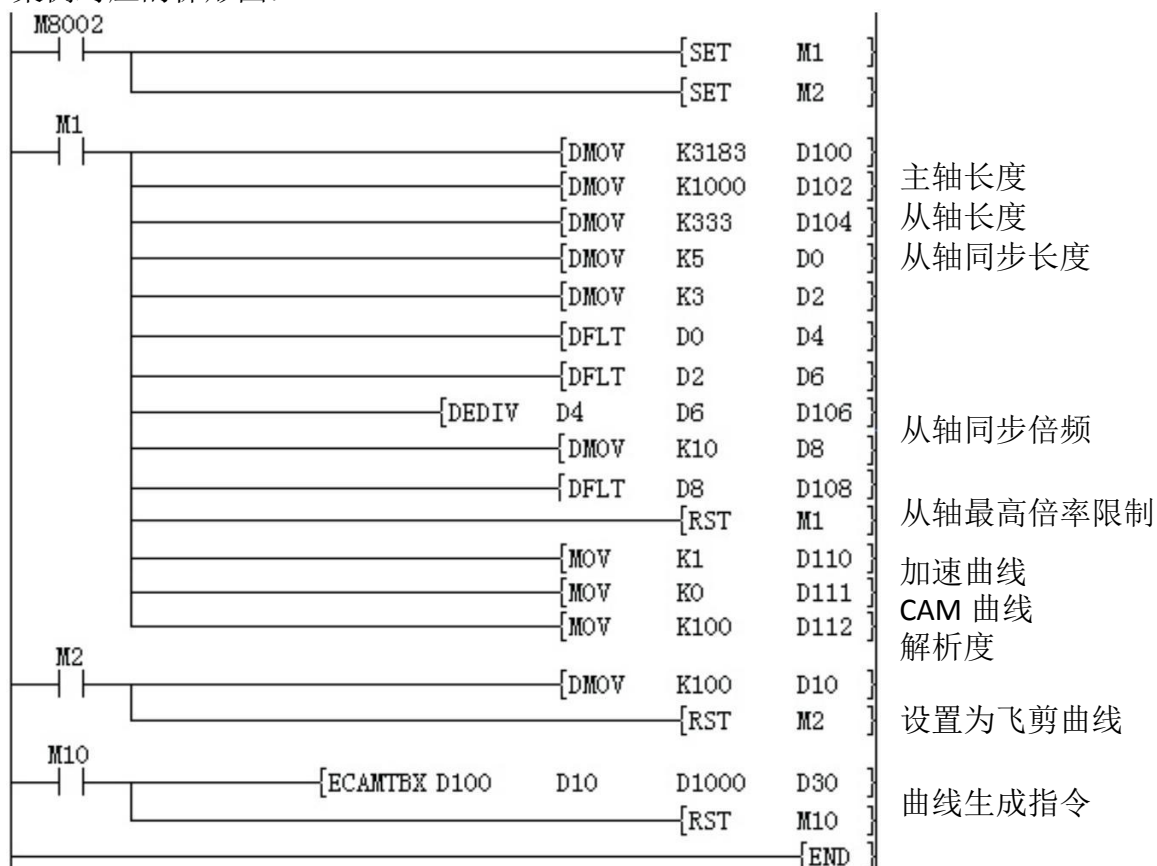
参数 6: 低 WORD 设定为 0 -- 匀加速

高 WORD 设定为 0 -- LEFTCAM

参数 7: 曲线成生结果设定为 0

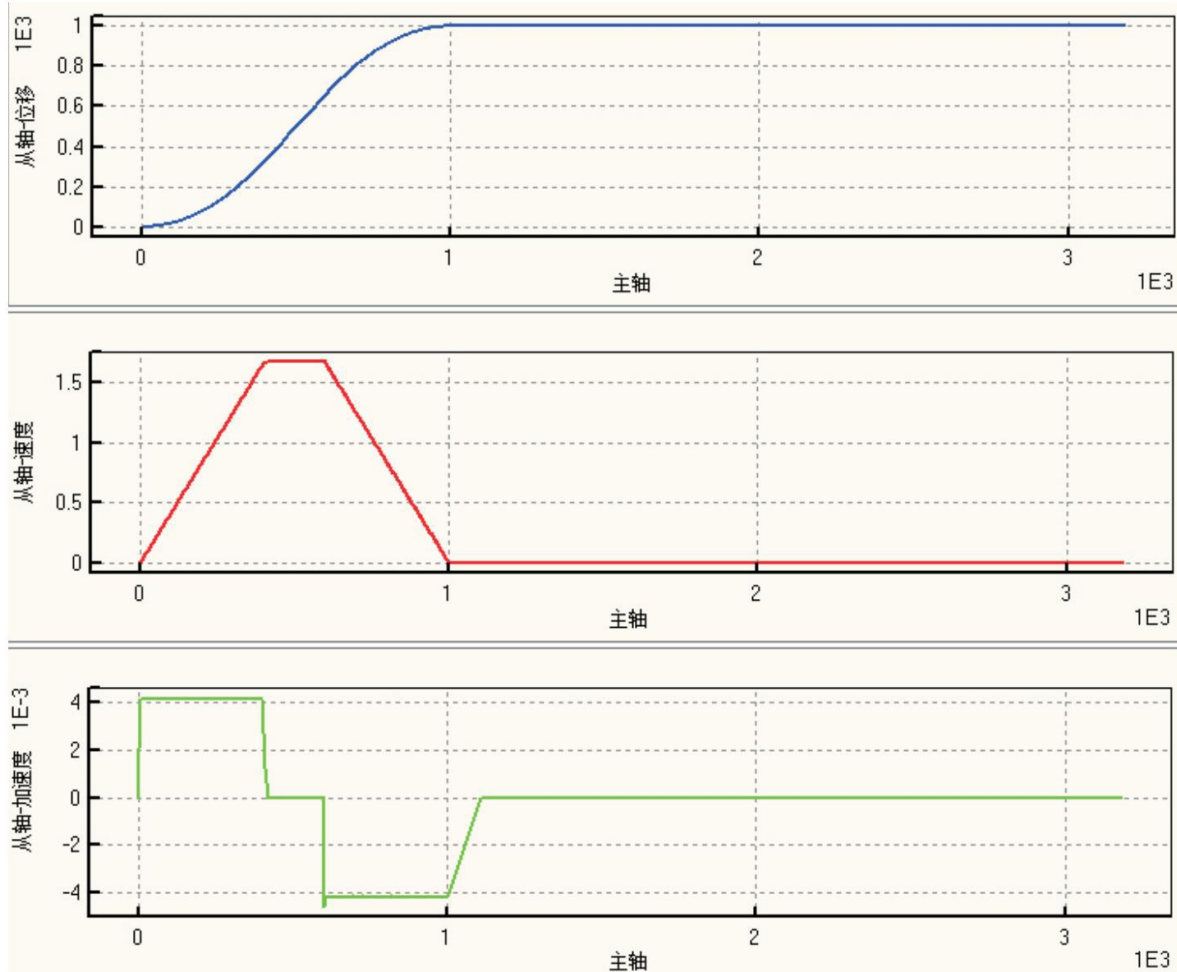
利用曲线生成指令, ECAMTBX 生成曲线

案例对应的梯形图:



梯形图对应的曲线:

通过 PLC 上传, 勾选电子凸轮表, 设置表格地址, 可上传生成的凸轮曲线。

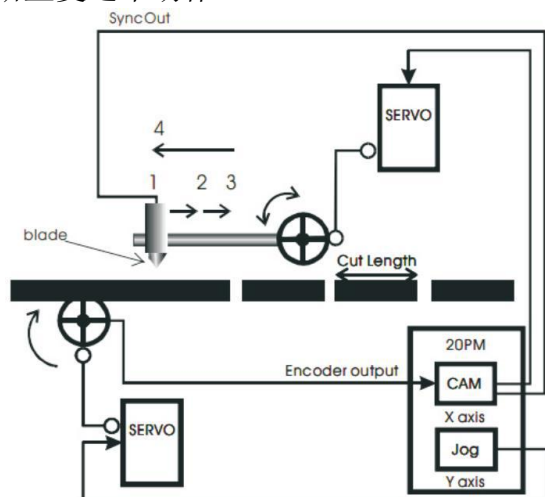


2、追剪应用

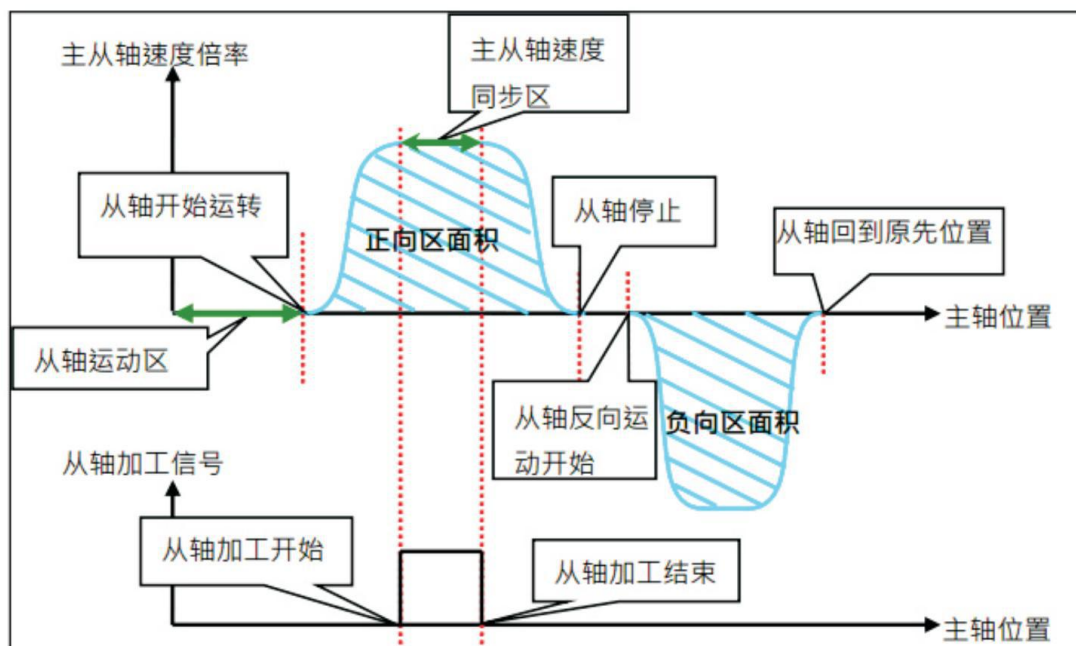
追剪系统是当系统在进行裁剪的同时，送料轴并不会停止，所以凸轮轴在裁切时必须与送料轴保持同速，而且同速时间必于足够让裁刀完成裁剪并脱离到安全的位置。追剪凸轮轴会带动裁刀及其整组裁切机构的移动，使其在裁剪时能与主轴保持等速。

2.1 追剪动作说明

假设配线如下图所示，其中 1, 2, 3, 4 分别为等待点（起始点）、同步点、同步离开点、及等待点（起始点），其动作会随着主轴的移动，一开始凸轮轴停于位置 1，之后前进加速至位置 2 达到速度同步，持续到位置 3，接着减速后往相反方向回到位置 4（假设位置 1 跟位置 4 是相同的），之后不断重复这个动作。



追剪控制应用在切管机、饮料灌装等需要随着加工物移动的设备；其动作为加轴(从轴)-开始先加速追随加工物，待移动到同步区后，会与加工物等速开始进行加工，待离开同步区后降速停止，接着返回起始位置，所有行程送料轴（主轴）皆一直保持等速送料。如下图所示。



1. 将追剪的行程分成追随、返回两部份，这两个的移动距离必须相同，从速度行程来看，即正向面积=负向面积。

2. 进行追剪控制需注意，在进行加工时送料并不会停止，所以加工轴必须与送料轴保持同速，而且同步的时间必于足够让设备完成加工并移动到安全位置。

3. 同步区的行程长度亦是加工的时间，在规划同步区时可从此点考虑。另外同步区的规划会影响到实际设备的运行，一个裁切周期中若同步区大，加减速的时间就越小，表示设备需要在短时间内进行加减速，对于电机、机台、切刀的冲击都很大，而且容易导致伺服过流报警，设备无法正常运行。

2.2 追剪参数表

追剪曲线参数设定				
参数	偏移地址	名称	格式	说明
参数 1	地址 0	主轴长度	32 位整数	送料轴移动裁切长度，单位 Pulse。
	地址 1			
参数 2	地址 2	从轴长度	32 位整数	裁切轴周长(含刀具长度)，单位 Pulse。
	地址 3			
参数 3	地址 4	从轴同步长度	32 位整数	从轴同步区长度：
	地址 5			
参数 4	地址 6	从轴同步倍率	浮点数	计算方法一：在同步区，主轴与从轴速度相等，同步倍率计算方法： $v_1 = v_2 \Rightarrow \frac{F_1 * 3.14 * D_1}{R_1} = \frac{F_2 * 3.14 * D_2}{R_2}$ $\Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{R_2 / D_2}{R_1 / D_1}$

	地址 7			其中 V1 (V2)=主(从)轴速度 F1 (F2)=主(从)轴速度(Hz) D1 (D2)=主(从)轴直径 R1 (R2)=主(从)轴一圈脉冲数 计算方法二: 从轴同步倍率=1mm 从轴需要的脉冲数/1mm 主轴需要的脉冲数
参数 5	地址 8	从轴最高倍率 限制	浮点数	最大倍率=从轴最高速度/主轴最高速度
	地址 9			
参数 6	地址 10	加速曲线	整数	0: 等加速曲线, 速度曲线为 T 型 1: 等加加速度曲线, 速度曲线为 S 型
	地址 11	CAN 曲线	整数	起始、停止、以及不同同步区位置的各段曲线选择: 0: LeftCam 同步区位于前端曲线; 1: MidCAMall; 2: MidCAMBegin 起始曲线; 3: MidCAMBegin 结束曲线; 4: RightCAM 同步区位于后端的曲线; BIT[15]=1: 接续前次数据, 用于拼接曲线, 如设置曲线的细分, 范围 10~511, 两条飞剪曲线拼接为追曲线
参数 7	地址 12	解析度	整数	
	地址 13	保留	保留	保留
参数 8	地址 14	同步区起始位置	32 位整数	正确生成曲线后, 计算得到的主轴同步区起始位置, 可用于设置同步区下限。
	地址 15			
参数 9	地址 16	同步区结束位置	32 位整数	正确生成曲线后, 计算得到的主轴同步区结束位置, 可用于设置同步区下限。
	地址 17			

2.3 案例

(1) 控制参数

①. 伺服参数为 1000 pulse/rev。

②. 相关参数

送料轴加工长度为 660 mm

送料轴周长为 60π mm

加工轴加工长度为 40 mm

加工轴转一圈为 20 mm

送料轴速度为 1000 Hz

2.3.1 利用飞剪曲线来建立追剪曲线

(1) 建立飞剪曲线需要的参数

主轴长度(加工的长度):

假设主轴伺服参数为 1000 pulse/rev，机构参数为 60π mm/rev，则可得知 1pulse 为 0.188mm。如果实际加工长度为 660mm→换算成 $660/0.188=3501$ pulse。

从轴长度(加工轴的长度):

首先考虑从轴伺服参数为 1000 pulse/rev，机构参数为 20mm/rev，则可得知 1pulse=0.01mm。实际测量从轴加工长度为 40 mm→换算成 2000 Pulse。

同步区的位置:

同步区的下限为实际 START0 信号触发时，从轴从 0 到追上主轴速度的位置 200；同步区的上限为加工时间结束且加工设备亦脱离的位置 500。

同步区主从轴的速度比: 在同步区时，主轴和从轴的速度比。

返回时主从轴的速度比:

行程总长扣掉追随移动的行程后即可得到返回的行程长度，接着使用追随行程距离=返回行程距离，即可得知返回时的速度比=3。

(2) 利用飞剪曲线自动生成建立追剪曲线

①. 建立正向面积曲线

参数 1: 需输入主轴送料轴加工长度长度为 660mm 转换为脉冲 $660*1000/60\pi=3501$ pulse; 由于追剪在加工完成后，需返回原点，故主轴的脉冲= $3501/2=1750$ pulse;

参数 2: 从轴加工长度 40mm，转换 $40*1000/20=2000$ pulse

参数 3: 从轴同步长度设定约定从轴周长的 1/3 为 $2000/3=667$ pulse;

参数 4: 同步倍率 $\frac{\text{从轴1mm需要的脉冲}}{\text{主轴1mm需要脉冲}} = \frac{\frac{1000}{20}}{\frac{1000}{60\pi}} = 3\pi$ (浮点数)

参数 5: 最高同步倍率 10 (浮点数);

参数 6: 低 WORD 设定 0: 匀加速;

高 WORD 设定 0: LeftCam。

②. 建立负面积曲线

参数 1: 需输入主轴送料轴加工长度长度为 660mm 转换为脉冲 $660*1000/60\pi=3501$ pulse; 由于追剪在加工完成后，需返回原点，故主轴的脉冲= $3501/2=1750$ pulse;

参数 2: 反向运行大小为-2000;

参数 3: 相同;

参数 4: 相同;

参数 5: 相同;

参数 6: 低 WORD 设定 0: 匀加速;

高 WORD 设定 H8000: LeftCam 接续现有表格数据。

(3) 利用追剪生成功能生成表格

参数 1: 需输入主轴送料轴加工长度长度为 660mm 转换为脉冲 $660*1000/60\pi=3501$ pulse;

参数 2: 从轴加工长度 40mm，转换 $40*1000/20=2000$ pulse;

参数 3: 从轴同步长度设定约定从轴周长的 1/3 为 $2000/3=667$ pulse;

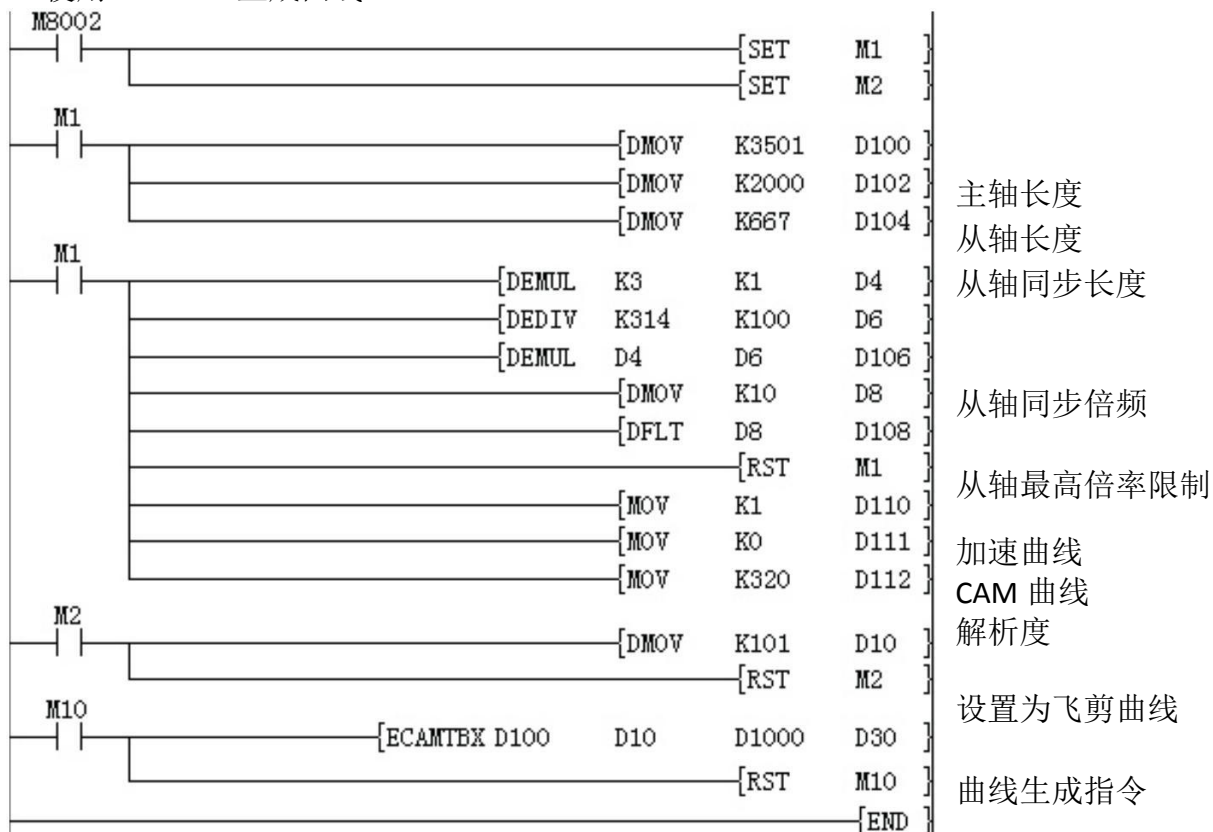
参数 4: 同步倍率 $\frac{\text{从轴1mm需要的脉冲}}{\text{主轴1mm需要脉冲}} = \frac{\frac{1000}{20}}{\frac{1000}{60\pi}} = 3\pi$ (浮点数)

参数 5: 最高同步倍率 10 (浮点数)

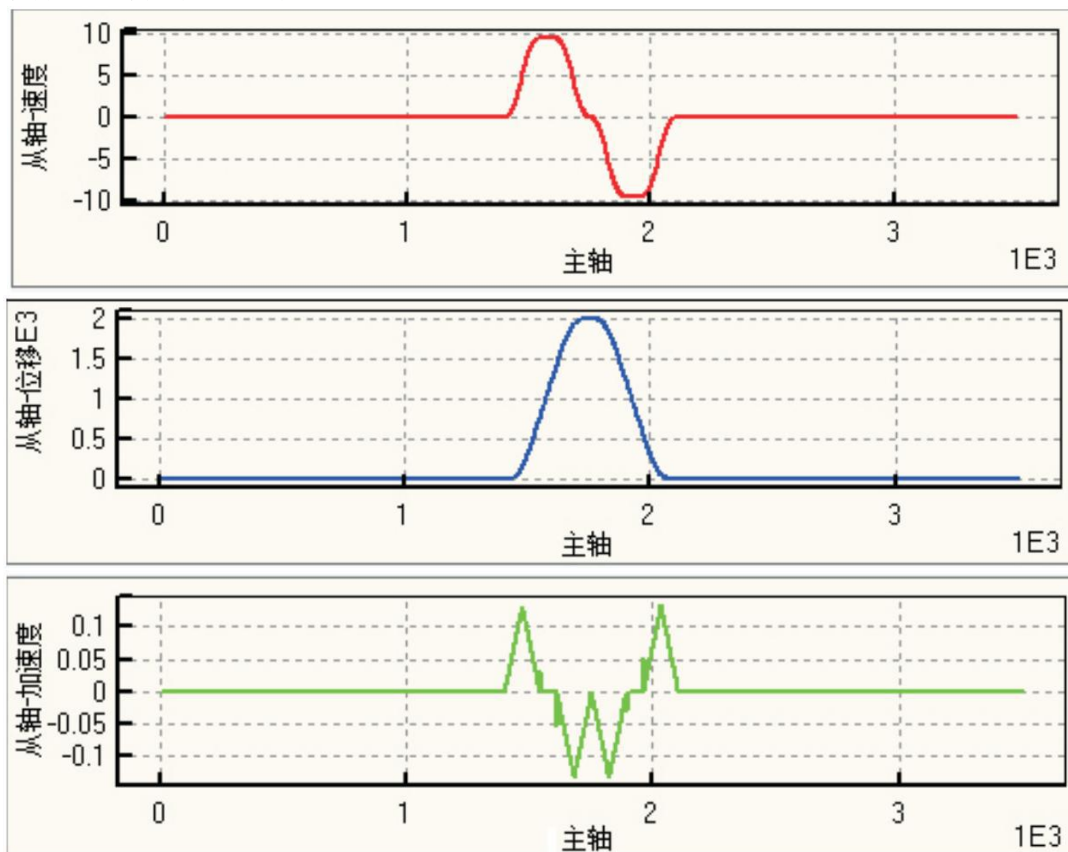
参数 6: 低 WORD 设定 1: 匀加速度;

高 WORD 设定 0: 无效。

使用 ECAMTBX 生成曲线:



根据梯形图得到的曲线:



3、S 型加减速曲线建立

3.1 S 型加减速曲线表格参数

S 型加减速曲线参数设定						
参数	偏移地址	名称	格式	说明	单位	范围
参数 1	地址 0	脉冲总数 （长度）	32 位整数	输出脉冲的总个数	Pulse	
	地址 1					
参数 2	地址 2	设置发出脉冲 最高速度	32 位整数	设置发出脉冲的最 高频率	Hz	0-15000 0
	地址 3					
参数 3	地址 4	保留	保留	保留		
	地址 5					
参数 4	地址 6	加速时间	16 位整数	脉冲的加速时间	ms	0-32767
参数 5	地址 7	减速时间	16 位整数	脉冲的减速时间	ms	0-32767
参数 6	地址 8	分辨率	16 位整数	脉冲的解析度	ms	51-512
参数 7	地址 9	保留	保留	保留		
参数 8	地址 10	最后一段主轴 脉冲数	32 位整数	最后一段主轴脉冲 数（高低位）	Pulse	内部 生成
	地址 11					
参数 9	地址 12	最后一段从轴 脉冲数	32 位整数	最后一段从轴脉冲 数（高低位）	Pulse	
	地址 13					
参数 10	地址 14	匀速时间	32 位整数	匀速发出脉冲的时 间长度	Pulse	
	地址 15					
参数 11	地址 16	最高速度	32 位整数	运行过程中曲线结 果的最高速度	Hz	
	地址 17					
参数 12	地址 18	保留				
参数 13	地址 19	曲线生成结果				

【注】：以给定的加速时间和减速时间, 以及最高的速度, 生成 S 型加减速曲线(表格)。计算时, 主轴以脉冲输入频率 1K(1ms)为计算基础。

3.2 案例

1. 相关控制参数

计算案例:

脉冲总数(长度): 10000 个脉冲

加速时间: 100ms

减速时间: 100ms

解析度: 200

2. 曲线参数:

参数 1: 输出脉冲总数 10000

参数 2: 最高速度 50000

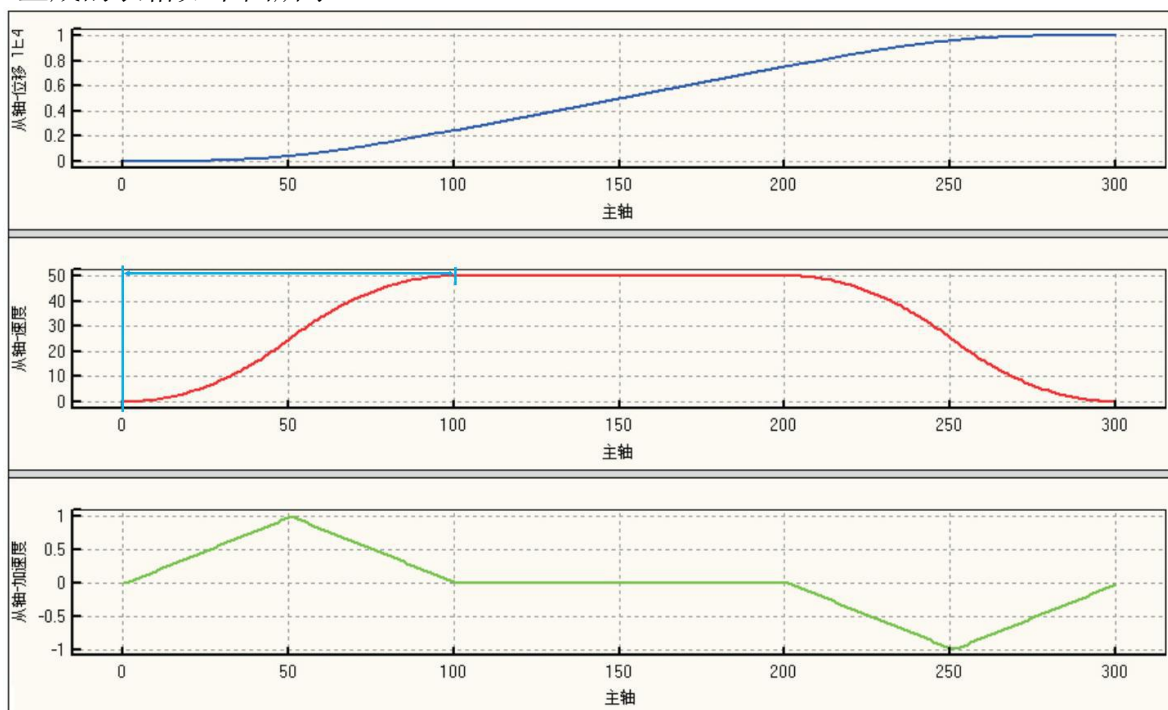
参数 6: 加速时间 100

参数 7: 加速时间 100

参数 8: 解析度 200



生成的表格如下图所示：



4、自定义指定关键点生成表格

4.1 指定关键点生成表格参数

指定关键点生成表格参数				
地址	名称	长度	说明	范围
S0	曲线生成结果	单字	>0: 曲线生成成功 <0: 曲线生成失败	
S0+1	出错的参数位置	单字		
S0+2	总解析度	单字		10-512
S0+3	关键点个数 (n)	单字		0-10
S0+4	从轴初始位置	双字	设置从轴的其实偏移位置	保留
S0+5				

S0+6		第 0 段主轴	单字	第 0 段主/从轴恒为 0	保留
S0+7		第 0 段从轴	单字		
关键点 1	S0+8	第 1 段主轴	双字	第 1 段主轴脉冲数	32 位无符号整数
	S0+9				
	S0+10	第 1 段从轴	双字	第 1 段从轴脉冲数	32 位无符号整数
	S0+11				
	S0+12	第 1 段曲线类型	单字	*1	
	S0+13	第 1 段解析度	单字	*2	
关键点 1	S0+14	第 2 段主轴	双字	第 2 段主轴脉冲数	32 位无符号整数
	S0+15				
	S0+16	第 2 段从轴	双字	第 2 段从轴脉冲数	32 位无符号整数
	S0+17				
	S0+18	第 2 段曲线类型	单字	*1	
	S0+19	第 2 段解析度	单字	*2	
					
关键点 n	S0+(n-1)*6	第 n 段主轴	双字	第 n 段主轴脉冲数	32 位无符号整数
	S0+(n-1)*6+1				
	S0+(n-1)*6+2	第 n 段从轴	双字	第 n 段从轴脉冲数	32 位无符号整数
	S0+(n-1)*6+3				
	S0+(n-1)*6+4	第 n 段曲线类型	单字	*1	
	S0+(n-1)*6+5	第 n 段解析度	单字	*2	

*1 曲线类型：不同数值代表不一样的曲线类型。

0=匀加速，1=S 加减速（匀加速），2=摆线，3=匀速。

*2 解析度范围是 1-512，所有段的解析度总数不超过【S0】设定的总解析度，如果所有段的解析度都设置为 0，则将【S0】设定的总解析度进行平分。

参考 PLC Editor 的设定方式，以给定的关键点和给定的函数关系，生成表格，参数设置同上位机设定方法，上位机的编辑界面如下所示，当按 K2 方式生成表格时，其生成结果与上位机相关参数设定出来的表格结果类似。该模式，扩展下位机通过关键点，生成的表格的功能。

4.2 案例

1. 指定关键点参数

主轴 0-600 个脉冲时，从轴停止在 0 位置；

主轴 600-1500 个脉冲时，从轴运行到 2000 的位置；

主轴 1500-1700 个脉冲时，从轴停止在 2000 的位置；

主轴 1700-1900 个脉冲时，从轴退回到 600 的位置；

主轴 1900-2000 个脉冲时，从轴退回到 0 的位置。

2. 指定关键点表格化

使用 PLC Editor 软件创建电子凸轮表格，在表格参数中设定每个关键点的参数值。

数据设定

区段	主轴(Pulse)	从轴(Pulse)	CAM曲线	解析度
0	0	0	NA	NA
1	600	0	Const Acc.	102
2	1500	2000	Const Acc.	102
3	1700	2000	Const Acc.	102
4	1900	600	Const Acc.	102
5	2000	0	Const Acc.	102
6				
7				
8				

总解析度: 511

从轴初始位置: 0

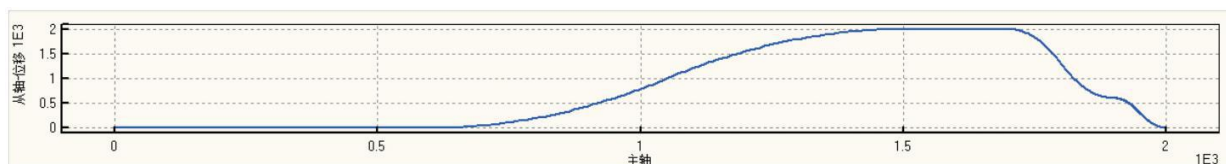
绘图 确定 清除 取消

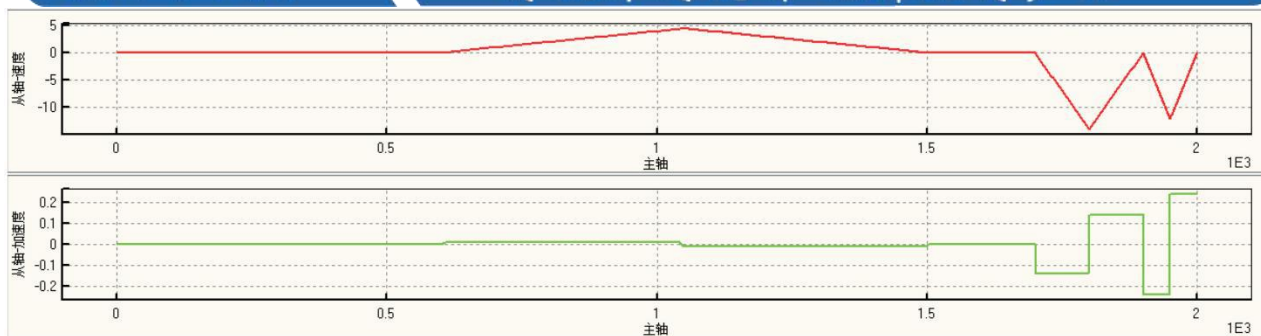
然后设置参数的起始地址, 下载时勾选[电子凸轮]中的 ECam0 表格, 系统将自动将 上述表格的数据填写到对应的参数地址中。

3. 指定关键点参数表

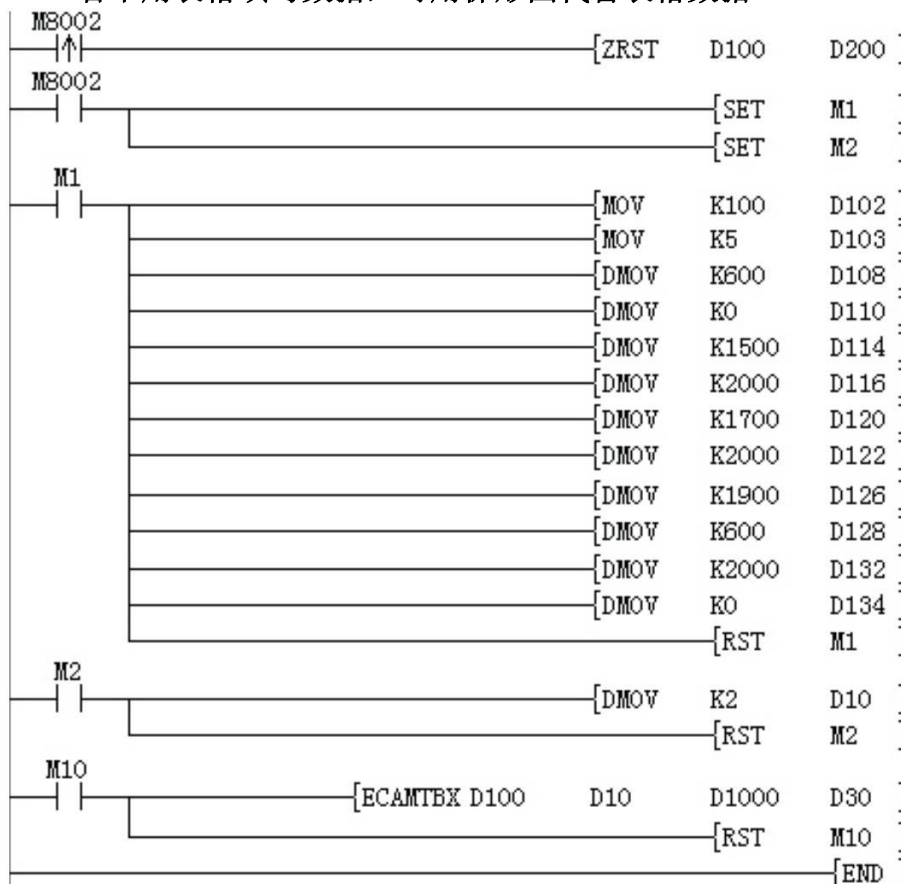
地址	说明	设定值	地址	说明	设定值
S0	曲线生成结果		S0+19	第 2 段解析度	0
S0+1	出错的参数位置		S0+20	第 3 段主轴位置	1700
S0+2	总解析度	100	S0+21		
S0+3	关键点个数	1-10	S0+22	第 3 段从轴位置	2000
S0+4	从轴初始位置	——	S0+23		
S0+5			S0+24	第 3 段曲线类型	0
S0+6	第 0 段主轴位置	保留	S0+25	第 3 段解析度	0
S0+7	第 0 段从轴位置	保留	S0+26	第 4 段主轴位置	1900
S0+8	第 1 段主轴位置	600	S0+27		
S0+9			S0+28	第 4 段从轴位置	600
S0+10	第 1 段从轴位置	0	S0+29		
S0+11			S0+30	第 4 段曲线类型	0
S0+12	第 1 段曲线类型	0	S0+31	第 4 段解析度	0
S0+13	第 1 段解析度	0	S0+32	第 5 段主轴位置	2000
S0+14	第 2 段主轴位置	1500	S0+33		
S0+15			S0+34	第 5 段从轴位置	0
地址	说明	设定值	地址	说明	设定值
S0+16	第 2 段从轴位置	1200	S0+35		
S0+17			S0+36	第 5 段曲线类型	0
S0+18	第 2 段曲线类型	0	S0+37	第 5 段解析度	0

4. 指定关键点生成的表格如下图所示:





5. 若不用表格填写数据，可用梯形图代替表格数据：



总解析度
5 个关键点
第 1 段主轴位置
第 1 段从轴位置
第 2 段主轴位置
第 2 段从轴位置
第 3 段主轴位置
第 3 段从轴位置
第 4 段主轴位置
第 4 段从轴位置
第 5 段主轴位置
第 5 段从轴位置

设置为自定义关键点

生成曲线配置

四、特殊地址

D8141（高字节），D8140（低字节）：Y000 输出脉冲数。反转时减少。（使用 32 位）
 D8143（高字节），D8142（低字节）：Y001 输出脉冲数。反转时减少。（使用 32 位）
 D8151（高字节），D8150（低字节）：Y002 输出脉冲数。反转时减少。（使用 32 位）
 D8153（高字节），D8152（低字节）：Y003 输出脉冲数。反转时减少。（使用 32 位）
 M8145：Y000 脉冲输出停止（立即停止）；
 M8146：Y001 脉冲输出停止（立即停止）；
 M8152：Y002 脉冲输出停止（立即停止）；
 M8153：Y003 脉冲输出停止（立即停止）；
 M8147：Y000 脉冲输出中监控（BUSY/READY）；
 M8148：Y001 脉冲输出中监控（BUSY/READY）；
 M8149：Y002 脉冲输出中监控（BUSY/READY）；
 M8150：Y003 脉冲输出中监控（BUSY/READY）；

五、附录

1、飞剪参数表

飞剪曲线参数设定				
参数	偏移地址	名称	格式	说明
参数 1	地址 0	主轴长度	32 位整数	送料轴移动裁切长度，单位 Pulse。
	地址 1			
参数 2	地址 2	从轴长度	32 位整数	裁切轴周长(含刀具长度)，单位 Pulse。
	地址 3			
参数 3	地址 4	从轴同步长度	32 位整数	从轴同步区长度要小于从轴长度，一般设为从轴长度的 1/3。（当选择新 S 型飞剪时，该值满足 $40 * \text{同步倍率} \leq \text{同步长度} < \text{从轴长度} - 2$ 。）
	地址 5			
参数 4	地址 6	从轴同步倍率	浮点数	计算方法一：在同步区，主轴与从轴速度相等，同步倍率计算方法： $v1 = v2 \Rightarrow \frac{F1 * 3.14 * D1}{R1} = \frac{F2 * 3.14 * D2}{R2}$ $\Rightarrow \frac{F2}{F1} = \frac{R2 / D2}{R1 / D1}$ 其中 V1 (V2)=主(从)轴速度 F1 (F2)=主(从)轴速度 (Hz) D1 (D2)=主(从)轴直径 R1 (R2)=主(从)轴一圈脉冲数 计算方法二： 从轴同步倍率=1mm 从轴需要的脉冲数/1mm 主轴需要的脉冲数
	地址 7			
参数 5	地址 8	从轴最高倍率限制	浮点数	最大倍率=从轴最高速度/主轴最高速度
	地址 9			
参数 6	地址 10	加速曲线	整数	0: 等加速曲线，速度曲线为 T 型 1: 等加加速度曲线，速度曲线为 S 型 2: 保留 3: 保留 4: 新 S 型飞剪曲线（同步区位于中间），详细说明见附录，当前曲线只支持 CAN 曲线为 0

	地址 11	CAM 曲线	整数	起始、停止、以及不同同步区位置的各段曲线选择： 0: LeftCAM 同步区位于前端曲线； 1: MidCAMall； 2: MidCAMBegin 起始曲线； 3: MidCAMEnd 结束曲线； 4: RightCAM 同步区位于后端的曲线； BIT[15]=1: 接续前次数据,用于拼接曲线,如设置曲线的细分,范围 10~511, 两条飞剪曲线拼接为追剪曲线
参数 7	地址 12	解析度	整数	
	地址 13	保留	保留	保留
参数 8	地址 14	同步区起始位置	32 位整数	正确生成曲线后, 计算得到的主轴同步区起始位置, 可用于设置同步区下限。
	地址 15			
参数 9	地址 16	同步区结束位置	32 位整数	正确生成曲线后, 计算得到的主轴同步区结束位置, 可用于设置同步区下限。
	地址 17			
参数 10	地址 18	从轴最小限制运行倍率	浮点数	当参数 6 加速曲线设置为 4 时才有效, 确定从轴实际运行最高速度不能小于该值倍率对应的速度。从而调节减速段的斜率。
	地址 19			

2、追剪参数表

追剪曲线参数设定				
参数	偏移地址	名称	格式	说明
参数 1	地址 0	主轴长度	32 位整数	送料轴移动裁切长度, 单位 Pulse。
	地址 1			
参数 2	地址 2	从轴长度	32 位整数	裁切轴周长(含刀具长度), 单位 Pulse。
	地址 3			
参数 3	地址 4	从轴同步长度	32 位整数	从轴同步区长度:
	地址 5			
参数 4	地址 6	从轴同步倍率	浮点数	计算方法一: 在同步区, 主轴与从轴速度相等, 同步倍率计算方法: $v_1 = v_2 \Rightarrow \frac{F_1 * 3.14 * D_1}{R_1} = \frac{F_2 * 3.14 * D_2}{R_2}$ $\Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{R_2 / D_2}{R_1 / D_1}$ 其中 V1 (V2)=主(从)轴速度 F1 (F2)=主(从)轴速度(Hz) D1 (D2)=主(从)轴直径 R1 (R2)=主(从)轴一圈脉冲数 计算方法二: 从轴同步倍率=1mm 从轴需要的脉冲数 / 1mm 主轴需要的脉冲数
	地址 7			

参数 5	地址 8	从轴最高倍率限制	浮点数	最大倍率=从轴最高速度/主轴最高速度
	地址 9			
参数 6	地址 10	加速曲线	整数	0: 等加速曲线, 速度曲线为 T 型 1: 等加加速度曲线, 速度曲线为 S 型
	地址 11	CAN 曲线	整数	起始、停止、以及不同同步区位置的各段曲线选择: 0: LeftCam 同步区位于前端曲线; 1: MidCAMall; 2: MidCAMBegin 起始曲线; 3: MidCAMBegin 结束曲线; 4: RightCAM 同步区位于后端的曲线; BIT[15]=1: 接续前次数据, 用于拼接曲线, 如设置曲线的细分, 范围 10~511, 两条飞剪曲线拼接为追曲线
参数 7	地址 12	解析度	整数	
	地址 13	保留	保留	保留
参数 8	地址 14	同步区起始位置	32 位整数	正确生成曲线后, 计算得到的主轴同步区起始位置, 可用于设置同步区下限。
	地址 15			
参数 9	地址 16	同步区结束位置	32 位整数	正确生成曲线后, 计算得到的主轴同步区结束位置, 可用于设置同步区下限。
	地址 17			

3、S 型加减速曲线参数表

S 型加减速曲线参数设定						
参数	偏移地址	名称	格式	说明	单位	范围
参数 1	地址 0	脉冲总数(长度)	32 位整数	输出脉冲的总个数	Pulse	
	地址 1					
参数 2	地址 2	设置发出脉冲最高速度	32 位整数	设置发出脉冲的最高频率	Hz	0-15000 0
	地址 3					
参数 3	地址 4	保留	保留	保留		
	地址 5					
参数 4	地址 6	加速时间	16 位整数	脉冲的加速时间	ms	0-32767
参数 5	地址 7	减速时间	16 位整数	脉冲的减速时间	ms	0-32767
参数 6	地址 8	分辨率	16 位整数	脉冲的解析度	ms	51-512
参数 7	地址 9	保留	保留	保留		
参数 8	地址 10	最后一段主轴脉冲数	32 位整数	最后一段主轴脉冲数（高低位）	Pulse	内部生成
	地址 11					
参数 9	地址 12	最后一段从轴脉冲数	32 位整数	最后一段从轴脉冲数（高低位）	Pulse	
	地址 13					
参数 10	地址 14	匀速时间	32 位整数	匀速发出脉冲的时间长度	Pulse	
	地址 15					
参数 11	地址 16	最高速度	32 位整数	运行过程中曲线结	Hz	

	地址 17			果的最高速度		
参数 12	地址 18	保留				
参数 13	地址 19	曲线生成结果				

4、指定关键点生成表格

指定关键点生成表格参数						
地址		名称	长度	说明	范围	
S0		曲线生成结果	单字	>0: 曲线生成成功 <0: 曲线生成失败		
S0+1		出错的参数位置	单字			
S0+2		总解析度	单字		10-512	
S0+3		关键点个数 (n)	单字		0-10	
S0+4		从轴初始位置	双字	设置从轴的其实偏移位置	保留	
S0+5						
S0+6		第 0 段主轴	单字	第 0 段主/从轴恒为 0	保留	
S0+7		第 0 段从轴	单字			
关键点 1	S0+8	第 1 段主轴	双字	第 1 段主轴脉冲数	32 位无符号 整数	
	S0+9					
	S0+10	第 1 段从轴	双字	第 1 段从轴脉冲数	32 位无符号 整数	
	S0+11					
	S0+12	第 1 段曲线类型	单字	*1		
	S0+13	第 1 段解析度	单字	*2		
关键点 2	S0+14	第 2 段主轴	双字	第 2 段主轴脉冲数	32 位无符号 整数	
	S0+15					
	S0+16	第 2 段从轴	双字	第 2 段从轴脉冲数	32 位无符号 整数	
	S0+17					
	S0+18	第 2 段曲线类型	单字	*1		
	S0+19	第 2 段解析度	单字	*2		
						
关键点 n	S0+(n-1)*6	第 n 段主轴	双字	第 n 段主轴脉冲数	32 位无符号 整数	
	S0+(n-1)*6+1					
	S0+(n-1)*6+2	第 n 段从轴	双字	第 n 段从轴脉冲数	32 位无符号 整数	
	S0+(n-1)*6+3					
	S0+(n-1)*6+4	第 n 段曲线类型	单字	*1		
	S0+(n-1)*6+5	第 n 段解析度	单字	*2		