

## 1. 系统概述

织物切割机用来将持续高速进给的材料，比如织物切割成一段特定的长度。材料随时被切割而不停止。这很明显比每切一次就要停下来方式具有更高的生产能力。在此描述的应用中，每次切割之前刀架必须带着切割刀具加速到与传送带相同的速度。这种应用的解决方案是使用电子凸轮同步剪刀与传送带的运动。

在飞剪织物切割应用中，切割材料被一条不停止的传送带送给，这条传送带由一部开环电机驱动（图 1）。剪刀被固定在由伺服控制的刀架上，刀架的运动与传送带平行。剪刀加速追赶切割材料的进给速度，并在正确的位置上进行切割。当切割完成，剪刀迅速减速并退回到起始位置开始下一个切割循环。这样边可以切割出等长的材料送入下一个加工工序。

这个飞剪应用主要由三块电子-机械系统构成：

(1). **送给传送带（主轴）** - 它由一台开环电机驱动，这台开环电机不受运动控制器的指令控制。电机上连接有一台编码器，这台编码器将位置信息返回给控制器。

(2). **送飞剪机构（辅轴）** - 飞剪轴由一台闭环伺服电机控制，这台电机有运动控制器控制。这个从动轴的位置根据主动轴的位置以及预先定制的凸轮表来确定。这台伺服电机与一根引导丝杠相连，通过丝杠驱动刀具配合传送带的速度。

(3). **刀具** - 该应用中通过输出点触发气动的刀具在适当位置切入织物中。在其他应用中，有可能用到旋转的刀具切入材料中。

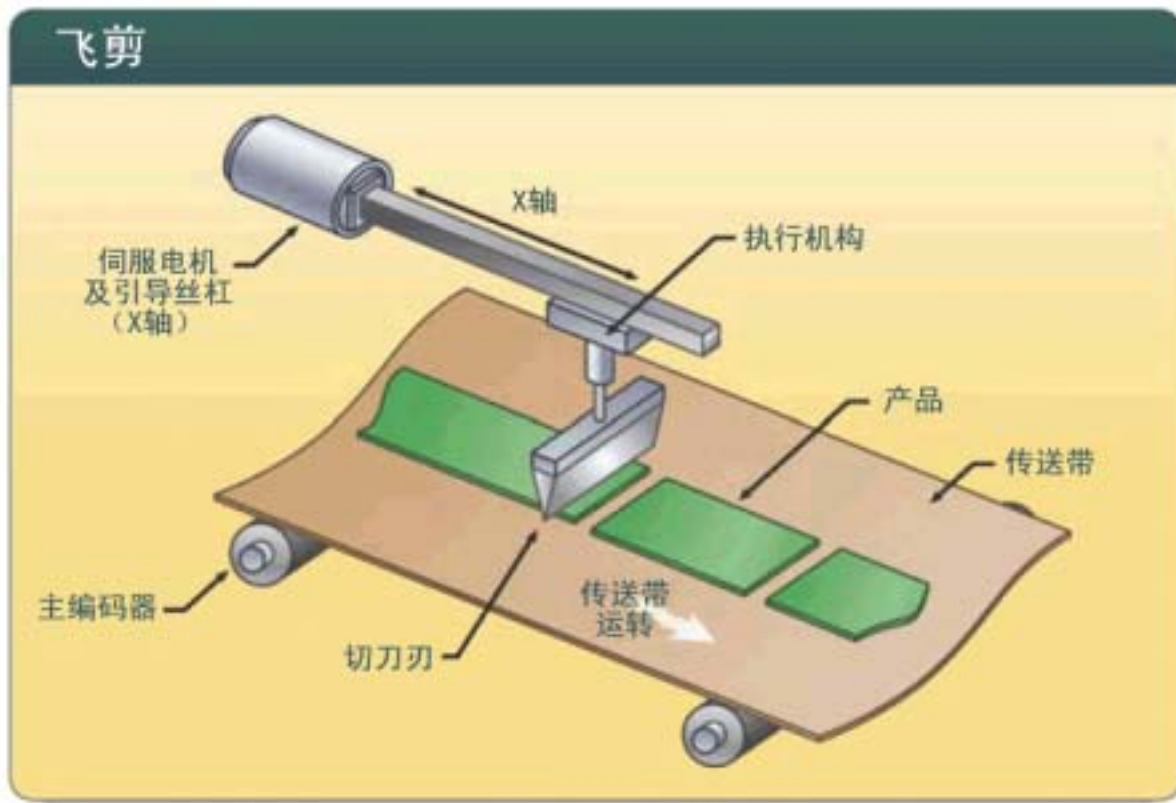


图 1.

## 2. 要求

本段总结了以上描述的控制系统的—些要求。

- 用一个轴来带动剪刀
  - 剪刀轴的正反向限位开关
  - 附加一个作为主编码器的编码器输入
  - 通过电子凸轮模式模拟机械凸轮的运动
- (5). 恒定的材料切割长度。不需要使用登记检测装置
- (6). 一位数字输出用来激发刀具的动作
- (7). 独立式操作（没有操作界面或主机）

## 3. 部件的选择

此段描述了为实现晶片定位机控制系统，您可以选择的 GALIL 的硬件及软件产品。下面是一个主要部件的列表，后面附有简单描述。

表 1. 飞剪控制系统需要的材料清单

部件名称	描述	价格 (U.S.) 单买 / 批量
<a href="#">DMC-1416-BRUSHLESS</a>	带有无刷电机放大器的独立，单轴运动控制器	\$1095/\$895
<a href="#">BLM-N23-50-1000</a> 或同等产品	带有 100 线编码器的 Nema 23 无刷伺服电机	请咨询生产商
<a href="#">CPS-6-48</a> 或同等产品	48V, 6A 电源	请咨询生产商
<a href="#">ICM-1460</a>	转接模块，提供螺旋段子，可对控制器的信号进行操作	\$145/\$95
<a href="#">CABLE-37-pin D</a>	与上面的 ICM-1640 配套的 37 针电缆	\$25/\$15
<a href="#">CABLE-9PIN-D</a>	2 米的串行通讯电缆	\$10
<a href="#">WSDK Servo Tuning Software</a>	伺服调试及分析软件	\$195 (one time)
<a href="#">ECAM32</a>	电子凸轮设置应用程序	\$195 (one time)

### 控制器：DMC-1416

因为飞剪应用中不许要主机连接到控制器，因此我们选择了一台独立型的控制器。DMC-1416 控制器支持以太网口和 RS-232 通讯方式，同时带有非易失性程序存储器，这使得它成为独立应用中的理想选择。

DMC-1416 还集成了一台 PWM 放大器。DMC-1416-BRUSHLESS 可以驱动最大 60volts，6Amps 的无刷电机。借助于针对电子凸轮应用的附加编码器输入及可自由支配的 I/O 这些特性，DMC-1416 可以应付要求最苛刻的应用。



图 2. DMC-1416

## 电机：BLM-N23-50-1000

为了达到免维护运行，我们选择无刷电机。由于晶片定位机需要不到 0.3Nm 的连续转矩，所以我们推荐使用 Galil 的 NEMA 23 #BLM-N23-50-1000 无刷电机或者其他同等电机。

电机上装有一台每转 1000 脉冲的增量编码器，积分后每转产生 4000 个脉冲。由于增量编码器为输入信号提供了通向放大器的交换通道，电机上不许要安装 Hall 传感器。

## 4. 功能实现

### 电子凸轮

该应用的关键在于对 Galil 控制器的电子凸轮 (ECAM-electric cam) 特性的使用。通过 ECAM，任何从动轴或从动轴组都可以连接到主动轴从而模拟机械凸轮的运动方式。这使得一个或多个轴可以周期性的与主动轴进行同步。主轴可以由任何电机驱动，或者是一台编码器。

Galil 运动控制器将 ECAM 功能处理为在一个循环中从动轴位置与主动轴位置相对关系的表格。在飞剪应用中定义从动轴完成一个循环的过程中主编码器走过的距离(切割长度)为一个循环。从动轴的循环包括迅速加速追赶传送带的速度，在高速下定位切割，迅速减速，最后返回起始位置。

与机械凸轮相比电子凸轮的优越性体现在，可以从程序中更改切割长度以及凸轮表。而且，无须更换昂贵的机械部件比如机械凸轮即可变更凸轮表。

### 程序结构

此时我们假定整个凸轮循环已经被定义。请参考附录详细了解凸轮表的来源。设计过程的最后一步是将所有这些小部分组合在一起形成控制器的程序。程序的伪代码如下：

- (1) **程序开始** - 起#AUTO(上电自动运行)
- (2) **各轴回零** - 起将飞剪轴移动到反向限位并寻找标志脉冲。这样可以保证在开始一个循环之前刀架在引导丝杠上已准确对齐。
- (3) **定义参数**：
  - (a) 定义 X 轴辅助编码器为 ECAM 主动轴，X 轴主编码器为 ECAM 从动轴 (Galil EA 命令)
  - (b) 定义每循环从动轴与主动轴的位置增量模数 (Galil EM 命令)。从动轴设为 0mm (因为从动轴在整个循环过程中前进后退之后仍然回到了零点)主动轴的系数为切割的长度。
  - (c) 定义主动轴间隔距离 (Galil EP 命令)
- (4) **以编码器脉冲单位输入电子凸轮表** - 这些数据基于附录中的计算

表 2. 主轴位置对辅轴位置 (由来请查看附录)

间隔	主轴位置 (编码器脉冲值)	辅轴位置 (编码器脉冲值)
1	250	1000
2	500	3000
3	750	5000
4	1000	7000
5	1250	8000
6	1500	7000
7	1750	5000

8	2000	3000
9	2250	1000
10	2500	0

- (5) **启动电子凸轮** - 校准从动轴的 0 点,在主动轴的 0 点开始电子凸轮 ( Galil 命令 EB 和 EG )。必须使能 ECAM 模式, 相关于主动轴的从动轴起始点必须指定。
- (6) **开始从动轴位置循环子程序** - 从动轴循环子程序用来在每个间隔触发一次切刀, 实现等长切割。
  - (a) 如果从动轴位置>切割起始区域 (MF 命令) 使能飞剪切割 (SB 命令)
  - (b) 如果从动轴位置>切割结束区域 (MF 命令) 停止飞剪切割 (CB 命令)
  - (c) 等待从动轴返回 0 点 (MR 命令)
- (7) **返回从动轴位置循环的起始点**
- (8) **结束程序**

## 程序清单

下面给出这篇文章用到的完整的程序：

- ' 这个程序用电子凸轮控制飞剪
- ' 以 x 轴辅助编码器为主动轴
- ' x 轴主编码器为辅轴

### #AUTO

```
' 从动轴 x 轴回原到反向限位开关并寻找标志脉冲
JGX = -10000 ; 'JOG 方式想反向限位开关行进
BGX      ; ' 开始向限位的运动
AMX      ; ' 等待碰到限位

JGX = 500   ; ' 向标志脉冲缓慢移动
FIX      ; ' 寻找标志脉冲
BGX      ; ' 开始向标志脉冲的运动
AMX      ; ' 等待碰到标志脉冲。当前位置设置为 0.

EAX ; ' 定义 x 轴辅助编码器为主轴, x 轴主编码器为从动轴
EM 0,2500 ; ' 定义从动轴及主动轴每周期的位移量
EP 250,0 ; ' 定义主轴间隔距离
ET[0] = 0 ; ' 以编码器脉冲为单位输入电子凸轮表
ET[1] = 1000
ET[2] = 3000
ET[3] = 5000
ET[4] = 7000
ET[5] = 8000
ET[6] = 7000
ET[7] = 5000
```

```

ET[8] = 3000
ET[9] = 1000
ET[10] = 0

```

'使能 ECAM 模式：

```

EB1      ; '使能主动轴
EG0      ; '使从动轴啮合

```

'在从动轴适当的位置上触发飞剪的程序循环：

```

#CUT
MF 1000   ; '如果从动轴位置 > 切割区域的启始点
SB 2      ; '使能飞剪切割
MF 7000   ; '如果从动轴位置> 切割区域的结束点
CB 2      ; '停止飞剪切割
MR 100    ; '等待从动轴返回位置 0
JP#CUT    ; '回到从动轴位置循环的启始
EN        ; '程序结束

```

## 5. 附录：电子凸轮表的由来

这段详细说明了飞剪中用到的电子凸轮表的由来。

### 规定

第一步是为该应用定义运行的规定。以下的数字定义了这个飞剪应用：

切割长度： 250 mm  
 材料线性速度： 500 mm/s  
 最小切割时间： 100 ms

要将毫米单位转换成 counts，我们需要以下信息：

传送带滚轮直径： 12.73 cm  
 编码器分辨率： 4000 counts / 转

$(12.73 \text{ cm} / \text{转}) * (1 \text{ 转} / 4000 \text{ counts}) * (10 \text{ mm} / \text{cm}) = 0.1 \text{ mm} / \text{count}$  或  $10 \text{ counts} / \text{mm}$

飞剪编码器分辨率： 2000counts/转  
 飞剪引导丝杠螺距： 2.5cm/转

$(2.5 \text{ cm} / \text{转}) * (1 \text{ 转} / 2000 \text{ counts}) * (10 \text{ mm} / \text{cm}) = 0.0125 \text{ mm} / \text{count}$  or  $80 \text{ counts} / \text{mm}$

### 计算

#### 辅轴的速度-时间图

把速度作为时间的函数绘制出从动轴的运行轮廓图（图 3），对设计工作的展开很有帮助。绘制该图需要的数值可以通过下面的结算得到。

(1) 速度 500 mm/s，切割长度 250 mm，则每一周期的时间为 500 ms。

- (2) 切割过程中从动轴的速度必须与材料的进给速度保持一致，也就是 500 mm / s。
- (3) 实际切割（剪刀与材料接触）的最短时长为 100 ms。这是从动轴速度与织物速度相同所应持续的最短时间。

图 3 所示，从动轴加速到 500 m / s 并以此速度行驶了 150 ms。这 150 ms 比规定的最小时长 100 ms 要大。为了编程简便，我们选择了对称的运动轮廓线，但实际上以更高的加速度返回可以提高机器的产量。

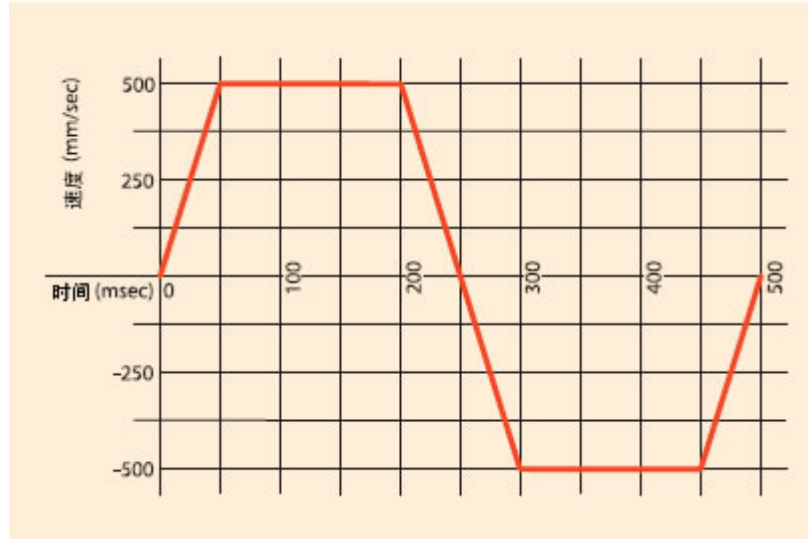


图 3. 从动轴的速度-时间图

看上面这张图，产生一个问题，这张图是如何以主轴速度为基准进行变化的；这会限制机器只能运行在一个速度上么？飞剪应用是围绕着主轴和辅轴的标量速度进行设计的。这就意味着，当我们根据标量速度计算出位置值时，这些数值可以适用于一切系统速度（小于满足 100 ms 行驶距离的临界速度）而不需要从新计算运动轨迹。运动轨迹根据电子凸轮中定义的位置关系。例如，主动轴运行在 1/2 最大速度（60 周期/分钟），每个周期的时间为 1000 ms，或者 1 秒。则辅轴在切割过程中将运行在 250 mm / s。因此速度的数值是成比例变化的，但是主轴与辅轴在总体上的位置关系仍然为恒量。

### 主轴间隔

飞剪设计的下一个步骤是把主轴与辅轴的位置关联起来。两者之间的关系以表格的形式定义，在表格中给出每一段主轴间隔内辅轴的位置。一个典型的 ECAM 应用会有很多的间隔，这里为了简便，只给出了 10 个。看图 3 辅轴的速度 / 时间图，我们可以看到 10 段 50 ms 不同的间隔，由此主轴在距离上可以如下方式等分：

- 传送带速度= 500 mm / s
- 一个循环周期= 500 ms
- 一个循环内传送带行驶距离= 250 mm
- 传送带间隔= 25 mm / interval

### 从动轴位置

现在我们需要计算在每一段主轴间隔内辅轴走过的距离。辅轴的位置可以通过速度 / 时间图和标准的运动方程来计算，如下：

加速/减速距离：

$$S = 1/2 * A * t^2$$

如图 3 所示，从轴的初始加速过程中，在 50 ms 的时间内加速到 500 mm / s。通过上面的方程，我们可以计算：

$$S = 1/2 * (500 \text{ mm/s} / 0.05 \text{ s}) * (0.05 \text{ s})^2 = 12.5 \text{ mm}$$

因为我们选择的是一个对称的运动轨迹，所以这个距离可以适用于辅轴所有的加速与减速过程。

常速度走过距离：

$$S = V * t$$

辅轴轨迹中的常速度部分在图 3 中也给出了。在正向和反向运动中 500 mm / s 的速度均保持了 150ms。为了等分为 10 段，我们取出其中一段 50 ms 进行计算。

$S = 500 \text{ mm} / \text{s} * 0.05 \text{ s} = 25 \text{ mm}$   
由此可知，以常速走过的总距离为 75mm。

由于是可以填写关联主轴间隔与辅轴间隔的表格，最后计算以脉冲为单位的累计位置，以备 ET 命令使用（表 3 和 图 4）

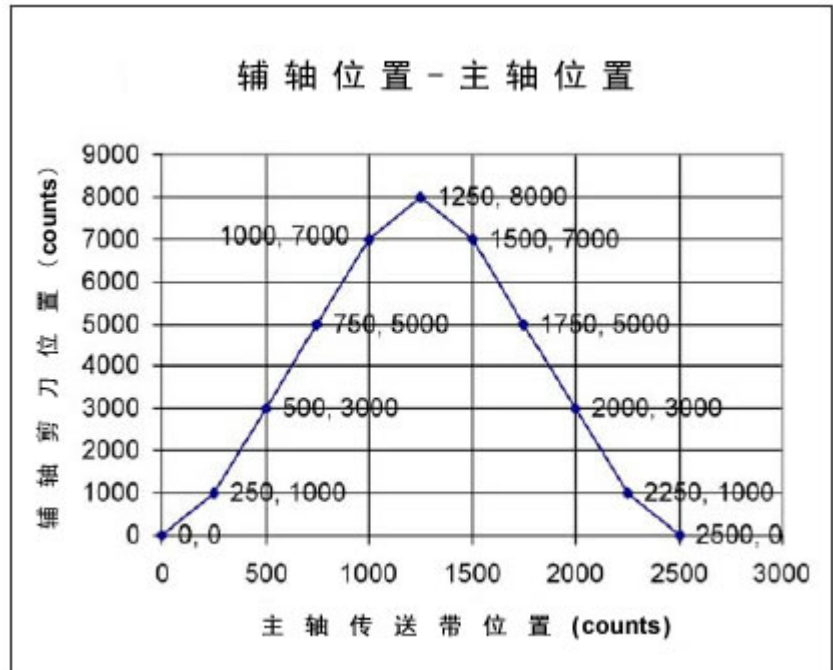


图 4. 凸轮表

表 3. 从动轴位置-主动轴位置表（凸轮表）

包括相对距离及累计距离以及累计脉冲值。10counts/mm（主轴），80counts/mm（辅轴）

间隔	主轴位置	辅轴位置	累计主轴距离	累计辅轴距离	累计主轴距离	累计辅轴距离
1	25	12.5	25	12.5	250	1000
2	25	25	50	37.5	500	3000
3	25	25	75	62.5	750	5000
4	25	25	100	87.5	1000	7000
5	25	12.5	125	100	1250	8000
6	25	-12.5	150	87.5	1500	7000
7	25	-25	175	62.5	1750	5000
8	25	-25	200	37.5	2000	3000
9	25	-25	225	12.5	2250	1000
10	25	-12.5	250	0	2500	0

注意负的辅轴位置间隔。它们反映了飞剪返回过程，并保证了运动总是在零点开始及结束的。