

西门子系统与机床改造

西门子 840D 系统

在沙尔曼镗铣加工中心改造中的应用

陈平信

北京凯普精益机电技术有限公司

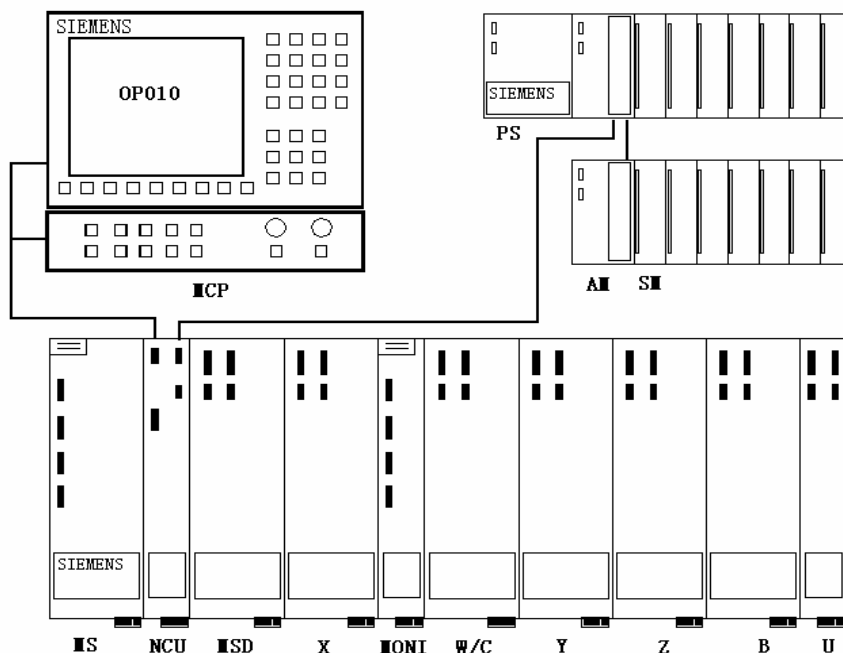
摘要：本文简要阐述西门子 840D 系统在数控机床改造中的应用，通过实例介绍如何使用 840D 系统完成对德国沙尔曼数控镗铣加工中心的改造。着重介绍如何实现对该机床刀库的控制。

关键词：系统变量 H 辅助功能

一.机床的概况：

1. 本机床的原控制系统为西门子的早期产品 SINUMERIK 8MC、直流电机, 其中 X、Y、Z、W、U 轴为线性轴，B、C 为旋转轴。
2. 刀库为具有 60 把刀具容量的双速链式刀库，可实现快速找刀、慢速定位的特性。另外，该刀库具有自动、手动两个换刀点。
3. 该机床具有一个可以放置三个铣头的铣头库，通过铣头机床可实现立式、卧式转换，以及对大型工件内腔的加工。

二. 系统配置简图：



1. 系统配置说明：

1.1 控制部分：

- 1) 采用 NCU572.3 数控单元，软件版本为“06.03.24”，可控制 12 轴；MMC103 可提供中文界面,软件版本为“05.03.14”，带 1G 硬盘。
- 2) X、Y、Z 轴测量系统采用海登汉（HIEDENHAIN）LB382C 线性光栅尺实现全闭环控制。
- 3) B、C 进给轴测量系统保留原海登汉（HIEDENHAIN）圆光栅实现全闭环控制。
- 4) W、U 进给轴为半闭环控制,其中 W 轴使用绝对值编码器,U 轴采用增量编码器。
- 5) 各伺服轴均采用西门子 SIMODRIVE 611D 交流伺服驱动和 1FT6、1FK6 交流伺服电机。
- 6) 主轴采用西门子 SIMODRIVE 611D 交流伺服驱动和 1PH7 交流主轴电机，最高转速为 8000 转，可实现在高、中、低速三个齿轮级的无级调速控制，满足该机床的加工需要。

1.2 电机配置：

- 1) X、Z、B 轴： 1FT6132-8AB71-1AA0 1500rpm/62Nm
- 2) Y 轴： 1FT6132-8AB71-1AB0 1500rpm/62Nm

- 3) W 轴: 1FT6102 -8AB71-1EA0 1500rpm/24.5Nm
 4) C 轴: 1FT6102 -8AC71-1AB0 2000rpm/27Nm
 5) U 轴: 1FK6100 -8AF71-1AA0 3000rpm/12Nm
 6) 主轴电机: 1PH7186-2NG00-0AA0 51KW、1250/8000rpm

2. 系统参数配置

2.1 根据所选电机及功率模块的类型驱动配置如下所示:

轴名	Location	Drive	Active	Drive	Module	Powersect	Current
X1	1	8	YES	MSD	1 Axis	0AH	85 / 110 / 127A
Y1	2	1	YES	FDD	1 AXIS	17H	28 / 56A
Z1	3	4	YES	FDD	2 AXIS—1	16H	18 / 36A
W1	4	7	YES	FDD	2 AXIS—2	16H	18 / 36A
B1	5	2	YES	FDD	1 AXIS	17H	28 / 56A
U1	6	3	YES	FDD	1 AXIS	17H	28 / 56A
C1	7	5	YES	FDD	1 AXIS	17H	28 / 56A
SP	8	6	YES	FDD	1 AXIS	14H	9 / 18A

注: 其中, MSD 表示主轴, FDD 表示进给轴; 1 AXIS 表示单轴模块, 2 AXIS 表示双轴模块。

2.2 在调试初期需要首先对以下轴数据进行设置, 其中包括:

MD30230 ENC_INPUT_NO: 编码器输入号

该参数是用来确认位控环反馈接口位置的, 如果是半闭环控制, 该参数设置为 1, 如果是闭环控制, 该轴参数应该设置为 2。

- **MD30300 IS_ROT_AX:** 是否为旋转轴。

该轴参数是用来设置轴类型的参数, 如果该轴为旋转轴则应该将该轴参数设置为 1, 否则设置为 0。

- **MD31000 ENC_IS_LINEAR:** 直接测量系统 (线性光栅尺)。

该轴参数用来设置位控环测量系统的类型, 如果使用线性光栅尺作为测量系统, 则将该轴参数设置为 1, 否则设置为 0

- **MD31010 ENC_GRID_POINT_DIST:** 直接测量系统的栅距。

该参数用来设置线性测量系统 (光栅尺) 的栅距值, 对于不同光栅尺其

栅距是不同的，可根据光栅尺的技术参数来设置该轴参数，一般情况下，栅距为 0.02 或者 0.04 的居多。

- MD31020 ENC_RESO: 编码器分辨率。

该参数用来设置电机内置编码器或者外置圆光栅的线数的，对于半闭环，该数据为电机内置编码器的线数值默认为 2048，对于带有直接测量系统的圆光栅则需要赋值圆光栅的线数值。

- MD31030 LEADSCREW_PITCH: 丝杠螺距。

可根据各轴丝杠螺距的大小输入相应的数值。

- MD31040 ENC_IS_DIRECT: 编码器直接安装在机床上。

如果使用圆光栅或线性光栅尺作为位控环，需要将该参数设置为 1，否则设置为 0。

- MD31050 DRIVE_AX_RATIO_DNOM: 负载变速箱分母。

- MD31060 DRIVE_AX_RATIO_NUMERA: 负载变速箱分子。

这两个轴参数是用来设置各轴的传动比的，可根据不同的传动比设置不同的值，但应注意，在设置比值时，不能出现小数值，例如 2.3 : 5 如果遇到这种情况可以采取同时放大的方法，使其成为整数比，如上例，可乘以 10 后，比值设为 23 : 50。

2. 3 根据各轴的实际情况，以 X、B、SP 轴为例部分轴参数设置如下：

- X 轴 (线性轴)

实际配置：选用 1FT6 电机，外接线性光栅尺，栅距 0.04mm，齿轮连接，传动比为 10: 25，丝杠螺距为 20mm。

机床数据设置：

MD30230=2 ;选择第二测量口	MD30300=0 ;非旋转轴
MD31000=1 ;直接线性测量系统	MD31010=0.04 ;光栅尺栅距
MD31030=20 ;丝杠螺距	MD31040=1 ;编码器直接安装
MD31050=10 ;传动比(分母)	MD31060=25 ;传动比(分子)

- B 轴 (旋转轴)

实际配置：选用 1FT6 电机，圆光栅，分辨率为 18000，传动比为 1: 360。

机床数据设置：

MD30230=2 ;选择第二测量口	MD30300=1 ;旋转轴
--------------------	----------------

MD31000=0 ;非线性测量系统

MD31020=18000 ;编码器分辨率

MD31040=1 ;编码器直接安装

MD31050=1 ;传动比(分母)

MD31060=360 ;传动比(分子)

● 主轴

实际配置：选用 1PH7 电机，主轴外接旋转编码器用于定向，分辨率为 1024，三级传动：第一级 10：77、第二级 9：20、第三级 19：20。

机床数据设置：

MD30230=2 ;选择第二测量口

MD30300=1 ;旋转轴

MD31000=0 ;非线性测量系统

MD31020=1024 ;编码器分辨率

MD31040=1 ;编码器直接安装

MD31050[1]=10 ;传动比(分母)

MD31060[1]=77 ;传动比(分子)

MD31050[2]=9 ;传动比(分母)

MD31060[2]=20 ;传动比(分子)

MD31050[3]=19 ;传动比(分母)

MD31060[3]=20 ;传动比(分子)

通过以上的参数配置后，控制系统基本上就正常了，然后可根据机床各轴的性能要求对诸如手动速度、加速度、回参考点方式、运动方向、反馈极性等参数加以调整，使其满足机床的控制要求。

三. 刀库的控制：

在加工中心的刀库控制中，一般来说刀库控制均由 PLC 程序来完成。而对于随机换刀、就近找刀的大型刀库少不了对刀号、刀库移动步数进行计算，换刀后还需对刀表进行自动调整。如果用 PLC 进行各种运算控制程序会很复杂,不易控制，循环处理时间加长;如果借助 NC 强大的运算功能运用 PLC 及 NC 相结合的方法来控制刀库，PLC 程序将大大简化。为了进一步说明使用本方法的优越性，在此首先介绍一下该设备刀库的基本情况和特点：

1. 刀库状况：本刀库采用链式结构，刀库容量为 60 把刀，刀库驱动采用两个电机来实现双速运动，即高速找刀，低速定位。

2. 使用特点：本刀库在使用的过程中具有以下特点：

1) 随机换刀，就近找刀：对于大容量的刀库，就近找刀、随机换刀方式，是缩短换刀时间的一个重要环节。

- 2) 双速运动：高速找刀，低速定位，因为该刀库容量大，所以在找刀的过程中要求刀库要以高速接近目标刀具，在到达目标刀具的前一位刀具时始降速，慢速接近目标刀具,确保定位准确。
- 3) 随机装刀：本刀库具有自动和手动两个换刀点，自动换刀点主要完成加工过程中刀库自动交换刀具的功能；手动换刀点是为了方便手动取刀或装刀而设置的。在使用刀库前需要从手动换刀点将所需刀具安装在刀库的刀套中，因为刀库容量大，所以本刀库需要具备随机装刀的特点，也就是说，操作者可以将任一把刀具装在任意一个刀套中。
- 4) 随机手动取刀：本刀库要求能随时从手动换刀点取下某把刀具，取刀时有两种方式可供选择：其一，如果所要取下的刀具离手动换刀点较远，则需要刀库能快速将该刀具送至换刀点，取下刀后无需将刀库位置复原，而不影响自动换刀时刀库的正常使用；其二，如果所要取下的刀具离手动换刀点较近，则无需快速转动刀库，只需手动慢速将所需刀具移到换刀点，取下刀具关上刀库门后，要求刀库位置能自动复原。
- 5) 该机床的加工件程序中所使用的刀具数量多，有时所需刀具数量超过了刀库的容量，对于这种情况，要求有两种方法进行处理，其一，要求能随时方便的将刀库上已经用过而不再使用的刀具拿下而换成所需的刀具，然后再在刀具表中修改相应的刀具数据（长度补偿、半径补偿），无需其它操作，刀库仍然能正常使用；其二，自动换刀和手动换刀相接合的方法，以就是说，对于已经装载在刀库上的刀具在使用时应能够自动换刀，而对于没有装载在刀库上的所需刀具，应能通过手动的方法在需要时直接将刀具手动安装在主轴上，而不能影响后续的自动换刀功能。

3. 如何实现刀库的控制

基于刀库的状况和使用特点，为了灵活的控制该刀库，可采用 PLC 和 NC 控制相结合的方法，该方法的特点是：PLC 程序量小，NC 程序方便灵活。具体的方法是：PLC 程序主要完成刀库换刀动作；而其它功能诸如就近找刀、刀表刷新、刀库初始化等则全部由 NC 程序来完成。

刀库换刀步骤如下所示：

Tool changer door open: 刀库门打开

Link positioning on:	刀库定位销伸出
Tongs I forward:	机械手卡爪 1 伸出
Slide open:	刀套滑板拉开
Double arm spindle:	双臂旋至主轴侧
Tongs II forward:	机械手卡爪 2 伸出
Release tool:	主轴松刀
Double arm forward:	双臂伸出
Double arm 180:	双臂旋转 180 度
Double arm forward:	双臂收回
Clamp tool:	主轴夹刀
Tongs I backward:	机械手卡爪 1 缩回
Double arm chain:	双臂转至刀库侧
Slide closed:	刀套滑板关闭
Tongs II backward:	机械手卡爪 2 缩回
Link positioning off:	定位销缩回（双臂旋转至 0 度，刀库门关闭）

3.1 在 PLC 控制程序中刀库的换刀过程是一环套一环，按顺序逐步完成，也就是说一个命令执行后进行判断，只有确认相应的动作执行完成后才可以执行下一个动作，这样可有效地防止误动作的产生。同时在手动操作时也必须按照以上动作顺序执行，如果越过某一动作，后面的动作将无法完成，并产生相应的报警信息提示操作者不能执行的原因。另外可通过 H 辅助功能实现目标刀具的搜寻，具体是：通过 NC 程序将目标刀具、目标刀套的信息通过 H 功能指令传递给 PLC 程序，以实现目标刀套的搜索。部分 PLC 程序如下：

NETWORK 23

```

L   DB21.DBD 142      ;H 功能 1（实数）
TRUNC                                ;将传入的实数转为双整数
T   MD 30              ;将转换后的结果传入 MD30
NOP 0

```

NETWORK 24

```

L   DB21.DBD 142
L   0.000000e+000

```

```
>R                ;两个实数比较指令
= M 100.4         ;如果传入的实数大于零，刀库正转
NETWORK 25
A(
AN M 100.4       ;如果传入的实数值小于零
JNB M003
L 0              ;将 0 放入累加器 1 中
L MD 30          ;将 MD30 的值放入累加器 1 中，同时将累加器 1 中
的值放入累加器 2 中
-D              ;求二者的差值
T MD 30         ;将结果传入 MD30 中
AN OV
)
JNB M004
L MD 30
T MW 50         ;将 MD30 中的值传入 MW50 中
M004: NOP 0
NETWORK 26
A M 100.4       ;如果传入的值为正
L MD 30
T MW 50         ;直接将 MD30 中的值传入 MW50 中
NETWORK 27
L MW 50        ;目标刀套的值
L 0
<>I
= M 100.3
NETWORK 28
AN M 100.4     ;传入的值为负
A M 100.3     ;目标刀套不为零
A DB21.DBX 61.0 ;H 功能改变
```

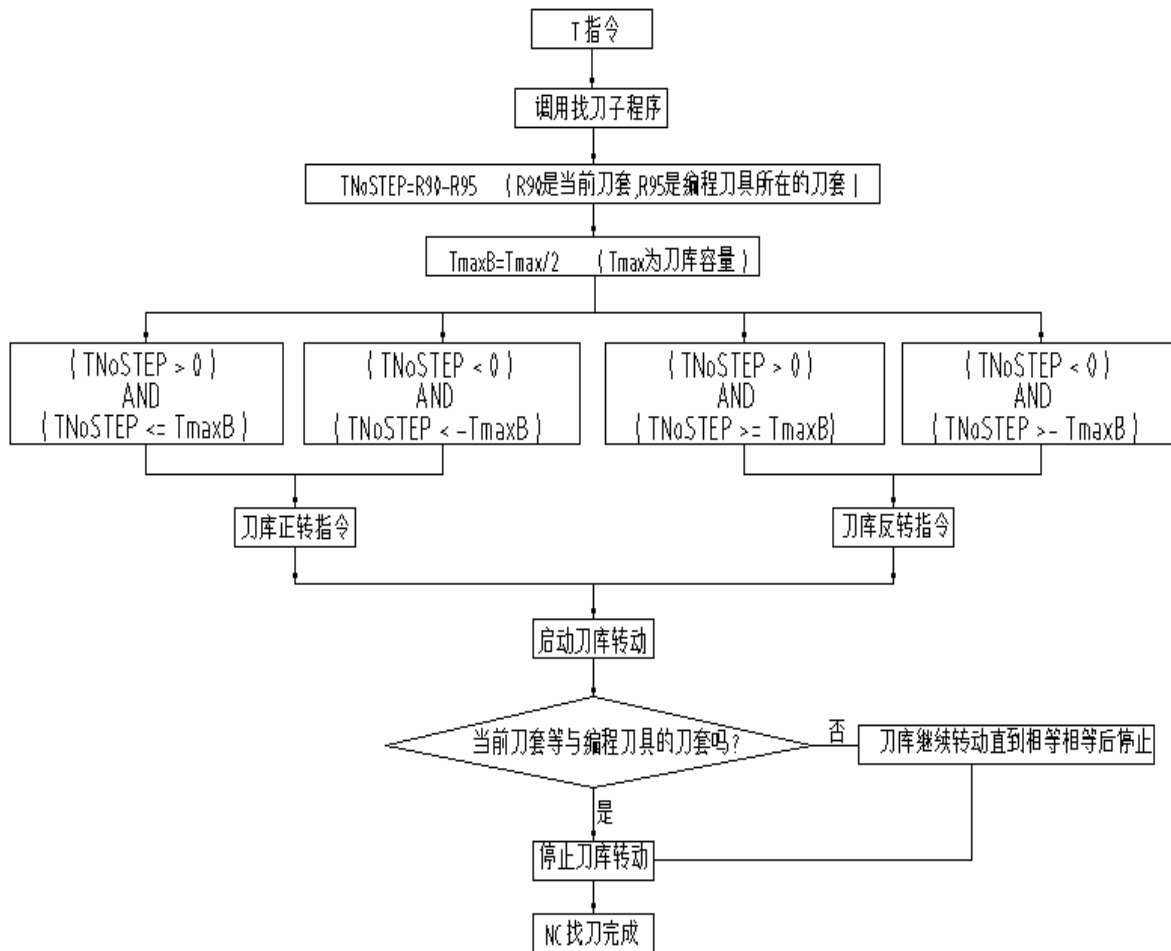

= M 100.5 ; 刀库反转指令

.....

由上述可见, 通过 H 辅助功能, PLC 控制程序易于通过 NC 程序获得目标刀套、刀库旋转方信息。

3.2 在 NC 程序中可借助西门子 840D 系统中诸如数学运算、逻辑控制、程序跳转、系统变量、R 参数等实现就近找刀、刀表刷新等功能。

3.2.1 NC 程序中就近找刀部分的流程图如下:



以下为就近找刀功能的部分 NC 程序:

.....

N230 MSG("PROGRAMING TOOL IS :T" <<\$C_T) ;提示信息

N240 R90=\$TC_DP25[\$C_T,1] ;将编程刀具的刀套号赋给 R 参数 R90

N250 _T_POS:

N260 TNoSTEP=R90-R95 ;TNoSTEP 为编程刀具的刀套与当前刀套的差值

```

N270 IF TNoSTEP==0 GOTOF _T_STEP      ;当前刀套等于目标刀套
N280                                     IF
(((TNoSTEP>0)AND(TNoSTEP<=TmaxB))OR((TNoSTEP<0)AND(TNoSTEP<=
TmaxB))) GOTOF _MGZ_P                  ;刀库正转的条件
N290                                     IF
(((TNoSTEP>0)AND(TNoSTEP>=TmaxB))OR((TNoSTEP<0)AND(TNoSTEP>=
TmaxB))) GOTOF _MGZ_N                  ;刀库反转的条件
N300 _MGZ_P:                            ;刀库正转
N310 H1=R90                             ;将目标刀套的值及旋转方向赋 H 辅助功能，通
过 H 功能传递给 PLC 控制程序
N320 GOTOF _T_STEP
N330 _MGZ_N:                             ;刀库反转
N340 H1=-R90                             ;将目标刀套的值及旋转方向赋给 H,通过它传入
PLC 程序
.....

```

3.2.2 以下是刀表刷新功能的部分 NC 程序:

```

.....
;R90 :编程刀具所在的刀套
;R91 :主轴上的刀具号
;R93 :首次换刀的刀套号
;R94 :找刀状态
;R95 :当前刀具的刀套
N30 IF $A_IN[10]==1 GOTOF _MB          ;判断刀库使用方式:0 为自动换刀方式
                                       1 为手动换刀方式
N40 IF (NOT $P_SEARCH) OR ($P_ISTEST==1) ;判断程序是否为搜索或测试方
式
N50 N40 IF R94==10 GOTOF _END          ;R94=1 时 0 没有找到刀,程序结束
N60 SUPA                               ;取消所有偏置
N80 D0                                 ;取消刀补

```

```

...
N180 M98                ;换刀开始执行命令
N190 IF $C_T==0 GOTOF _RE_T    ;还刀条件
N200 IF R91==0 GOTOF _IN_T    ;取刀条件
N220 STOPRE
;~~~~~交换刀具刷新刀表~~~~~
N230 $TC_DP25[R91,1]=R90      ;编程刀具所在刀套号
N240 $TC_DP24[R91,1]=0       ;清除主轴刀具标?
N250 R91=$C_T                ;主轴刀具套中为编程刀具
N270 $TC_DP25[R91,1]=R93      ;编程刀具所在刀套号
N280 $TC_DP24[R91,1]=1       ;标出在主轴上的刀具
N290 R95=R90
N300 MSG("TOOL CHANGE FINISHED ") ;换刀结束信息
.....

```

在 NC 程序中所用到的系统变量简述如下:

- A. $\$TC_DP25[t,d]$ 变量来保存刀具数据，其中“t”表示刀具号， $\$TC_DP25[t,d]$ 表示该刀具所处的刀套号，例如 $\$TC_DP25[5,1]=13$ 表示 5 号刀具放置在 13 号刀套中。使用本参数的特点是：通过人机界面打开刀表，便可方便的对该参数进行设置。因此，如果在换刀过程中由于意外中断等原因导致的换刀失败，造成刀表刷新未完成，可使用该系统变量，修复刀表。具体做法是：将目标使用刀具以及被交换的刀具重新从手动换刀点装入刀库，再将这两把刀具所对应的刀套号写入该参数中便可以了。例如主轴上安装的刀具号是 5，目标刀具号是 12，其对应的刀套号是 3，即 $\$TC_DP25[12,1]=3$ ，换刀失败后，可将 5# 及 12# 刀具分别装入刀库中的空刀套中，例如将 5# 装入刀套 7 中，而将 12# 装入刀套 4 中，然后在系统变量 $\$TC_DP25[5,1]$ 中写入 7，在 $\$TC_DP25[12,1]$ 中写入 4 就可以了。
- B. 运用 $\$TC_DP24[t,d]$ 变量来保存刀具状态，“1”表示该刀具已经安装在主轴上，“0”表示该刀具仍保存在刀套中。例如 $\$TC_DP24[6,1]=1$ 表示 6 号刀具已经安装在主轴上，用此参数可以随时查看安装在主轴上的刀具号。
- C. 使用 $\$P_SEARCH$ 和 $\$P_ISTEST$ 来判断系统是否处于程序搜索或程序测试状

态,从而决定是否刷新刀表。在本刀库中由于换刀及刀表的刷新均在 NC 中完成,所以在对 NC 程序进行搜索或测试时由于刀库不能执行换刀动作,而如果不作相应的处理,刀表在搜索或测试状态下仍会更新,这样的结果就会使得刀表严重混乱,而通过判断这两个变量的状态来对 NC 程序作相应的处理就可以避免这种情况的发生,也就是说在程序处于搜索或测试状态时,取消对刀表刷新过程。

D. H 辅助功能主要完成将目标刀套、刀库的转动方向等信息传递给 PLC 程序,而后通过 PLC 程序来控制刀库的运转。

由上可见,通过 NC 和 PLC 相结合的方法可以在两者之间取长补短,充分发挥西门子 840D 系统的强大运算及逻辑控制功能,取得很好的控制效果,使刀库操作非常方便。

结束语:

改造完成后,经过对产品的加工,各项功能指标及性能指标均达到或优于机床原来的指标,改造后的机床性能优良,操作简单,运行速度快,故障率低,编程功能强大,使用效果远远优于原来的控制系统,使用效果很好。

引用文献:

- SINUMERIK 840D/840Di/SINUMERIK 810D/FM-NC Description of Functions Basic Machine (Part 1)
- SINUMERIK 840D/840Di/810D/FM-NC Programming Guide 04.2000 Edition Advanced