

用840D系统实现独立C轴传动机构与主轴无故障啮合

沈阳机床集团 (辽宁 110144) 宋宇 王东辉 杨国强

为实现复合机床在铣削时主轴输出更大的转矩及C轴更高的分度精度,通常这样的复合机床带有独立的C轴传动机构(见图1)。C轴传动机构前端的齿轮通过液压缸的拉动与主轴后端的齿轮啮合,动作很简单,但这样的齿轮与齿轮咬合经常会出现齿顶齿的情况,使C轴啮合不到位,机床出现故障。本文主要论述采用西门子840D系统实现C轴与

主轴无故障的啮合。

我厂很多复合机床用到这样独立C轴传动机构。以前C轴的啮合只是通过PLC控制液压缸做伸出/退回动作,来拉动C轴传动机构与主轴啮合。这样操作无疑故障率很高,多数情况是啮合不上的。

为了实现C轴传动机构与主轴无故障地啮合,我们组织人员就这一问题进行了细致地理论研究和实践探索,采用了很多方法来实现这个动作。比如C轴传动机构啮合时先去掉主轴与C轴电动机的使能,使这两个轴无转矩输出处于自由旋转状态,然后增加啮合液压缸的压力,通过更大的咬合力量带动主轴和C轴转动实现C轴传动机构与主轴的完全啮合。由于这种方法也可能出现C轴齿轮与主轴齿轮顶齿的情况,即使再大的力量也是不能完全啮合的。另外太大的压力还可能使齿轮损坏。所以这个方法不可取;还比如在C轴传动机构与主轴啮合之

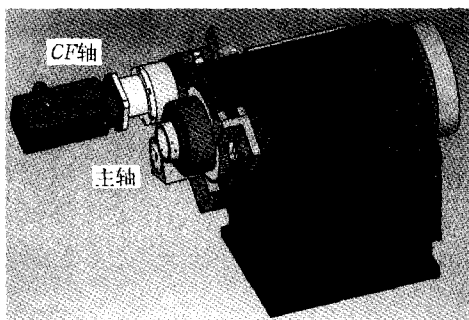


图1 HTM63150iyC轴传动机构

%_N_LL2_SPF (子程序)

R2= (R8+R9) - (-4.008); (X轴原点坐标)

R3= (R7+R12+R13+R10) - (-1567.646); (Z轴原点坐标)

R4=SQRT (POT (R2) +POT (R3)); (斜线长度)

R6=ATAN2 (R3, R2); (斜线与X轴夹角)

R5=R1-R6; (旋转后斜线与X轴的夹角)

R101=-4.008+R4*COS (R5); (旋转后点位的X坐标)

R103=-1567.646-R4*SIN (R5); (旋转后点位的Z坐标)

\$P_UIFR[R11]=CTTRANS (X, R101, Y, R14, Z, R103-R12-R13, W, R12); (将上面所得的X、Y、Z、W自动赋值给机床,完成计算。)

M17

其中, -4.008即图2测量的X轴的回转中心值; -1567.646即图3测量的Z轴到工作台回转中心的数值。

4. 结语

从本例可看出,四轴数控机床若利用宏程序很快求出工件旋转任一角度后点的新坐标,使刀具能很快找到定位于工作台旋转后工件上的一点。机床操作者可随机装夹,无需将工件的原点投到回转工作台中心上,操作者只找正一次(即图中A点的坐标值),加工效率大大提高。

经多次试验,使用效果非常好,节省大量的测量和计算时间,大大降低劳动强度,消除了人工输入的失误,特别是对外形复杂、难以测量的工件,采用上述方法更具优势,具有科学性、先进性、可行性。本方案可推广使用于各种数控系统,同时为五轴加工提供了理论基础和经验。MW

(收稿日期:20111114)

前先让主轴与C轴定位，这个位置就是每次啮合时的位置。要实现这个操作需在840D系统中编个例如下面的子程序，然后每次啮合时调用这个程序：

```
...
POS[C]=..... FA[C]=1000 ; (定位C轴啮合位置)
SPOS[1]=..... ; (定位主轴啮合位置)
M28 ; (啮合的辅助功能指令)
...
```

这种方法大大提高C轴传动机构与主轴啮合的成功率。但如果主轴有不同的挡位，主轴在低挡定位与在高挡定位的这两种情况下，与C轴啮合的主轴上的那个啮合齿轮所处的位置也是不同的。这样就有可能出现不成功啮合的情况，不能做到无故障啮合，所以这个方法也不可取。

最终我们通过主轴换挡时的摆动带来的灵感，想到用这样的方法，即在C轴传动机构与主轴啮合时，降低啮合液压缸的流量（目的是使啮合的动作不要瞬间完成），并且使C轴或主轴边旋转边啮合。这样做就可以做到C轴传动机构与主轴无故障地啮合，即使主轴有变挡的情况也可做到无故障地啮合。

下面以我厂HTM125系列车铣中心的C轴传动机构为例，详细论述下这种啮合的方法。

1. HTM125系列车铣中心的C轴传动机构的简介

HTM125系列车铣中心的C轴传动机构如图2所示。西门子交流主电动机与主传动机构之间由弹性联轴器联接，主轴两挡变速及一个空挡，C轴进给采用西门子交流伺服电动机驱动，经无间隙减速箱降速后，在液压缸的摆动下，带动安装在减速箱上的小齿轮与主轴上大直齿轮啮合。主轴后端安装有海德汉角度编码器，该编码器分别作为主轴与C轴的速度反馈和位置反馈。C轴传动机构与主轴啮合到位及脱开到位均有接近开关检测。这种啮合方法

分别能在自动操作状态和手动操作状态完成，无论哪种操作状态均是调用执行NC子程序，并由PLC配合来实现的。

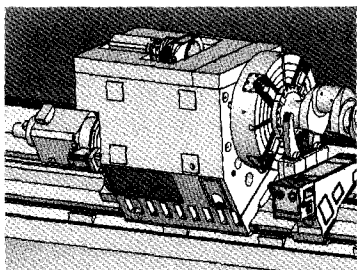


图2 HTM125系列C轴传动机构

2. 前提条件

这个动作需NC与PLC配合完成，需要PLC与NC通讯的接口信号，需要修改机床数据；另外C轴传动机构在脱开状态和啮合状态时，分别采用电动机编码器和海德汉角度编码器进行反馈，当这两个编码器进行切换时会出现报警，需修改机床数据使之不报警。需要修改的机床数据如下：

MD10350 \$MN_FASTIO_DIG_NUM_INPUTS= 5（有效的NCK数字输入字节数）

MD10360 \$MN_FASTIO_DIG_NUM_OUTPUTS= 5（有效的NCK数字输出字节数）

MD36500 \$MA_ENC_CHANGE_TOL[AX5]=360（位置实际值转换的最大公差）

3. 动作流程描述

边旋转边啮合可以有两种方式，C轴旋转和主轴旋转。下面主要论述C轴旋转时的啮合。首先使主轴挡位变为空挡，然后通过指令POS[C]=IC(360) FA[C1]=100旋转C轴，同时执行M28辅助功能指令使C轴传动机构与主轴啮合。C轴旋转指令所给出的旋转角度很大，当C轴与主轴已经啮合后C轴还在继续旋转，这时就需要把C轴剩余的余程删除。有两种方法可以删除余程，一是通过NC指令“DELDTG”实现，二是在PLC中处理地址“DB3X.DBX2.2”实现。最后通过PLC完成C轴第一与第二编码器的切换。

（1）PLC程序编制（通过NC指令删除余程）

编制PLC实现C轴第一与第二编码器的切换。

Network: 1 Control Controller enable on/off

A(

ON M101.6 ZM01_BAG_MILL -- Mode milling

O T98

)

A(

ON Q54.6 C1_UNLINK_YV3B -- C1 axis unlink

KA116

O DB256.DBX 1.5

)

L S5T#500MS

SD T94

A T94

= M100.0

Network: 2 C axis was linked delay

A M101.6 ZM01_BAG_MILL -- Mode milling

```

L S5T#500MS
SD T98
Network: 3 Controller enable
A M100.0
= DB35.DBX 2.1 "Axis_gen5" .A_ContrEnable --
Controller enable
= DB35.DBX 21.7 "Axis_gen5" .A_PulseEnable --
Pulse enable
Network: 4 Follow-up mode
A M0.1 m_one -- Marker statiC 1
= DB35.DBX 1.4 "Axis_gen5" .A_Follow_upMode
-- Follow-up mode
Network: 5 Position measuring system 1
AN T98
A(
ON DB300.DBX 204.0 "lm" .lk_10_4_0 -- Memory
M27 (CF1 axis release)
O T99
)
= DB35.DBX 1.5 "Axis_gen5" .A_PosMeas1 --
Position measuring system 1
Network: 6 Position measuring system 2
O T98
O
A DB300.DBX 204.0 "lm" .lk_10_4_0 -- Memory
M27 (CF1 axis release)
AN T99
= DB35.DBX 1.6 "Axis_gen5" .A_PosMeas2 --
Position measuring system 2
Network: 7 C axis was unlinked delay
A M101.7 ZM01_BAG_TURN -- Mode turning
L S5T#500MS
SD T99
Network: 8 Set digi. NCK input 30
A DB300.DBX 204.5 "lm" .lk_10_4_5 -- CF1 axis
ConneCted ist Milling
= DB10.DBX 127.5 "NC" .A_Set_Inp30 -- Set digi.
NCK input 30
R DB10.DBX 126.5 "NC" .A_Disabl_Inp30 --
Disable digi. NCK input 30
Network: 9 Set digi. NCK input 40
A DB300.DBX 209.2 "lm" .lk_10_9_2 -- Ist gear 3
= DB10.DBX 129.7 "NC" .A_Set_Inp40 -- Set digi.
NCK input 40
R DB10.DBX 128.7 "NC" .A_Disabl_Inp40 --
Disable digi. NCK input 40

```

图3是主轴和C轴测量系统切换的时序图，目前研究的是C轴旋转啮合，以啮合和脱开两个信号为参考，来改变主轴和C轴的状态，而两个轴的状态必须要按着西门子的要求来改变，否则会出现报警。而延时 t 是在调试的时候根据实际情况来写入的， t 的大小决定程序运行的时间，理论上越小越好，但是要考虑NC的反应时间。

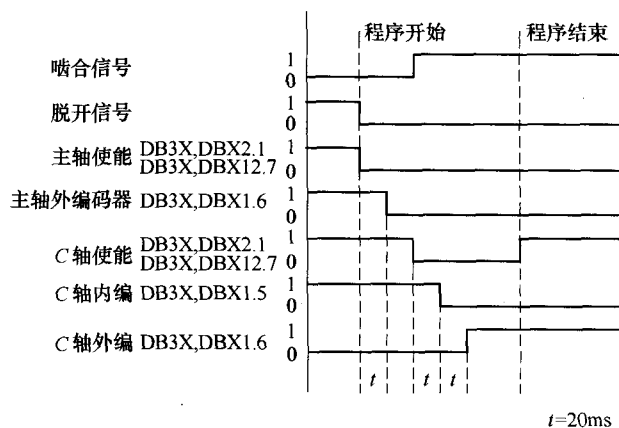


图3 PLC时序图

(2) NC程序编制 (通过NC指令删除余程)

```

%_N_CF1_L_SPF ; (程序名称)
;$PATH=/_N_CMA_DIR ; (程序路径)
IF $A_IN[30]==1 GOTOF END; (判断C轴是否已啮合)
IF $A_IN[40]==1 GOTOF RE1 ; (判断主轴是否空挡)
M1=05 ; (第一主轴停并为速度控制方式)
M1=43 ; (第一主轴换空挡)
G4F0.5
RE1:
WHEN $A_IN[30]==1 DO DELDTG ; (NC删除余程)
POS[C1]=IC(360) FA[C1]=100 M28 ; (旋转C轴同时啮合)
IF $A_IN[30]==0 GOTOF RE1 ; (判断C轴是否已啮合到位)
G4F0.5;
END:
M17 ; (子程序结束)

```

(3) PLC程序编制 (通过PLC删除余程) 编制PLC实现C轴第一与第二编码器的切换,并实现能通过PLC实现删除C轴余程。在上述PLC中增加如下的PLC程序。图4为PLC各个信号程序运行结束时的时序图。

```

Network: 10 Delete distanCe to go/Spindel-Reset
A Q56.2 C1_LINK_YV3A -- C1 axis link KA73
A I38.0 C1_LINK_SQ20 -- C1 axis link switCh

```

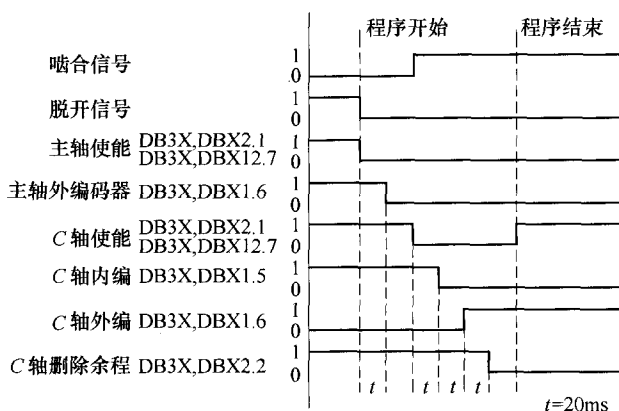


图4 PLC删除余程时序图

```

FP M112.0
O(
A Q54.6 C1_UNLINK_YV3B -- C1 axis unlink KA116
A I38.1 C1_UNLINK_SQ21 -- C1 axis unlink switCh
FP M112.1
)
O(
A DB256.DBX 2.1
FP M112.2
)
= DB35.DBX 2.2 "Axis_gen5" .A_DeIDTGSReset
-- Delete distanCe to go/Spindel-Reset

```

(4) NC程序编制 (通过PLC删除余程)

```

%_N_CF1_L_SPF; (程序名称)
;SPATH=/_N_CMA_DIR; (程序路径)
IF $A_IN[30]==1 GOTOF END; (判断C轴是否已啮合)
IF $A_IN[40]==1 GOTOF RE1; (判断主轴是否空挡)
M1=05; (第一主轴停并为速度控制方式)
M1=43; (第一主轴换空挡)
G4F0.5
RE1:
POS[C1]=IC(360) FA[C1]=100 M28; (旋转C轴同时啮合)
IF $A_IN[30]==0 GOTOB RE1; (判断C轴是否已啮合到位)
G4F0.5
END:
M17; (子程序结束)

```

4. 异步子程序的调用 (ASUP)

(1) ASUP参数设定

MD10702 IGNORE_SINGLEBLOCK_MASK (单程序块防止程序停止)

Bit0=1 Bit1=1 Bit4=1

MD11450 SEARCH_RUN_MODE (搜索运行参数化)

Bit0=1 Bit1=1 Bit2=1

MD11602 ASUP_START_MASK ASUP (启动)

Bit0=1 Bit1=1 Bit2=1

MD11604 ASUP_START_PRIO_LEVEL

“ASUP_START_MASK (有效) 优先级<2>”

MD19340 PROG_MASK Bit2=1

(2) ASUP PLC的编写

Network: 1

A I7.6 MCP_T2 -- MCP CF1 axis link

A DB11.DBX 6.2 “BAG” .E_JOG -- Active JOG

mode

AN I38.0 C1_LINK_SQ20 -- C1 axis link switCh

FP M11.0 FMP_dt_gear1 -- FP button Gear 1

= #TEMP0

A I7.6 MCP_T2 -- MCP CF1 axis link

A DB11.DBX 6.2 “BAG” .E_JOG -- Active JOG

mode

AN I38.1 C1_UNLINK_SQ21 -- C1 axis unlink switCh

FP M11.1 FMP_dt_gear2 -- FP button Gear 2

= #TEMP1

Network: 2 Set digi. NCK input 31

A #TEMP0

S DB10.DBX 127.6 “NC” .A_Set_Inp31 -- Set digi.

NCK input 31

R DB10.DBX 126.6 “NC” .A_Disabl_Inp31 -- Disable

digi. NCK input 31

= DB300.DBX 1.0 “lm” .lk_00_1_0 --

R #TEMP0

A #TEMP1

S DB10.DBX 127.7 “NC” .A_Set_Inp32 -- Set digi.

NCK input 32

R DB10.DBX 126.7 “NC” .A_Disabl_Inp32 --

Disable digi. NCK input 32

= DB300.DBX 1.1 “lm” .lk_00_1_1 --

R #TEMP1

O DB300.DBX 1.0 “lm” .lk_00_1_0 --

O DB300.DBX 1.1 “lm” .lk_00_1_1 --

FP DB261.DBX 10.0

S DB261.DBX 10.1

CALL FC 9 ASUP -- asynChronous Subprograms

Start :=DB261.DBX10.1

ChanNo :=1

IntNo :=8

Activ :=DB261.DBX10.2

```
Done :=DB261.DBX10.3
Error :=DB261.DBX10.4
StartErr:=DB261.DBX10.5
Ref :=DB261.DBW12
O DB261.DBX 10.3
O DB261.DBX 10.4
O DB21.DBX 7.7 "Chan_1" .A_Reset -- Reset
R DB261.DBX 10.1
R DB10.DBX 127.6 "NC" .A_Set_Inp31 -- Set digi.
NCK input 31
R DB10.DBX 127.7 "NC" .A_Set_Inp32 -- Set digi.
NCK input 32
Network: 4
A M171.6 ZM00_MA___+ -- MaChine open
ON M0.6 1_CyCle -- PLC 1. CyCle
FP DB261.DBX 10.6
S DB261.DBX 10.7
CALL FB 4, DB260 PI_SERV / asup_db -- PI-ServiCes
1 / instanCe DB for FB4
Req :=DB261.DBX10.7
PIServiCe:=P#DB16.DBX 18.0 BYTE 26
Unit :=1
Addr1 :=P#DB261.DBX 16.0 BYTE 30
Addr2 :=P#DB261.DBX 46.0 BYTE 30
Addr3 :=
Addr4 :=
WVar1 :=W#16#8
WVar2 :=W#16#1
WVar3 :=
WVar4 :=
WVar5 :=
WVar6 :=
WVar7 :=
WVar8 :=
WVar9 :=
WVar10 :=
Error :=DB261.DBX11.1
Done :=DB261.DBX11.0
State :=DB261.DBW14
O DB261.DBX 11.0
O(
A DB261.DBX 11.1
A DB21.DBX 7.7 "Chan_1" .A_Reset -- Reset
)
R DB261.DBX 10.7
```

此PLC程序是利用按键点动，来执行宏程序，完成啮合脱开的动作，本程序是用单个按键来执行宏程序中的两个动作的，是靠啮合和脱开两个开关转换的。

(3) ASUP宏程序调用

```
%_N_ASUP_C1_SPF
; $PATH=/_N_CMA_DIR
IF $A_IN[31]==1 GOTOF CF1LINK ; (执行C轴啮合操作)
IF $A_IN[32]==1 GOTOF CF1UNLINK ; (执行C轴脱开操作)
GOTOF END; (无操作时跳转到程序结束)
CF1LINK:; (执行啮合操作的跳转标志)
IF $A_IN[30]==1 GOTOF END ; (判断C轴是否已啮合)
IF $A_IN[40]==1 GOTOF RE1 ; (判断主轴是否是空挡)
N40 M1=05; (第一主轴停并为速度控制方式)
M1=43; (第一主轴换空挡)
G4F0.5
RE1:; (跳转标志)
WHEN $A_IN[30]==1 DO DELDTG ; (NC删除余程)
POS[C1]=IC(360) FA[C1]=100 M28 ; (旋转C轴同时啮合)
STOPRE
IF $A_IN[30]==0 GOTOB RE1 ; (判断C轴是否已啮合到位)
G4F0.5
GOTOF END; (C轴啮合完成后跳转到程序结束)
CF1UNLINK:; (执行C轴脱开操作的跳转标志)
G4F0.1
M27; (C轴脱开辅助功能指令)
G4F0.5
GOTOF END
END:
ENDIF
M17; (子程序结束)
```

通过一个宏程序的跳转指令，来完成两个动作的切换，而且文件名一定要写入ASUP的PLC中。ASUP是西门子的一种特殊功能，它能更方便更简洁地实现传动机构的动作。

5. 结语

随着数控机床不断发展，加工工艺要求不断增加，复合机床产量的加大已是大势所趋。实现复合机床在铣削时主轴输出更大的转矩及C轴更高的分度精度，也是我们研究的一个方向。MW

(收稿日期：20120104)