# SIEMENS 840D 系统在 NAXOS 大小头磨床改造中的应用

天润曲轴有限公司 （山东文登 264400） 刘昌杰 王 洋

我公司有一台 1985 年出厂的德国 NAXOS 曲轴大小头磨床，该机床具有两个砂轮架：左砂轮架与工件台面垂直，用于精磨曲轴大盘外圆；右砂轮架与工件台面夹角 70°，采用成形砂轮，用于精磨曲轴小头端倒角、端面、圆角、外圆。由于两片砂轮能够同时进行工作且采用成形砂轮，所以使用该机床能够有效地减少加工工序、提高产品质量和工作效率。机床电控系统采用 MARPOSS 仪表加 PLC 控制，驱动采用直流/步进驱动，都已老化严重故障率高，维修困难，系统备件价格昂贵并且不易购买，机床已不能保证产品质量，满足不了生产的需求。为保证生产，采用 SINUMERIK 840D 系统、611D 驱动、1FT6 电动机、PLC S7—300 成功地对其进行了改造，使这台老设备在生产中重新担起了重任。

## 一、机床结构及工作原理

本机床是用于加工曲轴大、小头的专用机床。机床由左、右砂轮架单元、头尾座单元、MARPOSS 测量仪、液压系统、切削液循环系统等组成（图 1）。

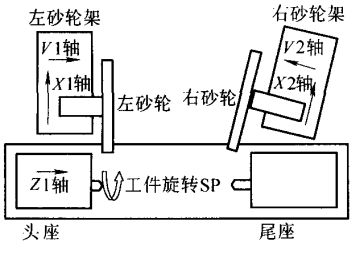



图 1

（1）左砂轮架 本单元用于曲轴大头端的外圆加工。砂轮架的进给采用液压滑台的快进与伺服电动机控制的 $X1$ 轴精进相结合的方式，工件最终尺寸由 MARPOSS 测量仪保证。砂轮由西门子变频器控制的 15kW 电动机驱动，可以根据砂轮直径的大小对砂轮转速进行调整，以保证磨削的线速度恒定。砂轮修整装置安装在砂轮架后部，由靠模、靠模头及驱动液压缸、进刀部分、靠模头横向移动驱动等部分组成。修整时，液压缸以一定的压力驱动靠模头贴紧靠模板，然后由 $V1$ 轴伺服电动机带动靠模头按照预定的方向移动，修整刀片和靠模头安装在同一基体上，这样靠模头就带动刀片在砂轮上修整出与靠模板形状相应的轮廓。

（2）右砂轮架 右砂轮架结构与左砂轮架类似，但右砂轮架与工件台面夹 70°角，采用成形砂轮，用于加工曲轴小头端倒角、端面、圆角、外圆，砂轮由 30kW 电动机驱动。

（3）头尾座 用于支撑并驱动工件旋转以进行磨削。工件驱动装置安装在头架上，由拨圈、拨块、驱动电动机及拨圈进退驱动液压缸组成。工作时，工件放在装载位置，拨块停在安全位置，然后液压缸带动拨圈进到工作位置，拨块卡到工件的平衡铁上，然后由工件旋转电动机带动拨圈上的拨块驱动工件旋转。

头座顶尖由伺服电动机驱动，与工件轴向定位量仪配合可以调整由于工件顶尖孔角度不稳定等原因造成的轴向位置误差。

尾座顶尖用于顶紧工件，其控制电磁铁得电，顶尖退回，失电由弹簧推动顶尖向前顶紧工件。

（4）液压站 液压站由砂轮主轴润滑部分、液压部分及冷却等组成，给砂轮主轴提供润滑油和液压元件提供压力油。

（5）切削液循环单元 由回水泵、出水泵、磁性分离器、电磁阀等组成，给机床修整和磨削提供切削液。

## 二、系统硬件构成

系统的硬件配置及连接如图 2 所示。

系统采用 SINUMERIK 840D NCU571.3，人机交换界面采用 PCU20 + OP010，驱动采用 611D。

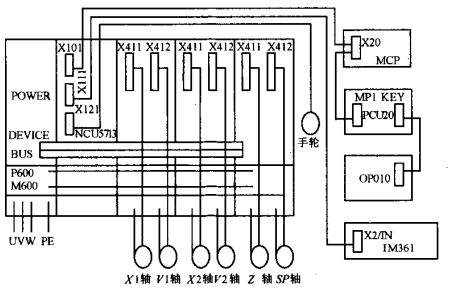



图 2

电动机配置如下：

(1) 工件驱动电动机 *SP* 轴，1FT6102-8AB71-1AA0 24.5Nm，1500r/min，内置增量值编码器。

(2) 左右砂轮修整器横向移动电动机，*V*1、*V*2 轴相同 1FT6061-6AC71-1EG0 3.7Nm，2000r/min 内置绝对值编码器。

(3) 工件横向位置调整电动机 *Z*1 轴 1FT6061-6AC71-1EA0 3.7Nm，2000r/min 内置绝对值编码器。

(4) 左、右砂轮架进给电动机，*X*1、*X*2 轴相同，1FK6063-6AF71-1EG0 6Nm3000r/min 内置绝对值编码器。

(5) 左右砂轮电动机变频器，其中左砂轮：6SE70 变频器（电动机 15kW）。右砂轮：6SE70 变频器（电动机 30kW）。

## 三、控制软件的设计及解决方法

软件设计的目的就是通过编写相应的程序对系统采集到的各种信息进行处理，以达成我们所预期的对机床的控制，使机床可靠、高效的完成工作。840D 数控系统的程序包括 PLC 程序和 NC 程序两部分，其中 PLC 程序设计采用模块化编程，将机床起动条件、PLC 使能信号处理、轴控制、辅助功能、报警信息等系统及机床功能编制成不同的模块，这样程序结构合理、层次清晰，方便阅读查找。下面从 NC 和 PLC 程序两方面阐述机床控制中的几个重点和难点问题的处理。

### 1. 系统通道分配及同步处理

机床有左、右两个砂轮架，要求能够同时工作，且工作时根据工艺要求能够进行同步。解决方法就是在 840D 系统内定义左、右两个通道，分别控制左、右两个砂轮架且左通道为主通道。左右通道设置数据如下：

```
N19200 $ON_NUM_CHANNELS=2
CHANDATA (1)
N20000 $MC_CHAN_NAME= "LEFT"
CHANDATA (2)
N20000 $MC_CHAN_NAME= "RIGHT"
```

通道同步利用 M 指令触发该通道内 NC 程序读入使能取消，只有两个通道都执行同步指令即达到同步时 NC 程序才继续向下执行来实现，这样处理既简捷又方便。两个通道内的同步指令都是 M80，PLC 程序处理如下：

```
A  DB21.DBX 204.0   ; 左通道同步指令 M80
S  DB2.DBX 9.0      ; 510224: CH1 and CH2 synchronization
                      read in disable
A  DB22.DBX 204.0   ; 右通道同步指令 M80
S  DB2.DBX 27.0     ; 520224: CH1 and CH2 synchronization
                      read in disable
A  DB2.DBX 9.0
A  DB2.DBX 27.0     ; 两个通道达到同步 NC 程序继续向下
                      执行
O  E 3.7            ; 复位
R  DB2.DBX 9.0
R  DB2.DBX 27.0
```

两个通道的 NC 程序举例如下：

```
%_N_MAIN_L_MPF
N220 M13; 轴向定位量仪进
N230 WHEN $A_IN [24] = =1 DO DELDTG;
                快速轴向定位 pc1 发信点
N240 G01 G90 Z1 = 37 F = 100
N250 WHEN $A_IN [23] = =1 DO DELDTG;
                精确轴向定位 pc0 发信点
N260 G01 G90 ZI = 37 F = I
N330 M14; 轴向定位量仪退
N340 M22; 工件拨盘进
N350 M80; CH1 AND CH2 SYNCHRONIZATION
N360 M4 S50; 工件快速
N370 M20; LEFT WHEEL RAPID FORWARD
N380 M80; CH1 AND CH2 SYNCHRONIZATION
N390 STOPRE
%_N_MAIN_R_MPF
N050 IF $A_IN [10] = =1 GOTOF RMOK
N060 MSG ( "RIGHT MASTERDRIVE NOT RUN")
N070 M00
N080 GOTOF PEND
RMOK:
N90 M80; CH1 AND CH2 SYNCHRONIZATION
```

N100 M20; RIGHT WHEEL RAPID FORWARD

N110 M80; CH1 AND CH2 SYNCHRONIZATION

N120 STOPRE

## 2. 磨削过程控制

磨削过程所需的坐标及尺寸如图 3 所示。

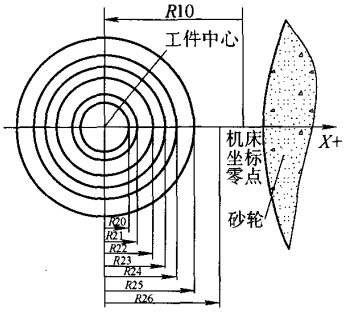



图 3

R10 工件零点坐标

R20 = 76 工件最终尺寸

R21 = R20 + 0.01 工件光磨尺寸

R22 = R20 + 0.10 工件精磨尺寸

R23 = R20 + 0.35 工件粗磨尺寸

R24 = R20 + 0.40MARPOSS 测量尺生效尺寸

R25 = R20 + 0.70 轴径接近尺寸

R26 = R20 + 0.50 上道工序留给

磨削的加工余量

(1) 工件零点坐标的标定　要进行磨削首先要确定工件零点坐标 $R10$，这个值在每次更换砂轮后都要重新进行标定，取一个加工好的工件（半径尺寸为 $R20$mm）装到机床上，引进砂轮与工件贴紧并记下此时 $X$ 轴坐标值 $R80$，那么：$R10 = R80 - R20$。

(2) 磨削进给的控制　加工时砂轮架沿 $X$ 轴负方向快速引进到轴径接近尺寸 $R25$ 处进行去黑皮磨削；进到 MARPOSS 测量仪生效尺寸 $R24$ 时，轴径已经磨圆，MARPOSS 测量仪进，为了获得精确的加工尺寸，此后的砂轮进给由 MARPOSS 测量仪控制。当在测量仪中预设的换速控制尺寸到达时，测量仪依次发出 AC3、AC2、AC1、AC0 四个信号，经 PLC 程序处理分别触发 NCK 数字输入信号 $A_IN[15]、$A_IN[16]、$A_IN[17]、$A_IN[18]，然后在加工程序中作为删余程功能的判别条件。测量仪信号在 PLC 程序中的处理如下：

A I 52.6; AC3

= DB10.DBX 123.6; $A_IN[15]

A I 52.7; AC2

= DB10.DBX 123.7; $A_IN[16]

A I 53.0; AC1

= DB10.DBX 125.0; $A_IN[17]

A I 53.1; AC0

= DB10.DBX 125.1; $A_IN[18]

磨削进给控制的加工程序如下：

N440 GOO X1 = R25 + R10; X1 轴快进到轴径接近尺寸

N450 G01 X1 = R24 + R10 F30; X1 轴去黑皮磨削

N460 M26; MEASURE PROBE FORWARD

N470 G4F1; WAITING

N480 M80; CH1 AND CH2 SYNCHRONIZATION

N490 STOPRE

MACNINEING2; 删余程磨削

N500 IF $A_IN[18] == 1 GOTOF LWPOK

; 初始尺寸判别

N510 WHEN $A_IN[15] == 1 DO DELDTG

N520 G1 X1 = R23 + R10 - 0.1 F2; 粗磨尺寸 AC3 发信点

N530 WHEN $A_IN[16] == 1 DO DELDTG

N540 G1 X1 = R22 + R10 - 0.1 F1; 精磨尺寸 AC2 发信点

N550 WHEN $A_IN[17] == 1 DO DELDTG

N560 G1 X1 = R21 + R10 - 0.1 F0.5; 光磨尺寸 AC1 发信点

N570 WHEN $A_IN[18] == 1 DO DELDTG

N580 G1 X1 = R20 + R10 - 0.1 F0.01; 最终尺寸 AC0 发信点

(3) 工件零点坐标的自动校正　磨削时随着砂轮的磨耗及修整，砂轮直径不断减小，如果不及时对工件零点坐标进行补偿，经过一段时间的积累将会导致工件尺寸过大而不能正常工作。工件零点坐标是通过 MARPOSS 量仪的零尺寸信号 AC0 进行校正的，当磨削尺寸余量为零时 MARPOSS 量仪发出零尺寸信号 AC0，此时 NC 读出 $X$ 轴当前坐标值，此值与工件最终尺寸的差值即为新的工件零点坐标。加工程序处理如下：

N570 WHEN $A_IN[18] == 1 DO DELDTG

N580 G1 X1 = R20 + R10 - 0.1 F0.01; 最终尺寸 AC0 发信点

N600 stopre

N610 R80 = $AA_IM[X1]; 读取 X1 轴当前坐标值

N620 R10 = R80 - R20

## 3. 砂轮恒线速的控制

磨削时为了得到稳定的加工质量，要求砂轮保持恒定的线速度。但加工过程中随着磨损，砂轮直径越来越

(下转第 32 页)

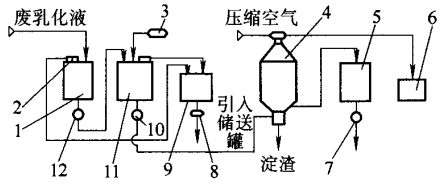



图2 废乳化液回收处理流程示意图

1. 储液箱 2. 去除浮油装置 3. 储酸槽 4. 电凝器 5. 水箱 6、9. 储油罐 7、8. 液压泵 10、12. 泵 11. 破乳箱

箱5等组成。工作时，将使用过的废乳化液先汇流集中到储液箱1内，静置一段时间，使其中的杂质（如碎屑、砂轮粉末等）沉淀于箱底，部分悬浮在液面上的油层利用去除浮油装置2使其导入到储油罐9内。沉淀过的乳化液用泵12吸入到破乳箱11内，而在吸管入口处应装有铜丝网过滤器。破乳箱供乳化液破乳用，为此须从储酸槽3中注入盐酸或硫酸，以调整pH值，并促使油、水分离，而飘浮在破乳箱11中液面上的浮油用去除浮油装置2也导入到储油罐9中，然后用液压泵8将其从罐9内吸出并送到储运罐中。在破乳箱中破乳后的液体再用泵10输送到电凝器4中，通过压缩空气的搅拌使其中油料成悬浮凝结状被分离出来，并将它引入到储油罐6内，而沉渣可从电凝器4的下端排出。经电凝器处理后的净水引入到水箱5中，然后用液压泵7输送到其他循环容器内供再循环使用或取水样化验，合格后即可排放。

根据GB3551的规定，工业污水排放标准须符合如下要求：

pH值为6～9，化学耗氧量（COD）＜100mg/L，含油量＜10mg/L，悬浮物500mg/L。如取水样化验仍达不到排放要求，可将水再通入放置有活性炭的吸附塔内，利用活性炭吸附，去除水中有机污染物质，但用聚沉法处理一吨污水，要用20kg活性炭，很不经济。因此，一般工厂里都用筛余物质——活性炭，作为水质净化吸附剂。所谓筛余就是不符合一定规格的小煤粒。活性小煤粒具有比活性炭更大的表面积，故其吸附效果比活性炭更为理想。

（收稿日期：20050906）

（上接第18页）

小，这就要求砂轮的转速随着直径的变化也按照一定的比例进行调整，以达到砂轮恒线速控制目的。为了降低改造成本，砂轮用普通三相异步电动机和西门子6SE70交流变频调速器驱动，从PLC模拟输出模块输出控制电压。

首先在NC程序中根据预设的线速度和砂轮直径计算出相应的转速并放入*R*参数，然后PLC由FB2功能块从*R*参数读取转速值，经PLC程序换算输出相应的转速指令电压到交流变频调速器，控制砂轮的转速。

PLC程序用FB2功能快读取存放砂轮转速的*R*参数：

```
CALL FB 2, DB123; read NC variable
Req: = M90.0
NumVar: = 1
Addr1: = P#DB120.DBX0.0 REAL 1; 读取 R 参数
Error: = M90.1
NDR: = M90.2
State: = MW92
RD1: = MD100; 读取的 R 参数存放地址
A M 90.2
R M 90.0
AN M 90.0
AN M 90.2
S M 90.0
```

PLC程序将读入的转速值MD100换算后将得到的指令电压输出到PAW530，具体程序如下：

```
L MD 100; 装入转速值
L 2.764800e+004
*R
L 1.500000e+003
/R
RND
T PAW 530; 指令值输出
```

## 四、结束语

改造后机床操作方便、调整简单、运行稳定，彻底解决了原先调整繁琐、加工质量不稳定等问题。改造后机床轴的移动速度、定位精度较原先都有很大提高，为充分发挥机床的潜力，在保证机床工作稳定的前提下对其进行了提速，改造后的加工速度较改造前提高了30%。正是由于840D数控系统提供了强大的功能和友好开放的应用界面，我们才在较短的工期内解决了众多的问题，成功的对该磨床进行了改造。相信随着对840D数控系统的了解，其必将在越来越多的领域内得到更广范的应用。

（收稿日期：20050815）