

基于西门子 840D sl 实现数控机床的主轴换挡控制*

□ 化春雷 □ 张明洋 □ 刘春时

沈阳机床(集团)有限责任公司 沈阳 110142

摘要:以精密卧式加工中心为平台,采用西门子 840D sl 数控系统的 NC-PLC 来实现主轴换挡控制。通过对主轴的调速方法、840D sl 系统的数据接口及主轴换挡机构的特点分析,归纳总结出在数控机床中用 NC-PLC 实现主轴换挡控制的原理及方法。提出主轴换挡的控制流程,并编程实现主轴换挡控制。

关键词:840D sl 控制系统 NC-PLC 主轴换挡

中图分类号: TP273

文献标识码:A

文章编号:1000-4998(2011)06-0011-02

在机床加工过程中,为了保证加工零件的表面粗糙度、形位公差,对于不同的材料需要主轴有不同的转速。主轴的调速一般采用电控或变速箱来实现,前者直接采用变频系统控制主轴的转速,后者则采用不同的齿轮组合实现不同转速的控制。许多机床在设计过程中采用主轴变速箱形式,由于主轴的转速与输出功率必须配套,因此,如果用单一的齿轮比,虽然可以改变主轴转速,但不能充分利用主轴电机的功率。为了兼顾主轴的转速与功率,必须采用不同的齿轮组合。

本台精密卧式加工中心的主轴采用齿轮换挡来进行变速,控制系统为西门子 SINUMERIK 840D sl 数控系统,坐标轴及主轴驱动采用西门子 SINAMICS S120。根据该机床的主轴换挡结构,结合控制系统的优点,通过内置式 NC-PLC 控制程序,对主轴进行换挡控制。

1 主轴换挡的电气设计

1.1 主轴换挡的方式

为了能同时满足对主传动的调速和输出扭矩的要求,以获得恒转矩和恒功率切削,采用 1~3 挡齿轮变速与无级调速相结合的方式,即所谓分段无级变速。采用机械齿轮减速,增大了输出扭矩,并利用齿轮换挡扩大了调速范围。图 1 为四轴卧式加工中心的主轴换挡结

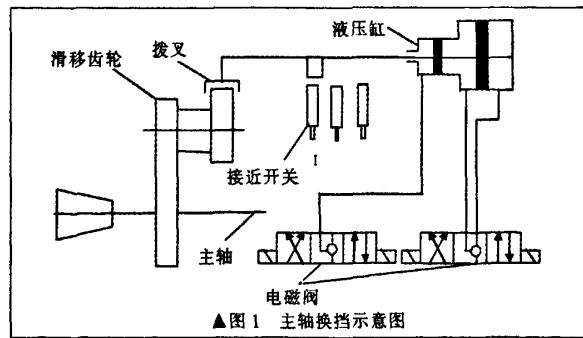
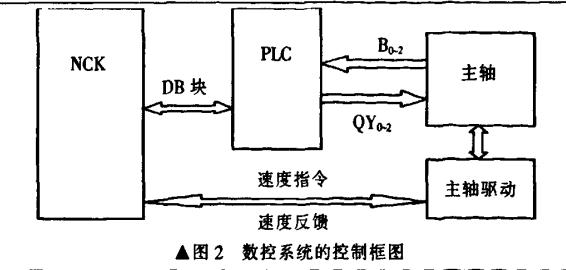
构示意图。

该机床的主轴换挡主要是通过两个三位四通电磁阀来控制液压缸,再由液压缸活塞上连接的拨叉推动滑移齿轮的前后移动来改变齿轮的变换比,实现主轴 I、II、III 挡位的变换。I、II、III 挡位的到位信号由安装在主轴箱的 3 个接近开关来检测确定。

1.2 主轴换挡的硬件连接与数据接口

数控机床在加工时,主轴是按零件加工程序中主轴速度指令所指定的转速来自动运行。NC 通过两类主轴速度指令信号来进行控制,即用模拟量或数字量信号(程序中的 S 代码)来控制主轴电机的驱动调速电路,同时采用开关量信号(程序上用 M41~M43 代码)来控制机械齿轮变速自动换挡的执行机构。PLC 则通过读取存放在主轴数据块(DB3*)中与主轴换挡相关的数据(挡位信号 DBX82.0~DBX82.2 与换挡指令 DBX82.3),从而实时地控制主轴换挡机构进行换挡。在主轴换挡结束后则由 PLC 通过主轴数据块的换挡数据(DBX16.0~DBX16.2 和 DBX16.3)来通知 NCK 换挡结束,PLC 则通过输入输出模块与机床各个机构的输入输出点连接。在主轴换挡的机构中,主轴箱与 PLC 连接的信号点主要由 3 个换挡电磁阀 QY₀、QY₁、QY₂,3 个换挡到位检测开关 B₀、B₁、B₂组成,共同来完成主轴换挡。

数控系统对主轴的控制框图如图 2 所示,在图中对于 NCK 与 PLC 的数据接口,PLC 与主轴之间的信号连接都作了相应的标注。



* 国家重大科技专项(编号:2009ZX04001-025)

收稿日期:2010 年 12 月

2 主轴换挡的实现

主轴换挡是通过数控系统中的 NCK 与 PLC 共同来完成实现的, 主轴换挡的基本步骤如下。

1) 系统执行 NC 程序, 遇到转速命令值不在当前挡位范围内且是自动换挡(M40)时, 或者遇到程编换挡(M41/M42/M43)时, 接口信号 DB3*.DBX82.3 会被 NC 置位, DB3*.DBX82.0~82.2 显示目标挡位信号。同时在屏幕左上角进行提示“Wait for gear ratio change”, PLC 通过数据块读 NCK 发出的换挡指令程序如下:

```

OPN DB [#ActDB] //打开主轴数据块
A DBX 82.3
A DBX 82.0
AN DBX 82.1
AN DBX 82.2
= #TEMP0 //PLC 存储换挡指令的临时变量
A DBX 82.3
AN DBX 82.0
A DBX 82.1
AN DBX 82.2
= #TEMP1
A DBX 82.3
A DBX 82.0
A DBX 82.1
AN DBX 82.2
= #TEMP2

```

2) PLC 程序检测到上述程序中的 TEMP0、TEMP1、TEMP2 有一个为 1 时, 主轴转速降到零(此时 DB3*.DBX61.4=1)后, 置位 DB3*.DBX18.5(摆动速度), 主轴开始摆动。摆动速度由 MD35400 设定, 摆动加速度由 MD35410 设定, 摆动启动时转向由 MD35430 设定, 摆动正转时间由 MD35440 设定, 摆动反转时间由 MD35450 设定, 通常 MD35440 和 MD35450 时间应该不同, 保证主轴在摆动的同时朝某个方向转动, 更容易让主轴挡位齿轮啮合上。

3) 主轴开始摆动(DB3*.DBX84.6=1)后 PLC 根据接口信号的目标挡位控制换挡。

4) 换挡后, 挡位开关信号送到 PLC, PLC 需借助 DB3*.DBX16.0~16.2 通知系统当前主轴挡位, 并置位 DB3*.DBX16.3 通知系统换挡完成, PLC 程序如下, 其中 TEMP3、TEMP4、TEMP5 为换挡到位的开关信号送到 PLC 的值。

```

L 0
AN #TEMP3
JC M003
L 1
JU M002
M003: AN #TEMP4
JC M004
L 2

```

```

JU M002
M004: AN #TEMP5
JC M002
L 3
M002: T #TEMP7
OPN DB [#ActDB] //打开主轴数据块
L DBB 16
L W#16#F8 //取 NCK 当前单位值
AW
L #TEMP7
OW
T DBB 16 //通知 NCK 更新挡位值

```

具体挡位情况见表 1, 系统复位 DB3*.DBX82.3 后会继续执行 NC 程序。

表 1 挡位表

| 参数集 | DB3*.DBX16.2~16.0 | 挡位 |
|-----|-------------------|----------|
| 0 | -- | 轴方式 |
| 1 | 000/001 | 主轴 I 挡 |
| 2 | 010 | 主轴 II 挡 |
| 3 | 011 | 主轴 III 挡 |

为了使换挡过程安全可靠, 在主轴换挡的设计过程中必须注意两个问题: ①换挡的参数设置中各挡速度应该重叠一部分(死区), 不能出现空挡, 如一挡换挡上限是 100 r/min, 二挡换挡下限可以是 80 r/min 或 90 r/min, 但不能是 110 r/min。②在换挡过程中欲进行主轴换挡, 必须把主轴的转速降为零才可以进行换挡操作, 否则会造成齿轮碰撞。

3 结束语

主轴是机床高速旋转的运动机构, 是数控机床的重要部件, 其性能直接影响工件的加工质量。因此对主轴换挡处理的得当, 不仅可以提高机床的加工精度, 而且可以延长主轴的使用寿命。

主轴换挡作为数控机床重要的电气设计过程之一, 通过 PLC 程序的设计、现场实际情况的调试与修改、报警提示与错误的分析处理, 已基本实现主轴的自动或手动换挡。在换挡过程中应保证对换挡挡位情况实时提示, 对换挡超时等情况要提出明确的报警, 并在程序中作相应处理, 禁止主轴换挡来保护机床主轴。

参考文献

- [1] 邹方. PLC 实现机床主轴自动换挡 [J]. 航空制造技术, 1999(5).
- [2] 王佩夫. 用数控机床 PLC 的功能指令实现主轴换挡控制 [J]. 上海电机技术高等专科学校学报, 2001, 4(3).
- [3] SIEMENS SINUMERIK_SINAMICS [Z]. 2009.

(编辑 丁 翼)