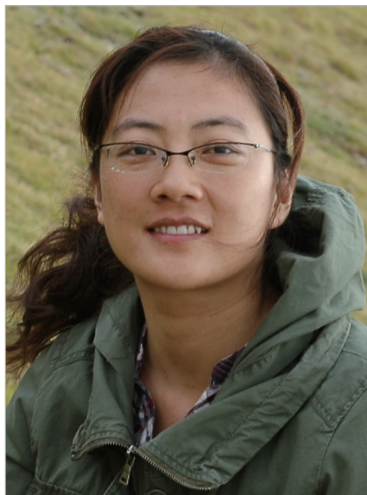


数控加工中心电主轴星三角转换控制技术的开发及应用

Development and Application of Star Delta Conversion Control Technology for Electric Spindle of NC Machining Center

济南二机床集团有限公司 崔晓艳 宿建友



崔晓艳

济南二机床集团有限公司数控机床电气工程师,从事数控机床的设计开发和调试工作,拥有一项国家发明专利,多项主管数控产品通过省级创新项目验收。

随着电力电子和数控技术的进步,高速电主轴技术已开始广泛应用于航空、航天以及模具等行业,由于此项技术不仅可以获得更高的生产率,而且能够获得很高的加工质量,降低生产成本,因此数控机床用电主轴高速化已成为目前发展的普遍趋势,正在成为当今金切加工的主流技

术。而随着机床技术、高速切削技术的发展和实际应用的需要,对机床电主轴的性能也提出了越来越高的要求,多数数控机床需要同时满足低速粗加工时的重切削、高速切削时精加工的要求,因此,机床电主轴应该具备低速大转矩、高速大功率的性能。现在越来越多的电主轴生产厂家开发出的加工中心用电主轴,可以在星形和三角形连接方式下运行,不仅可以满足用户对电主轴的高速加工要求,同时也能满足低速下的大转矩加工要求,使电主轴的使用范围更加广泛。

目前,单纯通过增加数控设备和设备种类,并没有带来产品制造能力明显的提升,数控加工中心通过使用电主轴星三角转换运行技术后,满足了不同的加工要求,扩大了数控加工中心的加工范围,满足了航空航天制造领域高速、高效切削为特征的高性能切削加工的要求,提高了数控加工中心的利用率。

作为使用这种星三角转换运行结构的电主轴的机床厂家来说,如何实现电主轴星三角的安全切换,保证

数控机床的正常运行,保护电主轴和伺服驱动模块的使用寿命,既能发挥电主轴的高速特性,又能发挥电主轴低速大转矩加工的特点,是一项关键的控制技术。济南二机床集团有限公司利用西门子 840D 数控系统成功实现了额定转速 12000r/min 的电主轴的星三角转换运行。

电主轴星三角运行特点

常规电主轴使用时,只能限制小进给量加工,使用星三角转换运行技术后,可以在星形运行状态下实现大进给量加工。例如,三角形运行方式下主轴扭矩连续工作能达到 $155.9\text{N}\cdot\text{m}$;而星形运行方式下连续工作时的扭矩可达到 $305.6\text{N}\cdot\text{m}$ 。

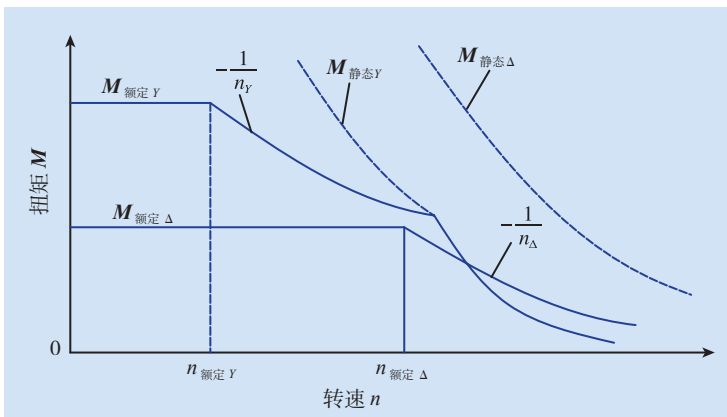


图1 电主轴星三角运行速度-扭矩图比较

电主轴在星形接法运行时电主轴扭矩高,最高转速达到 3000r/min;在三角形接法运行时扭矩相对小,转速可达到 12000r/min。从图 1 可以看出在不同的接法运行时,速度相同但扭矩是明显不一样的。

在低速阶段,相同的转速时转换为星形接法运行,可以使电主轴产生高扭矩。

电主轴主电路星三角转换电路图

对图 2 电路图中电主轴主电路接触器控制动作有如下要求:

(1) 星形时保证 K_x 、 K_2 接触器

吸合, K_1 不吸。

(2) 三角形时保证 K_x 、 K_1 接触器吸合, K_2 不吸。

加入 K_x 接触器是为了构成一个可靠的安全回路,因为仅打开 K_1 和 K_2 并不能确保回路安全。 K_x 接触器只有确保 K_1 、 K_2 其中一个接触器吸合另一个接触器断开时才能吸合,因此,必须考虑从硬件连接继电器控制回路中设置安全互锁,如图 3 所示。

PLC 控制程序的设计

1 设计控制程序首先满足的因素

切换时为了保证数控驱动系统不出故障,切换过程中减少电流冲击

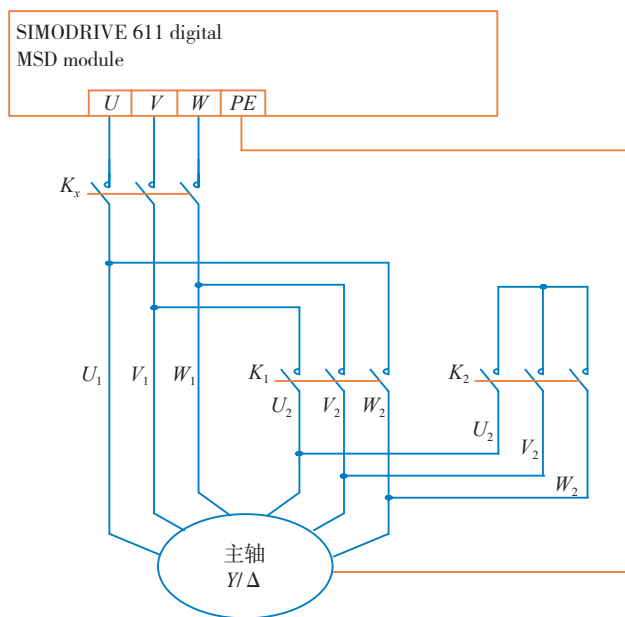


图2 星形/三角形连接切换电路图

和产生电火花,电主轴必须处于停止运转状态,即保证速度为零;必须保证接触器切换的时间不能小于 0.5s。

2 分析西门子 840D 系统星三角转换功能块 FC17

理解 FC17 控制的星三角转换的逻辑动作。如下动作时序图见图 4:

- 星形转换为三角形;
- 三角形转换为星形。

从图 4 可看出, FC17 功能块控制的逻辑动作分为以下 6 个步骤:

(1) 通过外接指令向 NC 发出转换指令。

(2) 告知 NC 取消主轴“电机选择”接口信号,即 DB34.DBX21.5=0。同时去掉脉冲使能信号。

(3) NC 选择“电机选择 A”接口信号 DB34.DBX21.3=1,系统进入转换过程。

(4) FC17 接到 NC 将 DB34.DBX21.7 置零后 DB34.DBX93.7=0,并告知 PLC。

(5) 系统确认驱动已进行电机选择, FC17 等待延时时间到后,将当前的控制转换输出信号复位为零,当前吸合的接触器打开。

(6) 系统再次延时后,要求的控制转换输出信号强制为 1,另一个接触器吸合,将电机选择接口信号 DB34.DBX21.5 置为 1,允许电机可以在选择的电机转换方式下运转。

3 编制电主轴星三角切换控制程序

```

AN DB34.DBX61.4 // 主轴静止状态
JC STAR
A I7.0 // 星三角切换键
FP M 99.0
JCN STAR
AN Q5.0 // 主轴处于星形运转状态指示灯
= Q5.0 // 主轴处于星形运转状态指示灯
STAR: I7.0 // 星三角切换键
= DB2.DBX182.1 // 主轴转速不为零不能进行切换提示。
    
```

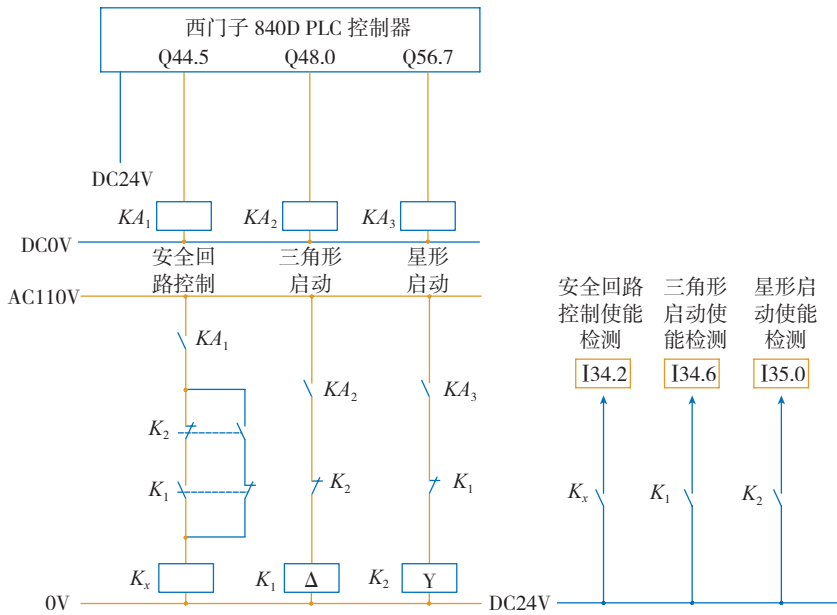


图3 电主轴电机接触器控制回路图

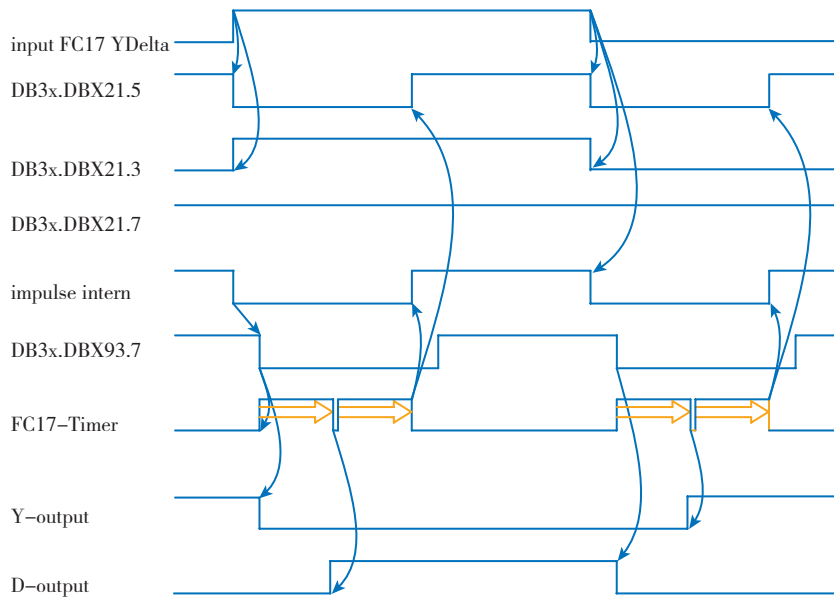


图4 星三角转换时序图

AN Q5.0 // 主轴处于星形运行状态指示灯
 = M 99.1 // 电机默认是三角形运行方式。
 CALL "YDelta" // 调用西门子功能块 FC17
 YDelta :=M99.1 //M99.1=1
 DELTA M99.1=0 STAR
 SpindleIFNo:=4 // 主轴号
 TimeVal :=S5T#1S // 计时时间

TimerNo :=41 // 计时器号
 Y :=Q56.7 // 星形继电器吸合控制输出点
 Delta :=Q48.0 // 三角形继电器吸合控制输出点
 Ref :=MW50
 O I34.6 // 三角形控制接触器使能信号
 O I35.0 // 星形控制接触器使

能信号

= Q44.5 // 电主轴电机安全控制回路接触器控制输出点

A I34.6 // 三角形控制接触器使能信号

A I34.2 // 安全控制接触器使能信号

= Q4.6 // 指示灯提示主轴处于三角形运行状态

4 设置电主轴参数

根据电主轴厂家提供的电机参数表,在西门子 840D 系统中配置电机参数,分 5 步设置:

第一步:选择电机→将电机 1 设为电主轴星形运行的参数,输入参数后要求数控系统计算数据,生成与电机匹配的电机参数(注意:1100 是代表驱动模块,1150 磁通控制 P 增益)。

第二步:同样方法,将电机 2 设置为电主轴三角形运行时的参数,注意设置好 1062、2062 (关闭保持制动转速)参数。

第三步:检查一遍加入数控系统的电机参数。

第四步:激活西门子系统星三角转换功能,设 1013=1,激活 FC17 功能块。

第五步:主轴轴参数的设置要求。

主轴设置参数按三角形的主轴最大参数设置,并且特别注意电主轴无刀夹紧时要激活 35160 的速度限制,即无刀时不允许主轴高速运转。

电主轴星三角形分别试运转

1 接线方式

根据主电路图检查接线,保证接线必须正确。

2 接触器动作顺序检查

为安全起见,首先电机不接动力线进行接触器动作顺序试验,确保电主轴星形运行时 K_x 、 K_2 接触器吸合, K_1 不吸。切换为三角形时,保证 K_x 、 K_1 接触器吸合, K_2 不吸,并且反复试验 K_1 、 K_2 之间切换的间隔时间,力求

达到最佳切换。

3 试运转

在星形接法下试运转,检验它的最大速度是否符合要求。在星形接法下试运行时,其最大速度不超过由电机参数 1146 设置的限速值 3000r/min。试验证明,与轴参数 35100 的最大主轴速度值无关。

在三角形接法下试运转,检验它的最大速度是否符合要求。在三角形接法下试运行时,其最大速度不超过由电机参数 2146 的限速值 12000r/min。- 试验证明,主轴转速在 12000r/min 范围内运转正常(提示:星三角转换只能在速度模式下转换,不能在轴模式下执行 M70 或 SPOS 指令后进行)。

4 电主轴电流环、速度环优化

对星形和三角形连接方式下的电主轴进行电流环和速度环优化,优化电主轴运转后,电主轴的运转达到最佳的静态特性和动态特性。

应用

面对航空航天等产品的零件加工的复杂化和整体化,电主轴星三角转换运行技术的应用发挥了巨大作用。大型飞机的机身、机翼是飞机上的关键零部件,具有尺寸大、曲折面多的特点,加工起来难度很大,留有的加工余量大小不一,用普通机床加工时周期长,刀具磨损严重且加工振动明显,加工零件表面存在大量振纹。飞机零件加工厂家使用了电主轴星三角转换技术,对加工零件余量大的部位,将电主轴转换成星形接法运行,采用大切削深加工,充分发挥了电主轴低转速大扭矩的优点。加工过程中电主轴的温升正常,噪音符合要求,有效延长了电主轴及刀具的使用寿命。使用三角形接法运行,能满足电主轴高转速、宽调速范围、高速瞬间准停的动态特性和静态特性的要求,刀具进给持续,运动轨迹光

滑,确保了加工出来的零部件表面质量一致性。加工的零件在满足技术指标要求的同时,效率提高了 200%,生产周期由原计划的 30 天提前到 15 天。总之通过电主轴星三角转换运行技术的使用,实现了大型零部件一次装夹完成多次的切削加工,解决了该类零件加工中存在的周期长,成本高,精度难以控制等问题。通过用户对该技术的实际应用,验证了该技术的有效性。

结论

目前,单纯通过增加数控设备和设备种类,并没有带来产品制造能力明显的提升,数控加工中心通过使用电主轴星三角转换运行技术后,满足了不同的加工要求,扩大了数控加工中心的加工范围,满足了航空航天制造领域高速、高效切削为特征的高性能切削加工的要求,提高了数控加工中心的利用率。 (责编 良辰)

ICAM PSE解决方案-充分发挥数控机床性能

致力于服务航空工业40年!



您明智的选择!

- 基于同一平台的后处理器与G代码仿真解决方案
- 同一后处理器支持多CAD/CAM系统
- 可视化后处理器 - 边后置边仿真





www.icam.com



E3217展厅



D508展厅



魁北克馆



宏博远达
ICAM航空航天经销商

广告索引号 12-083

ICAM中国办事处
地址: 上海市长宁区长宁路1027号兆丰广场1901室
电话: 021-5241-1176
手机: 138-1656-4226