

双主轴机床的双轴耦合设计

Couple Function Design of Dual-Spindle Machine

中航工业北京航空制造工程研究所 王 茜

[摘要] 本文主要介绍了 G3S 30100 J 三坐标双主轴机床功能的设计与实现及调试。机床在电气设计上通过 PLC 和 NC 的交互以及大量制造商循环 NC 程序,对数控系统进行动态配置,从而实现单主轴或双主轴耦合加工及单、双主轴的测量、换刀等其他功能。

关键词: 双主轴机床 控制 调试

[ABSTRACT] The design of G3S 30100 J dual-spindle machine function, implementation and debugging are presented. Through the interaction of PLC and NC as well as a large number of OEM cycle NC program in the electrical design, dynamic configuration of the NC system is carried out in order to achieve a single or dual-spindle coupling processing and the other functions of single or dual-spindle.

Keywords: Dual-spindle machine Control Debugging

双主轴加工中心是欧洲机床企业应汽车制造业的要求开发的新产品,可以同时加工 2 个工件,成倍提高了加工效率。本文介绍的三坐标双主轴数控龙门铣床是应用国外成熟技术,吸收先进的制造、控制、调试技术,结合国内航空零件加工特点及条件设计制造的,机床具有高刚性、高精度、高可靠性等特点,适合加工以钛合金、合金钢等黑色金属材料以及以铝合金等轻金属材料制成的各种复杂型面飞机零件。

1 机床的总体介绍

机床由功能先进的 SINUMERIK 840D 数控系统进行控制,采用单通道、双主轴控制。双主轴机床是在同一龙门架上,2 个铣头滑板在横滑板上的垂向移动(2 个主轴分别在 2 个垂滑板上: Z_1 轴和 Z_2 轴),既可同步运动,也可分别控制运动。每个主轴头具有独立的 Z 向驱动,可单独加工 1 个零件,也可同时加工 2 个同样的零件。机床结构如图 1 所示。

2 机床双轴功能的实现

2.1 双轴工作方式



图1 机床总体结构

Fig.1 Overall machine structure

先介绍双主轴的操作方式,在 JOG 方式下,通过 MCP (机床操作面板)上“SP1、SP2”2 个键选择要使用的主轴,既可以选择 1 个主轴加工也可以选择 2 个主轴同时进行加工。根据主轴选择的模式决定加工方式,主要分为以下 2 种模式:

(1) 双主轴同时加工时, SP1、SP2 同时选择, SP1 为主轴, Z_1 为几何轴, 2 个主轴耦合, Z_1 、 Z_2 轴耦合;

(2) 单个主轴加工时,选择 SP1 或是 SP2,则 2 个主轴脱开耦合, Z_1 、 Z_2 轴脱开耦合。

2.2 双轴耦合的 NC 编程语法

下面介绍一下双轴耦合的 NC 编程语法,双轴耦合有 2 种编程指令可用,一种是“Trail”指令,另一种是“Couple”指令(需要 Siemens 数控系统功能支持),本机床采用的是“Trail”指令编程。

下面是编程的具体形式:

TRAILON (从动轴,主动轴,耦合因子);激活耦合轴组。

TRAILOF (从动轴,主动轴);关闭耦合轴组。

下面是系统变量的状态,可以通过读取此变量的值来判断耦合轴,还可以在 NC 程序中应用:

$\$AA_COUP_ACT[axis] = 0$; 没有耦合轴激活。

$\$AA_COUP_ACT[axis] = 8$; 激活耦合轴。

从动轴和主动轴之间的耦合因子可以通过数控编程指定,耦合因子指定主动轴和从动轴之间在路径上想得到的运动比率。耦合因子的类型为实数型。下面是耦合因子的计算公式:

$$\text{耦合因子} = \frac{\text{从动轴路径}}{\text{主动轴路径}} \quad (\text{路径包括速率和方向})。$$

如果耦合因子在 NC 程序中没有指定,则系统默认

耦合因子为“1”,此时从动轴跟随主动轴做相同的运动,若是输入的数值是负数,则主动轴和从动轴做反向运动。具体过程如图2所示。

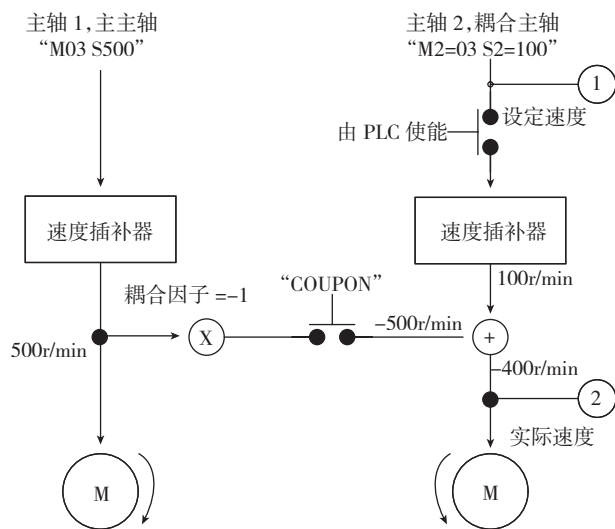


图2 2个耦合轴出现不同速度的过程

Fig.2 Process of two coupled spindle appearing different speed

由此可见,2个主轴既可以相同的速度耦合也可以不同的速度耦合。

3 NC-PLC 处理方法

3.1 变量地址及通信的方式

表1是主轴1和主轴2的PLC地址和PLC_NC通信途径。

利用变量 \$A_IN[9] 和 \$A_IN[10] 的值可以用来控制双主轴刀具冷却和松、夹刀控制。图3是机床PLC与SIEMENS 840D 数控系统进行通信的方式。

表1 2个主轴对应的地址定义及变量

名称	I/O地址	生效的含义	变量名称	变量的PLC地址
SP1	E7.3 A5.3	选择主轴1	\$A_IN[9]	DB10.DBX123.0
SP2	E7.2 A5.2	选择主轴2	\$A_IN[10]	DB10.DBX123.1

3.2 双主轴的耦合与脱开耦合的NC编程处理

机床在自动方式下进行零件加工时,会用到换刀、换挡等一些功能,为了简化工艺和操作人员零件编程,编制了NC程序:“L90”、“L91”、“INIT_Z”供使用者调用。下面介绍一下各个程序的功能:

(1) L90 /L91 双轴耦合 / 取消耦合程序,用于双主轴及双Z轴的耦合 / 脱开耦合。

L90: 耦合2个主轴并同时耦合2个Z轴。要先恢

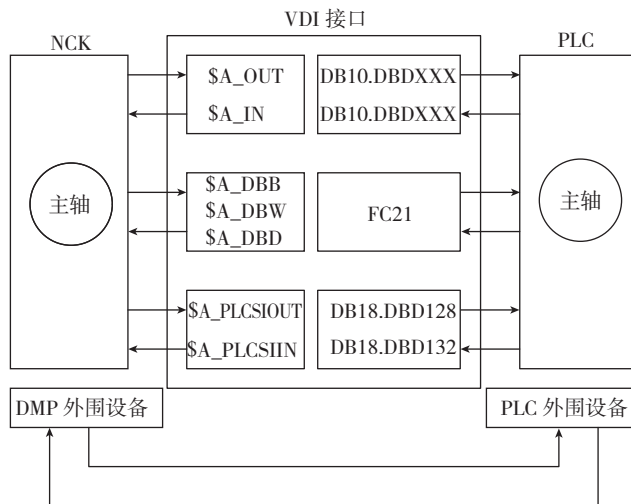


图3 NC-PLC通信方式

Fig.3 Communication mode of NC-PLC

复机床的几何轴和主主轴的设置,然后是先将双Z轴耦合,接下来将2个主轴耦合,最后将主轴1设置为主主轴,将Z₁轴设定为机床几何轴。这时机床的加工程序中只需要一个Z坐标的位置,Z₂坐标轴和主轴2将跟随Z₁坐标轴和SP1运动。L90执行的前提条件是MCP上2个主轴要同时选择。

L90 节选

Spindle1_2_selected:

GEOAX()

STOPRE

TRAILON(Z2,Z1)

STOPRE

TRAILON(SP2,SP1)

STOPRE

SETMS()

STOPRE

GEOAX()

L91: 取消双轴耦合状态,并恢复系统参数的主主轴和几何轴的设置。

L91 节选

IF COUP_OK==0;*RO*

RET

STOPRE;*RO*

SBLOF;*RO*

GEOAX()*;RO*

STOPRE;*RO*

TRAILOF(SP2,SP1)*;RO*

STOPRE;*RO*

TRAILOF(Z2,Z1)*;RO*

STOPRE;*RO*

SETMS(1);*RO*

RET;*RO*

(2) “INIT_Z” 程序是 Z 坐标位置初始化程序。

机床可以同时加工 2 个相同的零件,但是零件毛坯的厚度可能会有不同,机床配备 Renishaw RMP60 工件测头,可以进行工件的找正测量,通过测量可以得到相应的 Z 坐标零点,工件测量后的 Z_1 、 Z_2 值赋值到 G54(机床工件坐标系),程序 INIT_Z 使用 G54 中的坐标值,计算 Z_1 、 Z_2 坐标的偏差值,对其进行调整,实现 Z 坐标的台阶耦合,如图 4 所示。



图4 机床加工NAS零件

Fig.4 Machine in processing of NAS parts

3.3 双主轴机床换刀及测量功能的设计与调试

3.3.1 机床换刀功能

本机床是双主轴配备单刀库,换刀方式采用主轴直接到刀库中抓刀。根据主轴选择的情况,可以分为单主轴换刀和双主轴换刀 2 种情况。

- 单主轴换刀。选中的主轴在换刀时被设定为主主轴,相对应的 Z 轴设定为几何轴,执行换刀指令 T="AAA" (AAA 为刀具表中刀具名称),换刀结束后将刀具补偿值在通道中生效。

- 双主轴换刀。2 个主轴同时加工时换刀,要先脱开耦合的轴,然后 2 个主轴顺序换刀,换刀结束后 840D 系统只有主主轴的刀具补偿值生效,并加载到通道中。所以在换刀程序中对 SP2 的刀补值要进行处理,通过 NC 程序将 SP2 刀补值通过系统变量 \$TC_MPP6 写到刀库管理相应的刀具补偿值中,供操作者查阅。换刀完成后,要恢复轴的耦合。

3.3.2 机床测量功能

机床配备 Renishaw 工件测头 RMP60 和刀具测头 NC4。可以实现工件找正、工件测量,及刀具测量、刀具破损检测等功能。由于 Renishaw 测量软件只支持单主轴测量,所以要对测量软件进行二次开发,通过系统变量 \$a_in[9], \$a_in[10] 的值来判断主轴的选择,通过系统变量 \$a_in[11] 来判断机床的耦合状态,如果 2 个主轴和 Z 轴是耦合轴,就要先脱开耦合,然后根据主轴的选

择情况进行测量:

SPI1_SEL=\$a_in[9] ;Spindle1 selected;*RO*

SPI2_SEL=\$a_in[10] ;Spindle2 selected;*RO*。

4 调试过程中的问题及解决方法

4.1 调试过程中遇到的问题

调试双轴耦合功能时,将第二主轴切换为第一主轴时,出现报警:14414 Channel 1 block GEOAX function: incorrect call。后单独测试 GEOAX () 指令, GEOAX (3, Z2) —— 将 Z_2 轴设置为几何轴,仍出现报警 14414。

经查,参数 MD 10000 和 MD 20080 设定不一致导致上述报警,更改参数如表 2 所示。

表2 机床参数设定对照

参数号	参数描述	注释
10000	AXCONF_MACHAX_NAME_TAB[0]=X ₁	轴名称
10000	AXCONF_MACHAX_NAME_TAB[1]=Y ₁	轴名称
10000	AXCONF_MACHAX_NAME_TAB[2]=Z ₁	轴名称
20080	AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[0]=X ₁	通道轴(原为 X)
20080	AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[1]=Y ₁	通道轴(原为 Y)
20080	AXCONF_CHANAX_NAME_TAB[2]=Z ₁	通道轴(原为 Z)

参数更改后,报警消除,几何轴切换生效。

4.2 有一个主轴故障时的处理方式

机床加工过程中出现某一主轴损坏,不能正常工作时,机床可以作为单主轴机床使用。只是需要在系统里屏蔽损坏主轴的驱动配置并修改相关机床数据,若是机床默认的主主轴损坏,还要将副主轴设定为主主轴,将 Z_2 轴设置为几何轴。

主轴参数是否屏蔽,可以通过 PLC 程序对相应的 DBX65.6 数据位进行检测,当主轴参数 MD30130 (CTRLOUT_TYPE)/MD30200 (NUM_ENC_S)=0 时,则“DBX65.6=0”,此时可以判定主轴在参数上禁止。参数禁止后机床 MCP 上对应的主轴将无法选择,与其对应的液压、冷却、润滑设备将自动关闭,当选择此主轴或是对主轴进行加工编程时,系统的 PLC 会给出相应报警信息提示。

5 结束语

近年来加工制造业的快速发展,对现代制造技术设备提出了更高的要求。在这些行业的生产线上大量的数控机床在使用,其零件的加工精度和加工效率也在不断地提高,本文介绍的双主轴机床具有自动换刀、刀具测量和工件找正、测量功能,可以很大程度地提高机床的加工效率,提高零件加工质量。 (责编 夏宛)