

基于西门子数控系统的机床换刀安全设计

Safety Design of Tool Changing Based on Siemens NC System

北京航空制造工程研究所
成都飞机工业(集团)有限责任公司

高 诚 石 敏 邓 凌
程 志

[摘要] 以五坐标数控龙门铣床换刀设计为例,通过数控系统参数定义机床换刀点,并实时监控换刀状态,处理五轴特殊加工指令带来的换刀问题,提供了一种安全高效的解决方案,满足了客户要求。

关键词: 机床刀库 系统参数 安全设计 冗余设计

[ABSTRACT] Tool changing design of a 5-axis gantry milling machine is taken as an example to define tool changing point through NC system parameters, to monitor tool changing status at real time and to resolve tool changing problem caused by special machining command. An safe and effective solution is provided to meet customers' demand.

Keywords: Tool ware house System parameter Safety design Redundancy design

刀库作为高档数控机床必不可少的组成部分,其主要作用在于减少加工过程中的非切削时间,以提高生产率、降低生产成本,进而提升机床乃至整个生产线的生产力。在机床的使用过程中,刀库也是最容易出现问题环节,尤其在机床换刀过程中。

本课题利用西门子数控系统提供的制造商全局变量(MGUD)、数据保护等级管理及五轴指令安全冗余设计,解决了换刀过程中的一些关键的安全问题,并在自行设计制造的数控机床中得到了很好的应用。

1 机床换刀目前存在的安全问题

1.1 换刀点坐标的安全隐患

当机床使用时间较长,机械方面已无法或不方便调整时,需要对换刀点的坐标重新设定。目前普遍的做法是开放制造商换刀程序,由维护人员自行更改。但是这种做法操作复杂,一方面会导致机床制造商的换刀程序开放,另一方面会带来人为误修改的隐患。

1.2 五轴功能指令带来的换刀故障

随着我国加工制造业整体能力的提升,五轴联动机

床的应用范围也越来越广,随之而来的机床安全设计给国内机床厂商带来了很大的挑战。如果在设计换刀程序时对数控系统的五轴功能的指令考虑不周,就会在机床换刀时出现故障,造成不必要的损失。

2 机床换刀安全设计方案

2.1 机床换刀安全设计基本构架

针对目前机床换刀时存在的若干问题,只有把用户的操作和机床制造商信息物理隔离,才能最大限度地保证机床的运行安全。刀库换刀安全设计的基本构架正是源于这种理念,通过人机界面和中间变量来隔离二者,基本构架如图1所示。

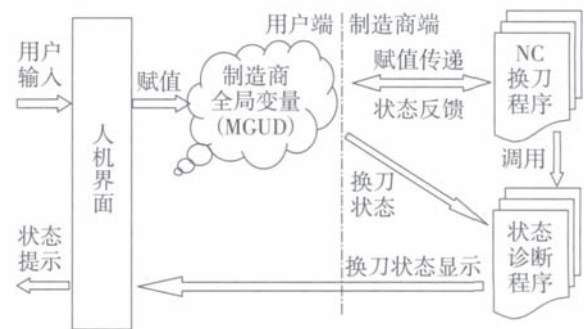


图1 机床换刀安全设计基本构架

Fig.1 Basic framework of tool changing safety design

图1描述了机床换刀安全设计的基本构架。用户通过人机界面输入换刀点的坐标及主轴定位,这些信息赋值到对应的MGUD变量。在换刀过程中,NC换刀程序通过MGUD变量读取换刀信息,执行换刀动作,同时将换刀状态记录到MGUD相关变量。为了让用户实时了解换刀状态,NC换刀程序调用换刀状态诊断程序,诊断程序通过读取MGUD中换刀状态变量,分析处理后,将换刀状态反馈到人机界面上,实现对机床换刀的实时监控。

2.1.1 刀库换刀点安全设计

① 利用制造商全局变量采集刀库换刀点坐标。

为了方便机床维护人员设定换刀点坐标,避免现场操作人员误操作,本课题选用制造商全局变量(MGUD)作为人机界面和换刀程序的桥梁传递换刀点信息。MGUD 变量中定义的变量可以安全方便地在我机界面和换刀程序中进行操作,并通过数据保护等级管理实现数据读写权限设定。这些特性,使 MGUD 成为机床换刀安全设计的核心元素。

以一台五坐标龙门铣床为例,机床换刀点需要设定 X、Y、Z、A、C 的坐标值以及主轴定位,例如定义为 TM_X、TM_Y、TM_Z、TM_A、TM_C、TM_SP,换刀状态监控变量 TM_MES,则 MGUD 定义文件如下:

```
%_N_MGUD_DEF
; $PATH=/_N_DEF_DIR
APW 3          ; write right end user
APR 7          ; read right key switch 0
DEF REAL TM_X  ; Tools changing position X
DEF REAL TM_Y  ; Tools changing position Y
DEF REAL TM_Z  ; Tools changing position Z
DEF REAL TM_A  ; Tools changing position A
DEF REAL TM_C  ; Tools changing position C
DEF REAL TM_SP ; Spindle index position
DEF REAL TM_MES ; Tool changing message
M17
```

加载并激活 MGUD,即可在我机界面中操作这些变量,如图 2 所示。加载 MGUD 定义文件时,对于可能出现的报警,主要原因在于系统设定的内存容量不够,需要通过相关参数扩容。

对于具有高级权限的机床维护人员来说, MGUD 变量操作方便,同时由于变量读写权限的保护,可以避免普通机床操作人员的误操作,提高了机床换刀点坐标设定的安全性。

② 换刀点坐标在换刀程序中的设计。

机床制造商通过 MGUD 读取换刀点坐标,换刀动作中涉及的坐标动作和主轴动作,可采用以下程序格式:

```
G90 G00 X=TM_X Y=TM_Y Z=TM_Z F10000
A=TM_A C=TM_C
```

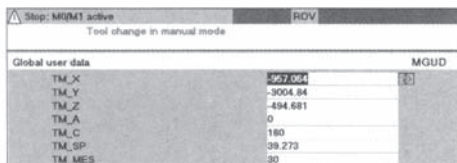


图 2 刀库换刀点安全设定界面

Fig.2 Safety setting interface of tool changing parameter

```
SPOS=TM_SP
```

换刀程序使用 MGUD 变量的设计,保护了机床制造商的换刀程序,避免了用户的误修改,提高了机床换刀的安全性。同时,对于制造商而言,这种方法提高了换刀程序的可移植性,简化了的工作流程,提高了机床制造效率。

2.1.2 换刀过程的监控

机床的换刀过程由一系列复杂的动作组成,换刀步骤多、逻辑顺序强。实时监控机床的每一步换刀动作,可以帮助操作者了解当前机床状态并做出快速诊断。由于换刀过程复杂,若采用 PLC 程序监控,会有占用的报警地址多、报警文本编写繁琐等缺点。但是利用 MGUD 变量和换刀状态诊断程序,可以方便地在我机界面上显示换刀过程中的所有状态,有利于处理换刀中断事故,提高机床检修效率。

以手动换刀动作为例,在换刀程序(TM.SPF)中赋值 TM_MES 变量记录换刀动作,并调用换刀状态诊断程序(TMM.SPF),程序如下:

```
if $a_in[1]<>0 gotof MES ; Manual mode
...
```

```
MES:
```

```
TM_MES=10          ; Define TM_MES
```

```
TMM                ; Call TMM.SPF
```

其中,变量\$a_in[1]采集当前换刀模式,判断当前机床是否处于手动换刀状态。

机床制造商换刀状态诊断程序(TMM.SPF):

```
%_N_TMM_SPF
STOPRE
CASE (TM_MES) OF 10 GOTOF LN10 20 GOTOF
LN20 30 GOTOF LN30 40 GOTOF LN40 50 GOTOF LN50
LN10:MSG ("Tool change in manual mode ")
M00
GOTOB LN10
...
MSG ("")
STOPRE
RET
```

通过参数 TM_MES 的赋值和程序 TMM.SPF 的调用,用户即可在我机界面上实时监控当前的换刀状态,参见图 2 信息栏中显示的“Tool change in manual mode”。

2.2 五轴加工指令引起的换刀安全设计

在五轴机床加工过程中的换刀动作往往会受到五

(下转第 100 页)

磨损、切屑形成、工件变形、切削温度、残余应力、材料性能等),才能对加工过程进行更真实的预测。物理仿真是一种更深入、更复杂的仿真。几何仿真与物理仿真的结合将是数控加工工艺仿真的发展趋势,只有把切削过程中的物理机理研究透彻,才有可能实现真正意义上的工艺仿真。

② 与 CAM 系统、后置处理系统、程序优化系统集成。为了更全面地参与数控程序从编制到加工的全过程,数控加工仿真软件与 CAM 系统、后置处理系统及程序优化系统更紧密地集成将是其发展的趋势。CAM 软件具有相对简单的程序验证功能,现在大型的 CAM 系统的发展趋势是将加工仿真模块集成在 CAM 系统中,在数控程序编制后立即仿真。加工仿真软件与各种 CAM 系统的接口及兼容性不断增强,能够导入各种 CAM 系统生成的数控程序,也可以导入手工编制的文本格式数控程序,支持 G 代码和 APT 格式的刀轨文件。加工仿真与后置处理的集成,可使数控程序后置处理和加工仿真同步完成,满足不同用户的不同需求。

程序优化功能集成在仿真系统中也是仿真软件的一个重要发展趋势。数控程序在经过仿真验证后,就需要进行程序优化工作。因为优化之后还要进行仿真,所以这 2 项工作交替进行。程序优化功能可以根据切削情况和刀具性能自动分配最佳的进给速度:当要切削的材料减少时进给速度就提高;当切削刀具遇到更多的材料时进给速度就会下降,或通过调整切削宽度和切削深度来保持刀具恒定的切除率。程序的优化功能可明显提高加工效率,或改进加工零件表面的质量。

③ 仿真系统支持的加工类型不断增加。仿真软件一般都能支持三轴铣削、钻削、车削、线切割、电火花加工,而仿真系统的发展趋势是所支持的加工类型不断增加,例如高速铣削、五轴铣削、并联机床多轴铣削、车铣复合、多电极加工、多轴磨削、模拟机床探测头等,某些专用机床及空间 NURBS 曲线插补的仿真也将得到发展。

数控程序的指令十分复杂(例如西门子 840D 数控系统的程序指令有数百个),加工仿真软件要想真正解析仿真所有的数控程序指令还有很长的路要走。随着数控机床的功能和加工工艺的不断发展,仿真系统的功能也将不断加强。

5 结束语

某大型钛合金飞机承力框,数控加工工时长达 2 000 多 h,数控程序多达上千条,没有试切材料和试切周期,

最终精度全由数控加工来保证,不允许出现任何质量问题,数控加工的压力和风险极大。研究采取了多种工艺措施来保证加工质量,其中数控加工仿真软件起到了最重要的作用。通过对数控程序进行数十次模拟仿真切削验证、比较切削模型与设计模型等一系列技术手段,在加工前发现了程序几十处小错误,最终保证了程序的正确性,确保了零件一次加工合格。

数控加工仿真和优化软件,基本取代了传统的切削试验方式,通过模拟仿真整个机床加工过程、校验加工程序的正确性,对发现程序错误和改进加工工艺有很大帮助。提高加工仿真软件的应用技术水平将对我国航空结构件数控加工质量和效率的提高有很大帮助。

(责编 小颖)

(上接第 97 页)

轴加工指令的影响,无法完成正常换刀。如果工艺人员在设计加工程序时对五轴加工指令考虑不周,就会出现换刀故障。工艺人员可以通过改进加工程序的方法来避免故障的发生,但为了方便用户的使用,防止工艺人员设计失误,本课题在换刀程序中增加了对五轴加工指令的安全冗余设计,来保证现场工作的安全高效。

以使用刀尖编程指令 TRAORI 为例,如果在换刀时没有取消 TRAORI 功能,则会出现机床无法到达换刀位等故障。因此,设计换刀程序时,首先应取消 TRAORI 功能,并将 TRAORI 对应的系统通道参数(Transformation active[3])赋值到变量 \$a_in[2] 中,再通过该变量判断是否在换刀完成后执行 TRAORI,程序如下:

```
%_N_TM_SPF
TRAFOOF ;Cancel Transformation
If $a_in[2]<>0 gotof TRA ;Active Transformation
...
TRA:
TRAORI ;Active Transformation
M17
```

通过上述设计,机床在实际使用过程中避免了五轴加工指令对换刀动作的影响,提高了机床换刀安全性。

3 结论

① 利用 NC 换刀程序与 MGUD 变量的交互实现了换刀点坐标的安全设定,方便了机床维护人员的检修。

② 利用 MGUD 变量实现了换刀状态的实时监控。

③ 利用通道参数和冗余设计实现了五轴加工指令状态下的安全换刀。

(责编 玉龙)