FANUC 0*i*MD数控系统斗笠式刀库实现自动换刀

山东鲁南机床有限公司 （滕州 277500） 张建玲

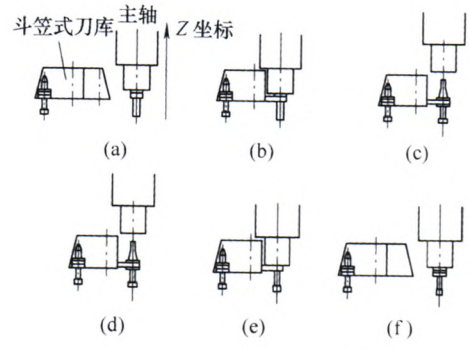
加工中心是通过自动换刀系统实现刀具的自动换取，根据刀库选取的不同，换刀系统的控制方式也不同。加工中心常用的刀库有斗笠式、凸轮式、链条式等，斗笠式刀库是加工中心比较常见的一种换刀装置，换刀过程简单，体积小、安装方便、易于控制和维护等优点，因此在中小型加工中心上得到了广泛的应用。但对刀库的定位要求高，而且在换刀过程中需要轴配合其动作，而PLC是无法直接参与数控轴的控制。基于FANUC 0*i* MD数控系统利用NC宏程序可以把轴控制与PMC控制有机地结合，它可以按一定的逻辑控制PMC和进给轴，从而实现包含轴移动的换刀控制。在本文中，笔者结合自己的工作经验，对斗笠式刀库的动作过程、换刀宏程序、及PMC逻辑控制程序的设计要求进行简要地分析和说明。

1. 斗笠式刀库实现自动换刀的动作过程

斗笠式刀库在换刀时，整个刀库向主轴方向平行移动。首先，取下主轴上原有刀具，当主轴上的刀具进入刀库的卡槽时（*Z*轴换刀点位置），主轴向上移动脱离刀具；主轴移动到安全位置（*Z*轴脱离刀柄的安全位置，一般为*Z*轴第一参考点位置）后，这时刀库转动，当目标刀具对正主轴正下方时，主轴下移，使刀具进入主轴锥孔内，刀具夹紧后，刀库退回原来的位置，换刀结束。刀库具体动作过程如下：

（1）刀库处于正常状态，此时刀库停留在远离主轴中心的位置如附图a所示。此位置一般装有信号传感器（为了方便理解，定义为A），传感器A发送信号输送到数控机床的PMC中，对刀库状态进行确认。

（2） 数控系统对指令的目标刀具号和当前主轴的刀具号进行分析并判断机床是否锁住。如果目标刀具号和当前主轴刀具号一致或机床锁住，直接发出换刀完成信号。否则启动换刀程序，进入下一步。



斗笠式刀库换刀过程动作图

（3）主轴完成定位动作，并保持定位状态；主轴定位通过检测主轴所带的位置编码器一转信号来完成，主轴准停位置设置参数（PRM#4031），主轴定向速度参数（PRM#4038）。

（4）主轴确认在换刀位置，刀库平行向主轴位置移动如附图b所示。刀库刀具中心和主轴中心线在一条直线上时为换刀位置，位置到达通过信号传感器B反馈信号到数控系统PMC进行确认。主轴换刀位置定义为*Z*轴的第二参考点(用手轮找这个点，让主轴与刀卡槽配合好)，在此位置将当前主轴上的刀具还回到刀库中。

（5）刀库抓刀确认后，主轴吹气松刀。机床在主轴部分安装松刀确认传感器C，数控机床PLC接收到传感器C发送的反馈信号后，确认本步动作执行完成，允许下一步动作开始。 主轴抬起到Z轴一个安全位置（一般为*Z*轴的第一参考点位置）

如附图c所示。此操作目的是防止刀库转动时，刀库和主轴发生干涉。

（6）刀库旋转使能。数控系统发出刀库电动机正/反转起动信号，起动刀库电动机的转动，找到指令要求更换的目标刀具如附图d所示。

（7）主轴向下移到Z轴的第二参考点换刀位置如附图e所示，进行抓刀动作。主轴刀具夹紧。夹紧传感器D发出确认信号。

（8）刀库向远离主轴中心位置侧平移如附图f所示，直到PLC接收到传感器A发出的反馈确认信号。主轴定位解除，换刀动作结束。

2. 换刀宏程序的设计过程

当系统检测到程序执行M06T××换刀指令时，NC系统会自动调用换刀宏程序（NC参数6071设定为6，自动调用O9001宏程序），并对T代码进行译码处理。宏程序的设计原理是根据斗笠式刀库的动作过程实现逻辑控制和轴进给，并与PMC配合完成斗笠式刀库的自动换刀。

（1）换刀宏程序和PMC程序执行换刀动作是采取应答工作方式。换刀宏程序向PMC发出刀库动作命令，PMC执行，执行完毕后，把完成信息反馈到换刀宏程序，换刀程序才继续执行下面的程序。

斗笠式刀库实现自动换刀，其换刀宏程序如下：

```
%
O9001
IF[#1004EQ1]GOTO1 （机床锁住时跳出，同时触发报警：G28 NEED AFTER MACHINE LOCK）
IF[#1009EQ1]GOTO1 （目标刀号与指令刀号一致跳出）
M24　　（刀库后位确认，刀库停在远离主轴中心的位置）
M19　　（主轴定向）
G90G53Z-154.　（绝对坐标，Z轴运行到换刀点位置，还刀，根据具体情况设定Z坐标）
G04X0.1
M23　　（刀库前进，向主轴方向移动，抓刀））
M21　　（主轴松刀）
G04X0.2
G90G53Z0.　（主轴抬起到Z轴安全位置，一般为Z轴第一参考点位置，根据具体情况设定Z坐标）
M25　　（刀库旋转，最短路径选刀）
G90G53Z-154.　（Z轴运行到换刀点位置，换刀）
M22　　（主轴紧刀）
M24　　（刀库后退，远离主轴）
N1M99　　（换刀结束，返回主程序）
%
```

（2）PMC与NC程序的配合。斗笠式刀库实现自动换刀是PMC与NC程序的配合来完成的。PMC在整个换刀过程中主要控制刀库的正／反转、刀库的前进／后退、松刀／紧刀阀的动作以及换刀动作顺序。主轴的上升、下降和定位都是由NC系统程序控制的。

首先对宏变量（#1004）对应G代码（G54.4）与机床锁住NC信号（MLK :G44.1）在PMC中进行处理，信号置“1”时机床锁住宏程序跳转到(N1)换刀结束，返回主程序，同时系统发出提示信息：机床锁住后需回参考点。

目标刀号（F26）与当前刀号（D2 PLC中的D存储器）在PLC中比较是否一致,一致时宏变量（#1009）对应G代码（G55.1）信号置“1” 宏程序跳转到（N1）换刀结束，返回主程序。

宏程序中刀库的正／反转、刀库的前进／后退、松刀／紧刀阀的动作，主轴定向均由M代码实现，PMC中要对M代码进行译码处理。M代码要执行FIN处理，宏程序才能执行下一步。

3. PMC逻辑控制程序的设计

此程序基于发那科FANUC 0*i* MD数控系统和BT40（50）－16T的斗笠刀库，设计时充分考虑了各种因素。还刀时，一定将主轴中刀具还回原来的位置；取刀时，按程序指定刀号取刀。机床断电或急停后，刀库当前刀位保存在D数据区中，不丢失。为了使用方便，对PMC逻辑控制程序设计提出三个控制要求：

（1）刀库在调试或发生异常时，修改K参数（K11.1置“1”） 实现刀库回零，系统自动记忆并确定1号刀具的位置。同时NC出现提示信息：After tool zero set K11.1 is 0，回零结束后将K11.1置“0”，提示信息自动取消。

（2）根据刀库容量（D6）,将当前刀号（D2）与目标刀号（F26）通过旋转指令（ROTB）计算刀库旋转步数（D0）,判断刀库是正转还是反转，实现刀库就近找刀，缩短换刀时间。

（3）加工期间，允许手动转动刀库，始终不会乱刀。MW

（收稿日期：20130204）