

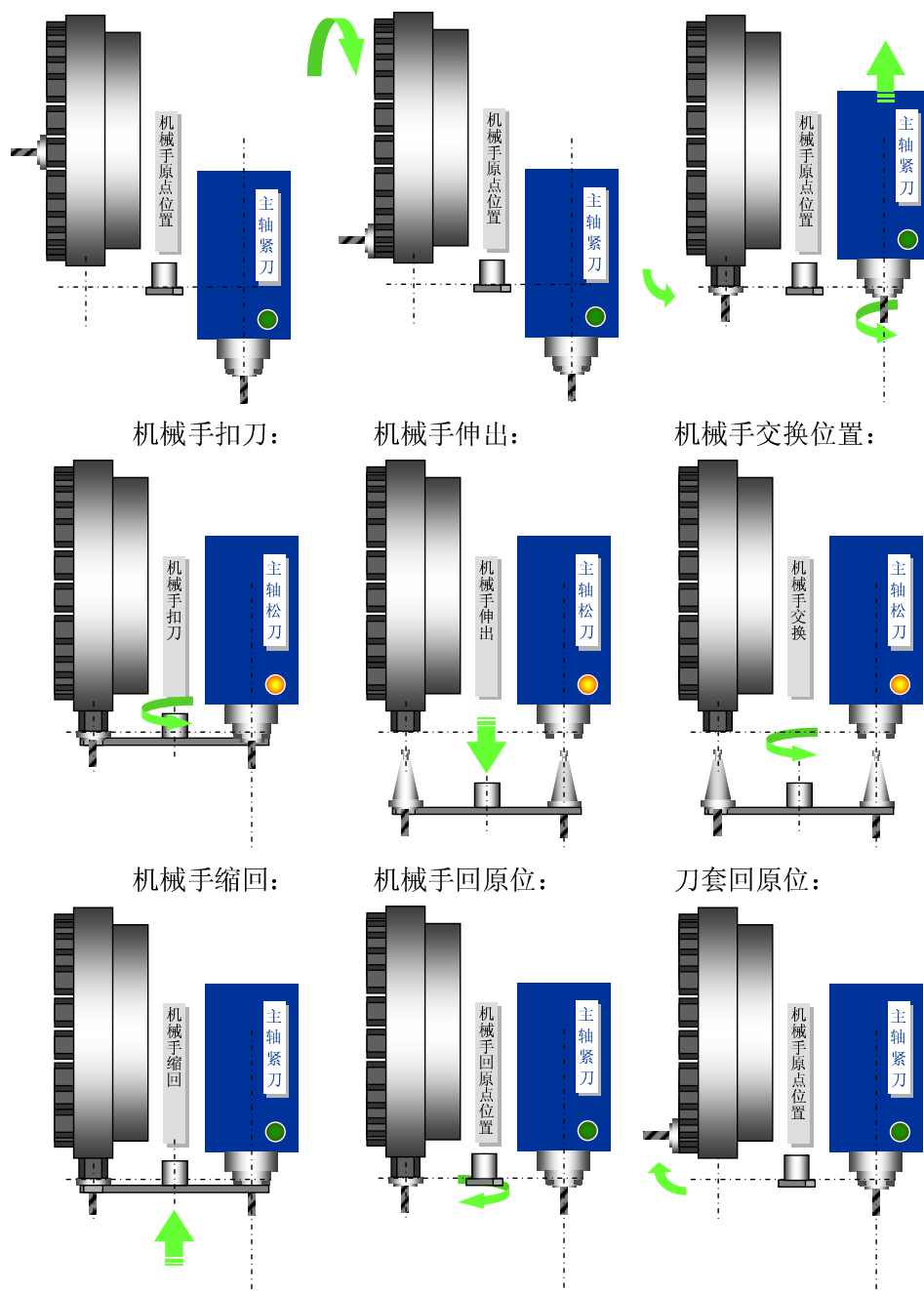
# 数控机床的刀具管理

张泰华

刀具管理是数控加工中心的关键功能。是否能够有效地管理加工中心的刀具数据和画到控制，决定了加工中心的换刀的可靠性和工作效率。同时刀具管理也是数控加工中心设计中的一个比较复杂的部分。本文就如何利用西门子数控 810D/840D 进行刀具管理进行论述。

## 一. 传统的刀具管理功能

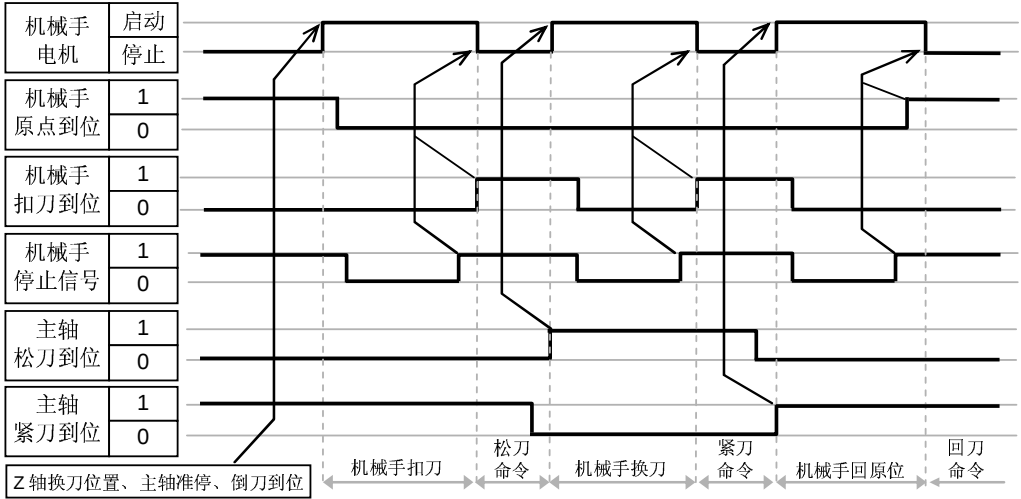
带有机械手换刀机构的换刀过程分析：



用带有机械手换刀的换刀机构采用是随机存取的方法。刀库中每个刀套存放的刀具是可变化的。就是说在换刀过程中每一把刀具都有可能存放在刀库中任何一个刀套中。通过下图我们可以看到随即换刀的过程描述：

| 刀库实际状态 |          | 零件程序中的换刀指令 |           |           |           |            |            |           |
|--------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|
|        | 初始<br>化后 | T5<br>M06  | T8<br>M06 | T16<br>M6 | T0<br>M06 | T15<br>M06 | T10<br>M06 | T2<br>M06 |
| 主轴     | 0        | 5          | 8         | 16        | 0         | 15         | 10         | 2         |
| 刀套 1   | 1        | 1          | 1         | 1         | 1         | 1          | 1          | 1         |
| 刀套 2   | 2        | 2          | 2         | 2         | 2         | 2          | 2          | 10        |
| 刀套 3   | 3        | 3          | 3         | 3         | 3         | 3          | 3          | 3         |
| 刀套 4   | 4        | 4          | 4         | 4         | 4         | 4          | 4          | 4         |
| 刀套 5   | 5        | 0          | 0         | 0         | 16        | 16         | 16         | 16        |
| 刀套 6   | 6        | 6          | 6         | 6         | 6         | 6          | 6          | 6         |
| 刀套 7   | 7        | 7          | 7         | 7         | 7         | 7          | 7          | 7         |
| 刀套 8   | 8        | 8          | 5         | 5         | 5         | 5          | 5          | 5         |
| 刀套 9   | 9        | 9          | 9         | 9         | 9         | 9          | 9          | 9         |
| 刀套 10  | 10       | 10         | 10        | 10        | 10        | 10         | 15         | 15        |
| 刀套 11  | 11       | 11         | 11        | 11        | 11        | 11         | 11         | 11        |
| 刀套 12  | 12       | 12         | 12        | 12        | 12        | 12         | 12         | 12        |
| 刀套 13  | 13       | 13         | 13        | 13        | 13        | 13         | 13         | 13        |
| 刀套 14  | 14       | 14         | 14        | 14        | 14        | 14         | 14         | 14        |
| 刀套 15  | 15       | 15         | 15        | 15        | 15        | 0          | 0          | 0         |
| 刀套 16  | 16       | 16         | 16        | 8         | 8         | 8          | 8          | 8         |

但是当刀库中某把刀具的直径过大需要占据 3 个刀套的位置时，换刀控制的难度就会更大。另外对于机械手的控制一定要了解机械手的控制时序。每种类型的刀库和机械手的控制时序可能会有很大的差别。所以在着手设计控制逻辑时必须了解所使用机械手



传统的刀具管理功能可分为三部分，一部分是选刀---刀库轴的运动；一部分是换刀---机械手的运动；另一部分是人机界面。

### 1. 选刀---刀库轴的运动

目前刀库轴大致有两类，一类是 NC 轴刀库既控制刀库运动的是 NC 位控轴，另一类是 PLC 轴刀库即控制刀库电机运动是由 PLC 输出完成的。

在西门子 810D/840D 中，NC 轴刀库控制既可有 NC 程序来完成亦可由 PLC 程序通过标准的 FC 块来完成，这完全取决于调试人员的选择。PLC 轴的刀库则都由 PLC 程序完成其控制任务。

### 2. 换刀---机械手的运动。

刀库轴的控制仅完成了选刀，但在大多数刀库中（除斗笠式刀库和车床上的旋转刀架外）都需要机械手来完成其换刀动作。

机械手动作的控制可由 NC 程序来完成亦可由 PLC 程序来完成。

当你选择 NC 程序来完成时，调试人员可根据刀库厂家提供的机械手运动的时序图在 NC 程序中用若干 M 指令来完成。这种方法的优点是调试直观且容易，但缺点是偶然情况下如遇急停或复位时，数据交换可能会出现错误。

另一种由 PLC 程序来完成其刀库轴的控制。这种控制方式的优点是一旦调试好不大出错但调试可能繁琐一些。

以上是传统的刀具管理必须处理的问题。但从完善的角度来看还不够还需要考虑人机界面问题。

### 3. 刀库画面

一个好的刀具管理，操作者应能从人机界面上清楚地看到整个刀库中刀具的情况。并可调整刀库中的一些刀库信息如手动换刀时。我们最近借助 810D/840D 中的扩展接口功能做了刀具管理画面可完善整个传统的刀具管理。

## 二. Shopmill/Shopturn 的刀具管理

Shopmill/Shopturn 是西门子公司在 810D/840D 中推出的车间级操作者用的 NC 编程软件。在这个软件中包含了比传统的刀具管理功能更强的刀具管理软件。现将其一些功能介绍如下：

刀具表：用来存放全部刀具信息

刀库： 存放实际刀库的刀具信息

装载/卸载功能：该软件用装载功能将刀具信息从刀具表调入刀库中；用卸载功能将刀具信息从刀库放回刀具表中

监控功能：该软件具有刀具寿命管理（可分为次数或时间监控）

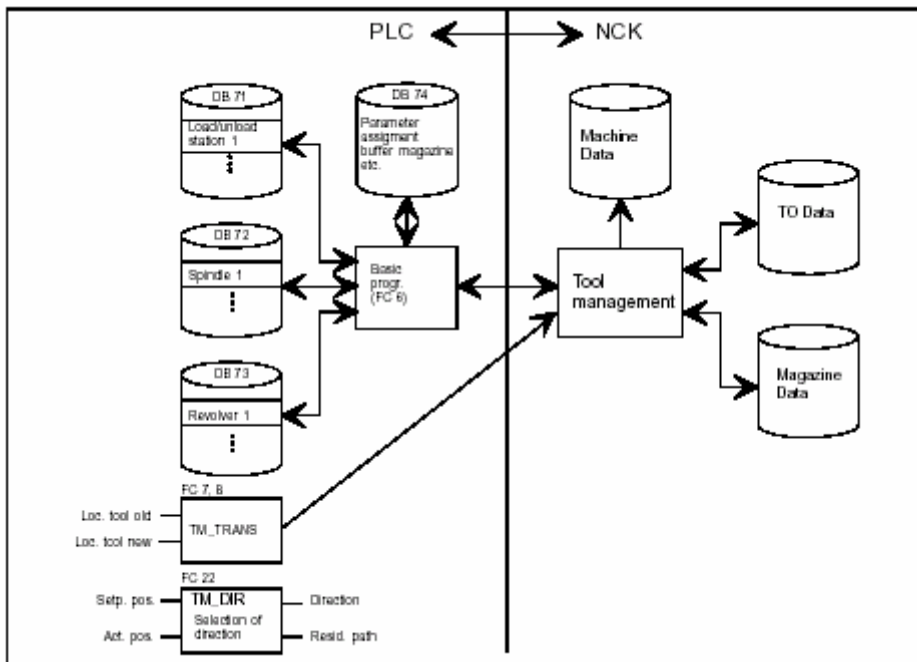
随机换刀/固定换刀：通过设定相应的参数就可选择随机换刀还是固定换刀

由于篇幅关系，关于 Shopmill/Shopturn 的刀具管理这里就不多介绍了。

## 三. 标准的西门子刀具管理功能

标准的西门子刀具管理其功能很多，这里仅就一些常用的功能向大家介绍一下。

### 1. 刀具管理中 PLC-NCK 的接口



## 2. 一些功能及编程

### 2.1 刀具搜索

刀具搜索功能用 T 指令启动。

T 指令可以包括一个刀具编号或者一个名称（命名符）——最多由 32 个字母数字字符组成（T = “命名符”）。

搜索某特定主轴中待更换的某把特定刀具。如果该刀具被禁用，则会搜索某把对等（替换）刀具，要么用下一个更高的 Duplo 编号，要么采用至换刀位置的最短行程实现此目的。

### 2.2 搜索某主轴刀具的空刀位置

主轴刀具的正确空刀位置搜索是采用搜刀 T 指令自动搜索的。

对于固定位置代码：最快的搜索，因为仅仅检查该位置是否可以接受刀具。

对于可变位置代码：依据“位置型位置”>“位置型刀具”搜索所有刀库的搜索策略。

在这种情况下，你可以自己在刀库中定义搜索策略方向：从实际或第一位置往前搜索/从实际或最后位置往后搜索/从当前位置对称搜索。

### 2.3. 装刀

在装刀时，刀具通过主轴或某装刀工位带到其刀库位置，并输入相关数据。

对于 MMC 103，刀具数据可以从刀具目录、从刀具柜或通过代码载体中提取并直接输入到刀库清单中。

在**自由装刀**时，你可以自己规定刀库位置，而对于**受控装刀**，刀具管理会搜索某空闲刀库位置。

## 2.4 卸刀

在卸刀时，刀具从刀库上取下来，并从刀库清单中检索应用数据。

你可以将所卸刀具的应用数据要么保存在刀具清单（TO 存储器）中某代码载体（通过 MMC 103）上，要么保存在刀具柜（通过 MMC 103）中。

## 2.5 换刀

换刀功能可以确保在主轴中插入一把新刀，并且取下旧刀。

该操作是在数控系统中与 PLC（可编程逻辑控制器）一起执行的。

对于带有用作换刀装置的抓手装置/双抓手装置的链式、圆盘或箱式刀库，换刀过程一般分两步执行：

- 用 T 指令在刀库中搜索此刀： **T3 或 T= “Drill（钻头）18”**
- 用 M 指令换刀： **M06**  
（典型的换刀时间/装夹至装夹的时间：0.3~2/0.5~5 秒）

对于车床上的转塔，仅用 T 指令执行换刀过程。

（典型的换刀时间/装夹至装夹的时间：0.1~0.2/0.3~1 秒）

举例：带刀库、换刀装置和固定换刀点的铣床

主程序

```
      :  
      N500 G0 X=Y=Z=          ; 从轮廓处移开  
      N510 T1                  ; 预先选刀  
      N520 W_WECHSEL          ; 调用子程序  
      N530 G90 G0 X=Y=Z=M3 S1000 ; 继续加工
```

子程序

```
      :  
      PROC W_WECHSEL  
      N10 SPOSA = S0          ; 主轴定位  
      N20 G75 FP=2 X1=0 Y1=0 Z1=0 ; 接近换刀点  
      N30 M06                  ; 换刀  
      N40 M17
```

## 2.6 编程数据和指令

通过对最重要的系统变量和 NC 语言指令的下列说明，你可以看出刀具管理功能使用起来有多么简单。

所有切削、刀具和刀库数据都在概观中列出：

**图中字：** Also without 也不带 Only with 仅带 Tool management 刀具管理  
Cutting 切削 Tools 刀具 Magazines 刀库

刀具管理所需要的所有数据（例如用于定义刀库或者装刀）还可以通过带系统变量的零件程序输入。你甚至可以简单地在刀具管理功能中包含你自己的机床特有专门知识，因为所有的相关刀具数据可以通过用户数据加以扩展和补充。该数据可以在任何时候读出和写入。例如，可以保存最小和最大主轴电流，从而在加工过程中，可以识别出磨损或者断裂的刀具，或者可以提供与某特定刀具冷却水压有关的信息。

## 切削

对于每次刀具切削，你可以为几何结构、技术和刀具类型编程设定最多 25 个切削参数 (x)，并将这些参数分配给刀具 T1...32000 (y)

切削刃编号为 D1...9 (z):

**\$TC\_DPx[y,z]**

例如，对刀具“T 编号”的第二刃写入刀具类型 210。

**\$TC\_DP1[T\_NR,2]=210**

另外，每刀最多可以编程设定 **10 个用户相关的参数**:

**\$TC\_DPC1...19[y, z]**

与切削相关的刀具监控可以用 4 个参数定义:

刀具使用寿命、预警极限/剩余时间、预警极限/剩余时间编号:

**\$TC\_MOP1...4[y,z]**

在这里，你也可以每刀用 10 个额外的参数:

**\$TC\_MOPC1...10[y,z]**

## 刀具

用一般刀具数据来描述刀库中的刀具。

每把刀具 (y) 都用 11 个参数 (x): **\$TC\_TPx[y]** 进行识别

每个刀具识别号都被分配一个内部刀具编号 (1...32000)。

例如，用 Duplo 编号和刀具名称 (命名符) 生成一个新刀具 T1:

**\$TC\_TP1[1]=DUPLO\_NR**

**\$TC\_TP2[1]= “DRILL1”**

或者采用自动生成的刀具编号:

**DEF INT DUPLO\_NR**

**DEF INT T\_NR**

**T\_NR = NEW (“DRILL1”, DUPLO\_NR)**

另外，在这里，你也可以每把刀具最多编程设定 **10 个用户特定的参数**:

**\$TC\_TPC1...10[y]**

磨削用刀具参数用以下方式定义:

**\$TC\_TPGx[y].**

额外的系统变量和指令:

取消刀具:

**DELT (“DRILL1”, DUPLO\_NR)**

从名称或 Duplo 编号读取刀具编号

**T\_NR = GETT (“DRILL1”, DUPLO\_NR)**

**R11= GETT (“DRILL1”, DUPLO\_NR)**

用于监控的递减单元加工件数量计数器: **SETPIECE (2, 4)**

(第二主轴的刀具计数器递减 4)

读取所选定的刀具编号，以快速访问偏置补偿数值:

**TETSELT (... , Spl.-No.)**

具备此刀具编号的刀具是否存在? :

**\$P\_TOOLEXIST[t]**

选择刀具: **Tx** 或 **T= “DRILL1”**

## 刀库

描述各种类型 (链式、转塔、箱式) 的刀库其状态 (有效、禁用) 并对刀库编号 (y) 1...32000

链接 8 个参数 (x):

**\$TC\_MAPx[y]**

针对您特定刀库的 10 个额外刀库用户数据: **\$TC\_MAPC1...10[y]**

用于刀库/位置编号 (y, z) 1...32000、带 6 个参数 (x) 的刀库位置数据:

**\$TC\_MPPx[y, z]**

写入例如刀库 1/位置 4 的刀具编号:

**\$TC\_MPP6[1, 4]**

或者读出:

**R4=\$TC\_MPP6[1, 4]**

10 个额外的刀库位置用户数据:

**\$TC\_MAPC1...10[y, z]**

此外, 您可以通过系统变量定义刀具和空刀位置搜索策略, 并给主轴分配中间缓冲存储。

## 2.7 编程 T=刀库位置编号

**图中字:** Location 位置

SINUMERIK 刀具管理功能非常灵活, 以至于你还可以用带有你希望使用的刀具之刀库的位置编号进行编程:

**T=1 ; 位置 1 的刀具 T9**

**T=“Bo1” ; 位置 4 的刀具 T1**

你不仅可以在转塔上使用该编程类型, 你还可以对所有刀库类型使用!

## 2.8 刀具监控

刀具管理功能可以通过预报警极限依据刀具使用寿命或数量而实施刀具监控:

参数设置: **\$TC\_TP=1 用于时间受到监控的刀具**

**\$TC\_TP=2 监控刀具已经使用的次数**

如果主轴中某把刀具的监控准则超出, 则会输出一个报警。然后该刀具会被禁用, 在下次调用时, 将搜索某把可替换刀具。你可以通过在零件程序中定义某系数而考虑在加工各种工件材质时刀具的不同磨损量, 然后在递减之前该系数将乘以当前时间单位的数值:

**\$A\_MONIFACT=10**

(即, 对于 1 分钟的加工时间, 将减掉 10 分钟的刀具寿命)。每个主轴都对刀具每次用于切削的时间存有“记忆”。加工件数量监控功能会感应所有用于加工某工件的刀具, 即使在多个主轴上加工时也如此。

## 2.9 代码载体系统

在装/卸刀对话范围内, 利用 MMC 103, 我们为你提供了与自动刀具识别系统连接的功能 (来自 Bilz 或 Balluff[巴鲁夫]公司)。

刀具代码载体可以读入和写入刀具数据, 而无须手动输入。

代码载体系统通过 V.24 接口与 MMC 103 相连。在装刀时, 从 MMC 通过代码载体读出数据集, 并将数据集转移给刀具管理功能。在卸刀时, 应用数据可以保存在代码载体上, 也可以保存在 MMC (人机通讯) 硬盘中。

## 2.10 访问保护

最后, 你可以用不同的授权等级分配刀具管理功能, 以防止系统受到非法访问:

等级 0~3: 口令保护 (0=最高等级)

等级 4~7: 用键开关设置进行保护 (7=最低等级)

只有那些利用相关访问授权等级可用的软键才会显示在控制器 HMI (人机接口) 上。

例如, 你可以对以下功能进行联锁控制: 刀库装刀/卸刀/显示以及刀具清单/刀具柜/刀具目录等的显示等。

### 2.11 边界条件处理

在换刀控制的设计过程中有许多需要考虑的边界条件。不对这些边界条件进行处理或处理不当，将可能导致刀库出现故障，甚至损坏机械部件。

#### 1) 数控系统的坐标偏移

与不带机械手刀库的控制过程相同，必须注意对换刀过程中坐标偏移的处理。需要取消程序零点偏移，取消基本偏移。

#### 2) 特殊运行模式下的换刀控制

数控系统在运行加工程序时，操作人员可以选择一些特殊的运行模式。这些特殊运行模式有“程序测试”、“空运行”和“程序搜索”。对于在这些特殊模式下的换刀指令，应采用特殊的方法进行控制。采用的控制方法与上一节介绍的关于无机械手刀库的处理方法完全相同，请参考上一节中的相关内容。

#### 3) 带机械手刀库的控制互锁条件

与不带机械手的刀库相同，带机械手刀库的各个动作都是以上一个动作的到位信号为互锁条件的。就是说传感器发出到位信号的准确性和可靠性是影响刀库动作的关键。对于带机械手的刀库必须考虑下列互锁条件：

- ① 刀库任何动作的基本条件是各个坐标轴返回参考点生效。这项互锁条件对于刀库的控制是至关重要的。没有找到机床的参考点，各个坐标轴就没有位置基准，因而任何换刀动作都有可能出现故障。各轴参考的状态可以由数控系统信号接口中的轴状态接口中得到；
- ② 刀库旋转的条件是刀库刀套的回刀到位信号，即刀库换到位置上的刀套必需保持水平位置。否则在刀库旋转时会导致刀套损坏；
- ③ Z轴移动的条件是机械手原始位置到位信号，否则机械手可能被Z轴压弯而损坏；
- ④ 机械手扣刀的条件是Z轴已经到达换刀位置，主轴已经定位，刀库刀套倒刀到位。否则机械手与Z轴溜板，或主轴的刀套发生碰撞，造成机械部件的损坏；
- ⑤ 机械手伸出的条件是主轴抓刀机构释放到位，否则机械手可能被拉弯而损坏；
- ⑥ 机械手回原位的条件是主轴抓刀机构紧刀到位，否则刀具可能从主轴刀套中滑落，将机床的工作台面砸坏；
- ⑦ 刀库位置计数器通常存储于可保持寄存器，在PLC应用程序的上电初始化过程中将上一次纪录的刀库位置赋给刀库计数器。如果可保持寄存器的信息丢失，必然导致换刀故障。因此在PLC上电初始化时，应检查可保持数据的状态。一旦发现可保持存储器的信息丢失，必须立即禁止刀库的动作，并且通过报警提示操作人员，按照数控机床使用说明书中的要求重新对带刀刀库进行初始化。
- ⑧ 主轴刀套松刀的条件是主轴静止。
- ⑨ 主轴启动的条件是紧刀到位。

在设计刀库控制程序时，必须保证上述各项互锁条件。在条件不满足的情况下，换刀动作绝对不能继续，同时必须利用数控系统的用户报警将互锁的状态显示出来，为机床的维护人员提供诊断信息。在任何互锁条件发生后，如果没有报警信息，操作人员无法诊断出互锁原因而可能导致不必要的停机。比如，

某机床的机械手原点检测开关因为发生故障而不能提供机械手原点到位信号，根据互锁条件，Z 轴的运动被禁止。作为机床的设计者，可能马上想到 Z 轴禁止的原因。但是对于机床的使用者，如果没有报警信息，就很难了解故障的原因。