# 数控机床重力轴失电异常下坠问题改造

上海通用东岳动力总成有限公司 （264006） 郭 兴

重力轴失电情况下异常下坠，指的是垂直轴的伺服系统急停或者异常掉电等情况发生时，由于自身重力和刹车响应等原因，垂直轴的位置会有一个下坠，异常情况下，这种下坠量甚至会超过3mm。

这种异常下坠的危害很大，例如，会导致断刀、机械磨损或者精度下降等。下面通过一个实际案例的介绍，阐述类似问题的危害以及根治措施。

## 1. 典型案例

我们公司缸盖机加工生产线的一台加工中心，发生一起停机时间超过120h的重大停机事故，下面对整个维修过程作简单的介绍。

（1）故障现象 维修人员接到生产线操作工的报警：机床正常加工换刀过程中异响。接到报警后，切断设备电源，检查换刀臂，发现换刀臂滑销脱落，如图1所示。

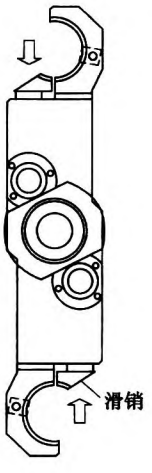



图 1

（2）维修过程 图2是整个故障的主要步骤罗列，在笔者的另外一篇文章里有详细的记录。此处不再详细复述。

如图2所示，正常换刀过程中，当刀具未完全插入主轴内部时，机床发生报警急停，由于设备本身设计缺陷，此时，主轴在设备发生急停的情况下，会有一个异常下坠（超过3mm），由于此时刀具未完全脱开换刀臂，这样，换刀臂就受到了主轴下坠的外力下拉，导致换刀臂内部轴承异常磨损、主轴内锥孔磨损、换刀位置丢失等。

因为在当初处理故障的时候，这个设计缺陷，我们并不知晓，导致了后面走了很多弯路，粗略计算损失至少46h停机。

设备发生故障，急停时的状态如图3所示；*Y*轴异常下坠，带动换刀臂错位，如图4所示。

## 2. FANUC 防止重力轴异常下坠的原理

了解了垂直轴使能丢失后异常下坠问题的影响严重程度，我们来看一下为什么笔者称之为“机床设计缺陷”。

该设备使用的控制系统是FANUC最新的16*i*系统，FANUC系统对重力轴异常下坠问题，有一整套的解决方案，按照经验，重力轴在使能丢失的情况下，允许的下坠量应控制在0.1mm以内。下面详细介绍FANUC防止重力轴异常下坠的原理以及改造过程。

---

点，通过一个DRIVE－CLiQ集线器模块DMC20采集多个编码器信号，然后通过一条DRIVE－CliQ传送给电柜中的数控系统NCU，即用集线器模块DMC20可直接连接伺服电动机编码器测量系统；用集线器模块DMC20和编码器模块SMC20可直接连接位置反馈信号（光栅尺和编码器），而不必在机床中使用附加电缆，从而节省5个电动机编码器信号线，4个位置反馈信号（光栅尺和编码器）线。通过PROFINET实现分布式PLC模块控制，节省了5条24芯控制信号电缆。利用电柜中的NCU以太网口实现机床侧操作按钮站远程控制。由此减少了电柜到机床的电缆数量，降低了设计成本，同时方便车间装配调试，目前已在我公司数控铣镗床系列产品全面推广。

MW （收稿日期：20131015）

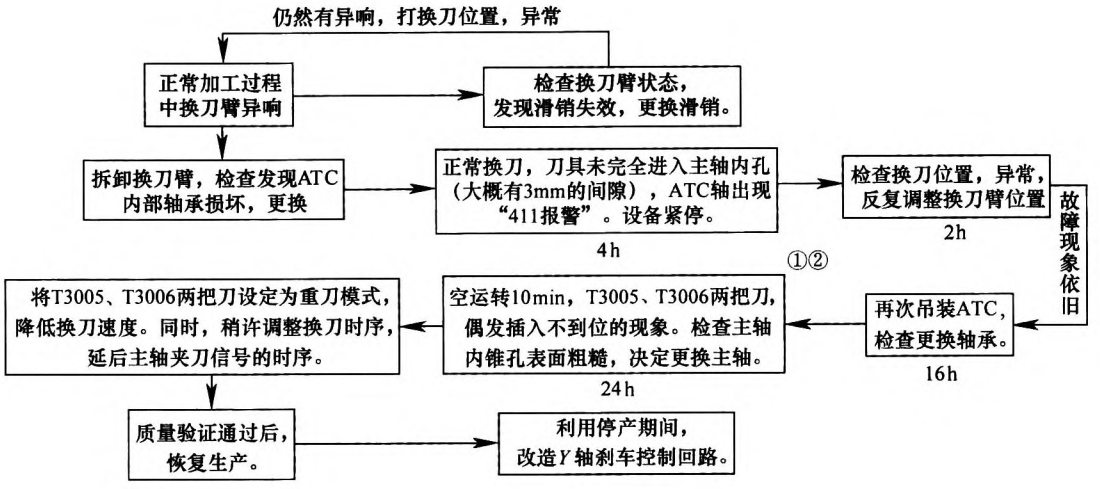



图 2

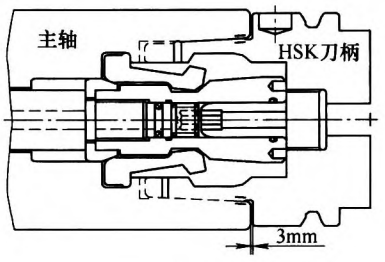



图 3

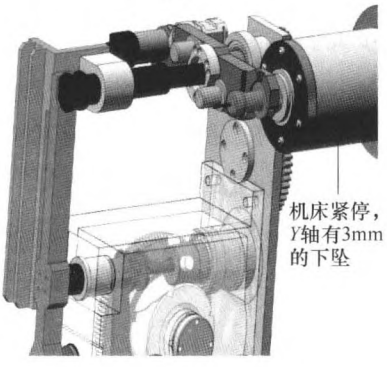



图 4

FANUC 系统对重力轴异常下坠的解决思路是：尽可能缩短刹车响应时间。即为了使重力轴在伺服电源断开之前，能够迅速刹车，使重力轴尽量保持在原来的位置。

从控制角度，有两种方法可以实现这个目的：①当检测到伺服电源断开时，刹车立刻生效。②当伺服电源断开时，始终保持电动机励磁，直到电动机刹车生效。

这里我们只介绍第一种方法，这种方法是相对简单，且经过我们反复验证有效的措施。电气硬件控制回路如图 5 所示。

具体改造如图 6 所示。

图 6 中圆框的触点是后期改造新增的。

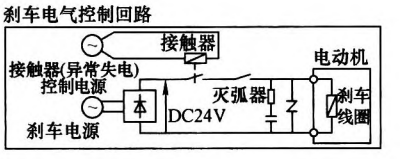



图 5

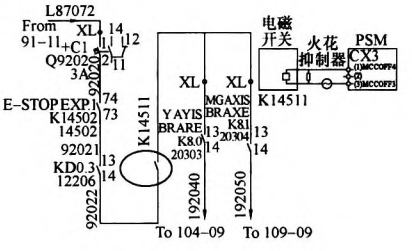



图 6

具体控制时序图如图 7 所示。

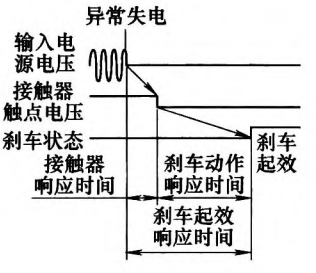



图 7

根据上图可以知道，从检测到电源断开到刹车起效，所用的时间包括：接触器响应时间 + 刹车动作响应时间，即接触器复位时间 + 刹车动作响应时间。

我们取 OMRON 的继电器（型号 G2R）作为试验用继电器，实际测量它的复位时间为：10msFANUC 伺服电动机内置刹车的响应时间，根据说明手册，如附表所示。

即，若取 OMRON 继电器和 α12*i* 电动机为例，计算整个刹车响应时间为

$$10ms + 30ms = 40ms$$

试验结果表

| 电动机型号 | α1*i*，α2*i*，α2*is*，α3*is*<br>α2HV*is*，α3HV*is* | α4*i*，α8*i*，α8*is*，α12*is*，αC4*i*，αC8*i*<br>α4HV*i*，α12HV*i*，α8HV*is*，α12HV*is* | α12*i*，α40*i*，α22*is*，α50*is*<br>αC12*i*，αC30*i*，α12HV*i*，α20HV*i*<br>α22HV*is*，α50HV*is* | α100*is*，α200*is*<br>α100HV*is*，α200HV*is* |
|---|---|---|---|---|
| 刹车最大响应时间/ms | 10 | 30 | 30 | 60 |

### 3. 改造效果验证

经过上面的改造，通过 MCCOFF 直接触发刹车信号，过程中减少了 NC 到 PLC 的传输时间、PLC 扫描时间及 I/O 信号传输时间，因此，极大地提高了刹车响应速度。下面是机床上的实测结果：

第 1 步：改造之前将机床起动，回到 HOME 位置，记录 *Y* 轴绝对坐标，*Y* 100.0；拉下电控柜主切断开关，模拟伺服异常掉电的情况，等待几分钟，上电，记录机床 *Y* 轴绝对坐标值，*Y* 96.7。由此说明机床在异常失电的情况下，重力轴下坠量为 100.0mm - 96.7mm = 3.3mm。

第 2 步：经过上面的改造之后，重复上面的操作，异常断电后，机床绝对坐标值为 *Y* 99.970，即同样的异常失电情况，*Y* 轴下坠量为 0.03mm，异常失电情况下的重力轴下坠问题得到了很好的抑制。

至此，整个改造结束。

### 4. 项目改造总结

触发项目改造的经历是非常痛苦的，当然，也正是这段经历使得我们的整个改造，越发显得意义重大。

对于此类隐性设计问题，常规功能验证很难有效捕捉。针对该问题，我们的做法是在项目验收时，通过功能测试进行逐一确认验收，即增加“失电、急停状态下，重力轴下坠量的验证”（要求下坠量要少于 0.1mm），在项目阶段即把该问题暴露出来，及时拉动解决，是一种非常切实可行的控制措施。**MW**

（收稿日期：20131016）

（上接第 56 页）

```
case 1: { jia_1 (); display (d);} break; // 调用个位数的设定数据函数，并调用显示函数
case 2: { jia_10 (); display (d);} break; // 调用十位数设定数据函数，并调用显示函数
case 3: { jia_100 (); display (d);} break;
case 4: { jia_1000 (); display (d);} break;
case 5: { jia_10000 (); display (d);} break;
} // 根据数据的位数，有与数据位数相同的 case 分支
if (shu = = d) // 检查设定数据与当前记录数据是否相等，若相等做出相应的
{ P0 = 0x3f; 显示，并输出控制信号，
P2 = 0x5f;
disptim ();
}}}
void int_0 () interrupt 0// 外部中断 0
{ flay = P10; //P1.0 端口的电平值送到 flay，若 P1.0 为高电平 flay = 1
if (flay = = 1) shu = shu + 1; //P1.0 端口为高电平 flay = 1，则记录数据加 1
else
shu = shu - 1; //P1.0 端口为低电平 flay = 0，则记录数据减 1
}
void int_1 () interrupt 2// 外部中断 1
{ yanshi10ms ();
if (INT1 = = 0)
{ sheding + +; // 每产生一次中断，sheding 加 1
if ( sheding > = 11) sheding = 0; // 控制 sheding 在 0 ~ 10 之间变化
}}
```

### 4. 结语

文章介绍以单片机为核心的电子计数器，该计数器具有的预置功能，通过旋转编码器获取计数信息，计数精准和抗干扰能力强，通过编程控制计量精度可以达到微米数量级。该计数器具有预置计数功能，当计数值达到预置值时，单片机输出相应的控制信号，使继电器动作，实现对机械运动部件的长度进行有效控制。以达到长度数量的自动控制，从而使该设备的自动化控制能力得到进一步地提升。

**MW** （收稿日期：20131207）