大型数控加工中心龙门轴和主从轴结构及应用

扫码了解更多

南京高速齿轮制造有限公司　（江苏　211100）　赵红淑

摘要：本文主要介绍大型数控设备的龙门轴和主从轴结构和应用。从维护者角度对龙门轴和主从轴调试和维修做了介绍，并以公司进口设备为例做了说明。

1. 龙门轴在西门子数控系统上的应用特点和参数控制

（1）龙门轴（GANTRY）简介。如图1所示，X和Z轴分别有由两个电动机和两个轴组成的两个龙门轴控制系统，其中X_1和Z_1分别为主动轴，X_2和Z_2为同步轴。

龙门轴结构中所有的轴（≥2）分为主动轴和同步轴，它们都有各自的位置环，同步轴的位置给定值由主动轴给出，数控系统会实时监控主动轴和同步轴之间的位置误差值。每一根轴都有它自己单独的测量系统（龙门轴的伺服系统控制逻辑见图2），比如光栅尺或者编码器。由于龙门轴之间属于硬联接，这些轴的驱动机构移动时必须绝对同步，否则整个机械结构就会倾斜或扭曲。

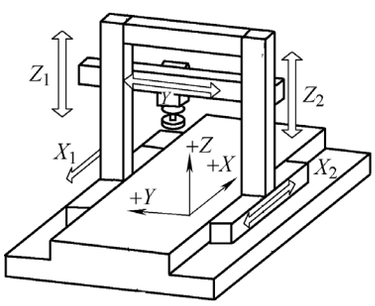

图1　龙门轴机床典型的结构

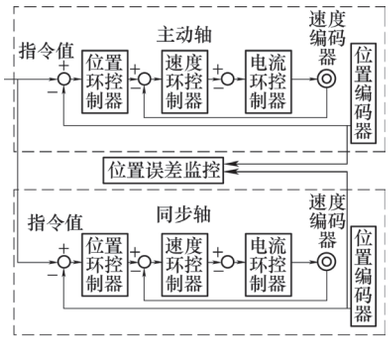

图2　龙门轴控制逻辑图

（2）龙门轴主要参数设定。龙门轴功能是西门子系统的一个选项功能，这个功能叫做“Synchronous axes pair (GANTRY)”，此选项需开启参数19310的某一位，将其置1就能把GANTRY轴功能开通。下面以SCHIESS机床的*YL*+*YF*龙门轴数据进行分析。

建立龙门轴组：

MD37100 GANTRY_AXIS_TYPE[YL]=1；*YL*为龙门轴组1中的主动轴

MD37100 GANTRY_AXIS_TYPE[YF]=11；*YF*为龙门轴组1中的同步轴

设置龙门轴之间的位置监控值：

MD37110 GANTRY_POS_TOL_WARNING[YL]=0.7

MD37110 GANTRY_POS_TOL_WARNING[YF]=0.7

当龙门轴确定参考点以后，

数控系统会不停监控主动轴和同步轴之间的位置差异，如果超过37110参数中设置的0.7，系统就会报错“10652 Warning limit exceeded”，同时触发接口信号DB3X.DBX101.3=1，此信号还可以在PLC中处理触发各类报警信息等。

MD37120 GANTRY_POS_TOL_ERROR[YL]=1

MD37120 GANTRY_POS_TOL_ERROR[YF]=1

这表示当主从轴的差值超过1，系统就会报错“10653 Error limit exceeded”，同时触发接口信号DB3.DBX101.2=1，轴紧急停车，并且系统会自动取消两轴的同步关系。

MD37130GANTRY_POS_TOL_REF[YL]=1

MD37130GANTRY_POS_TOL_REF[YF]=1

这表示龙门轴组在回参考点方式下或确定参考点之前移动时位置偏差超过1时也会出现“10653 Error limit exceeded”，同时触发接口信号DB3X.DBX101.2=1，并且系统会自动取消两轴的龙门轴关系。

MD37140GANTRY-BREAK_UP[YL]=0

MD37140GANTRY-BREAK_UP[YF]=0

这个参数0表示GANTRY组合中的轴仍然同步，各种偏差监控功能仍然有效。1表示取消GANTRY组合中的轴同步，此时各个轴可以分开单独移动，且参数中设置的各种监控功能也被取消，轴之间的保护功能也就被取消了，同时接口信号DB3X.DBX101.5=0。

在以上主要参数了解后还要细化以下参数，只有在主动轴和同步轴控制参数设定了相同的动态响应值时，龙门轴控制起来才能更精确同步。这些参数主要涉及位置、速度和电流等。比如：MD32200 POSCTRL_GAIN位置环的增益，此参数不一致可能引起两根轴的位置响应不一致，出现抖动等问题。另外关于轴加速度JERK的控制必须一致，如MD32410 AX_JERK_ENABLE等。

（3）参考点调整设置和应用。龙门轴系统设置好后，参考点的设置也是非常重要的，以SCHIESS为例，本设备*YL*和*YF*都是增量的光栅尺LB382C（海德汉），重新上电后需要返回参考点，该过程可以分为3步：①主动轴先回参考点，同步轴不回而是随着主动轴进行移动。②主动轴回完参考点后同步轴回参考点，此时主动轴也是随着同步轴移动。③当龙门轴所有轴参考点都回完参考点后它们必须依据事先定义好的参数进行同步。

初次调整时要先将MD37110GANTRY_POS_TOL_WARNING[YL]设为0，这样以防在初次回零时，两轴零点不一致导致一直报警，待回完参考点后呈现的状态是同步轴*YF*坐标为零，主动轴*YL*坐标显示为某个值，将此值输入到同步轴的MD34090或MD34080中，这样再重新回参考点后就可以实现两根轴坐标都为零。最后还要记得为MD37110设置合理的报警值。

在了解了以上的回零设置后就可以应用于机床的调整了，比如SCHIESS机床就出现了方滑枕*Z*轴和*Y*轴的垂直度有0.65mm/1 000mm的偏差，如图3所示。

在机械方面难以调整时，可以通过调整龙门轴*Y*的两根轴的零点位置关系改变方滑枕的运动轨迹。本例就是将*YF*轴人为向上移动（见图4），从而使主轴端向上翘，具体移动量要配合大理石量具测量调整。该过程要将龙门轴先拆分开MD37140GANTRY-BREAK_UP[YL]=1，然后手动微调*YF*轴向上移动，在*YZ*垂直度关系达到要求后，将*YF*移动的距离输入到MD34090中，最后将龙门轴重新建立参考点。但此过程一定要注意，*Y*轴拆分时已不是龙门轴（*YL*和*YF*独立动作），所以只能微调以防止调整过大给机械带来损伤。调整过程中可以

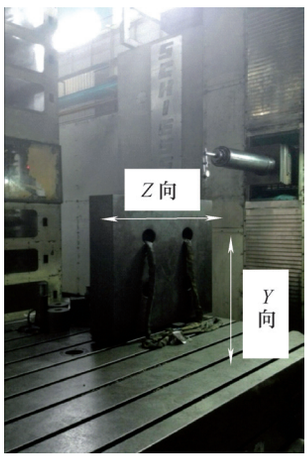

图 3

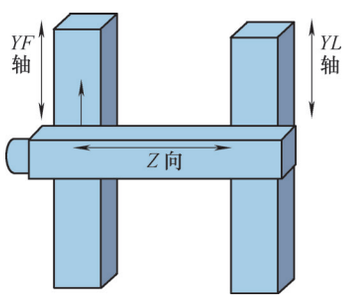

图 4

通过观察*YL*和*YF*轴的负载变化情况来确定调整量是否合理（一般不超过20%）。若负载过大就不能强硬调整，必须通过机械调整或垂直度补偿来解决*YZ*垂直度过大的问题。

2. 主从轴在西门子数控系统上的应用特点和参数控制

（1）主从轴(MASTER-SLAVE)简介。SCHIESS卧式镗铣加工中心的*X*轴即为主从轴，主动轴为*XM*，从动轴为*XS*。它是用于在同一个机械传动机构上有两个独立电动机驱动的同一个机床轴单元，如图5所示。两电动机之间产生一定的张力，该张力用于消除齿轮传动结构中齿轮间的间隙和反向间隙，以及增加驱动力转矩等。

主从轴结构里只有主动轴（MASTER）有位置环，所以只有主动轴有光栅尺，从动轴(SLAVE)只有电流环和位置环，给定值是由主动轴发出。从这点来看，主从轴的硬件配置是要少于龙门轴的。要想实现大转矩和同步性，还要通过参数调整确定主动轴和从动轴驱动电动机的转矩分配。主从结构在伺服控制系统中的控制逻辑如图6所示。

（2）主从轴主要参数设定。主从轴功能也是西门子系统的一个选项功能，这个功能叫做“Master/slave for drives”，此选项功能需开启参数19310的某一位，将其置1就能把主从轴功能开通。主从功能的配置只设置在从动轴中，且有静态设定和动态设定两种方法，下面对SCHIESS机床的*XM*+*XS*主从轴静态设置数据进行分析：

MD37250 MS_ASSIGN_SPEED_TORQUE_CMD[XS]=1

从动轴*XS*设定相应的主从速度控制的主动轴的轴号为1（即*XM*轴）。

MD37252 MS_ASSIGN_MASTER_TORQUE_CTR[XS]=1

从动轴*XS*设定相应的主从转矩控制的主动轴的轴号为1。

MD37262 MS_COUPLING_ALWAYS_ACTIVE=1

NC启动后一直激活主从控制功能。至此基本的主从功能产生，但是要想精确地控制主从结构的使用效果，还要对西门子系统的转矩补偿控制器进行设置，该控制器会根据主从轴的转矩差别产生一个额外的速度输入给定值SETPOINT。涉及的部分参数比如： MD37254 MS_TORQUE_CTRL_MODE=0 表明转矩补偿是对主动/从动轴一起补偿。

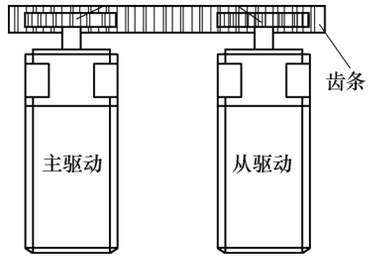

图5　主从轴结构

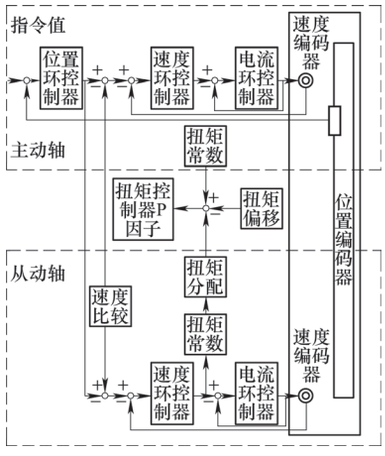

图6　主从轴控制逻辑图

MD37268 MS_TORQUE_WEIGHT_SLAVE[XS]=50%表明分配从动轴的附加转矩的百分比。那么主动轴的附加转矩百分比就为1－50%＝50%。

另外西门子数控系统还有个张力转矩控制指令：MD37264 MS_TENSION_TORQUE[XS]=50%，此参数可以使主动轴和从动轴之间产生移动的张力（前提是转矩补偿功能激活）。由于本设备的*X*轴所承载的负载比较大，所以张力值设定的也比较大。值过大的话在轴静止时容易使电动机的温度过高，所以要设定合理。

（3）参考点调整设置和应用。主从控制只有一个闭环，从动轴没有回参考点过程，所以回参考点过程和普通轴一样。SCHIESS机床在实际使用过程中主从轴也没有出现过问题，稳定性很高。

3. 结语

目前我公司生产风力发电齿轮箱，产品“块头”越来越大，设备的“个子”也越来越高，好多数控设备的轴都要采用龙门结构和主从结构，只有这样配置轴才能达到更好的转矩值和稳定性，也能够适应机械结构本体过大带来的负载过大的情况，同时提高了动态性能和可靠性。

参考文献：

[1] Siemens Co.Ltd. Siemens DOConCD [Z]. 2007.

[2] Siemens Co.Ltd. SINUMERIK 840D Special Functions [Z]. 2008.

MW（收稿日期：20180125）