

数控智能车床主轴液压换挡控制及典型故障分析

张秀印

沈阳机床（集团）有限责任公司 辽宁沈阳 110142

摘要：介绍数控智能车床主轴液压换挡的机械机构、控制原理，相关数控系统、主轴驱动参数设置，控制流程、PLC程序及部分接口信号。对主轴液压换挡过程中可能出现的常见故障进行分析和归纳总结，提出解决办法。

关键词：数控智能车床；主轴；液压换挡；故障分析

1 序言

为了满足数控车床主轴切削时低速大转矩与高速大功率的要求，中大型数控卧式车床主轴通常采用两级或三级齿轮传动变速机构。主轴换挡方式分为手动换挡和自动换挡。随着科技的快速发展和自动化程度的不断提高，主轴自动换挡的应用越来越普及。目前，数控卧式车床主轴自动换挡的控制方式主要包括电磁离合器控制、液压拨叉控制及液压缸控制，也有部分数控卧式车床采用气缸控制或电动机控制。

数控卧式车床主轴采用液压缸控制的自动换挡时，数控系统根据主轴指令、转速，通过比较判断，自动更换主轴挡位，自动化程度高。一旦出现故障，涉及数控系统、主轴驱动器、机械、液压和电气等多方面因素，故障诊断十分复杂。为了更加方便快捷地处理这些故障，减少设备安装调试的时间，提高设备的使用效率，以沈阳机床（集团）有限责任公司生产的一台数控卧式车床（配置GJ430数控系统和CTB主轴驱动器）为例，分别介绍数控卧式车床主轴齿轮换挡的传动结构、数控系统参数

设置、主轴驱动器参数设置、自动换挡流程、PLC控制程序及典型故障分析与处理方法。

2 主轴齿轮通过液压缸实现变速的传动结构

该数控卧式车床是通过液压缸来实现变速的，主传动系统如图1所示。主传动使用的是超同步主电

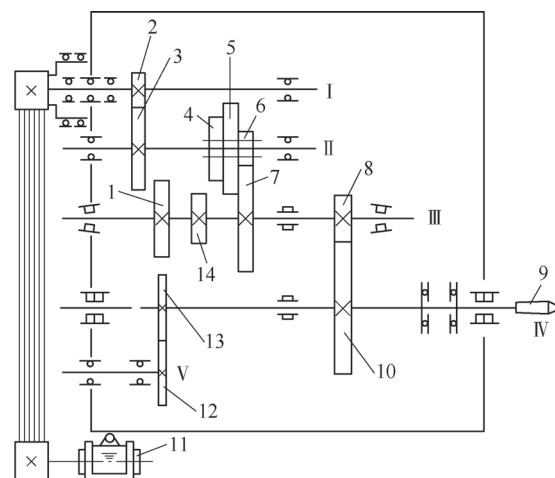


图1 液压变速主轴箱主传动系统示意

1—齿轮4 2—齿轮1 3—齿轮2 4—齿轮3 5—齿轮5 6—齿轮7
7—齿轮8 8—齿轮9 9—主轴 10—齿轮10 11—主电动机
12—齿轮12 13—齿轮11 14—齿轮6

能力。故障情况不再成为生产瓶颈，不会影响公司整体的生产计划，同时也为其他设备的维修提供了宝贵经验。

参考文献：

[1] 王科社，张怀存，杨庆东，等．加工中心自动换刀装置[J]．机械制造，1995（5）：31-33．

[2] 《加工中心应用与维修》编委会．加工中心应用与维修[M]．北京：机械工业出版社，1992．

[3] 徐得涛，辛忠权．数控机床中的机械手换刀装置故障及维修方法浅谈[J]．科技创新导报，2018（9）：82，84．

MW 20210112

动机。液压变速主轴箱齿轮参数见表1。

表1 液压变速主轴箱齿轮参数

名称	齿数/齿	模数/mm
齿轮1	27	4
齿轮2	65	4
齿轮3	40	5
齿轮4	48	5
齿轮5	57	5
齿轮6	31	5
齿轮7	21	5
齿轮8	67	5
齿轮9	24	6
齿轮10	65	6
齿轮11	82	2.5
齿轮12	82	2.5

机床的主传动由主电动机经1：2.5的带轮传至主轴箱Ⅰ轴，Ⅰ轴经过多级齿轮将动力传至主轴Ⅳ；Ⅱ轴上装有三联滑移齿轮，齿轮在Ⅱ轴上的移动是由四位变速液压缸推动的。每个位置有对应的行程开关，用来触发挡位信号。液压缸的位置变化由电磁换向阀控制。数控系统执行M41指令，主轴低速旋转，延时后YV22电磁阀带电，挡位开关GR1工作，主轴停止旋转，变挡完成；数控系统执行M42指令，主轴低速旋转，延时后YV23电磁阀带电，挡位开关GR2工作，主轴停止旋转，变挡完成；数控系统执行M43指令，主轴低速旋转，延时后YV20、YV23电磁阀带电，挡位开关GR3工作，主轴停止旋转，变挡完成；数控系统执行M40指令，主轴低速旋转，延时后YV21、YV23电磁阀带电，挡位开关GR0工作，主轴停止旋转，变挡完成。液压变挡电气组合见表2。

表2 液压变挡电气组合

变挡 M指令 代码	电磁阀				挡位置			
	YV20	YV21	YV22	YV23	GR0	GR1	GR2	GR3
	代号				代号			
	20	21	22	23	0	1	2	3
M41			●			●		
M42				●			●	
M43	●			●				●
M40		●		●	●			

主电动机的工作转速范围是300～4500r/min，其中1500r/min为额定转速。根据图1中的主传动关系和表1中的具体齿轮参数，结合表2，可以计算出每个挡位的最低转速、额定转速和最高转速。

1) 当液压缸在最左端时，齿轮7与齿轮8相啮

合，主轴处于M41即低速挡位。主轴的最低转速为5r/min，额定转速为29r/min，最高转速为87r/min，转速范围为5～87r/min。

2) 当液压缸在最右端时，齿轮3与齿轮4相啮合，主轴处于M42即中速挡位。主轴的最低转速为15r/min，额定转速为77r/min，最高转速为230r/min，转速范围为15～230r/min。

3) 当液压缸处于中间位置时，主轴处于M43即高速挡位。主轴的最低转速为34r/min，额定转速为169r/min，最高转速为500r/min，转速范围为34～500r/min。

3 主轴液压自动变挡的相关参数设置

该数控卧式车床采用GJ430数控系统，主轴自动变挡的变挡动作既可以通过M代码完成，也可以通过S指令完成（通过数控系统参数414=1或0切换）。M代码实现主轴变挡控制时，液压电磁阀与挡位开关的组合见表2。S指令实现主轴变挡控制时，各个挡位的液压电磁阀和挡位开关组合与M代码控制方式相同。无论是S指令，还是M代码，都是数控系统向内置PLC输出变挡位信号，根据数控系统的具体挡位参数设置，由PLC逻辑判断是否执行主轴变挡动作。为了能正确地完成主轴自动变挡动作，需要根据主轴箱齿轮传动链及主轴传动带的降速比设定正确的数控系统及主轴驱动参数。

该数控卧式车床采用超同步4030GH5B主轴驱动器和Z18系列主电动机，电动机的最高转速为6000r/min，需要修改驱动器参数A3.23（驱动器输入10V模拟电压时对应的转速）为4500r/min。

4 主轴液压变挡控制流程与PLC程序

不同数控机床主轴变挡的控制流程都基本相同，PLC程序也大同小异。下面详细介绍这台数控卧式车床主轴液压变挡的控制流程与PLC程序。

1) 变挡指令信号输出。数控系统在MDI方式或自动加工程序中执行了主轴变挡指令，变挡信号就会输出。变挡指令包括S指令和M代码，根据数控系统参数No.405～No.407的设置，当指令S≤87时，数控系统输出主轴一档信号F7.4，即F7.4=1；当指令87<S≤230时，数控系统输出二挡信号F7.5，即F7.5=1；当指令230<S≤500时，数控系统输出三挡信号F7.6，即F7.6=1。M41为主轴一档指令，M42

机床位置反馈系统工作不稳定的原因及处理

林超青

昌河飞机工业（集团）有限责任公司 江西景德镇 333002

摘要：针对五坐标高速加工中心在A轴回零过程中经常发生回零不准确或回零后零点位置不准确的问题，分析原因，并探讨处理措施。

关键词：机床；位置反馈系统；回零；光栅尺；编码器

1 序言

我公司一台FZ32五坐标高速加工中心在A轴回零过程中，经常发生回零不准确或回零后零点位置不准确等问题，需要多次回零或修正系统参数校正零点。给设备操作和使用带来很大的困扰和风险，稍不注意就会造成零件报废，但是数控系统没有任何报警和提示，机床照常运行。

2 故障原因分析及处理

FZ32五坐标高速加工中心在A轴回零过程中经常发生回零不准确或回零后零点位置不准确。主要原因是机床位置反馈系统工作不稳定，回零时零点信号出现偏差，导致回零后零点位置不准确。

引起机床位置反馈系统工作不稳定的可能原因涉及软件和硬件两方面。软件方面的原因主要有数控系统软件不稳定或遭到损坏，有关机床回零的系统参数设置不合理，PLC程序编写有漏洞等。硬件方面的原因主要有光栅尺或编码器（圆光栅）有缺陷，接地或屏蔽不良，电缆及接头有缺陷，以及伺服驱动的轴控制板有问题等。具体的原因要根据实际情况进行排查和处理。

2.1 机床A轴回零不准确由软件问题导致的可能性

如果数控系统软件内部文件丢失，病毒破坏文件数据，PLC程序编制有漏洞，就会使机床运行不稳定；如果位置测量与反馈有关参数设置不合理，回零误差大，就可能导致零点位置不准确。

轴编码器线数设置不当；编码器硬件存在故障。

根据分析出的原因，对应的解决方法如下：调整挡位开关和电磁阀到正确位置；检查核对数控系统挡位参数No.405~No.407；检查核对主驱动参数A3.23，根据实际需要正确设置；检查核对数控系统No.403，根据编码器型号正确设置；检查并测量编码器电缆及编码器。

6 结束语

数控机床主轴自动变挡的应用十分普遍，可实现低速大转矩与高速大功率车削。不论是设计调试人员，还是设备维修和维护人员，掌握主轴变挡的

机械结构、控制原理、参数设置、动作流程、故障分析及处理方法都是十分必要的。

参考文献：

- [1] 邓三鹏. 数控机床故障诊断与维修[M]. 北京：机械工业出版社，2019.
- [2] 许亚南. 液压与气压传动技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2018.
- [3] 黄永红. 电气控制与PLC应用技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2017.
- [4] 北京超同步伺服股份有限公司. GH 使用说明书 [Z]. 2018.

MW 20210122