



- 国家级职业教育培训规划教材
- 劳动保障部培训就业司推荐

G

GUOJIAJI ZHIYE JIAOYU PEIXUN GUIHUA JIAOCAI

金蓝领技师教育培训教材

JISHI JIAOYU | 数 控 技 术 |
PEIXUN JIAOCAI

数控机床故障诊断与维修

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

AODONG HE SHEHUI BAOZHANGBU

JIAOCAI BANGONGSHI

ZUZHIBIANXIE

JISHI JIAOYU



中国劳动社会保障出版社



- 国家级职业教育培训规划教材
- 劳动保障部培训就业司推荐

GUOJIAJI ZHIYE JIAOYU PEIXUN GUIHUA JIAOCAI



金蓝领技师教育培训教材

JISHI JIAOYU PEIXUN JIAOCAI | 数控技术

数控机床故障诊断与维修

主编 冯荣军

ADDONG HE SHEHUI BAOZHANGEN

JIAOCAI BANGONGSHI

ZUZHIBIANXIE



中国劳动社会保障出版社

国家发展和改革委员会

教育部

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修/冯荣军主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2007

金蓝领技师教育培训教材

ISBN 978-7-5045-6642-3

I. 数… II. 冯… III. ①数控机床-故障诊断-技术培训-教材 ②数控机床-维修-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 190689 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

中国铁道出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.75 印张 222 千字
2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

中国劳动社会保障出版社

数控机床故障诊断与维修

内 容 简 介

本书为国家级职业教育规划教材，由劳动保障部培训就业司推荐。

本书根据全国技师学院教学实际，由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。本书按照任务驱动教学法，系统地介绍数控机床典型机械故障诊断与维修的知识，主要内容包括：数控车床故障诊断与维修、数控铣床（加工中心）故障诊断与维修、板材加工数控机床故障诊断与维修等。

本书由冯荣军主编，张炳杰、李伟、赵峰、赵志国、崔风庆、周雷参编，顾颂虞主审。

数控机床故障诊断与维修

目 录

1 模块一 数控车床故障诊断与排除 /1

任务一 数控车床主轴传动系统故障诊断与维修 /1

任务二 进给传动系统故障诊断与维修 /11

任务三 电动回转刀架故障诊断与维修 /23

任务四 尾座故障诊断与维修 /32

任务五 数控车床综合故障诊断与维修 /36

2 模块二 数控铣床（加工中心）故障诊断与排除 /40

任务一 主轴部分故障诊断与维修 /40

任务二 进给系统故障诊断与维修 /53

任务三 导轨故障诊断与维修 /62

任务四 自动换刀装置故障诊断与维修 /72

任务五 排屑装置故障诊断与维修 /82

任务六 液压系统故障诊断与维修 /86

任务七 气动系统故障诊断与维修 /91

任务八 润滑系统故障诊断与维修 /95

3 模块三 板材加工数控机床故障诊断与排除 /99

- 任务一 机械式回转头冲床冲头在运行过程不冲压故障诊断与维修 /99
- 任务二 机械式数控冲床误冲和拉料故障诊断与维修 /105
- 任务三 数控冲床液压主传动部件压力不足故障诊断与维修 /110
- 任务四 数控转塔冲床冲压时模具损坏故障诊断与维修 /116
- 任务五 X、Y 轴垂直度超差故障诊断与维修 /121
- 任务六 模具偏移量超差故障诊断与维修 /125
- 任务七 数控剪板机常见故障诊断与维修 /132
- 任务八 数控折弯机常见故障诊断与维修 /138
- 任务九 数控激光切割机常见故障诊断与维修 /143

模块一

数控车床故障诊断与排除

任务一 数控车床主轴传动系统故障诊断与维修

能力目标

- ♪ 掌握排除数控车床主轴传动系统常见故障的方法

知识准备

- ♪ 主轴传动方式与结构形式
- ♪ 主轴功能部件结构
- ♪ 主轴精度要求
- ♪ 主轴精度检测
- ♪ 主轴驱动电动机及控制

任务引入

数控车床（见图 1-1-1）主轴传动系统主要包括主轴部件、主轴箱、主轴驱动电动机。它的主要功能是将主轴电动机的原动力通过该传动系统变成可供切削加工的切削力和切削速度。在工作中故障常表现为主轴运转噪声大、有振动现象、加工工件圆度超差、表面粗糙度差。本任务主要掌握数控车床主轴传动系统故障的诊断与维修。

任务分析

通过对上述故障现象的初步分析，可以判断出上述故障可能是由以下原因造成的：

1. 连接主轴箱和床身的螺栓松动。
2. 轴承压紧螺母松动，游隙过大。

3. 主轴单元精度变差。
4. 主轴电动机驱动器参数变化或电气元件老化、参数漂移。
5. 主轴电动机轴承不良。
6. 主轴单元轴承点蚀或损坏。

要解决上述故障，应首先了解主轴传动系统的相关知识。

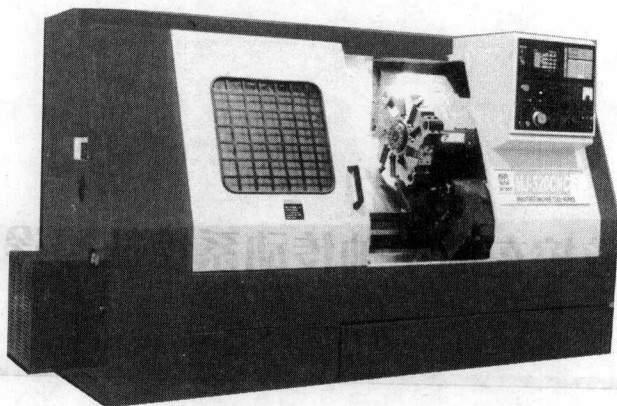


图 1-1-1 MJ-520 数控车床

相关知识

一、MJ-520 数控车床主轴实例

主轴传动系统的机械构件主要是主轴部件，包括主轴的支撑、安装在主轴上的传动零件等，车床主轴部件安装在车床主轴箱内，主轴箱安装于车床床身之上。

MJ-520 型数控车床主轴传动系统由变频交流电动机驱动，使用变频器控制主轴实现无级变速。经一级传动比为 1:1 的带传动带动主轴旋转，使主轴在 35~3 500 r/min 的转速范围内实现无级调速，MJ-520 数控车床主轴如图 1-1-2 所示。主轴采用两支撑结构，前支撑由一个双列圆柱滚子轴承 11 和一对角接触球轴承 10 组成，轴承 11 用来承受径向载荷，两个角接触球轴承中，一个大口朝向主轴前端，另一个大口朝向主轴后端，用来承受双向的轴向载荷和径向载荷。前支撑轴承的间隙用螺母 1 和 6 来调整。螺钉 17、13 起防松作用。后支撑采用一个双列圆柱滚子轴承。主轴的支撑形式为前端定位，主轴受热膨胀向后伸长。前后支撑所用的双列圆柱滚子轴承的支撑刚度好，允许的极限转速高。而角接触球轴承能承受较大的轴向载荷，且允许的极限转速高，该支撑结构能满足高速、重载荷切削的需要。主轴的运动经过同步带轮 16 和 3 以及同步带 2 带动脉冲编码器 4，使其与主轴同步运转。脉冲编码器用螺钉 5 固定在主轴箱体 9 上，利用主轴脉冲编码器检测主轴的运动信号，一方面可实现主轴调速的数字反馈，另一方面可用于进给运动的控制，如车螺纹时控制刀具的进给运动速度。

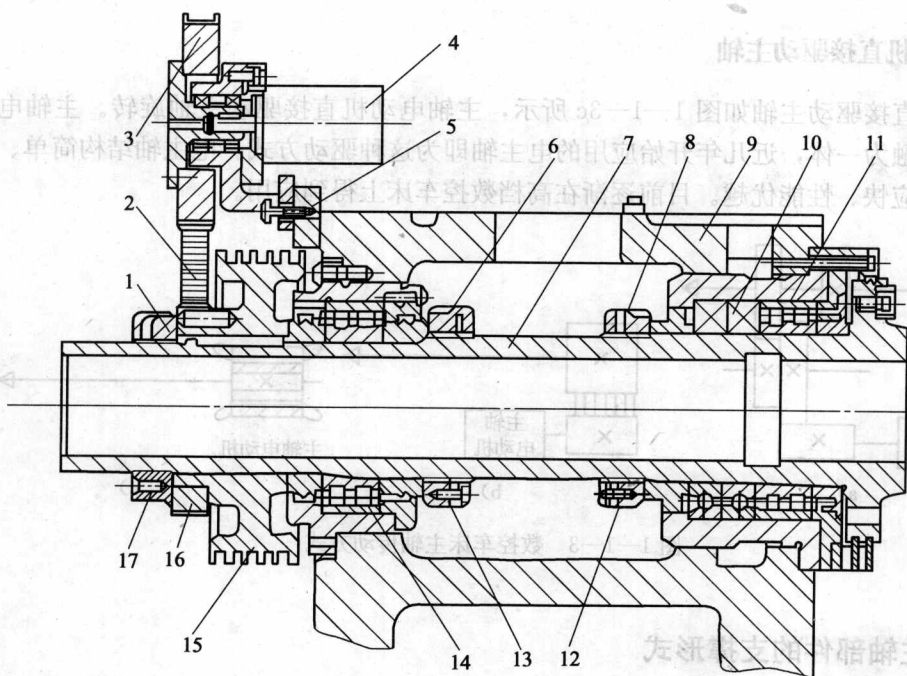


图 1—1—2 MJ-520 数控车床主轴

1、6、8—螺母 2—同步带 3、16—同步带轮 4—脉冲编码器 5、12、13、17—螺钉 7—主轴
9—主轴箱体 10—角接触球轴承 11、14—双列圆柱滚子轴承 15—传动带轮

二、主轴传动及其控制形式

数控车床的主轴传动形式主要有三种，如图 1—1—3 所示。

1. 带有变速齿轮的主轴传动

带有变速齿轮的主轴传动如图 1—1—3a 所示，通过少数几对齿轮降速，增大输出转矩，以满足主轴低速时对输出转矩特性的要求。滑移齿轮的移动大都采用液压缸加拨叉，或直接从液压缸带动齿轮来实现。这种传动方式与卧式车床基本相同，早期生产的经济型数控车床经常使用。

2. 通过带传动的主轴传动

通过带传动的主轴传动如图 1—1—3b 所示，电动机与主轴通过同步齿形带传动。不用齿轮传动，可以避免齿轮传动引起的振动和噪声。适用于高速、低转矩特性要求的主轴。主轴为专门的功能部件，适合专业化大批量生产。主轴电动机可使用三相数字驱动交流电动机，通过数控装置、电动机驱动单元对电动机运行进行参数优化。通过带传动的主轴传动广泛应用于车削中心等中档数控车床。MJ-520 数控车床使用此种方式。

3. 电动机直接驱动主轴

电动机直接驱动主轴如图 1—1—3c 所示，主轴电动机直接驱动主轴旋转。主轴电动机与机械主轴融为一体，近几年开始应用的电主轴即为这种驱动方式。电主轴结构简单、转动惯量小、响应快、性能优越。目前逐渐在高档数控车床上得到应用。

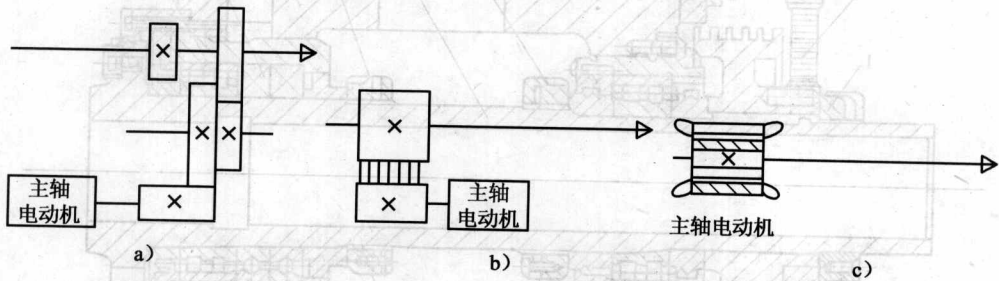


图 1—1—3 数控车床主轴传动方式

三、主轴部件的支撑形式

目前数控车床的主轴部件的支撑形式主要有三种，如图 1—1—4 所示。

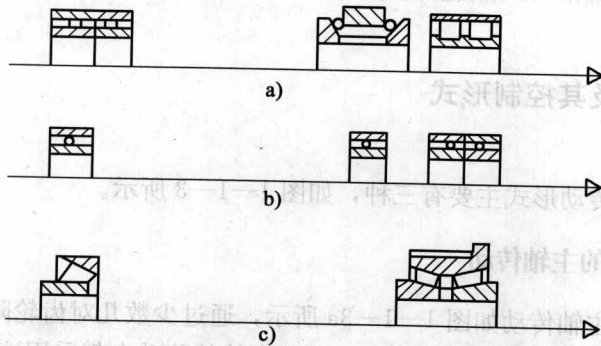


图 1—1—4 主轴部件的支撑形式

1. 如图 1—1—4a 所示，前支撑采用双列圆柱滚子轴承和角接触双列向心推力球轴承，后支撑采用成对向心推力球轴承或圆柱滚子轴承。此种结构普遍应用于各种数控车床。MJ-520 数控车床采用此方式。

2. 如图 1—1—4b 所示，前支撑采用多个高精度向心推力球轴承，后支撑采用向心推力球轴承，这种配置具有良好的高速性能，但它的承载能力较小，适用于高速轻载和精密的主轴部件。

3. 如图 1—1—4c 所示，前支撑为双列圆锥滚子轴承，后支撑为单列圆锥滚子轴承，其径向和轴向刚度，能承受重载荷，安装与调整性能好。但限制了主轴的转速和精度的提高，适用于中等精度，低速与重载荷的数控车床主轴。

四、主轴精度要求及精度检测

主轴部件通常是由主轴、主轴轴承和安装在主轴上的传动件等组成,其工作性能直接影响机床的加工精度和生产效率。因此,在数控车床维修中,主轴部件的维修是十分重要的工作。维修的目的是恢复或提高主轴部件的旋转精度和刚度,使之具有一定的抗振能力和较长的使用寿命,并保证温升在规定的范围之内。

1. 主轴部件的旋转精度

衡量主轴部件工作质量的最基本的指标是装配调整之后的主轴旋转精度,它包括主轴的径向圆跳动、端面全跳动和轴向窜动,以及主轴旋转的均匀性和平稳性。影响主轴部件旋转精度的主要因素有以下几个方面:

(1) 主轴自身的制造精度

主轴本身的精度对主轴的旋转精度影响最大,包括主轴轴颈的圆度误差、圆柱度误差、同轴度误差等。主轴轴颈的同轴度误差将直接引起主轴的径向圆跳动,而圆度误差将引起轴和轴承的接触不良及间隙变化,影响装配的精度。

(2) 轴承的精度

滚动轴承的精度太低、游隙过大;滑动轴承表面粗糙度差、圆度超差以及与轴颈接触不良也直接影响旋转精度。

(3) 主轴箱体的精度

主轴箱体前后轴承孔的同轴度、圆度,以及主轴轴承外圈与箱体孔的配合性质、接触斑点等,将影响主轴的支撑刚度和径向圆跳动。

2. 主轴精度的检查方法

主轴部件在装配前,首先应检验主轴(图1-1-2中部件7)的精度、表面质量以及损伤形式。检测前,在车床上配车主轴后端孔堵头,并将堵头装入主轴后端孔中。在专用倾斜底座上固定两V形架,左端固定挡铁,将主轴放在V形架上,堵头中心孔处放一钢球与挡铁相接触。固定千分表使其测头与主轴被测表面接触,用手回转主轴进行测量,注意转动主轴时应均匀、平稳,并稍微加点向挡铁方向的轴向力。

如果被测各表面的误差(圆度、同轴度或全跳动等)都在允差内,还需用锥度环规涂色检查主轴的1:12外锥,应使之满足图样要求,然后用千分尺测量各轴颈尺寸是否正确。如果各项检测都没有超差,则主轴可供装配,否则需要进行修复,恢复精度。

上述步骤是检验装配前的主轴的方法,其精度受V形架精度、千分表精度及测量者测量误差的影响。下面以MJ-520型数控车床为例,说明现场检测装配后的主轴部件径向圆跳动、端面全跳动和轴向窜动经常使用的方法,测量精度受主轴精度、主轴轴承精度、主轴与主轴箱配合精度以及测量者测量误差的影响。具体检测方法如下:

(1) 主轴部件径向圆跳动的测量

将磁性表座安装于主轴附近的导轨或其他固定位置，调整千分表（见图 1—1—5）测头使其触及主轴端部圆周上，仔细观察，确认主轴圆周上无干涉千分表测头的情况，将表盘调零，关闭机床电源，用手转动主轴，仔细观察表针移动情况，主轴旋转一周表针移动的最大量，就是主轴的径向圆跳动。多次测量，取平均值。

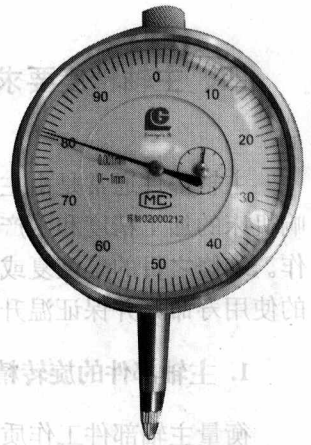


图 1—1—5 千分表

(2) 主轴端面全跳动的测量

测量主轴径向圆跳动后，表座不动，使千分表测头触及主轴端面法兰盘近圆周处端面，将表盘调零后，用手转动主轴一周，观察表针移动的最大量，重复几次，求出平均值，即为主轴端面精度。

(3) 主轴轴向窜动简易测量

测量主轴端面全跳动后，表及表座不动，一人在主轴驱动轮侧推拉主轴，另一人观察千分表指示，可初步判断主轴轴向窜动情况。

上述测量方式，简单便捷，可以快速确定故障范围。

五、主轴驱动电动机

数控车床常用的主轴电动机有以下几种：

1. 普通三相交流电动机，直接启动，采用机械换挡方式调整主轴转速。经济型数控车床普遍采用普通三相交流电动机。
2. 三相交流变频电动机，采用变频器实现调速和其他控制功能。普通中档数控车床经常采用此控制方式。
3. 直流电动机，采用直流放大器进行直流电动机驱动及控制。直流主轴伺服电动机机床主轴驱动和进给驱动有很大差别，对主轴直流伺服电动机要求具有很宽的调速范围和能够提供大的转矩、功率。主轴电动机应有 2.2~250 kW 的功率范围、1: (100~1 000) 的恒转矩调速范围和 1: 10 的恒功率调速范围，而且要求在主轴的两个转向中任一方向都可进行传动和加减速，即要求有四象限的驱动能力。
4. 交流主轴电动机，采用交流主轴数字放大器进行控制。该控制方式目前在高档数控车床、数控车削中心上普遍采用。

任务实施

1. 主轴噪声、振动故障的维修流程（见图 1—1—6）。
2. 维修步骤
 - (1) 用扳手检查主轴箱和床身的连接螺栓，没有松动。

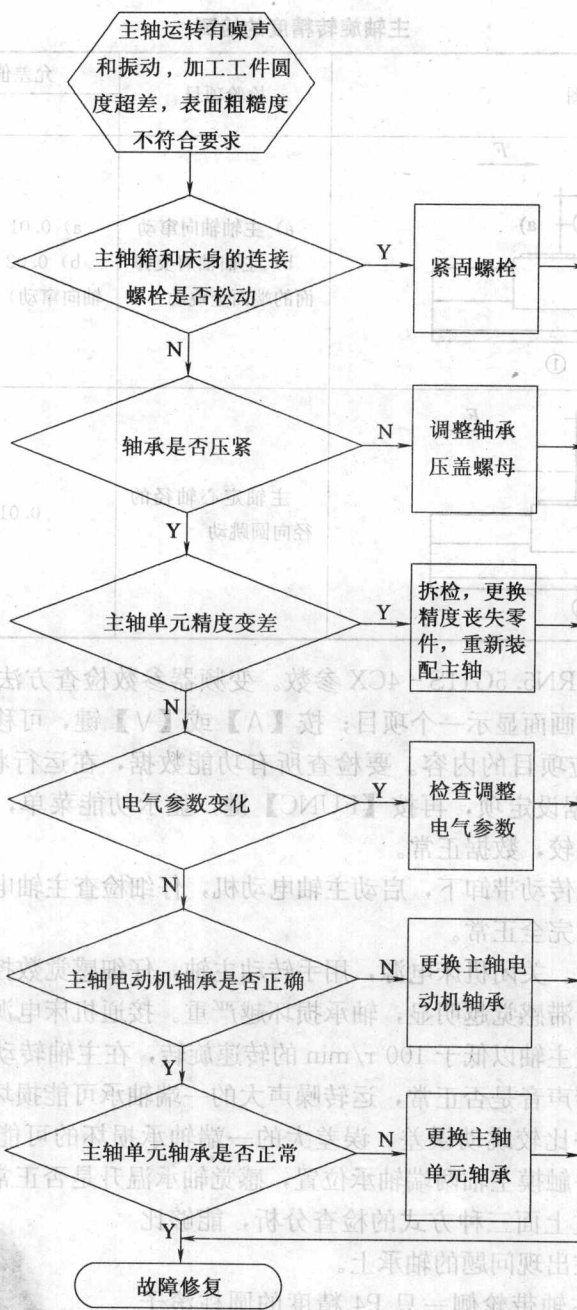
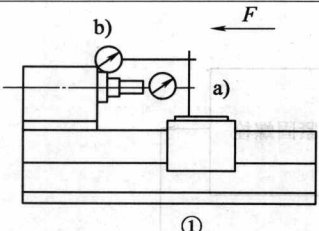
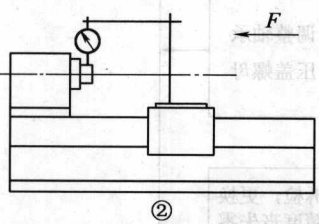


图 1—1—6 主轴噪声、振动故障维修流程图

(2) 检查轴承锁紧螺母，有轻微松动。按前面所述的现场检测主轴径向圆跳动、端面全跳动和轴向窜动的方法进行测量，可知主轴定心轴径的径向圆跳动为 0.03 mm，主轴轴肩支撑面端面全跳动为 0.05 mm，主轴轴向窜动为 0.12 mm，这些精度明显比出厂精度差。主轴旋转精度的检测见表 1—1—1。

表 1—1—1

主轴旋转精度的检测

简图	检验项目	允差值	实测值
		mm	
 <p>①</p>	a) 主轴轴向窜动 b) 主轴轴肩支撑面的端面全跳动	a) 0.01 b) 0.02 (包括轴向窜动)	a) 0.12 b) 0.05
 <p>②</p>	主轴定心轴径的径向圆跳动	0.01	0.03

8

(3) 检查变频器 FRN5.5G11S-4CX 参数。变频器参数检查方法为：按【PRG】键显示一个菜单画面，一个画面显示一个项目；按【^】或【V】键，可移动游标选择项目；按【FUNC】键，显示相应项目的内容。要检查所有功能数据，在运行状态，按【PRG】，用【V】键把游标移到数据设定项，再按【FUNC】键，显示功能菜单，再按【FUNC】键显示功能数据。经检查比较，数据正常。

(4) 将主轴电动机传动带卸下，启动主轴电动机，仔细检查主轴电动机运转情况，无振动、无噪声、无温升，完全正常。

(5) 检查主轴轴承。关闭机床电源，用手转动主轴，仔细感觉数控车床主轴运转是否顺畅，有无卡滞感觉，卡滞感觉越明显，轴承损坏越严重。接通机床电源，启动数控系统，用手动模式启动主轴，使主轴以低于 100 r/min 的转速旋转，在主轴转动时，可借助延长杆倾听主轴两端轴承的运转声音是否正常，运转噪声大的一端轴承可能损坏。使用百分表测量主轴两端径向圆跳动，并比较跳动误差，误差大的一端轴承损坏的可能性大。运行一段时间后，使主轴停止，用手触摸主轴两端轴承位置，感觉轴承温升是否正常，温升大的，其相应的轴承可能损坏。经过上面三种方式的检查分析，能够比较确切地将故障定位在出现问题的轴承上。

实际拆检发现，主轴带轮侧一只 P4 精度的圆柱滚子轴承（见图 1—1—7）损坏，更换主轴轴承，然后进行装配。

主轴轴承装配方法如下所述。

1) 将主轴本体、间隔环、轴承压盖、螺钉等零部件用煤油洗净晾干。

2) 把干净的 32 号机械油倒入直径约 300 mm，深

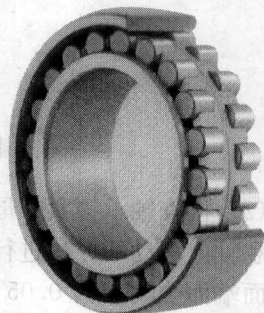


图 1—1—7 圆柱滚子轴承

400 mm 的铁桶中,油量在桶中的高度约为桶高的一半。

3) 用电加热炉对油进行加热,待装的主轴轴承用铁钩钩住放入油桶中,同时将量程为 100℃ 的温度计感温端放入油中。操作过程中注意用电安全,避免人员被电击或烫伤。

4) 为了安全,加热过程中,维修人员不要离开现场。当油温达到 80℃ 左右时,从油桶中取出轴承,为防止烫伤,用干净布包在轴承两边,将轴承按顺序装入主轴本体。

5) 在轴承滚动体上涂抹润滑脂,将主轴单元装入主轴箱内。

按主轴轴承装配要求装入新的同型号轴承,并适当预紧,恢复拆卸的机械零部件后,开机试车,运转噪声正常。

(6) 更换主轴轴承后,要按规程进行磨合。最高主轴转速 3 500 r/min 的磨合规程:低速 (200 r/min) 运转 30 min, 500 r/min 运转 30 min, 1 000 r/min 运转 20 min, 2 500 r/min 运转 15 min, 3 500 r/min 运转 15 min, 2 500 r/min 运转 10 min, 1 000 r/min 运转 10 min, 主轴停止,磨合完毕。

在磨合过程中,要密切注意主轴的运行噪声、轴承温升。如发现空载磨合时有明显噪声,轴承温升大于环境温度 40℃ (滚动轴承温度最大值为 70℃),要立即停机,查找原因,必要时重新拆检维修。

小 结

数控车床主轴精度决定机床整机精度,维修实践中,数控机床主轴发生故障的主要原因为轴承损坏。装配质量差,缺润滑油,润滑脂过多或过少,都易造成轴承损坏。若发现轴承损坏,应更换主轴轴承,严格按主轴装配工艺装配主轴轴承后,一定要按磨合规程进行主轴磨合,以便及时发现装配问题,并且延长轴承使用寿命。

知识链接

主轴传动系统的常见故障及排除方法见表 1—1—2。

表 1—1—2 主轴传动系统的常见故障及排除方法

序 号	故障现象	故障原因	排除方法
1	主轴发热	主轴轴承预紧力过大	调整预紧力
		轴承研伤或损坏	更换新轴承
		润滑油脏或有杂质	清洗主轴箱,重新换油
		轴承润滑油脂耗尽或润滑油脂过多	涂抹润滑脂,每个轴承 3 mL
2	主轴在强力切削时停转	电动机与主轴连接的传动带过松	张紧传动带
		传动带表面有油	用汽油清洗后擦干净
		传动带使用过久而失效	更换新带
		摩擦离合器调整过松或磨损	调整离合器,修磨或更换摩擦片

续表

序号	故障现象	故障原因	排除方法
3	主轴无变速	变挡液压缸压力不足	检测工作压力,若低于额定压力,应调整
		变挡液压缸研伤或卡死	修去毛刺和修磨研伤表面,清洗后重装
		变挡电磁阀卡死	检修电磁阀并清洗
		变挡液压缸拨叉脱落	修复或更换
		变挡液压缸窜油或内泄	更换密封圈
		变挡复合开关失灵	更换开关
4	主轴箱噪声大	主轴部件动平衡不良	重做动平衡
		齿轮磨损	修理或更换齿轮
		轴承拉毛或损坏	更换轴承
		传动带松弛或磨损	调整或更换传动带
		润滑不良	调整润滑油量,保证主轴箱清洁度

10

技能训练

每个学生自己动手按照现场测量主轴径向圆跳动、端面全跳动和轴向窜动的方法,测量主轴静态精度。

需用检测仪器:磁性表座、百分表或千分表。

通过精度的测量,并根据测量值与出厂精度值的比较,培养学生动手能力和现场分析、解决问题的能力。评分标准见表1—1—3。

表 1—1—3

评分标准

额定工时 20 min

序号	主要内容	考核要求	评分标准	配分	扣分	得分
1	方案设计	根据技能训练题目要求,设计编制可操作性强、有指导性的技能训练作业指导书	1. 项目不完整,每处扣1分 2. 操作步骤不明确,每处扣2分 3. 选用测量仪表等材料、工具不当,每处扣2分	20		
2	检测前准备	设备、工具、量检具准备齐全;劳保用品穿戴整齐	每个缺陷扣2分	10		
3	实际操作	熟练使用磁性表座和百分表;能安全、规范操作机床	1. 不会熟练调节表座,不正确使用百分表,每项扣2分 2. 没有安全、规范地操作数控机床扣15分 3. 精度检测过程中每发生一次操作失误扣3分 4. 发生有关设备、仪表、人身安全的事,据其严重程度扣10~50分	55		

续表

序号	主要内容	考核要求	评分标准	配分	扣分	得分
4	安全文明生产	遵守国家相关专业安全文明生产规程	违反安全文明生产规程,扣5~15分	15		
				合 计	100	
备注			考评员 签 字	年 月 日		

思考与练习

1. 主轴支撑方式有几种?各有什么特点?
2. 主轴装配前应检验哪些项目?
3. 影响主轴旋转精度的主要因素有哪些?

任务二 进给传动系统故障诊断与维修

能力目标

- ♪ 掌握排除进给传动系统常见故障的方法

知识准备

- ♪ 进给传动系统各部件的结构及工作原理
- ♪ 滚珠丝杠副的轴向间隙调整
- ♪ 齿轮传动装置及齿轮间隙的消除
- ♪ 步进电动机与伺服驱动

任务引入

数控车床进给传动系统的功能是实现执行机构(刀架、溜板等)的运动。进给传动系统的故障大部分是因运动质量下降造成的,工作中常表现为定位精度下降、反向间隙过大、机械出现爬行、机械执行部件不能到达指令位置等。

如图1-2-1所示为CJK6132数控车床,配用广州数控GSK928T系统,使用步进电动机驱动。工作中故障常表现为加工工件X向尺寸不稳,有时超差,加工工件外圆时有规律性痕迹,表面粗糙度差。本任务主要学习通过测量反向间隙并补偿到系统中,以及通过调整