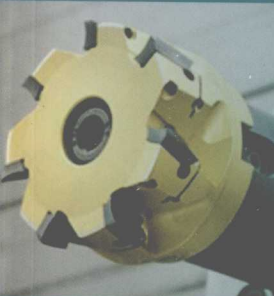


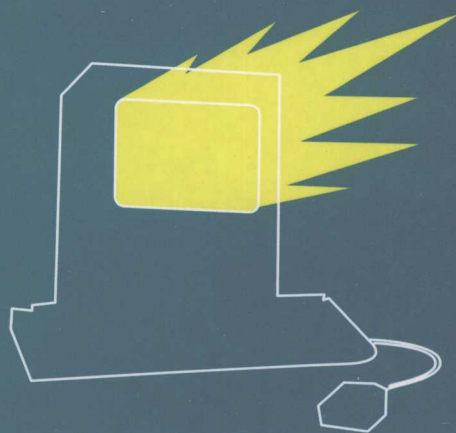
FANUC 0i 系列



数控系统 维修诊断与实践

宋 松 主编

张春源 主审



辽宁科学技术出版社

FANUC 0i 系列数控系统 维修诊断与实践

宋 松 主编 张春源 主审

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

FANUC 0i 系列数控系统维修诊断与实践/宋松主编.
沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2008. 4
ISBN 978 - 7 - 5381 - 5429 - 0

I. F… II. 宋… III. 数控机床-程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 020472 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 16.25

字 数: 350 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2008 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2008 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 高 鹏

封面设计: 留藏设计工作室

版式设计: 于 浪

责任校对: 李 雪

书 号: ISBN 978 - 7 - 5381 - 5429 - 0

定 价: 30.00 元

联系电话: 024—23284062

邮购热线: 024—23284502

E-mail: lnkj1107@126.com

http://www.lnkj.com.cn

前 言

金属切削机床，特别是数控机床作为工作母机，在现代制造业中起着举足轻重的作用。根据专业机构统计，中国数控机床行业正处于高速成长期，2001—2006 年中国数控机床消费年均增长保持在 25% 以上，从 2006 年上半年市场销售情况来看，我国机床工具行业实现销售收入 973.89 亿元，同比增长 30.52%，增速高于生产增速 1.11 个百分点，国内数控机床保有量年增加约 10 万台套，其中，中高档数控机床约占 30%，2006 年，北京-FANUC 在国内销售 FANUC Oi C 数控系统约 24000 套，目前，配置 FANUC 系统的数控机床约占国内数控机床总量的 20%。这部分数控机床的使用、维护已经成为众多用户关注的焦点。

本书正是针对配置 FANUC Oi 系统的数控机床维修而写，全书共分八个章节。第 1 章首先从数控机床的结构特别是机电一体化结构的分析入手，阐述了现代数控机床的维修特点及作者对现代数控机床维修的理解。第 2 章至第 5 章从数控系统的基本组成开始，分别对数控系统三大组成部分——CNC、伺服、PMC 的结构、原理展开探讨，从相关参数的含义到具体的设定方法进行了深入浅出的讨论。第 6 章对系统报警的诊断方法和诊断步骤进行了详细的说明。第 7 章通过对若干实例的分析，将前面几章所讲述的内容总结贯穿，使读者加深理解。在最后一章，我们将维修人员必备的实用操作以图文并茂的形式介绍给读者，希望能够对读者的日常维修工作有所帮助。

本书内容是通过多年的实际维修经验而总结选取的，选材着眼于 2000 年以后的新技术，力求达到实用性、通俗性、先进性三者结合，是一本针对性、实用性较强的书籍。书中广泛收集并提炼了原制造商大量、分散的说明书内容，便于读者理解，特别针对新手编辑了 step by step（一步步）的引导操作说明（第 5 章、第 8 章）。

书中原始资料参照北京-FANUC 公司《FANUC Oi C 维修说明书》、《FANUC Oi C 连接说明书（硬件）》、《FANUC Oi B 连接说明书（功能）》，操作实例均经过北京圣蓝拓数控技术有限公司现有 FANUC 系统的模拟操作验证，第 7 章实例来自北京圣蓝拓数控技术有限公司实际维修案例。在此衷心感谢北京-FANUC 公司能够向中国制造商和用户提供详尽的中、英、日文技术资料，并向北京圣蓝拓数控技术有限公司提供设备和大力支持表示衷心感谢。

本书的大多数内容已作为中国机电装备维修与改造技术协会数控维修培训教材，从

2004—2006 年在国内连续举办多期培训，并通过实际授课、学员反馈多次修改完善，2007 年，该教材被列入国家劳动人事部“653”工程数控维修培训教材。本书适于有一定维修经验、有一定数控基础知识的维修技术人员、车间保全人员、设备维修工程师阅读。

由于 FANUC 16i/18i/21i 数控系统的硬件结构及诊断方法与 FANUC Oi 数控系统相似，所以，本书有很强的借鉴性。

本书第 1、第 2 章由北京蓝拓机电有限公司总经理赵晓明协助撰写，第 3 章及第 7 章由北京圣蓝拓数控技术有限公司维修部王南、孙树斌协助完成，第 4 章及第 5 章由北京圣蓝拓数控技术有限公司工程部梅运江、杨公民协助完成，全书操作试验及系统画面拷屏由北京圣蓝拓数控技术有限公司赵国栋、王申协助完成。另外，本书图片整理由张炜明先生协助处理，专业英文校对得到了胡玉雁老师的指导。

在本书的撰写过程中，从框架的建立到具体内容的确定，得到了张春源教授的全面指导，在此表示感谢。另外，本书还得到了中国机电装备维修与改造技术协会各级领导的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

作 者

2007 年 9 月

目 录

第 1 章 数控机床维修特点	1
1.1 数控机床结构特点	1
1.2 新技术的应用	9
1.3 数控系统的特点	13
1.4 对最终用户的维修任务要求	14
第 2 章 FANUC i 系列数控系统的构成	17
2.1 主控制系统	17
2.2 FANUC 驱动与反馈	26
2.3 PMC 与接口电路(PMC 程序、I/O 板、继电器电路)	28
2.4 FANUC 数控系统分类	33
第 3 章 FANUC 伺服驱动装置	39
3.1 伺服驱动概述	39
3.1.1 FANUC 控制驱动分类	39
3.1.2 反馈及控制方式	40
3.1.3 FANUC 驱动器发展	42
3.2 FANUC 数字伺服框图	43
3.3 FANUC 数字伺服硬件与连接	46
3.4 伺服参数的初始设定	53
3.5 数控通道、伺服通道与 FSSB	60
3.5.1 基本结构与设定种类	60
3.5.2 有关 FSSB 参数说明	64
3.6 常用伺服参数调整	68
3.7 增量式返回参考点、绝对式参考点建立、距离编码建立参考点	75
3.7.1 增量方式返回参考点	75
3.7.2 绝对方式建立参考点(无挡块回参考点)	76
3.7.3 距离编码方式建立参考点	78

3.8	FANUC 数字主轴	80
3.8.1	FANUC 串行主轴驱动框图	80
3.8.2	速度控制参数	81
3.8.3	接口控制地址	82
3.8.4	标准参数的自动设定(串行主轴)	85
3.8.5	FANUC 主轴反馈检测器的种类	89
第 4 章	FANUC PMC	91
4.1	I/O 及 PMC 的构成	91
4.2	I/O 接口信号	93
4.3	PMC 地址分配	98
4.4	PMC 周期	103
第 5 章	基本诊断画面	105
5.1	PMC 诊断画面	105
5.1.1	PMC 画面显示	105
5.1.2	梯形图画面显示	106
5.1.3	梯形图画面操作	107
5.1.4	梯形图显示相关设定画面	111
5.1.5	PMC 接口诊断画面	114
5.1.6	PMC 诊断画面控制参数	124
5.2	伺服诊断画面的使用	129
5.2.1	数字伺服画面调用	129
5.2.2	数字伺服运转画面说明	130
5.2.3	在 NC 诊断画面观察伺服报警	131
5.2.4	典型报警分析及解决方案	135
5.2.5	数字伺服波形诊断画面	139
5.3	主轴诊断画面的使用	141
5.3.1	显示主轴设定及调整画面	141
5.3.2	主轴设定画面	141
5.3.3	主轴调整画面	142
5.3.4	主轴监视画面	143
5.4	数控诊断画面的使用	145
5.4.1	进入 NC 诊断画面	145

5.4.2 CNC 诊断(常用信号)000~016 的含义	146
第 6 章 报警分类与状态报警灯说明	153
6.1 FANUC i 系列显示信息报警分类	153
6.1.1 85~87# 报警(有关 RS232-C 输入/输出接口报警)	155
6.1.2 90# 报警(返回参考点位置异常)	158
6.1.3 脉冲编码器报警	160
6.1.4 4xx#~数字伺服报警	161
6.1.5 有关伺服总线 FSSB 报警	162
6.1.6 主轴模块相关报警	163
6.1.7 系统报警	168
6.2 系统状态报警灯说明	177
6.2.1 紧凑式机箱	177
6.2.2 独立式机箱	180
6.3 驱动单元 LED 报警	182
6.3.1 电源单元(PSM)LED 报警	182
6.3.2 主轴单元(SPM)上 LED 报警	185
6.3.3 伺服放大器模块(SVM)上 LED 报警	194
第 7 章 FANUC i 系列常见典型故障分析与排除	202
7.1 机床不能正常返回参考点	202
7.1.1 不能正常返回参考点(增量方式)	202
7.1.2 绝对参考点丢失	206
7.1.3 返回参考点不准确	208
7.2 误差过大与伺服报警(410#/411# 报警)	209
7.3 主轴速度误差过大报警	213
7.4 <紧急停止>报警不能解除	216
7.5 M-FIN 信号没有完成	218
7.6 按<循环启动>键程序不运行	220
7.7 电源不能接通	222
第 8 章 维修人员必备的基本操作	226
8.1 参数的设定与修改	226
8.2 引导画面的数据备份与恢复	227
8.2.1 数据分区和分类	227

8.2.2	SRAM 中的数据备份	229
8.2.3	F-ROM 中数据拷贝与恢复	232
8.2.4	闪存卡格式化(MEMORY CARD FORMAT)功能	236
8.2.5	引导画面备份数据注意事项	237
8.3	通过输入/输出方式保存、恢复数据	237
8.3.1	程序数据的输入/输出	238
8.3.2	偏置数据(刀具偏置补偿数据)的输入/输出	239
8.3.3	参数的输入/输出	240
8.3.4	螺距误差补偿数据的输入/输出	241
8.4	PMC 数据输入输出	243
8.4.1	PMC 梯形图及 PMC 参数输入	243
8.4.2	PMC 梯形图输出	246
8.4.3	PMC 参数输出	246
8.5	更换电池及风扇应注意的问题	247
8.5.1	电池的更换	247
8.5.2	冷却风扇单元的更换	249
8.5.3	更换 LCD 的灯管	249
8.6	重力轴电机拆卸时应注意的问题	252

第1章

数控机床维修特点

这本书我们主要讨论数控机床的维修。数控机床在加工制造业这个传统行业中是一个相对较新的事物，它是新技术应用的载体，所以，我们在讨论数控机床维修这一话题时，应该注意数控机床维修的特点以及它与传统机床维修的差异。

本章从分析机床结构入手，在技术层面上讨论数控机床维修的特点，希望首先帮助现场设备维护人员理解“数控机床维修”这六个字的含义，即我们需要解决什么样的问题，我们能够解决什么样的问题。

1.1 数控机床结构特点

数控机床是集机（械）、电（气）、液（压气动）、光（学器件）为一体的自动化设备（图 1-1 为立式数控铣床结构实体、图 1-2 为数控车床结构实体）。

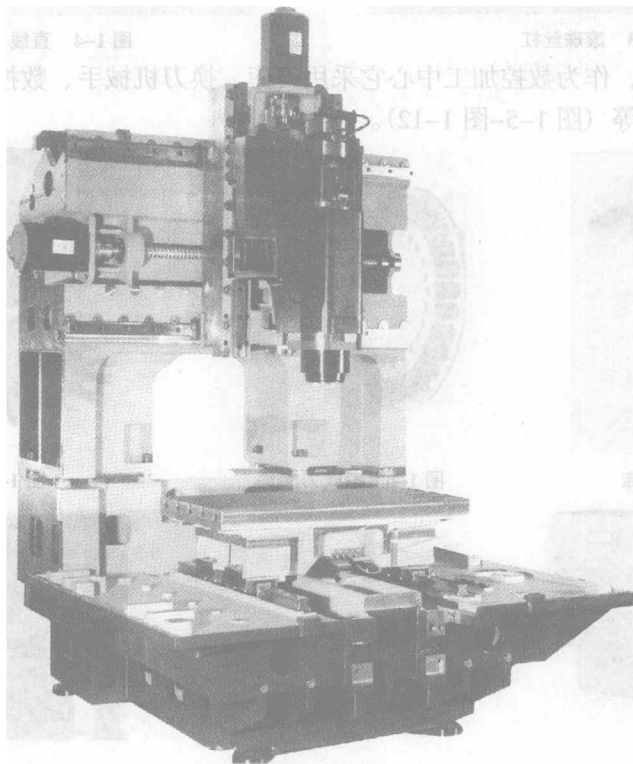


图 1-1 立式数控铣床结构

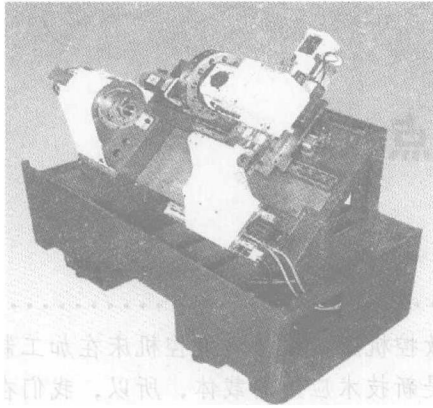


图 1-2 数控车床结构

在机械传动链上,它采用滚珠丝杠(图 1-3)、直线导轨(图 1-4)以及镶钢贴塑导轨。

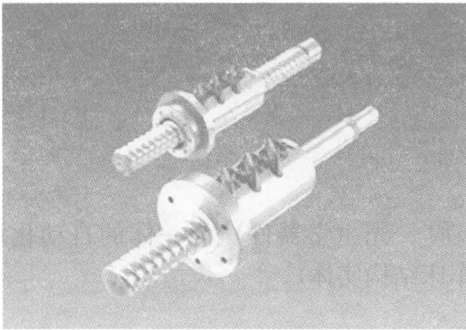


图 1-3 滚珠丝杠

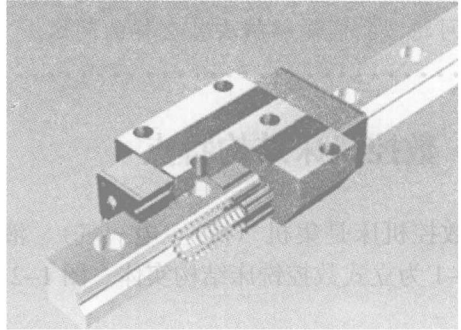


图 1-4 直线导轨

与普通机床不同,作为数控加工中心它采用刀库、换刀机械手、数控分度转台或连续数控转台、交换工作台等(图 1-5~图 1-12)。

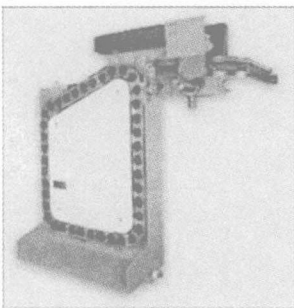


图 1-5 落地式刀库

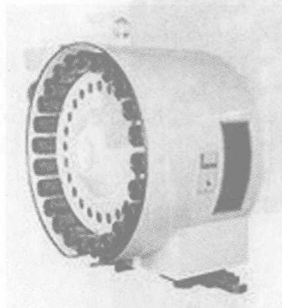


图 1-6 盘式刀库

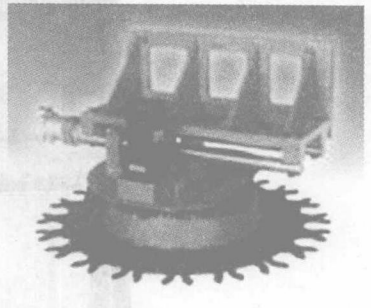


图 1-7 斗笠式刀库

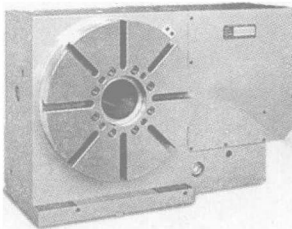


图 1-8 数控转台

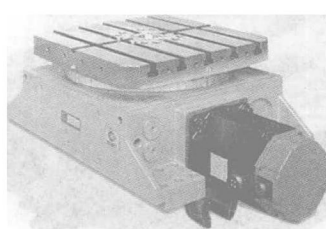


图 1-9 鼠齿盘转台

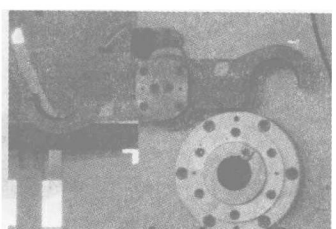


图 1-10 换刀机械手

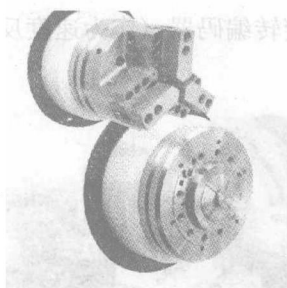


图 1-11 数控分度主轴

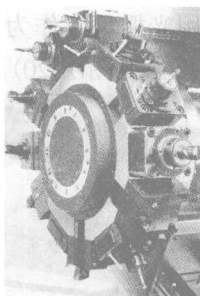


图 1-12 带动力头刀塔

在电气结构上采用 CNC——Computer Numerical Control，即计算机数字控制系统、内置 PLC 及接口电路、主轴及伺服驱动等（图 1-13~图 1-16）以及继电器电路、电磁阀、接近开关等外部设备（图 1-17、图 1-18）。

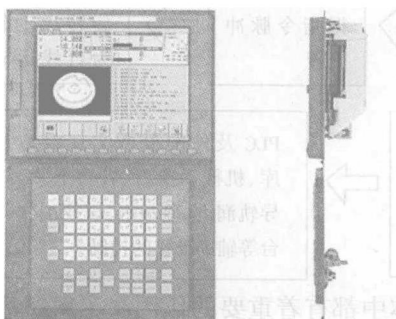


图 1-13 FANUC 16/18 系统

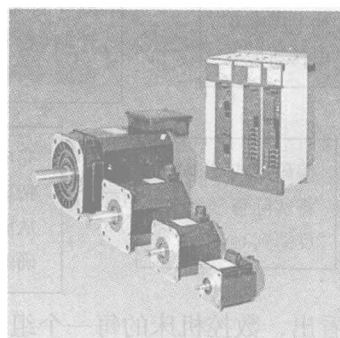


图 1-14 FANUC αi 系列主轴与伺服

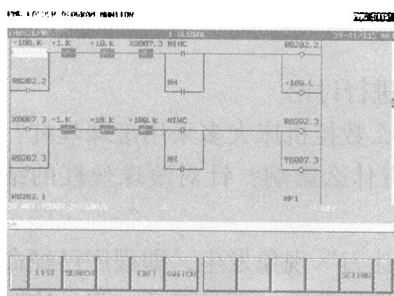


图 1-15 内置 PLC

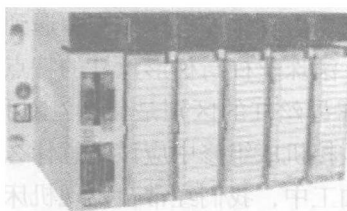


图 1-16 I/O 单元（接口电路）

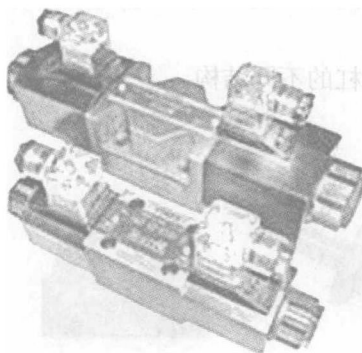


图 1-17 三位四通液压阀

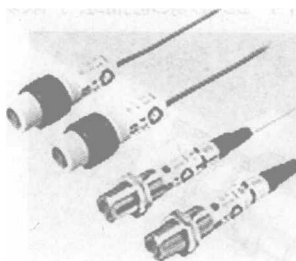


图 1-18 接近开关

在光学器件上采用光栅尺（作为全闭环反馈元件）、旋转编码器（作为速度反馈或半闭环的位置反馈）（图 1-19、图 1-20）。

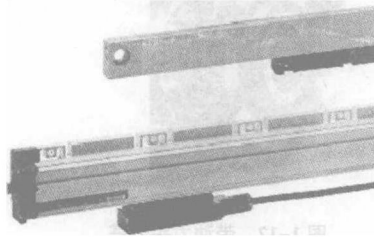


图 1-19 光栅尺

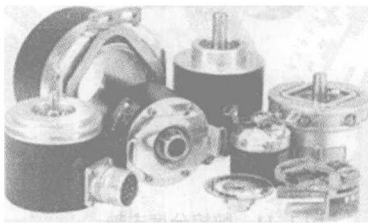
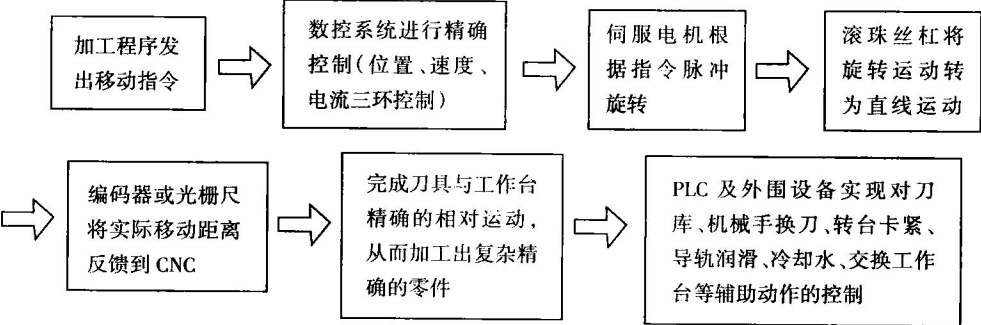


图 1-20 旋转编码器与元光栅

联系上述数控机床的结构特点，我们把数控机床的工作过程简单归纳如下：



可以看出，数控机床的每一个组成部分在整体中都有着重要的作用。了解机床的结构特征对日常维修工作也有着重要的影响。

数控机床维修人员就是数控机床的“医生”，只有对“医治对象”的结构有深刻的了解，我们才能够得心应手地解决疑难病症。

下面我们提出在数控机床维修中遇到的几个问题并进行讨论。

问题①：滚珠丝杠与梯形丝杠的特点是什么？为什么数控机床大多采用滚珠丝杠？双螺母丝杠和单螺母丝杠的区别是什么？对我们日常维修有什么影响？针对滚珠丝杠的结构特点，我们在数控机床维修中应该注意什么？

在日常加工中，我们经常会发现机床在换向时有“让刀”现象发生，即程序已经命令导轨改变轨迹方向，但是刀具与工件并没有像我们预期的那样移动，而是滞后一步，这时有经验的工程师首先会想到“丝杠间隙”。那么丝杠间隙是怎样产生的呢？有没有办法消除丝杠间隙呢？下面我们稍加详细地给予分析。

图 1-21、图 1-22 形象地描绘了滚珠丝杠和梯形丝杠的不同结构。

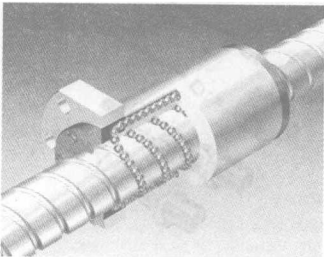
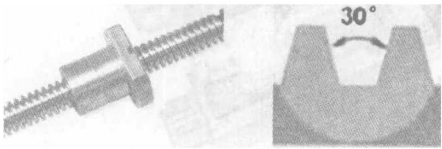


图 1-21 滚珠丝杠内部结构



(a) 梯形丝杠 (b) 梯形螺牙

图 1-22 梯形丝杠结构

从图 1-21 和图 1-22 可以看出,滚珠丝杠是滚动摩擦,而梯形丝杠是滑动摩擦。在实际应用中,由于滚珠丝杠是滚动摩擦,摩擦系数小,所以动态响应快、易于控制、精度高。另外,在滚珠丝杠生产过程中,由于在滚道和珠子之间施加预紧力,消除了间隙,所以滚珠丝杠可以达到无间隙配合。基于这些特点数控机床广泛采用滚珠丝杠,它配合伺服电机可以达到高动态响应和高定位精度。

而梯形丝杠是依靠丝母与丝杠之间的油膜产生相对滑动工作的,从机械原理上讲,滑动摩擦的两物体之间必然会有间隙,包括渐开线齿轮、齿轮齿条等,所以梯形丝杠用于普通机床对动态响应不是很高的场合。

滚珠丝杠又分单螺母和双螺母。单螺母丝杠即使在出厂时预紧消除间隙,使用若干年后仍然容易产生间隙,并且很难通过调整消除间隙。但是双螺母丝杠可以通过增减调整垫的厚度(图 1-23)控制丝杠预紧力,从而消除丝杠间隙。

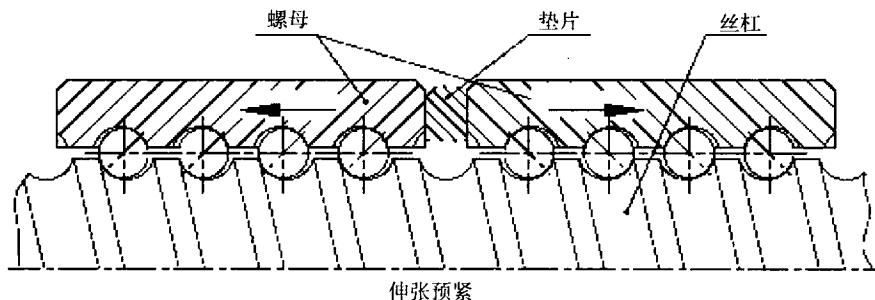


图 1-23 滚珠丝杠预紧

另外,现在大多数数控系统制造商也提供了电气上的辅助补救措施——背隙补偿功能(也称“反向间隙补偿”),英文为 Backlash Compensating。FANUC 16/18/21 以及 Oi 系列可以通过 1851 和 1852 号参数对各轴的反向间隙进行补偿。

对于滚珠丝杠最后我们要强调的是它的“非自锁性”。如果梯形丝杠的螺旋升角是 α° ,那么它的轴向分力是 $\mu \cdot F \cdot \sin \alpha^\circ$,径向分力是 $\mu \cdot F \cdot \cos \alpha^\circ$,只要 α 角小于 45° ,轴向分力就小于径向分力,所以不会在轴向力的作用下驱动丝杠旋转,可以产生“自锁”。

而滚珠丝杠由于采用滚珠滚动摩擦,所以不能构成梯形丝杠那样稳定的静力三角形,一旦稍有轴向力作用就会驱使丝杠旋转,这一特性在我们的日常维修中一定要注意。例如,数控机床的重力轴(立式数控铣床的 Z 轴,卧式加工中心的 Y 轴),当伺服电机不工作时,必须有制动器锁住丝杠,防止由于主轴箱重力引起丝杠旋转,产生主轴箱下滑。传统的数控机床采用重锤平衡(用于立式机床)或液压平衡(用于卧式机床)减少电机正反向负载差,同时减少了加在丝杠上的轴向重力。但是现在许多机床厂家为了简化机床结构,去掉了液压平衡装置,采用大扭矩伺服电机直接带动重力轴工作,在伺服电机关断时,仅仅通过伺服电机本身自带的抱闸锁住滚珠丝杠的转动。对于此种情况,我们在维修拆卸重力轴电机时,一定要在主轴下面进行支撑处理(一般用方木将主轴箱支撑住),否则,当你强行将重力轴伺服电机(立式数控铣床的 Z 轴,卧式加工中心的 Y 轴)拆掉后,机床的主轴箱会像自由落体那样下滑,非常危险。在以往的实际维修中曾出现过这种失误,请读者务必注意。至此,我们应该对机床结构在维修中的重要影响有所体会。

问题②:机床导轨主要有几种形式?它们各自的特点是什么?哪种导轨的重切削特性更好?哪种导轨的动态特性更好?

我们从一个维修案例开始,一台立式加工中心,直线导轨、半闭环,在使用 $\phi 30\text{mm}$ 铣

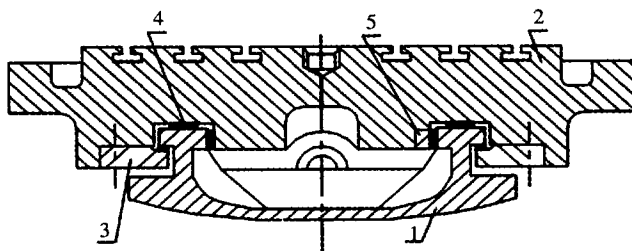
刀切削时 X 轴产生共振。一般半闭环机床产生共振与数控系统及电气的相关性比全闭环控制的机床要小得多，即使是电气故障也多产生于伺服驱动部分，对此，现场工程师首先采用了排除法，将电机与机床脱开，电机运转正常，没有震动，排除了电气损坏的可能性。接下来检查机械，最终发现 X 轴直线导轨磨损严重，个别滑块滚珠鳞皮剥离，导致导轨间隙过大，刀具旋削过程中机床共振。

图 1-4 清晰地展示了直线导轨的结构特征，直线导轨是由导轨、滑块两个基本部分组成的，滑块与导轨之间的运动是依靠滚珠的滚动完成的，所以它的特点很像滚珠丝杠，惯性矩小、动态特性好、响应快。但是珠子与轨道的接触实际上是点群的接触，所以受力点不均匀、稳定性差、强力切削特性差。

数控机床导轨的其他形式还有镶钢贴塑导轨（适宜强力切削的中型数控机床）（见图 1-24）、静压导轨（适宜大型龙门式机床、大型镗铣床等）、辊动（滑块）导轨等。它们的结构不同，特点不同，在维修中出现问题不同，处理的方式也不同，具体情况见表 1-1。

表 1-1 数控机床常用导轨比较

导轨形式	结 构	特 点	适 用	容易产生故障
直线导轨	滑块与导轨之间通过滚珠滚动产生相对运动	滚动摩擦、惯性矩小、动态特性好，点群接触，强力切削性差	切削力适中的高速加工机床，如铝材箱体加工等	磨损快，滑块与导轨一旦产生间隙，切削时机床易产生震动，维修更换容易
镶钢贴塑导轨	钢导轨与工作台下面的聚四氟乙烯面以及它们之间的油膜产生滑动摩擦	刮研后接触面好，稳定性好，强力切削性能好。静惯性矩大，起动力矩大，动态特性稍差	强力重切削机床，钢件、不锈钢件加工，目前中型数控机床使用广泛	贴塑面对润滑要求严，一旦缺少润滑，贴塑面很快损坏，维修成本高，必须刮研修复
静压导轨	通过压力油分布在导轨面各点，工作台浮在导轨上面	摩擦系数小，受力好，结构复杂，制造成本高	大型龙门或大型镗铣床，工作台承重 大	压力点不平衡，出油口堵塞，工作台漂浮低于允差，压力点平衡调整难度大
辊动导轨	与直线导轨原理相似，但坦克链式滑块多为滚针形式	“线”接触，滚动摩擦、惯性矩小，动态特性好，受力条件比直线导轨好，工艺性比直线导轨差	中型机床或龙门机床横梁广泛采用这一结构	滑块寿命周期有限，但更换维护容易
气浮导轨	通过小孔气压将工作台浮在导轨上运动	摩擦系数小，受力好，对环境要求严，适用于高速加工	专用高速加工机床	对环境要求高，气 和环境质量非常重要



1-床身；2-工作台；3-压板；4-贴塑面；5-镶条

图 1-24 镶钢贴塑导轨断面

问题③：全闭环与半闭环不同的控制形式，对日常维修有什么影响？

从控制形式上分类，目前数控机床的控制形式主要有开环控制、半闭环控制和全闭环控制这三类。由于开环控制主要用于精度不太高的经济型数控，本书不予讨论。

全闭环控制和半闭环控制对高档数控机床是必不可少的，程序指令输出后，工作台是否移动到位，完全是由机床的全闭环控制和半闭环控制监控、调整的。关于全闭环控制和半闭环控制的工作原理以及在 FANUC 系统中的应用我们将在第 4 章中深入讨论，本章我们仅强调这两种不同控制方式对我们日常数控维修的影响。

全闭环控制机床的故障率要高于半闭环机床，这是由于检测元件（光栅尺、感应同步器等）安装在工作台周边，铁屑和冷却液造成的不良环境影响这些检测元器件的正常使用。另一方面，全闭环控制对机械传动链的配合精度要求比较高，当机械传动链出现过大的间隙时（一般大于 0.05~0.10mm 后）会产生伺服调整振荡，机床工作时出现高频噪声，无法使加工正常进行。那么，作为数控机床维修人员怎样处理这类故障呢？最有效的方法就是通过参数调整将全闭环控制改为半闭环控制进行试验。如何进行参数调整我们将在第 4 章详细讨论，但是调整相关参数的前提是我们必须理解两种控制方式的工作原理，理解相关参数的叙述内容和作用。另外，在找出故障后，我们还要对硬件进行维修或更换处理。

问题④：伺服电机与步进电机在数控机床应用中的最大区别是什么？同步电机与异步电机的特性是什么？在数控机床中它们分别用在什么场合？

● 步进电机在数控系统中是根据指令脉冲转换成相应的步距角旋转的，指令发出后不读取反馈信号，为开环控制。从程序指令到电机旋转，如果中途有丢失脉冲现象，系统无法感知与校正，所以目前步进电机开环控制用于精度要求不很高的经济型数控。

● 完整的伺服控制通过位置环、速度环、电流环对伺服电机进行实时调整控制，伺服控制回路有全闭环和半闭环两种形式，一般用于高精度、高动态响应的高档数控机床。

有些读者对变频调速和伺服控制认识模糊，变频调速和伺服控制有它们的共性，所以容易造成读者误解。例如它们的共同点是均采用 PWM（脉宽调制）驱动，像西门子 611D 驱动单元，其拖动对象不区分是 1FT6 伺服电机还是 1PH7 异步主轴电机，均采用结构完全相同的驱动单元。这与 FANUC 系列产品不同，FANUC 公司主轴驱动单元与伺服放大器完全不同，不可替代。

变频调速的控制对象一般是异步电机，例如鼠笼电机。而伺服控制的对象是同步电机，通常是永磁电机。变频调速是以速度控制为主，强调的是恒功率输出。而伺服驱动是位置控制、速度控制、力矩控制（或电流控制）并重，强调的是恒扭矩输出。所以在 FANUC 驱动

产品指标标注中, 主轴电机和伺服电机是不同的。主轴电机产品是以功率划分, 如型号是 $\alpha 18/6000$ 的主轴电机, 表明其为额定功率是 18 kW 转速为 6000r/min 的主轴电机, 而型号是 $\alpha i22/3000$ 的伺服电机指的是额定扭矩为 22 N·m 最高转速为 3000r/min 的伺服电机。虽然单从数字上看后者 22 比前者 18 大, 但实际上后者的额定输出功率仅为 4.4 kW, 最大输出功率为 6.9 kW (换算公式 $P = N \times n / 9550$ P 功率, kW; N 扭矩, N·m; n 转速, r/min)。

通常情况下, 异步电机的位置控制运算模式是矢量控制, 而伺服电机采用同步跟踪旋转磁场的角度实时调整, 实现高精度位置控制。

表 1-2 将问题④作了一个简单的归纳, 具体内容我们将在第 4 章再详细讨论。

表 1-2 变频调速与伺服控制差异

控制形式	驱动器	控制电机	特 点	在数控机床中应用
变频调速	PWM 脉宽调制	异步电机 鼠笼电机	速度控制为主, 可以实现简单的位置控制, 低速扭矩特性差	用于主轴电机、刀库电机、交换工作台用电机
伺服控制	PWM 脉宽调制	同步电机 永磁电机	高精度位置控制, 集速度控制、位置控制、力矩控制为一体, 低速大扭矩	轴控制用电机, 数控机床的 X、Y、Z、A、C 轴等

问题⑤: 数控转台与鼠牙 (齿) 盘转台在结构上有什么区别? 分别用于什么场合?

这个问题在我们数控机床维修中有实际意义。例如卧式加工中心 180°掉头镗孔同轴度差是一个比较普遍的故障现象, 如果我们对机床结构有所了解, 就不会轻易怀疑鼠牙盘的角度定位精度, 这主要是由鼠牙盘的结构所决定的, 鼠牙盘的角度定位就如同机械死挡块定位, 数控系统只要将转台转到“大致的位置” (小于 1/2 鼠齿分度), 最终的定位精度就取决于鼠牙盘的啮合。只要鼠牙盘鼠齿没有断裂、没有从基座错位, 其定位精度就很高, 并且其精度不会随着使用年限的延长而降低。这就是为什么高精度镗铣床广泛采用鼠牙盘结构的原因。但是鼠牙盘结构的缺点也是显而易见的, 它不能与其他伺服轴构成联动去加工空间形状复杂的曲面。

鼠牙盘结构的上述缺点也影射出数控转台的优点, 数控转台在加工过程中可以连续旋转, 与其他数控轴 (或几何轴) 进行插补, 完成复杂曲面的加工。但是由于蜗轮幅长期磨损, 在长期使用后会降低角度定位精度。

另外, 鼠牙盘转台在旋转时只带动工件空转定位, 不受切削力作用, 所以驱动电机功率或扭矩比数控转台电机要小, 数控转台伺服电机的扭矩或功率要大得多。

问题⑥: 数控车床与车削中心 (也称车铣中心) 的区别以及 FANUC 系统中对 Cs 和 Cf 轴的定义。

通常的车削是工件旋转、刀具不 (转) 动, 铣削则是工件不 (转) 动、刀具旋转。数控车床是通过卡盘夹持工件高速旋转, 刀具不主动切削。而车削中心既可进行车削——工件高速旋转、刀具仅按轨迹运行, 不做主动旋转切削, 又可进行铣削——刀具高速旋转、主轴作为 C 轴夹持工件与 X 轴或 Z 轴插补。