



■ 全国中等职业技术学校数控加工专业教材 ■

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO SHUKONG JIAGONG ZHUANYE JIAOCAI

数控机床机械系统 及其故障诊断与维修



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校数控加工专业教材

数控机床机械系统及其故障诊断与维修

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

中国全等职业学技术学校教材

图书在版编目(CIP)数据

数控机床机械系统及其故障诊断与维修/胡旭兰主编. —北京:中国劳动社会保障出版社,
2008

全国中等职业技术学校数控加工专业教材

ISBN 978-7-5045-6957-8

I. 数… II. 胡… III. ①数控机床-故障诊断②数控机床-维修 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 051321 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

*

北京谊兴印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 10 印张 224 千字

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

定价: 17.00 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

前言

随着数控加工技术迅速发展和普及,企业对数控加工技能人才的知识和能力结构以及相应的职业教育和培训提出了更高、更新的要求。为适应这一形势,更好地满足全国中等职业技术学校数控加工专业教学的需要,我们根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的《数控加工专业教学计划与教学大纲》,在广泛调研的基础上,组织行业专家、职业教育研究人员、学校一线教师共同开发了中等职业技术学校数控加工专业教材。

本套教材主要包括:《数控加工工艺编程与操作(FANUC系统车床分册)》《数控加工工艺编程与操作(FANUC系统铣床与加工中心分册)》《数控加工工艺编程与操作(SIEMENS系统车床分册)》《数控加工工艺编程与操作(SIEMENS系统铣床与加工中心分册)》《数控加工工艺编程与操作(国产数控系统车床分册)》《数控加工工艺编程与操作(国产数控系统铣床与加工中心分册)》《CAD/CAM基础与实训(CAXA)》《CAD/CAM基础与实训(Mastercam)》《数控机床机械系统及其故障诊断与维修》《数控机床电气控制系统及其故障诊断与维修》《模具结构与制造》等。

在本套教材的编写过程中,我们始终坚持以下几个原则:

在教材体系构建方面,充分考虑各个学校教学条件和设备选型的差异,力求满足学校对数控系统和仿真软件的个性化需求。如针对数控加工工艺教学,按照车床、铣床(加工中心)两个系列,分别编写适合FANUC、SIEMENS和国产数控系统教学的6本教材;针对仿真教学,选取CAXA和Mastercam两种最常用的软件分别编写《CAD/CAM基础与实训(CAXA)》《CAD/CAM基础与实训(Mastercam)》。此外,考虑到各校在专业课程设置上会有些差异,我们还开发了《数控机床机械系统及其故障诊断与维修》和《数控机床电气控制系统及其故障诊断与维修》,为学校拓展数控加工专业课程设置创造了条件。

在教材编写模式方面,力求反映先进的教学理念,突出理论实训一体化教学的原则。根据任务驱动的先进教学理念,对教材内容进行重组,以典型零件的生产为载体,有机融入理论知识和操作技能。同时,在教材中尽可能多地采用图片、照片以及步骤清晰的操作流程,这样既再现了工作岗位的情境,又激发了学生的学习兴趣。

在教材内容安排方面,根据国家职业标准《数控车工》《数控铣工》《加工中心操作工》《数控机床装调维修工》,以及企业对数控加工人员的岗位要求,以够用实用为度,删除“繁难偏旧”的理论知识,加大技能训练环节教学内容的编写力度。

在教材配套和服务方面,力求满足教师和学生需求。6本编程教材均配有练习指导,并按照应知和应会两部分内容编写,一方面梳理知识,提供更多的例题解析;另一方面设计了大量练习,帮助学生复习巩固所学知识。此外,教材中涉及的程序均制作成素材包,可以

从中国劳动社会保障出版社网站 www.class.com.cn 下载。

本套教材的编写得到江苏、浙江、广东、山东、四川、河南、河北、福建等省劳动和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

《数控机床机械系统及其故障诊断与维修》是为配合学校开展数控机床维修教学开发的专业教材，主要内容包括：数控机床机械结构概述、数控机床传动系统、数控机床进给传动系统、数控机床自动换刀装置、数控机床其他装置等。全书以“结构—维护—维修”为主线，简明扼要地阐述了数控机床各部分的机械结构，详尽地描述了各部分的维护，清晰地列举了各部分的常见机械故障，用实例讲述了典型数控机床的故障诊断步骤及维修方法。

本书由胡旭兰主编，熊卫国、薛秋浩参加编写；韩鸿鸾主审，杨煦参加审稿。

劳动和社会保障部教材办公室

2008年3月

参考学时

— 3 —

续表

章节内容			总学时	讲授	训练
第五章 数控机床其他装置			19	10	9
§5-1 工作台				2	2
§5-2 卡盘				2	2
§5-3 尾座				1	1
§5-4 分度装置				3	2
§5-5 排屑装置				1	1
§5-6 防护装置				1	1
总计			80	45	35
1	1				
2					
	1				
3	01	81			
	1				
2	2				
3	1				
3	3				
2	1				
	2				
3	11	01			
	1				
1	1				
1	1				
2	4				
4	2				
	2				
3	8	11			
	1				
2	2				
2	4				
1	1				

目 录

绪论	(1)
思考与练习	(9)
第一章 数控机床机械结构概述	(13)
§ 1—1 数控机床的布局	(13)
§ 1—2 数控机床机械结构特点与组成	(17)
§ 1—3 数控机床的安装	(22)
§ 1—4 数控机床机械故障	(24)
思考与练习	(28)
第二章 数控机床主传动系统	(32)
§ 2—1 概述	(32)
§ 2—2 主轴部件	(33)
§ 2—3 主轴支撑	(40)
§ 2—4 主传动	(44)
§ 2—5 主轴准停装置	(49)
§ 2—6 高速主轴	(52)
思考与练习	(55)
第三章 数控机床进给传动系统	(58)
§ 3—1 概述	(58)
§ 3—2 联轴器	(59)
§ 3—3 齿轮传动	(63)
§ 3—4 滚珠丝杠	(65)
§ 3—5 数控机床用导轨	(73)
§ 3—6 直线电动机	(83)
思考与练习	(86)
第四章 数控机床自动换刀装置	(91)
§ 4—1 概述	(91)

§ 4—2 刀架换刀·····	(92)
§ 4—3 机械手与刀库·····	(99)
§ 4—4 加工中心无机械手换刀·····	(112)
思考与练习·····	(115)
第五章 数控机床其他装置 ·····	(118)
§ 5—1 工作台·····	(118)
§ 5—2 卡盘·····	(125)
§ 5—3 尾座·····	(129)
§ 5—4 分度装置·····	(132)
§ 5—5 排屑装置·····	(138)
§ 5—6 防护装置·····	(142)
思考与练习·····	(147)
附录 数控机床维修常用工具及必要技术资料 ·····	(150)

绪 论

一、数控机床的产生与发展

第二次世界大战后，军备竞赛的焦点发展为制空权，因而对新型的性能更好的飞机的需求十分迫切。而那时飞机零件的加工、整体机身的装配均是借助样板完成的，而样板主要是靠仿形铣，再经钳工修磨成形。因而生产一种新型飞机，其周期需要二三年。1947 年，美国帕森（John Parsons）公司开始探讨用三坐标曲线来控制机床的运动并进行了实验。1949 年，经美国空军部门（U. S. Air Force）批准，美国帕森公司与麻省理工学院（MIT，即 Massachusetts Institute of Technology）合作，开始研究数控铣床。1952 年，麻省理工学院（MIT）用实验室制造的控制装置和辛辛那提公司（Cincinnati Hydrotel）的立式铣床相结合，实现了三轴联动。于是，诞生了世界上第一台数控机床——数控铣床。当时数控机床还仅限于军用，到 1955 年，数控机床才开始用于工业生产。

1958 年，北京机床厂与清华大学合作试制出我国的第一台数控铣床，此后，数控机床发展缓慢。1970 年，北京机床厂的 XK5040 型升降台数控铣床才开始小批量生产。直到 20 世纪 80 年代，从日本等国引进了数控装置、主轴及伺服系统的生产技术，并陆续投入生产，才结束了我国数控机床发展徘徊不前的局面。至 1985 年，我国数控机床进入了实用阶段，1986—1990 年，是我国数控机床的大发展时期，通过实施国家重点科技攻关项目“柔性制造系统技术及设备开发研究”，以及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收”等，推动了我国数控机床的发展。1991 年以来，我国一方面引进先进数控系统，另一方面积极自主开发，取得了可喜的成绩。目前，我国已有几十家机床厂能够生产不同类型的数控机床和加工中心。但和工业发达国家相比还是有一定的差距。

数控机床总的发展趋势是工序集中，高速、高效、高精度、高可靠性，以及方便适用。

二、数控机床的分类

数控机床品种繁多，分类方法也各不相同。

1. 按工艺用途分类

(1) 金属切削类

1) 普通数控机床 如数控车、铣、钻、磨、镗和齿轮加工机床等。

2) 加工中心 即带有刀库和自动换刀装置的数控机床。

(2) 金属成型类 如数控折弯、弯管、旋压机等。

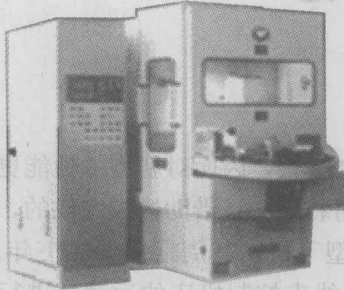
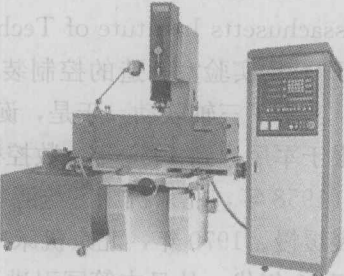
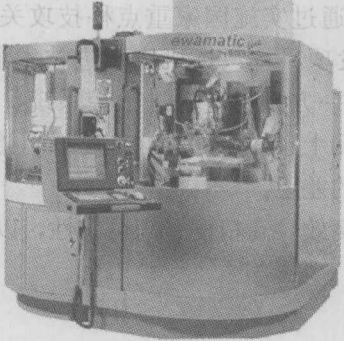
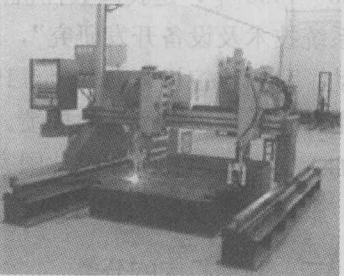
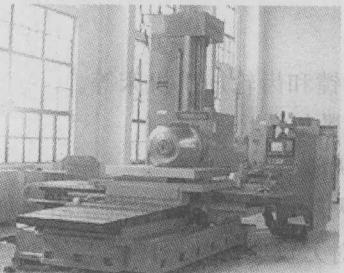
(3) 特种加工类 如数控电火花线切割、电火花成形、火焰切割、激光加工机等。

(4) 测量、绘图类 如三坐标测量仪、数控对刀仪、数控绘图仪等。

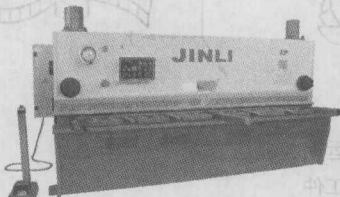
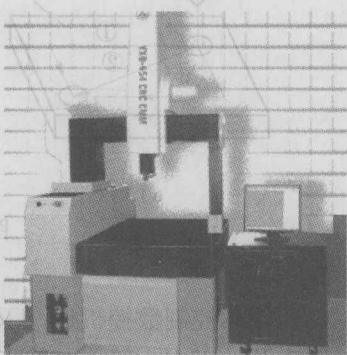
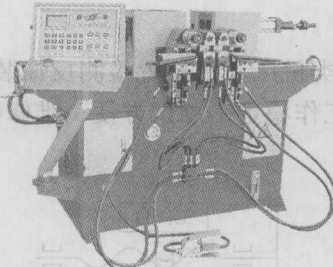
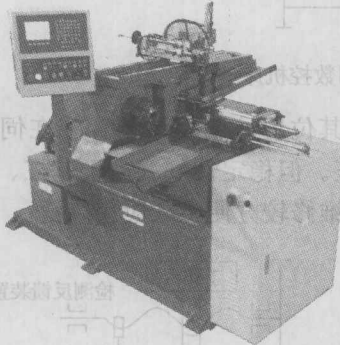
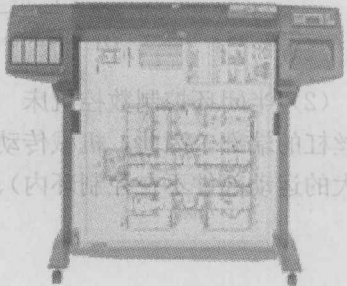
各种数控机床的实物图见表 0—1。

表 0—1

各种数控机床的实物图

名 称	实 物	名 称	实 物
数控插齿机		数控电 火花线 切割机床	
数控滚齿机		数控电火花 成形机	
数控刀具 磨床		数控火焰 切割机	
数控镗床		数控激光 加工机	

续表

名 称	实 物	名 称	实 物
数控折弯机		三坐标 测量仪	
数控全自动 弯管机		数控对刀仪	
数控旋压机		数控绘图仪	

2. 按控制运动的轨迹分类

(1) 点位控制数控机床 典型的点位控制数控机床有数控钻、坐标镗、冲床，其特点是数控装置只控制从一点到另一点的准确定位，而不限制两点间的运动轨迹。如图 0—1a 所示。

(2) 直线控制数控机床 典型的直线控制数控机床有简易数控车、铣、磨床，其特点是除了控制点与点之间的准确定位外，还能实现平行于坐标轴或沿与坐标轴成 45° 角的直线切削加工。如图 0—1b 所示。

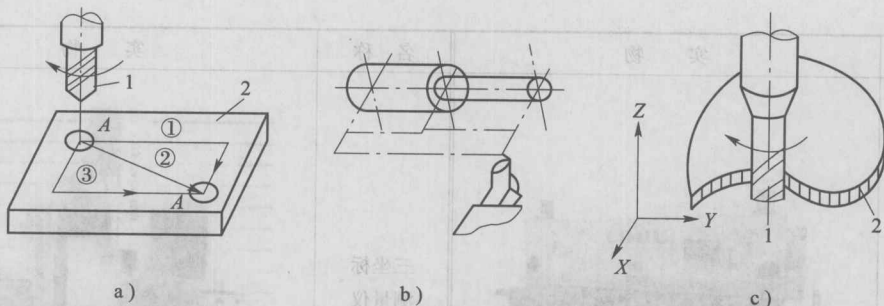


图 0—1 数控系统的运动控制方式

1—刀具 2—工件

(3) 轮廓控制数控机床 又称为连续控制数控机床。典型的轮廓控制数控机床有数控车、铣床及加工中心等，其特点是能同时控制两个和两个以上坐标轴，并具有插补功能。即可以加工曲线或曲面零件。如图 0—1c 所示。

3. 按控制方式分类

(1) 开环控制数控机床 如图 0—2 所示，这类机床不带位置检测反馈装置，典型的开环控制方式是步进电动机驱动式。其结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、成本低，但精度不高，一般应用于经济型数控机床。

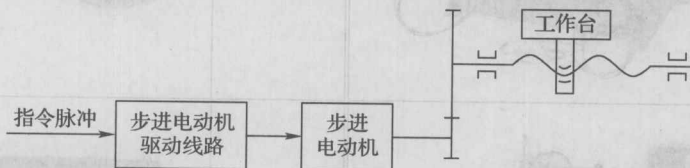


图 0—2 开环控制数控机床

(2) 半闭环控制数控机床 如图 0—3 所示，其位置检测反馈装置装在伺服电动机轴上或丝杠的端部，因此，机械传动误差没有得到纠正。但稳定性好（由于丝杠、工作台等惯性较大的运动部件不在控制环内）、成本较低、调试维修较方便，故应用广泛。

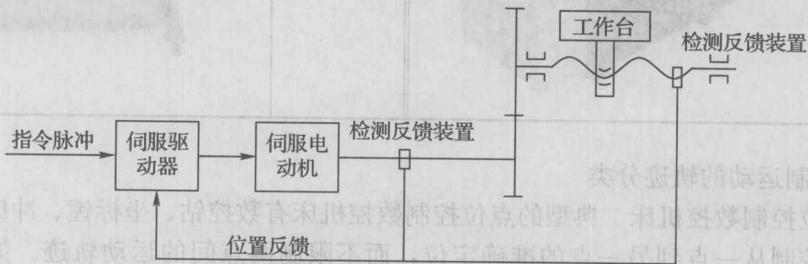


图 0—3 半闭环控制数控机床

(3) 闭环控制数控机床 如图 0—4 所示，其位置检测反馈装置安装在机床工作台上，因此，精度高，但结构复杂、调试和维修复杂、成本高。主要用于精度要求很高的数控机床。

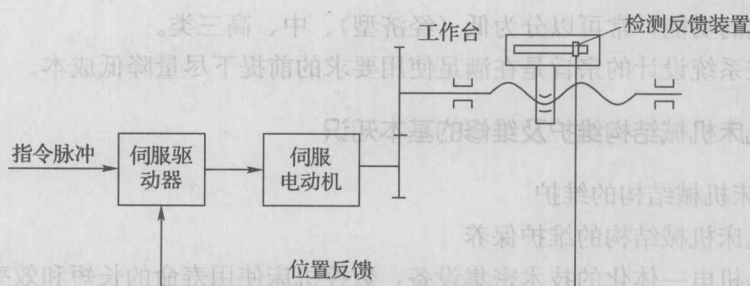


图 0—4 闭环控制数控机床

4. 按控制联动的坐标轴数分类

(1) 两轴联动数控机床 可以同时控制 X 、 Y 、 Z 三轴中的两轴联动，加工曲线柱面，如图 0—5 所示。

(2) 两轴半联动数控机床 其中两轴联动，第三轴做等距周期移动，可采用行切法加工三维空间曲面。如图 0—6 所示， X 、 Y 两轴联动， Z 轴做等距周期移动。

(3) 三轴联动数控机床 同时控制三轴联动，可作三维立体加工，如图 0—7 所示。



图 0—5 两轴联动

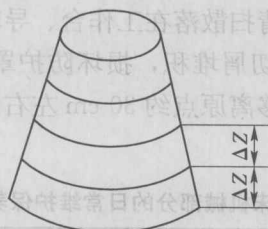


图 0—6 两轴半联动

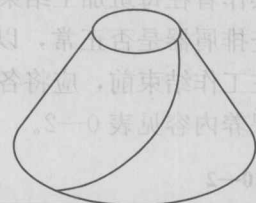


图 0—7 三轴联动

(4) 四轴联动数控机床 可以同时控制 X 、 Y 、 Z 三直线坐标轴与某一旋转坐标轴联动，如图 0—8 所示。

(5) 五轴联动数控机床 除可以同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动外，还同时控制两个旋转坐标轴，如图 0—9 所示。

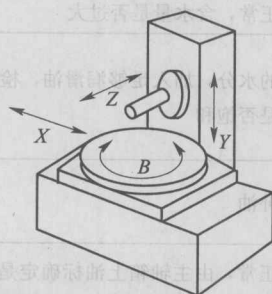


图 0—8 四轴联动

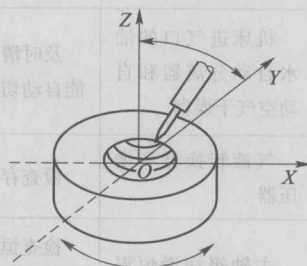


图 0—9 五轴联动

5. 按数控系统的功能水平分类

按数控系统的功能，常可以分为低（经济型）、中、高三类。

经济型数控系统设计的宗旨是在满足使用要求的前提下尽量降低成本。

三、数控机床机械结构维护及维修的基本知识

1. 数控机床机械结构的维护

(1) 数控机床机械结构的维护保养

数控机床是机电一体化的技术密集设备，数控机床使用寿命的长短和效率的高低，不仅取决于机床的精度和性能，很大程度上也取决于它的正确使用与维护。

对数控机床进行日常维护与保养，可延长电气元件的使用寿命，防止机械部件的非正常磨损，避免发生意外的恶性事故，使机床始终保持良好的状态，尽可能地保持长时间的稳定工作，延长无故障时间。

数控机床的机械结构较普通机床更简单，但其对精度、刚度、热稳定性等的要求则比普通机床高得多。数控机床的机械部件包括齿轮减速装置、滚珠丝杠副、导轨、工作台、刀库及换刀装置、液压和气压系统等，因此，数控机床机械部件维护的范围更广泛。为了保证整机的正常工作，应对机床本体的维护保养引起足够的重视。

操作者在每班加工结束后，应清扫散落在工作台、导轨防护罩等处的切屑；在工作时注意检查排屑器是否正常，以免造成切屑堆积，损坏防护罩，危及滚珠丝杠与导轨的使用寿命；在工作结束前，应将各伺服轴移离原点约 30 cm 左右后停机。数控机床机械部分的日常维护保养内容见表 0—2。

表 0—2 数控机床机械部分的日常维护保养内容

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑	检查润滑油的油面、油量，及时添加润滑油；检查润滑油泵能否定时启动、打油及停止；检查导轨各润滑点在打油时是否有润滑油流出
2	每天	X、Y、Z 及回旋轴导轨	清除导轨面上的切屑、脏物、冷却水剂，检查导轨润滑油是否充分，导轨面上有无滑伤及锈斑，导轨防尘刮板上有无夹带铁屑，如果是安装滚动滑块的导轨，当导轨上出现划伤时应检查滚动滑块
3	每天	压缩空气气源	检查气源供气压力是否正常，含水量是否过大
4	每天	机床进气口的油水自动分离器和自动空气干燥器	及时清理分水器中滤出的水分，加入足够润滑油，检查空气干燥器是否能自动切换工作，干燥剂是否饱和
5	每天	气液转换器和增压器	检查存油面高度并及时补油
6	每天	主轴箱润滑恒温油箱	检查恒温油箱工作是否正常，由主轴箱上油标确定是否有润滑油，调节油箱制冷温度，使之能正常启动，制冷温度不要低于室温太多（相差 2~5℃，否则主轴容易产生空气水分凝聚）

续表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
7	每天	机床液压系统	油箱、油泵无异常噪声，压力表指示正常压力，油箱工作面在允许的范围内，回油路上背压不得过高，各管接头无泄露和明显振动
8	每天	主轴箱液压平衡系统	平衡油路无泄露，平衡压力指示正常，主轴箱上下快速移动时压力波动不大，油路补油机构动作正常
9	每天	各种散热通风装置	数控柜、机床电气柜进气、排气扇工作正常，风道过滤网无堵塞，主轴电动机、伺服电动机、冷却风道正常，恒温油箱、液压油箱的冷却散热片通风正常
10	每天	各种防护装置	导轨、机床防护罩应动作灵敏而无漏水，刀库防护栏杆、机床工作区防护栏检查门开关应动作正常，恒温油箱、液压油箱的冷却散热片通风正常
11	每天	刀具系统	检查刀具夹持是否可靠、位置是否准确、刀具是否损伤
12	每天	换刀系统	观察转塔刀架定位、刀库送到、机械手定位情况
13	每天	滚珠丝杠	用油擦净丝杠暴露部位的灰尘和切屑
14	每月	主轴箱	检查主轴上卡盘、夹具、刀柄的夹紧情况，注意主轴的分度功能
15	每月	切削液箱	清理箱内积存切屑，更换切削液
16	半年	滚珠丝杠螺母副	清洗丝杠上旧的润滑油脂，涂上新的油脂，清洗螺母两端的防尘网
17	半年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器、油箱底部，更换或过滤液压油，注意加入油箱的新油必须经过过滤和去水分
18	半年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器，更换润滑油，检查主轴箱各润滑点是否正常供油
19	每年	润滑油泵、过滤器等	清理润滑油箱池底，清洗更换滤油器
20	每年	主轴箱平衡缸	检查并调整一次主轴箱平衡缸的压力，使其符合要求
21	不定期	各轴导轨上的镶条、压紧滚轮、丝杠	按机床说明书上的规定调整
22	不定期	冷却水箱	检查水箱液面高度，冷却液装置是否工作正常，冷却液是否变质，经常清洗过滤器，疏通防护罩和床身上各回水通道，必要时更换并清理水箱底部
23	不定期	排屑器	检查有无卡住现象
24	不定期	清理废油池	及时取走废油池以免外溢，当发现油池中油量突然增多时，应检查液压管路中是否有漏油点
25	不定期	调整主轴驱动带松紧	按机床说明书进行调整

数控机床长期不用时最重要的日常维护工作是通电。

(2) 机械部件的检查调试

1) 机床各运动轴传动链的检查调整。维修人员每年应对数控机床各运动轴的传动链进

行一次检查、调整，主要检查导轨镶块的间隙、滚珠丝杠的预紧是否合适，联轴器各锁紧螺钉是否松动，同步齿形带是否松动或磨损，齿轮传动间隙是否需要调整等。同时，还应检查主轴箱平衡块的链条是否磨损，并对其进行润滑。

2) 各运动轴精度的检查调整。数控机床在使用一段时间后，因物理磨损或机械变形，会使其精度发生变化，因此，在必要时应对各运动轴精度进行检查、调整。维修人员每年应对数控机床的安装精度检测一次。如果精度超过机床允许值，应进行调整。或使用数控机床的参数对反向间隙、丝杠螺距误差进行补偿，直到精度符合要求，并做出详细记录，存档备查。

3) 减速撞块的检查调整。维修人员还应检查机床各运动轴返回参考原点的各减速撞块固定螺钉是否松动，如果松动，应将其紧固。螺钉紧固后，数控机床的对应点可能会产生漂移，应对有关参数（如栅点掩蔽量、栅点漂移量）进行调整，使原点恢复原位置。

4) 液压系统的检查调整。液压传动系统在数控机床中占有很重要的位置，加工中心的自动交换系统（ATC）、托盘自动交换系统、主轴箱的平衡、回转工作台的夹紧等一般都采用液压系统来实现。由于液压系统工作时，机床运行过程中的振动、液压油温度的变化，使液压系统的压力、液压元件的工作状态、液压油的质量特性都发生变化，从而影响机床的工作稳定性，因此，在使用一段时间后应对液压系统进行调整。

5) 气动系统的检查调整。气动系统一般用于主轴锥孔及刀具的清洁，有时也用于刀具自动交换系统和工件夹具中。气源一般通过过滤、调压、润滑三个装置后，将干净且带有油雾的压缩空气供给机床使用。应每天检查压缩空气的压力是否正常；过滤器需要手动排水的，夏季应两天排一次，冬季一周排一次；每月检查润滑器内的润滑油是否用完，及时添加规定品牌的润滑油。

6) 润滑部分的检查调整。对加工中心的自润滑单元，操作者应每周定期加油一次，找出耗油量的规律，发现供油减少时应及时通知维修人员检修。操作者应随时注意 CRT 显示器上的运动轴监控画面，发现电流增大等异常现象时，及时通知维修人员维修。维修人员每年应进行一次润滑油分配装置的检查，发现油路堵塞或漏油应及时疏通或修复。有的加工中心的主轴轴承和旋转工作台的润滑也使用自动润滑单元，有的则单独润滑，对这些润滑部位，也应注意检查调整。

2. 数控机床机械结构维修的基本知识

(1) 可靠性

数控机床故障诊断与维修的基本目的就是提高数控设备的可靠性。可靠性是指在规定时间内、规定的工作条件下维持无故障工作的能力。衡量可靠性的指标常用的有以下几个。

1) 平均无故障时间 MTBF (Mean Time Between Failures) 指一台数控机床在使用中两次故障间隔的平均时间，即

$$MTBF = \frac{\text{总工作时间}}{\text{故障次数}}$$

2) 平均修复时间 MTTR (Mean Time To Repair) 指数控机床从出现故障直至修复所用的平均时间。