



高等职业教育“十二五”规划教材
校企合作开发教材

数控车职业技能训练 与实践教程

SHUKONGCHE ZHIYE JINENG XUNLIAN
YU SHIJIAN JIAOCHENG

黄杰 刘宏军 主编
郑晨升 主审



化学工业出版社

高等职业教育“十二五”规划教材
校企合作开发教材

数控车职业技能训练与实践教程

黄 杰 刘宏军 主编
郑晨升 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书依据国家职业标准《数控车工》(中级工、高级工)要求编写,以基本知识和基本技能为基础,以职业发展为目标,遵循工件数控加工的工作过程,通过解决实际问题,由浅入深地介绍数控车加工的知识和技能构成,体现教学过程与工作过程相一致,知识能力及应用能力发展与职业发展规律相一致。本书内容包括数控车加工工艺基础、数控车加工刀具及量具使用、数控车工艺编程、数控车床操作与加工等内容。知识及技能水平以数控车中级工为标准,工艺编程涵盖高级工标准。

本教材有配套电子课件,可免费赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如有需要,可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

本书可作为高职高专院校、中等职业学校数控车加工技术理论实践一体化教学用书,也可作为企业培训部门、职业技能鉴定培训机构开展数控车工培训的教材,并可作为从事数控车床操作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车职业技能训练与实践教程/黄杰,刘宏军主编. —北京:化学工业出版社,2012.6

高等职业教育“十二五”规划教材 校企合作开发教材

ISBN 978-7-122-14236-8

I. 数… II. ①黄…②刘… III. 数控机车-车床-高等职业教育-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 093707 号

责任编辑:韩庆利

装帧设计:韩 飞

责任校对:洪雅妹

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张11½ 字数247千字 2012年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:24.00 元

版权所有 违者必究

教材是人们职业生涯发展和终生学习的工具。教材的品质在于其先进性、可读性、实用性和适用性,这也是本书编写的追求目标。本书为了充分体现现代数控车加工技术的普遍技术,合理选择教学案例和实训项目,将知识能力与应用能力相融合,从简单到复杂,从单一到综合,并通过项目教学体现能力发展与职业发展规律相适应、教学过程与工作过程相一致的教学体系和模式,既具有先进性,也具有可读性;以数控车中、高级操作工培养为目标,以完成具体数控车零件加工为结果,最终达到考取数控车中级工或高级工要求,既适用,也实用。

本书的另一大亮点是追求以学生为主体,项目化引领组织教学的结构形式编写,使学生学习的过程与职业工作过程相一致,学习结果是产品。体现教学过程以完成具体工作任务为目标,在教师引导下,学生通过自主学习、讨论,并参照书中给出的项目引导案例提出自己的解决方案,拟订合理的加工工艺,编写正确的加工程序,并依据数控车床操作与工件加工工艺过程完成零件的加工。加工后,学生要对产品的加工质量做定性及定量分析,提出整改意见。

本书分为两大部分,第一部分为数控车职业技术基础篇,第二部分为数控车技能实训篇。第一部分由职业入门、检测工具使用、数控车基础工艺与装备、数控车编程基础、数控车床基本操作共五个教学项目组成;第二部分由简单零件数控车加工实训、成形面零件数控车加工实训、固定循环数控车加工实训、螺纹零件数控车加工实训、套筒类零件数控车加工实训、子程序、宏程序数控车加工实训共六个实训项目组成。

另外,为使读者了解《数控车工》国家职业标准,本书添加两个附录。其中附录1为数控车工(中级、高级、技师、高级技师)国家职业标准;附录2为数控车工(中级、高级)职业鉴定模拟试题。

本书由南京工业职业技术学院与校企合作企业南京元聚精密制造有限公司、昆山顺驰重工有限公司合作编写。由南京工业职业技术学院黄杰、刘宏军两位老师编写,其中项目一、二、六、七、八、

九、十、十一由黄杰负责编写，项目三、四、五由刘宏军老师编写。另外南京工业职业技术学院的王文凯、陈涛、庄亚红、金川等老师参与了本教材的资料整理和教学任务实践验证等部分编写工作。全书编写过程中南京元聚精密制造有限公司郑荣国总经理、昆山顺驰重工有限公司宋育刚总经理、南京数控机床有限公司张志英总工程师、南京肯特新材料有限公司陈佩民技术总监及南京耀华玻璃有限公司王跃翔副总经理对本书的项目选择提供了大量的素材并对编写工作提出宝贵的建议。南京工业职业技术学院郑晨升教授对编写体系、结构及内容选择提出要求和建议。正是各位专家的指导和帮助才能使这本教材出版，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平及编写经验欠缺，书中难免会有一些不足之处，请读者多提宝贵意见。

编者

数控车职业技术基础篇

项目一 职业入门 2

一、数控车工职业描述	2
二、数控车床的组成	2
三、数控车床的特点及应用	4
四、数控车床的安全操作规程	5
(一) 安全操作基本注意事项	5
(二) 工作前的准备工作	6
(三) 工作过程中的安全注意事项	6
(四) 完成后的注意事项	7
五、数控车床的维护保养	7
(一) 外观保养	7
(二) 主轴的维护	7
(三) 滚珠丝杠螺母副的维护	8
(四) 导轨副的维护	8

项目二 车工检测量具使用 9

一、外圆、长度检测	9
(一) 外圆、长度常用测量工具	9
(二) 外径检测方法	11
(三) 测量长度方法	11
二、深(高)度检测	12
三、内径检测	13
四、角度检测	16
五、螺纹检测	18

项目三 数控车削加工工艺基础 20

一、加工顺序的确定	20
二、进给路线的确定	21
(一) 进给路线含义	21
(二) 进给路线确定原则	22

三、刀具的选择	26
四、切削用量的选择	28

项目四 数控车编程基础 32

一、数控机床的坐标系	32
二、数控机床编程基础	34
三、数控车床的常用功能指令	36

项目五 数控车床基本操作 42

一、世纪星 HNC-21T 数控系统操作面板	42
二、车床的数控操作装置及其功能	43
三、软件操作界面和菜单结构	43
四、位置调整及 MDI 操作	45
五、数控车床坐标系统的设定	46
六、数控车床对刀	47
(一) 对刀原理	47
(二) 对刀点和换刀点的位置确定	49
(三) 试切法对刀	49

数控车技能实训篇

项目六 简单零件数控车加工实训 54

【实训目标】	54
一、项目引导	54
(一) 知识准备	54
(二) 实施步骤	59
二、实训任务	61
(一) 技能训练要求	61
(二) 技能训练内容	61
任务一 简单台阶轴的数控加工工艺分析	62
任务二 工艺文件制订	63
任务三 零件数控车加工	64
任务四 零件检测	65
任务五 小组讨论	66
三、技能评分标准	67

项目七 成形面零件数控车加工实训 68

【实训目标】	68
一、项目引导	68
(一) 知识准备	68
(二) 实施步骤	74
二、实训任务	76
(一) 技能训练要求	76
(二) 技能训练内容	76
任务一 成形面零件的数控加工工艺分析	77
任务二 工艺文件制订	78
任务三 零件数控车加工	79
任务四 零件检测	80
任务五 小组讨论	81
三、技能评分标准	82

项目八 固定循环数控车加工实训 83

【实训目标】	83
一、项目引导	83
(一) 知识准备	83
(二) 实施步骤	94
二、实训任务	95
(一) 技能训练要求	95
(二) 技能训练内容	95
任务一 工艺分析	96
任务二 工艺文件设计	97
任务三 零件加工	98
任务四 零件检测	99
任务五 小组讨论	100
三、技能评分标准	101

项目九 螺纹零件数控车加工实训 102

【实训目标】	102
一、项目引导	102
(一) 知识准备	103
(二) 实施步骤	112
二、实训任务	114
(一) 技能训练要求	114
(二) 技能训练内容	114

任务一 工艺分析	115
任务二 工艺文件制定	116
任务三 零件加工操作	117
任务四 零件检测	118
任务五 小组讨论	119
三、技能评分标准	120

项目十 套筒类零件数控车加工实训 121

【实训目标】	121
一、项目引导	121
(一) 知识准备	122
(二) 实施步骤	124
(三) 项目操作提示与备忘	128
二、实训任务	128
(一) 技能训练要求	128
(二) 技能训练内容	128
任务一 零件加工工艺分析	129
任务二 工艺文件制定	130
任务三 零件加工操作	131
任务四 零件检测	132
任务五 小组讨论	133
三、技能评分标准	134

项目十一 子程序、宏程序数控车加工实训 135

【实训目标】	135
一、项目引导	135
(一) 知识准备	135
(二) 实施步骤	140
二、实训任务	142
(一) 技能训练要求	142
(二) 技能训练内容	142
任务一 工艺分析	143
任务二 工艺文件制定	144
任务三 零件加工操作	145
任务四 零件检测	146
任务五 小组讨论	147
三、技能评分标准	148

附录

附录 1 数控车工国家职业标准	150
附录 2 数控车工 (中级、高级) 职业鉴定模拟试题	158
中级工模拟试卷 1	158
中级工模拟试卷 2	161
高级工模拟试卷 1	164
高级工模拟试卷 2	168
参考文献	171

数控车职业技术基础篇

项目一	职业入门	2
项目二	车工检测量具使用	9
项目三	数控车削加工工艺基础	20
项目四	数控车编程基础	32
项目五	数控车床基本操作	42

项目一

职业入门

一、数控车工职业描述

1. 职业名称

数控车工。依据国家职业标准，数控车工分为国家一级、二级、三级、四级、五级共五个等级，对应技术职务名称分别为数控车高级技师、技师、高级工、中级工、初级工。

2. 职业定义

数控车工职业是从事编制数控加工程序并操作数控车床进行零件车削加工的人员。

3. 职业特征

数控车床是高效率、高精度、柔性化自动加工机床，由于技术含量高，所以对数控车工操作人员有较强的计算能力和形体空间知觉、色觉及思维能力要求，并要求视觉及听力良好，手指手臂运动灵活、动作协调，按照工艺规程操作数控机床进行工件加工。

4. 从业范围

数控车工及围绕数控机床加工衍生的数控机床维修工、数控铣工、加工中心操作工、数控程序员等。

5. 职业技能

(1) 加工准备阶段：具有机械图样识读和绘制、加工工艺文件识读及编制知识应用能力；具有零件定位和装夹、刀具量具选择的能力。

(2) 编程阶段：具有手工编程、计算机辅助编程、数控加工仿真的能力。

(3) 工件加工阶段：具有轮廓加工、螺纹加工、孔加工、配合件加工及零件精度检测能力。

(4) 机床管理：数控车床日常维护、常见故障诊断、机床精度检验的能力。

二、数控车床的组成

如图 1-1 所示，数控机床一般由机床本体、CNC 装置、输入/输出设备、伺服单元、驱动装置、可编程序控制器 PLC、测量装置、电气控制装置、辅助装置等部分组成。

1. 机床本体

数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。包括床身、立柱、主轴、

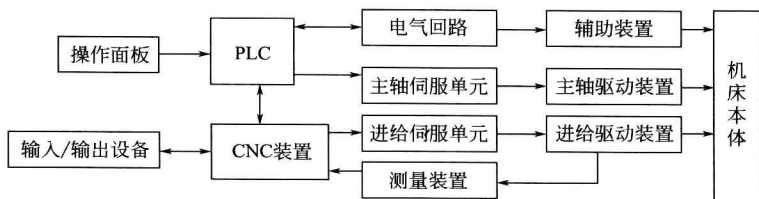


图 1-1 数控机床的组成

进给机构等机械部件。

2. CNC 装置

CNC 装置由硬件（通用硬件和专用硬件）和软件（专用）两大部分组成，软件在硬件支持下运行，离开软件，硬件将无法工作。硬件一般由中央处理单元（CPU）、存储器、输入/输出接口、MDI/CRT 接口、位置控制部分组成。

3. 输入/输出设备

面板键盘和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备，操作人员可通过键盘输入及显示器显示程序，编辑修改程序和发送操作命令等。手动数据输入 MDI（Manual Date Input）是最重要的输入方式之一，面板键盘是 MDI 中最主要的输入设备。

数控机床的程序输入除用面板键盘外，还可以用计算机通信方式输入。随着 CAD/CAM 和 CIMS 技术的发展，机床数控系统的计算机通信功能显得越来越重要。

4. 伺服单元

伺服单元接收来自数控装置的进给指令，经变换和放大后通过驱动装置转换成机床工作台的位移运动，伺服单元是数控装置和机床本体的联系环节，它将来自数控装置的微弱指令信号，放大成控制驱动装置的大功率信号。按不同接收指令形式伺服单元分为脉冲式和模拟式，而按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

5. 驱动装置

驱动装置的作用是将放大后的指令信号转变成机械运动，利用机械传动将驱动工作台移动，使工作台按规定轨迹作严格的相对运动或精确定位，保证能够加工出符合图样要求的零件。对应于伺服单元的驱动装置，有步进电动机，直流伺服电动机和交流伺服电动机等不同种类。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统，数控装置的指令主要是靠伺服驱动系统付诸实施，所以，伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上讲，数控机床功能的强弱主要取决于数控装置，而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

6. 可编程序控制器

可编程序控制器 PC（Programmable Controller）是专门应用于工业环境，以微处理器为基础的通用型自动控制装置。这种装置的主要作用是解决工业设备的逻辑关系与开关量控制，故也称为可编程序逻辑控制器 PLC（Programmable Logic Controller），当 PLC 用于控制机床顺序动作时，称为可编程序机床控制器 PMC（Programmable Machine Controller）。通常用 PLC 标识可编程序控制器，而用 PC 标识个人计算机（Personal Computer）。

数控机床的自动控制由 CNC 和 PLC 共同完成。其中 CNC 负责完成与数字运算和管理有关的功能,如编辑加工程序、插补运算、译码、位置伺服控制等。PLC 负责完成与逻辑控制有关的各种动作,没有轨迹上的要求;PLC 接受 CNC 控制代码 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等顺序动作信息,对其进行译码后转换成相应的控制信号,驱动辅助装置完成一系列开关动作,如装夹工件、更换刀具和开关切削液等;PLC 还接受来自机床操作面板的指令,直接控制机床动作,并将部分指令送往 CNC 用于加工过程的控制。

应用于数控机床的 PLC 分两类,一类是 CNC 生产厂家为实现数控机床顺序控制,而将 CNC 和 PLC 综合设计的内装型(或集成型),这种 PLC 是 CNC 装置的一部分;另一类是专门生产厂家开发的 PLC 系列产品,即独立型(或外装型)的 PLC。

7. 检测反馈装置

该装置也称为反馈元件,通常安装在机床工作台或丝杆上,相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛,检测反馈装置将工作台位移量转换成电信号,并且反馈给数控装置,如与指令值比较有误差,则控制工作台向消除误差的方向移动。根据数控系统有无检测装置可分为开环、闭环与半闭环系统。开环系统精度取决于步进电动机和丝杠精度,闭环系统精度取决于检测装置精度。检测装置是高性能数控机床的重要组成部分。

8. 电气控制装置

数控机床的电气控制装置是数控装置和机床机械、液压部件之间的控制系统。其主要作用是接收数控装置输出的主运动变速、刀具选择交换、辅助装置动作等指令信号,经必要的编译,逻辑判断、功率放大后直接驱动相应的电器、液压、气动和机械部件,以完成指令所规定的动作。此外,还有开关信号经它送数控装置进行处理。目前的数控系统中,电气控制装置的部分功能已经由 PLC 来完成。

9. 辅助装置

辅助装置的作用是为了保证数控机床功能的充分发挥,安全、方便的使用。主要有换刀、冷却、排屑、防护、照明等一系列装置。

三、数控车床的特点及应用

数控车削是数控加工中用得最多的方法之一,在数控车床中,工件的旋转运动是主运动,车刀做进给运动。其主要加工对象是回转体类的零件,基本的车削加工内容有:车外圆、车端面、切断和车槽、钻中心孔、钻孔、车中心孔、铰孔、镗孔、车螺纹、车锥面、车成形面、滚花和攻螺纹等。针对数控车床的加工特点,可以说,凡是在数控车床上能装夹的工件,都能在数控车床上加工,但数控车床最适合加工以下一些类型的零件。

1. 精度要求高的零件

数控车床刚性好,制造和对刀精度高,能方便和精确地进行人工补偿和自动补偿,所以能加工尺寸精度要求较高的零件。在有些场合可以以车代磨。对于圆弧以及其它曲线轮廓,加工出的形状与图纸上所要求的几何形状的接近程度比用仿形车床要高得多。

由于数控车床工序集中、装夹次数少，对提高位置精度特别有效。

有些性能较高的数控车床具有恒线速度切削功能，加工出的零件表面粗糙度小而且均匀。如车削带有锥度的零件，由于普通车床转速恒定，在直径大的部位切削速度大，表面粗糙度小，反之直径小的部位表面粗糙度大，造成零件表面质量不均匀。使用数控车床的恒线速度切削功能就能很好地解决这一问题。对于表面粗糙度要求不同的零件，数控车床也能实现其加工，表面粗糙度值要求大的部位采用比较大的进给速度，表面粗糙度值要求小的部位则采用较小的进给速度。

2. 轮廓形状比较复杂的零件

数控车床具有直线插补和圆弧插补功能，部分数控车床甚至还具有某些非圆曲线插补功能，故数控车床能车削由任意平面曲线轮廓所组成的回转体类的零件，包括不能用数学方程描述的列表曲线类的零件。有些内型、内腔零件，用普通车床难以控制尺寸，如图 1-2 所示，用数控车床加工很容易就能实现。

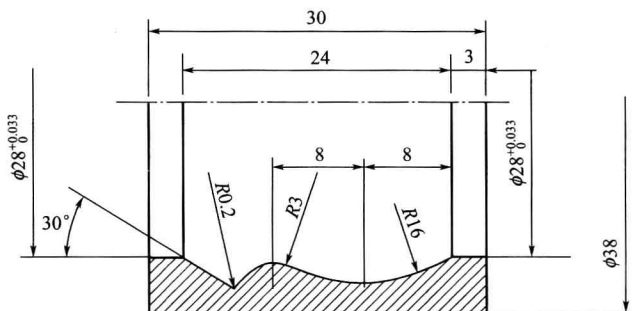


图 1-2 内型、内腔零件

3. 带特殊螺纹的回转体零件

普通车床所能车削的螺纹相当有限，它只能车等导程的直、锥面公、英制螺纹，而且一台车床只能限定加工若干种导程。数控车床不但能车削任何等导程的直、锥面公、英制螺纹，而且还能车削增导程、减导程，以及要求等导程与变导程之间平滑过渡的螺纹。数控车床车螺纹时主轴转向不必像普通车床车螺纹时那样交替变换，它可以一刀接一刀不停地循环，直到完成螺纹加工，因此它加工螺纹的效率很高。数控车床可以配备精密螺纹切削功能，再加上一般采用硬质合金成形刀片，可以使用较高的转速，所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度小。

4. 淬硬工件

在大型模具加工中，有不少尺寸大而形状复杂的零件，这些零件经热处理后的变形量较大，磨削加工有困难，此时可以用陶瓷车刀在数控车床上对淬硬工件进行车削加工，以车代磨，提高加工效率。

四、数控车床的安全操作规程

(一) 安全操作基本注意事项

(1) 操作机床要穿工作服、安全鞋，并戴上安全帽及防护镜，不允许戴手套操作数

控机床,也不允许扎领带。

(2) 开车前,应检查数控机床各部件机构是否完好、各按钮是否能自动复位。开机前,操作者应按机床使用说明书的规定给相关部位加油,并检查油标、油量。

(3) 不要在数控机床周围放置障碍物,工作空间应足够大。

(4) 换保险丝之前应关掉机床电源,千万不要用手去接触电动机、变压器、控制板等有高压电源的场合。

(5) 一般不允许两人同时操作机床。但某项工作如需要两个人或多人共同完成时,应注意相互将动作协调一致。

(6) 开机操作前应熟悉数控机床的操作说明书,数控车床的开机、关机顺序,一定要按照机床说明书的规定操作。

(7) 开始切削加工之前一定要关好防护门,程序正常运行中严禁开启防护门。

(8) 每次电源接通后,必须先完成各轴的返回参考点操作,然后再进入其它运行方式,以确保各轴坐标的正确性。

(9) 车床在正常运行时不允许打开电气柜的门。

(10) 加工程序必须经过严格检查方可进行操作运行。

(11) 手动对刀时,应注意选择合适的进给速度;手动换刀时,刀架距工件要有足够的转位距离不至于发生碰撞。

(12) 加工过程中,如出现异常危急情况可按下“急停”按钮,以确保人身和设备的安全。

(13) 不得任意拆卸和移动机床上的保险和安全防护装置。

(14) 工作时更换刀具、工件、调整工件或离开机床时必须停机。

(二) 工作前的准备工作

(1) 车床工作开始工作前要有预热,认真检查润滑系统工作是否正常,如机床长时间未开动,可先采用手动方式向各部分供油润滑。

(2) 使用的刀具应与机床允许的规格相符,有严重破损的刀具要及时更换。

(3) 调整刀具所用工具不要遗忘在机床内。

(4) 刀具安装好后应进行一、二次试切削。

(5) 检查卡盘夹紧工作的状态。

(6) 车床开动前,必须关好机床防护门。

(7) 了解和掌握数控机床控制和操作面板及其操作要领,将程序准确地输入系统,并模拟检查、试切,做好加工前的各项准备工作。

(8) 正确地选用数控车削刀具,安装零件和刀具要保证准确牢固。

(9) 了解零件图的技术要求,检查毛坯尺寸、形状有无缺陷。选择合理的安装零件方法。

(三) 工作过程中的安全注意事项

(1) 学生必须在操作步骤完全清楚时进行操作,遇到问题立即向教师询问,禁止在不知道规程的情况下进行尝试性操作,操作中如机床出现异常,必须立即向指导教师报告。

(2) 手动回原点操作时, 注意机床各轴位置要距离原点 -100mm 以上, 机床回原点顺序为: 首先 $+X$ 轴, 其次 $+Z$ 轴。

(3) 禁止用手接触刀尖和铁屑, 铁屑必须要用铁钩子或毛刷来清理。

(4) 禁止用手或其它任何方式接触正在旋转的主轴、工件或其它运动部位。

(5) 使用手轮或快速移动方式移动各轴位置时, 一定要看清机床 X 、 Z 轴各方向“ $+$ 、 $-$ ”号标示后再移动。移动时先慢转手轮观察机床移动方向无误后方可加快移动速度。

(6) 机床运转中, 操作者不得离开岗位, 发现机床异常现象应立即停车。

(7) 加工过程中, 不允许打开机床防护门。

(8) 严格遵守岗位责任制, 机床由专人使用, 他人使用须经本人同意。

(9) 机床在工作中发生故障或不正常现象时应立即停机, 保护现场, 同时立即报告现场负责。

(10) 严禁在卡盘上、顶尖间敲打、矫直和修正工件, 必须确认工件和刀具夹紧后方可进行下步工作。

(四) 完成后的注意事项

(1) 清扫切屑、擦拭机床, 使机床与环境保持清洁状态。

(2) 检查润滑油、冷却液的状态, 及时添加或更换。

(3) 依次关掉机床操作面板上的电源和总电源。

(4) 机床附件和量具、刀具应妥善保管, 保持完整与良好。

(5) 实训完毕后应清扫机床, 保持清洁, 将尾座和拖板移至床尾位置, 并切断机床电源。

五、数控车床的维护保养

(一) 外观保养

(1) 每天做好机床清扫卫生, 清扫铁屑, 擦干净导轨部位的冷却液。下班时所有的摩擦面抹上机油, 防止导轨生锈。

(2) 每天注意检查导轨、机床防护罩是否齐全有效。

(3) 每天检查机床内外有无磕、碰、拉伤现象。

(4) 定期清除各部件切屑、油垢, 做到无死角, 保持内外清洁, 无锈蚀。

(二) 主轴的维护

在数控车床中, 主轴是最关键的部件, 对机床的加工精度起着决定性作用。它的回转精度影响到工件的加工精度。主轴部件机械结构的维护主要包括主轴支撑、传动、润滑等。

(1) 定期检查主轴支撑轴承, 调整轴承预紧力, 调整游隙大小, 检查主轴轴向窜动误差。发现轴承拉伤或损坏应及时更换。

(2) 定期检查主轴润滑恒温油箱, 及时清洗过滤器, 更换润滑油等, 保证主轴有良好的润滑。