

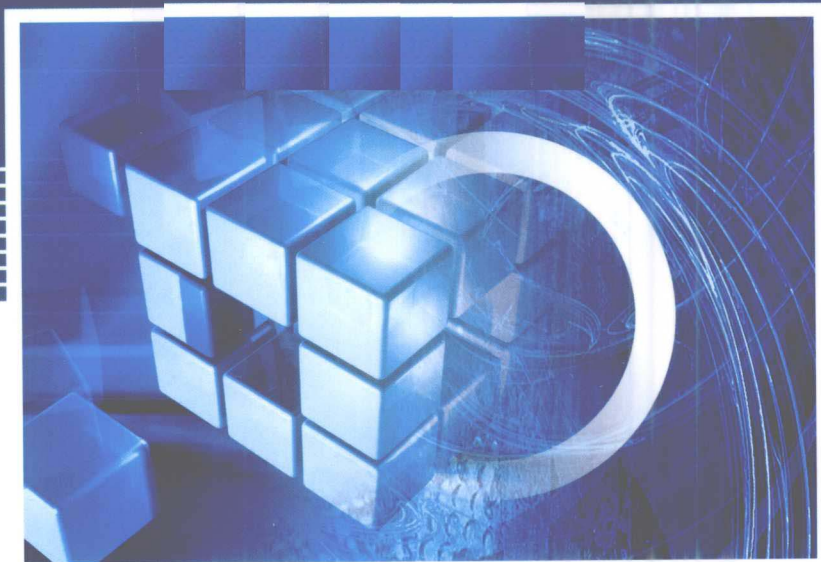


21世纪高等职业教育精品课示范性规划教材

数控加工编程 与操作实训

shukong jiagongbiancheng yu caozuo shixun

■ 主 编 谭惠忠 敖春根 余 萍



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高等职业教育精品课示范性规划教材

数控加工编程与 操作实训

主 编 谭惠忠 敖春根 余 萍

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书围绕着数控车床、数控铣床及数控加工中心的编程与操作这个核心,以企业数控加工技术职业岗位实际需要的知识与技能及工作过程为主线,以数控加工的对象——“零件”为载体,详细地介绍了主流数控系统与数控机床的安全操作与维护保养、数控加工的工作过程、数控加工工艺设计、数控机床的编程技术以及典型零件的数控加工技术等内容。本书可作为应用型本科、高等职业与中等职业院校模具类、数控类、机制类等专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考、学习、培训使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控加工编程与操作实训/谭惠忠,敖春根,余萍主编. —北京:北京理工大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5640-2696-7

I. 数… II. ①谭…②敖…③余… III. 数控机床—程序设计—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150682 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京飞达印刷有限责任公司

开 本/710毫米×1000毫米 1/16

印 张/9

字 数/170千字

版 次/2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

印 数/1~4000册

定 价/22.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合机电类课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✚ 注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求,在完成基础课的前提下,使学生掌握先进的机电类相关操作软件,培养学生的实际动手能力。

三、丛书特色

- 系统性强。丛书各教材之间联系密切,符合各个学校的课程体系设置,为学生构建牢固的知识体系。
- 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深,循序渐进的原则,重点、难点突出,以提高学生的学习效率。
- 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例,使学生对当前专业发展方向有明确的了解,并提高创新能力。
- 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力,以使理论来源于实践,并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

本书根据理论与实训一体化的教学模式组织编写，主要按照“以就业为导向，工学结合”的原则，以实用为基础，根据企业数控加工技术职业岗位的实际需求，进行教材内容的选取，采用项目教学，突出培养应用型人才实际问题的解决能力。

全书内容有 17 个实训项目，每个项目由实训目的与要求、相关知识或实例的讲解、实训内容三个部分组成。主要包括数控机床的安全操作与维护保养，数控机床的加工操作与数控加工技术职业岗位的工作过程，数控加工工艺设计，数控机床编程与典型零件的数控加工技术等内容。内容安排上遵循认知规律，做到从理论到实践、由浅入深，集理论、实训于一体，层次清晰、体系完整，适合于教学、培训与自学。

本书教学建议采用多媒体、虚拟数控机床仿真数控加工系统实训、数控机床加工实训相结合进行。参考学时为 180 学时，教师在组织教学时，可根据自己院校的教学计划和软硬件条件酌情增减学时。

本书可作为应用型本科、高等职业与中等职业院校模具类、数控类、机制类等专业的教学用书，也可供有关工程技术人员参考、学习、培训使用。

本书在编写过程中参阅了有关院校和科研单位的教材、资料与文献，在此向其编者表示感谢！

由于编者水平有限，书中可能存在不妥或错误之处，恳请读者批评、指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控车床安全操作规程教育与维护保养	1
1.1 数控车床安全操作规程	1
1.2 数控车床日常维护与保养方法	3
第 2 章 数控车床操作	5
2.1 操作装置与操作界面介绍	5
2.2 上电开机、关机、急停等基本操作	8
2.3 机床手动操作	9
2.4 试切对刀操作及刀偏值输入	11
2.5 程序输入与管理	11
2.6 程序运行	13
第 3 章 数控车削加工工艺	15
3.1 数控车削加工零件的工艺性分析	15
3.2 数控车削加工工艺路线的拟定	16
3.3 切削用量的选择	19
第 4 章 数控车削加工编程技术	22
4.1 数控车床的坐标系及运动方向	22
4.2 程序结构与格式	23
4.3 辅助功能 M 代码	24
4.4 准备功能 G 代码	25
4.5 暂停指令 (G04)	28
4.6 螺纹切削指令 (G32/G33)	28
第 5 章 固定循环指令编程技术	32
5.1 简单固定循环指令: G80、G81、G82	32
5.2 复合固定循环指令: G71、G72、G73、G76	34
第 6 章 轴类零件数控车削加工	44
第 7 章 套类零件的数控车削加工	47
7.1 内孔车刀的种类	47
7.2 车孔的关键技术	48
7.3 车阶梯孔基础知识	48
7.4 实例	48
第 8 章 螺纹类零件加工	54

第9章 复杂零件数控车削加工	64
第10章 数控铣床(加工中心) 安规教育与维护保养	71
10.1 数控铣床(加工中心) 安全操作规程	71
10.2 数控铣床(加工中心) 维护与保养	71
第11章 数控铣床(加工中心) 基本操作	74
11.1 数控系统与机床操作面板介绍	74
11.2 基本操作	77
11.3 数控加工中心机床自动换刀	81
第12章 数控铣削加工工艺	85
12.1 零件图样的工艺分析	85
12.2 加工方法选择及加工方案的确定	86
12.3 工序设计	88
12.4 零件安装与夹具选择	90
12.5 对刀点的确定	90
12.6 刀具的选择	91
12.7 切削用量的选择	91
第13章 数控铣削加工编程技术	95
13.1 程序的基本结构	95
13.2 坐标系	96
13.3 坐标原点	97
13.4 常用编程指令代码	97
13.5 常用编程指令介绍	98
第14章 数控铣床(加工中心) 工件坐标系找正	117
14.1 XY平面找正	117
14.2 Z坐标找正	119
第15章 平面类零件数控铣削加工	120
第16章 孔类零件数控铣削加工	126
第17章 复杂零件的数控铣削加工	132

第1章 数控车床安全操作规程 教育与维护保养

实训目的与要求:

- (1) 掌握数控车床安全操作规程, 培养安全文明的生产意识, 养成良好的岗位职业习惯;
- (2) 掌握数控车床的日常维护与保养方法, 养成良好的岗位职业素质。

相关知识或实例讲解:

1.1 数控车床安全操作规程

1. 安全操作基本注意事项

- (1) 工作时请穿好工作服、安全鞋, 戴好工作帽及防护镜, 不允许戴手套操作机床;
- (2) 注意不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌;
- (3) 注意不要在机床周围放置障碍物, 工作空间应足够大;
- (4) 某一项工作如需要两人或多人共同完成时, 应注意相互间的协调一致;
- (5) 不允许采用压缩空气清洗机床、电气柜及 NC 单元。

2. 工作前的准备工作

- (1) 机床工作前要有预热 (15min 以上), 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) 大尺寸轴类零件的中心孔是否合适, 中心孔如太小, 工作中易发生危险;

- (5) 刀具安装好后应进行一二次试切削;

- (6) 检查卡盘夹紧工件的状态;

- (7) 机床开动前, 必须关好机床防护门。

3. 工作过程中的安全注意事项

- (1) 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;
- (2) 禁止用手或其他任何方式接触正在旋转的主轴、工件或其他运动部位;
- (3) 禁止加工过程中量活、变速, 更不能用棉布擦拭工件、也不能清扫机床;

(4) 车床运转中, 操作者不得离开岗位, 机床发现异常现象应立即停车;

(5) 经常检查轴承温度, 过高时应找有关人员进行检查;

(6) 在加工过程中, 不允许打开机床防护门;

(7) 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;

(8) 工件伸出车床 100mm 以外时, 须在伸出位置设防护物;

(9) 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, 立即按下“急停”按钮并向指导教师报告;

(10) 手动原点回归时, 注意机床各轴位置要距离原点 100mm 以上, 机床原点回归顺序为: 首先+X 轴, 其次+Z 轴;

(11) 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“+、-”号标牌后再移动。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;

(12) 学生编完程序或将程序输入机床后, 须先进行图形模拟, 准确无误后再进行机床试运行, 并且刀具应离开工件端面 200mm 以上;

(13) 程序运行注意事项:

1) 对刀应准确无误, 刀具补偿号应与程序调用刀具号符合;

2) 检查机床各功能按键的位置是否正确;

3) 光标要放在主程序头;

4) 加注适量冷却液;

5) 站立位置应合适, 启动程序时, 右手作按“急停”按钮准备, 程序在运行时手不能离开“急停”按钮, 如有紧急情况立即按下“急停”按钮。

(14) 加工过程中认真观察切削及冷却状况, 确保机床、刀具的正常运行及工件的质量。并关闭防护门以免铁屑、润滑油飞出;

(15) 在程序运行中须暂停测量工件尺寸时, 要待机床完全停止、主轴停转后方可进行测量, 以免发生人身事故;

(16) 关机时, 要等主轴停转 3min 后方可关机;

(17) 未经许可, 禁止打开电气柜(箱);

(18) 各手动润滑点必须按说明书要求润滑;

(19) 修改程序的钥匙, 在程序调整完后, 要立即拔出, 以免无意改动程序;

(20) 机床若数天不使用, 则每隔一天应对 NC 及 CRT 部分通电 2~3h。

4. 工作完成后的注意事项

(1) 清除切屑、擦拭机床, 特别是机床导轨与工作台的清洁, 使用机床与环境保持清洁状态;

(2) 注意检查或更换磨损坏了的机床导轨上的油擦板;

(3) 检查润滑油、冷却液的状态, 及时添加或更换;

(4) 依次关掉机床操作面板上的电源和总电源。

(5) 工具归类存放, 并认真填写工作日志

1.2 数控车床日常维护与保养方法

表 1-1 数控车床日常维护与保养一览表

日常维护保养内容和要求	定期维护保养的内容和要求
外观保养 • 擦清机床表面, 所有的导轨面抹上机油防锈 • 清除切屑 (内、外) • 检查机床内外有无磕、碰、拉伤现象 主轴部分 • 液压夹具运转情况 • 主轴运转情况 润滑部分 • 各润滑油箱的油量 • 各手动加油点、按规定加油, 并旋转滤油器 尾座部分 • 每周一次, 移动尾座清理底面、导轨 • 每周一次拿下顶尖清理锥孔 电气部分 • 检查三色灯、开关 • 检查操纵板上各部分按钮位置 其他部分 • 冷却风扇工作正常, 风道过滤网无堵塞 • 液压系统无滴油, 发热现象 • 切削液系统工作正常 • 工具排列整齐 • 清理机床周围, 达到清洁 • 认真填写好交接记录及其他记录	外观部分 • 清除各部件切屑、油垢, 做到无死角, 保持内外清洁, 无锈蚀 液压及切削油箱 • 清洗滤油器 • 油管畅通、油窗明亮 • 液压站无油垢、灰尘 • 切削液箱内加 5~10CC 防腐剂 机床本体及排屑器 • 卸下刀架尾座的挡屑板, 清洗 • 清扫排屑器上的残余铁屑, 每 3~6 个月卸下排屑器, 清扫机床内部 润滑部分 • 扫清回转刀架上的全部铁屑 • 各润滑油管要畅通无阻 • 各润滑点加油, 并检查油箱内有无沉淀物 • 试验自动加油器的可靠性 • 每月用纱布擦拭读带机各部位, 每半年对各运转点至少润滑一次 • 每周检查一下滤油器是否干净, 若较脏, 必须洗净, 最长时间不能超过一个月就要清洗一次 电气部分 • 对电机碳刷每年要检查一次, 如果不合要求者, 应立即更换 • 热交换器每年至少检查清理一次 • 擦拭清洁电器箱内外, 无油垢、无灰尘 • 各接触点良好, 不漏电 • 各开关按钮灵敏可靠

实训内容:

• 数控车床安全操作规程练习。实训项目主要内容为:

1. 使用环境;

2. 劳动保护;
3. 熟悉数控车床;
4. 开机前的检查;
5. 数控车床的开关机顺序;
6. 机床预热。

• 数控车床维护保养内容与方法练习。实训项目主要内容为:

1. 认识数控机床维护保养的重要性;
2. 学习维护保养内容及方法;
3. 日常维护保养方法与技能练习。

1. 认识数控机床维护保养的重要性; 2. 学习维护保养内容及方法; 3. 日常维护保养方法与技能练习。	1. 认识数控机床维护保养的重要性; 2. 学习维护保养内容及方法; 3. 日常维护保养方法与技能练习。
---	---



图 2-1 操作台结构



图 2-2 HNC-21T 的软件操作界面

(9) 辅助机能：自动加工中的 M、S、T 代码。

操作界面中最重要的一块是菜单命令条。系统功能的操作主要通过菜单命令条中的功能键 F1~F10 来完成。由于每个功能包括不同的操作，菜单采用层次结构，即在主菜单下选择一个菜单项后，数控装置会显示该功能下的子菜单，用户可根据该子菜单的内容选择所需的操作，如图 2-3 所示。当要返回主菜单时，按子菜单下的 F10 键即可。HNC-21/22T 的主要菜单结构如图 2-4 所示。



图 2-3 菜单层次



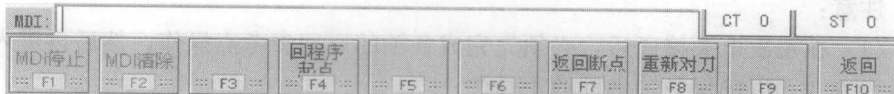
主菜单条



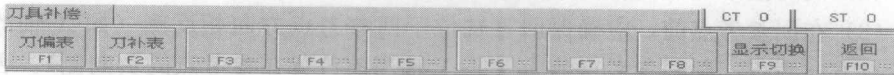
一级子菜单条 [程序]



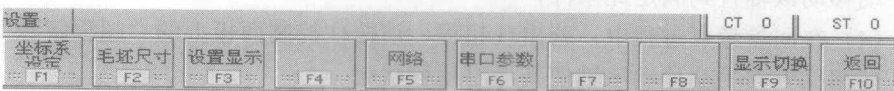
一级子菜单条 [运行控制]



一级子菜单条 [MDI]



一级子菜单条 [刀具补偿]



一级子菜单条 [设置]

图 2-4 HNC-21/22T 的主要菜单结构

2.2 上电开机、关机、急停等基本操作

主要介绍机床数控装置的上电、关机、急停、复位、回参考点、超程解除等操作。

1. 上电开机

按下“急停”按钮→机床上电→数控上电→检查风扇电机运转是否正常→检查面板上的指示灯是否正常。

接通数控装置电源后，HNC-21/22T 自动运行系统软件工作方式为“急停”。

2. 复位

系统上电进入软件操作界面时，系统的工作方式为急停，为控制系统运行，需旋转并拔起操作台的“急停”按钮，使系统复位并接通伺服电源，系统默认进入“回参考点”方式，软件操作界面的工作方式变为“回零”。

3. 返回机床参考点

控制机床运动的前提是建立机床坐标系，为此，系统接通电源、复位后首先应进行机床各轴回参考点操作，操作方法如下：

(1) 如果系统显示的当前工作方式不是“回零”方式，按一下控制面板上面的“回零”按键，确保系统处于“回零”方式；

(2) 根据 X 轴机床参数回参考点方向，按一下“+X”（回参考点方向为+）或“-X”（回参考点方向为-）按键，X 轴回到参考点后，“+X”或“-X”按键内的指示灯亮；

(3) 用同样的方法使用“+Z”或“-Z”按键，使 Z 轴回参考点；

所有轴回参考点后，即建立了机床坐标系。

注意：

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

(2) 同时按下 X、Z 轴向选择按键，可使 X、Z 轴同时返回参考点；

(3) 在回参考点前，应确保回零轴位于回参考点方向相反侧（如 X 轴的回参考点方向为正，则回参考点前应保证 X 轴当前位置在参考点的负向侧），否则应手动移动该轴直到满足此条件；

(4) 在回参考点过程中，若出现超程，请按住控制面板上的“超程解除”按键，向相反方向手动移动该轴使其退出超程状态。

4. 急停

机床运行过程中，在危险或紧急情况下，按下“急停”按钮，CNC 即进入“急停”状态，伺服进给及主轴运转立即停止工作（进给驱动电源被切断）。松开

“急停”按钮（旋此按钮，自动跳起），CNC 进入“复位”状态。

解除紧急停止前，先确认故障原因是否排除，且紧急停止解除后应重新执行回参考点操作，以确保坐标位置的正确性。

注意：

在上电开机和关机之前应按下“急停”按钮，以减少设备电冲击。

5. 超程解除

在伺服轴行程的两端各有一个极限开关，作用是防止伺服机构碰撞而损坏。每当伺服机构碰到行程极限开关时，就会出现超程。当某轴出现超程（“超程解除”按键内指示灯亮时），系统视其状况为紧急停止，要退出超程状态时，必须：

- (1) 松开“急停”按钮，置工作方式为“手动”或“手摇”方式；
- (2) 一直按压着“超程解除”按键（控制器会暂时忽略超程的紧急情况）；
- (3) 在手动（手摇）方式下，使该轴向相反方向退出超程状态；
- (4) 松开“超程解除”按键。

若显示屏上运行状态栏“运行正常”取代了“出错”，表示恢复正常，可以继续操作。

注意：

在操作机床退出超程状态时，请务必注意移动方向及移动速率，以免发生撞机。

6. 关机

按下控制面板上的“急停”按钮→断开数控电源→断开机床电源。

2.3 机床手动操作

机床的手动操作主要包括：手动移动机床坐标轴（点动、增量、手摇）、手动控制主轴（启停、点动）、机床锁住、刀位转换、卡盘松紧、冷却液启停、手动数据输入运行（MDI）等。机床手动操作主要由手持单元和机床控制面板共同完成。机床控制面板如图 2-5 所示。

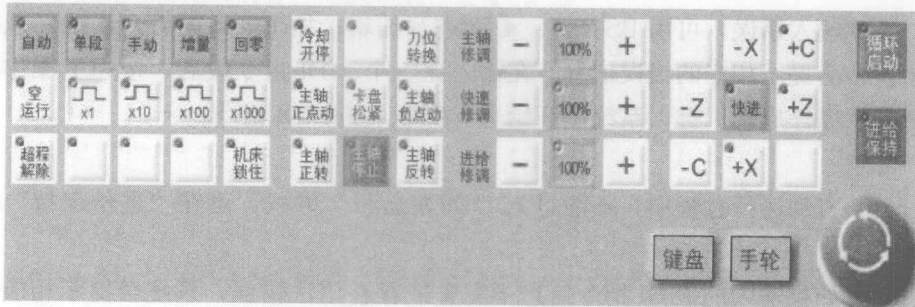


图 2-5 机床控制面板