

职业教育机电类技能人才培养规划教材
ZHIYE JIAOYU JIDIANLEI JINENG RENCAI PEIYANG GUIHUA JIAOCAI

数控技术应用专业系列

Siemens系统数控车 加工工艺与技能训练

□ 孔凡宝 主 编
□ 张俊玲 王忠斌 副主编

- ▶ 工艺、编程、操作一体化
- ▶ 涵盖技能等级鉴定要求
- ▶ 图文并茂、易教易学



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



中 级

职业教育机电类技能人才培养规划教材
ZHIYE JIAOYU JIDIANLEI JINENG RENCAI PEIYANG GUIHUA JIAOCAI

◆ 数控技术应用专业系列

Siemens系统数控车 加工工艺与技能训练

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

Siemens系统数控车加工工艺与技能训练 / 孔凡宝主
编. — 北京: 人民邮电出版社, 2009. 10

职业教育机电类技能人才培养规划教材. 数控技术应
用专业系列

ISBN 978-7-115-20244-4

I. ①S… II. ①孔… III. ①数控机床: 车床—车削
—加工工艺—职业教育—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第177487号

内 容 提 要

本书主要介绍 Siemens 系统数控车削加工的基本工艺和基本技能, 全书共 5 个模块, 内容包括数控加工工艺系统, 典型结构工艺、编程、加工操作, 高级编程应用, 数控机床日常维护与保养以及职业技能考核综合训练。

本书可作为技工学校、技师学院和职业院校机电专业教材, 也可供相关从业人员参考。

职业教育机电类技能人才培养规划教材

数控技术应用专业系列

Siemens 系统数控车加工工艺与技能训练

◆ 主 编 孔凡宝

副 主 编 张俊玲 王忠斌

责任编辑 张孟玮

执行编辑 曾 斌

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

中国铁道出版社印刷厂印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 13.5

字数: 344 千字

印数: 1—3 000 册

2009 年 10 月第 1 版

2009 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-20244-4

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

职业教育机电类技能人才培养规划教材

专家指导委员会

陈德兴 陈玉堂 李春明 李献坤 邵佳明 俞勋良

编写委员会

主任委员

黄 志 刘钧杰 毛祥永 秦 伟 孙义宝

委 员

蔡 蕊	曹 琪	陈海舟	陈长浩	陈建国	陈移新	成百辆	成振洋	崔元刚	邓万国
丁向阳	董国成	董伟平	董扬德	范继宁	封贵牙	冯高头	冯光明	高恒星	高永伟
葛小平	宫宪惠	顾颂虞	管林东	胡 林	黄汉军	贾利敏	姜爱国	金伟群	孔凡宝
李乃夫	李 煜	梁志彪	刘水平	柳 杨	陆 龙	吕 燕	罗 军	骆富昌	穆士华
钱 锋	秦红文	单连生	沈式曙	施梅仙	孙海锋	孙义宝	汤国泰	汤伟文	唐监怀
汪 华	王德斌	王立刚	王树东	王以勤	吴琰琨	解晨宁	许志刚	杨寿智	叶光胜
于书兴	于万成	袁 岗	张 馨	张璐青	张明续	张启友	张祥宏	张 燊	赵 真
仲小敏	周成统	周恩兵	周晓宏	祝国磊					

审稿委员会

鲍 勇	蔡文泉	曹淑联	曹 勇	陈海波	陈洁训	陈林生	陈伟明	陈煜明	程显吉
崔 刚	但汉玲	邓德红	丁 辉	于 川	窦晓宇	冯广慧	付化举	龚林荣	何世勇
洪 杰	黄 波	黄建明	蒋咏民	康建青	李春光	李天亮	李铁光	梁海利	梁红卫
梁锦青	廖 建	廖圣洁	林志冲	刘建军	刘 立	刘 霞	柳胜雄	卢艾祥	吕爱华
罗谷清	罗 恺	罗茗华	罗晓霞	孟庆东	聂辉文	彭向阳	乔 宾	孙名楷	谭剑超
腾克勇	万小林	王大山	王 峰	王来运	王灵珠	王 茜	王为建	王为民	王学清
王屹立	王 勇	王玉明	王定勇	伍金浩	肖友才	谢 科	徐丽春	许建华	许启高
鄢光辉	严大华	严 军	杨小林	姚小强	姚雅君	叶桂容	袁成华	翟 勇	詹贵印
张 彬	张东勇	张旭征	张志明	钟建明	周朝辉	周风顺	周青山	邹 江	

本书编委

孔凡宝 张俊玲 王忠斌 张叶海 崔 涛

序



随着我国制造业的发展,高素质技术工人的层次结构与数量远远不能满足劳动力市场的需求,技术工人的培养培训工作已经成为国家大力发展职业教育的重要任务。为此,中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于进一步加强高技能人才工作的意见》的通知(中办发[2006]15号)。目前,技工学校等职业院校主动适应经济社会发展要求,积极开展教学研讨,探索更加适合当前技能人才需求的教育培养模式,在中高级机电类技能人才的教育和培训工作中,正发挥着日益重要的作用。

职业教育要根据行业的发展和人才的需求,来设定人才的培养目标。当前各行业对技能人才的要求越来越高,而激烈的社会竞争和复杂多变的就业环境也使得职业教育学生只有确实地掌握一技之长才能实现自我的价值。但是,加强技能培养并不意味着弱化或放弃基础知识的学习;只有扎实地掌握相关理论基础知识,才能自如地运用各种技能,甚至进行技术创新。所以,如何解决理论与实践相结合的问题,走出一条理实一体化的教学新路,是摆在职业教育工作者面前的一个重要课题。

我们本着为职业教育教学改革尽一份社会责任之目的,依靠职业教育专家的研究成果,依靠技工学校、企业等一线工作人员,共同参与“职业教育机电类技能人才教学方案研究与开发”课题研究工作。在对职业教育机电大类专业教学进行规划的基础上,我们的课题研究以职业活动为导向、以职业能力为核心,根据理论知识完备、技能训练强化的原则,将理论和实践有机结合,制定出每门课程的教学大纲,然后组织教学一线骨干教师进行教材的编写。

本套教材针对不同课程的教学要求采用“理实相结合”或“理实一体化”两种形式组织教学内容,首批55本教材涵盖2个层次(中级工、高级工),3个专业(数控技术应用、模具设计与制造、机电一体化)。教材内容统筹规划合理安排知识点与技能训练点,教学内涵生动活泼,尽可能使教材体系与编写结构满足职业教育机电类技能人才培养教学的要求。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前职业院校的教学工作,并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合机电类技能人才培养的实际。

“职业教育机电类技能人才培养研究课题”专家指导委员会

2009年2月



前言

PREFACE

数控加工技术是一门综合性技术,由传统的机械加工技术与先进的计算机数字控制技术、信息处理技术等集成。数控加工技术的水平一定程度上体现了国家的制造水平和综合国力,是衡量一个国家工业现代化的重要标志。

数控加工技术的应用和发展需要大量数控技能型人才来支撑,而数控技能型人才的培养是一项复杂而艰巨的工作,因为数控技能型人才既要掌握属于高新技术范围的数字控制技术,又要具备数控加工操作的能力。在这种情况下,职业教育因其注重理论与实践紧密结合的人才培养特点,成为数控技能型人才培养的重要基地。许多技工学校、技师学院和职业院校都开设数控专业,进行相关人才的培养。但是,随着数控加工技术的不断发展以及职业教育教学改革的不断推进,数控课程的教学也在不断地改进。怎样把工艺、编程和加工操作有机地结合,怎样达到使学生既能理解基本的数控原理又能掌握典型零件的数控加工技能的目的等这些问题的解决是真正进一步提高数控加工课程质量的关键。有鉴于此,我们组织编写了本书。

本书充分考虑了职业院校学生所具有的知识结构和实践经历,以突出职业教育为特色,以增强实用性和加强能力与素质培养的原则为指导。以数控技术的实际应用和数控加工技能素质的培养为根本目的。采用大量的编程实例和操作实例,在由浅入深地引入数控加工知识的同时,注重技能素质的养成。对一些入门要点和技术难点,采用细致直观的图文讲解方式来进行介绍。

本书的建议学时数为 300 学时,具体的学时分配见下表。

序号	课 程 内 容	学 时 数			
		合 计	讲 授	实 践	复习与评价
模块一	数控加工工艺系统	20	12	6	2
模块二	典型结构工艺、编程、加工操作	136	36	90	10
模块三	高级编程应用	36	20	14	2
模块四	数控机床日常维护与保养	10	4	4	2
模块五	职业技能考核综合训练	88	6	80	2
机动		10	-	-	
总 计		300	78	194	18

本书由淄博市技师学院孔凡宝任主编,张俊玲、王忠斌任副主编,其中模块一由张叶海编写,模块二、模块四由孔凡宝、张俊玲编写,模块三、模块五由王忠斌、崔涛编写。在本书的编写过程中,得到淄博市技师学院领导的大力支持,在此表示感谢。

本书可供职业教育机电类专业学生使用,还可作为初、中级工程技术人员数控培训教材。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者
2009 年 8 月



模块一 数控加工工艺系统.....	1	课题二 常见故障的诊断与排除.....	152
课题一 从加工实例认识数控加工.....	2	模块五 职业技能考核综合训练.....	160
课题二 认识数控机床.....	10	课题一 中级职业技能综合训练一.....	160
课题三 操作面板的使用.....	21	课题二 中级职业技能综合训练二.....	165
课题四 加工程序基本知识.....	27	课题三 中级职业技能综合训练三.....	169
课题五 数控工艺设计基础知识.....	46	课题四 中级职业技能综合训练四.....	173
模块二 典型结构工艺、编程、加工		课题五 中级职业技能综合训练五.....	176
操作.....	60	课题六 中级职业技能综合训练六.....	180
课题一 阶梯轴加工.....	61	课题七 中级职业技能综合训练七.....	184
课题二 槽加工.....	67	课题八 中级职业技能综合训练八.....	188
课题三 圆弧类零件加工.....	74	附录.....	193
课题四 螺纹加工.....	88	附录 A 常用数控系统 G、M	
课题五 内孔加工.....	94	代码表.....	193
课题六 循环加工.....	103	附录 B 常用切削用量表.....	196
模块三 高级编程应用.....	116	附录 C 常用数学公式.....	197
课题一 宏程序编程应用.....	117	附录 D 可转换刀具的标识.....	198
课题二 自动编程应用.....	127	附录 E 数控实习报告(样本).....	199
模块四 数控机床日常维护与保养.....	148	附录 F 中级考核样题.....	203
课题一 数控机床日常维护.....	149	参考文献.....	208



学习目标

- 掌握数控、数控机床、数控加工程序、数控加工的概念
- 了解数控车削与普通车削的区别
- 掌握数控加工的特点
- 掌握数控加工的一般过程

数控机床是 20 世纪 50 年代初期发展起来的一种新型自动化机床，它对复杂型面零件的加工，单件、小批量生产的自动化具有重要作用。同时，它也是实现工厂自动化及计算机集成制造的基础。数控机床在我国已得到广泛应用。图 1.1 所示为数控车床外形图。

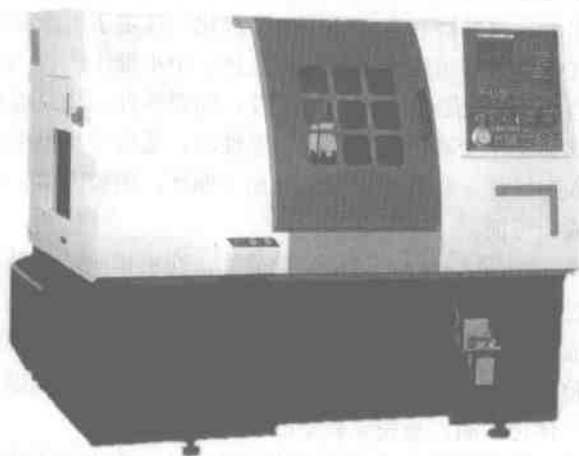


图 1.1 数控车床

课题一 从加工实例认识数控加工

数控加工经历了半个多世纪的发展,已成为应用于各个制造领域的先进制造技术的基础。数控是用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。数控加工就是用数控机床加工工件,它是在传统加工基础上发展起来的,是伴随数控机床的产生而逐步发展起来的一种应用技术。数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术。数控装备是以数控技术为代表的新技术对传统制造产业和新兴制造业的渗透形成的机电一体化产品,即所谓的数字化装备,其技术范围覆盖很多领域:机械制造技术,信息处理、加工、传输技术,自动控制技术,伺服驱动技术,传感器技术,软件技术等。

一、基础知识

(一) 金属切削机床及切削加工运动

1. 金属切削机床。

金属切削机床(Metal Cutting Machine Tools)是用切削的方法将金属毛坯加工成零件的机器,它是制造机器的机器,所以又称为“工作母机”或“工具机”(Machine Tools),习惯上简称机床。

金属切削机床是人类在改造自然的长期生产实践中,在不断改进生产工具的基础上产生和发展起来的。近些年来,电子技术、计算机技术、信息技术、激光技术等技术的发展及其在机床领域的应用,使机床开始了迅猛发展的新时代。多样化、精密化、高效化、自动化是这一时代机床发展的基本特征。新技术的迅速发展和客观要求的多样化,决定了机床必须多品种。技术的加速发展更新和产品更新换代的加快使机床主要面向多品种、中小批生产。因此现代机床不仅要保证加工精度、效率和高度自动化,还必须有一定的柔性,即灵活性,使之能够很方便地适应加工对象的改变。数控机床以其加工精度高、生产率高、柔性高、适应中小批生产的特点而日益受到重视。由于数控机床无需人工操作,靠数控程序完成加工循环,调整方便,加工手段灵活多样,使得中、小批生产自动化成为可能。

数控是数字控制(Numerical Control, NC)的简称,在机械制造领域其含义是指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种自动化技术。它所控制的一般是位置、角度、速度等机械量,但也有温度、流量、压力等物理量。采用数控技术的机床或者说装备了数控系统的机床称为数控机床。现代数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测以及精密机械等高新技术的产物,是典型的机电一体化产品,是完全新型的自动化机床。

在机床数控化过程中,机械部件的成本在机床系统中的比重不断下降,而电子硬件与软件的比重不断上升。随着计算机技术的迅速发展,数控技术已由硬件数控进入了软件数控的时代,实现了模块化、通用化、标准化。

2. 切削加工运动。

任何机器零件的表面均可看成是由曲面和平面(外圆面、内圆面、平面或成形面等)组成。因此,只要能对这些基本表面进行加工,就能完成所有零件的加工。而上述基本表面可以用一定的运动组合来形成。要完成零件表面的切削加工,必须了解刀具与工件之间的基本相对运动。

切削运动是指在切削过程中刀具相对于工件的运动,即在切削过程中,刀具和工件应具备形

成零件表面的基本运动。在切削加工中刀具与工件的相对运动,即表面成形运动,可分解为主运动和进给运动。在车削加工中的切削运动一般是由这两种运动单元组合而成的,它保证了切削工作的连续进行。

(1) 主运动。

主运动使刀具与工件产生相对运动,是切下切屑所需的最基本的运动,通常在切削运动中主运动的速度最高,消耗的功率最大。主运动只有一个,如车削加工时工件的旋转运动即是主运动。

(2) 进给运动。

配合主运动保持切除多余金属的状态,使多余材料不断被投入切削,从而完成加工完整表面所需的运动,称为进给运动。通常它的速度很低,消耗功率较少。进给运动包括纵向进给运动和横向进给运动,进给运动可以有一个或几个,如车削加工时车刀的纵向运动或横向运动即是进给运动。

(3) 合成切削运动。

切削加工中同时存在主运动和进给运动时,刀具切削刃上选定点(由于切削刃上各点运动情况不一定相同,在研究课题时,应选取切削刃上某一适宜点,该点称为切削刃选定点)相对于工件的运动,称为合成切削运动。

(二) 车削加工及数控车床

车削加工是金属切削加工中最基本、最重要的一种加工方法,使用范围最广。在金属切削机床中,各类车床约占机床总数的一半左右。无论是在产品的成批大量生产或单件小批量生产方面,还是在机械的维修方面,车削加工都占有重要的地位。随着生产的不断发展,高效率、自动化和高精度车床的不断出现,为车削加工提供了广阔的前景。车床的种类很多,有普通车床、立式车床、六角车床、多刀车床、自动及半自动车床、数控车床等。

车削加工是利用工件的旋转运动、刀具的直线运动或者工件的直线运动、刀具的旋转运动来加工工件的。在车床上可以加工内外圆柱面、内外圆锥面、内外螺纹、成形面、端面、沟槽等。本书主要介绍在数控车床上加工零件。

数控车床是用计算机数字控制的车床。与普通车床相比,数控车床是将编制好的加工程序输入到数控系统中,由数控系统通过车床的 X 、 Z 坐标轴的伺服电动机去控制车床进给运动部件的动作顺序、移动量和进给速度,再配以主轴的转速和转向,便能加工出各种形状不同的轴类或盘类回转体零件。因此,数控车床是目前使用较为广泛的一种数控机床,具有如下特点。

1. 适应性强。

当改变加工零件时,数控车床只需更换零件加工的NC程序,不必使用凸轮、靠模、样板或其他模具等专用工艺装备,而且可采用成组技术的成套夹具。因此,生产准备周期短,有利于机械产品的迅速更新换代。所以,数控车床的适应性非常强。

2. 适合加工复杂型面的零件。

由于数控车床能实现多个坐标的联动,所以数控车床能完成复杂型面的加工,特别是对于可用数学方程式和坐标点表示的形状复杂的零件,加工非常方便。

3. 加工质量稳定。

对于同一批零件,由于使用同一机床和刀具及同一加工程序,刀具的运动轨迹完全相同,且数控车床是根据数控程序自动进行加工,可以避免人为的误差,这就保证了零件加工的一致性和加工质量的稳定。

4. 生产效率高。

数控车床上可以采用较大的切削用量,有效地节省了机动工时。还有自动换速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能,使辅助时间大为缩短,而且无需工序间的检验与测量,所以比普通车床的生产率高3~4倍。

数控车床的主轴转速及进给范围都比普通机床大。目前数控车床的最高进给速度可达到100m/min以上,最小分辨率达 $0.01\mu\text{m}$ 。数控车床的加工时间利用率高达90%,而普通车床仅为30%~50%。

5. 加工精度高。

数控车床有较高的加工精度,一般在 $0.005\sim 0.01\text{mm}$ 。数控车床的加工精度不受零件复杂程度的影响,机床传动链的反向齿轮间隙和丝杠的螺距误差等都可以通过数控装置自动进行补偿,其定位精度比较高,同时还可以利用数控软件进行精度校正和补偿。

6. 工序集中,一机多用。

数控车床特别是带自动换刀的数控加工中心,在一次装夹的情况下,几乎可以完成零件的全部加工工序,一台数控车床可以代替数台普通车床。这样可以减少装夹误差,节约工序之间的运输、测量和装夹等辅助时间,还可以节省车间的占地面积,带来较高的经济效益。

7. 减轻劳动强度。

在输入程序并启动后,数控车床就自动地连续加工,直至零件加工完毕。这样简化了工人的操作,使劳动强度大大降低。

8. 价格较贵且调试和维修较复杂。

数控车床是一种高技术设备,价格较高,而且要求具有较高技术水平的人员来操作和维修。

总体而言数控车床的优点很多,它有利于自动化生产和管理,使用数控车床的经济效益还是很高的。

二、加工实例

在生产中经常会遇到加工类似图1.2所示的零件。这是一种较复杂的轴类零件,要想保证加工精度,提高生产效率,应首选数控车床来进行加工。

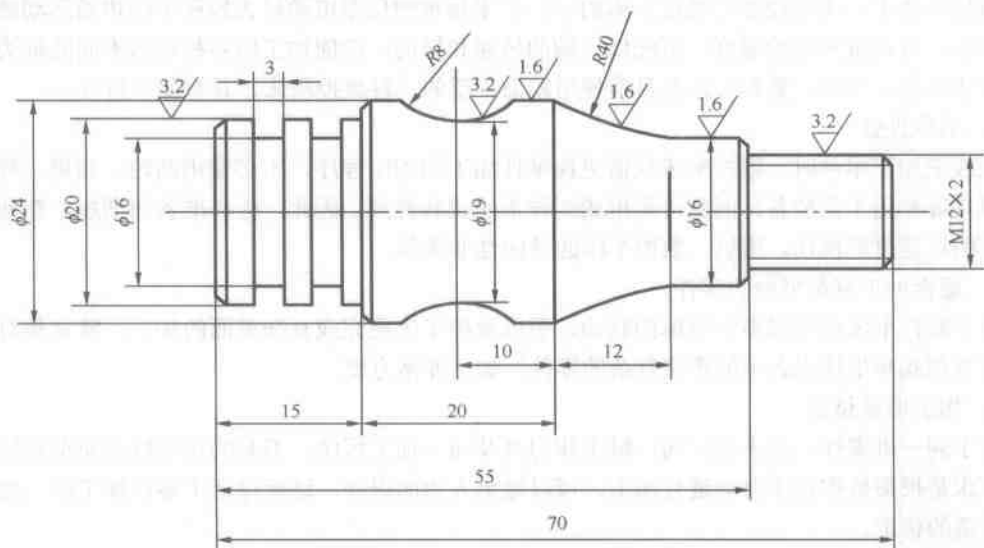


图 1.2 轴类零件

三、实例工艺分析

轴类零件是机械加工中经常遇到的典型零件之一。在机器中,它主要用来支承传动零件、传递运动和扭矩。

一般轴类零件在机械加工中的主要工艺问题是保证阶台轴的相互位置精度(即保证外圆表面的同轴度及轴线与端面垂直度要求)。

1. 保证位置精度的方法。

在一次安装中加工有相互位置精度要求的外圆表面与端面。

2. 加工顺序的确定方法。

基面先行,先近后远,先粗后精,即先车出基准外圆后,再车出端面,最后再粗、精车各外圆表面。

3. 刀具的选择。

车削阶梯轴类零件时,要注意保证端面与外圆表面的垂直度要求,因此应选主偏角为 90° 或 90° 以上的外圆车刀。

4. 切削用量的选择。

在保证加工质量和刀具耐用度的前提下,充分发挥机床性能和刀具切削性能,使切削效率最高,加工成本最低。

粗、精加工时切削用量的选择原则如下。

(1) 粗加工时切削用量的选择原则。

首先,在工艺系统刚度和机床功率允许的情况下,尽可能大地选取背吃刀量,以减少进给次数;其次,进给量的选取主要考虑机床工艺系统所能承受的最大进给量,还要考虑刚性等限制条件,如机床进给机构的强度、刀具强度与刚度、工件的装夹刚度等,应尽可能大地选取进给量;最后根据刀具耐用度确定最佳的切削速度。

(2) 精加工时切削用量的选择原则。

首先,根据粗加工后的余量确定背吃刀量;其次,根据零件加工精度和表面粗糙度的要求选择较低的进给量;最后在保证刀具耐用度的前提下,尽可能选取较高的切削速度。

5. 量具的选用。

在非圆二次曲线类零件的数控车削中常用的量具有游标卡尺、外径千分尺、百分表。游标卡尺是一种中等精度的量具,测量精度有 0.02mm 和 0.05mm ,可测量外径、内径、长度、宽度和深度等尺寸。外径千分尺是一种比游标卡尺更精密的量具,测量精度为 0.01mm 。百分表是一种指示量具,主要用于校正工件的装夹位置、检查工件的形状和位置误差以及测量工件内径等。具体选用时可根据所加工工件精度来定,符合测量要求即可。

6. 工件零点。

工件零点是为设定的,从理论上讲,工件零点选在任何位置都是可以的,一般为了编程、对刀方便,数控车床工件零点常设为主轴中心线与工件左端面或右端面的交点处。

7. 走刀路线。

(1) 首先按已定工步顺序确定各表面加工进给路线的顺序。

(2) 所定进给路线应能保证工件轮廓表面加工后的精度和粗糙度要求。

(3) 寻求最短加工路线(包括空行程路线和切削路线),减少行走时间以提高加工效率。

(4) 要选择工件在加工时变形小的路线, 对横截面积小的细长零件或薄壁零件, 应采用分几次走刀加工到最后尺寸的方法或对称去余量法安排进给路线。

确定阶梯轴类零件走刀路线的工作重点, 主要在于确定粗加工及空行程的进给路线, 因精加工切削过程的进给路线基本上都是沿零件轮廓由右向左一刀连续完成的。

四、实例数控加工过程

下面以图 1.2 所示零件的加工为例介绍数控车床的加工过程。

(一) 工件的装夹与对刀

(1) 在三爪卡盘上装夹工件。

(2) 在刀夹上装夹刀具。

(3) 试切对刀。

(二) 零件右端的加工

(1) 用 1 号刀粗加工有凹槽的外轮廓。

(2) 精加工 $\phi 12$ 外圆的端面及倒角。

(3) 精加工 $\phi 16$ 外圆的端面及倒角。

(4) 精加工 $R40$ 圆弧面。

(5) 精加工 $\phi 24$ 外圆。

(6) 精加工 $R8$ 圆弧面。

(7) 加工 $\phi 24$ 外圆。

(8) 用 2 号刀 (60° 螺纹车刀) 进行螺纹加工。

(三) 零件左端的加工

(1) 重新对刀, 建立工件坐标系。

(2) 用 1 号刀粗加工左端外轮廓。

(3) 精加工 $\phi 20$ 外圆处的端面并倒角。

(4) 精加工 $\phi 24$ 外圆处的端面并倒角。

(5) 用 3 号刀 (车槽刀) 车槽。



1 号刀位安装外圆车刀, 2 号刀位安装 60° 螺纹车刀, 3 号刀位安装车槽刀。

五、知识总结

数控即数字控制 (Numerical Control, NC), 是数字程序控制的简称。数控的实质是通过特定处理方式下的数字信息 (不连续变化的数字量) 去自动控制机械装置进行动作, 它与通过连续变化的模拟量进行的程序控制 (即顺序控制) 有着截然不同的性质。

现代数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测以及精密机械等高新技术的产物, 是典型的机电一体化产品, 是完全新型的自动化机床。

数控机床之所以能够自动加工出各种不同形状、尺寸及精度的零件, 是因为这种机床按

事先编制好的加工程序，经其数控装置“接受”和“处理”，从而对整个加工过程进行自动控制。由此可以得出数控机床加工程序的定义：按规定格式描述零件几何形状和加工工艺的数控指令集。

数控车床是车削加工功能较全的数控机床。它可以把车削、铣削、螺纹加工、钻削等功能集中在一台设备上，使其具有多种工艺手段。数控车床设有旋转刀架或旋转刀盘，在加工过程中由程序自动选用刀具和更换刀位。采用数控车床进行加工可以大大提高产品质量，保证加工零件的精度，减轻劳动强度，为新产品的研制和改型换代节省大量的时间和费用，提高企业产品的竞争能力。

数控加工是指在数控机床上加工零部件的一种工艺方法，由于数控技术具有广泛性，所以，数控加工除了适用于大量的机械加工外，还适用于电加工、激光加工、火焰加工、绘制及编织等。

数控加工作过程如图 1.3 所示，在数控机床上加工零件时，要预先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数和走刀运动数据，然后编制加工程序，传输给数控系统，在事先存入数控装置内部的控制软件支持下，经处理与计算，发出相应的进给运动指令信号，通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动，进行零件的加工。



图 1.3 数控加工作过程

因此，在数控机床上加工零件时，首先要编写零件加工程序清单，称之为数控加工程序，该程序用数字代码来描述被加工零件的工艺过程、零件尺寸和工艺参数（如主轴转速、进给速度等），将该程序输入数控机床的 NC 系统，控制机床的运动与辅助动作，完成零件的加工。

数控编程是根据被加工零件的图纸和技术要求、工艺要求等切削加工的必要信息，按数控系统所规定的指令和格式编制成加工程序文件，这个过程称为零件数控加工程序编制，简称数控编程。

与普通车床相比，数控车床具有以下特点。

1. 采用了全封闭或半封闭防护装置。

数控车床采用封闭防护装置可防止切屑或切削液飞出，给操作者带来意外伤害。

2. 采用自动排屑装置。

数控车床大都采用斜床身结构布局，排屑方便，便于使用自动排屑机。

3. 主轴转速高，工件装夹安全可靠。

数控车床大都采用了液压卡盘，夹紧力调整方便可靠，同时也降低了操作工人的劳动强度。

4. 可自动换刀。

数控车床都采用了自动回转刀架，在加工过程中可自动换刀，连续完成多道工序的加工。

5. 主传动与进给传动分离。

数控车床的主传动与进给传动采用了各自独立的伺服电机，使传动链变得简单、可靠，同时，各电动机既可单独运动，也可实现多轴联动。

数控车床加工的工艺与普通车床的加工工艺类似，但由于数控车床是一次装夹，连续自动加工完成所有车削工序，因而应注意以下几个方面。

1. 合理选择切削用量。
2. 合理选择刀具。
 - (1) 粗车时, 要选强度高、耐用度好的刀具, 以便满足粗车时大背吃刀量、大进给量的要求。
 - (2) 精车时, 要选精度高、耐用度好的刀具, 以保证加工精度的要求。
 - (3) 为减少换刀时间和方便对刀, 应尽量采用机夹刀和机夹刀片。
3. 合理选择夹具。
 - (1) 尽量选用通用夹具装夹工件, 避免采用专用夹具。
 - (2) 零件定位基准重合, 以减少定位误差。
4. 确定加工路线。

加工路线是指数控机床加工过程中, 刀具相对零件的运动轨迹和方向。

- (1) 应能保证加工精度和表面粗糙度要求。
- (2) 应尽量缩短加工路线, 减少刀具空行程时间。

5. 加工路线与加工余量的联系。

目前, 在数控车床还未达到普及使用的条件下, 一般应把毛坯上过多的余量, 特别是含有锻、铸硬皮层的余量安排在普通车床上加工。如必须用数控车床加工时, 则需注意程序的灵活安排。

六、知识拓展

车床主要用于回转表面的加工, 如内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹等切削加工。图 1.4 所示为常用车刀的种类。

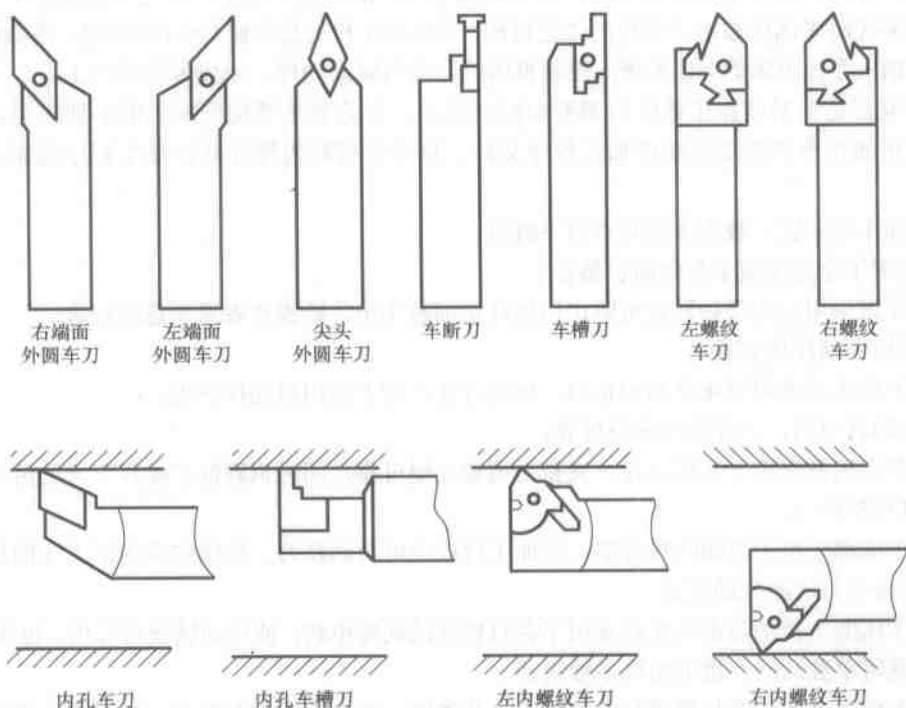


图 1.4 常用车刀的种类

数控车削常用的车刀一般分为 3 类, 即尖形车刀、圆弧形车刀和成形车刀。

1. 尖形车刀。

以直线形切削刃为特征的车刀一般称为尖形车刀。这类车刀的刀尖(同时也为其刀位点)由直线形的主、副切削刃构成, 例如 90° 内外圆车刀, 左右端面车刀, 车断(车槽)车刀以及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。

2. 圆形车刀。

圆形车刀是较为特殊的数控加工用车刀, 如图 1.5 所示。其特征是, 构成主切削刃的刀刃形状为一圆度误差或线轮廓误差很小的圆弧, 该圆弧刃每一点都是圆弧形车刀的刀尖。因此, 刀位点不在圆弧上, 而在该圆弧的圆心上, 圆形车刀可以用于车削内、外表面, 特别适宜于车削各种光滑曲线轮廓的成形面。

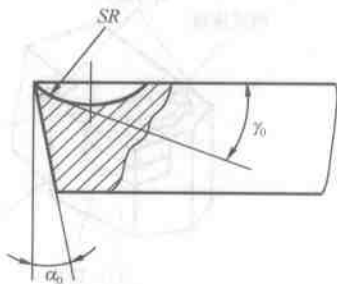


图 1.5 圆弧形车刀

3. 成形车刀。

俗称样板车刀, 其加工零件的轮廓形状完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定。数控加工中, 应尽量少用或不用成形车刀。

另外车刀在结构上可分为整体式车刀、焊接式车刀和机械夹固式车刀 3 大类。

1. 整体式车刀。

该车刀主要是整体式高速钢车刀。通常用于小型车刀、螺纹车刀和形状复杂的成形车刀。具有抗弯强度高、冲击韧性好、制造简单、刃磨方便、刃口锋利等优点。

2. 焊接式车刀。

该车刀是将硬质合金刀片用焊接的方法固定在刀体上, 经刃磨而成。这种车刀结构简单, 制造方便, 刚性较好, 但抗弯强度低, 冲击韧性差, 切削刃不如高速钢车刀锋利, 不易制作复杂刀具。

3. 机械夹固式车刀。

该车刀是数控车床上用得比较多的一种车刀, 它分为机械夹固式可重磨车刀和机械夹固式可转位车刀。

机械夹固式可重磨车刀将普通硬质合金刀片用机械夹固的方法安装在刀杆上。刀片用钝后可以修磨, 修磨后, 通过调节螺钉把刀口调整到适当位置, 压紧后便可继续使用, 如图 1.6 所示。

机械夹固式可转位车刀的刀片为多边形, 有多条切削刃, 当某条切削刃磨损钝化后, 只需松开夹固零件, 将刀片转一个位置便可继续使用, 如图 1.7 所示。其最大优点是: 车刀几何角度完全由刀片保证, 切削性能稳定, 刀杆和刀片已标准化, 加工质量好。可转位刀片一般都覆盖涂层, 以提高刀刃的硬度, 因此, 可转位刀片不能重磨, 用钝后只需转过一定的角度换用另一切削刃即可。

可转位车刀刀片材料主要有高速钢、硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷、立方氮化硼、金刚石等。在数控车床加工中应用最多的是硬质合金和涂层硬质合金刀片。一般使用机夹可转位硬质合金刀片, 以方便对刀。常用的可转位车刀刀片形状及角度如图 1.8 所示。

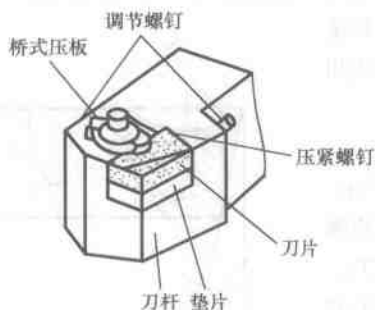


图 1.6 机械夹固式可重磨车刀

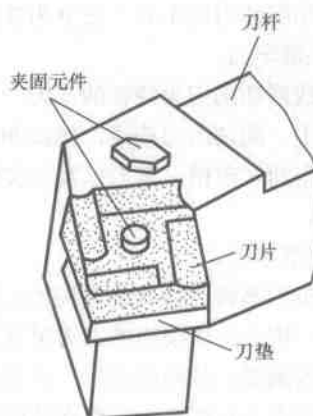


图 1.7 机械夹固式可转位车刀

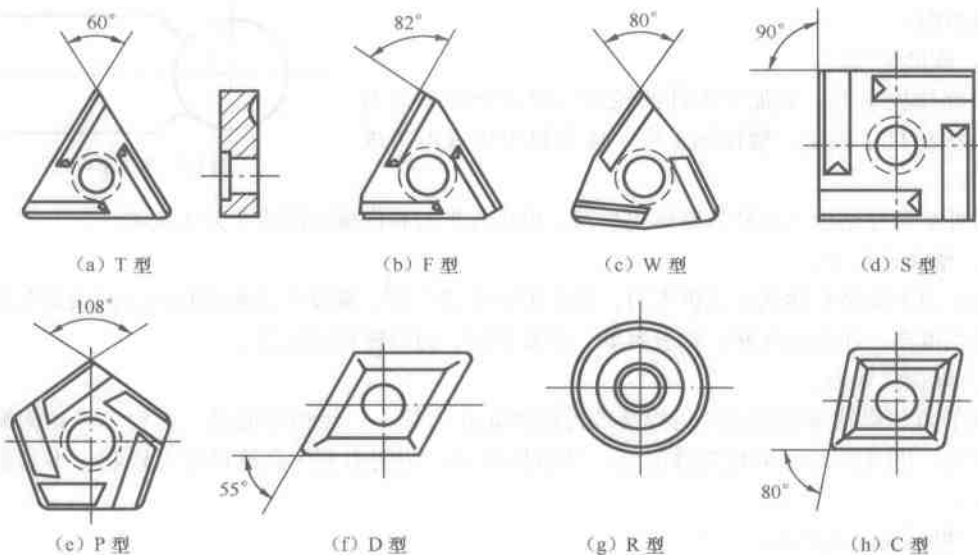


图 1.8 常用可转位车刀刀片

七、习题训练

1. 什么叫数控？什么叫数控机床？
2. 数控车床的加工特点有哪些？其中哪些特点体现了数控车床的高精度、高稳定性和高效率？
3. 数控机床与普通机床有哪些区别？
4. 数控车床常用的车刀有哪几种？

课题二

认识数控机床

数控机床集现代精密机械、计算机、通信、液压气动、光电等多学科技术为一体，具有高效