

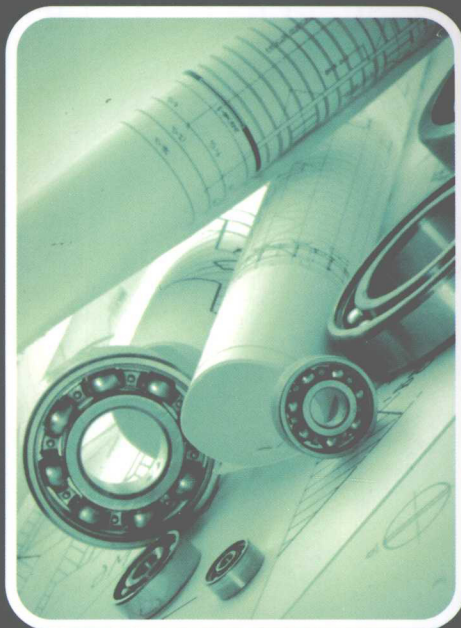


全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

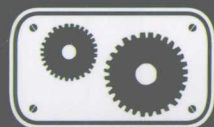
丛书顾问 ▶ 李培根 林萍华

数控加工 工艺与编程

薛东彬 刘有余 于雷 ▶ 主编



SHUKONG JIAGONG
GONGYI YU BIANCHENG



华中科技大学出版社

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

数控加工工艺与编程

第1版 (10) 机械工业出版社

主 编 薛东彬 刘有余 于 雷
副主编 沈明秀 于春海 何仁琪
参 编 姜 海 刘盛荣

主 编 于 余 余

主 编 于 余 余

华中科技大学出版社

中国·武汉



内 容 简 介

本书由八个部分组成,主要内容包括:数控技术的基本概念,数控加工工艺基础,数控编程基础,数控加工走刀路线的相关坐标计算,数控车床加工工艺与编程,数控铣床加工工艺与编程,用户宏程序与数控机床基本操作等。各部分内容讲解详细,并安排了大量的实例。

本书适合作为应用型本科机械设计制造及其自动化专业、机械工程及自动化专业和高职高专的机械、数控类专业的教材,也可作为数控技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程/薛东彬 刘有余 于雷 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2013. 2

ISBN 978-7-5609-8543-5

I. 数… II. ①薛… ②刘… ③于… III. ①数控机床-加工-高等学校-教材 ②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(2012)第 276254 号

数控加工工艺与编程

薛东彬 刘有余 于雷 主编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:吴 晗

封面设计:范翠璇

责任校对:李 琴

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.5

字 数:368千字

版 次:2013年2月第1版第1次印刷

定 价:29.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

编审委员会

顾问：李培根 华中科技大学

林萍华 华中科技大学

主任：吴昌林 华中科技大学

副主任：(按姓氏笔画顺序排列)

王生武 邓效忠 轧 钢 庄哲峰

吴 波 何岭松 陈 炜 杨家军

杨 萍 竺志超 高中庸 谢 军

委员：(排名不分先后)

许良元 程荣龙 曹建国 郭克希 朱贤民 贾卫平 丁晓非

张生芳 董 欣 庄哲峰 蔡业彬 许泽银 许德璋 叶大鹏

李耀刚 耿 铁 邓效忠 宫爱红 成经平 刘 政 王连弟

张庐陵 张建国 郭润兰 张永贵 胡世军 汪建新 李 岚

杨术明 杨树川 李长河 马晓丽 刘小健 汤学华 孙恒五

聂秋根 赵 坚 马 光 梅顺齐 蔡安江 刘俊卿 龚曙光

吴凤和 李 忠 罗国富 张 鹏 张鬲君 柴保明 孙 未

何 庆 李 理 孙文磊 李文星 杨咸启

秘 书：

俞道凯 万亚军

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

序

“十二五”时期是全面建设小康社会的关键时期,是深化改革开放、加快转变经济发展方式的攻坚时期,也是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》的关键五年。教育改革与发展面临着前所未有的机遇和挑战。以加快转变经济发展方式为主线,推进经济结构战略性调整、建立现代产业体系,推进资源节约型、环境友好型社会建设,迫切需要进一步提高劳动者素质,调整人才培养结构,增加应用型、技能型、复合型人才的供给。当今世界的大发展大调整大变革时期和科技创新的新突破,迎接日益加剧的全球人才、科技和教育竞争,迫切需要全面提高教育质量,加快拔尖创新人才的培养,提高高等学校的自主创新能力,推动“中国制造”向“中国创造”转变。

为此,近年来教育部先后印发了《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》(教高[2011]1号)、《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》(教高[2011]5号)、《关于“十二五”期间实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见》(教高[2011]6号)、《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高[2012]4号)等指导性意见,对全国高等学校本科教学改革和发展方向提出了明确的要求。在上述大背景下,教育部高等学校机械学科教指委根据教育部高教司的统一部署,先后起草了《普通高等学校本科专业目录机械类专业教学规范》、《高等学校本科机械基础课程教学基本要求》,加强教学内容和课程体系改革的研究,对高校开办机械类办学情况和课程教学情况进行指导。

为了贯彻落实教育规划纲要和教育部文件精神,满足各高校高素质应用型高级专门人才培养要求,根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件精神,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,联合一批机械学科办学实力强的高等学校、部分专业特色突出的学校和教指委委员、国家级教学团队负责人、国家级教学名师组成编委会,邀请来自全国高校机械学科教学一线的教师组织编写全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材,将为提高高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。

当前经济社会的发展,对高校的人才培养质量提出了更高的要求。该套教材在编写中,应着力构建满足机械工程师后备人才培养要求的教材体系,以机械工程知识和能力的培养为根本,与企业对机械工程师的能力目标紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性,把握行业人才要求,突出工程教育特色。同时注意吸收教学指导委员会教学内容和课程体系改革的研究成果,根据教

指委颁布的各课程教学专业规范要求编写,开发教材配套资源(习题、课程设计和实践教学教材以及数字化学习资源),适应新时期教学需要。

教材建设是高校教学中的基础性工作,是一项长期的工作,需要不断吸取人才培养模式和教学改革成果,吸取学科和行业的知识、新技术、新成果。本套教材的编写出版只是近年来各参与学校教学改革的初步总结,还需要各位专家、同行提出宝贵意见,以进一步修订、完善,不断提高教材质量。

国家级教学名师

华中科技大学教授、博导

2012年8月

前 言

数控技术在制造业中的应用越来越广泛,数控加工已经成为零件加工的主要方法之一,机械类的学生必须掌握数控加工工艺和数控编程的相关知识。“数控加工工艺与编程”课程是实践性很强的课程,此课程主要培养学生数控技术的应用能力,尤其是在生产现场进行零件加工工艺设计和加工程序编写的能力。

本书本着系统性和实用性相结合的原则,将数控加工工艺贯穿于始终。不仅在第1章就系统、全面地介绍了数控加工工艺的特点和分析、设计方法,而且在第4章、第5章、第6章等内容中进一步根据不同工艺方法的特点细化了加工工艺,从而使整本书紧扣工艺这条主线展开。围绕数控加工,详细介绍了数控机床的坐标系定义,数控加工程序的结构和格式,数控编程中基点、结点的计算方法,用户宏程序的使用方法等。结合目前使用较广泛的FANUC 0i数控系统,详细描述了数控车床、数控铣床的编程方法,不仅包括普通指令的编程,而且包括固定循环指令的编程。对于固定循环指令的编程还介绍了华中世纪星数控车床系统的指令。各章节均配有多个实例和课后习题,以加强学生的实际训练。

本书由薛东彬、刘有余、于雷担任主编,沈明秀、于春海、何仁琪担任副主编,参加本书编写的有河南工业大学薛东彬(绪论、第6章),安徽工程大学刘有余(第1章),长春工程学院于雷(第7章),昆明学院沈明秀(第2章、第4章3、4、5节),吉林农业大学于春海(第5章1、2节),长江师范学院何仁琪(第5章3、4节),合肥学院姜海(第4章1、2节),黄山学院刘盛荣(第3章)。全书由薛东彬统稿。

限于编者水平,书中错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2013 年元月

目 录

绪论	(1)
0.1 数控机床的产生与发展	(1)
0.2 数控机床的组成和工作过程	(4)
0.3 数控加工的特点	(6)
0.4 数控机床的分类	(7)
0.5 本书的内容与任务	(7)
0.6 本课程的学习方法	(8)
思考题与习题	(8)
第1章 数控加工工艺基础	(9)
1.1 数控加工工艺概述	(9)
1.1.1 数控加工工艺的概念	(9)
1.1.2 数控加工工艺的主要内容	(9)
1.1.3 数控加工工艺的基本特点	(9)
1.2 零件加工工艺分析	(10)
1.2.1 零件图分析,确定数控加工的内容	(10)
1.2.2 零件结构的工艺性分析	(12)
1.2.3 零件毛坯的工艺性分析	(17)
1.3 数控加工工艺设计	(18)
1.3.1 加工方法和加工机床的选择	(18)
1.3.2 定位基准的选择	(20)
1.3.3 夹具的选择	(20)
1.3.4 工艺路线的设计	(21)
1.3.5 走刀路线的确定	(22)
1.3.6 刀具的选用	(29)
1.3.7 切削用量的确定	(36)
1.4 数控加工工艺文件	(37)
思考题与习题	(40)
第2章 数控编程基础	(41)
2.1 数控程序编制的概念	(41)
2.1.1 数控程序编制的定义和方法	(41)
2.1.2 程序结构与格式	(43)
2.2 数控机床的坐标系	(47)
2.2.1 数控机床坐标系及运动方向	(47)
2.2.2 工件坐标系	(51)
2.2.3 编程坐标系	(52)

2.2.4 绝对坐标和增量坐标·····	(54)
思考题与习题·····	(54)
第3章 数控加工走刀路线的相关坐标计算 ·····	(55)
3.1 概述·····	(55)
3.2 基点坐标的计算·····	(56)
3.2.1 联立方程组求解基点坐标·····	(56)
3.2.2 三角函数法求解基点坐标·····	(57)
3.2.3 绘图法求解基点坐标·····	(58)
3.3 节点坐标的计算·····	(59)
3.3.1 概述·····	(59)
3.3.2 用直线段逼近非圆曲线·····	(60)
3.3.3 用圆弧逼近非圆曲线·····	(62)
思考题与习题·····	(64)
第4章 数控车床加工工艺与编程 ·····	(65)
4.1 数控车削加工工艺·····	(65)
4.1.1 数控车床的组成与分类·····	(65)
4.1.2 数控车床的主要加工对象·····	(67)
4.1.3 数控车床常用夹具·····	(68)
4.1.4 数控车刀·····	(74)
4.2 数控车床基本编程指令·····	(80)
4.2.1 准备、辅助、进给、主轴和刀具指令·····	(80)
4.2.2 快速定位、直线插补、圆弧插补指令·····	(85)
4.2.3 刀尖圆弧补偿指令·····	(88)
4.2.4 其他常用指令·····	(91)
4.2.5 子程序·····	(94)
4.3 数控车床固定循环编程指令·····	(96)
4.3.1 单一固定循环指令·····	(98)
4.3.2 复合固定循环指令·····	(100)
4.4 螺纹加工指令·····	(106)
4.4.1 车削螺纹方法·····	(106)
4.4.2 螺纹加工基本指令G32·····	(108)
4.4.3 螺纹加工固定循环指令·····	(109)
4.5 数控车床编程实例·····	(112)
4.5.1 典型零件数控车削编程的步骤·····	(112)
4.5.2 车床综合编程实例·····	(113)
思考题与习题·····	(115)
第5章 数控铣床加工工艺与编程 ·····	(118)
5.1 数控铣削加工工艺·····	(118)
5.1.1 数控铣床的组成与分类·····	(118)
5.1.2 数控铣床的主要加工对象·····	(120)

5.1.3	数控铣床常用夹具	(121)
5.1.4	数控铣削加工工艺路线确定	(123)
5.1.5	数控铣刀和孔加工刀具	(128)
5.2	数控铣床(加工中心)基本编程指令	(137)
5.2.1	M、F、S、T 功能	(137)
5.2.2	常用 G 指令	(138)
5.2.3	快速定位、直线插补指令	(140)
5.2.4	圆弧插补指令(G02、G03)	(140)
5.2.5	刀具补偿指令	(142)
5.2.6	子程序指令	(146)
5.2.7	比例缩放指令	(148)
5.2.8	镜像编程指令	(149)
5.2.9	旋转编程指令	(150)
5.2.10	极坐标编程指令(G15、G16)	(152)
5.3	数控铣床(加工中心)固定循环编程指令	(153)
5.3.1	固定循环的基本动作	(153)
5.3.2	固定循环指令及指令格式	(155)
5.3.3	固定循环指令中重复使用的方法	(162)
5.3.4	固定循环指令应用举例	(164)
5.4	数控铣床(加工中心)编程实例	(165)
	思考题与习题	(168)
第 6 章	用户宏程序	(171)
6.1	用户宏程序概述	(171)
6.2	变量和程序流程控制	(171)
6.2.1	变量类型及变量的使用	(171)
6.2.2	变量的运算	(174)
6.2.3	程序流程控制指令	(176)
6.3	用户宏程序	(177)
6.3.1	用户宏程序的编写	(177)
6.3.2	用户宏程序调用指令	(179)
6.3.3	局部变量赋初值	(179)
6.4	用户宏程序应用实例	(181)
6.4.1	椭圆轮廓铣削加工通用程序	(181)
6.4.2	圆周均布孔加工通用程序	(184)
6.4.3	封闭矩形口袋(内腔)加工通用程序	(186)
6.4.4	凸球冠铣削加工通用程序	(188)
	思考题与习题	(191)
第 7 章	数控机床基本操作	(192)
7.1	数控车床的操作方法	(192)
7.2	FANUC Oi Mate-TC 系统数控车床的操作	(193)

7.2.1 FANUC Oi Mate-TC 系统数控车床的操作面板 (193)

7.2.2 数控机床的手动操作 (195)

7.2.3 程序的输入、编辑与校验 (196)

7.2.4 机床的运转 (197)

7.2.5 关机操作 (197)

7.3 华中数控 HNC 系统的操作 (198)

7.3.1 HNC 机床操作面板 (198)

7.3.2 HNC 数控系统操作 (200)

参考文献 (220)

(193) 数控车床 8.2.1

(195) 数控车床 8.2.2

(196) 数控车床 8.2.3

(197) 数控车床 8.2.4

(197) 数控车床 8.2.5

(198) 华中数控 HNC 系统的操作 8.3

(198) HNC 机床操作面板 8.3.1

(200) HNC 数控系统操作 8.3.2

(220) 参考文献 8.4

(193) 数控车床 8.2.1

(195) 数控车床 8.2.2

(196) 数控车床 8.2.3

(197) 数控车床 8.2.4

(197) 数控车床 8.2.5

(198) 华中数控 HNC 系统的操作 8.3

(198) HNC 机床操作面板 8.3.1

(200) HNC 数控系统操作 8.3.2

(220) 参考文献 8.4

(193) 数控车床 8.2.1

(195) 数控车床 8.2.2

(196) 数控车床 8.2.3

(197) 数控车床 8.2.4

(197) 数控车床 8.2.5

(198) 华中数控 HNC 系统的操作 8.3

(198) HNC 机床操作面板 8.3.1

(200) HNC 数控系统操作 8.3.2

(220) 参考文献 8.4

(193) 数控车床 8.2.1

(195) 数控车床 8.2.2

(196) 数控车床 8.2.3

(197) 数控车床 8.2.4

(197) 数控车床 8.2.5

(198) 华中数控 HNC 系统的操作 8.3

(198) HNC 机床操作面板 8.3.1

(200) HNC 数控系统操作 8.3.2

(220) 参考文献 8.4

绪 论

0.1 数控机床的产生与发展

1. 数控机床的产生

数字控制(numerical control, NC)简称数控,是指用数字信号构成的控制程序对某一受控对象的自动工作过程进行控制。数控机床是数字控制机床(numerical control machine tool)的简称,也称 NC 机床,是数控系统与被控机床本体的结合体。数控机床的工作过程受到数控程序的控制,产生各种运动部件的协调运动,从而加工出各种产品。

数控机床的产生源于电子计算机的问世(1946年)和制造复杂零件的需求。1948年,美国帕森斯(Parsons)公司为美国空军研制直升机旋翼叶片轮廓样板的加工设备。因为轮廓样板种类繁多、形状复杂、精度要求高,传统加工设备难以满足要求,所以帕森斯公司提出用计算机控制机床的设想。随后,该公司与美国麻省理工学院(MIT)伺服机构研究室合作,开始数控机床的研究。1952年研制成功世界上第一台数控机床,此机床是一台三坐标直线插补连续控制的数控铣床,如图 0-1 所示。该机床的研制成功是机械制造行业的一次技术革命,标志着机械制造业进入了一个新的阶段。



图 0-1 第一台数控机床

2. 数控机床的发展历程

1) 数控系统的发展

从第一台数控机床诞生,随着电子技术的不断发展,数控系统也不断地更新换代。第一代(1952)采用电子管,第二代(1959)采用晶体管,第三代(1965)采用小规模集成电路,第四代(1970)采用大规模集成电路和小型计算机,第五代(1975)采用微处理器或微型计算机,第六代

(1995)采用基于微型计算机的开放式数控系统。

前三代数控系统主要由硬件电路连线构成,称为硬件数控。硬件数控系统由于具有很多的硬件电路和连接结点,电路复杂,所以可靠性较低,故障率较高。第四代以后的数控系统主要由计算机硬件和软件组成,称为计算机数控(computer numerical control)系统,简称 CNC 系统。在 CNC 系统中,软件完成了大部分数控功能,从而使系统硬件得到简化。CNC 系统功能扩充容易,柔性好,可靠性高。现在,前四代数控系统基本上已经退出历史舞台,在生产中使用较多的是第五代数控系统,少部分是第六代数控系统。在本书中讨论的数控系统均是指第四代以后的数控系统,即 CNC 系统。

2) 数控机床的发展

与数控系统不断升级换代同步,数控机床的种类和功能也不断地发展、提高,几乎所有品种的机床都实现了数控化。最早实现数控化的是铣床、车床等金属切削机床。1956年,日本富士通(Fujitsu)公司研制成功数控转塔式冲床,从而把数控技术引入成形机床领域。1958年,美国 K & T(Keaney & Trecker)公司研制成功加工中心(machining center, MC),这是对数控机床的重要发展。加工中心是在数控镗床、铣床或数控车床等一般数控机床上加装刀具数量不等的刀库和自动换刀装置,从而使工件在一次装夹中可以连续地进行铣、镗、钻、铰等多工序连续加工。加工中心与一般数控机床相比,减少了机床的占地面积、机床的数量和加工辅助时间,有效地提高了生产率。在1967年,出现了由多台数控机床连接成的可调节加工生产线,称为柔性制造系统(flexible manufacturing systems, FMS)。1978年以后,加工中心迅速发展,各种类型的加工中心相继问世。1980年以后,又出现了以一台加工中心为主体,再配上用于工件自动装卸的可交换工作台构成的柔性制造单元(flexible manufacturing cell, FMC)。

数控机床的机械结构也经历了从普通机床的局部改进,到独立设计全新结构的演变,一些种类的数控机床,例如并联机床,其机械结构已经完全没有普通机床的影子。目前,在制造业中使用较多的数控机床包括:数控车床、数控铣床、加工中心、数控磨床、数控电火花线切割机床等。

3. 数控机床的发展趋势

信息技术、电子技术和新材料技术的不断发展及应用,大大促进了数控机床性能的提高。作为机械制造业的基础装备,数控机床的发展趋势主要有以下八个方面。

1) 高精度化

从数控机床诞生到21世纪初的50多年中,数控机床的加工精度提高了100倍左右,差不多每八年提高1倍。近十年来,普通级数控机床的加工精度已经由 $\pm 10 \mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5 \mu\text{m}$,达到20世纪70年代精密加工的水平,精密级加工中心的加工精度从 $\pm 3 \mu\text{m}$ 提高到 $\pm 1 \mu\text{m}$ 。新材料零件、更高精度要求的零件不断出现,这些都需要发展精度更高的数控机床。精密加工、超精密加工依然是数控机床的发展趋势。

2) 高速化

随着刀具材料、刀具结构和机床结构的不断发展,数控机床的切削速度和进给速度也不断提高。例如在实际生产中,车、铣加工45钢的切削速度由20世纪50年代的80~100 m/min提高到目前的500~600 m/min;高速加工中心的换刀时间小于1 s,工作台交换时间小于2.5 s。通过全面提高数控机床各部分的执行速度,压缩非切削时间和切削时间是提高生产效率的主要方法,也是数控机床发展不断追求的目标之一。

3) 个性化

针对有特殊要求的零件群组,通过对机床布局和结构的创新设计,实现数控机床的个性

化,使机床的性价比显著提高。低成本的个性化与数控机床的模块化和专业化密不可分,近年来对可重构机床(reconfigurable machine tools)技术的研究,为实现低成本的个性化提供了有益的探索。

4) 复合化

复合化是指在一台机床上实现或尽可能实现零件从毛坯到成品的全部加工。根据其结构,复合机床分为工序复合型和功能复合型两类。

工序复合型机床一般有铣头自动交换装置、主轴立卧转换头、双摆铣头、多主轴头和多回转刀架等配置,增加工件在一次安装下的加工工序数量。

功能复合型机床为跨加工类别的复合机床,包括不同加工工艺和方法的复合,如车铣复合机床、铣车复合机床、激光铣削复合机床、冲压激光复合机床等。德国德马吉(Demage)公司的车铣复合加工中心 CTX delta 4000 TC、日本池贝铁工所的铣车加工中心 TW4L II 均是较典型的复合机床。

5) 高柔性化

所谓柔性,是指机床对零件变化的适应性。现在,数控机床在提高单机柔性化的同时,向着制造单元柔性化和制造系统柔性化方向发展。

6) 高可靠性

可靠性是数控机床质量的关键指标。数控机床要发挥其高精度、高速度,并获得高效益,关键取决于可靠性。衡量可靠性的重要量化指标是平均无故障工作时间(mean time between failures, MTBF),平均无故障工作时间是指机床连续两次故障之间的平均间隔时间。数控系统的 MTBF 已由 20 世纪 80 年代的 10 000 h 提高到目前的 50 000 h。数控机床整机的 MTBF 亦由 20 世纪 80 年代的 200 h 提高到目前的 1 000 h。可靠性的终极目标是在数控机床的整个生命周期内无故障。

7) 大型化和微型化

能源装备的大型化和航空航天工业的发展,需要重型及超大行程的数控机床。在超大行程范围内保持相应的加工精度和速度是目前重型数控机床的研究方向。

随着各种工业产品的微型化进展以及微机电系统应用的日益广泛,数控机床的微型化也提到日程上来了。微型机床包括微切削加工(如车、铣、磨等)机床、微电加工机床、微激光加工机床等。如图 0-2 所示为一种微型数控铣床。

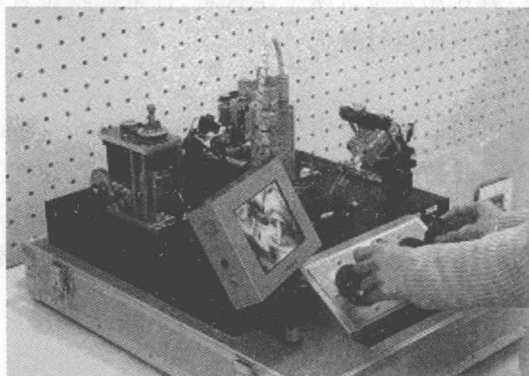


图 0-2 微型数控铣床

8) 配套装置和功能部件生产的专业化、多样化

不仅数控系统有专业化生产厂,关键的通用性功能部件(如电主轴、刀具自动交换系统、支承导轨、进给驱动机构、回转工作台等)也有专业化工厂生产,并且分工越来越细。新型的通用部件不断涌现。

0.2 数控机床的组成和工作过程

1. 数控机床的组成

数控机床由计算机数控系统和机床本体组成,如图 0-3 所示。计算机数控系统由信息输入/输出装置、数控装置、伺服系统及检测装置、机电接口等四大部分组成;机床本体是数控机床的支承、执行部分。

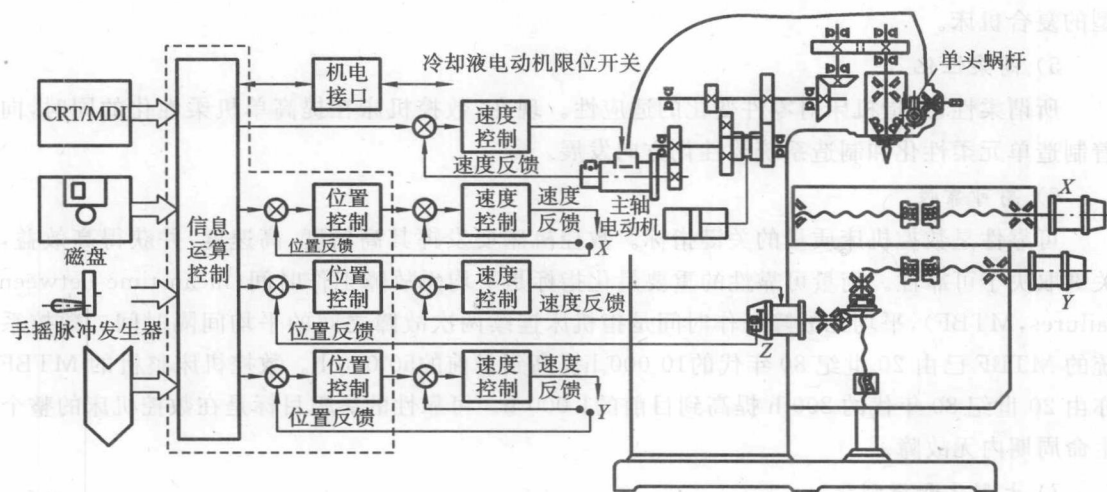


图 0-3 数控机床的组成

1) 信息输入/输出装置

信息输入装置包括键盘、存储卡、RS-232 接口、按钮等,其作用是将零件加工程序、参数、命令送入数控装置。信息输出装置包括 CRT(cathode ray tube)或 LED(light emitting diode)显示器、指示灯、蜂鸣器等,其作用是将机床工作状态、各坐标轴位置、程序执行情况等显示出来,以便操作人员监控数控机床的运行过程。

2) 数控装置

数控装置是一种专用计算机,一般由中央处理器(central processing unit,CPU)、存储器、总线、输入/输出接口等组成,是数控系统的核心,其作用是对数控加工程序进行译码、数据转换、插补计算,最后将加工程序信息转换为输出到伺服驱动系统的脉冲、电流或电压等控制信号。数控装置必须具备多种功能,如坐标轴联动控制功能、刀具补偿功能、插补功能、诊断功能、通信功能等。

3) 伺服系统及检测装置

伺服系统及检测装置由伺服驱动控制电路、伺服电动机和检测装置组成,其作用是接收数控装置的控制信号,经过调节、转换、放大后去驱动伺服电动机,从而带动机床的执行部件运

动,并随时检测伺服电动机或工作台的实际运动情况,进行速度和位置反馈控制。

4) 机电接口

机电接口由继电器接触器控制线路或可编程控制器(programmable logic controller, PLC)组成。其作用是接收数控装置发出的开关命令,完成机床的开关量控制,同时也是机床开关量信息反馈给数控装置的通道。机床的开关量控制主要包括主轴转速选择、启/停和正/反转控制、换刀、工件夹紧/放松、冷却液开关和液压、气动、润滑系统等的控制,以及机床其他辅助动作的控制。

5) 机床本体

机床本体包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和底座、立柱、刀架、工作台等基础部件。机床本体要具有较高的精度和刚度,良好的精度保持性,主运动、进给运动部件要有高运动精度和高灵敏度。

2. 数控加工过程

数控加工是指在数控机床上进行零件加工的一种工艺方法。数控加工过程如图 0-4 所示。主要步骤包括:数控加工程序编制,程序输入,执行加工程序。

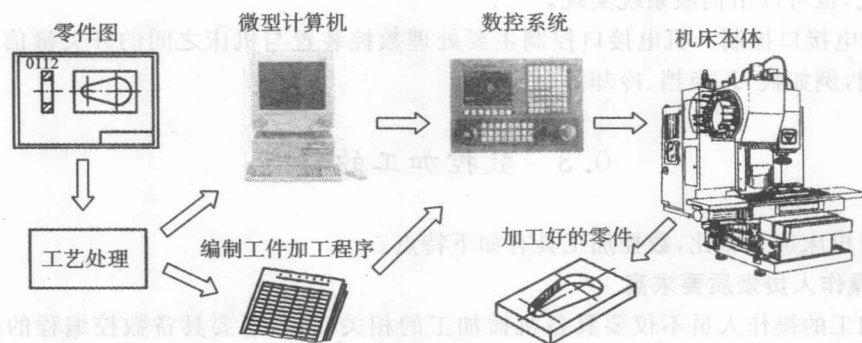


图 0-4 数控加工过程

1) 数控加工程序编制

在加工前,首先要对零件图样进行工艺分析和工艺设计,确定零件的加工工艺过程、加工顺序、走刀路线、切削用量、位移数据等,然后使用规定的代码,按照规定的格式编写数控加工程序,并记录在控制介质上。控制介质可以是纸质的程序单或电子存储设备。

2) 程序输入

控制介质上记录的加工程序必须由操作人员输入到数控装置中,数控机床才能根据加工程序进行加工。加工程序一般通过键盘手工输入,对于配置有读卡器的数控机床也可以通过读卡器输入存放于存储卡内的程序。

3) 执行加工程序

数控机床加工的过程也就是执行数控加工程序的过程,主要包括加工程序译码、刀具补偿处理、进给速度处理、插补、伺服控制和机床加工、机电接口控制等。

(1) 加工程序译码 在输入完成之后,CNC 装置就要对输入的加工程序进行译码,将程序中的零件轮廓信息、加工速度信息、补偿信息及其他辅助信息,按照一定的语法规则解释成 CNC 装置能够识别的数据形式,并以一定的数据结构形式存放在指定的内存专用区域内。在译码过程中还要完成对程序段的语法检查等工作。

(2) 刀具补偿 刀具补偿是数控装置在进行插补前要完成的一项准备工作。一般情况下,数控加工是以零件轮廓轨迹来编程的,但是数控装置实际控制的是刀具中心(刀架中心点、主轴中心点)的运动,而不是切削刀刃的轨迹。刀具补偿的作用是把零件轮廓轨迹转换为刀具中心轨迹。刀具补偿包括刀具半径补偿和刀具长度补偿。

(3) 进给速度处理 数控装置在进行插补前要完成的另一项准备工作是进给速度处理。加工程序中的刀具移动速度是各坐标轴合成方向上的速度,进给速度处理要根据合成速度计算出各个坐标轴的分速度。此外,还要对机床允许的最低速度和最高速度的限制进行判别处理,以及用软件对进给速度进行自动加减速处理。

(4) 插补 数控机床的坐标轴方向是固定的,刀具只能沿着某几个固定的方向运动。要使刀具沿着非坐标轴方向运动就必须用插补实现。所谓插补就是通过插补程序在一条曲线的起点和终点之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点坐标值的过程。

(5) 伺服控制和机床加工 伺服控制可以由软件或硬件完成,其功能是控制坐标轴连续走过插补得到的各个坐标点。伺服控制信号经过相关处理,通过驱动元件和机械传动机构,使机床的执行机构运动,带动刀具相对工件按规定的轨迹和速度进行加工。伺服控制可以由数控装置完成,也可以由伺服系统实现。

(6) 机电接口控制 机电接口控制主要处理数控装置与机床之间的开关量信号的输入、输出和控制,例如换刀、换挡、冷却等。

0.3 数控加工的特点

与普通机床加工相比,数控加工具有如下特点。

1. 对操作人员素质要求高

数控加工的操作人员不仅要具备机械加工的相关知识,还要具备数控编程的基本能力。只有加工程序正确无误,才能加工出合格的零件。

2. 加工适应性强

对于普通机床无法加工的复杂形状零件,数控加工有很好的适应性。复杂形状零件在汽车、纺织机械、航空航天、船舶、模具、动力设备和军事等工业部门的产品中具有十分重要的地位,其加工质量至关重要。数控机床能够控制多个进给轴联动从而实现刀具相对工件的复杂运动,因此数控加工可以加工出普通加工无法加工的复杂零件。

3. 自动化程度高

在数控机床上加工零件时,除了手工装卸工件外,其余加工过程都可以由机床自动完成。应用FMS加工零件时,上、下工件,检测,诊断,对刀,传输,调度,管理等也都可由机床自动完成。

4. 生产准备周期短

在数控机床上加工新的零件,大部分准备工作是根据零件图样重新编写数控加工程序,而机床的夹具、工装等工艺装备改动工作量较小。编程工作可以在新零件开始加工之前进行,这样就大大缩短了生产准备时间。因此,数控机床十分适合单件、小批量零件的加工,特别适用于新产品的开发。

5. 精度高,质量稳定

数控加工是按加工程序的指令自动进行加工的,在加工过程中一般不需要人工干预,这就