



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数控加工技术

(第3版)

◎主编 卢万强



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数控加工技术

(第3版)

主 编 卢万强
副主编 罗忠良 苟建峰
参 编 西庆坤 黄 亮
饶小创 刘昌君



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以数控加工为主线,融入机床、夹具、刀具、量具及数控加工质量控制等内容,详细介绍了数控车削加工、数控铣削加工、数控电火花加工等工艺与编程内容,在阐明概念的基础上突出实用技术的应用性。

本书共分8章。第1章介绍数控加工技术的概念、加工原理等;第2章介绍数控机床坐标系及常用装备;第3章介绍数控加工工艺基础;第4章阐述数控加工程序的规划;第5章重点介绍数控车削技术;第6章重点介绍数控铣削技术;第7章介绍数控电加工方法;第8章介绍先进制造技术等知识。

本书适用于高职高专、成人高校机电类专业教学,同时也可供相关技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术 / 卢万强主编. —3版. —北京:北京理工大学出版社, 2015.7

ISBN 978-7-5640-9544-4

I. ①数… II. ①卢… III. ①数控机床-加工 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 181705 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

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)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 13

字 数 / 305千字

版 次 / 2015年7月第3版第2次印刷

定 价 / 29.00元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 陆世立

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,数控加工技术是提高制造业产品质量和生产效率必不可少的重要手段。随着中国经济的高速发展,制造业正成为国民经济的支柱产业。制造业的发展和先进制造技术的广泛使用,导致数控加工技术应用型人才严重短缺。

“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。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。同时,为了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,加快创新人才的培养,推动“中国制造”向“中国创造”转变。

为了满足各高等职业院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”职业教育教材建设的若干意见》,由企业专家和经验丰富的教学一线的教师共同调研、讨论、组织编写全国普通高等职业院校机械类“十二五”规划系列教材,将为提高高等职业教育教学质量和人才培养质量提供有力保障。《数控加工技术(第3版)》教材就是按照教育部《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》,经过出版社初评、申报,由教育部专家组评审确定的“十二五”职业教育国家规划教材,该教材同时参考数控加工岗位职业资格标准。

《数控加工技术(第3版)》教材在修订中着重构建满足机械工程技术人才后备人才培养的要求,以机械加工知识和能力的培养为根本,与企业对机械工程技术人才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,突出工程技术人才教育特色。按照从了解到逐渐深入的顺序组织内容,每一种数控加工方法均以“工艺分析—数控编程—操作”这样一个流程介绍,体现了实际生产的真实加工顺序;选用的典型案例来自企业或学校的产学研合作项目,经典、实用又不乏技巧,与理论教学相辅相成,突出了真实性、实用性和技术性的特点;注重能力培养,突出“精操作、懂工艺、会编程、善维护、能管理”的技能人才培养的职业教育特色,理论知识以“实用、必须”为度,篇幅短小精炼,图文并茂,直观易懂,由易到难的将数控加工技术的基础理论知识和实训技能培养融入简单的机械产品的真实生产过程当中,夯实了理论知识和基本技能,具有非常强的针对性、系统性和适用性;教材编写思路清晰,内容编排系统、紧凑;同时吸取了数控技术应用专业的最新技术和应用成果,以及教学指导委员会教学内容和课程体系改革的最新研究成果,兼顾了数控加工技术的时代性和实用性,贯彻了高职高专教育“以技能型应用性人才培养为主,重在实践”的原则。

《数控加工技术(第3版)》除了保留传统的数控加工基本理论和技能之外,注意融入了现代制造技术的新材料、新工艺,坚持以数控加工过程为主线,结合数控机床、数控夹具、数控刀具、现代监测技术及数控加工质量控制等内容,详细介绍了数控车削加工技术、数控铣削加工技术、数控电火花加工技术以及先进制造技术等制造工艺与编程内容,在阐明概念的基础上突出实用技术的应用性。全书共8章:第1章绪论,主要讲述数控加工技术的相关概念,数控机床的工作原理、分类、加工特点及应用范围,数控技术的现状和发展趋势;第2章数控机床及装备,主要讲述数控机床、刀具、夹具、量具等工艺装备及选用;第3章数控加工工艺处理,主要讲述数控加工工艺的设计和数值计算,数控加工方案的确定、工艺设计和切削用量的确定,数控编程中的刀位点计算等;第4章程序规划,主要讲述数控程序编制的基础知识,程序的规划和程序格式;第5章数控车削技术,第6章数控镗铣及加工中心技术,主要讲述数控车床、数控铣床和数控加工中心的手工编程方法,重点介绍FANUC Oi数控系统的程序编制方法和编程实例;第7章数控电加工技术,主要讲述数控电火花线切割机床机构、工作原理和编程方法;第8章先进制造技术介绍,主要讲述数控高速加工、多轴加工和柔性制造技术的基本概念原理和加工思路。

《数控加工技术(第3版)》教材的修订由四川工程职业技术学院卢万强担任主编。具体分工如下:四川工程职业技术学院卢万强修订第1、2、3、4、5章,四川工程职业技术学院苟建峰修订第6章,四川工程职业技术学院罗忠良第7、8章,本书经全国职业教育教材审定委员会审定,由武友德主审。教育部评审专家在评审过程中对本书内容及体系提出了很多宝贵的建议,在此对他们表示衷心的感谢!

编写过程中,编者参阅了国内外出版的有关教材和资料,同时得到了企业专家饶小创、黄亮、刘昌君的有益指导,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

(85)	3.2.4 工件坐标系设定	1.1.3 (69)
(95)	3.2.5 刀具坐标系设定	量具工坐标系 (71)
(100)	3.2.6 刀具坐标系设定	刀具坐标系 (73)
(106)	3.2.7 刀具坐标系设定	刀具坐标系 (74)
(112)	3.2.8 刀具坐标系设定	刀具坐标系 (75)
(118)	3.2.9 刀具坐标系设定	刀具坐标系 (78)
(124)	3.2.10 刀具坐标系设定	刀具坐标系 (78)
第1章 绪论 (1)		
(14)	1.1 数控技术概述	1.1 (1)
(14)	1.1.1 数控技术的产生	1.1.1 (1)
(54)	1.1.2 数控的定义	1.1.2 (1)
(54)	1.1.3 数控技术在国民经济中的地位	1.1.3 (2)
(54)	1.1.4 数控技术的发展趋势	1.1.4 (2)
(54)	1.2 传统加工和数控加工	1.2 (3)
(54)	1.3 数控加工过程	1.3 (5)
(44)	1.3.1 数控机床的组成	1.3.1 (5)
(24)	1.3.2 数控机床的工作过程	1.3.2 (5)
(64)	1.4 数控加工人员的要求	1.4 (6)
(84)	1.4.1 数控编程人员	1.4.1 (6)
(84)	1.4.2 数控操作人员	1.4.2 (6)
(84)	1.4.3 安全意识	1.4.3 (7)
(84)	1.4.4 工程伦理素养和 Triz 创新素养	1.4.4 (7)
第2章 数控机床及装备 (9)		
(62)	2.1 数控机床及坐标系	2.1 (9)
(42)	2.1.1 标准坐标系	2.1.1 (9)
(42)	2.1.2 坐标轴及方向的确定	2.1.2 (10)
(62)	2.2 常用坐标系	2.2 (11)
(82)	2.2.1 机床坐标系	2.2.1 (12)
(102)	2.2.2 工件坐标系	2.2.2 (12)
(102)	2.2.3 刀具参考点	2.2.3 (13)
(102)	2.3 数控加工常用装备	2.3 (13)
(102)	2.3.1 机床的选择	2.3.1 (13)
(60)	2.3.2 夹具及选择	2.3.2 (14)
(40)	2.3.3 刀具及选择	2.3.3 (19)
(60)	2.3.4 量具及选择	2.3.4 (24)
第3章 数控加工工艺处理 (28)		
(80)	3.1 数控加工内容及加工质量	3.1 (28)

3.1.1	数控加工内容的确定	(28)
3.1.2	数控加工质量	(29)
3.2	数控加工工序的划分	(35)
3.2.1	基本概念	(35)
3.2.2	数控加工工序的划分	(36)
3.3	工件的定位与装夹	(37)
3.3.1	工件定位的原理与应用	(37)
3.3.2	夹紧装置及应用	(39)
3.4	对刀点与换刀点的确定	(41)
3.4.1	对刀点的作用与确定	(41)
3.4.2	换刀点的作用与确定	(42)
3.5	加工路线的确定	(42)
3.5.1	加工路线的定义	(42)
3.5.2	加工路线的确定原则	(42)
3.6	切削用量的选择	(44)
3.6.1	背吃刀量	(44)
3.6.2	进给量	(45)
3.6.3	切削速度	(46)
第4章	程序规划	(48)
4.1	程序字及程序结构	(48)
4.1.1	字符与代码	(48)
4.1.2	程序字及其功能	(49)
4.1.3	程序段格式	(52)
4.2	程序规划的基本内容	(53)
4.2.1	原始信息及处理	(54)
4.2.2	生产能力评估	(54)
4.2.3	工艺分析和工艺文件制订	(56)
4.2.4	质量控制	(58)
第5章	数控车削技术	(61)
5.1	数控车削基础	(61)
5.1.1	概述	(61)
5.1.2	数控车削编程特点	(63)
5.1.3	数控车削刀具及对刀	(64)
5.2	编程指令介绍	(66)
5.2.1	编程方法	(67)
5.2.2	插补平面指令	(68)
5.2.3	参考点指令	(68)

5.2.4	工件坐标系设定	(69)
5.2.5	基本插补指令	(71)
5.2.6	进给速度指令	(73)
5.2.7	主轴速度控制指令	(74)
5.2.8	刀具控制指令	(74)
5.2.9	螺纹加工指令	(75)
5.2.10	刀尖圆弧补偿指令	(78)
5.2.11	复合固定循环指令	(79)
5.2.12	子程序	(84)
5.3	编程实例	(87)
5.3.1	工艺分析	(87)
5.3.2	数值处理	(89)
5.3.3	编写数控加工技术文件	(89)
5.3.4	编写零件的数控加工程序	(91)
第6章	数控铣削技术	(94)
6.1	数控铣削基础	(94)
6.1.1	概述	(94)
6.1.2	数控铣削编程特点	(96)
6.1.3	数控铣床的对刀	(98)
6.2	编程指令介绍	(101)
6.2.1	参考点 G27 G28 G29 G30	(103)
6.2.2	工件坐标设定 G92 G54	(104)
6.2.3	进给设定 G94 G95	(106)
6.2.4	刀具控制 M06	(107)
6.2.5	刀具半径补偿 G41 G42 G40	(108)
6.2.6	刀具长度补偿 G43 G44 G49	(111)
6.2.7	孔加工循环 G80 ~ G89	(113)
6.2.8	旋转指令 G68 G69	(127)
6.2.9	子程序 M98 M99	(129)
6.3	编程实例	(131)
6.3.1	工艺分析	(131)
6.3.2	数值处理	(133)
6.3.3	编写数控加工技术文件	(136)
6.3.4	编写零件的数控加工程序	(138)
6.4	用户宏程序	(144)
6.4.1	概述	(144)
6.4.2	用户宏程序实例	(149)

第7章 数控电火花加工技术	(153)
7.1 概述	(153)
7.1.1 数控电火花加工原理	(153)
7.1.2 数控电火花加工的特点	(155)
7.1.3 数控电火花加工的分类	(155)
7.2 数控电火花线切割加工	(156)
7.2.1 数控电火花线切割加工原理	(157)
7.2.2 数控电火花线切割加工分类、特点	(158)
7.2.3 数控电火花线切割加工工艺基础	(159)
7.2.4 数控电火花线切割加工编程	(165)
7.2.5 数控电火花线切割编程举例	(174)
7.3 数控电火花成型加工	(177)
7.3.1 数控电火花成型加工原理	(177)
7.3.2 数控电火花成型加工的特点	(178)
7.3.3 数控电火花成型加工工艺基础	(178)
7.3.4 数控电火花成型加工编程	(180)
第8章 先进制造技术介绍	(183)
8.1 高速切削技术概述	(183)
8.1.1 高速切削加工机床的特点	(184)
8.1.2 高速切削加工的刀柄和刀具	(185)
8.1.3 高速加工工艺	(186)
8.1.4 高速切削数控编程的特点	(188)
8.2 五轴加工技术简介	(189)
8.2.1 五轴加工的原理和特点	(189)
8.2.2 多轴加工的工艺基础	(191)
8.2.3 多轴加工的编程技术	(192)
8.2.4 自动编程软件系统概述	(193)
8.3 柔性制造技术概述	(196)
8.3.1 柔性制造的分类及特点	(196)
8.3.2 柔性制造在制造业中的作用	(197)
8.3.3 发展柔性制造技术	(198)
参考文献	(200)

第1章

绪论

1.1

数控技术概述

1.1.1 数控技术的产生

随着科学技术的不断发展，机械产品的结构越来越复杂，产品更新越来越快，因此对加工机械产品的生产设备提出了更高的要求（高性能、高精度和高自动化）。传统的普通机床、专用机床以及仿形机床等已经不能再满足加工需要，为此，一种新型的数字程序控制机床应运而生，它极其有效地解决了上述一系列矛盾，为单件、小批量生产，特别是对复杂型面零件的生产提供了自动化加工手段。众所周知，数字控制技术（简称数控技术）产生于20世纪中期。该技术最早可以追溯到1952年。它的出现与美国空军、美国麻省理工学院等密不可分。直到20世纪60年代早期，数控技术才开始应用在产品制造领域。数控技术真正繁荣的时代是在1972年前后随着计算机数控技术的产生而到来的。

1.1.2 数控的定义

数字控制可以定义为通过机床控制系统用特定的编程代码对机床进行操作。

数控是数字控制（Numerical Control，NC）的简称，目前的数控一般采用通用或专用计算机来实现数字程序控制，因此数控也称为计算机数控（Computer Numerical Control，CNC）。数控技术是指用数字、文字和符号组成的指令来实现控制一台或多台机械设备动作的技术。它所控制的通常是位移、角度、速度等机械量或与机械能量流向有关的开关量。数控的产生依赖于数据载体和二进制运算的出现，数控技术的发展与计算机技术的发展是紧密相连的。

采用了数控技术控制的机床，即装备了数控系统的机床，称为数控机床。数控机床是机电一体化的典型产品，是集机床、计算机、电动机及拖动、自动控制、检测等技术为一体的自动化设备。数控机床中输入数据的存储、处理、运算、逻辑判断等各种控制机能的实现，

均可通过计算机软件来完成。

1.1.3 数控技术在国民经济中的地位

数控技术的应用不但给传统制造业带来了革命性的变化,使制造业成为工业化的象征,而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大,它对国计民生的一些重要行业(IT、汽车、轻工、医疗等)的发展也起着越来越重要的作用,因为这些行业装备的数字化设备已是现代发展的大趋势。

装备工业的技术水平和现代化程度决定着整个国民经济的水平和现代化程度,数控技术及装备是发展新兴高新技术产业和尖端工业的使能技术和最基本的装备。马克思曾经说过,“各种经济时代的区别,不在于生产什么,而在于怎样生产,用什么劳动资料生产”。制造技术和装备就是人类生产活动中最基本的生产资料,而数控技术又是当今先进制造技术和装备中最核心的技术。因此,专家们预言:机械制造的竞争,其实是数控技术的竞争。

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,是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的手段,是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性技术。当今世界各国制造业广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平,提高对动态多变市场的适应能力和竞争能力。大力发展以数控技术为核心的先进制造技术已成为世界各发达国家加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。此外,世界上各工业发达国家还将数控装备列为国家的战略物资,不仅采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业,而且在“高、精、尖”数控关键技术和装备方面对我国实行封锁和限制政策。

根据国民经济发展和国家重点建设工程的具体需求,设计制造“高、精、尖”重大数控装备,打破国外封锁,掌握数控装备关键技术,创出中国的数控机床品牌,提高市场占有率是全面提升我国基础制造装备的核心竞争力的关键所在。

1.1.4 数控技术的发展趋势

随着科学技术的不断发展,数控技术的发展越来越快,数控机床朝着高性能、高精度、高速度、高柔性化和模块化方向发展。但数控技术最主要的发展趋势是智能化、开放化、网络化。

1. 智能化

智能化的内容包括在数控系统中的各个方面:

- (1) 从加工效率和加工质量方面的智能化,加工过程的自适应控制,工艺参数能自动生成。
- (2) 从提高驱动性能及使用连接方便的智能化,使用前馈控制、电动机参数的自适应运算、自动识别负载、自动选定模型、自整定等。
- (3) 从简化编程、简化操作方面的智能化,使用智能化的自动编程、智能化的人—机界面等。
- (4) 还有智能诊断、智能监控方面的内容、方便系统的诊断及维修等。

2. 开放化

采用“计算机+运动控制器”的开放式数控系统，它不仅具有信息处理能力强、开放程度高、运动轨迹控制精确、通用性好等特点，而且还在很大程度上提高了现有加工制造的精度、柔性和应付市场需求的能力。美国将其称为“新一代的工业控制器”，日本称其将带来第三次工业革命。

近几年，许多国家对开放式数控系统进行研究，如美国的 NGC (The Next Generation Work-Station/Machine Control)、欧共体的 OSACA (Open System Architecture for Control within Automation Systems)、日本的 OSEC (Open System Environment for Controller)，中国的 ONC (Open Numerical Control System) 等。数控系统开放化已经成为数控系统必然的发展趋势。所谓开放式数控系统，就是数控系统的开发可以在统一的平台上，面向机床生产厂家和最终用户，通过改变、增加或剪裁结构对象（数控功能），形成系列化，并可方便地将用户的特殊应用和技术诀窍集成到控制系统中，快速实现不同品种、不同档次的开放式数控系统，形成具有鲜明个性的名牌产品。目前开放式数控系统的体系结构规范、通信规范、配置规范、运行平台、数控系统功能库以及数控系统功能软件开发工具等是当前研究的核心。

3. 网络化

网络化数控装备是近两年国际著名机床博览会的一个新亮点。数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求，也是实现新的制造模式，如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。国内外一些著名数控机床和数控系统制造公司都在近两年推出了相关的新概念和样机，如在 EMO 2001 展中，日本山崎马扎克 (Mazak) 公司展出的“Cyber Production Center”（智能生产控制中心，简称 CPC）；日本大隈 (Okuma) 机床公司展出的“IT plaza”（信息技术广场，简称 IT 广场）；德国西门子 (Siemens) 公司展出的 Open Manufacturing Environment（开放制造环境，简称 OME）等，都反映了数控机床加工向网络化方向发展的趋势。

1.2

传统加工和数控加工

数控加工和传统的切削加工，基本加工方式是类似的。在传统加工中，机床操作员用手操作机床完成零件的加工时，需要依赖各种手柄和刻度。加工的精度和工件的一致性在很大程度上取决于操作者的技术水平、身体状况和工作态度，因而对操作者的操作技能要求较高。

而数控加工是一种现代化的自动控制过程，主要依赖各种先进的控制系统和自动检测元件来代替手工操作，加工的精度和工件的一致性在很大程度上取决于机床的精度和程序的正确度。加工程序必须完整而正确地描述整个加工过程，对操作者的机床调整能力和程序编制能力要求较高。而在加工过程中，人的参与程度较低。利用数控加工技术可以完成很多以前

不能完成的曲面零件的加工，而且加工的准确性和精度都可以得到很好的保证。总体上说，和传统的机械加工手段相比，数控加工技术具有以下特点：

(1) 加工效率高。

传统机床的切削时间主要根据加工操作人员的技能、经验以及身体疲劳状况等而变化，而 CNC 机床加工则受计算机控制的影响，少量的手工工作仅限于工件的安装和装卸，对大批量的加工来讲，这种非生产性的时间就显得微不足道了。CNC 机床这种相对固定的切削时间的主要优点体现在重复性工作上，这样，生产进度和分配到每个机床上的工作就可以计算得很精确，既便于管理又能提高生产效率。

(2) 加工精度高。

同传统的加工设备相比，数控系统优化了传动装置，提高了分辨率，减少了人为误差，因此加工的效率可以得到很大提高。现在数控机床的精确性和重复性已成为数控技术的主要优势之一，零件加工程序一旦调试完成，可以存储在各种介质上，需要时调用即可，而且程序对机床的控制不会因操作者的改变而变化，能极大地提高加工零件的精确性和一致性。

(3) 劳动强度低。

由于采用了自动控制方式，也就是说加工的全部过程是由数控系统完成，不像传统加工手段那样烦琐，所以操作者在数控机床工作时，只需要监视设备的运行状态，劳动强度很低。

(4) 适应能力强。

数控加工系统就像计算机一样，可以通过调整部分参数达到修改或改变其运作方式的目的，因此加工范围可以得到很大的扩展。一旦零件的加工程序编写完成并验证无误，就可以为今后的再次使用做好准备，即使零件在设计上做了局部修改，也只需对程序做相应的修改，因而大大提高了数控机床的适用范围。

(5) 准备时间缩短。

安装时间是非生产性时间，但是它是必须的，是实际加工成本的一部分。任何机床车间的主管、编程人员、操作员都应把安装时间最短作为考虑的因素之一。由于数控机床设计的特点：模块化夹具、标准刀具、固定的定位器、自动换刀装置、托盘以及其他一些先进的辅具，使得数控机床的安装时间比普通机床更短，从而大大缩短准备时间。

(6) 适合复杂零件的加工。

数控机床能加工各种复杂的零件。在传统的加工中，对复杂的零件，通常采用仿形加工或用专用机床加工，使加工周期和加工成本都很高，而且能加工的零件很有限。采用数控机床加工就不同，只要数控机床的控制系统具备曲线加工功能，就可以完成外形复杂的零件的加工，大大缩短加工周期和降低加工成本，适用范围很广。在数控技术应用的早期，大多数的数控机床都是为加工复杂零件轮廓而产生的。

(7) 易于建立计算机通信网络，有利于生产管理。

(8) 设备初期投资大。

(9) 由于系统本身的复杂性，增加了维修的技术难度和维修费用。

1.3

数控加工过程

1.3.1 数控机床的组成

数控机床的基本结构如图 1-1 所示。主要由输入/输出装置、计算机数控装置、伺服系统和机床本体四部分组成。

1. 输入/输出装置

输入装置的作用是将数控加工信息读入数控系统的内存存储。常用的输入装置有光电阅读机、手动输入 (MDI) 方式和远程通信方式等。输出装置的作用是为操作者提供必要的信息, 如各种故障信息和操作提示等。常用的输出装置有显示器和打印机等。

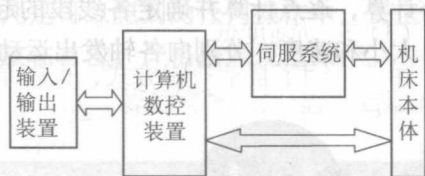


图 1-1 数控机床的基本结构框图

2. 计算机数控装置

计算机数控装置是数控机床实现自动加工的核心单元, 通常由硬件和软件组成。目前的数控系统普遍采用通用计算机作为主要的硬件部分; 而软件部分主要是指主控制系统软件, 如数据运算处理控制和时序逻辑控制等。数控加工程序通过数据运算处理后, 输出控制信号控制各坐标轴移动, 而时序逻辑控制主要是由可编程控制器 (PLC) 完成加工中各个动作的协调, 使数控机床有条不紊地工作。

3. 伺服系统

伺服系统是计算机数控装置和机床本体之间的传动环节。它主要是接收来自计算机数控装置的控制信息, 并将其转换成相应坐标轴的进给运动和定位运动, 伺服系统的精度和动态响应特性直接影响机床本体的生产率、加工精度和表面质量。伺服系统主要包括主轴伺服和进给伺服两大单元。伺服系统的执行元件有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。

4. 机床本体

机床本体指的是数控机床的机械结构部分, 它是最终的执行环节。为了适应数控加工的特点, 数控机床在布局、外观、传动系统、刀具系统及操作机构等方面都不同于普通机床。

1.3.2 数控机床的工作过程

图 1-2 所示为数控设备的一般工作原理图。

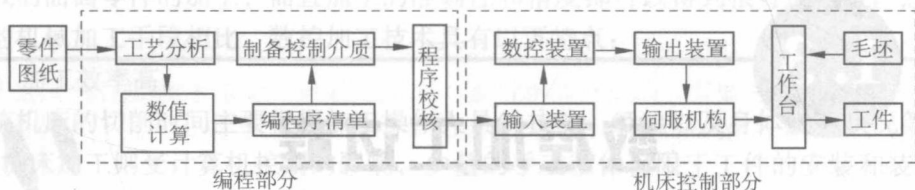


图 1-2 数控设备的一般工作原理

数控设备是按照事先编制好的数控加工程序对零件进行加工的高效自动化设备。因此首先需要对零件图样的技术特征、几何形状、尺寸和工艺等加工要求进行系统分析，确定合理正确的加工方案和加工路线，然后，按照数控机床规定采用的代码和程序格式，根据加工要求编制出数控加工程序，数控加工程序可以记录在信息载体上，也可以通过某种方式输入数控设备，再由数控设备中的数控系统对数控加工程序进行译码和预处理，接着由插补器进行插补计算，逐点计算并确定各线段的起、终点之间一系列的中间点的坐标及各轴的运动方向、大小和速度，分别向各轴发出运动序列指令，完成零件的加工。

1.4

数控加工人员的要求

计算机和机床本身是没有智能的，它们不能思考和决策，只能通过具备某种技能和知识的人才能这么做。在数控领域，技能通常掌握在两类人手中：一是从事编程的人员；二是从事加工的人员。

1.4.1 数控编程人员

数控编程人员一般是拥有丰富实践经验的技师，他们知道如何读懂技术图样，也能领会设计背后的工程意图，这种实践经验是在办公室环境下“加工”零件的基础。数控编程人员必须能够收集、分析、处理数据，并把所有收集到的数据按逻辑组成程序整体。除加工技巧外，数控编程人员必须理解数学原理，如方程的应用、圆弧和角度的计算、三角函数等相关知识，以及计算机编程、手工编程和计算机输入/输出技术。

1.4.2 数控操作人员

数控操作人员同数控编程人员是互补的。在许多小车间，数控编程人员和数控操作人员可能是同一个人。尽管传统机床操作人员履行的大多数职责已转移给数控编程人员，但数控操作人员仍承担许多特殊的责任。一般情况下，数控操作人员负责刀具和机床安装、更换零

件,甚至也负责加工过程中的检验。许多公司希望在数控机床上控制工件的质量,并且任何数控操作人员都要对该机床上加工出的零件的质量负责。数控操作人员很重要的职责之一就是每个程序的执行结果汇报给数控编程人员,编程人员运用自身的知识、技巧、看法和意图对程序修正后,对所得到的最终程序加以改善。数控操作人员和实际加工联系最密切,因而可以精确地知道这种改善可以达到何种程度。

数控操作人员同数控编程人员的另外一个重要职责是具备与其他专业人员沟通和交流的能力,良好的沟通与交流技巧是具备灵活性的先决条件。优秀的数控操作人员同数控编程人员为保证高质量的产品必须具备灵活性。

1.4.3 安全意识

数控操作人员同数控编程人员都必须严肃考虑安全问题,在一般的数控机床车间的日常工作中,编程、安装、加工、换刀、检验、运输以及凡是可以想到的任何操作中,安全都是最重要的,任何情况下,必须将人身安全和设备安全放在首位,严格按照规范操作。

记住,安全的首要规则是遵守所有的安全条例。

1.4.4 工程伦理素养和 Ttriz 创新素养

现代的数控加工技术人员出了掌握必须的技术、技能等科学技术手段以外,还必须具备相应的工程伦理知识、创新意识和创新素质。

1. 工程伦理素养

现代科学技术是推动文明不断进步的源泉和动力,而这种理论上的、认知上的、观念上的源泉和动力可以说无一不是通过工程的方式转化为现实形态。科学认知、技术应用以及工程实践,不仅带来物质生活和思想观念的变化,而且极大的改变了物质财富的分配与资源占有模式(即改变了人们之间的利益关系)。科技、工程与人类价值之间的关联,使得社会价值具有了审视、评价和控制科学技术运用和工程发展的要求和权力。尤其是人类的工程伦理对现代科技和现代工程的审视和规范可以说超越了以往任何一个时代。

工程伦理学是现代科技发展孕育出的新的学科,也是现代科技和工程发展对人类提出的一个新的要求。工程伦理是以工程活动中的社会伦理关系和工程主体的行为规范为对象,进行系统研究和学术建构的理工与人文两大领域交叉融合的新学科。它所讨论的主题是:工程决策和设计、实施过程中关于工程与社会、工程与人、工程与环境的关系合乎一定社会伦理价值的思考和处理。作为一个工程技术人员,仅仅具有科技知识和能力是远远不够的,应该与人类的价值联系起来,应该同时作为一个人文主义者和一个道德者参与工程实践。这是由现代科技和工程的特点决定的。

爱因斯坦曾指出:“如果你们想使一生的工作有益于人类,那么,你们只懂得应用科学本身是不够的。关心人的本身,应当始终成为一切技术上奋斗的主要目标;关心怎样组织人的劳动和产品分配这样一些尚未解决的重大问题,用以保证我们科学思想的成果会造福于人类,而不致成为祸害。在你们埋头于图表和方程时,千万不要忘记这一点。”爱因斯坦的这句话,包含了工程伦理的两个重要特点:工程造福人类——工程伦理的第一要义;预防性工

程伦理——工程伦理的第一原则。作为工程技术一线人员，必须时刻牢记自己从事的技术工作关系到个人、集体、社会的各个方面，关系人类社会的进步，对工作中可能出现的不利因素和带来的危害要充分估计，及时做好预防措施。

2. Triz 创新素养

前苏联发明家阿奇舒勒创立了“发明问题解决理论”——TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) 理论。此理论是从 250 万份专利中仔细研究、寻找规律、总结分析而得出。许多技术问题可以利用其他领域或相似问题的原理和方法得到解决，也就是发明创造是有规律可寻和有法可依的。

TRIZ 理论的核心思想主要包括三个方面：第一，无论是一个简单的产品还是复杂的技术系统，其核心技术的发展都是遵循客观规律发展演变的，即具有客观的进化规律和模式；第二，各种技术难题和矛盾的不断解决是推动这种进化过程的动力；第三，技术系统发展的理想状态是用最少的资源实现最大效益的功能。这样的思想指导了许多发明创造的诞生，推动了人类社会的飞速发展和社会的不断进步。工程技术人员应该努力掌握 TRIZ 的基本思想，力求改进数控加工技术工作中随时可能出现的技术问题，最大化地提高工作质量和工作效率，推动我国数控技术的发展。

数控加工人员的要求

数控加工人员的要求，是指从事数控加工工作的人员必须具备的基本素质和能力。随着数控技术的不断发展，对数控加工人员的要求也越来越高。首先，数控加工人员需要具备扎实的理论知识，包括机械制图、公差配合、金属材料、机械加工等。其次，数控加工人员需要具备较强的动手能力和操作技能，能够熟练操作数控机床，并能对加工过程中出现的问题进行分析和解决。此外，数控加工人员还需要具备良好的职业素养，如认真负责、严谨细致、团队协作等。最后，数控加工人员还需要具备较强的学习能力和创新意识，能够不断学习和掌握新的数控技术，以适应不断变化的市场需求。