



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

数控手工编程

主编 赵学清



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

数控手工编程

主 编 赵学清
副主编 欧阳海菲 田 力
参 编 厉作葵 李玉龙 陈 立
孙甲尧 李秀兰
主 审 胡细东

内 容 简 介

本书在调查研究的基础上,反映了近几年来高等教育课程改革的经验,适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,注意反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法,突出了高等教育特色,紧密联系生产实际,具有广泛的实用性。全书共6章,主要介绍了数控编程基础知识、数控车床加工程序编制、数控铣床加工程序编制、加工中心加工程序编制、数控电火花线切割机床加工程序编制等内容,各章后均附有练习与思考题。书中采用了新国标规定的名词术语,将数控加工工艺规程的制订和数控加工程序的编制有机地结合在一起。

本书可供高等院校各相关专业选用,也可供大专院校和从事数控加工与编程工作的工程技术人员参考,或作为工厂数控加工设备操作工人的自学教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控手工编程 / 赵学清主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010.7
ISBN 978 - 7 - 5640 - 3532 - 7

I. ①数… II. ①赵… III. ①数控机床—程序设计—高等学校—教材
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 148727 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(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 14.75

字 数 / 272 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1 ~ 2000 册

责任校对 / 王 丹

定 价 / 30.00 元

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

近年来,我国高等教育的改革和发展实现了历史性的跨越,培养了大量人才,为我国经济的发展作出了巨大的贡献,但从 IMD 国际竞争力指标体系中的分析数据来看,我国企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才严重不足,这也热切地呼唤着高等院校培养出更多具备全面的知识、能力和综合素质,面向生产、建设、管理、服务第一线的高级应用型专门人才。教育部在 2003 年启动了本科教学评估工作,并在 2007 年提出了本科教育、教学“质量工程”,鼓励和支持高等学校在教学理念等方面进行创新,形成有利于多样化人才成长的培养体系,满足国家对社会紧缺的创新型人才和应用型人才的需要。

北京理工大学出版社组织知名专家、学者,以培养应用型人才为主题进行深入的研讨,规划出版了这套“面向‘十二五’高等教育课程改革项目研究成果”系列教材。着力于培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。

本套教材在规划过程中体现了如下基本原则和特点:

■ 学科体系完整,课程间相互衔接紧密。

本套教材根据工程实践需要,按教学体系要求进行整合编排。包括了机电类专业的基础课、专业基础课和部分专业课。除了考虑单门课程自身体系的完整,兼顾不同课程间的衔接。

■ 强调实用性和工程概念。

工程的概念体现在整套教材中,以工程实践要求为核心编写教材。

■ 减少了部分理论推导方面的内容。

强调概念和应用,减少了部分理论推导。在实验环节强调创新型的实验,减少验证型的实验。

■ 结合新技术和新工艺。

充分吸收新技术和新工艺的内容，反映国内外机械学科最新发展。

■ 注重培养学生职业能力。加强学生对 Autocad、UG、Pro/E、Mastercam 等软件进行设计和仿真的能力。

■ 提供教学包，可在北京理工大学出版社网站 [www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn) 下载。

本套教材既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律，又针对本科人才培养目标及与之相适应的教学特点，精心设计写作体例，科学安排知识内容，表达了一批教育工作者和出版人“精心打造精品，教材服务教育”的理念。

本套教材可作为高等教育应用型本科院校机电类相关专业的课程教学用书，也可以作为机电类技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

本书是高等教育“数控技术”专业的适用教材。除供高等院校、业余职工大学等相关专业选用外，也可供大专院校和从事数控加工与编程工作的工程技术人员参考，或作为工厂数控加工设备操作工人的自学教材。

本书根据数控技术的迅速发展对人才素质的需要确立课程的教学内容，体现了以创新意识和实践能力为重点的教育教学指导思想。在书中渗透当代科学思维，反映了数控技术发展对数控技术应用型人才素质的要求。

本书在调查研究的基础上，总结近几年来高等教育课程改革的经验，适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求，注意反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法，突出了高等教育特色，紧密联系生产实际，注重基本理论、基本知识和基本技能的叙述。编写了形式多样的例题、习题和思考题，方便教学，具有广泛的实用性。

全书共6章，分别介绍了数控编程基础知识、数控车床加工程序编制、数控铣床加工程序编制、加工中心加工程序编制、数控线切割机床加工程序编制等内容。

本书第1章由赵学清老师编写，第2章由陈立老师编写，第3章由赵学清、孙甲尧老师合作编写，第4章由厉作葵、李玉龙老师合作编写，第5章由欧阳海菲老师、中国机械工业集团长沙汽电田力高级工程师合作编写，第6章由李秀兰老师编写，赵学清为主编，欧阳海菲、田力为副主编。

本书由胡细东副教授主审。参加审稿会者除编审人员外，还有刘坚副教授、刘让贤副教授、王雪红副教授、吴灿坤工程师、田正芳工程师、张迎春工程师等，他们在审稿会前和会中对书稿提出了许多宝贵的意见，在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，经验不足，书中的缺点和错误在所难免，恳请读者给予批评指正。

编 者

目 录

第1章 概述	(1)
1.1 数控加工在机械制造业中的地位和作用	(1)
1.2 数控技术的产生和发展	(2)
1.2.1 数控机床的产生和发展	(2)
1.2.2 数控技术的发展趋势	(3)
1.3 数控机床的组成及加工原理	(5)
1.4 数控机床加工的特点及应用	(8)
1.5 本课程的研究内容和任务	(9)
小结	(9)
练习与思考题	(10)
第2章 数控编程基础知识	(11)
2.1 数控编程的步骤与方法	(11)
2.1.1 数控编程的步骤	(11)
2.1.2 数控编程的方法	(13)
2.2 数控机床坐标系	(14)
2.2.1 机床坐标系	(14)
2.2.2 工件坐标系	(17)
2.2.3 坐标原点与参考点	(17)
2.2.4 绝对坐标编程及增量坐标编程	(19)
2.3 数控编程格式	(20)
2.3.1 程序的构成	(20)
2.3.2 程序段结构	(21)
2.4 数控加工工艺设计	(22)
2.4.1 加工方法的选择	(22)
2.4.2 加工工序的划分	(22)
2.4.3 加工顺序的安排	(23)
2.4.4 零件的定位与夹具的选择	(24)
2.4.5 确定走刀路线和工步顺序	(24)
2.4.6 刀具与切削用量的选择	(25)
2.4.7 对刀点与换刀点的确定	(26)
2.5 数控编程中的数值计算	(27)

2.5.1 基点的坐标计算	(28)
2.5.2 节点的坐标计算	(28)
2.5.3 刀位点轨迹的计算	(29)
2.5.4 辅助计算	(29)
2.6 数控加工工艺文件的编制	(30)
2.6.1 数控编程任务书	(31)
2.6.2 数控加工工件安装和原点设定卡片	(31)
2.6.3 数控加工程序卡片	(31)
2.6.4 数控刀具卡片	(32)
小结	(33)
练习与思考题	(33)
第3章 数控车床加工程序编制	(34)
3.1 数控车床加工的主要对象	(34)
3.2 数控车削加工工艺分析	(35)
3.2.1 零件图工艺分析	(35)
3.2.2 零件加工定位基准的选择	(36)
3.2.3 进给路线的确定	(36)
3.2.4 刀具和夹具的选择	(39)
3.2.5 切削用量的确定	(45)
3.3 数控车床编程基础	(47)
3.3.1 数控车床编程特点	(47)
3.3.2 坐标系	(47)
3.3.3 数控车床系统的功能	(48)
3.4 数控车床的基本编程指令	(51)
3.4.1 坐标值编程方式	(52)
3.4.2 机床原点与参考点	(53)
3.4.3 机床坐标系与工件坐标系	(54)
3.4.4 坐标轴运动指令	(56)
3.4.5 刀具补偿功能	(61)
3.4.6 简单车削循环指令	(66)
3.4.7 复合车削循环指令	(69)
3.4.8 螺纹加工指令	(75)
3.4.9 子程序	(81)
3.4.10 数控车床编程综合实例	(83)
3.5 华中数控系统编程	(88)
3.5.1 复合循环指令	(88)

3.5.2 宏程序.....	(94)
小结	(96)
练习与思考题	(96)
第4章 数控铣床加工程序编制	(99)
4.1 数控铣床及其加工对象.....	(99)
4.1.1 数控铣床的分类.....	(99)
4.1.2 数控铣床的组成及特点	(100)
4.1.3 数控铣床的加工对象	(102)
4.2 数控铣削加工工艺分析	(104)
4.2.1 数控铣削加工内容的选择	(104)
4.2.2 零件图工艺分析	(104)
4.2.3 数控铣削加工路线的拟定	(106)
4.2.4 数控铣削夹具与刀具的选择	(109)
4.2.5 切削用量的选择	(115)
4.3 数控铣床编程基本指令（华中数控系统）	(117)
4.3.1 华中数控系统简述	(117)
4.3.2 数控铣床基本编程指令	(118)
4.3.3 数控铣床常用编程指令及应用	(119)
4.3.4 固定循环指令	(126)
4.4 西门子系统编程指令	(132)
4.4.1 NC 编程基础.....	(132)
4.4.2 SINUMERIK 802D 系统铣床的基本编程指令	(134)
4.4.3 几个特殊坐标轴运动指令	(141)
4.4.4 SINUMERIK 802D 系统数控铣床的刀具补偿	(142)
4.4.5 SINUMERIK 802D 系统数控铣床的加工循环指令	(142)
4.5 数控铣床编程综合实例	(158)
小结.....	(165)
练习与思考题.....	(165)
第5章 加工中心加工程序编制.....	(169)
5.1 加工中心概述	(169)
5.1.1 加工中心的概念	(169)
5.1.2 加工中心的工艺特点	(169)
5.1.3 加工中心的主要加工对象	(170)
5.1.4 加工中心的分类	(172)
5.2 加工中心的自动换刀	(174)

5.2.1 刀库形式	(174)
5.2.2 刀具的选择方式	(174)
5.2.3 换刀装置和刀具交换方式	(175)
5.3 加工中心程序的编制	(175)
5.3.1 加工中心的编程特点	(176)
5.3.2 加工中心的换刀程序	(176)
5.3.3 加工中心的编程指令	(177)
5.4 用户宏程序	(182)
5.4.1 变量	(183)
5.4.2 运算	(184)
5.4.3 系统变量	(185)
5.4.4 转移与循环	(189)
5.4.5 宏程序调用	(190)
5.4.6 宏程序加工实例	(194)
5.5 加工中心编程综合实例	(195)
小结	(201)
练习与思考题	(201)
第6章 数控线切割加工程序编制	(204)
6.1 数控线切割加工概述	(204)
6.1.1 电火花线切割机床的组成与分类	(205)
6.1.2 电火花线切割加工的工作原理	(206)
6.1.3 电火花线切割加工的特点和应用	(207)
6.2 数控线切割加工的加工工艺	(208)
6.2.1 电火花线切割加工操作流程	(208)
6.2.2 加工前的准备	(208)
6.2.3 工件的装夹	(210)
6.2.4 工件的找正	(212)
6.2.5 加工路线的选择	(213)
6.3 数控线切割机床的编程	(214)
6.3.1 ISO 格式编程	(214)
6.3.2 3B 格式编程	(217)
6.3.3 数控线切割加工实例	(220)
小结	(222)
练习与思考题	(223)
参考文献	(224)

第1章

概 述

学习目标

1. 了解数控机床的产生和发展趋势
2. 掌握数控机床的组成及加工原理
3. 了解数控机床加工的特点及应用
4. 了解本课程的研究内容和任务

数控技术即数字控制 (Numerical Control, NC) 技术, 是用数字化信号发出指令并控制机械执行预定动作的技术。计算机数控 (Computer Numerical Control, CNC) 是指按照存储在计算机读/写存储器中的控制程序, 去执行并实现数控装置的一部分或全部数控功能。采用数控技术实现数字控制的一整套装置和设备, 称为数控系统。

数控机床就是装备有数控系统, 采用数字信息对机床运动及其加工过程进行自动控制的机床。数控机床的运动可以通过输入专用或通用计算机中的数字信息来控制, 自动对零件进行加工。

数控加工是指在数控机床上根据设定的程序对零件切削加工的整个过程, 这种控制零件加工过程的程序称为数控加工程序。数控程序由一系列的标准指令代码组成, 每一个指令对应于工艺系统的一种动作状态。数控程序的编制称为数控编程。

1.1 数控加工在机械制造业中的地位和作用

随着科学技术的发展, 机械产品的结构越来越合理, 其性能、精度和效率日趋提高, 更新换代频繁, 生产类型由大批量生产向多品种小批量生产转化。因此, 对机械产品的加工相应地提出了高精度、高柔性 with 高度自动化的要求。

大批量生产的产品, 如汽车、家用电器的零件, 为了提高产品的质量和生产率, 多采用专用自动化机床、专用的自动生产线或自动车间进行生产。尽管这类

设备初次投资很大,生产准备周期长,产品改型不容易,致使产品的开发周期较长,但分摊在每个零件上的费用很少,所以经济效益仍很显著。

然而,在机械制造业中,单件及中、小批生产的零件约占机械加工总量的80%以上,尤其是在造船、航天、航空、机床、重型机械及国防部门,加工批量小、改型频繁、零件形状复杂和精度要求高是其生产的特点,加工这类产品需要经常改装或调整设备,对于专用化程度很高的自动化机床来说,这种改装和调整甚至是不可能实现的。

数控机床综合应用了计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等方面的技术成果,具有高柔性、高精度与高度自动化的特点,因此采用数控加工手段,解决了机械制造业中常规加工技术难以解决的单件、小批量零件的加工,特别是复杂型面零件的加工。应用数控加工技术是机械制造业的一次技术革命,使机械制造业的发展进入了一个新的阶段,提高了机械制造业的制造水平,为社会提供了高质量、多品种及高可靠性的机械产品。

数控机床的出现以及它所带来的巨大效益,引起了世界各国科技界和工业界的普遍重视。几十年来,数控机床在品种、数量、加工范围和加工精度等方面有了惊人的发展,特别是使用了小型计算机和微处理器以来,数控机床的性价比日趋合理,可靠性日益提高。工业发达的国家中,数控机床在工业、国防等领域的应用已相当普遍,由开始阶段的单件、小批量复杂形状的零件加工,发展到为了减轻劳动强度、提高劳动生产率、保证质量、降低成本等,在中批量生产甚至大批量生产中得到应用。现在认为,即使是对批量在500~5000件的不复杂的零件,用数控机床加工也是经济的。发展数控机床是当前机械制造业技术改造的必由之路,是未来工厂自动化的基础。

1.2 数控技术的产生和发展

1.2.1 数控机床的产生和发展

自1952年美国的帕森斯公司和麻省理工学院伺服机构实验室合作研制成功世界上第一台数控铣床以来,数控系统先后经历了第一代电子管NC、第二代晶体管NC、第三代小规模集成电路NC、第四代小型计算机CNC和第五代微型机MNC五个发展阶段。前三代系统是20世纪70年代以前的早期数控系统,都是采用专用电子电路实现的硬接线数控系统,因此称之为硬件式数控系统,也称为普通数控系统或NC数控系统。第四代和第五代系统是20世纪70年代中期开始发展起来的软件式数控系统,称之为现代数控系统,也称为计算机数控或CNC系统。软件式数控系统是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的数控系统,具有很强的程序存储能力和控制功能,而这些控制功能又是由一系列控制程

序（驻留系统内）来实现的。软件式数控系统通用性很强，几乎只需要改变软件，就可以适应不同类型机床的控制要求，具有很大的柔性。目前微型计算机数控系统几乎完全取代了以往的普通数控系统。

早在 1958 年，我国就开始研制数控机床，但没有取得实质性的成果。20 世纪 70 年代初期，我国曾掀起研制数控机床的热潮，但当时的控制系统主要是采用分立电子元器件，性能不稳定，可靠性差，不能在生产中稳定可靠地使用。从 1980 年开始，北京机床研究所从日本引进了 FANUC5、7、3、6 数控系统，上海机床研究所引进了美国 GE 公司的 MTC-1 数控系统，辽宁精密仪器厂引进了美国 Bendix 公司的 Dynapth LTD10 数控系统。在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上，北京机床研究所又开发出 BS03 经济型数控系统和 BS04 全功能数控系统，航天部 706 所研制出 MNC864 数控系统。目前我国已能批量生产和供应各类数控系统，并掌握了三至五轴联动、螺距误差补偿、图形显示和高精度伺服系统等多项关键技术，基本上能满足全国各机床厂的生产需要。随着经济发展和科学的进步，我国在数控机床方面的开发、研制、生产等将得到迅速发展。

1.2.2 数控技术的发展趋势

1. 数控系统的发展趋势

(1) 开放式数控系统

开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术，实现声控自动编程、图形扫描自动编程等。数控系统继续向高集成度方向发展，芯片上可以集成更多的晶体管，使系统更加小型化、微型化，可靠性大大提高。利用多 CPU 的优势，实现故障自动排除，增强通信功能，提高进线、联网能力。

开放式体系结构的新一代数控系统，其硬件、软件和总线规范都是对外开放的，由于有充足的软、硬件资源可供利用，不仅使数控系统制造商和用户进行的系统集成得到有力的支持，而且也为用户的二次开发带来极大方便，促进了数控系统多档次、多品种的开发和应用，既可通过升级或组合构成各种档次的数控系统，又可通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统。

(2) 智能化数控系统

数控系统在控制性能上向智能化方向发展。随着人工智能在计算机领域的应用，数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络等控制机理，使新一代数控系统具有自动编程、前馈控制、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿等功能，而且人机界面极为友好，并具有故障诊断专家系统，使自诊断和故障监控功能更趋完善。伺服系统智能化的主轴交流驱动和智能化进给伺服装置，能自动识别负载并自动优化、调整参数。直线电动机驱动系统已进入实用阶段。

2. 数控机床的发展趋势

(1) 高速、高效化

数控机床向高速化方向发展,可充分发挥现代刀具材料的性能,大幅度提高加工效率,降低加工成本,提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

(2) 高精度化

随着高新技术的发展和对机电产品性能与质量要求的提高,机床用户对机床加工精度的要求也越来越高。新材料及新零件的出现、更高精度要求的提出等,对超精密加工技术提出了新的要求,发展新型超精密加工机床、完善现代超精密加工技术,是适应现代科技发展的必由之路。

(3) 高可靠性

数控机床要发挥其高性能、高精度、高效率并获得良好的效益,必然要凭借其可靠性。

(4) 模块化、专门化与个性化

为了适应数控机床多品种、小批量加工零件的特点,数控机床结构模块化,数控功能专门化,这样可使机床性价比显著提高。个性化也是近几年来数控机床特别明显的发展趋势。

(5) 高柔性化

数控机床在提高单机柔性化的同时,正朝着单元柔性化和系统柔性化方向发展。

(6) 复合化

复合化包含工序复合化和功能复合化。数控机床的发展已模糊了粗精加工工序的概念,加工中心的出现,又把车、铣、镗等工序集中到一台机床来完成,打破了传统的工序界限和分开加工的工艺规程。近年来又相继出现了许多跨度更大、功能集中的超复合化数控机床。

(7) 出现新一代数控加工工艺与装备

为适应制造自动化的发展,向 FMC、FMS 和 CIMS 提供基础设备,要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能,而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头(有时带坐标变换)、自动误差补偿、自动诊断、网络通信等功能,还要广泛地应用机器人、物流系统。围绕数控技术,制造过程技术在快速成型、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面已有所突破。近年来出现了所谓六条腿结构的并联加工中心。这种新颖的加工中心采用可以伸缩的六条“腿”(伺服轴)支撑,并以连接装有主轴头的上平台与装有工作台的下平台的构架结构,取代传统的床身、立柱等支撑结构,是没有任何导轨与滑板的所谓“虚轴机床”。其最显著的优点是机床基本性能高,精度、刚度和加工效率均比传统加工中心高出许多倍。这种并联杆系结构的新型数控机床的出现,开拓了数控机床发展的新领域。

1.3 数控机床的组成及加工原理

1. 数控机床的组成

数控机床主要由以下几部分组成，如图 1-1 所示。

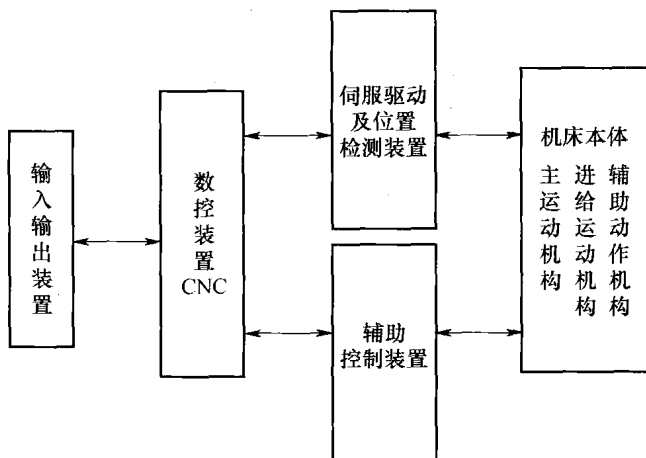


图 1-1 数控机床的组成

(1) 控制介质与程序输入输出设备

数控加工程序记录在控制介质上，而程序输入输出设备是数控装置与外部设备进行信息交换的装置。程序输入输出设备将记录在控制介质上的数控加工程序传递并存入数控系统内，或将调试好的数控加工程序通过输出设备存放或记录在相适应的介质上。常用输入装置有软盘驱动器、RS-232 串行通信接口、MDI 方式等。

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心，包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。其作用是接收由输入设备输入的各种加工信息，经过编译、运算和逻辑处理后，输出各种控制信息和指令，控制机床各部分按程序要求实现规定的有序运动和动作。

(3) 伺服系统

伺服系统是数控装置和机床的联系环节，包括进给伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置。进给伺服驱动装置由进给控制单元、进给电动机和位置检测装置组成，并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它的作用是接收数控装置输出的指令脉冲信号，使驱动机床的移动部件（刀架或工作台）按规定的轨迹和速度移动或精确定位，加工出符合图样要求的工件。每一个指令脉冲信号使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量，常用的脉冲当量有

0.01 mm/脉冲、0.001 mm/脉冲、0.005 mm/脉冲、0.0001 mm/脉冲等。

(4) 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号，经过编译、逻辑判别和运动，再经功率放大后驱动相应的电器，带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启动停止指令，刀具的选择和交换指令，冷却、润滑装置的启动停止，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位分度等开关辅助动作。此外，行程开关和监控检测等开关信号也要经过辅助控制装置送到数控装置进行处理。

由于可编程逻辑控制器（PLC）具有响应快，性能可靠，易于使用，可编程和修改程序，并可直接启动机床开关等特点，现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

(5) 机床本体

机床本体是数控系统的控制对象，是实现零件加工的执行部件，主要由主运动部件、进给运动部件、支承部件，还有冷却、润滑、转位部件（刀具自动交换系统、工件自动交换系统）等辅助装置组成。

2. 数控机床的加工原理

(1) 数控机床的加工过程

数控机床的加工过程如图 1-2 所示。

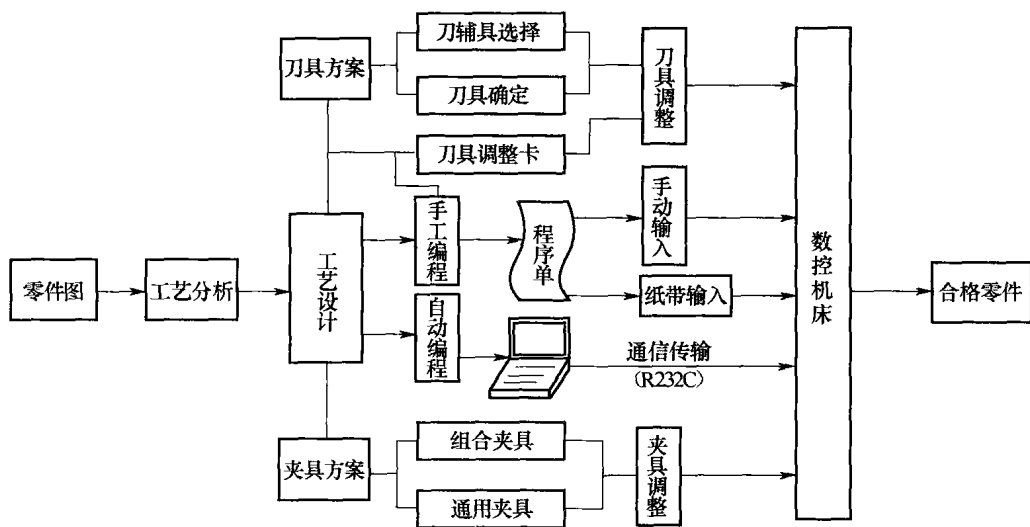


图 1-2 数控加工过程

①根据加工零件的图纸进行工艺分析，确定加工方案、工艺参数和位移参数，用机床数控系统规定的代码和格式编写数控加工程序，或用自动编程软件直接生成数控加工程序。

②程序输入或传输。可以通过数控机床的操作面板输入程序，或将加工程序

存储在控制介质（穿孔带、磁带、磁盘等）上，通过信息载体将全部加工信息传给数控系统。数控机床与计算机联网时，也可直接将信息载入数控系统。

③数控装置将加工程序语句译码、运算，转换成驱动各运动部件的动作指令，在系统的统一协调下驱动各运动部件的实时运动，进行刀具路径模拟、试运行。

④正确安装工件，完成对刀操作，实施首件试切。

⑤通过机床的正确操作，运行程序，自动完成对工件的加工。

（2）数据转换与译码过程

CNC 系统的数据转换过程如图 1-3 所示。

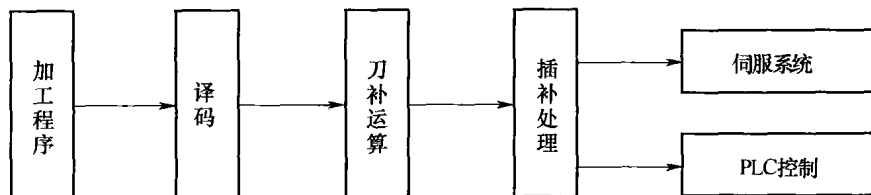


图 1-3 CNC 系统的数据转换过程

①译码：译码程序的主要功能是将用文本格式编写的零件加工程序，以程序段为单位转换成机器运算所要求的数据结构。该数据结构用来描述一个程序段解释后的数据信息，主要包括：X、Y、Z 等坐标值、进给速度、主轴转速、G 代码、M 代码、刀具号、子程序处理和循环调用处理等数据或标志的存放顺序和格式等。

②刀补运算：零件的加工程序一般是按零件轮廓和工艺要求的进给路线编制的，而数控机床在加工过程中所控制的是刀具中心的运动轨迹。不同的刀具，其几何参数也不相同。因此，在加工前必须将编程轨迹变换成刀具中心的轨迹，这样才能加工出符合要求的零件。刀补运算就是完成这种转换的处理程序。

③插补计算：数控程序提供了刀具运动的起点、终点和运动轨迹，而刀具怎么从起点沿运动轨迹走向终点，则由数控系统的插补计算装置或插补计算程序来控制。插补计算的任务就是要根据进给的要求，在轮廓起点和终点之间计算出中间点的坐标值，把这种实时计算出的各个进给轴的位移指令输入伺服系统，实现成型运动。

④PLC 控制：CNC 系统对机床的控制分为“轨迹控制”和“逻辑控制”。前者是对各坐标轴的位置和速度的控制，后者是对主轴的起停、换向，刀具的更换，工件的夹紧与松开，冷却、润滑系统的运行等进行的控制。这种逻辑控制通常以 CNC 内部和机床各行程开关、传感器、继电器、按钮等开关信号为条件，由可编程序控制器（PLC）来实现。