



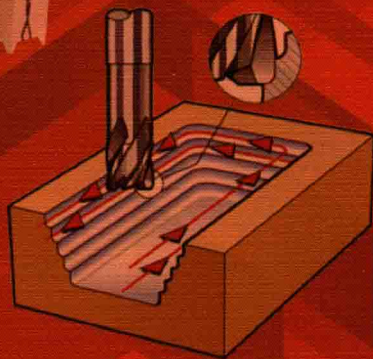
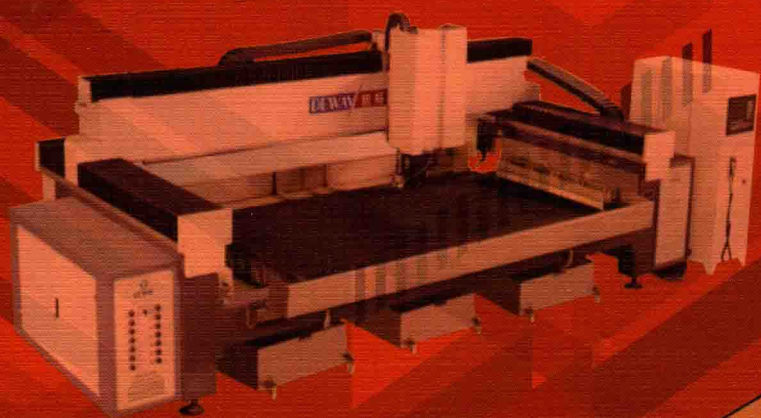
教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目

《机械设计制造及其自动化》专业职教师资培养资源开发 (VTNE008)

数控机床与加工技术

文怀兴 李体仁 夏田 孙建功 编著



化学工业出版社



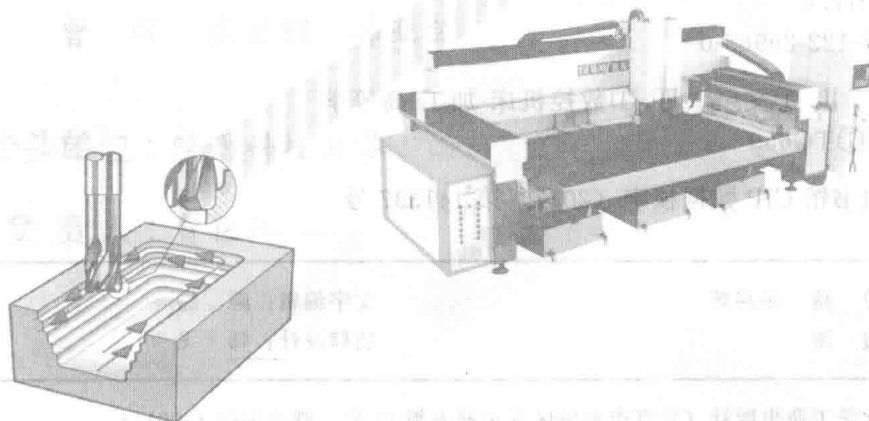
教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目

《机械设计制造及其自动化》专业职教师资培养资源开发 (VTNE008)

数控机床与加工技术

文怀兴 李体仁 夏田 孙建功 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书详细介绍了数控机床各主要部件的结构原理以及操作、维护技术,重点介绍了典型零件的编程与加工。本书内容取材新颖,理论与实践相结合,以项目引导、任务驱动组织教学,注重培养解决实际工程问题的能力。

本书可作为职教师资本科机械设计制造及自动化专业的教材,也可作为机械类相关专业的教学参考书,还可作为机械专业技术人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与加工技术/文怀兴等编著. —北京:化学工业出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-122-29968-0

I. ①数… II. ①文… III. ①数控机床-加工-高等学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 141337 号

责任编辑:曾越 张兴辉

文字编辑:陈喆

责任校对:边涛

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:高教社(天津)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张19 $\frac{3}{4}$ 字数538千字 2017年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.80元

版权所有 违者必究

项目专家指导委员会

主 任：刘来泉

副主任：王宪成 郭春鸣

成 员：（按姓氏笔画排列）

刁哲军	王继平	王乐夫	邓泽民	石伟平	卢双盈
汤生玲	米 靖	刘正安	刘君义	孟庆国	沈 希
李仲阳	李栋学	李梦卿	吴全全	张元利	张建荣
周泽扬	姜大源	郭杰忠	夏金星	徐 流	徐 朔
曹 晔	崔世钢	韩亚兰			

项目牵头单位：陕西科技大学

项目 负责人：曹巨江

出版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》颁布实施以来，我国职业教育进入到加快构建现代职业教育体系、全面提高技能型人才培养质量的新阶段。加快发展现代职业教育，实现职业教育改革发展新跨越，对职业学校“双师型”教师队伍建设提出了更高的要求。为此，教育部明确提出，要以推动教师专业化为引领，以加强“双师型”教师队伍建设为重点，以创新制度和机制为动力，以完善培养培训体系为保障，以实施素质提高计划为抓手，统筹规划，突出重点，改革创新，狠抓落实，切实提升职业院校教师队伍整体素质和建设水平，加快建成一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍，为建设具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系提供强有力的师资保障。

目前，我国共有60余所高校正在开展职教师资培养，但由于教师培养标准的缺失和培养课程资源的匮乏，制约了“双师型”教师培养质量的提高。为完善教师培养标准和课程体系，教育部、财政部在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目，中央财政划拨1.5亿元，系统开发用于本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。其中，包括88个专业项目，12个资格考试制度开发等公共项目。该项目由42家开设职业技术师范专业的高等学校牵头，组织近千家科研院所、职业学校、行业企业共同研发，一大批专家学者、优秀校长、一线教师、企业工程技术人员参与其中。

经过三年的努力，培养资源开发项目取得了丰硕成果。一是开发了中等职业学校88个专业（类）职教师资本科培养资源项目，内容包括专业教师标准、专业教师培养标准、评价方案，以及一系列专业课程大纲、主干课程教材及数字化资源；二是取得了6项公共基础研究成果，内容包括职教师资培养模式、国际职教师资培养、教育理论课程、质量保障体系、教学资源中心建设和学习平台开发等；三是完成了18个专业大类职教师资资格标准及认证考试标准开发。上述成果，共计800多本正式出版物。总体来说，培养资源开发项目实现了高效益：形成了一大批资源，填补了相关标准和资源的空白；凝聚了一支研发队伍，强化了教师培养的“校—企—校”协同；引领了一批

高校的教学改革，带动了“双师型”教师的专业化培养。职教师资培养资源开发项目是支撑专业化培养的一项系统化、基础性工程，是加强职教教师培养培训一体化建设的关键环节，也是对职教师资培养培训基地教师专业化培养实践、教师教育研究能力的系统检阅。

自2013年项目立项开题以来，各项目承担单位、项目负责人及全体开发人员做了大量深入细致的工作，结合职教教师培养实践，研发出很多填补空白、体现科学性和前瞻性的成果，有力推进了“双师型”教师专门化培养向更深层次发展。同时，专家指导委员会的各位专家以及项目管理办公室的各位同志，克服了许多困难，按照两部对项目开发工作的总体要求，为实施项目管理、研发、检查等投入了大量时间和心血，也为各个项目提供了专业的咨询和指导，有力地保障了项目实施和成果质量。在此，我们一并表示衷心的感谢。

编写委员会
2016年3月



职教师资本科教材资源建设,应当从专业的典型工作任务和面向岗位的要求出发,按照职业成长的逻辑规律,开发适合、有效的“做中学”的特色教材。这里不仅要有先进的理念和科学的方法,更需要丰富的专业实践经验,而且还需要把先进、实用的技术有针对性地与今后职业学校的教学工作有机结合起来。本教材正是在此方面进行的有益探索。本书是教育部 财政部“职业院校教师素质提高计划”中“机械设计制造及其自动化专业职教师资培养资源开发项目(VTNE008)”的成果之一,可作为职教师资本科专业的教材,也可用作相近专业的教学参考书。

本书的编写理念主要有以下特点:

① 注重知识、能力、素质的综合提高。本书将知识、能力、素质作为每单元的教学目标,并在教学内容中予以体现,使其转变为可操作的教学活动。

② 加强综合性训练,实施一体化教学。本书以项目引导、任务驱动、典型零件为对象,通过详细的教学设计,将理论知识教学、工艺设计与编程、仿真与加工训练、质量检测与评价,以及教学互动、主题讨论等多种教学内容和形式融为一体,完成零件加工过程的综合训练,改变了传统的学科教学体系。

③ 注重专业性、职业性、师范性的有机结合。本书通过教学过程的设计,将教学方法融入到专业知识和职业能力的培养过程中,提高学生课程开发、组织教学的能力以及专业知识和职业技能的水平。

④ 实施多元评价,强化教学的过程管理。本书在综合实训、课程实验等有关实践教学环节,进行基于多视角、全过程的综合考核和评价,使其在完成任务的过程中有章可循。

本书第1章、第2章2.1节和2.8节、第10章由陕西科技大学文怀兴编写;第4~8章由陕西科技大学李体仁编写;第2章2.2~2.7节由陕西科技大学夏田编写;第3章、第9章由陕西科技大学孙建功编写。全书由文怀兴统稿,陕西科技大学曹巨江教授担任主审。史鹏涛、刘庆利、高举、俞祖俊、黄书经等对书中大量插图进行了绘制,对许多实例进行了验证。本书编写过程中,得到了许多专家的支持和帮助,在此谨致谢意。

由于笔者水平有限,书中如有不足之处,恳请读者批评指正。

编著者



第 1 单元 基础篇

第 1 章 数控机床概述

4

1.1 任务 1——认识数控机床	4
1.2 任务 2——数控机床应用	12
1.3 任务 3——数控机床组成	14
1.4 任务 4——数控机床的分类	17
1.5 实训——数控机床结构组成与加工演示	21

第 2 章 数控机床典型机构与部件

23

2.1 项目 1——数控机床主轴部件认知与装调	23
2.1.1 案例 1——数控车床主轴部件	23
2.1.2 案例 2——数控加工中心主轴部件	26
2.1.3 实训 1——主轴部件结构仿真	31
2.1.4 实训 2——主轴部件拆装调试	34
2.2 项目 2——滚珠丝杠螺母机构的装配与调整	37
2.2.1 任务 1——认知滚珠丝杠	37
2.2.2 任务 2——滚珠丝杠机构的分类	42
2.2.3 任务 3——滚珠丝杠的预紧与间隙调整	45
2.2.4 任务 4——滚珠丝杠与其他直线运动形式比较	48
2.2.5 任务 5——滚珠丝杠螺母机构的安全使用	49
2.3 项目 3——传动齿轮间隙消除与调整	50
2.3.1 任务 1——消隙齿轮传动的认知	51
2.3.2 任务 2——偏心套消除齿轮传动间隙	55
2.3.3 任务 3——双片直齿轮错位消除传动间隙	56
2.3.4 任务 4——消隙齿轮箱的装配与调整	57
2.4 项目 4——自动换刀装置	61
2.4.1 案例 1——数控车床自动换刀装置	62
2.4.2 案例 2——数控加工中心自动换刀装置	66
2.5 项目 5——数控机床导轨拆装与调隙	72
2.5.1 任务 1——机床导轨的结构及其导向原理认知	72
2.5.2 任务 2——导轨的间隙调整和预紧	82

2.5.3 任务3——提高导轨耐磨性和寿命	84
2.6 项目6——位置检测装置	87
2.6.1 任务1——检测装置的类型及要求	87
2.6.2 任务2——旋转变压器原理及应用	89
2.6.3 任务3——感应同步器原理及应用	90
2.6.4 任务4——光栅的工作原理及应用	94
2.6.5 实训——测量元件的安装调试	98
2.7 综合实训1——数控车床的拆装与调试	101
2.8 综合实训2——数控铣床的拆装与调试	108

第3章 数控编程基础知识

115

3.1 任务1——数控编程的概念	115
3.2 任务2——数控机床坐标系认知	118
3.2.1 实训1——数控加工工件坐标系的建立	121
3.2.2 实训2——数控机床切削加工的对刀	126
3.3 任务3——数控程序结构及常用编程指令学习	129
3.3.1 实训1——加工准备类指令编程实例	155
3.3.2 实训2——刀具补偿功能编程实例	156
3.4 任务4——数控加工工艺设计认知	158
3.4.1 实训1——机夹不重磨刀具的选用	161
3.4.2 实训2——精镗内孔刀具的选用	168
3.5 任务5——数控编程中的数值计算	171
3.6 综合实训1——数控系统参数设置与调整	174
3.7 综合实训2——数控机床的基本操作	177
3.8 综合实训3——切削用量的选择与实训	181

第2单元 加工篇

第4章 数控加工常用方法

185

4.1 任务1——车削刀具选用	185
4.2 任务2——数控车床典型加工方法的认知	192
4.3 任务3——数控铣（加工中心）刀具选用的方法	199
4.4 任务4——数控铣床及加工中心孔、槽的加工方法	205
4.5 任务5——数控铣床及加工中心平面、轮廓、型腔的加工方法	209
4.6 任务6——数控铣及加工中心夹具的选用	214

第5章 加工方法技能训练

216

5.1	任务 1——外圆车削加工综合训练	216
5.2	任务 2——外轮廓铣削加工训练	219

第 6 章	数控车典型零件加工	222
--------------	------------------	------------

任务——传动轴的数控编程与加工	222
-----------------------	-----

第 7 章	数控铣、加工中心典型零件加工	234
--------------	-----------------------	------------

7.1	任务 1——平面凸轮零件的数控编程与加工	234
7.2	任务 2——卧式加工中心平板类零件的数控编程	241

第 8 章	典型曲面的加工	254
--------------	----------------	------------

任务——曲面零件的数控编程与加工	254
------------------------	-----

第 3 单元 提高篇

第 9 章	综合零件的编程与加工	269
--------------	-------------------	------------

9.1	综合实训 1——数控车削为主要工序的综合训练	269
9.2	综合实训 2——数控铣削为主要工序的综合训练	273
9.3	综合实训 3——复杂曲面零件的综合训练	281
9.4	综合实训 4——数控技能大赛的综合训练	292

第 10 章	数控机床的维护	296
---------------	----------------	------------

10.1	任务 1——数控机床的使用要求	296
10.2	任务 2——数控系统的维护	297
10.3	任务 3——机械部件的维护	299
10.4	任务 4——数控机床的日常维护保养	301

参考文献	305
-------------	------------

第1单元 基础篇





教学目标

知识目标

- ① 能够归纳总结数控机床的发展现状。
- ② 能够描述常用数控加工方法。
- ③ 能够说明数控机床的组成及工作原理。
- ④ 能够阐述数控机床的主要性能指标及其应用。
- ⑤ 能够说明数控机床主要部件的结构组成及工作原理。
- ⑥ 能够完成数控机床整机及主要部件的装调。
- ⑦ 能够设定数控机床坐标系。
- ⑧ 能够完成加工过程中的对刀操作。
- ⑨ 熟悉常用编程指令的功能。
- ⑩ 能够总结常用数控加工工艺方法。
- ⑪ 熟知数控机床安全操作规程。

技能目标

(1) 专业能力目标

- ① 能够归纳总结数控加工的新技术、新工艺。
- ② 具有对机床主要部件结构进行分析的能力。
- ③ 具有良好的教学组织与实施能力。
- ④ 能够制定机床主要部件的装配工艺。
- ⑤ 能够熟练使用常用的工具和量具。
- ⑥ 能够对实训车、铣床进行调试及精度检测。
- ⑦ 能够应用教学法组织实施机床部件的教学。
- ⑧ 能够规范操作数控机床。
- ⑨ 能够输入、编辑、修改程序，调用、校验程序，阅读程序。
- ⑩ 具有常用表面工艺设计的能力。

(2) 方法能力目标

- ① 具有独立学习、寻找解决问题途径的能力。
- ② 具有查阅分析资料、获取信息的能力。
- ③ 能够分析和解决机床装调过程中的实际问题。
- ④ 能够制定机床装调工作计划和实施细则。
- ⑤ 能够制定数控工艺计划和编写操作规范。

(3) 社会能力目标

- ① 具有良好的交流和沟通能力。
- ② 具有良好的书面表达能力。
- ③ 具有良好的团队协作能力。
- ④ 具有实训过程中的管理能力。

素质目标

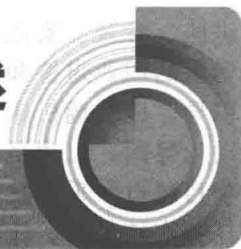
- ① 具有良好的职业道德和创新意识。
- ② 具有认真、细致、科学的工作态度。
- ③ 具有积极的求知欲和创新意识。



教学建议

- ① 以讲授、讲座、参观、实践、课堂讨论等多种方式组织教学。
- ② 注重培养学生的职业道德和素养，注重传授新技术、新知识。
- ③ 以项目为引导，以装调机床为载体，通过理实一体、现场教学等形式完成教学任务。
- ④ 以职业活动为导向，以项目教学、小组学习、培养学生职业能力的原则组织实施教学。
- ⑤ 根据教学项目特点，采用案例分析、教师讲授、学生讨论、项目实训等形式开展教学。
- ⑥ 将项目或任务交给学生，让学生在完成教学项目或任务的过程中学习理论和知识，注重培养学生分析问题和解决问题的能力，注重培养学生的职业道德和素养，注重传授新技术、新知识。

第1章 数控机床概述



随着科学技术的飞速发展和经济竞争的日趋激烈，产品更新速度越来越快，复杂形状的零件越来越多，精度要求越来越高，多品种、中小批量生产的比重明显增加。激烈的市场竞争使产品研制生产周期越来越短。传统的加工设备和制造方法已难以适应这种多样化、柔性化与复杂形状零件的高效高质量加工要求。因此近几十年来，世界各国十分重视发展能有效解决复杂、精密、小批多变零件的数控加工技术，在加工设备中大量采用了以微电子技术和计算机技术为基础的数控技术。目前，数控技术正在发生根本性变革，它集成了微电子、计算机、信息处理、自动检测、自动控制等高新技术于一体，具有高精度、高效率、柔性自动化等特点，对制造业实现柔性自动化、集成化、智能化起着举足轻重的作用。

汽车、拖拉机与家用电器等行业的产品零件，为了解决高产优质的问题，多采用专用的工艺装备、专用自动化机床或专用的自动生产线和自动化车间进行生产。但是应用这些专用生产设备存在生产准备周期长、产品改型不易等问题，因而会使新产品的开发周期变长。在机械产品中，单件与小批量产品占到 70%~80%，这类产品一般都采用通用机床加工，当产品改变时，机床与工艺装备均需做相应的变换和调整，而且通用机床的自动化程度不高，基本上由人工操作，很难提高生产效率和保证产品质量。特别是一些由曲线、曲面轮廓组成的复杂零件，只能借助靠模和仿形机床，或者借助划线和样板用手工操作的方法来加工，加工精度和生产效率受到很大的限制。数字控制机床，就是为了解决单件、小批量，特别是复杂型面零件的加工自动化并保证质量要求而产生的，为单件、小批量生产的精密复杂零件提供了自动化加工手段。

数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，现代的 CAD/CAM、FMS、CIMS 等先进制造技术，都是建立在数控技术之上的。离开了数控技术，先进制造技术就成了无本之木。同时，数控机床产业是体现国家综合国力水平的重要基础性产业，数控技术水平的高低则是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志，因此，实现加工机床及生产过程的数控化事关国家战略地位，已经成为当今制造业的重要发展方向。

1.1 任务 1——认识数控机床

任务描述

通过观察数控机床，了解数控机床的特点及其常用加工方法。



学习目标

- ① 能够说出数控机床的基本概念。
- ② 能够归纳总结数控机床的加工特点。
- ③ 能举例说明数控车削的常用产品。

相关知识

1. 数控机床的加工特点

数控机床的加工特点,主要有以下几个方面。

(1) 加工精度高,质量稳定

数控机床是根据以数字形式给出的指令进行加工的,脉冲当量普遍达到 0.001mm ,且传动链之间的间隙得到了有效补偿。同时,数控机床的传动装置与床身结构具有很高的刚度和热稳定性,容易保证零件尺寸的一致性。因此,数控机床不仅具有较高的加工精度,而且质量稳定。

(2) 生产效率高,经济效益好

数控机床在对零件进行粗加工时,可以进行大切削用量的强力切削,移动部件的空行程时间短,工件装夹时间短,更换零件时几乎不需要调整机床,有效地缩短了加工时间。同时,由于数控机床对市场需求响应快,生产效率高,从而降低了总成本,可获得良好的经济效益。

(3) 加工对象的适应性强

数控机床改变加工零件时,只需改变加工程序,特别适合于加工单件或小批量、加工难度和精度要求较高的零件。

(4) 自动化程度高,劳动强度低

数控机床对零件的加工是自动进行的,工件加工过程中不需要人工干预,且自动化程度较高,大大降低了操作者的劳动强度。

(5) 有利于现代化管理

数控机床使用数字信息与标准代码处理、传递信息,使用了计算机控制方法,为计算机辅助设计、制造及管理一体化奠定了基础。

(6) 具有很强的通信功能

数控机床通常具有 RS-232 接口,有的还备有 DNC 接口,可与 CAD/CAM 软件的设计与制造相结合。高档机床还可与 MAP(制造自动化协议)相连,接入工厂的通信网络,适应于 FMS、CIMS 的应用要求。

2. 数控机床的结构特点

为了保证高精度、高效率的加工,数控机床的结构应具有以下特点。

(1) 高刚度和高抗振性

由于数控机床经常在高速和连续重载切削条件下工作,所以要求机床的床身、工作台、主轴、立柱、刀架等主要部件均具有很高的刚度,工作中应无变形和振动。例如,床身各部分合理分布加强筋,以承受重载与重切削力;工作台与拖板应具有足够的刚性,以承受工件重量,并使工作平稳;主轴在高速下运转,应具有较高的径向扭矩和轴向推力;立柱在床身上移动时应平稳,且能承受大的切削力;刀架在切削加工中应平稳而无振动等。

(2) 高灵敏度

数控机床在加工过程中,要求运动部件具有高的灵敏度。导轨部件通常采用滚动导轨、塑



料导轨、静压导轨等以减少摩擦力，且在低速运动时应无爬行现象。由电动机驱动，经滚珠丝杠或静压丝杠带动数控机床的工作台、刀架等部件的移动，主轴既要在高刚度、高速下回转，又要有高灵敏度，因而多数采用滚动轴承和静压轴承。

(3) 热变形小

为保证部件的运动精度，要求机床的主轴、工作台、刀架等运动部件的发热量要小，以防止产生热变形。为此，立柱一般采取双壁框式结构，在提高刚度的同时使零件结构对称，防止因热变形而产生倾斜偏移。通常采用恒温冷却装置，减少主轴轴承在运转中产生的热量。为减少电动机运转发热的影响，在电动机上安装有散热装置和热管消热装置。

(4) 高精度保持性

在高速、强力切削下满载工作时，为保证机床长期具有稳定的加工精度，要求数控机床具有较高的精度保持性。除了应正确选择有关零件的材料，以防止使用中的变形和快速磨损外，还要求采取一些工艺性措施，如淬火、磨削导轨、粘贴抗磨塑料导轨等，以提高运动部件的耐磨性。

(5) 高可靠性

数控机床应能在高负荷下长时间无故障地连续工作，因而对机床部件和控制系统的可靠性提出了很高的要求。柔性制造系统中的数控机床可在 24h 运转中实现无人管理，可靠性显得更为重要。为此，除保证运动部件不出故障外，频繁动作的刀库、换刀机构、托盘、工件交换装置等部件，必须保证能长期而可靠地工作。

(6) 工艺复合化和功能集成化

所谓“工艺复合化”，简单地说，就是“一次装夹、多工序加工”。“功能集成化”主要是指数控机床的自动换刀机构和自动托盘交换装置的功能集成化。随着数控机床向柔性化和无人化发展，功能集成化的水平更多地体现在工件自动定位、机内对刀、刀具破损监控、机床与工件精度检测和补偿等功能上。

由于生产率发展的需要，数控机床的机械结构随着数控技术的发展而发展，两者相互促进，相互推动，发展了不少不同于普通机床的、完全新颖的机械结构和部件。

3. 数控加工工艺的特点

数控加工工艺的主要特点如下。

(1) 工艺详细

工艺内容十分具体、完善。普通工艺最多详细到工步，数控工艺则要详细到每一步走刀和每一个操作的细节，亦即普通工艺留给操作工人完成的工艺内容也必须由编程人员在程序中预先确定。

(2) 工序集中

零件可在一次装夹中完成多种加工方法和由粗到精的全过程，缩短了工艺路线和生产周期，减少了加工设备。

(3) 加工方法先进

对一些复杂表面的加工，传统加工采用划线、样板、靠模、砂轮、钳工等方法；数控加工则用多坐标联动自动加工方法，加工质量和效率高。

(4) 工序内容复杂

由于数控机床价格昂贵、加工能力强，所以在数控机床上一一般安排较复杂的零件加工工序，甚至是在普通机床上难以完成的加工工序。

(5) 加工程序的编制比普通机床工艺规程的编制复杂

一些在普通机床的加工工艺中不必考虑的问题，例如工序中工步的安排，对刀点、换刀点以及走刀路线的确定等因素，在数控机床编程时必须考虑。



4. 常用数控加工方法

数控机床的类型主要有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控加工中心等,对于不同形状的零件应根据加工精度和表面粗糙度等要求采用不同的数控机床进行加工。

(1) 孔系零件

通常在数控钻床、数控铣床、数控加工中心或数控磨床上进行钻、镗、铰、磨等切削加工。如图 1-1 所示。

(2) 旋转体类零件

采用数控车床进行车削加工。粗加工时应考虑加工效率,以较大切削用量尽快去除材料后进行精加工,如图 1-2 所示。若在旋转体类零件上有非旋转造型特征,则需要采用车铣复合加工,如图 1-3 所示。

(3) 平面轮廓零件

常用数控铣床加工,根据平面轮廓类型可选用二轴联动或二轴半联动的方式进行加工,如图 1-4 和图 1-5 所示。

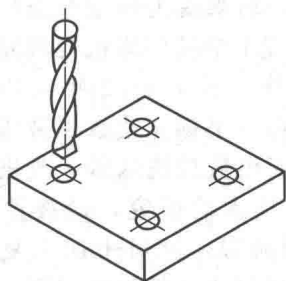


图 1-1 孔系零件加工

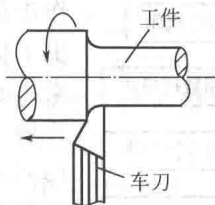


图 1-2 旋转体类零件车削加工

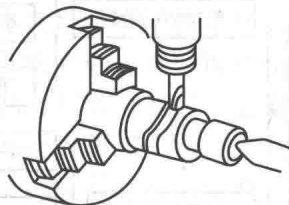


图 1-3 旋转体类零件车铣复合加工

(4) 曲面轮廓零件

采用数控加工中心加工,通常采用三轴联动加工方式,对于复杂曲面需采用四轴或五轴联动方式进行加工。如图 1-6~图 1-8 所示。

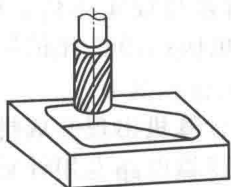


图 1-4 二轴联动加工

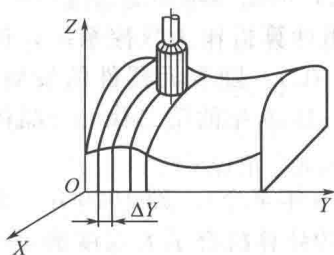


图 1-5 二轴半联动加工

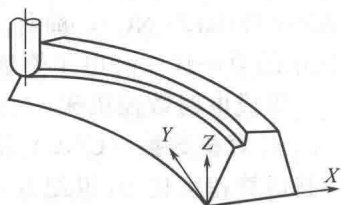


图 1-6 三轴联动加工

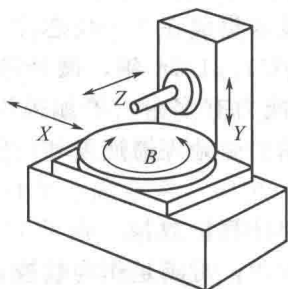


图 1-7 四轴联动加工

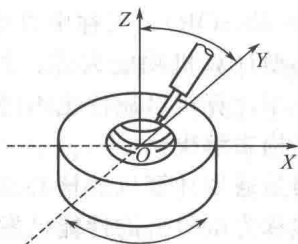


图 1-8 五轴联动加工