



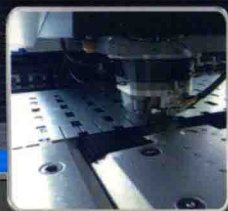
“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数控加工技术基础

第2版

SHUKONG JIAGONG JISHU JICHU

◎ 卢万强 饶晓创 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配教学资源



“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

数控加工技术基础

第2版

主 编 卢万强 (学校)
饶晓创 (企业)
副主编 彭美武 (学校)
吴绍富 (企业)
参 编 西庆坤 (学校)
喻廷红 (学校)
主 审 武友德 (学校)
黄 亮 (企业)



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是“十二五”职业教育国家规划教材,是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准(试行)》,同时参考数控加工岗位职业资格标准,在第1版的基础上修订而成的。本书遵循学生职业能力培养的基本规律,以真实工作任务及其工作过程为依据,从实际生产中最常见的加工内容中提取、整合、序化教学内容,设计了五个学习情境,分别从零件圆柱表面及端面的数控车削加工、零件圆锥表面的数控车削加工、零件圆弧表面的数控车削加工、零件平面的数控铣削加工和零件轮廓面的数控铣削加工,由浅入深地介绍了数控加工的基本理论常识和操作技能。五个学习情境包含五个学习性工作任务,每个工作任务都以课堂方式与上机练习方式组合组织教学,包括零件图样分析、工艺方案的确定、走刀路线、编制程序、模拟加工仿真和零件检查与评估等,整个过程完全做到任务驱动,学生主动参与,教师辅助解惑,切实做到理论与实践有机融合,把理论学习和实践训练相互贯穿,在阐明概念的基础上突出数控加工技术的应用性。

为便于教学,本书配套有教学资源包,选择本书作为教材的教师可来电(010-88379193)索取,或登录 www.cmpedu.com 网站,注册、免费下载。

本书可作为高等职业院校数控技术应用专业及机电类相关专业的教材,也可作为数控技术应用相关技术人员的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术基础/卢万强,饶晓创主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2014.4

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-111-47013-7

I. ①数… II. ①卢… ②饶… III. ①数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第124278号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:王莉娜

封面设计:张静 责任校对:刘秀芝

责任印制:李洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2014年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm · 11印张 · 256千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47013-7

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书是按照教育部《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，是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准（试行）》，同时参考数控加工岗位职业资格标准，在第1版的基础上修订而成的。

本书主要介绍机械产品中常见典型表面的加工过程，并结合产品制造的真实生产流程，分析归纳相应的知识和能力结构，构建主体学习单元，按照任务驱动、项目导向，以职业能力培养为重点，将真实的生产过程和产品融入了教学全过程。本书编写过程中力求体现产教结合，注重任务驱动，强调形式创新的特点。本书编写模式新颖，不仅充分体现了基础性、科学性、发展性和创新性的特点，而且突出了以“实用、必需”为原则，培养“精操作、懂工艺、会编程”的技能人才为目标的职业教育特色。

本书在内容处理上主要有以下几点说明：①注重实践性，理论内容与实践内容之比为4:6的关系；②教学过程建议在项目驱动的前提下，以学生讨论、实践为主，老师引导、解惑为辅；③建议有条件的学校，可以部分考虑全真实的现场操作；④建议学时安排见下表。

内 容 名 称	知 识、实 验、内 容 处 理	学 时
课题1 零件圆柱表面及端面的数控车削加工		共10学时
1.1 零件图样分析	认识零件图，明确零件图样上各项技术要求和加工难点等，学生讨论分析，老师归纳总结	1
1.2 零件车削准备	熟悉数控车床的加工原理和特点；掌握工、夹、量具等工艺常识；会编制圆柱表面及端面的基本数控车削工艺过程	3
1.3 车削方案实施	数值处理、圆柱表面及端面的走刀路线设计、圆柱表面及端面的工艺文件编制和程序编制；圆柱表面及端面的数控加工仿真	3
1.4 零件检查与评估	加工结果检查；残次品修复；改进措施；总结报告	1
实训一 圆柱表面及端面的数控车削加工仿真实训	学生亲自操作数控车床，完成圆柱表面及端面的实际加工	2
课题2 零件圆锥表面的数控车削加工		共8学时
2.1 零件图样分析	认识零件图，明确零件图样上各项技术要求和加工难点等，学生讨论分析，老师归纳总结	1
2.2 零件车削准备	会根据零件形状选取相应的工、夹、量具等，会编制圆锥表面的基本数控车削工艺过程	2

(续)

内 容 名 称	知识、实验、内容处理	学 时
2.3 车削方案实施	数值处理、圆锥表面的走刀路线设计、圆锥表面的工艺文件编制和程序编制；圆锥表面的数控加工仿真	2
2.4 零件检查与评估	加工结果检查；残次品修复；改进措施；总结报告	1
实训二 零件圆锥表面的数控车削加工仿真实训	学生亲自操作数控车床，完成圆锥表面的实际加工	2
课题3 零件圆弧表面的数控车削加工		共 8 学时
3.1 零件图样分析	认识零件图，明确零件图样上各项技术要求和加工难点等，学生讨论分析，老师归纳总结	1
3.2 零件车削准备	会根据零件形状选取相应的工、夹、量具等，会编制圆弧表面的基本数控车削工艺过程	2
3.3 车削方案实施	数值处理、圆弧表面的走刀路线设计、圆弧表面的工艺文件编制和程序编制；圆弧表面的数控加工仿真	2
3.4 零件检查与评估	加工结果检查；残次品修复；改进措施；总结报告	1
实训三 圆弧表面的数控车削加工仿真实训	学生亲自操作数控车床，完成圆弧表面的实际加工	2
课题4 零件平面的数控铣削加工		共 10 学时
4.1 零件图样分析	认识零件图，明确零件图样上各项技术要求和加工难点等，学生讨论分析，老师归纳总结	1
4.2 铣削加工前的准备	熟悉数控铣床的加工原理和特点；掌握工、夹、量具等工艺常识；会编制平面的基本数控铣削加工工艺过程	3
4.3 铣削方案实施	数值处理、平面的走刀路线设计、平面的工艺文件编制和程序编制；平面的数控加工仿真	3
4.4 零件检查与评估	加工结果检查；残次品修复；改进措施；总结报告	1
实训四 零件平面的数控铣削加工仿真实训	学生亲自操作数控铣床，完成平面的实际加工	2
课题5 零件轮廓面的数控铣削加工		共 8 学时
5.1 零件图样分析	认识零件图，明确零件图样上各项技术要求和加工难点等，学生讨论分析，老师归纳总结	1
5.2 铣削加工前的准备	会根据零件形状选择工、夹、量具等；会编制轮廓面的基本数控铣削加工工艺过程	2
5.3 铣削方案实施	数值处理、轮廓面的走刀路线设计、轮廓面的工艺文件编制和程序编制；轮廓面的数控加工仿真	2
5.4 零件检查与评估	加工结果检查；残次品修复；改进措施；总结报告	1
实训五 零件轮廓面的数控铣削加工仿真实训	学生亲自操作数控铣床，完成轮廓面的实际加工	2

注：该课程共 48 学时，其中机动 4 学时。

全书共 5 个课题，由四川工程职业技术学院卢万强、企业专家饶晓创主编。编写人员及具体分工如下：四川工程职业技术学院卢万强编写课题 1 和课题 2，四川工程职业技术学院西庆坤编写课题 3，四川工程职业技术学院彭美武编写课题 4，四川工程职业技术学院喻廷红编写课题 5，饶晓创和吴绍富提供了相关资料，并参与了全书内容的讨论和部分内容的编写。本书由武友德、黄亮主审。



本书经全国职业教育教材审定委员会审定，教育部专家在评审过程中对本书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，在此一并表示衷心的感谢！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。

编 者

第1版前言

《数控加工技术基础》课程是数控技术应用专业的一门主干课程。为搞好该课程的建设,我校组建了由机械类专业带头人、课程带头人、两名骨干教师和两名兼职教师组成的校企合作课程开发团队。教材的编写实行双主编制,由四川工程职业技术学院卢万强副教授和饶晓创高级工程师联合担任教材主编;由武友德教授和黄亮教授级高工联合担任主审。

为了使《数控加工技术基础》课程符合高技能人才培养目标和专业相关技术领域职业岗位的任职要求,教材编写组按照“行业引领、企业主导、学校参与”的思路,与行业企业有关专家一道制定了“数控加工岗位职业标准”。该标准已通过中国机械工业联合会组织的由有关行业、企业专家组成的鉴定组的评审鉴定。依据“数控加工岗位职业标准”,明确课程内容,并基于工作过程对课程内容进行了组织。

本书的编写始终以“数控加工岗位职业标准”所确定的该门课程所承担的典型工作任务为依托,基于工厂“典型零件”的真实加工过程为导向,结合企业生产实际的“产品制造”工作流程,分析完成每个流程所必需的知识和能力结构,归纳了《数控加工技术基础》课程的主要工作任务,选择合适的载体,构建主体学习单元;以职业能力培养为重点,将真实产品的生产过程融入教学全过程。

通过与企业长期合作共建的桥梁,本书与行业、企业合作编写,在两年前开发出了校企合作的《数控加工技术基础》活页教材。在此基础上,经过专业教学指导委员会的多次论证和修改,最终编写了本书。

本书共分为“数控车削加工圆柱表面及端面”“数控车削加工圆锥表面”“数控车削加工圆弧表面”“数控铣削加工零件平面”“数控铣削加工零件轮廓面”5个学习课题。

本书由四川工程职业技术学院卢万强副教授、东方电气有限公司饶晓创高级工程师担任主编。卢万强副教授编写课题一、二、三,东方电气集团有限公司饶晓创高级工程师提供相关资料,并协助编写;彭美武副教授编写课题四、五,中国第二重型机械集团公司吴绍富副教授级高工提供相关资料,并协助编写。本书由武友德教授和中国第二重型机械集团工艺处专家黄亮教授级高工联合担任主审。

本书的编写属于国家高职示范性院校建设项目,由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评赐教。

目 录

第2版前言

第1版前言

课题1 零件圆柱表面及端面的数控车削加工	1
1.1 零件图样分析	1
1.2 零件车削准备	1
1.2.1 工艺准备	1
1.2.2 相关基础知识准备	2
1.2.3 指令介绍	24
1.3 车削方案实施	28
1.3.1 加工方式的确定	28
1.3.2 走刀路线的确定	28
1.3.3 编制程序	30
1.3.4 加工仿真软件	31
1.3.5 零件加工仿真	43
1.4 零件检查与评估	49
1.4.1 检测项目及量具	49
1.4.2 检测方法	49
1.4.3 评估总结	49
实训一 圆柱表面及端面的数控车削加工仿真实训	50
本课题小结	52
练习题	52
课题2 零件圆锥表面的数控车削加工	55
2.1 零件图样分析	55
2.2 零件车削准备	55
2.2.1 工艺准备	55
2.2.2 相关基础知识准备	56
2.3 车削方案实施	60
2.3.1 加工方式的确定	60
2.3.2 走刀路线的确定	62
2.3.3 编制程序	63
2.3.4 零件加工仿真	64
2.4 零件检查与评估	68
2.4.1 检测项目	68
2.4.2 检测方法	68
2.4.3 评估总结	68
实训二 零件圆锥表面的数控车削加工仿真实训	69

本课题小结	71
练习题	71

课题3 零件圆弧表面的数控车削加工 74

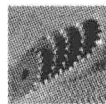
3.1 零件图样分析	74
3.2 零件车削准备	74
3.2.1 工艺准备	74
3.2.2 相关基础知识准备	75
3.3 车削方案实施	78
3.3.1 加工方式的确定	78
3.3.2 走刀路线的确定	79
3.3.3 编制程序	80
3.3.4 零件加工仿真	81
3.4 零件检查与评估	85
3.4.1 检测项目	85
3.4.2 检测方法	85
3.4.3 评估总结	86
实训三 零件圆弧表面的数控车削加工仿真实训	86
本课题小结	88
练习题	88

课题4 零件平面的数控铣削加工 91

4.1 零件图样分析	91
4.2 铣削加工前的准备	91
4.2.1 工艺准备	91
4.2.2 相关基础知识准备	92
4.2.3 指令介绍	101
4.3 铣削方案实施	108
4.3.1 加工方式的确定	108
4.3.2 走刀路线的确定	108
4.3.3 编制程序	108
4.3.4 加工仿真软件	109
4.3.5 零件加工仿真	124
4.4 零件检查与评估	131
4.4.1 检测项目	131
4.4.2 检测方法	132
4.4.3 评估总结	132
实训四 零件平面的数控铣削加工仿真实训	132
本课题小结	135
练习题	135

课题5 零件轮廓面的数控铣削加工 138

5.1 零件图样分析	138
5.2 铣削加工前的准备	138



5.2.1 工艺准备	138
5.2.2 相关基础知识准备	139
5.3 铣削方案实施	146
5.3.1 加工方式的确定	146
5.3.2 走刀路线的确定	146
5.3.3 编制程序	147
5.3.4 零件加工仿真	148
5.4 零件检查与评估	155
5.4.1 检测项目	155
5.4.2 检测方法	155
5.4.3 评估总结	156
实训五 零件轮廓面的数控铣削加工仿真实训	156
本课题小结	158
练习题	158
 附 录	 161
附录 A FANUC 0-TD 系统编程常用 G 代码命令	161
附录 B FANUC 0i Mate-MC 数控系统铣削编程常用 G 代码及功能	162
附录 C FANUC 0i 系统常用 M 代码及功能	163
 参考文献	 164

课题1 零件圆柱表面及端面的数控车削加工

1.1 零件图样分析

如图 1-1 所示轴类零件，毛坯是 $\phi 61\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的棒材，材料为 45 钢，可加工性较好，零件表面主要是由圆柱面组成的简单回转体，而且形状较简单，尺寸和表面精度要求都不高。

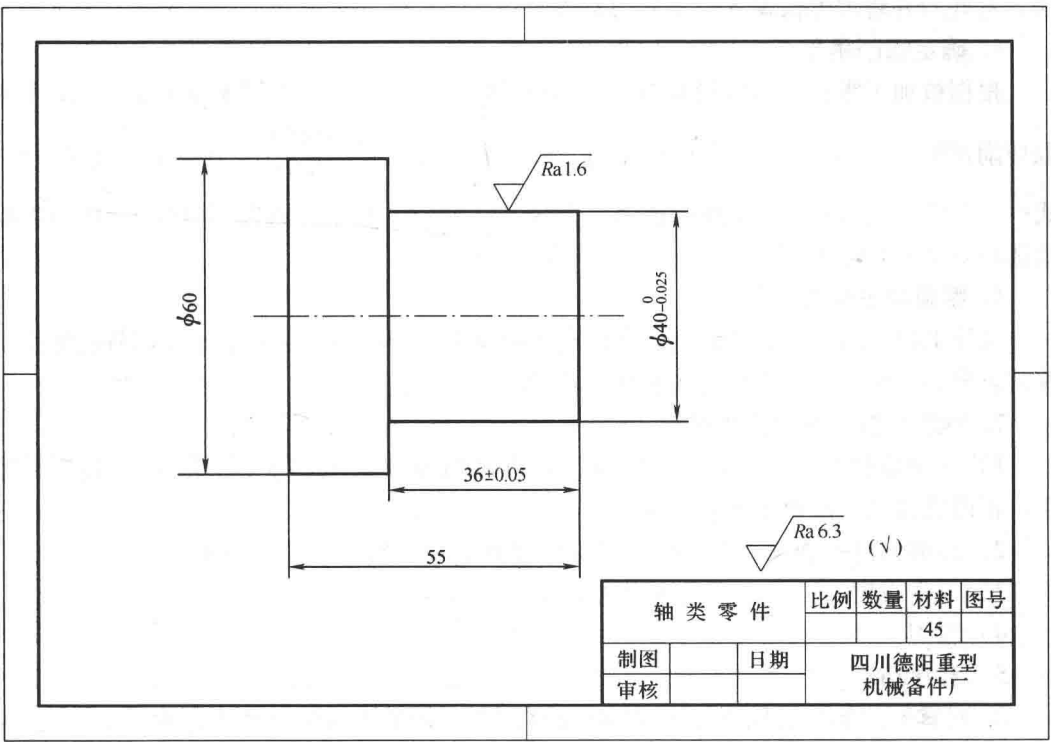


图 1-1 零件图

1.2 零件车削准备

1.2.1 工艺准备

加工该零件需要考虑以下问题。

1. 选择加工机床设备

根据零件图样要求, 选用经济型数控车床即可达到要求, 故选用 CK3050 型卧式数控车床。

2. 确定零件的定位基准和装夹方式

- (1) 定位基准 确定零件毛坯料轴线和左端面为定位基准。
- (2) 装夹方式 采用自定心卡盘夹持一端, 一次装夹完成粗、精加工。

3. 确定加工顺序及走刀路线

- 1) 从右至左粗加工各表面, 留精加工余量 0.5mm。
- 2) 从右至左连续精加工各表面, 达到加工要求并切断。

4. 刀具选择

根据加工要求, 选用 3 把刀具, T01 为 90°外圆粗车车刀, T02 为 90°外圆精车车刀, T03 为车断刀, 刀宽 4mm (刀尖补偿设置在左刀尖处)。加工前, 需要将每把刀安装好之后, 对好刀并将刀偏值输入对应的刀具参数中。

5. 确定切削用量

根据被加工零件表面质量要求、刀具材料和工件材料, 参考切削用量手册或有关资料选取切削速度 v_c (m/min) 和每转进给量, 然后利用公式 $n = \frac{1000v_c}{\pi D}$, 计算主轴转速 (r/min), 式中 D 的单位为 mm。粗车外圆选用指令 S550、F0.3, 精车外圆选用指令 S850、F0.15, 切槽选用指令 S300、F0.1。

6. 编制数控加工程序

选用 FANUC 0i 的数控系统指令格式, 先设定工件原点在工件右端面和轴心线交点, 计算基点坐标, 然后编写数控加工程序并检验。

7. 熟悉数控车床的基本操作

- 1) 了解数控车床的型号、坐标系、人机界面及安全操作规程, 能正确启动及停止机床, 正确使用操作面板上的各功能键。
- 2) 能够通过操作面板手动输入加工程序及有关参数并编辑、修改。
- 3) 工件设定及装夹, 刀具选用及安装。
- 4) 对刀。
- 5) 程序仿真及自动加工。

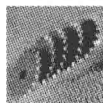
8. 对零件的加工过程进行必要的控制和对加工后的零件进行全面检验

分析影响零件加工最终质量的因素。这些因素可能包括走刀轨迹及程序的正确性、对刀方法的正确性、刀尖圆弧半径补偿的正确设置等, 以便在后续的实施过程中重点关注。

1.2.2 相关基础知识准备

1. 数控技术

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。该技术的出现与美国空军和美国麻省理工学院密不可分。直到 20 世纪 60 年代早期, 数控技术才应用在产品制造领域。数控技术真正的繁荣时代是在 1972 年前后随着 CNC 技术的产生而到来的, 是为单件、小批量生产, 特别是复杂型面零件的生产提供自动化加工手段。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。

1) 数控是数字控制的简称, 英文为 Numerical Control, 简称 NC。目前一般采用通用或专用计算机来实现数控的, 因此数控也称为计算机数控 (Computer Numerical Control), 简称 CNC。数控技术是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程 (如加工、测量和装配等) 进行编程控制的自动化方法。

2) 数控机床。利用数控技术的机床称为数控机床。它是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床设计等先进技术的典型机电一体化产品, 是现代制造技术的基础。与普通机床靠人手工操作进行加工相对应, 数控机床的运动是在程序 (加工指令信息) 控制下自动完成的。

2. 数控设备的组成

数控设备的组成如图 1-2 所示。它主要由输入/输出装置、计算机数控装置、伺服系统和机床本体等四部分组成。

(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人员提供必要的信息, 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。

(2) 数控系统 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序控制器 (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, 其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) 辅助单元 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、逻辑判别和运算, 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、换向和启停指令, 刀具的选择和交换指令, 冷却、润滑装置的启停, 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。

现广泛采用可编程序控制器 (PLC) 作为数控机床的辅助控制装置。

(5) 机床本体 机床本体是指数控机床的机械结构部分, 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。

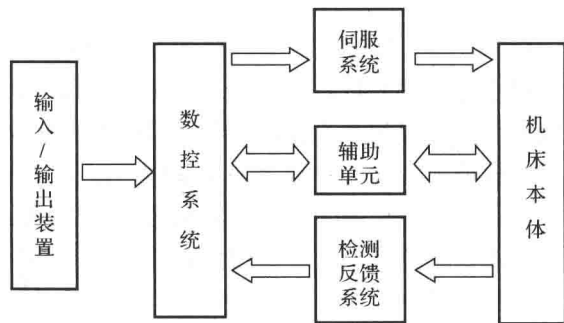


图 1-2 数控设备的组成

3. 数控设备的工作原理

图 1-3 所示为数控设备的一般工作原理。

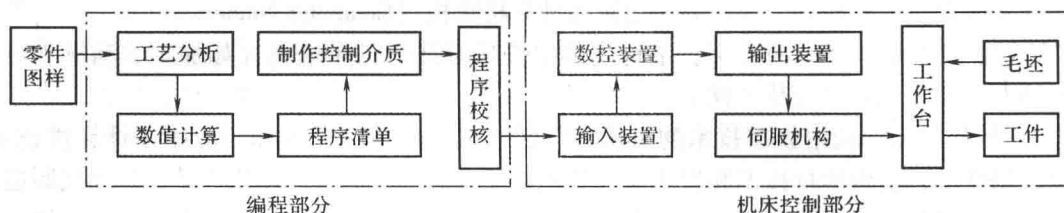


图 1-3 数控设备的一般工作原理

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。它首先需要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的分析，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和速度，分别向各轴发出运动序列指令，完成零件的加工。

4. 数控加工的特点

数控加工有如下特点。

1) 自动化程度高，具有很高的生产率。数控加工中除手工装夹毛坯外，其余全部加工过程都可由数控机床自动完成，若配合自动装卸手段，则是无人控制工厂的基本组成环节。数控加工减轻了操作者的劳动强度，改善了劳动条件；省去了划线和多次装夹定位、检测等工序及其辅助操作，有效地提高了生产率。

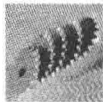
2) 对加工对象的适应性强。改变加工对象时，除了更换刀具和解决毛坯装夹方式外，只需重新编程即可，不需要作其他任何复杂的调整，从而缩短了生产准备周期。

3) 加工精度高，质量稳定。数控加工尺寸精度为 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$ ，不受零件复杂程度的影响。由于其大部分操作都由机器自动完成，因而消除了人为误差，提高了批量零件尺寸的一致性，同时精密控制的机床上还采用了位置检测装置，更加提高了数控加工的精度。

4) 易于建立与计算机间的通信联络，容易实现群控。由于数控机床采用数字信息控制，易于与计算机辅助设计系统连接，形成 CAD/CAM 一体化系统，并且可以建立各机床间的联系，容易实现群控。

5. 数控机床及其分类

从机床本体的表面上看，很多数控机床都和普通机床一样，看不出有多大的差别。但事实上它们已经有本质上的不同：驱动坐标工作台的电动机已经由传统的三相交流电动机换成了步进电动机或交、直流伺服电动机；由于电动机的速度容易控制，所以传统的齿轮变速机构已经很少采用了；还有很多机床取消了坐标工作台的机械式手摇调节机构，取而代之的是按键式的脉冲触发控制器或手摇脉冲发生器；坐标读数也已经是精确的数字显示方式，而且加工轨迹及进度也能非常直观地通过显示器显示出来。采用数控机床控制加工已经相当安全方便了。



(1) 按加工工艺方法分类 按传统的加工工艺方法来分,有数控车床、数控钻床、数控镗床、数控铣床、数控磨床、数控齿轮加工机床、数控冲床、数控折弯机、数控电加工机床、数控激光与火焰切割机和加工中心等。其中,现代数控铣床基本上都兼有钻、镗加工功能。当某数控机床具有自动换刀功能时,即可称之为加工中心。

(2) 按加工控制路线分类 有点位控制机床、直线控制机床和轮廓控制机床。

1) 点位控制机床。如图 1-4a 所示,其只控制刀具从一点向另一点移动,而不管其中间行走轨迹的控制方式。在从点到点的移动过程中,只作快速空程的定位运动,因此不能用于加工过程的控制。属于点位控制的典型机床有数控钻床、数控镗床和数控冲床等。这类机床的数控功能主要用于控制加工部位的相对位置精度,而其加工切削过程还得靠手工控制机械运动来进行。

2) 直线控制机床。如图 1-4b 所示,其可控制刀具相对于工作台以适当的进给速度,沿着平行于某一坐标轴方向或与坐标轴成 45° 的斜线方向作直线轨迹的加工。这种方式是一次同时只有某一轴在运动,或让两轴以相同的速度同时运动以形成 45° 的斜线,所以其控制难度不大,系统结构比较简单。一般地,都是将点位与直线控制方式结合起来,组成点位直线控制系统而用于机床上。这种形式的典型机床有车阶梯轴的数控车床、数控镗铣床和简单加工中心等。

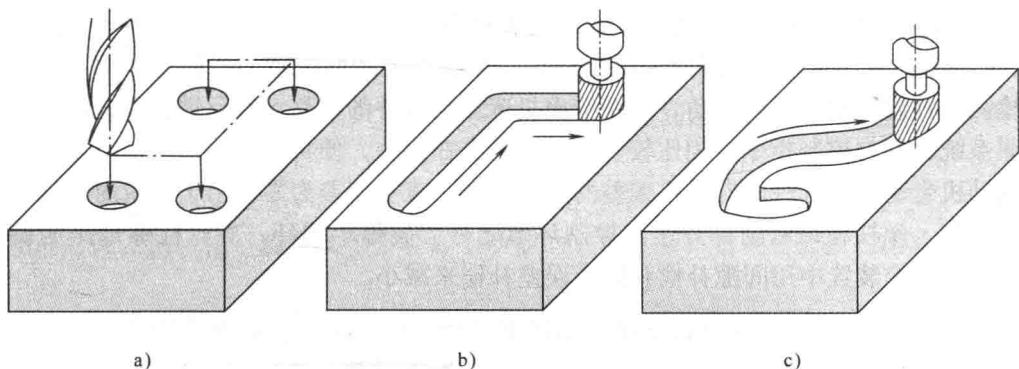


图 1-4 按加工控制路线分类

a) 点位控制机床 b) 直线控制机床 c) 轮廓控制机床

3) 轮廓控制机床。它又称连续控制机床。如图 1-4c 所示,其可控制刀具相对于工件作连续轨迹的运动,能加工任意斜率的直线和任意大小的圆弧,配以自动编程计算,可加工任意形状的曲线和曲面。典型的轮廓控制型机床有数控铣床、功能完善的数控车床、数控磨床和数控电加工机床等。

(3) 按机床所用进给伺服系统分类 有开环伺服系统型、闭环伺服系统型和半闭环伺服系统型。

1) 开环伺服系统。开环伺服系统的伺服驱动装置主要是步进电动机、功率步进电动机和电液脉冲马达等。如图 1-5 所示,由数控系统送出的进给指令脉冲通过环形分配器,按步进电动机的通电方式进行分配,并经功率放大后送给步进电动机的各相绕组,使之按规定的方式通、断电,从而驱动步进电动机旋转,再经同步带、滚珠丝杠螺母副驱动执行部件。每

给一脉冲信号，步进电动机就转过一定的角度，工作台就走过一个脉冲当量的距离。数控装置按程序加工要求控制指令脉冲的数量、频率和通电顺序，达到控制执行部件运动的位移量、速度和运动方向的目的。由于它没有检测和反馈系统，故称之为开环。其特点是结构简单、维护方便、成本较低，但加工精度不高，如果采取螺距误差补偿和传动间隙补偿等措施，定位精度可稍有提高。

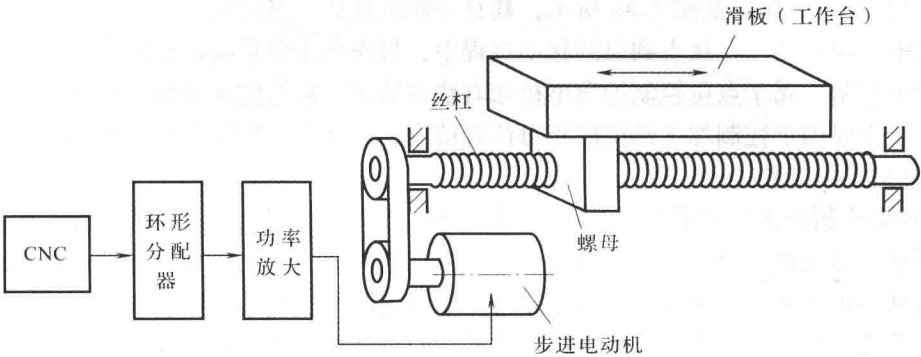


图 1-5 开环伺服系统

2) 半闭环伺服系统。半闭环伺服系统具有检测和反馈系统，如图 1-6 所示。测量元件（脉冲编码器、旋转变压器和圆感应同步器等）装在丝杠或伺服电动机的轴端部，通过测量元件检测丝杠或电动机的回转角，间接测出机床运动部件的位移，经反馈回路送回控制系统和伺服系统，并与控制指令值相比较。如果二者存在偏差，便将此差值信号进行放大，继续控制电动机带动移动部件向着减小偏差的方向移动，直至偏差为零。由于它只对中间环节进行反馈控制，丝杠和螺母副部分还在控制环节之外，故称半闭环。对丝杠螺母副的机械误差，需要在数控装置中用间隙补偿和螺距误差补偿来减小。

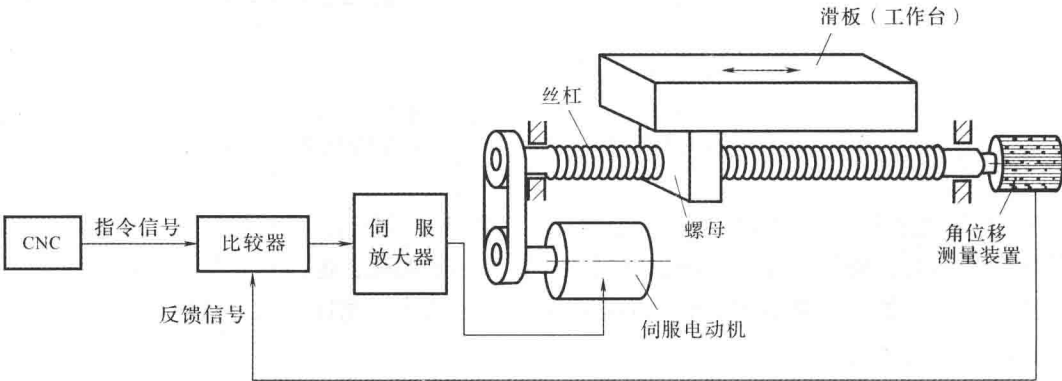
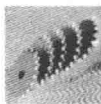


图 1-6 半闭环伺服系统

3) 闭环伺服系统。闭环伺服系统如图 1-7 所示。它的工作原理和半闭环伺服系统相同，但测量元件（直线感应同步器、长光栅等）装在工作台上，可直接测出工作台的实际位置。该系统将所有部分都包含在控制环之内，可消除机械系统引起的误差，精度高于半闭环伺服

1 PROJECT



系统,但系统结构较复杂,控制稳定性较难保证,成本高,调试维修困难。

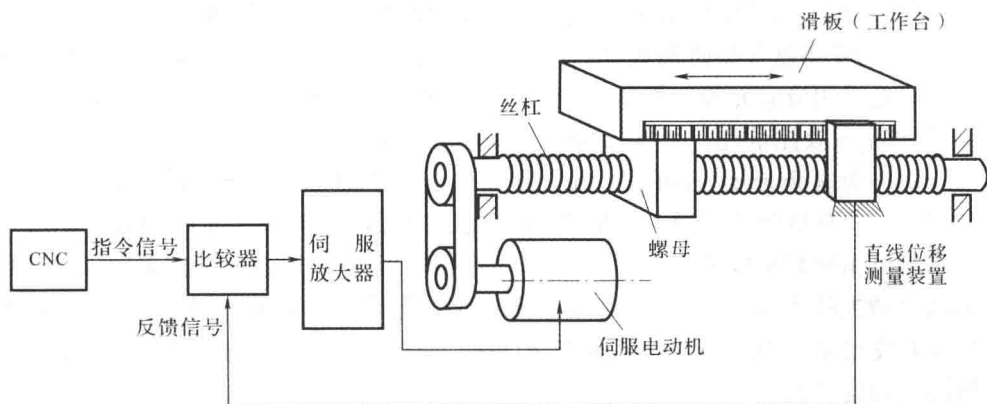


图 1-7 闭环伺服系统

(4) 按控制坐标轴数目分类 按机床数控装置能同时联动控制的坐标轴的数目来分,有两坐标联动数控机床、三坐标联动数控机床和多坐标联动数控机床。

6. 数控加工技术的发展

(1) 数控加工技术的发展历程 1949 年美国 Parson 公司与麻省理工学院开始合作,历时三年研制出能进行三轴控制的数控铣床样机,取名“Numerical Control”。

1953 年麻省理工学院开发出只需确定零件轮廓、指定切削路线,即可生成 NC 程序的自动编程语言。

1959 年美国 Keaney&Trecker 公司开发成功了带刀库,能自动进行刀具交换,一次装夹中即能进行铣、钻、镗、攻螺纹等多种加工功能的数控机床,这就是数控机床的新种类——加工中心。

1968 年英国首次将多台数控机床、无人化搬运小车和自动仓库在计算机控制下连接成自动加工系统,这就是柔性制造系统 FMS。

1974 年微处理器开始用于机床的数控系统中,从此 CNC (计算机数控系统) 软线数控技术随着计算机技术的发展得以快速发展。

1976 年美国 Lockheed 公司开始使用图像编程。利用 CAD (计算机辅助设计) 绘出加工零件的模型,在显示器上“指点”被加工的部位,输入所需的工艺参数,即可由计算机自动计算刀具路径,模拟加工状态,获得 NC 程序。

DNC (直接数控) 技术始于 20 世纪 60 年代末期。它使用一台通用计算机直接控制和管理一群数控机床及数控加工中心进行多品种、多工序的自动加工。

FMS 柔性制造技术的基础,现代数控机床上的 DNC 接口就是机床数控装置与通用计算机之间进行数据传送及通信控制用的,也是数控机床之间实现通信用的接口。随着 DNC 数控技术的发展,数控机床已成为无人控制工厂的基本组成单元。

20 世纪 90 年代,出现了包括市场预测、生产决策、产品设计与制造和销售等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统 CIMS。其中,数控是其基本控制单元。

20 世纪 90 年代,基于 PC-NC 的智能数控系统开始得到发展,它打破了原数控厂家各