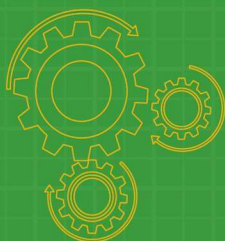


数控加工工艺与编程



主 编 ◎ 李莉芳



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

数控加工工艺与编程

主 编 李莉芳
副主编 周凤敏 黄 伟
参 编 付 珍 段民弟

内 容 简 介

本书立足于应用型高校大学生工程训练,以企业对高技能型人才的需求为出发点,融合了职业资格证书考核要求与内容。本书以目前应用较为广泛的 FANUC 数控系统为主,共设置数控车削编程与加工、数控铣削(加工中心)编程与加工 2 个模块 12 项任务,每个任务对零件的数控加工工艺设计、数控编程、数控加工操作等内容进行系统化串联。通过项目学习和训练,学生能够掌握数控加工工艺设计、数控程序编制和数控机床操作的知识和基本技能,更好地适应现代化制造业的发展需求。

本书适用于普通高等院校机电类相关专业的教学用书或技能培训用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程 / 李莉芳主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-5682-4721-4

I. ①数… II. ①李… 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. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 206313 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)

(010) 82562903(教材售后服务热线)

(010) 68948351(其他图书服务热线)

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

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 420 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 75.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

在“中国制造 2025”“互联网+”的背景下，数控机床的应用将越来越广泛，数控加工高技能人才需求量越来越大，培养掌握数控加工技术的应用型人才已成当务之急。

本书以培养读者数控加工技能、提高工程实践能力为核心，融合职业资格证书考核要求与内容，注重实用性，采用任务驱动、项目导向模式，结合应用型大学的特点和设备实际情况，将教、学、做融为一体。

本书以 FANUC 数控系统为主，全书共 2 个模块 12 项任务，以项目为中心，以任务为驱动，设置所需的知识点。每项任务中包含了零件的数控加工工艺设计、程序编制、加工操作等内容，每一任务都有技能拓展环节，补充数控领域的新知识，以满足不同层次读者的需求，培养读者分析问题、解决问题的能力，提高读者的工程实际应用能力。通过不同的任务将教材内容层层递进，推向深入，遵循由易到难、由简单到复杂、由单一到综合的过程。

本书由李莉芳担任主编，负责全书的统稿和定稿工作，周凤敏、黄伟担任副主编，付珍、段民弟为参编，刘满军对全书进行了认真审阅，并提出了宝贵意见。编写过程中参考了近年来数控技术方面的诸多论著和教材，本书编写人员对参考文献的各位作者深表谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

概述	1
模块一 数控车削编程与加工	13
任务1 阶梯轴零件的编程与加工	15
1.1 任务描述	15
1.2 知识链接	16
1.2.1 数控车削加工工艺基础知识	16
1.2.2 数控车床编程基础知识	19
1.2.3 数控车床基本指令	20
1.2.4 数控仿真加工	24
1.3 任务实施	31
1.3.1 阶梯轴零件工艺分析	31
1.3.2 程序编制	31
1.3.3 数控仿真和实操加工	33
1.4 检查评估	35
1.5 技能拓展	37
任务2 圆弧与锥面轴零件的编程与加工	39
2.1 任务描述	39
2.2 知识链接	40
2.2.1 数控车削加工工艺设计	40
2.2.2 数控车床基本加工指令	46
2.3 任务实施	54
2.3.1 连接轴零件工艺分析	54
2.3.2 程序编制	56
2.3.3 零件的加工	58
2.4 检查评估	61
2.5 技能拓展	63
任务3 螺纹轴零件的编程与加工	66
第一部分 外螺纹的加工	66
3.1 任务描述	66
3.2 知识链接	67
3.2.1 数控车床车螺纹的加工工艺	67
3.2.2 螺纹加工指令	70

3.3 任务实施	77
3.3.1 外螺纹加工工艺分析	77
3.3.2 外螺纹加工程序编制	78
3.3.3 工件的加工	81
3.4 检查评估	82
3.5 实训练习	83
第二部分 内螺纹的加工	85
3.6 内螺纹加工任务描述	85
3.7 内螺纹加工工艺分析	85
3.8 内螺纹加工程序编制	89
3.8.1 数值处理	89
3.8.2 内螺纹加工程序编制	89
3.9 内螺纹数控加工	91
3.10 技能拓展	91
任务4 盘套类零件的编程与加工	96
第一部分 套筒类零件的加工	96
4.1 套筒零件加工任务描述	97
4.2 套筒零件加工知识链接	97
4.2.1 数控车床孔加工工艺	97
4.2.2 数控车床孔加工编程	104
4.3 任务实施	105
4.3.1 套筒零件加工工艺分析	105
4.3.2 套筒零件加工程序编制	108
4.3.3 数控加工	110
4.4 检查评估	111
第二部分 盘类零件数控车削加工	112
4.5 盘类零件加工任务描述	112
4.6 盘类零件数控车削加工工艺分析	113
4.7 盘类零件程序编制	115
4.7.1 盘类零件加工数值计算	115
4.7.2 盘类零件程序编制	115
4.8 盘类零件加工操作	117
4.9 技能拓展	117
任务5 非圆弧曲面零件的加工	121
5.1 任务描述	121
5.2 知识链接	121
5.2.1 FANUC Oi 系统的用户宏程序	121
5.2.2 非圆二次曲线类零件宏程序的编制	125
5.3 任务实施	127

5.4 检查评估	129
5.5 异形轴的加工	130
5.6 技能拓展	132
任务6 数控车削综合加工	136
6.1 曲面轴的加工	136
6.1.1 任务描述	136
6.1.2 加工工艺分析	136
6.1.3 程序清单	138
6.2 锥体配合件的加工	139
6.2.1 任务描述	139
6.2.2 加工工艺分析	139
6.2.3 加工程序	142
6.2.4 锥体配合件加工技巧	143
6.3 技能拓展	143
模块二 数控铣削(加工中心)编程与加工	148
任务7 沟槽零件的编程与加工	150
7.1 任务描述	150
7.2 知识链接	151
7.2.1 沟槽类零件加工刀具	151
7.2.2 数控铣基本编程指令	153
7.2.3 数控铣加工准备类指令	154
7.2.4 数控仿真和实操加工	157
7.3 任务实施	162
7.3.1 零件加工工艺分析	162
7.3.2 沟槽零件加工程序编制	163
7.3.3 数控仿真和实操加工	164
7.4 检查评估	166
7.5 技能拓展	166
任务8 凸模板零件的编程与加工	171
8.1 任务描述	171
8.2 知识链接	172
8.2.1 数控铣削加工工艺分析	172
8.2.2 平面加工的知识	175
8.2.3 平面铣削基本指令	176
8.3 任务实施	183
8.3.1 制订加工工艺	183
8.3.2 编制零件加工程序	184
8.3.3 数控铣床的操作与加工	185

8.4	检查评估	189
8.5	技能拓展	189
任务9	型腔类零件的加工	194
9.1	任务描述	194
9.2	知识链接	195
9.2.1	型腔铣削工艺知识	195
9.2.2	加工轨迹类编程指令	196
9.3	任务实施	202
9.3.1	凹模型腔零件加工工艺设计	202
9.3.2	凹模型腔零件加工程序编制	203
9.3.3	加工操作	204
9.3.4	铣削精度及误差分析	205
9.4	检查评估	206
9.5	技能拓展	207
任务10	孔系零件的加工	213
10.1	端盖零件的加工	213
10.2	知识链接	214
10.2.1	孔加工工艺	214
10.2.2	孔加工固定循环指令	218
10.3	任务实施	225
10.3.1	制订加工工艺	225
10.3.2	程序编制	226
10.3.3	加工操作	228
10.4	检查评估	232
10.5	技能拓展	233
任务11	曲面零件的编程与加工	237
11.1	任务描述	237
11.2	知识链接	238
11.2.1	三维曲面数控铣削加工工艺分析	238
11.2.2	数控铣床(加工中心)工具系统	239
11.2.3	宏指令和极坐标指令编程	241
11.3	任务实施	245
11.3.1	椭圆凸模零件加工工艺	245
11.3.2	椭圆凸模零件程序编制	245
11.4	检查评估	246
11.5	技能拓展	247

任务 12 数控铣削综合加工	251
12.1 模具加工	251
12.1.1 任务描述	251
12.1.2 加工中心基本知识	252
12.1.3 任务实施	255
12.1.4 检查评估	259
12.2 盖板零件的加工	260
12.3 技能拓展	264
参考文献	270

概 述

数控机床是数字控制机床（Computer Numerical Control Machine tools，简称 CNC）的简称，是一种将数字计算技术应用于机床的数控设备。数控机床把机械加工中的各种控制信息用代码化的数字表示，通过信息载体输入数控装置，经运算处理后由数控装置发出各种控制信号控制机床的动作，按图样要求的形状和尺寸自动地将零件加工出来。数控机床高效地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题，是一种高柔性、高效率、高精度的自动化机械设备，代表了现代机床控制技术的发展方向。

一、数控机床的产生与发展

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的，军事工业需求是数控机床发展的原始动力，军事工业的不断发展促进数控机床升级。随着市场竞争的加剧，民用工业对高精度、高效率、柔性化及批量生产的需要，使其对数控机床产业化的要求更加迫切。纵观世界数控机床的发展史，大致可以分为 4 个阶段：

1. 起动阶段（1953—1979 年）

1952 年，美国麻省理工学院和吉丁斯·路易斯公司联合研制出世界上第一台数控升降台铣床，开创了数控机床产业发展的历史。随后，德国、日本等国于 1956 年分别研制出了本国的第一台数控机床。20 世纪 60 年代初，美国、日本、德国、英国相继进入商品化试生产阶段，由于当时数控系统处于电子管、晶体管和集成电路初期，设备体积大、线路复杂、价格昂贵、可靠性差，数控机床大多是控制简单的数控钻床，数控技术没有普及推广，数控机床技术发展整体进展缓慢。

20 世纪 70 年代，出现了大规模集成电路和小型计算机，特别是微处理器的研制成功，实现了数控系统体积小、运算速度快，使其可靠性提高、价格下降，数控系统的总体性能有了很大提高。同时，数控机床的基础理论和关键技术有了新的突破，从而给数控机床的发展注入了新的活力，世界发达国家的数控机床产业开始进入发展阶段。

2. 发展应用阶段（1980—1989 年）

20 世纪 80 年代以来，数控系统微处理器运算速度得到了快速提高，功能不断完善，可靠性进一步加强，监控、检测、换刀、外围设备得到了应用，使数控机床得到了全面发展。数控机床品种迅速扩展，发达国家数控机床产业进入发展应用阶段。

3. 产业化成熟阶段（1990—1999 年）

20 世纪 90 年代，数控机床得到了普遍应用，数控机床技术有了进一步发展，柔性单元、柔性系统、自动化工厂开始应用，标志着数控机床产业化进入成熟阶段。

4. 向更高水平发展（2000 年至今）

进入 21 世纪，军事技术和民用工业的发展对数控机床的要求越来越高，应用现代设计技术、测量技术、工序集约化、新一代功能部件以及软件技术，使数控机床的加工范围、动

态性能、加工精度和可靠性有了极大的提高。科学技术特别是信息技术的迅速发展，高速高精控制技术、多通道开放式体系结构、多轴控制技术、智能控制技术、网络化技术、CAD/CAM 与 CNC 的综合集成，使数控机床技术进入了智能化、网络化、敏捷制造、虚拟制造的更高阶段。

我国从 1958 年开始研制数控机床，20 世纪 70 年代初得到广泛发展，数控技术在车床、铣床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、电加工机床等上得到应用。目前我国高档数控机床自主创新仍在进行，自主创新成果产业化进程加快。在重型、超重型数控机床研发方面，重型龙门五轴联动复合机床、超重型数控卧式镗车床等一批达到国际先进水平的高档数控机床的研制成功，满足了航空航天、发电设备、汽车等重点领域对于超大零件的重点加工需求；高速精密数控车床、加工中心等产品广泛应用于航空航天、电子、汽车、军工等多个行业领域，并带动了众多中小企业设备的更新改造和产业升级。国内机床企业大力开展技术创新，在产品结构调整上取得了较大进展。为适应市场需求变化，许多机床企业压缩了低档、普通产品生产线，加快经济型数控机床升级换代步伐，着力发展中高档数控机床及生产线等。

二、数控机床的组成

数控机床由输入输出装置、数控装置、伺服系统、反馈系统、辅助控制装置、机床本体等部分组成，图 0-1 所示为数控机床的组成框图。

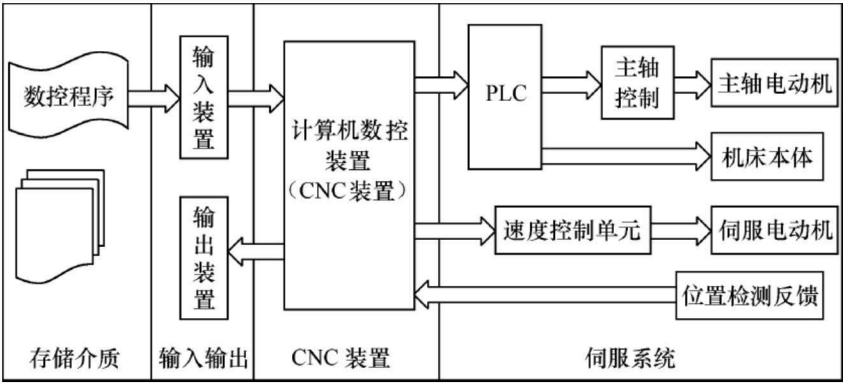


图 0-1 数控机床的组成框图

1. 输入输出装置

输入输出装置的作用是实现人机对话。输入装置输入数控代码并转化为相应的电信号保存在数控装置的存储器内，供数控装置的 CPU 随时读取。常用的输入装置有键盘、磁盘、驱动器、光电阅读机、计算机通信接口等。显示器属于输出装置，操作员通过显示器可以看到程序信息、位置坐标、报警信息等。

2. 数控装置

数控装置由 CPU、存储器、总线、功能部件和相应软件组成，接收由程序代码、控制面板、反馈系统等送来的各种指令，经 CPU 处理，分配后向伺服系统中的驱动机构发出位置、速度等指令，驱动相应对象执行命令，完成加工。

3. 伺服系统

伺服系统主要由控制器、功率驱动装置、反馈装置和电动机组成。伺服系统接收数控装置输出的微弱电信号，经功放变为较强的电信号，然后转换为模拟信号后驱动电动机，电动机带动机床执行部件，按指定的速度位置进行加工；控制器按照数控系统的给定值和通过反馈装置检测的实际运行值的差，调节控制量；功率驱动装置作为系统的主回路，一方面按控制量的大小调节电动机转矩的大小，另一方面将恒压恒频的电网供电转换为电动机所需的交流电或直流电；电动机则按供电情况拖动机械运转。

4. 反馈系统

反馈系统由检测元件和相应的电路组成，主要是检测速度和位移，并将信息反馈于数控装置，实现闭环控制以保证数控机床加工精度。

5. 辅助控制装置

辅助控制装置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、换向和启停，刀具的选择和交换，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。由于可编程逻辑控制器（PLC）具有响应快，性能可靠，易于使用、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。

6. 机床本体

数控机床的机床本体与传统机床相似，由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。为了满足数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点，数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都有很大变化。

三、数控机床的分类

数控机床种类很多，常见的分类方法有以下几种：

1. 按工艺用途分类

（1）金属切削类数控机床。与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等，还有工艺范围更宽的车削中心、加工中心、柔性制造单元（FMC）等。

（2）特种加工类数控机床。该类机床是指具有特种加工功能的机床，如数控电火花线切割机床、数控电火花成形机床、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床以及数控激光加工机床等。

（3）板材加工类数控机床。此类机床应用于金属板材加工，如数控压力机、数控剪板机和数控折弯机等。

近年来，其他机械设备中也大量采用了数控技术，如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

2. 按控制运动轨迹分类

（1）点位控制系统。点位控制系统是指数控系统只控制刀具或机床工作台，从一点准确地移动到另一点，而点与点之间运动的轨迹不需要严格控制的系统。为了减少移动部件的

运动与定位时间，一般先以高速移动到终点附近位置，然后以低速准确移动到终点定位位置，以保证良好的定位精度，移动过程中刀具不进行切削，如图 0-2 所示。使用点位控制系统的主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床等。图 0-3 所示为点位控制钻孔加工示意图。

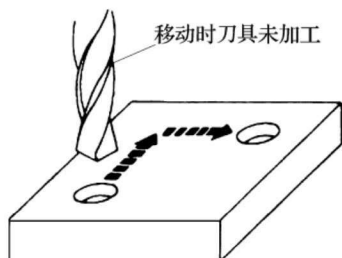


图 0-2 点位控制示意图

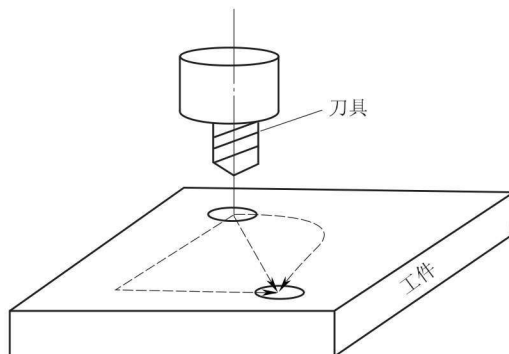


图 0-3 点位控制钻孔加工示意图

(2) 直线控制系统。直线控制系统是指数控系统不仅控制刀具或工作台从一点准确地移动到下一点，而且保证在两点之间的运动轨迹是一条直线的控制系统。刀具移动过程可以进行切削。应用直线控制系统的有数控车床、数控钻床和数控铣床等。图 0-4 所示为直线控制切削加工示意图。

(3) 轮廓控制系统。轮廓控制系统也称连续切削控制系统，是指数控系统能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行严格连续控制的系统。它不仅能控制移动部件从一点准确地移动到另一点，而且还能控制整个加工轨迹和速度，在运动过程中进行连续切削加工。应用轮廓控制系统的有数控铣床、数控车床、数控齿轮加工机床和加工中心等。图 0-5 所示为轮廓控制加工示意图。



图 0-4 直线控制切削加工示意图



图 0-5 轮廓控制加工示意图

3. 按进给伺服系统分类

(1) 开环控制数控机床。开环控制系统的特征是系统中没有检测反馈装置，指令信息单方向传送，并且指令发出后不再反馈回来，故称开环控制。相对于闭环系统而言，开环系统控制的速度和精度较低，其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构的性能和精度。但由于开环控制结构简单，调试方便，容易维修，成本较低，仍被广泛应用于经济型数控机床上。典型的开环数控系统框图如图 0-6 所示。

(2) 半闭环控制数控机床。半闭环控制系统框图如图 0-7 所示。

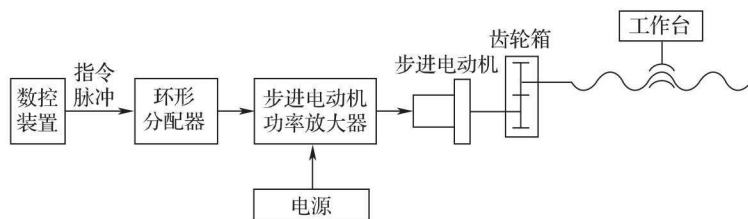


图 0-6 典型的开环数控系统框图

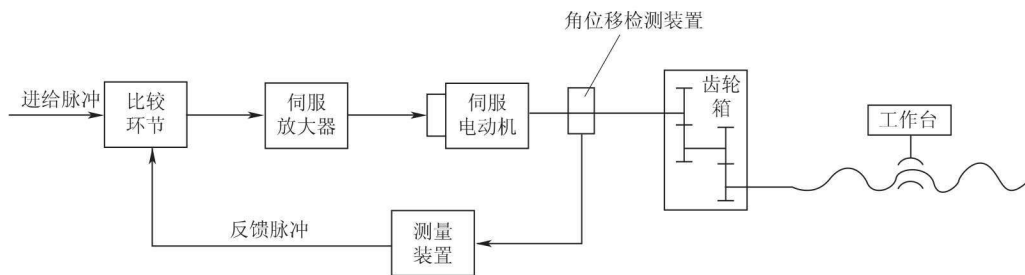


图 0-7 半闭环控制系统框图

半闭环控制数控机床不直接检测工作台的位移量，采用转角位移检测元件，测出伺服电动机或丝杠的转角，推算出工作台的实际位移量反馈到计算机中进行位置比较，用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有包含工作台，故称半闭环控制。半闭环控制精度较闭环控制差，但稳定性好，成本较低，调试维修也较容易，兼顾了开环控制和闭环控制两者的特点，因此应用比较普遍。

(3) 闭环控制数控机床。闭环控制系统框图如图 0-8 所示。闭环控制系统的特点是，利用安装在工作台上的检测元件将工作台实际位移量反馈到计算机中，与所要求的位置指令进行比较，用比较的差值进行控制，直到差值消除为止。闭环控制系统可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙、失动量以及工件加工过程中产生的干扰，具有更高的控制精度。速度检测元件的作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号送到速度控制电路中，进行反馈校正，保证电动机转速保持恒定不变。常用的速度检测元件是测速电动机。

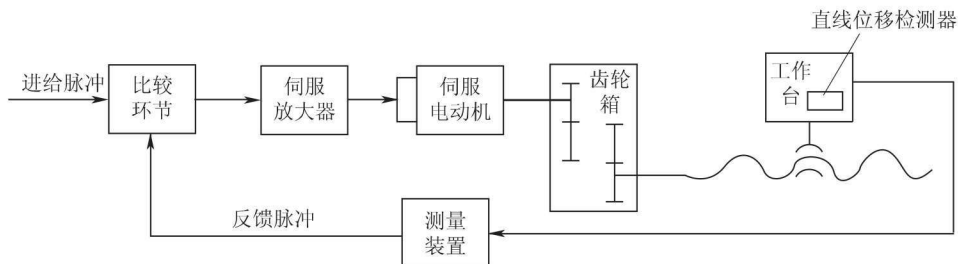


图 0-8 闭环控制系统框图

闭环控制的特点是加工精度高，移动速度快。这类数控机床采用直流伺服电动机或交流伺服电动机作为驱动元件，电动机的控制电路比较复杂，检测元件价格昂贵，因而调试和维修比较复杂，成本较高。

4. 按数控机床的性能分类

按数控制机床的性能可分为经济型（低档）数控机床、中档数控机床、高档数控机床，各数控系统功能水平指标如表 0-1 所示。

表 0-1 低、中、高档数控系统功能水平指标

功能	低档	中档	高档
分辨率	10 μm	1 μm	0.1 μm
进给速度	8 ~ 15 m/min	15 ~ 24 m/min	15 ~ 100 m/min
驱动进给类型	开环	半闭环或闭环的直流或交流伺服系统	
联动轴数（轴）	2 ~ 3	2 ~ 4	3 ~ 5 以上
通信功能	一般无	RS-232 或 DNC 接口	可有 MAP 通信接口，有联网功能
显示功能	LED 或简单的 CRT	较齐全的 CRT 显示	还有三维图形显示
内装 PLC	无	有	有强功能的 PLC
主 CPU	8 位或 16 位	32 位或 32 位以上的 CPU	

注：较齐全的 CRT 显示是指具有字符、图形、人机对话、自诊断等功能的显示。

四、数控机床的主要性能指标

1. 数控机床的精度

（1）定位精度和重复定位精度。定位精度是指数控机床工作台等移动部件所达到的实际位置精度，指实际位置与数控指令位置的一致程度。实际位置与数控指令位置的差值为定位误差，引起定位误差的因素包括伺服系统、检测系统和进给系统误差以及运动部件的几何误差，定位误差直接影响零件加工的精度。重复定位精度是指在同一台数控机床上，应用相同程序、相同代码加工一批零件，所得到的连续结果的一致程度。重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙、刚度以及摩擦特性等因素的影响。

（2）分度精度。分度精度是指分度工作台在分度时，指令要求回转的角度值和实际回转的角度值的差值。分度精度影响零件加工部位在空间的角度位置和孔系加工的同轴度等。

（3）分辨率与脉冲当量。分辨率指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小间隔。对于测量系统，分辨率是可以测量的最小增量；对于控制系统，分辨率是可以控制的最小位移增量或角位移增量。脉冲当量指数控装置每发出一个脉冲信号，反映到数控机床各运动部件的位移量或角位移量。

2. 数控机床的可控轴数与联动轴数

数控机床完成的运动越多，控制轴数就越多，对应的功能就越强，同时机床结构的复杂程度与技术含量也就越高。可控轴数是指机床数控装置最多可以控制的坐标轴数目，包括移动轴和回转轴。联动轴数是指机床数控系统按照加工要求控制同时运动的坐标轴数目。目前有两轴联动、两轴半联动、三轴联动、四轴联动、五轴联动等。两轴半联动是三个坐标轴中

有两个轴联动, 另外一个坐标轴只做周期性的进给。图 0-9 所示为两轴联动加工; 图 0-10 所示为两轴半联动加工。

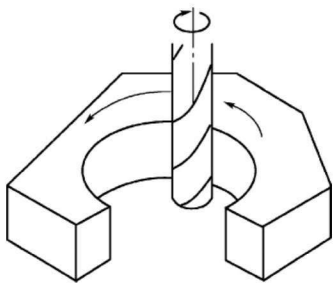


图 0-9 两轴联动加工

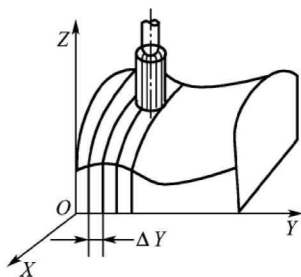


图 0-10 两轴半联动加工

三轴联动数控机床可以用球头铣刀加工三维空间曲面。四轴联动、五轴联动数控机床可以加工宇航叶轮、螺旋桨等零件。图 0-11 所示为五轴联动加工中心加工叶轮。

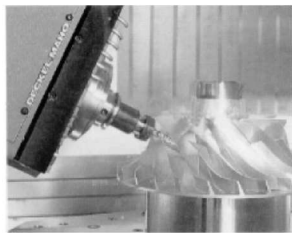
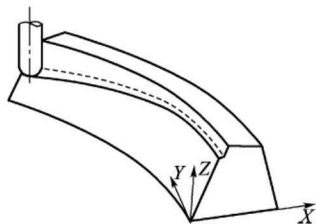


图 0-11 五轴联动加工中心加工叶轮

3. 数控机床的运动性能指标

数控机床的运动性能指标主要包括主轴转速、进给速度、坐标行程、回转轴的转角范围、刀库容量及换刀时间等。

五、数控机床坐标系

1. 机床坐标系

在数控机床上, 机床的动作是由数控装置来控制的, 为了确定数控机床上的成形运动和辅助运动, 必须先确定机床上运动的位移和运动的方向, 这就需要通过坐标系来实现, 这个坐标系被称为机床坐标系。机床坐标系是用来确定工件坐标系的基本坐标系, 是机床本身所固有的坐标系, 是机床生产厂家设计时自定的, 其位置由机械挡块决定, 不能随意改变。

(1) 机床相对运动的规定。为了使编程人员在不考虑机床上工件与刀具具体运动的情况下, 就可以依据零件图样确定机床的加工过程。规定在机床上, 始终认为工件静止, 而刀具是运动的。

(2) 机床坐标系的规定。标准机床坐标系采用笛卡尔右手直角坐标系, 如图 0-12 所示。

① 伸出右手的大拇指、食指和中指, 并互为 90° 。则大拇指代表 X 坐标, 食指代表 Y 坐标, 中指代表 Z 坐标。

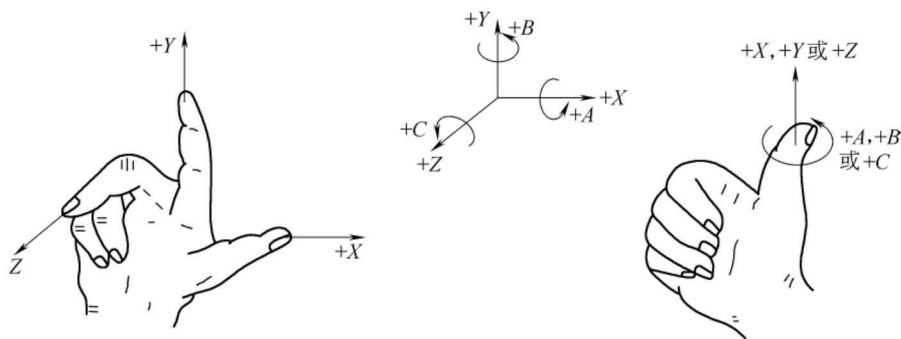


图 0-12 笛卡儿右手直角坐标系

② 大拇指的指向为 X 坐标的正方向，食指指向为 Y 坐标的正方向，中指的指向为 Z 坐标的正方向。

③ 围绕 X 、 Y 、 Z 坐标旋转的旋转坐标分别用 A 、 B 、 C 表示，根据右手螺旋定则，大拇指的指向为 X 、 Y 、 Z 坐标中任意一轴的正向，则其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A 、 B 、 C 的正向。

(3) 运动方向的规定。增大刀具与工件距离的方向即为各坐标轴的正方向。

(4) 坐标轴方向的确定。

① Z 坐标。 Z 坐标的运动方向是由传递切削动力的主轴所决定的，即平行于主轴轴线的坐标轴即为 Z 坐标， Z 坐标的正向为刀具离开工件的方向。

如果机床上有几个主轴，则选一个垂直于工件装夹平面的主轴方向为 Z 坐标方向；如果主轴能够摆动，则选垂直于工件装夹平面的方向为 Z 坐标方向。

② X 坐标。 X 坐标平行于工件的装夹平面，一般在水平面内。对于立式数控铣床，观察者面对刀具主轴向立柱看， $+X$ 运动方向指向右方。

③ Y 坐标。在确定 X 、 Z 坐标的正方向后，可以用根据 X 、 Z 坐标的方向，按照右手直角坐标系来确定 Y 坐标的方向。

在铣床上，有机床的纵向运动、横向运动以及垂向运动。在数控加工中就应该用机床坐标系（标准坐标系）来描述，如图 0-13 所示。

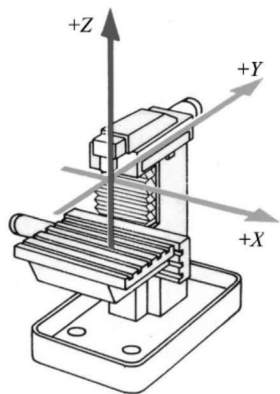


图 0-13 数控铣床坐标系

(5) 机床原点的设置。机床原点也称为机械原点，是指在机床上设置的一个固定点，即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来，是数控机床进行加工运动的基准参考点。

① 数控车床的原点。在数控车床上，机床原点一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处，如图 0-14 所示。同时通过设置参数，也可将机床原点设定在 X 、 Z 坐标的正方向极限位置上。

② 数控铣床的原点。在数控铣床上，机床原点一般取在 X 、 Y 、 Z 坐标的正方向极限位置上，如图 0-15 所示。