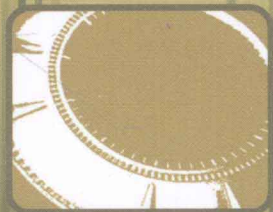
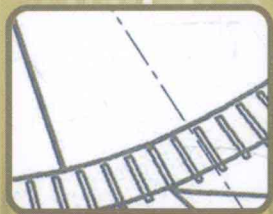
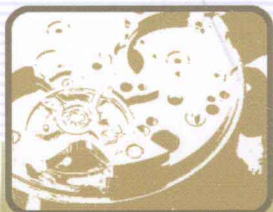




高等院校“十二五”示范性建设成果

机械零件数控车削加工

主 编。刘昭琴 主 审。陈 刚 杨成富



高等院校“十二五”示范性建设成果

机械零件数控车削加工

主 编 刘昭琴
副主编 温智灵 杨建伟
主 审 陈 刚 杨成富
参 编 陈雪华 赵晓峰 赵文雅
葛志宏 余雄鹰 唐启金
重庆重汽零部件制造有限公司 梁明忠
长安汽车集团有限责任公司 赵开伟
中国航天科技集团川南机械厂 杨成富
中国航天科技集团川南机械厂 高禄江

内 容 简 介

本书以典型生产性零件和技能大赛典型零件为载体,详细解析阶梯轴、螺纹轴、直管零件、轴套配合零件和车铣复合零件的数控加工工艺、数控加工编程、数控仿真和数控加工实际操作所涉及的相关环节内容和具体做法,以强化应用为目的,在突出数控加工工艺设计与编程、数控加工仿真与零件加工的基础上,引申讲述数控加工工艺、数控加工编程的理论知识,并随书赠送电子课件、电子教案光盘。

本书可作为高等院校数控技术以及相关专业的理实一体化教材,也可作为企业职工、成人教育的数控车削技术培训教材,还可供工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械零件数控车削加工/刘昭琴主编. —北京:北京理工大学出版社, 2011.7

ISBN 978-7-5640-4847-1

I. ①机… II. ①刘… III. ①机械元件-数控机床:车床-车削-高等学校-教材 IV. ①TH13②TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 146307 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>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 16.5

字 数 / 378 千字

版 次 / 2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1~1500 册

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 39.00 元

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

零件的数控加工程序编制是数控加工设备操作工、数控工艺（编程）员的典型工作任务，是数控技术高技能人才必须掌握的技能，也是机械类专业的一门重要的专业核心课程。

本书以培养学生的数控车削加工知识、技能和职业岗位素质为目标，详细介绍数控加工工艺设计，数控车床及车削中心的编程指令，着重介绍了华中世纪星 HNC21T 数控车削系统和 FANUC 0i 数控车削系统的编程思想，以及上海宇龙数控仿真软件的仿真操作等内容。

本书以工作过程为导向，以典型零件为载体，采用项目导向、任务驱动的方式组织教学内容，每个项目都来源于真实案例。主要内容包括 5 个学习情境，每个情境都采取了基于工作过程“六步法”即“明确任务、制订计划、作出决定、实施计划、检测控制、评价反馈”进行讲解，最后以“拓展知识训练、小结、练习题”结尾，以拓宽、巩固、加深所学内容。在工作任务部分，给出情境任务，即情境载体—零件图及任务；在资讯部分，明确零件加工任务要求、学习要求和其他要求；在计划部分，设计零件加工工艺，介绍学生需要学习的数控加工工艺、数控系统编程指令等相关知识；在决策部分，编写零件工艺文件，编制零件数控加工程序；在实施部分，介绍上海宇龙数控仿真软件操作、零件车削操作步骤、零件车削操作应注意的问题；在检测部分，介绍相应的检查方法、量具使用和零件车削质量分析等；在评价部分，介绍评价内容、评价方法、评价标准与结果等；在拓展知识训练部分，主要介绍法拉克数控车削编程指令及与此项目相关的一些知识；在小结部分，就本部分知识点作小结；在练习题部分，精心筛选了一定数量的习题，供学生检测学习效果。

通过 5 个情境的学习和训练，学生不仅能够掌握数控车削的编程知识，还能拟定工艺方案、编制数控加工程序以及加工、检测零件和质量分析评价，达到中、高级数控车工以及数控编程员水平。

本书由刘昭琴编写课程认知、情境一和情境五，赵晓峰编写情境二，赵文雅编写情境三，陈雪华编写情境四，温智灵和杨建伟负责统稿，陈刚和杨成富审阅。参与本书编写的老师还有余雄鹰、葛志宏、唐启金等，同时，本书在选取零件载体以及零件工艺方案分析等方面得到长安汽车集团有限责任公司赵开伟，中国航天科技集团川南机械厂杨成富，中国航天科技集团川南机械厂高禄江等同志的大力支持，在此深表感谢。

由于时间仓促，编者水平和经验有限，书中难免有欠妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

0 课程认知	1
0.1 数控技术基础	2
0.2 数控工艺基础	14
0.3 数控编程基础	25
拓展知识训练	40
练习题	43
情境一 中心轴套的数控车削加工	46
1.1 明确任务	48
1.1.1 中心轴套轮廓外形加工任务要求	48
1.1.2 中心轴套轮廓外形加工学习要求	48
1.1.3 其他要求	48
1.2 制订计划	48
1.2.1 中心轴套轮廓外形数控车削工艺设计	48
1.2.2 阶梯轴数控车削编程	52
1.3 作出决定	60
1.3.1 中心轴套工艺文件编制	60
1.3.2 阶梯轴数控加工程序编制	62
1.4 实施计划	64
1.4.1 仿真验证	64
1.4.2 中心轴套车削操作步骤	66
1.4.3 中心轴套车削操作中应注意的问题	66
1.4.4 中心轴套仿真加工效果图	66
1.5 检测控制	67
1.5.1 中心轴套车削质量检查	67
1.5.2 中心轴套车削质量分析	70
1.6 评价反馈	71
1.6.1 中心轴套知识能力评价	71
1.6.2 中心轴套车削操作技能和工作态度评价	71
拓展知识训练	73
小结	76
练习题	77

情境二 螺纹轴的数控车削加工	80
2.1 明确任务	82
2.1.1 螺纹轴轮廓外形加工任务要求	82
2.1.2 螺纹轴轮廓外形加工学习要求	82
2.1.3 其他要求	82
2.2 制订计划	82
2.2.1 螺纹轴轮廓外形数控车削工艺设计	82
2.2.2 螺纹轴数控车削编程	86
2.3 作出决定	98
2.3.1 螺纹轴工艺文件编制	98
2.3.2 螺纹轴数控加工程序编制	100
2.4 实施计划	102
2.4.1 仿真验证	102
2.4.2 螺纹轴车削操作步骤	104
2.4.3 螺纹轴车削操作中应注意的问题	105
2.4.4 螺纹轴仿真加工效果图	105
2.5 检测控制	106
2.5.1 螺纹轴车削质量检查	106
2.5.2 螺纹轴车削质量分析	109
2.6 评价反馈	110
2.6.1 螺纹轴知识能力评价	110
2.6.2 螺纹轴车削操作技能和工作态度评价	110
拓展知识训练	112
小结	120
练习题	120
情境三 液压支架用连接直管的数控车削加工	123
3.1 明确任务	126
3.1.1 直管的加工任务要求	126
3.1.2 直管的加工学习要求	126
3.1.3 其他要求	126
3.2 制订计划	127
3.2.1 直管零件车削工艺分析	127
3.2.2 知识点与技能点	129
3.2.3 编程指令	131
3.3 作出决定	135
3.3.1 直管零件工艺文件编制	135
3.3.2 直管零件加工程序确定	138

3.4 实施计划	142
3.4.1 仿真验证	142
3.4.2 直管车削操作步骤	143
3.4.3 直管车削操作中应注意的问题	143
3.4.4 中心轴套仿真加工效果图	143
3.5 检测控制	144
3.5.1 直管车削质量检查	144
3.5.2 直管车削质量分析	146
3.6 评定反馈	146
3.6.1 知识能力评价	146
3.6.2 操作技能和工作态度评价	146
拓展知识训练	148
小结	150
练习题	150
情境四 配合型面零件综合数控车削加工	153
4.1 明确任务	155
4.1.1 配合型面零件加工任务要求	155
4.1.2 配合型面零件数控加工学习要求	155
4.1.3 其他要求	155
4.2 制订计划	155
4.2.1 配合型面零件数控车削工艺设计	155
4.2.2 配合型面零件数控车削编程	159
4.3 作出决定	166
4.3.1 配合型面零件工艺文件编制	166
4.3.2 配合型面零件数控加工程序编制	169
4.4 实施计划	173
4.4.1 仿真验证	173
4.4.2 配合型面零件车削操作步骤	173
4.4.3 配合型面零件车削操作中应注意的问题	174
4.4.4 配合型面零件车削仿真加工效果图	174
4.5 检测控制	175
4.5.1 配合型面零件车削质量检查	175
4.5.2 配合型面零件车削质量分析	176
4.6 评价反馈	177
4.6.1 配合型面零件知识能力评价	177
4.6.2 配合型面零件车削操作技能和工作态度评价	177
拓展知识训练	179

小结	188
练习题	188
情境五 转轴零件的数控加工	193
5.1 明确任务	195
5.1.1 转轴零件加工任务要求	195
5.1.2 转轴轮廓外形加工学习要求	195
5.1.3 其他要求	195
5.2 制订计划	195
5.2.1 转轴工艺设计	195
5.2.2 转轴的数控车削中心加工编程	200
5.3 作出决定	219
5.3.1 转轴零件工艺文件编制	219
5.3.2 转轴零件的数控加工程序编制	223
5.4 实施计划	227
5.4.1 仿真验证	227
5.4.1 转轴车削操作步骤	230
5.4.2 转轴车削操作中应注意的问题	231
5.4.3 转轴车削仿真加工效果图	231
5.5 检测控制	232
5.5.1 转轴切削质量检查	232
5.5.2 转轴零件车削质量分析	233
5.6 评价反馈	233
5.6.1 转轴零件知识能力评价	233
5.6.2 转轴零件车削操作技能和工作态度评价	233
小结	235
练习题	235
附表	236
《机械零件数控车削加工》课后习题参考答案	241
参考文献	256

0 课程认知

【知识目标】

- ◆ 熟知数控技术的概念，数控机床产生和发展。
- ◆ 熟知数控机床的组成、工作原理与特点、分类与应用。
- ◆ 掌握数控机床坐标系的确定方法，数控加工程序的结构。
- ◆ 掌握数控车床的组成及工作原理，数控车床的结构特点。
- ◆ 掌握数控车削工艺知识及编程基础知识。

【能力目标】

- ◆ 具备确定数控机床坐标系的能力。
- ◆ 能理解数控系统的编程指令体系。
- ◆ 能使用有关单位设定和坐标设定的 G 功能指令及 F、S、T 功能代码进行相应的设置。
- ◆ 会运用辅助功能代码进行辅助功能设置。

【素质目标】

- ◆ 具有爱岗敬业、团队协作的精神。
- ◆ 具有良好的职业道德意识。
- ◆ 具有严、慎、细、实的工作作风。
- ◆ 将航天职业素质培养融入学习的全过程。

0.1 数控技术基础

一、数控机床概述

1. 数控技术概述

数控 (Numerical Control, NC) 技术是近代发展起来的一种自动控制技术, 是利用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。

数控系统——就是采用数控技术实现数字控制的一整套装置和设备。

数控机床——就是装备有数控系统, 采用数控技术控制的机床。

常见的数控机床有: 数控车床、数控铣床、数控加工中心等。

2. 数控机床的产生和发展

(1) 数控机床的产生

1948 年, 美国帕森斯公司接受美国空军委托, 研制飞机螺旋桨叶片轮廓样板的加工设备。由于样板形状复杂多样, 精度要求高, 一般加工设备难以适应, 于是提出计算机控制机床的设想。1949 年, 该公司在美国麻省理工学院伺服机构研究室的协助下, 开始数控机床研究, 并于 1952 年试制成功第一台由大型立式仿形铣床改装而成的三坐标数控铣床, 不久即开始正式生产。

(2) 数控机床的发展

1952 年, 第一台三坐标数控铣床标志着第一代数控机床产生。当时的数控装置采用电子管元件, 体积庞大, 价格昂贵, 只在航空工业等少数有特殊需要的部门用来加工复杂型面零件。

1959 年, 美国克耐·杜列克公司开发了带有自动换刀装置的数控机床, 称为“加工中心”, 制成了晶体管元件和印刷电路板, 使数控装置进入了第二代, 体积缩小, 成本有所下降; 1960 年以后, 较为简单和经济的点位控制数控钻床和直线控制数控铣床得到较快发展, 使数控机床在机械制造业各部门逐步获得推广。

1965 年, 出现了第三代的集成电路数控装置, 不仅体积小, 功率消耗少, 且可靠性提高, 价格进一步下降, 促进了数控机床品种和产量的发展。

20 世纪 60 年代末, 先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统 (简称 DNC), 又称群控系统; 采用小型计算机控制的计算机数控系统 (简称 CNC), 使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974 年, 研制成功使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置 (简称 MNC), 这是第五代数控系统。第五代与第三代相比, 数控装置的功能扩大了一倍, 而体积则缩小为原来的 $1/20$, 价格降低了 $3/4$, 可靠性也得到极大的提高。

20 世纪 80 年代初, 随着计算机软硬件技术的发展, 出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置; 数控装置愈趋小型化, 可以直接安装在机床上; 数控机床的自动化程度进一步提高, 具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。国际上又出现了柔性制造单元 (简称 FMC) 和柔性制造系统 (简称 FMS); FMC 和 FMS 被认为是实现计算机集成制造系统 (简称 CIMS) 的必经阶段和基础。

(3) 我国数控机床的发展状况

1958 年我国开始研制第一台数控铣床（清华大学）。

1966 年我国成功研制晶体管 NC 系统，并生产出了数控线切割机床、数控铣床等。

20 世纪 80 年代，主要靠引进。

20 世纪 90 年代，主要靠摸索前进。

2000 年后，发展较快，目前已有 FMS 和 CIMS。

3. 数控机床的组成、工作原理与特点

(1) 数控机床的组成

现代计算机数控机床由控制介质、输入输出设备、计算机数控装置、伺服系统及机床本体组成，如图 0.1 所示。

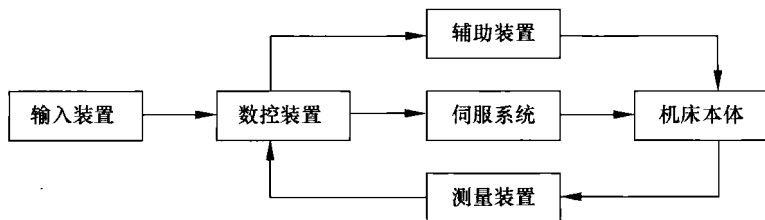


图 0.1 数控机床的基本组成

1) 控制介质。控制介质又称信息载体，是人与数控机床之间联系的中间媒介物质，反映了数控加工中的全部信息。目前常用的有优盘、CF 卡、移动硬盘、磁带或磁盘等。

2) 输入、输出装置。输入、输出装置是 CNC 系统与外部设备进行交互的装置。交互的信息通常是零件加工程序，即将编制好的记录在控制介质上的零件加工程序输入 CNC 系统或将调试好了的零件加工程序通过输出设备存放或记录在相应的控制介质上。

3) 数控装置。CNC 装置是数控机床实现自动加工的核心，主要由计算机系统、位置控制板、PLC 接口板，通讯接口板、特殊功能模块以及相应的控制软件等组成。

作用：根据输入的零件加工程序进行相应的处理（如运动轨迹处理、机床输入输出处理等），然后输出控制命令到相应的执行部件（伺服单元、驱动装置和 PLC 等），所有这些工作是由 CNC 装置内硬件和软件协调配合，合理组织，使整个系统有条不紊地进行工作。

4) 伺服系统。它是数控系统与机床本体之间的电传动联系环节，主要由伺服电动机、驱动控制系统以及位置检测反馈装置组成。伺服电机是系统的执行元件，驱动控制系统则是伺服电机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令，再经过驱动系统的功率放大后，带动机床移动部件作精确定位或按照规定的轨迹和进给速度运动，使机床加工出符合图样要求的零件。

5) 检测反馈系统。测量反馈系统由检测元件和相应的电路组成，其作用是检测机床的实际位置、速度等信息，并将其反馈给数控装置与指令信息进行比较和校正，构成系统的闭环控制。

6) 机床本体。机床本体指的是数控机床机械结构实体，包括床身、主轴、进给机构等机械部件。由于数控机床是高精度和高生产率的自动化机床，它与传统的普通机床相比，应具有更好的刚性和抗振性，相对运动摩擦系数要小，传动部件之间的间隙要小，而且传动和

变速系统要便于实现自动化控制。

(2) 数控机床的工作原理

数控机床的控制框图如图 0.2 所示。

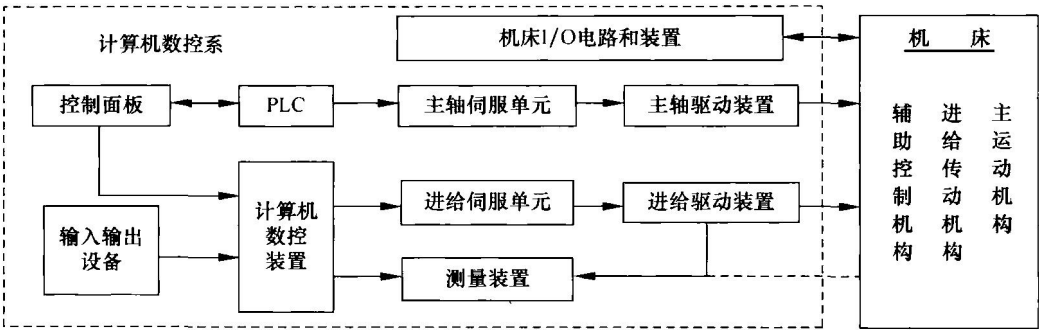


图 0.2 数控机床的控制框图

- 1) 根据被加工零件的图样与工艺规程，用规定的代码和程序格式编写加工程序。
- 2) 将所编程序指令输入机床数控装置。
- 3) 数控装置将程序（代码）进行译码、运算之后，向机床各个坐标的伺服机构和辅助控制发出信号，以驱动机床的各运动部件，并控制所需要的辅助动作，最后加工出合格的零件。

数控机床的工作原理如图 0.3 所示。

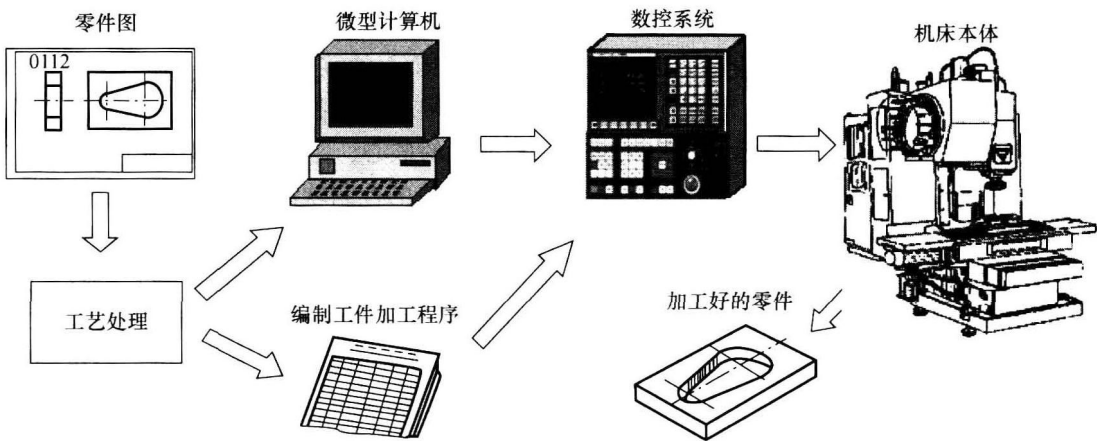


图 0.3 数控机床工作原理

(3) 数控机床的特点

- 1) 具有高度柔性。在数控机床上加工零件，主要取决于加工程序，它与普通机床不同，不必制造、更换许多工具、夹具，不需要经常调整机床。因此，数控机床适用于零件频繁更换的场合，也就是适合单件、小批生产及新产品的开发，缩短了生产准备周期，节省了大量工艺设备的费用。
- 2) 加工精度高。数控机床的加工精度，一般可达到 0.005 ~ 0.1 mm，数控机床是按数字信号形式控制的，数控装置每输出一个脉冲信号，则机床移动部件移动一个脉冲当量

(一般为 0.001 mm), 而且机床进给传动链的反向间隙与丝杠螺距平均误差可由数控装置进行补偿, 因此, 数控机床定位精度比较高。

3) 加工质量稳定、可靠。加工同一批零件, 在同一机床, 在相同加工条件下, 使用相同刀具和加工程序, 刀具的走刀轨迹完全相同, 零件的一致性好, 质量稳定。

4) 生产率高。数控机床可有效地减少零件的加工时间和辅助时间, 它的主轴转速和进给量的范围大, 允许机床进行大切削量的强力切削, 数控机床目前正进入高速加工时代, 数控机床移动部件的快速移动和定位及高速切削加工, 减少了半成品的工序间周转时间, 提高了生产效率。

5) 改善劳动条件。数控机床加工前经调整后, 输入程序并启动, 机床就能自动连续的进行加工, 直至加工结束。操作者主要是程序的输入、编辑、装卸零件、刀具准备、加工状态的观测、零件的检验等工作, 劳动强度极大降低, 机床操作者的劳动趋于智力型工作。另外, 机床一般是封闭式加工, 既清洁, 又安全。

6) 有利于生产管理现代化。数控机床的加工, 可预先精确估计加工时间, 所使用的刀具、夹具可进行规范化、现代化管理。数控机床使用数字信号与标准代码为控制信息, 易于实现加工信息的标准化, 目前已与计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM) 有机地结合起来, 是现代集成制造技术的基础。

4. 数控机床的分类

(1) 按加工工艺方法分类

1) 普通数控机床。为了不同的工艺需要, 普通数控机床有数控车床、铣床、钻床、镗床及磨床等, 而且每一类又有很多品种。

2) 数控加工中心。数控加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。典型的数控加工中心有镗铣加工中心和车削加工中心。

3) 多坐标数控机床。多坐标联动的数控机床, 其特点是数控装置能同时控制的轴数较多, 机床结构也较复杂。坐标轴数的多少取决于加工零件的复杂程度和工艺要求, 现在常用的有四、五、六坐标联动的数控机床。

4) 数控特种加工机床。数控特种加工机床包括电火花加工机床、数控线割机床、数控激光切割机床等。

(2) 按控制运动的方式分类

1) 点位控制数控机床。如图 0.4 所示, 点位控制是指数控系统只控制刀具或工作台从一点移至另一点的准确定位, 然后进行定点加工, 而点与点之间的路径不需控制。采用这类控制的有数控钻床、数控镗床、数控坐标镗床、数控冲床和数控测量机等。

这类数控机床的特点是在刀具相对于工件的移动过程中不进行切削加工, 只要求刀具从一点移动到另一点并准确定位, 而对运动的速度和轨迹没有严格的要求。如图 0.4 所示, 刀具从 A 点到 B 点可以走①、②或③中的任意一条路径。

2) 直线控制数控机床。如图 0.5 所示, 直线控制是指数控系统除控制直线轨迹的起点和终点的准确定位外, 还要控制在这两点之间以指定的进给速度进行直线切削。采用这类控制的有数控铣床、数控车床和数控磨床等。这类数控机床不仅要控制刀具从一点移动到另一点, 而且要沿直线轨迹 (一般与某一坐标轴平行或成 45° 角) 以一定速度移动, 移动过程中可进行切削加工。

3) 轮廓控制数控机床。亦称连续轨迹控制，如图 0.6 所示，能够连续控制两个或两个以上坐标方向的联合运动。为了使刀具按规定的轨迹加工工件的曲线轮廓，数控装置具有插补运算的功能，使刀具的运动轨迹以最小的误差逼近规定的轮廓曲线，并协调各坐标方向的运动速度，以便在切削过程中始终保持规定的进给速度。采用这类控制的有数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。

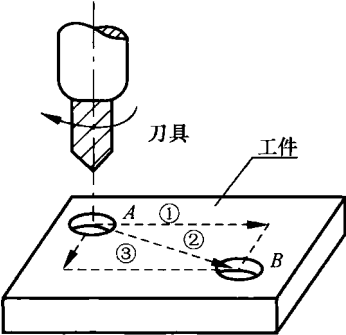


图 0.4 点位控制

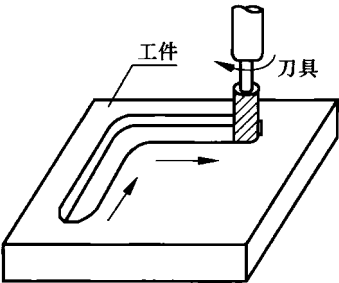


图 0.5 直线控制

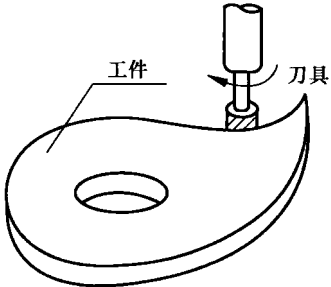


图 0.6 轮廓控制

轮廓控制数控机床能够控制机床刀具或工件沿直线、圆弧或抛物线等曲线轨迹移动，移动过程中可进行切削加工，移动速度根据工艺要求由编程确定，可实现曲线或者曲面轮廓加工，加工示例如图 0.6 所示。

(3) 按控制系统类型分类

1) 开环控制系统。开环控制系统是指不带反馈装置的控制系统，由步进电机驱动线路和步进电机组成，如图 0.7 所示。数控装置经过控制运算发出脉冲信号，每一脉冲信号使步进电机转动一定的角度，通过滚珠丝杠推动工作台移动一定的距离。

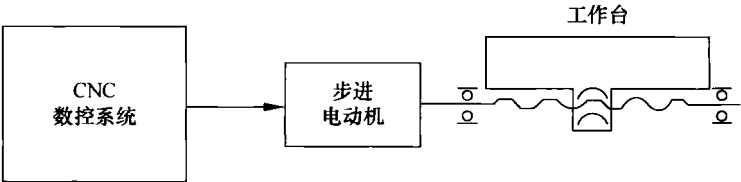


图 0.7 开环控制系统

这种伺服机构比较简单，工作稳定，容易掌握使用，但精度和速度的提高受到限制。

2) 半闭环控制系统。如图 0.8 所示，半闭环控制系统是在开环控制系统的伺服机构中

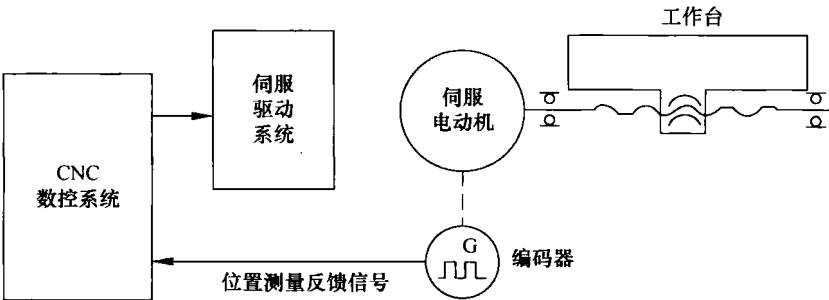


图 0.8 半闭环控制系统

装有角位移检测装置,通过检测伺服机构的滚珠丝杠转角间接检测移动部件的位移,然后反馈到数控装置的比较器中,与原输入指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,使移动部件补充位移,直到差值消除为止的控制系统。

这种伺服机构所能达到的精度、速度和动态特性优于开环伺服机构,为大多数中小型数控机床所采用。

3) 闭环控制系统。如图 0.9 所示,闭环控制系统是在机床移动部件位置上直接装有直线位置检测装置,将检测到的实际位移反馈到数控装置的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值控制移动部件作补充位移,直到差值消除时才停止移动,达到精确定位的控制系统。

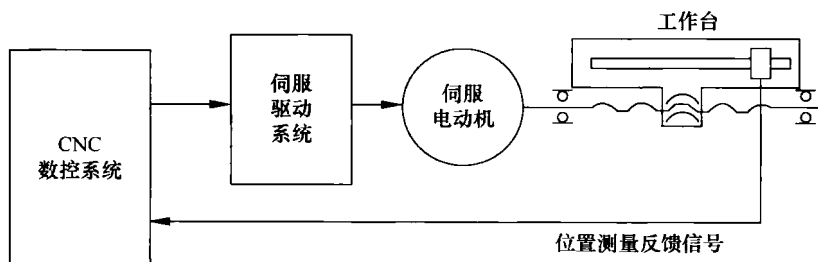


图 0.9 闭环控制系统

闭环控制系统的定位精度高于半闭环控制,但结构比较复杂,调试维修的难度较大,常用于高精度和大型数控机床。

(4) 按联动轴数分类

数控系统控制几个坐标轴按需要的函数关系同时协调运动,称为坐标联动,按照联动轴数可以分为二轴联动、二轴半联动、三轴联动和多轴联动数控机床,如图 0.10 所示。

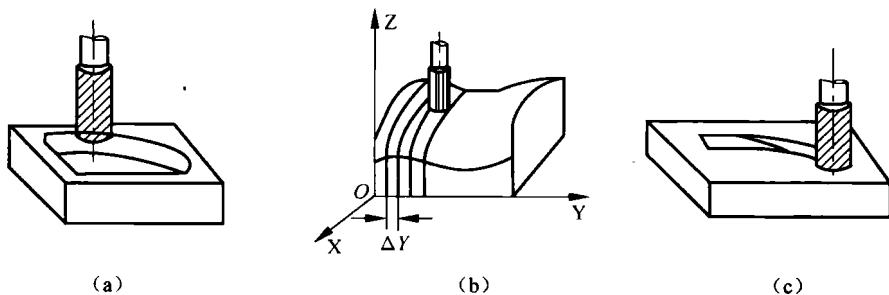


图 0.10 不同联动轴数所能加工型面

(a) 二轴联动; (b) 二轴半联动; (c) 三轴联动

1) 两轴联动。数控机床能同时控制两个坐标轴联动,适于数控车床加工旋转曲面或数控铣床铣削平面轮廓。

2) 两轴半联动。在两轴的基础上增加了 Z 轴的移动,当机床坐标系的 X、Y 轴固定时, Z 轴可以作周期性进给。两轴半联动加工可以实现分层加工。

3) 三轴联动。数控机床能同时控制三个坐标轴的联动,用于一般曲面的加工,一般的型腔模具均可以用三轴加工完成。

4) 多坐标联动。数控机床能同时控制四个以上坐标轴的联动。多坐标数控机床的结构复杂, 精度要求高、程序编制复杂, 适于加工形状复杂的零件, 如叶轮叶片类零件。

通常三轴机床可以实现二轴、二轴半、三轴加工; 五轴机床也可以只用到三轴联动加工, 而其他两轴不联动, 如图 0.11 和图 0.12 所示。

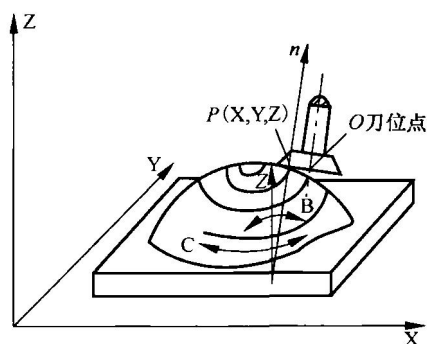


图 0.11 五轴联动铣削曲面零件

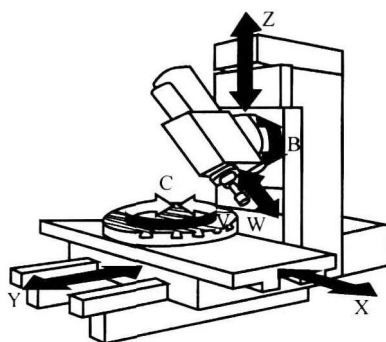


图 0.12 六轴加工中心坐标示意图

5. 数控机床坐标系的确定

在数控编程时为了描述机床的运动, 简化程序编制的方法及保证记录数据的互换性, 数控机床的坐标系和运动方向均已标准化, ISO 和我国都拟定了命名的标准。

(1) 机床坐标系的确定

1) 机床相对运动的规定。工件相对静止, 而刀具运动。在机床上始终认为工件静止, 而刀具是运动的。这样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。

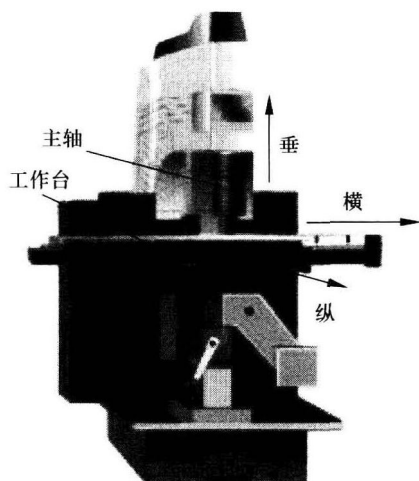


图 0.13 机床坐标系

2) 机床坐标系的规定。标准机床坐标系是一个标准的右手直角笛卡尔坐标系, 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, 这个坐标系被称之为机床坐标系。例如铣床上, 有机床的纵向运动、横向运动以及垂向运动。如图 0.13 所示。

标准机床坐标系中 X、Y、Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡尔直角坐标系决定, 如图 0.14 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。

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

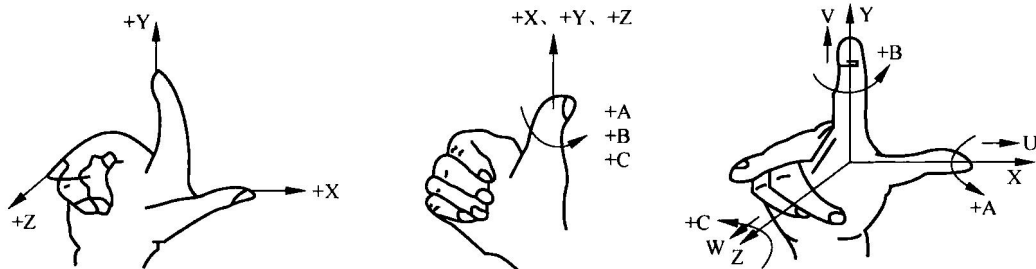


图 0.14 标准机床坐标系中 X、Y、Z 坐标轴的相互关系

③ 围绕 X、Y、Z 坐标轴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。增大刀具与工件间距离的方向即为各坐标轴的正方向，图 0.15 所示为数控车床上两个运动的正方向。

(2) 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。

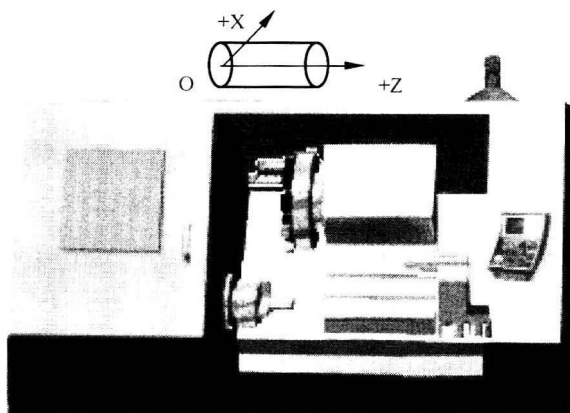


图 0.15 数控车床上两个运动的正方向

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；如果机床无主轴，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。如果工件做旋转运动，则刀具离开工件的方向为 X 坐标的正方向；如果刀具做旋转运动，则分为两种情况。

① Z 坐标水平时，观察者沿刀具主轴向工件看时，+X 运动方向指向右方。

② Z 坐标垂直时，观察者面对刀具主轴向立柱看时，+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，根据 X 和 Z 坐标的方向，按照右手直角坐标系来确定 Y 坐标的方向。

坐标轴方向的确定如图 0.16、图 0.17 所示。