



面向
21世纪
高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专系列教材

数控机床原理与编程

陈富安 主 编
陈国防 副 编
方 新 主 审

西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专系列教材

数控机床原理与编程

主 编 陈富安

副主编 陈国防

主 审 方 新

西安电子科技大学出版社

2004

序

1999年以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业技术教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业技术教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批具有“双师素质”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校、特色专业和实训基地。

为解决当前信息及机电类精品高职教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会分两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共100余种。这些教材的选题是在全国范围内近30所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职教材的特点。第一轮教材共36种,已于2001年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印6次,并获教育部2002年普通高校优秀教材二等奖。第二轮教材预计在2004年全部出齐。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李宗尧

机电类专业系列高职高专教材

编审专家委员会名单

主任：刘跃南（深圳职业技术学院教务长，教授）

副主任：方新（北京联合大学机电学院副院长，教授）

李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑，教授）

成员：（按姓氏笔画排列）

刘守义（深圳职业技术学院工业中心主任，副教授）

李七一（南京工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

李望云（武汉职业技术学院机械系主任，副教授）

宋文学（西安航空技术高等专科学校机械系副主任，副教授）

邱士安（成都电子机械高等专科学校机电工程系副主任，副教授）

胡德淦（郑州工业高等专科学校机械工程系副教授）

高鸿庭（上海电机技术高等专科学校机械系副教授）

郭再泉（无锡职业技术学院自控与电子工程系副主任，副教授）

蒋敦斌（天津职业大学机电工程系主任，教授）

董建国（湖南工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

翟轰（陕西工业职业技术学院院长，教授）

项目总策划：梁家新

项目策划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

电子教案：马武装

前 言

本书是中国高等职业技术教育研究会与西安电子科技大学出版社共同策划、组织编写的高职高专 IT 类及机电类专业系列教材之一。在本书的编写过程中,作者总结了多年的实践和教学经验,本着理论够用为度,培养技能,重在应用的原则;力求简单易懂,精炼实用,以充分体现高职高专教育的特点。

“数控机床原理与编程”是一门实用性很强的专业课。本书从数控机床的外观结构入手,由浅入深,全面系统地介绍了数控机床的机械传动原理、编程与加工方法、计算机数控原理。全书内容连贯,层次清晰,概念和原理的叙述准确、简单明了。书中配有大量实例,每章后还有本章小结和习题,便于教师课堂教学与学生自学使用。

本书既可作为高职高专数控技术应用、机电一体化、模具制造等专业的教材,也可供从事数控技术和相关专业技术工作的技术人员参考与自学使用。

全书分为 3 篇,各篇的主要内容介绍如下。

第 1 篇数控机床(第 1 章~第 3 章),主要介绍了数控机床的机械结构和机械传动原理,包括数控机床概述、典型数控机床、数控机床的典型结构三个部分,详细分析了常见数控机床的传动系统、液压系统、换刀系统的特点和基本原理。本篇内容对使用、维护和调整数控机床是十分必要的。

第 2 篇数控编程(第 4 章~第 6 章),主要介绍了数控编程的基本知识和编程方法,包括数控编程概述、典型机床数控编程、数控自动编程三个部分,详细介绍了数控编程的内容、步骤、工艺分析方法、数值计算方法等基本知识;并以 FANUC-0 系列数控系统为代表,介绍了数控车床、数控铣床、加工中心的加工编程方法及实例;此外,还对 MasterCAM 软件自动编程作了简要介绍。本篇内容是操作和使用数控机床的基础。

第 3 篇数控系统(第 7 章~第 12 章),主要介绍了计算机数控系统的组成结构和控制原理,包括数控系统概述、计算机数控装置、伺服系统与位置检测装置、进给运动的控制、主轴驱动及控制、辅助功能与可编程控制器五个部分,详细介绍了数控系统的组成结构、信息处理原理、伺服驱动原理、辅助功能控制原理;并分析了“机-电”结合部分(伺服驱动到机械传动链)影响进给位置控制性能的关键因素以及调整、补偿的要点。本篇内容对于安装、调试、维修和使用数控机床是非常重要的。

本书由陈富安任主编，并编写了第1、7、8、10章；陈国防任副主编，并编写了第4、6章；徐回忆编写了第2章；高云婷编写了第3章；李攀峰编写了第5章；王燕平编写了第9章；商国云编写了第11章；王黎编写了第12章。全书由陈富安统稿、定稿。

北京联合大学方新教授主审并认真校对了本书，提出了许多宝贵意见，为本书的编写提供了很大的帮助，在此深表感谢！

由于时间紧迫和编者水平有限，书中的错误和缺点在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2004年3月

目 录

第 1 篇 数控机床

第 1 章 数控机床概述	1	2.2.2 数控铣床的传动结构及调整	28
1.1 数控机床的产生和发展	1	2.3 加工中心	30
1.1.1 数控技术与数控机床	1	2.3.1 加工中心概述	30
1.1.2 数控机床的产生和发展	1	2.3.2 JCS-018A 型加工中心简介	32
1.2 数控机床的特点	2	2.3.3 JCS-018A 型加工中心的 传动系统	34
1.3 数控机床的分类	3	2.3.4 JCS-018A 型加工中心的 主要结构	36
1.3.1 按工艺用途分类	3	本章小结	42
1.3.2 按运动轨迹分类	3	习题	43
1.3.3 按伺服系统的控制方式分类	5	第 3 章 数控机床的典型结构	44
1.3.4 按功能水平分类	6	3.1 主轴传动系统	44
1.4 数控机床的基本原理和坐标系	6	3.1.1 主轴传动方式	44
1.4.1 数控机床的基本原理	6	3.1.2 主轴的支承和润滑	45
1.4.2 数控机床的坐标系	8	3.1.3 主轴的定向停止	46
1.5 数控机床的主要性能指标	9	3.1.4 主轴的刀具自动夹紧和 铁屑清除机构	47
1.5.1 数控机床的运动性能指标	9	3.2 进给传动系统	47
1.5.2 数控机床的精度指标	9	3.2.1 齿轮传动副	47
1.5.3 数控机床的可控轴数与 联动轴数	10	3.2.2 滚珠丝杠副	50
本章小结	10	3.2.3 回转进给坐标系统的典型结构	54
习题	11	3.2.4 导轨	58
第 2 章 典型数控机床	12	3.3 自动换刀装置	60
2.1 数控车床	12	3.3.1 自动换刀装置的形式	60
2.1.1 数控车床概述	12	3.3.2 刀具交换装置	62
2.1.2 MJ-50 型数控车床的结构 与传动	15	3.3.3 刀库	64
2.1.3 MJ-50 型数控车床的 液压系统	24	本章小结	65
2.2 数控铣床	26	习题	66
2.2.1 数控铣床的布局及 主要技术参数	27		

第2篇 数控编程

第4章 数控编程概述	67	5.1.3 数控车床加工与编程	103
4.1 数控编程基础知识	67	5.1.4 数控车床编程实例	118
4.1.1 数控编程的概念	67	5.1.5 数控车床的操作面板	120
4.1.2 数控编程的内容与步骤	68	5.2 数控铣床编程	125
4.1.3 零件程序的格式	69	5.2.1 数控铣床编程基础	125
4.1.4 数控编程的种类	69	5.2.2 基本编程方法	127
4.2 数控编程中的工艺分析与设计	70	5.2.3 数控铣床编程举例	133
4.2.1 数控加工工艺设计准备	70	5.3 加工中心编程	135
4.2.2 数控加工工艺的设计过程	72	5.3.1 基本编程方法	135
4.2.3 数控加工专用技术文件的编写	80	5.3.2 固定循环功能	136
4.3 零件数控加工工艺设计实例	82	5.3.3 加工中心编程举例	140
4.4 数控编程中的数值计算	87	本章小结	141
4.4.1 计算零件几何元素的基点坐标	87	习题	141
4.4.2 计算曲线节点坐标	88	第6章 数控自动编程	143
本章小结	90	6.1 自动编程概述	143
习题	90	6.2 MasterCAM 简介	143
第5章 典型机床数控编程	91	6.2.1 功能菜单简介	144
5.1 数控车床编程	91	6.2.2 实例分析	152
5.1.1 数控车床编程概述	91	本章小结	162
5.1.2 常用 G 指令	98	习题	162

第3篇 数控系统

第7章 数控系统概述	163	8.1.1 CNC 装置的硬件结构	173
7.1 数控系统及其组成	163	8.1.2 CNC 装置的软件结构	175
7.2 数控系统的分类	164	8.1.3 零件加工程序的处理过程	177
7.3 主要数控系统产品简介	167	8.2 数控加工程序的输入	178
7.3.1 日本 FANUC 数控系统	167	8.2.1 输入装置	178
7.3.2 德国 SIEMENS 公司的 CNC 产品	168	8.2.2 数控加工程序输入过程	182
7.3.3 西班牙 FAGOR 公司的 CNC 产品	170	8.3 数控加工程序的预处理	185
本章小结	171	8.3.1 数控加工程序的译码	186
习题	172	8.3.2 刀具补偿原理	189
第8章 计算机数控装置	173	8.3.3 进给速度处理	198
8.1 计算机数控(CNC)装置的组成结构 ..	173	8.4 轮廓插补原理	199
		8.4.1 逐点比较法插补	199
		8.4.2 数字积分法插补	208
		8.4.3 数据采样法插补	212
		本章小结	217

习题.....	218	10.4.2 机械传动链对位置控制特 性的影响.....	261
第 9 章 伺服系统与位置检测装置	220	10.5 进给运动控制参数的设置.....	263
9.1 伺服系统概述	220	10.5.1 一般参数的设定.....	263
9.2 开环步进电动机驱动系统	221	10.5.2 返回参考点参数设置.....	266
9.2.1 步进电动机	222	10.5.3 进给运动的补偿设定.....	267
9.2.2 步进电动机的驱动及控制	225	本章小结.....	268
9.3 直流伺服系统	230	习题.....	269
9.3.1 直流伺服电动机	230	第 11 章 主轴驱动及控制	270
9.3.2 直流伺服驱动系统	231	11.1 概述.....	270
9.3.3 直流伺服驱动装置的信号连接 ...	233	1.1.1 数控机床对主轴系统的要求	270
9.4 交流伺服系统	234	1.1.2 主轴系统的分类与特性	270
9.4.1 交流伺服电动机	235	1.1.3 CNC 与主轴驱动装置的连接	271
9.4.2 交流伺服驱动系统	235	11.2 主轴的分段无级调速及控制.....	275
9.5 位置检测装置	236	11.3 主轴准停控制.....	278
9.5.1 概述	236	本章小结.....	281
9.5.2 旋转编码器	237	习题.....	281
9.5.3 光栅尺	241	第 12 章 辅助功能与可编程控制器	282
9.5.4 感应同步器	244	12.1 概述.....	282
9.5.5 磁栅	247	12.2 数控系统中 PLC 的信息交换	283
本章小结.....	250	12.2.1 数控系统中 PLC 的信息交换 ...	283
习题.....	250	12.2.2 实例分析.....	284
第 10 章 进给运动的控制	252	12.3 M、S、T 功能的实现	287
10.1 开环进给系统性能分析.....	252	本章小结.....	290
10.2 闭环进给位置控制系统的 结构分析.....	253	习题.....	290
10.3 电气传动部分对位置误差的影响.....	255	附录	291
10.4 机械传动链对位置控制 特性的影响.....	260	参考文献	292
10.4.1 对机械传动链的要求.....	260		

第1篇 数控机床

第1章 数控机床概述

本章从数控机床的产生和发展谈起,介绍了数控机床的定义、特点和分类,并概括性地介绍了数控机床的基本原理和主要性能指标。

1.1 数控机床的产生和发展

随着社会生产和科学技术的不断发展,人们对产品质量和生产效率的要求越来越高。数控机床不仅在宇航、造船、军工等领域被广泛使用,而且也进入了汽车、机械制造、模具加工等行业。目前,在这些行业中,产品种类不断增加,形状结构日趋复杂,精度和质量也在不断提高。因此,普通机床越来越难以满足这种生产需要。同时,由于生产水平的提高,数控机床的价格不断下降,从而极大地促进了数控机床的普及、应用和发展。

1.1.1 数控技术与数控机床

数控(Numerical Control—NC)技术是近代发展起来的一种自动控制技术,是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。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。

在数控机床中,数控系统发出数字化控制信号的依据是数控加工程序(简称NC程序,又叫零件加工程序或零件程序)。数控加工程序是用来描述零件加工过程的程序,它由一系列特定指令和代码构成。数控加工程序的编制称为数控编程,数控编程是实现零件数控加工的关键环节。

1.1.2 数控机床的产生和发展

数控机床主要是为了实现复杂多变零件的自动化加工而产生的。1949年美国帕森(Parsons)公司接受美国空军委托,研制一种计算控制装置,用来实现飞机、火箭等的复杂零部件的自动化加工。Parsons公司首先提出了机床数字控制的方案,并与美国麻省理工

学院(MIT)伺服机构研究所合作,于1952年研制成功了世界上第一台数控机床——三坐标立式数控铣床,它标志着机床数控技术的诞生。

机床数控技术的产生,不仅为复杂零件的加工提供了方便,而且加工精度高,一致性好,生产效率高,能够大大减轻工人的劳动强度,因此很快受到了人们的关注。世界各国竞相投入大量的人力、物力进行研究,使这项技术得到了迅速的发展。继数控铣床、数控车床、数控钻床等单工序加工类机床之后,1959年,克耐-杜列克公司(Keaney & Trecker Company)开发出了装有自动换刀装置,能够一次装夹、多工序加工的加工中心。1967年,英国首先把几台数控机床连接成具有一定柔性的加工系统,即柔性制造系统(Flexible Manufacture System—FMS)。20世纪80年代初,国际上又出现了以数台加工中心为主体,再配上工件自动装卸和监控检验装置而构成的柔性制造单元(Flexible Manufacture Cell—FMC)。20世纪80年代末90年代初,计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacture System—CIMS)已经逐渐投入使用,并呈现出迅猛发展的态势。几十年来,数控机床无论在品种、数量还是在功能上都取得了长足的进展,为机械制造业注入了新的生机和活力。

我国从1958年开始研究数控技术,于1966年研制成功晶体管数控系统,并生产出了数控线切割机、数控铣床等产品。由于受当时条件的限制,数控系统的稳定性及可靠性较差,数控机床品种不全,数量较少,数控技术的发展处于初步阶段。

20世纪80年代初期,我国先后从德国、日本、美国等国家引进了一些数控系统和伺服技术,在一定程度上促进了这项技术的发展。这个时期我国经济也有了较大发展,为这项技术的进步奠定了物质基础。此时我国研制的数控机床性能逐步提高,品种和数量不断增加。到1985年,我国已经拥有加工中心、数控铣床、数控磨床等80多个品种的数控机床,数控技术的发展进入了实用阶段。

20世纪90年代以后,我国逐渐由计划经济转向市场经济,国民经济进入高速发展阶段,研究开发数控系统、应用数控机床已经成了各企业的自发行为,数控技术及产品的发展速度逐年加快,多轴、全功能中高档数控系统及交、直流伺服系统相继研制成功,FMS和CIMS也先后投入使用,数控系统及数控产品正朝着国际先进水平迈进,我国数控技术进入了蓬勃发展时期。

1.2 数控机床的特点

数控机床的产生改变了传统的机械加工工艺,给机械制造行业注入了新的生机和活力。与普通机床相比,数控机床具有以下特点:

(1) 自动化程度高,劳动强度低。数控机床能够在程序的控制下自动实现零件的加工功能,加工过程一般不需要人工干预,可大大降低工人的劳动强度。

(2) 加工精度高。数控机床一般采用闭环(半闭环)位置控制,并且可以利用软件进行间隙补偿和螺距误差补偿,因此可以获得比机床本身精度还要高的加工精度。此外,像加工中心一类的数控机床还配有刀库,具有多工序加工能力,可以实现工件的一次装夹后多道工序连续加工,从而消除了多次装夹引起的定位误差。

(3) 产品一致性好。由于数控机床按照预定的加工程序自动进行加工,加工过程消除

了操作者人为的操作误差,因而零件加工的一致性好。

(4) 能够实现复杂工件的加工。由于数控机床能够实现多轴联动,可加工出普通机床无法完成的空间曲线和曲面,因而在航空、航天领域和对复杂型面的模具加工中得到了广泛应用。

(5) 生产效率高。数控机床的刚性好,功率大,主轴转速高,进给速度范围宽,平滑无级变速,容易选择较大及合理的切削用量,可以减少许多调整时间。此外,数控机床加工可免去划线工序,节省加工过程的中间检验时间,空行程速度远高于普通机床,因此也能省出大量的辅助时间。

(6) 机械传动链短,结构简单。数控机床的主传动多采用分段无级变速,主轴箱结构简单;进给采用伺服电机驱动,省去了庞杂的进给变速箱;因此,传动链短,机械结构简单。

1.3 数控机床的分类

1.3.1 按工艺用途分类

按工艺用途不同,可将数控机床分成以下几类:

(1) 单工序数控机床。这类数控机床一般只能完成某一个工序的加工过程,如数控车床、数控钻床、数控铣床、数控磨床等。

(2) 加工中心。加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床,它将数控铣床、数控镗床、数控钻床的功能结合在一起,零件一次装夹后,可以实现多工序加工。加工中心的类型很多,一般分为立式加工中心、卧式加工中心、龙门式加工中心和车削中心等。

(3) 特种加工数控机床。特种加工数控机床包括数控线切割机、数控火焰切割机、数控电火花成形机床、数控激光加工机床、数控冲床、数控剪床等。

(4) 其他类型的数控设备。例如数控三坐标测量机等,也属于数控机床的范畴。

1.3.2 按运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

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1.1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。为了提高加工效率,保证定位精度,一般按照“先快后慢”的原则移动刀具,即先快速接近目标点,再低速趋近并准确定位。这类控制方式仅用于数控钻床、数控镗床和数控冲床等。

2. 直线控制数控机床

这类数控机床不仅要控制机床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,加工示例如图1.2所示。这类控制方式仅用于简易数控车床、数控铣床等。

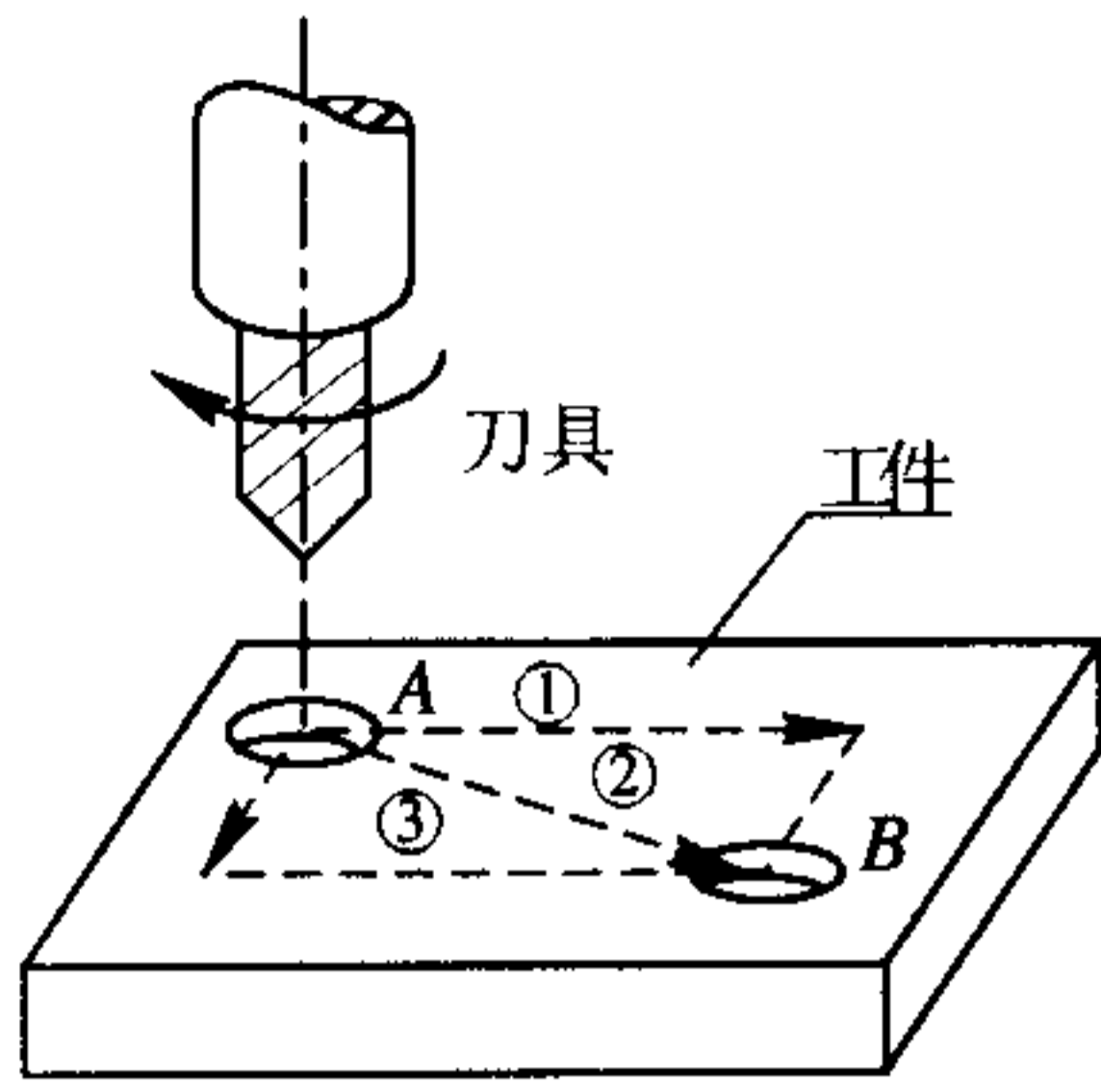


图 1.1 点位控制切削加工

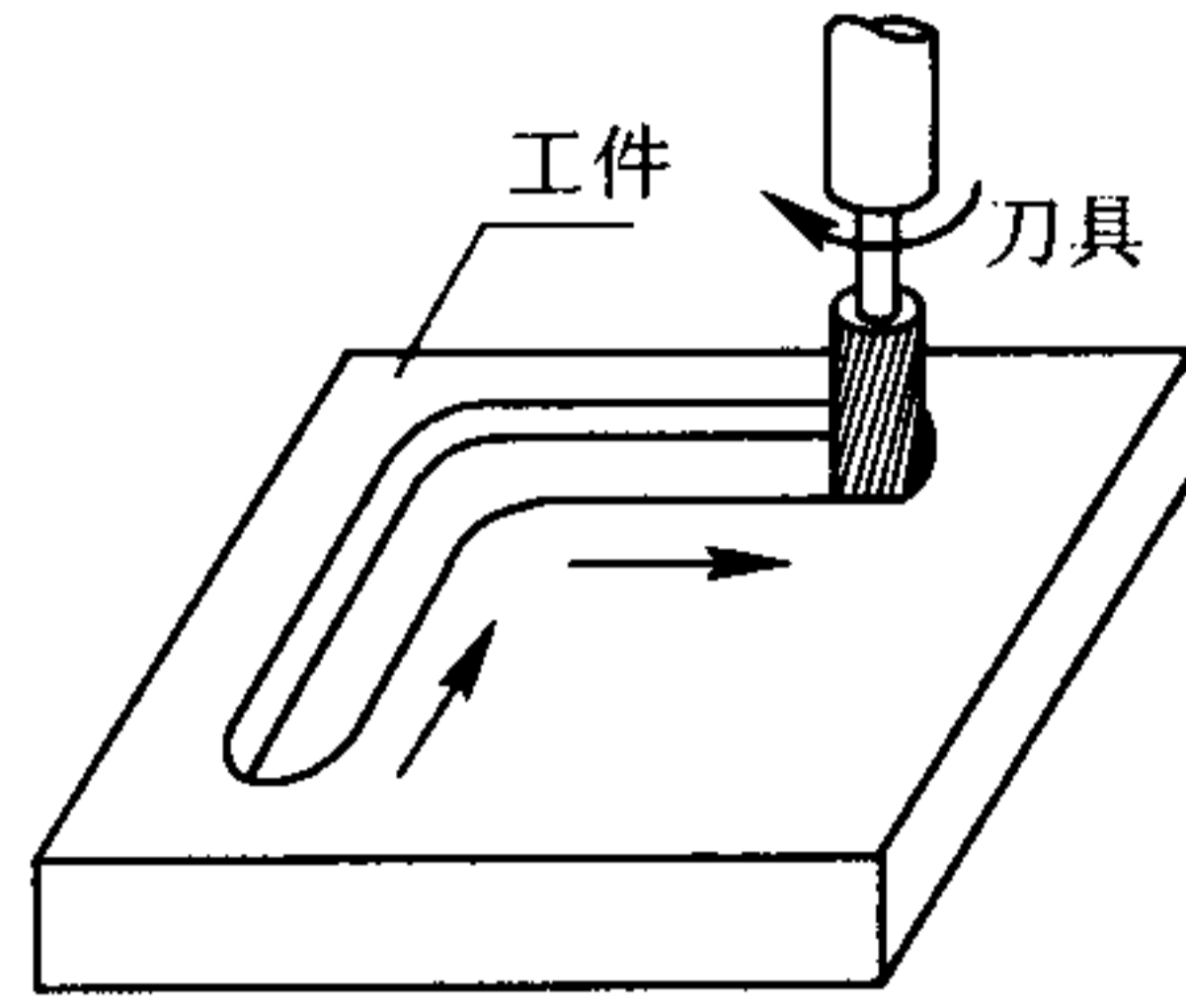


图 1.2 直线控制切削加工

3. 轮廓控制数控机床

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 1.3 所示。这类数控机床具备多轴(二轴以上)联动功能，其辅助功能也比前两类多。常见的数控铣床、数控车床和数控加工中心等多数都采用这种控制方式。

多个坐标轴按照一定的函数关系同时协调运动，称为多轴联动。按照联动轴数，可分为二轴联动、二轴半联动、三轴联动和多轴联动数控机床，如图 1.4 所示。

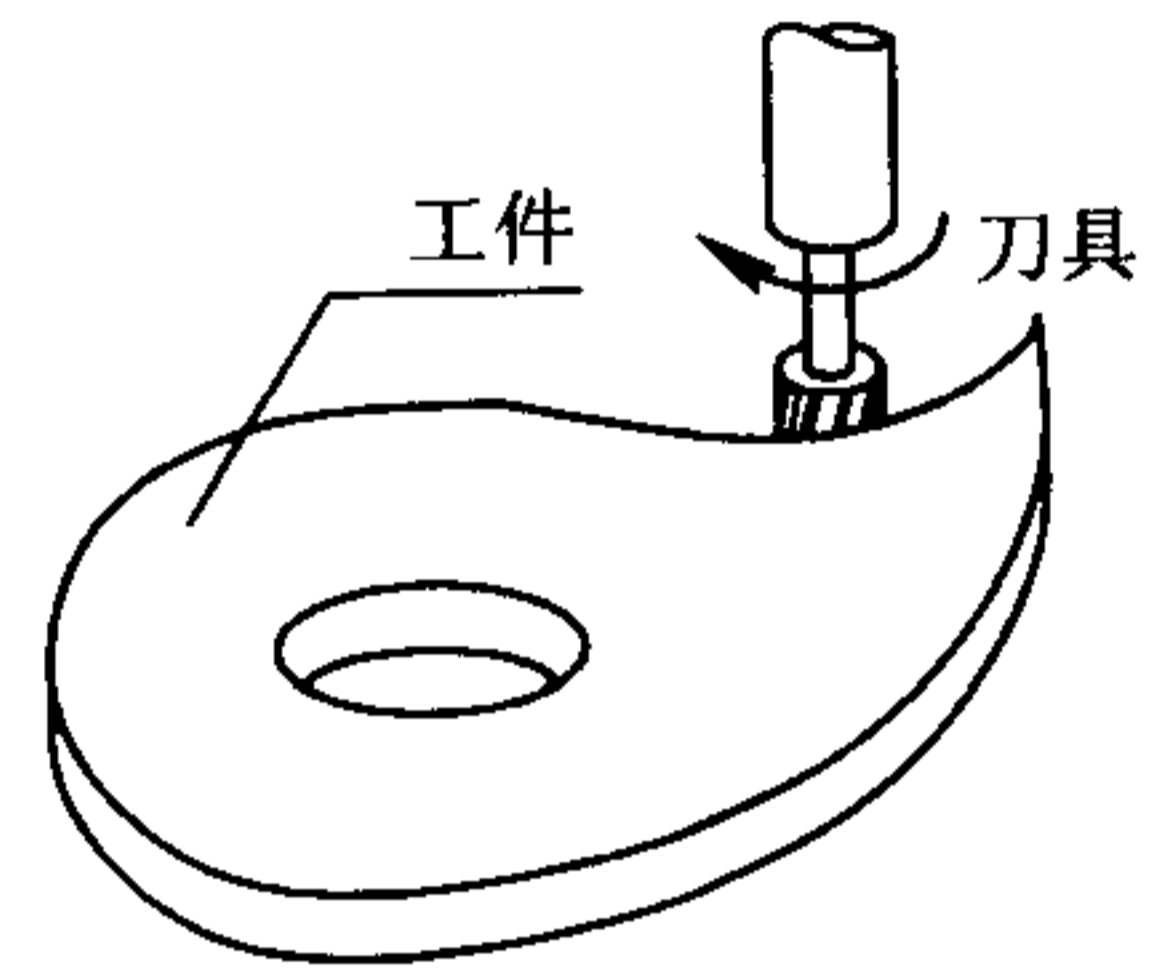


图 1.3 轮廓控制切削加工

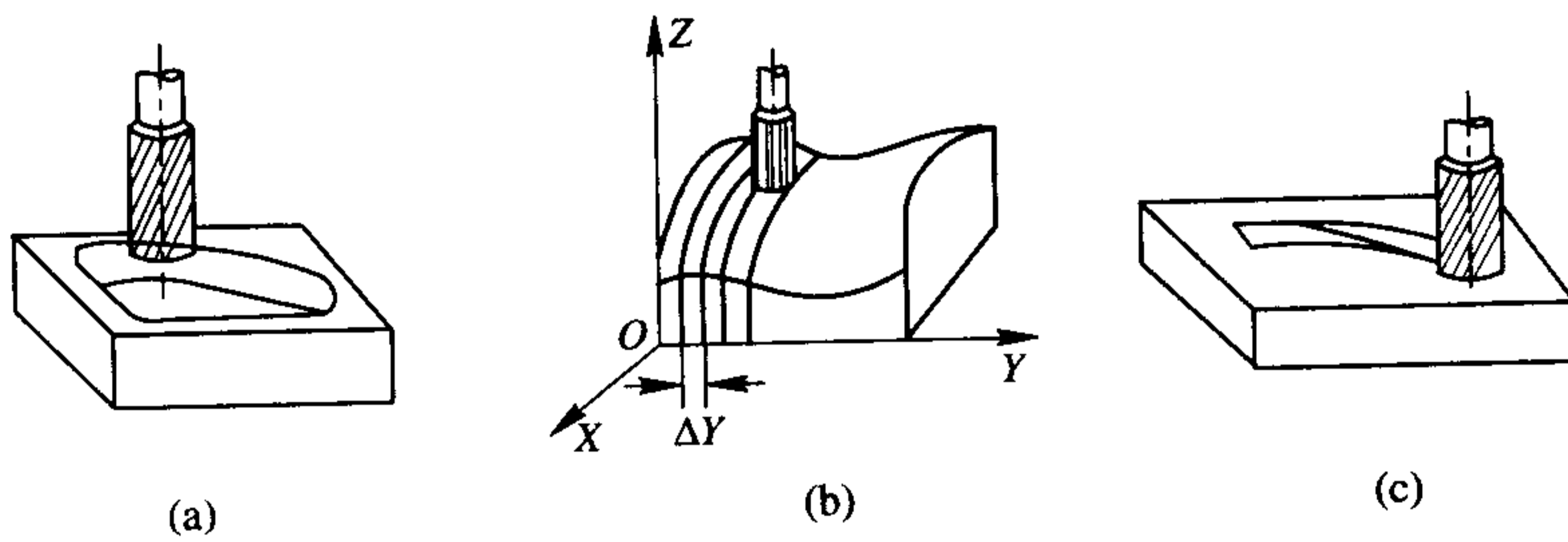


图 1.4 不同联动轴数所能加工的面型

(a) 二轴联动；(b) 二轴半联动；(c) 三轴联动

二轴联动主要用于数控车床加工回转体端面、圆锥面、圆弧面等，或者用于数控铣床加工如图 1.4(a)所示的箱板类零件的曲线轮廓。二轴半联动主要用于三轴以上控制的机床，其中二轴保持联动，另外一轴作周期进给，可加工如图 1.4(b)所示的三维空间曲面。三轴联动主要用于数控铣床、加工中心等，用来铣削如图 1.4(c)所示的三维空间曲面。多轴联动能够同时控制四个以上坐标轴联动。多坐标数控机床的结构复杂，精度要求高，程序编制复杂，主要应用于加工形状复杂的零件。图 1.5 所示为五轴联动铣削曲面零件示意图，图 1.6 所示为六轴加工中心运动坐标系示意图。

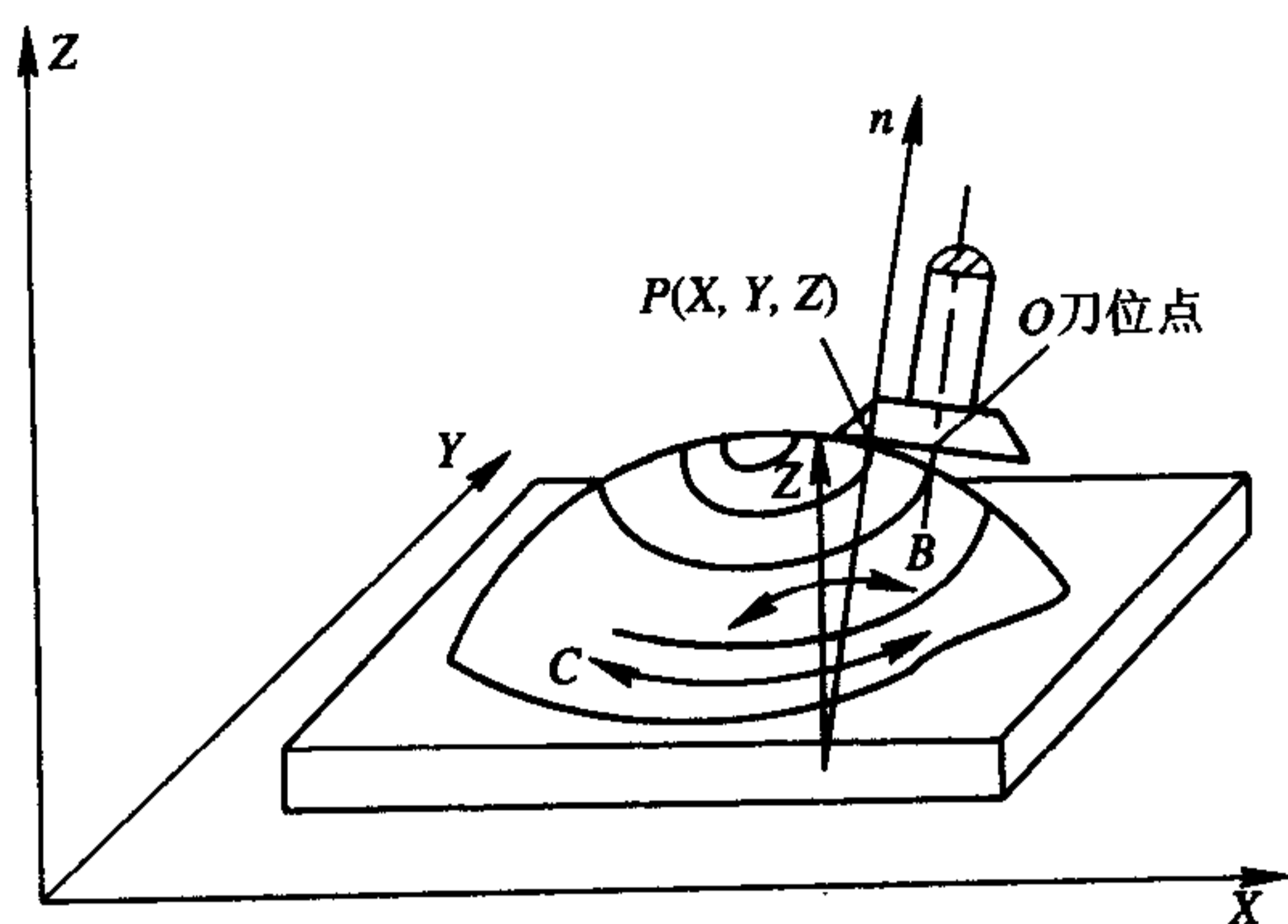


图 1.5 五轴联动铣削曲面零件

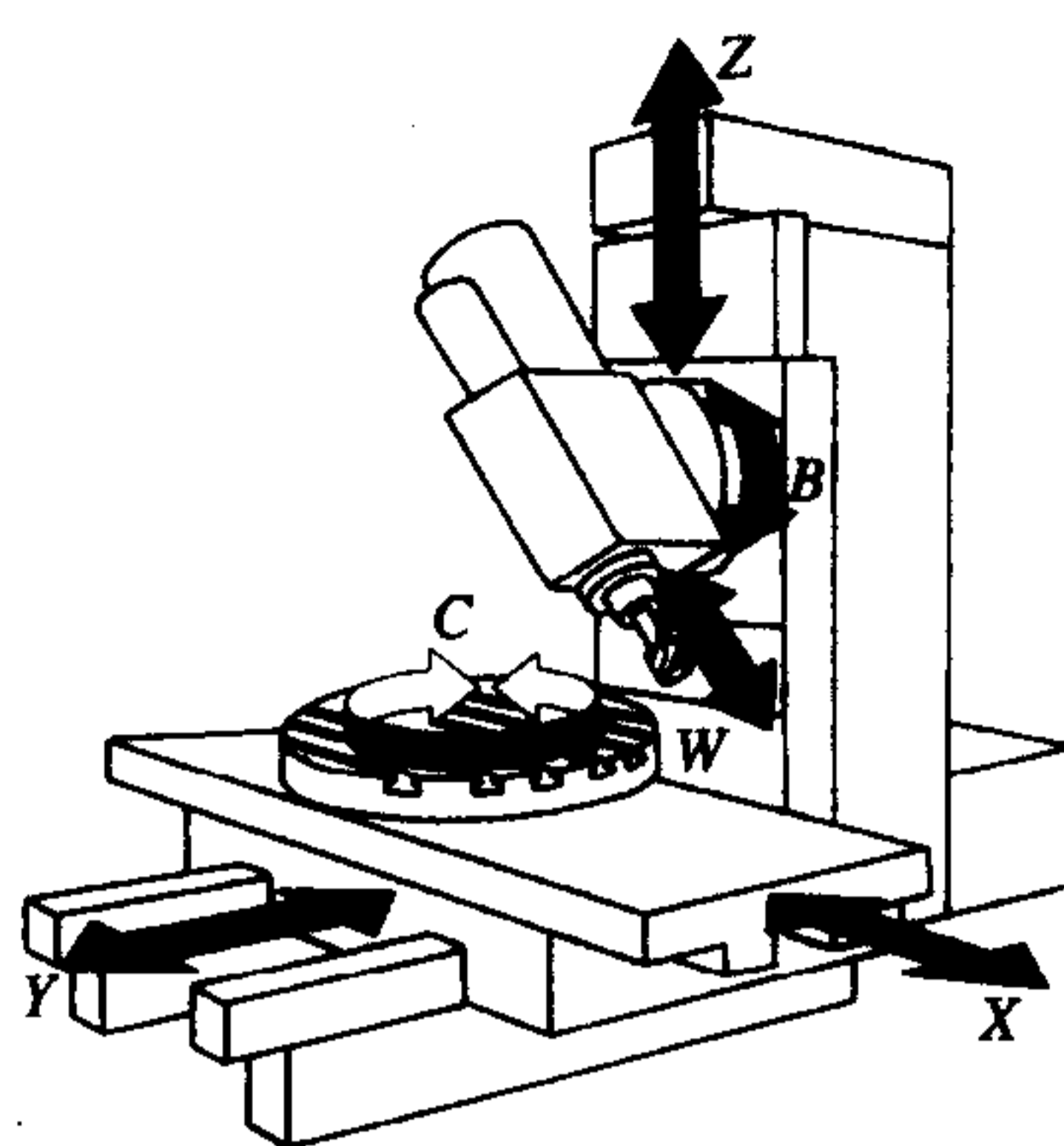


图 1.6 六轴加工中心坐标示意图

1.3.3 按伺服系统的控制方式分类

按伺服系统的控制方式不同可将数控机床分为开环控制、闭环控制和半闭环控制数控机床。

1. 开环控制数控机床

这类数控机床的运动部件没有位置检测反馈装置，采用步进电动机驱动，如图 1.7 所示。这种控制方式结构简单，调试方便，经济实用；但运行时有振动，精度较低，一般用于经济型数控机床。

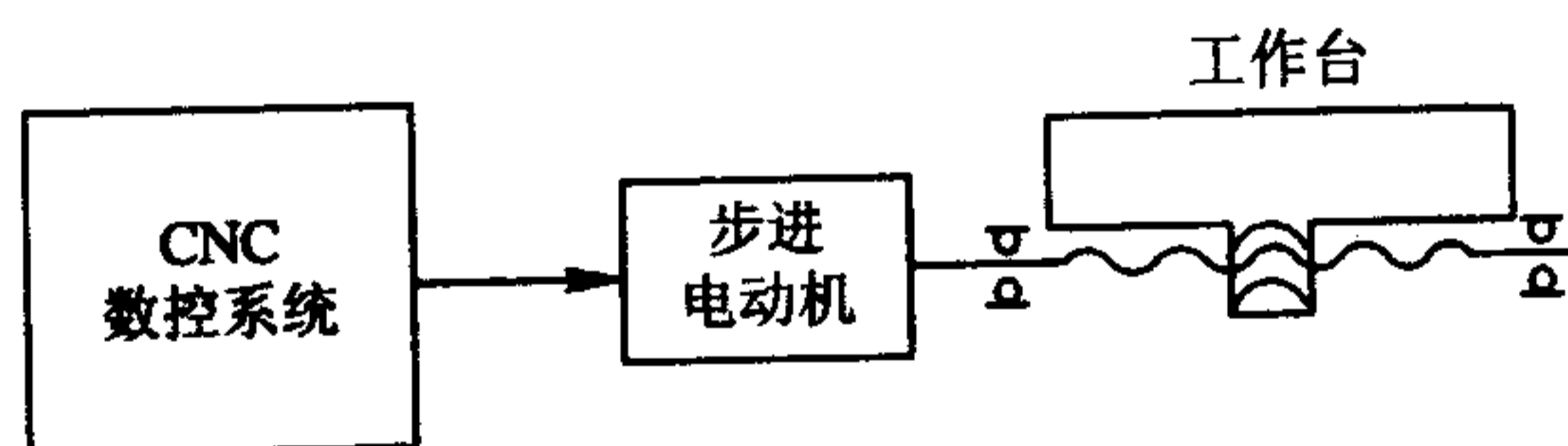


图 1.7 开环控制数控机床结构

2. 闭环控制数控机床

这类数控机床的运动部件上安装有位置测量反馈装置，由直流或交流伺服电动机驱动，如图 1.8 所示。

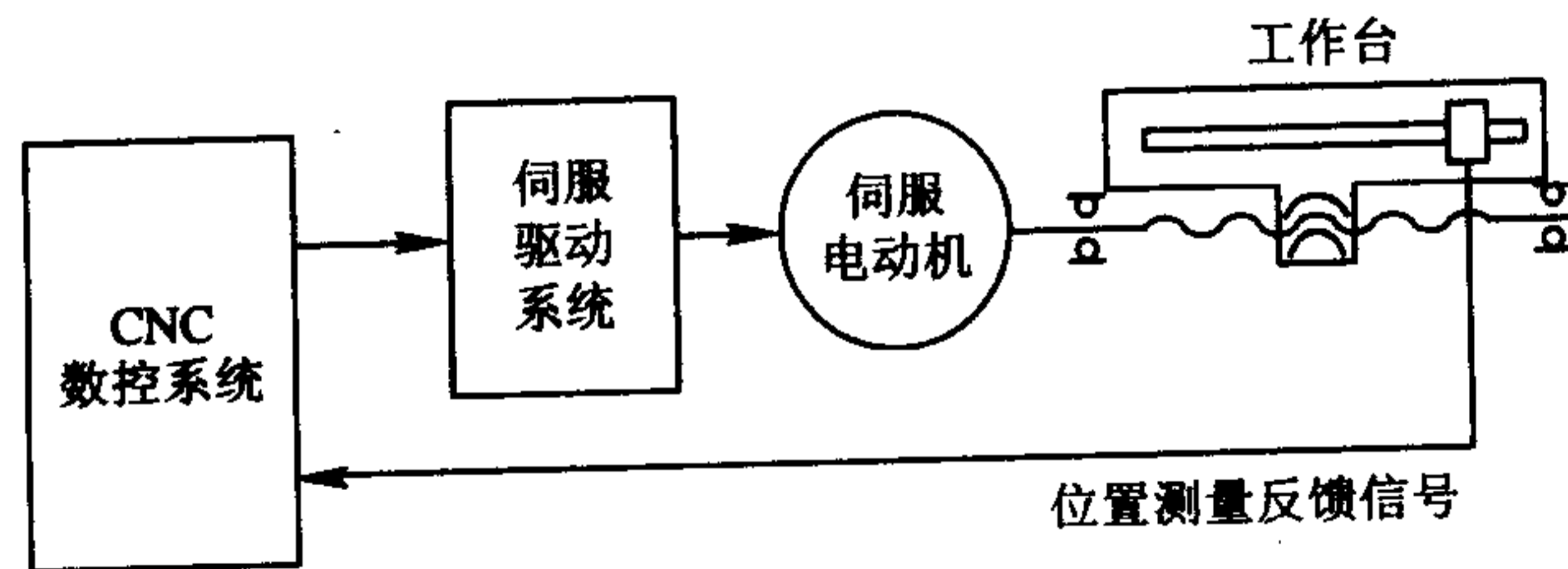


图 1.8 闭环控制数控机床结构

位置测量反馈装置测出工作台的实际位移量，与数控装置中的指令位移量相比较，用差值进行控制。这种控制方式可以消除包括工作台传动链在内的传动误差，因此具有很高

的运动控制精度。但是，由于该闭环系统中包含机床工作台等大惯性环节，容易引起震荡，调试困难，制造成本较高，因而仅用于镗铣床、超精车床、超精磨床等。

3. 半闭环控制数控机床

将位置检测元件安装在电动机轴端或丝杠轴端，通过角位移的测量间接计算出机床工作台的实际运行位移，与数控装置中的指令位移量相比较，实现差值控制，构成如图 1.9 所示的半闭环控制。

由于闭环内不包含机械传动链，因而其控制精度略低于闭环控制，但半闭环控制的稳定性好，调试方便，制造成本低，因此，其实际应用比较广泛。

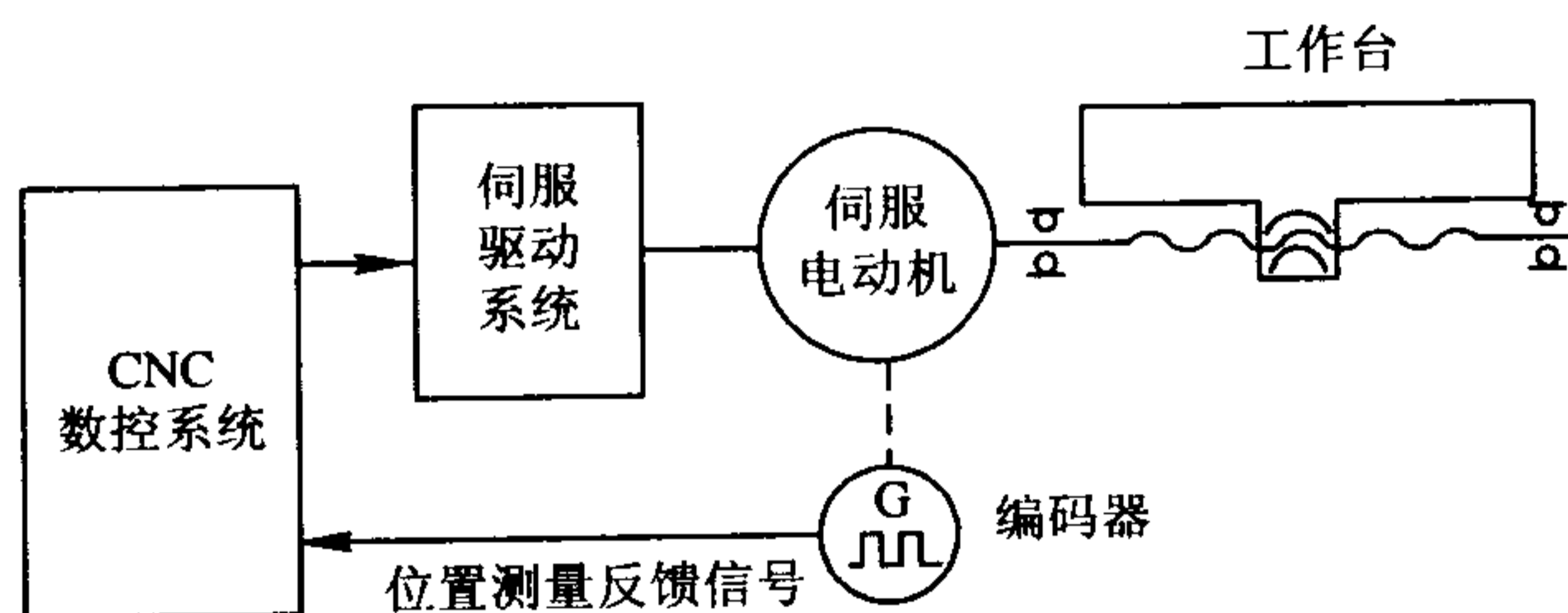


图 1.9 半闭环控制数控机床结构图

1.3.4 按功能水平分类

按照功能水平，可以将数控机床分为低(经济型)、中、高三档。这种分类方法的界线是相对的，不同时期的划分标准会有所不同。就目前的发展水平来看，不同档次数控机床的功能和指标如表 1.1 所示。

表 1.1 各档次数控机床的功能和指标

功能	低档(经济型)	中档	高档
进给分辨率/ μm	10	1	0.1
快速进给速度/(m/min)	3~10	10~20	20~100
伺服系统结构	开环	半闭环	半闭环或闭环
进给驱动元件	步进电动机	伺服电动机	伺服电动机
联动轴数	二~三轴	二~四轴	五轴以上
显示功能	LED 数码管	CRT 显示	CRT 显示, 三维图形
内装 PLC	无	有	有
通信能力	无	RS232	RS232, 网络接口

1.4 数控机床的基本原理和坐标系

1.4.1 数控机床的基本原理

1. 数控机床的工作过程

数控机床是用数字信息进行控制的机床。它用数字代码将刀具相对工件移动的轨迹、

速度等信息记录在程序介质上,然后送入数控系统经过译码和运算,控制机床刀具与工件的相对运动,加工出所需要的工件。其基本过程如图 1.10 所示。

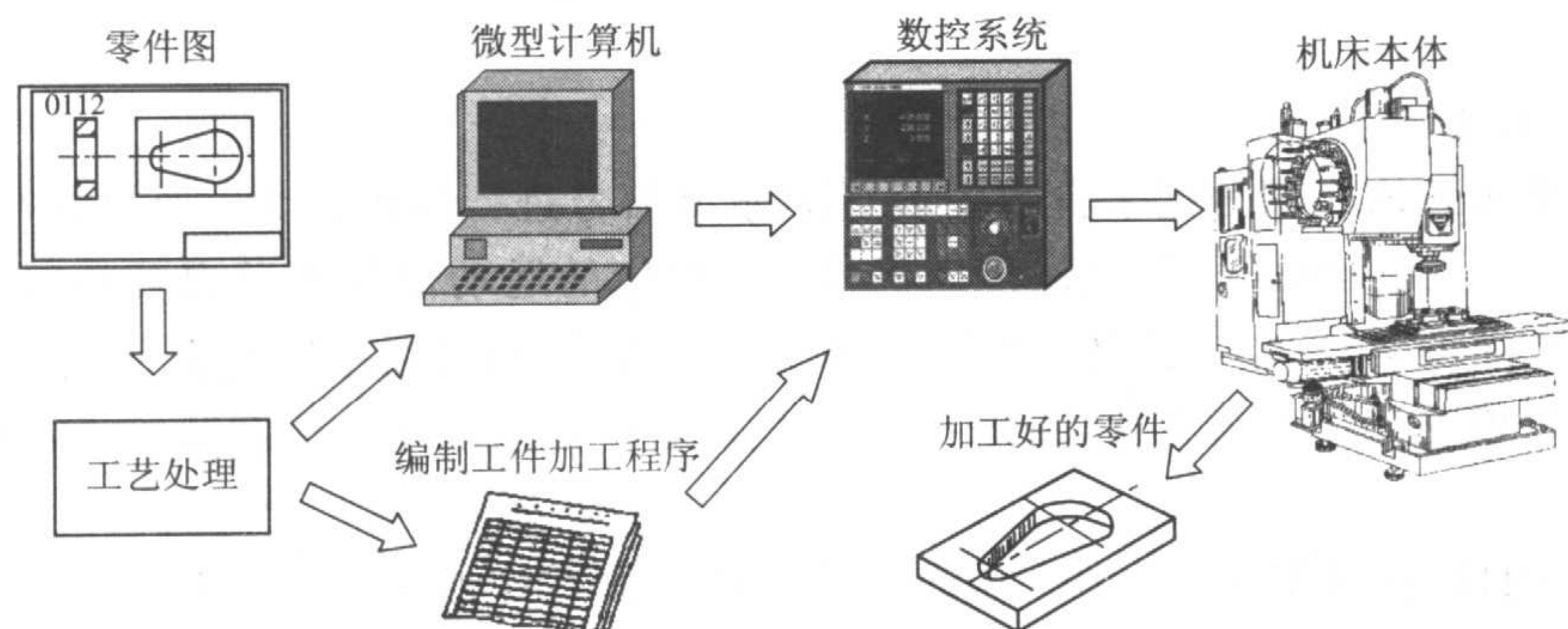


图 1.10 数控加工过程示意图

在加工前要分析零件图,拟定零件加工工艺方案,明确加工工艺参数,然后按编程规则编制数控加工程序,通过 MDI 键盘将程序输入到机床的数控系统中,经检查无误即可启动机床,运行数控加工程序。数控装置会自动按照数控加工程序发出的各种控制指令进行加工,如果不出现故障,直到加工程序运行结束,零件加工完毕为止。

或者在进行工艺处理后,用 MasterCAM 等软件在微机上进行几何造型,并自动生成数控加工程序,通过通信接口输入到机床的数控系统中,实现工件的自动化加工。

2. 数控机床的组成

如图 1.11 所示,数控机床由机床本体、数控系统和伺服驱动系统几部分组成。

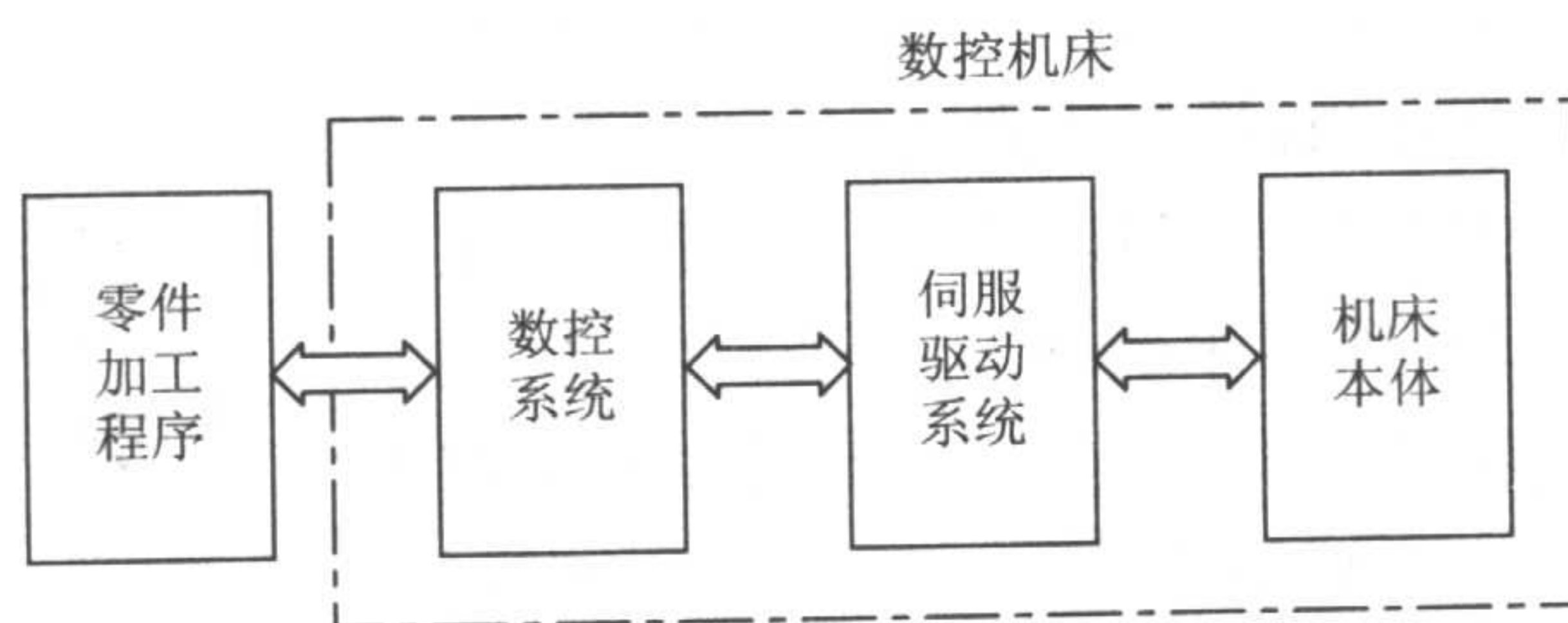


图 1.11 数控机床的组成

1) 机床本体

机床本体是数控机床的主体,由基础件(如床身、底座)和运动件(如工作台、床鞍、主轴箱等)组成。它不仅要实现由数控装置控制的各种运动,而且还要承受包括切削力在内的各种力,因此机床本体必须保证有良好的几何精度、足够的刚度、小的热变形、低的摩擦阻力,才能有效地保证数控机床的加工精度。与普通机床相比,数控机床本体具有以下特点:

- (1) 采用了高性能主轴部件及传动系统,机械传动结构简单。
- (2) 机械结构具有较高刚度和耐磨性,热变形小。
- (3) 更多地采用了高效传动部件,如滚珠丝杠、静压导轨、滚动导轨等。

2) 数控系统

数控系统是数控机床的控制核心，用来输入、存储零件加工程序，并根据零件加工程序进行计算、插补等处理，发出各种控制信号，控制机床各部件的动作，完成零件加工过程的控制。

3) 伺服驱动系统

伺服驱动装置的作用是把来自数控装置的输出信号进行功率放大，通过执行元件(如步进电动机、伺服电动机等)和机械传动机构，使机床的运动部件带动刀具相对于工件按规定的轨迹和速度运动，实现零件加工。伺服系统一般是和数控系统配套使用的，因此常被作为数控系统的一部分来看待，把整个数控机床看作是由机床本体和数控系统两部分组成的。

此外，为使数控机床自动工作，还必须输入相应的零件加工程序。零件加工程序是描述零件加工过程的一系列指令代码，是根据零件图纸要求，确定加工工艺过程，按照选定机床规定的功能指令代码及程序段格式，逐段编写的加工程序清单。零件加工程序是数控系统指挥机床加工零件的依据。

1.4.2 数控机床的坐标系

为了确定机床刀具和工件之间的相对位置，需要建立坐标系。统一规定数控机床坐标轴的名称及其运动的正、负方向，可使编程简单，并使所编程序对同类机床具有互换性。目前，我国执行 JB 3051—82《数控机床坐标和运动方向的命名》数控标准，与国际上统一的 ISO841 标准等效。

该标准规定，数控机床采用右手直角笛卡尔坐标系，如图 1.12 所示。基本直角坐标轴 X、Y、Z 三者的关系及其正方向按右手定则判定，围绕 X、Y、Z 各轴作旋转运动的轴 A、B、C 三者的正方向按右螺旋法则判定。

该标准还规定，增大工件与刀具之间距离(即增大工件尺寸)的方向为正方向；Z 轴为平行于机床主轴的坐标轴，如果机床有一系列主轴，则选尽可能垂直于工件装卡面的主要轴为 Z 轴；X 轴为水平或者平行于工件装卡平面的轴；其余各轴根据右手定则和右螺旋法则确定。图 1.13 和图 1.14 所示为卧式车床和立式铣床的坐标系。

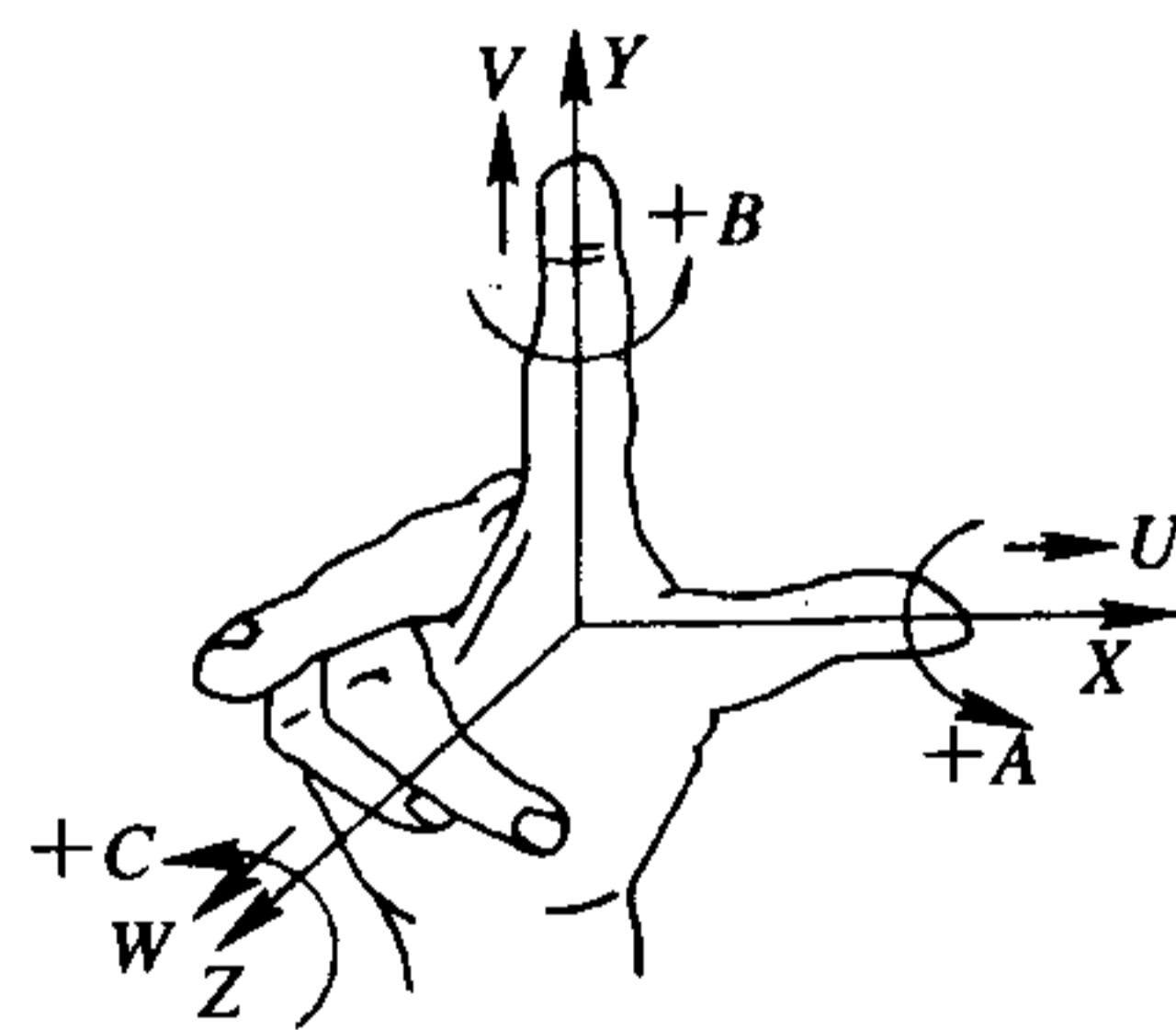


图 1.12 右手直角笛卡尔坐标系

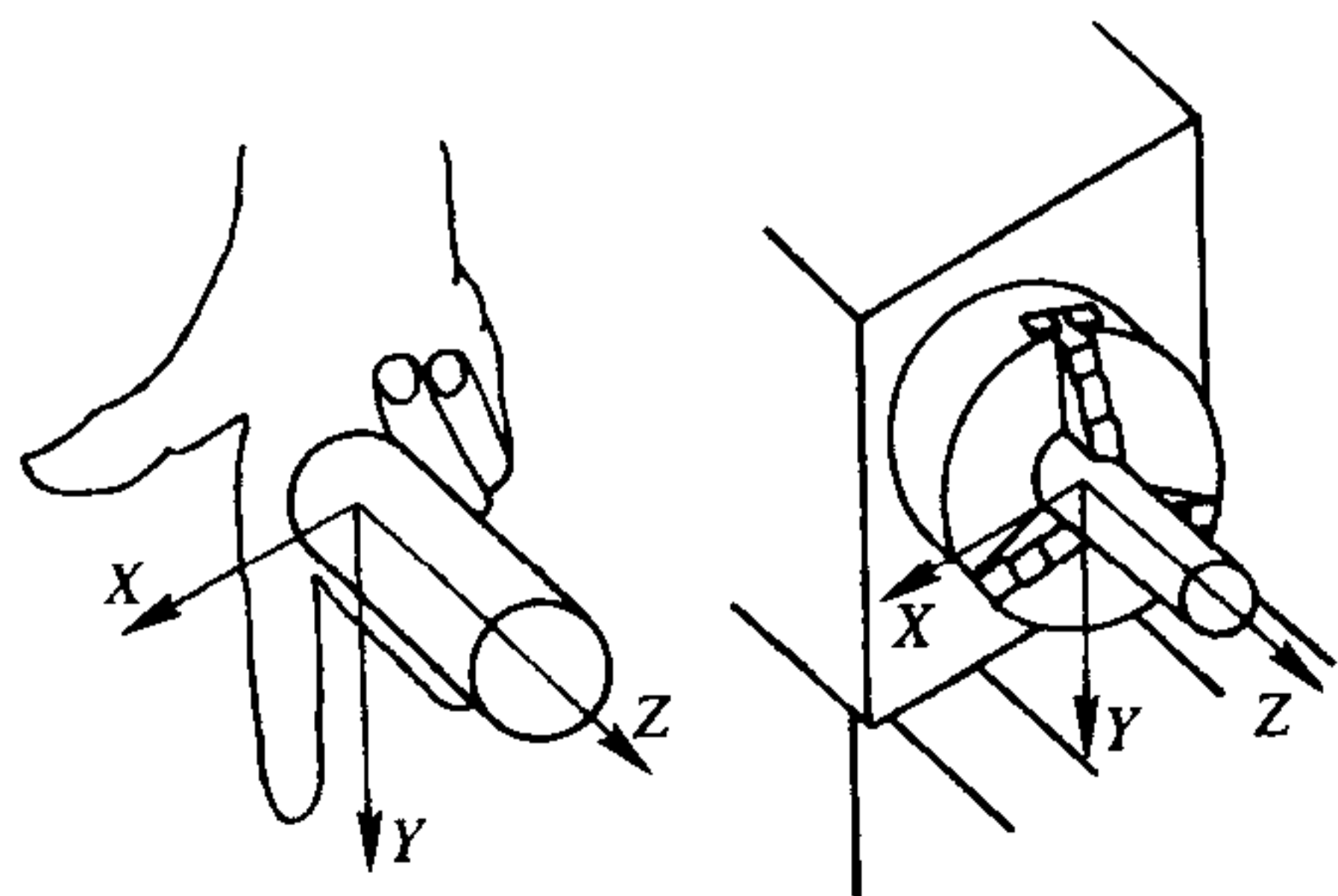


图 1.13 卧式车床坐标系

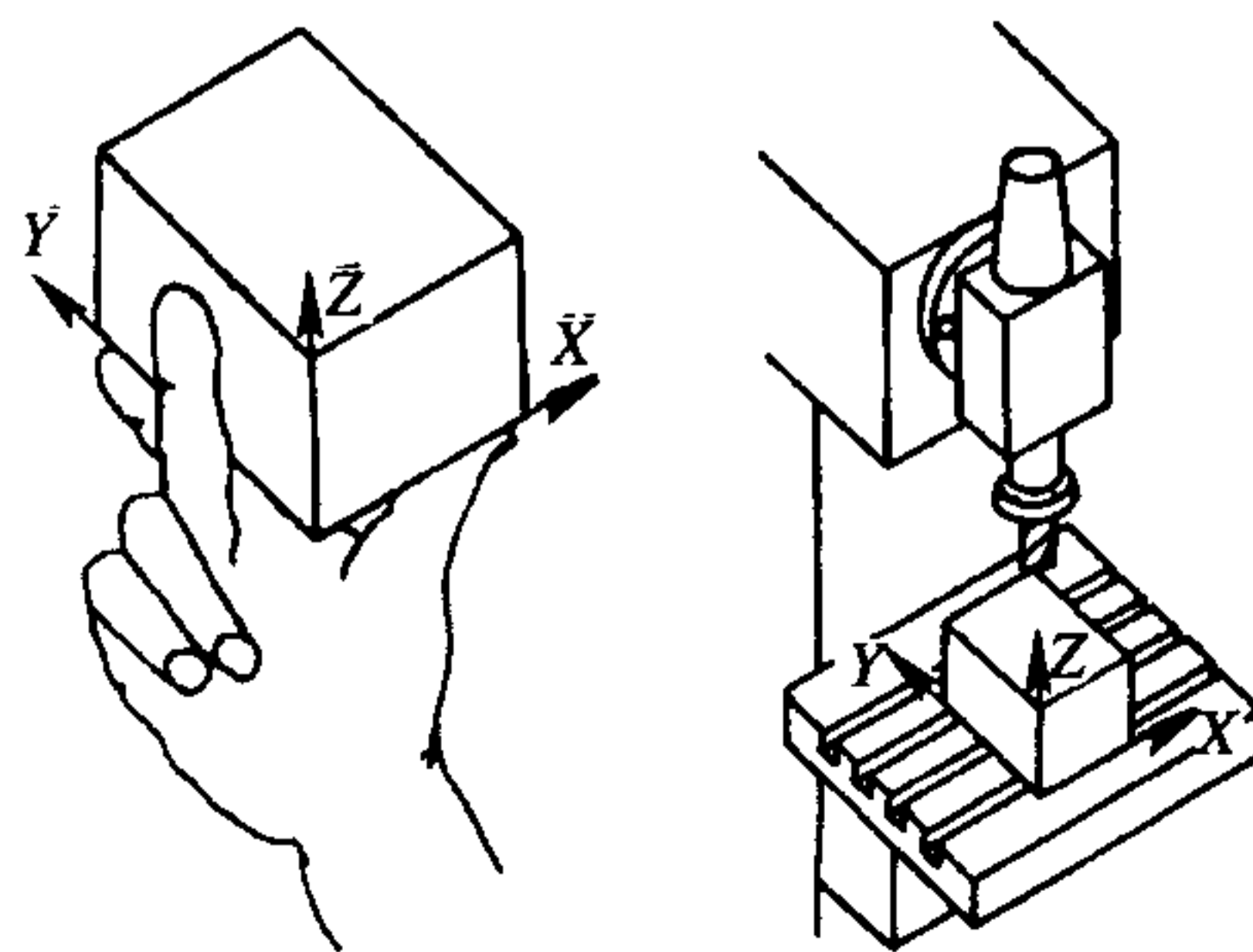


图 1.14 立式铣床坐标系