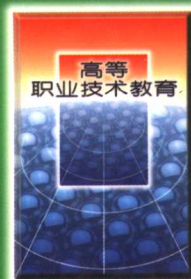




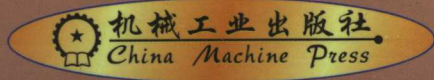
高等职业技术教育机电类专业规划教材



数控机床

高等职业技术教育机电类专业教材编委会 组编

熊光华 主编



本书是为了满足现代机电一体化教学的要求,也让更多的人全面了解和掌握数控机床的结构与工作原理而编写的。

全书共为十一章,较全面地介绍了各类数控机床的结构和工作原理,简明地讲述了数控系统的组成与控制原理,以及液压、气压传动在数控机床上的应用。精选了部分机床概论的内容。同时还介绍了数控机床应用和机床数控技术改造的有关内容。

本书主要用作数控专业的课程教材,也可供从事相关专业的工程技术人员作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床/熊光华主编. —北京:机械工业出版社, 2001.3

高等职业技术教育机电类专业规划教材

ISBN 7-111-08533-7

I. 数… II. 熊… III. 数控机床-高等教育:技术教育-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 78977 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:汪光灿 版式设计:张世琴 责任校对:孙志筠
高文龙

封面设计:姚毅 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 2 月第 1 版·第 4 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·16.25 印张·402 千字

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

高等职业技术教育机电类专业教材编委会

名誉主任委员	严雪怡 刘际远		
主任委员	上海机电技术高等专科学校	孙兴旺	副校长
副主任委员	福建高级工业专门学校	黄森彬	副校长
	南京机械高等专科学校	左健民	副校长
	陕西工业职业技术学院	翟 轰	校 长
	湘潭机电高等专科学校	曾家驹	副校长
	包头职业技术学院	李俊梅	副校长
	无锡职业技术学院	韩亚平	调研员
	浙江机电职工大学	管 平	副校长
	机械工业出版社教材编辑室	林 松	主 任
	(排名不分先后)		
委员单位	邢台职业技术学院		
	湖南工业职业技术学院		
	(等 26 所院校)		

序

职业教育是指受教育者获得某种职业或生产劳动的职业道德、知识和技能的教育。机电行业的职业技术教育是培养在生产一线的技术、管理和运行人员，他们主要从事成熟的技术和管理规范的应用与运作。随着社会经济的发展和科学技术的进步，生产领域的技术含量在不断提高。用人单位要求生产一线的技术、管理和运行人员的知识与能力结构与之适应。行业发展的要求促使职业技术教育的高层次——高等职业教育蓬勃成长。

高职教育与高等工程专科、中专教育培养的人才属同一类型，都是技术型人才，毕业生将就业于技术含量不同的用人单位。高等职业教育的专业设置必须适应地区经济与行业的需求。高等职业教育是能力本位教育，应以职业分析入手，按岗位群职业能力来确定课程设置与各种活动。

机械工业出版社出版了大量的本科、高工专、中专教材，其中有相当一批教材符合高等职业教育的需求，具有很强的职业教育特色，在此基础上这次又推出了机械类、电气类、数控类三个高职专业的高职教材。

专门课程的开发应遵循适当综合化与适当实施化。综合化有利于破除原来各种课程的学科化倾向，删除与岗位群职业能力关系不大的内容，有利于删除一些陈旧的内容，增添与岗位群能力所需要的新技术、新知识，如微电子技术、计算机技术等。实施化是课程内容要按培养工艺实施与运行人员的职业能力来阐述，将必要的知识支撑点溶于能力培养的过程中，注重实践性教学，注重探索教学模式以达到满意的教学效果。

本教材倾注了众多编写人员的心血，他们为探索我国机电行业高职教育作出可贵的尝试。今后还要依靠广大教师在实践中不断改进，不断完善，为创建我国的职业技术教育体系而奋斗。

赵克松

前 言

本书是根据“97 机械工业部高等职业技术教育机电类专业教材建设研讨会”提出的编写大纲和“97 机械工业部五年制高等职业教育四门数控类教材编写会议”审定的教材编写大纲组织编写的，并被确认为高等职业技术教育机电类规划教材之一。

随着计算机、通信、电子、检测、控制和机械等相关技术的发展，数控技术也日新月异，地飞速发展，并已成为现代先进制造系统（FMS、CIMS 等）中不可缺少的基础技术。数控机床是集机、电、液、微机和自动控制及测试技术为一身的机电一体化的典型设备。近年来，各种数控机床在自动化加工领域中的占有率也越来越高。为了满足现代机电一体化教学的要求，也为了让更多的人全面了解和掌握数控机床的结构与工作原理，为使用好数控机床和数控机床的维修建立良好的基础，本书较全面地介绍了各类数控机床的结构和工作原理，简明地讲述了数控系统的组成与控制原理，以及液压与气压传动在数控机床上的应用。精选了部分机床概论的内容，以适应高职的教学要求。同时还介绍了数控机床应用和机床数控技术改造的有关内容。

全书共为十一章：第一章从金属切削机床概念出发介绍数控机床的组成和工作原理；第二章介绍数控车床组成和工作原理；第三章介绍加工中心；第四章简要介绍数控铣床、数控钻床、数控齿轮加工机床；第五章简要介绍了特种加工机床如数控电加工机床等数控设备以扩展学生的眼界；第六章介绍了几台典型的普通机床；第七章通过数控机床典型部件的分析，介绍了一些数控机床设计方法；第八章介绍了液压（气压）传动在数控机床上的应用以及机床的常见润滑方式；第九章介绍了数控机床电气控制系统的组成与工作原理，如数控系统的软硬件结构及工作原理、可编程序控制器的原理及其在数控机床上的应用；第十章讲述了数控机床在使用中需要注意的若干问题；第十一章介绍了机床数控技术改造的常用方法。

参加本书编写的有富毅和、刘力群和熊光华。第一、二、三、七、八、九、十、十一章由熊光华编写；第四章及第五章的第三、四节由刘力群编写；第五章的第一、二节和第六章由富毅和编写。本书由熊光华任主编。

本书由南京航空航天大学陈绍廉教授主审，对原稿进行了详细审阅，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

限于编者的水平和经验，书中欠妥和错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者写于南京工程学院

目 录

序	
前言	
第一章 概论	1
第一节 金属切削机床	1
第二节 数控机床概论	11
复习思考题	16
第二章 数控车床	17
第一节 数控车床概述	17
第二节 数控车床的传动系统	21
第三节 数控车床传动系统的主要结构	22
复习思考题	30
第三章 加工中心	31
第一节 加工中心概述	31
第二节 立式加工中心	35
第三节 卧式加工中心	47
复习思考题	65
第四章 其它数控机床	67
第一节 数控铣床	67
第二节 数控钻床	74
第三节 数控齿轮加工机床	77
复习思考题	87
第五章 数控特种加工机床	88
第一节 数控电火花机床	88
第二节 数控线切割机床	90
第三节 数控压力机与数控折弯机	95
第四节 数控热切割机床	97
复习思考题	100
第六章 金属切削机床概论	101
第一节 车床	101
第二节 万能外圆磨床	119
第三节 滚齿机	129
第四节 其它机床	134
复习思考题	135
第七章 数控机床典型部件	136
第一节 数控机床主轴系统	136
第二节 进给传动机构	152
第三节 机床支承件	177
第四节 自动换刀装置	182
复习思考题	191
第八章 数控机床液压与气压系统及机床润滑系统	192
第一节 数控机床液压系统与气压系统	192
第二节 数控机床润滑系统	196
复习思考题	197
第九章 数控机床电气控制系统	198
第一节 概述	198
第二节 数控装置	204
第三节 伺服系统	212
第四节 可编程序控制器	219
复习思考题	226
第十章 数控机床的应用	227
第一节 数控机床精度	227
第二节 数控机床的选型、安装与验收	234
第三节 数控机床的维修	238
复习思考题	244
第十一章 机床的数控技术改造	245
第一节 机床改造概述	245
第二节 机床的经济型数控技术改造	247
复习思考题	253
参考文献	254

第一章 概 论

第一节 金属切削机床



一、金属切削机床

金属切削机床通常是指用切削的方法将金属毛坯加工成机器零件的一种机器。它是制造机器的机器，称为“工作母机”和“工具机”，人们习惯上称“机床”。在现代化机械制造工业中，切削加工是将金属毛坯用切除多余材料的方法加工成具有一定尺寸、形状和精度零件的主要加工方法。尤其是在加工高精度零件时，目前主要是依靠切削加工来达到所需要的精度和表面粗糙度。所以，金属切削机床是加工机器零件的主要设备。它所负担的工作量在一般生产中约占机器制造中工作量的 40%~60%，它的先进程度直接影响到机器制造工业的产品质量和劳动生产率。

近年来，随着科学技术的迅速发展，机械产品的形状、结构和材料不断地改进，精度不断地提高，这就要求机床设备具有较好的通用性和较大的灵活性，以适应生产对象频繁变化的需要，因此对加工机械产品零件的生产设备——机床也相应地提出了高性能、高精度与高自动化的要求。数控机床就是在这种条件下发展起来的一种适用于高精度、零件形状复杂的单件、小批量生产的自动化机床。数控机床是一种用计算机组成的计算装置控制的、高效的自动化机床，它综合应用了自动控制技术、精密测量技术、液压传动和机床结构等方面的最新成就。由于它的出现，机床自动化进入了一个新的阶段。自从 1952 年第一台数控机床问世到现在，数控技术的发展非常迅速，几乎所有品种的机床都实现了数控化。数控机床的应用领域已十分广泛。此外，数控技术也在绘图机械、坐标测量机、激光与火焰切割机及其它机械设备中得到广泛的应用。数控机床已经成为组成现代机械制造生产系统，实现设计 (CAD)、制造 (CAM)、检验 (CAT) 与生产管理等全部生产过程自动化的基本设备。

二、金属切削机床的分类与编号

1. 机床的分类 机床分类方法主要是按加工性质和所用的刀具进行分类的。根据国家制定的机床型号编制方法，机床共分为 11 类：车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床及其它机床等。在每一类机床中，又按工艺特点、布局形式、结构性能等不同，分为若干组，每组又细分为若干系（系列）。

除了上述基本分类方法外，还有其它分类方法。

按照万能程度，机床又可分为：

(1) 通用机床 可以加工多种工件、完成多种工序的使用范围较广的机床，例如卧式车床、万能升降台铣床、卧式铣镗机床等。通用机床由于功能较多，结构比较复杂，生产率低，因此主要适用于单件、小批量生产。

(2) 专门化机床 用于加工形状相似而尺寸不同的工件的特定工序的机床，如曲轴车床、凸轮轴车床、精密丝杠车床等。

(3) 专用机床 用于加工特定工件的特定工序的机床，如加工机床主轴箱的专用镗床、加工车床导轨的专用磨床等。各种组合机床也属于专用机床。

按照加工精度不同，在同一种机床中分为：普通精度级、精密级和高精密级三种精度等级的机床。

按照自动化程度的不同，可分为：手动、机动、半自动和自动机床。

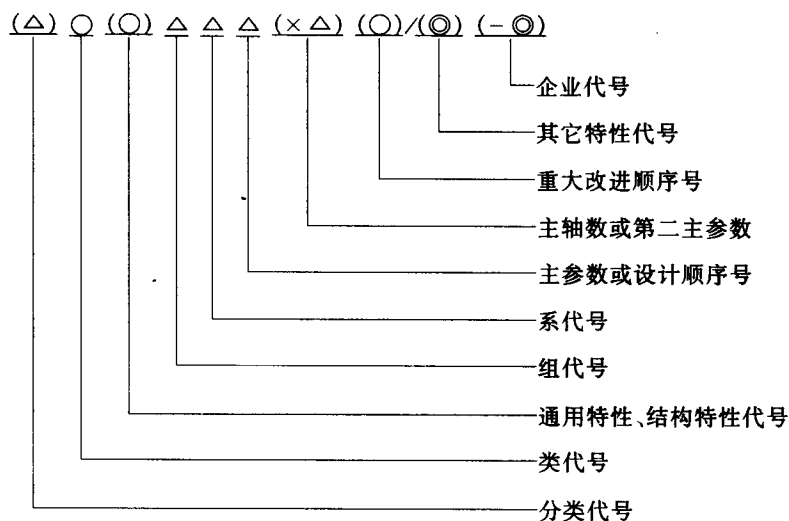
按照机床的质量和尺寸不同，可分为：仪表机床、中型机床、大型机床（质量达到 10t）、重型机床（质量在 30t 以上）、超重型机床（质量在 100t 以上）。

按机床主要器官的数目，分为：单刀、多刀机床等。

通常，机床还可根据加工性质及某些辅助特征来进行分类，如多刀半自动车床、多刀自动车床等。

2. 机床型号的编制方法 机床型号是机床产品的代号，用以简明地表示机床的类型、主要技术参数、性能和结构特点等。我国的机床型号现在是按 1994 年颁布的标准 GB/T15375—94《金属机械机床型号编制方法》编制的。标准中规定，机床型号由汉语拼音字母和数字按一定的规律组合而成，它适用于新设计的各类通用机床、专用机床和回转体加工自动线（不包括组合机床、特种加工机床）。这里只介绍各类通用机床型号的编制方法。

(1) 型号表示方法 通用机床的型号由基本部分和辅助部分组成。基本部分区统一管理，辅助部分纳入与否由生产厂家自定。型号的构成如下：



其中：1) 有“()”的代号或数字，当无内容时则不表示，若有内容则不带括号；

2) 有“○”符号者，为大写的汉语拼音字母；

3) 有“△”符号者，为阿拉伯数字；

4) 有“◎”符号者，为大写的汉语拼音字母，或阿拉伯数字，或两者兼有之。

(2) 机床类、组、系的划分及其代号 机床的类代号，用大写的汉语拼音字母表示。必要时，每类可分为若干分类，分类代号由阿拉伯数字代表，作为型号的首位。例如磨床分为 M、2M、3M 三个分类。机床类别代号见表 1-1。

表 1-1 普通机床类别代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	锯床	其它机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	二磨	三磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其它

每类机床划分为 10 个组，每个组又划分为 10 个系（系列）。在同类机床中，主要布局和使用范围基本相同的机床，即为同一组；在同一组机床中，其主参数相同，主要结构及布局形式相同的机床为同一系。

机床的组由一位阿拉伯数字表示，位于类代号和通用特性代号、结构特性代号之后；机床的系，用一位阿拉伯数字表示，位于组代号之后。

各类机床组的代号及划分见表 1-2。

表 1-2 金属切削机床类、组划分表

组别		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
类别											
车床 C		仪表车 床	单轴自 动车床	多轴自 动、半自 动车床	回 轮、 转塔车床	曲轴及 凸轮轴车 床	立式车 床	落地及 卧式车床	仿形及 多刀车床	轮、轴、 辊、锭及铲 齿车床	其它车 床
			坐标镗 钻床	深孔钻 床	摇臂钻 床	台式钻 床	立式钻 床	卧式钻 床	铣钻床	中心孔钻 床	其它钻 床
				深孔镗 床		坐标镗 床	立式镗 床	卧式铣 镗床	精镗床	汽车、拖 拉机修理用 镗床	其它镗 床
磨床	M	仪表磨 床	外圆磨 床	内圆磨 床	砂轮机	坐标磨 床	导轨磨 床	刀具刃 磨床	平面及 端面磨床	曲 轴、凸 轮轴、花键 轴及轧辊磨 床	工具磨 床
	2M		超精机	内圆珩 磨机	外圆及 其它珩磨 机	抛光机	砂带抛 光及磨削 机床	刀具刃 磨及研磨 机床	可转位 刀片磨削 机床	研磨机	其它磨 床
	3M		球轴承 套圈沟磨 床	滚子轴 承套圈滚 道磨床	轴承套 圈超精机		叶片磨 削机床	滚子加 工机床	钢球加 工机床	气 门、活 塞及活塞环 磨削机床	汽车、 拖拉机修 磨机床
齿轮加工 机床 Y		仪表齿 轮加工机		锥齿轮 加工机	滚齿机 及铣齿机	剃齿及 珩齿机	插齿机	花键轴 铣床	齿轮磨 齿机	其它齿 轮加工机	齿轮倒 角及检查 机
螺纹加 工机床 S					套丝机	攻丝机		螺纹铣 床	螺纹磨 床	螺纹车床	
铣床 X		仪表铣 床	悬臂及 滑枕铣床	龙门铣 床	平面铣 床	仿形铣 床	立式升 降台铣床	卧式升 降台铣床	床身铣 床	工具铣床	其它铣 床
刨插床 B			悬臂刨 床	龙门刨 床			插床	牛头刨 床		边缘及模 具刨床	其它刨 床
拉床 L				侧拉床	卧式外 拉床	连续拉 床	立式内 拉床	卧式内 拉床	立式外 拉床	键 槽、轴 瓦及螺纹拉 床	其它拉 床
锯床 G				砂轮片 锯床		卧式带 锯床	立式带 锯床	圆锯床	弓锯床	锉锯床	
其它机床 Q		其它仪 表机床	管子加 工机床	木螺钉 加工机		刻线机	切断机	多功能 机床			

(3) 通用特性代号、结构特性别号 通用特性代号有统一的固定含义，它在各类机床型号中所表示的意义相同。当某类机床除有普通形式外，还有某种通用特性，则在类代号之后加通用特性代号予以区分。通用特性代号见表 1-3。如某类机床仅有某种通用特性，而无普通形式者，则通用特性不予表示。

表 1-3 通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心 (自动换刀)	仿形	轻型	加重型	简 式 或经济型	柔性加工 单元	数显	高速
代 号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J	R	X	S
读 音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	简	柔	显	速

对主参数相同而结构、性能不同的机床，在型号中加结构特性代号予以区分。它在型号中没有统一的含义。结构特性代号用汉语拼音字母表示，排在类代号之后。当型号中有通用特性代号时，应排在通用特性代号之后。

(4) 主参数、主轴数和第二主参数的表示方法 机床主参数代表机床规格大小，用折算值表示，位于系代号之后。某些通用机床，当其无法用一个主参数表示时，则在型号中用设计顺序号表示。

机床的主轴数应以实际数值列入型号，置于主参数之后，用乘号“×”分开。主轴数是必须表示的。

第二主参数（多轴机床的主轴数除外）一般不予表示，它是指最大模数、最大跨距、最大工件长度等。在型号中表示第二主参数，一般折算成两位数为宜。

(5) 机床的重大改进顺序号 当机床的结构、性能有更高的要求，须按新产品重新设计、试制和鉴定时，按照改进的先后顺序用汉语拼音字母 A、B、C…加在基本部分的尾部，以区别原机床型号。

(6) 其它特性代号 其它特性代号，置于辅助部分之首。其中同一型号机床的变型代号，一般应放在其它特性代号之首位。

其它特性代号主要用以反映各类机床的特性。如对数控机床，可用它来反映不同控制系统。对于一般机床，可以反映同一型号和机床的变型等。其它特性代号可用汉语拼音字母表示，也可用阿拉伯数字表示，还可用两者组合表示。

(7) 企业代号及其表示方法 企业代号包括机床生产厂及机床研究所单位代号，置于辅助部分尾部，用“-”分开。若辅助部分仅有企业代号时，可不加“-”。

通用机床型号实例：

例一 北京机床研究所生产的精密卧式加工中心，其型号为：THM6350/JCS。

例二 沈阳第二机床厂生产的最大钻孔直径为 40mm，最大跨距为 1600mm 的摇臂钻床，其型号为：Z3040/S2。

例三 某机床厂生产的经第一次改进的精密磨床，其工作台宽度为 320mm，其型号为：MM7132A。

三、机床的运动与传动

1. 金属切削运动 金属切削加工是用切削工具（包括刀具、磨具和磨料）把坯料或工件上多余的材料层切去成为切屑，使工件获得相应的几何形状、尺寸和表面质量的加工方

法。任何切削加工都必须具备三个基本条件：切削工具（常称为刀具）、工件和切削运动。

金属切削加工过程是刀具在切削运动中带着切削力挤压被切削的工件材料，被切削的工件材料受压后，经塑性变形，当材料中切应力超过材料的屈服强度时，受挤材料沿切应力最大线滑移，经刀刃沿刀具的前刀面从工件基体上分离出来，形成切屑的过程。

切削运动是刀具与工件之间的相对运动，它由形成切削力的主运动、保证切削连续进行的进给运动组成。主运动和进给运动之间有准确的比例关系形成的合成运动称为合成切削运动（如车削螺纹时的两个运动）。

2. 机床运动 机床是实现切削加工的机器，机床运动就一定要能完成切削运动，使刀具和工件之间按一定的规律完成一系列的运动。机床的运动可分为表面成形运动和辅助运动。

表面成形运动是直接参与切削过程，从而在工件上形成工件表面的刀具与工件间的相对运动。表面成形运动的形式和数量，决定了被加工表面的形状、所采用的加工方法和刀具的结构。表面成形运动可分为机床的主运动和机床的进给运动。

机床的主运动是实现切削的主要运动。它的特点是速度较高及消耗的动力较多。主运动常常是回转运动，可以是工件回转（如车床的主运动），也可是刀具回转，（如钻床、铣床、镗床等的主运动），常以 n (r/min) 表示。主运动也有是直线运动的（如刨床、拉床等机床的主运动）。

机床的进给运动是实现切削的进给运动。它的特点是速度较低及消耗的动力较少。进给运动可由刀具完成（如车床、钻床等的进给运动），也可由工件完成（如铣床、镗床和磨床等的进给运动）；可以是连续的（如车床的进给运动），也可是间歇的（如刨床的进给运动）；可以是一个（如车削外圆柱表面时），也可有几个（如滚齿时）。个别情况没有进给运动（如拉削时）。

机床的辅助运动是指机床上除表面成形运动以外的所有运动。其作用是实现机床的各种辅助动作，主要包括以下几种：

(1) 切入运动 为获得一定的加工尺寸，使刀具切入工件的运动。

(2) 分度运动 多工位工作台、刀架等的周期性移位和转换，以便依次加工工件上各个表面，或依次使用不同的刀具对工件进行顺序加工的运动。如在车削多线螺纹时，车完一条螺纹后，工件相对刀具要回转 $1/K$ 转（ K ——螺纹的线数）才能车削另一条螺纹，这个工件相对于刀具的旋转运动称为分度运动。

(3) 调位运动 是使刀具和工件处于正确的相对位置的运动。如摇臂钻床上移动主轴箱，而使钻头对准被加工孔的中心位置的运动即为调位运动。

(4) 空行程、操作及控制运动 主要包括：为提高生产率快速引进和退回运动，机床的启动、停止、变速、换向及部件和工件的夹紧、松开，自动测量和自动补偿等。

从现代机床控制角度来看机床运动，机床运动同样可分为主运动、进给运动和辅助运动三大类。主运动同前面的定义一样。而进给运动则可定义为是机床主机上除主运动以外的刀具移动、工件移动和工件转动等有关刀具和工件的机床运动。辅助运动是除主运动和进给运动以外的机床上所有的其它运动（如主轴变速、自动换刀、工件自动夹紧和工件自动交换等运动）。

3. 机床的传动

(1) 机床的基本组成 为了实现加工过程中所必需的各种运动, 机床应具备三个基本部分:

1) 执行件 执行件是执行运动的部件, 如主轴、刀架、工作台等。其任务是带动工件和刀具完成旋转和直线运动, 并保证准确的运动轨迹。

2) 动力源 动力源是为执行件提供运动和动力的装置, 有交流异步电动机、直流电动机、步进电动机等各种电动机。可以几个运动共用一个动力源, 也可每个运动单独使用一个动力源。

3) 传动装置 传动装置是传递运动和动力的装置。通过它把动力源的动力传递给执行件和把一个执行件的运动传递给另一个执行件, 并使有关执行件之间保持某种确定的运动关系。传动装置还可以变换运动性质、方向和速度。

机床的传动装置有机械、液压、电气、气压等多种形式。

(2) 机床的传动链和传动联系 在机床上, 为了得到所需的运动, 需要通过一系列的传动件把执行件和动力源, 或者把执行件和执行件连接起来, 这种连接称为传动联系。构成一个传动联系的一系列传动件, 称为传动链。传动链中通常包含两类传动机构: 一类是传动比和传动方向固定不变的传动机构, 如定比齿轮副、蜗杆蜗轮副、丝杠和螺母副, 称为定比传动机构; 另一类是根据加工要求可以变化传动比和传动方向的传动机构, 如挂轮变速机构、滑移齿轮变速机构、离合器变速机构等, 统称为换置机构。传动链(运动链)还可分为内、外联系两种。

1) 外联系传动链 外联系传动链是联系动力源和机床执行件之间的传动链。它使执行件得到预定速度的运动, 并传递一定的动力。外联系传动链传动比的变化, 只影响生产率或表面粗糙度, 不影响工件表面形状的形成。

2) 内联系传动链 为了将两个或两个以上的单元运动组成复合成形运动, 执行件与执行件之间的传动联系称为内联系。构成内联系的一系列传动件称为内联系传动链。内联系传动链所联系的执行件之间的相对速度(及相对位移量)应有严格的要求, 否则无法保证切削所需的正确的运动轨迹。由此可知, 在内联系传动链中各传动副的传动比必须准确, 不应有摩擦传动和瞬时传动比变化的传动件, 如链传动。在卧式车床上用螺纹车刀车螺纹时, 联系主轴和刀架之间的螺纹传动链, 就是一条传动比有严格要求的内联系传动链, 它能保证并得到螺纹所需的螺距。

(3) 传动原理图 机床所有传动链和它们之间的相互联系, 组成了机床的传动系统。为了简明地表示机床加工过程中各个运动的传动联系, 常用简单的传动原理图。传动原理图中规定用一些简明的标准符号来表示传动链的各传动件和执行件等, 并且只表示与表面成形直接有关的运动和传动联系。图 1-1 是传动原理图常用的一些符号。

下面以卧式车床为例进行说明。

图 1-2 表示卧式车床车螺纹时的传动原理图。图中, 在主轴至刀架之间的内联系中, 4-5、6-7 的传动比是固定不变的; 5-6 是一个传动比可以调整的换置机构, 它的传动比值 u_f 满足所车削螺纹导程的要求, 其主轴每转一转, 均匀地移动一个被加工螺纹导程 L 的距离, 是复合成形运动。在电动机至主轴之间的外联系中, 1-2 和 3-4 传动比是固定的; 2-3 间为传动比可调整的换置机构, 变换传动比值 u_v 可改变主轴转速。

在卧式车床上车外圆时, 需要两个独立、简单的成形运动, 即主轴的旋转运动和刀架的

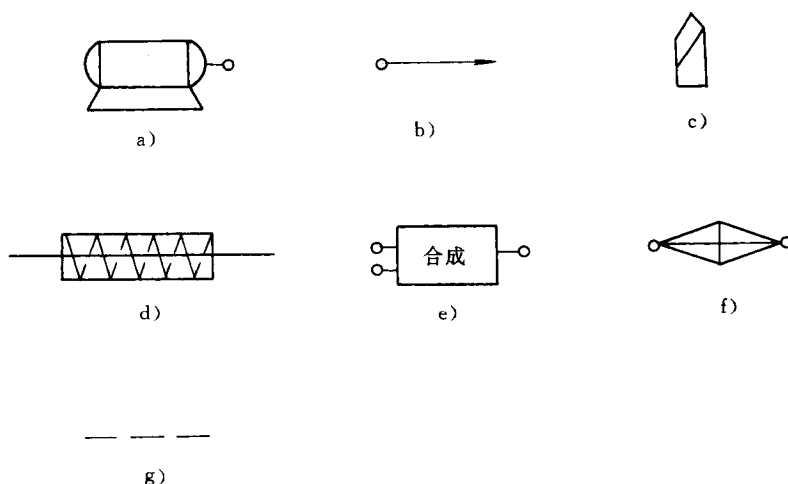


图 1-1 传动原理图常用的一些示意符号

- a) 电动机 b) 车床主轴 c) 车刀 d) 滚刀 e) 合成机构
f) 传动比可变的换置机构 g) 传动比不变的传动机构

直线运动。这两个成形运动之间没有相对速度的严格要求，两者之间不是内联系。因此，两个成形运动，可以各自与单独的电动机联接，也可共用一个电动机，其原理图与图 1-2 相似。由此可见，成形运动按其组成情况，可分为简单和复合成形运动。

(4) 机床传动系统图 为了便于了解和分析机床的运动和传动情况，通常应用简明的机床传动系统图。机床的传动系统图是表示机床全部运动传动关系的示意图。在图中用简单的规定符号代表各种传动元件（我国的传动系统规定符号见《国家标准 GB138—74 机械制图——机动示意图中的规定符号》）。机床的传动系统画在一个反映机床外形和各主要部件相互位置的投影面上，并尽可能绘制在机床外形的轮廓内。在传动系统中各传动元件是按照运动传递的先后顺序，以展开图的形式画出来的。要把一个立体的传动结构展开并绘制在一个平面图中，有时不得不把其中某一根轴绘成折断线或弯曲成一定夹角的折线；有时对于展开后失去联系的传动副，要用大括号或虚线联接起来以表示它们的传动关系。传动系统图中通常还需注明齿轮的齿数（有时也注明其编号和模数）、带轮直径、丝杠的导程和线数、电动机的转速和功率、传动轴的编号等。传动轴编号，通常是从动力源（电动机等）开始，按运动传递顺序，顺次地用罗马数字 I、II、III、IV…表示。

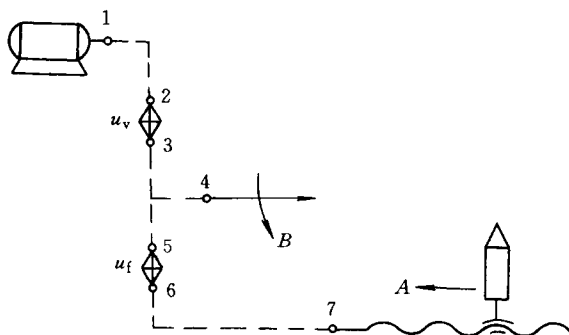


图 1-2 用螺纹车刀车螺纹时的传动原理图

的规定符号》)。机床的传动系统画在一个反映机床外形和各主要部件相互位置的投影面上，并尽可能绘制在机床外形的轮廓内。在传动系统中各传动元件是按照运动传递的先后顺序，以展开图的形式画出来的。要把一个立体的传动结构展开并绘制在一个平面图中，有时不得不把其中某一根轴绘成折断线或弯曲成一定夹角的折线；有时对于展开后失去联系的传动副，要用大括号或虚线联接起来以表示它们的传动关系。传动系统图中通常还需注明齿轮的齿数（有时也注明其编号和模数）、带轮直径、丝杠的导程和线数、电动机的转速和功率、传动轴的编号等。传动轴编号，通常是从动力源（电动机等）开始，按运动传递顺序，顺次地用罗马数字 I、II、III、IV…表示。

图 1-3 是 CK7815 型数控车床的传动系统图。从图中可看出：

主轴由主轴伺服电动机通过两级塔形带轮传动。两级塔形带轮分别形成两个传动比， u_1 为 5/6； u_2 为 1/3，使主轴可工作在高、低二种转速范围内。在各转速范围内时，主轴

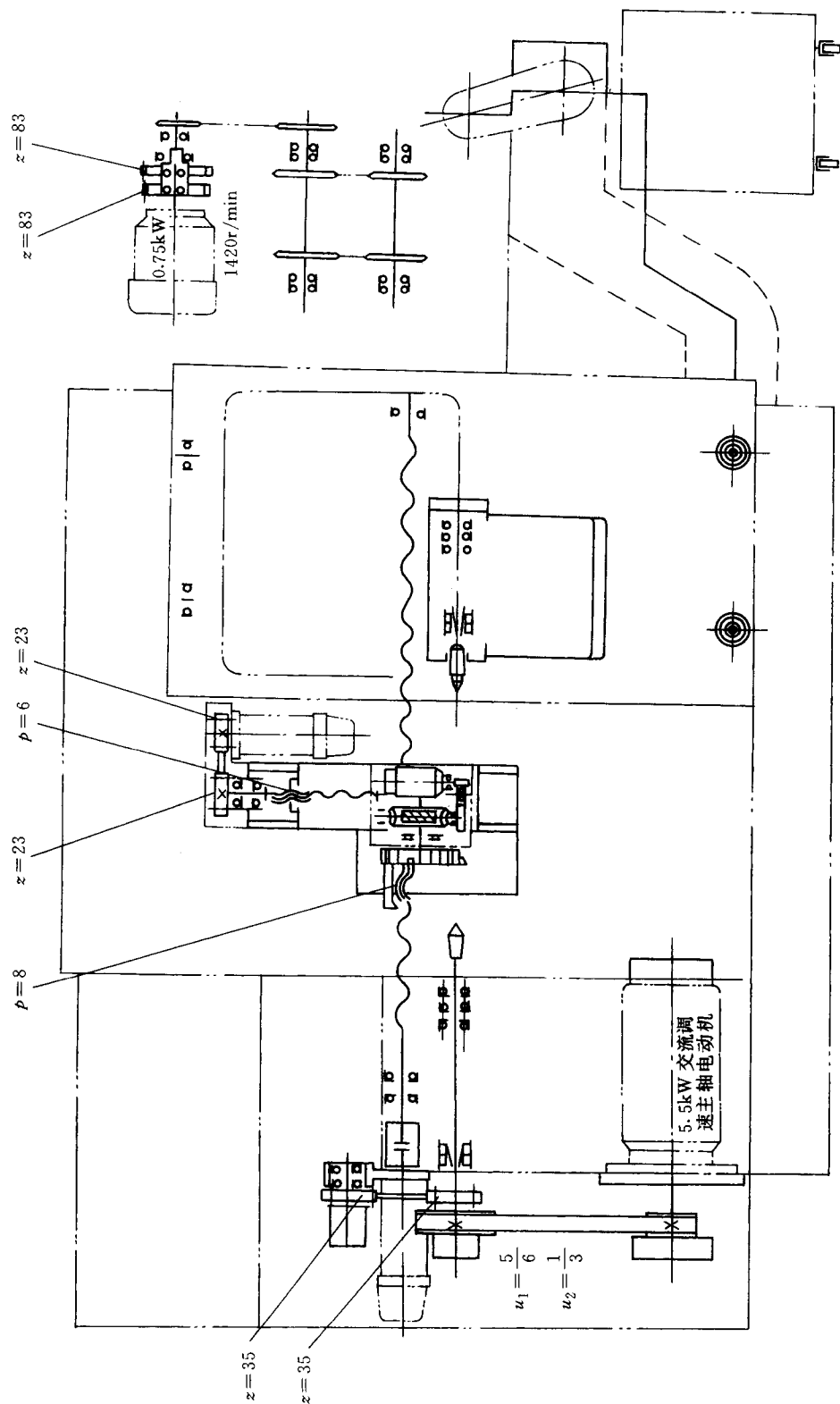


图 1-3 CK7815 型数控车床传动系统图

实现无级调速。主轴的转动通过一对齿数为 35 的齿轮副传到编码器，再由编码器将主轴转动状况形成电信号反馈回数控装置，由数控装置实现螺纹切削的控制。

纵向 Z 轴进给由伺服电动机经联轴器传动滚珠丝杠螺母副，驱动纵向拖板，带动刀架，使刀具实现纵向进给运动。

横向 X 轴进给由伺服电动机经同步齿形带传动横向滚珠丝杠，驱动横向拖板，带动刀架，使刀具实现横向进给运动。

刀盘转位是由电动机经齿轮、蜗轮副传动来实现的。

尾架套筒内活顶尖支承在前后两组轴承上，由液压缸来操纵。

排屑机构是由电动机、减速器和链轮传动等机构组成。

四、数控机床坐标系

数控机床为了控制机床的运动，必须建立一个机床坐标系对机床的进给运动进行分类，这样可使数控机床的控制系统分别对各进给运动实行控制。同样也有利于数控机床的编程加工应用。国际上已统一了坐标系。我国也制定了 JB3051—82《数控机床坐标和运动方向的命名》数控标准，它与 ISO841 等效。

1. 右手直角坐标系 在标准中规定了以右手直角笛卡儿坐标系作为标准坐标系。该坐标系中，三坐标 X、Y、Z 表示三个直线坐标轴，三者的关系及正方向用右手定则判定，正方向分别为 +X、+Y、+Z；围绕 X、Y、Z 各轴的回转坐标轴分别为 A、B、C 坐标轴，它们的正方向用右手螺旋法则判定，正方向分别为 +A、+B、+C。右手直角坐标系如图 1-4 所示。与以上正方向相反的方向用带“-”的 +X'、+A'、…来表示。

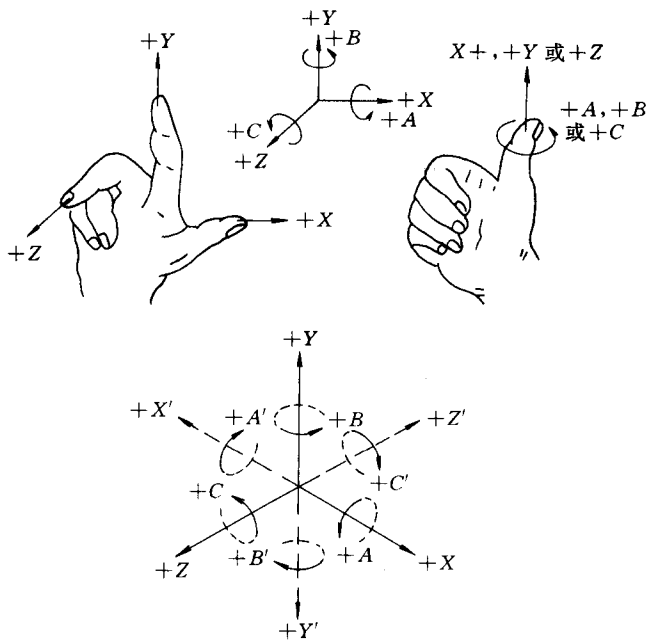


图 1-4 右手直角笛卡儿坐标系

2. 机床坐标系 在实际中的机床上，机床坐标系并不是完整的右手直角坐标系，机床上的坐标轴数可以少于、等于或多于右手直角坐标系的轴数，也就是一台机床上可有一个或一个以上的机床坐标系存在。一台机床的坐标系的坐标轴数与其机床上的进给运动数相同。数控机床的进给运动，有的由刀具运动来实现；有的由工作台带动工件来实现。为了统一坐标轴的正方向，特假定：在判别机床坐标系时，机床上的工件是不动的，只有刀具相对于工件作进给运动，以刀具运动的正方向来确定机床坐标轴的正方向。这样统一了对数控系统坐标系的要求。

1. 机床的 Z 坐标 规定平行于主轴轴线的坐标为 Z 坐标，对于没有主轴的机床，则规定垂直于工件装夹表面的坐标轴为 Z 坐标；如果机床上有几根主轴，可选垂直于工件装

(1) 机床的 Z 坐标 规定平行于主轴轴线的坐标为 Z 坐标，对于没有主轴的机床，则规定垂直于工件装夹表面的坐标轴为 Z 坐标；如果机床上有几根主轴，可选垂直于工件装

夹面的一根主轴作为主要主轴， Z 坐标则平行于主要主轴的轴线；如主轴能摆动，在摆动范围内只与标准坐标系中的一个坐标平行时，则这个坐标就是 Z 坐标，而摆动范围内能与基本坐标中的多个坐标相平行时，则取垂直于工件装夹面的方向作为 Z 坐标轴的方向。 Z 坐标的正方向是使刀具远离工件的方向。

(2) 机床的 X 坐标 在刀具旋转的机床上，如铣床、钻床、镗床，若 Z 轴是水平的，则从刀具（主轴）向工件看时， X 坐标的正方向指向右边。如果 Z 轴是垂直的，则从主轴向立柱看时，对于单立柱机床， X 轴的正方向指向右边；对于双立柱机床，当从主轴向左侧立柱看时，轴的正方向指向右边。

在工件旋转的机床上，如车床、磨床等，则 X 轴的方向是在工件的径向并平行于横向拖板，刀具离开工件旋转中心的方向是 X 轴的正方向。

(3) 机床的 Y 坐标 当机床上有垂直于 ZX 坐标平面的坐标时，在确定了 Z 、 X 轴的正方向后，可按图 1-4 所示的直角坐标系，用右手判别法则来确定 Y 坐标的正方向。

(4) 机床的回转坐标 A 坐标、 B 坐标和 C 坐标 如机床上有回转进给运动时，且回转轴线平行于 X 、 Y 或 Z 坐标，则对应的回转坐标为 A 、 B 或 C 坐标。回转坐标的正方向用右手螺旋判别法判别，或从围绕的直线坐标的正方向向负方向看，逆时针方向为该回转坐标的正方向，可参见图 1-4。

(5) 机床的附加坐标系 若在机床上 X 、 Y 和 Z 坐标的直线进给运动之外，还有其它的直线进给运动时，则建立第二坐标系。其直线坐标为： U 、 V 、 W ；回转坐标为： D 、 E 、 F 。若再有其它进给运动时，可顺次建立第三坐标系、第四坐标系……

(6) 工件的运动的表示 在机床上，进给运动常常是工件的移动，坐标的表示是用 $+X$ 、 $+Y$ 和 $+Z$ ……。并且其正方向与对应的机床坐标正方向相反。

图 1-5 是几台常见数控机床的坐标系。

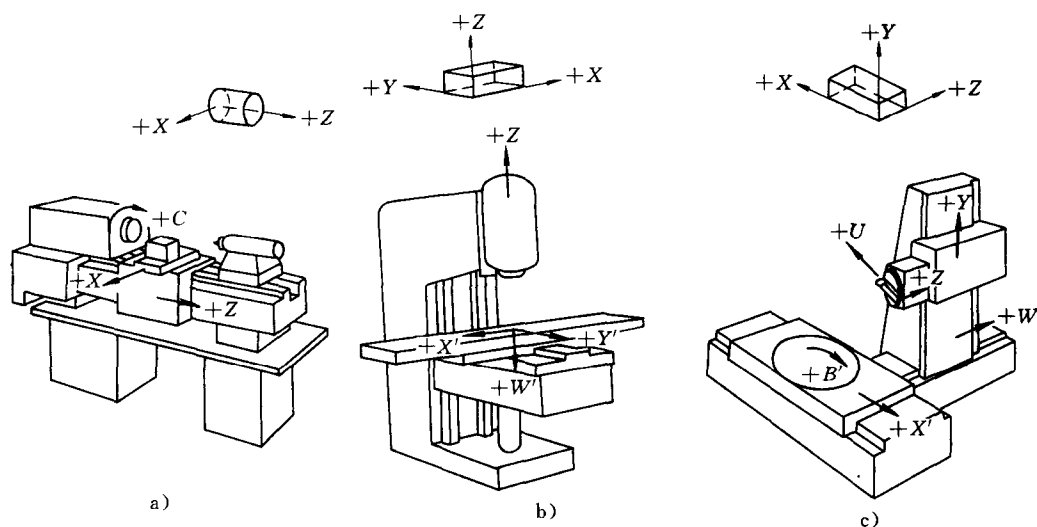


图 1-5 常见数控机床的坐标系

a) 数控车床 b) 数控铣床 c) 数控镗铣床

第二节 数控机床概论

按加工要求预先编制的程序，由控制系统发出以数字量作为指令信息进行工作的机床，称为数字控制（NC）机床，简称数控机床。以前采用的控制系统为专用的控制计算机，而现在大多采用通用计算机或微型计算机加软件作为控制系统，用 CNC 表示。

一、数控机床的工作原理与组成

1. 数控机床的工作原理 在普通机床上加工零件时，机床运动开始、结束，运动的先后次序及刀具和工件的相对位置等都由人工去完成。而在数控机床加工零件，则是要首先把加工零件所需的所有机床动作以程序的形式记录下来，登载到某种存储物上（该存储物就称为控制介质），输入到数控装置中，由数控装置处理程序，发出控制信号指挥机床的伺服系统驱动机床，协调指挥机床的动作，使其产生主运动和进给运动的一系列机床运动，完成零件的加工。零件在机床上的加工过程如图 1-6 所示。当改变加工零件时，在数控机床只要改变加工程序，就可继续加工新零件。

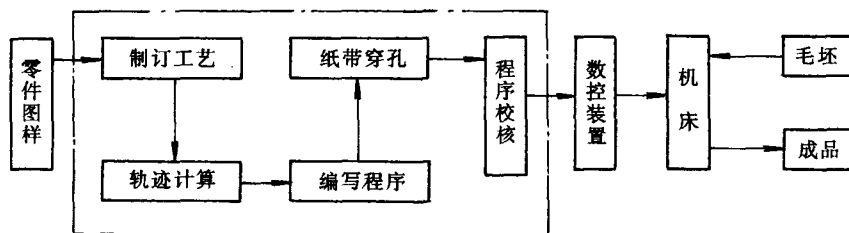


图 1-6 零件在数控机床上的加工过程

2. 数控机床的组成 数控机床由控制介质（加工程序）、数控装置、伺服系统和机床主机组成，如图 1-7 所示。图中实线部分，为开环控制的数控机床框图。为了提高机床加工精度，在上述系统中，再加入一个测量反馈装置，如图中的虚线部分，这样就构成闭环控制的数控机床框图。

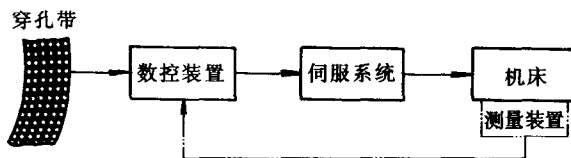


图 1-7 数控机床的组成

（1）控制介质 数控机床加工时，不要工人直接去操作机床运动，但机床必须按人们的意图去加工零件。为了得到图样上所规定的零件形状和加工精度，在加工过程中，机床所需要的全部操作动作和刀具相对于工件的运动轨迹，都是由我们按照一定的要求和顺序编成控制指令，然后把这些所需要的全部控制指令（数控机床的加工程序）存放在一种存储物上。这就是在人和数控机床之间建立联系的媒介物，称作为控制介质。控制介质可以是穿孔纸带，也可以是磁带、磁盘或其它可存储物质。