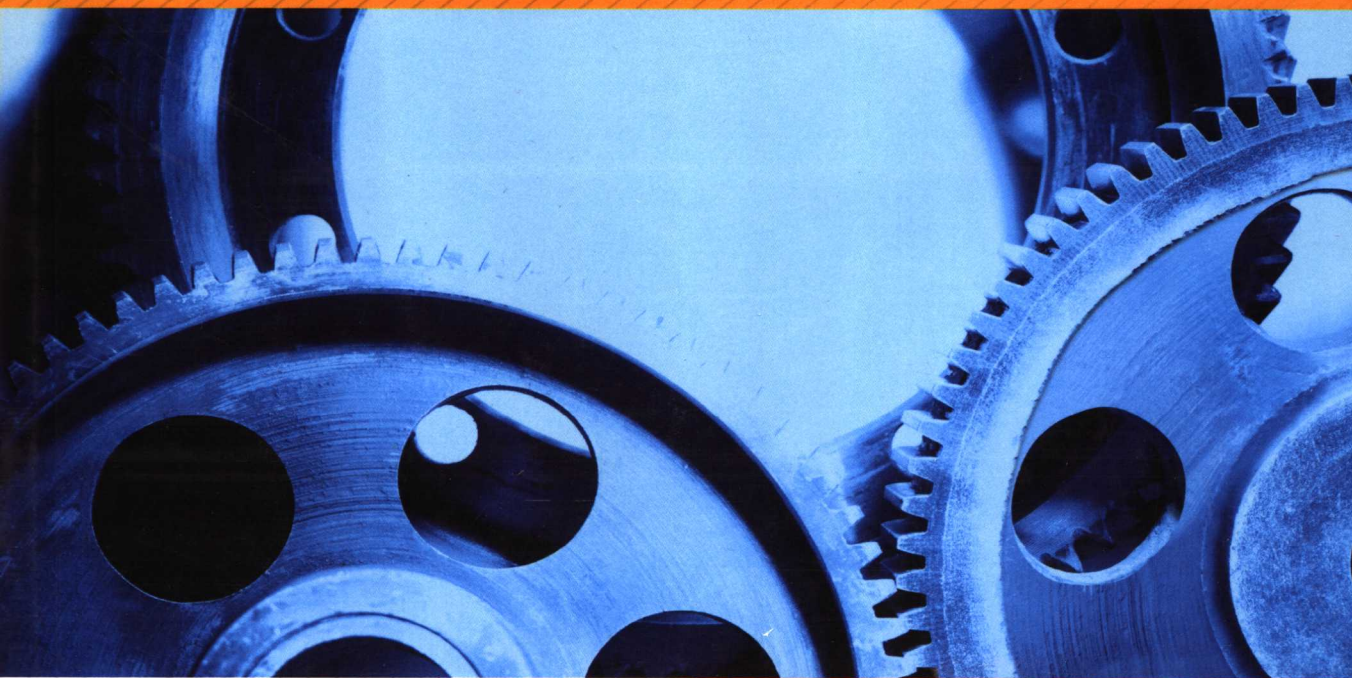




21 世纪高等院校应用型规划教材

机械制造技术

主 编 陈根琴 宋志良
副主编 何 平 吴世友 楼章华
主 审 聂林水



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

7H15
284
1

21 世纪高等院校应用型规划教材

机械制造技术

主 编 陈根琴 宋志良
副主编 何 平 吴世友 楼章华
主 审 聂林水

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共9章,分别为机械制造技术简介、金属切削过程的基本知识、机械零件加工方法与设备、机械加工工艺流程、机床夹具设计、机械加工质量分析、数控加工工艺、机械装配工艺和计算机辅助工艺过程设计。此外,还介绍了最新的加工技术,如数控加工工艺、组合夹具、成组技术和CAPP等知识。

本教材适用于高等院校、成人高校机电类各专业教学使用,也可供相关专业技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/陈根琴,宋志良主编. —北京:北京理工大学出版社,
2007.8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1275 - 5

I. 机… II. ①陈…②宋… III. 机械制造工艺—高等学校—教材
IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第131199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/北京国马印刷厂

开 本/787毫米×960毫米 1/16

印 张/22.75

字 数/465千字

版 次/2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

印 数/1~4000册

定 价/36.80元

责任校对/陈玉梅

责任印制/吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

21 世纪高等院校应用型规划教材编委会

(机电类专业)

主 审 郭纪林 林知秋 张岐生

主 任 陈智刚 京玉海

副 主 任 方晓勤 熊 坚 朱江峰

委 员 余 萍 陈根琴 高保真 肖文福 李俊彬
李 奇 杨 安 陈小云 魏春雷 徐慧民
赵广平 唐 刚 涂序斌 袁建新 敖春根
夏永英 余 林 张克义 宋志良 黄国兵
郑和安 刘 勇 王训杰 陈华庚 刘耀元
魏斯亮

(排名不分先后)

执行委员 钟志刚 廖宏欢

前 言

本教材是机械类专业一门重要的专业课，是把原来的《金属切削刀具与原理》、《金属切削机床》、《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》等课程的相关内容根据机械类高职高专规划教材的总体要求而进行了有机结合。本教材突出了综合性和实用性，其实践性很强，在学习中必须要有实践环节与之相配合。学习本课程前，应掌握基本的机加工技能，具有一定的感性认识。

通过本课程的教学，要求学生掌握机械制造技术的基本知识和基本理论，具有一定的零件加工工艺分析能力和工装的设计能力，及常用设备操作能力。本书介绍了数控工艺、成组技术等先进的制造技术，为学生今后的发展开发了一个良好的平台。

本教材适合于高等院校、成人高校机械类和近机类高职高专有关专业的教学使用，也可供机械技术人员参考。

本教材由陈根琴主编。参加编写的人员有陈根琴（第1章、第3章、第9章、第4章第5节）、何平（第2章、第5章）、吴世友（第6章、第8章）、楼章华（第7章）、宋志良（第4章其他节）。聂林水、宁传华、钟礼昌、欧阳毅文对书稿进行了审阅，提出了宝贵意见，在此，向为本书编写提供热心帮助的老师 and 同行致以衷心的感谢！

由于水平有限，编写时间比较仓促，书中难免有欠妥之处，望批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 机械制造技术简介	(1)
第一节 机械制造业在国民经济中的地位与作用	(1)
第二节 机械加工工种	(2)
第三节 金属切削机床的基本知识	(5)
思考题	(8)
第 2 章 金属切削过程的基本知识	(9)
第一节 金属切削运动和切削要素	(9)
第二节 金属切削刀具几何角度	(13)
第三节 金属切削过程物理现象	(18)
第四节 刀具材料	(29)
第五节 切削液	(33)
第六节 刀具几何参数与切削用量选择及实例	(36)
第七节 磨削原理	(45)
思考题	(48)
第 3 章 机械零件加工方法与设备	(52)
第一节 外圆表面加工及设备	(52)
第二节 内圆表面加工及设备	(82)
第三节 螺纹的加工	(107)
第四节 平面加工	(116)
第五节 齿轮的齿形加工	(132)
思考题	(152)
第 4 章 机械加工工艺规程	(154)
第一节 机械加工概述	(154)
第二节 机械加工工艺规程的制定	(158)
第三节 零件的工艺分析	(163)
第四节 毛坯的确定	(166)

第五节	定位基准的选择	(169)
第六节	工艺路线的拟定	(174)
第七节	加工余量的确定	(182)
第八节	工序尺寸及公差的确定	(185)
第九节	机床与工艺装备的选择	(192)
第十节	机械加工的生产率	(193)
第十一节	实 例	(199)
思考题		(213)
第5章	机床夹具设计	(219)
第一节	工件的定位	(219)
第二节	工件的夹紧	(231)
第三节	典型机床夹具	(240)
第四节	专用夹具设计方法	(258)
第五节	先进组合夹具简介	(264)
思考题		(268)
第6章	机械加工质量分析	(273)
第一节	机械加工精度	(273)
第二节	机械加工表面质量	(297)
思考题		(303)
第7章	数控加工工艺	(306)
第一节	数控刀具	(306)
第二节	数控加工工艺	(310)
思考题		(320)
第8章	机械装配工艺基础	(322)
第一节	机械装配概述	(322)
第二节	装配精度与装配尺寸链的建立	(323)
第三节	装配方法及其选择	(329)
第四节	装配工艺规程的制定	(335)
第五节	典型传动装置的装配案例	(337)
思考题		(339)

第 9 章 计算机辅助工艺过程设计 (CAPP)	(341)
第一节 CAPP 系统的基础技术	(341)
第二节 计算机辅助工艺规程设计	(349)
思考题	(352)
参考文献	(353)

第1章

机械制造技术简介

第一节 机械制造业在国民经济中的地位与作用

一、机械制造业在国民经济中的地位与作用

机械制造业是国民经济最重要的部门之一，它担负着向国民经济的各个部门提供机械设备的任务，是一个国家经济实力和科学技术发展水平的重要标志，因而世界各国均把发展机械制造业作为振兴和发展国民经济的战略重点之一。

在我国，机械制造业特别是装备制造业处于制造业中心地位，是国民经济持续发展的基础，是工业化、现代化建设的发动机和动力源，是参与国际竞争取胜的法宝，是技术进步的主要舞台，是提高人均收入的财源，是国际安全的保障，是发展现代文明的物质基础。

随着科学技术的发展，现代工业对机械制造技术提出了越来越高的要求，同时也推动了机械制造技术不断地向前发展，并给予机械制造技术许多新的技术和新的概念，使得机械制造技术向智能化、柔性化、网络化、精密化、绿色化和全球化方向发展成为趋势。

当前，面临激烈市场竞争的机械制造业，要想增强企业的竞争力，企业制造的产品必须做到以下几点。一要设计、制造周期短，产品更新快；二要产品质量高、价格廉；三要及时交货、并提供良好的售后服务。为此，21 世纪的机械制造技术发展的总趋势为以下几方面。

(1) 向柔性化方向发展。柔性制造系统 (FMS)、计算机集成制造系统 (CIMS) 是一种高自动化程度的制造系统。

(2) 向高精度化方向发展。在科学技术发展的今天，产品精度的要求越来越高，精密加工和超精密加工已成必然。加工设备采用的是高精度的、通用可调的数控专用机床，夹具是高精度的、可调的组合夹具，以及高精度的刀具、量具。

(3) 向高速度方向发展。高速度切削可极大地提高加工效率，降低能源消耗，从而降低生产成本，但高速度切削必须要求加工设备、刀具材料、刀具涂层、刀具结构等方面技术

的进步来配合。

(4) 向绿色化方向发展。减少机械加工对环境的污染,是国民经济可持续发展的需要,也是机械制造工业面临的课题。目前,在数控机床上装有全防护装置,可防止冷却液和切屑飞溅,并具有回收冷却液和排屑的装置,在一些先进的数控机床上,采用了新型冷却技术(低温空气、负压抽吸等),通过废液、废气、废油再回收利用等方面减少对环境的影响。

目前,我国机械制造业还远远落后于世界工业发达国家,我国制造业的工业增加值仅为美国的 22.14%,日本的 35.34%。科技仍处于较低水平,附加值高和技术含量大的产品生产能力不足,需大量进口,缺乏能够支持结构调整和产业升级的技术能力。传统的机械制造技术与国际先进水平相比,差距在 15 年左右。因此,从事机械制造的技术人员应该不断地进行知识更新、拓宽技能和掌握高新技术,勇于实践,为我国机械制造业的发展奠定基础。

二、学习本课程的目的和学习方法

《机械制造技术》是高职高专机械类的一门主要专业课,它是将传统的四门专业课《金属切削刀具与原理》、《金属切削机床》、《机床夹具设计》和《机械制造工艺学》进行了整合,形成了一门实践性、综合性和灵活性都很强的专用课程。通过理论教学、生产实习、课程设计、综合实践等环节的配合,使学生掌握机械制造技术的基本理论,能对零件的加工工艺进行分析及制定零件工艺路线;能合理选用机床、刀具、组合夹具、量具等,并能对专用夹具进行设计及制造;能正确地使用、调整机床。在学习的同时,为了拓宽视野、开阔思路,本课程介绍了机械制造技术中的新工艺、新技术,以了解现代制造技术的发展方向。

本课程的内容与生产实践联系十分紧密,要有丰富的感性知识,才能掌握机械制造技术的概念、理论和综合实践技术。所以,在学习上要重视实践环节和课程设计的能力,要重视综合运用所学知识解决生产实际问题的能力。同时,由于各机械制造企业的生产条件千差万别,其加工工艺也不是千篇一律,运用时切忌死搬教条,要灵活运用。

第二节 机械加工工种

机械加工工种一般分为冷加工、热加工和其他工种三大类。

一、冷加工(机械加工)类

1. 钳工

钳工的工作范围很广,如有些零件在加工前通过钳工来进行划线;有些零件的加工,采用机械设备加工不太适宜或不能解决,要通过钳工工作来完成,以及零件的组装、部件的装配和总装配也要通过钳工按各项技术要求进行。总之,钳工是机械制造企业中不可缺少的一

个工种。

钳工工种按专业工作的主要对象不同又可分为普通钳工、装配钳工、模具钳工、修理钳工、工具钳工等。不管哪一种钳工，首先要掌握好钳工的各项基本操作技术。主要包括划线、錾削、锯割、锉削、钻孔、扩孔、铰孔、铰孔、攻螺纹和套螺纹、刮削、研磨、铆接等。

2. 车工

车削加工是金属切削加工中最基本的加工方法。车工是指操作车床，对工件旋转表面进行切削加工的工种。

车床的种类很多，按结构及其功用主要可分为普通车床、落地车床、立式车床、数控车床及六角车床等。

车削加工的主要工艺内容为车削内外圆柱面、圆锥表面、车端面、切沟槽、切断、车螺纹、钻孔、铰孔、滚花、车成形面等。

3. 铣工

铣削加工是利用多刃刀具对工件进行各种平面及沟槽加工。铣工是指操作各种铣床设备，对工件进行铣削加工的工种。

铣床按结构及其功用主要可分为升降台式铣床、无升降台铣床、工具铣床、龙门铣床、数控铣床等。

铣削加工的主要工艺内容为铣削平面、台阶面、沟槽（键槽、T形槽、燕尾槽、螺旋槽）以及成形面等。

4. 刨工

刨削加工是利用刨刀（或工件）的直线往复运动对工件进行平面或沟槽的加工。刨工是指操作各种刨床设备，对工件进行刨削加工的工种。

常用的刨削机床有普通牛头刨床、液压刨床、龙门刨床和插床等。

刨削加工的主要工艺内容为刨削平面、垂直面、台阶面、斜面、沟槽（V形槽、燕尾槽、T形槽等）、成形面等。

5. 磨工

磨削加工是利用磨料磨具（砂轮、砂带、油石、研磨剂等）为工具和工件进行精加工。磨工是指操作各种磨床设备，对工件进行磨削加工的工种。

常用的磨床有普通平面磨床、外圆磨床、内圆磨床、万能磨床、工具磨床、无心磨床以及数控磨床等。

磨削加工的主要工艺内容为磨削平面、外圆、内孔、圆锥、槽、斜面、花键、螺纹、特种成型面等。

6. 加工中心操作工

7. 数控车操作工

8. 数控铣操作工

除上述工种外, 常见的冷加工工种还有钣金工、镗工、冲压工等。

二、热加工类

1. 铸造工

铸造是指熔炼金属、制造铸型, 并将熔融金属浇入铸型, 凝固后获得一定形状尺寸和性能的金属铸件的工作。

铸造工指操作铸造设备, 进行铸造加工的工种。常见的铸造种类有砂型铸造、失蜡铸造、失模铸造、金属砂型铸造、压力铸造、离心铸造等。

2. 锻造工

锻造是利用锻造方法使金属材料产生塑性变形, 从而获得具有一定形状、尺寸和机械性能的毛坯或零件的加工方法。

锻造工是指操作锻造机械设备及辅助工具, 进行金属工件的毛坯剁料、镦粗、冲孔、成型等锻造加工的工种。

锻造可分为自由锻和模锻两大类。

3. 热处理工

金属材料可通过热处理改变其内部组织, 从而改善材料的工艺性能和使用性能, 所以热处理在机械制造业中占有很重要的地位。

热处理工是指操作热处理设备, 对金属材料进行热处理加工的工种。根据不同的热处理工艺, 一般可将热处理分成整体热处理、表面热处理、化学热处理和其他热处理四类。

三、其他工种

1. 机械设备维修工

机械设计维修工是从事设备安装维护和修理的工种。

2. 维修电工

维修电工是从事工厂设备的电气系统安装、调试与维护、修理的工种。

3. 电焊工

电焊工是指操作焊接和气割设备, 对金属工件进行焊接或切割成型的工种。

4. 电加工设备操作工

在机械制造中, 为了加工各种难加工的材料和各种复杂的表面, 常直接利用电能、化学能、热能、光能、声能等进行零件加工, 这种加工方法一般称为特种加工。其中操作电加工设备进行零件加工的工种, 称为电加工设备操作工。常用的加工方法有电火花加工、电解加工等。

本课程所包含的工种有钳工、车工、铣工、刨工、磨工、机械设备维修工、数控车操作工、数控铣操作工和加工中心操作工等。

第三节 金属切削机床的基本知识

金属切削机床是切削加工使用的主要设备。为了适应不同的加工对象和加工要求，需要多种品种和规格的机床，为了便于区别、使用和管理，需对机床进行分类和编制型号。

一、机床的类型

机床传统的分类方式，是按机床加工性质和使用的刀具进行的。目前将机床分为车床、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、其他机床和特种加工机床共 12 类，如表 1-1 所示。

表 1-1 通用机床分类代号

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	特种加工机床	锯床	其他机床
代号	C	Z	T	M	Y	S	X	B	L	D	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	牙	丝	铣	刨	拉	电	割	其

此外，根据机床的其他特性还可以进行进一步分类。

(1) 按加工精度的不同，机床可分为普通精度机床、精密机床和高精密机床。

大部分车床、磨床、齿轮加工机床有三个相对精度等级，在机床型号中用汉语拼音字母 P（普通精度，在型号中可省略）、M（精密级）和 G（高精度级）表示。

(2) 按工艺范围，机床可分为通用机床、专门化机床和专用机床三类。

通用机床是可加工多种工件，完成多种工序的使用范围较广的机床，如卧式车床、万能升降台铣床等。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。

专门化机床是用于加工形状相似而尺寸不同工件的特定工序的机床，如曲轴车床、凸轮轴车床等。

专用机床是用以加工某些工件的特定工序的机床，如机床主轴箱专用镗床等。它的生产率比较高，机床的自动化程度往往也比较高，所以专用机床通常用于成批及大量生产。

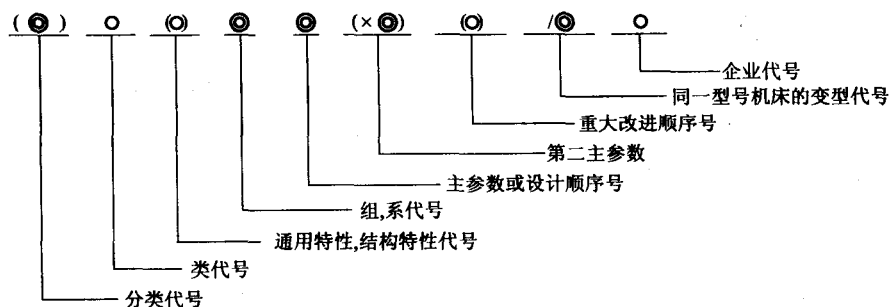
(3) 按自动化程度，机床可分为手动机床、机动机床、半自动机床和自动机床。

(4) 按机床重量，机床可分为仪表机床、中小型机床（一般机床）、大型机床（10 t）、重型机床（大于 30 t）和超重型机床（大于 100 t）。

(5) 自动控制类机床按其控制方式可分为仿形机床、数控机床和加工中心等，在机床型号中分别用汉语拼音字母 F、K、H 表示。

二、机床型号的编制方法

机床型号的编制是采用汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定规律组合排列,我国现行机床型号是根据 1994 年国家标准局颁布的《金属切削机床型号编制方法》的国家推荐标准 (GB/T 15375—1994)。普通机床型号用下列方式表示。



其中, O 为大写的汉语拼音字母; ● 为阿拉伯数字。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。

1. 机床的类、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 (见表 1-1 列出的我国机床的 12 个类别), 并按名称读音。需要时, 每类可分为若干分类, 分类代号用阿拉伯数字表示, 放在类代号之前, 第一类的 1 可省略, 如磨床类机床 M、2M 和 3M 三个分类。每类机床可划分为 10 个组, 每个组又可划分为 10 个系。在同一类机床中, 主要布局或使用范围基本相同的机床, 即为同一组。在同一组机床中, 其主要参数相同、主要结构及布局形式相同的机床, 即为同一系。如表 1-2 所示为车床的组、系代号划分。

表 1-2 车床的组、系代号划分

类别	0	1	2	3	4	5	6									7	8	9	
							落地及卧式车床												
							0	1	2	3	4	5	6	7					8
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	落地车床	卧式车床	马鞍车床	无丝杠车床	卡盘车床	球面车床					仿形及多刀车床	轮、轴、辊、锭及铲齿车床	其他车床

2. 机床的特性代号

(1) 通用特性代号。机床通用特性代号列入表 1-3。通用特性代号用汉语拼音字首(大写)表示,列在类别代号之后。如 CK6140 中, K 表示该车床具有程序控制特性。

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	Z	J	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	简	柔	显	速

(2) 结构特性代号。为了区别主参数相同而结构不同的机床,在型号中增加了结构特性代号。结构特性代号在不同的型号中可以有不同的含义。若某机床既具有通用特性,又具有结构特性,则结构特性代号应排在能用特性代号之后。如 CA6140 中, A 是结构特性代号,表示 CA6140 与 C6140 车床主参数相同,但结构不同。

3. 机床主参数代号

机床以什么尺寸作为主参数有统一的规定。主参数代表机床的规格,主参数代号代表主参数的折算值,排在组、系代号之后。表 1-4 列出了常用机床的主参数及其折算系数。

表 1-4 机床主参数代号

机床名称	主参数	主参数折算系数	机床名称	主参数	主参数折算系数
卧式车床	床身上最大 回转直径	1/10	立式升降台铣床	工作台面宽度	1/10
摇臂钻床	最大钻孔直径	1/1	卧式升降台铣床	工作台面宽度	1/10
卧式坐标镗床	工作台面宽度	1/10	龙门刨床	最大刨削宽度	1/100
外圆磨床	最大磨削直径	1/10	牛头刨床	最刨削长度	1/10

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、最大跨区及最大工长度等。在型号中表示的第二主参数,一般折算成两位数为宜。

4. 机床重大改进顺序号

当机床的性能及结构有重大改进时按其设计改进的次序,用字母 A、B、C 等表示,写在机床型号的末尾。如 M1432A 中, A 表示第一次重大改进后的万能外圆磨床,最大磨削直径为 320 mm。

5. 其他特性代号

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

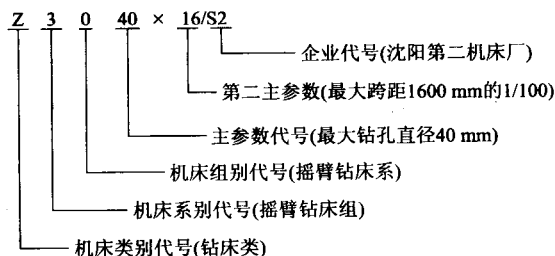
其他特性代号主要用以反映各类机床的特性。如对数控机床, 可用它来反映不同控制系统; 对于一般机床, 可以反映同一型号机床的变型等。

其他特性代号可用汉语拼音字母表示, 也可以用阿拉伯数字表示, 还可用两者结合表示。

6. 企业代号

企业代号包括生产厂及研究所单位代号, 置于辅助部分尾部, 用“—”分开, 若辅助部分仅有企业代号, 则不可加“—”。

例如, Z3040 × 16/S2 的含义如下。



思考题

- 1-1 机械制造工业在国民经济中的地位与作用是什么?
- 1-2 机械制造业的发展方向是什么?
- 1-3 冷加工工种分为哪几类? 各工种的作用是什么?
- 1-4 解释下列机床型号: CM6132、CG1107、C1336、Z3040、M1432B。

第2章

金属切削过程的基本知识

金属切削加工是利用刀具切除工件毛坯上多余的金属层,以获得具有一定加工精度和表面质量的机械零件的加工方法,它是机械制造工业中应用最广泛的一种加工方法。在这个过程中,会产生切削力、切削变形、切削热和刀具磨损等物理现象。研究金属切削的基本理论,掌握金属切削的基本规律,对有效控制金属的切削过程、保证加工精度和表面质量、提高切削效益、降低生产成本、促进切削加工技术的发展等具有十分重要的指导意义。

第一节 金属切削运动和切削要素

一、切削运动

在金属切削加工过程中,用刀具切除工件材料,刀具和工件之间必须要有一定的相对运动,这种相对运动称为切削运动。依其作用的不同,切削运动可分为主运动与进给运动。

1. 主运动

主运动是切除多余金属层以形成工件要求的形状、尺寸精度及表面质量所必须的基本运动,也是切削运动中速度最高、消耗功率最大的运动。在切削加工中,主运动只有且必须有一个。主运动可以是旋转运动(如车削、镗削中主轴的运动),也可以是直线运动(如刨削、拉削中的刀具运动)。如图2-1所示。

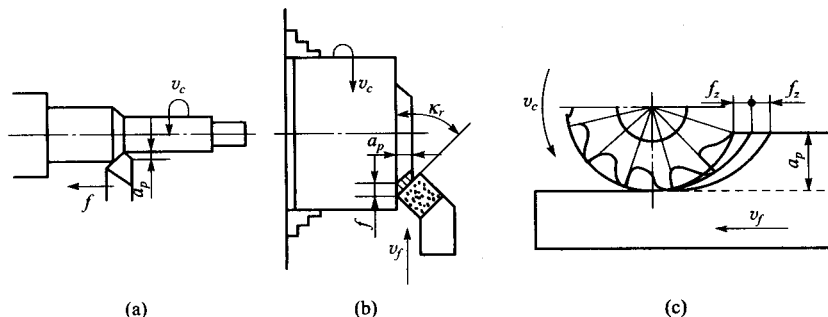


图 2-1