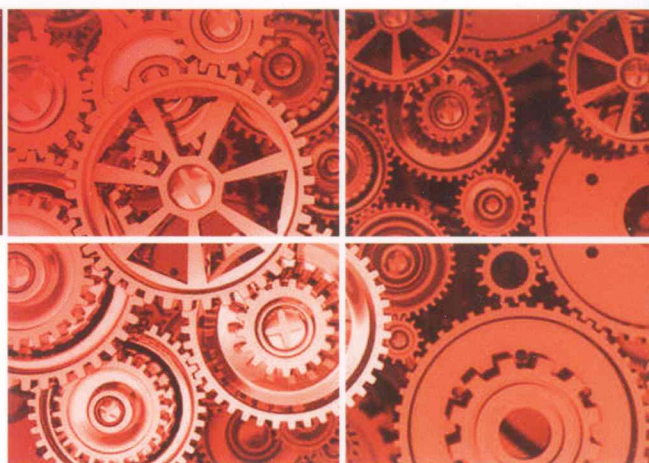


普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材



机械加工 技术基础

尹志华 曲宝章 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

013064509

TG506
46

普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材

机械加工技术基础

主 编 尹志华 曲宝章
参 编 黄光烨 李荣华
温爱玲 翟封祥
主 审 赵 亮



机械工业出版社



北航

C1672041

TG506
46

002380310

本书是根据教育部颁布的高等工科院校“工程材料及机械制造基础课程教学基本要求”和“工程材料及机械制造基础系列课程改革指南”的精神,结合培养应用型工程技术人才的教学特点和机械基础课程体系改革实践经验编写的。

本书共8章,其主要内容包括:机械加工概述、金属切削过程及控制、机械加工方法综述、零件结构工艺性、零件表面加工方案选择、机械加工工艺规程制订、特种加工技术简介、数控加工技术简介。本书是多年教学经验的积累和工程实践的结晶,书中实例较多,图文并茂、条理清楚、内容详略得当。材料牌号、设备型号和名词术语全部采用最新国家标准。

本书可作为高等工科院校机类、近机类专业的基础课教材,也可供非机类、职工大学、电视大学等相关专业选用,还可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工技术基础/尹志华,曲宝章主编. —北京:机械工业出版社, 2013.8

普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材

ISBN 978-7-111-43060-5

I. ①机… II. ①尹…②曲… III. ①金属切削—高等学校—教材
IV. ①TG506

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第136479号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:丁昕祯 责任编辑:丁昕祯 章承林 邓海平

责任校对:张媛 封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.75印张·284千字

标准书号:ISBN 978-7-111-43060-5

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部颁布的高等工科院校“工程材料及机械制造基础课程教学基本要求”和“工程材料及机械制造基础系列课程改革指南”的精神,结合培养应用型工程技术人才的教学研究,在使用多年教材的基础上编写的。

机械加工技术基础是研究零件加工方法的一门重要的技术基础课,尤其是在培养学生的工程意识、创新意识、运用规范的工程语言和解决工程实际问题的能力方面,具有其他课程不能替代的重要作用。本教材内容精练、系统,方便学生建立完整的机械加工知识体系,以适应 21 世纪人才培养的需要。

本书共 8 章,其主要内容包括:机械加工概述、金属切削过程及控制、机械加工方法综述、零件结构工艺性、零件表面加工方案选择、机械加工工艺规程制订、特种加工技术简介、数控加工技术简介。本书是多年教学经验的积累和工程实践的结晶,书中实例较多,图文并茂、条理清楚、内容详略得当。材料牌号、设备型号和名词术语全部采用最新国家标准。

在编写过程中,编者结合多年教学经验使教材突出了以下特点:

1. 注重基础性、实用性、综合性,文字简单明了、图文并茂,力求与实训教材的有机衔接。
2. 以传统机械加工工艺为基础,优选新技术、新工艺及部分前沿知识,处理好传统工艺与现代工艺的比例关系。
3. 注重培养学生理论联系实际的意识,不仅注意学生知识的获取,更注重综合运用知识的能力、工程技术实践能力、素质和创新意识的培养。
4. 名词术语采用最新国家标准。

本书由大连交通大学尹志华、曲宝章主编,并负责全书的统稿、修改;赵亮教授主审并提出了宝贵的意见,本书在编写过程中参考和引用了很多同类教材和专著,对此深表感谢。

参加本书编写的有尹志华(前言、第 1~4 章)、曲宝章(第 5~8 章)、黄光烨(第 8 章部分)、李荣华(第 3 章部分)、温爱玲(第 1 章部分)、翟封祥(第 7 章部分)。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 机械加工概述	1
1.1 概述	1
1.2 金属切削机床	3
1.3 切削运动与切削要素	9
1.4 金属切削刀具	14
1.5 磨料与磨具	27
1.6 机床夹具简介	29
复习思考题	32
第 2 章 金属切削过程及控制	33
2.1 金属切削过程	33
2.2 机械(零件)加工质量	41
2.3 切削用量的选择	47
2.4 材料的切削加工性	49
复习思考题	51
第 3 章 切削加工方法综述	52
3.1 车削加工	52
3.2 孔加工	55
3.3 刨削加工	64
3.4 铣削加工	66
3.5 磨削加工	71
3.6 精密和超精密加工	77
3.7 螺纹加工	81
3.8 齿轮加工	87
复习思考题	96
第 4 章 零件结构工艺性	98
4.1 结构工艺性概述	98
4.2 零件结构的切削加工工艺性	98
4.3 零件结构的装配工艺性	105
复习思考题	108
第 5 章 零件表面加工方案选择	109
5.1 零件表面加工方案概述	109
5.2 外圆加工方案	110
5.3 内圆(孔)加工方案	113
5.4 平面加工方案	116
复习思考题	119
第 6 章 机械加工工艺规程制订	121

6.1	机械加工工艺流程概述·····	121
6.2	制订工艺规程的内容和步骤·····	130
6.3	典型零件机械加工工艺流程制订·····	133
6.4	工艺方案技术经济分析·····	145
	复习思考题·····	147
第7章	特种加工技术简介 ·····	150
7.1	特种加工概述·····	150
7.2	特种加工方法·····	151
	复习思考题·····	161
第8章	数控加工技术简介 ·····	162
8.1	数控技术与数控机床概述·····	162
8.2	数控程序编制与加工·····	169
8.3	柔性制造系统简介·····	176
	复习思考题·····	178
参考文献	·····	179

第1章 机械加工概述

本章主要介绍切削加工的基本知识,了解金属切削机床、刀具和夹具的基本概念,掌握切削运动、切削用量、刀具角度、刀具磨损以及刀具寿命等。在学习切削加工基本知识时,应着重弄清楚它们对切削加工的影响,以及如何减少其不利影响。其中刀具角度是一个难点,只要求理解各个角度的定义、作用和大致取值范围。

1.1 概述

机械制造技术是以表面成形理论、金属切削原理和工艺系统的基本理论为基础,以各种加工方法、加工装备的特点及应用为主体,以机械加工工艺和装备工艺的设计为重点,以实现机械产品的优质、高效、低成本为目的的综合应用技术。

机械加工是机械制造的重要方法之一,是提高零件的尺寸精度和表面质量的主要手段。

机械加工工艺系统是机械加工工艺过程的硬件和软件的集合。

机械加工工艺系统的硬件通常由机床、夹具、刀具和工件构成。其中,工件是机械加工的对象;机床是实现工件进行机械加工的必要设备,为机械加工提供运动和动力;夹具是装夹工件的重要工艺装备,用它实施对工件的定位和夹紧,使工件在加工时相对于机床或刀具保持一个正确的位置;刀具是直接对工件进行加工的工具,将直接由它切除工件(或毛坯)上预留的材料层。机床、夹具、刀具和工件的共同作用,使工件能够获得合格的尺寸精度、几何精度及表面质量,并最终达到零件的设计要求。

工艺系统的软件包括加工方法、工艺过程、数控程序等。工艺系统软件是对工艺系统硬件的必要支持。

1.1.1 切削加工的分类

切削加工是利用切削工具(包括刀具、磨具和磨料)从毛坯或工件上切去多余材料的加工方法。通过切削加工使工件在形状、尺寸和表面质量等方面符合图样要求。任何切削加工都必须具备三个基本条件:切削工具、工件和切削运动。切削工具应有刃口,其材质必须比工件坚硬很多。不同的刀具结构和切削运动形式构成不同的切削方法。用刃形和刃数都固定的刀具进行切削的方法有车削、钻削、镗削、铣削、刨削、拉削和锯切等;用刃形和刃数都不固定的磨具或磨料进行切削的方法有磨削、研磨、珩磨和抛光等。

切削加工是机械制造中最主要的加工方法。虽然毛坯制造精度不断提高,精铸、精锻、挤压、粉末冶金等加工工艺应用广泛,但由于切削加工的适应范围广,且能获得很高的精度和很小的表面粗糙度值,在机械制造工艺中仍占有重要地位。

切削加工分为机械加工和钳工加工两大类。

(1) 机械加工(简称机工)是利用机械对各种工件进行加工的方法。一般是通过工人操纵机床设备进行的,其方法有车削、钻削、镗削、铣削、刨削、拉削、磨削、珩磨、超

精加工和抛光等。

(2) 钳工加工 (简称钳工) 是利用工具对工件进行加工的方法。一般在钳工工作台上以手工工具为主, 对工件进行加工的各种加工方法。钳工的工作内容一般包括划线、锯切、錾削、锉削、刮削、研磨、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、机械装配和设备修理等。

对于有些工作, 机械加工和钳工加工并没有明显的界线, 例如, 钻孔和铰孔, 攻螺纹和套螺纹, 两者均可采用。随着加工技术的发展和自动化程度的提高, 目前钳工加工的部分工作已被机械加工所代替。尽管如此, 钳工加工不会被机械加工完全替代, 它仍是切削加工中不可缺少的部分。在某些情况下, 钳工加工不仅比机械加工灵活、经济、方便, 而且更容易保证产品的质量。

1.1.2 切削加工的特点和发展方向

1. 切削加工的特点和作用

切削加工具有如下主要特点:

(1) 切削加工可获得很高的加工精度和很小的表面粗糙度值。目前, 切削加工的尺寸公差等级为 IT12 ~ IT3, 甚至更高; 表面粗糙度 Ra 值为 $25 \sim 0.008 \mu\text{m}$ 。加工精度和表面粗糙度范围之广, 精密程度之高, 是目前其他加工方法难以达到的。

(2) 切削加工的零件材料、形状、尺寸和质量的范围广泛。切削加工多用于金属材料的加工, 如各种碳钢、合金钢、铸铁、有色金属及其合金等, 也可用于某些非金属材料的加工, 如石材、木材、塑料、复合材料和橡胶等。对于零件的形状和尺寸一般不受限制, 只要能在机床上实现装夹, 大部分都可以进行切削加工, 且可以加工常见的各种型面, 如外圆、内圆、锥面、平面、螺纹、齿形及空间曲面等。切削加工零件质量的范围很大, 大的可达数百吨, 如葛洲坝一号船闸的闸门, 高度超过 30mm, 质量达 600t; 小的只有几克, 如微型仪表零件。

(3) 切削加工的生产率较高。在常规切削条件下, 切削加工的生产率一般高于其他加工方法, 只有在少数特殊场合下, 其生产率低于精密铸造、精密锻造和粉末冶金等。

(4) 切削过程中存在切削力。刀具和工件均应具有一定的强度和刚度, 且刀具材料的硬度必须大大于工件的硬度。

正是因为前三个特点和生产批量等因素的制约, 在现代机械制造中, 目前除少数采用精密铸造、精密锻造以及粉末冶金和工程塑料压制成型等方法直接获得零件外, 绝大多数机械零件要靠切削加工成形。

正是因为上述第四个特点, 限制了切削加工在细微结构和高硬度、高强度等特殊材料加工方面的应用, 从而使特种加工获得了较大的发展。

2. 切削加工的发展方向

随着科学技术和现代工业的快速发展, 切削加工也正朝着高精度、高效率、自动化、柔性化和智能化方向发展, 主要体现在以下三个方面:

1) 加工设备朝着数控技术、精密和超精密、高速和超高速方向发展。数控技术、精密和超精密加工技术将进一步普及和应用。普通加工、精密加工和超精密加工的精度可分别达到 $1 \mu\text{m}$ 、 $0.01 \mu\text{m}$ 和 $0.001 \mu\text{m}$ (纳米), 正向原子级加工逼近。

2) 刀具材料朝着超硬材料方向发展 目前我国常用刀具材料是高速钢和硬质合金, 预计21世纪是超硬刀具材料的应用时代, 陶瓷、聚晶金刚石(PCD)和聚晶立方氮化硼(PCBN)等超硬材料将被普遍应用于切削刀具, 使切削速度可高达每分钟数千米。

3) 生产规模由目前的小批量和单品种大批量向多品种变批量的方向发展, 生产方式向柔性自动化和智能自动化方向发展。

21世纪的切削加工技术必将面临未来自动化制造环境的一系列新的挑战, 它必然要与计算机、自动化、系统论、控制论及人工智能、计算机辅助设计与制造、计算机集成制造系统等高新技术理论相融合, 向着精密化、柔性化和智能化方向发展, 并由此推动其他各新兴学科在切削理论和技术中的应用。

1.2 金属切削机床

金属切削机床是用切削、磨削或特种加工方法加工各种金属工件, 使之获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机械(手携式的除外)。它是制造机器的机器, 所以又称为“工作母机”或“工具机”, 习惯上简称机床。金属切削机床是使用最广泛、数量最多的机床类别。

1.2.1 机床的分类和通用机床型号的编制

1. 机床的分类

机床主要是按加工方法和所用刀具进行分类的, 根据国家制定的机床型号编制方法, 机床分为11大类: 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、锯床和其他机床。在每一类机床中, 又按工艺范围、布局型式和结构特性等, 分为若干组, 每一组又分为若干个系(系列)。除了上述基本分类方法外, 还有其他分类方法。

(1) 按照应用范围(通用性程度)分类

1) 普通机床。工艺范围很宽, 可完成多种类型零件不同工序的加工, 如卧式车床、万能外圆磨床及摇臂钻床等。

2) 专门化机床。工艺范围较窄, 是为加工某种零件或某种工序而专门设计和制造的, 如铲齿车床、丝杠铣床等。

3) 专用机床。工艺范围最窄, 一般是为某特定零件的特定工序而设计制造的, 如大量生产的汽车零件所用的各种钻、镗组合机床、车床导轨的专用磨床等。

(2) 按照工作精度分类 分为普通精度机床、精密机床和高精度机床。

(3) 按照质量和尺寸分类 分为仪表机床、中型机床(一般机床)、大型机床(质量大于10t)、重型机床(质量在30t以上)和超重型机床(质量在100t以上)。

(4) 按照机床主要器官的数目分类 分为单轴、多轴、单刀、多刀机床等。

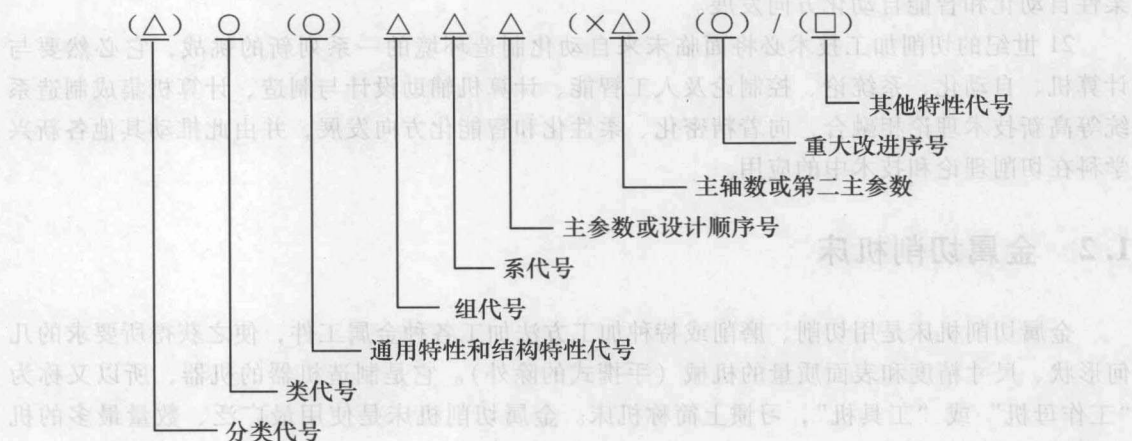
(5) 按照自动化程度分类 分为普通、半自动和自动机床。自动机床具有完整的自动工作循环, 包括自动装卸工件, 能够连续地自动加工出工件。半自动机床也有完整的自动工作循环, 但装卸工件还需人工完成, 因此不能连续地加工。

2. 通用机床的型号编制

机床的型号是机床产品的代号, 用以简单地表示机床的类型、通用特性、结构特性, 以

及主要技术参数等。GB/T 15375—2008《金属切削机床 型号编制方法》规定,我国的机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定规律组合而成,它适用于各类普通机床和专用机床(不包括组合机床)。

普通机床型号的表示方法为:



其中,有“()”的代号或数字,当无内容时,则不表示,若有内容则不带扩号;有“○”符号者,为大写的汉语拼音字母;有“△”符号者,为阿拉伯数字;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。

(1) 机床的分类代号 机床的分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。机床的类代号,按其相对应的汉字字音读音。机床的分类和代号见表 1-1。

表 1-1 机床的分类和代号

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	其他机床
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

(2) 机床的特性代号 机床特性分为通用特性和结构特性。

1) 通用特性代号 用大写的汉语拼音字母表示,位于类代号之后。

例如,CK6140 型车床型号中的 K,表示该车床具有程序控制特性,写在类别代号 C 之后。通用特性代号有固定的含义,见表 1-2。

表 1-2 机床的通用特性代号

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	柔性加工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	R	X	S
读音	高	磨	自	半	控	换	仿	轻	重	柔	显	速

2) 结构特性代号。它只在同类机床中起区分机床结构、性能不同的作用。

当型号中有通用特性代号时,结构特性代号排在通用特性代号之后,否则结构特性代号直接排在类代号之后。

例如,CA6140 型卧式车床型号中的“A”是结构特性代号,以区分与 C6140 型卧式车

床主参数相同,但结构不同。

(3) 机床的组、系代号 每类机床划分为十个组,每个组又划分为十个系(系列),分别用一位阿拉伯数字表示,位于类代号或特性代号之后。系代号位于组代号之后。

(4) 机床的主参数 机床主参数在机床型号中用折算值表示,位于组、系代号之后。主参数等于主参数代号(折算值)除以折算系数。

例如,卧式车床的主参数折算系数为1/10,所以CA6140型卧式车床的主参数为400mm。

常见机床的主参数名称及折算系数见表1-3。

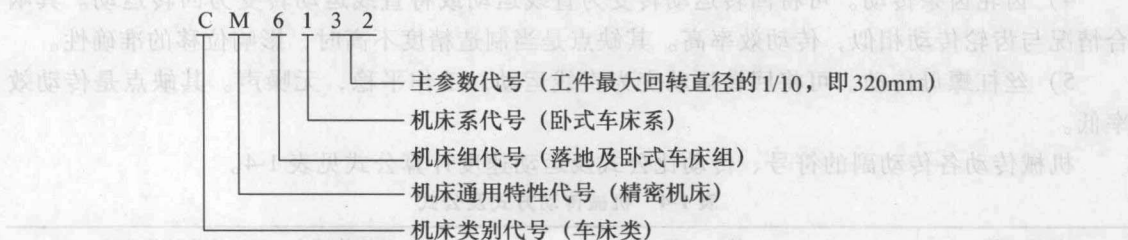
表1-3 常见机床的主参数名称及折算系数

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

(5) 机床的重大改进顺序号和其他特性代号 当机床性能和结构布局有重大改进时,在原机床型号尾部,加重大改进顺序号A、B、C等。

其他特性代号,用汉语拼音字母、或阿拉伯数字、或两者的组合来表示,主要用以反映各类机床的特性。如对数控机床,可反映不同的数控系统;对于一般机床可反映同一型号机床的变型等。

通用机床的型号编制举例:



1.2.2 机床的组成和基本结构

1. 机床的组成

各类机床通常由以下基本部分组成:

(1) 动力源 提供机床动力和功率的部分。通常为电动机,包括交流电动机、直流电动机、伺服电动机、变频调速电动机、步进电动机等。

(2) 传动系统 包括主传动系统、进给传动系统和其他运动的传动系统。如变速箱、进给箱等部件。有些机床主轴组件和变速箱合在一起为主轴箱。

(3) 刀具安装系统 用于安装刀具。如车床、刨床的刀架,铣床的主轴、磨床磨头的砂轮轴等。

(4) 工件安装系统 用于装夹工件。如车床的卡盘和尾座,刨床、铣床、钻床、平面磨床的工作台等。

(5) 支承系统 机床的基础构件,起支承和连接机床各部件的作用。如各类机床的床身、立柱、底座等。

(6) 控制系统 控制各工作部件的正常工作,主要是电气控制系统,有些机床局部采用液压或气动控制系统。数控机床则是数控系统。

(7) 冷却系统 用于对加工工件、刀具及机床的某些发热部件进行冷却。

(8) 润滑系统 用于对机床的运动(如轴承、导轨等)进行润滑,以减小摩擦、磨损和发热。

(9) 其他装置 如排屑装置、自动测量装置等。

2. 机床的基本结构

金属切削机床的传动形式有机械传动、液压传动、电动传动、电气传动等,其中最常见的是机械传动和液压传动。在机械传动系统中,从动轮与主动轮的角速度或转速的比值为传动比。

(1) 定比传动机构 在机床机械传动中,以固定传动比或固定传动关系进行传动的机构称为定比传动机构。在定比传动机构中常用的机械传动副有以下五种:

1) 带传动。该传动副的特点为机构简单,制造方便,传动平稳,有过载保护作用。其缺点是传动比不准确,传动效率相对齿轮传动较低,所占空间较大。

2) 齿轮传动。该传动副结构紧凑,传动比准确,传动效率高,传递转矩大。其缺点是制造较为复杂,当制造精度不高时,传动不平稳,有噪声。

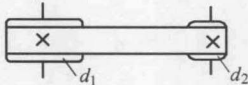
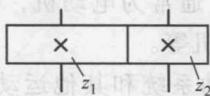
3) 蜗杆蜗轮传动。降速比较大,传动平稳,无噪声,结构紧凑,可以自锁。其缺点是传动效率低,需良好的润滑条件,制造较复杂。

4) 齿轮齿条传动。可将回转运动转变为直线运动或将直线运动转变为回转运动。其啮合情况与齿轮传动相似,传动效率高。其缺点是当制造精度不高时,影响位移的准确性。

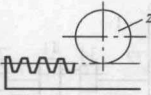
5) 丝杠螺母传动。可将回转运动变为直线运动,工作平稳,无噪声。其缺点是传动效率低。

机械传动各传动副的符号、传动比公式及运动速度计算公式见表1-4。

表1-4 机械传动方式及公式

传动元件	符 号	单级传动比、运动速度计算公式
带传动		$i = \frac{n_2}{n_1} \eta = \frac{d_1}{d_2} \eta, \quad n_2 = n_1 \frac{d_1}{d_2} \eta$
齿轮传动		$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}, \quad n_2 = n_1 \frac{z_1}{z_2}$

(续)

传动元件	符 号	单级传动比、运动速度计算公式
蜗杆蜗轮传动		$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{k}{z}, \quad n_2 = n_1 \frac{k}{z}$
齿轮齿条传动		$v_t = pzn = \pi mzn$
丝杠螺母传动		$v_t = np$

注：表中 i 为传动比； n_1 、 n_2 等为相应传动轴与传动件的转速； d_1 、 d_2 为带轮直径； η 为滑动系数，一般取 0.98； z_1 、 z_2 为齿轮、蜗轮齿数； k 为蜗杆头数； m 为齿轮和齿条模数； p 为齿条的齿距或丝杠、螺母的导程； v_t 为直线运动速度或移动量。

这些传动副的共同特点是传动比不变，齿轮齿条副和丝杠螺母副主要用于将旋转运动变为直线运动，其他用于旋转运动。将若干个传动副组合起来，就成为一个传动系统，称为传动链。传动链的总传动比等于传动链各传动比的乘积。

(2) 变速机构 变速机构是改变机床部件运动速度的机构。为了能够采取合理的切削速度和进给量，机床中就要用各种不同的变速机构来实现。由于机械无级变速机构（即在一定的范围内可得到需要的任何速度）成本较高，也难以实现。因此，在一般机床上大都采用齿轮变速机构，以获得一定的速度系列，即有级变速。加工时，只能从机床现有的速度系列中选取相近的速度。

机床上常用的变速机构有塔轮变速机构、滑移齿轮变速机构和离合器变速机构等。

1) 塔轮变速机构，是机床动力输入端常见的一种变速机构，如图 1-1a 所示。其特点是传动平稳，有过载保护作用。变速比可根据带轮直径方便地设计，但因有摩擦损耗，传动比不够准确。

2) 滑移齿轮变速机构，是机床传动中经常采用的一种变速机构，如图 1-1b 所示。其特

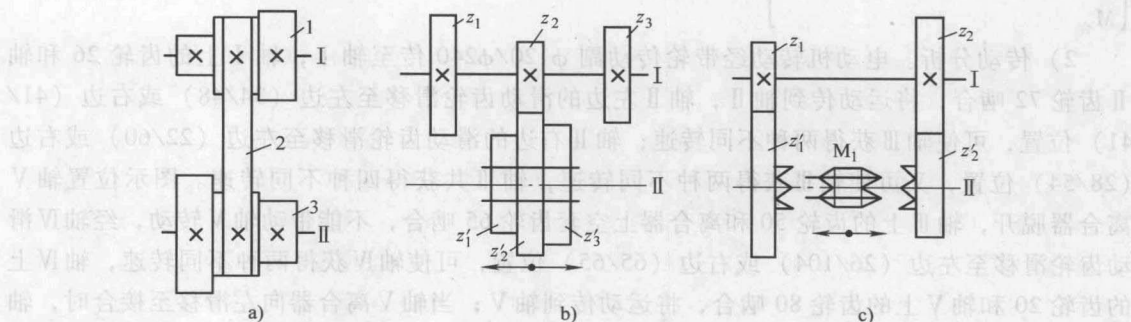


图 1-1 常用的变速机构

a) 塔轮变速机构 b) 滑移齿轮变速机构 c) 离合器变速机构

点是传动比准确, 传动效率高, 寿命长, 外形尺寸小; 但制造比较复杂, 当制造精度不高时易产生振动。

3) 离合器变速机构, 也是机床传动中较常见的一种变速机构, 如图 1-1c 所示。其特点是传动比准确, 传动效率高, 寿命长, 结构紧凑, 刚度好, 可传递较大的转矩, 但制造复杂。

(3) 换向机构 换向机构是指变换机床部件运动方向的机构。为了满足加工的不同需要, 机床的主传动部件和进给传动部件往往需要正、反向运动 (例如车螺纹时刀具的进给和返回)。机床运动的换向, 可以直接利用电动机反转, 也可利用齿轮换向机构等。常见的机床换向机构有中间齿轮机构、三星齿轮机构、锥齿轮机构、往复换向机构等。

(4) 操纵机构 操纵机构是用来实现机床运动部件变速、换向启动/停止、制动及调整的机构。机床上常见的操纵机构包括手柄、手轮、杠杆、凸轮、齿轮齿条、丝杠螺母、拨叉、滑块及按钮等。

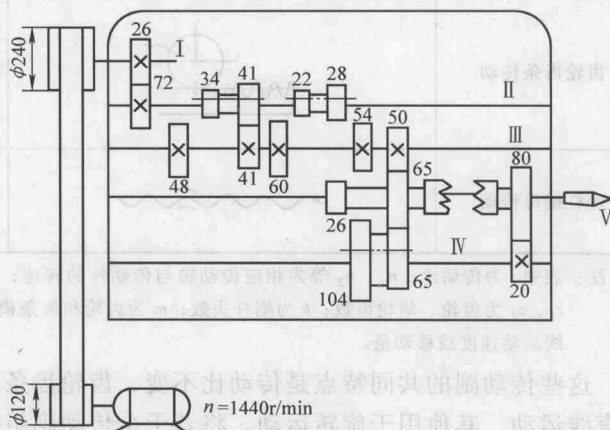


图 1-2 机床的传动系统

(5) 传动系统分析 机床的传动系统如图 1-2 所示。

1) 传动路线表达式如下所示。

$$\begin{aligned}
 & \text{电动机} \quad 1440\text{r/min} \quad - \quad \phi 120/\phi 240 \quad - \quad \text{I} \quad - \quad 26/72 \quad - \quad \text{II} \quad - \quad \left\{ \begin{array}{l} 34/48 \\ 41/41 \\ 22/60 \\ 28/54 \end{array} \right\} \quad - \quad \text{III} \quad - \quad 50/65 \quad - \\
 & \left\{ \begin{array}{l} M_{\text{开}} \\ M_{\text{合}} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} 26/104 \\ 65/65 \end{array} \right\} - \text{IV} \quad - \quad 20/80 \quad - \quad \text{V}
 \end{aligned}$$

2) 传动分析。电动机转动经带轮传动副 $\phi 120/\phi 240$ 传至轴 I, 轴 I 上的齿轮 26 和轴 II 齿轮 72 啮合, 将运动传到轴 II, 轴 II 左边的滑动齿轮滑移至左边 (34/48) 或右边 (41/41) 位置, 可使轴 III 获得两种不同转速; 轴 II 右边的滑动齿轮滑移至左边 (22/60) 或右边 (28/54) 位置, 又可使轴 III 获得两种不同转速, 轴 III 共获得四种不同转速。图示位置轴 V 离合器脱开, 轴 III 上的齿轮 50 和离合器上空套齿轮 65 啮合, 不能带动轴 V 转动, 经轴 IV 滑动齿轮滑移至左边 (26/104) 或右边 (65/65) 位置, 可使轴 IV 获得两种不同转速, 轴 IV 上的齿轮 20 和轴 V 上的齿轮 80 啮合, 将运动传到轴 V; 当轴 V 离合器向左滑移至接合时, 轴 III 上的齿轮 50 和离合器上空套齿轮 65 啮合, 经接合离合器将运动传到轴 V, 轴 V 共计可以获得 12 种转速。

3) 转速计算。当两组滑动齿轮都处于图中所示位置时, 轴 V 转速计算方法为

$$n_v = 1440 \times \frac{120}{240} \times \frac{26}{72} \times \frac{41}{41} \times \frac{50}{65} \times \frac{65}{65} \times \frac{20}{80} \text{ r/min} = 50 \text{ r/min}$$

1.2.3 机床选用的环保意识

随着社会和生产的发展,机床的环境特性及良好的人机关系越来越为人们所重视。因此选用机床时要考虑环境和劳动保护,即:

- 1) 所选机床必须保证操作者的工作安全,有必要的防护装置。
- 2) 操纵元件的位置和结构要符合人的生理特征,使操作方便和省力。
- 3) 机床的造型和色彩应令人心情舒畅而乐于接受,不易使人疲劳。
- 4) 所选机床的工作噪声应尽量小,以免妨碍车间语言通信环境和工作情绪。
- 5) 机床不得有渗、漏油现象,以免油料浪费和环境污染。

由此可见,如果选用机床时能充分考虑到环境和劳动保护,不仅能保护劳动者的身心健康,而且还能提高生产效率。

1.3 切削运动与切削要素

1.3.1 零件表面的切削加工成形方法

机械零件的表面形状虽然很多,但不外乎是由几种基本形状的表面即平面、圆柱面、圆锥面以及各种成形面组成的。当精度和表面粗糙度要求较高时,需要在机床上用刀具经切削加工而形成。

1. 工件表面的形成方法

机械零件的任何表面都可看做是一条线(称为母线)沿着另一条线(称为导线)运动的轨迹。如图1-3所示,平面可看做是由一根直线(母线)沿着另一根直线(导线)运动而形成的(图1-3a);圆柱面和圆锥面可看做是由一根直线(母线)沿着一个圆(导线)运动而形成的(图1-3b、c);普通螺纹的螺旋面是由“八”形线(母线)沿螺旋线(导线)运动而形成的(图1-3d);直齿圆柱齿轮的渐开线齿廓表面是由渐开线(母线)沿直线(导线)运动而形成的(图1-1e),等等。形成表面的母线和导线,统称为发生线。

2. 发生线的形成方法

切削加工中发生线是由刀具的切削刃和工件的相对运动得到的,由于使用的刀具切削刃形状和采取的加工方法不同,形成发生线的方法可归纳为以下四种:

(1) 轨迹法 它是利用刀具作一定规律的轨迹运动对工件进行加工的方法。切削刃与被加工表面为点接触,发生线为接触点的轨迹线。如图1-4a所示,母线 A_1 (直线)和导线 A_2 (曲线)均由刨刀的轨迹运动形成。采用轨迹法形成发生线需要一个成形运动。

(2) 成形法 它是利用成形刀具对工件进行加工的方法。切削刃的形状和长度与所需形成的发生线(母线)完全重合。如图1-4b所示,曲线形母线由成形刨刀的切削刃直接形成,直线形的导线则由轨迹法形成。

(3) 相切法 它是利用刀具边旋转边作轨迹运动对工件进行加工的方法。如图1-4c所

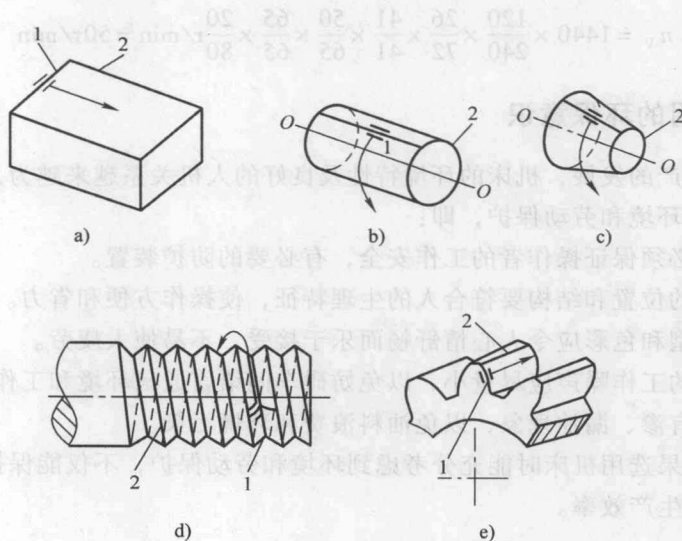


图 1-3 零件表面的成形

1—母线 2—导线

示, 采用铣刀、砂轮等旋转刀具加工时, 在垂直于刀具旋转轴线的截面内, 切削刃可看做是点, 当切削点绕着刀具轴线作旋转运动 B_1 , 同时刀具轴线沿着发生线的等距线作轨迹运动 A_2 时, 切削点运动轨迹的包络线便是所需的发生线。为了用相切法得到发生线, 需要两个成形运动, 即刀具的旋转运动和刀具中心按一定规律运动。

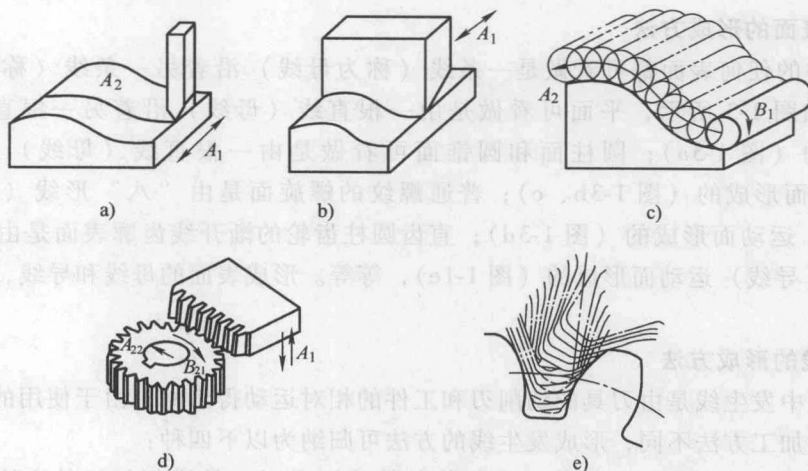


图 1-4 形成发生线的方法

(4) 展成法 它是利用工件和刀具作展成切削运动进行加工的方法。切削加工时, 刀具与工件按确定的运动关系作相对运动 (展成运动), 切削刃与被加工表面相切 (点接触), 切削刃各瞬时位置的包络线便是所需的发生线。如图 1-4d 所示, 用齿条形插齿刀加工圆柱齿轮, 刀具沿箭头 A_1 方向所作的直线运动形成直线形母线 (轨迹法), 而工件的旋转运动 B_{21} 和直线运动 A_{22} 使刀具能不断地对工件进行切削, 其切削刃的一系列瞬时位置的包络线便

是所需要的渐开线形导线（见图1-4e）。用展成法形成发生线需要一个成形运动（展成运动）。

1.3.2 切削运动

要进行切削加工，刀具与工件之间必须具有一定的相对运动，以获得所需表面的形状，这种相对运动称为切削运动。机械加工的切削运动由机床提供。切削运动根据其功用不同可分为主运动和进给运动。

（1）主运动 使刀具与工件产生相对运动，以切除工件上多余金属的基本运动称为主运动。在切削运动中它的速度最快，消耗的功率最大。主运动可以由工件完成，也可以由刀具完成。切削加工中主运动只有一个。

（2）进给运动 不断地将多余金属层投入切削，以保证切削连续进行的运动称为进给运动。进给运动速度较低，消耗的功率也很小。进给运动可由工件或刀具完成，进给运动可以是一个或几个。

机床在加工过程中还需要一系列辅助运动，以实现机床的各种辅助动作，为表面成形创造条件，它的种类很多，一般包括：

- 1) 切入运动。刀具相对工件切入一定深度，以保证工件达到要求的尺寸。
- 2) 分度运动。多工位工作台、刀架等的周期转位或移位，多头螺纹的车削等。
- 3) 调位运动。加工开始前机床有关部件的移位，以调整刀具和工件之间的正确相对位置。
- 4) 各种空行程运动。切削前后刀具或工件的快速趋近和退回运动，开车、停车、变速、变向等控制运动，装卸、夹紧、松开工件的运动等。

切削运动的形式可以是旋转的，也可以是直线的或曲线的；可以是连续的，也可以是间歇的。各种切削加工方法的切削运动如表1-5和图1-5所示。

表1-5 常用机床的切削运动

机床名称	主运动	进给运动	机床名称	主运动	进给运动
卧式车床	工件 旋转运动	车刀纵向、横向、斜向直线 移动	龙门刨床	工件 往复运动	刨刀横向、垂向、斜向间歇 运动
钻床	钻头 旋转运动	钻头轴向移动	外圆磨床	砂轮 高速旋转	工件转动，同时工件往复运 动，砂轮横向移动
卧铣、立铣	铣刀 旋转运动	工件纵向、横向直线移动 (有时也作垂直方向移动)	内圆磨床	砂轮 高速旋转	工件转动，同时工件往复运 动，砂轮横向移动
牛头刨床	刨刀 往复运动	工件横向间歇移动或刨刀垂 向、斜向间歇移动	平面磨床	砂轮 高速旋转	工件往复运动，砂轮横向、 垂向移动

在切削过程中，工件表面的被切削金属层不断地转变为切屑，从而加工出所需要的工件新表面。在新表面形成的过程中，工件上有三个不断变化的表面，即待加工表面、过渡表面（切削表面）及已加工表面，如图1-6所示。