

高等院校“十二五”规划教材

机械制造装备及其设计

主 编 王正刚

副主编 杜玉玲 吴卫东 汪通悦

★ 金属切削机床

★ 传动系统设计

★ 机床典型部件设计

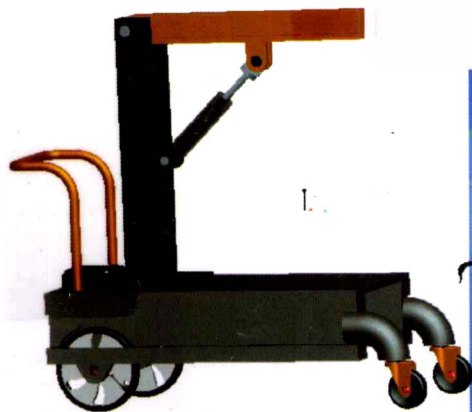
★ 组合机床设计

★ 金属切削刀具

★ 机床夹具设计

★ 现代工艺装备

★ 物流系统设计



南京大学出版社

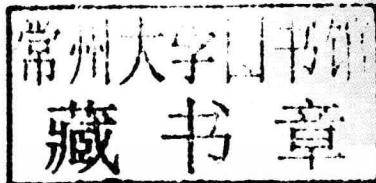
高等院校“十二五”规划教材

机械制造装备及其设计

主 编 王正刚

副主编 杜玉玲 吴卫东 汪通悦

主 审 倪骁骅



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造装备及其设计/王正刚主编. —南京:
南京大学出版社, 2012. 12
高等院校“十二五”规划教材
ISBN 978-7-305-11104-4

I. ①机… II. ①王… III. ①机械制造—工艺装备—
设计—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 019529 号

内 容 提 要

全书除绪论外,共八章。内容包括:金属切削机床,传动系统设计,机床典型部件设计,组合机床设计,金属切削刀具,机床夹具设计,现代工艺装备及物流系统设计等。每章后附有一定数量的习题与思考题。

本书既适用于高等工科院校机械设计制造及其自动化专业以及机械类其他专业的教学,也可供从事机械制造装备设计与研究工作的工程技术人员和研究生参考。

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出 版 人 左 健

丛 书 名 高等院校“十二五”规划教材
书 名 机械制造装备及其设计
主 编 王正刚
责任编辑 王秉华 吴 华 编辑热线 025-83596997

照 排 江苏南大印刷厂
印 刷 南京京新印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 19.75 字数 450 千
版 次 2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-11104-4
定 价 36.00 元

发行热线 025-83594756
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

本书是普通高等院校机械设计制造及其自动化专业以及机械类其他专业的专业课教材。

本书内容包括:金属切削机床,传动系统设计,机床典型部件设计,组合机床设计,金属切削刀具,机床夹具设计,现代工艺装备及物流系统设计等。教学时数 60 学时,课程学习的目的是掌握机械制造装备先进的设计原理和方法 and 具备一定的主要工艺装备的设计能力。

本书的特点:适应现代机械设计制造的实际需求,参照专业教学大纲组织教材内容,注重基础理论、基本知识和基本方法的阐述,理论联系实际,具有较强的实用性;对典型装备作了重点剖析,适当扩展,以点带面,使教材更符合教学要求;适当反映国内外机械制造装备的新发展、新成果和新动态。

参加本书编写的有:盐城工学院王正刚(绪论,第四、六章,第一章第一、二节)、吴卫东(第二、五章,第一章第四节);淮海工学院杜玉玲(第三、八章);淮阴工学院汪通悦(第七章,第一章第三、五节)。本书由王正刚担任主编并统稿,杜玉玲、吴卫东、汪通悦担任副主编。全书由倪骁骅教授担任主审。

本书在编写和出版过程中,得到了有关高校领导和老师的关心和支持,尤其是得到了盐城工学院教材基金的资助,在此表示衷心感谢。同时,本书还参考和引用了一些教材中的部分内容和插图,在此也向相关作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不足和错误,恳请读者批评指正。

编者
2012 年 8 月

目 录

绪论	1
第一章 金属切削机床	4
第一节 金属切削机床的基本知识	4
第二节 车床	16
第三节 齿轮加工机床	34
第四节 数控机床	41
第五节 其他机床	51
习题与思考题	65
第二章 传动系统设计	67
第一节 机床主要参数的确定	67
第二节 分级变速主传动系统设计	75
第三节 无级变速主传动系统设计	85
第四节 数控机床进给系统	88
习题与思考题	92
第三章 机床典型部件设计	94
第一节 主轴组件设计	94
第二节 支承件设计	113
第三节 导轨设计	121
习题与思考题	129
第四章 组合机床设计	131
第一节 概述	131
第二节 组合机床的总体设计	133
第三节 组合机床的多轴箱设计	143
习题与思考题	153
第五章 金属切削刀具	155
第一节 车刀	155
第二节 孔加工刀具	161
第三节 铣刀	175
第四节 齿轮刀具	178
习题与思考题	185

第六章 机床夹具设计	186
第一节 概述	186
第二节 工件的定位设计	189
第三节 工件的夹紧设计	209
第四节 典型机床夹具	221
第五节 专用夹具的设计方法	237
第六节 夹具设计实例	244
习题与思考题	252
第七章 现代工艺装备简介	257
第一节 自动线刀具和数控机床刀具	257
第二节 现代机床夹具	261
习题与思考题	269
第八章 物流系统设计	270
第一节 概述	270
第二节 机床上下料装置设计	272
第三节 机床间工件传送装置的设计	287
第四节 自动化仓库设计	301
习题与思考题	307
参考文献	309

绪 论

一、机械制造装备的状况及发展前景

装备工业是我国最大的工业产业,装备制造业的工业增加值仅次于美国、日本、德国而居世界第四位,其万元产值消耗的能源和资源在重工业中是最低的。随着信息技术、软件技术以及先进制造技术在装备工业中的普及应用,使得产品的技术含量不断提高,附加价值不断增加,装备制造业已成为我国对外经济贸易的第一大产业。

在 20 世纪中,机械制造装备经历了多次更新换代。50 年代为“规模效益”模式,即少品种大批量刚性生产模式;70 年代,是“精益生产”模式,以提高质量、降低成本为标志;80 年代,较多的采用数控机床、机械手、机器人、柔性制造单元和系统等高技术的集成机械制造装备;90 年代,机械制造装备普遍具有柔性化、自动化和精密化的特点,适应多品种小批量产品的需求。

进入 21 世纪,随着工业现代化进程的加快,基础制造装备水平得到了快速提升,主要体现在高精度、高效率、低成本和高柔性等几个方面。发达工业国家数控机床的加工精度普遍已达到 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的水平,有些已达到 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。国外主轴转速在 $10\,000\sim 20\,000\text{ r/min}$ 的加工中心已普及,转速高达 $250\,000\text{ r/min}$ 的实用主轴也正在研制中,超高速切削的研究已转移到一些难加工材料的切削加工上。国际上超精密车床主轴回转精度均已达 $0.025\text{ }\mu\text{m}$,工件表面粗糙度 $R_a=0.01\sim 0.02\text{ }\mu\text{m}$,最高达 $0.004\,5\text{ }\mu\text{m}$ 。超精密加工尤其是纳米加工是当前各工业发达国家主攻的目标。以三维曲面加工为主的高性能超精密加工工艺和装备以及配套的三维超精密技术和加工环境的控制技术正成为进一步的发展趋势。精密成形技术,如近/净成形技术,其目的是尽量减少切削,甚至免除切削,减少原材料的浪费,同时提高制造效率,在工业发达国家已得到广泛应用。如:美国的汽车、宇航、航空工业的模锻件、精密锻件占总锻件量的 80% 以上;日本汽车锻件达到 63.9%;德国达到 70%~75%。柔性自动化仍是机床业发展的重要趋势之一,其进一步发展是敏捷生产设备的出现。为适应敏捷生产模式,人们正在探求设备自身的结构重组以及生产单元的动态重组问题。

目前,我国已能生产从小型仪表机床到重型机床的各种机床,能够生产出各种精密的、高度自动化的以及高效率的机床和自动生产线,能研制并生产出六轴五联动的数控系统,分辨率可达 $1\text{ }\mu\text{m}$,适用于复杂形体的加工,有几种数控机床已成功用于日本富士通公司的无人工厂。然而,尽管我国已在装备工业领域取得了很大的成就,但是与世界先进水平相比,还有较大的差距。主要表现在:大部分高精度和超高精度机床的性能还不能满足要求,精度保持性也较差,特别是高效自动化和数控机床的产量、技术水平和质量等方面都明显落后。为此,我们必须及时了解世界装备工业发展的前沿动态,站在战略的高度,努力用创新的思维不断研究和探索装备工业的新技术,刻苦学习,勤奋工

作,尽快赶上并超过世界先进水平。

二、机械制造装备的类型

机械制造过程是一个十分复杂的生产过程,所使用装备的类型很多,总体上可分为加工装备、工艺装备、储运装备和辅助装备四大类。机械制造装备与制造方法、制造工艺紧密联系在一起,是机械制造技术的重要载体。

(1) 加工装备是机械制造装备的主体和核心,是采用机械制造方法制造机器零件或毛坯的机器设备,又称为机床或工作母机。机床的类型很多,除了金属切削机床之外,还有特种加工机床、锻压机床、冲压机床、挤压机、注塑机、快速成形机、焊接设备、铸造设备等。

(2) 工艺装备是产品制造过程中所用各种工具的总称,包括刀具、夹具、量具、模具和辅具等。它们是保证产品制造质量、贯彻工艺规程、提高生产效率的重要手段。

(3) 物料储运装备主要包括物料运输装置、机床上下料装置、刀具输送设备以及各级仓库及其设备。

物料运输主要指坯料、半成品及成品在车间内各工作站(或单元)间的输送。采用输送方法有各种输送装置和自动运输小车。自动运输小车分为有轨小车(RGV)和无轨小车(AGV)两大类。

机床上下料装置是指将待加工件送到正确的加工位置及将加工好的工件从机床上取下的自动或半自动机械装置。机床上下料装置类型很多,有料仓式和料斗式上料装置、上下料机械手等。生产线上的机械手能完成简单的抓取、搬运,实现机床的自动上、下料工作。

在柔性制造系统中,必须有完备的刀具准备与输送系统,完成包括刀具准备、测量、输送及重磨刀具回收等工作。刀具输送常采用传输链、机械手等手段,也可采用自动运输小车对备用刀库等进行输送。

仓储装备机械制造生产中离不开不同级别的仓库及其装备。仓库是用来存储原料、外购器材、半成品、成品、工具、胎夹模具、托盘等,分别归厂和车间管理。自动化仓库又称立体仓库,它是一种设置有高层货架,并配有仓储机械、自动控制和计算机管理系统,能够自动地储存和取出物料,具有管理现代化的新型仓库,是物流中心重要的组成部分。

(4) 辅助装备包括清洗机、排屑设备及测量、包装设备等。

清洗机是用来对工件表面的尘屑油污等进行清洗的机械设备。所有零件在装配前均需经过清洗,以保证装配质量和使用寿命,清洗液常用3%~10%的苏打水或氢氧化钠水溶液,加热到80~90℃,可采用浸洗、喷洗、气相清洗和超声波清洗等方法,在自动装配中应分步自动完成。

排屑装置用于自动机床、自动加工单元或自动线上,包括清除切屑装置和输送装置。清除切屑装置常采用离心力、压缩空气、电磁或真空、冷却液冲刷等方法;输送装置有平带式、螺旋式和刮板式等多种类型,保证将铁屑输送至机外或线外的集屑器中,并能与加工过程协调控制。

三、本教材主要研究内容

作为机械设计制造及其自动化专业及机械类其他相关专业的专业课教材,包含如下主要知识模块:金属切削机床,传动系统设计,机床典型部件设计,组合机床设计,金属切削刀具,机床夹具设计,现代工艺装备及物流系统设计。

学生使用本教材进行专业课程的学习,应使学生获得合理选择、正确使用机械制造装备及设计机械制造装备所必需的基本理论知识,具备工艺装备的设计能力。

第一章 金属切削机床

第一节 金属切削机床的基本知识

一、金属切削机床的分类与型号编制

金属切削机床的品种和规格繁多,为了便于区别、使用和管理,国家制定了标准对机床进行分类并编制型号。

(一) 金属切削机床的分类

金属切削机床是用切削的方法将金属毛坯加工成机器零件的机器。它是制造机器的机器,所以称为“工件母机”或“工具机”,习惯上简称为机床。

按加工性质和使用的刀具可分为: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。每一类机床又按工艺范围、布局形式和结构等分为若干组,每一组又可以细分为若干系(系列)。

同类机床按应用范围(通用程度)又可分为:通用机床、专门化机床和专用机床。

(1) 通用机床。它可用于加工多种零件的不同工序,加工范围较宽,通用性较大,但结构较复杂。这种机床主要适用于单件小批量生产,例如卧式车床、万能升降台铣床等。

(2) 专门化机床。它可专门用于加工某一类或几类零件的某一道(或几道)特定工序,工艺范围较窄,这种机床适用于成批生产,例如曲轴车床、凸轮轴车床等。

(3) 专用机床。它只能用于加工某一种零件的某一道特定工序,工艺范围最窄,这种机床适用于大批量生产,例如机床主轴箱的专用镗床,车床床身导轨的专用龙门磨床。

同类型机床按工作精度不同,可分为:普通精度机床、精密机床和高精度机床。

机床按自动化程度不同,可分为:手动、机动、半自动和自动机床。

机床按重量与尺寸不同,可分为:仪表机床、中型机床、大型机床(重量达 10 t)、重型机床(大于 30 t)和超重型机床(大于 100 t)。

机床按主要工作部件的数目不同,可分为单轴、多轴或单刀、多刀机床等。

随着机床工业的发展,其分类方法也将不断变化。现代数控机床的功能日趋多样化,它集中了越来越多的传统机床的功能。例如,数控车床在卧式车床功能的基础上,又集中了转塔车床、仿形车床、自动车床的功能;车削中心在数控车床功能的基础上,又加入了钻、铣、镗等类机床的功能;具有自动换刀功能的镗铣加工中心机床,又集中了钻、镗、铣等类机床的功能;有的加工中心机床的主轴同时集中了立式、卧式加工中心机床的功能。由此可见,机床数控化引起了机床传统分类方法的变化。这种变化主要表现在机床品种不是越分越细,而是趋向综合。

（二）金属切削机床型号的编制方法

机床的名称往往很长,书写和称呼都不方便,如果按一定的规律给每种机床一个代号(即型号),会使管理和使用机床方便得多。例如,最大车削直径为 320 mm 的精密普通车床,用 CM6132 表示就十分方便。

每种机床的型号必须反映机床的类型、通用性、结构特性以及主要技术参数等。我国机床的型号是按 2008 年颁布的标准 GB/T15375—2008《金属切削机床型号编制方法》编制的。该标准规定,机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定的规律组合而成。

1. 通用机床型号

（1）型号表示方法

通用机床型号由基本部分和辅助部分组成,中间用“ / ”隔开,前者需要统一管理,后者是否纳入型号由企业自定。型号构成如图 1-1 所示。

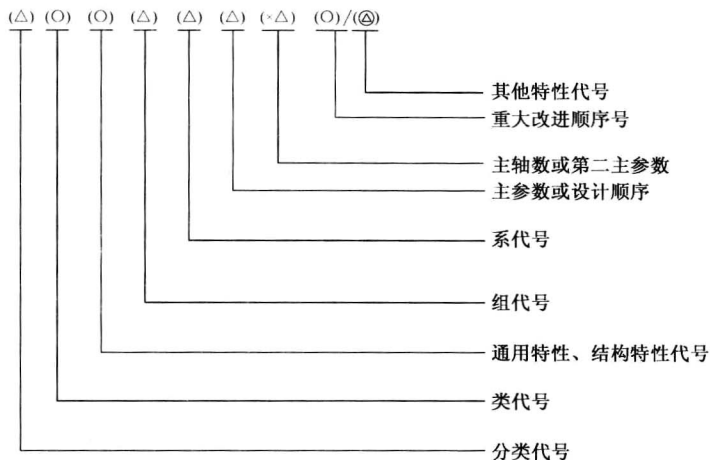


图 1-1 机床型号的表示方法

- 注: 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,或两者兼之。

（2）机床类、组、系的划分及其代号

机床的类代号用汉语拼音大写字母表示,当需要时,每类可分为若干分类,分类代号在类代号之前,作为型号的首位,用阿拉伯数字表示。但第一分类代号不予表示,例如,磨床类分为 M、2M、3M 三个分类。机床的类别和分类代号及其读音见表 1-1。

表 1-1 机床的类别和分类代号

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	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

机床的组别和系别代号用两位阿拉伯数字来表示,第一位数字代表组别,第二位数字代表系别。每类机床分为若干组,如车床分为十组,用阿拉伯数字“0~9”表示,其中

“6”代表落地及普通车床组，“5”代表立式车床组；每组又分为若干系（系列），如落地及普通车床组中有 6 个系（系列），用阿拉伯数字“0~5”表示，其中“1”型代表普通车床，“2”型代表马鞍车床。机床类、组划分表见表 1-2。

表 1-2 金属切削机床类、组划分表

组别 类别		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
车床 C		仪表小型车床	单轴自动车床	多轴自动、半自动车床	回转、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	其他车床
钻床 Z			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	其他钻床
镗床 T				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	其他镗床
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	内圆珩磨床	外圆及其他珩齿机	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	其他磨床
	3M		球轴承套圈磨床	滚子轴承套圈磨床	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、拖拉机修理磨机床
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	其他齿轮加工机	齿轮倒角及检查机
螺纹加工机床 S					套螺纹机	攻螺纹机		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	其他铣床
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	其他刨床
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	其他拉床
锯床 G				砂轮片锯床		卧式带锯床	立式带锯床	圆锯床	弓锯床	铰锯床	
其他机床 Q		其他仪表机床	管子加工机床	木螺钉加工机		刻线机	切断机	多功能机床			

(3) 机床的通用特性代号和结构特性代号

这两种特性代号用大写的汉语拼音字母表示,位于类代号之后。当型号中有通用特性代号时,结构特性代号应排在通用特性代号之后。

1) 通用特性代号

当某类型机床除有普通型外,还有某种通用特性时,则在类代号之后加上相应的通用特性代号,如“CK”表示数控车床。当在一个型号中需同时使用二到三个通用特性代号时,一般按重要程度排列顺序,如“MBG”表示半自动高精度磨床。当某类型机床仅有某种通用特性,而无普通型时,则通用特性不必表示。机床的通用特性代号见表 1-3。

表 1-3 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	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

2) 结构特性代号

对主参数相同而结构、性能不同的机床,在型号中加上结构特性代号予以区分。它与通用特性代号不同,在型号中没有统一的含义,只在同类机床中区分机床结构和性能的不同。为避免混淆,通用特性代号已用的字母及“I”、“O”字母不能作为结构特性代号,当单个字母不够用时,可将两个字母组合起来使用。

(4) 主参数的表示方法

机床型号中主参数代表机床规格的大小,用折算值(主参数乘以折算系数,一般取两位数字)表示,位于系代号之后。折算系数,一般长度采用 1/100,直径、宽度采用 1/10,也有少数是 1。

当某些通用机床无法用一个主参数表示时,则在型号中用设计顺序号表示。设计顺序号由 1 开始,当设计顺序号小于 10 时,设计顺序号由 01 开始编号。

(5) 机床的重大改进序号

当机床的性能及结构有重大改进,并按新产品重新设计、试制和鉴定时,按其改进的先后顺序在型号基本部分的尾部加 A、B、C、D 等汉语拼音字母(但 I、O 两个字母不得选用),以区别原机床型号。

通用机床型号的编制方法举例如下:

例 1-1 写出下列机床的名称、规格及通用特性。

- (1) CM1107: 最大加工棒料直径为 7 mm 的精密单轴纵切自动车床。
- (2) Y3150E: 最大加工齿坯直径为 500 mm 经第五次重大改进的滚齿机。
- (3) TH6340/5L: 工作台最大宽度为 400 mm 的 5 轴联动卧式加工中心。
- (4) T4163B: 工作台工作面宽度为 630 mm 经第二次重大改进的单柱坐标镗床。
- (5) Y7132A: 最大工件直径为 320 mm 经第一次重大改进的锥形砂轮磨齿机。

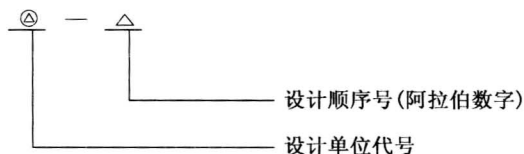
例 1-2 根据给出的机床名称,写出机床型号。

- (1) 最大加工齿坯直径为 320 mm 的插齿机: Y5132。

(2) 最大磨削直径为 400 mm 的高精度数控外圆磨床: MKG1340。

2. 专用机床型号

专用机床型号表示方法如下:



设计单位代号包括机床生产厂和机床研究单位代号。专用机床的设计顺序号,按各单位的设计制造的专用机床的先后顺序排列,从 001 开始,位于设计单位代号之后,并用“—”隔开,读作“至”。例如,北京第一机床厂设计制造的第 100 种专用机床为专用铣床,其型号为: B1—100。

二、工件的加工表面及其形成方法

(一) 被加工工件的表面形状

金属切削机床的工作原理是使金属切削刀具和工件产生一定的相对运动,切去毛坯上多余的金属,形成具有一定形状、尺寸精度和表面质量的零件表面。机器零件的种类很多,如箱体、底座、齿轮、轴等,尽管机器零件的形状多种多样,但机器零件的表面是由几种基本的表面元素组成的,这些表面元素是:平面、直线成形表面、圆柱面、圆锥面、圆环面、球面、螺旋面等,如图 1-2 所示。

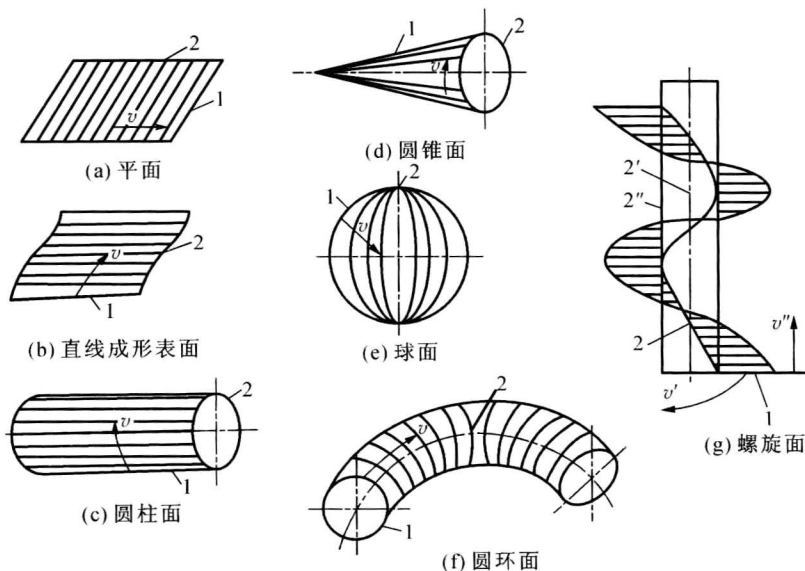


图 1-2 组成工件轮廓的几种几何表面

(二) 工件表面的形成方法

从几何学的观点看,机器零件上任何一个表面都可看作是一条线(母线)沿另一条线(导线)运动的轨迹,母线与导线统称为形成表面的发生线。

如果要得到平面[图 1-2(a)],可由直线 1(母线)沿着另一直线 2(导线)运动而形成,直线 1 和直线 2 就是形成平面的两条发生线。同理,直线成形表面[图 1-2(b)],可由直线 1(母线)沿着曲线 2(导线)运动而形成,直线 1 和直线 2 就是形成直线成形表面的两条发生线。圆柱面[图 1-2(c)],可由直线 1(母线)沿着圆 2(导线)运动而形成,直线 1 和直线 2 就是形成圆的两条发生线,等等。

零件表面形状和发生线本身形状有关,还与发生线初始相对位置有关。如图 1-3 所示,母线皆为直线 1,导线皆为圆 2,轴心线皆为 $O-O$,所需要的运动也相同。但产生的表面不同,如圆柱面、圆锥面或双曲面等。

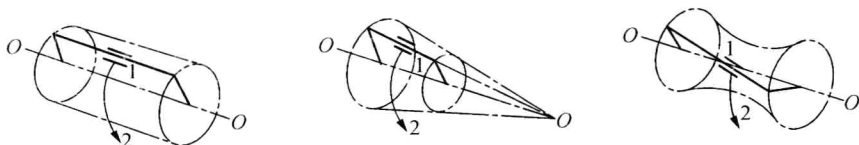


图 1-3 母线原始位置变化时形成的表面

母线和导线可以互换而不改变形成表面的性质的表面,属于可逆表面。如平面、直线成形表面,圆柱面等。

形成不可逆表面的母线和导线不可互换,属于不可逆表面。如:圆锥面、球面、圆环面和螺旋面等。

(三) 发生线的形成方法

发生线是由刀具的切削刃与工件的相对运动得到的,由于加工方法和使用的刀具切削刃的形状不同。所以形成发生线的方法和所需运动也不同。概括起来,形成发生线的方法有以下四种。

(1) 轨迹法

轨迹法[图 1-4(a)]是利用刀具作一定规律的轨迹运动来对工件进行加工的方法。刀刃为切削点 1,它按一定规律作直线或曲线(图为圆弧)运动,从而形成所需的发生线 2。因此,用轨迹法形成发生线需要一个独立的成形运动。

(2) 成形法

成形法[图 1-4(b)]是利用成形刀具对工件进行加工的方法。刀刃为一条切削线 1,它的形状和长短与所需要形成的发生线 2 一致。因此,用成形法来形成发生线,不需要专门的成形运动。

(3) 相切法

相切法[图 1-4(c)]是利用刀具边旋转边做轨迹运动来对工件进行加工的方法。刀刃为旋转刀具(铣刀或砂轮)上的切削点 1,刀具做旋转运动,刀具中心按一定规律做轨迹运动 3,它的切削点运动轨迹的包络线(相切线)就是发生线 2。所以,用相切法得到发生线,需 2 个独立的成形运动,即刀具的旋转运动和刀具中心按一定规律运动。

(4) 范成法

范成法[图 1-4(d)]是利用工件和刀具做范成切削运动的加工方法。刀刃为一条切削线 1,它与需要形成的发生线 2 的形状不吻合。在形成发生线的过程中,范成运动

3 使切削刃 1 与发生线 2 相切并逐点接触而形成与它共轭的发生线,即发生线 2 是切削线 1 的包络线。所以范成法需要一个复合的成形运动(可分解为刀具的移动 A_{11} 和工件旋转运动 B_{12})。

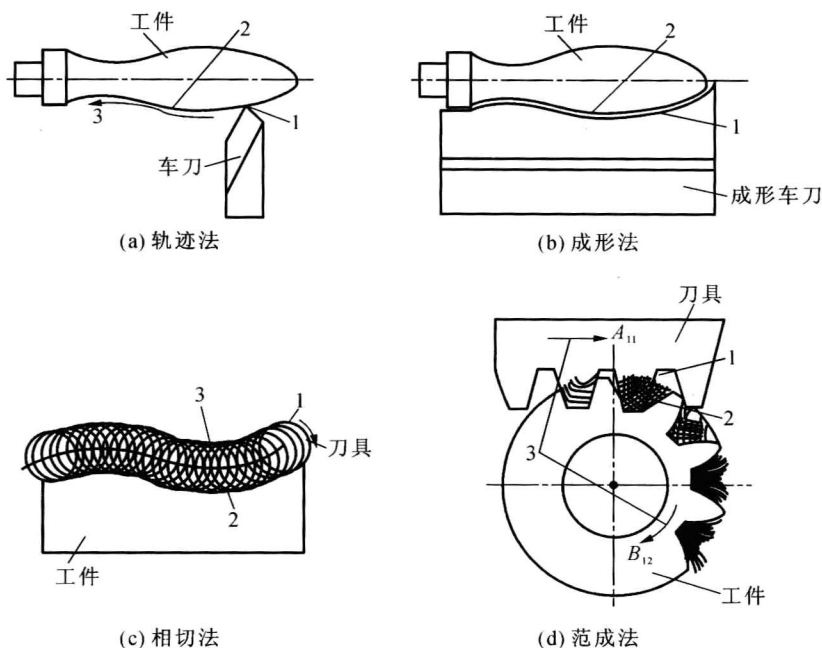


图 1-4 形成发生线的方法

三、机床的运动

不同的工艺方法要求机床运动的类别和数目是不相同的。按其功用机床运动可分为表面成形运动和辅助运动;按组成表面成形运动可分为简单成形运动和复合成形运动。

(一) 表面成形运动

表面成形运动是保证得到工件要求的表面形状的运动。

1. 成形运动的种类

(1) 简单成形运动

如果一个独立的成形运动,是由单独的旋转运动或直线运动构成的,则称为简单成形运动。这两种运动最简单,也最容易得到,在机床上,简单运动以主轴或刀具的旋转、刀架或工作台的直线运动的形式出现。通常用符号 A 表示直线运动,用符号 B 表示旋转运动。

如图 1-5 所示,用尖头车刀车削外圆柱面时,工件的旋转运动 B_1 产生母线(圆),刀具的纵向直线运动 A_2 产生导线(直线)。运动 B_1 和 A_2 就是两个简单成形运动,下角标号表示表面成形运动的次序。

(2) 复合成形运动

如果一个独立的成形运动,是由两个或两个以上的单元运动(旋转或直线)按照某

种确定的运动关系组合而成,并且互相依存,这种成形运动称为复合的成形运动。

如图 1-6 所示,车削螺纹时,形成螺旋形发生线所需的工件与刀具之间的相对螺旋轨迹运动,是一个复合的成形运动。为简化机床结构和保证精度,通常将其分解为工件的等速旋转运动 B_{11} 和刀具的等速直线移动 A_{12} , B_{11} 和 A_{12} 彼此不能独立,它们之间必须保持严格的运动关系,即工件每转 1 转时,刀具直线移动的距离应等于工件螺纹的导程。

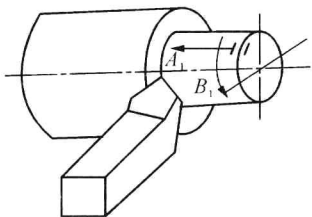


图 1-5 车削外圆柱表面时的成形运动

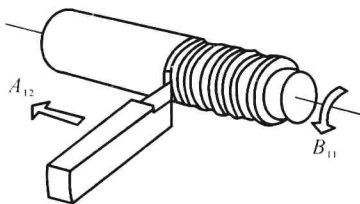


图 1-6 车削螺纹时的成形运动

随着现代数控技术的发展,多轴联动数控机床的出现,可分解为更多个部分的复合成形运动已在机床上实现,每个部分就是机床的一个坐标轴。

复合成形运动虽然可以分解成几个部分,每个部分是一个旋转或直线运动,但这些部分之间保持着严格的相对运动关系,是相互依存,而不是独立。所以复合成形运动是一个运动,而不是两个或两个以上的简单运动。

2. 零件表面成形所需的成形运动

母线和导线是形成零件表面的两条发生线,因此,形成表面所需要的成形运动就是形成其母线及导线所需要的成形运动的总和。为了加工出所需的零件表面,机床就必须具备这些成形运动。

例 1-3 用普通车刀车削外圆[图 1-7(a)]

母线——直线,由轨迹法形成,需要 1 个成形运动,即刀具纵向直线运动。

导线——圆,由轨迹法形成,需要 1 个成形运动,即工件旋转运动。

例 1-4 用宽车刀车削外圆[图 1-7(b)]

母线——直线,由成形法形成,不需要成形运动。

导线——圆,由轨迹法形成,需要 1 个成形运动,即工件旋转运动。

例 1-5 用螺纹车刀车削螺纹[图 1-7(c)]

母线——螺纹轴向剖面轮廓的形状,由成形法形成,不需要成形运动。

导线——螺旋线,由轨迹线形成,需要一个复合成形运动,把它分解为工件旋转与刀具直线运动,二者之间必须保持严格的相对运动关系。

例 1-6 用齿轮滚刀滚切直齿圆柱齿轮齿面[图 1-7(d)]

母线——渐开线,由范成法形成,需要一个复合的成形运动,把它分解为滚刀旋转与工件旋转运动,二者之间必须保持严格的相对运动关系。

导线——直线,由相切法形成,需要 2 个独立的成形运动,即滚刀旋转运动和滚刀沿工件轴向移动。