

# 动力机械与设备 制造工艺学

朱其芳 赵钦新 编著

西安交通大学出版社

## 内容简介

本书系统阐述了动力机械与设备制造工艺的基本理论与知识,其中第1篇全面介绍了机械加工工艺、焊接工艺、铸锻成形与表面工程技术、装配技术和结构工艺性。着重阐述了机械加工工艺规程设计、焊接工艺规程设计、尺寸链的应用、加工误差的分析、定位与夹具以及现代制造技术。第2篇对典型的动力机械零件的加工、装配以及设备的制造分别以专门章节进行了介绍与分析。

本书可供高等院校动力机械、流体机械、汽车工程、热动力工程、制冷工程、化工机械与设备、空气调节、空气分离、锅炉、内燃机、泵与风机、压缩机等专业作为教材,也可供上述专业产品制造厂的设计与工艺等部门、科研单位及其维修、使用等单位的技术人员参考。

# 前 言

我国现有的专业教材大都是 80 年代根据当时的专业设置而编写或修订的,这些教材在以往的专业教学中发挥了重要作用。但是,随着科学技术的飞速发展,专业之间日益相互交叉、相互渗透、相互取代,专业界限已不再十分清楚,而且许多高新技术也都不同程度地渗透到各个专业的研究领域。另一方面,社会主义市场经济要求人才具有开拓创新能力和综合解决实际问题的能力,越来越多的用人单位已淡化了对分工过细的专业人才的需求,而要求人才的知识 and 能力结构具有通用性、适应性和创造性。在这种情况下,拓宽专业面、打破传统的专业界限、改革旧的人才培养模式就显得非常必要,而原有的基于过窄专业设置所编写的专业教材也就无法适用了。

从现代机械工程的发展趋势来看,其研究领域正突破传统的界限,根据原有的动力机械与设备门类编写的制造工艺教材都是针对某一二种型式产品,如压缩机、锅炉,加工方法也只针对一种冷加工或者是焊接。它们内容单一,不符合当今实际生产的需要,也不符合近代制造技术向着机电一体化、敏捷生产、柔性制造、精良生产发展的需要。本教材从淡化专业的角度出发,内容上按照专业大类的需要,集各种冷热加工为一体,加强工艺与设计间的配合,加强基础理论与基本概念,注意理论与实际的结合,反映当代制造技术的新成就,以扩大学生的视野和思路。在章节安排和内容阐述上,保持系统性和循序渐进,以符合读者的认识规律,并富有启发性。

本书由朱其芳、赵钦新编写,其中朱其芳编写绪论、第 1,2,5,6,7,8,9,10,11,16 章以及 14.1 一节,赵钦新编写第 3,4,12,13,15 章以及 14.2 二节,全书由朱其芳统稿。本书由西安交通大学吴序堂教授主审,杨绍侃教授进行预审,他们提出不少宝贵意见和建议。本书在编写过程中也得到西安交通大学能动学院、机械学院的不少同仁支持和帮助,在此一并向他们表示感谢。

本教材适用面广,较好地符合我国的人才培养模式和国情,可作为高等院校能源动力工程、流体机械、通用机械、化工机械等非机制专业本(专)科生必读教材和工程技术人员的参考读物。

限于编者水平,本书难免存在谬误,恳请读者批评指正。

编 者

1999.8

# 目 录

绪论 .....	( )
<b>第 1 篇 机械制造工艺与工艺规程设计</b>	
<b>第 1 章 机械加工工艺 .....</b>	<b>( )</b>
1.1 典型表面的加工方法.....	( )
1.2 典型表面的加工路线.....	( )
1.3 现代制造技术.....	( )
<b>第 2 章 机械加工工艺规程设计 .....</b>	<b>( )</b>
2.1 基本概念.....	( )
2.2 机械加工精度.....	( )
2.3 机械加工表面层质量.....	( )
2.4 工件的装夹与夹具.....	( )
2.5 工艺规程制定的步骤与内容.....	( )
2.6 计算机辅助工艺规程设计.....	( )
<b>第 3 章 焊接工艺 .....</b>	<b>( )</b>
3.1 焊接技术在动力机械与设备制造中的应用.....	( )
3.2 电弧焊接的基本原理.....	( )
3.3 焊接冶金过程.....	( )
3.4 常用熔化焊接方法.....	( )
3.5 金属材料的切割.....	( )
<b>第 4 章 焊接工艺规程设计 .....</b>	<b>( )</b>
4.1 焊缝符号及标注.....	( )
4.2 焊接接头及坡口的型式.....	( )
4.3 焊接应力和变形.....	( )
4.4 焊接工艺要素和规范.....	( )
4.5 焊接工艺评定.....	( )
4.6 焊接裂纹及控制.....	( )
4.7 锅炉压力容器用钢的焊接工艺特点.....	( )
<b>第 5 章 铸锻成形及表面工程技术 .....</b>	<b>( )</b>
5.1 铸造造型方法.....	( )
5.2 锻压成形工艺.....	( )
5.3 表面工程技术.....	( )
<b>第 6 章 装配工艺及其工艺规程制定 .....</b>	<b>( )</b>
6.1 装配的内容和作用.....	( )

6.2	零、部件联接装配工艺 .....	( )
6.3	校正.....	( )
6.4	平衡.....	( )
6.5	装配精度与尺寸链解法.....	( )
6.6	装配的组织形式.....	( )
6.7	装配工艺规程的制定.....	( )
<b>第 7 章</b>	<b>结构工艺性 .....</b>	<b>( )</b>
7.1	机械加工件的结构工艺性.....	( )
7.2	焊接件的结构工艺性.....	( )
7.3	铸件的结构工艺性.....	( )
7.4	锻件、冲裁件的结构工艺性 .....	( )
7.5	结构的装配工艺性.....	( )
<b>第 2 篇 典型零部件的加工与装配</b>		
<b>第 8 章</b>	<b>活塞加工 .....</b>	<b>( )</b>
8.1	活塞的工作条件与技术要求.....	( )
8.2	活塞的材料与毛坯制造.....	( )
8.3	筒形活塞的加工.....	( )
<b>第 9 章</b>	<b>连杆加工 .....</b>	<b>( )</b>
9.1	连杆的结构特点与技术要求.....	( )
9.2	材料与毛坯.....	( )
9.3	连杆的机械加工.....	( )
<b>第 10 章</b>	<b>机体加工.....</b>	<b>( )</b>
10.1	机体的功用、结构特点及技术要求.....	( )
10.2	材料与毛坯 .....	( )
10.3	机体工艺过程的制订 .....	( )
10.4	机体的加工过程及其主要工序分析 .....	( )
<b>第 11 章</b>	<b>叶片的加工.....</b>	<b>( )</b>
11.1	离心式叶片的制造 .....	( )
11.2	轴流叶片的加工 .....	( )
<b>第 12 章</b>	<b>锅筒制造.....</b>	<b>( )</b>
12.1	锅筒筒节的制造工艺 .....	( )
12.2	封头的制造工艺 .....	( )
12.3	锅筒与管件的连接 .....	( )
12.4	锅筒的组焊和总装工艺 .....	( )
12.5	锅筒制造中的热处理 .....	( )
12.6	锅筒制造中的检验 .....	( )
<b>第 13 章</b>	<b>管件的制造.....</b>	<b>( )</b>
13.1	管件的划线与下料 .....	( )
13.2	管子的弯曲 .....	( )

13.3	管子的焊拼接工作 .....	( )
13.4	蛇形管排的制造工艺 .....	( )
13.5	膜式水冷壁管排的制造工艺 .....	( )
13.6	管件制造中的质量检验 .....	( )
<b>第 14 章</b>	<b>热交换器的制造</b> .....	( )
14.1	壳管式冷凝器的制造 .....	( )
14.2	空气预热器的制造工艺 .....	( )
<b>第 15 章</b>	<b>集箱的制造</b> .....	( )
15.1	集箱的对接拼焊 .....	( )
15.2	集箱管座坡口结构 .....	( )
15.3	集箱端盖的制造特点 .....	( )
15.4	集箱的焊后热处理 .....	( )
<b>第 16 章</b>	<b>活塞式压缩机装配</b> .....	( )
16.1	装配实例概述 .....	( )
16.2	组件与部件装配 .....	( )
16.3	总装配 .....	( )
<b>参考文献</b>	.....	( )

# 绪 论

机械制造业是国民经济各部门的装备部,各部门的生产技术水平和经济效益在很大程度上取决于机械工业所提供的装备的技术性能、质量和可靠性。这些装备多由一定形状和尺寸的机械零件所组成。生产这些零件并将它们装配成机械产品的过程属于机械制造过程。机械制造工艺是各种机械的制造方法和过程的总称,它是机械生产过程中的主要部分,任何机械产品的设计都须通过工艺手段才能物化为现实的产品,没有先进的工艺,就很难造出先进的产品。统计表明,工艺的进步对生产力的发展与生产率的提高做出的贡献最大,超过所有其余因素(资金与劳力)所做出的贡献的总和。

建国 50 年来,尤其是改革开放以来,机械制造业贯彻了“经济建设靠科学技术,科学技术工作面向经济建设”的基本方针,执行了“四上两提高(上质量、上品种、上水平、上成套,提高经济效益、提高服务质量)和“抓基础,攻成套”的工作方针,使机械制造业跨入稳步发展的时期,取得很大成绩,现已拥有一批骨干企业,形成门类比较齐全、能提供具有先进水平的大型成套技术装备的工业体系,如为电力工业提供 60 万 kW 火力发电和 30kW 水力发电的成套设备,为化学工业提供 52 万吨尿素成套设备,为交通运输提供各种汽车、机车等,这为繁荣市场、扩大出口创汇、推动国民经济发展起了重要作用。但是与工业发达国家相比,我国机械工业的水平还存在着阶段性差距,主要表现在质量水平不够高,低层次的重复多,高水平的少,重复引进多,消化、开发少,技术开发能力不够强,科技投入少。当今,各工业化国家都把制造技术视为当代科技发展最为活跃的领域和国际间科技竞争的主战场,制订了一系列振兴计划,建立世界级制造技术中心,把先进制造技术列为关键技术和优先发展领域。我国也明确提出,要振兴机械工业,使之成为国民经济的支柱产业,并把发展现代制造技术作为优先发展的领域之一,其主要途径是,引进先进技术,调整产品结构,优化工艺要素,提高经济效益,进行技术改造,实现生产组织结构由刚性向柔性转变。当前一段时间里,制造技术发展战略是:以新兴微电子、光电子技术、重大成套技术装备、基础机械的关键制造技术和轿车大批量制造技术为重点,把研究开发优质高效精密工艺与装备、为新一代产品投产和形成经济规模生产提供新工艺、新装备为总目标,加强基础技术研究,积极消化掌握引进技术,抓好技术储备,提高自主开发能力,抓好工艺与装备紧密结合和微电子技术应用两个薄弱环节,形成常规制造技术、先进制造技术和高技术并存的多层次制造技术发展结构。

动力机械与设备是一种实现热能与动力转换的机械装置,如各种内燃机、风机、泵、压缩机、汽轮机、制冷设备、空调装置、锅炉等,它们的工作介质一般是气、水等流体,产品通常由运动的机械和静止的设备两部分组成,其产品大多是一种技术密集与资金密集型产品,就其制造技术的先进性和多样性而言,大体上反映了整个机械制造业的技术水平与发展趋势。与一般的机械制造工艺相比,它具有如下特点:

(1)通常,动力机械与设备是在高温、高压与高转速等条件下工作,产品中承受的作用力与

热负荷都很大,为保证产品工作的可靠性,对零件的精度、表面层质量、材料等要求都比较高。

(2) 为了保证流体工质高效率 and 低泄漏地工作,动力机械与设备中许多零件具有形状复杂且精度与表面粗糙度要求很高的型面,这就增加了制造的难度。

(3) 生产方式的多样性是动力机械与设备制造的特点之一。在动力机械与设备中有大量生产的民有电器中的压缩机、风机和民用轿车等,但更多品种的动力机械与设备是属于成批生产。这样就要求有不同的工艺特征与之相适应,就要求有不同的工艺装备、管理体制、信息系统来保证,但从总体上讲是向着以纳米技术、敏捷制造、机电一体化、工艺设计一体化等为代表的高精度、自动化、柔性化和高效的方向发展。

动力机械与设备制造工艺学是以动力机械与设备的制造系统为研究对象的一门应用性技术学科,也是一门主要专业课,其工艺研究的范围包括热加工与冷加工两部分,热加工指铸造、塑性加工、焊接、热处理等,冷加工指机械加工以及产品的装配等,其指导思想是在保证质量的前提下达到高生产率和经济性。课程的主要任务有以下几点:

(1) 掌握机械加工、焊接和装配等方面的基本理论和知识,从保证成形与精度以及表面层质量的角度去分析、比较各种冷、热加工工艺,增强工艺与产品设计协调一致的概念,掌握零件加工与装配中的定位理论、工艺尺寸链理论、加工精度理论、影响加工质量的各项因素与控制途径以及零、部件的结构工艺性等。

(2) 初步了解与学会制订零件加工工艺过程和产品装配工艺过程的方法、内容与步骤。

(3) 了解典型零、部件的加工过程与主要工序分析。

(4) 了解机床夹具设计的基本原理和方法。

(5) 了解当前制造技术的发展趋势。

本课程的特点及其学习方法归纳如下:

一是实践性强。本学科的内容来自生产和科研实践,学习工艺的目的在于应用和提高工艺水平,故应多下厂,多实践,重视生产实习。有了一定感性知识,就能较容易地理解和掌握工艺学的概念、理论和方法。在学习过程中要着重理解和掌握基本概念并提高在生产实践中的应用能力。

二是涉及面广,内容丰富。动力机械与设备制造工艺学不仅涉及机械加工和装配,还要涉及焊接、铸造、锻压和热处理;不仅涉及加工设备和工艺装备等物质流,还要涉及控制物质流的信息流,不仅涉及制造技术,还要涉及管理技术;不仅要涉及《金属工艺学》、《互换性与技术测量》等课程的知识,还要注意和动力机械与设备的原理与结构等专业课内容的衔接,因此学习时必须抓住主要矛盾,针对专业特点选学某些章节。

三是与产品的结构设计密切相关。先进的产品往往需要先进的工艺来保证。一个经得起市场考验的好产品必然有一个相应的最佳工艺方案与之匹配,才能做到高质量、低成本、高效益。在学习过程中要带着实现产品典型结构的目的来掌握相应的工艺方法,掌握两者之间的内在关系,向着工艺、设计一体化方向努力。

四是应用时灵活多变。工艺理论和工艺方法的应用灵活性、兼容性很强,因此在应用工艺理论与方法解决工艺问题时必须坚持具体情况具体分析。此外也可将某些工艺理论与方法灵活地移植到动力机械与设备的结构设计中去,在改进和开发新产品中得到启发或创造性运用,因为动力机械与设备与机械制造的设备都同属于运动精度较高的机械设备,它们在定位、精度理论与改进措施等方面有许多共同之处。

# 第 1 篇 机械制造工艺与工艺规程设计

## 第 1 章 机械加工工艺

### 1.1 典型表面的加工方法

机械零件一般都是由若干个基本的几何表面组成,这些表面有外圆、内孔、平面、螺纹、齿形等,零件的加工过程,即是获得这些表面的过程,这些典型表面,是由起切削作用的刀具刃形相对于工件的切削运动而得到的。这种运动也叫表面形成运动,可分成:

(1) 主运动,即直接切除工件上的余量形成工件新表面的运动,可用切削速度表示。

(2) 进给运动,即不断把余量投入的切削运动,用进给速度或进给量表示。

主运动和进给运动可分别由工件或刀具来完成,运动的形式有直线运动( $T$ )、回转运动( $R$ )或两者之复合( $T/R$ )。

下面分别对外圆、内孔、平面、螺纹、齿形这五种典型表面根据不同的刃形及运动方式所组成的加工方法进行说明。最后介绍去毛刺的机械加工法。

#### 1.1.1 外圆加工

外圆是最常见的表面,加工时因所用刀具与表面形成运动不同,可以有許多不同的加工方法。常见的加工方法见表 1-1。

以下就表中所列方法依次作扼要说明:

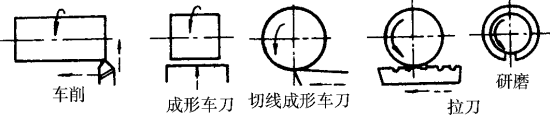
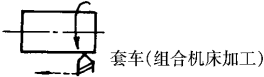



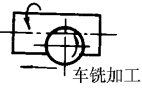


车削 普通车削法使用最广泛。表面形成运动是由工件回转主运动与刀具平移进给运动组成。为了提高加工效率,出现了高速切削、强力切削、超高速切削;为了提高加工质量,出现精密切削、超精密切削;在提高加工精度的同时又要求降低表面粗糙度,出现了镜面车削和虹面车削等。镜面车削主要用于不能以磨削作为最后精加工工序的铝合金或铜合金工件,它是一种“精细切削”,一般采用刃面粗糙度很低的金剛石车刀,在刚性良好、振动极小的高精度车床上以高的切削速度、均匀细小的进给量进行切削,切削过程具有切削和挤压双重作用,因此加工出的表面如镜面,光可鉴人。

成形车削 成形车刀车削外圆分径向进刀(沿工件径向进给)与切向进刀(用切线成形车

刀沿工件切向进给)两类,一般用于自动车床上。

**旋转拉削** 工件回转,拉刀沿切向进行直线运动而完成外圆加工称为旋转拉削。它是一项可提高生产率、获得好的经济效益的先进工艺,适用于大批量生产。在拉刀上使用可转位刀片,加工出的外圆可获得与磨削相同的粗糙度。这是由于切削过程的最后阶段与切线成形车刀工作过程相似,刀刃对加工表面会产生剃削作用。

表 1-1 外圆表面的加工方法

工 件		刀 具		表 面 形 成 原 理 图
主运动	进给运动	主运动	进给运动	
$R$		$T$		
		$R$	$T$	
$R$		$T/R$		
$R$	$R$	$R$		
$T/R$		$R$		
$R$		$R$	$T$	
$R$		$T$		
$R$	$T$			

注 : $R$ —旋转 ; $T$ —平移 ; $\rightarrow$ —主运动 ; $\nabla$ —进给运动 ; $\dots$ —调整运动

**研磨** 工件回转,研具沿工件轴向完成往复进给运动。

图 1-1 是用于外圆研磨的研具示意图。研具材料一般为铸铁、铜、铝或硬木等。研磨剂一般为氧化铝、碳化硅、金刚石、碳化硼以及氧化铁、氧化铬微粉等,加切削液和添加剂混合而成。根据研磨对象的材料和精度要求来选择研具材料和研磨剂。研磨时,工件作回转运动,研具作轴向往复运动(可以手动,也可以机动)。研具和工件表面之间应留有适当的间隙(一般为  $0.02 \sim 0.05\text{mm}$ )以存留研磨剂,研磨余量  $0.01 \sim 0.03\text{mm}$ ,能得到  $R_a 0.1 \sim 0.006$  的粗糙度和  $0.001 \sim 0.005\text{mm}$  的尺寸精度。

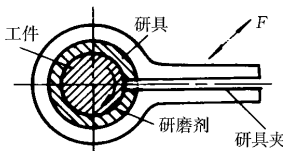


图 1-1 研磨外圆示意图

**套车** 若工件不宜进行回转运动,则主运动与进给运动都应由刀具完成。这一方法常用在组合机床上加工外圆。

**滚切外圆** 滚切加工时不用普通车刀而改用圆形滚切刀。刀具按一定角度倾斜安装在切削过程中受切削力作用便自动回转使圆刃轮流工作,因此刀具耐用度高,可提高切削用量。

**双轮超精磨** 双轮超精加工是一种光整加工方法。工件在两顶尖间回转,两个修整成双曲线形的磨轮反向倾斜安装在工件的两边,在弹簧力作用下压向工件而被带动回转,同时磨轮还沿工件轴线作进给运动。工作过程具有切削、挤压和抛光作用。

**滚压加工** 滚压强化是用可自由旋转的滚子对工件表面均匀地施加压力,使表面产生塑性变形,表面微观不平度的凸峰被压平而填充到凹谷。滚压后表面层得到强化,并在表面形成残余应力,表面粗糙度也得到减小。

**铣削外圆** 可用于加工长度较短、具有部分圆柱形的表面。

**磨削外圆** 有普通外圆磨削、宽砂轮径向进给成形磨削、无心磨削等,这里不作详述。

**车铣加工** 在通常情况下,车削是加工外圆表面效率最高的切削方法。但在加工不平衡工件时,譬如加工偏心轴和曲轴,此时工件不允许高速旋转,刀具的潜力也就不能充分利用。采用端铣刀车铣外圆,则可达到高的切削效率,又能可靠断屑,后者在加工过程的自动化中是十分重要的问题。车铣时铣刀和工件互相垂直布置,如图 1-2 所示。通过偏移铣刀中心和工件轴线之间的位置改变三种成形运动——工件转速、轴向进给运动和切深,在工件上可以车铣出各种不同的形状。

图 1-2 车铣加工示意图

**超精研磨** 也称超精加工,是用磨条进行表面光加工的方法。工作时工件作回转运动,磨条以很小的压力压住工件,并作  $\textcircled{1} 1.25\text{Hz}$  的低频振动。磨痕呈复杂的交叉网纹,可获得表面粗糙度极小的加工表面。

纵车外圆 在纵切自动机上,在棒料进行回转完成主运动的同时,又由凸轮控制完成轴向进给运动。用于加工小型精密零件,这是加工外圆表面高效、简易的自动化方法,在大量生产中仍得到广泛应用。

### 1.1.2 内孔加工

内孔加工时切削区在工件内部,排屑、散热条件差,并且刀具尺寸受孔径的限制,因此孔加工比外圆加工困难。由于孔径大小和质量要求的不同,孔加工方法也有很多种。表 1-2 为一些常见的加工方法。下面依次对这些方法进行说明。

钻孔 一般用于在实心材料上加工 0.2~180mm 直径的孔。钻孔加工有各种不同方式,在一般钻床、镗床上加工,则主运动和进给运动由刀具完成;在车床上钻孔时则主运动由工件完成,进给运动可由刀具完成,也可由工件完成(如纵切自动机加工);在组合机床上加工时刀具完成主运动,由工件完成进给运动。钻孔加工用的工具有扁钻、麻花钻、中心钻及深孔钻等。钻孔技术的先进性在很大程度上决定于所采用的刀具性能,如近年来生产中已出现涂层钻头、整体硬质合金钻头、硬质合金镶齿钻头,几何形状的改进有圆弧刃钻头、修磨分屑槽钻头、群钻等。另外深孔加工用喷吸钻是一种加工精度好而效率高的加工方法。它利用流体的喷射效应,使排屑容易,改善钻头的工作条件,可保证钻削在较大的切削用量下进行。

表 1-2 内孔表面的加工方法

工 件		刀 具		表面形成原理图
主运动	进给运动	主运动	进给运动	
		R	T	<p>钻      扩      铰      镗      珩研</p>
R	T			钻、铰、铰、镗,工艺图与上相似
	T	R		
R			T	
		T		<p>拉      挤</p>
T				
	R	R	T	<p>内圆磨      无心磨</p> <p>导轮</p>
		R	R/T	<p>行星式内圆磨</p>

扩孔、铰孔 扩、铰是孔加工的中间及终结工序,其表面形成运动与钻孔相似。比较先进的工具有钻-扩或钻-扩-铰复合刀具,常用于组合机床上。硬质合金铰刀则可用于高速铰孔。振动钻孔(轴向进给方向附加振动运动)可用于难加工材料的加工(钻屑易断)。超声波振动铰孔(铰刀作附加扭振)可提高表面质量。

镗孔 在镗床、车床、铣床、组合机床、数控机床上进行,工件与刀具间可能有各种不同的表面形成运动。镗刀是单刃刀具,可以加工不同尺寸和不同精度的孔。在单件、小批生产中得到广泛应用。

研磨 研磨时,工件回转,研具沿工件轴向完成往复进给运动。

珩磨 珩磨是一种常用的孔加工方法。用细粒度砂条组成珩磨头,加工时工件不动,珩磨头回转并作往复送进运动,图 1-3 是其工作原理图。珩磨头砂条数量为  $\mu 18$  根不等,均匀地分布在圆周上,靠机械或液压作用涨开在工件表面上,产生一定的切削压力。经珩磨后的内孔表面呈网纹状。加工范围宽,通常能加工的孔径为  $\sim 1 \sim 200\text{mm}$ ,对机床精度要求不高。若无珩磨机,可利用车床、镗床或钻床进行珩孔加工。珩磨精度与前道工序的精度有关。一般情况下,经珩磨后的尺寸和形状精度可提高一级,表面粗糙度可达  $R_a 0.63 \sim 0.042\mu\text{m}$ 。

钻、铤、铰、镗还可有不同的表面形成运动,见表 1-2 第二行。

拉孔 它利用多刃刀具,在直线主运动中完成加工工作,是一种高生产率的加工方法。

钢珠挤压内孔 用比工件孔径稍大的钢珠,由挤压杆加压力强行通过内孔,使孔的粗糙度得到降低,孔壁得到硬化。建立在金属塑性变形基础上的冷压光加工方法由于工具简单,操作简便,正得到日益广泛的应用。

磨孔 是高精度、淬硬内孔加工的主要方法。其基本加工方式有内圆磨削,无心磨削和行星磨削等。

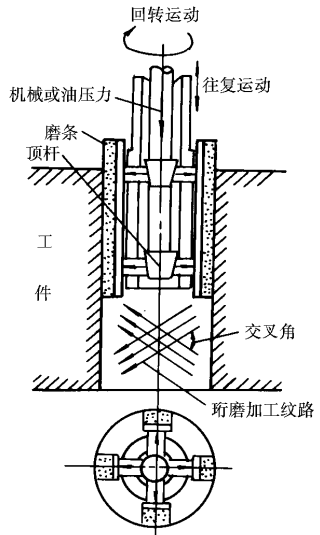


图 1-3 珩磨加工示意图

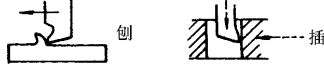
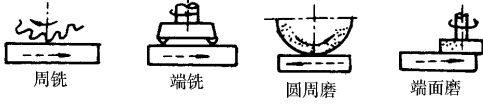

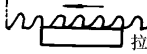
### 1.1.3 平面加工

平面的加工方法也很多,常用的有刨、铣、磨、车、拉、研磨、超精加工、刮研等方法。主要方法的表面形成原理见表 1-3。下面依次对这些方法作简要说明。

刨平面 刨削是至今仍采用的平面加工方法,其所用机床和工夹具结构简单,具有机动灵活的优点。在生产车间里,牛头刨床已逐渐被各种铣床代替,但龙门刨床仍广泛用于大件加工。另外宽刃精刨工艺(指采用的刨刀刃口平直光洁,宽度一般为  $10 \sim 60\text{mm}$ ,以极微切深和极低切削速度的刨削)可以减少甚至完全取代平面的刮研工作。

插削 它是加工内孔键槽常用的方法。

表 1-3 平面的主要加工方法

工 件		刀 具		表面形成原理图
主运动	进给运动	主运动	进给运动	
	$T$	$T$		 刨      插
	$T$	$R$		 周铣      端铣      圆周磨      端面磨
$R$			$T$	 车
		$T$		 拉

**铣平面** 有周铣和端铣两种方式。后者因刀杆刚性好,能够进行高速铣削和强力铣削,生产效率高,所以在大批量生产中用得更多。

**磨削平面** 磨削平面方法也可分圆周磨和端面磨两大类。圆周磨由于砂轮和工件的接触面小,磨削区的散热排屑条件好,可获得加工精度要求较高的平面。端面磨允许采用较高的磨削用量,生产效率高,但因加工精度较低,适用于要求不很高的工件。平面磨削一般作为刨削和铣削后的加工工序。由于缓进给磨削的发展,目前已有可能从带黑皮的毛坯直接加工成最终产品。另外各种高精度导轨面的手工刮研,近来也可用导轨磨削取代。

**研磨** 工件与研具间作平面内的相互运动。

**车平面** 各种类型车床利用车刀加工平面是很常见的方法。在镗床上加工孔的端面,则主运动和进给运动都可由刀具完成。

**拉平面** 它是精度高、表面粗糙度小、生产效率高的加工方法。但由于拉刀结构复杂,成本高,一般只用于大量生产。近年来由于组合装配式拉刀技术的发展,拉平面也可在成批生产中应用。拉削运动在表中所示为工件不动,由刀具完成主切削运动。另外也可是刀具不动,由工件完成直线主运动或回转主运动。后者可减少空程,提高拉削速度,易于实现自动化。

#### 1.1.4 螺纹加工

加工螺纹时所用刀具一般具有与螺纹截面相同或相似(指设计时经修正计算后有变化)的刃形,按照形成螺纹表面的运动,主要加工方法列于表 1-4。按表中内容依次有:车螺纹、攻丝与套丝、盘形铣刀铣螺纹、梳形铣刀铣螺纹、旋风铣螺纹、磨螺纹、端铣螺纹、滚压螺纹等。

表 1-4 螺纹的加工方法

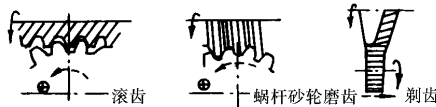
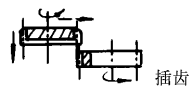
工 件		刀 具		表面形成原理图
主运动	进给运动	主运动	进给运动	
$R$			$T$	<p>车螺纹 板牙</p>
		$R$	$T$	<p>丝锥</p>
$R$	$R$	$R$	$T$	<p>铣螺纹 梳形铣刀 旋风铣 磨螺纹</p>
$R/T$		$R$		<p>端铣螺纹</p>
$R$		$R$		<p>滚压</p>

### 1.1.5 齿形加工

齿形的形成方法主要可分成两大类：成形法加工与展成法加工。各种方法形成齿形表面的原理见表 1-5。

表 1-5 齿形的加工方法

工 件		刀 具		表面形成原理图
主运动	进给运动	主运动	进给运动	
	$T$	$R$		<p>铣齿 指状刀铣齿 成形磨齿</p>
$T$				<p>拉齿</p>

工 件		刀 具		表 面 形 成 原 理 图
主运动	进给运动	主运动	进给运动	
	$R/T$	$R$		
	$R$	$T$	$R$	

注 ⊕为垂直纸面的运动

### 1.1.6 成形表面的加工

成形表面可的加工方法可分为三大类：

#### 1. 轨迹法

这一类加工方法的特点是刀刃形状简单,刀具运动复杂。通常以带有尖点的或圆弧的刀尖与加工表面以点接触的方式进行工作,但有时刀刃为直线形与加工表面以线接触方式工作,如用立铣刀按靠模加工样板或用钼丝进行线切割均属此类。

轨迹法要求刀刃沿工件要求的曲线形状运动,具体的方法有下列几种：

##### (1) 划线加工：

划线加工是一种原始的方法,它用在单件小批生产中加工平面上的直线成形表面、旋转成形表面。这种加工方法的精度和生产率较低,且需要技术熟练的工人。

① 平面上的直线成形表面:如图 1-4 所示,加工时先在零件表面上划出曲线形状,然后视零件的长短决定加工方法。如零件是圆盘凸轮样板等,厚度较薄(图 1-4(b)),则可在曲线四周用小钻头钻许多孔,去掉不需要部分,再用锉刀、砂布修光。亦可把工件装在铣床工作台上,用手控制工作台的纵向和横向移动,铣去不需要的部分,再用锉刀、砂布修光。

若工件较长(图 1-4(a)),则可按划线刨或插出成形表面。因为这种表面较长,一般仅用砂布、油石修光,以减少表面粗糙度值。

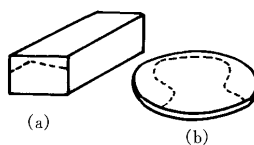


图 1-4 平面上的直线成形表面的划线

② 在光学曲线磨床上加工成形表面:这也是划线法的一种,图 1-5 所示为光学曲线磨床的示意图。这种机床由下列部分组成:带有盘状砂轮 S 的磨头、安装工件的支架 B 以及带有显微镜 M 和图板的放图器等,加工时手持销子 A 沿放大的工件图的轮廓线移动,显微镜也随之移动。在磨削过程中通过显微镜观察,要将砂轮送进到 C 点与显微镜十字线交点相重。这样连续磨下去就可磨出工件的全部轮廓。若图纸按 50:1 比例画出,而图纸上有 0.5mm 的误差,则反映到工件上的误差只有 0.01mm,故加工精度较高。机床图板一般可放置尺寸为 500mm×500mm 的图纸,若工件轮廓尺寸更大,则可分段加工。此法多用于样板加工,譬如螺杆刀具样

板的磨制。

(2) 利用仿形机构或机床本身附加一些运动的机构进行加工：

对于简单而又有规则的成形表面可以在普通机床上利用仿形机构进行加工。

图 1-6 所示为在六角车床和普通车床上镗内球面的例子。图 1-6 的夹具的主要部分就是镗刀杆，刀杆的一端以装在转塔中的支承 E 来支住，而另一端则进入装在卡盘上的套筒中。转塔纵向移动时，起初全部装置像一个整体一样移动着，直到刀杆挡块 F 被卡盘套筒阻止为止。此后

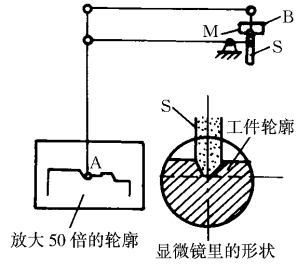


图 1-5 在光学曲线磨床上磨成形表面

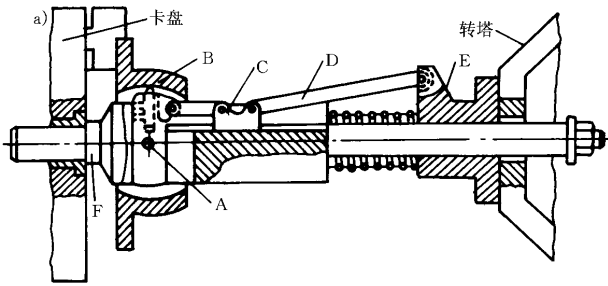


图 1-6 车削内球体表面的工具

随着转塔进一步纵向移动，刀杆不动，而转塔一面压紧弹簧，一面通过连杆推动滑块 C 使后者沿着刀杆上加厚部分的沟槽滑动，滑块又借助圆环和镗刀夹持器相连，镗刀可绕 A 轴旋转，这时刀尖 B 划出一个圆周，从而开始进行球面加工。

(3) 利用靠模法加工成形表面：

由于靠模可按照被加工的成形表面的特点设计，故此法可加工各种类型的成形表面。

图 1-7 表示用于在车床上加工的单边靠模装置，横刀架上装有滚子，拆去横向送进的丝杆和螺帽，重锤把刀架的滚子压在靠模上。当溜板作纵向送进时，滚子沿靠模滚动，刀具即走靠模曲线所规定的轨迹。很明显，重锤的重量要超过径向切削分力  $P_y$  才行。

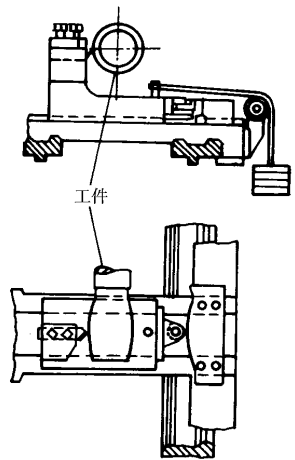


图 1-7 单边靠模装置

图 1-8 是在立式铣床上的一种靠模装置，它有一个旋转的自动送进，工作台的径向送进由重锤来实现，这种装置可加工封闭的直线成型表面（如圆盘凸轮）。

图 1-9 为机械仿型磨刀机床，被磨的工件（盘形铣刀片）12，可获得与靠模板 14 一样尺寸的曲线形状。