



# 现代 机械制造工艺学原理 (及)应用研究

李保元 彭彦 刘垚 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 现代 机械制造工艺学原理 及应用研究

李保元 彭彦 刘垚 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书主要内容包括:绪论、金属切削基本知识、金属切削机床与刀具、机床夹具设计、机械加工工艺规程制定、典型零件加工、机械加工质量分析与控制、数控加工工艺、先进制造技术、现代机械制造生产模式。

本书具有内容简明、概念清楚、叙述通俗、便于学习的特点,可供从事机械设计制造及其自动化或机械工程及自动化的工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代机械制造工艺学原理及应用研究 / 李保元, 彭彦, 刘垚编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 1  
ISBN 978-7-5170-2896-3

I. ①现… II. ①李… ②彭… ③刘… III. ①机械制造工艺 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第020950号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:陈洁 封面设计:崔蕾

|      |  |
|------|--|
| 书 名  | 现代机械制造工艺学原理及应用研究   |
| 作 者  | 李保元 彭彦 刘垚 编著   |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座100038)<br>网址:www.waterpub.com.cn<br>E-mail:mchannel@263.net(万水)<br>sales@waterpub.com.cn |
| 经 售  | 电话:(010)68367658(发行部)、82562819(万水)<br>北京科水图书销售中心(零售)<br>电话:(010)88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点       |
| 排 版  | 北京鑫海胜蓝数码科技有限公司   |
| 印 刷  | 三河市天润建兴印务有限公司  |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 17印张 413千字  |
| 版 次  | 2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷  |
| 印 数  | 0001—3000册   |
| 定 价  | 59.50元   |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

## 前 言

机械制造技术,在人类历史的长河中为人类的发展和进步做出了重大贡献。它的内涵十分丰富而广泛,且这方面的学术论著更是众多。近 20 年来科学技术的飞速发展,已经使并正在使我国的制造业和制造方式发生着深刻的变革。由于人类活动而造成的环境污染的不断恶化,给建立在对自然界不可再生能源掠夺式利用基础上的现代人类文明敲响了警钟,也给作为各国社会物质财富主要来源之一,同时也是我国耗能大户之一的制造业提出了许多必须面对和解决的新问题。以计算机信息技术和网络技术为代表的新技术的发展及其在制造业中日益广泛的应用,既为制造学科的发展提供了良好的机遇,又对制造学科的改革与改造提出了新的要求。学习机械工程必须学习机械制造技术的知识,掌握机械制造的基础知识及分析工程问题的基本方法和机械制造的基本操作技能,才能使自己设计的产品结构更合理,更便于制造。能够根据不同的产品,选择合理的机械加工方法,制定正确的工艺流程,达到高效率、高质量的目的。

本书遵循“以应用为目的,以实用、够用为度”的原则,注重分析论述制造技术,与现代科技接轨。全书共分 10 章:第 1 章绪论,第 2 章金属切削基本知识,第 3 章金属切削机床与刀具,第 4 章机床夹具设计,第 5 章机械加工工艺规程制定,第 6 章典型零件加工,第 7 章机械加工质量分析与控制,第 8 章数控加工工艺,第 9 章先进制造技术,第 10 章现代机械制造生产模式。

全书由李保元、彭彦、刘垚撰写,具体分工如下:

第 1 章、第 3 章、第 7 章、第 10 章:李保元(河南科技大学);

第 4 章、第 5 章、第 8 章:彭彦(兰州城市学院);

第 2 章、第 6 章、第 9 章:刘垚(山西大学)。

本书在编撰过程中参考了大量的相关著作,在此向相关作者表示感谢。

由于作者水平有限,书中一定还存在不尽如人意的地方和错误,恳请广大读者和专家批评指正。

作者

2014 年 12 月

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 前言                      | 1   |
| <b>第 1 章 绪论</b>         | 1   |
| 1.1 机械制造技术的现状与发展        | 1   |
| 1.2 机械制造的一般过程           | 2   |
| 1.3 机械制造的基本环节           | 7   |
| 1.4 机械制造企业工艺过程及其组成      | 11  |
| <b>第 2 章 金属切削基本知识</b>   | 13  |
| 2.1 金属切削加工              | 13  |
| 2.2 刀具几何角度              | 15  |
| 2.3 金属切削过程              | 21  |
| 2.4 金属切削条件的选择           | 26  |
| 2.5 刀具的材料               | 31  |
| <b>第 3 章 金属切削机床与刀具</b>  | 36  |
| 3.1 金属切削机床概述            | 36  |
| 3.2 车床与车刀               | 51  |
| 3.3 磨床与砂轮               | 59  |
| 3.4 铣床与铣刀               | 64  |
| 3.5 齿轮加工机床              | 73  |
| <b>第 4 章 机床夹具设计</b>     | 85  |
| 4.1 机床夹具概述              | 85  |
| 4.2 工件定位的基本原理           | 91  |
| 4.3 定位方法及定位元件           | 93  |
| 4.4 夹具体及其精度分析           | 102 |
| 4.5 各类夹具设计方法及要点         | 105 |
| <b>第 5 章 机械加工工艺流程制定</b> | 115 |
| 5.1 基础知识及术语             | 115 |
| 5.2 零件的工艺分析             | 118 |
| 5.3 毛坯的选择               | 119 |
| 5.4 工程路线的拟定             | 125 |
| 5.5 加工余量和定位基准           | 128 |
| 5.6 工序尺寸及其公差确定          | 131 |
| <b>第 6 章 典型零件加工</b>     | 139 |
| 6.1 轴类零件的加工             | 139 |

|             |                          |            |
|-------------|--------------------------|------------|
| 6.2         | 套筒类零件的加工 .....           | 145        |
| 6.3         | 箱体零件的加工 .....            | 151        |
| 6.4         | 圆柱齿轮的加工 .....            | 157        |
| <b>第7章</b>  | <b>机械加工质量分析与控制</b> ..... | <b>164</b> |
| 7.1         | 机械加工质量概述 .....           | 164        |
| 7.2         | 机械加工精度的分析与控制 .....       | 167        |
| 7.3         | 机械加工表面质量 .....           | 182        |
| 7.4         | 机械加工中的振动 .....           | 191        |
| 7.5         | 提高表面质量的途径 .....          | 194        |
| <b>第8章</b>  | <b>数控加工工艺</b> .....      | <b>198</b> |
| 8.1         | 数控加工基础知识 .....           | 198        |
| 8.2         | 数控编程 .....               | 208        |
| 8.3         | 数控加工中心机床 .....           | 219        |
| <b>第9章</b>  | <b>先进制造技术</b> .....      | <b>232</b> |
| 9.1         | 先进制造技术概述 .....           | 232        |
| 9.2         | 特种加工技术 .....             | 235        |
| 9.3         | 微细制造技术 .....             | 240        |
| 9.4         | 高压水射流切割 .....            | 244        |
| 9.5         | 柔性制造自动化技术与系统 .....       | 245        |
| 9.6         | 其他先进制造技术 .....           | 249        |
| <b>第10章</b> | <b>现代机械制造生产模式</b> .....  | <b>256</b> |
| 10.1        | 并行工程技术 .....             | 256        |
| 10.2        | 计算机集成制造 .....            | 257        |
| 10.3        | 智能制造系统 .....             | 260        |
| 10.4        | 敏捷制造 .....               | 263        |
| 10.5        | 虚拟制造 .....               | 264        |
| <b>参考文献</b> | .....                    | <b>266</b> |

# 第 1 章 绪论

## 1.1 机械制造技术的现状与发展

机械制造业是一个历史悠久的产业,它自 18 世纪初工业革命形成以来,经历了一个漫长的发展过程。

随着现代科学技术的进步,特别是微电子技术和计算机技术的发展,使机械制造这个传统工业焕发了新的活力,增加了新的内涵,使机械制造业无论在加工自动化方面,还是在生产组织、制造精度、制造工艺方法方面都发生了令人瞩目的变化,这就是现代制造技术。现代制造技术更加重视技术与管理的结合,重视制造过程的组织和管理体制的精简及合理化,从而产生了一系列技术与管理相结合的新的生产方式。

近几年来,数控机床和自动换刀各种加工中心已成为当今机床的发展趋势。

在机床数控化过程中,机械部件的成本在机床系统中所占的比重不断下降,模块化、通用化和标准化的数控软件,使用户可以很方便地达到加工目的。同时,机床结构也发生了根本变化。

随着加工设备的不断完善,机械加工工艺也在不断地变革,从而导致机械制造精度不断提高。

近年来新材料不断出现,材料的品种猛增,其强度、硬度、耐热性等不断提高。新材料的迅猛发展对机械加工提出新的挑战。一方面迫使普通机械加工方法要改变刀具材料、改进所用设备;另一方面对于高强度材料、特硬、特脆和其他特殊性能材料的加工,要求应用更多的物理、化学、材料科学的现代知识来开发新的制造技术。

由此出现了很多特种加工方法,如电火花加工、电解加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工以及激光加工等。这些加工方法,突破了传统的金属切削方法,使机械制造业出现了新的面貌。

我国“十五”大力推进先进制造技术——CAD、CAM、CAPP、CAE、CAQ、ERP、CIMS。

近年来,在我国大力推进先进制造技术的发展与应用,已得到社会的共识,先进制造技术已被列为国家重点科技发展领域,并将企业实施技术改造列为重点,寻求新的制造策略,建立新的包括市场需求、设计、车间制造和分销集成在一起的先进制造系统。

该系统集成了计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助质量管理(CAQ)、企业资源计划(ERP)、物料搬运等单元技术。这些单元技术集成为计算机集成制造系统 CIMS。

## 1.2 机械制造的一般过程

### 1.2.1 机械制造系统理论

从宏观上讲,机械制造就是一个输入/输出系统。系统理论认为:系统是由多个相互关联和影响的环节组成的一个有机整体,在一定的输入条件下,各个环节之间位置相对稳定、协调的工作状态。机械制造系统的工作原理如图 1-1 所示。

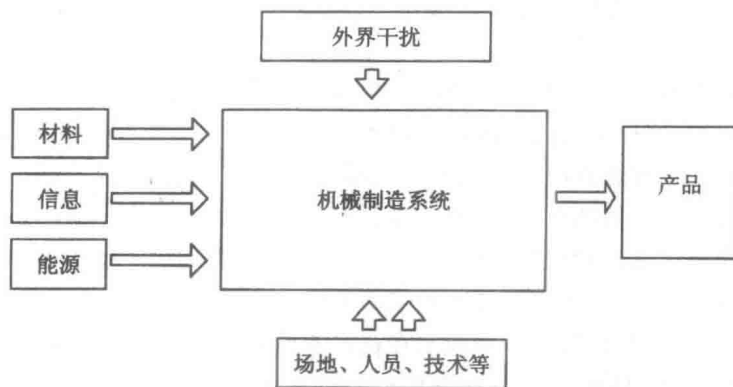


图 1-1 机械制造系统

具体介绍如下:

- 1) 机械加工的主要任务是将选定的材料变为合格产品,其中材料是整个系统的核心。
- 2) 能源用于为系统提供动力,在制造过程中不可或缺。
- 3) 信息用于协调系统各个部分之间的正常工作。随着生产自动化技术的发展,系统的结构日益复杂,信息的控制作用越来越重要。
- 4) 外界干扰是指来自系统外部的力、热、噪声及电磁等影响,这些因素会对系统的工作产生严重的干扰,必须加以控制。
- 5) 合格产品必须达到其使用时必需的质量要求,具体包括一定的尺寸精度、结构精度及表面质量。另外,还应尽量降低产品的成本。
- 6) 机械制造系统必须与场地、熟练的操作人员以及成熟的加工技术等支撑因素配合起作用,才能生产出合格的产品。

采用系统的观点来分析机械制造过程有助于更好地理解现代生产的特点。一条生产线就构成一个相对独立的制造系统,如图 1-2 所示为产品在各个设备之间进行流水作业。这类系统结构清晰,但是不够紧凑。



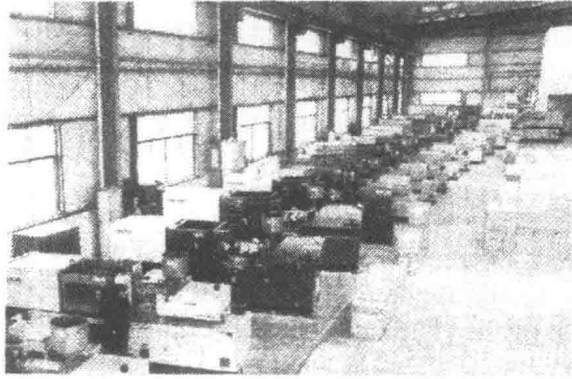


图 1-2 生产线

当功能强大的数控机床出现以后,一台数控加工中心(见图 1-3)可以取代一条生产线的工作,并且生产效率更高、质量更优,这样的制造系统更加优越。

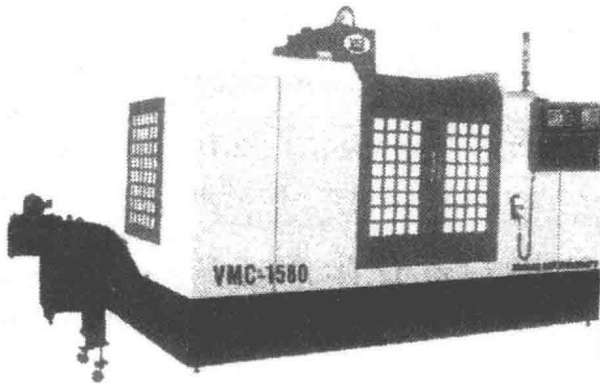


图 1-3 数控加工中心

### 1.2.2 自动化制造系统

自动化制造系统是指在较少的人工直接或间接干预下,将原材料加工成零件或将零件组装成产品。

自动化制造系统包括刚性制造和柔性制造。“刚性”的含义是指该生产线只能生产某种产品或生产工艺相近的某类产品,表现为生产产品的单一性。刚性制造包括组合机床、专用机床、刚性自动化生产线等。“柔性”是指生产组织形式和产品及工艺的多样性和可变性,具体表现为机床的柔性、产品的柔性、加工的柔性以及批量的柔性等。柔性制造包括柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、柔性制造线(FML)、柔性装配线(FAL)、计算机集成制造系统(CIMS)等。下面依据自动化制造系统的生产能力和智能程度进行分类介绍。

#### 1. 刚性自动化生产

##### (1) 刚性半自动化单机

除上、下料外,机床可以自动地完成单个工艺过程的加工循环,这样的机床称为刚性半自动化机床。这种机床一般是机械或电液复合控制式组合机床和专用机床,可以进行多面、多

轴、多刀同时加工,加工设备按工件的加工工艺顺序依次排列。切削刀具由人工安装和调整,实行定时强制换刀,如果出现刀具破损、折断,可进行应急换刀,如单台组合机床、通用多刀半自动车床、转塔车床等。从复杂程度讲,刚性半自动化单机实现的是加工自动化的最低层次,但是投资少、见效快,适用于产品品种变化范围和生产批量都较大的制造系统。缺点是调整工作量大,加工质量较差,工人的劳动强度也大。

### (2) 刚性自动化单机

这是在刚性半自动化单机的基础上增加自动上、下料等辅助装置而形成的一种自动化机床。辅助装置包括自动工件输送、上料、下料、自动夹具、升降装置和转位装置等;切屑处理一般由刮板器和螺旋传送装置完成。这种机床实现的也是单个工艺过程的全部加工循环。这种机床往往需要定做或改装,常用于品种变化很小,但生产批量特别大的场合。其主要特点是投资少、见效快,但通用性差,是大量生产最常见的加工装备。

### (3) 刚性自动化生产线

刚性自动化生产线是在多工位生产过程中,用工件输送系统将各种自动化加工设备和辅助设备按一定的顺序连接起来,在控制系统的作用下完成单个零件加工的复杂大系统。在刚性自动化生产线上,被加工零件以一定的生产节拍,顺序通过各个工作位置,自动完成零件预定的全部加工过程和部分检测过程。因此,与刚性自动化单机相比,其结构复杂,任务完成的工序多,所以生产效率也很高,是少品种、大量生产必不可少的加工装备。除此之外,刚性自动化生产线还具有可以有效缩短生产周期、取消半成品的中间库存、缩短物料流程、减少生产面积、改善劳动条件以及便于管理等优点。其主要缺点是投资大,系统调整周期长,更换产品不方便。为了消除这些缺点,人们发展了组合机床自动化生产线,可以大幅度缩短建线周期,更换产品后只需更换机床的某些部件即可(如更换主轴箱),大大缩短了系统的调整时间,降低了生产成本,并能收到较好的使用效果和经济效果。组合机床自动化生产线主要用于箱体类零件和其他类型非回转体的钻、扩、铰、镗、攻螺纹和铣削等工序的加工。

## 2. 柔性制造单元

柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)由单台数控机床、加工中心、工件自动输送及更换系统等组成。它是实现单工序加工的可变加工单元,单元内的机床在工艺能力上通常是相互补充的,可混流加工不同的零件。系统对外设有接口,可与其他单元组成柔性制造系统。

## 3. 柔性制造系统

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)由两台或两台以上加工中心或数控机床组成,并在加工自动化的基础上实现物料流和信息流的自动化,其基本组成部分包括自动化加工设备、工件储运系统、刀具储运系统及多层计算机控制系统等。

柔性制造系统的主要特点如下:

- 1) 柔性高,适应多品种、中小批量生产。
- 2) 系统内的机床工艺能力是相互补充和相互替代的。
- 3) 可混流加工不同的零件。
- 4) 系统局部调整或维修不中断整个系统的运作。

5) 多层计算机控制,可以和上层计算机联网。

6) 可进行三班无人干预生产。

#### 4. 柔性制造线

柔性制造线(Flexible Manufacturing Line, FML)由自动化加工设备、工件输送系统和控制系统等组成。柔性制造线与柔性制造系统之间的界限很模糊,两者的重要区别是前者像刚性自动化生产线一样,具有一定的生产节拍,工作沿一定的方向顺序传送,后者则没有一定的生产节拍,工件的传送方向也是随机的。柔性制造线主要适用于品种变化不大的中批和大批量生产,线上的机床主要是多轴主轴箱的换箱式和转塔式加工中心。在工件变换以后,各机床的主轴箱可自动进行更换,同时调入相应的数控程序,生产节拍也会进行相应的调整。

柔性制造线的主要优点是:具有刚性自动化生产线的绝大部分优点,当批量不是很大时,生产成本比刚性自动化生产线低得多,当品种改变时,系统所需的调整时间又比刚性自动化生产线少得多,但建立系统的总费用却比刚性自动化生产线高得多。有时为了节省投资,提高系统的运行效率,柔性制造线常采用刚柔结合的形式,即生产线的一部分设备采用刚性专用设备(主要是组合机床),另一部分采用换箱或换刀式柔性加工机床。

#### 5. 柔性装配线

柔性装配线(Flexible Assembly Line, FAL)通常由装配站、物料输送装置和控制系统等组成。

##### (1) 装配站

FAL中的装配站可以是可编程的装配机器人、不可编程的自动装配装置和人工装配工位。

##### (2) 物料输送装置

在FAL中,物料输送装置根据装配工艺流程为装配线提供各种装配零件,使不同的零件和已装配成的半成品合理地各装配点间流动,同时还要将成品部件(或产品)运离现场。输送装置由传送带和换向机构等组成。

##### (3) 控制系统

FAL的控制系统对全线进行调度和监控,主要是控制物料的流向、自动装配站和装配机器人。

#### 6. 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(Computer Intergrated Manufacturing System, CIMS)是一种集市场分析、产品设计、加工制造、经营管理、售后服务于一体,借助于计算机的控制与信息处理功能,使企业运作的信息流、物质流、价值流和人力资源有机融合,实现产品快速更新、生产率大幅提高、质量稳定、资金有效利用、损耗降低、人员合理配置、市场快速反馈和良好服务的全新的企业生产模式。

CIMS是目前最高级别的自动化制造系统,但这并不意味着CIMS是完全自动化的制造系统。事实上,目前意义上CIMS的自动化程度甚至比柔性制造系统还要低。CIMS强调的主要是信息集成,而不是制造过程物流的自动化。CIMS的主要特点是系统十分庞大,包括的内容很多,要在一个企业完全实现难度很大。但可以采取部分集成的方式,逐步实现整个企业

的信息及功能集成。

### 1.2.3 零件的生产过程

机械零件的制造包括一系列严整有序的工艺过程,一方面要保证制造的零件能够满足使用要求,另一方面要尽量降低成本,还要尽可能提高生产效率。通常来说,制造一个机械零件要经历图 1-4 所示的基本环节。

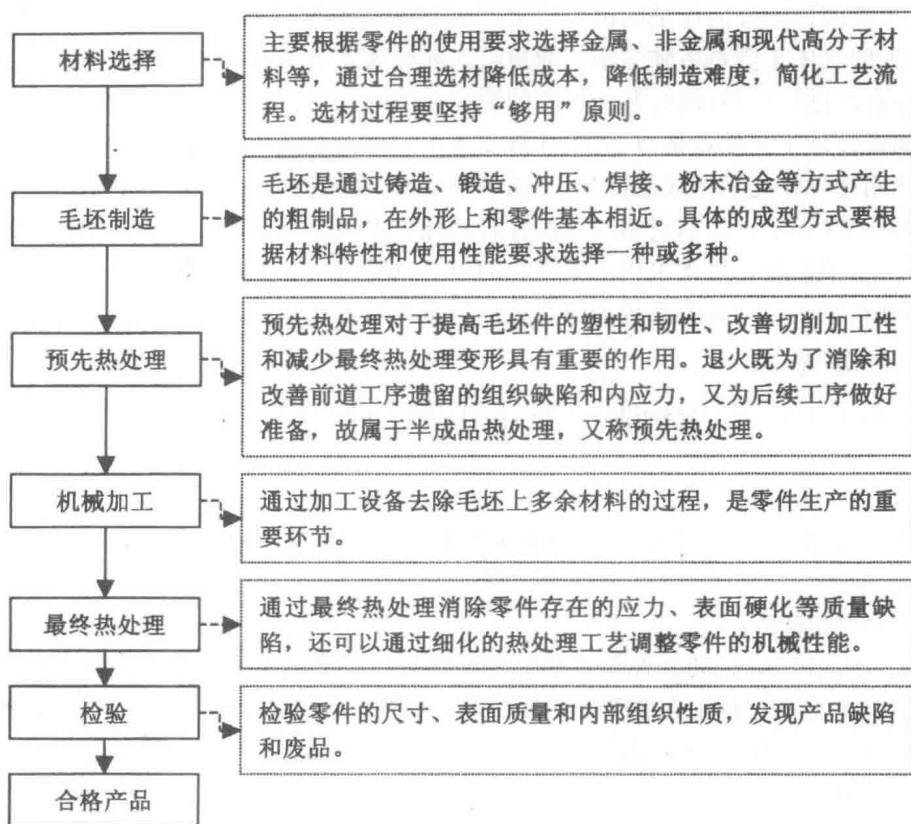


图 1-4 机械零件制造的基本环节

### 1.2.4 零件的装配过程

装配是指将零件按规定的技术要求组装起来,并经过调试、检验使之成为合格产品的过程。装配过程是通过工艺规程来指导完成的。装配工艺规程是规定产品或部件装配工艺规程和操作方法等的工艺文件,是制定装配计划和技术准备、指导装配工作和处理装配工作问题的重要依据,它对保证装配质量、提高装配生产效率、降低成本和减轻工人劳动强度等都有积极的作用。

下面是制定装配工艺规程的原则:

- 1) 保证产品质量,延长产品的使用寿命。
- 2) 合理安排装配顺序和工序,尽量减少手工劳动量,满足装配周期的要求,提高装配效率。

3) 尽量减少装配占地面积, 提高单位面积的生产率。

4) 尽量降低装配成本。

如图 1-5 所示为减速器的装配示意图。

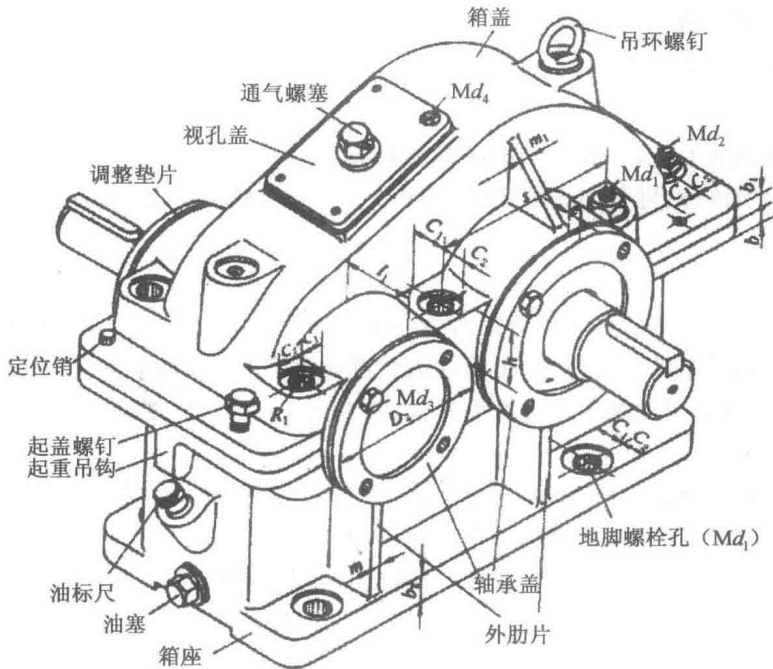


图 1-5 单级圆柱齿轮减速器的装配示意图

装配时按先内后外的顺序进行:

- 1) 按合理顺序装配轴、齿轮和滚动轴承, 并注意滚动轴承方向。
- 2) 合上箱盖。
- 3) 安装好定位销钉。
- 4) 装配上、下箱之间的连接螺栓。
- 5) 装配轴承盖、观察孔盖板。

## 1.3 机械制造的基本环节

### 1.3.1 毛坯的制造

#### 1. 毛坯的基本概念

毛坯制造是机械制造中的重要环节。毛坯的形状和尺寸主要是由零件组成表面的形状、结构、尺寸及加工余量等因素确定的, 并尽量与零件相接近, 以减少机械加工的劳动量, 力求达到少或无切削加工。但是, 由于现有毛坯制造技术及成本的限制, 以及产品零件的加工精度和表面质量要求愈来愈高, 毛坯的某些表面仍需留有一定的加工余量, 以便通过机械加工达到零件的技术要求。

毛坯种类的选择不仅影响毛坯的制造工艺及费用,而且也与零件的机械加工工艺和加工质量密切相关。为此需要毛坯制造和机械加工两方面的工艺人员密切配合,合理地确定毛坯的种类和结构形状,并绘出毛坯图。

### 2. 常见的毛坯种类

常见的毛坯有以下几种。

#### (1) 铸件

对形状较复杂的毛坯,一般可用铸造方法制造。目前大多数铸件采用砂型铸造;对尺寸精度要求较高的小型铸件,可采用特种铸造,如永久型铸造、精密铸造、压力铸造、熔模铸造和离心铸造等。

#### (2) 锻件

锻件毛坯由于经锻造后可得到连续和均匀的金属纤维组织,因此其力学性能较好,常用于受力复杂的重要钢质零件。其中,自由锻件的精度和生产率较低,主要用于小批生产和大型锻件的制造;模型锻件的尺寸精度和生产率较高,主要用于产量较大的中小型锻件。

#### (3) 型材

型材主要有板材、棒材、线材等,常用截面形状有圆形、方形、六角形和特殊截面形状。就其制造方法,又可分为热轧和冷拉两大类。热轧型材尺寸较大,精度较低,用于一般的机械零件;冷拉型材尺寸较小,精度较高,主要用于毛坯精度要求较高的中小型零件。

#### (4) 焊接件

焊接件主要用于单件小批生产和大型零件及样机试制。其优点是制造简单、生产周期短、节省材料、减轻重量。但其抗振性较差,变形大,需经时效处理后才能进行机械加工。

#### (5) 其他毛坯

其他毛坯包括冲压件、粉末冶金件、冷挤件和塑料压制件等。

### 3. 影响毛坯选择的因素

选择毛坯时应该考虑以下几个方面的因素。

#### (1) 零件的生产纲领

大量生产的零件应选择精度和生产率高的毛坯制造方法,用于毛坯制造的昂贵费用可由材料消耗的减少和机械加工费用的降低来补偿。例如,铸件采用金属模机器造型或精密铸造;锻件采用模锻、精锻;选用冷拉和冷轧型材。单件小批生产时,则应选择精度和生产率较低的毛坯制造方法。

#### (2) 零件材料的工艺性

例如,材料为铸铁或青铜等的零件应选择铸造毛坯;钢质零件当形状不复杂、力学性能要求又不太高时,可选用型材;重要的钢质零件,为保证其力学性能,则应选择锻件毛坯。

#### (3) 零件的结构形状和尺寸

形状复杂的毛坯,一般采用铸造方法制造,薄壁零件不宜用砂型铸造。一般用途的阶梯轴,如各段直径相差不大,可选用圆棒料;若各段直径相差较大,为减少材料消耗和机械加工的劳动量,则宜采用锻造毛坯。尺寸大的零件一般选择自由锻件,中小型零件可考虑选择熔模锻件。

(4) 现有的生产条件

选择毛坯时,还要考虑本厂的毛坯制造水平、设备条件以及外协的可能性和经济性等。

#### 4. 毛坯例图

图 1-6 中列出了毛坯的各种例图。



图 1-6 各种毛坯例图

### 1.3.2 机械加工方法

#### 1. 传统机械加工的特征

毛坯成形后还特别粗糙,接下来的加工环节将对其进行精雕细琢,去除多余材料,最后获得理想的产品。近年来,随着材料能源和检测技术的发展,机械加工技术也有了飞速的发展,其生产质量和效率明显提高。传统加工的特征如下:

- 1) 刀具材料比被加工材料硬。
- 2) 靠机械能(力的作用)去除多余的材料。
- 3) 加工过程主要靠操作者的经验来控制。
- 4) 自动化程度相对较低,生产效率不高,精度较低。

#### 2. 传统机械加工分类及用途

传统的机械加工分为车削、铣削、刨削、磨削、钻削、镗削、拉削和绞孔等,下面进行详细介绍。

##### (1) 车削加工

车削常用来加工单一轴线的零件,如直轴和一般盘、套类零件等。若改变工件的安装位置或将车床适当改装,还可以加工多轴线的零件(如曲轴、偏心轮等)或盘形凸轮。使用不同的车刀或其他刀具,可以加工各种回转表面,如内外圆柱面、内外圆锥面、螺纹、沟槽、端面和成形

面等。

车削加工的特点如下：

1)易于保证工件各加工面的位置精度。

2)切削过程较平稳,避免了惯性力与冲击力,允许采用较大的切削用量,高速切削,利于生产率提高。

3)适于有色金属零件的精加工。有色金属零件表面粗糙度要求较小时,不宜采用磨削加工,需要用车削或铣削等。用金刚石车刀进行精细车时,可达较高质量。

4)刀具简单。车刀制造、刃磨和安装均较方便。

(2)铣削加工

铣削是指使用旋转的多刃刀具切削工件,是一种高效率的加工方法。工作时刀具旋转(作主运动),工件移动(作进给运动),工件也可以固定,但此时旋转的刀具还必须移动(同时完成主运动和进给运动)。铣削用的机床有卧式铣床或立式铣床,也有大型的龙门铣床。这些机床可以是普通机床,也可以是数控机床。

铣削加工的特点如下：

1)铣刀各刀齿周期性地参与间断切削。

2)每个刀齿在切削过程中的切削厚度是变化的。

(3)刨削加工

刨削加工是用刨刀对工件的平面、沟槽或成形表面进行直线切削加工。加工过程中,刀具或工件作往复直线的运动,由工件和刀具作垂直于主运动的间歇进给运动。刨削加工主要用于单件、小批量生产及机修车间,在大批量生产中往往被铣床所代替。

铣削加工的特点如下：

1)主要用于单件、小批量生产及机修车间。

2)刀具较简单,但生产率较低(加工长而窄的平面除外)。

(4)磨削加工

磨削是一种用磨料、磨具切除工件上多余材料的加工方法。根据工艺目的和要求不同,磨削加工工艺方法有多种形式,为了适应发展需要,磨削技术正朝着精密、低粗糙度、高效、高速和自动磨削方向发展。

磨削加工的特点如下：

1)可以获得很高的加工精度和表面质量。

2)在磨削力的作用下,磨钝的磨粒出现自身脆裂或脱落的现象,称之为磨具的自砺性。

(5)钻削加工

钻削加工指的是用钻头、铰刀、铰刀在工件上加工孔的方法。通常,钻头旋转为主运动,钻头轴向移动为进给运动,可以加工通孔、盲孔;如果将刀具更换为特殊刀具,则可以进行扩孔、铰孔、铰孔或进行攻丝等加工。

钻削加工的特点如下：

1)容易产生“引偏”。

2)切削热不易传散。

3)排屑困难。



#### (6) 镗削加工

镗刀旋转作主运动,工件或镗刀作进给运动的切削加工方法称为镗削加工。镗削加工主要在铣镗床、镗床上进行。

镗削加工的特点如下:

- 1) 适应性广。
- 2) 可以校正圆孔的轴线位置误差。
- 3) 生产效率低。
- 4) 适合加工箱体以及支架上的孔系,可保证其位置精度。

#### (7) 拉削加工

拉削加工是使用拉床(拉刀)加工各种内外成形表面的切削工艺。当拉刀相对工件作直线移动时,工件的加工余量由拉刀上逐齿递增尺寸的刀齿依次切除。

拉削加工的特点如下:

- 1) 是一种高效率的精加工方法。
- 2) 制造成本高,且有一定的专用性。
- 3) 主要用于成批大量生产。

#### (8) 绞孔加工

绞孔加工是用定尺寸绞刀或可调尺寸的绞刀在已加工的孔的基础上再进行微量切削,目的是提高孔的精度。

## 1.4 机械制造企业工艺过程及其组成

### 1.4.1 机械加工工艺系统

机械加工工艺系统是制造企业中处于最底层的一个个加工单元,往往由机床、刀具、夹具和工件四要素组成。

机械加工工艺系统是各个生产车间生产过程中的一个主要组成部分,其整体目标是要求在不同的生产条件下,通过自身的定位装夹机构、运动机构、控制装置以及能量供给等机构,按不同的工艺要求直接将毛坯或原材料加工成形,并保证质量、满足产量和低成本地完成机械加工任务。

现代加工工艺系统一般是由计算机控制的先进自动化加工系统,计算机已成为现代加工工艺系统中不可缺少的组成部分。

### 1.4.2 机械制造系统

机械制造系统是将毛坯、刀具、夹具、量具和其他辅助物料作为原材料输入,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后输出机械加工的成品或半成品的系统。

机械制造系统既可以是一台单独的加工设备,如各种机床、焊接机、数控线切割机,也可以是包括多台加工设备、工具和辅助系统(如搬运设备、工业机器人、自动检测机等)组成的工段或制造单元。一个传统的制造系统通常可以概括地分成三个组成部分:①机床;②工具;③制