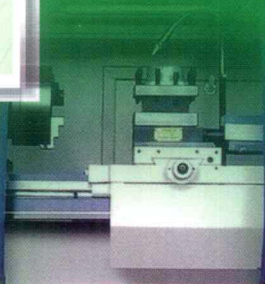




全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

机械制造工艺学

主 编 周哲波 姜志明



真实现场实例，突出专业技术应用
内容取材新颖，涵盖前沿性新技术
习题类型丰富，注重训练实际技能



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

机械制造工艺学

主 编	周哲波	姜志明	
副主编	戴雪晴	李毅华	李 君
	袁长颂	边永梅	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书共分8章：第1章重点阐述机械加工工艺过程、生产纲领、生产类型和基准等基本概念和定义；第2章全面论述工件各种典型表面的加工方法和在机床上装夹的基本原理；第3章详细分析零件的毛坯和定位基准选择、工艺规程的内容与设计、工序划分与工序尺寸确定、如何提高劳动生产率等；第4章综合概述在小批生产类型下的轴、套、箱体和齿轮等典型零件加工工艺的制定方法和在机床上可靠的装夹措施；第5章较为全面地探讨影响机械加工精度的因素和获得机械加工精度的方法；第6章具体剖析影响表面加工质量的工艺因素及改善措施；第7章重点总结装配尺寸链的计算、保证装配精度和装配工艺规程制定的方法；第8章简要介绍先进制造技术的内涵、各种先进制造技术方法和原理。

本书可作为高等院校机械类和近机类各专业的本科和高职高专的教材，也可以作为一般工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺学/周哲波, 姜志明主编. —北京: 北京大学出版社, 2012. 1

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-19903-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 260368 号

书 名: 机械制造工艺学

著作责任者: 周哲波 姜志明 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-19903-9/TH·0276

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 三河市博文印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26.5 印张 614 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着我国制造业“由制造大国变成制造强国”的发展战略的确定，以发展机械制造技术为核心内容的目标更加明确。为了适应我国机械制造业迅速发展的需要，培养大批素质高、应用与实践能力强的应用综合型人才已成为当务之急。在此背景下，对高等教育的办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各方面都提出了全新的要求。

本书是为适应机械制造业发展和 21 世纪高校应用型技术人才培养目标的需求，在总结多年来专业教学和生产实践的基础上编写而成的。

本书在编写的过程中，注重所选内容的系统性，取材新颖，结构严谨。编排的原则是由浅入深、循序渐进，既讲述基本原理，又注重现代最新应用技术与生产实际需要的联系。在突出专业技术应用方面，本书具有较强的针对性和实用性，尽可能以实际系统为例，其知识的综合应用与分析同我国目前的生产实际状况是紧密结合的；在文字叙述上力求通俗易懂。本书适合于“教”与“学”，每章前有“本章学习目标”来突出重点和难点，介绍相应的学习方法；每章的内容注重理论联系实际，尽量多举现场实例；各章均配备有适量的习题与思考题，以便于所学知识的巩固。

本书共有 8 章内容，第 1 章和第 3 章由姜志明编写，第 2 章和第 4 章由周哲波、袁长颂和汤多良编写，第 5 章由戴雪晴编写，第 6 章由李毅华编写，第 7 章由李君编写，第 8 章由边永梅编写，另外周庆宏、陈飞虎、朱楠楠和梁海珍参加了本书部分内容的修订和图形的绘制工作。本书由周哲波教授、姜志明高工统稿，本书在编写过程中参阅了有关的教材、资料和文献，在此对其作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 9 月

目 录

绪论	1	3.2 零件的工艺性分析和毛坯的 选择	102
第1章 基本概念	5	3.2.1 零件的工艺性分析	102
1.1 机械加工工艺过程	6	3.2.2 毛坯的选择	105
1.2 生产纲领和生产类型	9	3.3 定位基准的选择	108
1.3 基准	12	3.4 机械加工工艺路线的拟定	112
本章小结	15	3.4.1 零件表面加工方法的 选择	112
习题与思考题	16	3.4.2 加工顺序的安排	121
第2章 工件典型表面加工方法及 在机床上的安装	18	3.4.3 工序划分	124
2.1 工件典型表面的加工方法	19	3.5 工序的设计	125
2.1.1 外圆加工	20	3.5.1 机床和工艺装备的 选择	125
2.1.2 孔加工	29	3.5.2 加工余量的确定	126
2.1.3 平面加工	39	3.5.3 工序尺寸及其公差 的确定	132
2.1.4 螺纹加工	48	3.5.4 切削用量的确定及时间 定额	134
2.1.5 齿形加工	49	3.6 工艺尺寸链	135
2.2 工件在机床上的安装	54	3.6.1 尺寸链的基本概念	135
2.2.1 工件的定位及定位方式的 选择	54	3.6.2 尺寸链计算的基本 公式	139
2.2.2 工件的夹紧及夹具的组成和 分类	67	3.6.3 典型工艺尺寸链的分析 计算	149
2.2.3 工件的安装	90	3.7 提高机械加工生产率的工艺 途径	159
本章小结	91	3.7.1 缩短时间定额	159
习题与思考题	92	3.7.2 实施多台机床看管	163
第3章 机械加工工艺规程设计	95	3.7.3 采用高效和自动化 加工	163
3.1 概述	96	3.7.4 采用成组技术	164
3.1.1 工艺规程的作用	96	3.8 工艺过程的技术经济分析	166
3.1.2 机械加工工艺规程的类型、 形式和格式	96	3.8.1 生产成本的组成	166
3.1.3 机械加工工艺规程的设计原则和 步骤	101	3.8.2 工艺方案的技术经济性 比较	167



本章小结	169
------------	-----

习题与思考题	169
--------------	-----

第4章 典型零件加工工艺

4.1 轴类零件加工工艺	174
--------------------	-----

4.1.1 轴类零件的功用与分类	174
------------------------	-----

4.1.2 轴类零件的主要技术要求	174
-------------------------	-----

4.1.3 轴类零件的毛坯、材料及热处理	175
----------------------------	-----

4.1.4 轴类零件常用的装夹方法	176
-------------------------	-----

4.1.5 轴类零件加工工艺过程分析	178
--------------------------	-----

4.2 套筒类零件加工工艺	188
---------------------	-----

4.2.1 套筒类零件的功用及结构特点	188
---------------------------	-----

4.2.2 套筒类零件的主要技术要求	189
--------------------------	-----

4.2.3 套筒类零件的毛坯、材料及热处理	190
-----------------------------	-----

4.2.4 套筒类零件的常用装夹方法	190
--------------------------	-----

4.2.5 套筒类零件加工工艺过程分析	192
---------------------------	-----

4.3 箱体类零件加工工艺	197
---------------------	-----

4.3.1 箱体类零件结构特点及功用	197
--------------------------	-----

4.3.2 箱体类零件的主要技术要求	198
--------------------------	-----

4.3.3 箱体类零件的毛坯、材料及热处理	199
-----------------------------	-----

4.3.4 箱体类零件的常用装夹方法	200
--------------------------	-----

4.3.5 箱体类零件加工工艺过程分析	200
---------------------------	-----

4.4 齿轮加工工艺	206
------------------	-----

4.4.1 齿轮的功用与结构特点	206
------------------------	-----

4.4.2 圆柱齿轮传动的精度要求	207
-------------------------	-----

4.4.3 齿轮的毛坯、材料及热处理	208
--------------------------	-----

4.4.4 齿轮加工工艺过程分析	210
------------------------	-----

本章小结	225
------------	-----

习题与思考题	226
--------------	-----

第5章 机械加工精度

5.1 概述	229
--------------	-----

5.1.1 加工精度和加工误差	229
-----------------------	-----

5.1.2 影响机械加工精度的因素	230
-------------------------	-----

5.1.3 误差的敏感方向	231
---------------------	-----

5.1.4 机械加工精度的研究内容及方法	232
----------------------------	-----

5.2 机械加工精度的获得方法	233
-----------------------	-----

5.2.1 尺寸精度的获得方法	233
-----------------------	-----

5.2.2 形状精度的获得方法	234
-----------------------	-----

5.2.3 位置精度的获得方法	235
-----------------------	-----

5.3 工艺系统的几何精度对加工精度的影响	239
-----------------------------	-----

5.3.1 加工原理误差对加工精度的影响	239
----------------------------	-----

5.3.2 调整误差对加工精度的影响	240
--------------------------	-----

5.3.3 机床几何误差对加工精度的影响	242
----------------------------	-----

5.3.4 夹具制造误差与磨损对加工精度的影响	252
-------------------------------	-----

5.3.5 刀具的制造、安装误差与磨损	253
---------------------------	-----

5.4 工艺系统的受力变形对加工精度的影响	255
-----------------------------	-----

5.4.1 概述	255
----------------	-----

5.4.2 工艺系统的刚度	256
---------------------	-----

5.5 工艺系统热变形对加工精度的影响	273
---------------------------	-----

5.5.1 概述	273
----------------	-----

5.5.2 工件热变形对加工精度的影响	275
---------------------------	-----

5.5.3 刀具热变形对加工精度的影响	276	6.3.5 表面强化工艺	330
5.5.4 机床热变形对加工精度的影响	277	6.4 机械加工过程中的振动问题	332
5.5.5 减小工艺系统热变形对加工精度影响的措施	279	6.4.1 机械加工中振动的概念与类型	332
5.6 加工误差的统计分析	281	6.4.2 机械加工过程中的强迫振动	333
5.6.1 加工误差的分类	281	6.4.3 自激振动产生的原因、诊断及消减措施	334
5.6.2 加工误差的统计分析法	282	本章小结	340
5.7 保证和提高加工精度的主要途径	291	习题与思考题	341
5.7.1 直接减小原始误差法	291	第7章 机器装配工艺规程设计	342
5.7.2 误差转移法	292	7.1 概述	343
5.7.3 误差均分或均化	293	7.1.1 机器装配的基本概念	343
5.7.4 就地加工法	294	7.1.2 装配中的连接方式	343
5.7.5 误差分组法	294	7.1.3 各种生产类型的装配特点	345
5.7.6 误差补偿或抵消法及误差补偿技术	295	7.2 装配尺寸链	346
本章小结	298	7.2.1 装配精度	346
习题与思考题	299	7.2.2 装配尺寸链的种类及其建立	348
第6章 机械加工表面质量	303	7.2.3 装配尺寸链的查找和计算方法	349
6.1 概述	304	7.3 保证装配精度的方法	351
6.1.1 加工表面质量的含义	304	7.3.1 互换装配法	351
6.1.2 表面质量对零件使用性能的影响	305	7.3.2 选择装配法	356
6.2 影响加工表面粗糙度的工艺因素及其改善措施	308	7.3.3 修配装配法	358
6.2.1 切削加工后的表面性质	308	7.3.4 调整装配法	361
6.2.2 磨削加工	312	7.4 装配工艺规程的制定	365
6.2.3 精密和光整加工	314	7.4.1 装配工艺规程的主要内容	365
6.3 影响表层金属物理机械性能的工艺因素及其改进措施	320	7.4.2 制定装配工艺规程的基本原则及原始资料	366
6.3.1 表面层冷作硬化	320	7.4.3 制定装配工艺规程的方法与步骤	366
6.3.2 表面层的金相组织变化	322	本章小结	370
6.3.3 表面层残余应力	323	习题与思考题	370
6.3.4 减小残余拉应力、防止表面烧伤和裂纹的工艺措施	326	第8章 现代制造技术简介	372
		8.1 概述	373



8.1.1 先进制造技术的主要特点	373
8.1.2 先进制造技术的内涵及范围	374
8.1.3 先进制造模式	377
8.1.4 现代制造技术的发展趋势	379
8.2 机械制造系统自动化与计算机辅助制造	380
8.2.1 机械制造系统自动化	381
8.2.2 计算机辅助制造	393
8.3 精密加工和超精密加工技术	398
8.3.1 精密加工的类型	399
8.3.2 超高速加工	400
8.4 特种加工技术	400
8.4.1 电火花加工	401
8.4.2 电化学加工	403
8.4.3 激光加工	404
8.4.4 超声加工	405
8.4.5 水喷射加工	406
本章小结	406
习题与思考题	407
参考文献	408

绪 论

1. 机械制造业的作用与发展

1) 机械制造业的重要地位与作用

在国民经济生产的各行各业中都要广泛使用各种各样的技术装备,它们包括机床、工具、仪器、仪表、运输设备等。这些技术装备的制造过程总称为机械制造,生产这些装备的工业即是机械制造业。其主要任务就是围绕各种工程材料的加工技术,研究其制造工艺,并设计和制造各种工艺装备。

机械制造业是现代工业的主体,是国民经济持续发展的基础;它是生产工具、生活资料、科技手段、国防装备等进步的依托,是现代化的动力源之一。据发达工业国家统计,机械制造业创造了 60% 的社会财富,完成了 45% 的国民经济收入。如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备,那么信息技术、新材料技术、海洋工程技术、生物工程技术以及空间技术等新技术群的发展将会受到严重的制约。因此,一个国家的经济竞争归根到底是机械制造业的竞争,机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志之一。

21 世纪是科学技术和综合国力竞争的年代,虽然世界已进入信息化时代,但发达国家仍然高度重视机械制造业的发展。据悉,美国制造业对其 GDP 的贡献率始终大于 20%,拉动其他产业 30%。日本将振兴制造业的基础技术纳入国家基本法,他们认为:“无论今后科学技术怎样进步,发展先进的制造业将永远是人类社会的‘首席产业’”。我国制定的未来制造业发展目标就是实现由制造大国变成制造强国。可以说,没有制造业,就没有工业;而没有机械制造业,就没有独立的工业,即使制造业再大、再好、再多,也会受制于人。可以说,我国作为一个大国,如果没有强大的装备制造业,特别是同高科技相应的机床制造业,我国就不可能有独立自主的制造业与工业。

2) 机械制造业的发展

机械制造业是一个历史悠久的产业,经历了一个漫长的发展历程。人类自经历蒸汽机和电力两次工业革命以来,机械制造业发生了巨大变革,世界各国都充分重视、发展和应用机械制造技术。

机械制造常被分为热加工和冷加工两大部分。热加工是指铸造、塑性加工、焊接、表面处理等;冷加工一般是指零件的机械加工工艺过程和装配工艺过程,目前还可包括特种加工技术等。一般机械制造多指研究各种冷加工的过程和方法。

近年来,随着科学技术的发展,特别是微电子技术和计算机技术的广泛应用,让机械制造这个传统工业焕发了新的活力,增添了新的内涵。无论是加工数字化,还是生产组织、制造精度、制造工艺方法等都发生了令人瞩目的变化。机械制造业正在经历着由传统制造技术向自动化、最优化、柔性化、集成化、智能化、精密化和绿色化发展的根本变



革。一个以先进制造技术(有关内容,参见第8章)为重点的工业革命已经到来,被称为第三次工业革命。

我国的机械制造业已得到长足的发展,一个自立的机械工业体系基本形成。但与发达国家相比,工业水平还存在着阶段性差距。中国的机械制造工业任重而道远,只有不断开拓进取,才能尽早赶上世界先进的制造技术水平。随着机械制造业的发展和科学技术的进步,机械制造工艺的内涵和特征正在不断发生变化,回顾近十年来的技术进展和发展趋势主要包括以下几个方面。

(1) 常规工艺的不断优化。

常规工艺优化是实现高效化、精密化、柔性化、增强市场竞争力的关键,它以形成优质高效、低耗、少(无)污染的先进实用工艺为主要目标,同时满足工艺设备、辅助工艺、工艺材料、检测控制系统的成套工艺服务要求。

(2) 新型加工方法的不断涌现和发展。

包括精密加工和超精密加工、微细加工、特种加工及高密度能量加工、新硬材料加工技术、表面功能性覆盖技术和复合加工,以适应机械产品快速更新换代对制造工艺提出的更高、更新的制造模式。

(3) 智能化、数字化等高新技术与工艺的紧密结合。

微电子、计算机、智能化和自动化技术与工艺及设备相结合,使传统工艺产生显著、本质的变化。机械制造已经不是传统意义上的机械制造,即所谓的机械加工。它是集机械、电子、光学、信息科学、材料科学、生物科学、激光学、管理学等最新成就为一体的一个新兴技术与新兴工业。如现代出现的柔性制造、敏捷制造、虚拟制造、网络制造、智能制造和协同制造等多种制造模式。

2. 机械制造过程与机械制造系统

1) 机械制造过程

在现代化的制造业中,机械产品的生产过程是一个系统工程,包括制造企业的产品设计、材料选择、制造生产、质量保证、管理和营销等一系列有内在联系的运作和活动,可分成决策、设计与研究、产品制造3个阶段,其中产品制造是核心和关键。

产品制造阶段是将原材料转变为成品的过程,包括原材料的运输和保管、生产准备、毛坯准备、机械加工、装配与调试、质量检验、成品包装等工作。其中,毛坯制造、机械加工、热处理、装配等直接改变毛坯或零件的形状尺寸或材料性能的过程称为生产工艺过程或工艺过程。

工艺过程中的机械加工、装配与调试等称为机械制造工艺过程。这一过程的工作就是将已通过铸造、焊接、锻造等方法得到的毛坯进行机械切削等加工,并装配成能实现一定功能的完整机器。

2) 机械制造工艺过程

机械制造工艺过程是将原材料、半成品加工成成品的方法和过程,它包括原材料和能源供应、毛坯和零件成型、零件机械加工、材料改性与处理、装配与包装、搬运与储存、检测与质量监控等环节。其主要环节包含的内容如下。

(1) 原材料主要是以钢铁为主的金属材料,如钢锭、轧材、型材等。近年来,各种特种合金、粉末冶金材料、工程塑料、橡胶和工业陶瓷、复合材料等的应用比例也在不断

扩大。

(2) 毛坯和零件成型。毛坯成型主要有铸造、锻造、焊接和冲压等将原材料加工成具有一定形状和尺寸的过程,零件成型主要是指采用与毛坯同样的成型方法就可直接用于装配或使用的部分无精度或无太高精度要求的工件,如带式输送机重锤张紧装置中的重锤,各种配重,一些冲压件、快速成型件、粉末冶金件、陶瓷、工程塑料件等。

(3) 零件机械加工是指采用去除材料的方式来获得图纸要求零件的方法,它包括各种切削加工、特种加工等。通过毛坯表面上的材料逐步被分离去除来改变毛坯的形态(形状、尺寸及表面质量),使其成为合格的工件。近年来,部分粗加工和少量的精加工逐渐被毛坯的精密成型所取代。

(4) 材料改性与处理通常是指热处理及电镀、热喷涂等表面处理工艺,用以改变零件的整体、局部或表面的组织及性能。值得注意的是部分材料成型加工通常也兼有材料改性的功能,但此时材料的组织和性能分布不均匀、稳定性差。

(5) 检测与质量监控是指为保证工艺过程的正确实施和产品质量而使用的一切质量控制措施。检测与质量控制应始终贯穿于机械制造的工艺过程中。

(6) 装配是将零件按产品图样分类组合连接,经选配、组装、调整、检测、试验等过程构成满足功能要求的产品。

3) 机械加工工艺系统和机械制造系统

一个典型的机械制造企业可看成是由不同大小规模、不同复杂程度的多层次系统组成,即机械加工工艺系统、机械制造系统和企业生产系统。

(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,如车床加工系统、铣床加工系统、磨床加工系统等。不同的工艺方法将要求有不同的加工单元,选择不同的加工工艺系统。对于一个机械制造工厂,除了切削加工工艺系统之外,还应有铸造、锻压、热处理和装配等工艺系统。

(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,最终输出机械加工的成品或半成品的系统。机械制造系统接受上级系统下达的生产计划和技术要求,通过自身的计划调度系统合理分配各个加工单元的任务,适时地调整和调度各加工单元的负荷,使各个加工工艺系统和辅助系统能够协调有序地工作,以取得整个系统最佳的生产效率。

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。

3. 课程研究对象与任务

机械制造工艺学是研究如何科学地、最优地生产各种机械装备、机械产品的一门技术学科。其目标要以最短的产品开发时间(Time)、最优的产品质量(Quality)、最低的价格和成本(Cost)、最佳的服务(Service) (“TQCS”)来赢得用户和市场,以满足市场需求、服务市场发展。本课程的研究重点是工艺过程,包括机械零件加工工艺过程和装配工艺过程两部分。



工艺是使各种原材料、半成品成为产品的经验、方法和过程。各种机械制造的方法和过程的总和称之为机械制造工艺。工艺是生产中最活跃的因素,既是构思和想法,又是实在的方法和手段,并落实在由工件、刀具、机床、夹具所构成的工艺系统中。所以它包含和涉及的范围很广,需要多门学科知识的支持,同时又和生产实际的联系十分紧密。

工艺与生产成本、生产效率、产品质量是直接相关的,是制造的基础,是企业的核心和灵魂。评价工艺的合理性就是看它能否优质、高效、低消耗地生产出产品来。制造企业常以工艺作为突破口来提高市场的竞争力。

机械制造工艺就是各种机械制造方法和制造过程的总称。本课程的主要任务如下。

- (1) 理解和掌握机械制造工艺过程的基本理论和基本知识。
- (2) 了解影响机械加工质量的各种因素,学会分析和控制加工质量的方法。
- (3) 学会制定机械加工工艺规程,理解和掌握典型零件的加工工艺。
- (4) 掌握机床夹具设计的基本原理和方法,理解和掌握典型夹具的设计。
- (5) 理解和掌握机器装配工艺基础知识,充分认识先进制造技术的内涵、工艺和发展。
- (6) 了解计算机技术在机械制造领域的应用,能够结合相关软件进行初步应用。

4. 课程性质和学习要求

机械制造工艺学课程是一门综合性和实践性都很强的专业课。通过学习,使学生掌握工艺的基本理论、掌握机械加工和装配工艺规程制定的原则、步骤和方法,并能结合具体条件制定出工艺上可行、经济上合理的工艺规程;了解影响加工质量的各项因素,学会分析研究加工质量的方法;了解当前制造技术的发展,培养学生具有善于分析、总结实际生产中的先进经验,善于分析和吸收国内外新技术、新工艺和新方法,并应用于解决实际问题的能力;培养学生对具体工艺问题进行综合分析和试验的科学方法,并能对具体问题提出保证或改善产品质量、提高生产效率和降低产品成本的工艺方法。

由于与其他技术基础课和专业课衔接紧密,课程学习时应具备一定的金属工艺学、金工实习、互换性与技术测量、机械设计(机械原理和机械零件)、工程力学(理论力学和材料力学)、金属切削原理与刀具、金属切削机床与工艺装备设计等课程的基本理论知识。课程涉及的内容较多,学习过程中应特别注意及时归纳总结,融会贯通。

“机械制造工艺学”是一门专业课,它与基础课和技术基础课不同,随着科学技术和经济的发展,课程内容在不断地更新和充实。由于制造工艺是非常复杂的,影响因素很多,课程在理论上和体系上正在不断完善和提高。课程的实践性很强,与生产实际的联系十分密切,有实践知识才能在学习时理解得比较深入和透彻,因此要注意实践知识的学习和积累。课程具有工程性,有不少设计方法方面的内容,需要从工程应用的角度去理解和掌握,因为工程问题和理论问题是有差别的。掌握课程的内容要有习题、课程设计、实验、实习等各环节的相互配合,每个环节都是十分重要的、不可缺少的,各教学环节之间应密切结合和有机联系,形成一个整体。

在应用本教材时,不同专业及方向可根据需要合理取舍,部分章节可采用现场教学方式。课程教学务必理论联系实际,结合金工实习、生产实习、课程设计、课程实验等多种实践教学环节,并努力运用多媒体等现代化教学方法和教学手段,进行工艺问题的具体分析,从工程应用角度理解和掌握工程问题,以获得较理想的教学效果。

第 1 章

基 本 概 念



本章学习目标

机械加工的目的在于将毛坯加工成符合产品要求的零件。工艺是指制造产品的方法，它包含各种制造技术。通过本章学习应了解机械加工工艺过程的组成，掌握工序、安装、工位、工步、走刀等基本概念以及如何划分机械加工工艺过程。了解生产纲领和生产过程的概念，各种生产类型的特点以及它们对生产过程的影响。掌握各种基准的含义以及它们之间相互关系。



1.1 机械加工工艺过程

1. 生产过程

任何一种产品的制造,都必须经过一定的生产过程。生产过程是指从原材料开始直到制成产品的相互关联的劳动过程总和。它由直接生产过程和辅助生产过程组成。直接生产过程是直接使被加工对象的尺寸、形状或相互位置、表面质量或状态以及力学物理性能等产生一定变化的主要劳动过程,它包括毛坯制造、零件机械加工、热处理以及表面处理、产品装配和调试、检验和试车、油漆等。辅助生产过程包括生产技术准备、工艺装备(模具、夹具、量具、工具等)制造、包装、储存和运输等辅助劳动过程。这里要说明的是:原材料和成品是一个相对的概念。一个工厂的原材料可能是另一个工厂的产品。例如,轧钢厂的产品是各种规格和型号的钢材,而对一般机械制造厂而言,钢材却是原材料。

由于机械产品复杂程度不同,其生产过程可由一个车间或一个工厂完成,也可由多个工厂共同完成,后者可使各个工厂按其产品的不同而趋于专业化生产,有利于保证质量、资源共享,提高生产效率和降低成本。例如,汽车、拖拉机等产品的制造就需要很多工厂合作完成。

2. 机械加工工艺过程

工艺是指制造产品的方法,它包含各种制造技术和手段。

工艺过程是生产过程中的主要部分,是直接生产过程。如原材料经浇铸、锻造、冲压或焊接而成为铸件、锻件、冲压件或焊接件的生产过程,分别称为铸造、锻造、冲压或焊接工艺过程。通过各种热处理方法改变零件材料性能的生产过程,称为热处理工艺过程。而将合格产品零件以及外购件、标准件等装配成组件、部件和整台机器的生产过程,称为装配工艺过程。

机械加工工艺过程一般是指用金属切削刀具或磨料工具等,采用切削加工方法,直接改变毛坯的形状、尺寸、表面质量以及物理机械性能,使之成为合格零件的生产过程。就广义而言,电加工、超声波加工、激光加工、电子束及离子束加工等也是机械加工工艺过程的组成部分。

机械制造工艺学的主要研究内容是零件的机械加工和机器装配的工艺过程。

3. 机械加工工艺过程的组成

一个零件的机械加工过程往往比较复杂。为了便于生产组织和管理,合理调配和使用生产设备以及其他生产资源,保证零件加工质量和提高生产效率,生产中常把机械加工工艺过程分为若干个依次排列的工序,而工序又可分为安装、工位、工步和走刀等,如图 1.1 所示。毛坯顺次通过这些工序就变成了成品或半成品。

1) 工序

一个(或一组)工人在一台机床(或一个工作地点),对一个(或同时几个)工件所连续完成的那一部分工艺过程,称为工序。例如,一个工人在一台车床上完成车外圆、端面、退刀槽、螺纹、切断;一组工人刮研一台机床的导轨;等等。工序是组成工艺过程的基本单

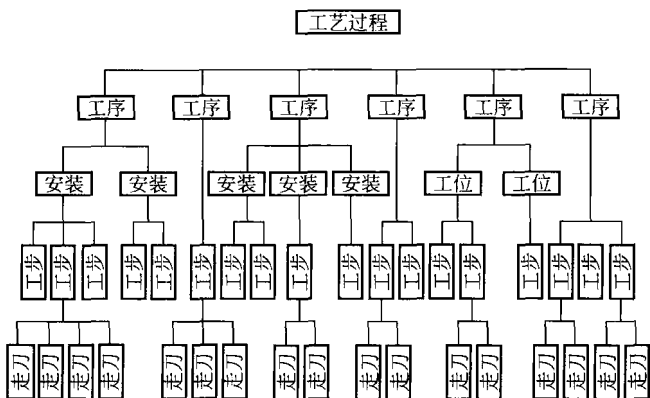


图 1.1 工艺过程的组成示意图

元，也是生产计划和成本核算的基本单元。

划分工序的依据是“三不变，一连续”，即工人(操作者)、机床(工作地点)和工件(被加工对象)三者不变并加上连续完成。只要工人、机床和工件三者中改变了任一个或不连续完成，则将成为另一道工序。同一个零件，同样的加工内容随着车间加工条件以及加工数量的不同可采用不同的工序安排。如图 1.2 所示的阶梯轴，在单件小批生产或中批生产时工序划分和所用设备见表 1-1 和表 1-2(加工该阶梯轴的方案较多，此处仅举两个为例)。对比两个表中的工序内容可见，表 1-1 中工序 1 的加工内容在表 1-2 中被安排到两个工序中完成。一般对于同一零件，批量和加工条件不同，工序内容的安排也往往不同。

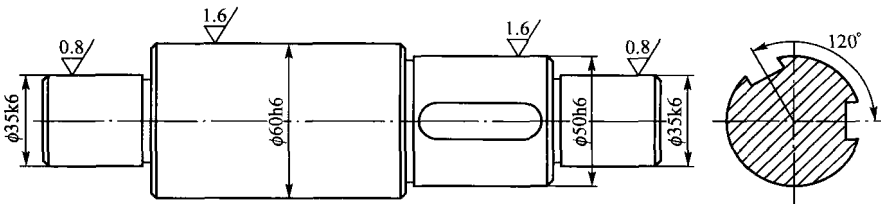


图 1.2 阶梯轴零件简图

表 1-1 阶梯轴单件小批生产的加工工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	(1) 车一端面，钻中心孔 (2) 调头：车另一端面，钻中心孔 (3) 顶尖顶起：车 φ35k6、φ50h6、φ60h6 外圆(留余量)，各台阶面、切砂轮越程槽、倒角 (4) 调头，顶尖顶起：车另一端 φ35k6 外圆(留余量)、台阶面、切砂轮越程槽、倒角	普通车床
2	铣键槽，去毛刺	立式铣床
3	(1) 磨 φ35k6、φ50h6、φ60h6 外圆 (2) 调头，磨另一 φ35k6 外圆	外圆磨床



表 1-2 阶梯轴中批生产的加工工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	铣两端面, 钻两端中心孔	铣端面钻中心孔机床
2	(1) 顶尖顶起: 车 $\phi 35k6$ 、 $\phi 50h6$ 、 $\phi 60h6$ 外圆(留余量), 各台阶面、切砂轮越程槽、倒角 (2) 调头, 顶尖顶起: 车另一端 $\phi 35k6$ 外圆(留余量)、台阶面、切砂轮越程槽、倒角	普通车床
3	铣键槽	立式铣床
4	去毛刺	钳工台
5	(1) 磨 $\phi 35k6$ 、 $\phi 50h6$ 、 $\phi 60h6$ 外圆 (2) 调头, 磨另一 $\phi 35k6$ 外圆	外圆磨床

2) 安装

工件在加工前, 在机床或夹具中相对刀具应占有正确的位置(定位)并予以固定(夹紧), 这个过程称为装夹。

在一个工序中需要对工件进行多次装夹加工时, 每次装夹下所完成的那部分工序, 称为安装。如表 1-1 中的工序 1, 工件反复调头装夹 4 次, 才能完成全部工序内容, 因此该工序共有 4 个安装; 同样的加工内容, 在表 1-2 中由工序 1 和工序 2 两个工序来完成, 只用 3 个安装即可完成。工件在加工中, 应尽量减少装夹次数, 因为多一次装夹除了增加装夹时间外, 还会带来加工误差。

3) 工位

为减少工件在工序中的安装次数, 常采用回转(或移动)工作台或夹具, 使工件在一次安装中, 相对刀具或机床先后占有不同位置进行连续加工, 每一个位置所完成的那部分工序, 称为一个工位。

如表 1-1 中工序 2, 图 1.2 所示阶梯轴上 120° 键槽时, 在立式铣床用分度头和顶尖装夹。铣完一个键槽后, 分度头转 120° 后铣另一个键槽。因此, 在该例中, 阶梯轴一次安装后有两个工位。

如图 1.3 所示, 在三轴钻床上利用回转工作台, 在一次安装中可连续完成每个工件的装卸、钻孔、扩孔和铰孔的加工, 共有 4 个工位。

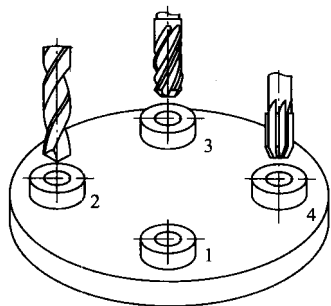


图 1.3 多工位加工

工位 1—装卸工件; 工位 2—钻孔; 工位 3—扩孔; 工位 4—铰孔

由上述可见, 如果一个工序中只有一个安装, 并且该安装中只有一个工位, 则工序内容就是安装内容, 同时也是工位内容。采用多工位加工, 可提高生产率和保证被加工表面之间的相互位置精度。

4) 工步

工步是工序的组成单位。是指在被加工表面、切削刀具、切削速度和进给量均保持不变的情况下所完成的那部分工序, 称为工步。

构成工步的任一因素改变后, 就变为另一工步。但是为了简化工艺文件, 对于一次安装中那些连续进行的若干相同工步(相同的加工表面), 通常看作一个工步。如图 1.4

所示,用同一只钻头连续钻削半联轴器上6个 $\phi 20$ 孔,可写成一个工步:钻 $6 \times \phi 20$ 孔。有时,为了提高生产效率,还经常把几个待加工表面用几把刀具或复合刀具同时进行加工,这也可看作一个工步,称为复合工步。如图1.5(a)为用两把铣刀同时加工两端台阶面,图1.5(b)为用两把车刀和一个钻头同时加工不同表面;图1.6所示是在钻床上用复合钻头进行钻孔和扩孔加工。

5) 走刀

在一个工步内,被加工的某一表面,由于余量较大(需要切去的金属层很厚)或其他原因,在切削用量不变的条件下,用同一把刀具对它进行加工,每切削一次所完成的工步内容,称为一次走刀。如图1.7所示,用圆钢(棒料)加工成阶梯轴时,第二工步车右端外圆,由于余量较大,分为两次走刀。此外,像车蜗杆、磨外圆等往往需要多次走刀。

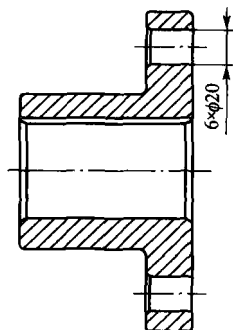
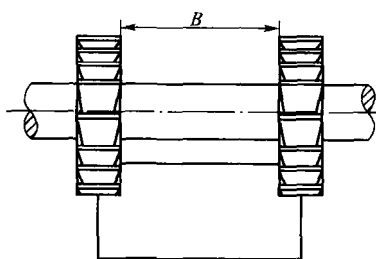
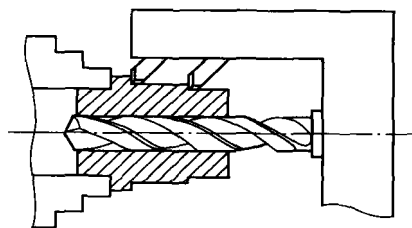


图 1.4 加工相同的表面



(a) 两铣刀同铣两端台阶面



(b) 两车刀和一钻头同时加工

图 1.5 复合工步

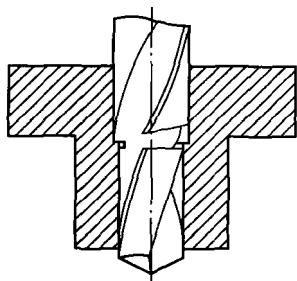


图 1.6 复合钻头钻、扩孔

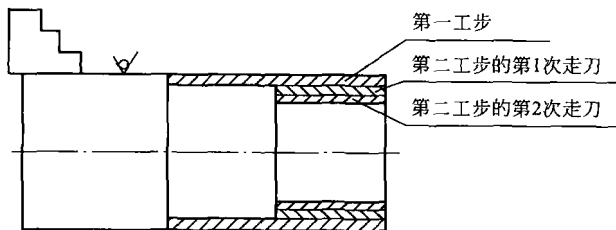


图 1.7 车削阶梯轴的多次走刀

需要指出的是:由于产品数量及企业生产条件等多方面因素不同,一个零件从毛坯加工成成品所采取的机械加工工艺过程(或工艺方案),可以是多种多样的。实际生产中用一定的文件形式规定下来的机械加工工艺过程,称为机械加工工艺规程。

1.2 生产纲领和生产类型

1. 生产纲领、生产批量和生产类型

1) 生产纲领、生产批量

生产纲领是企业在计划期限内应生产的产品产量和进度计划。企业根据市场需求和自