



普通高等教育“十三五”规划教材
普通高等院校机电工程类规划教材

机械制造工艺学

(第2版)

常同立 佟志忠 编著

非
外
借

清华大学出版社

内容简介

普通高等院校机电工程类规划教材

机械制造工艺学

(第2版)

常同立 佟志忠 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书按照“机械制造工艺学基本理论+工程案例”的框架编写,主要包括机械加工工艺基础、机械加工工艺设计、数控加工工艺设计、机床夹具设计、机械加工精度控制、机械加工表面质量控制、机器装配工艺设计、先进制造技术与模式、复杂工程问题求解能力实训等9章。最后一章通过7个典型机械制造工艺案例开展工程实训。本书也介绍了工业4.0中机械制造工艺的新变化。

本书不仅适用于机械类专业的初学者,对已有较多机械制造行业从业经验的工程技术人员同样有较大帮助。可作为高等院校专业教材,也可供机械制造行业工程技术人员参考和培训。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺学/常同立,佟志忠编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2018
(普通高等院校机电工程类规划教材)
ISBN 978-7-302-49562-8

I. ①机… II. ①常… ②佟… 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(2018)第 024665 号

责任编辑:许 龙 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.5

字 数:566 千字

版 次:2017 年 12 月第 1 版 2018 年 2 月第 2 版

印 次:2018 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:59.80 元

产品编号:070912-01

前言

机械制造工艺学是本书内容的传统称谓,其实质是高阶、高层次机械制造技术。它承接机械制造基础课程,在金属切削原理、常用金属加工方法、金属切削机床等内容基础上,深入阐述保证或提高机械零件加工精度与机器装配质量等的方法与技术。

感谢读者和用户对本书第1版的支持!在吸收第1版使用反馈信息的基础上,结合编者十余年国企车辆研发经验和十多年高校教学经验,布局第2版内容。在第1版的基础上,本书增加了复杂工程问题求解能力实训内容,强化了数控加工工艺和增材制造等内容,增加了与工业4.0相关的机械制造工艺等内容,增添了机械制造工艺学理论的支撑素材(书后附录),贯彻了新的国家标准。为了便于读者参与国际交流与学习,附录L列出了机械制造工艺术语中英文对照。

我们在编写过程中仍然延续第1版的基本写作思想:“写一本容易读的书;写一本实用性强的书。”力求使教师易教,学生易懂。一方面,读者读起来感觉内容很“简单”;另一方面,我们努力使书中内容与工程现实接轨,努力缩小校园教育与社会职场需求的差距。

本书主要特点如下:

(1) 体系完整,结构合理 本书具有完整的机械制造工艺学知识体系。在内容结构上,努力使知识阐述更加循序渐进、循循善诱,更加符合人类认知规律,并富有启发性。

(2) 重点突出,易读易懂 突出工艺设计的课程主线,加强机械制造工艺与产品结构协同设计意识。全书叙述简明,论述精炼,适应快节奏生活,追求良好的阅读体验。本书进行了易读性和易懂性设计,避免大量专业知识涌现对读者造成压迫感和窒息感。

(3) 能力培养,接轨职场 机械制造工艺是机械行业的一项重要工程实用技术。本书强化了实用性知识内容的阐述,强化了理论阐述与工程实际的联系,采用统一的理论与方法贯穿全书。追求以不变之理应万变事物的能力,切实提升读者处理复杂工程问题的能力。缩小校园教育与职场需求的差距,拉近学校人才培养与社会人才需求的距离。

(4) 阶梯难度,学教发展 面向不同读者的需求,内容采用梯级化设计,前八章为一般机械制造工艺理论讲解,第9章为复杂工程问题求解能力培养内容。既面向各类型高校学生大众的需求,也面向高校及社会卓越人才需求。顺应当前学习与教学方式变革,满足如“大众教育+卓越人才培养”“理论+应用案例”“必修+选修”“课堂教学+课外自学”等多种教学与人才培养模式的需要,适应专业认证和卓越人才培养的需求。

(5) 融合数控,典型示范 针对当前传统机械加工方式与数控加工方式并存的现状,融合传统机械加工工艺设计与数控加工工艺设计内容,配备典型机械制造工艺设计等内容,起抛砖引玉的示范作用。

(6) 体现发展,面向未来 在内容取舍等多方面反映行业技术发展变化。增加了基于模型的工艺设计(工业4.0时代的机械制造工艺设计),强化了增材制造(3D打印)等反映新技术发展的内容。面向智能制造和工业4.0等制造业变革,引入工业信息化、智能化思想与

观念,适应信息物理系统(cyber-physical system, CPS)在制造业的推广应用。

本书内容按阶梯难度设计以适应多种课时安排,可以方便依据教学计划编排授课内容。特别建议除课堂教学外,另配备一定数量的实验课、习题课、课程设计等内容。

对用本书作为教材的教师来说,可以通过电子邮件 tonglichang@126.com 与作者联系,可以获得相关的教学支撑资料。

对于自学读者,在阅读本书之外,选一本机械制造工艺手册作为参考资料,作为对本书内容的补充,预期将会收到较好的学习效果。

本书编写分工如下:第4、5章主要由佟志忠编写,其余部分由常同立编写。全书由常同立组织编写,并完成统稿和校稿工作。常悦参与书的结构设计和易读性设计。郭志鹏、潘正琦、和建增协助编写。东北林业大学王述洋教授对本书进行了审阅。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者不吝指正。

编者

2018年1月

目 录

第 1 章 机械加工工艺基础	1
1.1 机械产品开发及生产过程概述	1
1.2 生产类型及其工艺特点	2
1.2.1 生产纲领和生产类型	2
1.2.2 生产类型的工艺特点	3
1.3 机械加工质量	4
1.3.1 加工精度的含义	4
1.3.2 加工表面质量的含义	5
1.3.3 加工表面质量对使用性能的影响	5
1.4 加工精度的获得方法	6
1.5 机械加工工艺过程组成	8
1.6 设计基准与工艺基准	11
1.7 基本尺寸链理论	13
1.7.1 尺寸链的概念、组成及特性	13
1.7.2 尺寸链的分类	14
1.7.3 尺寸链的基本计算方法	14
1.7.4 尺寸链计算公式的使用方法	16
1.7.5 工艺尺寸链的应用	16
习题及思考题	18
第 2 章 机械加工工艺设计	20
2.1 机械加工工艺规程	20
2.2 机械加工工艺性审查	24
2.2.1 零件图的完整性与统一性审查	24
2.2.2 零件的结构工艺性审查	25
2.2.3 图样标注的合理性	27
2.2.4 材料选用合理性	28
2.3 零件图加工分析	29
2.3.1 零件的结构分析	29
2.3.2 零件的技术要求分析	30
2.3.3 识别零件的主要表面并确定其加工方案	30
2.3.4 确定零件其他加工表面的加工方案	34
2.3.5 定位基准的选择	34

2.4	毛坯的选择	37
2.4.1	毛坯的种类	37
2.4.2	毛坯选择方法	38
2.5	机械加工工艺过程设计	39
2.5.1	工序类型	40
2.5.2	加工阶段的划分	41
2.5.3	工序的集中与分散	42
2.5.4	加工顺序的安排	43
2.6	工序设计	45
2.6.1	机床与工艺装备的选择	45
2.6.2	切削用量的确定	46
2.6.3	加工余量的拟定	47
2.6.4	工序尺寸及其公差确定	50
2.6.5	工序简图	58
2.7	工艺方案的生产率和技术经济分析	58
2.7.1	时间定额与提高生产率的措施	59
2.7.2	工艺方案的技术经济分析	60
	习题及思考题	62
第3章	数控加工工艺设计	65
3.1	数控加工工艺设计总述	65
3.1.1	数控加工工艺设计步骤及文件	66
3.1.2	数控加工零件工艺分析	68
3.1.3	数控加工工艺过程设计	68
3.1.4	数控加工工序设计	70
3.1.5	数控加工程序	72
3.2	数控车床工艺设计	73
3.2.1	适合加工表面	73
3.2.2	定位基准与工件装夹	74
3.2.3	刀具	74
3.2.4	工序划分	74
3.2.5	加工顺序	75
3.2.6	走刀路线	75
3.3	数控铣床工艺设计	76
3.3.1	适合加工表面	76
3.3.2	定位基准与工件装夹	77
3.3.3	刀具	77
3.3.4	数控铣削方式	77
3.3.5	走刀路线	78

3.4 加工中心工艺设计	80
3.4.1 适合加工表面	80
3.4.2 加工中心的选择	81
3.4.3 加工方案设计	82
3.4.4 加工顺序	82
3.4.5 定位基准与工件装夹	83
3.4.6 走刀路线	83
习题及思考题	84
第4章 机床夹具设计	87
4.1 概述	87
4.1.1 工件的装夹	87
4.1.2 夹具的组成、分类和在机械加工中的作用	88
4.1.3 工件在夹具中加工时加工误差的组成	89
4.2 工件在夹具中的定位	89
4.2.1 工件定位的基本原理	90
4.2.2 工件定位方式及其所用定位元件	92
4.2.3 定位误差的分析和计算	98
4.3 工件在夹具中的夹紧	104
4.3.1 工件的夹紧及对夹紧装置的基本要求	104
4.3.2 常用典型夹紧机构	107
4.4 夹具的其他元件	112
4.4.1 夹具的连接元件	112
4.4.2 夹具的分度装置	113
4.4.3 夹具体	115
4.5 典型机床夹具设计	115
4.5.1 钻床夹具设计	115
4.5.2 镗床夹具设计	117
4.5.3 车床夹具设计	118
4.5.4 铣床夹具设计	119
4.6 夹具的设计方法和步骤	120
4.6.1 对机床夹具的基本要求	120
4.6.2 夹具的设计步骤	121
4.6.3 夹具设计实例	122
习题及思考题	124
第5章 机械加工精度控制	129
5.1 影响机械加工精度的因素	129
5.2 工艺系统的几何误差及磨损	130

5.2.1	机床误差	130
5.2.2	夹具制造误差及磨损	134
5.2.3	刀具制造误差及磨损	135
5.3	工艺系统的受力变形	135
5.3.1	工艺系统刚度	135
5.3.2	工艺系统受力变形对加工精度的影响	137
5.3.3	减少受力变形对加工精度影响的措施	141
5.4	工艺系统的热变形	142
5.4.1	工艺系统的热源	142
5.4.2	热变形对加工精度的影响	143
5.4.3	减小热变形对加工精度影响的措施	145
5.5	其他影响加工精度的因素及改进措施	146
5.5.1	加工原理误差	146
5.5.2	测量误差	147
5.5.3	调整误差	148
5.5.4	残余应力	148
5.6	加工误差的统计学分析	150
5.6.1	加工误差的统计学规律	150
5.6.2	分布图分析法	153
5.6.3	点图分析法	157
5.7	控制加工精度的途径	161
	习题及思考题	162
第6章	机械加工表面质量控制	165
6.1	影响加工表面质量的因素	165
6.1.1	影响表面粗糙度的工艺因素	165
6.1.2	影响零件表层物理力学性能的因素	168
6.2	机械加工中的振动	173
6.2.1	机械加工动力学系统	173
6.2.2	机械加工中的受迫振动	176
6.2.3	机械加工中的自激振动	177
6.3	控制机械加工表面质量的措施	181
	习题及思考题	185
第7章	机器装配工艺设计	187
7.1	机器装配与装配精度	187
7.1.1	机器装配的概念	187
7.1.2	装配系统图与装配工艺系统图	188
7.1.3	装配精度	190

7.2 装配的组织形式及生产纲领	190
7.3 装配尺寸链	192
7.3.1 装配尺寸链的概念	192
7.3.2 装配尺寸链的建立	192
7.3.3 装配尺寸链的计算方法	193
7.4 保证装配精度的装配方法	198
7.4.1 互换装配法	199
7.4.2 分组装配法	199
7.4.3 修配装配法	202
7.4.4 调整装配法	205
7.5 装配工艺规程设计	208
7.5.1 装配工艺规程设计的步骤、方法和内容	209
7.5.2 装配工艺规程设计的步骤和内容	209
习题及思考题	213
第 8 章 先进制造技术与模式	216
8.1 非传统加工方法	216
8.1.1 电火花加工	217
8.1.2 电化学加工	219
8.1.3 高能束加工	220
8.1.4 超声波加工	224
8.2 增材制造	225
8.2.1 光敏树脂液相固化成型	226
8.2.2 熔融沉积快速成型	226
8.2.3 薄片分层叠加成型	227
8.2.4 选择性激光粉末烧结成型	228
8.3 成组技术	229
8.4 计算机辅助工艺过程设计	232
8.5 计算机辅助机床夹具设计	236
8.6 先进制造模式	239
8.6.1 并行工程	239
8.6.2 精益生产	240
8.6.3 敏捷制造	245
8.7 基于模型的机械制造工艺(面向工业 4.0)	248
8.7.1 工业 4.0 与中国制造 2025	248
8.7.2 基于模型的定义与基于模型的企业	249
8.7.3 基于模型的零件制造工艺	251
8.7.4 基于模型的装配工艺	252
8.7.5 基于模型的机床夹具设计	253

习题及思考题	253
第9章 复杂工程问题求解能力实训	255
9.1 轴类零件加工工艺	258
9.1.1 工程案例分析	258
9.1.2 轴类零件加工工艺总述	263
9.2 盘套类零件加工工艺	267
9.2.1 工程案例分析	267
9.2.2 盘套类加工工艺总述	271
9.3 箱体类零件加工工艺	273
9.3.1 工程案例分析	273
9.3.2 箱体类加工工艺总述	277
9.4 异形零件加工工艺	279
9.4.1 工程案例分析	279
9.4.2 异形类零件加工工艺总述	283
9.5 工序尺寸设计	284
9.5.1 零件加工分析	284
9.5.2 工序尺寸设计方法	286
9.5.3 机械加工工艺	289
9.6 数控与圆柱齿轮加工工艺	292
9.6.1 工程案例分析	292
9.6.2 圆柱齿轮类加工工艺	296
9.7 装配工艺	297
9.7.1 装配图分析	298
9.7.2 装配工艺过程设计	302
9.7.3 装配尺寸链分析	305
习题及思考题	306
附录A 平面尺寸链计算方法	316
附录B 常见工艺性差现象	319
附录C 标准公差系列	327
附录D 机械加工表层结构 R_z 、 H_a 数据	328
附录E 可转位刀片型号	329
附录F 机夹可转位车刀型号	331
附录G 数控加工工具系统	334
附录H 工件典型定位方式	337

附录 I 常见加工需要限制的自由度	340
附录 J 常见定位方式定位误差	343
附录 K 正态分布 $F(z)$ 值	345
附录 L 机械制造工艺技术语(中英对照)	346
主要参考文献	359

1.1 机械产品开发及生产过程概述

1. 机械产品开发及生产过程

机械产品的开发与设计是机械产品制造的前提,也是机械产品制造的关键。机械产品的开发与设计是机械产品制造的关键,也是机械产品制造的关键。机械产品的开发与设计是机械产品制造的关键,也是机械产品制造的关键。

机械产品的开发与设计是机械产品制造的前提,也是机械产品制造的关键。机械产品的开发与设计是机械产品制造的关键,也是机械产品制造的关键。机械产品的开发与设计是机械产品制造的关键,也是机械产品制造的关键。



图 1-1 机械产品开发及生产过程

2. 机械产品开发过程

机械产品的开发过程是指从产品的概念设计到产品的详细设计、制造、装配、检验、交付的全过程。机械产品的开发过程是指从产品的概念设计到产品的详细设计、制造、装配、检验、交付的全过程。

机械产品的开发过程是指从产品的概念设计到产品的详细设计、制造、装配、检验、交付的全过程。

第 1 章 机械加工工艺基础

教学要求：

- 了解机械产品开发及生产过程；
- 掌握生产类型及其工艺特点；
- 掌握机械零件加工质量；
- 掌握工件尺寸和形状的获得方法；
- 掌握机械加工工艺过程；
- 掌握尺寸链基本计算方法。

1.1 机械产品开发及生产过程概述

1. 机械产品开发及改进过程

现代机械产品的开发与改进是持续演变和极其复杂的动态过程，大致可以用图 1.1 描述。机械产品开发与改进系统可以描述为一个负反馈系统，它描述了依据市场客户需求反馈信息，开发新产品，不断改进和发展现有产品的动态过程。

机械产品开发与改进系统中包含产品决策、产品设计、工艺设计、产品制造、产品使用等环节。上述环节之中任何一个环节的断裂，都会导致系统的崩溃。各个环节的状态都将对整个系统的运行产生影响。各个环节之间也有直接或间接的相互关联。因此，上述环节都具有与系统同等的重要性，每个组成环节都具有无可替代的重要性。因此学习和掌握机械制造工艺知识很重要，很有意义。

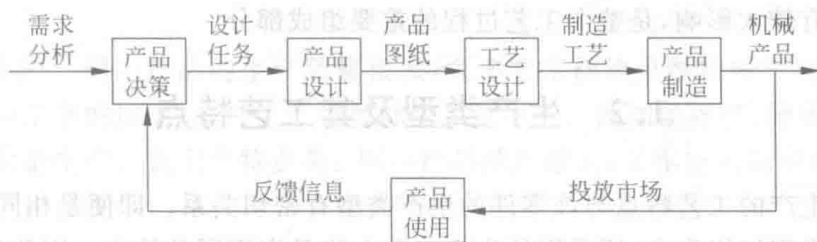


图 1.1 机械产品开发与改进系统

2. 机械产品生产过程

机械制造过程是机械产品从原材料开始到成品之间各相互关联的劳动过程的总和。它包括毛坯制造、零件机械加工、热处理，以及机器的装配、检验、测试和油漆包装等主要生产过 程，也包括专用夹具和专用量具制造、加工设备维修、动力供应（电力供应、压缩空气、液压动力以及蒸汽压力的供给等）。

工艺过程是指在生产过程中，通过改变生产对象的形状、尺寸、相互位置和性质等，使其

成为成品或半成品的过程。机械产品生产工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、装配、涂装等。其中与原材料变为成品直接有关的过程称为直接生产过程,是生产过程的主要部分;而与原材料变为产品间接有关的过程,如生产准备、运输、保管、机床与工艺装备的维修等,称为辅助生产过程。

直接机械生产过程可以用图 1.2 表示。机械制造过程大致可分为毛坯制造、零件机械加工与热处理、机器装配和调试等阶段。

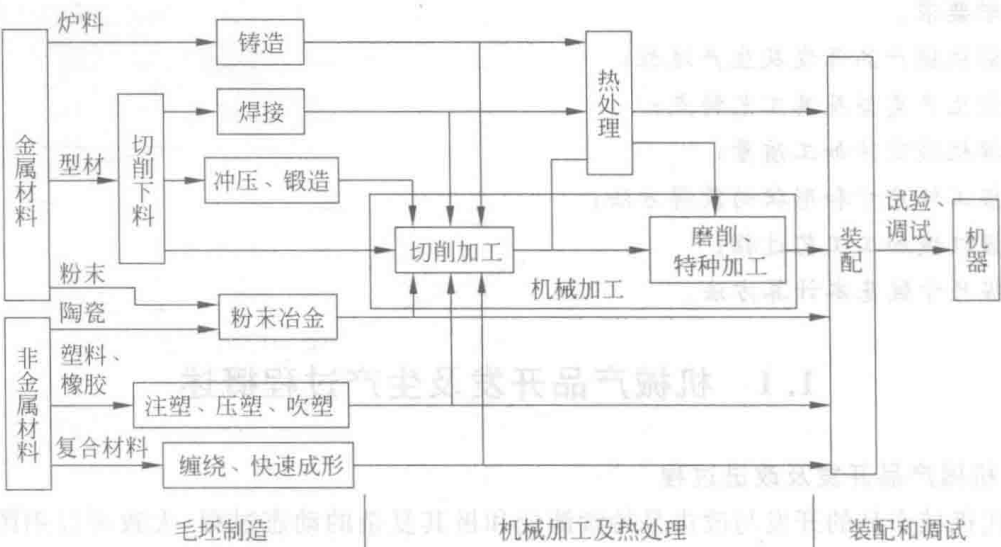


图 1.2 机械产品直接生产过程

机械制造的工艺过程一般包括零件的机械加工工艺过程和机器的装配工艺过程,这两部分在机械制造全过程中处于重要位置。

机械加工工艺过程(以下简称加工过程)是指用机械加工的方法直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置和性质等使之成为合格零件的工艺过程。从广义上来说,电加工、超声波加工、高能束加工等也属于加工过程。加工过程直接决定零件和机械产品的质量,对产品的成本和生产率都有较大影响,是整个工艺过程的重要组成部分。

1.2 生产类型及其工艺特点

机械零件生产的工艺特点与该零件的生产类型有密切关系。即便是相同的机械零件按照不同的生产类型组织生产,所采用的生产工艺也将具有不同的特点。因此,研究机械制造工艺需要了解生产类型。

产品的批量是生产类型划分的主要依据之一,而确定产品批量的依据则是生产纲领。

1.2.1 生产纲领和生产类型

1. 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。计划期通常为 1 年,所以生产纲领也称为年产量。

对于零件而言,产品的产量除了制造机器所需要的数量之外,还要包括一定的备品和废

品,因此零件的生产纲领应按下式计算:

$$N = Qn(1 + a\%)(1 + b\%)$$

(1.1)

式中, N 为零件的年产量,件/年; Q 为产品的年产量,台/年; n 为每台产品中该零件的数量,件/台; $a\%$ 为该零件的备品率; $b\%$ 为该零件的废品率。

零件的生产纲领确定后,依据生产车间的具体情况,在计划期内将零件的生产纲领分批投入生产。一次投入或生产同一零件或产品的数量称为批量。

2. 生产类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。人们按照零件或产品的生产纲领、投入生产的批量,可将生产分为单件生产、批量生产和大量生产三种类型。

生产类型的划分具有相对性,它与产品种类及所属行业类型有一定关系。例如,在生产类型划分上,机床的年产量与汽车的年产量未必是相同的。表 1.1 给出了一种常见的零件或产品生产类型与生产纲领的关系。

在确定零件或产品的生产类型时,首先计算零件或产品的生产纲领,然后参考表 1.1 即可确定其生产类型。

表 1.1 生产类型和生产纲领的关系

生产类型		生产纲领/(件/年或台/年)		
		重型(≥30kg)	中型(4~30kg)	轻型(≤4kg)
单件生产		≤5	≤10	≤100
批量生产	小批量生产	5~100	10~200	100~500
	中批量生产	100~300	200~500	500~5 000
	大批量生产	300~1 000	500~5 000	5 000~50 000
大量生产		≥1 000	≥5 000	≥50 000

(1) 单件生产 单个生产不同结构和尺寸的产品,产品生产很少重复甚至不重复,这种生产类型称为单件生产。例如新产品试制、维修车间的配件制造和重型机械样机制造等都属单件生产。其生产特点是:产品的种类较多,而同一产品的产量很小,工作地点的加工对象经常改变。

(2) 大量生产 同一产品的生产数量很大,大多数工作地点经常按一定节奏重复进行某一零件的某一工序的加工,这种生产类型称为大量生产。例如紧固件、轴承等标准件的专业化生产即属大量生产。其生产特点是:同一产品的产量大,工作地点较少改变,加工过程重复。

(3) 批量生产 一年中分批轮流制造几种不同的产品,每种产品均有一定的数量,工作地点的加工对象周期性地重复,这种生产类型称为成批生产。例如减速器、水泵、风机等通用机械的生产即属批量生产。其生产特点是:产品的种类较少,有一定的生产数量,加工对象周期性地改变,加工过程周期性地重复。

根据零件或产品的批量大小,批量生产又可分为大批量生产、中批量生产和小批量生产。小批量生产的工艺特征接近单件生产,大批量生产的工艺特征接近大量生产。

1.2.2 生产类型的工艺特点

不同生产类型的制造工艺有不同特征,各种生产类型的工艺特征见表 1.2。

表 1.2 各种生产类型的工艺特征

生产类型 项目	单件或小批量生产	中批量生产	大批或大量生产
零件数量及其变换	数量少,经常变换	数量中等,周期性变换	数量大,固定不变
毛坯制造方法	铸件用木模手工造型;锻件用自由锻	部分铸件用金属模造型;部分锻件用模锻	铸件广泛用金属模机器造型,锻件广泛用模锻
零件互换性	无须互换、互配零件可成对制造,广泛用修配法装配	大部分零件有互换性,少数用修配法装配	全部零件有互换性,某些要求精度高的配合,采用分组装配
机床类型及其布置	通用机床;按机床类别和规格采用“机群式”排列	部分采用通用机床,部分采用专用机床;按零件加工分“工段”排列	广泛采用生产率高的专用机床和自动机床;按流水线形式排列
加工方法	试切法	大部分调整法,部分试切法	调整法(且自动化加工)
机床夹具	通用夹具	大量专用夹具,部分通用夹具	广泛用专用夹具
刀具和量具	采用通用刀具和量具	较多采用专用刀具和量具	广泛采用高生产率的专用刀具和量具
操作者能力水平	技术熟练	需要一定熟练程度的技术工人	机床调整者能力水平高,机床操作者能力水平低
工艺文件	只有简单的工艺过程卡	有详细的工艺过程卡或工艺卡,重要零件的关键工序有详细的工序卡	有工艺过程卡、工艺卡、工序卡、操作卡和调整卡等详细的工艺文件
生产率	低	中	高
成本	高	中	低

1.3 机械加工质量

机械零件的加工质量主要包括零件的加工精度和零件的表面加工质量。

1.3.1 加工精度的含义

加工精度是指零件加工后的实际几何参数(包括尺寸、形状和位置)对理想几何参数的符合程度。加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度三个方面。

(1) 尺寸精度 尺寸精度是指加工后零件表面本身或表面之间实际尺寸与理想尺寸之间的符合程度。其中理想尺寸是指零件图上所标注的有关尺寸的平均值。

(2) 形状精度 形状精度是指加工后零件表面实际形状与表面理想形状之间的符合程度。其中表面理想形状是指绝对准确的表面形状,如圆柱面、平面、球面、螺旋面等。

(3) 位置精度 位置精度是指加工后零件表面之间实际位置与表面之间理想位置的符合程度。其中表面之间理想位置是绝对准确的表面之间位置,如两平面垂直、两平面平行、两圆柱面同轴等。

1.3.2 加工表面质量的含义

加工表面质量包括两个方面的内容：加工表面的几何形状误差和表面层的物理力学性能。

1. 加工表面的几何形状误差

加工表面的几何形状误差主要包括表面粗糙度、波度和纹理方向等。

(1) 表面粗糙度 是加工表面的微观几何形状误差，表面粗糙度的波距小于1mm，如图1.3所示。

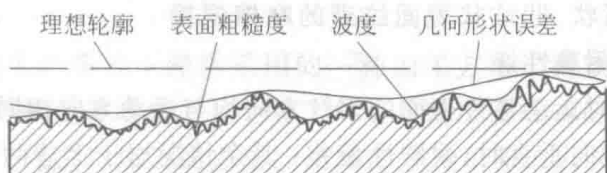


图 1.3 加工表面的几何形状误差示意图

(2) 波度 是波距在1~10mm范围的加工表面不平度，它是由机械加工中的振动引起的。

宏观几何形状误差是波距大于10mm的加工表面不平度，例如圆度误差、圆柱度误差等，它们属于加工精度范畴，宏观几何形状误差不在本章讨论之列。

(3) 纹理方向 纹理方向是机械加工时在零件加工表面形成的刀纹方向。它取决于表面形成过程中所采用的机械加工方法。

2. 表面层的物理力学性能

由于机械加工中力因素和热因素的综合作用，工件(加工中的零件，workpiece)加工表面的物理力学性能将发生一定的变化，主要反映在以下几个方面。

(1) 表面层金属的冷作硬化 表面层金属硬度的变化用硬化程度和深度两个指标来衡量。在机械加工过程中，工件表面层金属都会有一定程度的冷作硬化，使表面层金属的显微硬度有所提高。一般情况下，硬化层的深度可达0.05~0.30mm；若采用滚压加工，硬化层的深度可达几个毫米。

(2) 表面层金属的金相组织变化 机械加工过程中，切削热会引起表面层金属的金相组织发生变化。

(3) 表面层金属的残余应力 由于切削力和切削热的综合作用，表面层金属晶格会发生不同程度的塑性变形或产生金相组织的变化，使表层金属产生残余应力。

1.3.3 加工表面质量对使用性能的影响

1. 表面质量对耐磨性的影响

1) 表面粗糙度对耐磨性的影响

表面粗糙度对零件表面磨损的影响很大。表面越粗糙，有效接触面积就越小，这样微观凸峰很快就会被磨掉。若被磨掉的金属微粒落在相配合的摩擦表面之间，则会加速磨损过程，即使在有润滑液存在的情况下，也会因为接触点处压强过大，破坏油膜，产生磨粒磨损。

一般说来，表面粗糙度越小，其耐磨性越好。但是表面粗糙度太小，有效接触面积会随