



普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

现代制造工艺基础

◎ 沈 浩 主 编



本书将“机械制造技术基础”的部分内容与“现代制造工艺基础”有机融合在一起，着重突出先进制造工艺在机械加工中的应用

培养学生基本的工程意识，拓宽其在机械加工新工艺、新技术和新方法方面的知识眼界

配有PPT课件等教学资源，可登录华信教育资源网 www.hxedu.com.cn 免费获取



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

现代制造工艺基础

沈 浩 主 编

韩葆青 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书根据近年来机械设计制造及自动化专业教学的发展和需要,对涉及先修课程的内容进行了必要的调整,适当地增加了新工艺、新技术、新方法,通过实例来阐述在生产中的工艺问题,理论联系实际,力求使学生在过程中建立起一定的工艺知识和工程意识,并且每章均有一定数量的习题与思考题,便于学生进行思考,掌握要点。

全书共分六章,内容包括机械加工工艺规程设计、机械加工质量控制、机床夹具设计基础、典型零件加工工艺、机器装配工艺基础及现代制造技术及工艺方法。

本书主要作为高等工科院校(包括高职高专学校、职工大学、电视大学、函授大学、业余大学)机械设计制造及自动化专业本专科生教材,也可供工厂、科研院所从事机械制造和机械设计工作的工程技术人员学习参考。

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。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造工艺基础/沈浩主编. —北京:电子工业出版社, 2014.6

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

ISBN 978-7-121-23093-6

I. ①现… II. ①沈… 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(2014)第084796号

策划编辑:李洁(ljje@phei.com.cn)

责任编辑:刘真平

印刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:17.25 字数:441.6千字

版次:2014年6月第1版

印次:2014年6月第1次印刷

印数:4000册 定价:39.90元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

专 家 编 审 委 员 会

主任委员 黄传真

副主任委员 许崇海 张德勤 魏绍亮 朱林森

委 员 (排名不分先后)

李养良	高 荣	刘良文	郭宏亮	刘 军	史岩彬
张玉伟	王 毅	杨玉璋	赵润平	张建国	张 静
张永清	包春江	于文强	李西兵	刘元朋	褚 忠
庄宿涛	惠鸿忠	康宝来	宫建红	李西兵	宁淑荣
许树勤	马言召	沈洪雷	陈 原	安虎平	赵建琴
高 进	王国星	张铁军	马明亮	张丽丽	楚晓华
魏列江	关跃奇	沈 浩	鲁 杰	胡启国	陈树海
王宗彦	刘占军				

前 言

为适应机械类专业人才培养模式的需要,大多数高校都进行了专业课程体系调整和相应的课程改革,构建了比较系统的专业基础知识课程群。“现代制造工艺基础”是机械设计制造及自动化专业学生临近毕业的一门专业课程,是工程素养培养的理论教学环节,许多院校在讲授前,已经完成了“机械制造技术基础”课程的学习,而“机械制造技术基础”的部分内容与“现代制造工艺基础”在内容上有一定重叠,如果在授课时重新再讲,会占用专业课宝贵的课时。为在有限的时间内使学生接受尽可能多的机械制造方面的知识和技能,培养学生基本的工程意识,拓宽其在机械加工新工艺、新技术和新方法方面的知识眼界,本书在理论体系结构上进行了一定的调整,在简要回顾已讲重要内容的前提下,着重突出先进制造工艺在机械加工中的应用,增加了典型零件制造工艺的编制,数控加工工艺的合理安排,先进制造工艺(如特种加工工艺、精密加工技术、高速切削、快速原型制造技术等)以及先进制造模式的介绍,使机械设计制造及自动化专业学生能够了解和掌握国内外机械加工的最新动态和先进技术,激发学生的学习兴趣,全面培养学生的认知能力和工程素养,为今后的学习和工作奠定较为宽泛的基础。

本书遵循满足工科院校专业教学的基本要求和培养学生解决实际工程问题的综合能力的原则,基于多年的教学实践总结和教学改革成果,所选内容既考虑到基础性和系统性,又兼顾实用性和完整性,强化机械制造工艺的基础,注意反映机械制造技术领域国内外的新发展和新观点,努力实现教材体系的优化和相关课程的有机整合,避免在教学上造成各专业课程间基本知识点的重复或遗漏。编写中力求做到内容叙述简明,概念准确清晰,举例典型通俗,便于学习和教学。

为帮助学生进一步理解和掌握教材的主要内容,在各章后面均附有一定数量的习题与思考题。

本书由沈浩完成主要章节的编写,韩葆青负责加工工艺有关内容的编写。在编写过程中,张在杰、谢道通、杨三龙完成了部分素材的采集和整理,并绘制了部分插图。

本书的编写得到了谢黎明教授和张永贵高级工程师的大力支持和帮助,在此表示感谢。

胡赤兵教授审阅了全书,并提出了许多宝贵意见,在此深表谢意!

衷心希望广大读者对本书提出宝贵的意见和建议,对其中不妥之处予以指正。

编 者

2013年12月15日

目 录

第 1 章 机械加工工艺规程设计..... (1)	第 2 章 机械加工质量控制..... (54)
1.1 基本概念..... (1)	2.1 基本概念..... (54)
1.1.1 机械加工工艺过程基本概念... (1)	2.1.1 机械加工质量..... (54)
1.1.2 机械加工工艺过程的组成..... (1)	2.1.2 机械加工精度..... (54)
1.1.3 生产类型与工艺特点..... (4)	2.1.3 机械加工精度的获得方法..... (55)
1.2 机械加工工艺规程设计及其原则..... (5)	2.2 加工误差产生的原因..... (57)
1.2.1 机械加工工艺规程的作用..... (6)	2.2.1 机械加工工艺系统原始 误差..... (57)
1.2.2 机械加工工艺规程的编制 阶段..... (6)	2.2.2 原始误差对加工精度的 影响..... (59)
1.2.3 工艺文件..... (7)	2.2.3 工艺系统受力变形..... (66)
1.2.4 机械加工工艺规程的制定 步骤..... (9)	2.2.4 工艺系统受热变形..... (72)
1.3 制定机械加工工艺路线的主要 工艺问题..... (13)	2.3 加工误差的统计分析..... (77)
1.3.1 定位基准的选择..... (13)	2.3.1 加工误差的性质..... (77)
1.3.2 零件表面加工方法的选择..... (18)	2.3.2 加工误差的分布规律..... (78)
1.3.3 加工阶段的划分..... (20)	2.3.3 分布曲线统计分析法..... (79)
1.3.4 加工顺序的安排..... (22)	2.3.4 点图分析法..... (83)
1.3.5 工序的集中与分散..... (25)	2.4 保证和提高加工精度的措施..... (84)
1.4 工序设计..... (25)	2.5 机械加工表面质量..... (87)
1.4.1 确定加工余量、工序尺寸 及其公差..... (25)	2.5.1 机械加工表面质量的含义..... (87)
1.4.2 机床及工艺装备的选择..... (28)	2.5.2 表面质量对零件使用性能的 影响..... (88)
1.4.3 切削用量的确定..... (29)	2.6 机械加工表面质量的影响因素及 控制措施..... (89)
1.4.4 时间定额的确定..... (29)	2.6.1 切削加工表面粗糙度..... (90)
1.5 工艺尺寸链..... (30)	2.6.2 磨削加工表面粗糙度..... (91)
1.5.1 尺寸链概念及工艺尺寸链..... (30)	2.6.3 加工表面变质层..... (92)
1.5.2 工艺尺寸链的分析计算..... (32)	2.7 表面强化工艺..... (99)
1.6 提高劳动生产率的工艺途径..... (36)	2.7.1 喷丸强化..... (99)
1.7 工艺过程的技术经济分析..... (37)	2.7.2 滚压加工..... (99)
1.8 计算机辅助工艺过程 设计 (CAPP)..... (39)	2.8 机械加工过程中的振动及控制..... (100)
1.9 数控加工工艺..... (41)	2.8.1 强迫振动及其控制..... (100)
1.9.1 数控加工的基本过程..... (42)	2.8.2 自激振动及其控制..... (102)
1.9.2 数控加工工艺设计的主要 内容..... (43)	习题与思考题..... (106)
习题与思考题..... (51)	第 3 章 机床夹具设计基础..... (110)
	3.1 机床夹具设计概述..... (110)
	3.1.1 工件在机床上的装夹方法... (110)
	3.1.2 机床夹具的作用..... (111)

3.1.3 机床夹具的组成	(111)	4.3.2 普通车床主轴箱加工工艺 过程及分析	(171)
3.1.4 机床夹具的分类	(112)	4.3.3 箱体类零件的孔系加工	(173)
3.2 工件在夹具中的定位	(113)	4.3.4 箱体的检验	(175)
3.2.1 工件定位原理	(113)	4.4 扩径头模块加工工艺	(176)
3.2.2 六点定位原理的应用	(114)	4.4.1 概述	(176)
3.2.3 常用定位元件	(118)	4.4.2 模块加工工艺过程及分析	(178)
3.2.4 典型定位方式	(125)	4.4.3 模块的圆弧面加工	(179)
3.3 定位误差的分析与计算	(127)	4.4.4 模块的定位孔加工	(180)
3.3.1 基准位置误差的分析与 计算	(127)	习题与思考题	(181)
3.3.2 定位误差的分析与计算	(129)	第5章 机器装配工艺基础	(182)
3.3.3 典型定位时定位误差计算 举例	(132)	5.1 概述	(182)
3.4 工件的夹紧及夹紧装置	(136)	5.1.1 机器装配的内容	(182)
3.4.1 工件夹紧装置的要求	(136)	5.1.2 装配精度	(182)
3.4.2 夹紧力的确定	(136)	5.2 装配尺寸链	(183)
3.4.3 常用夹紧结构	(138)	5.2.1 装配尺寸链的概念	(183)
3.5 机床夹具设计过程	(143)	5.2.2 装配尺寸链的建立	(184)
3.5.1 专用夹具设计的基本要求	(143)	5.2.3 装配尺寸链的计算	(185)
3.5.2 夹具设计的一般步骤	(143)	5.3 保证装配精度的方法	(186)
3.5.3 夹具设计中的几个重要 问题	(144)	5.3.1 互换装配法	(187)
3.6 现代机床夹具	(146)	5.3.2 选择装配法	(189)
3.6.1 组合夹具	(146)	5.3.3 修配装配法	(191)
3.6.2 可调夹具	(151)	5.3.4 调整装配法	(194)
3.6.3 其他柔性夹具	(153)	5.4 装配工艺规程的制定	(196)
3.6.4 加工中心机床夹具	(154)	5.4.1 制定装配工艺规程的基本 原则及原始资料	(196)
习题与思考题	(156)	5.4.2 制定装配工艺规程的步骤	(197)
第4章 典型零件加工工艺	(159)	5.5 机器结构的装配工艺性	(200)
4.1 轴类零件加工工艺	(159)	5.6 装配自动化	(203)
4.1.1 概述	(159)	5.6.1 自动装配机与装配机器人	(204)
4.1.2 轴类零件加工工艺过程及 分析	(160)	5.6.2 装配自动线	(205)
4.1.3 轴类零件加工中的几个 主要问题	(163)	5.7 机器的虚拟装配	(207)
4.2 圆柱齿轮加工工艺	(164)	5.7.1 虚拟现实与虚拟装配	(207)
4.2.1 概述	(164)	5.7.2 虚拟装配环境的建立	(208)
4.2.2 圆柱齿轮加工工艺过程及 分析	(166)	5.7.3 虚拟装配系统的组成和 应用	(210)
4.3 箱体类零件加工工艺	(169)	习题与思考题	(211)
4.3.1 概述	(169)	第6章 现代制造技术及工艺方法	(214)
		6.1 先进制造工艺理论	(214)
		6.1.1 加工成形机理	(214)
		6.1.2 精度原理	(216)

6.1.3 相似性原理和成组技术	(216)	6.7 快速原型制造	(246)
6.1.4 工艺决策原理	(217)	6.7.1 快速原型制造的原理	(246)
6.1.5 优化原理	(218)	6.7.2 快速原型制造的方法	(247)
6.2 高速切削技术	(219)	6.7.3 快速原型制造的应用	(248)
6.2.1 高速切削概念	(219)	6.7.4 快速原型制造的发展趋势	(249)
6.2.2 高速切削的技术特点	(220)	6.8 机械制造自动化技术	(250)
6.2.3 高速切削技术的研究发展 现状及应用	(221)	6.8.1 机械制造系统自动化	(250)
6.2.4 高速切削的关键技术	(222)	6.8.2 柔性制造系统	(250)
6.3 超精密加工与纳米加工技术	(223)	6.8.3 计算机集成制造系统	(251)
6.3.1 超精密加工基本原理	(224)	6.8.4 工业机器人	(252)
6.3.2 金刚石超精密切削	(225)	6.9 先进制造生产模式	(254)
6.3.3 超精密磨削	(226)	6.9.1 敏捷制造	(254)
6.3.4 纳米级加工技术	(227)	6.9.2 并行工程	(255)
6.4 现代制造工艺方法	(228)	6.9.3 准时生产	(256)
6.4.1 特种加工技术	(228)	6.9.4 精良生产	(257)
6.4.2 特种加工方法	(229)	6.9.5 网络化制造	(258)
6.5 复合加工技术	(244)	6.9.6 虚拟制造	(259)
6.5.1 机械复合加工	(244)	6.9.7 可持续发展制造	(261)
6.5.2 电化学复合加工	(244)	6.10 智能制造技术	(262)
6.5.3 电火花复合加工	(245)	6.10.1 智能制造的含义	(262)
6.6 光刻蚀加工	(245)	6.10.2 智能制造的方法	(262)
6.6.1 光刻加工原理	(245)	6.10.3 智能制造的形式	(265)
6.6.2 下一代光刻技术	(246)	习题与思考题	(265)
		参考文献	(267)

第 1 章 机械加工工艺规程设计

在实际生产中,由于零件的结构形状、几何精度、技术条件和生产数量等要求不同,一个零件往往要经过一定的加工过程才能将其由图样变成成品零件。机械加工工艺人员必须从工厂现有的生产条件、运营情况以及零件的生产数量出发,根据零件的具体要求,在保证加工质量、提高生产效率和降低生产成本的前提下,对零件上的各加工表面选择适宜的加工方法,合理地安排加工顺序,科学拟定加工工艺过程,执行完整的机械加工工艺规程,才能获得合格的机械零件。

1.1 基本概念

机器的生产过程是将原材料转变为成品(机器)的全过程,包括原材料的运输、保管、生产与技术准备、毛坯制造、机械加工、装配、检验、试车、油漆、包装等。为了降低生产成本和有利于生产技术的发展,目前很多机器的生产过程已不是由一个工厂单独全部完成,而是由许多国内甚至国外的专业工厂共同完成。当前家用小轿车的生产就是一个例子。

在生产过程中,凡是改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程都称为工艺过程,它包括毛坯制造(如铸造、锻造、焊接、冲压、注塑成型等)、零件加工、热处理和机器装配等;其他过程则称为辅助过程,如运输、保管、动力供应、质量检验、工装(刀具、量具和夹具)制造、设备维修保养等。

1.1.1 机械加工工艺过程基本概念

工艺是指制造产品过程中所采取的技巧、方法和步骤。通常,机械加工是获得合格机器零件的最主要手段和方法。在工艺过程中,以机械加工方法按一定顺序逐步地改变毛坯形状、尺寸、相对位置和表面层性质,直至成为合格零件的过程称为机械加工工艺过程。由于制造技术的不断更新和发展,现在所说的机械加工方法除切削和磨削等方法外,还包括其他加工方法,如特种加工中的电火花加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工、激光束加工、水力切割以及(电)化学加工等几乎所有单独或复合的加工方法。

同样,将加工好的零件装配成机器使之达到所要求的装配精度并获得预定技术性能的工艺过程,称为装配工艺过程。

生产过程、工艺过程、辅助过程与机械加工工艺过程及装配工艺过程等其他过程的关系如图 1-1 所示。

1.1.2 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是机械产品生产过程的一部分,零件的机械加工工艺过程(通常称为工艺)由若干个按一定顺序排列的工序组成。工序是组成机械加工工艺过程的基本单元。在一个

工序中可能包含一个或几个安装，每一个安装又可能包含一个或几个工步（或工位），每一个工步中包含一个或几个走刀（工作行程）。

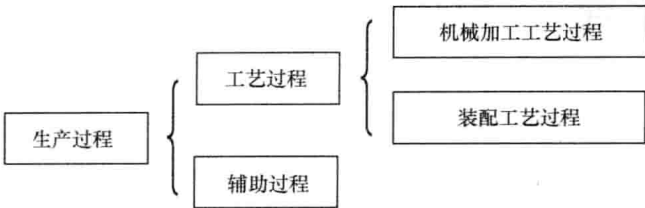


图 1-1 生产过程、工艺过程、辅助过程与机械加工工艺过程及装配工艺过程等其他过程的关系

1) 工序

一个（或一组）工人在一个工作地点（同一机床），对一个（或同时对几个）工件所连续完成的那一部分机械加工工艺过程称为工序。因此只要工人、工作地点、工作对象（工件）之一发生变化或不是连续完成，就称为另一个工序，这是划分工序的主要依据。例如，在车床上加工一批轴，可以先对整批毛坯轴进行粗车，经调质处理后再依次对它们进行精车。这时，由于加工过程被调质处理打断，虽然加工是在同一车床上进行的，但却是两个工序。

在零件加工工艺过程中通常还包括检验、探伤、打标记、涂漆等一些虽然不改变零件形状、尺寸和表面性质，但却对工艺过程完成有直接影响的工序，这些工序一般称为辅助工序。

2) 安装

工件在机床上可能需要经过多次装夹才能完成一个工序的加工内容。工件在一次装夹后所完成的那一部分工序内容称为安装。例如，在车床上加工轴，先从一端加工出部分表面，然后掉头再加工另一端，这时的工序内容就包括两个安装。

3) 工位

在工件的一次安装中，通过分度（或移位）装置，工件与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一位置称为工位。在一个安装中，可能只有一个工位，也可能有几个工位。

图 1-2 所示是通过立轴回转式工作台使工件变换工位的例子。在该三工位回转工作台机床上加工轴承盖螺孔的例子中，共有三个工位，依次为装卸工件 I、钻孔 II 和扩孔 III，机床上钻、扩主轴箱同时完成轴向进给，实现在一个安装中同时进行钻孔和扩孔，从而减小因多次装夹而带来的装夹误差和时间损失。在生产批量比较大的情况下多采用多工位加工。

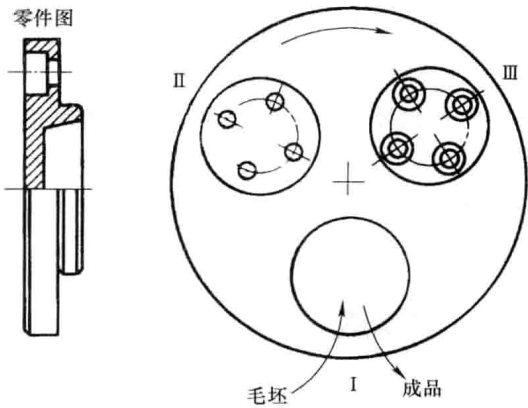


图 1-2 轴承盖螺钉孔的三工位加工

4) 工步

在加工表面、加工刀具、切削速度（转速）和进给量都保持不变的情况下所完成的那一部分工位内容称为工步。在一个安装中可以完成一个或几个工步。

为提高生产效率而使用一组同时工作的刀具对零件的几个表面同时进行加工时，可以把它看成一个工步，称为复合工步。例如，带回转刀架的机床（转塔车床、加工中心），其回转刀架的一次转位所完成的工位内容应属一个工步，此时若有几把刀具同时参与切削，该工步就是一个复合工步。图 1-3 所示是立轴转塔车床回转刀架示意图，图 1-4 所示是用该刀架加工齿轮内孔及外圆的一个复合工步。

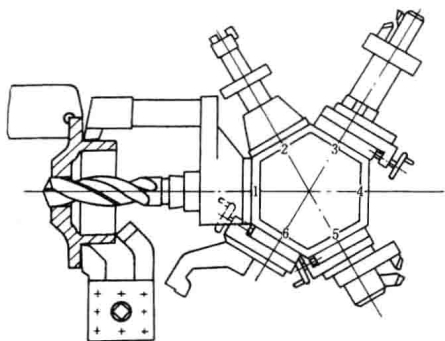


图 1-3 立轴转塔车床回转刀架

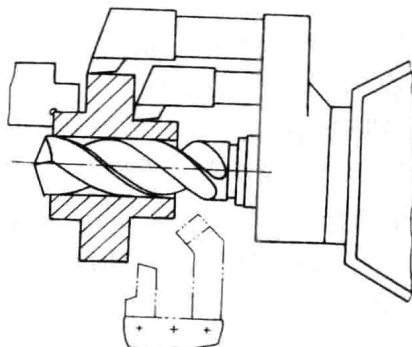


图 1-4 立轴转塔车床的一个复合工步

5) 走刀（工作行程）

切削刀具在加工表面上切削一次所完成的工步内容称为一次走刀。当工件上有较厚的切削层需要切除而不能在一次走刀下切完时，则需要多次走刀来完成一个工步。走刀次数又称行程次数。

图 1-5 的左半边是单件生产带键槽阶梯轴的机械加工工艺过程；右半边则是批量生产该零件的机械加工工艺过程。从图中可以看出，单件生产的工艺过程由车、铣两道工序构成，其中车削工序又有若干个安装、工位、工步和走刀。批量生产的工艺过程由四道工序构成，其中各工序有若干个工位、工步和走刀。

单件生产工艺过程				成批生产工艺过程			
工序	安装	工位	走刀	工序	安装	工位	走刀
1 车（各部成形）	1	1	1 1	1 铣端面打中心孔	1	1 装夹	1 1
			2 1			2 铣端面	1 1
	2	1	1 1		2	3 钻中心孔	1 1
			2 1				
	3	1	1 2	3 车	1		1 2
			2 1				2 1
	4	1	1 2	4 铣槽	1		1 2
			2 1				2 1
	2 铣槽		3 1		1		3 1
		1	1 1				

图 1-5 阶梯轴加工工序划分方案比较

1.1.3 生产类型与工艺特点

1) 生产纲领

生产纲领是编制工艺规程的重要依据。企业根据市场需求和自身的生产能力制订生产计划。在计划期内，应当生产的产品数量和进度计划称为生产纲领。计划期为一年的生产纲领称为年生产纲领（或称年产量）。零件的年产量可由下式计算：

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

式中， N 为零件的年产量； Q 为机器产品的年产量； n 为每台机器产品中该零件的数量； $a\%$ 为备品的百分率； $b\%$ 为废品的百分率。

通常，工厂并不是把全年产量一次投入车间进行生产，而是根据产品周期、销售和库存量及车间生产均衡情况，分批投入车间生产。每批投入生产的产品或零件的数量称为批量。

2) 生产类型及其工艺特点

根据工厂（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度以及产品尺寸大小和特征、年生产纲领、批量及投入生产的连续性，可将生产类型分为单件生产、成批生产和大量生产。其中，成批生产又可分为大批生产、中批生产和小批生产。显然，产量愈大，生产专业化程度应该愈高。表 1-1 按重型机械、中型机械和轻型机械的年产量，列出了不同生产类型的规范，从表中可以看出，对重型机械来说，其大量生产的数量远小于轻型机械的数量。

表 1-1 各种生产类型的规范

生产类型	零件的年生产纲领		
	重型机械	中型机械	轻型机械
单件生产	≤5	≤20	≤100
小批生产	>5~100	>20~200	>100~500
中批生产	>100~300	>200~500	>500~5000
大批生产	>300~1000	>500~5000	>5000~50 000
大量生产	>1000	>5000	>50 000

从工艺特点上看，小批生产和单件生产的工艺特点相似，大批生产和大量生产的工艺特点相似，因此生产上常按单件小批生产、中批生产和大批大量生产来划分生产类型，并且按这三种生产类型归纳它们的工艺特点。不同的生产类型具有不同的工艺特点，在毛坯种类、机床及工艺装备选用、机床布置、人员素质及生产组织各方面均有明显区别。各种生产类型的工艺特点见表 1-2。

表 1-2 各种生产类型的工艺特点

特 点 项 目	大批大量生产	成 批 生 产	单 件 生 产
生产对象	品种少，数量很大，固定不变	品种较多，数量较多，周期性变换	品种很多，数量少，经常变换
零件互换性	具有广泛的互换性，某些高精度配合件用分组选配法装配，不允许用钳工修配	大部分零件具有互换性，同时还保留某些钳工修配工作	广泛采用钳工修配

(续表)

特 点 项 目	类 型	大批大量生产	成 批 生 产	单 件 生 产
毛坯制造		广泛采用金属模机器造型、模锻等。毛坯精度高，加工余量小	部分采用金属模造型、模锻等，部分采用木模手工造型、自由锻造。毛坯精度中等	广泛采用木模手工造型、自由锻造。毛坯精度低，加工余量大
机床设备及其布置		采用高效专用机床、组合机床、可换主轴箱（刀架）机床、可重组机床。采用流水线或自动线进行生产	部分采用通用机床，部分采用数控机床、加工中心、柔性制造单元、柔性制造系统。机床按零件类别分段排列	广泛采用通用机床，重要零件采用数控机床或加工中心。机床按机群布置
获得规定加工精度的方法		调整法，在调整好的机床上加工	一般是在调整好的机床上加工，有时也用试切法	试切法
装夹方法		高效专用夹具装夹	夹具装夹	通用夹具装夹，找正装夹
工艺装备		广泛采用高效率夹具、量具或自动检测装置、高效复合刀具	广泛采用夹具，广泛采用通用刀具、万能量具，部分采用专用刀具、专用量具	广泛采用通用夹具、量具和刀具
对工人要求		对调整工技术水平要求高，对操作工技术水平要求不高	对工人技术水平要求较高	对工人技术水平要求高
生产率		高	一般	低
成本		低	一般	高
工艺文件		工艺过程卡片、工序卡片、检验卡片	一般有工艺过程卡片，重要工序有工序卡片	只有工艺过程卡片

随着社会发展、技术进步和市场需求变换，生产类型的划分正在发生着变化，传统的大批大量生产不能适应产品及时更新换代的需要，而单件小批生产又跟不上市场需求，因此各种生产类型都朝着生产过程柔性化的方向发展。

1.2 机械加工工艺规程设计及其原则

机械加工工艺规程是规定产品或零部件机械加工工艺过程和操作方法等的工艺文件，是一切有关生产人员都应严格执行、认真贯彻的纪律性文件。生产规模的大小、工艺水平的高低以及解决各种工艺问题的方法和手段都是通过机械加工工艺规程来体现的。因此，机械加工工艺规程设计是一项重要而严肃的工作。它要求设计者必须具备丰富的生产实践经验和广博的机械制造工艺基础理论知识。

设计机械加工工艺规程应遵循以下原则：

- (1) 能够可靠地保证产品的加工质量。经过审核确定下来的机械加工工艺规程，不得随意变更，如果图纸上存在设计问题需要修改与补充，必须经过有关人员认真讨论和重新审核，不得擅自修改图纸或不按图纸上的要求去做。
- (2) 必须满足生产纲领的要求。
- (3) 力求工艺成本最低。
- (4) 减轻工人的劳动强度，保障生产安全。

1.2.1 机械加工工艺规程的作用

一个工件从毛坯加工成成品的机械加工工艺过程，可以因产量及生产条件的不同而不同。用一定的文件形式规定下来的工艺过程称为工艺规程。

机械加工工艺规程在生产中的作用如下：

- (1) 工艺规程是指导工人生产的技术文件。
- (2) 工艺规程是生产管理和组织的主要依据。
- (3) 工艺规程是新建或扩建机械制造工厂或车间的基本文件。
- (4) 工艺规程是现有生产方法和技术的总结，是进行生产技术交流和推广的重要文件。

因此，机械加工工艺规程必须保证产品能可靠地达到所有规定的技术要求，并能在充分发挥生产设备能力的条件下，以尽可能低的成本和尽可能少的时间制造出来。

机械加工工艺规程的编制必须以下列原始资料为依据：

- (1) 产品装配图及零件图。
- (2) 有关产品质量验收标准。
- (3) 产品的生产纲领。
- (4) 产品零件毛坯制造情况。
- (5) 本厂现有生产设备能力和精度。
- (6) 工艺设计及工装设计手册及技术资料。
- (7) 国内外同类产品的参考工艺资料等。

另外，作为工艺的编制人员要经常深入生产现场，及时了解生产情况及工艺实时流程，发现问题，解决问题。

1.2.2 机械加工工艺规程的编制阶段

1) 工作准备阶段

包括收集原始资料和基本数据，对零件进行工艺性分析，生产纲领计算，生产类型以及毛坯种类的确定。

2) 工艺路线拟定阶段

该阶段要确定整个工艺路线。这是工艺编制的主要工作阶段，需要考虑到多方面因素的影响，并要求有相当丰富的工艺设计经验。通常，该阶段的工作可大致分为三个步骤进行：①根据规定的技术要求和对定位基准的选择，确定零件上每一加工表面的加工方法和获得步骤。②将所有需要的加工步骤按一定原则确定其进行的先后顺序，排列形成一个有序的工步排列。③对工步序列中的若干工步进行组合，形成以工序为单位的加工流程。这一加工流程初步设计即形成了零件机械加工工艺路线。

3) 工序设计阶段

进一步设计确定每一工序的具体工艺内容，如工序尺寸及其公差，使用的机床、夹具、刀具和量具，切削用量和时间定额等。

4) 最终确定阶段

对设计的工艺路线进行分析、评价和比较，经反复比较修改完善，最终确定一个最佳的机械加工工艺规程投放到生产过程中去。

1.2.3 工艺文件

零件机械加工工艺规程确定后，应将有关内容填入各种不同的卡片，以便指导生产。这些卡片总称为工艺文件。工艺文件的详细程度与生产类型、零件的设计精度和工艺过程的自动化程度有关。

1) 工艺过程综合卡片

它是简要说明零件整个工艺过程的一种卡片，又称过程卡。其中包括序号、工艺过程的工序名称和简明加工内容、加工车间和工段及各工序的时间定额等内容。它概述了加工的全过程，是制定其他工艺文件的基础，可用于生产管理及调度。在单件小批量生产中，通常不再编制更详细的工艺文件，而直接以过程卡指导生产。机械加工工艺过程综合卡片见表 1-3。

表 1-3 机械加工工艺过程综合卡片

(工厂名)	机械加工 工艺过程 卡片	产品名称及型号			零件名称			零件图号				
		材料	名称		毛坯	种类		零件重量 / kg	毛重		第 页	
			牌号			尺寸			净重		共 页	
			性能		每料件数			每台件数			每批件数	
工序号	工序内容			加工 车间	设备名称 及编号	工艺装备名称及编号			技术 等级	时间定额/min		
						夹具	刀具	量具		单件	准备- 终结	
更改内容												
编制		抄写		校对			审核		批准			

2) 机械加工工艺卡片

又称工艺卡，以工序为单位说明工艺过程，详细规定了每一工序及其工位和工步的工作内容。复杂工序绘有工序简图，注明工序尺寸及其公差等。工艺卡用来指导生产和管理加工过程，广泛用于成批生产或重要零件的小批生产。机械加工工艺卡片见表 1-4。

3) 机械加工工序卡片

又称工序卡，用来具体指导工人的操作。它为零件工艺过程中的每一工序而制定，详细说明各工序的具体内容并附有工序简图。工序卡多用于大批大量生产和重要零件的成批生产。机械加工工序卡片见表 1-5。

对于加工精度高的关键零件的关键工序，即便是采用普通加工方法的单件小批生产也应制定较为详细的机械加工工艺规程，以保证加工质量。如果机械加工工艺过程中有数控工序或全部由数控工序组成，则不管生产类型如何，都必须对数控加工工序做出详细规定，填写数控加工工序卡、刀具卡等必要的与编程有关的工艺文件，以利于编程。

需要说明的是，我国对工艺文件的格式没有做统一的规定，但各机械制造企业所用表格的基本内容是相同的。有关内容可以参照中华人民共和国电子行业标准 SJ/T10375—1993《工艺文件格式的填写》来填写。

表 1-4 机械加工工艺卡片

(工厂名)			机械加工	产品名称及型号		零件名称		零件图号							
			工艺过程卡片	材料	名称	毛	种类	零件重量 / kg	毛重	第 页	共 页				
					牌号	坯	尺寸								
					性能	每料件数							每台件数	每批件数	
工 序	安 装	工 步	工序内容	同时加工零件数	切削用量				设备名称及编号	工艺装备名称及编号			工时定额/min		
					背吃刀量 /mm	切削速度 / (m · min ⁻¹)	主轴转速 / (r · min ⁻¹) 或双行程 / (n · min ⁻¹)	进给量 / (mm · r ⁻¹) 或 / (mm · min ⁻¹)		夹 具	刀 具	量 具	技术等级	单 件	准备-终结
更改内容															
编制				抄写		校对		审核		批准					

表 1-5 机械加工工序卡片

(工厂名)		机械加工工序卡片		产品名称及型号		零件名称		零件图号		工序名称		工序号		第 页					
												共 页							
(画工序简图处)						车间		工段		材料名称		材料牌号		力学性能					
						同时加工件数		每料件数		技术等级		单件时间 /min		准备-终结时间/min					
						设备名称		设备编号		夹具名称		夹具编号		工作液					
						更改内容													
工 步 号	工 步 内 容	计算数据			工作行程数	切削用量				工时定额			刀具量具及辅助工具						
		直径或长度	进给长度	单边余量		背吃刀量 /mm	进给量 / (mm · r ⁻¹) 或 / (mm · min ⁻¹)	主轴转速 / (r · min ⁻¹) 或双行程 / (n · min ⁻¹)	切削速度 / (m · min ⁻¹)	基本时间	辅助时间	工作地点服务时间	工步号	名称	规格	编号	数量		
编制					抄写				校对				审核				批准		

1.2.4 机械加工工艺规程的制定步骤

1) 阅读装配图和零件图

了解产品的用途、性能和工作条件，熟悉零件在产品中的地位和作用。

2) 工艺审查

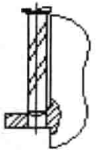
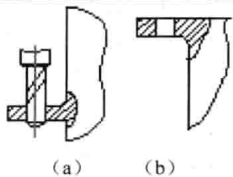
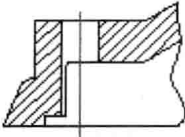
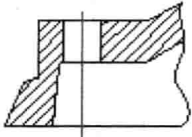
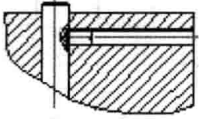
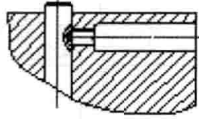
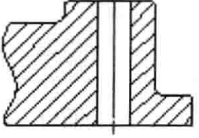
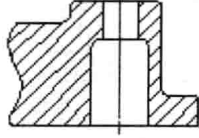
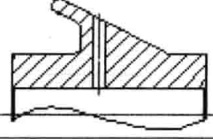
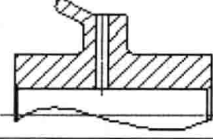
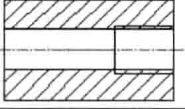
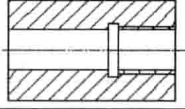
审查图样上的尺寸、视图和技术要求是否完整、正确、统一；找出主要技术要求和分析关键的技术问题；重点审查零件的结构工艺性。

所谓零件的结构工艺性是指在满足使用要求的前提下，制造该零件的可行性和经济性。在分析结构工艺性过程中，首先要确定零件是否具有可加工性，在可加工的基础上判断其经济性如何。设计功能相同的零件，其结构工艺性可以有很大的差异。所谓结构工艺性好，是指在一定的工艺条件下，既能方便制造，又有较低的制造成本。

如果在工艺审查中发现了结构工艺性问题，应同产品设计部门联系，共同研究解决办法，切不可自行修改。

在通常的工艺条件下，常见的工艺结构性问题见表 1-6。

表 1-6 零件结构工艺性分析举例

序号	零件结构			
	结构工艺性不好	结构工艺性好		
1	孔距离箱壁太近，一是钻头在圆角处易引偏；二是箱壁高度尺寸大，需加长钻头才能钻孔			(a) 加长箱耳，无须加长钻头钻孔；(b) 将箱耳设计在结合面上，无须加长箱耳，可方便钻孔
2	孔在内壁出口遇到阶梯面，孔易钻偏，或折断钻头			孔的内壁出口为平面，易保证孔轴线位置度
3	螺孔长度过长，增加攻丝的难度，且螺钉的工作行程较长			减小了深孔的螺纹加工长度，减少了螺钉顶紧的时间
4	钻孔过深，加工时间长，钻头损耗大，且钻头易偏斜			钻孔的一端留有空刀，钻孔时间短，钻头寿命长，钻头不易偏斜
5	斜面上钻孔，钻头易引偏			若结构允许，钻头进刀处设计成平面，方便直接钻孔
6	车螺纹时，螺纹根部易打刀，工人操作紧张，且不能清根			留有退刀槽，可使螺纹清根，操作相对容易，可避免打刀