



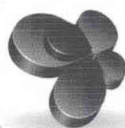
十二五

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

现代制造工艺学

XIANDAI ZHIZAO GONGYIXUE

孙学强 王新荣 主编



Manufacturing
process



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“十二五”规划系列教材

现代制造工艺学

孙学强 王新荣 主 编

段维华 副主编

虎智猛 殷 伟 参 编

迟毅林 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

为了适应工程教育教学改革的需要,本书以教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导委员会机械学科教材的编写要求为指导,精选教学内容编写而成。其内容包括现代机械制造概述、金属的切削、机械加工精度、机械加工表面质量、机床夹具的设计、组合夹具的应用、机械加工工艺规程的设计、轴类零件的加工、箱体零件的加工、圆柱齿轮的加工、叉架类零件的加工、机械装配工艺基础和先进制造技术。同时,本书还配有电子课件等相关教辅资源,采用本书作为教材的教师可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费下载。

本书可作为高等学校机械类、近机类各专业的教材,也可供电视大学、高职高专有关专业使用,还可为相关工程技术人员提供参考。

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

现代制造工艺学/孙学强,王新荣主编. —北京:电子工业出版社,2012.5

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

ISBN 978-7-121-16836-9

I. ①现 II. ①孙…②王… 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(2012)第074317号

策划编辑:余义

责任编辑:余义

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:

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:21 字数:565千字

印 次:2012年5月第1次印刷

定 价:39.80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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

为了适应机械类高等工程教育教学改革的需要,本书以教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导委员会机械学科教材的编写要求为指导,结合多年的教学改革实践,精选教学内容编写而成。

本书包括现代机械制造概述、金属的切削、机械加工精度、机械加工表面质量、机床夹具的设计、组合夹具的应用、机械加工工艺规程的设计、轴类零件的加工、箱体零件的加工、圆柱齿轮的加工、叉架类零件的加工、机械装配工艺基础和先进制造技术等内容。

由于机械类专业课程具有鲜明的工程性和技术应用性特征,所以课程模式不是以学科体系来构建,而是以面向“技术应用”来构筑学科知识和应用能力并重的子系统。故本书以保证零件加工和装配质量为出发点,对教学内容和课程体系进行了整合和重建。从工艺实施的生产实际出发,将切削刀具、零件加工工艺、机械加工质量和机床夹具设计及应用的内容有机结合起来;通过典型零件加工工艺分析及其案例,使学生更好更快地领悟工艺原理的实际应用,以适应培养生产一线技术应用型人才的需要。

为了方便学生学习,本书每一章都提出了教学要求、重点和难点,这样可使教学目标清晰,以重点知识的学习、核心能力的掌握去带动相关知识的学习。小结则是对全章内容的一个总体描述,便于学生对学习过的内容有一个整体的概念,并引导其进一步学习。同时,本书还配有电子课件等相关教辅资源,采用本书作为教材的教师可登录[华信教育资源网\(www.hxedu.com.cn\)](http://www.hxedu.com.cn)免费下载。

本书可作为高等工科院校机械类专业或近机械类专业的教材,也可作为高职高专、电视大学和自学考试等学生的教材,还可供有关工程技术人员参考和培训使用。

全书共分13章。第1章、第5章、第7章和第10章由孙学强编写;第2章和第9章由殷伟编写;第3章、第4章和第13章由王新荣编写;第6章和第8章由虎智猛编写;第11章和第12章由段维华编写。

本书由孙学强教授任主编并统稿,王新荣教授任第二主编,段维华副教授任副主编。全书由昆明理工大学迟毅林教授主审。

在本书的编写过程中,电子工业出版社给予了热情的支持和指导,并得到了各参编院校的大力支持,编者在此向他们表示衷心的感谢。

高等工程教育的教学改革是一项复杂的系统工程,由于编者水平有限,书中难免有欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 现代机械制造概述	1	2.1.7 计算切削力的公式	29
1.1 机械制造基本概念	1	2.1.8 切削功率与单位切削功率	30
1.1.1 研究机械制造工程学科的意义	1	2.1.9 影响切削力的因素	30
1.1.2 生产过程和生产系统	3	2.1.10 切削热、切削温度及其影响 因素	32
1.1.3 工艺过程的组成和基本要求	3	2.2 刀具的磨损与耐用度	34
1.1.4 生产类型及其工艺特征	5	2.2.1 刀具的磨损形式	34
1.1.5 工艺系统的构成	7	2.2.2 刀具磨损过程和磨损限度	35
1.2 基准	7	2.2.3 刀具磨损的原因	36
1.2.1 设计基准	7	2.2.4 刀具的耐用度	36
1.2.2 工艺基准	8	2.3 切削用量的选择	37
1.2.3 基准之间的相互关系	8	2.3.1 选择切削用量的一般原则	37
1.3 尺寸链	9	2.3.2 切削用量的选择要点	38
1.3.1 尺寸链概念	9	小结	39
1.3.2 尺寸链计算公式	11	习题	39
1.3.3 尺寸链的计算形式	12	第 3 章 机械加工精度	40
1.3.4 工艺尺寸链的建立	12	3.1 概述	40
1.4 时间定额	14	3.1.1 加工精度与加工误差	40
1.4.1 时间定额的内容	14	3.1.2 影响加工精度的因素	41
1.4.2 时间定额的计算	15	3.2 加工精度的获得方法	42
1.5 机械加工的经济性	15	3.2.1 尺寸精度的获得方法	42
1.5.1 生产类型与经济性的关系	15	3.2.2 形状精度的获得方法	42
1.5.2 机械加工的经济精度	16	3.2.3 位置精度的获得方法	42
小结	16	3.3 工艺系统的几何误差对加工精度 的影响	43
习题	17	3.3.1 加工原理误差	43
第 2 章 金属的切削	18	3.3.2 机床的几何误差	43
2.1 金属切削过程	18	3.3.3 刀具和夹具的误差	46
2.1.1 刀具的几何角度与刀具材料	18	3.4 工艺系统受力变形对加工精度 的影响	47
2.1.2 切屑形成过程中的变形特点	23	3.4.1 工艺系统的刚度	47
2.1.3 切屑与前刀面的摩擦和 积屑瘤	25	3.4.2 工艺系统受力变形引起的加工 误差	48
2.1.4 已加工表面的变形和 加工硬化	27	3.4.3 减小工艺系统受力变形的 主要措施	51
2.1.5 影响切削变形的因素	28		
2.1.6 切削力的来源、合力 及其分力	28		

3.5	工艺系统热变形对加工精度的影响	52	小结	80
3.5.1	机床的热变形	52	习题	81
3.5.2	工件的热变形	53	第5章 机床夹具的设计	83
3.5.3	刀具的热变形	54	5.1 机床夹具概述	83
3.5.4	减小工艺系统热变形的主要途径	54	5.1.1 机床夹具的组成	83
3.6	工件内应力引起的加工误差	56	5.1.2 机床夹具的作用	85
3.6.1	产生内应力的原因及所引起的加工误差	56	5.1.3 机床夹具的分类	85
3.6.2	减小或消除内应力的措施	57	5.2 工件在机床夹具中的定位原理	86
3.7	提高加工精度的工艺措施	58	5.2.1 六点定位规则	86
3.7.1	减小误差法	58	5.2.2 工件的定位状态	87
3.7.2	误差补偿法	58	5.3 定位方法及定位误差计算	90
3.7.3	误差分组法	59	5.3.1 工件以平面在支承上定位	90
3.7.4	误差转移法	60	5.3.2 工件以圆柱孔在支承上定位	93
3.7.5	就地加工法	60	5.3.3 工件以圆柱面在支承上定位	95
3.7.6	误差平均法	60	5.3.4 工件以中心孔在顶尖上定位	96
3.7.7	加工过程的主动控制	61	5.3.5 定位误差的分析与计算	97
小结		62	5.4 定位方案设计实例	111
习题		62	5.5 夹紧机构原理	113
第4章 机械加工表面质量		65	5.5.1 夹紧装置的组成	114
4.1 概述		65	5.5.2 夹紧装置的设计要求	114
4.1.1 机械加工表面质量的含义		65	5.5.3 确定夹紧力的基本原则	115
4.1.2 零件表面质量对使用性能的影响		66	5.6 夹紧机构设计	117
4.2 影响加工表面粗糙度的因素		68	5.6.1 斜楔夹紧机构	117
4.2.1 切削加工后的表面粗糙度		68	5.6.2 螺旋夹紧机构	119
4.2.2 磨削加工后的表面粗糙度		69	5.6.3 偏心夹紧机构	120
4.3 影响加工表面力学、物理性能的因素		70	5.6.4 联动夹紧机构	124
4.3.1 表面层的加工硬化		70	5.6.5 分度夹紧机构	126
4.3.2 表面层金相组织的变化		70	5.7 夹紧机构设计实例	129
4.3.3 表面层的残余应力		72	5.7.1 设计夹紧机构的步骤	129
4.3.4 控制和改善工件表面质量的方法		73	5.7.2 夹紧机构设计实例	130
4.4 机械加工中的振动		74	5.8 夹具的其他装置	131
4.4.1 机械加工中的振动类型		74	5.8.1 导向装置	131
4.4.2 振动对加工质量的影响及减振措施		76	5.8.2 对刀装置	133
			5.8.3 夹具与机床的连接方式	134
			5.9 专用机床夹具设计方法及实例	136
			5.9.1 对专用夹具的基本要求和设计步骤	136
			5.9.2 夹具设计实例	137

5.9.3 夹具装配图的主要尺寸和技术条件	144	7.5 机械零件加工工艺路线的制订	183
小结	145	7.5.1 加工方法的选择	183
习题	145	7.5.2 加工阶段的划分	185
第6章 组合夹具的应用	152	7.5.3 工序集中与工序分散	185
6.1 组合夹具的应用	152	7.5.4 加工顺序的安排	186
6.1.1 组合夹具的概念	152	7.6 工序设计	188
6.1.2 组合夹具的使用范围	152	7.6.1 选择机床和工艺装备	188
6.1.3 组合夹具的使用效果	153	7.6.2 确定加工余量	189
6.2 组合夹具的元件	153	7.6.3 计算工序尺寸	192
6.2.1 组合夹具元件的分类和编号	153	7.7 切削用量与时间定额的确定	197
6.2.2 槽系组合夹具元件的结构要素	156	7.7.1 切削用量的确定	197
6.2.3 槽系组合夹具元件的技术要求	158	7.7.2 时间定额的确定	198
6.3 组合夹具的组装	159	7.8 提高机械加工劳动生产率的工艺措施	198
6.3.1 组装步骤	159	7.9 编写工艺文件	201
6.3.2 夹具元件选择要点	160	小结	202
6.3.3 组合夹具组装实例	161	习题	202
6.3.4 组合夹具的检测	163	第8章 轴类零件的加工	206
小结	167	8.1 概述	206
习题	167	8.1.1 轴类零件的功用与结构	206
第7章 机械加工工艺流程的设计	168	8.1.2 轴类零件的技术要求	207
7.1 工艺流程	168	8.1.3 轴类零件的材料、毛坯及热处理	207
7.1.1 工艺流程的作用	168	8.2 轴类零件外圆表面的车削	208
7.1.2 设计工艺流程的原则和方法	169	8.2.1 各种车削方法的应用	208
7.1.3 设计工艺流程的步骤	169	8.2.2 细长轴的车削	208
7.1.4 工艺文件格式	170	8.2.3 常用车刀的类型、特点及应用	209
7.2 零件的工艺性分析	173	8.3 轴类零件外圆表面的磨削	211
7.2.1 零件结构及其工艺性分析	173	8.3.1 外圆表面的磨削精度工艺范围	211
7.2.2 零件技术要求分析	174	8.3.2 外圆表面的磨削方法	212
7.3 确定零件毛坯	175	8.3.3 中心孔的修磨	213
7.3.1 确定毛坯的种类	175	8.4 轴类零件外圆表面的光整加工	214
7.3.2 确定毛坯的形状和尺寸	176	8.4.1 研磨	214
7.4 定位基准的选择	177	8.4.2 超精加工	215
7.4.1 粗基准的选择	177	8.4.3 双轮珩磨	216
7.4.2 精基准的选择	178	8.4.4 滚压	216
7.4.3 定位方式的确定	181		

8.5	轴类零件加工工艺分析	217	10.2.2	齿坯加工方案	255
8.5.1	轴类零件加工的工艺分析	217	10.3	齿形加工	255
8.5.2	机床主轴加工工艺过程分析	219	10.3.1	滚齿	255
8.5.3	轴类零件的加工精度检测	224	10.3.2	插齿	258
8.6	加工轴类零件的夹具	225	10.3.3	剃齿	259
8.6.1	通用夹具	225	10.3.4	珩齿	261
8.6.2	专用夹具	226	10.3.5	磨齿	262
小结		228	10.4	圆柱齿轮加工工艺分析	263
习题		228	10.5	加工齿轮所用的夹具	265
第9章	箱体零件的加工	230	10.5.1	滚齿、插齿夹具	265
9.1	概述	230	10.5.2	剃齿、珩齿夹具	268
9.1.1	箱体零件的功用和结构特点	230	小结		268
9.1.2	箱体零件的技术要求	230	习题		268
9.1.3	箱体零件的材料与毛坯	232	第11章	叉架类零件的加工	270
9.1.4	箱体零件的结构工艺性	232	11.1	概述	270
9.2	箱体的孔系加工	234	11.1.1	叉架类零件的功用和结构特点	270
9.2.1	平行孔系的加工方法	234	11.1.2	叉架类零件的技术要求	271
9.2.2	同轴孔系的加工方法	237	11.1.3	叉架类零件的材料、毛坯和热处理	271
9.2.3	交叉孔系的加工方法	237	11.2	拨叉加工工艺过程分析	271
9.2.4	箱体孔系的高效自动化加工	237	11.2.1	拨叉加工的工艺特点	271
9.3	箱体零件加工工艺过程分析	238	11.2.2	拨叉加工工艺过程分析	271
9.3.1	主轴箱工艺过程分析	238	11.3	加工拨叉所用的夹具	274
9.3.2	加工方法的选择	242	11.3.1	加工拨叉所用的车床夹具	274
9.3.3	主要工序加工方案分析	242	11.3.2	车床夹具设计要点	276
9.3.4	箱体零件的数控加工工艺特点	244	小结		277
9.4	加工箱体零件所用的夹具	247	习题		277
9.4.1	前后双支承镗孔夹具	247	第12章	机械装配工艺基础	279
9.4.2	组合镗孔夹具	249	12.1	概述	279
小结		250	12.1.1	机械装配的概念	279
习题		251	12.1.2	机械装配的内容	280
第10章	圆柱齿轮的加工	252	12.1.3	机械装配生产的组织形式	281
10.1	概述	252	12.2	机械装配精度	282
10.1.1	圆柱齿轮的功用和结构特点	252	12.2.1	机械产品装配精度的概念	282
10.1.2	圆柱齿轮的技术要求	253	12.2.2	装配精度与零件精度的关系	283
10.1.3	齿轮的材料与毛坯	253	12.3	装配尺寸链	284
10.2	齿坯的加工	254	12.3.1	装配尺寸链的概念	284
10.2.1	齿坯加工精度	254	12.3.2	装配尺寸链的计算	287

12.4	装配方法及其选择	287	13.1.2	精密和超精密加工方法	310
12.4.1	互换法装配	287	13.1.3	细微加工技术	312
12.4.2	选配法装配	292	13.2	机械制造系统的自动化技术	313
12.4.3	修配法装配	294	13.2.1	概述	313
12.4.4	调整法装配	297	13.2.2	柔性制造系统	314
12.5	装配工艺规程的编制	300	13.2.3	计算机集成制造系统	316
12.5.1	编制装配工艺规程的原则	300	13.3	先进制造生产模式	317
12.5.2	编制装配工艺规程 的原始资料	300	13.3.1	并行工程技术	317
12.5.3	编制装配工艺规程的内容 和步骤	301	13.3.2	智能制造技术	319
12.5.4	编制装配工艺规程的 注意事项	303	13.3.3	快速原型制造技术	320
12.5.5	减速器装配工艺编制实例	303	13.3.4	纳米级加工技术与 微型机械	321
小结		306	13.3.5	极限条件下的成形 加工技术	321
习题		306	13.3.6	利用太阳能加工	321
第 13 章	先进制造技术	309	小结		322
13.1	精密和超精密加工技术	309	习题		322
13.1.1	概述	309	参考文献		323

第1章

现代机械制造概述

教学要求：通过教学，学生应理解机械制造技术的作用、意义及其发展趋势；掌握生产过程、工艺过程、工序、工步、工位、安装和走刀的概念；掌握生产类型的划分及各生产类型的特点；理解设计基准、工艺基准的含义；掌握建立工艺尺寸链的方法；了解时间定额的组成和各部分的含义。

本章重点：生产过程、工艺过程、工序、工步、工位、安装和走刀的概念；生产类型的划分及各生产类型的特点；建立工艺尺寸链的方法。

本章难点：建立工艺尺寸链。

1.1 机械制造基本概念

1.1.1 研究机械制造工程学科的意义

1. 机械制造技术的作用

人类的发展过程是制造技术不断发展的过程。从最早的石器工具到当代的先进制造技术，人类使用和制造工具历经一万余年。工具和制造技术的不断进步促进了人类从原始社会逐渐进入现代社会。

制造技术的发展极大地改变了人们的生活方式和生活质量。它为人类制造出满足生活需要的产品和工具，使人们生活得更加轻松和舒适，有更多的时间去思考如何发明新的产品并将它制造出来供人们使用。制造技术的不断进步也改变了人们的生产方式，它将人类从繁重的体力劳动中解放出来。人们可以应用机器来生产各种产品和功能不同的机器，这些产品和机器可以帮助人们更好更快地进行生产，或者帮助人们分析、探索未知的事物。应用制造技术生产的设备促进了科学的进步，科学又在更为广阔的领域为人类认识自然、合理地利用自然提供了依据，也为制造技术的发展奠定了科学基础。

制造技术是人类赖以生存的永恒主题，是设想、概念、发明、科学技术物化的基础和手段，是国家经济和国防实力的体现，是国家工业化的基础和关键产业。

2. 研究制造技术的意义

制造技术是所有工业的支柱。制造业是所有与制造有关的企业的总体，它是将制造资源（物

料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等)通过制造过程,转化为可供人们使用与利用的工业产品和生活消费品的行业。我国的机械制造业经过几十年的发展,建立了较为完善的工业体系,现已成为举世瞩目的制造大国,在某些制造领域已进入世界先进行列。制造技术的发展也大大提升了我国的经济实力和军事实力。但与世界先进技术相比,我国机械制造业的整体技术水平和国际竞争力仍有较大差距,主要表现在:①我国国民经济建设和高新技术产业所需的许多装备目前仍然依赖于进口,甚至被限制进口;②制造业的人均劳动生产率比较低,仅为美国的1/25、日本的1/26、德国的1/20;③企业对市场需求的快速响应能力不高,我国新产品开发周期平均为18个月,工业发达国家新产品开发周期平均为4~6个月;④企业自主创新能力较差,具有自主知识产权的高新技术产品少,主要机械产品技术的57%来源于国外,大多数电子及通信设备的核心技术仍依赖进口。我国尚未从制造大国转变为制造强国。

由于机械制造技术在经济建设和国防建设中的支柱作用,因此,研究并提升制造技术的水平具有重大意义。制造技术整体水平的高低体现为:①制造设备本身的科技含量,即智能化程度;②制造工艺技术(或方法)的先进程度,其中包括工艺装备的先进程度,工艺技术的进步往往与制造设备关系密切;③制造系统自动化技术水平;④制造系统管理技术,即生产模式的先进程度。

任何一台机械产品或设备都是由各种零件和功能部件组成的,如何使这些零件和功能部件优质高效地制造出来并装配成具有预定功能的产品或设备,这就是研究制造技术的意义所在。

3. 机械制造技术的发展趋势

随着以信息技术为代表的高新技术的发展及其在机械制造技术中的应用,当前及今后的机械制造技术比以往任何时候都更加依赖于知识和科学。与农业经济、工业经济不同,知识经济是以知识为基础的经济,它直接依赖于知识和信息的生产、扩散和应用。知识经济是工业化演进的必然结果,是一种比工业经济更高级的经济形态。在知识经济条件下,制造技术正在发生质的飞跃。制造技术已成为一个涵盖整个生产过程、跨多种学科、高度集成的高新技术。这主要体现在以下几方面。

1) 采用自动化技术,实现制造自动化

(1) 应用集成电路、可编程控制器、计算机等新型控制元件和装置,实现制造设备的单机、生产线或生产系统的自动控制。应用先进的检验检测技术和装置,实时监控工艺过程的物理参数,实现工艺参数的闭环控制,进而实现自适应控制。

(2) 应用计算机技术、网络技术等,建立计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助制造(CAM)、产品数据管理(PDM)、管理信息系统(MIS)等制造技术自动化系统,使制造过程信息的生成与处理高效、快捷。

(3) 将数控、机器人、自动化运输仓储、自动化单元技术综合用于加工及物流过程,形成不同层次的柔性自动化系统,如数控机床(CNC)、加工中心(MC)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)和柔性生产线(FML),乃至形成计算机集成制造系统(CIMS)和智能制造系统(IMS)。

2) 加工与设计趋向集成及一体化

CAD/CAM、FMS、SIMS、并行工程(CE)、快速成形技术(RP)等先进制造技术的出现,使加工与设计之间的界限逐渐淡化并走向一体化。各种常规工艺过程间的界限趋于淡化而集成于统一的制造系统中。

3) 机械制造工艺技术向先进制造工艺技术转变

随着社会经济和科学技术的发展,机械制造工艺技术的内涵和形态不断变化和发展,先进制造工艺技术就是这种变化和发展的成果。常规工艺技术不断优化并得到普及;传统的工艺界限趋于淡化,在功能上趋于交叉;新型加工方法不断出现和发展,如精密加工和超精密加工、超高速加工、微细加工、特种加工、快速成形制造技术、新型材料加工、表面功能性覆层技术及复合加工等加工方法。先进制造工艺技术是先进制造技术的核心和基础,任何高级的自动控制系统都无法取代先进制造工艺技术的作用。

1.1.2 生产过程和生产系统

生产过程是指将原材料转变为产品的全过程。对机械制造行业而言,生产过程包括下列过程。

(1) 生产技术准备过程 如市场对产品需求情况的预测和分析、产品的开发和设计、工艺设计、专用工艺装备的设计和制造、生产资料的准备、生产计划的编制等。

(2) 毛坯制造过程 如铸造、锻造、冲压和焊接等。

(3) 零件的各种加工过程 如机械加工、热处理、焊接和其他表面处理等。

(4) 产品的装配过程 如部装、总装、调试和油漆等。

(5) 生产服务过程 如原材料、工具、协作件和配套件的订购、供应、运输、保管、试验与化验,以及产品的包装、销售、发运和售后服务等。

现代机械制造业的发展趋势是组织专业化生产,即一种产品的生产是分散在若干个专业化企业进行,最后集中由一个企业制成完整的机械产品。

系统是指事物由数个相互作用和互相依赖的部分组成的有机整体,并具有特定的功能。若以整个机械制造企业为整体,除上述的生产过程外,还必须把技术信息、经营管理、劳动力调配、资源和能源利用、环境保护、市场动态、经济政策、社会问题和国际因素等信息作为影响系统效果更为重要的要素来考虑。所有这些生产活动的总和,用系统的观点来看,就是一个具有输入和输出的生产系统。用系统工程学的原理和方法组织和指导生产,能使企业的生产和管理科学化;能使企业按照市场动态,及时地改进和调节生产,不断更新产品,以满足社会的需要;能使产品质量更好,周期更短,成本更低。

1.1.3 工艺过程的组成和基本要求

1. 工艺过程的组成

在生产过程中,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称为工艺过程。采用机械加工的方法,直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量等,使其成为零件的过程称为机械加工工艺过程(以下简称工艺过程)。

工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的,而工序又可分为安装、工位、工步和进给(走刀)。毛坯依次通过这些过程就成为成品。

1) 工序

一个或一组工人,在一个工作地对一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程,称为工序。划分工序的主要依据是工作地是否变动或工作是否连续。如图1-1所示的阶梯轴,当生产的数量较少时,其工序划分如表1-1所示;当生产的数量较大时,其工序划分如表1-2所示。

在表1-1的工序2中,先车一个工件的一端,然后调头装夹,再车另一端。如果先车好一批工件的一端,然后调头再车这批工件的另一端,这时对每个工件来说,两端的加工已不连续,所以即使在同一台车床加工也应算成两道工序。

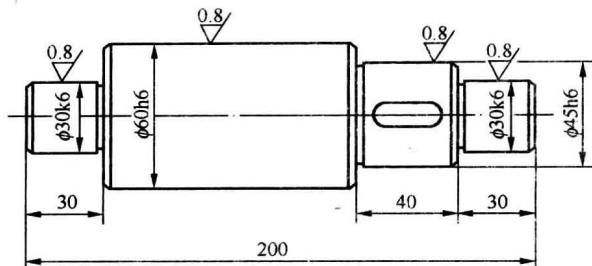


图 1-1 阶梯轴简图

表 1-1 阶梯轴工艺过程（生产量较小时）

工序号	工序内容	设备
1	车端面，钻中心孔	车床
2	车外圆，车槽和倒角	车床
3	铣键槽，去毛刺	铣床
4	磨外圆	磨床

表 1-2 阶梯轴工艺过程（生产量较大时）

工序号	工序内容	设备
1	两端同时铣端面，钻中心孔	铣端面、钻中心孔机床
2	车一端外圆，车槽和倒角	车床
3	车另一端外圆，车槽和倒角	车床
4	铣键槽	铣床
5	去毛刺	钳工台
6	磨外圆	磨床

2) 安装（又称“装夹”）

为完成一道或多道工序，在加工之前对工件进行的定位、夹紧和调整的作业，称为安装。在一道工序中，工件可能被安装一次或多次，才能完成加工。如表 1-1 所示的工序 1 要进行两次安装：先安装工件的一端，车端面、钻中心孔，称为安装 1；再调头安装，车另一端面、钻中心孔，称为安装 2。

工件在加工中，应尽量减少装夹次数，因为多一次装夹，就会增加装夹的时间，还会增加装夹误差。

3) 工位

为了完成一定的工序内容，一次装夹工件后，工件（或装配单元）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个位置，称为工位。图 1-2 所示的是工件在回转夹具上加工台阶面，当铣完台阶面 I 后，卸下工件，将夹具回转 180°，再加工台阶面 II，这道铣削工序只需一次装夹，但有两个工位。

4) 工步

在加工表面（或装配时的连接面）和加工（或装配）工具、主轴转速及进给量不变的情况下，所连续完成的那一部分作业，称为工步。如图 1-3 中，在工件上钻 4 个 $\phi 15$ mm 的孔，用一个钻头顺次进行加工，则可算成一个工步：钻 4- $\phi 15$ mm 孔。

为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个表面的工步，称为复合工步。在工艺规程上把复合工步看做一个工步，如图 1-4 所示。

5) 进给（走刀）

有些工步由于加工余量较大或其他原因，需要用同一把刀具及同一切削用量对同一表面进行多次切削，刀具对工件的每一次切削就称为一次进给（走刀）。

2. 对工艺过程的基本要求

设计工艺过程的基本要求是在具体生产条件下工艺过程必须满足优质、高产、低消耗的要求。质量和产量的矛盾具体反映在生产中往往表现为新的生产任务同现有设备能力之间的矛

盾, 或新的生产任务同操作技术水平之间的矛盾。解决这些矛盾从技术方面来说主要是采用新工艺、新设备, 或挖掘现有设备的潜力, 进行技术改造和技术创新。

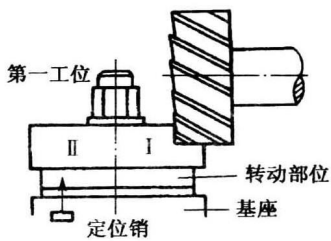


图 1-2 一次安装两个工位

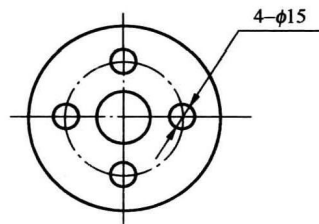


图 1-3 加工四个相同表面的工步

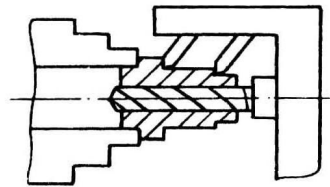


图 1-4 复合工步

1.1.4 生产类型及其工艺特征

1. 生产纲领

企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划称为生产纲领。产品的生产纲领确定后, 就可以根据各种零件在该产品中的数量、备品及允许的废品率来确定零件的生产纲领。根据车间具体情况, 每次投入或产出的产品(或零件)数量, 称为生产批量。

生产纲领的大小对加工过程和生产组织起着重要的作用, 它决定了各个工序所需的专业化和自动化的程度, 决定了所选用的工艺方法和机床设备类型。

零件的生产纲领可按下式计算:

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中, N 为零件的年产量, 单位为件/年; Q 为产品的年产量, 单位为台/年; n 为每台产品中, 该零件的数量, 单位为件/台; α 为备品的百分率; β 为废品的百分率。

2. 生产类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。一般分为单件小批生产、中批生产和大批大量生产。

1) 单件小批生产

产品品种很多, 同一产品的产量很少, 各个工作地的加工对象经常改变, 而且很少重复生产。例如, 新产品试制, 工、夹、模具制造, 重型机械制造, 专用设备制造, 都属于这种类型。

2) 中批生产

产品周期地成批生产, 每种产品均有一定的数量, 工作地的加工对象呈周期性重复。例如, 机床、机车、电机的制造常属于成批生产。

3) 大批大量生产

产品产量很大, 大多数工作地按照一定的生产节拍(在流水线或自动化生产线中, 相继完

成两件制品之间的时间间隔)进行某种零件的某道工序的重复加工。例如,汽车、拖拉机、自行车、手表的制造常属大量生产。

生产类型的划分,可根据生产纲领及零件的特征,参考表 1-3 确定。

表 1-3 中的轻型零件、中型零件和重型零件可参考表 1-4 所列数据确定。

表 1-3 生产类型和生产纲领的关系

单位:台/年或件/年

生产类型	生产纲领		
	小型机械或轻型零件	中型机械或中型零件	重型机械或重型零件
单件生产	≤100	≤10	≤5
小批生产	>100~500	>10~150	>5~100
中批生产	>500~5000	>150~500	>100~300
大批生产	>5 000~50 000	>500~5 000	>300~1 000
大量生产	>50 000	>5 000	>1 000

注:小型机械、中型机械和重型机械分别以缝纫机、机床和轧钢机为代表。

表 1-4 不同机械产品的零件质量型别

单位:kg

机械产品类别	零件的质量		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子机械	≤4	>4~30	>30
机床	≤15	>15~50	>50
重型机械	≤100	>100~12 000	>2 000

3. 工艺特征

生产类型不同,产品和零件的制造工艺、所用设备及工艺装备、采取的技术措施、达到的技术经济效果也不同。各种生产类型的工艺特征可归纳成表1-5。在制订零件机械加工工艺流程时,先确定生产类型,再分析该生产类型的工艺特征,以使所制订的工艺流程正确、合理。

随着科学技术的进步和人们生活水平的不断提高,产品更新换代的周期越来越短,产品的品种规格不断增加。因此,多品种、小批量生产在今后不仅不会减少,而且还有增长的趋势。这就要求制造企业要以满足顾客的个性需求作为企业的经营宗旨,以用户满意作为产品质量的有效标准,寻找到既能高效生产又能快速转产的“柔性”制造方法,形成把多品种小批量生产组织成大批量生产的技术及其生产管理方式。先进制造技术就是为了满足这种需要而发展起来的。

表 1-5 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	生产类型		
	单件小批量	中批量	大批大量
零件的互换性	用修配法,钳工修配,缺乏互换性	大部分具有互换性。装配精度高时,灵活应用分组装配法和调整法,同时还保留某些修配法	具有广泛的互换性。少数装配精度较高的,采用分组装配法和调整法
毛坯的制造方法与加工余量	木模手工造型或自由锻造。毛坯精度低,加工余量大	部分采用金属模铸造或模锻。毛坯精度和加工余量中等	广泛采用金属模机器造型、模锻或其他高效方法。毛坯精度高,加工余量小
机床设备及其布置形式	通用机床。按机床类别采用机群式布置	部分通用机床和高效机床。按工件类别分工序排列设备	广泛采用高效专用机床及自动机床。按流水线和自动线排列设备
工艺装备	大多采用通用夹具、标准附件、通用刀具和万能量具。靠划线和试切法达到精度要求	广泛采用夹具,部分靠找正装夹达到精度要求。较多采用专用刀具和量具	广泛采用专用高效夹具、复合刀具、专用量具或自动检验装置。靠调整法达到精度要求
对工人的技术要求	需技术水平较高的工人	需一定技术水平的工人	对调整工的技术水平要求高,对操作工的技术水平要求较低
工艺文件	有工艺过程卡,关键工序有工序卡	有工艺过程卡,关键零件有工序卡	有工艺过程卡和工序卡,关键工序要调整卡和检验卡
成本	较高	中等	较低

1.1.5 工艺系统的构成

在机械加工过程中，一个零件的加工要经过多道工序、多种加工方法才能完成。在加工过程中的被加工对象称为工件。工件在每道工序上加工时，总是通过夹具被安装在机床上。要保证工件的加工尺寸精度和相互位置精度，必须保证机床、刀具、工件和夹具各环节之间具有正确的几何位置。由机床、刀具、工件和夹具组成的系统称为机械加工工艺系统，简称工艺系统。

机床向机械加工过程提供刀具与工件之间的相对位置和相对运动，提供工件表面成形所需的成形运动。

在机械加工过程中，刀具直接参与切削过程，从工件上切除多余金属层。它对保证加工质量，提高劳动生产率起着重要的作用。

工件是工艺系统的核心。各种加工方法都是根据工件的被加工表面类型、材料特性和技术要求等确定的。

夹具是一种工艺装备。它的作用一是保证工件相对于机床和刀具处于正确的位置，这一过程称为“定位”；二是要保证工件在外力的作用下仍能保持其正确位置，这一过程称为“夹紧”。

要保证工艺系统各环节之间正确的几何位置，应保证工件在夹具中有正确的定位、夹具对机床具有正确的相互位置关系和夹具对刀具的正确调整。

1.2 基准

基准是指用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。一个几何关系就有一个基准。任何零件都是由若干个表面组成的，它们之间有一定的相互位置和距离尺寸的要求，即位置尺寸及其公差。在机械零件的设计和加工过程中，选择哪些点、线、面作为基准，是直接影响零件加工工艺性和各表面间尺寸和位置精度的主要因素之一。根据基准的作用不同，基准可分为设计基准和工艺基准两大类。

1.2.1 设计基准

设计基准是零件设计图样上所采用的基准。如图 1-5(a)所示的零件，对尺寸 20 mm 而言， B 面是 A 面的设计基准，或者 A 面是 B 面的设计基准，它们互为设计基准。一般来说，设计基准是可逆的。如图 1-5(b)所示的零件，对同轴度而言， $\phi 50$ mm 的轴线是 $\phi 30$ mm 的轴线的基准。而 $\phi 50$ mm 圆柱面的设计基准是 $\phi 50$ mm 的轴线， $\phi 30$ mm 圆柱面的设计基准是 $\phi 30$ mm 的轴线。不应笼统地说，轴的轴心线是它们的设计基准。如图 1-5(c)所示的零件，对尺寸 45 mm 而言，圆柱面的下素线 D 是槽底面 C 的设计基准。

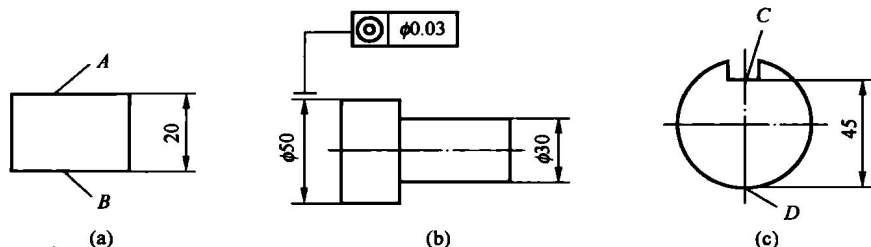


图 1-5 设计基准的实例

又如如图 1-6 所示的主轴箱体零件图样，顶面 F 的设计基准是底面 D ，孔Ⅲ和孔Ⅳ的轴线的基准是底面 D 和导向侧面 E ，孔Ⅱ的轴线的基准是孔Ⅲ和孔Ⅳ的轴线。

1.2.2 工艺基准

工艺基准是在工艺过程中所采用的基准。它包括如下内容。

1) 工序基准

在工序图上用来确定本工序加工表面的尺寸、形状和位置的基准。

2) 定位基准

在加工中用做定位的基准。工件在机床上或夹具中装夹时，定位基准就是工件上直接与机床或夹具的定位元件相接触的点、线、面。如图 1-7 所示的工件在加工内孔时，其位置是由工件上与夹具的定位元件 1 和 2 相接触的底面 A 和侧面 B 而确定的，故 A 面和 B 面称为该工序的定位基准。

定位基准又可分为粗基准和精基准。

(1) 粗基准 用做定位基准的表面，如果是没有加工过的毛坯面，则称为粗基准。

(2) 精基准 用做定位基准的表面，如果是已加工过的，则称为精基准。

3) 测量基准

工件在测量、检验时所使用的基准。

4) 装配基准

在装配时用来确定零件、组件及部件等相对位置所采用的基准。图 1-6 中主轴箱体零件的 D 面和 E 面是确定箱体在机床床身上相对位置的平面，它们就是装配基准。

1.2.3 基准之间的相互关系

图 1-8 所示的是各种基准的实例。图 1-8(a)所示的是短阶梯轴的三个设计尺寸 d 、 D 和 C ，圆柱面Ⅰ的设计基准是 d 尺寸段的轴线，圆柱面Ⅱ的设计基准是 D 尺寸段的轴线，平面Ⅲ的设计基准是含 D 尺寸段轴线的平行平面。图 1-8(b)是平面Ⅲ的加工简图，定位基准都是 d 尺寸段的圆柱面Ⅰ。加工简图中有两种工序基准方案。第一方案的工序要求是尺寸 C ，即工序基准是含 D 尺寸段轴线的平行平面；第二方案的工序要求是尺寸 $C + D/2$ ，即工序基准是圆柱面Ⅱ的下素线。图 1-8(c)所示的是两种测量平面Ⅲ的方案。第一方案以外圆柱面Ⅰ的上素线为测量基准；第二方案以外圆柱面Ⅱ的素线为测量基准。

分析基准时应注意以下两点：

(1) 基准是客观存在的，因为不存在的东西是不能作为依据的。有时，基准是轮廓要素，如圆柱面、平面等，这些基准比较直观，也易直接接触到。有时，基准是中心要素，如球心、轴线、中心平面等，它们不像轮廓要素那样摸得着、看得见，但它们是客观存在的。随着测量技术的发展，总会把那些中心要素反映出来。

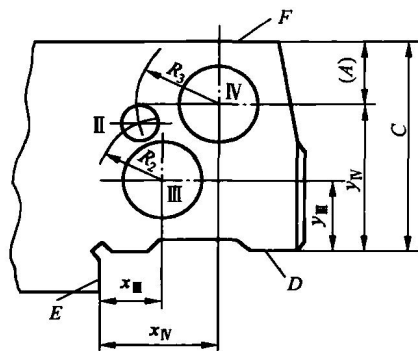


图 1-6 主轴箱体的设计基准

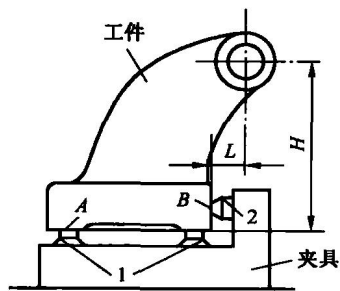


图 1-7 定位基准