

高职高专规划教材

机械制造技术

郭彩芬 王伟麟 主编



本书层次结构新颖,从制造企业的生产过程入手,对机械制造工艺系统的刀具、机床、夹具、工件四个方面的知识进行了系统而详细的阐述。本书紧密服务制造工艺这条主线,围绕机械加工工艺过程卡片和工序卡片的制订问题,详细介绍了加工方法的选择、加工阶段的划分、定位基准选择、工艺路线拟定、加工余量选取及工序尺寸确定等内容。本书图例、示例典型,内容充实,文字精炼,强调学生实践能力和动手能力的培养,削减了过多的理论分析内容。本书内容广博,既系统增添了数控机床、数控刀具系统、数控加工工艺等方面的知识,又有特种加工技术、制造业信息化、现代制造系统技术及安全文明生产、“5S 管理”等方面的内容。

本书为高职高专院校机械工程类(机械设计与制造、机械制造与自动化、数控技术、模具设计与制造等)专业用教材,也可作为中等专业学校、职工大学和成人教育相关专业的试用教材和工厂技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/郭彩芬,王伟麟主编. —北京:机械工业出版社,
2009.6

高职高专规划教材

ISBN 978-7-111-27114-7

I. 机… II. ①郭… ②王… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 072344 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王海峰 责任编辑:王海峰 章承林

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:陈 沛 责任印制:李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 23.5 印张 · 579 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27114-7

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379756

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了适应科学技术的迅猛发展,配合高职高专院校的课程改革及整合需求,我们组织编写了本教材。该书将原来机械工程类学生要学习的四门必修课(“金属切削原理与刀具”、“金属加工机床”、“机械制造工艺学”和“机床夹具设计”)的教学内容进行了有机的整合。教材内容按照机械制造工艺系统的组成,即刀具→机床→夹具→工件的顺序展开,并紧紧围绕并服务于制造工艺这条主线,层次分明,重点突出,体现了教材的综合性;紧扣钳工、车工和数控工等国家职业标准的要求,强调学生实践能力和动手能力的培养,削减了过多的理论分析内容,增补了机床动态特性及精度检验、零件精度检验、质量管理等方面的内容,进一步拓宽了学生的知识广度,体现了该书的实用性;紧紧围绕先进制造技术的内涵,详细介绍了数控机床、数控刀具系统、数控加工工艺等方面的知识,增加了特种加工技术、制造业信息化、现代制造系统技术等方面的内容,有助于学生了解机械制造技术的发展方向和趋势,体现了教材的先进性;全书的编写强调安全生产、文明操作、“5S 管理”等思想,体现了教材以人为本的理念。

本书绪论、第1章、第6章由昆山登云科技职业学院王伟麟编写;第2章由昆山登云科技职业学院唐建林编写;第3章由昆山登云科技职业学院万婷婷编写;第4章和第8章由苏州市职业大学易飏编写;第5章、第7章、第9章由苏州市职业大学郭彩芬编写。全书由郭彩芬和王伟麟统稿,由郭彩芬定稿。苏州市职业大学杜洁和董志参与了本书部分图表的绘制及书稿的校订工作。

在编写过程中,南京航空航天大学陈富林教授对教材的层次和内容提出了很多宝贵的建议,苏州市职业大学机电工程系领导及多位教师对教材的编写工作给予了大力的支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限及时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,肯请广大读者批评指正,联系邮箱:guocf@jssvc.edu.cn,联系人:郭彩芬。

编 者

目 录

前言

绪论 1

0.1 机械制造技术及其在国民经济中的作用 1

0.2 机械制造技术的现状与发展 1

0.2.1 机械制造技术的现状 1

0.2.2 机械制造技术的发展 2

0.3 机械制造技术的学习内容及方法 3

第1章 机械制造工艺基础 4

1.1 机械制造企业的生产过程 4

1.1.1 企业产品形成过程 4

1.1.2 机械制造工艺 6

1.2 工艺过程及其组成 7

1.2.1 工序 8

1.2.2 安装与工位 10

1.2.3 工步与工作行程 10

1.3 生产纲领与生产类型 11

1.3.1 生产纲领 11

1.3.2 生产类型 11

1.4 机械制造方法 14

1.4.1 去除加工 14

1.4.2 结合加工 16

1.4.3 变形加工 17

1.4.4 改性加工 17

1.4.5 技术检验与产品试验 17

1.5 机械制造工艺系统 18

习题 23

第2章 工艺系统中的工具 24

2.1 工件的加工表面、切削运动与切削参数 24

2.1.1 工件的加工表面与切削运动 24

2.1.2 切削用量和切削层参数 28

2.2 刀具几何参数 30

2.2.1 车刀的组成 30

2.2.2 刀具角度 30

2.3 刀具几何参数的合理选择 34

2.3.1 刃形、刀面形式与刃口形式 34

2.3.2 刀具角度的选择 35

2.4 切削刀具材料 36

2.4.1 对刀具切削部分材料的基本要求 36

2.4.2 常用刀具材料 37

2.4.3 高速切削刀具材料的合理选择 40

2.5 金属切削过程的基本规律 41

2.5.1 金属切削变形 41

2.5.2 切屑的种类及其控制 42

2.5.3 积屑瘤及其预防 43

2.5.4 切削力和切削功率 44

2.5.5 切削热、切削温度和切削液 44

2.5.6 刀具磨损和刀具寿命 46

2.6 常用切削刀具 49

2.6.1 车刀 49

2.6.2 铣刀 51

2.6.3 钻头 55

2.7 数控机床刀具系统 57

2.7.1 数控工具系统 57

2.7.2 数控机床刀具的种类与特点 59

2.7.3 数控车刀的选择 60

2.7.4 加工中心刀具选择 60

2.7.5 加工中心刀柄及其选择 61

2.7.6 选择数控刀具应考虑的因素 61

2.8 砂轮及磨削加工机理 62

2.8.1 砂轮 62

2.8.2 磨削加工机理 65

习题 66

第3章 工艺系统中的机床 67

3.1 机床的分类与型号 67

3.2 机床设备的组成和传动系统 70



3.2.1 机床设备的组成	70	4.5.2 钻床夹具	152
3.2.2 机床的传动系统	73	4.5.3 镗床夹具	156
3.3 卧式车床与数控车床	76	4.5.4 铣床夹具	160
3.3.1 CA6140A 卧式车床	76	4.6 高效机床夹具	162
3.3.2 SSK20A 数控车床	91	4.6.1 数控机床夹具	162
3.4 普通铣床与数控铣床	99	4.6.2 组合夹具	164
3.4.1 概述	99	4.6.3 模块化夹具和随行夹具简介	166
3.4.2 XA6132 铣床	99	4.7 工件在夹具中的加工误差与夹具误差 估算	170
3.4.3 数控铣床	105	4.7.1 工件在夹具中的加工误差的 组成	170
3.4.4 加工中心	106	4.7.2 夹具误差估算	174
3.5 其他机床	107	4.8 专用夹具的设计	175
3.5.1 普通钻床与数控钻床	107	习题	179
3.5.2 磨床	108	第5章 工艺系统中的工件	183
3.5.3 光整加工设备	110	5.1 工件的工艺性分析、审查与工件的结构 工艺性	183
3.6 机床动态特性及机床精度检验	115	5.1.1 工件的工艺性分析与审查	183
3.7 机床设备的选择、调试与维护	116	5.1.2 工件的结构工艺性	184
3.7.1 机床设备的选择	116	5.2 工件难加工的形状	190
3.7.2 机床设备的调试验收	117	5.2.1 薄壁零件的加工	190
3.7.3 机床的使用与维护保养	118	5.2.2 深孔加工	192
习题	118	5.3 工件材料的可加工性	195
第4章 工艺系统中的夹具	121	5.3.1 工件材料可加工性的衡量指标	195
4.1 夹具的功用、组成与分类	121	5.3.2 工件材料可加工性的影响因素	197
4.2 定位原理	123	5.3.3 改善工件材料可加工性的措施	199
4.2.1 定位的概念	123	5.4 机械加工质量	201
4.2.2 定位原理	124	5.4.1 机械加工精度	201
4.3 常见的定位方式与定位元件	127	5.4.2 加工表面质量	206
4.3.1 基准、定位副及定位、夹紧符号 标注	127	5.5 加工误差统计分析	208
4.3.2 常见定位方式及其所能限制的 自由度	131	5.5.1 分布曲线法	208
4.3.3 常见定位元件	133	5.5.2 点图法	213
4.3.4 组合定位	137	5.6 机械振动简介	215
4.4 夹紧装置(夹紧机构)	141	5.7 质量工程及 ISO 9000	217
4.4.1 夹紧装置的组成、分类和基本 要求	141	5.7.1 质量管理的发展史	217
4.4.2 确定夹紧力的基本原则	142	5.7.2 全面质量管理	218
4.4.3 基本夹紧机构	144	5.7.3 ISO 9000	218
4.5 典型机床夹具	148	习题	220
4.5.1 车床夹具	148	第6章 机械制造中的安全与文明	222



6.1 安全生产与工艺纪律	222	实例	278
6.1.1 安全生产概述	222	7.6 工艺设计的技术经济分析	281
6.1.2 切削加工安全操作规程	224	7.6.1 产品工艺方案的技术经济分析	281
6.1.3 切削加工通用工艺守则	226	7.6.2 提高劳动生产率的工艺途径	284
6.1.4 遵守工艺纪律和劳动纪律	228	7.7 典型零件加工	286
6.2 定置管理	230	7.7.1 轴类零件加工工艺	286
6.2.1 概述	230	7.7.2 箱体类零件加工工艺	290
6.2.2 定置管理的基本理论和方法	231	7.7.3 连杆加工	295
6.2.3 定置管理的实施	234	习题	301
6.3 5S 管理	234	第8章 机械产品装配	305
6.3.1 概述	234	8.1 产品结构的装配工艺性	305
6.3.2 “5S 管理”的基本内容	234	8.2 装配阶段的基本要求和基本内容	306
6.3.3 “5S 管理”的实施	236	8.2.1 装配的基本要求	306
习题	237	8.2.2 装配的基本内容	307
第7章 机械加工工艺规程设计	238	8.3 装配精度与装配尺寸链	309
7.1 概述	238	8.3.1 零件加工精度与装配精度的关系	309
7.2 零件的工艺分析	242	8.3.2 装配尺寸链的概念、建立和计算方法	310
7.2.1 零件图分析	242	8.4 保证装配精度的工艺方法	311
7.2.2 零件结构分析	245	8.4.1 互换法	312
7.3 机械加工工艺过程卡片的制订	247	8.4.2 选配法	313
7.3.1 加工方法的选择	247	8.4.3 修配法	315
7.3.2 加工阶段的划分	249	8.4.4 调整法	317
7.3.3 毛坯选择	250	8.5 编制装配工艺规程	319
7.3.4 工序组合原则	252	8.5.1 制订装配工艺规程的原始资料	319
7.3.5 加工顺序的安排	252	8.5.2 制订装配工艺规程的步骤及其内容	320
7.3.6 定位基准选择	253	习题	326
7.3.7 工艺路线的拟定	256	第9章 先进制造技术	328
7.3.8 机床设备与工艺装备的选择	259	9.1 特种加工技术	328
7.4 机械加工工序卡片的制订	260	9.1.1 电火花加工	329
7.4.1 加工余量的确定	260	9.1.2 电火花线切割加工	332
7.4.2 工序尺寸的确定	262	9.2 制造业信息化	335
7.4.3 切削用量的选定	270	9.2.1 制造业信息化的内涵	335
7.4.4 工艺定额	272	9.2.2 CAD/CAPP/CAM	337
7.5 数控加工工艺设计	274	9.2.3 虚拟制造 (Virtual Manufacturing, 简称 VM)	341
7.5.1 数控加工工艺的基本特点和主要内容	274		
7.5.2 数控加工工艺分析	275		
7.5.3 数控加工工序设计	276		
7.5.4 支承套零件数控加工工艺制订			



9.3 现代制造系统技术	344	附录	353
9.3.1 柔性制造系统	344	附录 A 工序加工余量及偏差	353
9.3.2 现代集成制造系统	345	附录 B 支承套零件数控加工程序	361
9.3.3 智能制造系统	348	参考文献	365
习题	351		

绪 论

0.1 机械制造技术及其在国民经济中的作用

制造技术是各种用于生产、装配和制成产品的工业企业中的技术，是将有关资源（物料、能量、资金、人力资源、信息等）按照社会的需求，经济合理地转化为新的、有更高实用价值的产品和技术服务的行为方法和过程。根据我国统计的划分，工业企业由制造、采掘、电力、煤气和水供应等企业构成。制造业可分为机电设备制造、金属冶炼与加工、非金属矿物制品、石油加工、化学制品制造、纺织与服装制造、食品加工与制造、木材及有关产品制造、纸及有关产品制造等企业。由此可以看出，社会是离不开制造业的，它是国民经济的主要支柱。

机械制造技术主要是用于制造机械产品的技术。与其他制造技术一样，机械制造技术的内涵也是随着社会的发展而深化和扩展的。最初的机械制造活动是采用简单工具进行手工制造。随着社会生产力的发展，机械制造活动成为采用机器作为工具的机器制造，并出现了机械化流水线、自动线制造。今天又出现了数控制造、柔性制造、集成制造、智能制造等先进制造技术。

制造是人类生存发展的基础。制造技术是社会谋求发展的一个永恒主题，被各国列入常抓不懈的关键技术。机械制造技术的发展对经济、社会以至文化诸方面的影响是十分巨大和非常深刻的。机械制造业为各行各业提供先进的技术装备，是制造技术中的排头兵。机械制造是拉动国民经济快速增长、促进工业由大变强的发动机；是推进社会主义新农村建设、加强农业基础地位的物质保障；是支持现代服务业顺利发展的物质条件；是加快农业劳动力转移、统筹城乡发展和促进就业的重要途径；是提高人民消费水平、建设小康社会的重要物质基础；是实现国防和军事现代化的基本条件；是创新、设想、科学技术物化的基础和手段；也是加速发展科教、文化、卫生事业的重要物质支撑。

0.2 机械制造技术的现状与发展

0.2.1 机械制造技术的现状

继中国实行改革开放政策，尤其是加入世界贸易组织后，世界制造业的重心正在向中国转移，中国已成为制造大国，并逐步从制造大国发展成制造强国。尤其是最近几年，我国机械制造业对国民经济生产总值的贡献率不断提高，为各行业提供设备的比重日益增多，具有自主创新、自主知识产权的机械产品不断涌现。但我们必须清醒地认识到，虽然我国是世界制造大国，但还不是制造强国。中国的制造技术基础较弱，产品仍以低端为主，制造过程的资源消耗较大、污染较严重。“天下兴亡，匹夫有责”，我们要认清发展形势，努力提升我



国制造业的技术水平,为全面建设小康社会提供有力的技术和装备支撑,为在 21 世纪中叶成为世界科技强国奠定基础。

0.2.2 机械制造技术的发展

制造技术的发展日新月异,制造技术与信息技术、计算机技术、微电子技术、光伏技术、材料技术、控制技术、传感技术、现代管理技术的交叉、融合与发展,逐步形成了先进制造技术的框架。制造技术不仅仅是一门技术、一门科学,而且还是一种艺术、一种文化。

先进制造技术广泛融合了各种高新技术,正朝着信息化、极限化、绿色化的方向发展。它的发展以及由它生产的产品将体现出以下特点:

1) 极端化。在极端条件或极端环境下,制造出极大或极小的极端尺寸、极快或极慢的极端速度、极强或极弱的极端功能的产品。如超高速切削、超精密制造、微纳制造、巨系统制造、强场制造、微机电系统产品等。

2) 集成化。利用系统集成、协同技术,将多种学科、技术进行渗透、融通、集成和整合,其科技含量高,涉及的领域广,拥有的功能多。如集驱动、传感、控制、执行等功能于一体的机敏结构系统、机电一体化产品、生物芯片等。

3) 数字化。数字技术具有精确稳定、易复制、处理方便等优点。数字化是将信息化与工业化融合,用计算机信息技术改造传统技术和产业的先进手段;数字制造已成为推动 21 世纪制造业向前发展的强大动力。

4) 高效化。效率优先是社会生存的法则,先进制造技术也追求在单位时间内具有较高的效率。如产品设计制造中施行的并行工程、敏捷制造、快速成形技术、高速机床等。

5) 自动化。它在运行过程中,不需要人们过多的参与,能根据预先设定好的程序,自动地完成预定的任务,如半自动机床、自动机床、自动生产线等。

6) 柔性化。其自身适应性强,变换灵活,能迅速满足外界变化要求,如柔性夹具、柔性基础、柔性制造系统。

7) 智能化。它又称傻瓜式,具有一定的“思维”能力,在场境、条件、参数变化时,能模仿人脑功能,自我分析、判断、学习,并能协调和处理发生的问题,自动适应变化,自律运动,因此它对操作人员的要求较低,如智能导航仪、智能机器人等。

8) 小型化。在实现同样功能条件下,小型化的产品一般具有精度高、重量轻、材料省、能耗低、节省资源、占有空间小、隐蔽性强、携带运输方便等优点,如微机电系统、纳米卫星等。

9) 模块化。它综合了功能分割技术、接口技术和可重构技术,科学地将系列产品划分成模块,再选用相应的模块,迅速地重构能满足用户不同需求的产品。模块化能较好解决多品种、低成本、短周期之间的矛盾;也是在“小批量、多品种”要求下,组织集约型生产的有效途径。

10) 网络化。利用信息网络技术平台,进行异地信息联网,实现资源共享。充分调动各自的积极因素,优势互补,并行作业,远程调控,发挥个体在群体中的协同作用。

11) 个性化。社会市场正从大众化市场向小众化市场发展,因此产品也必须根据不同的市场和用户需求,敏捷地生产出贴合用户要求、富有个性化的产品,满足用户对产品求新求异的心理。



12) 人性化。人性化的产品应是技术和艺术、文化的高度完美统一, 实现人机和谐。它使用安全、卫生、可靠、舒适、得心应手, 能满足人们日益增长的生活、消费和审美情趣的要求。

13) 绿色环保化。产品具有绿色、环保、清洁、节能和可持续发展的理念, 它在生产、使用阶段, 以及寿命周期后的处理, 都突出低污染、低消耗、减量化、再利用、再循环等特点, 如资源循环型制造、再制造技术等。

0.3 机械制造技术的学习内容及方法

机械制造技术主要是研究采用机械制造的手段生产产品的制造原理、制造方法和制造过程的工程技术。本课程结合发达地区的一些成果, 紧紧围绕机械制造技术, 介绍了机械制造工艺基础概念; 从机械加工工艺系统入手, 深入分析组成机械加工工艺系统的工具(刀具等)、机床设备、夹具和工件等系统要素; 根据企业工艺工作的实际情况, 围绕设计机械加工工艺规程、机械装配工艺规程的核心, 阐明了相关的实用知识和技能; 提出了成为机械制造企业员工, 必须具备的安全文明生产等职业素质要求; 最后介绍了特种加工技术、制造业信息化及现代制造系统技术等先进制造技术。

通过对本课程的学习, 要求:

- 1) 了解企业的生产过程及机械制造方法。
- 2) 掌握机械加工工艺系统及组成系统要素的工具(刀具等)、机床设备、夹具、工件等相关方面知识, 并能运用这些知识, 分析、处理和解决一般技术问题。
- 3) 掌握机械制造工艺规程的基础知识, 能够设计中等复杂程度的机械加工工艺规程和机械装配工艺规程。
- 4) 了解机械制造企业的安全文明生产和操作守则, 注意培养职业素质。
- 5) 拓宽机械制造技术知识空间, 吸收先进制造技术知识。

机械制造技术是实践性、实用性、综合性、经验性、专业性、工程性很强的学科。因此, 在注意掌握基本概念和基本方法的同时, 要注重联系实际, 注重积累实际经验和知识; 做到学、想、练、做结合, 在学习机械制造专业知识、专业技能和职业素质中, 不断提升分析、处理、解决实际问题的能力。

第1章 机械制造工艺基础

机械制造技术是一个永恒的主题,是各种创新思想物化的基础和手段,是国家综合实力的体现。工艺技术是制造技术的重要组成部分,是制造技术的核心、灵魂和关键,是生产中最具活力的因素。因此,应该重视学习和掌握工艺技术。

1.1 机械制造企业的生产过程

机械制造技术是企业采用机械制造手段,生产产品的技术。了解企业的产品形成过程和生产过程,有助于熟悉企业,有助于全面了解机械制造技术在生产过程中的作用和地位;能帮助我们迅速进入工作角色,清楚生产过程内容和重点,互相主动配合、协调工作,出色完成生产任务。

1.1.1 企业产品形成过程

1. 产品形成过程

产品是劳动的产物,它分为有形的产品和无形的产品(服务)。产品通过市场活动,实现其使用价值。机械制造企业生产的产品是有形的产品,一般会经过“产品研发→产品制造→产品销售”的形成过程。

(1) 产品研发 产品研发从调研及分析入手。在了解用户的需要、要求和愿望时,常用情境分析法(情节设想和分析法),对社会趋势(S)、经济力量(E)、技术进步(T)三种因素进行描述分析,得到有高研发价值的产品概念。

接着对准备研发的产品,进行可行性分析和决策。有些按特殊订单直接供货给用户的产品,产品订单和产品技术协议书,则是决策的重要依据。

经过决策批准后,就可对产品进行设计。产品的设计过程一般要经历由方案设计(初步设计)、技术设计、施工图设计(工作图设计)依次组成的三个阶段,因此称“三段设计”。有些企业则将产品设计划分为功能设计、形态设计(工业设计)、结构设计三个阶段。对某些产品可借助数学建模、正交试验等,进行由系统设计、参数设计、公差设计依次组成的新产品设计。

信息技术、互联网技术、数值分析技术、数控技术等迅猛发展,推动了数字化设计技术在大型机电产品如汽车、飞机等方面的应用,并取得了巨大的效益。

如美国波音-西科斯基公司,在设计制造 RAH—66 直升机时,使用了全任务仿真的方法进行设计和验证,通过使用数字样机和多种仿真技术,花费 4590h 仿真测试时间,却省去了 11590h 的飞行时间,节约经费总计 6.73 亿美元,获得了巨大收益。同时,数字式设计使得所需的人力减到最少。在 CH—53E 型直升机设计中,38 名绘图员花费 6 个月绘制飞机外形生产轮廓图,而在 RAH—66 直升机设计中,1 名工程师用 1 个月就完成了。

因此,未来机械产品设计领域的目标是实现产品 100% 数字化定义、100% 数字化预装



配、基本取消实物样机。

(2) 产品制造 产品制造一般分为工艺设计和加工制造两个阶段。

工艺设计是依据产品图样、技术条件、技术标准,根据企业生产条件、批量、生产周期等,确定工艺方案、工艺路线、设计工艺规程和工艺装备、编制工艺定额等方面的工作。

加工制造是制造企业最基本的职能。它是根据产品图样、工艺文件、技术标准、生产纲领,编制计划、组织生产(准备原材料和毛坯等),进而采用规定的工艺手段,把原材料、半成品转变成产品。

(3) 产品销售 产品销售是联系企业生产制造与社会需要的纽带,是提高企业经济效益的直接手段。企业通过一系列营销手段,向消费者提供“有用的、好用的、并且希望拥有的产品”,实现产品的价值和使用价值。

应引起注意的是,现代制造企业的价值链呈现为两端(研发、销售)的附加价值高,中间(制造)的附加值低的弧形“微笑曲线”。著名经济学家吴敬琏指出:“所谓先进制造业,就是在微笑曲线中包括很多两端业务的制造业。”

2. 机械制造企业是个变换器

产品生产过程是运用六大要素(人、资金、能量、信息、材料、机械),从原材料进厂开始到成品出厂的全部劳动过程。若从加工制造的视角,系统考察机械制造企业,企业也就成了将原材料转变成成品的“变换器”,如图1-1所示。

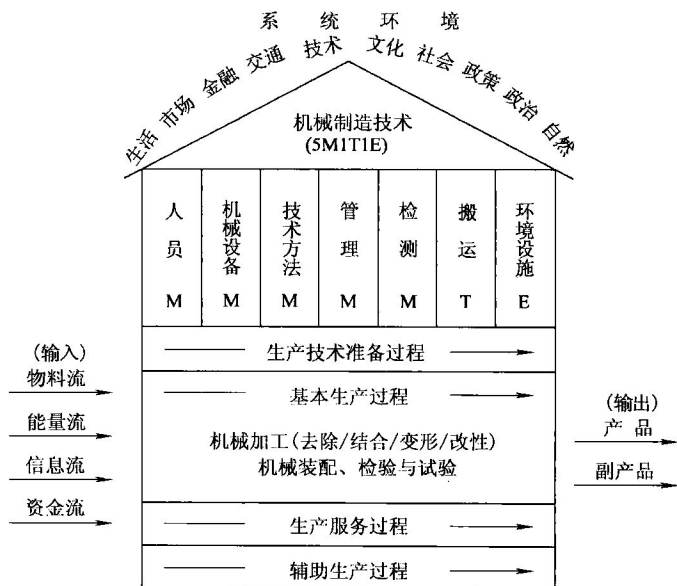


图1-1 机械制造企业是个“变换器”

要形成一个制造企业,它必须拥有人员(Man)、机器设备(Machine)、技术方法(Method)、管理(Management)、检测(Measurement)、搬运(Transport)和环境设施(Environment)(包括厂房)(5M1T1E)七大必备要素。它的输入就是所谓的物料流(原材料、外购件、辅助材料等)、能量流(电力、煤、油、气、水等)、信息流(市场、订单、用户、技术、协作、管理等信息)、资金流(启动资金、销售产品后回馈的增值资金、信贷资金、社会融资等)。企业的输出是指企



业生产的产品(成品)和副产品(延伸品、专利技术、产品服务、报表及企业信息、企业品牌、工业废品等)。此外,企业必须在合适的环境(生活、市场、金融、交通、文化、技术、政治、政策、社会、自然等)条件下才能正常运作。

机械制造企业的生产过程,包括产品设计、工艺设计、工艺装备(专用刀具、夹具、模具、量具、检具、辅具、钳工工具和工位器具)设计、设备调整、劳动组织安排、新产品试制与鉴定、编制工艺定额等生产技术准备过程;包括工件的机械加工(去除加工、结合加工、变形加工和改性加工)、机械装配、检验与试验等基本生产过程;包括原材料及半成品的供应搬运和存贮、产品包装和配送等生产服务过程;还包括加工设备的维修、专用夹具与工艺装备制造,以及动力(电力、煤、油、煤气、压缩空气、乙炔、工业用氧、蒸汽、水等)供应等辅助生产过程。

1.1.2 机械制造工艺

机械制造企业是主要用机械制造工艺手段生产产品的企业。机械制造工艺工作是企业产品制造过程中的中心工作,整个生产过程中始终贯穿着工艺活动。

1. 机械制造工艺的含义

做事情,就是利用相应的“资源”,采用相应的“方法”,使“事情”从先期状态,在“事情”、“方法”和“资源”特定的互动“过程”中,转变成另一种期望的状态。做事的“做”,就是企业中常说的“工艺”。因此,所谓工艺,就是使各种原材料、半成品成为成品的方法和过程。

同一产品,可以用不同的“工艺”,不同的“方法”和“过程”来获得。但这些“方法”和“过程”对产品质量及其稳定性的影响,对产品的产出速度,对单个产品消耗资源总量、成本和效益等,都是不同的。因此,国内外制造企业都非常重视工艺工作。产品的样机可以引进,可以通过反求工程(逆向工程)将产品样机转化成产品图样。但是制造产品的工艺,尤其是一些“绝招”和“绝技”——技术秘密(know-how),是不轻易传授的。

机械制造工艺,是各种机械制造方法和过程的总称,是实现产品设计、保证产品质量、节约能源、降低消耗的重要手段,是企业进行生产准备、计划调度、加工操作、安全生产、技术检查和劳动组织的技术依据。工艺管理是企业管理的重要组成部分。

2. 企业工艺工作范围

企业工艺工作主要包括工艺技术与工艺管理两个方面。具体内容有:编制工艺发展规划(工艺措施规划与工艺组织措施规划);开展工艺技术的试验研究和开发;组织新产品开发与老产品改进的工艺考察;审查产品设计的工艺性,分析与审查产品结构工艺性;制订新产品的工艺方案;设计工艺路线;设计工艺规程和其他有关工艺文件;进行生产现场工艺管理,管理和贯彻工艺文件(包括工艺规程等工艺文件);编制工艺定额(材料定额与劳动定额);设计制造专用工艺装备;参与新产品试制;验证工艺和工艺装备;工艺总结与工艺整顿;制订明确各类工艺人员的职责与权限的各种工艺管理制度和工艺纪律,进行工艺纪律管理;贯彻与制订工艺标准,开展工艺标准化工作;制订工艺技术改造方案,组织开展工艺方面的技术创新、合理化建议、新技术推广与交流、工艺情报管理、工艺信息管理工作。

企业工艺工作的基本目标是以可靠、先进、合理、绿色环保的制造工艺,保证及时、稳



定地生产出质优、低耗的产品。

3. 工艺方案与工艺路线

(1) 工艺方案 工艺方案又称工艺过程方案,它是根据产品设计要求、生产类型和企业的生产能力,提出工艺技术准备工作具体任务和措施的指导性文件。工艺方案是工艺准备工作的总纲,它指出产品试制中的技术关键及解决方法;规定各项具体工艺工作应遵循的基本原则,应达到的各项先进合理的技术经济指标。

在工艺方案中,它要根据产品性质(创新、仿制、基型、变型),规定试制和生产中达到的质量指标;根据生产类型,确定产品的生产组织形式和工艺路线安排原则;根据产量多少,确定产品专用工艺装备系数(产品专用工艺装备与产品专用件种数的比值);根据生产方式(连续、轮番、长期、临时),确定生产周期和投料方式;提出工艺规程编制原则;提出对毛坯加工的要求,确定材料利用率指标;提出在加工技术(切削加工、机械装配、工艺装备设计等)上,应遵循的原则。

(2) 工艺路线 工艺路线是产品除外购件以外的全部零(部)件,在由毛坯准备到成品包装入库的生产过程中,所经过的各有关部门(科室、车间、工段、小组或工种)或工序的先后顺序。工艺路线常以表格形式出现。一般它分为经过企业有关生产部门(车间)的“工艺路线表”,或经过各相关加工工序的“工艺路线表”。

工艺路线是确定工艺过程、编制工艺规程和分车间加工的依据,供工艺部门、生产计划调度部门使用。在国家机械行业标准 JB/T 9165.3—1998《管理用工艺文件格式》中,规定了工艺路线表的格式及填写规则。

1.2 工艺过程及其组成

机械加工工艺过程是用机械加工方法来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。一个零件、一件产品往往要经过不同的工艺阶段(毛坯准备、粗加工、半精加工、精加工、精整加工和光整加工、机械装配、包装储运),使用不同工艺方法和设备,经过若干位工人的通力协作才能制成。为了便于组织和管理,企业将工艺过程分解为若干个顺序排列的工序(见图 1-2)。

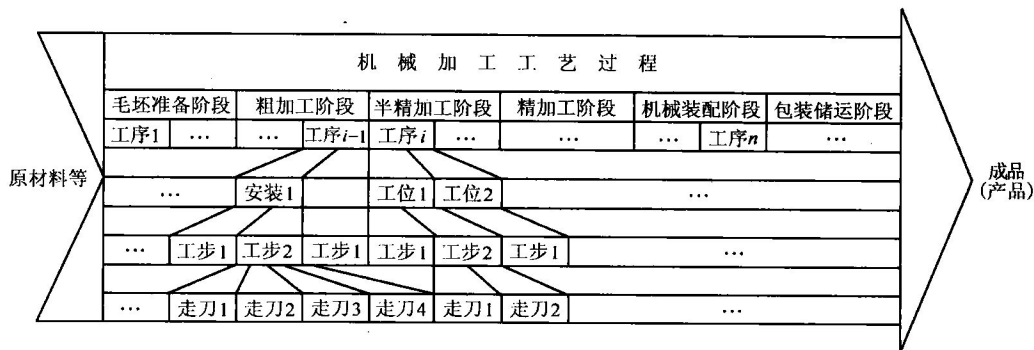


图 1-2 机械加工工艺过程



1.2.1 工序

1. 工序及其划分

图 1-2 中反映了工艺过程与工序之间的关系。工艺过程是所需工序有序的集合；工序是组成工艺过程的基本单位，每道工序对应一种特定的工艺方法。工艺过程与工序之间的关系也可用下式表达：

$$\text{工艺过程} = \sum_{i=1}^n \overrightarrow{\text{工序}_i}$$

式中，工艺过程是由 n 道工序集合组成，各工序的先后次序必须按照该工艺过程规定的顺序排列，上式“ 工序_i ”上面的“ $\rightarrow$ ”符号，就是强调工序间的有序性。

工序，是一个(或一组)工人，在一个工作地，对同一个(或同时对几个)工件(或部件)所连续完成的那一部分工艺过程(生产活动)。

如何判别工艺过程是否属于同一个工序，主要是考察这部分工艺过程是否满足“三同”和“一个连续”。

所谓“三同”，就是指：①同一个(或同一组)工人：指同一技术等级的工人；②同一工作地点：指同一台机床(或同一精度等级的同类型机床)、同一个钳工台或同一个装配地点；③同一个工件(劳动对象)：同一零件代号的工件(或部件)。

所谓“一个连续”，就是指同样的加工必须是连续进行，中间没有插入另一个工件的加工；如果其中有中断，则不能作为一个工序。

同一零件，同样的加工内容，可以有不同的工序安排。工序安排与工序数目的确定，与零件的数量、技术要求、现有加工条件、经验和习惯等有关。单件小批生产时常用连续加工，工序数目较少；大批量生产时会安排成不连续加工，工序数目较多；采用数控机床加工时，工序数目也会安排得少些。

例如，加工具有 A 、 B 两个不同直径尺寸的阶梯轴(见图 1-3a)，不同生产批量，会有不同的工序安排。单件生产时(见图 1-3b)，将工件先加工出 A 圆柱面，再加工出 B 圆柱面；它在一次安装中可加工完成，但需重新对刀。大批量生产时，若采用高效率的专用机床夹具，将会大大缩短工件装夹时间，造成调整刀具时间超过装夹时间。这时，可先加工出整批工件的 A 圆柱面；再调整刀具，整批加工 B 圆柱面(见图 1-3c)。由于同一工件上的 A 、 B 面不是连续加工的，因此它是用两道工序完成的。

从图 1-3c 看出，分两道工序加工的优点是不需要每次调整刀具，且省去了装夹用的料头，用料省，但增加了安装次数。采用图 1-3c 加工方式加工 B 圆柱面时，也许仍是同一位工人操作，安排在同一台机床上完成加，工作地也没有变，但因 A 、 B 面加工之间有中断，集中加工完该批工件的 A 面，然后再集中加工 B 面，所以仍是两道工序。

当然，在单件加工时，也可采用图 1-3c 分两次安装来完成对阶梯轴的加工；根据“三同”和“一个连续”判别原则，它仍属于一道工序，只是在该工序中用了两次安装。

由此可见，操作工人、工作地(设备)是否变动，对该工件的作业(生产活动)是否连续，是区分工序的主要依据。

由此可知，在工艺过程中，采用一种方法，就需安排一道工序。企业为此要留出一定的作业空间，配备一种加工设备，安排一个(或一组)工人去操作。只有一一确定了工件加工

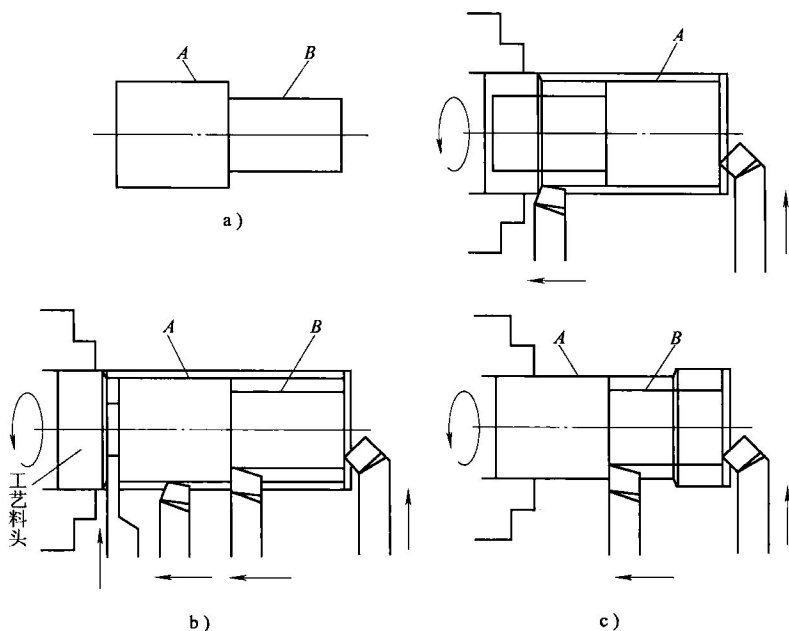


图 1-3 阶梯轴加工

a) 阶梯轴 b) 一次安装完成的单件加工 c) 多工序大批量加工

工序,才能估算出各工序所需要的时间(工时),估算出产品的生产周期等。因此,工序不仅是组成工艺过程的基本单位,也是生产计划的基本单元。正确地划分工序,是合理安排工艺路线的重要条件,也是配置设备、定置设备位置、划分作业区、配备工人、制定劳动定额、计算劳动量、测算成本、编制生产作业计划、安排质量控制点的重要依据。

2. 工序的分类

在机械加工工艺过程中,按工序的性质,工序可分为:

1) 工艺工序。它是工人利用劳动工具改变劳动对象的物理和化学性质,使之成为产品的工序。根据相关的过程参数对最终产品的影响程度的大小,可分为一般工序、重要工序和关键工序。关键工序是那些对产品质量起决定性作用的,直接明显影响最终产品质量的工序。根据工艺工序对劳动对象作用的主次程度,又可分为主体工序(如冲压、车削、铣削)和辅助工序(如去毛刺、除锈)。

2) 检验工序。对原材料、半成品和成品等进行质量控制(检验/评估)的工序。检验工序不仅能区分出合格件与不合格件,实现不合格的原材料不投产,不合格的工件不转工序,不合格的产品不出厂,将不合格品隔离在生产线之外,还能收集生产线的质量信息,为测定和分析工序能力,监督工艺过程,改进工艺质量提供可信依据。

3) 运输工序。在工艺工序之间、工艺工序和检验工序之间,搬运输送原材料、半成品和成品的工序。把原材料、半成品制造成产品,一般不可能用一道工艺工序就能完成。因此,运输工序是实现工艺流程,联系前后工序的纽带,能使前工序的“使用价值”,在后工序中得到体现,是保障工艺过程顺利连续完成的必要手段。



1.2.2 安装与工位

在图 1-2 中, 可以看出, 工序的进一步细分, 就是安装与工位。

1. 安装

有些工件在某道工序加工时, 需要经过几次不同的安装。所谓安装, 是指工件经一次装夹后所完成的那一部分工序。

一般说来, 工件在同一安装中完成的若干加工表面, 这些加工表面之间的位置精度, 相对于用多次安装获得相同表面的位置精度要高些。在加工中心上, 工件只要一次安装, 就能完成多个表面加工, 因此它能加工出较高位置精度要求的工件。

2. 工位

为了完成一定的工序内容, 工件一次装夹后, 工件或装配单元与夹具或设备的可动部分, 一起相对于夹具或设备的固定部分, 所占据的每一个位置, 叫做工位。也就是说, 机械加工的某道工序中, 工位就是借助于转位、移位工作台或转位夹具, 工件在机床上占据的每个位置。如多轴车床、多工位机床上, 工件在机床上需要经过好几个工作位置进行加工, 它的每一个位置都是一个工位。图 1-4 是多工位加工的实例。工件装夹在转位工作台上, 分别在 1、2、3、4 四个工位上完成装卸工件、钻孔、扩孔、铰孔工作。一般说来, 工位多, 相应安装次数就少, 生产率就高。

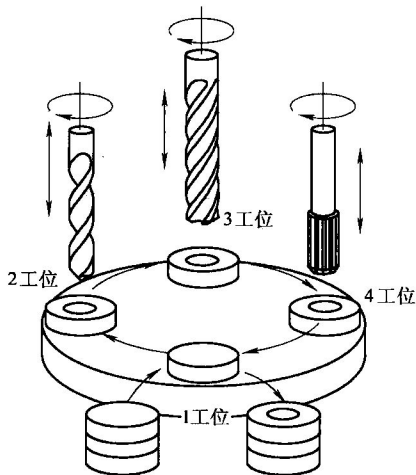


图 1-4 四工位加工

1 工位—装卸工件 2 工位—钻孔
3 工位—扩孔 4 工位—铰孔

1.2.3 工步与工作行程

1. 工步

在一道工序中, 往往需要使用不同的刀具和选用不同的切削用量, 对不同的表面进行加工。为了便于对较复杂的工序进行研究, 便于在相邻工序间通过合并和分解, 重新组成工序, 就需要将工序细分为工步。

工步是在加工表面(或装配时的连接表面)和加工(或装配)工具不变的情况下, 所连续完成的那一部分工序。

构成工步的任何一个因素(加工表面、切削刀具)改变后, 便成为另一个新的工步。如果工步中须停机重新调整切削用量, 它就破坏了“所连续完成的那一部分工序”, 因此就分成了两个工步。

若用几把刀具同时分别加工几个表面, 这种工步称为复合工步。在图 1-5 所示复合工步中, 将六把铣刀组合起来, 对

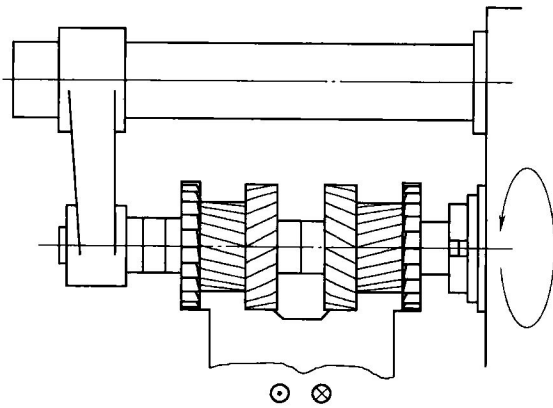


图 1-5 采用组合铣刀的复合工步