

普通高等教育“十三五”规划教材

制造技术训练教程

Manufacturing Technology Training Coursebook

付 铁 马树奇 ◎ 主编

普通高等教育“十三五”规划教材

制造技术训练教程

Manufacturing Technology Training Coursebook

付 铁 马树奇 © 主编

内 容 简 介

本书是根据教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会编制的《机械制造实习课程教学基本要求》和教育部高等学校工程训练教学指导委员会课程建设组关于《高等学校工程训练类课程教学质量标准》的精神,基于中国工程教育专业认证标准,结合多年教学研究与改革成果和经验而编写的。

全书着眼于学生实践能力、综合素质与创新意识的培养,注重知识体系的系统性和完整性,共分为五篇18章,涵盖了制造技术基础知识、材料成型技术训练、切削加工技术训练、现代制造技术训练以及综合与创新训练等五大方面的内容。附录给出了制造技术相关术语的中英文对照表。

本书可作为高等学校机械类、近机械类、非机械类等专业的教学用书,也可供高职高专、成人教育相关专业或有关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

制造技术训练教程 / 付铁, 马树奇主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018.7
ISBN 978-7-5682-5838-8

I. ①制… II. ①付… ②马… 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 146155 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

刷 印 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 25

字 数 / 575 千字

版 次 / 2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 58.00 元

责任编辑 / 多海鹏

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

近年来,在国家创新驱动发展战略、中国制造 2025、新工科以及工程教育专业认证等新形势与背景下,实践创新能力的培养成为高校人才培养的一项重要任务。“制造技术训练”作为一门实践性很强的技术基础课,是培养大学生实践能力和创新意识的必经之路,也是高校实施实践育人的重要途径。

本书是北京理工大学出版社组织编写的“工程训练系列规划教材”之一,是编者根据教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会编制的《机械制造实习课程教学基本要求》和教育部高等学校工程训练教学指导委员会课程建设组关于《高等学校工程训练类课程教学质量标准》的精神,基于中国工程教育专业认证标准,并在北京理工大学新版本本科教学培养方案、教学计划以及多年教学研究与改革成果和经验的基础上编写的。

本书注重知识体系的系统性和完整性,既包括传统的车削、铣削、钳工、铸造、锻压以及焊接等经典内容,又包括数控加工和特种加工等现代制造技术训练内容,还增加了制造技术相关术语的中英文对照表,共涵盖制造技术基础知识、材料成型技术训练、切削加工技术训练、现代制造技术训练以及综合与创新训练等五大方面的内容。同时,在强调制造技术认知和技能训练的同时,也侧重于综合能力训练及创新意识的培养。本书还包含了大量的训练实例。

参加本书编写的有:付铁(第一章、第十一章、第十五章、第十六章、第十七章、第十八章的一部分)、马树奇(第二章、第八章、第十三章)、郑艺(第三章、第四章、第五章)、王本鹏(第六章、第七章)、庞璐(第九章、附录)、殷莹(第十章)、高守锋(第十二章)、李春阳(第十四章第一、二、三节和第六节第一部分)、李占龙(第十四章第四、五节和第六节第二、三部分)、屈伸(第十八章第二节第三部分)。全书由付铁、马树奇、郑艺负责统稿,由付铁、马树奇担任主编。本书在编写过程中参考了一些同类书籍、相关著作及学术论文,在此向作者表示诚挚的谢意。

北京理工大学出版社对本书的出版给予了极大的支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中缺点、误漏等欠妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

CONTENTS

第一篇 制造技术基础知识

第一章 绪论	003
第一节 概述	003
第二节 产品制造基础知识	005
第三节 制造技术训练的基本要求	008
第二章 制造技术训练安全知识	010
第一节 概述	010
第二节 现行关于安全生产的主要法律规定	011
第三节 工业安全法规	012
第四节 安全用电标准	016
第五节 工业生产安全规定	017
第六节 机械制造安全生产标准	022
第三章 工程材料基础知识	028
第一节 概述	028
第二节 金属材料	028
第三节 非金属材料	035
第四节 复合材料	039
第五节 热处理及表面处理技术	042
第六节 材料的选用原则	044

第二篇 材料成型技术训练

第四章 液态成型技术	049
第一节 概述	049

第二节	液态成型基本原理	049
第三节	砂型铸造	053
第四节	特种铸造	062
第五节	液态成型技术训练实例	068
第五章	塑性成型技术	070
第一节	概述	070
第二节	塑性成型基本原理	071
第三节	锻造成型	075
第四节	冲压成型	080
第五节	其他塑性成型方法	082
第六节	塑性成型实训实例	084
第六章	连接成形技术	086
第一节	概述	086
第二节	连接成型的基本原理	086
第三节	焊接成形	087
第四节	焊接缺陷与质量检测	102
第五节	其他连接成形技术简介	108
第六节	连接成形训练实例	109
第七章	其他材料成型技术	111
第一节	概述	111
第二节	非金属材料成型	111
第三节	粉末冶金材料成型	116
第四节	复合材料成型	119

第三篇 切削加工技术训练

第八章	切削加工基础知识	125
第一节	概述	125
第二节	切削运动与切削用量	126
第三节	刀具的结构与材料	128
第四节	零件加工的技术要求	136
第五节	质量检验与常用量具	142

第九章 车削加工技术	147
第一节 概述	147
第二节 车床及车床附件	148
第三节 车刀与车刀的安裝	156
第四节 常见车削加工方法及基本操作	159
第五节 典型零件的车削工艺	169
第六节 车削加工训练实例	172
第十章 铣削加工技术	175
第一节 概述	175
第二节 铣床及铣刀	176
第三节 铣削附件及工件的安裝	183
第四节 铣削方式与铣削用量	187
第五节 常见铣削加工方法及基本操作	190
第六节 铣削加工训练实例	196
第十一章 磨削加工技术	199
第一节 概述	199
第二节 磨具	200
第三节 常见磨削设备	204
第四节 常见磨削加工方法及基本操作	206
第五节 其他磨削加工方法简介	209
第六节 磨削加工训练实例	212
第十二章 钳工技术	214
第一节 概述	214
第二节 划线	214
第三节 锯削	218
第四节 锉削	221
第五节 錾削	224
第六节 刮削	226
第七节 孔加工	229
第八节 螺纹加工	235
第九节 钳工训练实例	238
第十三章 其他切削加工技术	241
第一节 刨削加工	241

第二节	插削和拉削	245
第三节	镗削加工	247
第四节	刨削加工训练实例	250

第四篇 现代制造技术训练

第十四章	数控加工技术	257
第一节	概述	257
第二节	数控加工编程基础	261
第三节	数控车削加工	267
第四节	数控铣削加工	276
第五节	加工中心简介	292
第六节	数控加工训练实例	295

第十五章	特种加工技术	308
第一节	概述	308
第二节	电火花加工技术	309
第三节	激光加工技术	318
第四节	3D 打印技术	322
第五节	超声波加工技术	326
第六节	电解加工技术	328
第七节	电子束和离子束加工技术	329
第八节	水射流加工技术	330
第九节	特种加工训练实例	331

第十六章	其他现代制造技术简介	335
第一节	概述	335
第二节	现代加工技术	336
第三节	制造自动化技术	340
第四节	先进制造模式与管理技术	343

第五篇 综合与创新训练

第十七章	综合与创新训练基础知识	349
第一节	概述	349
第二节	创新意识与创新思维	350
第三节	创新技能及常见创新方法	352

第十八章 综合与创新训练实例	357
第一节 概述	357
第二节 机械类作品的综合与创新训练案例	357
第三节 学科融合类作品的综合与创新训练案例	367
附录 制造技术训练名词术语中英文对照表	379
参考文献	386

第一篇

制造技术基础知识

第一章

绪 论

内容提要：本章介绍了与制造技术相关的基本概念、发展历程和发展趋势、产品开发的一般流程、机械制造基础知识，以及制造技术训练课程的性质、教学目标、教学内容和教学要求等。

第一节 概 述

一、“制造”相关的几个概念

制造的历史由来已久。大量的考古学证据表明，距今 50 万~60 万年的北京猿人就开始使用带刃口的砍砸石器，而金属材料的机械加工从青铜器时代就已经开始出现，如商代的青铜钻，春秋时期的青铜刀、锯等。可以说，制造随着人类的诞生而出现，并在人类的进步中得到发展。“制造”一词早在我国古代就出现过。例如，“摹写旧丰，制造新邑”（晋潘岳的《西征赋》）中的“制造”有“建造、制作”之意。再如，“徽宗崇宁四年，岁次乙酉，制造九鼎”（宋吴曾的《能改斋漫录·记事一》）中的“制造”有“制作、将原料加工成器物”之意。

随着社会的进步，制造的概念也是一个不断演变和发展的过程，有狭义和广义之分。狭义上的制造是使原材料在物理性质和化学性质上发生变化而转化为产品的过程，即产品的制作过程。而广义上的制造（也称“大制造”）则是指产品的全生命周期活动过程。当前以国际生产工程学会（CIRP）在 1990 年给出的定义较为流行，即制造是涉及制造工业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务的一系列相关活动与工作的总称。其功能常可通过制造工艺、物料流动、信息流动和资金流动等过程实现。

制造技术（Manufacturing Technology）是指制造活动中所涉及的技术总称，其包括的内容非常丰富。传统制造技术仅强调工艺方法和加工设备，而现代制造技术还强调设计方法、生产组织模式、制造与环境的和谐统一、制造的可持续性以及与其他科学技术的交叉与融合，等等。

制造业（Manufacturing Industry）是指利用制造技术将制造资源（物料、能源、设备、工具、资金、信息、人力等）通过制造过程转化为可供人们使用和消费的产品行业。制造业涉及的领域非常广泛，按照行业可划分为机械制造、仪器仪表制造、食品制造、化工制造、冶金制造、电子产品制造、医药制造等数十种。目前，制造业已成为支撑国民经济和提高综合国力最为重要的产业之一。

二、制造技术的发展历程

制造技术的发展与社会、政治、经济和科技等因素有关,但最主要的还是科学技术及市场推动。制造技术的发展历程主要可分为以下几个阶段。

(1) 萌芽时期。从石器时代开始到第一次工业革命以前,人们制作工具、机械等主要用于满足以农业为主的自然经济需要,采用作坊式手工业的生产方式。

(2) 工场式生产时期。18 世纪中后期,第一次工业革命的爆发,促进了制造技术的飞速发展,出现了制造企业的雏形(工场式生产),完成了从手工作坊式生产到以机械加工和分工原则为基础的工厂生产的转变。该时期发明和出现了如金属车床、龙门刨床、卧式铣床、镗床、六角车床、颚式破碎机等多种设备。

(3) 工业化规模时期。19 世纪中后期,第二次工业革命迎来了电气化时代,制造技术通过与电气技术的融合,实现了批量生产、工业化规范生产的新局面。

(4) 刚性自动化时期。20 世纪初,大批量流水线和泰勒式工作制的广泛应用,极大地提高了生产率。特别是第二次世界大战期间,以降低成本为目的的刚性、大批量自动化制造技术和科学管理方式得到了很大的发展。

(5) 柔性自动化时期。“二战”后到 20 世纪 70 年代,以计算机、微电子、信息和自动化为代表的技术的迅速发展,推动了生产方式由大批量生产自动化向多品种小批量柔性生产自动化转变。同时,一些先进的生产管理模式(如准时制生产、全面质量管理等)出现并得到应用。

(6) 集成化和信息化时期。20 世纪 80 年代以来,产品市场的全球化和用户需求的多样化,加剧了市场竞争。同时,由于计算机、电子、信息、材料以及网络等技术的发展,出现了很多新的设计方法、制造技术、制造系统及制造模式。如计算机辅助设计、纳米加工技术、计算机集成制造系统、敏捷制造、智能制造及绿色制造,等等。

三、制造技术的发展趋势

21 世纪以来,受经济全球化的影响,制造业不断面临新的挑战 and 机遇,制造技术也处在逐步趋于完善与发展的过程中。为适应经济全球化、市场竞争激烈化以及高新技术发展需求,制造技术正朝着精密化、极致化、柔性化、数字化、信息化、集成化、绿色化以及智能化等方向发展。具体体现在以下几方面:

(1) 现代设计技术。产品设计是制造业的关键,现代设计技术正在向多目标规划设计,涵盖产品全生命周期的系统化设计,并综合考虑技术、经济、社会、安全、美学等因素的极致化设计及网络化设计和绿色设计等方向发展。

(2) 现代加工技术。加工技术正在向超高速切削技术、超精密加工技术、微细加工技术、纳米加工技术、特种加工技术、成型及改性制造技术、绿色制造技术、生物制造技术以及 3D 打印技术等新的现代制造工艺方向发展,而与之相应的制造装备也随着加工工艺的发展而不断推陈出新向前发展。

(3) 柔性化技术。未来大量的订制化需求,要求制造系统的柔性化程度越来越高,能根据每个用户的特殊需求,实现用户的个性化与生产规模的有机结合。用户甚至还可通过各种方式(如网络)参与产品的开发设计、加工制造、营销服务等产品生命周期活动。

能力。在这种背景下，一种新的现代制造理念——产品生命周期管理（Product Lifecycle Management, PLM）逐步发展起来。其实施的目的是通过信息、计算机和管理等技术来实现产品生命周期过程中的产品设计、制造、管理和服务的协同，是一种理想的企业信息化整体解决方案，其优越性已经引起国内外的广泛重视。

二、产品开发的一般流程

随着社会经济与科学技术的进步和发展，人们对产品的要求越来越高，这就对企业开发新产品提出了更高的要求，不但要物美、价廉，更要被消费者所接受。因此，产品开发是一个决策过程，它基于产品全生命周期管理理念，从市场或需求出发，形成规划和设计，再生产产品进入市场，经过销售、使用、服务，最终报废回收，其开发的一般流程如图 1-2 所示。

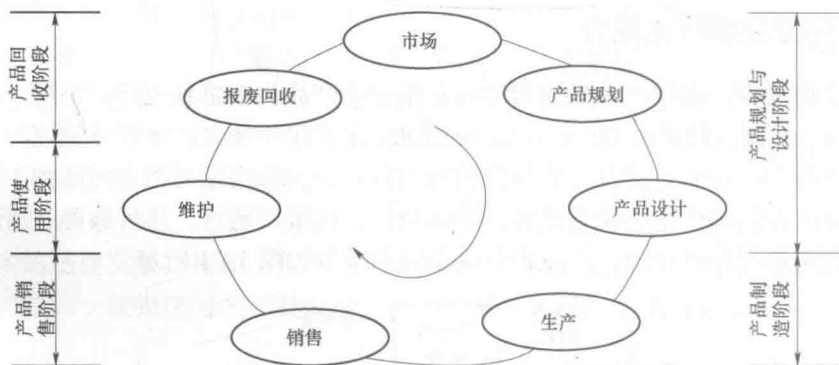


图 1-2 产品开发的一般流程

三、机械制造基础知识

1. 机械产品的一般生产过程

机械制造是制造业中应用最为广泛的一种，任何机械产品通常都是由零件装配而成的。因此，要想装配出合格的产品，就必须制造出符合要求的零件。机械产品的生产过程通常可分为毛坯制造、零件加工以及装配和调试三部分，如图 1-3 所示。

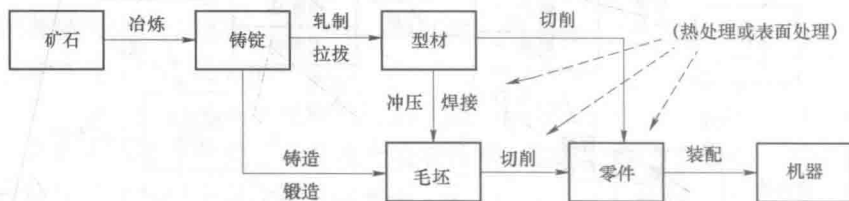


图 1-3 机械产品的一般生产过程

(1) 毛坯制造。毛坯的外形与零件近似，二者尺寸之差即为毛坯的加工余量。常用的毛坯制造方法有铸造、锻造、冲压和焊接等。另外一些先进的加工方法（如精密铸造、精密锻造等）还可直接生产零件。

(2) 切削加工。切削加工是指利用切削刀具或工具将毛坯上多余材料去除的过程。一般情况下，毛坯要经过切削加工来提高零件的加工精度和表面质量，以达到零件的设计要求，

从而制造出合格的零件。常用的切削加工方法有车削、铣削、刨削、磨削、钻削以及钳工等。在毛坯制造和切削加工过程中,为便于加工或保证零件性能,还需要进行热处理或表面处理。

(3) 装配和调试。装配是机械制造的最后一道工序,是指按照机械产品技术要求,将合格零件按一定顺序组合、连接或固定起来成为机器的过程。装配完成后,通常还要进行试运行,以观察其在工作条件下的功能和质量是否满足要求。只有经检验合格后,才算是合格的机械产品。

2. 机械制造工艺基础知识

1) 机械制造的工艺过程

在制造过程中,通过对生产对象进行加工,以改变其形状、尺寸或性能并使其成为合格产品的过程称为工艺过程。工艺过程常可分为材料成型工艺过程、机械加工工艺过程和装配工艺过程等,如铸造、锻造、焊接等属于材料成型工艺,车削、铣削等属于机械加工工艺过程,等等。加工工艺过程在产品生产过程中具有重要地位,除传统工艺方法外,电加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工、激光束加工、快速原形制造等特种加工工艺均有了很大发展,并得到了广泛应用。

一个工艺过程通常又可分为工序、工步和走刀等部分。工序是指一个(或一组)工人,在同一个工作地点,对同一个(或同时几个)工件连续完成的工艺过程。工步是指在加工表面、加工工具或刀具、转速和进给量都不变的情况下,连续完成的工序部分。走刀是指在同一工步中,若加工余量大,需要用同一刀具在相同转速和进给量下,对同一加工面进行多次切削,则每切削一次称为一次走刀。

2) 机械加工工艺规程

机械加工工艺规程通常是指零件依次通过的全部工艺过程(工艺路线或工艺流程)按一定的格式形成的文件。工艺规程常表现为各种形式的工艺卡片,在其中简明扼要地写明与该零件相关的各种信息,如零件的加工工艺路线、各工序基本加工内容、切削用量、工时定额,以及采用的机床和工艺装备、刀具、量具和检验方法等。工艺规程在机械加工中非常重要,是指导生产的主要技术文件,也是生产组织管理工作和计划工作的依据。

在制定产品或零件的工艺规程时,应坚持保证加工质量、生产效率、低制造成本和良好劳动条件的原则。其通常包括零件图样分析、零件材料选择、毛坯选择、拟定工艺路线、机床设备及工艺装备选择、确定切削用量及时间定额以及填写工艺文件等步骤。

3) 机械制造质量分析与控制

机械零件的质量直接决定了产品的性能、寿命和可靠性。零件的加工质量一般包括加工精度、表面质量和内在质量三部分。加工精度由尺寸精度、形状精度和位置精度组成。表面质量主要包括零件的表面粗糙度、表层加工硬化以及表层残余应力等。通常,重要或关键零件的表面质量要求高于普通零件。内在质量是指零件在毛坯成型和热处理过程中形成的内部组织形态,其好坏会影响零件的性能,如各种组织结构和加工缺陷(如缩孔、开裂、夹渣)等。

质量检验是指对产品的质量特性进行观察、测量和试验,并与规定的质量要求进行比较,以判断产品质量是否合格的一种工艺。例如铸造缺陷检验、焊接接头质量检验、密封性质量检验等。常用的检验组织方法分为自检、互检和专检三类。不同检验内容,其检测量具不同。

例如, 尺寸精度的检验可用游标卡尺、千分尺或万能角度尺等, 形状位置精度的检验可用百分表、千分表或三坐标测量机等, 焊接接头的质量检验可用无损检测设备, 等等。

第三节 制造技术训练的基本要求

一、制造技术训练的性质及教学目标

作为高等学校的重要实践教学环节之一, 制造技术训练(也称工程训练、金工实习或机械制造实习等)课程是实现课内教学与课外实践相结合、理论知识与工程应用相结合、综合素质与创新能力相结合、人才培养与社会需求相结合的重要教学平台, 是培养大学生实践能力和创新意识的必经之路, 也是高校实施实践育人的重要途径。

制造技术训练是一门实践性很强的技术基础课, 是各类相关专业人才培养的重要支撑和实践环节之一。其教学目标如下:

- (1) 了解工程文化、技术发展历程及生产过程, 促进工程启蒙, 激发学生兴趣。
- (2) 掌握仪器设备使用方法及基本操作, 提高实践技能, 培养工作作风, 提升工程素养。
- (3) 熟悉产品开发流程, 强化系统训练, 提升综合能力。
- (4) 提升发现、分析和解决问题的能力, 训练创新思维, 培养创新能力及终身学习能力。
- (5) 树立社会责任感、工程职业道德、团队合作精神和法律法规观念等, 建立安全、质量、成本、效益、服务、环境和文化等工程意识。

二、制造技术训练的教学内容及要求

根据学生知识、能力和素质培养的规律性及不同专业人才培养课程设置的阶段性, 制造技术训练的具体内容及教学要求如下:

(1) 基础知识。了解制造技术的发展历程、工业生产过程, 机械加工、材料成型、特种加工和现代制造等相关技术的基本原理、加工方法、加工过程、加工工艺, 以及新工艺、新技术、新方法、新材料在现代制造中的应用等工程基础知识。

(2) 基本技能。了解机械制造过程中常用仪器、设备、工具、量具等的结构特点、工作原理、适用范围, 熟悉加工方法、操作步骤及安全操作规程, 并具备基本的操作技能。如车削、铣削、钳工、铸造、焊接、数控加工、线切割加工、激光加工及 3D 打印等相关设备的操作, 台钳、锉刀、游标卡尺、百分表等工、量具的使用, 以及零件的数控加工编程, 等等。

(3) 综合训练。了解产品开发的基本流程, 并以具体的项目或问题为导向, 进行分析、设计、制造或装配调试等一系列的教学活动, 通过不同工种、不同工艺及不同方法等的综合运用, 实现问题或项目的最终解决, 在获得知识和技能的同时, 还可培养团队协作、沟通及项目管理等能力。

(4) 创新训练。结合工程或生活中的实际问题、大学生创新训练计划、各类大学生科技创新活动(如大学生工程训练综合能力竞赛、机械创新设计大赛等)或设定主题, 基于产品全生命周期理念, 进行市场调研、需求分析、概念设计、详细设计、制造、装配调试以及研究等一系列的教学活动, 通过现有资源条件或创造条件, 完成最终任务, 培养学生发现、分析及解决复杂工程问题和工程创新的能力。