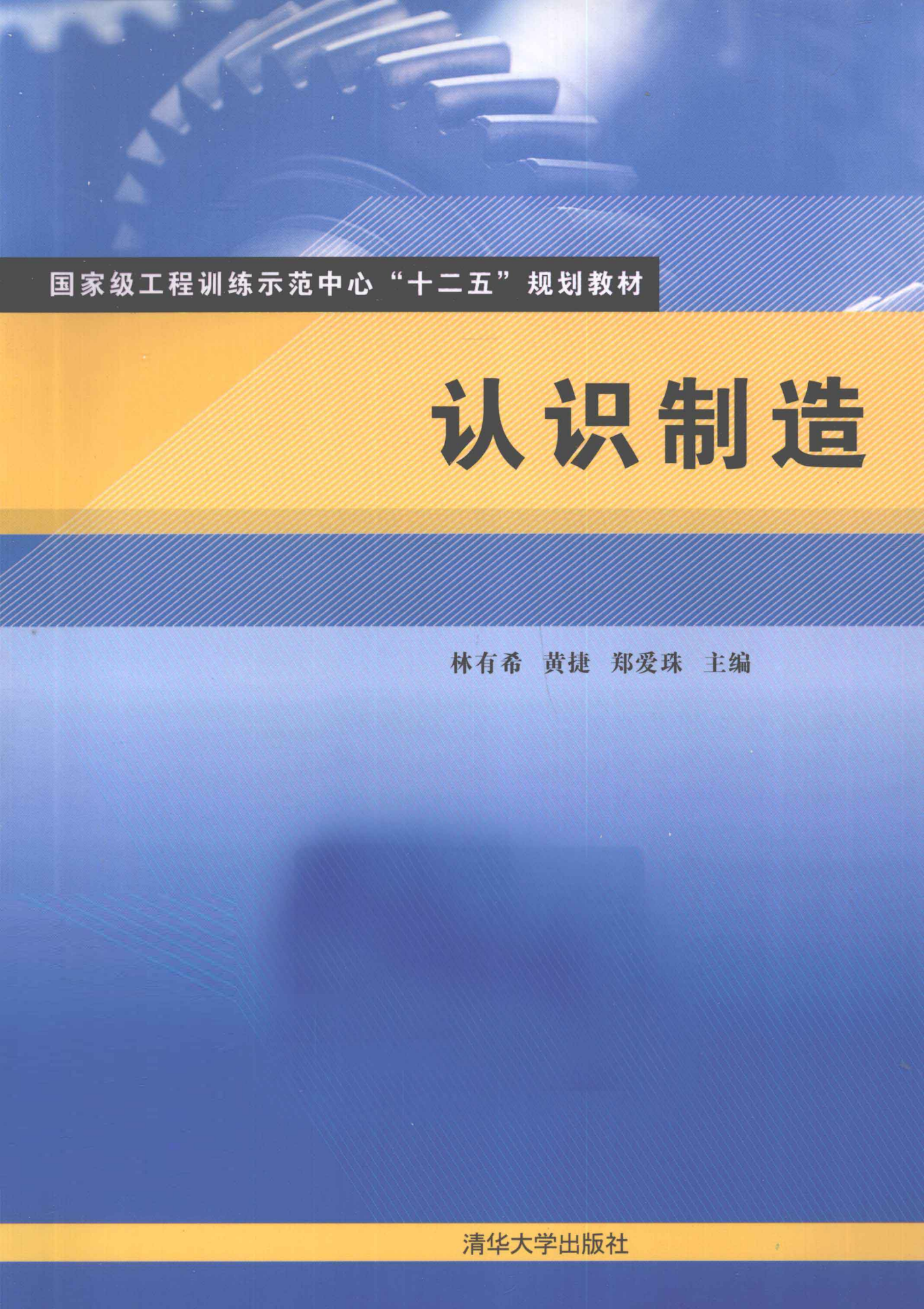




国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

认识制造

林有希 黄捷 郑爱珠 主编

清华大学出版社

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

认识制造

林有希 黄捷 郑爱珠 主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

根据机械制造的一般过程,本书阐述了机械工程材料的发展、热加工技术和热处理、切削加工的基本原理与发展、特种加工技术与数控技术的发展等知识,在简单产品的设计、制造中引入精度、配合、生产纲领、工艺等基本概念,力求引导读者了解制造过程,了解工程技术人员处理问题、解决问题的思维方式。

本书可以作为大中专院校非机械类专业学生的机械工程教材,也可作为认识制造的科普读物。

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

认识制造/林有希,黄捷,郑爱珠主编.--北京:清华大学出版社,2013.2

(国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-302-30453-1

I. ①认… II. ①林… ②黄… ③郑… III. ①机械制造—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 250301 号

责任编辑:庄红权

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

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 刷 者:三河市君旺印装厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.25 字 数:416 千字

版 次:2013 年 2 月第 1 版 印 次:2013 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00 元

产品编号:045053-01

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

编审委员会

顾问

傅水根

主任

梁延德 孙康宁

委员(以姓氏首字母为序)

陈君若 贾建援 李双寿 刘胜青 刘舜尧

邢忠文 严绍华 杨玉虎 张远明 朱华炳

秘书

庄红权

序言



PREFACE

自国家的“十五”规划开始,我国高等学校的教材建设就出现了生机勃勃的局面,工程训练领域也是如此。面对高等学校高素质、复合型和创新型的人才培养目标,工程训练领域的教材建设需要在体系、内涵以及教学方法上深化改革。

以上情况的出现,是在国家相应政策的主导下,源于两个方面的努力:一是教师在教学过程中,深深感到教材建设对人才培养的重要性和必要性,以及教材深化改革的客观可能性;二是出版界对工程训练类教材建设的积极配合。在国家“十五”期间,工程训练领域有 5 部教材列入国家级教材建设规划;在国家“十一五”期间,约有 60 部教材列入国家级“十一五”教材建设规划。此外,还有更多的尚未列入国家规划的教材已正式出版。对于国家“十二五”规划,我国工程训练领域的同仁,对教材建设有着更多的追求与期盼。

随着世界银行贷款高等教育发展项目的实施,自 1997 年开始,在我国重点高校建设 11 个工程训练中心的项目得到了很好的落实,从而使我国的工程实践教学有机会大步跳出金工实习的原有圈子。训练中心的实践教学资源逐渐由原来热加工的铸造、锻压、焊接和冷加工的车、铣、刨、磨、钳等常规机械制造资源,逐步向具有丰富优质实践教学资源的现代工业培训的方向发展。全国同仁紧紧抓住这百年难遇的机遇,经过 10 多年的不懈努力,终于使我国工程实践教学基地的建设取得了突破性进展。在 2006—2009 年期间,国家在工程训练领域共评选出 33 个国家级工程训练示范中心或建设单位,以及一大批省市级工程训练示范中心,这不仅标志着我国工程训练中心的发展水平,也反映出教育部对我国工程实践教学的创造性成果给予了充分肯定。

经过多年的改革与发展,以国家级工程训练示范中心为代表的我国工程实践教学发生了以下 10 个方面的重要进展:

(1) 课程教学目标和工程实践教学理念发生重大转变。在课程教学目标方面,将金工实习阶段的课程教学目标“学习工艺知识,提高动手能力,转变思想作风”转变为“学习工艺知识,增强工程实践能力,提高综合素质,培养创新精神和创新能力”;凝练出“以学生为主体,教师为主导,实验技术人员和实习指导人员为主力,理工与人文社会学科相贯通,知识、素质和能力协调发展,着重培养学生的工程实践能力、综合素质和创新意识”的工程实践教学理念。

(2) 将机械和电子领域常规的工艺实习转变为在大工程背景下,包括机械、电子、计算机、控制、环境和管理等综合性训练的现代工程实践教学。

(3) 将以单机为主体的常规技术训练转变为部分实现局域网络条件下,拥有先进铸造技术、先进焊接技术和先进钣金成形技术,以及数控加工技术、特种加工技术、快速原型技术和柔性制造技术等先进制造技术为一体的集成技术训练。

(4) 将学习技术技能和转变思想作风为主体的训练模式转变为集知识、素质、能力和创

新实践为一体的综合训练模式,并进而实现模块式的选课方案,创新实践教学在工程实践教学中逐步形成独有的体系和规模,并发展出得到广泛认可的全国工程训练综合能力竞赛。

(5) 将基本面向理工类学生转变为除理工外,同时面向经济管理、工业工程、工艺美术、医学、建筑、新闻、外语、商学等尽可能多学科的学生。使工程实践教学成为理工与人文社会学科交叉与融合的重要结合点,使众多的人文社会学科的学生增强了工程技术素养,不仅成为我国高校工程实践教学改革的重要方向,并开始纳入我国高校通识教育和素质教育的范畴,使越来越多的学生受益。

(6) 将面向低年级学生的工程训练转变为本科4年不断线的工程训练和研究训练,开始发展针对本科毕业设计,乃至硕士研究生、博士研究生的高层人才培养,为将基础性的工程训练向高层发展奠定了基础条件。

(7) 由单纯重视完成实践教学任务转变为同时重视教育教学研究和科研开发,用教学研究来提升软实力和促进实践教学改革,用科研成果的转化辅助实现实验技术与实验方法的升级。

(8) 实践教学对象由针对本校逐渐发展到立足本校、服务地区、面向全国,实现优质教学资源共享,并取得良好的教学效益和社会效益。

(9) 建立了基于校园网络的中心网站,不仅方便学生选课,有利于信息交流与动态刷新,而且实现了校际间的资源共享。

(10) 卓有成效地建立了国际国内两个层面的学术交流平台。在国际,自1985年在华南理工大学创办首届国际现代工业培训学术会议开始,规范地实现了每3年举办一届。在国内,自1996年开始,由教育部工程材料及机械制造基础课指组牵头的学术扩大会议(邀请各大区金工研究会理事长参加)每年举办一次,全国性的学术会议每5年一次;自2007年开始,国家级实验教学示范中心联席会工程训练学科组牵头的学术会议每年两次;各省市级金工研究会牵头举办的学术会议每年一次,跨省市的金工研究会学术会议每两年一次。

丰富而优质的实践教学资源,给工程训练领域的系列课程建设带来极大的活力,而系列课程建设的成功同样积极推动着教材建设的前进步伐。

面对目前工程训练领域已有的系列教材,本规划教材究竟希望达到怎样的目标?又可能具备哪些合理的内涵呢?个人认为,应尽可能将工程实践教学领域所取得的重大进展,全面反映和落实在具有下列内涵的教材建设上,以适应大面积的不同学科、不同专业的人才培养要求。

(1) 在通识教育与素质教育方面。面对少学时的工程类和人文社会学科类的学生,需要比较简明、通俗的“工程认知”或“实践认知”方面的教材,使学生在比较短时间的实践过程中,有可能完成课程教学基本要求。应该看到,学生对这类教材的要求是比较迫切的。

(2) 在创新实践教学方面。目前,我们在工程实践教学领域,已建成“面上创新、重点创新和综合创新”的分层次创新实践教学体系。虽然不同类型学校所开创的创新实践教学体系的基本思路大体相同,但其核心内涵必然会有较大的差异,这就需要通过内涵和风格各异的教材充分展现出来。

(3) 在先进技术训练方面。正如我们所看到的那样,机械制造技术中的数控加工技术、特种加工技术、快速原型技术、柔性制造技术和新型的材料成形技术,以及电子设计和工艺中的电子设计自动化技术(EDA)、表面贴装技术和自动焊接技术等已经深入到工程训练的



许多教学环节。这些处于发展中的新型机电制造技术,如何用教材的方式全面展现出来,仍然需要我们付出艰苦的努力。

(4) 在以项目为驱动的训练方面。在世界范围的工程教育领域,以项目为驱动的教学组织方法已经显示出强大的生命力,并逐渐深入工程训练领域。但是,项目训练法是一种综合性很强的教学组织法,不仅对教师的要求高,而且对经费的要求多。如何克服项目训练中的诸多困难,将处于探索中的项目驱动教学法继续深入发展,并推广开去,使更多的学生受益,同样需要教材作为一种重要的媒介。

(5) 在全国大学生工程训练综合能力竞赛方面。2009 年和 2011 年在大连理工大学举办的两届全国大学生工程训练综合能力竞赛,开创了工程训练领域无全国性赛事的新局面。赛事所取得的一系列成功,不仅昭示了综合性工程训练在我国工程教育领域的重要性,同时也昭示了综合性工程训练所具有的创造性。从赛事的命题,直到组织校级、省市级竞赛,最后到组织全国大赛,不仅吸引了数量众多的学生,而且提升了参与赛事的众多教师的指导水平,真正实现了我们所长期企盼的教学相长。这项重要赛事,不仅使我们看到了学生的创造潜力,教师的创造潜力,而且看到了工程训练的巨大潜力。以这两届赛事为牵引,可以总结归纳出一系列有价值的东西,来推进我国的高等工程教育深化改革,来推进复合型和创造型人才的培养。

总之,只要我们主动实践、积极探索、深入研究,就会发现,可以纳入本规划教材编写视野的内容,很可能远远超出本序言所囊括的上述 5 个方面。教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组经过近 10 年努力,所制定的课程教学基本要求,也只能反映出我国工程实践教学的主要进展,而不能反映出全部进展。

我国工程训练中心建设所取得的创造性成果,使其成为我国高等工程教育改革不可或缺的重要组成部分。而其中的教材建设,则是将这些重要成果进一步落实到与学生学习过程紧密结合的层面。让我们共同努力,为编写出工程训练领域高质量、高水平的系列新教材而努力奋斗!

清华大学 傅水根
2011 年 6 月 26 日

前言



FOREWORD

中国是世界上使用和发展机械最早的国家之一。明朝宋应星所著《天工开物》一书,内载有冶炼、铸钟、锻铁、淬火等各种金属加工方法,是世界上有关金属冶炼和制造工艺的最早的科学著作之一。但是自明中叶以后,中国的科技发明明显落后于西方。1840年后,西方列强以近代枪炮、舰船为利器,迫使闭关锁国的清廷逐渐打开了自己的大门,之后150年的兴衰荣辱、成败得失,固可感慨,更发人深省。

制造业是将制造资源(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或利用的工业品或生活消费品的行业。它涉及国民经济的各个部门,是国民经济和综合国力的支柱产业。机械制造工程是一切工业之母,几乎所有人类社会所需要的全部产业都离不开机械制造业。

一个国家经济的发展一定要以强大的制造业为后盾。高度发达的制造业和先进的制造技术已成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平最重要的标志。机械工程是制造业的核心和基础,机械制造业是“国民经济的装备部”,在国民经济中的意义和地位是不可动摇的,毋庸置疑的,要强国就必须大力发展制造业。

在未来一个相当长的时期内,工业经济将会在我国经济结构中占据主导地位。而降低成本和提高物质生产的劳动生产率是工业经济的两大永久主题。管理人员的工程技术知识是为工业管理提供有力支持的知识,管理人员拥有必要的工程技术知识才能够更好地胜任企业管理工作。

1. 本书的宗旨

2002年诺贝尔化学奖获得者约翰·范恩(John B. Fenn)认为他的《热的简史》(*Engines, Energy, and Entropy*)“诞生于这样两个信念:①在当今社会,受过文明教育的人,应该懂些热力学法则;②任何一个有点智力的人,即使没有或几乎完全没有科学和数学的背景,也只需要适度的努力便可以懂得热力学。”

本书复制约翰·范恩的这样两个信念:①在当今社会,受过文明教育的人,应该了解一些机械制造的概念;②任何一个有点智力的人,即使没有或几乎完全没有科学的背景,也只需要适度的努力便可以懂得机械制造。

第一点,长久以来工程训练领域一直在探讨,非工科学生是否需要开展工程训练?是否应接受高等工程教育?高等教育中工程类各专业(含经管类)均是为制造业培养高级技术和管理人才,而文科、医科、农科等大学生在今后的工作、生活中均要使用制造业制造出的产品,特别是进入21世纪后,使用的计算机、仪器等都是些高科技产品,他们也应了解产品制造中的一些知识、技能,学习了解机械制造的概念是必要的。

机械制造业在其发展过程中不断吸取机械、电子、信息、材料、能源以及现代管理等方面



的成果,并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、售后服务等生产制造的全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,在工业系统中最具有典型性和代表性。对于非工科学生,在工程教育中选择机械制造作为切入点,通过机械制造的学习与实践,可以较好地了解工业生产过程。

国际著名教育学家朗格让(P. Lengrand)认为,科技的发展推动工程教育走向终身教育。我们要做的是打开机械制造的大门,让学生能够轻松地接受理工知识与思维方式的熏陶。本书的目的之一就是让读者在今后的工作中,熟悉制造工程,了解工业经济,树立终生学习的信念。

第二点,一直困扰我们的是,如何让非工科学生在没有工程背景的前提下,接触和了解机械制造工程,轻松地认识制造?

约翰·范恩说:“我们一直在分享的观点是:个人的学习过程,与整个人类的学习过程极为相似。所以,有相当的历史渗入到这本书的字里行间,大部分学生会欣赏这样的历史观点。”本书根据这个理念,希望引导读者,以制造的发展过程和简单的产品设计制造为线索,轻松地了解机械制造过程。

本书根据制造的一般过程,阐述机械工程材料的发展、热加工技术和热处理、切削加工的基本原理与发展、特种加工技术与数控技术的发展,在简单产品的设计、制造中引入精度、配合、生产纲领、工艺等基本概念,力求引导读者了解制造过程,了解工程技术人员处理问题、解决问题的思维方式。

2. 本书的使用

本书可以作为非机械类专业学生的机械工程教材,也可作为认识制造的科普读物,也作为非工科学生在工作中可以翻阅的工具书。在教学中,可以根据产品的设计制造过程来组织实践环节,整个课程强调过程体验,以大工程的理念引导学生在实践中思考。课程的目的在于以工艺知识为线索,普及机械工程知识、提升工程素质、培养工程思维能力和再学习能力。

本书的课程组织上主要以摆在桌面上的台饰为例,认识零件的加工工艺路线,完成产品从毛坯到成品的整个过程。可根据各校的实际情况设计简单产品,尽可能选择涵盖制造全过程,且加工难度小、日常生活可用的小产品。

《礼记·学记》有云:“虽有佳肴,弗食,不知其旨也;虽有至道,弗学,不知其善也。是故学然后知不足,教然后知困。知不足,然后能自反也;知困,然后自强也。故曰:教学相长也。”希望读者能够借助于本书而更好地走入制造世界,学习解决工程问题的思维方法。

本书由林有希、黄捷、郑爱珠主编,林兴、刘景峰、林皓、黄忠等人参与了编写。在本书编写过程中,得到福州大学机电工程实践中心同仁的大力支持,以及清华大学傅水根教授等专家的指教与帮助,也吸取和参考了许多专家和学者的研究成果,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,深望广大读者批评指正。

编 者

2012.10



CONTENTS

第 1 章 概述	1
1.1 制造发展的历程	2
1.2 机械制造的一般过程	4
1.2.1 机器	4
1.2.2 机械制造的一般过程	9
1.2.3 机械制造工艺基本知识	11
第 2 章 材料与材料成形技术	21
2.1 常用金属材料概述	26
2.1.1 黑色金属及其合金	27
2.1.2 有色金属及其合金	28
2.2 铸造	29
2.2.1 铸造工艺方案的确定	31
2.2.2 砂型铸造工艺图	35
2.2.3 制作模样、芯盒	36
2.2.4 造型与造芯	36
2.2.5 合型	37
2.2.6 浇注	37
2.2.7 铸件的落砂和清理	38
2.3 锻压	38
2.3.1 锻造	39
2.3.2 冲压	46
2.4 焊接	50
2.4.1 焊接分类	51
2.4.2 焊条电弧焊	52
2.4.3 气焊和气割	63
2.4.4 其他焊接方法	65
2.4.5 焊接新技术、新工艺	69



2.5	热处理	72
2.5.1	热处理原理基础	72
2.5.2	钢的热处理及其作用	76
2.5.3	退火与正火	77
2.5.4	淬火与回火	78
2.5.5	表面热处理	79
2.5.6	热处理常用加热设备	80
第3章	金属切削加工	82
3.1	切削加工的基本概念	82
3.1.1	切削运动	84
3.1.2	切削用量	84
3.1.3	切削刀具	85
3.1.4	金属材料的切削加工性	89
3.1.5	常见的切削方法	89
3.2	常用量具	90
3.2.1	游标卡尺	91
3.2.2	千分尺	92
3.2.3	百分表	94
3.2.4	塞尺	95
3.2.5	直角尺	95
3.3	钳工	95
3.3.1	钳工的基本操作	97
3.3.2	案例分析	120
3.4	车削加工	121
3.4.1	车床	122
3.4.2	车削用刀具	125
3.4.3	工件的装夹与常用附件	126
3.4.4	车削的基本加工方法	131
3.4.5	车削加工一般过程	139
3.4.6	案例分析	144
3.5	铣削与刨削加工	145
3.5.1	铣削加工	145
3.5.2	刨削加工	159
3.5.3	案例分析	167
3.6	镗削加工	168
3.6.1	镗削的工艺特点	169
3.6.2	镗床	169
3.7	磨削加工	171

3.7.1 磨削用切削刀具——砂轮	173
3.7.2 磨削的基本加工方法	175
第4章 数控技术	183
4.1 数控加工的基本原理	183
4.1.1 数控加工过程与数控机床组成	183
4.1.2 加工运动方式	185
4.1.3 伺服控制	187
4.2 数控编程	188
4.2.1 数控机床坐标系	188
4.2.2 数控编程的一般步骤	190
4.2.3 数控机床编程实例	204
第5章 特种加工技术	213
5.1 电火花加工	213
5.1.1 电火花成形加工	214
5.1.2 电火花线切割加工	217
5.2 激光加工技术	222
5.2.1 激光	222
5.2.2 激光加工的原理与设备	223
5.3 超声加工	224
5.3.1 超声波	224
5.3.2 超声加工的基本原理和应用	225
5.4 其他特种加工	228
5.4.1 电子束加工	228
5.4.2 离子束加工	229
第6章 装配	230
6.1 机器零、部件的装配	230
6.1.1 装配的技术准备工作	231
6.1.2 装配	235
6.1.3 装配示例	239
6.2 机器零、部件装配后的调试	239
6.2.1 滚动轴承装配后的调整	240
6.2.2 齿轮装配后的调整	240
6.2.3 装配调整示例	241
6.3 装配过程自动化	242



第 7 章 新技术与创新	244
7.1 三坐标测量与逆向工程	244
7.1.1 顺向工程与逆向工程.....	244
7.1.2 逆向工程的基本方法.....	246
7.1.3 三坐标测量技术.....	246
7.2 快速成形	248
7.2.1 快速成形的机理和发展.....	248
7.2.2 快速成形技术的优越性.....	249
7.2.3 常用的快速成形技术.....	250
7.2.4 快速成形制造工艺的选择.....	255
7.3 创新、创造与发明.....	256
参考文献	261

概 述

制造是人类最古老的生产活动。人类从磨制石器、钻木取火开始,就走入了制造的世界。

富兰克林(Benjamin Franklin)说过:“人是制造工具的动物。”使用工具并不仅仅局限于灵长类动物,但是有计划地制造(工具)却需要另一个层次上的心智活动。

制造工具的能力是从功能上区分“人”与那些脑子较小、很像类人猿的人的最直接祖先的重要度量之一。琼斯(Wood Jones)说过:“在很大程度上,人类在自然中的位置是用手勾划出来的。”

黑猩猩是唯一有可靠报道称其能制造工具的类人猿。1913—1917年在特内瑞菲的类人猿研究站观察到一只雄性黑猩猩“萨坦”(Satan),把一个小竹管套在一个大竹管里做成足够长的棍子,去触弄一串单用小的或大的竹管都不能直接触弄到的香蕉,如图 1-1 所示。在另一个场合,为了同样的目的,它用牙齿弄尖一块木头并将其插到一根棍子上,也达到了同样的效果。当出现缺少棍子的窘境时,黑猩猩会从一个旧箱子上拉下一块松动的木板以代替棍子。但如果木板钉在一起看起来像是完整的表面时,尽管黑猩猩强壮得足以打碎这个箱子,它却看不出来这个表面可能包含了许多棍子——即使它对棍子的需求很急迫。

而人在寻求做出某种形状的工具以适应特定用途时,将会不停地从一堆无固定形状的石头和碎片中想象出这个工具的模样,直到想象之中的工具得以实现(见图 1-2)。

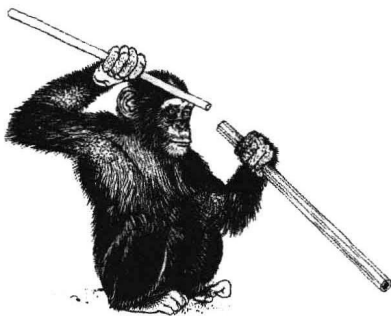


图 1-1 黑猩猩在制造工具

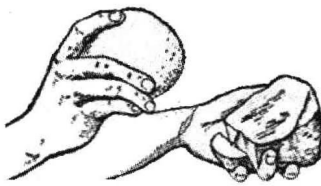


图 1-2 打制石器

毛泽东在《贺新郎·读史》一词中描述:“人猿相揖别,只几个石头磨过,小儿时节。”从使用自然工具到打制石器,我们的祖先用了大约 150 万年。当我们回头看时,会诧异怎么要那么长的时间,才学会制造工具。制造促进了人类的进化,成为人类所有活动的基石,成为

现代社会和现代文明发展的动力。接下来,让我们走进制造世界,去认识、感知制造。

1.1 制造发展的历程

人类为满足与生俱来的御寒而衣、渴饮饥餐的生存需要以及不断改善、提高生活水平的需求,在工具制造上不断精细、不断创新;在通向文明的漫长征途中,手工工具发展为简单机械,简单机械发展为先进机械设备,原始实践与经验发展为科学实验、科学技术,个体手工作坊发展为现代制造业。

在人类历史的长河中,发生了几次决定人类命运的大革命。大革命促进了人类社会的发展,也促进了制造技术的发展。反过来,制造技术也促进了人类社会的进步和现代文明的建立。

第一次革命 发生在大约 200 万年前。由于自然条件的突然变化,我们原始的祖先,被迫到陆地上觅食,由于直立行走,逐步进化了大脑;在狩猎中,面对体力上比自身强大的猎物,手边的石块、树枝都成了制敌的武器。在狩猎活动中,自然工具的使用锻炼了他们的大脑和手指。

第二次革命 发生在大约 50 万年前。在狩猎中,古猿人发现锐利的石头、树枝对敌人的杀伤力大得多,但是锋利的石块、尖利的树枝不容易获得。我们的祖先在恼怒中也许会抬起大石块砸下去,或者发现山体滚石在下滑滚动撞击中,可以砸出几块合心意的锋利石块。这样,我们的祖先在长期实践中,学会了制造和使用简单的木制和石制工具(见图 1-3)从事劳动。制造业进入了萌芽期,拉开了人类制造史的序幕。

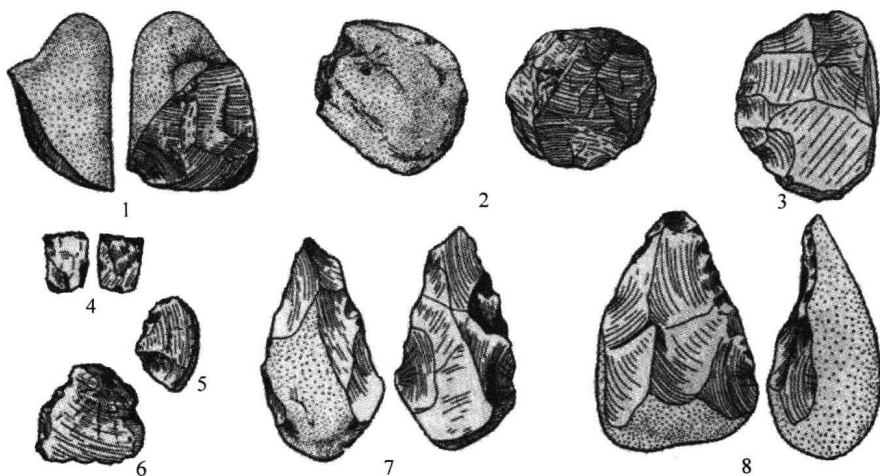


图 1-3 陕西蓝田出土的石器

1—大型砍斫器; 2—球形石; 3—单边砍斫器; 4—刮削器; 5—直刃刮削器; 6—有使用痕迹的石片; 7, 8—大尖状器

第三次革命 发生在大约 15 000 年前。随着经验的累积,我们的祖先学会制造和使用简单的木制和石制工具,逐步发展出制作石斧、石锥的技艺,开始了农耕和畜牧。距今 1 万年到 4000 年,人类进入了新石器时代。7000 年前,我们的祖先开始用冷锻法加工天然铜;约 6000 年到 5000 年前,我们的祖先开始用矿石炼铜,并学会了冶炼技术。金属器械逐渐取

代了石制、骨制的器械。约 2000 年前发现了铁金属。随着青铜器和铁器时代的到来,人类开始了采矿、冶炼、铸锻工具等,各种复杂的工具和简单机械相继发明出来,并逐步发展了纺织、水利、车辆技术等,人类社会进入了农耕与畜牧时代。图 1-4 所示为古代冶铁场景。

在相当长的时期,人们主要以手工作坊生产制造工具以及各种用品,人类在重复制造各种劳动工具的过程中,逐渐产生工具定型化倾向,开始了简单的分工作业,以此训练操作的熟练,提高工效。在手工作坊中,工匠们或用比较粗糙的方法制出日常使用的粗陋、实用的东西,或用更精致更冗长的方法制出更为精巧的用品。中世纪欧洲的产品要么随处可见、粗陋不堪,无经济效益;要么独一无二、匠心独具,同样没有经济效益。

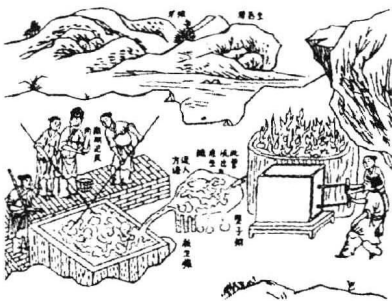


图 1-4 古代冶铁场景

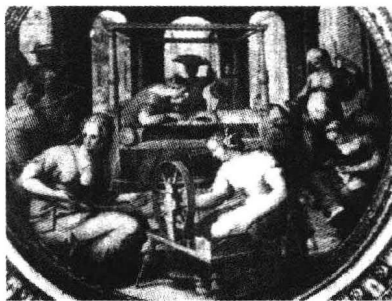


图 1-5 中世纪欧洲的手工纺纱工场

第四次革命 发生在 1764 年到 1840 年之间,蒸汽机的发明导致了一场工业革命。18 世纪以后,由于海上贸易的发展,手工工场不能满足市场需求。图 1-5 所示为中世纪欧洲的手工纺纱工场。随着工业革命第一机——纺织工哈格里夫斯发明的“珍妮机”替代了早期的纺车,机器生产开始逐渐取代手工劳动,生产效率大幅度提高,人们掀起了发明和使用机器的高潮。

动力方面,从远古工具制造开始,从人力到利用自然力(如水力、风力)、畜力,不仅将人们从繁重的劳动中解放出来,而且也完成了由工具到机械的演变过程,满足了日益提高生产率的要求。随着机器的广泛使用,动力问题成了制约生产发展的严重因素。1769 年瓦特(James Watt)制成的性能可靠的蒸汽机,使人类社会进入了蒸汽时代。机械技术与蒸汽技术相结合,使矿业和工业生产、铁路和航运机械动力化,出现了以动力为特征的制造方式。为了加工蒸汽机,威尔金森(John Wilkinson)于 1774 年发明了加工汽缸的威尔金森镗床(见图 1-6)等,反过来又促进了机械制造业的发展。

由于当时战争的不断爆发和持续,加速了枪炮等武器的研制和生产,对兵器的配件以及机床修配的要求导致了互换性的问世;对各类用于加工的机床的迫切需求导致了机床的发明、改进。18 世纪,车床用金属结构取代木结构,增强了机床的刚性和强度。1794 年英国机械师莫兹利(Henry Maudslay)发明了车床上的移动刀架,使用了丝杠、光杠,使车床真正成为制造机器的机器(即工作母机)。进入 19 世纪,各种工具机床如铣床、刨床、插床、剪床、锻

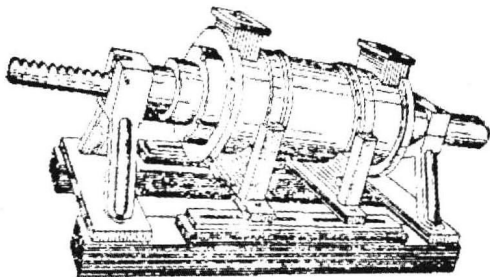


图 1-6 威尔金森镗床



床等也被不断被发明、制造出来,开始了用机器制造机器,从此机械制造业进入了一个崭新的阶段。

19 世纪,蒸汽机几乎是唯一的动力源。但是蒸汽机及其锅炉、凝汽器、冷却水系统等体积庞大、笨重,应用很不方便。19 世纪末期,随着发电机和电动机的出现,电力供应系统和电动机开始发展和推广,电气时代终于来临。20 世纪初电动机已在工业生产中代替了蒸汽机,成为驱动各种工作机械的基本动力。电力作为动力,改变了机器的结构和生产效率。西方工业国家开始使用机床进行大批量生产。

内燃机的出现,又一次引发了机械制造的革命。经过多年改进,燃气机成为轻而小、效率高、易于操纵并可随时启动的原动机,它被用以驱动无电力供应的陆上工作机械,此后又用于汽车、移动机械和轮船。20 世纪中叶,燃气机开始用于铁路机车,还成为飞机、航天器等的基础动力。

在这一阶段,机械及机械制造通过不断扩大的实践,从分散的、依赖匠师们个人才智和手艺的一门技艺,逐渐发展成为一门有理论指导的系统和独立的工程技术。机械工程是促进 18~19 世纪工业革命以及资本主义大生产的主要技术因素。

第五次革命 是因计算机的发明而导致的一场现代工业革命。第二次世界大战以后,电子计算机和集成电路的出现,使机械制造业产生了一次新的飞跃。数控机床的出现,使多品种、小批量、复杂的零件加工成为可能。人类社会进入了信息化时代,计算机正在改变人类传统的生活方式和工作方式。

当前,世界正在进行着一场新的技术革命。机械学、微电子学和信息科学三者有机结合,构成了一种优化技术。这种技术制造出来的机械产品结构简单、轻巧、省力和高效率,并部分代替了人脑的功能,实现人工智能。同时出现了许多先进的制造系统模式,如敏捷制造、虚拟制造、智能制造、绿色制造等,从对市场的快速反应、产品快速开发、环境、资源等角度诠释了制造技术与人类社会发展、人类生产水平的关系。

概括起来,从远古到现代社会,从猿到人,由于人类生存、生活的需要,社会生产发展的需要,以及探索科学技术的需要,甚至是战争的需要,促进了机械及机械工程由粗糙到精密,由简单到复杂,由低级幼稚到高级智能化,构成了整个国民经济第一产业——农业、第二产业——工业、第三产业——信息产业和服务产业及其他工业等。反之,机械工业的发展也促进了人类社会进步和现代文明的建立。

1.2 机械制造的一般过程

机械工业向国民经济各部门提供各种机器,涉及机械、冶金、航空航天、船舶、汽车、石油化工、电子、日用消费品等各行各业,品种繁多,门类复杂。

在了解机械制造的一般过程前,先了解机器、认识机器。

1.2.1 机器

机器,通常指具有一定用途、功能的机械设备和机电一体化设备,如图 1-7 所示。机器保持了 3 个特征: