

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

工程训练基础

杨有刚 张 炜 主编
傅水根 主审

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

杨有刚 张 炜 主编
傅水根 主审

工程训练基础

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书根据非机械人才的知识结构和思维特点,从制造的发展进程将读者引入制造世界,了解制造在国民经济、社会发展中的作用;以机械制造为载体,用学生身边的具体实例让学生认识制造,了解机械制造全过程和常见制造工艺。

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

工程训练基础/杨有刚,张炜主编. 北京:清华大学出版社,2012.1

(国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-302 27730 9

I. ①工… II. ①杨… ②张… III. ①工业技术—高等学校—教材 IV ①T

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 277190 号

责任编辑:庄红权

责任校对:王淑云

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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 装 者:保定市中华美凯印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张 10 字 数 237 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版 印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:19.80 元

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学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,使愈来愈多的学生受益。

(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进步。

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 年的努力,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

为适应高层次复合型人才对实践应用能力和创新能力的培养需求,针对农科类非机械工程专业学生的特点,结合当前工程训练课程教学改革的实践,我们编写修订了这本工程训练基础教材。

现代科学技术的综合性和多学科交叉的特征,使社会对人才的需求呈现出多样化、多层次和复合化的新趋势、新特点,现代工业技术的应用领域不断扩大。比如,早期的农业生产,应用工业技术实现了农业机械化,进而实现了农业的规模化生产,农业机械的工业技术是建设现代农业必不可少的重要条件。而现代农业应用现代工业信息技术实现了精准化和规模化,而且可以实现专家远程实时诊断,达到优质、高产、低消耗。各行业、各领域的从业人员只有具备一些必要的现代工业制造技术,才能创新出成果,才不会被现代社会所淘汰。

制造是涉及产品设计、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和工作。我国是制造大国,但要成为制造强国和保持高速发展,还需高等教育提供源源不断的各领域、各层次的创新型人才。

有鉴于此,本书对原来工程训练指导书进行了修订,在传统制造技术的基础上,注重传统和现代制造技术的结合。特别是在以下几个方面做了一些尝试,以期有助于学生对知识的理解、技能的培养和创新意识的增强。

(1) 注重基本技能的培养。针对非机械类专业的特点,本教材力求“面粗点细”,即除基础知识外,具有较高难度、深度和专业性太强的内容被删减,而部分重点知识技能力求具体翔实。如:液态金属成形部分,忽略了铸件结构工艺性和工艺设计的相关内容;冷加工中,重点在车工上,学时数多的要求熟练掌握外圆、螺纹的车削,学时数少的只要求熟练掌握外圆的车削。

(2) 理顺知识编排顺序,培养逻辑思维能力。按照先简单后复杂的顺序来导出知识点,在每个工种之后比较该工种的优劣、最佳适用范围,利于学生思考、理解和掌握。

(3) 培养分析、解决问题的能力。在前一章节中有意识地提出该加工方法的不足和限制范围,结合书中给出的实例,启发学生寻求更理想的工艺方法,并且简述每种成形方法的起源,以提高学生的学习兴趣并激发他们的创新意识。

(4) 培养善于联想的习惯。将抽象的概念具体化、生活化,有利于学生理解、记忆,并培养学生的人文素养。书中简述每种成形方法的历史起源、常规成形工艺到特种成形方法的发展历程,由古人和外国人的成就激发学生的创新性和学习兴趣。

(5) 在老师辅导下,以学生自主学习、思考和训练为主,培养学生的工程素养以及分析问题、解决问题的习惯与能力。如首先讲解某种成形方法的基本原理和工艺过程;其次让学生根据所给问题,经过思考与讨论,找出相关制件的特点;最后寻求解决问题的办法。



本书编写过程中参阅了杨中平、潘天丽等老师以及有关院校、工厂、科研院所的一些教材、文献和资料,并得到了西北农林科技大学教务处领导、工程训练中心的大力支持,也得到了有关专家、学者和兄弟院校同行的指正,在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 11 月



CONTENTS

第 1 章 现代工程概述	1
1.1 工业系统概述	1
1.2 机械制造系统	4
第 2 章 液态金属成形	10
2.1 概述	10
2.2 砂型铸造	11
2.3 特种铸造	19
2.4 铸造的特点和常用的铸造材料	22
第 3 章 金属锻压成形	25
3.1 概述	25
3.2 锻造的生产过程	27
3.3 板料冲压	39
第 4 章 焊接成形	42
4.1 概述	42
4.2 焊条电弧焊	43
4.3 其他焊接方法	50
第 5 章 金属切削加工技术	56
5.1 概述	56
5.2 机械加工基础知识	57
5.3 机床加工	61
第 6 章 钳工	82
6.1 概述	82
6.2 基本操作	82



6.3 装配和拆卸.....	93
第7章 现代制造技术	99
7.1 数控加工技术.....	99
7.2 精密加工与特种加工	116
第8章 机电一体化技术及其应用.....	133
8.1 概述	133
8.2 机电一体化技术应用简介	135
参考文献.....	145



现代工程概述

1.1 工业系统概述

工业系统作为社会生产力的主体,是伴随着工业化过程逐步发展起来的,现在已经成为一个复杂而庞大的体系。除工业生产单位外,工业系统还包括具有决策和行政功能的管理单位和附属的发展研究单位;从事原材料采掘、加工或产品修配的厂矿;为生产厂矿服务的物资调运、产品销售服务等辅助单位。

从组成来看,工业系统可分为上游产业、中游产业和下游产业。整个系统由众多部门组成,各部门之间既存在区别,又相互密切联系,并且每一个部门都与社会发展与进步密切相关。

18—19 世纪工业革命后,多数发达国家在 20 世纪上半叶先后形成了结构比较稳定、布局基本定型的工业体系。到 20 世纪 60 年代,全世界大体形成了美国、西欧、日本、苏联和东欧 4 个工业核心地区,这些地区具有独立、完整、强大的国家或国家集团工业体系。

中国在 1953—1957 年第一个“五年计划”时期,兴建了几百个骨干企业,建设和发展了几个重要工业基地和若干工业中心,为全国工业体系的形成奠定了基础。目前,各地已形成一批各具特色的工业地区(工业基地)或一级工业体系,如辽中南、鲁中、晋中以能源重工业为主;长江三角洲、珠江三角洲以轻纺、化工等加工工业为主;京津唐地区、武汉、重庆和关中地区以轻、重工业为主。

一般来说工业系统分为基础工业、核心工业和应用工业三大类。而基础工业是由能源工业、冶金工业与材料工业和化学工业组成;核心工业由机械工业、汽车工业和电子信息产业构成;应用工业主要是指轻工业和建筑业。

1. 能源工业

能源是指能够产生和提供可控能量的各种资源,属于社会基础结构,是人类从事各种经济活动的原动力。现代能源工业的主要生产部门有煤炭工业、石油工业和电力工业。能源按加工程度划分为一次能源(太阳能、天然气、煤、地热等)和二次能源(柴油、汽油、电能等)。

中国是当今世界上最大的发展中国家,能源生产量仅次于美国和俄罗斯,居世界第三位;但能源消费量仅次于美国,居世界第二位。为此,一方面,需要加大能源的开发与节约,并有效利用国际市场的调节作用,确保国家经济建设的需要;另一方面,也要加快能源环保技术装备的配套和产业发展。因为能源的大量消耗将造成环境污染和生态破坏,在开发利用的同时,要坚持走可持续发展的道路。未来世界能源供应和消费将向多元化、清洁化、高



效化、全球化和市场化方向发展。

2. 冶金工业与材料工业

1) 材料工业

材料工业是整个工业体系中的重要组成部分,它与能源工业、交通运输业一样,是构成国民经济的基础工业部门。早期人类历史即以材料制造工具,材料在人类文明发展过程中起到极大作用。今天,材料已被视为现代科技发展的三大支柱之一,既是发展新技术的物质基础,也是改造传统产业的必要条件。

我国的材料工业包括冶金、化工、建材等主要行业,既提供生铁、钢、铁合金、有色金属、水泥、塑料、橡胶、化纤、平板玻璃等传统结构材料和原料,也相继开发出了信息功能材料、能源材料、生物材料等各种新材料。

2) 冶金工业

冶金工业是材料工业的支柱产业,是从矿石和其他含金属的原材料中制取金属的工业,包括采矿、选矿、冶炼和加工。冶金工业包括炼钢、钢材生产、有色金属工业。冶金工业是工业系统发展的前提,为了建立现代化的工业体系,必须要有强大的冶金工业;同时它也是促进机械、化工、建筑、运输、能源等工业部门发展的重要部门。

冶金工业的环境保护日益得到人们关注,据统计钢铁工业占能耗 11%,居能耗大户之首;排放废气、废水占工业排放量的 13%~14%,仅次于化工居第二位。其污染主要为废气、尘埃、污水、渣料和工业垃圾,其中废气中硫的氧化物、污水中的重金属元素等对人体、农作物都有影响。为此,我国已明确立法以控制其对环境的污染,并加快技术改造,以实现节能、降耗和治理污染,使冶金工业尽早达到节约资源与环境协调并存的要求。

3. 化学工业

化学工业是利用物质发生化学变化的规律,改变物质的结构、成分、形态,而进行工业化生产的工业部门。化学加工是一个渗透于多行业的基本生产方法。它几乎可以利用一切自然物质,也可以利用工业和农业的产品和副产品作为原料,生产出成千上万种原料、材料 and 产品,为国民经济各部门服务。化学工业是国民经济中的一个基础部门,工业体系中许多部门的生产都与化学加工密切相关。目前化学工业分为 19 个行业,即化学矿、石油化工、煤化工、酸碱、无机盐、化学肥料、化学农药、有机原料、合成树脂和塑料、合成橡胶、合成纤维、感光材料和磁性记录材料、染料、涂料和颜料、化学试剂、催化剂和溶剂及助剂、化工新型材料、橡胶制品、化工机械。

中国的化学加工有光辉的历史,如火药、造纸、陶瓷、冶金、酿酒、染色、涂料等。新中国成立以来,化学工业成为发展最快的行业之一,其中大部分企业是为农业和轻工业服务的。目前,中国的化肥产量已居世界第一,基本化工原料和配套原料基本自给,化工产品的出口贸易也在逐年增加。据概算,如果能解决农药使用带来的生态、土地结块等问题,在农家肥不减的情况下,投入 2000 万吨的化肥,可增产 500 亿公斤粮食。而我国由于农药生产的不足,每年损失粮食 100 亿~150 亿公斤,棉花 2 亿~2.5 亿公斤。由此可见化学工业前景非常广阔,但面临的形势也是十分严峻的。为更好地发挥化学工业的作用,化学工业需要加强资源的合理利用,提高化工生产中的综合利用,以技术进步实现节能降耗。

4. 机械工业

机械工业在人类工业化的过程中起到了巨大的推动作用,国民经济各部门的生产水平和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所提供装备的技术性能和质量。机械工业在工业总产值和工业利润中占有很大的比例,在发达国家,机械工业占工业总产值比例一般在1/3以上。我国正处在工业化进程中,据统计,在整个工业生产总产值中,机械工业已占到1/4以上。没有发达的机械工业,就不会有农业、国防和科学技术的现代化。

机械工业门类众多,主要分为一般机械、电工和电子机械、运输机械、精密机械和金属制品五大行业。

5. 汽车工业

1885年,德国人卡尔·奔驰制成了一台四冲程小型汽油机,并装在一辆皮带传动的三轮汽车上,这就是世界上公认的第一辆三轮汽车。1886年,戴姆勒和他的助手迈巴赫制成了一台高速四冲程汽油机,并装在一辆四轮马车上,成为世界上公认的第一辆四轮汽车。1889年,法国人罗杰尔买下了奔驰制作的第三辆汽车,并成为奔驰在法国的代理商,以此为标志,汽车开始成为商品;之后,在美国实现汽车批量生产之后,汽车工业开始登上历史舞台。

在25种不同工业部门中,汽车工业年销售额仅次于石化能源工业而排名第二。它是全球最大的产业部门之一,还是与其他产业关联度最大的企业,涉及的领域有:钢铁、塑料等原材料;机床、机械加工;机电零部件及附件;公路交通、建筑设施和各种消费服务业等。从某种意义上说,它是衡量一个国家工业化水平和科技水准高低的重要标志之一。

6. 电子信息产业

电子工业是在无线电电子学的基础上发展起来的。20世纪40年代末,晶体管和电子计算机两大发明引起了电子科学技术的突破,两者互相促进,带动了电子科学技术飞速发展,并逐渐从传统的制造业中分离出来,形成了独立的新型电子工业部门。它涉及计算机、雷达、导航、电视、广播、微波、半导体、激光、红外、电声、声呐、电子测量、自动控制、遥感遥测、电波传播、材料、器材、系统工程等几十个门类。这些技术相互促进,又演变为更加综合的信息技术,形成了以通信与信息服务业、电子信息产品制造业为代表的电子信息产业。

信息技术是以微电子学、光电子学为基础,以计算机通信、控制技术为核心的技术群,主要研究解决信息的产生、获取、度量、传输、交换、处理、识别和应用。近年来信息技术的发展一日千里,形成了信息产业革命,其核心内容为信息传递与交换的网络化、高速化、双向化、多媒体化,信息存储的大容量化,信息处理的实时化、智能化等。迅速发展的信息产业,为提升作为国民经济支柱的农业、机械制造业等传统产业提供了可能。如何充分利用这些先进的技术,提高传统产业的市场竞争力,跟上世界潮流,成为目前亟待解决的问题。

7. 轻工业

轻工业是我国消费品生产的主体,主要由纺织、服装、食品加工、家用电器、日用化工、造



纸制革及文化体育用品等行业组成。轻工业和我们的衣、食、住、行、用各方面息息相关,同时也与农业、工业关系密切,因为轻工业的原料和材料主要来自农业和工业两个方面,其中农业是更主要的。农业的发展速度和原料供应水平对轻工业生产的发展起着决定性的作用,如纺织、制糖、造纸等行业必须依托规模化的农业原料基地,两者只有相互协调、相互促进,才能相得益彰。

近年来,我国轻工业发展势头非常迅猛,其产品在国际上竞争力不断增强,已成为出口创汇的主要行业之一。轻工业要保持持续发展的态势,一方面要综合平衡建立原料基础;另一方面要以市场促进发展,不断开拓市场,调整产业结构,充分利用科技创造力、工业设计、现代营销与储运技术,开发更多高附加值产品。

8. 建筑业

建筑业是从事建筑安装工程的产业部门。其业务范围不仅包括建造房屋和构筑物,而且包括各种设备的安装工程,是工业建设和城市建设的主力军,承担着工业项目和民用建筑的勘察、设计施工、设备安装任务。建筑物中的各种制成品、零部件的生产应视为制造。但在建筑预制品工地,把主要部件组装成桥梁、仓库设备、铁路与高架公路、升降机与电梯、管道设备、喷水设备、暖气设备、通风设备与空调设备,照明与安装电线等组装活动,以及建筑物的装置,均列为建筑活动。

建筑业不仅提供建筑产品,而且可以带动与促进建材、冶金、化工、机械、轻工等几十个部门的发展,在某种意义上说,建筑业也具有龙头产业的作用。

1.2 机械制造系统

机械工业是工业系统中制造机械产品的工业部门。对于机械工业来说,产品既是设计与制造的结果,又是质量管理与销售的对象,以此形成了制造系统。制造系统覆盖全部产品生命周期的制造活动,由经营管理、市场与销售、研究与开发、工程设计、生产管理、采购供应、资源管理和质量控制等子系统构成。在制造过程中,存在着物质流(主要指由毛坯到产品的有形物质的流动)、信息流(主要指生产活动的设计、规划、调度与控制)及资金流(包括成本管理、利润规划及费用流动等),它们的有机组合就构成了整个制造系统。

1.2.1 机械制造系统的概念及其组成

长期以来,人们对于机械制造领域所涉及的各种问题,往往都是孤立地看待,对于机械制造中所用的机床、工具和制造过程,仅限于分别地、单个地加以研究。因此,在很长的时期内,尽管在机械制造领域中许多研究和开发工作取得了卓越的成就,然而在大幅度地提高小批量生产的生产率方面,并未发生重要的突破。直到20世纪60年代后期,人们才逐渐认识到只有把机械制造的各个组成部分看成一个有机的整体,以控制论和系统工程学为工具,用系统的观点进行分析和研究,才能对机械制造过程实行最有效地控制,并大幅度地提高加工质量和加工效率。基于这种认识,人们进行了许多研究和实践,于是出现了机械制造系统的概念。

机械制造系统既然被看成是一个系统,就必然有输入和输出,如图 1-1 所示。所谓机械制造系统的输入,就是一定的材料或毛坯;而输出则为加工后的零件、部件或产品等。从某种意义上讲,制造系统又是生产系统的组成部分或子系统。

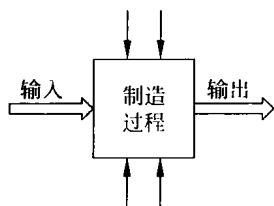


图 1-1 制造系统的基本概念

图 1-2 表示了机械制造系统的各组成部分及其相互间的关系,一般可划分为物质子系统、信息子系统和能量子系统 3 个组成部分。在这 3 大组成部分中,分别存在物质流、信息流和能量流 3 种流动载体。在物质子系统中,把毛坯、刀具、夹具、量具及其他辅助物料作为原材料输入,经过存储、运输、加工、检验等环节最后以成品输出。这个流程是物质的流动,故称为物质流。而负责物料存储、运输、加工、检验的各元素可总称为物质系统。

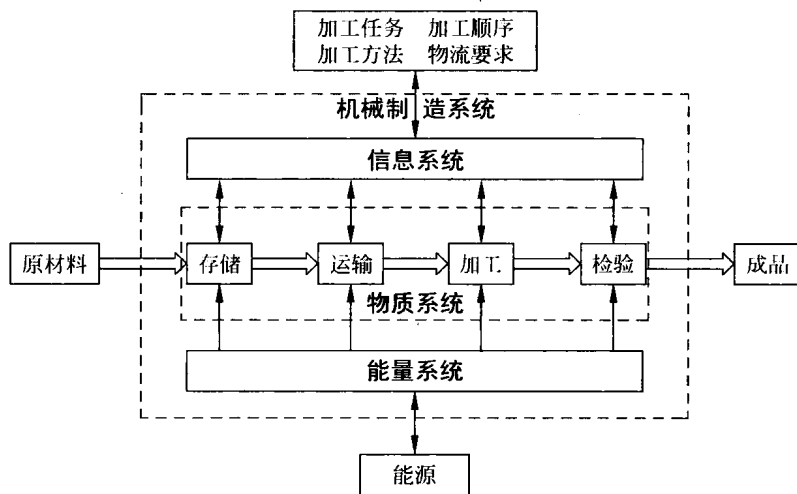


图 1-2 机械制造系统各组成部分及其相互关系

在信息子系统中,加工任务、加工顺序、加工方法及物流要求所要确定的作业计划、调度和管理指令属于信息范畴,称为信息流。而负责这些信息存储、处理和交换的有关软、硬件资源可称为信息系统。

在能量子系统中,制造过程中的能量转换、消耗及其流程称为能量流。而负责能量传递、转换的有关元素称为能量系统。

在常规制造系统中,较普遍地存在着物质子系统和能量子系统,而往往缺乏信息子系统。如由一台普通车床构成的制造系统就只存在物质系统和能量系统,加工信息的输入与传递是由人工完成的。但在现代制造系统中,则较普遍地增加了信息系统,如数控机床中的 CNC(计算机数字控制系统)就是典型的信息系统,它通过其内部的计算机进行零件加工信息的存放,并发送加工指令和控制加工过程。

20 世纪 60 年代以来,世界机械产品市场呈现出品种规格越来越多,产品更新换代速度越来越快,交货期越来越短,批量越来越小,产品的技术含量和附加值越来越高等特点。现代的机械制造系统已从单件生产、批量生产、自动生产向柔性生产阶段发展。

1.2.2 机械产品设计与制造

产品整体概念由核心层、有形层和延伸层组成,如图 1-3 所示。

产品寿命周期主要包括投入期、成长期、成熟期和衰退期,在这几个时期产品投入时间与市场销售之间一般存在如图 1-4 所示的关系。

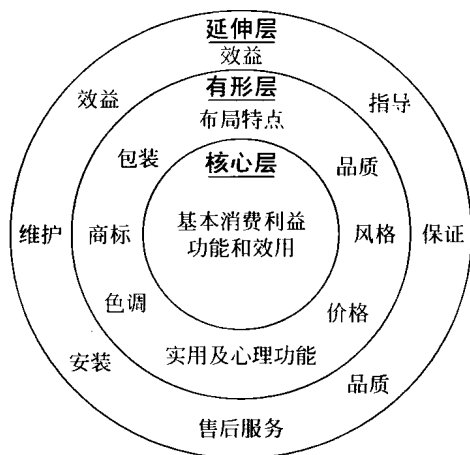


图 1-3 产品整体概念内涵

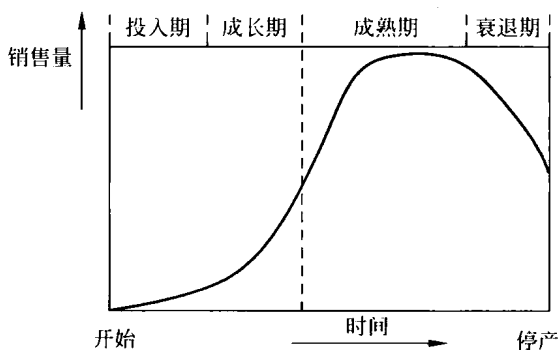


图 1-4 产品寿命期

1. 机械产品的设计

产品设计是产品开发的先导,设计的好坏将直接影响到产品的性能、成本、价格、利润,进而决定企业营销的成败。新产品设计包括初步设计、技术设计(或称详细设计)和工作图设计 3 个阶段。

1) 初步设计

初步设计的主要任务是编制技术任务书,提出新产品结构方案、组成部分构思方案,画出产品结构草图,并对其采用的新原理、新工艺、经济性、市场情况、客户需求等进行可行性论证。

2) 技术设计

技术设计是对新产品进行定型,设计新产品的组成零部件,画出产品总图、部件和组件的装配图、传动及润滑和电气原理图,分析与计算产品主要技术经济参数等。这是产品设计中最重要的一个阶段,产品结构的合理性、工艺性、适用性、可靠性、安全性和可维修性等取决于技术设计阶段。

3) 工作图设计

工作图设计是提供产品试制全部资料,包括原材料及毛坯、通用件、标准件、外协件明细表、自制件的全部图纸、编制说明书及作业手册等。

现代产品设计除要满足其使用性能外,还应同时进行产品造型设计。因为当两个产品的质量、功能和价格大体相等时,消费者决定取舍的依据应该是产品的造型和售后服务。

产品造型设计的主要内容包括以下 3 点。

(1) 市场调查:掌握消费者对产品用途、功能、造型等的要求以及使用环境、产品销售

方式和售后服务方式、市场趋势等对产品的影响。

(2) 外观设计: 综合考虑产品功能与美观、组成结构与加工工艺性、人机配合、质量与价格、选用材料等因素。

(3) 色彩设计: 使产品获得与使用对象、使用环境统一协调的整体色调。

总之, 机械产品设计的关键是提出创新构思并能尽快将其转化为有竞争力的产品。为此首先需要扎实的工程基础技能, 如工程制图、材料选择、受力结构分析、制造工艺分析等基本能力; 其次也需要较强应用新技术、新材料的能力; 最后也需要有创新的激情和技术转化与综合能力。

2. 机械产品的制造

机械设计需要通过制造才能转化为产品。制造是一种生产活动, 从系统的观点出发, 生产可被定义为: 一个将生产要素转变为经济财富, 并创造效益的输入/输出系统, 如图 1-5 所示。

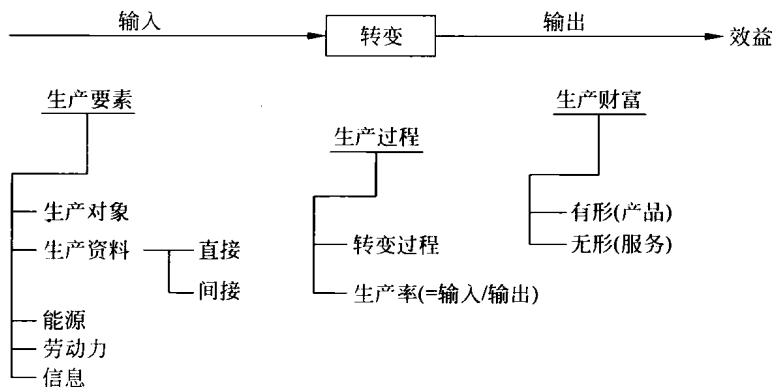


图 1-5 生产过程

对制造的理解有广义和狭义之分。狭义的制造是指将原材料转变为成品的全生产过程。广义的制造是一个输入/输出系统, 其输入是生产要素, 输出为有形和无形的产品。

广义的制造包括: 客户需求, 研发, 原材料、半成品、成品的运输和保管, 生产和技术准备工作, 毛坯制造, 零件的机械加工、热处理、表面处理, 产品的装配、调试以及油漆、包装和售后服务等产品全生命周期过程。

1.2.3 产品质量与营销

1. 产品质量

产品质量是指产品的使用价值, 一般可由以下 6 项指标来描述:

- (1) 使用性能;
- (2) 产品寿命;
- (3) 产品可靠性;
- (4) 产品安全性;