

工程训练系列规划教材

工程训练基础教程

(非机械类)

■主编 冯俊 周郴知

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

工程训练系列规划教材

工程训练基础教程

(非机械类)

主编 冯 俊 周郴知

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据教育部制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神，以“学习工艺知识，提高工程素质，培养创新精神”为宗旨，以探索现代工程训练的内涵和方式为目的，并遵循实践教学的特点而编写的。

本书共分八章，主要介绍工程训练的基础知识，其内容包括产品开发与制造基础，工程材料基础知识，金属液态、塑性、焊接及非金属材料成形工艺；切削加工基础，车削、铣削、刨削、磨削及其他加工工艺；钳工基础工艺，特种加工、数控加工等。每章都附有学习重点和复习思考题。

本书可作为高等工科院校非机械类专业工程训练（或工程实践）的教材，也可供高职高专、成人教育、电大等同类专业选用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

工程训练基础教程. 非机械类/冯俊, 周郴知主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2007. 4

ISBN 978 - 7 - 5640 - 0941 - 0

I. 工… II. ①冯… ②周… III. ①工业技术 - 高等学校 - 教材 ②机械工程 - 高等学校 - 教材 IV. T

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 035690 号

出版发行/ 北京理工大学出版社

社 址/ 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/ 100081

电 话/ (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/ [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销/ 全国各地新华书店

印 刷/ 北京圣瑞伦印刷厂

开 本/ 787 毫米 × 960 毫米

印 张/ 11.75

字 数/ 234 千字

版 次/ 2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

印 数/ 1 ~ 4000 册

定 价/ 19.00 元

责任校对/ 张 宏

责任印制/ 李绍英

图书出现印装质量问题, 本社负责调换



作者简介

冯俊，副教授，现任教于北京理工大学机械与车辆工程学院。长期从事机械工程、质量工程、机器人、物流技术、现代设计方法及工程训练等方面的教学和科研工作。获多项部、校级奖，编写出版著作多部，发表论文十余篇。



作者简介

周栎知，副教授，现任教于北京理工大学机械与车辆工程学院。长期担任机械制造基础、工程训练系列课程的教学，以及材料成形工艺及模具设计的研究工作。主持和参加过多项教改研究项目，曾获得北京理工大学优秀教学成果一等奖3项，北京市优秀教学成果一等奖1项。主编过多部教材。

总 序

北京理工大学工程训练中心始建于1999年世界银行贷款“高等教育发展项目”，同时得到了北京理工大学“985工程”实验教学基地建设、“十五”“211工程”公共服务体系建设等项目的支持。中心建设坚持以机械工程学科为龙头，依托四大课群的知识点，本着“边建设、边运行、边发挥效益”的原则，瞄准高水平，高起点进行规模化、系统化地规划和建设，建立了一个面向全校机械类、近机械类以及经、管、文、理等相关专业的本科生工程训练、自主学习和课外科技活动的现代化公共实践教学支撑平台。同时，也为研究生教育以及高等职业教育提供了学习实训基地，为科研和学科建设提供服务。在立足本校的基础上，面向地区，发挥了中心示范辐射作用。该公共实践教学支撑平台加强了资源共享力度，丰富和改善了公共资源环境，为我校的整体办学条件和办学能力的进一步提高奠定了坚实的公共基础。

本套工程训练系列教材根据本科学生在校四年期间“工程训练不断线”的新思想，以工程训练实训为载体，全面提高学生的工程素质为目的，紧紧围绕着工程训练实践教学课程体系、实践教学内容、实践教学方法与手段的改革，充分利用学科建设优势，注重实践教学基地建设与学科建设、课群建设和科研相融合，利用最新科学研究成果，不断更新工程训练实训内容，将前沿的科学技术知识传授给学生，缩短学生与现代技术的距离，扩展工程训练内涵，提升工程训练实训水平，突破以传统“金工实习”为主的实践教学框架，实现“金工实习”向全面工程训练的转变，建立了分阶段、多层次、模块化、开放型、综合性工程训练教学新模式，形成使本科学生进行大工程、大机械以及工程集成全面工程训练的特色。同时，本套教材还充分调动了教师参加工程训练实训实验建设的积极性，教师参与工程训练中心工程训练实训实践教学成果的固化和再现，有效地利用学科建设的资源，促进实践基地与学科建设、科学研究和课群建设的融合，增加工程训练基地规模，促使了工程训练的可持续发展，积极地推动和开展了大学生创新活动。

工程训练系列规划教材编委会

前 言

随着现代科学技术的迅猛发展,整个社会对人才的需求发生了深刻的变化,对学生的培养目标也发生了很大的转变。为了适应时代的要求,在工程训练的实践教学,将逐步实现由传统的金工实习向现代工程训练的教学方向转化;由单一技能训练向网络化、系统化条件下的集成技术训练方向转化;由操作技能训练向技能与管理、技能与创新实践相结合的方向转化。使学生在现代化的工程训练过程中,逐步建立大工程的概念。

本书是根据教育部制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,以“学习工艺知识,提高工程素质,培养创新精神”为宗旨,以探索现代工程训练的内涵和方式为目的,并遵循实践教学的特点而编写的。本书具有以下特点:

1. 在介绍各种工艺方法和设备的同时,注重培养学生逐步建立起市场经济中的产品开发、质量保证、环境保护、经营管理、安全生产以及法律法规等工程全局的意识。
2. 在内容和插图上从工程的系统性和工艺特征等方面进行编排,避免了不必要的重复,使内容更合理和简练,此外还力求注重实际、生动易懂、图文并茂,以利于学生自学和实践。
3. 在编写过程中力求取材新颖、结合实际,根据工程训练模式的改变,增加了新材料、新工艺和新技术等学习内容。
4. 为方便双语教学,书中的重要术语都附有英语注释。
5. 书中主要内容都配有可自主选择的实践项目,使本教材具有可操作性。

本书可作为高等工科院校非机械类专业工程训练(或工程实践)的教材,可以以教师授课和学生自学相结合、理论与实践相结合的方式组织教学。本课程总学时为 2~4 周,可采取灵活的教学方式安排工程实践训练课程的教学内容。本书每章都给出了学习的重点内容,明确了学生任务和指导教师的工作,并附有复习思考题,以供学生自测和考核。

本书由北京理工大学冯俊、周郴知担任主编,北京交通大学何庆复教授担任主审,北京理工大学马树奇、姜巍巍也参加了编写工作。

本书在编写过程中,参考了许多相关的教材和资料,并得到了北京理工大学有关部门教材建设资金的资助,在此一并致以谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不当之处在所难免,望读者批评指正。

编 者
2007 年 1 月

目 录

第一章 工程训练基础知识	(1)
1.1 制造系统简介	(1)
1.1.1 制造系统的基本概念	(1)
1.1.2 制造模式	(2)
1.2 产品的生产过程	(4)
1.2.1 产品整体概念	(4)
1.2.2 产品开发的程序	(4)
1.2.3 产品的制造	(6)
1.3 产品的质量	(8)
1.3.1 产品的质量	(8)
1.3.2 质量成本	(9)
1.4 绿色制造	(10)
复习思考题	(12)
第二章 工程材料基础知识	(13)
2.1 金属材料性能	(13)
2.1.1 金属材料的力学性能	(13)
2.1.2 金属材料的物理、化学性能	(15)
2.1.3 金属材料的工艺性能	(15)
2.2 工程材料分类及应用	(16)
2.2.1 金属材料	(16)
2.2.2 非金属材料	(19)
2.2.3 复合材料	(20)
2.3 材料处理技术	(20)
2.3.1 钢的普通热处理	(20)
2.3.2 表面热处理	(22)
2.3.3 表面涂覆技术	(22)

2.4 机械工程材料的选择	(23)
2.4.1 选用材料的一般原则	(23)
2.4.2 典型零件的选材	(24)
复习思考题	(25)
第三章 材料成形技术	(26)
3.1 金属液态成形	(26)
3.1.1 砂型铸造工艺过程	(27)
3.1.2 造型(芯)材料	(27)
3.1.3 砂型(芯)的制造	(29)
3.1.4 熔炼、浇注、落砂与清理	(35)
3.1.5 特种铸造	(36)
3.2 金属塑性成形	(39)
3.2.1 金属的加热与锻件的冷却	(40)
3.2.2 锻造设备与工艺	(42)
3.2.3 板料冲压	(47)
3.3 金属焊接成形	(50)
3.3.1 电弧焊设备与工艺	(51)
3.3.2 气焊与气割	(55)
3.3.3 其他焊接方法简介	(58)
3.4 材料成形加工质量与环境保护	(63)
3.4.1 铸件的质量与环境保护	(63)
3.4.2 锻压件质量与环境保护	(65)
3.4.3 焊接质量与环境保护	(68)
复习思考题	(69)
第四章 切削加工基础知识	(70)
4.1 切削加工的特点及主要方法	(70)
4.1.1 切削加工的特点	(70)
4.1.2 切削加工的主要方法	(71)
4.2 切削运动、切削用量及零件加工的技术要求	(71)
4.2.1 切削运动	(71)
4.2.2 切削用量	(72)
4.2.3 零件加工的技术要求	(73)

4.3	刀具几何角度与刀具材料	(76)
4.3.1	刀具结构	(76)
4.3.2	刀具材料	(78)
4.4	常用机床的类型与传动副	(79)
4.4.1	机床的基本类型及技术规格	(79)
4.4.2	常见传动副	(80)
	复习思考题	(82)
第五章	机械加工技术	(83)
5.1	车削加工	(83)
5.1.1	概述	(83)
5.1.2	车刀及其应用	(85)
5.1.3	工件的安装及常用附件	(86)
5.1.4	基本车削加工	(90)
5.2	铣削加工	(95)
5.2.1	概述	(95)
5.2.2	铣刀及其应用	(96)
5.2.3	铣床附件及工件安装	(98)
5.2.4	基本铣削加工	(99)
5.3	刨削加工	(102)
5.3.1	概述	(102)
5.3.2	刨刀及其应用	(103)
5.3.3	工件安装	(104)
5.3.4	基本刨削加工	(105)
5.3.5	其他刨削类加工简介	(106)
5.4	磨削加工	(108)
5.4.1	概述	(108)
5.4.2	砂轮及其应用	(110)
5.4.3	工件安装	(111)
5.4.4	基本磨削加工	(112)
5.5	切削加工质量与经济性	(114)
5.5.1	切削加工质量	(114)
5.5.2	切削加工经济性	(116)
	复习思考题	(117)

第六章 钳工工艺基础	(119)
6.1 概述	(119)
6.2 钳工基本操作	(120)
6.2.1 划线	(120)
6.2.2 锉削	(121)
6.2.3 锯削	(123)
6.3 孔加工	(124)
6.3.1 常用的孔加工设备	(124)
6.3.2 钻孔	(125)
6.3.3 扩孔、铰孔和铰孔	(127)
6.4 攻螺纹和套螺纹	(128)
6.4.1 攻螺纹	(129)
6.4.2 套螺纹	(130)
6.5 装配工艺基础	(131)
6.5.1 装配的基本概念	(131)
6.5.2 典型连接	(132)
复习思考题	(134)
第七章 特种加工技术	(135)
7.1 概述	(135)
7.2 电火花加工	(136)
7.2.1 概述	(136)
7.2.2 工具电极和液体介质	(138)
7.2.3 电火花成形加工的基本工艺	(139)
7.3 其他特种加工方法	(141)
7.3.1 超声波加工	(141)
7.3.2 激光加工	(142)
7.4 特种加工与环境保护	(143)
复习思考题	(143)
第八章 数控加工技术	(144)
8.1 概述	(144)
8.1.1 数控加工的特点	(144)

8.1.2	数控机床的发展方向	(145)
8.1.3	适于数控加工的零件	(146)
8.2	数控机床的基本知识	(147)
8.2.1	数控机床的组成	(147)
8.2.2	数控机床的工作原理	(148)
8.2.3	数控机床坐标系	(149)
8.3	数控加工编程基础	(151)
8.3.1	数控编程的种类	(151)
8.3.2	数控程序的结构	(152)
8.3.3	常用的数控指令	(152)
8.4	数控车削加工	(155)
8.4.1	数控车床的结构及原理	(156)
8.4.2	CAXA 数控车编程软件	(157)
8.4.3	数控车削加工实例	(162)
8.5	数控电火花线切割加工	(166)
8.5.1	数控线切割机床的加工原理、特点及应用	(166)
8.5.2	CAXA 线切割机床数控编程软件	(168)
8.5.3	数控线切割加工实例	(171)
	复习思考题	(174)
主要参考文献		(176)

第一章 工程训练基础知识

教学要求

识记 制造系统的基本构成，典型的制造系统和制造模式。

理解 产品开发和生产全过程，产品质量的概念，产品的质量与管理以及产品制造与环境保护的关系。

掌握 产品制造的工艺过程，生产的类型、质量与经济的关系，建立产品成本的概念。

学习重点

制造模式，产品制造的工艺过程，质量与产品成本的关系，建立大制造、大工程的概念。

1.1 制造系统简介

1.1.1 制造系统的基本概念

制造是将制造资料（如物料、能源、信息、设备、技术、资金和人力等）按照社会的需求转化为新的有更高应用价值的资源（如有形的物质产品和无形的软件、服务等产品）的行为和过程。

制造过程涉及的硬件、软件和人员所组成的有机整体称为制造系统。

制造系统的硬件包括人员、设备、物料流、信息基础设施、相关环境等，软件包括理论、技术、程序、标准、规范、管理等，由硬件和软件组成的系统与外界进行物质、能量和信息交换，以满足社会、环境等的需求，并完成市场分析、产品设计、工艺规划、制造生产、质量检验、销售服务甚至报废回收等各个环节，构成完整的制造系统，如图 1-1 所示为机械制造系统。

(1) 物料流 (Material Flow) 将原材料或坯料及刀具、夹具、量具、润滑液、冷却液和其他辅助物料等输入制造系统，经过输送、装夹、加工和检验等过程，输出半成品和成品。整个制造过程是动态的，以有形的物料为对象，这种用以改变物料的形态和地点的运动

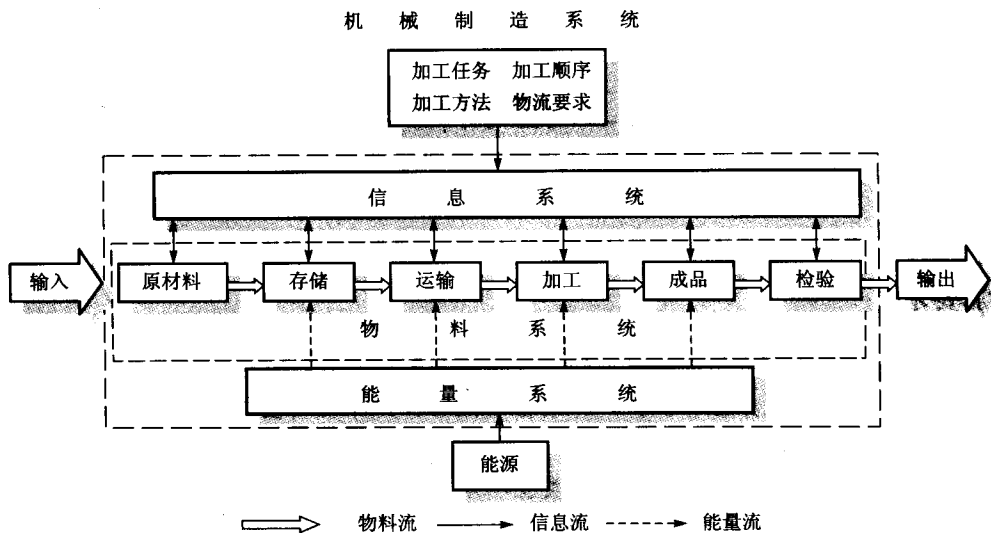


图 1-1 机械制造系统

被称为物料流。

(2) 信息流 (Communication Flow) 在制造过程中, 为保证生产效率和产品质量以及生产的正常运行, 必须将各方面的信息进行交换, 它们包括加工任务、加工材料、加工设备、加工工艺、刀具状态、质量指标等, 这些信息渗透到企业的各个部门。信息可以是自上而下地传达、由下而上地反馈, 也可以是互相平行地传递。这种在制造过程中经加工和交换的信息被称为信息流。

(3) 能量流 (Energy Flow) 能量是一切运动的基础, 机械制造中的各种运动, 特别是物料的运动、设备的运行、材料的加工变形等都需要能量。这种能量的消耗、转换、传递的过程被称为能量流。

从图 1-1 中可以看到, 制造系统内的各项功能活动都随着物料流、信息流和能量流而运动, 它们互相联系、互相影响, 构成了一个有机整体。

1.1.2 制造模式

制造模式与制造系统是密切相关的, 制造模式决定制造系统的结构和运行方式, 在制造系统的规划、设计、建设、运行和发展过程中发挥重要的作用。制造模式是动态发展的, 它与社会需求、生产水平、科技进步等密切相关。

1. 传统制造模式

(1) 少品种单件小批量生产 其主要原因是社会对产品的需求量小, 产品品种少, 即“少

品种单件小批量生产”。这种模式产量低，成本高，且成本不随产量而下降，无法满足市场需求。

(2) 少品种大批量生产 市场对工业产品需求量的上升以及电气化、标准化与系列化的结合，开创了机械自动流水线生产，出现了少品种大批量生产的模式。这种生产模式具有效率高、成本低、质量好、程序固定等优点，对生产水平的提高起很大的促进作用。

2. 现代制造模式

用户对产品的小批量及多品种的动态需求，以及计算机技术的进一步发展和数控机床等数字化设备的出现，推动了新技术的发展，先后提出了多种制造系统的概念和模式，以下将介绍其中比较典型和实用的模式和系统。

(1) 柔性制造系统 (Flexible Manufacture System, FMS) FMS 以可编程、多功能的数控设备替换传统设备，以软件控制替换刚性的工序过程，实现了生产的柔性化，能够快速响应市场上多品种以及中小批量生产任务的需求。

(2) 计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacture System, CIMS) CIMS 利用计算机、制造技术、管理、自动控制和网络等多种技术将制造企业整个生产过程中的信息进行统一处理，并对所属的子系统的信息和功能进行集成，从而实现企业的总体优化。

(3) 并行工程 (Concurrent Engineering, CE) CE 是产品设计和制造过程的多项计划和任务同时平行交叉进行的一种系统化的工作模式。这种工作模式可缩短产品设计周期，优化生产过程，降低成本，提高产品质量和创新能力。

(4) 虚拟制造 (Virtual Manufacturing, VM) VM 使产品的实际制造过程在计算机上模拟实现。它以信息技术、仿真技术和虚拟现实技术为支持，在计算机上实现产品全生命周期的活动，能使人感受到未来产品的性能或制造过程的状态。

(5) 敏捷制造 (Agile Manufacturing, AM) AM 是可以对用户需求做出灵敏、快速反应的生产模式，其基本特征是智能和快捷，根据市场的变化，通过信息交换网络将不同地域、不同企业的制造资源进行组合，对市场做出快速响应。

(6) 绿色制造 (Green Manufacturing, GM) GM 是在整个产品生命周期中考虑环境影响和资源效率的现代制造模式。其目标是使得产品在整个生命周期中对环境副作用最小，资源效率最高。

(7) 智能制造 (Intelligent Manufacturing, IM) IM 是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统。在制造过程中能进行分析、推理、判断、构思和决策等智能活动，使制造过程实现智能化。

从本质上来说，现代制造技术是传统制造技术、信息技术、自动化技术和现代管理技术等有机融合。现代制造已不仅仅是机械制造，它的基本特点是大制造、全过程、多学科，是一种广义的制造系统，如图 1-2 所示。



图 1-2 广义的制造系统

1.2 产品的生产过程

1.2.1 产品整体概念

产品是指已完成全部生产过程,经检验符合规定的质量标准并可供销售的成品。随着社会经济的发展和科学技术的进步,对产品的概念和内涵又有了进一步的发展和延伸。一般认为,现代产品是一个整体的概念,它包含3个层次:核心产品、有形产品和附加产品,如图1-3所示。

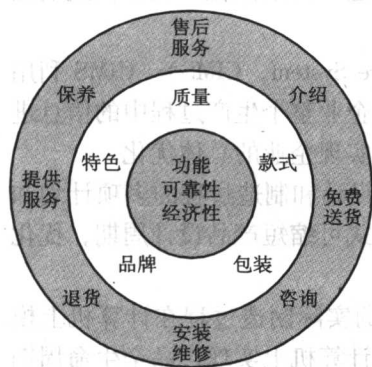


图1-3 产品整体

1. 核心产品

这是产品的核心内容,即消费者追求的实际效用和利益,其实质是产品的功能、可靠性、经济性等。同一种产品可以有不同核心内容去满足不同的需要。

2. 有形产品

这是消费者需要的各种具体的产品形式,一般包括:质量、特色、规格、品牌、包装等。必须将核心产品转变为有形产品,才能满足消费者对产品的形式和质量等的需求。

3. 附加产品

这是消费者在购买产品时得到的附加服务或利益,其主要内容有:产品介绍、提供信贷、免费送货、安装维修、售后服务等。企业要在市场竞争中取得优势,就要在这个层面上满足消费者更多的需求。

1.2.2 产品开发的程序

产品的开发是一个决策的过程,从人们的需求出发,形成规划和设计,再形成产品进入市场,经销售、使用后最终报废或回收。产品开发面向的是产品的整个生命周期,各阶段及其内容如图1-4所示。在产品的整个开发过程中应遵循从市场到市场的规律,切实了解市场的需求,然后再进行分析、规划、设计、制造和展开市场营销,其开发过程如图1-5所示。

1. 市场需求

市场需求是产品开发的基础,可分为物质需求和精神需求两种。物质需求指市场对技术指标和产品形态的要求,包括功能、质量、结构、重量、体积、规格等,精神需求指用户对产品的心理要求,包括造型、色彩、服务等。

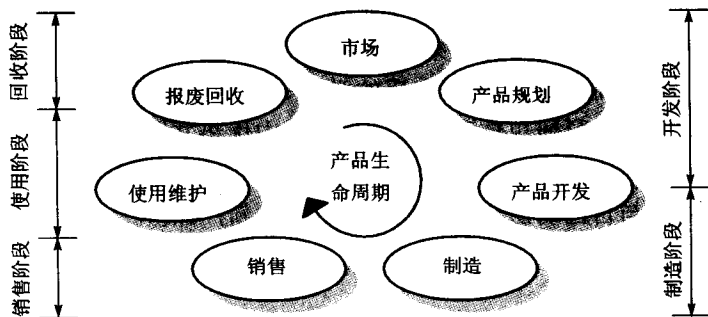


图 1-4 产品生命周期

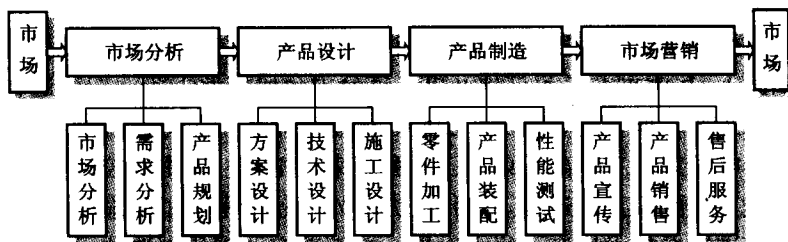


图 1-5 产品开发程序

2. 产品规划

产品规划是根据市场分析，在概念上对产品设想、产品特性、系统配置、市场定位、时间安排等按功能、材料、加工方法、质量和成本的要求等对产品进行定义。

3. 产品设计

产品设计涉及技术、经济、艺术等许多领域，现代产品设计主要有以下特点：

(1) 社会性 在产品的设计中，应从发展的、动态的观点进行设计，在保证产品物质功能和内在质量的前提下，还要满足用户对产品的美观性、艺术性、时代性等诸方面的要求，要做到人-机-环境等的协调。

(2) 系统性 现代产品设计要求从系统的角度出发，全面分析产品的功能、原理和结构，对产品方案、结构和参数进行优化，尽量使系统的整体性能最优，以获得功能全、性能好、成本低、价值高的产品。

(3) 创造性 产品设计是一种创造性的工作，要充分发挥设计者的创造性思维和集体智慧，运用各种创新方法和手段，开发出具有创新性的产品。

4. 产品开发的方式

产品的开发可以采用以下方式：

(1) 独立研制 依靠本企业的力量独立完成产品开发和研制,使企业拥有自主的知识产权;也可借用别人的基础理论研究成果进行应用研究和产品开发。

(2) 协作开发 当产品开发涉及较广泛的学科领域时,需要各类人才、先进的仪器设备和实验手段,此时企业、科研单位和高校之间可集中优势共同开发。

(3) 技术引进 在充分掌握国内外技术状况和市场需求的情况下,可通过购买专利引进先进技术,也可将其与自己的研究成果相结合以开发新产品。

1.2.3 产品的制造

产品制造是按照市场需求,运用掌握的知识和技能,借助于手工或可以利用的工具并采用有效的工艺方法和必要的能源,将原材料转换为最终产品并投放市场的全过程。

1. 产品制造的工艺过程

生产过程中逐渐改变生产对象的性质、形状、尺寸及相对位置,使其成为成品的过程称为工艺过程,如图1-6所示。工艺过程又可具体分为金属成形工艺,如铸造、锻造、冲压、焊接等;机械加工工艺,如车削、铣削、刨削、磨削、钳工工艺等;特种加工工艺,如电加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工、激光束加工等;采用数控设备进行的数字化加工工艺以及热处理、装配等工艺过程。除传统方法外,超精密加工、虚拟制造技术、快速原形制造等一系列先进制造技术均有了很大发展,它们奠定了现代制造技术的基础。

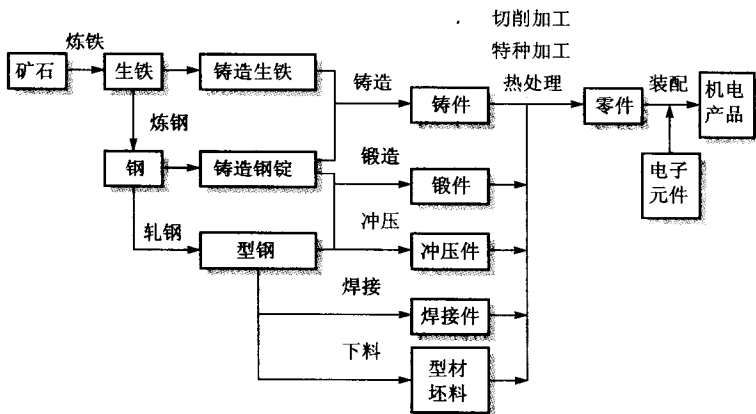


图 1-6 产品制造的工艺过程

(1) 工艺规程 零件依次通过的全部加工过程称为工艺路线或工艺流程,全部工艺过程按一定的格式形成的文件称为工艺规程。工艺规程包括与该零件相关的各种信息,如工艺路线、加工设备、刀具和量具的配备、加工用量、检验方法等。

(2) 工艺过程的组成 较为复杂的零件往往用不同的设备和方法逐步完成,这个过程