



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

机械制造基础

主编 任家隆 李菊丽 张冰蔚 （第二版）



高等教育出版社
Higher Education Press

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

机械制造基础

第 二 版

主编	任家隆	李菊丽	张冰蔚
参编	张淑兰	刘 苏	王 波
	方喜峰	任近静	

高等教育出版社

内容提要

本书根据机械设计制造及其自动化、机械工程及自动化等专业教学改革的要求,结合编者多年的教学实践和目前高等工科院校课程改革需要编写而成。

全书除绪论外分为6章,内容包括:机械制造概论、机械加工装备与方法(机床、刀具、加工方法概述、夹具)、金属切削过程与控制(切削原理的基本理论)、工艺规程设计(机械加工工艺、机械装配工艺、GT与CAPP)、机械加工质量分析与控制(加工精度、表面质量分析与控制)、机械制造技术发展(制造自动化、精密与超精密加工、可持续制造)。全书结构严谨,系统性强。

为便于教学和学生自学、扩充学生视野,本书配有相应的学生版CAI课件随书配套。

本书是高等工科院校机械类(机械设计制造及其自动化、机械工程自动化、工业设计等)专业的基本教材,同时兼顾了机械工程类高职高专类以及工业工程、物流工程等专业教学的要求,可供高职、高专及成人高校选用,也可作为对机械工程类知识有兴趣的读者自学和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 任家隆, 李菊丽, 张冰蔚主编. —2版.
北京: 高等教育出版社, 2009.6
ISBN 978-7-04-026130-1

I.机... II.①任...②李...③张... III.机械制造—高等学校—教材 IV.TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第050650号

策划编辑 卢 广 责任编辑 李京平 封面设计 赵 阳 责任绘图 吴文信
版式设计 余 杨 责任校对 王 雨 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京七色印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 20.5
字 数 500 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004年1月第1版
2009年6月第2版
印 次 2009年6月第1次印刷
定 价 31.40元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26130-00

第二版前言

本书根据机械类专业教学改革的基本要求,在总结各高校教改经验和我们多年的教学实践以及已毕业学生反馈意见的基础上,编写了以满足机械设计制造及其自动化专业教学为主,兼顾工业设计、车辆工程等相关专业教学的机械制造基础教材,以期更大程度、更大范围地满足教学和社会的需要。

机械制造基础是我国高等院校工科专业工艺教育的一门重要的技术基础课。在汲取同类教材宝贵经验的基础上,本书对该课程的体系和结构进行了一定的改革,既努力避免教学过程中教材内容重复的现象,又考虑了知识体系结构和有兴趣的读者自学的需要,力求符合人们认识事物的规律,使之有益于培养读者的创造性思维,提高他们的创新能力。

本书有以下特点:

1. 充分考虑机械设计制造及其自动化、车辆工程、工业工程、物流工程等专业的教学,满足上述各类专业的要求。

2. 在知识体系上力求首先给读者一个机械制造的总概念,然后再分述,有利于提高学习效果以及掌握知识的系统性,且留有足够的内容供因缺少学时而又有学习兴趣的学生和读者选修、选学。

3. 全书较好地贯彻了既讲述技术基础知识又传授学习方法的教学思想,系统讲述了机械制造技术的基础知识,合理组合了知识结构,有利于读者从学科角度掌握知识,并提高创新意识。

4. 全书贯彻可持续发展的观点,运用系统工程理论方法进行内容的编排,有利于提高读者分析问题、解决问题的能力。

全书由任家隆教授统稿,由任家隆、李菊丽和张冰蔚担任主编。编写分工如下:绪论及第1章由任家隆编写;第2章由刘苏、方喜峰、王波、黄传辉、任近静分别编写各节;第3章由李菊丽编写;第4章由张冰蔚、任家隆编写;第5章由张淑兰、任家隆编写;第6章由任近静、张淑兰编写;任近静、晋丹丹、管小燕、余建华、王青仙参与了CAI课件和部分文稿的整理工作。

本书由博士生导师王贵成教授审阅。在本书编写过程中得到王贵成教授的全力帮助,也得到清华大学博士生导师王先逵教授的指导,同时还得到了高等教育出版社、江苏大学、江苏科技大学、郑州轻工业学院、淮海工学院、上海交通大学、东南大学等院校的有关领导、教务部门及相关同志的鼓励、支持和帮助,在此对各位领导、老师、同志以及有关参考教材、学术杂志和论文的作者表示深深的敬意和感谢。

教材的编写是一个探索和追求的过程。由于编者的水平与经验所限,书中难免存在错误和不妥之处,殷切地希望广大师生及读者提出宝贵意见。

主 编

2009年2月

目 录

绪论	1	第4章 工艺规程设计	182
第1章 机械制造概论	4	4.1 概述	182
1.1 机械产品的开发与构成	4	4.2 机械产品(零件)设计的工艺 性评价	186
1.2 制造过程与生产组织	11	4.3 机械加工工艺规程设计	195
思考题与习题	21	4.4 成组技术与计算机辅助工艺 规程设计	238
第2章 机械加工装备与方法	22	4.5 机械装配工艺规程设计基础	245
2.1 金属切削机床	22	思考题与习题	258
2.2 金属切削刀具	54	第5章 机械加工质量分析与控制	262
2.3 机械加工方法	70	5.1 机械加工精度	262
2.4 机床夹具	103	5.2 机械加工表面质量	283
思考题与习题	137	思考题与习题	289
第3章 金属切削过程与控制	142	第6章 机械制造技术的发展	292
3.1 金属切削过程与切屑类型	142	6.1 机械制造系统自动化	292
3.2 切削力	147	6.2 精密和超精密加工	300
3.3 切削热与切削温度	153	6.3 环境保护与可持续制造	309
3.4 刀具的磨损、破损及使用寿命	156	思考题与习题	316
3.5 工件材料的切削加工性	162	参考文献	317
3.6 磨削过程与磨削机理	165		
3.7 金属切削条件的合理选择	169		
思考题与习题	180		

绪 论

1. 机械制造业在国民经济中的地位和作用

机械制造业担负着向国民经济各部门提供技术装备的任务。国民经济各部门的生产技术水平和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所能提供装备的技术性能、质量和可靠性。因此，机械制造业的技术水平和规模是衡量一个国家工业化程度和国民经济综合实力的重要标志。

1949 年以来，我国的制造业得到了长足发展，一个比较完整的机械工业体系基本形成。改革开放以来，我国的制造业充分利用国内外两方面的技术资源，有计划地进行企业技术改造，引导企业走依靠科技进步的道路，使制造技术、产品质量和水平以及经济效益有了很大提高，为繁荣国内市场，扩大出口创汇，推动国民经济的发展起了重要作用。

据国外统计，在经济发展阶段，制造业的发展速度要高出整个国民经济的发展速度。如美国 68% 的财富来源于制造业；日本国民总产值的 49% 是由制造业提供的；中国的制造业在工业总产值中也占有 40% 的比例。由此可见，制造业为人类创造了辉煌的物质文明，是一个国家的立国之本。

制造技术是制造业发展的后盾，先进的制造技术使一个国家的制造业乃至国民经济处于竞争力较强的地位。忽视制造技术的发展将会导致制造业的萎缩和国民经济的衰退。美国一直是制造业的大国，但第二次世界大战以后，一度不重视制造业的发展以及制造技术的开发；而日本则十分重视制造技术的开发，政府大力支持制造业的发展。结果，在 20 世纪 70 年代和 80 年代，日本的汽车、家电等不仅大量抢占了美国原来的国际市场，而且大量进入美国国内市场，使美国制造业受到极大挑战，导致了 20 世纪 90 年代初期美国经济的衰退。这使美国决策层不得不重新调整自己的产业政策，先后制定并实施了一系列振兴制造业的计划，并特别将 1994 年确定为美国的制造技术年。制造技术是美国当年财政重点扶植的唯一领域。这些措施使先进制造技术在美国得到长足发展，促进了美国经济的全面复苏，重新占领了许多原先失去的市场。

我国的机械制造业经过几十年的发展，从经营规模上来说，已成为制造业的大国。制造技术也已进入发展最迅速、实力增强最快的新阶段。但长期以来，由于经济体制、产业政策及管理技术投入不足等诸多因素的积累，与工业发达国家相比我国的制造技术还存在着十分明显的差距。例如，在微电子产品加工方面，国外集成电路的刻线宽度已达 $0.1\ \mu\text{m}$ ，性能可靠的微电子产品多数依赖进口，严重制约了我国电子工业与计算机工业的发展。在机械工业方面，由于许多产品的精度、自动化程度及综合使用性能不高，我国机械产品的国际市场竞争能力明显偏弱，高技术附加值产品的国内市场也被大量外国产品占领。有关资料表明，1996 年我国进口精密机床价值达 23 亿美元，相当于当年我国机床行业的总产值，在近几年机械产品的进出

口贸易中逆差每年都很大。随着经济全球化、贸易自由化程度的不断加深,国际市场竞争更加激烈,我国制造业正承受着前所未有的巨大压力。

鉴于机械产品是装备国民经济各部门的物质基础,强大而完备的机械工业是实现国家现代化和社会进步的重要条件;而基础机械、基础零部件、基础工艺的发展缓慢又是机械工业产品上不去的重要原因之一,其关键问题是要优先发展现代制造技术。为此,应和各工业化国家一样把现代制造技术列为国家关键技术和优先发展领域,为应对在发达国家之间展开的一个以现代制造技术为中心的科技竞争创造条件;鼓励大批有志于制造业的莘莘学子的投入和献身,为使我国的制造业达到工业发达国家的技术水平而奋斗。

2. 机械制造科学的发展

机械制造过程是一种离散的生产过程,它主要表现在制造过程中的各个环节,各环节之间是可以彼此关联或不关联的,因此完全实现机械制造过程自动化的难度比较大。另外,机械制造过程的实施对个人的经验和技能有一定程度的依赖,一般难以用数学的方法、规律、逻辑进行描述。这就使得机械制造科学发展较为缓慢。

制造从远古时代就形成一套技术,蒸汽机与电力革命使其发生了很大变化,形成了基于大批量生产的制造技术。同样,现代电子技术、计算机技术、信息技术的发展使传统制造业改变了它原来的面目,有了飞跃的发展及革命性的变化,但这绝不是削弱了传统制造业的重要性,而是将制造技术从单元的研究发展到制造系统的研究。

制造系统是指覆盖全部产品生命周期的制造活动所形成的系统,即设计、制造、装配及市场乃至回收的全过程。由系统论、信息论和控制论所形成的系统科学与方法论,从系统各组成部分之间的相互联系、相互作用、相互制约的关系来分析对象,使制造技术不再仅仅是以力学、切削理论为主要基础的一门学科,而是一门涉及机械科学、材料科学、系统科学、信息科学和管理科学的综合学科。

机械制造科学是国家建设和社会发展的支柱学科之一,是研究机械制造系统、机械制造过程和制造手段的科学。机械制造可分为热加工和冷加工两部分,其中热加工部分已在材料成形学相关教材中讲授,而机械制造(冷加工)是一门研究各种机械制造冷加工过程和方法的科学,其主要研究内容包括:

- (1) 机械制造的基础理论。
- (2) 机械制造和装配的工艺过程、工艺装备、工艺方法等。
- (3) 机械制造系统的自动化、柔性化、集成化及智能化。

目前机械制造冷加工部分主要沿着机械制造工艺方法进一步完善与开拓、加工技术向高精度发展、加工技术向自动化方向发展三条主线进行,具体内容主要有以下 10 个方面:

- (1) 切削与磨削加工技术。
- (2) 特种加工技术。
- (3) 精密加工和超精密加工技术。
- (4) 装配技术。
- (5) 机械制造系统自动化。
- (6) 机械制造过程中的计量与测试。
- (7) 机械制造过程中的工况监测与故障诊断。

- (8) 机械制造设备的性能与试验。
- (9) 机械产品的质量与可靠性。
- (10) 机械制造系统的柔性化、集成化和智能化。

3. 本课程的主要内容和学习方法

(1) 本课程的教学内容和要求

本课程主要介绍机械产品的生产过程和生产活动的组织，机械加工方法，机械加工过程及机械加工系统。包括金属切削过程及其基本规律，机床、刀具、夹具的基本知识，机械加工和装配工艺规程的设计，以及机械加工精度及表面质量的基本概念及控制方法，制造技术与现代生产管理模式、制造技术的发展趋势等。

通过本课程的学习，要求学生能对制造活动有一个总体的了解与把握，初步掌握金属切削过程的基本规律和机械加工的基本知识，了解金属切削机床的基本原理，能选择机械加工方法与机床、刀具、夹具及切削加工参数；初步具备制定工艺规程、设计简单夹具的能力和掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识；初步具备分析解决现场工艺问题的能力；了解当今先进制造技术和制造模式的发展概况；初步具备对制造系统、制造模式选择和决策的能力。

(2) 本课程的学习方法

本课程是一门实践性很强的课程，应采取理论教学和实践教学相结合的方法，系统掌握机械制造的基础知识和基本技能。没有足够的实践基础，对制造原理与管理模式及金属切削理论和机械制造工艺的知识很难有准确的理解和把握。所以在学习本课程时，必须注意实践性教学环节，即通过实验、实习、设计及工厂调研来加深对课程内容的理解。通过本课程及后续课程的学习，反复的实践和认识，才能逐步掌握机械制造的理论与实践知识，为将来的实际工作打下坚实的基础，为机械工业的振兴与发展作出贡献。

各类学校、不同专业在应用本教材时，可以根据需要取舍。本书的有些章节可以与实践环节穿插进行教学。

第 1 章

机械制造概论

机械制造业是国民经济的基础产业，它生产的机械产品中相当一部分将成为国民经济各部门的机械装备。机械产品的生产通常围绕新产品的开发、产品制造、产品销售和服务三个阶段进行。新产品的开发主要在市场导向下，根据技术的发展和企业的资源特征，通过设计、试制、生产准备等一系列活动完成，它保证了企业的发展与未来；产品的销售和服务主要是把生产出来的产品以一定的渠道推向市场，提供促进销售的服务，把产品变成企业实际的利润，实现制造活动、产品本身的价值；产品的制造活动主要是根据市场和订单所确定的批量，通过包括毛坯制造、加工、装配、检验以及制造过程的组织和管理等过程和方式完成的。

机械制造是一个将制造资源(物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等)通过制造系统转化为可供人们使用或利用的产品的过程。现代制造越来越倾向于将系统论、信息论和控制论所形成的科学和方法论与机械制造科学结合起来，形成包含产品设计、制造、管理和技术等问题的一体化制造系统概念。机械制造正逐渐由一门技艺成长为一门工程科学。

和世界上的一切财富一样，机械制造也是人类开发自然资源的过程，在人类实施可持续发展战略的今天，以最小的资源消耗、最低限度的环境污染产生最大的社会、经济效益，是制造业的根本宗旨，也是所有从事机械制造技术的科学研究人员在创造和应用制造机械产品的加工原理，研究工艺过程、方法和相应设备时的主要任务和奋斗目标。

1.1 机械产品的开发与构成

1.1.1 机械产品的开发

1. 产品开发的意义

科学技术的发展与进步，为满足人类的更高消费提供了许多新的产品方案。消费者随着生活水平的提高与社会环境的进步，对产品的功能、质量、外观、价格提出了新的需求。这些都要求企业有可能也有必要不断地开发新产品。同时在市场经济和国际竞争环境中，利润较高的适销产品，势必会吸引众多企业参与竞争、争夺市场。机械装备既是国民经济生产部门、国防工业和社会生活的重要物质基础，而且其自身也是商品。机械制造企业为了赢得竞争，也必须不断地推出新产品。工业发达国家都比较注重机械产品的开发，美国的汽车企业将销售收入的5%~10%投入到汽车产品的研发中。随着先进技术被应用到机械产品中，机械装备的综合性

能不断地提高,机械产品的开发和升级换代加快,能否适时推出新产品是企业占领市场、获取最大利润的首要因素。

任何产品都有一定的寿命周期,由于机械装备的投资较大,机械产品的寿命周期相对较长。伴随着科学技术的发展和消费个性化的趋势,机械产品的市场寿命也在相对缩短。与其他产品一样,机械产品的市场寿命周期一般分为介绍期、成长期、成熟期和衰退期四个阶段。

介绍期是为产品作市场宣传,改进产品以及为批量生产作准备的阶段。这时期的制造成本高,销售量有限,价格也比较高,销售产品还不能为企业带来利润。进入成长期,产品迅速占领市场,销售额扩大。由于进入批量生产,成本降低,利润迅速增加。当市场接近饱和时,产品进入成熟期,此阶段销售量大,但增幅趋缓,企业利润丰厚。当市场饱和后,激烈的市场竞争使产品的原有价格压到极低水平,销售额持续下降,企业无法获得利润,或市场出现升级换代的新产品,原有产品进入衰退期。

企业的首要经营目的是获得经济效益。要使一个企业长期取得良好的经济效益,就应该经营好处于成长期和成熟期的产品,并不断完善功能,提高质量,延长其市场寿命。同时要做到未雨绸缪,加强新产品的开发,尤其是创新产品的开发,及早抢占市场的制高点。企业只有不断地开发经营好有新的市场生命力的产品,才能使企业自身在激烈的市场竞争中不断获得新的生命力。我国一些经营业绩好的大型企业(如春兰集团、上海大众集团等)在经营好现有产品的同时,都十分重视新产品的开发。

2. 新产品开发的决策

新产品按创新的改进程度可分为全新产品、换代产品、改进产品和仿制产品四类。

全新产品指应用新原理、新结构、新技术和新材料制造的前所未有的产品,往往成为科技史上的重大突破,如最初的蒸汽机、飞机等。全新产品具有明显的技术经济优势,但其开发通常需要理论科学与应用技术的配合,需要企业、科研机构、高等院校的良好合作,开发周期较长。换代产品一般指由于采用新技术、新结构或新材料,使产品性能产生具有阶段性显著变化的新产品,如计算机发展过程中的386、486、586等。改进产品主要是对老产品的改进。仿制产品主要是模仿市场已有的其他产品而产生的,仿制产品可节省产品开发的大量资金、人力和时间,开发风险小,收效快。但承受着生产成熟厂家的竞争压力,并且容易造成知识产权的纠纷。

企业开发什么样的产品,必须来源于系统、全面的市场调查,认真的评价分析和科学的决策。通常,如果说产品开发的决策、技术开发、中试、生产上市几个阶段的资金投入比例是1:10:100:1 000,则它们对该产品开发是否成功,即市场前景和企业效益的影响度为70%:10%:10%:10%。由此可见,正确的决策至关重要。

(1) 开发调研

新产品开发的决策依据是开发调研。开发调研可以从以下几个方面进行,即科技调研、市场调研、竞争环境调研、企业内部调研。

1) 科技调研 主要是调研科技新动态,形成产品的技术源,如其技术的先进性、成熟度、技术可行性等。科技调研对企业新产品开发的走势有重要影响。如我国某企业1990年初引进日本“三洋”电视机按键生产线,没有注意到更先进的遥控器技术的出现,生产线建成后没有订货,面临破产困境。在注重技术先进性的同时,对技术的成熟度和可行性也必须认真对待。考虑企业自身的技术开发实力、可投入的资金和承担风险的能力,往往选择适用技术、渐进改进会是更稳妥的途径。

全新产品的开发可能给企业带来高的效益,但成功率不高,企业要承担较大的风险。

2) 市场调研 主要是调查市场需求。通过细分市场的调查,分析产品可能达到的市场目标、市场可能接受的产品功能及价格。市场调研使产品的开发具有一定的针对性,要考虑消费市场的地域、人口、消费心理及消费行为等特点。例如,我国南方农村长期以来需要外形尺寸较小的联合收割机以适应小块田地的作业,而我国的农机管理部门、研究院所、生产企业没有注意到这一市场需求,直到日本产品进入我国市场后才意识到。

3) 竞争环境调研 一方面要研究了解国家的法律、法规、行业政策导向,如环境保护条例、国家在某些行业或产业的减免政策等。另一方面也要调查研究国内外竞争对手的情况,如竞争对手的产品功能、质量、价格、经营状况、产品开发趋势等,做到知己知彼,百战不殆。

4) 企业内部调研 主要是研究企业的资源。根据企业自身的设备、资金、人力、技术、管理等方面的情况来考虑在拟项目的长处与不足,确立企业的中长远目标和短期目标以及企业的经营策略等。企业为节约开发费用和生产组织费用,往往在相近的产品中进行开发。但有时企业为了在市场激烈变化的环境中立于不败之地,采用多种经营战略,专门选择领域差别较大产品进行开发生产,以提高其抗风险能力。

(2) 立项决策

表1-1表示对一个新产品开发调查的结果,表中的每一项都是利用某一种方法调研得到的数据,每项统计出平均值。总体抽调结果可以根据各项结果加权平均。每一要素的权值可根据企业经营的战略思想来定。如果企业开发产品着眼于长远利益及高技术形象,技术评估各项可取较高的权值;如果企业着眼于经济效益,竞争能力的各项权值可高一些。表中的总得分应在0~10之间,总的得分越高,产品越值得开发。

表1-1 新产品评估等级表

要素类	要素	等级	权值	得分
技术评估	先进新颖性	7	0.1	0.7
	成熟度	7	0.1	0.7
	技术独占度	9	0.15	1.35
	质量指标	6	0.05	0.3
适用性评估	与原有技术兼容性	3	0.05	0.15
	现有设备可用性	8	0.1	0.8
	现有人才可用性	6	0.05	0.3
	现有销售渠道可用性	4	0.05	0.2
竞争能力评估	市场宽度	3	0.1	0.3
	可达市场占有率	7	0.1	0.7
	与发展政策有关	9	0.05	0.45
	环境保护	9	0.1	0.9
总计			1	6.85

经过调研分析,如果对某一产品的开发有了初步认定,就可对产品的市场、功能设计、价格进行定位,然后进行产品概念设计,确定产品的各项指标,优化产品设计方案,并进行立项评估。

立项评估的内容是经济分析和风险分析。经济分析主要考虑产品开发的资金投入以及在投资回收期和盈亏平衡时产品的最小销售量等;风险分析主要考虑技术成功率、商业成功率和产品寿命周期等。有关书籍对此有详细说明,在此不再赘述。一般来说高技术产品的成功率较低(来自美国的统计表明新产品的成功率约为30%,而高技术产品的成功率只有12%),但高技术产品有高的回报率,能给企业带来丰厚的总效益。机械产品的设计周期长,加工成本高,开发投资大,尤其是技术集成度高的高精度产品投资风险很高,但产品开发一旦成功,就能获得巨大的利润。

3. 新产品开发的方式

产品方案通过立项评估后,就可以计划并实施产品开发了。新产品的开发可以采用以下一些方式:

1) 独立研制 依靠本企业自身力量独立进行新产品开发。技术经济实力雄厚的企业往往采用这种方式。一般的企业在开发不太复杂的产品或开发仿制、改进产品时也比较适于采用这种方式。

2) 合作开发 由企业和高校或科研机构合作进行技术开发。由于新产品开发可能涉及较广阔的学术领域,需要各种检测设备、实验设备,需要各类人才进行创新工作,而高校和科研机构在这方面有比较强的优势。

3) 技术引进 通过购买专利、引进国外先进技术等方式,使企业的产品迅速赶上先进水平,进入国际市场。对项目的引进应充分掌握国内外技术发展的状况,进行充分的市场分析,以减小风险和避免损失。

4. 新产品开发的步骤

新产品开发的顺序为概念设计、方案设计、详细设计、样机设计与评审、工艺设计、新产品鉴定、试销、生产准备、批量生产。

1) 产品概念设计 产品概念设计一般包括产品的基本特征、技术原理、主要结构形式、主要功能、市场定位、技术规格、主要参数、目标成本及与国内外类似产品的比较等。在立项决策时概念设计就基本形成了。产品的概念有狭义概念和广义概念。狭义概念是指具体产品;广义概念又称整体产品概念,如图1-1所示,它由核心部分、形式部分及延伸部分组成。

产品的核心部分是其使用价值,也就是实现其使用功能;形式部分指产品的品质、包装、品牌、式样等内容;产品的延伸部分主要是指服务,如运输、安装、质量承诺、售后服务保证等。

2) 产品方案设计 方案设计主要确定实现概念设计的总体方案,包括机械结构方案、电气控制方案、外形方案等;还有绘制产品总装图的工作原理草图,给出其主要尺寸,列出产品的特殊配套零部件和外购件的明细表。

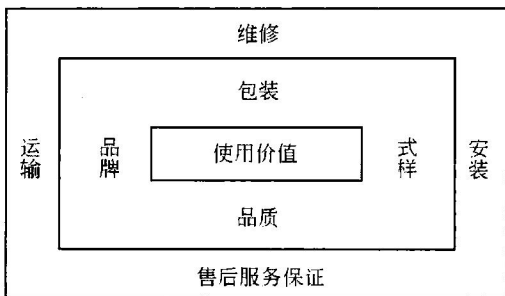


图 1-1 整体产品概念

3) 技术设计 技术设计是根据技术任务书,将方案设计中确定的基本结构和主要参数具体化,进一步确定产品结构和经济技术指标。技术设计的基本内容包括:①通过计算、分析和试验确定重要零部件的结构、尺寸和配合,并画出机器总图、重要零部件图、液压系统图、冷却系统图、电气系统图等;②编写部件、附件、通用件、标准件、外购件等明细表以及特殊材料表;③编写设计说明书,说明产品结构特点;④制定加工、装配以及产品验收和交货的技术条件;⑤确定产品的技术经济指标。

技术设计之后要组织设计部门、工艺部门、生产管理部门、销售部门的人员进行设计评审。评审后进行修改,然后完成样机制造。产品的许多性能往往要靠样机的试验才能真正确定下来。样机经测试后,连同设计资料及工艺设计一起进行新产品鉴定。

4) 生产设计 样机的制造方法与批量生产是不一样的,通过鉴定的新产品还要根据工艺设计进行生产设计。生产设计也叫工作图设计,是将经过审核和修正的前一段设计具体化为生产用的工作图。这一阶段是绘制全套施工图样、准备有关制造和使用所需的技术文件,为企业提供可靠的生产依据。生产设计必须考虑企业的具体条件及生产上的要求。根据生产设计确定生产的组织和生产设备的安排,设计制造专门的刀具、模具、夹具、检测器具等工艺设备,然后进入小批试制、销售,最后投产。

5. 产品开发的技术手段

产品的设计以图样或软件的形式确定下来。传统的产品开发往往借助于人力和通用设备,经过反复制作、试凑,信息的个性化因素较大。目前在一些企业,便携产品开发用此方法。随着计算机在制造业中的广泛应用,计算机辅助设计(CAD)得到越来越普遍的应用。机械CAD软件主要分为二维软件和三维软件。AutoCAD,国内的华正、开目等软件主要是二维功能。三维实体造型软件主要有I-deas、UG、ProE、Solidwork、EUCLID等。在以普通机床为主的企业中,二维图还是传递信息的主要手段。在以数控加工为主的企业、实现计算机集成制造系统(CIMS)管理的企业或者加工三维曲面较多的场合(如叶轮机械、模具行业)中三维CAD的应用较为广泛。

CAD设计信息容易以软盘、磁带或通过互联网进行信息传递。用CAD容易实现设计信息的保存及修改。CAD信息还容易变成CNC数控加工程序,实现CAD/CAM一体化。根据零件的CAD信息也容易进行模具、工具、夹具等的设计、制造和管理。有了CAD信息也便于用有限元等CAE软件对零件进行强度、变形及振动计算,实现CAD/CAE的集成。CAD/CAM信息也容易与工厂其他管理软件(MIS)集成,实现生产管理的现代化,因而CAD的应用越来越普及。

基于CAD/CAE/CAM以及多媒体技术发展起来的虚拟制造技术,可以大大加速产品的开发过程。虚拟制造可以用计算机软件模拟产品的装配运行和使用,在设计阶段及早发现问题,减少试制、运行测试、改进设计等过程的多次反复,也节约了开发费用,是正在发展中的一项新技术。利用这些技术可以在产品未试制出来以前就进行市场宣传和开拓。

快速成形制造技术可以用较低的费用、在很短的时间内完成单件或小批量试制,是现代产品快速开发的重要技术。美国GM公司将此技术用于汽车零部件开发,使开发时间和费用降低了50%~80%。

1.1.2 机械产品的构成

1. 机械产品的构成

现以汽车为例加以说明。一辆汽车由车身、发动机、驱动装置、车轮和电、液、机控制部分组成。组成汽车的各个部分应当具有充分发挥其性能的最佳形状，所选用的材料应考虑到对强度和功能的要求。

图 1-2 为轿车的车身总成图，图 1-3 为汽车的发动机、驱动装置和车轮部分。图中各部分的名称、所用材料和加工方法见表 1-2。由两图可知，汽车的零件是由多种材料制成的，采用的加工方法有铸造、锻造、冲压、注射成形等。另外还有一些加工方法没有列出来，如焊接（用于板料的连接、棒料的连接）、机械零件的精加工（切削、磨削）等。

表 1-2 轿车零部件

件号	名 称	材 料	加工方法	件号	名 称	材 料	加工方法
1	蓄 壳体	塑料	注射成形	16	冷却风扇	塑料	注射成形
	电 极板	铅板		17	散热器		
	池 液	稀硫酸		18	空气滤清器	钢板	冲压
2	前窗玻璃	钢化玻璃		19	进气总管	铝	铸造
		或夹层玻璃		20	操纵杆	钢管	
3	遮阳板	聚氯乙烯、		21	离合器壳体	铝	铸造
		稀薄板 + 尿烷泡沫		22	方向盘	塑料	注射成形
4	仪表板	钢板	冲压	23	后桥壳	钢板	冲压
		塑料	注射成形	24	消声器	钢板	冲压
5	车身	钢板	冲压	25	油箱	钢板	冲压
6	侧窗玻璃	钢化玻璃		26	轮胎	合成橡胶	
7	坐垫包皮	乙烯或纺织品		27	卷簧	弹簧钢	
8	缓冲垫	尿烷泡沫		28	刹车鼓	铸铁	铸造
9	车门	钢板	冲压	29	排气管	钢管	
10	挡泥板	钢板	冲压	30	发 气缸体	铸铁	铸造
11	发动机罩	钢板	冲压		动 气缸盖	铝	铸造
12	保险杠	钢板	冲压		机 曲轴	碳钢	锻造
13	散热器格栅	塑料	注射成形		凸 凸轮轴	铸铁	铸造
14	标 牌	塑料	注射成形		盘	钢板	冲压
			电镀	31	排气总管	铸铁	铸造
				32	刹车盘	铸铁	铸造
15	前灯透镜	玻璃					
	前灯聚光罩	钢板	冲压、电镀				

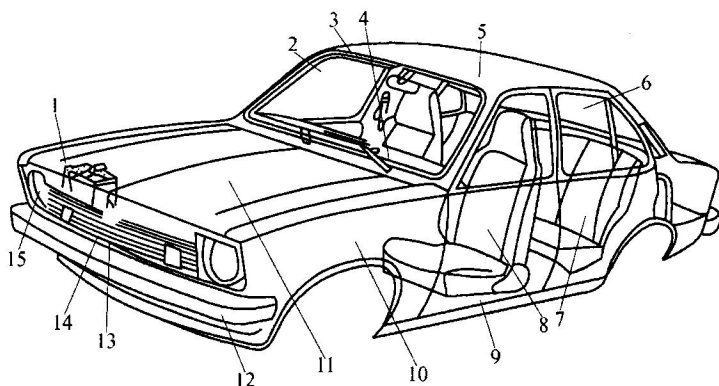


图 1-2 轿车的车身总成图(图注见表 1-2)

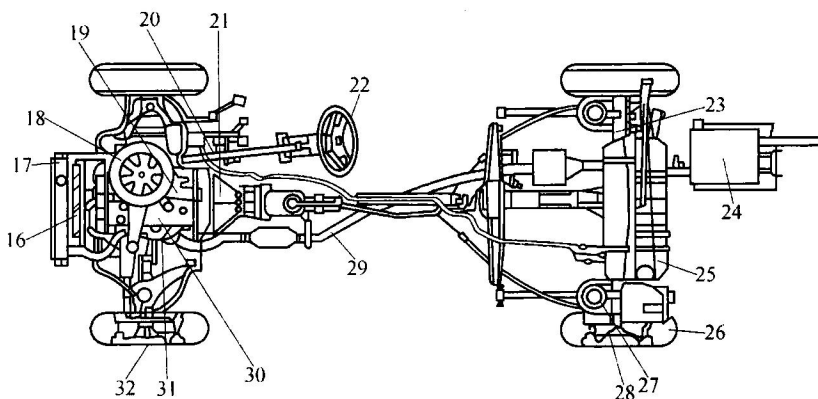


图 1-3 轿车发动机、驱动装置和车轮部分(图注见表 1-2)

2. 机械产品使用的材料

现代机械产品多是机械零部件、计算机、电气、仪表的集成,几乎使用了所有常用的材料,许多特殊的产品还包含了最新开发的新型材料,如功能材料等。随着现代科学技术的发展,材料的使用更有针对性,如发动机使用陶瓷缸套,耐热度提高,其功率将有较大的增长。有关材料的论述有专门的书籍介绍,这里仍以上述汽车为例予以概述。

制造汽车使用了多种材料,从现阶段汽车零件的重量构成比来看,黑色金属占 75%~80%,有色金属占 5%,非金属占 10%~20%。汽车使用的材料大多为金属材料。

黑色金属材料有钢板、钢材和铸铁。钢板大多采用冲压成形,用于制造汽车的车身和横梁;钢材的种类有圆钢和各种型钢,用圆钢作坯料,采用锻造、热处理、切削加工等方法来制造曲轴、齿轮、弹簧等零件;铸铁用来铸造气缸体、气管、差速器箱体等。

黑色金属的强度较高,价格低廉,故使用较多。按其使用场合的不同,对其性能的要求也不同。例如对于汽车车身,需使钢板作较大的弯曲变形,应采用易变形的钢板;如果外观差,就影响销售,故应采用表面美观、易弯曲的钢板。与之相反,车架厚而强度高,价格应低廉,所以采用表面不太美观的较厚钢板。

圆钢(断面为圆形)和型钢(断面为 L、T、I 之类的型材)用途广泛。例如将具有特殊性能的

圆钢卷成螺旋形弹簧,或将圆钢切削加工后再使表面硬化,制成回转轴等。

有色金属材料以铝合金应用最广,用做发动机的活塞、变速箱壳体、带轮等。铝合金由于重量轻、美观,今后将更多地用于制造汽车零件。

铜用于生产电气产品、散热器。铅、锡与铜构成的合金用做轴承合金。锌合金用做装饰品和车门手柄(表面电镀)。

在非金属材料中采用了工程塑料、橡胶、石棉、玻璃、纤维等。由于工程塑料具有密度小,成形性、着色性好,不生锈等性能,可用做薄板、手轮、电气零件、内外装饰品等。

由于塑料性能的不断改善,FRP(纤维强化塑料)有可能被用来制造车身和发动机零件。

1.2 制造过程与生产组织

1.2.1 机械产品的制造过程

机械产品的制造过程是指从原材料到产品的全过程,包括零件部件以及整机的制造。制造过程由一系列的制造活动组成,包括生产设计、技术准备、生产计划、毛坯制造、机械加工、热处理、装配、质量检验以及储运等工艺过程。工艺过程又分为铸造、锻造、焊接、机械加工、热处理、装配等工艺过程。制造过程的物流、信息流、能量流及人与设备构成了机械制造系统,如图1-4所示。原材料、毛坯、加工中的半成品、零部件及产品整机形成了物流;

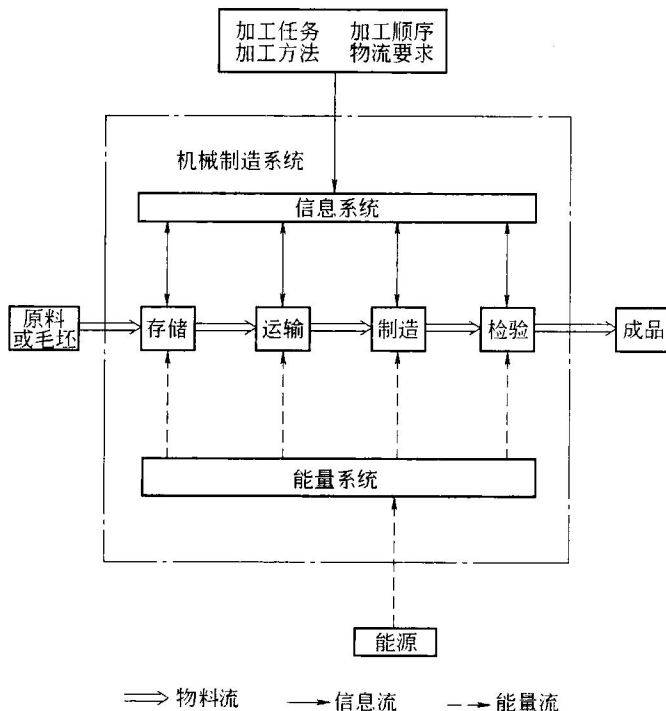


图 1-4 机械制造系统图

产品的装配图、零部件图、各种工艺文件、CAD 软件、CAM 软件、产品的订单、生产调度计划等形成了制造系统的信息流；电能、机械能、热能等形成了能量流。物料流是制造系统的本质，在物料流动的过程中，原材料变成了产品。能量流为物料流提供了动力，电力驱动电动机，再驱动各种机械运动，实现加工和运输；热能用来加热金属，以便于进行铸造、锻造、热处理等。信息则控制物料如何运动，控制能量如何作功。在整个制造过程中，人和设备是制造活动的支撑条件，所有的制造活动都受各种条件和环境的约束。

制造过程实质是一个资源(人力资源、自然资源等)向零件或产品转变的过程。但这个过程是不连续的(或离散的)，因产品类型、品种数量、交货期以及人员素质、设备状况等综合因素的变化是动态的，故机械制造系统是离散的动态系统。仍以汽车的制造过程为例。图 1-5 所示的过程大概说明了分别采用不同的工序制造出车身、发动机、变速箱、悬挂系及车轴，再将其装配成汽车的过程。

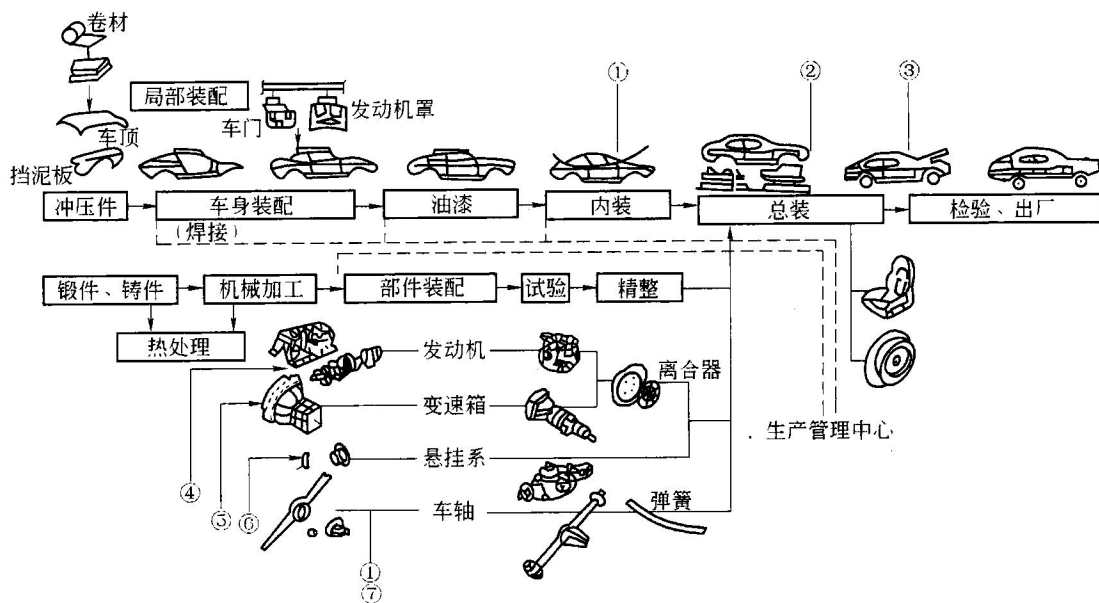


图 1-5 汽车的制造过程

- ① 玻璃，镜，车门衬垫，计量仪表，车灯，收音机，仪表板，格栅，油箱
- ② 排气管，消声器，驱动轴，减振器，保险杠，轮胎，制动液管
- ③ 驾驶装置，蓄电池，散热器，工具，底板
- ④ 活塞，连杆，轴承，风扇，传动带，油泵，配油器，油盘，过滤器，发动机
- ⑤ 拨叉，轴承，密封圈
- ⑥ 车架横架，连杆，弹簧，稳定器
- ⑦ 轴承，油封，制动装置

1) 车身由冲压加工形成的几块板件结合而成。将经冲压加工而形成的车顶、挡泥板焊接在车身本体上，将加工完成的车门和发动机罩安装在车身本体上。装配完成以后进行喷漆，再装上玻璃、刮水器、内装品等。

2) 发动机、变速箱、悬挂系、车轴等部件，其零件的毛坯为铸件或锻件，是在不同的车