



21世纪高等学校机械设计制造  
及其自动化专业系列教材

# 现代设计理论与方法

(第二版)

陈定方 卢全国 编著

XIANDAI SHEJI LILUN YU FANGFA





21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

# 现代设计理论与方法

(第二版)

陈定方 卢全国 编著

华中科技大学出版社

华中科技大学出版社

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书介绍现代设计理论与方法,现代设计的概念、基本理论和应用技术,内容包括计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、有限元设计、智能设计、虚拟设计、创新设计、绿色设计、全生命周期设计等。本书内容丰富,具有系统性、先进性和实用性,并通过工程应用实例,加强读者对相关设计理论的理解与设计方法的掌握和运用。

本书取材新颖,内容充实,反映了编著者长期的研究成果和国内外的研究进展,可作为高等学校机械类专业及其他相关专业高年级本科生的教材,也可作为工程技术人员继续教育的培训教材或研究生的学习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代设计理论与方法/陈定方,卢全国编著. —2版. —武汉:华中科技大学出版社,2020.8  
ISBN 978-7-5680-6202-2

I. ①现… II. ①陈… ②卢… III. ①设计学-高等学校-教材 IV. ①TB21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 159003 号

### 现代设计理论与方法(第二版)

Xiandai Sheji Lilun yu Fangfa(Di-er Ban)

陈定方 卢全国 编著

策划编辑:万亚军

责任编辑:刘 飞

封面设计:原色设计

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.25

字 数:423千字

版 次:2020年8月第2版第1次印刷

定 价:39.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

21 世纪高等学校  
机械设计制造及其自动化专业系列教材  
**编 审 委 员 会**

**顾问：** 姚福生                      黄文虎                      张启先  
(工程院院士)                      (工程院院士)                      (工程院院士)

谢友柏                      宋玉泉                      艾 兴  
(工程院院士)                      (科学院院士)                      (工程院院士)

熊有伦  
(科学院院士)

**主任：** 杨叔子                      周 济                      李培根  
(科学院院士)                      (工程院院士)                      (工程院院士)

**委员：** (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王安麟	王连弟	王明智	毛志远
左武炘	卢文祥	师汉民	朱承高	刘太林
杜彦良	李 斌	杨家军	吴 波	吴昌林
吴宗泽	何玉林	何岭松	冷增祥	张 策
张春林	张健民	张福润	陈 明	陈心昭
陈定方	陈康宁	范华汉	周祖德	姜 楷
洪迈生	殷国富	宾鸿赞	黄纯颖	傅水根
傅祥志	童秉枢	廖效果	黎秋萍	戴 同

**秘书：** 徐正达    万亚军

# 21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

## 总 序

“中心藏之，何日忘之”，在新中国成立 60 周年之际，时隔“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”出版 9 年之后，再次为此系列教材写序时，《诗经》中的这两句诗又一次涌上心头，衷心感谢作者们的辛勤写作，感谢多年来读者对这套系列教材的支持与信任，感谢为这套系列教材出版与完善作过努力的所有朋友们。

追思世纪交替之际，华中科技大学出版社在众多院士和专家的支持与指导下，根据 1998 年教育部颁布的新的普通高等学校专业目录，紧密结合“机械类专业人才培养方案体系改革的研究与实践”和“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革研究与实践”两个重大教学改革成果，约请全国 20 多所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师，经多年辛勤劳动编写了“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”。这套系列教材共出版了 20 多本，涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程，是一套改革力度比较大的教材，集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校在改革机械工程类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材出版发行 9 年来，已被全国数百所院校采用，受到了教师 and 学生的广泛欢迎。目前，已有 13 本列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材，多本获国家级、省部级奖励。其中的一些教材（如《机械工程控制基础》《机电传动控制》《机械制造技术基础》等）已成为同类教材的佼佼者。更难得的是，“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”也已成为一个著名的丛书品牌。9 年前为这套教材作序的时候，我希望这套教材能加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，对机械工程类专业人才培养质量的提高起到积极的促进作用，现在看来，这一目标很好地达到了，让人倍感欣慰。

李白讲得十分正确：“人非尧舜，谁能尽善？”我始终认为，金无足赤，人无完人，文无完文，书无完书。尽管这套系列教材取得了可喜的成绩，但毫无疑问，这套书中，某本书中，这样或那样的错误、不妥、疏漏与不足，必然会存在。何况形势

总在不断地发展,更需要进一步来完善,与时俱进,奋发前进。较之9年前,机械工程学科有了很大的变化和发展,为了满足当前机械工程类专业人才培养的需要,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,对这套系列教材进行了全面修订,并在原基础上进一步拓展,在全国范围内约请了一大批知名专家,力争组织最好的作者队伍,有计划地更新和丰富“21世纪机械设计制造及其自动化专业系列教材”。此次修订可谓非常必要,十分及时,修订工作也极为认真。

“得时后代超前代,识路前贤励后贤。”这套系列教材能取得今天的成就,是几代机械工程教育工作者和出版工作者共同努力的结果。我深信,对于这次计划进行修订的教材,编写者一定能在继承已出版教材优点的基础上,结合高等教育的深入推进与本门课程的教学发展形势,广泛听取使用者的意见与建议,将教材凝练为精品;对于这次新拓展的教材,编写者也一定能吸收和发展原教材的优点,结合自身的特色,写成高质量的教材,以适应“提高教育质量”这一要求。是的,我一贯认为我们的事业是集体的,我们深信由前贤、后贤一起一定能将我们的事业推向新的高度!

尽管这套系列教材正开始全面的修订,但真理不会穷尽,认识不是终结,进步没有止境。“嚶其鸣矣,求其友声”,我们衷心希望同行专家和读者继续不吝赐教,及时批评指正。

是为之序。

中国科学院院士

tsing

2009.9.9

## 再版前言

工业时代的产品竞争有以下规律：当产品短缺时，以数量占领市场；当产品富余时，以质量占领市场；当产品成本成为竞争因素时，以规模占领市场；当产品数量与质量都不同时，以创新占领市场。知识时代的产品竞争规律是：品牌战略、专利战略、标准战略；产品设计的数字化、智能化、网络化、个性化。可以说，“制造业的竞争实际上是产品设计的竞争，设计是制造业的灵魂，创新是设计的灵魂。”而现代设计理论与方法正是支撑工业时代产品竞争和知识时代产品竞争的有力武器。近四十年来，现代设计理论与方法经历了逐渐形成和不断发展的历程。今天，计算机辅助设计、有限元设计、优化设计和可靠性设计已经得到迅速普及，可以说是不再“现代”了。同时，智能设计、虚拟设计、可靠性设计的更高阶设计——创新设计、绿色设计、动力学设计等的出现，极大地丰富了现代设计方法的内涵。现代设计方法既有理论，也有方法，既是科学，又是技术。对于机械、电子类各专业的高年级学生而言，在掌握了常规机械设计方法后，学习现代设计理论与方法，了解其内涵，掌握其应用，非常必要。

本书的大量内容源自笔者所在的武汉理工大学智能制造与控制研究所的研究成果。该研究所长期致力于现代设计方法的研究与应用，在计算机辅助设计、机械设计专家系统、虚拟设计、表面设计、协同设计等领域承担了一批国家级、省部级科研项目，取得了一系列研究与应用成果。笔者曾先后编写了《机械的CAD与专家系统》(陈定方、倪笃明，北京科学技术出版社，1985)，《机械CAD基本教程》(余俊、陈定方、周济、倪笃明，华中理工大学出版社，1986)，《机械设计专家系统研究与实践》(吴慧中、陈定方、万耀青，中国铁道出版社，1994)，《中国机械设计大典》之计算机辅助设计篇、智能设计篇、虚拟设计篇(陈定方等，江西科学技术出版社，2002)，《虚拟设计》(陈定方、罗亚波，机械工业出版社，2002年第1版，2007年第2版)，《分布交互式虚拟汽车驾驶训练模拟系统》(陈定方、尹念东、李勋祥，科学出版社，2009)，《现代机械设计师手册》(陈定方主编，孔建益、杨家军、李勇智副主编，谭建荣主审，机械工业出版社，2014)，《五彩缤纷的虚拟现实世界》(陈定方主编，中国水利水电出版社，2015)，《Galfenol合金磁滞非线性模型与控制方法》(舒亮、陈定方，国防工业出版社，2016)等著作。本书以上述著作作为主要参考，在笔者多年相关教学实践的基础上，按照本科生教材的要求编写而成，本书于2010年出版第1版，2012—2018年曾多次重印，受到广大读者的喜爱，现应读者要求，在第1版的基础上进行修订，出版第2版。本书根据重应用、重综合的需要安排章节，侧重实例教学，以培养学生的学习兴趣。在具体内容的编排上，注重先进性与实用性的结合，并遵从由浅入深的教学规律。同时，本书也借鉴了国内外诸多现代设计方法领域知名学者，特别是余俊教授、谢友柏院士、谭建荣院士、闻邦椿院士、邬贺铨院士、顾元宪教授、陈立周教授、万耀青教授、赵汝嘉教授、腾弘飞教授、檀润华教授、殷国富教授、张鄂教授、钟毅芳教授、宾鸿赞教授、吴昌林教授、杨家军教授等人的成果。在此，深表感谢并致以深深的敬意。

本书共有 11 章,由陈定方、卢全国编著。其中,绪论由陈定方、卢全国编写,第 1 章由张争艳、郭蕴华、陈定方编写,第 2 章由吴隽、李宁、陈定方编写,第 3 章由梅杰、陈定方编写,第 4 章由陈昆、魏国前、陈定方编写,第 5 章由卢全国、刘方晨、陈定方编写,第 6 章由陶孟仑、陈定方编写,第 7 章由卢全国、苑庆杰、陈定方编写,第 8 章由郭菁、高震东、陈定方编写;第 9 章由谭建荣、李波、陈定方编写,第 10 章由刘莹、李文锋、梅杰、石端伟、李勋祥、刘坤、梅杰、陈定方编写。另外,在本书的编写过程中,杨珠敏、赵亚鹏、沈琛林、刘哲、张波、张晶华、车畅、肖锐、杨公波、李涛涛、张鸿翔、聂少文参与了部分内容的校对工作。全书由陈定方、卢全国统稿。本书的编写得到了湖北省高等学校省级教学研究项目“借鉴美国斯坦福大学与硅谷的经验,探索我国理工科大学教学改革道路”(20040080)的支持,另外,第 7 章的编写还得到了江西省高等学校教学改革研究项目“TRIZ 理论在机械类学生创新设计能力培养中的应用研究”(JXJG-08-18-11)的支持。同时,本书的编写得到一批高等学校、研究所和制造企业在现代设计方法研究与实践方面的大力支持。华中科技大学出版社机械分社为本书的策划、写作和编辑出版做了很好的工作。在此,一并表示感谢。

本书适用于机械类高年级本科生,建议学时数为 40 学时,使用本书的高校可根据具体情况进行调整。同时,本书也可供相关专业的研究生、技术人员和企业管理人员参考。由于现代设计方法在不断发展,加之受作者水平所限,书中难免有疏漏和不足之处,望广大读者不吝指正。

陈定方 卢全国

2020 年于武汉

华中科技大学出版社

# 目 录

<b>第 0 章 绪论</b> .....	(1)
0.1 机械设计的流程与特点 .....	(1)
0.2 设计的重要性 .....	(2)
0.2.1 设计在产品开发中的重要地位 .....	(2)
0.2.2 设计理论和方法论 .....	(4)
0.3 设计理论与方法论发展简史 .....	(6)
0.3.1 萌芽期(19 世纪—20 世纪 40 年代) .....	(6)
0.3.2 成型期(20 世纪 50 年代—20 世纪 60 年代) .....	(6)
0.3.3 成熟期(20 世纪 70 年代) .....	(6)
0.3.4 普及期(20 世纪 80 年代以后) .....	(7)
0.4 现代设计方法的内涵 .....	(7)
0.5 现代设计方法简介 .....	(9)
0.6 现代设计方法的学习要求 .....	(12)
<b>第 1 章 计算机辅助设计</b> .....	(13)
1.1 计算机辅助设计概述 .....	(13)
1.1.1 基本概念 .....	(13)
1.1.2 产品集成开发流程 .....	(14)
1.1.3 CAD/CAM 发展历程 .....	(14)
1.1.4 CAD/CAM 系统简介 .....	(15)
1.1.5 CAD 系统的种类 .....	(19)
1.2 计算机辅助设计技术 .....	(20)
1.2.1 图形系统与图形标准 .....	(20)
1.2.2 图形几何变换 .....	(21)
1.2.3 几何造型 .....	(22)
1.3 协同设计 .....	(28)
1.3.1 协同设计的基本概念 .....	(29)
1.3.2 协同设计的支撑技术 .....	(29)
1.3.3 协同设计的工作环境 .....	(31)
1.3.4 设计实例——超声波电动机的实时协同设计 .....	(33)
<b>第 2 章 优化设计</b> .....	(34)
2.1 概述 .....	(34)
2.2 一维优化方法 .....	(34)
2.2.1 搜索区间的确定 .....	(35)
2.2.2 一维搜索的试探方法 .....	(36)
2.3 无约束优化方法 .....	(39)

2.3.1	坐标轮换法	(40)
2.3.2	牛顿法	(41)
2.4	约束优化方法	(43)
2.4.1	遗传算法	(43)
2.4.2	惩罚函数法	(46)
2.4.3	复合形法	(51)
2.5	多目标优化方法	(54)
2.5.1	多目标优化问题	(55)
2.5.2	主要目标法	(56)
2.5.3	统一目标法	(56)
2.6	工程优化设计应用	(57)
2.6.1	工程优化设计的一般步骤	(57)
2.6.2	工程优化设计实例	(57)
<b>第3章</b>	<b>可靠性设计</b>	(62)
3.1	机械失效与可靠性	(62)
3.1.1	可靠性定义及要点	(62)
3.1.2	失效的定义	(62)
3.1.3	产品可靠性寿命指标	(63)
3.1.4	可靠性特征量	(63)
3.2	可靠性设计流程	(65)
3.2.1	机械可靠性设计的基本特点	(65)
3.2.2	可靠性设计的主要内容	(65)
3.2.3	机械可靠性设计流程	(66)
3.3	零件静强度可靠性设计	(66)
3.3.1	应力-强度干涉模型	(67)
3.3.2	可靠度计算方法	(67)
3.3.3	应力和强度分布都为正态分布时的可靠度计算	(69)
3.3.4	应力和强度分布都为对数正态分布时的可靠度计算	(70)
3.3.5	已知应力幅水平、相应的失效循环次数的分布和规定的寿命要求时零件的可靠度计算	(71)
3.3.6	已知强度分布和最大应力幅在规定寿命下的零件可靠度计算	(72)
3.3.7	疲劳应力下零件的可靠度计算	(72)
3.4	零件疲劳强度可靠性设计	(73)
3.4.1	疲劳强度可靠性设计基础	(73)
3.4.2	稳定变应力疲劳强度可靠性计算	(73)
3.4.3	不稳定变应力疲劳强度可靠度计算	(74)
3.5	机械系统可靠性设计	(76)
3.5.1	可靠性预测	(77)
3.5.2	系统可靠性分配	(82)
3.6	典型机械零件可靠性设计举例	(84)

3.6.1	机械零件可靠性设计概述	(84)
3.6.2	螺栓连接的可靠性设计	(85)
3.6.3	轴的刚度可靠性设计	(88)
<b>第4章</b>	<b>有限元设计</b>	<b>(90)</b>
4.1	有限元法的基本思想与工程应用	(90)
4.1.1	有限元法的基本思想	(90)
4.1.2	有限元法的工程应用	(90)
4.2	弹性力学有限元法的基本理论	(92)
4.2.1	弹性力学中的基本假设	(92)
4.2.2	弹性力学的基本方程	(92)
4.2.3	弹性力学的基本原理	(94)
4.3	弹性力学有限元的一般方法	(95)
4.3.1	结构离散化	(97)
4.3.2	单元位移模式和形函数	(97)
4.3.3	单元特性分析	(98)
4.3.4	坐标变换	(98)
4.3.5	建立整个结构的平衡方程	(99)
4.3.6	边界条件的处理	(99)
4.3.7	求解未知节点位移和计算单元应力	(100)
4.4	有限元设计分析中的若干问题	(103)
4.4.1	有限元离散模型的有效性确认	(104)
4.4.2	缩小解题规模的常用措施	(104)
4.5	有限元分析软件应用	(105)
4.5.1	有限元分析软件简介	(105)
4.5.2	有限元分析软件的基本组成	(106)
4.5.3	有限元分析软件的工作流程	(108)
<b>第5章</b>	<b>智能设计</b>	<b>(113)</b>
5.1	智能设计概述	(113)
5.1.1	智能设计的产生与领域	(113)
5.1.2	智能设计系统的功能构成	(114)
5.2	知识处理	(115)
5.2.1	知识表达	(115)
5.2.2	知识获取	(117)
5.2.3	知识应用	(119)
5.2.4	知识处理应用实例	(128)
5.3	智能设计系统构造方法	(132)
5.3.1	智能设计系统的复杂性	(132)
5.3.2	智能设计系统建造过程	(133)
<b>第6章</b>	<b>虚拟设计</b>	<b>(136)</b>
6.1	虚拟现实技术概述	(136)

6.1.1	虚拟现实的定义、特征及组成	(137)
6.1.2	虚拟现实、增强现实与混合现实	(139)
6.1.3	虚拟现实技术的主要应用领域	(141)
6.1.4	虚拟现实技术发展趋势及重点应用领域	(143)
6.2	虚拟现实技术体系结构	(144)
6.2.1	虚拟现实技术与计算机仿真的关系	(144)
6.2.2	虚拟现实技术体系结构	(145)
6.2.3	虚拟现实系统的分类	(147)
6.2.4	虚拟设计/制造系统的体系结构	(148)
6.3	虚拟现实硬件基础	(149)
6.3.1	3D 位置跟踪器	(149)
6.3.2	传感手套	(152)
6.3.3	三维鼠标	(153)
6.3.4	数据衣	(153)
6.3.5	触觉和力反馈的装置	(153)
6.3.6	立体显示设备	(154)
6.3.7	3D 声音生成器	(157)
6.4	虚拟设计建模基础	(157)
6.4.1	建模概论	(157)
6.4.2	几何建模	(158)
6.4.3	基于图像的虚拟环境建模	(163)
6.4.4	图像与几何相结合的建模技术	(166)
6.5	虚拟设计应用实例	(168)
<b>第 7 章</b>	<b>创新设计</b>	(173)
7.1	创新方法与 TRIZ	(173)
7.1.1	创造性思维	(173)
7.1.2	创新方法	(173)
7.1.3	TRIZ 的产生与发展	(174)
7.1.4	TRIZ 的基本内容	(175)
7.2	设计冲突及其消解	(176)
7.2.1	设计中的冲突	(176)
7.2.2	技术矛盾及其解决	(177)
7.2.3	物理矛盾及其解决	(184)
7.3	基于 TRIZ 的创新设计实例	(185)
<b>第 8 章</b>	<b>绿色设计</b>	(188)
8.1	绿色设计概述	(188)
8.1.1	绿色设计基本概念	(188)
8.1.2	绿色设计与传统设计的区别	(188)
8.1.3	绿色设计的特点	(188)
8.1.4	绿色设计的主要内容	(188)

8.1.5 绿色设计的实施步骤 .....	(189)
8.2 绿色设计中的材料选择 .....	(189)
8.2.1 绿色材料选择的原则 .....	(190)
8.2.2 绿色材料的选择 .....	(191)
8.2.3 绿色材料的评价 .....	(191)
8.3 面向拆卸的绿色设计 .....	(193)
8.3.1 可拆卸设计的概念 .....	(193)
8.3.2 可拆卸设计原则 .....	(193)
8.3.3 可拆卸连接结构设计 .....	(194)
8.3.4 卡扣式结构设计 .....	(197)
8.3.5 拆卸设计评价 .....	(198)
8.4 面向回收设计 .....	(200)
8.4.1 面向回收设计的概念 .....	(200)
8.4.2 产品回收的主要内容 .....	(201)
8.4.3 面向回收设计的准则 .....	(201)
8.4.4 回收方式 .....	(201)
8.4.5 回收经济性分析 .....	(202)
8.5 面向包装的绿色设计 .....	(203)
8.5.1 绿色包装设计的概念 .....	(203)
8.5.2 绿色包装设计内容 .....	(203)
8.5.3 绿色包装评价标准 .....	(205)
8.6 面向节约能源的绿色设计 .....	(206)
8.6.1 能效标识与标准 .....	(206)
8.6.2 产品能量消耗模型 .....	(207)
8.7 绿色设计的关键技术 .....	(210)
8.8 绿色设计应用实例——液压系统的绿色设计 .....	(212)
<b>第9章 全生命周期设计 .....</b>	<b>(215)</b>
9.1 全生命周期设计概念 .....	(215)
9.1.1 全生命周期与寿命的区别 .....	(215)
9.1.2 全生命周期设计的目的 .....	(215)
9.2 全生命周期设计的主要内容 .....	(216)
9.2.1 面向材料及其加工成形工艺的设计 .....	(216)
9.2.2 面向制造与装配的设计 .....	(217)
9.2.3 面向功能的设计 .....	(217)
9.2.4 安全使用寿命设计 .....	(218)
9.2.5 经济寿命设计 .....	(218)
9.2.6 安全可监测性设计 .....	(218)
9.2.7 面向资源环境的设计 .....	(218)
9.2.8 事故-安全设计 .....	(219)
9.3 全生命周期设计的关键技术 .....	(219)

9.3.1	产品全生命周期集成模型的建立	(219)
9.3.2	全生命周期的集成技术	(220)
9.3.3	支持整个生命周期的数据库和知识库	(220)
9.3.4	全生命周期评价(LCA)	(220)
9.4	产品全生命周期管理	(221)
9.4.1	面向产品全生命周期的需求管理	(221)
9.4.2	产品全生命周期管理系统需求信息管理模型	(221)
<b>第 10 章</b>	<b>其他设计方法</b>	<b>(225)</b>
10.1	摩擦学设计	(225)
10.1.1	摩擦学设计的概念	(225)
10.1.2	磨损类型	(225)
10.1.3	影响疲劳磨损主要因素	(226)
10.1.4	磨损控制	(227)
10.2	工业设计	(229)
10.2.1	工业设计的定义	(229)
10.2.2	工业设计的原则	(230)
10.2.3	产品设计	(231)
10.2.4	一般产品设计流程	(231)
10.2.5	产品设计表达方式	(232)
10.3	动力学设计	(233)
10.3.1	动力学设计概述	(233)
10.3.2	机械动力学设计数学方程	(233)
10.3.3	动力学设计的一般过程及方法	(234)
10.3.4	常见的动力学设计系统	(235)
10.4	表面设计	(238)
10.4.1	产品表面形貌建模	(238)
10.4.2	产品曲面设计	(240)
10.4.3	计算机纹理辅助设计	(241)
<b>参考文献</b>		<b>(243)</b>



# 绪论

人类所创造的精神财富与物质文明无不包含着广义设计的思维过程与实施过程。所谓设计是指通过分析、创造与综合,达到满足某种特定功能系统的一种活动过程。这里所指的系统是广义的系统,小至细胞、基因,大至宇宙空间。

系统是相互作用、相互依存的集合体,它的必要条件就是要完成规定的功能任务,即输出;通常的系统具有三个要素:输入、转换、输出;在系统中,能量、物质和信息沿着一定的方向流动,形成能量流、物质流与信息流。各种系统的设计就是使这三种“流”达到最适宜的目的,也就是达到经济上的合理性,并能可靠地达到最终的功能要求。

## 0.1 机械设计的流程与特点

工程技术是人类征服自然、改造世界的强大武器,而工程设计是对工程技术系统进行构思、计划,并把设想变为现实的技术实践活动。设计是为了创造性能好、成本低,即价廉物美的产品的技术系统。设计在产品的整个生命周期内占据着极其关键的位置,从根本上决定了产品的品质和成本。

机械设计的本质是功能到结构的映射过程,是技术人员根据需求进行构思、计划并把设想变为现实可行的机械系统的过程。图 0-1 以流程图的方式展示了机械设计的作业流程。

设计具有个性化、抽象性、多解性的基本特征,如图 0-2 所示。

(1) 设计质量、设计效果取决于设计者的知识、经验和思考问题的方法。

(2) 设计过程是将一些功能要求向实际产品进行综合和高效效率转移;通过市场信息,分析和发掘对象所要求的功能,创造产品的概念,进行产品的构思并将其具体实现等,使抽象的概念具体化。

(3) 设计中不必充分地去整理设计所碰到的问题。在分析由市场信息得到的所要求的功能时,不必将条件讲得那么清楚。在设计中,不要一味地像求解数学问题那样追求唯一解。同一个设计要求往往可能得到多个解,有必要从这些解中进行选择。此外,也不可能得到绝对的最优解。也就是说,即便在某个时期是最优,也并非能与技术的进步同步最优。

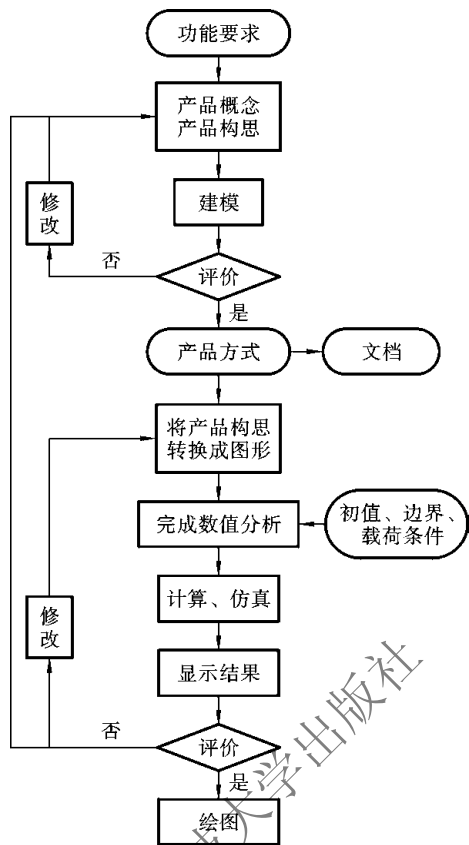


图 0-1 机械设计作业流程图

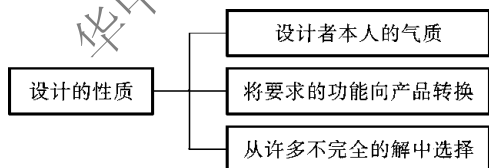


图 0-2 设计的基本特征

## 0.2 设计的重要性

### 0.2.1 设计在产品开发中的重要地位

决定产品竞争力的因素和手段在不同的时期或阶段不尽相同,如图 0-3 所示。

首先是产品的品种和技艺,接着是数量和制造,最终是质量和新颖的设计。

仔细地考察产品开发的过程,可以归纳得到如图 0-4 所示的结果:一个新产品开发时间的比例大约是设计占 60%,制造占 40%。

考察产品设计与产品开发成本,从图 0-5 可以清楚地看到,产品设计仅占整个产品开发过程中大约 8%的工时成本。其他生产准备与加工、原材料准备与外购件的采购、管理和销

售环节虽然非常重要,不可或缺,且需要耗费大量的工时成本,但设计对产品最终成本的影响高达70%。因此,可以说,在一个产品设计完成的时候,这个产品的最终成本就已经确定了。

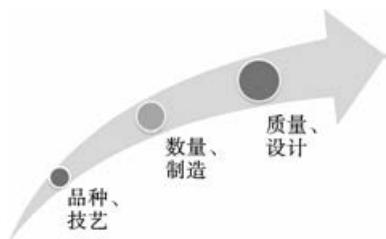


图 0-3 决定产品竞争力的因素和手段



图 0-4 一个新产品开发时间的比例

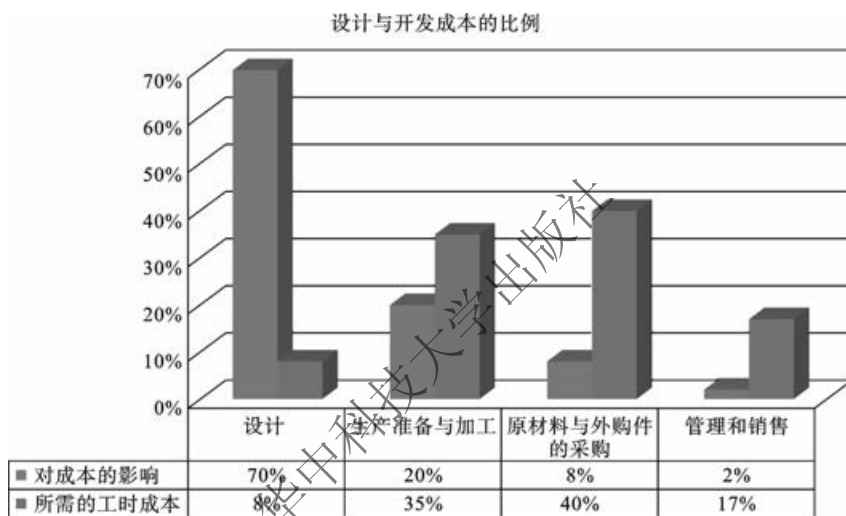


图 0-5 设计与产品开发生成本的比例

从图 0-6 可以看到:75%的修改工作由产品设计(包括产品定义、产品设计和工艺规划)阶段所引起,而 80%的修改工作在产品制造阶段或后续阶段陆续完成。即一个不良设计给产品的制造、检验与使用成本带来的影响将是致命的。

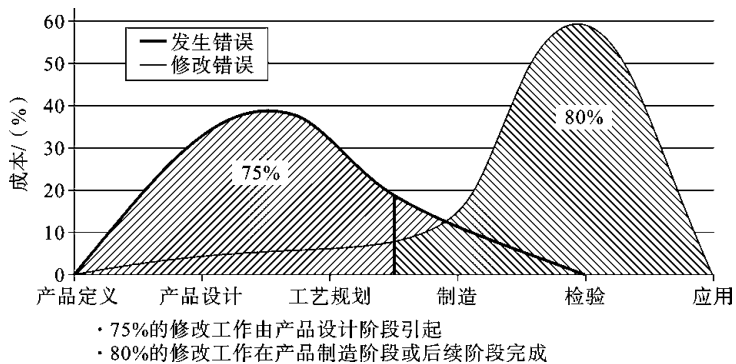


图 0-6 设计与修改成本的比例