



中国机械工程学科教程配套系列教材  
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

# 现代设计理论与方法

黄平 主编

中国机械工程学科教程系列  
China Mechanical Engineering Curricula  
中国机械工程学科教程

清华大学出版社



清华大学出版社



CMEC

中国机械工程学科教程配套系列教材  
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

# 现代设计理论与方法

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书重点介绍了现代设计理论与方法中的基本理论与方法,具体内容包括:优化设计、摩擦学设计、计算机辅助设计、可靠性设计、创造性设计、反求工程设计、绿色设计、人机工程学和设计方法学。在编写过程中,尽可能将所讲授理论方法与工程中的实际问题相结合,通过算例使学习者更容易对所述现代设计理论与方法的基本内容加以理解和掌握。另外,本书附有课堂讨论和设计实验两部分内容,以加强学习的效果。本书各章附有相应的习题,供教学中使用。

本书可作为机械工程类各专业高年级本科生的教材,亦可作为这些专业研究生和其他相近专业本科生、研究生的参考教材,以及工程技术人员的参考书。

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

现代设计理论与方法/黄平主编.--北京:清华大学出版社,2010.7

(中国机械工程学科教程配套系列教材)

ISBN 978-7-302-22692-5

I. ①现… II. ①黄… III. ①机械设计—高等学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 085790 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:何 芊

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22.25 字 数:546 千字

版 次:2010 年 7 月第 1 版 印 次:2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.00 元

产品编号:034711-01

中国机械工程学科教程配套系列教材暨教育部高等学校  
机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

# 编 委 会

顾 问  
李培根院士

主任委员  
陈关龙 吴昌林

副主任委员  
许明恒 于晓红 李郝林 李 旦 郭钟宁

编 委(按姓氏首字母排列)  
韩建海 李理光 李尚平 潘柏松 芮执元  
许映秋 袁军堂 张 慧 张有枕 左健民

秘 书  
庄红权

## 丛书序言

## PREFACE

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反应。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即是适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即是课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从20世纪90年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理,也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到适合自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制定的。然而,更好的教育应该是“以学生为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,

但是真正好的教材需要教师在编写时常怀“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的,不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人们更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

# 前 言

## FOREWORD

现代设计理论与方法是随着当代科学技术发展起来的,其中许多内容与计算机的广泛应用紧密联系在一起。由于现代设计理论与方法内容繁多,涉及面广,作者在多年从事相关各门现代设计理论课程教学实践和参考了目前国内外主要教材的基础上,根据现代设计理论与方法的特点,选取了9个部分的内容作为本书编写的主要内容。这些内容既具有现代设计理论与方法明显的特点,又具有一定的代表性。本书可作为50~80学时的机类和近机类专业本科生和研究生的“现代设计理论与方法”课程教材,其中各章的内容具有一定的独立性,因此可以单独讲授、选讲或全讲。本书各章节都附有相应的习题供教师在教学中选用。另外,本书给出了部分课堂讨论和设计实验事例供教师在课堂教学中选用,其目的在于通过这些实践加强学生的学习效果。本书还加入了中英文索引,以方便快速检索本书内容。

本书在借鉴国内外相关教材的基础上,重点介绍现代设计理论与方法中的基本理论。在编写中,我们希望能够尽量突出创造性、优化性和系统性的特点,在阐明基本科学理论和方法的基础上,通过算例,将理论与实际设计问题相结合,以达到拓宽学生视野,加强学生运用现代设计理论与方法进行分析和解决设计问题的能力,使学生既能掌握相关基础知识,又能掌握产品开发中的创新思维和现代设计的主要步骤。

本课程的学习要求在于培养学生的创新性,培养学生运用优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计等方法解决设计问题的能力。学好本门课程除了要用到理论力学、材料力学、机械原理、机械设计等专业基础知识外,还需要具备一定的计算机编程能力、概率与数理统计基础知识和数值计算方面的知识。除了通过学习了解现代设计理论与方法的概念与特点,以及产品设计一般进程之外,读者还应当掌握本书介绍的主要现代设计理论与方法。现代设计理论与方法涉及面广,一般课堂教学学时有限,这就需要学生不仅要通过课堂学习来掌握一些基本的现代设计理论与方法,而且还需要结合课外自学了解更多课内未介绍的内容。要求通过学习,能够对现代设计理论与方法的总体内容有全面的了解,并能够掌握常用的主要现代设计方法,以便今后在工作和研究中运用这些方法设计出创新的和性能更佳的产品,以及获得新的科技成果。

本书由黄平担任主编,参加各章节编写的人员有:黄平(第1、3、5章)、李旻(第2章、附录A.1、附录A.2、附录B)、李静蓉(第4章)、刘小康(第6、10章)、张东(第7、8章、附录A.3、附录A.4)、李琳(第9章)。在策划和编写过程中,陈扬枝教授对摩擦学设计一章的内容编写提供了很好的建议,并给予了

大力的支持,在此特表谢意。在编写过程中,作者参阅了大量文献资料,并采用了这些资料中的不少结果,我们在各章后面给出了这些文献,以供读者进一步的深入学习,同时在此向这些文献的作者表示衷心的感谢。

欢迎广大读者对本书提出宝贵意见。

编 者

2010年7月



# 目 录

## CONTENTS

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 现代设计理论与方法内容简介 .....	1
1.2 课程学习基本要求 .....	4
第 1 章习题 .....	5
参考文献 .....	5
<b>第 2 章 优化设计</b> .....	6
2.1 概述 .....	6
2.2 优化设计数学模型 .....	7
2.3 优化方法数学基础 .....	12
2.4 一维搜索法 .....	24
2.5 无约束多维优化算法 .....	29
2.6 有约束多维优化算法 .....	38
2.7 多目标优化 .....	48
第 2 章习题 .....	50
参考文献 .....	52
<b>第 3 章 摩擦学设计</b> .....	53
3.1 概述 .....	53
3.2 摩擦学设计基本原理 .....	53
3.3 常用机械摩擦学设计 .....	72
第 3 章习题 .....	83
参考文献 .....	84
<b>第 4 章 计算机辅助设计</b> .....	85
4.1 概述 .....	85
4.2 曲面表示与曲面造型 .....	90
4.3 实体造型方法 .....	95
4.4 参数化特征造型技术 .....	100
4.5 工程图纸的自动生成 .....	105

4.6 CAD模型的数据交换 .....	107
第4章习题 .....	110
参考文献 .....	111
<b>第5章 可靠性设计</b> .....	<b>112</b>
5.1 概述 .....	112
5.2 可靠性设计原理与计算 .....	115
5.3 静载可靠性设计 .....	122
5.4 疲劳可靠性设计 .....	127
5.5 系统可靠性设计 .....	134
第5章习题 .....	143
参考文献 .....	145
<b>第6章 创造性设计</b> .....	<b>146</b>
6.1 概述 .....	146
6.2 创造性设计思维的特点和类型 .....	146
6.3 创造性设计原理 .....	151
6.4 创造性设计方法 .....	154
第6章习题 .....	165
参考文献 .....	165
<b>第7章 反求工程设计</b> .....	<b>166</b>
7.1 概述 .....	166
7.2 实物反求设计 .....	169
7.3 软件反求设计与创新 .....	172
7.4 反求工程设计实例 .....	173
第7章习题 .....	185
参考文献 .....	185
<b>第8章 绿色设计</b> .....	<b>186</b>
8.1 概述 .....	186
8.2 产品的绿色设计 .....	187
8.3 绿色设计的原则与方法 .....	190
8.4 绿色设计流程 .....	195
8.5 绿色设计的评价指标体系 .....	197
8.6 绿色设计案例分析 .....	199
第8章习题 .....	211
参考文献 .....	212

<b>第 9 章 人机工程学</b> .....	213
9.1 概述 .....	213
9.2 人机系统 .....	218
9.3 人的因素 .....	224
9.4 基于人因的设计 .....	231
9.5 人机原则 .....	244
第 9 章习题 .....	249
参考文献 .....	249
<b>第 10 章 设计方法学</b> .....	251
10.1 概述 .....	251
10.2 产品设计 .....	255
10.3 确定设计任务 .....	261
10.4 方案设计 .....	269
10.5 结构设计 .....	306
第 10 章习题 .....	318
参考文献 .....	319
<b>附录 A 课堂讨论</b> .....	320
A.1 单级直齿圆柱齿轮减速器的优化设计 .....	320
A.2 圆柱螺旋压缩弹簧的优化设计 .....	322
A.3 自行车鞍座曲面反求设计 .....	323
A.4 绿色设计与汽车制造业 .....	327
<b>附录 B 设计实验</b> .....	330
B.1 一维优化实验 .....	330
B.2 无约束多维优化实验 .....	332
B.3 有约束多维优化实验 .....	333
附录 A、B 参考文献 .....	336
<b>附录 C 中英文索引</b> .....	337

# 绪 论

## 1.1 现代设计理论与方法内容简介

现代设计理论与方法是指不同于强度、刚度等传统设计理论的新兴的设计理论与方法,特别是利用计算机进行优化分析、辅助设计和可靠性计算等的设计理论与方法。因此,现代设计理论与方法的内容覆盖面很广,它应当包括所有非传统意义上的新兴设计理论与方法。本教材涵盖的现代设计理论与方法包括以下几个。

### 1. 优化设计

优化设计(optimal design)是从多种设计方案中选择最佳方案的设计方法。优化设计以最优化理论为基础,以计算机为工具,根据设计问题确定设计变量,建立目标函数,在满足给定的各种约束条件下,寻求最优的设计方案。优化技术首先于第二次世界大战期间在军事上得以应用。机械优化设计始于 20 世纪 60 年代,并在生产中得到了广泛的应用。1967 年,R. L. 福克斯等发表了机构最优化论文<sup>[1]</sup>。之后,C. S. 贝特勒等利用几何规划解决了液体动压轴承的优化设计问题<sup>[2]</sup>。通常机械优化设计问题多属于非线性规划问题。随着数学理论和电子计算机技术的发展,优化设计在工程中得到广泛的应用和发展,已成为一门新兴的独立的工程学科。

通常一个设计方案可以用一组参数来表示,称为设计变量。如何找到一组最合适的设计变量,使所设计的产品结构最合理、性能最好、质量最高、成本最低或指定技术经济指标最优,具有市场竞争能力,同时设计的时间又不要过长,这就是优化设计所要解决的问题。一般来说,优化设计有以下几个步骤:建立数学模型、选择最优化算法、程序设计、判断搜索结果、确定计算终止条件、运行计算得到最优解。

### 2. 摩擦学设计

摩擦学设计(tribology design)在节能、减材、环保等方面有着重要的作用,是机电产品设计中的重要环节,如在动力系统、传动系统、运动系统以及零部件加工过程中广泛存在摩擦学问题。通过摩擦学设计,将有助于产品的设计创新和性能的提高。因此摩擦学设计理论不仅具有重要的学术价值,而且可以为解决重大工程技术问题提供有效的手段和方法。

摩擦学设计在机械零部件的设计中主要体现在两个方面:一是通过摩擦学设计来减少工作过程中的摩擦和磨损;二是利用摩擦来传递运动和动力。摩擦学是研究相对运动的相互作

用表面及其有关理论和实践的一门科学技术,是由多学科组成的综合研究领域,涉及机械学、表面与界面、物理与化学、材料学、流体力学、固体力学、非线性动力学等领域。摩擦学设计的任务是从机械学、材料科学与表面科学的角度出发,探索新产品设计的新原理和新功能,实现产品减摩耐磨损设计,以达到节省能量、提高寿命和机械工作性能的目的。

### 3. 计算机辅助设计

计算机辅助设计(computer aided design, CAD)是利用计算机进行工程和产品辅助设计工作。计算机承担计算、信息存储和绘图等工作。通过计算机对不同方案进行大量的计算、分析和比较,可以结合优化设计决定最优方案;计算得到的设计信息存放在计算机中,以保证能够快速检索和输出;把繁重的工作图绘制工作交给计算机完成,进行图形显示、设计修改、图形编辑(放大、缩小、平移和旋转),并最终输出设计结果图形。因此, CAD 不仅能够大大减轻设计人员的劳动,还可以缩短设计周期和提高设计质量。

20 世纪 50 年代诞生了第一台计算机绘图系统,出现了具有简单绘图输出功能的计算机辅助设计技术。随后,出现了手动游标、图形输入板等多种形式的图形输入设备。随着超大规模集成电路制成的微处理器和存储器件的出现和计算机工作站的问世,使 CAD 技术在中小型企业得到普及。随着 CAD 技术向标准化、集成化、智能化方向发展,出现了计算机集成制造系统。随着固化技术、网络技术、多处理器、智能技术和并行处理技术的应用,使 CAD 技术正在趋向于自动化和智能化,并在机械设计、机器人、工厂自动化、电子电气、软件开发、服装业、出版业、土木建筑、地质等各个领域得到广泛应用。

### 4. 可靠性设计

可靠性设计(reliability design)是保证系统及其零部件满足给定的可靠性指标的设计方法。可靠性理论是在第二次世界大战期间发展起来的。可靠性理论应用于机械设计方面的研究始于 20 世纪 60 年代,首先应用于军事和航天等工业部门,随后逐渐扩展到民用工业。对于一个复杂的产品来说,为了提高整体系统的性能,都是采用提高组成产品的每个零部件的性能来达到的;这样就使得产品的造价昂贵,有时甚至难以实现,例如对于由几万甚至几十万个零部件组成的很复杂的产品。可靠性设计所要解决的问题就是如何从设计中来解决产品的可靠性,以改善对各个零部件可靠度的要求。

可靠性设计的内容包括对产品的可靠性进行计算、可靠性分配及可靠性评定等工作。所谓可靠性,则是指产品在规定的时间内和给定的条件下,完成规定功能的能力。可靠性不但直接反映产品各组成部件的质量,而且它还影响到整个产品质量性能的优劣。可靠性分为固有可靠性、使用可靠性和环境适应可靠性等。可靠性的度量指标一般有可靠度、无故障率、失效率等。

### 5. 创造性设计

创造性设计(creative design)是现代设计的基础。人类的发展史就是一个不断创新的历史。只有充分发挥创造性,采用创造性设计方法,才能设计出富有新颖性的、先进的产品,最大限度地满足市场需求。各国都非常重视创造性设计,纷纷进行研究和应用。在高校也开设有创造性设计课程,以培养学生的创造力,如学生创造发明过程中的分析能力、创造性思维和创造技法。创造性设计将会显著提高产品的竞争力,因此应当受到特别的重视。

## 6. 反求工程设计

反求工程设计(reverse engineering design)又称逆向工程或反向工程设计,是指采用一定的测量手段对实物或模型进行测量,再根据测量数据通过三维几何建模方法重构实物的计算机辅助设计过程。反求工程设计是一个从样品生成产品数字化信息模型,并在此基础上进行产品设计开发及生产的过程。反求工程研究的主要内容包括:反求工程的类型,反求工程涉及的知识范围,相似理论与相似设计方法,设备设计及制造工艺反求等。

## 7. 绿色设计

绿色设计(green design)是指在产品及其寿命周期全过程的设计中,考虑产品功能、质量、开发周期和成本的同时,还要充分考虑对资源和环境的影响,使产品及制造过程对环境负面影响尽可能小,以符合环保标准。

绿色设计的主要内容包括:材料选择、制造工艺选择、可拆卸性和回收设计等。通过分离不同成分的材料,采用不同工艺方法处理零部件,设计易于拆卸结构,使产品易于处理、回收和再利用,使其对环境的影响尽可能低。同时,设计的产品应当维护方便。有时还需要对产品包装和物流运输等进行设计,以减少资源的消耗和过程对环境的影响。绿色设计的主要方法有:模块化设计、循环设计、组合设计、可拆卸设计和绿色包装设计等。

## 8. 人机工程学

人机工程学(human-machine engineering)是研究人-机器-工作环境之间相互关系的科学。其所涉及的内容和范围广泛,因而世界各国对该学科的命名各不相同,如:人类工程学(human engineering)、人的因素工程学(human factors engineering)、人类工效学(ergonomics)等。在我国,较普遍采用的名称是人机工程学。

人机工程学应用人体测量学、人体力学、劳动生理学、劳动心理学等学科的研究方法,探讨人在工作中影响心理状态的因素以及心理因素对工作效率的影响等。它的主要研究内容包括:物理学原理的应用、人体特性的应用、工作环境的分析及应用和实际工作经验的分析及应用。

## 9. 设计方法学

设计方法学(design methodology)是研究产品设计规律、设计程序、设计思维和工作方法的一门综合性科学。设计方法学以系统工程的观点分析设计整体进程、设计方法和设计手段等问题。在总结设计规律、启发创造性的同时,它还研究现代设计理论、科学方法、先进手段和工具在设计中的综合运用。因此它对开发新产品、改造旧产品和提高产品的市场竞争能力有着十分重要的作用。

设计方法学的研究内容包括:分析设计过程及各设计阶段的任务;研究解决设计问题的逻辑步骤和应遵循的工作原则;研究并促进各种创新技法在设计中的运用;通过各种现代设计理论和方法在设计中的应用,实现产品的科学合理设计,提高产品的竞争能力;深入分析各种类型设计的特点,有针对性地进行设计;利用系统工程方法编制设计信息库等。本书中的设计方法学将重点介绍机械产品方案设计的功能设计方法以及机械产品的结构设计方法。

## 1.2 课程学习基本要求

### 1. 课程目的

本课程的主要任务是阐明现代设计领域中普遍运用的科学理论、方法及设计规律,并通过几种常用现代设计理论与方法的学习,达到拓宽学生视野、增强学生创新意识的目的,使学生在掌握传统设计理论的基础上,建立起运用现代设计理论与方法进行设计与分析的理念。掌握现代设计理论相关基础知识,了解新产品的开发过程,掌握产品开发中的创新思维和设计方法,为今后的学习和研究打下坚实的基础。

### 2. 课程的基本特点

#### 1) 创造性

与传统的设计方法采用相对封闭收敛式的设计思维、强调经验类比和主观决策相比较,现代设计理论与方法强调创新性,例如在创造性设计中,现代设计理论通过抽象设计构思和扩展发散的设计思维,对多种可行的创新方案进行广泛深入的评价决策,不断寻求最优方案,因此大大突出了创新意识。

#### 2) 最优性

现代设计理论与方法强调通过利用计算机综合集成能力和最新科技成果寻求设计问题的最优方案。在性能、经济、工艺、使用条件和环境等多种约束条件下,通过适合的优化方法确定最终设计参数。另外,可靠性设计利用概率论和统计学方法,通过考虑载荷、材料性能、实验结果等随机性进行可靠性设计,以解决载荷、应力和材料性能不确定的问题,以取得高可靠性设计结果。

#### 3) 系统性

设计方法学是通过从抽象到具体的发散的思维方法,以产品的功能、原理、结构为构思的模型,经过横向变异和纵向综合,由计算机构造多种可行方案,经评价优选出最佳方案。创造性设计学是运用创造技法,充分发挥想象力进行创造性辩证思维,形成新的设计构思。

#### 4) 社会性

用现代设计理论与方法开发新产品,不仅要求从产品概念的形成到产品报废处理的全寿命周期中的问题,同时,还要考虑人机协调、环境保护等多种与人们活动和社会有关的因素。设计过程中的产品规划、原理方案设计、技术设计和施工设计等都要按市场的经济规律进行定量的市场分析、优势分析、经济分析和价值分析,都是以社会和市场的客观需求为指导思想进行全面考虑,并以并行工程方法指导企业的生产和管理。

此外,智能性和动态性也会在现代设计理论与方法中得以体现。现代设计理论与方法采用现代化工具,利用功能强大的软件,实现计算机辅助设计、计算机绘图和计算机辅助制造等,可以大大提高设计精度和设计速度。

### 3. 本课程的要求

通过本课程的学习,要求学生掌握系统分析设计法,在学习和工作中培养创新性,具有运

用优化设计法、计算机辅助设计、可靠性设计法等分析法解决具体问题的能力。现代设计理论与方法涉及面广,而课堂教学学时有限,这就需要学生不仅要结合课堂学习来掌握一些基本理论与方法,而且还需通过课外自学浏览了解更多在课内未介绍的现代设计方法。要求学生学习后能对现代设计理论与方法的总体情况有一个全面的了解,对常用设计方法能比较熟悉,以便今后在学习工作中能够运用这些方法不断地创造新的产品和新的成果。

学好本门课程,还需具备高级计算机算法语言编程上机能力、概率论与数理统计以及数值分析方面的初步知识。在学完本课程后,应了解现代设计方法的概念与特点;了解机械产品设计的各个阶段和一般进程;并能够运用本书介绍的主要现代设计方法解决一定的设计问题。

随着科学技术的飞速发展,现代社会对生产与生活、物质与精神提出了更多更高的要求,这就需要设计人员学习和掌握现代科学设计理论和方法,开拓思路,提高现代设计能力,使所设计的产品具有先进性、可靠性、经济性、及时性和最优性等。

## 第1章习题

- 1.1 试述现代设计理论与方法的含义。
- 1.2 机械设计中哪些需要用到现代设计理论与方法进行设计?
- 1.3 请给出传统设计和现代设计间的区别。
- 1.4 指出现代设计理论与方法的主要特点。
- 1.5 试述学习现代设计方法课程的意义与任务。

## 参考文献

- [1] R. L. Fox and K. D. Willmert, Optimum design of curve generating linkage with inequality constraints, J. Engng for Industry, 1967, 89: 144-152
- [2] C. S. Beightler, T. C. Lo and H. G. Rylander, Optimum design by geometric programming, J Eng Ind, 1970, 92: 191-196
- [3] 武良臣. 现代设计理论与方法. 北京: 中国矿业大学出版社, 1998
- [4] 应锦春. 现代设计方法. 北京: 机械工业出版社, 2000
- [5] 黄雨华, 董遇泰. 现代机械设计理论和方法. 沈阳: 东北大学出版社, 2001
- [6] 钟志华, 周彦伟. 现代设计方法. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2001
- [7] 王启广. 现代设计理论. 北京: 中国矿业大学出版社, 2005
- [8] 张鄂. 现代设计理论与方法. 北京: 科学出版社, 2007
- [9] 王凤岐. 现代设计方法及其应用. 天津: 天津大学出版社, 2008
- [10] 张济川, 金德闻, 黄靖远, 孟永钢. 现代机械设计理论与方法. 清华大学研究生讲义, 2000



# 优化设计

## 本章要点

1. 掌握优化设计数学模型中的三要素,并能够根据实际要求建立优化数学模型;
2. 熟悉一维搜索法,特别是 0.618 法;
3. 熟悉求解无约束多维优化问题的主要算法,如最速下降法、共轭方向法;
4. 掌握直接和间接求解有约束多维优化的主要算法;
5. 能够用常用方法处理多目标优化问题。

## 2.1 概 述

优化设计是借助最优化设计数值计算方法和计算机技术,求取工程问题最优设计方案的方法。人们在机械、土木、水利、电力、化工、材料等工程实践中从事的每一项设计,总是力求寻找一合理的设计参数,使得由这组设计参数确定的设计方案既满足各种设计要求,又能达到最佳的技术经济指标,这就是最优化问题。几乎所有的工程设计都会有优化设计问题。在常规的工程设计过程中,由于设计手段和方法的限制,设计者不可能在一次设计中得到多个方案,也不可能进行多方案的分析比较,更不可能得到最佳的设计方案。人们只能在漫长的设计生产过程中,通过不断地探索与改进,逐步使设计方案趋于完善。现代电子计算机的发展与普及,以计算机为基础的数值计算方法的成熟和应用,为工程问题的优化设计提供了先进的手段和方法,这就是最优化设计方法。

优化设计与常规设计的区别可以归纳为以下两点:

(1) 优化设计可以自行调整变量,直至找到最完善、最合理的设计方案;而常规设计虽然也是追求最好的设计方案,但只能凭借设计师的经验进行,因此不一定能找到最合适的设计方案。

(2) 优化设计可以通过计算机进行快速运算、分析,在多个设计方案中选择最佳设计;而常规设计只能依靠人工操作,因此要完成一个优秀的设计需要耗费大量的时间。

对工程问题进行优化设计一般要进行两项工作。第一是将实际问题抽象地用数学模型来描述,包括选择设计变量、确定目标函数、给出约束条件;第二是对数学模型进行必要的简化,并采用适当的最优化方法求解数学模型。