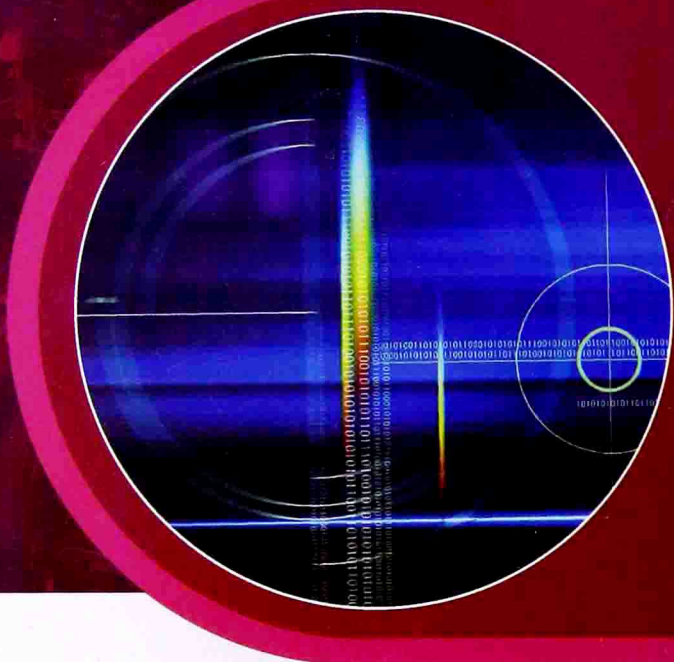





普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材
普通高等教育“十二五”规划教材



现代设计理论与方法 (第二版)

主编 张 鄂 买买提明·艾尼
主审 吴宗泽 陈国定

 科学出版社

· 014060169

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材

现代设计理论与方法

(第二版)

主 编 张 鄂 买买提明·艾尼
参 编 白文杰 张 帆 周亚滨
计志红 许林安
主 审 吴宗泽 陈国定



科学出版社

北京



北航

C1746831

TH122-43

78-2

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十二五”规划教材，同时为普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材，也是普通高等院校精品课程规划教材。

本书较全面系统地介绍了现代设计理论与方法。内容包括：优化设计，可靠性设计，计算机辅助设计，有限元法，工业造型设计，反求工程设计，绿色设计，动态设计，系统化设计与创新设计，并行设计和摩擦学设计等。

本书既有现代设计理论与方法体系较广的覆盖面，又能加强重点，从而使学生在有限的课时内，既能对本门新兴学科有较全面的了解，又能对其中重要的现代设计方法有较深入的了解与应用，以提高他们的创新设计技能。全书内容新颖实用，结构体系完整，重点突出，理论联系实际。

本书可作为高等学校机械工程类、能源动力类、近机类及相关专业学生的教材，也可作为工程技术人员继续教育的培训教材，还可供有关技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代设计理论与方法/张鄂, 买买提明·艾尼主编. —2 版. —北京: 科学出版社, 2014. 8

普通高等教育“十二五”规划教材·普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材

ISBN 978-7-03-041528-8

I. ①现… II. ①张…②买… 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 (2014) 第 177365 号

责任编辑: 朱晓颖 / 责任校对: 郭瑞芝
责任印制: 闫一磊 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

保定市中西美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年3月第一版 开本: 787×1092 1/16

2014年8月第二版 印张: 22

2014年8月第九次印刷 字数: 577 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

第二版前言

本书自 2007 年出版以来，已连续印刷 8 次，受到全国多所高校和广大读者的欢迎。

本书为普通高等教育“十二五”规划教材，同时为普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材，也为普通高等院校精品课程规划教材，是在 2007 年第一版的基础上结合近几年的教学实践经验及教材的具体使用情况修订而成的。

为了方便教学，此次修订基本上维持了第一版教材的总体体系，力求基本概念阐述准确、插图清晰，借鉴多年来教学改革的成功经验，继承与创新结合，先进与实用兼顾，采用了最新国家标准和法定计量单位，使本书更加适用于现代设计理论与方法课程的教学要求。

本书继续保持了第一版的几个特色，并有所拓展：

1) 在第 2 章中增添了“智能优化算法”一节内容及其应用实例，以适应日益发展的最新优化算法与应用技术。

2) 在第 4 章中增补了有关 CAD 硬件和常用 CAD 软件的介绍内容，以帮助读者在从事 CAD 工作时参考与应用。

3) 考虑到现代设计方法的发展，新增了“并行设计”一章，便于这一最新现代设计方法的普及与工程运用。

4) 更正了第一版原书文字及插图的疏漏。

本书由西安交通大学、西安外事学院张鄂教授，新疆大学买买提明·艾尼教授主编。参加修订的有：张鄂（第 1、2、3、9、10、12 章），白文杰（西安交通大学，第 4 章 3~6 节），买买提明·艾尼（第 5 章），周亚滨（西安交通大学，第 6 章），计志红（西安交通大学，第 7 章），许林安（西安交通大学，第 8 章），张帆（西安建筑科技大学，第 2 章 7~8 节、第 4 章 1~2 节、第 11 章）。

西安交通大学半振南教授、张言羊教授和西北工业大学陆长德教授仔细审阅了修订稿，并提出了宝贵建议，特此致谢。

本书承蒙清华大学吴宗泽教授和西北工业大学陈国定教授审稿，他们对本书都提出了宝贵的意见，编者在此深表谢意。

由于水平所限，书中的疏漏之处在所难免，诚请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 5 月

第一版前言

随着科学技术的迅猛发展以及计算机技术的广泛应用,设计领域正在进行一场深刻的变革,各种现代设计理论与方法不断涌现,设计方法更为科学、系统、完善和先进。传统设计方法已发展成为一门新兴的综合性、交叉性学科——现代设计理论与方法。现代设计理论与方法的广泛应用,必将为我国的工业生产带来巨大的经济效益,提供更丰富、更安全、更方便、更环保的产品,对提高我国工业产品的设计质量,缩短设计周期,推动设计工作的现代化、科学化方面将发挥重大作用。

基于现代设计理论与方法种类繁多,内容又十分广泛的特点,为了满足本课程的教学需要,编者结合多年来从事本课程的教学和科研工作的经验,选用了十种现代设计方法进行介绍,并将重点又放在实践中应用十分广泛的五种现代设计方法:优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计、有限元法和工业造型设计等现代设计方法上。这样使本书既有现代设计理论与方法体系较广的覆盖面,又能加强重点,从而使学生在有限的课时内,既能对本门新兴学科有较全面的了解,又能对其中重要的设计方法有较深入了解与应用,以提高他们的创新设计技能。本书着重介绍这些方法的基本思想、基本理论及解决实际问题的主要步骤、方法与手段。

本书是在多次使用的教学讲义、教材基础上编写的。在内容组织上,强调知识的实用性、整体性、科学性和先进性,力求通俗易懂,深入浅出,尽量避免繁琐的理论证明和数学推导。本书的特点是:内容丰富,适应面广,重点突出,内容先进,学以致用。本书除了适宜作为高等学校机械类、机电类、能源动力机械类及相关专业本科生教材外,也可作为工程技术人员继续教育的培训教材,还可供有关工程技术人员、企业管理工作者以及有关专业青年教师参考使用。

本书由张鄂主编。参加本书编写的有:张鄂(第1,2,10,11章),徐海波、刘明利(第3章),白文杰(第4章),买买提明、刘中华(第5章),周亚滨、李晓玲(第6章),计志红(第7章),许林安(第8章),刘中华(第9章)。聿振南教授和张言羊教授仔细审阅了全稿,提出了宝贵的意见,特此致谢。

全书承蒙清华大学吴宗泽教授和西北工业大学陈国定教授审稿,他们对本书都提出了宝贵的意见,并给予了很大支持和帮助,作者在此深表谢意。科学出版社孙明星、段博原编辑对全部书稿进行了认真而细致地编辑。

本书为西安交通大学“十一五”重点规划教材,也是西安交通大学、新疆大学两校共建教材。在此,对两校的大力支持和帮助也表示衷心的感谢。

鉴于现代设计理论与方法内容涉及面广,发展迅速,加之编者水平有限,书中会有不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

编者

2006年12月

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 现代设计	1
1.1.1 设计及其内涵	1
1.1.2 设计发展的基本阶段	2
1.1.3 现代设计与传统设计	3
1.2 现代设计理论和方法的主要内容及特点	4
1.2.1 现代设计理论和方法的主要内容	4
1.2.2 现代设计方法的特点	5
1.3 现代产品的设计类型及进程	5
1.3.1 现代产品的特点与设计要求	5
1.3.2 现代产品的设计类型及进程	6
1.4 学习现代设计方法的意义和任务	8
习题	9
第 2 章 优化设计	10
2.1 概述	10
2.1.1 优化设计基本概念	10
2.1.2 优化设计的数学模型	11
2.1.3 优化问题的分类	18
2.1.4 优化设计的迭代算法	18
2.2 优化方法的数学基础	20
2.2.1 二次型与正定矩阵	20
2.2.2 函数的方向导数和梯度	22
2.2.3 多元函数的泰勒近似展开式和海森矩阵	25
2.2.4 无约束优化问题的极值条件	26
2.2.5 约束优化问题的极值条件	27
2.3 一维优化方法	30
2.3.1 搜索区间的确定	30
2.3.2 黄金分割法	32
2.3.3 二次插值法	34
2.4 多维无约束优化方法	37
2.4.1 坐标轮换法	37
2.4.2 鲍威尔法	38
2.4.3 梯度法	44

2.4.4	牛顿法	45
2.4.5	变尺度法	46
2.5	约束优化方法	51
2.5.1	复合形法	52
2.5.2	惩罚函数法	57
2.6	多目标优化方法	63
2.6.1	线性加权组合法	64
2.6.2	功效系数法	65
2.6.3	主要目标法	66
2.7	智能优化算法	66
2.7.1	遗传算法	66
2.7.2	粒子群优化算法	72
2.7.3	免疫算法	76
2.8	工程优化设计应用	80
2.8.1	工程优化设计的一般步骤	80
2.8.2	工程优化设计实例	81
	习题	91
第3章	可靠性设计	93
3.1	概述	93
3.1.1	可靠性科学的发展	93
3.1.2	可靠性的概念及特点	93
3.1.3	可靠性设计的基本内容	94
3.2	可靠性设计常用指标	95
3.3	可靠性设计中常用分布函数	101
3.4	机械强度可靠性设计	107
3.4.1	应力-强度分布干涉理论	109
3.4.2	零件强度可靠度的计算	111
3.4.3	零件强度分布规律及分布参数的确定	112
3.4.4	零件工作应力分布规律及分布参数的确定	113
3.4.5	强度可靠性计算条件式与许用可靠度	114
3.4.6	机械零部件强度可靠性设计的应用	115
3.5	疲劳强度可靠性分析	117
3.5.1	疲劳曲线	117
3.5.2	等幅变应力作用下零件的疲劳寿命及可靠度	120
3.5.3	不稳定应力作用下零件的疲劳寿命	121
3.5.4	承受多级变应力作用的零件在给定寿命时的可靠度	122
3.6	系统可靠性设计	124
3.6.1	元件可靠性预测	124
3.6.2	系统可靠性预测	125
3.6.3	系统可靠性分配	129

习题	132
第 4 章 计算机辅助设计	134
4.1 概述	134
4.2 CAD 系统	136
4.2.1 CAD 系统的硬件	136
4.2.2 CAD 系统的软件	138
4.2.3 CAD 系统的形式	141
4.2.4 CAD 系统的功能	141
4.3 工程数据的处理方法及 CAD 程序编制	142
4.3.1 数表的分类及存取	142
4.3.2 线图的分类及处理	145
4.3.3 列表函数表的插值算法	149
4.3.4 数据的公式拟合方法	154
4.3.5 数据文件及其应用	156
4.4 机械工程数据库的创建与应用	157
4.4.1 数据库与数据库管理系统	157
4.4.2 关系数据库管理系统应用实例简介	158
4.4.3 工程数据库	159
4.5 计算机图形处理与三维造型	159
4.5.1 计算机绘制工程图的常用方法	159
4.5.2 坐标系	160
4.5.3 二维图形的几何变换	161
4.5.4 三维造型	166
4.6 专用机械 CAD 系统的开发及应用	168
4.6.1 二维 CAD 软件的二次开发技术	169
4.6.2 三维 CAD 软件的二次开发技术	170
习题	173
第 5 章 有限元法	176
5.1 概述	176
5.2 单元特性的推导方法	178
5.2.1 单元划分方法及原则	178
5.2.2 单元特性的推导方法	180
5.3 有限元法的工程应用	188
5.3.1 有限元法的解题步骤	188
5.3.2 计算实例	192
5.4 有限元软件简介	195
习题	197
第 6 章 工业造型设计	199
6.1 概述	199
6.1.1 工业造型设计的基本内容与基本要素	199

6.1.2	产品造型设计的原则	200
6.1.3	产品造型的美学内容	200
6.1.4	产品造型设计的程序	201
6.2	造型基础与美学法则	202
6.2.1	形态要素及其视觉结果	202
6.2.2	产品造型的美学法则	205
6.3	人机工程学简介	209
6.3.1	人体结构尺寸与造型尺度	210
6.3.2	视觉特征与显示器设计	211
6.3.3	控制器的选择与设计	212
6.3.4	控制台板设计	213
6.4	产品的色彩设计	214
6.4.1	色彩的基本知识	214
6.4.2	产品色彩设计	217
6.5	计算机辅助工业设计 (CAID)	218
6.5.1	计算机辅助工业设计 (CAID) 常用的软件	218
6.5.2	三维软件制作产品模型实例	219
	习题	220
第7章	反求工程设计	221
7.1	概述	221
7.2	反求工程设计的基本内容及原理	225
7.2.1	反求工程设计的基本内容及类型	225
7.2.2	反求工程设计的基本原理	227
7.3	相似理论及相似设计方法简介	229
7.3.1	相似理论简介	229
7.3.2	相似设计方法	234
7.4	反求工程的原理与方法	236
7.4.1	设计反求	236
7.4.2	材料反求	238
7.4.3	工艺反求	238
	习题	238
第8章	绿色设计	240
8.1	概述	240
8.2	绿色技术	241
8.2.1	绿色产品	242
8.2.2	绿色制造	244
8.3	绿色设计的内容和方法	245
8.3.1	绿色设计的内容	245
8.3.2	绿色设计方法	247
8.3.3	绿色设计的材料选择	250

8.3.4	绿色设计的关键技术	251
8.3.5	绿色设计评价	251
8.3.6	绿色设计的效益和应用分析	254
	习题	255
第 9 章	动态设计	257
9.1	概述	257
9.2	动态设计的有关概念和基本原理	258
9.3	轴类部件的动态分析和设计	262
9.3.1	轴类部件的动态分析	262
9.3.2	轴类部件的动态设计	264
	习题	267
第 10 章	系统化设计法和创新设计	268
10.1	概述	268
10.2	系统化设计法	269
10.2.1	技术过程及技术系统	269
10.2.2	功能分析法	270
10.2.3	系统化设计法设计应用举例	275
10.3	创新设计	277
10.3.1	创造力和创造过程	277
10.3.2	创新思维及其特点和类型	278
10.3.3	创新技法	280
	习题	283
第 11 章	并行设计	284
11.1	概述	284
11.1.1	并行设计的概念	284
11.1.2	并行设计思想的演化	289
11.1.3	并行设计的技术特点及内涵	290
11.2	并行设计的关键技术	292
11.3	并行设计的工程应用研究	295
	习题	301
第 12 章	摩擦学设计	302
12.1	概述	302
12.2	金属表面的摩擦和磨损	303
12.2.1	金属表面特性	303
12.2.2	摩擦	304
12.2.3	磨损	308
12.2.4	机械零部件的典型磨损过程	311
12.3	摩擦学设计中的减摩和耐磨材料的选择	312
12.3.1	减摩材料的设计与选择	312
12.3.2	摩阻材料的设计与选择	315

12.3.3	耐磨材料的选择	317
12.3.4	表面耐磨强化处理	318
12.4	润滑和润滑系统设计	321
12.4.1	摩擦副间的基本润滑状态	321
12.4.2	流体动压润滑原理及动压滑动轴承的设计	323
12.4.3	润滑材料	333
12.4.4	润滑系统设计	336
12.5	摩擦学系统的监测与诊断技术	338
	习题	340
	参考文献	342

第1章 绪 论

1.1 现代设计

1.1.1 设计及其内涵

设计是人类改造自然的基本活动之一。它与人类的生产活动及生活密切相关。人类在改造自然的历史长河中，一直从事设计活动。从某种意义上讲，人类文明的历史，就是不断进行设计活动的历史。

设计一词有广义和狭义两种概念。广义概念是指对发展过程的安排，包括发展的方向、程序、细节及达到的目标。狭义的概念是指将客观需求转化为满足该需求的技术系统（或技术过程）的活动。目前，各种产品包括机、电产品的设计即属此种。

随着科学技术和生产力的不断发展，设计和设计科学也在不断向深度和广度发展，其内容、要求、理论和手段等都在不断更新。目前科技界对设计尚无统一的定义，但对设计的基本内涵都有共同的认识。其中对设计含义的一些典型提法如下：

设计是一种创造性活动，设计的核心是创造性，如果没有创新，就不叫设计。

设计是一种优化过程，是在给定条件下，针对目标谋求最优解的过程。

设计是把各种先进技术转化为生产力的一种手段，它反映当时生产力的水平，是先进生产力的代表。

设计是一种技术性、经济性、社会性、艺术性的综合产物。

设计是为满足需求而进行的一种创造性思维活动的实践过程。

设计是通过分析、创造与综合，创造性地建立满足特定功能要求的技术系统的活动过程。

对此，我们综合来理解设计的含义，即为了满足人类与社会的功能要求，将预定的目标通过人们创造性思维，经过一系列规划、分析和决策，产生载有相应的文字、数据、图形等信息的技术文件，以取得最满意的社会与经济效益为目的，然后通过实践转化为某项工程，或通过制造，成为产品，而造福于人类。产品设计过程从本质上说就是创造性的思维与活动过程，是将创新构思转化为有竞争力的产品的过程。

从对设计含义的理解出发可以看出，工业产品设计具有以下特征：

1) 需求特征。产品设计的目的是满足人类社会的需求，即设计始于需要，没有需要就没有设计。

2) 创造性特征。时代的发展，使人们的需求、自然环境、社会环境都处于变化之中，从而要求设计者适应条件变化，不断更新老产品，创造新产品。人们从机车的发展历史，即由蒸汽机车→内燃机车→电力机车→磁悬浮机车，可见设计活动的不断创造发明的特征。

3) 程序特征。任何一种产品的设计都有一定的设计过程，它是指从明确设计任务到编制技术文件所进行的整个设计工作的流程。设计过程一般可分为四个主要阶段：产品规划、

原理方案设计、技术设计和施工图设计。这种过程叫做设计程序。按设计程序进行工作，才能提高效率，保证产品的设计质量。

4) 时代特征。设计活动受时代的物质条件、技术水平的限制，如设计方法、设计手段、材料、制造工艺等。所以，各种产品设计都具有时代的烙印。

认识了产品设计的特征，才能全面地、深刻地理解设计活动的本质，进而研究与设计活动有关的各种问题，以提高设计的质量和效率。

1.1.2 设计发展的基本阶段

为了便于了解现代设计与传统设计的区别，先来简单回顾一下人类从事设计活动发展的几个基本阶段。从人类生产的进步过程来看，整个设计进程大致经历了如下四个阶段：

1) 直觉设计阶段。古代的设计是一种直觉设计。当时人们或许是从自然现象中直接得到启示，或是全凭人的直观感觉来设计制作工具。设计者多为具有丰富经验的手工艺人，他们之间没有信息交流。产品的制造只是根据制造者本人的经验或其头脑中的构思完成的，设计与制造无法分开。设计方案存在于手艺人头脑之中，无法记录表达，产品也是比较简单的。一项简单产品的问世，周期很长，这是一种自发设计。直觉设计阶段在人类历史中经历了一个很长的时期，17世纪以前基本都属于这一阶段。

2) 经验设计阶段。随着生产的发展，产品逐渐复杂起来，对产品的需求量也开始增大，单个手工艺人的经验或其头脑中自己的构思已难满足这些要求，因而促使手艺人必须联合起来，互相协作，逐渐出现了图纸，并开始利用图纸进行设计。一部分经验丰富的人将自己的经验或构思用图纸表达出来，然后根据图纸组织生产。到17世纪初，数学与力学结合后，人们开始运用经验公式来解决设计中一些问题，并开始按图纸进行制造，如早在1670年就已经出现了有关大海船的图纸。图纸的出现，既可使具有丰富经验的手艺人通过图纸将其经验或构思记录下来，传于他人，便于用图纸对产品进行分析、改进和提高，推动设计工作向前发展；还可满足更多的人同时参加同一产品的生产活动，满足社会对产品的需求及生产率的要求。因此利用图纸进行设计，使人类设计活动由自发设计阶段进步到经验设计阶段。

3) 半理论半经验设计阶段。20世纪初以来，由于试验技术与测试手段的迅速发展和应用，人们把对产品采用局部试验、模拟试验等作为设计辅助手段。通过中间试验取得较可靠的数据，选择较合适的结构，从而缩短了试制周期，提高了设计可靠性。这个阶段称为半理论半经验设计阶段（又称中间试验设计阶段）。在这个阶段中，随着科学技术的进步、实验手段的加强，使设计水平得到进一步提高，共取得了如下进展：①加强设计基础理论和各种专业产品设计机理的研究，如材料应力应变、摩擦磨损理论、零件失效与寿命的研究，从而为设计提供了大量信息，如包含大量设计数据的图表（图册）和设计手册等。②加强关键零件的设计研究，特别是加强了关键零部件的模拟试验，大大提高了设计速度和成功率。③加强了“三化”，即零件标准化、部件通用化、产品系列化的研究。后来又提出设计组合化。这便进一步提高了设计的速度、质量，降低了产品的成本。

本阶段由于加强了设计理论和方法的研究，与经验设计相比，这阶段设计的特点是大大减少了设计的盲目性，有效地提高了设计效率和质量并降低了设计成本。至今，这种设计方法仍被广泛采用。

4) 现代设计阶段。近50年来，由于科学和技术迅速发展，对客观世界的认识不断深入，设计工作所需的理论基础和手段有了很大进步，特别是电子计算机技术的发展及应用，

对设计工作产生了革命性的突变,为设计工作提供了实现设计自动化的条件。例如 CAD 技术能得出所需要的设计计算结果资料和生产图纸,一体化的 CAD/CAM 技术可将 CAD 的输出结果通过工程数据库以及有关应用接口作为 CAM 的输入信息,并直接输出记录有关信息的纸带,使用这种纸带,NC 机床即可直接加工出所设计的零件,实现无图纸化生产,使人类设计工作步入现代设计阶段。

此外,步入现代设计阶段的另一个特点就是,当代对产品的设计已不能仅考虑产品本身,并且还要考虑对系统和环境的影响;不仅要考虑技术领域,还要考虑经济、社会效益;不仅考虑当前,还需考虑长远发展。例如,汽车设计,不仅要考虑汽车本身的有关技术问题,还需考虑使用者的安全、舒适、操作方便等人机工效特性。此外,还需考虑汽车的节能、环保以及车辆存放、道路发展等问题。总之,目前已进入现代设计阶段,它已要求在设计工作中把自然科学、社会科学、人类工程学,以及各种艺术、实际经验和聪明才智融合在一起,用于设计中。

1.1.3 现代设计与传统设计

20 世纪以来,由于科学和技术的发展与进步,对设计的基础理论研究得到加强,随着设计经验的积累,以及设计和工艺的结合,已形成了一套半经验半理论的设计方法。依据这套方法进行机电产品设计,称为传统设计。所谓“传统”是指这套设计方法已沿用了很长时间,直到现在仍被广泛地采用着。传统设计又称常规设计。

传统设计是以经验总结为基础,运用力学和数学而形成的经验、公式、图表、设计手册等作为设计的依据,通过经验公式、近似系数或类比等方法进行设计。传统设计在长期运用中得到不断的完善和提高,是符合当代技术水平有效设计方法。但由于所用的计算方法和参考数据偏重于经验的概括和总结,往往忽略了一些难解或非主要的因素,因而造成设计结果的近似性较大,也难免有不确切和失误。此外,在信息处理、参量统计和选取、经验或状态的存储和调用等还没有一个理想的有效方法,解算和绘图也多用手工完成,所以不仅影响设计速度和设计质量的提高,也难以做到精确和优化的效果。传统设计对技术与经济、技术与美学也未能做到很好地统一,使设计带来一定的局限性。这些都是有待于进一步改进和完善的不足之处。

限于历史和科技发展的原因,传统设计方法基本上是一种以静态分析、近似计算、经验设计、手工劳动为特征的设计方法。显然,随着现代科学技术的飞速发展,生产技术的需要和市场的激烈竞争,以及先进设计手段的出现,这种传统设计方法已难以满足当今时代的要求,从而迫使设计领域不断研究和发展新的设计方法和技术。

现代设计是过去长期的传统设计活动的延伸和发展,它继承了传统设计的精华,吸收了当代科技成果和计算机技术。与传统设计相比,它则是一种以动态分析、精确计算、优化设计和 CAD 为特征的设计方法。

现代设计方法与传统设计方法相比,主要完成了以下几方面的转变:

- 1) 产品结构分析的定量化;
- 2) 产品工况分析的动态化;
- 3) 产品质量分析的可靠性化;
- 4) 产品设计结果的最优化;
- 5) 产品设计过程的高效化和自动化。

目前,我国设计领域正面临着由传统设计向现代设计过渡,广大设计人员应尽快适应这一新的变化。通过推行现代设计,尽快提高我国机电产品的性能、质量、可靠性和在市场的竞争能力。

1.2 现代设计理论和方法的主要内容及特点

1.2.1 现代设计理论和方法的主要内容

设计理论是对产品设计原理和机理的科学总结。设计方法是使产品满足设计要求以及判断产品是否满足设计原则的依据。现代设计方法是基于设计理论形成的,因而更具科学性和逻辑性。实质上,现代设计理论和方法更是科学方法论在设计中的应用,是设计领域中发展起来的一门新兴的多元交叉学科。

现代设计理论与方法是以研究产品设计为对象的科学。它以电子计算机为手段,运用工程设计的新理论和新方法,使计算结果达到最优化,使设计过程实现高效化和自动化。通过传统经验的吸收、现代科技的运用、科学方法论的指导与方法学的实现,从而形成和发展了现代设计理论与方法这门新学科。

从20世纪60年代末开始,设计领域中相继出现一系列新兴理论与方法。为区别过去常用的传统设计理论与方法,把这些新兴理论与方法统称为现代设计。表1-1列出了目前现代设计理论和方法的主要内容。不同于传统设计方法,在运用现代设计理论和方法进行产品及工程设计时,一般都以计算机作为分析、计算、综合、决策的工具。

表 1-1 现代设计的主要理论和方法

1	设计方法学	9	绿色设计	17	三次设计
2	优化设计	10	模块化设计	18	人机工程
3	可靠性设计	11	相似设计	19	健壮设计
4	计算机辅助设计	12	虚拟设计	20	精度设计
5	动态设计	13	疲劳设计	21	工程遗传算法
6	有限元法	14	智能工程	22	设计专家系统
7	反求工程设计	15	价值工程	23	摩擦学设计
8	工业艺术造型设计	16	并行设计	24	人工神经元计算方法等

现代设计理论和方法的内容众多而丰富,它们是由既相对独立又有有机联系的“十一论”方法学构成,即:功能论(可靠性为主体)、优化论、离散论、对应论、艺术论、系统论、信息论、控制论、突变论、智能论和模糊论。这十一论方法学的作用如下:

- 1) 信息论方法学(信号处理是现代设计的依据);
- 2) 功能论方法学(功能实现是现代设计的宗旨);
- 3) 系统论方法学(系统分析是现代设计的前提);
- 4) 突变论方法学(突变创造是现代设计的基石);
- 5) 智能论方法学(智能运用是现代设计的核心);
- 6) 优化论方法学(广义优化是现代设计的目标);
- 7) 对应论方法学(相似模糊是现代设计的捷径);

- 8) 控制论方法学 (动态分析是现代设计的深化);
- 9) 离散论方法学 (离散处理是现代设计的细解);
- 10) 艺术论方法学 (悦心宜人是现代设计的美感);
- 11) 模糊论方法学 (模糊定量是现代设计的发展)。

综上所述,现代设计理论和方法的种类繁多,但并不是任何一件产品和一项工程的设计都需要采用全部设计方法,也不是每个产品零件或电子元件的设计均能采用上述每一种方法。由于不同的产品都有各自的特点,所以设计时常需综合运用上述设计方法。如突变论方法学中的各种创造性设计法,智能论方法学中的计算机辅助设计,优化论方法学中的优化设计法,信息论方法学中的预测技术法、信息处理技术,对应论方法学中的相似设计法、科学类比法、模拟设计法,艺术论方法学中的工业造型设计法、人机工程学,寿命论方法学中的价值工程与价值创新等,都是经常需要用到的。

1.2.2 现代设计方法的特点

现代设计方法的基本特点如下:

- 1) 程式性:研究设计的全过程。要求设计者从产品规划、方案设计、技术设计、施工设计到试验、试制进行全面考虑,按步骤有计划地进行设计。
- 2) 创造性:突出人的创造性,发挥集体智慧,力求探寻更多突破性方案,开发创新产品。
- 3) 系统性:强调用系统工程处理技术系统问题。设计时应分析各部分的有机关系,力求系统整体最优。同时考虑技术系统与外界的联系,即人-机-环境的大系统关系。
- 4) 最优性:设计的目的是得到功能全、性能好、成本低的价值最优的产品。设计中不仅考虑零部件参数、性能的最优,更重要的是争取产品的技术系统整体最优。
- 5) 综合性:现代设计方法是建立在系统工程、创造工程基础上,综合运用信息论、优化论、相似论、模糊论、可靠性理论等自然科学理论和价值工程、决策论、预测论等社会科学理论,同时采用集合、矩阵、图论等数学工具和电子计算机技术,总结设计规律,提供多种解决设计问题的科学途径。
- 6) 数字性:将计算机全面地引入设计。通过设计者和计算机的密切配合,采用先进的设计方法,提高设计质量和速度。计算机不仅用于设计计算和绘图,同时在信息储存、评价决策、动态模拟、人工智能等方面将发挥更大作用。

最后,应该指出,设计是一项涉及多种学科、多种技术的交叉工程。它既需要方法论的指导,也依赖于各种专业理论和专业技术,更离不开技术人员的经验和实践。现代设计理论与方法是在继承和发展传统设计理论与方法的基础上融会新的科学理论和新的科学技术成果而形成的。因此,学习使用现代设计理论和方法,并不是要完全抛弃传统的方法和经验,而是要让广大设计人员在传统方法和实践经验的基础上掌握一把新的思想钥匙。所以,不能把现代设计与传统设计截然分开,传统设计方法在一些适合的工业产品设计中还在有效应用。

1.3 现代产品的设计类型及进程

1.3.1 现代产品的特点与设计要求

随着科学和技术的飞速发展,现代产品的特点主要表现在广泛采用现代新兴技术,并对

产品的功能、可靠性、效益提出更为严格的要求。当前许多高技术产品如激光测量装置、航天飞机、核动力设备等大量诞生,无一不是采用现代新兴技术的结果;而常规产品如机床、纺织机械、工程机械、电视机等电器也都大量采用了新技术,如数字控制、气动纺纱、液压技术、数字信号等。这些说明先进的科技成就正在源源不断地通过设计改变着产品。

新兴技术对产品的渗透、改造和应用,使产品的功能和结构产生很大的变化。如机械加工中出现电子束、等离子束、激光和电磁成形等新技术,用以加工高强度合金钢、精细陶瓷等;而涂层刀、单晶金刚石使切削金属的能力倍增,给机床设计提出新的要求;甲醇发动机、太阳能发动机及电磁发动机的出现,为新的能源利用创造出新的途径;机械产品中日益普遍地采用微机作自动控制,发展为机械-电子-信息一体化技术及产品;如此等等。这些新兴技术促使机械产品在功能上的大跨越,成为现代产品最突出的特点。

由于科学技术的飞速发展,使新的设计领域不断开辟,如现时出现了芯片设计、基因设计、微型机械设计等新领域,同时新技术不断涌现,又促进了经济的高速发展。而这些又促使了企业间的竞争日益激烈,且这种竞争已成为世界范围内技术水平、经济实力的全面竞争。此外,加之现代机械日益向大型化、高速化、精密化和高效化方向发展,所有这些又对工业产品与工程设计提出了新的要求,具体表现为以下几个方面:

- 1) 设计对象由单机走向系统;
- 2) 设计要求由单目标走向多目标;
- 3) 设计所涉及的领域由单一领域走向多个领域;
- 4) 承担设计工作的人员从单人走向小组;
- 5) 产品更新速度加快,使设计周期缩短;
- 6) 产品设计由自由发展走向有计划的发展;
- 7) 设计的发展要适应科学技术的发展,特别是适应计算机技术的发展。

因而,科技的发展和时代的进步,不仅对工业产品的要求也愈来愈高,同时也对设计人员的水平和素质提出了更高的要求。面对这一形势,唯一的出路就是:设计必须科学化、现代化。也就要求设计人员不仅要有丰富的专业知识,而且还需掌握先进的设计理论、设计方法、设计手段及工具,科学地进行设计工作,这样才能设计出符合时代要求的新产品。

1.3.2 现代产品的设计类型及进程

产品设计是形成工业产品的第一道工序。要设计好一个现代产品,除需掌握现代科技和现代设计理论与方法外,还应了解产品设计过程的一般规律和设计程序。

1. 现代产品的设计类型

现代产品设计按其创新程度可分为以下三种类型:

1) 开发性设计。它是在全部功能或主要功能的实现原理和结构未知的情况下,运用成熟的科学技术成果所进行的新颖工业产品的设计。也就是针对新任务,应用可行的新技术,进行创新构思,提出新的功能原理方案,完成从产品规划到施工设计。这是一种完全创新的设计。例如赶超先进水平,或适应政策要求,或避开市场热点开发有新特色的有希望成为新的热点的“冷门”产品。

2) 适应性设计。在主功能的实现原理或者结构方案保持基本不变的情况下,只对产品作局部变更或增设部件,使产品能更广泛地适应使用要求的设计。例如在卧式铣床基