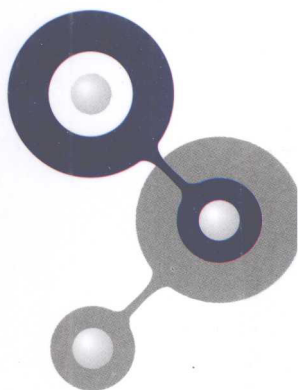




高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材



# 现代设计方法

主 编 曹 岩  
副主编 李建华 刘红军 杜 江



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材

# 现代设计方法

主 编 曹 岩

副主编 李建华 刘红军 杜 江

-----  
西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书包括现代设计与设计方法概论、现代产品设计、现代设计方法学、价值工程、人一机一环境的系统观与系统化设计、优化设计、可靠性设计等七章,全面讲解现代设计方法的基本概念、原理和方法,重点讲述现代设计方法的基础技术、关键技术和应用技术,在各章中穿插典型应用实例,并兼顾介绍其应用现状以及发展趋势。

本书可作为机械设计制造及其自动化专业的本科生和研究生教材,也可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校的机电一体化、数控技术及应用、机械制造及自动化等专业学生的教材,还可作为广大从事现代设计方法研究的工程技术人员和管理人员的参考资料或培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代设计方法/曹岩主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2010.7

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2421-1

I. ①现… II. ①曹… III. ①机械设计 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 069151 号

策 划 马乐惠

责任编辑 张晓燕

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com

电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 14.25

字 数 332千字

印 数 1~3000册

定 价 20.00元

ISBN 978-7-5606-2421-1/TH·0106

**XDUP 2713001-1**

\*\*\*如有印装问题可调换\*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 高等学校

## 自动化、电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化专业

### “十一五”规划教材编审专家委员会名单

主任：张永康

副主任：姜周曙 刘喜梅 柴光远

#### 自动化组

组长：刘喜梅（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

韦力 王建中 巨永锋 孙强 陈在平 李正明  
吴斌 杨马英 张九根 周五国 党宏社 高嵩  
秦付军 席爱民 穆向阳

#### 电气工程组

组长：姜周曙（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

闫苏莉 李荣正 余健明  
段晨东 郝润科 谭博学

#### 机械设计制造组

组长：柴光远（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘战锋 刘晓婷 朱建公 朱若燕 何法江 李鹏飞  
麦云飞 汪传生 张功学 张永康 胡小平 赵玉刚  
柴国钟 原思聪 黄惟公 赫东锋 谭继文

项目策划：马乐惠

策划：毛红兵 马武装 马晓娟

# 前 言

随着科学技术和国民经济的快速发展,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,科学技术的不断进步又为满足这些要求提供了新手段。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,快速、高效、高质量地进行产品设计。

现代设计方法是解决实际复杂工程技术问题的有效手段,是将计算机技术、信息技术、人工智能、多媒体技术、现代管理等各种学科与设计相结合所形成的一门多学科、综合应用的技术。现代设计理论与技术是对传统的设计理论与方法的继承、延伸和扩展,是多种设计技术、理论与方法的交叉与综合。在产品开发和提高工程设计水平的工作中,科学的设计方法起着越来越重要的作用。现代设计方法已成为工程人员所必须掌握的基本技能和高校机械设计制造及自动化专业的必修课程。

本书紧紧围绕现代设计方法的系统化、集成化、并行化、智能化、虚拟化、动态化、最优化、创新性等特点,全面讲解现代设计方法的基本概念、基本原理、基本方法,重点讲述现代设计方法的基础技术、关键技术和应用技术,在各章中穿插典型应用实例,并兼顾对其应用现状以及发展趋势的介绍。本书本着系统、全面、先进、实用的原则,使学生了解现代设计与传统设计的联系与区别以及常用的现代设计方法解决生产实际问题的范围和思路。在建立学生现代设计方法理论和技术体系的基础上,着重培养学生分析和解决具体工程实际问题的能力,掌握实用的现代设计方法的应用,使学生毕业后能独立从事机械工程、轻工机械、化工机械和电子机械企业中的设计工作,成为适应工程实际需求的既能独立工作又能配合团队工作的工程技术人员,满足当前国民经济发展和全球竞争的要求。

本书由西安工业大学曹岩任主编,西安科技大学李建华、西北工业大学刘红军、西安工业大学杜江任副主编。第1章由西安科技大学李建华、邓晓菲、何明晋编写;第2章由西安工业大学杜江编写;第3章由西北工业大学刘红军、陕西理工学院张昌明编写;第4章由西安科技大学李建华、夏颜志编写;第5章由李建华、何明晋编写;第6章和第7章由陕西理工学院孙伏编写。

由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,我们会在适当时机进行修订和补充,在此深表谢意。

编 者

2010年4月

# 目 录

<b>第 1 章 现代设计与设计方法概论</b> .....	1	3.1.1 设计方法学的涵义 .....	60
1.1 设计的概念 .....	1	3.1.2 设计方法学的研究对象 .....	62
1.2 现代设计的发展 .....	2	3.1.3 现代设计方法学的研究内容 .....	62
1.3 设计方法的概念 .....	2	3.2 技术系统及其确定 .....	63
1.4 设计方法的发展 .....	3	3.2.1 技术系统 .....	63
1.5 现代设计方法与传统设计 方法的特点 .....	4	3.2.2 信息集约 .....	64
1.6 现代设计方法的意义与任务 .....	5	3.2.3 调研预测 .....	64
1.7 科学方法论在设计中的应用 .....	6	3.2.4 可行性报告 .....	65
1.8 典型设计方法 .....	10	3.3 系统化设计 .....	66
思考题 .....	20	3.3.1 功能分析 .....	66
<b>第 2 章 现代产品设计</b> .....	22	3.3.2 功能元求解 .....	67
2.1 产品的概念 .....	22	3.3.3 方案综合 .....	67
2.1.1 产品概念的内涵和定义 .....	22	3.3.4 设计工具 .....	68
2.1.2 产品概念的形成 .....	23	3.4 评价决策 .....	72
2.1.3 产品概念的检验 .....	24	3.4.1 评价目标树 .....	72
2.2 产品的构成 .....	25	3.4.2 评分法 .....	74
2.3 产品设计的目标 .....	26	3.4.3 技术-经济评价法 .....	76
2.4 产品设计相关因素 .....	27	3.4.4 模糊评价法 .....	78
2.4.1 产品设计的人的因素 .....	28	思考题 .....	81
2.4.2 产品设计的技术因素 .....	30	<b>第 4 章 价值工程</b> .....	82
2.4.3 产品设计的市场和环境因素 .....	31	4.1 概述 .....	82
2.4.4 产品设计的审美因素 .....	35	4.2 价值工程的工作程序 .....	83
2.5 产品设计理论与技术的 内涵及其体系 .....	45	4.3 价值工程的基本概念 .....	84
2.6 产品设计类型 .....	48	4.4 价值工程的技术方法 .....	86
2.6.1 开发性设计 .....	48	4.4.1 选择分析对象的常用方法 .....	86
2.6.2 适应性设计 .....	49	4.4.2 VE 改进对象的分析方法 .....	88
2.6.3 变型设计 .....	50	4.4.3 VE 成本评价价值的计算方法 .....	90
2.7 产品设计过程 .....	51	4.4.4 功能评价方法 .....	90
2.7.1 产品设计的三个阶段 .....	51	4.4.5 创造改进方案的方法 .....	92
2.7.2 产品设计过程模型 .....	53	4.5 提高产品性能的原则和措施 .....	93
思考题 .....	58	4.5.1 产品功能的定义 .....	93
<b>第 3 章 现代设计方法学</b> .....	60	4.5.2 功能整理 .....	94
3.1 概述 .....	60	4.5.3 功能评价 .....	95
		4.6 降低产品成本的原则和途径 .....	95
		4.7 成本估算 .....	96
		思考题 .....	97

<b>第 5 章 人一机一环境的系统观与 系统化设计</b> .....	98	6.2.3 黄金分割法的原理及计算步骤	135
5.1 人一机一环境的系统观 .....	98	6.2.4 二次插值法的原理及计算步骤	137
5.1.1 人一机一环境大系统的 组成与运行 .....	98	6.3 无约束优化算法 .....	140
5.1.2 功能分配 .....	99	6.3.1 基本概念 .....	140
5.1.3 人的生理和心理因素 .....	100	6.3.2 无约束优化算法的特点 .....	140
5.1.4 环境因素和可持续发展 .....	107	6.3.3 共轭方向法 .....	140
5.2 系统化设计 .....	113	6.3.4 梯度法 .....	142
5.2.1 系统化设计的概念 .....	113	6.3.5 牛顿法 .....	144
5.2.2 系统化设计的方法和步骤 .....	114	6.4 约束优化算法 .....	145
5.2.3 系统化设计的展望 .....	114	6.4.1 基本概念 .....	145
5.2.4 系统化设计的内容和关键技术	115	6.4.2 复合形法 .....	147
5.3 产品规划 .....	115	6.4.3 惩罚函数法 .....	152
5.4 功能原理方案 .....	116	6.5 其它优化问题 .....	156
5.4.1 功能设计的概念 .....	116	6.5.1 动态多变量优化 .....	156
5.4.2 功能设计的步骤 .....	117	6.5.2 模糊优化 .....	156
5.4.3 功能分析 .....	117	6.5.3 多目标优化 .....	157
5.4.4 寻求作用原理 .....	118	6.6 工程实例 .....	159
5.5 结构方案 .....	118	思考题 .....	161
5.6 评价与决策 .....	119	<b>第 7 章 可靠性设计</b> .....	163
5.7 面向生态环境的绿色设计理论 与方法 .....	120	7.1 概述 .....	163
5.7.1 绿色设计产生的背景 .....	120	7.1.1 可靠性的概念 .....	163
5.7.2 绿色产品与绿色设计 .....	121	7.1.2 可靠性设计特点 .....	164
5.7.3 绿色设计特点与方法 .....	122	7.1.3 可靠性设计的应用 .....	164
5.7.4 绿色设计主要内容和关键技术	123	7.1.4 可靠性设计中常用的 特征量(指标) .....	165
5.7.5 绿色设计与制造的发展 .....	125	7.1.5 可靠性设计的基本理论 .....	168
思考题 .....	126	7.1.6 机械可靠性和电子可靠性 .....	174
<b>第 6 章 优化设计</b> .....	127	7.1.7 通用的可靠性设计分析方法 .....	175
6.1 概述 .....	127	7.1.8 电子设备可靠性设计方法 .....	179
6.1.1 优化设计基本概念 .....	127	7.1.9 机械可靠性设计方法 .....	181
6.1.2 优化设计的发展及应用 .....	127	7.1.10 软件可靠性 .....	182
6.1.3 最优优化设计技术的现状与未来	128	7.2 应力-强度干涉模型和零部件的 可靠性设计 .....	183
6.1.4 传统设计与优化设计 .....	129	7.2.1 应力-强度干涉模型 .....	183
6.1.5 优化设计的数学模型 .....	130	7.2.2 可靠度的计算 .....	185
6.1.6 优化设计的分类 .....	131	7.2.3 零部件的可靠性设计 .....	186
6.1.7 常用优化方法及其软件应用 .....	131	7.3 系统的可靠性设计 .....	187
6.2 一维搜索 .....	133	7.3.1 系统逻辑图 .....	187
6.2.1 基本概念 .....	133	7.3.2 系统的可靠性预测 .....	190
6.2.2 迭代算法及终止准则 .....	135	7.3.3 系统的可靠度分配 .....	190
		7.4 机械系统的故障树分析 .....	191
		7.4.1 基本概念 .....	191

7.4.2 故障树的建立 .....	192	7.7.2 健壮设计原理 .....	206
7.4.3 故障树的定性分析 .....	194	7.7.3 机械系统的稳健设计 .....	208
7.4.4 故障树的定量分析 .....	195	7.8 设计试验技术 .....	209
7.5 可靠性试验概况 .....	195	7.8.1 设计试验技术概述 .....	209
7.6 安全设计 .....	199	7.8.2 产品的可靠性试验 .....	209
7.6.1 概述 .....	199	7.8.3 产品环保性能试验与控制 .....	211
7.6.2 安全设计的基本程序和方法 .....	200	7.8.4 仿真试验与虚拟试验 .....	214
7.6.3 安全设计风险评价 .....	201	思考题 .....	214
7.6.4 结构安全设计 .....	202	<b>参考文献</b> .....	216
7.6.5 安全设计的展望 .....	205		
7.7 健壮设计 .....	205		
7.7.1 概述 .....	205		



# 第1章 现代设计与设计方法概论

## 1.1 设计的概念

设计是创造性的思维与活动,是为满足人类与社会的要求,将预定的目标通过人们的创造性思维,经过一系列规划、分析和决策,形成载有相应文字、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的过程。

广义地来讲,设计就是把人类的理想变为现实的实践活动。狭义的设计是指根据客观需求完成满足该需求的技术系统的图纸及技术文档的活动。随着科学技术和生产力的不断发展,设计的内涵和外延都在扩大,设计的概念趋于广义化。设计不仅仅要考虑构成产品的物质条件以及产品的功能需求,更要综合经济、社会、环境、人体工程学、心理学、文化等多种因素。

在工程领域,设计是运用科学技术和知识规划出人类所需要制造的产品过程,其最终表达形式是图样和技术相关文件,作为制造和使用的依据,以保证制造出的产品能满足规定的技术要求。

设计过程是十分复杂的智力活动,这种智力活动是人类特有的主观能动性的表现。马克思说过:“蜜蜂建筑蜂房的本领使人间许多建筑师感到惭愧。但是,最蹩脚的建筑师从一开始就比最灵巧的蜜蜂高明的地方,是他在用蜂蜡建筑蜂房之前,已经在自己的头脑中把它建成了。”这说明设计这种智力活动,其任务在于利用已有的科学理论和技术原理,为生产活动规定具体的目的和模式,以便最合理地转化自然资源,满足人类社会的各种需要。因此,设计是将科学技术转化为生产应用的过程,也是将人的主观愿望转变为物质现实的过程。

现代设计是现代科学理论与现代技术工具在设计领域的应用。系统论、信息论、控制论等科学方法与电子计算机技术的应用,使优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计以及创造性设计等现代设计方法脱颖而出,并对设计活动产生深远的影响,为新产品的开发提供新的现代设计手段。

应该指出,设计是一项多种学科、多种技术相互交叉的工程。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。现代设计方法是在继承和发展传统设计方法的基础上融合新的科学理论和新的科学技术成果而形成的,因此,学习使用现代设计方法,并不是要完全抛弃传统的方法与经验,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。设计方法具有时序性和继承

性,冠以“现代”二字是为强调其科学性和前沿性,并非为了将其与传统的设计方法截然分开。传统设计与现代设计只是相对而言的,它们具有共存性。

## 1.2 现代设计的发展

20世纪70年代以来,由于科学技术的飞速发展和计算机技术的应用与普及,给设计工作包括机电产品的设计带来了新的变化。随着科技的发展,新工艺、新材料的出现,微电子技术、信息处理技术及控制技术等新技术对产品的渗透和有机结合,与设计相关的基础理论的深化和设计新方法的涌现,都给产品设计开辟了新途径。在这一时期,国际上在设计领域相继出现了一系列有关设计学的新兴理论与方法。为了强调其对设计领域的革新,以区别于传统设计理论和方法,把这些新兴理论与方法统称为现代设计。当然,现代设计不仅指设计方法的更新,也包含了新技术的引入和产品的创新。目前现代设计所应用的新兴理论与方法主要包括:优化设计、可靠性设计、设计方法学、计算机辅助设计、动态设计、有限元法、工业艺术造型设计、人机工程、并行工程、价值工程、协同设计、反求工程设计、模块化设计、相似性设计、虚拟设计、疲劳设计、三次设计、摩擦学设计、模糊设计、人工神经网络、遗传算法等。

## 1.3 设计方法的概念

方法是人类探索科学真理的钥匙。在人们认识事物、解决问题的过程中,正确的方法是必不可少的。培根说过:“没有一个正确的方法,犹如在黑暗中摸索行走。”巴甫洛夫也说过:“好的方法将为人们展开更广阔的图景,使人们认识更深层次的规律,从而更有效地改造世界。”

工业产品设计是一种创造性的活动,设计的结果直接影响产品的性能质量、成本和企业经济效益。由于在产品的开发和提高产品设计水平的工作中,科学的设计方法起着重要的作用,因此,加强对产品设计方法的研究有着十分重要的意义。在工业发达国家中,对设计方法的研究十分重视,各国研究的设计方法在内容上虽各有侧重,但共同的特点都是总结设计规律,启发创造性,采用现代化的先进技术和理论方法,使设计过程自动化、合理化,其目的是设计出更多高质量、低成本的工程技术产品,以满足人民的需求和适应日趋尖锐的市场竞争需要。

设计方法学是以系统的观点来研究产品的设计程序、设计规律和设计中的思维与工作方法的—门综合性学科,它是现代设计方法的一个重要组成部分。设计方法学主要研究的内容有:

(1) 设计对象。设计对象是一个能实现一定技术过程的技术系统。能满足一定需要的技术过程不是唯一的,能实现某个特定技术过程的技术系统也不是唯一的。影响技术过程和技术系统的因素有很多,设计人员应该全面系统地考虑、研究并确定最优技术系统,即设计对象。

(2) 设计过程和程序。设计方法学从系统观点出发来研究产品的设计过程。在设计方法学中,产品即设计对象被视为由输入、转换、输出三要素组成的系统,重点讨论将功能要求转化为产品结构图纸的这一设计过程,并分析设计过程的特点,总结设计过程的思维规律,寻求合理的设计程序。

(3) 设计思维。设计是一种创造活动,设计思维应是创造思维。设计方法学通过研究设计中的思维规律,总结设计人员科学的、创造性的思维方法和创造性技法。

(4) 设计评价。设计方案的优劣评价,其核心是设计评价指标体系。设计方法学研究 and 总结评价指标体系的建立,以及应用价值工程和多目标优化技术进行各种定性、定量的综合评价方法。

(5) 设计信息管理。设计方法学研究设计信息库的建立和应用,即探讨如何把分散在不同学科领域的大量设计知识、信息挖掘并集中起来,建立各种设计信息库,使之可通过计算机等先进设备方便快速地调阅参考。

(6) 现代设计理论与方法的应用。为了改善设计质量,加快设计进度,设计方法学研究如何把不断涌现出的各种现代设计理论和方法应用到设计过程中。

## 1.4 设计方法的发展

从人类生产的进步过程来看,设计方法发展的历史大致分为直觉设计阶段、经验设计阶段、传统设计阶段、现代设计阶段四部分。这四个阶段是逐渐发展的,并没有明显的分界线。

### 1. 直觉设计阶段

在古代,人们从生活中直接得到灵感,或全凭人的直观感觉来设计制造工具,设计方案仅存在于手艺人头脑中,没有记录表达,产品也比较简单。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,单个手工艺人的经验或其头脑中的构思已经很难满足生产设计要求,于是手艺人联合起来,互相协作。一部分经验丰富的手艺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。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,提高了生产率。因此,利用图纸进行设计,使人类的设计活动由直觉设计阶段进步到经验设计阶段。

### 3. 传统设计阶段

20世纪以来,由于科学技术的发展与进步,设计的基础理论研究和实验研究得到加强,随着理论研究的深入、实验数据及设计经验的积累,已形成了一套半经验半理论的设计方法。这种方法以通过理论计算和长期设计经验而形成的经验、公式、图表、设计手册等为设计的依据,通过经验公式、近似系数或类比等方法进行设计,称为传统设计,又称常规设计。

#### 4. 现代设计阶段

近 30 年来,伴随着科学技术的迅速发展,人们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改变,为设计工作提供了实现设计自动化和精密计算的条件。例如 CAD 技术能得出所需要的设计计算结果资料、生产图纸和数字化模型,一体化的 CAD/CAM 技术更可直接输出加工零件的数控代码程序,直接加工出所需要的零件,从而使人类的设计工作步入现代设计阶段。此外,现代设计阶段的另一个特点就是,对产品的设计已不是仅考虑产品本身,并且还要考虑其对系统和环境的影响;不仅要考虑技术特点,还要考虑产品的经济、社会效益;不仅考虑当前的应用情况,还需考虑其长远发展。

#### 5. 现代设计方法发展前沿

设计方法是随社会、经济和科技的进步而不断发展的。工程实际中,还有很多正处于讨论和研究阶段的值得重视的研究方法,如摩擦学设计、创新设计、稳健设计、并行设计、绿色设计、优化设计、模糊设计、智能设计、反求设计等,这些设计方法都是随着社会的发展、人们观念的更新和科学技术的发展而提出的,并且由于在节能、环保、改善产品性能和增加产品市场竞争能力等方面有其重要性而越来越受到关注。

## 1.5 现代设计方法与传统设计方法的特点

### 1. 传统设计方法的特点

传统的设计是静态的、经验的,主要依靠手工操作完成,不仅设计缓慢,还在很大程度上约束了人脑的设计思维进度。更糟的是,三维设计对象在传统的设计中只能靠抽象的二维图形来表达,难以直观地将设计结果展现给工程技术人员和其它相关人员,如产品用户,因而不利于判断、评价和改进设计结果。

传统的设计计算依赖工程问题的解析求解方法,使实际问题不得不尽量简化,其简化程度取决于已有的数学工具能否求解,这一方面使大量相对复杂的工程问题无法进行计算求解,另一方面使很多工程问题的求解离实际情况有较大的差距。

### 2. 现代设计方法的特点

现代设计方法与传统设计方法相比,主要有以下特点:

(1) 设计手段计算机化。现代设计过程中大量使用 CAD 技术,计算机在设计中的应用已经从早期的辅助分析、计算机绘图发展到现在的优化设计、并行设计、三维建模、设计过程管理、设计制造一体化、仿真和虚拟制造等。CAD 技术大大提高了设计效率,改善了设计质量,降低了设计成本,减轻了劳动强度。特别是网络和数据库技术的应用,加速了设计进程,提高了设计质量,便于对设计进程进行管理,方便了各有关部门及协作企业间的信息交换。

(2) 设计范畴扩展。现代设计将设计范畴从传统的产品设计扩展到从产品规划直至工艺设计的整个过程。此外,设计过程中同时还要考虑制造、维修、价格、包装、发运、回收、质量等因素,即面向 X 的设计。

(3) 设计制造一体化。现代设计强调设计、制造过程的一体化和并行化,强调产品设计制造的统一数据模型和计算机集成制造。设计过程组织方式由传统的顺序方式逐渐过渡到并行设计方式,与产品有关的各种过程并行交叉进行设计,这可以避免重复修改数据的工作,有利于加速工作进程,提高设计质量。并行设计的团队工作精神和有关专家协同工作,有利于得到整体最优解。设计手段的虚拟化、三维造型技术、仿真和虚拟制造技术以及快速成型技术,使得人们在零件制造之前就可以看到它的形状甚至触摸它,可大大改进设计的效果。现代设计利用高速计算机,可以将各种不同的设计方法和设计手段综合起来,以求得系统的整体最优解。

(4) 设计过程智能化。利用人工智能和专家系统技术,可由计算机完成一部分原来必须由设计者进行的设计性工作。

(5) 多种手段综合应用。现代设计方法建立在系统工程的基础上,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,同时采用集合论、矩阵论、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) 设计寻求最优化。设计的目的是得到功能全、性能好、成本低的价值最优产品。设计中不但要考虑零部件参数、性能的最优,更重要的是争取产品技术系统的整体最优。现代设计重视综合集成,在性能、技术、经济性、制造工艺、使用、环境、可持续发展等各种约束条件下,在广泛的学科领域之间,通过计算机进行高效率的综合集成,寻求最优方案和参数。它利用优化设计、人工神经网络算法和工程遗传算法等求出各种工作条件下的最优解。传统设计属于自然优化,凭借设计人员的有限知识经验和判断力选取较好方案,因而受人和效率的限制,难以对多变量系统在众多影响因素下进行定量优化,而现代设计则可利用计算机等手段进行动态多变量优化设计。

(7) 重视产品宜人性。现代设计在强调产品内在质量的实用性和保证产品物质功能的前提下,越来越多地开始重视产品外观的美观、艺术性和时代性,尽量满足用户的审美要求。它要求从人的生理以及心理特征出发,通过功能分析、界面安排和系统综合,满足人一机一环境等之间的协调关系,提高产品的精神功能,满足宜人性要求。

(8) 强调产品环保性。随着环境污染日趋严重,人们对环境问题也越来越重视,这就要求设计人员在设计产品时要尽量考虑到环保要求,使产品在生产制造以及使用过程中消耗的能源和产生的污染尽可能小,最大程度减小产品对人和环境的危害,同时还要考虑到产品报废后的可降解以及可再利用问题,在每一个环节上都尽可能满足环保要求。

## 1.6 现代设计方法的意义与任务

产品设计是生产产品的第一步,对产品的性能、质量、水平和经济效益起着决定性的作用。产品设计对产品的制造过程有重要影响,也对产品走向市场和产品的整个使用周期有重要影响。好的产品设计,可以降低制造成本,保证产品的使用性能和使用寿命,增强产品的市场竞争力,产生很好的经济效益。同时,优良的产品设计也可降低制造与使用能耗,减少制造与使用过程对环境的负面影响,便于资源的回收与再利用,有利于人类的可

持续发展。此外,为了挖掘市场潜力,开拓新的消费市场,设计人员要以创新性思维发明新的产品或赋予产品以新的功能,以开拓新的经济增长点,增强企业乃至一个国家在经济全球化进程中的竞争力。

设计人员是新产品的重要创造者,对产品的发展有重大影响。为了适应当代科学技术发展的要求和市场经济体制对设计人才的需要,必须加强设计人员的创新能力和设计素质的培养,设计人员及相关工程技术人员必须熟练地掌握现代设计方法与理论,并学会在实践中灵活地运用这些方法与理论。只有这样才可能避免由于产品设计的不足甚至错误造成产品成本高、周期长、性能差、能耗大等缺陷,才有可能及时把握创新的思想火花,创造出社会需要的、综合性能优良的新产品,才能不断地提高企业的竞争力。现代设计方法大都以计算机技术为基础,并由不同层次的计算机应用软件来支撑,死记硬背大量的公式和推导是没有必要的,也是不可取的。因此,学习现代设计方法最主要的任务是掌握其基本原理和主要内容,掌握各种设计方法的主要思想,了解其作用与局限性,提高自身的设计素质,增强自身的设计创新能力;同时,在充分掌握现代设计方法的基础上,用它来解决工程实际问题。

## 1.7 科学方法论在设计中的应用

现代设计方法实质上是各种科学方法论在设计中的应用,可归纳为以下具有普遍意义的方法。

### 1. 信息论方法

信息论是由美国数学家香农创立的,它是用概率论和数理统计方法,从量的方面来研究系统的信息如何获取、加工、处理、传输和控制的一门科学。信息是一切系统保持一定结构、实现其功能的基础。狭义信息论是研究在通信系统中普遍存在着的信息传递的共同规律以及如何提高各信息传输系统的有效性和可靠性的一门通信理论。广义信息论被理解为运用狭义信息论的观点来研究一切问题的理论。信息论认为,系统正是通过获取、传递、加工与处理信息而实现其有目的的运动的。信息论能够揭示人类认识活动产生飞跃的实质,有助于探索与研究人们的思维规律并推动人们的思维活动。

信息论方法具有普适性。所谓信息论方法,就是运用信息的观点,把系统的运动看做是信息的传输和转换过程,通过信息的获取、传递、加工和处理来认识和改造系统的一种科学方法。信息论方法的特点是在考虑系统问题的时候,撇开系统的物质和能量的具体运动形态,把系统的运动过程抽象化为信息的流通和变换过程。现代信息论方法从信息的获取开始,研究信息的传输、加工、处理、输出、反馈等程序,达到认识、改造和创造系统的目的。

信息论方法在现代设计中的具体应用有信息分析法、预测技术法等,它是现代设计方法的前提。

- (1) 预测技术法:用历史性趋向及参数,预测现在与未来的动向及参数。
- (2) 方差分析法:对一系列已知数据因素进行参数的估计与识别检验。
- (3) 相关分析法:对随机数据进行相似、相关与相干分析,提取有用信息。
- (4) 信息合成法:将各种不同信息合成为所需的广义系统,如人工合成图形等。

## 2. 系统论方法

系统论的创始人是美籍奥地利生物学家贝塔朗非。系统论要求把事物当作一个整体或系统来研究,并用数学模型去描述和确定系统的结构和行为。所谓系统,即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的、具有特定功能的有机整体;而系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。贝塔朗非提出了系统观点、动态观点和等级观点,指出复杂事物的功能远大于某组成因果链中各环节的简单总和,认为一切生命都处于积极运动状态,有机体作为一个系统能够保持动态稳定是系统向环境充分开放,获得物质、信息、能量交换的结果。系统论强调整体与局部、局部与局部、系统本身与外部环境之间互为依存、相互影响和制约的关系,具有目的性、动态性、有序性三大基本特征。

系统论方法就是按照客观事物本身的系统性,始终在整体与部分、部分与部分、整体与环境的相互联系、相互作用、相互制约的关系中,综合地考察研究对象,以达到最佳处理问题的目的。

系统论方法在现代设计中的具体应用有系统分析法、聚类分析法、逻辑分析法、模式识别法、人机工程学、系统工程等。

(1) 系统分析法:在一般系统方法的指导下,对某些具体系统进行数量分析的决策方法。

(2) 聚类分析法:把无模式的大量样本进行分类,聚类中心近似于该类的模式。

(3) 逻辑分析法:运用逻辑数学的知识,根据各系统之间的相互关联与制约关系设计出优化系统。

(4) 模式识别法:分析已有若干模式的系统样本,进行模式的确定。

(5) 系统辨识法:在一类模型中选择一个特定的模型,使其等价于相应的系统。由于大部分实际系统的有关原始信息是不充分的,所以大多数的系统辨识问题可以归结为参数辨识问题。

(6) 人机工程学:“机”是指广义的设计工程与产品,将人的各种因素考虑为外系统之一进行设计,以满足人的精神与功能的要求。

(7) 系统工程:对于分析和处理不同系统的各类系统工程,可以找到一套具有共同性的思路、程序和方法,这就是系统工程方法。系统工程包括组织管理的全过程。

## 3. 控制论方法

控制论的主要创立者是美国数学家维纳(Norbert Wiener)。控制论是研究各类系统的调节和控制规律的科学,也就是研究如何利用控制器,通过信息的变换和反馈作用,使系统能自动按照人们预定的程序运行,最终达到最优目标的学科。它是自动控制、通信技术、计算机科学、数理逻辑、神经生理学、统计力学、行为科学等多种科学技术相互渗透形成的一门横断性学科。其整个控制过程就是一个信息流通的过程,控制是通过信息的传输、变换、加工、处理来实现的。

控制论方法在现代设计中的应用有动态分析法、振荡分析法、柔性设计法(把刚性系统按照实际弹性系统进行设计计算)、动态优化法及动态系统识别法等。

## 4. 优化论方法

利用优化论方法进行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。

优化设计法包括各种优化值的搜索方法,如线性规划、非线性规划、动态规划、几何规划、多目标优化等。此外,优化论方法还包括优化控制法。

### 5. 对应论方法

对应论认为,世界上的事物虽然千变万化,但往往具有大量的、普遍的对应性。“对应”这个概念的外延是相当广泛的,包括相同、相反、相生、相克、对称与反对称、映照、模拟等。事物的对应性也是多种多样的,有结构对应、功能对应、物理对应、因果对应等。对应论的核心是相似理论,相似理论是说明自然界和工程科学技术中各种相似现象的相似原理的学说。

对应论方法用于现代设计中,有相似设计、仿真技术等。

(1) 相似设计法:以同类参照物为依据,求出设计对象与参照对象间的数学关系。

(2) 模拟分析法:以异类参照物为依据,设计系统结构与求得参数。

(3) 仿真技术:用计算机以及仿真语言模拟复杂系统与过程,求得解析法不能求得的参数。

(4) 仿生技术:模拟生物的特殊功能为设计服务。

### 6. 智能论方法

智能论方法包括 CAD、CAE、并行工程、虚拟设计、人工智能(主要是专家系统)等,它是现代设计方法的核心。

### 7. 寿命论方法

有限寿命是自然与社会的基本客观现实,所以设计应保证有限使用期限内设计对象的经济有效功能。寿命论方法的应用包括可靠性设计、功能价值工程和稳健性设计等。

### 8. 离散论方法

离散论方法的理论基础是离散数学。离散数学是现代数学的一个重要分支,以研究离散量的结构及其相互关系为主要目标。

离散数学可以说是和计算机一起发展起来的学科,是一门新兴的学科,对于究竟什么属于离散数学,人们也没有完全一致的看法。一般认为,数理逻辑、集合论、群论、图论都可以归为离散数学。不过,不少学者把组合学、计数、排列也归为离散数学。离散数学所涉及的这些概念、方法和理论,大量地应用在“数字电路”、“编译原理”、“数据结构”、“操作系统”、“数据库系统”、“算法的分析与设计”、“软件工程”、“人工智能”、“多媒体技术”、“计算机网络”等专业学科中以及“信息管理”、“信号处理”、“模式识别”、“数据加密”等相关学科中,当然它也就广泛地应用于现代设计中。

### 9. 模糊论方法

模糊论方法的理论基础是模糊数学。数学是门严格、严密的学科,可是实际生活中的问题往往都没有很严格的条件,反而是条件很模糊。人们经常遇到许多模糊事物,没有明确的数量界限,要使用一些模糊词句来描述,比如:比较高、挺矮、有点胖、很瘦等。国际模糊数学界杰出人物奖获得者四川大学刘应明院士说过,“今天天气不错这句话就是模糊的,你可以根据这句话就放心出门,但如果精确地告诉你,今天的气压是多少,风力有多大,紫外线强度有多少,你可能就无法判断自己该不该出门。”工业生产也



是这样的，在机械生产中要计算铸件的冷却时间，除了要考虑材料本身的性能外，还要考虑其它影响因素，比如铸件的形状、周围的环境等，这些都是模糊的，可能对铸件冷却起作用，也可能不起，可能起主导作用也可能起一般作用。这时就要利用模糊数学的理论来解决问题了。从模糊数学的原理来看，其实模糊数学就是集合，就是对研究目标有影响的所有因素的一个集合，只不过这个集合不像传统数学的集合那么界限精密，而是在是和非之间。

模糊数学作为一门新兴学科，它已初步应用于模糊控制、模糊识别、模糊聚类分析、模糊决策、模糊评判、系统理论、信息检索、医学、生物学等各个方面。在气象、结构力学、控制、心理学等方面已有具体的研究成果。它在现代设计中也有着广泛的应用，比如说模糊评价法就是对模糊数学理论的应用。

### 10. 突变论方法

突变论是研究客观世界非连续性突然变化现象的一门新兴学科，自20世纪70年代创立以来，获得迅速发展和广泛应用，引起了科学界的重视。“突变”一词，法文原意是“灾变”，是强调变化过程的间断或突然转换的意思。突变论的主要特点是用形象而精确的数学模型来描述和预测事物的连续性中断的质变过程。突变论是一门着重应用的科学，它既可以用在“硬”科学方面，又可以用于“软”科学方面。当突变论作为一门数学分支时，它是关于奇点的理论，可以根据势函数而把临界点分类，并且研究各种临界点附近的非连续现象的特征。突变论与耗散结构论、协同论一起，在有序与无序的转化机制上，把系统的形成、结构和发展联系起来，成为推动系统科学发展的重要学科之一。

在自然界和人类社会活动中，除了渐变的和连续光滑的变化现象外，还存在着大量的突然变化和跃迁现象，如水的沸腾、岩石的破裂、桥梁的崩塌、地震、细胞的分裂、生物的变异、人的休克、情绪的波动、战争、市场变化、经济危机等。突变论方法正是试图用数学方程描述这种过程。突变论的研究内容简单地讲，是研究从一种稳定组态跃迁到另一种稳定组态的现象和规律。

突变论能解说和预测自然界和社会上的突然现象，无疑它也是软科学研究的重要方法和得力工具之一。突变论在数学、物理学、化学、生物学、工程技术、社会科学等方面有着广阔的应用前景。特别地，在工程中，高度优化的设计常常具有不稳定性，当出现不可避免的制造缺陷时，由于结构高度敏感，其承载能力将会突然变小，从而出现突然的损坏。因此，突变论方法在设计研究中有着重要的地位。

### 11. 艺术论方法

艺术是一种特殊的精神产物，它是人类表现思想和感情、反映社会生活的一种特殊意识形态，可分为视觉艺术(绘画、雕塑、建筑、舞蹈)、听觉艺术(音乐)、想象艺术(文学)等，而戏剧、电影则是综合艺术。艺术具有以下三个方面的特征：

- (1) 是一种用形象来反映现实但比现实有典型性的社会意识形态；
- (2) 富有创造性的方式、方法；
- (3) 形状独特而美观。

以艺术为理论基础的藝術论方法在现代设计中有着广泛的应用。在人类社会文明高度发展的过程中，工业革命开始以后，伴随着大工业生产技术与艺术文化的不断融合，造物