



南京航空航天大学研究生系列精品教材

现代设计方法及应用

王体春 © 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

现代设计方法及应用

王体春 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是根据目前高等学校教学改革的实际需要,参照高等学校相关课程教学的基本要求,并结合课题组相关教学、科研成果编写而成的。

本书共7章:第1章为绪论,对现代设计方法与系统进行了概述;第2章介绍并行设计中的相关模型、关键技术与方法等;第3章介绍TRIZ中的基础知识、基本工具等;第4章介绍公理化设计的相关模型、设计定理等;第5章介绍可拓设计中的相关模型、可拓变换、推理方法等;第6章介绍遗传算法的基本原理与应用等;第7章介绍其他现代智能设计方法。为了便于学习,章后给出了工程案例分析。

本书可作为高等学校理工科类研究生或本科生的选修教材,也可供相关专业的工程技术人员、管理人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

现代设计方法及应用 / 王体春编著. — 北京:电子工业出版社,2019.1

ISBN 978-7-121-35813-5

I. ①现… II. ①王… 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(2018)第292022号

策划编辑:凌毅

责任编辑:凌毅

印刷:北京七彩京通数码快印有限公司

装订:北京七彩京通数码快印有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:308千字

版次:2019年1月第1版

印次:2019年1月第1次印刷

定价:49.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254528,lingyi@phei.com.cn。



前 言

随着科学技术的快速发展,现代设计越来越趋向于智能化,支持现代智能化设计的方法也不断地涌现和发展,不仅方法种类繁多,而且内容十分广泛。编者在汲取现有相关设计方法著作和教材的基础上,结合近年来从事教学和科研工作的经验,力争使本书在内容上更加强调设计方法的科学性、先进性、实用性等,在形式上注重理论与工程实践的融合,重点突出智能化设计方法的基本理论和思想、基本方法与步骤以及工程实践等。鉴于现代智能化设计方法的内容涉及广泛,发展迅速,本书将主要介绍并行设计、TRIZ、公理化设计、可拓设计、遗传算法、反求工程设计、模块化设计、绿色设计等内容,以期起到抛砖引玉的作用,进而使得读者开阔视野,对现代智能化设计方法有较全面的了解,并进行现代智能化方法的深化。

本书的编写得到了国家自然科学基金(编号:51775272;编号:51005114)、中国博士后科学基金(编号:2013M540445,一等资助)、中央高校基本科研业务费专项资金(编号:NS2014050)的资助。同时,还得到了江苏省研究生教育教学改革课题(编号:JGLX18_084)“《现代设计方法》课程研究型可拓创新教学模式研究与实践”、南京航空航天大学研究生教育教学改革研究项目“《现代设计方法》课程教材建设”以及南京航空航天大学三育人教改项目“大学生科技创新能力培养的可拓蕴含模式研究与探索”的支持。同时,在本书的编写过程中还借鉴了一些专家和同行的相关教学成果。此外,本书有些内容引用了研究生的课堂讨论、网络信息以及其他相关材料,无法在书中给出具体的出处(如有不妥之处,请联系本书作者),对此特别感谢。课题组的研究生对本书的编写提供了大量的帮助,在此一并表示感谢。

本书面向智能设计领域,具有多学科交叉的特性,可作为高等学校理工科类研究生或本科生的选修教材,也可供相关专业的工程技术人员、管理人员参考。

由于现代智能设计方法在不断发展,加之作者水平和经验所限,书中难免有疏漏和不足,敬请广大读者不吝指正。

王体春
2018年12月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 设计与设计方法	1
1.1.1 设计的概念和定义	1
1.1.2 设计的本质与类型	2
1.2 传统设计与现代设计	3
1.2.1 设计的发展与变迁	3
1.2.2 现代设计手段与特征	4
1.2.3 传统设计与现代设计的比较	5
1.2.4 现代设计方法的内容与范畴	6
1.3 设计系统	7
第2章 并行设计	11
2.1 并行设计模型与方法	11
2.1.1 国内外发展概况	11
2.1.2 串行设计与并行设计	13
2.1.3 并行设计模型	14
2.1.4 并行设计方法	16
2.1.5 并行工程及其实现途径	17
2.1.6 并行工程体系结构	20
2.2 并行设计中的关键技术	21
2.2.1 并行设计中的 DFX	21
2.2.2 并行设计中的 CAX	26
2.2.3 并行设计中的 PDM	31
2.2.4 并行设计中的其他关键技术	34
2.3 质量功能展开(QFD)	35
2.3.1 QFD 基本概念	35
2.3.2 质量屋	36
2.3.3 QFD 分解模型	37
2.3.4 QFD 实施步骤	38
2.4 常用的评价与决策技术	39
2.4.1 层次分析法	39
2.4.2 熵权法	40
2.4.3 模糊综合评价法	42

2.4.4	灰色关联决策分析法	43
2.5	工程应用案例	45
2.5.1	案例 1: 并行工程在汽车制造领域的应用	45
2.5.2	案例 2: 并行工程在飞机装配领域的应用	47
2.5.3	其他并行工程应用案例分析	47
2.6	展望	49
第 3 章	发明问题解决理论 (TRIZ)	50
3.1	TRIZ 理论发展概况	50
3.1.1	TRIZ 理论来源	50
3.1.2	TRIZ 理论的发展历程	51
3.1.3	TRIZ 理论的传播与发展	52
3.2	TRIZ 理论的核心内容	53
3.2.1	TRIZ 理论的基本体系结构	53
3.2.2	技术系统进化法则	53
3.2.3	TRIZ 理论的问题分析工具	59
3.2.4	TRIZ 理论的问题求解工具	62
3.2.5	TRIZ 解题流程——解决发明问题规则系统 (ARIZ)	83
3.3	TRIZ 理论的应用案例分析	85
3.3.1	TRIZ 理论应用案例分析一: 巧取果仁	85
3.3.2	TRIZ 理论应用案例分析二: 扳手的改进设计	86
3.3.3	TRIZ 理论应用案例分析三: 燃气灶的改进设计	87
第 4 章	公理化设计	90
4.1	公理化设计发展状况	90
4.2	公理化设计的基本概念	91
4.3	设计公理的数学描述	94
4.3.1	独立性公理数学模型	94
4.3.2	信息公理数学模型	96
4.4	公理化设计的定理、推论与基本流程	97
4.4.1	部分设计定理	97
4.4.2	部分设计推论	98
4.4.3	公理化设计的基本流程	98
4.5	公理化设计学术研究热点	101
4.6	公理化设计案例分析	104
4.6.1	独立性公理应用案例: 冷热水龙头的设计	104
4.6.2	独立性公理应用案例: 产品设计实例分解	106
4.6.3	信息公理应用案例一: 购房位置优选	111
4.6.4	信息公理应用案例二: 复杂产品设计方案评价	111

第 5 章 可拓设计	114
5.1 可拓设计概述	114
5.2 可拓设计建模	115
5.2.1 常用建模方法	115
5.2.2 物元模型	116
5.2.3 事元模型	117
5.2.4 关系元模型	118
5.2.5 复合元模型	119
5.3 可拓变换	119
5.3.1 可拓变换类型	119
5.3.2 基本变换	120
5.3.3 常用的可拓变换运算方法	121
5.3.4 传导变换	123
5.3.5 共轭变换	124
5.4 可拓评价	124
5.4.1 可拓距	124
5.4.2 可拓关联函数	126
5.4.3 可拓优度评价	128
5.4.4 可拓集	129
5.5 可拓推理	130
5.5.1 发散推理	130
5.5.2 相关推理	131
5.5.3 蕴含推理	132
5.5.4 共轭推理	133
5.5.5 可扩推理	133
5.5.6 可拓知识库	134
5.6 可拓工程应用	135
5.6.1 可拓设计案例分析	135
5.6.2 基于可拓理论的设计知识推送案例分析	139
5.6.3 基于可拓理论的故障诊断案例分析	142
第 6 章 遗传算法	147
6.1 遗传算法的发展概况	147
6.2 遗传算法的基本原理	148
6.2.1 遗传算法的基本概念	148
6.2.2 遗传算法的基本操作	149
6.2.3 遗传算法实现的基本过程	151
6.2.4 遗传算法的基本参数分析	152

6.2.5 遗传算法的早熟收敛性分析	154
6.2.6 基本遗传算法的改进	156
6.2.7 遗传算法的基本特征及其优越性	156
6.3 遗传算法的应用	158
6.3.1 遗传算法的应用领域	158
6.3.2 简单遗传算法的应用	159
第7章 其他现代智能设计方法简介	165
7.1 反求工程设计	165
7.1.1 反求工程设计的相关概念	165
7.1.2 反求工程设计的应用特点	165
7.1.3 反求工程设计的基本内容	167
7.1.4 反求工程设计的基本实现步骤与关键技术	167
7.2 模块化设计	169
7.2.1 模块化设计的相关概念	169
7.2.2 模块化设计方式	171
7.2.3 模块划分	171
7.2.4 模块化设计流程	173
7.3 绿色设计	174
7.3.1 绿色设计的相关概念	174
7.3.2 绿色设计的主要内容	175
7.3.3 绿色设计的实施过程	176
7.4 有限元法	178
7.4.1 有限元法的基本思想	178
7.4.2 常用的单元	178
7.4.3 有限元法求解的基本步骤	178
7.5 其他智能设计方法	179
7.5.1 人机工程	179
7.5.2 相似性设计	180
7.5.3 建模和仿真技术	180
7.5.4 疲劳设计	180
7.5.5 人工神经网络	181
参考文献	182

第1章 绪 论

工程设计技术不仅是人类创造世界、改造世界的强力武器,而且是国家发展壮大成为强国的核心手段和基础支撑,同时也是企业提升核心竞争力的重中之重。一般而言,工程设计在产品的整个生命周期内占据着极其关键的位置。工程设计系统进行构思、规划、配置,并把基于工程需求的设想变为现实的工程技术实践活动,其目的是为了产品设计创新,改进产品性能,降低设计成本,缩短设计周期,提升设计的竞争力。设计的发展经历着不断演化的进程,并涌现出一系列的设计理论与方法。设计理论与方法指导着工程设计的实施,而其实践结果又不断地促进设计理论与方法进行深化。现代设计理论与方法是一门基于系统工程、管理工程、思维科学、信息科学、计算机技术、控制技术、人工智能技术等学科和技术,研究产品设计规律、设计技术、设计工具、设计实施方法的工程技术科学。

1.1 设计与设计方法

1.1.1 设计的概念和定义

设计是为了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,经过一系列挖掘、分析和决策,产生相应的文字、数据、图形等信息的技术文件,以取得最满意的社会效益与经济效益。设计是与需求紧密相关的,人类的需求是多样性的、不断发展的,因而,总结人类社会的需求是至关重要的,尤其是各种潜在需求。需求产生和满足需求的过程促进设计的发展,而设计的发展又创造需求和引导需求,从而形成一个链条式的循环发展,即需求→收集以往成功的经验→设计→制造→使用→新的需求。一般认为工程设计是一种始于辨识需求、终于需求的装置或系统的创造过程。在横向上,设计包括设计对象、设计进程、设计思路;在纵向上,设计贯穿于产品孕育至消亡的全生命周期,涵盖了需求辨识、概念设计、总体设计、技术设计、生产设计、营销设计、回收处理设计等活动,起到促进科学研究、生产经营和社会需求之间互动的中介作用。

下面介绍几种典型的定义。

(1) 美国工科硕士、博士学位授予单位资格审查委员会(ABET, Accreditation Board for Engineering and Technology)和美国机械工程师学会(ASME, American Society of Mechanical Engineers)定义工程设计是为适应市场明确显示的需求,而拟订系统、零部件、工艺方法的决策过程。在多数情况下,这个过程要反复进行,要根据基础科学、数学和工程科学为达到明确的目标对各种资源实现最佳的利用。

(2) 美国的研究学者 Wooderson 于 1966 年认为工程设计是一种反复决策,制订计划的活动,而这些计划的目的是把资源最好地转变为满足人类需求的系统或器件。

(3) 英国的 Fielden 委员会认为工程设计是利用科学原理、技术知识和想象力,确定最高的经济效益和效率实现特定功能的机械结构、整机和系统。

(4) 日本金泽工业大学的佐藤豪教授认为工程设计是在各种制约条件下为最好地实现给定的具体设计目标,制订机器、系统或工艺过程的具体结构或抽象体系。

1.1.2 设计的本质与类型

1. 设计的本质

设计的本质体现在以下多个方面。

(1) 存在着客观需求,需求是设计的动力源泉,而设计是对抽象需求的具体化及物化。

(2) 设计的本质是革新和创造,设计中必须突出创新的原则,通过直觉、推理、组合等途径,探求创新的原理方案和结构,做到有所发明、有所创造、有所前进。

(3) 设计是建立技术系统的重要环节,所设计的技术系统应能实现预期的功能,满足预定的要求,同时应是所给定条件下的最优解,同时在设计过程中应避免思维灾害。

(4) 设计是把技术成果转化为生产力的活动,在其实施的过程中,需要综合利用各种先进的科学技术、手段与成果,使设计出的技术系统具有时代性、先进性和可发展性。

(5) 设计不仅是计算和绘图,而是一项综合工作,包括设计规划、设计构思、分析、计算、绘图、加工制造、维护维修等许多环节。当前正逐步推广的并行工程(并行设计)并不是一种具体的工程设计方法,而是一种设计(哲学)理念,要求在设计过程中自始至终把产品的设计、制造和销售(市场需要)三方面作为整体考虑(甚至应考虑产品的销毁和回收)。只有广义地理解设计才能掌握主动权,得到既符合功能要求又成本低廉的创新设计。

(6) 设计是社会过程、认知过程和技术过程的融合,在社会的大环境下,设计者对设计对象的认知是由浅入深的过程,设计水平的高低与设计者的认知程度有着紧密的联系,并且,设计的终极目标一定是为人类社会服务的。

2. 设计类型

设计类型一般可以分为如下几类。

(1) 创新设计(或称原创性设计、开发性设计):以机械产品设计为例,要求设计的产品或者系统要在功能、工作原理和主体结构 3 个方面至少有一项是以前没有的,是首创的。产品设计要想实现自主创新,要想拥有自主知识产权,必须要依靠创新设计。创新设计的创新性最强、过程最完整。

(2) 适应性设计(或称再设计、改进设计、变型设计等):在保持产品或者系统的主体结构和原理方案不变的前提下,对其结构和性能进行局部的修改或增补,以此获得比产品或者系统更好的性能、结构及其他功能等。

(3) 参数化设计:在不改变产品或者系统的基本结构、功能、原理和方案的前提下,只改变产品或者系统的功能范围、控制尺度、结构性能参数、布局等,以使其满足各种设计的使用要求。

(4) 测绘与仿制:测绘是在对原型系统分析的基础上,获得关键的设计技术资料和信息,通过相关的技术处理手段而后形成的设计过程。仿制是基于原型系统的技术文件,对其工艺进行合适的变更并按照原型系统的图纸进行的设计过程。

1.2 传统设计与现代设计

1.2.1 设计的发展与变迁

归纳起来,设计的发展大致可以划分为4个阶段。

1. 直觉设计阶段

17世纪以前的设计为这一设计阶段。在这个设计阶段,设计者进行设计活动主要是依靠个人的直觉来进行的。由于设计是社会过程、认知过程和技术过程的融合,由于人们在这个阶段的认知具有一定的局限性,并且设计往往也无法记录表达,因此产品设计比较简单,并且产品创新设计周期很长。

2. 经验设计阶段

这一设计阶段大致范围为17世纪到19世纪。在这个设计阶段,人类对社会的认知越来越多、越来越深。同时,各种学科和技术开始得到大力的发展和变革,如动力的变革、材料的变革、加工手段的变革、生产模式的变革、机构与传动的变革、机械理论和设计方法的建立等,特别是设计信息的载体——图纸出现了,使得人类设计活动由直觉设计阶段进步到经验设计阶段,但是由于设计过程仍建立在经验与技巧能力的积累之上,使得设计质量、成本、周期还都很大的提升空间。

3. 半经验半理论设计阶段

这一设计阶段大致范围为19世纪末到20世纪中后期。人类对社会的认知在不断地深化,新型的设计手段、设计模式和设计技术不断涌现,加强了产品设计的标准化、通用化和系列化的研究与分析,特别是测试技术的出现,使得设计者开始采用局部试验、模拟试验、模型试验等作为设计的支撑手段,使得设计能获得可靠的设计数据,产品的设计质量、效率和开发周期有了很大提升。

4. 现代设计阶段

这一设计阶段大致范围为20世纪中后期至今。在这个设计阶段,科学技术发展史上划时代的产品——计算机发明了。计算机的出现、发展、普及、应用和深化,使得设计工作出现了革命性的改变:①计算机应用的普及极大地推动了产品分析与设计方法的革新;②计算机计算代替了手工计算法和图解方法;③计算机辅助设计、优化设计、有限元法、动态设计等现代设计方法迅速发展;④计算机和伺服电机的出现,使得机器人作为现代机器的代表走上了历史舞台,从而使现代机器向主动控制、信息化和智能化方向发展。计算机不仅大大地提高了计算速度,而且已成为产品分析与设计的前所未有的强大手段,现代意义上的设计已经根本离不开计算机了。

社会的发展和科学技术的进步,使人们对设计的要求发展到了一个新的阶段:设计对象由单机走向系统;设计要求由单目标走向多目标;设计所涉及的领域由单一领域走向多个领域;承担设计的工作人员从单人走向小组,甚至更大的群体;产品更新的速率加快;产品设计由自由发展走向有计划的发展;计算机技术的发展对设计提出了新要求。但是与

人们对设计的要求相比,现阶段的设计相对而言却是落后的:对客观设计过程研究、了解不够,尚未很好地掌握设计中的客观规律;当前设计的优劣往往还取决于设计者的经验;设计生产效率较低,集成化程度不够;设计进度与质量不能很好地控制;智能化的设计手段与方法有待改进;复杂系统领域的产品设计,尚未形成能为大家接受、能有效指导设计实践、较系统的设计理论。

1.2.2 现代设计手段与特征

通常意义上,人们将直觉设计阶段、经验设计阶段和半理论半经验设计阶段统称为传统设计阶段。而随着计算机技术、系统工程技术、管理技术、电子技术、通信技术、网络技术等的迅猛发展,使人们以往的生活方式、工作方式和思维方式发生了巨大的改变,由此对设计方面产生了深远的影响。人类对社会发展的需求使得各种新思想、新观念、新方法、新技术、新工艺、新材料不断涌现,推动了设计方法和技术的进步,这也使得产品设计从传统的经验设计阶段进入现代设计阶段。现代设计的发展将逐渐地向创新设计、智能设计、协同设计、虚拟设计、绿色设计、全生命周期设计、集成化设计等方向深化。现代设计方法与理论将具有智能化、数字化、集成化、网络化、创新性、系统性、最优性等众多的优越之处。

1. 现代设计手段

现代设计手段主要体现在以下几个方面。

(1) 计算机辅助制图:采用计算机辅助技术代替以前的手工计算法和图解方法。

(2) 计算机辅助几何建模:采用计算机辅助技术对设计对象进行几何建模,实现零部件的装配和干涉检验。

(3) 计算机辅助工程分析:采用计算机辅助技术对设计对象进行复杂的工程计算、分析与优化等工作。

(4) 智能设计:将人工智能技术、神经网络技术、专家系统、知识工程等引入工程设计中,大大地提升设计的推理能力。

(5) 数据库与知识库管理系统:利用数据库管理系统和知识库管理系统对工程设计过程中存在的大量的设计知识和设计数据进行高效地管理、挖掘和分析,提升设计的效率和水平。

(6) 分布式协同设计:网络技术、信息技术以及电子科技的深入应用,使得现代设计逐渐成为全球化设计模式。

(7) 集成化设计:各种先进的设计技术、设计方法、设计平台、设计系统等的有效融合,提升现代产品设计的集成化能力。

2. 现代设计特征

现代设计具有一些鲜明的特征,主要表现在以下一些方面。

(1) 设计手段的智能化:计算机辅助技术使得设计手段完成了从手工向自动化、智能化的转变。

(2) 产品三维建模:将传统的产品表示从二维转向三维,不仅能表示产品的形状、尺寸等几何信息,还可以表示产品加工、制造、材料、工程分析、特性等方面的数据。

(3) 设计方法的多元性与先进性:计算机软硬件性能的提升使得一些先进的设计方法不断地得以应用、发展和深化,如有限元分析、模态分析、优化分析、计算机仿真、虚拟设计、并行设计等。

(4) 工作方式的转变:由传统的串行设计转变成并行设计。

(5) 集成化设计:CAD/CAM/CAE/CAPP/CIMS/PDM 等设计方法与技术的应用,使得现代设计集成度大幅提升。

(6) 管理水平与技术的提升:计算机技术和数据库技术的发展,促进了多种新型智能化设计管理系统的研发,如管理信息系统 MIS、产品数据管理系统 PDMS 等,极大地提升了设计管理水平和能力。

(7) 组织模式的开放性:计算机技术、网络技术和通信技术等的快速发展,使得现代设计组织模式更加开放,其共享性、分布式、协同性等方面的能力不断加强。

1.2.3 传统设计与现代设计的比较

传统设计基本上凭设计者依据直接的或间接的设计经验,通过类比来确定方案,然后以机械零件的强度和刚度理论对确定的形状和尺寸进行必要的计算和验算,以满足限制的约束条件。受到当时科学技术水平的限制,会疏忽许多重要的因素而造成设计结果的不确切和错误。此外,产品开发中要经过设计→试制→修改→再设计→再试制→再修改的反复循环,产品开发周期长。现代设计法是一门新兴的多元交叉学科,于 20 世纪 60 年代初开始孕育,经过美国、英国、德国、瑞典、丹麦、日本等国学者多年的探索、研究和实践,已形成概括为突变论、功能论、优化论、智能论、系统论、离散论、控制论、对应论、模糊论、艺术论等的科学方法学,是以设计产品为目标的一个知识群体的总称。现代设计运用了系统工程,实行人—机—环境系统一体化设计,使设计思想、设计进程、设计组织更合理化、现代化。现代设计大力采用许多动态分析方法,使问题分析动态化;设计进程和设计战略、设计方案和数据的选择广义优化;计算、绘图等计算机化,所以有人以动态、优化、计算机化来概括其核心。传统设计与现代设计的区别与联系如表 1-1 所示。

表 1-1 传统设计与现代设计的区别与联系

比较内容	传统设计	现代设计
设计性质	侧重技术	面向功能目标,将技术、经济和社会环境因素结合在一起统筹考虑
设计手段	计算器、图板加手册的个体手工作业	充分利用计算机进行计算、自动绘图和数据库管理,集团分工协作
设计进程	在战略进程和战术步骤上有随意性	强调设计进程及其步骤的模式化
设计方式	以经验总结,规范依据为主	强调预测与信号分析及创造性的相互配合
设计部署	只限于从方案到工作图这个阶段	贯穿产品开发的全过程,考虑产品全生命周期的质量信息反馈
设计思维	面向结构方案的“收敛性思维”	面向总体功能目标的“发散性思维”

续表

比较内容	传统设计	现代设计
设计方法	采用少数的验证性分析以满足限定的约束条件	综合应用多元性方法学,使其在各种条件下实现方案与全域优化目标
设计目标	局限在微观和结构	注重全局构成及协调,包括造型设计、宜人设计
考虑工况	考虑确定的工况与静态	研究动态的随机工况、模糊性及随机性
设计评估	采用单项与人为准则	采用科学的模糊综合评判

现代设计是传统设计的深入、丰富和完善,而非一种全新的设计。现代设计与传统设计既是一种继承的关系:包括设计的一般原则和步骤、价值分析、造型设计、类比原则和方法、相似理论和分析、市场需求调查、冗余和自助原则、积木式组合设计法等,也是一种共存与突破的关系:当前的现代设计方法和技术还远未达到成熟完善的阶段,许多方法的自身理论的建立及其可行性、适用性等还有待深入研究;一些成熟的内容还有待掌握和推广。目前正处于旧方法不断改善和新方法不断创建的历史时期,新的产品随着现代设计方法、技术和设计科学体系的完善必将有新的突破。

1.2.4 现代设计方法的内容与范畴

现代设计可以理解为是一种以客户需求为驱动,以知识获取为中心,以现代设计思想、方法和现代技术手段为工具,综合考虑产品全生命周期中的各种影响因素的智能化设计。现代设计方法包含的内容有如下几个方面。

1. 突变论

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。在设计分析中有智爆技术、激智技术、创造性思维与创造性设计等。突变创造是现代设计的基石。

2. 智能论

智能设计是指应用现代信息技术,采用计算机模拟人类的思维活动,提高计算机的智能水平,从而使计算机能够更多、更好地承担设计过程中的各种复杂任务,成为设计人员的重要辅助工具。

3. 信息论

设计信息的分析是现代设计的依据。常用:预测技术法、方差分析法、相关分析法、谱分析法、信息合成法等。

4. 系统论

系统分析是现代设计的前提。常用:系统分析法、聚类分析法、逻辑分析法、模式识别法、系统辨识法、人机工程等。

5. 控制论

动态分析是现代设计的深化。常用:动态分析法、振荡分析法、柔性设计法、动态优化法、动态系统辨识法等。

6. 优化论

广义优化是现代设计的宗旨。常用:优化设计法和优化控制法等。

7. 对应论

相似模拟是现代设计的捷径。常用:相似设计法、模拟分析法、仿真技术、仿生技术等。

8. 功能论

功能实现是现代设计的目标。设计时应保证有限使用期限内设计对象的经济有效功能,常用:功能分析设计法、可靠性分析预测、可靠性设计及功能价值工程等。

9. 离散论

离散分析的主要方法有:有限单元法、边界元法、离散优化、子模态分析法及其他运用离散数学技术的方法等。

10. 模糊论

模糊定量是现代设计的发展。其方法目前主要是隶属函数的论域法,可以进行模糊分析、模糊评价、模糊控制与模糊设计等。

11. 艺术论

悦心宜人是现代设计的美感。任何设计都尽可能把设计对象形成一件艺术品,这是设计的重要观念。现代设计不仅如此,还采用技术美学、计算机造型、模糊艺术等处理方法。

和现代设计方法的内容相对应,现代设计方法的范畴分为可以独立形成体系的 11 类,均具有普遍性。其初步定义及应用范围如下:①突变论方法学;②功能论方法学;③系统论方法学;④信息论方法学;⑤优化论方法学;⑥对应论方法学;⑦离散论方法学;⑧控制论方法学;⑨模糊论方法学;⑩艺术论方法学;⑪智能论方法。

1.3 设计系统

设计系统是一种信息处理系统,输入的是设计要求和约束条件信息,设计者运用一定的知识和方法通过计算机、实验设备等工具进行设计,最后输出的是方案、图纸、程序、文件等设计结果,其基本框架如图 1-1 所示。

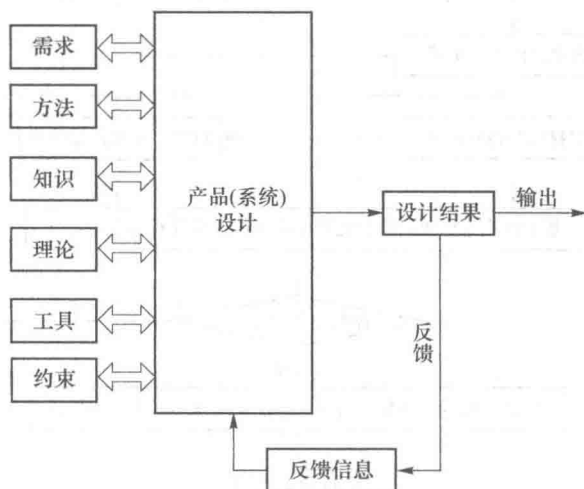


图 1-1 设计系统的基本框架

从系統工程的观点分析,设计系統是一个由时间维、逻辑维和方法维组成的三维系統。时间维反映按时间顺序的设计工作阶段;逻辑维是解决问题的逻辑步骤;方法维列出设计过程中的各种思维方法和工作方法。设计过程中的每一个行为都反映为这个三维空间中的一个点。

1. 设计工作阶段——时间维

设计进程属于设计管理的内容,了解设计工作阶段有利于自觉掌握设计进程,尽量完成一个阶段的工作内容再进入下一阶段。掌握设计各阶段的任务,安排设计进程的时间表,使不同阶段都得到应有的时间、人力、物力保证,这是设计管理的重要内容。在我国一般把产品设计进程分为5个阶段:计划阶段、设计阶段、试制阶段、批量生产阶段、销售阶段。产品开发程序是一种垂直有序的直线结构,但又有不断循环反馈过程。设计者要按程序有步骤地进行产品设计,以提高设计质量,提高设计效率。每个设计阶段完成后,都要经过审查批准,所有图纸和技术文件都要由各种技术负责人签字,这种逐级负责的责任制度对产品设计少走弯路,防止返工浪费具有重要作用。一个典型的设计进程如图1-2所示。

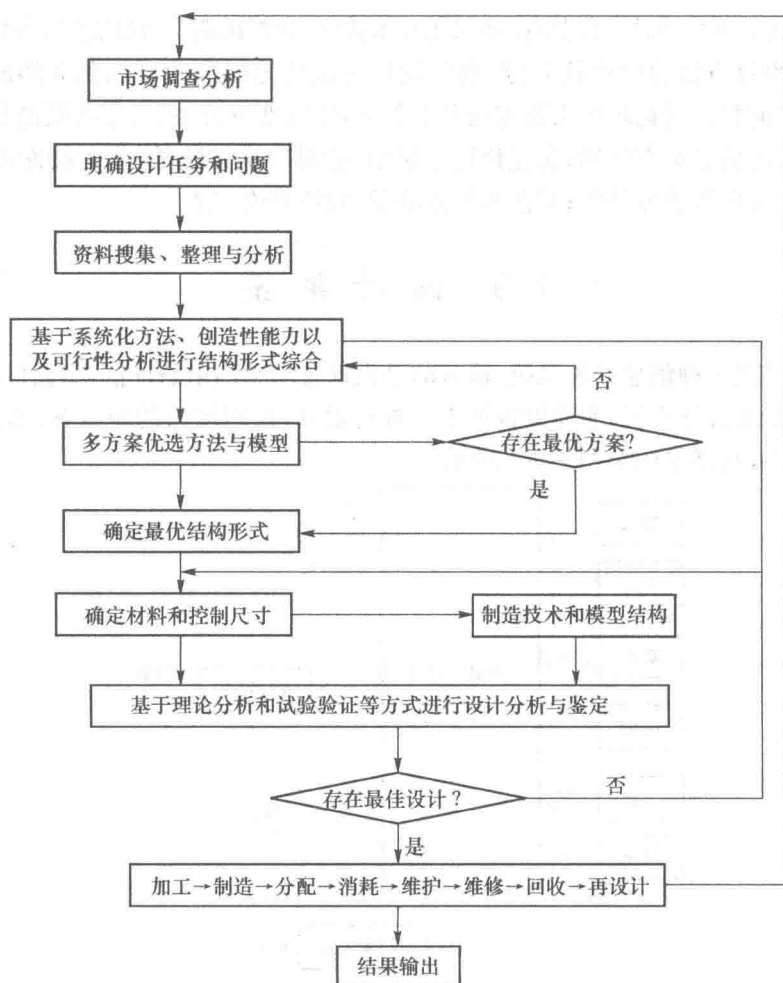


图1-2 典型的设计进程

2. 解决问题的逻辑步骤——逻辑维

设计的目的是解决生产问题,而设计过程中要解决一个又一个的具体问题。解决问题的逻辑步骤如图 1-3 所示。

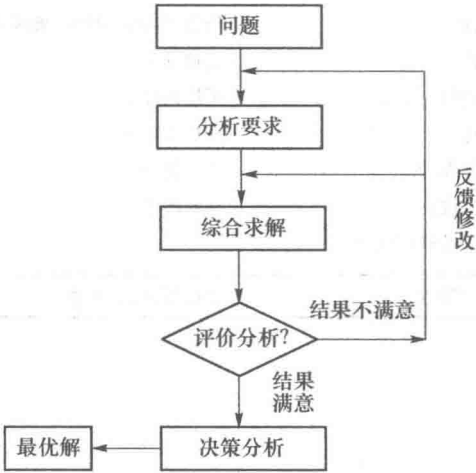


图 1-3 解决问题的逻辑步骤

分析要求是解决问题的第一步,其目的是明确任务的本质要求。综合求解是在一定的条件下对未知系统探寻解法的创造性过程。评价分析是用科学的方法按评价准则对多方案进行技术经济评价和比较,同时针对方案的弱点进行调整和优化,直到得到比较满意的结果。评价分析的工作有下面 4 种类型:①评定方案的完善程度(整体的或局部的);②评定方案与所提问题的要求的相符程度;③评定最优解答方案;④评定某项特性的最优值。决策分析是在评价分析的基础上根据已确定的目标作出行动的决定,即找出解决问题的最佳解法,对工程设计应选定多目标下整体功能最理想的最佳方案。根据设计工作本身的特点,要正确决策,一般应遵循以下基本原则:系统原则、可行性原则、满意原则、反馈原则、多方案原则。

3. 设计方法——方法维

设计方法是指达到预定设计目标的途径。产品设计方法和理论的具体内容如表 1-2 所示。

表 1-2 产品设计方法和理论的具体内容

设计阶段	设计方法	理论及工具
明确设计任务	预测技术与方法	技术预测理论,市场学,信息学
方案设计	系统化设计方法 创造性方法 评价与决策方法	系统工程学,图论,形态学 创造学,思维心理学 决策论,线性代数,模糊数学