



全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材

任旭华 陈胜宏 主编

现代工程设计方法

<http://www.tup.com.cn>

清华大学出版社

全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材

现代工程设计方法

任旭华 陈胜宏 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

设计是人类改造自然的基本活动之一,是设计者为满足社会和人们对产品功能的需要,运用基础知识、专业知识、实践经验和系统工程等方法,进行设想和构思、计算和分析,最后以技术文件的形式,提供产品制造依据的全过程工作。随着现代科学技术的迅速发展,用户对建筑物的质量、性能、耐久性、可靠性、经济性也提出了愈来愈高的要求,促使设计师们运用更多的数学、力学和计算机知识,把产品的现代设计理论、科学成果移植和引入到工程产品的设计中去。现代设计方法是在现代计算机广泛应用的基础上发展起来的一项新技术。本书主要介绍现代工程设计中常用的基本理论和方法,主要包括:现代设计方法概述、优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计、反馈设计与施工、现代设计方法进展。

本书为高等学校水利工程专业工程硕士核心教材,也可作为水利工程、土木工程研究生和本科生的教材或教学参考书,以及供从事相关工作的工程技术人员参考。

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

现代工程设计方法/任旭华,陈胜宏主编. — 北京:清华大学出版社,2009.6

(全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-19242-8

I. 现… II. ①任… ②陈… III. 工程设计—研究生—教材 IV. TB21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 004418 号

责任编辑:汪亚丁 赵从棉

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

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

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:27 字 数:586 千字

版 次:2009 年 6 月第 1 版 印 次:2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:49.80 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:010192-01

为了加强工程硕士研究生教育的核心教材建设,促进工程硕士研究生教育培养质量的提高,全国工程硕士专业学位教育指导委员会于2003年启动了全国工程硕士研究生教育核心教材建设工程工作。教材建设工程的目标是利用5年左右的时间,组织编写和出版100种以上具有鲜明特色的、高质量的工程硕士研究生教育核心教材,初步形成适合工程硕士研究生教育的培养目标、能够体现工程硕士研究生教育特色的工程硕士研究生教育核心教材体系,基本满足我国工程硕士研究生教育对高质量教材资源的需求。本教材为全国工程硕士专业学位教育指导委员会立项建设的水利工程类工程硕士核心教材。

本书主要内容如下:第1章现代设计方法概述,主要介绍了现代设计方法的特点、内容与范畴,现代设计方法与其他学科的关系;第2章优化设计,介绍了结构优化设计的基本理论和基本方法、结构优化设计准则、工程优化设计实例;第3章可靠性设计,介绍了水工建筑物可靠性设计的设计理念、基本理论和方法及工程应用与研究进展;第4章计算机辅助设计,介绍了计算机辅助图形设计、专家系统、软件工程与集成化、水电工程CAD开发;第5章反馈设计与施工,介绍了反馈设计与施工的设计理念与设计方法;第6章现代设计方法进展,简要介绍了现代设计方法的最新进展及发展趋势。

本书由河海大学任旭华教授和武汉大学陈胜宏教授主编。第1章由河海大学任旭华、邵勇编写;第2章由河海大学杨海霞编写,其中2.5节由邵勇编写;第3章由武汉大学傅少君编写;第4章由西安理工大学陈尧隆、李守义编写;第5章由武汉大学陈胜宏编写;第6章由河海大学任旭华、邵勇编写。全书由河海大学任旭华教授统稿,任红云博士生参与了书稿的编排工作。

本书在编写过程中得到了全国工程硕士专业学位教育指导委员会水利工程协作组的指导和帮助,并由他们组织审议了编写大纲。各培养单位也对教材的编写提出了许多建设性的意见和建议,在此表示衷心的感谢。书中引用

了一些教材、著作和研究论文的成果,仅列出了参考文献,未在书中一一注明出处,编者在此一并表示感谢。

在书稿的编写过程中,尽管我们尽了最大的努力,但受知识素养和理论水平所限,书中错误和疏漏之处在所难免,恳请从事现代设计方法研究的学术前辈及同行专家、学者不吝赐教。

编 者

2008 年 6 月

第 1 章 绪论	1
1.1 传统设计与现代设计	1
1.1.1 传统设计与现代设计的概念	1
1.1.2 现代设计的特点	3
1.1.3 现代设计与传统设计的关系	5
1.1.4 现代设计的市场要求	5
1.2 现代设计方法的内容与范畴	6
1.2.1 现代设计方法的内涵及技术体系	6
1.2.2 现代设计方法的主要内容	11
1.2.3 现代设计方法的范畴	13
1.3 现代设计方法与其他学科的关系	14
1.3.1 现代设计与信息论	15
1.3.2 现代设计与方法论	16
1.3.3 现代设计与软科学	17
1.3.4 现代设计与数学科学	17
1.3.5 现代设计方法与系统工程	18
1.4 本书的内容体系	19
1.4.1 优化设计	19
1.4.2 可靠性设计	21
1.4.3 计算机辅助设计	22
1.4.4 反馈设计	23
参考文献	25
第 2 章 优化设计	26
2.1 结构优化设计的基本理论	26

2.1.1	概述	26
2.1.2	结构优化设计的数学模型	28
2.1.3	结构优化设计模型中的几何概念	31
2.1.4	结构优化设计问题分类	32
2.2	结构优化设计的准则法	32
2.2.1	同步失效准则	32
2.2.2	满应力设计	35
2.2.3	应力比法	36
2.2.4	齿行法	40
2.2.5	带位移约束的齿行法	45
2.3	结构优化设计的数学规划法	49
2.3.1	无约束最优化方法	50
2.3.2	线性规划	60
2.3.3	线性规划的解	61
2.3.4	线性规划问题的单纯形法	63
2.3.5	杆件结构最小重量的极限设计	66
2.3.6	约束非线性规划	69
2.4	结构优化设计在水利水电工程中的应用	88
2.4.1	闸门轨道的优化设计	88
2.4.2	混凝土重力坝的抗震优化设计	91
2.4.3	拱坝体形优化设计	96
2.5	优化设计理论与方法的新进展	100
2.5.1	优化设计的现状	100
2.5.2	优化设计的新进展	102
	参考文献	103
第3章	可靠性设计	104
3.1	概述	104
3.1.1	结构可靠性的基本概念	105
3.1.2	结构可靠性设计理论的发展概况	108
3.2	结构可靠性分析基本理论	110
3.2.1	可靠性数学基础	110
3.2.2	结构可靠度指标	117
3.2.3	结构可靠度分析方法	122
3.3	作用及抗力的统计分析	135

3.3.1	结构作用的统计分析	135
3.3.2	结构抗力的统计分析	145
3.4	水工结构分项系数极限状态设计方法	149
3.4.1	一般设计规定	149
3.4.2	目标可靠度 β_T	150
3.4.3	分项系数的种类与确定	151
3.4.4	分项系数极限状态设计表达式	152
3.5	工程结构可靠性设计研究新进展	152
3.5.1	工程结构动态可靠性分析	152
3.5.2	工程结构的系统可靠度分析	155
3.5.3	工程结构可靠度随机有限单元法	160
	参考文献	164
第4章	计算机辅助设计	165
4.1	概述	165
4.1.1	计算机辅助设计发展概况	165
4.1.2	CAD 系统的硬件	168
4.1.3	CAD 系统的软件	173
4.2	数据结构与数据库	176
4.2.1	数据结构	177
4.2.2	数据管理与数据库系统	180
4.2.3	CAD 数据库及其设计	185
4.2.4	数据库新技术	190
4.3	计算机辅助图形设计	191
4.3.1	基本概念及系统的软件组成	193
4.3.2	图形设计的交互技术	197
4.3.3	绘图软件文件的存储格式	200
4.4	专家系统	201
4.4.1	专家系统的概念	201
4.4.2	专家系统的分类	205
4.4.3	知识表示	207
4.4.4	知识获取与机器学习	211
4.4.5	推理控制	214
4.5	软件工程与 CAD 集成化	218
4.5.1	软件工程概述	218

4.5.2	软件分类	221
4.5.3	软件开发方法	222
4.5.4	软件工程标准	230
4.5.5	CAD 应用软件的集成化	233
4.6	计算机辅助设计在水利水电工程中的应用	235
4.6.1	水利水电工程 CAD 现状	235
4.6.2	水利水电工程 CAD 的特点	237
4.6.3	水利水电工程 CAD 应用软件系统	240
4.7	计算机辅助设计新进展	283
	参考文献	287

第 5 章 反馈设计 289

5.1	概述	289
5.2	反馈设计的关键技术	291
5.2.1	安全监测与资料分析技术	291
5.2.2	反分析技术	295
5.2.3	计算机辅助设计技术	296
5.2.4	快速施工技术与质量控制	298
5.2.5	决策支持系统	302
5.3	弹塑性问题的自适应有限元方法	306
5.3.1	弹塑性问题的有限元法概要	306
5.3.2	弹塑性自适应有限元法的技术路线	307
5.3.3	网格生成方法	308
5.3.4	网格离散误差和优化网格尺度估计方法	309
5.3.5	应用实例	311
5.4	渗流问题的自适应有限元方法	313
5.4.1	无压渗流问题的有限元法概要	313
5.4.2	渗流自适应有限元法的技术路线	314
5.4.3	网格离散误差和优化网格尺度估计方法	315
5.4.4	应用实例	316
5.5	反演分析问题的有限元方法	318
5.5.1	应力反分析	318
5.5.2	位移反分析	320
5.6	反演分析问题的回归分析方法	321
5.6.1	多元线性回归分析	321

5.6.2	逐步回归分析	323
5.6.3	应用实例	325
5.7	反演分析问题的人工神经网络方法	327
5.7.1	人工神经网络基础	327
5.7.2	神经网络的学习与记忆	328
5.7.3	BP 网络	329
5.7.4	应用实例	333
5.8	反演分析问题的遗传算法	334
5.8.1	遗传算法的生物学基础	334
5.8.2	遗传算法简介	336
5.8.3	基本遗传算法的运算过程	338
5.8.4	遗传算法的特点	339
5.8.5	应用实例	340
5.9	反馈设计在水利水电工程中的应用	346
5.9.1	小湾水电站工程	346
5.9.2	三峡水利枢纽船闸工程	356
	参考文献	367
第 6 章	现代设计方法进展	369
6.1	概述	369
6.2	创新设计	370
6.2.1	创新设计概念	370
6.2.2	创造性思维与创造力	372
6.2.3	创造原理	374
6.2.4	基于创造学理论的创新设计	377
6.2.5	产品创新设计新理念	379
6.3	智能设计	381
6.3.1	智能设计概念	381
6.3.2	人工智能技术与智能设计系统	382
6.3.3	智能设计系统的基本组成	385
6.3.4	智能设计的发展方向	386
6.3.5	智能设计技术的应用概况	388
6.4	并行设计	389
6.4.1	并行设计概念	389
6.4.2	并行设计现状及发展趋势	391

6.4.3	并行工程的研究模型	392
6.4.4	并行设计的技术特征	394
6.4.5	并行设计中的关键技术	396
6.4.6	并行设计的技术经济效益	398
6.5	虚拟设计	399
6.5.1	虚拟设计的概念	399
6.5.2	虚拟现实技术的种类	401
6.5.3	虚拟现实技术的应用领域	402
6.5.4	虚拟现实技术的本质特征	403
6.5.5	虚拟现实系统的关键技术	405
6.5.6	虚拟设计的研究现状及动态	405
6.6	生命周期设计	411
6.6.1	生命周期设计概念	411
6.6.2	生命周期设计历史沿革	412
6.6.3	生命周期设计研究概况	413
6.6.4	生命周期设计方法	414
6.6.5	生命周期设计的发展趋势	419
	参考文献	420

1 绪 论

设计是人类改造自然的基本活动之一,是设计者为满足社会和人们对产品功能的需要,运用基础知识、专业知识、实践经验和系统工程等方法,进行设想和构思、计算和分析,最后以技术文件的形式,提供产品制造依据的全过程工作。设计一直是人类重要的创造活动,从黄帝的指南车到《天工开物》中记载的一个个灵巧的机械再到今天的神舟飞船,无一不是设计的成果。设计是复杂的思维过程,设计过程蕴涵着创新和发明的机会。设计的目的是将预定的目标经过一系列规划与分析决策,产生一定的信息,形成设计,并通过制造使设计成为产品,造福人类。

设计是形成产品的第一道工序,产品的质量和经济效益取决于设计、制造和管理的综合水平,而其中产品设计是关键。没有高质量的设计就不可能有高质量的产品。设计本身有问题,可能会造成灾难性的损失。在进行水利工程的设计时,尤其要注重工程的安全。设计体现了时代性和创造性。

世界科技与经济的迅猛发展,特别是电子计算机技术和信息技术的发展,使人们的设计思想和方法有了根本的变化。计算机技术及相关技术的发展和成熟极大地推动了 CAD (computer aided design, 计算机辅助设计) 和 CAE (computer aided engineering, 计算机辅助工程) 技术的发展和运用,并在此基础上逐步形成了现代设计技术体系。

1.1

传统设计与现代设计

1.1.1 传统设计与现代设计的概念

设计的思想和方法一方面不断影响着人类的生活与生产,推动社会进步;另一方面又受到社会发展的反作用,不断变化和更新。为了反映设计思想和方法随社会发展的变化,通常用“传统设计”和“现代设计”两个术语来加以表述。实际上,“传统设计”和“现代设计”都只是相对概念。人们把当前认为先进的那部分系统称为现代的,而其余的都自然成为传统的,若干年后目前的现代部分就可能被新发展的东西所取代,而成为传统。

为了便于了解现代设计与传统设计的区别,首先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。当时人们或是从自然现象中直接获得启示,或是全凭人的直观感觉来设计、制作工具。设计方案存在于手工艺人的头脑之中,无法记录表达,产品也是比较简单的。直觉设计阶段在人类历史中经历了一个很长的时期。

(2) 经验设计阶段 随着生产的发展,单个手工艺人的经验或者头脑中的构思已很难满足要求。于是,手艺人联合起来,相互协作。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,满足社会对产品的需求及提高生产率的要求。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了经验设计阶段。

(3) 半理论半经验设计阶段 20 世纪以来,由于科学和技术的发展和进步,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、试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。这种方法以理论计算和长期设计实践而形成的经验、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。依据这套方法进行水利工程的设计,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。传统设计又称常规设计。

(4) 现代设计阶段 近 30 年来,由于科学和技术的迅速发展,以及对客观世界认识的不断深入,设计工作所需的理论基础和手段有了很大的进步,特别是电子计算机技术的发展和应用,使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和精密计算的条件。

传统设计在长期运用中得到不断完善和提高,是符合当代技术水平有效设计方法。分析传统的设计过程,可以看出传统设计的每一个环节都是依靠设计者用手工方式完成的。首先凭借设计者直接或间接的经验,通过类比分析或经验公式来确定方案,由于方案的拟定很大程度取决于设计人员的个人经验,即使同时拟订几个方案,也难以获得最优方案。分析计算由于受人工计算条件的限制,只能用静态的、近似的方法,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,有时不符合客观实际。此外,信息处理、经验或知识的存储和重复利用方面还没有一个理想的有效方法,解算和绘图也多用手工完成,这不仅影响设计速度 and 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的统一,使设计带有一定的局限性。总之,传统设计方法是一种以静态分析、近似计算、经验设计、手工劳动为特征的设计方法。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。

现代设计是过去设计活动的延伸和发展,是传统设计的深入、丰富和发展,并随着设计实践经验的积累逐步发展起来。由于电子计算机的出现和技术的高速发展,设计过程产生

了质的飞跃。设计方法学和创造方法学的迅速发展,以及科学技术的进步,使人们在掌握事物的客观规律、掌握人的思维规律的同时,运用有关科学、技术原理进行复杂的甚至在这以前认为不可能的计算。在20世纪60年代末期,在工程设计领域中相继出现了一系列新兴学科,主要有设计方法学、优化设计、价值工程、计算机辅助设计(CAD)、可靠性设计、工业艺术造型设计、模块化设计、反求工程等;还有一系列的分支,如相似性设计、系统化设计、人机工程学、模态设计、动态设计、疲劳设计、三次设计等,其中不少技术已日趋成熟,并已得到广泛的应用。为区别过去常用的传统设计理论与方法,人们把这些新兴理论与方法称为现代设计。“现代设计技术”就是以满足市场产品的质量、性能、时间、成本、价格综合效益最优为目的,以计算机辅助设计技术为主体,以知识为依托,以多种科学方法及技术为手段,研究、改进、创造产品活动过程所用到的技术群体的总称。

1.1.2 现代设计的特点

与传统设计相比,现代设计有如下一些具体的特点。

(1) 现代设计使今天的设计过程从基于经验转变为基于设计科学,成为人们主动的、按思维规律有意识地向目标挺进的创造过程。传统设计中灵感和经验的成分占有很大的比例,思维带有很大的波动性。大量的产品是在实践中通过经验积累不断改进,才逐步完善的。但是今天,技术的飞速发展和市场竞争的激烈化,要求人们不断地提出大胆的设想和新的开发目标。传统的创造和设计过程明显不能适应这一要求。人们着手研究创造和设计思维过程本身的规律,研究灵感、方案、优化设计产生的内在逻辑进程,由此产生了创造学、设计方法学、价值工程学等理论,在国外很多大学还开设了“设计哲学”(design philosophy)课程。

(2) 现代设计强调成本效果。例如,对可靠性的强调不可过分,否则必然使投入增大;但如果安全性不足,虽然投资减小,但可能造成索赔增多,也难有好的投资效果。在确定产品的安全可靠,尤其是关系到人身安全、设备安全、地区安全 and 环境影响的项目时必须充分注意,稍有疏忽不仅会使成本效果为零,甚至会引起灾难。如美国航天飞机中的密封圈在低温下破裂造成机毁人亡;中国香港产的玩具狗装饰铃铛太小,容易被小孩吞食,必须回收;前苏联的切尔诺贝利核电站安全性不足造成核泄漏,导致大面积污染等。产品的销售范围越广,影响就越大,涉及的新科技越多,风险就越大。因此,现代设计要比传统设计更加周密和严谨。

(3) 现代设计要求把对象置于“人-机-环境”大系统中,将预定功能在人、机、环境三者间进行科学的分配,如果由人承担某项功能从技术经济角度被认为最合理时,决不盲目追求半自动化、自动化。传统设计则着重于实现产品本身预定的功能。

(4) 现代设计的准则拓宽到设计对象涉及的更多领域。传统设计偏重于强度准则,现代的有限单元法、断裂力学等领域的研究成果,进一步强化了人们强度设计的能力。例如,在进行拱坝的设计时,需要保证拱坝结构的安全性,传统设计可通过采用拱梁分载法或有限

单元法得到坝内最大应力,再根据强度复核即可;而现代设计时,在关注拱坝结构可靠性的同时,也要对坝形进行结构优化设计,节省成本,实现工程安全和经济合理的统一。

(5) 现代设计是一个开放的大系统。这个系统包括调研立项、设计销售、售后服务及产品改进的全过程,需要集体来完成。设计者不一定是指导者或制造者,这就与传统设计存在很大的不同。现代设计强调建立柔性系统,增强应变能力,摒弃垂直功能管理模式,建立以团队为核心的扁平式、过程化管理,打破部门界限,绕过中间层次,直接面对市场和对总体目标负责,以群体协作精神赢得竞争的主导。创新精神和团队精神缺一不可,设计的执行者必须营造一个团结、亲切和友善的环境,充分发挥成员的才能,支持独创精神,形成向心力、凝聚力。现代设计强调产品开发与市场开发同步进行,使产品一问世便找到立足点。建立柔性系统还包括对下游产品需求的预测与协调,以拓宽思路,为设计的延伸做好准备。这就要求设计的执行者具有专业技术、市场营销组织和管理统筹协调能力。

(6) 现代设计可以显著降低设计成本,减少设计周期。传统设计流程往往是根据任务和目标,先做出第一方案,然后通过评定与考核,进行修改,形成第二轮方案,如此反复,直到满意为止。各分系统设计之间缺乏协调,在设计过程中无法对整个系统给出准确的描述,整个系统的性能只能靠实验来检验,缺乏有效的改进系统性能的技术手段,存在重复建模、降低工作效率、产品开发周期长、开发费用高的缺点。现代设计可运用虚拟技术,在工程建造之前就可以预测工程的性能,把不同领域的工程师结合起来,协调设计,减少冗余建模,共享数据,更完整透彻地理解系统模型,对不能够用实验进行校验的场合进行仿真。

(7) 现代设计可以使人们在做出一个方案的设计时,从计算机网络中同时获得后续过程相关信息,使设计者有可能及时修改方案,寻求一个全面的、综合的优化方案。传统的设计建立在手工操作的基础上,人脑的思维进度在很大程度上被这种缓慢的操作过程所约束,许多原来始发于人脑的三维构思,在传统设计中必须用抽象的二维图形加以表达。而代表现代设计的 CAD 技术则可以很好地解决这些问题,人们从计算机那里可以很快地获得为进一步思维所必需的理论计算结果和信息。大量的绘图工作由计算机代理,屏幕上的三维图形可以直接与人脑的构思接轨。在传统设计中,水利工程的运行动态效果只能通过抽象的运动学、动力学数据加以反映,而今天的虚拟技术能对工程未来的运转状态清晰地加以描述。在传统设计中,从概念设计、技术设计到编制工艺、计算工时成本,由许多部门串行工作方法参与,是一个漫长的过程,而现代设计则大大缩短了这一过程所需要的时间。

(8) 现代设计的手段是科学与技术的融合。没有电子显微镜的科学发现,便无法看到物质的微观形态,纳米技术的应用便不可能。没有细胞工程,也不可能发现采用植物组织和细胞培养技术对植物的改良作用。严格的行业界限有时成为壁垒,阻碍了技术的发展。实际上,很多高新技术的应用都是跨领域进行的,无论是生物技术、航天技术还是信息技术。在橡胶和塑料方面,很多材料都要利用橡胶或塑料彼此进行改性,更有兼具橡胶和塑料优点的热塑性弹性体。科学和技术的融合,多领域的移植和嫁接,是现代设计的重要手段,行业界限也将由于各领域的不断扩展和融合而逐渐消失。

(9) 现代设计的精髓是创意。创意有时并不需要很高深的理论知识或技能,只是“想别人之未想,做他人之未做”。如集装箱的设计,它只是将包装箱的形状标准化、规范化,但却带来了物流业的重大发展,不仅提高了物流速度,而且大大降低了运输成本。但所有创意都需要丰富的想象力、多方面的知识和娴熟的技术以及冒险精神。

1.1.3 现代设计与传统设计的关系

传统设计与现代设计尽管有诸多不同,但现代设计还存在着传统设计的痕迹,受到传统设计的影响。然而现代设计无论在方法上、理念上、管理上还是思维上都比传统设计有了很大的发展,这也是现代设计区别于传统设计的根本之处。

现代设计与传统设计存在这样的关系:

(1) 继承关系。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,克服了传统设计的不足。

(2) 共存与突破的关系。设计方法的发展,都有着时序性、继承性,两种方法在一定时间内还会共存。当前的设计方法正处在发展之中,可以预见,随着科学技术的进步必将有新的突破。

1.1.4 现代设计的市场要求

市场竞争需要更多的创新设计。面对日益苛刻的市场需求和全球范围内的市场竞争,迫使企业在新产品开发中采用一切可能的先进技术手段,进入 21 世纪以后特别是近 50 年来科学技术的飞速发展,又恰好为此提供了可能和保证。

好的产品首先是设计出来的,然后才是制造出来的,因此新产品开发中首先应用了各种先进的设计技术。

在设计理论方面,除了大量采用与特定产品相关的技术领域内最新的技术理论外,还大量采用现代设计方法学理论的最新研究成果。在设计手段方面,则大量采用电子计算机作为辅助手段。先进理论与先进手段相结合,形成了许多新的设计技术。例如:

旨在提高新产品设计质量的质量功能配置技术,可靠性设计技术,防疲劳、防断裂、防腐蚀设计技术,减摩擦和耐磨设计技术,动态设计技术,广义优化设计技术等;

旨在缩短新产品开发周期的并行设计技术、快速设计技术等;

旨在降低新产品开发成本的价值工程、面向成本的设计技术、低成本设计技术等;

旨在保护生态环境的绿色设计技术、面向环境保护的设计技术、面向节省能源的设计技术、面向新型材料的设计技术、人机工程设计技术等。

此外,新产品开发中还大量采用了先进的管理技术,如:制造资源计划(manufacturing resources planning,MRP II)、及时(just in time)生产等。

这里特别值得提出的是：采用上述新技术不仅要解决新产品本身设计制造中的具体技术问题，而且要重视解决新产品开发整个过程，或者说整个新产品开发系统的问题，即采用先进的理论和技术方法组织新产品开发。这是因为：包括世界工业发达国家在内的整个企业界都开始认识到，“过去行之有效的获得市场竞争力的方法，现在已变得不够成熟或不再有效，这是因为所有企业已完全掌握了这些传统的行为方式，同时市场又对企业和它的产品提出了新的需求”。因此，许多瞄准现代及未来新产品开发的新模式纷纷出现。如分布式产品开发过程，计算机集成产品工程等，其中一种被称为“虚拟公司”(virtual company, VC)的技术更是颇具特色。

一般来说，大型企业具有较强的经济实力和技术实力，因而具有较强的新产品开发能力。由于历史的原因，我国恰恰是中小型企业众多的国家，虽然近年来正致力于组织大型企业集团，但即便如此，其规模还很难与世界发达工业国家的跨国集团相比，在这种情况下，“虚拟公司”技术却有可能使中小型企业在新产品开发中与大型企业一争高低。

“虚拟公司”是这样一个概念：一批中小型企业虽然在规模和实力上不能与大企业匹敌，但在与某种新产品开发相关的单元技术(例如某种或某些部件、系统的设计制造等)方面分别具有各自的明显优势，为了开发某种新产品，这些中小型企业联合起来，优势互补，分担新产品开发任务，利用当今先进的通信手段(如 Internet、卫星全球通信等)，像一个统一的企业一样运作，因而被称为“虚拟公司”。其优点是，可以迅速组织优势的技术力量，利用各企业的已有技术基础，对市场需求做出快速反应，推出质优价廉的新产品，各企业从中得到各自的利益。一个企业可以为开发一种产品参与一个“虚拟公司”，又同时为开发另一种新产品参与另一个“虚拟公司”，充分发挥自身的技术资源潜力，从市场上获得丰厚的回报。因此，这是一种符合我国目前国情的有效的新产品开发组织形式。

改革开放为我国经济技术发展创造了新的机遇，同时也使我国企业面临新的挑战。国内社会主义市场经济的形成、发展和完善，以及我国加入世界贸易组织(World Trade Organization, WTO)，使我国工程设计领域置身于全球化的市场竞争环境之中。在这种形势下，没有强大的开发能力的企业将只能拾取别人的残羹剩饭，随时可能被抛出市场竞争的“拳击台”。因此，迅速掌握先进的开发技术，提高技术创新能力，才能使我国企业在市场竞争中立于不败之地，持续健康地向前发展。

1.2 现代设计方法的内容与范畴

1.2.1 现代设计方法的内涵及技术体系

1. 现代设计技术与方法的内涵

工程设计的历史与人类科技发展史同步。随着人类文明、科学技术的发展，工程设计这