

21 世纪高等学校教材

**产品系统设计**  
Product System Design

张伟社 张涛 主编

陕西科学技术出版社

# 第1章 产品设计概述

## 1.1 设计学概述

### 1.1.1 设计的概念

从古至今,人类生活在大自然和人类自身所“设计”的世界中。随着科学技术的发展,更改变了大自然与人类社会的面貌,人们越来越生活在“人为”“人技”设计的世界之中。

实践表明,社会发展的源泉就是创造和创新,人类生活的本质就是创新,而设计,其本质上就是创新的思维与活动的实现。设计的历史就是人类的历史,设计也经历了从适应自然到改造自然的历程。早期的设计被限定在比较狭窄的专业范围内,某些情况下是常用较为单一的学科知识解决专业范围里某几个设计问题。为了更好地满足人类的需要,设计方法必然要发展。随着创新性活动理论、现代决策理论、信息论、控制论、工业设计理论、系统工程等现代理论与方法的发展与传播,人们冲破传统学科间的专业壁垒,在相邻甚至相远的学科领域内探索、研究,使现代设计科学走上日趋整体化的道路,促使单一的设计研究向广义的设计研究转变,从而形成了设计学学科。

对于广义的设计,有许多定义,如:

(1)设计是“将人为环境符合人类社会心理、生理需求的过程”。

(2)设计是“一种创造性活动——创造前所未有的、新颖而有益的东西”。

(3)设计是“一种构思与计划,以及把这种构思与计划通过一定手段符号化的活动过程”。

(4)设计是“综合社会的、经济的、技术的、心理的、生理的、人类学的、艺术的各种形态的美学活动及其产品”。

(5)设计是“一种社会、一种文化活动。一方面,设计是创造性的,类似于艺术的活动;另一方面,它又是理性的,类似于条理性科学的活动”。

……

由此可见,设计的含义并不受学科或专业的限制,即这些含义具有普遍性和广义性。

### 1.1.2 对设计的理解

由于设计的发展,设计所涉及的领域正在不断扩大,人们对设计的理解不尽相同,但公认设计有以下基本内涵:

(1)存在着客观需求,需求是设计的动力源泉。如汽车防抱死制动系统 ABS 的应用。

(2)设计的本质是革新和创造。在设计中,总有新事物被创造出来,这个“新”字,可

以指过去从未出现过的东西,也可以指已知事物的不同组合,但这种组合结果不是简单的已知事物的重复,而是总有某种新的成分的出现。设计中必须突出创新原则,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。

测绘仿制一台机器,虽然结构复杂,零件成千上万,但没有任何创新,不能算是设计。上海某厂开发的防松木螺钉集中了木螺钉和螺丝钉的优点,既能方便地钉入又能自锁防松,它成功地应用于集装箱等厚木结构,此钉虽小,其开发过程可称为设计。

(3)设计是建立技术系统的重要环节,所建立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”,而且在设计过程中应避免思维灾害。设计质量的高低决定产品一系列技术经济效果,产品的一系列质量问题大多是由于设计不周引起的。设计中的失误会造成严重的损失,某些方案性的错误将导致产品被彻底否定。

一个设计者在研制一个技术系统时可能产生的最坏情况是,系统具有归因于设计错误或计划错误的缺陷,在系统实现并进行运转后,由于这些缺陷的存在,系统遭受强大的干扰,使系统及其周围环境在一定范围内遭受损害或完全破坏,并有可能使有关人员受到伤害,这是由于系统设计者在思维过程中的缺陷导致了灾害,故称之为“思维灾害”。

美国著名的克莱斯勒汽车公司在20世纪70年代石油危机形势下对产品的发展动向预测失误,当其他汽车公司纷纷开发小油耗汽车时,他们仍然设计生产大批耗油量大的豪华型汽车,1979年由于存货积压,9个月中亏损7亿美元,造成很大损失。又如埃及20世纪70年代初竣工的阿斯旺水坝,它有效地控制了尼罗河流域的水旱灾害,且能供应电力,对国民经济的发展起了一定的作用,但水坝设计时对环境因素分析不够,没有考虑对自然生态平衡的影响并采取相应措施,从而引起了一系列严重的问题。如大量泥沙和有机质沉于水库底,致使尼罗河下游缺乏肥源,土壤变得瘠薄,尼罗河入海口处沙丁鱼食物不足,数量急剧减少;河口三角洲的洼地退缩影响沿河的军事及工业建筑的安全,水库建成后,下游一些地方的河水变为死水,血吸虫及疟蚊大量繁殖,对居民健康造成了很大的威胁。以上例子说明了设计的重要性和避免设计失误的必要性。

(4)设计是把各种先进的技术成果转化为生产力的活动。

(5)设计不仅是计算和绘图。设计是不断发展的,利用图纸进行设计不过是设计中的一个阶段,从人类生产发展过程来看,在最初很长一段时期内,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,设计与制造无法公开。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的构思已很难满足这些要求,逐渐出现了利用图纸进行设计,然后根据图纸组织生产。图纸的出现使人们有可能:

- 将自己的经验或构思记录下来,传于他人,便于设计质量的提高和改进;
- 进行复杂产品的设计制造,满足人们对复杂产品的需求;
- 同时有较多的人参加同一产品的制造过程,满足社会对产品的需求及生产率的要求,由此可见,利用图纸进行设计只是设计发展过程中的一个阶段。

当前,社会及科学技术的发展,尤其是计算机技术的发展和运用,已经对设计的发展产生了很大的影响和冲击,CAD技术能得出所需要的生产图纸,一体化的CAD/CAM技术

更可实现无图纸化产品,如波音 777 等产品的出现。这一切使得人们不得不重新认识设计,研究设计理论、研究先进科技成就对设计的影响。

设计所涉及的领域继续扩大、更加深入,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与销售(市场需要)及制造三方面作为整体考虑(甚至应考虑产品的销毁及回收)。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。

### 1.1.3 设计面临的形势

社会发展和科学技术进步,使人们对设计的要求发展到了一个新的阶段,具体表现为: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承担设计的工作人员从单人走向小组,甚至大的群体;⑤产品更新速率加快;⑥产品设计由自由发展走向有计划地开展;⑦计算机技术的发展对设计提出了新的要求。

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。主要表现为:①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;②当前设计的优劣主要取决于设计者的经验;③设计生产率较低;④设计进度与质量不能很好地控制;⑤设计手段与方法有待改进;⑥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。

面对这种形势,唯一的回答就是:设计必须科学化。这意味着要科学地阐述客观设计过程及其本质,分析与设计有关的领域及其地位,在此基础上科学地安排设计进程,使用科学的方法和手段进行设计工作。同时也要求设计人员不仅要有丰富的专业知识,而且要掌握先进的设计理论、设计方法及设计手段,科学地进行设计工作,这样才能及时得到符合要求的产品。

### 1.1.4 设计研究的领域

设计科学是研究现代设计规律、任务、结构、方法、程式、法规、历史等的学科,是设计哲学、设计科学方法论等的总和,是思维与方法、技术与哲学、自然与社会、个体与群体等广泛而又多元的交叉。从现有的和潜在的领域看,设计科学的研究范围大致涉及三类学科。

#### 1. 设计现象学

设计现象学是研究设计科学的历史,即主要事件、组织及人物,研究其与科技、社会发展的联系,研究设计领域中的现象分类、设计系统、设计物的设计技术等。

#### 2. 设计行为学

设计行为学的研究包括思维、问题求解等设计技能的探讨,设计活动组织机构、设计过程、设计建模及设计任务的度量、评价等等。

#### 3. 设计哲学

设计哲学是指研究设计定义,设计的系统论、方法论、认识论,设计的新概念、新思想,设计领域中技术、经济、社会伦理、美学等价值及其关系,设计教育的原则、结构、实

践等。

这三类学科之间又有联系甚至重叠,并反映出现代科学的整体性及交叉性。与其说设计科学是设计方法,倒不如更确切地说是给设计方法提供了科学依据和普遍的设计理论。

## 1.2 传统设计与现代设计及其范畴

### 1.2.1 现代产品的特点及其开发

随着科学技术的发展,新材料、新工艺、新技术的不断出现,产品的更新换代周期日益缩短,如自行车从开始研究到定型经过约 80 年,19 世纪以前蒸汽机从设计到应用花了近 100 年时间,19 世纪中开发电动机用了 57 年(1829—1886),电子管用了 31 年(1884—1915),汽车用了 27 年(1868—1895),进入 20 世纪后,由于科学理论和新技术的发展,开发雷达用了 15 年(1925—1940),电视机用了 12 年(1922—1934),原子反应堆用了 3 年(1939—1942),而开发激光仅用了 1 年。

现代产品的特点主要表现在广泛采用现代技术,对产品的功能、可靠性、效益提出更为严格的要求,而这些特点中,有 60% ~ 70% 是取决于设计,因此,研究和采用新的设计方法和技术,在设计新产品中应适应和体现:

(1)市场竞争激烈,要求提供质高、价廉和创新的产品。近年来,国民经济高速发展和国际国内市场竞争的形势,使我国生产类型由少品种大批量生产向多品种小批量过渡。产品要功能多、价格低、性能可靠、生产周期短才具有竞争能力。国际市场上商品的寿命周期平均只有 3 年左右。这要求工厂在进行产品生产时必须完成第二代产品的设计和试制,同时应该进行第三代产品的预研和开发。而我国有许多产品,特别是机械产品,性能差,成本高,远远不能满足要求。从生产需要和国内外市场竞争考虑,设计生产更多的创新优质产品是当务之急。

(2)新兴技术对机械产品渗透、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的方法,以加工高强度合金钢、精细陶瓷等;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;甲醇发动机及汽车、电磁主动机的出现,为新能源利用创造新的途径;机械产品中日益普遍地采用微机进行自动控制,发展为机械—电子—信息一体化的产品。机械产品在功能上的大跨越是现代产品最突出的特点,也是设计者为之奋斗的最主要的目标。

(3)科学技术的发展促使设计方法和技术现代化,以适应和加速新产品的开发。由于控制技术、计算机和应用数学等的发展和应用,特别是大型计算机和微型电子计算机的广泛采用,它具有高速运算、强大的数据处理和进行逻辑推理、判别的功能,组成了新的信息技术群体,以使设计方法和技术有了突破和跃进的条件和可能,逐步地形成和创建了一系列包括脑力劳动自动化和各种人工智能化为特征的新的现代设计方法和技术,在产品的设计中将起着重要的作用。

(4)对引进的一些产品和技术,应立足于消化、改造、国产化。采用“反求工程”,摸瓜

一顺藤一寻根,进行综合性、系统性的科学分析,力求掌握其技术关键,在这基础上推出国产的有竞争力的产品。

因此,运用新兴的信息技术、新材料技术、新能源技术和体现这些技术群体的设计方法和技术,以适应和推动社会生产和生活的需要,是我们工程技术人员的历史使命。

### 1.2.2 传统设计与现代设计

#### 1. 传统设计的特点和问题

传统设计是一种经历了直觉设计、经验设计、半理论半经验设计3个发展阶段并于20世纪50年代后期形成的,至今仍被广泛采用的设计方法。它基本上是凭借直接或间接的经验,通过类比法来确定方案,然后以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,以满足限定的约束条件。

它比因时制宜的、根据直觉需要进行设计的直觉设计方法有着很大的改进,因为它是在丰富的设计实践的总结基础上,利用类比作为依据,并使用经验数学公式进行必要的计算,是在经验基础上经过一定的科学总结和提高的一种方法。因为运用的数据和计算是经验的总结和概括,所以总要受到当时科学技术条件的限制,其中疏忽了许多重要的因素而造成设计结果的不确切和错误。另外,一个产品的开发需要经过设计—试制—修改的反复循环,在当今机电产品的功能、原理要创新,经济寿命周期缩短,技术更新速度加快的情况下,传统的常规设计方法在设计科学性和周期上都显得十分不足。

#### 2. 现代设计方法及其特点

现代设计方法学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。它运用了系统工程,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;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。现代设计方法有如下特点:

(1)程式性。现代设计法研究设计的全过程,要求设计者从产品规划、方案设计、技术设计、总体设计、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。

强调设计、生产与销售的一体化。设计不是单纯科学技术问题,要把市场需求、社会效益、经济成本、加工工艺、生产管理等问题统一考虑,最终反映到质高、价廉的产品上。

(2)创造性。现代设计突出人的创造性,充分发挥设计者的创造性思维能力及集体智慧,运用各种创造技法,力求探寻更多的突破性方案,开发创新产品。

(3)系统性。现代设计强调用系统工程处理技术系统问题。设计时分析各部分的有机联系,力求系统整体最优,同时考虑系统与外界的联系,即人—机—环境的大系统关系。

(4)优化性。通过优化理论及技术,对技术系统进行方案优选、参数优化、结构优化,争取使技术系统整体最优,以获得功能全、性能好、成本低、价值优的产品。

(5)综合性。现代设计方法是一门综合性的边缘性学科,突破了传统、经验、类比的设计,采用逻辑、理论、系统的设计方法,在系统工程、创造工程的基础上运用信息论、相似论、模糊论、可靠性、有限元、人机工程学及价值工程、预测学等理论,同时采用集合、矩阵、图论等数学工具和计算机,总结设计规律,提供多种解决设计问题的途径。

(6)CAD。全面引入计算机辅助设计,提高设计速度和质量。CAD 不仅用于计算和绘图,在信息储存、预测、评价决策、动态模拟,特别是人工智能方面,将发挥更大的作用。

### 3. 传统设计与现代设计的比较

传统设计与现代设计的特点比较如表 1-1 所示。

表 1-1 传统设计与现代设计的比较

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
设计手段	计算器、图板加手册的个体手工作业	充分利用电子计算机进行计算、自动绘图和数据库管理,集团分工协作
设计方式	以经验总结,规范数据为主	强调泛涵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	贯穿开发的全过程,考虑全寿命周期的质量信息反馈
设计思维	朝向结构方案的“收敛性思维”	面向总体功能目标的“发散性思维”
设计方法	采用少数的验证性分析以满足限定的约束条件	多元性方法学直接综合,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
设计考虑工况	按确定工况与静态考虑	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

### 4. 现代设计与传统设计的关系

(1)继承的关系。现代设计方法和技术是在传统设计方法的基础上发展起来的,它继承了传统设计方法中的精华之处,如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。因此,在介绍某些现代设计方法和技术时,不应片面夸大,成为玄而又玄的法宝,应当认识到它们的许多内容是传统设计法的继承、延伸和发展。

(2)共存与突破的关系。从直觉设计发展到经验设计再到现代设计,都有着时序性、继承性和两种方法在一定时期内共存性的关系,而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;一些成熟的内容也还有个掌握和推广的过程,因此,现时正处于旧方法不断改善和新方法不断创建的共荣共存的历史时期,这也体现着量变与质变的辩证关系。自然,新的机

械产品将随着现代设计方法、技术和设计科学体系的完善必将有新的突破。

### 1.2.3 现代设计方法的范畴与内容

#### 1. 现代设计方法的内容

现代设计方法的内容可以概括为十一论:突变论、信息论、智能论、系统论、优化论、对应论、功能论、控制论、离散论、模糊论、艺术论。这些论与广义设计(有目的的意识活动)直接有关,有的已形成单一学科,有的正在形成。

(1)突变论。事物的突变性是产生突破的机理,有的是孕育性突变,有的则是瞬时性突变,其机理现已有了初步数学模型,应用于设计分析,则有智爆技术、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。发挥智能载体的潜力,是现代设计的核心,除发挥人与生物智能外还表现在:①计算机辅助计算:仅借助计算机代替人的初级智能;②CAD:计算机辅助设计,并显示设计对象及进行在线修正;③CAE:计算机辅助工程,除设计外,尚包括CAM(辅助制造),有的解释为辅助分析、辅助试验及一切计算机辅助的活动;④智能机器化方法:指高级人工智能,如机器人、专家系统等。

(3)信息论。设计信息的分析是现代设计的依据,常用方法有:①预测技术法:用历史性趋向及参数,预测现需与未来的动向与参数;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谱分析法:运用信号功率谱图及频谱图计算与转换各种随机动态参数,并进行识别;⑤信息合成法:将各种不同信息合成为所需的广义系统,如人工合成细胞、图形等。

(4)系统论。系统分析是现代设计的前提,常用方法有:①系统分析法:把任何系统、功能、元件均看作系统,加以分析,进行输入—输出关系的描述,得到合理的系统与功能;②聚类分析法:把无模式的一大堆样本进行分类,聚类中心近似为该类的模式;③逻辑分析法:运用逻辑数学从各系统之间相互关联与制约关系,设计出优化系统;④模式识别法:把已有若干模式的系统样本,进行模式的确定;⑤系统辨识法:从一类模型中选择一特定的模型,使其等价于相应的系统,因大部分实际系统的有关原始信息是不充分的,所以大多数系统的辨识问题可归结为参数辨识问题;⑥人机工程:“机”指广义的设计工程与产品,把人的各种因素考虑为外系统之一,运用人体生理学、心理学和技术科学进行设计,使人与机器相互适应,创造安全、舒适的环境,从而提高工作效率。

(5)控制论。动态分析是现代设计的深化,常用下列方法:①动态分析法:运用传递函数与状态方程,研究输入信号与输出功能之间的定性定量关系,以获得最好的动态特性指标;②振荡分析法:对振型模态进行识别,以利用振动或消除振动及噪音(广义);③柔性设计法:把刚性系统按实际弹性系统进行设计计算;④动态优化法:主要研究大系统优化与最佳动态数学模型;⑤动态系统辨识法:主要研究动态系统类型与参数的识别。

(6)优化论。广义优化是现代设计的宗旨,常用方法:①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、整数规划、几何规划、多目标优化、试验优化、经验优化、方案优化、模糊优化等;②优化控制法:主要是动态优化、最优控制等。



(7)对应论。相似模拟是现代设计的捷径,常用方法: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:用计算机及仿真语言模拟复杂系统与过程,求得解析法不能取得的参数;④仿生技术:模拟生物的特殊功能为设计服务。

(8)功能论。功能实现是现代设计的目标。有限寿命是自然与社会的基本客观现实,所以设计时应保证有限使用期限内设计对象的经济有效功能,其方法有功能分析设计法、可靠性分析预测、可靠性设计及功能价值工程等。

(9)离散论。离散分析是现代设计的细解。事物特别是复杂广义系统由离散体组成,是自然与社会的另一个基本客观现象,因此,用离散化方法近似确定参数是必然可靠的,其方法有有限单元法、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。事物的模糊性是一种大量的客观存在,所以运用模糊分析的量度方法(避开精确的数学方法)是必要的,其方法目前主要运用隶属函数的论域法,可以进行模糊分析、模糊评价、模糊控制与模糊设计等的运用。

(11)艺术论。现代设计要有悦心宜人的美感。任何设计都尽可能把设计对象形成一艺术品,是设计的重要观念,现代艺术论不仅如此,还要采用技术美学、计算机造型、模糊艺术等处理方法。

## 2. 目前现代设计所指的理论与方法

目前现代设计所指的新兴理论与方法主要有:设计方法学、优化设计、可靠性设计、有限元法、动态设计、计算机辅助设计、神经网络及其在机械工程中的应用、工程遗传算法、智能工程、价值工程、工业艺术造型设计、人机工程、并行工程、模块化设计、相似性设计、摩擦学设计、稳健设计、反求工程设计、建模和仿真技术、面向对象的设计等。

## 1.3 工业设计概述

工业设计是人类社会文明和现代科学技术高度发展,并伴随着现代化工业生产而出现的一门新兴学科。工业设计是社会进步的必然产物,它起源于工业革命初期。1769年瓦特蒸汽机的诞生,标志着机械批量生产取代手工生产的大革命开始,在当时的欧洲由于一系列纺织机具的发明与蒸汽机的广泛运用使得原始的生产工具和生产方式都发生了根本的变革,也使得劳动有了分工,即设计与制造相分离。当时的主要矛盾是如何提高生产力,满足人们的生活急需,而顾不上产品外观美不美以及产品与人的亲合性,大量工业产品粗制滥造。随着商品经济的发展,满足了人们的生活急需,也促成了社会和文化的重大变化,很多商品已不能满足人类文化价值的追求。如汽车最初的马车样造型,这种功能与形式的分离,缺乏整体设计的状况,引发了一些先进思想家的关注。19世纪后期,英国人莫里斯等对设计探讨,倡导并掀起了“艺术与手工业革命”,认为“美术与技术结合”,主张“艺术地”从事产品的设计与创造,在他的影响下,以法国为中心的欧洲也掀起了一个艺术设计高潮。把艺术融入设计、工业设计的思想萌芽随之出现,工业设计作为改变当时状况的必然手段登上了历史舞台,这也是工业设计的第一个时期。

工业设计发展的第二个时期为20世纪20年代至50年代。市场经济的发展以及国际贸易竞争的需要为工业设计的形成与发展创造了良好的外部条件,也促使工业设计进行系统教育有了可能。在德国首创了工业造型设计学校——包豪斯学校,从理论上、实践上和教育体制上推动了工业设计的发展。此时期适逢美国华尔街股票市场大崩溃和紧接而来的经济大萧条,在幸存的企业中产生了激烈的竞争压力,当时的国家复兴法冻结了物价,使厂家无法在价格上进行竞争,而只能在商品的内在功能和外观质量上吸引消费者,因此工业设计成了企业生存的必要手段。这也进一步牢固地确立了工业设计在商品生产领域的地位,也使工业设计作为一门独立的现代学科得到社会的广泛承认。

工业设计的第三个时期是20世纪50年代后期。二战结束后,国际间贸易扩大,竞争加剧,各国对工业设计愈来愈重视。美国工业设计的方法影响了欧洲及其他地区,无论是老牌工业技术国家,还是新兴工业国家,工业设计都受到高度重视,而受益最深的属日本,它在国际市场上竞争的成功,很大程度上得益于对工业设计的重视。在此期间,国际工业造型设计协会于1957年在美国成立,这标志着工业设计作为一门新兴学科进入了蓬勃发展时期。20世纪末,工业设计在我国开始引起注意,1987年中国工业设计协会成立,由此进一步促进了工业设计在中国的发展。21世纪,经济全球化,激烈的竞争强调劳动者的素质,劳动者的高素质和强的创造力是国家发展充满活力的基础。21世纪的竞争具体体现在市场竞争,其核心是科学技术的竞争,这种竞争将很大程度体现在产品设计上,故可以说21世纪的竞争是工业设计的竞争。

### 1.3.1 工业设计的概念

设计是人类特有的一种实践、构思活动,是伴随着人类造物与创形而派生出来的概念。无论是远古时代还是科学技术迅猛发展的今日,人类要生存和发展,要在自然和社会中获得和谐的生存空间和生活环境,就一时一刻也离不开对造物的苦思冥想和实际的造物活动,借此调节主客体之间的关系。随着科学技术的发展和工业经济的繁荣,工业设计的概念也破土而出,并且日渐完善。

1980年,国际工业设计协会联合会给工业设计的定义为:“就批量生产的工业产品而言,凭借训练、技术知识、经验及视觉感受而赋予材料、结构、构造形态、色彩、表面加工以及装饰以新的品质与规格叫做‘工业设计’”。从这个概念分析工业设计的性质:工业设计是对工业手段生产的产品进行的规划与设计,使与用户之间取得最佳匹配的一种创造性活动。这种创造性活动也包括对既有工业产品的改进、改变,使它更符合人的需求,进一步提高产品的使用价值,使有用的东西更加有用。从这个意义也可以说工业设计是用以人为本的设计思想进行的创新活动。

工业设计的目标是什么呢?当然,各种设计的具体目标有所不同,但其中有共同的基本目标,那就是机能和美的统一。把某种产品或产品系统中不符合人的使用目的的因素除去,使之达到满足现代人类生理与心理需求的最高目的。满足生理就是服从科学的客观规律,满足心理就是表现了在最初的理念中存在着求美的意向。在这里,特殊的美的原理介入了。因此,应该说工业设计是特殊的技术,是求美的生产技术这一意义上的美的技术,也就是说它有着艺术的性格。当然,工业设计不是仅仅给予现有产品表面装

饰一下,既然是设计,就是一种构思与计划,把这种构思与计划通过一定的手段视觉化的活动过程,也可以叫做形成化,是具体给予特定的形,是一个造型活动,是回到最初的出发点,进行完全新的再形成。这一特性,叫做工业造型设计更为明确。

在任何工业产品设计中,都存在“人与物”和“物与物”的关系。所谓“人与物”的关系,即人与产品的关系。它通过对使用者的生理和心理直接影响的因素表现出来,这些由工业设计师解决。所谓“物与物”的关系,即产品的内部构造的关系。它不对使用者直接发生关系,表现为构造原理、零部件连接等问题,决定能否使用,由工程师解决。处理这两种关系,决定了工业设计师和工程师在现代工业中合作与分工。当今时代,许多新产品之新,不是表现在物理性能的“新发现”上,而是表现在对人体性能的新把握上,新在艺术的高度上。例如汽车,一般的汽车性能,如果保养良好,爱惜使用,连续使用10年或20年不成问题,但为什么像美国、日本这样的国家,汽车能年年保持大量生产的方式呢?原因就在于其“新的外形”上。从20世纪20年代开始,美国通用汽车公司与福特汽车公司就开始了“汽车式样”之争。年年变换车型,现在汽车的价值很大程度上取决于造型设计,这实际上是一个产品设计的思路问题。产品设计要符合“宜人”原则,即使人更舒适、更方便、更安全、更健康。

工业设计的原创概念体现了工业设计无所不及、包罗万象,涉足人们生活的一切领域。近年人们把工业设计进行了进一步的划分,表现在:

### 1. 现代工业设计

伴随着历史的发展,设计内涵的发展也趋于更加广泛。现代人类社会的发展已进入了现代工业设计,设计所带来的物质成就及其对人类生存状态和生活方式的影响是过去任何时代所无法比拟的,现代工业设计的概念也就由此应运而生。

### 2. 广义工业设计

广义工业设计是指为了达到某一特定目的,从构思到建立一个切实可行的方案,并且用明确的手段表示出来的系列行为。它包含了一切使用现代化手段进行生产和设计的过程。

目前,国际上已逐渐形成以“设计”取代广义工业设计的概念。因此,工业设计就等同于产品设计。在国内,习惯上工业设计与产品设计仍有从属关系。

巴黎年会的定义拓宽了传统工业设计的内涵,体现了工业设计开始渗透到与产品设计相关的包装、宣传等领域的趋势。但这个定义是基于产品导向的设计理念,仍然把产品设计作为工业设计的核心。而现代工业设计是以人为核心作为问题的出发点,其应用领域远远超出了产品设计的范围。基于这一点,逐渐形成了一种更简单,也更容易被人理解和接受的工业设计概念:“以系统的方法,以合理的使用需求,健康的消费,以启发人人参与的主动行为,来创造新的生存方式和生活方式。”这个概念清晰地表明工业设计的目的就在于为人类设计更合理、更美好的生存方式。

工业设计发展至今,它已不再是简单的“技术+艺术”,而是工程技术知识、人机工程学、人文社科知识、艺术美学知识、市场营销知识和消费心理学等知识体系的有机结合,使原本孤立的诸学科彼此联系、相互交融,组成有机的统一体。因此作为一名工业设计师,必须具备对人、物关系的根本了解,具备工程专业知识与技能,有丰富的人文、科学素

养,宽阔的视野,科学的思维,敏锐的观察力以及对艺术的深刻领悟力。

### 1.3.2 工业设计的范围

从上述关于工业设计的定义可以看出,工业设计范畴覆盖了整个人类生活的领域,小可以到口红、指甲刀,大可以到机车和飞船,为了进一步对这样一个宽广的实际领域进行研究,人们对工业设计进行了科学的分类。

#### 1. 按对象存在的形式分类

一维设计:以时间为变量的设计,如音响设计。

二维设计:又称平面设计,指对象在平面的变化设计,如文字、标志、广告等的设计。

三维设计:又称立体设计,如产品、包装、建筑与环境等的设计。

四维设计:三维空间加一维时间的设计,如舞台设计等。

#### 2. 按人、自然与社会三者关系分类

人、自然界、多数人有组织的群体——社会三者之间相互作用形成了工具装备、环境装备与通讯装备的需求。为满足三种需求形成了产品设计、环境设计与传播设计,图1-1表示了这三者的关系。

产品设计:是工业设计的主要内容,它专注于批量生产的产品美与有用性的设计。工业产品可分为:直接使用产品和专业性产品。产品设计注重那些富有长久形象存在的产品。

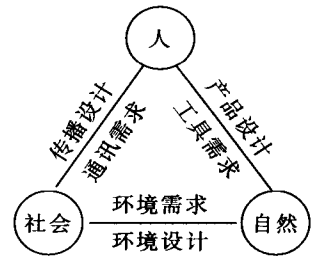


图1-1 三者关系图

环境设计:以设计人类生活空间为目的的设计。如建筑设计、室内设计、店容设计、道路桥梁设计、园林设计等。

传播设计:为推广产品而进行的包装设计、装潢设计、展示设计、广告设计等。

从以上分类中不难看出,工业设计贯穿于产品的开发设计、生产制造、市场销售三个方面。所以我们说工业设计是系统化的设计,使产品的设计工作更有效、更合理。

工业设计以功能设计为基础,将产品设计的重点转移到了人的需求上,是以人为本的。它强调合理地设计产品,使其能给使用者带来最高的效率、最大的方便、最优异的舒适性和最良好的享受,设计的最高境界是文化设计。

### 1.3.3 产品设计的要素

任何事物都有组成要素,产品设计的要素就是产品设计中思考问题的方面,它包括:

- (1)产品使用的环境(包括社会文化环境、地理环境)。
- (2)人(包括产品使用对象的性别、年龄、职业等)。
- (3)功能(包括产品基本功能和附加功能)。
- (4)形态(泛指产品的外观)。
- (5)结构(指产品的基本构造和组成部分)。
- (6)材料。
- (7)工艺(指产品以何种加工方式进行批量化生产,如铸造、塑性成型、表面处理等)。

(8)尺度(指人机工程,即设计的产品必须符合人的活动规律,能够给人提供舒适感)。

(9)成本(包括生产成本和使用成本)。

(10)色彩。

(11)市场。

(12)法令法规(指设计的产品必须遵守国家的法令和法规)。

(13)专利和产权。

(14)计算机的软件与硬件(即我们在进行产品的构思时,要考虑如何尽量发挥计算机的优势,该使用什么软件来完成设计)。

#### 1.3.4 产品设计类型

(1)开发型设计:在设计原理、设计方案全都未知的情况下,根据产品总功能和约束条件,进行全新的创造。这种设计是在国内外尚无类似产品情况下的创新,是创新性设计。如专利产品、发明性产品都属于开发型设计。

(2)适应型设计:在总的方案和原理不变的条件下,根据生产技术和使用部门的要求,对产品结构和性能进行更新改造,使产品更广泛地适应使用要求的设计。如电冰箱从单开门变双开门,单缸洗衣机变双缸洗衣机、全自动洗衣机等。

(3)变参数型设计:在功能、原理、方案不变的情况下,通过改变尺寸与性能参数,满足不同的工作需要的的设计。如不同中心距的减速器系列设计、中心高不同的车床设计、排量不同的发动机设计等。

(4)测绘和仿制:按照国内外产品实物进行测绘,变成图纸文件,其结构性能不改变,只进行统一标准和工艺性改动。仿制是按照外单位图纸生产,一般只作工艺性变更,以符合工厂的生产特点与技术装备要求。

开发型产品可能有冲击旧产品、迅速占领市场的效果。为满足市场多品种、多规格产品的需要,变型设计产品的适应性及综合经济效益十分突出,愈来愈受到人们的普遍重视。

#### 1.3.5 产品设计原则

(1)创新原则:设计本身就是创造性思维活动,只有大胆创新才能有所发明,有所创造。但是,今天的科学技术已经高度发展,创新往往是在已有技术基础上的综合。有的新产品是根据别人研究试验结果而设计,有的是博采众长,加以巧妙的组合。因此,在继承的基础上创新是一条重要原则。

(2)可靠原则:产品设计力求技术上先进,但更要保证使用中的可靠性,即无故障运行的时间长短,这是评价产品质量优劣的一个重要指标,所以产品要进行可靠性设计。

(3)效益原则:在可靠的前提下,力求做到经济合理,使产品“价廉物美”,才有较大的竞争能力,创造较高的技术经济效益和社会效益。也就是说,在满足用户提出的功能要求下,有效地节约能源,降低成本。

(4)审核原则:设计过程是一种设计信息加工、处理、分析、判断决策、修正的过程。

为减少设计失误、实现高效、优质、经济的设计,必须对每一设计程序的信息,随时进行审核,决不许有错误的信息流入下一道工序。实践证明,产品设计质量不好,其原因往往是审核不严造成的。因此,适时而严细的审核是确保设计质量的一项重要原则。

### 1.3.6 产品设计的方法

产品设计的方法是指产品开发设计的方式,其核心就是产品构思的方法。在实际设计中,我们应用的往往是三种有代表性的不同方式。

第一种是概念定义方式,即消除现有产品在头脑中的概念,回到原点,从“无”开始,根据现存的问题和实际的需要来进行构思。这种方法具有创造性,能够出现较为“新”“奇”的产品。它常用于创造性的设计,对开发全新的产品十分有用。如净水器回到原点定义就是:一种能使受污染的水净化的器具,这种器具的方式可以是一种新技术,也可以是一种新结构,还可以是一种新材料。如膜分离净水器就是用生物技术净化水的一种方式。

第二种是以功能、结构为中心的从内部到外观的设计方式,即一切从结构入手,在外观上只追求一种“理性”的美,即线条清晰、色彩沉稳、功能显示明确,外形服从于功能的需要。什么样的形态功能最好,外观就是什么形态。这种方法目标明确,重在提高产品性能。如健身车的设计,首先要保证安全,结构科学合理,然后再是外观,外观服从结构。

第三种是从外观形态入手的方式。先进行外观的创意,再深入考虑内部结构。但这种设计要求高技术作后盾,这是今后设计发展的趋势,如 DVD 机、机顶盒等。

## 习 题

- 1-1 你是如何理解工业设计的概念的?
- 1-2 简述工业设计、产品设计及产品造型设计之间的区别与联系。
- 1-3 你给“设计”一词下个定义。
- 1-4 现代设计方法与传统、狭义设计相比较具有哪些特征?
- 1-5 为什么说产品设计是工业设计的核心?
- 1-6 汽车发展史体现了人类社会科学发展的历史,研究汽车的发展过程,你得到了什么启示与体会?
- 1-7 产品设计要素有哪些?试以轿车为例进行说明。
- 1-8 产品设计的类型有哪些?试分别举例进行说明。

## 第2章 产品创新设计

我国科技在原始性创新方向的不足在近几年越来越突显。在科学技术领域,国家自然科学奖、国家发明奖连续多年空缺;在产业技术领域,我国的发明专利只有美国和日本的1/30,韩国的1/4。中国汽车产业发展至今,最尴尬的大概就是没有形成自身的研发实力,生产出的汽车独立知识产权甚少。合资给外国汽车企业带来的好处就是提供了销售自己生产的汽车渠道,形成数家外国汽车企业分割中国汽车市场。手机市场的竞争更显创新的魅力与重要。多项应用技术不断地被移植进手机,使手机功能更加多样化,使用更加人性化,外观更加时尚化。洋品牌占据了大多市场份额,并以比国产品牌高出尽一倍的售价继续扩大市场,获取丰厚的利润。诺基亚、摩托罗拉、爱立信三家宣布将不断加强在中国技术研发上的投入,可见其对创新的重视程度。

创新势在必行,撒切尔夫人曾说:“现代工业设计要比首相更重要。”杨振宁博士预言:“21世纪将是创新的世纪。”创新不是任何人、任何国家的专利,只要我们提高全民族的创新意识,普及教育各种创新思维和创新技法,必将迎来中华民族灿烂的一页。

### 2.1 创新理念

创新与创造是目前使用频度较高的词汇,二者实质上基本相同,只不过创新一词适应的领域更广一些。因此,人们逐渐习惯用创新一词。就其一般意义而言,创新是人类追求新颖、独特并有价值的产物的活动,这里的“产物”既可以是一种新观念、新思想、新理论、新设计,也可以是一种新产品、新工艺、新方法。简而言之,创新就是求新、求异、求奇、求合理。创新也可以具体到以下五个方面:①引入一种新产品或者赋予产品一种新的特性;②引入一种新的生产方法;③开辟一个新的市场;④获得一种新的原材料或半成品新的供应来源;⑤实现一种新的工业组织。

对不同行业而言,创新可划分为两大类型:制度创新和科技创新。二者关系为:制度创新为企业发展提供有效的机制保证,为企业带来活力;而技术创新则为企业的发展提供手段,为企业带来竞争能力。只有二者的有机组合才能实现企业持续跳跃发展,使企业立于不败之地。

科技创新不同于技术发明。发明是一种创新,但创新决不仅仅是发明。如果说发明是在新知识、新理论创造基础上一种全新技术出现的话,那么创新则既可能是这种全新技术的开发,也可能是原有技术的改善,甚至可能仅是原有技术的一种简单的重新组合。美国管理学者德鲁克曾以集装箱的生产为例,指出“把长身从车轮上取下,放到货船上。”在这个概念中并没有包含多少技术,可这是一项创新。这项创新缩短了货船留港的时间,把远洋货船的生产率提高了三倍左右,节省了运费,使过去40年中世界贸易得到迅

猛地扩大。

## 2.2 创新思维

创新思维是一个哲学命题,有别于常规思维,创新思维是人类思维的最高形式,反映事物本质和内在、外在的联系,是有独特见解的思维过程。它不是单一的思维形式,而是以各种智力与非智力因素为基础,在创新活动中表现出来的具有独创的、产生新成果的高级与复杂的思维活动,是整个创新活动的实质和核心。创新思维的实质或外在表现形式为“选择”“突破”“重新建构”。因此,我们可对思维形成作如下两个定义:

(1)常规性思维(再生思维)。人类在生产与生活实践中碰到的问题能够运用已知的经验、理论和方法解决。虽然也要进行思维,但其新颖、独特性较差。

(2)创新思维(创造性思维)。碰到的问题较复杂,不能直接依靠先前已经掌握的惯常经验、知识、理论、方法等解决时,而必有经过独立思考,将贮存在头脑中的各种信息重新分析和组合,形成新联系,才能满足需要。

创新思维、发明创造并不是神秘莫测和高不可攀的。现代医学表明,人脑的左半部分擅长抽象思维、分析、数学、语言、意识活动;右半部分擅长于幻想、想象、色觉、音乐、韵律等形象思维和辨认、情绪活动。但人脑的左右部分有两亿条左右的神经纤维相连,形成一个网状结构的神经纤维组织,接收与处理人脑各区域已经加工过的信息,使创新思维成为可能。因此说思考是人类最根本的资源,创新能力人皆有之。思维亦是一种可以后天训练培养的技能,通过训练人们能更有效地运用自己的思维,发挥其潜能,使常规思维升华为创新思维。另外,高智商不一定伴随很全面的思维技能,仅表示此人聪明,并不代表他具有好的创新思维能力。发明创造也有其偶然性,不一定与发明人所从事的工作有关。如轮胎的发明人是一个兽医,安全剃须刀的发明者是一个音乐家……

创新思维是人类思维的高级阶段,它是发散思维、收敛思维、直觉思维、灵感思维等多种形式的协调统一,是高效综合运用反复辩证发展的过程,而且与情感、意志、创新动机、理想信念、个性等非智力因素密切相关,是智力与非智力因素的和谐统一。把握创新思维的关键是在认识不同思维的特点、功用的基础上,把它们用到该用的地方。

### 1. 创新性思维的特征

创造学理论认为,创新性思维除了具有思维的一般属性外,还具有一些它自己的特征。

(1)新奇性。只有提出与众不同的新奇想法,才有可能进行创造。

(2)灵活性。它能灵活地变换对问题的思维角度,不被常识束缚住,不固执于一种成见之中。思维一旦受阻,能巧妙地转向前进。

有这样一个例子,能说明这个问题。20世纪50年代,A国和B国的两家皮鞋公司各派了一名推销员到太平洋一岛屿去推销皮鞋。两名推销员到岛上一看,该岛居民都没有穿鞋子的习惯。B国的推销员想也不想就打道回府了。A国的推销员转念一想:岛民没有穿鞋的习惯,正好是推销皮鞋的潜在市场。于是电告公司要求在岛上多呆几天,以调查岛民没有穿鞋的真正原因和思考创造岛民乐于穿鞋的方案。



一年后,B国人发现A国人在岛上开了家皮鞋公司,创造了岛民穿鞋的新习惯,并垄断了该岛的皮鞋经营业务。B国人为自己没有创造性后悔莫及。

(3)联想性。爱国斯坦说过:“想象比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界上的一切,推动着进步并且是知识进化的源泉。严格地说,想象力是科学研究中的实在因素。”列宁说过:“有人认为,只有诗人才需要幻想。这是没有理由的,这是愚蠢的偏见!甚至在数学上也是需要幻想的,没有它就不可能发明微积分。”

(4)反常规性。创新性思维往往以违反常情和不合逻辑的形式出现,因而它也常常不易被人理解。

1938年,匈牙利人拜罗发明了活塞式笔芯的圆珠笔,这种“拜罗笔”一度风行世界。但它有个漏油的缺点,到20世纪40年代就几乎被消费者所抛弃。1945年,美国企业家雷诺兹发明了靠重力输送油墨的圆珠笔,但油墨外漏的难题仍未解决。人们为解决难题,研究发现漏油是圆珠磨损变小后产生的,就想方设法更换圆珠的材料,但结果都不满意。1950年,日本发明家中田藤三郎细心研究发现:圆珠笔写到大约2万个字时才开始漏油。于是他一反通常的做法,控制圆珠笔中的油量,使它写到1.5万个字时油刚好用完,笔便弃之不用了。一下子就解决了这个久久未能解决的难题,为这种新型书写工具的大量使用扫除了消费者的忧虑。

(5)顿悟性。创新性思维是在人们苦思冥想之后,以一种突然的形式在人们头脑中闪现。

阿基米德发现浮力定律的传说能够很好地证实这一点。希腊国王请艺匠用纯金打了一顶王冠,王冠打好后。国王觉得不太像是纯金的,可是又没有办法证实这一点。他请阿基米德来做这一鉴定工作,而且要求不破坏王冠本身,因为并不能肯定其中掺有银子,要是把王冠毁坏了而其中又没有掺假,那代价就大了。阿基米德一直在思考这一问题但没有找到较好的鉴定方法。有一天,他正准备进浴盆里洗澡,这一次仆人把水放得太满,当他坐进浴盆时有许多水溢了出来。这使他一下子想到溢出的水的体积正好应该等于他自身的体积,如果他把王冠浸在水中,根据水面上升的情况可以知道王冠的体积,拿与王冠同等重量的金子放在水里浸一下,就可以知道它的体积是否与王冠体积相等,如果王冠体积更大,就说明其中掺了假。阿基米德想到这里,十分激动,他一下从浴盆里跳了起来,光着身子就跑了出去,一边跑还一边喊:“尤里卡”,喊出了人类探寻到大自然奥秘时的惊喜,表达了创造性思维的顿悟性特征。为了纪念这一事件,现代世界最著名的发明博览会以“尤里卡”命名。

(6)可迁移性。创造力开发的实践证明,从一种情境开发的创新性思维能力,可以迁移到其他情境中去,这是我们进行创新性思维训练、开发人的创造力的理论依据。

## 2. 创新思维常用形式

(1)形象思维。它是实物的映象、图形、符号、模型、形体等不同形式构成所谓的形象进行思考的思维方式。运用形象思维可以激发人们的想象力和联想、类比能力。

例如行星轧压法的发明,以往将金属轧制成板材,是将金属原料送到两个轧辊之间,靠两个轧辊的转动和原材料的运动而完成的(见图2-1)。这种方法对于延展性能良好的钢材是适用的,但对于延展性能差的材料,在轧制中会出现裂纹。为了解决这个问题,