



设计方法学

SHEJI FANGFAXUE

李贵轩 丁飞 赵丽娟 齐秀飞 编著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育精品教材

设计方法学

李贵轩 丁 飞 编著
赵丽娟 齐秀飞

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书论述了设计方法学的基本内容与理论基础、原理解的求解方法、产品结构设计与设计创新、系列化与模块化设计、产品设计与经济效益、产品设计与可持续发展观、产品设计与人机工程学、设计方法学与虚拟样机技术等方面内容,全书共十一章。

本书特点是系统性强,注重将设计工作与社会可持续发展相结合,注重培养学生的创新思维。文字叙述简明扼要、由浅入深,书中附带丰富实例。

本书可作为高等院校有关专业教材,也可供从事产品设计与开发工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

设计方法学/李贵轩等编著. —2版. —徐州:中国矿业大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5646-0324-3

I. 设… II. 李… III. 机械设计—高等学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 063857 号

书 名 设计方法学

编 著 李贵轩 丁 飞 赵丽娟 齐秀飞

责任编辑 潘俊成 仓小金

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 393 千字

版次印次 2009 年 8 月第 2 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前言

自本书第一版问世至今,已二十年。在这期间,每一次讲授,都要按当时的认识,对书中的内容进行增减。这样积累下来,现在所讲授的内容已与原书的内容有较大不同。据学过设计方法学的校友反映,设计方法学的指导思想是他们在产品开发和产品设计过程中的“行动纲领”,设计方法学所提出的方法论是刚加入设计队伍的设计“新兵”的“行动指南”。上述诸点就是本书再版的动力。

我国经济建设、国防建设和国民生活的各个领域,如航空航天、武器装备、交通运输、水利水电、矿山、石化、机械制造、冶金、工程机械等产业的成套大型装备体现了国家的生产力水平,强大的装备自主研发能力是国家综合国力的象征。现在,虽然我国的自主研发能力在逐步提高,但是还有许多急需的机械设备只能依赖进口,使我国的经济发展在很大程度上受制于人。因此,我们必须高度重视自主研发的重要性,通过自主研发掌握核心技术,方能摆脱受制于人的局面。设计工作是自主研发过程的主要工作之一,因此,在我们国家急需提高大型装备自给率的今天,出版《设计方法学》第二版,不仅是为了满足该课程的教学之需,也是为社会培养优秀设计人才、为提高自主研发能力作贡献。

随着时间的推移和科学技术的进步,人们对自己的主观世界与客观世界的认识在不断提升。人类社会的发展必须与自然环境相协调,可持续发展的观念已经成为全人类的共识。这就要求人类和社会所需要的全部物化物(各种机械装备、各种工具与仪器设备等)必须与可持续发展相适应。这就为设计方法学的理论与实践展示了更为广阔的发展空间。人们在产品研发时不仅要考虑用户对产品的功能要求和市场经济规律对产品的要求,还要考虑与环境和谐、人类社会和谐对产品的要求,同时,设计方法学也应当在设计师承接不同设计任务时提供相关的思想与方法指导。因此,设计方法学是发展的,是不断丰富的。编写《设计方法学》第二版的目的是力图把十几年来对设计的感悟反映出来。科学技术的进步使设计手段和设计方法不断更新,这也促使了设计进程发生变化,特别是计算机软、硬件技术的发展使过去无法实现的想法也变成现实,这种变化使设计方法得以推陈出新,这在本书中也有反映。

本书保留了第一版满足各类读者学习需求的普遍适用性。在为机械工程类各专业本科生讲授设计方法学课程时,可根据学时要求对本书内容进行取舍,建议在取舍时应完整保留本书基本体系,使之体现“指导思想”与“方法论”的系统性与完整性,对书中的例证可酌情删减,甚至可以随时增补新的有创意的内容,以便在讲授中体现创新性。

本书第一章、第二章、第三章和第七章由李贵轩编写,第四章、第五章、第八章、第九章和



第十章由丁飞编写,第六章由齐秀飞编写,第十一章由赵丽娟编写,张利蓉绘制了本书的部分插图。在编写本书过程中,吸收了许多专家和学者的观点,并引用了他们的部分资料,在此深表谢意!

设计方法学的体系、理论与实践是发展的、进步的,由于我们水平所限,对相关理论的理解欠深透,加之实践经验不足,本书第二版亦必有许多缺欠与不足,殷切盼望得到读者的不吝赐教。

编 者

2008年5月



第一版前言

人类社会是人类自身创造出来的。现代化的社会只能和必须由现代化的方法和手段来推动其继续向前发展。在人类社会中存在的一切物质产品,必须用合适的设计方法与现代化的制造手段,才能加速其更新换代,满足人类日益增长的物质与文化生活的需要。

设计方法学作为一门独立的学科并为人们所重视,还只是最近十余年的事情。设计方法学在联邦德国、瑞士、日本等国的出现和逐渐成熟的过程,有着几乎共同的历史渊源。这说明设计方法学是人类社会发展到现阶段的必然产物,是人们以现代社会的各种特点为条件,依托现代化的科学和技术手段,从产品的设计实践中提炼出来的。现在,设计方法学在欧洲、印度、日本、加拿大等国已经成为机械设计领域(在广义上说,应当是在产品设计领域或工程设计领域)中十分重要的理论,并在美国、英国等国家引起广泛重视。设计方法学来自于设计实践,又给设计实践带来成功的可靠保证。设计方法学是使设计师成为现代设计师的必备的理论武器。设计方法学为企业带来生机,使产品具有强大的竞争力。设计方法学是现代产品开发的捷径。

我国对设计方法学的研究与应用,起步较晚,只是近几年的事情。设计方法学的理论在我国一出现,立刻在工程设计领域中引起普遍重视。在1986年成立了中国机械工程学会设计方法学研究会。几十所工科高等院校开设了设计方法学课程,一些地区和部门把设计方法学当作工程师继续教育的必修课。设计方法学的理论和成功的实践,为我国工程教育界、工程设计领域的设计理论充实了新的内容。设计方法学的研究和应用,对于形成结合我国国情、具有我国特色的中国式设计方法学,对于改变我国产品设计的落后面貌、加速我国产品的更新换代,对于增强我国产品在世界市场的竞争能力,都具有十分重大意义。

为了适应机械工程类研究生的教学需要,作者于1985年编译了设计方法学讲义,在阜新矿业学院讲授,并与许多院校进行了交流。几年的教学实践,看到学生对这一新学科的浓厚兴趣以及它给学生带来的很大受益,在许多同行的勉励和领导的支持下,作者对讲义进行了修改和补充,形成了本书。

本书力图适应高等学校工程设计类研究生、高年级大学生的教学需要,但也尤其关注工程技术人员继续学习的需要。因此,在内容选择上,既注意到了设计理论的系统性、完整性,又辅之以必要的设计实例。作者力求使读者在阅读本书之后,不仅能了解和掌握设计方法学的基本思想和方法,而且能在设计实践中,逐步做到举一反三,触类旁通,变理论为实践的指南,让设计方法学在加速企业的外向型转化,在企业的产品设计中放出奇光异彩。因此,本书的内容包括两大部分,一是论述了设计方法学的范围、设计进程和基本设计方法(第一



章至第五章);二是论述了设计师在设计实践中须臾不可离开的几个专题(第六章至第十章);创造与设计的关系、产品设计与企业经济效益、产品设计与人机工程学等。在教学中完成第一部分的内容需 20~25 学时。第二部分的内容每一章自成体系,可以择而用之,如果全部讲授,需 15~20 学时。本书力求语言通俗易懂,内容简明扼要,便于自学,受过高等工程学科教育的人都能读懂。

在本书的编写过程中,参考了许多专家和学者的著作和论述,吸取了同行们的宝贵意见,得到了有关方面以及领导的支持和鼓励,特此致谢。

由于作者对于设计方法学的认识尚不深透,时间紧,成书仓促,书中错误与疏漏之处难免存在,恳请读者批评指正。

李贵轩
1988 年 8 月



目 录

第一章 绪论	1
第一节 设计与设计的特征	1
第二节 设计方法与设计方法学	5
第三节 设计方法学的发展概况及其基本特点	8
第四节 设计方法学的普及与应用	14
第二章 技术系统与设计进程系统	15
第一节 技术系统的概念	15
第二节 设计进程系统	17
第三章 确定技术系统的设计方案	19
第一节 确定设计方案概述	19
第二节 明确设计任务的要求	20
第三节 设计任务的功能结构设计	26
第四节 功能的求解与设计方案的形成	33
第五节 设计方案的评价	36
第六节 设计决策与风险	46
第七节 技术系统方案设计举例	47
第四章 原理解的求解方法	52
第一节 传统的求解方法	52
第二节 求解的组合方法	58
第三节 小组工作法	61
第四节 系统工作法	65
第五章 机械产品结构设计与设计方法	67
第一节 概述	67



第二节 结构设计应遵循的原理	75
第三节 提高强度、刚度和耐磨性的结构设计	85
第四节 提高精度的结构设计	101
第五节 结构设计对制造的适应性	104
第六节 结构设计对装配与拆卸的适应性	111
 第六章 设计与创新	113
第一节 创造性及其与设计的关系	113
第二节 创造过程	118
第三节 创造力的激发	119
第四节 创造技法	123
 第七章 技术系统系列化与模块化	126
第一节 技术系统系列化概述	126
第二节 系列化设计理论基础	127
第三节 系列化产品的构成因素	136
第四节 采用标准数进行系列化产品设计	144
第五节 半相似系列化产品设计	149
第六节 基于经济性的系列分级	154
第七节 技术系统模块化设计简介	156
 第八章 机械产品设计与企业经济效益	165
第一节 概述	165
第二节 价值工程	166
第三节 成本估算方法	171
第三节 面向产品成本的设计	176
 第九章 机械产品设计与社会可持续发展观	182
第一节 人一机—环境大系统的构成与运行	182
第二节 环境因素与可持续发展观	185
第三节 绿色设计	188
第四节 回收设计	191
第五节 拆卸设计	193
 第十章 人机工程学在机械产品设计中的应用	195
第一节 人机工程学概述	195
第二节 人体测量学参数及其对设计的影响	196



第三节 人体感觉功能与设计的关系.....	207
第十一章 设计方法学与虚拟样机技术.....	212
第一节 概述.....	212
第二节 虚拟样机技术的核心——多领域建模与协同仿真.....	212
第三节 基于接口的多领域建模技术.....	215
第四节 ANSYS 在矿用减速器箱体优化设计中的应用	224
参考文献.....	239



第一章

绪 论

第一节 设计与设计的特征

任何机械产品的产生都始于设计。可以一言以蔽之,任何产品(或商品)的从无到有,都始于设计。我国古代的指南车、大型海船以及各种类型的车辆等,无一不始于设计;至于房屋建筑、现代化的科学仪器、复杂至极的航空航天设备,更是脱胎于设计;而小的物件,如徽章、纽扣、商标、服饰等,也源于设计。还可以推而广之,如舞台的布景,演员的服装道具,甚至灯光、音响、配乐等声色效果,都要经过艺术家的精心揣度,反复琢磨,才能尽善尽美。这揣度与琢磨,也是一种设计过程。如此说来,纵观历史数千年,放眼世界几万里,设计的产物比比皆是;可以说,自有人类社会以来,设计便伴随着人类的全部社会活动。

于是,深刻认识设计活动的本质,掌握设计活动的规律,不断提高设计活动的效率,其重要性是显而易见的。尤其是在科学与技术高度发达的今天,要求人们必须不断开发新产品,才能满足人类社会对产品千变万化的需求。那么,如何认识设计,如何概括设计活动的本质?到目前为止,人们对设计的理解和定义尚无统一的模式。

下面是关于设计的一组论述^[1]:

① 设计,就是“想办法”,是对新事物的预计,是创造新事物。

② 设计是一个过程,在此过程中把可确定的设计任务书转化为技术系统的具体表述。

③ 设计是工程的本质,是综合思想、资源以及行动,以导向有用为目的的中心活动。

④ 设计是一个寻找使所有相互矛盾的因素和关系在一个多维状态下协调起来的手段的过程。

⑤ 所谓设计就是一连串的决策。给定某个目标,明确实现这个目标的手段,一般就叫设计。

⑥ 从广义来说,设计这个词可以定义如下:决定要做想出来的“某物”(按功能要求);赋予某物以具体形状,确定所用的材料;确定制作方法。这里所谓的“某物”是指人类所要制作的一切东西,如机器、装置、零部件、房屋、城市、系统、物质等。

为了能从各方面掌握和了解对设计的种种理解,不妨再看另一组关于设计的论述:

① 设计是思维与实践的过程。设计是一种创造性活动,如果没有创新,也就没有设计;设计是在一定的限制条件下,找到能实现所要求功能的最优方案的过程,或者说设计就是考虑到约束的前提,寻求满足要求的最优解的过程(这里把设计结果抽象为“解”)^[2]。



② 设计,实际上是制造出看不见的“使用模型”。

③ 设计是一种实践活动,不是建立理论科学的活动。

④ 设计必须是使一种思想通过其发展转化为物质形式,或者至少是对某种设想的可行性给出合理而严格的证明。或者,可以对设计过程给出如下更合理的定义:提出拟定把某些人工制品组装起来的方案,或者对人工制品提出改进措施,以便最佳地(在给定约束条件下)满足人们某些特殊需要^[3]。

关于设计的定义,最主要的是应突出其内容的本质。现在,给出设计的定义:在有限的时空范围内,在特定的物质条件下,人们为了满足一定的需求而进行的一种创造性思维活动的实践过程。

可以从如下几方面来剖析设计活动,认识设计过程最主要的特征。

(1) 所有的设计活动都受到时间与空间的限制,那种超越时空范围的设计活动在人类社会是不存在的。对于大型、超大型工程项目和对于难度很大而又缺乏前人提供资料的设计对象,设计活动可能延续几年甚至十几年。18世纪中叶以前,许多工程多以木材为材料,机床也是木制的。1760年,英国工程师理查德·雷诺兹设计并制造了矿井抽水用蒸汽机,汽缸孔用铅块研磨,直径的误差以不大于一手指厚为最佳。到1776年,瓦特设计制造了第一台新型蒸汽机,其汽缸孔是由铁器制造商约翰·威尔金森改装的卧式镗床加工的,误差以达到不超过1mm为标准^[4]。20世纪以来,随着材料科学、计算机技术、软件工程以及加工制造技术等科学与技术的发展,人类控制和改造自然的能力迅速增强,设计活动的周期一再缩短。1960年,美国航空和航天局宣布阿波罗登月计划,1969年,阿波罗11号实现人类首次登月;我国“两弹”(原子弹和氢弹)工程属于超大型工程项目,从20世纪50年代中期研制工作开始到1964年我国第一颗原子弹爆炸成功,仅用不到10年的时间;又过3年,我国第一颗氢弹爆炸成功;我国的武汉长江大桥于1955年开工建设,1957年建成通车,而此后又先后建成了郑州黄河大桥、南京长江大桥等数座大型桥梁。

设计活动的有限时空性特征,给每一项设计结果都打上了不同时间与不同空间的烙印。由于时间阶段和地域(场所)以及科学与技术的发展水平不同,人们对客观事物的认识能力与创造精神的发挥也是千差万别的。那么,设计结果的这种时空性烙印是必然存在的。正因为如此,当考古学家在对一堆发掘物(如生产工具、武器、器皿等)研究时,在研究和分析其他条件(如材质、制造工艺等)之后,便能确定这一堆发掘物所处的历史时代与历史环境。设计结果的时空性烙印的内涵是相当丰富的,这里仅举出其中两个与产品(或者说是商品,或者说是意义更广泛的“物化物”)有密切关联的因素:一是质量,二是设计周期。二者与时间的关系如图1-1所示,图中 t 表示产品的设计过程所处的历史时代, Q 表示产品的综合质量指标, T 表示产品的设计周期。从图中可以看到,功能大体相同的产品,其质量随时间的推移呈上升的趋势,而其设计周期则呈下降趋势。当然,这种必然结果不是人们坐等而能实现的,人们只有从事积极的设计活动,同时辅之以大范围的信息交流和开放性的(不是封闭式的)社会活动,产品质量便能在人们的不懈努力下不断提高,产品设计周期才能不断缩短。

(2) 所有的设计活动都是在特定的物质条件的约束下进行的,不存在不考虑物质条件的随心所欲的设计,对此,可以称为设计活动的物性特征。这种物性特征的最主要特点体现在工程材料方面。由于受到物质条件的限制,设计结果的优劣也只能是相对的,是相对于现有物质条件的优与劣。同一个最终设计,选用不同材料,会出现不同结果。用不同材料按同

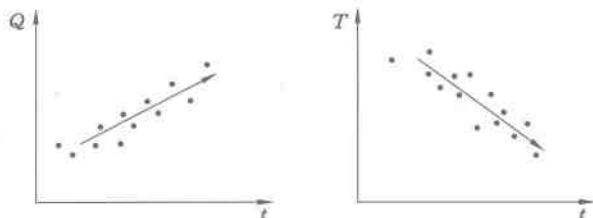


图 1-1 设计过程所处的历史时代与产品质量、设计周期的关系

一个设计形成的产品,有的材料将使产品失效,如没有按设计要求选择建筑材料导致建筑物破坏的例子屡见不鲜。但是,用高性能(机械性质、化学性质、电学性质等)的材料取代低性能材料,可能使本来不能满足功能要求的设计变成满足功能要求的例子也是人所熟知的。机械加工用的切削刀具的刃部,用一般碳素钢显然不能较好地实现金属切削,必须用高速工具钢、硬质合金等材料。认识到设计活动的物性特性,设计师在设计过程中首先要力争在现有物质条件的基础之上,寻求最优化的设计结果。否则,设计结果虽然也能满足功能要求,但会出现诸如较大的质量、较大的外形、成本过高等不理想的情形。其次,要在较大范围内审视物质条件,力争用最恰当的材料满足设计要求,创造出最好的设计结果。当然,随着材料科学的发展,新型材料不断出现,会对某一特定设计活动提供一个开阔的舞台。但是,物质条件的限制仍然存在。

(3) 所有的设计都是为了满足某种需求,这是设计的又一特征,称之为设计的需求性特征(这里所说的“设计”,不仅含有设计过程的意义,也同时表征设计结果)。设计是一种实践活动,那么它就具备所有实践活动的共性——目的性。在人类社会,漫无目的的设计是不存在的。

图 1-2 是需求与设计的关系模型。这里所说的需求,仅限于对物质条件的需求,或者说得更确切些,是只能由物质条件来实现的需求。因此,在图 1-2(a)中从需求到物质条件,是产生设计动机的第一步。只是这时的物质条件仍然是虚无的,是盼望中的。由于物质条件的产生必须经过设计、制造等过程,那么为使这虚无的物质条件变成现实的物质条件,便形成设计成因的第二步。设计结束之后,经过加工制造(图中虚线方框)等其他过程,就形成现实的物质条件,而这现实的物质条件便能满足原来的需求。这就是图 1-2(a)中的 3 和 4。如果排除能用非物质条件满足的需求,那么这里所说的物质条件就是人所共知的,于是可以把这人所共知的物质条件的方框去掉,则图 1-2(a)就转化为图 1-2(b)。这样就建立起了需求与设计有直接关系的模型。这个模型揭示了设计与需求的本质关系,亦即设计的需求性特征的基本内容:设计始于需求,需求由设计以及其他过程(如加工制造、销售、输送等)来满足。

关于设计的需求性特征,还有另外的说法。如:设计是为了创造价值;设计,一是为了满足需求,二是为了创造利润等。以上这些说法都是从不同角度来说明设计带来的结果。但是,无论如何,设计的需求性特征仍然是最本质的东西。这里应强调指出的是,设计的需求性特征,是仅当“需求”必须由物质条件来满足时,才能直接引起设计动机。否则,这种“需求”不一定导致设计的进行,有可能是沿着曲线间接引出设计活动。

从人类开始制造工具起就存在设计,当然这时的设计的唯一目的就是满足需求。随着人类社会的进步和发展,出现了产品交换,即商品,则这一目的是通过商品这个人类社会发

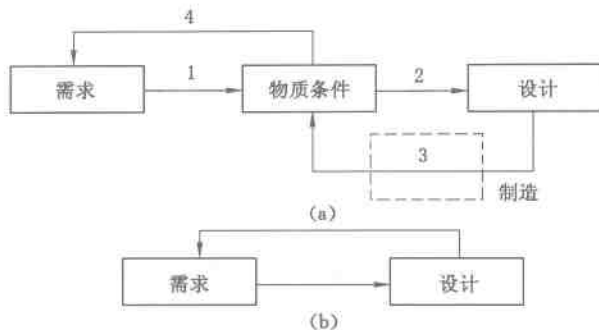


图 1-2 需求与设计的关系模型

展一定历史阶段的产物来实现。对于这些可以转化为商品的产品,除了必须满足需求,还有创造利润的问题。商品、需求、利润与设计的关系,可以简言之:需求是设计的核心,商品是这一核心的载体,利润是设计的经济效益的表现形式。设计师认识和理解这一关系非常重要。只有掌握了核心说,才能设计出功能良好的产品;认识到设计与商品以及利润的关系,才能把设计与成本以及经济效益联系起来,才能设计出既能开拓市场又能获得利润的产品。

(4) 创造性是设计活动的又一特征,这一特征包含两方面的含意。

一方面是设计成果要具有创造性。人们的需求不是一成不变的,不能用陈旧的产品去满足不断更新与拓宽的需求。那么,新产品必须有别于旧产品,而且这种差异不在于肤浅的、简单的几何形体和颜色的不同,而是有一定程度的创新。也就是说,必须用前所未有的完整的设计成果或原设计成果中局部的更新来满足人们新的需求。

另一方面是设计师要具有创造性。只有具有创造性,才能在设计过程中推陈出新,才能拿出令人满意的设计成果,保证设计成果的创造性。时间在前进,自然环境、社会环境、人们的心理状态都处于绝对的变化之中。那么,人们的需求变化也就具有其绝对性。正视这种需求变化的绝对性,并善于点燃思维的创造性之火,勇敢地迎接任何需求的挑战,这是作为一名合格的设计师的基本素质。

(5) 设计活动的过程性特征。人们完成任何产品的设计都不是一蹴而就的,而是自设计之始至设计之终延续一个时间阶段,这是不言而喻的。图 1-3 概括地给出了包含几个设计步骤的设计过程。认识设计的过程性特征,不在于是否承认设计活动要延续一个过程,而在于重视设计过程中所应用的方法。同样的设计过程,运用不同的设计方法将形成不同的设计结果。当然,不同的设计方法可能反过来使设计过程中的设计步骤有所改变,这也是常有的事情,但是设计过程是不会消失的。人们把设计过程的时间阶段长度称为设计周期。随着人们对产品变化需求的加深,缩短设计周期是设计师的共同愿望。为此,必须研究设计过程的内容和各步骤间的联系规律,提高工作效率,促其产生事半功倍的效果。

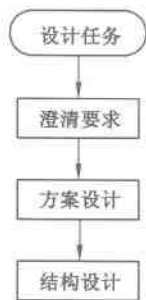


图 1-3 设计过程与步骤

认识设计活动的过程性特征的目的还在于要明确设计是一种实践活动,是综合运用多种学科知识创造出新物质条件的实践活动。既然是一种实践活动,就理所当然地有别于纯粹的理论研究过程。其主要特点是设计师必须头和手并用,脚踏实地,而且还要多方协作,



信息畅通。因此,设计师的个体素质,设计工作的组织系统,甚至工作环境与具体条件都要与这实践活动相协调。否则必将影响设计工作的进展和最后的设计结果。

综合考虑上述设计活动的诸项特征,才能比较全面地、深刻地认识设计活动,才能产生分析研究与设计活动有关的各种问题的动力,直至解决设计中存在的各种问题。

第二节 设计方法与设计方法学

完成任何一种工作,达到任何一种目的,都有采用什么方法的问题。在这里不对“方法”一词作更深入的探讨。我们可以通俗地说,“方法”就是为了达到某种目的所运用的手段、工作程序以及可以被人们总结出来的规律性东西等。不同的科学门类(如基础科学、技术科学和工程科学等)存在与之相应的不同的方法论(如科学方法、技术方法和工程方法等)。

设计活动是实践过程,这个过程将以找到满足要求功能的最优方案而告终。那么,其中就存在一个如何“找”的问题。这就是说,设计方法的存在也是必然的,而且方法不止一个,其中必定有优劣之分。这就如同甲乙两地之间有数条道路,其中必然存在一条捷径一样。设计方法是在设计实践中被应用的方法,某些内容可能属于技术方法的范畴,其中的另一部分内容可能属于工程方法的范畴。

在人类历史的长河中,人类为了求得生存,为了战胜各种天敌,不断地创造出新的工具。人类用双手和智慧在改变着自然界,而环境的变化也促成了人类的进化与人类社会的发展。自然界在无休止地变化,人类社会在不停地发展,人们的创造性活动在夜以继日地进行。人类文明史的每一篇章,都蕴含人类设计活动的丰富内容。在不同的历史发展阶段,科学与技术的现状不同,设计方法也不同。因此,设计方法是历史时代的产物。

图 1-4 是仅仅从工具制造与设计方法这两个侧面粗略地反映人类历史发展的三个阶段。在原始人类刀耕火种的时代,人类开始打造和使用石器工具,他们用自制的石刀、石斧捕获野生动物,用木棒为犁。虽然这种石刀粗笨无比,但原始人类在修制石刀之前,也必然在他们的头脑中初步形成了使用和制造这种工具的计划。他们想到石刀被用来修削木头和切割植物以及分割肉食,因此要求石刀应该具有锋利的刃部。而耕地用的木棒应能容易地插入土地之中,因此木棒的一端被修制成尖形。这也许就是最原始的设计过程与加工过程了,而设计方法也必然寓于其中。虽然这时的设计方法是原始的,但这也是有意识、有目的、有计划的活动,它不同于其他动物的本能活动。因此,把这种设计方法概括为经过简单思维的设计方法[图 1-4(a)]。迫于实际生活的需要和劳动的磨炼,原始人积累了一定的经验,提高了智力水平,开始制造和使用骨、角等工具以及用不同材料组合起来的工具,如弓箭等,但设计方法没有本质地改变。这个阶段大约延续了三百多万年^[5]。

当人类社会按畜牧业、农业、手工业等劳动分工以后,人类的技术水平有了很大的进步,尤其是文字形成后,出现了文化、艺术与科学等社会意识形态。从这时起,直到近代,更确切地说,直到当今世界的某些国家(地区)和某些社会部门,所采用的设计方法与前面提到的设计方法相比,发生了质的变化。我们把在这数千年中人类运用的设计方法概括为“复杂思维+计算+模型试验”。从我国古代的赵州桥到现代桥梁的设计,从秦阿房宫到法国巴黎的埃菲尔铁塔的设计,无一不属此列[见图 1-4(b)]。

在我国机电工业中仍有市场的设计方法,称为三段设计法:技术任务书——技术设

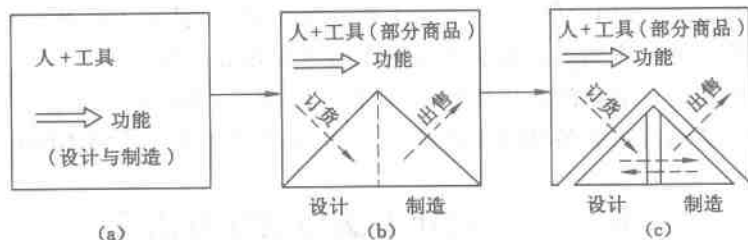


图 1-4 不同历史时代设计方法的演变

(a) 设计方法——简单思维;(b) 设计方法——复杂思维+计算+模型试验;

(c) 设计方法——信息处理(信息 $\leftrightarrow$ 信息),产品制造——信息 $\rightarrow$ 产品

计——工作图设计,或者说成初步设计——技术设计——施工图设计。这个设计方法的基本特点是:用数学、力学等基础理论知识进行计算,辅之以设计者的经验和模型试验,进行类比设计或经验设计。这种设计方法也属于图 1-4(b)所反映的设计方法,称之为传统设计方法。传统设计方法在过去一定历史条件下是适用的,起过积极作用。但是,随着社会的发展与进步以及人类对客观事物认识能力的提高,人们认识到传统设计方法具有如下缺点:

① 设计工作者在设计活动开始,其思维就被限制在已有产品的结构范围之内,思维领域狭小,好像被摄影师的取景框禁锢着,如图 1-5 所示。仅就思维范围而言,按传统设计方法进行设计工作的设计师,与摄影师有共同的着眼点。图 1-6 所示为能在地下自由穿行的“航地机”。人们已经获得了在天空、在水下航行的能力,难道人们不能突破地表的禁区,获得在地下纵横驰骋的能力吗?现在,盾构机和各种类型的全断面掘进机已经实现了人们“航地”的理想。从前的异想天开,已经或正在被一一地实现。



图 1-5 被框架禁锢的设计师



图 1-6 航地机

② 设计者的思维活动所涉及的仅仅是设计对象本身,而与设计对象有密切关系的市场状态、用户反映等动态信息,设计者很难予以考虑。但是,恰恰是市场与用户的信息反馈才能促进产品设计中的改进与创新。

③ 设计周期长。

④ 设计信息(如设计资料等)存取手段落后。设计资料基本以文字和图形的形式加以保存,占用空间大,检索麻烦。

⑤ 产品开发迟缓,而且很难实现最优化。图 1-7 所示为现代自行车的发展演进过程,从 1818 年第一台双脚迈步式自行车问世,直到现在的链传动自行车,用了近 100 年时间。这足以反映用传统设计方法开发产品的速度之慢。如果不迅速改变这种状态,设计必将有



负于推动社会生产发展和满足人类生活需要的历史重任。

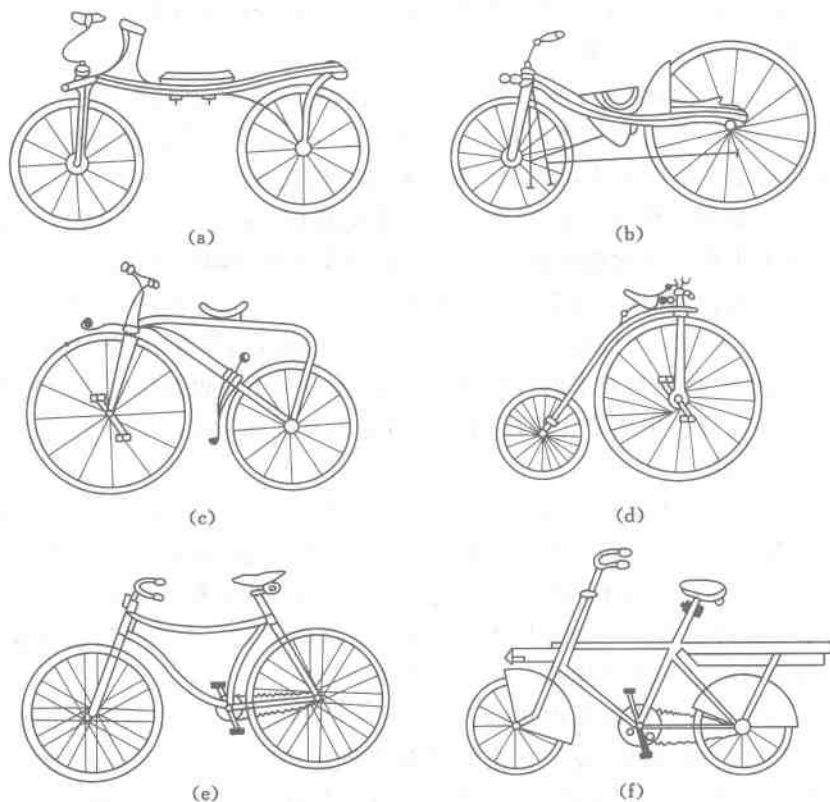


图 1-7 自行车的演变过程

(a) 1818 年索尔罗恩自行车; (b) 1830 年麦克米伦自行车; (c) 1865 年拉利门特自行车;
(d) 1870 年詹姆斯史达雷自行车; (e) 1879 年劳森自行车; (f) 1972 年辛德自行车

当今社会与数百年乃至数十年前的社会相比,情形大不相同。下面仅从与设计有联系的角度来观察,把现代社会主要特点列举如下。

① 人类与自然界的联系更加密切。现代社会中存在着大量的问题,如环境保护、城市交通、地层深部矿物的开采、极地的保护与综合利用、海洋的开发与综合利用等,这说明人类与自然的斗争将永无休止。人类改造自然界以及人类为适应自然界所做的努力,使得人类对产品的需求变化速度快,选择性强。人们总是迫切需要那些能满足功能要求的产品,这就形成了产品竞争并促进产品更新换代。

② 时间压力大,工作节拍加快,产品开发周期一再缩短,电气元部件平均两年更新换代。经验告诉人们,成功在很大程度上取决于领先地位。

③ 经济压力大,产品开发必须承担风险。20 世纪之前的手工作坊型企业,生产规模小,投资少,产品的优劣以及产品的更新与否对作坊的影响不大。在我国农村,使用木犁与铁铧的状况数千年来依然如故。这些产品多数是由乡镇小厂或个体户生产的,只要社会对他们的产品有需求,一般说来他们的生产是稳定的。虽然有时个别产品或个别零部件有所改进更新,但企业在经济方面不会承担较大风险。能改就改,能上就上,甚至转产也是很容易。