

设计方法学

李贵轩 编著

世界图书出版公司

内 容 提 要

本书论述了设计方法学的基本内容以及在工程设计实践中用到的某几个方面的专门知识。全书共分十章,每章末均有复习思考题。

本书可作为大专院校有关专业师生的教学参考书。也可供从事工程设计人员阅读,作为继续学习的教材。

设 计 方 法 学

李贵轩 编著

*

世界图书出版公司出版

北京朝内大街137号

新华书店北京发行所 发 行

阜新矿业学院印刷厂 印 刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 1/8

1989年6月第一版 1989年6月第一次印刷

印数 0001—5,000 字数 332千字

ISBN 7—5062—0206—9/G31

定价: 6.90元

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。设计方法学是现代社会产品开发的捷径。

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，逐步作到举一反三，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 25~30 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 20~25 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 概 论

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基本特点	9
第四节 关于技术系统的概念	14
练习要点	16

第二章 产品规划与明确设计任务

第一节 产品规划	17
第二节 明确对设计任务的要求	19
练习要点	25

第三章 方案设计

第一节 方案设计的基本内容	26
第二节 对设计任务的抽象	27
第三节 建立功能结构	32
第四节 寻求原理解与求解方法	40
第五节 初步设计方案的形成	51
第六节 设计方案的评价与筛选	53
第七节 方案设计举例	63
练习要点	67

第四章 结构设计

第一节 结构设计的基本内容	69
第二节 结构形状的合理确定方法	71
第三节 结构设计中的原则	74
第四节 结构设计应遵循的原理	77
第五节 结构设计对加工、运输、安装、使用的适应性	95
第六节 设计结果的检查和改进设计	105
第七节 设计决策与风险性	107
练习要点	108

第五章 编制设计文件

第一节 编制设计文件的目的和基本内容	109
第二节 文件系统化编制方法	111
练习要点	123

第六章 设计方法与创造性

第一节 创造性及其与设计的关系	124
第二节 创造过程	127

第三节 激发创造力·····	128
练习要点·····	135
第七章 设计方法与经济效益	
第一节 企业的经济效益与产品设计的关系·····	136
第二节 价值工程与产品成本·····	137
第三节 在产品设计阶段降低成本的方法·····	138
练习要点·····	153
第八章 系列化设计与模块化设计	
第一节 系列化设计简介·····	154
第二节 系列化设计理论基础·····	156
第三节 系列产品的构成·····	164
第四节 采用标准数的系列化设计·····	170
第五节 半相似系列·····	175
第六节 系列分级的经济性·····	180
第七节 模块化设计简介·····	183
练习要点·····	192
第九章 人机工程学在设计中的应用	
第一节 人机工程学概述·····	193
第二节 人体测量学参数及其对设计的影响·····	194
第三节 人体感觉功能与设计的关系·····	202
练习要点·····	206
第十章 设计方法学与计算机应用	
第一节 设计方法学对计算机的迫切需要·····	207
第二节 设计方法学对计算机软件工程的指导意义·····	209
主要参考资料 ·····	212

第一章 概 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。我们完全可以一言以蔽之：任何产品（或商品）的从无到有，也都始于设计。我国古代的指南车、记里鼓车、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、钮扣、商标、服饰等，也源出于设计。我们还可以推而广之，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，我们纵观历史数千年，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。

设计是人们经常进行的一种广泛的实践活动，这是不容置疑的。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需求的千变万化。那么，我们如何认识设计，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格局。

下面我们来看关于设计的一组论述^[1]：

（1）设计，就是“想办法”，是对新东西的预计，是创造新东西。

（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的作业。

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

（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：（a）决定要做想出来的“某物”（按功能要求）；（b）赋予某物以具体形状，确定所用的材料；（c）确定制做方法。这里所谓“某物”，指人类所要制做的一切东西，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：

设计是一种创造性的活动，如果没有创新，也就不必有设计；

设计是在有一定限制条件的情况下，找到能实现所要求功能的最优方案的过程，或：

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]。

(3) 设计是一种实践活动，不是建立理论科学的活动^[4]。

(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，我们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（在给定的约束条件下）满足人们某些特殊需要^[5]。

关于设计的定义，最主要的是突出其内容的本质。现在，我们给出设计的定义是：

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，我们称之为设计。

我们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，在人类社会中是不存在的。对于大型、超大型工程项目，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。十八世纪中叶以前，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（Richard·Reynolds）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蒸汽机，其汽缸孔是由铁器制造商约翰·威尔金森（John·Wilkison）改装的卧式镗床加工的，误差以达到不超过1mm为标准^[6]。二十世纪以来，材料科学、计算机技术、软件工程以及加工技术等科学革命与技术革命的蓬勃兴起，人类控制和改造自然的能力迅速强大，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，从五十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，仅用不到十年的时间。此后，仅过三年，1967年我国第一颗氢弹爆炸成功。我国的武汉长江大桥是在1955年开始设计，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的时间与不同空间的烙印。由于时间阶段和地域（场所）不同，科学与技术的发展水平也不同，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。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）研究中，在同时研究与分析其他条件（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。我们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。在图1-1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势态，而其设计周期则呈下降势态。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（而不是封闭式的）社会活动，产品质量便能在人们的不懈奋斗之中提高再提高，产品设计周期也才能缩短再缩短。

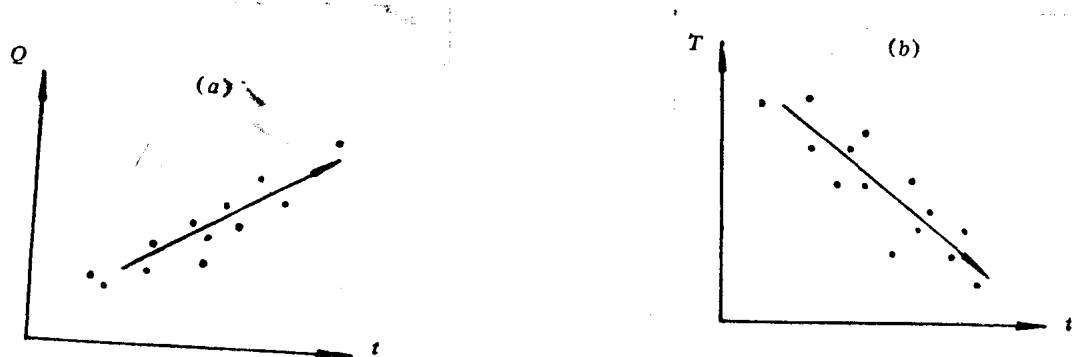


图 1-1 设计过程所处的历史时代与产品质量、设计周期的关系

(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地设计。对此，我们可以称之为设计活动的物性特征。这种物性特征的最主要之点是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。用不同材料按同一个设计形成的产品，其中有的材料将使产品失效。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，用一般炭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，但会出现诸如有较大的重量，或者有较大的外形形体，或者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，这会对某一特定设计活动形成一个开阔的舞台。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，我们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，盲目的设计是不存在的。

图 1-2 是需求与设计关系的模型。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 (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。由于这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 (a) 中的 3 和 4。如果我们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，于是我们可以把这人所共知的物质条件的方框去掉，则图 (a) 就转化为图 (b)。我们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（以及其他种种过程，如加工制造、销售、输送等）来满足。

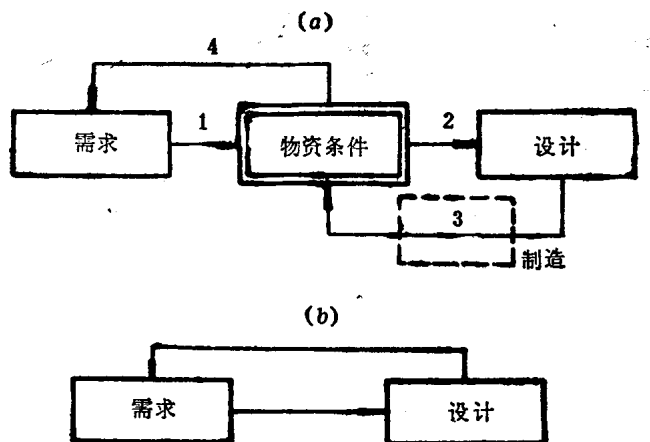


图 1-2 需求与设计的关系

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……

凡此种种，都是从不同角度来说明设计带来的后果。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那天起，就存在设计，当然这时的设计的唯一目的就是为了满足需求。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，可以简而言之：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。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，才能设计出即能开拓市场，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。人们的需求不是一层不变的。因此，不能用陈旧的产品去满足不断更新与拓宽的需求。那么，这后来的产品必须有别于先期产品，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的前所未有的需求。

另一方面是设计师要具有创造性。只有这种创造性，才能在设计过程中推陈布新，才能拿出令人叹服的设计成果，保证设计成果的创造性。时间在前进，自然环境、社会环境、人们的心里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。设计师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。

人们完成对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。我们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变异,这也是常有的事情。但是设计过程则不会消失。人们把设计过程的时间阶段长度称为设计周期。随着人们对产品需求变化的加速,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。

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 and 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。

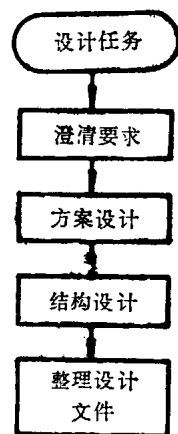


图 1-3 设计过程与步骤

基于上述设计活动的诸项特征,我们才能比较全面地、深刻地认识设计活动,才能进而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。在这里我们不对“方法”一词作更深入地探讨。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、工作程式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。这就如同甲乙两地有数条道路相连,但是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,其中的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,人类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,人类社会在不停顿地发展,人们的创造性活动在日以继夜地进行。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个侧面，粗略地反映人类历史发展的三个阶段。当原始人类刀耕火种的时代，开始制造和使用石器工具。人类用自制的石刀、石斧捕获野生动物，用木棒为犁，犁地种田。虽然这石刀粗笨无比，但原始人类在修制这石刀之前，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，因此对石刀的要求应该有锋利的刃部。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。这恐怕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，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。我们把这种设计方法概括为经过简单思维的设计方法（图 1-4 左）。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。这个阶段的历史时代大约延续三百多万年^[7]。

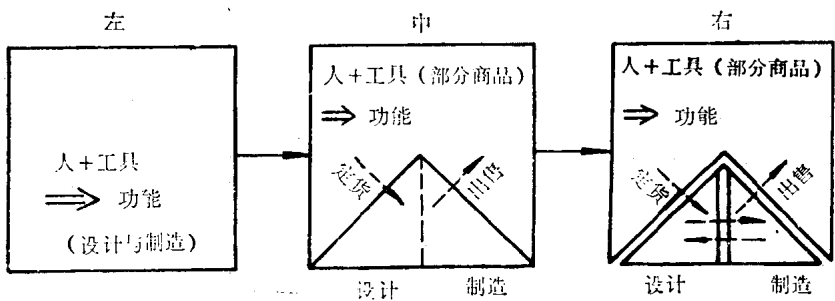


图 1-4 不同历史时代设计方法的演变

左：设计方法—简单思维；中：设计方法—复杂思维+计算+模型试验；

右：设计方法—信息处理（信息 $\longleftrightarrow$ 信息），产品制造—信息 $\rightarrow$ 产品

当人类社会按畜牧业、农业、手工业等劳动分工以后，人类技术水平有了相当长进。尤其是文字的形成，人类社会出现了文化、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，直到当今社会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（图 1-4 中）。

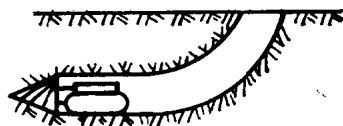
至今我国机电工业中占主导地位的设计方法，被称为三段设计法：技术任务书——技术设计——工作图设计，或者说成初步设计——技术设计——施工设计。这个设计方法的基本特点是：用数学、力学等基础理论知识进行计算，辅之以设计者的经验和模型试验，进行类比设计或经验设计。这种设计方法也属于图 1-4（中）所反映的设计方法，我们称之为传统设计方法。传统设计方法在过去一定历史条件下是适用的，起过积极作用。但是，随着社会的发展与进步，人类对客观事物认识能力的提高，人们认识到传统设计方法具有如下缺点：

(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形体的获围之内，思维领域狭小，好像被摄影师的取景框禁锢着，图1-5(a)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，是与摄影师有共同的着眼点。图1-5(b)表示能在地下自由穿

行的“航地机”。人们已经取得了在天空、在水下航行的自由,难道人们不能突破地表的禁



(a)



(b)

图 1-5 被框架禁锢的设计师 (a) 与“航地机” (b)

区, 获得在地下纵横驰骋的自由吗? 从前的异想天开, 已经或正在被一件一件地变为现实。

(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 1-6 表示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 170 年时间。足可见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。

现代社会与数百年乃至数十年前的社会相比, 情形大不相同。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) 人类与自然界的关系更加密切了。现代社会中存在着大量令人费解的问题, 如: 环境保护、城市交通的缓解、地层深部矿物的开采、冰山的开发与综合利用、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。人类改造自然界的需要以及人类为适应自然界的需要, 使得人类对产品的需求变化速度快, 选择性强。社会对那些能满足功能要求的产品的选择, 总有紧迫感。这就孕育了产品竞争并形成产品更新换代的动力。

(2) 时间压力大, 工作节拍加快, 产品开发周期一再缩短, 电气元部件平均二年更新换代一次。经验展示给人们: 成功仅取决于领先地位。

(3) 经济压力大, 产品开发必须承担风险。上一个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严重。我国农村, 木犁与铁铧数千年来依然如故。牛拉的铁车甚至依然可见。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的。而现代大型企业, 生产规模大, 投资数额可观, 产品的

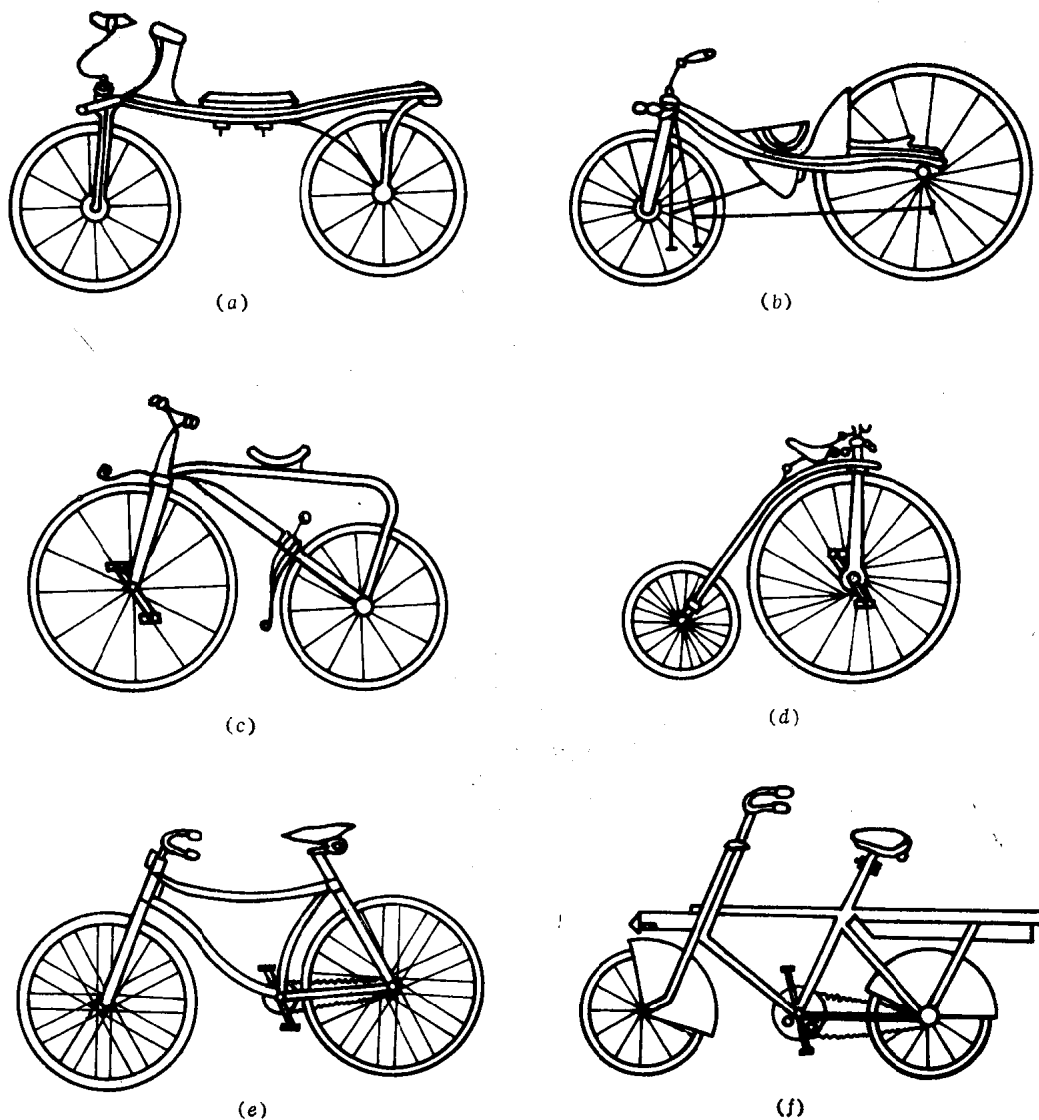


图 1-6 自行车缓慢演进过程

(a) 1818 年索尔罗恩的自行车； (b) 1830 年麦克米伦的自行车； (c) 1865 年拉利门特自行车；
(d) 1870 年的小辨士车； (e) 1879 年劳森的自行车； (f) 1972 年辛德的自行车

生产情况往往影响企业的兴衰。只有不断开发新产品企业才能立足于不败之地已成为企业的坚定信念。但是，生产必须投资，所有企业都必须承受经济压力。

(4) 高才能的人员短缺，人才压力突出。有胆识、有气魄、有战略眼光的开拓者是企业兴旺发展的关键。因此，人才的选用与培养，成为社会与企业不可忽视的迫切问题。

(5) 科学与技术大幅度进步，诸如：信息传递与存贮技术；先进的加工制造技术（程控加工，成型加工……）；数据处理技术……这就使前人的许多幻想（如登月）变成现实。同时，也开阔了人类的视野，使人们能更深刻地认识自然界，从而提出了许多亟待解决的新课题。

综上所述，一方面，现代社会要有更多更新的产品（商品）、建筑物、大型工程等来满

足人类生存的需要。另一方面,现代社会也具备了生产与建造这些产品、建筑物和大型工程的能力和手段。而且随着科学与技术的日趋进步,这种能力和手段也日臻完善。那么,如何使这两方面协调起来,充分利用现代化手段创造出满足人类强烈需求的日新月异的物质条件?

联邦德国机械工程协会在 1963 年召开了名为“关键在于设计”的全国性会议。会议认为,改变设计方法的落后状态已经到了刻不容缓的时候,必须研究出新的设计方法和培养新型设计人才。大学教授和工程设计界的专家们继往开来,边实践边探索。欧洲中部德语地区的其他几个国家以及丹麦等国也相继开展了对设计方法的研究。二十多年来,终于形成了具有欧洲德语地区特色的新的设计方法体系——设计方法学。

日本自六十年代以来也开始了对设计方法的研究。由于国际市场的竞争日渐激化,产品的更新换代迫在眉睫,设计方法的改变也势在必行。适时,大约也在 1963 年,美国的 CAD 技术传入日本,为设计方法的改进送来了催化剂,推动了设计方法的研究工作。几年后,终于出现了具有日本特色的设计方法学。

英国也是从 1963 年开始重视了设计方法的研究工作,并且不久便在工程设计中大见成效。

综上所述,设计方法具有鲜明的时代性。人们为了使产品设计跟上时代的步伐,在不断寻求新的设计途径,而迅速发展起来的现代科学与技术为新的设计途径的出现提供了理论基础和逐渐完善的辅助手段。人们的顽强努力终于结出硕果,设计方法学从传统设计方法中脱胎而出,随着时代的旋律应运而生。

第三节 设计方法学的发展概况 及其基本特点

欧洲德语地区和北欧国家的学者为设计方法学的发展进行着不懈的努力。二十几年来,有许多设计方法学方面的专著问世。

联邦德国布朗斯威尔克技术大学(Braunschweig)的洛特教授(K. Roth)在设计方法学的研究中,建立起能实现许多功能的解的“设计目录”。设计师可以从这些设计目录中选出解或在此基础上开发出新的解。慕尼黑技术大学(München)罗登纳克教授(W. Rodenacker)研究的侧重点是逻辑功能和物理功能。埃尔伦斯皮尔教授(K. Ehrlenspiel)则在降低成本的设计方法上有卓越贡献。达姆斯塔特大学(Darmstadt)帕尔教授(G. Pahl)和柏林大学(Berlin)拜茨教授(W. Beitz)则积前人之大成,在设计方法系统化、完善化、通俗化方面作出贡献,他们合著的《设计方法学》(Konstruktionslehre—Handbuch für Studium und Praxis)被高等学校选为设计方法学课程的教材。

在联邦德国,教授们对设计方法学的重视推动了设计方法学的教学工作。所有的高等工业学校都开设了设计方法学课程。企业中的工程设计专家到学校兼课,也丰富了设计方法学的教学内容。对企业界的工程技术人员,通过举办各种研究班来更新设计观念,加速普及设计方法学。学校教育与继续工程教育的有机结合,很快培养出一代新型设计师。他

们运用设计方法学这一有效的设计方法, 迎战任何新产品要求的挑战。产品竞争能力显著提高, 企业新产品开发层出不穷。

苏黎士大学的胡布卡教授 (V. Hubka)、丹麦技术大学的安德森教授 (M. M. Andreasen) 和加拿大罗伊尔军事学院的艾德教授 (W. E. Eder) 共同发起成立了工程设计研究组织 WDK (Workshop Design Konstruktion), 并已经举办了几次工程设计国际会议 ICED (International Conference on Engineering Design)。这些会议推动了世界范围内设计方法的研究工作。

英国在 1972 年把原来的工业设计委员会改名为设计委员会, 召开了全国性的设计方法和设计教育会议, 全力更新设计观念, 加速设计方法的改进。

日本在 1967 年设立了工程设计研究委员会, 致力于改进设计方法以及把 CAD 与设计方法有机结合的研究工作。

美国是在前几年才认识到, 由于没有较早地研究新的设计思想, 导致许多工业企业到国外寻求设计服务。只有立刻把注意力转向新的设计原则和设计方法的探讨, 才能摆脱产品设计方面的被动局面。于是, 美国的国家科学基金会大约在 1984 年建立了一个设计、制造和计算机一体化的工程分会。该分会拟定了一个探讨设计理论和设计方法学的新计划。美国国家科学基金会还于 1985 年召开了一次研讨会, 美国机械工程师协会整理出题为“设计理论和设计方法学研究的目标和优先项目”的报告^[8]。

我国自 1981 年派员参加 WDK 与意大利罗马大学联合举办的工程设计国际会议以来, 先后多次出席与设计有关的国际性会议。自 1981 年以来, 我国机械工程学会先后举办了四次全国性设计方法学学术会议。并于 1986 年成立了中国机械工程学会设计方法学研究会。这标志着设计方法学这一新学科已经在我国得到普遍重视, 已经确立其在工程设计中的战略地位。

设计方法学传入我国之后, 立刻引起工程设计界的设计师们和高等学校教育工作者的关注。我国专家学者已经在国内外发表数篇颇有见地的论著。许多工科高等院校已经开设设计方法学这门课。在对工程技术人员的继续教育中, 设计方法学也首当其冲。可见, 设计方法学的原则和指导思想正在被我国与设计有关的人所接受。而且, 许多人正在为建树结合我国国情、具有我国特色的设计方法学而努力奋斗。设计方法学必将能为我国的四化建设和为我国产品走向世界作出应有贡献。

设计方法学与其他学科相比, 确实是一门年青学科。从世界范围看, 设计方法学正处在发展、完善与走向成熟阶段。各国均有所长, 各有特点。但其共性仍然是显而易见的。其中主要之点, 概括起来, 有如下诸方面:

(1) 从战略高度, 用大视角审视设计对象。

按设计方法学的观点, 设计者不能只着眼于设计对象本身, 还要考虑产品与企业内外的关系 (如图 1-7)。其中设计与市场的关系尤为重要。但这在传统设计方法中, 则是常常被忽视的。这一点, 在本书的下面几章还将论及。不仅如此, 设计者的视野还要扩大, 要在较大范围内搜寻与设计对象有关的信息。在图 1-8 中, 为了解决城市公共交通问题, 需要设计制造市内公共汽车。按传统设计方法, 接受此项任务的设计师们往往只考虑自己所承担的这部分任务 (零件或部件), 至多是考虑到汽车的整体为止。我们称之为设计思维处在零、部件或产品水平。很明显, 欲较好地完成市内公共汽车的设计与制造任务, 处

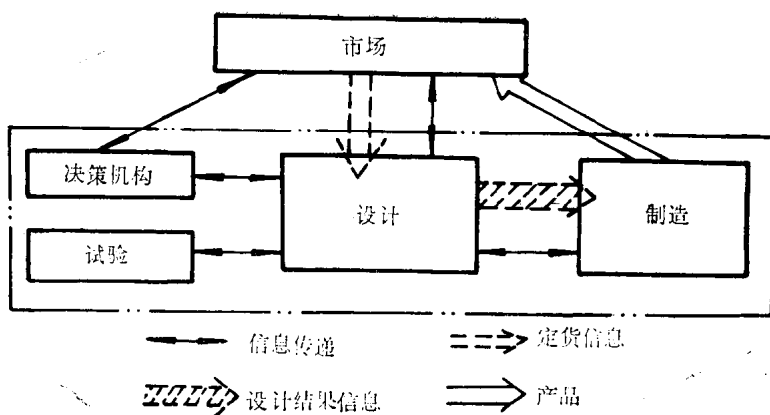


图 1-7 设计与企业内外关系

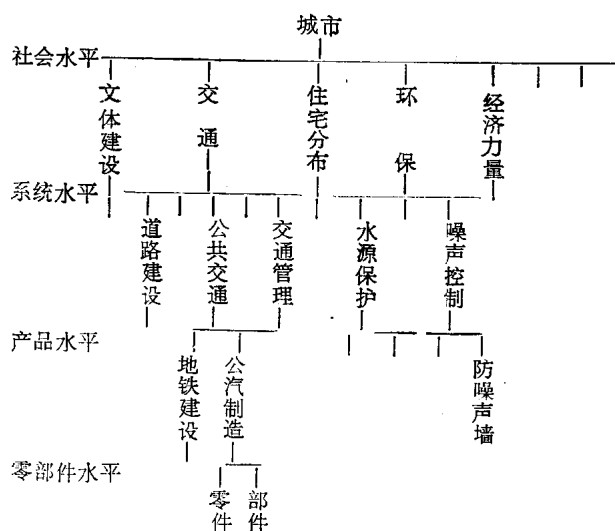


图 1-8 设计师的思考范围

于零、部件或产品水平还不够，还应考虑诸如城区道路情况、客流量、交通线路分布、维护检修能力等本系统内的情况，这被称之为设计思维处于系统水平。进而设计师还应考虑城市环境保护要求、经济支持能力、城市长远规划等整个社会情况，这就被称之为社会水平。设计师的思维处于“社会水平”就够了吗？非也！他还应考虑当地的气候条件、气候变化规律、城市地理位置等其他诸方面因素。可以肯定，承担此项任务的设计师们考虑如此众多因素而后设计出的公共汽车，定会成为当时当地的最优产品。

从战略的高度审视设计对象，甚至还应考虑到产品与社会的关系，产品给社会带来的影响以及社会反过来对产品的再要求等。如：我国目前在客运列车上的快餐盒和饮料包装，如果处理不当，会对铁路沿线的环境保护和人员安全造成威胁。那么，在不失快餐盒和饮料包装所具有的一切优点的条件下，再考虑到对铁路沿线的环保和安全的要求，这种快餐盒和饮料包装应该设计成什么样的呢？

(2) 设计方法学是方法论，是应用学科，是新兴起来的交叉学科。

设计方法学主要是研究设计进程中各阶段、各步骤之间的联系规律、规则和原理，以