

现代设计法丛书

机械现代设计方法学

主 编 戚昌滋

副主编 杨红旗 雷闻宇

中国建筑工业出版社

现代设计法丛书

机械现代设计方法学

主 编 戚昌滋

副主编 杨红旗 雷闻宇

中国建筑工业出版社

本书是现代设计法丛书之一，是现代广义设计学在机械设计中的运用，全书按机械设计的一般程式分为机械现代设计概论、原理方案构思与拟定、结构方案设计、总体设计与方案评价、类比对应设计计算方法、设计参数和文件的计算机处理、现代设计计算导论共七章，涉及了机械设计现代化的一切关键问题，并概括了传统设计中附合科学的经验。

本书的特点是从方案设计到参数设计都贯穿了创造性、量化、计算机化的特点，实例丰富，是国内外当前较具有系统性与完整性的现代机械设计著作。

本文可供一切产品设计工作者及管理人员参考，特别适宜于作为高校的教材。

现代设计法丛书
机械现代设计方法学

主 编 戚昌滋

副主编 杨红旗 雷闻宇

*
中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
4229厂印刷（北京广宁伯街）

*
开本：787×1092毫米 1/32 印张：16 字数：345千字

1987年10月第一版 1987年10月第一次印刷

印数1—11,000册 定价：2.80元

中国标准书号 ISBN7-112-00073-4/TU·41

科技新书目 154-223 统一书号：15040·5384

现代设计法丛书总序

任何一项规划、计划、管理、改革，任何一类工程、产品、施工、作品，任何一种发明、发现、创造、构思，总之，任何群体与个人、理论与实践、学科与科学、领导与决策，第一道工序就是根据客观规律进行“设计”。

通过传统经验的吸收、现代科学的运用、方法论的指导与方法学的实现，解决各种疑难问题，设计真善美的系统或事物，这门学问就称作《现代广义设计科学方法学》，简称《现代设计法》或广义设计学，她，是跨学科、跨专业纵横渗透移植的综合性、定量性、多元性交叉学科。她，揭示了现代广义设计科学的特征、属性、理论、规律、程式、途径、方法与法规，集中外古代、近代与现代科学方法论、方法学之精髓于己身，使人类最重要的活动——广义设计，产生了质的飞跃，从偶然的、经验的、感性的、静态的、与手工式的传统狭义设计，上升为必然的、优化的、理性的、动态的与计算机化的现代广义设计。

《现代设计法》由既相对独立又有机联系的十一论方法学组成，其中古五论为：功能论（可靠性为主体）、优化论、离散论、对应论、艺术论，老三论为系统论、信息论、控制论，新三论为突变论、智能论、模糊论。哈肯的协同论与普里高津的耗散结构论可隶属系统论与突变论，且尚未形成普适性方法学体系。十一论方法学的作用如下：

信息论方法学（信号处理是现代设计的依据）

功能论方法学（功能实现是现代设计的宗旨）

系统论方法学（系统分析是现代设计的前提）
突变论方法学（突变创造是现代设计的基石）
智能论方法学（智能运用是现代设计的核心）
优化论方法学（广义优化是现代设计的目标）
对应论方法学（相似模拟是现代设计的捷径）
控制论方法学（动态分析是现代设计的深化）
离散论方法学（离散处理是现代设计的细解）
艺术论方法学（悦心宜人是现代设计的美感）
模糊论方法学（模糊定量是现代设计的发展）

亲爱的读者，当你事务缠身而思路枯竭时，当你经验丰富而现时莫展时，当你哲理不清而又无计策时，当你决心开拓而心力不足时，那么，有志于工作现代化、管理现代化、领导现代化、决策现代化、生产现代化、技术现代化、教学现代化……自强的读者，可从十一论方法学中吸取定性、定量的概念观点与实用方法。

亲爱的读者，迎接国际范围面向未来、面向世界、面向现代化这一场大变革的有志之士，正在总结人类能够出色地工作、学习、生活、生产、创造的一切软、硬科学方法学，正在设计人类主、客体均能各尽其能的美好环境。让我们为此而博取百家精华，贡献自己微薄的力量吧！

中国现代设计法研究会

戚昌滋1987年6月

于北京展览馆路一号

前 言

机械设计学的研究已有数十年的历史，但国际上至今没有一本完整、系统的著作，特别是现代设计法（现代广义设计科学）的提倡也有了二十个左右的年头，至今刚刚初步成熟，因此迫切需要一本较为全面的《机械现代设计方法学》的教材。为此，一年来我们组织了这本书的编写，以期抛砖引玉。

《现代广义设计科学方法学》（简称现代设计法或广义设计学）一书只是十一论方法学聚类分析上的综述概括。本书则围绕机械设计进行其综合运用。故本书按设计的大体程式，分为七章、四个部分内容。

第一章总论部分除介绍现代设计法的基本范畴与观点外，重点结合机械设计介绍了一般进程模式、设计要点、原则、法规与预测；

第二部分（包括二、三、四章）为方案设计与优选评价，重点阐明了原理方案构思与拟定、结构方案设计、总体设计的原则、原理与方法，并专门分析了方案的技术经济评价、优选与模糊综合决策；其中重要的内容如载荷谱分析因篇幅有限，未能编入；

第三部分为常规设计计算现代化（第五、六章），主要介绍了直观类比推理的科学化与定量化及常规设计中涉及大量工作量的设计参数、文件如何进行计算机处理。

第四部分主要阐述了如何因地制宜、进行各得其所的现代设计计算（第七章），由于《现代广义设计科学方法学》一书已详述，故只作导论，以开拓思路。

参加本书编写工作的有：陈金元（第一章初稿及第二章第五节）、柴邦衡（第三章初稿及第二章前三节）、孟繁忠（第四章初稿）、高法良（第六章）；雷继尧、王荣本、王统、胡云昌、周士建、宋连天、王明道、王胜强等同志完成了本书的个别节次。

本书编写时间仓促，错误在所难免，好在千里之行始于足下，我们只是为读者迈出了第一步。

编者 1987. 6

目 录

现代设计法丛书总序

前言

第一章 机械现代设计概论	(1)
第一节 现代广义设计观.....	(1)
第二节 现代设计法的产生与范畴.....	(17)
第三节 现代设计一般进程模式.....	(43)
第四节 设计要求的拟定.....	(58)
第五节 设计原则和法规.....	(70)
第六节 现代设计中的预测技术.....	(79)
第二章 原理方案构思与拟定	(112)
第一节 方案设计的创造性方法.....	(112)
第二节 原理方案构思方法.....	(123)
第三节 原理方案构思实例.....	(141)
第四节 系统功能分析设计法.....	(149)
第五节 机构综合创新法.....	(170)
第六节 方案优选空间综合法.....	(185)
第三章 结构方案设计	(205)
第一节 概述.....	(205)
第二节 结构设计的工作步骤.....	(206)
第三节 结构方案设计的基本原则.....	(210)
第四节 结构方案设计原理.....	(220)
第五节 结构方案的演变.....	(243)

第四章 总体设计与方案评价	(251)
第一节 系统分析.....	(252)
第二节 整机总体设计.....	(258)
第三节 传动系统总体方案设计.....	(284)
第四节 方案的技术经济评价.....	(290)
第五节 方案的模糊综合决策.....	(316)
第五章 类比对设计计算方法	(339)
第一节 直观类比推理.....	(340)
第二节 摄视设计法.....	(342)
第三节 相似设计法.....	(350)
第四节 模化与试验设计.....	(362)
第六章 设计参数和文件的计算机处理	(374)
第一节 数表的程序化.....	(374)
第二节 线图的程序化.....	(378)
第三节 数表和线图的公式化.....	(383)
第四节 数据文件.....	(389)
第五节 设计参数的处理.....	(412)
第七章 现代设计计算导论	(416)
第一节 常用现代设计计算方法.....	(416)
第二节 广义优化是现代设计的目标.....	(436)
第三节 智能论方法学是现代设计的核心.....	(444)
第四节 信号分析是现代设计的依据.....	(450)
第五节 功能实现是现代设计的宗旨.....	(457)
第六节 离散处理是现代设计的细解.....	(466)
第七节 动态分析是现代设计的深化.....	(469)
第八节 广义CAD——自动设计概念.....	(485)

第一章 机械现代设计概论

第一节 现代广义设计观

什么叫设计？至今人们有着不同的理解和解释。但不弄清设计的内涵与实质，就不可能对设计过程的特征、规律、原理原则、方法步骤等等，有一个清晰的认识，更不会将现代设计法作为一门多元交叉的横断学科去加以总结研究，从而在根本上就不可能将整个设计提到更高的水平。但首先必须建立现代广义设计观，即对设计、广义、现代三个术语有一定的观点与了解。

一、设计的内涵及种类

英文 Design。设计，起源于拉丁语 Designare（动词），Designum（名词）。Designare 由 De（记下）与 Signare（符号、记号、图形等）两词组成。因此，Design 的最初含义为将符号、记号、图形之类记下来的意思。随着生产的不断发展，科学技术的进步，设计不断向深度广度发展，以至人类活动的一切领域几乎都离不开设计。

面对种类繁多、形式多样的设计，日本川添登在他的《什么是设计》一书中，通过对人、社会、自然三者间的相互关系分析后提出，有三类设计：传递表达设计（Communication Design），产品设计（Product Design）和环

境设计 (Environmental Design) , 如图 1-1 所示。

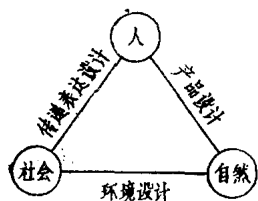


图 1-1

人的个体, 通过复杂的组织机构加以集合, 组成社会, 进而构成当今的世界。语言、文字、图形、符号等等用来沟通人们的思想。整个社会就是依靠这类信息的传递表达来实现其功能的。因此人与社会之间通过传递表达设计相联系。

自然界既是人们生活、工作、活动的场所, 又为人们提供赖以生存的一切必要条件。人与自然界的关系是索取与提供的矛盾。人们通过产品设计不断加强、提高自身的机能以便更好地利用、开发、改造自然, 使之更好地为人类服务。

社会的高速发展, 必定会影响自然界, 如能源, 环境污染、破坏生态平衡等等。人们通过环境设计来保持社会与自然界的的良好协调。

这三类设计既有差别又不能绝然分开。传递表达设计、环境设计中涉及到产品设计, 产品设计中涉及到传递表达设计, 如各种显示装置的设计和 环境设计 (如工作位置、空间环保等设计)。当代一些环境设计往往也包含有传递表达设计的内容, 如长江大桥桥头堡的造型设计。

由此可见, 通过人——社会——自然三者关系, 将广义设计分为三种类型有其一定的科学道理, 但这种分类法对现代设计的内涵、特点、实质和形式以及所采用的设计方法等方面均未能清晰地表达出来。

如果避开传递表达设计中那些较为特殊的设计例如广

告、路标等设计，那么根据系统论原理，整个设计基本上可按图 1—2 所示来划分。人——机器——工作——环境组成了一个完整的总系统，它(他)们之间相互作用影响着。由此可得到四种类型的设计：
 环境设计，系统设计，产品设计和零件设计。

环境设计包括区域规划，房屋、道路、桥梁等等设计，为人们提供工作、学习、生活、活动空间。这类设计的特点是带有“战略”意义的、一次性设计施工，设计优劣的判断准则为对客观情况发生变化时的适应性如何，而这种客观情况的变化往往事先很难详细预料。

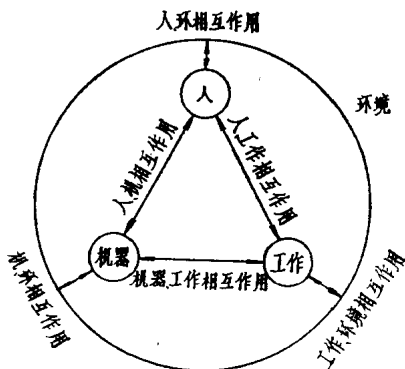


图 1—2

所谓系统是指具有特定功能的、相互间有着有机联系的若干个要素所组成的一个独立整体。系统设计就是指这类整体的设计。系统可分为两种：一种为流系统，有一组输入流（如物质流、能量流、信息流）通过提供统一性共同的要素（如子系统，机器、设备或装置等）进行传递转换，最后变为一组输出流。如供电系统、通信系统、供水系统，一个工艺流程，一条生产流水线等等均属该种流系统。另一种为结合系统。它由两组或两组以上的、自成系统的要素组成，各组要素有各自的输入流并产生各自的输出流，通过各要素的有机结合来实现系统的总功能。例如一辆汽车，有它的传动系

统，电路系统、供油系统、制动系统、冷却系统、润滑系统、操作系统等等，各系统有各自的输入、输出量，这些系统的有机结合便组成一汽车，实现汽车的总功能。这两种系统在性质上有所不同。流系统中的各组成要素间的连接，相对而言呈“柔性”连接，而结合系统各要素间的连接呈“刚性”连接。因此，前者的系统设计往往包括提出流系统的总体设计要求，各种流的流程综合，各组成要素的位置布置及接口设计等等，但不包括各要素的设计。图1—3为一典型的流系统设计示意。结合系统设计往往与产品设计相仿，因此可纳入产品设计中。

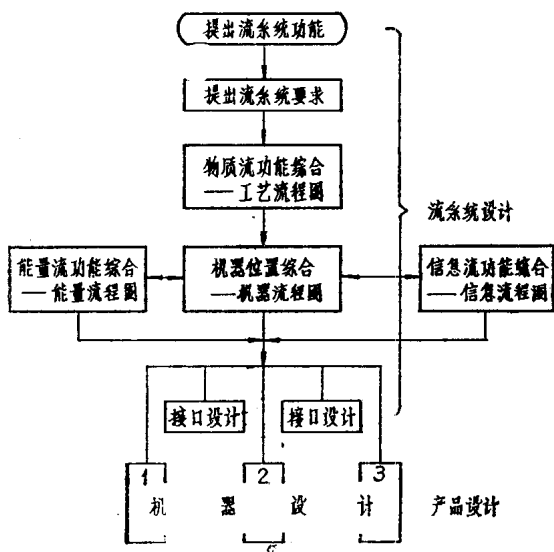


图 1—3

产品设计是指由许多零部件甚至是分系统集成而成的整体以实现一种或一组功能的这类设计，包括结合系统的设计。例如发动机，汽车，电动机，泵。这类设计的特点一般较复杂。方案构思，总体设计，零件的材料，尺寸、结构形状，加工要求以及零件间的装配位置等方面的变化往往对产品的性能，质量，成本影响很大。因此，设计人员需化很大的努力才能得到满意的设计结果。

零件设计是指不能再分解的、由单一材料组成的这种单元体的设计。大多数情况，针对不同的产品，这类零件需要单独设计。根据整个产品的设计要求不难确定对这些零件的设计要求。此外，常用零件的设计，多设计成标准件或通用件，设计时只要注意规格的选择及互换性要求。

通过上述人——机——工作——环境间的相互关系的剖析，将绝大多数设计归为四种类型，这样就比较清楚地揭示了各种设计的内涵、性质、特点、要求及其与设计方法间的关系。在实际中，由于设计项目不同，设计类型的侧重是不同的。有的侧重于环境设计，有的侧重于流系统或产品设计，也有的涉及全部设计类型。但不管哪类设计，都涉及到三大要素：人，机器和环境。这里的机器是指广义的机器包括工具、用具、设备、设施等。人、机器与环境构成了完整的系统。因此设计时应从这种系统角度来考虑。又由于人与机器在设计中所占的侧重不同，产生了两种基本设计指导思想：一种是以机器为中心，逐步向人，环境扩展，这是广大工程设计人员所习用的设计思路（见图1~4a）；另一种是以人为中心，逐步向机器、环境扩展（见图1~4b）；例如家俱的设计，室内设计，驾驶室设计等。从理论上讲，只

要真正从系统设计角度来考虑，这两种设计指导思想均是正确的，只是针对不同的矛盾采用不同的思想方法而已。

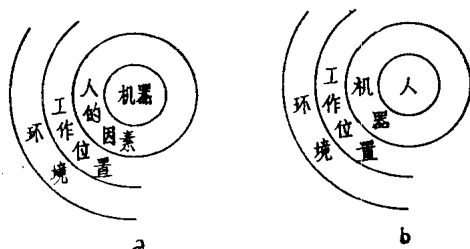


图 1—4

设计的一般过程（以较复杂的产品设计为例），不管大到一个机电产品（或系统），小到一支自动铅笔，整个设计过程总是在一定的时间空间内，按自身的规律进行的。这个过程如图 1—5 所示。

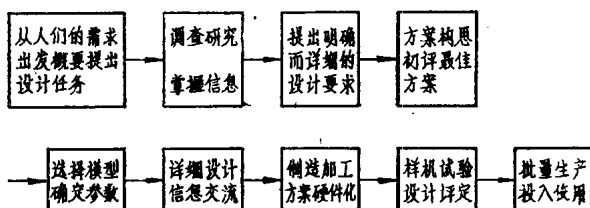


图 1—5

没有客观的需求，就没有设计任务，因此一切设计起源于客观的需求，又归宿于满足这种需求。设计的过程就是将提供的资源转化为技术装置以满足客观需求的过程。在这过

程中，各步骤之间存在着严密的逻辑关系，既不能颠倒，也不能随意跳越。产品投入使用后，该产品的 设计暂告一段落。随着时间的推移，产品的竞争、销售地点的不同，原来能满足需求的产品，可能会变成不能满足客观需要，于是对产品又要进行改进设计，进行新的循环。产品就是经过这种反复循环，不断改进、更新、升级甚至换代，呈螺旋型向前发展。在一次设计过程中，为了获得满意的产品设计，在各步骤间也存在着各种循环。因此设计又是一种根据各种信息反复作出判断的过程。尽管图 1—5 客观地反映了一个产品设计过程中的内涵和规律，但未能生动地反映出设计过程如何在时间与空间范围内运动的，更未能形象地反映出设计过程与各种知识软件间的关系，从而未能进一步揭示设计的实质。

所谓设计的形态是指设计过程所表现的形式、状态。我们可用图 1—6 来表示图 1—5 的设计过程，形象地表达出产品设计与时间的关系。图 1—7 为另一种设计过程形态，

除了清楚地表达了设计过程中的各种循环外，“详细设计要求”是后面设计、制造加工、设计鉴定及用户是否尝识的依据，它像一个圆筒一样笼罩着后面各项工作。这样，我们不难设想设计要求实际上起着一种边界的作用，将整个设计“空间”分为内外两部分：内部为设计应遵循的各过程，其任务是使资源转为“硬件”以满足需求，这是设计的最终目的，故称这内

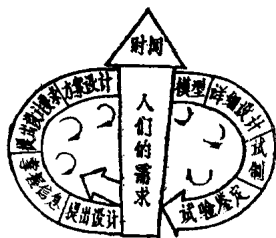


图 1—6

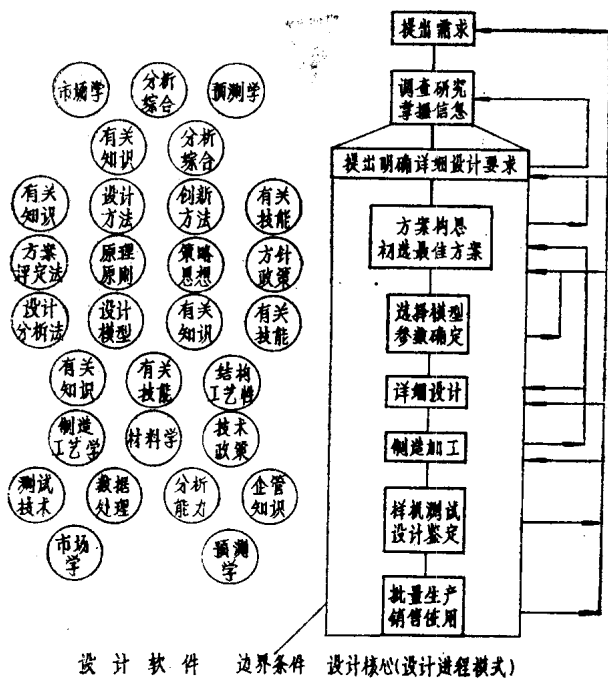


图 1—7

部空间为设计核心；外部为支持设计所需的各种“软件”，在此称为“设计软件”包括自然科学，技术科学、社会科学等必要的知识、经验及技能。设计的过程，实际上就是一方面遵循设计自身的规律进行运动，另一方面随时随地调用外部软件进行反复信息交流的过程。

上述设计形态是根据产品设计过程剖析得出的，对于环境设计，流系统设计，零件设计同样适用，只是设计核心的内涵有所不同。因此，这种设计形态具有一定的普遍性。