

工程设计方法引论

[印度] 维杰伊·格普泰 P.N. 默赛 著

魏发辰 译 岑军健 李仲伯 校

国防工业出版社

工程设计方法引论

〔印度〕 维杰伊·格普泰 P. N. 默赛 著

魏发辰 译

岑军健 校

李仲伯

国防工业出版社

内 容 简 介

这本书试图向人们揭示这样一点,即满足人类需要的设计不仅仅是一种天才的闪现,而且是一种要认真组织的、能为人们掌握的创造性活动。设计过程被描述为,从对需求的设想、方案的产生和评定、方案的发展,直到细节设计等一系列相关的阶段。为使读者更深刻地理解整个设计周期,书中介绍了若干适当的实例。

这本书可以作为工程领域的大学生和研究生的教科书或参考书,也可以帮助从事实际工作的工程师和设计人员更好地组织设计力量,以便最大限度地发掘他们的创造潜力。

An Introduction to ENGINEERING
DESIGN METHOD

VIJAY GUPTA

P.N. MURTHY

Tata McGraw-Hill Publishing
Company Limited NEWDELHI

1980

*
工程设计方法引论

〔印度〕 维杰伊·普里·P. N. 默赛 著

魏发辰 译

岑军健 李仲伯 校

责任编辑 李永亨

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 $1/32$ 印张 8 172千字

1987年6月第一版 1987年6月第一次印刷 印数: 0,001—3,700册

统一书号: 15034·3146 定价: 1.65元

前 言

近三十年来，在工程教学领域发生了相当大的变化。它从一门注重职业训练的课程，发展成为一门在实践的基础上导出科学理论的课程。因此，设计方法的教学就成了工程教学的薄弱环节，其结果就使得我们的许多大学生，虽然能在理论上对不同的问题进行较好的分析，但却不能、也不愿意去解决现实世界中的设计问题。然而，畏避实际设计问题的工程师是无法成为有创造性的设计者的。

跟设计实习相比，设计方法作为大学生在他们的全部课程中相当早地接触到的一种训练，在工程教学中已经成为一种越来越明显的趋势。顺应这种趋势，我们在最近几年内为坎普尔印度技术学院一年级学生讲授的同类课程的基础上编写了这本书。

编写这本书的目的在于：1. 使读者了解工程作为解决有创造性的问题的一种活动，它的基本特征是什么。2. 使读者确信，设计不仅是一种天才的闪现，而且是一种要认真组织的、能为人掌握的创造性活动。3. 使读者了解“冒险或信息不充分”与在此情况下的“决策”这样一对孪生问题，以及解决这一对矛盾的方法——反馈。4. 使读者认识到这样一条真理，即任何设计问题的解决都不是唯一的。所以，就有一个需要最优化的问题。

本书第一至八章导出并解释设计过程，以及它的各个不同阶段。第九至十二章讨论设计师在他的设计活动中，应当

考虑的若干问题；第十二章还将对一个简单但却实际的设计实例进行分析。

以这本书为基础的课程可以扩展到20~30学时，并且要以讨论会和设计实习给予补充。设计实习的目的在于，首先使学生体会设计周期的各个不同阶段，然后，制做出他所设计的东西。其重点应该侧重于概念化方面，而不是细节设计。我们认为，这门课应该放在工程师教育的开始阶段讲授。如果放到后面去讲，重点应集中于设计过程本身，而不是学生在其它课程中学到的分析的或细节的设计方面。

我们相信，这本书的许多内容对于从事实际工作的设计人员在系统化的实践中具有一定的价值。

在此，我们谨向为这本书的改进做出多方面贡献的桑托斯·格普泰 (Santosh Gupta) 博士，向为第九、十三章的撰写做出贡献的J. K. 格雷瓦特 (J. K. Ghelawat) 博士和M. 冯·奥本博士，向“设计导论”课的广大教师和学生，向坎普尔印度技术学院课程发展中心，质量改进规划部门为原稿的准备工作提供的资助，表示最真挚的感谢！

维杰伊·格普泰

P. N. 默赛

作者介绍

维杰伊·格普泰 (Vijay Gupta) 博士现任坎普尔印度技术学院航空工程系副教授。他在德里印度技术学院机械工程系获学士学位，并且于1972年在美国明尼苏达大学获得航空工程哲学博士学位。1978年，他曾与 J. 斯里尼瓦桑 (J. Srinivasan) 博士合著《热与质量转换》(TMH) 一书。

P. N. 默赛 (P. N. Murthy) 具有安纳马莱大学机械工程学士学位，印度班加罗尔科学院航空工程科学博士，并且在美国厄巴纳，伊利诺斯大学获航空工程学哲学博士学位。

他在马德拉斯水利部门工作了很短一段时间之后，就开始了他在安纳马莱大学的教学生涯。后来，他又在印度班加罗尔科学院工作了一段时间，目前任坎普尔印度技术学院航空工程系教授。

目 录

第一章 工程设计	1
第一节 设计的概念	1
第二节 设计的过程	4
练习	5
第二章 新旧设计方法	7
第一节 早期的设计者	7
第二节 设计的演进	8
第三节 自行车的演进	10
第四节 演进法不适应现代设计形势	15
第五节 安全剃刀的设计史	18
第六节 导热管——设计研究	21
练习	24
第三章 设计过程	26
第一节 设计过程概述	26
第二节 设计过程的构成	27
第三节 设计图解结构	32
第四节 设计过程——决策及反馈	35
第五节 小结	37
练习	38
第四章 对需求的鉴别与分析	39
第一节 对需求的认识	39
第二节 对初步需求的陈述	40

第三节	对需求的分析	46
第四节	技术规格	48
第五节	性能标准	50
第六节	环境因素	53
第七节	资源	54
第八节	关于招待所餐厅内手烘干设备的一个实例	55
第九节	小结	58
	练习	60
第五章	设计思想的产生	62
第一节	解决设计问题的创造力	62
第二节	创造的态度	64
第三节	创造的步骤	65
第四节	思想僵化或墨守陈规	66
第五节	与已有系统进行类比的创造性	69
第六节	清单的使用	74
第七节	小结	78
	练习	79
第六章	若干设计方法	81
第一节	探索设计思想的战略	81
第二节	形态分析	82
第三节	形态分析实例之一——一种炊用煤油炉	83
第四节	冷却水的热消耗——一个二维形态模型 实例	85
第五节	形态分析的另一个实例——公园用椅	87
第六节	相互联系的决策范围的分析 (AIDA)	88
第七节	智力描述或相互激励创造法——分组搜 寻设计思想	90

VIII

第八节 综摄性讨论会	92
第九节 小结	94
练习	95
第七章 设计决策	98
第一节 决策在设计中的地位	98
第二节 可行性标准	102
第三节 举例: 机动车正面撞击的保护	105
第四节 经济和资金的可能性	109
第五节 设计质量	110
第六节 效用的概念	111
第七节 利用效用选择设计方案	114
第八节 按多功能准则选择材料的实例	117
第九节 在情况变化的条件下进行决策	120
第十节 小结	123
练习	125
第八章 设计的发展	127
第一节 从方案到产品	127
第二节 功能设计	128
第三节 生产设计	134
第四节 装运、操纵及安装设计	135
第五节 使用设计	137
第六节 维修设计	140
第七节 细节设计	142
第八节 小结	146
练习	147
第九章 工程设计中的经济学	149
第一节 经济学在设计中的地位	149

第二节	固定费用和可变费用	152
第三节	盈亏分析	153
第四节	为盈利而设计	155
第五节	实例研究: 对一个生产玉米淀粉工厂设计的经济分析	157
练习		161
第十章	最优化	164
第一节	对最优化的需要	164
第二节	关于最优化问题的数学描述的若干实例	167
第三节	几个简单的实例	170
第四节	线性规划	171
练习		177
第十一章	可靠性	180
第一节	引言	180
第二节	可靠性的测量	183
第三节	装配系统的可靠性	188
第四节	串联系统的可靠性	189
第五节	并联系统的可靠性	190
第六节	系统可靠性的一些实例	192
第七节	最佳可靠性设计	194
第八节	可靠性分配	196
第九节	小结	197
练习		197
第十二章	设计中人的因素	201
第一节	引言	201
第二节	人和机器的相互关系	202
第三节	显示系统	204

第四节	视觉显示系统	207
第五节	控制系统的设计	215
第六节	小结	221
练习		221
第十三章	一个研究实例: 筐形太阳灶	223
第一节	家用能源危机	223
第二节	对寻找新能源必要性的初步说明	223
第三节	对需求的分析	224
第四节	设计构思	224
第五节	太阳灶设计构思的形态学分析	228
第六节	设计构思的发展	231
结束语	现代工程设计的任务	234
附录 A	概率	236
A.1	引言	236
A.2	概率	238
A.3	概率论的基本原理	239
A.4	条件概率	239
A.5	乘法规则	240
A.6	加法规则	241
A.7	举例	242
A.8	二项式分布	243
附录 B	一些学生参考项目	243

第一章 工 程 设 计

第一节 设计的概念

设计是革新和创造。制定未来的住宅和办公大楼的规划是设计，制定一种新型汽车和新型打蛋器的规划是设计。创造新式服装、陶器和家具，也是设计。发明车轮、犁、防风提灯、蒸汽机、伏打电池、车床、发电机、感应电动机、飞机、无线电收音机、火箭、晶体管等等都属于设计的范畴，只不过是意义大小不同而已。人类文明发展史，就是通过一次又一次的革新和发明不断增加物质财富的历史。原始的人类，象他们的亲缘——类人猿一样，对各种危害人类的自然因素没有抵御的能力，但他们却有一种非常重要的天赋——创造能力，也就是满足自身需要改造现存天然物质的能力。正是由于有了这种能力，再加上艰苦的劳动，人类已经为自己创造了一个物质世界。

这个物质世界的每一样东西，都是为满足他们自己的需要而发展起来的。

在各种情况下，人类总是创造出某些前所未有的东西。他们总是先有某种需要，而后产生一种怎样才能满足那种需要的思想，最后经过百折不回的努力将其变成现实。人们从需要到产生思想，再把这种思想变成现实的过程，一般称之为设计。

“现实”一词的含义，在这里比物理和物质的形式要广泛

得多。化学工程师设计可以生产化学物品的方法，计算机工作者设计能够获得理想结果的算法(程序)。但是，设计包括了所有的思想向现实转变的过程。艺术家的工作也是把自己的思想表达为具体的形式，但其目的却在于抒发内心的感情和他对外界环境的感受。在这个意义上，他的工作不能称为设计。

显然，设计远不仅是获得一个闪光的思想。一种思想，如果不用来为人类和社会服务，那就一文不值。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。

当然，上面所给的设计的定义并不全面，因为它没有把设计过程的一个重要方面，即最优化实验体现出来。设计师的工作总要受到某些条件的制约，这些约束条件可能跟能够利用的资源、限定的时间等等有关系。设计师所追求的目标并不是某种理想的设计，而只是希望在给定的约束条件下实现最优设计。这种得到最佳设计的过程，就叫做最优化。从来就不可能有什么理想的产品，只要有了更多的时间、更多的资金，如果有可能的话，再加上采用比现在更好的工艺技术，人们总可以对它进行改进。然而，设计师不但不可能有不受限制的方便条件，而且要在规定期限内完成。他们必须在给定的费用等的约束条件下实现最佳的设计，并且必须为此而奋斗。因此，我们可以对设计过程给出如下更合理的定义：

提出或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。

实质上，正在实施的工程设计的实质，就是必须考虑到哪些方案是可行的。考虑实际的可实现性及经济和资金上的

可能性，都是对设计工作必不可少的要求。那些不能实施或不经济的设计方案，必然毫无用处。这就要求工程师必须具备物理和工程科学方面的牢固的基础知识，必须对各种生产方法了如指掌，并能够创造性地利用这些方法，最有效地利用资源，以达到完成设计课题的目的。

设计的定义不仅适用于工程师和建筑师的工作，而且也适用于管理人员、计划人员、政治家、院士以及其他有着特殊目的，并力求利用现有资源尽可能最好地达到这些特殊目的的人们。在这本书中，我们着重论述了工程产品的设计问题，然而所讲的大部分内容都具有广泛的适用性。

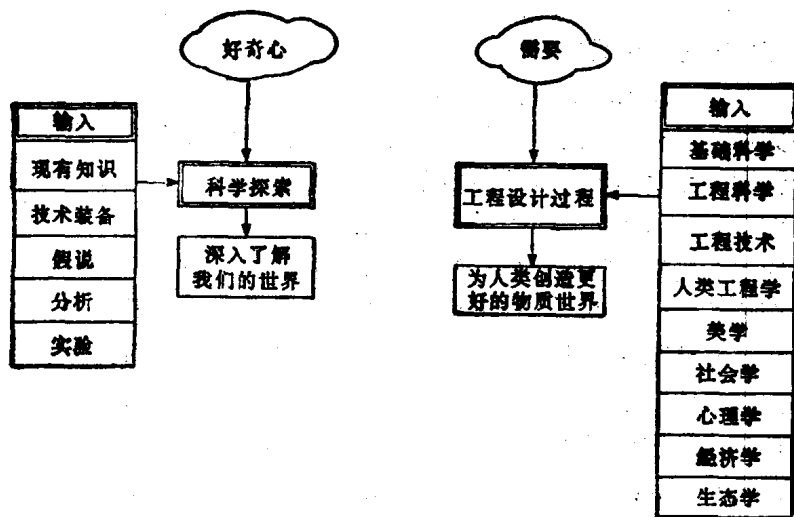


图1.1 科学家研究现在的世界，工程师创造过去没有过的世界—冯·卡曼 (Von Karman)。科学探索从好奇心开始，设计过程则从需要出发。

第二节 设计的过程

上一节所定义的设计活动，可以看做是在可利用的资源 and 人类的需要及愿望之间的鸿沟上建造桥梁的过程。亚历山大·格雷厄姆·贝尔 (Alexander Graham Bell) 曾幻想过远距离传声。他创造了一台用铁丝、电阻丝、振动膜片制成的装置，从而发明了电话。詹姆斯·瓦特 (James Watt) 曾想过用蒸汽的压力使曲柄转动。他把经过机械加工的钢制零件按一定的方式装配成了蒸汽机。贝尔和瓦特怎么会知道他们应该采用什么方式进行工作呢？的确，起初他们并不清楚应当怎么做。那他们是怎样使各个机件的组合能够工作的呢？而不选择利用同样输入资源的可能是毫无价值的成千上万的其它组合呢？

设计过程之所以特别困难曲折，就是由于设计工作面临如同在没有海图的海洋上寻找航线一样。由于大部分都是新课题，可供参考的东西寥寥无几，可能有的只是某些相关或相似问题的经验。对于一个新课题来说，开始的时候，往往除了一些有希望的设想以外，别无其他。毫无疑问，在每一项成功的设计中，实现正确的组合既有相当程度的偶然性，也有能够准确看出应当怎样做的天才因素，还应包括设计努力得当的作用，这种努力得当的结果把设计工作引向了问题的解决。这个工作过程，就称为设计过程。它由一整套相关的活动组成：选择课题、提出方案、评定方案、细节设计和试验等等。

本书以一种明确的思想为基础，即设计过程是可以进行研究、学习和教授的。虽然设计过程不是一种处方、一种惯例、或是一个只要套上去就能获得结果的公式，但是只要有

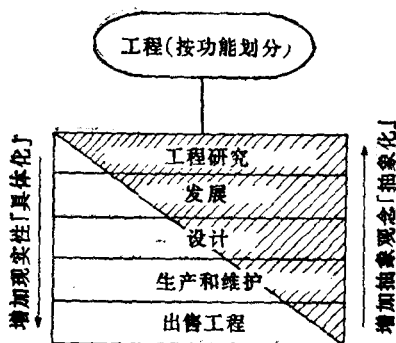


图1.2 工程专业所涉及的问题不只是设计，而是关系到保持人类物质世界的充分供应及具有其他功能。设计活动是介于实践性与抽象性之间的活动，因此，也是最困难的尝试。

意识地去熟识和实践，就能提高成功率。

如果掌握这些设计过程的知识 and 有规律的实际经验，就不会再象爱迪生 (Edison)、赖特兄弟 (Wrights) 那样依靠成千次的摸索试验进行设计了。这并不是说爱迪生等人对设计过程的直观了解不多，只是他们的创造潜力没有被进一步激发而已。写作本书的目的是为了剖析系统的设计过程，以便组织和指导发明创造工作。掌握这些方法将会使那些有天赋的和天赋不那么高的设计师，都能变得更有组织能力、有更高的工作效率因而更有成果，能充分发掘设计师的创造潜力。下面几章，将研究设计过程及其各个步骤和阶段。

练 习

1.1 这一章给出的设计定义不仅适用于工程师和设计师，而且同样适用于管理人员、设计人员、政治家、院士以

及其他具有一定目的并希望在现有条件下，尽可能最优地实现其目标的人们。试讨论这些人员在他们的工作中，所遇到的某些典型的设计问题。

1.2 燃油汽车排出的废气造成的大气污染，可能是对人类文明最大的威胁，它甚至比核破坏的污染更严重。请列出汽车对人类社会的其它方面的影响（包括好的和坏的影响）。同样，如果我们现在下令禁止私人拥有和驾驶汽车，那么我们的城市生活将发生怎样的变化呢？

1.3 某些分析家预测了纸将长期短缺，如果是纸张式样过时，或是它的适用性受到严重限制，我们如何重新安排生活，把纸张短缺的冲击缩小到最低限度。