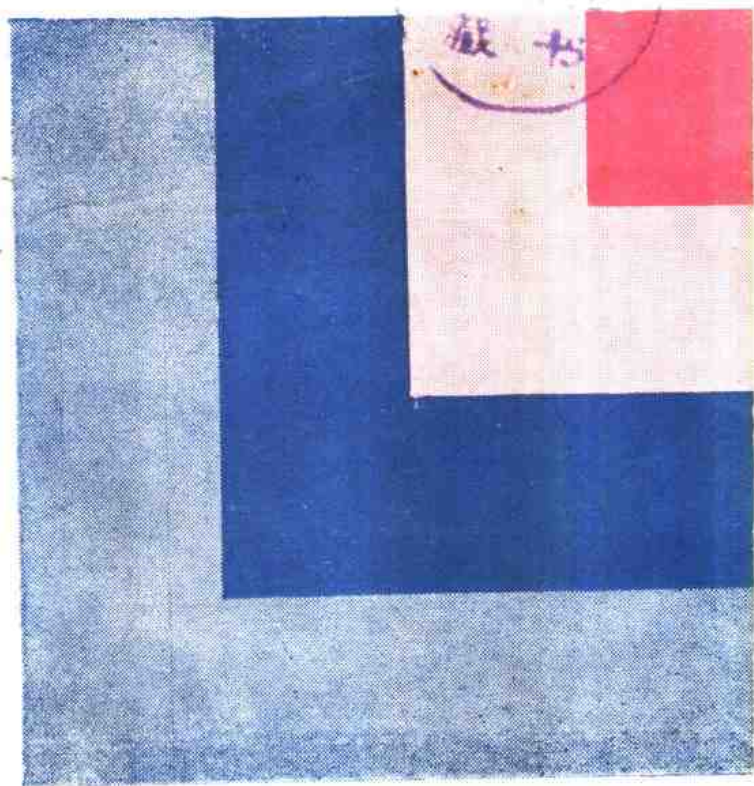


504063

沈泰昌 编著

《工程设计》学习指导



北京工业学院出版社

《工程设计》学习指导

北京工业学院出版社

内 容 简 介

本书是配合中国教育电视台播出的“现代工程师继续教育”节目，供广大学员使用的自学、复习教材。全书共十章，系统地介绍了工程设计的概念、创造性设计方法、系统设计、优化设计、功能—成本设计、可靠性设计、自动设计、工业造型艺术设计、工程实验、设计经济分析与决策等内容的重点、难点及典型案例分析，每章后面附有复习题。

《工程设计》学习指导

沈基昌 编著

北京工业学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

通县向阳印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 7.25印张 154千字

1988年4月第一版 1988年4月第一次印刷

ISBN7-81013-058-7/C·2

印数：1—5,000册 定价：1.75元

前 言

中央广播电视大学《现代工程师继续教育》课程，由我主讲的《工程设计》48学时，在86~87年已通过卫星播出一轮，仅北京地区参加学习的工程技术人员就达三万多人，经达标考试都取得了较好的学习效果。

应全国广大工程技术人员要求，这门课将在1988年6月再次播出。为使广大学员能有一本完整的、听课以后便于自学、复习的教材，重新编整了这本书。

作者

1988年1月

目 录

第一章 工程设计	(1)
一、工程设计的定义和特点	(1)
二、工程设计的阶段	(3)
三、工程设计的创造性	(6)
四、创造性思维方法	(10)
复习题	(11)
第二章 系统设计	(22)
一、系统的概念	(23)
二、系统的分类	(23)
三、系统科学的基本原理	(24)
四、系统设计方法	(36)
五、系统分析	(40)
六、系统模型方法	(45)
七、系统评价方法	(50)
复习题	(62)
第三章 优化设计	(64)
一、优化设计	(64)
二、优化设计的基本步骤	(65)
三、建立数学模型举例	(67)
四、优化设计基础与方法	(69)
复习题	(94)
第四章 功能—成本分析	(95)
一、问题的提出	(95)

二、功能—成本分析方法的产生与发展	(96)
三、功能—成本分析的概念	(98)
四、基本参量	(100)
五、价值工程活动的工作程序	(104)
六、案例分析	(110)
复习题	(116)
第五章 可靠性设计	(117)
一、可靠性的概念	(117)
二、可靠性的主要度量指标	(119)
三、可靠性设计的基本原理	(126)
复习题	(141)
第六章 工业造型艺术设计	(142)
一、工业造型艺术设计的概念	(142)
二、工业造型艺术设计的原则	(143)
三、工业产品造型艺术设计的要素	(144)
四、工业产品造型艺术设计的基本原理	(146)
五、工业产品造型艺术设计的程序	(148)
六、工业产品的装璜设计	(149)
复习题	(150)
第七章 自动设计	(151)
一、自动设计概述	(151)
二、自动设计系统	(152)
三、自动设计的硬件	(155)
四、自动设计的软件	(156)
五、自动设计的步骤	(160)
复习题	(161)
第八章 工程实验	(162)
一、工程实验的概念	(162)

二、工程实验的类型.....	(164)
三、实验设计方法.....	(169)
复习题.....	(181)
第九章 工程设计经济分析.....	(182)
一、工程设计经济分析中的基本概念.....	(182)
二、工程设计经济分析的基本原理.....	(186)
三、工程设计经济分析的原则.....	(186)
四、工程设计经济分析的指标体系.....	(187)
五、设计方案的经济分析方法.....	(191)
六、设计方案的经济分析举例.....	(192)
复习题.....	(204)
第十章 设计决策.....	(205)
一、决策的思维.....	(205)
二、决策的原则.....	(207)
三、设计决策的步骤.....	(208)
四、决策方法.....	(210)
复习题.....	(223)

第一章 工程设计

学习这一章，重点要掌握工程设计的定义和特点；工程设计五个阶段的基本内容；工程设计的创造性和创造思维的常用方法。

一、工程设计的定义和特点

复习这一问题，要理解什么是工程，什么是设计，进而理解工程设计这一完整概念，明确工程设计具有的三个特点。

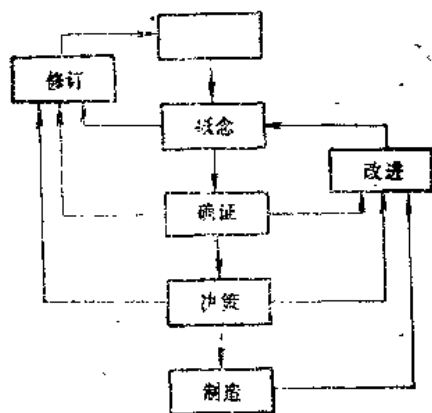


图1-1-1

工程作为一个概念是指针对某种需求，经过人们的设想、计算，使欲达需求的研究对象付诸实践的过程。任何一项工程都具有起点、过程和终点，即具有工程寿命周期，如图1-1-1。这个寿命周期始于形成概念阶段，终于制造阶段，虽然这是一种由需求到制造出产品的单向过程，但在实际中却会存在某些反复，例如通过对概念的验证改进概念，通过决策修正需求等。

工程不同于无终点的工作，例如：会计、生产、推销、人事等工作。也不同于有起点和终点但没特殊目标(如看电视、逛书店)的活动。更不同于搞方案，因为方案的形式各有不同。因此，要掌握工程活动的目标就是运用科学原理，在社会、经济、时间等的约束范围内，研制出满足用户要求的产品。

设计，即设想与计算。一般是根据已经提出设想，制定出具体的明确并可付诸实施的方案，说明。它与研究和开发相

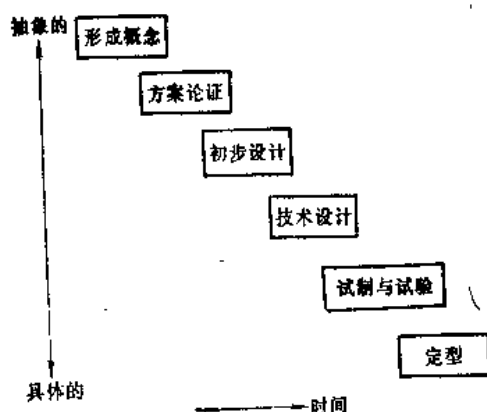


图1-1-2

比具有目标更明确、约束更多和方案选择的确定性更大等特点。

在了解了工程、设计这两个概念的含义之后，我们就可以对工程设计这一完整的概念作如下的定义：工程设计是研究在工程活动中，以当代技术因素满足社会需要这一目标下，寻求高效率地完成高质量产品或项目方案的过程。同样，工程设计也具有起点、过程和终点，如图1-1-2。

二、工程设计的阶段

一般地说，工程设计分为方案论证、初步设计、技术设计、试制与试验、设计定型等五个阶段。

1. 方案论证

无论是开发某个工程项目，还是设计一种产品，其根本目的是满足社会生产或人民生活的需要。这种需要随着科学技术的发展，在不同的历史条件下有着不同的内容和深度。对设计者来说，完成设计标准就是尽可能地满足和实现这些要求。了解、分析这些要求的提出，并考虑在技术上、经济上实现的可能的这段工作，通常称为方案论证（在航空工业、兵器工业中又称为战术技术要求论证）。这段工作是设计遵循的依据和最后完成设计评价的基础，其工作程序包括：1）总体设计部门会同各有关方面对类同功能的产品、文献、资料及本部门的情况进行调查，逐步形成需要实现任务的各种方案；2）对提出的各种方案进行综合评价，选出既满足评价指标又有最大可能实现的方案（通常采用的评价指标有可靠性、有效性、适应性、经济性和重复生产性五项）；

3) 对已确定的方案确定出初步的结构形式、主要几何尺寸、主要设计参数；完成初步结构部位安排，绘出总体布局草图。

2. 初步设计

初步设计又称总体设计，是非常重要的阶段。在这一阶段中，由于基本确定了工程项目或产品的最后性能，因此应得出能满足用户要求的工程项目或产品的全貌。初步设计所依据的性能、规格，通常是由用户提出，但有时也由用户与研制单位共同协作提出。

初步设计的主要任务是确定设计对象的全部主要设计参数，并保证其有足够的精度，以便能作出完善的设计，在技术设计时不导致严重的设计重复。因此，在初步设计阶段应做到：1) 详细了解设计对象的规格，尽可能写出完整的规格校核表，并确定其是否达到目标；2) 对各个环节都应做深入细致的探索；3) 在分析和设计过程中应不断地作出明智的假定和决定。

初步设计的步骤大体是：第一步，在方案论证的基础上

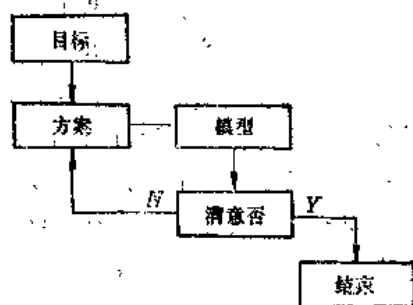


图 1-2-1

建立模型，估算总体性能参数，如达不到预定的性能指标，就需改进方案、调整参数。如图 1-2-1。第二步，从已确定的方案中明确各部件的方案及设计任务，可以给出部件主要设计参数。第三步，明确各部件间的接口参数、协调环节等关系。

3. 技术设计

技术设计也称部件设计，依据总体方案确定的参数、尺寸，精确地对每一部件、零件进行设计，确定它们的结构、形状、尺寸、材料、强度、重量等参数。对某些零部件有时也需要做些试验性的验证工作。技术设计一般包括的内容有：确定产品总图、部件装配图及主要零部件图；编制零部件明细表；编写设计说明书，制定产品的技术经济指标；对新产品进行技术经济分析。

实际上，部件设计工作往往和总体设计工作相互交错进行。这是由于人们受到经验和设计水平的限制，理论设计不一定能完全符合实际情况，可能出现总体方案对部件要求的技术偏高，或部件本身还有潜力可发挥，因而导致对总体方案的某些修改。另一方面，有些部件尚须在产品总体试验后才能定型。所以，总体设计还要根据各部件的最后设计结果再次进行调整。

在技术设计阶段，要完成设计图纸，造出样机，以及由于样机制成后所要进行的一系列试验（如静态和动态的试验）。因此，有关的试验设备、仪器也要在这一阶段同时完成准备工作。

4. 样机试制与试验

在这一阶段，除了试制出各部件及样机外，还要进行一

系列工艺设计，其中包括解决技术问题、工艺装备、制定零件加工方法、部件装配、整机装配等，并按规定进行整机的静力试验、动力试验等考核产品的规定性能。有些产品在经过上述工作后，还需要做些特性试验，如军品的靶场试验等。

5. 设计定型

产品经过方案论证、初步设计、技术设计和样机试制与试验四个阶段后，在有关主管部门主持下，经鉴定确认产品符合性能要求，而且各种图纸齐全、规范，技术文件和试验资料充分，即可办理设计定型手续。实际上，在设计定型之前，一般还要经过小批量生产，通过试用进一步发现问题，改善工艺。

三、工程设计的创造性

创造或创造设计，是通过对过去的经验和知识的分解与综合，使之成为新事物的过程，如图1-2-2。

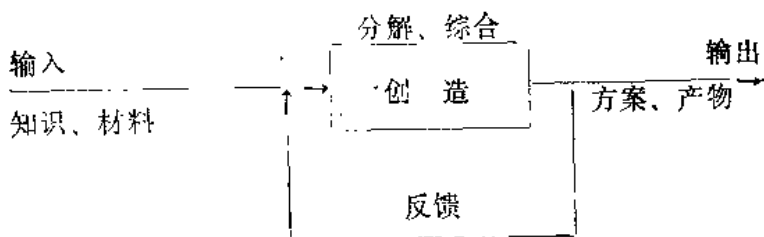


图1-2-2 创造过程

在工程设计中，不仅要充分了解现实主体，而且通过想象创造着新的事物。创造过程中的思维活动，具有一般思维活动(解决问题)的特点，但又不同于一般的解决问题。因为它不只是依靠现有的表象或有关条件的描述，而是要在现有资料的基础上进行想象，加以构思，才能解决前人所未解决的问题。创造思维重要的特点在于想象，特别是创造想象的参与。能够结合以往的经验，在想象中形成创造性的新形象，提出新的假设，是创造活动顺利开展的关键。因此，创造思维研究的重要问题是如何促进这一过程。

新设想的顺利提出，是和对前一段问题是否已经明确和正确理解相联系的。明确了问题的性质，就有可能使思维过程有一定的方向，能把问题纳入一定的原则，遵从这些原则构思出解决问题的可能办法。例如，当设计一蜂窝煤机时，想到必须把煤粉压成蜂窝砖，所以，制煤机应当属于压床类。根据采用压力型式为出发点，加以具体的想象深化，最后就会设计出压煤机。

启发对顺利提出新假设起着很大的作用。启发是从其它事物中看出解决问题的途径。起启发作用的事物叫原型。任何事物都可能对启发作用。可以说，善于观察、善于思考是创造思维的核心。

工程设计的成败在于能推陈出新，若想设计出好的产品，在于工程师应掌握如下的七个要素。

1. 坚持思考

搞创造性设计，首先要着眼于检查自己的工作，每天都应想想：哪些方面的工作还做得不够好，有什么新的办法可以运用到自己的设计中去。设计者往往对自己的工作患有

“不敏感症”，难以发现自己工作中的问题，提不出创新的意见，久而久之，甚至“十年如一日”搞设计而竟无所创造。

因此，每天用一定的时间动动脑子，想想问题，是治愈“不敏感症”提出独创的好办法。爱因斯坦曾经说过：“研究室本身不是为了产生主意而建立的。它的真正价值是让人们能每天有考虑问题的时间。”在不受干扰的环境中沉思默想，就可能产生出各种有参考价值的方案。至于每天用什么时间来思考问题，根据各人的具体情况灵活安排。例如，日本发明学会会长丰泽丰雄，每天早上利用参拜狐仙的十五分钟考虑问题，从而想出了各种好主意和好方案。再如，日本最大的一个出版社讲谈社的野间清治，每天坐在坐垫上花几十分钟考虑创新，为讲谈社想出了许多主意。所以，只要坚持思考，就会有許多新构思。

2. 敞开思想

设计构思一定要敞开思想，开始想出的方案、办法不一定高明，这是正常的。但要坚持想下去。因为当你开动脑子想问题时，思维能力就得到提高，思多了，熟能生巧，逐步掌握了规律，创造性的设计就会油然而生。

但要强调的是：1)设计创新必须切合实际，不能想入非非，漫无边际；2)不能离开了知识储备的瞎想，因为任何工程设计都需要有许多相关的知识，没有广博的知识再冥思苦想也不会设计出好的产品来。

3. 随时记录

工程设计在于创新，创新的源泉是知识，只有经过知识积累才会在思维的过程中产生“灵感”，出现的新构思，一定不要放过灵感的出现，要随时记录下来，否则很快就会忘

却。抓住出现的新构思，深入思虑往往是设计成功的关键。例如，诺贝尔看到硝化甘油从容器里一滴滴地掉在含有硅藻的地上，立即凝结起来这一现象，就及时记录下来，事后在翻阅笔记思考问题时，忽然产生了一个想法，易爆炸而运输困难的硝化甘油，如果注入硅藻土里，是不是就不易爆炸了呢？从这个思路出发，他终于设计制成了易于运输的甘油炸药。

这里，我们要强调的是，对于设计师来说，即使有的现象与直接设计对象无关，也要养成记录的习惯，创造是来源于广阔的知识，借鉴往往是推陈出新的捷径。

4. 反复酝酿

从事设计的人们都会有这样的体会，一个构思刚出现时，觉得它非常好，但深入研究一下，便会发现某些环节上不可行，这时切记不要随便放弃，可先记录下来，过些时间再看看它是否象起初想到时那样好。这时，很有可能会产生更好的方案，或者还是原设想的方案好。也许会觉得原方案制造较麻烦，或成本高等新问题。实际上这已在前进了，只要认真想出克服缺点的办法，这项设计就更加完善了。这里有个酝酿过程。正如毛泽东曾经指出的：“要完全地反映整个的事物，反映事物的本质，反映事物的内部规律性，就必须经过思考作用，将丰富的感觉材料加以去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的改造制作工夫，造成概念和理论的系统，就必须从感性认识跃进到理性认识。”作为工程设计人员，也只有遵循这一哲理才能得出好的构思、好的设计成果。

5. 深入研究

构思是多方面、多因素的思维过程。设计者一定要从众

多的设想中抓住关键，深入研究。围绕任务书中提出的设计要求进行，紧扣着功能是否满足，经济效益和社会效益是否有利这一点，深入探求，才会使设计深化。

5. 综合思考

创造性设计是推陈出新的过程。不是把设计对象孤立地进行分析研究，而是要把若干事物结合起来综合思考，也就是要把多方面的设计因素、设计要求联系起来综合分析。因此，对设计师来说，必须具备广泛的知识，例如，建筑师在设计住宅时，尽管每个住室都设计的别致、适用，但忽略了住宅处所的环境、交通等就失去了整体美，也会影响自身效果。

7. 实施办法

一些不成功的设计往往是设计者存在两个问题，一是对自己的设计不善于深入研究；二是没有认真考虑如何付诸实施的具体方法。

当然，在产生某种设想以前，不应该有过多的限制和框框，但有了某个方案时，就必须认真考虑如何实施，考虑怎样才能达到设计要求。

对一个好的设计师来说，应绝对避免我设计，采不采用是你的事，我画图，做不做得出来是工艺师的事等态度。

四、创造性思维方法

工程师的责任在于创造性的工作。创造性的能力人人皆有，创造力可以训练，可以开发。经过创造工程学家的研究，创造发明的规律已被认识，这就是用科学的理论和方法，去研究一个个创造项目的具体过程，即对创造目标是怎样