

现代设计法丛书

实用广义优化学

中国现代设计法研究会编

中国建筑工业出版社

4.1

本书是现代设计法丛书之一,旨在把经典优化理论扩展升华为更广义的优化论方法学,以完善解决现实世界中无所不包的优化问题的方法学体系。

本书主要从工程技术角度,阐明了优化论的概貌、发展,重点阐述了以全局优化为核心的交叉性优化,如方案优化、网络优化、创造性优化、非优控制、离散优化、可靠性优化、试验优化等,体现了实用、广义的整体优化。

本书可供高校本科生、研究生作为教材或参考书,也可供设计人员、管理人员等广泛专业人员阅读。

实用广义优化学

中国现代设计法研究会编

中国建筑工业出版社 出版发行(北京西郊百万庄)

4229工厂印刷(北京广宁伯街)

开本: 787×1092毫米 1/32印张: 10.75字数: 230千字

1989年10月第一版 1989年10月第一次印刷

印数: 1—3000册 定价 3.00元

中国标准书号 ISBN7-112-00754-2/T·2

统一书号 15040·5838

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”。

通过传统经验的吸取、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、定量的概念观点和实用方法。

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、生产和创造的一切软、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！

千里之行始于足下，新型交叉学科的产生总会伴随着“不完善”，恳希读者共同培育，不足之处敬请来函：北京展览馆路一号，中国现代设计法研究会，100044。

现代设计法丛书主编 戚昌溢

1987年6月

前 言

优化自古以来就是人们朴素的愿望和要求,随着科学技术的发展,自然科学、社会科学、技术科学的需要,优化已成为当代各行各业在构思、设计、行动的追求目标,同时要求更加明确和定量化,由于创造工程、应用数学、电子计算机的发展,使优化已发展到了一个更高层次和水平,已深入到生产、生活、科学研究的各个领域和部门,它既有重要的理论意义,更具有现实的实用价值,优化可以直接创造财富和经济效益,为生产建设服务。

什么叫优化,怎样达到优化,有哪些具体方法,这是人们普遍关心和研究探讨的问题。数学规划虽是优化的重要方法,但它决不是全部,最优化虽是个理想,但在实际中只能是逐步逼近而不可能完全达到,因而优化永远是一个动态发展过程。社会需要优化,优化依赖于社会的发展,这是优化的活力和强大生命力之所在。优化的理论基础是创造工程和现代数学,优化方法应该是多种多样多层次的,优化是改革和创新,是合理化和科学化,这是广义优化的真正含义,也是优化论方法学的宗旨和目标。

本书是以《现代广义设计科学方法学》为主要参考书籍,以现代设计方法为轴线,将优化思想贯穿到现代设计的全过程,是多学科的交叉产物。使它真正能起到对各行各业现代优化设计具有理论指导、开阔视野、扩展思路、服务实践的作用。

本书由咸昌滋、高荣、石琪高主编，为本书某些章节撰稿和提供初稿的有：徐福嘉、佟杰新、章成器、李奎贤、徐挺、张兰义、丁予展、张立群等，某些实例采用下列作者的文章与投稿：杨海滨、朱佑胜、李润方、周士建、王光远、杨青、杨镇东、吕耳、龙鹏武、刘林生、陈光南、李世存、翁大伟、杜祖鹏、韩玉增、周文衡、王露孜等。

优化学是一门交叉边缘性的新兴学科，这本专著的编写带有探索性，由于缺乏经验，难免存在缺点错误，欢迎读者指正。

编 者

1989年6月

目 录

现代设计法丛书总序.....	(1)
前 言.....	(1)
第一章 总 论.....	(1)
第一节 优化和广义优化.....	(1)
第二节 优化中的系统分析、综合和检验.....	(17)
第三节 优化的演化和发展.....	(23)
第二章 优化构模原理.....	(34)
第一节 概 述.....	(34)
第二节 现代设计中的整体方案优化程式.....	(63)
第三章 方案优化.....	(69)
第一节 新产品开发.....	(69)
第二节 原理方案的拟定.....	(73)
第三节 方案的粗选方法.....	(92)
第四节 有效价值分析法.....	(102)
第五节 技术经济评价法.....	(125)
第六节 优选空间综合法.....	(147)
第四章 图论及网络优化.....	(168)
第一节 图论法优化.....	(168)
第二节 网络法优化.....	(177)
第五章 交叉优化.....	(194)
第一节 有限元分析最优离散化.....	(194)
第二节 可靠性优化.....	(215)

第三节	模糊优化·····	(228)
第四节	创造性优化·····	(240)
第五节	环境艺术优化·····	(244)
第六章	优化实例种种·····	(250)
第一节	黄金分割优化律的广泛存在·····	(250)
第二节	CAD 设计 新 药·····	(252)
第三节	秘书的优选组合·····	(254)
第四节	计算机辅助优化配方·····	(258)
第五节	运输优化方法·····	(260)
第六节	围产医学中的优化技术·····	(263)
第七节	选矿试验优化·····	(264)
第八节	干部测评的专家系统优化·····	(268)
第九节	齿轮凸轮组合优化设计·····	(271)
第十节	七杆机构优化综合·····	(282)
第十一节	优化管理·····	(291)
第十二节	优化劳动组合·····	(293)
第十三节	信息优化与领导决策的优化·····	(298)
第十四节	优化思维七步法·····	(304)
第十五节	社团组织优化设计·····	(308)

第一章 总 论

第一节 优化和广义优化

一、什么是优化

数学规划优化是一种得力的最优化理论和方法，但在一切设计领域内，按照函数极值理论的观点去求其最优点，是难以达到的。其原因，一是数学模型函数式的建立不是完全可能，如果可以建立起来也只能表达其主要参数间的本质关系，去掉其次要和难以估量的参数，这样则形成了最优化模型的第一次近似；二是在求解过程中，其解析解一般是很难达到的，因此多采用数值迭代法求解，这样又形成了最优化计算上的第二次近似；三是在各类设计领域应用时，不可避免地要对计算数据一定要根据实际情况和标准进行进一步圆整修改，这样就形成了具体应用的第三次近似。数学模型的建立，最优化方法的选取，计算机程序的编制，最优化结果的分析等都不是确定不变的，特别是非线性规划问题到现在仍没有一种可行通用的解决办法，因之它不象古典力学那样，只要问题已定，其分析计算结果具有确定唯一性，设计问题的数学模型构造和最优化理论方法均达不到此步要求，它会因人而异，因所采用的观点、理论、方法不同而不同，因之在同一问题上，即使是同一个人进行优化设计，也会产生具有多个不同的最优解，所以它具有很大的不稳定性。根据以上各点的分析可以说明，“最优化”只能是一种“设想”，

尽管它在最优理论上或是数学规划论上可以得到进一步完善和发展，但在设计领域上它永远不会达到“最优极值设计”的地步，最优化只能作为一种理想予以追求，正如信号分析中近似取得“真值”这一理想参数一样，只是可望而尚不可及。当然，随着科学技术的进步和发展，人们会越来越的采取多种多元性措施，使其向“最优化设计”逼近，向这一理想靠拢，以便更科学地设计现代事物。一切现代设计，其根本目标也是为了想方设法达到或接近这一理想境地。为此，必须从战略和战术两方面来予以研究探讨，即软件与硬件同时兼顾，软硬互济，以软带硬，才能有一个全面认识。这里指的硬件主要是定量化的数学方法，即建立数学模型、方程式、不等式、函数式、回归式、逻辑式等等，用数学手段借助于计算机求解，它使优化完全走上了严格的逻辑论证和数值定量的道路，但其本身也确实存在着另一方面的危机，那就是由于现代问题的复杂性，数学模型难以建立，非线性问题尚无确定解法，同时追求函数“极值最优”必须花费复杂计算和计算机机时的代价，一般讲来，在多目标决策中，为了协调多个分目标的平衡关系，我们所追求的是整体优化，并不是“极值最优”，因之，过分强调数学规划中的极值最优化，将可能导致脱离实际，花费大量代价，将优化科学陷入到数学理论的窄小胡同里去的危险。这里指的软件主要指的是创造工程，技法和方法。特别是人工智能，专家系统在优化决策中占有很重要的地位，当然创造技法和专家系统也有局限性，多是从直觉思维出发，依靠想象、经验和灵感，缺乏严格逻辑性和直接定量化。这样看来，“软硬兼施”，综合软硬件的优点兼收并蓄，将会成为优化技术的发

展方向。同时，如能采用计算机为工具，人工智能方法为手段，模拟古今中外大量的专家经验构成专家系统，并将规划论中行之有效的数值计算方法同时存入计算机，形成“计算机辅助优化系统”，这将会给“广义优化分析设计法”带来宽广的道路和更大的生命力。因此，数学规划优化方法仍是一个重要的战术问题，但决不能把它当作“优化”概念与方法的全部来认识；否则，将会严重影响设计人员的发散性创造思维的活动和作用，故在设计领域内以数学规划论为理论方法的“最优化设计”的提法是不够全面完整，也难以实现，而且还会带来在设计上忽视设计人员创造和智能发挥的弊端。所以在设计领域内，什么是“优化”则很值得研究探讨，给以正确的概念和含义，使其沿着健康的道路发展。通过以上分析可以将“优化”定义为“合理化、科学化、满意化”，因为一切设计只能从当时当地的条件出发，使其达到一个“合理化”的设计境界；由于传统设计和科技发展水平的制约，单纯凭借经验的作法，过去设计中确实存在着不够科学，因此，“优化”在设计理论手段、方法上都要“科学化”，采用现代的设计思想、理论和方法；一切设计结果只能在一定制约条件下与当时国内外产品和事物比较，达到“满意化”的设计目标。

二、什么是广义优化

1. 优化领域是广义的

优化是“合理化、科学化、满意化”，那“广义优化”又是什么呢？“优化”本来的含义则是广义的，它存在于自然界、生物界、动物界，它也存在建筑业、文艺界、工程界，……不管自然科学还是社会科学都在应用着优化的概

念。广义说来，人类的发展史和进步史就是一部优化史。没有“优化”就不可形成当今的自然和社会，优化在自然界、科学界、工程界则是一种自然和谐美，它是客观早已存在的规律，它只不过是人类从不自觉到比较自觉的去认识，去运用，随着科学技术的发展，优化向着更高层次发展而已。因此，把“优化”局限为只有当着数学规划论的发展面才产生发展的观点是站不住脚的，它严格地限制了“优化”的范围，如果说不用规划论则不是优化的话，那么，自然和社会怎能会发展到今天呢？科学技术又怎能得到更高层次的进步呢？工程设计又怎能更新换代呢？在这其中都具有优化的因子在活动、在起作用。如果说只能应用规划论定量化才是优化的话，那么一些创造性的构思，朦胧的设想，社会系统和管理工程中的各项计划是不是也都存在着大量优化问题呢？因此，综观人类的发展历史，古今科技发展史，以及当今社会科学，自然科学，应用科学，工程科学，……，一切领域中均存着优化，构思、设想、计划、设计，……，无一不需要优化。因之，广义优化的应用领域是广泛的。它可以概括为如下四大纵向领域方面，即优化设计，优化试验，优化控制，优化管理；横跨社会科学和自然科学，工程学科和各个应用学科；纵横应用领域形成最广泛的交叉网，在这个网上的各个交叉结合点上无一不存在着优化问题、优化过程和优化事实，因此，优化的应用领域和范围应该是广义的。

2. 优化层次是广义的

现在通用的以数学规划论为理论的最优化设计，实质上是在事物原理方案已定的情况下，对其结构参数进行寻优的一种方法。它尚未涉及到更高层次的原理方案优化问题。当

然，这种优化是完全必要的，而且已经收到了良好的效果和经济效益，但如果把优化只停留在这个层次上看来是远远不够的，它不能代表事物的实际，也说明不了它的全过程，诸如更高层次的原理方案优化显然是更为需要的，它会带来产品的创新和突破，但如把优化只停留在原理方案已定条件下的参数优化上，则会限制了产品的发展和产生飞跃的可能，当然，在当前看来，原理方案优化的难度要大得多，而且难以完全套用数学规划论的现成理论和方法，但终究这是应该解决的一项急需的优化任务。因此，优化应该是多层次的，在每一层次优化中可以采用各类不同的方法和手段，但都是使其达到“合理化、科学化、满意化”。为了清楚起见，我们把优化分为两大类优化层次：即方案优化和参数优化。方案优化指的是只有任务要求，或是用户要求，或是归结为总功能要求，而没有原理方案的框框，这就要求以功能设计法为指导，在客观约束限制条件下，利用创造工程和功能形态学矩阵办法可以产生众多的原理方案，再通过各种可行办法加以评价，筛选和决策，这样则可在更高层次，原理方案上得到优化结果，使其在事与物的开发设计上有可能产生创新和飞跃。当然，仅仅有个方案，或者事物的构思，或者朦胧的想法，这显然是非常不够的，它还不能形成最后的产品或具体事物。因此，还要进行参数优化，参数优化主要指的是通过数学规划等办法在已有原理方案的情况下使其参数具体化和进行优化，使其真正完成构思的形象化、具体化，形成能完成预定总功能的方案设计和参数设计。应该说明，这两个层次的优化也是有分有合，相互交叉的，并不能认为，只有当方案优化或是方案设计搞完后再搞参数优化定

会成功，因为，方案设计必须依靠参数优化的保证，如果参数设计不完善，方案设计也是难以实现的。因此，方案优化和参数优化两者既有层次性，又有交叉性，相辅相成，形成一个优化的完整层次。所以，优化层次应是广义的。

3. 优化过程是广义的

优化是贯彻在一个事物和设计的始终，即全过程。以产品为例，从构思、计划、设计、制造、装配、试验、使用、维修、改造，一直到报废的全过程，而不是一个结果。它始终伴随新事物的诞生以及新产品的开发、研制、推广、运用等环节，只要一个环节没有进行优化，那么在哪个环节里则会产生某些不合理，不科学，或者是不够好的效果。如果把优化的手脚捆得很紧很死，认为优化只是哪个单独环节所必须的，而其它环节则是可有可无的，这既不合实际，也会扼杀掉优化的生机和朝气，使事业遭受到损失。同时，优化总是伴随着人的思维和事物的产生、形成、发展和再提高的一个过程，它总是帮助人们科学思维，处理事物，进行设计的一种手段，而不是一个简单的结果。这个过程一直伴随着事物或工程的自始到终，这样认识优化才能真正发挥优化的作用，而不是把它只看做是某一环节的需要了。因此，所谓“优化”显然是一个“相对”概念，在优化的过程中，它只能一步步的向“最优化”、“理想化”逼近，而只能相对达到此地步，所以，它是一个活动、行为过程。这样，无论是一个设想，一件事物的设计、它无论构思、计划多么完善或优化了，那也只能是一个相对概念，不能绝对化到不可能进一步再发展了，它总是随着人类的进步、科学技术的发展，而可以不断地得到进一步优化和前进，这样竞争才变为可

能，社会前进才变为可能。因此，优化只能在事物设计的发展过程中才能显现出来，所以优化过程应该是广义的。

4. 优化目标是广义的

诸如一个油桶，一个木框、一个水池，一个建筑，一件事物，可以有多种尺寸和比例方案来进行建造，但终究会存在着用料最省，成本最低，容量最大，强度最好……等等数学极值问题。但在实际社会问题，工程问题，毫无限制约束条件者是不存在的，特别是在较复杂的问题中，所要追求的又是多目标的，很难是一个单目标要求，多是在性能，环境、使用、经济上提出多种的要求，因此在优化中只是一味的追求单目标极值问题的解决，则必然给其它目标要求带来损失，或是则要降低其它方面的限制约束条件，这对解决实际问题并不是最优的。正是为了要协调各个方面因素的理想方案，这样必然对有些指标要求高些，有些指标的要求低些，均衡起来达到优化的结果。因此，优化的目标应是广义的，也就是有约束的多目标，采取协调达到满意，才是优化的真正含义。不然，就会产生问题的畸形发展，而达不到协调满意，或是性能很好，经济性却不佳；或是经济性很好，其它性能却不佳等等状况就会发生，当然这种优化是不可取的。所以单目标优化受到了严格限制，它应概括在多目标优化范围内，而不是把优化问题局限在单目标最优上，而是要放在多目标满意上。现实世界中多目标优化决策问题无处不有，因此，社会中公共决策问题一般都是多目标优化决策问题。因为多目标比单目标优化决策更能符合客观实际，在决策过程中将会呈现出多得多的可行方案；更需要提高决策的科学性，发挥人工智能的作用，减轻人类思维的劳动强度，

提高人类思维的效能。

在优化过程中，所追求的应是整体系统优化目标，当然这个整体系统的对象随着情况之不同而不同，它可以是大系统，也可以是子系统或二级，三级，……子系统，这就要以优化问题的对象为根据了。因之，有这样一个事实必须在优化中引起注意，就是在产品设计中并非零部件都是优化的，其整机则一定是最优，局部优化的组合并不等于整体优化；反之，也不能说零部件并非全为最优，其整机一定不是最优的，这其中具有一个最佳匹配的合理性、科学性和满意化问题。例如：苏联米格25是70年代世界上最先进的歼击机，经过解剖发现：它的电子系统用的却是真空管，显然这从电子系统的局部来看，这不是最优的；它的发动机很笨重，显然这从动力系统局部来看，这也不是最优的；但从米格25歼击机的整体来看，总功能却达到了当时最佳。因为歼击机要迅速升降，外界温度变化范围很大，从个体看来虽属先进的晶体管却不好适应，而从全体看来不够先进的真空管却能适应；它的发动机虽然较笨重，但它的功率却特别大，而且易于拆装；因此，在设计一个系统时，首先要寻求最佳总体方案，各部件的即各分系统之优化必须考虑使总体系统总功能最佳。科技综合和移植具有惊人的创造力。技术科学领域有一条不同于基础科学的成功之路，从本世纪30年代以来，技术科学上重大突破的原理发现并不多，但整个世界却发生巨大惊人的变化。现代科学技术已经走向了高度综合性和劳动集体性道路，很多大科学项目，尽管规模很大，要用到的科学知识很广，但它不是从事新原理性的发现、发明与创造，而只是运用了众多的成熟技术成果，加以巧妙的

移植和综合实现其惊人的创造。所谓创造性，其中重要方面是进行这种组合的能力。阿波罗飞船把人送上了月球，总负责人韦伯称他的飞船没有一项新的技术发明，而仅仅是把原来的技术加以巧妙的组合。通过以上分析可以清楚地看出，优化的目标是广义的，它包含了多目标优化和整体系统优化的两个内容。

5. 优化方法是广义的

从广义来说，一切科学方法论，均在一定程度上具有优化的效果，运用现代科学方法比用传统方法优化；创造性方法比一般推理要优化；借助智能论方法、系统论方法、对应论方法、控制论方法、功能论方法、模糊论方法、离散论方法、艺术论方法等都会在相应的方面达到优化的目的。采用信息论方法则在提取有用信息数据上比经验数据要优化。可以这样认为，凡是有效的各类优化方法均是广义优化方法。举例如下：

名称	特征及目的
1. 市场分析法	系统收集和整理市场情报，测定市场动态。
2. 访问用户	收集用户意见及所知信息。
3. 产品分析	分析产品的功能、操作性、维修性、成本等，找出存在问题。
4. 设计调查	列表有目的地广泛收集有用信息。
5. 检索文献	查找有关文献资料，参考借鉴。
6. 技术预测法	根据科技发展规律及社会需求，推测设计对象的发展方向与参数，用来规划新产品。