

现代设计法丛书

对应论方法学

武昌滋 徐挺 主编

中国建筑工业出版社

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。

戚昌滋

1987年6月

前 言

宇宙万物奇妙无比，但人们终究不断地发现了其中奥秘，找到了它们间的种种规律。对应论就是其中最常见的规律之一。本书旨在总结古来有之的这一哲学方法与科学方法。数千年来，人类采用对应论方法学创造、发明和发现了许多重大的科学成果和理论。从阿基米德沐浴联想到利用浮力测定金冠比重开始，多少著名学者用对应论追溯过去和探索未来，使对应论变成了揭示事物本质、设计新的事物的一把重要钥匙。由此触类旁通，人类从思维与设计方法这一科学范畴中抽象出来，创立了对应论这一科学方法学。

所谓对应论规律，是指：在同一个集合内或在完全不同的集合之间，存在着——联系或相互类比的变换形式。总之，我们可以通过事物间结构对应、物理对应、功能对应、硬件对应、方法对应等一系列几乎无所不包的对应关系，发现问题，解决问题，模拟、设计、创造事物，形成一种渗透到一切软、硬科学范畴的对应论科学方法学。这一方法学现已派生出一系列的分支：科学类比，相似分析，模拟技术，符号学，图论，模型论（包括构思模型、物质模型与数学模型），张量分析，仿真实验，仿生学，机器人学与摄视设计技术等。

这些分支有的上升为普遍性的哲学问题（如构思模型，或称思想模型），有的变成了基础学科（如符号论、图论、模型论与张量分析），有的归属到专门技术（如仿生学与机器人学），而所余则与工程技术直接有关。

为了密切联系各工程技术领域设计与分析工作的实际，

本书将着重讨论相似方法，模拟、仿真方法，仿生以及摄视设计方法，以初步满足各界的需要。其中相似方法第八章实例为武汉水运工程学院杨宇华论文，模拟与仿真方法由檀润华、李浩志、党国忠、张利平编写，仿生与摄视设计第一章由王明道、亚民及周宝才合写，第二章第一至五节由王明道编写，第六节由中国科技情报研究所贾书桂编写。第二篇由徐挺编写，并担任本书副主编。

本书全体编写者热切地期待着来自社会各界的对于本书的评论和指正。即使是观点上的分歧，我们认为也是正常的。因为一枝鲜花，只有靠大家培植、浇灌，才能使它常开不败，永葆芳馥。

戚昌滋

1987.10

目 录

现代设计法丛书总序

前言

第一篇对应论方法学总论 (1)

一、“对应”的普遍意义

二、对应论的机理

三、对应论主要方法

第二篇 相似方法 (30)

第一章 相似的概念 (34)

第一节 各种物理量的相似 (34)

第二节 现象相似与物理量相似的关系 (37)

第二章 相似理论对模型试验的指导 (40)

第一节 相似第一定理 (40)

第二节 相似第二定理 (43)

第三节 相似第三定理 (47)

第三章 相似准则的导出 (50)

第一节 方程分析法 (50)

第二节 量纲分析法 (55)

第三节 定律分析法 (65)

第四章 相似准则的函数理论 (71)

第一节 使函数变成乘积关系的条件 (72)

第二节 使函数变成总和关系的条件 (75)

第三节 试验程序的编制 (77)

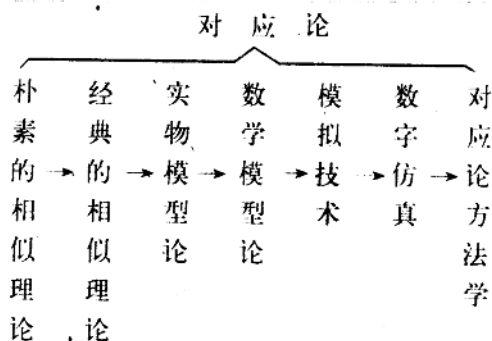
第四节 组分方程的具体形式 (79)

第四篇 仿生与摄视设计	(416)
第一章 仿生设计法	(416)
第一节 仿生设计法的历史	(417)
第二节 仿生学的研究内容和方法	(425)
第三节 机器人	(429)
第四节 人工腿	(438)
第五节 神经原及其技术模拟	(444)
第六节 自然全息律与仿生模式	(449)
第二章 摄视设计方法	(452)
第一节 摄视设计的概念	(452)
第二节 摄视设计的基本原理	(459)
第三节 摄视设计的分析方法	(470)
第四节 PHD-50 型平衡吊摄视设计	(479)
第五节 SYP-600 型液压平衡吊摄视设计	(491)
第六节 摄视设计的潜在活力	(520)

第一篇 对应论方法学总论

对应论曾是一种古典的理论（无数学模式），近代发展为相似理论（具有一般数学模型），但是，为了使科学更有效地接近真理的目标，科学活动必须由方法论的规则和规范所支配，这就发展为现代设计法中的对应论方法学，它使近代相似原理扩展为更广泛的对应原理（包括相反、相克、对称、映照、模拟……）。这说明了“新原理应该包括旧原理正确部分”这一科学的基本原则。因为“普遍的说明各别的，更普遍的说明普遍的”也是一条科学方法论规范。

对应论可表示为下列发展过程：



一、“对应”的普遍意义

世界上的事物千变万化，没有二种完全相同的事物。但是，却往往具有大量的、普遍的对应性，有的结构对应，有的物理对应，有的功能对应，有的因果对应，等等。人与黑猩猩 DNA 的结构有 99% 一样；人类、生物与机器反馈与控制的调节功能相似；宏观天体与微观粒子运动雷同，生物界有相生相克的对应，枚不胜举。

对应学说虽不是万能的，但它揭示了许多事物的本质与规律，它是探索、追溯过去与未来的一把重要钥匙。林奈根据生物结构相似提出了生物分类学；维纳根据生物与机器的调节对应关系创立了控制论；英国李斯特医生从肉汤腐败与伤口化脓之间的雷同现象创立了消毒外科学，现代机器的系列相似形成了标准化理论；模拟生物功能这一门年轻的仿生学、机器人学则正处于兴旺发展阶段，均是对应论杰出的运用，海豚式高速潜艇、企鹅式极地汽车、夜蛾式干扰机与智能机器人等正在为人类服务。现代设计法中的对应论方法学也由此触类旁通而产生。

图象可通过编码以语言储存，语言可通过译码而恢复图象。

图论在于研究图的概念、性质、理论与应用，以使用点、线等等符号模拟事物结构与过程。

克希荷夫电路方程开了解回路图的方程解。

“树”是不封闭的图。

“同构”即点、线及其关联一一对应。在解法上“矩阵”与图对应。

1985 年已经出现了显示蛋白质三维结构且能模拟影响蛋白质分子折迭的物理、化学作用力，为人工合成新蛋白质

开辟了道路。

一个具体生物机体相应有一个程序（自动程序控制系统）。

对一个活细胞相应有一个子程序。

对一个特定生化反应相应若干条程序语句。

这是对对应论仿生学的高级运用。

信息的载体物质叫信号，信息与信号具有一一对应关系，即同构关系，这是信息传输的重要条件。同构即：

集合 X 与 Y 满足下列条件：1) X 中任一元素 X_i 都对应 Y 中的 Y_j ；反之亦然；2) X_i 按规则 F 变化到 X_j ，在 Y 中也有特定的变化规则 F ，使 Y_i 变为 Y_j ，反之亦然。

研究事物的对应性，能使人们开阔视野，从普遍规律中发现新事物。计算机所以能沿着“电脑”、“智能化机器”方向发展，非生物在“活”字上的对应性起了桥梁作用。我国的著名的生物学家贝时璋曾对生命的特征“活”字下过这样的定义：“活”就是物质、能量、信息三者的变化，协调和有机统一的动作。

研究事物的对应性，可以帮助科学家总结出一般规律，提出新的学说见解。美国数学家维纳从人类、生物、机器的调节功能的相似规律中，发现了反馈作用，提出了反遗概念。在这个基础上，他和医学、生物、数学和工程技术界的一些人士合作，创立了控制论，对现代计算、控制、通讯、自动化技术、生物学和医学理论的发展都有程度不同的影响。

事物的对应性是分类学的基础，而分类学又是科学的基础。在生物分类中，人、猿、猴为什么能归入灵长目，因为

从解剖中找到了三者在结构上的对应性，证明了猿与人之间的亲缘关系，而且还对生物的进化提供了有力的例证。

对事物对应的研究，还将大大提高人们预见性和创造性。法国物理学家德布罗意，从光的波粒二象性，提出一切微观粒子也都具有波粒二象性的论点，以此预言物质波的存在。后来物质波得到了证实，他因此获得了诺贝尔奖金。

谈到模拟，连小孩也知道，如用手指来模拟数，大拇指加上食指可模拟为8的数，这是自发的模拟。

由此，我们可以描述相似与模拟二个概念，至于定义，现在众说纷纭，我们暂时不去探讨。

所谓“相似”，就是各类事物间某些共性的客观存在。它是名词。

所谓“模拟”，就是异类事物间某些相似的恰当比拟，它是动词。

俗语说：“万变不离其宗”，“宗”就是相似对应的事实，又说：“各有巧妙不同”，这个“巧妙”就是指的模拟。

相似与变异是对立统一的。正如哲学中的共性与特性的对立统一一样。异中有似，似中有异。分析与设计的方法不了解与掌握这些道理，单纯标新立异，一味模仿雷同，都会给工作带来巨大损失。

二、对应论的机理

宇宙万物奇妙多变，但人们终究不断发现了事物间种种普遍规律。对应论就是其中最常见的规律之一。数千年来，人类采用对应论方法创造、发明与发现了许多重大科学成果与理论。从阿基米德沐浴联想到利用浮力测定金冠比重开始，多少著名的学者用对应论追溯过去与探索未来，使对应

论变成了揭示事物本质、设计新的事物的一把重要钥匙。从数与物的对应及方程与过程的对应中人们发展了各种数学分支；宏观天体与微观粒子运动间的对应，解决了天体力学的许多难题；模仿生物功能，产生了年轻的仿生学与机器人学；枚不胜数。由此触类旁通，人类从思维与设计方法这一科学范畴中抽象出来，创立了对应论这一科学方法学。

所谓对应论规律，即指：在同一个集合内或在完全不同的集合之间，存在着一种联系的变换形式。机器系列化与标准化理论反映了在同一集合中的对应；血液循环、电子电路、液压系统各种不同集合存在压差及阻容特性的对应；矩阵式与网络图之间具有一一对应关系；等等。总之，我们可以通过事物间结构对应、物理对应、功能对应、硬件对应、方法对应……一系列几乎无所不包的对应关系中，发现问题、解决问题，并模拟、计算、设计、创造事物，从而，形成了渗透到一切软、硬科学范畴的对应论科学方法。这一方法现已派生出一系列的分支：科学类比、相似分析、模拟技术、符号学、图论、模型论（包括构思模型、物质模型与数学模型）、仿真实论、仿生学与机器人学等。

这些分支有的上升为普遍性的哲学问题（如构思模型或称思想模型），有的变成了基础学科（如符号论、图论与模型论），有的归属到专门技术（如仿生学与机器人学），与工程技术的设计与分析直接有关的则为相似设计与模拟技术，仿真只是模拟技术的高级阶段与数值计算。所以本书重点讨论相似法与模拟法的问题。

相似法是根据某一现象（事物或过程）的已知特征量经过量纲转换（较少采用其他方法）可得到同类事物另一现象

的特征量的方法。量纲是通过基本量度单位表示的导出量单位的表达式。类比法是相似法的低级阶段，即定性的、猜测的阶段，没有必然性的依据。

模拟法是人们所研究的实际对象，用不同类、不同质的对应系统，确定实际现象的各种量的答案。

仿真与模拟是同质的，原文 Simulation 均可译为上述两词，但由于模拟愈来愈向运用仿真专用语言进行数值计算求解动态数学模型发展，所以把这一发展定名为“仿真技术”或称数字计算机仿真。分析法求解可给出通解，而仿真求解只给出特解，即在给定条件下的答案。

至于模型一词，源于拉丁字 Modulus，即尺度、标准、样件；英文 Model 尚含有“雏形”之意，即包括了尚在头脑中的“构思模型”及已客观存在的实际原型。

模拟就是要借助某种事物或过程来再现原型或“构思模型”的表征、性质、关系及本质属性。所以，它是运用对应论研究与创制新事物、特别是模糊事物的重要科学方法，也是以现实知识为杠杆，提高联想力、想像力以解决现实问题的创造性思维。瓦特分析了纽可门蒸汽机的缺陷（现实知识），联想与想像到转换直线运动为圆周运动（构思模型），在不断模拟中实现了这一伟大的创造发明，使人类进入了蒸汽机时代的新纪元；当前进入了计算机时代的伟大功绩也同样应归功于构思模型的模拟方法。可以说，新技术革命的一切领域由于正确地解决了这一构思模型的模拟，已经引起或将要引起新的突破，所以无论在哲学上、思维上、机理上、实践上、方法上研究这一模拟技术，已愈来愈广地引起了各种学科专家的关注。

从上所述，有力地说明了对应论是研究广泛领域的有效工具，通过对应分析及其数学模型，为相似与模拟方法在各种科学领域的应用提供了取之不竭的理论依据。

在现代科学技术的发展过程中，对应论作为一种科学研究方法，有着广泛的运用，已经受到人们的高度重视。但是，做为一种思维形式与方法论来研究，也应引起足够的重视。理由如下：

（一）对应论是一种思维形式与方法论。人类的认识活动离不开认识的对象，但是，当人们要认识而还没有认识这个对象的时候，人们总是把这个尚未认识的对象和已经熟悉的事物（原型）来进行比较。并以此作为思考的对象，使得这个要认识的事物在脑海里有一个大致的智力图象，由此获得对这个未知事物的认识，并做出创造和发明，这就是人们进行模拟思维活动的过程。

（二）对应论具有客观基础。人类的思维是一个自然历史过程，思维现象是物质发展到一定阶段上才出现的。因此，在纷繁复杂，千差万别的事物中总可以找到它们的共性，通过对共性的认识，形成概念，揭示事物的本质，这就是抽象思维。可见，客观事物中的共性就是抽象思维的客观基础。所以，事物的表现形式和存在状态是形象思维的客观基础。在整个物质世界中，还普遍存在一种相似关系，所谓相似，就是客观事物存在的同一与变异的矛盾统一。莱布尼茨曾经指出：自然界中的一切都是相似的。由于客观事物中普遍存在这种相似性，人们才有可能通过一事物来达到对其它事物的认识，进行模拟思维。

（三）对应论的特点。主要是它能在模仿中创新，由此

达彼，触类旁通，并具有综合性。既从原型出发，又超脱原型。原型是一块“砖”，引出的则是一块“玉”。可见，是一种“存同求异”式的转化关系，它包含着相同和质变这种辩证关系，不是简单的模仿、复制，而是在模仿的基础上弃旧图新。

对应还是一种综合性的思维形式。人们既要获得原型的基本形象，又要有一系列的科学抽象，从形象思维向抽象思维过渡。当从原型过渡到模型时，既要有基本的事实，又有大胆的假设；既有合理想象，又会伴随灵感产生；既有现实模型，又有思想模型；既在认识的经验水平上起作用，又在认识的理论水平上起作用。

(四) 在思维模拟的过程中，人类是首先模拟抽象思维，然后模拟形象思维。前四代电子计算机，基本上是对人脑抽象思维的模拟，第五代电子计算机增加了图象处理系统、知识信息处理系统和专家系统，能够进行图象识别、模式识别、语言识别，从模拟抽象思维进入模拟形象思维。

基于上述思维方式及方法论的对应方法，现在广泛的领域、包括社会科学领域得到了应用。

对应论的简明机理可描述如下：

在同一个集合内或完全不同的集合之间，存在着一一联系的变换形式，如 $A \rightarrow B$ ，这就是对应，如果 $A \leftrightarrow B$ ，则变成了对偶，这在初等数学到高等数学及近世代数与图论中均可以有大量的例子，运用借鉴、扩展、发现这些对应关系，可以求得我们所需要的答案并更加理性地认识事物。

例1：判断全等图形的关键是对应，如要判断两个三角形的全等，必须找到它们的对应边和对应角相等。多边形、