

人工科学

〔美〕赫伯特·A. 西蒙 著

商务印书馆

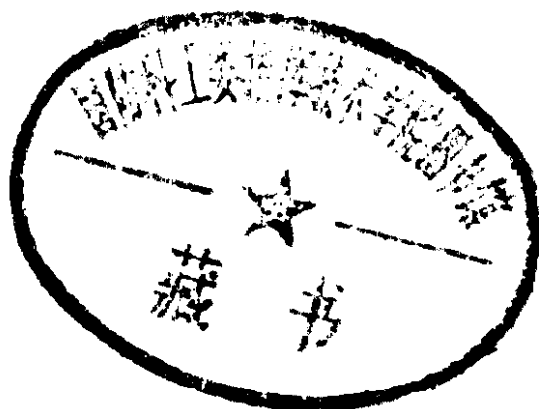


科工委学院802 2 0003852 8

人 工 科 学

〔美〕赫伯特·A. 西蒙 著

武 夷 山 译



商 务 印 书 馆

1987 年 · 北京

Herbert A. Simon
THE SCIENCES OF THE ARTIFICIAL
The MIT Press, Second edition, 1982.
据麻省理工学院出版社 1982 年版译出



RÉNGŌNG KĒXUÉ

人 工 科 学

〔美〕赫伯特·A.西蒙 著

武 夷 山 译

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街 36 号)

新华书店北京发行所发行

北京第二新华印刷厂印刷

统一书号: 2017·386

1987 年 10 月第 1 版

开本 850×1168 1/32

1987 年 10 月北京第 1 次印刷

字数 161 千

印数 14,900 册

印张 6 7/8

定价: 1.35 元

目 录

前言	1
第一章 理解自然界和人工界	5
人工界	7
作为范型的环境	9
作为“界面”的人工物 功能解释 功能描述与综合 适应性的限度	
通过模拟获得理解	17
模拟技术 作为新知识源的模拟 知之甚少的系统的模拟	
作为人工物的计算机	21
作为抽象物的计算机 作为经验物的计算机 计算机与思想	
符号系统: 合理的人工物	25
符号系统的基本能力 作为计算法的智力 经济学: 抽象的理性	
第二章 经济合理性: 适应性的手段	29
经济活动者	29
规范理论 过程合理性 令人满意	
市场与经济	34
看不见的手 不确定性与估计 市场与组织	
进化模型	47
关于经济人的另一理论 局部极大与全局极大 进化的近视性	
经济进化的机制	
经济学与心理学	52
效用函数 愿望水平	
社会中的人	54
第三章 思维心理学: 将智慧嵌入自然	56
作为人工科学的心理学	59

搜索策略 绩效的限度	
概念获得速度的限度	64
记忆参数——每块五秒	68
记忆参数——七块还是两块?	71
记忆的组织	73
刺激物的组块 视觉记忆 处理自然语言 语言处理中的语义学	
问题	
结论	84
第四章 记忆与学习: 作为思想环境的记忆	87
语义丰富的领域	89
长时记忆 直觉 多少信息? 为处理的记忆	
理解与表现	95
饮茶仪式 一个有理解力的程序 理解物理学 规模与简单性	
学习	101
理解式学习 产生系统 从例子中学习	
发现过程	106
无目标的解决问题过程 重新发现经典物理学	
结论	109
第五章 设计科学: 创造人工物	111
设计的逻辑——固定了的选择	114
命令性逻辑的悖论 还原至叙述逻辑 计算最优状况 求出令人	
满意的行动方案	
设计逻辑: 找出备择方案	120
手段-目的分析 搜索逻辑	
作为资源分配方法的设计	124
公路设计的例子 指导搜索的方法	
设计的形态: 层级结构	128
产生者-检验周期 作为风格决定者的过程	
设计的表现	131
作为表象变换的解决问题过程 空间表象 表象的分类	

小结——设计理论的论题	134
设计的评价 备择方案的搜索	
设计在精神生活中的作用	135
第六章 社会计划：进化着的人工物的设计	139
设计问题的表现	141
作为表象的组织 找到限制性因素 无数字的表现	
计划用的资料	146
预测 反馈	
谁是客户?	149
专业人员-客户关系 作为客户的社会	
计划的时间期和空间域	154
将未来“贴现” 时间视界的变化 进步的定义 注意力的管理	
无最后目标的设计	160
出发点 设计是有价值的活动 社会计划与进化	
社会设计课程体系	164
第七章 复杂性的构造	166
层级系统	168
社会系统 生物系统和物质系统 符号系统	
复杂系统的进化	172
生物进化 起到自然选择作用的解决问题过程 选择性的来源	
关于帝国与帝国的兴建 结论：层级结构的进化论解释	
近可分解系统	180
社会系统的近可分解性 物理化学系统 对层级结构广度的一些	
看法 小结：近可分解性	
复杂性的描述	187
近可分解性和可理解性 复杂系统的简单描述 状态描述与过程	
描述 自我复制系统的复杂性的描述 个体发生重演种系发生	
小结：复杂性的描述	
结论	197
主题索引	198

前 言

本书象一部赋格曲，它的主题和反主题首先出现于我在大陆两端的两次讲学(其间相隔十年有余)。但是，现在主题和反主题交织在一起，成为本书整体的各章。

1968年春，我受麻省理工学院卡尔·康普顿讲座之邀去进行讲学，这给我提供了一个将我大部分研究所围绕的一个论点表达清楚并发挥详尽的很好机会。我的研究首先是在组织理论领域，后来是经济学和管理科学，晚近是心理学。

1980年，我又受加利福尼亚大学伯克利分校的H. 罗恩·盖瑟讲座之邀去进行讲学，这次机会使我得以修正和扩充那一论点，并把它应用到几个新领域。

这一论点是，某些现象在某种非常特别的意义上是“人工的”。即，这些现象之所以是现在这个样子，只是因为系统在目标或目的的作用下被改变得能适应它所生存的环境。如果说，自然现象由于服从自然法则而具有一种“必然性”的外观，人工现象则由于易被环境改变而具有一种“权变性”的外观。

人工现象的权变性总使人怀疑将它们归于科学领域是否适当。有时候，这种疑问是针对人工系统的目的论特征以及由此产生的对施策(prescription)与描述(description)加以区分的困难。我觉得，这不是实在的困难。真正的问题是要表明，怎么对人工系统居然还能提出经验命题，要知道这些系统在不同的环境下，也许会呈现与现在的样子很不相同的外观。

约四十年前，我几乎是刚刚开始研究管理组织，就遇到了以几

乎是纯粹的形式出现的人工性问题：

……管理颇象演戏。好演员的任务是理解并扮好分配给他的角色，虽然不同的角色也许体现了大不相同的内容。演出的成功取决于剧本的成功和表演的成功。管理过程的成效随组织的成效和组织成员发挥其作用的成效而变。[《管理行为》，Administrative Behavior, 252 页]

那么，怎样才能构造一种包含着比关于优秀表演的标准规范更多内容的管理理论呢？尤其是，怎样才能构造一种以经验为根据的理论呢？我的论述管理问题的著作，尤其是《管理行为》一书和《人的模型》的第四部分企图回答这些问题，它们指出：人工现象的经验内容，凌驾于权变性之上的必然性，源于行为系统对环境的适应不能够尽善尽美——源于我所谓的理性的局限。

随着我的研究进入其它领域，我逐渐明显地看到，人工性问题并不是管理与组织所特有的，它影响着范围更广阔的学科。经济学既然假设了经济人具有理性，那么经济人就是非常老练的演员，他的行为可以反映环境加给他的一些要求，不过一点也反映不了他的认知构造。但是，这一困难必然超出经济学，延伸到与理性行为(思维、解决问题、学习)有关的所有心理学领域。

最后，我开始发现，由人工性问题可以解释，为什么工程或其他专门职业难以用不属于本专业的支持性学科的经验材料和理论材料来补充本专业。工程、医药、商业、建筑、绘画这些职业关心的不是必然性而是权变性——不关心事物是怎样的，而关心事物可以成为怎样，简而言之，关心的是设计。创造一门或多门设计科学的可能性同创造任何人工科学的可能性一样大。这两种可能性要么并存，要么共消。

我的这些论文试图说明人工科学何以是可能的，并试图说明它的性质。我主要以下面这些领域为例：经济学(第二章)，认知心理学(第三、四章)，计划和工程设计(第五、六章)。由于卡尔·康

普顿不仅是一名杰出的科学家,而且是一名杰出的工程教育家,我想,将我对设计问题的诸结论应用于工程学课程体系的重建问题(第五章)不是不合适的。类似地,罗恩·盖瑟对系统分析法在公共政策制订中的应用的强烈兴趣,特别在第六章得到了反映。

读者在本书讨论过程中将发现,人工性问题之引人入胜,主要是当它关系到在复杂环境中生存的复杂系统的时候。人工性和复杂性这两个论题不可解脱地交织在一起。因此,我才在本书中收入了一篇早些时候的论文“复杂性的构造”(即第七章)。我在两次讲学中只能简略提及的有关复杂性的一些思想,该文论述得较为详尽。此文原载1962年12月召开的美国哲学学会会议的文献汇编。

我想在书中适当地方的脚注里对一些人士表示特别的感谢。我尤其要感谢艾伦·纽厄尔。二十多年来,我工作的很大一部分是与他合作,本书也是题献给他的。如果他不同意我论点的某些部分,那么这些部分也许是错误的;但是,对于我论点的正确部分,他享有一大部分功绩。

许多思想,尤其是第三章和第四章中的思想,源于我已故同事李·W.格雷格和我共同做的工作。其他一些同事,以及现在和当年的许多研究生,在文稿的许多页上留下了他们手指的润泽。这些研究生当中,我尤其要提及L.斯蒂芬·科尔斯,爱德华·A.费根鲍姆,约翰·格拉森,帕特·兰里,罗伯特·K.林赛,戴维·尼夫斯,罗斯·奎利恩,劳伦特·西克罗西,唐纳德·S.威廉斯和托马斯·G.威廉斯。他们的工作对这里讨论的题目特别有意义。

第七章的以前几稿包括乔治·W.科纳、理查德·H.梅厄、约翰·R.普拉特、安德鲁·斯科恩、沃伦·韦弗和威廉·怀斯贡献的许多有价值的建议和资料。

本书报道的大部分心理研究是国家心理健康研究所的公共健

康服务研究补助金(代号MH——07722)所支持的。第五章和第六章报道的一些关于设计的研究,是由国防部长办公室的高级研究项目处资助的(代号SD——146)。这些补助金,以及卡内基公司、福特基金会和艾尔弗雷德·P. 斯隆基金会的资助,使我们能在卡内基-梅隆大学进行了二十多年旨在加深我们对人工现象的理解的多方面的探索。

最后,我要感谢麻省理工学院和加利福尼亚大学伯克利分校,它们给我提供了准备和发表这些演讲的机会,它们也使我对在这两个充满激励气氛的校园内进行着的人工科学的研究情况有了更好的了解。

我要感谢这两个学校,还因为它们同意出版这个将各次讲演合成一体的集子。康普顿讲座的内容构成了第一、第三和第五章,盖瑟讲座的内容构成了第二、第四和第六章。由于本书的第一版(1969)获得了良好反应,我对第一、三、五、七各章的修改只限于订正几个明显错误、更新几桩事实和增添一些过渡段落。

第一章 理解自然界和人工界

距牛顿生活的时代约三百年后的今天，我们对自然科学这一概念已非常熟悉了，对物质科学(physical science，指物理、化学、天文、地理等学科。——译注)与生物学之熟悉则最无疑义。一门自然科学是关于世界上某一类事物——物体或现象——的知识体系：关于这些事物的特征和性质；关于它们的行为和相互作用。

自然科学的中心任务是化令人惊异的事物为易于理解的常情：它要表明，如果正确地看待，复杂性不过是遮蔽着简单性的外表；它要发现隐藏在表面的混乱状况之后的规整模式。早期的荷兰物理学家西蒙·史蒂文³曾用一幅漂亮的图画(图1)说明，由“永动不可能”这一点便可“自明”地得出斜面定律。经验和常识都告诉我们，图中的球链既不会向右旋转，又不会向左旋转，而将保持静止。(既然旋转不改变图中的一切，那么，球链不动则已，一动就会永久运动下去。)因为球链的悬垂部分是两边对称的，所以我们可以截去悬垂部分而不破坏平衡。截去这一部分后，长斜面一侧

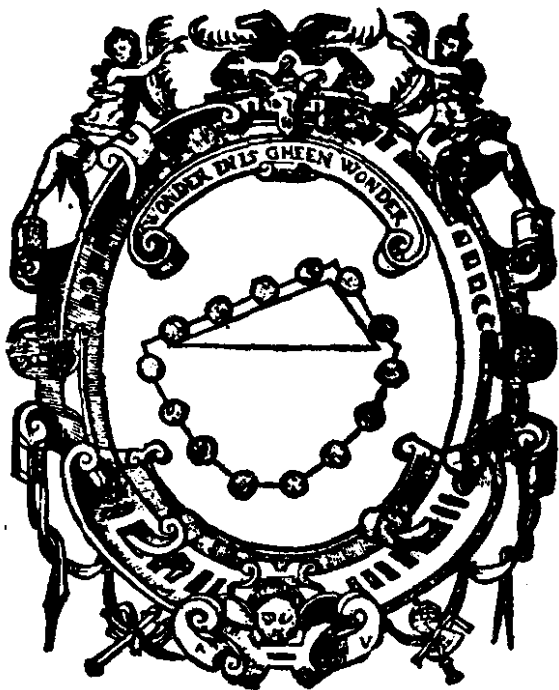


图1 西蒙·史蒂文设计了这幅装饰图案来说明他是如何导出斜面定律的。

的球与较短较陡的斜面一侧的球保持平衡，球的数目与该侧斜面倾角的正弦值成反比。

史蒂文对自己设计的斜面球链图甚为得意，就将它画入了一幅装饰图案，并在它的上方题写了：

WONDER, EN IS GHEEN WONDER

意思是：“多么神妙，但并非不可究其蕴奥。”

自然科学的任务正是要表明令人惊奇的事物并非不可理解，要表明怎样才能理解令人惊奇的事物，但是并不使惊奇感丧失。因为，当我们解释了令人惊奇的现象，揭示了藏而不露的模式之后，又产生了新的惊奇感，我们惊异复杂性如何由简单性编织而成。自然科学与数学给人的美感与音乐和绘画给人的美感是同一的，都在于将只呈现出一部分的模式全部揭示出来。

我们如今生活的世界，与其说是自然界，远不如说是人造界或人工界。环境中的几乎每一事物都留下了人工的痕迹。我们度过大部分钟点的环境的温度被人工保持在 20 摄氏度；我们所呼吸的~~空气~~的温度被人工加大或减小；我们所吸入的不净物质基本上是人生产出来的（也是人在对它们进行过滤）。

再者，对于我们之中的多数人——即白领工作者，大部分环境主要是由称为“符号”的一连串人工物构成的。我们通过眼睛和耳朵接收这些以文字和言语形式出现的符号，又通过口和手将它们注入环境——如我此刻正在做的。支配这些符号串串规律，决定何时发送符号、何时接收符号的规律，决定符号内容的因素，所有这些都是我们集体智慧的产物。

有人也许反对说，我夸大了我们这个世界的人工化程度。人必须服从重力法则，就象石头必须服从重力法则一样；作为生物，人在食物以及其他许多方面必须依赖现实的生物界。我愿承认我犯了措词过分强烈的过失，但我要抗辩说，我并没有过分夸大。如

果有人说，宇航员（或飞机驾驶员）服从重力法则，因此他就完全是一种自然的存在物，那么这一说法是成立的。但是，这样说就要求我们对“‘服从’自然法则”的含意作更精微的理解。亚里士多德并不认为重者上升轻者坠落是自然的（《物理学》，第四册），但是，很可能我们所理解的“自然的”比他所理解的更深刻。

同样，我们应小心谨慎，别轻易将“生物的”等同于“自然的”。森林也许是自然的存在物；农场则肯定不是。人们赖以食的食物种——玉米、牛等等都是人类智慧的产物。犁过的田地隶属自然的程度并不比沥青路面街道隶属自然的程度更大，也不更小。

这些例子确定了我们的问题的条件，因为我们称为人工物的那些东西并不脱离自然。它们并没有得到无视或违背自然法则的特许。同时，它们又要适应人的目标和目的。它们之所以是它们现在这个样子，正是为了满足人们想飞翔或想吃得好些等等的愿望。人的目标变了，其造物也随之而变。

如果科学要涵盖这些体现了人类目标和自然法则的物体和现象，就必须具备将这两个不同部分联系在一起的手段。这些手段的性质及其对某些知识领域——经济学，心理学，尤其是设计学——的隐含意义，是本书所关注的中心问题。

人 工 界

自然科学是关于自然物体和自然现象的知识。我们问，是否可以有一种“人工”科学呢？即关于人工物体和人工现象的知识。不幸的是，“人工的（artificial）”这个词被贬义的气氛笼罩着，我们必须先驱散这种气氛方能继续前进。我的词典将“artificial”定义为“由人工而不是由自然产生的；不真实的或不自然的；矫揉造作的；与事物的本质无关的”。该词典提供的同义词有：矫揉造作的，

虚假的,虚构的,假装的,虚伪的,冒充的,假造的,捏造的,不自然的。列举的反义词包括:事实上的,真的,诚实的,自然的,现实的,真实的,真挚的。我们的语言似乎反映了人们对自己的创造物的强烈不信任感。我不打算评价这种不信任是否站得住脚,也不打算探索其可能存在的心理根源。但是你们必须知道,我在使用“artificial”这词时尽可能用其中性意义,义为与“自然的”一词相对立的“人造的”。¹

在某些场合,我们将“artificial(人工的,人造的)”与“synthetic(合成的,综合的,人造的)”区分开来。比如,我们称仿蓝宝石色彩的玻璃制品为人造(artificial)宝石,而化学结构与蓝宝石无法区别的人造宝石则称为合成(synthetic)宝石。与此类似,我们经常区别“人造”橡胶和“合成”橡胶。因此,有些人工物是自然物的模仿品。模仿品可以采用与自然物的构成相同的基本材料,也可采用完全不同的材料。

一旦引入了“合成(或综合)”与“人工物”这两个概念,我们就进入工程学领域了。因为“合成的(综合的)”一词经常在更广的意义上使用,意思是“设计出的”或“由……组成的”。我们说,工程与“综合”有关,科学与分析有关。合成物或人工物,特别是具备人们所需特性的未来的人工物,是工程活动与工程技巧的主要目标。工程师(更广义地说,设计师)所关心的是事物应当如何,即:为了实现目标,为了具备功能,事物就应当怎样。因此,人工科学将与工

1 对于“人工的”这一词的具体选择,我不负责任。我认为,“人工智能”(我采用的“人工”二字就是从这里来的)这一用语是在查尔斯河畔的麻省理工学院造出来的。我们在兰德公司和卡内基·梅隆大学的研究班子至今仍宁愿采用“复杂信息处理”和“认知过程模拟(simulation)”之类的用语。但采用这些术语又会遇到新的困难,因为字典上“simulate”的释义为“采用或仅具有……的外表或形式,而不具备……的本质;模仿;伪造;假装”。不管怎样,“人工智能”这一术语似乎已站稳了脚跟。情况也许是,澄清它的意义比废除它要容易。以后,它会被接受为习惯用法,而不再是浅薄的文字仗的攻击目标。

程科学 (science of engineering) 非常相象, 但与目前称为“工程学 (engineering science)”的活动则大异其趣。本书第五章将讨论二者的区别。

谈了目标问题与“应当怎样”的问题, 我们也就引入了对立着的规范性与描述性的概念。自然科学找到了一条路子, 能够排除规范性, 只研究事物是如何如何的。当我们从自然现象转向人工现象、从分析转向综合时, 还能够(或应该)继续排除规范性吗?¹

我们至此已说明了区分人工物与自然物的四个方面, 因此可以确定人工科学的范围了:

1. 人工物是经由人综合而成的(虽然并不总是、或通常不是周密计划的产物)。

2. 人工物可以模仿自然物的外表而不具备被模仿自然物的某一方面或许多方面的本质特征。

3. 人工物可以通过功能、目标、适应性三方面来表征。

4. 在讨论人工物, 尤其是设计人工物时, 人们经常不仅着眼于描述性, 也着眼于规范性。

作为范型的环境

让我们更深入地讨论一下人工物的功能方面或目的方面。欲达到目的或适应目标, 则涉及以下三者之间的相互关系: 目的或目标; 人工物的性质; 人工物的工作环境。如果我们从目的角度来看

1 该问题还将在第五章详细讨论。为了不吊读者的胃口, 我现在就可以告诉大家, 我采取的是我在《管理行为》(1976)一书第三章中所述的早期实证主义立场, 认为“应当如何”的问题无法化约为“是什么”的问题。这一立场与将自然的或人工的目标寻求系统作为现象来处理而不究其目标的做法是完全一致的。见上书附录。又见 A. 罗森布鲁斯(Rosenbluth)、N. 维纳(Wiener)和 J. 比奇洛(Bigelow)的著名论文“行为、目的与目的论”, 载第 10 卷(1943)《科学哲学》(Philosophy of Science)杂志, 18 至 24 页。

一只钟，则可借用儿童的定义：“钟就是告诉你时间的。”如果我们注意钟的本身，则可以从另一些角度来对钟加以描述，如齿轮的布置呀，弹簧力或作用于钟摆上的重力之利用啊，等等。

但是，我们也可以就钟的使用环境来对钟加以考察。在阳光充沛的地区，日晷仪当钟使。然而，日晷仪在菲尼克斯比在波士顿更有用，而在冬季的北极则毫无用场。十八世纪科学技术面临的艰巨挑战之一，便是要发明这样一种钟，它在颠簸摇晃的船上仍能指时，且指时的准确度足以帮助船员确定经度。要想在这么艰难的环境里走时，这种时钟就必须具备许多精巧的性质，其中某些性质对于陆上用钟是基本无用或完全无用的。

在表征人工物的三者关系的三项当中，自然科学影响着其中两项：人工物自身结构及其工作环境。一只钟到底能否指时，取决于它的内部构造和它的安放场所。一把刀是否能切断东西，取决于制作刀身的材料和待切物体的硬度。

作为“界面”的人工物

我们可以从对称的角度来看这一问题。人工物可以看成是“内部”环境（人工物自身的物质和组织）和“外部”环境（人工物的工作环境）的接合点——用如今的术语来说就叫“界面”。如果内部环境适合于外部环境，或反之，人工物就能有利于实现预期的目的。因此，如果时钟不怕晃动，便可作为船舶的航行钟。反之，如果它经不住晃动，那我们还是将它放在家中的壁炉架上，装上船去反而把它毁了。

请注意，这种将人工物看成界面的思想方法同样适用于许多非人工物。它适用于事实上所有可看作适应某种情形而存在的事物，尤其适用于在生物进化力的作用下进化至今的生命系统。

一门以飞机为研究对象的理论可以借用自然科学来解释飞机

的内部环境(例如动力装置)、外部环境(如不同高度上大气的性质)以及内部环境与外部环境之间的关系(如机翼在空气中的运动)。一门以鸟为研究对象的理论亦可用完全相同的方式分成几个部分¹。

给定一架飞机,给定一只鸟,我们可以用自然科学的方法加以分析而不问其目的或适应性,也不考虑我所说的内部环境与外部环境的界面。毕竟,它们的行为同其他任何事物的行为一样,是受自然法则支配的。(至少,我们全都相信飞机的行为是受自然法则支配的,我们大部分人相信鸟也是这样。)

功能解释

从另一方面看,如果说内外环境的划分对于飞机或鸟的分析并非必不可少,但这种划分的结果表明,它至少能给人很大方便。这样说是有几条理由的,通过下面的例子就可以明白。

北极的许多动物长着白色的皮毛。我们通常对此作出的解释是,对于北极的环境,白色是最佳色,因为白色的动物较之其他颜色的动物更不易被发现。当然,这不是自然科学的解释,而是借助目的或功能作出的解释。这种解释不过是说,在这样一种环境里,这样一些动物将“成功”,即生存下来。要将这一陈述变成解释,我们必须把自然选择或其等效机制的概念加到陈述中去。这种解释的一个重要特点是,它主要要求对外部环境的理解。看一看冰天雪地的环境,我们就能预知我们可能遇到的动物的主色;对于那些动物的生物学方面我们无需知道多少,只要知道这样几点就行了:它们经常处于相互敌对的状态,它们使用视觉线索指导自己的行

1 将此处关于内外环境的可分离性的论点加以推广,结果表明,对于所有复杂的大系统,无论是人工系统还是自然系统,我们都可望发现程度不等的这种可分离性。推广后的论点是:整个自然界是按不同的“层次”组织的。我的论文“复杂性的构造”(收入本书作为第七章)详尽地进行了更带普遍性的论证。