

本书是系统科学的普及性读物。全书由四大部分组成。一是系统科学的定义、结构、环境、功能属性、形态、分类、模型等基本概念。二是系统工程、运筹理论、控制理论、博弈理论、系统动力学、系统信息论、模糊系统论、灰色系统论、软系统方法论等系统的他组织理论。三是非线性动态系统理论、耗散结构理论、超循环理论、突变理论、分形理论、混沌理论、协同论等系统的自组织理论。四是复杂适应系统理论。开放复杂巨系统理论、复杂网络理论等复杂系统理论。为使读者对象涵盖人文学科，书中略去艰深难懂的数理内容，集中介绍系统科学观点和系统方法，简要介绍系统科学大家的科学见解和探索，并包含作者近年来对系统科学的性质、特点、存在问题 and 未来走向的新思考。全书行文通俗易懂，说理深入浅出，具有较强的思想性和可读性。

系统科学作为一门方法论学科，是关于系统整体涌现性的横断科学。学习系统科学，可以帮助理论家把握复杂性，帮助实践家驾驭复杂性，帮助社会大众在复杂性世界中更好地生存和发展。

【文理通识大课堂】

系统科学大学讲稿

XI TONG KE XUE DA XUE JIANG GAO

苗东升◎著

N14

系统科学大学讲稿

XI TONG KE XUE DA XUE JIANG GAO

苗东升◎著

图书在版编目(CIP)数据

系统科学大学讲稿/苗东升著.
北京:中国人民大学出版社,2007
(文理通识大课堂)
ISBN 978-7-300-08618-7

I. 系…
II. 苗…
III. 系统科学
IV. N94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 158695 号



文理通识大课堂
系统科学大学讲稿
苗东升 著

出版发行	中国人民大学出版社		
社 址	北京中关村大街 31 号	邮政编码	100080
电 话	发行热线:010-51502011 编辑热线:010-51502036		
网 址	http://www.longlongbook.com (朗朗书房网) http://www.crup.com.cn (人大出版社网) http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	北京盛兰兄弟印刷装订有限公司		
规 格	160 mm×230 mm 16 开本	版 次	2007 年 11 月第 1 版
印 张	29.25 插页 2	印 次	2007 年 11 月第 1 次印刷
字 数	281 000	定 价	36.80 元

版权所有 侵权必究

印装差错 负责调换

出版前言

迈入 20 世纪，随着社会经济的迅猛增长，大学教育也得到了前所未有的发展。在这样的情势下，古典大学那种精英主义的教育日渐式微，师生围坐论道，平等、潜心地探讨学问，已经变得不太现实。取而代之的，是规模宏大、人数众多、学科划分精细的现代大学的崛起。可以说，现代大学的崛起是必然的，现代教育对人类社会发展贡献有目共睹，知识的细分、学术的科层制，也曾极大地促进知识领域的大发展；但是，由此也造成了人文科学与自然科学的冲突、分野甚至决裂。早在 1959 年，英国科学家、剑桥大学教授斯诺（C. P. Snow）就在他的那篇著名的演讲《两种文化与科学革命》（*The Two Cultures and the Scientific Revolution*）中指出，在科学家和精通文学的知识分子（literary intellectuals）或人文学家之间有一道因不能互相理解而产生的鸿沟，由于缺乏了解与沟通而扭曲彼此的形象，互不相容，互相排斥，以致彼此怀恨、憎恶。科学家认为人文学家漠视科学的尊严及应用于物质世界的价值，完全不知未来社会的发展趋势；而人文学家却认为科学家是鲁莽、夸张、肤浅的乐观主义者和毫无精神价值追求的物质主义者，根本不了解人类社会的真实状况。两种不同学术领域的学者之间的误解是相当危险的，社会的和谐进步不可能在这样一种缺乏诚意的思想氛围中实现。消弭人文科学与自然科学的隔阂的追求，体现在教育理念中，就是“通识教育”的提出。

通识教育 (general education), 是现代美国大学的发明, 是对第二次世界大战后美国大学课程专门化、专业化的回应。20 世纪的知识爆炸、科技进步以及社会各行业对专门人才的大量需求, 使大学课程设置也相应地转向专门化与专业化。这种教育趋向导致的褊狭思维、教条主义、知识的碎片化, 以及只强调知识的工具价值的功利思想, 极大地伤害了社会对于普适性价值追求的热望。偏见、傲慢、冷漠甚至敌视盛行于世, 社会到处充斥着实用主义和功利主义, 现代人普遍失去了追寻人类文化蕴涵的精神价值和现世生存意义的信心。这样带来的后果令当时及以后的有识之士深深忧虑。

通识教育的观念, 虽然提出已经有将近半个世纪的时间, 但是在实施过程中却一直没有形成一个被广泛认同的模式。在欧洲、美国, 以及我国的台湾和香港, 通识教育一直是大学教育的重要内容, 也受到广泛的重视, 但是在课程的设置上, 却存在着明显的分歧。我们无意争论这些不同的通识教育模式的优劣, 任何教育模式的推行, 都基于特定的文化传统以及社会教育现状。我们认为, 在今天的中国推行通识教育, 是一个渐进的过程。因此, 在当下中国的大学, 推广一种“核心课程”的通识教育模式更为有效, 即在大学推行通识教育的“核心”课程, 以图通识教育的课程有重点、有侧重地有效展开, 而非仅是普泛地推行。

对于通识教育课程设置的认识决定了本丛书的选题, 我们不是把大学的各个分科的教材普及化, 使其他学科的读者在一个相对较低的层次上选修这些课程, 而是意在提出“核心课程”的概念。普及性教材的推出, 在一定意义上依然是建立在学科细分的基础上的, 而且, 数量庞大的普及性课程和教材又有重新成为学生负担的危险。我们认为核心课程至少应该涵盖以下几个方面: 一、对人类

文化传统的理解；二、对艺术的知识 and 领悟力；三、对所生存的社会及其政治形态的认识和反思；四、对现代科学技术新发展的理解；五、对学科互通之方法论的考察。

我们的初衷是，选择那些真正取消文理壁垒、打通学科隔阂的课程，撰写探索性的读本，使不同学科的学生能在专门学科的“理解模式”的基础上以宽容、互信、超越的心态，通过通识核心课程的学习，整合知识，提升品格，力求发展出共通的“理解模式”。只有这样，学生才有可能在专业知识的学习上更上层楼，建立共通的识见，从而发展出超越专业划分、知识区隔的认识能力和精神境界，塑造全新的人格和心灵。能在目前通识教育的热潮中为中国教育改革提出一种可供参考的思路，开拓一种新的可能，这是我们最深沉的心愿所在。

中国人民大学出版社

2007年8月10日

目 录

导 论	(1)
第 1 节 大学生需要读点系统科学	(1)
第 2 节 现代科学技术体系中的系统科学	(3)
第 3 节 用系统观点看系统科学	(5)
第 4 节 科学转型视野中的系统科学	(7)
第 5 节 系统科学的历史回顾	(9)
第 6 节 本书导读	(11)
第 1 讲 系统的概念	(12)
第 1 节 贝塔朗非和一般系统论	(12)
第 2 节 整体、系统、非系统	(13)
第 3 节 组分、元素、要素	(17)
第 4 节 系统的整体涌现性	(20)
第 5 节 系统的规模	(23)
第 6 节 局整关系	(24)
第 2 讲 系统的结构	(28)
第 1 节 什么是结构	(28)
第 2 节 结构的几种类型	(31)
第 3 节 子系统	(33)

第 4 节	层次	(35)
第 5 节	几种典型结构的形式化描述	(39)
第 6 节	结构效应与整体涌现性	(42)
第 3 讲	系统的环境	(44)
第 1 节	什么是环境	(44)
第 2 节	环境效应与整体涌现性	(48)
第 3 节	系统与环境的互动	(51)
第 4 节	系统的边界	(53)
第 5 节	开放性与封闭性	(56)
第 6 节	系统与生态	(58)
第 4 讲	系统的功能	(60)
第 1 节	什么是功能	(60)
第 2 节	功能的刻画	(63)
第 3 节	什么决定功能	(66)
第 4 节	系统的功能结构	(69)
第 5 节	功能模拟方法	(71)
第 5 讲	系统的属性	(72)
第 1 节	什么是属性	(72)
第 2 节	共时性特性与历时性特性	(74)
第 3 节	定性特性和定量特性	(76)
第 4 节	系统的秩序性	(80)
第 5 节	系统的持存性	(82)
第 6 节	系统的演化性	(84)

第 6 讲 系统的形态与状态	(86)
第 1 节 形态:系统科学词汇表的新成员	(86)
第 2 节 什么是形态	(88)
第 3 节 系统的外部形状	(89)
第 4 节 系统的内部构形	(91)
第 5 节 系统的整体神态	(92)
第 6 节 系统的状态	(94)
第 7 讲 系统的分类	(99)
第 1 节 系统的非系统科学分类	(99)
第 2 节 系统的系统科学分类	(101)
第 3 节 基于数学模型的系统分类	(104)
第 8 讲 系统的模型	(106)
第 1 节 原型与模型	(106)
第 2 节 系统的框图模型	(109)
第 3 节 系统的数学模型	(111)
第 4 节 系统的网络模型	(113)
第 5 节 基于计算机程序的系统模型	(115)
第 9 讲 系统与信息	(117)
第 1 节 什么是信息	(117)
第 2 节 信息与载体	(121)
第 3 节 信息运作	(123)
第 4 节 信息与系统	(125)
第 5 节 信息与负熵	(129)
第 6 节 信息与涌现	(131)

第 10 讲	系统工程	(134)
第 1 节	系统工程简史	(134)
第 2 节	系统工程:组织管理的技术	(137)
第 3 节	时间维中的系统工程	(139)
第 4 节	逻辑维中的系统工程	(141)
第 5 节	知识维中的系统工程	(144)
第 6 节	系统工程的几项重要技术	(146)
第 11 讲	运筹理论	(149)
第 1 节	运筹学简史	(149)
第 2 节	运筹学:指导系统工程的科学理论	(152)
第 3 节	制定规划的科学理论:规划论	(154)
第 4 节	排队与服务的科学理论:排队论	(156)
第 5 节	寻找目标的科学理论:搜索论	(158)
第 6 节	运筹=算术+计算	(162)
第 12 讲	控制理论	(165)
第 1 节	无所不在的控制现象	(165)
第 2 节	控制理论简史	(168)
第 3 节	控制与信息	(170)
第 4 节	控制与反馈	(173)
第 5 节	控制与系统	(175)
第 6 节	控制系统的描述	(179)
第 13 讲	博弈理论	(182)
第 1 节	从诺伊曼到纳什	(182)
第 2 节	博弈与系统	(184)
第 3 节	零和博弈	(187)

第 4 节	非零和博弈	(188)
第 5 节	囚徒困境	(190)
第 6 节	礼尚往来:竞争导致合作	(192)
第 14 讲	系统动力学	(194)
第 1 节	无法简化的复杂性	(194)
第 2 节	从佛瑞斯特到圣吉	(196)
第 3 节	基本概念和思路	(197)
第 4 节	系统基模	(201)
第 5 节	学习型组织	(204)
第 6 节	非系统思维与系统思维	(207)
第 15 讲	模糊系统理论	(210)
第 1 节	札德和模糊系统理论	(210)
第 2 节	破除精确性崇拜	(212)
第 3 节	模糊性的数学刻画	(213)
第 4 节	模糊控制	(216)
第 5 节	模糊综合评判与模糊决策	(219)
第 6 节	思维系统与模糊性	(221)
第 16 讲	软系统方法论	(224)
第 1 节	切克兰德与系统方法的软化	(224)
第 2 节	对世界系统论运动的整体评价	(226)
第 3 节	硬系统和软系统	(228)
第 4 节	解释性系统理论	(230)
第 5 节	软系统方法的应用流程	(233)
第 6 节	物理—事理—人理方法论	(235)

第 17 讲 灰色系统理论	(238)
第 1 节 从灰箱到灰色系统	(238)
第 2 节 灰色性的数学刻画	(240)
第 3 节 灰色预测、灰色决策、灰色控制	(243)
第 18 讲 系统的他组织	(247)
第 1 节 概念诠释	(247)
第 2 节 外部环境的他组织	(250)
第 3 节 控制中心的他组织	(253)
第 4 节 人类自觉的他组织	(256)
第 5 节 工程系统:一类典型的他组织	(258)
第 6 节 人工科学	(262)
第 19 讲 自组织理论	(265)
第 1 节 事物“自己运动”的科学表述	(265)
第 2 节 什么是自组织	(267)
第 3 节 几种早期的自组织理论	(269)
第 4 节 平衡态自组织理论	(272)
第 5 节 控制论的自组织理论	(275)
第 6 节 自组织与他组织相结合	(278)
第 20 讲 非线性动态系统理论	(282)
第 1 节 无处不在的非线性	(282)
第 2 节 稳定性与不稳定性	(285)
第 3 节 动态系统的运动体制	(287)
第 4 节 吸引子与目的性	(290)
第 5 节 分叉与多样性	(293)
第 6 节 永恒的新奇性	(296)

第 21 讲 耗散结构理论	(298)
第 1 节 普利高津与耗散结构理论.....	(298)
第 2 节 典型系统:贝纳德流.....	(300)
第 3 节 开放与耗散是自组织的必要条件.....	(302)
第 4 节 远离平衡态是耗散有序之源.....	(305)
第 5 节 涨落导致有序.....	(307)
第 6 节 不可逆性与复杂性.....	(310)
第 22 讲 协同学	(313)
第 1 节 哈肯与协同学.....	(313)
第 2 节 典型系统:固态激光器.....	(315)
第 3 节 协同导致有序.....	(316)
第 4 节 弃旧图新:不稳定性原理.....	(319)
第 5 节 静为躁君:支配原理.....	(322)
第 6 节 看不见的手:序参量原理.....	(324)
第 23 讲 突变理论	(326)
第 1 节 从居维叶的灾变论到托姆的突变论.....	(326)
第 2 节 典型系统:狗的攻击与尖顶突变.....	(328)
第 3 节 突变的主要特征.....	(332)
第 4 节 托姆原理.....	(334)
第 5 节 与微积分并驾齐驱,还是“皇帝的新衣”?.....	(336)
第 24 讲 分形理论	(338)
第 1 节 曼德勃罗与分形理论.....	(338)
第 2 节 典型问题:英国海岸线有多长?.....	(340)
第 3 节 自然分形与数学分形.....	(343)
第 4 节 自相似:部分与整体相似.....	(346)

第 5 节	从整数维到分数维	(349)
第 6 节	奇形怪状也有意义	(351)
第 25 讲	混沌理论	(355)
第 1 节	混沌理论群星争辉	(355)
第 2 节	典型系统:虫口模型与洛仑兹模型	(357)
第 3 节	道是无序却有序	(359)
第 4 节	确定性系统的内在随机性	(363)
第 5 节	蝴蝶效应:对初值的敏感依赖性	(366)
第 6 节	混沌的魅力	(368)
第 26 讲	超循环理论	(370)
第 1 节	典型系统:第一个活细胞的创生	(370)
第 2 节	超循环:循环的循环	(372)
第 3 节	超循环:解决因果难题的必要工具	(375)
第 4 节	超循环:克服信息危机的关键机制	(377)
第 5 节	超循环:“一旦—永存”机制的缔造者	(378)
第 27 讲	复杂适应系统理论	(381)
第 1 节	圣塔菲学派的复杂性探索	(381)
第 2 节	复杂适应系统的组分与结构	(383)
第 3 节	复杂适应系统的环境	(386)
第 4 节	复杂适应系统的信息运作	(388)
第 5 节	复杂适应系统的特性	(391)
第 6 节	复杂适应系统的生成	(395)
第 28 讲	开放复杂巨系统理论	(398)
第 1 节	从系统学到开放复杂巨系统理论	(398)

第 2 节	什么是开放复杂巨系统	(401)
第 3 节	人体:一类典型的开放复杂巨系统	(404)
第 4 节	社会:一种特殊的开放复杂巨系统	(407)
第 5 节	世界:一个新的开放复杂巨系统	(409)
第 6 节	方法论:从定性到定量的综合集成法	(412)
第 29 讲	复杂网络理论	(415)
第 1 节	无所不在的网络	(415)
第 2 节	网络研究的基本概念	(418)
第 3 节	网络理论的演进:规则网络、随机网络、复杂网络	(421)
第 4 节	小世界网络	(424)
第 5 节	无标度网络	(426)
第 6 节	网络结构与系统复杂性	(428)
第 30 讲	系统科学大家的哲学思考	(432)
第 1 节	系统科学需要哲学指导	(432)
第 2 节	贝塔朗菲:向辩证唯物主义寻找哲学基础	(434)
第 3 节	维纳:给信息时代的唯物论指明方向	(436)
第 4 节	普利高津:科学研究需要辩证的自然观	(439)
第 5 节	哈肯:牵辩证法为协同学的哲学基础	(441)
第 6 节	钱学森:坚持马克思主义哲学的指导	(444)
主要参考文献		(448)
后 记		(451)

导 论

第 1 节 大学生需要读点系统科学

无论共时性地横向观察，还是历时性地纵向审视，我们周围的世界都存在形形色色、数不胜数的系统。什么是系统？系统有哪些特征和属性？系统如何发生、发育、成长？如何演化、发展、消亡？有怎样的内在机制？遵循哪些共同规律？有哪些基本原理？系统有什么用处？人如何认识系统？如何同系统打交道？如何利用系统以趋利避害，为人类谋福利？运用科学方法研究和回答这些问题而建立起来的知识体系，称为系统科学。

任何人，尤其是现代人，必定生活在各种各样的系统中，同周围五花八门的系统打交道，事事如此，时时如此。我们生活在各自的家庭中，家庭就是系统。我们生活在一定的团队中，团队就是系统。我们生活在具体的社会中，社会就是系统。我们生活在当今的世界中，世界就是系统。你，一个大学生，必定生活在某个班级、院系、学校、城市，它们都是系统。你所必修或选修的每一门课程，参与的每项社会活动，撰写的毕业论文，游览观赏的风景名胜，准备去洽谈谋职的公司，未来承担的任务，面对的事件、事务、问题，等等，无一不是系统。既然生活在系统中，不断和系统打交道，你就得了解这些对象作为系统的特征、规律、机制、优缺点

点、历史缘起、未来走向，以便适应它、运用它、驾驭它、保护它。如果你面对的是一个系统，却不以为它是系统，不按照系统原理认识对象，不按照系统方法处理问题，你就解决不了你必须解决的问题。所以，在现代和未来社会中，人人都应懂得系统科学。

大学生尤其需要学习系统科学。一个结构良好、运行健康的社会，需要各种各样的人才，凡有一技之长者都可以在社会中找到自己的位置，上大学不是唯一的成才之路，各种中等专业人才也是社会必须的。不过，既然你选择了上大学，比别人付出更多的青春年华于学校，享用了更多的社会教育资源，你就不能满足于获得一纸大学文凭。大学者，创造和学习大学问、大智慧之学校也。新时代的大学生不仅要成为单位的骨干，而且要努力成为所在行业的领军人物，成为名家、大家，成为将才、帅才。这就需要学习系统科学，掌握系统思维。

或许有同学会说，古往今来多少杰出人物没有系统科学可以学习，不是也掌握了系统思维，作出名垂青史的贡献吗？是的，从古至今历代都有少数极具天赋者，依靠超常的悟性和过人的勤奋，再加上罕见的机遇，掌握了系统思维，成就了一番大业。古代社会发展水平低下，掌握系统思维的风毛麟角者足以满足社会需要。现代社会则需要大量善于从整体上认识和解决问题的将才、帅才，不允许把希望主要寄托于出现极少数天赋罕见而又巧得机遇者，而是必须进行有计划培养，一茬又一茬地造就出成批量的系统思维者。有了系统科学，普通人也能够通过系统的学习，再加上实践经验的历练和“开悟”，成为将才、帅才、大师。

或许有同学又说，数百年来来的自然科学家没有系统科学可以学习，不也涌现出了从牛顿（I. Newton）到爱因斯坦（A. Einstein）难以计数的大科学家吗？这个问题提得有水平。数百年来，自然科