

# 《系统科学》学科核心课程的教学改革探索\*

段晓君, 赵城利, 易东云

(国防科学技术大学 理学院, 湖南 长沙 410073)

**[摘要]** 首先分析了系统科学的特点, 阐述了国内外系统科学教学现状和教材的情况, 总结了系统科学核心课程进行的教学改革实践探索, 提出了系统科学人才培养模式的改革方向。

**[关键词]** 系统科学; 核心课程建设; 教学改革

**[中图分类号]** G643 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874 (2009) S0-0028-03

## 一、系统科学特点

系统科学是研究系统的结构、演化和控制规律的科学, 属于横断学科或交叉性学科。

系统科学是以系统思想为中心的一类新型的科学群。它包括系统论、信息论、控制论、耗散结构论、协同学以及运筹学、系统工程、信息传播技术、控制管理技术等等许多学科在内, 是20世纪中叶以来发展最快的一大类综合性科学。系统科学的两个二级学科“系统理论”与“系统分析与集成”反映出系统科学的两个研究层次: 基础理论层次与应用层次。系统理论着重于运用数学方法研究复杂系统的基本性质与运动机理。系统分析与集成研究分析、构建和改造系统的手段, 为系统实现最优控制与高效管理等提供理论依据和各种行之有效的集成方法。包括: (1) 研究系统数学模型, 对系统运动机理作定量研究; (2) 研究对系统问题进行分解与定位的理论和方法; (3) 研究对系统不同层次的信息和知识合成的理论和方法。系统工程则是从整体出发, 合理组织、控制和管理各类系统的综合性的工程技术学科, 更强调对系统的控制。

正是由于系统科学作为横断学科的特点, 使得国外关于系统科学的研究更侧重于系统科学在某一具体领域的专门研究。系统科学研究在西方工业国家已成为公众支持的研究焦点领域<sup>[1-7]</sup>。系统科学不仅涉及科学技术领域, 还涉及社会性、全球性甚至宇宙性的问题。主要关注的问题包括: (1) 具有相互依存关系的社会、地理、生态环境问题; (2) 错综复杂的社会问题; (3) 各种具体系统, 如航天系统、人体系统、人脑系统等。

系统科学目前的发展对科学研究和社会应用均有很大促进。但目前而言, 学术界对系统科学还有一定的批评和建议<sup>[4-7]</sup>。包括: (1) 系统和模型的概念过于一般化、数学化和形式化。(2) 结构相似性、综合集成的概念很难根据经验研究来充分体现。(3) 并非所有系统均能够量化处理, 期望解决世界所有关注问题是不现实的: 考虑到数据基础

和方法均有局限性, 并且过于依赖数学模型和计算机也不行。(4) 综合一体化的科学世界观很含糊。当然, 这些批评并不影响系统科学学科的蓬勃发展。不过, 批评意见表明, 系统科学还是一个不很成熟的学科, 在体系理论、方法、应用等方面可以进一步深入研究。

系统科学应该在最能促进科学进步和使社会受益的领域有优先发展权。如果系统科学能够将主要努力方向集中于找到各个专门学科联系, 提供的一整套概念上和方法学意义上的工具, 就能够极大促进科学及社会的发展。因此, 如何在《系统科学》的学科基础核心课程中, 贯穿本学科的发展方向 and 横断特点, 是需要深入思考的。

## 二、系统科学课程国内外教学情况

作为横断学科, 系统科学一般均依托优势学科或优势科研项目展开学科建设和人才培养。国外大学及科研机构人才培养过程中的教学和研究各有其侧重。

对于《系统科学》同名或类似的基础核心课程建设, 国外著名研究机构的教学情况如下:

美国的圣塔菲研究所: 其教学主要是在每年暑期的培训, 一般每年都有不同的专题, 会给研究生列出几十本参考书目, 但并没有特定的一本主要教材。如2007年暑期培训班主要讲授物理、生物、社会复杂系统的复杂行为方面的内容。

哈佛大学: 系统科学方面的教学内容包括 - 系统理论和实践, 重视理论, 但特别强调在系统起因 (phylogenetics)、系统进化等方面的算法及计算机模拟。

麻省理工学院: 课程主要为 Business Dynamics 和 System Dynamics。

美国复杂系统研究中心: 课程为 Advanced Nonlinear Dynamics 和 Exploring the Behavior of Complex Systems。

一般的考核方式: 大作业及论文 (40%), 三次小测验 (3 \* 10% each), 期末考试 (30%), 另外还有参加讨论班出勤率, 论文极为优秀时可适当加分。

\* [收稿日期] 2009-04-15

[基金项目] 国防科学技术大学研究生重点建设课程项目 (1151B008)。

[作者简介] 段晓君 (1976-), 女, 江西武宁人, 国防科学技术大学理学院副教授, 博士。

国外研究所通过与知名大学的院系合作，大多数研究机构都挂靠在大学，将分散的各相关学科的研究者组织在一起，为他们的研究提供基本框架；从各相关学科中挖掘出共同点，促进各学科的交叉发展，逐渐形成了以下关于系统科学的成熟研究方向：复杂系统动力学研究、信息科学的相关研究方向、知识理解、生物学的相关研究方向、管理科学的相关研究方向、应用数学与计算数学的相关研究方向、计算机与网络系统的相关研究方向等。其教学也是围绕这些研究方向进行。

国内该方向几个重点大学的同类课程：

- 山东大学（侧重于经济系统研究）：系统科学理论
- 华中科技大学（侧重于水电能源系统研究）：系统科学理论
- 北方交通大学（侧重于交通系统研究）：系统科学理论
- 华东师大（侧重于控制系统研究）：非线性系统理论

国外一流大学通过与专门的系统科学研究所的密切合作，既挖掘出系统科学与各相关学科的交叉结合点，又促进各相关学科的交叉发展，走出了一条研究、教育与人才培养并重的道路。国内的教学更强调理论，实践性不够。

### 三、系统科学课程部分教材对比

国内教材主要采用<sup>[3,8-10]</sup>以下几种：

(1) 许国志编，《系统科学》（上海科学技术出版社，2000年）

本书内容体系包括：系统科学的形成与发展及体系结构；系统基本概念与方法；连续动态系统，离散动态系统，系统的随机性，系统的自组织，简单巨系统，复杂适应系统理论及其应用，开放的复杂巨系统，技术科学层次的系统科学，系统学的工程技术等。

(2) 苗东升，《系统科学精要》（第二版，中国人民大学出版社，2006年）

本书是按照钱学森关于系统科学“三个层次一座桥梁”的体系框架结构撰写的，试图以最少的版面把系统科学的基本内容作一完整而精炼的展示。本书的主旨不在于提供描述系统的完整、精确、实用的建模理论和方法，不追求数学工具的高深和漂亮，而在于帮助读者把握系统科学的基本思想、原理和方法论，了解系统科学前沿的可能生长点。

(3) 陈禹，钟佳桂，《系统科学与方法概论》（教育部面向21世纪信息管理与信息系统系列教材）（中国人民大学出版社，2006年）

为读者了解现代系统科学提供了一个基本的框架。内容包括现在系统科学的主要思想及其研究对象、学科特点；现在系统科学形成的背景和过程，从历史的角度勾画出学科的状况；系统科学的主要研究领域；利用计算机建模进行系统科学研究的具体方法以及案例分析。

(4) 侯光明，《组织系统科学概论》（科学出版社，2006年）

本书从组织系统科学基础、组织系统科学原理、组织

系统科学的应用理论及方法三个方面着眼，构建组织系统科学的框架和体系。首先对包括系统科学和组织管理学在内的组织系统科学的基础理论进行详细阐述；进而从组织系统科学概要、组织系统的科学发展、组织系统权变演进、组织系统控制以及组织系统的激励与约束机制等方面构建组织系统科学的理论框架体系；最后将其运用于公共组织、教育组织、科研组织、企业组织及国防科技组织等领域，指导管理实践。

国外教材较为权威的是国际一般系统学会主席林益的专著教材<sup>[11-12]</sup>。

YiLin, *General Systems Theory: A Mathematical Approach*. Kluwer Academic and Plenum Publishers, New York, 1999.

本书从系统科学的方法论出发，考虑系统科学如下的一些重要的研究问题：系统特征、系统分类、系统辨识、信号表示、信号分类、系统分析、系统集成、系统控制和规划、系统优化、学习和自适应、系统可靠性稳定性和可控性。

通过教材对比，从介绍学科内容的系统性而言，许国志教材体系比较完善，深度合适，较适用于理工科学生学习，但教材中有些素材已经较陈旧，需要及时更新。其它教材更适用于工科和文科学生学习。国外基于集合论的教材理论深度相当大，要求学生有较好的代数理论基础。

### 四、教学改革实践

以作者在美国俄亥俄州立大学全程跟踪学习的两门研究生专业课程教学情况为例，在整个教学过程中，教师在使用讲授法的同时，会穿插使用答疑、小组工作、读书报告、实验等教学方法。就教学技术而言，在使用传统的板书、幻灯、投影等技术设施的同时，教师们还普遍采用email的交流方式。在第一堂课上，教师都要将自己的email地址告诉学生，以方便师生通过email进行交流。教学过程中如果有学生有问题，除了课堂讨论，还可以通过email跟教师交流，或约时间见面直接讨论。在课程进行过程中，几乎每堂课都有一两个实际案例，老师会利用计算软件展示相应的结果，学生的作业里面也有必须编程计算和展示的部分，极大加深了学生的直观认识 and 实践经验，非常值得学习。美国大部分研究生课程的每堂课后有作业，作业任务重，要求也比较高，包括习题和最后课题设计，另外还有期中考试。学生完成习题是很有挑战性的，需要课堂讲义，还需要结合更多的参考文献书籍，消化吸收，融汇贯通。而完成结合实际课题背景的课后大作业或课题设计是一个更大的挑战。可以锻炼学生调研、查资料和综合学习的能力，对于激发学生的创造力和研究潜力也非常重要。这样学下来，对学生而言，很有压力，但同时也很有收获，也更能激发学生的潜能。

《系统科学》课程属于系统科学一级学科硕士研究生的专业基础课，也有部分其它专业的学生选修。由于系统科学是一门新兴的横断学科，包含内容非常广，不容易讲深讲透。原来很少留课后作业，考核方式是闭卷考试加系统科学的工程技术应用大作业。学生可以自己选题，给学生报告的自由程度比较大，但比较发散，很难抓住系统科学

课程的核心。

因此,我们在《系统科学》核心课程的教学方式与手段改革方面,主要集中在改善前沿资料阅读、习题设计和实践反馈等环节。使学生切实掌握系统科学的基本理论和基本应用理论同时,大幅提高了实践性教学比例,强化实验教学环节,使得实践性教学环节的学时比例达到20%。借鉴国外知名大学的先进教学模式,增设了综合实践项目(Project)。

具体改进如下:

(1) 每堂课后留作业,包括思考题、计算题和程序题,并及时对作业进行讲评。比如在讲系统科学基本概念时的作业主要是思考题,讲连续动态系统时主要涉及微分方程组的求解,作业主要是计算题,而到了离散动态系统的混沌、分形、元胞自动机内容时,主要留程序题。

(2) 及时向学生介绍学科最新前沿。在第一章绪论讲完之后,加了一堂课的内容,专门廓清系统科学的学科定位和学科前沿发展内容。

(3) 加强与学生的交流。留下每个学生的电子邮件地址,将国内外最新的系统科学学术信息和网站网址及时群发给学生,提升他们对本学科本核心课程的兴趣。

(4) 闭卷考试由期末考试改为期中考试。由于本课程主要理论部分集中在前半学期,闭卷考试改在期中,使得大家对于课程学习有比较明显的阶段特点:前阶段主要是理论学习,后阶段主要是概念应用和前沿资料的阅读深入。

(5) 精心布置前沿专题资料阅读和报告。从收集的学科前沿资料中精心挑选了一些难度适中的专题资料,主要是英文资料,根据学生的专业特点分发下去,等到课程期末时集中报告,效果比较明显。

这样改进之后,发现教学效果有明显改进。当然,这只是所作的初步尝试,以后可以结合《系统科学》课程特点,继续进行核心课程教学方面的改革和创新。

## 五、启示

学校在2009研究生培养方案的制定中非常重视学科间的交叉性与跨学科性教学及其研究,提出在学校教育中开展综合课程,缩减一些不必要的课程,合并多种具有较多相关性的以前曾相互分离的课程,精简浓缩,给学生提供高质量的核心课程。

根据这一改革思想,系统科学学科的人才培养模式确定为:

(1) 研究方向上,突出学科的主要发展方向、军事特色方向和学科优势方向。依托我校优势学科(计算机、控制、军事信息等)凝练研究方向,兼顾学科内涵(复杂系统理论与信息处理、信息系统分析与集成方法)与军事应用背景(装备系统效能分析、评估与优化);

(2) 学科交叉性强,强调综合素质的培养。不仅要求本学科的理论知识和知识、全面的军事、人文、社科知识和素

质,还特别要求具有系统论、信息论、控制论的理论、模型和方案的集成创新能力。

(3) 课程设置上,对课程体系进行了优化,确立一系列高水平研究生课程。形成系统科学、数学与工科三大课程系列,紧密耦合,支撑复合型人才培养。并且强调理论与实验课程相结合,对科学研究和人才培养形成有力支持。

由于系统科学属于横断科学,系统科学中很重要的一个任务即寻找各学科之间的联系进行综合一体化集成,将超越学科的结构相似性和一体化综合概念应用到各专门学科中去。因此,在《系统科学》的学科基础核心课程教学中,很多概念均可用于分析及综合专门学科、以及系统科学本身;同时依托本校优势学科,在课程教学过程中贯穿素质教育和通才教育的理念,是非常有意义的。

## [参考文献]

- [1] 经士仁.复杂科学时代-系统科学与系统工程的发展和现状[J].科技进步与对策,2001,(2):14-17.
- [2] 成思危.复杂科学与系统工程[J].管理科学学报,1999,(2):3-9.
- [3] 许国志等.系统科学[M].上海:上海科技教育出版社,2000:297-319.
- [4] Aerts, D., Apostel, L., De Moor, B., Hellemans, S., Maex, E., Van Belle, H., and Van Der Veken, J.. Worldviews: From Fragmentation to Integration [M] VUB Press, Brussels, 1994.
- [5] Aerts, D., Apostel, L., De Moor, B., Hellemans, S., Maex, E., Van Belle, H., and Van Der Veken, J. Perspectives on the World: an interdisciplinary reflection [M] VUB Press, Brussels, 1995.
- [6] Coming, P.A., Kline, S.J. Thermodynamics, Information and Life Revisited: part I: ? To be or Entropy [J] Systems Research and Behavioral Science. 1998, 15(4): 273-295.
- [7] Coming, P.A., Kline, S.J. Thermodynamics, Information and Life Revisited: part II: Thermoeconomics and Control Information [J] Systems Research and Behavioral Science. 1998b, 15(5): 453-482.
- [8] 苗东升.系统科学精要(第二版)[M].北京:中国人民大学出版社,2006.
- [9] 陈禹,钟佳桂.系统科学与方法概论[M].北京:中国人民大学出版社,2006.
- [10] 侯光明.组织系统科学概论[M].北京:科学出版社,2006.
- [11] YiLin, Systemic Yoyos. Impacts of Second Dimension [M]. Auerbach Publications, an imprint of Taylor and Francis, New York, 2008.
- [12] George J. Klir. Facets of Systems Science [M]. New York: Plenum Press, 1991.

(责任编辑:阳仁宇)