

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2010.01.015

# 工程系统工程研究生课程教学体系研究<sup>\*</sup>

潘星, 康锐

(北京航空航天大学 工程系统工程系, 北京 100083)

**[摘要]** 基于北京航空航天大学研究生精品课程《工程系统工程基础》的建设体会, 对工程系统工程研究生课程教学体系进行了研究, 分析了该课程特点和创新点, 立足于系统工程学科建设研究了该课程的教学目的和教学内容, 并结合工程特色探索了一种创新式的教学模式。教学实践证明, 该课程取得了较好的教学效果, 达到了培养工科研究生系统工程思维的预期教学目标。

**[关键词]** 研究生教育; 工程系统工程; 教学体系

**[中图分类号]** G643 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874 (2010) 01-0046-03

## Research on the Teaching System of Graduate Course of Project Systems Engineering

PAN Xing, KANG Rui

(Department of Systems Engineering of Engineering Technology,  
Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on the experience of the key course of Beijing University of Aeronautics and Astronautics (BUAA) graduate school, a teaching system of project systems engineering for engineering graduate students is presented, which establishes a full knowledge structure to help their thought of systems engineering come into being. The teaching goals and contents of the course are analyzed, and an innovational teaching paradigm is given. The teaching system is more effective, which has been proved by practice.

**Key words:** graduation education; project systems engineering; course system

### 一、引言

系统工程师的培养已经成为国内外大学教育的一个重要方向, 系统工程专业已成为继信息技术、生物技术等热门专业之后的又一个热点专业。我国系统工程的前驱者钱学森同志将系统工程定义为一门组织管理的技术, 是需要大力发展的一门新学科<sup>[1]</sup>。目前, 国内一些高等院校相继建立了系统工程学科, 并为本科或研究生开设了相应的系统工程课程<sup>[4]</sup>, 如《系统工程》、《系统工程概论》或《系统工程基础》等。在教育部学科目录中, “系统工程”属于工学学部, 是“控制科学与工程”一级学科下设的二级学科; 另外, 与之相关的还有理学学部的“系统科学”一级学科, 包括“系统理论”和“系统分析与集成”两个二级学科。基于教育部学科设置, 目前大部分院校将系统工程学科设置在自动控制学院、管理学院或者理学院, 建设出来的系统工程学科以及按照其学科建设要求讲授的系统工程课程都各具特色。事实上, 如何体现出工程特色是工科高等院校建设系统工程学科的首要要求。

按钱学森同志对系统工程的定义, 工程系统工程是系

统工程学科中的一个重要分支<sup>[1]</sup>, 是系统工程与自然科学和工程技术紧密结合的新兴学科方向。北京航空航天大学工程系统工程系, 是1985年建系时按照钱学森同志对工程系统工程的定义而建立的。根据学科发展需求, 在2005年新版研究生培养方案中, 新设立《工程系统工程基础》课程, 作为本专业研究生培养的学科基础课, 课程在总结以前为本科生开设的《工程系统的规划与设计》和《飞行器设计系统工程》, 以及为研究生开设的《系统工程管理》这三门课程的经验基础上, 结合本领域最新研究成果, 进一步整合与提炼, 为本专业硕士研究生形成关于工程系统工程的基础知识体系奠定基础。2006年, 该课程得到了校研究生院研究生精品课程建设的支持。另外, 在2006年, 系统工程学科作为北京航空航天大学控制科学与工程一级学科下的二级学科, 也由北京航空航天大学工程系统工程系负责建设。以上都对《工程系统工程基础》课程的建设提出了很高的要求: 作为系统工程学科的学科基础课, 要结合本学科的建设目标, 在课程原有基础上整合教学内容, 形成具有工程特色的工程系统工程基础课程, 将课程建设成系统工程学科的学科示范性重要平台课程。经过2005年

\* [收稿日期] 2009-06-03

[基金项目] 北京航空航天大学研究生精品课程建设项目; 北京市高等教育精品教材建设项目。

[作者简介] 潘星 (1979-), 男, 湖北黄冈人, 北京航空航天大学工程系统工程系副教授, 博士, 硕士生导师。

3月到2009年3月的建设，圆满完成了课程建设任务，创建了教学、科研与工程有机构成的新教学模式，初步将课程建设成了具有工程特色的学科基础示范课程。

本文基于北京航空航天大学校级研究生精品课程《工程系统工程基础》的建设经验，系统地研究了适合于工科高等院校研究生系统工程课程的教学体系，并立足于系统工程学科的建设研究了课程的教学目的和教学内容，建立了一种具有工程特色的创新教学模式，并通过教学实践验证了课程教学体系的有效性。

## 二、课程特点和创新点

作为工科高等院校工程专业研究生基础课程，课程建设的主要特点和创新点如下：

### (一) 理论联系实践的讲授方法

课程以工程和社会生活中的实际案例为引导，由浅入深讲解系统工程的理论和方法，引导学生用所学知识和方法去分析、研究具体问题，使学生“学之为用”。课程主讲人在多年武器装备领域的科研工作中，接触了大量我国武器装备系统的研制、生产和使用中的案例，有丰富的工程经验，这些条件为实现课程的“理论联系实际”的特色，有较大帮助。

### (二) 系统、先进的知识体系

在钱学森同志提出的科学技术体系框架（钱学森框架）中，系统科学是与自然科学、数学科学、社会科学、人体科学、思维科学并列的六大学部之一，而工程系统工程属于系统科学学部的工程技术层次<sup>[2][3]</sup>。按照这种思想与定位，课程讲解的理论与方法要更多的体现工程技术的特色，完全不同于其他管理或控制专业的系统工程课程，也不同于其他自然科学专业的相关课程，可以说这种系统先进的知识体系是给学生已学到的专业知识插上了翅膀，实现工程专业的综合运用。

## 三、立足学科建设，完善教学内容

按照学科建设规划，工程系统工程作为北京航空航天大学工程系统工程的学科基础，从2005年开始开设《工程系统工程基础》研究生学科基础课程，用以培养工科研究生的系统工程思维，以适应大型复杂工程系统的规划、设计、生产与使用需求，把握系统的整体性，掌握系统科学与系统工程的基础理论，熟练运用定性到定量综合集成的理论和方法。

### (一) 明确教学目的

根据学科建设规划，工程系统工程基础作为学科基础课程，要建设成为系统工程学科的学科示范性重要平台课程，制定课程的教学目的为：

- 着重培养学生看待工程问题的系统观；
- 了解工程系统工程的基本原理；
- 掌握现代复杂工程系统的规划、设计、分析、组织、管理的基本方法；
- 增强学生运用系统工程方法分析工程问题的能力。

### (二) 完善教学内容

按照系统工程学科规划思路，完善课程的教学内容，建立包括工程系统工程中的系统工程过程、系统分析和控

制、工程专业综合和工程设计几个方面的工程系统工程的课程框架如下：

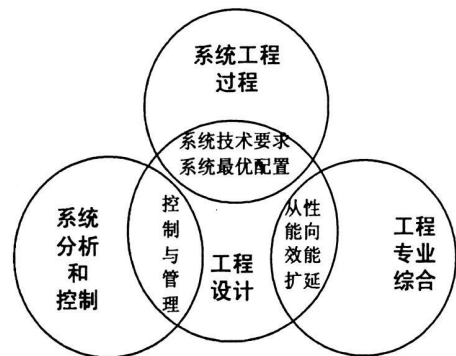


图1 工程系统工程的课程框架

在课程的建设过程中，教学内容的选取是关键。课程立足学科建设需要，按工程系统工程框架，以研究生精品课程建设目标为基础，整合课程原有基础，对课程内容进行重新设计和调整，形成新的课程教学大纲并完善课程的教学内容，进入北京航空航天大学工程系统工程系2007年修订版研究生教学大纲。新大纲中规定课程教学内容包括五个部分。

• 第一部分，工程系统工程概论，主要讲授工程系统工程的基本概念，包括系统科学基本原理、系统工程与工程系统工程的观念等；

• 第二部分，工程系统的工程过程，主要讲授工程系统的形成过程，包括工程系统的方案设计、初步设计、详细设计与研制、系统试验与评价等；

• 第三部分，工程系统分析与设计评价的常用的数学方法和模型，主要包括系统方案选择方法、系统经济评价方法、系统优化方法、系统中的排队论方法和系统控制方法；

• 第四部分，工程专业综合，主要讲授工程系统各个相关专业，包括可靠性、维修性、保障性、易用性、可生产性、可处置性和经济可承受性设计与分析等；

• 第五部分，工程系统的组织与管理，主要讲授工程系统生命周期中的组织与管理，包括工程系统的规划与组织和工程的项目管理与控制等。

## 四、结合工程特色，创新教学模式

### (一) 确立教学方式

要体现课程的工程特色和理论联系实际的特点，同时给学生讲授系统的知识体系，在课程讲授中需要采用灵活多样的教学方式。总结课程的教学方式如下：

- 课堂讲授，注重层次分明、循序渐进；
- 案例分析，强调系统思维、分析全面；
- 课堂讨论，注重积极参与、教学互动；
- 课下演练，注重独立思考、学以致用。

课程的讲授采用多媒体课件的方式，意在通过生动的多媒体演示，使学生能更快更好地掌握课堂内容。课程的学习方式是课堂理论教学和课后扩充资料学习紧密结合，互为补充。具体体现为如下教学流程：课堂听讲+ 课堂互动+ 课后习题演练+ 扩充性资料学习+ 总结报告。全课程划分为若干个单元环节，每一环节均在讲授理论知识的基础

基础上,充分考虑如何去实践这些理论,所以在课堂内,针对具体的工程项目或与生活相关的系统工程问题进行课堂讨论,并在此基础上彻底弄清相关概念和方法。案例分析采用影像资料的方式进行,收集、编辑与都江堰水利枢纽工程、载人航天工程有关的影像资料,按课程的思路重新编排,供学生进行案例分析使用。教学讨论利用同期建设的教学专用网站,使课堂讨论由课内延伸到课外,形成良性互动。课下演练视情邀请国内相关企业中从事工程系统工程应用的专家走进课堂,指导学生进一步理解工程系统工程的原理和方法。

### (二) 多媒体课件制作

本课题的课堂讲授全部采用高水平多媒体课件,课程建设初期通过与国外大学合作,获得了在美国密苏里州立大学使用系统工程经典教材《Systems Engineering and Analysis》来讲授系统工程课程的全部课件,并经过消化研究后,结合课程特点,围绕课程教学内容,重新进行了编排,按课程的研究内容开发研制一套高水平多媒体教学课件,共计16讲,32课时。

### (三) 案例库建设

在课程的建设过程中,还对课程内容相关的案例进行收集与设计,完成相关工程系统工程案例库建设,共6个案例,丰富了课堂内容,供学生进行案例分析使用。课程的案例库包括如下案例,分别对应工程系统工程中的不同问题。

- 都江堰工程:了解我国古代系统工程思想;
- 罐中豆:分析系统选项空间与结果空间,建立系统模型;
- 海底电缆的方案设计:系统工程方案设计与选择;
- 冰箱从里修到外,使用一周压缩机即出故障:系统工程专业综合,使用特性的设计;
- 日本欲购百架F-22猛禽战机威慑中国朝鲜:系统经济性分析;
- 2008我国南方雪灾原因分析与建议:运用系统工程方法论分析问题。

同时,课程建设过程中还编辑、制作完成一套案例分析录像,给学生拓宽知识面的同时,运用课堂讲授的知识进行课外演练和分析,包括:世界自然文化遗产——都江堰·青城山;伟大工程巡礼——利翁安提利翁大桥、陶托那金矿(即黄金之城)、青藏线路;探索发现——秘境追踪——火星任务、漫游太空、长江三峡大坝;神州风采——钱学森、驶向太空等。以上案例均为复杂的工程系统典型应用,用以帮助学生拓宽视野。

### (四) 习题库建设

课程针对工程系统工程的基本原理和方法,结合具体工程应用,建立了一套作业题库,近200道习题,供学生练习和运用系统工程思想。通过课后的演练,加深了学生

对工程系统的理解,并通过习题中模拟和假设的工程问题,辅助学生掌握常用的工程系统工程方法。

### (五) 教学网站建设

为丰富课程的教学方式,课程除了多媒体课件、案例库和习题库外,还利用先进的信息技术手段,建设完成课程专用网站,设计开发并投入使用工程系统工程基础教学互动网站。教学网站功能包括:学习讨论、参考资料、作业提交、课件提供、网上答疑等功能。

## 五、教学效果

本课程系统化地介绍了系统、系统工程定义、系统工程过程和方法,课程讲解生动,课堂气氛活跃,并采用讲授与课堂讨论相结合的方式,充分调动了同学们的积极性,培养了大家的思考能力。同时,课程注重理论与实际相结合,在大量的实例讲解与分析中让同学们更好更深刻地掌握了系统工程的基本理论和工程系统工程的实质和内涵,其所教授的理论 and 知识对理工科硕士将要从事的理论研究和实际工程操作都有很大帮助。另外,课程在教学上风格多样,生动形象而又言简意赅,能很好地将理论和实际联系到一起,深受同学们好评,同学们普遍反映通过课程学习,不仅掌握了应该学到的系统工程知识,而且在思维方式方法、解决实际问题的能力上都有了一个质的飞跃。

## 六、小结

工程系统工程是系统工程的重要方向之一,是工科研究生形成系统工程思维的重要课程基础,其课程建设要时刻注意如何体现工程特色。在国外大学中,系统工程往往作为一种综合技术来进行教学活动。在国内的教学中,也往往只注重传统专业课程的教学,学生学到的大多是自然科学的基本原理和基本方法,如何运用这些基本原理和基本方法形成工程系统,往往是现有知识结构中缺乏的。本文在《工程系统工程基础》课程建设过程中,建立了适用于工科研究生的工程系统工程课程教学体系,尤其适用于工科研究生系统工程基础知识的培养,弥补了学生这方面知识的不足。

### [参考文献]

- [1] 钱学森,许国志,王寿云.组织管理的技术—系统工程[N].文汇报,1978.
- [2] 钱学森.论科学技术研究的组织管理与科研系统工程[J].系统科学与科学管理,1980,(1).
- [3] 钱学森等.论系统工程(新世纪版)[M].上海:上海交通大学出版社,2007.
- [4] 谭跃进,覃炳庆.钱学森的系统工程学科专业教育思想[J].高等教育研究学报,2007,30(2):2-4.

(责任编辑:范玉芳)