

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2021.04.005

欢迎按以下格式引用:董侨,陈雪琴.培养独立创新能力的工程学科研究生教育——美国土木与交通工程专业研究生课程设置思考[J].高等建筑教育,2021,30(4):31-37.

# 培养独立创新能力的工程 学科研究生教育

## ——美国土木与交通工程专业研究生课程设置思考

董 侨<sup>1</sup>,陈雪琴<sup>2</sup>

(1.东南大学 交通学院 道路交通工程国家级实验教学示范中心,江苏 南京 211189;

2.南京理工大学 土木工程系,江苏 南京 210094)

**摘要:**工程专业研究生课程是帮助研究生建立完整知识结构、培养研究生独立创新学术能力的基础。基于博士研究生阶段所选研究生课程体系设置案例,结合土木交通工程专业相关留学人员的问卷调查,从专业课设置、跨专业选课制度、课堂教学、课后学习四个方面,分析旨在培养独立和创新能力的美国工程专业研究生课程设置特点。美国工程专业研究生的专业课设置精简全面、难度适中,为研究生独立创新能力的培养提供充足的知识储备。跨专业选课制度,具有学习领域广泛、课程质量高的特点,为研究生进行交叉领域创新提供了更多的机遇。课堂教学内容包含大量专业软件工具的使用,并紧扣行业发展前沿,为培养研究生的创新能力创造各种条件。课后学习包含大量多样化的学习任务,旨在培养研究生独立分析和解决问题的能力,以及有计划的独立完成多样任务的创新能力。

**关键词:**研究生教育;工程学科;土木与交通专业;课程教学;创新能力

**中图分类号:**G643

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2021)04-0031-07

专业课程教学是研究生系统化学习专业知识的重要途径,也是快速提高研究生专业技能、科研能力和水平的关键。为进一步完善研究生的知识结构,提高研究生的科研水平与能力,研究生课程设置需要不断改进完善。针对美国研究生课程体系设置特点,国内学者进行了一些总结性及案例研究。通过调研分析,有学者提出美国研究生课程体系具有重视基础理论、强调灵活性、扩大学生视野、创造自由学术环境,以及注重课程国际化的特点<sup>[1]</sup>,并且更为注重培养研究生的学术能力<sup>[2]</sup>。此外,还有学者通过对哈佛大学、斯坦福大学和俄勒冈大学硕士生课程设置的案例研究,总结出美国研究生专业课程体系的四个特点:通过交叉学科来构建基础理论;通过大量选修课来拓宽专业视

修回日期:2021-03-22

基金项目:东南大学研究生教育教改课题“培养创新能力的工科研究生课程设置——国外研究生课程设置思考”

作者简介:董侨(1982—),男,东南大学交通学院教授,主要从事道路与铁道工程研究,(E-mail)qiaodong@seu.edu.cn。

野;通过研究方法提升科研能力;通过紧跟学术前沿来促进学科发展<sup>[3]</sup>。

工程专业研究生需要综合应用大量的专业知识和技能来开展科学研究,解决实际工程问题,进行独立创新。如何通过改进研究生课程设置来提高工程专业研究生学术能力,尤其是培养研究生的独立创新能力,是需要工程专业高等教育者们分析与解决的一个问题。本文根据笔者在美国田纳西大学土木与环境工程系攻读博士学位期间的学习经历,同时结合土木与交通工程相关专业留学人员的问卷调查,分析美国工程专业研究生课程的设置特点。本次问卷调查共收集72份问卷,参与人员包括33名硕士与39名博士。本文从专业课设置、跨专业选课制度、教学方式、课后学习四个方面分析美国工程专业课程设置特点,探讨核心问题,并结合实际案例,分析这种课程体系设置的实际效果。

## 一、专业课程设置特点

主要从课程设置的数量和难度两个方面分析美国工程专业研究生课程设置的特点。总体而言,美国工程专业研究生课程具有精简全面和难度适中的特点,研究生能够高效地构建专业知识结构,为其研究创新提供充足的知识储备。

### (一) 课程内容精简全面

与国内高校专业教师数量众多的情况不同,美国高校专业教师数量相对较少,研究生专业课程精简而全面。以笔者所从事的道路工程研究方向为例,该专业方向研究生课程包括路面材料设计、路面设计两门硕士生课程,以及路面材料建模一门博士生课程。尽管课程数量不多,但内容全面。例如路面设计硕士生课程不仅介绍了柔性路面和刚性路面的设计方法,还包括了路基设计、路面管理系统、路面力学计算等4个方面的内容。而这些内容在国内研究生教育中,往往会分成4门课程来讲授。如图1所示的问卷调研结果表明,美国研究生课程内容范围较广,这种情况对硕士生更为明显,而注重课程深度的主要是一些博士生课程。精简而全面的研究生课程设置,能够在高效率的教学中让学生快速构建知识体系,这是研究生进行学术研究与创新的关键。

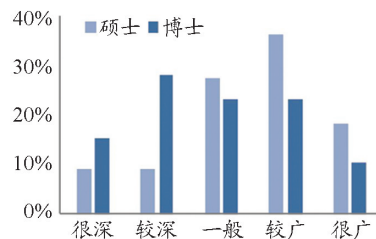


图1 课程内容广度与深度的状况

### (二) 课程难度适中

课程设置全面,意味着学生学习量的增加。为了能够让学生全面了解某领域的专业知识,就需要对内容进行高度的精简。相对中国大量的“讲义式”专业课教材,美国的专业课教材内容多而全,但是实际难度并不大。工程专业教育的主要目的是让学生快速掌握知识与方法,较少要求学生进行大量的背诵与记忆,很少出现钻牛角尖的问题讨论,而更加注重知识点的梳理、理解与应用,只是一些博士生的课程会有一定的难度。例如在路面设计这门硕士生课程中,对于柔性路面的弹性层状体系理论会进行介绍,但是并不要求学生采用拉普拉斯变换求解路面力学方程,仅仅是在介绍背景知识的前提下,利用教材中自带的计算软件来计算。根据教育心理学中的耶克斯-多德森定律<sup>[4]</sup>,学习效率随着任务复杂程度的升高而快速降低,对于困难而复杂的学习任务,即使学习动机很强,学习效率也难以提高。而相对适中或者简单的学习任务,在中等的学习动机下,可以达到最大的学习效率。难度适中的课程设置有利于研究生对专业知识的高效学习。

针对工程专业课程实际教学效果,图 2 给出了提升课程内容广度对研究生创新能力影响的问卷调查结果,大部分学生认为提升课程内容广度有益于提高创新能力,尤其是对创新要求较高的博士生,选择有益及很有益的比例合计高达 60%。

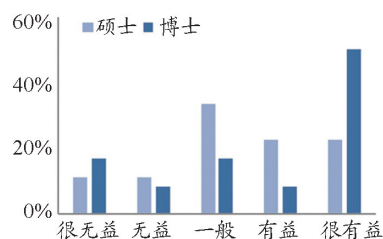


图 2 课程内容的广度对提升创新能力的效果

## 二、跨专业选课制度

尽管美国工程专业研究生课程体系较精简,但并不意味着美国研究生被组成单一。相反,由于美国研究生被要求大量地跨专业选课,美国的工程专业研究生修课范围非常广泛。注重交叉学科研究是学术创新的关键突破点,跨专业选课制度大大地扩展了研究生的学术视野,为研究生进行学术创新提供了更多的机遇。

### (一) 知识结构全面

跨专业选课制度的一个显著优势,是研究生的知识结构广泛而丰富。以笔者所在的田纳西大学土木与环境工程系为例,博士研究生要求选修 36 个学分的课程,一般每门课 3 个学分。这 36 个学分中,要求非土木与环境工程专业的课程在 12 个学分以上,其中数学类课程要在 6 个学分以上。此外,学生的学位答辩委员会至少要有一名以上的非本专业教授,一般为与学生研究课题相关的非本专业课程教授。表 1 为笔者攻读博士学位期间所修研究生课程的详细信息,包括开课系别与专业、课程作业、课程设计、考试次数及专业软件工具等。笔者所修的 39 个学分课程中,非本专业课程达 18 个学分,将近一半。即便是本专业课程,也只有 9 个学分为道路工程方向的课程,其余 12 个学分来自岩土与结构方向。跨专业选课制度,确保学生能够根据研究方向与兴趣了解新的领域,通过学科交叉,给学生创新提供更多的机会。

表 1 博士研究生所选课程信息

课程名称	系别/专业	作业次数	课程设计次数	考试次数	软件工具
路面设计	土木/道路	7	1	1	BISA
路面材料设计	土木/道路	7	1	1	HYDRA
高等基础工程与挡土墙	土木/岩土	5	2	2	ABAQUS
有限元在岩土工程中的应用	土木/岩土	10	1	0	ADINA
钢筋混凝土结构	土木/结构	6	0	1	SAP
高等材料建模(博士)	土木/道路	3	0	0	ABAQUS
透射/扫描电镜(博士)	材料	3	0	0	DM
统计方法	管理/统计	9	1	1	JMP
应用回归分析	管理/统计	0	0	4	SAS
实验设计	管理/统计	11	1	2	JMP
应用多元回归	管理/统计	10	1	0	SAS
数据挖掘及应用	管理/统计	9	3	0	SAS

如图 3 所示,问卷调查结果表明,非本专业课程占总课程比例超过 10% 的学生比例,硕士生与博士生分别为 50% 与 80% 以上,可见美国工程专业研究生选修非本专业课程的普遍性。此外,图 4

还表明非本专业课程涵盖领域非常广泛,以统计、数学、材料、计算机等专业领域为主,也包括物理、化学、材料、经济等专业。

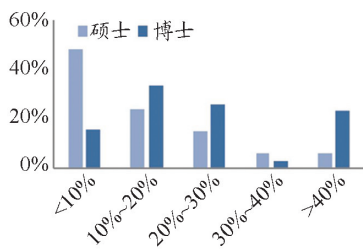


图3 非本专业课程占总课程比例

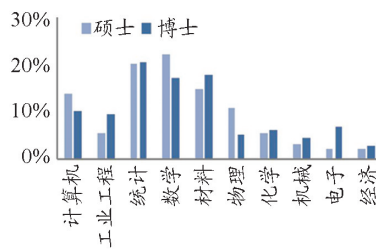


图4 非本专业课程类型

### (二) 专业课质量较高

跨专业选课制度的另一个显著优势,是课程更加“专业”,课程质量更高。例如土木与环境工程专业的力学与有限元课程侧重于在土木工程中的应用。要深入学习力学,需要到机械系选修相关课程,到数学系选修计算方法。此外,数据分析课程必须去统计系选修,数据库和程序语言课程需要去计算机系选修,运筹学课程需要去工业工程系选修,材料分析课程需要去材料系选修。由于跨专业选课制度在整个学院和学校的普遍实施,因此不会出现两个系开设相类似课程的情况。每一门专业课都是由学校该专业最好的教师开设,教学质量和水平都很高。而专业课程内容精简全面、难度适中的特点,也使得跨专业选课制度能够顺利实施,从而保证研究生修课的广泛与高质量,有利于提高学生的创新能力。图5为基于选修非本专业课程对提升能力的效果的问卷调查,其效果依次体现在知识体系的完善、创新能力的提高、学术研究方法及工作技能上。博士生在学术研究上获益较多,硕士生在工作技能方面获益较多。

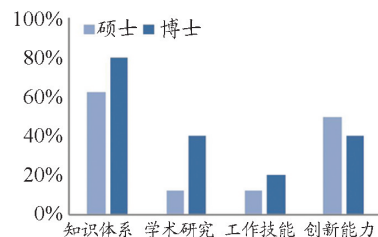


图5 选修非本专业课程对提升能力的效果

## 三、课堂教学方式

专业课程的学习离不开课堂教学。针对教学内容精简全面、难度适中,以及涉猎专业领域广泛而课程质量较高的跨专业选课制度的特点,美国工程专业研究生课程在教学方式上具有应用大量软件工具以及紧密结合行业发展的特点。

### (一) 大量软件工具的应用

由于工程专业与实际生产应用结合紧密,工程专业研究生课程一般都会包括专业领域的软件与工具的学习与应用。不仅学校会购买各种工程软件用于教学,各大软件开发企业也会为了推广产品,为学生提供免费或低价的教育版软件。表1中笔者所修的12门课程中,有11门包括了专门软件工具的应用。大量的课后作业与课程设计,均需应用专业软件来完成。通过课程学习,不仅能构建专业知识结构,还能熟练掌握专业软件的应用。如图6所示,问卷调查的结果也表明,50%以上的学生会学习1-3个专业软件,40%左右的学生会学习4-6个专业

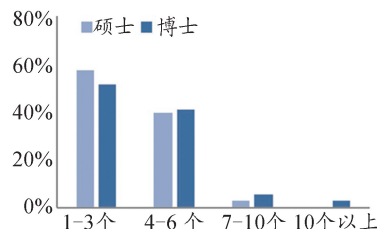


图6 专业软件学习数量

软件,更有学习 10 个以上专业软件的学生。在课堂教学的基础上,训练学生使用专业软件,让学生做到“知行并重”,掌握实用技术,不仅有利于研究生就业,也为研究生进行学术创新提供了必要的条件与途径。

## (二) 紧扣行业发展

由于工程专业与学术界和工业界结合紧密,因此美国工程专业研究生课程设置同时考虑了就业与学术,主要表现在两个方面:一是教学中有大量案例分析,对多数知识点的讲解都用到了大量的工程应用的案例,在课堂讲解和课后作业中直接以实际工程项目为背景。例如高等基础工程与挡土墙课程就直接依托实际工程项目来讲授知识点。二是课程教学紧扣行业及学科发展。与我国工业界初期以学习外来技术为主的特点不同,美国工业界一直保持着进行大量原创工作与发明的传统,工业界的发展水平在很多方面不亚于甚至领先学术界,因此,普遍存在学术界学习借鉴工业界最前沿技术的情况。

# 四、课后学习任务

## (一) 大量形式多样的学习任务

美国研究生课程均包含大量的作业、课程设计、论文、课堂展示、课堂测验、考试等。工程专业研究生课程教学以课堂讲解紧扣行业发展的知识点和案例为主。学生要巩固和消化课堂知识,尽快熟练应用工具软件,必须完成大量的课后作业和设计等任务。如表 1 所示,笔者所修的研究生专业课的课后作业平均为 7 次,最多的实验设计课后作业多达 11 次,包括课程设计、小论文与期末考试在内,几乎每周都有课后学习任务。情况比较特殊的是回归分析课程,虽然没有课后作业、课程设计等课后任务,但取而代之的是 4 次考试。基于问卷调查,图 7 给出了各项学习任务的占比,除了课堂测验的比例较少,其他各项学习任务的占比都很高。安排大量的课后学习任务对提高学生学习效果,强化学习能力,提高知识掌握程度和工具使用熟练程度具有重要的意义。

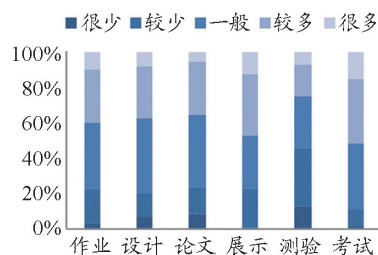


图 7 课后任务占比

## (二) 锻炼独立自主的学习能力

大量形式多样的课后学习任务,以及紧密结合行业动向的课程内容与教学方式,必然要求学生进行更多的自主学习。基于问卷调查,图 8 给出了研究生每周课后学习时间统计,值得注意的是多数博士生每周学习时间为 10~20 小时,硕士生每周学习时间更多,这与硕士课程数量较多、课程安排较紧凑也有关系。

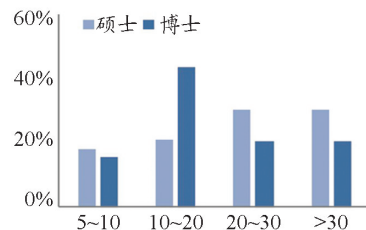


图 8 每周学习时间(小时)

学生自主学习主要包含以下几个方面的内容:首先,自主学习要求学生能够自主规划自己的修课内容及体系,这其实也是对学生专业积累和导师专业研究眼光的考察。其次,自主学习要求学生不再是单纯地接受知识,而是选择性地应用知识解决实际问题。最后,自主学习旨在通过独立思考或小组协作的方式培养学生独立创新的专业素养,以及团队合作的精神。通过课后学习的训练,研究生的学术创新能力才能有较大的提高。

## 五、结语

本文根据笔者的教育经历,以及美国田纳西大学土木与环境工程系博士研究生课程设置案例,结合土木交通工程相关专业国外留学人员共计72份问卷调查的结果,对工程专业研究生的课程设置特点进行了归纳分析,着重阐释了旨在培养工程专业研究生独立和创新能力的课程设置特点。从专业课设置、跨专业选课制度、课堂教学、课后任务四个方面,分析了美国工程专业研究生课程设置的特点、核心问题及对独立与创新能力培养的效果(图9)。

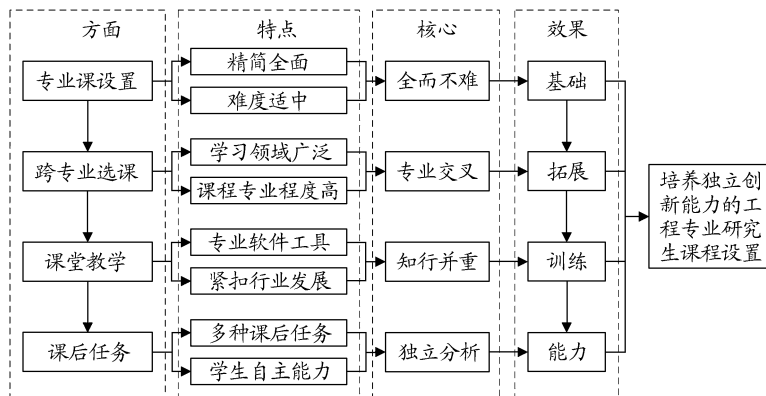


图9 美国工程专业研究生课程设置特点及对创新能力培养的效果

首先,美国工程专业研究生的专业课具有精简全面、难度适中的特点,教师对专业知识进行高度概括和梳理,以适中的难度进行教学,其核心是内容较全面而不难,为研究生的独立创新能力提供了充足而完善的知识储备。其次,跨专业选课制度具有学习领域广泛、课程专业程度及质量较高的特点,其核心是专业的交叉性,为研究生进行学术创新提供了更多的机会,尤其表现在知识范围的扩展与创新能力的提高上。再次,专业课程教学包含大量专业软件的应用,并紧扣行业发展,其核心是知行并重,给研究生进行独立创新提供了更多的条件与途径。最后,课后学习包含大量多样化的课后任务,对锻炼学生独立自主分析和解决问题的能力,全面培养研究生的专业素质,使其成长为创新型人才具有重要的作用。

目前我国工程专业研究生课程教学在专业软件应用、紧扣行业最新前沿、安排多种形式与类型的课后任务以及学生自主学习能力的培养方面进行了大量的实践探索,取得了较好的效果。但是在专业课设置方面,由于我国学科划分较细,每个专业教师数量较多,专业课数量也多,以致课程设置大多“偏专”。在跨专业选课方面,很多高校已建立跨专业选课的机制与平台,但尚未在学生中形成常态,原因在于专业课程之间差异较大,学生自身课业压力大等。未来在课程设置中,鉴于学科交叉课程的创新推动作用,可有针对性地开设跨专业选修课。通过评估潜在的交叉学科类课程,调整课程内容,开设一系列面向跨专业选修课的研究生课程,以帮助研究生拓展视野,丰富知识储备,切实提高研究生的创新能力。

### 参考文献:

- [1] 魏航. 美国研究生课程设置的特点及对我国的启示[J]. 教育探索, 2012(2): 158-159.
- [2] 张三强. 美国研究生课程设置的特点及对我国研究生学术能力培养的启示[J]. 辽宁教育研究, 2006(1): 92-94.

[3] 叶苗. 美国大学教育学院硕士研究生课程设置个案研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2014.

[4] 张大均. 教育心理学[M]. 张大均, 张骞, 王金良, 译. 北京: 人民教育出版社, 2005.

## Postgraduate education of the independence and creativity ability training in engineering subject: Thinking of the postgraduate curriculum of civil and transportation engineering specialty in the United States

DONG Qiao<sup>1</sup>, CHEN Xueqin<sup>2</sup>

(1. School of Transportation, National Demonstration Center for Experimental Road and  
Traffic Engineering Education, Southeast University, Nanjing 211189, P. R. China; 2. Department of  
Civil Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, P. R. China)

**Abstract:** The postgraduate curriculum in engineering specialty is the foundation of the knowledge structure and academic ability training. Based on the doctoral curriculum in the United States and questionnaire research of international students with similar majors, this paper investigates the characteristics of the curriculum of engineering graduate program from four aspects, including curriculum content, curriculum across majors, teaching and studying. The curriculum of engineering graduate programs in the United States is more concise and comprehensive, which is very efficient to help graduate students obtain knowledge in a specific area and is the basis for independent academic ability. The course selection system across different majors has a wide range of learning areas and high quality of courses, and provides more opportunities for creativity in students' future academic study. The teaching involves specific software and tools application, and is close with the most recent advances in both industrial and academic area, which enable the graduate students to get access to academic research. The study includes various tests and requires students to work independently, practicing the students' ability to plan and work independently, which helps students' creativity in academic research.

**Key words:** postgraduate education; engineering subject; civil engineering and transportation specialty; curriculum teaching; creativity ability

(责任编辑 王 宣)