

信息与通信工程学科核心课程群 建设模式研究与实践

刘丹谱, 张志龙, 郭彩丽, 罗 涛, 郭一珺

(北京邮电大学信息与通信工程学院, 北京 100876)

【摘要】 针对研究生培养中对课程重视程度低、教学形式单一、考核过于宽松等问题,以北京邮电大学信通学科整个核心课程群为主体开展高水平研究生专业课程建设。建设过程中以提高人才培养的创新度为核心,围绕解决一个复杂工程问题所需的五大关键能力,选取部分核心课程作为抓手,分别从课程体系优化、教学资源建设、教学模式和评价方式创新等方面展开探索和实践,进而形成一系列具有针对性、可执行性和指导性的教学要求与规范,以应用于各门核心课程的具体建设之中,为统一打造具有北京邮电大学特色的信通学科核心课程群提供宏观指导和理论参考。

【关键词】 信息与通信领域;核心课程群;教学规范

【中图分类号】 G643 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2095-5065 (2023) 09-0069-06

收稿日期: 2023-7-8

作者简介: 刘丹谱(1972—),女,湖北武汉人,博士,教授,研究方向为智能移动通信;

张志龙(1985—),男,辽宁本溪人,博士,副教授,研究方向为无线网络多媒体;

郭彩丽(1977—),女,山西长治人,博士,教授,研究方向为信号与信息处理;

罗涛(1971—),男,陕西凤翔人,博士,教授,研究方向为无线通信及智能信号处理技术;

郭一珺(1989—),女,江西南昌人,博士,副教授,研究方向为无线通信新技术。

基金项目: 2023年北京邮电大学教育教学改革项目“基于知识图谱的信息通信领域拔尖创新人才课程体系构建及实施方案研究”(项目编号: 2023ZD02); 2021年北京邮电大学研究生教育教学改革与研究项目“创新驱动、五位一体的信通学科核心课程群建设模式研究与实践”(项目编号: 2021Y002)。

0 引言

课程学习作为学位和研究生教育制度的重要特征和必备环节,对保障研究生培养质量具有全面、综合和基础性作用。重视课程学习,加强课程建设,是提升研究生科研能力、创新能力、实践能力的重要手段。但是,当前国内高校在研究生培养中普遍存在“重科研、轻教学”的现象,专门针对研究生阶段的教学改革与课程建设力度远远小于本科阶段,课程质量不高、教学流于形式成为制约研究生培养质量提升的瓶颈。这一现状无法适应当前新兴产业迅猛发展的形势下,对多元化、创新型卓越工程人才的需求。因此,积极推进适应新时代要求的研究生前沿课程建设,合理提升学业挑战度,切实提高课程教学质量成为研究生教育教学改革中的一项关键任务。

1 信通学科教学现状分析

北京邮电大学(以下简称“北邮”)信息与通信工程学科(以下简称“信通学科”)于2017年进入国家“双一流”学科建设行列,在近两轮全国学科评估中均获评A+。但在研究生课程教学环节,仍然存在教学双方对课程的重视度较低、教学形式单一、考核过于宽松等问题。与国外同类知名高校的研究生课程相比,信通学科核心专业课程在内容的深度、难度、学业挑战度,以及学生的精力投入等方面,都存在明显差距。此外,尚缺乏在国内具有影响力和示范意义的标杆性研究生精品核心课程,也无法适应“从0到1”创新型人才培养的需求。

根据新修订的北邮2021级研究生培养方案,信通学科共包含“信号检测与估计理论”、“现代信号处理”、“电磁场理论”、“现代数字通信”、“信息论”(硕)/“现代信息论”(博)、“编码理论”、“通信网理论”、“数据科学”、“机器学习”,以及“数字集成电路设计”10门核心课程,覆盖该学科下各研究方向所涉及的专业基础知识。这些课程均具有较强的系统性和理论性,教学体系相对稳定,在前沿课程建设的目标、内容和方式方法上也具有很大的共通性。将核心课程群看成一个整体,在统一的框架和规范下联合开展各门课程的建设,取长补短,互通有无,容易形成一股合力,其收益将会远胜于每门课程单独建设的效果。为此,笔者围绕“培养具有创新创业意识和终身学习能力的信息通信领域高级专业技术人才或领军型人才”这一宗旨,以信通学科整个核心课程群为主体开展了高水平研究生专业课程建设。建设过程中,以提高人才培养的创新度为目标,围绕解决一个复杂工程问题所需的五大关键能力,以部分核心课程为抓手,从教学内容、教学资源、教学模式和评价方式等方面展开探索和实践,形成具有针对性、可执行性和指导性的教学要求与规范,将其应用于各门核心课程的具体建设之中,为统一打

造具有北邮特色的信通学科核心课程群提供宏观指导和理论参考。

2 信通学科核心课程体系优化

2.1 核心课程体系梳理与内容优化

在核心课程体系的梳理上,首先需要协调好核心课与同方向非核心专业选修课在内容上的衔接性和互补性。过去同一方向部分相关课程的内容重复度较高,如核心课“现代数字通信”与非核心课“无线通信原理”“移动通信原理”“MIMO原理与技术”等均有不同程度的重叠。为此,建设过程中从知识体系结构出发对相关课程进行了系统梳理,明确核心课应注重基础理论的系统性,非核心课则更侧重技术层面的先进性和创新性。各门课程在授课内容上做到各有侧重,以实现足够的区分度。通过研讨,相关课程均对原有教学内容进行不同程度的调整和优化,并在最新一轮教学过程中加以实施。

在课程内容的优化方面,重点增加教学内容的厚重度及与实际应用的结合度。核心课程要具有满足研究生培养需要的深度和难度,既能体现其基础性和系统性,又能够反映本学科领域的前沿研究成果。这要求教学团队一方面要适当增加课程难度,拓展课程深度;另一方面,则要紧密跟踪相关技术发展动态,及时研究将其转化为适合的教学内容。

以“现代数字通信”为例,优化后的课程内容包括现代数字通信系统概述、AWGN信道下的数字信号传输技术、衰落信道下的数字信号传输技术、多天线传输技术、多用户通信及资源管理技术、数字通信中的人工智能技术和数字通信系统设计7个模块,对每个模块知识点进行梳理,突出重点,抓住难点,采取“基础理论—关键技术—扩展阅读”三级设计,重点难点两层划

分,构建分层次、递进式、一体化的课程内容。此外,在多用户通信模块中新增非正交多址、通感算资源协同管理等新技术,新增数字通信中的人工智能及语义通信模块,以体现课程的前沿性。

2.2 核心课程教学大纲规范制定

为便于促进后续各门核心课程建设,笔者所在课程组还在建设中制定了信通学科核心课程分类和分级教学大纲要求,作为参考建议统一规范核心课程群的教学目标、教学内容、教学方法和考核方式。

核心课程教学大纲规范中明确,应以提高人才培养的创新度为核心目标,围绕解决一个复杂工程问题所需的资料搜集与分析、问题建模与推理、实验设计与动手、口头表达与写作、团队协作与管理五大关键能力;明确每个课程目标、每项教学内容和每种考核方式与五大关键能力之间的对应关系;在多元化教学方式设计中,注重加强对五大关键能力的综合培养。规范中对上述内容的具体表述形式也给出了参考模板,在教学内容与学时安排中列出每项课程教学内容和知识点(含课内实践),确定教学目标与要求,合理安排学时,并明确每一项教学内容与所支撑的五大关键能力之间的对应关系。

此外,为规范对核心课程教学内容厚重度及其与实际应用结合度的要求,提出以下6项细则:

①核心课程的学时数由32增加到48,以保证足够的教师授课和学生课上实践学时。②每门课中所包括的从教师实际科研中提炼出的教学案例应不少于两个。③学生自主探索和分组合作的实践教学环节应不小于8学时。④与前沿技术相关的教学内容每年更新率应不低于10%。⑤学生课后作业与实践工作量应不少于16学时。⑥教材原则上应为近5年内,由课程组教师主编并出版或再版,要能反映学科发展水平和学校特色;参考文献资料选编应出自国内外高水平学术期刊。

3 核心课程教学资源建设

核心课程的教学资源是教学过程中的关键因素,建设中既要体现教学内容的厚重性、前沿性,又能加强与实际应用的结合度,这对于提高教学质量、培养创新型的卓越工程人才起着重要作用。核心课程的教学资源具体包括教学课件和教学案例。

3.1 教学课件

核心课程教学课件建设不仅需要经典教材基础理论进行系统化的教学设计,同时需要将学科前沿研究领域的成果吸纳进来,并在教学课件的设计过程中实现基础理论与前沿成果的有机结合。让学生体会基础理论如何推动学科前沿发展,并把握前沿科技动向的脉搏。

为规范核心课程的理论教学课件编写,课程组研究制定了《信通学科核心课程教学课件规范要求》,分别对课件内容与设计制作提出具体要求。在内容方面,要求课件具有鲜明的思政特色,内容编排合理,逻辑清晰,文字表述严谨准确,包括前沿技术,重点难点突出且信息量适度;在课件的设计制作方面,则从界面设计、图片和色彩搭配等方面提出了一致性、趣味性、简约性和艺术性等要求。在此基础上,形成了核心课程教学课件评价指标体系,其中包括思想性、科学性、教育性、技术性和艺术性5个一级指标点、15个二级指标点及相应的评分标准,具有较强的可操作性。

3.2 教学案例

案例教学是指将真实的工程问题及其解决方案加以处理形成案例,作为教学材料在课堂上进行分析、讨论,并引导学生进行深入思考和动手实践,以提高学生实际应用能力、创新能力和团队合作能力的一种理论与实践相结合的教学方法。

为此,课程群选取科研工作中与讲授课程内容密切相关的科研课题作为案例,经过精心加工和改良后,导入课程教学,指导学生进行综合与设计性实验,引导、启发和培养学生的创新思维、问题建模与推理能力。例如,“信号检测与估计理论”课程组从科研工作中提炼出统计信号处理中适合教学的问题,设计了极化信号检测方法和可见光定位估计算法两个理论教学案例。

“通信网理论”课程组则从科研工作中提炼出通信网运营和维护中适合教学的案例,设计了吉尔伯特随机图联结概率的递归计算的编程实现和吉尔伯特随机图最短径长递归计算的编程实现两个实验教学案例。

基于上述探索实践,形成了对于核心课程理论与实验教学案例建设的规范要求。其中,提出案例设计应以“能力培养”为核心,以“问题设计与求解”为主线,以提升学生解决复杂工程问题的五大关键能力为基本目标,并遵循以下4项设计原则。

(1) 突出实践性。案例背景要“实”,能系统准确地给出问题的工程背景和相关技术基础,让学生充分理解理论知识在实践中的应用价值。

(2) 强调综合性。问题设计与解决方案要“精”,能将课程中的多个知识点有机地整合起来,提高学生综合理解和运用知识的能力。

(3) 促进创新性。设问与引导要“巧”,能通过巧妙的提问设计,引导学生深入思考并提出独特的观点和见解,培养其独立思考和创新能力。

(4) 加强互动性。交流与实践要“透”,能通过精心的交流与实践环节设计提高学生的参与度,增强学生的动手能力、合作能力和沟通技巧。

规范中进一步给出工程案例设计的参考模板,要求案例应包括但不限于教学要求、技术背景、系统模型、方案设计、仿真分析/实验验证、研讨主题、扩展实践等主体部分。

4 核心课程教学模式探索

核心课程内容大多理论性较强,相对枯燥,学习难度高,需要投入较多的精力和时间,学生容易产生畏难情绪,造成实际教学效果不佳。课程组秉持“以学生为中心”的教学理念,探索了各种多元化的教学方式,力求让学生成为教学过程的参与者和主体,激发其学习兴趣。在具体的教学环节设计中,注重加强对五大关键能力的综合培养。这些教学实践具体包括如下4个方面。

(1) 理论教学与实践教学交叉进行。如“信号检测与估计理论”课程共32学时,其中20学时为理论教学,讲授统计检测和统计估计基础理论;12学时为实践教学,分别用于MATLAB编程实现经典方法、分享科研案例和学生自主科研实践。

(2) 研讨式案例教学。如“信号检测与估计理论”课程从科研工作中提炼出两个教学案例,通过案例分享与课堂研讨,让学生理解科学研究的问题、观念、方法及思维方式,引导学生有意识地思考现实生活中发现问题、提出假设、检验假设、运用专业知识解决问题的实践性技能。

(3) 课堂讲授与自主研讨相结合。如在“现代数字通信”课程教学中,教师讲授基础理论,学生采用分组研讨模式,选取感兴趣的相关前沿方向,如语义通信、星地融合网络等,学生合作检索、阅读文献,共同思考创新点,编程实现、撰写研究报告,并在课堂上和全体学生分享讨论。

(4) 翻转课堂。在“通信网理论”课程中尝试把部分知识点的讲授任务交给学生,让学生通过团队合作学习和理解某个知识点后,再独立上台授课,完成对知识点的教学。

5 核心课程评价方式研究

评价教学效果是一个长期而艰难的过程，短期的学生评价一般为试卷、随堂测试等客观评价，以及翻转课堂、分组研讨等主观量化，而长效教学效果的体现和评价需要对该专业学生进行长效跟踪才可能获得。核心课程应力争实现对学生资料搜集与分析能力、问题建模与推理能力、实验设计与动手能力、口头表达与写作能力，以及团队协作与管理能力的综合性量化评价。具体方式包括如下4项：①强化过程性考核，过程性评价在总成绩中所占比例应不低于50%，且与过程性评价相关的课后作业与实践工作量应不少于16学时；②引入小论文、大作业、口头报告等多样化的考核方式；③为提升学生参与度和积极性，引入学生互评机制；④设计不同的反馈调查问卷形式，针对短期、中期、长期的教学效果进行相应的跟踪、记录、分析。

根据以上思路，“现代数字通信”课程组在2021—2022年春季学期和2022—2023年春季学期两轮次教学中探索和实践了一种综合性量化评价方法。期末考查（占总成绩的50%）包括口头汇报和书面报告两部分。任务选题覆盖低轨卫星、语义通信、应急通信、车联网、5G/6G、无人机图传等前沿领域，要求学生根据课程的核心知识，对相关算法、机制、性能等方面进行分析、设计或优化。学生根据选题兴趣自由组队，每组不超过4人。两学期的选课学生分别组队17组和20组。课程组采用了一种创新性的评定方法。在期末口头汇报时，课程组4位任课教师作为评审专家同时对各小组进行询问和打分，此外其他小组学生也参与讨论和打分，打分情况如表1所示。教师打分和学生互评分数加权作为各小组的期末口头汇报总得分。

总评成绩基本反映学生的学习状况和能力水平。当然教师和学生打分也存在一定的差异性。以2021—2022年春季学期学生成绩为例，教师打分和学生打分相比，平均分低4.35，分数方差高

3.05。这一方面反映出教师对于学生完成度的要求较高，另一方面也体现了教师和学生的分辨力差别。

表1 期末口头汇报打分情况

类别	打分说明	分值
资料搜集与分析	调研充分，分析准确，与课程核心知识相关性高	10
问题建模与推理	知识丰富，无明确错误，关键内容无明显缺失，有一定的理论成果	10
实验设计与动手	有实验设计和验证，实验结果与理论分析吻合	15
口头表达与写作	口头表达：表述清楚、重点突出、语音语调恰当、准时开始、时长10分钟以内	5
	PPT内容呈现：逻辑性、美观度	5
团队协作与管理	角色和责任明确、沟通有效、协作和相互支持	5

6 结语

信通学科核心课程群建设始终以提高人才培养的创新度为核心，围绕解决一个复杂工程问题所需的五大关键能力，选取部分核心课程作为抓手，分别从课程体系优化、教学资源建设、教学模式和评价方式创新等方面展开探索和实践，形成了一系列关于教学大纲、教学课件和教学案例的教学要求与规范，可应用于后续各门核心课程的具体建设之中，为统一打造具有北邮特色的信通学科核心课程群提供了宏观指导和理论参考。

【参考文献】

- [1] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设“新工科”, 主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.
- [2] 钟登华. “新工科”建设的内涵和行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-7.

- [3] 常思江, 卫东华. “新工科”背景下专业课程“金课”建设探索: 以南京理工大学武器发射工程专业为例[J]. 高教学刊, 2020(33): 6-14.
- [4] 郭彩丽, 刘芳芳, 杨洋. 科教融合背景下研究型教学模式的探索与实践: 以“检测与估计理论”课程为例[J]. 工业和信息化教育, 2022(9): 57-61.
- [5] 杨素媛, 程兴旺, 马壮. “新工科”研究型课程建设及督导方法的探索与[J]. 教育教学论坛, 2020(12): 28-29.
- [6] 蒋亦樟, 詹千熠, 张景祥. 基于“新工科”背景的人工智能教学改革分析[J]. 科教文汇, 2020(30): 95-96.
- [7] 郭永春. “新工科”课程体系中的工程设计思维[J].

- 高等工程教育研究, 2021(1): 39-43.
- [8] 王德超, 赵德金, 朴成道. “新工科”建设背景下工科类创新型人才培养探究[J]. 科技经济导刊, 2020, 28(32): 72-74.
- [9] 谭志, 马鸿雁. 国际视角下电气电子信息类“新工科”专业创新创业人才培养探索[J]. 高等理科教育, 2021(1): 40-48.
- [10] 肖玮萍. 关于研究生精品课程建设的几点思考[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2010(6): 15-16.
- [11] 王会海, 孙克辉, 刘正春, 等. 基于理工融合的电子信息技术类专业建设与实践[J]. 中国教育信息化, 2020(22): 46-49.

(上接第68页)

【参考文献】

- [1] 教育部高等教育司. “新工科”建设行动路线(“天大行动”)[EB/OL]. (2017-4-12)[2023-6-8]. http://www.moe.edu.cn/s78/A08/moe_745/201704/t20170412_302427.html.
- [2] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.
- [3] 付绍静, 王勇军, 刘强, 等. 面向工程教育认证的网络空间安全人才培养模式研究[J]. 内蒙古师范大学学报(教育科学版), 2020(33): 35-9.
- [4] 刘小虎, 张玉臣, 韩继红, 等. 依托学科竞赛的网络空间安全专业人才培养创新能力培养[J]. 计算机教育, 2019(6): 35-38.
- [5] 刘建伟. 发挥一流网络安全学院特色优势培养网

- 络空间安全拔尖创新人才[J]. 计算机教育, 2023(2): 6-7.
- [6] 闫玺玺, 尹沛, 张静. 基于OBE理念的网络空间安全人才培养模式研究[J]. 科教文汇, 2023(4): 116-120.
- [7] 李锦青, 底晓强, 母一宁, 等. 网络空间安全学科人才培养机制探索[J]. 软件导刊, 2022, 21(7): 175-179.
- [8] 李攀攀, 朱蓉, 杜选, 等. 可持续竞争力的网络空间安全应用型人才培养模式探索[J]. 计算机教育, 2019(10): 121-124.
- [9] 闫玺玺, 孟慧, 汤永利. “新工科”背景下信息安全专业建设和人才培养模式探索[J]. 计算机时代, 2021(7): 104-108.