

基于多维协同融合的计算机网络课程教学模式改革*

徐涛¹ 宫丽娜² 贾继杨³ 侯艳艳³ 黄玉文⁴ 缙亚楠⁵

1. 枣庄学院网络中心, 枣庄 277160
2. 南京航空航天大学计算机学院, 南京 210016
3. 枣庄学院信息科学与工程学院, 枣庄 277160
4. 菏泽学院计算机学院, 菏泽 274015
5. 枣庄学院机电工程学院, 枣庄 277160

摘要 针对目前计算机网络教学过程中存在的问题, 根据课程特点和学情分析, 课程组提出了多维协同融合的教学模式改革, 并介绍了具体协同融合实现方式。经过两轮的教学模式的改革与实践, 取得了部分教学成果, 学生解决复杂工程问题的能力得到了提高, 促进了计算机网络及相关课程的教学改革。

关键字 计算机网络, 多维协同融合, 课程群, 主动学习

Reform of Computer Network Course Teaching Mode Based on Multidimensional Collaborative Fusion

Xu Tao¹ Gong Lina² Jia Jiyang³ Hou Yanyan³ Huang Yuwen⁴ Gou Yanan⁵

1. Network Center Zaozhuang University, Zaozhuang 277160, China, xutao@uzz.edu.cn
2. School of Computer Science Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China
gonglina@nuaa.edu.cn
3. School of Information Science & Engineering Zaozhuang University, Zaozhuang, 27710, China
4. School of Computer Heze University, Heze, 274015, China, hyw@hezeu.edu.cn
5. School of Mechanical and Electrical Engineering Zaozhuang University Zaozhuang, 27710, China hyn@uzz.edu.cn

Abstract—The teaching mode reform of computer network courses based on multi-dimensional collaborative integration aims to address the problems existing in the current computer network teaching process. Based on the characteristics of the course and the analysis of the learning situation, the course team proposed a teaching mode reform of multi-dimensional collaborative integration and introduced specific implementation methods of collaborative integration. After two rounds of teaching mode reform and practice, some teaching achievements have been achieved, and students' ability to solve complex engineering problems has been improved, promoting the teaching reform of computer networks and related courses.

Keywords—Computer Network, Multi-dimensional Collaborative Integration, Course Group, Active Learning

1 引言

计算机网络是计算机类专业核心课程, 在课程体系中占有十分重要的地位, 是路由与交换技术, 网络安全, 光接入网络, 网络协议分析与实现等课程的前导课程; 该课程对培养学生创新意识, 提高学生解决计算机网络相关复杂工程问题能力和毕业要求的达成起到关键支撑作用。

2 计算机网络课程特点

计算机网络主要讲授数据如何在网络系统中传输和处理, 内容包括网络体系结构和各类重要网络协议。计算机网络不同于数据结构、操作系统等计算机类课程, 有其自身的课程特点。其课程特点如下:

(1) 多学科交叉融合, 技术实现复杂。计算机网络涉及计算机技术和通信技术等多个学科, 知识面较广, 实现较为复杂, 技术迭代速度快。

(2) 知识点琐碎, 且关联度不高。计算机网络课程是计算机类课程知识点最多的一门课程, TCP/IP层内知识点关联度较高, 不同层的知识点耦合度非常

* **基金资助:** 本文得到 2021 年山东省本科教学改革研究项目 (M2021116) 项目资助。

** **通讯作者:** 缙亚楠

低,具有“高内聚(层内),低耦合(层间)”的特点。因记忆的内容较多的原因,很多同学把计算机网络和“文史类课程”相提并论。

(3) 理论性和实践性强,内容较为抽象难懂,学习过程“枯燥无味”,理论来源于工程实践,因此,计算机网络又具有较强的实践性^[1]。

计算机网络课程组连续五年对毕业的学生进行了问卷调查,回收有效样本 985 份,其中 48.9% 的同学认为非常难,31.2% 的同学认为难,合计 80.1% 的同学认为计算机网络学习过程难度较大,调查结果如图 1 所示。课程组同时对毕业学生进行“大学期间所学课程在自己职业发展中作用”进行调查,58.42% 的学生认为计算机网络在职业发展中非常重要,排在数据结构和 C 语言之后,在操作系统、计算机组成原理和其他课程之前。由此可见,毕业学生认为该课程非常重要,但学习过程中难度较大,直接导致了教学效果不理想,降低了主动学习动机,对计算机网络形成了错误的观点,从而影响到课程目标的达成以及高素质应用型人才的培养。因此,计算机网络教学改革势在必行。

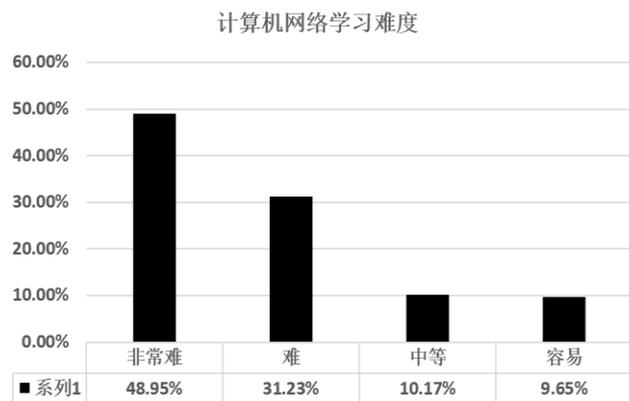


图 1 计算机网络学习难度调查结果分析

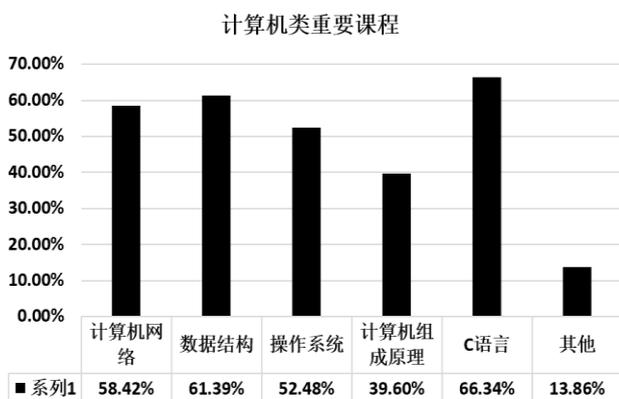


图 2 专业课程对自己职业生涯的作用

3 计算机网络课程教学现状

目前,大部分应用型高校计算机网络教材选用的谢希仁教授编著的《计算机网络(第8版)》,课程内容选取上主要以教材内容为主。课时大部分是 64 学时,其中理论 48 学时,实践 16 学时,学时明显与课程难度不相匹配。教学过程以理论内容为主,实践环节为辅,而实践内容多以抓包验证类实验为主,对学生理解计算机网络抽象知识点帮助较小,理论与实践脱节较为严重。在工程教育专业认证和一流本科课程的推动下,教学模式逐步实现由“以教师为中心”向“以学生为中心”的转变,引入了翻转课堂等方式进行教学,部分老师对计算机网络教学进行了有益的改革与探索。例如哈尔滨工业大学李全龙和聂兰顺老师在“中国大学 MOOC”平台开设的计算机网络教学改革,取得了较好的教学效果。但目前针对与应用型高校的计算机网络教学改革仍然没有从根本上改变教学效果差,课程目标未能达成的教学现状。

4 计算机网络课程教学存在的问题

近年来,人们在教学过程中引入新的理念、新的教学模式、新的教学方法,并取得了一些教学改革成果,但仍存在一些深层次问题亟待破解。

(1) 教学模式与学情、课程不匹配,未能实现因材施教

目前,部分老师在 OBE 理念指导下采用翻转课堂方式,线上线下相结合的混合式教学模式。翻转课堂教学模式通过翻转课堂培养了学生自主学习能力,激发学生探究创新意识,符合“以学生为中心”的教学理念,翻转课堂的教学模式特别对双一流高校取得了较好的教学效果。翻转课堂教学模式达到预期教学效果前提是学生具备良好的自主学习意识。而对大部分应用型本科高校学生自主学习能力普遍较弱。另外,课程的知识点琐碎,抽象枯燥无味也阻碍了翻转课堂教学改革的实施。本课程组在 2018 级和 2019 级 400 余学生中间卷调查,80% 以上学生不愿意采用翻转课堂教学模式。因此,双一流高校采用的翻转课堂混合式教学模式不能直接应用到应用型本科高校教学中。

(2) 教学内容没有及时更新,未能实现课程“两性一度”

目前,网络体系架构基于 TCP/IP,体系架构已经非常成熟,但网络技术发展日新月异,计算机网络授课内容没有随之更新,与现实网络技术差距明显。例如仍然讲授 CSMA/CD,集线器,FTP 等已淘汰的技术,而 SDN、5G、WiFi6、IPv6+、F5G 等前沿性技术未能与课程进行融合,影响了学生学习积极性和探索求知欲望。

(3) 重理论，轻实践现象依然普遍存在

学习计算机网络首先要掌握计算机网络的基本工作原理，而计算机网络的原理及其复杂抽象难懂，又受到课时等客观条件制约，造成了教学过程中注重理论教学和轻实践教学的情况，实践内容多以抓包验证类实验为主，缺乏研究类、创新类实验，这些也造成学生的畏难情绪，从而缺少主动学习的动机。

(4) 教学团队工程素养有待提高

计算机网络与实践应用联系非常密切，对老师不但要求要掌握计算机网络相关原理，还要求具有丰富的工程经验，高校老师大部分是从高校毕业后直接到高校从事教学工作，优点是具有深厚计算机网络理论基础，但缺少从事计算机网络的项目经历，授课过程就容易出现理论与实践相脱离，不符合培养高素质应用型人才的要求。

为了解决上述问题，本课程组从我校计算机网络教学实际情况出发，提出了多维协同融合的计算机网络教学模式改革，实现教学主动“教”到学生主动“学”的转变，提高学生解决复杂工程问题的能力和创新能力。

表 1 计算机网络与路由与交换技术知识点交叉

计算机网络知识点	路由与交换技术关联知识点	协同融合的混合教学优点
PPP 工作原理	PPP配置	通过PPP配置实验验证PPP工作过程，有助于理解PAP和CHAP工作过程
交换机原理	STP&MSTP实验	通过广播风暴原理讲解，有助于理解STP&MSTP
虚拟局域网	VLAN 配置实验	通过实验实现理论与实践相结合，让学生理解VLAN的优缺点和应用场景
无线局域网	WLAN 配置实验	实现理论与实践结合，掌握WLAN最常见部署
静态路由	静态路由实验	实现理论与实践结合，使学生理解路由表的原理
动态路由	RIP、OSPF、BGP实验	实现理论与实践结合，让学生更容易理解RIP/OSPF/BGP原理
网络地址转换	NAT实验	理论与实践结合，使学生更容易理解NAT原理，掌握NAT应用场景
IPv6	IPv6 双栈配置实验	实现理论与实践结合，掌握IPv6最常见部署
PPP	AAA认证	理论与实践结合，使学生更容易理解原理，掌握PPP应用场景
DHCP		使学生掌握DHCP工作过程
SNMP	网络管理	使学生理解现网设备管理方式

5 计算机网络课程教学现状

5.1 课程群协同融合教学

计算机网络课程特点理论性强，内容抽象难懂，实践内容较少，从而造成了学生主动学习积极性不高。

但其后续课程路由与交换技术、网络安全、光接入网络等课程理论与实践结合较为紧密，学生主动学习兴趣较浓。

特别是路由与交换技术课程与计算机网络两门课程知识点高度耦合，互补性强。计算机网络与路由与交换技术课程知识点交叉情况如表 1 所示。

在 2018 级网络工程专业 1 班进行了课程改革试点，将计算机网络和路由与交换技术这两门课程调整到同一学期开设，网络安全和光接入网络调整为下一学期开设。计算机网络和路由与交换技术由同一位老师完成两门课的教学任务，授课教师重构教学模式和教学内容，根据实际授课情况灵活安排教学过程，实现两门课程的融合。具体教学改革措施如下：

(1) 重构教学内容，优化教学体系，提高教学效率。原来计算机网络和路由与交换技术原来在不同学期开设时，在讲授路由与交换技术时，由于时间等原因，学生对计算机网络理论出现遗忘等现象，还需要对相关知识点进行重复讲解，浪费了大量时间。在同一学期开设时，路由与交换技术减少了理论授课时间，同时弥补计算机网络课时不足[4]。

(2) 创新教学模式，理论与实践结合，提高学习效果。两门课协同授课，实现理论与实践相结合，相互促进，学生主动学习积极性显著提高。使计算机网络中抽象的理论不在枯燥，路由与交换技术也有了理论支撑。

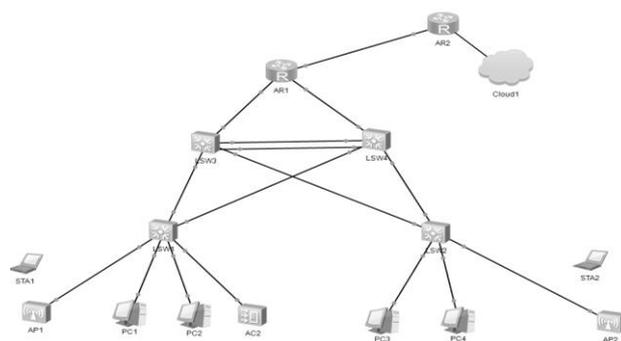


图 3 课程设计拓扑结构

(3) 整合实践教学，引入创新性和综合性实验教学内容。

实践教学环节引入具有创新性和综合性实验，实验内容上实现了计算机网络和路由与交换两门课程的紧密融合，例如学期末两门课程的课程设计实现二合一，让学生设计一个中小型校园网的课程设计，并用 eNSP 模拟实现；本项实验几乎囊括了计算机网络和路由与交换技术的所有内容，涉及端口聚合、VLAN、MSTP、VRRP、OSPF、NAT、AAA、DHCP、WLAN、IPv6、网络安全等现网使用技术。课程设计拓扑机构如图 3 所示。

通过多轮的教学实验改革,学生的工程素养和解决复杂工程问题能力得到进一步提升,通过调研93.4%的学生支持实验教学内容改革。与改革前比较,成绩大幅提高了10分,调查问卷,91%的学生支持协同教学模式。课程融合前后教学效果对比如表2所示。

5.2 线上线下协同融合教学

课程组在超星平台自建了MOOC课程,包括68个视频,试题537个,课程资料116个,基本满足学生学习需求。利用超星平台开展“线上+线下”混合式教学,授课过程采用课前课中课后的三段式教学模式。

表2 课程协同融合前后教学效果对比

	实验班 (2018级1班)	正常授课 班级	2017级	2019级	2020级	2021级
学生评教	95.2	92.3	90.1	94.9	95.6	96.8
支持教学改革	91%	/	/	92%	92%	90%

(1) 课前自主学习。通过超星平台下发任务单,任务单包括重点,难点,自学内容及配套习题。学生结合本课程MOOC网站或者中国大学慕课等知名平台课程资源进行学习。学习过程中学生可以通过学习通、微信群等多种平台进行讨论答疑等互动交流。

(2) 课中互动学习。老师根据学生通过“学习通”学习产生的数据,对前期自主学习发现的问题,以及课程重点难点进行有针对性的讲解。讲解过程中通过讨论式教学,积极实现与学生互动。

(3) 课后深度学习。主要对已学内容进行梳理巩固,实现知识内化和提高,学生主要完成课后作业,单元测试,和思维导图等任务。

早期教学改革采用翻转课堂教学模式,但整体学习成绩有所降低,大部分学生对翻转课堂教学抵触情绪较大。通过与学生座谈得知,教学过程直接采用双一流高校的翻转课堂教学模式,忽视了学生存在的差异,我校是一所地方应用型本科院校,学生自主学习能力与双一流高校学生存在较大差距。因此,教学过程必须对传统翻转课堂教学模式进行改革,授课教师根据学生学习情况,因材施教,选择合适的章节进行翻转,避免为了翻转而翻转的教学模式^[2]。经过两轮的教学改革,取得了较好的教学效果,86%学生支持差异翻转教学模式。2020年,计算机网络课程被评为山东省一流本科课程(线上线下混合式课程)。

(1) 论文题目是最恰当、最简明的词语反映论文中最重要的特定内容的逻辑组合。题目所用每一词语必须考虑到有助于选定关键词和编制题录、索引等二次文献可以提供检索的特定实用信息。

(2) 论文题目应该避免使用不常见的缩略词、首字母缩写字、字符、代号和公式等。

(3) 论文题目不宜超过20个汉字。

5.3 专任教师与外聘教师协同融合教学

计算机网络和路由与交换技术两门课要求任课教师不但有深厚的理论基础,还需要具有丰富的工程实践经验,而这一方面恰恰是高校专任老师所欠缺的。为此,课程组按照“内主外辅,外引内培”的原则,打造产教融合、专兼混编的双师型教学团队,促进教育链、产业链、创新链有机衔接,实现产教协同育人。近几年,课程组依托我校产教融合平台,聘请华为、移动、联通、电信等行业知名企业工程师为外聘教师。外聘教师承担教学任务灵活多样,比如技术讲座,实践指导,毕业设计指导,承担部分章节教学等。外聘教师把已完成或正在实施的项目带到课堂上,不但使学生学习到了GPON、SRv6等较新的一些技术,拓宽了知识面,也促进了专任教师向双师型的转变,学生学习积极性和工程实践能力都有所提高。

5.4 主动学习与被动学习协同融合教学

主动学习能够充分发挥学生的主观能动性,提高学习效果,学习过程理想状态是每个学生能够主动学习。我校为普通应用型地方高校,相对于双一流等高校学生,我校学生普遍存在主动学习积极性不高的现象,自主学习能力有所欠缺。因此,教学过程中不能过度依赖学生主动学习,学习过程中必须主动学习和被动学习相结合。

(1) 重视过程性考核与评价,督促学生按时完成任务,构建良好学习环境和氛围。通过过程性评价,让老师及时了解学生学习情况,及时发现学生学习过程中遇到的问题,调整教学策略解决问题。学习过程中,一般以小组为单位进行组织教学,小组成员一般6-7人,成员组成包括一名班干部,一名党员或者入党积极分子,不少于一名成绩优秀的学生。组长选择组织能力,成绩优秀的学生担任。组长主要职责担任老师的“助教”,和老师共同督促学生按时完成学习任务;另外担任老师的“信息员”,老师通过组长及时了解学生学习状况,这些信息是老师和辅导员无法第一时间获取的。在学习过程中,老师和组织共同督促学生按时完成学习任务,及时公布学习积分,让学生及时正确认识到自己学习存在在问题和不足。对未完成的同学,通过组长了解相关情况,通过谈话等多种方式及时转变学生学习态度。

(2) 为每一位学生“画饼”,找到努力的方向,实现被动学习到主动学习的转变。

不管是自制力强的学生还是自主学习能力较差的学生,都需要经常激励鼓舞学习,营造良好的学习氛围。

围。由于各种原因,大部分学生对自己的未来没有一个清晰的认知。在日常教学过程中,老师将激励教育与课程进行融合,给每一位学生“画饼”,让学生有一个人生目标,一个努力的方向。每学期会安排 2-3 次课程报告,邀请对象主要考取研究生的同学或者一些优秀毕业生给学生,这毕业生有一部分在华为等业内知名企业。通过多种方式激励学生制订人生规划,帮助学生树立自信心。

5.5 创新竞赛、“1+X 证书”与课程的协同

在教学过程中,经过课程组老师不断探索实践,形成了“以赛促教、以赛促学、赛教融合”的竞赛教学模式。为了激励学生参加竞赛和考取职业资格证书,在人才培养方案和课程大纲修订过程中,规定了学生参加各类竞赛获奖和考取职业资格证书,可以实现学分置换方式免修部分课程,或者课程考核加分。针对不同学生选取了适合的竞赛和职业认证证书,例如竞赛全国大学生创新创业大赛和 C4 网络技术挑战赛(高难度),山东省大学生网络技术大赛(中等难度),NCRE 和 HCIA(难度低)等。让每一位学生都可以根据自身情况参加相应竞赛。

通过创新竞赛不但促进了学生对专业知识的掌握,以及老师向双师型教师的转型,还可以培养学生的团队协作和创新意识,提高学生解决复杂工程问题能力,符合以“学生为中心”的工程教育专业认证理念。近几年,学生参赛人数和获奖人次等级呈现不断上升趋势,近三年获奖情况如表 3 所示。

表 3 学生近三年参加竞赛和获取职业资格证书情况

	2020年	2021年	2022年
参与人次	95	132	189
获奖人次	32	56	97
1+X证书	23	35	56

5.6 实验教学与实践教学协同

实验教学是计算机网络的重要组成部分,对计算机网络原理的掌握,解决复杂工程问题能力和创新能力的提升起到至关重要的作用。由于实验条件制约,计算机网络和路由与交换技术等课程实验大部分采用虚拟仿真技术,使用 eNSP 等仿真软件替代真实网络环境。仿真软件的使用解决了实验条件不足的问题,但与真实网络环境还有一定的差距,导致学生遇到真实网络工程问题依然束手无策^[5]。在教学过程中,引入了顶岗实践教学环节,通过勤工俭学的方式选派一部分学生到我校网络中心顶岗实习。我校校园网为 F5G 网络,包括了传统以太网和 GPON 等主流先进技术。

通过网络中心老师的指导和高年级学生帮带,学生参与到校园网的维护过程,使学生掌握真实环境网络是如何实现的,并用所学知识解决实际网络问题,实现了理论与实践的融合贯通。学生在顶岗实习过程中不但可以获得勤工俭学补助,还可以通过自身所学知识解决实际问题,从而获得成就感和专业认同感,激发了学习兴趣,促进了自身主动学习,实现了良性循环,最终学生解决复杂工程问题能力和职业素养得到了提升,该部分学生在计算机网络技能大赛中多次获奖。最近两年,自愿报名参与顶岗实习的学生人数不断增长,但由于条件限制,只能接收一部分学生参与到顶岗实践教学。下一步计划与当地运营商开展协同育人实践,为有意向参与顶岗实践教学提供更好的实践教学环境。

表 4 近三年课程教学改革学生评价与平均成绩变化情况

	2019级	2020级	2021级
学生评教	94.9	95.6	96.8
学生平均成绩	68.5	72.4	78.6

6 结束语

计算机网络课程组始终“坚持以学生发展为中心”,突破传统教学模式,采用多维协同融合的混合教学模式,解决课程知识点多,抽象难懂,学生学习积极性不高的问题。经过近几年的教学改革与实践,取得了不错的教学效果,学生解决复杂工程问题能力和创新能力得到提升,希望能为计算机网络教学改革提供参考案例。2019 年网络工程专业被评为山东省一流本科专业,计算机网络课程被评为山东省一流本科课程。

参考文献

- [1] 宦成林, 陈健苇. 深度学习视域下的计算机网络课程混合式教学实践探究[J]. 计算机教育, 2022(6): 131-136.
- [2] 张晓明, 张世博. 面向金课标准的计算机网络混合式教学模式研究与实践[J]. 计算机教育, 2022(1): 139-143.
- [3] 张明军. 计算机网络课程教学改革思路及实践[J]. 大学教育, 2022(4): 127-130.
- [4] 邵雪梅, 赵生慧. OBE 视角下应用型高校“计算机网络”课程教学改革实践[J]. 湖北工程学院学报, 2022(5): 38-42.
- [5] 李文正. 新工科背景下计算机网络课程实验教学体系的研究[J]. 高教学刊, 2021(32): 101-104.
- [6] 王玉, 黄永平. 师生学习共同体在软件工程专业课程的应用研究[J]. 计算机技术与教育学报, 2022年7月第10卷第1期 81-84.
- [7] 周爱民, 沈建华, 邵非. 面向“新工科”人才培养的计算机专业课程教学改革与实践——以“AIoT 系统设计”[J]. 计算机技术与教育学报, 2022年08月第10卷第2期 58-61.