面向产出的计算机网络线上线下混合式教学研究及实践*

尚凤军

重庆邮电大学计算机科学与技术学院，重庆，400065

摘　要　随着网络信息技术的发展，传统的课程教学方式正面临着新的变革，线上线下教学模式是高校课程教学发展的趋势。本文介绍了计算机网络课程内容设计、在线课程建设、面向系统能力培养的实验体系、课程评价方式等方面的工作。课程内容设计方面引入线上线下教学模式，能支持多种课程教学评价模式，满足课程教学中对教学信息多元化和形成性课程考核的需求。在线课程方面建设了重庆市一流本科课程，拓展了计算机网络的新技术内容。课程评价方式方面使用了在线测试、课程报告、考试等多种评价方式，推进了课程改革。计算机网络课程是计算机学科的专业（基础）课，注重理论性与实践性的结合，线上线下课程能有效衔接课内课外教学，加强课程教学的连续性，提升学生学习效果，提高课程教学质量。

关键字　线上线下，MOOC，课程目标，教学研究

Research and Practice of Online and Offline Hybrid Teaching of the Output-oriented Computer Network

Shang Fengjun

College of Computer Science and Technology
Chongqing University of Posts and Telecommunications
Chongqing 400065
shangfj@cqupt.edu.cn

Abstract— With the development of network information technology, the traditional course teaching method is facing new changes. Online and offline teaching mode is the trend of the development of college course teaching. This paper introduces the content design of computer network courses, online course construction, course evaluation methods, etc. The introduction of online and offline teaching models in course content design can support a variety of course teaching evaluation models and meet the needs of diversified teaching information and formative course assessment in course teaching. In terms of online courses, the first-class undergraduate courses in Chongqing have been constructed, and the new technology content of computer network has been expanded. In terms of course evaluation methods, online tests, course reports, examinations and other evaluation methods have been used to promote the curriculum reform. The computer network course is a professional basic course of computer science. It focuses on the combination of theory and practice. Online and offline courses can effectively connect in class and extracurricular teaching, strengthen the continuity of course teaching, improve students' learning effect and improve the quality of course teaching.

Keywords—online and offline, MOOC, curriculum objectives, teaching research

1　引　言

《计算机网络》是信息通信领域中一门重要的专业（基础）课，重庆邮电大学从1999年开设“计算机网络”课程， 2001 年在电子信息类专业开设“Internet 技术基础”。2002 年至 2003 学年，非计算机专业开设“计算机网络”。2005 年我们进行了双语教学的实践，采用傅承鹂编著的“TCP/IP & Next Generation”教材，第一次提及了 Reno 技术。2006 年开始在“计算机网络”课程中增加了与通信相关的内容，采用“计算机网络”（电子工出版社出版），该书第一次引入了光网络技术。

承担本课程教师以教书育人为己任，取得了丰硕的成果。2000 年非计算机专业“计算机网络”课程获得重庆邮电大学第四届优秀奖教学成果二等奖。2002 年本课程列入重庆市高校重点课程建设项

*基金资助：重庆市高等教育教学改革研究项目“新工科背景下计算机学科拔尖创新型人才培养模式改革与实践”（项目编号：213147）；重庆市高等教育学会项目（项目编号：CQGJ19B30）

目。2004 年重庆市“新世纪高等教育教学改基工程项目”：《通信网课程体系研究》顺利通过重庆市教委组织的专家组评审验收。2004 年“计算机网络”课程被评为重庆市精品课程。2013 年，被评为重庆市精品资源共享课。2021 年，被评为校级“金课”。

2 课程目标

重庆邮电大学秉承“修德、博学、求实、创新”的校训精神，坚持以立德树人为根本任务，以信息通信优势学科为引领，加强内涵发展、特色发展和创新发展，确立特色鲜明、开放式、高水平大学办学目标，形成具有扎实的专业知识、持续的发展能力、执着的行业情怀的高素质创新型人才培养目标，全面提升人才培养质量。

《计算机网络》面向全校理工科学生开设，每年800多名学生。通过对本门课程的学习，掌握TCP/IP和OSI体系结构知识，了解前沿的新一代网络知识，能够应用概率论、数据结构和操作系统等相关知识，来分析、设计、验证、构建网络系统，获得解决网络工程等复杂网络系统设计与开发能力。同时注重学生的辩证思维和法律意识，以及求真务实的专业精神，踏实严谨的科学素养和理论联系实际的学习方法，引导学生认识到新一代网络技术变革带来的机遇和挑战，爱国敬业，自觉践行社会主义核心价值观，坚定理想信念，勇担时代使命[1]。通过课程案例与专业课程知识的有效融合，培养学生具备一中心 (网络能力) 、两产出（工程知识和问题分析) 、四目标 (运用知识、问题表达、方案选择和方案评价)，如图1所示 。灌输学生尊重规范和规章制度、诚信守信、客观公正；具备国际视角、发展视野，构建人类命运共同体。

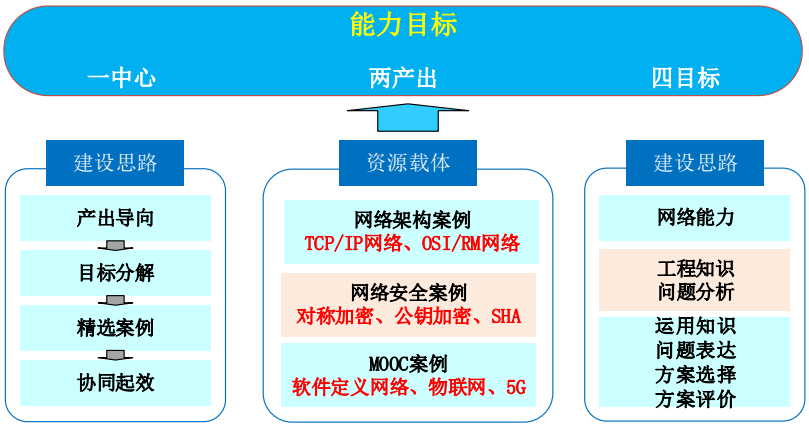

图 1 课程能力目标

课程具体能力目标如下：

课程目标1: 能够将交换原理、传输媒体特性、MAC地址、子网、超网、多播、NAT、端口、DNS、FTP、TELNET、HTTP、DHCP、SNMP、密码体制、数字签名等知识用于网络工程问题的表述。

课程目标2: 能够综合运用计算机网络原理知识，辨识和判断网络工程问题的关键环节，并能用数学模型正确表达复用方案、PPP状态、退避机制、路由方案、拥塞控制等网络工程问题。

课程目标3: 能够运用计算机网络理论知识辨识和判断复用方案、PPP状态、IP地址方案、路由方案、拥塞控制方案等网络工程问题有多种方案选择，并能通过比较分析、文献调研等寻求可替代的解决方案。

课程目标4: 运用香农定理、CSMA/ CD、IP地址、路由协议、拥塞控制原理、MIME原理、HTTP工作机制、安全协议等分析网络系统工作过程并能对分析结果进行归纳和总结，借助文献研究，分析过程的影响因素，获得有效方案，培养学生分析解决网络工程问题能力。

3 混合式教学设计

教学过程中，整合教学内容，结合信息化教学过程数据进行分析，面向学生能力进行教学改革，按照学生线上自学、线下翻转、师生线上讨论的模式进行教学设计[2]，构建了一种以学生为中心，师生互动、生生互动、线下线上联动的教学模式，并制定相应教学评价机制，实现OBE导向、MOOC翻转[3]、O2O混合式等个性化学习[4]，保证学生学习有效参与。

《计算机网络》以学生产出（OBE）为导向[5]，通过云计算、物联网新业态人才需求侧和供给侧改

革[6]，以学生成长和发展为导向，校企协同育人，构建“产教协同、多元协调、知行协作”三者相互联动，互为支撑的教学模式。课前通过在线学习、交流答疑传递知识，课堂采用对比分析、案例分析，课后通过企业实习、专家讲座拓展知识和提升能力的三阶学习过程。最后采用“在线学习+报告总结+课后作业+期末考试”的四维考核方式[7]，形成“三协三阶四维”体系实现学习产出目标，如图2所示。

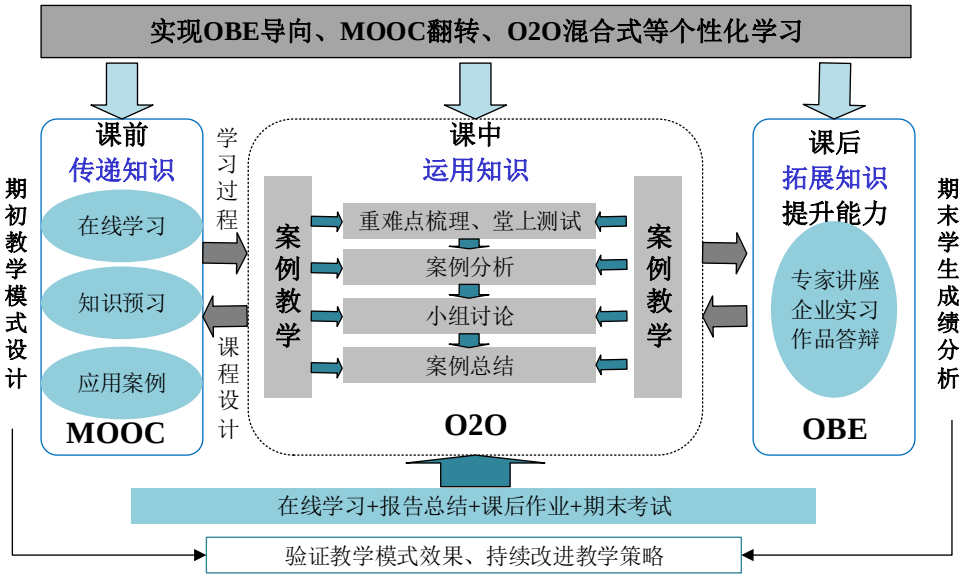

图 2 课程产出目标实现体系

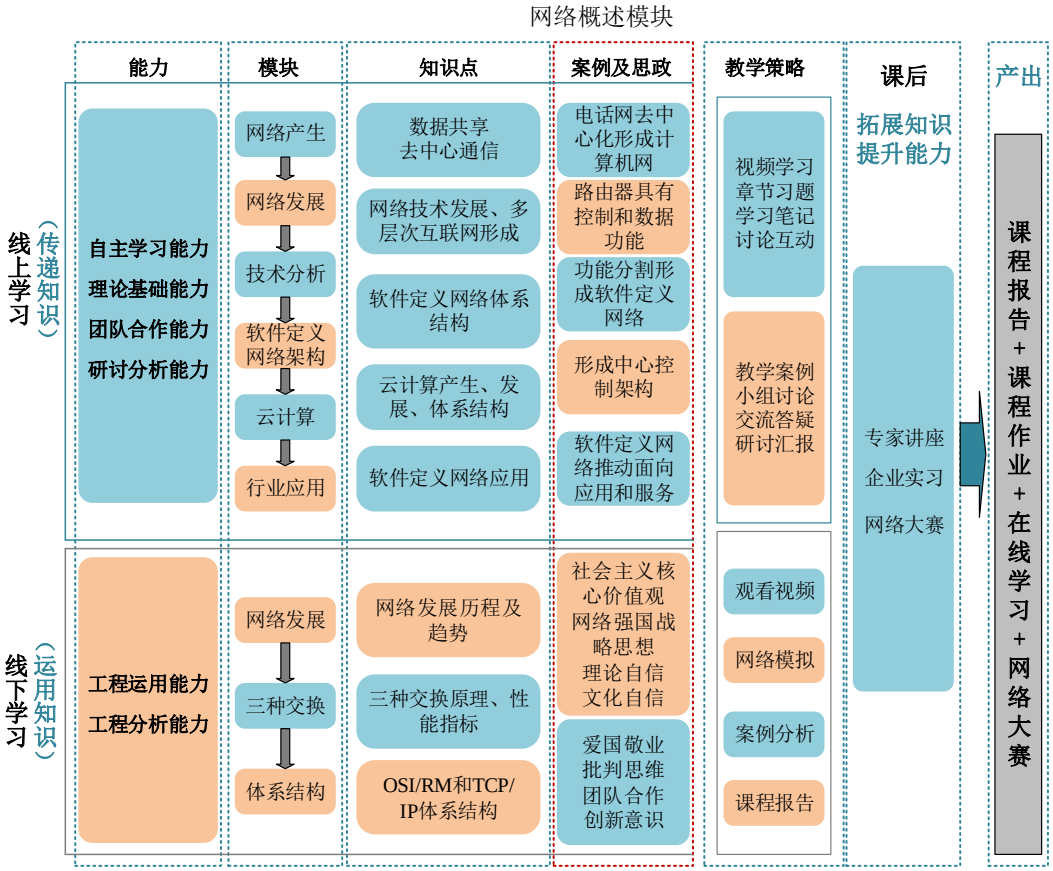

图 3 网络概述模块线上线下教学组织模式

产教协同：企业开发了20个品种案例、10个教学案例，贯穿课程理论知识体系，增强了教学内容的前沿性。

产教协同设计课程内容，采用“理论讲授+专家讲座+企业实践”的教学模式协同教学。

线上与线下混合：在重庆高校在线开放课程平台自建在线课程，学生课前在线自学，课堂引入对比分析、案例分析等多种教学方法[8]。

理论与实践融合：实现“知识进步-能力提高-素养晋升”模式培养[9]。

《计算机网络》课程堂上讲授48学时，实践24学时，堂下自学至少16学时；堂上讲授采用线下教学方式[10]，堂下自学采用MOOC自主学习方式[11]，图3为以网络概述模块为例设计的线上线下教学组织模式。

4 课程内容建设

把科研成果引入课堂，转变为教学资源，提升课程教学内容，很好地激发学生的学习兴趣和创新愿望。本团队有计算机网络、网络安全、无线通信和智能技术等多个研究方向有丰硕的科研成果。通过科研工作的开展和引导，对教师的知识更新和对前沿知识的掌握有很大的促进作用，这也进一步提升了教师的业务能力。教师们通过科研，不断提升自己的知识和能力，先后有多位教师拿到了博士学位和正在攻读博士学位，也有多位教师被评为教授和副教授，对师资力量的提升是很重要的。

4.1 教材编写

编写相关教材，如《计算机网络》（邓亚平、尚凤军等编著，科学出版社）和《计算机组成原理》（黄颖、王进、尚凤军等主编，清华大学出版社），如图4所示。其中计算机网络首次在本科生的教材中引入物联网这一前沿应用。将研究成果融入到教材之中，对教材内容的更新起到促进作用，尤其对于计算机网络这一发展迅速的行业而言。学生们能迅速掌握到前沿知识，对于它们就业后迅速适应工作岗位是必不可少的。

图 4 出版教材封面

4.2 线下内容建设

《计算机网络》线下课程进行思政元素融入、重点知识点讲解和问题难点讲解以及答疑：

网络基础模块：基本理论内容运用课堂讲授、提问启发等方法，附以视频在线学习，对于难点和重要内容除了讲授外，采用案例分析+比较方法，比较电路交换和包交换、TCP/IP与OSI体系结构。对于体系结构发展使用文献查询，要求学生完成调查小论文/课程报告。讨论网络体系结构发展。

物理层模块：对于基本理论内容运用课堂讲授、提问启发等方法进行讲授，对于难点和重要内容除了讲授外，采用案例分析+比较方法，比较有限介质和无线介质、不同的编码有不同的信道的容量、4种复用技术、3种接入技术。对物理层技术前沿使用文献查询，要求学生完成调查小论文/课程报告。讨论新型介质。

链路层模块：对于基本理论内容运用课堂讲授、提问启发等方法进行讲授，对于难点和重要内容除了讲授外，采用案例分析+比较方法，比较PPP/HDLC协议。另外通过网络学习40G/100G以太网技术。对链路层技术前沿使用文献查询，要求学生完成调查小论文/课程报告。讨论星型以太网。

网络层模块：对于基本理论内容运用课堂讲授、提问启发等方法进行讲授，对于难点和重要内容除了讲授外，采用案例分析+比较方法，比较RIP/OSPF协议。另外可以通过在线课程自学OSPF协议的改进功能。对网络层技术前沿使用文献查询，要求学生完成调查小论文/课程报告。讨论路由协议的发展。

传输层模块：对于基本理论内容运用课堂讲授、提问启发等方法进行讲授，对于难点和重要内容除了讲授外，采用案例分析+比较方法，比较UDP/OSPF协议。另外通过网络调研改进的TCP。对传输层技术前

沿使用文献查询，要求学完成调查小论文/课程报告。讨论拥塞控制方法。

应用层模块：对于基本理论内容运用课堂讲授、提问启发等方法进行讲授，对于难点和重要内容除了讲授外，采用案例分析法，分析常用的HTTP、EMAIL等应用。对应用层技术前沿使用文献查询，要求学生完成调查小论文/课程报告。讨论新型移动终端应用给网络带来的影响。

网络安全模块：对于基本理论内容运用课堂讲授、提问启发等方法进行讲授，对于难点和重要内容除了讲授外，采用案例分析+比较方法，比较对称/非对称加密算法。另外通过MOOC自学信息安全等内容。对网络安全技术前沿使用文献查询，要求学生完成调查小论文/课程报告。讨论网络空间安全的重要性。

4.3 线上内容建设

《计算机网络》持续建设线上课程资源。在重庆市精品课程建设期间，全面改建网络，成为以PHP+MYSQL为基础的互动式信息平台；同学随时在上面提问，参与讨论，老师们及时回答同学们的疑问，方便教师和学生联系、本校和外校师生乃至社会人员的交流。本网络积累了大量共享资料，拥有10000多名注册用户、3000多个页面，可供下载的相关文件、资料数超过1000个，点击量超10万次，1-2白次/天，远在海外的用户也积极参加网上讨论。在重庆市精品资源共享课建设期间，优化了课程网站，将部分内容重新组合，按精品资源共享课要求方式呈现。为配合课程改革，建设《新一代网络技术及应用》在线课程，供学生在线学习。线上学习内容要求：

(1) “互联网时代 1”，了解互联网产生发展，为堂上学习计算机网络产生、发展做铺垫。

(2) 软件定义网络和云计算，完成相应习题和关于软件定义网络的测试习题。

(3) 传感网、物联网和车联网，完成相应习题和关于传感网的测试习题。

(4) 无线局域网，完成相应习题和关于传感网的测试习题。

(5) 新一代无线通信技术、无线局域网等，完成相应习题和关于无线通信的测试习题。

(6) 区块链技术及应用，完成相应习题和关于区块链的测试习题。

(7) 英文 MOOC 学习，扩展国际视野：

https://www.coursera.org/learn/packet-switching-networks -algorithms

(8) 英文 MOOC 学习，扩展国际视野：

https://www.coursera.org/specializations/computer-network-security

课程组精心组织安排课程内容，每学年召开研讨会，讨论交流课程建设情况。每学期任课教师碰头交流教学进展和作业安排等情况，同时根据督导听课反馈持续课程。课程组织实施情况良好。

4.4 面向系统能力培养的实践体系

计算机网络实践是理工科二/三年级本科生的必修课，主要配合计算机网络课程，通过实践帮助学生学习和理解网络原理与协议，面向产出系统培养学生的动手能力、工程实践能力和综合应用能力。

计算机网络实践持续 1 周，面向提升计算机网络工程实践能力，提供 5 个实践专题。入门实验，主要熟悉实验平台、环境、设备、软件的使用。基本原理实验，包括数据链路层实验、网络层实验、传输层实验、应用层实验。路由协议实验，包括 RIP 路由协议实验、OSPF 路由协议实验等。综合应用实验，包括网络编程实验、综合组网实验等。创新性实验，包括 DDoS 检测实验、软件定义网络实验（包括 Open vSwtich 安装、ovs-vsctl 命令使用、ovs-ofctl 命令使用、vlan 隔离、vxlan 隧道、Group 表）等。

通过持续改进课程教学方法、教学内容，学生成绩有所提升，分布合理，如图5所示。

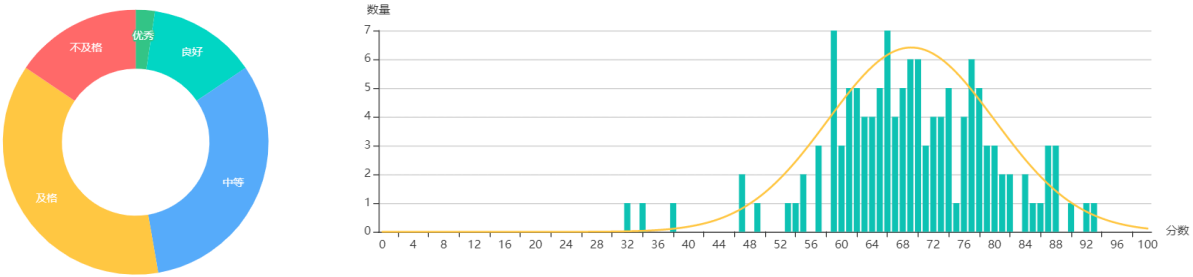

图 5 课程成绩分布

5 结束语

本团队教师定期举办学术讲座，还邀请国内外知名专家学者给本科生做前沿讲座，如康奈尔大学图灵奖获得者John Hopcroft教授、重庆邮电大学谢显中教授等定期给本科生举办讲座，这些都有利于提高学习的兴趣。引导学生认识掌握规律和运用规律的重要性，起到开拓视野、启发思维的作用，提高了本科生独立分析问题、解决问题的能力，有助于培养学生的综合素质。线上与线下有机融合，在重庆高校在线开放课程平台自建在线课程，学生课前、课后在线自学，课堂以案例分析为主。“全栈式”实践创新人才培养模式，并成功应用于网络实践能力培养。通过网络技术竞赛，结合开放性实验、创新性实验、课程设计和毕业设计等多层次引导学生的实践能力的培养。如我们的实验建设中主要设计了基础实验，研究性实验和创新性实验几种。基础实验一般都是验证性实验，让学生了解计算机网络内在的原理和结构，而研究性实验和创新性实验则是让学生提出一些新的想法，或者从老师的科研项目中选取一些比较有意义的任务，让学生来设计实验然后动手完成，这种结合可以保证学生能够掌握基础原理，然后能在此基础上进行创新，将一些新的想法付诸实施。同时在毕业设计和课程设计等方面也组织学生参与教师的科研活动，如与中兴、华为和重庆海云捷迅科技有限公司等国内大型IT企业签订合作协议，并作为学生校外实习的基地。通过让部分学生参与科研和校外实习可以增强学生的学习主动性，并带动全体同学的积极的学习氛围。教师让部分学生参与到自己的科研活动之中，也是对学生理论和实践能力提高的一种引导。在毕业设计和课程设计中表现好的同学也会被老师推荐继续深造，继续参加教师的科研活动。这种良性循环保证了教师科研活动能够不断得到生力军的补充，同时对其它学生的学习提供了榜样力量。

在时间（在不同的学期）、空间（学校、企业、社会）和教学过程（基础实验、研究实验和创新实验，课程设计和毕业设计等）中体现“全栈式”，可以时刻让学生将实践放在重要的位置，而不会仅仅学习书本上的理论知识。对于计算机专业和信息安全专业，我们要求他们掌握更多的理论基础，因为他们需要从事相关理论研究和应用的设计和规划，这些没有理论支持是不行的。所以我们通过多门课形成一个课程体系，设立了《计算机网络（实验）》、《计算机网络课程设计》、《网络规划与设计》及《协议分析与设计》等多门课程，按照层次按照要求去培养他们。在实践中，我们在不断摸索，从学生的需求，社会的需求和课程的内在要求等方面不断应用新的方法和手段，让学生、社会的要求都能得到满足。

参 考 文 献

[1] 尚凤军.面向“互联网+”的计算机网络课程改革研究[J].软件工程，2018，21(1):51-53.

[2] 吴岩.建设中国“金课”[J].中国大学教学,2018 (12):4-9.

[3] 周伟,钟闻.基于 BOPPPS 教学模型的内涵与分析[J].大学教育,2018(1):112-115.

[4] 焦建利，周晓清，陈泽璇.疫情防控背景下“停课不停学”在线教学案例研究[J].中国电化教育,2020(3): 106-113.

[5] 张晓明,刘建东,张世博.基于认证标准的计算机专业毕业 要求与教学模式设计[J].计算机教育,2020(2): 131-136.

[6] 钟德平，周楠.基于云班课平台的移动信息化课堂的教学模式探究[J].教育现代化，2018，5(46):253-254.

[7] 汤海林.《计算机网络》课程项目化教学评价模式研究[J].信息与电脑（理论版），2019，31(23): 253-254.

[8] 吕亚丽,张普洋,王杰等.地方院校“计算机导论”一流课程建设的问题与对策[J].教育理论与实践, 2021, 41(15): 62-64.

[9] 周巧萍. 基于 AHELO 成果评价的大宗商品新业态实验课程教学改革研究——以《大宗商品交易实战》为例》[J].产业科技创新,2020(2): 68-70.

[10] 白琳. 基于混合式学习的在线创新课堂教学设计[J].科技与创新，2020(22): 89-91.

[11] 吴许俊,丁勇,朱长水,姜枫,贾波.计算机网络一流本科课程建设研究[J].计算机时代,2022(4):90-92.