

注重工程思维培养的计算机网络课程探究式教学改革与实践

严斌宇¹, 冯钺喆¹, 余艳梅²

(1. 四川大学 计算机学院(软件学院、智能科学与技术学院); 2. 四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610065)

摘要: 计算机网络是计算机、信息通信等专业的一门重要基础课程。该课程传统教学模式存在学生工程思维培养不足的问题。为此,以培养学生的独立思考能力、实践操作能力、分析与解决问题能力以及团队合作能力为目标,提出一种注重工程思维培养的探究式教学方式。通过丰富的课堂设计引入工程案例,采用生动的教学形式和严格的教学过程控制方法提高学生的参与度,同时实施更全面的课程考核方案,形成以理论知识为基础、工程实践为手段,全面提升学生工程思维的教学体系。教学实践结果显示,该教学方式有效提高了教学质量,为学生的全面发展提供了有力保障。

关键词: 计算机网络; 工程思维; 探究式教学; 过程控制

DOI:10.11907/rjdk.241728

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

中图分类号:G642

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2025)003-0211-05



Exploration and Practice of Inquiry-Based Teaching Reform in Computer Network Courses with An Emphasis on Cultivating Engineering Thinking

YAN Binyu¹, FENG Chengzhe¹, YU Yanmei²

(1. College of Computer Science, Software Engineering & Intelligence Science and Technology, Sichuan University;

2. College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Computer networking is an important foundational course for majors such as computer science and information communication. The traditional teaching mode of this course has the problem of insufficient cultivation of students' engineering thinking. To this end, with the goal of cultivating students' independent thinking ability, practical operation ability, analysis and problem-solving ability, and teamwork ability, an inquiry based teaching method that emphasizes the cultivation of engineering thinking is proposed. Through rich classroom design and the introduction of engineering cases, vivid teaching forms and strict teaching process control methods are adopted to improve students' participation. At the same time, a more comprehensive course assessment plan is implemented to form a teaching system based on theoretical knowledge and engineering practice as a means to comprehensively enhance students' engineering thinking. The teaching practice results show that this teaching method effectively improves the quality of teaching and provides strong guarantees for the comprehensive development of students.

Key Words: computer networks; engineering thinking; inquiry-based teaching; process control

0 引言

随着计算机技术的不断进步以及应用领域的不断拓

展,计算机网络课程的重要性日益凸显。然而,当前计算机网络课程教学面临着诸多挑战,其中之一便是学生的工程思维培养不足。工程思维和工程设计能力是工程师的核心素养^[1-2]。传统的教学模式往往侧重于理论知识的传

收稿日期:2024-08-21

扫描二维码阅读全文:



基金项目:四川省高等教育人才培养和教学改革重大项目(JG2023-14);教育部产学研合作协同育人项目(231101035020228)

作者简介:严斌宇(1975-),男,CCF会员,四川大学计算机学院(软件学院、智能科学与技术学院)副教授,研究方向为计算机通信与网络、软件工程;冯钺喆(2000-),男,四川大学计算机学院(软件学院、智能科学与技术学院)硕士研究生,研究方向为计算机网络、人工智能大模型;余艳梅(1975-),女,四川大学电子信息学院副教授,研究方向为数字图像处理、图像通信。本文通讯作者:严斌宇。

授,忽视了对学生工程思维能力的培养,导致其在面对实际问题时缺乏独立思考能力。

探究式教学作为一种新型教学模式,强调学生的主体性和实践性,旨在通过引导学生主动探究、解决问题,培养其创新思维 and 实践能力^[3]。与传统教学方法相比,探究式教学方法具有诸多优势,如激发学生的学习兴趣、提升学生的自主学习能力、培养学生的团队合作精神等。工程思维要求工程师能够在各种复杂且多变的约束条件下进行创新性设计,同时在方案选择与决断过程中具有较强的严谨性和果断性,这与探究式教学理念十分契合^[4-5]。因此,将探究式教学方法引入计算机网络课程教学中对于培养学生的工程思维能力和实际问题解决能力具有重要意义。

1 教学现状

计算机网络是一门根植于实际需求,并在实际应用中持续演进与发展的课程。学生在学习进程中不仅需要深入研读教材及参考书籍,牢固掌握课程的基本概念、核心理论知识及基本应用方法,而且需紧密追踪计算机网络技术的最新进展,通过持续实践不断深化对课程内容的理解与运用能力。目前,国内的计算机网络课程教学仍然存在较多不足之处。

1.1 偏重理论、忽视实践

计算机网络课程的传统教学模式往往过于注重理论知识的传授,而忽视了与实践的结合。该课程作为一门具有深厚工程应用背景的学科,其实践教学的重要性不言而喻。目前,实践教学的薄弱使得学生对计算机网络的理解停留在理论层面,无法真正理解抽象的网络技术在实际应用中的作用,更无法自主探索运用理论知识解决实际问题^[6]。

1.2 学生参与度不足

在师生比较高的情况下,教师有足够的精力关注课堂上每位学生的表现,从而确保其参与度^[7]。国内高校由于教学资源有限,且教学规模普遍偏大,每位教师需要面对数量众多的学生群体,很难将个人精力合理分配到每一位学生的个性化学习需求上,在一定程度上限制了教学效果的最优化和学生个性化发展的可能性。此外,在传统课堂教学框架内,教师往往承担着知识传授的主要责任,他们通过口头讲授和实际操作演示两种基本形式向学生传递计算机网络课程的核心内容和关键技能^[8]。这种以教师为中心、侧重于单向信息传递的教学模式虽然在知识传递效率和系统性方面具有一定优势,但是会导致学生参与度和课堂互动性不足等问题。学生在被动接受知识的过程中缺乏主动思考和探索的机会,难以进行深度学习,不利于全面掌握计算机网络知识和提升实践应用能力。

1.3 考核方式与工程思维培养匹配度低

传统课堂考核方式单一,主要依赖于笔试评估,侧重

于对学生理论知识记忆与理解能力的考察,忽视了对其工程思维和解决实际问题能力的评价^[9]。计算机网络课程的学习不仅仅是凭借记忆和理解,更重要的是能将理论知识应用于实际问题的解决。因此,需要构建一套科学合理的评估体系,专门针对如计算机网络这样工程实践性强的课程,从而更全面地评价学生的综合能力。

探究式教学由美国著名学者杜威提出,主要是指在教学过程中,学生在教师的指导下通过自主、探究、合作的方式学习课程的主要知识点,多为小班教学^[10]。该教学模式要求教师通过一定的方式激发学生学习兴趣,发掘其自主探究的潜能,并适时给予适当引导,做到既不放任自流,又不过度引导^[11]。针对计算机网络课程教学中存在的工程思维培养不足问题,本文引入探究式教学方法,通过优化课程设计、引入实践项目、创新教学方法、优化评价体系等手段进行计算机网络课程教学改革,以期培养具备工程素养和创新精神的计算机网络人才。

2 改革目标

工程思维是一种系统的思考方法,多用于解决复杂问题,强调系统性、创新性、实践性和跨学科综合性。在计算机网络课程探究式教学中融入工程思维的培养旨在使学生在掌握计算机网络理论知识的同时运用工程思维解决实际问题,具备系统规划、设计、实施和管理计算机网络系统的能力,为未来的职业生涯奠定坚实基础。计算机网络课程的工程思维培养目标具体如表1所示。

3 教学改革实践路径

3.1 引入工程案例,增强教学实践

在计算机网络课程教学中,教师需设计一系列探究活动,使学生在真实或模拟的网络环境中进行实践操作,激发其主动学习的兴趣,培养创新思维^[12-13]。工程案例教学通过将真实或模拟的工程场景引入到教学过程中,使学生在分析和解决实际网络问题的过程中学习和应用所学知识,是计算机网络课程的重要教学手段。通过案例分析,学生可亲身体验网络工程的设计与实施过程,学习如何在限制条件下优化决策,从宏观角度看待问题,关注网络系统的整体性和协调性。在探究式教学中,案例的使用有多种方式。一种常见的做法是在理论教学后引入案例,通过案例提出实践问题。这种方式不仅使学生在解决问题的过程中锻炼了实践能力,而且使其深刻体会到学以致用成就感。也有一些教师选择在课堂教学前先举出相关案例,使学生能够更自然地接触并理解教学内容中的重难点,为后续的理论学习打下良好基础。

工程案例可通过校企合作以及日常教学积累获取。例如,课程团队基于川大一华为未来技术学院的校企合作

Table 1 Cultivating objectives for engineering concept in computer networking courses

表 1 计算机网络课程工程思维培养目标

培养维度	培养目标	工程思维培养
工程知识	掌握计算机网络基础知识,并能合理运用到工程实践中	实践性
	能够针对计算机网络的技术、原理、方法,利用相关知识加以分析和计算	系统性
	能够对于分析模型的正确性进行严谨的推理和计算,并能够给出解	系统性
	能从数学与科学的角度对复杂工程问题的解决方法进行分析,提出改进的可能	创新性
问题分析	能够掌握计算机网络相关工程科学的基本原理	系统性
	能够针对一个复杂工程问题应用所学计算机网络知识进行识别、表达	实践性
	能够运用所学计算机网络知识,并通过文献研究分析复杂工程问题	实践性
	能得出分析复杂工程问题的有效结论和综合衡量的依据	系统性
设计解决方案	掌握和运用计算机网络课程中的基本原理及计算方法	系统性
	能够综合利用计算机网络相关知识和方法,设计针对复杂工程问题的解决方案	跨学科综合性实践性
	针对特定需求提出研发方案	实践性
	能够综合考虑经济、环境、法律、安全等制约因素及其影响,并提出改进的建议	跨学科综合性创新性
团队合作	有一定表达能力和人际交往能力,支撑在团队中应承担的职责	实践性
	具有组织能力,并能带动他人	实践性

资源及时收集来自工程一线的实践案例丰富教学案例库,大力推进产教融合协同育人。表 2 列举了在课程中使用的部分案例。例如,在公司办公网络构建问题中,教师要求学生分组合作模拟一家网络外包公司。该公司需要参加其他公司办公网络的招投标项目,学生需要设计出合理的办公网络构建方案,并基于华为公司的相关模拟工具模拟真实网络环境,验证构建方案的可行性。基于这一案例,学生不仅充分掌握了计算机网络的核心知识与技能,

而且培养了团队合作精神。此外,教学团队在疫情期间的线上线下混合式教学工作中积累了大量教学视频、课件和补充教学材料,并基于此建立了计算机网络课程教学资源库,为学生的课后自主学习提供了坚实保障。

引入工程案例的探究式教学引导学生对课程重要知识点进行自主学习、深入探究,更好地掌握相关概念与原理。学生通过查阅资料提出解决方案,以实践推动理论学习,不仅加深了对知识的理解,而且提升了其综合能力。

Table 2 Engineering cases in course instruction

表 2 课程教学工程案例

案例内容	案例功能	对应课程目标
川大网管中心流量分析	引导学生掌握网络设备相关知识并应用分析真实案例	自主、探究
宿舍网交换机环路问题	引导学生掌握网络拓扑相关知识并应用分析真实案例	自主、探究
网络中心子网重新划分问题	引导学生掌握子网划分相关知识并应用分析真实案例	自主、探究
即时通讯软件分析问题	引导学生掌握 TCP 相关知识并分组合作分析真实案例	自主、探究、合作
公司办公网络构建问题	引导学生使用所学网络知识分组合作解决工程问题	自主、探究、合作

3.2 加强课程控制,提高学生参与度

课程控制是探究式教学的核心,不仅包括课件准备、课堂讲解等传统环节,而且包括授课过程中对学生的观察与互动,根据学生的反应调整教学进度、重难点内容教学、作业体系和实践环节。只有把这些环节做细做精,增强学生在学习过程中的主体地位,才能真正实现探究式教学。为使学生在学习过程中的主体地位得到充分体现、发挥其主导作用,教学团队设计了创新式课程控制流程。如图 1

所示,课程控制主要包含两大方面,即依据学生课堂反应灵活调整的课程作业体系与增强学生实践参与度的课程项目体系。通过在传统课堂教学体系中增加课程控制可使教师在有限的精力下关注到更多学生,将以往只能支持小规模课堂的探究式教学扩展至中大规模课堂中。

依据学生课堂反应灵活调整的课程作业体系要求教师在开学初指定每个章节大致的作业范围和实践题目,在教学过程中根据课堂反应进行相应章节作业的详细设计,

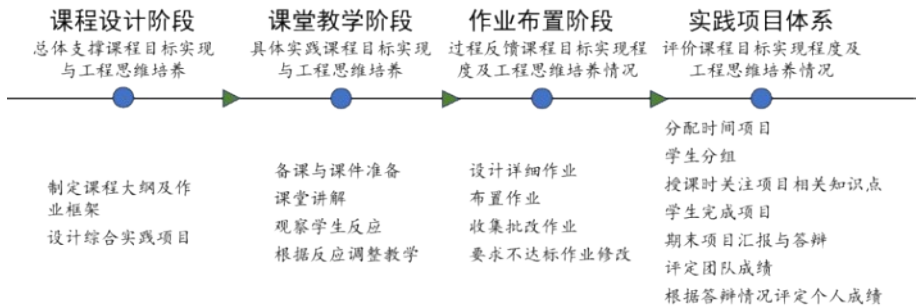


Fig. 1 Course control flow

图 1 课程控制流程

在教学范畴内设定形式灵活、难度较大的作业,如较为复杂的算法设计、程序设计、项目报告或小论文撰写,通过课程网站或群发邮件布置给学生,要求1~2周内完成,并以提交报告、堂上答辩等方式进行展示。教师在学生提交作业后尽快批改,通过在线检测系统进行查重,不能通过查重的作业要求学生重做,防止学生通过抄袭或网络搜索完成作业;同时根据作业完成情况掌握学生的学习进度,据此调整课程内容。

增强学生实践参与度的课程项目体系要求在课程中增设实践项目设计环节。在教学前期,教师确定本学期综合实践项目的具体内容,学生以3~4人组队完成。教师在授课过程中适当关注相关知识点,协助学生理解并应用到项目中。在期末项目汇报时,学生提交项目报告并进行现场答辩,由多位任课教师和一名助教组成评委团队,根据项目报告给出每个小组的团队成绩;同时根据答辩情况判断各成员的角色和工作量,给出个人项目成绩。该体系可有效培养学生的独立思考能力、实践操作能力、分析与解决问题的能力 and 团队合作能力,使其在未来工作中更好地运用工程思维。

3.3 改革考核方式,全面评估学生

考核是实现课程控制中作业体系和实践环节的重要保障。为提高本科人才培养质量,《教育部关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》中指出要完善过程性考核与结果性考核有机结合的学业考评制度,综合应用多种考试形式,科学确定过程考核的比重,实现多维度及时反馈^[14-15]。为此,本文对计算机网络课程期末成绩的构成比例进行重新分配,提高实践成绩比重,降低期末考试卷面成绩比重,使平时表现和动手能力成为评价学生学业水平的真正标尺。改革后的课程考核指标体系如表3所示,期末总成绩=考勤×5%+课堂表现×5%+作业×15%+实践项目×35%+期末考试×40%。期末考试以主观题为主,约占60%,客观题应尽量灵活,适当引入与实践环节挂钩的题目,用于辅助实践项目打分。

Table 3 Course assessment metrics

表3 课程考核指标体系

考核目标	考核比例/%	考核内容	对应课程目标
学生课堂参与度	5	考勤	自主、探究
	5	课堂表现	
学生课堂知识掌握程度	15	作业	自主、探究
学生工程实践能力、团队合作能力	35	实践项目	自主、探究、合作
学生知识掌握及实践能力综合评价	40	期末考试	自主、探究

传统的“期末一考定成绩”的考核方式是一种典型的总结性评价,忽视了课堂评价的重要性。改革后的考核方式将每一次评价融入课堂教学过程,以学生开展学习活动时的表现为依据,有助于及时调整教学内容、方法与策略,实现教与学的双重提升。

4 教学改革成效

目前,教学团队已成功将探究式教学方法引入计算机网络课程中。如表4所示,在过去3年中,仅雨课堂数据统计,平均每学期课堂师生互动次数达40次/人,保证了授课过程中对每位同学的关注。教学团队负责人于2024年在90人的大规模课堂上实现了46人次的平均师生互动次数,每次课都有接近3次的人均互动机会,有效提高了学生的课堂参与度。

Table 4 Number of teacher-student interactions in computer network working courses over the past three years

表4 近3年计算机网络课程师生互动次数

年份	学生人数	总互动人次	平均每人互动次数
2024	90	4 150	46
2023	51	1 781	35
2022	46	1 912	42

探究式教学方法不仅得到了学生的积极反馈,而且获得了校方的高度认可。在2015年、2016年及2018年,教学团队负责人3次荣获探究式教学优秀奖,相关课程并被评为探究式教学示范课程。所提出的增加主观题比例并结合实践操作的期末考核方式在2018年获得四川大学“非标准答案考试”优秀试题的荣誉。2020年教学团队负责人主讲的计算机通信与网络课程在“双万计划”一流课程申报中获得认定,成为首批国家级一流线下课程。

5 结语

基于探究式教学的计算机网络课程改革方案坚持以“自主、探究、合作”为核心的学习方式,使学生在自主学习、深入探究以及小组合作交流的过程中有效掌握相关理论知识、概念、原理与实践操作,加深了其对课程内容的理解与应用。教学案例的引入为探究式教学提供了有力支撑,学生在主动思考、查阅资料、提出解决方案的过程中培养了独立思考能力和创新精神,实现了自身能力的升华。在课程控制中重点加强了作业体系和实践项目环节的设计,通过设置形式灵活、难度较大的作业,以及引入较为复杂的算法设计或实际工程项目来提升学生的实践操作能力和分析解决问题的能力,使学生不断挑战自我,实现能力的跨越式提升。这种以理论知识为基础、工程实践为手段的教学方法不仅提高了教学质量,而且为学生的全面发展提供了有力保障。

后续教学团队将不断优化教学方案和评价体系,根据学生的实际水平和需求制定更加个性化的作业体系和实践方案,使其不仅能够巩固所学知识,而且能够提升实践能力和创新思维水平。同时,更注重作业的反馈与评价,利用人工智能赋能的教学手段及时发现学生存在的问题和不足,并提供针对性指导与帮助,为其提供更加优质的

教学资源和学习环境,以期为社会培养出更多具备工程思维的计算机网络人才。

参考文献:

- [1] MARK N H. Engineering thinking[M]. 5th Edition. Translated by Gong Xiaoli, Zhang Jin, Zhao Ziping. Beijing: China Machine Press, 2017: 181.
马克N. 霍伦斯坦. 工程思维[M]. 5版. 宫晓丽, 张金, 赵子平, 译. 北京: 机械工业出版社, 2017: 181.
- [2] STEFFEN K. Typical engineering thinking and consequences for the methodology of teaching in engineering education[C]//International Conference on Interactive Collaborative Learning, 2022: 373-384.
- [3] XU X F, SONG N Q. The development of inquiry teaching theory in the 20th century and its implications[J]. Journal of Southwest China Normal University (Humanities and Social Sciences), 2001(4): 92-97.
徐学福, 宋乃庆. 20世纪探究教学理论的发展及启示[J]. 西南师范大学学报(人文社科版), 2001(4): 92-97.
- [4] YOU F Q, CHEN L L. Exploration of network programming technology teaching oriented by engineering thinking[J]. Computer Education, 2023(8): 161-165.
游凤芹, 陈琳琳. 工程思维导向的网络编程技术教学探索[J]. 计算机教育, 2023(8): 161-165.
- [5] WANG F, WANG H. Analysis of the curriculum reform method based on the combination of computational thinking and engineering thinking[C]//10th International Conference on Information Technology in Medicine and Education, 2019: 284-287.
- [6] YANG Y, LI J L, QU X H, et al. Construction of intelligent manufacturing practice teaching under the background of new engineering[J]. Modern Educational Equipment of China, 2021(21): 73-74, 83.
杨洋, 李金良, 曲晓海, 等. 新工科背景下工程训练智能制造实践教学的建设[J]. 中国现代教育装备, 2021(21): 73-74, 83.
- [7] WANG T. On the scientific reference of foreign teaching theories[J]. Chinese Journal of Education, 2005(3): 60-63.
王坦. 论国外教学理论之科学借鉴[J]. 中国教育学报, 2005(3): 60-63.
- [8] XIN J X. Making inquiry teaching both spiritual and practical[J]. Chinese Journal of Education, 2005(1): 38-41.
辛继湘. 让探究教学神形兼备[J]. 中国教育学报, 2005(1): 38-41.
- [9] LIU P, CHEN W W, LI J, et al. Reform practice of comprehensive assessment in computer network courses oriented towards continuous improvement[J]. Computer Education, 2024(5): 154-159.
刘鹏, 陈卫卫, 李杰, 等. 面向持续改进的计算机网络课程全过程考核改革实践[J]. 计算机教育, 2024(5): 154-159.
- [10] GAO D D, PU X M, GUO F J. Advances in inquiry-based teaching research in the United States[J]. Journal of Science and Education (Mid-Month Edition), 2017(23): 26-27.
高丹丹, 蒲新明, 郭飞君. 美国探究式教学研究的进展[J]. 科教文汇(中旬刊), 2017(23): 26-27.
- [11] WANG L X, WU Y B, GUO B L. Cultivating innovative talents with inquiry-based teaching methods[J]. China University Science & Technology, 2015(12): 44-47.
王林雪, 吴玉贝, 郭宝龙. 以探究式教学方法培养创新型人才[J]. 中国高校科技, 2015(12): 44-47.
- [12] GUAN C Z, LIU Z Y. A cost-effective inquiry-based learning system of computer network curriculum[C]//7th International Conference on Computer Science & Education, 2012: 1391-1396.
- [13] GUAN C Z, LIU Z Y. Blended inquiry through blended learning for computer network course[C]//9th International Conference on Computer Science & Education, 2014: 830-835.
- [14] Ministry of Education. Opinions of the Ministry of Education on deepening the reform of undergraduate education and teaching to comprehensively improve the quality of talent cultivation [EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-10/12/content_5438706.htm.
教育部. 教育部关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-10/12/content_5438706.htm.
- [15] CHENG H, ZHENG J J, SUN N X, et al. Teaching reform of computer network technology course [J]. Computer Education, 2024(1): 109-112.
程慧, 郑晶晶, 孙纳新, 等. 计算机网络技术课程教学改革[J]. 计算机教育, 2024(1): 109-112.

(责任编辑:尹晨茹)