



计算机网络一流课程实验教学体系 优化设计与实践

李国佳¹, 郭鸿奇², 李秀芹¹

(1. 华北水利水电大学 信息工程学院, 郑州 450045; 2. 山西工程职业学院 基础实验室, 大同 037006)

摘要: 针对计算机网络实验教学存在的不足, 设计了专业性实验、进阶性实验和综合创新性实验“三阶”式的课程实验教学体系, 提升教学内容“两性一度”, 实验内容全面支撑解决复杂工程问题能力的培养目标。通过渐进式实验教学组织和多维立体综合评价的教学实践, 证明新实验教学体系对提升学生解决复杂工程问题的能力具有良好的促进作用。

关键词: 计算机网络; 实验教学体系; 两性一度; 解决复杂工程问题能力

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20230482](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20230482)

Innovative Design and Practice of Experimental Teaching System for First-class Computer Network

LI Guojia¹, GUO Hongqi², LI Xiuqin¹

(1. School of Information Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China;

2. Basic Experimental Training Institution, Shanxi Engineering Vocational College, Datong 037006, China)

Abstract: In view of the shortcomings of computer network experimental teaching, a “three-level” curriculum experimental teaching system is constructed, which consists of professional experiments, advanced experiments and comprehensive innovative practice. The experimental teaching content embodies “high-level, innovative and challenging degree”. The experimental content fully supports the goal of cultivating students' ability to solve complex engineering problems. Through the teaching practice of progressive experimental teaching mode and multi-dimensional comprehensive evaluation method, it is verified that the new experimental teaching system has a obvious enhancement on improving students' ability to solve complex engineering problems.

Key words: computer network; experimental teaching system; high-level, innovation and challenge; ability to solve complex engineering problems

计算机网络课程是计算机类专业的基础课程, 对专业人才的培养具有重要意义。实验教学是计算机网络课程能力培养目标达成和认知技能提升的关键环节。

对计算机网络课程实验教学, 文献[1]从改革教学任务设计、仿真与设备结合的实践过程、学习方式和考核机制 4 个方面进行了改革探索, 但评价方式较单一。文献[2]提出了在实验教学大纲中增加综合性实验来提高学生创新能力和创新意识, 缺少对能力培养目标的支撑关系说明。文献[3]从虚拟仿真实验平台建设、改革实验内容、

教学模式改革、实验教学评价等对物联网工程专业计算机网络实验教学进行探索, 简单描述的实验内容不能体现高阶性。文献[4]提出基于 OBE 理念的计算机网络组网实验案例教学方法, 确立课程能力目标, 以学习产出为导向设计组网实验案例教学内容, 采用多项考核及评价机制, 未说明如何培养学生解决复杂工程问题的能力。文献[5]从探究式学习、进阶式学习和拓展式学习 3 个维度构建了面向深层学习的计算机网络实践教学体系, 给出了能力培养的要求。文献[6]提出基于阶段性目标达成的线上实验课程教学方式, 跟踪线

收稿日期: 2023-10-11; 修回日期: 2024-01-22

基金项目: 河南省高等教育教学改革研究与实践重点项目(2021SJGLX164); 河南省一流本科课程“计算机网络”(教高[2020]193号); 河南省一流本科课程“计算机网络技术与应用”(教高[2021]174号); 河南省一流本科课程“网络安全”(教高[2022]324号)。

作者简介: 李国佳(1986-), 男, 博士, 讲师, 主要从事计算机网络、信息安全方面的研究。E-mail: guojhq116@126.com

上实验全过程,结合过程化考核方式进行教学考核评价。文献[7]提出以编程为主要手段,面向综合能力培养的计算机网络实验教学设计。文献[8]提出一种适合线上及远程计算机网络实验课教学的改革方案。文献[9]阐述了网络思维理论教学和工程思维实验教学的实施过程。文献[10]探索使用eNSP仿真工具和OPNET仿真环境进行计算机网络课程实验仿真教学。文献[11]针对自动化专业设计了一个融合Wi-Fi无线局域网与树莓派智能小车通信的综合性实验,提高学生的应用能力。这些工作从不同的背景和模式对计算机网络实验教学进行了改革探索,但没有明确实验教学体系对解决复杂工程问题的能力的支撑关系和能达到的认知技能水平。

1 实验教学体系设计思路

在传统的计算机网络课程实验教学中,存在以下4个问题:

1) 实验教学内容单一,挑战性、创新性不足^[12],与实际网络复杂工程问题联系不够紧密^[13],不能满足学生解决复杂工程问题能力培养的需要;

2) 实验教学项目对能力培养目标和认知技能水平的支撑关系不明确,不能形成人才培养能力需求的有效覆盖;

3) 实验教学组织一般是按照教材章节顺序进行^[14],对知识和技术联系缺乏深入的应用实践;

4) 实验教学评价方式单一,以教师评价为主,难以反映出学生能力获得的真实情况。

针对计算机网络实验教学存在的痛点,面向应用型人才培养的计算机类专业,以培养解决复杂工程问题能力为导向,从实验内容设计、实验教学目标与能力培养支撑关系、实验教学组织及综合评价4个层面,重构计算机网络实验教学体系,并进行了改革实践,主要工作如下:

1) 构建了“三阶”式实验教学项目,面向实际网络复杂工程问题,提升实验内容挑战度;

2) 实验内容设计全面支撑解决复杂工程问题能力(分为专业能力和社会能力两部分^[15])的培养目标;

3) 通过目标导向的实验安排,深入应用网络知识和技术探索解决实际复杂工程问题;

4) 3个轮次的教学实践验证了新实验教学体系有利于学生对知识和技能的掌握,能够促进培

养目标的有效达成,提升学生解决复杂工程问题的能力。

在教学实践中,对某高校软件工程专业学生的能力提升程度进行了问卷调查。在问卷评价中设置了“1. 计算机网络实验对个人知识、能力、素养的综合提升情况”“2. 计算机网络实验对解决复杂工程问题能力的提升情况”两个问题,采用五级量表法,评分选项值为1~5。发放问卷119份,回收有效问卷102份。问题1学生平均得分为3.88,问题2学生平均得分为4.08。问题2得分数值稍高于“较大提升”程度(得分为4.00),说明重构的计算机网络实验教学体系有利于解决复杂工程问题能力的培养。

2 “三阶”式实验内容设计

实验教学内容采用“三阶”式的教学设计,内容充分体现“两性一度”,同时也满足专业差异化教学的需要。实验内容回归实验本位,构建由专业性实验(professional experiment)、进阶性实验(advanced experiment)、综合创新性实验(comprehensive innovative experiment)构成的面向解决复杂工程问题能力培养的“三阶”式实验教学项目。

2.1 阶梯式的能力培养

实验教学内容涵盖网络体系结构各层的主要网络协议、网络连接设备操作、网络服务器配置、网络安全服务配置、园区网组网设计与模拟、网络新技术探索等,从交换机路由器等设备操作到网络组网的设计验证,从传统网络体系结构到新型网络融合探索,对计算机网络主干知识点形成全覆盖。

实验设计上,进阶性实验的完成依赖专业性实验,同时又构成综合创新性实验项目的技术基础,要解决的工程问题复杂度、技术难度有阶梯式的提升。在能力培养层面上,从专业性实验培养网络工程问题的分析能力,到进阶性实验的综合实践能力,再扩展到综合创新性实验的培养解决复杂工程问题的能力,能力提升是阶梯式的层级上升。

2.2 “三阶”式实验内容

专业性实验和进阶性实验包含基本内容和拓展内容两部分。基本内容是学生应在规定的课时内必修完成的,是课程实验教学目标达成的基础;拓展内容是网络核心知识点的延伸应用和实践,实验难度提高,具有一定的挑战度,学生需

要额外的付出来获得相应能力的提升,引导学生自主完成。

专业性实验强调网络主要知识点的应用、技术方案的验证分析和现代工具的使用,培养网络工程问题的分析验证能力。进阶性实验体现高阶性,侧重于对实际网络中存在的各种网络服务需求问题的解决及网络安全问题的应对解决方案,提升多学科知识的应用能力和综合实践能力。综

合创新性实验项目体现创新性,以复杂网络工程项目为支柱,以创新实践能力培养为导向,学生需要综合考虑多方面的因素,设计技术方案,选择使用合适的工具,融合多学科知识,进行方案的验证改良,对提升解决复杂工程问题能力具有重要促进作用^[15]。专业性(编号 P)、进阶性(编号 A)和综合创新性(编号 C)实验项目及内容摘要如表 1 所示。

表 1 专业性、进阶性和综合创新性实验项目及内容摘要

实验名称 (学时)	编号	基本内容	内容摘要
组建局域网 (2)	P1	网络拓扑包含至少两台交换机,组建以太网,配置IP地址和子网掩码,测试连通性,抓包验证交换机扩展以太网对广播域范围的影响	使用若干无线接入控制器、无线接入点、交换机配置一个无线局域网,实现AP和AC之间二层组网
三层交换机 配置 VLAN(2)	P2	网络拓扑在P1基础上,增加一台三层交换机,交换机配置命令使用,验证交换机工作原理,基于端口、MAC地址、网络地址划分VLAN,实现VLAN间通信	进行MUXVLAN配置,包括主VLAN和隔离型/互通型从VLAN,配置GVRP实现VLAN的动态注册,抓包分析三层交换机的作用
路由配置 (2)	P3	网络拓扑参照P2,包含至少3台路由器和若干交换机/PC机,路由器配置命令使用,实现静态路由、RIP路由、OSPF动态路由,综合配置路由和交换机,实现各个节点互联互通	网络拓扑包含至少3个自治区域,路由器不少于6个,进行BGP配置,建立邻居关系,实现BGP的路由聚合配置,分析BGP对等体的建立过程
网络地址转 换(2)	P4	网络拓扑参照P3,包含至少两个局域网通过路由器连接到公网,实现静态NAT/动态NAT/端口NAPT配置	实现Easy IP配置,在路由器上设置NAPT服务器,抓包分析地址转换的变化过程
服务器配置 与管理(2)	P5	基于Bind配置DNS服务器,配置缓冲/转发/权威/主从服务器,模拟域名迭代解析;基于Nginx配置Web服务器,配置全局块/events块/http块指令;配置局域网DHCP服务器,建立主要和辅助区域	Web服务器配置实现反向代理,一个IP地址配置多个网站,动静态资源分离的配置;跨子网配置DHCP服务器,设置中继代理,使能实现DHCP Snooping功能
ARP安全 (2)	A1	网络拓扑参照P2,划分若干VLAN,在网关交换机上基于源MAC地址、源IP地址、VLAN和接口配置ARP报文限速,配置ARP Miss消息限速,ARP表项固化,动态ARP检测,ARP报文合法性检查	利用一台终端分别对目标VLAN内设备发送伪造ARP报文或大量报文,进行ARP欺骗或洪泛,ARP安全综合配置,报文统计分析ARP安全配置效果
访问控制列 表(2)	A2	网络拓扑参照P3,3个局域网互联,进行基本高级ACL配置,基于VLAN ID/MAC/协议/方向/接口设置ACL匹配规则,进行二层ACL和用户自定义ACL配置,基于二层协议类型制定规则	对IPv6报文配置ACL,应用基本、高级ACL和ACL6、二层ACL、用户自定义ACL实现对满足过滤条件的流量进行流量监管、流量分类
VPN服务 (2)	A3	网络拓扑参照P3,实现路由器间IPsec VPN配置,选定安全协议、认证加密算法和封装模式,在路由OSPFv3进程上配置SA,实现OSPF路由流量的加密传输,分析隧道模式下AH-ESP报文首部	确定VPN用户需求,配置骨干网设备间的路由,使能MPLS功能,配置PE与PE间使用MP-IBGP,连接MPLS VPN用户,实现BGP/MPLS VPN配置
网络通信 Socket流程 可视化(4)	C1	模拟Socket函数在客户端和服务端之间控制数据传输的流程,可视化展现网络协议(TCP和UDP)在操作系统内核中执行的微观过程。实现C/S模式下网络TCP连接方式模拟,Socket代码分析与执行过程模拟,TCP/IP协议3次握手和4次挥手过程模拟,通过可视化的步骤,解读Socket函数中基础参数初始化配置、侦听进程设置、数据传输过程设计等核心代码中的关键参数的作用和效果	
园区网组网 设计与模拟 (4)	C2	组网需求。①结合实际网络需求的网络拓扑:典型三层结构,若干台核心三层交换机,主干网核心交换机连接形成环形。②VLAN划分:单位内部使用私有地址划分分子网,部门间划分VLAN进行隔离,外部访问使用网络地址转换服务器。③路由配置:采用动态路由,考虑成本和性能平衡。④安全要求:防火墙配置对单位的Web、邮件等资源服务器访问,配置ACL进行限制,考虑IPv6的报文,内部核心交换机设置ARP安全。⑤互联网接入:至少两个网络服务提供商提供宽带接入。⑥VPN服务:异地办公场所接入园区的需求。⑦无线网需求:部分楼栋区域覆盖无线网 拓展:使用仿真模拟软件,融合实验P1~P4, A1~A3使用的技术,模拟组网需求中的第1~5项的功能,第6~7项参考实际网络具体要求,访问控制参照实验A1,VPN参照实验A3,调研设计技术方案,进行模拟仿真,形成园区网仿真模拟的验证报告,小组进行结果汇报演示	
5G+Wi-Fi 6融合网络 设计(4)	C3	深入调研5G+Wi-Fi 6技术,针对具体应用场景,室外采用5G网络,室内用Wi-Fi 6技术解决覆盖速率问题,在覆盖能力上形成互补,为多种不同场景和应用需求的区域提供多层次的业务覆盖。根据具体应用场景,如“智慧家庭”“智慧水务”“智慧交通”进行融合网络的架构设计,明确技术方案,分析对比与无线局域网技术覆盖的网络优劣,进一步论证组网的可行性及对原有网络结构升级改造的适配难度,完成综合设计方案	
网络新技术 探索(4)	C4	阅读一定数量的网络领域前沿文献,追踪网络新技术、新设计、新应用的发展情况,了解跨领域的网络研究进展,形成调研报告,小组做文献阅读或者技术方案演示汇报	

在内容层面,进阶性实验使用了专业性实验的网络拓扑结构和基础技术,如A1、A2、A3使用了P2和P3的网络拓扑结构,实验的内容上呈现继承和扩展关系。综合创新性实验项目C1将网络通信过程Socket函数在操作系统内核的执行流程可视化,将网络程序编码与网络传输机制理解和协议分析融合起来,实验C2园区网组网设计与模拟的拓展内容也使用了A1~A3的多项技术,实验C3融合无线局域网和5G网络技术,促进学生多学科知识应用能力和分析解决复杂网络工程问题能力的发展。

以软件工程专业为例,专业性实验项目P1、P2、P3是基础内容,所有学生必须掌握。进阶性实验学生应完成访问控制列表A2,目的是培养安全意识和网络安全防护的技术能力。综合创新性实验C2、C3网络设计是一个既符合复杂工程问题

特征又融合专业性、进阶性实验内容的项目,也是网络新技术新应用的具体体现,内容上体现知识的传承性,方案设计具有开拓性,实验难度进阶提高。C4是网络领域前沿开放性、挑战性探索。在实际教学组织中,根据能力培养目标,结合专业特点进行合理调整。

3 能力培养目标与认知技能水平

为渐进式地培养学生综合实践创新能力和高级思维,有机融合知识、能力、素质,对实验教学内容所对应能达到的能力培养目标和认知技能水平进行分析归纳。

依据布鲁姆分类法(Bloom's Taxonomy)^[16],认知学习分为6个层次,认知技能水平从低到高依次为:记忆、理解、应用、分析、评估、创造。实验教学项目的能力培养目标与认知技能水平如表2所示。

表2 实验教学的能力培养目标与认知技能水平

实验名称	编号	能力培养目标	认知技能水平
组建局域网	P1	具备(无线)局域网知识的应用能力,能分析组网需求问题,组建简单结构的(无线)网络,初步具备现代工具使用能力	理解、应用
三层交换机配置VLAN	P2	具备网络设备交换机操作能力,能应用虚拟局域网知识解决流量隔离问题,进一步认识技术、工程、经济成本间的关系,初步具备网络工程问题的分析能力	理解、应用
路由配置	P3	具备路由器操作能力,能分析网络中路由的需求,初步具备工程问题分析、设计能力,并能够通过实践进行技术方案的验证分析	应用、分析
网络地址转换	P4	具备网络地址转换技术的应用能力,能根据网络结构灵活选择合适的技术,通过分析网络地址变化进一步加强工程问题分析能力	理解、应用
服务器配置与管理	P5	具备网络服务器搭建能力,能够选择和使用恰当的软件工具进行工程问题的求解,体现多学科知识的应用能力,通过服务器安全的配置,初步具备处理工程问题与社会和谐关系的能力	应用、分析
ARP安全	A1	提升网络空间安全攻击防御的技术能力,对复杂ARP攻击问题具有研究能力,能采用合适的防御技术方案应对问题,具有评价安全配置效果的能力,小组攻防角色分工,提升团队的合作能力	分析、评估
访问控制列表	A2	培养安全意识,能采用技术手段进行系统和网络的安全防护,通过对海量流量数据的分析、监管,培养发现网络安全隐患问题能力,提升多学科知识的应用能力	应用、分析
VPN服务	A3	具有对复杂网络的分析研究能力,能根据实际具体需求,综合运用网络知识,设计解决方案,评估网络结构的可靠性安全性,提升综合应用实践能力	分析、评估
网络通信Socket流程可视化	C1	理解网络程序设计与网络协议分析中的意义,融合网络传输机制理解和协议分析,突出程序设计编码能力,能够选择和使用恰当的软件技术和工具,进行复杂软件系统设计与开发,运用系统方法进行项目的管理实施,促进多学科知识应用能力发展,促进学生分析和解决复杂网络工程问题能力的达成	分析、评估
园区网组网设计与模拟	C2	能够运用计算机学科相关原理和网络专业知识,针对组网设计的特定需求,综合考虑伦理、技术、工程、经济、环境等多方面的因素,选择和使用恰当的平台环境,分析问题,论证可行性,设计方案,并按照合理步骤实施,培养网络复杂工程问题综合分析方案论证、评估、改良的能力,以及创新性思维能力	评估、创造
5G+Wi-Fi 6融合网络设计	C3	培养科学探索精神,灵活运用计算机学科知识和网络技术,有效获取并利用文献和信息资源,考虑技术、工程、经济、环境等多方面的因素处理复杂网络设计以及升级改造的复杂性问题,设计方案,分析论证进行对比评估改良,提升复杂工程问题综合分析能力,培养创新性思维	分析、评估、创造
网络新技术探索	C4	培养好奇心和科学探索精神,选用正确的分析工具和分析技术,有效获取并利用文献和信息资源,追踪网络新技术新应用,进一步提升复杂问题的分析研究能力,通过小组分工及演示汇报,促进团队合作能力、交流沟通能力的培养	分析、评估、创造

12 个实验项目的能力培养目标涵盖了现代工具使用能力、网络工程问题分析能力、工程问题研究能力、多学科知识应用能力、程序设计编码能力、综合应用实践能力、创新思维能力,以及具备处理工程问题与社会和谐关系的能力、团队合作能力、交流沟通能力和科学探索精神。解决复杂工程问题能力包括技术问题解决能力(专业能力)和非技术问题解决能力(社会能力)两部分^[15]。以上能力的达成有利于解决复杂工程问题能力的培养。

4 实验教学组织和综合评价

4.1 渐进式教学组织模式

基于技术间的关系,采取渐进式的路线,组织实施实验教学。随着逐步建立起的知识体系,面对新的复杂工程问题,学生运用前面实验内容的技术和解决方法,分析设计得到新的解决方案,循序渐进地掌握教学内容,能更好地实现能力培养目标。

在教学过程中,首先完成专业性实验 P1,从简单的组网和设备配置开始,接下来是拓扑结构包含更多网络交换和路由设备的实验 P2 和 P3,涉及的网络协议和功能从数据链路层向上延伸到网络层,然后是其他专业性实验或进阶性实验,最后是采用分组合作方式的具有高难度的综合创新性实验项目。渐进式的实验项目组织关系如图 1 所示。

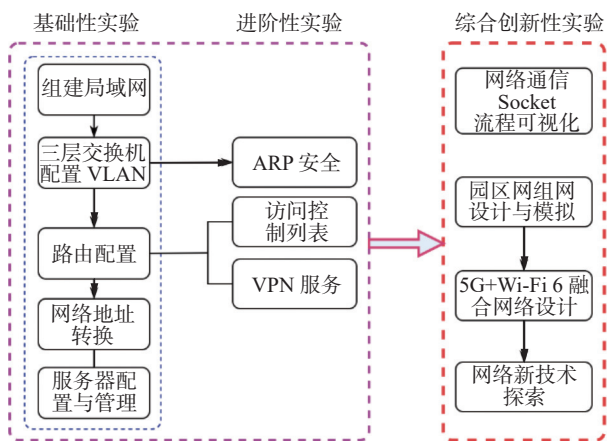


图 1 渐进式的实验项目组织关系图

图 1 中实心箭头表示实验项目中时间的先后关系,如实验 P1 组建局域网实心箭头指向实验 P2 三层交换机配置 VLAN,表示 P1 完成后 P2 才能开始,同理 P2 完成后才能进行路由配置实验 P3;实心连接线表示项目间技术的相关关系,如

P3 与访问控制列表实验 A2 有连接线,A2 使用到 P3 部分技术,类似的实验 A3 也使用 P3 的部分技术。

空心箭头指向综合创新性实验,表示右侧方框中的综合创新性实验项目,在技术上依赖左侧虚线框里实验项目(基础性和进阶性实验),在实施中是时间的先后关系。右侧方框中的实验 C1 和 C2 是并列关系,技术和时间上可以分别组织实施。

4.2 多维立体实验综合评价

基础性实验和进阶性实验项目,以过程性评分为主,评分要素包括平时表现、实验完成情况、实验报告完成质量、操作考核等;综合创新性实验项目,采用成果导向式评价,通过汇报展示形式,以“项目小组互评+组内成员互评+教师评价”进行综合评定,多维度多过程进行综合实验评价。

实验综合评价成绩最终由各个实验项目评分加权计算得到:

$$S = \frac{\alpha \sum_i P_i}{M} + \frac{\beta \sum_j A_j}{N} + \frac{\gamma \sum_k I_k}{K} \quad (1)$$

式中: S 为综合评价成绩; $\alpha + \beta + \gamma = 1$, 系数 α 、 β 、 γ 分别为专业性实验评分 P_i 、进阶性实验评分 A_j 、综合创新性实验评分 I_k 的权重系数; i 、 j 、 k 分别为对应类别实验项目的具体编号。一般情况,实验系数取值为 $\alpha = 0.2$ (P 类), $\beta = 0.3$ (A 类), $\gamma = 0.5$ (C 类)。实际评价中,可以根据学生实验情况进行合理的调整。 α 取值更大,说明实验教学更侧重基础能力的培养; γ 取值更大,说明对实践能力要求更高。可以通过调整式(1)中系数,来满足各个专业实验评价侧重点不同的需要。

5 实验教学效果分析

计算机网络课程实验教学体系已经完成构建,实验教学内容、教学组织与评价在某高校已实施 3 个教学轮次(第三轮 160 人、第二轮 137 人、第一轮 203 人)。根据多维立体实验综合评价方式,学生实验成绩能够较客观的反映教学目标达成和能力培养的情况。为了分析新实验教学体系实施前后成绩数据波动变化情况,增加了实施前(200 人)成绩数据作为对照组,成绩数据包含 4 个年级两种类别(实验和综合成绩)总共 8 列内容。课程综合评价由“平时成绩+实验成绩+期末成绩”3 部分构成,采用箱线图、平均值和标准差做统计分析,实验成绩和课程综合评价成绩统计结果如图 2 所示。

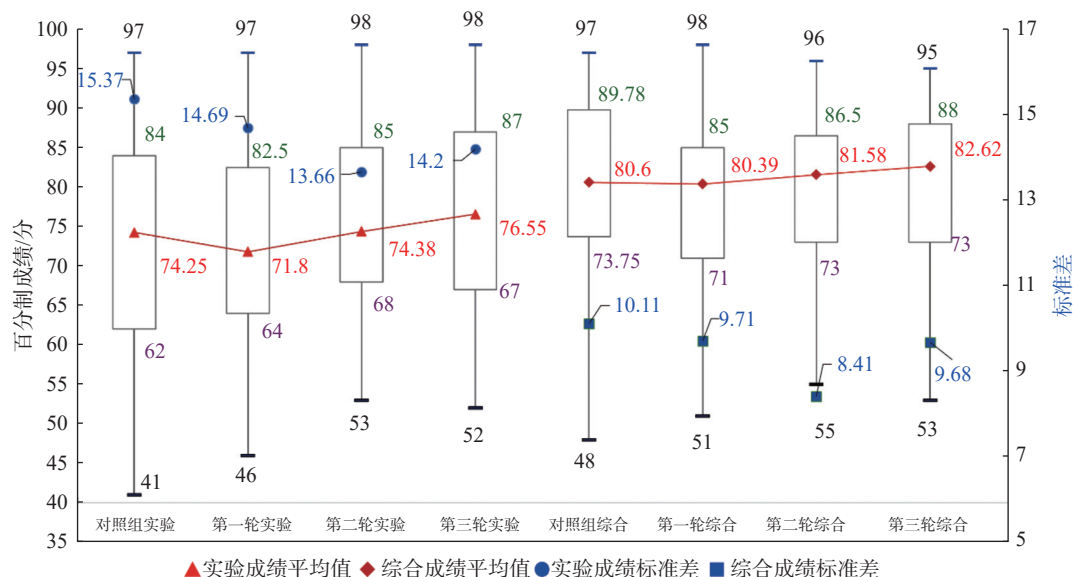


图2 新实验教学体系实施前后学生实验成绩和综合评价成绩统计图

从图2中可以得出,新实验体系实施后的效果如下。

1) 学生获得更高的技能掌握程度

学生实验和综合评价成绩平均值在实施新实验体系后稳步提高(图2中红色三角标记和菱形标记)。如综合评价成绩从第一轮实施后的平均值80.39变化到第二轮实施后81.58,第三轮的82.62;实验成绩提升幅度较大,从第一轮平均值71.8提高到第三轮的76.55。随着新实验体系的实施,成绩走势说明学生获得更高的知识、能力水平。图2中实验和综合评价成绩在新体系实施前(对照组)的均值反而高于实施后(第1轮)均值,分析原因是新体系实验教学内容、考核内容都提高了难度,实验教学从过去基础性为主的实验,改革为“三阶”式实验内容,提高了教学的“两性一度”,使得学生成绩略有下降,但随着新实验教学体系的实施,学生在知识的认知深度和技能的掌握程度上都有更好地提升。

2) 新实验教学体系促进培养目标达成

图2的箱线图显示,新体系实施后,第二、三轮综合成绩相比第一轮,箱子的下四分卫点和上四分卫点位置(整个箱体)更靠上,第三轮的成绩整体更好,反映了新实验教学体系对培养目标达成有较好促进作用。

6 结束语

通过体现“两性一度”的“三阶”式实验教

学内容设计,渐进式的教学组织,结合多维立体的实验综合评价,实现学生能力培养阶梯式的层级提升,达成实验教学的能力培养目标和认知技能水平提升。教学实践表明,新实验教学体系对培养目标达成有较好的促进作用,教学内容对解决复杂工程问题能力的培养有较好的支撑。未来教学中,可进一步量化实验项目对能力培养目标支撑的强弱关系,结合专业特点扩充面向复杂网络工程问题的挑战性实验项目。

参考文献

- [1] 李国佳,杨绍禹,李秀芹. 计算机网络课程实践教学的改革探索[J]. 教学研究, 2015, 38(4): 106-109.
- [2] 陈黎,饶坚,孙界平,等. 双创教育模式下计算机网络综合性实验教学探讨[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(12): 195-198.
- [3] 孙谦,朱文婕. 新工科背景下“计算机网络”创新实验教学模式探索与实践[J]. 长春师范大学学报, 2021, 40(12): 150-153.
- [4] 胡夏芸,严筱永,张海涛,等. 基于OBE的计算机网络组网实验案例教学[J]. 计算机教育, 2022(3): 116-120.
- [5] 胡蓉华,崔艳荣,陈琳,等. 面向深度学习的计算机网络课程实践教学体系建设[J]. 计算机教育, 2022(6): 113-117.
- [6] 杨启超,蔡瑞杰,刘胜利,等. 基于阶段性目标达成的计算机网络实验教学改革探索[J]. 网络安全技术与应用, 2023(6): 103-106.

(下转第119页)