

基于云原生的研究生课程教学改革研究与实践

王俊陆, 谭爱平, 王妍, 曲大鹏, 臧洁

(辽宁大学信息学部, 辽宁沈阳 110036)

摘要: 与本科生课程不同, 研究生课程通常缺少理论课程对应的相关实验与实践部分。为深化产教融合, 开启校企合作育人新模式教学理念, 推动自主知识产权软件的发展, 建设“二性一度”金课, 以分布式数据库课程教学为例, 实现基于云原生的研究生课程教学改革研究与实践, 并在云平台完成学业相关的实验设计和课堂教学。实施效果表明, 该教学改革有助于培养学生的动手能力和创新能力, 促进计算机类教育教学发展和人才培养。

关键词: 云原生; 校企联合; 自主知识产权; 教学改革

DOI: 10.11907/rjdk.231880

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1672-7800(2024)008-0167-07



Research and Practice on Teaching Reform of Graduate Programs Based on Cloud-Native

WANG Junlu, TAN Aiping, WANG Yan, QU Dapeng, ZANG Jie

(Faculty of Information, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

Abstract: Different from undergraduate courses, postgraduate courses usually lack the experimental and practical parts corresponding to theoretical courses. In order to deepen the integration of industry and education, open the new mode teaching concept of school-enterprise collaborative education, promote the development of independent intellectual property rights software, and build the "two dimensions, one degree" gold course, this paper takes the teaching of distributed database course as an example, realizes the reform of teaching mode of school-enterprise joint course based on the cloud native database, and completes the academic-related experimental design and classroom teaching in the cloud platform to cultivate the hands-on ability and innovation ability of students. The implementation results show that the teaching reform is helpful to cultivate students' practical ability and innovative ability, and promote the development of computer education teaching and personnel training.

Key Words: cloud native; school-enterprise alliance; independent intellectual property; teaching reform

0 引言

目前,我国计算机类课程教育教学的普遍问题是课程偏重理论教学,且多依托国外软件完成操作与实验环节,缺少对学生创新能力培养^[1]。导致如下矛盾产生:

(1)传统理论教学与现代企业实际需求不符的矛盾。

现阶段,我国计算机类教育观念还普遍停留在理论教学层面^[2]。教师在教学过程中,更注重教材上的理论知识,缺乏对学生实践能力的培养,也没有将对接企业面临的真实问题作为向导,导致学生学习的专业知识无法学以致用;尽管少部分高校独立开设了校企合作实践课程,但只是将合作企业简单地当作一个课外实习实践基地,没有真正发挥校企合作的人才素质培养价值^[3]。同时,此类创业课程

收稿日期:2023-09-19

扫描二维码阅读全文:



基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目(220600643082102);辽宁省研究生教育教学改革研究项目(LNYJG2023010, LNYJG2022012);辽宁大学研究生教学改革重点项目(YJG202301055)

作者简介: 王俊陆(1988-),男,博士,CCF会员,辽宁大学信息学部讲师,研究方向为分布式数据库技术、教育学;谭爱平(1984-),男,博士,辽宁大学信息学部讲师,研究方向为信息技术、新闻学;王妍(1978-),女,博士,CCF会员,辽宁大学信息学部教授,研究方向为分布式数据库技术、教育学等;曲大鹏(1981-),男,博士,辽宁大学信息学部副教授,研究方向为网络技术;臧洁(1979-),女,博士,辽宁大学信息学部副教授,研究方向为大数据管理。本文通讯作者:王妍。

设计与开发也少有具体行业背景的支持,导致企业合作过程中,与专业教育体系结合不够紧密,使校企合作的可持续发展缺乏专业知识的支撑^[4]。

(2)高教领域国外软件应用与国产自主化软件发展的矛盾。在计算机类教育教学过程中,以数据库课程为例,在学生实验环节多使用 Oracle、DB2 等国外成熟的数据库软件作为学生动手操作的基础软件。而伴随着我国数据库技术的发展和软件安全需求的提高,越来越多的企业更加注重软件自主化问题,市场对信创产业人才的需求也日益增大^[5]。据统计,国内外软件单从市场占有率上来讲,非自主研发的操作系统和各类专业软件已经占据了我国市场超过 70% 的份额,大多数用户已经习惯使用国外成熟的软件,直接更换成国产自主化软件,很大程度上会出现不能快速适应的情况,影响学习、工作效率,进而导致我国自主化软件推广和使用面临技术、人才等多方面的挑战^[6]。

综上所述,在现阶段计算机类教育教学过程中,教学理念更偏向理论教学,导致产教分离,同时实践环节缺少对我国自主化软件使用和创新方面的训练,这都严重影响了我国复合型计算机人才培养^[7]。

针对上述问题,在课程教学改革方面,夏英^[8]结合社会对具有大规模数据管理与处理能力的企业高层次创新人才的需求,以及高级数据库系统技术课程建设,开展教学内容、资源平台、教学方法、教学团队等方面的改革与实践,为同类课程建设提供借鉴。贾斌等^[9]分析企业需求与国内外数据库课程教学中存在的问题,开展基于企业需求的应用型数据库课程教学改革实践,并给出了数据库课程教学改革建议。在教学实践环节的国产自主化软件使用方面,王文信^[10]对国产软件创新的价值、挑战与策略进行了详细阐述,强调了国产软件创新的必要性。裴立公^[11]对国产数据库替代演化和迁移过程进行了详细分析,在现实层面促进了国产数据库迁移速度提升。叶志伟等^[12]分析了国内外云服务商具有影响力的计算与存储分离技术,包括亚马逊 AWS Aurora、微软 Azure Hyperscale、阿里云 PolarDB 及华为云 TaurusDB 的计算存储分离架构,总结了计算存储分离技术进展,有助于云数据库开发者的架构设计与实践研究。然而,现有的教育教学改革多针对本科生课程而进行,强化相关实验及实践课程,取得了较好的改革成果。在研究生课程中,由于缺少单独的实验课程及配套软硬件环境,故上述矛盾始终没有得到很好的解决。因此,本文课程改革在计算机类研究生教学中引入云原生分布式数据库平台,提出研究生课程的校企合作培养模式。

校企联合共建互动教学是近年来高等教育改革研究的热点^[13]。《教育信息化 2.0 行动计划》等明确指出,要积极开展智慧教育创新研究与示范,创新校企合作研发、合作育人的新模式^[14],建设高阶性、创新性、挑战度的金课^[15]。该理念以学生为中心,设计教学环节,强调学生的学,弱化

教师的教,以企业真实问题为导向,将学生的“分析、综合、评价”放在主体位置,围绕学生开展课堂实习实践环节^[17],帮助和促进学生的学习。“高阶性”是指知识能力素质的有机融合,培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维。“创新性”是指课程内容反映前沿性和时代性,教学形式呈现先进性和互动性,学习结果具有探究性和个性化。“挑战度”是指课程有一定难度,需要跳一跳才能够得着,对教师备课和学生课下有较高要求。因此,本文教学改革以分布式数据库课程为切入点,综合运用线上线下混合式“金课”等多种实践教学方法,通过现代信息技术手段,培养学生的动手能力,充分发挥学生的创造性,强化学生对于企业真实问题的应对能力,强调过程性评价,弱化最终性评价,开辟“智能+教育”新途径。同时,课程改革积极响应“信创产业”的国家发展战略^[18],抓实两堂社会实践大课^[19-20],在当前大力推动软件国产化的进程中,该教学改革将分布式数据库课程与国产阿里云平台深度融合,探索基于云原生数据库的校企联合共建课程教学模式改革。

1 基于云原生分布式数据库的校企合作课程

针对上述问题和矛盾,本文以分布式数据库课程为改革先导课程,与阿里云云原生数据库进行深度合作,提出基于云原生分布式数据库的校企联合共建课程,在理论教学、实践操作、评价制度等方面进行改革创新,将云原生平台融入分布式数据库课程教学实践,使得计算机类教育教学更加专业化、国有化、实践化,进一步提升学生学习效果。各章节新增内容及改革目标如表 1 所示。

1.1 理论教学改革

与本科生课程相比,研究生课程更加具有研究导向和深度专业化的特点,注重学术研究和专业发展,帮助学生在特定领域获得更深入的知识 and 技能。在传统课堂上所教授的知识更侧重于对图文、视频等静态或半动态理论教学资源的分享,缺乏企业真实问题导向和课程思政教育。同时,对于师生在知识交流过程中,随时随地产生的“智慧”资源缺乏必要的存储,很大程度上忽略了学生本身的主观能动性。针对这些问题,本次教学改革的理论教学内容围绕分布式数据库课程展开,培养学生的爱国主义情怀,并且与业界领先的阿里云进行合作,将我国自主技术云原生数据库“PolarDB-X”技术高效、规范地融入课堂讲授内容,充分利用现代信息技术实现对教学互动过程的充分挖掘,构建分布式数据库教学培养的完整体系。通过云原生教学平台构建,使学生获取知识的平台不再局限于学校课堂,学生可以不限地点、时间地在云平台上获取优质教学资源,更加有利于学生从更多方面对学习内容进行思考,培养学生独立学习能力,实现教学资源共享更加高效,打造国情思政金课和创新创业金课。

“金课”的教学设计要注重高阶性目标,培养学生解决

Table 1 New content and objectives of the cloud-native distributed database course

表 1 云原生分布式数据库课程新增内容及目标

	章节	调整理论内容	调整实践内容	改革目标
第一章	分布式数据库概论	PolarDB 概念引入	体验云原生 PolarDB	提高系统设计和分析能力,适应当前云计算时代对数据库技术的要求
第二章	分布式数据库系统体系结构	讲解 PolarDB 云原生数据库架构	体验 PolarDB 数据库维护	充分了解分布式数据库的系统体系结构,体验 PolarDB 的可用性、可靠性、易用性
第三章	分布式数据库的设计	云原生数据库架构设计理论讲解	云原生数据库架构配置相关实验	学习分布式数据库的优化和性能调优,掌握如何优化数据传输服务,提高数据传输效率和性能
第四章	全局查询处理和优化	跨机优化提升分析查询性能	PolarDB 查询处理与扩容	掌握分布式数据库中数据访问方式和技术在实际应用中的使用方法
第五章	分布式查询的存取优化	跨机并行查询存储优化	PolarDB 查询处理可配置参数对性能的影响	掌握在实际企业的业务模式下,分布式事务、分布式锁等解决跨机查询问题的方法
第六章	分布式事务管理	云原生分布式数据库的事务实现方法	数据库的事务创建/运行与数据库备份实验	深入了解分布式数据库的核心技术和应用,掌握分布式事务的实现原理和方法
第七章	分布式恢复管理	云原生分布式数据库故障类型、故障检测	体验高可用云原生 PolarDB MySQL 引擎	熟悉 PolarDB MySQL 集群数据库的连入,体验高可用集群的故障容灾能力
第八章	分布式并发控制	云原生分布式数据库多版本并发控制	PolarDB-X 弹性伸缩实验	理解数据库事务的定义机制和基于锁的并发控制机制
第九章	数据复制与一致性	云原生共识算法实践理论	使用 PolarDB-X 与 Flink 搭建实时数据大屏	使用 PolarDB-X 与 Flink 搭建实时数据链路,模拟阿里双十一 GMV

复杂问题的能力和高级思维。在教学过程中,除传授知识外,还应设计各种活动让学生参与互动。教学活动设计应具有创新性,反映前沿性和时代性,呈现先进性和互动性。对于考核要求,金课要求学生具备一定的挑战度,考察学生的知识认知、技能和态度。知识认知部分主要考察学生的记忆理解能力,技能方面要求培养学生的实践能力,而态度方面要求学生独立解决实际问题并给出自己的见解。如表 1 所示,以分布式数据库课程第三章为例,阐述理论教学改革内容。

(1)在分布式数据库系统的“数据库体系结构设计”章节,由以往单纯地讲解体系结构理论知识,转变为增加云原生数据库 PolarDB 引擎配置 Oracle 理论讲解,使学生更充分地了解分布式数据库的系统体系结构。在数据库分离架构技术课程中,通过引入 PolarDB 与 Oracle 的云端构建方法,使数据库存储计算分离架构技术从原本的纯理论教学,拓展为理论与国外成熟的 Oracle 数据库、自主化 PolarDB 数据库相结合的模式。云原生数据库分层设计架构如图 1 所示。

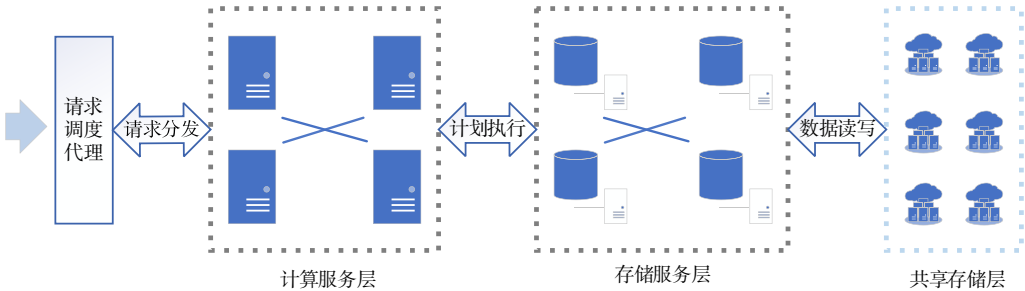


Fig. 1 Cloud-native database hierarchical design architecture

图 1 云原生数据库分层设计架构

如图 1 所示,有别于传统数据库,云原生数据库在架构设计上最显著的特点是将原本一体运行的数据库拆解,让计算、存储资源完全解耦。云原生数据库的共享存储层能实现数据页的持久化存储,并保证数据库数据的高可用性。通过云原生数据库的新模式引入,使学生在学习数据库系统体系结构过程中,能够更清晰地认识到存储计算分离架构技术对于数据处理可扩展性、可靠性和灵活性的提升。同时,在“数据库鲁棒性特点”章节中,通过在 PolarDB 与 Oracle 数据库中人为创建企业业务处理过程中触发系统 bug,让学生了解数据库中的异常处理机制,如事务的回

滚、提交,触发器的处理等,以及在实际应用中如何实现数据库的修复和排错等功能。

(2)在分布式数据库设计的“分布式数据库初级设计”章节,以 Oracle 数据库为例进行讲述,增加基于自主云原生数据库的 Oracle 迁移上云数据库理论的讲解。在数据传输服务的课程教学中,通过对比讲授 PolarDB 和 Oracle,可以更好地使学生学习分布式数据库的优化和性能调优,掌握如何优化数据传输服务,提高数据传输效率和性能。PolarDB 和 Oracle 集群地址与主地址的关系如图 2 所示。

如图 2 所示,不同于传统数据库,云原生数据库拥有

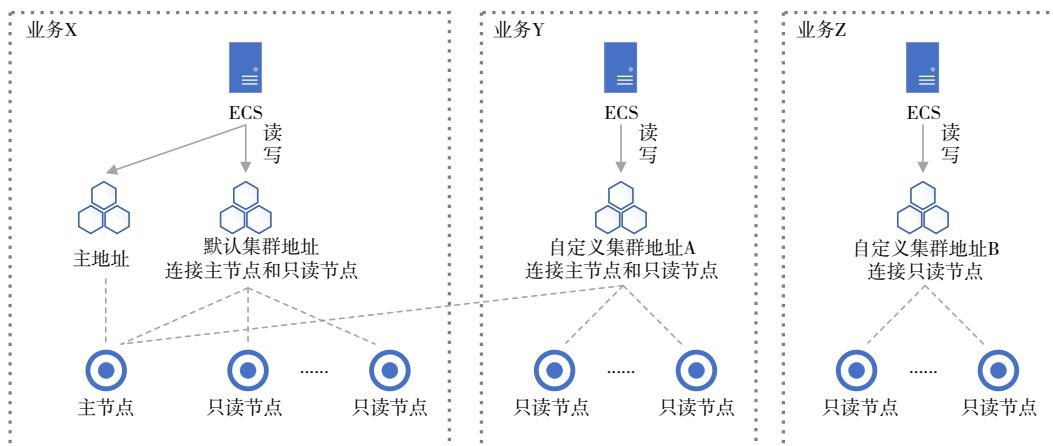


Fig. 2 Relationship between cluster address and primary address

图2 集群地址与主地址的关系

集群地址和主地址两种方式,都能够应用于地址空间管理。本文在单纯的分布式数据库原理基础上,针对性地拓展讲解 Oracle 与 PolarDB 两种数据库平台,使学生能够更好地理解分布式数据库的架构设计,包括数据分片、负载均衡、容错机制等方面的设计原则和方法。

(3)在分布式数据库系统的“分布式数据库查询设计”章节,通常会讲解数据分区与数据分布、查询优化与分布式索引、数据一致性与分布式事务、分布式数据库架构与容错性设计等课程内容。改革后在讲授数据库分布式查询理论知识基础上,增加使用跨机并行查询提升分析查询性能的理论讲解。PolarDB 并行执行架构如图3所示(彩图扫OSID码可见)。

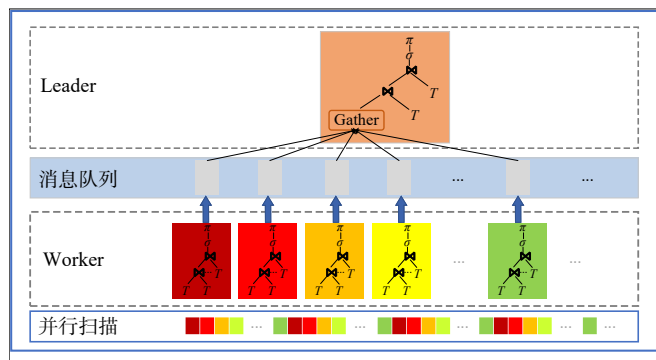


Fig. 3 Parallel execution architecture of PolarDB

图3 PolarDB 的并行执行架构

如图3所示,通过讲解 PolarDB 的并行执行架构,学生可以了解数据库自底向上的处理结构,并且与理论知识相结合,能够更深入地了解分布式数据库的核心技术和应用,掌握其实现原理和方法,从而对我国国产自主化软件应用有新的认识。并且,通过对比自主化 PolarDB 和国外 Oracle 数据库平台,引导学生学习解决跨机查询问题的理论方法,帮助学生更好地掌握分布式数据库中数据访问的实际应用方法,了解分布式数据库中的数据分片和数据复制等技术,并能够掌握在实际企业的业务模式下,分布式事务、分布式锁等解决跨机查询问题的方法,从而为高性能、高可用的分布式数据库系统设计与实现打下基础。

能、高可用的分布式数据库系统设计与实现打下基础。

1.2 实践操作改革

实践操作环节围绕阿里云 PolarDB 云原生数据库展开。研究生教学过程中,除强调理论研究高度外,还需要对应的实验训练,但以往多使用国外数据库软件搭建实验环境,技术难点并未在实验中体现。在本课程中使用阿里云原生数据库开展实验,与理论部分对应。采用线上线下混合式实验方式,学生在线学习实验教程,基于云端实验平台自主完成实验,以线下研讨的形式进行演示验收、分析总结,对项目进行改进和创新并形成实验报告。对于学有余力的学生,鼓励他们以学习小组的形式对云计算技术进行深入研究。如表1所示,以分布式数据库课程第三章为例,阐述实践教学改革内容。

(1)在分布式数据库系统体系结构章节,增加“云原生数据库 PolarDB O 引擎配置 Oracle 实验”;基于阿里云服务器 ECS 完成 PolarDB O 集群搭建,包括专有网络 VPC 配置、安全组配置、ECS 创建和 PolarDB O 引擎集群开通和搭建、配置 Oracle。

(2)在分布式数据库设计章节,增加“Oracle 迁移上云数据库实验”。在实验1搭建的基于 ECS 的 PolarDB O 集群配置的 Oracle 上,利用 ADAM 进行数据采集、结构迁移,通过 DTS 进行数据迁移工作。

(3)在数据库分布式查询优化章节中,基于云原生分布式数据库的校企联合共建课程增加了“使用跨机并行查询提升分析型查询性能实验”。与传统课本内容相比,该实验通过云数据库的高性能存储和运算,直观地体现出云平台分布式数据库在查询优化中的优势,让学生能够更快地感受课程内容。

1.3 评价制度改革

本次评价制度改革目标是针对学生对分布式数据库课程中知识运用不明确的情况,使学生适应“能力本位、应用导向”的教学目标。采用形成性评价方式激发学生个人的动手能力,同时结合同伴评价、学生互评、小组评价等改革方案,培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维,

实现“金课”建设过程中的高阶性目标。评价制度改革实施以应用云原生数据库为主体,确立了以培养学生云原生分布式平台操作能力为主的考查方式,注重激发学生学习志趣和潜能,增强学生的社会责任感、创新精神和实践能力,实现“金课”建设过程中的创新性目标。在教学中既强调专业能力培养质量,也注重通识教育质量控制,充分考虑学生全面协调发展,为复合型高级专门人才培养提供保障。

管理改革会在评价机制上进行渐进式调整,教师会在课前、课中、课后的各教学环节及时汇总学生学习记录和任务报告,关注学生的出勤率和学习状态,检查学生的知识掌握情况。教改的实施方案为改革过去以考试为主评定学生成绩的评价方法,同时也为科学地衡量教学效能和教学目标达成度,设计多元化课程考核方式评价机制,增加实践环节评分,考核指标包括期末考核(70%)、实验评测(30%)。期末考核根据学生平时课堂表现,包括出勤、问答、堂测、期末考试情况评分,主要考查学生自主学习能力和知识综合运用能力;实验测评包括云原生数据库实验成绩和大作业成绩,根据实验完成情况增加云实验实践,与理论部分对应。采用线上线下混合式实验方式,学生在线学习实验教程,基于云端实验平台自主完成实验,以线下研讨的形式进行演示验收、分析总结,对项目进行改进和创新并形成实验报告。对于学有余力的学生,鼓励他们以学习小组的形式对云计算技术进行深入研究。上述措施分别从知识认知、技能掌握、态度转变等方面进行改革,实现“金课”建设过程中的“挑战度”目标。

2 实施效果

根据社会需求和自身实际情况,高校计算机教育需选择不同培养定位的人才培养方案和教学计划,校企联合共建课程是解决当下教育教学问题的有效途径。因此,在本次课程中,综合自身专业定位与特色,选择阿里云作为合作对象,实现基于云原生数据库的校企联合共建课程教学模式改革研究与实践。改革实施对象分别为2019—2022级软件工程专业硕士研究生。实践结果证明,基于云端智能平台的校企联合共建课程教学模式对学生学习起到了重要推动作用。将改革后的教学与传统教学培养成效进行比较发现,学生的学习参与度、理论掌握程度及动手实践能力都得到了不同程度的提升,尤其是实践能力培养效果显著。

2.1 学生参与程度分析

学生在线学习实验教程,基于云端实验平台自主完成实验,以线下研讨的形式进行演示验收、分析总结,对项目进行改进和创新并形成实验报告。对于学有余力的学生,鼓励他们以学习小组的形式对云计算技术进行深入研究,提高学生参与度。

学生参与度由以下决定:设课堂学生总数为 x ,其中 $i=1,2,3,4$,分别代表4个年级,2019级学生人数为 $x_1=85$,2020级学生人数为 $x_2=110$,2021级学生人数为 $x_3=89$,2022级学生人数为 $x_4=84$,各年级学生参与度为 Δ_i 。学生参与度由学生签到次数 d_1 、作业提交次数 d_2 、课堂回答次数 d_3 决定。分布式数据库课程学时为64学时,故 d_1 的取值范围为 $[0,64]$;平均作业次数为每课时1次,故 d_2 的取值范围为 $[0,64]$;每堂课采用循环点名,每人普遍回答1~2次,故 d_3 的取值范围为 $[50,100]$ 。这3个指数乘上各项权重 ε_i ,其中 $\sum_{i=1}^3 \varepsilon_i = 1$,各项权重由专家经验设置: $\varepsilon_1=0.4, \varepsilon_2=0.2, \varepsilon_3=0.4$ 。学生参与度计算公式如式(1)所示。

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^3 \frac{\varepsilon_j d_j}{x_i} \quad (1)$$

实施效果如图4所示。

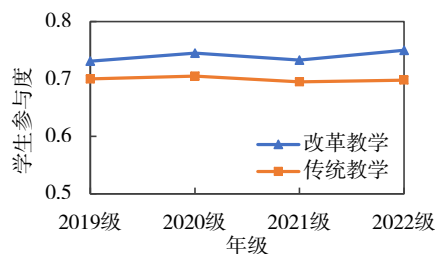


Fig. 4 Comparative data of student engagement

图4 学生参与度对比数据

由图4可知,参与教学改革的2019—2021级软件工程专业硕士研究生相比传统教学模式下的研究生,在参与度方面分别提升4.4%、5.6%、5.4%,2022级软件工程专业硕士研究生参与度提升程度最大,达到7.4%。因此,此次教学改革在学生参与度方面相比传统教学模式具有很大优势,平均提升了5.7%。

2.2 理论掌握程度

为拓宽学生知识面,通过在线课堂发布云计算最新技术文献、前沿技术专题讲座、公有云平台开发课堂、云服务产品使用文档等线上资源,鼓励学生开展拓展学习;在拓展专业知识的同时融入实践元素,将国内云计算企业的优秀案例引入课程资源体系。引导学生深刻领会我国云计算技术创新能力,激发学生的学习责任感,达成课程在知识传授、能力培养、素质与价值引领方面的高阶目标。

学生理论掌握度由以下决定:设课堂学生总数为 x ,其中 $i=1,2,3,4$,分别代表4个年级,2019级学生人数为 $x_1=85$,2020级学生人数为 $x_2=110$,2021级学生人数为 $x_3=89$,2022级学生人数为 $x_4=84$,各年级学生理论掌握度为 θ_i 。理论掌握度由学生课堂问题成绩 e_1 、作业成绩 e_2 、教学实验成绩 e_3 、期末考试成绩 e_4 决定, e_1, e_2, e_3, e_4 的取值范围为 $[0,100]$,这4个指数乘上各项权重 τ_i , $\sum_{i=1}^4 \tau_i = 1$,由经验设置: $\tau_1=0.2, \tau_2=0.2, \tau_3=0.2, \tau_4=0.4$ 。理论掌握度计算公式如式(2)所示。

$$\theta_i = \sum_{j=1}^4 \frac{\tau_j e_j}{x_i} \quad (2)$$

实施效果如图5所示。

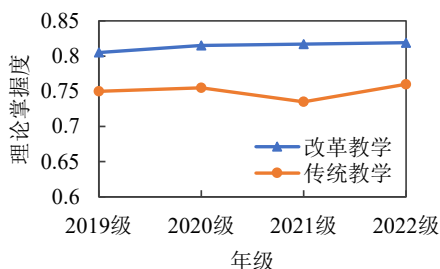


Fig. 5 Comparative data of students' theoretical mastery

图5 学生理论掌握度对比数据

由图5可知,参与教学改革的2019—2022级软件工程专业硕士研究生相比传统教学模式下的研究生,在理论掌握度上分别提升7.3%、7.9%、11.1%、7.7%,2021级软件工程专业硕士研究生改革组在疫情下不降反增,在近几届内提升最大,可知云原生数据库对于线上教学具有较好的稳定性和可靠性。因此,此次教学改革在理论掌握度方面相比传统教学模式具有很大优势,平均提升了8.5%。

2.3 实践能力对比

基于阿里云的技术背景和云资源构建的课外创新实践平台,指导学生利用平台提供的行业实训案例和数据集开展课外实践项目,提升学生的工程实践能力;通过产学合作建设创新实践资源,有效解决高校实践平台与案例资源不足的问题,为学生创新实践能力培养提供支持。

学生实践能力由以下决定:设课堂学生总数为 x ,其中 $i=1,2,3,4$,分别代表4个年级,2019级学生人数为 $x_1=85$,2020级学生人数为 $x_2=110$,2021级学生人数为 $x_3=89$,2022级学生人数为 $x_4=84$,各年级学生实践掌握度为 σ_i 。实践掌握度由学生课堂问题成绩 f_1 、作业成绩 f_2 、教学实验成绩 f_3 决定,其中 f_1, f_2, f_3 取值范围为 $[0, 100]$,这3个指数乘上各项权重 μ_i ,其中 $\sum_{i=1}^3 \mu_i = 1$,各项权重由经验设置: $\mu_1=0.3, \mu_2=0.3, \mu_3=0.4$ 。实践能力计算公式如式(3)所示。

$$\sigma_i = \sum_{j=1}^3 \frac{\mu_j f_j}{x_i} \quad (3)$$

实施效果如图6所示。

由图6可知,参与教学改革的2019—2022级软件工程

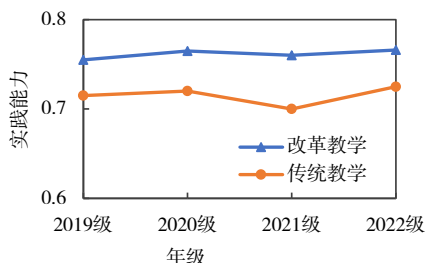


Fig. 6 Comparative data of students' practical skills

图6 学生实践能力比较

专业硕士研究生相比传统教学模式下的研究生,在实践能力方面分别提升5.6%、6.3%、8.6%、5.7%。2021级因疫情网课缘故,实践能力有所下降,但是改革组下降程度较小。因此,此次教学改革在实践能力方面相比传统教学模式具有更大优势,平均提升了6.6%。

3 结语

目前,我国设置计算机类专业的院校规模庞大,每个院校自身发展和定位各不相同,如何根据自身情况培养、提高学生动手能力,因地制宜进行校企联合共建,是未来教育教学改革值得深入研究的课题。学校扮演的角色是教育环境的构建者,需要借助各方资源,使学生、学校、企业、社会多方经济效能达到最优组合,实现课程教学共建,才能最大程度地发挥学校在学生和企业间的桥梁作用,提高学生培养效果。通过此次教学模式改革可以清楚看出,与企业平台合作共建课程可极大程度地调动学生主观能动性,提升学生实践动手能力,提高国产自主化软件应用与推广。同时,基于云原生数据库的校企联合共建课程教学模式改革,为未来计算机类教育教学发展提供了一条有效的建设途径。

参考文献:

- [1] ZHANG X L, PANG J F. Teaching reform of database system course based on flipped classes[J]. Computer Education, 2023, 21(4): 181-185.
张夏蕾, 庞继芳. 基于翻转课堂的数据库系统课程教学改革[J]. 计算机教育, 2023, 21(4): 181-185.
- [2] PANG J F, ZHANG X L, WANG Y L, et al. Research on the teaching reform of database system course oriented to "double first-class" and "new engineering"[J]. Computer Education, 2022, 20(5): 150-154.
庞继芳, 张夏蕾, 王元龙, 等. 以“双一流”和“新工科”为导向的数据库系统课程教学改革研究[J]. 计算机教育, 2022, 20(5): 150-154.
- [3] SUN X J. Teaching reform of oracle database technology course based on OBE[J]. Computer Education, 2022, 20(7): 146-150.
孙雪蛟. 基于OBE的Oracle数据库技术课程教学改革[J]. 计算机教育, 2022, 20(7): 146-150.
- [4] PENG Y C, JIN B H, YU X C. Teaching reform of database principles course in the context of engineering education certification [J]. Computer Education, 2021, 19(11): 128-133.
彭义春, 金宝慧, 喻学才. 工程教育认证背景下的数据库原理课程教学改革[J]. 计算机教育, 2021, 19(11): 128-133.
- [5] YE C L, LI D C, TAN M, et al. Teaching reform and practice of blended teaching model for "database principle and application" course based on MOOC [J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(7): 217-221.
叶潮流, 李德才, 檀明, 等. 基于MOOC的“数据库原理与应用”混合式教学改革与实践[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(7): 217-221.
- [6] CHEN X B. An analysis of the reform of modularized construction of entrepreneurship basic course content for college students in local colleges and universities[J]. Social Scientist, 2023(2): 154-160.

- 陈小波. 地方高校大学生创业基础课程内容模块化建设改革探析[J]. 社会科学家, 2023(2): 154-160.
- [7] WANG D, CAO S S. Exploration of teaching reform of computer courses under meta-universe empowerment [J]. Computer Education, 2022, 20(11): 11-14.
- 王冬, 曹三省. 元宇宙赋能下计算机课程教学改革探索[J]. 计算机教育, 2022, 20(11): 11-14.
- [8] XIA Y. Construction and practice of advanced database system technology course for graduate students [J]. Computer Education, 2015, 13(23): 4-6.
- 夏英. 研究生高级数据库系统技术课程建设与实践[J]. 计算机教育, 2015, 13(23): 4-6.
- [9] JIA B, LI M, REN Z H. Teaching reform practice of applied undergraduate database courses based on enterprise needs [J]. Western China Quality Education, 2020, 6(8): 110-112.
- 贾斌, 李梅, 任志宏. 基于企业需求的应用型本科数据库课程教学改革实践[J]. 西部素质教育, 2020, 6(8): 110-112.
- [10] WANG W X. Interpreting domestic software innovation: values, challenges and strategies [J]. China's Informatization, 2022(7): 38-40.
- 王文信. 解读国产软件创新: 价值、挑战与策略[J]. 中国信息化, 2022(7): 38-40.
- [11] PEI L G. Analysis of the evolution process of domestic databases replacing foreign databases [J]. Financial Technology Time, 2023, 31(4): 94-97.
- 裴立公. 国产数据库替代国外数据库演化过程分析[J]. 金融科技时代, 2023, 31(4): 94-97.
- [12] YE Z W, CAI D B, QIAN L. Progress of cloud-native relational databases with decoupled compute-storage architecture [J]. Software Guide, 2021, 20(8): 236-240.
- 叶志伟, 蔡敦波, 钱岭. 计算存储分离云原生关系型数据库技术进展[J]. 软件导刊, 2021, 20(8): 236-240.
- [13] ZHANG X, HU D H, ZHU F B. Reform and practice of computer course system based on system ability training [J]. Software Guide, 2022, 21(7): 142-146.
- 张旭, 胡东华, 朱付保. 基于系统能力培养的计算机课程体系改革与实践[J]. 软件导刊, 2022, 21(7): 142-146.
- [14] WANG H. Reform of blended teaching mode for object-oriented programming course [J]. Software Guide, 2023, 22(6): 124-128.
- 王慧. 面向对象程序设计课程混合式教学模式改革[J]. 软件导刊, 2023, 22(6): 124-128.
- [15] PAN L, YE H W. Research on the construction of hybrid "gold class" for basic computer courses under "two dimensions, one degree, three standards" [J]. Modern Business Trade Industry, 2022, 43(23): 219-220.
- 潘恋, 叶红卫. "两性一度三化"下计算机基础课程混合式"金课"建设研究[J]. 现代商贸工业, 2022, 43(23): 219-220.
- [16] XU Y, QIN M P, TANG Y N, et al. Reform and practice of multi-blended teaching of intelligent robot course under the background of new engineering [J]. Software Guide, 2023, 22(5): 225-229.
- 徐咏, 覃曼萍, 唐毓纳, 等. 新工科背景下智能机器人课程多元混合式教学改革与实践[J]. 软件导刊, 2023, 22(5): 225-229.
- [17] LIU B, PENG Y W, YU L, et al. Teaching and practice reform of database principles in the era of localization [J]. Software Guide, 2022, 21(11): 172-176.
- 刘斌, 彭煜玮, 余琨, 等. 国产化时代的数据库原理教学与实践改革[J]. 软件导刊, 2022, 21(11): 172-176.
- [18] DONG J, FAN Q R, ZHANG S J, et al. Experimental teaching reform of database principle course oriented by engineering practice ability training [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2022, 41(9): 200-203.
- 董婧, 范全润, 张顺吉, 等. 以培养工程实践能力为导向的数据库原理课程实验教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(9): 200-203.
- [19] GUAN X D, HE S X. Curriculum reform on ideological and political education for postgraduates [J]. Journal of North China Institute of Aerospace Engineering, 2023, 33(4): 33-35.
- 关晓丹, 何世贤. 研究生专业课程思政教学改革研究[J]. 北华航天工业学院学报, 2023, 33(4): 33-35.
- [20] WEN P W, YANG L, CHANG Y P, et al. Research on reform of ideological and political education in curriculum of communication principle under background of gold lessons construction [J]. China Educational Technology and Equipment, 2023, 40(6): 1-4.
- 温鹏伟, 杨蕾, 常怡萍, 等. 金课建设背景下通信原理课程思政教学改革实践研究[J]. 中国教育技术装备, 2023, 40(6): 1-4.

(责任编辑: 孙娟)