

面向胜任力培养的程序设计综合实践教学探索*

李国和

董丹丹

中国石油大学(北京)克拉玛依校区计算机系
新疆克拉玛依 834000
中国石油大学(北京)信息科学与工程学院
软件工程系北京 102249
lgh102200@sina.com

中国石油大学(北京)
克拉玛依校区计算机系
新疆克拉玛依 834000
ddd@cupk.edu.cn

摘要 针对C语言课程设计和数据结构课程设计存在教学模式落后、教学内容重复、教学资源短缺等,以智能搜索策略问题求解为应用背景,提出优化整合C语言课程设计和数据结构课程为程序设计综合实践,开展面向程序设计胜任力培养的程序设计综合实践创新教学,介绍具体教学探索过程和取得教学成效。

关键字 新工科,计算胜任力,创新教学,C语言课程设计,数据结构课程设计,程序设计综合实践

Teaching Research on Comprehensive Programming Practice Oriented to Computational Competency

Guohe Li

Dandan Dong

Department of Computer Science, China University of Petroleum-Beijing at Karamay, Xinjiang Karamay 834000, China
College of Information Science and Engineering, China University of Petroleum-Beijing, Beijing 102249, China
lgh102200@sina.com

Department of Computer Science, China University of Petroleum-Beijing at Karamay, Xinjiang Karamay 834000, China
ddd@cupk.edu.cn

Abstract—In the courses of C programming practice and Data structure practice, there are some disadvantages such as backward teaching model, repetitive content teaching, lack of teaching resources and so on. So taking the solution of intelligent search strategy problems as the application background, we propose the optimizational integration of these courses as a course of the Comprehensive programming practice, and then carry out innovation teaching which is oriented to the programming competency, and at last introduce the specific teaching process and the excellent teaching results.

Keywords—New Engineering; Computational competency; Innovative teaching; C Programming practice; Data structure practice; Comprehensive programming practice

1 引言

本世纪10年代,我国高校实施“卓越工程师培养计划”,以培养创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才^[1],尤其2017年提出“以能力培养促进工程科技创新和产业创新”的新工科理念,升级“卓越工程师培养计划”^{[2][3]},强调从“知识本位教育”向“能力本位教育”转变^{[4][5]},人才培养要求更高。计算机类专业课程体系中几乎所有原理课程、程序实践课程都相应增加了课程设计(即

实践课程)体现能力培养,如针对C语言程序设计、数据结构与算法,分别增加了C语言课程设计、数据结构课程设计。但在这两个课程设计存在不足:

① 程序课程设计主要停留在语言基本知识,应用性不强;

② 数据结构课程设计主要停留在抽象化的数据及其联系和数据操作(算法)上,缺少具体化的应用。

③ 课程设计教材未能深入体现程序设计和数据结构的应用,同时缺少紧扣人工智能主题相关的实践内容,也存在内容工程化、系统化不足^{[6][8]}。

④ 信息技术、案例建设、成效导向弱化,学生为中心的教学思想落实不够。为此确立面向程序实践胜任力培养目标,基于教学成效导向OBE理念整合“C

*基金项目:本文得到新疆维吾尔自治区普通高校综合教改项目(JG2022001)和一流本科专业建设(软件工程)(JXDF0335),北京市高等教育学会课题(BY202151),中国石油大学(北京)克拉玛依校区课程建设项目(JX030040, JG2023018, MOOC建设)资助。

语言课程设计”、“数据结构课程设计”为“程序设计综合实践”（以下简称程序实践），并开展课程建设和创新教学的探索与实践。

2 确定程序实践胜任力和教学内容

以程序实践胜任力为教学目标，实现新工科创新意识、创新能力培养。

2.1 重树胜任力内涵，奠定培养目标

计算胜任力模型包括知识、技能和品行，明确了计算专业具体内涵和要求，成为当今计算机类专业制定课程体系重要依据^{[4][5]}。程序实践对计算机类专业后续课程影响很大，决定程序实践胜任力是胜任力模型的最大化子集（如表1所示），只是小部分知识元素有些弱化，如“系统架构与基础设施”通过教学网站了解“智能系统（人工智能）平台技术、安全技术与实操”。

知识元素	具体内涵
用户与组织	信息系统管理与领导力 项目管理 用户体验设计
系统建模	安全问题与原则 需求分析与规范 系统分析与设计 数据与信息管理
系统架构和基础设施	集成系统技术 平台技术 安全技术和实现
软件开发	软件质量、验证与确认 软件流程 软件建模与分析 软件设计
软件基础知识	数据结构 算法及复杂性 程序实践语言 程序实践基础
硬件	数字化设计

程序实践教学的专业知识也包括分析与批判性思维、协作与团队精神、伦理与跨文化视野、数学与统计、多任务优化管理、口头交流与表达、问题解决和故障排除、项目和任务的组织规划、质量保障/控制、关系管理、研究与自学/学习者、时间管理、书面交流^{[4][5]}。

程序实践的认知水平或认知技能也分为记忆、理解、应用、分析、评估和创建^{[4][5]}，且难度逐级加大（如图1所示）。教学中主要体现基础的记忆、理解，体现求解的应用、分析，体现创造的评估、创建，也是作业布置、实验安排、测验内容的依据。

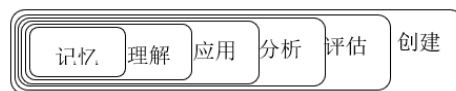


图 1 技能等级关系

品行包含社交情感能力、执行行为和工作态度以及敬业精神等，包括适应性、协作性、创造性、严谨性、激情、专业性、目标导向、责任感、反应迅速、自我指导^{[4][5]}。牢记“为党育人、为国育才”教育使命，落实立德树人根本任务，增加课程思政元素，包括国家认同、文化自信、社会担当、人文底蕴等，构成大品行教育内涵。

2.2 适应时代要求，构建实践内容

形式上，“C语言课程设计”“数据结构课程设计”整合为“程序设计综合实践”课程。内涵上，具有明确的应用性，包括解决智能问题（即应用主题）和实现手段（即C语言、数据结构）的应用性。学时安排上，两个课程设计4~5周压缩为3周。

人工智能是当今应用热点，其包括基于结构模

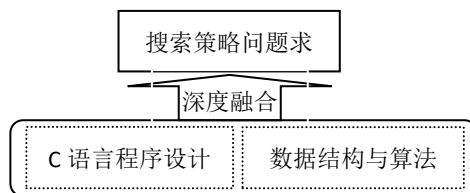


图 2 实践课程内涵融合

拟的神经计算、基于功能模拟的符号推演、基于行为模拟的控制进化研究领域和途径^[9]，设置程序实践内容涉及到符号推演、控制进化两个领域。对于大一本科生，已具备C语言及其程序设计、数据结构与算法基础，无需数学基础，对符号演算和控制进化知识可理解和接受，但不包含神经计算，确保实践教学可实施性。优选的实践内容包括状态空间到问题求解，凸显智能搜索策略（如图2所示），涵盖盲目与启发、局部与全局、递推与递归、可回溯与不可回溯、最优与随机、个体与群体等搜索算法及其实现。实践内容应用主题明确，并具有基础性、技能性、应用性、实用性和时代性，包括第1章C语言及其程序设计基础、第2章树搜索、第3章图搜索、第4章启发式搜索、第5章局部最优搜索、第6章全局最优搜索和第7章规则树搜索。除了搜索应用主题，各章案例也凸显了程序设计和数据结构的应用。

将实践教学内容对标程序实践胜任力元素，构建实践教学与程序实践胜任力的关联矩阵（如表2所示，其他专业知识、技能、品行类似）指导教学，不仅关注程序设计、数据结构、智能搜索的应用，而且

关注程序实践胜任力达成度，落实程序实践胜任力培养目标。

表 2 各章节与程序实践胜任力知识元素关联度

教学目标	教学具体目标	第1章	第2章	第3章	第4章	第5章	第6章	第7章	最大分值
1. 用户和组织	1.1 信息系统管理和领导力	1	3	3	3	3	3	3	3
	1.2 项目管理	1	4	4	4	4	4	5	5
	1.3 用户体验设计	3	4	4	4	4	4	5	5
2. 系统建模	2.1 安全问题和原则	5	3	3	3	3	3	3	5
	2.2 系统分析和设计	4	4	4	4	4	4	4	5
	2.3 需求分析和规范	4	5	5	5	5	5	5	5
	2.4 数据和信息管理	4	5	5	5	5	5	5	5
3. 系统架构和基础设施	3.1 集成系统技术	2	3	3	3	3	3	3	3
	3.2 平台技术	2	2	2	2	2	2	2	2
	3.3 安全技术和实现	2	3	3	3	3	3	3	5
4. 软件开发	4.1 软件质量、审核和验证	5	5	5	5	5	5	5	5
	4.2 软件过程	5	5	5	5	5	5	5	5
	4.3 软件建模和分析	5	5	5	5	5	5	5	5
	4.4 软件设计	5	5	5	5	5	5	5	5
5. 软件基础	5.1 数据结构	5	5	5	5	5	5	5	5
	5.2 算法和复杂性	5	5	5	5	5	5	5	5
	5.3 程序实践语言	5	5	5	5	5	5	5	5
	5.4 程序实践基础	5	5	5	5	5	5	5	5
6. 硬件	数字设计	3	0	0	0	0	0	0	3

3 构建程序实践教学生态

强化以学生为中心，程序实践胜任力培养为目标，教学成效OBE为导向，构建开放的程序实践教学生态（如图3所示），保障实践教学质量持续提升。

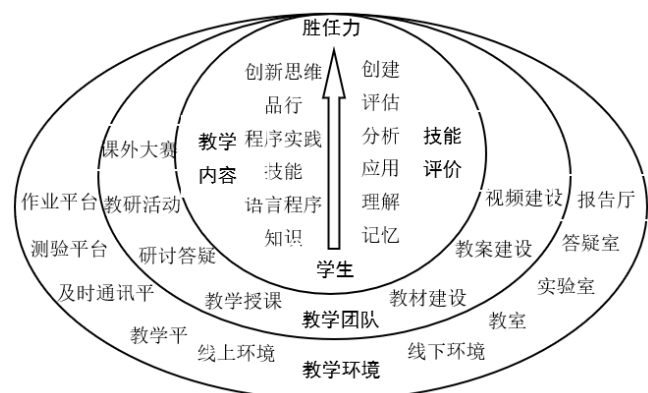


图 3 面向程序实践胜任力培养的程序实践教学生态

3.1 完善线上线下环境，奠定实践教学基础

除了教室、实验室、答疑研讨室外，重点建设网络教学环境和教学资源及应用交流平台。

① 教学资源建设共享：发布教学信息、电子课件等，方便浏览、查阅、下载学习。发布教学视频，也可获取观看时长、内容、段数等信息。

② 远程作业考试：基于Online Judge内核的程序作业在线运行验证，具有作业、测验成绩等统计功

能。通过完成时间、求解精度和执行效率以及提交频度等信息，可动态追踪教学效果，及时了解学习能力、态度等。

③ 在线答疑研讨：学生或老师作为发起者创建研讨、答疑主题开展在线讨论、答疑，也起到师生知识、技能共享作用。

④ 多样化交流平台：可进行直播教学，辅助雨课堂、企业微信构建实时师生交流互动、温情关怀环境。

线上实践教学环境增进师生交流互动，记录学情信息可供指导调整教学进展、开展因材施教等，有力支撑以学生为中心的教学理念。

3.2 建设优秀教学团队，推动教师队伍成长

程序实践教学团队建设包括教师管理与成长、教学实施与管理、教改与教研活动、创新教学与课程建设、举办与辅导大赛等，尤其组织教师教学观摩，扶助年轻教师成长；促进老师承担教改课题，激活持续创新教学活力。

3.3 促进学生中心教学，落实胜任力培养目标

从教师主体、学生被动学习的注重共性灌输式教学转变为教师主导、学生主动学习的尊重个性互动式教学。教学采用协作式小组活动、设计式个别化评价等，激发、引导学生学习兴趣、积极主动性，培养学

生思辨意识、能力和兴趣、爱好以及个性、潜能。每个学生都参与教学，可主观判断、领悟，表达自己愿望，自己解决问题，发挥自身潜能。教学节奏随学情做合适调整，教师侧重于激励、唤醒和鼓舞，使教学生态成为自主学习平台，强化学生互动学习、探究学习、自主学习、兴趣学习、高效学习等，将学生注意力转移到胜任力培养中，促进健康成长、全面发展。

3.4 建设实践特色教材，促进高效实践教学

针对“程序设计综合实践”课程，以“确保基

础，注重联系；增强应用，提高技能”为指导思想，并将其融入到“面向新工科：以程序设计为主线，智能搜索为背景，提高程序应用实践技能为目标”教学内容组织编写中，出版《基于搜索策略的问题求解——数据结构与C语言程序设计综合实践》教材^[10]。全书采用标准C语言实现，该教材从问题出发，问题驱动贯穿全书，各章节依次由浅到深、从易到难递进介绍，并通过模块化程序实例，增强内容的可读性和可理解性，具有基本性、技能性、应用性、实用性、时代性，保障程序实践课程高效实施。

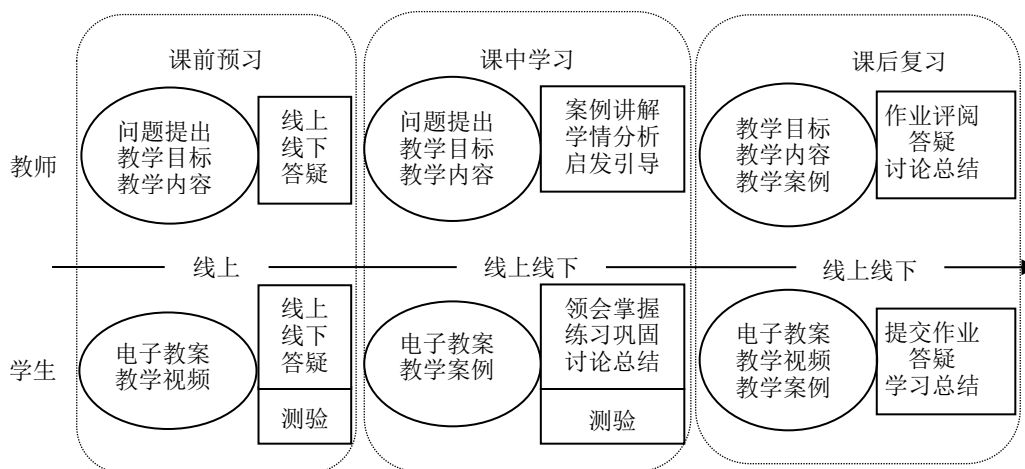


图4 程序实践教学过程

4 开展程序实践创新教学探索

围绕程序实践胜任力培养目标，在教学环境中开展以学生为中心的实践教学探索与实践。

4.1 改进教学模式，落实学生中心

程序实践教学过程包括课前预习、课中学习、课后复习三个阶段（如图4所示）。课前预习主要在线上进行。教师引出问题，明确学习内容，制定预达到学习要求。学生在线观看教学视频、电子教案，随即进行小测验，系统自动评阅，实时反馈结果，检查自学效果；可质疑学习内容，并进行线上线下答疑。学生用较少时间理清学习思路，了解教学内容。

课中学习主要在线下进行。以梳理难点、重点启发、归纳总结为重要方式。整个教学过程，师生共同设计、编码，落实了学生在“做中学，学中做”。教师言谈举止、装束形象，有利于学生审美观形成、良好沟通能力培养。师生交流互动密切，及时掌握学情。

课后复习线上线下同时进行。学生可通过视频、教案和案例进行复习，完成作业，或答疑解惑，及时总结学习内容，巩固知识和技能。通过学生作业提交次数、时间，观看视频时间、时长，线下线上答疑，

教师可以感知到学情，有利于教师教学合理调整安排，保障了教学质量持续提升。

通过“课前预习-课中学习-课后复习”教学过程，有效实施学生为主体、教师为主导的教学模式，促进学生互动学习、探究学习、自主学习、兴趣学习、高效学习等。

4.2 渐进问题驱动，培养创新思维

每章为一个应用主题，其内容包括问题提出、形式化表示、数据结构设计、算法设计、编码实现、技能提升、存在不足、引出新问题。逐章依次从浅到深、从易到难递进，不仅确保实践教学可实施性，而且最终形成业务逻辑紧凑的知识和技能完整体系。每个主题案例分别采用递推和递归程序设计实践，扩展问题求解思路和编码能力。在习题中，要求进行其他的数据结构和算法设计，实现一题多解，不仅具有显著应用性，而且渐进问题渐进驱动隐含着创新思维和创新意识培养。

4.3 采用图表标注，化解教学难点

采用图表可视化直观描述算法、集合概念描述数据及其变化，增强求解目标可理解性。精选经典智能

算法, 规避复杂数学模型基础, 以符号演算为主, 使问题求解理解通俗化, 奠定程序实践可实施基础。问题求解过程代码模块化, 并通过图表和注释说明提高源代码可读性, 提供便捷“临摹”“对比”“理解”达到“领悟”。围绕教学内容潜在难点, 全面化解为可理解性、可实施性、通俗化、可读性等, 确保在较短学时内取得好的实践教学效果。

4.4 采取案例教学, 落实能力培养

从教学成效导向OBE出发, 借助CDIO工程教育“构思、设计、实现和运行”思想, 每章都按软件工程思想编写搜索问题求解案例, 涵盖到需求分析、总体设计、详细设计(算法设计、数据结构设计)、编码实现、运行验证环节。采用模块化设计思想, 编码实现模块对接集成、模块数据安全、代码复用共享。通过案例教学, 锻炼阅读理解能力(开发文档)、培养分析设计能力(应用性、工程化)、提升编码应用能力(C语言和数据结构的应用、搜索算法实现)和掌握改进创新能力(习题扩展)。

在课后复习, 对方法、算法、数据结构完善、改进, 只需变更相应的代码模块, 领会到软件可维护性、可扩展性。程序实践案例教学不仅只是简单完成问题求解和提高计算机语言、程序设计、数据结构的应用技巧, 而是将软件工程理念嵌入程序实践中, 充分体现胜任力的计算知识、专业知识和技能以及品行教育, 也在团队合作中养成自主探究学习、协作互助的习惯。

4.5 注重过程考核, 强化胜任力培养

学生评价分为定性评价和定量评价。观看视频时长、章节、同一道作业提交次数、答疑提问/回答时间和次数等构成定性评价, 大体反映学生学习态度、用功程度、困难情况和个人喜好等, 更多是学生品行感性评价。定量评价重点考察“理解和应用技能”(包括搜索策略和C语言、数据结构应用)、“分析设计和实现技能”(包括需求分析、总体设计、详细设计、编码实现)、“改进和创新技能”(包括问题提出、数据结构设计、算法设计、代码实现、改进提升)。以过程考核和期末考核并重, 定量评价构成: 总成绩=平时测验50%+演示与答辩35%+实验报告15%+附加分(10分)。每章至少1次“平时测验”, 主要考查“理解和应用技能”和“分析设计和实现技能”, 分别对应胜任力第1~3级和第4~5级技能。期末“演示与答辩”考核主要检查源代码和随机询问代码实现内容、可能改进要点, 对应胜任力技能第6级。“实践报告”按软件工程要求细化为①目的、意义, ②核心方法、算法、流程, ③运行结果与分析, ④源代码及其注释说明, ⑤结论, 锻炼学生实验总结和文

档编写以及表达能力等, 也隐含评价道胜任力各维度各元素。过程考查和期末考查另有10%的附加分, 以鼓励学生奇思妙想的方法和高效算法的实现, 只有充分证明创新性才可获得奖励。

5 程序实践品行教育与课程思政

品行体现为为什么做、为谁做和如何积极参与等。品行教育扩展到正确人生观、世界观和价值观更大品行教育, 即课程思政。教学中牢记“为党育人、为国育才”教育使命, 落实立德树人根本任务, 推动课程思政建设。大一学生的气质、天资差异小, 但学习目标、学习动力、自身要求、刻苦进取精神、认真求实态度等不同。课程思政不仅强化思想政治教育, 也是思政教育有效补充, 起到形成良好学习态度、积极上进动力和攻坚克难精神以及引导树立远大目标等作用, 即大品行教育。

5.1 挖掘思政元素, 融入实践教学

从我国科技进步、经济发展, 挖掘社会价值导向, 引导学生践行社会主义核心价值观。结合课程知识、技能要求, 挖掘课程思政元素。不仅提高教学知识、技能的可用性、吸引力, 而且把发展成就、优秀文化、制度自信等潜移默化融入学生思想意识中, 提升民族自信和文化认同, 起到思政教育的价值引领作用, 从而提高课程整体价值。

5.2 巧设“思”“知”衔接, 开展“政”“专”互动

通过巧妙教学设计, 避免生硬塞入思政要素, 使“学识技能”与“思想修养”有效联动、良性互动和相互促进, 如从西气东输、高铁线路规划、在线地图自驾车路线等出发, 平滑过渡到基于启发式图搜索最短路径求解等, 增强自豪感和自信心, 让学生珍惜学习机会, 培养学生奉献国家的家国情怀品行。

5.3 借助教学生态, 深化思政成效

弘扬古今中华英雄人物、先进事迹, 传承中华民族人文优秀品质, 挖掘理想责任和职业精神等思政要素。通过线上线下教学环境, 提前发布学习任务, 嵌入思政要素, 如为繁荣市场购物奖品配置等, 引导学生自主思考与讨论, 使“互联网+思政”成为育人新常态, 润物细无声地传导社会主义核心价值观, 培养学生树立正确三观的良好规范品行。

5.4 提升思政意识, 落实“育能”“育德”

发挥教师在课程思政中引领主导作用, 提升教师育德育才能力。教学团队开展课程思政研讨、参加专

题培训,促使自觉提升课程思政理念,注重提高自身育德意识。通过教师评教等,使教师紧扣教学目标,设计知识技能与思政衔接点,将思政教育贯穿教学过程。教学团队活动中,教师分享育德育能经验,也能体会课程思政的获得感、幸福感。教师不忘立德树人初心,“其身正,不令而行”,学生就“亲其师,信其道”,潜移默化培养学生人文关怀和责任担当品行。

6 创新实践教学成效与挑战

近年来,开展面向程序实践胜任力培养的程序实践创新教学,也取得一些成效。

6.1 开展课内外实践,拔高应用能力

每年举办全校“计算机技能大赛(C语言程序设计)”,鼓励学生参加“蓝桥杯”全国软件与信息技术专业人才大赛、中国高校计算机大赛“团体程序设计天梯赛”等。程序类大赛中省赛和国赛成绩逐年提升,如获新疆赛区“高校特等奖”“团队特等奖”和全国总决赛奖项等,不仅检验教学效果,而且激发师生教与学热情,有效实现以赛促教。此外,指导学生科创团队开展计算机应用系统研发,每年参加团中央“创青春”或“挑战杯”和教育部“互联网+”“中国大学生计算机设计大赛”等赛事也取得较好成绩,如多年来中国大学生计算机设计大赛每年获新疆赛区一等奖和全国总决赛二等奖多项,更加直接突显学生为中心,实现程序实践胜任力培养,也有效落实新工科创新能力与创新意识培养。

6.2 取得实践教学成效,助力团队教师成长

多年来坚持程序实践创新教学,教学团队承担教育部产学研协同项目、新疆维吾尔自治区教育厅综合教改和校级教材建设项目立项以及石油工业出版社教材出版基金项目等,取得一些教学荣誉,如获得校优秀教学成果奖和校优秀实践教学团队,团队教师中有获计算机大赛优秀指导教师、校教学名师等称号。近年来,基于教学网络环境(如超星、希冀等)和通讯平台(腾讯会议等)还组织跨校的教研活动和教学观摩,实现教学理念、教学资源分享,更大范围共同推进程序实践创新教学。

7 结束语

创新能力和创新意识是新工科人才的基本素质,程序设计综合实践也是该素质培养的载体之一。面向

程序实践胜任力培养目标,以智能搜索为应用背景,优化整合“C语言课程设计”“数据结构课程设计”课程为“程序设计综合实践”课程,同时强化了程序设计和数据结构的应用,不仅减少了学时,而且推进应用能力提升。重构程序实践胜任力,并优化程序实践教学内容,将胜任力的知识、技能和品行要素融入各章中。建设优秀实践教学团队、特色教材和教学资源,构建基于信息技术的实践教学生态,延伸课堂教学,深入掌握学情,做实学生为主体、教师为主导教学模式。以问题驱动贯穿教学,并形成业务逻辑紧凑的知识技能完整体系,培养问题处理的创新思维和能力。采用案例教学,所有案例从问题提出与表示、数据结构设计、算法设计(包括总体设计、详细设计)、编码实现和运行验证等环节进行工程化实践,提升工程实践能力。通过问题直观化、求解渐进化、代码模块化,确保教学内容可理解性,教学可实施性,有效实施阅读理解、分析设计、应用创新能力培养。教学过程融入家国情怀、责任担当、文化自信等思政要素,扩充品行教育元素。基于成效导向OBE思想,程序实践教学对标胜任力各维度各元素,通过强化过程考核,落实程序实践胜任力培养目标,取得很好教学效果。

参考文献

- [1] 龚克.关于“卓越工程师”培养的思考与探索[J].中国大学教学.2010(8):4-5.
- [2] 李培根.工科何以为新[J].高等工程教育研究,2017(4):1-5.
- [3] 徐晓飞,丁效华.面向可持续竞争力的新工科人才培养模式改革探索[J].中国大学教学,2017(6):6-10.
- [4] 张铭,陈娟.ACM/IEEE CC2020 胜任力模型对中国计算机教育发展的影响[J].计算机教育,2023.4(10):3-8+14.
- [5] 计算机教育20人论坛报告编写组.计算机教育与可持续竞争力[M].北京:高等教育出版社,2019.
- [6] 柏琪,许睿婧,余星星.高校“线上线下混合式教学模式”的探索与实践[J].计算机技术与教育学报.2022.10(2):75-78.
- [7] 连远锋,张秀美,李国和等.卓越工程师培养模式与教学改革思考——以C语言程序实践为例[J].石油教育,2011.6(175):58-60.
- [8] 李国和,赵建辉,吴卫江等.基于教学团队建设的C语言教学[J].计算机教育,2015.1:24-27.
- [9] 蔡自兴,孟祖强.人工智能基础[M].北京:高等教育出版社,2015.3
- [10] 李国和.基于搜索策略的问题求解——数据结构与C语言程序设计综合实践[M].北京:电子工业出版社,2019.10.