

面向智能搜索的程序课程 设计建设与教学实践^{*}

李国和^{**} 张扬武 董丹丹

中国石油大学（北京）克拉玛依校区计算机系，克拉玛依 834000

摘要：针对 C 语言课程设计存在应用主题不强、技能提高不足、创新思想培养缺失和教学生态短缺等问题，为适应新工科人才培养要求，创新开展实践课程建设和教学实践。为此，研发数智教学平台，建设特色教学资源，保障实践教学；重树实践教学目标，明确智能搜索应用主题，采用问题驱动渐进组织实践内容，体现两性一度，培养创新意识；采用工程教育思想，实施案例教学，培养工程实践能力；通过化解多种教学难点，强化过程考核，融入课程思政，落实成果导向的实践教学。通过系列化课程建设与教学实践，取得很好教学效果。

关键字：数智赋能，工程教育，成果导向，C 语言程序设计，课程设计

Construction and Teaching Practice of Programming Curriculum Design for Intelligent Search^{*}

Li Guohe^{**} Zhang Yangwu Dong Dandan

Department of Computer Science, China University of Petroleum (Beijing) At Karamay
Karamay 834000, China

Abstract—In view of the problems existing in the C programming curriculum design, such as weak application themes, insufficient improvement of skills, lack of cultivation of innovative ideas, and shortage of teaching ecology, in order to meet the requirements of talent training in emerging engineering disciplines, we carry out innovative practice curriculum construction and teaching practice have been carried out. To this end, we have developed a digital and intelligent teaching platform has been, and built characteristic teaching resources to ensure practical teaching. The goals of practical teaching have been re-established, with the application theme of intelligent search clarified. Problem-driven and progressive organization of practical content is adopted to reflect the challenge, innovation, and appropriate difficulty, so as to cultivate innovative awareness. The concept of engineering education is applied, and case teaching is implemented to develop students' engineering practice ability. By resolving various teaching difficulties, strengthening process assessment, integrating ideological and political education into the curriculum, the outcome-oriented practical teaching is implemented. Through a series of curriculum construction and teaching practice, we have achieved good teaching effects.

Keywords—Digital and intelligent empowerment, Engineering education; Outcome-based education, C programming, Curriculum design

1 引言

2017 年我国开启新工科教育，推进“新兴、交叉、融合、创新”的工科人才培养体系建设。2019 年教育部发布《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》^[1]，再次强调从“知识本位教育”向“能力本位教育”转变，以培养创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量工程技术人才^{[2]~[5]}。程序

课程设计不仅涵盖基于计算机的数据表示、数据存储和数据操作以及数据处理的问题求解过程，而且隐含着“源自问题的应用性、抽象设计的创造性、编程验证的实践性”应用实践和创新意识的培养教育^{[6][7]}。作为新工科教育有效载体的 C 语言课程设计存在不足：①主要停留在语言基本知识，尽管重视基本编程技能，但面向问题的应用性、实践性不强，不能凸显成果导向 OBE 理念；②有些虚拟应用（如基于数组或链表的学生管理等），但深度、广度不够，不能凸显工程教育 CDIO 和软件工程思想；③缺少实用性应用主题，尤其缺少人工智能主题相关的内容；④实践主题具有复杂性，导致教材内容工程化、系统化不足。

自 2017 年开始，我们开始进行 C 语言课程设计教

* 基金资助：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)，中国石油大学(北京)克拉玛依校区课程建设项目 (JX030040, JG2023018, Python MOOC 建设)。

** 通讯作者：李国和，lgh102200@sina.com.cn。

学改革探索与实践,形成以智能搜索策略为应用主题,以案例问题驱动为实践内容,落实CDIO工程教育思想、OBE成果导向理念,取得很好教学效果。

2 构建数智赋能的实践教学生态

2.1 数智平台建设,支撑实践教学

基于SpringBoot+OnlineJudge+LLM研发实践课程网络平台,除了课程与团队管理、教学资源管理与发布共享、作业考试程序管理与运行验证、人与人交互答疑室等外,以DeepSeek为大模型基座,自编实践教材为知识素材,构建人机交互的课程智能助教。通过设置问题模版,智能助教也可以完成作业自动评阅、知识点总结、程序作业指正和建议,提供比只判断程序对错的OnlineJudge更丰富的信息。在题库建设方面,除了题目内容,增加考查知识点、题目难度、题目区分度。题目难度和区分度由真实使用统计或建立基于知识点的数字学生做题获取,采用优化方法自动构建一定难度和区分度的作业或试卷,使作业考试具有针对性、适用性,网络+AI技术赋能教学环境建设,使线上线下实践教学更加高效。

2.2 特色资源建设,保障实践教学

在教材建设过程中,沉淀科研思想,明确教材应用性,围绕智能应用进行共性抽象、代码实现,形成了具有普适性的实践内容。C语言课程设计设置实践内容涉及到基于功能模拟的符号推演和基于行为模拟的控制进化两个领域,符合大一学生的知识结构和认知水平,保障教学可顺利实施。理顺实践内容,从状态空间到搜索策略问题求解,凸显智能搜索策略,制定六个实践主题,分别为第一章C语言及其程序设计基础、第二章树搜索、第三章图搜索、第四章启发式搜索、第五章局部最优搜索、第六章全局最优搜索、第七章规则树搜索,落实智能内容赋能实践。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,形成了实践教材建设内容,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^[8]。在写作风格上,注重概念形象化、算法图形化、代码模块化、知技渐进化、案例通俗化,使教材具有有趣性、可读性、可理解性、应用性、时代性。配套电子教案和教学视频以及成套源代码在网络平台上发布共享,更好服务实践教学。

3 开展OBE理念和CDIO思想的教学实践

3.1 重树教学目标,明确智能方向

明确面向新工科教育,以智能搜索为应用、提高实践技能为目标、培养创新意识和精神培养为目的,

重树教学目标主要包括掌握搜索策略及其应用、提升C语言程序设计和数据结构使用技能、形成软件工程思想、锻炼文字与口头能力。不仅具有明确的智能搜索应用性,而且不局限于对程序设计和数据结构巩固,而是程序设计和数据结构的应用,即实现基于搜索问题求解的手段(即C语言和数据结构)应用。实践集中安排在暑假期间3周学时。这样实践教学紧扣智能时代,强化应用,凸显技能,具有高阶性、创新性和挑战度。

3.2 递进提升难度,培养创新意识

六个实践主题依次为盲目搜索(树和图搜索)、启发式搜索、局部最优搜索(不可回溯启发式搜索)、全局并行搜索、规则树搜索等。从实践算法看,实践内容涵盖盲目与启发、局部与全局、递推与递归、可回溯与不可回溯、最优与随机、个体与群体等多维度搜索算法及其实现。从实践主题看,每个实践内容包括问题提出、形式化表示、数据结构设计、算法设计、代码实现、技能提升、存在问题。从实践过程看,当前实践是基于前一个实践,同时也成为下一个实践基础,以问题驱动贯穿实践,依次从浅到深、由易到难递进(如图1所示)。从实践应用看,每个主题后进行应用扩展,增强实践内容实用性,如结合启发式搜索实现油气管线优化设计等。递进提升实践难度,不仅确保教学可实施性,而且潜移默化进行面向问题求解的创新思维和创新意识培养。

3.3 实施CDIO教育,培养工程能力

工程教育CDIO包括构思、设计、实现和运行四个关键环节,而软件实现过程涵盖问题提出、形式化表示、数据结构设计、算法设计、编程实现、运行验证环节(如图2所示),而且编程实现环节还采用模块化进行功能及其接口设计,实现模块对接集成、数据安全、代码复用共享。软件实现过程是CDIO的细化,很好支撑CDIO教育。

为了实现每个实践主题,进行结构体数据类型和存储管理设计、函数分解与算法设计、函数编程与有效测试、函数集成与应用运行等。这不仅提高C语言及其程序设计应用技能,而且领悟软件开发中程序设计集成性、模块复用性、数据安全性、软件可维护性等,实践内容涉及软件工程核心内容,有效落实CDIO教育思想^[9]。

3.4 化解学习难点,提升教学成效

实践主题选定经典搜索算法,以符号演算为主,规避复杂数学基础,使问题求解理解简单化,同时所有实践主题环环相扣、从浅到深、由易到难渐进提升,每个实践主题形成完整案例,提高实践教学可实施性。

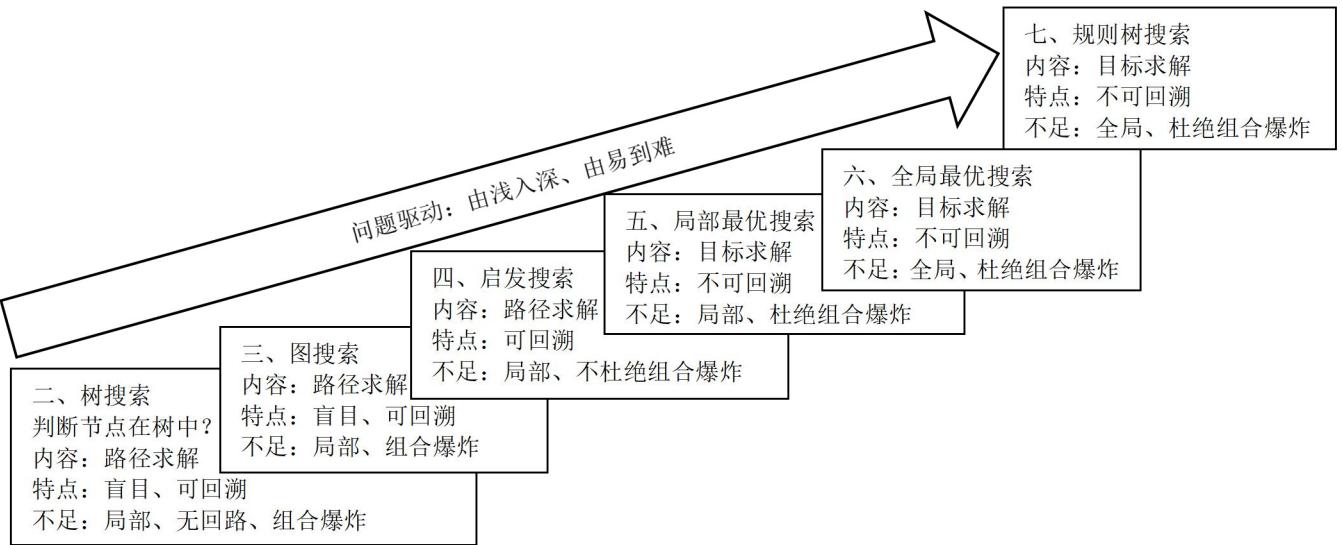


图 1 递进提升实践难

搜索策略算法、链式存储等抽象概念，采用图表形式直观化，增强求解目标可理解性。问题求解过程代码模块化，并通过注释说明，提高源代码可读性。为了取得好的教学效果，将阅读理解能力、分析设计能力和创新应用能力的要求贯穿在实践教学中。通过阅读理解能力培养，领会代码背后的问题分析和设计内涵，形成自己的分析设计能力，进一步改进拓展代码，锻炼了创新应用能力。以三个能力为抓手，围绕教学难点，通过概念形象化、算法图形化、代码模块化、案例通俗化等，保障教学内容可读性、可理解性、可实施性，提升了实践教学效果。

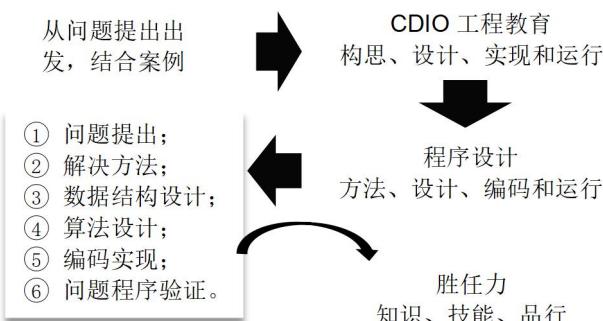


图 2 CDIO 教学过程

3.5 注重过程考核，鼓励引导创新

过程考核包括定性评价和定量评价。网络平台记录学生提交作业次数、作业和测验成绩、观看教学视频量、线上答疑问题、平台上逗留时长等，能够大体了解学习积极主动性、探究互动性等，形成学生定性评价。定量评价为结课成绩：总成绩=考勤 5%+作业 30%+5 次小测验 25%+程序演示与答辩 25%+实践报告

15%，另设附加创新分 10，总成绩满分 100。考勤、作业、小测验、实践报告都在线上进行（注：考勤在给定 1 分钟时窗内，通过账号、统一密码手机验证）。附加分针对实践主题相关、原创自主实现的代码，也是答辩重点考察的内容。这种课程评价兼顾基础性、技能性、应用性考察，也促进创新意识和创新能力培养。

3.6 融入课程思政，提升课程价值

人工智能已渗透到许多行业。搜索策略是人工智能领域重要问题求解方法之一，在优化领域得到广泛应用，融入我国人工智能发展及其应用，如地图步行路径求解、国家西气东输管线规划等，介绍对人民生活改善提高。通过科技进步等思政素材，增加实践内容的吸引力、激发学习情趣，而且潜移默化品行教育，提升了实践教学整体价值。

可以看到，C 语言课程设计采用 OBE 教育理念，强调围绕“学生最终能达到的学习成果”设计教育目标、教学过程、评价方式等，将搜索知识、编程技能、智能应用、品行素养以及阅读理解能力、分析设计能力和创新应用能力综合到实践教学中。

4 创新教学实践取得效果

在明确教学目标和构建智能化教学生态基础上，开展基于 CDIO 思想和 OBE 理念的教学实践，取得很好教学成效。

(1) 学生评教良好

自从进行课程改革探索以来，我校学生对该课程评价满意度的人数占比和打分分布如表 1 所示，可见评价优良的学生人数占比 98.86%，平均分 94.0844（注：我校学生打分满分 95 分），分数均方差

0.4683511，学生普遍对课程认可度高。

(2) 课程延伸良好

通过课程设计的实践教学，学生掌握搜索策略问

表 1 学生对课程满意度人数占比 (%) 与打分

年级	优秀	良好	一般	较差	很差	打分
2016	93.33	5.00	1.67	0.00	0.00	94.17
2017	91.80	6.56	0.00	1.64	0.00	93.85
2018	87.57	10.34	1.38	0.72	0.00	93.49
2019	92.86	5.71	0.00	1.43	0.00	94.00
2020	86.99	9.59	3.42	0.00	0.00	93.36
2021	93.23	6.77	0.00	0.00	0.00	94.32
2022	97.50	2.50	0.00	0.00	0.00	94.75
2023	91.90	8.10	0.00	0.00	0.00	94.19
2024	96.38	3.62	0.00	0.00	0.00	94.63

题求解、提高了程序设计技能、形成工程化应用开发思想，延伸实践思想内涵，在不到一年时间自学 Python、JavaScript、MySQL 和 Flask 框架等，进一步进行软件作品开发，如指导大二学生课外科创团队，完成“湖泊环境监测与智能分析系统”“基于超宽带与大模型的展馆导览系统”“面向访客的智能门禁管理系统”等，参加中国大学生计算机设计大赛、全球校园人工智能算法精英大赛全国总决赛、中国机器人与人工智能大赛奖等国赛获奖 10 余项，涵盖一二三等奖。

(3) 交流获得认可

近年来，在计算机类教指委、新疆高校计算机教育学会主办教学研讨会上做了“面向新工科教育的程序设计及实践课程设计”“提升新工科理念认识，落实计算机实践教学”等课程教改报告，开展实践课程创新建设、实践教学、教学模式等经验交流。在教育部高等学校计算机类教学指导委员会主办的全国高校计算机程序设计、计算机实践教学论坛和人工智能教育大会上，相关教改论文“面向新工科的程序设计创新教学探索与实践”获二等奖（2023），“面向胜任力培养的程序设计综合实践创新教学”获一等奖（2023），“程序综合实践课程案例教学探索与实践”获二等奖（2024），“面向智能搜索的程序课程设计建设与教学实践”获一等奖（2025），受到很好评价。

(4) 教学取得创新

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，具有很好的应用性、时代性、可读性、可理解性。该教材填补了校内外空

白，除了作为 C 语言课程设计用书外，还有些学校的数据结构课程设计、人工智能课程等课程作为实践用书。2019、2021、2023、2025 年有关课程的数智环境建设、教学实践、资源建设、教学模式等连续四届获得校优秀教学成果二等奖，教学团队获校优秀实践教学团队和优秀指导教师以及课程思政教学名师。2025 年《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》获全国高校人工智能+数字经济优秀教材二等奖，创新教学取得较好效果。

5 结束语

实践教学是新工科教育重要载体，承载创新能力、创新意识、创新精神培养，而程序课程设计是各专业基础实践之一。为了适应新工科教育需要，C 语言课程设计明确智能应用主题的实践内容，确定提高程序设计应用技能的实践目标，建设数智教学平台和教学资源，保障实践教学；通过问题驱动、案例教学，落实工程教育思想，培养创新意识和创新精神；通过化解教学难点、强化过程考核、嵌入课程思政，具有高阶性、创新性、挑战度的特点，落实成果导向，课程建设、课堂教学得到学生好评，延伸课外实践也取得很好效果。下一步课程建设重点在深入开展智慧教育，研究学生特征表征，为学生提供学习指导等，实现智慧技术赋能的个性化教学。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国教育部. 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]. (2019-10-12)[2024-07-29]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s271/201910/t20191011_402636.html.
- [2] 李国杰.大学计算机教育的改进方向[J].中国计算机学会通讯,2020.12: 1-3.
- [3] 李志义, 朱泓, 刘志军, 等. 用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革[J]. 高等工程教育研究, 2014(2): 29-34, 70.
- [4] 李培根. 工科何以为新[J]. 高等工程教育研究, 2017(4): 1-5.
- [5] 邢雪, 郑力军.面向新工科的计算机专业实践类课程教学模式研究[J]. 吉林化工学院学报, 2023, 40 (12): 23-28 .
- [6] IEEE Spectrum. The top programming languages 2024[EB/OL]. [2024-08-22]. <https://spectrum.ieee.org/the-top-programming-languages-2024>.
- [7] 李国和, 赵建辉, 吴卫江, 连远峰. 基于教学团队建设的 C 语言教学[J]. 计算机教育, 2015.1: 24-27.
- [8] 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, 2025: 21-157.
- [9] 李国和, 董丹丹, 张扬武.程序综合实践课程案例教学探索与实[J].计算机技术与教育学报, 2024.12 (6) : 119-124