

基于兴趣度-持久度的程序设计课程教学改革探讨*

罗珣 胡学钢 方宝富 李建华*

合肥工业大学计算机与信息学院, 合肥, 230009

摘要 当前的计算机类本科人才培养在一定程度上受限于工程实践环节较高的条件需求, 因此加强本科生工程实践教学改革和建设非常重要。本文结合多年的程序设计基础课程教学经验, 在 CDIO 模式的基础上提出 IE-CDIO 的教学模式以培养以工程实践要求为导向的程序设计开发能力。通过建设以课堂理论教学、实验和课程设计教学、课外项目实践及课外兴趣活动环节四位一体的教学体系, 培养学生的兴趣度, 加强学生学习的持久度。实践证明该教学模式取得了很大的成功。

关键字 程序设计基础, 复杂工程问题, IE-CDIO 模型, 兴趣度, 持久度

Study of Programming Course Reformation based on Interest-Endurance Model

LUO Xun HU Xuegang FANG Baofu LI Jianhua

College of Computer and Information Hefei University of Technology, Hefei 230009, China
mmluoxun@hfut.edu.cn, jsjhuxg@hfut.edu.cn, fangbf@hfut.edu.cn, jhli@hfut.edu.cn

Abstract—Currently, the training of talents in computer science subject is limited by the high requirement of engineering practice. Therefore, it is crucial to reform and construct the engineering practice surroundings. According to our teaching experience with number of years, a novel education model called IE-CDIO is proposed to improve the programming ability. The proposed model consists of theory teaching of classroom, programming practice, after-school programming project, and extracurricular interest group. Our practice proved the proposed model could effectively improve the interest and endurance of study for students.

Key words—Fundamentals of Programming, Complex Engineering Problem, IE-CDIO Model, Interest, Endurance

1 概述

当前的工科教育存在重理论轻实践、强调个人学术研究而忽视团队协作精神、重视知识学习而轻视创新能力的培养等问题^[1], 可能会导致毕业生工程能力较弱。鉴于此, 我国经历了 CDIO、卓越工程师计划、新工科建设等多项工程能力培养计划。

基于 CDIO^[2]的工程教育模式可以很大程度上弥补教学中只偏重理论导向, 没有工程实践的缺陷。CDIO 模型 (Conceive、Design、Implement 和 Operate 模型, 即构思-设计-实现-运作模型) 是在本世纪初由瑞

授及其团队提出了 EIP-CDIO 培养模式^[3]。张元等^[4]在在操作系统课程教学过程中实施 CDIO 方法改革教学方法, 从而达成课程的培养目标。教育部在 2017 年推出的新工科建设^[5], 其目标是培养造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才, 主要实施手段是: 以立德树人为引领, 以应对变化、塑造未来为建设理念, 以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径, 重构我们的本科生培养方式。

为了能够培养符合企业需求的工程技术人才, 对高校教师而言, 要抓住两个基本要素, 其一, 紧跟当前的技术发展方向, 更新工程人才知识体系; 其二, 根据学生的兴趣爱好, 创新工程教育方式和手段。

我校作为双一流学科建设高校, 多年以来一直注重学生的工程实践能力培养。计算机科学与技术专业 2019 年获批国家一流本科专业, 《程序设计基础》作为计算机科学与技术的第一门重要的专业基础课, 分

* **基金资助:** 本文得到以下项目资助: 安徽省“六卓越、一拔尖”卓越人才培养创新项目, 项目名称: 计算机科学与技术专业卓越工程师培养创新项目, 项目编号: 2020zyrc123; 教育部-中科院重德智能产学研合作协同育人项目, 项目名称: 基于 ROS 的智能机器人系统, 项目编号: 2019JY017。

别在 2006 年和 2010 年被评为安徽省精品课程和国家精品课程，一直以“金课”^[6]标准进行课程的改革和建设。本文结合多年来《程序设计基础》课程的改革和建设措施，详细介绍 IE-CDIO(Interest-Endurance CDIO) 模式的教学过程及最终学习效果的评价体系。

2 基于 IE-CDIO 的程序设计基础教学实施过程

程序设计是计算机类专业的一门基础课程，本文就如何面向信息类各专业（包括但不限于计算机科学与技术、信息安全、物联网工程等专业）的学生讲授该课程展开相关研究和探讨。

2.1 IE-CDIO 概述

程序设计基础课程是计算机类专业的核心课程之一，是后续很多专业课程的先修课程。基于课程组多年的理论和实践教学经验以及课程组成员及院系通过多次研讨和论证，对该门课程的教学大纲及实验大纲进行了多次修订：历经 2003 版，2005 版、2008 版、2011 版、2015 版和 2019 版。在这 6 版教学计划实施的基础上，结合 CDIO 教学理念，总结出一套适用于程序设计基础课程的教学方法—IE-CDIO 方法，如图 1 所示。

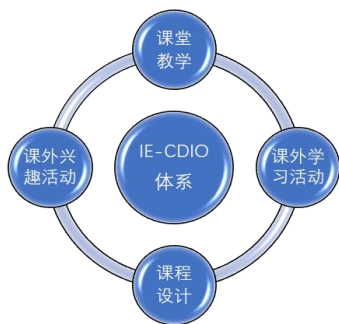


图 1 IE-CDIO 教学方法

IE-CDIO 中的 Interest 表示兴趣度，它反映了学生对学习的兴趣程度。Endurance，即持久度，它反应学生在遇到学习困难甚至是消极厌恶该门课程的学习情况下如何保持或重新产生对学习的兴趣。IE-CDIO 的整体教学思路是在课堂、实践教学及第二课堂中充分利用工程实践来引导和培养学生的学习兴趣，并在实施过程中充分考虑学习氛围的营造。

学生在学习过程中可能会遇到各种各样的问题，这些问题极有可能让学生气馁，从而失去学习的兴趣

2.2 兴趣的建立和保持

学习兴趣指一个人对学习的一种积极的认识倾向与情绪状态。从教育心理学的角度来说，兴趣是一个人倾向于认识、研究获得某种知识的心理特征，是可以推动人们求知的一种内在力量。学生对某一学科或者课程有兴趣，就会持续地专心致志地钻研它，从而提高学习效果。学习兴趣可以分为直接学习兴趣与间接学习兴趣两种。前者是由所学材料或学习活动本身引起的。后者是由学习活动的结果引起的。间接学习兴趣具有明显的自觉性。当一个人意识到学习的社会意义或与自己的关系时，学习兴趣就随之产生。在教学过程中，作者一直致力于对学生的直接学习兴趣和间接学习兴趣进行培养。

大一新生都或多或少的接触过电脑或者智能手机，但是接触过编程的新生的比例较小。在课程开课的时候，教师可以利用一次课的时间结合一些日常软件的实现和功能，如腾讯 QQ 的抽屉及展开功能，告诉他们背后的设计思想；通过百度的搜索排序介绍相关排序算法等。除此之外，再结合一些典型软件介绍程序设计发展的历程，让学生对课程内容有一个感性的认识。在实际教学过程中发现这种教学方法很适合激发学生的直接学习兴趣，学生也了解到了程序设计课程在整个专业课程体系中的重要作用。

而间接学习兴趣的培养则面临更大的挑战，需要教师不断提高自己的业务水平和科研水平，在介绍各相关知识点的时候，不断提出一些新的学生感兴趣的实际问题。课程相关授课教师都会从自己的科研工作中总结和提炼一些有趣问题，然后融入到课堂教学当中。例如，课程组通过收集整理每年各大 IT 公司的笔试题目，并结合课程的知识点展开介绍。这样的内容会当前的实际紧密结合，能激发学生的间接学习兴趣。在教学过程中需要注意的是，所有罗列出来的小问题有一定趣味难度，但不能很复杂，否则可能适得其反，给学生造成挫折感。

古人说：“教人未见其趣，必不乐学。”因此，能否调动学生的学习兴趣，关系到教学的成功与否，只有当学生对其学习内容产生兴趣，才会乐意去学，才会去积极思维，才会受教育于轻松愉快之中。这也是进一步实施 CDIO 教学的基础。

和信心。学习的兴趣度也就得不到保持。多年的教学规律和经验告诉我们缺少相互交流是阻碍学生保持学

习兴趣的一大障碍。针对此问题设计了“学生分组,循序渐进”的新型组织方式。让教学班内4至6名学生(一个寝室的人数)组成一个教学组,确定一个组长,教学小组可以由一个寝室的人构成,也可以交叉搭配。实践表明合理的搭配会激发学生的学习兴趣,如小组内编程能力强的和编程能力弱的搭配,分析问题能力强的和分析问题弱的人搭配等等。

2.3 基于IE-CDIO的教学实施方案

IE-CDIO模式下的程序设计基础课程教学体系由以下几个环节构成:

(1) 课堂教学(包括课堂理论教学和部分实验教学环节),该教学环节以学生为中心,以教师授课为主,运用讲授教学,案例教学,研讨式教学,自主学习方式,充分互动,激发学生的学习兴趣,培养学习的持久度。

(2) 课程设计,该环节以学生为主,教师为辅,发挥主动教学和研讨式教学,以实验和课程设计指导书的要求,以兴趣为驱动,激发学生综合应用所学知识解决问题。

(3) 课外学习活动,教师和学生通过各种新颖的交互平台与学生进行直接交流,如师生面对面的课程

辅导(教学沙龙)、邮件列表、技术讨论QQ群、MOOC教学平台等。

(4) 课外兴趣活动,该环节以学生为主,在该环节中,通过成立兴趣小组,组织各种与程序设计相关的兴趣活动。

(1) 课堂教学

图2展示了课堂教学中教师和学生的角色定位和特色方法。任何一门课程的内容之间都有其内在紧密联系,在讲授的时候要讲透这种逻辑联系,教学过程体现出交互式的“薄一厚一薄”的方法,这也是KM教学法^[7]的精髓。第一个“薄”就是教师在介绍整个课程体系及每章节课程内容的时候要把相应的知识系统用“图表”的形式给出,具有结构清晰、融会贯通等特点。通过它,可使学生对知识的全貌有一个宏观的认识,该图表可以归纳出的几条线索;这样只要牵动一点就可带动一串,便于记忆与运用。“厚”即介绍及扩充每个知识点,指出知识点和知识点之间的联系。最后一个“薄”,用简单的方式总结上一次课或归纳本次课的所学内容。在教学中先精讲“骨架”与“结构”,后填充重点、难点与关键。次要的枝节性的由学生自学,充分调动学生学习的主动性。

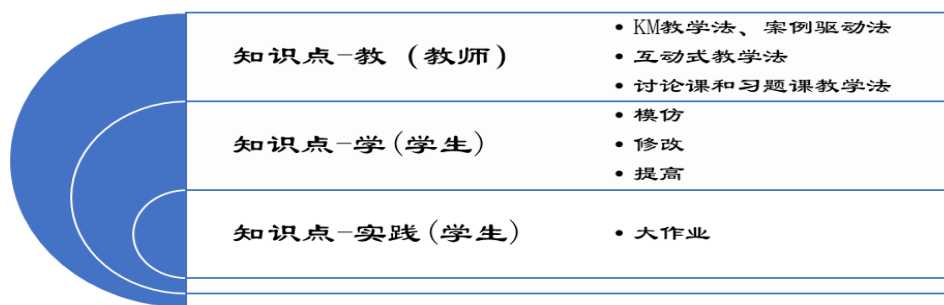


图2 课堂教学方法

讲解知识点的时候,可综合运用案例驱动法^[8]、互动式教学法^[9]、讨论课和习题课教学法等。在每节课开始以后教师先提出问题,让学生对这些问题进行抽象、分解、建模和仿真,进而逐步培养学生的计算思维^[10]。教师将完成任务所需的知识点一一列出,要求学生指出未知的知识点,教师着重讲解新的知识点、重点及难点,要求学生一起参与案例的完成,应用所需知识点并最终给出示范案例。整个课堂教学力求学生带着问题去思考,利用知识点去分析解决问题,并熟练掌握知识点的应用。布置谈论的题目或要求实现

的任务,要求学生分成2~3人小组在网上查找资料,针对题目在课堂进行各种各样的讨论,或根据能力选择任务并提出各自的解决方案,集体谈论各方案的可行性或优劣性。通过这种方式极大地提高学生的积极性,鼓励学生利用各种方式自学,对交叉学科、前沿学科有所了解,给学生提供了一个展示自己的舞台,并学习团队合作和沟通的重要性。

对于大多数同学而言,要深刻和熟练掌握某个知识点,需要经历三个步骤:一是“模仿”,完成与案例相似的程序,在模仿中巩固和加深对新内容的理解;

二是“修改”，在第一步的基础上进行加工，完成较为困难的问题；这两点可以通过布置课后作业的方式去实现，在这里需要强调的是，作业的即时反馈非常重要，学生的知识“记忆痕”有一定的规律，这也是衔接中学教育的一个重要方式。完成了这两个步骤，90%以上的学生可以始终保持高昂的学习激情。第三步也尤为重要，那就是“提高”，将一个有一定难度但未曾见过的问题交给学生，虽然这一点做起来困难，因为程序设计的题目已经非常普遍，网上到处可搜，这需要老师要精心准备，每年可以在以前的题目上做一些适当的微调，从而提高学生独立解决问题的能力。本课程精心组织 2-3 次习题课，教师在习题课上集中各组学生的解决方案，同时给予进一步启发、引导，激励学生进行创造性思维。

本课题组经过多年实践，持续改进教学方面的相关做法，为了解决复杂工程问题^[11]，提出了课程大作业的概念，即在课程中间阶段布置一个含有一定复杂工程问题（相对大一上学期新生能力）的大作业，要求运用所学相关知识解决该问题，难度低于后续的课程设计。要求学生在课程结束以后答辩上交该作业。课程组成员对复杂工程问题经过多次论证和研讨，得出结论复杂工程设计需要课程知识点，但不是简单的知识积累。就像外科手术能力也不是生物学知识的积累一样。必须拿起手术刀并且实践才能成为外科医生。同时我们意识到我们讲得再多，不如学生做出一个有一定价值、可以展示的作品对学生的促进作用更大。

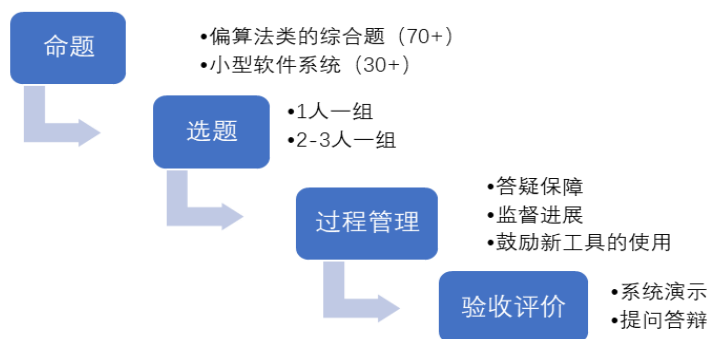


图 3 课程设计的安排

第二类型是完成具有一定规模、功能相对完整的软件系统的设计与实现。它要求组建小组团队，这不仅可以完成复杂工程问题求解，还可以一定程度实现团队协作能力培养，课程设计的团队人数以 2~3 人为宜，必须有明确的团队分工。在选择题目时，学生可

尤其是有一定难度，甚至超出他们的期望事情如果成功了，这将改变他们整个人。甚至使得他们有信心可以改变这个世界。

(2) 课程设计

课内实验往往是考虑将若干知识点进行切分的思路进行设计的，往往是独立的，而综合运用各方面的知识来进行综合的设计是保持专业教育的稳定性和连续性的一个有效途径，课程设计的设置正是应运而生。

对本门课程的课程设计持续 1 周时间，整体目标如下：通过本课程设计，使学生对程序设计的知识体系有较深入的理解，在运用课程的知识解决实际问题方面得到锻炼，对锻炼学生的实践能力以及运用课程的知识、方法解决复杂计算机复杂工程实际问题有较好的启发和指导作用，从而为后续课程的学习、毕业设计环节以及将来的实际工作打好坚实的基础。

下面从命题规范、人数、过程管理和验收标准等方面论述在 CDIO 规范下的课程设计环节的主要过程。图 3 给出了课程设计环节的主要阶段和任务安排。

课程设计题目分为两种类型，第一类型是偏重算法题，要求学生独立完成相应算法的实现及各种算法的性能比较，并初步实现一个简单的含图形化界面的系统，并据此写出课程设计报告。

以自选感兴趣的题目，但题目的大小和广度要合适，例如地图着色问题、马的周游问题、排序算法实现及比较问题、教师课时费计算系统、简易计算器、学生成绩管理、五子连珠、排雷、黑白棋和网络聊天软件等。当前课程组整理出算法题 70 多题，系统设计及综

合题 30 多题,基本上能够满足学生的需要。此外,每年在不断剔除、更新和完善这些题目。

过程管理对课程设计的质量的保障很重要:教师要能够及时回答学生提出的问题,并监督学生开展的进度;强化和培养学生使用现代工具的能力,包括主流的 IDE、语言、编码工具、调试工具等;课程设计报告要体现软件工程的方法,包括需求分析、总体设计、界面设计、详细设计等部分,最好能要求学生能用 UML 工具进行系统建模,作为课程设计报告一部分。

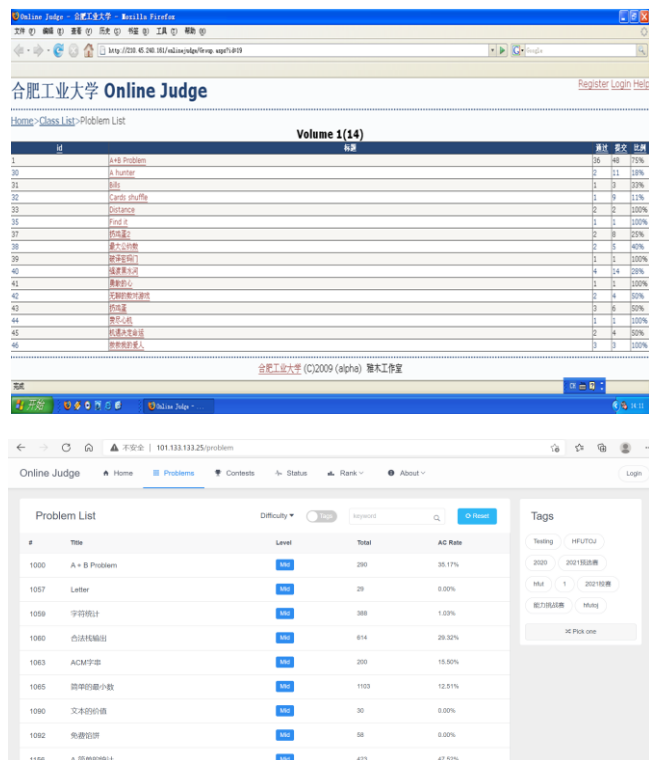


图 4 合肥工业大学趣味问题及程序打分系统(2007 版和 2020 版)

提问及讨论,评阅设计报告综合评价学生的得分。其中在验收方面,根据现场验收及咨询情况,评判课题任务完成情况,是否能对实际应用问题进行抽象建模,并与

理论模型和算法建立映射关系、是否考虑到计算机解决实际问题中的健壮性等因素制约,是否符合复杂工程问题能力培养的需要,是否有新意;在提问环节,根据回答情况判断是否掌握和理解程序设计的基本思想,方法以及对各类模型和算法的熟悉和编写能力;在设计报告环节,评判学生对问题描述和分

析(包括关键问题和难点问题)以及其解决思路表达的准确性,设计方案、实现过程以及最后结果是否合理。

(3) 课外学习活动

课堂教学对于提高学生对知识的掌握和运用是有限的,课外学习活动是达成这一目标的有力补充。本课程的课外学习活动主要有以下形式:

① 师生面对面的交流(也可以称为教学沙龙)。以 2 个寝室的人数为一组(8-12 人),一个教学小班被分为 4 个小组左右。每周由教师(或助课教师)安排 4 个小时的业余时间辅导 1 个小组,1 组 2 个小时;1 个月循环一次。交流的内容包括:教学思路、关键技术难题、解答提问、总结方法等,让学生能够更快融入课程的学习当中。

② 建立邮件列表和技术讨论群。创建班级邮件列表和技术 QQ 群,提供一个平台,学生有任何问题都可以发送到该邮件列表或 QQ 群中,由教师或者知道该问题答案的人负责回答,建立不间断的学习答疑氛围。

③ MOOC 资源是当前课程学习的一个有力的补充,本课程目前主要通过清华大学郑莉教授的 MOOC 课程作为本门课程的课外学习资源。

(4) 课外兴趣活动

课外兴趣活动主要是通过开展兴趣活动进一步激发学生的程序开发能力,从而加强学生工程处理能力及创新能力。

首先,教师可以阶段性地发布一些有一定难度的问题,给定时间(如 1 周或 2 周),让学生解决,并对解答情况和进度进行公开的排名,激发学生参与的积极性。图 4 是我校一些趣味问题及相应程序打分系统。目前该平台的功能通过租赁阿里云平台,部署到阿里云。

其次,以自愿报名的原则组织兴趣小组,在教师指导下,关注新技术的发展动态,选择感兴趣的课题进行深入研究,培养学生研究性和创新性学习能力。

最后,通过教务处、学校创新创业部门在学校内部开展程序设计大赛、计算机设计大赛等竞赛活动,通过创新学分及相应的奖励激发学生从事软件开发的兴趣,提高程序开发能力。

3 基于 IE-CDIO 模型的学习成绩评价体系

《程序设计基础》是实践性很强的课程。通过调研多所高校的相同课程,发现当前的考核方式很多都是偏重最后的期末考试。期末总成绩中期末考试的平均占比为 60%以上。在这种考核方式下,学生实践动手能力的好坏对成绩的影响不明显,这样体现不出实践能力的重要性。

鉴于此,我们提出了一套更加注重实践的成绩评价体系。采用以实践为导向的考核方式。每年在都逐步提高实践教学环节在总成绩中的比重,引导学生在平时的实验课程中积极动手设计和编写程序来解决实际问题。具体评价措施如下:

① 期末实验考核环节(总分占比 20%)。在期末的实验考试中,利用开发的实验教学平台进行机试,学生随机从试题库中抽取试题,然后由系统自动评判。这样即节省了老师批改试题的时间,而且可以减少相互抄袭现象。由于考试题目与平时训练的题目类似,可以促使学生在平时实验中独立分析问题,解答问题。

② 平时作业环节(总分占比 15%)。平时作业主要是根据授课内容,布置相应的编程作业题,由学生提交,助教完成批改打分,最后综合各次打分的结果给出作业平时总分。

③ 大作业环节(总分占比 15%)。大作业环节通过学生的问题建模,方案设计,程序实现,演示效果及相应的答辩效果给出成绩判定,从而得出该环节的得分。

④ 期末笔试(或机试)环节(总分占比 40%)。多年以来我们逐年加大编程题在整个试卷中的比重,直至最终完全由程序设计题代替选择填空题,由完全机考代替笔试。考试内容分基础题、分析题和设计题;在最新一版的教学计划中,基础题主要以程序阅读和简单编程题构成,分析题由程序填空构成,设计题由较为复杂的编程题构成。

⑤ 其他时间环节(总分占比 10%)。浏览课程网站(MOOC 网站)、在线学习的效果、参加课外 Online Judge 在线做题的情况、展示编程作品、提供编程巧妙方法的次数等环节集中考虑。

通过以上措施,大作业、实验上机考试和其他时间环节都以实践为主,平时实践成绩在总的考核成绩中所占比例最大,旨在告诉学生平时积累的重要性。编程技能是需要连续不断训练的一种能力,不可能速成,期末突击备考的方式是不可取和不奏效的。为了督促学生平时的积累,在介绍关键知识点以后设置 1 次期中考核,并且只考编程题目。

4 结束语

作者及其所在教学团队成员在分析和总结多年的程序设计基础教学成果的基础上,提出了基于 IE-CDIO 的教学理念和教学方法,并在实际教学过程中践行该方法,让学生一直保持对程序设计的浓厚兴趣和积极性,在各个不同的教学环节运用多种教学方法,采用重视实践的成绩考核体系,产生了良好的学习效果。目前程序设计课程对我校相关专业毕业生培养指标的达成度基本上在 85%以上。所培养的学生在历年的全国 ACM/ICPC 程序设计大赛上多次获得金奖、银奖,在仿真机器人足球竞赛中多次获得比赛的前三名。今后还要继续在该门课程的实践导向上进一步加大力度,达到更好的教学效果。

参考文献

- [1] 陶勇芳,商存慧. CDIO 大纲对高等工科教育创新的启示[J]. 中国高教研究, 2006, (11):81-83.
- [2] 陈聪诚. 新中国高等工程教育发展历程与未来展望[J]. 中国高教研究, 2019(12):42-48.
- [3] 顾佩华,沈民奋等. 从 CDIO 到 EIP-CDIO——汕头大学工程教育与人才培养模式探索[J]. 高等工程教育研究, 2008, (1):12-20.
- [4] 张元,杨晓文,韩慧妍,韩燮. 面向工程教育认证的操作系统课程评价体系改革[J]. 计算机教育, 2021(06):42-46.
- [5] 吴岩. 一流本科 一流专业 一流人才[J]. 中国大学教学, 2017(11):4-12.
- [6] 吴岩. 建设中国“金课”[J]. 中国大学教学, 2018(12):4-9.
- [7] 高敬阳等. 贯穿在系列课程中的程序设计能力的培养[J]. 中国大学教学, 2008. 11. 47-48.
- [8] 栾秀春,高璞珍,王晓莺,王俊玲. 案例教学法在工科专业数学课程教学中的应用[J]. 高等工程教育研究, 2021(03):169-172.
- [9] 方宝富,王浩,胡学钢,方帅. 基于教学竞赛一体化的大学生实践创新能力培养模式研究[J]. 计算机教育, 2010(24):5-8.
- [10] 孙大为,张玉清. 新工科背景下计算机系统思维能力培养模式探析[J]. 计算机教育, 2020(07):94-97.
- [11] 席景科,王志晓,卞建玲,赵莹,刘佰龙. 面向解决复杂工程问题能力培养的实践教学案例设计与实施[J]. 大学教育, 2020(04):56-58.