

《计算思维与程序设计》新课听·讲·刷教学模式

周娟

华东交通大学信息与软件工程学院
南昌 330013

吴永辉

复旦大学计算与智能创新学院
上海 200433

李雄 罗晖 严丽平

华东交通大学信息与软件工程学院, 南昌 330013

摘要 本文探讨了计算思维在计算机教育中的重要性及其实际应用。计算思维指的是一种运用计算机科学的基本概念来解决问题、设计系统以及理解人类行为的思维方式,其核心特征为“抽象与分解”。随着科技的迅速发展,社会对计算机专业人才的需求日益增长,但传统计算机教育模式已难以满足这一需求。本文以“头歌实践教学平台”为例,介绍了该平台如何支持高校计算机教育,提供实践教学案例和课程,助力计算机专业和工科专业建设。在此基础上,本文提出了“听、讲、刷”三维课程建设模式,建设了新课《计算思维与程序设计》,通过加强课堂管理、布置讲题练习和设计多层次实验题,培养学生的计算思维和创新能。此外,本文还介绍了教材资源的选择和使用,以及课程实施的成效,包括学生期末考试成绩的统计和分析。最后,文章讨论了程序设计竞赛在科技人才培养中的作用,并提出了基础教育阶段编程教育普及的建议,以期为国家培养更多高层次的人工智能、计算机、软件工程、大数据等专业人才。

关键字 计算思维; 实践教学; 大学程序设计课程与竞赛训练教材; 程序设计竞赛

"Listen, Speak, Practice" Three-Dimensional Approach: Exploring a New Teaching Model for Computational Thinking and Programming

Juan Zhou

School of Information and Software Engineering
East China Jiaotong University,
Nanchang 330013, China;

Yonghui Wu

School of Computer Science and Technology
Fudan University
Shanghai 200433, ChinaXiong Li Hui Luo Liping Yan
School of Information and Software Engineering
East China Jiaotong University,
Nanchang 330013, China;

Abstract—This paper explores the importance of computational thinking in computer education and its practical applications. Computational thinking refers to a mode of thinking that employs fundamental concepts of computer science to solve problems, design systems, and understand human behavior, with its core characteristics being "abstraction and decomposition." With the rapid advancement of technology, societal demand for computer professionals has grown significantly, yet traditional computer education models struggle to meet this demand. Using the "TouGe practical teaching platform" as an example, this paper illustrates how the platform supports higher education in computer science by providing practical teaching cases and courses, thereby enhancing the development of computer-related and engineering disciplines. Based on this, this paper proposes a "Listening, Explaining, Practicing" three-dimensional curriculum construction model. It establishes the new course Computational Thinking and

* **基金资助:** 本文得到江西省高等学校教学改革省级课题(JXJG-23-5-7, JXJG-24-5-25, JXJG-21-5-29), 华东交通大学创新创业教育教学改革项目(1600223042, 1600223049), 教育部产学合作协同育人项目(230801311034605, 230901311065830), 全国高等院校计算机基础教育研究会计算机基础教育教学课题(2024-AFCEC-027), 教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会面向赋能教育的大学计算机一流课程建设与教学改革项目(FNJY-2024-19), 复旦大学“双一流”项目国合处全球发展战略推进项目(IDH6282016)的资助。

* * 通讯作者: 周娟 422879727@qq.com。

Programming, aiming to cultivate students' computational thinking and innovative abilities by strengthening classroom management, assigning explanation exercises, and designing multi-level experimental problems. Additionally, the paper discusses the selection and utilization of teaching resources, as well as the outcomes of course implementation, including statistical analysis of students' final exam performance. Finally, the paper examines the role of programming competitions in nurturing technological talent and offers recommendations for promoting programming education at the foundational education level. The aim is to cultivate more high-level professionals in fields such as artificial intelligence, computer science, software engineering, and big data, thereby contributing to national talent development.

Keywords—Computational thinking; Practical teaching; University programming course and competition training materials; Programming competitions.

1 引言

计算思维作为一种普适性态度与技能,是21世纪数字化人才必备的核心素养^[1]。计算思维(Computational Thinking)是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。计算思维由美国卡内基·梅隆大学周以真教授在2006年3月首次提出^[2]。也就是说,计算思维是人站在计算机的角度,把计算机作为工具和手段,去分析解决问题,其重要特征是“抽象与分解”^[3]。

计算思维不仅体现在计算机课程的教学和计算机相关技术活动中,生活学习中也有很多计算思维的思想,将来在任职岗位上,也可能遇到很多问题场景,比如网络通信、路径规划、模拟仿真、作战决策等等^[4]。计算思维如何在教学中落到实处,可以利用实践平台的支持,“头歌实践教学平台”是国内高校广泛使用的“在线实践”教学服务平台与创新环境,2020年进入高速发展阶段,现在头歌已为2500多家高校、数百家企业提供服务,支持校内(私有云解决方案)和公有云实验实训超过10亿人次,构建了15万个以上实践教学案例。这些案例覆盖了人工智能、大数据、云计算、计算机程序设计、计算机系统能力、软件工程、计算机网络、区块链、物联网等多个方向,并形成了3500门以上的实践课程,全面助力计算机类专业和工科专业建设,持续提供完善的教学、教研与科研环境。

具备计算思维和多学科交叉融合能力,有创新精神和协作能力,能够从信息变换角度有效定义、分析和解决问题是新时代人才的必备素养。^[5]

2024年9月10日,在全国教育大会上^[6],习近平指出建成教育强国是近代以来中华民族梦寐以求的美好愿望,是实现以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业的先导任务、坚实基础、战略支撑,必须朝着既定目标扎实迈进。确立到2035年建成教育强国的奋斗目标。作为高校教师,将对教育大会学习体悟内化于心、外化于行,投身教育,以梦想为墨,书写出无愧于时代、无愧于人民的报国答卷。笔者深入分析计算机教育的问题,找准切入点,创新计算思维课程,实施课程,不断取得成效并持续改进。

2 问题

传统计算机教育中亦不乏程序设计类课程,比如《C/C++程序设计》《Java程序设计》和近年兴起的《Python程序设计》等,继而是《数据结构》,到了大三开设《计算机算法设计与分析》,也有的学校开设《数据结构与算法》。然而随着科技飞速发展,特别是计算机、互联网等相关产业的发展,社会对人才的需求已经远超了高校教育的发展。一方面学生为了追求学业成绩,不得不大量学习各类知识,一方面许多大学生毕业就业困难。与此同时,程序设计竞赛获奖选手却成为企业争抢的香饽饽,供不应求。这凸显的矛盾,说明了我们的计算机教育必须深刻改革。以提升教育质量,更好地培养适应市场需求的人才。

2.1 分析问题

提升高校计算机教育水平,关键矛盾已然摆在面前,怎样解决问题呢?学习了知识,似乎掌握了知识,但是遇到软件开发等生产问题,又没有很好的能力解决问题,笔者认为关键是要强化计算思维,特别是对传统程序设计类课程要提升计算思维培养力度,然而提升这些课程是需要过程的,需要教材建设、实验建设、课程内容建设,还需要摸索,不是一蹴而就的。

同时几乎所有学科都离不开计算机,特别是理工科的学生都需要掌握程序设计。程序设计正成为大学生的必备技能,计算思维正成为大学生的创新思维训练之要,急需这样一门课程,2021年笔者率先开设课程《计算思维与程序设计》。

2.2 切入点

计算思维能力的培养正是传统知识应用型教学模式的弥补,传统教学在有限的教学时间内无法囊括所有的问题和解决方法,而且是老师主导,学生接受到的是安排好的内容^[4]。在离开课堂后,面对各种场景各类问题,变为学生主导,学生个体应当具有抽象和分析问题,并通过算法/方法解决问题的能力。要想具备这样的能力,教学从一开始就应转变,要以“学为主体”和注重思维训练。而这正是ICPC(International Collegiate Programming Contest)国际大学生程序设计竞赛的参赛选手所具备的能力,选手在赛场上一次次自己解决问题,一般校队的参赛

选手, 经过几年的训练, 而具备较好的利用计算机编程解决实际问题的创新能力, 过去由于 ICPC 竞赛队伍名额的限制, 校队人数有限, 而随着各类程序设计竞赛涌现出来, 比如入选了普通高校学科竞赛目录的蓝桥杯信息与软件人才大赛、团体程序设计天梯赛、百度之星程序设计大赛, 以及同样主流的 CCPC 中国大学生程序设计竞赛, 满足了人人都能参赛的理想状态, 近年每年约 20 万大学生参赛, 虽然后面一些竞赛的知识点都是 ICPC 的子集, 但是几乎每个竞赛的大纲都超出了现行大学课程的教学内容, 并且都是让学生在压力下去求解新问题, 均是培养创新人才的有效途径。而以笔者 20 年指导学生竞赛及训练的经验, 深悉整个科学训练体系, 并指导过上万学生获得数千省级到国际级竞赛奖项。在当今人工智能等科技飞速发展的背景下, 笔者找到一个解决人才需求和当下教育矛盾问题的切入点, 是把课外竞赛训练的成功教育模式搬入课内, 创建新课程《计算思维与程序设计》。

3 “听、讲、刷” 三维课程建设

在促使学生认真“听”课、鼓励学生参与“讲”题、设计多层次实验题让学生多“刷”题的“听、讲、刷”这三个维度上, 建设课程《计算思维与程序设计》, 培养创新人才。

3.1 “喜听”

加强课堂管理, 严格要求认真听课, 通过多提问, 造成既紧张又活泼的课堂氛围。对学生的回答, 即便不完全正确, 也找出其优点多表扬, 从而让学生从内心喜欢听课。

3.2 “善教”

布置讲题练习, 让学生结对子, 课后互相讲解, 即“教别人”, 同学间给出评价, 再从中推荐来课堂讲, 老师加以点评。这符合学习金字塔塔底的最高留存率90%见图1。



图 1 符合学习金字塔的教学方法

让学生从被动学变为主动学。这同时也能促使学生更认真听课。最后在评价指标中, 加入学生互评。

3.3 “会刷”

建设本课程的教学视频和同步实验, 所用教材为笔者在机械工业出版社出版《程序设计实践入门》, 在全国最著名的计算机类课程的专业网课平台——头歌实践教学平台上建设了本课程“计算思维与程序设计”, 并公开发布 (<https://www.educoder.net/pat hs/z9ikysjo>), 录制了完整教学视频, 并把每题的实

验以实践项目形式均发布在此课程中。全书84题, 每个视频都对题目详细解析, 展示编程解决问题的计算思维训练, 特别是“数学计算”章节展现了运用数学和物理知识来推导的数学思维训练和编程求解的过程。让学生从一开始看视频后刷题, 过渡到先刷题再因需看视频, 培养学生创新思维的同时, 也消除了学生的畏难情绪。

3.4 “强脑”

让学生, 能无障碍的“刷”题训练。当有思路不

清或编码能力缺乏时，又可以通过看视频理解，再去刷。一个题，可以反复刷，这样通过在课外多次编写同样的代码而强化记忆，一遍遍的边写边走通逻辑过程，而训练出自己的“最强大脑”状态。

3.5 “善论深究”

利用翻转课堂，组织学生课内外讨论，来引导学生发现问题、筛选问题、深入研究问题、最终解决问题，从而展开研究型教学模式，培养学生探究意识和批判精神。

3.6 “竞技善战”

本课程已经在本校软件工程、大数据、虚拟现实等专业开设。教学与竞赛相结合，利用头歌实践教学平台3000多程序设计赛题，拓展学生课外实验，让更多学生成为参赛选手，经常性开展课外竞赛真题讲座，帮助同学积极备赛训练，展现出“竞教互促”“竞教互补”极丰富的第二课堂，令更多学生成为英勇善战的参赛选手！

综上，在“听、讲、刷”三个维度建设这门新课程，使得学生“强脑”“善论深究”和“竞技善战”见图2，这些教学内容除了在课堂实施，更要落实在“云际化”的大规模开放在线实践平台上。本课程以“开放实践项目”为特色，在头歌实践教学平台建设成为大规模在线开放实践课程，依托“软件+测试+工具+环境”的云际化教学手段，在头歌平台提出的可重构软件体系结构下，支持这些教学手段的组合与连接，使训练系统具有可拆分、可评测、可演化、可传播等特性，为构建各类训练系统和课程实践环节提供通用参考模型，达成为师生提供个性化教学服务，最终因材施教地培养人才，将以首创课程引领全国计算机相关专业的课程改革潮流，为祖国培养更多人工智能、计算机、软件工程、大数据等专业高层次人才！

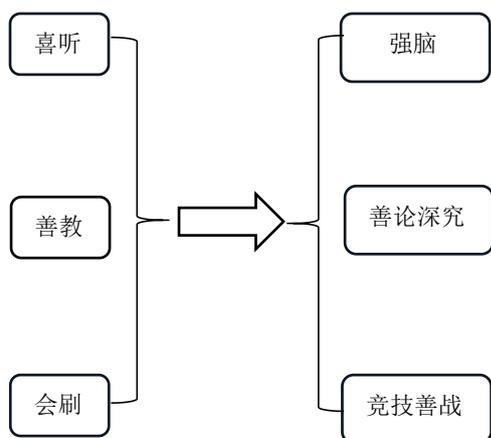


图2 “计算思维与程序设计”课程教学思维导图

4 教材资源

该课程经过几轮之后，不断改进，2021年采纳的教材系本校ACM-ICPC训练基地的程序设计入门培训的教材《程序设计竞赛入门》^[7]，用了2年后，发现对于整个班级许多同学来说，难度有些大，虽然每年有来自全校各学院300到500学生报名参加入门培训，此教材也深受参加入门活动的学生喜爱，非常适用。然而经过调查发现，选修《计算思维与程序设计》课程的班级中，许多班级报名参训的学生不到5人，大部分学生并不适合这样难度较深的教材。于是2023年换了另外一本教材《程序设计实践入门》^[8]，这本教材共84题，几乎每个题的代码都不过半页，非常的简短，题意也容易理解，也不失逻辑思维和数学思维，满足课程中所涉及的递归思想、结构化思维、数学计算的程序设计。

《程序设计实践入门》选用全真赛题，来自几十年来全球各大洲ACM-ICPC赛中较为简单的题，十分有趣味性，也是案例化教学的优选案例，该教材是“大学程序设计课程与竞赛训练教材”系列的入门本。该系列教材后续逐渐增加难度，还有《数据结构编程实验》^[9]、《算法设计编程实验》^[10]、《数据结构解题策略》^[11]、《ACM-ICPC世界总决赛试题解析》^[12]，以及正在编写的《算法设计解题策略》，体系完整。本系列教材大部分都再版2、3次，出版了十多年，除了中国大陆发行简体中文版本，在海外发行了英文版，在台湾发行了繁体版，深受全球竞赛选手的喜爱，讲解透彻，并且配套集结了网课，比如2024年ICPC训练联盟程序设计冬令营 (<https://www.educoder.net/paths/mf9ewr7h>)，程序设计竞赛精品辅导课程 (<https://www.educoder.net/paths/rp3efigb>)，等，方便学生自学，学生通过本课程的学习，未来也可以沿着本系列教材继续自学或在校训练团队中共同学习。

5 成效

2024年春季，本校选修《计算思维与程序设计》课程的大数据和软件工程专业共236人，期末考试共8个编程题，全部改编自课堂例题，可能是某题的变化，也可能是某两题的结合。采取开卷模式，答题时长180分钟。每题不存在得部分分数的情况，也就是每题做对了就得满分，要么就是0分，不完全符合ICPC赛制。允许多次提交，某次提交对了就得分，其他提交错误时不额外扣分，更加契合考试。题目难度设置合理，卷面得分见表1。

该课程全部236位学生，其中8人当天参加蓝桥杯信息与软件人才大赛的国赛，允许他们本次考试免考，以满分记；其中18人第一次考卷面不及格，30天后给予重考机会，最终全部都通过，按60分计。

表 1 卷面得分统计

序号	答对人数	得分率
第1题	229	0.97
第2题	219	0.93
第3题	223	0.94
第4题	222	0.94
第5题	236	1.00
第6题	112	0.47
第7题	93	0.39
第8题	35	0.15

34.75%的同学期末考试获得卷面90分以上,期末占总评分的50%,平时教学严格,大部分同学平时表现都不错,最终41.53%的同学总评分为优秀。

对于一开始作业做得不是很理想,平时成绩不高的同学,老师仍然鼓励他们抓紧复习,而且只要期末考试卷面优秀的,最终成绩就按照优秀计。这样极大的推动学生自主复习和加深学习的动力。

教学成效显著,最终在定性调查结果中显示,全部同学都掌握了一定的编程能力,使得他们提高了计算思维和编程解决问题的创新能力!由于平时采纳OJ(OnlineJudge)平台作业,那么课程结束后,同学们仍然能够继续在各OJ平台刷题学习,而现在企业笔试和研究生复试很多都会在OJ平台要求毕业生答题,这为将来就业和升学获得竞争力起到巨大作用。

6 结束语

程序设计竞赛和训练在科技人才培养中扮演着重要角色,但如何平衡其与基础教育需求是当前教育体系面临的关键挑战。根据国务院印发的《全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)》中明确提出^[13],将着力提升基础教育阶段科学教育水平,引导变革教学方式,倡导启发式、探究式、开放式教学,保护学生好奇心,激发求知欲和想象力。基础教育阶段应建立与高等教育衔接的一体化培养体系,推动编程教育普及以提高学生数学思维和逻辑能力,激发好奇心和学习兴趣。尽管程序设计竞赛在部分地区引发“内卷”,而同时有的地区师资匮乏,笔者在今年此前一篇文章中指出“融入计算思维和数学思维的编程解决问题训练的教材建设、课程建设、跨校跨区域的教学实验体

系建设,及其创新点和实践效果,这些工作适应AI时代对计算机人才的培养要求。”^[14]所以更应关注因地制宜、从普及编程教育出发,利用系列优质教育资源,帮助学生为学业及未来职业发展奠定基础。通过加强高校与地方合作、优化学科设置、引入科教协同机制等措施,可为有潜力的学生提供资源和支持,培养国家战略需求的拔尖创新人才。坚持立德树人,引导学生志存高远,同时注重基础教育阶段的教学改革和科学启蒙,有助于形成科技人才培养的长效机制。

参考文献

- [1] 魏文清,赵瑞,孙爽,等.国际K-12阶段计算思维教育研究路径与趋势探析[J].软件导刊,2024,23(08):135-144.
- [2] Wing J M. Computation thinking[J]. communication of the ACM, 2006, 49(3): 33-35.
- [3] Peter J. Computational Thinking[M]. Massachusetts: MIT Press, 2019.
- [4] 王梅娟,李辉,等.大学计算机基础课程高阶能力训练探索[J].计算机教育,(2024)03-0035-06:35-40.
- [5] 张瑾,张戈,梁文娟.基于STEM的研究性计算思维课程教学改革[J].计算机技术与教育学报,2023,8,11(2):29-33.
- [6] 习近平在全国教育大会上强调紧紧围绕立德树人根本任务朝着建成教育强国战略目标扎实迈进(新华网).[EB/OL].[2024-9-10].https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202409/content_6973522.htm,
- [7] 周娟,杨书新,卢家兴.程序设计竞赛入门[M].北京:中国水利水电出版社,2021.6.
- [8] 周娟,吴永辉.程序设计实践入门:大学程序设计课程与竞赛训练教材[M].北京:机械工业出版社,2021.7.
- [9] 吴永辉,王建德.数据结构编程实验:大学程序设计课程与竞赛训练教材[M].第3版.北京:机械工业出版社,2021.8.
- [10] 吴永辉,王建德.算法设计编程实验:大学程序设计课程与竞赛训练教材[M].第2版.北京:机械工业出版社,2020.3.
- [11] 吴永辉,王建德.数据结构解题策略:大学程序设计课程与竞赛训练教材[M].北京:机械工业出版社,2023.10.
- [12] 吴永辉,王建德.ACM-ICPC世界总决赛试题解析(2004—2011)[M].北京:机械工业出版社,2012.
- [13] 全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)(国务院国发〔2021〕9号)[EB/OL].[2021-6-25].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-06/25/content_5620813.htm.
- [14] Yonghui Wu, Juan Zhou. Constructions of Teaching Materials, Curriculums, and the Teaching System Cross-Region for "Solving Problems by Programming"[C]. Proceedings of The 30th International Computing and Combinatorics Conference (COCOON 2024), Springer in Lecture Notes in Computer Science (LNCS 15163), 24-29, 2025.