

计算思维导向的程序设计课程改革与实践^{*}

郑珂

李博 詹英

南阳理工学院计算机与软件学院、电子信息学
科研究院, 南阳 473000

南阳理工学院计算机与软件学院
南阳 473000

摘要 针对传统程序设计教学中“重语法轻思维”的问题, 提出以计算思维培养为核心目标的“CDIO 项目驱动+BOPPPS+对分课堂”教学模式。该模式以 CDIO 项目为载体组织教学内容, 借助 BOPPPS 六环节实现课堂精准调控, 融合对分课堂深化师生互动协同。依托项目场景, 将计算思维训练深度融入程序设计全流程, 在问题分析、算法设计、代码实现等环节强化抽象建模、逻辑推演、问题分解等核心思维能力培养。教学实践表明, 该模式显著激发学生学习兴趣, 为程序设计类课程教学改革提供了具有推广价值的实践范式。

关键字 计算思维, CDIO, 项目驱动, BOPPPS, 对分课堂

Reform and Practice of Programming Courses Oriented by Computational Thinking

ZHENG Ke**

LI Bo ZHAN Ying

College of Computer and Software & Academy for
Electronic Information Discipline Studies
Nanyang Institute of Technology,
Nanyang 473000, China

College of Computer and Software
Nanyang Institute of Technology,
Nanyang 473000, China

Abstract—To address the issue of "emphasizing grammar over thinking" in traditional programming teaching, this paper proposes a teaching model of "CDIO project-driven+BOPPPS+split-classroom" with the cultivation of computational thinking as the core goal. This model organizes teaching content by taking CDIO projects as the carrier, realizes precise classroom regulation through the six links of BOPPPS, and integrates split-classroom to deepen teacher-student interaction and collaboration. Relying on project scenarios, computational thinking training is deeply integrated into the entire process of programming, and the cultivation of core thinking abilities such as abstract modeling, logical reasoning, and problem decomposition is strengthened in the links of problem analysis, algorithm design, and code implementation. Teaching practice shows that this model significantly stimulates students' learning interest and provides a practical paradigm with promotion value for the teaching reform of programming courses.

Keywords—computational thinking, CDIO, project-driven, BOPPPS, split classroom

1 引言

随着信息技术的发展, 计算思维已成为解决复杂问题的核心思维范式之一^[1]。然而传统的程序设计教学模式却暴露出多重待解决的问题: 目前多数教材遵循语法导向的线性编排逻辑, 缺乏系统化问题解决场景构建, 导致学生在抽象建模、算法设计等思维链路搭建时困难重重; 课程配套的项目多局限于数值计算、简单排序等验证性习题层面, 严重缺失计算思维全流程培养, 与产业实际需求存在明显脱节; 传统的“讲授+上机”模式下学生处于知识被动接收状态, 难以深度参与高阶认知活动, 这严重制约了计算思维的培养

和内化进程。

针对上述问题, 本文提出两大核心改革策略: 基于 CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate) 理念解析并重构现实问题, 将其转化为契合计算思维培养目标的项目案例, 引导学生在实践操作中掌握问题求解的核心思维方法; 其二, 以真实项目为知识体系串联纽带, 依托对分课堂“精讲-独学-讨论”的结构化设计, 为 BOPPPS 参与式教学提供具体实施路径, 从而创新课堂模式。

2 CDIO、程序设计实践和计算思维

CDIO 工程教育理念以工程全生命周期方法论培养复杂系统工程能力, 其核心特征是系统性、实践性和协同性^[2]。作为利用计算工具进行问题求解的核心思维范式, 计算思维的本质是通过抽象建模、逻辑推演、形式化表达与模块化分解等思维操作实现问题空

***基金资助:** 本文得到南阳理工学院智慧课程建设项目(计算编程思维)和一流本科课程建设项目(面向对象程序设计)的资助。

****通讯作者:** 郑珂 zhengke@nyist.edu.cn。

间到解空间的映射^[3]。而程序设计实践作为计算思维的主要外显载体，通常涵盖问题形式化分析、算法模型设计、编码实现及系统调试验证等关键环节。

如表1所示，三者在认知发展逻辑与工程实践路径上形成高度契合，CDIO的“构思、设计、实现、运行”闭环，与计算思维的“问题抽象、逻辑建模、算法实现、系统验证”链条形成天然映射；程序设计通过具体操作将计算思维转化为工程实现。从关联本质看，CDIO是计算思维的工程化载体，将思维能力转化为可操作步骤；计算思维是程序设计的底层逻辑，其语法、算法本质是思维的形式化表达；程序设计作为CDIO的微观实现，通过代码编写等操作达成工程目标。

表1 CDIO工程教育理念与计算思维培养

CDIO	程序设计过程	计算思维培养重心
构思 (Conceive)	问题定义与需求分析	模型化，抽象思维 (问题→数据模型)
设计 (Design)	算法设计与优化	形式化，逻辑思维 (逻辑结构规范化表达)
实现 (Implement)	编程实现与调试	模块化，结构化 (代码结构分层封装)
运作 (Operate)	系统集成与迭代优化	模型化，抽象思维 (性能分析与异常推演)

3 BOPPPS+对分的课堂组织架构

BOPPPS模型是一个教学设计的框架，包括六个阶

段：Bridge-in（导入）、Objective（目标）、Pre-assessment（前测）、Participatory Learning（参与式学习）、Post-assessment（后测）、Summary（总结）^[4]。对分课堂则强调师生权责对分，将课堂时间分为教师精讲留白、学生独学内化、小组讨论和辅导答疑四个部分^[5]。

BOPPPS模型以学生为中心的参与式学习理念，与对分课堂倡导的主动学习模式高度契合。对分课堂为BOPPPS的参与式教学环节提供了具象化实施路径：学生先通过独学内化完成知识初步建构，再在课堂上围绕教师设定的核心问题展开小组研讨，实现认知碰撞与深度内化。这种模式既满足BOPPPS对参与式学习的设计要求，又通过“先学后议”的机制提升学生的课堂参与度。此外，对分课堂中多样化的互动形式（如小组协作、师生对话），能够丰富参与式教学的活动载体，从结构上拓展教学互动的深度与广度。因此，对分课堂模式可以作为BOPPPS的参与式教学环节设计，如图1所示。这种课堂架构兼具规范性和灵活性，具体表现在以下几个方面。

(1) 目标导航与弹性路径的双轮驱动。通过“目标”环节向学生明确学习目标，通过“前测”结果精准识别先验知识盲区，进而动态调整“导入”案例难度，确保教学目标与学生认知起点精准匹配。在参与式学习阶段教师先精讲核心知识，并留一半时间供学生独学内化和小组讨论，学生可根据自身进度选择练习路径。这种课堂设计模式，既能保障教学目标的达成度，又能满足学生个性化学习需求。

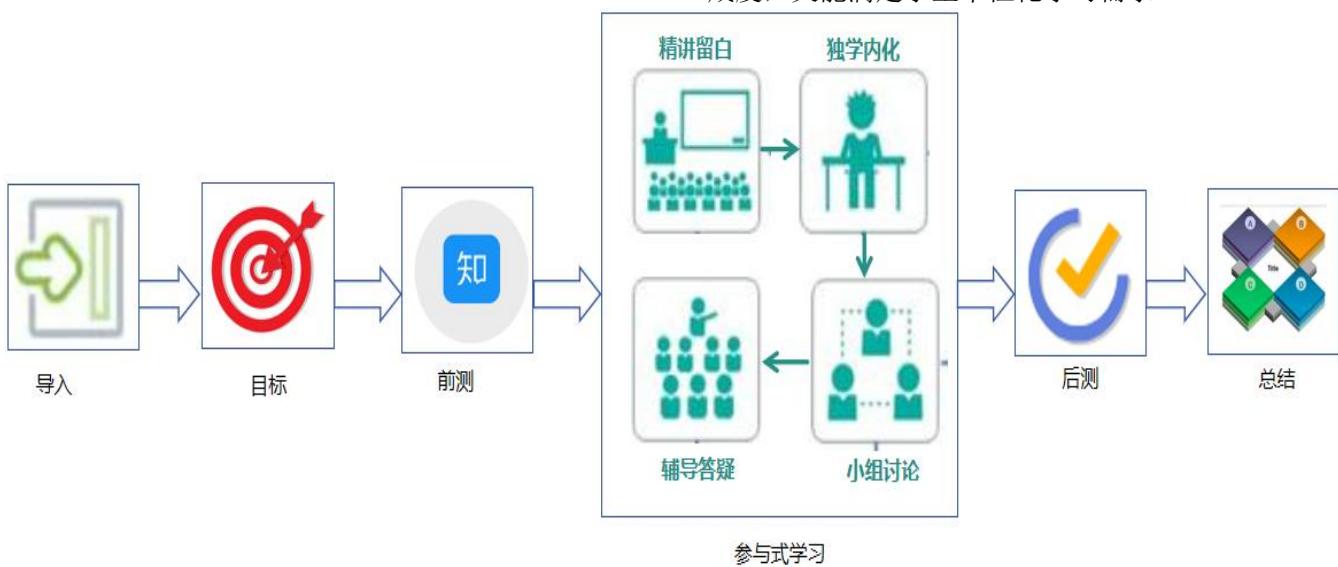


图1 BOPPPS+对分的课堂模式

(2) 参与式学习与深度讨论的协同增效。“参与式学习”强调学生的参与程度，而对分课堂在内化期后开展小组讨论，教师可以预设问题，促使学生从“知识复现”转向“批判性应用”，提高讨论的有效性。

(3) 即时反馈与持续改进的闭环迭代。教师通过分析“后测”数据，提炼共性问题，在下次课“导入”环节设计针对性导入案例。

(4) 教师与学生的权责对分。在这种模式下,教师核心工作聚焦于学习目标链和分层讨论问题库的设计,从知识讲授者转变为学习生态构建者,从而引导学生自主学习。而“内化时间自主化”设计,允许学生定制学习节奏和方法,从而保证了学习效果。这种模式突破传统教学的单向知识传递局限,在目标明确性、学习参与度、个性化支持等方面实现协同增效。

4 CDIO项目驱动的BOPPPS+对分的协同创能课堂

如前所述,CDIO理念、BOPPPS教学模式和对分课堂均以学生能力培养为核心,教学理念高度契合。本文构建以CDIO项目为教学主线、BOPPPS为规范教学流程、对分课堂为参与式教学实现路径的新型教学模式,命名为:CD-BP对分协同创能课堂。该模式通过CDIO项目驱动学习进程,依托BOPPPS保障教学节奏科学有序,借助对分课堂激活学生主动性。三者深度协同,

能够有效提升学生的工程实践能力、计算思维能力和团队协作能力,形成三位一体的人才培养合力。

4.1 基于CDIO的项目驱动教学的进阶

项目驱动式教学模式源于建构主义学习理论,改变了传统教学模式中以“教师为主体”的现状,实现了“以教师为主导、学生为主体”的转变,是培养应用性、综合性人才的一条很好的途径。

好的教学项目设计是项目驱动式教学成功实施的先决条件^[6],基于前面所述的“CDIO、程序设计实践和计算思维”的逻辑关系,选取经典问题,运用CDIO理念进行系统化分解,构建“从现实问题到工程方案”的完整思维链路,设计教学项目为计算思维培养提供了直观、具象的实践平台,将计算思维训练自然且有机地融入程序设计的各个环节之中。

下面以经典问题“鸡兔同笼”为范例,阐释基于CDIO的计算思维培养项目案例的设计思路,如图2所示。

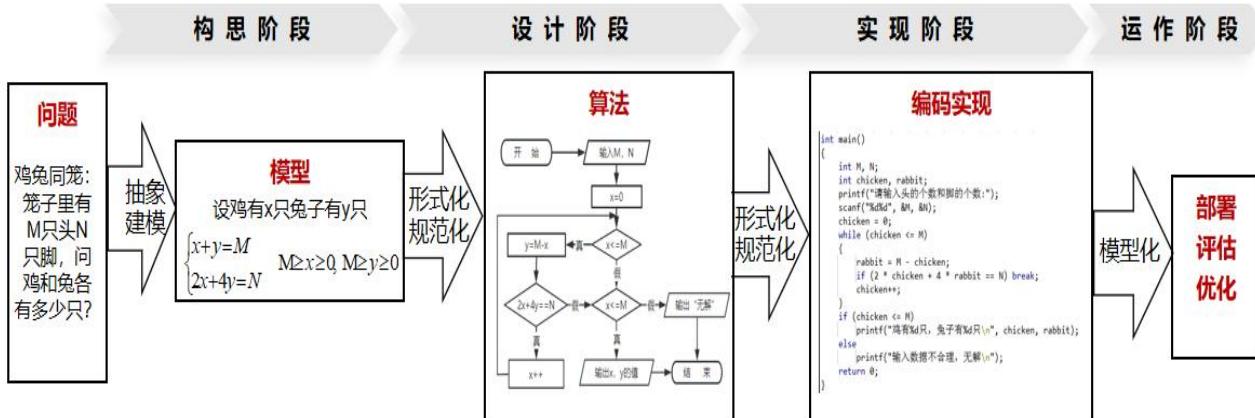


图2 基于CDIO理念的项目分解

(1) 构思阶段,对应程序设计的问题定义与分析环节,其核心任务是将具体问题抽象为数据模型(数值模型或非数值模型),此过程需运用抽象思维提炼问题本质,完成从现实世界到符号系统的建模转化。对于“鸡兔同笼”问题,需剥离“鸡兔”的生物属性,提取“头数、脚数”等关键要素,建立二元一次方程组(模型):

$$\begin{cases} x+y=M \\ 2x+4y=N \end{cases} \quad 0 \leq x \leq M, 0 \leq y \leq M \quad (1)$$

(2) 设计阶段,对应程序设计的算法设计环节,旨在数据模型转化为可执行的逻辑方案。此阶段需用伪代码、流程图等形式化工具描述求解过程,重点培养学生的形象化、逻辑思维和批判性思维。针对鸡兔同笼的数据模型,可以采用“假设全鸡法”或“方程求解法”等不同算法,并通过边界条件验证(如脚数为奇数时无解)确保逻辑严密性。

(3) 实现阶段,对应程序设计的编程实现环节,需将抽象算法转化为可运行的代码。运用函数封装、类结构设计等模块化技术,将鸡兔同笼问题的求解过程封装为独立函数,输入参数为头数和脚数,输出为鸡兔数量或错误提示。

(4) 运作阶段,对应程序设计的实际应用与持续优化,在真实场景中评估系统性能。以鸡兔同笼问题为例,扩展应用当输入规模扩大至万级数据时,需分析不同算法的时间复杂度(如方程求解法的O(1)和枚举法的O(n)),从而选择最优实现方案。

基于CDIO设计的教学项目(以下简称CDIO项目)通过系统性分解项目,重塑教学内容的逻辑脉络和知识衔接。学生深度参与项目的构思、设计、实现、运作全流程实践,在真实问题中实现从被动知识吸收到主动计算思维构建的跨越。CDIO项目显著增强了项目驱动教学的实施效能,推动教学目标从单纯知识传递

向综合能力塑造进阶。

4.2 CD-BP 对分协同创能课堂设计

CD-BP对分协同创能课堂将对分课堂作为BOPPPS的参与式教学环节, CDIO各阶段对应BOPPPS的不同环节, 实现知识输入、内化、输出的闭环, 具体的课堂教学环节和活动如图3所示。

(1) 导入。以贴近生活或行业的典型案例创设真实问题情境, 通过视频演示、场景模拟等方式激活学生对现实需求的关注, 引导其快速进入项目探究状态。

(2) 目标。明确CDIO项目的核心知识目标与能力目标, 使学生清晰认知学习重点、能力提升方向和价值塑造要求。

教学环节		教学设计	
导入		创设CDIO项目应用场景, 激发学生关注项目需求。	
目标		明确CDIO项目承载的核心知识、技术、素质目标。	
前测		借助在线平台和AI工具, 发布CDIO项目所需知识测试题, 诊断分析, 定位学生知识盲区。	
参与式学习	精讲留白	教师 聚焦构思与设计阶段, 解析从现实 问题到数据模型、算法方案的抽象 过程, 完成核心知识的高效输入。	学生 聆听、思考
	独学内化	教师提供的项目框架(代码模板、 调试工具)。	基于项目框架进行编程实践, 内化数据建 模与算法实现逻辑。
	讨论答疑	教师适时介入引导跨学科视角, 强 化计算思维与问题解决能力。	围绕开放性问题展开。
后测		通过自动化代码评测系统, 多维度检验编程语法规规范性(如内存泄漏、边界条件 处理)与数据模型合理性(字段完整性、扩展性), 生成个性化反馈报告。	
总结		以思维导图重构知识体系, 强调CDIO与课堂环节映射关系。	

图 3 CDIO 项目驱动与 BOPPPS+对分课堂融合的课堂设计模式

(3) 前测。借助在线学习平台或代码分析工具,针对项目的数据模型设计进行精准诊断,通过任务测试、知识问答等方式定位学生知识盲区,为后续教学提供针对性指导依据。

(4) 参与式学习。融合对分课堂“精讲-独学-讨论”模式:教师聚焦CDIO构思与设计阶段,通过需求拆解、流程图绘制等方法,系统解析从现实问题抽象为数据模型与算法方案的过程(如将学生档案管理需求转化为结构体嵌套设计与排序算法);学生基于教师提供的代码框架进行独立编程实践,内化数据建模与算法实现逻辑;小组讨论环节围绕“数据冗余优化、异常场景处理”等开放性议题展开协作,教师适时引入跨学科视角,强化工程思维与问题解决能力。

(5) 后测。采用自动化代码评测系统与人工项目评审相结合的方式,从编程语法规范性(如内存泄漏检测、边界条件处理)、数据模型合理性(字段完整性、系统扩展性)等多维度进行评估,生成个性化反馈报告,精准反馈学习成效。

(6) 总结。运用思维导图梳理知识体系,系统呈现CDIO项目各阶段与课堂环节的对应关系,强化“问题定义、方案设计、系统实现”的完整思维链路,帮助学生构建结构化知识框架。

表2以鸡兔同笼、学生信息管理系统两个典型项目为例,系统呈现CD-BP对分协同创能课堂的教学内容设计方案。该模式适配多元化项目设计,可根据项目规模灵活调整教学节奏:针对大型综合项目,采用隔堂对分模式,给予学生充足时间完成知识内化与实践探索;对于小型专题项目,则运用当堂对分形式,实现知识讲解、讨论与总结的高效衔接。

4.3 实施效果

在2023-2024、2024-2025两个连续学年的教学实践中,研究团队从本校计算机类专业的程序设计课程中,随机选取约三分之一的班级作为实验组系统实施创新教学模式,对照组则采用传统教学方式开展教学。表3的数据统计结果显示,实验组学生的平均成绩与优秀率显著高于对照组,不及格率较对照组降低了十个百分点,充分验证了该教学模式在提升教学质量、促进学生学业发展方面的有效性。

表2 CD-BP对分协同创能课堂教学内容示例

教学环节	鸡兔同笼问题示例	学生信息管理系统示例
------	----------	------------

导入		展示古代《孙子算经》中鸡兔同笼问题的文字记载,通过动画模拟笼子里鸡兔共处,数头数脚的场景,激发学生探究兴趣。	播放校园日常管理中因学生信息杂乱导致效率低下的视频,展示手工记录信息易出错、难查询的场景,引出系统开发需求。
目标	知识	掌握二元一次方程组建模、C语言基本运算与条件判断;	掌握C语言结构体定义与使用、文件操作实现数据存储;
	能力	将鸡兔头脚数量关系抽象为数学模型,设计算法求解鸡兔数量;	完成学生信息的数据建模,设计增删改查算法并实现;
	素质	通过古代数学经典问题,增强学生的文化自信与民族自豪感,培养其钻研精神和创新意识,感悟古人智慧在现代工程问题中的传承与应用。	培养学生的信息安全意识与责任担当,引导学生认识到妥善管理学生数据对保护个人隐私、维护校园秩序的重要性,树立严谨、规范的职业操守。
前测		鸡兔同笼问题的传统解法有哪些?	让学生设计学生信息结构体字段。
参与式学习	精讲	教师分析鸡兔同笼问题,将其抽象为二元一次方程组,通过流程图展示“假设全鸡法”算法步骤;	教师拆解学生信息管理需求,绘制系统功能流程图,讲解结构体嵌套存储学生多维度信息(如成绩、档案、考勤)的方法;
	独学	学生依据代码框架,用C语言实现算法求解鸡兔数量;	学生根据教师提供的代码模板,编写学生信息录入、存储代码;
	讨论	讨论如何扩展算法处理多种动物混笼的复杂场景,引入矩阵运算等跨学科思路。	探讨如何优化学生信息检索算法,解决数据重复录入导致的冗余问题。
后测	自动	自动化评测代码语法错误;	系统检查内存泄漏、边界条件处理(如学号超长输入)等;
	人工	算法对特殊输入(如脚数为奇数)的处理逻辑。	信息结构体字段是否完整;②系统是否具备良好扩展性(如新增字段是否便捷)。
总结		通过思维导图串联鸡兔同笼问题从场景引入、数学建模、算法设计到代码实现、结果验证的各阶段。	用思维导图展示从需求分析到系统设计、实现、测试优化的全过程,标注每个环节对应的程序设计知识与编程技术。

课程评价环节通过问卷调查收集反馈,结果显示:高达97%的学生表示该模式有效激发学习兴趣与积极性,显著增强团队协作和问题解决能力;85%的学生认为编程实践能力得到显著提升,80%的学生则反馈计算思维能力获得有效锻炼。这些数据充分彰显该教学模式在知识内化与能力培养方面的双重效能。

表3 采用CD-BP对分协同创能课堂和未采用班级成绩对比

对比指标	实施该模式的班级	未实施该模式的班级
------	----------	-----------

	2023秋期	2024秋期	2023秋期	2024秋期
平均成绩	65分	68分	62分	61分
优秀率	17%	15. 5%	10%	9%
及格率	86%	90%	76. 5%	76%

5 结束语

本文提出的 CD-BP 对分协同创能课堂模式突破传统教学的碎片化知识传递局限, 通过项目全周期沉浸式学习, 引导学生在掌握技术要点的同时, 系统培养计算思维与团队协作能力, 显著提升了课堂教学效能与学生学习成效。

面向未来, 计算思维与编程实践课程的教学改革可从以下维度进一步深化: 其一, 立足课程核心目标精选项目案例, 构建系统性项目集群, 全面覆盖课程知识体系, 通过科学整合核心知识点、精简冗余内容, 实现“以项目串联知识脉络、以实践深化认知理解”。

其二, 基于项目重构教学内容体系, 融合知识图谱、教学视频、典型案例解析等多元数字化资源, 打造立体化电子教材矩阵, 为学生提供沉浸式、交互式的学习体验。

参 考 文 献

- [1] 刘明华,杨丽娟,尹宾礼,等.面向计算思维培养的程序设计课程案例教学改革[J].计算机教育,2025,(01):66-70.
- [2] 解新峰.新工科背景下融合 PBL 和 CDIO 的项目实践教学改革与创新[J].计算机教育,2025,(02):79-84.
- [3] 陆淑娟,吕俊.基于计算思维能力培养的 C 语言课程目标导学模式研究[J].软件导刊,2017,16(8):214-215.
- [4] 曹丹平,印兴耀.加拿大 BOPPPS 教学模式及其对高等教育改革的启示[J].实验室研究与探索,2016, 35(02): 196-200+249.
- [5] 张学新.对分课堂成就新型高效课堂[J].云南教育(视界时政版),2019, (05):41-42.
- [6] 高悦,杨力,权义宁.基于项目驱动的计算机网络双场景式教学[J].计算机教育,2024,(07):82-86