

基于 OBE 的程序设计教学及计算思维能力培养*

杨陟卓

山西大学计算机与信息技术学院, 太原 030006

摘 要 针对当前程序设计课程在培养学生编程能力与计算思维能力普遍存在的认知不全面和实践不充分等问题, 提出一种基于 OBE 的程序设计教学模式与计算思维能力培养方法。首先, 采用 OBE 理念设计了面向计算思维培养的学习成果测量量规。其次, 讨论了基于 OBE 的程序设计教学模式, 以及计算思维训练途径与方案, 详细说明了基于 OBE 的计算思维能力培养的教学过程与方法。最后, 课改实践结果表明, 基于 OBE 的程序设计教学与计算思维能力训练深度融合, 能够有效提升课程教学质量, 提高学生编程求解问题的能力。

关键字 成果导向教育, 程序设计, 计算思维, 混合式学习, 学习评价

Programming Teaching and Training of Computational Thinking Ability Based on OBE

Zhizhuo YANG

School of Computer and Information Technology of Shanxi University

Taiyuan 030006

yangzhizhuo@sxu.edu.cn

Abstract—Aiming at the common problems of incomplete cognition and insufficient practice in cultivating students' programming and computational thinking abilities in current programming courses, a programming teaching mode and computational thinking ability cultivation method based on OBE is proposed. Firstly, an OBE concept was adopted to design a learning outcome measurement gauge for the cultivation of computational thinking. Secondly, the programming teaching mode based on OBE was discussed, as well as the training methods and approaches for computational thinking. The teaching process and methods for cultivating computational thinking abilities based on OBE were explained in detail. Finally, the practical results of the curriculum reform show that the deep integration of OBE based programming teaching and computational thinking ability training can effectively improve the quality of course teaching and enhance students' ability to program and solve problems.

Keywords—OBE, Program design, Computational thinking, Blended learning, learning evaluation

1 引 言

随着信息社会持续的向数字化迈进, 人工智能、云计算、大数据、互联网等领域对 IT 人才培养提出了更新、更高的要求^{[1][2]}。因此, 计算机教师需要深入思考程序设计和软件开发课程如何改革, 适应以互联网和工业智能为核心的科技演进和产业变革对人才的需要。

OBE (Outcome-Based Education, 成果导向教育) 理念是一种基于学习成果或结果为导向的教育理念^[3]。它强调教育过程中要以学生为中心, 关注学生的学习成果。强调教学设计与教学实施要围绕学生的学习成果进行。注重学生的个性化需求, 提供多样化的学习机会。鼓励学生深度学习, 提高学习期待, 制定具有

挑战性的执行标准。OBE 理念提倡将教育目标、教学活动和评估方法有机地结合起来^[4]。如今, OBE 已经成为许多国家和学校教育改革、课程教学改革的主流理念, 尤其在工程教育领域得到了广泛应用。

程序设计与计算思维是一种运用计算机科学与技术进行问题求解、系统设计以及人类行为理解的思维方式。它涵盖了计算机科学领域的广泛知识, 包括算法设计、数据结构、编程语言、计算机系统结构等^[5]。作为一种普适性的思维方式, 计算思维不仅在计算机科学领域具有重要价值, 同时也对跨学科问题解决和创新能力的培养产生了深远的影响^{[6][7]}。因此, 在程序设计课程中, 如何有效地培养学生的计算思维能力, 已经成为当前工程教育、课程教学改革中亟待解决的问题。

基于 OBE 的程序设计课程是一种以真实或模拟实际编程任务为教学内容, 以学生预期学习成果为核心, 遵循逆向设计、正向实施的原则, 构建多个编程任务,

***基金资助:** 本文得到山西省高等学校教学改革创新项目“基于项目驱动的大学生计算思维能力培养研究(J20240170)”资助。

引导学生经历需求分析、程序设计、编码与调试、测试与修改，以及程序优化与完善等学习环节，培养学生的程序设计能力和计算思维能力的教学模式^[8]。

本研究采用 OBE 理念，自主式教学策略，以及混合式学习等理论，对 Python 程序设计课程教学改革进行了深入探索与实践。课改实践中，构建了多个基于 OBE 的简单编程和复杂编程活动，通过线上与线下融合的混合式教学模式和自主式教学策略，注重学生个性化需求、构建多样化的学习任务与成果测评标准。在课改教学实践中，逐步提升学生的程序设计能力及计算思维能力，并使得计算思维能力能够迁移到编程求解复杂问题的场景中。

2 学习成果测评量规设计

表 1 程序设计及计算思维能力水平测评内容

等级 设定	学习目标（成果和表现）	测评标准
基础 水平	学生对程序设计基本概念和原理有初步了解，问题界定能从整体考虑，能够可将整体问题分割成部分处理，也可将部分问题通过整体来解决。能够初步用算法描述问题求解过程，完成简单任务的编程。	达到60%的及格线，或完成指定数量的基础题目编程求解问题。程序设计作品要能够准确反映所学知识 with 技能。
熟练 水平	学生对程序设计知识和技能有较为深入的理解。能够将复杂问题分解为若干个简单问题的集合，理清各简单问题之间的关系，由顶向下分析、由低向上解决。能够按照事务属性或功能差异进行分类，或者复杂系统分解为若干个子系统分治处理。能够独立完成中等难度的编程任务，即以功能划分程序模块，各模块程序分别实现，然后将所有模块集成为整体系统。	达到75%的良好线，或在一定时间内准确完成指定的程序设计任务。程序设计作品能够完整涵盖了所有编程必要的信息和步骤。
高级 水平	学生对程序设计知识和技能有全面深入的理解。能够按照事务处理逻辑，将整体程序由功能模块组成。通过构造功能模型和算法（含数学方法）设计，为各功能模块程序开发，以及系统集成提供依据。能够依据目标转化思维方法，缩小目标（降维），将一般降为特殊、将抽象降为具体、将整体降为局部。放大目标，通过放松条件、适当猜想等，将问题求解范围扩大，然后对简化新问题求解，最后剪掉扩大部分，还原问题的解。	达到90%的优秀线，或在在一段时间内准确完成较复杂的事务处理程序设计任务。程序设计作品能够充分展现独立思考和创新思维。
卓越 水平	学生对程序设计知识和技能有创新性的理解和应用。面对复杂的事务处理程序设计项目，能够逆向思维求解问题；也能够辩证思维，从正、反两方面思考问题解决方法方法与过程。也能够通过类比联想思维（事务形态和性质与已有知识和解题经验相似的联想）、归纳联想思维（通过对特例的分析来引出普通结论的一种推理形式），从数字与图形结合的联想等方面思考复杂问题解决方法或方案。也能够通过猜想与实验，即在分析新旧问题异同点的基础上猜想改进方法，并验证新解法的正确性。也就是能够独立或团队协作解决高级别的复杂编程问题。	达到95%以上的卓越线，或在程序设计竞赛、程序设计项目等活动中取得显著成果。

3 基于 OBE 的混合式教学模式设计

教师依据OBE理念设计编程任务，重点设计与学生日常生活、学习有密切相关性的任务。组织任务学习活动时，阐明任务设计与实施要求、以及预期成果评测标准。为学生营造一种“做中学、学中做”的程序设计场景。

题目成果导向教育（OBE）是以学生预期学习成果为核心的教育理念，完善学习成果测评量规设计尤为重要。该量规是一种评价工具，用于衡量学生在程序设计学习领域中达到的不同等级水平。同时，依据学习成果测评数据，进一步指导优化、完善教学设计与实施过程，持续提高教学质量，使学生的程序设计能力、计算思维能力能够适应社会数字化发展的需求。

参考文献^[9,10]，学生的程序设计及计算思维能力水平，通常包括多个等级，每个等级对应不同的学习成果和表现。如表 1 所示。评价标准应尽可能客观、可量化，以减少主观评价的误差。评价过程中，应充分考虑学生的个性化需求和学习背景，提供适当的支持和反馈。

3. 1 混合式教学模式

按照Python程序设计课程的教学大纲、实验大纲及教材内容，依据OBE理念，以编程的预期成果为导向，精心设计了多个简单编程任务（基础水平）指导书和复杂编程任务（熟练、高级、卓越水平）指导书。这些编程任务指导书不仅涵盖了面向对象程序设计基

础，还融入了设计性和综合性实验内容，旨在为学生提供全面而深入的编程求解问题的学习体验。

简单编程由每个学生独立完成，复杂编程由小组协作完成。学习小组采取同组异质策略分组（2~5人，其中1人为组长，负责组员工作分配与协调），确保每个小组内的成员具有不同的学力基础，使小组成员能够取长补短、提高协作效率。

采用“腾讯课堂+课堂”的混合教学模式，将课堂教学与线上学习有效融合，最大化的拓展了学生多途径（电脑、手机、课堂、机房等）学习的空间。编程活动包含“任务设计”、“任务实施”、“成果汇报”和“总结反思”等过程。如图1所示。

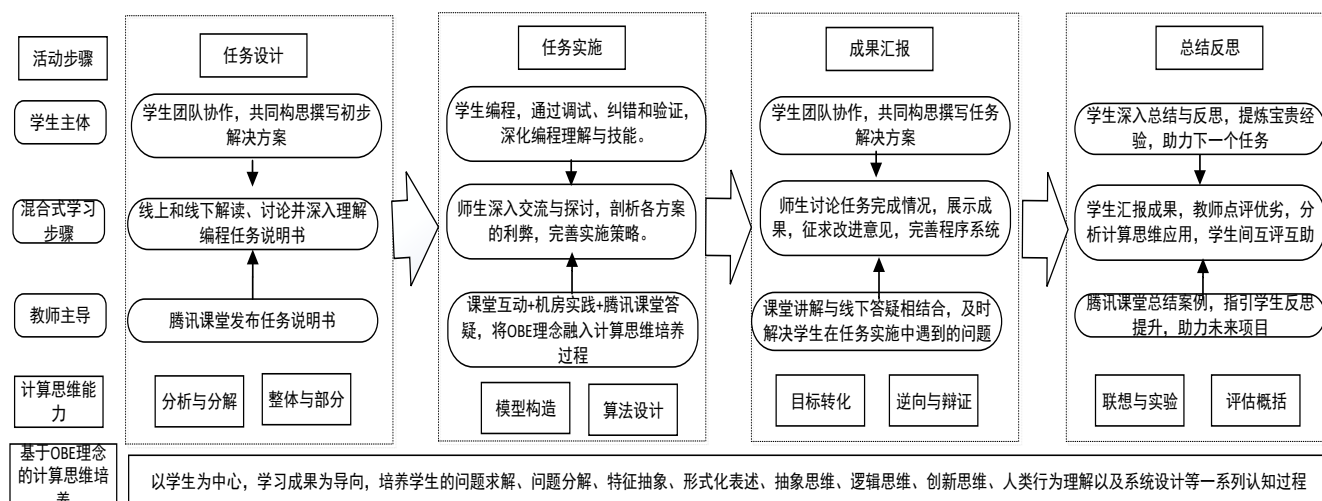


图 1 基于 OBE 理念的程序设计课程混合式教学模式

3.2 混合式教学过程与方法

（1）任务设计

将OBE理念融入任务设计环节，任务必须紧密围绕现实生活中的问题。为了帮助学生全面理解任务的实施内容和计划，教师将采用线上和线下相结合的方式对任务中的计算思维方法进行解读。首先要明确要解决的问题是什么，将问题具体化、量化，有助于更好地进行问题拆分和解决方案的设计。其次，将问题拆分成更小、更易于处理的子问题。这样可以降低问题的复杂性，使得每个子问题更容易被理解和解决。问题拆分需要考虑问题的整体结构，以及子问题之间的依赖关系。然后，针对每个子问题，设计具体的解决方案，即算法。计算思维方法强调通过计算和逻辑推理来寻找解决方案，因此在制定算法时要充分利用数据和信息，确保算法的合理性和可行性。接下来，对每个子问题的解决方案进行评估，检查其是否能够达到预期效果。如果发现问题，需要对算法进行调整，以确保问题能够得到有效解决。最后，根据评估结果，不断优化算法，提高解决方案的效率和准确性。

（2）任务实施

OBE 理念强调教师的引导作用和学生的主动参

与。在该环节，教师不仅要指导学生完成程序设计方案，还需解答学生在编程和计算思维实践过程中遇到的问题。同时，教师需要组织学生对各小组的程序设计方案进行优缺点分析，以帮助学生完善方案。教师在任务实施环节应鼓励学生运用计算思维方法，开展问题定义、问题拆分、制定算法、评估结果以及优化方案等过程。例如，在购物场景中，一个购物者如何在有限的预算下购买多种物品？计算思维方法可以帮助他找到最佳的购买组合以实现最大价值或满足特定预算。首先，根据购物目标和消费者的偏好，确定每种商品的权重（如购买数量、价值等）和限制条件（如预算、购物车容量等）。其次，使用动态规划算法将该问题分解成更小、更简单子问题的解决，并通过一个二维数组将子问题的解存储起来，以便后续使用时直接调用。最后，按照状态转移方程，依次计算数组中的每个元素，直到计算到总数值为预算的元素。计算思维方法强调灵活性和适应性，因此在解决问题的过程中，要敢于尝试新的方法和思路。

在配置良好的计算机环境下，学生可以进行编程、调试和纠错，验证程序运行结果，并调整和优化算法代码，以提高算法改进的效果。在这个过程中，教师的角色更像是引导者和协助者，而学生则成为主动学习和探索的主体。通过教师的引导和学生的积极参与，任务实施环节将更好地实现 OBE 理念，培养

学生独立思考和解决问题的能力。

(3) 成果汇报

在成果汇报环节,教师将更加注重学生的学习成果和能力培养。首先,教师将指导小组成员协作完成成果报告。在这个过程中,教师将在线上和线下解答学生在撰写成果报告中遇到的问题,以确保学生能够顺利完成报告。为了让学生更好地理解和应用所学知识,教师将组织课堂交流和讨论,让各组展示程序作品和成果报告。

例如,不同小组的学生共同完成“汉诺塔”任务。有的小组成员采用递归的思维方法解决问题,而有的小组成员则采用迭代的方法解决该问题,教师应当引导学生分析不同方法的优缺点:递归方法在解决问题时会导致大量的重复计算,导致算法的时间开销较高;而迭代方法可以避免重复计算。但是这种方法需要使用大量额外的变量存储中间结果,导致算法需要较大的内存空间。此外,教师还可以给出更优的计算思维方法解决该问题,例如,采用记忆化搜索,该方法是一种结合递归和缓存策略的方法。它不仅可以避免重复计算,提高算法性能,而且这种方法需要相对较少的存储空间存储已经计算过的结果。通过这个例子,让学生认识到不同的计算思维方法在解决问题时的差异,以及它们各自的优缺点。在实际问题中,启发学生根据问题的特点和需求选择合适的计算思维方法。

学生将有机会在课堂上展示他们的作品,并向全班同学介绍他们的成果报告。这将帮助学生更好地理解和应用所学知识,并提高他们的口头表达和沟通能力。在展示过程中,师生将对任务成果发表意见和建议。这些建议将帮助学生改进和完善他们的程序作品和成果报告。课后,小组成员将根据大家的意见和建议进行修改和完善,以确保他们的学习成果能够达到预期的目标。

(4) 总结反思

在总结反思环节,首先教师将在线下(课堂和机房)组织学生进行程序作品演示及成果总结汇报。为了更客观地评估学生的学习成果,教师将采用任务成果评价量表,开展自评、互评和师评。其中,自评占20%,互评占20%,教师评占60%。通过这种方式,教师可以更全面地了解学生的学习情况和能力水平,以便更好地指导学生进行下一步的学习。在评估程序时,教师需要关注程序的目标、功能完整性、性能优化、代码质量、错误处理、安全性、用户体验、测试覆盖率、代码审查以及持续集成和部署等方面,以确保程序的高效、准确和可靠。

在评估解决方案时,既要考虑定性评估,也要进行定量评估。定性评估主要关注解决方案的质量、用户体验等方面,而定量评估则关注具体的数据指标,如速度、准确率等。教师将对优秀的成果进行点评,并通过联想分析任务实施中计算思维实践情况,帮助学生更好地理解和应用所学知识,并提高他们的学习兴趣 and 动力。同时,教师也将激励学生总结、反思将任务实施经验迁移至下一个与之相关的其他问题中,帮助学生提高他们的迁移能力和创新能力。

4 基于 OBE 的计算思维能力培养实践

教学中,编程求解问题比较容易联系实际。这里以“网约车出行”问题为例,说明计算思维方法在编程解决问题中的应用。使用 Python 编写一个网约车费用估算工具,根据乘客所选择的车型、行程距离、路线和用车时间,估算乘客的费用。将估算得到的费用以及所需时间等信息反馈给用户,以便用户更好地规划自己的出行。程序系统中的数据处理具备必需的交互功能,以及简洁、美观的用户界面。

4.1 编程中的计算思维方法与实践

按照上述编程要求,教学中,先引导学生设计一个网约车类,包括属性和行为。属性包括车型、车牌、运行公里数、驾驶人、运行中、停运等状态。此外,网约车包括顺风车、快车以及专车。引导学生思考各种类型网约车之间的关系。涉及的Python知识点包括访问控制、方法、类、对象、封装、继承多态等。学生通过类设计,能够理解和掌握类和对象以及它们之间的关系。网约车接送顾客过程中,需要对起点和终点之间的路径进行规划,考虑的因素包括距离、时间、路费等。

面对网约车出行问题,学生应具备较好的计算思维能力,将复杂问题分解为若干个简单问题,自顶向下分析,自底向上解决。同时,学生还要具备一定算法设计能力,如求两点最短路径及最优化算法等。例如,可以使用Dijkstra算法或A*算法来寻找最短路径,使用启发式算法(如曼哈顿距离)来评估路径的优劣。该编程以Python语言以及面向对象的基本知识为起点,引导学生发现、分析和解决问题,在编程实践过程中提升计算思维能力。“网约车出行”编程的计算思维方法与实践。

4.2 编程学习效果测评

课程教学结束后,采用编程成果评价量表,对学生编程能力进行了测评。其结果为:在程序设计能力方面;如图2所示。

同时采用计算思维能力评价量表,对学生计算思维能力进行了测评。其结果为:86.4%的学生对计算思

维有清晰的理解,对计算机科学、编程等相关概念有明确的认识;78.5%的学生能够有意识的分析问题、设计解决方案;88.1%的学生能够从反复出现的、有规律的现象中发现固有的规律;90.4%的学生能够从复杂的事物中提炼事物的本质;81.4%的学生具备将问题由难化易、由繁化简的能力;88.7%的学生具备一定问题分解、转化以及优化的能力;97.8%的学生具备一定的逻辑推理能力;大多数学生愿意将所学知识、技能和方法应用于下一个任务学习中。与课前相比,学生的编程和算法思维能力有了显著提高。课程改革表明,基于OBE理念的程序设计教学,可以有效改善学习绩效,提高学生编程求解问题的计算思维能力。

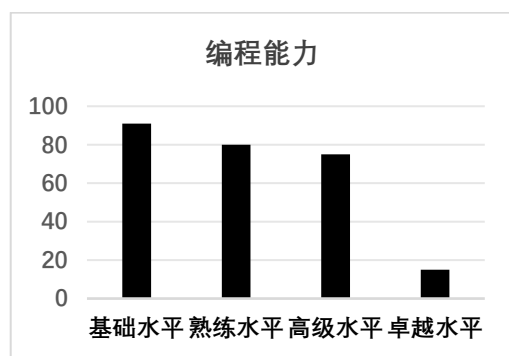


图2 程序设计能力等级

5 结束语

本文从提升大学生编程能力及计算思维技能的视角,依据OBE理念,采用线上+线下深度融合的混合式教学模式,深入探讨了大学生的编程能力及计算思维

能力培养的过程与方法。课改实践表明,以学生预期学习成果为核心的程序设计课程教学,确实在引导学生经历需求分析、程序设计、编码与调试、测试与修改,以及程序优化与完善等自主式学习中具有较强的优势,能够有效改善学习绩效,提高学生的程序设计能力及计算思维能力,并使得计算思维能力能够迁移到编程求解复杂问题的场景中。

参考文献

- [1] 吴爱华,杨秋波,郝杰.以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J].高等工程教育研究,2019,1:1-7.
- [2] 崔学荣,李娟,曹爱请.创新培养体系下高校教学改革研究[J].中国成人教育,2016(21):98-100.
- [3] 孟伟,崔晓晖,王春玲.基于OBE的软件估算技术教学改革[J].计算机技术与教育学报,2021,10(9):54-57.
- [4] 刘杰,赵永强,刘晋钢.基于OBE理念的“C程序设计”课程教学改革与探索[J].教育理论与实践,2022(3):61-63.
- [5] 何扬帆,高建华.面向计算思维培养的《人工智能与认知方法论》课程设计[J].计算机技术与教育学报,2023,09(11):110-114.
- [6] 陈国良,董荣胜.计算思维与大学计算机基础教育[J].中国大学教学,2011(1):7-11.
- [7] 于延,李英梅.基于PBL和OBE融合的程序设计实验金课建设研究—以高级语言程序设计实验课程为例[J].计算机教育,2020(3):43-47.
- [8] 龚沛曾,杨志强.大学计算机基础教学中的计算思维培养[J].中国大学教学,2012(5):43-50.
- [9] 牟琴,谭良,周雄峻.基于计算思维的任务驱动式教学模式的研究[J].现代教育技术,2011,21(6):6-13.
- [10] Wing J M. Computational thinking[J]. Communications of the ACM, 2006, 49(3): 33-35.