

面向专业交叉融合提升学生的软件设计能力^{*}

张彦航 苏小红 张羽 袁永峰

哈尔滨工业大学计算学部, 哈尔滨 150001

摘要 立足“专业融合、以学定教、顺学而导”新思路, 依托跨院系、跨专业协同教学和师资共享机制建立C语言程序设计课程新型教学团队, 实施面向专业交叉融合的C语言程序设计课程教学改革。结合学生专业特点, 通过深挖课程知识点与各专业典型问题之间的耦合性, 从教学案例、习题设计及研讨选题等多方面进行自然式教学融入, 渐进式培养和提升非计算机专业学生的软件设计能力。

关键字 专业交叉融合, 以学定教, 软件设计能力

Enhancing Students' Software Design Skills Through Professional Cross Integration

Yanhang Zhang Xiaohong Su Yu Zhang Yongfeng Yuan

Faculty of Computing, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China
zhangyanhang@hit.edu.cn sxh@hit.edu.cn zhang.yu@hit.edu.cn yongfeng.yuan@hit.edu.cn

Abstract—Based on the new concept of "professional integration, learning based teaching, and guided by learning", we will establish a new teaching team for C language programming courses through cross departmental and cross disciplinary collaborative teaching and teacher sharing mechanisms, and implement teaching reforms for C language programming courses aimed at cross disciplinary integration. Based on the characteristics of students' majors, by deeply exploring the coupling between course knowledge points and typical problems in various majors, natural teaching is integrated from multiple aspects such as teaching cases, exercise design, and discussion topics, gradually cultivating and improving the software design ability of non computer major students.

Keywords—Professional cross fusion, aching by Learning, software design capability

1 引言

C语言程序设计课程是本科生必修的一门重要的公共基础课, 也是一门实践性很强的课程。其重要性不仅体现在通常所说的对学生编程能力的培养上, 而且体现在如何引导学生建立起基于问题的求解思维——即使具备用计算机编程来分析和解决问题的计算思维能力, 以及使用编程语言进行程序设计的软件设计能力。该课程具有受众面广、实践性强的特点, 也是学生普遍认为比较难学和难以掌握的课程。在AI技术迅猛发展的时代背景下, 今后各行各业都将会与人工智能技术有着千丝万缕的联系, 编程不再只是计算机专业学生的必备技能, 编程技能已经成为了当今社会中一项重要的能力。如何使不同专业的学生具备必要的软件设计能力显得尤为重要。为此, 国内各大高校围绕程序设计类课程的课程优化、教学改革和教学创新等方面进行了积极探索和实践^[1-3], 取得了丰富的研究成果。随着教学理念的转变, 学生培养注重以创新型和能力型人才培养为目标, 从“一刀切”的大

众化模式向“个性化”因材施教培养模式逐渐转变^[4]。在这一背景下, 编程类课程教学也需要突破固定模式, 不再沿袭传统框架下的只关注知识本身、忽略学生自身专业的做法, 所以面向专业交叉融合的新型课程教学以及成为必然^[5-8],

本文以哈尔滨工业大学C语言程序设计课程为例, 通过实施面向专业交叉融合的C语言程序设计课程教学改革, 提升非计算机专业学生的软件设计能力, 实现从教授编程知识到培养编程技能的升华, 培养学生使用编程技术解决不同专业领域复杂工程问题的能力。

2 以学定教、顺学而导

在“能力为要、因材施教”的程序设计个性化教学理念下, 课程组将程序设计课程的教学方法从“以教定学、以教促学”转变为“专业融合、以学定教、顺学而导”的新型教学方法。

2.1 以学定教

传统教学中, 教学目标侧重于程序设计的基本知识和方法, 教师只需要单纯考虑如何将概念讲清楚、

^{*}基金资助: 本文得到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资助。

怎样将知识讲透，没有过多考虑知识在不同专业的运用背景，未能有效地将编程方法与专业问题解决相结合，导致课程定位与专业要求不匹配。很明显，离开了应用背景，程序设计就仿佛被剥离了筋骨、失去了活力一般，单纯教授知识点和算法很难激发学生的学习兴趣，这就导致学生在学过之后，经常会很困惑地问“我们为什么要学习编程？”。如果学生不清楚如何借助计算机编程来解决遇到的专业问题、对学习目标不清晰、缺乏学习动力，将严重影响课程的教学效果。

工程教育的认证标准要求具备应用信息技术预测、模拟和解决复杂工程问题的能力。计算机课程需要为解决专业问题提供信息技术支持，使学生具备使用信息技术解决复杂专业问题的能力^[7]。在人工智能迅猛发展的浪潮下，各专业的发展都离不开大量以程序设计为核心的信息技术的支撑。新型工程人才应具备的最重要的跨学科整合特征是专业知识和信息技术的融合，利用信息技术进行创造性和主动性的工作。如果在实际教学过程中忽视了这一点，必将导致程序设计类课程对专业问题的支撑作用缺失，不利于新时期人才培养。

在新的教学理念下，教师要站在学生的角度，围绕学生的专业需求和学习兴趣重新进行教学设计。这就要求任课教师必须了解学生的专业特点，并能够具备一定的专业知识，才能够依据学情确定如何为学生量身打造特色化、贴近学生专业的程序设计教学。使学生看到如何在自己的专业领域通过编程解决实际问题。案例教学与专业相结合，可以帮助学生明确学习编程的目的，增强他们的学习动机和学习欲望。立足能力培养，将编程知识融入专业实践，通过学习新知识来解决实践中遇到的新问题。这个过程不断重复，相互促进，通过不断积累实践经验，逐步提高编程能力和应用能力。只有通过知识与实践的有机结合，学生才能真正掌握程序设计的本质和精髓。

2.2 顺学而导

学生学习编程的最大痛点是“看了但没有入脑，学了但没有学会，练了但没有成效”。而影响成效的主要原因是“练得少，越是练得少，就越不愿意练，最后陷入一个恶性循环”，导致学生最终学不深、学不透、学不精，不清楚如何测试程序的正确性，编写的程序可读性差，遇到稍微复杂一些的程序就读不懂，更不用说如何用C语言编程解决在自己的专业领域中遇到的实际问题了。

对于程序设计这样的实践性较强的课程，教师需要基于教学设计建立起学生专业与编程之间的自然衔接，采取顺学而导的教学方式，通过讲练结合，践行“做中学、练中悟”，专啃硬知识、专练要害处，浓缩要点精华，突破重点难点。在实践中逐步消除非计算

机专业学生对编程类课程的畏惧心理，让学生从“怕编程”到“爱编程、能编程”再到“编好程”的转变。因此，建立起编程兴趣是最重要的第一步。在实际教学中，建议采取采取“低起点、高落点”的教学策略，课堂案例结合生活实际、结合专业知识，初期采取小步走模式，通过渐进式编程不断给学生赋能，引领学生顺利跨越入门阶段，发现学习有困难的学生并对其进行个性化的指导，对于提高其学习成效非常重要。教学设计注重实践的内容、能力、方法和效果，教学方法强调激发学生的学习兴趣和实践欲望，使学生在实践后有获得感和成就感。通过渐进式培养和提高非计算机专业学生的软件设计能力，做到学以致用。

3 建立基于跨专业的协同教学和师资共享机制

以C语言程序设计课程为纽带，建立起涵盖多个学院的跨专业的教师团队，形成“你中有我、我中有你”的新型教学组织方式，将教学组织和资源建设方法从“封闭的单打独斗”式转变为“开放式的团队协作”方法，为专业融合、资源共建共享和协同教学提供有力保障。在新型教学团队内，C语言程序设计课的任课教师不再单纯以计算机学院的教师为主，而是鼓励更多的其他专业的专业教师参与到课程中来。以专业融合为特色、多管齐下打造面向赋能的C语言程序设计课。

结合学生专业特点，依托跨专业师资团队深挖课程知识点与各专业典型问题之间的耦合性，从教学案例、习题设计及研讨选题等多方面进行教学融合，从“教”到“练”再到“用”，让每一个环节都与学生的专业建立起关联，为学生的后续专业课学习和实际应用做好铺垫和衔接，助力学生用C语言解决与专业相关的实际问题。

4 专业交叉融合的方式

在大类招生的背景下，同属电类的计算机大类、电信大类、航天大类、仪器大类专业都具有对编程能力要求高的特点。因此在C语言程序设计课程教学中与以上专业进行融合具有更普遍意义。此外，本课程的授课对象以大学一年级学生和二年级学生为主，大学物理、高等数学和线性代数是这个阶段的三门重要基础课程。夯实数理基础对工科专业的学生尤为关键，因此在考虑与以上几个大类专业融合的同时还应涵盖大学物理、高等数学和线性代数的知识范畴。

为此，依据面向专业交叉融合的程序设计类课程建设需要，从跨院系、跨专业协同教学团队建设、融合点挖掘及融合方式实施三个方面入手，基于专业基础和数理基础对C语言程序设计课开展专业融合设计，

整体实施框架如图 1 所示, 通过课程案例、课程习题及分组讨论等形式加以展开, 为后续的专业核心课做好技能储备和知识铺垫。

4.1 建立跨院系、跨专业联合师资团队进行协同教学和资源共享

打破课程的学科与院系壁垒及课程类型的人为界限, 基于 C 语言程序设计课程建立起涵盖计算机学院、软件学院、网络安全学院、人工智能学院、航天学院、电信学院、仪器学院以及医学与健康学院的跨院系、跨专业联合教师团队, 覆盖的专业包括计算机科学与技术、软件工程、网络安全、人工智能、生物信息、航天与自动化、电信、仪器与仪表、医学与健康等 9 个专业。基于因材施教的教学理念, 通过协同教学和师资共享进行开放式团队合作, 发挥各自优势, 专长互补, 通过强强联合、群策群力, 形成强大的集体合力。在这种行之有效的团队合作机制下, 有利于促进不同学科的教师之间开展教学研讨和教学经验交流, 促进学科间的相互渗透与融合, 培养学生的综合素质和创新能力。

4.2 挖掘课程知识点与专业耦合性、找准切入点

深度挖掘 C 语言程序设计的重要知识点与各专业典型问题的耦合性, 建立从专业问题到算法设计和程序实现的基本认识, 使学生在解决问题、程序构建和实现过程中深刻理解高级编程语言的基本要素以及算法和数据结构在程序构建中的重要作用, 培养学生在程序设计和实现中综合运用所学知识解决专业或工程问题的能力。以航天自动化专业为例, C 语言将会在其后续课程单片机控制中加以应用, 而单片机技术在工业自动化中也是最常用的。因此, 可以在 C 语言程序设计课程中先期引入基于循环的单片机端口控制, 实现循环点亮 LED 灯。

教师在理解各学科专业知识的基础上需要识别和寻找知识、技能和概念与 C 语言程序设计课程的交叉点, 通过创造性和协作性的教学设计, 将不同学科的专业内容融入 C 语言程序设计课程, 引导学生在学习过程中体验学习过程, 并形成综合性能力, 达到深入理解和综合应用知识的目的。

4.3 融合实现方式

专业融合的途径借助典型案例、课程习题及课程研讨等教学环节进行自然式融入, 通过课堂讲授、学生自主学习、课外资料拓展以及大作业等多种方式完成交叉互融。

(1) 案例式融合

结合学生专业特色及典型专业问题或数理问题进行抽取和分析, 设计融合案例, 通过实体课堂讲授方式完成 C 语言知识内涵与专业应用外延的良好融合。例如, 对于生物信息专业, 可以将程序设计中的递推方法与计算生物细胞分裂相结合, 让学生感觉到用程序解决专业问题的便利性; 对于电气专业以及计算机专业, 可以将单 if 语句、双分支 if 语句以及多分支 if 语句的使用与计算机底层硬件触发器、数据选择器、优先编码器等典型逻辑部件的代码实现相关联, 使学生在掌握 C 语言典型控制结构的同时, 也明白了这些语句在实际中如何应用。这些专业的学生在后续硬件专业课程中使用硬件编程语言 verilog 实现硬件模块时能够更好地领会代码与硬件底层功能的对应; 对于仪器专业而言, 可以结合如何用前向欧拉法的函数实现模拟电容的充电过程, 通过数值求解的结果让学生了解分割越细越接近真实曲线的渐次逼近法; 数学是编程的基础之一, 在编程语言与数学融合方面, 两者之间存在天然的紧密联系。编程能够帮助学生更深入地理解数学概念, 提高数学应用能力。通过编写程序来实践数学算法和解决实际问题, 有助于提高学生的逻辑思维能力和问题解决能力。同时, 数学也为编程提供了坚实的理论基础, 为算法设计和优化提供了重要的支撑。例如在解决高等数学及数值分析的问题时, 通过分割求解空间, 用差商代替微商获得离散点上的近似值。使用循环逼近及误差分析法实现泰勒级数及傅里叶级数等, 使学生明白利用计算机算法如何有效解决诸如数值计算、统计分析等数学问题; 对于大学物理而言, 可以结合浮点运算中的精度问题与物理学中的边界层物理性质相关联。介绍数据结构中有关图的相关知识, 可以与物理学中的晶体结构相关联。此外, 如物理实验数据处理、材料计算结果处理, 以及物理课程里面热力学过程中的恒温可逆过程、反抗恒外压过程、绝热不可逆过程、绝热可逆过程的计算等问题都可以转化为典型案例。物理学中的热平衡态、麦克斯韦速度分布律、电磁学等内容都可以与编程语言中的知识建立起关联性。

(2) 习题式融合

围绕 C 语言知识点、专业典型问题及经典数理问题设计课程习题, 采取讲练结合的方式, 通过实体课堂讲授及学生课外自主选做进行专业融合。例如, 将工程中检测大型结构件的形变问题嵌入到结构体类型的习题中; 利用函数编程实现对高低温试验箱的实时温度控制的重复性能验证问题; 利用数组编程实现对激光器发射的激光进行光强测量的问题, 以及对传感器输出电压值的处理问题、对磁屏蔽室的磁场控制问题、原子磁力仪内部原子气室的温度场检测及控制、PM2.5 空气质量监测、机器视觉系统中 LED 阵列光源照明的均匀性问题等。这些与专业融合的习题既增加

了题目的多样性，又起到了与专业领域衔接的纽带作用。

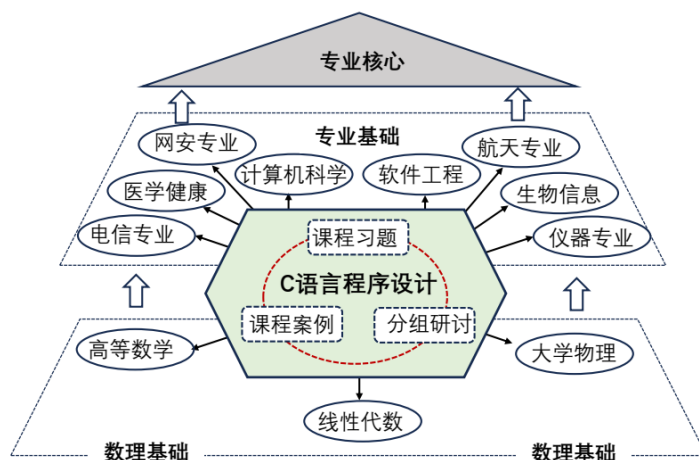


图 1 面向专业融合的 C 语言程序设计课程教学的整体框架设计

(3) 研讨式融合

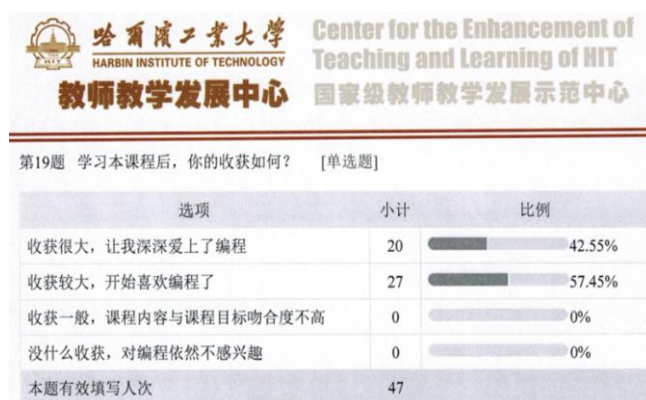
在学生分组研讨的教学环节中，教师可以在研讨主题中增加与电信专业、仪器专业、物理专业、数学专业、计算机专业有关的主题。学生结合自己的专业应用及所学的编程知识，采取探究式学习方式，通过课后查找资料、合作研究、相互探讨等方式进行知识拓展和专业融合。例如，航天专业的学生可以结合最短路径算法探讨其在机器人路径规划中的应用；对于经管专业的学生，可以探讨贪心算法如何应用于股票问题；计算机专业的学生可以结合华为鲲鹏计算平台软件开发进行经验分享等。通过融合式分组研讨，学生既可以开阔视野，又能很好地体验程序设计知识在不同领域中的更多应用，初步接触专业交叉，从而达到“知识和能力并重、专业与课程并行”的同步式提升。

5 改革成效

以全校公共基础课“C 语言程序设计”为试点，自 2020 年开始在哈尔滨工业大学全面实施面向专业交叉融合的 C 语言程序设计课程教学改革，取得了显著的教学成效。如图 2 所示，学校教师教学发展中心对学生的匿名问卷显示，学生经历了从惧怕编程到喜欢编程、热爱编程以及享受编程的蜕变。经过近 5 年的实施，学生的成绩有了明显提高，如表 1 所示，专业融合前，学生的平均成绩是 81.9 分，优秀率是 27.2%，不及格率为 4.5%。实施专业融合之后，随着学生对编程的喜爱增加，平均成绩提高到了 85.6 分，优秀率增长到了 34.1%，而不及格率下降为 1.98%。



(a) 学习过程体验



(b) 学习收获

图 2 面向专业融合的 C 语言程序设计课程教学问卷调查

实践证明，“专业融合、以学定教、顺学而导”的新型教学方法行之有效。通过将专业需求提取凝练为典型案例和练习，并融入课程专题讨论等举措，在程序设计和专业问题之间架起桥梁，应用所学知识，

提高学生的软件设计能力, 以及利用程序设计方法解决复杂专业工程问题的能力, 实现了程序设计知识教学向程序设计能力培养的升华, 完成质的突破。

表 1 专业融合前后学生成绩对比

	平均分	优秀率	不及格率
专业融合前	81.9	27.2%	4.5%
专业融合后	85.6	34.1%	1.98%

6 结束语

以 C 语言程序设计课程为依托和纽带, 在讲授编程方法和编程技能核心知识的基础上, 综合考虑学生的专业特点, 在案例分析、习题演练和分组研讨等多个教学环节中实施专业交叉融合, 培养和提升学生的软件设计能力。在融合过程中, 注重夯实以高等数学、大学物理和线性代数为代表的数理基础, 以及以网络安全、人工智能、生物信息、航天、电信、仪器、医学与健康等专业为代表的专业基础。通过“厚基础”, 使学生能够更好地深入学习专业核心课, 逐步成长为优秀的复合型人才。

参考文献

- [1] 谢晓艳, 谢晓巍, 曹伟. 面向能力培养的程序设计基础课程改革实践[J], 计算机技术与教育学报, 2022, 10(3): 90-93.
- [2] 崔树芹, 李敏, 何儒汉, 等. “面向对象程序设计”课程“三位一体”混合式教学模式实践[J], 计算机技术与教育学报, 2023, 11(4): 66-70.
- [3] 李志刚, 杨吉斌, 张睿, 等. 基于 ChatGPT 的程序设计翻转课堂教学方法实践[J], 计算机技术与教育学报, 2023, 11(2): 125-129.
- [4] 徐晓飞. 面向未来可持续竞争力的敏捷教育体系与开放教育生态[J], 计算机教育, 2023(4): 15-20.
- [5] 王群, 陈蒙, 李秋丽. 面向新工科的软件工程应用型人才培养模式研究[J], 计算机技术与教育学报, 2022, 10(3): 39-42.
- [6] 严晖, 奎晓燕, 刘卫国. 新工科背景下数据库技术与应用课程交叉融合教学模式研究[J], 软件导刊, 2018, 17(12): 23-25.
- [7] 赵广辉. 面向新工科的 Python 程序设计交叉融合案例教学[J], 计算机教育, 2017(8): 23-27.
- [8] 张光泉. 面向工业 4.0 的 CPS 多学科交叉融合课程教学改革与探索[J], 计算机技术与教育学报, 2022, 10(2): 40-44.