

面向复杂工程问题能力培养的计算机系统课程群建设与实践*

姜瑛 王红斌 江虹 丁家满 万小容

昆明理工大学信息工程与自动化学院, 昆明 650500

摘要 工程教育认证的核心是学生能力提高的问题。为了培养和提升学生的复杂工程问题能力, 基于软件工程、综合程序课程设计、毕业设计的课程目标, 探讨了计算机系统课程群建设, 明确了计算机科学与技术专业的复杂工程问题的7个特征, 设计了计算机系统课程群复杂工程问题能力目标的关联性矩阵, 提出了计算机系统课程群的复杂工程问题能力评价体系, 并进行了相关实践, 较好地实现了计算机系统关联课程间对复杂工程问题能力培养的设计、实施与评价。

关键字 复杂工程问题能力, 特征, 计算机系统课程群, 课程群复杂工程问题能力关联性矩阵, 能力评价

Construction and Practice of Computer System Course Group for Complex Engineering Problem Ability Cultivation

Jiang Ying, Wang Hongbin, Jiang Hong, Ding Jiaman, Wan Xiaorong

Faculty of Information Engineering and Automation
Kunming University of Science and Technology
Kunming 650500, China

jjy_910@163.com, 2842649820@qq.com, 702104728@qq.com, 50887611@qq.com, 83020855@qq.com

Abstract—The core of engineering education accreditation is the issue of improving students' abilities. In order to cultivate and enhance students' ability of complex engineering problem, in this paper, the construction of computer systems course group is explored based on the course objectives of software engineering, comprehensive programming course design and graduation design. Then 7 characteristics of complex engineering problem in computer science and technology specialty are identified. And the correlation matrix for the complex engineering problem ability objectives of computer systems course group is designed. An evaluation system of complex engineering problem capability for the computer system course group has been proposed. Finally the relevant practices have been carried out and the results indicate that the design, implementation and evaluation of the complex engineering problem abilities among computer system related courses have been well implemented.

Keywords—complex engineering problem ability, characteristic, computer systems course group, correlation matrix for the complex engineering problem ability of computer systems course group, ability evaluation

1 引言

自2017年以来,“数字经济”已连续四年被写入我国政府工作报告,国家十四五规划也对数字经济做了全面系统深入的布局。作为“一带一路”建设重要省份,云南省不断加强数字经济的战略引导,明确要大力发展数字经济,辐射和服务南亚东南亚国家和地区。

围绕国家发展战略和云南省产业强省、世界一流“三张牌”、“数字云南”建设对计算机技术人才需求,云南省高校迫切需要发挥南亚东南亚辐射中心区位优势 and 学科特色,以立德树人为根本,培养具有高尚职业道德和社会责任感,良好的科学文化素养、国际视野、创新精神和团队意识,能够系统地运用数学、自然科学基础知识、计算机专业知识和基本技能与方法解决复杂计算机工程问题,具有较强实践能力、沟通协调能力和终身学习和持续发展能力,能够在计算机、信息等相关领域从事设计、开发、运维、管理等工作,具有社会竞争力的高水平计算机专业人才。

昆明理工大学开设计算机科学与技术、软件工程、物联网工程、数据科学与大数据技术、智能科学与技术等计算机类专业,计算机科学与技术专业是云南省

* **基金资助:** 本文得到云南省兴滇英才支持计划项目(面向复杂工程能力持续提升的计算机类专业核心课程建设方法与实践 CA23138L010A)、云南省高等教育本科教学成果立项培育项目(202246)、软件工程国家一流本科课程建设项目(109620210004)、昆明理工大学软件工程虚拟教研室建设项目(109620220031)支持。

首个通过工程教育专业认证和复认证的计算机类专业，软件工程、综合程序课程设计、毕业设计是培养学生计算机系统能力的主要课程。其中，软件工程是计算机类专业的核心课程，2020年被认定为首批国家级一流本科课程，着重培养学生分析、解决复杂工程问题的能力和创新能力。学生在软件工程课程学习中培养的分析问题、解决问题的能力将应用于后续的综合程序课程设计、毕业设计中。综合程序课程设计的核心目标是培养学生对知识的综合应用能力和实际动手能力，目的是针对特定的需求，让学生能够综合应用硬件、软件、网络、数据库等方面的专业知识，提出相应的解决方案，并进行工程化和规范化的实施。通过综合课程设计，使学生能够进一步领会和巩固已修专业核心课程的知识，并提高其综合应用能力、动手实践能力、自主创新能力及协作能力，为大四毕业设计以及以后的工程实践奠定基础。毕业设计是以学生为主体，在校内教师或校外工程技术人员的指导下，围绕特定选题进行的有计划、有步骤的学习和开发过程，是提高学生工程应用能力的重要途径。毕业设计是培养学生综合运用所学知识和技能，进行工程技术和科学研究基本训练的主要教学环节，也是对大学生所学课程质量的综合检验，是学生从学校走向工作岗位的重要过渡阶段。从软件工程、综合程序课程设计、毕业设计的课程目的可以看出，这3门课程和实践是培养学生解决复杂工程问题能力的重要教学环节。

工程教育认证的核心是学生能力提高的问题，认证标准中对“复杂工程问题解决能力”提出了明确要求。解决复杂工程问题，需要学生能够灵活地、综合地、创造性地运用所学，对其包括创新意识、创新能力在内的培养必须落实到第一课堂中^[1]。文献[2]认为，培养复杂工程问题解决能力应以实践课程体系为抓手，从复杂性理论、工程教育认证以及专业的视角剖析了复杂工程问题的内涵，基于降解原理对复杂工程问题进行分类，并进行了相应的实践类课程矩阵设置。

当前，计算机类专业针对复杂工程能力培养进行了相应的教育教学改革。文献[3]将工程教育认证中持续改进理念对认证专业的需求作为出发点，探讨建设计算机一流专业的方式方法，结合专业本身的特点和学科办学定位，探索建立契合现阶段培养方向的可持续改进机制。

文献[4]针对工程教育认证中对学生解决复杂工程问题能力培养的要求，结合计算机系统结构课程培养的现状，分析计算机系统结构课程特征及教学中存在的问题，提出包括系统设计、研究、实践三方面能力培养的教学改革路径。文献[5]以Python程序设计课程如何培养学生解决复杂工程问题的能力入手，明晰Python课程设计对毕业要求指标点的支撑作用，提出Python程序设计课程内容设置实施方案，给出

课程设计的考核方式。文献[6]以新工科专业认证毕业要求指标点为抓手，以培养计算机人才解决复杂工程问题的能力为目标，构建大学生创新创业能力培养体系，设计出适合普通本科类学生的创新实践课程体系和实验内容。

自2016年起，昆明理工大学软件工程、综合程序课程设计、毕业设计均按照工程教育认证标准制定了课程教学目标，定义了课程目标与毕业要求间的关系，明确了学生在课程学习和实践后要达到的知识、能力和素质。以上课程和实践环节主要针对课程目标进行教学和达成评价，虽然在课程内部关注了复杂工程问题能力的培养，但未能处理好课程和实践环节间的衔接，对学生复杂工程问题能力的程度判断、能力培养的延续等方面仍存在较多问题。出现了学生在学习软件工程课程后，在综合程序课程设计中能力差异较大，从而最终影响毕业设计效果的现象。

为了解决以上问题，本文面向复杂工程问题能力培养，将软件工程、综合程序课程设计、毕业设计作为计算机系统课程群，开展了相应的建设与实践。

2 计算机系统课程群的复杂工程问题能力目标

文献[7]指出，从工程哲学和复杂系统的视角看，现代工程问题基本具备了复杂系统的诸多特性，主要体现为它的系统性、集成性、协调性、创新性和社会性。基于文献[8]对复杂工程问题7个特征的详解阐述，我们结合昆明理工大学办学定位、专业特色及人才培养要求，明确了计算机科学与技术专业的复杂工程问题的7个特征。

特征1：能够运用计算机科学与技术专业相关的原理和知识分析、解决复杂工程问题。

特征2：解决复杂工程问题要综合考虑计算机相关的技术、工程等各方面的矛盾和冲突。

特征3：解决复杂工程问题必须对系统进行分析和设计建模，要突出解决问题的创新性。

特征4：解决复杂工程问题要综合应用硬件、软件、网络、数据库及新一代信息技术等多学科技术、方法和工具。

特征5：复杂工程问题中涉及到因素包括工程伦理、生态环境、信息安全等，现有标准、规范未能完全解决。

特征6：解决复杂工程问题要重视并协调处理各方不同的利益要求。

特征7：复杂工程问题要具有较高的系统性、集成性、协调性、创新性和社会性，包含多个相互关联的

子问题。

自 2021 年起，我们开展了基于软件工程、综合程序课程设计、毕业设计的计算机系统课程群建设。首先，我们对软件工程、综合程序课程设计、毕业设计的课程目标进行了深入分析及探讨，并进一步明确了计算机系统课程群中课程和实践环节间的衔接关系，如图 1 所示。

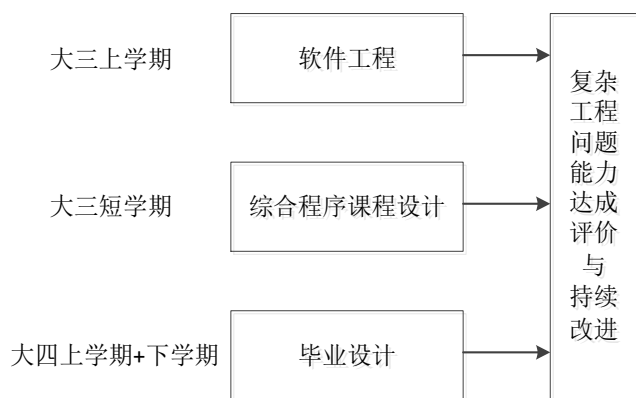


图 1 计算机系统课程群中课程和实践环节间的衔接关系

基于计算机系统课程群中课程和实践环节间的衔接关系和计算机科学与技术专业的复杂工程问题的 7 个特征，我们设计了计算机系统课程群复杂工程问题能力目标的关联性矩阵，具体如表 1 所示。

表 1 计算机系统课程群复杂工程问题能力目标的关联性矩阵

计算机科学与技术专业的复杂工程问题特征	软件工程	综合程序课程设计	毕业设计
特征 1	L	M	H
特征 2	L	M	H
特征 3	M	H	H
特征 4	L	M	H
特征 5	M	M	H
特征 6	L	M	H
特征 7	L	M	H
问题规模	L	M	H

由于计算机系统课程群中不同教学和实践环节对解决复杂工程问题的时长存在差异（软件工程 8 学时实践，综合程序课程设计 3 周实践，毕业设计 18 周实践），表 1 中的“L”、“M”、“H”代表高、中、低，体现的是在不同的问题规模下，软件工程、综合程序课程设计、毕业设计 3 门课程和实践环节中的复杂工程问题特征的相对难易程度。

表 2 计算机系统课程群复杂工程问题能力评价体系

评价等级	评价标准	评价人员
优秀	能够应用软件工程的原理、知识对包含多个子问题的系统进行分析 and 设计建模；在系统开发中能较好地综合应用硬件、软件、网络、数据库及新一代信息技术等多学科技术、方法和工具；充分考虑到了系统涉及的工程伦理、生态环境、信息安全等因素，并在系统研发中提出了处理各方不同的利益要求的相关解决方案；能够对技术、工程等方面的矛盾和冲突进行分析，系统解决方案具有较好的应用价值和创新性。	校内教师 校外教师
良好	能够应用软件工程的原理、知识对包含多个子问题的系统进行分析 and 设计建模；在系统开发中能较好地综合应用硬件、软件、网络、数据库及新一代信息技术等多个技术、方法和工具；考虑到了系统涉及的工程伦理、生态环境、信息安全等因素，并在系统研发中提出了相关解决方案；能够对技术、工程等方面的矛盾和冲突进行分析，系统解决方案具有良好的应用价值和创新性。	
中等	能够应用软件工程的原理、知识对包含多个子问题的系统进行分析 and 设计建模；在系统开发中能综合应用硬件、软件、网络、数据库等技术、方法和工具；考虑到了系统涉及的工程伦理等因素，但在系统解决方案中体现不够；系统解决方案具有一定的应用价值和创新性。	
及格	能够应用软件工程的原理、知识对包含多个子问题的系统进行分析 and 设计建模；在系统开发中能综合应用硬件、软件、网络、数据库等技术、方法和工具；考虑到了系统涉及的工程伦理等因素，但在系统解决方案中体现不够；系统解决方案具有一定的应用价值，但创新性不足。	
不及格	缺乏应用软件工程的原理、知识对包含多个子问题的系统进行分析 and 设计建模的能力，难以综合应用硬件、软件、网络、数据库等技术、方法和工具进行系统开发，基本没有创新性。	

3 计算机系统课程群复杂工程问题能力的评价体系

在计算机系统课程群的建设过程中，我们根据不同课程和实践环节的课程目标，不断强化复杂工程问

题能力的培养, 逐级提升学生综合能力, 形成了边界清晰且有序衔接的课程群知识体系。为了对学生在计算机系统课程群不同阶段的效果进行较为完整和客观的评价, 我们基于计算机科学与技术专业的复杂工程问题的 7 个特征, 综合运用了校内教师评价和校外教师评价, 计算机系统课程群复杂工程问题能力的综合评价体系如表 2 所示。

需要注意的是, 表 2 中的评价等级应与表 1 中的关联性特征综合考虑。

在软件工程、综合程序课程设计、毕业设计 3 门课程和实践环节中, 为了更客观、全面地对学生解决复杂工程问题的能力进行评价, 我们引入了校内教师评价与校外教师评价, 并基于不同课程和实践环节中校内教师与校外教师的参与程度设计了相关的评价权重, 如表 3 所示。

学生面向复杂工程问题的解决能力不是在某一教学环节形成的, 而是在多门课程和课程群的学习及实践中逐步提升的。基于计算机系统课程群复杂工程问题能力评价, 任课教师可以在不同课程和实践环节中关注学生复杂工程问题能力的程度, 及时调整教学方案, 并进行有针对性的教学和实践设计。

表 3 计算机系统课程群复杂工程问题能力教师评价权重

课程	评价权重 (%)	
	校内教师	校外教师
软件工程	100	0
综合程序课程设计	70	30
毕业设计	50	50

表 4 复杂工程问题能力评价情况

课程 评价等级	软件工程 (%)		综合程序课程设计 (%)		毕业设计 (%)	
	计算机科学与技术	物联网工程	计算机科学与技术	物联网工程	计算机科学与技术	物联网工程
优秀	18.5	18.1	19.2	19.5	19.5	17.9
良好	42.3	43.5	40.7	42.3	44.6	39.8
中等	23.1	19.7	28.5	22.1	25.2	21.1
及格	6	12.2	7.5	8.3	8.7	15.7
不及格	10.1	6.5	4.1	7.8	2	5.5

4 实践与分析

除计算机科学与技术专业外, 昆明理工大学的物联网工程专业也开设了软件工程、综合程序课程设计、

毕业设计 3 门课程和实践环节。为了验证本文方法的有效性, 我们在计算机科学与技术专业、物联网工程专业 2018 级的软件工程、综合程序课程设计、毕业设计中进行了实践和应用, 计算机科学与技术专业在 3 门课程和实践环节中特别关注了复杂工程问题能力的培养, 物联网工程专业在 3 门课程和实践环节中并未特别关注复杂工程问题能力培养的衔接。2 个专业复杂工程问题能力评价的结果如表 4 所示。

根据表 4 中的数据, 针对复杂工程问题能力, 计算机科学与技术专业软件工程课程的合格率低于物联网工程专业软件工程课程的合格率。但是在后续的综合程序课程设计、毕业设计中, 计算机科学与技术专业学生解决复杂工程问题能力的合格率均高于物联网工程专业学生的合格率。这表明, 在教学过程中, 如果各环节的教师并不清楚学生在上一阶段的能力, 难以进行针对性的教学和实践, 在一定程度上影响了学生复杂工程问题能力的培养和提升。

2018 级计算机科学与技术专业与物联网工程专业在 3 门课程和实践环节中复杂工程问题能力的培养合格率如图 2 所示。

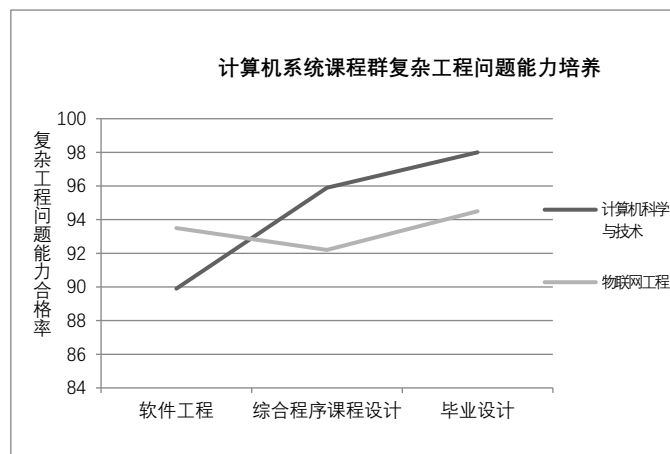


图 2 计算机系统课程群复杂工程问题能力培养合格率对比

从图 2 可以看出, 计算机系统课程群 (计算机科学与技术专业) 的 3 门课程和实践环节中关注复杂工程问题能力的培养及相关衔接, 学生的相关能力持续提升, 并在各环节均有明显体现。

5 结束语

实践表明, 面向复杂工程问题能力培养的计算机系统课程群建设在一定程度上改进和提升了各相关课程和实践环节的教学效果, 但仍然存在一些问题。我们将以解决复杂工程问题能力为目标, 进一步关注不同课程对学生复杂工程问题能力培养的作用和影响, 不断完善和改进计算机系统课程群建设, 持续提高学生解决复杂工程问题的能力和创新能力。

参考文献

- [1] 蒋宗礼. 本科工程教育:聚焦学生解决复杂工程问题能力的培养[J]. 中国大学教学, 2016, 11:27-30+84.
- [2] 邓娇娇, 邹艳艳. 复杂工程问题解决能力达成教学实践:基于复杂性降解的研究[J]. 高等工程教育研究, 2022, 70(1):62-67.
- [3] 李鑫, 齐红, 张馨予, 李烁, 姜宇. 工程教育认证背景下计算机一流专业建设的路径研究[J]. 计算机技术与教育学报, 2022, 10(2):62-65.
- [4] 谭婧炜佳, 魏晓辉. 面向解决复杂工程问题能力培养的计算机系统结构课程教改探索[J]. 计算机教育, 2023, 2023(3):145-148+153.
- [5] 吕友波, 秦相林, 苏晓东, 张必英, 潘庆和. 面向解决复杂工程问题能力培养的 Python 课程设计[J]. 计算机教育, 2021, 000(011):172-175.
- [6] 乔保军, 韩道军, 杜晓玉. 计算机类本科生解决复杂工程问题能力培养途径探索——以“两贯通六着重”创新实践项目为例[J]. 软件导刊, 2022, 21(11):210-215.
- [7] 王章豹, 张宝. 培养新工科人才解决复杂工程问题能力的探讨[J]. 高教发展与评估, 2019, 35(6):74-85.
- [8] 徐振峰, 孙强, 胡学友等. 工程教育认证中复杂工程问题解析[J]. 高教学刊, 2023, 9(13):85-88+93.