基于复杂工程问题的建模能力培养研究

张文辉 熊太平 李芳 孟瑞敏 赵龙阳 王诗文

(桂林电子科技大学 计算机与信息安全学院, 广西 桂林541004)

zhangwh@gliet.edu.cn

摘　要：本科教学核心是培养解决复杂工程问题的能力，这需要分解到课程体系和课堂教学中。基于STEM理念的课程体系精准定义课程的坐标位置，在课堂教学中通过工程项目利用科学、技术、工程、数学等领域的知识培养学生建模能力和实践能力，最后举例说明在课堂教学中如何建构复杂工程问题的建模能力培养过程。

关键词：复杂工程问题；STEM；建模能力

中图分类号：G712 文献标志码：A 文章编号：

现代工程，如神舟飞船工程，是由卫星系统、运载火箭系统、发射场系统、测控通信系统、地面应用系统组成的复杂工程。复杂工程问题存在于系统设计、技术集成与创新、项目协调和社会因素中。这就要求建模，模型可以表示关键因素以及因素间相互关系，因此可以借助模型对复杂工程问题进行定量和定性分析。

**1复杂工程问题内涵**

专业工程认证要求培养本科生解决复杂工程问题的能力，这也是工程教育的基本定位。从课堂教学角度看，复杂工程问题具有跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、艺术性、实证性和技术增强性等属性[1]。从建模角度看，复杂工程问题有三个内涵：Ⅰ、复杂工程问题可以拆分为若干简单问题模型，可以对这些简单问题模型进行排序解决，简单问题是组成模块清晰，内部要素和变量相互关联；Ⅱ、复杂工程问题可以由简单问题模型+非技术因素（如社会因素、安全因素、人文因素等）组成，这些因素相互制约，使工程问题相当复杂；Ⅲ、复杂工程问题本身就复杂，如跨海桥梁建设工程，这涉及GPS 全天候运行测量控制问题、大直径超长钢管和大型预制构件制造问题、海洋环境混凝土结构耐久性问题、灾害天气对大桥行车安全的影响问题，每个问题都需要高端技术去创新解决[2]。

**2计算机科学与技术的复杂工程问题能力培养**

我校计算机科学与技术专业培养计算机应用人才，针对Ⅰ和Ⅱ类型的复杂工程问题，以STEM为理念[3]，设计数学类（如高等数学、线性代数、概率与数理统计、数学建模，离散数学等）、科学类（如大学物理等）、工程类（如电路与电子技术基础、数字逻辑、计算机组成原理、数据结构、软件工程等）、技术类（如程序设计与问题求解、数据库原理、JAVA程序设计等）等四类课程[4]，还增加工程素养类（工程概论、形势与政策、职业生涯与发展规划等）课程。数学类课程形成学生科学思维的能力，奠定本专业涉及的科学和工程原理的基础，科学类课程建模分析能力与创新能力，工程类课程形成学生专业领域复杂工程问题的表述、抽象建模与基本分析能力学生，积累初步的工程经验，技术类课程培养学生综合应用多学科知识将复杂工程问题分解为多个相互关联的子问题并求最优解，工程素养类课程加强本科学生对复杂工程问题的理解，多角度思考复杂工程问题。解决复杂工程问题能力分为建模能力和实践能力，建模能力是指把握客观事物特征、运用已有的认知建构模型并通过操作性活动解决问题的能力，体现在模型建构的历程中。

**3复杂工程问题在课程教学的体现**

基于STEM的课堂教学围绕STEM的四个核心问题展开。（1）关注复杂工程问题。重心不再放在知识点上，而是放在复杂工程问题上，强调利用科学、技术、工程或数学等学科相互关联的知识解决工程问题，提高学生解决实际工程问题的能力。每章设定一个特定的复杂工程问题，如第一章为高压危险，从电阻和人体健康角度出发谈用电安全的问题。（2）关注学生的科学思维和创新能力。STEM 教育将基于探索和目标导向的学习内容嵌入复杂工程问题求解中，强调学习者的团队技能、跨学科课程概念和负责的科学内容主题，意在得到更多、更理想的教育产出。（3）关注学生的学习过程。基于STEM理念建构复杂工程问题，并将它拆分为一系列简单工程问题，强调 “做中学”“学中做”，学生在参与、体验获得知识的过程中，获得结果性知识，进一步获取蕴含在项目问题解决过程中的过程性知识。（4）关注学生的学习效果。STEM项目实施的评价关注点从标准答案转向过程性评价，将学习压力分解在各个阶段。

电路与电子技术基础课程是一门工程类的基础课程，其复杂工程问题大都属于Ⅰ和Ⅱ类型，基于 STEM 理念进行复杂工程问题的建构流程分别为六步：工程背景引入、模型构建、科学分析、工程设计、活动评价和非技术因素的平衡。如第二章复杂工程问题是闪关灯电路，正向分析是将工程问题抽象为物理模型，采用数学知识完成工程估算，获得解决复杂工程问题的方法，反向探究是参数设计和各种因素约束，迭代提升和完善闪光灯电路的设计方案。如下：

第一，教学内容的复杂工程问题背景引入

学生学习的教学内容是三要素求解一阶动态响应，根据长期教学实践，发现闪光灯电路是符合教学内容的工程实际问题。这是由于一阶RC电路在极短的时间内产生极高光波能量，从而达到闪光的效果。这类电路还可以用于电子电焊机、电火花加工机和雷达发射管等装置中。

第二，复杂工程问题的模型构建

对闪光灯实际电路建立抽象物理模型和数学模型，物理模型可以由一个直流电压源、一个限流大电阻和与闪光灯并联的电容组成，其数学模型是由基尔霍夫定律决定的拓扑方程 和由元件定义决定的元件约束方程组成，将系统动态方程化为线性常微分方程组来求解。引导学生体会科学理论与工程实践的差别。

第三，复杂工程问题的科学分析

闪光灯电路的核心理论是三要素求解一阶动态响应方法，利用了电容电压的连续性。求解前首先分析一阶动态响应模型的特点，判断是哪种响应，然后求初始值、稳态值和时间常数。

第四，工程设计

通过仿真计算，获得相关的设计参数和元件选型。启发学生根据设计要求设计实用电路，实用电路需要考虑的因素以及经典电路等，引导学生进行深度学习。

第五，学习活动的评价

STEM项目实施的评价关注点从传统的标准答案转向基于证据和推理的过程性评价，所以要进行多维性的评价方式，即通过考试、答辩、报告、成果验收等方式评价教学结果。目前在大班课堂，通过课堂提问和课后作业的反思，实现评价主体的多元化、评价对象的个性化和评价结果的全面化。

第六，求解结果与非技术因素的平衡。

分析结果是否与工程实际相符、是否正确？讨论非技术因素的影响，如电容量太大，放电时间长，亮度高，对人眼的刺激伤害，电容量小，放电时间短，亮度低，照片不清晰、人脸黑。职业聚焦摄影师，介绍摄影师需要掌握的理论知识、日常、就业方向和国内摄影专业大学排名等。

**4 结论**

工程教育的基本要求是培养学生解决复杂工程问题的能力，这需要从课程体系和课堂教学两方面抓。在课程体系中精准定位各类课程对培养学生解决复杂工程问题的能力的作用。在电路与电子技术基础课程教学中，采用STEM理念建构复杂工程问题模型，充分考虑与相关的社会、环境、伦理、道德等非技术因素影响，通过学生思维可视化，锻炼学生解决复杂工程问题的能力。

**参考文献**

[1] 余胜泉，胡翔. STEM 教育理念与跨学科整合模式[J]. 开放教育研究,2015,21(04)13-23.

[2] 吕忠达. 杭州湾跨海大桥关键技术研究与实施[J]. 土木工程学报, 2006, 39(6):78-82.

[3] Kinney S. STEM professional development and resources[EB/OL].

<http://www.discoveryeducation.com/what-we-offer/stem/index.cfm>

[4] 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．

桂林电子科技大学教育教学改革项目（JGB201807）资助

张文辉 桂林电子科技大学计算机与信息安全学院 18778399196