

基于“小挑”竞赛项目培养大学生解决复杂工程问题能力的实践与探索

尤 俊, 王国成

湖北大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年6月22日; 录用日期: 2022年7月19日; 发布日期: 2022年7月26日

摘 要

工程教育专业认证非常重视解决“复杂工程问题”能力的培养, 以此为核心提高本科生解决实际问题能力的教学方法成为当前高等教育亟待探索的问题。传统实验教学内容单一, 且多为验证性实验, 与专业认证导向下对学生培养目标的要求是不相符的。本文探讨了将学科竞赛作为补充手段纳入到实践教学环节, 系统培养学生解决“复杂工程问题”能力的必要性。并以具体实例论证了“小挑”项目的实施, 不仅能够较好地提高学生工程知识类能力的掌握, 还能够有效补充传统实践教学的短板, 对学生工程素质类的能力进行有效培养。

关键词

工程教育专业认证, 挑战杯, 实践教学, 复杂工程问题

Practice and Exploration on the Cultivation of the Ability of College Students to Solve Complex Engineering Problems Based on “The Challenge Cup” Competition

Jun You, Guocheng Wang

School of Materials Science and Engineering, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Jun. 22nd, 2022; accepted: Jul. 19th, 2022; published: Jul. 26th, 2022

Abstract

Engineering education certification attaches great importance to the cultivation of the ability to

solve “complex engineering problems”, and the teaching method to improve the ability of undergraduates to solve practical problems as the core has become an urgent problem to be explored in current higher education. The traditional experiment teaching content is single, and most of them are confirmatory experiments, which do not accord with the requirements of students’ training objectives under the guidance of professional certification. This paper discusses the necessity of bringing discipline competition into practice teaching as a supplementary means to systematically train students’ ability to solve “complex engineering problems”. And use concrete examples to demonstrate the implementation of “The Challenge Cup” project, not only can better improve students’ ability to master engineering knowledge, but also can effectively supplement the shortcomings of traditional practice teaching, to effectively train students’ ability of engineering quality.

Keywords

Engineering Education Professional Certification, The Challenge Cup, Practical Education, Complex Engineering Problems

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

工程教育体系的重构和完善是我国实现工业化高速发展以及中国制造 2025 的基石,已经受到教育部以及广大教育工作者的重视。工程教育认证是推动工程教育改革、加强高校与工业界联系、促进国际交流以及提升国际竞争力的契机。我国于 1985 年就已开始专业评估及专业认证的探索和实践,于 2004 年成立高等教育教学评估中心,并于次年开始构建工程教育专业认证体系,逐步开展专业认证工作。2007 年教育部成立了全国工程教育专业认证专家委员会,经过近十年的不懈努力,终于在 2016 年正式加入《华盛顿协议》,标志着我国工程教育质量获得国际认可,同时也对我国工程教育提出更高的要求[1] [2]。

2. 依托学科竞赛培养学生解决复杂工程问题能力的必要性

《华盛顿协议》非常重视培养本科生解决“复杂工程问题”的能力,我国工程教育认证通用标准 12 项毕业要求中有 8 项均涉及“复杂工程问题”,因此,毕业生对该项能力的掌握程度是评价该生是否达到毕业要求的重要指标[3] [4]。然而,当前高校的培养模式存在以下难题:

1) 解决“复杂工程问题”所需具备的能力具有复杂性、多学科性等特点,难以通过课堂理论教学进行训练和考察。

2) 大部分高校通过实践教学(综合设计实验等实验课程)来培养学生解决“复杂工程问题”的能力,然而多数指导教师缺乏丰富的工程实践经验,因此设置的教学内容非常单一,大多是知识点或者工程点的实践,且与市场/行业实际需求相脱离。

3) 课题通常来源于实验流程较为简单的早期文献,是重复已知的实验结果,并不存在问题与挑战,因此难以真正完成“解决问题”能力的培养[5] [6] [7]。

4) 毕业设计能够实现知识面或工程面的实践,课题也具备一定的创新性和挑战性,然而该环节更多的只是作为学生毕业前最终的考察手段,即使发现存在不足,也没有机会进行改进和继续培养。

基于此,非常有必要将学科竞赛作为补充手段纳入到实践教学环节,以培养学生解决“复杂工程问

题”的能力。本文以笔者带队的“挑战杯”竞赛项目《甲壳素可降解吸管》为例, 深入探讨基于“小挑”竞赛项目提高大学生解决“复杂工程问题”能力的培养模式。

3. “小挑”对学生解决“复杂工程问题”能力的培养

1999年, 在“挑战杯”全国大学生科技创新活动(简称“大挑”)的基础上, “挑战杯”扩容创办中国大学生创业计划竞赛(简称“小挑”), 竞赛要求参赛团队提出一项具有市场前景的技术(产品或服务), 并围绕该技术(产品或服务)完成特定的商业计划以获得风险资本。与注重学术价值和科研理论成果的“大挑”不同, “小挑”更加看重参赛项目的商业价值, 需要技术与市场的完美结合, 对学生的综合素质要求更高, 更加符合工程教育的理念[8][9]。比赛历程可以拆分成前期准备、策划书撰写和参赛答辩三个阶段, 贯穿学生2~3年的本科生涯。以《甲壳素可降解吸管》项目为例, 团队成员大二即进入课题组, 在本人的指导下开展“甲壳素纳米纤维低能耗液相自剥离”的相关研究, 这一阶段主要培养学生工程知识类能力, 包括问题分析、研究、使用现代工具等, 与本科阶段实验类课程相辅相成。大三上学期与商学院的学生组成团队开始筹备“小挑”, 期望借助“低能耗剥离技术”实现甲壳素可降解吸管的开发, 在实现这个目的的过程中, 有效培养了学生设计/开发解决问题的能力。项目策划书涉及技术、产品、市场、管理、财务、环境以及法规等方方面面的内容, 且需要与商学院的学生一起合作完成, 非常有利于学生工程素质类能力的培养, 包括工程与社会、环境和可持续发展、职业规范、个人和团队以及项目管理等。最终参赛答辩阶段, 一方面通过PPT的制作以及上台演讲来锻炼学生的沟通能力, 另一方面在根据专家评委的问题完善技术与策划书的过程中, 能够进一步提高学生的各项工程素质, 加强学生对实际工程问题与市场需求的理解, 这是传统本科实践教学难以实现的。接下来, 将针对12条毕业要求一一展开论述, 详细论证“小挑”如何培养学生的各项工程素养, 特别是解决“复杂工程问题”的能力。

3.1. 工程知识

前期准备过程中, 学生的研究课题是“准溶剂介导甲壳素纳米纤维的一锅法自剥离”[10][11], 涉及甲壳素的溶胀、改性以及纳米纤维的分散。在推进课题的过程中, 学生需要利用溶度参数理论选择合适的溶剂来实现甲壳素的高度溶胀和低溶解, 借助聚合物的流变学理论来表观分析溶胀程度, 以筛选合适的准溶剂; 结合有机化学中醇类基团的性质及反应选择合适的改性试剂对甲壳素进行修饰; 借助理学课程中胶体理论分析/评价纳米纤维的稳定性, 筛选合适的分散介质; 灵活运用高分子晶体学理论解释甲壳素聚集态结构的演变, 并利用实验教学中讲授的控制变量法对该理论进行验证。甲壳素吸管的制备过程中, 着重关注材料的力学性能, 涉及高分子物理中聚合物的屈服-冷拉机理以及断裂理论; 材料的耐热性则与甲壳素的半刚性链构象、结晶性以及玻璃-橡胶转变行为息息相关, 其湿强优劣则受表面离子基团电离平衡的影响。由此可见, 本项目的实施过程能够非常好的培养学生灵活运用专业知识解决高分子材料制备、加工及工程应用领域内的复杂工程问题的能力。

3.2. 问题分析及研究

由于所选课题属于天然高分子领域的新兴前沿方向, 在具备较好创新性的同时也面临诸多挑战。课题进展过程中, 经常会遇到“意外”的实验结果, 通过查阅文献难以获得满意的解释。例如: DMSO/KOH溶胀甲壳素后, 进一步利用邻苯二甲酸酐进行酯化修饰, 甲壳素纳米纤维能够自剥离并自发分散到溶剂中, 但是为什么其他酸酐(如马来酸酐、琥珀酸酐等)无法实现这一过程, 接枝具有何种结构的基团能够实现甲壳素纳米纤维的一锅法剥离? 剥离得到的甲壳素纳米纤维与原料相比晶态结构发生较大变化, 演变机制是什么? α -甲壳素与 β -甲壳素剥离得到的纳米纤维长径比为何存在较大的差异? 成膜过程中, 甲壳素的结晶结构再次发生巨大变化, 组装机制是什么? 薄膜在酒精溶剂中浸泡后, 能够发生类似塑料的塑

性形变, 传统纳米纤维膜则无此现象, 机制又是什么? 薄膜力学性能有没有办法进一步提高? 在实验过程中, 学生首先发现的是表观实验现象, 他们需要运用科学的语言来识别并描述这些问题, 筛选出造成这些结果的关键因素, 提出设想。随后, 查阅并借鉴文献中的研究方法, 设计并开展实验, 从不同角度论证这些猜想。获得实验数据后, 他们还需要利用高分子物理相关理论对结果进行分析和解释, 综合得出结论或证明猜想的正确性、或在此基础上提出新的猜想, 最终解决上述问题。因此, 在整个课题的推进过程中, 学生接触的是真正的“复杂问题”, 才能够真实体验“复杂问题”是如何一步步拆解并最终解决的, 最终实现问题分析和研究两方面能力上的培养。

3.3. 设计/开发解决方案

前期课题“准溶剂介导甲壳素纳米纤维的一锅法自剥离”仍然属于学术性理论研究, 与市场、行业以及工业化生产工艺等关联性较小。以参加“小挑”为契机, 学生们提出将该技术用于生物可降解甲壳素吸管的制备的设想, 从而实现理论研究走向商业化产品的过渡。为了实现这一目的, 学生调研了生物可降解吸管的市场背景, 全面了解了这类产品的生产工艺、国家标准以及相关要求。在此基础上, 设计了将虾蟹壳废弃物加工成可降解吸管的全周期、全流程的生产工艺, 并在实验室内通过小试生产加以验证。在设计的过程中, 充分考虑了生产设备改造的可行性、连续化生产可行性、产品稳定性、生产过程中的成本与能耗问题、溶剂的回收及再利用方法、污染排放情况以及生产安全与否等理论研究所忽略的工程问题。特别的, 在薄膜卷曲制备吸管的过程中, 创新性的采取溶剂诱导粘合, 避免胶黏剂的使用, 体现出学生的创新思维。参赛答辩过程中, 专家更多的是从生产工艺、优化成本以及产品对比等市场角度提出问题和建议, 让学生对工程问题能够有更深刻的理解。由此可见, 即使指导教师的研究课题偏向基础理论研究, 在“小挑”的引导下, 还是能够实现工程化的转变, 从而实现对解决“复杂工程问题”的培养。

3.4. 使用现代工具

参与“准溶剂介导甲壳素纳米纤维一锅法自剥离”的课题研究, 学生接触到多种高分子表征设备。该项目结束后, 学生已能够熟练操作红外、粒度仪、紫外、万能材料试验机以及电位滴定等设备, 能够独立处理并分析原子力、广角 X 射线散射、投射电镜、扫描电镜、核磁以及流变的相关数据, 使用 origin、3Dmax 等科研作图软件的能力也得到极大的提升。更重要的, 课题中经常会利用不同表征手段对同一个性质进行研究, 学生能够通过对比这些数据, 理解并分析不同表征方法的局限性, 这一点在常规实验类课程教学中也是难以实现的。例如, 红外、羧基含量滴定以及固体核磁都可以用来证明改性前后甲壳素化学结构的变化。红外测试虽然方便快捷, 但是只能定性证明羧基的引入, 苯环的信号也较弱, 信息量有限; 固体核磁中苯环的信号较强, 同时能够用来分析羧基在 3、6 号位羟基上的分布情况; 电位滴定最为繁琐, 但是能够获得较准确的羧基含量。透射电镜、扫描电镜和原子力显微镜都可以用来研究纳米纤维的微观形貌, 扫描电镜能在较大尺度分析样品的均匀性, 但是单根纳米纤维的尺寸信息无法获得; 分析带状样品时, 透射电镜和原子力显微镜则能够分别获得较准确的宽度和高度信息。经过这些训练, 再结合仪器表征课程上相关工作原理的讲授, 学生才能够深刻领悟不同表征设备的异同及局限性。

3.5. 工程与社会、环境和可持续发展

基础理论研究以及传统实践教学过程中, 极少会关注项目对社会、环境以及可持续发展的影响。幸运的是, “小挑”的策划书非常重视这些问题, 能够引导学生在撰写的过程中对它们进行深入思考。例如, 在撰写策划书的过程中, 学生逐渐意识到标准体系的重要性, 因此补充了第三方分析检测机构对吸管力学性能及安全性的评估报告。系统讨论了本项目执行过程中的社会效益, 包括保护环境、保护公众

健康、创造就业机会、促进行业技术革新以及经济利益等。对这些内容的思考虽然仍显稚嫩、存在些许不足,但也算已经引导学生入门,是其他实验课程无法实现的。特别的,在设计吸管生产工艺的时候,学生对剥离方法进行了适当改进,以降低有机溶剂的使用量;此外,还增加了溶剂回收、纯化及再利用的闭环工艺,最大程度减少有机溶剂排放对环境造成的污染。这些思维上的转变均得益于“小挑”竞赛项目的引导。

3.6. 个人和团队、沟通

“小挑”项目不仅工作量巨大,还涉及材料、管理、金融等不同领域的内容,因此一个人无法完成所有的工作,必须组建合理的多学科团队。团队成员如何选择、如何充分调动每位成员的参与热情、如何充分发挥每个人的优势形成项目研究合力、不同学科的成员理念不同如何进行沟通等,都是项目推进过程中学生们需要面临和解决的问题。执行期间一定会有分歧和争吵,但是项目结束后学生的团队协作能力一定会得到显著的提升,这样的多学科团队合作机会也是传统实践课程难以提供的。另一方面,策划书的撰写以及路演能有效培养学生利用 ppt、文稿以及图表等方式,准确且简洁的表达观点、回应质疑的能力。市场背景调查的过程中,也会涉及国际市场的分析,不仅能够提高学生的国际视野,还可以让他们深刻理解文化差异性对产品市场需求的影响。

3.7. 项目管理

项目管理相关的指标点是传统课程非常难以支撑的,大部分高校通过开设工程项目管理与决策课程来解决这一难题,但是缺少合适且固定的授课老师。“小挑”策划书中则专门设置了生产管理和财务分析两部分内容,促使不同学科的同学共同学习,了解并逐步掌握工程管理原理与经济决策方法。例如,本项目中学生在生产管理部分考虑到了生产周期、工人学历及入职培训、厂址选择、不同生产部门的规章制度等问题。财务分析中不仅考虑了原材料、产品生产以及人员成本,还考虑了管理、税收、宣传、销售以及供应活动的支出,对产品全周期、全流程的成本构成理解更加深入。

3.8. 终身学习

在“准溶剂介导甲壳素纳米纤维一锅法自剥离”的前期课题研究中,学生会在指导老师的指导下查阅相关文献,一方面了解甲壳素纳米纤维的研究背景及进展,另一方面查找合适的实验方法解决遇到的困难。不仅如此,学生还学会在各大资源网站寻找优质教学视频,巩固专业知识及学习专业软件的使用。后期“甲壳素可降解吸管”课题的实施及策划书的撰写则完全由学生独立完成,相关背景资料的查阅也极大锻炼了学生调研、理解、归纳总结和提出问题的能力。

4. 总结

随着高等工程教育的不断发展,大学生解决“复杂工程问题”能力的高低是衡量教学质量的重要指标。针对目前工科专业教学环节中普遍存在的问题,比如实践教学内容单一难以满足解决“复杂工程问题”能力的培养、工程素质类指标难以支撑、难以实现多学科合作等,提出将学科竞赛作为补充手段纳入到实践教学环节之中。通过“小挑”项目的实施,不仅能够较好地提高学生工程知识类能力的掌握,还能够有效补充传统实践教学的短板,对学生工程素质类的能力进行有效培养。如果能够有相应的政策扶持,吸引更多的工科学生参与本项赛事,将极大提高我国工科的本科教学质量。

参考文献

- [1] 邵华锋, 黄兆阁, 赵菲. 基于 OBE 模式的高分子材料与工程专业培养目标的修订实践[J]. 高分子通报, 2020(11):

56-60.

- [2] 工程教育认证协会简介[EB/OL]. <https://www.cceaa.org.cn/>
- [3] 程国君, 丁国新, 于秀华, 等. 以工程教育认证和专业评估为契机下的专业综合创新实践探讨[J]. 高分子通报, 2020(10): 79-86.
- [4] 白彦, 张文静. 政府与法治课程基于“MOOC+”混合教学模式的构建与实践[J]. 中国高等教育, 2018(13): 60-62.
- [5] 刘忠柱, 焦明立, 秦琦, 等. 基于“工程教育专业认证”的高分子材料与工程专业本科专业课程设置探索[J]. 高分子通报, 2022(5): 117-123.
- [6] 丁国新, 张宏艳, 程国君, 等. 工程教育专业认证导向下的高分子科学实验连贯式教学模式探索与实践[J]. 高分子通报, 2021(11): 94-99.
- [7] 张其梅, 李准准, 李敏, 等. 高分子材料加工实验一体化建设与实践[J]. 高分子通报, 2017(11): 90-93.
- [8] 贡璐, 吕杰, 陆海燕. 以大学生创新训练计划项目为平台的本科创新型人才培养实践[J]. 教育教学论坛, 2020(9): 72-73.
- [9] 张成, 刘旭. 基于“挑战杯”竞赛项目培养大学生综合能力的实践与探索[J]. 轻工科技, 2020(8): 178-179.
- [10] Yang, K., Zhou, Y., Wang, Z., *et al.* (2021) Pseudosolvent Intercalator of Chitin Self-Exfoliating into Sub-1 nm Thick Nanofibrils for Multifunctional Chitinous Materials. *Advanced Materials*, **33**, Article ID: 2007596. <https://doi.org/10.1002/adma.202007596>
- [11] Ding, Y., Chen, X., Zhou, Y., *et al.* (2022) Single Molecular Layer of Chitin Sub-Nanometric Nanoribbons: One-Pot Self-Exfoliation and Crystalline Assembly into Robust, Sustainable, and Moldable Structural Materials. *Advanced Science*, **9**, Article ID: 2201287. <https://doi.org/10.1002/advs.202201287>