

Exploration and Practice of Research Course Construction of *Functional Composites*

Chao Yang¹, Shujing Yang¹, Fang Yuan², Peiyao Li¹, Bing Yu^{1,3}, Hailin Cong^{1,4*}

¹College of Materials Science and Engineering, Qingdao University, Qingdao Shandong

²College of Applied Technology, Qingdao University, Qingdao Shandong

³College of Chemistry and Chemical Engineering, Qingdao University, Qingdao Shandong

⁴College of Graduate, Qingdao University, Qingdao Shandong

Email: *hailincong@163.com

Received: Nov. 20th, 2019; accepted: Dec. 3rd, 2019; published: Dec. 10th, 2019

Abstract

This study is about the exploration and practice of research course construction of *Functional Composites*. On the basis of the traditional classroom teaching, the diversified research curriculum construction of "Four Models One Online" was put forward. "Four models" refer to the four kinds of teaching modes, including the problems teaching, practice teaching, online teaching, group discussion reporting. "One online" refers to the online communication from the beginning to the end. They are combined to open the self-driving learning mode of students. With the real-time, periodic and holistic effect feedback and strategy optimization and the reforming inspection way, the research course construction strengthened in both theoretical knowledge and practice of innovation ability was further optimized.

Keywords

Research Course Construction, Functional Composites, Diversified Teaching, Practical Teaching

材料学专业《功能复合材料》研究性课程建设的探索与实践

杨超¹, 杨淑静¹, 袁芳², 李培耀¹, 于冰^{1,3}, 丛海林^{1,4*}

¹青岛大学材料科学与工程学院, 山东 青岛

²青岛大学应用技术学院, 山东 青岛

³青岛大学化学化工学院, 山东 青岛

⁴青岛大学研究生院, 山东 青岛

Email: *hailincong@163.com

*通讯作者。

收稿日期：2019年11月20日；录用日期：2019年12月3日；发布日期：2019年12月10日

摘要

针对于材料学专业课《功能复合材料》的课程特点，本研究在传统课堂教学的基础上提出了“四模式一在线”的多元化研究性课程建设的教学设计，“四模式”即指四种教学模式，包括问题教学、实践教学、线上线下结合教学、小组讨论汇报；“一在线”指的是自始至终实时在线的线上交流，二者相互结合，开启学生自我驱动式学习模式。并进行包括实时性、阶段性和整体性效果反馈与策略优化，改革考核方式，进一步优化理论知识传授与实践创新能力并重的研究性课程建设探索与实践。

关键词

研究性课程建设，功能复合材料，多元化教学，实践教学

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

研究性教学的实质是让学生在教学过程中体验科学原理的发现和用科学原理解决实际问题的研究过程[1]。《教育部关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》在2005年就明确提出在本科教育教学中要“积极推动研究性教学，提高大学生的创新能力”[2]。在专业课程教学中实施研究性教学，提高本科生科研能力，是本科院校理工学科教改亟待解决的问题[3][4][5]。当今社会知识正以前所未有的速度更迭，在这种时代大背景下，学生们必须学会利用数字技术，成为知识与信息的“吸收者与收集者”[6]。培养学生时，应采用启发式、研究式的教学方法，注重让学生学会用系统的观点全面地思考问题而不局限于对某一具体技能的掌握，培养学生独立思考问题的能力，教会学生学习方法，让学生自主学习和研究。研究性教学必须保证内容具有前沿性，资源具有多样性，过程具有研究性，并将学生学习的自主性与教师的指导性结合起来，保证学习过程的专业思想的自由性，以利于培养学生的创新能力[7]。功能复合材料是一门理论性和实践性很强的学科，教学目的是培养学生不仅掌握理论知识和分析技巧，还要具备分析问题和解决问题的能力。在“功能复合材料”课程的教学过程中进行研究性课程建设意义重大。

青岛大学的材料学科始于1958年的山东纺织工学院的化学纤维专业，至今已有60多年的学科发展历史，硕士点招生34年，博士点招生16年，博士后流动站建站12年，底蕴深厚，并拥有5个国家级平台，10个山东省级平台，5个校级研究院和2个院级研究所，如表1所示，形成了多层次、多级别的科教融合实训育人平台，从而实现了研究生100%进驻各科研团队，本科生通过国家级、校级各项创新创业项目95%以上的同学参与科研课题，体验研究过程，领略学术魅力，均为本课程的研究性课程建设奠定了坚实的基础。

2. 研究性课程建设的教学设计

《功能复合材料》这门课程的主要内容是在复合材料的范畴内体现功能化的特点。它是指的一类用于非承载目的，具有优良的物理、化学、生物或其它相互转化功能的材料，属于功能材料的范畴，主要包括

Table 1. The training platform for the integration of science and education at the domestic level of Qingdao University
表 1. 青岛大学国内各层级科教融合协同育人实训平台

级别	类型	数量	名称	
国家级平台	“111”引智基地	1	国家外国专家局高等学校学科创新引智计划(111计划)-高分子杂化材料创新引智基地	
	国际科技合作基地	1	国家高分子杂化材料国际科技合作基地(科技部)	
	国际联合研究中心	1	杂化材料技术国际联合研究中心(科技部)	
	省部共建国家重点实验室	1	生物多糖纤维成形与生态纺织国家重点实验室	
	国家开放式综合实验教学中心	1	国家教学示范中心(应用物理学)	
山东省级平台		1	山东省海藻生物基纤维工程实验室	
		1	山东省海洋生物质纤维重点实验室	
	重点实验室		1	山东省材料微复合优化技术重点实验室
			1	山东省微复合材料重点实验室
		1	山东省高校光子学材料与技术重点实验室	
		1	中央与地方共建高校特色优势学科光电材料与器件实验室	
	协同创新中心	1	山东省海洋纤维 2011 协同创新中心	
	工程技术研究中心		1	山东省海洋纤维 2011 协同创新中心
			1	山东省多相聚合物材料工程技术研究中心
	实验中心	1	山东省高分子先进材料实验中心	
青岛大学校级平台		1	杂化材料研究院	
		1	生物医用材料与工程研究院	
	青岛大学 直属科研平台		1	能源与环境材料研究院
			1	海洋纤维新材料研究院
		1	石墨烯应用技术创新研究院	
材料学院院级平台	材料学院 直属研究所	1	生物材料研究所	
		1	高分子材料研究所	

导电、磁性、光、热、梯度等功能复合材料，针对于聚合物基功能复合材料的结构特点、设计原则、功能化体系、性能测试，材料成型工艺等方面向学生作相关的知识传授。所以本门课程的课程建设旨在针对于此课程中每一种功能复合材料的从设计原则、设计理念，设计方法开始，一直到成型制品的环环相扣的知识体系中，达到授人以渔的目的。

本门课程的主要特点就是内容纷繁芜杂，如表 2 所示，课程信息量巨大，正是针对于这样的课程特点，特别适合于研究性课程建设的探索与实践。每一章都自成体系，所以每一个单元的授课模式可以大同小异，以下以第二章导电功能复合材料为例进行研究性课程设计。在传统课堂教学的基础上结合问题教学，实践教学，小组讨论汇报，线上线下结合教学的多元化课堂实施方案，我们称之为“四模式一在线”的多元化教学设计，“四模式”即指四种教学模式，包括问题教学，实践教学，线上线下结合教学，小组讨论汇报；“一在线”指的是自始至终实时在线的线上交流，二者相互结合，开启学生自我驱动式学习模式。

Table 2. Courses allocation of functional composite materials in each section**表 2.** 功能复合材料课程各章节学时分配

序号	内容	学时分配
1	总论	2 学时
2	第一章：磁性功能复合材料	4 学时
3	第二章：导电功能复合材料	4 学时
4	第三章：光功能复合材料	4 学时
5	第四章：热功能复合材料	4 学时
6	第五章：梯度功能复合材料	4 学时
7	第六章：智能复合材料	6 学时
8	第七章：耐化学腐蚀功能复合材料	4 学时
9	第八章：仿生功能复合材料	4 学时
10	第九章：生体功能复合材料	6 学时
11	第十章：装甲防护功能复合材料	4 学时
12	总结回顾复习	2 学时
13	合计	48 学时

2.1. 问题教学

通过把握学术前沿，由最新的文献资料，筛选与导电功能复合材料有关的文章，作为预习导读内容，由此科技相关问题引出传统教学模式所要传递的知识。

例如向学生推荐阅读现代材料领域比较吸引人的鲍哲楠团队在 *Nature Communications* 上发表的一篇关于研究用高纯度碳纳米管作为新一代电子皮肤的更新换代产品的文献[8]，此种电子皮肤可以更加舒适的贴敷在人的皮肤上实时监控心跳，脉搏等信息，对于维护个体健康更有效。那么这种电子皮肤其实就是一种电传感器，属于导电功能复合材料的一种，那么同学们是否对这种材料的工作原理感兴趣呢？提前一周的时间让学生思考并自学相关知识并形成小组报告的形式在教师开讲之前作汇报，教师需根据学生们的阅读水平详细讲解此文献资料，并结合传统教学完成重点理论知识的传授，并做到精准传递，为学生的后续研究性学习提供素材，这一部分传统模式的课堂教学务必做到信息量大且高效。

所有作为问题引入的文献均选用材料学科最前沿，最具权威而且创新性最强的文献资料，主要出处包括 *Science*、*Nature*、*Advanced Materials*、*Polymer* 等材料学顶级期刊。

不仅如此，在整个课堂教学过程中也自始至终按照提出问题，解答问题的思路展开知识传授过程，以此替代传统的陈述式教学模式。

2.2. 实践教学

结合教师或者学生的创新创业实验，将实验室自己制备的氧化石墨烯、石墨烯气凝胶、碳纳米管等功能体带到课堂给学生们进行实物展示，从而可以帮助学生将抽象的知识形象化，培养科研兴趣，提出问题，引发课堂讨论。比如图 1 中，(c)图中当石墨烯三维气凝胶回填苯乙烯单体并引发自由基聚合时，出现大量的气泡，而在(a)中很明显单独本体自由基原位聚合时不存在此问题，分析原因，探讨采用什么样的措施可以避免气泡的产生。并结合课题研究中已经进行的相关测试，性能分析等，如图 2 所示，展开课堂讨论，从材料结构上找原因，从制备工艺上改进。根据课堂讨论结果激发学生的探索精神，并可提供部分学生进入实验室参与研究的机会。

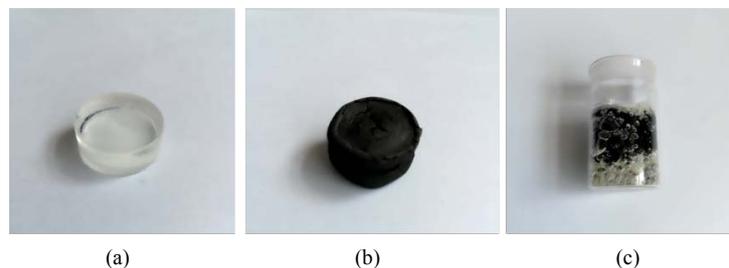


Figure 1. The lab-made three-dimensional (3D) graphene aerogel/polystyrene (PS) conductive functional composites. (a) PS prepared by situ polymerization; (b) 3D graphene aerogel; (c) 3D graphene aerogel/PS conductive composites

图 1. 实验室自制石墨烯三维气凝胶/聚苯乙烯(PS)导电功能复合材料。(a) 本体原位聚合聚苯乙烯; (b) 石墨烯三维气凝胶; (c) 石墨烯三维气凝胶/PS 导电功能复合材料

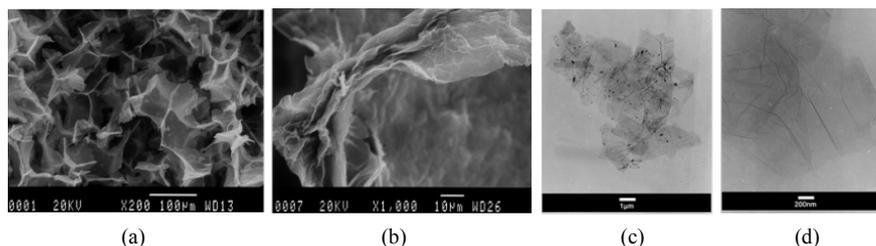


Figure 2. SEM of the microstructure. (a) (b) Graphene's 3D aerogel in the laboratory; (c) (d) TEM of graphene

图 2. 实验室自制碳系石墨烯导电功能体微观结构。(a) (b) 石墨烯三维气凝胶的 SEM 图; (c) (d) 石墨烯的 TEM 图

2.3. 小组讨论汇报

给学生一个设计任务，以导电功能复合材料为例，布置相应的题目，比如设计一种防雷达探测波的隐身飞机用涂料，这种材料不仅需要添加导电功能体，为满足某些特殊要求还需加入磁性功能体，也可以认为是一种多功能复合材料。从基体、功能体等的原料选择到结构设计，成型工艺等一系列问题，充分利用第一步传统教学所讲授的知识，查阅相关文献，学会思考问题，解决问题。分组做汇报，并以课堂小组讨论汇报的形式展开课堂讨论。每个小组成员间分工协作，汇报完成后，结合他组成员评分、自评评分以及教师评分，得出最终每个小组的成绩，并在每次小组汇报后选出最佳组员。锻炼学生分工协作，语言组织，问题处理等方面的能力。而且半学期结束后，要重新调整每组成员，实现学生角色的流动性，避免形成惯性、惰性组合，真正起到锻炼学生能力的作用。自评表和他组评价表如图 3 所示。

2.4. 线上线下结合教学

建立课程微信群，或者利用“雨课堂”，结合上述两个环节的内容给出随堂测验试题或重点、难点抢答，让学生线上提交试题答案，并结合答题情况，进行适时讲解和补充。据此可以全面了解学生对理论知识掌握的程度，巧妇难为无米之炊，必须有理论知识作铺垫，才能在此基础上推陈出新。实时跟进，与学生交流以上任何内容的问题，跟进小组设计任务的进度，实时为学生提供相应的数字资源，但绝不替代思考，让学生学会找资源，整合资源，提炼所需知识点的能力等，做学生研究性学习的引导者，协助者，伙伴。做好相关章节拓展学习信息的推送，包括全球最新研究成果的推送。在本领域中各种各样奇思妙想不断被科研工作者们实现的相关信息被推送到学生眼前的过程中，就潜移默化地培养了学生研究性学习的兴趣和信心，从而助力学生自驱动学习模式的开启。

综上，本章内容的课堂教学方案设计如下图 4 所示。改变传统教学教师以单方面传授知识为主的教学模式，转变为以学生自我驱动的学习为主，锻炼其终身学习的能力，通过学生的研究性学习，充分利用网络信息化时代的特点重塑“教与学”。

评价标准			
小组编号及成员			
选题			
小组成员分工			
姓名	分工	评价	分数
序号	评价项目	评价权重	
1	仪表 仪表仪容整洁, 使用普通话演讲。	10	
2	态度 准备充分, 讲解娴熟, 认真, 投入, 时间把握合适。	10	
3	内容 内容丰富, 紧扣学科前沿, 逻辑性强, 条理清晰, 表达清楚, PPT制作美观大方。	25	
4	气氛 能调动大家积极参与, 演讲热情、生动有感染力。	10	
5	交流 能够激发大家的好奇心并提出问题, 双方积极探讨并解决问题。	25	
6	资料 文献选择是否符合要求, 是否新颖, 是否足够支撑所选题目。	10	
7	协作 在准备, PPT制作, 演讲, 气氛调动, 交流过程中所表现出的团队协作精神。	10	
总体评价得分:			
日期:			

Figure 3. Scoring criteria of sub-group report. (a) Other group rating scale; (b) Self-assessment rating scale

图 3. 分小组汇报评分标准。(a) 他组评分表; (b) 自评表

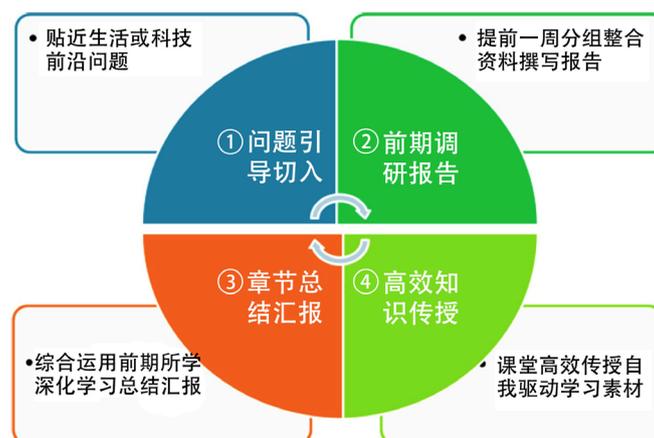


Figure 4. Schematic diagram of classroom teaching plan

图 4. 课堂教学方案设计示意图

3. 效果反馈与策略优化

此部分包括实时性、阶段性和整体性效果反馈与策略优化。

1) 实时性效果反馈和策略优化, 贯穿于整个研究性教学过程中。无论是在问题引入还是实践教学, 无论是线上线下结合教学还是小组讨论汇报过程中, 所有的问题都要有 A、B 两套方案, 若遇到课堂反响不是很热烈的情况, 要用替代方案解决, 做到有备无患。

2) 阶段性效果反馈与策略优化。包括课程设计的每一环节、每一章的效果反馈与策略优化。如果在某一环节上有欠缺, 可以想办法在下一环节适当加以弥补; 如果某一章教学效果有不足之处, 则在下一章进行之前就要做好策略优化的预案, 避免同样的情况在下一章的教学过程中出现。

3) 整体性效果反馈与策略优化。当课程所有章节内容都进行完之后, 通过学生结题报告的形式观察一个学期的教学效果反馈, 并据此对下一学期本课程的教学设计和策略进行优化改进。

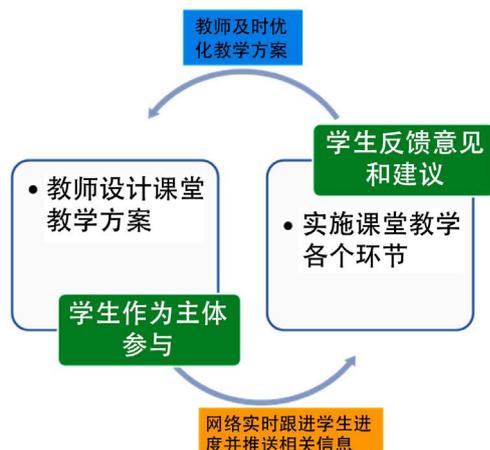


Figure 5. Schematic diagram of the whole curriculum design scheme

图 5. 整个课程设计方案流程示意图

具体措施包括在每一章内容结束后征求学生对教学模式和教学方法的意见和建议。要确实保证这些意见和建议在下一个章的教学过程中及时的加以体现，这样才能激发学生更进一步向教师提出真实想法的欲望，否则很难达到真正想要的效果。

本课程一共有十个章节，每一章的教学方案都会在前一章内容的基础上加以改进，不断完善，做到教学方案的优化也成为一个自我驱动的过程，如图 5 所示。

任意阶段的效果反馈均可以通过学生们的课堂表现、小测试、问卷调查、匿名字条等形式进行思考总结；同时由于本课程每一章的内容都相对独立，完整的教学设计可以体现在每一章内容里面，所以策略优化过程可以实现多阶段化，从而更加灵活有效。

4. 实施范围和推广应用价值

适用于课程特点类似于《功能复合材料》，课程内容章节较多，且每一部分均可独立成体系的任何理工科的专业核心课程、专业必修课程或者专业选修课程。

计算机和互联网的环境大大改变了现代大学生的行为模式和学习方式，也同样对现有的大学教学的各个方面造成冲击，但信息化、数字化是全球大趋势，现代高等教育教学模式必须顺势而为，进行教学模式的改革，否则必然会背离大学培养现代化人才的初衷，所以本研究性课程建设的实施方案就是在这个从传统教学模式向数字化、网络化教学模式转化过程中的必由之路，根据不同学科和课程归属不同，稍加调整，可在任何一门旨在推动学生研究性学习，重塑“教与学”教学模式的课程中推广。

致 谢

本文得到 2017 年青岛大学第一批教学研究与改革项目“《功能复合材料》研究性课程建设”(20171123)、山东省研究生教育创新计划项目“材料学科研究生校企协同创新实训平台建设及其培养模式研究”(SDYY14028)和青岛大学教学研究与改革项目“材料学科本科生校企协同创新实训平台建设及其培养模式研究”(20151124)的资助。

参考文献

- [1] 徐青, 张云, 应飏. 试论研究性大学创新性科研团队的建设[J]. 中国高教研究, 2009(3): 49-50.
- [2] 张建华. 应用型人才培养中数值计算方法课程教学改革与实践[J]. 大学教育, 2013(8): 51-52.

-
- [3] 顾沛. 把握研究性教学推进课堂教学方法改革[J]. 中国高等教育, 2009(7): 31-33.
- [4] 赖生建. 《计算电磁学》课程研究性教学实践[J]. 实验科学与技术, 2013, 11(6): 262-264.
- [5] 李胜清, 康勤书, 陈浩. 分析化学“四位一体”研究性教学模式的构建与实践[J]. 理工高教研究, 2009, 28(5): 60-62.
- [6] Kamp, A. (2014) Engineering Education in a Rapidly Changing World. *Rethinking the Mission and Vision on Engineering Education at TU Delft*, **10**, 16-17.
- [7] 刘淑清, 王晓东. “发展经济学”课程研究性教学模式设计研究[J]. 生产力研究, 2015(11): 110-113.
- [8] Lei, T., Shao, L.-L., Zheng, Y.-Q., Pitner, G., Fang, G.H., Zhu, C.X., Li, S.C., Beausoleil, R., Wong, H.-S.P., Huang, T.-C., Cheng, K.-T. and Bao, Z.N. (2019) Low-Voltage High-Performance Flexible Digital and Analog Circuits Based on Ultrahigh-Purity Semiconducting Carbon Nanotubes. *Nature Communications*, **10**, 2161. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10145-9>