

教研相融视角下《创新科研短课》教学模式探索 ——以近红外二区有机光功能材料的诊疗应用为例

燕鼎元, 王东

深圳大学, 广东 深圳 518060

DOI:10.61369/EIR.2025040032

摘要 本文以近红外二区材料诊疗应用为例, 探索《创新科研短课》教学模式。依相关纲要, 针对传统教学问题, 设计多模块内容, 分析教学特点与难点, 通过项目驱动等多种手段改革, 构建教研良性循环, 为人才培养提供支撑。

关键词 科研创新; 教学改革; 以赛促学; 近红外二区; 疾病光学诊疗

Exploring the Teaching Mode of Innovative Short Research-Oriented Courses – Taking Near-Infrared-II Organic Functional Materials and Their Theranostic Applications as an Example

Yan Dingyuan, Wang Dong

Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong 518060

Abstract : Taking the theranostic applications of NIR-II materials as an example, this paper explores the teaching mode of "Innovative Short Courses on Scientific Research". Based on relevant guidelines, it addresses problems in traditional teaching, designs multi-module content, analyzes teaching characteristics and difficulties, and carries out reforms through various means such as project-driven approaches, so as to establish a positive cycle of teaching and research and provide support for talent cultivation.

Keywords : research innovation; teaching reform; promoting learning through competitions; near-infrared-II; disease phototheranostics

《教育强国建设规划纲要》明确提出, 要实施基础学科与交叉学科重点突破计划, 强化高水平研究型大学在国家基础研究体系中的骨干地位, 构建科技创新与人才培养相互促进的教学科研协同发展机制。这一要求直指高等教育改革的核心命题——教学与科研深度融合(教研相融)。作为推动教育质量提升与科技创新的关键策略, 教研相融已成为高等教育领域的共识, 其不仅是实现内涵式发展的必由之路, 更是支撑国家高水平科技自立自强的战略支点。在材料、医学等高度依赖实践的专业领域, 传统教学模式往往存在理论与科研实践脱节的问题: 学生掌握了系统的理论知识, 却缺乏将知识转化为科研创新的能力; 课堂教学内容更新滞后于前沿研究, 难以激发学生的探索欲; 科研训练多集中于高年级或研究生阶段, 低年级学生缺乏早期介入科研的机会。这些问题导致学生的创新思维、实践能力与国家战略需求存在差距, 难以适应学科交叉融合背景下对拔尖创新人才的要求^[1]。

近红外二区(NIR-II, 1000–1700nm)有机光功能材料因其在生物医学成像与治疗中的独特优势, 已成为材料科学与医学交叉领域的研究热点。这类材料具有穿透深度大、组织散射低、生物相容性好等特点, 可用于肿瘤精准诊疗、血管成像等前沿领域。然而, 其合成工艺复杂、跨学科知识要求高, 对学生的科研素养与实践能力提出了严峻挑战。科研短课作为一种短周期、聚焦性的科研训练形式, 为破解上述困境提供了新思路。它以真实科研项目为载体, 将前沿成果动态融入教学, 通过“短平快”的训练模式, 让学生在有限时间内经历完整的科研流程, 从而有效激发创新思维、提升实践能力。基于此, 本文以《创新科研短课》为研究对象, 结合近红外二区材料的诊疗应用案例, 探索其教学模式的设计与实践。

一、《创新科研短课》课程教学内容设计

养链条。课程面向材料、化学、医学等专业的大二至大四本科生, 根据学生年级差异设置基础版与进阶版, 实现阶梯式培养。

(一) 科研选题与设计模块

本模块旨在培养学生从实际问题中提炼科研选题的能力, 分

作者简介: 燕鼎元(1991—), 男, 山东枣庄人, 研究员, 博士, 主要研究方向为近红外二区疾病光学诊疗。

为3个教学单元：

1.选题方法论：结合近红外二区材料的前沿研究，介绍“国家需求导向”与“学术前沿驱动”两类选题路径。例如，以“肿瘤微环境响应型近红外二区荧光探针的设计”为例，展示如何从国家癌症防治战略中挖掘研究方向。

2.文献检索与分析：系统训练学生使用Web of Science、CNKI等数据库，掌握文献筛选、综述撰写的方法。要求学生针对选定方向，完成50篇核心文献的精读，提炼研究现状、争议焦点与空白领域，形成文献综述报告。

3.研究方案设计：指导学生将选题转化为可操作的研究方案，包括实验设计、变量控制、数据采集方法等。

（二）实验技能与实践模块

本模块聚焦科研实践能力的培养，注重理论知识与实验操作的结合，包含2个教学单元：

1.基础实验技能训练：根据不同专业特点，开展针对性的技能培训。材料专业侧重近红外二区材料的合成、表征；医学专业涵盖细胞培养、荧光成像（如小动物活体成像系统）等。确保学生掌握核心设备的原理与操作。

2.小型科研项目实践：以教师在研项目的子课题为载体，让学生分组完成为期2周的实验，使学生在真实科研情境中体验实验设计、数据记录、结果验证的全过程。

（三）数据分析与学术表达模块

本模块重点提升学生的科研成果转化能力，包括3个教学单元：

1.数据处理与可视化：教授Origin等软件的使用，指导学生对实验数据进行统计分析（显著性检验、误差分析等），并通过图表（荧光光谱图、流式细胞术结果图）清晰呈现结果。

2.学术论文写作：讲解论文写作中摘要、关键词、引言的撰写技巧，重点训练“结果与讨论”部分的逻辑表达，提炼创新点。例如，在讨论“近红外二区材料的肿瘤成像效果”时，需结合活体成像数据与病理切片结果进行综合分析。

3.学术汇报与答辩：模拟学术会议场景，要求学生以PPT形式汇报项目进展，接受教师与同学的提问，提升学生的逻辑思维与口头表达能力。

（四）前沿专题与交叉融合模块

本模块旨在拓宽学生的学术视野，促进学科交叉，设置2个教学单元：

1.前沿成果解读：邀请材料学与医学领域的教师分享最新研究成果，例如“近红外二区光热治疗材料的临床转化进展”“稀土上转换纳米材料在脑科学中的应用”等，展示交叉学科的创新路径。

2.跨学科项目设计：组织学生跨专业组队，围绕复杂问题（如“近红外二区材料的诊疗一体化设计”）设计跨学科研究方案，要求融合材料合成、生物医学成像、药理学等学科知识，培养学生的协同创新能力。

二、《创新科研短课》教学特点与难点

（一）教学特点

1.强实践性与前沿性：课程以近红外二区材料的真实科研项目为载体，学生全程参与材料合成、生物相容性测试、活体成像

等实验环节。

2.短周期与高强度结合：课程时长通常为18学时（每周3学时，共计6周），在短时间内浓缩科研全流程，要求学生快速进入状态，兼具时间管理能力与抗压能力。

3.跨学科性：打破材料与医学的专业壁垒，鼓励学生运用多学科知识解决问题^[3]。例如，在“近红外二区荧光探针的肿瘤靶向递送”项目中，材料专业学生负责探针合成，医学专业学生开展细胞实验验证靶向性。

（二）教学难点

1.课程周期短与内容深度的矛盾：6周的时长难以覆盖近红外二区材料的全部细节，若追求广度则可能导致深度不足，学生仅能“浅尝辄止”；若聚焦单一环节，则无法形成完整的科研认知。例如，材料合成环节可能需要更深入的反应机理分析，但受限于时间，学生只能掌握基本操作。

2.学生科研基础差异显著：低年级学生缺乏实验技能与科研思维，高年级学生可能已具备一定基础，如何实现“因材施教”成为难题。例如，大二学生可能需要额外的基础实验培训，而大四学生则希望参与更具挑战性的跨学科项目。

3.科研资源分配与安全风险：短课需大量使用精密仪器（如小动物活体成像系统）与危险化学生物试剂（如异氟烷等），而高校科研设备通常优先服务于科研项目，难以满足短课的集中使用需求；同时，学生操作经验不足可能引发安全风险。

4.评价体系的复杂性：传统课程以考试或报告为评价核心，而科研短课的成果可能是“未成功的实验数据”或“存在缺陷的方案”，如何科学评价学生的科研过程（如创新思维、问题解决能力）而非仅看结果，是评价体系设计的难点。

5.教师能力要求高：授课教师需同时具备扎实的材料合成理论、丰富的医学实验经验与教学组织能力，既能指导学生解决实验难题，又能引导学生提炼创新点，对教师的“教研双能”提出挑战。

三、《创新科研短课》教学手段改革探索

1.项目驱动式教学：以具体科研问题为起点，驱动学生主动探究^[3]。例如，在材料专业的“近红外二区荧光染料的光稳定性提升”短课中，教师首先提出问题：“如何通过分子结构设计增强染料的抗光漂白能力？”，引导学生通过文献检索提出假设（如“引入刚性平面结构”），再设计实验验证（改变取代基种类、反应温度等变量），最终形成优化方案。

实施步骤：

（1）问题导入：教师结合自身科研项目或国家需求，提出具有探究价值的问题（如“如何提高近红外二区材料的肿瘤靶向性？”），明确研究目标与边界。

（2）分组探究：学生以3-5人小组为单位，通过头脑风暴确定研究思路，教师仅提供方法指导（如“可参考点击化学进行靶向基团修饰”），不直接干预方案设计。

（3）过程指导：教师每周组织1次小组汇报，针对实验中出现的问题（如“荧光量子产率偏低”）引导学生分析原因（是合成工艺问题还是表征方法不当？），而非直接给出解决方案。

（4）成果反思：项目结束后，要求学生撰写“科研日志”，

记录成功经验与失败教训，重点反思“如果重新设计实验，会在哪些环节改进”，培养其批判性思维。

2. 双导师协同指导：破解“教研脱节”难题：采用“科研导师+教学导师”双导师制：科研导师由从事一线研究的教授担任，负责指导科研方法（如材料合成、荧光成像）；教学导师由具有丰富教学经验的教师担任，负责衔接理论知识（如将实验中的“荧光共振能量转移”与课本中的“光物理原理”结合）。

具体分工：

· 科研导师：每周1次实验室指导，演示关键仪器操作（如透射电镜），点评研究方案的创新性；

· 教学导师：每周2次理论辅导，通过案例（如用“斯托克斯位移”解释荧光光谱红移）帮助学生巩固理论基础，避免“只做不学”。

优势：在医学专业的短课中，科研导师可能更关注“荧光探针的肿瘤穿透效率”，而教学导师则会补充“生物膜通透性理论如何支撑这一现象”，实现科研实践与理论知识的无缝衔接。

3. 科研案例动态转化：建立“科研成果教学化”机制，将教师的在研项目转化为教学案例。例如，某教师在研究“近红外二区光热治疗材料”时，可将以下内容转化为短课案例：

（1）失败案例：分享早期实验中“因溶剂选择不当导致材料聚集沉淀”的经历，讲解实验设计中“控制变量”的重要性；

（2）方法创新：介绍团队开发的“微波辅助合成法”如何缩短反应时间，引导学生思考“该方法是否适用于其他材料合成”；

（3）数据争议：展示不同批次实验中出现的“荧光强度波动”，训练学生分析误差来源（仪器精度、操作差异等）。

实施方式：

· 建立“案例库”：要求教师每学期提交1-2个转化案例，由教学团队审核其教学适用性；

· 采用“反转课堂”：让学生提前阅读案例材料，课堂上以“如果我是研究者，会如何改进”为题展开讨论。

4. 多元评价体系：聚焦“过程性能力”考核

构建“过程+成果+潜力”三维评价体系，打破“唯报告论”：

（1）过程评价（50%）：

· 科研日志质量：记录的完整性、反思的深度（如“是否分析了实验失败的根本原因”）；

· 小组贡献度：通过peerreview（同学互评）与教师观察，评估学生在团队中的角色（如是否主动承担难点任务）。

（2）成果评价（30%）：

· 方案创新性：研究思路是否有别于传统方法（如“是否首

次将机器学习用于材料结构优化”）；



· 数据可靠性：实验设计是否规范，数据是否可重复。

（3）潜力评价（20%）：

· 提问质量：在汇报或讨论中提出的问题是否具有启发性（如“该材料的生物降解性如何验证？”）；

· 改进建议：对项目的后续研究方向是否有合理设想。

评价方式：采用“雷达图”呈现结果，清晰展示学生在“创新思维”“实验技能”“团队协作”等维度的表现，而非单一分数。

5. 跨学科协同创新：拓展科研视野

（1）跨专业选题：设置“学科交叉专项”，例如“基于近红外二区材料的肿瘤诊疗一体化设计”需融合材料学（纳米颗粒制备）、医学（肿瘤靶向机制）、化学（靶向分子修饰）等学科知识。

（2）混合编组：要求每组至少包含2个专业的学生（如材料+医学），在“近红外二区荧光探针的细胞毒性测试”项目中，材料专业学生负责探针合成，医学专业学生开展细胞实验，计算机专业学生进行数据分析模型构建。

（3）跨界成果展示：举办“创新短课成果展”，邀请不同学科的教师与企业代表点评，促进成果向实际应用转化。

四、结束语

《创新科研短课》作为教研相融的重要实践载体，通过“选题—实践—研讨—转化”的内容体系与项目驱动、双导师指导等手段，构建了“教学促科研、科研反哺教学”的良性循环^[4]。其核心价值不仅在于提升学生的科研技能，更在于培养其“像研究者一样思考”的创新思维，这正是《教育强国建设规划纲要》所倡导的拔尖创新人才培养的关键。

以近红外二区有机光功能材料的诊疗应用为案例，本文展示了如何通过短课教学破解传统教育中的“理论—实践”脱节难题，促进学科交叉融合。尽管课程面临周期短、资源紧张等挑战，但通过多元评价、跨学科协同等改革措施，可有效破解难题。未来，需进一步深化“科研案例动态更新机制”与“跨校资源共享平台”建设，使《创新科研短课》成为连接基础研究与人才培养的稳定纽带，为实现高水平科技自立自强提供坚实的人才支撑。

参考文献

- [1] 陈思, 李凌云, 孔小丽, 等. 医学免疫学创新研究短课的探索 [J]. 基础医学教育, 2020, 22(01): 9-11.
- [2] 余夏夏, 应颖, 陈思, 等. 大数据时代下基于医工融合的医疗人工智能创新研究短课的探索与实践 [J]. 中国高等医学教育, 2024, (03): 13-15.
- [3] 胡利鹏. 《热电材料与器件》课堂教学手段探索 [J]. 广东化工, 2020, 49(16): 265-266.
- [4] 焦哲, 王婷婷, 曾燕艳, 等. 引入“聚集诱导发光(AIE)”理论开展创新短课的研究与实践 [J]. 广东化工, 2023, 50(09): 228-229+225.