

## 材料类专业工程数学课程教学改革的探索与实践\*

潘 锴

(湘潭大学, 材料科学与工程学院 湖南湘潭 411105)

**摘要:** 工程数学作为材料类相关专业的一门重要基础课程, 是解决材料领域科学与工程问题的重要工具。然而, 现有的工程数学教材内容单一, 教学内容缺乏与专业知识的交叉融合, 使得学生很难认识到工程数学在材料领域的应用价值。同时, 工程数学的考核方式单一, 评价反馈机制不完善, 很难准确反映学生对工程数学知识的掌握程度和应用能力, 导致教师无法及时调整教学内容、教学方式、考核形式等, 极大地降低了工程数学的实际教学效果。基于此, 高校应通过融合材料专业特色和人才培养需求, 修订教学内容, 探索多维度、多阶段的课程考核方法, 建立高时效的双向评价反馈机制, 推动工程数学与材料专业的交叉融合, 致力于培养契合材料专业需求的“新工科”工程技术人才。

**关键词:** 工程数学 材料类专业 教学改革 多维度考核 双向评价反馈机制

**中图分类号:** G642 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.12218/j.issn.2095-4743.2023.05.082

### 一、教学改革的需求与理念

1. 工程数学教学改革是材料类“新工科”建设的迫切需求

高校作为工程技术人才培养基地, 在“新工科”背景下, 创新工程人才培养理念, 改革传统教学模式, 健全教学评价机制, 对培养材料专业一流人才, 推动新材料及其产业快速发展具有极为重要现实意义<sup>[1]</sup>。工程数学课程体系包括线性代数、概率论、复变函数, 以及数理方程, 在材料微结构演化、多场下的材料力学和物理性能分析, 以及材料科学中的信息学方法等方面具有广泛的应用价值。而材料类“新工科”建设要求工程技术人才必需具备较强地解决材料工程问题的能力, 迫切要求工程数学的课程内容、教学方法注重与材料工程应用场景的结合, 考核方式上着重培养和考查学生利用工程数学知识解决现实中材料工程问题的能力。

2. 工程数学教学改革是创新型材料类工程技术人才的坚实基础

因国内外对新材料科学技术发展的迫切需求, 材料学科人才培养也日趋受到各国的高度重视, 诸多高校都提出了培养具有创新型材料学科本科人才的新举措。清华大学以培养“复合型拔尖创新人才为目标”, 强调“厚数理基础”; 北京科技大学提出了“四阶递进, 三体并举”创新型本科人才培养体系; 中南大学始终强调“社会需要为导向”, 以“厚基础, 宽专业, 强实践, 重创新”为培养方针; 湖南大学人才

培养目标为“宽口径、厚基础、强能力、重创新”<sup>[2]</sup>。由此可见, 夯实“数理基础”是培养学生持续“创新能力”的坚实基础。湘潭大学材料类专业的人才培养以材料与力学学科交叉为特色, 着重数学、物理、化学、力学基础学科专业与材料类工科专业相互融合, 培养兼具“科学”与“工程”素养的材料类复合型人才。2015年, 湘潭大学开设“师昌绪材料班”以来, 对创新型材料类工程技术人才更加重视。创新型材料类工程技术人才的职业需求要求其具备能从工程技术问题中发现并提炼科学问题的能力, 而工程数学是训练和培养科学素养的重要基础课程, 因此, 工程数学教学改革是培养材料专业创新型工程技术人才的坚实基础<sup>[3]</sup>。

3. 《工程数学》教学改革以与材料学科特色有机融合为基本理念

工程数学作为工科专业的必修基础课程, 已经成为高校工程教育的重要内容。工程数学的核心在于运用数学基础知识, 解决实际科学与工程问题, 因此, 成为材料专业创新型工程人才培养不可或缺的基本数学素质。然而, 长期以来, 不同学科的工程数学教学内容和要求高度统一, 极少融合各专业特色, 有悖于各学科不同的人才培养目标, 不利于因材施教和工程技术人才的专业培养。材料学科作为发展中的新兴学科, 具有明显的多学科交叉特色, 为融合材料学科特色的工程数学教学与实践带来了极大的挑战, 鲜有针对材料学科的工程数学教学内容的系统修订。可见, 工程数学教学改

\*本文系“材料类专业《工程数学》多维立体教学模式的探索与实践”湘潭大学教改项目的阶段性成果。

革的核心理念是对现有教学内容进行精细化修订, 实现与材料学科特色的有机融合, 既体现材料类专业特色, 又能反映学校的材料学科特色。这契合了各学校的材料类专业人才培养的目标和特色。

当前, 工程数学的考核方式较为单一, 评价反馈机制缺乏时效性, 使得工程数学教学效果不甚理想, 且难以考查学生运用工程数学知识解决材料领域科学与工程问题的综合能力。近年来, 工程数学的教学考核和评价机制已经进行了探索实践, 如王小侠等提出阶段性考试与期末考试相结合的考核方式, 如随堂考试、单元测试、周考、月考等; 段炼等提出考核中增加专题研究、学习札记、研究论文等学生自选的实践环节。但是, 该考核方式仍以考试为主, 并未真正实现多维度考核, 且未体现工程数学与专业知识的有机融合。因此, 工程数学教学改革还需要探索建立多维度考核方式和高时效双向评价机制, 为提升学生应用工程数学知识, 解决材料中科学与工程问题奠定重要基础<sup>[4]</sup>。

## 二、改革的内容和方式

### 1. 融合专业特色修订教学内容

以往, 工程数学的教学内容重点聚焦于概念、性质、定理的讲解, 应用局限于基础运算和证明, 无法引导学生建立工程数学基础知识与材料类专业的科学与工程问题间的直接关联, 导致学生很难真正认识到工程数学在材料领域的实际应用价值。当前, 工程数学教材内容单一, 因而教师的教学内容也很少结合学科背景对相关知识点进行阐述, 从而导致学生很难从课程中体会到工程数学与材料科学和工程问题的直接联系, 无法联想工程数学在材料类专业的具体应用场景。我们从以下三方面着手修订工程数学教学内容, 力图让学生切实感受到工程数学在材料领域中的广泛应用价值。①在教学内容中, 增加工程数学与专业课程间的关联图形, 有助于学生直观认识到工程数学各知识点在专业课程中潜在的应用价值。②结合材料类本科专业课程, 凸显工程数学课程与专业课程间的关联, 对教学内容进行修订。例如, 将线性方程的解法与材料力学中的受力分析结合, 将结合坐标变换与材料科学基础中晶体取向相关联, 将正交变换与材料固体力学中主应力空间结合等。这样学生可以将工程数学熟练运用于解决专业课程中的具体问题。③结合教学团队的科研背景, 将部分具体实际问题进行简化形成实例, 融入课程教学中作为应用实例讲解。这有助于学生了解工程数学课程在材料领域真实直观的应用场景, 同时也能够让学生建立物理本质与数学模型的抽象关联, 为学生未来科学研究和工程实践

奠定基础。

### 2. 探索多维度考核方式

为建立多维度的工程数学考核评价机制, 力图多角度、多层次考查学生对工程数学知识点的掌握程度及其在材料领域的应用水平, 以全面掌握学生的学习深度、知识综合能力、知识再创造能力。我们将工程数学考核发展为阶段性和学期性两种不同周期的考核方式, 同时引入考查和考试两种类型的考核形式。阶段性考核采取期中考试, 考核时间安排在课程的后半段, 核心目标在于考查学生对工程数学知识在专业领域的综合应用能力。期中考试的具体形式如图1所示, 类似于数学建模, 以班级分组两两对抗的形式开展: ①学生结合其专业背景进行自主选题, 可以结合专业中的材料类课程、力学类课程、电工电子技术等专业基础课程, 具体题目要求结合材料类专业应用场景; ②基于工程数学知识建立数学模型, 使用科学计算软件进行数值计算与模拟, 分析并讨论计算结果; ③以PPT的形式进行阐述, 各组PPT阐述人数不设限制, 为充分给予学生展现自我的机会; ④同时, 对抗的小组间彼此提问且答疑, 每位同学必须提出和回答一个问题, 对多提问多回答的学生予以适当加分; ⑤由多名专业教师组成的点评团队对对抗的两组进行一一点评, 同时对学生选题、研究内容和分析能力、PPT制作和演讲能力、学生的提问与回答问题的准确性与关联性进行打分。

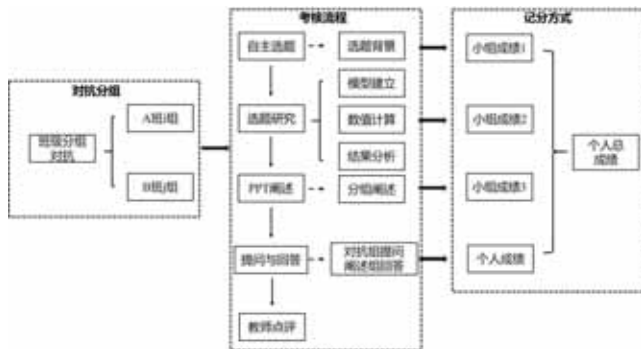


图1 期中考核的分组考核流程及记分方式

### 3. 建立高时效双向评价反馈机制

高校师生间对教学内容、教学效果、考核方式等的双向评价反馈机制往往非常薄弱。一般都采用让学生对教师整体教学情况进行评价, 该方式尽管能在一定程度上反映课程教学效果, 但是很难获得学生的建设性建议, 且不具备时效性, 无法实现高时效的双向评价反馈, 导致教师很难基于评价反馈信息及时调整教学内容、教学方式和考核方式等。建立高时效的双向评价反馈机制, 主要包括如图2所示的两个方面: 教师对学生学习效果的评价与反馈; 学生对教师教学

内容、教学方式、考核安排和方式的评价与反馈。高时效双向评价反馈机制的具体举措主要包括：①通过教学软件对学生到课率进行分析，便于教师追踪旷课学生的学习进度，且学生也实时查阅自己到课情况，有助于在一定程度实现自我鞭策；②统计并分析每周课后错题情况后及时反馈给学生，并对错误率高的知识点进行针对性强化；③对课堂内练习和讨论中反映学生学习薄弱的知识点进行课后及时反馈。另外，学生对教师教学内容、教学方式、考核方式等评价反馈机制优化分为以下几个方面：①始终确保评价与反馈机制的匿名性，倡导学生畅所欲言；②激励学生在每次课后对教学内容、授课方式等进行实时评价，通过分析学生整体评价信息，及时调整教学内容的难点和重点、教学节奏，以及教学方式等；③对于各阶段的考查和考试，在考查或考试结束后，学生可以线上直接对考核方式、考核/考试内容评价，并提交建议和意见。教师通过线上广泛收集学生的真实评价，以此避免了问卷式调查的局限性，同时也能实现对评价的实时高效反馈<sup>[5-9]</sup>。



图2 建立的高时效评价反馈机制

### 三、改革的成效

工程数学的教学改革和探索实践已连续开展5年，涉及的材料类专业包括材料类师昌绪班、材料科学与工程，以及新能源材料与器件，参与的学生总人数达476人。工程数学教学改革已经取得了一定的成效：①学生运用工程数学知识解决材料领域科学与工程问题的能力得以提升。例如，学生运用线性代数、概率论等相关知识开展了包括铅酸电池剩余电量预测、红外单多频石墨烯谐振器吸波器、隔热材料、负泊松比材料、金属材料寿命预测等材料领域实际问题的研究。学生通过这样的考核方式深刻认识到工程数学在材料学科中的应用价值。②将工程数学知识应用于材料类专业力学课程，包括材料力学、材料固体力学、材料宏微观力学性能，以此分析材料的力学性能与力学行为，如磁电耦合超材料本构模型、刚柔耦合动力学建模与频率分析、飞机起落架的动力学建模与仿真分析、传递矩阵求梁的变形等，学生切实体会到工程数学与专业基础知识的深度融合。③锻炼了学

生运用科学计算软件的能力，如分块矩阵在有限元方法中的应用等，加强了学生运用科学画图软件进行材料结构设计，为优化材料结构和性能奠定了重要基础。④提升了学生的科学文献查阅与阅读能力，提高了学生的科学素养；⑤高效的评价反馈机制也使得学生和教师能够实现实时自查和快速调整，实现了师生间关于教学内容、教学方式、考核形式等动态的、高效的、良性的互动。

尽管当前教学改革和实践过程中取得了一定的成效，但是仍然存在诸多不足，在未来教学实践中仍需要完善和调整。（1）工程数学的课程安排一般在大学二年级，学生的材料专业基础知识较为薄弱。因此，需要对材料领域科学与工程应用进行适当简化再引入教学内容，这对未来教学内容的精细化修订提出了较高的要求。（2）目前，师生的双向评价反馈机制还处于初步探索阶段。未来可以利用机器学习对学生的评价进行分类，并可视化的方式的呈现，将极大增加双向评价反馈机制的时效性。

### 参考文献

- [1]吴爱华,杨秋波,郝杰.以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J].高等工程教育研究,2019(01):1-7+61.
- [2]黄治同.面向“新工科”复合型创新人才培养的教学模式综合改革与实践[J].教育教学论坛,2019(16):224-225.
- [3]王树国.第四次工业革命背景下的高等教育变革与发展[J].中国高教研究,2021(01):1-4+9.
- [4]李磊,曲选辉.材料类创新型本科人才培养的探索与实践[J].中国大学教学,2015(04):40-42+50.
- [5]牟德一,任传荣,张青,韩雁.面向21世纪《工程数学》课程教学改革的构想与实践[J].工科数学,1999(03):100-103.
- [6]程荣福,杜忠复.提高《工程数学》课程教学质量的探索与实践[J].吉林化工学院学报,2012,29(02):90-93.
- [7]刘守宗,黄明湛.与专业相结合探讨工程数学教学模式[J].廊坊师范学院学报(自然科学版),2009,9(06):123-124.
- [8]王小侠,王文成,郭文艳,赵凤群.新形势下线性代数课程考核方式改革的探索与实践[J].科教导刊(中旬刊),2017(26):99-100.
- [9]段炼,方贤文.线性代数课程考核改革的探讨与实践[J].科教导刊(下旬),2017(18):47-48.

### 作者简介

潘镭(1987.8—),男,汉族,湖南省冷水江市人,博士,硕士生导师,研究方向:智能材料与结构。