

# 基于虚拟仿真、学科竞赛双驱动的实验教学改革探索 ——以《材料结构分析实验》为例

吕春菊 郭冰

中国计量大学材料与化学学院, 浙江 杭州 310018

**[摘要]** 高等学校理工类专业实验教学是培养学生实践能力和创新能力的重要教学环节, 在专业人才培养中发挥重要作用; 同时, 专业实验类课程也是发挥德育功能、体现思政要素的最佳载体。文中以中国计量大学材料科学与工程专业《材料结构分析实验》课程为例, 践行“以学生为中心”的教学理念, 通过虚拟仿真、学科竞赛双驱动的实验教学模式, 解决传统实验教学中存在的问题, 构建更全面的知识体系、丰富的教学内容, 在提高学生兴趣及综合实践能力的同时开展课程思政教育, 实现德才兼的高素质复合型新工科人才的培养。

**[关键词]** 虚拟仿真; 学科竞赛; 实验教学

DOI: 10.33142/fme.v5i1.12254

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

## Exploration on Experimental Teaching Reform Based on Virtual Simulation and Subject Competition Dual Drive ——Taking "Material Structure Analysis Experiment" as an Example

LYU Chunju, GUO Bing

School of Materials and Chemistry, China Jiliang University, Hangzhou, Zhejiang, 310018, China

**Abstract:** Experimental teaching in science and engineering majors in higher education institutions is an important teaching link for cultivating students' practical and innovative abilities, and plays an important role in the cultivation of professional talents; At the same time, professional experimental courses are also the best carrier for exerting moral education functions and reflecting ideological and political elements. The article takes the course "Experimental Analysis of Material Structure" in the Materials Science and Engineering major of China Jiliang University as an example, practicing the teaching philosophy of "student-centered". Through a virtual simulation and subject competition driven experimental teaching model, it solves the problems existing in traditional experimental teaching, constructs a more comprehensive knowledge system, and rich teaching content. While improving students' interest and comprehensive practical ability, it also carries out ideological and political education in the course, achieving the cultivation of high-quality composite new engineering talents with both morality and talent.

**Keywords:** virtual simulation; subject competition; experimental teaching

实践教学是高等学校整个教学活动中的一个重要环节, 是理论教学的验证、扩展和深化, 是引导学生将理论知识在实践中重构、学生综合应用知识分析和解决问题的重要途径。其中, 专业实验类课程作为实践教学的重要组成部分, 是培养学生专业素养、科学研究能力以及创新能力的关键, 在专业人才培养中发挥着至关重要的作用。同时, 专业实验类课程给予学生动手操作、亲身实践的机会, 是发挥德育功能、践行“以学生为中心”教学理念的最佳载体<sup>[1-2]</sup>。

2019 年, 中国计量大学材料科学与工程专业获批国家一流本科建设专业, 这就对人才培养的每个环节都提出了更高要求。《材料结构分析实验》课程是材料科学与工程专业本科生必修的一门极其重要的专业实验技术基础课。本课程的教学目标是使学生通过对材料结构分析常用实验技术方法和仪器设备的实验操作训练, 进一步理解和掌握各种材料分析方法的基本原理和方法, 并掌握数据获

取与处理、实验结果分析与讨论的方法, 为后续相关专业课程的学习、开展毕业设计、从事专业技术工作和科学研究奠定基础。本课程同时提出相应的思政目标为培养学生良好的实验习惯、精益求精的工匠精神、实事求是的科学态度和团队精神等。

本文通过剖析《材料结构分析实验》课程教学中存在的问题, 探讨虚拟仿真技术、学科竞赛双驱动模式下的实验教学改革, 贯彻“以学生为中心”的主体地位, 以期在切实提高学生专业实践技能、增强学生知识运用能力的同时, 实现思政育人, 为相关实验课程的教学改革提供借鉴。

### 1 本课程实验教学现状分析

#### 1.1 实验成本高、实验内容受限, 学生参与度低

《材料结构分析实验》课程为 32 学时, 开设的具体实验项目、课时安排以及基本要求如表 1 所示。除了金相试样制备及显微组织观察的实验外, 其他实验项目涉及的

仪器均属于大型精密设备，如扫描电子显微镜、透射电子显微镜、X射线衍射仪、综合热分析仪等。这些设备不但价格昂贵，运行成本高，而且操作过程复杂，学生在短时间内难以掌握其规范的操作，不规范的操作会给仪器灵敏度、精确度带来影响，甚至造成仪器的损坏，而这些设备维修成本高、维修时间长，同时大都作为学院里教师开展科研活动使用，这势必会影响教学和科研的正常开展。所以一般情况下，授课教师就只是安排学生完成其中的一部分实验，而仪器的操作则由受过专业培训的老师来完成，比如对X射线衍射实验，学生在动手方面只进行了不同样品的制备，实验内容被大大压缩。

表1 《材料结构分析实验》课程内容及要求

序号	实验项目名称	学时	基本要求
1	金相显微镜的使用及其铁碳合金平衡组织的观察	4	了解金相显微镜的构造，掌握金相显微镜的成像原理及其使用方法，熟悉碳钢平衡组织的显微形貌特征及识别方法。
2	金相试样的制备及显微组织分析	4	掌握金相样品制备要求和方法，掌握常见显微组织特征及识别方法。
3	X射线衍射实验	6	了解X射线衍射仪的组成、工作原理、基本操作步骤；掌握X射线衍射分析的样品制备方法；掌握XRD衍射数据的处理及分析方法。
4	扫描电子显微分析实验	6	了解扫描电子显微镜的基本组成、工作原理和基本操作步骤；了解样品的常规制备方法；掌握采用扫描电子显微镜所得结果的处理及分析方法。
5	综合热分析实验	6	了解综合热分析仪的基本结构与工作原理，了解仪器的操作方法和注意事项，掌握热分析对样品的要求，掌握热分析结果的处理及分析方法。
6	透射电子显微分析实验	6	了解透射电子显微镜的基本组成、工作原理和基本操作步骤；了解样品的常规制备方法；掌握对透射电子显微镜所得实验结果的分析方法。

再者，这些大型精密设备往往台套数非常有限甚至只有1台，在实际的教学安排中，要先对班级学生分组，一般每组6~8人，再安排每组学生在有限的时间段内到实验室进行实验。在实验过程中，学生大多只是围在仪器旁边听老师介绍仪器或者看老师的操作演示过程，学生们在实验过程中以参观学习为主，学生参与度低，往往处于被动学习状态，学生的动手能力、解决问题的能力等均无法得到有效提高；并且由于人数较多、场地有限，有些学生很难看清演示过程，甚至对有些不自觉的学生，上课期间主动发生游离的现象屡见不鲜。所以，真实实验课堂中，学生的成效甚微。另外，现代仪器设备大都集成度、自动化程度高，零部件嵌于内部，大部分操作在计算机上来完

成，有些只要设置好参数后运行软件即可。学生无法直接观察到了解仪器的内部构造，这对抽象的仪器工作原理而言，学生理解和掌握起来存在很大的难度。

### 1.2 课程思政的渗透性不强

实践教学作为工科教学活动的重要组成部分，承担着培养学生动手、创新实践任务的同时，也是落实“三全育人”理念的重要途径。虽然本实验课程提出了培养学生良好的实验习惯、精益求精的工匠精神、团队协作等方面的思政目标，但因本课程存在实验内容多而课时少、实验场地不足以及实验设备台套数少等诸多问题，教师在课堂的实验教学过程中，既要兼顾理论的讲解，又要进行仪器设备的介绍以及实验操作的演示，留给每位学生动手操作的时间是远远不够的，难以达到在动手实践中去深入贯彻本课程提出的课程思政教学目标。

### 2 虚拟仿真、学科竞赛双驱动教学模式的必要性和可行性分析

虚拟仿真实验是真实实验的重要补充，具有重要的现实意义。2017年，教育部发布《教育部办公厅关于2017-2020年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知》，2019年发布《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》，其中就包含虚拟仿真实验教学一流课程建设内容。虚拟仿真实验教学已越来越受到重视和深入，对于基于高成本、目前尚不能完全向本科生开放的大型仪器设备实验项目，虚拟仿真实验正是不二选择。将虚拟仪器引入《材料结构分析实验》的教学中，不但能克服真实实验教学中存在的各种缺点，便于学生直观了解各种大型仪器的结构、工作原理，而且拓展了实验教学内容的广度和深度，延伸了实验教学的时间和空间，可以充分激发学生的学习兴趣，有效调动学生自主学习积极性，更好地培养学生的科研素养，提升学生的实践创新能力和主动探索精神，提升本实验教学的质量和水平<sup>[3-4]</sup>。目前，各类大型材料分析仪器虚拟仿真项目不断充实和完善，可以在实验教学过程方便地被采用。

金相实验技术作为材料开发、产品质量检验及失效分析常用的分析方法，是材料科学与工程类专业学生必须掌握的基本实验技能之一。因此，针对《材料结构分析实验》课程，中国计量大学材料科学与工程专业从其开设之初就将金相试样的制备以及组织观察方面的实验项目纳入其中。不同于其他的结构分析实验项目存在设备昂贵、操作复杂等限制，金相实验在真实实验中可以有人人动手的机会。金相实验需要经历磨制、抛光、浸蚀等工序，才能制备出清洁、平整、在金相显微镜下可以清晰观察到显微组织的样品，不但技术实践性、操作性非常强，更为重要的是金相试样制备是一个熟能生巧、精益求精的过程，需要同学们沉下心来，不断地去练习，总结经验，积极思考。金相试样制备技能的训练过程恰恰就是落实思政元素、进行润物无声培育人的过程。全国大学生金相技能大赛是经

教育部高等学校材料类专业教学指导委员会认可的、面向国内高校本科生的一项重要专业技能赛事，2012年由清华大学材料学院和北京科技大学联合发起，2019年进入全国普通高校学科竞赛排行榜，目前已经成为材料类专业规格最高、覆盖面最广、影响力最大的一项赛事。大赛旨在提高全国高校材料类专业大学生的金相技能及实验动手能力，激发学生的学习兴趣，培养学生工匠精神，为全国材料及相关学科大学生提供互相交流学习的实践平台，推进高校材料类专业实践教学的改革与创新，不断提高材料学科人才培养质量。2022年，为贯彻“以赛促教，以赛促改，以赛促学，不断提高材料学科人才培养质量”的思想，促进大学生知识、能力、素质的全面发展，浙江省首届大学生金相技能大赛正式启动，并于2023年作为全国大学生金相技能大赛复赛的浙江分赛区。中国计量大学材料与化学学院从2020年首次组织校赛，选拔优秀选手参加全国大学生金相技能大赛并取得了不错的成绩。在学院各项政策的支持下，学生们的参赛积极性逐年提高，每年本课程授课学生报名参赛人数达一半以上。以金相技能大赛与本课程高度的契合性以及学生对参赛的高度热情为契机，将这项学科竞赛融入到本课程的教学过程中，从金相大赛选手的选拔、日常训练以及师生之间的交流沟通等各方面入手，在专业实践能力培养的同时进行课程思政育人是非常合适及可行的。

### 3 虚拟仿真、学科竞赛双驱动实践教学模式设计

#### 3.1 充分挖掘优质虚拟仿真资源，有效开展“虚实结合”的实验教学

针对本课程开设的大型分析仪器实验项目，充分挖掘国家虚拟仿真实验教学项目共享服务平台上相关的国家一流、省一流虚拟仿真课程为主，以虚补实，有效开展“虚实结合”的教学模式，即课前结合虚拟仿真课程预习实验理论知识，并利用虚拟仿真平台操作模式进行练习，熟悉仪器的工作原理和过程，指导教师有意识地结合真实实验的相关内容，利用超星学习通等线上平台进行引导、答疑，提交预习报告；课中，根据不同实验的要求，学生按组完成实际操作部分或者观摩演示性操作，指导教师根据实验的具体情况与学生进行提问互动；课后，完成虚拟仿真操作的考核，按要求提交最终的实验报告。

#### 3.2 学科竞赛与课程教学一体化建设，强化全员课程思政育人

主抓金相技能大赛，进一步补充和完善金相技能大赛校赛的比赛规则，以金相制样实验的课程教学作为初赛场，有效衔接课程教学与金相技能大赛，构建一体化的课程教学与学科竞赛；采用开放式教学模式，完善金相制样实验教学过程管理，达到全员课程思政育人目的。具体的方案如下：在完成相关理论教学之后开展开放式的金相制备实验教学，学生通过预约方式进入金相实验室练习，实验室

安排教师或者往年国赛获奖学生定期进行交流指导，其余大部分时间学生自行训练，并在符合实验室安全管理的前提下实现实验室自管。在完成上述金相教学后，每位学生最终的金相制样成绩决定其能否进入校赛决赛。

学科竞赛与课程教学一体化建设，一方面解决了由于实验条件限制而存在难以举办大规模校赛的问题，可以满足全员参与，提高学生课程学习的主动性和积极性，保证教学效果；另外一方面，充足的训练时间、有效的指导以及训练过程中充分的师生、生生之间的交流沟通为制备高质量金相样品创造了条件，学生不但从中获得了成就感，更是在全员参与的训练过程中接受了工匠精神、交流沟通、实验室安全等方面的课程思政教育。

#### 3.3 构建基于虚拟仿真实验、学科竞赛双驱动模式下的考核评价体系

在虚拟仿真实验、学科竞赛双驱动教学模式下，丰富与提升《材料结构分析实验》课程的考核体系，注重表现性评价，采用多元化评价指标进行实践教学质量综合评价。评价内容包括实验预习情况、实验操作、实验表现和实验报告质量几部分。其中，实验操作成绩由虚拟仿真实验和真实操作组成，虚拟仿真实验成绩由完成虚拟仿真实验情况及精心设计的测验给出，真实操作由指导老师根据学生操作情况及回答问题情况进行评价。实验表现包括：1) 学生参与自主金相训练的积极性、实验习惯等；2) 学生在分组实验中的参与程度，采用生生互评方式获得。

#### 4 结语

将虚拟仿真、学科竞赛引入课程实验教学，通过虚拟仿真、学科竞赛的双驱动作用，可以弥补实践教学短板，丰富实验内容，优化教学过程，贯彻以学生为中心的主体地位，在提升学生专业实践技能、增强创新能力的同时，培养学生工匠精神、交流沟通、团队协作等综合素养，为材料类相关专业的人才培养提供了新思路。

基金项目：中国计量大学校级教改项目（HEX2022017）。

#### [参考文献]

- [1] 崔艳雨, 王志玮, 陈媛媛. 工科专业实践环节融入“课程思政”教育的思考[J]. 中国校外教育, 2020(3): 38-39.
  - [2] 刘凤芳, 官明龙, 叶杰. 新兴技术范式下融入思政教育的金相实验课程教学设计[J]. 高教学刊, 2022(17): 43-47.
  - [3] 申文竹, 王斌, 刘丽. 多媒体虚拟仿真技术在材料科学实验中应用[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(3): 64-66.
  - [4] 马晓, 傅茂森. 航宇材料结构分析虚拟仿真实验教学设计与实践[J]. 中国现代教育装备, 2022(397): 6-9.
- 作者简介：吕春菊（1979.3—），毕业院校：浙江大学，所学专业：材料物理与化学，当前就职单位：中国计量大学，职称级别：副教授。