

《X 射线材料分析测试技术》课程思政建设与教学改革实践 ——以中南大学粉末冶金研究院材料与化工专业学位研究生培养为例

雷 前

中南大学 粉末冶金研究院, 湖南 长沙 410083

[摘要] 《X 射线材料分析测试技术》是中南大学材料与化工专业学位硕士生和工程博士的必修课, 是材料科学与工程学科研究生的重要课程。文中以中南大学材料与化工专业学位硕士生培养为例, 阐述了中南大学粉末冶金研究院《X 射线材料分析测试技术》在课程思政建设与教学改革方面的实践工作方法, 建立了以理论与实践相结合、课内与课外相结合、工程与工艺相结合的课程思政建设与教学改革实践课堂教学新模式, 树立了科研实践为导向的课程新方法, 致力于提高专业学位研究生的业务水平, 为新质生产力培养材料与化工工程技术人才。

[关键词] 专业学位; 混合式教学; 材料分析测试; 材料与化工

DOI: 10.33142/fme.v6i1.14952

中图分类号: G641

文献标识码: A

Practice of Ideological and Political Construction and Teaching Reform in the Course of "X-ray Material Analysis and Testing Technology" —Taking the Graduate Education of Materials and Chemical Engineering at the Powder Metallurgy Research Institute of Central South University as an Example

LEI Qian

Powder Metallurgy Institute, Central South University, Changsha, Hunan, 410083, China

Abstract: "X-ray Material Analysis and Testing Technology" is a compulsory course for master's and engineering doctoral students majoring in Materials and Chemical Engineering at Central South University, and an important course for graduate students in Materials Science and Engineering. Taking the training of master's degree students in Materials and Chemical Engineering at Central South University as an example, this article elaborates on the practical work methods of the Powder Metallurgy Research Institute of Central South University in the construction of ideological and political education and teaching reform in the course of "X-ray Material Analysis and Testing Technology". It establishes a new classroom teaching model for ideological and political education and teaching reform that combines theory and practice, in class and out of class, and engineering and technology, and sets up a new curriculum method guided by scientific research practice. It is committed to improving the professional level of graduate students and cultivating material and chemical engineering and technical talents for new quality productivity.

Keywords: professional degree; blended learning; material analysis and testing; materials and chemicals

引言

材料是社会进步的基石, 从远古的石器时代到当前的新材料时代, 材料的进步直接影响社会的发展, 并推动社会生产力变革与进步。新材料的发展依赖于材料分析测试方法的进步, 随着近代物理的发展, 材料分析测试技术显得尤为重要^[1]。作为现代分析测试方法的重要组成部分, X 射线分析技术具有重要的意义, 特别是在新物质的定性分析、多组元化合物的定量分析、材料合成与加工等方面, 具有重要的应用与实践价值^[2]。《X 射线材料分析测试技术》是材料与化工类专业学位硕士与工程博士等材料类研究生的核心课程。通过该课程的学习, 可为学生在材料组织形貌分析、物相分析、成分分析和缺陷测量等方面奠定良好的基础, 并有利于培养研究生的材料结构分析能力, 同时初步具备了材料开发能力^[3]。但是, 现有的课程的理论

知识复杂, 教学内容抽象以及规划性教材出版时间过长等, 并不满足现阶段新材料的快速发展要求^[4]。本文中结合实际教学经验, 针对《X 射线材料分析测试技术》课程的现状及存在的主要问题, 探索了该课程思政建设与教学模式改革实践途径。

1 课程现状

《X 射线材料分析测试技术》课程是材料科学与工程专业的硕士研究生的核心专业基础课, 也可作为相关专业(包括: 机械、化学化工、生物、环境资源)研究生的选修课^[5]。本课程的重点是: 倒易点阵的几何和物理概念, 倒易点阵在晶体几何学中的应用, X 射线衍射几何理论和强度理论, 中子衍射技术, 材料的物相分析等。本课程的目的, 通过课程学习, 学生能够专门从事材料的 X 射线衍射结构分析工作, 从而对材料在制备、加工及服役

条件下(包括相变过程中、外加应力及各种环境因素作用下等)结构和成分的变化进行表征,揭示材料成分-工艺-微观结构-性能之间的关系。一方面使学生掌握常用材料的X射线衍射分析的基本原理、仪器结构及实验方法,在实际工程实践中能根据不同组织结构开展分析工作,也能熟练准确地选用合适的材料结构分析手段开展相关科学研究。另一方面,学生能分析和解决工程实践和新材料研发中所面临的实际问题^[6]。

课程教学目标:通过课程的学习,提高研究生采用X射线衍射分析方法对材料在制备、加工及服役条件下(包括相变过程中、外加应力及各种环境因素作用下等)结构和成分的变化进行表征,揭示材料成分-工艺-微观结构-性能之间的关系。一方面使学生掌握X射线衍射分析方法的基本原理、仪器结构及实验方法,在实际工程实践中能利用X射线开展材料微观组织结构的分析工作,也能熟练准确地选用X射线衍射分析技术开展相关科学研究。另一方面,学生能分析和解决工程实践和新材料研发中所面临实际问题。

课程内容包括:(1)绪论和X射线衍射发展史:课程介绍、材料和材料的性能、X射线的发现及历史等。

(2)X射线的产生和性质:X射线的本质和产生、X射线谱、X射线谱(连续和标识X射线谱)、X射线与物质的相互作用。(3)X射线晶体学基础:晶体和点阵的定义、晶体中的对称元素与点群、空间点阵、倒易点阵及其在晶体几何中的应用、晶体投影。(4)X射线衍射的几何原理:劳尔方程组、布拉格方程、衍射矢量方程、厄瓦尔德图解。

(5)X射线衍射束的强度:单个电子对X射线的散射、单个原子对X射线的散射、单胞对X射线的散射、小晶体对X射线的散射、粉末多晶体衍射的积分强度等。(6)X射线实验方法:德拜-谢尔法、衍射仪法。X射线的产生条件,干涉面和干涉指数概念。(7)X射线的物相分析:物相的定性分析、物相的定量分析。(8)X射线衍射和中子衍射技术及在材料分析中的应用:中子衍射技术、衍射花样的指数化、点阵常数的精确测定、宏观应力测定和多晶体结构分析。

《X射线材料分析测试技术》课程具有非常强的综合性、实践性、应用性和前沿性,其涵盖了材料、化学、物理等分支学科的基本理论与技术。学生学习起来往往感觉有挑战,在复杂知识点上表示出难以消化,在课堂上兴致有待提高,同时很多同学对于X射线在科研工作中的应用实践找不到方向和目标,教学效果欠佳。

经过分析,《X射线材料分析测试技术》课程存在的问题总结如下:(1)理论知识对数学和物理基础知识要求高。本课程的晶体学基础内容涉及到矩阵运算、晶体学对称操作、倒易点阵等数学内容,该部分要求具有比较强的数学基础方可理解,特别是晶体学空间群的熊夫利符号和

国际符号的晶体学对称操作的表达,同学们上课表示较为较大的空间想象困难。(2)课程知识点多且较为分散,知识点跨度大。该课程中涉及的材料科学知识点多,从靶材原子序数、晶粒尺寸、晶格常数、等到位错、织构、固溶度、极射赤面投影、残余应力等。作为一种重要的材料分析测试方法,对于材料的成分、晶体结构、物相结构、内部缺陷、物理性能等方面设计的知识点较为零散,难以串联起来。(3)作为一门分析测试技术,缺乏实验课程支撑。作为一门理论与实操相结合的课程,本科生阶段学习常常以应付作业和考试为主,然而进入研究生以后,需要学习的材料表征技术较多,需要解决的与材料相关的科学问题复杂。板书讲授和PPT课件难以形象反映仪器的工作和测试原理以及具体操作过程,课程变得枯燥和抽象,学生不易理解与掌握。(4)课程的讲授主要依靠传统“讲授式”教学模式教学,教学方式单调、缺乏生动性和趣味性。学生参与积极性不高,被动地接受知识点,学习动力和兴趣不足。综上所述,当前的《X射线材料分析测试技术》课程教学现状对材料与化工类新型高素质工程技术人才的培养是有限的。

2 课程思政探索

作者自从2019年起,长期从事与《X射线材料分析测试技术》相关的《材料表征技术》中的X射线分析部分、《现代测试与分析技术》等课程教学工作。随着对于三全育人的要求,增强了课程教学的思政探索,并在中南大学材料与化工研究生的课程教学中接下来实践探索,主要体现在以下几个方面:

2.1 以X射线衍射分析技术为基础的科研素质培养

通过了解X射线的波动性和衍射原理,X射线的波长范围、X射线管的工作原理等。同时还讲授了X在材料成品检测(Micro-CT)、EDS能谱分析、医学成像方面(CT)的应用等,让X射线与科研及生活地联系起来。特别是在原来的理论教学的基础上,还对XRD分析软件的进行了现场演示教学,让学生不但掌握了理论知识,还增加了X射线实用分析技能,实践了中南大学校训“知行合一、经世致用”的实用主义教学理念。

2.2 以X射线衍射分析技术为基础的人文素养培养

X射线衍射分析技术本身属于自然科学领域,但在其学习和应用过程中,可以融入人文素养培养的元素。同时,在课程的全部重要教学环节引用了大量的中国传统哲理以拓展思政映射点。比如在晶体学基础部分,引入了“欲筑室者,必先其基”,巩固基层组织 and 个人的文化建设,掌握材料的基本,晶体学基础的晶体结构是材料研究分析的根本,同时每一个学生个体是一个国家进步的根本。在讲授X射线衍射强度部分内容时,“凿井者,起于三寸之坎,以就万仞之深”,从一个电子的积分强度、一个单胞的积分强度到一个多晶体的积分强度,逐步递进,凸显出

学习要讲究规律，由简及繁，逐步推进，从而构筑知识的高楼大厦。在讲授多晶体 X 射线分析的时候，思政映射了“天下没有两片相同的叶子”的哲学思想；在衍射谱指数化时，让学生们“自己动手，丰衣足食”，结合习题练习，让学生自己动手标定 X 射线衍射谱，从而真正掌握 X 射线谱的指数化方法。在讲授“点阵常数的精确测定”时，思政映射了“差之毫厘、谬以千里”的思想，并开展了大讨论。在每章讲授完后，都进行了复习，思政映射了“温故而知新”的良好学习习惯……

2.3 以 X 射线衍射分析技术为基础的重大科研成果发现及发现者

从 X 射线的发现到 X 射线衍射规律的揭示，以及 X 射线的应用，涌现了一大批的重大科研成果发现：比如发现 X 射线并获得了第一届诺贝尔物理学奖的德国物理学家伦琴教授，在 X 射线启发下发现铀射线并获得第三届诺贝尔物理学奖的居里夫妇，在 X 射线的帮助下发现了电子的汤姆逊，完成了“最美的物理实验”一箭双雕发现了 X 射线的衍射现象和晶体学周期性的劳尔，父亲支持粒子流而儿子支持波动性的布拉格父子……，截至目前为止，因与 X 射线密切相关的诺贝尔奖就高达 17 个，从物理、化学到医学或生理等，涌现出了一大批卓越的科学家，在多个学科领域都取得了令人瞩目的科研成果发现，直接推进了现代自然科学的进步和人民生命健康的发展。

3 课程教学改革探索

3.1 基于教学内容与教学目标实现的课件实时更新

面向新材料发展的生产和研发需求，淘汰或删减陈旧教学章节，及时补充最新的材料测试分析技术。比如在课件中添加了同步辐射 X 射线衍射技术、X 射线 Micro CT 分析技术等，丰富和更新了教学内容。同时剔除了在织构分析部分的吴氏网分析方法，取而代之的是 X 射线极图、EBSD 和 ODF 取向分布函数等新内容。课程基于 X 射线分析测试技术，但又不拘泥于该技术，通过将多种现代分析手段与 X 射线相结合的方式，促进了同学们在未来材料分析实践中的测试方法的多样性和互证。特别是对于研究生可能用到的仪器和表征方法精选了授课内容，使学生能够学以致用，有助于提高研究生的培养质量和科研水平。教学过程中，还可结合了作者在科研课题及成果方面的 X 射线材料分析经验，引入到教学课件中，将枯燥的知识讲解变得生动有趣，传授学生在课题研究中正确运用分析测试方法进行微观组织结构分析，并亲身体会材料分析测试技术在现代科研中的重要性。

3.2 基于 X 射线分析测试实用技术的分析软件教学

作为具有非常重要的实践动手能力培养的课程，作者的课题引进了中南大学黄继武教授的实验分析教材与课件，对上课的理论知识，在 X 射线分析软件上进行了

实践教学，让学生更直观更准确地理解了 X 射线分析测试过程的原理和实验步骤。不但通过软件演示了其各种分析的实验步骤，还介绍了分析技巧与感悟，比如在物相检索的技巧上强调：先做元素分析；不要只看 FOM 值大小，应考虑实际情况；先将有可能的物相都选下来，再作比较和全面分析；先分析系列样品中最有特色的样品，其它样品中的物相可能只是量的变化；有目的、有选择、分批地加入元素，不要一次加入超过 4 种以上的元素；微量元素切勿加入，通常条件下 XRD 的检出限为 5%；了解微区分析与宏观区域分析的区别，XRD 的结果是 X 射线照射范围内的统计结果；分析结果要符合相图及相变规律，新的发现可能是错误的，也有可能是新物质的大发现；反复分析同一样品，可能会得到意外收获（实验需要重复）；正确看待分析结果中的固溶体相的元素组成；最重要的不是问别人，而是自己实践；不要迷信专家的结果，在实验者的研究领域里，实验者本人本应该是真正的专家。

3.3 适时引入翻转式教学方法

作为一种新兴的教学模式，翻转式教学通过让学生在自主学习，激发了他们的学习兴趣和主动性。在课堂上，学生更加积极参与讨论和互动，主动发表自己的见解和思考，将课堂时间用于解决问题、讨论和探究，使学生能够在课堂上进行知识的消化和理解。这种学习方式有助于培养学生的思维能力和解决问题的能力，培养他们的创造力和创新思维。由于该课程内容丰富、多学科交叉等特点，教师和学生开展“教”与“学”的互动：学生以“学”为主，教师以“教”为辅，结合综合性、设计性、工程性的分析问题大讨论，让学生走到讲台讲述自己的 X 射线分析测试经验分享，以及对课程中的某个知识点和知识图谱的绘制，从而实现了课程知识的多角度剖析，深化对课程知识点的理解；课后再通过实践案例、团队协作等，掌握知识点。老师也可以通过该翻转式教学，对学生的教学参与度进行教学质量评价。

4 结束语

本文对《X 射线材料分析测试技术》课程思政与教学改革进行了探讨与实践。在强调学生掌握 X 射线测试与分析技术的材料结构表征的基本原理、仪器结构及实验方法基础上，学生不仅能够熟练准确地选用材料结构分析手段开展相关科学研究，也能够分析和解决工程实践和新材料研发中所面临的实际问题，能实际动手利用相关软件对实验结果进行动手分析。专业知识和思想政治相结合。通过在专业理论知识讲授过程中，融入合适的思想政治元素，从而培养既具有扎实的专业知识，又具有强烈的爱国主义的专业人才。同时也实践三全育人的教育目的、方法和成效，为我国新材料开发的新质生产力发展培养了工程技术人才。

基金项目：中南大学研究生课程思政建设(改革实践

类)项目(2024YJJSK040),本文还得到了中南大学研究生教育教学改革项目(2023JGB109)和中南大学教育教学改革项目(2023CG011)的资助。

[参考文献]

- [1]袁媛,向会英.《材料现代测试方法》课程改革探索[J].现代教育前沿,2024(5):111-114.
- [2]朱丽丽,董君.应用型本科《材料现代测试方法》课程理论与实践教学探讨[J].广东化工,2021,48(6):190-193.
- [3]张景怀.材料微观分析测试方法类课程的教学改革探讨与实践[J].教育教学论坛,2021(44):62-66.
- [4]张倩,白凤仙,武俊伟.材料分析测试方法课程教学改革探索[J].化工高等教育,2020,37(6):74-77.
- [5]郭建辉,李秋叶,张经纬.近代材料分析测试方法研究生课程教学探讨与实践[J].河南化工,2023,40(2):57-59.
- [6]蒋姗,杨燕,王标兵.高分子材料与工程专《材料现代测试方法》课程改革探讨[J].高分子通报,2020(11):65-70.

作者简介:雷前,湖南衡阳人,博士,中南大学副教授,主要研究方向:高性能铜合金。