

0805 材料科学与工程

一、学科概况

材料科学与工程学科是研究各类材料的组成及结构，制备合成及加工，物理及化学特性，使用性能及安全，环境影响及保护，再制造特性及方法等要素及其相互关系和制约规律，并研究材料与构件的生产过程及其技术，制成具有一定使用性能和经济价值的材料及构件的学科。

材料是人类取用自然界基本物质（单质和化合物），经组合和加工，得到具有预期性能，可用来制备各类器件、构件、工具、装置等器物的物质。在人类历史上，人们将石器、青铜器、铁器等当时的主导材料作为时代标志。在近代，钢铁材料的发展对于西方工业革命进程起到了决定性的作用，半导体材料的发展则把人类带入了信息时代，材料朝复合化、功能化、多元化和纳米化发展。

自 20 世纪 60 年代初以来，物理学、化学和热力学等学科的发展推动了对物质结构和材料内秉性能的研究和了解；冶金学、金属学、陶瓷学、有机高分子科学、纳米科技等学科的形成和发展推动了对材料的成分、制备加工技术、结构、组织性能及其相互关系的研究；金属材料、无机非金属材料、高分子材料等各类材料具有共同或相似的学科基础、科学内涵、乃至通用的研究方法与研究设备。同时随着科学技术的发展，材料领域相互渗透，在客观上需要对各类材料进行综合的了解和研究，在此背景下，材料科学与工程学科逐步形成并迅速发展成为一门独立的一级学科。

当前，材料已与信息、能源并列为国民经济的三大支柱。材料是社会进步的物质基础和先导，是冶金、机械、化工、建筑、信息、能源和航天航空等工业的支撑。材料作为社会生产生活必要的组成部分，早已作为一个统一的范畴进入政治家和产业界的视野，独立的材料科学与工程学科也应运而生。

随着社会和科技进步，应用上既要求性能更为优异的各类高强、高韧、耐热、耐磨及耐腐蚀等新型结构材料，也需要各种具有力、光、电、磁、声及热等特殊性能及其耦合效应的新型功能材料，同时对材料与环境的协调性等方面的要求也日益提高。生物材料、信息材料、能源材料、纳米材料、智能材料、极端环境材料及生态环境材料等已逐渐成为材料研究的重要领域。同时，计算机在材料科学中的应用，为深入了解材料成分、制备工艺、组织结构性能的关系提供了可能，也为材料制备过程组织演变模拟提供了强有力的工具，计算材料和虚拟工程逐步发展成材料科学与工程的一个重要分支。展望未来，材料科学与工程学科的发展方向主要包括如下几个方面：实现微结构不同层次上的材料设计以及在此基础上的新材料开发；材料的复合化、低维化、智能化和结构功能一体化设计与制备技术研发；材料加工过程的智能化、自动化、集成化、超精密化技术的开发等。另外，一方面要注重研究和解决有关材料的质量和工程问题，不断挖掘传统材料的潜力；另一方面，也要特别注重研究和解决与能源、信息相关的新兴材料，支撑社会可持续发展。

材料科学与工程学科已成为现代科学技术的重要分支,它将为国民经济的发展和社会科技的进步做出重要贡献。

二、学科内涵

材料科学与工程学科属于工学门类的一级学科,它主要研究材料的组成结构、合成加工、基本性质及使用性能等要素和它们之间相互关系的规律,并研究材料的生产过程及其技术。一般而言,材料是由若干组分组成的,但它绝不是各组分的简单均匀混合,而是由各组分经物理和(或)化学过程首先生成若干相,再由各相以一定的空间配置方式构成材料。多组分、多相和多晶是材料较多所处的状态。根据材料的组成形式,可分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料;根据材料的性能特征,又可分为以力学性能为应用基础的结构材料和以物理及化学性能为应用基础的功能材料。

材料首先需要合成或制备,因此材料科学首先要揭示相的生成和相间平衡遵循的规律,各相内多层次结构(如电子能带结构、晶体结构和界面结构等)形成和演变,以及不同相共存配置(微观结构)的问题。再者,材料科学需要解决材料复杂状态下各层次结构的表征和测定,解决外场作用下材料做出的反应(即材料性能)的描述和测试,这些问题的解决需要在数学和物理基本原理基础上,发展适合材料状态的理论和方法,这是材料科学的重要篇章。材料在服役环境下结构性能变化和对环境的适应性及反作用也是材料科学的重要研究内容。材料生产工艺规范化、产品性能的统一化和规模化则是材料工程化的重要方向。

材料科学与工程学科以数学、力学、物理学、化学和生物学等基础科学为基础,以加工制造等工程学科为服务和支撑对象,是一个理工结合、多学科交叉的新兴学科,其研究领域涉及自然科学、应用科学以及工程学。材料科学与其他工程学科的结合发展和相互丰富,充实了人们对自然科学的认识,推动和促进了科学技术的发展和进步。

材料科学与工程一级学科设有材料物理与化学、材料学、材料加工工程、高分子材料与工程和资源循环科学与工程5个学科方向。

材料物理与化学以数学、物理、化学等自然科学为基础,从电子、原子、分子等多层次上研究材料的物理、化学及生物行为与规律,致力于先进材料与器件的开发研究。材料学侧重于研究材料的成分、组织结构、工艺和性能之间的相互关系,致力于材料的设计和微结构控制、性能提高、工艺优化以及材料的合理应用。材料加工工程侧重于控制材料的外型及内部组织结构的形成,以及相应的设备与自动化控制问题,致力于发展满足生产与科研需求的经济、优质、高效的加工技术,以及相应的设备与自动化控制。高分子材料与工程侧重于研究高分子材料的组成、结构、性能、成型工艺及其相互关系,为高分子材料的设计、合成、使用及循环利用提供科学依据,为高分子新材料、新工艺、新装备的开发提供理论基础。资源循环科学与工程侧重于产品或材料的生命周期评价,资源、环境与经济社会的协调性评价,再生资源的回收利用,以及废旧装备及其零部件的再制造等的研究。

三、学科范围

1. 材料物理与化学 是一门以物理学、化学等自然科学为基础,从电子、原子、分子介观与微观结构等多层次上研究材料的结构及其与物理、化学性能之间的关系的学科。材料物理

与化学方向重点基于物理、化学的基本原理,结合材料科学的前沿研究与发展动态,利用先进的理论研究、分析与设计方法和技术,以及高水平的实验平台、装备和工艺,致力于探索新材料中组分、尺度、结构、性能之间的本构关系及其内在的热力学演变规律,探索符合新能源、新一代信息技术、生物、高端装备制造产业、新能源汽车产业等发展需求的新材料、新技术、新工艺、新产品及其工程化应用的有效途径。

材料物理与化学以理论物理、凝聚态物理、化学和生物学等为理论基础,应用现代物理与化学研究方法和计算机技术,研究材料科学中的物理、化学与生物问题,建立新材料设计、合成、制备、表征和加工的系统知识体系。并运用这些物理、化学、生物的科学规律改进材料性能,研制新型材料,发展材料科学的基础理论,探索从基本理论出发进行材料设计。利用材料新奇的物理、化学或生物效应进行新器件的设计和研发。

目前,主要研究领域为:高效能量转换/存储/输送新材料、高性能传感器件与信息交换和显示新材料,以及能量/信息系统实时监控和智能管理新技术、材料低维化新技术、材料表面调制技术等。

2. 材料学 是研究材料的成分、组织及结构、合成制备及加工工艺与性能及使役特性之间关系的学科,为材料设计、制备、工艺优化和合理使用提供科学依据。材料学及其发展不仅与揭示材料本质和演化规律的材料物理与化学学科相关,而且和提供材料工程技术材料加工工程学科有密切关系。材料学是探讨材料普遍规律、支撑材料加工技术的一门应用基础学科。

材料学以固体物理、固体化学、材料化学为理论基础,以金属学、高分子化学与物理、硅酸盐物理化学、材料现代研究方法为核心知识体系,重点研究材料的强度与断裂力学、材料物理性能、材料失效分析和寿命预测、材料化学性能、材料热力学与动力学、材料的表面与界面等内容,创造性地开展新功能材料的研发。

目前,主要研究方向包括:各类高强、高韧、耐热、耐磨、耐腐蚀等材料;各种具有力、光、电、磁、声、热等特殊性能及其耦合效应的材料;纳米材料、生物材料、信息材料、能源材料、智能材料及生态环境材料等特殊应用领域的新材料;计算机材料辅助设计;材料的复合化、低维化、智能化和结构材料—功能材料一体化设计与制备技术。主要研究内容为上述材料的成分、组织与结构和使役性能之间的关系,以及探索实现材料性能优化的科学理论和技术途径。

3. 材料加工工程 是研究控制外部形状和内部组织结构将材料加工成能够满足使用功能和服役寿命预期要求的各种零部件及成品的应用技术的学科。现代材料加工工程学科的内涵已超越传统冷、热加工的范畴,与材料学、材料物理与化学、机电、自动控制等学科,以及新型高性能材料的研发有着相互依存和彼此促进的密切联系,彰显其多学科交叉的特征,并成为再制造工程的关键技术支撑之一。材料加工工程的研究范围包括金属材料、无机非金属材料、高分子材料和复合材料等,主要研究材料的外部形状和内部组织与结构形成规律和控制技术。当代材料加工技术和相关工程问题包括材料的表面工程、材料的循环利用、材料加工过程模拟及虚拟生产、加工过程及装备的自动化、智能化及集成化、材料加工过程的在线检测与质量控制、材料加工的模具和关键设备的设计与改进、再制造快速成形理论与技术等。

材料加工工程理论基础包括数学基础:数学分析和工程数学(线性代数、数理统计);物理基础:大学物理和工程力学;化学基础:无机化学、有机化学、物理化学;工程基础:机械

制图、机械设计基础、电工和电子学基础；材料科学基础：金属学、晶体学、晶体缺陷、扩散和相变理论、材料成形（液态与固态）及微观组织结构表征方法、材料物理、力学性能及其测试技术。

材料加工工程学科发展方向是：液态凝固成型、固态塑性成形、粉末成型、材料的净或近净成形等精密成形与处理、维纳加工、多场协同作用下的加工、表面工程、特种和异种材料连接、加工过程的模拟与智能化控制、材料循环再生利用技术，以及针对体积损伤零件及新品零件的三维快速成形技术等。

4. 高分子材料与工程 高分子材料是以高分子化合物为基体的材料，主要有塑料、橡胶、纤维、涂料、胶粘剂和树脂基复合材料等。高分子材料与工程学科是研究高分子材料制备、结构、性能、成型、服役及其相互关系的学科，为高分子材料的设计、制造、使用及循环利用提供科学依据，为高分子新材料、新工艺、新装备的开发提供理论基础。

高分子材料与工程学科以化学、物理、生物、数学等自然科学和化工、计算机、机械等应用学科为基础，以高分子化学、高分子物理、高分子材料成型加工及设备、高分子材料表征等为基础课程。从实验、计算机模拟和理论三方面，对高分子材料的组成、结构、性能、工艺进行从分子到宏观材料的多尺度空间与时间的深入系统研究。

高分子材料与工程学科的研究内容主要有：材料的合成与改性、结构与性能、响应与功能、加工成型技术与装备、使用与循环、老化与降解以及它们的相互关系，包括结构与功能高分子材料、通用和特种高分子材料、天然与合成高分子材料等。

5. 资源循环科学与工程 在大材料专业学习的基础上，按照学科内在联系自然延伸，突出与资源、环境、经济等多学科的交叉与融合，构建资源循环科学与工程的基础理论和技术知识体系，着重培养学生对自然资源有限性、不可再生性，以及对生态环境影响的认识；从物质循环利用的理念出发，建立资源节约、环境友好的材料可持续发展的价值观；掌握产品、材料、过程生态设计和环境保护工程一体化专业技能；熟悉再制造的寿命评估预测理论及表面键合/嵌合技术；再生资源回收利用能力以及资源环境咨询、管理与价值评估技能。

理论基础主要包括自然资源的提取生产、加工、利用等过程中涉及的基础知识及资源环境经济学（资源循环过程中涉及的资源、环境和经济三个子系统耦合而成的复合系统的结构、功能及其客观规律与调控等）。

普遍采用的方法论主要包括：（1）过程工程科学：以研究物质的物理、化学和生物转化过程为基础的，创建清洁高效的工艺、流程和设备，实现物质转化“过程”的定量、设计、放大和优化等操作。（2）系统科学：从系统的基本观点和基本原理出发，把研究对象置于系统的形式中，从要素、结构、系统整体、外部环境的相互联系和相互作用中进行综合的考察，以揭示对象系统的本质和规律。（3）循环经济学：以提高资源利用效率为目标，实现人类活动中资源投入、企业生产、产品消费及其回收再生过程中的资源、环境、经济多重效益协调。

目前，资源循环科学与工程研究范围包括：（1）生命周期评价（LCA）。产品或材料的全生命周期评价与生态设计；（2）资源、环境与经济社会的协调性评价。物质流分析；生态足迹、生态效率评价；（3）生态工业园设计与评价；（4）再生资源的回收利用。再生资源回收体系设计；再生资源循环利用技术研究；再制造的寿命评估预测理论与技术；再制造的键合/嵌合成形理论与技术研究。

四、培养目标

1. 硕士学位 具有一定的创新能力；具备基本的材料科学与工程基础理论知识和系统的专业知识，了解本学科的发展动向，能够掌握相关材料研究领域先进的工艺设备、测试手段及评价技术；具有从事科学研究工作和技术工作的能力；能做出具有学术价值或应用价值的研究成果。

2. 博士学位 形成较为成熟的创新意识和体系；在材料科学与工程方面具有坚实宽广的理论基础和系统深入的专门知识，比较全面地了解和掌握材料科学与工程领域的发展动向；具有研究材料的成分及结构，加工及制备工艺与使役性能，环境影响与保护之间的内在联系和基本规律的科研能力；掌握相关的先进工艺、装备、测试评价技术；具有独立从事科学研究与技术开发的能力，并能够获得创造性的成果。

五、相关学科

数学、物理学、化学、生物学、生命科学、力学、机械工程、计算机科学与工程、环境科学与工程、控制科学与工程等。

六、编写成员

左铁镛、徐惠彬、张跃、丁文江、邢献然、李亚利、董闯、姜茂发、冯吉才、张雄、刘昌胜、王依民、杨德仁、谢毅、徐现刚、关绍康、李德群、傅正义、熊翔、童真、傅强、朱世富、潘复生、彭金辉、孙军、成来飞、罗宏杰、徐匡迪、南策文、郭福、蒋成宝。