

为自主可控材料拥抱星辰大海，服役行为研究不懈努力——材料服役行为分论坛侧记

文 / 中国科学院宁波材料技术与工程研究所 刘璐琪 / 中国科学院金属研究所 王媛



“2021新材料国际发展趋势高层论坛——材料服役行为论坛”于10月18日在浙江宁波召开。本次论坛由中国科学院金属研究所、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、北京航空航天大学、华东理工大学、广东腐蚀科学与技术创新研究院、《中国材料进展》杂志社、中科院核用材料与安全评价重点实验室、中科院海洋新材料与应用技术重点实验室等单位共同承办。论坛由柯伟先生、薛群基先生、周克崧先生、官声凯先生和涂善东先生5位院士担任主席，韩恩厚研究员、郑开宏研究员、郭洪波教授、张显程教授和汪爱英研究员担任召集人。开幕式由韩恩厚研究员主持，中国工程院薛群基院士出席论坛并致辞。论坛共邀请了16位来自清华大学、浙江大学、上海交通大学、中科院系统等国内高校和科研院所的权威专家学者作精彩报告，并围绕工程结构的腐蚀、疲劳、磨损等主要失效形式进行研讨，试图为新材料研发，特别是为保障重要工程结构的服役安全提供理论与技术支持。本次论坛的邀请报告主要涵盖“疲劳断裂基础理论与微观表征研究”、“摩擦磨损”和“苛刻环境中的腐蚀防护”3个领域。全国100余名材料服役行为领域的研究人员参加了本次论坛。



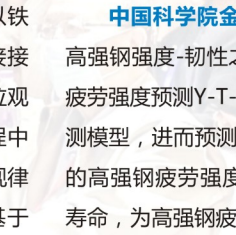
薛群基院士致开幕辞：科技界和教育界的责任就是把基础研究做好，用基础研究的成果来支撑我国重大需求的难点技术，开发关键技术，这两点是非常关键的。例如，无论是东海还是南海，都把海洋战略的重要性提得非常高。习总书记一再强调，无论是搞基础研究还是应用研究，一定要以国家需求为导向。希望大家从不同的角度出发，在材料的损伤和防护方面做出国际一流的成果。每个人要找到自己“从0到1”的过程，起点不在大，但在精。现在材料的表征手段越来越先进，从宏观到微观，甚至达到电子、量子的层级，希望大家能出更好、有创造价值的论文。“不唯论文”绝不是不要论文，这一点千万不要走偏，关键要看论文的学术价值，不能一味追求论文数量和高影响因子，我们不能用小学生的数学来评论科学家的工作。基础研究需要系统的工作，最终可以连成线、连成片。最后，希望大家在这个学科里，通过交流发现自己能从事的一个“0点”，不断取得新的突破。

服役行为基础理论与微观表征研究领域



上海交通大学李铸国教授 以铁素体、奥氏体钢异种材料焊接接头为研究对象，采用DIC原位观察手段，阐明蠕变-疲劳过程中异种钢接头各区域应变演化规律及对接头寿命的影响机理；基于此，阐明服役条件、组织演变对失效机理及失效模式转变的影响机制。

浙江大学王晋副研究员 介绍了国家重大科研仪器研制项目“针对若干国家战略需求材料服役条件下性能与显微结构间关系的原位研究系统”中基于扫描电镜原位高温-拉伸-成像仪器开发的最新进展，以及原位实验方法在镍基高温合金结构与性能一体化研究中的应用的成果。



中国科学院金属研究所张鹏研究员 通过介绍

高强度-韧性之间的制约关系，提出高强度疲劳强度预测Y-T-F模型和疲劳裂纹扩展速率预测模型，进而预测具有不同强度-韧性匹配关系的高强度疲劳强度变化趋势以及疲劳裂纹扩展寿命，为高强度疲劳性能预测与优化提供了实验证据与理论基础。



郑士建研究员

河北工业大学郑士建研究员 阐述了高温合金在持久条件下硼化物的析出、Ni₃Nb₂相的热稳定性、MC碳化物的分解机制及其对高温合金宏观性能的影响。同时，还针对航空飞行器结构用钛合金阐述界面作用机理，探讨具有片层组织的Ti6Al4V中原子尺度 α/β 界面结构及其与 α 相中孪晶形核及扩展的相互作用，从而揭示了片层状Ti6Al4V具有高断裂韧性的原子尺度机制。



张鹏研究员

摩擦磨损领域



田焯教授

清华大学田焯教授 用新材料调节界面吸附、磨合过程调节承载压力和外电场控制界面法向载荷等不同方法对Stribeck曲线中的轴承特征数进行调节，实现了对润滑状态的有效调控，提出了一种磨合过程对摩擦界面轴承特征数和摩擦系数的影响及定量预测方法，验证了摩擦/润滑行为在电/磁流变液中的作用。

中国科学院兰州化学物理研究所朱圣宇研究员 通过组分调控、结构调控、工艺控制，设计制备了系列金属、金属间化合物、高熵合金、陶瓷等新型高性能高温固体润滑耐磨损材料，较深入地研究了高温摩擦化学、宽温域协同润滑、材料磨损机理；率先开展了高温真空、不同气氛等复杂环境下的液态金属摩擦学研究，提出了宽温域润滑设计与腐蚀磨损机理。



刘银水教授

“蛟龙号”载人潜水器等重大工程需要，对海水润滑重载摩擦副材料服役性能、腐蚀磨损规律及抗腐蚀减摩方法进行了探索，研究成果在深海装备得到系列成功应用。



朱圣宇研究员

腐蚀防护领域



韩恩厚研究员



王俭秋研究员



郭洪波教授



汪爱英研究员



崔洪芝教授



曾毅研究员



彭晓教授

中国科学院金属研究所王俭秋研究员 指出金属结构件的表面状态严重影响其服役行为。加工过程导致的表面变质层，以及运输和装配过程引入的划痕和刻痕，这些表面初始结构缺陷对构件，特别是在苛刻介质中长期服役的构件的寿命影响很大。基于此，探讨了初始结构缺陷演变到裂纹萌生和扩展的过程。

北京航空航天大学郭洪波教授 围绕高温/超高温热障涂层，介绍了近年来北京航空航天大学高温结构材料及涂层研究团队在热障涂层材料、PS-PVD长寿命隔热热障涂层结构设计、新型涂层结构与功能开发、先进航空发动机叶片热障涂层制备技术等方面的研究进展。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所汪爱英研究员 介绍了团队近年来在强韧耐磨防护一体涂层材料（如碳基涂层、MAX相涂层）的组分结构设计、高离子化PVD可控制备、耦合失效理论及典型服役应用等方面开展的研究工作，并就未来极端环境服役用高性能强化防护涂层技术做展望探讨。

中国海洋大学崔洪芝教授 将激光熔覆与微铸锻技术复合，制备了具有多级功能基元/交织结构的高熵非晶合金涂层。通过多级组织的协同效应，架起了“耐磨-耐蚀”的桥梁。再结合高通量技术、机器学习及图形识别技术，建立了功能基元/交织结构特征因

子与耐磨耐蚀性能的关系云图。同时，利用高速激光熔覆及激光重熔技术，成功制备了系列高熵非晶涂层，提高材料耐蚀、耐磨、减摩性能及各类功能特性。

中国科学院上海硅酸盐研究所曾毅研究员 结合第一性原理和离位显微结构分析手段研究大气喷涂Al₂O₃掺杂YSZ构造多元涂层材料其热导率降低，但其热震寿命也显著降低（同YSZ涂层相比）的原因，指出是结晶度和柱状晶含量的不同以及相转变的发生导致了Al₂O₃掺杂YSZ涂层热震寿命的降低。

南昌航空大学彭晓教授 介绍了特定金属氧化物纳米颗粒的弥散方法，诠释了氧化物促进 α -Al₂O₃生长的催化机制与尺寸效应，揭示了稀土氧化物产生“稀土元素效应”的根本原因，分析了氧化物弥散的镍铝涂层内生扩散障机制。

2021 / FAM