

金属所天然生物与仿生结构材料研究取得系列进展

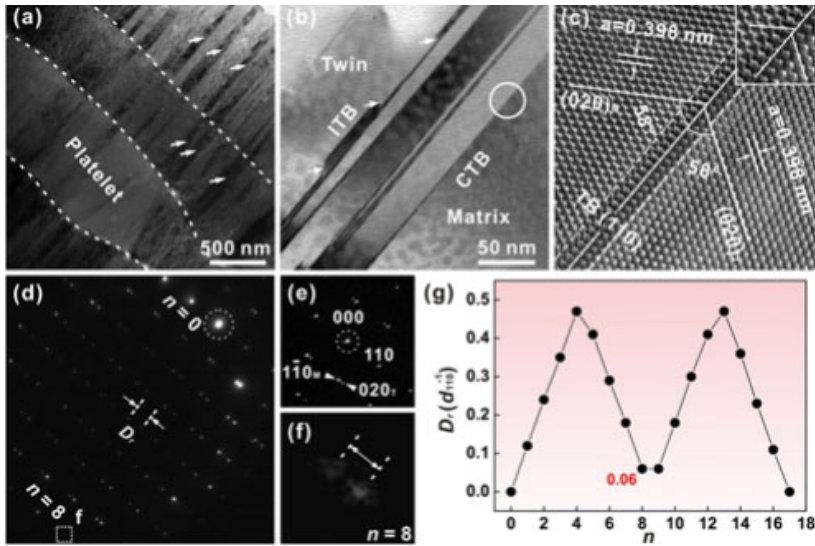


图1: 紫石房蛤贝壳的多层次跨尺度组织结构以及本征具有的纳米孪晶结构

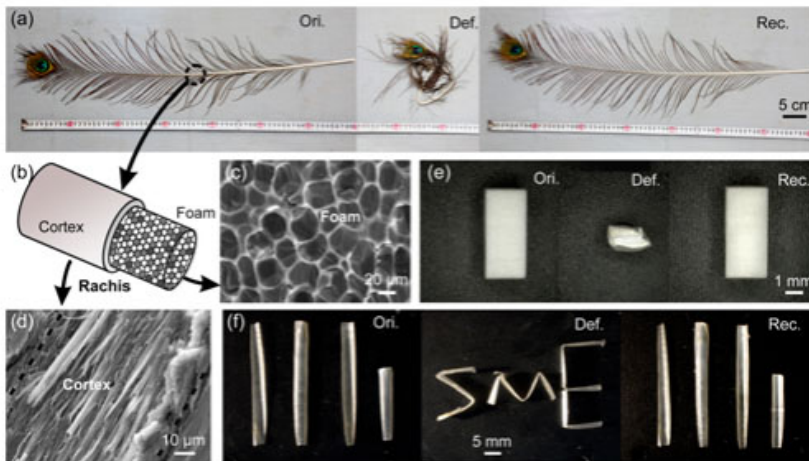


图2: 孔雀羽毛及其组成部分在水合作用下的形状记忆效应

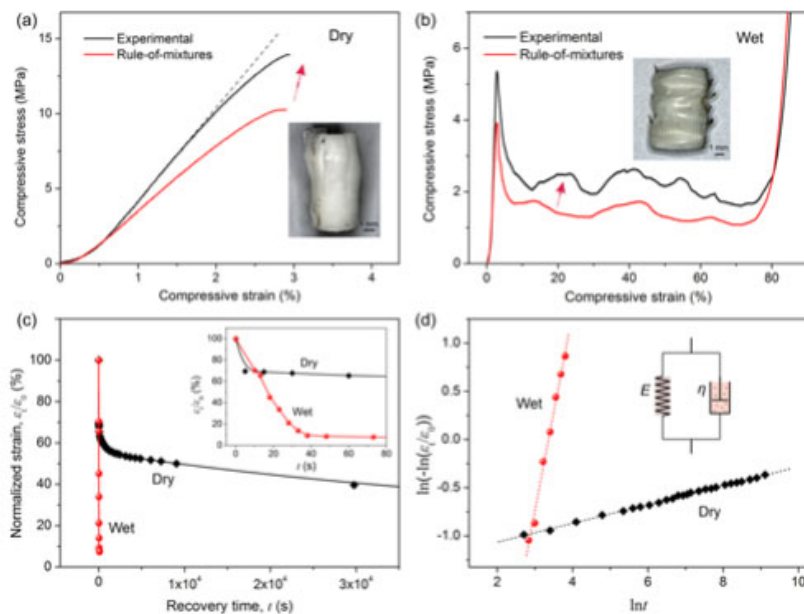


图3: 孔雀尾部覆羽羽轴在干、湿状态下的压缩应力-应变曲线以及形状回复的动力学过程

近期，中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家（联合）实验室材料疲劳与断裂研究部“葛庭燧奖研金”获得者刘增乾带领的研究小组在天然生物材料的组织结构与力学行为研究方面取得了系列新进展，在沈阳材料科学国家（联合）实验室开辟了天然生物与仿生结构材料研究的新方向。该研究旨在探索各种天然与人造材料体系变形、断裂以及强韧化之间的本征机制与联系，加深对材料力学行为的理解，进而从仿生角度实现人造材料的组织结构优化与性能改进。相关成果发表于Biomaterials 65 (2015) 13-21、Acta Biomaterialia 17 (2015) 137-151及Scientific Reports (in press)。

天然生物材料是由生物体在相对温和的生长条件下采用简单的矿物与有机质等原材料以自下而上的自组装方式合成的。经过长期选择与进化，天然生物材料往往具有复杂而巧妙的组织结构和优异的综合性能，并且能够实现自修复以及对外界条件的自响应，从而利用最少的材料达到对生存环境的最佳适应。天然生物与仿生材料研究不仅有助于揭示自然界的奥秘，加深人们对自然的认识与理解，而且能够为人造材料的优化设计与制备提供有益的启示和指导，进而从仿生角度促进人造材料的发展和应用，因而具有重要的科学与实际意义。

自2013年6月加入沈阳材料科学国家（联合）实验室以来，刘增乾与博士研究生焦大等在天然生物与仿生结构材料方面开展了大量探索研究。前期工作主要包括：

- 1) 考察了贝壳、羽毛、牙齿等典型天然生物材料的组织结构与力学性能，揭示了材料的多层次跨尺度复合结构特点，首次系统阐明了天然生物材料本征具有的纳米孪晶、位错、层错、晶体取向差等多重结构缺陷，并揭示了其对力学性能的影响，纠正了主要基于有序性和规律性的传统天然生物材料结构描述方法；
- 2) 考察了典型天然生物材料在不同条件和应力状态下的变形与断裂行为，揭示了变形、断裂机制及其与组织结构的关系，阐明了结构各向异性、水合状态等对力学行为的影响及其机理，提出了不同断裂模式相互竞争转化的力学准则，揭示了泡沫与泡沫填充、平面片层、同心球片层、交叉叠片等天然复合结构的强韧化机理，进而提炼出了天然与人造材料组织结构与力学性能优化的共性原则机理；
- 3) 揭示了孔雀羽毛、穿山甲鳞片等天然高分子材料在水合作用下的形状记忆效应以及由此引起的自修复效应，考察了形状回复与自修复的动力学过程以及相应的材料组织结构与力学性能变化，基于非平衡热力学涨落理论提出了定量描述形状回复与自修复过程的动力学模型，从分子结构出发阐释了水合的影响及其微观机理，为从仿生角度设计人造形状记忆与自修复材料提供了指导。

以上研究工作的开展有利于拓宽金属所和国家实验室的研究方向，并为传统材料的研究提供新思路、注入新活力。相关研究得到了中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家（联合）实验室“葛庭燧奖研金”和中国博士后科学基金（2014M561263）的资助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/79527.html>