

A professional portrait of Guo Wanlin, a middle-aged man with dark hair, wearing a dark blue suit jacket, a white shirt, and a dark blue tie with a light-colored polka-dot pattern. He is standing against a background of a blue sky with white clouds and a blue ocean. The text is overlaid on the bottom left of the image.

郭万林

纳米材料技术专家

■ 郭万林 Guo Wanlin

长江学者特聘教授

Chang Jiang Scholar

南京航空航天大学纳米科学研究所所长

Director of Institute of Nano Science of NUAA

☞: 您在纳米技术方面进行了许多开创性的研究,请简要谈谈目前您在该领域的研究情况。

**郭万林:** 目前,我们主要探索纳米技术如何向现代化的应用发展,特别是在航空航天领域的应用。2010年末,我们发现当气流吹过单层石墨烯表面时能产生明显的电压信号,且这种流致生电效应在每秒上百米的高气流流速下仍能很好保持。而石墨烯的超薄结构使其可以与各种工程结构相结合而不显著影响其功能,如可与飞行器机翼等结合,将为新型的空速测量提供借鉴。

带着单层石墨烯能否在液流中生电的疑问,我们进行了液流生电的研究,却失望地发现浸入液体的石墨烯根本无法生电。但是当石墨烯样品进出液面的时候,却有电压脉冲产生。当时我就意识到其中可能有新颖的科学原理。2013年初,我对相关的研究历史潜心查阅分析,发现这是新型的动电现象。2014年5月,石墨烯中“书画势”和“波动势”的研究论文分别在 Nature 集团的 Nature Nanotechnology 和 Nature Communication 正式发表。

坚持这类研究的目的是希望揭示纳米材料在工程环境下的新功能和新的器件原理。石墨烯等单个原子厚度的纳米材料具有优异的力学性能和稳定性,能够大面积生长并被转移到任意表面,最有可能把单个原子层材料独特、丰富的物理性质带到宏观工程世界,打开崭新的应用前景。

☞: 您曾提出了“纳智能材料”的概念,经过 10 余年的发展,纳智能器件的研究与应用取得了哪些成就? 还需要研究哪些关键技术?

**郭万林:** 现在,很多纳智能材料器件已经步入应用阶段,如在柔性膜上集成一系列纳米传感材料器件,可以无害的检测心脏、大脑、骨骼的应力、温度、血流等;利用某些纳米结构对生物分子的超高灵敏性制成掌上

型生化检测器;利用碳纳米管等材料制成高驱动力输出的人工肌肉、纳米马达等;纳米结构也广泛用于各波段的光传感器、高性能锂电池和超级电容器等。

目前,人们对纳米材料结构及其性能的认识已经非常丰富。首要的关键是概念的突破,给这些纳米材料结构找到与做为承力结构的钢铁和做为半导体的硅等不同的、能改变工程技术的新用途;其次是产、学、研更紧密地结合和产业界的投入与推动。

☞: 请您简述一下三维断裂力学的理论体系在航空领域的应用情况及未来的发展趋势。

**郭万林:** 三维疲劳断裂理论在我国多个重要飞机型号的工程研制中已经得到了系统应用。

(1) 为了解决新研飞机型号设计对材料断裂韧性和疲劳裂纹扩展性能厚度效应的急需,我们将三维弹性断裂理论用于确定型号主受力结构材料和半成品在设计载荷、环境条件下的厚度效应,经过试验验证后全部用于型号设计,节约了至少 5 年的时间和大量经费。

(2) 我国某新型飞机在全机耐久性试验过程中,垂尾与机身连接的整体机加接头出现大的复杂三维开裂,致使试验中断。我们用三维断裂理论进行系统分析,给出该开裂结构在 100% 设计载荷下仍有满足设计要求的剩余强度评估结果。型号研制方据此完成了剩余强度试验。此后,我们应用三维断裂理论对飞机主机翼、新型机翼等关键连

接结构和轴结构进行了系统的损伤容限分析,给出的评估结果与之后完成的全机试验结果一致。受到设计

**郭万林:** 固体力学博士,教授,博士生导师。1996 年获国家杰出青年基金,1999 年受聘为国家教育部“长江学者”特聘教授到南京航空航天大学工作,开展交叉学科前沿及其在未来空天技术中的应用研究,创建南京航空航天大学纳米科学研究所、纳米力学硕士与博士点、“纳智能材料器件”工信部重点学科、纳智能材料结构与仿生工程国防重点学科。2005 年作为学术带头人的“纳尺度物理力学”团队入选国家教育部“长江学者创新团队”计划,2010 年成功申请建设“纳智能材料器件”教育部重点实验室,2012 年获全国优秀科技工作者称号。曾于美国、德国、澳大利亚、波兰工作和访研,在国际会议做邀请报告 40 多次。在 Nature Nanotech., Nature Commun., Phys. Rev. Lett., J. Am. Chem. Soc., Nano Lett., Adv. Mater. 等国际一流学术刊物上发表 SCI 论文 240 余篇。部分成果获 2012 年度国家自然科学基金二等奖 1 项和 2011 年度教育部自然科学一等奖 1 项。曾先后主持国家“973 计划”课题、国家自然科学基金重点项目、面上项目等。



方肯定为:“该领域的重大技术创新,使我国三维损伤容限分析达到国际领先水平”。

随着材料技术、数控制造技术的发展,整体结构使用越来越广,结构的可靠性可以因此得到显著提高,但三维损伤容限问题更加突出,三维疲劳断裂理论一定会更加重要和广泛使用。高温材料结构的微纳结构及其演化与其服役性能的关系、从材料设计、工艺到结构性能的多尺度损伤理论和预测分析对我国航空航天事业发展具有重要意义。实际结构在复杂载荷和高温环境复合情况下的三维蠕变疲劳断裂等力学行为的研究将变得更为迫切。

(采访 谷雨 责编 深蓝)