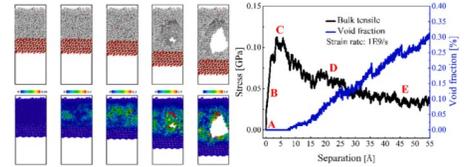


### 东南大学和中科院上海有机所的研究人员利用MD方法研究了HTPB/AP粘接界面的力学行为和损伤特性

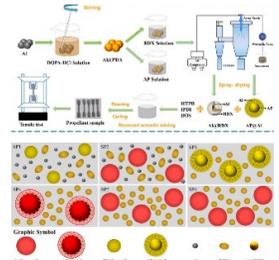
粘接界面结构的变形行为,对揭示固体推进剂力学性能变化的内在机理具有重要意义。采用全原子分子动力学(MD)模拟方法,并通过使用改性的聚合物一致力场描述分子内和分子间的相互作用,东南大学和中科院上海有机所的研究人员研究了端羟基聚丁二烯(HTPB)基体和高氯酸铵(AP)固体填充颗粒之间粘接界面的力学性能和损伤行为,揭示了加载速率、温度和湿度对粘接界面强度和拉伸曲线的影响规律,并通过唯象结果的线性外推来分析实验和MD模拟结果之间的尺度差异。研究表明,随加载速率升高,界面强度和模量呈增大趋势,但温度和湿度的增加将降低界面粘接强度。此外,AP-HTPB粘接界面变形最初发生在HTPB基体内部,然后逐渐扩展至界面区域。

源自: Zhang J, Shi L, Luo P, et al. Mechanical properties and deformation behaviors of the hydroxyl-terminated polybutadiene and ammonium perchlorate interface by molecular dynamics simulation[J]. *Computational Materials Science*, 2023, 221: 112077.



### 西北工业大学科研团队研究了Al/氧化剂粘接界面结构对固体推进剂力学性能的影响

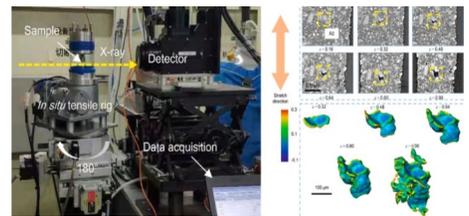
在不改变基本配方组分的前提下,通过调控和增强固体填充颗粒之间的界面是提高固体推进剂燃烧性能和力学性能的重要途径。针对该方面研究比较匮乏的现状,利用拉伸试验机、动态热机械DMA技术和微CT动态扫描技术,西北工业大学科研团队探索了铝/氧化剂界面结构调控对四组元端羟基聚丁二烯(HTPB)复合固体推进剂性能的影响。研究表明,通过界面调控可将推进剂的室温断裂伸长率提高约1.3倍,达到51.81%,且能够降低推进剂对温度和应变率的敏感性。最后,通过扫描电镜和微CT原位拉伸扫描技术研究了界面调控推进剂的细观损伤机理。



源自: Lv X, Xu J, Xu R, et al. The effect of Al/oxidizers interfacial structure on the mechanical properties of composite propellants[J]. *Polymer Testing*, 2023, 126: 108167.

### 西南交通大学和北京强度环境研究所报道了一种基于同步光源研究原位加载下固体推进剂细观损伤的试验方法

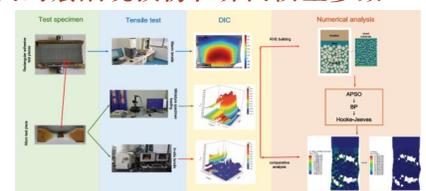
实时准确获得动态加载过程中的细观损伤演化规律,对于分析固体推进剂的非线性力学行为具有重要作用。基于第三代同步辐射光源技术,西南交通大学与北京强度环境研究所的科研人员共同搭建了研究固体推进剂细观损伤的动态原位拉伸试验系统,并给出了试验件构型尺寸,该系统的最大加载应变率可达 $0.1 \text{ s}^{-1}$ 。基于观测图像的三维重构,以孔隙大小和形状特性定量表征了推进剂内部固体填充颗粒与基体粘接界面在加载下发生的“脱湿”损伤程度,并以此分析了损伤程度随应变的变化规律。



源自: Liu Y, Qian W, Wang L, et al. In situ X-ray tomography study on internal damage evolution of solid propellant for carrier rockets[J]. *Materials Science & Engineering A*, 2023, 882: 145451.

### 海军航空大学科研团队基于DIC和FEMU法研究了HTPB推进剂装药粘接界面的宏观观损伤和界面模型参数

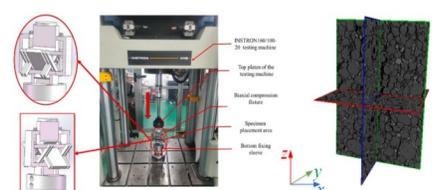
开展装药结构粘接界面损伤演化研究对于分析固体火箭发动机结构完整性具有重要意义。海军航空大学的研究人员开展了装药结构模拟表征试验件的宏观观拉伸试验,获得了不同加载变形阶段粘接界面宏观观损伤演化规律,并使用数字图像相关法(DIC)从宏观角度分析了试验件变形应变场分布和变化情况,应用有限元模型更新(FEMU)法,结合自适应粒子群优化(PSO)、反向传播(BP)和Hooke-Jeeves算法,反演识别了细观粘接界面模型参数值,并开展了粘接界面结构细观损伤演化的数值模拟。



源自: Li Y, Lv W, Li G, et al. Macro and micro damage analysis and parameter inversion of HTPB adhesive interface based on DIC and FEMU[J]. *Composite Interfaces*, 2023, 30(11): 1201-1226.

### 火箭军工程大学科研团队报道了一种研究低温动态双轴压缩加载下固体推进剂宏观观特性的试验方法

固体推进剂的力学响应应具有明显的率温相关性,并受到加载应力状态的影响。然而,有关双轴压缩条件下推进剂力学性能和损伤机理的研究比较匮乏。火箭军工程大学研究人员基于INSTRON高应变率液伺试验机和新式试验夹具搭建了一套研究1:1应力状态下固体推进剂动态双轴压缩力学性能的试验系统,并应用微CT设备对加载后的试验件进行观测以分析推进剂的细观损伤机理和损伤程度。研究表明,相较应变率,温度对HTPB推进剂的双轴压缩力学性能影响更明显。室温条件下,应变率持续升高不仅能影响HTPB推进剂的细观损伤程度,而且能改变推进剂的细观损伤机理,但低温条件下,提高应变率仅能影响推进剂的细观损伤程度。此外,HTPB推进剂的双轴抗压强度约为单轴抗压强度的2.8倍。



源自: Geng T, Qiang H, Wang Z, et al. Macroscopic and mesoscopic properties of HTPB propellant under low temperature dynamic biaxial compression loading[J]. *Polymer Testing*, 2023, 119: 107922.

(火箭军工程大学 王哲君 编译)