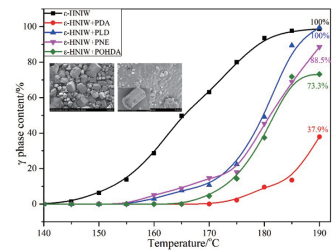


北京理工大学研究了表面原位聚合多巴胺对CL-20晶型稳定性的影响

北京理工大学利用4种儿茶酚胺类物质在碱性条件下的自聚合反应,对 ϵ -CL-20进行表面改性,包覆层质量分数为0.7%~1.6%不等,得到了具有良好晶型稳定性的核壳结构含能复合物。采用DSC和*in-situ* XRD等技术对4种材料的固-固晶变进行了监测,相较于 ϵ -CL-20(144.5 °C),经聚多巴胺(PDA)包覆的材料晶变温度提高了约30 °C。同时,PDA也在一定程度上降低了CL-20的撞击与摩擦感度。

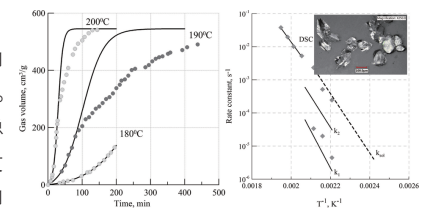
源自: Zhang H, Jiao Q, Zhao W, et al. Enhanced Crystal Stabilities of ϵ -HNIW via Core-Shell Structured Energetic Composites [J]. *Applied Sciences-Basel*, 2020, 10: 2663-2675.



俄罗斯门捷列夫化工大学研究了CL-20基共晶的热分解行为

俄罗斯门捷列夫化工大学制备了CL-20分别与HMX、DNPP和BTF、MTNP两类含能材料的共晶,并分析了共晶的热分解过程。晶格的解构是加速CL-20热分解的主要原因之一。CL-20基共晶的热稳定性取决于双分子晶体中的次级组分,当次级组分(HMX、DNPP)热稳定性高于CL-20,共晶的热分解过程与CL-20一致;当次级组分(BTF、MTNP)先于CL-20发生融化、蒸发等过程,CL-20则会转变为固相无定形态,造成热稳定性的大幅下降。相关的燃烧实验也验证了上述理论。此外,基于CL-20基共晶热分解的动力学模型对其安全性进行了评估。

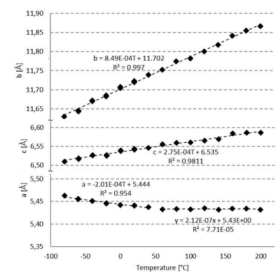
源自: Sinditskii VP, Yudin NV, Fedorchenko SI, et al. Thermal decomposition behavior of CL-20 co-crystals [J]. *Thermochimica Acta*, 2020, 691: 178703.



德国弗劳恩霍夫化学技术研究所研究了TKX-50的热行为与相应微结构变化

德国弗劳恩霍夫化学技术研究所采用原位XRD技术对TKX-50在受热过程中晶体结构变化、热膨胀与各向异性峰展宽进行了分析。通过与CCDC数据库的对比验证了TKX-50在受热时的高度各向异性膨胀行为与其层状结构相关。同时还发现在180~200 °C温度区间内,TKX-50的分解过程首先生成1%~5%的5,5'-联四唑-1,1'-二元酸联接。对TKX-50的微结构的分析显示器微应变程度较低,并且(010)层状结构不受应变的影响。该结果支持了这种含能材料内部的层状结构可以起到钝感作用而不破坏力学稳定性的假说。

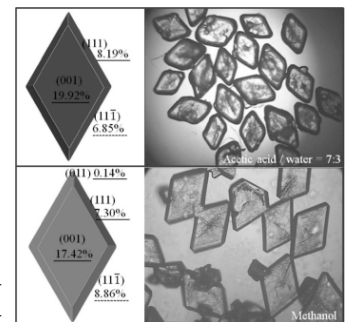
源自: Herrmann M, Förter-Barth U. Thermal Behavior and Micro Structure of TKX-50 [J]. *Propellants Explosives Pyrotechnics*, 2021, 46, 262-266.



南京理工大学研究了DNTF在甲醇和乙酸/水溶液中螺旋生长的晶体形貌

南京理工大学为了解释甲醇和乙酸/水(7:3)溶液中结晶得到的DNTF均为“钻石”形这一现象,采用分子动力学方法建立考虑结合能、温度、溶解度的螺旋生长模型,在低过饱和度下预测晶体形貌。在两种溶液中(001)、(111)和(11 $\bar{1}$)面为主要的裸露面,而(011)、(101)和(110)面则只占据极小的区域甚至消失,该预测结果与在实验观测到的DNTF冷却结晶过程高度一致。由于该方法不仅考虑到晶体表面拓扑生长的内在因素,同时也考虑了环境因素对结晶过程的影响,因此预测结果更准确,可以为DNTF的结晶过程提供理论支持。

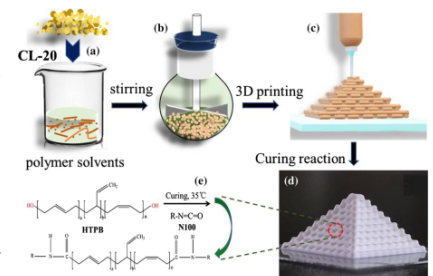
源自: Song L, Zhao FQ, Xu SY, et al. Crystal Morphology of 3,4-Bis(3-nitrofurazan-4-yl) furoxan in Methanol and Acetic Acid/Water Solutions by Spiral Growth Mechanism [J]. *Propellants Explosives Pyrotechnics*, 2020, 45: 1125-1132.



西南科技大学研究了CL-20基复合含能材料的增材制造技术与燃烧性能

西南科技大学开发了可用于3D打印的CL-20/HTPB复合含能材料,通过调节复合物中亚微米CL-20的含量与粘结剂的固化比,获得了具有良好流变性的快干直写油墨。采用增材制造技术可以使装药适应多种复杂的形状,该工作中CL-20/HTPB复合含能材料良好的力学性能赋予其在复杂形状下依然能保持结构完整性的特点。3D打印的CL-20/HTPB复合含能材料燃烧性能受打印喷头直径的影响,火焰延迟时间与最大燃烧面积均随直径增大而升高,而燃速则随直径增大而降低,此外,燃速也随复合物中CL-20的含量增大而得到提高。

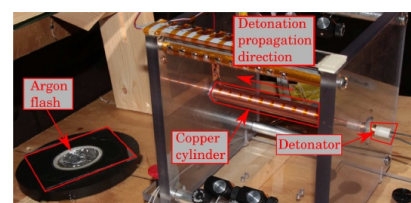
源自: Wang D, Guo C, Wang R, et al. Additive manufacturing and combustion performance of CL-20 composites [J]. *Journal of Materials Science*, 2020, 55: 2836-2845.



美国洛斯阿拉莫斯国家实验室研究了CL-20基炸药LX-19的爆轰性能

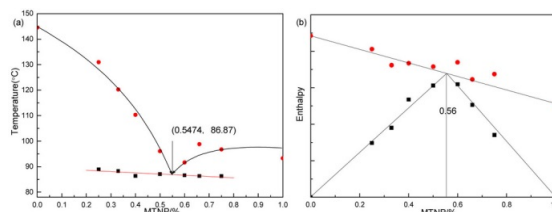
美国洛斯阿拉莫斯国家实验室设计了一种全新的爆轰性能测试方法,采用该方法测试了接近理想炸药的CL-20基LX-19高聚物粘结炸药,获得了炸药的小规模爆轰性能模型。该模型包括了全新的爆轰产物状态方程与爆轰波阵面传播动力学法则,此外,还获得了两项非流体力学产物状态方程生成技术以加速该模型参数化过程。该方法对炸药爆轰性能的建模与准确预估起到了至关重要的作用。

源自: Chiquete C, Jackson SI, Detonation performance of the CL-20-based explosive LX-19 [J]. *Proceedings of the Combustion Institute*, <https://doi.org/10.1016/j.proci.2020.07.089>.



中北大学研究了采用溶剂/反溶剂法制备的MTNP/PETN共熔物的性能

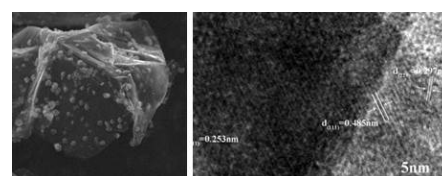
中北大学开发了一种制备MTNP/PETN共熔物的新方法,首先采用DSC分析确定共熔物相图,并确定最优摩尔比,然后采用溶剂/反溶剂法获得混合物,最后采用冷冻干燥法得到共熔物。采用XRD、FTIR、TG-MS等多种手段对共熔物的热分解过程、机械感度等性能进行了表征,并对其爆轰性能进行了理论计算。由于分子间作用力的存在,MTNP/PETN的化学相容性较差,但MTNP/PETN共熔物的高能量与不敏感特性使其有望成为TNT基熔铸炸药替代物。



源自: Kou Y, Song X, Guo K. Characterization, Thermolysis, and Energetic Properties of an MTNP/PETN Eutectic Prepared via the Solvent/Anti-Solvent Method [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2020, 46: 299-308.

西安近代化学研究所研究了纳米Fe₃O₄/rGO对TKX-50的热分解催化效果

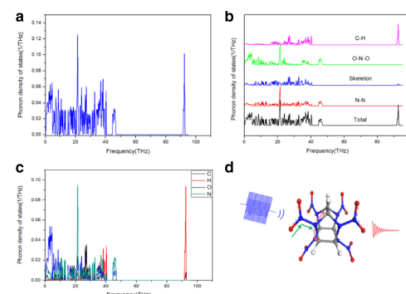
西安近代化学研究所采用优化界面溶剂热法在还原氧化石墨烯(rGO)表面制备了高分散Fe₃O₄纳米颗粒。SEM、TEM及Brunauer-Emmett-Teller比表面积分析表明采用rGO基板后Fe₃O₄的团聚程度大幅降低,Fe₃O₄颗粒粒径约为100 nm。Fe₃O₄/rGO复合物使TKX-50的热分解温度降低了约45 °C,表观活化能降低约26 kJ·mol⁻¹,该复合物可作为TKX-50基钝感固体推进剂的燃烧催化剂。



源自: Zhang J, Zhao F, Yang Y, et al. Enhanced catalytic performance on the thermal decomposition of TKX-50 by Fe₃O₄ nanoparticles highly dispersed on rGO [J]. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2020, 140: 1759-1767.

西南科技大学研究了CL-20/MTNP共晶及“共形物”的声子谱与热容

西南科技大学采用密度泛函方法计算了CL-20/MTNP共晶构型及其“共形物”的声子谱与热容量。通过对共晶构型及其共形物声子态密度的分析,确定构型的能量流动方向和引发键位置,揭示其热分解机理、爆轰性能和感度。对于CL-20/MTNP共晶构型,其声子数和特征振动频率在其共形物之间,该计算结果为实验上得到的撞击感度排序ε-CL-20 > CL-20/MTNP > MTNP提供了微观上的解释。相比MTNP分子,CL-20分子更多的声子和更强的声子态密度峰说明该共晶构型的爆轰性能主要取决于CL-20。通过德拜晶格振动模型得到的热容量在0-600 K的温度范围内随着温度的升高而升高,各构型的热容量排序为ε-CL-20 > CL-20/MTNP > MTNP。

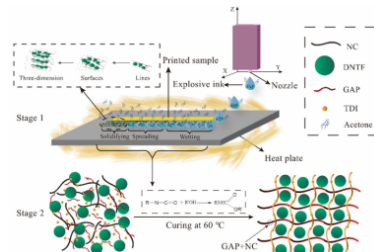


源自: Guo R, Tao J, Duan XH, et al. Study on phonon spectra and heat capacities of CL-20/MTNP cocrystal and co-formers by density functional theory method [J]. *Journal of Molecular Modeling*, 2020, 36: 148.

中北大学开发了GAP/NC/DNTF基油墨打印微传爆药用于高强度PyroMEMS

中北大学研究了可采用油墨打印方式装药的GAP/NC/DNTF复合含能材料,该复合物采用聚合物交联构建稳定的三维网络结构。对该复合物形貌、密度、机械强度、热分解过程、微尺寸爆轰性能等进行了试验与分析,单层复合物的厚度不超过10 μm;与DNTF相比,复合物的热分解温度和活化能没有明显变化。固化剂的交联反应提高了复合物的机械强度和装药密度。GAP/NC/DNTF复合含能材料的临界直径可达1 mm×0.01 mm,爆速达到8686 m·s⁻¹,表现出相当优异的微尺寸爆轰能力。

源自: He Y, Guo X, Long Y, et al. Inkjet Printing of GAP/NC/DNTF Based Microscale Booster with High Strength for PyroMEMS [J]. *Micromachines*, 2020, 11: 415.



(北京理工大学 爆炸科学与技术国家重点实验室 欧亚鹏 编译)