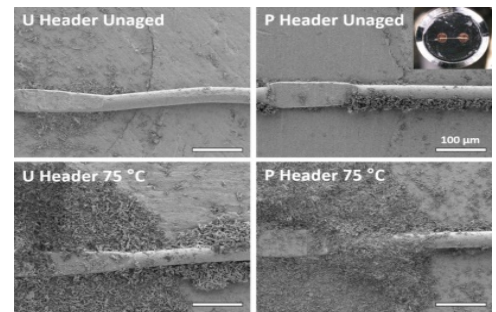


LANL研究了老化对PETN雷管发火性能的影响

太安炸药在雷管中的广泛应用使得研究者们广泛关注老化对其发火性能的影响。LANL研究人员对分别使用多糖(polysaccharide)包覆和triPEON稳定剂的太安炸药开展了75℃下加速老化一个月的老化试验,并测量了其比表面积的变化对发火作用时间的影响。研究表明,上述老化条件显著改变了未添加稳定剂的太安炸药的比表面积及其晶粒大小,并导致了雷管作用时间延长,但对进行了多糖包覆和添加了稳定剂的太安炸药的影响则很小。其中,老化使得采用了TriPEON稳定剂的太安炸药老化后的雷管作用时间小幅延长,而对采用多糖包覆的太安炸药则极少或没有影响。而在太安炸药中同时使用多糖包覆和TriPEON稳定剂时,其耐老化性能没有比只使用多糖包覆时的效果更好。

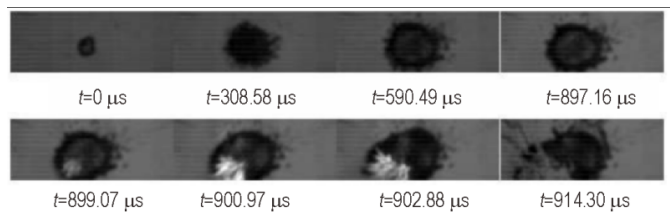
源自: Lease N, Burnside N J, Brown G W, et al. The role of pentaerythritol tetranitrate (PETN) aging in determining detonator firing characteristics[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2021(46):26-38



西安近代化学研究所获得了低速撞击下HMX晶体点火的不同机制

炸药晶体的点火机制是研究炸药点火机制的基础。西安近代化学研究所研究人员基于可视化落锤研究了不同HMX晶体粒径对其点火机制的影响。通过记录HMX晶体受撞击后的状态变化,研究人员发现大颗粒(6.0 mm和1.8 mm)的单颗HMX晶体的点火热源主要来自晶体破碎后晶体与晶体之间以及晶体碎片与撞击面之间的摩擦,而小颗粒(0.7 mm)的单颗HMX晶体的点火热源则同时包括摩擦功和粘性功。研究人员采用高速相机记录了时间间隔仅1.9μs的HMX晶体受撞击后的点火过程。其高速摄影照片表明,对小颗粒HMX晶体,其受撞击后是先融化后点火的。

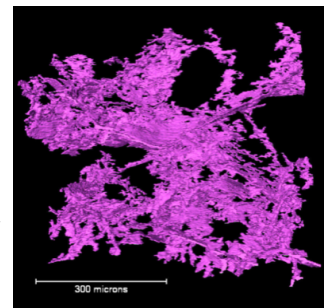
源自: Guo H F, Zhang F, Zhao C Z, et al. Influence of particle size of explosive on ignition mechanism under low velocity impact[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2021(46):46-51



美英研究人员通过实时微尺度X光摄影和CT技术获得了HMX基PBX在加热条件下的炸药热损伤演化情况

炸药在加热条件下的损伤程度及其发展是炸药点火后烈度演化的重要影响因素。美国LANL和英国曼彻斯特大学通过实时微尺度X光摄影和CT技术获得了HMX基PBX在加热条件下的炸药热损伤演化情况。该研究对比了两种不同粘结剂体系和约束对其损伤演化的影响。研究表明,炸药的孔隙损伤主要来自HMX晶体与粘结剂界面的脱粘和化学反应分解。这些孔隙损伤可以连通起来,为炸药的烈度演化提供能量传输通道。强约束和耐热粘结剂将削弱上述过程,限制孔隙损伤的发展和演化,进而降低热损炸药的渗透率。

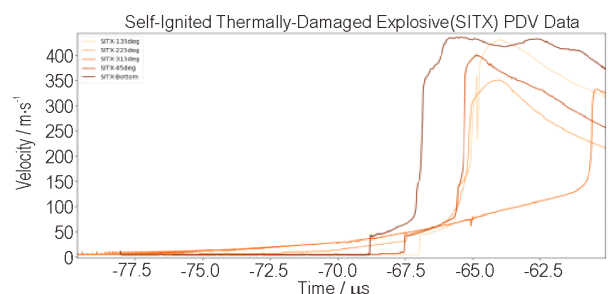
源自: Parker G R, Eastwood D S, Storm M, et al. 4D micro-scale, phase-contrast X-ray imaging and computed tomography of HMX-based polymer-bonded explosives during thermal runaway[J]. *Combustion and Flame*, 2020(226):478-489.



LANL研究人员获得了高强约束下PBX-9501的特征烈度响应

受约束炸药点火后的烈度演化上限对武器安全性评估极为重要。为了探究热刺激下装药的烈度响应上限,LANL在已有研究和认识基础上,开展了高强约束(静态约束强度不低于350 MPa)下炸药烈度演化上限的研究,探究热点火后强约束下PBX-9501炸药是否发生DDT转变。研究对比了高强约束下的PBX-9501在雷管起爆、慢烤自点火和常温激光点火三种状态下的响应特征。研究表明,以雷管起爆下的烈度响应作为基准,则强约束下慢烤自点火的PBX-9501可以发生DDT转变,而常温激光点火则未能发生转变。虽然常温激光点火与雷管直接起爆下PDV测得的壳体膨胀速度时间历程有明显区别,但最终的壳体速度却相差不多。研究人员指出,过去基于壳体最终膨胀速度判断是否发生爆轰是过去数年来对DDT条件认识错误的影响因素。

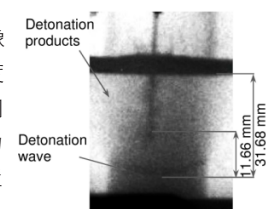
源自: Holmes M D, Heatwole E M, Rettinger R, et al. Heavily confined PBX-9501 experiment report FY2020. LANL technical report, LA-UR-20-29243(2020.11).



北京理工大学研究人员通过X光拍摄了RDX基含铝炸药受射流侵入后的爆炸响应

炸药受高速射流侵入后的剧烈响应是弹药安全性防护设计的基础。北京理工大学研究人员通过X光摄像记录了射流侵入后,RDX基含铝炸药的爆炸响应过程。通过与仿真结果的对比,获得了盖板厚度和温度对RDX基含铝炸药冲击起爆行为的影响。研究表明,装药的冲击波感度随装药温度升高而降低;同时,盖板厚度为2 mm时,装药将在受到高速射流冲击后迅速发生爆轰,且位置紧邻盖板底部;盖板厚度为27 mm时,装药并不在射流撞击后即发生瞬态爆轰,而是在弓形冲击波作用后发生爆轰,且最初爆炸位置距离装药上端面有一定距离。

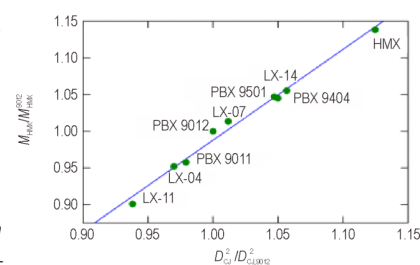
源自: Zhao P, Chen L, Yang K, et al. Shaped-charge Jet-initiation of covered RDX-based aluminized explosives and effect of temperature [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2020(In press). <https://doi.org/10.1002/prep.201900378>



LANL研究人员研究了HMX含量对炸药爆轰性能的影响及不同含量间的相似关系

LANL研究人员通过测量PBX 9012和PBX 9501的爆轰性能和飞片性能,研究了二者HMX含量5%的差异对上述性能的影响。研究表明,在HMX含量差异显著的多种炸药配方的爆轰性能之间存在相似关系。该相似关系表现为,多种炸药配方HMX的质量含量与其爆轰速度的平方之间均存在几乎线性的关系。研究人员进而提出了HMX含量的改变将系统性地整体偏移炸药配方可以用于对外做功的能量。文章提出的炸药配方爆轰性能间的相似规律可以用于预测含有惰性或低含能粘结剂的炸药组成相近的炸药的爆轰性能。

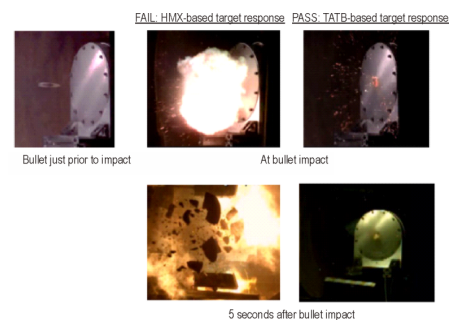
源自: Anderson E K, Chiquete C, Jackson S I, et al. The comparative effect of HMX content on the detonation performance characterization of PBX 9012 and PBX 9501 high explosives. *Combustion and Flame*, 2021(230): 111415.



美国研究人员发布了新的钝感炸药鉴定试验及其背后的物理机制认识

LANL、LLNL、Sandia三大国家实验室和Pantex工厂等机构的研究人员,基于其对炸药安全性响应机制的最新认识,联合发布了新的钝感炸药鉴定试验。鉴定试验共分为燃烧转爆轰、冲击起爆、滑道和子弹撞击试验。其中,在燃烧转爆轰和冲击起爆试验中增加了将待测炸药完全热透再开展相应试验的技术要求,从而考虑了HMX等的晶相转变对炸药敏化的影响,使两种试验的测试结果更符合真实作战场景下的危险工况条件。而对滑道试验则略有放松,允许IHE的鉴定标准包含不发生扩展或随后熄灭的点火位置的存在。考虑到子弹撞击难以导致冲击起爆行为,因此,对于子弹撞击的通过标准则略有加严,仅允许炸药在受子弹撞击后发生不高于燃烧的反应。

源自: Dickson P, Gresshoff M, Holmes M, et al. IHE material and IHE subassembly qualification test description and criteria. Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL-TR-679331REV-1, 2020; Los Alamos National Laboratory, LA-UR-15-29238, 2020.



Sandia实验室研究人员建立了B炸药的热响应模型

装药的热安定性及其在火烧条件下的热响应过程是钝感弹药设计的关键基础。作为美军装备中应用最广泛的炸药,B炸药的热响应安全性得到了更多的关注。Sandia实验室建立的B炸药的热响应模型可为装药的热安全性研究提供可靠技术途径。该模型可以同时考虑TNT的熔化、RDX在TNT液体中的部分溶解、RDX的溶解对最终炸药点火行为的影响,可对火烧条件下B炸药中的温度场分布、热分解导致的压力增加、点火时间等进行预测。该模型的计算结果可与从1.8 g的一维热爆炸实验(ODTX)到2.5 kg级的热安全性实验的结果很好地吻合,同时该模型还可以模拟密封和带泄压条件下B炸药的热安全性。该模型的提出和进一步的发展可为美军弹药安全性提升提供有效可靠支撑。

源自: Hobbs M L, Kaneshige M J, Erikson W W, et al. Cookoff modeling of a melt cast explosive (Comp.B) [J]. *Combustion and Flame*, 2020, 215:36–50. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2020.01.022>.

Hobbs M L, Kaneshige M J, Erikson W W, et al. Cookoff experiments of a melt cast explosive (Comp.B3) [J]. *Combustion and Flame*, 2020, 213:268–278. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2019.12.004>.

北京理工大学提出了一种评估固体推进剂热安全性的方法

北京理工大学提出了基于推进剂慢烤试验中的温度和压力信息及其热反应动力学评估其热安全性的方法,并分别应用于AP/HTPB/AI和AP/HTPE/AI为基的推进剂。基于该方法的实验和仿真研究表明,在慢速升温(1 K·min⁻¹)条件下,两种推进剂均在装置头部连接侧壁的环形区域最先点火。与AP/HTPE/AI基的推进剂相比,AP/HTPB/AI基的推进剂的热安定性更好,其点火前的加热时间和壳体温度均更高,但其点火后的反应强度高于前者,壳体破碎程度更剧烈。

源自: Kou Y F, Chen L, Lu J Y, et al. Assessing the thermal safety of solid propellant charges based on slow cook-off tests and numerical simulations [J]. *Combustion and Flame*, 2021(228): 154–162.

(中国工程物理研究院化工材料研究所 柴传国 编译)