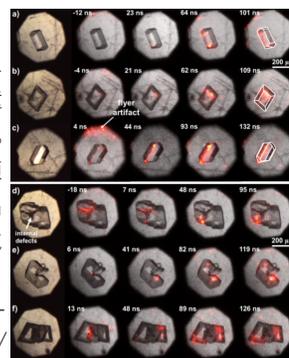




美国伊利诺伊大学拍摄到了 HMX 晶体受高速撞击后形成的热点及其传播

“热点”是炸药在冲击压缩条件下点火或起爆的重要机制,但由于“热点”尺寸小和持续时间短,而难以观测。美国伊利诺伊大学基于测温微观相机和激光驱动的微小飞片技术,研究了 HMX 晶体在高速撞击下的热点形成过程。实验使用的测温微观相机空间分辨率可达 $4\ \mu\text{m}$,时间分辨率可达纳秒级。HMX 样品分别采用单晶和多晶样品,尺度均约为 $200\ \mu\text{m}$ 。实验结果表明,对于 HMX 单晶,“热点”倾向于在晶体的转角处或边界处生成,“热点”温度约为 $4000\ \text{K}$ 。当有多个“热点”生成时,火焰将沿着晶体边界传播,HMX 样品约在 $300\ \text{ns}$ 后燃烧殆尽。而对于 HMX 多晶,“热点”倾向于在晶体内部缺陷或晶界处生成,“热点”温度可达 $6000\ \text{K}$ 。

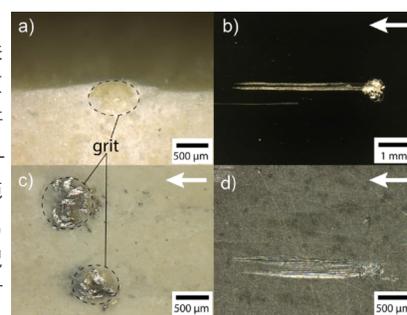
源自: Johnson B P, Zhou X, Ihara H, et al. Observing hot spot formulation in individual explosive crystals under shock compression. *The Journal of Physical Chemistry A*, 2020, 124(23): 4646–4653. <https://doi.org/10.1021/acs.jpca.0c02788>



LANL 实验室指出跌落撞击下炸药摩擦点火机制

炸药在常见勤务使用过程中意外跌落条件下的点火机制是提升炸药和装药使用安全的关键基础。基于摩擦学中摩擦界面温升受限于摩擦界面熔点较低一方材料的熔点的基本原理,洛斯阿拉莫斯(LANL)实验室设计了考虑杂质熔点影响的不同局部摩擦温升的滑道研究实验,基于超过 500 发实验数据和对照实验,提出了跌落撞击下 Grit-Grit 和 Grit-Substrate 两种炸药点火机制,指出高熔点杂质间和高熔点砂砾与高熔点基体间的相互挤压/拖拽作用导致的局域化摩擦温升是跌落撞击作用下炸药点火的起源。同时,基于实验结果,指出了杂质硬度和热传导率对炸药点火的影响规律。该结果在卡文迪许实验室于 20 世纪 50 年代提出的摩擦点火机制基础上,进一步深化了对跌落撞击下炸药点火起源的认识,可为提升炸药使用安全性奠定可靠基础。

源自:(1) Parker G R, Holmes M D, Heatwole E M, et al. Direct observation of frictional ignition in dropped HMX-based polymer-bonded explosives, *Combustion and Flame*, 2020, 221: 180–193. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2020.07.028>
(2) Bowden F P, Yoffe Y D. *Initiation and growth of explosion in liquids and solids*[M]. Cambridge University Press, 1985.

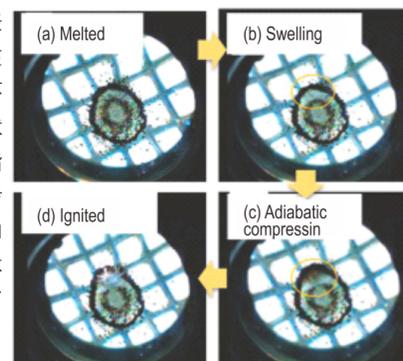


北京理工大学和化工材料研究所指出熔化过程中的分解是炸药晶体点火的重要机制

炸药晶体的点火机制和点火条件是炸药晶体降感技术研究的基础。北京理工大学研究表明,撞击过程中 HMX 炸药晶体点火机制中的“高速射流”是高速气体产物推动的结果,即在高速射流形成之前,晶体已经发生了快速分解,因此高速射流是炸药晶体点火的结果,而不是点火的起因。化工材料研究所采用高速摄影技术第一次完整记录了 CL-20 晶体在熔化状态下的分解和点火过程,证明了撞击作用下 CL-20 晶体可在熔化状态下即发生快速分解,指出撞击作用下的 CL-20 晶体分解气体在熔化密封条件下的绝热压缩是其点火机理。进一步地,基于摩擦学中摩擦界面温升的基本原理,该研究指出,对熔点和分解温度相近或相同的炸药,如 CL-20 和 HMX,其降感包覆材料的熔点应低于炸药熔点,以使包覆材料和炸药晶体接触界面的温度低于炸药晶体的熔点,以避免或延迟炸药达到熔化温度及其在熔化条件下分解导致的点火行为。

源自:(1) Wu Y Q, Duan H Z, Yang K, et al. Ignition and combustion developments of granular explosive (RDX/HMX) in response to mild-impact loading[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2020, 45(8): 1250–1268.

(2) Chai C G., Zhang J M, Yu S J, et al. Drop-weight impact ignition of CL-20 crystals caused by trapped gases: A High-speed photographic study[J]. *Energetic Materials Frontiers*, 2020(In Press). <https://doi.org/10.1016/j.enmf.2020.09.005>



LANL 实验室对 HMX 基 PBX 炸药的爆燃转爆轰的转变条件进行了系统研究

炸药爆燃转爆轰的转变条件是炸药烈度演化行为的关键环节。洛斯阿拉莫斯实验室通过强约束高温 DDT 管对不同孔隙度的热损 HMX 基 PBX 炸药的爆燃转爆轰条件进行了研究,获得了炸药烈度增长与通过渗透和高压高温梯度预加热炸药的程度紧密相关,以及 δ 相 HMX、高温和孔隙度均可敏化炸药,可降低其爆燃转爆轰距离,特别是获得了具有实用价值的黏结剂热安定性对 DDT 行为的影响结果,即更耐热的氟橡胶 Viton-A 可以延缓 DDT 的发生或增大爆燃转爆轰的转变距离。

源自: Parker G R, Heatwole E M, Holmes M D, et al. Deflagration-to-detonation transition in hot HMX and HMX-based polymer-bonded explosives[J]. *Combustion and Flame*, 2020, 215:295-308. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2020.01.040>

(中国工程物理研究院化工材料研究所 柴传国 编译)