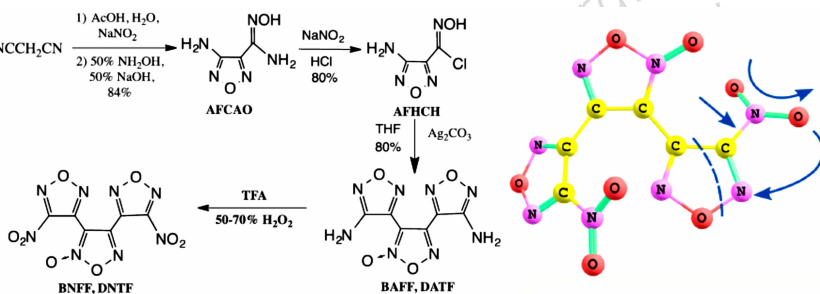


美国马里兰大学合成出低感高能熔铸炸药 BNFF

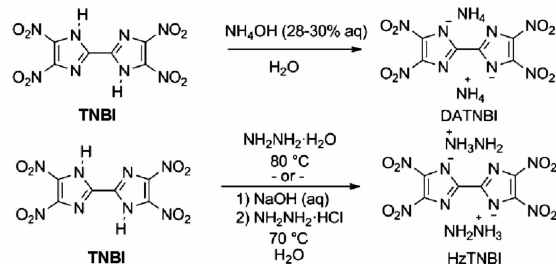
硝基取代杂环化合物具有高能量、高生成热的特性,其合成已在含能材料领域有着多年的研究。近日,美国马里兰大学结合分子理论模拟设计,采用新的四步法合成了含能杂环化合物 3,4-双(4-硝基-1,2,5-噁二唑-3-基)-1,2,5-噁二唑-2-氧化物(BNFF),该合成方法较为简单,产物得率高,且易放大。所得产物 BNFF 具有较高的能量密度(实测密度为 $1.875 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)、较高且可控的热稳定性(热分解温度)、低熔点($109.0 \text{ }^\circ\text{C}$)、低感度(摩擦感度 120 N ,特性落高 31 cm)以及高电子亲和能,可作为当前熔铸炸药配方组分,改善配方稳定性,具有较大的应用潜力。



源自: Tsyshevsky R, Pagoria P, Zhang M, et al. Searching for Low Sensitivity Cast-melt High Energy Density Materials: Synthesis, Characterization, and Decomposition Kinetics of BNFF[J]. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2015, 119: 3509–3521.

美国陆军武器研发中心合成出 TNBI 的双胍和二铵盐

在高能炸药合成领域,4,4',5,5'-四硝基-2,2'-双咪唑盐(TNBI)分子中由于含有两个相连的2,4-二硝基咪唑盐(2,4-DNI),具有较高的能量密度。美国陆军将2,2'-双咪唑盐在含有醋酸铵的乙二醛水溶液中进行缩合反应获得 TNBI,再将 TNBI 与阳离子水溶液反应,即可获得 TNBI 的两种阴离子盐,该合成路线成本较低,产物得率高。所得化合物具有高的热稳定性(双胍盐和二铵盐的热分解温度分别为 $269 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $220 \text{ }^\circ\text{C}$)、较高的能量密度(密度分别为 $1.806 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 和 $1.786 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)和低的机械感度(双胍盐特性落高 $>100 \text{ cm}$,摩擦感度 $>360 \text{ N}$;二铵盐特性落高 49.2 cm ,摩擦感度 $>360 \text{ N}$)和静电火花感度,真空热安定性好($100 \text{ }^\circ\text{C}$ 每 48 h 放气量:双胍盐 $0.010 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$,二铵盐 $0.044 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$),且能量水平接近于 RDX(两种盐爆速分别为 $8471 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $8477 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),在钝感弹药和钝感推进剂配方中可用于替代硝胺类炸药,具有较大的应用潜力。

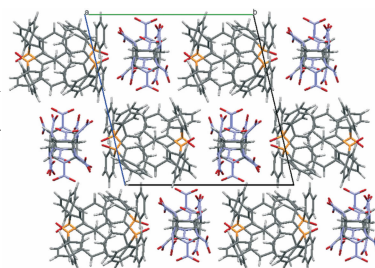


源自: Paraskos A J, Cooke E D, Coflin K C. Bishydrazinium and Diammonium Salts of 4, 4', 5, 5'-Tetranitro-2, 2'-biimidazole (TNBI): Synthesis and Properties[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2015, 40(1): 46–49.

美国乔治城大学利用溶剂效应设计制备 CL-20 共晶炸药

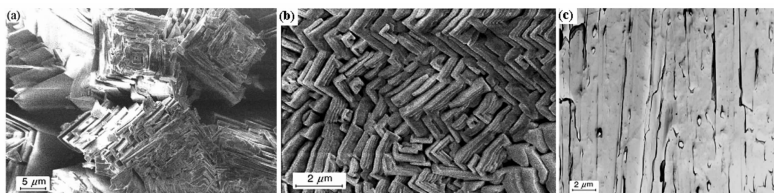
共晶炸药近五年来成为含能材料基础研究领域的一个热点,其中 CL-20 作为当前炸药共晶最活跃的单体之一,已报道其与 HMX、TNT、BTF、DNB 等多种共晶炸药的制备技术。最近,美国乔治城大学利用溶剂效应,设计制备了 CL-20:三苯基氧化膦(TPPO)=1:2 的共晶化合物,其熔化吸热峰位于 $123 \sim 127 \text{ }^\circ\text{C}$,远低于 TPPO 的熔化吸热峰($154 \sim 158 \text{ }^\circ\text{C}$)和 CL-20 的转晶吸热峰($150 \sim 190 \text{ }^\circ\text{C}$)。尽管该共晶化合物含有较多非含能组分,用作炸药在能量上不一定理想,但从溶剂效应中可得出一个共晶化合物的设计思路,即采用 CL-20 分子中没有的强 $\text{P}=\text{O} \cdots \text{H}$ 相互作用和溶剂效应,可设计、制备一系列含能共晶。

源自: Urbelis J H, Young V G, Swift J A. Using solvent effects to guide the design of a CL-20 cocrystal[J]. *Cryst Eng Comm*, 2015, 17: 1564–1568.



俄罗斯联邦核中心研究了气相沉积制备纳米炸药的结构及性能

为降低纳米炸药临界起爆直径,各研究机构近年来开展了系列技术途径研究。其中,炸药墨水法由于在粘结剂的作用下可有效防止纳米炸药团聚,充分保持其纳米特性,效果较好,另一种方法则是采用气相沉积法制备纳米结构炸药。俄罗斯通过气相沉积制备的纳米炸药多晶层(不同条件下制备的纳米结构 PETN 炸药如图所示)含有大量空隙、位错等微缺陷,例如,在多孔 PETN 中,炸药密度只有 $0.75 \sim 0.8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。这些纳米和微米尺度下的微缺陷可使得炸药的临界起爆直径显著降低(通过气相沉积制备的纳米结构 TATB、HMX、RDX、PETN、BTF 爆轰临界直径分别为 $0.7, 0.08, 0.10, 0.05, 0.02 \text{ mm}$,与微米级相比显著降低),且与传统方法制备的纳米炸药相比,气相沉积法制备的纳米炸药爆速受药片厚度影响小。此外,研究还表明,纳米结构炸药可用于混合炸药配方,提升爆轰性能。



源自: Mil'chenko D V, Gubachev V A, Andreevskikh L A, et al. Nanostructured explosives produced by vapor deposition: Structure and explosive properties[J]. *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, 2015, 51(1): 80–85.

(杨志剑 编译)