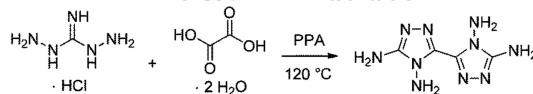


### 德国慕尼黑大学一步法合成出高热稳定含能离子盐

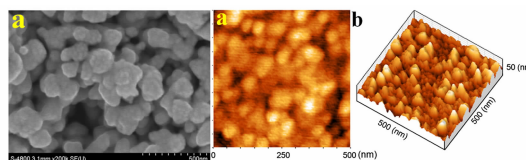
含能离子盐近年来逐渐成为含能材料合成方向的一个研究热点。德国慕尼黑大学采用廉价易得的二氨基胍盐酸盐和草酸为原料,通过一步法合成出高热稳定含能离子盐。该化合物阳离子(4,4',5,5'-四氨基-3,3'-双-1,2,4-三唑阳离子)具有双芳三唑以及四个氨基的富氮分子结构,具有高热稳定性、生成热高、高密度、对机械刺激钝感的特性,将该阳离子与一些富氧的阴离子配对,合成出十二种热稳定性极好的含能离子盐。该研究之前,尚未有过使用该化合物作为含能材料的报道。所得典型离子盐的密度为  $1.826 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,热分解温度达  $342 \text{ }^\circ\text{C}$ ,生成热为  $301.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,计算爆速为  $9053 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,与 TNT 相容性良好,且对撞击、摩擦和静电火花刺激均表现出钝感特性。



源自: Klapötke T M, Schmid P C, Schnell S, et al. Thermal stabilization of energetic materials by the aromatic nitrogen-rich 4, 4', 5, 5'-tetraamino-3, 3'-bi-1, 2, 4-triazolium cation[J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2015, 119: 3509–3521.

### 伊朗采用微乳液法制备 CL-20 基纳米复合炸药

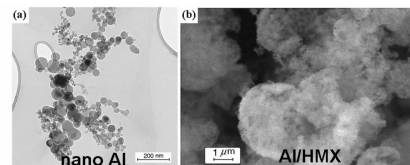
CL-20 基推进剂具有明显的高能优势,但在提升机械强度、降低感度、延长使用寿命等方面还需改进。伊朗 Y. Bayat 等通过微乳液法,采用乙烯-乙酸乙烯共聚物(EVA)和缩水甘油叠氮聚醚(GAP)制备了两种 CL-20 基纳米复合炸药,该法 CL-20 含量可控,成功制备了 CL-20 含量分别为 80%、85%、90%、90% 的 CL-20 基纳米 PBX。CL-20/EVA 纳米复合炸药扫描电镜及原子力显微镜如图所示。另外,作者采用投射电镜清晰地观察到了粘结剂包覆 CL-20 的纳米核壳结构。动态光散射测试结果表明,两种纳米复合炸药配方中 CL-20 的平均粒径约为 32nm 和 18nm, PBX 复合物感度降低,且机械强度高,可用于推进剂配方。



源自: Bayat Y, Soleyman R, Zarandi M. Synthesis and characterization of novel 2, 4, 6, 8, 10, 12-hexanitro-2, 4, 6, 8, 10, 12-hexaazaisowurtzitane (2, 4, 6, 8, 10, 12-hexanitro-2, 4, 6, 8, 10, 12-hexaazatetracyclo dodecane based nanopolymer-bonded explosives by microemulsion[J]. *Journal of Molecular Liquids*, 2015, 206: 190–194.

### 俄罗斯科学院制备了 Al/HMX 纳米复合物并研究其燃烧性能

将纳米金属与炸药复合,不仅需要考虑复合材料均匀性问题,同时还考虑纳米金属的组成及表面状态,这些都会显著影响复合物的燃烧性能。俄罗斯采用自悬浮定向流法制备了直径约为 50 nm 的铝粉,其表面形成氧化铝或三甲硅氧烷包覆层。采用悬浮雾化干燥或干法机械混合制备了 Al/HMX 纳米复合物。采用雾化干燥制备的粉末较为松散,燃烧速度可由  $19 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$  增加至  $55 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$  (压力范围为 3 ~ 10 MPa,压力指数 0.34 ~ 0.84)。

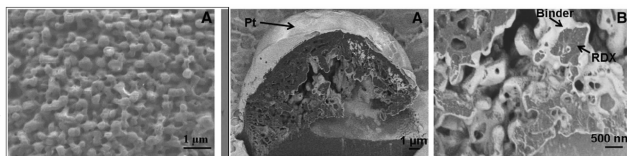


源自: Zhigach A N, Leipunskii I O, Pivkina A N, et al. Aluminum/HMX nanocomposites: Synthesis, microstructure, and combustion[J]. *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, 2015, 51(1): 100–106.

### 美国采用喷雾干燥法制备纳米 RDX 基复合炸药微粒

美国皮卡汀尼兵工厂最近采用气动和超声两种雾化喷嘴,以聚乙烯醋酸盐(PVAc)为粘结剂,将炸药与粘结剂首先共同溶解于溶剂中,再经喷雾干燥法制备均匀的、粒径为数百纳米的类球状 RDX 以及纳米 RDX 基复合炸药微粒。研究结果显示,雾滴大小对 RDX 晶体产物的粒径具有决定性的影响,而粘结剂均匀地分布在复合炸药微粒中。RDX 结晶首先经历一个快速大量成核的过程,粘结剂壳层的生长对抑制颗粒晶体生长,实现纳米尺度复合有重要影响。此外,这种制备方法的优点是,在实现对炸药粒径有效控制的同时,将粘结剂与细颗粒炸药均匀复合,能够有效降低其机械感度和冲击波感度。

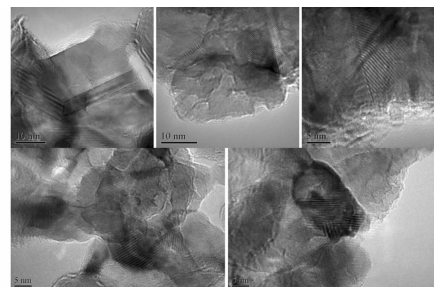
源自: Qiu H W, Stepanov V, Stasio A R D et al. Investigation of the crystallization of RDX during spray drying[J]. *Powder Technology*, 2015, 274: 333–337.



### 俄罗斯采用爆炸法合成出无氢金刚石

爆炸法制备得到的纳米金刚石往往含有氢元素,因而在其表面易形成一层非金刚石层(含有 C—H 键)。最近,俄罗斯国家物理技术测量研究所采用苯并三氧化咪唑(BTF)爆炸法制备了无氢金刚石,所得产物在 X 射线衍射分析中仅表现出(111)、(220)、(311)三个晶面衍射峰,不含氢元素,氮元素含量为 2.6%,密度为  $3.40 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,与商用的高密度金刚石密度一致。此外,所制备的无氢金刚石与一般爆炸法制备的含氢金刚石相比,产物具有更大的粒径(无氢金刚石 > 20 nm,一般爆炸法金刚石约 5 nm),热分解温度也滞后了  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  以上(完全分解温度从  $698 \text{ }^\circ\text{C}$  增加至  $839 \text{ }^\circ\text{C}$ )。

源自: Batsanov S S, Osavchuk A N, Naumov S P, et al. Synthesis and Properties of Hydrogen-Free Detonation Diamond[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2015, 40(1): 39–45.



(杨志剑 编译)