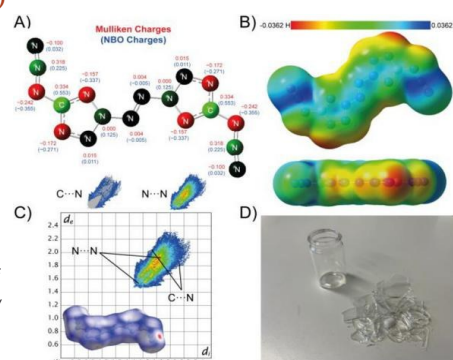


德国慕尼黑大学通过三步合成法制备了2,2'-偶氮双(5-叠氮四唑)(C₂N₁₆)

慕尼黑大学通过5-叠氮四唑的胺化直接合成得到2-氨基-5-叠氮四唑,然后使用tBuOCl氧化偶合得到2,2'-偶氮双(5-叠氮四唑)(C₂N₁₆)。它是一种高能量的富氮二元碳氮化合物,感度远低于设备的测量极限。C₂N₁₆及其前体2-氨基-5-叠氮四唑的氮含量、晶体密度和计算生成焓都非常高,具有较高爆速和能量理论值。C₂N₁₆不仅具有二元杂环分子的最高氮碳比,而且以8个链状氮原子为特征,为碳氮化合物设定了一个新的基准。

源自: Benz M, Klapötke T M, Stierstorfer J, et al. Synthesis and characterization of binary, highly endothermic, and extremely sensitive 2,2'-azobis(5-azidotetrazole) [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2022, 144: 6143-6147. <https://doi.org/10.1021/jacs.2c00995>



美国爱达荷大学研究了HFOX的pH控制形式(胺和肼基与醛或酮的选择性反应)

爱达荷大学研究了1-氨基-1-肼基-2,2-二硝基乙烯(HFOX)与各种羰基衍生物在酸性和碱性条件下的选择性反应。HFOX共振中间体对产品结果起主要作用。对于质子化的HFOX,只有肼基参与了与羰基化合物的缩合反应。而对于HFOX的阴离子形式,胺基和肼基都参与了缩合反应。所有新化合物均采用先进的光谱技术进行了综合表征,并用单晶X射线分析法对其结构进行了分析。发现钾和钠三嗪盐的晶体结构是三维含能金属-有机骨架(3D EMOF)。许多三嗪盐热稳定性较好,撞击感和摩擦感度较低。相较于TNT,大多数新化合物表现出优异的爆轰性能。该合成策略为高能钝感的FOX-7衍生物的选择性合成提供了一条有效路线。

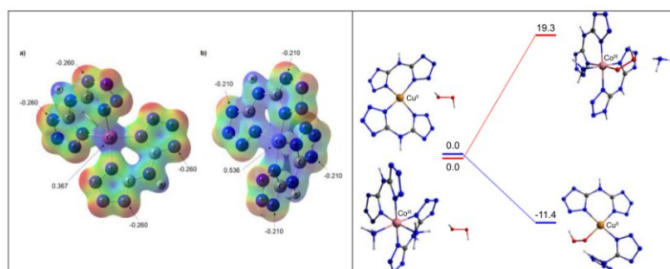
源自: Shreeve J M, Chinnam A K, Staples R J. pH-Controlled forms of 1-amino-1-hydrazino-2,2-dinitroethylene (HFOX): Selective reactivity of amine and hydrazinyl groups with aldehydes or ketones [J]. *Materials Advances*, 2022. <https://doi.org/10.1039/D2MA00307D>



以色列特拉维夫大学制备了无氢化物和无硼的固体H₂O₂基自燃点火载体

以色列特拉维夫大学以富氮双(5-四唑基)胺(H₂BTA)为配体,合成了一系列新型无硼、无氢的自燃绿色固体H₂O₂-高聚物。用单晶XRD测定了这些化合物的分子结构,用DSC和TGA研究了它们在纯氮和富氧气氛下的热性能,并探讨这些化合物在高温条件下的氧化行为。研究结果发现性能最好的化合物[K₂(H₂O)₂Cu(BTA)₂]_n(JD-4)具有最短的点火延迟时间(7 ms,其中H₂O₂为97%)和高热稳定性(343 °C);根据获得的点火结果、X射线晶体学和HASEM软件计算,进行了结构-自燃活性的关系研究,结果发现,Cu和BTA单元之间的电子密度差异在特定范围(~2)内能使化合物点燃,该工作为进一步开发新型、绿色的推进系统固体燃料指引了方向。

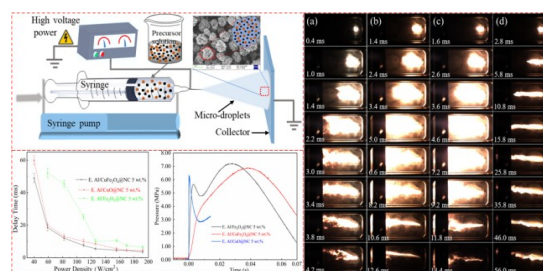
源自: Das J, Shem-Tov D, Wang S et al. Hydride- and boron-free solid hypergolic H₂O₂-ignitophores [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2021, 426: 131806. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131806>



西北大学研究了AlCuFe₂O₄@NC复合材料的激光点火和燃烧特性

西北大学利用静电喷雾技术构筑一种三维有序结构的新型Al/CuFe₂O₄@NC含能微颗粒,研究了复合物结构和氧化剂对该铝热剂激光点火和燃烧性能的影响。结果表明,组分间均匀分布和紧密界面接触有利于缩短铝热反应过程的传质、传热距离,增强能量释放和燃烧特性。氧化剂类型对复合物的铝热反应特性有显著的影响,和传统金属氧化物铝热剂相比(Al/CuO@NC和Al/Fe₂O₃@NC),Al/CuFe₂O₄@NC具有更短的点火延迟时间和更温和的能量释放速率。同时,通过改变燃料/氧化剂的界面接触,实现了Al/CuFe₂O₄@NC激光点火和燃烧性能的可控调节。

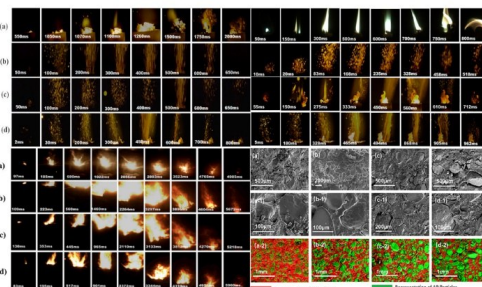
源自: Wang W, Li H, Zhang M, et al. Effects of oxidizer and architecture on the thermochemical reactivity, laser ignition and combustion properties of nanothermite [J]. *Fuel*, 2022, 314: 123141. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123141>



西北工业大学研究了含硅基复合材料的固体推进剂的热分解和燃烧行为

西北工业大学采用喷雾干燥技术制备了不同硅含量的 Si@NC/AP 和 Si@PVDF/CL-20 复合材料并研究了其燃烧行为,研究发现,硅的氧平衡和催化作用在这些复合材料燃烧过程中起着重要作用,同时含 40% 硅的硅基燃料的点火延迟最短。同时,制备了含 2 种典型硅基复合材料 Si-80@NC/AP 和 Si-80@PVDF/CL-20 的固体推进剂 (SCP-1 和 SCP-2),并与对应的各单组分机械混合的固体推进剂 (SCP-3 和 SCP-4) 进行对比。结果表明,含有硅基复合材料的推进剂的横截面比参考推进剂的横截面更密集。在 2.0 MPa 下,SCP-1 和 SCP-2 的燃烧速率分别为 $5.74 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $5.10 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$,低于参考样品 SCP-3 ($6.51 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$) 和 SCP-4 ($5.70 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$)。但前者的压力指数略低于后者。此外,SCP-1 和 SCP-3 的燃烧产物更蓬松,颗粒尺寸更小。因此核壳结构复合材料具有更好的燃烧性能,可能是因为氧化剂和作为燃料的 Si 之间有更好的传热传质效果。

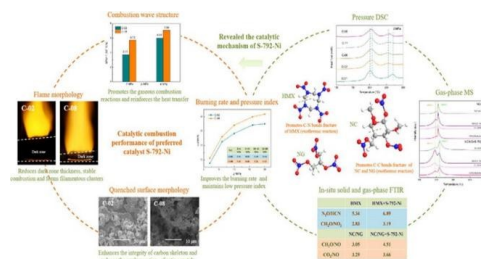
源自: Zuo B, Wang S, Yang S, et al. Thermal decomposition and combustion behavior of solid propellant containing Si-based composites [J]. *Combustion and Flame*, 2022, 240: 111959. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2021.111959>



西安近代化学研究所研究了石墨烯-Salen 金属纳米复合材料对 HMX-CMDB 推进剂燃烧性能及机理的影响

西安近代化学研究所成功制备一系列具有不同活性金属和分子结构的新型石墨烯-Salen 金属纳米复合材料,发现 S-792-Ni 对 HMX-CMDB 推进剂的燃烧性能影响最显著,使得该推进剂具有高燃速、低压力指数和良好的燃烧稳定性。此外,通过原位固相 FTIR 和气相 MS-FTIR 手段揭示了高效催化剂 S-792-Ni 与含能组分 HMX 和 NC/NG 的相互作用机理。结果表明,S-792-Ni 能明显促进 NC/NG 和 HMX 的 C—C 键和 C—N 键断裂并显著提高 HMX 和 NC/NG 的分解热,分解热的增加有利于燃烧表面下的快速反应和燃烧表面与气体区域之间的热反馈,从而提高 HMX-CMDB 推进剂的燃速。

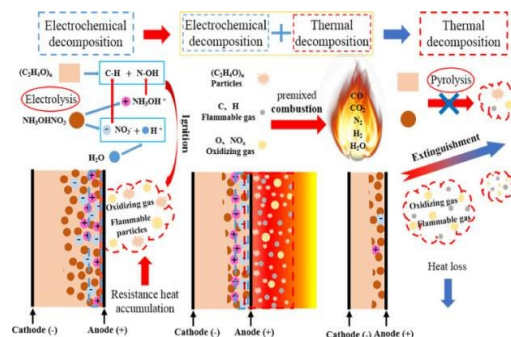
源自: Zhang M, Zhao F, Li H, et al. Insight into graphene-salen metal nanocomposites on combustion performance and mechanism of HMX-CMDB propellant [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2022, 429: 132175. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132175>



南京理工大学利用燃烧诊断系统研究了电能作用下 HAN 基固体推进剂的可控点火、燃烧和熄火特性

耦合物理场 (电、光、微波等) 可以实现固体推进剂的燃烧过程可控,是当前可控固体推进技术的突破方向之一,因此外界能量作用下的燃烧可控特性是推进剂智能化发展的研究热点。南京理工大学利用电化学燃烧诊断系统研究了硝酸羟胺 (HAN) 基电控固体推进剂 (ECSP) 的可控点火、燃烧和熄火性能,并进一步分析了点火机理。结果表明,增大加载电压、初始温度和环境压强会提高推进剂的燃速、质量损失和熄火延迟时间,同时会降低点火延迟时间和点火所需能量;通过分析 ECSP 点火过程中的电阻和化学键变化提出了点火机理,发现 NH_3OH^+ 中 N-OH 的电解断裂是 ECSP 实现可控点火的关键步骤。本研究对 ECSP 的应用具有重要意义,为从根本上解决发动机推力主动、随机控制等关键难题提供了一种技术途径。

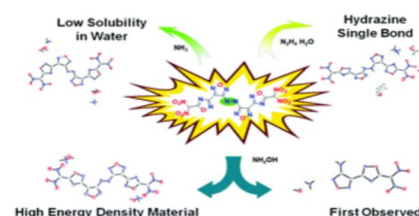
源自: Bao L, Wang H, Wang Z, et al. Controllable ignition, combustion and extinguishment characteristics of HAN-based solid propellant stimulated by electric energy [J]. *Combustion and Flame*, 2022, 236: 111804. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2021.111804>



北京理工大学揭示了 3,3'-(5-二硝基-1,2,4-恶二唑基)-4,4'-偶氮唑酸盐含能化合物中偶氮桥的反应性

在含能化合物中引入偶氮桥是提高其氮含量、生成热和爆轰性能的有效策略。在利用 3,3'-(5-甲基二硝基乙酸-1,2,4-恶二唑基)-4,4'-偶氮唑啉制备相应的偶氮桥联合含能盐时,与几种碱表现出异常的反应。针对这些现象,北京理工大学以 3-氨基-4-(5-乙酸甲酯-1,2,4-恶二唑基)-咪唑为原料合成了一系列含能盐并对其理化性质进行了评价。显示其具有较高的爆速,以及与 HMX 相当的高密度、良好的氧平衡、较好的热稳定性和较低的感受度。

源自: Chen P, Qiu L, Yin P, et al. Unraveling the reactivity of the azo bridge in 3,3'-(5-dinitromethyl-1,2,4-oxadiazolyl)-4,4'-azofurazanate in the synthesis of energetic compounds [J]. *Chemical Communications*, 2022, 58(17): 2874-2877. <https://doi.org/10.1039/D2CC00215A>



(西北大学化工学院 陈苏杭 王晨 编译)