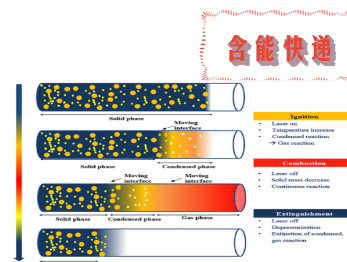


韩国国立韩巴大学模拟了基于HMX/GAP固体推进剂的快速降压过程

韩国国立韩巴大学以不同组分的奥克托今/聚叠氮缩水甘油醚(HMX/GAP)固体推进剂为研究对象,通过边界层移动法对点火和燃烧过程中的界面(固相-凝聚相,气相-凝聚相)进行了动态一维燃烧模拟。建模条件为 1.03×10^5 Pa,燃速 $2.2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,气相温度2700 K,表面温度850 K的HMX/GAP固体推进剂燃烧。通过改变降压速率,得到导致熄火主要因素。当减压速率达到 -8.11×10^5 kPa/s时,凝聚相和气相温度均低于推进剂熔点,固体推进剂完全熄灭。最后利用点火和燃烧数学模型进行快速降压模拟,研究HMX/GAP推进剂了熄火现象,得到熄火机理。

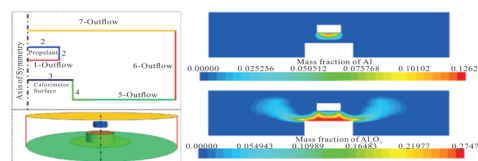
来源:Lee G H, Jung M Y, Yoo J C, et al. Dynamic simulation of ignition, combustion, and extinguishment processes of HMX/GAP solid propellant in rocket motor using moving boundary approach[J]. *Combustion and Flame*, DOI: 10.1016/j.combustflame.2018.12.008.



新墨西哥矿业理工大学模拟了铝粉燃烧过程的影响因素

新墨西哥矿业理工大学通过计算流体力学模拟了推进剂表面移动速度、表面温度、辐射温度、包裹计数、粒径、湍流普朗特数和湍流施密特数等因素对铝粉燃烧过程的影响。这里的铝颗粒不是在推进剂配方中,而是放置在向下的推进剂燃烧表面和向上的惰性表面之间的间隙中,阐明了上述参数对铝颗粒燃烧特性的影响。湍流普朗特数和湍流施密特数的减小对于燃烧最高温度没有太大的影响,而推进剂表面温度对最高气相温度的影响最大。增加或者减小推进剂表面移动速度和表面温度对羽流温度影响很大。将表面温度减小或者增加10%,分别得到265.4 K和248.7 K的温差。

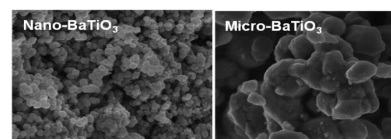
来源:Griego C, Yilmaz N, Atmanli A. Analysis of aluminum particle combustion in a downward burning solid rocket propellant[J]. *Fuel*, 2019,237: 405-412.



印度高能材料研究实验室研究了微纳米钛酸钡对HTPB/AP/Al燃速的调节作用

印度的高能材料研究实验室将纳米和微米级的钛酸钡引入传统HTPB/AP/Al推进剂中,采用真空浇注成型得到了新型复合推进剂。由于钛酸钡颗粒独特电特性和较好热导率,已广泛应用于催化剂领域。研究表明,微纳米钛酸钡的加入降低了推进剂的热分解温度,提高了其燃速。并且其它性能如密度、热性能、力学性能和抗弹性能也相应提高。相比于传统配方,加入质量分数为2.0%纳米和微米级钛酸钡后,固体推进剂燃速分别提高了22%和12%。因此证明了钛酸钡可作为新型高效燃速调节剂应用于复合固体推进剂中。

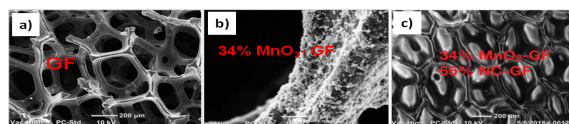
来源:Jain S, Khire V H, Kandasubramanian B. Barium titanate: a novel perovskite oxide burning rate modifier for HTPB/AP/Al based composite propellant formulations[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2019,44: 1-9.



美国普渡大学研究了泡沫石墨烯负载MnO2对硝化棉燃烧的催化效果

美国普渡大学通过将Ni作为模板,采用化学气相沉积法制得泡沫石墨烯(GF),然后通过水热法在其表面包覆上MnO2,随后将不同浓度的硝化棉溶液滴加到GF-MnO2表面获得新型固体推进剂。由于GF的三维网络结构增强了其热传导,MnO2催化剂的加入又增强了化学反应活性。在物理化学双重作用下,火焰传播速度相对于纯硝化棉提高了9倍。同时,对固体推进剂的热性能研究表明,随着MnO2的增加,分解活性和峰温呈递减趋势,当MnO2的含量达到特定值时,曲线开始上升。这说明传统复合推进剂混合物中无序的掺杂催化剂颗粒,无法实现界面的连续接触。而GF负载MnO2提高了催化剂有效反应面积,分散也更加均匀,可以有效提高火焰传播速度。

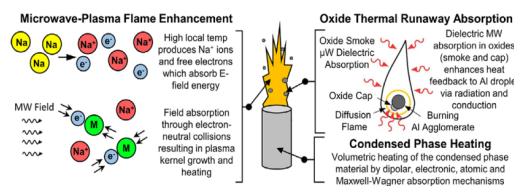
来源:Jain S, Qiao L. MnO2-coated graphene foam micro-structures for the flame speed enhancement of a solid-propellant[J]. *Proceedings of the Combustion Institute*, 2019,37 (4): 5679-5686.



美国爱荷华州立大学研究了固体推进剂等离子增强火焰结构的能量沉积机理

美国爱荷华州立大学在微波助燃条件下,通过发射光谱和燃烧实验,对含有硝酸钠的固体推进剂等离子增强的火焰结构进行了研究,得到了三种能量沉积机理:(1)钠离子存在引起的等离子增强;(2)高温状态下金属氧化物的强吸收性;(3)推进剂燃烧表面凝聚相能量直接吸收。在微波助燃条件下,3.5%硝酸钠的掺杂对推进剂的燃速有显著改善。其中1 kW, 2.46 GHz的微波连续照射下,16%硝酸钠与15%铝掺杂高氯酸铵组成的复合推进剂的燃速提高了62%。由此说明可以通过少量掺杂和微波辐射对含能材料的燃速进行按需控制,开发出一类新型“智能”燃烧动态可控的含能材料。

来源:Barkley S J, Zhu K, Lynch J E. Microwave plasma enhancement of multiphase flames: On-demand control of solid propellant burning rate[J]. *Combustion and Flame*, 2019,199: 14-23.



(西北工业大学航天学院 推进剂新材料课题组 陈书文 编译)