



挪威为轻量化多用途导弹助推器研发出新一代的微烟推进剂

早在上世纪 90 年代,挪威国防研究院 (FFI) 和拿默公司 (NAMMO) 联合研发 GAP 和不同含能填料组成的微烟推进剂。2011 年后,他们已经研发出了以降感硝胺、GAP 和低风险的硝氧乙基硝胺 (NENA) 含能增塑剂组成的微烟复合物推进剂。把这种微烟推进剂用于轻量化多用途导弹助推器以前还从未有过,在上述已有的研究基础上,FFI 和 NAMMO 利用 65% 的降感 RDX 和 GAP、异氰酸酯、N-丁基硝氧乙基硝胺 (BuNENA)、稳定剂、燃速调节剂和添加剂组成的其余 35% 的组份研发出了新一代该用途微烟推进剂。该新型微烟推进剂具有可接受的安全性能、满意的操作控制特性、良好的老化性能和环境适应性,可进行工业化量产。

源自: Eirik A. Løkke, Thomas Deschner, Tor E. Kristensen, et al. A New Generation of Minimum Smoke Propellants for Tactical Missile Propulsion [C]. 2016 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 12–15 September 2016, Nashville, Tennessee, USA.

欧洲含能材料公司用钝感压制 PBX 配方 P16945 装填 90 mm MK8 碎甲弹

近来,欧洲含能材料公司 (Eurenc) 成功地研制出了成本适宜、可望取代现有 A3 压制配方 (91% RDX) 的 NTO 基 IM 压制配方 P16945 (RDX/NTO/Binder=20 : 75 : 5), 用于 90 mm 口径 MK8 碎甲弹的装药,目前已放大到 600 kg/批。P16945 配方的爆速 $7920 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 低于 A3 配方的 $8470 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 但是完全能够满足装弹试验的动能要求,基于 STANAG 4439 标准的六项 IM 试验也全都满足要求。鉴于 P16945 配方的成功装弹,Eurenc 也正在研制类似的 105 mm 口径 HESH-T M393 碎甲弹 A3-E 配方的替代装药。

源自: Struyve D, Lebrun I, Songy C, et al. Evaluation of the 90mm MK8 HESH ammunition filled with IM P16945 explosive composition [C]. 2016 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 12–15 September 2016, Nashville, Tennessee, USA.

法国用 XF[®] 11585 替代 B 炸药装弹 120 mm 口径高压迫击炮

低成本的 XF[®] 11585 (TNT/NTO/RDX/Al/Wax = 31/21/27/13.5/7.5) 配方是法国国防部按照 STANAG 4170 标准表征和授权的钝感弹药配方,由 NEXTER Munitions 公司成功研制,广泛地应用在 60~120 mm 口径的炮弹中。120 mm 口径 HE M530A2 迫击炮是 NEXTER SYSTEMS 附属单位 MECAR SA 研制的新一代高压炮塔迫击炮系统,为了实现该炮的 IM 版本的装药,MECAR SA 拟与 NEXTER Munitions 合作,用 NEXTER Munitions 提供的 XF[®] 11585 片状炸药 (右图),利用 MECAR 现有的熔铸炸药设备规模化生产,代替现用的 B 炸药装药。经过 STANAG 4439 标准的一系列 IM 评估试验,XF[®] 11585 完全能够胜任 120 mm 口径 HE M530A2 迫击炮的装药,MECAR 将来还打算用该多用途的 XF[®] 11585 片状炸药实现 81 mm 口径迫击炮的 IM 替代。

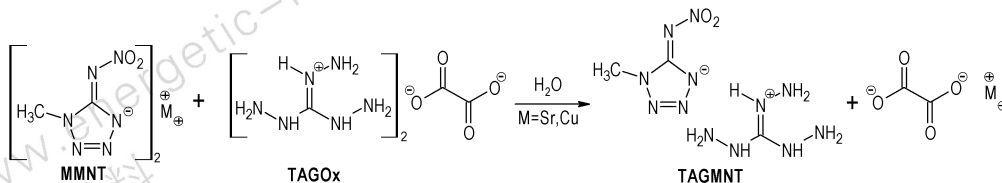


源自: Lebrun I, Struyve D, Coulouarn C, et al. Insensitive 120 mm mortar bomb [C]. 2016 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 12–15 September 2016, Nashville, Tennessee, USA.

Coulouarn C, Aumasson R, Dion D, et al. Implementation of XF[®] Premix on traditional melt-cast equipment: Workshop for Insensitive Munitions [C]. 2016 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 12–15 September 2016, Nashville, Tennessee, USA.

美陆军成功地研制出 1-甲基-5-硝胺基四唑三氨基胍盐 (TAGMNT) 的放大工艺

1-甲基-5-硝胺基四唑三氨基胍盐 (TAGMNT) 是可用于钝感弹药配方中的一种令人感兴趣的新型含能材料,美陆军研究实验室的科研人员研究显示 TAGMNT 临界直径大,可用作钝感弹药配方临界直径调节剂,基于 TAGMNT 装填的配方能够表现更好的钝感性。现合成 TAGMNT 路线有银盐法或高氯酸盐法两种,银盐法有第四步反应,需要分离出三个中间体,除了对不稳定中间体的安全顾虑和反应过长外,高成本的硝酸银使得该方法成本高;高氯酸盐法有第三步反应,需要分离出二个中间体,除了需要大量过量硝酸和对不稳定中间体的顾虑外,高氯酸盐的使用使之面临不可接受的安全性和环境风险。近来,美陆军联合 BAE Systems 通过草酸三氨基胍与先期一步反应得到的 1-甲基-5-硝胺基四唑银盐反应 (下图),利用草酸银的低水溶性作反应驱动力,以 45%~55% 的总得率成功的改进的 TAGMNT 制备工艺。绝热反应量热数据显示制备 1-甲基-5-硝胺基四唑银盐中初始的硝化反应是可控的,不会影响到该工艺的放大。



源自: Rendina V L, Headrick S A, Morris J J, et al. Scale-up and analysis of TAGMNT [C]. 2016 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 12–15 September 2016, Nashville, Tennessee, USA.

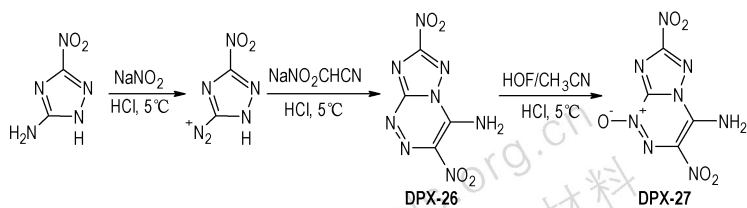
美武器装备研发与工程中心联合 Nalas 工程服务有限公司制备出一种新型的 CL-20 共晶炸药

近来,美国武器装备研发与工程中心 (ARDEC) 联合 Nalas 工程服务有限公司 (Nalas Engineering Services, Inc.), 利用声学共振混合法制备出了 CL-20 与 1-甲基-3,5-二硝基-1,2,4-三唑 (MDNT) 的等摩尔共晶炸药 NEX-1。该新型 CL-20 共晶炸药摩擦感度低于 CL-20, 撞击感度和静电感度则与 CL-20 相当,显现出利用共晶技术制备新型炸药的应用前景。

源自: Stephen R. Anderson, Pascal Dubé, Mariusz Krawiec, et al. Promising CL-20-based energetic material by cocrystallization [J]. Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 2016, 41(5): 783–788.

劳斯阿拉莫斯国家实验室联合 Nalas 工程服务有限公司合成出两个新型的低感高能炸药

寻找可替代 RDX 的低感高能炸药是炸药界一直寻找的目标。近来,美劳斯阿拉莫斯国家实验室联合 Nalas 工程服务有限公司 (Nalas Engineering Services, Inc.), 利用 5-氨基-3-硝基-1,2,4-三唑 (ANTA) 经右图反应路径合成出三唑并 [1,2,4]-三嗪的新型低感高能炸药 4-氨基-3,7-二硝基三唑 [5,1-c] 并 [1,2,4] 三嗪 (DPX-26), 并利用现制的次氟酸得到其氮氧化物 4-氨基-3,7-二硝基三唑 [5,1-c] 并 [1,2,4] 三嗪-4-氧化物 (DPX-27)。

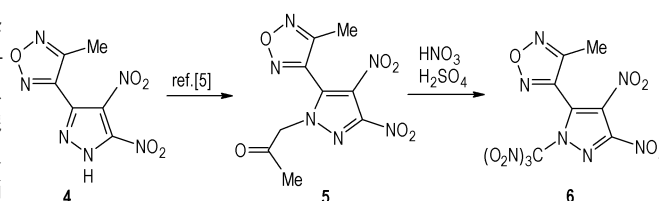


DPX-26 密度 $1.86 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 撞击感度 29 J, 摩擦感度 $>360 \text{ N}$, 计算的爆速 $8.7 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, 计算爆压 32 GPa; DPX-27 密度 $1.904 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 撞击感度 10.3 J, 摩擦感度 258 N, 计算的爆速 $8.97 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, 计算爆压 35.4 GPa。DPX-26 和 DPX-27 的爆轰性能与 RDX 相当, 但是感度性能都优于 RDX。

源自: Davin G. Piercey, David E. Chavez, Brian L. Scott, et al. *An Energetic Triazolo-1,2,4-Triazine and its N-Oxide* [J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2016, 55: 15315–15318.

俄罗斯科学院有机化学研究所合成出一种新型的低熔点吡唑类高能炸药

寻找性能卓越、可替代 TNT 的低熔点炸药是近几十年的研究热点, 焦点主要集中在氮杂环骨架上的含能材料研究上, 如 1-甲基-2,4,5-三硝基咪唑 (MTNI)、1-甲基-3,4,5-三硝基吡唑 (MTNP)、1-甲基-3,5-二硝基-1,2,4-三唑 (MDNT) 等。近来, 俄罗斯科学院 (Russian Academy of Sciences) 有机化学研究所利用 3-(3,4-二硝基-1H-吡唑-5-基)-4-甲基咪唑 (4) 为基础框架, 结合富氧三硝基甲基基团来提高氧平衡和爆轰性能, 利用右图反应进程制备



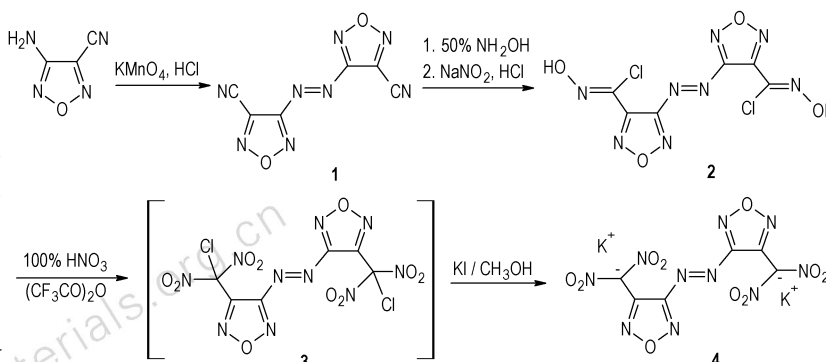
出低熔点炸药 3-(3,4-二硝基-1-三硝基甲基-1H-吡唑-5-基)-4-甲基咪唑 (6)。化合物 6 熔点为 $94 \sim 95 \text{ }^\circ\text{C}$, 密度 $1.779 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 氧平衡 -18.5% , 计算的爆速和爆压分别为 $8320 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 31.1 GPa , 表现出可接受的热稳定性。

源自: Igor L. Dalinger, Kyryll Yu. Suponitsky, Alla N. Pivkina, et al. *Novel Melt-Castable Energetic Pyrazole: A Pyrazolyl-Furazan Framework Bearing Five Nitro Groups* [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2016, 41(5): 789–792.

美海军联合爱达荷州大学研制出一种新型起爆药

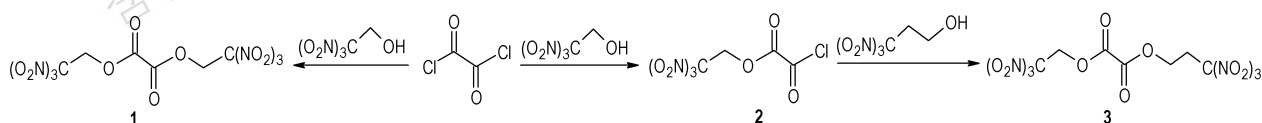
环境友好的可取代叠氮化铅的起爆药一直是含能材料界所关注的起爆药, 近来美海军联合爱达荷州大学通过右图的合成路径得到 4,4'-双(二硝基甲基)-3,3'-偶氮咪唑钾盐 (4)。化合物 4 是由两个二硝基甲基基团和偶氮咪唑母体构成的、具有 3D 结构的金属有机骨架的新型含能材料, 密度 $2.039 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 分解温度 $229 \text{ }^\circ\text{C}$, 爆速 $8138 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 爆压 30.1 GPa , 撞击感度 2 J, 摩擦感度 20 N, 可望成为一种性能优良的绿色起爆药。

源自: Yongxing Tang, Chunlin He, Lauren A. Mitchell, et al. *Potassium 4,4'-Bis(dinitromethyl)-3,3'-azofurazanate: A Highly Energetic 3D Metal-Organic Framework as a Promising Primary* [J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2016, 55: 5565–5567.



德国慕尼黑大学合成出基于草酰基的多硝基新型高能氧化剂

德国慕尼黑大学近几年在 Klapötke 教授带领下一直在寻找新型的高能氧化剂, 继之前报道了两类基于羧基二异氰酸酯和二硝基丙二醇的新型高能氧化剂后, 近来又通过草酰氯和草酰叠氮化物与 2,2,2-三硝基乙醇和 3,3,3-三硝基丙醇反应合成出了氧平衡最佳的四个含能化合物, 其中化合物双(2,2,2-三硝基乙基)草酰酯 (1) 和不对称的 2,2,2-三硝基乙基 3,3,3-三硝基丙基草酰酯 (3) 的撞击感度分别 10 J 和 40 J, 爆速分别 $8275 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $8071 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 比冲分别 240 s 和 252 s, 综合性能最佳, 有望作为新型的高能氧化剂在推进剂或炸药中受到应用。



源自: Thomas M. Klapötke, Burkhard Krumm, Regina Scharf. *Oxalyl Chloride and Hydrazide Based Energetic Polynitro Derivatives* [J]. *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2016: 3086–3093.

(张光全 编译)