

DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2016.04.00X

文章编号: 1006-9941(2016)04-0315-03

观点

钝感弹药技术凸显压制工艺的重要性

现代武器系统的设计既要注重摧毁目标所需的爆轰能量,又要注重武器系统对意外刺激的感度要求,钝感弹药就是在这种需求下发展起来的。纵观西方国家钝感炸药的研制,他们相当多的努力是放在浇注固化聚合物粘结炸药(PBX)和钝感熔铸炸药的研究之上。

浇注固化工艺开始于20世纪80年代初,后陆续被西方国家广泛采用。浇注固化炸药配方中,粘结剂作为惰性基质包围着炸药粒子,降低了炸药对冲击和热刺激的易损性,其含量一般为10%~15%。在主用RDX和HMX炸药的时代,研制与B炸药爆速($7900 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)相当的配方较为容易。然而,在今天以3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮(NTO)为主的钝感弹药时代,研制与B炸药爆速相当的浇注固化炸药配方则较为困难,如炸药配方研究最出色的欧洲含能材料公司(EURENCO)研制的B2267A(I-RDX/NTO/HTPB)和B2268A(I-RDX/NTO/AI/HTPB)两种浇注固化PBXs的爆速也分别只有 $7680 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $7440 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (*Nouguez B, Mahé B. Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium, Munich Germany, October 11–14, 2010.*);再如美国阿连特技术系统公司(ATK)2009年报道了以NTO/RDX/HTPB浇注固化的PBX DLE-C054,爆速达到了 $8.0 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$,其小口径迫击炮可完全满足IM战术需求,但120 mm大口径迫击炮,在全规模装弹试验中IM反应没有完全达标(*Robert Hatch, Paul Braithwaite, Phil Samuels, et al. Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium, Las Vegas, NV, May 14–17, 2012.*)。

21世纪以前,在一些金属加速弹头装药和聚能装药中已采用压制配方,如美军采用压制PBXW-17(94RDX/1.5Hytemp/4.5DOA)代替浇注固化PBXN-106(75RDX/18.5BDNPA/F/6.5PEG)(*Newman K, Brown S. Proceedings of IM and EM Technology Symposium, NDIA, Tampa, Florida, 6–9 October 1997.*),压制PBXN-10(96HMX/3.0Hytemp/1.0DOA,也称PBXW-11)已成为美国海军主要的金属加速炸药(*Montesi L J, Alexander K E. IM Technology Symposium, NIMIC Meeting #655, San Diego, 18–21 March 1996.*)。与浇注PBXs相比,压制PBXs的高含量(90%~95%)高能炸药固体填料和少量粘结剂(5%~10%),可显著提升配方的爆轰性能。如今,以钝感炸药NTO为主的IM时代,对高爆速配方的需求更为迫切。近来,EURENCO报道NTO和HMX组成的成本适宜的IM压制PBX配方P15636,通过了联合国极不敏感爆炸物(EIDS)试验,在此经验上他们还决定研制由NTO和RDX组成的压制PBX配方P16945(*Songy C, Eck G, Chabin P, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy; Stenmark Helen; Eck Geneviève, Chabin Philippe, et al.*)。

2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy.)。通过不同 RDX 比例组成不同配方的一系列安全性试验、爆轰性能试验、隔板试验和力学性能试验, 最终把 P16945 配方中的 RDX、NTO 和粘结剂之比(质量比)确定为 20 : 75 : 5, 参照 STANAG 4170 标准进行全方位的配方试验后, 对该配方进行了 90 mm 口径 MK8 的装弹试验, 发现完全能够满足动能试验要求, 快速烤燃试验和子弹撞击试验都满足了 IM 要求, 其它 IM 试验还在进行之中, 预期能够全面满足 STANAG 4439 标准的 IM 要求。P16945 配方临界直径为 8 mm, 爆速 $7920 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ($1.82 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), 爆压 28.5 GPa, 可望替代 A3 压制配方(91% RDX), 用于 90 mm 口径 MK8 的装药, 目前已放大到 $600 \text{ kg} \cdot \text{批}^{-1}$ (Songy C, Eck G, Chabin P, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015.)。鉴于两种 NTO 基压制 PBX 的成功经验, EURENCO 打算将来推出更多压制 PBX (Eck Geneviève, Chabin Philippe, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy.)。

过去, 很少利用高速旋转压制进行熔铸炸药装药, 近几年, 可替代 B 炸药的 IMX-104 (31.7 DNAN/53NTO/15.3RDX) (Coulouarn C, Aumasson R, Lamy-Bracq P, et al. 45th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Germany, June 24–27, 2014, 1-1 ~1-13.) 在美军广泛采用, 为了降低加工粘度比 B 炸药高的这种 2,4-二硝基苯甲醚(DNAN)基熔铸炸药, 美陆军在霍尔斯顿陆军弹药厂(HSAAP) 尝试利用压制工艺来制造这种钝感熔铸炸药 (David Price, Alberto Carrillo, Phillip Samuels, et al. Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium, October 07–10, 2013, San Diego, USA; Alberto Carrillo. Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium, Las Vegas, NV, May 14–17, 2012.)。他们采用与水性能相近的氟化烃部分或全部替代水, 制备了 IMX-104 造型粉颗粒, 压制加工得到质量均匀的 IMX-104, 避免了传统熔铸炸药中粘度对装药质量的影响; 最近添加一种微晶蜡 (Indramic wax) 得到的粒状 IMX-104 通过高速旋转压制装药, 可用作 155mm 口径 M795 炮弹的钝感传爆药 (Keyur Patel, Philip Samuels, Erik Wrobel, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy.)。目前, HSAAP 已具有 125 磅/批的中试生产线, 生成了超千磅粒状 IMX-104。无独有偶, EURENCO 将低成本 TNT 基钝感熔铸炸药 Ontalite 炸药 (NTO/TNT/RDX) 采用了 P16945 相同的造粒工艺, 制备出了粒状的 Ontalite 炸药, 交付用户压制装药 (Eck Geneviève, Chabin Philippe, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy.)。

压制炸药的关键 在于造粒。IM 所用的炸药有别于以前 TNT、RDX 或 HMX 为主的炸药, 主要以 NTO、DNAN 或 TNT 为主, 由于 NTO 在水中有一定的溶解性, 因此不能采用传统的造粒方法。EURENCO 针对 NTO 为主的压制炸药开发出一种水下包覆法 (Under-water Coating Process), 避免了传统包覆 NTO 方法出现的包覆隆峰不均匀, 既可用于压制 PBX 的造粒, 也可用

于熔铸炸药的造粒,图1为采用该工艺制备的粒状 Ontalite 炸药 (Eck Geneviève, Chabin Philippe, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy.)。为了降低所包覆炸药的感度,除粘结剂外,他们还引入聚乙烯蜡,提高流动性,降低炸药的感度,此方法得到聚乙烯蜡包覆的 HMX 撞击感度为 74.1 cm (Stenmark Helen, Eck Geneviève, Chabin Philippe, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy.) ,而传统蜡包覆 HMX 的撞击感度则为 39.1 cm。美国的 HSAAP 针对 NTO 和 DNAN 为主的 IMX-104 熔铸炸药开发出了代用流淤浆包覆法 (Alternate Fluid Slurry Coating Process) (David Price, Alberto Carrillo, Phillip Samuels, et al. Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium, October 07–10, 2013, San Diego, USA; Alberto Carrillo. Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium, Las Vegas, NV, May 14–17, 2012.) ,他们在现有含铝 PBX 的制备工艺的基础上,选择了平均分子量为 521、熔点为 128 °C、密度 $1.82 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的氟化烃全部或部分替代淤浆包覆法中的水,同时添加了一种微晶蜡来降低 DNAN 的脆性,制备出 IMX-104 造型粉颗粒 (见图 2)。



图1 EURENCO 制备的 NTO/TNT/RDX 造型粉颗粒



图2 HSAAP 制备含微晶蜡 (Indramic wax) IMX-104 造型粉颗粒

高速旋转压制可使炸药粒子破裂,产生热点,提高炸药的感度,特别是冲击波感度,但由于现在 IM 炸药配方中,增加了 NTO 的含量,降低了硝胺炸药含量,添加了降感剂,因此,感度的提升在可接受的范围之内。与此相反,压制 PBX 配方粘结剂含量低和压制熔铸炸药得到的高密度装药,一定程度上还能够弥补 NTO 取代大部分硝胺炸药造成的能量损失。因此随着压制 PBX 配方和压制熔铸炸药的应用,压制工艺的重要性就渐渐凸显。如今低感度炸药 FOX-7 和 LLM-105 的成本正逐渐降低 (Eck Geneviève, Chabin Philippe, Christelle Songy, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy; Dave am Ende, Phil Pagoria, Stephen Anderson, et al. 2015 Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, 18–21 May, 2015, Rome, Italy.) ,替代硝胺炸药的可能性渐增,压制配方或许会成为一种主流,压制工艺就理所当然地会成为炸药加工的主流工艺。

张光全, 刘晓波, 黄 明

中国工程物理研究院化工材料研究所

e-mail: zgq677@126.com