

doi: 10.7690/bgzd.2017.07.003

低易损性炸药的应用研究

张保良, 张红, 李哲

(豫西工业集团有限公司河南北方红阳机电有限公司, 河南 云阳 474678)

摘要: 低易损性炸药(low vulnerable explosive)是指对外界刺激不敏感或着火后不转为爆轰的炸药。对复合浇注PBX炸药装药性能参数与其他炸药的对比,通过论述低易损性炸药的发展现状、应用和评价方法,并结合工作实际给出相关技术研究建议。结果表明:与传统TNT基熔铸炸药相比,低易损性炸药质量高、内部无缩孔、环境适应性和长期贮存性能好,适用于现代武器弹药尤其是高性能导弹战斗部装药使用。

关键词: 低易损性炸药; PBX; 应用研究

中图分类号: TJ510.3 **文献标志码:** A

Study on Application of Low Vulnerability Explosives

Zhang Baoliang, Zhang Hong, Li Zhe

(Henan North Hongyang Electromechanical Co., Ltd., Yuxi Industries Groups Co., Ltd., Yunyang 474678, China)

Abstract: Low vulnerable explosive is a kind of explosive that is insensitive to external stimulus or the deflagration propagating in it can not transfer into detonation once put on fire. The charge properties of composite cast PBX were compared with that of other explosives. After the discussions on the state of the art, application and evaluation method of low vulnerable explosive, the suggestions for research on relating technologies were proposed with the consideration of practical work. Results show that, compared with conventional TNT-based cast explosive, low vulnerable explosive has a better cast quality with no internal shrinkage cavities, and its environmental adaption and long term storage feature is much better. Therefore low vulnerable explosive is applicable to modern weaponry, especially for the usage in the charge of high performance missile warhead.

Keywords: low vulnerability explosive; PBX; applied research

0 引言

现代战争的快速发展、变化与战场环境的日益恶化,射程远、精度高、威力大等已经无法满足现代战争对武器弹药的要求,低易损性炸药的提出则为现代武器弹药的发展指出了方向。低易损性是指在弹药达到其所被赋予的性能、战备和操作技术等要求的前提下,当弹药遭受意外刺激时,引发比燃烧反应更剧烈的反应概率,和对弹药载体及人员等的损害程度减小到最低限度的特性。一旦发生意外,只燃烧而不爆轰,所以赋予弹药低易损性的关键因素就是对低易损性炸药的研究应用。

作为第一次世界大战中主要使用的炸药——苦味酸,其爆炸威力和毁伤效果都很显著,但由于其本身较强的腐蚀性在与弹壳接触后容易生成较敏感的苦味酸铁,因此发生意外爆炸事故的概率就会大大提高。在第二次世界大战时由于苦味酸容易生成苦味酸铁的不安定因素而逐渐被性能更好的三硝基甲苯(trinitrotoluene, TNT)取代。随后又因为能量的问题而改用了B炸药,但由于在使用过程中B炸药受到外界刺激易发生爆炸的问题,而屡屡发生惨痛事件。例如,1967年7月停泊在东京湾基地的美国福莱斯特号航空母舰,由于甲板上一枚机载火箭

意外点火而引起火灾最终导致爆炸,致使134名海员丧生;1973年的中东战争时,由于被对方破甲弹射流击中坦克内的弹药仓,而引起弹药发生爆炸,导致车毁人亡^[1]。据相关资料统计,在现代战争中,坦克的破坏大约60%是由于遭受外界袭击而引起自身弹药爆炸毁坏^[2],弹药装备在其生产、运输和维护等后期的勤务处理过程中,因为感度等问题而引发的事故多不胜数。因此低易损性炸药的出现和应用在炸药的发展史上成为一次重大的变革,为了提高武器弹药在战场上的生存能力,发展低易损性弹药,应用低易损性炸药,会对当前武器发展具有重大意义;基于此,笔者对低易损性炸药在现代战斗部装药中的应用进行了研究。

1 低易损性炸药发展现状

无论在战场上的何种环境下,弹药在未投入使用之前,就可能因遇到对方的袭击而发生爆炸。因此,为提高武器弹药的生存能力,减少弹药受外界刺激而发生爆炸,在武器弹药装备上应用低易损性炸药就成为必然趋势。例如,美国在PBXN系列炸药上用于装填反辐射导弹、导弹战斗部、鱼雷、水雷和地雷等产品上所采用HMX、RDX、TA TB及DA TB等为主体的炸药;在PBXC系列、PBXW系

收稿日期: 2017-03-23; 修回日期: 2017-04-27

作者简介: 张保良(1970—),男,河南人,大学,高级工程师,从事弹药装药与装配工艺技术研究。

列及 A FX 系列炸药中用于装填航弹、炮弹和部分导弹战斗部。与国外相比，我国的低易损性炸药无论在种类上还是在性能上都存在差距；所以，在吸取国外经验的基础上，对低易损性炸药的研究应用就成为当务之急。目前降低易损性炸药的方法主要是通过改变炸药配方和装药结构设计上来考虑，加入钝感剂、采用不敏感的塑性粘结炸药、改变炸药分子链、研制分子间炸药和阻燃炸药等。从装药结构上降低炸药低易损性的相关报道很少，因此装药结构不同，相应的装药方式及装药量也不同，又由于弹药负载类型及大小不同都会使爆炸能量在传递过程中不一样，装药的爆轰性能也会受到很大影响。

2 低易损性炸药的应用

近年来，随着科技的进步，我国研究人员已成功研制出一系列以 2,4-二硝基苯甲醚 (2,4-dinitroanisole, DNAN)、RDX (HMX) 以及 AP、MNA 为基的低成本、低感度的新型熔铸混合炸药，并已应用在战斗部装药中。由于配方中不含 TNT，其毒性远低于以 TNT 为基的熔铸型炸药，并且由于复合钝感剂 (MNA) 的加入，使炸药的冲击波感度和收缩率明显低于 B 炸药，不仅在生产中使用安全，还显示出良好的低易损弹药特性、热应力特性以及低冲击感度。目前已研制出的熔铸炸药配方有：PAX-21、PAX-28 和 PAX-41 等 7 种，其中配方 PAX-28 所合成的炸药能量相当于普通 B 炸药能量的 1.62 倍。但由于 DNAN 的体积密度和所含能量都较 TNT 低，均为负氧平衡所需的氧也较 TNT 多了 23% (如表 1)，为了平衡配方的最终能量使其接近于 TNT 的能量，在 DNAN/MNA 配方中加入具有较高密度和为正氧平衡的高氯酸铵 (AP) 等，使 DNAN/AP 的混合密度接近于 TNT 的密度，且能量大于 TNT 炸药，最明显的特点就是其较 TNT 有较高的杀伤力，如在小规模板痕深度试验中虽然比 B 炸药的板痕略低，但杀伤力比 B 炸药有了很大的提高^[3-4]。

表 1 DNAN 和 TNT 的部分性能对比^[3]

名称	密度/(g/cm ³)	氧平衡/%
DNAN	1.34	-97
AP	1.95	+34
TNT	1.65	-74

采用不敏感的塑性粘结炸药 (PBX 炸药) 作为低易损性炸药应用的研究方向，是使炸药具有低易损性最有效的途径之一。这是以高能猛炸药为主要成分，以钝感剂为降低猛炸药感度，以胶粘剂为介质使猛炸药和钝感剂粘接，以增塑剂来增加混合炸药的可塑性和其他一些物质混合而成通过特殊处理后的一种高能混合炸药。这种炸药具有较高的能量

密度、较低的机械感度、良好的安定性、较强的力学性能和工艺性能，在后期处理过程中不仅安全可靠还能按照使用要求的不同制成其他具有特殊功能的炸药。现在普遍使用的复合浇注 PBX 炸药混合处理装药技术是低易损弹药在装药过程的主流，在欧美等发达国家已经广泛应用，在我国同样也已大量应用了这种技术，其主要工艺流程如图 1。

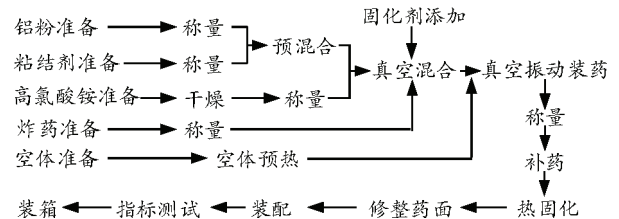


图 1 复合浇注 PBX 炸药装药工艺流程

该工艺通过将高能猛炸药在钝感剂的作用下，以胶粘剂为介质，用增塑剂增加可塑性，用其他高分子材料混合和特殊处理后形成的高分子粘结炸药，注入弹体药室。该工艺中混合工序的主要目的是使炸药各组分的分布更加均匀，而振动的作用是使混合后的流体炸药流动性更好，更容易填充药室，使药室的装药密度更高，同时振动还可减小液相黏度，便于排除液相中的气体。抽真空是为更好地排除炸药中的气体，热固化工序与 TNT 基装药固化有所区别，该技术可使均匀分布于混合炸药中的各种材料完成同步固化，能够基本克服在 TNT 基混合炸药固化中经常出现的脱壳、裂纹、气孔、缩孔和孔洞等疵病。

复合浇注 PBX 炸药混合处理装药技术是国内一种新研制的高能炸药混合处理装药技术，其复合浇注的 PBX 炸药具有爆炸威力大，装药质量及工艺性能好、安全性高等特点，更加适宜作为武器弹药战斗部的主装药来使用。对比在加入了燃烧后具有较高热值铝粉的复合浇注 PBX 炸药与传统的高能混合炸药时发现，该 PBX 炸药的爆热被大大提高。同时真空振动装药工艺又使得弹药的装填密度有所提高，经过对比试验，复合浇注的 PBX 炸药在水中爆炸时综合威力可以达到 2 倍以上的 TNT 当量，且威力明显高于梯黑铝等炸药。主要性能参数与现役兵器装填的 TNT、热塑梯黑铝、熔梯黑铝等炸药对比 (如表 2)，具有高能、经济、低易损、工艺性好、适于长期贮存等优点，对实现武器装备升级换代，也具有一定的实用价值。

3 低易损性炸药的评价方法

弹药在研制、生产、运输、贮存及实战中的情况千变万化，特别是战场上在受到对方打击下常引起大火和爆炸产生的冲击波、高速弹体的撞击及金

属射流的直接作用,都有可能引起弹药爆炸和殉爆。而发生在美国航母等的军械库爆炸和欧洲国家的军械库爆炸事件中都造成了大量士兵和平民伤亡,建筑设备毁坏更是惨不忍睹。在现代战争中,对于众

多的轻小型快速机动部队而言,所搭载的武器平台也会面临被敌人直接或间接火力冲突而引发所搭载弹药被引爆的危险。所以对于弹药的低易损性展开评价是实现炸药低易损性的重要标志。

表2 复合浇注 PBX 炸药性能参数与其他炸药对比^[2]

炸药类别	密度/(g/cm ³)	爆速/(m/s)	爆热/(kJ/kg)	摩擦感度/%	撞击感度/%	枪击感度	TNT 当量系数/%	使用年限	工艺性能
复合浇注 PBX	1.82	5 500	8 210	14~20	10~14	不燃不爆	>20	56	真空振动
熔梯黑铝	1.84	7 200	7 440	0	26	不燃不爆	1.84	≥30	塑态
热塑梯黑铝	1.70	7 500	5 750	22	28	不燃不爆	1.60	≥30	塑态
TNT	1.50	6 900	3 530	8	8	不燃不爆	1.00	≥30	压装

易损性如何评价及判定,易损性降低到什么程度,达到什么水平才能算易损合格及低易损,这些都是研究低易损性炸药的重要问题。美国在 20 世纪 80 年代初制定易损性评价方法学(VAM)试验计划,目的是建立弹药易损性的评价方法。而易损性和安全性一样,具有多样性和选择性,国与国互不相同,军与军也有所不同。我国目前把炸药的易损性按受到外界刺激的不同简单地分类为:1) 火焰的直接烤燃;2) 冲击波的直接作用;3) 高速弹体撞击的直接作用;4) 金属射流的直接作用。

低易损性炸药的评价试验方法又分为 2 部分。

1) 低易损性炸药在研制、生产和运输中的评价,其方法包括临界起爆直径试验、落锤试验、感度试验、摩擦感度试验、雷管感度试验(包括加传爆药的感度试验)和跌落感度试验。

2) 低易损性炸药在服役中的评价,其方法包括快速火焰烤燃试验、冲击波感度试验、射流感度试验、高速弹体撞击试验(包括大型西桑试验和小型子弹射流试验)、慢速热烤试验、发射感度试验^[5]。

4 建议

随着新材料和新技术的应用及对低易损弹药的强烈需求,装填低易损性炸药将是弹药领域的重要发展方向。为推动低易损性炸药装药技术的发展,笔者建议重视以下几方面工作:

1) 在要求炸药具有低易损性和安全性好的同时,又要求炸药能量和性能高,这是矛盾的。因为炸药的能量性能越高,其感度相应也高,安全性就差;要将高感度的炸药配制成低感度的炸药,其本身的能量会有所损失。因此要求炸药兼备这 2 种优点,就必须开发和研制新型含能粘合剂和添加剂。

2) 应加大低易损性炸药和装药技术研究的支撑力度。相关研究必须得到有关部门的高度重视,制定详细计划,提供充足的财力保障,使低易损性炸药得到又快又好的发展。

3) 加强工厂与院校之间的联合,使研制出的低易损性炸药及相关的装药技术得到应用和发展。

4) 加强低易损性炸药相关标准的制订和完善。虽然我国早在 20 世纪 80 年代中期就起草了相关标准,1994 年诞生了部标 WJ2243—1994 之后又颁布了 GJB772A97—608.1 等标准,但这些标准的部分条款已不能适应当前发展的需求,为此必须根据实际情况,制定和完善相关标准。

5) 研究和应用系列性的不敏感炸药,发展建立对应的评价方法,全面系统地展开研究。

6) 在积极研究低易损性炸药和装药技术的同时,还应发展和研究具有低易损性的可靠起爆和传爆药剂,使需要这些炸药正常工作的时候能够可靠地起爆和爆轰。

7) 总结我国现有的关于低易损弹药的发展经验,利用现有条件制定出未来我国低易损弹药的发展方向和实施细则。

5 结束语

低易损性炸药由于本身所具有的优异性能,在外界刺激下不敏感、不爆炸、安全性能好,并能承受较高的冲击;由于其固相主炸药含量高达 88%~90%,具有较高爆轰能量,能量范围可调节等特点。所以和传统的 TNT 基熔铸炸药相比时能够发现其装药质量高、内部无缩孔、环境适应性和长期贮存性能好的特点,是现代武器弹药战斗部装填理想的炸药;因此,应继续开展低易损性炸药装药工艺技术的应用研究,为我国武器装备的发展作出新贡献。

参考文献:

- [1] 杨慧群. 炸药装药结构的易损性研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2005: 7.
- [2] 罗观, 黄辉, 张明, 等. 可浇注固化 PBX 类含铝炸药低易损性研究[J]. 含能材料, 2004, 12(1): 20-22.
- [3] 张光全, 董海山. 2,4-二硝基苯甲醚为基熔铸炸药的研究进展[J]. 含能材料, 2010, 18(5): 604-609.
- [4] 王昕. 美国不敏感混合炸药的发展现状[J]. 火炸药学报, 2007, 30(2): 78-80.
- [5] 李晋庆. 低易损炸药的评价方法[J]. 火炸药学报, 1999, 22(2): 15-18.