

文章编号:1006-9941(2020)11-1083-06

传爆药柱直径对主装药爆轰成长特性的影响

段英良,韩勇,冉剑龙,刘清杰,答继超,贾路川

(中国工程物理研究院化工材料研究所,四川绵阳621999)

摘要:为了更好地研究传爆序列中主装药在传爆药作用下的爆轰成长特性,采用高速扫描相机,捕捉主装药柱中爆轰波沿侧面轴线的传播轨迹,结合数值模拟计算分析了起爆传爆过程。研究表明,与奥克托今(HMX)基理想炸药相对比,传爆药的尺寸变化对TATB基非理想炸药爆轰波的发展过程影响更明显,特别是当传爆药柱尺寸减小至 $\Phi 10\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 时,TATB基炸药爆轰波的成长距离更长,爆轰波发展至40 mm位置处才趋于稳定爆轰。与一维冲击起爆过程不同的是,小尺寸传爆药柱冲击起爆作用下,主装药柱中爆轰成长过程表现为二维效应,因此沿轴向和径向化学反应速率的明显差异对爆轰传递的可靠性起重要作用。

关键词:传爆序列;爆轰波;冲击起爆;点火增长模型

中图分类号: TJ55; O382

文献标志码: A

DOI: 10.11943/CJEM2019252

1 引言

起爆传爆序列是武器系统中重要的组件,是由较小雷管起爆,经传爆药柱放大,实现主装药稳定爆轰的功能性组件,在武器系统的可靠性评价和安全性评估中受到关注^[1]。特别是目前武器系统日益追求小型化和高安全,而通过减小传爆药的尺寸,实现在较小的传爆药柱下可靠起爆钝感主炸药是一个有效途径^[2]。但是该传爆过程具有一定的复杂性,既与炸药自身的特性有关,也与炸药尺寸结构匹配有关,涉及炸药的冲击起爆、爆轰波的传爆、绕射、回爆以及局部不爆轰等复杂过程^[3],因此准确掌握并有效评价主装药在传爆药作用下的起爆特性,对起爆传爆过程的深刻理解、科学的指导起爆传爆序列设计及可靠性评价等均具有重要的意义。研究传爆效应的最简单的方法是通过见证板的凹

坑状态进行判断,王作山^[4]、曹雄^[5]、金丽^[6]等开展了多方面的研究工作,包含装药结构、约束以及传爆药输出能量等对传爆可靠性的影响,但是该方法缺乏对爆轰过程的细致解读。文尚刚^[7]等通过超量传播时间法对隔层传爆序列的传爆可靠性进行了评价,一定程度上考虑了爆轰的传播过程,但是缺乏对拐角和爆轰死区的认识。Molitoris等^[8-9]通过X光照相技术研究了LX-14(HMX/binder 95.5/4.5)传爆药起爆LX-17(TATB/binder 92.5/7.5)钝感炸药的爆轰波的发展过程,可以对爆轰波的发展以及拐角绕射区域等准确观察,但是该试验技术要求非常高。Souers^[10-11]等利用扫描相机等研究了LX-07(HMX/viton 90/10)传爆药作用下PBX9502(TATB/binder 95/5)炸药的起爆特性,通过表面爆轰波的出射情况评价了温度对起爆传爆可靠性的影响,相比其他方法,该方法技术要求条件相对较低并且在一定程度上可反映爆轰的发展过程。

因此,本研究借鉴高速扫描相机记录爆轰波传播轨迹的方法,通过不同尺寸规格的黑索今(RDX)基传爆药柱起爆两种不同组分的主装药,评估了传爆药柱的尺寸结构对主炸药的爆轰效应的影响,并结合数值模拟计算,研究了化学反应速率对爆轰传递过程的影响,为相关传爆序列的尺寸匹配选择提供了参考。

收稿日期:2019-09-25;修回日期:2019-12-15

网络出版日期:2020-06-18

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC0804703),国家自然科学基金(11902298)

作者简介:段英良(1987-),男,助理研究员,主要从事含能材料爆轰性能研究。e-mail:duanyingliang@caep.cn

通信联系人:韩勇(1976-),男,研究员,主要从事凝聚态爆轰物理研究。e-mail:y_han76@126.com

引用本文:段英良,韩勇,冉剑龙,等.传爆药柱直径对主装药爆轰成长特性的影响[J].含能材料,2020,28(11):1083-1088.

DUAN Ying-liang, HAN Yong, RAN Jian-long, et al. Effect on the Detonation Growth Characteristics of Main Charge from Booster Diameter[J]. Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao), 2020, 28(11):1083-1088.

2 试验部分

2.1 试验装置与原理

传爆特性试验原理如图1所示。较小直径的传爆药柱在雷管作用下起爆, 然后起爆较大直径的主装药柱, 当爆轰波到达主装药柱侧面表面时, 会使硝酸钡与

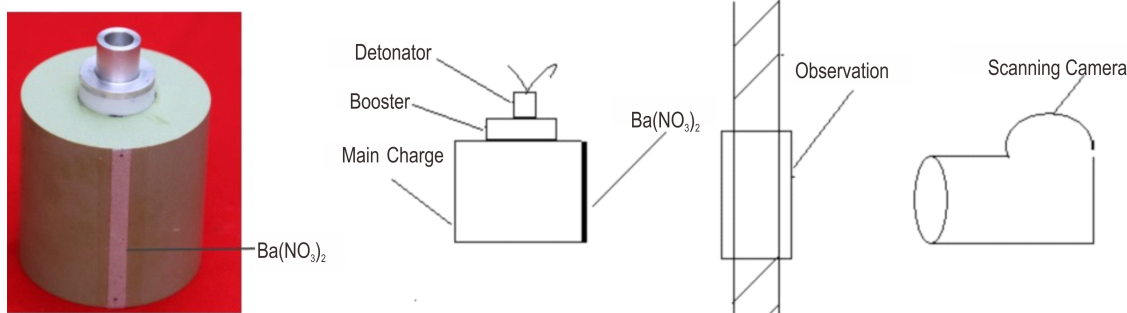


图1 传爆特性试验原理示意图

Fig.1 Schematic diagram of the explosion transfer test

2.2 试验条件

本研究选取传爆药为RDX基PBX-3炸药(RDX/binder 96/4), 密度为 $1.650 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 爆速为 $8200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 爆压为22 GPa, 药柱尺寸规格分别为 $\Phi 10 \text{ mm}\times 5 \text{ mm}$ 、 $\Phi 20 \text{ mm}\times 5 \text{ mm}$ 、 $\Phi 32 \text{ mm}\times 5 \text{ mm}$ 。传爆匹配特性试

药柱表面之间形成的空气隙(透明胶带将硝酸钡颗粒与药柱表面紧密贴合时形成的空气间隙, 如图1所示药柱表面的白色区域)发光, 利用转镜式高速扫描相机可以实时记录主装药柱外表面不同位置处的发光过程, 进而获得爆轰波在主装药柱中的传播发展历程, 通过最先出射位置、爆速变化特性等特征参量评估主装药的爆轰特性。

验条件如表1所示, 试验1#~3#中主装药选取TATB基PBX-1炸药(TATB/binder 95/5, 理论密度 $1.915 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), 试验4#~6#中主装药选取HMX基PBX-2炸药(HMX/TATB/binder 87/7/6, 理论密度 $1.874 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), 尺寸均为 $\Phi 50 \text{ mm}\times 50 \text{ mm}$, 相机转速为 $150000 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

表1 传爆匹配特性试验条件

Table 1 Experiment conditions for matching explosive transfer characteristics

test number	booster			main charge		
	explosive	dimension/mm	density/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	explosive	dimension / mm	relative density
1#		$\Phi 10\times 5$	1.648			98.96
2#	PBX-3	$\Phi 20\times 5$	1.650	PBX-1	$\Phi 50\times 50$	99.01
3#		$\Phi 32\times 5$	1.648			98.96
4#		$\Phi 10\times 5$	1.649			98.45
5#	PBX-3	$\Phi 20\times 5$	1.650	PBX-2	$\Phi 50\times 50$	98.45
6#		$\Phi 32\times 5$	1.649			98.56

3 结果与讨论

3.1 试验底片数据处理

转镜式高速扫描相机记录的主装药外表面不同位置处发光过程的试验底片如图2所示, 从图2可以初步看出爆轰波到达药柱表面的历程显著不同: 对于PBX-1主装药, 最先发光的位置并不是在药柱顶端, 特别是当传爆药柱的尺寸减小到 $\Phi 10 \text{ mm}\times 5 \text{ mm}$ 时, 最先发光位置接近中部; 而对于PBX-2炸药, 传爆药柱的尺寸变化对爆轰波的传播过程影响并不显著。

采用大型工具显微镜(放大倍率选取30), 对底片数据进行判读, 获得了爆轰波沿轴线传播时到达药柱侧面外表面的历程, 如图3(PBX-1炸药的爆轰波出射轨迹图)和图4(PBX-2炸药的爆轰波出射轨迹图)所示。根据爆轰波の出射轨迹, 本研究采用最先出射位置、回爆绕射区域、曲率变化区域(爆轰成长区域)、稳定爆轰区域、局部不爆轰区域(爆轰死区)等几个特征参量对爆轰演化过程进行表征, 并进一步分析传爆药柱的尺寸变化对主装药的爆轰发展过程产生的具体影响。

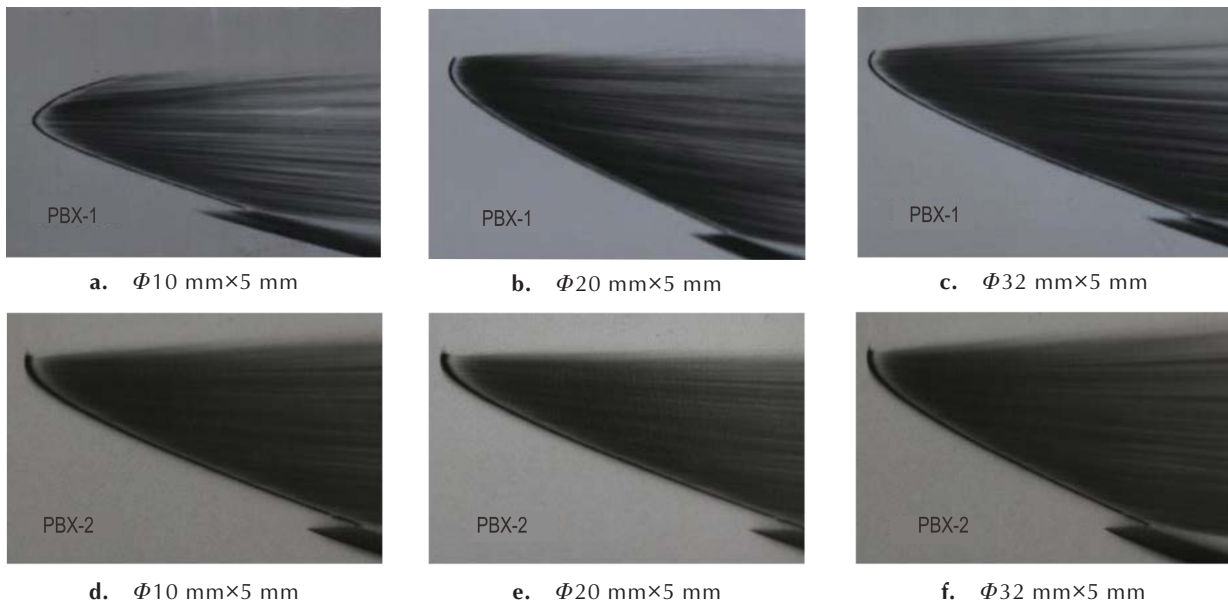


图2 不同直径传爆药柱起爆主装药的试验底片图

Fig.2 Films of main charge shocked by the boosters with different diameters

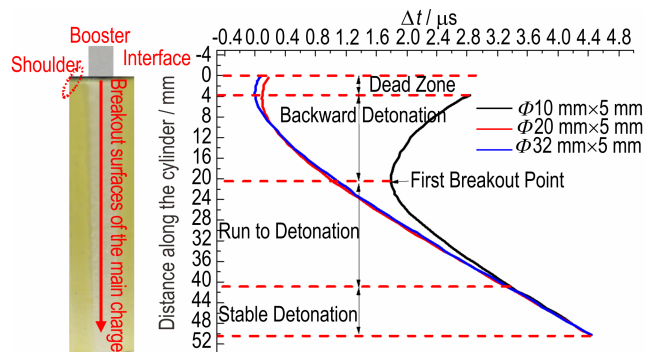


图3 不同直径的PBX-3起爆TATB基PBX-1炸药的出射波形轨迹曲线

Fig.3 the detonation wave trajectory of the TATB-based PBX-1 shocked by PBX-3 with different diameters

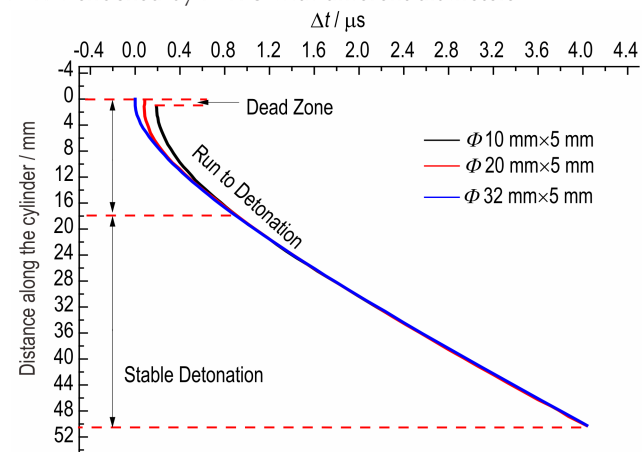


图4 不同直径的PBX-3起爆HMX基PBX-2炸药的出射波形轨迹曲线

Fig.4 the detonation wave trajectory of the HMX-based PBX-2 shocked by PBX-3 with different diameters

3.2 传爆药柱的直径尺寸对主装药爆轰成长过程的影响

从图3中TATB基PBX-1炸药表面的爆轰波的轨迹图可以看出,当传爆药柱的直径为 $\Phi 32\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 时,爆轰波最先达到主装药柱表面的位置约为4mm处, $\Phi 20\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 的直径时最先出射位置约为6mm位置处,当传爆药柱直径进一步减小时,最先出射点位置下移,传爆药柱尺寸为 $\Phi 10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 时,爆轰波最先到达主装药柱表面的位置约为20mm处(约为主装药柱的1/3处)。可见,传爆药柱的直径变化会显著影响爆轰波最先到达药柱表面的位置,即影响最先出射点。分析认为传爆药柱的直径变小时,入射至主装药中的压力受侧向稀疏波的影响更为严重,衰减更迅速,导致沿直径方向上爆轰成长速率变慢,使得爆轰波最先到达主装药柱表面的位置下移。

除此之外,传爆药柱的直径变化对TATB基PBX-1主装药柱中爆轰波的成长过程影响明显。如图3所示,在 $\Phi 10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 传爆药柱作用下,PBX-1炸药经历了相对较长的爆轰增长过程,爆轰波发展至40mm位置处波形斜率才趋于稳定(斜率代表爆轰波传播速度),并且存在长达20mm长度的回爆和拐角绕射区域,而传爆药柱尺寸选用 $\Phi 20\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 和 $\Phi 32\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 时,爆轰成长过程明显缩短,爆轰波发展至24mm处波形轨迹的斜率基本趋于稳定。也就是说较小直径的传爆药柱起爆较大直径主装药柱的会发生拐角绕射现象,对于相同规格的主装药柱,传爆

药柱的直径越小, 拐角绕射现象越严重, 拐角绕射过程与爆轰成长过程共同影响着爆轰波的传播轨迹; 并且爆轰波从传爆药柱进入主装药中的拐角绕射现象还可能导致主装药柱的肩部存在局部不爆轰区域。从图 3 中可以看出, 传爆药柱尺寸为 $\Phi 10 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 时, 从传爆界面至主装药上端 4 mm 位置处无爆轰波出射, 表明该区域存在爆轰死区, 而传爆药直径大于 $\Phi 20 \text{ mm}$ 时则无此现象。该局部爆轰死区的区域大小不仅与传爆药柱的直径有关, 还与主装药的特性有关。

从图 4 中可以看出, 在三种不同尺寸规格传爆药柱的起爆下, HMX 基 PBX-2 主装药中爆轰波均是最先从主炸药柱的顶端位置出射, 在爆轰成长阶段产生细微差异, 爆轰波发展至 18 mm 位置处均趋于稳定爆轰, 当传爆药柱直径为 $\Phi 10 \text{ mm}$ 时, PBX-2 主装药的肩部存在仅约 1 mm 的局部不爆轰区域。也就是说传爆药柱的直径变化对 HMX 基 PBX-2 炸药爆轰成长过程影响的规律是相同的, 但所受的影响程度与 TATB 基 PBX-1 炸药差异显著。这可能与 HMX 基 PBX-2 炸药较强的爆轰成长能力有关, 而这种爆轰成长能力的差异会直接影响传爆序列中爆轰传递匹配的可靠性。结合爆轰死区区域以及爆轰成长过程, 从传爆序列传爆可靠性的角度而言, PBX-3 传爆药柱的直径至少要达到 $\Phi 20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 才可以可靠、有效起爆 $\Phi 50 \text{ mm}$ 直径的 PBX-1 主装药, 而可靠起爆 $\Phi 50 \text{ mm}$ 直径的

PBX-2 主装药仅需要 $\Phi 10 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 的 PBX-3 传爆药。

3.3 主装药的反应速率特性对传爆序列中爆轰传递过程的影响

对比图 3 与图 4, 我们可以发现相同的传爆药柱下, PBX-1 和 PBX-2 主装药中爆轰传递过程具有差异, 特别是在小的传爆药柱直径下, 如 $\Phi 10 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$, 这可能与主装药的化学反应特性有关。与 PBX-2 炸药相比, PBX-1 炸药作为 TATB 基钝感炸药, 其化学反应速率更慢, 化学反应区更宽, 导致其拐角绕射能力弱^[12], 从而导致了如图 3 所示的较长的拐角绕射区域。为了更加深入的理解主装药的化学反应特性对爆轰传递过程中爆轰波的成长和传播历程的影响, 以 $\Phi 10 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 的 PBX-3 传爆药柱起爆 $\Phi 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 的 PBX-1 和 PBX-2 炸药为模型, 采用 LS-DYNA 程序对传爆试验进行了数值模拟, 网格尺寸为 $0.1 \text{ mm} \times 0.1 \text{ mm}$ 。

PBX-1 炸药和 PBX-2 炸药的未反应炸药和反应产物的状态方程均采用 JWL 状态形式表述, 如公式 (1) 所示。

$$p = Ae^{-R_1 V} + Be^{-R_2 V} + \frac{\omega C_V T}{V} \quad (1)$$

式中, p 代表反应体系压力, V 代表反应体系的相对体积, $C_V T$ 代表体系能量, A, B, R_1, R_2, ω 为待定的状态方程参数, 具体值如表 2 所示。

表 2 PBX-1 与 PBX-2 炸药的状态方程参数

Table 2 The EOS of JWL for PBX-1 and PBX-2

EOS	explosive	A / GPa	B / GPa	R_1	R_2	ω	$C_V / \text{GPa} \cdot \text{K}^{-1}$
unreacted JWL	PBX-1	7.78×10^4	-4.80	11.30	1.13	0.88	2.49×10^{-3}
	PBX-2	9.32×10^4	-5.35	14.10	1.40	0.88	2.78×10^{-3}
product JWL	PBX-1	6.54×10^2	7.10	4.45	1.20	0.35	1.00×10^{-3}
	PBX-2	8.52×10^2	18.02	4.60	1.30	0.38	1.00×10^{-3}

PBX-1 炸药和 PBX-2 炸药采用 Lee-Taver 三项式点火增长模型^[13], 反应速率模型如公式 2 所示,

$$\frac{d\lambda}{dt} = I(1-\lambda)^b \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 - a \right)^x + G_1(1-\lambda)^c \lambda^d \rho^y + G_2(1-\lambda)^e \lambda^g \rho^z \quad (2)$$

$$0 < \lambda < F_{igmax} \quad 0 < \lambda < F_{G1max} \quad F_{G2min} < \lambda < 1$$

式中, λ 代表化学反应程度, ρ 代表密度, $I, a, b, x, G_1, c, d, y, G_2, e, g, z, F_{igmax}, F_{G1max}, F_{G2min}$ 为反应速率参数, 是通过 Lagrange 冲击起爆试验标定获得^[14], 具体参数如表 3 所示。

通过数值计算可以明显地看出在相同的传爆药柱作用下 PBX-1 和 PBX-2 主炸药柱中起爆传爆过程及爆

轰波的发展历程的差异, 如图 5 所示。当爆轰波从小尺寸直径的传爆药柱进入大尺寸直径的主装药药柱时, 在接触界面处主装药开始发生点火增长过程, 与一维冲击起爆过程不同的是, 此状况下主装药柱中不仅沿着爆轰波传播的方向(轴向)发生冲击起爆, 沿侧向(径向方向)也发生冲击起爆过程, 但是由于受到侧向稀疏波的影响, 在爆轰波不同传播方向上压力不同, 导致沿轴向和径向的化学反应速率存在差异, 沿轴向化学反应速率较快。而轴向和径向的化学反应速率的差异性在 TATB 基 PBX-1 炸药中表现的更为明显。图 5a 直观表现出爆轰波沿径向发展十分缓慢, 导致爆轰波

从主装药柱的中部最先出射,与实验结果吻合,在爆轰波拐角绕射的过程中导致主装药柱中存在局部的不爆轰区域,但是由于数值计算中不能准确模拟先导冲击波导致的冲击压死现象(Molitoris^[8]认为一旦形成,不会再发生回爆现象),因此模拟结果中的爆轰死区区域比实验结果偏小。HMX基PBX-2的拐角能力较强^[12],径向的化学反应速率快,图5b中直观表现为爆轰波沿侧向亦成长迅速,爆轰波从主装药柱的顶部最先出射(与实验结果吻合),从而保证了在 $\Phi 10\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 的小直径传爆药柱作用下不存在爆轰死区,主装药柱可以被有效、可靠地起爆。

表3 PBX-1与PBX-2炸药的反应速率方程参数

Table 3 Ignition and growth modeling parameters for PBX-1 and PBX-2

explosive	$I / \mu\text{s}^{-1}$	a	b	x	G_1	c	d	y
PBX-1	4.0×10^6	0.22	0.667	7.0	0.0025	0.667	1.00	3.0
PBX-2	7.4×10^{13}	0.00	0.667	20.0	0.0048	0.667	0.27	2.0

explosive	G_2	e	g	z	F_{igmax}	F_{G1max}	F_{G2min}
PBX-1	0.008	0.333	0.67	2.0	0.1	0.8	0.0
PBX-2	0.040	0.333	1.00	2.0	0.3	0.5	0.5

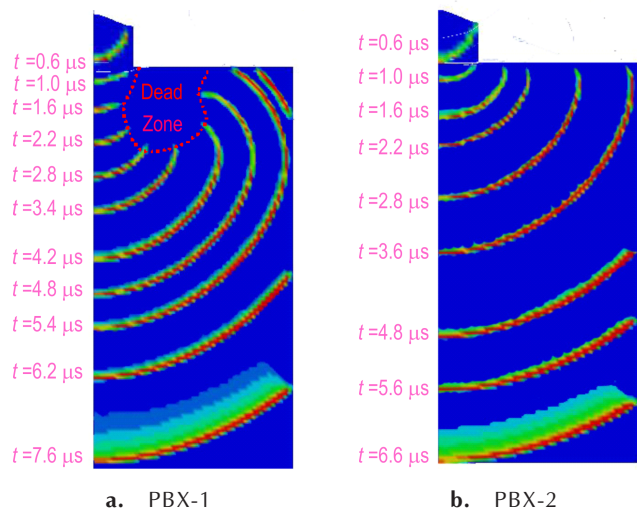


图5 两种主装药柱在传爆试验中爆轰波的发展历程

Fig. 5 Development of the detonation wave of two main charges in detonation sequence test

4 结论

(1)主装药柱表面爆轰波的出射轨迹反映出的最先出射点、回爆绕射区域、曲率变化区域(爆轰成长区域)、稳定爆轰区域、局部不爆轰区域(爆轰死区)等特征参量可用于有效表征主装药的爆轰成长特性。

(2)相比HMX基PBX-2炸药,TATB基PBX-1炸药的爆轰成长过程受RDX基PBX-3传爆药的直径变化($\Phi 32\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 、 $\Phi 20\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 、 $\Phi 10\text{ mm}\times 5\text{ mm}$)的影响更为明显,当传爆药柱尺寸减小到 $\Phi 10\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 时,爆轰波在主装药柱约1/3位置处最先出射,存在长达20 mm的拐角绕射区域。

(3)与一维冲击起爆过程不同的是,小尺寸传爆药柱作用下,主装药柱的冲击起爆过程表现为二维效应,沿轴向和径向的化学反应速率的差异是造成主装药柱爆轰成长特性受传爆药柱尺寸影响的主要原因,而数值计算中不能准确模拟先导冲击波导致的冲击压死现象,因此模拟结果中的爆轰死区范围比实验结果偏小。

参考文献:

- [1] 周美林, 吴奎先, 只永发, 等. 直列式爆炸序列的研究现状及其在舰载导弹战斗部中的应用[C]//舰载导弹武器及其发射安全技术研讨会论文集, 2007: 59-65.
ZHOU Mei-lin, WU Kui-xian, ZHI Yong-fa, et al. Statuses of the in-line explosive strains and the application on ship-board missiles warhead [C]//Seminar on shipborne missiles weapon and launching safety, 2007: 59-65.
- [2] 乔丽. 传爆序列界面爆轰传递可靠性设计与评估[D]. 太原: 中北大学, 2015.
QIAO Li. Design and evaluation on the detonating sequence interface detonation transfer reliability [D]. Taiyuan: North University of China, 2015.
- [3] 孙承伟, 卫玉章, 周之奎. 应用爆轰物理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000: 451-506.
SUN Cheng-wei, WEI Yu-zhang, ZHOU Zhi-kui. Applied detonation physics [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2000: 451-506.
- [4] 王作山, 刘玉存, 张景林, 等. 约束条件及装药直径对HMX/F2641传爆药爆压影响的实验研究[J]. 爆炸与冲击, 2003, 23(3): 248-252.
WANG Zuo-shan, LIU Yu-cun, ZHANG Jing-lin, et al. The effects of restraint condition and charge diameter of booster dynamite HMX/F2641 on shock pressure [J]. *Explosion and Shock Waves*, 2003, 23(3): 248-252.
- [5] 曹雄, 胡双启, 张建忠. 装药结构对传爆药柱起爆能力的影响研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2005: 200-204.
CAO Xiong, HU Shuang-qi, ZHANG Jian-zhong. Study on the effect of the charge structure of booster pelletad on its initiation capacity [J]. *Journal of Basic Science and Engineering*, 2005: 200-204.
- [6] 金丽, 杨振英, 张玉若, 等. 一种直列式传爆序列的装药爆轰性能试验研究[J]. 含能材料, 2012, 20(1): 105-108.
JIN Li, YANG Zhen-ying, ZHANG Yu-ruo, et al. Performance of an in-line explosive trains [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneg Cailiao)*, 2012, 20(1): 105-108.
- [7] 文高刚. 隔层传爆序列可靠性评估的试验方法[J]. 火炸药学报, 2008, 31(6): 8-11.
WEN Shang-gang. Detonation transfer reliability test method

- for interlayer initiation train [J]. *Chinese Journal of Explosives and Propellants*, 2008, 31(6): 8-11.
- [8] Molitoris J D, Andreski H G, Garza R G, et al. An experimental investigation of detonation corner-turning using high resolution radiography [C]//13th International Detonation Symposium, 2006.
- [9] Taver C M. Corner turning and shock desensitization experiments plus numerical modeling of detonation waves in the triaminotrinitrobenzene based explosive LX-17 [J]. *J. Phys. Chem. A*, 2010, 114: 2727-2736.
- [10] Souers P C, Hernandez A, Cabacungen C, et al. Air gaps, size effect and corner turning in ambient LX-17 [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2009, 34(1): 32-40.
- [11] Souers P C, Druce R L, Roeske F, et al. A complete detonator, booster and main charge study of LX-07/PBX9502 [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2011, 36: 119-124.
- [12] 郭向利, 韩勇, 卢校军, 等. HMX基和TATB基PBX爆轰波的拐角性能[J]. 含能材料, 2015, 23(6): 522-526.
GUO Xiang-li, HAN Yong, LU Xiao-jun, et al. Corner performance of detonation waves in HMX-based and TATB-based PBX explosives [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneg Cailiao)*, 2015, 23(6): 522-526.
- [13] Lee E L, Taver C M. Phenomenological model of shock initiation in heterogeneous explosives [J]. *Phys. Fluids*, 1980, 23: 2362-2372.
- [14] 谭凯元, 文尚刚, 韩勇. 常温附近温度变化对炸药冲击起爆特征的影响[J]. 含能材料, 2016, 24(9): 905-910.
TAN Kai-yuan, WEN Shang-gang, HAN Yong. Shock initiation characteristics of explosives at near-ambient temperatures [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneg Cailiao)*, 2016, 24(9): 905-910.

Effect on the Detonation Growth Characteristics of Main Charge from Booster Diameter

DUAN Ying-liang, HAN Yong, RAN Jian-long, LIU Qing-jie, ZAN Ji-chao, JIA Lu-chuan

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621999, China)

Abstract: In order to further study the detonation growth characteristics of main explosive shocked by booster in detonation sequence, the high speed scanning camera was used to capture the propagation trajectory of the detonation wave in the main explosive along the lateral axis, and the detonation propagation process was analyzed by means of numerical simulation. The results show that compared with the HMX-based ideal explosive, the charge of booster plays a greater impact on the development of the detonation wave in TATB-based non-ideal explosive. The detonation wave growth distance becomes longer and the stable detonation occurs at the distance 40mm, when the booster size reduces to $\Phi 10$ mm \times 5 mm. Different from 1D shock ignition test, the initiation process in main charge shocked by the smaller diameter booster has the two-dimensional effects. Thus, the difference of detonation chemical reaction rate along axis and radial direction plays an important roles on the detonation transfer reliability.

Key words: detonation sequene; detonation wave; shock initiation; ignition-growth reactive model

CLC number: TJ55; O382

Document code: A

DOI: 10.11943/CJEM2019252

(责编: 高毅)