

DOI: 10.11943/CJEM2019098

文章编号: 1006-9941(2019)09-0717-03



阵列爆炸——一种常规高效毁伤技术

世界范围内,高张力键能材料如离子氮、全氮、聚合氮(Chong ZHANG, Cheng-guo SUN, Bing-cheng HU, et al. *Synthesis and characterization of the pentazolateanion cyclo-N₅- in (N₅)₆(H₃O)₃(NH₄)₄Cl*[J]. *Science*, 2017, 335(6323): 374-376; Yuan-gang XU, Qian WANG, Cheng SHEN, et al. *A series of energetic metal pentazolatehydrates* [J]. *Nature*, DOI: 10.1038/nature23662)、金属氢(Brent Grocholski. *Staming hydrogen into metal* [J]. *Science*, 2017, 335(6326): 706)等颠覆性含能材料的合成与表征仍处于探索阶段,近期难以工程化应用,“采用新型毁伤机理或模式,实现新效应毁伤”则成为常规毁伤技术的重点发展方向(宋浦,肖川. 常规毁伤的新发展——超强毁伤技术[J]. *含能材料*, 2018, 26(6): 462-463)。阵列爆炸作为一种毁伤技术新模式,是现阶段有效提升武器毁伤效能的重要技术手段。

1. 阵列爆炸的内涵和特点

“阵”原指军队作战时布置的局势,“列”是排成的行。阵列爆炸技术是一种特殊的爆炸能量优化控制技术,通过将若干爆炸单元按设计布局阵列布放,精确控制每个爆炸单元的起爆时序,实现爆炸毁伤元素在时间、空间维度的优化分布,以显著提高爆炸能量利用率。阵列爆炸的作用原理如图1所示。

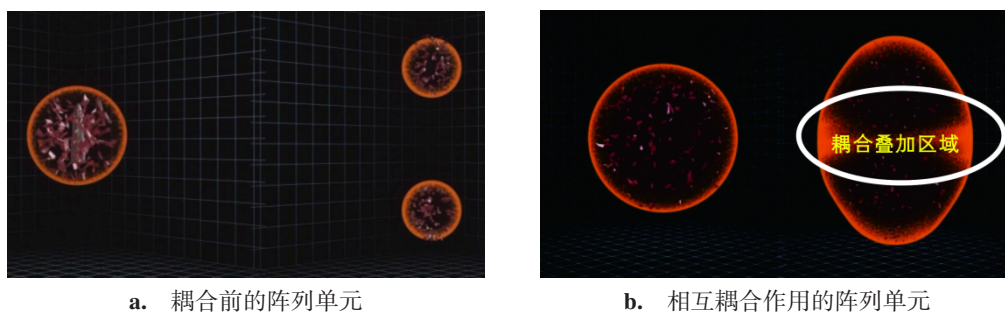


图1 阵列爆炸的作用原理

阵列爆炸技术的主要特点在于:一是爆炸单元空间位置控制及毁伤元素的相互作用扩大了有效毁伤作用区域;二是爆炸能量的时序释放对目标产生连续累积毁伤效应;三是区域毁伤元素的相互作用增强了破坏效应的强度和烈度。

阵列爆炸技术的优势主要体现为:一是爆炸能量的优化分布,扩大有效毁伤区域,提高了爆炸能量的有效利用率;二是多毁伤元产生同时或时序的累积毁伤作用,提高了爆炸能量转化为毁伤效应的效能;三是爆炸场中毁伤特征参量的多矢量叠加,增强了局部区域或特定方向毁伤元的强度。

2. 国内外阵列爆炸技术进展及分析

阵列爆炸技术应用的初始推动力是深侵彻钻地核武器对深层地下坚固战略工程的破坏效应研究,主要

是利用多弹爆炸毁伤元的聚焦效应扩大弹药的毁伤区域或特定区域的强度/特性方向的作用深度。

从作用原理看,一方面阵列爆炸通过控制爆炸单元空间维度上的布放位置,使爆炸单元由“点爆炸”转化为类“面爆炸”,爆炸能量的空间分布扩大了有效毁伤作用区域,类似于FAE的作用模式;另一方面,利用特定区域/方位爆炸参量的叠加或聚焦,使毁伤参量产生“倍增”和“定向”作用。美国核防局专家Philips和Bratton的研究报告指出,7枚当量50万吨弹在地下500 m深度同时爆炸,应力大于51 MPa的区域超过1 km²,高应力区范围是单弹爆炸所无法比拟的。另外,特定区域内多弹爆炸形成的高压力峰值比单弹爆炸要高出3~4倍,甚至8倍以上,足以摧毁地下坚固的防护工程(Knetry L N. *Ground shock from multiple earthpenetrator bursts: effects for hexagonal weapon arrays*[R]. SAND9020485, 1990)。美国Sandia Laboratory通过大量的模拟计算和化爆模拟试验,分析了7枚50万吨核弹呈六角形布置(六边形每个角1枚,几何中心1枚)的爆炸聚集效应,发现7枚50万吨核弹爆炸的聚集地冲击效应(爆深12 m,间距400 m)与2000万吨单枚核弹爆炸产生的地冲击效应相当,爆炸效应提高了6倍。同时,7弹爆炸产生100 MPa压力的深度要比350万吨(7弹当量之和)单弹爆炸产生100 MPa压力的深度增加80%(Phillips S. *Ground shock analysis of the multiple burst experiments*[R]. ADA 088510, 1978;Ruetenik J R. *Calculation of multiple burst interactions for six simultaneous explosions of 120 Ton ANFO charges*[R]. ADA 091978, 1979.)。

在工程技术层面,合理的阵列排布、精确的定位和高精度的起爆时序控制是实现阵列爆炸的关键技术。精确制导武器和高精度引信的出现,促进了阵列爆炸技术在常规武器中的应用。美国成立了“连创奇迹”课题组,研究以4枚2000磅激光制导炸弹连续袭击命中一个深地下坚固目标,摧毁一枚制导炸弹不能摧毁的战略工事,即利用阵列爆炸能量时序释放对目标产生连续累积毁伤效果的应用实例。

阵列爆炸主要基于时间、空间二个维度控制弹药的能量释放以优化毁伤效果,依据目标特性,弹药的作用模式可设计为:(1)弹药作用的空间位置基本不变,控制起爆时间,使爆炸能量对同一目标进行多次作用,产生累积毁伤效应;(2)弹药起爆时序固定,控制弹药空间位置使爆炸能量产生协同作用,增强对目标的毁伤;(3)弹药空间位置、起爆时序适应变化,控制弹药组元对不同目标进行协同或累积毁伤。例如Gary和Niceville等发明了一种多段式硬目标侵彻战斗部(US. Pat.No.5698814),利用引信控制战斗部分成若干子战斗部,使爆炸能量在多层建筑物结构的几个相邻房间内部爆炸,分段战斗部的爆炸能量通过时序释放实现了打击建筑内多个目标的问题,显著提升侵彻武器的毁伤效能,见图2。

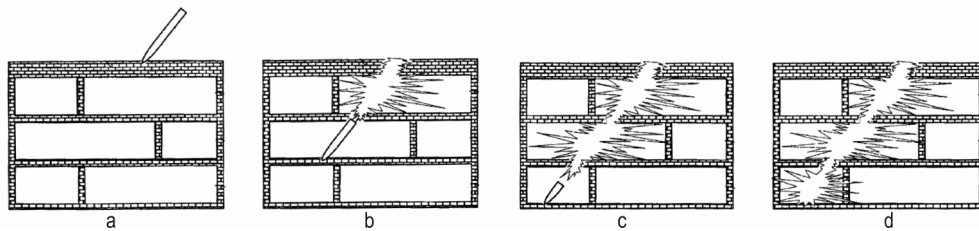


图2 多段式硬目标侵彻战斗部的作用过程

近年来,国内外还开展了阵列爆炸技术在水中兵器领域的应用探索,研究了两个或多个装药阵列水下爆炸后多气泡之间的相互作用规律(Rungsiyaphornrata S, Klaseboerb E, Khoo B C, et al. *The merging of two gaseous bubbles with an application to underwater explosions*[J]. *computers & fluids*, 32(2003): 1049-1074;姚雄亮,汪玉,张阿漫,编著. *水下爆炸气泡动力学*[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012)。相比于空中爆炸,水中爆炸更为

复杂,除冲击波之间的相互作用之外,多个气泡的融合及相互作用机制、多个弹药水中爆炸对舰艇目标的毁伤机理仍不清楚,阻碍了阵列爆炸在水中兵器中应用。

3. 阵列爆炸的应用方向的思考与建议

高新技术武器的出现,装备制导、引信精度的大幅提升,使弹药精确定位、起爆时序精确控制成为可能,极大促进了阵列爆炸技术在常规武器装备中的应用发展,可开展应用研究的方向如下:

(1) 杀伤面目标的爆破、云爆/温压类弹药和水中兵器战斗部,利用战斗部的阵列布放扩大毁伤元作用范围,起爆时序控制毁伤元的叠加、耦合和增益作用。

(2) 毁伤具有多个内部空间结构的侵爆、半穿甲反舰类弹药,将战斗部阵列分布到不同结构内部释放能量,通过控制爆炸时序,使爆炸毁伤元对多个目标结构进行毁伤或通过毁伤元的耦合作用实现对目标的贯穿毁伤。

(3) 攻击地下深层工事的钻地弹等,控制战斗部的阵列位置、起爆时序,使爆炸毁伤元在某一方向的聚焦增强其特定位置的强度或增加毁伤深度。

致谢:衷心感谢宋浦研究员和冯海云副研究员给予的宝贵建议。

胡宏伟¹, 肖川²

1. 西安近代化学研究所燃烧与爆炸技术重点实验室

2. 中国兵器工业北化集团

e-mail: hhw505@163.com

(责编:张琪)