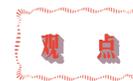


DOI: 10.11943/CJEM2021020

文章编号: 1006-9941(2021)07-0581-03



水中兵器爆炸威力增强技术的发展思考

鱼雷、水雷和深水炸弹等水中兵器作为海军的主战武器,在历次海战中均发挥了重要作用。战斗部装药作为毁伤的核心要素,其能量水平和能量释放控制模式直接影响了水中兵器装备的作战效能,如何提高水中兵器毁伤威力,发展水中爆炸威力增强新技术一直是各军事强国高度关注的重大问题。现代潜艇和航母等水面舰艇抗爆抗冲击能力的提升,对水中爆炸毁伤技术提出了更高的要求,发展新型水中爆炸毁伤技术,对水中兵器的创新发展具有重要意义。

水中爆炸毁伤模式的深入认识,新材料、新概念、新原理、新技术的应用,推动了水中爆炸毁伤技术“高能化”和“高效化”的共同发展,主要发展方向可归结为爆炸能量的可控高效利用、炸药体系外能量/新型工艺技术的应用、突破现有炸药配方体系设计和新型高能物质的应用等。

1. 爆炸能量定制调控是先进水中毁伤技术的新模式

爆炸能量的定制调控能够大幅提高作用于目标的爆炸能量,提高毁伤效能,这种新模式的作用方式包括新型爆炸能量控制方式、发展与目标毁伤特性匹配的毁伤方式等。

阵列爆炸技术(胡宏伟,肖川.阵列爆炸——一种常规高效毁伤技术[J].含能材料,2019,27(9):717-719.)作为一种新型爆炸能量控制技术,可调控毁伤元素的时空分布,扩大毁伤元素的有效作用面积,增强特定区域/方位的毁伤元素强度,对目标进行同种类或多种类毁伤元素的协同/累积毁伤作用,类似于子母弹作用方式(蒋文禄,马峰,王树山.水中子弹群反鱼雷可行性分析[J].鱼雷技术,2015,23(5):374-378.)。多元复合装药技术通过内外层采用不同性能的炸药类型,优化起爆方式,调节水中爆炸冲击波和气泡的分配,能够实现毁伤能量的精确调控。

美军 MK-46 鱼雷将铜药型罩替换为反应材料药型罩,对结构坚固潜艇的扩孔能力(直径)提升了两倍;在轻型鱼雷的头部放置反应材料,通过高速碰撞作用激发材料反应,烧蚀潜艇的外壳(National Research Council. Technology for the United States Navy and Marine Corps, 2000-2035 Becoming a 21st-Century Force: Volume 5: Weapons[R]. Washington, D.C: National Academy Press, 1997.)。串联/随进战斗部将鱼雷装药分成前后两级,前级聚能装药先穿透舰艇壳体,后级装药延迟一段时间后再爆炸,这种毁伤模式打击双层壳体潜艇特别有利,可穿透 173 mm 厚钢质舰体,与整体战斗部相比,破坏威力增加了 3 倍以上,能够有效摧毁潜艇耐压壳体(吴晓海,温向明,崔振君.提高鱼雷破坏威力的前景展望[J].鱼雷技术,2001,9(2):6-8.)。

2. 炸药体系外能量/新型工艺技术应用是提升爆炸能量的新策略

炸药体系外能量利用包括动力系统燃料和活性壳体的应用等。水中兵器的动力系统在满足武器的最大

射程时会设计燃料的冗余量,当实际巡航小于最大巡航距离时,燃料剩余更多。因此在战斗部爆炸的同时,引爆燃料箱中的推进燃料,二者的耦合爆炸将提高水中兵器的毁伤威力(胡宏伟,鲁忠宝,杨睿. 奥托-II 推进剂的冲击波感度和能量输出特性[J]. 爆破器材, 2015, 44(5): 10-12.)。此外,应用活性材料壳体替代传统鱼雷战斗部惰性壳体,形成含能战斗部结构,优化活性壳体的反应时间尺度与爆轰匹配性,壳体即可在爆轰加载作用下参与反应增大爆炸威力。2011年12月,美国海军水面作战中心演示了高密度活性材料在战斗部中应用情况,所设计的活性材料拥有铝的强度、钢的密度,能量是TNT的1.5倍。这种高密度活性材料可以代替钢制壳体,利用战斗部壳体与装药耦合爆炸提升毁伤能力。(宋磊,李宝锋,陈皓. 美海军演示用“高密度活性材料”提高战斗部爆炸威力[J]. 装备参考, 2011, 49: 32-33.)。

近年来,增材制造、声共振等新型装药技术得到了快速发展,这些技术通过提高炸药的装药质量和装药密度提升爆炸威力和安全性(彭翠枝. 含能材料增材制造技术——新型的精密高效安全制备技术[J]. 含能材料, 2019, 27(6): 445-447; 蒋浩龙, 王晓峰, 陈松. 声共振混合技术及其在火炸药中的应用[J]. 化工新型材料, 2017, 45(2): 236-238),能够快速应用于水中兵器战斗部的工程研发。

3. 突破现有炸药配方体系设计是水下炸药研发的新思路

1997年,美国海军部发布的《美国海军和海军陆战队2000~2035年技术发展规划》,预测和评估了未来35年的水下武器用炸药的发展前景,计划开发一种能量2~3倍PBXN-103(4~6倍TNT当量)的水下炸药,用于鱼雷、水雷、反鱼雷武器和反水雷战斗部。图1为美国海军未来水下炸药发展规划(National Research Council. *Technology for the United States Navy and Marine Corps, 2000-2035 Becoming a 21st-Century Force: Volume 5: Weapons* [R]. Washington, D.C: National Academy Press, 1997.)。

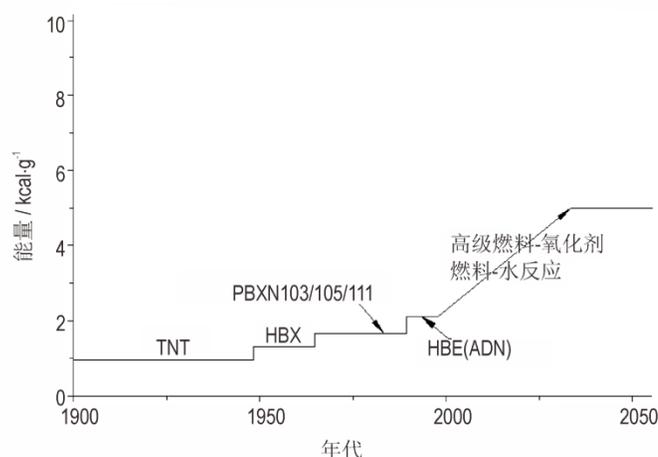


图1 美国海军未来水下炸药发展规划

可见,美海军的水下炸药发展分为两条途径:一是在现有的配方体系框架下,使用新型氧化剂(二硝酰胺铵ADN、 NF_2 硝酸盐等)和高热值燃料(硼、铅、钨及合金材料等),如使用ADN的高气泡能炸药(HBE),其气泡能量比PBXN-103增加50%,将显著增加体积有限的水下武器的杀伤半径(相关研究得出气泡能量增加50%,相当于杀伤半径增加约25%);此外,CL-20和DNTF等更高能的含能材料也可显著提升水下爆炸威力,如DNTF基含铝炸药水下爆炸能量可达2.67倍TNT当量(王浩,王亲会,金大勇,等. DNTF基含硼和含铝炸药的

水下能量[J]. 火炸药学报, 2007, 30(6):38-40.); 二是突破现有主装药、金属粉、粘结剂/钝感剂配方体系, 发展类似于云爆剂的燃料-水反应炸药, 将环境中的水作为一种组分利用到炸药体系中, 通过燃料与水的快速反应形成爆炸, 增加水下爆炸威力, 这一研究思路值得我们参考借鉴。

4. 新型高能物质应用是颠覆水中毁伤技术发展的新动力

金属氢 (Brent Grocholski. Storing hydrogen into metal[J]. *Science*, 2017, 335 (6326) : 706)、全氮化合物 (Chong ZHANG, Cheng-guo SUN, Bing-cheng HU, et al. Synthesis and characterization of the pentazolate anion cyclo- N_5 -in $(N_5)_6(H_2O)_3(NH_4)_4Cl$ [J]. *Science*, 2017, 335(6323) : 374-376) 和聚合氮 (Rademacher N, Bayarjargal L, Morgenroth W, et al. Preparation and characterization of solid carbon monoxide at high pressure in the diamond anvil cell[R]. *DESY Photon Science Annual Report*, 2011) 等非 CHON 类高能物质的能量密度比常规含能材料 (通常为 $10^3 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$) 至少高一个数量级, 利用新的能量作用和转化机制, 将形成超过传统毁伤效果的全新毁伤技术 (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.)。但这些新型高能物质的合成与表征仍处于实验室探索阶段, 距离实际应用仍有相当漫长的时间。一旦突破关键科学与技术问题并应用于武器装备, 将推动水中兵器质变, 颠覆战争形态。

综上, 四新 (新模式、新策略、新思路和新动力) 的发展策略可塑造新型水中高效毁伤技术, 引领水中兵器的发展, 同时也应加强这些新技术对舰船、潜艇的毁伤机制研究, 这就需要含能材料、水下炸药、毁伤元、战斗部、舰船毁伤评估和作战模式等研究者加强学科间的交叉融合, 发挥各自优势, 依托国家战略发展需求, 形成科学理论-应用技术-产品研发-装备应用的全链条研究体系。

胡宏伟^{1, 2}, 宋 浦²

1. 国防科技大学空天科学学院

2. 西安近代化学研究所

e-mail: hhw505@163.com