舰艇抗爆抗冲击专题·编者按

舰艇的抗爆抗冲击能力是衡量其作战性能的重要指标, 本领域研究的问题主要分为两类: 第一类问题是对兵器爆炸载荷的研究, 主要包括空爆载荷和水爆载荷. 空爆载荷以导弹为代表, 可分为空爆冲击波和高速破片载荷. 水爆载荷以鱼雷为代表, 可分为水爆冲击波、气泡脉动和射流载荷. 兵器爆炸载荷的多元性、互耦性以及边界的影响使该问题变得极为复杂. 第二类问题是对舰艇平台的抗爆抗冲击研究, 主要包括水面舰艇和潜艇的损伤评估及防护方法研究, 其中不仅需要对舰艇平台各分系统开展研究, 还需要分析各分系统之间的关联耦合效应. 由于这些问题大多涉及爆炸力学、冲击动力学、塑性动力学、断裂动力学、流固耦合动力学、复合材料力学、舰船结构毁伤力学和军事医学等领域, 使得舰艇抗爆抗冲击研究成为一个庞大的兼具科学价值和工程价值的系统工程.

《中国科学: 物理学 力学 天文学》特别组织“舰艇抗爆抗冲击专题”, 邀请了长期致力于舰艇抗爆抗冲击研究的科研工作者撰写了14篇相关论文, 其中4篇为综述论文, 展现了本领域国内外最新的研究进展; 其他10篇为研究论文, 涵盖了爆炸载荷、舰艇结构、机械设备和人员等方面的抗爆抗冲击研究.

舱内爆炸是反舰导弹攻击水面舰艇的主要方式, 会对舰艇生命力构成严重威胁. 论文《舰船结构舱内爆炸毁伤与防护研究进展》对反舰导弹在舱内爆炸时的载荷特性、结构毁伤效应和防护技术的最新研究进展进行了全面评述, 并对舰船防护结构的新概念设计进行了展望.

舰艇机械设备除承受振动激励外, 在战时还会受到冲击载荷, 半主动隔离器在抗冲和隔振的混合式隔离方面具有可靠性高和调控频率宽等优点. 论文《半主动控制隔离器的研究进展及发展途径》系统讨论了现有半主动控制隔离器在减振和抗冲方面所面临的问题及挑战, 并提出了一套相关的设计指南.

高能炸药作为实现高效毁伤的能量载体, 在舰炮发射过程中会处于高过载环境, 如何保证其发射安全性是舰炮炮弹用炸药的重要研究方向. 论文《舰炮炮弹用炸药及其发射安全性研究进展》对国内外舰炮炮弹用炸药研制及装备、发射安全性研究装置、影响机制和发射安全性设计等方面的研究进展进行了评述.

反舰导弹在舱内爆炸后所形成的载荷十分复杂, 开展舱内爆炸载荷研究对评估舰艇损伤效应和防护设计具有重要意义. 论文《水面舰艇舱内爆炸毁伤载荷研究进展》对舱内爆炸形成的冲击波、准静态压力和高速破片载荷的形成机理、计算公式及其造成的损伤模式进行了系统的总结和研究展望.

点阵材料因具有轻质高强、声隐身、电磁隐身性能以及多功能可设计性使其具有极大的发展空间. 论文《金字塔点阵夹层壳对潜艇抗水爆防护机理》探索性地将金字塔点阵夹层壳运用在潜艇非耐压壳上, 研究显示金字塔点阵夹层壳在承受高静水压的同时, 可削弱60%以上的水爆自由场入射冲量.

水下近场爆炸下实船毁伤试验代价巨大, 而简单靶标结构与实船结构之间不存在相似关系, 因此对鱼雷的毁伤效果评判缺乏相关依据. 论文《基于鱼雷爆炸毁伤考核的靶标仿真设计》针对鱼雷近距爆炸对水面舰艇的毁伤特点提出靶标结构的优化设计方法, 并通过仿真对靶标设计的等效性进行了验证.

反舰导弹以不同侵彻姿态进入舰船内部时, 由于舰船结构纵横交错, 其毁伤响应远比平行靶标结构复杂. 论文

引用格式: 张振华. 舰艇抗爆抗冲击专题·编者按. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2021, 51: 124601

Zhang Z H. Special topic on explosion and impact resistance of naval ships (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2021, 51: 124601, doi: 10.1360/SSPMA-2021-0218

《战斗部整体侵彻Z型舰船结构模拟靶力学特性研究》将舰船复杂结构简化为Z型组合靶板. 研究表明, 战斗部侵彻Z型靶板时受到的横向载荷比平行靶板高约2–3倍, 且运动姿态发生显著改变.

重型鱼雷和高能炸药的大当量近场水爆试验电磁环境恶劣, 压力信号在高频段会存在上升沿误差和峰值失真的情况. 论文《水中兵器爆炸自由场压力数据预处理分析》针对自由场压力测量数据, 研究了滤波、趋势项去除、干扰脉冲剔除及上升沿拟合等预处理方法, 并评估了数据预处理算法的合理性.

中型浮动冲击平台的水爆试验是考核舰载设备抗冲击性能、验证理论预报方法有效性的重要手段. 论文《水下爆炸作用下中型浮动冲击平台运动响应试验研究》依托近海水爆试验场, 对中型浮动冲击平台开展了TNT当量为60 kg的水下爆炸试验, 获得了平台冲击环境和结构损伤响应的试验数据.

水下爆炸气泡坍塌后形成的水射流会对舰艇结构造成巨大冲击. 论文《固支方板底部水下爆炸气泡射流研究》对2.5 g TNT炸药在固支方板底部爆炸的水射流进行了高速摄影和压力测量. 试验结果显示在第一次气泡脉动峰值后存在3次水射流载荷, 射流压力可达到冲击波峰值的1/4左右.

针对传统钢丝绳隔振器拉伸性能较差的缺点, 论文《新型双向压缩式钢丝绳隔振器的力学性能试验研究》设计了一种兼具减振和抗冲功能的新型钢丝绳隔振器. 冲击试验结果表明, 新型钢丝绳隔振器的冲击隔离率在82.5%以上, 且其在各个工况的冲击隔离率均大于球形钢丝绳隔冲系统.

高速弹体在液体介质中的速度会快速衰减, 因此防护液舱是舰艇针对弹体打击的重要防护方法. 论文《弹体侵彻作用下液舱舱壁压力载荷的试验研究》开展了不同形状和冲击速度的弹体侵彻液舱的模型试验, 分析了前后舱壁的壁压及冲量的变化规律.

传统有网格算法难以模拟强冲击作用下舰艇结构的裂纹扩展, 论文《强冲击作用下舰船结构毁伤的三维无网格SPH-RKPM方法数值模拟》采用光滑粒子流体动力学方法计算水下爆炸载荷, 基于重构核粒子方法建立了舰艇结构动态断裂的计算模型, 并通过多个复杂算例充分验证了该无网格计算模型的有效性.

爆炸冲击波作用下人体肺部极易受到创伤, 论文《爆炸冲击波与人体胸部相互作用数值模拟》建立了爆炸冲击波与人体胸部相互作用的有限元计算模型, 对人体胸部中应力波的传播特性和胸部动态响应规律进行了分析, 研究结论可为爆炸冲击波作用下人员战损评估及防护救治提供参考.

本专题较为全面地反映了我国舰艇抗爆抗冲击领域的研究状况和进展. 专题采用单枚鱼雷击毁大型水面舰艇的仿真模拟图作为封面, 以期引起学者对该问题的重点关注. 希望专题的内容能为相关领域的研究人员提供有益的帮助, 并在一定程度上推动舰艇抗爆抗冲击领域的发展.

张振华

海军工程大学舰船与海洋学院