



2008-2009

兵器科学技术 学科发展报告

Report on Advances in Ordnance Science and Technology

中国科学技术协会 主编

中国兵工学会 编著



中国科学技术出版社



2008-2009

兵器科学技术 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN ORDNANCE SCIENCE AND TECHNOLOGY

中国科学技术协会 主编

中国兵工学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2008—2009 兵器科学技术学科发展报告/中国科学技术协会主编;
中国兵工学会编著. —北京:中国科学技术出版社,2009.3

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-4943-0

I. 2… II. ①中…②中… III. 武器—研究报告—中国—
2008—2009 IV. TJ

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 018547 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京凯鑫彩色印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:11.25 字数:260 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 5 月第 2 次印刷

印数:2501-4000册 定价:34.00元

ISBN 978-7-5046-4943-0/TJ·4

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

2008—2009
兵器科学技术学科发展报告
REPORT ON ADVANCES IN ORDNANCE SCIENCE AND TECHNOLOGY

首席科学家 杨 卓

专 家 组

组 长 曾 毅

副组长 程 军 王晓锋 赵长禄

成 员 (按姓氏笔画排序)

于子平	于名讯	于 春	才鸿年	上官垠黎
王光华	王兴治	王泽山	王哲荣	王晓鸣
王 鲁	王增全	午新民	毛保全	艾克聪
龙 腾	田启祥	田雨华	付跃刚	冯顺山
吕绪良	朵英贤	刘卫国	刘举鹏	刘 莉
刘藻珍	许毅达	苏哲子	杜志歧	杨绍卿
李 伟	李 楠	李魁武	吴志林	何 勇
汪 信	宋保维	宋洪昌	张飞猛	张庆明
张相炎	张冠杰	张效民	陈 杰	陈鹏万
范植坚	欧育湘	孟宪珍	项昌乐	姜会林
祖 静	袁亚雄	栗保明	贾希胜	夏建中
柴玮岩	钱林方	徐德民	黄风雷	黄 峥
黄聪明	黄德武	曹贺全	崔万善	康凤举
梁民宪	覃光明	樊水康	潘功配	薛晓中
薄煜明	魏建国			

学 术 秘 书 许毅达 陈 杰 钱林方 欧阳星宇

序

当今世界,科技发展突飞猛进,创新创造日新月异,科技竞争在综合国力竞争中的地位更加突出。党的十七大将提高自主创新能力、建设创新型国家摆在了非常突出的位置,强调这是国家发展战略的核心,是提高综合国力的关键。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的科学基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面,是国家科技竞争力的标志。近年来,随着对“科学技术是第一生产力”认识的不断深化,我国科学技术呈现日益发展繁荣局面,战略需求引领学科快速发展,基础学科呈现较快发展态势,科技创新提升国家创新能力,成果应用促进国民经济建设,交流合作增添学科发展活力。集成学术资源,及时总结、报告自然科学相关学科的最新研究进展,对科技工作者及时了解和准确把握相关学科的发展动态,深入开展学科研究,推进学科交叉、渗透与融合,推动多学科协调发展,适应学科交叉的世界趋势,提升原始创新能力,建设创新型国家具有非常重要的意义。

中国科协自2006年开始启动学科发展研究及发布活动,圆满完成了两个年度的学科发展研究系列报告编辑出版工作。2008年又组织中国化学会等28个全国学会分别对化学、空间科学、地质学、地理学、地球物理学、昆虫学、心理学、环境科学技术、资源科学、实验动物学、机械工程、农业工程、仪器科学与技术、电子信息、航空科学技术、兵器科学技术、冶金工程技术、化学工程、土木工程、纺织科学技术、食品科学技术、农业科学、林业科学、水产学、中医学、中西医结合医学、药学和生物医学工程共28个学科的发展状况进行了研究,完成了中国科协学科发展研究系列报告(2008—2009)和《学科发展报告综合卷(2008—2009)》。

这套由29卷、800余万字构成的学科发展研究系列报告(2008—2009),回顾总结了所涉及学科近两年来国内外科学前沿发展情况、技术进步及应用情况,科技队伍建设与人才培养情况,以及学科发展平台建设情况。这些学科近两年产生了一批重要的科学与技术成果:以“嫦娥一号”探月卫星成功发射并圆满完成预定探测任务、“神舟七号”载人飞船成功发射为代表的一系列重大科技成果,表明我国的自主创新能力又有较大提高,在科研实践中培养、锻炼了一批

高层次科技领军人才,专业技术人才队伍规模不断壮大且结构更为合理,科技支撑条件逐步得到改善,学科发展的平台建设取得了显著的进步。该系列报告由相关学科领域的首席科学家牵头,集中了本学科广大专家学者的智慧和学术上的真知灼见,突出了学科发展研究的学术性。这是参与这些研究的有关全国学会和科学家、科技专家研究智慧的结晶,也是这些专家学者学术风范和科学责任的体现。

纵观国际国内形势,我国仍处于重要战略发展机遇期。科学技术事业从来没有像今天这样肩负着如此重大的社会使命,科学家也从来没有像今天这样肩负着如此重大的社会责任。增强自主创新能力,积极为勇攀科技高峰作出新贡献;普及科学技术,积极为提高全民族素质作出新贡献;加强决策咨询,积极为推进决策科学化、民主化作出新贡献;发扬优良传统,积极为社会主义核心价值观体系建设作出新贡献,是党和国家对广大科技工作者的殷切希望。我由衷地希望中国科协及其所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究和发布活动,持之以恒地出版学科发展报告,不断提升中国科协和全国学会的学术建设能力,增强其在推动学科发展、促进自主创新中的作用。



2009年3月

前 言

兵器是各种武器的总称,也是人类物质文明的重要组成部分。从刀枪、弓箭等冷兵器到枪炮、火炸药等热兵器,再到以信息技术为核心的现代高科技兵器,人类社会的每一次巨大飞跃,都受到了兵器技术进步的重大影响。进入现代社会,兵器技术已经发展成为涉及军事学、理学、工学等众多学科技术领域,集武器装备科学原理、系统分析、工程设计和先进技术综合运用于一体的一门重要科学技术学科,是先进科学与技术最先应用的载体,具有鲜明的时代特征和先进性。

人民兵器工业是我党最早创建的军事工业部门,为中国人民革命战争的胜利作出了重要贡献。新中国成立后,人民兵器工业自力更生、艰苦奋斗,建成了独立完整的科学技术和工业体系,成为新中国国防科技工业的“摇篮”和面向三军服务的国防战略性基础产业。改革开放以来特别是进入新世纪以来,人民兵器工业的改革发展取得了一系列辉煌成绩,我国兵器科学技术也得到了快速发展,不但为我军提供了一大批高科技武器装备,而且突破和掌握了一大批国防核心关键技术,成功地实现了由传统兵器向高科技兵器的历史性跨越,并正在向以信息化为核心的光机电一体化方向和陆、海、空、天、电磁诸多应用领域昂首迈进。在新的历史时期,面对蓬勃发展的世界新军事革命浪潮,面对我军装备机械化信息化复合发展的新要求,面对兵器科学技术信息化战略转型的新任务,认真回顾总结兵器科学技术的发展成就,创新思考未来的发展方向与应用领域,对推动我国兵器技术发展和我军装备现代化具有十分重要的意义。

中国科学技术协会于2006年开始启动“学科发展研究与发布”专项活动,中国兵工学会经过两年的精心准备,2008年3月,常务理事会正式批准了由学会学术工作委员会提出的“关于开展《兵器科学技术学科发展报告(2008—2009)》研究与编写工作的议案”。在中国科协批准立项以后,按照科协的统一要求,学会组织了70多位专家学者,先后十几次研讨,确定了编写大纲和撰写基本原则,历时近半年,完成了报告的编写。

本报告共分十三章,其中包括综合报告、五个专业技术领域发展报告和七个基础性支撑技术领域发展报告。报告对本学科的基本架构、专业内涵以及地位和作用进行了概述,简要回顾了本学科的发展历史,重点介绍了近年来本学科的发展现状与趋势,指出了我国在本学科领域存在的差距,提出了发展建

议。报告可为国内从事兵器及相关学科科学研究、教学、工程设计、管理和生产制造的科技工作者提供参考。

在本报告的编写过程中,马宝华教授、朱荣桂研究员、李鸿志院士提供了关键性的建议;一大批国内著名专家、学者也纷纷建言献策,有些院士还亲自参与了分专题报告的撰写;中国兵器科学研究院及其所属有关研究所,北京理工大学、南京理工大学、西北工业大学、长春理工大学、中北大学、西安工业大学、沈阳理工大学等高等院校及有关部队院校和研究单位的众多专家参与了调研和编写,大大丰富了本报告的学科内涵。在本报告的编写过程中参考和引用了部分内部报告和资料,因不便作为参考文献列入本书中,特此向有关单位和个人表示感谢。

本报告的编写过程既是一次尝试,也是一次创新。由于时间仓促,而且是在国内第一次开展这项工作,尽管我们广泛听取并采纳了各方面的建议和意见,报告中的不足甚至错误仍在所难免,希望出版后能得到广大专家学者的批评指正,以便为今后继续做好这项工作提供宝贵经验,为兵器科学技术学科的繁荣发展作出更大贡献。

中国兵工学会
2008年12月

目 录

序	韩启德
前言	中国兵工学会

综合报告

兵器科学技术发展现状与趋势	(3)
一、引言	(3)
二、我国兵器科学技术学科专业领域所取得的进展	(4)
三、我国兵器科学技术与国外先进水平的差距	(14)
四、兵器科学技术未来发展趋势	(19)
五、对我国兵器科学技术学科发展的措施建议	(22)
参考文献	(24)

专题报告

装甲兵器技术的发展现状与趋势	(29)
身管兵器技术的发展现状与趋势	(40)
制导兵器技术的发展现状与趋势	(51)
弹药技术的发展现状与趋势	(61)
水中兵器技术的发展现状与趋势	(72)
燃烧与爆轰学的发展现状与趋势	(82)
含能材料技术的进展与应用	(90)
防护技术的发展现状与趋势	(103)
弹道学的发展现状与趋势	(112)
兵器信息技术的发展现状与趋势	(121)
兵器材料与制造技术的发展现状与趋势	(132)
兵器基础技术的发展现状与趋势	(145)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Advances in Ordnance Science and Technology	(157)
---	-------

Reports on Special Topics

Advances in Armored Armament	(158)
Advances in Tube Weapon	(159)

Advances in Guided Weapons Technology	(159)
Advances in Ammunition Technology	(161)
Advances in Underwater Weapon	(162)
Advances in Combustion and Detonation	(163)
Advances in Energetic Material	(164)
Advances in Protection Technolgoy	(165)
Advances in Ballistics	(166)
Advances in Weapons Information Technology	(166)
Advances in Ordnance Material & Manufacturing Technology	(167)
Advances in Basic Ordnance Technology	(168)

综合报告

兵器科学技术发展现状与趋势

一、引言

兵器是以非核常规手段杀伤敌有生力量、破坏敌作战设施、保护我方人员及设施的器械,是进行常规战争、反恐、应对突发事件、保卫国家安全的重要物质基础。兵器科学技术是以兵器工程技术为研究对象,具有与其他学科完全不同的科学内涵,并形成了一个较为完整的学科知识体系;它运用先进的理论体系、设计思想、工程方法和技术途径以使兵器装备满足战争需要和战场要求。兵器科学技术的研究内涵是指各类兵器的科学机理、构造原理、战术技术性能以及在兵器方案选择、论证、工程研制、试验、生产、使用、储存、维修过程中需要的理论和技术,包括新概念、新原理、新技术、新材料、新型元器件和新装置等。兵器科学技术的范围即学科构成包括装甲兵器技术、身管兵器技术、制导兵器技术、弹药技术、水中兵器技术 5 个专业技术领域和燃烧与爆轰学、含能材料技术、防护技术、弹道学、兵器信息技术、兵器材料与制造技术和兵器基础技术 7 个基础性支撑技术领域。近年来随着相关学科的发展,本学科的研究内容也得到了充实和发展,特别是高新技术成果在兵器上的集成,使得兵器科学技术更加复杂并更具活力。

促进兵器科学技术发展的原始动力来自两个方面,一是军事斗争和战场作战对武器装备的需要;二是当代科学技术进步对武器装备发展的推动。在人类社会发展的进程中,通常是将最先进的科学技术首先用于军事和战争中,从这个意义上说,兵器科学技术既是一门历史悠久的传统学科,又是一门极富时代特色的现代综合性工程技术学科,它在整个科学技术发展进程中占有十分重要的地位。

兵器从简单到复杂,从低水平到高新技术,经历了古代兵器、近代兵器和现代兵器三个阶段。伴随着兵器走过的不同时代,兵器科学技术也在不断地发展和变化。随着硝化甘油、单基/双基火药和梯恩梯炸药的出现,弹道理论的初步建立等,兵器科学技术已初具雏形。进入 20 世纪,两次世界大战促进了兵器科学技术的迅猛发展;海湾战争等几场局部战争则集中体现了高科技在现代兵器中的应用。现代兵器涉及探测识别、发射运载、动力传动、定位定向、指挥控制、通信导航、高效毁伤与防护、战场评估、电子对抗以及综合技术保障等方面。现代战争已经发展为高新技术武器装备体系与体系之间的对抗,军事需求和技术进步促使兵器科学技术的基本理论和学科体系不断完善和发展。到了 21 世纪,随着光电技术、微电子技术、计算机技术、信息网络技术、生物技术、空间科学与技术、新材料、新能源等一大批高新技术的迅猛发展,兵器正发生着以高新技术为主要特征的深刻变革,这也会进一步推动兵器科学技术的发展,使该学科的内涵更加丰富。目前该学科正逐渐形成由军事学、应用数学和力学、化学工程、机械工程、光学工程、材料科学技术、信息技术、通信工程、电子科学技术、控制科学、动力工程与工程热物理、系统工程等学科交叉融合的综合性的工程技术学科。

创建于建国初期的我国兵器行业学科发展主要沿袭前苏联的学科体系,在技术上走的是以仿制为主的发展道路,与当时的世界先进水平存在巨大差距;改革开放以前,通过坚持独立自主、自力更生的发展方针,兵器科学技术得到一定的发展,初具规模;“八五”、“九五”期间,随着先进材料技术、制造工艺和测试等基础技术的飞速发展,在装甲兵器、身管兵器、制导兵器、弹药、水中兵器、火控指控、火炸药、引信和火工品等方面都取得了长足的发展;“十五”以来,通过系统集成和技术创新,武器装备在向信息化和高技术目标迈进方面取得突破性进展,在某些领域已达到或接近世界先进水平。

在以信息化为特征的 21 世纪,回顾兵器科学技术的发展历史,总结我国兵器科学技术的发展现状,展望兵器科学技术的未来,对抓住机遇,迎接挑战,推动我国国防科技现代化是十分有益和非常必要的。

本报告主要论述兵器科学技术的范围、内涵、最新进展、与国外先进水平的差距、未来发展趋势等,提出了加强我国兵器科学技术学科建设的措施和建议。

二、我国兵器科学技术学科专业领域所取得的进展

(一) 装甲兵器技术研究进展

在打赢一场局部战争和时空一体化、立体化的新军事思想和军事变革理念下,国内装甲兵器技术近几年有了较大的发展与进步。主要表现在:

(1) 初步建立起完整的国内装甲兵器的体系。它覆盖了重型、中型、轻型装甲车辆,形成了履带、轮式两大系列,涵盖了主战坦克、步兵战车、装甲运输车、两栖装甲车、空降装甲车和不同层次基型车、变形车,如装甲突击车辆、指挥车辆、抢救牵引车和弹药运输车(7~50t)等。填补了国内一些装甲车型的空白。基本达到了系列化、通用化和标准化。

(2) 通过运用系统科学的思想,采用一体化设计、集成技术,综合提升了装甲车辆的“机动、火力、防护”三大性能。在性能上实现了跨越式的发展。如最新研制完成的新型主战坦克,在综合性能及可靠性方面可与世界上列装的主战坦克相媲美。它采用了 1500 马力的大功率柴油机、车辆综合传动、综合电子信息系统、125mm 滑膛炮、热像观瞄和稳象火力控制、行驶越障、装甲防护等最新的技术。

(3) 在设计方法上从一代设计、二代仿制发展到开始具有自己知识产权的自主开发;从经验设计、半实物仿真开始转向预测设计。目前正在着手研究和编制数据库、专家系统、故障库、设计规范、设计准则等。

(4) 在“九五”、“十五”预先研究和型号研究牵引下开展了关键技术的基础理论研究,如围绕大功率柴油机、快速燃烧、高增压技术、高温冷却做了大量工作。

(5) 广泛采用新技术、新工艺、新材料,如 1600 马力的大功率柴油机、两栖装甲车的全铝合金装甲、水上推进器和滑板等减阻增速技术、主动防护装置。

(6) 装甲兵器领域当前的主要研究热点问题是,以车辆电子及信息技术为代表的装甲兵器的体系化集成技术、升功率 90kW 的高功率密度柴油机工作过程研究与设计制造技术、电控机械无级自动变速器、双离合器设计制造技术、集群级综合防护技术、混合电传

动、各种机器人平台等。

(二)身管兵器技术研究进展

身管兵器技术的研究主要集中在以下领域。

(1)身管兵器系统分析与总体技术领域研究包括武器系统概念研究、系统总体集成与优化匹配技术、系统综合电子技术、系统仿真与虚拟样机技术、武器效能分析和综合性评价技术等,取得的研究成果比较显著,已在我国的自行火炮、单兵武器、火箭炮等各类身管兵器的论证分析和总体设计中得到了重要的工程应用。

(2)在现代设计理论与方法方面取得了较大的进展,主要包括武器发射动力学建模与仿真理论、人一机系统动力学模型、复杂形状零件的应力应变场、对身管的液压和机械挤压等预应力强化过程的弹塑性分析、身管自紧理论、高温高压燃气的管内流动理论、火箭燃气流对发射装置的冲击效应和扰动影响、膛口欠膨胀射流与冲击超压场等。

(3)在身管兵器自动化技术方面重点开展了操瞄自动化技术,自动调平技术,弹药快速输送与装填自动化技术,射向稳定自动化技术,武器平台随动控制技术,机、电、液、气的控制技术,高射速自动机技术,武器数字化技术等研究。

(4)在提高射速技术领域,主要围绕提高构件运动速度、装填自动化、并联循环动作、减少循环动作等提高射速的主要途径,积极开展身管兵器的射速提高技术研究,突破了许多关键技术,一些技术指标已接近世界先进水平,如小口径高炮的射速已达 1100 发/min,超高射速自动炮的射速可超过 10000 发/min。

(5)在身管兵器轻量化研究领域,主要开展了软后坐力技术、曲线后坐技术、二维后坐技术、磁(电)流变技术、膨胀波技术、最佳后坐力控制技术、复合材料理论与技术、轻质合金技术、结构优化等研究。

(6)在新概念、新原理、新结构武器技术方面重点开展了电热/电磁炮技术、液体发射药火炮技术、水中枪炮、万发炮技术、平衡炮技术、超远程火炮技术等研究,在串并联发射机理、虚实闭环发射控制、高射频技术、液体炮压力振荡抑制技术、水下特种测试技术等方面取得了突破。

(三)制导兵器技术研究进展

制导兵器可泛指各类用于军事目的并具有制导功能的飞行器,涉及在大气层内飞行,攻击中、近程战术目标,并且具有制导大回路闭环控制的各类导弹、制导炸弹等的相关技术群。制导兵器技术群包括:总体、气动布局与弹道、发射与推进、导航与导引、制导与控制等多项技术。主要进展如下所示。

(1)系统工程原理、系统分析方法、总体试验评估方法、作战模拟与效能分析、系统优化设计、计算机辅助设计或辅助工程等技术已广泛应用于制导兵器总体设计;SINS/卫星定位组合制导技术、光纤制导技术、毫米波制导技术取得重大突破,已达到实用化水平。

(2)在气动布局研究方面,气动增程设计、旋转弹布局与特性研究、喷流控制、多尾翼布局、旋转尾翼设计和非圆截面弹身设计等方面积累了一定的经验。

(3)在固体火箭发动机设计方面具有较好的技术基础,激光驾束制导和半主动导引头

技术已经成熟,并应用于多个制导兵器型号,在电视/红外图像制导方面也开展了大量工作,有一定的研究基础。

(4)在制导控制系统设计方面,鲁棒控制、变结构控制、BTT 控制、角约束制导律等均取得了一定的理论研究成果,并在工程中得到一定的应用。

(5)在国内常规武器平台上发展了新的制导兵器系列产品,初步形成了末制导炮弹、炮射导弹、制导炸弹和制导火箭的系列化;反坦克导弹和空地导弹也增加了新的品种。

(6)制导与控制技术的前沿研究领域主要包括:惯性敏感与探测技术、寻的器技术、制导控制理论及应用、制导体制与制导方式、制导控制系统设计、信息融合与信息处理技术、弹载计算机技术、制导控制系统试验验证技术等。

(四)弹药技术研究进展

弹药作为武器系统实现精确打击和高效毁伤目标的终端环节,是完成武器系统作战使命或作战任务的核心。弹药技术每一跨越性的进步都将显著提高武器系统的整体效能。弹药品种基本齐全,总体上弹药性能处于 20 世纪 90 年代水平,其中底排火箭复合增程技术、末敏末修技术、穿破甲弹技术等达到国际先进水平。

(1)在弹药射程方面,近年来研制成功的大口径弹药底排/火箭增程弹,其射程可以达到 50km;火箭采用新型发动机技术射程可达到 200km 以上。

(2)在弹药射击精度方面,500kg 激光末制导炸弹命中精度大大提高,远程多管火箭采用初始段姿态稳定技术和定点开舱技术,大幅度减少了方向和距离上的散布,152mm 和 155mm 榴弹采用了末制导技术后命中精度明显提高。

(3)在弹药威力方面,穿、破甲机理研究随着现代化实验手段的建立和应用,如高速摄影技术、动态应变测量技术、轻气炮等高速发射装置、模拟靶等,较系统地研究了金属射流形成与射流对均质靶板、复合装甲、主动装甲等侵彻特性以及各种因素的影响,促进了穿破甲技术的创新与发展,使我国穿破甲技术达到了国际先进水平。破甲弹的侵彻深度达到装药口径的 8 倍以上,穿甲弹可穿透世界上各国家的坦克装甲厚度。对地下深层目标的侵彻爆破弹的侵彻混凝土深度也大大提高。

(4)在引信技术方面,主要在炮口感应装定电子时间引信、集时间/触发/近炸为一体的多选择引信、指令引信,及深层目标的智能引信、感知目标周围气压或水压环境的周炸引信等取得阶段成果,另外,磁、红外、激光、毫米波、集成电路、单片机等各种新原理和新技术都突破了耐高过载、小尺寸和成本限制,以很快的速度向近炸引信移植。

(5)在火工品技术方面,随着 MEMS 技术、控制技术、激光技术、等离子体理论、纳米制造技术以及先进的集成加工制造技术等火工品上的应用,促进了火工品技术的发展;采用新型半导体材料、新型桥膜结构和带电磁滤波功能的多结结构,研制了可反应半导体桥膜换能元、复合半导体桥膜换能元和半导体桥冲击片换能元等新型半导体桥膜换能元。

(6)弹药技术的主要研究热点有:共性关键技术研究,重点推进弹药信息化;研发非致命杀伤弹药;建立目标易损性理论与评估方法;研制多模自适应弹药、反深层坚固地下目标的弹药。

(五) 水中兵器技术的研究进展

水中兵器主要包括鱼雷、水雷和深弹。近年来取得较大成果,特别是在鱼雷技术领域比较突出,当前主要进展如下。

1. 鱼雷

在鱼雷总体设计技术方面,开展了以总体设计、系统集成、性能优化、效能评估为基础的鱼雷总体多学科综合设计优化技术研究,提出了基于网络虚拟环境的综合性能与作战效能评估方法。

在减阻与降噪技术方面,针对条纹沟槽表面减阻降噪技术在鱼雷上的应用已进行了理论研究和试验研究,并取得了很好的效果。

在鱼雷导航、控制技术方面,主要采用捷联惯性导航系统,其精度和可靠性、控制性能、可靠性、可维护性、智能化水平得到了大幅度的提高。

鱼雷动力推进技术的整体水平得到了较大的提升,形成了多品种、系列化、批量生产的格局,掌握了大功率电力推进系统和热力发动机等动力推进装置的设计、研制和试验技术,取得了一批有价值的科研成果。

在自导与引信技术方面,研制出主被动声自导、尾流自导、线导等多种形式的鱼雷自导系统,并且在宽带信号检测与参数估计、多目标信号处理及跟踪、新型尾流自导技术等方面进行了深入研究。

2. 水雷

把微电脑和智能传感技术引进到水雷中,设计出许多新型水雷,如自导水雷、火箭上浮水雷、定向攻击水雷、航弹式水雷、遥控主动攻击水雷等。主动攻击式的智能化水雷已成为新一代水雷的标志性品种。近年来已在各型沉雷、锚雷、漂雷技术上进行了深入研究。

3. 深弹

数字化设计和仿真技术已成为深弹总体设计的重要技术。随着航空深弹和火箭深弹的发展,以及潜艇航行速度和深度的增加,现代深弹外形一般设计为流线型,以减小运动阻力提高空中飞行距离和水下下沉速度。

在深弹装药及引信技术方面,为提高爆破威力除研究新型炸药外,研究新型起爆和毁伤模式,如定向聚能爆破技术、二次爆炸技术,可提高命中概率,大幅减少装药量。开展的定向聚能爆破技术,在聚能方向上,其能量密度比普通的炸药爆炸高几十倍,并已达到工程应用水平。

水中兵器领域的主要研究热点有:采用激光、光纤等新型陀螺组成的捷联惯性导航系统是鱼雷惯导的重要发展方向、鱼雷电力推进技术向高比能动力电池和高效、低噪的电机/推进器一体化装置(IMP)发展;水雷主要的研究热点有引信智能化、远程投送、隐身性、防炸与抗灭技术;深弹技术主要向远射程、高精度、有动力制导、多用途、低成本等方向发展。