

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

现代海军兵器技术丛书

舰炮信息化弹药技术



严平 孙世岩 李小元 编著

兵器工业出版社

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

现代海军兵器技术丛书

舰炮信息化弹药技术

严 平 孙世岩 李小元 编著

兵器工业出版社

内容简介

本书主要内容取材于近年来国内外在舰炮信息化弹药领域的装备发展和新理论、新技术研究与应用,从舰炮武器全系统角度在专业层次上阐述了弹道修正弹、远程制导炮弹、防空制导炮弹、舰载巡飞弹等舰炮信息化弹药的原理、技术路线与作战使用,充分反映了舰炮信息化弹药领域研究的最新成果。

本书可供从事信息化弹药研究的技术人员参考使用,也可作为高等院校相关专业本科高年级学生和研究生专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

舰炮信息化弹药技术 / 严平, 孙世岩, 李小元编著

— 北京: 兵器工业出版社, 2015. 12

(现代海军兵器技术丛书 / 林春生, 滕克难主编)

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5181-0182-5

I. ①舰… II. ①严… ②孙… ③李… III. ①舰炮—
弹药—研究 IV. ①TJ41

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第300856号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010-68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟10号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京圣夫亚美印刷有限公司

版 次: 2015年12月第1版第1次印刷

责任编辑: 陈红梅 杨俊晓

封面设计: 正红旗下

责任校对: 郭 芳

责任印制: 王京华

开 本: 710×1000 1/16

印 张: 12.25

字 数: 198千字

定 价: 56.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

现代海军兵器技术丛书

编审委员会

主 任：程锦房

副主任：林春生 滕克难 王德石

委 员（按姓氏笔画排序）：

田福庆 付 强 齐 欢 许 诚 严卫生

李国林 吴茂林 余湖清 张晓晖 张效民

张静远 陈 川 周穗华 郑学合 赵修平

黄俊斌 龚沈光 颜 冰

总主编：林春生 滕克难

丛书序

海军肩负着保卫国家海洋领土完整、海洋运输线安全和国家海洋权益的重大使命，先进的海军兵器是海军履行使命的基本保证。新中国建立以后，伴随着我国海军部队的发展和壮大，海军兵器从无到有，在科学原理、设计理论、制造技术、保障方法等方面得到了全方位的发展。我国海军兵器技术的发展经历了二十世纪五十、六十年代的全面仿制阶段和七十、八十年代的原理模仿与技术创新阶段，从九十年代起，进入了全面自主设计阶段，使得我国海军在役兵器的主体具备了完全的知识产权，海军兵器技术理论也逐步得到发展和完善。特别是最近十几年来，随着国家海洋权益意识的不断提高和海军转型改革的不断深入，海军兵器得到了更加迅速的发展，大量新型高技术兵器已经装备部队或者即将装备部队；不少新装备采用了新概念、新技术、新材料、新能源，海军兵器正朝着智能化、信息化、精确打击的目标发展。

随着海军大批高新技术兵器装备部队，以及兵器学科理论的发展与完善，迫切需要一套全面反映海军兵器学科基础理论、设计制造技术、保障方法的丛书，一方面方便广大海军官兵系统掌握现代海军兵器的基础理论、技术原理和使用维护方法，以便科学合理地运用兵器、充分发挥高新技术兵器的作战效能；另一方面，对海军兵器学科理论的发展做一个比较全面系统的归纳和总结，以促进海军兵器学科理论和技术方法的创新。为此，我们组织编撰了《现代海军兵器技术丛书》。该丛书以相关专业教学、科研人员近十几年来的学术积累为基础，同时广泛收集国内相关技术领域的代表性研究成果，着重论述新兴技术对海军装备的影响，结合海军装备技术

发展热点，全面阐述海军兵器的新理论、新技术、新发展；丛书内容涉及舰炮、鱼雷与反潜武器、水雷与反水雷、导弹等多种海军兵器；丛书编撰注重学科理论和技术原理的阐述，同时兼顾内容的系统性，力争使丛书兼备较高的学术水平和较好的实用性。

本丛书可供海军兵器论证、设计、制造、使用和维护领域的技术人员和管理人员阅读参考，也可用作相关高等院校专业师生的教学参考书。

《现代海军兵器技术丛书》编委会

2015 年 2 月

前 言

受作战需求的牵引，海军的作战样式由大规模海上作战转变为海上支援地面战役和海、陆、空、天联合作战。舰炮武器系统由于使用灵活、经济、弹药种类多、持续作战能力强、火力密集度高、反应时间短，成为舰载武器攻防对抗体系中重要的组成部分，是舰载武器中唯一能够承担对岸火力支援、对海攻击、防空、信息对抗和快速应对各种冲突等多种作战任务的武器系统。近年来，以远程精确打击和远程精确压制为主要用途的信息化弹药得到快速发展，正在改变舰炮武器系统的作战模式。

与其他军兵种相比，海军发展舰炮信息化弹药具有突出优势。海军舰艇平台技术含量高、机动性好、各种传感器和火控设备齐全且作用距离远，能够实时对目标、战区环境和舰载武器本身的各种信息进行采集、处理、分析及评估，能够为舰载武器提供多种所需信息。舰炮信息化弹药的发射过程与传统弹药相似。传统弹药的基本特性也是信息化弹药特性的组成部分。同时，信息化弹药又具有信息交互功能和信息处理能力，可以完成数据通信、数据处理、飞行控制等功能，具有一定的智能，使弹药具有足够的打击精度和毁伤威力。传统的弹药在发射后即成为一个独立的子系统，对目标的毁伤取决于弹药本身的性能。而信息化弹药在发射前后往往需要来自系统的支持。这个系统支持可以来自舰炮武器系统本身，如弹道计算、数据装定等；也可以来自舰船平台或天基平台，如舰载相控阵雷达对弹道偏差的测量、控制指令的发送以及卫星定位信息的获取等。弹药从原来相对独立的一个子系统，变成了整个作战系统中的一个关键节点。为履行新的海军战略使命，各海军强国先后制定了舰炮信息化弹药发展计划。从当前发展现状来看，舰炮信息化弹药的发展重点集中在弹道修正弹、制导炮弹、巡飞弹等几类弹药。本书作者在消化吸收国内外在舰炮信息化弹药领域的装备发展和新理论、新技术研究与应用的基础上，力图从

舰炮武器全系统角度在专业层次上阐述舰炮信息化弹药的原理、技术路线与作战使用,充分反映舰炮信息化弹药领域研究的最新成果。

全书共分5章。第1章介绍了弹药的定义与一般组成,阐述了舰炮武器系统的使命任务,总结舰炮弹药的特点,以及舰炮信息化弹药的内涵、主要形式和发展趋势。第2章介绍了弹道修正弹的基本原理和系统组成,对舰炮一维弹道修正弹和二维弹道修正弹的总体方案、气动特性、弹道姿态测量、弹道模型、修正控制技术进行了深入的分析。第3章以GPS/INS复合制导和火箭助推滑翔增程体制的远程制导炮弹为对象,对涉及的气动特性、制导体制、方案弹道设计等关键技术进行了讨论。第4章以中口径舰炮防空制导炮弹为对象,介绍了防空制导炮弹的作战需求、系统组成、工作原理、结构外形、制导体制和有控飞行弹道特性等。第5章介绍了巡飞弹发展概况,对舰载巡飞弹功能组成进行了阐述,重点分析了巡飞弹气动外形与状态转换技术、动力与导航控制技术。

本书撰写分工:第1章由严平、李小元撰写,第2章由严平撰写,第3、4章由严平、孙世岩撰写,第5章由严平撰写,全书由严平统稿。海军工程大学田福庆教授、张可佳副教授认真审阅了书稿并提出了宝贵意见。任俊鹏、陈锋等参与了资料收集和文字校对工作。本书在撰写过程中得到海军工程大学兵器工程系、海军装备研究院系统所以及国内各舰炮弹药研制单位的大力支持。同时,本书参考了国内外许多专家、学者的著作和论文。在此,向他们一并表示感谢。

受作者学术水平和对技术问题认识深度的限制,书中难免存在错漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

2015年12月于武汉

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 弹药的组成与分类	1
1.1.1 弹药的基本组成	1
1.1.2 炮弹的五大元件	3
1.1.3 弹药的分类	5
1.2 舰炮弹药的任务与特点	6
1.2.1 未来海军的作战需求	6
1.2.2 舰炮弹药的使命任务	8
1.2.3 舰炮弹药的特点与要求	10
1.3 舰炮信息化弹药	13
1.3.1 舰炮信息化弹药的外部条件	13
1.3.2 舰炮信息化弹药的比较优势	14
1.3.3 舰炮信息化弹药的技术发展	16
第2章 弹道修正弹技术	19
2.1 弹道修正弹概况	19
2.1.1 弹道修正弹的基本概念	19
2.1.2 弹道修正弹的发展历程	20
2.2 弹道修正弹的关键技术	27
2.2.1 外弹道探测技术	27
2.2.2 弹丸姿态测量技术	28
2.2.3 弹道解算技术	29
2.2.4 弹道修正控制技术	30

2.3 舰炮一维弹道修正弹	31
2.3.1 技术方案	31
2.3.2 气动特性	34
2.3.3 修正弹道模型	37
2.3.4 射程扩展量	40
2.3.5 射程修正量	41
2.4 舰炮二维弹道修正弹	45
2.4.1 技术方案	45
2.4.2 弹道测量	47
2.4.3 姿态测量	51
2.4.4 基于阻力环阻尼片组合的二维弹道修正	55
2.4.5 基于隔转鸭舵的二维弹道修正	63
第3章 远程制导炮弹技术	72
3.1 远程制导炮弹发展概况	72
3.1.1 激光末制导炮弹	72
3.1.2 “神剑”制导炮弹	74
3.1.3 舰炮远程制导炮弹	76
3.2 系统工作原理	79
3.2.1 系统组成	79
3.2.2 工作原理	80
3.2.3 制导炮弹结构	82
3.2.4 关键技术分析	84
3.3 气动特性	85
3.3.1 气动布局类型	85
3.3.2 气动外形参数	86
3.3.3 气动外形优化	88
3.4 制导体制	92
3.4.1 无控上升段	92
3.4.2 中制导段	93

3.4.3 末制导段	101
3.5 受力分析与弹道模型	105
3.5.1 等效舵面偏角转换关系	105
3.5.2 作用在制导炮弹上的力和力矩	106
3.5.3 无控上升段飞行弹道模型	109
3.5.4 中制导段飞行弹道模型	110
3.5.5 末制导段飞行弹道模型	112
第4章 防空制导炮弹技术	114
4.1 防空制导炮弹发展概况	114
4.1.1 防空制导炮弹的作战需求	114
4.1.2 76mm 舰炮反导弹道修正弹	115
4.1.3 “斯特莱斯”近程反导武器系统	117
4.2 中口径舰炮弹药的制导体制	118
4.2.1 指令制导	119
4.2.2 驾束制导	121
4.3 舰炮指令制导炮弹	124
4.3.1 系统组成与工作流程	124
4.3.2 弹药结构与作用原理	125
4.3.3 跟踪与指令制导一体化	127
4.4 舰炮驾束制导炮弹	129
4.4.1 系统组成与工作流程	129
4.4.2 弹药结构与作用原理	130
4.4.3 毫米波照射与接收	133
4.5 受力分析与飞行弹道模型	135
4.5.1 作用在制导炮弹上的力和力矩	136
4.5.2 炮弹刚体运动方程	141
第5章 舰载巡飞弹技术	144
5.1 巡飞弹发展概况	144
5.1.1 攻击型巡飞弹	145

5.1.2 侦察型巡飞弹	150
5.1.3 电子战型巡飞弹	152
5.2 舰载巡飞弹武器系统原理	154
5.2.1 主要功能	154
5.2.2 系统组成	155
5.2.3 关键技术	157
5.3 气动外形与状态转换	159
5.3.1 气动布局	159
5.3.2 弹翼翼型	161
5.3.3 弹翼结构	163
5.3.4 射弹巡飞状态转换	166
5.4 动力与导航控制	168
5.4.1 动力装置	168
5.4.2 导航控制系统	173
参考文献	176
索 引	181

第1章 绪 论

弹药通常是指在金属或非金属壳体内装有火药、炸药或其他装填物，能对目标起毁伤作用或完成其他作战任务(如电子对抗、信息采集等)的军械物品。作为舰炮武器系统的核心子系统，舰炮弹药执行舰炮武器系统赋予的根本使命，是完成作战任务的最终手段，在战争中起着“矛之锋、剑之刃”的作用。

1.1 弹药的组成与分类

1.1.1 弹药的基本组成

弹药的结构应能满足发射性能、弹道性能、终点效应、安全性和可靠性等方面的综合要求，通常由战斗部、引信、投射部、导引部、稳定部等组成^[1,2]。

1. 战斗部

战斗部是弹药毁伤目标或完成既定战斗任务的核心部分。战斗部通常由壳体和装填物组成。壳体容纳装填物并连接引信，使战斗部组成一个整体结构。在大多数情况下，壳体也是形成毁伤元素的基体，如杀伤榴弹。装填物是毁伤目标的能源物质或战剂。通过对目标的高速碰撞，或凭借装填物(剂)的自身特性与反应，产生力学、热、声、光、化学、生物、电磁、核等效应来毁伤目标。有些装填物是为了完成某项特定的任务，如侦察弹内装填的摄像机及信息发射装置等。

根据对目标作用和战术技术要求的不同，可分为以下几种不同类型的战斗部，其结构和作用机理呈现各自的特点。爆破战斗部，壳体相对较薄，内装大量高能炸药，主要利用爆炸的直接作用或爆炸冲击波毁伤各类

地面、水中和空中目标；杀伤战斗部，壳体厚度适中，内装炸药及其他杀伤元件，通过爆炸后形成的高速破片来杀伤有生力量，毁伤车辆、飞机或其他轻型技术装备；动能穿甲战斗部，弹体为实心或装少量炸药，强度高、断面密度大，以动能击穿各类装甲目标；破甲战斗部，为聚能装药结构，利用聚能效应产生高速金属射流或爆炸成型弹丸，用以毁伤各类装甲目标；特种战斗部，壳体较薄，内装发烟剂、照明剂等，以达到特定的战术目的；子母战斗部，母弹体内装有抛射系统和子弹等，到达目标区后抛出子弹，毁伤较大面积上的目标。

2. 引信

引信是指能感受环境和目标信息，从安全状态转换到待发状态，适时控制弹药发挥最佳作用的一种装置。现代引信应具有保险、解除保险、目标探测与发火控制、起爆战斗部四个功能。前两个功能主要由引信的安全系统完成，具体在引信中涉及隔爆机构、保险机构、电源控制系统、发火控制系统等；第三个功能由引信的目标探测与发火控制系统完成，还涉及装定机构、自毁机构等；第四个功能由引信的爆炸序列来完成。

3. 投射部

投射部是弹药系统中提供投射动力的装置，使射弹具有射向预定目标的飞行速度。火炮弹药的投射部由发射药、药筒(或药包)、辅助元件等组成，并由底火、点火药、基本发射药组成传火序列，保证发火的瞬时、一致及可靠。弹药发射后，投射部的残留部分从武器中退出，不随弹丸飞行。火箭弹、导弹等自推式弹药的投射部，由装有推进剂的发动机形成独立的推进系统，发射后伴随战斗部飞行。

4. 导引部

导引部是指弹药系统中导引和控制射弹正确飞行运动的部分。对于无控弹药，简称导引部；对于有控弹药，简称制导部，它可能是一个完整的制导系统，也可能与弹外制导设备联合组成制导系统。导引部，使射弹尽可能沿事先确定好的理想弹道飞向目标，实现对射弹的正确导引，火炮弹丸的上下定心突起或定心舵形式的定心部即为其导引部，无控火箭弹的导向块或定位器为其导引部；制导部，通常由测量装置、计算装置和执行装置三个主要部分组成，如末制导弹药，由弹上的导引头感受目标的辐射能

量或反射能量,自动形成制导指令,控制射弹飞向目标。

5. 稳定部

稳定部是指保证战斗部稳定飞行,以正确姿态击中目标的部分。典型的稳定部结构包括使战斗部高速旋转的弹带(导带)或涡轮装置,使战斗部空气阻力中心移于质心之后的尾翼装置以及两种装置的组合形式。

1.1.2 炮弹的五大元件

炮弹是指供火炮发射的弹药,其依靠炮膛内火药燃气压力推动弹丸而获得初速。炮弹的组成如图1-1所示。

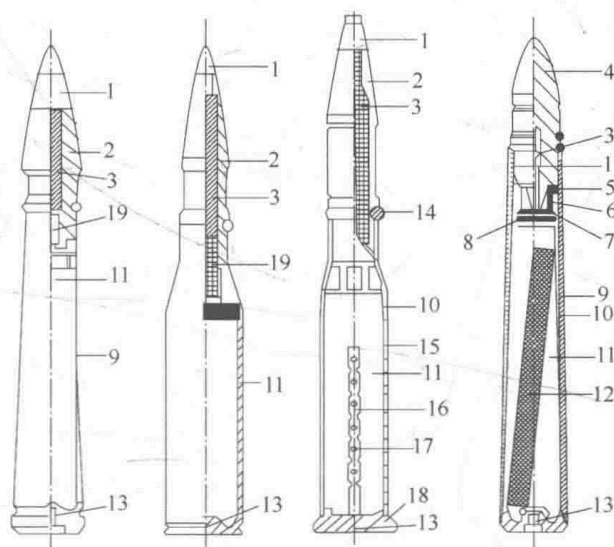


图1-1 炮弹的组成

1—引信; 2—弹体; 3—炸药; 4—弹头; 5—紧塞盖; 6—纸筒; 7—纸垫;

8—除铜剂; 9—护膛剂; 10—药筒; 11—粒状发射药; 12—管状发射药;

13—底火; 14—弹带; 15—衬纸; 16—传火管; 17—传火药; 18—底座; 19—曳光管

对于炮弹而言,所谓的“五大元件”是指:弹丸、引信、发射装药、药筒和底火。

1. 弹丸

弹丸容纳装填物并连接炮弹各零部件的壳体,分为弹头部、圆柱部、弹尾部等。

弹头部是弹顶以下的弧形、台锥或两者结合的弹丸部分,为不同形状

母线的回转体,母线形状有直线、圆弧、抛物线或这些曲线的组合型等。在超声速下弹头部受到波动阻力作用,适当增加弹头部长度并使其尖锐,可减小波动阻力。

圆柱部是与弹头部相连接的圆柱形弹丸部分,两端有定心部、弹带(导带)与闭气环。通常,圆柱部的位置在上定心部至弹带之间,其尺寸能影响膛内导引性能和弹丸的威力。

弹尾部是圆柱部以下的弹丸部分,通常由尾柱部和尾锥部结合组成,也称船尾部。弹尾部形状影响弹丸的底阻。一般定装式炮弹圆柱部上有车制的沟槽,以便弹丸与药筒牢固结合。

定心部分为上定心部和下定心部,其作用是使弹丸在膛内正确定心,两个定心部表面可以承受膛壁反作用力。定心部与炮膛间有一很小间隙,以保证弹丸顺利装填和运动。下定心部的位置一般都在弹带之前,保证弹丸装填时的弹带处于正确位置,并承受部分膛壁径向压力。

弹带是弹体上的金属或非金属的环形带,其作用是在弹丸发射时,嵌入膛线,赋予弹丸一定的转速,并密闭火药燃气。分装式炮弹在装填时,弹带还起定位作用。

2. 引信

引信装在弹丸的头部或底部,保证弹丸发射出去后能正确适时地作用,使弹丸发挥最大的效力。根据发火方式不同,炮弹引信主要有三大类:触发引信,依靠与目标实体直接接触或碰撞而作用;时间引信,以计时为起爆依据;近炸引信,感知目标周围物理场的某些特性或引信周围的物理场由于目标出现而产生的变化,并能根据这些信息适时起爆战斗部。

3. 发射装药

发射药是具有一定形状和一定质量的火药。它放置在药筒中的一定位置上,发射时,火药被点燃,并迅速燃烧生成大量的高压火药气体,从而推动弹丸前进。炮用单基发射药的主要成分一般为硝化纤维素;双基发射药的主要成分除了硝化纤维素外,还有硝化甘油或硝化二乙二醇;三基发射药除了以上成分外,还包括硝基胍。发射装药其他的辅助元件通常包括点火药、护膛剂、除铜剂、消焰剂和紧塞具等。

4. 药筒

药筒用于容纳发射装药,使装药、弹丸、底火连为一体,射击时在火

药气体压力作用下紧贴炮膛，起到密闭火药气体的作用以防止其向后泄漏。药筒材料一般为黄铜或钢，一般由筒口、斜肩、筒体、筒底、底火室、底缘等部分组成。

5. 底火

底火装在药筒底部底火室中，发射时由火炮击针击发或通电而发火，迅速全面地点燃发射药。底火由底火体、火帽、火帽座、发火砧、黑火药、压螺、闭气塞等元件组成。

1.1.3 弹药的分类

弹药的分类方法也很多，下面以常用的几种方式对弹药进行分类。

1. 按用途分

根据弹药的用途可将弹药分为主用弹、特种弹和辅助用弹。

直接杀伤敌人有生力量和摧毁非生命目标的弹药统称为主用弹。如用于杀伤敌方人员、马匹，破坏敌人的土木工事、铁丝网、障碍物、车辆、建筑物的杀爆榴弹；用于对付坦克装甲车辆等装甲目标的穿甲弹、成型装药破甲弹和反坦克子母弹，用于对付混凝土工事、机场跑道、地下掩体的攻坚弹药等都属于主用弹。

为完成某些特殊战斗任务用的弹药称为特种弹。如照明弹、烟幕弹、宣传弹、电视侦察弹、信号弹、诱饵弹等都属于特种弹。特种弹与主用弹的根本区别是其本身不参与对目标的毁伤。

辅助用弹是指用于靶场试验、部队训练和进行教学目的的弹药。如教练弹、实习弹、空包弹、模型弹、模拟弹等。

2. 按全弹结合状况分

根据全弹结合状况的不同可将弹药分为定装式弹药、药筒分装式弹药、药包分装式弹药。

定装式弹药的弹丸与药筒结合为一体，射击时一次装填。其特点是发射药量不变、初速一定、射击动作简单、发射速度高。

药筒分装式弹药的弹丸与药筒装药为分离的两个部分。射击时弹丸、药筒装药先后两次装填。

药包分装式弹药没有药筒，发射装药装在药包内。射击时弹丸、药