

兵器科学与技术

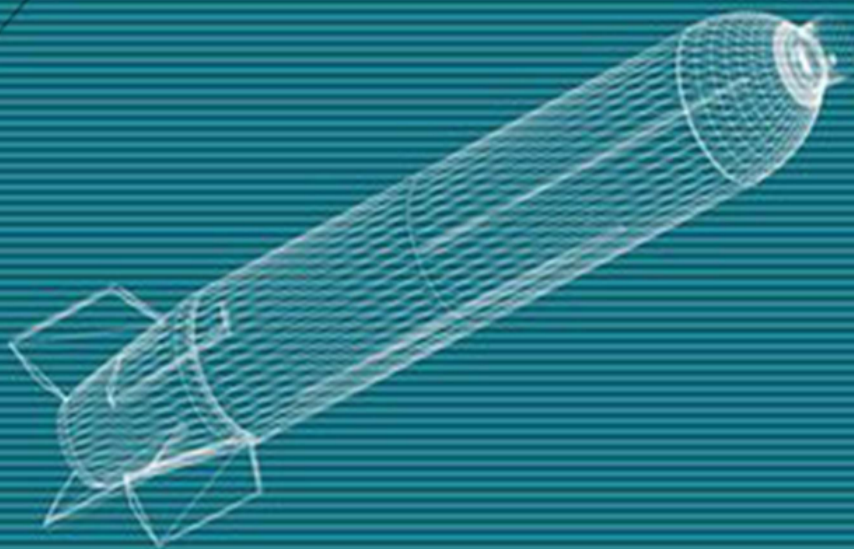


国防科工委「十五」
规划教材

弹药学

(第2版)

●尹建平 王志军 主编



北京理工大学出版社

北京航空航天大学出版社 西北工业大学出版社

哈尔滨工业大学出版社 哈尔滨工程大学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

弹药学 (第2版)

尹建平 王志军 主编 ●

AMMUNITION THEORY
(2ND EDITION)

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

前言

在常规兵器的发展过程中,弹药的发展成为兵器发展的先导和关键。其原因一方面在于毁伤目标最终要靠弹药,另一方面在于战争中弹药的消耗是一次性的,使用数量最大,这就要求弹药既要性能好,又要经济,还要能长期储备。实践证明,完善和发展弹药技术是提高现有武器系统效能行之有效的、经济节约的途径。

20世纪80年代以来,世界发达国家在微电子技术、信息技术、材料技术、人工智能技术等重要技术领域展开了激烈的竞争,使得常规弹药经历了较大的发展变化,特别是在新技术、新原理、新材料的推动下,常规弹药正在向着高精度、远射程、大威力、多功能、灵巧化和智能化的方向发展,出现了一系列在作用原理、结构、功能和使用效能上与常规弹药相区别的新型弹药,如末敏弹、弹道修正弹、智能地雷、碳纤维弹、声光弹药、微波弹、激光弹等。这些新概念弹药的发展体现了战争从数量对抗到质量对抗的趋势,使得弹药技术出现了质的飞跃。

弹药学是一门研究各种弹药结构特点与作用原理的具有工程应用背景的学科。为有利于开展教学和方便有关技术人员自学,本书第1章绪论介绍了弹药及其发展、目标类型及其特性、弹药的组成分类及作用、弹药的研究设计与制造验收等内容;第2章介绍了内弹道与外弹道、火药与炸药、药筒与发射装药、火炮、引信和火工品等相关基础知识;从第3章到第16章分别介绍了榴弹、穿甲弹、破甲弹、碎甲弹、子母弹、特种弹、迫击炮弹、火箭弹、末敏弹、末制导弹药、弹道修正弹、防空反导弹药、燃料空气弹药、软杀伤弹药、航空炸弹和智能地雷等弹药的结构与作用原理。因此,本书可作为高等院校弹药工程与爆炸技术、探测制导与控制技术、武器系统与发射工程、地面武器机动工程及相关武器类专业的本科生教材,同时也可供从事弹药教学、科研、设计、生产、管理、使用、维护和靶场试验的各类技术及管理人员参考,还可作为兵器科学与技术学科专业研究生的教学参考书。

本书是国防科工委教材建设计划重点教材之一,由中北大学尹建平、王志军担任主编,由吴国东、徐豫新、常变红、罗建国担任副主编。其中第1、5、11章由尹建平编写,第6、10章由王志军编写,第14、15章由吴国东编写,第3、4章由徐豫新编写,第2、16章及附录由常变红编写,第7章由罗建国编写,第8章由周春桂编写,第9章由彭志凌编写,第12章由张树霞编写,第13章由郭支明编写,全书由尹建平统稿。

本书编写过程中,参考和引用了国内外专家、学者、工程技术人员和研究生发表的著作和论文,以及相关弹药图片,谨在此一并表示诚挚的感谢!同时,还参考了兄弟院校的有关教材及书籍资料,特对原作者深致谢意!

本书在编写过程中得到了各级领导的关心和支持,并得到了北京理工大学出版社、中北大学教材科的大力帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者知识水平有限,尽管倾注了极大的精力和努力,但书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	001
1.1 弹药及其发展	001
1.1.1 弹药的定义	001
1.1.2 弹药的发展	001
1.2 目标类型及其特性	004
1.2.1 目标的分类	004
1.2.2 目标的特性	005
1.3 弹药的组成及其分类	006
1.3.1 弹药的组成	006
1.3.2 火炮弹药的组成	007
1.3.3 弹药的分类	010
1.4 弹药的作用	014
1.4.1 破片杀伤作用	014
1.4.2 弹药爆破作用	015
1.4.3 弹药燃烧作用	015
1.4.4 弹药穿甲作用	016
1.4.5 弹药破甲作用	016
1.4.6 弹药碎甲作用	017
1.4.7 弹药软杀伤作用	017
1.5 对弹药的要求	018
1.5.1 射程	018
1.5.2 威力	019
1.5.3 精度	019
1.5.4 安全性	022
1.5.5 长储性	022
1.5.6 经济性	022
1.6 弹药的研究与设计	023
1.6.1 弹药的研究与设计步骤	023
1.6.2 弹药设计的常用方法	024
1.7 弹药的制造与验收	026

1.7.1 弹药制造工艺特点	027
1.7.2 技术条件和弹药靶场试验	029
习题	033
第2章 相关基础知识	034
2.1 内弹道与外弹道	034
2.1.1 内弹道	034
2.1.2 外弹道	035
2.2 火药与炸药	041
2.2.1 火药	041
2.2.2 炸药	048
2.3 药筒与发射装药	051
2.3.1 药筒的用途与要求	051
2.3.2 药筒的分类与组成	052
2.3.3 发射时药筒的作用	059
2.3.4 可燃药筒	061
2.3.5 发射装药	062
2.4 火炮	067
2.4.1 火炮的分类	068
2.4.2 火炮的结构组成	073
2.5 引信	075
2.5.1 引信的分类	076
2.5.2 引信的组成和作用	082
2.5.3 引信的传爆序列	084
2.5.4 引信的安全控制	086
2.5.5 引信的起爆控制	087
2.5.6 引信的发展	088
2.6 火工品	090
2.6.1 火工品的发展	090
2.6.2 火工品的分类	094
2.6.3 火工品的结构和作用原理	094
习题	101
第3章 榴弹	103
3.1 概述	103
3.1.1 榴弹的发展史	103
3.1.2 榴弹的种类	104
3.1.3 榴弹的基本结构	105
3.2 普通榴弹	107

3.2.1 概述	107
3.2.2 榴弹的作用	108
3.2.3 榴弹的结构特点	117
3.3 远射程榴弹	127
3.3.1 概述	127
3.3.2 底凹弹	129
3.3.3 枣核弹	130
3.3.4 火箭增程弹	132
3.3.5 底排弹	133
3.3.6 底排火箭复合增程弹	137
3.4 枪榴弹	141
3.4.1 杀伤枪榴弹	142
3.4.2 破甲枪榴弹	143
3.4.3 照明枪榴弹	144
3.4.4 火箭增程杀伤枪榴弹	145
3.5 榴弹的发展趋势	146
习题	148
第4章 穿甲弹	149
4.1 概述	149
4.1.1 装甲目标和对反装甲弹药的要求	149
4.1.2 穿甲弹的发展	153
4.1.3 对穿甲弹的性能要求和穿甲作用	155
4.2 普通穿甲弹	157
4.3 次口径超速普通穿甲弹	161
4.4 超速脱壳穿甲弹	162
4.4.1 旋转稳定超速脱壳穿甲弹	163
4.4.2 尾翼稳定超速脱壳穿甲弹	165
4.5 贫铀弹	172
4.5.1 贫铀基本知识	172
4.5.2 贫铀弹	173
4.5.3 贫铀对健康的危害	175
4.6 穿甲弹的发展趋势	177
4.6.1 提高穿甲威力	177
4.6.2 对付二代反应装甲	179
习题	180
第5章 破甲弹	181
5.1 破甲弹作用原理	182

5.1.1	聚能效应	182
5.1.2	金属射流的形成	184
5.1.3	破甲作用	185
5.2	影响破甲威力的因素	187
5.2.1	炸药装药	187
5.2.2	药型罩	188
5.2.3	炸高	191
5.2.4	引信	192
5.2.5	隔板	193
5.2.6	旋转运动	194
5.2.7	壳体	194
5.2.8	靶板	194
5.3	成型装药破甲弹的结构	194
5.3.1	气缸式尾翼破甲弹	195
5.3.2	长鼻式破甲弹	196
5.3.3	具有抗旋结构的旋转稳定破甲弹	198
5.3.4	火箭增程破甲弹	200
5.3.5	多级串联复合聚能装药战斗部	201
5.4	爆炸成型弹丸战斗部	202
5.4.1	EFP 成型模式	204
5.4.2	影响 EFP 形成性能的主要因素	205
5.4.3	EFP 计算机模拟	209
5.4.4	EFP 的应用和发展趋势	210
5.5	多爆炸成型弹丸战斗部	212
5.5.1	轴向组合式 MEFP 战斗部	213
5.5.2	轴向变形罩 MEFP 战斗部	214
5.5.3	周向组合式 MEFP 战斗部	215
5.5.4	网栅切割式 MEFP 战斗部	217
5.5.5	多用途组合式 MEFP 战斗部	220
5.5.6	多层串联式 MEFP 战斗部	222
5.5.7	MEFP 的应用和发展趋势	223
	习题	225
第 6 章	碎甲弹	226
6.1	概述	226
6.2	碎甲作用原理	226
6.2.1	层裂效应	226
6.2.2	层裂效应的物理解释	227
6.2.3	层裂准则和层裂厚度	229

6.2.4 碎甲弹的作用	229
6.3 碎甲弹的结构特点	230
6.3.1 弹体	230
6.3.2 炸药	231
6.3.3 引信	231
6.4 影响碎甲威力的主要因素	231
6.4.1 着角	231
6.4.2 炸药性质和装药尺寸	231
6.4.3 靶板厚度及其机械性能	231
6.4.4 屏蔽物	232
6.4.5 炸药堆积面积和药柱高度	233
6.5 碎甲弹的性能特点	233
6.5.1 碎甲弹的优点	233
6.5.2 碎甲弹的缺点	234
习题	234
第 7 章 子母弹	235
7.1 概述	235
7.1.1 子母弹的弹道特点	236
7.1.2 子母弹的开舱与抛射	236
7.2 子母弹的结构与作用	240
7.2.1 子母弹典型结构	240
7.2.2 子母弹的作用过程	241
7.3 杀伤子母弹	242
7.3.1 美军 M449 型 155 mm 杀伤子母弹	242
7.3.2 美军 CBU-24 式杀伤子母弹	243
7.4 反装甲子母弹	244
7.5 反装甲杀伤子母弹	245
7.5.1 美军 M483A1 式 155 mm 反装甲杀伤子母弹	245
7.5.2 法国 G1 式 155 mm 反装甲杀伤子母弹	246
习题	247
第 8 章 特种弹	248
8.1 概述	248
8.2 烟幕弹	248
8.2.1 烟幕弹的用途与要求	248
8.2.2 烟幕弹的种类	249
8.2.3 烟幕弹的结构特点	250
8.2.4 影响烟幕弹作用效果的因素	251

8.3 燃烧弹	252
8.3.1 燃烧弹的用途与要求	252
8.3.2 燃烧弹的结构特点	253
8.3.3 燃烧弹的使用和发展	255
8.4 照明弹	256
8.4.1 照明弹的用途与要求	256
8.4.2 有伞式照明弹	258
8.4.3 无伞式照明弹	261
8.4.4 照明弹使用注意事项	262
习题	263
第9章 迫击炮弹	264
9.1 概述	264
9.2 迫击炮弹的组成与特点	265
9.2.1 迫击炮弹的组成	265
9.2.2 迫击炮弹的特点	267
9.3 迫击炮弹的结构与作用	268
9.3.1 迫击炮弹的结构尺寸	268
9.3.2 弹体	269
9.3.3 炸药	271
9.3.4 稳定装置	271
9.4 迫击炮弹发射装药的构成	272
9.4.1 基本装药	272
9.4.2 辅助装药	273
9.5 迫击炮弹的发展趋势	274
9.5.1 迫击炮弹的优缺点	274
9.5.2 迫击炮弹的发展趋势	275
习题	277
第10章 火箭弹	278
10.1 概述	278
10.1.1 火箭弹的定义和分类	278
10.1.2 火箭弹的基本组成	279
10.1.3 火箭弹的工作原理	281
10.2 尾翼式火箭弹	282
10.2.1 180 mm 火箭弹	283
10.2.2 尾翼装置的结构形式	285
10.3 涡轮式火箭弹	287
10.4 反坦克火箭弹	289

10.4.1	70 式 62 mm 单兵反坦克火箭弹	289
10.4.2	89 式 80 mm 单兵反坦克火箭弹	290
10.4.3	法国阿皮拉反坦克火箭弹	292
10.5	航空火箭弹	296
10.5.1	57-1 型航空杀伤爆破火箭弹	296
10.5.2	90-1 型航空杀伤爆破火箭弹	297
10.5.3	俄罗斯 122 mm 航空火箭弹	297
10.6	火箭弹的散布问题	299
10.6.1	密集度	299
10.6.2	火箭弹散布影响因素	299
10.6.3	提高火箭弹密集度的技术措施	300
	习题	301
第 11 章 灵巧弹药		302
11.1	末敏弹	302
11.1.1	概述	302
11.1.2	末敏弹结构与组成	303
11.1.3	末敏弹作用原理	307
11.2	末制导炮弹	310
11.2.1	概述	310
11.2.2	末制导炮弹结构与组成	311
11.2.3	末制导炮弹作用原理	313
11.2.4	末制导炮弹的制导系统	316
11.3	弹道修正弹	318
11.3.1	概述	318
11.3.2	弹道修正弹结构与组成	318
11.3.3	弹道修正弹修正方法与作用原理	321
11.4	灵巧弹药的发展方向	324
	习题	325
第 12 章 防空反导弹药		326
12.1	概述	326
12.1.1	防空反导的重要作用	326
12.1.2	空中目标特性分析	327
12.2	小口径高炮弹药	328
12.2.1	薄壁榴弹	328
12.2.2	近炸引信预制破片弹	329
12.2.3	AHEAD 编程弹	331
12.2.4	新型小口径高炮弹药	333

12.3 防空导弹战斗部	334
12.3.1 爆破式战斗部	335
12.3.2 破片式杀伤战斗部	336
12.3.3 多聚能装药战斗部	340
12.3.4 连续杆式战斗部	341
12.3.5 离散杆式战斗部	344
12.3.6 定向杀伤战斗部	345
12.3.7 子母式战斗部	348
12.4 防空反导弹药发展趋势	352
习题	353
第 13 章 燃料空气弹药	354
13.1 概述	354
13.1.1 燃料空气弹药的发展	354
13.1.2 燃料空气弹药的爆炸破坏作用形式	355
13.1.3 燃料空气弹药的威力特点	356
13.1.4 燃料空气弹药的使用特点	356
13.1.5 燃料空气弹药的主要攻击目标	357
13.2 云爆弹	357
13.2.1 云爆弹的结构和作用	357
13.2.2 云爆弹的特点	359
13.2.3 几种典型的云爆弹	360
13.3 温压弹	362
13.3.1 温压弹的结构与作用	362
13.3.2 几种典型的温压弹	364
习题	366
第 14 章 软杀伤弹药	367
14.1 概述	367
14.2 针对有生力量的软杀伤弹药	367
14.2.1 强噪声弹	368
14.2.2 催泪弹	369
14.2.3 闪光弹	370
14.2.4 致痛弹	370
14.2.5 麻醉弹	370
14.2.6 次声弹	370
14.2.7 超臭弹	371
14.3 针对装备的软杀伤弹药	371
14.3.1 红外诱饵弹	372

14.3.2 通信干扰弹	375
14.3.3 碳纤维弹	377
14.3.4 泡沫体胶粘剂弹	380
14.4 针对人员和装备的软杀伤弹药	380
14.4.1 电磁炸弹	380
14.4.2 激光弹药	383
习题	384
第 15 章 航空炸弹	385
15.1 概述	385
15.1.1 航空炸弹在现代战争中的地位和作用	385
15.1.2 国外航空炸弹发展特点	385
15.1.3 航空炸弹的战术技术要求	387
15.1.4 航空炸弹的分类	388
15.2 普通航空炸弹	393
15.2.1 概述	393
15.2.2 航空爆破炸弹	396
15.2.3 航空杀伤炸弹	400
15.2.4 航空反跑道炸弹	401
15.3 制导航空炸弹	402
15.3.1 激光制导航空炸弹	402
15.3.2 电视制导航空炸弹	403
15.3.3 红外制导航空炸弹	404
15.3.4 红外成像制导航空炸弹	404
15.3.5 毫米波制导航空炸弹	406
15.3.6 联合直接攻击弹药 (JDAM)	406
15.3.7 联合防区外攻击武器 (JSOW)	407
习题	408
第 16 章 地雷	409
16.1 概述	409
16.1.1 地雷的发展史	409
16.1.2 地雷的结构组成	410
16.1.3 地雷的分类	411
16.2 防步兵地雷	416
16.2.1 爆破型防步兵地雷	416
16.2.2 破片型防步兵地雷	418
16.3 防坦克地雷	424
16.3.1 防坦克履带地雷	424

16.3.2 防坦克车底地雷	426
16.3.3 防坦克侧甲地雷	426
16.3.4 防坦克顶甲地雷	428
16.4 防直升机地雷	428
16.5 特种地雷	428
16.5.1 信号地雷	429
16.5.2 照明地雷	429
16.5.3 化学地雷	430
16.5.4 燃烧地雷	430
16.6 智能地雷	431
16.6.1 智能地雷分类	431
16.6.2 智能地雷结构与组成	434
16.6.3 智能地雷作用原理	438
16.7 布雷技术	439
16.7.1 人工布雷	440
16.7.2 单兵布雷器布雷	440
16.7.3 地面车辆布雷	440
16.7.4 火炮火箭布雷	442
16.7.5 飞机(直升机)布雷	443
16.8 扫雷技术	443
16.8.1 人工扫雷	443
16.8.2 机械扫雷	444
16.8.3 爆破扫雷	445
16.8.4 磁信号模拟扫雷	446
16.8.5 综合扫雷	447
16.9 地雷的发展趋势	447
16.9.1 地雷控制智能化	447
16.9.2 地雷效应综合化	448
16.9.3 地雷布撒机动化	449
16.9.4 智能雷场网络化	449
习题	451
附录 常用词汇表	452
参考文献	462

第1章

绪论

1.1 弹药及其发展

1.1.1 弹药的定义

武器是直接用于杀伤敌方有生力量和破坏敌方作战设施的器械、装置。制造和使用武器的目的就是最大限度地削弱敌人的战斗力，以致最后消灭敌人。在现代战争中，达到这一目的的主要手段就是弹药。弹药是武器系统的核心，是借助武器（或其他运载工具）发射或投掷到目标区域，完成既定战斗任务的终极手段。那么，什么是弹药呢？

“弹药”一词最早来自法语“munition de guerre”，意思是战争之需。现代弹药既用于军事，也可民用，本书主要介绍军事上的弹药。

弹药，一般指有壳体，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任务的军械物品。它包括枪弹、炮弹、手榴弹、枪榴弹、航空炸弹、火箭弹、导弹、鱼雷、深水炸弹、水雷、地雷、爆破器材等。用于非军事目的的礼炮弹、警用弹以及采掘、狩猎、射击运动的用弹，也属于弹药的范畴。

1.1.2 弹药的发展

1. 弹药的发展历史

兵器的发展经历了冷兵器时代和热兵器时代。在冷兵器的发展过程中，古时用于防身或进攻的投石、弹子、箭等可以算是射弹的最早形式。它们利用人力、畜力、机械动力投射，利用本身的动能击打目标。黑火药的发明可以认为是热兵器时代的开始，也就是一般意义上弹药发展的开始。

黑火药是我国在公元9世纪初发明的，10世纪开始用于军事，作为武器中的传火药、发射药及燃烧、爆炸装药，在弹药的发展史上起着划时代的作用。黑火药最初以药包形式置于箭头被射出，或从抛石机抛出。13世纪，中国创造了可以发射“子窠”的竹制“突火枪”，被认为是管式发射武器的鼻祖，“子窠”可以说是最原始的子弹。随后有了铜或铁制的管式火器，用黑火药作为发射药。黑火药和火器技术于13世纪经阿拉伯传至欧洲。早期的火器是滑膛的，发射的弹丸主要是石块、铁块、箭，以后普遍采用了石质或铸铁的实心球形弹，从膛口装填，依靠发射时获得的动能毁伤目标。16世纪初出现了口袋式铜丸和铁丸的群子弹，

对集群的人员、马匹的杀伤能力大大提高。16 世纪中叶出现了一种爆炸弹,由内装黑火药的空心铸铁球和一个带黑火药的信管构成。17 世纪出现了铁壳群子弹,17 世纪中叶发现并制得雷汞。

19 世纪末至 20 世纪初先后发明了无烟火药和硝化棉、苦味酸、梯恩梯等猛炸药并应用于军事,是弹药发展史上的一个里程碑。无烟火药使火炮的射程几乎增加 1 倍,猛炸药替代黑火药使弹丸的爆炸威力大大提高。第一次世界大战期间,深水炸弹开始用于反潜作战,化学弹药也开始用于战场。随着飞机、坦克投入战斗,航空弹药和反坦克弹药得到发展。第二次世界大战期间,各种火炮的弹药迅速发展,出现了反坦克威力更强的次口径高速穿甲弹和基于聚能效应的破甲弹。航弹品种增加,除了爆破杀伤弹外,还有反坦克炸弹、燃烧弹、照明弹等。反步兵地雷、反坦克地雷以及鱼雷、水雷的性能得到提高,分别在陆战、海战中大量使用。第二次世界大战后期,制导弹药开始用于战争。除了德国的 V-1 飞航式导弹和 V-2 弹道式导弹以外,德国、英国和美国还研制并使用了声自导鱼雷、无线电制导炸弹。但是,当时的制导系统比较简单,命中精度也较低。

第二次世界大战结束后,电子技术、光电子技术、火箭技术和新材料等高新技术的发展,成为弹药发展的强大推动力。制导弹药,特别是 20 世纪 70 年代以来各种精确制导弹药的迅速发展和在局部战争中的成功应用,是这个时期弹药发展的一个显著特点。精确制导弹药除了有命中精度很高的各种导弹外,还有制导炸弹、制导炮弹、制导子弹药和有制导的地雷、鱼雷、水雷等。与此同时,弹药射程和威力性能也获得了长足进步。火炮弹药广泛采用增程技术,出现了火箭增程弹、冲压发动机增程弹、底凹弹和底部排气弹等增程炮弹。液体发射药、模块化(刚性组合)装药的研制取得重要进展,已经接近实用水平。随着坦克装甲防护能力的不断提高,研制成功了侵彻能力更强的长杆式次口径尾翼稳定脱壳穿甲弹,以及能对付反应装甲的串联式聚能装药破甲弹。除了传统的钨合金弹芯穿甲弹外,新发展了贯穿能力更强的贫铀弹芯穿甲弹。为了满足轰炸不同类型目标的需要,发展了集束炸弹、反跑道炸弹、燃料空气炸弹、石墨炸弹、钻地弹等新型航弹。为了适应高速飞机外挂和低空投弹的需要,在炸弹外形和投弹方式上都作了改进,出现了低阻炸弹和减速炸弹。火箭弹品种大量增多,除了地面炮兵火箭弹以外,还发展了航空火箭弹、舰载火箭弹、单兵反坦克火箭弹以及火箭布雷弹、火箭扫雷弹等。

2. 弹药的发展趋势

现代战争是海、陆、空、天一体化,以信息战和纵深精确打击能力为核心的高技术战争,从发生的海湾战争、科索沃战争、伊拉克战争等局部战争中可以看出,现代战争主要特点是作战范围大、时间和空间转换快、作战样式多,具体表现为:

(1) 信息制胜

信息技术是现代战争取得胜利的关键,左右着战争的发展进程,战场信息化、数字化成为现代战争的主要特征之一。

(2) 距离优势

现代战争的作战距离越来越大,已经没有传统战场前后方的概念。拥有防区外远程压制武器将提高己方部队的作战灵活性,能够做到保护自己消灭敌人,赢得战争的主动权。

(3) 技术对抗

战场成为了交战国家高新技术武器弹药的试验场,现代战争中各种新概念高新技术武器不断出现,性能不断提高,谁拥有高新技术武器,谁就掌握了战争的主动权。

(4) 目标变化

现代战争的作战理论和作战方式发生了根本性的变化,所打击的目标也随之发生了改变,在战场上除了坦克、装甲车辆、掩体等传统目标外,还出现了各类巡航导弹、武装直升机、新型钢筋混凝土防护目标、各类主被动防护坦克、C⁴ISR 系统以及洞穴等具有新型易损特性的目标。

由上述特点可以知道,为了适应现代战争的需要,作为最终完成对各类目标毁伤功能的弹药必须具有下述能力:

(1) 精确打击能力

在现代战争中,为减少不必要的附加损伤,要求弹箭具有精确的点目标打击能力,弹药制导化、可控化成为弹箭技术的必然发展方向。随着科学技术的发展,弹箭技术发生了质的变化,正朝着灵巧化、智能化的方向发展,出现了末敏弹、弹道修正弹、智能雷等新型弹药。末敏弹是一种由火炮发射,集先进的传感器技术和爆炸成型弹丸技术于一体,用于对付坦克、自行火炮和步兵战斗等装甲目标的新型灵巧弹药。如美国的萨达姆(SADARM)末敏弹、德国的灵巧(SMART)末敏弹等,它实现了“发射后不用管”的目标,是弹药技术领域的一次飞跃。

弹道修正弹是一种有别于制导弹药的简易控制弹,依靠弹上的接收装置来获得弹道信息,通过处理后由修正装置来有限次修正弹药的弹道,从而达到提高射击精度的目的。如美国的XM982式155 mm复合增程弹道修正弹,集弹道修正技术和火箭底排复合增程技术于一体,在40 km处的圆概率误差可小于20 m。

(2) 远程压制能力

战争实践表明,拥有远程压制能力的一方可使己方在敌方火力圈之外打击敌方目标,掌握战争主动。因此,提高弹箭射程始终是对弹箭发展的要求之一,也是弹箭技术发展的一个主要方向。火箭推进、底部排气、滑翔增程以及复合增程技术是提高弹箭射程的基本手段。

美国、法国、俄罗斯、南非等国都研制了火箭增程弹、底排增程以及底排与火箭复合增程弹,可以在敌方火炮系统射程之外较好地压制敌方火力,获得战争的主动权。如南非VLAP增速远程炮弹,采用火箭和底排复合增程技术,由155 mm/52倍口径火炮发射时,射程可达52.5 km。

(3) 高效毁伤能力

现代战争要求弹箭能够有效对付地面设施、装甲车辆等目标,也要求能够有效对付武装直升机、巡航导弹以及各类高价值空中目标。同时,由于弹箭是在战争中大量消耗的装备,作战效能高的弹药可以大大降低作战成本。因此,现代战争要求弹箭具有对各类目标的多功能高效毁伤能力,可以根据不同的目标进行不同类型的毁伤,以适应现代战争的特点。

提高弹药的高效毁伤能力,除提高装药性能外,研制新型多功能子母弹药已成为弹药技术领域重点发展的关键技术之一。在子母弹的发展中,某些国家强调在子弹药威力性能足够的前提下,通过数量的增加来提高子母弹的面毁伤能力;而某些国家则在面毁伤前提下更注重单枚子弹药的威力。如美国M864子母弹携带108枚XM80子弹药,其XM80子弹药破甲威力约52 mm;而德国DM652子母弹仅携带49枚子弹药,但其子弹药破甲威力达100 mm,远高于XM80子弹药。目前子母弹技术将与精确制导技术、增程技术等结合起来,共同实现对目标的高效毁伤。

(4) 信息钳制能力

在现代战争中,要想实现对战场态势的快速响应,就要求弹箭必须具有快速获取战场信