



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

弹药学 (第3版)

尹建平 王志军 主编

AMMUNITION THEORY
(3RD EDITION)

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

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

弹 药 学

(第3版)

尹建平 王志军 主编

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，是国家级一流本科专业建设点建设成果，全书共有18章，主要内容包括：弹药及其发展、目标类型及其特性，弹药的组成、分类及作用，对弹药的要求，弹药的研究、设计、制造与验收，相关基础知识，榴弹、穿甲弹、破甲弹、碎甲弹、子母弹、特种弹、迫击炮弹、火箭弹、灵巧弹药、防空反导弹药、燃料空气弹药、软杀伤弹药、航空炸弹、地雷、活性材料结构弹药和硬目标侵彻弹药等的结构与作用原理。

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、武器发射工程、武器系统与工程及相关兵器类专业本科生的教材，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。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

弹药学 / 尹建平, 王志军主编. —3版. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 12

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-5682-5198-3

I. ①弹… II. ①尹…②王… III. ①弹药-高等学校-教材 IV. ①TJ41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 004519 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大彩印有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 37.25

字 数 / 872 千字

版 次 / 2017 年 12 月第 3 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

定 价 / 62.00 元

责任编辑 / 梁铜华

文案编辑 / 梁铜华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

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，常规弹药正在向高精度、远射程、大威力、低易损、低附带、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、巡飞弹、仿生弹药和活性材料结构弹药等。这些新概念和新原理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。本书在介绍各类型弹药基本结构和作用原理的同时，将作者科研中的应用实例融入书的主要章节中，丰富了研究内容。本书为国家级一流本科专业建设点建设成果、国家级高校特色专业建设点建设成果、教育部卓越工程师教育培养计划建设成果、国家级工程实践教育中心建设成果、国防科工局“十三五”国防特色学科（方向）建设成果，获山西省教学成果一等奖。全书共18章内容，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~18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、灵巧弹药、防空反导弹药、燃料空气弹药、软杀伤弹药、航空炸弹、地雷、活性材料结构弹药、硬目标侵彻弹药等的结构与作用原理。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、武器发射工程、武器系统与工程及相关兵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，还可作为兵器与科学技术学科专业研究生的教学参考书。

本书为教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,由尹建平、王志军任主编,吴国东、徐豫新、常变红、罗建国任副主编。其中第1、5、11章由尹建平编写,第3、6、10章由王志军编写,第14、15章由吴国东编写,第17、18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4章由张雪朋编写,第8章由伊建亚编写,第9章由彭志凌编写,第12章由张树霞编写,第13章由徐永杰编写,全书由尹建平、王志军统稿。

本书在编写过程中,参考和引用了国内外专家、学者、工程技术人员和研究生出版的著作和发表的论文,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其他资料,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、中北大学教务处的大力帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者知识水平有限,尽管他们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。

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	012
1.4 弹药的作用	016
1.4.1 破片杀伤作用	016
1.4.2 弹药爆破作用	017
1.4.3 弹药燃烧作用	017
1.4.4 弹药穿甲作用	018
1.4.5 弹药破甲作用	018
1.4.6 弹药碎甲作用	019
1.4.7 弹药软杀伤作用	019
1.5 对弹药的要求	020
1.5.1 射程	020
1.5.2 威力	021
1.5.3 精度	021
1.5.4 安全性	024
1.5.5 长储性	024
1.5.6 经济性	024

1.6 弹药的研究与设计	025
1.6.1 弹药的研究与设计步骤	025
1.6.2 弹药设计的常用方法	026
1.7 弹药的制造与验收	029
1.7.1 弹药制造工艺特点	029
1.7.2 技术条件和弹药靶场试验	031
习题	035
第2章 相关基础知识	036
2.1 内弹道与外弹道	036
2.1.1 内弹道	036
2.1.2 外弹道	038
2.2 火药与炸药	044
2.2.1 火药	044
2.2.2 炸药	050
2.3 药筒与发射装药	053
2.3.1 药筒的特点与要求	054
2.3.2 药筒的分类与结构	055
2.3.3 发射时药筒的作用	062
2.3.4 药筒部位尺寸的拟定	064
2.3.5 发射装药	068
2.3.6 可燃药筒	074
2.4 火炮	075
2.4.1 火炮的分类	077
2.4.2 火炮的结构组成	083
2.5 引信	085
2.5.1 引信的分类	086
2.5.2 引信的组成和作用	091
2.5.3 引信的传爆序列	093
2.5.4 引信的安全控制	095
2.5.5 引信的起爆控制	096
2.5.6 引信的发展	098
2.6 火工品	099
2.6.1 火工品的发展	100
2.6.2 火工品的分类	103
2.6.3 火工品的结构和作用原理	104
习题	111
第3章 榴弹	112
3.1 概述	112
3.1.1 榴弹的发展史	112

3.1.2	榴弹的种类	113
3.1.3	榴弹的基本结构及弹丸外形	114
3.2	普通榴弹	116
3.2.1	概述	116
3.2.2	榴弹的作用	117
3.2.3	榴弹的结构特点	126
3.3	远射程榴弹	135
3.3.1	概述	135
3.3.2	底凹弹	136
3.3.3	枣核弹	138
3.3.4	火箭增程弹	139
3.3.5	底排弹	141
3.3.6	底排—火箭复合增程弹	146
3.4	枪榴弹和榴弹发射器用弹药	149
3.4.1	杀伤枪榴弹	150
3.4.2	破甲枪榴弹	151
3.4.3	照明枪榴弹	152
3.4.4	火箭增程杀伤枪榴弹	153
3.4.5	榴弹发射器用弹药	154
3.5	榴弹的发展趋势	158
	习题	159
第4章	穿甲弹	160
4.1	概述	160
4.1.1	装甲目标特性分析	160
4.1.2	装甲目标对反装甲弹药的要求	166
4.1.3	穿甲弹的发展史	167
4.1.4	对穿甲弹的性能要求和穿甲作用	169
4.2	普通穿甲弹	174
4.2.1	尖头穿甲弹	175
4.2.2	钝头穿甲弹	176
4.2.3	被帽穿甲弹	177
4.2.4	半穿甲弹	178
4.3	次口径超速普通穿甲弹	178
4.3.1	结构特点	179
4.3.2	弹芯	179
4.3.3	弹体	180
4.4	超速脱壳穿甲弹	180
4.4.1	旋转稳定超速脱壳穿甲弹	181
4.4.2	尾翼稳定超速脱壳穿甲弹	183

4.5 贫铀弹	191
4.5.1 贫铀基本知识	191
4.5.2 贫铀弹	192
4.5.3 贫铀对健康的危害	194
4.6 穿甲弹的发展趋势	196
4.6.1 提高穿甲威力	196
4.6.2 对付二代反应装甲	198
习题	199
第5章 破甲弹	200
5.1 破甲弹作用原理	201
5.1.1 聚能效应	201
5.1.2 金属射流的形成	203
5.1.3 破甲作用	205
5.2 影响破甲威力的因素	206
5.2.1 炸药装药	206
5.2.2 药型罩	207
5.2.3 炸高	210
5.2.4 引信	211
5.2.5 隔板	212
5.2.6 旋转运动	213
5.2.7 壳体	213
5.2.8 靶板	214
5.3 成型装药破甲弹的结构	214
5.3.1 气缸式尾翼破甲弹	214
5.3.2 长鼻式破甲弹	216
5.3.3 具有抗旋结构的旋转稳定破甲弹	218
5.3.4 火箭增程破甲弹	220
5.3.5 串联式破甲弹	221
5.4 爆炸成型弹丸战斗部	224
5.4.1 EFP 成型模式	225
5.4.2 影响 EFP 形成性能的主要因素	226
5.4.3 EFP 计算机模拟	230
5.4.4 EFP 的应用和发展趋势	232
5.5 多爆炸成型弹丸战斗部	233
5.5.1 轴向组合式 MEFP 战斗部	235
5.5.2 轴向变形罩 MEFP 战斗部	236
5.5.3 周向组合式 MEFP 战斗部	238
5.5.4 网栅切割式 MEFP 战斗部	240
5.5.5 多用途组合式 MEFP 战斗部	243

5.5.6	多层串联式 MEFP 战斗部	244
5.5.7	刻槽半预制式 MEFP 战斗部	245
5.5.8	周向线性式 MEFP 战斗部	246
5.5.9	MEFP 的应用和发展趋势	248
	习题	250
第 6 章	碎甲弹	252
6.1	概述	252
6.2	碎甲作用原理	252
6.2.1	层裂效应	252
6.2.2	层裂效应的物理解释	253
6.2.3	层裂准则和层裂厚度	254
6.2.4	碎甲弹的作用	255
6.3	碎甲弹的结构特点	256
6.3.1	弹体	256
6.3.2	炸药	256
6.3.3	引信	257
6.4	影响碎甲威力的主要因素	257
6.4.1	着角	257
6.4.2	炸药性质和装药尺寸	257
6.4.3	靶板厚度及其机械性能	257
6.4.4	屏蔽物	258
6.4.5	炸药堆积面积和药柱高度	258
6.5	碎甲弹的性能特点	259
6.5.1	碎甲弹的优点	259
6.5.2	碎甲弹的缺点	260
6.6	典型碎甲弹	260
6.6.1	美国 M393 系列 105 mm 碎甲弹	260
6.6.2	英国 L31 式 120 mm 碎甲弹	261
	习题	261
第 7 章	子母弹	262
7.1	概述	262
7.1.1	子母弹的弹道特点	263
7.1.2	子母弹的开舱与抛射	263
7.2	子母弹的结构与作用	266
7.2.1	子母弹的结构特点	266
7.2.2	子母弹的作用原理	268
7.3	杀伤子母弹	269
7.3.1	美国 M449 型 155 mm 杀伤子母弹	269
7.3.2	美国 M413 型 105 mm 杀伤子母弹	270

7.3.3 美国 M404 型 203 mm 杀伤子母弹	272
7.4 反装甲杀伤子母弹	272
7.4.1 美国 M483 A1 式 155 mm 反装甲杀伤子母弹	272
7.4.2 法国 G1 式 155 mm 反装甲杀伤子母弹	274
7.4.3 德国 Rh49 式 155 mm 反装甲杀伤子母弹	275
7.5 反坦克布雷弹	276
7.5.1 美国 M718 式 155 mm 反坦克布雷弹	276
7.5.2 法国 H1 式 155 mm 反坦克布雷弹	277
习题	277
第 8 章 特种弹	279
8.1 概述	279
8.2 烟幕弹	279
8.2.1 烟幕弹的用途与要求	279
8.2.2 烟幕弹的种类	280
8.2.3 烟幕弹的结构特点	281
8.2.4 影响烟幕弹作用效果的因素	282
8.3 燃烧弹	283
8.3.1 燃烧弹的用途与要求	283
8.3.2 燃烧弹的结构特点	284
8.3.3 燃烧弹的使用和发展	286
8.4 照明弹	286
8.4.1 照明弹的用途与要求	286
8.4.2 有伞式照明弹	288
8.4.3 无伞式照明弹	291
8.4.4 照明弹使用注意事项	292
8.5 宣传弹	293
8.5.1 宣传弹的用途与要求	293
8.5.2 宣传弹的结构特点	293
8.5.3 宣传弹使用注意事项	295
习题	295
第 9 章 迫击炮弹	296
9.1 概述	296
9.2 迫击炮弹的组成与特点	297
9.2.1 迫击炮弹的组成	297
9.2.2 迫击炮弹的特点	299
9.3 迫击炮弹的结构与作用	300
9.3.1 迫击炮弹的结构尺寸	300
9.3.2 弹体	301
9.3.3 炸药	303

9.3.4 稳定装置	303
9.4 迫击炮弹发射装药的构成	304
9.4.1 基本装药	304
9.4.2 辅助装药	304
9.5 迫击炮弹的发展趋势	306
9.5.1 迫击炮弹的优缺点	306
9.5.2 迫击炮弹的发展趋势	307
习题	309
第 10 章 火箭弹	310
10.1 概述	310
10.1.1 火箭弹的定义和分类	310
10.1.2 火箭弹的基本组成	311
10.1.3 火箭弹的性能特点	315
10.1.4 火箭弹的工作原理	317
10.2 尾翼式火箭弹	318
10.2.1 180 mm 火箭弹	319
10.2.2 尾翼装置的结构形式	322
10.3 涡轮式火箭弹	324
10.4 反坦克火箭弹	326
10.4.1 70 式 62 mm 单兵反坦克火箭弹	327
10.4.2 89 式 80 mm 单兵反坦克火箭弹	328
10.4.3 法国“阿皮拉”反坦克火箭弹	330
10.5 航空火箭弹	333
10.5.1 57-1 型航空杀伤爆破火箭弹	334
10.5.2 90-1 型航空杀伤爆破火箭弹	334
10.5.3 俄罗斯 122 mm 航空火箭弹	335
10.6 火箭弹的散布问题	337
10.6.1 火箭弹的射击精度	337
10.6.2 火箭弹散布影响因素	337
10.6.3 提高火箭弹密集度的技术措施	338
10.7 火箭弹的发展趋势	339
10.7.1 远程化	339
10.7.2 精确化	339
10.7.3 多用途化	340
习题	340
第 11 章 灵巧弹药	341
11.1 末敏弹	341
11.1.1 概述	341
11.1.2 末敏弹结构	342

11.1.3	末敏弹作用原理	348
11.2	末制导炮弹	352
11.2.1	概述	352
11.2.2	末制导炮弹结构与组成	353
11.2.3	末制导炮弹作用原理	355
11.2.4	末制导炮弹的制导系统	358
11.3	弹道修正弹	360
11.3.1	概述	360
11.3.2	弹道修正弹结构与组成	360
11.3.3	弹道修正弹修正方法与作用原理	365
11.3.4	典型弹道修正弹	367
11.4	灵巧弹药的发展方向	369
	习题	370
第12章	防空反导弹药	371
12.1	概述	371
12.1.1	防空反导的重要作用	371
12.1.2	空中目标特性分析	372
12.2	小口径高炮弹药	373
12.2.1	小口径高炮榴弹	373
12.2.2	近炸引信预制破片弹	374
12.2.3	AHEAD编程弹	376
12.2.4	新型小口径高炮弹药	379
12.3	防空导弹战斗部	383
12.3.1	爆破式战斗部	384
12.3.2	破片式杀伤战斗部	385
12.3.3	多聚能装药战斗部	390
12.3.4	连续杆式战斗部	391
12.3.5	离散杆式战斗部	394
12.3.6	定向杀伤战斗部	395
12.3.7	子母式战斗部	398
12.4	防空反导弹药发展趋势	403
	习题	404
第13章	燃料空气弹药	405
13.1	概述	405
13.1.1	燃料空气弹药的发展	405
13.1.2	燃料空气弹药的爆炸破坏作用形式	406
13.1.3	燃料空气弹药的威力特点	407
13.1.4	燃料空气弹药的使用特点	407
13.1.5	燃料空气弹药的主要攻击目标	407

13.2 云爆弹	408
13.2.1 云爆弹的结构和作用	408
13.2.2 云爆弹的特点	411
13.2.3 几种典型的云爆弹	411
13.3 温压弹	414
13.3.1 温压弹的结构与作用	414
13.3.2 几种典型的温压弹	416
习题	420
第 14 章 软杀伤弹药	421
14.1 概述	421
14.2 针对有生力量的软杀伤弹药	421
14.2.1 强噪声弹	422
14.2.2 催泪弹	423
14.2.3 闪光弹	424
14.2.4 致痛弹	424
14.2.5 麻醉弹	424
14.2.6 次声弹	424
14.2.7 超臭弹	425
14.3 针对装备的软杀伤弹药	425
14.3.1 红外诱饵弹	426
14.3.2 箔条干扰弹	429
14.3.3 通信干扰弹	430
14.3.4 雷达干扰弹	433
14.3.5 GPS 干扰弹	434
14.3.6 碳纤维弹	435
14.3.7 泡沫体胶黏剂弹	439
14.4 针对人员和装备的软杀伤弹药	439
14.4.1 电磁炸弹	439
14.4.2 激光弹药	442
习题	443
第 15 章 航空炸弹	445
15.1 概述	445
15.1.1 航空炸弹在现代战争中的地位和作用	445
15.1.2 国外航空炸弹发展特点	446
15.1.3 航空炸弹的战术技术要求	447
15.1.4 航空炸弹的分类	448
15.2 普通航空炸弹	453
15.2.1 概述	453
15.2.2 航空爆破炸弹	457

15.2.3	航空杀伤炸弹	463
15.2.4	航空反跑道炸弹	464
15.3	制导航空炸弹	465
15.3.1	激光制导航空炸弹	467
15.3.2	电视制导航空炸弹	467
15.3.3	红外制导航空炸弹	468
15.3.4	红外成像制导航空炸弹	469
15.3.5	毫米波制导航空炸弹	470
15.3.6	联合直接攻击弹药	471
15.3.7	联合防区外攻击武器	472
15.3.8	风修正弹药	473
	习题	474
第16章	地雷	475
16.1	概述	475
16.1.1	地雷的发展史	475
16.1.2	地雷的结构组成	476
16.1.3	地雷的分类	477
16.2	防步兵地雷	481
16.2.1	爆破型防步兵地雷	482
16.2.2	破片型防步兵地雷	484
16.3	防坦克地雷	490
16.3.1	防坦克履带地雷	490
16.3.2	防坦克车底地雷	492
16.3.3	防坦克侧甲地雷	493
16.3.4	防坦克顶甲地雷	493
16.4	防直升机地雷	494
16.5	特种地雷	495
16.5.1	信号地雷	495
16.5.2	照明地雷	496
16.5.3	化学地雷	496
16.5.4	燃烧地雷	497
16.6	智能地雷	497
16.6.1	智能地雷分类	498
16.6.2	智能地雷结构与组成	501
16.6.3	智能地雷作用原理及使用特性	504
16.7	布雷技术	505
16.7.1	人工布雷	506
16.7.2	单兵布雷器布雷	506
16.7.3	地面车辆布雷	507

16.7.4	火炮火箭布雷	508
16.7.5	飞机(直升机)布雷	509
16.8	扫雷技术	510
16.8.1	人工扫雷	510
16.8.2	机械扫雷	510
16.8.3	爆破扫雷	511
16.8.4	磁信号模拟扫雷	513
16.8.5	综合扫雷	513
16.9	地雷的发展趋势	514
16.9.1	地雷控制智能化	514
16.9.2	地雷效应综合化	514
16.9.3	地雷布撒机动化	515
16.9.4	智能雷场网络化	516
	习题	517
第17章	活性材料结构弹药	518
17.1	概述	518
17.1.1	活性材料	518
17.1.2	活性材料的释能特性	520
17.1.3	活性材料结构弹药的工程化	521
17.2	活性材料结构弹药种类	522
17.2.1	活性材料破片杀伤弹药	522
17.2.2	活性材料穿甲燃烧弹药	526
17.2.3	活性材料破甲弹药	527
17.3	钨钼合金破片对屏蔽燃油的穿燃效应	530
17.3.1	钨钼合金破片穿燃过程	530
17.3.2	钨钼合金破片穿甲试验	531
17.3.3	钨钼合金破片穿甲破碎行为	533
17.3.4	钨钼合金破片对钢板屏蔽燃油的穿燃试验	534
17.3.5	钨钼合金破片引燃能力的表征方法	539
	习题	541
第18章	硬目标侵彻弹药	542
18.1	硬目标侵彻弹药打击目标种类及特性	542
18.1.1	地下坚固目标	542
18.1.2	半地下坚固目标	543
18.1.3	地上坚固目标	544
18.1.4	坚固目标特性分析	545
18.2	硬目标侵彻弹药毁伤作用机理	546
18.2.1	整体式动能侵彻战斗部	547
18.2.2	串联式复合侵彻战斗部	549

18.2.3 新原理侵彻战斗部.....	554
18.3 硬目标侵彻弹药发展现状及途径.....	555
18.3.1 硬目标侵彻弹药发展现状.....	555
18.3.2 硬目标侵彻弹药发展途径.....	556
习题.....	560
附录 常用词汇表	561
参考文献	571