



国家出版基金项目

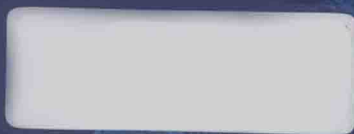
“十二五”国家重点出版物出版规划项目

现代兵器火力系统丛书

# 火箭弹设计理论

*Theory of Rocket Projectile Design*

周长省 鞠玉涛 陈 雄 郑 健 许进升 编著



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



国家出版基金项目

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

现代兵器火力系统丛书

# 火箭弹设计理论

周长省 鞠玉涛 陈 雄 编著  
郑 健 许进升

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

## 内 容 简 介

本书系统地阐述了火箭弹总体及零部件设计的理论和方法。主要内容包括概论、固体火箭发动机装药设计、火箭弹总体设计及基本参量预定、战斗部作用与设计简介、固体火箭发动机结构设计、空气动力计算、火箭弹稳定装置设计、火箭弹结构分析和提高火箭射击精度技术。

本书可供从事火箭弹研究、设计、生产和使用的工程技术人员参考，也可作为高等院校兵器类专业教材或参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

火箭弹设计理论 / 周长省等编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 2  
(现代兵器火力系统丛书)

国家出版基金项目及“十二五”国家重点出版物出版规划项目  
ISBN 978-7-5640-8644-2

I. ①火… II. ①周… III. ①火箭弹—设计 IV. ①TJ415

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 020664 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)

82562903 (教材售后服务热线)

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 / 北京地大天成印务有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 20

字 数 / 368 千字

版 次 / 2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 68.00 元

责任编辑 / 孟雯雯

徐春英

文案编辑 / 孟雯雯

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

---

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

# 现代兵器火力系统丛书

## 编委会

---

主任 王兴治

副主任 王泽山 朵英贤

编委 (按姓氏笔画排序)

王亚平 王志军 王保国 尹建平 冯顺山

吕春绪 刘吉平 肖忠良 张合 张小兵

张相炎 陈国光 林杰 欧育湘 金志明

周长省 胡双启 姜春兰 徐诚 谈乐斌

董素荣 韩子鹏 韩峰 蔡婷婷 樊红亮

# 总 序

---

国防科技工业是国家战略性产业，是先进制造业的重要组成部分，是国家创新体系的一支重要力量。为适应不同历史时期的国际形势对我国国防力量提出的要求，国防科技工业秉承自主创新、与时俱进的发展理念，建立了多学科交叉，多技术融合，科研、实验、生产等多部门协作的现代化国防科研生产体系。兵器科学与技术作为国防科学与技术的一个重要分支，直接关系到我国国防科技总体发展水平，并在很大程度上决定着国防科技诸多领域的成果向国防军事硬实力的转化。

进入 21 世纪以来，随着兵器发射技术、推进增程技术、精确制导技术、高效毁伤技术的不断发展，以及新概念、新原理兵器的出现，火力系统的射程、威力和命中精度均大幅提升。火力系统的技术进步将推动兵器系统的其他分支发生相应的革新，乃至促使军队的作战方式发生变化。然而，我国现有的国防科技类图书落后于相关领域的发展水平，难以适应信息时代科技人才的培养需求，更无法满足国防科技高层次人才的培养要求。因此，构建系统性、完整性和实用性兼备的国防科技类专业图书体系十分必要。

为了解决新形势下兵器科学所面临的理论、技术和工程应用等问题，王兴治院士、王泽山院士、朵英贤院士带领北京理工大学、南京理工大学、中北大学的学者编写了《现代兵器火力系统》丛书。本丛书以兵器火力系统相关学科为主线，运用系统工程的理论和方法，结合现代化战争对兵器科学技术的发展需求和科学技术进步对其发展的推动，在总结兵器火力系统相关学科专家学者取得主要成果的基础上，较全面地论述了现代兵器火力系统的学科内涵、技术领域、研制程序和运用工程，并按照兵器发射理论与技术的研究方法，分述了枪炮发射技术、火炮设计技术、弹药制造技术、引信技术、火炸药安全技术、火力控制技术等内容。

本丛书围绕“高初速、高射频、远程化、精确化和高效毁伤”的主题，梳理了近年来我国在兵器火力系统相关学科取得的重要学术理论、技术创新和工程转化等方面的

## 2 火箭弹设计理论 ■

成果。这些成果优化了弹药工程与爆炸技术、特种能源工程与烟火技术、武器系统与发射技术等专业体系，缩短了我国兵器火力系统与国外的差距，提升了我国在常规兵器装备研制领域的理论水平和技术水平，为我国兵器火力系统的研发提供了技术保障和智力支持。本丛书旨在总结该领域的先进成果和发展经验，适应现代化高层次国防科技人才的培养需求，助力国防科学技术研发，形成具有我国特色的“兵器火力系统”理论与实践相结合的知识体系。

本丛书入选“十二五”国家重点出版物出版规划项目，并得到国家出版基金资助，体现了国家对兵器科学与技术，以及对《现代兵器火力系统》出版项目的高度重视。本丛书凝结了兵器领域诸多专家、学者的智慧，承载了弘扬兵器科学技术领域技术成就、创新和发展兵工科技的历史使命，对于推进我国国防科技工业的发展具有举足轻重的作用。期望这套丛书能有益于兵器科学技术领域的人才培养，有益于国防科技工业的发展。同时，希望本丛书能吸引更多的读者关心兵器科学技术发展，并积极投身于中国国防建设。

丛书编委会

# 前 言

---

火箭弹是常规弹药的主要种类之一。由于具备射程远、威力大、火力密集、发射时后坐力小等优点，国际上许多国家一直非常重视火箭武器的发展。随着新原理、新技术、新材料的出现，火箭武器的射程、威力、密集度等主要战术技术指标在不断提高，种类在不断增多，应用范围在不断扩大。例如，随着高能推进剂和高强度、低密度材料的应用，火箭弹的射程已从三四十千米提高到二百千米以上；随着微推偏喷管技术、动静不平衡度修正技术、简易控制及弹道修正技术的应用，火箭弹的密集度指标已从1/100左右提高到1/300以上；随着惯性导航技术、卫星定位技术和末段导引技术的应用，火箭武器的射击精度已得到了大幅度的提高；高能炸药、子母弹、末敏弹、末制导子弹药的应用已大大提高了火箭弹的毁伤效率。

为了满足国防现代化高技术人才培养的需要，作者根据火箭武器相关技术的发展，结合多年的教学和科研实践经验，并参考国内外有关文献资料，编著了本书，以作为弹箭类专业学生的教材或参考书，也可供从事火箭武器技术研究的科研、教学或管理人员参考。

在编写的内容上，本书侧重于火箭弹总体设计、装药设计、火箭发动机零部件设计及尾翼稳定装置的设计方法，有关战斗部设计、空气动力计算、密集度计算等内容只进行了简要介绍，详细内容可参考有关专业书籍。根据火箭技术的发展现状及趋势，增加了复合药型装药设计、装药结构完整性设计和火箭发动机热防护设计等内容。

全书共分九章，第一章、第八章由周长省编写，第二章由许进升编写，第三章、第四章由鞠玉涛编写，第七章、第九章由陈雄编写，第五章、第六章由郑健编写，本书由周长省教授负责统稿工作。

季宗德教授对本书进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵的意见。李坚、王政时等同志在本书的绘图、排版等方面做了大量的工作，在此对他们表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限，本书中可能存在缺点和错误，恳请读者给予批评指正。

作 者

# 目 录

第 1 章 概论	1
1.1 火箭弹的基本组成、分类及其特点	1
1.1.1 火箭弹的基本组成	1
1.1.2 火箭弹的分类	1
1.1.3 火箭弹的特点	2
1.2 火箭弹主要战术技术指标要求及初步分析	3
1.2.1 射程指标	3
1.2.2 威力指标	4
1.2.3 密集度指标	5
1.2.4 可靠性指标	5
1.2.5 效费比指标	6
1.3 火箭武器的发展趋势分析	6
1.3.1 火箭武器的远程化	6
1.3.2 火箭武器的精确化	7
1.3.3 火箭武器的大威力、多用途化	7
1.3.4 动力推进装置多样化	8
第 2 章 固体火箭发动机装药设计	9
2.1 推进剂型号与装药药型的选择	9
2.1.1 推进剂选择	9
2.1.2 装药药型的选择	14
2.2 单孔管状药的装药设计	16
2.2.1 装药尺寸与设计参量的关系	16
2.2.2 不同约束条件下的装药设计方法	20



## 2 火箭弹设计理论 ■

2.3 星孔药的装药设计·····	25
2.3.1 装药尺寸与设计参量的关系·····	26
2.3.2 星孔装药设计方法·····	35
2.4 轮孔药的装药设计·····	38
2.4.1 装药尺寸与设计参量的关系·····	38
2.4.2 轮孔装药设计方法·····	43
2.5 复合药型装药设计·····	45
2.5.1 变截面星孔装药设计·····	46
2.5.2 双燃速推进剂装药设计·····	50
2.5.3 双推力装药设计·····	53
2.6 装药的包覆·····	55
2.6.1 包覆层的主要功能·····	55
2.6.2 包覆材料的选择·····	56
2.6.3 包覆的工艺方法·····	58
2.7 装药结构完整性设计·····	59
2.7.1 固体推进剂黏弹性力学特征·····	59
2.7.2 描述固体推进剂力学性能的几种本构模型·····	60
2.7.3 推进剂力学性能的温度效应·····	64
2.7.4 固体推进剂载荷分析·····	66
2.7.5 推进剂药柱的破坏分析·····	68
第3章 火箭弹总体设计及基本参量预定·····	71
3.1 火箭弹总体设计简述·····	71
3.1.1 火箭弹总体设计概念·····	71
3.1.2 火箭弹总体设计的任务、地位和内容·····	72
3.1.3 火箭弹总体设计方法·····	73
3.1.4 火箭弹总体设计应注意的事项·····	74
3.2 火箭弹外弹道分析与设计·····	75
3.2.1 影响火箭弹射程因素的分析·····	75
3.2.2 影响火箭弹密集度的因素分析·····	77
3.2.3 火箭弹外弹道设计简述·····	82
3.3 尾翼式野战火箭弹基本参量预定·····	83
3.3.1 战斗部质量与弹径协调法·····	84

3.3.2	固定射程法	87
3.4	反坦克火箭弹基本参量预定	96
3.4.1	战术技术要求及初步分析	96
3.4.2	反坦克火箭弹总体结构特点	99
3.4.3	反坦克火箭弹基本参量预定	100
3.5	火箭弹总体优化设计	101
3.5.1	优化设计的一般过程	101
3.5.2	优化方法的选择	104
3.5.3	参数分析	105
3.5.4	火箭弹总体优化设计一般步骤	106
3.5.5	CAD 在火箭弹总体设计中的应用及其发展前景	107
第 4 章	战斗部作用与设计简介	111
4.1	战斗部作用概述	111
4.1.1	碰击作用	111
4.1.2	爆破作用	112
4.1.3	杀伤作用	117
4.1.4	聚能(破甲)作用	121
4.2	战斗部设计	123
4.2.1	战斗部壳体设计	123
4.2.2	杀伤、杀伤爆破战斗部设计	127
4.2.3	爆破战斗部设计	128
4.2.4	破甲战斗部设计	129
4.3	引信的选择	132
4.3.1	引信分类与命名	132
4.3.2	火箭弹引信装定和作用种类选择	135
4.3.3	引信安全性概述	136
4.3.4	引信的使用性能	136
4.3.5	引信的灵敏度	136
4.3.6	引信的经济性	137
4.3.7	传爆药的威力	137
4.3.8	引信的发展趋势	137
4.4	子母战斗部设计	138

## 4 火箭弹设计理论 ■

4.4.1 母弹开舱与子弹抛撒 .....	138
4.4.2 子弹的排列 .....	139
4.5 新型战斗部 .....	141
4.5.1 爆炸成型弹丸战斗部 .....	141
4.5.2 多爆炸成型弹丸战斗部 .....	142
4.5.3 燃料—空气炸药战斗部 .....	142
4.5.4 串联破甲战斗部 .....	143
4.5.5 信息化弹药 .....	143
4.5.6 灵巧与智能弹药 .....	144
4.5.7 软杀伤弹药 .....	144
第5章 固体火箭发动机结构设计 .....	146
5.1 燃烧室设计 .....	146
5.1.1 燃烧室壳体设计 .....	146
5.1.2 连接底设计 .....	158
5.2 喷管设计 .....	161
5.2.1 喷管的结构形式 .....	161
5.2.2 锥型喷管型面设计 .....	162
5.3 火箭发动机热防护设计 .....	166
5.3.1 燃烧室热防护设计 .....	166
5.3.2 喷管热防护设计 .....	171
5.4 装药支撑装置设计 .....	175
5.4.1 支撑装置设计要求 .....	175
5.4.2 支撑装置结构形式 .....	176
5.4.3 支撑装置材料选择 .....	178
5.5 点火装置设计 .....	179
5.5.1 点火装置类型的选择 .....	179
5.5.2 发火管的分类及构造 .....	181
5.5.3 点火药类型的选择及点火药量估算 .....	182
5.6 导向钮设计 .....	185
第6章 空气动力计算 .....	188
6.1 几何参数与主要符号 .....	188

6.2	空气动力和力矩 .....	189
6.3	弹体气动特性计算 .....	191
6.3.1	弹体轴向力系数 .....	191
6.3.2	弹体法向力系数 .....	197
6.3.3	弹体的阻力系数与升力系数 .....	198
6.3.4	压力中心系数 .....	198
6.3.5	弹体俯仰力矩系数 .....	199
6.3.6	赤道抑制力矩系数 .....	199
6.3.7	极抑制力矩系数 .....	199
6.4	尾翼气动特性计算 .....	200
6.4.1	单独尾翼零升阻力系数 .....	200
6.4.2	单独尾翼升力系数 .....	203
6.4.3	单独尾翼阻力系数 .....	204
6.4.4	尾翼压力中心系数 .....	205
6.5	尾翼弹气动特性计算 .....	207
6.5.1	尾翼弹升力系数 .....	207
6.5.2	尾翼弹阻力系数 .....	209
6.5.3	尾翼弹压力中心系数 .....	209
6.5.4	尾翼弹俯仰力矩系数 .....	210
6.5.5	尾翼弹赤道抑制力矩系数 .....	210
6.5.6	尾翼弹极抑制力矩系数 .....	211
6.5.7	导转力矩和平衡转速 .....	211
<b>第7章</b>	<b>火箭弹稳定装置设计 .....</b>	<b>213</b>
7.1	火箭弹飞行稳定性设计 .....	213
7.1.1	动态稳定性设计 .....	213
7.1.2	共振效应 .....	214
7.1.3	追随稳定性 .....	215
7.2	尾翼稳定装置的基本类型 .....	215
7.2.1	弧形张开式尾翼 .....	216
7.2.2	刀形张开式尾翼 .....	217
7.3	尾翼几何参数的选择 .....	217
7.3.1	展弦比 $\lambda$ 的选择 .....	218

7.3.2	尾翼后掠角 $\chi$ 的选择 .....	219
7.3.3	根梢比 $\eta$ 的选择 .....	219
7.3.4	尾翼相对厚度 $\bar{c}$ 的选择 .....	220
7.3.5	尾翼剖面形状的选择 .....	220
7.3.6	尾翼片数量的选择 .....	220
7.3.7	尾翼几何参数对结构特性的影响 .....	221
7.4	尾翼强度、刚度校核 .....	221
7.4.1	固定式直尾翼的强度、刚度校核 .....	222
7.4.2	刀形张开式尾翼的强度、刚度校核 .....	228
第 8 章	火箭弹结构分析 .....	238
8.1	火箭弹结构分析的任务、方法及步骤 .....	238
8.1.1	火箭弹结构力学的研究对象与任务 .....	238
8.1.2	火箭弹结构力学分析的计算模型 .....	238
8.1.3	火箭弹结构力学所依据的基本规律 .....	239
8.2	火箭弹结构特征数计算 .....	239
8.2.1	单元体划分 .....	239
8.2.2	单元体的体积特征量 .....	241
8.2.3	零件的结构特征数计算 .....	243
8.2.4	全弹或部件的结构特征数计算 .....	245
8.3	火箭弹静强度分析与计算 .....	246
8.3.1	火箭弹受力分析 .....	246
8.3.2	火箭弹体强度分析 .....	247
8.4	火箭弹结构动力学特性分析与设计 .....	249
8.4.1	火箭弹动态特性分析的传递矩阵法 .....	249
8.4.2	有限元法简介 .....	253
第 9 章	提高火箭射击精度技术 .....	256
9.1	概述 .....	256
9.2	火箭弹密集度估算 .....	256
9.2.1	方向密集度估算 .....	256
9.2.2	距离密集度估算 .....	262
9.2.3	反坦克火箭弹密集度估算 .....	265
9.3	提高密集度的措施简述 .....	267

9.3.1 微推偏喷管设计技术 .....	267
9.3.2 绕几何纵轴旋转技术 .....	268
9.3.3 动静不平衡度修正技术 .....	269
9.3.4 提高炮口速度技术 .....	270
9.3.5 尾翼延迟张开技术 .....	270
9.3.6 同时离轨技术 .....	271
9.4 简易控制及制导火箭系统简述 .....	271
9.4.1 简易控制火箭系统原理及组成 .....	271
9.4.2 制导火箭系统原理及组成 .....	273
9.5 控制系统常用元件和执行机构简述 .....	275
9.5.1 控制系统常用元件 .....	275
9.5.2 控制系统常用执行装置 .....	280
参考文献 .....	283
索引 .....	285

# 第 1 章 概 论

## 1.1 火箭弹的基本组成、分类及其特点

### 1.1.1 火箭弹的基本组成

火箭弹主要由战斗部、火箭发动机及稳定装置等部件组成。

战斗部是在弹道终点发挥作战效能的部件。根据作战目的及对象的不同,在火箭弹上可以采用不同类型的战斗部。目前在火箭弹研制中常用的战斗部类型包括杀伤战斗部、爆破战斗部、杀伤爆破战斗部、子母战斗部、破甲战斗部、半穿甲战斗部、干扰战斗部以及云爆战斗部等。为了使战斗部适时可靠地起爆,从而最大限度地发挥毁伤或干扰等作用,战斗部上都配有引信装置。战斗部类型及作战目标不同配用的引信类型不同,目前火箭弹研制中常用的引信有触发引信、电子时间引信和近感引信等。

火箭发动机是使火箭弹能够飞行的推进动力装置,目前装备及在研的火箭弹主要采用固体火箭发动机。固体火箭发动机由连接底、燃烧室、固体推进剂装药、装药支撑装置、喷管及点火具等组成。在发射火箭弹时,发火控制系统给予点火具发火信号后,点火具工作产生的高温高压点火气体流经固体推进剂装药表面时,点燃主装药。主装药燃烧产生的高温高压气体流经拉瓦尔喷管时,燃气的压强、温度及密度下降,流速增大,在喷管出口截面上形成高速气流向后喷出,从而产生推力推动火箭弹向前运动。

稳定装置是使火箭弹能够按预定的姿态及弹道在空中稳定飞行的装置。按照稳定原理的不同,稳定装置可分为涡轮式稳定装置和尾翼式稳定装置两类。涡轮式稳定装置是利用火箭发动机的多个倾斜喷管产生的导转力矩使火箭弹绕纵轴高速旋转,高速旋转产生的陀螺效应使火箭弹稳定飞行;尾翼式稳定装置是在火箭弹的尾部安装尾翼,在空气中飞行时,安装尾翼后的火箭弹全弹气动压心移到质心之后,从而产生稳定力矩,使火箭弹稳定飞行。

火箭弹是火箭武器系统中的一个子系统,火箭武器系统一般由火箭弹、运载及发射装置、火控系统和雷达及气象探测等系统组成。运载及发射装置在行进中运载火箭弹,在发射时赋予火箭弹高低及方向的射角。火控系统实施弹道解算,确定射击参数,控制火箭发动机点火等。当火箭弹上带有可装定装置时,火控系统也负责弹上装定装置参数装定。

### 1.1.2 火箭弹的分类

根据发射平台种类的不同,火箭弹可分为陆军火箭弹、海军火箭弹和空军火箭弹。

## 2 火箭弹设计理论 ■

陆军火箭弹是由地面作战部队使用的火箭弹。陆军火箭弹又可分为单兵火箭弹和炮兵野战火箭弹。单兵火箭弹由单兵肩射使用,其特点是弹道低伸、体积小、质量轻、火箭发动机工作时间短,主要用于对付坦克等装甲车辆、地面工事以及超低空飞行的武装直升机等目标。炮兵野战火箭弹由多管发射装置发射,其特点是弹道弯曲、射程远、火力密集,主要用于毁伤远距离分布的敌有生力量、集群坦克和装甲运兵车、炮兵和导弹发射阵地、敌前沿阵地指挥所和雷达站等目标。

海军火箭弹是以舰艇作为发射平台发射的火箭弹。常用的海军火箭弹包括:用于对付潜艇及水面舰艇的反潜反舰火箭弹,用于对付岸上集群目标的对岸火箭弹,用于干扰雷达、导弹及鱼雷的干扰火箭弹等。干扰雷达及导弹的火箭弹主要是无源干扰弹,干扰鱼雷的火箭弹主要是有源干扰弹。

空军火箭弹是以固定翼飞机或武装直升机作为发射平台发射的火箭弹,它们又分为空空火箭弹和空地火箭弹。空空火箭弹主要用于对付固定翼飞机和直升机,空地火箭弹主要用于对付地面集群有生力量、装甲车辆和地面工事等目标,也可用于攻击海上舰艇。

### 1.1.3 火箭弹的特点

与身管火炮发射的弹药相比较,火箭弹有以下几项优点:

(1) 全弹长及质量受限制小,可以达到较高的速度和较远的射程。受火炮使用寿命及机动性的限制,火炮发射的弹药很难达到很高的炮口速度,从而使射程受到较大限制,现役中大口径火炮弹药的炮口速度一般都小于  $1\ 200\ \text{m/s}$ ,在采用底排减阻或底排/火箭复合增程的情况下,其最大射程也难以超过  $50\ \text{km}$ 。对于尾翼式火箭弹,弹径、弹长和全弹质量受限制小,合理地进行全弹及火箭发动机设计,可以使火箭弹达到较高的速度和较远的射程。

(2) 发射过载小,零部件设计比较容易。火炮发射的弹药在发射时过载较大,无后坐炮及迫击炮发射的弹药其过载多数在  $5\ 000\ \text{g}$  以上,榴弹炮发射的弹药其过载都在  $10\ 000\ \text{g}$  以上。由于过载大,对零部件材料性能及结构设计要求较高,部分零件的消极质量较大。大多数野战火箭的发射过载都在  $100\ \text{g}$  以下,即使是推力较大、工作时间很短的反坦克火箭弹,其发射过载多数在  $3\ 000\ \text{g}$  以下。由于发射过载小,对材料性能及结构设计的要求可以低一些,发动机的消极质量较小,有利于控制及修正等电子元器件的应用。

(3) 发射时作用在发射装置上的力小,发射装置轻便灵活、寿命长。利用火炮发射弹药时,膛压高,作用在炮架上的后坐力很大,不仅使得火炮身管壁厚大,而且炮架的结构笨重,质量很大,其机动性也较差。野战火箭弹在发射过程中,全弹出炮口前,发射架基本不受力的作用,发射管内壁受到的压强较小。在全弹出炮口后较短的距离内,火箭发动机喷管排出的气流有一部分喷射在发射架上产生一定的作用力,但该力远小于火炮承受的后坐力。因此,火箭发射装置的结构尺寸较小,质量较轻。

(4) 火力密集,完成作战任务的时间较短。中大口径野战火炮在作战中一次只能在



膛内装填一发炮弹,而且装填炮弹的时间较长,完成一次作战任务需要的时间较长。对火箭武器来说,除单兵反坦克火箭以外,其他火箭武器系统其发射装置都有多根发射管。在作战时,发射前在每个发射管中都已装填好火箭弹,发射时可以用很短的时间间隔顺序发射火箭弹。因此,在作战中使用多管火箭武器系统不但火力非常密集,而且在较短的时间内可以完成作战任务,从而有效地提高生存能力。

由于火箭弹自身带有推进动力装置,且大多数火箭弹在出炮口后的一段外弹道上其火箭发动机仍在工作。这些因素也使得无控火箭弹存在一些缺点。

(1) 生产成本低。火炮弹药的加速过程是在火炮膛内完成的,发射一发炮弹消耗一只药筒和一定数量的发射药。火箭弹是依靠自身携带的火箭发动机推进加速的,发射一发战斗部要消耗一发火箭发动机壳体 and 一定数量的固体推进剂。在使相同有效载荷战斗部达到相同最大速度的情况下,不但火箭发动机壳体的生产成本高于药筒的成本,而且由于火箭发动机的能量利用率低于火炮发射药的能量利用率,其固体推进剂的用量及生产成本都高于火炮发射药。

(2) 密集度较差。火炮发射的弹药不但炮口速度高,而且在外弹道上除受重力和空气动力作用外,不受其他力的作用,即使受到一定的扰动因素作用,也不会产生大的散布。而无控火箭弹由于发射管较短,加速过程长,不但炮口速度低,而且在外弹道上还有较大的推力作用在火箭弹上,受到一些扰动因素作用后使弹轴偏离速度矢量方向后,将会产生较大的落点散布。

(3) 容易暴露发射阵地。用火炮发射弹药时,虽然也会产生较大的噪声,但炮口火焰的信号较小。发射火箭弹时,火箭发动机工作时将从喷管中向后喷出大量的高温高速气流,高速气流与空气摩擦会产生很大的噪声,高温气流将产生很强的光和红外信号,声、光、红外信号很容易使发射阵地暴露在敌方的雷达等探测装备之下。

## 1.2 火箭弹主要战术技术指标要求及初步分析

研制或改进一个火箭武器系统,使用方首先要根据其作战使命、配属编制、使用限制等要求初步确定火箭弹的主要战术技术指标。然后,研制者进行系统的论证及初步方案设计,经过理论及初步试验研究和分析,确定在技术上实现战术技术指标要求的可能性。在研制初期提出的主要战术技术指标包括射程、威力、密集度、弹径、全弹长、效费比、全弹质量和可靠性等。

### 1.2.1 射程指标

射程指标是火箭弹的一个重要战术指标,它体现火箭武器系统的有效使用范围。射程指标包括最大射程和最小射程两个指标。

从作战使用的角度确定最大射程指标,考虑的因素主要包括所对付敌方目标的可能