



“十二五”国家重点出版规划项目

野战火箭装备与技术

# 野战火箭 发射技术

Launch Technology of  
Field Rocket Weapon System

汤祁忠 郝宏旭 王新星 编著 I



国防工业出版社

National Defense Industry Press



“十二五”国家重点出版规划项目

国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

野战火箭装备与技术

# 野战火箭发射技术

汤祁忠 郝宏旭 王新星 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书系统介绍了野战火箭发射技术,对野战火箭发射装置的性能及发展进行了论述。共分11章,分别为野战火箭总体技术、野战火箭发射平台、贮运发射箱、发射控制系统、自动操瞄控制技术、发射装置刚度分析、发射动力学分析、传递对准技术、野战火箭防护技术、发射装置工程化设计等章节。

本书可供从事火箭弹发射装置、火箭炮、贮运发射箱研究、设计和生产的科技人员使用,也可供从事野战火箭装备研究的学者参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

野战火箭发射技术/汤祁忠,郝宏旭,王新星编著.  
—北京:国防工业出版社,2015.12  
(野战火箭装备与技术)  
ISBN 978-7-118-10637-4

I. ①野... II. ①汤... ②郝... ③王... III. ①野  
战—火箭发射 IV. ①V554

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第284154号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司印刷

新华书店经售

\*

开本 710×1000 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$  字数 375 千字

2015年12月第1版第1次印刷 印数1—1500册 定价90.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

## 《野战火箭装备与技术》丛书编委会

顾 问 刘怡昕 包为民 杨绍卿

主 编 韩珺礼

副主编 汤祁忠 周长省

编 委 (按姓氏笔画排序)

马 幸 王文平 王良明 王雪松

史 博 刘生海 汤祁忠 李 鹏

李臣明 李照勇 杨 明 杨晓红

陈四春 陈志华 周长省 郝宏旭

韩 磊 韩珺礼 蒙上阳 樊水康

秘 书 杨晓红 韩 磊

# 序

炮兵是陆军火力打击骨干力量,装备发展是陆军装备发展的重点。野战火箭是炮兵的重要装备,以其突然、猛烈、高效的火力在战争中发挥了重要作用。随着现代高新技术的飞速发展及其在兵器领域的广泛应用,20世纪90年代初,国外开始应用制导技术和增程技术发展制导火箭,使火箭炮具备了远程精确点打击和精确面压制能力,推动了炮兵由覆盖式面压制火力支援向点面结合的火力突击转变。同时,随着贮运发箱模块化发射技术的应用,火箭炮摆脱了集束定向管的束缚,实现了不同弹径、射程、战斗部种类火箭弹的共架发射,具有射程远、精度高、火力猛、点面结合、毁伤高效、反应快速、机动灵活和保障便捷的特点,标志着野战火箭装备技术水平发展到了一个新的高度,夯实了野战火箭在陆军火力打击装备中的重要地位。

我国一直重视野战火箭装备技术发展,近年来更是在野战火箭武器的远程化、精确化、模块化和信息化等方面取得了长足进步,野战火箭装备技术总体水平达到了世界先进水平,部分达到领先水平。韩瑁礼研究员带领的陆军火箭科研创新团队,长期从事野战火箭武器装备论证、预先研究、型号研制和作战运用研究等工作,取得了大量成果,相继推出的多型野战火箭武器系统均已成为陆军炮兵的火力骨干装备。

《野战火箭装备与技术》丛书(共14册)系统分析了未来战争形态的演进对陆军炮兵远程精确打击装备的需求,明晰了我国野战火箭武器装备的发展方向,从多角度研究了我国野战火箭武器装备的理论技术与运用问题,是对我国近年来野战火箭特别是远程火箭发展的总结与升华。该丛书在国内首次系统建立了涵盖野战火箭论证、设计、制造、试验和作战运用等多个方面的理论体系和技术体系,是近年来国内野战火箭装备技术和作战运用研究的理论结晶,为野战火箭向更远程、更精确、更大威力发展奠定了坚实理论与技术基础。《野战火箭装备与技术》丛书对于推动我国野战火箭武器深入发展具有重大意义!相信在各级机关的支持下,在广大科研人员的共同努力下,我国野战火箭武器将更加适应基于信息系统的打击需求,在未来信息化战争中将发挥更重要的作用!

刘怡昕

二〇一五年十一月

刘怡昕:中国工程院院士、南京炮兵学院教授。

# 自序

炮兵是陆军火力打击力量的重要组成部分,具备突然、猛烈、密集、高效的火力特点,在历次战争中发挥了重要作用,有“战争之神”的美誉。随着制导技术、电子信息技术等诸多高新技术在炮兵装备中的应用,陆军炮兵的远程精确打击能力得到大幅提升,炮兵已由过去的火力支援兵种向火力主战兵种转型,这与野战火箭武器的发展密不可分。为适应现代战争需求,野战火箭武器系统正朝着远程压制、精确打击、一装多能、高效毁伤、模块通用的方向发展。

为了提高我军炮兵作战能力,我国十分重视野战火箭武器的发展,从装备仿研、技术引进到自主研发,经过多年的积累与创新,在远程化、精确化、模块化、信息化等方面达到了较高水平。在基于信息系统的体系作战中,野战火箭主要担负战役战术纵深内对面目标精确压制和点目标精确打击任务。以贮运发箱模块化共架发射和精确化为主要特征的先进远程野战火箭武器系统,集远程综合压制、精确打击、实时侦察和效能评估于一体,为复杂战场环境下远程精确火力打击提供了重要保证,是我国陆军未来火力打击装备发展的重点。

野战火箭装备技术的发展已进入到一个新的更高阶段,立之弥高,逾之弥艰,需要有完整的基础理论加以支撑,需要有关键技术不断突破和创新,需要在基础研究上下功夫。但是,目前该领域的学术理论、技术研究成果相对分散,成系统的装备技术和理论文献很少,不利于野战火箭武器装备的优化发展。因此,迫切需要对该领域的理论与技术进行系统梳理、结集出版,以满足论证、研制、生产、作战使用等各领域参考资料缺乏的急需,为野战火箭领域人才培养和装备发展提供系统的理论与技术支撑。《野战火箭装备与技术》丛书立足野战火箭发展,填补了国内野战火箭理论与技术体系空白,被列入“十二五”国家重点图书出版规划项目,并得到了国家出版基金的资助。本丛书共有14个分册,全面系统地对我国陆军野战火箭研究成果和国内外该领域的发展趋势进行了阐述,着重对我国野战火箭基础研究和工程化研究方面取得的创新性成果进行了提炼,是我国野战火箭领域科技进步的结晶。本丛书的出版,对推动我国野战火箭装备技术不断自主创新、促进陆军武器装备发展、提升我国武器装备竞争力以及培养野战火箭领域专业人才具有重要意义。

本丛书的撰写得到了机关和广大专家的指导和帮助。感谢中国科学院院士包为民和中国工程院院士刘怡昕、中国工程院院士杨绍卿的悉心指导,感谢徐明友教授等我国野战火箭领域老一辈科研工作者奠定的基础,感谢总装备部某研究所各位领导和诸位同事的支持,感谢南京炮兵学院、南京理工大学、北京理工大学、兵器工业导航与控制技术研究所、国营 743 厂、国营 5137 厂等单位领导和科研工作者的支持,感谢国防工业出版社和陆军火箭科研创新团队为本丛书所做出的大量工作!在本丛书的撰写过程中参考了相关文献和资料,在此对相关作者一并表示感谢!

由于水平所限,书中难免有错误和不当之处,恳请读者不吝赐教。

韩珺礼

二〇一五年十一月

# 前言

野战火箭发射技术已走过 70 多年的发展历程,其技术水平已有了质的飞跃。随着贮运发射箱技术、发射控制技术、自动操瞄技术、传递对准技术的发展,特别是非金属发射管、惯性导航系统、卫星导航系统等主要组部件的技术创新,野战环境适应性不断提高,精度不断提升,野战火箭发射装置具备了反应速度快、野战机动能力强、勤务保障便利、环境适应范围广等特点,已成为陆军远程火力打击的重要组成部分。

野战火箭发射装置是野战火箭武器系统的重要组成部分,它直接影响到火箭弹的射击精度和作战效能。为了推动野战火箭发射技术的发展,提高火箭弹的射击精度,作者汇集了多年研究成果写成此书。本书的写作,从内容到形式,均与作者在科研上的体会和经历有关,反映了野战火箭发射技术的发展。

本书由以下 11 章组成:

第 1 章 绪论,概述了野战火箭发射装置的发展现状与趋势,介绍了发射装置的特点和分类。

第 2 章 总体技术,列出了通用发射装置的性能指标要求,论述了开展总体方案设计的基本方法和一般研制过程。

第 3 章 火箭发射平台,重点阐述了发射平台的性能指标,结构及工作原理,主要组部件的设计方法和理论。

第 4 章 贮运发射箱,描述了贮运发射箱的基本组成和工作原理,说明了贮运发射箱的主要组部件的设计方法,介绍了典型贮运发射箱的结构强度分析方法和示例,并描述了通常需要开展的试验内容。

第 5 章 发射控制系统,介绍了发射控制系统组成及工作原理,对火箭发射控制、导航系统、信息传输技术等进行了重点叙述,并提出了一般发射控制流程。

第 6 章 自动操瞄控制技术,重点介绍自动操瞄控制方法,并就典型野战火箭发射装置进行了自动操瞄精度分析。

第 7 章 发射装置刚强度分析,以某野战火箭发射装置为例,介绍了刚强度



分析方法,分析了发射装置载荷,并进行了结构刚强度分析。

第8章 发射动力学分析,以某野战火箭发射装置搭载贮运发射箱为例,介绍了发射动力学分析方法,并通过发射动力学响应分析介绍了发射时序和发射间隔分析方法。

第9章 传递对准技术,介绍了传递对准技术概念和相关关键技术,传递对准精度评定方法及实际应用。

第10章 野战火箭防护技术,介绍了装甲防护、三防防护、光电防护和复杂电磁环境保护等技术及应用。

第11章 发射装置工程化设计,重点从安全性、可靠性、测试性、维修性、保障性、电磁兼容性、环境适应性方面介绍野战火箭发射装置工程化设计方法。

本书的第2、9、10章由汤祁忠编写,第3、5、6章由郝宏旭编写,第1、4、7、8章由王新星编写,第11章由李栋编写,全书由汤祁忠主编。在本书的成稿过程中,俞静峰、韩迪、袁彬、申丽、丁宁、张锐等同事付出了辛勤的劳动,在此表示感谢。

在本书的编写过程中,参考了许多国内外文献资料,在此对这些文献的作者深表谢意。

本书由中国兵器工业导航与控制技术研究所张卫民研究员和南京理工大学李军教授负责审稿,提出了许多宝贵的意见,给予作者很大帮助,在此深表谢意。

由于作者知识水平、时间以及经验的局限,本书的写作难免有缺点和不足,恳请广大读者批评指正。

作者

# 目录

第1章 绪论 .....	001
1.1 野战火箭发射装置概况 .....	001
1.2 野战火箭发射装置特点 .....	003
1.3 野战火箭发射装置分类 .....	004
1.4 野战火箭发射装置发展现状与发展趋势 .....	006
1.4.1 野战火箭发展现状 .....	006
1.4.2 野战火箭发射装置发展趋势 .....	009
1.5 本书主要内容 .....	010
第2章 总体技术 .....	011
2.1 主要性能指标 .....	011
2.2 总体方案设计 .....	014
2.2.1 野战火箭发射装置设计内容 .....	014
2.2.2 发射方式选择 .....	015
2.2.3 运行体方案 .....	015
2.2.4 野战火箭装载方案 .....	018
2.2.5 发射控制方案 .....	022
2.2.6 调炮方案 .....	023
2.2.7 总体布局 .....	023
2.3 射击精度影响分析 .....	027
2.4 一般研制过程 .....	029
2.4.1 可行性论证阶段 .....	029
2.4.2 方案设计阶段 .....	029
2.4.3 工程样机研制阶段 .....	030
2.4.4 设计定型阶段 .....	030
2.4.5 生产定型阶段 .....	031

第3章 火箭发射平台 .....	032
3.1 概述 .....	032
3.1.1 发射平台主要组成 .....	032
3.1.2 发射平台总体设计基础 .....	033
3.2 发射平台战术技术要求 .....	033
3.3 底盘选择和设计 .....	035
3.3.1 底盘选择 .....	036
3.3.2 底盘设计 .....	038
3.4 发射平台支撑与调平 .....	039
3.4.1 发射平台支撑 .....	040
3.4.2 发射平台调平 .....	041
3.5 平衡机 .....	042
3.5.1 平衡机作用 .....	042
3.5.2 平衡机功用和种类 .....	043
3.5.3 平衡机类型 .....	044
3.5.4 平衡机设计 .....	044
3.6 高低机和方向机 .....	047
3.6.1 高低机和方向机相关要求 .....	048
3.6.2 高低机和方向机分类 .....	048
3.6.3 螺杆式高低机设计 .....	049
参考文献 .....	054
第4章 贮运发射箱 .....	055
4.1 贮运发射箱设计 .....	056
4.1.1 总体设计 .....	056
4.1.2 箱体结构设计 .....	059
4.1.3 定向管设计 .....	060
4.1.4 发射箱盖设计 .....	067
4.1.5 闭锁挡弹机构设计 .....	071
4.1.6 脱插机构设计 .....	082
4.1.7 非金属定向管缠绕工艺 .....	084
4.2 贮运发射箱结构强度分析 .....	086
4.2.1 贮运发射箱的有限元分析法 .....	086
4.2.2 贮存状态结构变形分析 .....	087

4.2.3	起吊过程动力学分析 .....	088
4.2.4	运输过载分析 .....	090
4.2.5	燃气流冲击作用分析 .....	091
4.3	贮运发射箱试验 .....	094
4.3.1	结构尺寸检查 .....	094
4.3.2	前密封盖试验 .....	094
4.3.3	水密性试验 .....	094
4.3.4	低气压试验 .....	095
4.3.5	贮存试验 .....	095
4.3.6	振动试验 .....	095
4.3.7	跌落试验 .....	095
4.3.8	高温试验 .....	095
4.3.9	低温试验 .....	096
	参考文献 .....	096
第5章 发射控制系统 .....		097
5.1	发射装置控制 .....	097
5.1.1	主控计算机 .....	097
5.1.2	显控装置 .....	100
5.1.3	传感器 .....	100
5.2	火箭弹发射控制 .....	103
5.2.1	功能及组成 .....	103
5.2.2	工作原理 .....	103
5.2.3	发射控制单元综合设计 .....	104
5.3	导航与定位装置 .....	104
5.3.1	惯性导航系统 .....	105
5.3.2	卫星导航系统 .....	109
5.3.3	组合导航系统 .....	112
5.4	信息传输 .....	113
5.4.1	内部通信设计 .....	113
5.4.2	车载数传设备 .....	116
5.4.3	通信控制设备 .....	117
5.5	发射控制装置技术状态检查 .....	118
5.6	发射控制流程 .....	124
5.6.1	发射准备阶段 .....	124

5.6.2 发射阶段 .....	125
参考文献 .....	125
第6章 自动操瞄控制技术 .....	126
6.1 自动操瞄控制方法 .....	126
6.1.1 执行机构特点 .....	127
6.1.2 自动操瞄控制理论与仿真 .....	127
6.1.3 常用操瞄控制方法分类 .....	141
6.1.4 旋变反馈加倾斜修正法 .....	141
6.1.5 旋变反馈加惯导修正法 .....	142
6.1.6 惯导位置反馈法 .....	143
6.1.7 对比分析 .....	143
6.2 自动操瞄精度分析 .....	144
6.2.1 自动操瞄精度影响因素分析 .....	144
6.2.2 某野战火箭发射装置自动操瞄控制方案 .....	147
参考文献 .....	148
第7章 发射装置刚强度分析 .....	149
7.1 刚强度分析方法 .....	149
7.1.1 强度计算的分类 .....	149
7.1.2 刚强度计算分析方法 .....	150
7.1.3 发射装置结构分析模型 .....	150
7.2 发射装置载荷分析 .....	151
7.2.1 运输 .....	151
7.2.2 调炮 .....	153
7.2.3 发射 .....	153
7.3 发射装置结构刚强度分析 .....	155
7.3.1 贮存状态结构刚强度分析 .....	155
7.3.2 运输状态结构强度分析 .....	156
7.3.3 调炮状态结构刚强度分析 .....	159
7.3.4 发射状态结构刚强度分析 .....	167
参考文献 .....	173
第8章 发射动力学分析 .....	174
8.1 动力学载荷分析 .....	174

8.1.1	发射振动激励因素 .....	174
8.1.2	发射动载荷的影响 .....	175
8.2	动力学分析方法 .....	175
8.2.1	计算数学模型 .....	175
8.2.2	模型设置 .....	176
8.3	发射动力学响应分析 .....	181
8.3.1	流动现象与载荷机理分析 .....	181
8.3.2	发射状态与动力学响应特征 .....	188
8.4	发射时序与发射间隔 .....	189
8.4.1	初始扰动 .....	189
8.4.2	射序与发射间隔设计分析 .....	192
	参考文献 .....	196
<b>第9章 传递对准技术 .....</b>		<b>197</b>
9.1	传递对准概念 .....	197
9.1.1	初始对准 .....	198
9.1.2	传递对准 .....	199
9.1.3	制导火箭传递对准技术 .....	199
9.2	传递对准的关键技术 .....	200
9.2.1	传递对准的匹配模式 .....	200
9.2.2	挠曲变形、振动和杆臂效应误差 .....	202
9.2.3	传递信息的品质 .....	202
9.3	传递对准常用匹配模式 .....	203
9.3.1	传递对准机动方式的数学模型 .....	203
9.3.2	速度匹配 .....	205
9.3.3	姿态匹配 .....	206
9.3.4	角速率匹配 .....	208
9.3.5	加速度匹配 .....	209
9.3.6	位置匹配 .....	211
9.3.7	组合参数匹配模式 .....	212
9.3.8	野战火箭传递对准匹配模式的选择 .....	213
9.4	传递对准影响因素分析与补偿方法 .....	214
9.4.1	杆臂效应误差补偿 .....	214
9.4.2	动态挠曲变形误差补偿 .....	216

9.5	传递对准精度评定方法 .....	219
9.5.1	位置信息精度评定方法 .....	219
9.5.2	其他信息精度评定方法 .....	220
9.6	传递对准在制导火箭中的应用 .....	220
	参考文献 .....	221
<b>第10章 野战火箭防护技术 .....</b>		<b>222</b>
10.1	野战火箭的装甲防护技术 .....	222
10.1.1	野战火箭的装甲防护技术现状 .....	222
10.1.2	野战火箭的装甲防护技术发展趋势 .....	224
10.2	野战火箭武器三防技术 .....	225
10.2.1	三防的基本原理 .....	225
10.2.2	三防的主要防护项目 .....	226
10.2.3	主要技术性能及要求 .....	227
10.2.4	野战火箭发射装置的“三防”设计 .....	228
10.3	光电对抗防护技术 .....	229
10.3.1	野战火箭面临的火力威胁 .....	229
10.3.2	野战火箭光电对抗防护技术 .....	229
10.4	复杂电磁环境防护技术 .....	231
10.4.1	野战火箭发射装置面临的复杂电磁环境 .....	231
10.4.2	复杂电磁环境的特点 .....	232
10.4.3	复杂电磁环境对野战火箭的影响 .....	234
10.4.4	复杂电磁环境下野战火箭的防护技术和对策 .....	234
	参考文献 .....	236
<b>第11章 发射装置工程化设计 .....</b>		<b>237</b>
11.1	安全性 .....	237
11.1.1	装备使用安全影响分析 .....	237
11.1.2	危险识别与安全性设计措施 .....	238
11.1.3	安全性风险分析 .....	239
11.1.4	安全性设计原则 .....	239
11.1.5	安全性设计方法 .....	240
11.2	可靠性 .....	242
11.2.1	任务剖面分析 .....	242
11.2.2	可靠性模型 .....	242

11.2.3	可靠性分配 .....	244
11.2.4	可靠性预计 .....	245
11.2.5	故障模式影响及危害性分析 .....	245
11.2.6	关键产品的识别与控制 .....	247
11.2.7	可靠性设计措施 .....	248
11.2.8	可靠性试验 .....	249
11.3	测试性 .....	250
11.3.1	测试性要求 .....	250
11.3.2	测试性研究方法 .....	250
11.4	维修性 .....	252
11.4.1	维修性要求 .....	252
11.4.2	维修性研究方法 .....	252
11.5	保障性 .....	255
11.5.1	保障性要求 .....	255
11.5.2	保障性研究方法 .....	255
11.6	电磁兼容性 .....	258
11.6.1	电磁兼容性要求 .....	258
11.6.2	电磁兼容性研究方法 .....	260
11.7	环境适应性 .....	262
11.7.1	环境适应性一般要求 .....	262
11.7.2	环境适应性研究方法 .....	262
	参考文献 .....	265



# 第1章

## 绪论

炮兵,作为陆军重要的火力打击力量,在陆战场上起着决定性作用;炮兵装备,一直是陆军装备发展的重点。火箭武器,作为炮兵装备中的后起之秀,以其突然、猛烈和集中的火力著称于世,自从第二次世界大战中诞生以来,其身影活跃在几乎所有的战场上,彰显出强大的作战威力,受到了各国军队的青睐。从第二次世界大战中苏联研制成功“喀秋莎”火箭炮至今,世界各国竞相发展了60多种型号的火箭武器,已成为世界各国炮兵不可或缺的主战装备。

信息化战争时代来临,炮兵武器作为陆军联合精确打击火力的主要力量,其远程精确打击能力是衡量信息化技术水平和信息化条件下作战能力的重要方面,也是赢得信息化战争的根本。在身管火炮射程、威力难以进一步提高的情况下,火箭武器正在承担陆军炮兵远程精确打击的重要使命,朝着远程压制、精确打击、一装多能、高效毁伤的方向快速发展。

野战火箭发射装置作为面饱和压制和精确打击武器,是炮兵遂行快速、猛烈的火力打击的主要手段。

### 1.1 野战火箭发射装置概况

野战火箭武器系统主要由火箭弹和发射装置组成,火箭发射装置包括发射平台、发射控制系统和贮运发射箱(或集束定向管)。火箭发射装置具有携带火箭弹进入发射阵地、对火箭弹装定参数、为火箭弹提供射角射向、实施发动机点火等主要功能。

野战火箭发射装置是一种由大型结构部件、机械传动系统、大功率液压或电气驱动系统、自动控制系统、通信系统及各类计算机软件等组成的综合性系统,其设计、制造、使用维护等均涉及多种学科。

在理论设计方面,机械结构静力学和动力学、材料科学、燃气力学、电气和控制、计算机及软件等各学科既自成体系又相互交叉,需要综合应用上述学科