



“十二五”国家重点出版规划项目

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLISHING FUND PROJECT

野战火箭装备与技术

野战火箭 武器系统精度分析

Accuracy Analysis of
Field Rocket Weapon System

韩珺礼 著 |



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

野战火箭武器系统精度分析

韩珺礼 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书分析了野战火箭武器系统的组成、精度指标论证和精度试验方法,阐述了实弹射击条件下的精度分配方法,以射击效率为基础构建了研制费用函数,建立了野战火箭简易控制弹道模型和修正量计算模型,并以实例计算出弹道基本诸元和修正量诸元,研究了野战火箭精度试验方法,为野战火箭武器系统论证、研制、试验和作战使用奠定坚实基础。

本书可作为参与野战火箭研制、生产和使用的工程技术人员的参考书,也可作为从事武器装备总体设计、系统仿真、动力学研究及试验研究的研究人员及高校师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

野战火箭武器系统精度分析 / 韩珺礼著. —北京:国防工业出版社,2015.12

(野战火箭装备与技术)

ISBN 978-7-118-10605-3

I. ①野... II. ①韩... III. ①火箭炮—武器系统—研究 IV. ①TJ393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 284242 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 13 $\frac{3}{4}$ 字数 280 千字

2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1500 册 定价 68.00 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。韩珺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

野战火箭的精度水平是野战火箭武器系统完成给定作战任务能力的重要表征,野战火箭精度分析贯穿于武器系统论证、研制、试验和使用的全过程。精度指标是武器系统的综合性指标,它涉及数学和武器装备的各种专门知识。它所用到的数学基础包括概率论、数理统计以及误差理论等;所用到的武器装备专门知识,就野战火箭武器系统而言,主要有弹道学、空气动力学、制导与控制原理、火箭发动机原理、战斗部和引信原理等。由于专业涉及面广,分析难度大,到目前为止,以野战火箭为实际背景的精度分析专著尚属空白,著述本书就是为了弥补这方面的不足。

陆军远程精确打击能力建设,迫切要求提高野战火箭的精度水平,使得精度分析成为论证、研制、试验和使用部门极为关注的核心。本书自始至终以远程野战火箭为例,主要探讨简易控制体制和制导体制的两类野战火箭,比较系统、深入地讨论了精度分析所涉及的各方面的问题,一方面力图使所论述内容具有系统性和先进性,另一方面注重实用性和不失一般性。本书内容的主要来源是作者多年研究成果的总结凝练,并融合了公开出版的有关文献,希望本书的出版对野战火箭领域的科研工作者有所裨益。

本书主要讨论了五个方面的问题:一是武器系统精度分析方法,研究了影响武器系统精度的因素,讨论了精度论证和精度分配方法(第1、2、3章);二是火箭弹简易控制原理和弹道模型,介绍了角度稳定系统和距离修正系统模型(第4、5章);三是制导火箭弹误差理论及弹道修正理论,并采用建立的仿真模型和修正理论,编拟了多管火箭炮武器系统弹道基本诸元及修正量表(第6章和附录);四是精度评估和试验方法,介绍了精度评估方法和精度试验方法(第7、8章);五是刚弹耦合的弹道理论,为大长细比野战火箭的论证设计和精度分析提供新的理论支撑(第9章)。

本书可作为野战火箭总体论证人员、具有兵器专业知识的工程技术人员、教学科研人员和装备使用人员的参考,也可作为军队院校武器系统与运用工

程、弹药工程以及作战指挥等专业的研究生教材。

本书写作过程中,借鉴了徐明有教授的相关研究成果,参考了相关文献资料,在此,对原作者表示谢意。

由于作者水平有限,加之内容广泛,书中难免有错误和不妥之处,望读者批评指正。

作者

目录

第1章 绪论	001
1.1 精度分析的意义	001
1.2 精度分析方法	002
1.3 内容概要	004
第2章 多管火箭炮系统精度的概念	005
2.1 精度的基本概念	005
2.1.1 准确度	005
2.1.2 密集度	006
2.1.3 精度	007
2.2 系统精度相互关系	007
2.2.1 射弹落点偏差	007
2.2.2 精度指标相互关系	009
第3章 野战火箭武器系统精度论证	011
3.1 野战火箭武器系统组成	011
3.2 误差源分析	012
3.2.1 从武器系统各装备自身分析	012
3.2.2 从弹道学角度分析	018
3.2.3 从射击学角度分析	020
3.3 精度指标论证	021
3.3.1 单因素误差分析综合	021
3.3.2 系统精度指标论证的一般理论	024
3.3.3 射击误差	024
3.3.4 射击效率指标	026
3.3.5 研制费用函数	027

3.3.6	精度分配问题的解法——均匀网络法	027
3.4	制导火箭弹命中精度	028
3.4.1	国内外制导技术发展	028
3.4.2	影响命中精度的误差因素	029
3.4.3	提高制导火箭弹精度的主要技术途径	030
3.5	多管火箭炮系统精度指标	032
3.5.1	炮单独误差	032
3.5.2	连单独误差	033
3.5.3	营共同误差	033
3.5.4	射击误差及精度计算	033
3.5.5	典型目标毁伤概率	034
第4章 影响武器系统精度的力和力矩		035
4.1	推力	035
4.2	地球引力	037
4.3	重力	038
4.4	扰动引力	039
4.5	控制力	042
4.6	升力	043
4.7	马格努斯力	044
4.8	作用在弹箭上的力矩	044
第5章 简易控制火箭弹弹道方程		047
5.1	坐标系的建立	047
5.1.1	地球坐标系	047
5.1.2	弹上坐标系	047
5.2	坐标系之间转换	049
5.3	弹道方程	053
5.3.1	质心基本运动方程	053
5.3.2	转动运动方程	054
5.3.3	弹道模型中所用到的一些关系式	058
5.3.4	火箭弹飞行过程中所受力和力矩	059
5.3.5	方程计算中用到的各符号意义	064
5.3.6	解弹道方程时还要用到的关系式	066

5.4	控制系统距离修正系统仿真模型	068
5.5	角度稳定系统数学仿真模型	071
5.5.1	坐标系	071
5.5.2	各坐标系之间的变换	072
5.5.3	液浮陀螺数学模型	072
5.5.4	陀螺状态方程	074
5.5.5	陀螺交连方程	075
5.5.6	滤波器的设计	076
5.5.7	控制力调制	077
5.5.8	角稳系统状态方程	077
5.5.9	控制力矩	078
5.6	仿真结果	078
第6章 火箭弹传递对准精度与弹道修正理论		084
6.1	传递对准精度分析	084
6.1.1	传递对准误差模型	084
6.1.2	快速动态传递对准匹配方法	086
6.1.3	快速动态传递对准滤波算法	087
6.1.4	快速动态传递对准误差补偿算法	088
6.2	捷联惯导系统传递对准误差模型	090
6.2.1	捷联惯导系统基本原理	090
6.2.2	欧拉角法	094
6.2.3	四元素法	096
6.3	制导火箭弹惯性导航系统误差分析	102
6.3.1	制导火箭弹上惯导系统简介	102
6.3.2	制导火箭弹捷联惯性导航系统原理	103
6.3.3	捷联惯性导航系统误差分析	109
6.4	火箭弹弹道修正因素及方法	112
6.4.1	科氏加速度	112
6.4.2	重力	112
6.4.3	地面气压	113
6.4.4	气温	113
6.4.5	主动段纵风	113
6.4.6	被动段纵风	114

6.4.7	主动段横风	114
6.4.8	被动段横风	114
6.4.9	阵地高程修正	115
6.5	修正量计算	115
第7章	野战火箭武器系统精度评估	116
7.1	武器系统射击精度的估计方法	116
7.1.1	多阶段试验综合分析方法	117
7.1.2	平均统计方法	121
7.2	系统射击精度和射击准确度评定方法	122
7.2.1	武器系统射击精度和射击准确度置信上限检验	122
7.2.2	贝叶斯检验方法	122
7.2.3	经典统计评定方法	123
7.2.4	综合序贯检验方法	124
第8章	野战火箭武器系统精度试验方法	128
8.1	试样状态	128
8.2	靶场试验	128
8.2.1	武器系统射击精度试验条件要求	128
8.2.2	武器系统射击精度试验实施	129
8.2.3	武器系统射击精度试验评估	129
第9章	野战火箭弹刚弹耦合体弹道模型	130
9.1	火箭弹弯曲变形	130
9.2	微元体的速度与加速度	131
9.3	气动力	133
9.4	弹体弯曲变形方程	134
9.5	刚弹耦合体弹道方程	136
9.6	刚弹耦合体弹道微分方程解法	137
9.6.1	方程的简化	137
9.6.2	刚弹耦合弹体微分方程的解法	138
附录	弹道基本诸元及修正量表	146
参考文献	205

第1章

绪论

1.1 精度分析的意义

武器系统的精度是决定射击效力的重要因素,在未来战争中,远程精确打击将成为最佳方式。为了实现远程精确打击,发展了诸如地地战役战术导弹、防空导弹等高价值的精确打击武器。对于一般的常规地面压制武器如身管火炮、多管火箭炮等,受制于成本和传统技术水平,较难以实现精确打击。为了提高常规地面压制武器的打击精度,相继发展了弹药末敏技术、末制导技术、弹道修正技术、子母弹精确制导子弹药技术和炮射导弹技术等,这些新技术在身管火炮上已得到了很好的应用,使得身管火炮趋向于精确化。但对于多管火箭炮,由于受到发射振动、燃气流冲击、气候条件等诸多因素的影响,存在较大的射弹散布。为了提高多管火箭炮的射击精度,针对火箭炮的特点,相继对提高火箭弹密集度、准确度和精度的技术措施进行了广泛的探讨。如火箭炮同时滑离技术、火箭炮被动控制技术、火箭弹简易控制技术、火箭弹制导技术等,其中火箭弹简易控制技术和制导技术已在多管火箭炮武器系统中得到了较好的应用,如美国 M270 多管火箭炮发射的“鸭舵”式简易控制火箭弹和制导火箭弹,俄罗斯“旋风”多管火箭炮的“射流”式简易控制火箭弹等。火箭弹简易控制技术和制导技术的应用,使得多管火箭炮有了真正意义上的射击精度,改变了对常规火箭炮只谈射击密集度而不讲射击准确度的状态。我国的多管火箭炮武器系统的火箭弹采用简易控制技术,具备了用射击精度进行综合衡量的特征,而制导火箭弹技术的应用,使得多管火箭炮成为精确打击武器。

就多管火箭炮武器系统而言,最终的落点精度,反映了武器系统各装备的误差综合,包括大地测量误差、气象探测的各气象要素探测误差、多管火箭炮的调炮误差、射击诸元计算误差、火箭弹起始扰动引起的飞行偏差、火箭弹主动段飞行时的推力偏心和气动偏心引起的误差、火箭弹的质量偏心和动不平衡等引

起的飞行误差等误差因素。因此,必须对多管火箭炮武器系统进行精度分析,以期找出影响精度的主要因素,在论证中给予重点讨论,在设计、试制过程中解决它,在试验中进行重点考核。

多管火箭炮武器系统的精度分析工作贯穿于系统的全寿命周期,在武器系统论证过程中进行精度分析,为精度指标论证提供依据;在研制过程中进行精度分析,可使得精度指标得到切实可行的精度分配结果,贯彻于武器系统的研制过程中,使研制过程中的各分系统的设计精度指标得以控制;在试验与验收过程中进行精度分析,可使试验与验收工作抓住重点;在武器系统装备部队后仍要进行精度分析,以及时解决使用过程中发现的精度问题。

精度分析工作最重要的是在论证阶段和试验验收阶段。在论证阶段,由于是新提出的武器系统,基本没有更多的经验可供借鉴,如何使武器系统在满足使用要求的前提下,论证提出切合实际的精度指标是非常困难的,因此必须分析目前所有相关设备的技术状态和随着技术发展在系统研制周期内所能达到的精度水平,并利用一定的方法,将精度分析应用于精度指标的论证过程中。在试验与验收阶段,由于试验样机已经试制加工完成,是否达到精度指标要求,必须靠试验进行验证。试验测试的精度数据是随机的,如果用试验统计验证是否达到精度指标要求,就必须通过大量的飞行试验进行统计,给出一定置信水平下的精度的概率统计值,但受经费和时间等的制约很难进行大规模的试验验证。因此,为了节约经费、缩短试验周期,在试验时需要采用仅通过少量的试验去判定系统精度的试验方法,通过飞行试验测试,结合对武器系统各装备精度的分析,评估出武器系统的精度水平。

1.2 精度分析方法

对多管火箭炮武器系统的精度分析,涉及方方面面的知识,如误差理论、统计学、弹道学、控制理论、火箭弹设计、火箭炮设计、空气动力学、计算机技术、火力控制原理、气象学、大地测量、炮兵战术和指挥等众多学科。因此,精度分析的方法亦是不一而足的。

在进行精度指标论证时,所用的精度分析方法是综合分析法,首先分析武器系统内各装备自身的精度水平,如气象探测系统的气象要素的测量精度,决定阵地坐标的大地测量精度,多管火箭炮自身所能达到的调炮精度以及火箭弹飞行过程中所受到干扰因素的测量精度和落点的测量精度等。对以上各装备的精度水平进行分析,对误差源和误差种类进行综合分析,结合武器系统的作战任务和使命,综合分析论证多管火箭炮武器系统的精度指标。

在进行样机设计、试制过程中,所用的精度分析方法更是多样,如分解综合

法,首先对多管火箭炮武器系统的精度指标进行分析,把精度指标分解到各个装备和可执行单元。对于多管火箭炮首先综合分析底盘和发射装置的制造精度、火控系统的操瞄解算精度、随动系统的控制精度、火箭炮发射装置中高低机的加工制造误差、定向管的加工制造及安装误差、光学瞄准具的瞄准精度和安装误差等因素,以判断系统的精度指标分解到多管火箭炮具体精度指标是否合适,然后再修正系统精度指标分解的结果,如此,通过多次分解和综合,得到多管火箭炮自身的精度指标和炮上各组成部分的精度指标及误差控制范围;对于火箭弹,亦是利用同样的方法进行精度指标的分配和分解,使弹上每一个部分都有可具体操作的精度指标,其他装备亦是如此。

在样机试验过程中,所用的精度分析方法亦是纷繁复杂,如预估落点的弹道分析法、重现试验弹道的卡尔曼滤波法、数字仿真和半实物仿真分析方法等,在试验中应注重观测数据的精度,以保证精度分析的顺利进行,对试验中所用的测控设备,要定期进行标定,以达到测量所需的精度。

在使用过程中的精度分析方法,是一个崭新的研究课题,没有规范可以参照,应根据装备使用过程中出现的各种问题,结合武器系统的论证、设计、加工试制和试验验收过程及时进行分析,找出解决问题的方法,以弥补使用过程中各种使用因素造成的武器系统的精度水平下降,使多管火箭炮武器系统始终保持良好的射击精度。

在武器系统的精度分析方面,立足于全系统的精度分析的著述目前尚未见到,国内外研究较多的精度分析方法主要是针对导弹系统展开的,一般只分析导弹的对准精度和制导精度,由于导弹发射架的影响精度在导弹系统精度中所占的比例较小,一般不予考虑。而对于多管火箭炮武器系统的精度,不但与火箭弹的精度有关,还与火箭炮的精度、气象测量精度和大地测量精度等有密切关系,因此在进行远程多管火箭炮武器系统精度分析时,只有部分可参考导弹的精度分析方法,对于全系统的精度分析必须探讨切实可行的新方法。

多管火箭炮武器系统的精度分析应研究以下各方面的问题:

1. 装备条件

多管火箭炮武器系统的装备包括多管火箭炮、火箭弹、气象探测系统、大地测量系统等,必须研究这些对象,区分各装备的误差因素和误差源。

2. 目标条件

研究多管火箭炮武器系统所打击的目标性质、分布状况和运动规律等,随着打击目标的不同,多管火箭炮武器系统的使用方式不同。用于测量目标坐标的设备和方法不同,所决定目标的坐标精度不同。其射击精度随着决定目标的坐标精度不同将表现出不同的系统精度水平。

3. 射击条件

研究多管火箭炮武器系统的射击条件,单炮齐射、全连齐射、全营齐射还是

其他的射击方式,随着射击方式的不同,系统精度亦呈现不同的特征。多管火箭炮的射击可分为许多种类,如多管火箭炮的管数为 n 管,单门火箭炮发射 1 发火箭弹称为单射,单门火箭炮连续发射 $m(m < n)$ 发火箭弹称为 m 发连射,单门火箭炮连续发射 n 发火箭弹称单炮齐射;在射击条件中还包含多管火箭炮的阵地配置、气象条件和诸元修正误差等。

1.3 内容概要

本书第 1 章中首先对多管火箭炮武器系统精度分析的必要性和重要意义进行了阐述,指出对于一个庞大复杂的多管火箭炮武器系统,为了完成作战任务,武器系统内各装备间的协调一致是至关重要的,完成作战任务就是发挥系统内各装备的综合性能和火箭炮的射击效力,实现应有的作战效能,武器系统必须达到应有的精度要求。

本书第 2、3 章建立了多管火箭炮武器系统精度分析的理论体系,重点研究了影响武器系统精度的因素,介绍了精度分析、分配的具体方法。第 4 章阐述了影响武器系统精度的力和力矩。第 5 章建立了多管火箭炮武器系统的简易控制弹道仿真模型,第 6 章建立了制导火箭弹传递对准精度与弹道修正理论,并采用建立的仿真模型和修正理论,编拟了多管火箭炮武器系统简易射表,为武器系统的部队使用奠定了基础。第 7 章介绍了武器系统精度评估方法,第 8 章介绍了精度试验方法,第 9 章介绍了野战火箭弹刚弹耦合体的弹道模型,为大长细比野战火箭的论证设计和精度分析提供新的理论支撑。

本书建立了多管火箭炮武器系统的精度指标的论证理论,并介绍了多管火箭炮武器系统的精度指标,以及对精度指标的试验分析及评估的方法。通过国家靶场设计定型试验验证,本书所提出的多管火箭炮武器系统的精度指标是合理的。本书最后针对多管火箭炮武器系统的简易控制火箭弹的飞行特点,结合落点精度分析,探讨了刚弹耦合弹道理论。

本书的研究成果分阶段已应用于多管火箭炮武器系统的研制过程中,本书的大部分研究内容是开创性的,填补了多管火箭武器系统精度分析的空白,随着多型装备的国家靶场设计定型试验的圆满完成,设计定型试验结论是本书研究成果的最好例证。