



纪念
单一制联邦国有企业——“合金”科研生产联合体60周年



俄罗斯火箭火炮科学院

火箭弹分离系统 实验模拟和实验研究

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ОТРАБОТКА СИСТЕМ РАЗДЕЛЕНИЯ
РЕАКТИВНЫХ СНАРЯДОВ



(俄) Н.А.马卡罗维茨 Г.А.杰涅日金 В.И.科兹洛夫 А.А.列奇科 著

中国兵器科学研究院 译 李新龙 主审



国防工业出版社

National Defense Industry Press

俄罗斯火箭火炮科学院
单一制联邦国有企业——“合金”科研生产联合体

火箭弹分离系统实验模拟和实验研究

(俄) H. A. 马卡罗维茨 Г. A. 杰涅日金 著
B. И. 科兹洛夫 A. A. 列奇科
中国兵器科学研究院 译 李新龙 主审

国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2006-086 号

图书在版编目(CIP)数据

火箭弹分离系统实验模拟和实验研究/中国兵器科学
研究院译.—北京:国防工业出版社,2008.3
ISBN 978-7-118-05205-3

I. 火… II. 中… III. 火箭弹—分离—模拟实验
—研究 IV. TJ415—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 079845 号

Экспериментальное моделирование и отработка систем разделения реактивных снарядов

Н. А. Макаровец, Г. А. Денежкин, В. И. Козлов, А. А. Редько

©Н. А. Макаровец, Г. А. Денежкин, В. И. Козлов, А. А. Редько, 2005

©ФГУП «ГНПП «Сплав», 2005

本书中文简体版由俄罗斯格里夫和 К 股份公司出版社, Н. А. Макаровец, Г. А. Денежкин,
В. И. Козлов, А. А. Редько 授予, 中国国防工业出版社独家出版发行。版权所有, 侵权必究。

※

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 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张 9 $\frac{1}{4}$ 字数 173 千字

2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

编译委员会

主任	杨卓			
副主任	钱明伟	李新龙	邹汝平	
委员	(按姓氏拼音排序)			
	陈俊武	陈西峰	韩珺礼	刘生海
	罗军	马怀义	孟宪珍	曲绍谦
	邵凤昌	王辉	王俊琦	王雪松
	徐中信	杨绍卿	杨树兴	张沅
执行委员	张沅	孟宪珍		
技术顾问	杨绍卿	徐中信	马怀义	韩珺礼

译审人员

主审	李新龙			
主译审	盛永才			
翻译人员	张沅	刘佳焱	盛永才	何万强

序 一

从18世纪英国工业革命至今的两百多年中，人类智慧创造的科技成就远远超出了之前几千年的总和，人类社会在每一次科技进步推动下不断揭开了人类历史发展的新一页：随着蒸汽机、内燃机、电动机的出现，火车遍布地球、轮船航行五洲、飞机凌空翱翔；随着电话、电视、网络的出现，人类实现了天涯若比邻的夙愿；核能为造福人类添彩、宇宙为迎接人类欢笑。以瓦特、爱迪生等为代表的发明家，以牛顿、爱因斯坦等为代表的科学家，成为人类文明航道上的航标灯，他们的创造发明和理论思想是人类必需继承的财富，是人类继续迈进的基石。

中国兵器行业在中国共产党率领的民族奋斗中诞生，在民族解放中成长，在民族独立下发展，更要在中华民族的伟大复兴中赶上世界先进水平，在创新中实现超越。兵器工业面临着赶、超的双重任务：要缩短与世界先进水平的差距，用几年走完别人十几年、几十年走过的路，任务无比艰巨；要抓住历史机遇，在新技术领域保持与国际发展的同步进程，准确快速地抢占技术制高点，寻求超越的可能性，更是近代中国几代仁人志士的奋斗目标。要赶上世界先进水平就要了解世界兵器科技的发展前沿、学习人类创造的知识财富，掌握国际水平的科技成果。学习是使人进步的唯一途径，我们要带着宽广的胸怀学习、愉快的心情学习、充实的自信学习、创新的渴望学习。

在技术进步带动下的世界军事工业转型大潮中，陆军装备的改型升级已摆到了突出的地位，以提高打击距离、精度、威力和机动性的陆军综合作战装备的技术升级已成为关注重点。了解掌握世界兵器技术的发展动态，学习借鉴他人之长，有效利用国际技术资源为我国兵器装备机械化、信息化建设服务，是中国兵器行业迈进国际先进水平的重要途径之一，也是我们进入世界军贸市场的重要支撑。利用翻译出版、学术研讨、科技情报等信息平台加强与发达国家的学术交流，扩大对外合作交流广度与深度，将有效地提高我们研制和创新工作的起点；通过国际技术合作开拓兵器行业发展新的增长点是在兵器行业深入贯彻落实科学发展观，建设创新型国家的具体实践。

俄罗斯从研制生产“喀秋莎”火箭炮开始一直在世界多管火箭系统领域占据


领先地位，第二次世界大战胜利后的六十多年来在不同年代研制并装备的“冰雹”、“飓风”、“旋风”系统不断把多管火箭系统的能力和威力提高到更远、更准的水平。同时俄罗斯在远程多管火箭系统的武器设计理念、研制理论、研制方法、效能评估及其战术需求和应用方面形成了一整套的完整学说。

《多管火箭武器系统及其效能》和《火箭弹分离系统实验模拟和实验研究》这两本书是由 H. A. 马卡罗维茨先生率领的团队完成的，并受原作者委托由中国兵器科学研究院组织翻译、出版中文版。H. A. 马卡罗维茨先生是俄罗斯“合金”科研生产联合体总经理、俄罗斯火箭火炮科学院院士，2001 年被授予“俄罗斯英雄”称号，是火箭火炮系统设计生产图拉学派的创始人之一，也是我的老朋友；其他作者也是火箭技术领域的著名专家。鉴于编著者的学术造诣，以及在火箭火炮技术领域的卓越成就，《多管火箭武器系统及其效能》和《火箭弹分离系统实验模拟和实验研究》这两本书的翻译出版，无疑对我国多管火箭武器系统的理论研究及技术促进具有重要意义。

《火箭弹分离系统实验模拟和实验研究》一书分析了国外多管火箭武器系统研制状态和开发的主要方向，并对多管火箭武器系统火箭弹分离系统的有关技术特性做了详细的描述，做到了宏观与微观、理论与实践的有机结合，既适合技术人员作为专业读物、教学之用，又对兵器科技管理部门制定规划、促进发展、服务部队有一定指导作用，体现出较强的实用价值。

值此该书付梓之际，希望广大兵器科技人员和管理部门牢牢抓住我国兵器科技快速发展的有利时机，紧密围绕兵器科技发展的前沿领域，继续扩大对外合作交流力度，不断提高业务水平，为我军应对世界新军事变革以及我国兵器科技的又好又快发展再谱新的篇章！

中国兵器工业集团公司总经理



2007年11月16日

序 二

为提高压制和毁伤面目标的作战效能，使箭弹有效载荷和火箭分离，以增大毁伤、压制面积，同时，在目标区上空，火箭分离后对精确子弹药进行导引，直至精确命中目标，已日益成为火箭武器系统的主要发展方向。

俄罗斯火箭火炮科学院 H. A. 马卡罗维茨院士和Г. A. 杰涅日金总设计师等所著《火箭弹分离系统实验模拟和实验研究》，是在俄罗斯部队已列装的 122mm “普珞玛”多管火箭武器系统和 300mm “旋风”多管火箭武器系统的子母战斗部研制过程中，进行火箭弹分离系统理论研究、动态建模和实验模拟基础上的总结和提炼。

《火箭弹分离系统实验模拟和实验研究》首先阐述火箭弹分离运动过程的弹道特性，详细介绍采用的各种分离系统的分离、开舱和子弹抛撒的结构特点和作用原理，并突出介绍分离火箭弹的工作过程及其在实验模拟试验的方法和各种模拟试验装置；从模拟试验装置的内弹道参数设计到迎面气流作用下分离火箭弹的动态试验方法、试验装置，该书都进行了较全面的介绍，特别是对大型和重型战斗部的火箭轨道车动态模拟动载试验亦进行了重点说明。

该书从装备研制角度出发，阐述了火箭弹分离过程实验研究中对分离体的参数测量方法及其测试设备，以及火箭飞行试验中分离参数的遥测参数获取及其遥测系统的组成和工作过程。

H. A. 马卡罗维茨院士、Г. A. 杰日涅金总设计师领导和参与俄罗斯多管火箭系统研制数十年，对具有俄罗斯特色的火箭弹分离系统及其分离关键技术具有十分丰富的实践经验和较高的理论造诣，他们的专著《火箭弹分离系统实验模拟和实验研究》对我国从事多管火箭武器系统和火箭弹分离系统研究、研制和生产的广大工程技术人员具有十分有益的学习、借鉴意义。特别是该书中介绍和推荐的实验研究结果，为我们提供了十分宝贵的经验和指导，使我们在此基础上少走弯路，更好、更快地提高我们的研发能力和技术水平，更好地促进和提高我们自主创新的能力。

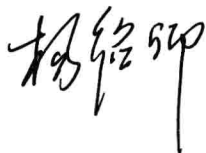


二〇〇七年十一月十七日于西安

序 三

我数次造访 H. A. 马卡罗维茨院士所领导的俄罗斯单一制联邦国有企业——“合金”科研生产联合体，有幸与马卡罗维茨院士近距离接触并探讨火箭技术的有关问题，他的人格魅力与学识水平给我留下了深刻印象。2005 年仲夏马卡罗维茨院士来访期间，他将刚刚出版的俄文原版《多管火箭武器系统及其效能》和《火箭弹分离系统实验模拟和实验研究》两本书作为礼物送给了我，两书的扉页上签上了他的名字并附有完全相同的简短赠言：“谨以此书见证我们的真诚友谊和合作成果，祝愿友谊之树常青，合作之路更宽。”我很珍惜这份礼物，工作之余挤时间认真阅读此书，尤其当本书译者将中译本样书送到我手中要求我为译著作序时，我又从头开始阅读了全书，读来受益匪浅，真有爱不释手之感。

《多管火箭武器系统及其效能》和《火箭弹分离系统实验模拟和实验研究》，从不同的角度论述了不同的问题。前者以射击效能指标为主线，应用射击理论的方法和工具，从理论的高度全面深入地论述了火箭武器系统的效能指标与其战术、技术、性能参数之间的关系；后者则以子母式火箭弹为对象，应用实验方法研究分离抛射机构的特性，分离抛射过程的模拟及过程参数测试，实验模拟方法及测试仪器设备选择等问题。从本质上讲，前者通过效能分析，为系统设计和使用提出要求，或者对已构建的系统和使用方案进行评估，并依评估结果修改已有的设计及使用方案；后者则是从实验上测试、验证并实现所要求的性能。因此，两书的内容互为补充，互相依存，相得益彰。值得指出的是，这两本书是作者在长期科研实践的基础上，总结、提炼、升华而成，体现了理论和实践的高度统一，因此，不失为具有重要理论和实践指导意义的优秀专著。我国在该领域从事研究、设计、制造、试验及使用的科技工作者不妨一读，相信一定会大有收获。



二〇〇七年十一月于西安

前 言

世界上所有强国的军队都拥有多管火箭武器系统，而且都在不停地发展，既加强研制有发展前途的新产品，又对现有装备进行改造。

提高多管火箭武器系统作战效能最迫切的发展方向是研制分离火箭弹，这种火箭弹配备有整体式的集中作用战斗部，或者子母式战斗部。前者是依靠研究战斗部的稳定系统和垂直系统，来实现爆震产物和杀伤弹片的水平方向运动，从而保证集中作用的弹药具有最大的作用效能；而后者是在弹道的给定点将战斗部打开，均匀地抛撒用途不同的子弹药对目标进行杀伤，从而提高弹药的作战效能。这一途径可以在短时间内大大改善现有火箭系统的作战性能，因为子母战斗部可以针对很多种目标，其效能超过集中作用的相应战斗部的效能很多倍。

在实践中，要将这一类型弹药的优点发挥出来，需要研制在给定的高度上实现分离或开舱的分离系统，并将子弹药在一定的面积范围内抛撒开来。面积范围的大小取决于子弹药的数量，及在目标处的作用效能。鉴于这一点，研制分离火箭弹时，产生了下列一些技术问题：

——寻找分离火箭弹合理的结构方案、战斗部的合理配置和子弹药强制性抛撒原理，以便保证子弹药分布在要求的面积范围内，从而使每一枚子弹药充分发挥其作战效能；

——当结构件的动力载荷和热载荷为最小时，确定分离火箭弹合理的装填参数，保证解决提出的课题（分离、开舱、引信解除保险、子弹药抛撒等）；

——对分离火箭弹在轨道上的弹道功能进行理论分析和实验分析，确定不同的结构参数对开舱过程特性变化的影响和对目标作用效能的影响。

所有这一切证明了一点，对现有的或正在研制中的多管火箭武器中分离火箭弹的设计问题和实验研究课题，它们与解决一系列弹道特性和结构特性问题相关联，而这些问题至今还远未研究透彻，并要求对不同的结构方案进行理论分析和实验研究，以保证选择合理的结构方案，优化火箭弹分离和开舱机构的参数。

进行上述的分析必须要综合考虑火箭弹在弹道上运动时和动态开舱过程中各种功能之间的相互联系。归根结底，这就要求考虑热交换、质量交换、内弹道过程和动态过程的相关性。所有这些过程都是在复杂的结构中发展的，并具有气动不确定性特点。这是由使用众多（可达 20 余种）脉冲式抛射装药所引起的。

装药在具有气动力相关联的腔室中顺序地被点燃工作，以便保证动力脉冲和热力脉冲所要求的数值，也是分离系统启动所必须的数值，从而实现分离、开舱和子弹药抛撒机构的工作。

除此之外，在大多数情况下，分离机构建立起所要求的动力脉冲和热力脉冲（在 $t \geq 0.003\text{s}$ 的过程中，使压力达到不低于 2.0MPa ，燃气温度高于 570K ），这是解除子弹药引信保险、电源启动工作、火药延迟器或脉冲式火药装药点燃所必须的。同时，分离时脉冲式抛射装药一方面要保证开启机构相对“软”启动，这是要确保分离过程中和从母弹抛撒时子弹药的完整性所必须的；另一方面要保证足够的力，使其相互作用在分离部件上，使子弹药在给定的距离上分离，并排除在弹道的自主运动中相互碰撞。在研制新一代“智能”型弹药，诸如末敏子弹和自主导引子弹的子母战斗部时，这一点特别重要。这是因为它们的机构复杂，并且其价格与常规子弹药是无法相比的。

这种类型子弹药的实验研究需要在静态条件和动态条件下进行大量的试验，从而可以在飞行试验前对所研制的子弹药的工作性能和结构修正进行全面的分析。因此，在确保对子弹药分离系统，包括分离、开舱、动力供应、子弹药抛撒等机构进行分析和实验研究中，存在迫切需要解决的课题，就是要开发一套试验方法，同时有必要对分离火箭弹功能性的物理模型和数学模型进行修正。

本书共有 5 章。

第 1 章分析了国内外多管火箭武器系统研制状态和开发的主要方向；指明了与单个目标和分散目标进行作战的最有效手段之一是研制的分离火箭弹，它能保证在弹道的给定点使战斗部分离或开舱；描述了分离火箭弹沿轨道运动过程中其弹道功能的作用原理，确定了能实现火箭弹飞行中多级分段开舱的不同类型分离系统，它们的功能性要求和技术要求；研究了现有的火箭弹分离过程实验研究方法，表明有必要研制静态条件和动态条件下，对研制的样品进行更完善的实验研究方法，而静态和动态条件的提出，是考虑了火箭弹样品在其功能过程中的主要特点和状态的非标特性。

第 2 章研究了分离系统的结构类型，它们利用不同工作原理，又能保证满足火箭弹功能要求，分析了分离系统，包括分离机构、战斗部开舱机构和子弹药抛向当地的抛撒机构的结构特点及各部分的用途；对自己组成中具有延时作用的器件、能源件和分离部分紧固件的分离机构各主要部件给出了简要特性，这些构件为完成它们设定的功能是必需的；在科研和结构设计经验的基础上，对分离、开舱和子弹药抛撒机构的合理方案和技术决策的选择作出了决定；同时特别将注意力放在了研制具有子母型战斗部的火箭弹分离系统，因为与整体式战斗部，例如，

爆破作用战斗部相比，子母式战斗部在分离过程中，其功能更复杂。

第 3 章描述的是齐射火箭弹在分离过程中功能的实验模拟，在静态条件和动态条件下，对分离过程进行实验研究所采用的实验途径作了分析，介绍了分离系统实验研究方法，这里采用了台架试验装置和轨道实验装置，它们能保证，例如，对战斗部的稳定过程或子弹药从母弹中抛出过程进行完整的分析。对所研究的过程采用不同的模拟方法时，通过与计算结果进行比较，给仿真所得结果的精度进行了评估。

第 4 章介绍了能保证确定分离过程主要工作参数的测量器材，这些参数有分离机构工作腔室中的压力和温度、分离部件飞出的速度、火箭弹构件的振动载荷等。分离弹药在台架条件下进行实验研究的过程中，对这些测量器材的应用提出了实际建议。

第 5 章列出了火箭弹现代遥测方案的组成和特性，也介绍了靶场的火箭弹飞行试验过程中，用于确认火箭弹分离参数的测量计算系统的组成和特性；绘出了火箭弹遥测方案中分离系统试验所获得的参数变化特性曲线；在对测量线路中所有装置的误差进行分析的基础上，给出了飞行条件下无线电遥测系统合成误差的评估。

多管火箭武器系统火箭弹分离系统的研制和实验研究由下列单位完成：单一制联邦国有企业——“合金”科研生产联合体，联邦单一制国有企业“探测”研究所，单一制联邦国有企业“化学和力学”中央研究所，单一制联邦国有企业“大地测量学”研究所。在多管火箭武器系统火箭弹分离系统结构研制中做出重大贡献的有本部门的杰出科学家和设计师，他们是：工程科学博士 A. H. 加尼切夫，工程科学博士 H. C. 丘科夫，工程科学博士 Г. B. 卡柳日内，工程科学博士 Б. М. 罗马诺夫采夫，工程科学博士 B. B. 谢米列特。作者也感谢参与本项目研究的所有工作人员。

目 录

第 1 章 多管火箭武器系统及其分离火箭弹的发展方向	1
1.1 多管火箭武器系统的研制现状和主要发展方向	1
1.2 可分离火箭弹——打击小型目标和面目标的有效手段	5
1.3 分离火箭弹在运动过程中的弹道特性原理	6
第 2 章 多管火箭弹分离系统	11
2.1 分离系统主要机构的结构和功能	11
2.1.1 分离机构的启动药剂	12
2.1.2 分离机构的能源	14
2.1.3 可分离部分的固定件	17
2.2 火箭弹分离、头舱开舱和子弹抛撒机构的结构方案	22
2.3 具有子母型头部的火箭弹分离系统工作特点	27
第 3 章 分离过程中齐射火箭弹功能的实验模拟	33
3.1 分离火箭弹工作过程模拟的基本课题和方向	33
3.2 静态条件下燃烧室内燃烧过程的实验研究	36
3.2.1 实验室研究的装置	37
3.2.2 微粒烟火药质量燃速的确定	41
3.2.3 理论数据和实验数据的比较 分离火箭弹内弹道基本课题求解 精度的评估	43
3.3 台架条件下火箭弹分离过程的实验研究	47
3.3.1 分离火箭弹台架实验研究方法分析	48
3.3.2 台架试验及其结果 在腔内过程主要参数确定时, 台架实验研 究条件以及结构和热力学特性等不同因素对精度影响的评估	56
3.4 在迎面气流作用下分离火箭弹的动态试验	68
3.4.1 利用气动力试验台, 对子弹或母弹从头部壳体中抛撒的过程进 行实验研究	68
3.4.2 分离参数的确定 在火箭轨道试验条件下火箭弹结构元部件工 作能力的评估	75

第 4 章 火箭弹分离过程实验研究中的参数测量设备	94
4.1 分离部腔件工作内气体压力和温度的测量	96
4.1.1 工作腔内气体压力的测量	96
4.1.2 工作腔内气体温度的测量	98
4.2 分离部分飞离速度的测量	100
4.3 分离时火箭弹各部件振动作用的测量	102
4.4 测量分离过程各参数的光电设备	106
第 5 章 火箭弹飞行试验中分离参数的确认	114
5.1 靶场现代化测量计算系统的组成和特性	114
5.2 用火箭弹遥测方案研究分离系统的试验	117
结束语	130
参考文献	131

第 1 章 多管火箭武器系统及其分离火箭弹 的发展方向

1.1 多管火箭武器系统的研制现状和 主要发展方向

通过对近几十年多管火箭武器系统发展的分析,可以得到如下结论:无论是在国内,还是在国外,军事专家对该类武器的重视日渐增长。如果说在 20 世纪 60 年代中期对多管火箭武器系统的研制工作主要集中在俄罗斯、美国、联邦德国和巴西等国家,那么在近 30 年来研制和使用多管火箭武器系统的国家超过了 60 个^[1]。

这种变化首先是由于主要世界强国军事理论的变化引起的。20 世纪 50 年代~60 年代在北约各主要国家军队中火力支援的任务基本由身管火炮完成。此观点的依据是:203.2mm 和 155mm 口径火炮的核弹药对于摧毁大面积有生力量和防御目标是完全胜任的。因此在美国和北约的一些欧洲国家军队中,多管火箭武器系统承担的战斗任务是有限的,并且没有得到进一步的发展^[2,3]。

对多管火箭武器系统兴趣的提高在很大程度上是由于对付装甲目标的需要,以及一些国家(德国、意大利、西班牙、以色列、巴西、中国等)在一定程度上为补偿缺少战术核武器而想拥有一种有效武器装备的需求。

多管火箭武器系统能够在进攻和防御战中完成多种作战任务。由于具有很高的火力密度、突然性和机动性,绝大多数情况下比中等口径身管火炮具有更远的射程,多管火箭武器系统能够在战术区域内用于摧毁各种不同的集群目标和小型尺寸目标(包括核进攻的技术手段),在各种条件下有效地对付敌方的有生力量和武器装备。同时可以用较少的人力和物力完成大部分的作战任务,而对集群目标的作用效能又能接近小能量战术核武器。

所以从 20 世纪 60 年代后期,主要资本主义国家(美国、联邦德国、英国、法国、意大利、日本)以及中国等在研制多管火箭武器系统、评价不同战斗部作战效能方面进行了一系列的科研工作,开展了对新型火箭炮和无控火箭弹的研制,并直接促进了开发火箭弹及其战斗部的新型结构,这并非偶然。最开始的工作主要集中在研制口径 110mm~275mm、射程从 15km~20km 至 40km~

60km 的国产轻型系统。其结果是法国在 1969 年研制出 150mm 22 管系统 RAP-14，在 1970 年进行了批量生产，而联邦德国在 1970 年装备了 110mm 36 管武器系统 LARS。

多管火箭武器系统的研制和完善在联邦德国得到了特别的重视。因此在 20 世纪 70 年代末联邦德国研制出作战性能更高的改进系统 LARS，而在 1980 年—1983 年期间联邦德国军队完成了对全部已装备的 209 门火箭炮的改造，并命名为 LARS-2。同时也改进了火控系统，射程增加到 19km 和 25km，并研制了新型战斗部：带 5 枚 AT-2 反坦克地雷的 ДМ-711 子母战斗部和装有 8.4kg 烟雾剂的烟幕弹。

这时，在意大利、西班牙、以色列、巴西、中国和美国开展了对多管火箭武器系统的积极研制和完善工作。其结果是：80 年代初国外军队开始装备了 Фирос、Рафаэль、Теруэль、SLH-FAE、AGTROS、TYPE-83、MLRS 等系统。目前国外主要多管火箭武器系统的战术技术性能指标见表 1.1^[4]。

表 1.1 国外主要多管火箭武器系统的战术技术性能指标

系统名称 (研制国家)	LARS-2 (联邦德国)	Фирос-25/30 (意大利)	Теруэль (西班牙)	TYPE-83 (中国)	MAR-290 (以色列)	MLRS (美国)	АСТРОС II (巴西)
СПВ	7t 汽车 (6×6)	IVECO 汽车 底盘 (6×6)	PEGASO 汽车 底盘 (6×6)	履带 底盘	Центурион 坦克底盘	布莱德利步 兵战车底盘	10tТетран 汽 车底盘 (6×6)
战斗状态质量 /t	17.5					25.5	
口径/ mm	110	122	140.5	273	290	227、236.6	127、180、300
定向管数/管	36	40	40	8	4	12	32、16、4
射程/ km	14、19、25	25、34	28	23、80	25	32、40	30、35、70
火箭弹质量/kg	35	57.3、65.5	76	519	600	307、258.5	68、152、576
火箭弹长度 /mm	2263	2756、2815	3230	—	5450	3937	3900、4200、5600
战斗部类型	子母弹	子母弹	子母弹	杀爆弹	杀爆弹	子母弹	子母弹
	杀爆弹	杀爆弹	杀爆弹				杀爆弹
	烟幕弹	烟幕弹	烟幕弹				
战斗部质量 /kg	17.3	18 (F25)、 26 (F30)	18.6~21	150	320	156、107	—
乘员/人	3	—	5	—	—	3	—

对在研制期间需要大量财力和时间投入的、有复杂技术含量的武器系统，北约领导层采取了联合北约国家共同参加的方式，因此研制远程多管火箭系统的工作也发生了重大的变化。例如，美国、联邦德国研制的 MARS 系统被中断（该系统不仅昂贵，并且不能保证必要的密集度和射击精度），而意大利、联邦德国、英国在 Foil 系统基础上共同研制了射程 60km 的 RS80 系统^[5]。

除此之外，美国军队指挥层与瑞德斯通兵工厂（Редстоунский арсенал）共同提出了研制通用火力支援火箭系统的概念，这种火箭系统具有很高的射速、使用廉价有效的弹药。1987年初与联邦德国、法国、英国和意大利签订了共同研制并生产符合北约国家标准的多管远程火箭系统 MLRS（Multiple Launch Rocket System）的协议。并且在1983年多管火箭武器系统的批量产品开始装备驻联邦德国的美国部队，而第一批欧洲生产的多管火箭武器系统在1989年才开始下线^[4]。

该多管火箭武器系统 MLRS 的本质特点是使用了一次性的储运发射箱，其中可以配装三种类型战斗部的火箭弹。227mm 弹径的多用途子母战斗部用于摧毁在30km以内的有生力量、火力武器、装甲车辆和其它目标；它装有644个质量为0.23kg、能击穿70mm均质装甲板的M77型聚能杀伤子弹。240mm弹径的反坦克子母战斗部能装28个质量为2.3kg（穿甲厚度160mm）的反坦克雷或6枚“萨达姆”（SADARM）末敏子弹。每枚末敏子弹的质量为14.5kg、长度为195mm，其形成的自锻破片能穿透厚度为100mm均质装甲板。经过改进的火箭炮还能够发射战役战术导弹 ATAKMS。在这种情况下，火箭炮配装两个带导弹的储运发射箱。

目前美国在继续研制射程为200km~300km的多管远程火箭系统。按照国外军事专家的评论，至2010年该系统将装备美国陆军、欧洲北约国家，以及预计装备日本和一些亚洲、非洲国家。

在70年代—80年代，除了主要的北约国家，积极研制多管火箭系统的还有其它一些国家。研制并装备部队的有以色列、南非、巴西、日本、阿根廷、韩国、埃及、伊朗、伊拉克，以及中国台湾地区。从技术决策和结构设计角度看，最有价值的属于由以色列、南非和巴西研制的系统^[2, 6]。

对多管火箭武器系统研制和发展给予高度重视的是我们国家（俄罗斯）。在1963年，苏联军队就装备了开创122mm多管火箭武器系统新时代的、射程为16km~20.75km的“冰雹”系统。该系统配备了一系列无控火箭弹：其战斗部有杀伤爆破弹、燃烧弹、宣传弹和其它弹种^[7, 8]。“冰雹”系统的研制是非常符合时代需求的，是成功的。按照英国战略研究所的统计，迄今为止，“冰雹”系统还在43个国家的军队中装备着。

这一系统在“冰雹”-1和“主角”系统中得到了进一步的发展。例如：“冰雹”-1的杀伤爆破弹摧毁非装甲和轻装甲的能力是原来的3倍~4倍，对有生力量的毁伤效能是原来的1.2倍~2倍。这些效果的取得有赖于应用了聚乙烯粘接的圆柱形预制破片、战斗部结构中破片的质量及数量，炸药填充系数及能量的优化设计。

在1988年，完成了效能更高的“师级”多管火箭系统“主角”实验性研制。该

系统装备了无控火箭弹，配有可分离杀伤爆破战斗部，射程为 20.5km。“主角”系统的威力在不同的使用条件下是“冰雹”系统的 5 倍~16 倍。但是“主角”系统没有投入工业生产，也没有装备部队。

由于对未来战争作战性质在观念上有变化（完成作战任务的纵深增大、大面积的目标集结，实施提前打击能力的保障），提出了进一步提高多管火箭系统的射程和齐射威力的要求。因此在 1975 年装备了射程为 35km 的 220mm“军级”多管火箭武器系统“飓风”^{[9]、[10]}。在该系统中使用了爆破战斗部和具有杀伤子弹及能够远程布设反步兵雷的母战斗部。

由于安装了针对各种用途的飞行控制校正系统^[11]，在 20 世纪 80 年代初研制、1987 年装备部队的大口径国产“旋风”多管远程火箭系统，具有很高的火力效能和摧毁所有战术纵深内敌方作战编队的威力。系统的弹径为 300mm，火箭炮的定向管数为 12 管，射程为 20km~70km。

在“飓风”和“旋风”系统中的主要新技术决策之一是采用了保证杀伤子弹在目标区均匀分布的母战斗部。在母战斗部结构中应用了气动力开舱抛撒机构。这种方式结合杀伤子弹的气动外形和稳定器保证了它们在目标区域的均匀散布和能够发挥最大杀伤效能的垂直落地。

目前在俄国和其它国家仍在继续完善多管火箭系统。它的主要发展方向如下^{[12]、[13]}：

- 改进炮兵侦察设备和射击保障设备的效能；
- 依靠完善组织结构和引进火箭炮兵部队自动化火控系统来提高机动性和战备特性；
- 通过使用高比冲发射药提高射程；
- 通过完善培训器材和研制飞行控制部件或弹道修正部件来提高射击精度；
- 通过研制火箭弹非传统结构方案，完善火箭弹发射结构配置方案和火箭炮的动态性能，以及火箭弹制造工艺来降低齐射时的技术散布；
- 通过增加火箭弹数量和火箭炮的定向管数量，以及研制新型战斗部来扩展多管火箭系统能完成的战斗任务，提高火箭弹的火力效率和威力。

在这种情况下，军事专家强调指出：小口径多管火箭系统结构简单，作战使用简便，以及具有很高的自行机动性和空运快速性。但是不够远的射程，对目标杀伤威力不够强和有效载荷小造成的母战斗部设计的复杂性大大限制了其完成战术任务的范围。

保证在敌方队形所有战术纵深内摧毁目标的高效能和高火力是未来大口径多管远程火箭系统的主要任务。当前，最能够满足这个要求的是俄罗斯 1987 年装备的“旋风”系统和美国 1983 年装备的 MLRS 系统。这些远程系统将在 21 世纪成为美国和俄罗斯主要的“军级”炮兵火力武器。