

233322

苏联] B. Д. 庫洛夫 著
Ю. М. 多尔让斯基



火药火箭弹设计原理

中南矿冶学院
图书馆
国防工业出版社

火药火箭弹设计原理

[苏联]B. 兀. 库洛夫, IO. M. 多尔让斯基 著

陈国兴 等译

国防工业出版社

1965

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОРОХОВЫХ
РАКЕТНЫХ СНАРЯДОВ

〔苏联〕 В. Д. Куров, Ю. М. Должанский
ОБОРОНЦИЗ 1961

火药火箭弹设计原理

陈国兴 等译

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168¹/₃₂ 印张 9³/₈ 240 千字

1965 年 5 月第一版 1965 年 5 月第一次印刷 印数：0,001—2,300 册

统一书号：15034·870 定价：（科六）1.40 元

出版者的話

本书阐述了火药火箭彈的结构、計算和基本参数选择。其中包括：火箭彈最佳参数的选择方法，战斗部和火箭部分的設計原理，火药燃燒和燃气流流动的規律，火药气体的最大压力、比冲量和推力的計算。书中推导了火箭彈整个系統的运动方程式和彈道計算方法；以及彈在飞行中稳定方法的选择。最后还介紹了火箭发动机的試車台試驗和火箭彈的靶場試驗等。

本书內容比較全面、系統，概括了近代火药火箭彈的基本設計原理。对我国从事火箭技术专业工程技術人員、大专院校师生以及对火箭技术感兴趣的广大讀者都有一定的参考价值。

与此同时，必須指出，作者在某些观点上歪曲了历史事实，并且为美帝国主义的扩軍备战塗脂抹粉。例如，在第一章火箭武器的发展簡史中避而不提中国在这方面的貢獻；又如把美帝国主义用于侵略目的而发展的《丘辟特》火箭和《先鋒号》火箭說成是进行和平研究等等，企图美化美帝国主义。在这些地方，我們在譯校时有的作了刪改，有的相应地作了注解，以引起讀者注意。

目 录

出版者的話	3
第一章 具有火药发动机的火箭武器的发展簡史	7
第二章 火箭彈的基本計算参数的初步选择	27
§1 对火药火箭彈的要求	27
§2 彈的結構形式依据和选择	31
§3 新設計彈的原始計算参数的初步选择	34
§4 野战炮兵用火箭彈及其单个元件的設計程序	39
第三章 火箭彈战斗部的設計	43
§1 爆破战斗部	43
§2 杀伤战斗部	61
§3 聚能战斗部	68
第四章 火药火箭发动机內彈道学基本原理	72
§1 关于火箭火药的一些知識	72
§2 燃燒产物成分的近似計算	84
§3 火箭火药燃燒的基本規律	90
§4 火药火箭发动机压力計算的理論基础	107
§5 燃气流动理論的基本关系式	128
§6 火药火箭发动机的反作用力和比冲量	136
第五章 火药火箭彈的发动机設計	150
§1 燃燒室結構与材料的选择	150
§2 发动机与战斗部以及噴管組合件的連接形式的选择	154
§3 燃燒室主要零件的强度計算	156
§4 火箭彈噴管組合件的設計	173
§5 固体燃料火箭发动机中使用的火箭裝药的某些药型	190
§6 关于在燃燒室中裝填管狀裝药的最佳方案問題	201
§7 主裝药的点火器設計	209

第六章 非制导火药火箭彈外彈道学基本原理	212
§1 非制导火箭彈的飞行彈道	212
§2 飞行中作用在火箭彈上的力和力矩	218
§3 空气中的彈在空間坐标系中的一般运动方程組	255
§4 关于彈在彈道上的稳定性概念	259
§5 在射击平面上彈道稳定的彈的运动方程組	260
§6 在真空中彈的重心运动的方程組	261
§7 彈道諸元的計算	262
§8 彈在彈道上的稳定	272
§9 非制导火箭彈的平面散布命中密集度的概念	281
第七章 火箭彈試制样品的試驗	286
§1 火箭发动机的試車台試驗	286
§2 火箭彈的靶場試驗	293
参考文献	300

第一章 具有火药发动机的火箭武器 的发展简史●

火箭是中国最早发明的。

远在公元 600 年前后（唐高宗年間），中国就已发明了黑火药。到宋太宗开宝元年（公元 969 年），馮继升和岳义方两人首先发明了火箭。

宋高宗紹兴卅一年（公元 1161 年），金人欲渡揚子江，宋人“蹈車以行船”，并发射一种“霹靂炮”，点着后升入空中，降下来落在水中乱跳。这就是典型的火箭雛型。

在中国的古代手稿中有关于《火箭》——火药火箭的始祖的記載。它們在結構上和普通以竹管为箭身的箭一样，在竹管里充填着有烟火药（图 1.1），当有烟火药燃着之后，箭便在由管内冲出气体所造成的反作用力的作用下向前飞去。



图1.1 《火箭》。

公元 1598 年（明神宗万历 26 年），赵士禎发明了一种火箭，叫“火箭溜”，它可以赋予火箭一定的方向和角度，提高了火箭的射击精度，这就是今天的火箭筒和其他发射裝置的雛型。

直到公元 1260 年左右，火箭和其它武器随元兵西征，才由中国传入阿拉伯，后由阿拉伯又传入欧洲。此后，英国人把具有铁筒箭身的火箭进行了一些改进，并在筒的后部固結有木杆来代

● 在火箭武器的发展簡史中，作者歪曲了历史事实。因此，我們將其中几段作了必要的删改。——編者

替芦苇管，在前部有带燃烧剂的头帽。这些火箭非常笨重，所以发射时，不得不用专门的发射架。火箭在英国的出现，促使欧洲一些其它国家也开始研究火箭。1867年在丹麦和英国宣战的当天，英国船出现在哥本哈根港口，并向其城市发射了四万发火箭。结果整个城市被火海所包围，丹麦被迫投降。在这次《一日战争》之后，丹麦人舒马赫仿照英国火箭的实样，创造了自己的火箭，在本质上与英国火箭没有多大区别。它具有可分离的战斗部和稍许大些的火药内腔。战斗部是用在飞行中可烧掉的带子系结在燃烧室上的。

奥地利人阿夫左斯京研究了英国和丹麦的火箭后，在他们的基础上制造了一种火箭弹，它的结构是一个铆接的铁制圆筒，在其全长上充满了火药装药，在圆筒的前部装有燃烧弹或是榴霰弹。这种弹在飞行中的稳定是通过固定在圆筒侧面的木杆来实现的。

奥尼西姆·米哈依洛夫两人在1607~1621年所写的《条例》中描述了第一批俄罗斯火箭。这些火箭装置使用所配给的圆形弹丸（按炮的结构型式要求），这种弹丸内部装满带有沟槽（《火箭内腔》）的特制火药。当时对这一沟槽的必要性还没有得出任何理论根据。之所以加工出这种沟槽是因为实践判明，沟槽可以增加反作用推力。火箭获得了更加广泛的应用是在彼得一世统治时代。在这一时期，很多俄罗斯军事胜利的节日都是用烟火来庆祝的，这种烟火是按火箭的原理作用的。此时，火箭在军队里也得到了广泛地应用。其中最成功的是在1707年设计的信号火箭弹，它在武器装备上一共用了将近150年。

第一批作战用的俄罗斯火箭是由A. Д. 賈夏德科 (Засядко) (1779~1838年) 創制的。这是弹径为2、2.5和4吋的三种爆破火箭和燃烧火箭。賈夏德科火箭在结构上是一个装满火药的长圆柱形铁筒，在装药的3/4长度处钻有圆锥形沟槽。在圆筒的前部装有上部带孔的被帽，其内有燃烧剂。通过这些孔，火焰扩展到

外部（火箭命中区），并把周围物体引燃。火箭的后部固定有木杆，以便使其在飞行中具有稳定性。

第一个俄罗斯燃烧火箭的构造就是这样。爆破火箭的构造与燃烧火箭没有什么区别，仅是以固定在圆筒上的装有炸药的球形弹丸来代替装有燃烧剂的被帽（图1.2）。

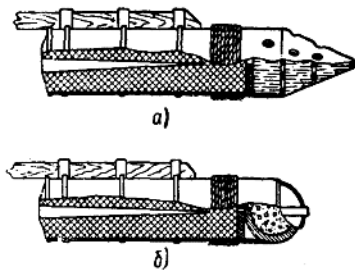


图1.2 A. Д. 賈夏德科設計的火箭彈，
a—燃燒火箭；b—爆破火箭。

为了发射自己的火箭，A. Д. 賈夏德科設計了由固定在三角架上的管子組成的

发射装置。发射管是这样固定在三角架上的，它可以在垂直面和水平面自由迴轉。这种发射装置很容易由一个地方轉移到另一个地方，并可安置在小場地上，因此具有很大的机动性。

由于重量小和构造简单，大量发射装置可以迅速地集中到一定地区向敌人进行密集炮火攻击。賈夏德科进一步又制成了可以同时進行齐射六发火箭的发射架。这些发射装置的特点也是构造简单和重量輕。

在上述时期，軍事行动能否順利地进行，在很大程度上取决于防守和攻占城堡的技术，为了攻城和守城創制了专用的工具。俄国將軍 A. A. 希尔捷尔研究出了用火箭彈守卫城堡的新方法。也是他創制了基本上是以火箭装备的淺水中的潜水艇。不論潜水艇是在水下或水上，火箭彈的发射都是用电来点火的。火箭彈的应用是俄罗斯火箭技术发展的又一重要成就。

在这一俄国火箭技术蓬勃发展的阶段，优秀的俄罗斯火箭設計师 K. И. 康斯坦丁諾夫 (Константинов) (1819~1871年) 开始了自己的活动。測量彈道上的彈速用的电气彈道装置是康斯坦丁諾夫的初期发明中的一个。

在1847~1850年 К. И. 康斯坦丁諾夫在电气彈道装置的基础上創制了巧妙的仪器——火箭电气彈道摆。这个仪器能够繪出彈的反作用力随其飞行时间的变化曲綫。类似性质的仪器的出現，使我們有可能在科学的基础上，解决与彈在給定的彈道上的射程和精度有关的問題。

上面提到的 К. И. 康斯坦丁諾夫設計的两个仪器，使我們有可能奠定火箭彈內彈道和外彈道的理論基础。К. И. 康斯坦丁諾夫在自己的研究工作的基础上，致力于研究在射击精度方面与炮彈相近的新結構火箭。

以前，同一彈徑和用途的火箭，甚至是同一批的火箭都有显著的工艺偏差，因而使彈的精度大为降低。К. И. 康斯坦丁諾夫在經過一系列研究之后，判明現有工艺方法不可能达到稳定的火箭特性。因此，他进行了一系列的、旨在使火箭的生产中达到工艺一致性的措施。在火箭工厂中安装了用于生产药筒、钻火药上的沟槽、配制均质的火箭装药等新的机器和机构。

除了改进生产之外，К. И. 康斯坦丁諾夫还在改进火箭系統本身的結構方面作了很多工作。例如，为了提高火箭彈的射击密度和延长存放期限，他提出了药筒干装药的建議。为了得到最大射程，他选择了火箭彈的理想形状、重量和尺寸。他还改进了发射装置的結構，使它們变得更稳定，彈安装在装置上面的間隙小，从而使彈在离开軌道时可以得到更稳定的性能，以便达到更高的射击精度。

所有上述措施使我們有可能制造出無論在精度、或是在射程方面比其它国家（英国、法国、奥地利等）都优越的火箭。

在俄罗斯采用过三种基本火箭彈的彈徑：2、2.5和4吋（51、64和102毫米）。

按用途来看，火箭通常可分为装有爆破彈和榴霰彈的野战火箭和攻城火箭；后者除去装有爆破彈之外，还有装燃燒和照明剂的。

这种火箭的射程可达 4000~4500 米，侧向散布——30 米，其典型结构见图 1.3。



图1.3 十九世纪 60 年代的火箭弹。

十九世纪中叶，欧洲军队已经开始使用带有复线的炮管，而与此同时，俄国用的还是滑膛炮。俄国军队在装备方面的这种落后状态是必须改变的。为此，军事专家开始在俄国出版物中阐述关于火箭系统消亡和必须以来复线炮来代替它的观点，有意回避了火箭武器的优点，而特别强调了它的缺点。但是，K. И. 康斯坦丁诺夫及其同道者，在出版物上发表文章反对这种对火箭武器估计不足的观点，并继续研究火箭弹的理论 and 结构。

其中可注意的是，K. И. 康斯坦丁诺夫判明，不是所有火药都参与产生反作用推力，仅仅是内部带沟槽的那一部分火药和部分实心（不带孔）火药，其长度应与火药环的厚度相等（图 1.4）。随后他确定，当实心药柱的长度大于火药环的厚度时，火药燃烧时，火箭的重心移动很显著，结果弹的主动段的飞行弹道就要发生变化，火箭的散布也就很大。

把实心装药的长度减少到火药环的厚度，就使火箭摆脱了上述缺点，不言而喻，这对射击密集度起了良好的作用。此外，还消除了另一个、不仅是火箭有当时的炮弹也具有的缺点，这就是与弹头的球面形状有关的缺点。K. И. 康斯坦丁诺夫不仅建议用尖长的头部来代替球形头部，而且还增加了发射装置导轨的长度。导轨过短，就使弹在火药还没有燃烧完全的情况下，即在有部分反作用力的作用下就离开了导轨。因此就出现弹道初始段低垂、弹偏离预定方向等现象，这就显著地降低了弹的密集度。康斯坦丁诺夫还提出了将火箭尾部长度减少一半的新结构。

所有这些新措施显著地增加了火箭弹的射程和密集度。1832年式康斯坦丁諾夫火箭弹见图

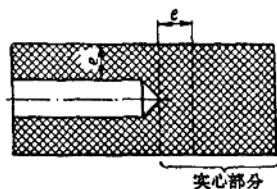


图 1.4 选择火药柱实心部分理想厚度 e 的示意图
(e —理想厚度)。

1.5。

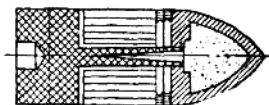


图1.5 1862年式康斯坦丁諾夫火箭弹。

虽然有这一系列成就，1887年火箭武器在俄国还是被正式从装备体系中撤除，但生产继续维持到1908年。这是因为俄国军队在中亚细亚进行军事探险中还在应用火箭弹。某些类型的火箭弹——信号弹、救护弹、照明弹——甚至在1910年关闭尼古拉也夫斯基火箭工厂——火箭的基本承制厂之后还保留在军队的装备体系中。但是，虽然正式抛弃了火箭的使用，它的改进工作还是在继续进行。其中应当指出波莫尔采夫在改进火箭结构方面进行的工作。可注意的是，波莫尔采夫建议不用过去采用的那种长弹尾的方法稳定火箭，而采用环形安定面，其大小不超出火箭的外廓尺寸。他还提出用压缩空气推动的火箭。

除了研制新结构之外，俄国学者还就火箭技术的一些重要理论问题进行了探讨。

众所周知，由于火药的燃烧和其气体的排出，火箭的质量在其弹道的主动段是在不断变化的。这使火箭外弹道的计算大为困难，很多外国学者从事于变质量物体在空气中运动问题的研究，但只有我们的学者才成功地解决了它，从而，为下一步最终引导到创制近代火箭的工作奠定了基础。

И. В. 麦舍尔斯基 (Мещерский) 教授在1895年解决了作为变质量物体运动的个别情况的火箭运动问题。他还提出了与空气

阻力、地心引力、燃料重量、气体压力及其流速有关的、计算火箭速度和路程的数学表达式。

在1897年H. B. 麦舍尔斯基发表了又一部著作，提出了变质物体运动力学方程式。1904年他解决了一项关于同时有质量加入和质量排出的物体运动的非常重要的问题，从而奠定了空气喷气发动机的理论基础。

另一位俄国学者——K. Э. 齐奥尔科夫斯基的工作也赢得了世界声誉。《用喷气器具研究宇宙空间》一书在1903年出版了，在书中齐奥尔科夫斯基研究了火箭在宇宙空间飞行的理论。其中应当指出，他提出了液体火箭发动机（ЖРД）的构造示意图，这种发动机具有一切基本部件——如向燃烧室供应燃料的泵、用其中一种燃料组元冷却燃烧室的装置、扩张的反作用喷管等。

K. Э. 齐奥尔科夫斯基也提出了人造地球卫星和行星卫星的想法，指出了它们的基本构造示意图。用于计算火箭在弹道主动段上任一点的飞行速度的公式也是他推导出来的。

这些工作和其它一系列在俄国或国外完成的工作成果，使很多学者以后为实现恢复火箭武器的想法成为可能，但这已经是在更高的理论水平上所达到的。

十月革命之后，在苏联为学者和设计师们在改进火箭技术方面继续进行工作创造了必要的条件。由于这些工作的结果，创造了弹径为82、132和300毫米的火箭弹（图1.6、1.7和1.8），这些火箭弹在伟大的卫国战争的前线上得到了成功的应用。

在本世纪30年代，所有国家都开始了很认真地改进火箭的工作。这些工作在德国进行得特别积极。1931年研制出了德国火药火箭弹，这种弹的最后定型是在1935年。

1936年德国建立了专门设计和改进火箭武器的机构。以后又吸收了大量的学者，甚至被德国所占有的国家中的学者和公司都参加了这些机构的工作。

1941年德国人开始使用多孔药柱发射158毫米火箭弹的火

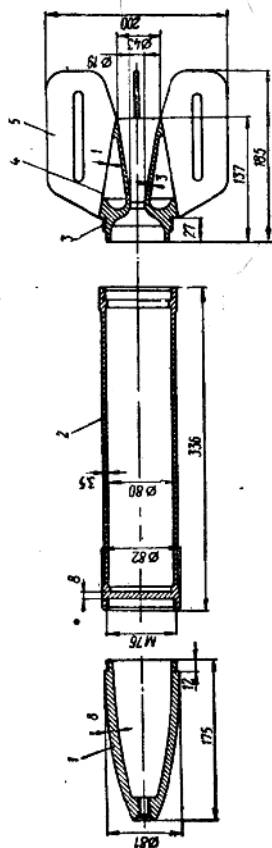


图1.6 M8 (苏) 火箭弹, 弹径 82 毫米, 发射重量 8 公斤, 最大速度 315 米/秒;

1—战斗部; 2—燃烧室 (带封闭转接底); 3—喷管; 4—整流罩; 5—安定面。

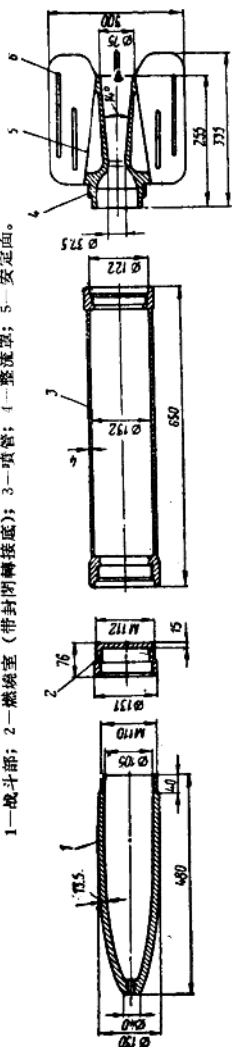


图1.7 M13 (苏) 火箭弹, 弹径 132 毫米, 发射重量 42.5 公斤, 最大速度 355 米/秒;

1—战斗部; 2—转接底; 3—燃烧室; 4—喷管; 5—整流罩; 6—安定面。

箭炮系統《D》，也是在这个时候开始研制的。在这种弹的基础上进一步研制了300毫米的杀伤爆破弹、210毫米的爆破弹和320毫米的燃烧弹。在战争过程中，德国人研制了80和150毫米的火箭弹。

应该指出，德国火箭大多数都是涡轮喷气式的，因此具有足够高的射击密集度。德国发射装置仅能进行5~10个火箭弹齐射，因此不能保证足够的炮火威力。

德国人首次为了军事目的研制和使用了远程液体火箭(V-2)和装有空气喷气发动机的无人驾驶飞弹(V-1)，图1.9是几种型式的德国火箭弹的构造图。

除德国外，英国虽然没有那么积极，但也在从事火箭弹的研究设计。同时，这种工作的目的是为了同迅速发展的轰炸机作斗争。因此，1938年英国人研制了76毫米防空火箭弹，它的重量为22.4公斤，炸药重量为1.6公斤。这种火箭弹在使英国免遭德国飞机空袭方面起了很大作用。还应指出，英国在1941年开始进行研制航空火箭弹方面

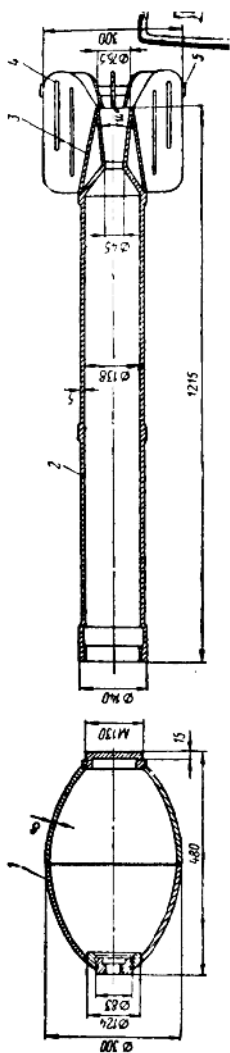


图1.8 M31(苏)火箭弹，弹径300毫米，发射重量94.6公斤，最大速度255米/秒。
1—战斗部(组合体)；2—燃烧室(与喷管作成一整体)；3—整流罩；4—安定面；5—导向翼。

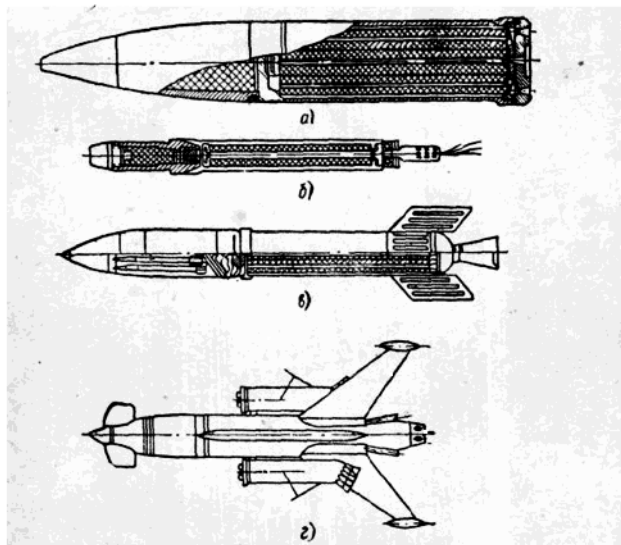


图1.9 第二次世界大战时期的德国火箭弹，

a—210 毫米杀伤爆破弹；b—《柳弗特法乌斯特》高射火箭弹；
c—《莱茵金得》高射子母弹；d—R-11P式防空导弹《莱茵女儿》。

的工作也是有成效的，其中某些也被美国采用为空军武器。

美国在战前的年代里，几乎没有进行火箭技术的研究，只是从1940年才开始了紧张的军用火箭的设计工作。起初制造了航空炸弹用火箭加速器，它的应用增加了航空炸弹的穿透性能。此外，反坦克火箭枪《巴祖卡》的改进工作一直继续到战争结束，这件工作开始于1941年。这种枪可以在100~200米的距离内击毁坦克。在战争结束之前制成了穿透能力更强的新型反坦克火箭枪《超巴祖卡》。

这一阶段，美国在以火箭技术装备空军和海军方面进行了大量工作。1944年12月制成了起飞发动机，借助这种发动机，飞机的起飞滑行距离缩短了 $\frac{3}{4}$ 。更早一些，在1942年制成了重为