

普通高等教育
兵工类规划教材

火箭导弹武器 系统概论

赵承庆 姜毅 编著

北京理工大学出版社



TJ7
1002

TJ7
1002-1

火箭导弹武器系统概论

赵承庆 姜毅 编著



一九九六年十月廿日



30755881

北京理工大学出版社

755831

内 容 简 介

本书是兵工高等院校火箭导弹技术专业系列教材之一。它对火箭导弹及其武器系统的基本知识作了全面、系统的介绍。编写体系新颖，内容丰富，文图并茂，可读性强。全书分三篇，第一篇（含三章）论述火箭导弹技术史；第二篇（含五章）介绍火箭与导弹；第三篇（含七章）综述火箭导弹的发射。

本书可作为火箭导弹技术专业本科生及研究生的教科书或参考书，亦可供从事火箭导弹技术专业的有关工程技术人员、干部参考，还可作为广大知识青年的国防科技读物。

图书在版编目 (CIP) 数据

火箭导弹武器系统概论/赵承庆, 姜毅编著. —北京: 北京理工大学出版社, 1996
ISBN 7-81045-092-1

I. 火… II. ①赵… ②姜… III. ①火箭-武器系统-概论-高等学校-教材②导弹-武器系统-概论-高等学校-教材 IV. TJ7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 22904 号

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

(邮政编码 100081)

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 22 印张 530 千字

1996 年 1 月第一版 1996 年 1 月第一次印刷

印数: 1—1500 册 定价: 17.30 元

※图书印装有误, 可随时与我社退换※

出版说明

遵照国务院国发[1978]23号文件精神,中国兵器工业总公司承担全国高等学校兵工类专业教材的规划、编审、出版的组织工作。自1983年兵总教材编审室成立以来,在广大教师的积极支持和努力下;在国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的积极配合下,已完成两轮兵工类专业教材的规划、编审、出版任务。共出版教材211种。这批教材出版对解决兵工专业教材有无问题、稳定教学秩序、促进教学改革、提高教学质量都起到了积极作用。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设需要,特别是国防现代化培养人才的需要,反映国防科技的先进水平,达到打好基础、精选内容、逐步更新、利于提高教学质量的要求,我们以提高教材质量为主线,完善编审制度、建立质量标准、明确岗位责任,制订了由主审人审查、责任编委复审和教编室审定等5个文件。并根据兵工类专业的特点,成立了十个专业教学指导委员会,以更好地编制兵工类专业教材建设规划,加强对教材的评审和研究工作。

为贯彻国家教委提出的“抓好重点教材,全面提高质量,适当发展品种,力争系统配套,完善管理制度,加强组织领导”的“八五”教材建设方针。兵总教材编审室在总结前两轮教材编审出版工作的基础上,于1991年制订了1991~1995年兵工类专业教材编写出版规划。共列入教材220种。这些教材都是从学校使用两遍以上、实践证明是比较好的讲义中遴选的,专业教学指导委员会从兵工专业教材建设的整体考虑对编写大纲进行了审查,认为符合兵工专业培养人才要求,符合国家出版方针。这批教材的出版必将为兵工专业教材的系列配套,为教学质量的提高、培养国防现代化人才,为促进兵工类专业科学技术的发展,都将起到积极的作用。

本教材由何庆芝教授主审,经中国兵器工业总公司飞行器工程专业教学指导委员会复查,兵总教材编审室审定。

限于水平和经验,这批教材的编审出版难免有缺点和不足之处,希望使用本教材的单位和广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司教材编审室

1995年4月

前 言

火箭导弹作为高技术武器一问世就以其独特的作战能力和高超的作战效率而被视为现代战争的主要武器。瞻望未来的战争，它们更将会是作战武器中的佼佼者。

本书从系统论的观点出发，对火箭导弹及其武器系统的技术史与技术基础知识作了全面而系统的介绍。该书的编写体系新颖，它突破了迄今国内外同类书籍的传统体系。现在可见到的有单写或主要写火箭导弹系统的书，有单写火箭导弹技术史的书，也有单写火箭导弹地面设备的书，而本书是为满足火箭导弹技术各有关专业全面、系统学习火箭导弹技术的需要而写成兼有上述三方面内容的书。

全书分三篇。第一篇为“火箭导弹技术史”，含有“火箭 起源 发展”、“导弹 发明 发展”和“火箭导弹武器系统 演进 变革”等三章；第二篇为“火箭与导弹”，含有“火箭导弹飞行原理”、“火箭导弹的动力装置”、“运载火箭和导弹的制导系统”、“战斗部”和“火箭导弹的弹体”等五章；第三篇为“火箭导弹的发射”，含有“火箭导弹发射总论”、“火箭导弹的运输设备”、“起重装卸对接结合设备”、“装填与起竖设备”、“发射设备”、“加注设备”和“瞄准、检测、供电、供气、维护设备”等七章。

比较详细地论述火箭导弹技术史是本书的一个特色。识古方能通今。为了把技术学得深透，读点历史是很有好处的。本书在技术史一篇中，涉及了火箭导弹不同发展时期国外众多的火箭导弹型号，包括数据表和附图，并在附图的图题说明上尽量详细地释明了国别、类型、发展时期及最突出的特点。这不仅是为了使本书图文并茂，而且是为了使读者在读表读图时顺便就了解到一些技术史的内容。

本书的另一个特色是全面而概括地介绍了火箭导弹的发射技术和地面设备。这对全面地了解火箭导弹武器系统是很必要的。

赵承庆教授担任本书的主编兼执笔。姜毅同志除共同制订编写大纲外，主要负责图稿工作。

北京航空航天大学何庆芝教授担任本书的主审，在审稿中提出了很多宝贵意见。何庆芝教授，余超志教授，方远翔教授，夏咸松副教授，黎钜泉副教授和王春利副教授等参加了本书的审稿会，并提出了许多宝贵意见，在此一并致谢。

本书在编写过程中，参考了大量国内外书刊资料和兄弟院校的有关教材，在此对原作者深致谢意。

书中错误敬希读者批评指正。

编著者

一九九四年一月

目 录

第一篇 火箭导弹技术史

第一章 火箭 起源 发展	(1)
§ 1-1 “火箭”一词的最早出现及其性状	(1)
§ 1-2 中国古代火箭的起源及其在世界火箭技术史中的地位	(1)
§ 1-3 国内外中古代末期及近代火箭发展史略	(5)
§ 1-4 国内外现代火箭发展简史	(7)
一、现代火箭技术的先驱者	(7)
二、二次大战前各国火箭的发展	(8)
三、二次大战期间火箭之发展	(9)
四、二次大战后各国火箭的发展	(11)
第二章 导弹 发明 发展	(13)
§ 2-1 导弹及其来源	(13)
§ 2-2 导弹的早期发展时期 (1930~1953 年)	(13)
一、二战结束前导弹的发展	(13)
二、二战后 (至 1953 年) 各国导弹的发展	(15)
三、本发展时期 (1930~1953 年) 小结	(17)
§ 2-3 导弹的大规模发展时期 (1954~1961 年)	(17)
§ 2-4 导弹的改进提高时期 (1962~1969 年)	(17)
§ 2-5 导弹的全面更新时期 (1970~1992 年)	(18)
§ 2-6 中国导弹发展一瞥	(18)
§ 2-7 导弹技术史总结	(20)
第三章 火箭导弹武器系统 演进 变革	(21)
§ 3-1 火箭武器系统	(21)
§ 3-2 火箭武器系统的演变	(22)
§ 3-3 导弹武器系统	(26)
§ 3-4 导弹武器系统的沿革	(27)

第二篇 火箭与导弹

第四章 火箭导弹飞行原理	(28)
§ 4-1 地球引力场对飞行的制约作用	(28)
一、地球	(28)
二、地球引力场	(28)
三、地球在宇宙中的位置	(29)
§ 4-2 地球大气环境与标准大气	(30)
一、地球大气环境	(30)
二、大气结构	(30)

三、标准大气	(32)
§ 4-3 火箭运动原理——变质量物体的运动方程	(33)
§ 4-4 喷气推进原理——推力的产生	(34)
§ 4-5 大气的物理属性及空气的状态参数	(35)
一、大气的物理属性	(35)
二、空气的基本状态参数	(39)
§ 4-6 空气动力学的基本方程	(40)
一、质量方程 (质量守恒方程、连续方程)	(41)
二、动量方程——欧拉 (Euler) 方程	(42)
三、状态方程	(44)
四、能量方程	(44)
§ 4-7 空气动力学的某些基本知识	(45)
一、音速 a 与马赫数 M	(45)
二、激波 (冲波) 与膨胀波	(48)
三、超音速气流与亚音速气流在流动规律上的一项显著区别	(50)
四、附面层与气动力加热	(51)
五、空气动力——阻力、升力和侧力	(55)
六、空气动力矩——俯仰力矩、偏航力矩和滚动力矩	(61)
§ 4-8 飞行力学的某些基本知识	(66)
一、飞行力学的研究对象、内容和方法	(66)
二、飞行器的稳定性	(66)
三、飞行器的操纵性	(69)
四、飞行器的机动性和过载	(70)
§ 4-9 运载火箭的理想速度 宇宙速度与多级火箭	(71)
一、运载火箭的理想速度	(71)
二、宇宙速度与多级火箭	(73)
§ 4-10 无控火箭的飞行弹道	(76)
一、有关弹道学的基本知识	(77)
二、无控火箭的飞行弹道	(77)
三、火箭弹的弹道特性	(80)
四、火箭弹的落点散布问题	(82)
§ 4-11 弹道导弹的飞行弹道	(83)
一、主动段弹道	(83)
二、被动段弹道	(85)
三、弹道导弹弹道组成及分段的补充	(89)
§ 4-12 巡航导弹的飞行弹道	(89)
一、爬升段 ($\theta = \text{常数}$)	(92)
二、平飞段 ($\theta = 0$ 或 $H = \text{常数}$)	(94)
§ 4-13 导引导弹的飞行弹道	(95)
一、两个动点之间的相对运动	(95)
二、追踪法	(97)
三、平行接近法	(98)
四、比例接近法	(99)

五、三点法	(100)
六、前置角法	(101)
第五章 火箭导弹的动力装置	(103)
§ 5-1 概述	(103)
§ 5-2 火箭导弹航天器动力装置的分类与结构	(104)
§ 5-3 发动机的特性参数	(112)
一、火箭发动机的特性参数	(112)
二、空气喷气发动机的特性参数	(118)
三、火箭发动机高度特性 空气喷气发动机速度和高度特性	(120)
四、各种反作用式(喷气式)发动机某些主要性能的综合比较	(121)
§ 5-4 固体火箭发动机的推力矢量控制	(122)
一、关于推力方向控制的类型、方案、结构原理图以及研制应用情况	(122)
二、关于推力终止技术的类型、方案、及结构原理图	(126)
三、关于推力大小控制的方案及结构原理图	(126)
§ 5-5 关于推进剂的一些简要知识	(128)
一、液体推进剂	(128)
二、固体推进剂	(128)
第六章 运载火箭和导弹的制导系统	(129)
§ 6-1 概述	(129)
§ 6-2 制导系统的分类	(130)
§ 6-3 主动式制导系统	(130)
一、惯性制导系统(简称惯导)	(130)
二、方案制导系统	(136)
三、天文制导系统	(138)
四、地图匹配制导系统	(140)
§ 6-4 遥控式制导系统	(141)
一、雷达波束制导系统	(141)
二、激光波束制导系统	(142)
三、雷达指令制导系统	(142)
四、电视指令制导系统	(143)
五、全球卫星导航系统	(144)
六、有线指令制导系统	(145)
七、目视手控无线电指令制导系统	(146)
§ 6-5 自动寻的式制导系统	(146)
一、雷达自动寻的制导系统	(147)
二、红外线自动寻的制导系统	(147)
三、激光自动寻的制导系统	(150)
四、电视自动寻的制导系统	(150)
§ 6-6 复合制导系统	(151)
§ 6-7 舵机	(152)
一、压缩空气舵机	(152)
二、燃气舵机	(152)
三、液压舵机	(152)

四、电磁舵机	(153)
五、电动舵机	(153)
第七章 战斗部	(154)
§ 7-1 概述	(154)
§ 7-2 战斗部的分类和一般组成	(155)
一、战斗部的分类	(155)
二、战斗部的一般组成	(155)
§ 7-3 各类战斗部简介	(156)
一、爆破战斗部	(156)
二、聚能破甲战斗部	(156)
三、杀伤战斗部	(158)
四、穿甲战斗部	(158)
五、碎甲战斗部	(159)
六、子母弹战斗部	(159)
七、原子弹	(160)
八、氢弹	(161)
九、中子弹	(163)
十、特种战斗部	(164)
§ 7-4 引信	(164)
一、触发引信	(165)
二、非触发引信	(166)
第八章 火箭导弹的弹体	(168)
§ 8-1 概述	(168)
§ 8-2 弹体的功能及技术要求	(168)
§ 8-3 弹体的受力构件	(169)
§ 8-4 弹体的典型结构	(171)
§ 8-5 弹翼的功能、受力构件和典型结构	(171)
§ 8-6 弹体机构	(175)
一、操纵机构	(175)
二、分离机构	(177)
§ 8-7 火箭导弹的热防护问题	(180)
§ 8-8 弹上电源系统	(181)
一、电源配电系统的功能和组成	(181)
二、大型运载火箭上的电源配电系统	(181)
§ 8-9 火箭导弹的研制过程	(182)

第三篇 火箭导弹的发射

第九章 火箭导弹发射总论	(184)
§ 9-1 火箭导弹的发射和发射方式	(184)
一、火箭导弹的发射	(184)
二、火箭导弹的发射方式	(184)
§ 9-2 火箭导弹的地面设备与设施	(186)
§ 9-3 火箭导弹的发射场地	(186)

一、技术阵地	(187)
二、发射阵地	(188)
§ 9-4 火箭导弹发射的实施过程	(191)
一、组织战斗	(191)
二、技术准备	(192)
三、实施发射	(192)
四、善后撤收	(192)
§ 9-5 火箭导弹发射技术概述	(193)
第十章 火箭导弹的运输设备	(196)
§ 10-1 概述	(196)
§ 10-2 火箭导弹的运输方式和设备	(196)
§ 10-3 路面运输设备的通过性	(198)
一、通过性的几何参数	(198)
二、通过性的支承和牵引参数	(200)
§ 10-4 火箭导弹路面运输设备的一般战术技术要求	(200)
第十一章 起重装卸对接结合设备	(202)
§ 11-1 功用与分类	(202)
§ 11-2 起重机	(202)
§ 11-3 火箭导弹提升机(升降机)	(204)
§ 11-4 装卸设备	(206)
§ 11-5 对接结合设备	(207)
第十二章 装填与起竖设备	(209)
§ 12-1 概述	(209)
§ 12-2 装填设备	(209)
一、地空导弹的装填设备	(209)
二、舰空导弹的装填设备	(211)
三、舰舰导弹的装填设备	(213)
四、岸舰导弹的装填设备	(213)
五、空空、空地导弹的装填设备	(213)
§ 12-3 起竖设备	(214)
一、起重臂式起竖设备	(214)
二、悬吊式起竖设备	(218)
三、桅杆式起竖设备	(218)
§ 12-4 对装填起竖设备的主要战术技术要求	(220)
第十三章 发射设备	(221)
§ 13-1 概述	(221)
§ 13-2 发射装置	(221)
一、功能	(221)
二、种类	(221)
三、典型构造	(222)
§ 13-3 发射控制和监视设备	(240)
一、发射控制设备	(240)
二、发控和监视设备	(242)

§ 13-4 脐带塔和电缆摆杆	(243)
一、脐带塔	(243)
二、电缆摆杆	(244)
第十四章 加注设备	(246)
§ 14-1 概述	(246)
§ 14-2 加注设备的功用及分类	(246)
§ 14-3 典型加注系统简介	(247)
一、高沸点推进剂加注系统	(247)
二、低沸点推进剂加注系统	(247)
§ 14-4 加注系统中的典型设备和部件	(249)
一、燃料运输车	(249)
二、氧化剂运输车	(250)
三、燃料加注车	(250)
四、氧化剂加注车	(250)
五、高沸点推进剂贮罐	(251)
六、低沸点推进剂贮罐	(251)
七、加注软管	(253)
八、连接器	(253)
九、加注用泵	(255)
十、计量仪器	(255)
十一、阀门	(260)
十二、过滤器	(260)
十三、推进剂废液废气的处理和排放系统与设备	(261)
十四、加注作业的控制系統	(262)
第十五章 瞄准、检测、供电、供气、维护设备	(265)
§ 15-1 瞄准设备	(265)
一、弹道式导弹的瞄准设备和瞄准作业内容	(265)
二、地空导弹发射前的地面标定	(266)
§ 15-2 检测设备	(267)
§ 15-3 供电设备	(267)
§ 15-4 供气设备	(269)
§ 15-5 维护设备	(271)
全书思考题	(273)
附录	(275)
附录一：二战后各国发展的火箭武器	(275)
附录二：20世纪40年代以来各国发展的导弹	(282)
附录三：导弹武器系统的沿革	(325)
附录四：航天器发射场	(330)
附录五：中国发射导弹核武器及运载火箭时间表	(335)
附录六：中国发射的卫星简况表	(335)
主要参考文献	(338)

第一篇 火箭导弹技术史

第一章 火箭 起源 发展

一提起“箭”，对于中华民族而言，可以说是“无人不知”、“无人不晓”！“拉弓射箭，百步穿杨”的传世佳话不就是“家喻户晓”、“尽人皆知”的吗？！那是讲，早在我国春秋时代，楚国人养由基善于射箭，能在一百步开外的距离上射中杨柳的叶子，而且百发百中。在国内外的体育运动中，迄今一直还保留有“射箭”这个传统项目。可见古今中外都出现过“箭”这个东西，其大致形状如图 1-1 所示。

§ 1-1 “火箭”一词的最早出现及其性状

早在三国时期（公元 220—265 年），《三国志·魏明帝纪》“诸葛亮围陈仓”注引“魏略”：“（亮）起云梯冲车以临城。（郝）昭于是以火箭逆射其云梯，梯燃，梯上人皆烧死。”

上文中“火箭”一词是史籍中最早的记载。古书对这种“火箭”所下的定义是“发射引火物燃烧以攻敌的战具”。该定义在当时是贴切的，也是科学的。我们姑且把这种“火箭”称之为“火”箭，意即为“带火的箭”、“纵火的箭”。其大致形状如图 1-2 所示。

§ 1-2 中国古代火箭的起源及其在世界火箭技术史中的地位

这里所说的中国古代火箭是指在普通箭支上捆绑有火药筒（筒体可用纸、竹或金属做成，内部填充以黑火药），经引火线点燃后向后喷火（燃气）而产生有推进力的新型箭支，参见图 1-3。我们姑且把这种火箭称之为“喷火的箭”、“产生推力的箭”。尽管这种箭支在一段相当长的时期内仍然是由弓弩发射出去的，但它与前面讲的“火”箭，即“带火的箭”、“纵火的箭”在力学原理上有着本质的区别。后者在技术上是一项非常大的成果，是一项伟大的发明。

这种火箭最早产生于中国的宋朝，这一般是为世人所承认的，而且火药筒的燃气后喷产生反作用力并藉以推动箭支增大射程，这一切已经从最本质的意义上描述了现代火箭的飞行原理，因而把它的诞生看作是世界火箭技术史的开端全然是名正言顺的，或者说是顺理成章的。但是，有关中国古代火箭的起源年代及其在世界火箭技术史中的地位和作用，在中外火箭专家学者中仍有不同看法。

围绕着上述这两大问题，我们仔细阅读了《苏联军事百科全书》第八卷（中译本）1982 年版、《简明不列颠百科全书》第 4 卷（中译本）1988 年版、《火箭与飞弹》（台湾 黄龙编著）中华民国 72 年版、《中国大百科全书》航空航天卷 1985 年版、《中国大百科全书》军事

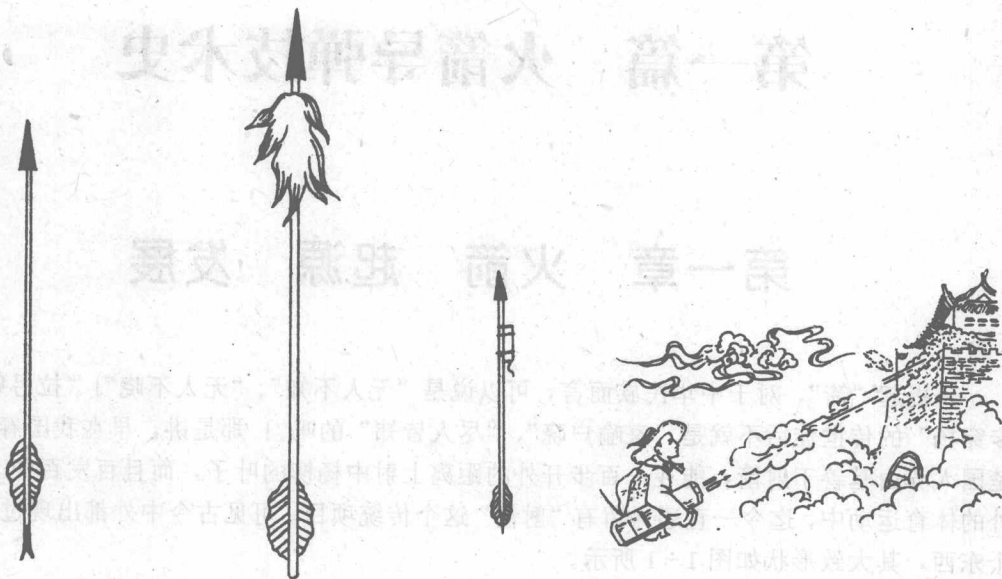


图 1-1 箭 图 1-2 中国古代“火箭”
(近箭头处缚有“火种”)

图 1-3 中国古代火箭及攻城图

卷 1987 年版、《当代中国》丛书《当代中国的航天事业》1986 年版、《中国军事史》第一卷兵器 1983 年版和《中国火药火器史话》(许会林编著) 1986 年版等国内外的权威性论著, 现把它们所得出的结论性看法列于下表:

资料名称	一、《苏联百科全书》	二、《英国大百科全书》	三、台湾与《火箭与飞弹》	四、《中国大百科全书》航空天卷》	五、《中国大百科全书》军事卷》	六、《当代中国》丛书《航天事业》	七、《中国军事史》第一卷兵器	八、《中国火药火器史话》
中国古代火箭发明时间	10 世纪	1232 年	1. 2000 多年前 2. 北宋	不早于 1044 年	不迟于 12 世纪中叶	宋朝	14 世纪中叶	12 世纪后期
备注	把印度和中国并列为首创国	提及多级火箭起源于 16 世纪	1. 论然是错的 2. 显然错误的	提及火箭 1044 年前出现的				曾到 10 世纪的可能性较大

横观上表, 关于我国古代火箭的发明时间, 众说纷纭, 莫衷一是! 难道中国古代火箭起源的准确或较准确的时间, 就无从考证了吗? 我们的见解如下:

《宋史》卷一百九十七·志第一百五十五·兵十一·器甲之制载文: “开宝三年五月, ……兵部令史冯继升等进火箭法, 命试验, 且赐衣物束帛。”又“咸平三年八月, 神卫水军队长唐福献所制火箭、火毬、火蒺藜, 造船务匠项馆等献海战船式, 各赐缗钱。”

读上述史文知, 开宝三年(公元 970 年), 兵部令史冯继升等提出了火箭的设计与制造方

法,且进行了试制和试验,并因此而得到衣物束帛之重奖。又咸平三年(公元1000年),神卫水军队长唐福献所制火箭,也得到了一笔奖金。对这样两段有关火箭发明时间的明确记载,正如上表所列出的结论,除《苏联军事百科全书》给予了明确肯定和台湾《火箭与飞弹》模糊言定在北宋(960~1127年)期间之外,其余皆未给予肯定!细察其论断歧异的症结所在,是对上述史文中“火箭”一词内涵的判断不一所致。而判断不一的原因,是史文记载不详,且无图可鉴。看来,对于这样一段历史要作出确切的定论,只能在现有史文记载的基础上,经过历史地、科学地辨析与推证而得出,而这样得出的结论,同样是可靠和准确的。

从现有的史文资料,可对火箭的发明时间作以下几点辨析和推断:

(一)火药发明于公元808年以前(唐朝)。近百年后,在904~906年期间的战争中开始出现火药箭。曾公亮(公元998—1078年)等在《武经总要》(成书于1044年)中对火药箭作过简略说明并绘出火药鞭箭图(图1-4)。该火药箭以竹身为体,节节串连似鞭,每节中部对称布有小孔,箭簇往后的竹节内部装有火药。当把火药点燃后,用弓(弩)射出,其飞行姿态如图1-5所示。对于这种火药鞭箭有人认为仍是纵火的“火”箭,而不是产生有喷气推力的真正的“火箭”,这未免过于臆断!其实这种火药鞭箭从能源和结构上看,已经是一种能产生推力的火箭了。即使这种箭是用弓、弩射出去的,那也无妨。因为它在飞行中必定会受到燃气反作用力的作用而使射程增大,喷气飞行的情景在图1-5中可以看得很清楚。



图1-4 中国古代火药鞭箭



图1-5 飞行中的火药鞭箭

扩而言之,只要是火药箭,在箭上就必然有装火药的容器,而且对火药不管是用引燃线引燃还是用炽热熔锥刺燃,火药燃气定会从引线孔或锥刺孔急速向外喷出,于是就一定会得到一个反作用力,即推力,它的方向依开孔的方位而定。不管当时的火药箭发明人意不意识到这一点,它总归是客观存在,总归是必然出现的现象。若单讲这种现象,那是在10世纪初就有了的。

(二)据1987年第6期《航天》杂志“冯铨造箭”一文提供冯、岳等人所进的“火箭法”曰:“火箭者,以火带箭之谓也,……药筒愈坚,其力益劲,箭飞弥远,……”。这都符合近代所称



1. 神火飞鸦



2. 神火飞鸦模型

图1-6 古代有翼火箭“神火飞鸦”

谓的喷气推进原理。

(三)在上述两段论述的基础上,再回顾前面那段史文记载,若执意把冯、唐所进火箭仍断言为纵火的“火”箭,是有悖于史实的。况且,若真仍是“火”箭,即使是新型“火”箭,却惊动了皇帝下令试验,这也是不可思议的。因此说,冯、岳等人所进火箭,是产生有推力的真正意义的火箭,是人类历史上第一支古代火箭,是当时科学技术发展和社会发展的必然产物。

至此,我们的结论是,中国在宋朝开宝三年五月(公元970年间)发明了中国的古代火箭!

关于中国古代火箭技术在世界火箭史中的地位和作用或者说中国古代火箭的发明是否标志了世界火箭史开端的问题,我们的回答是肯定的。这除了从上一个问题的结论中得到答案外,还可以举出下列一些特殊成就作为补充。

我国在明代就发明了有翼火箭和多级火箭,它们是现代巡航导弹和多级火箭的先河。

有翼火箭的典型代表有“神火飞鸦”(图1-6)。飞鸦鸦身用细竹蔑为篾,细芦亦可,其形宜长不宜圆,用棉纸封固,内装明火炸药。鸦身下斜装四支火箭,每翅下二支。头、尾、翼皆用棉纸做成钉牢。火箭点燃后可飞百余丈。对敌用之,在陆烧营,在水烧船,战无不胜。

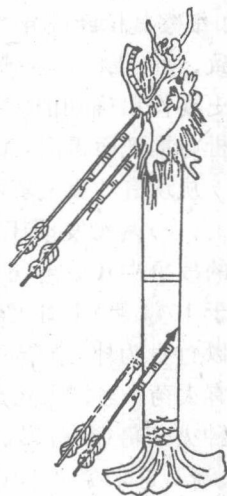
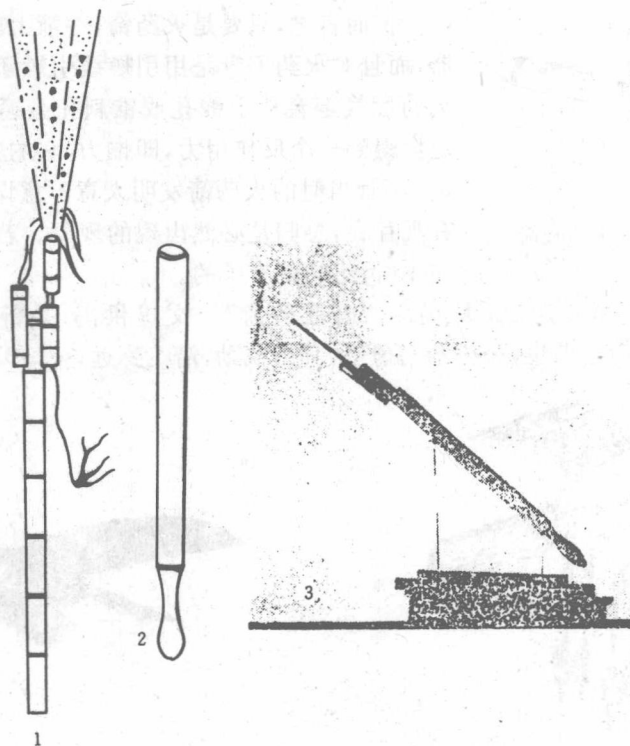


图1-7 古代多级火箭
“火龙出水”



1. 飞空砂筒; 2. 溜子; 3. 飞空砂筒模型

图1-8 古代返回式多级火箭“飞空砂筒”

多级火箭的典型代表有“火龙出水”(图1-7)和“飞空砂筒”(图1-8)。

“火龙出水”用于水战，在体外装有四支火箭(作为第一级)，龙体内装有神机火箭数枚(作为第二级)。通过这两级火箭接力加速，火龙可在水面上飞行数里远。

“飞空砂筒”能飞出去又飞回来，是明代的一项突出发明。它用薄竹片做箭身，将两个起飞药筒颠倒缚于箭端的左右。飞去的药筒筒口向后，在其上面再连一个内装燃烧药和特制毒细砂的药筒，筒顶上装有几根薄倒须枪；飞回的药筒筒口向前，三个药筒依次用引线连接好，使用“竹溜子”发射。发射时，先点燃飞去的药筒的引线，对准敌船放去，刺在敌船篷或船帆上，喷射火焰和细砂，敌人救火时，细砂落于眼内，很难医治。当前面的药筒喷射火焰和细砂时，通过引线把筒口向前的药筒发动起来，火箭便飞回来了，使敌人莫明其妙，引起敌军惊恐。

综上所述可知，我国古代火箭及其发射系统(架、桶、筒、匣、溜子等)的发展，其时间之早，技艺之高，在世界各国遥遥领先，它们完全标志了世界火箭史的开端。13世纪之后，随着商船的往来和元军的西征，火药、火箭技术才逐渐传入欧洲，并对后来西方的文明与进步产生了深远的影响。

§1-3 国内外中古代末期及近代火箭发展史略

本题的论述年限定为12世纪至1918年的800多年间。

由于中古代一般指公元476~1640年，所以本题涉及的前限实为中古代末期，而本题的所谓近代则限指1640~1918年间(截至第一次世界大战结束)。

在中国，12世纪正值北宋末年转而进入南宋(1127~1279年)之际。随后是元朝(1271~1368年)、明朝(1368~1644年)，此前都可归入中古代。再随后是清朝(1644~1911年)、乃至中华民国初期，是为本题所述的近代。

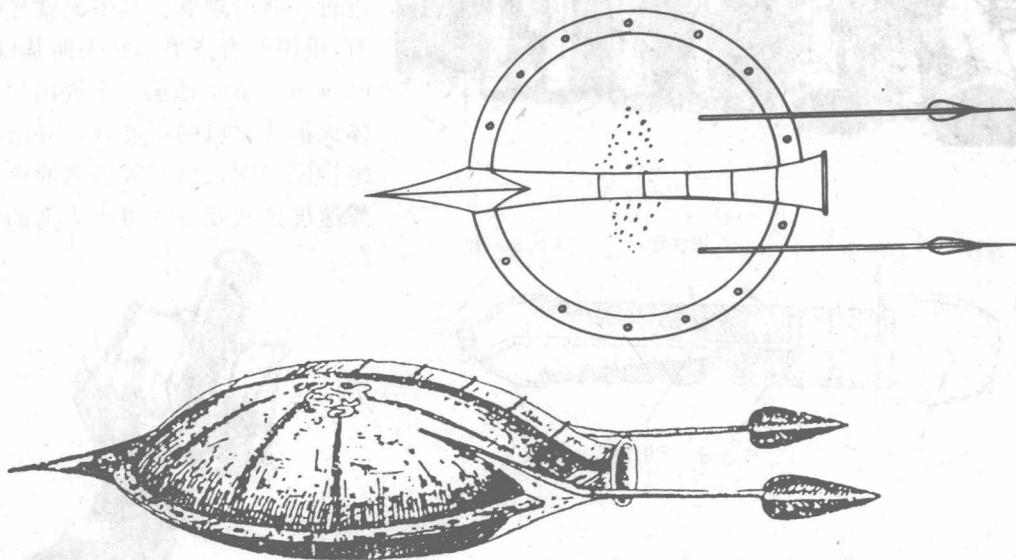


图1-9 阿拉伯古代火箭——“火箭蛋”、“燃烧蛋”

对此，总起来看，中古时期乃至大部分近代时期的火箭，在结构上是很不完善的，直至1889年，瑞典工程师拉伐尔(laval)首创拉伐尔喷管成功以后，火箭作为一种动力装置才算达到了较为完善的地步。加之，火箭所固有的特点，即自身携带全部推进剂(包括燃烧剂和氧化剂)，而不需外部环境提供工质，致使火箭开始步入了星际航行的原动力时代。

本时期内火箭发展的一些重要成果略述如下。

在中国，1129年，(南)宋高宗建炎三年，将火箭应用于海战中；1206年，元太祖元年，作战中应用了火药鞭箭。13世纪后期，中国的“契丹火箭”传入伊斯兰国家。进入明代，火箭武器得到了很大发展，出现了多种装有特种箭簇的火箭，如“飞刀箭”、“飞枪箭”、“飞剑箭”和“燕尾箭”等。在发射技术方面则发明了“一窝蜂”、“火箭车”等多发齐射的发射装置。1589年，明神宗万历17年，发明了返回式多级“飞空砂筒火箭”，前已述及。

在国外，本时期内出现有阿拉伯古代火箭，如图1-9所示。1668年，德国炮兵上校基士勒(Geissler)试制了25~55kg重的火箭。在俄国，1680年设立了专门的“火箭机构”。1814~1817年，И. 卡尔特马佐夫和А. Д. 扎夏德科研制成50.8~63.5mm和101.6mm的爆破和燃烧火箭，射程达1500~3000m。1834~1836年，俄国K. A. 希尔德将军将火箭装备于潜艇上；А. И. 什帕科夫斯基设计出了喷气鱼雷。

值得指出，在世界火箭发展史中，从18世纪末到20世纪初大约整整一个半世纪内，由于冶金和机械制造业的新成就，导致膛线火炮在射程和射击密集度方面都远胜于当时的火箭武器，致使火箭的生产和应用走入低谷，一时间火炮几乎取代了火箭。但在这种总趋势下，火箭技术及军事应用并未完全终止，一些研究和试验仍在进行并有所进展。其中成就显赫者有，俄国学者齐奥尔科夫斯基(К. Э. Циолковский)，他第一个提出运用液体火箭发动机的可能性，并给出了结构原理图；创立了著名的火箭理想速度公式及现代多级火箭的设计

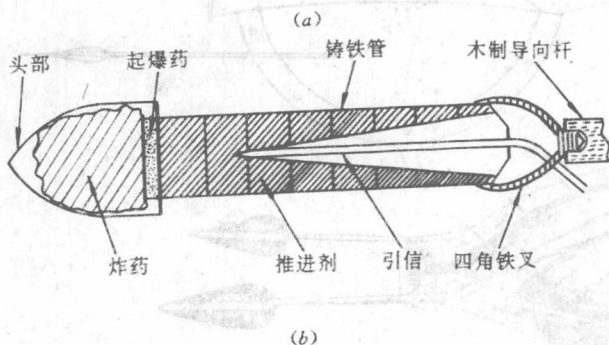
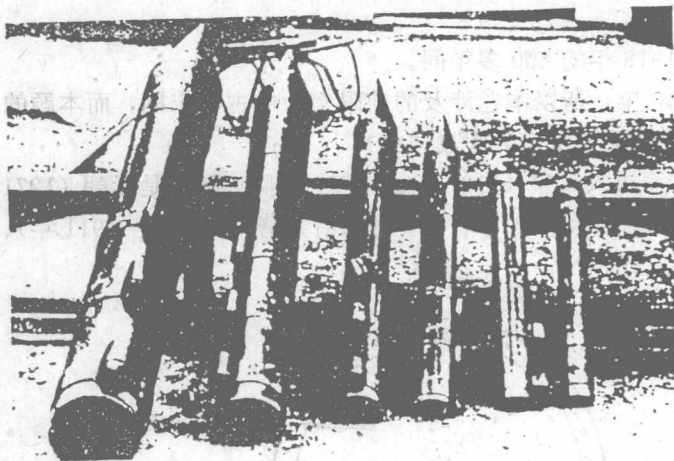


图1-10 康格莱夫式火箭
(a) 火箭外形；(b) 火箭构造

导致膛线火炮在射程和射击密集度方面都远胜于当时的火箭武器，致使火箭的生产和应用走入低谷，一时间火炮几乎取代了火箭。但在这种总趋势下，火箭技术及军事应用并未完全终止，一些研究和试验仍在进行并有所进展。其中成就显赫者有，俄国学者齐奥尔科夫斯基(К. Э. Циолковский)，他第一个提出运用液体火箭发动机的可能性，并给出了结构原理图；创立了著名的火箭理想速度公式及现代多级火箭的设计

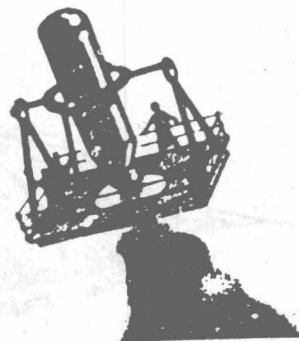


图1-11 载人火箭飞行平台