第一章
火药与火器的西传及其历史影响

公元 10 世纪后期，我国北宋初期的军事技术家和统兵将领，根据以往炼丹家在炼制丹药过程中曾经使用过的火药配方，经过调整和修正后，配制成最初的火药并制成初级火器用于作战，开创了人类战争史上火器与冷兵器并用的新时代。从此以后，在刀光剑影的战场上又出现了火器的声响与弥漫的硝烟。恩格斯（Friedrich Engels，1820．11．28—1895．8．5）对中国古代这一伟大的发明创造，给予了充分的肯定。他在 1857 年发表的著名论文《炮兵》中写道：

> 现在几乎所有的人都承认，发明火药并用它朝一定方向发射重物的是东方国家。……在中国，还在很早的时期就用硝石和其他引火剂混合制成了烟火剂，并把它使用在军事上和盛大典礼中。①

① 恩格斯：《炮兵》，《马克思恩格斯全集》第 14 卷，人民出版社 1964 年版，第 193 页。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

历史的发展表明，火药不是某个天才人物灵机一动的产物，而是我国古代劳动人民、医学家、药物学家、军事家、科学家，在长期生产实践、军事活动和科学实验的过程中，反复试验成功的，又是随着社会生产力的发展和科学技术水平的日益提高而不断改进的。

第一节　火药的发明

我国古代发明的火药，是由硝石、硫黄和含碳物质，经过人工均匀拌和配制而成的，它同依靠空气中氧气才能进行燃烧的物质不同，火药是由硝石释放氧气完成燃烧过程的自供氧燃烧体系，即内燃烧体系。硝石在这种燃烧过程中扮演着氧化剂的角色。硫黄在火药中扮演着还原剂的角色，而且是火药具有爆炸力的因素。火药之所以被我国所发明，正是由于我们的祖先最早发现它们的存在，了解它们的产地分布，认识它们特性的缘故。

一、我国古代对硝石和硫黄的认识

我国古代对硝石和硫黄的认识，主要有以下几个方面。

（一）对硝石和硫黄的产地分布及其形态的认识

我国古代典籍中所说的硝石（亦称消石）有多种品类，若按现代化学方法区分，除主要的硝酸钾（KNO_3）外，还有硫酸钠（$Na_2SO_4 10H_2O$），有时也指硫酸镁（$MgSO_4 \cdot 7H_2O$）与硝酸钠（$NaNO_3$）。它们都有苦味，色白如霜雪，呈针芒式结晶，又都溶于水，所以都被命名为“消”，在自然界中常共生于一处，有朴消、硝石、芒消等名称。

我国古代提到硝石的典籍不少，其中较早的是《范子计然》

中所说的“消石出陇道”，[①] 似指甘肃、四川一带出产硝石之意。1973 年，长沙马王堆汉墓出土了一批帛书医方，其中有治疗 52 种病症的 270 多个古医方，原书无名，马王堆汉墓帛书整理小组暂定其名为《五十二病方》。

> 内“诸伤”症之二十二方为：“稍（硝）石直（置）温汤中，以洒痈”。[②]

据有关专家考证，这些帛书医方，大约问世于《黄帝内经》成书之前的战国年间，抄写于秦汉之际。说明硝石在当时已被用来治病。

硫黄也同硝石一样，是炼制火药的主要原料之一。天然硫黄在自然界中，常以游离硫、硫化物（如黄铁矿、闪锌矿等）、硫酸盐等形式存在，单体硫呈黄色，古代也称“石流黄”，如《范子计然》说“石流黄出汉中”。[③] 大约在汉晋时期，不少学者和药物学家、炼丹家，又对硫黄的产地及其分布状况有所发现和记述。仅据《太平御览》所征引的文献，[④] 就有：

> 《后魏书》曰：悦盘国有火山，山傍皆焦熔，流数千里乃凝坚，人取以为药，即石流黄也。

① 北宋·李昉等撰：《太平御览》卷九八八《药部五·石药下·消石》，河北教育出版社 1994 年版，校点本《太平御览》八，第 842 页。以下引此书时均同此版本。也有人认为，《范子计然》是后人托名公元前 6 世纪（春秋时期）的计然所作。

② 马王堆汉墓帛书整理小组：《马王堆汉墓出土医书释文(二)》，《文物》1975 年第 9 期，第 36 页。

③ 《太平御览》卷九八七《药部四·石药上·石流黄》引《范子计然》，《太平御览》八，第 837 页。

④ 《太平御览》卷九八七《药部四·石药上·石流黄》引文，《太平御览》八，第 836～837 页。

《淮南子》曰：夏至，流黄泽。

《抱朴子》曰：石流黄，五岳皆有，而箕山为多。

《博物志》曰：去高昌（今吐鲁番东都护城遗址）八百里，有石流黄。

我国分布广泛的硝石和硫黄，为药物学家对它们药物特性的认识，提供了物质基础。

（二）对硝石和硫黄药物特性的研究

早在秦汉时期，药物学家就将搜集到的药物标本，进行分类编排，并托名“神农”，编成最早的药物典籍《神农本草经》。① 书中记有 365 种药物，分为 3 类。无毒的列为上品称作君，有 120 种，主养命，可久服。一些无毒或毒性较小的列为中品称作臣，有 120 种，主养性，多有补养和攻治疾病之效。毒性较大的列为下品，称佐使，有 125 种，主治病，不可久服，多为除寒热，破积聚之药物。按照这种分类方法，硝石被列为上品药中的第六种，硫黄被列为中品药中的第二种，并对它们的药物特性，作了比较详细的论述：

消石，一名芒消，味酸、苦寒。② 生谷中。治五藏积热。生益州。

朴消，味苦寒。生山谷。治百病，除寒热、邪气，除六府积聚、结癖。山谷之阴有咸苦之水，状如芒硝而粗。能化

① 《神农本草经》：原书已佚。其主要内容因历代本草书籍的转引而得以保存。该书在评述药物的性味、功用和主治、疗效方面，大多确实。成书年代有先秦、两汉、六朝诸说。一般认为其主要内容形成于西汉。

② 《太平御览》卷九八八《药部五·石药下》引《本草经》，《太平御览》八，第843页。

七十二种石，练饵服之，轻身神仙。生益州。①

石流黄，味酸，生谷中，治妇人阴蚀、疽痔，能作金银，生东海。②

秦汉时期，用硝石配药治病者不乏其例。据《史记·扁鹊仓公列传》记载，大约在公元前 2 世纪，我国西汉时期的菑川，有个名医仓公（即淳于意），曾用消石配同其他药料，熬制汤药一剂，让病人服用，结果药到病除，被史家传为佳话。

（三）对硝石和硫黄化学特性的初步认识

到了东汉时期，炼丹家对硫黄和硝石特性的研究又进了一步。炼丹家魏伯阳在《周易参同契》中，记载了硫黄同水银化合能生成红色汞的试验结果，从而使人们的研究涉及了硫黄的化学性质。此后，人们又在多次实验中，发现硫黄着火后能升腾蹦跳，十分活泼的性质；把硝石撒到炭火上会产生火焰。还发现硝石能同其他许多物质发生作用的现象，所以炼丹家常用硝石同其他物质进行合炼，以改变和调整某些药料的性质。

（四）用焰色鉴别真硝石方法的创造

到了南北朝时期，医学家和炼丹家陶弘景通过实验，找到了区分真硝石（KNO_3）和其他硝石的方法，从而解开了长期以来不能区分各种硝石的历史性难题。他在《本草经集注》中，根据自己所搜集到的传闻，记述了鉴别真硝石的方法：

先时有人得一物，其色理与朴消大同小异，朏朏如握盐雪，不冰。强烧之，紫青烟起，……云是真消石也。

① 《太平御览》卷九八八《药部五·石药下》引《本草经》，《太平御览》八，第 843 页。

② 《太平御览》卷九八七《药部四·石药上》引《本草经》，《太平御览》八，第 837 页。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

其意是说，把真硝石放在火焰上燃烧，就会有紫青烟升起，否则就不是真硝石而是朴硝（即钠硝，$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$）。这种方法经过长期演变之后，就逐渐发展为近代化学上鉴别钾硝石和钠硝石的焰色检验法。这种检验法的近代物理和化学的原理是：当硝酸钾放在火焰上燃烧时，其外层电子便跃迁到激发状态，当电子从较高能级回到较低能级时，就会发出可见光范围内的紫色光，因而产生紫色烟焰。而朴硝在同样的条件下放在火焰上燃烧时，只能产生黄色烟焰。由于陶弘景的方法符合科学原理，所以他也就因此而成为化学史上，用焰色检验法鉴别钾硝石和钠硝石的创始人。继陶弘景之后，于隋代问世的《孔氏解散方》① 中，又出现了类似的记载：

> 硝石形极似朴消，小（稍）虚软，当先以一片子置火炭上，有紫烟出，乃有灰者为上。

之后，在中唐时期宝应年（762～763）前问世的《丹房镜源》② 中，记载了制造铅丹（亦称黄丹，Pb_3O_4）的工艺：

> 凡造铅丹，用铅一斤、硫二两、硝一两。先熔［铅］成汁，下醋点之，滚沸时下硫一小块，续下硝少许，沸定再点醋，依前下少许硝、黄，沸尽，黄亦尽，炒为末，成黄丹。

① 《孔氏解散方》：集于《黄帝九鼎神丹经诀》中，上海涵芬楼 1926 年影印，《正统道藏》洞神部众术类，总第五八四～五八五册，以下引用此书时均同此版本。

② 《丹房镜源》：集于《铅汞甲庚至宝集成》中，《正统道藏》洞神部众术类，总第五九五册。

此法是先用硫黄与熔化的铅生成黑脆的硫化铅，然后再加硝石作氧化剂，使硫化铅迅速变成鲜红或桔红色的铅丹。如果把钠芒硝（$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$）或镁硝（$MgSO_4 \cdot 7H_2O$）当作硝石加进去，那么就不能制成黄丹。因此，这种工艺又为确定钾硝石提供了一个新的方法。

中唐时期辑成的《黄帝九鼎神丹经诀》，① 为鉴别钾销、钠硝、和镁硝提供了一个最重要、最方便、最可靠的方法，据该书卷八《明化石篇》称：

> [真物](即钾硝)形极似朴消(即钠芒硝)。当先以一片置火炭上，有紫烟（焰）出，乃成灰者上。

该书卷十六《作朴硝硝石法》文称：

> 硝石与朴消，大同小异，朏朏如握盐雪不冰，强烧之，紫青烟焰起，仍（乃）成灰，不沸无汁者是硝石也。若沸而有汁者，即是朴消也。
>
> 朴消，用之者烧之，汁沸出，状如矾石。

这两种实验结果表明，钠芒硝加热后，便释出结晶水，且自身溶入，成溶液，待沸腾而水蒸净时，便成为无水钠芒硝的白色粉末；而钾硝石受强热（不得与炭接触）则熔化如油，不会沸腾。② 硝石的这种性质称助燃性。所以自这种鉴别法问世后，人们便开始把钾硝称为焰硝或者火硝了。至此，中国炼丹家已基本上掌握了选取钾硝石的方法，从而为火药的发明，提供了基本而

①《黄帝九鼎神丹经诀》，《正统道藏》洞神部众术类，总第 584～585 册。
②赵匡华：《火药的发明与中国炼丹术》，《中国古代火药与火器史研究》第 1～17页，中国社会科学出版社 1995 年版。

必要的条件。

唐以前对硝石、硫黄各种特性的认识和研究，已在主要的方面触及了它们的基本特性，而对药物特性的研究，则是促进炼丹家们炼制“长生药”活动的广泛开展，从而成为导致火药发明的动因。

二、炼丹家对火药发明的贡献

我国火药的发明活动，最初是由炼丹家用硝石和硫黄炼制丹药的活动开始的。

（一）炼制“长生药”的活动及其依据的理论

炼丹家炼制“长生药”的活动，主要包括两个方面：一是用各种无机物，包括金属和矿物，经过某些古代化学处理，炼制“长生药”；二是寻求植物性的“长生药”，进行药用植物研究。炼丹家炼制“长生药”的活动，由于得到统治者的重视而有较大的发展，自战国至秦汉已很盛行。东汉后期，魏伯阳在《周易参同契》中，把阴阳学说引入炼丹术，把炼丹术的理论基础与指导思想，建立在当时盛行的阴阳学理上，认为只有阴性药物与阳性药物两相匹配和彼此相制、阴阳相须，才能炼制出神奇的仙丹妙药。

从魏晋南北朝到唐末，是我国炼丹术的黄金时期，炼丹家经过多年的实践，对各种炼丹药物的阴阳属性，已经积累了一定的经验性的认识。他们区分这两种属性药物也有一定的标准，通常把色泽晦暗，品性好伏不动，不易燃烧，生于阴山水旁和寒冷之地的药物，划为阴性，如硝石、马牙硝、水银、铅等。反之，他们把颜色赤黄或青绿，见火易飞，容易燃烧，易于升华的药物，划为阳性，如硫黄、雄黄、丹砂、黄金等。如果把阴阳两类药物放在一起合炼，就会：

> 取阴阳之髓，法天地造化之功，水火相济（即在丹炉下

方施火加热，上部外方以水冷凝）。①

产生激烈的化学反应。硝石与硫黄、雄黄、雌黄等三物，分别是阴药与阳药的典型药物，如果把硝石与“三黄”合炼，那么爆炸现象就会发生。东晋时期的炼丹家葛洪在《抱朴子·仙药》篇中，记载了他用硝石、玄胴肠、松脂三物合炼雄黄的试验：

> 又雄黄当得武都山所出者，……或以蒸煮之，或以酒饵，或先以硝石化为水，乃凝之；或以玄胴肠裹蒸之于赤土下；或以松脂和之，或以三物炼之，引之如布，白如冰。服之皆令人长生，百病除。②

此处玄胴肠又称元胴肠，是猪大肠之别名，实为猪脂；松脂是松香和松节油的混合物；雄黄是硫黄的砷化物硫化砷（AS_2S_2），是一种天然矿质可燃物。在这些物质中，硝石是氧化剂；猪大肠和松脂都是含碳物质，属还原剂；雄黄也是还原剂。这三种物质均匀混合拌和合炼后，所生成的白如冰的混合物是氧化砷（As_2O_3）。如果所用的硝石足够多，则用火点燃其生成物，就会发生爆炸。由于葛洪没有用定量的方式，将硝石和雄黄的配比量流传后世，所以也无法知道他在实验过程中，是否发现了三物合炼时的燃爆现象，但是他的炼丹活动对火药的发明却具有一定的作用。

（二）“伏火法”的发展

唐代炼丹家在师承前辈炼丹术的基础上，发展了“伏火法”。从炼制丹药的角度说，“伏火”的意图大约有三种：一是“杀毒”，即用火烘烩的方法，消减某些药物的固有毒性；二是制伏

① 唐·张九垓撰：《金石灵砂论》，《正统道藏》洞神部众术类，总第 586 册。

② 东晋·葛洪著：《抱朴子·内篇》卷十一《仙药》，上海古籍出版社 1993 年版，影印本《四部精要》 12，第 974 页。以下引此书时均同此版本。

某些药物受热后易于挥发逃逸的品性；三是制伏某些合炼药物的爆燃性。唐代炼丹家在用草木药伏火硫黄、雄黄、雌黄、砒黄等四黄前，往往先把它们“炭化存性”，以增强伏火的效能。如果在用草木药进行伏火时，再运用阴阳相制的原理，加入适量的阴性药物硝石，借以进一步增强伏火的力度，以免在炼丹过程中受其灾害。最原始的火药，正是在炼丹家运用伏火法的过程中，不自觉而又偶然地配成了。当时采用的“伏火法”甚多，其中与火药发明有关的“伏火法”有三种：一是《诸家神品丹法》中的“伏火硫黄法”，二是《铅汞甲庚至宝集成》中的“伏火矾法”，三是《真元妙道要略》中的“硝石、硫黄、雄黄和蜜共烧法”。

“伏火硫黄法”大约盛行于公元 8 世纪。其法是：

> 硫黄、硝石各二两，令研。右（这里是指以上物料）用硝银锅或砂罐子，入上件药在内。掘一地坑，放锅子在坑内，与地平，四面却以土填实。将皂角子不蛀者三个，烧令存性，以钤（钳）逐个入之。候出尽焰，即就口上着生熟炭三斤，簇煅之。候炭消三分之一，即去余火不用，冷取之，即伏火矣。①

用这种方法炼成的特殊物料，虽然还不能说是火药，但它已经成为把硝石引进自供氧燃烧体系的最初形态，是以硝、硫、炭为主要成分的火药，进入发明阶段的第一步。

“伏火矾法”是研究火药发明史涉及较多的另一条重要史料。从火药发明的过程说，它比“伏火硫黄法”又前进了一大步。“伏火矾法”记录在炼丹家金华洞方士清虚子所撰《太上圣祖金

① 宋·孟要甫辑纂：《诸家神品丹法》卷五《伏火硫黄法》，《正统道藏》洞神部众术类，总五九四册［很可能原载于唐乾元中（758～760）成书的《孙真人丹经》中，但此孙真人并非孙思邈］。

丹秘诀》中。该书成于公元 808 年（唐宪宗元和三年），后被收录于《铅汞甲庚至宝集成》卷 2 内。其内容是：

> 硫二两，硝二两，马兜铃三钱半。右（指以上物料）为末，拌匀。掘坑，入药于罐内，与地平。将熟火（指红热之炭）一块，弹子大，下放里面，烟渐起，以湿纸四五重盖，用方砖两片捺，以土冢之，候冷取出。其硫黄[伏]住（实际上是反应后生成之氧化钾、硫化钾、碳酸钾、硫酸钾等混合物）。①

从此法所用的器皿，选用材料的分量，炼制工艺等各个方面看，当是由“伏火硫黄法”发展演变而来的一种新的“伏火法”。

同“伏火硫黄法”相比，“伏火矾法”又前进了一大步。“伏火硫黄法”是用硝石和硫黄各二两拌和后，构成含硝和硫两种物料的自供氧燃烧体系。这两种物料虽然在点火后能发生迅速燃烧，但是由于没有含碳物料的直接参加，加上硫的熔点很低，因而燃烧反应很快被熔融的硫所堵塞而中断。为了使二者能充分燃烧，所以炼丹家采取了补救措施，在锅口上用生熟炭三斤簇煅，将三个皂角子逐次加入，进行多次点火，使燃烧反应进行到底。但是它的燃烧速度和力度都很有限。“伏火矾法”的改进之处在于将含碳物料马兜铃粉，同等量的硝石和硫黄均匀拌和，成为完整的自供氧燃烧体系，具备了雏型火药的条件。这种药料在点火后，无需借助空气中的氧气而能进行迅速燃烧，放出大量的热量和气体，乃至发生爆燃之祸。炼丹家正是基于这种考虑，所以都强调在伏火时把药剂埋入地下，并设法用湿布盖上，用缓慢投入红炭的方法，以减缓反应的速度，以防药料着火后冲起。

①金华洞方士清虚子撰：《太上圣祖金丹秘诀》卷二《伏火矾法》，载《铅汞甲庚至宝集成》卷二，《正统道藏》洞神部众术类，总第五九五册。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

由此可见，我国炼丹家用硝、硫、炭三种物料组配成的原始火药及其配方，在公元 808 年就已经问世了，那么它的成品诞生于公元 8 世纪末和 9 世纪初，当是顺理成章的事情。北京理工大学曾有人对唐代用“伏火硫黄法”和“伏火矾法”所组配的物料，进行了模拟试验，认为它们都已具备原始火药的性能。①

但是，由于炼丹家的炼丹目的局限，他们把自己的炼丹试验，仅停留在对药料的伏火与配制上，只留心于对试验过程中诸多现象的描述而缺乏深究其理的探讨，因而对这一重大发明不但没有引起足够的重视，反而在他们的著作中谆谆告诫人们，在炼丹的过程中要防止硝、硫、炭合炼时所造成的火灾。中唐以后成书的《真元妙道要略》，在“黜假验真镜第一”② 篇中，关于用硝石伏火法的两条记载便是一例。

其一是说：有（人）以硫黄、雄黄合硝石并蜜烧之，焰起，烧手、面及烬屋舍者。

其二是说：硝石宜佐诸药，多则败药，生者不可合三黄（硫黄、雄黄、雌黄）等烧，立见祸事。

上述记载说明，用硝石、“三黄”、炭三组分的爆燃物配方，一旦进入伏火试验，点火后就可能发生比硝石和硫黄二组分的爆燃物更加猛烈的燃爆性灾祸，不但能烧灼烫伤人的手和脸，而且能火焰上升，烧毁房屋，所以炼丹者要求人们接受教训，切莫让燃爆物致祸。

随着炼丹活动与伏火试验的不断进行，硝、硫、炭三者合烧

① 杨硕、丁衡撰：《古代火药配方的试验研究》，《中国古代火药火器史研究》第 44～53 页，中国社会科学出版社 1995 年 10 月版。

②书题郑思远述：《真元妙道要略·黜假验真镜第一》，《正统道藏》洞神部众术类，总第五九六册，第 3 页。

后易燃易爆的性质，逐渐被有识之士所利用。同炼丹家为炼制丹药而进行的“避害试验”相反，北宋初的军事技术家则从实战的需要出发，把炼丹家发明的雏型火药，进行大胆的改良，扩大其燃爆作用，制成第一批具有杀伤与摧毁效能的火器，用于作战之中。但是由于史家记载的疏漏，抑或是出于秘而不宣的原因，所以“火药”一词直到公元 1023 年（北宋天圣元年），北宋朝廷在开封设置“火药作坊”时，才见于史籍记载。① 公元 1044 年（北宋庆历四年），由天章阁待制曾公亮和工部侍郎丁度等人编纂刊行的《武经总要》，便正式刊载了“火球火药方”、“蒺藜火球火药方”、“毒药烟球火药方”等世界上最早的三个火药配方。

三、《武经总要》记载的火药配制技术

《武经总要》是我国官修的第一部全面包容军事技术在内的古典军事百科性兵书，书中完整地记载了上述三个火药配方及其配制技术。

（一）火球火药方

> 晋州硫黄十四两、② 窝黄七两、焰硝二斤半、麻茹一两、干漆一两、砒黄一两、定粉一两、竹茹一两、黄丹一两、黄蜡半两、清油一分、桐油半两、松脂十四两、浓油一分。③

上述物料配齐后，工匠们便按规定一面将黄蜡、松脂、清油、桐油放在一起，煎熬成膏；一面又将其他各种配料分别捣碎碾细，筛

① 据《宋会要辑稿·职官三十之七》记载，至迟在北宋仁宗天圣元年：汴梁已设有专门制造攻城器械的作坊，其下有二十一作，火药作是其中的一作。

② 两：此处 1 斤＝ 16 两＝ 500 克。

③ 北宋·曾公亮、丁度等撰：《武经总要》前集卷十二《守城·火药法》，解放军出版社、辽沈书社 1989 年版，影印明金陵书林唐富春刻本，《中国兵书集成》三，第 622 页。以下引用此书时均同此版本。

选合用的粉末，放入膏中旋旋和匀，成为膏状火药；尔后用纸在火药外面包裹五层，用麻缚固，最后再熔化松脂，缚在外壳上。至此，一份火药便配制成功。此方中的晋州硫黄产于山西。窝黄是天然产品。焰硝即硝石，砒黄为砷素化合物，又称鸡冠石。定粉为含毒物料。黄丹属铅化物。若将各种物料分别按硝、硫、炭分类，则硝重 40 两，硫黄与窝黄共重 21 两，含碳物共重 18.02 两，三者共重 79.02两。它们在火药中所占的百分比即组配比率，分别是 50.6%、26.6%、22.8% 。此外还有砒黄、定粉、黄丹等致毒物 3 两。因此，每制作一份火药，除外缚药料外，共需用药料 82.02 两。

（二）蒺藜火球火药方

硫黄一斤四两、焰硝二斤半、粗炭末五两、沥青二两半、干漆二两半、捣碎为粉末；竹茹一两一分、麻茹一两一分，剪碎；用桐油和小油各二两半、蜡二两半，熔汁和之，即为蒺藜火球火药。①

外缚药料为纸十二两半、麻十两、黄丹一两一分、炭末半斤，以沥青二两半、黄蜡二两半，熔汁和之，作为封固火球外壳的涂料。此方中的硝石重 40 两，硫黄重 20 两，各种含碳物料共重 19.07 两，三者共重 79.07 两。它们的组配比率分别是 50%、25%、25% ，加上外缚用料 36.06 两，共重 115.13 两。

（三）毒药烟球火药方

球重五斤。用硫黄十五两、草乌头五两、焰硝一斤十四两、芭豆五两、狼毒五两、桐油二两半、小油二两半、木炭末五两、沥青二两半、砒霜二两、黄蜡一两、竹茹一两一分、麻茹一

①《武经总要》前集卷十二《守城·蒺藜火球》，《中国兵书集成》三，第 635 页。

两一分,捣合为球,贯之以麻绳一条,长一丈二尺,重半斤,为弦子。更以故纸一十二两半、麻皮十两、沥青二两半、黄蜡二两半、黄丹一两一分、炭末半斤,捣合缚于[球壳]外。①

此方中用硝石 30 两，硫黄 15 两，含炭物料 15.07 两，三者共重 60.07 两，组配比率分别是 49.06%、24.08%、25.6%，另外还有草乌头、芭豆、狼毒、砒霜等四种致毒物，共重 17 两。全球共用药料 77.07 两。

上述三个火药配方说明，用硝石、硫黄、木炭为基本原料，再掺杂一些其他物料，就可以配制成不同性能和用途的火药。球壳外面的封固用料，大多是用可燃物料拌和而成，它们在干涸后，既有保护球内火药干燥洁净的作用，又是引燃火药的火源，所以在抛射时只要用火锥将球壳点着烙透，待抛射至敌方时，作为引火之物的球壳，恰好将火药引燃，产生燃烧作用。

《武经总要》刊载的三个火药配方和三种火药配制技术的公布，标志着我国军用火药发明阶段的结束。在已经走完药物学家对硝、硫、炭特性的研究，以及炼丹家对硝、硫、炭混合物进行的炼制丹药试验的全过程后，进入了军事技术家把硝、硫、炭按一定的组配比率配制成火药，制成火器用于作战的新阶段，这在军事技术史上具有划时代的意义。从此以后，火药研制者的主要任务，则是在改良火药的性能，增加火药的品种上作出自己的努力。迄今为止，在所有可能得到的火药史资料中，《武经总要》所记载的三个火药配方，是世界上最早的火药配方。

按照这三个配方所配制的火药，既是经过宋军试用改进后的定型制品，又是各地配制军用火药的样本。它们同以往试验过程中的各种雏型火药相比，硝、硫、炭的组配比率逐渐趋向合理，

①《武经总要》卷十一《火攻·毒药烟球》,《中国兵书集成》三,第 521 页。

硝的含量有了较大幅度的增加，使火药的军事应用成为可能；在配制工艺上从粗糙趋向精细；在制作上从分散少量到成批多量，为火器的扩大制造和使用创造了条件。但是，由于这些火药中还含有较大的其他物料，所以还只是用作纵火、发烟或散毒的初级火药，有待于在作战中不断改进和提高。

第二节　初级火器的创制与发展

公元 960～1279 年是我国宋王朝统治时期，其时科学技术十分发达，火药、指南针与活字印刷术等三大发明都已问世，科学技术的最新成果，促进了初级火器的创制，国内夏、辽、金、蒙古各民族政权之间的战争，推动了初级火器的不断创新与发展，火药箭、火球(宋代写作毬)、铁火炮、竹火枪纷纷应运而生。到了元朝(1279～1368)，金属管形射击火器“火铳”，又登上了战争舞台，从而使我国初级火器的发展，进入了成熟的发展阶段。

一、北宋时期创制的初级火器

我国北宋时期（960～1126）创制的初级火器，主要有火药箭与火球两大类。下述三则历史记载，是这两类初级火器创制的雄辩证明：

开宝三年五月（970 年 6 月）……，兵部令史冯继昇等进火箭法，命试验，且赐衣物束帛。①

咸平三年八月（1000 年 9 月）……，神卫水军队长唐福献所制火箭、火球、火蒺藜。②

① 《宋史》卷一九七《兵十一（器甲之制）》，中华书局 1977 年版，校点本，《宋史》十四，第 4910 页。以下引此书时均同此版本。

② 《宋史》卷一九七《兵十一(器甲之制)》，《宋史》十四，第 4910 页。

咸平五年九月（1002 年 10 月），冀州团练使石普，自言能为火球、火箭。上召至便殿，试之。与辅臣同观焉。①

上述有关进献火药箭与火球之事，虽然因为记载过简而不能确知，但是从《武经总要》所记载的火药箭与火球的制法中，大致可以看出它们的形制构造与使用之法。

（一）火药箭

火药箭有弓火药箭与弩火药箭、火药鞭箭。弓弩火药箭既不同于以往使用草艾、油脂、松脂等燃烧物，点火后用弓弩施放的一般火箭；也不同于利用火药燃气反冲力推进的火箭，而是以火药为燃烧物，点火后用弓弩施放的火药箭(图 1－1)。

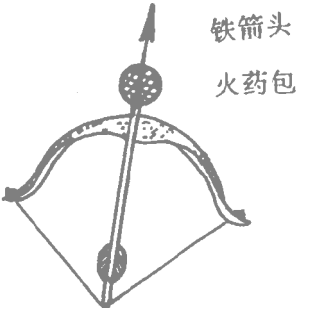


图 1－1　弓射火药箭

《武经总要》中对弓弩火药箭的形制构造，有两处文字记载：

其一是，火箭，施火药于箭首，弓弩通用之，其缚药轻重，以弓力为准。②

其二是，如短兵施放火药箭，则如桦皮羽，以火药五两贯镞后，燔而发之。③

从上述记载中可以判知，弓火药箭是在一支普通箭镞的后

① 《续资治通鉴长编》卷五二，咸平五年九月戊午，上海古籍出版社 1986 年版，影印本《续资治通鉴长编（附拾补）》一，第 446 页。以下引此书时均同此版本。

② 《武经总要》前集卷十三《器图》，《中国兵书集成》三，第 662 页。

③ 《武经总要》前集卷十二《守城·鞭箭》，《中国兵书集成》三，第 627 页。

需要全本请访问 www.ertongbook.com