

普通高等学校规划教材

推进剂与烟火

Propellants and Pyrotechnics

谢兴华 颜事龙 主编

中国科学技术大学出版社



普通高等学校规划教材

V51
3

谢兴华 颜事龙 主编

推进剂与烟火

Propellants and Pyrotechnics

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本教材共包含 19 章内容,分为两大部分,第一部分包括第 1 章至第 8 章,主要内容涉及烟火学的基础理论和实际应用;第二部分包括第 9 章至第 19 章,内容涵盖了推进剂的理论计算、方案设计和实际应用。

本书可作为高等院校特种能源工程与烟火技术、兵器科学与技术、弹药工程与爆炸技术、军事化学与烟火技术以及含能材料、应用化学等专业本科生和相关专业研究生的教材,亦可作为从事烟火与特种弹药及推进剂生产科研的工程技术人员参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

推进剂与烟火/谢兴华,颜事龙主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2012. 3
ISBN 978-7-312-02766-6

I. 推… II. ① 谢… ② 颜… III. ① 推进剂 ② 烟火剂 IV. ① V51 ② TQ567

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 018677 号

出版 中国科学技术大学出版社
地址:安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
网址: <http://press.ustc.edu.cn>
印刷 中国科学技术大学印刷厂
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 24.25
字数 621 千
版次 2012 年 3 月第 1 版
印次 2012 年 3 月第 1 次印刷
定价 40.00 元

前 言

烟火药是我国古代劳动人民四大发明之一,经过两千多年的发展,尤其是近百年以来,烟火药蕴藏着巨大的潜能被人们所认识,现已成为工程技术中广泛使用的特种能源。随着工程技术和化学工业等科学技术领域的发展,烟火药剂的品种逐渐增加,各种物理和化学性能不断改善,业已形成了军用烟火药剂和民用烟火药剂两大发展方向。

随着烟火学和推进剂学技术和相邻学科的发展,其基础理论的研究也有了长足的进步。特别是发射药、烟火药、固体推进剂和液体推进剂技术的发展,使烟火学和推进剂的研究更实用化、系统化了。

为了使从事特种能源工程与烟火技术、弹药工程与爆炸技术的专业人员更加全面系统地掌握烟火药和推进剂的组成、结构、性能、化学反应原理、配方设计、生产工艺和产品性能特征,本书汇集了国内外推进剂和烟火药的新理论、新技术,涵盖了军用和民用领域的最新进展,对从事烟火药和推进剂的研究、教学、设计和生产的技术人员是一本非常有价值的参考书。

安徽理工大学开设的特种能源与烟火技术、弹药工程与爆炸技术专业的主要方向为民用,民用工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、实验、生产手段基本配套的科技体系,掌握了大量新的实验手段、新的技术、新的工艺,研制了许多新设备、新材料,大大提高了科技水平和竞争力。面向新世纪的机遇与挑战,安徽理工大学在培养烟火技术专业人才和炸药爆破科技人才,生产和传播科技新知识、新思想,攻克基础科研和高技术研究难题方面,在国内具有不可替代的地位。

本书共包含 19 章内容,分为两大部分,第一部分包括第 1 章至第 8 章,主要内容涉及烟火学的基础理论和实际应用,谢兴华编写第 1 章至第 4 章,颜事龙编写第 5 章至第 8 章;第二部分包括第 9 章至第 19 章,内容涵盖了推进剂的理论计算、方案设计和实际应用,周慧生编写第 9 章至第 14 章,王新斌编写第 15 章至第 19 章。研究生邸云信、朱晶、严仙荣和刘绍瑜负责计算机录入。全书由谢兴华教授统稿,颜事龙教授负责校阅。杨祖一高级工程师等对本书内容提供了指导与帮助。

第 1 章介绍了烟火的起源及烟火学的发展。内容涉及烟火的起源及烟火学的发展,烟火学的定义、发展、用途,烟火药的分类与用途,对烟火药及其制品、器材的要求。

第 2 章、第 3 章描述了烟火剂的成分、功能和烟火效应的理论基础。主要内容包括现有的烟火药剂及其组成,烟火剂的特性,气溶胶粒子的形状与结构,气溶胶的动力学性质,气溶胶对光的吸收和散射衰减,瑞利散射和米氏散射。

第 4 章、第 5 章描述了烟火药的配方计算及烟火剂固态化学反应。其中重点内容包括多元混合物的配方计算,烟火剂性质的影响因素,固体化学,固相反应,烟火药的固相反应和固相反应可反应性的影响因素。

第 6 章、第 7 章介绍了烟火效应与烟火剂的功能及其应用。

第 8 章论述了花炮生产。内容有花炮生产发展概述,花炮生产的主要特点,花炮行业的发展趋势,花炮制造和爆竹制造。

第 9 章、第 10 章对推进剂进行了概述。主要包括液体推进剂,固体推进剂,液体推进剂的常用燃料,含氟化合物和其他氧化剂系统。

第 11 章至第 13 章对固体推进剂进行了详细介绍。包括固体推进剂的分类及要求,固体推进剂的性能参数及其调节,固体推进剂的热分解与燃烧特性的关系,研究推进剂热分解的方法。

第 14 章为常用推进剂及其应用技术。包括未来固体推进剂的主要品种,固体推进剂特征信号及控制技术,固体推进剂在发动机中的不稳定燃烧和固体推进剂绝热包覆技术。

第 15 章、第 16 章介绍了超高燃速推进剂和推进剂的制造及发展。其内容包括超高燃速推进剂的对流燃烧特性,超高燃速推进剂的测试方法,超高燃速推进剂对流燃烧理论,固体推进剂的销毁,低特征信号推进剂的研究与发展和高燃速推进剂的研究与发展。

第 17 章、第 18 章主要介绍发射药的应用制造和理论。

第 19 章为发射药性能测定及环保治理。其内容包括发射药抗冲击性能与发射药燃烧性能的测定方法,发射药污染治理简况和废弃发射药的销毁。

总之,烟火学是一门既古老又新颖的科学技术。其古老在于它历史悠久,源远流长;其新颖在于它在人类科学技术发展进步史上始终洋溢着活力,经久不衰,总有着新的内涵且不断发展。

推进剂是航天飞机、运载火箭和导弹等推进系统的一种重要能源。固体火箭发动机的发展与固体推进剂的发展密切相关,从事固体火箭发动机设计研制的人员需要掌握固体推进剂的性能。

在编写过程中,我们注重理论联系实际,力求反映国内外先进技术。本书可作为高等院校特种能源工程与烟火技术、兵器科学与技术、弹药工程与爆炸技术、军事化学与烟火技术以及含能材料、应用化学等专业本科生和相关专业的研究生教材,亦可作为从事烟火与特种弹药及推进剂生产科研的工程技术人员参考资料。

限于水平,加之时间仓促,不妥之处在所难免,恳请读者、专家指正(邮箱:xxh1963@163.com, xhxie@aust.edu.cn)!

谢兴华

2012年1月

目 录

| | |
|----------|-------|
| 前言 | (i) |
|----------|-------|

第一部分 烟 火

| | |
|--|---------------|
| 第 1 章 烟火溯源及烟火学的发展 | (3) |
| 1.1 烟火溯源 | (3) |
| 1.2 烟火学的定义、发展、用途 | (6) |
| 1.3 烟火药的分类与用途 | (7) |
| 1.4 烟火药与火炸药的比较 | (9) |
| 1.5 对烟火药及其制品、器材的要求 | (10) |
| 第 2 章 烟火剂的成分与功能 | (12) |
| 2.1 现有的烟火剂类型 | (12) |
| 2.2 烟火剂的组成 | (13) |
| 2.3 烟火药的性质 | (18) |
| 2.4 烟火剂的特性 | (24) |
| 第 3 章 烟火效应的理论基础 | (26) |
| 3.1 气溶胶的基础知识 | (26) |
| 3.2 气溶胶的动力学性质 | (28) |
| 3.3 气溶胶的光学性质 | (32) |
| 第 4 章 烟火药的配方计算及烟火剂性质的影响因素 | (36) |
| 4.1 氧平衡及反应方程 | (36) |
| 4.2 多元混合物的配方计算 | (38) |
| 4.3 负氧平衡药剂的计算 | (40) |
| 4.4 烟火剂性质的影响因素 | (41) |
| 第 5 章 固态化学反应 | (44) |
| 5.1 固体化学 | (44) |
| 5.2 晶体 | (44) |
| 5.3 晶体的缺陷 | (45) |

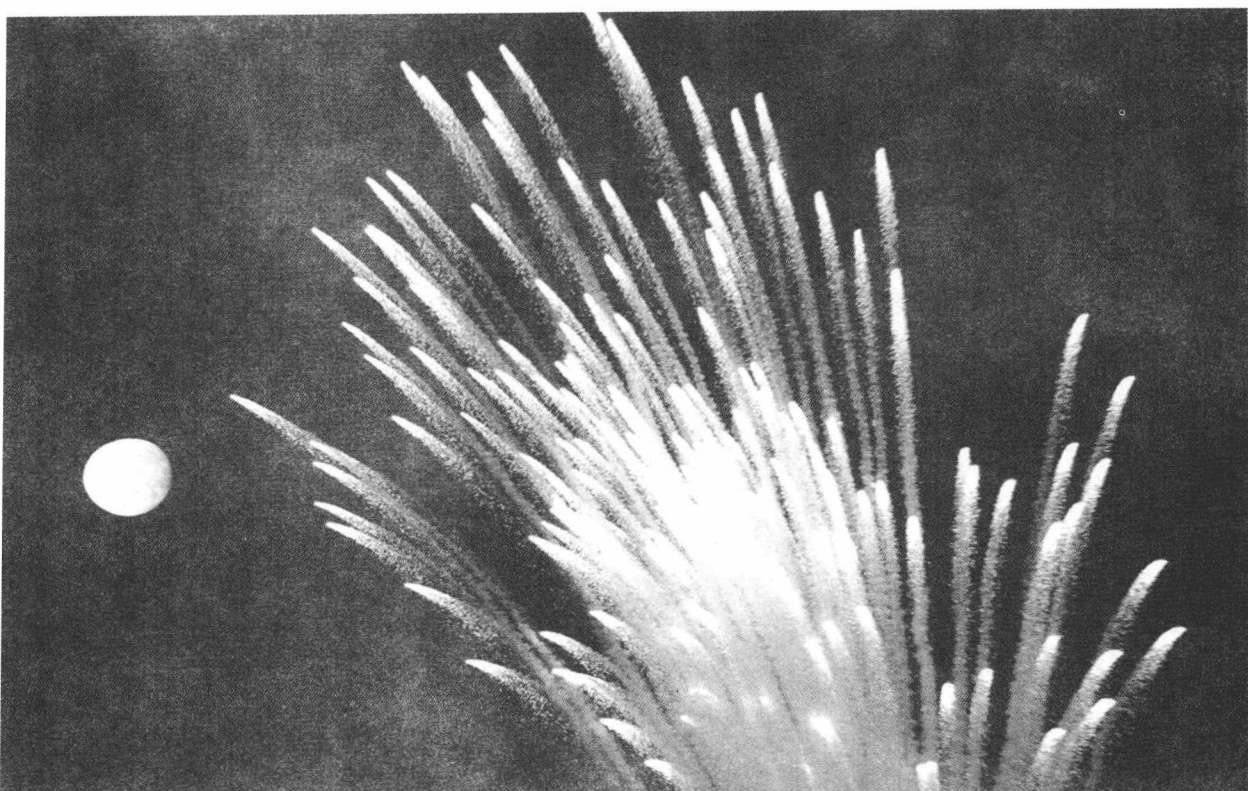
| | | |
|------------|-------------------------|-------------|
| 5.4 | 固相反应 | (47) |
| 5.5 | 烟火药的固相反应 | (49) |
| 第6章 | 烟火效应 | (54) |
| 6.1 | 预备知识 | (54) |
| 6.2 | 光学单位 | (56) |
| 6.3 | 仿声药剂 | (58) |
| 6.4 | 有色火焰药剂 | (59) |
| 6.5 | 有色闪烁药剂 | (63) |
| 6.6 | 有色喷波药剂(穗花剂) | (63) |
| 6.7 | 白色火焰药剂 | (65) |
| 6.8 | 气动药剂 | (66) |
| 6.9 | 引燃药剂 | (67) |
| 6.10 | 有色发烟剂 | (67) |
| 6.11 | 特殊用途的药剂 | (70) |
| 第7章 | 烟火剂的功能及其应用 | (73) |
| 7.1 | 产生热效应的烟火剂 | (73) |
| 7.2 | 产生光辐射效应的烟火剂 | (82) |
| 7.3 | 产生气溶胶效应的烟火剂(发烟剂) | (85) |
| 7.4 | 利用烟火剂气体做功 | (86) |
| 7.5 | 烟火剂的其他技术应用 | (88) |
| 第8章 | 花炮生产 | (92) |
| 8.1 | 花炮生产发展概述 | (92) |
| 8.2 | 花炮生产的主要特点 | (95) |
| 8.3 | 花炮行业的发展趋势 | (96) |
| 8.4 | 花炮制造 | (97) |
| 8.5 | 烟花制造 | (100) |
| 8.6 | 爆竹制造 | (132) |

第二部分 推进剂

| | | |
|------------|--------------------|--------------|
| 第9章 | 推进剂概述 | (139) |
| 9.1 | 概述 | (139) |
| 9.2 | 液体推进剂 | (142) |
| 9.3 | 固体推进剂 | (144) |

| | |
|------------------------------------|-------|
| 第 10 章 液体推进剂 | (145) |
| 10.1 肼 | (145) |
| 10.2 胶凝系统 | (147) |
| 10.3 分解催化剂 | (149) |
| 10.4 金属系统 | (151) |
| 10.5 其他配方 | (156) |
| 10.6 其他系统 | (159) |
| 10.7 液体推进剂-氧化剂 | (167) |
| 第 11 章 固体推进剂的分类及要求 | (182) |
| 11.1 武器对固体推进剂的要求 | (182) |
| 11.2 固体推进剂的分类 | (183) |
| 第 12 章 固体推进剂的性能参数及其调节 | (186) |
| 12.1 固体推进剂的主要性能参数 | (186) |
| 12.2 推进剂的性能调节 | (190) |
| 第 13 章 推进剂的热分解 | (198) |
| 13.1 固体推进剂的热分解与燃烧特性的关系 | (198) |
| 13.2 研究推进剂热分解的方法 | (204) |
| 13.3 各组分的热分解 | (218) |
| 13.4 固体推进剂的热分解 | (248) |
| 第 14 章 常用推进剂及其应用技术 | (255) |
| 14.1 常用推进剂 | (255) |
| 14.2 推进剂的几项应用技术 | (257) |
| 第 15 章 超高燃速推进剂 | (266) |
| 15.1 超高燃速推进剂的对流燃烧特性 | (266) |
| 15.2 超高燃速推进剂的测试方法 | (279) |
| 15.3 超高燃速推进剂对流燃烧理论 | (284) |
| 15.4 固体推进剂的销毁 | (303) |
| 第 16 章 推进剂的制造及发展 | (308) |
| 16.1 固体推进剂的制造 | (308) |
| 16.2 固体推进剂的发展 | (311) |
| 第 17 章 发射药概述及其性能 | (316) |
| 17.1 发射药的组成与军事应用 | (316) |

| | | |
|---------------|---------------------------|--------------|
| 17.2 | 发射药的基本性能 | (322) |
| 第 18 章 | 发射药的应用制造和理论 | (327) |
| 18.1 | 装药的基本元件 | (327) |
| 18.2 | 发射药装药设计概述 | (328) |
| 18.3 | 发射药的制造方法 | (329) |
| 18.4 | 发射药基础理论和基础技术的进展 | (331) |
| 第 19 章 | 发射药性能测定及环保治理 | (340) |
| 19.1 | 发射药抗冲击性能的测定方法 | (340) |
| 19.2 | 发射药抗拉性能的测定方法 | (341) |
| 19.3 | 发射药燃烧性能的测定方法 | (342) |
| 19.4 | 发射药污染的治理及其资源化技术 | (344) |
| 附录 | | (348) |
| 附录 1 | 烟花爆竹安全管理条例 | (348) |
| 附录 2 | 推进剂水污染物排放标准 | (354) |
| 附录 3 | 几种典型发射药的配方 | (357) |
| 附录 4 | 烟火药的配方计算例题精讲 | (359) |
| 附录 5 | 灭火烟火剂介绍 | (363) |
| 附录 6 | 常用表格 | (368) |
| 附录 7 | 附图 | (375) |
| 参考文献 | | (377) |



— 第一部分 —

烟 火

第 1 章 烟火溯源及烟火学的发展

1.1 烟火溯源

1.1.1 火药的发展

火药,顾名思义,其本意当为起火之药。火药是近代战争史上最重要的发明。曾有人说过,火药让所有的人变得一样高。我们可以说,由于火药及火器的发明,让世界历史的演进走向另一个方向。中国人早在七八世纪时已发明火药,据唐代古书的记载,一些道教练丹家在炼制丹药的过程中偶然发现按照一定比例配制起来的硫黄*、硝石和木炭研成细末,提炼时会引起大火。因此人们把这种容易着火的药叫做火药。火药的基本成分是硫黄、硝石和炭等三种易燃药品,实际上把这三种药物混合在一起就成为最原始的黑色火药了。

硫黄、硝石是我国古代常用的炼丹药物和医疗药物。这些配方按定量配制,增加了硝石和硫黄的比例,反映了火药的配制已脱离了初期的简单粗糙和盲目性,在性能和效力方面都有较大的提高。

燃烧性火药(蒺藜火球法),硝、硫、炭的比例为 61.54%、30.77%、7.6%,另加沥青、干漆、桐油、蜡等易燃物,战时布放于敌骑兵必经之地,以烧伤敌方马匹,阻止敌骑兵的进攻。

爆炸性火药(火炮火药法),硝、硫二者的比例为 74%、26%,另加干漆、黄蜡、清油、桐油、松蜡、浓油等易燃物,不含炭,由于工艺方面的问题,爆炸性能尚不强,但点燃后火势特别猛烈,用于攻城陷阵。

古代火药的应用分为两部分:机发火炮和喷气式火箭。

从后世的资料看,用抛石机发射的火炮,称之为“机发火炮”,见于唐代末年。到了宋代,机发火炮技术迅速推广开来,火炮成了战场上的常见武器。南宋机发火炮技术还有两项重要的成就,一是铁质火药包的发明;二是引信的使用。这都有力地说明火药配方已逐渐从燃烧型发展到了爆炸型的阶段。

喷气式火箭约发明于 12 世纪。这种火箭的装置方法是把含硝量稍高的火药装入纸筒中,纸筒中心留下半个插引信的空腔,空腔下留一个引信出口,筒的上部用一层薄泥封顶,最后将火药缚于箭杆上。火药点火后,高温火焰和气流便从底口急速喷出,因空气的反作用力使纸筒飞起,而不需机械力的帮助。

* 硫黄:硫的通称,旧也作硫磺。

除了军事用途外,火药在民间的应用也甚为广泛,常用来采矿或开隧道。随着时间的推移,各种更有效率的爆炸物一一出现,火药作为枪炮推进剂和弹头装药的角色被无烟火药和黄色炸药取代。

1.1.2 烟火的发展

在1630年,方以智(1611~1671年)曾在一本书中记叙了中国唐朝(7~10世纪)“火树银花”的场面。

在15世纪和16世纪,意大利开始制造观赏烟火,这也是最早举行烟火会的地区。在1500年以前的公众庆祝会上,烟火技术得到了广泛的应用。

在1572年,为了庆祝王后伊丽莎白一世访问,在沃里克城堡举行了一个大型的烟火会,这是英国本土上最早的烟火会。

欧洲的烟火形成了两个不同的流派,欧洲北部的波兰、瑞士、丹麦和德国等国家燃放烟火的方法与地中海国家传统的款式有明显的不同。布罗克认为这种差别与宗教有密切的关系。

1742年在伦敦的绿色广场所举行的烟火会可以说是盛况空前的烟火会,据官方估计,开支超过14500英镑。国王乔治二世身着华丽的贵族装饰,在他的宅邸检阅了欢腾的群众队伍。

烟火会的装备工作一般由炮兵负责。在欧洲大陆,烟火公司早已控制烟火会,烟火会的展品少量由英国公司制造,而大量展品则从法国和意大利进口。(为了增加烟火的销售量)“游乐园”成了上层市民去观光的风行之地。

19世纪,科学研究有了巨大的发展,由于对化学反应有了较多的了解,产生了新的烟火效果。后来,小团体和私人烟火会的数量也不断增加,这使得从事生产烟火的生产者越来越多。相应的,由于生产者的增加,事故频发,由此,在每个国家,生产烟火都存在着相当大的阻力。在德国,18世纪时,不允许任何人买烟火(在1695年11月5日的庆祝活动中,爆发了一次反政府的行动,自那以后,烟火制造完全被禁止了)。但烟火商转入“地下生产”,这使得潜在隐患更大。后来新的法律明确规定了生产、贮藏及制备烟火剂的有关条例,治安部门对要求制造或出售烟火的人发给许可证,检查员进行定期的检查,以保证新法律的执行。

18世纪80年代,贝塞利特(Berthouet)发现了氯酸钾,烟火技术发展进入了一个崭新的阶段。

19世纪,工业上又生产出镁、铝及锶、钡、铜等的化合物,烟火技术迈进了一个五彩缤纷的新时代。

许多烟火装置成为了美国军队一般弹药的补给品,1849年美国军械手册就有信号、发光火炬、纵火火绳和其他照明装置以及燃烧火球等烟火器材的描述。

20世纪初,烟火技术的一个重要发展是曳光弹的出现,它是指示小型自动武器对快速移动目标有效射击的一种最好的器材。1906年德国海军首次应用化学遮蔽烟幕成功地进行了舰队调动。1915年,德国在英国伦敦首次投掷了燃烧航弹。一、二次世界大战期间烟火技术获得了快速发展,多种照明弹、信号弹、曳光弹、烟幕弹、燃烧弹如雨后春笋般地出现。

20世纪中期烟火技术的一个发展特点是除军需之外被广泛用于工农业生产、交通运

输、体育和建筑业以及宇宙空间探索等。如工业上用于超纯金属冶炼、烟火焊接与切割等；农业上用于杀虫、灭鼠和防霜冻以及人工降雨等；交通运输业上用于海上求救信号和铁路烟火信号等；体育上用作号令纸、登山队员氧气烛及自热食品罐头等；建筑业上用于无声近人爆破；航天飞机上使用的烟火元件已达500余件。

近几十年来烟火技术在高科技战争中有了突破性发展。越南战争、中东战争和英阿马岛之战以及海湾战争战例都说明了一个事实，即现代烟火的光、烟、热及其电磁效应可使敌方光电侦察器材迷盲，制导武器失控，观瞄器材失灵，通信指挥中断。烟火技术在当今高科技战争中发挥了极其重要的作用。

1.1.3 最初的烟火药及其在军事上的发展

医药学和炼丹术的发展，促进了黑火药在我国的发明。黑火药是最初的烟火药，也是最初的炸药和火药，它的问世揭开了烟火学发展的序幕。

最初的黑火药是仅含两种成分的混合物。《丹经内伏硫磺法》提到用“硫磺二两(62.5g)，硝石二两(62.5g)”研成粉末，并放在锅里炒。文字史记载的最早火药配方是唐宪宗元和三年(公元808年)清虚子在《铅汞甲庚至宝集成》提到的“伏火矾法”：“硫二两(62.5g)、硝二两(62.5g)、马兜铃三钱半(7g)”。此时火药的组分已发展到了三元。唐宣宗大中四年(公元850年)《真元妙道要略》记载了火药配方的研究情况：“以硫磺、雄磺合硝石并蜜，烧之焰起，燃面及烬屋宇者。”此后，火药的性能逐渐被人们认识，配方也不断完善。古代我国民间流传最广的黑火药配方是“一硝二磺三木炭”，即1斤(500g)硝酸钾，二两(62.5g)硫磺，三两(93.75g)木炭，其百分比为76:10:14，这与当今黑火药标准配方75:10:15基本一致。

黑火药发明后约于九世纪开始用于战争。最初的目的是用来纵灭、灼伤和发生毒烟，其后发展用于爆炸，进而用作发射。宋、元、明、清时期用黑火药制造的各种火药兵器在战场上应用已相当广泛。黑火药用于民间娱乐的烟火滞后于军事。

有史记载的黑火药用于战争的是唐哀帝天祐年间(公元904年)，郑贠攻打豫章(今江西南昌)时使用“发机飞火”(是用黑火药作燃烧剂的火药兵器)，火烧龙沙门。

宋代(960~1279年)火药兵器发展规模宏大，拥有四万工人的军工作坊十个，能生产各种火药兵器。《武经总要》(公元1044年)详细记载了“毒药烟球”、“蒺藜火球”和“火炮”三种燃烧性兵器的火药配方。

元朝(公元1332年)，创造了金属的管形火器——铜火铳(现保存在北京的中国历史博物馆内)，是世界上使用黑火药来发射弹丸的最古老的火炮。

至此，最初的烟火药——黑火药被发展为燃烧性兵器中的燃烧剂、爆炸性兵器中的炸药和引线装药及火炮的发射药。

黑火药导致了火药兵器的出现，推动了烟火技术的发展。明朝(1368~1644年)，出现了“五里雾”、“神烟”、“五色烟”等古代的烟幕剂和彩色发烟剂。这些不是单纯的黑火药配方，而发展成了应用更广泛的烟火药配方。明代茅元仪《武备志》(1621年)记载了各种火药与烟火药的配方及其制法和效能。其中提到制线火药、烈火药、飞火药、火信、炮火药、杂药、慢药以及烟幕剂、燃烧剂、信号剂等。并涉及“五里雾”的配方及燃放方法：“硝石一百斤，硫

磺一百斤、炭五十斤、松香三十斤、砒石五斤,另加木屑、鸡粪等添加剂和黏合剂;遇敌军时,士兵卧倒地上,在上风处用引线点着即成霾雾,朦蔽五里,造成敌军在雾中自相践踏。”

1.2 烟火学的定义、发展、用途

烟火学是一门既古老而又新颖的科学技术。其古老在于它历史悠久,源远流长。其新颖在于它在人类科学技术发展进步史上始终洋溢着技术活力,经久不衰,总有着新的内涵且不断发展。

早期的定义是:烟火学是研究烟火药组成、制造、性能及其制品的设计、生产技术、使用和安全的一门学科。

现代的定义是:烟火学是研究用来制得定时装置、声响效应、气溶胶(烟幕)分散、高压气体、高热、电磁辐射(包括可见光和红外辐射)或以上这些效应的综合并以最小容积产生最大效应的可控放热化学反应的学科。

1.2.1 烟火学的定义及烟火制品

烟火学与其他自然学科发展相比,其技术阶段经历的岁月漫长。原因之一是它一度作为少数烟火匠人的财富与生计,配方及工艺差不多只传男而不传女,并由父传子,子传孙;原因之二是历来从事烟火技术研究的有素养的化学家人数极少;原因之三是大多数烟火技术工作者普遍关心的是烟火品制造的工艺与技巧。因此,烟火学长期处于技术阶段而未能像其他学科那样快速将技术升华成理论。正因为如此,一个为国际公认的并能包括现代烟火技术内涵的烟火学定义迄今尚在研讨之中。

烟火学家为烟火学下过各种各样的定义。

(俄)希特洛夫斯基(Shidlovsky)的定义是:“研究烟火剂、烟火品和烟火具生产方法及性能的一门学科。”

(美)爱伦(Ellern)的定义为:“烟火学是产生和利用主要来自固体混合物的或化合物的放热反应热效应和产物的技术和科学,除有些例外,一般反应是非爆炸性的,反应速度较低,并且是自持和自给反应。”

(美)布伦特于1980年第七届国际烟火研讨会上提交了大会讨论的烟火学定义:“烟火学是研究用来制得定时装置、声响效应、气溶胶(烟幕)分散、高压气体、高热、电磁辐射(包括可见光和红外辐射)或以上这些效应的综合并以最小容积产生最大效应的可控放热化学反应的学科。”

布伦特的定义基本上反映出了现代烟火技术的内涵,能为大多数烟火学家所接受。

1.2.2 有关烟火学的术语

已往的文献资料中经常可以见到“烟火”、“焰火”、“烟火技术”、“烟火术”、“烟火学”等术

语。严格讲来,它们在概念上是有不同内涵的。“烟火”(包括“焰火”),通常是指烟火药燃烧或爆炸反应时所产生的光、色、声、烟、热、气动等烟火效应;“烟火技术”(包括“烟火术”)往往被误解为只是烟火制品的制造加工的工艺、技巧等,然而它并非是一种单纯的技术,而是一种技术科学;“烟火学”应该说是烟火技术科学更为严密的术语,它与其他自然学科一样,揭示技术与科学的内在关系,将技术升华成理论,反过来又指导技术向着更高层次发展。

1.3 烟火药的分类与用途

1.3.1 烟火药的分类

烟火药在多数情况下为混合药剂,主要由氧化剂、可燃剂和黏合剂混制而成。按其产生的光、声、烟、热、气动、延期等烟火效应可按图 1.1 所示分类。

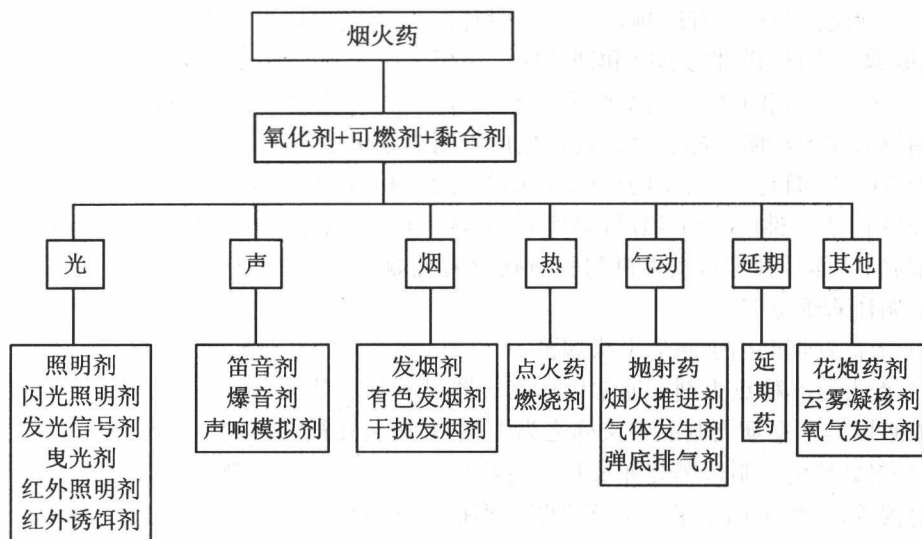


图 1.1 烟火效应的分类

根据烟火药在燃烧过程的特点来分类,它也可分成火焰剂、高热剂、发烟剂和借空气中氧燃烧的物质及混合物等。

1.3.2 烟火药的用途

上述烟火药剂主要用于制造下列各种军用的或民用的烟火制品和烟火器材。

(1) 照明剂用于制造照明弹及其他照明器材。如照明枪弹、照明火箭弹、照明炮弹、照明航弹以及照明跳雷、手持照明火炬和飞机着陆用照明光炬等,供夜间照明用。

(2) 闪光照明剂(摄影照明剂)用于制造闪光照明弹(摄影航弹),供飞机航空摄影或电

影摄制。

(3) 发光信号剂军事上用于制造各种信号弹(枪弹、榴弹),供远距离传递信息和联络用。交通运输业用于制造各种手持信号火炬和信号火箭,供遇险求救或险情预报用。烟花工业用于制造五颜六色的烟花或礼花,供人们娱乐观赏。

(4) 曳光剂用于制造曳光弹。如曳光枪弹、曳光炮弹、穿甲曳光枪弹或炮弹、穿甲燃烧曳光枪弹等。曳光弹在飞行途中留下示踪轨迹,供射手校正射击方向和弹道跟踪用。

(5) 红外照明剂用于制造红外隐身照明弹。如红外照明枪弹、榴弹、火箭弹、航弹等,供红外夜视仪和微光夜视仪等器材大幅度提高视距。

(6) 红外诱饵剂用于制造红外诱饵弹。如红外诱饵手榴弹、枪弹、火箭弹等,对红外制导导弹和红外探测、观瞄实施引诱、迷惑、扰乱干扰。其也可以对红外测角仪三点式制导系统实施致盲干扰。

(7) 爆音剂军事上用于制造教练弹,供训练时模仿枪炮声和各种弹药的爆炸音响。民用上多用于鞭炮、双响炮、礼炮、拉炮、发令纸等,供娱乐和庆典用。

(8) 笛音剂又称哨音剂。军事上用于制造哨声模仿训练器材。民用上用于制作烟花哨声娱乐制品。

(9) 声响模拟剂除具有声响效应外同时伴随有闪光和烟雾效果。军事上用于制造声、光、烟模拟烟火器材,供部队演习和训练用。民用上用于制作各式各样的烟花制品。

(10) 发烟剂军事上用于制造烟幕器材。如烟幕弹、发烟罐、发烟车等,用以产生烟幕。民用上用以农作物的防霜冻、杀虫灭鼠,也用于制造娱乐烟花制品。

(11) 有色发烟剂军事上用于制造昼用信号弹(枪弹、榴弹等),供白天远距离传递信息与联络,民用上用于制造海上飘浮信号烟器材,供海上遇险求救传递信号。其也用于制造手持信号烟制品(信号管等),供飞机驾驶员跳伞着陆联络,航空表演用于空中形成彩色飘带,花炮用于制作彩烟球等。

(12) 干扰发烟剂用于制造干扰烟幕,对红外、激光、微波实施无源干扰。

(13) 点火药亦称点火剂。通常用作点火器材的基本装药,用以点燃烟火药剂、推进剂、发射药或起爆药。在烟火制品中又称之为引燃药,压装在被引燃的主装药药面上。

(14) 燃烧剂用于制造燃烧弹及其燃烧器材。如军事上用于制造燃烧枪弹、炮弹、航弹、火焰喷射器等;民用上用于烟火冶炼、切割、焊接和其他加热源。

(15) 抛射药用于烟火制品和器材(弹)某些部件的抛射、弹射,也用于近程短管掷榴发射器抛射干扰弹。

(16) 烟火推进剂用于固体火箭冲压发动机装药。

(17) 气体发生剂用于制造各种不同用途的气体发生器和充气装置。如救生筏、汽车安全气囊等。

(18) 弹底排气剂用于榴弹底部燃烧排气增程。它在不改变火炮结构系统、发射装药等条件下,可使弹丸射程提高30%。

(19) 延期药用于各种需要有延迟点火的烟火器材或装置,作延期传递点火用。

(20) 花炮药剂是指仿声药剂、有色火焰药剂、有色闪烁药剂、有色喷波药剂、白色火焰药剂、有色发烟药剂、气动药剂、引燃药剂以及某些特殊用途药剂等。用于制造五彩缤纷的观赏烟火制。