

普通高等教育
兵工类规划教材

起爆药化学与工艺学

劳允亮 编著



北京理工大学出版社

起爆药化学与工艺学

劳允亮 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书是高等学校火工烟火技术专业系列教材之一。作者用简洁的文字论述了起爆药化学与工艺学的基本知识、现况和发展趋向。全书共分十二章,前三章论述起爆药的基本原理、综合性能和特征。第四章至十二章论述各主要单质和混合起爆药的晶体构造、结构特征、热化学、动力学、爆炸物理性能以及制备的工艺技术。因此,本书具有化学理论与工艺技术相结合的特点。

本书可作为大专院校火工烟火技术专业 and 弹药专业教材或参考书,也可作为火工烟火技术人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

起爆药化学与工艺学/劳允亮编著. —北京:北京理工大学出版社,1997.7

高等学校教材

ISBN 7-81045-146-4

I. 起… II. 劳… III. ①起爆药-爆炸化学-高等学校-教材②起爆药-生产工艺-高等学校-教材 IV. TQ563

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 01408 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 电话(010)68422683

各地新华书店经售

北京房山先锋印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 18.125 印张 463 千字

1997 年 7 月第一版 1997 年 7 月第一次印刷

印数:1—1000 册 定价:26.00 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、促进教学改革及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、逐步更新及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、建立质量标准及明确岗位责任,制定了由主审人审查、责任编委复审和教编室审定等5个文件。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

ABF-57/09

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,为教学质量的提高和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。

本教材由吴幼成教授主审,经中国兵器工业总公司火炸药专业教学指导委员会复查,兵总教材编审室孙业斌教授审定。

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9月

火工与烟火技术系列教材

起爆药化学与工艺学

火工与烟火技术系列教材编审委员会：

主任委员：劳允亮

副主任委员：孙业斌 蔡瑞娇 徐振相

委 员：（按姓氏笔划）

冯长根	许又文	孙业斌	刘伟钦
劳允亮	李桂茗	吴幼成	吴学易
张景林	陈福梅	徐云庚	徐振相
谢高第	蔡瑞娇	戴实之	

火工与烟火技术系列教材目录

序 号	教 材 名 称	主 编 人
1	火工品设计原理	蔡瑞娇
2	起爆药化学与工艺学	劳允亮
3	火工品工艺学	刘伟钦
4	烟火学	潘功配
5	火工与烟火安全技术	汪佩兰
6	火工品实验与测试技术	李国新
7	起爆药实验	刘自汤

“火工烟火技术系列教材”序言

我们谨以这套“火工烟火技术系列教材”奉献给我国火工烟火技术行业的全体同仁,希望它为发展我国火工烟火技术学科、为培养火工烟火技术专业后继人才做出贡献。

火工烟火技术在武器弹药、航空航天和核武器中起点火、传火、引爆、传爆、延期、精确作功以及烟火效应等作用。它是武器系统始发能源的关键器件和装置,也是武器系统中最重要的子系统。它的基本功能是:高精度、高可靠性点火与传火组成传火序列;高可靠性、高瞬发度安全起爆和传爆组成爆炸序列;高精度可靠动作的动力源;精确的延期效应;利用烟火剂的燃烧反应产生强光(红外诱饵、照明)、烟雾(人工气溶胶)干扰、信号、声响等物理效应。火工品和烟火制品的种类繁多,随着武器需求和技术水平的发展,它的功能不断开发和更新,并成为机、电、化、光技术密集发展相当活跃的区域。

我们祖国是黑火药的故乡,而黑火药是现代火工品和烟火剂的始祖,也是当时世界上唯一使用的火工品和烟火药剂,至今仍然是重要的火工药剂。现代火工烟火技术始于17世纪,J. 孔克尔发现了雷汞,1817年英国人制成了最早的装有击发药的铜孟火帽,1831年,W. 毕克福德发明了导火索,1865年A. B. 诺贝尔发明了雷汞雷管并成功的起爆了硝化甘油与硅藻土混合的代拿买特安全炸药,开创了用起爆药起爆猛炸药的新纪元。可以认为装有击发药的火帽和雷汞雷管的成功应用,标志着第一代火工品的诞生。第一次世界大战前后以叠氮化铅起爆药装填雷管的火工品和起爆药的出现,提高了火工品作用的可靠性,保证了武器弹药发展的需

要。第二次世界大战时,火箭弹、反坦克破甲弹、原子弹等新型弹药的发展,促进了电火工品的发展。进入 20 世纪随着导弹及航天技术的发展需要,出现了动力源火工品和防辐射、防静电、防雷击的电或非电火工品,使火工品的性能和应用范围进一步扩大。80 年代以来,新型火工品研制的特点是逐步与电子发火线路相结合的微电子火工品,如半导体桥雷管和冲击片雷管以及具有爆炸逻辑网络的多点引燃、引爆和多点输出,使弹药火箭与导弹系统具有爆炸逻辑功能。

火工烟火技术随着科学技术和军事技术的发展而迅速发展,它在国民经济中诸如矿山、石油、煤矿的开采,爆炸成型、爆炸焊接及工程爆破等多方面得到广泛的应用。

建国以来,我国火工烟火技术经历了从无到有、从仿制到自行设计,有了长足的发展。60 年代后,研制和设计了航空航天、舰艇、导弹、核武器上使用的各种用途的火工品和烟火制品。因此也丰富了我国火工烟火技术领域的基础理论和实际经验,但是应该看到,尽快缩小与先进国家的差距,达到国际先进水平,我们非常需要培养一支掌握现代火工烟火技术知识且结构合理的技术队伍,这是振兴火工烟火技术行业的百年大计。这套“火工烟火技术系列教材”就是为实现这一目的而编写的。另外,我国有一大批在火工烟火技术领域辛勤耕耘了几十年的专家,他们在长期的教学科研和生产中,取得了丰硕的成果,积累了极其丰富的经验,他们是我国火工烟火技术行业宝贵的财富。现在这些专家年事已高,非常希望把他们多年获得的成就传给后人,这套“火工烟火技术系列教材”也是为了实现专家们这一心愿而编写的。

“火工烟火技术系列教材”共七本,涉及火工品、起爆药和烟火药剂的设计、合成原理、生产工艺、应用研究、性能测试、分析及技术安全等各个方面,取材得体、新颖,既反映现代火工烟火技术和科学水平,又结合了我国火工烟火技术科研生产现实及编著者本人多年积累的教学实践经验,与国内已出版的同类专著和教材相

比,内容具有较大幅度的翻新,有一部分教材则属国内首次出版。

本系列各门教材均聘请实际经验丰富、学术造诣较深的教授和副教授担任主编,编写大纲曾于1991年5月经专家审定,教材的初稿又通过火工烟火技术系列教材编审委员会初审和专家主审,最后由兵工教材编审室审定定稿。

“火工烟火技术系列教材”的出版,归功于各位编者数年来锲而不舍的辛勤劳动,归功于编审委员会各位专家的热情指导,归功于兵工教材编审室的积极倡导和卓有成效的努力工作,归功于兵器工业总公司教育局及有关领导的关心和支持,还归功于北京理工大学出版社和有关院校印刷厂的鼎力相助,我们在此表示衷心的感谢!

我们编写“火工烟火技术系列教材”尚属首次,限于水平,教材中的缺点错误和不尽人意之处在所难免,我们热切期待来自读者的建议、批评和指正。

“火工烟火技术系列教材”编审委员会

劳允亮 孙业斌 执笔

一九九三年二月

前 言

本书是火工烟火技术专业必修课教材。它是在 80 年代初编写的《起爆药学》基础上重新编写而成。书中本着加强基础理论教学的精神,比较全面地论述了起爆药的热力学、热化学、化学动力学及固体化学的基本原理。根据起爆药特有的性能(即起爆药的爆燃转爆轰、起爆药的敏感性与钝感化、安定性与相容性以及药剂的流散性)。重点论述起爆药结构与性能、起爆药的热化学性能与感度的关系,以及起爆药钝感化理论与技术等;在论述药剂的流散性方面是以结晶热力学、结晶动力学、晶体成长最终形态的能量理论阐述起爆药晶体成长控制技术与球形化技术;在安定性与相容性方面,是以固体热分解动力学为基础,研究安定性和相容性判据和依据。因此,本书具有化学理论与工艺技术相结合的特点。对实际应用有指导意义。

80 年代以后,我国起爆药科研和生产有了长足的发展,结合科研和教学的成果,本书在起爆药钝感化理论和技术、起爆药晶体球形化理论和技术、起爆药共沉淀理论和技术、高能配位化合物起爆药的结构与性能、新型安全钝感起爆药的发展等方面具有特色。对国际上新出现的高能起爆药、安全钝感起爆药、耐热起爆药、各类复盐起爆药及大分子有机化合物起爆药等,在本书中都有较全面的论述。因此,本书不仅系统地论述各类常用起爆药的性能与工艺,而且对近年来新研制的安全钝感起爆药及其发展趋向,也进行了综合论述。

本书可作为高等院校有关专业的教科书和研究生的参考书,同时也可供从事民爆器材、起爆药、火工品科研和生产的工程技术

人员参考。

本书第一至十章由劳允亮编著,第十一、十二章由盛涤伦编写。在编写过程中,黄鹏程、沈中南、王平、高翔、盛涤伦、李振煜、王念瑞等协助做了大量试验。熊家学、夏财宝、杨玉良等为本书提供了素材。本书的主审人是吴幼成教授。系列教材编审委员会孙业斌教授、蔡瑞娇教授、徐振相教授等参加了本书编写大纲和书稿的初审。本书承蒙他们认真逐章逐句地进行了审阅,提出了许多宝贵的意见。在此一并向他们表示衷心地感谢。书中的缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

1995 年 12 月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 起爆药发展历史简述	(1)
1.2 起爆药的特性	(5)
1.3 对起爆药的基本要求	(19)
1.4 起爆药的分类	(20)
思考题	(28)
参考文献	(28)
第二章 起爆药的热分解、安全性与相容性	(30)
2.1 概述	(30)
2.2 起爆药热分解反应的通性	(31)
2.3 起爆药热分解机理与晶格缺陷	(34)
2.4 起爆药与猛炸药热分解过程的异同	(37)
2.5 起爆药热分解动力学曲线	(38)
2.6 起爆药热分解的试验方法	(43)
2.7 起爆药的安定性	(57)
2.8 起爆药的相容性	(60)
思考题与习题	(66)
参考文献	(66)
第三章 起爆药的流散性与晶形控制技术	(69)
3.1 概述	(69)
3.2 起爆药结晶过程的基本原理	(70)
3.3 晶核的生成	(75)
3.4 晶体的成长	(80)
3.5 晶体的生长形态	(84)
3.6 起爆药的流散性与晶形控制技术	(88)

3.7 晶形控制剂的选用	(97)
3.8 球形化聚晶的形成	(101)
思考题与习题	(103)
参考文献	(104)
第四章 叠氮化物起爆药	(105)
4.1 叠氮化物的分子结构与价键	(106)
4.2 金属叠氮化物的离子极化	(109)
4.3 叠氮化物的能带结构	(115)
4.4 叠氮化物的晶格能与 Born-Haber 循环	(117)
4.5 叠氮化物的热分解	(121)
4.6 叠氮酸的性质	(124)
4.7 叠氮化钠的性质与制造	(126)
4.8 叠氮化铅的概述	(138)
4.9 叠氮化铅的物理化学性质与爆炸性能	(139)
4.10 叠氮化铅的热分解与热爆炸的反应机理	(159)
4.11 叠氮化铅的自爆与晶形控制剂在结晶过程的作用	(164)
4.12 叠氮化铅品种系列的发展及其主要特征	(170)
4.13 羧甲基纤维素叠氮化铅的制备工艺	(177)
4.14 糊精叠氮化铅制造	(185)
4.15 叠氮化铅废水处理	(200)
4.16 叠氮化铅生产的连续化设备	(203)
4.17 其它叠氮化物起爆药	(204)
思考题与习题	(208)
参考文献	(209)
第五章 硝基酚类重金属盐起爆药	(212)
5.1 概述	(212)
5.2 三硝基间苯二酚	(215)
5.3 三硝基间苯二酚铅	(222)
5.4 三硝基间苯二酚铅的制备工艺	(238)
5.5 三硝基间苯二酚铅的几种改性产品	(246)
5.6 细颗粒碱式三硝基间苯二酚铅	(248)
5.7 三硝基间苯二酚钡	(250)

5.8 二硝基间苯二酚铅	(270)
5.9 三硝基酚钾(苦味酸钾)	(275)
思考题与习题	(282)
参考文献	(283)
第六章 硝基重氮化物起爆药	(285)
6.1 二硝基重氮酚概述	(285)
6.2 二硝基重氮酚的物化性质与爆炸性能	(287)
6.3 二硝基重氮酚生产方法的分析	(306)
6.4 二硝基重氮酚的重氮化反应机理及工艺流程	(311)
6.5 二硝基重氮酚生产废水的处理	(325)
思考题与习题	(327)
参考文献	(327)
第七章 四唑类起爆药	(329)
7.1 四唑起爆药的结构特征	(329)
7.2 四氮烯起爆药	(330)
7.3 5-硝基四唑及其金属盐起爆药	(358)
7.4 四唑基双铅盐类起爆药	(364)
7.5 其它四唑衍生物起爆药	(369)
思考题与习题	(374)
参考文献	(374)
第八章 配位化合物起爆药	(377)
8.1 配位化合物起爆药的概述	(377)
8.2 高能钴配位化合物起爆药	(385)
8.3 硝酸三胍合镍(Ⅱ)起爆药	(423)
8.4 其它配位化合物起爆药	(426)
思考题与习题	(426)
参考文献	(427)
第九章 雷酸盐类起爆药	(430)
9.1 雷汞的概述	(430)
9.2 雷汞的物理化学性质	(430)
9.3 雷汞的爆炸性能	(435)
9.4 雷汞的制造工艺	(439)

思考题	(446)
参考文献	(446)
第十章 共沉淀起爆药	(448)
10.1 概述	(448)
10.2 固体表面的吸附作用与共沉淀机理	(449)
10.3 叠氮化铅与斯蒂芬酸铅共沉淀起爆药	(454)
10.4 碱式苦味酸铅与叠氮化铅(KD)共沉淀起爆药	(467)
10.5 四氮烯与斯蒂芬酸铅共沉淀起爆药	(477)
10.6 铅、钡固溶体共沉淀起爆药	(480)
思考题与习题	(481)
参考文献	(481)
第十一章 混合起爆药	(483)
11.1 混合起爆药概述	(483)
11.2 击发药	(484)
11.3 针刺药	(507)
11.4 摩擦药	(513)
思考题与习题	(514)
参考文献	(515)
第十二章 其它起爆药	(516)
12.1 高能量安全钝感起爆药	(516)
12.2 苯并氧化呋咱及其衍生物	(526)
12.3 耐热起爆药	(536)
12.4 乙炔类起爆药	(552)
思考题	(559)
参考文献	(559)

第一章 绪 论

1.1 起爆药发展历史简述

我们伟大的祖国对起爆药的发展做出了极其重要的贡献。根据历史的记载,最早的起爆药就是“火药”。今称为黑火药乃古代火药的发展。古代以硝石、硫磺、木炭或其它可燃物为主要组分,点火后能速燃或爆炸的混合物称为火药,意思是“发火的药”。众所周知,火药是中国古代四大发明之一。火药是人类掌握具有燃烧性能的第一种爆炸物。火药的发明和应用是文明史上的一件大事。从冷兵器到火药火器的发展是一个质的飞跃,它对中国以至世界的发展曾有重大的作用。

在火药发明的过程中,炼丹家的探索与医药学的发展分不开。根据已发现的史料,有年代可考的原始火药的配方,应是唐宪宗元和三年,即公元 808 年炼丹家清虚子所记载的“伏火矾法”。在唐代及唐代以前炼丹家在发明火药的过程中,已有对硝石、硫磺和木炭等混合物燃烧爆炸性能的经验总结。因此,可以认为原始火药的发明应在清虚子成书之前,即至迟在 808 年以前,含硝、硫和炭三组分的火药已经在中国诞生。

火药原始配方的发明,必然引起军事家的注意,并首先用于军事。同时也标志着人类从冷兵器进入火药兵器时代。火药大约在晚唐时期被做成火器用于战争。据记载,10 世纪初,唐哀帝天佑元年(公元 904 年),郑璠攻打豫章(今江西南昌),使用了“发机飞火”是最早用火药制造的一种火器。火药制成球状,缚于箭头近处,由火信点燃后用弓射出去。经考证,火药是用做点火燃烧剂,不是