

普通高等教育
兵工类规划教材

炸药用原材料 化学与工艺学

叶毓鹏 奚美珏 张利洪 编著



兵器工业出版社

内容简介

本书详细地介绍了用于炸药原材料的各种无机和有机化工产品,重点阐述了这些产品的性质、制造原理、生产工艺、设备、三废治理以及与炸药合成的联系。硝酸部分,编入了造气、净化、氨的合成以及防腐材料等内容,使知识结构更加完整。全书注重这一领域的新成就。硝酸对硝胺类炸药进行粒度分级内容的编入使本书具有新颖性,填补了我国高等兵工院校炸药原材料内容简单、零散、无统一教材的空白。

本书可作为高等学校炸药专业及精细化工专业本科生的教材,也可供有关技术人员和院校师生参考。

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、制定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 10 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,力争系列配套,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对兵工专业教材的系列配套,对提高教学质量和培养国防现代化人才,对促进兵工类专业科学技术的发展,起到积极的作用。

本教材由曹欣茂高级工程师主审,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

1994 年 11 月

我非常赞成和积极支持编写炸药系列教材,因为它是培养新一代炸药工程技术人员迫切需要的。这套炸药系列教材选题全面、内容丰富。我预祝这套教材编写成功并期待它早日出版。

周发歧

1987年12月

炸药系列教材

炸药用原材料化学与工艺学

炸药系列教材编审委员会：

主任委员：欧育湘

副主任委员：孙业斌 张熙和 叶毓鹏

委员：（按姓氏笔划）

于永忠	叶毓鹏	朱春华	孙业斌
肖学忠	李福平	李伟民	张宇建
张熙和	张明南	陈博仁	陈仁学
欧育湘	董海山		

炸药系列教材

序号	教 材 名 称	主 编 人
1	炸药理论	松全才
2	炸药用原材料化学与工艺学	叶毓鹏
3	硝基化合物炸药化学与工艺学	孙荣康
4	硝胺及硝酸酯炸药化学与工艺学	任特生
5	炸药合成化学	欧育湘
6	炸药实验室制备方法	张熙和
7	炸药分析	欧育湘
8	炸药反应工程	刘有智
9	炸药生产工艺设计	戴隆泽
10	军用混合炸药	孙业斌
11	工业炸药	吕春绪
12	炸药与装药安全技术	刘光烈
13	炸药毒性与防护	程景才

“炸药系列教材”序言

我们谨以这套“炸药系列教材”献给我国炸药行业的全体同仁,希望它为发展我国炸药科学技术、为培养炸药专业后继人才做出贡献。

炸药不仅是武器的能源,也是国民经济许多部门不可缺少的含能材料,在军用及民用两方面都占有重要的地位。我们祖国是黑火药的故乡,而黑火药是现代火炸药的始祖。从 10 世纪至 19 世纪,黑火药是世界上唯一使用的火炸药。它对军事技术、人类文明及社会进步所产生的深远影响,至今世所公认。现代炸药的合成始于 18 世纪。1771 年,英国 P·沃尔夫(Woulfe)合成了苦味酸,用作黄色染料;直到 1885 年,法国才将苦味酸用于装填弹药。1863 年,德国 J·维尔布兰德(Wilbrand)制得了梯恩梯;1902 年,德国首次以梯恩梯装弹。1899 年由 G·亨宁(Henning)合成的黑索今在第二次世界大战中受到各国的普遍重视,并发展了一系列以黑索今为基的高能混合炸药。1941 年,G·F·赖特(Wright)和 W·E·巴克曼(Bachmann)制得的奥克托今,在战后得到了实际应用,使炸药性能提高到了一个新的水平。至此,从应用的主炸药而言,炸药的发展经历了第一代苦味酸,第二代梯恩梯,第三代黑索今的三个里程碑,现在正逐步进入以黑索今、奥克托今为主炸药,并以改进炸药性能为重点的新阶段,而大力发展硝胺类炸药和积极研制不敏感炸药,则将是今后较长时期炸药发展的重要方向。

建国以来,我国的炸药工业与炸药科学技术从无到有,从小到大,从仿制到自行设计,有了长足的发展,特别是在炸药合成方面,已接近或赶上国际水平,混合炸药的研制和应用已跃居世界先进

国家的行列。但就炸药学科总体而言,我国仍落后于经济发达国家。为了使我国炸药科学技术稳步发展,尽快缩小与先进国家的差距,进而达到国际水平,我们非常需要培养一支掌握现代炸药知识且结构合理的技术队伍,这是振兴我国火炸药行业的百年大计。这套炸药系列教材就是为实现这一目的而编写的。另外,我国有一大批在炸药园地上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,取得了丰硕的成果和积累了极为丰富的经验。这是我国炸药行业非常宝贵的财富。现在这些专家大多年事日高,非常希望把他们多年获得的成就传给后人,这套“炸药系列教材”也是为了实现专家们的这一心愿及为我国留下这一宝贵财富而编写的。

“炸药系列教材”共 13 本,涉及炸药原材料、合成、生产工艺、应用、性能测试、分析及技术安全等各个方面,取材得体、新颖,既反映现代炸药科学技术水平,又结合我国炸药科研、生产现状及编著者本人多年积累的教学实际经验。与国内已出版的同类专著和教材相比,内容有较大幅度的翻新,有一部分教材则系国内首次公开出版。本系列教材全面采用国家法定计量单位,贯彻执行国家现行标准,读后将令人有耳目一新之感。

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。编写大纲于 1987 年 10 月经专家审定后,教材的初稿又通过炸药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。

“炸药系列教材”的出版,归功于各编者数年来锲而不舍的辛勤劳动,归功于炸药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与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,还归功于兵器工业出版社和有关院校印刷厂的鼎力协助,我们对此满怀感激之情。

在我国编写炸药系列教材尚属首次,且限于水平,教材中的缺点、错误或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。

“炸药系列教材”编审委员会

欧育湘、孙业斌执笔

1991 年 10 月

前 言

本书是根据兵器工业总公司炸药系列教材教学大纲的要求编写的,是炸药专业四年制本科生的专业教材。

本书重点阐述了各有关原材料的性质、制造原理、生产工艺以及在单质炸药研制中的应用,改变了我国兵工院校炸药原材料教学内容的简单、零散、无统一教材的面貌。

本书收集了用于炸药原材料的无机和有机化工产品,内容系统全面,具有新颖性,便于读者对炸药和化工领域都有更深入的了解。每章都有复习思考题,可供学习研讨和参考。

本书教学时数为 60 学时,可作为高等院校有关专业的教材,也可供炸药研制及生产的工程技术人员参考。

本书第 1、2、3、5 章由叶毓鹏编写,第 6、7、8、9、10 章由奚美珏编写,第 4 章由张利洪编写。全书由叶毓鹏主编。曹欣茂担任本书主审,欧育湘、孙业斌、张熙和、曹欣茂、宁培毅参加了审定,为全书结构和内容提出了宝贵的修改意见,在此深表感谢。

作者因水平所限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

1996 年 12 月

目 录

1 硫酸	(1)
1.1 硫酸的组成、性质与用途	(1)
1.1.1 硫酸的组成	(1)
1.1.2 硫酸的物理化学性质	(2)
1.1.3 硫酸的腐蚀性性质	(7)
1.1.4 耐酸材料及其选择	(7)
1.1.5 硫酸的用途	(10)
1.2 硫酸在炸药生产中的作用	(11)
1.2.1 硫酸的酸度函数	(11)
1.2.2 硫酸对生成硝鎓离子的催化作用	(14)
1.2.3 硫酸的使用浓度	(15)
1.3 废酸脱硝	(18)
1.3.1 脱硝原理	(18)
1.3.2 脱硝流程	(19)
1.4 稀硫酸浓缩	(20)
1.4.1 浓缩原理	(20)
1.4.2 浓缩工艺	(21)
1.5 硫酸工业制法	(24)
1.5.1 世界硫酸工业概况	(24)
1.5.2 硫酸的生产方法	(25)
1.5.3 工业硫酸规格和原材料及成品标准	(26)
1.5.4 硫磺原料接触法制硫酸	(28)
1.5.5 硫酸生产的安全技术与环境保护	(45)
复习思考题	(47)

参考文献	(48)
2 硝酸	(49)
2.1 硝酸的组成与性质	(49)
2.1.1 硝酸的组成	(49)
2.1.2 硝酸的物理化学性质	(50)
2.1.3 硝酸的腐蚀性质及防腐材料	(57)
2.1.4 硝酸的用途	(61)
2.2 硝酸在炸药生产中的地位	(62)
2.2.1 硝化剂	(62)
2.2.2 重结晶溶剂	(64)
2.2.3 氧化剂	(65)
2.3 合成氨的生产	(66)
2.3.1 造气	(66)
2.3.2 净化	(83)
2.3.3 氨的合成	(85)
2.4 稀硝酸生产	(88)
2.4.1 氨的催化氧化	(88)
2.4.2 一氧化氮的氧化	(98)
2.4.3 氮氧化物气体的吸收	(102)
2.4.4 硝酸尾气的处理	(112)
2.4.5 制造稀硝酸	(114)
2.5 浓硝酸的生产	(117)
2.5.1 稀硝酸脱水制浓硝酸	(118)
2.5.2 直接法合成浓硝酸	(129)
2.5.3 超共沸酸精馏制取浓硝酸	(135)
复习思考题	(135)
参考文献	(137)
3 尿素	(138)

3.1	尿素的性质	(138)
3.1.1	尿素的组成和物理性质	(138)
3.1.2	尿素的化学性质	(141)
3.1.3	尿素的规格	(146)
3.2	尿素的用途	(147)
3.2.1	尿素的主要用途	(147)
3.2.2	尿素在炸药中的应用	(148)
3.3	尿素的合成	(153)
3.3.1	尿素生产方法简介	(153)
3.3.2	尿素生产的原料	(157)
3.3.3	合成尿素的反应机理	(158)
3.3.4	氨基甲酸铵的性质	(159)
3.3.5	尿素合成工艺流程	(163)
3.3.6	尿素合成的化学平衡和主要工艺条件	(174)
3.3.7	尿素生产的主要设备	(189)
3.4	尿素溶液的蒸发与造粒	(195)
3.4.1	尿素溶液的蒸发	(196)
3.4.2	尿素的造粒	(198)
3.5	尿素生产的副反应	(198)
3.5.1	缩二脲的生成与防止	(198)
3.5.2	尿素的水解	(201)
3.6	尿素生产的腐蚀与爆炸问题	(201)
3.6.1	尿素生产的腐蚀问题	(201)
3.6.2	尿素生产的爆炸问题	(203)
	复习思考题	(204)
	参考文献	(204)
4	硝酸铵	(205)
4.1	硝酸铵的物理化学性质	(205)

4.1.1	硝酸铵的物理性质	(205)
4.1.2	硝酸铵的化学性质	(217)
4.1.3	硝酸铵的爆炸性质	(218)
4.1.4	硝酸铵毒性及其防护	(220)
4.1.5	硝酸铵的质量标准	(220)
4.2	硝酸铵的用途	(221)
4.2.1	用于醋酐法制黑索今的原料	(221)
4.2.2	硝酸铵法和硝镁法制黑索今的原料	(222)
4.2.3	醋酐法制造奥克托今的原料	(223)
4.2.4	硝酸铵是制造硝基胍的原料	(223)
4.2.5	工业炸药的主要组分	(224)
4.3	氨与硝酸中和制造硝酸铵	(225)
4.3.1	基本原理	(225)
4.3.2	中和反应器	(228)
4.3.3	利用反应热的中和流程	(231)
4.4	硝酸铵溶液的蒸发、结晶和干燥	(234)
4.4.1	稀硝酸铵溶液的蒸发	(234)
4.4.2	硝酸铵的结晶和干燥	(237)
4.5	硝酸铵生产工艺流程	(242)
4.5.1	常压中和造粒法	(242)
4.5.2	无蒸发法制取硝酸铵	(247)
4.5.3	转化法制硝酸铵	(248)
4.6	硝酸铵性能的改善	(251)
4.6.1	改善吸湿性	(251)
4.6.2	改善结块性	(251)
	复习思考题	(253)
	参考文献	(254)
5	纯碱与烧碱	(255)

5.1 纯碱的物理化学性质	(256)
5.1.1 纯碱的物理性质	(256)
5.1.2 纯碱的化学性质	(257)
5.1.3 纯碱的质量标准	(258)
5.2 纯碱的用途	(258)
5.2.1 一般用途	(258)
5.2.2 在炸药中的用途	(259)
5.3 纯碱工业发展简史	(264)
5.3.1 路布兰制碱法	(264)
5.3.2 索尔维制碱法	(264)
5.3.3 联合制碱法	(265)
5.3.4 天然碱制碱法	(266)
5.3.5 烧碱碳化法	(266)
5.4 原盐	(266)
5.4.1 海盐	(266)
5.4.2 岩盐	(267)
5.4.3 天然盐水	(267)
5.5 氨碱法制纯碱	(268)
5.5.1 概述	(268)
5.5.2 石灰石煅烧与石灰乳制备	(270)
5.5.3 盐水的精制与吸氨	(275)
5.5.4 氨盐水的碳酸化	(280)
5.5.5 重碱的过滤	(286)
5.5.6 重碱的煅烧	(287)
5.5.7 氨的回收	(292)
5.5.8 氨碱法生产总流程	(292)
5.6 联合法制取纯碱和氯化铵	(296)
5.6.1 联合制碱法工艺流程	(297)

5.6.2	制碱与制铵的工艺条件	(298)
5.6.3	氯化铵的结晶	(300)
5.6.4	热法氯化铵的生产	(303)
5.6.5	新旭法联合制碱	(303)
5.6.6	变换气碳化制造纯碱	(305)
5.7	天然碱和其它方法制碱	(305)
5.7.1	天然碱加工	(305)
5.7.2	芒硝制碱	(308)
5.8	烧碱	(309)
5.8.1	纯碱苛化法	(309)
5.8.2	天然碱苛化法	(310)
5.8.3	隔膜法电解	(310)
5.8.4	水银电解法	(311)
	复习思考题	(311)
	参考文献	(312)
6	芳烃的生产	(313)
6.1	苯	(313)
6.1.1	物理性质	(314)
6.1.2	化学性质	(316)
6.1.3	苯的规格要求	(321)
6.1.4	苯的用途	(322)
6.1.5	苯的制法	(324)
6.2	甲苯	(350)
6.2.1	物理性质	(351)
6.2.2	化学性质	(354)
6.2.3	甲苯的规格要求	(359)
6.2.4	甲苯的用途	(361)
6.3	二甲苯	(365)