

普通高等教育
兵工类规划教材

硝胺及硝酸酯炸药 化学与工艺学

任特生 编著



兵器工业出版社

责任编辑：任 燕

ISBN 7-80038-681-3/O·37(课)

定价：6.85 元

TQ 564.4

R - 792

硝胺及硝酸酯炸药

化学与工艺学

任特生 编著

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

本书是“炸药及有机化工”专业系列教材之一。本书阐述了硝胺和硝酸酯炸药的性能、制备化学原理和制造工艺方法。对黑索今、奥克托今、太安、硝化甘油等这些在实际应用中有特殊价值的炸药作了重点讲述；同时在面上也照顾到了其它有用的和具有潜在意义的新炸药，使读者有一个全面的、完整的概念。

本书介绍了相当数量的必要的参考文献；对有关化学物质都尽量列附了英文通称及标准命名，部分重要物质附了CA化学物质登记号，以利于读者作进一步的深入研究。

读者对象是大专本科高年级学生，也可供炸药行业中从事科研、设计、生产的科学技术人员参考。

硝酸及硝酸酯炸药化学工艺学

任特生·编著

兵器工业出版社出版

(北京市海淀区车道沟10号)

新华书店总店科技发行所发行

各地新华书店经销

北京市顺义县后沙峪印刷厂印装

开本·850×1168 1/32 印张 14.5 字数:368.6千字

1994年1月第1版 1994年1月第1次印刷

印数:1—800 定价·6.85元

ISBN 7-80038-681-3/0·37(课)

出版说明

遵照国务院国发〔1978〕23号文件精神，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，建立了由主审审查、责任编辑复审和教编室审定等5个文件。并根据兵工类专业的特点，成立了九个专业教学指导委员会和两个教材编审小组。以加强对兵工类专业教材建设的规划、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

ABF58/05

极的作用。

本教材由张熙和教授主审，经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。

兵器工业总公司教材编审室

1991年8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

硝胺及硝酸酯炸药

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 宁培毅 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	预计出版日期
1	炸药理论	松全才	1995年12月
2	炸药原材料化学与工艺学	叶毓鹏	1994年12月
3	硝基化合物炸药化学与工艺学	孙荣康	1992年10月
4	硝胺及硝酸酯炸药化学与工艺学	任特生	1992年10月
5	炸药合成化学	欧育湘	1995年12月
6	炸药实验室制备方法	张熙和	1995年9月
7	炸药分析	欧育湘	1993年9月
8	炸药反应工程	李鸿云	1995年2月
9	炸药生产工艺设计	戴隆泽	1994年12月
10	军用混合炸药	孙业斌	1993年12月
11	工业炸药	吕春绪	1993年4月
12	炸药与装药安全技术	刘光烈	1993年8月
13	炸药毒性与防护	程景才	1993年2月

“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）发现的奥克托今，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也已跃居

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已高，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14本（见次页），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，归功于各编者多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

如果将硝酸炸药看成现代高能炸药的灵魂，似乎也不为过。20世纪40年代以来，硝酸炸药作为高能单体炸药的一个大类，越来越被人们重视。硝酸酯在历史上就是一类重要的炸药，直到今天，它们在很多高能材料(energetic materials)应用领域中，仍是不容忽视的物质。

本书介绍和讨论了硝酸和硝酸酯炸药的性能，制备反应原理和制造工艺方法，以黑索今、奥克托今、特屈儿、太安、硝化甘油等最常用的炸药为重点，并在面上也照顾到了一些其它比较有用的硝酸和硝酸酯炸药以及若干具有潜在意义的新的爆炸化合物。为了利于读者进一步研究学习，在论述各部分时尽量选择引用了相当数量的有价值的文献资料，附在每章之后作为“参考文献”。

中国是炸药祖先“黑火药”的发明的故乡，现代中国在炸药的研究上仍然是很有成绩的。有志于这个事业的中国人将百尺竿头更进一步，在努力学习、勤奋研究的基础上，不断取得新的发明创造成就。

作者虽竭尽所能编写此书，但水平有限，谬误之处，恐所难免，希读者发现时不吝指出。

本书经张熙和、欧育湘、叶毓鹏、孙业斌等教授专家提出许多宝贵意见，使编写错误能减小到最低程度，作者特此谨致谢忱。

编者

1991.6.11

目 录

1 硝胺炸药通论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 硝胺及其性质	(4)
1.3 硝酰胺 (nitramide)	(11)
1.4 硝胺的制备	(16)
参考文献	(25)
2 黑索今	(27)
2.1 概述	(27)
2.1.1 物理性质	(29)
2.1.2 在溶剂中的溶解性	(32)
2.1.3 化学性质	(35)
2.1.4 毒性	(38)
2.1.5 爆炸性质	(39)
2.1.6 应用	(41)
2.1.7 质量要求	(43)
2.2 黑索今的主要原料	(46)
2.2.1 甲醛	(46)
2.2.2 多聚甲醛(paraformaldehyde)	(48)
2.2.3 甲醛的化学	(52)
2.2.4 乌洛托品(urotropine)	(55)
2.3 黑索今的制造方法综论	(61)
2.3.1 硝酸法	(62)
2.3.2 硝酸—硝酸铵法	(63)
2.3.3 甲醛—硝酸铵合成法	(64)
2.3.4 醋酐法	(65)
2.3.5 取代六氢化均三嗪法	(66)

2.3.6	R-盐氧化法	(67)
2.3.7	直链硝胺的合环	(68)
2.4	黑索今的制造 硝酸法	(69)
2.4.1	乌洛托品在硝酸中的硝解反应	(69)
2.4.2	硝酸法制黑索今的工艺	(80)
2.4.3	硝酸法工艺的讨论	(88)
2.5	黑索今的制造 醋酐法	(98)
2.5.1	制造工艺方法	(98)
2.5.2	精制和后处理	(104)
2.5.3	醋酐法工艺的讨论	(108)
2.6	制造黑索今的其它方法	(122)
2.6.1	硝酸-硝酸铵法工艺	(122)
2.6.2	甲醛-硝酸铵法工艺	(129)
2.6.3	六氢化均三嗪工艺	(132)
2.6.4	R-盐氧化制黑索今工艺	(138)
2.7	废酸和废水处理	(141)
2.7.1	硝酸法生产黑索今的废酸回收处理	(141)
2.7.2	醋酐法制黑索今的废酸处理	(150)
2.7.3	黑索今废水处理	(153)
参考文献		(156)
3	奥克托今	(160)
3.1	概述	(160)
3.1.1	晶型和有关物理性质	(162)
3.1.2	溶解性及溶剂化物	(167)
3.1.3	化学性质	(170)
3.1.4	毒性	(172)
3.1.5	爆炸性质	(173)
3.1.6	热安定性	(174)
3.1.7	应用和质量要求	(176)

3.2	制备合成原理	(178)
3.2.1	乌洛托品在醋酐-硝酸中的硝解反应	(179)
3.2.2	环硝胺的形成反应历程	(191)
3.2.3	从小分子合成HMX或HMX母体	(199)
3.3	奥克托今制备的中间物及副产物	(203)
3.3.1	乌洛托品硝酸盐	(203)
3.3.2	二硝基五亚甲基四胺(DPT)	(205)
3.3.3	一酰氧基甲基三硝基四氮杂环 辛烷(PHX)	(211)
3.3.4	二乙酰氧基三硝基三氮杂庚烷(BSX)	(213)
3.3.5	二乙酰氧基四硝基四氮杂壬烷(AcAn)	(216)
3.3.6	一乙酰基二硝基三氮杂环己烷(TAX)	(217)
3.3.7	一乙酰基三硝基四氮杂环辛烷(SEX)	(221)
3.4	醋酐法制造奥克托今工艺	(223)
3.4.1	两步法(实验室方法)	(224)
3.4.2	一步两段法	(225)
3.4.3	醋酐法的工艺改进	(228)
3.4.4	工艺参数的讨论	(231)
3.4.5	醋酐法的安全问题	(235)
3.4.6	精制	(238)
3.5	制造奥克托今的其它方法	(244)
3.5.1	TAT法	(245)
3.5.2	DADN法	(249)
3.5.3	DANNO法	(255)
3.5.4	制HMX/RDX 70/30的混合物的 新醋酐法	(256)
3.5.5	硝基脲法(或称尿素法)	(258)
3.5.6	其它方法的研究	(260)
	参考文献	(262)

4	其它环硝胺	(267)
4.1	四硝基四氮杂十氢化萘	(267)
4.1.1	TADA制备	(270)
4.1.2	1,4,5,8-四乙酰基-1,4,5,8-四氮杂十氢化萘制备	(270)
4.1.3	硝解四乙酰基四氮杂十氢化萘以制取TNAD	(270)
4.1.4	1,4,5,8-四亚硝基-1,4,5,8-四氮杂十氢化萘制备	(270)
4.1.5	8-亚硝基-1,4,5-三硝基-1,4,5,8-四氮杂十氢化萘制备	(271)
4.1.6	8-亚硝基-1,4,5-三硝基-1,4,5,8-四氮杂十氢化萘硝化制备TNAD	(271)
4.1.7	硝解TADA制备TNAD	(271)
4.2	四硝基四氮杂螺十一烷	(272)
4.2.1	四(氨基甲基)甲烷制备	(274)
4.2.2	四(硝胺甲基)甲烷制备	(275)
4.2.3	由四(硝胺甲基)甲烷与甲醛合环制备TNSU	(276)
4.2.4	2,4,8,10-四亚硝基-2,4,8,10-四氮杂双环螺〔5,5〕十一烷制备	(276)
4.2.5	从亚硝基衍生物制备TNSU	(276)
4.3	六氢化嘧啶 <i>N</i> -硝基衍生物	(276)
4.3.1	三硝基六氢化嘧啶(TNP)	(277)
4.3.2	硝酰氧基甲基三硝基六氢化嘧啶(NMP)	(279)
4.3.3	1,3,5,5-四硝基六氢化嘧啶 ^[11]	(281)
4.4	甘脲硝基衍生物	(282)
4.4.1	二硝基甘脲	(283)
4.4.2	四硝基甘脲	(284)