

炸 药 分 析

欧 育 湘 编 译

國防工業出版社

内 容 简 介

本书系根据近年来国外发表的有关炸药分析的资料编译而成。全书共分七章,前四章分别介绍单体猛炸药、混合炸药、单体起爆药及混合起爆药的定性鉴定和定量测定方法;第五章为常用炸药的颜色反应和显色剂;第六、七章介绍了常用炸药的重要物理常数和炸药中微量杂质的测定。书中所收集的分析方法,有容量法、重量法、电化学法、比色法、光谱法、色谱法和质谱法等,其中有些是国外正在使用的军用标准方法。

本书可供从事火炸药分析和研究的工人、工程技术人员和有关院校的师生参考。

炸 药 分 析

欧育湘 编译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 1/32 印张 7 5/16 184千字

1978年2月第一版 1978年2月第一次印刷 印数: 0,001—7,500册

统一书号: 15034·1634 定价: 0.93元

前 言

本书取材于近年来国外公开发表的文献资料。编译时仅对原文中某些技术上有明显错误的地方作了更正;对于个别费解之处,则以注码的形式作了简要说明。此外,各章后附有原文所引用的参考文献,供读者进一步查考。

本书旨在介绍国外炸药分析领域内的部分概况,阅读时我们要遵循伟大领袖毛主席关于“认真学习外国的好经验”的教导,从中吸取有益之处,作为工作中的借鉴和参考。

本书可供从事火炸药分析和研究的工人、工程技术人员和有关院校的师生参考。

限于资料来源和编译者的水平,书中一定存在不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

目 录

第一章 单体猛炸药的分析方法	7
§ 1-1 概述	7
§ 1-2 芳香族硝基化合物的定性鉴定	22
§ 1-3 脂肪族硝基化合物的定性鉴定	29
§ 1-4 亚硝基化合物的定性鉴定	39
§ 1-5 硝基胺的定性鉴定	41
§ 1-6 硝酸酯的定性鉴定	46
§ 1-7 硝基醇的定性鉴定	48
§ 1-8 芳香族硝基化合物的定量测定	48
§ 1-9 脂肪族硝基化合物的定量测定	62
§ 1-10 亚硝基化合物的定量测定	74
§ 1-11 硝基胺的定量测定	78
§ 1-12 硝酸酯的定量测定	79
§ 1-13 硝基醇的定量测定	83
§ 1-14 某些单体炸药的其他分析方法	86
§ 1-15 常用单体炸药适宜采用的分析方法总表	90
第一章参考文献	103
第二章 猛性混合炸药的分析方法	108
§ 2-1 阿马托的定性鉴定及定量测定	108
§ 2-2 阿莫纳儿的定性鉴定及定量测定	110
§ 2-3 A-炸药的定性鉴定及定量测定	112
§ 2-4 B-炸药及塞克洛托儿的定性鉴定及定量测定	115
§ 2-5 C-炸药的定性鉴定及定量测定	119
§ 2-6 黑索今与奥克托今混合物的定量测定	123
§ 2-7 谢得特的定性鉴定及定量测定	125
§ 2-8 其他一些混合炸药的定性鉴定	131
§ 2-9 常用混合炸药定量测定方法总表	133
第二章参考文献	138

第三章 单体起爆药的分析方法	139
§ 3-1 概述	139
§ 3-2 雷汞的定性鉴定及定量测定	139
§ 3-3 迭氮化铅的定性鉴定及定量测定	145
§ 3-4 斯蒂芬酸铅的定性鉴定及定量测定	156
§ 3-5 二硝基重氮酚各项指标的测定	159
§ 3-6 特屈拉辛各项指标的测定	161
第三章参考文献	163
第四章 混合起爆药的分析方法	164
§ 4-1 混合起爆药中常见组分的定性鉴定	164
§ 4-2 未知混合起爆药的分析程序	168
§ 4-3 十种典型混合起爆药的定量测定	172
第四章参考文献	183
第五章 炸药的颜色反应和显色剂	184
§ 5-1 用于鉴定炸药的显色剂及鉴定方法	184
§ 5-2 常用炸药的颜色反应	195
§ 5-3 基于颜色反应的鉴定炸药的快速方法	195
第五章参考文献	200
第六章 炸药重要物理常数的测定	201
§ 6-1 熔点的测定	201
§ 6-2 凝固点的测定	202
§ 6-3 固体炸药的真密度或比重的测定	204
§ 6-4 固体炸药假密度的测定	208
§ 6-5 固体炸药装填密度的测定	211
第六章参考文献	213
第七章 炸药中微量杂质的测定	214
§ 7-1 水分的测定	214
§ 7-2 酸含量的测定	216
§ 7-3 碱含量的测定	218
§ 7-4 溶剂中不溶物的测定	219
§ 7-5 灰分的测定	219
第七章参考文献	220

附录	221
1. 炸药分析实验室技安注意事项	221
2. 废药的销毁方法	223
3. 各种炸药在溶剂中的溶解度	225
附录参考文献	232
全书各章部分参考文献缩写	233

第一章 单体猛炸药的分析方法

§ 1-1 概 述

目前工业上生产的单体猛炸药,几乎都分属于芳香族硝基化合物、硝基胺和硝酸酯三类,本节将简述这三类单体猛炸药中主要品种的概况和规格,同时还在表 1-1^[1]中列有三十一种重要单体猛炸药的物理性能。现在以工业规模制造的脂肪族硝基化合物及硝基醇,品种不多。它们多不单独用做猛炸药,而主要是用做溶剂,以及做为混合炸药的组分和合成某些单体炸药的原料。为了提供参考,本节表列了几种重要的脂肪族硝基化合物和硝基醇的物理性能和规格。

1. 芳香族硝基化合物

(1) 梯恩梯(2, 4, 6-三硝基甲苯)

梯恩梯是目前使用最广泛最重要的猛炸药,它制造容易,安定性好,浇铸装药较安全,且具有相当的威力和猛度。梯恩梯不仅单独使用,还用于与其他很多高熔点猛炸药及爆炸性物质混合制成混合炸药,以降低炸药熔点而利于铸装,或改善炸药的爆炸性能。这类混合炸药主要有:特屈托儿(Tetrytol)——梯恩梯与特屈儿的混合物,奥克托儿(Octol)——梯恩梯与奥克托今的混合物,塞克洛托儿(Cyclotol)——梯恩梯与黑索今的混合物,彭托莱特(Pentolite)——梯恩梯与太安的混合物,阿马托——梯恩梯与硝酸铵的混合物等。

梯恩梯溶于丙酮、苯、甲苯、吡啶、氯仿及乙醇,略微溶于热水和四氯化碳。其溶解度见附录表 8-3。

梯恩梯系用硝硫混酸硝化甲苯然后用亚硫酸钠或硝酸将硝化产品精制制得。

梯恩梯的规格列于表 1-2^[2]。

表 1-1 重要单体猛炸药的物理性能

序号	炸药名称	熔点 (°C)	密度或 比重	物态、颜色、晶型	折 射 率			其 他
					α 或 ω	β 或 ϵ	γ 或液态的 η	
1	2,4,6-三硝基甲苯 (梯恩梯)	81	1.654	斜方晶体, 由乙醇 中重结晶者无色	1.543	1.674	1.717	240~280°C 时 爆炸
2	2,3,4-三硝基甲苯	112	1.620	由乙醇中结晶者为 三叶状				
3	2,3,5-三硝基甲苯	104	1.620	由乙醇中结晶者为 斜方黄色片状结晶				
4	1,3,5-三硝基苯	122	1.688 ²⁰	斜方晶体, 由苯中 结晶者为无色到黄色 片状结晶	1.607	1.649	1.670	
5	六硝基二苯胺	240~250	1.653	斜方晶系, 黄色针 状结晶	1.764	1.790	1.798	
6	2,4,6-三硝基苯酚 (苦味酸)	122	1.771	斜方晶体, 由水中 结晶者为黄色片状	1.667	1.669	1.742	300°C 时爆炸
7	苦味酸铵(D 炸药)	280	1.719	斜方晶体	1.509	1.85	1.915	300°C 时爆炸
8	1,5-二硝基苯	217.5		由醋酸中结晶者为 六方形针状结晶				
9	1,8-二硝基苯	173.5		斜方晶体, 由氯仿 中结晶者为黄色片状				
10	2,4,6-三硝基苯甲 酸	68.4	1.408 ²⁰	单斜晶体, 由乙醇 中结晶者为无色到黄 色片状结晶	1.543	1.640	1.70	

(续)

序号	炸药名称	熔点 (°C)	密度或 比重	物态,颜色,晶型	折 射 率			其 他
					α 或 ω	β 或 ε	γ 或液态的 η	
11	2,4,6-三硝基苯甲 酸	228.7		斜方晶体,由水中结 晶者为黄色针状结晶				220°C 时分解
12	2,4,6-三硝基乙苯	37		近乎无色结晶				
13	2,4,6-三硝基苯乙 醛	80		黄色结晶				
14	2,4,6-三硝基间甲 酚	109.5	1.69	由水或乙醇中结晶 者为黄色针状结晶				150°C 时爆炸
15	三硝基间苯二酚 (斯蒂芬酸)	180	1.829	六方形结晶,由丙 酮中结晶者为棱形	1.613	1.742		
16	2,4-二硝基甲苯	70.5	1.521 ¹⁵	单斜晶系,黄色针 状结晶	1.442	1.764	1.775	300°C 时分解
17	2,6-二硝基甲苯	61	1.283	斜方针状结晶	1.479	1.697	1.750	
18	环三亚甲基三硝胺 (黑索今)	205	1.82	斜方晶体	1.578	1.597	1.602	
19	环四亚甲基四硝胺 (奥克托今)	279	1.96	单斜晶体	1.589	1.594	1.73	
20	2,4,6-三硝基苯甲 硝胺(特屈儿)	130	1.57	黄色单斜晶体,由 乙醇中结晶者为粒状	1.546	1.632	1.74	187°C 时爆炸
21	乙炔二硝胺	179	1.75	斜方针状结晶	1.427	1.686	1.73	

(续)

序号	炸药名称	熔点 (°C)	密度或 比重	物态, 颜色, 晶型	折 射 率			其 他
					α 或 ω	β 或 ε	γ 或液态的 η	
22	季戊四醇四硝酸酯 (太安)	142	1.77	四方形结晶, 由丙酮 或乙醇中结晶者无色	1.556	1.551		150°C 时分解
23	丙三醇三硝酸酯 (硝化甘油)	13.2	1.601 ¹⁵	淡黄色油状液体			1.474	260°C 时爆炸
24	纤维素硝酸酯(硝 化棉)		1.66					160~170°C 时 着火
25	甘露糖醇六硝酸酯 (硝化甘露醇)	113	1.604	由乙醇中结晶者为 无色针状结晶				160~170°C 时 爆燃
26	乙二醇二硝酸酯	-2.0	1.496 ¹⁵	无色到黄色液体				114~116°C 时 爆炸
27	二乙二醇二硝酸酯	-22.75	1.3908 ¹⁵	无色液体			1.450	
28	四羟甲基环戊酮四 硝酸酯	74(α) 66.7(β)	1.62	单斜晶体	1.505	1.534	1.568	
29	1,1,1-三羟甲基乙 烷三硝酸酯	-3°C	1.47	无色到黄色液体			1.4752	
30	1,2,4-丁三醇三硝 酸酯		1.52					
31	四羟甲基环己醇五 硝酸酯	122.5	1.44				1.47	

表 1-2 梯恩梯的规格

项 目	规 格
凝固点(°C)	80.2②, 80.4③
酸度(以硫酸计)(%), 不大于	0.02
水分(%), 不大于	0.10
水分和挥发分(%), 不大于	—
碱度	无
乙醇或苯中不溶物(%), 不大于	0.05
钠①(%), 不大于	0.001

① 用原子吸收光谱测定。

② 一类, 鳞片状。

③ 二类, 结晶状。

(2) 三硝基苯及四硝基苯

三硝基苯是一个很猛烈的炸药, 但未获广泛使用, 这一方面是因为它的毒性, 另一方面是因为它不能由硝化间-二硝基苯制得。用浓硝酸氧化梯恩梯可制得三硝基苯[⊖]。三硝基苯有三种异构体, 即 1, 2, 3-三硝基苯, 1, 2, 4-三硝基苯及 1, 3, 5-三硝基苯(即对称三硝基苯), 其中以对称三硝基苯最为重要。三硝基苯溶于丙酮、热乙醇、苯、乙醚、氯仿等, 不溶于冷乙醇、石油醚、环己烷等。对称三硝基苯的溶解度见表 8-11。

四硝基苯也是一个很猛烈的炸药, 它有两种异构体, 即 1, 2, 3, 5-四硝基苯和 1, 2, 4, 5-四硝基苯, 后者能水解为苦味酸。两种四硝基苯的工业混合物被用做传爆药或雷管中的次级装药。四硝基苯的溶解情况与三硝基苯类似, 不过溶解度较低。

(3) 硝基萘

粗二硝基萘(α -二硝基萘、 β -二硝基萘及少量 γ -二硝基萘的混合物)是一个弱的炸药, 它用于与硝酸铵, 与苦味酸及与二硝基苯和过氯酸钾制成混合炸药。二硝基萘不溶于水, 溶于乙醚、热苯或冰醋酸, 微溶于乙醇。硝化一硝基萘可制得二硝基萘上述三种异

⊖ 用浓硫酸加重铬酸钠氧化梯恩梯或用还原剂还原三硝基氯苯, 也可制得三硝基苯。——编译者注

构体的混合物。二硝基萘的溶解度见表 8-14。

硝化二硝基萘可制得三硝基萘异构体的混合物，其中含有 α -三硝基萘、 β -三硝基萘、 γ -三硝基萘及 δ -三硝基萘四种异构体。 β -三硝基萘的感度与梯恩梯相同，而威力略小于梯恩梯。三硝基萘不溶于水，溶于丙酮及乙醇，微溶于乙醚和冰醋酸，它的溶解度见表 8-13。

进一步硝化三硝基萘可制得四硝基萘异构体的混合物，它是一种威力与梯恩梯相近的炸药，但较梯恩梯价贵。四硝基萘微溶于水、乙醇和乙醚，溶于丙酮。

(4) 苦味酸和苦味酸盐

苦味酸(2, 4, 6-三硝基苯酚)是用于装弹的最古老和猛烈的炸药之一，它被单独使用，也用于与其他炸药混合以制成低熔点的、可浇铸装药的混合炸药。苦味酸的熔点为 122°C ，但它以 1:1 的比例分别与硝基萘(熔点 61°C)、梯恩梯(熔点 81°C)及三硝基苯甲酚(熔点 107°C)混合时，能生成熔点分别为 49°C 、 47°C 及 70°C 的混合炸药。苦味酸与某些碱能形成重要的结晶化合物，例如苦味酸苯胺，苦味酸铵(D-炸药)，苦味酸胍等。苦味酸还能生成很多金属盐，其中有些是很敏感的炸药。最重要的苦味酸金属盐是苦味酸铅，它被用于混合起爆药中。

苦味酸溶于热水、丙酮、乙醇、甲苯、苯及浓硫酸等，它的溶解度见表 8-9 及 8-10。

苦味酸与强碱不产生红色反应，但与氰化钾生成特征的红色。将苯酚磺化然后硝化，或者硝化 2, 4-二硝基酚均可制得苦味酸。

苦味酸的规格列于表 1-3^[3]。

(5) 四硝基吡唑

用硝酸硝化吡唑可制得四硝基吡唑异构体的混合物，其中主要是 1, 3, 6, 8-四硝基吡唑。四硝基吡唑的威力约等于梯恩梯，曾将它用做黑火药的代用品和用做点火药。纯 1, 3, 6, 8-四硝基吡唑的熔点为 296°C ，它溶于丙酮、冰醋酸等溶剂。

表 1-3 苦味酸的规格

项 目	规 格
颜色	白到黄
粒度(通过 1410 微米筛量)(%), 不小于	99.5
凝固点($^{\circ}\text{C}$)	120.0
灰分(%), 不大于	0.1
热水中不溶物(%), 不大于	0.1
铅(%), 不大于	0.0004
水分(%), 不大于	
干品	0.2
湿品	22
酸度(%), 不大于	
硝酸	无
总酸度(以硫酸计)	0.1

军用四硝基呋唑的规格列于表 1-4^[4]。

表 1-4 四硝基呋唑的规格

项 目	规 格
硝基氮含量(%), 不小于	15.50
水分含量(%), 不大于	0.20
碱度(总的或表面的)(以 NH_3 计)(%), 不大于	0.05
酸度(以 H_2SO_4 计)(%), 不大于	
总的	0.02
表面的	0.01
熔点($^{\circ}\text{C}$)	
最低	285
最高	300
丙酮不溶物(%), 不大于	0.15
粒度(%), 不小于	
通过 50 号筛	100
通过 100 号筛	75

用做猛炸药的其他芳香族硝基化合物还有: 三硝基苯胺、四硝基苯胺、三硝基间二甲苯、三硝基氯苯、三硝基苯甲醚、四硝基苯甲

醚、三硝基间甲酚、四硝基间甲酚及六硝基二苯胺等，它们中某些物质的物理性质见表 1-1。

2. 硝基胺

(1) 黑索今

黑索今即环三亚甲基三硝胺，是一个很猛烈、很重要且广泛使用的炸药，它不仅用做雷管和传爆药，尤其是做为猛炸药用于多种混合炸药中。由于黑索今的熔点高达 204°C ，且在熔化时分解，所以钝感黑索今不能铸装。含有黑索今的各种混合炸药见表 2-8。

黑索今易溶于环己酮(特别是热环己酮)、二甲基甲酰胺、乙腈、丙酮及浓硝酸中，微溶于苯、甲苯、乙醇、氯仿、二硫化碳中，几乎不溶于冷四氯化碳和水，但稍溶于热水，其溶解度见附录表 8-4。

黑索今与氢氧化钠溶液共热时分解。

制造黑索今的方法很多，其中最简便的是用浓硝酸硝化乌洛托品。

黑索今的规格见表 1-5^[5]。

表 1-5 黑索今的规格

项 目	规 格	
	A 类①	B 类②
熔点($^{\circ}\text{C}$)	200.0	190.0
丙酮不溶物总含量(%), 不大于	0.05	0.05
有机不溶物(%), 不大于	0.03	0.03
酸度(%), 不大于	0.05	0.02

① 为纯黑索今。

② 为黑索今与约 8% 奥克托今的混合物。

(2) 奥克托今

奥克托今即环四亚甲基四硝胺，它是一个很猛烈、很稠密的炸药，被用做传爆药，经过钝感或与梯恩梯混合后的奥克托今则用做爆炸装药。奥克托今还用于固体火箭及炮用发射药中。

奥克托今有四种晶型，即 α 、 β 、 γ 及 δ ，其中的 β -型在室温下

是最稳定的, α -型及 γ -型也能在室温下存在, 但较 β -型敏感。 δ -型只能在高温下存在, 且很敏感。

奥克托今溶于能溶解黑索今的各种溶剂, 例如丙酮、乙腈、环己酮、浓硝酸等, 但其溶解度较黑索今小得多。奥克托今的溶解度见表 8-8。

奥克托今系由乌洛托品、冰醋酸、醋酸酐、硝酸铵和硝酸制得, 产品为 75% 奥克托今与 25% 黑索今的混合物, 将此混合物用四硼酸钠和 5*N* 氢氧化钠溶液处理, 可破坏黑索今以得到纯奥克托今。

奥克托今的规格列于表 1-6^[6]。

表 1-6 奥克托今的规格

项 目	规 格
纯度(%), 不小于	
一类	93
二类	98
熔点(°C)	270
丙酮不溶物总含量(%), 不大于	0.05
无机不溶物(灰分)(%), 不大于	0.03
酸度(以 OH_3COOH 计)(%), 不大于	0.02
晶型	主要为 β -型

(3) 特屈儿

特屈儿即 2, 4, 6-三硝基苯甲硝胺, 它是一个很重要、很猛烈的炸药, 被广泛用做雷管装药和传爆药。如果作为猛炸药, 特屈儿显得过于敏感, 且其熔点达 131°C, 不易铸装。但特屈儿与梯恩梯以 1:1 组成的混合炸药(特屈托儿)则可作为铸装猛炸药。

特屈儿易溶于丙酮、苯、二氯乙烷, 微溶于四氯化碳、乙醇、乙醚、二硫化碳等, 几乎不溶于水, 它的溶解度见表 8-5。

将二甲基苯胺溶于浓硫酸然后硝化, 或将二硝基氯苯与一甲胺及氢氧化钠反应制得二硝基甲苯胺然后硝化, 均可制得特屈儿。

特屈儿的规格列于表 1-7^[7]。

表 1-7 特屈儿的规格

项 目	规 格
熔点(°C), 不低于	129.5
苯中不溶物(%), 不大于	0.10
酸度(以 H_2SO_4 计)(%), 不大于	0.02
水分(%), 不大于①	0.10

① 将试样在 100°C 下干燥 4 小时测定。

(4) 硝基胍

硝基胍的威力大, 但爆温低(约 900°C), 这使得人们很愿意将它做为发射药的一个组分。硝基胍用于与纤维素硝酸酯及硝化甘油制成所谓三基发射药, 但由于它与纤维素硝酸酯及硝化甘油结合时需要采用昂贵的粘结及浇铸工艺, 同时由于它的溶解度关系, 故限制了它的使用重要性。硝基胍的极性相当高, 它不溶于一般的极性有机溶剂, 但溶于热水及硫酸(热硫酸能分解硝基胍), 微溶于甲醇、丙酮及冷水, 冷却硝基胍的热水溶液, 可析出长针状结晶。硝基胍也不溶于脂烷烃中。硝基胍的溶解度见表 8-16。

将熔融的尿素与硝酸铵作用可制得硝酸胍, 用浓硫酸处理硝酸胍即制得硝基胍。

硝基胍的规格见表 1-8^[8]。

表 1-8 硝基胍的规格

项 目	规 格
纯度(%), 不小于①	
一类	98
二类	99
灰分(%), 不大于	0.30
酸度(以 H_2SO_4 计)(%), 不大于	0.60
硫酸盐(以 Na_2SO_4 计)(%), 不大于	0.20
水不溶杂质(%), 不大于	0.20

① 用氯化亚铬还原法测定。

(5) 乙烯二硝胺

乙烯二硝酸胺是一个可由廉价原料制得的猛炸药，可做为传爆药或做为混合炸药组分。乙烯二硝酸胺是一个二元酸，故可生成很多盐。它的酸性限制了它的使用，特别是含有水分时。乙烯二硝酸胺与梯恩梯组成的混合炸药名叫爱德纳托儿(Ednatol)，可以铸装。

乙烯二硝酸胺溶于乙醇、二氧六环及热水，微溶于冷水，不溶于乙醚，它的溶解度见表 8-17。

用发烟硝酸硝化乙烯脲，然后将生成的二硝基乙烯脲在 95°C 下于水溶液中水解，可制得乙烯二硝酸胺。

3. 硝酸酯

(1) 太安

太安即季戊四醇四硝酸酯，它是最猛烈的炸药之一。纯太安广泛用做雷管装药。因为太安十分敏感且不能铸装，故它做为猛炸药时，一般系与其他物质混合，例如与梯恩梯混合制成易于铸装且处理时足够安全的彭托莱特。用蜡钝感后的太安可用于压装。太安还用于制造塑性炸药。

太安溶于丙酮、乙酸乙酯，微溶于四氯化碳、苯、甲苯、乙醇、乙醚等，不溶于水，它的溶解度见表 8-6 及 8-7。

太安的规格列于表 1-9^[9]。

(2) 硝化甘油

硝化甘油是一种最重要的液体硝酸酯，它的学名是丙三醇三硝酸酯。硝化甘油几乎无例外地与其他爆炸组分或惰性物质混合使用，它是纤维素硝酸酯的优良的胶化剂，广泛地用于制造双基发射药及各种代那迈特。

硝化甘油溶于丙酮、乙醚、甲醇、氯仿及其他有机溶剂，微溶于四氯化碳，难溶于含水乙醇。

将甘油用 40:59.5:0.5(硝酸:硫酸:水)的硝硫混酸在 25°C 或更低温度下硝化，即可制得硝化甘油。

硝化甘油的规格示于表 1-10^[10]。

(3) 纤维素硝酸酯

纤维素硝酸酯俗称硝化棉，是最广泛使用的爆炸物质之一，特