

科学技术普及文献[著作]

本站说明：该书第二版更正了原书中的一些错误，并加入了起爆药的制造方法，地址是：<http://kclz.org/article/showone.asp?id=1162>

科创联组炸药爱好者QQ群号码：13464850

合成炸药

重印说明

本书是作者高中时代编辑的，难度不高，读者对象特殊。这次重印，主要目的是部份满足科创联组内部对百科知识的需求。由于有些内容较敏感，请按照有关规定发行和收存。

科新社

2002年10月

前言

炸药在军事和生产建设等方面有广泛运用。合成炸药是炸药的一个分支，也是应用最广、产量最大的一类。

炸药 (Explosive) 含义广泛。不论早期的黑火药、用于火箭推进的硝化纤维还是在矿山中经常见到的硝铵炸药，都被囊括到炸药的名下。合成炸药有时又被分为合成起爆药和合成猛炸药，两者本质是一样的，只是前者感度很高，后者相对顿感和安全。合成炸药又称化合物炸药、分子内炸药，是一种纯净有机物。爆炸反应进行时，化学反应可以被想象成在它的每个分子内部进行。在合成炸药发明以前，黑火药占有主导地位。后来，随着硝化甘油的广泛应用以及雷管起爆法的推广，黑火药的应用范围逐渐缩小，而局限于火工品以及焰火。实际上，在很早以前，曾经被广泛应用的合成炸药比如苦味酸就发明了，只是当时并未发现它的爆炸性能，而是用来染布。

炸药制造及运用早已脱离了作坊时代，进入大工业和自动化时代。炸药作为一种特殊的材料（高能材料），在经过精细的加工以后，变成各种实用的炸药产品。现在广泛采用高分子材料对炸药进行处理进而制成形状、粒度、密度和爆炸性能各不相同的精细产品。

本书将不涉及炸药的爆炸理论、加工技术等深层次知识，而比较通俗的介绍几种制造工艺较为简单，用途较为广泛的合成猛炸药，让读者对合成猛炸药及其实验室制造有大体认识。本书适合于具有高中文化的兵器、炸药、火箭爱好者阅读。

刘虎，1999年8月

序号：B9904，总第B07号

科普著作第05号 刘虎编著

字数：20K，1999年，成都

1999年8月社青联第一版，2004年3月科新社第7次重印

目录：

第一部分 基础知识

一、炸药理论

二、合成化学

第二部分

一、硝酸脲

二、太恩

三、二硝基萘

四、硝酸纤维

五、黑索今

六、硝酸淀粉

七、硝酸甘油

八、苦味酸

第三部分 其它常见合成炸药简介

第四部分 安全事项

第一部分 基础知识

第一节、炸药理论

合成炸药特指有机化合物单体炸药。单体炸药即是人们习惯上称的单质炸药，本身是一种纯净的化合物。

下面介绍一些基本概念。

作功能力 俗称威力。炸药爆炸产物对周围介质所作的总功。通常由铅土寿实验确定。在直径20 cm，高20cm的纯铅圆柱中央打一直径2.5cm，深12.5cm的孔，将10克炸药装入孔中，插入药量已知的雷管，再用石英砂封住孔口。引爆炸药，铅孔被扩大成壶状。测量爆炸前后铅孔的容积差，再去雷管带来的影响，即得铅土寿扩张值，单位cm³。为便于比较，通常把扩张值与TNT的扩张值作比，用%表示。另外，还可以用弹道白炮法和漏斗坑法测量。

猛度 炸药爆炸时粉碎与其接近介质的能力。常用金属柱压缩法测定。金属柱多为铅柱或铜柱。将一定量的炸药通过规定的方法与金属柱连接，引爆炸药后金属柱被压缩而变短。测出缩短了多少，即为压缩值。为方便比较，习惯上将某炸药的压缩值与TNT的这个值作比，用%表示。此外，还可用弹道摆法和平板炸坑实验测量。

爆容 单位质量炸药爆炸后气体产物的体积。不计水蒸气占的体积，所得爆容称干爆容；加上水蒸气在100℃时占的体积，称全爆容。

爆热 在一定条件下单位质量炸药爆轰时放出的热量，单位千焦耳每千克（KJ/kg）。可估算或实验测定。

爆压 炸药爆炸时爆轰波阵面上的压力，单位为帕斯卡（Pa）。帕斯卡是较小的单位，为方便书写，常更大的吉帕（GPa）表示。爆压可以估算或实验测定。

爆速 炸药直径达到某一值时，爆轰波在炸药中的传播速度。由实验确定或近似计算。爆速与密度有关，所以说明爆速时一定要注明密度。

氧平衡 炸药中所含氧，用以氧化所含可燃元素后所剩余或不足的量。当炸药化学式为CaHbNcOd时，用下式计算：

氧平衡 = $\frac{8O - H - 1.5N}{C}$ × 100%

感度 在外界作用下炸药发生燃烧，爆炸，分解的难易程度。

撞击感度 （见《起爆药与烟火剂》）

摩擦感度 炸药在摩擦作用下发生分解、燃烧、爆炸的难易程度。我国习惯用摩擦摆法测试。在定滑柱端面放置0.02g炸药，用另一滑柱a以一定压力将其压住。随后用一定质量的摆锤绕摆杆从一定角度落下，敲击传动装置使垂直放置的a滑柱移动一定距离，看试样是否爆炸。在同一条件做若干次实验，计算爆炸百分率。

起爆感度 炸药在起爆作用下发生爆轰的难易程度。高则易被起爆。低则难以起爆。

安定性 在贮存条件下，炸药保持其理化性质不发生超过允许范围变化的能力。通常在夸大了的条件下实验衡量。安定性好，则耐贮存，可存放相当长时间不发生危险。安定性差，则不耐贮存，存放过久，则会因缓慢分解加速而发生危险。为防止发生事故，任何弹药都不能存放过期，过期的应

立即使用或销毁。

对炸药的要求是性能优良，作用可靠；同时要材料价廉易得，制备简单方便，符合兵器动员的要求。在本书中，择取符合上述要求的品种详细讲解，制备比较困难的不介绍或简介。

第二节、合成化学

炸药合成化学是有机合成化学的分支，主要研究合成炸药的制备方法。合成化学涉及许多复杂的问题，现就最基本的概念作个介绍。

硝化反应 有机化合物中的氢原子被硝基取代，并且硝基与碳原子连接的反应。经硝化反应可制得硝基化合物炸药。有机化合物中含一个硝基一般不具爆炸性，当含两个或多个硝基时，常具爆炸能力。进行硝化反应的最主要的方法，就是让硝化剂直接与合适的有机化合物反应。

从广义上讲，有机分子中的磺酸基、羟基被硝基取代，硝基对不饱和化合物的加成，以及下面将提到的硝解反应、生成硝酸酯的酯化反应，均可统称为硝化反应。例如制备苦味酸时，硝基取代苯环上的磺酸基，就可以称作硝化反应。

硝解反应 有机化合物中的氢原子被硝基取代，并且硝基与氮子相连接的反应。通过硝解反应可以得到硝胺类炸药。

酯化反应 酸和醇作用生成酯和水的反应。在炸药合成中主要指硝酸与醇反应生成硝酸酯，即通常说的氧硝化。参加反应的醇一般是多元醇，如丙三醇（甘油）。丙三醇与浓硝酸反应能生成三硝酸酯，每一个OH基中的氢都被硝基取代而成-ONO₂（硝酸酯）。

硝化剂 在化学反应中向有机化合物引入硝基、硝酸酯基的反应剂。最常用的是硝酸和硫酸的混合酸（硝硫混酸）。使硝酸胺转为硝基胺可以用硫酸脱水，从表面上看也是向其中引入硝基，因而也有人将硫酸称作硝化剂。硝酸和硝硫混酸都是很强的酸并有强氧化性。一些化合物与之接触可能发生分解或被氧化。为了防止这尖情况发生，可以使用硝酸--醋酐混合物之类温和一些的硝化剂。也可以先对易受损的机基团进行保护。例如制备黑喜儿（六硝基二苯胺）时，先让二苯胺与硫酸反应，加进磺酸基，再同硝酸反应，用硝基取代磺酸基，这样便可防止氧化。

浓硝酸（发烟硝酸） 在本书中指含量为95%以上的硝酸。工业硝酸的含量达97%以上，可用于本卷讲述的工艺中。浓硝酸是常用的硝化剂，我国资源比较丰富，价位较低。例如制RDX需含量达98%的工业一级浓硝酸。

稀硝酸 在本书中指含HNO₃65%~68%的试剂或兑水的工业品。

硝酸溶液 一般指含量低于65%的硝酸。本书中写出含量。

浓硫酸 含量96%~100%的硫酸。

发烟硫酸 含有游离SO₃的浓硫酸。

反应设备 小量试验用试管、烧杯、锥瓶作容器，规格尽量大一些，以利冷却。大量生产一定要用专业化工设备，如搅拌式反应锅、硝化机等，切不可凑合着用。自制设备应认真设计安装，以免发生事故。

参考文献

松全才、杨崇惠、金韶华，炸药理论，北京：兵器工业出版社，1997

李福平等，兵器工业科学技术辞典·火药与炸药，北京：国防工业出版社，1991

朱忠节，何广沂，岩石爆破新技术，北京：中国铁道出版社，1986

[美]杜邦公司编，龙维祺等译，爆破手册，北京：冶金工业出版社，1986

金泽渊、詹彩琴，火炸药与装药概论，北京：兵器工业出版社，1988

第二部份 炸药各论

第一节、硝酸脲

化学式为 $\text{CH}_5\text{N}_3\text{O}_4$ ，氧平衡-6.5%，密度 1.59g/cm^3 。白色晶体，没有气味和味道。微溶于冷水，在热水中溶解。略有吸湿性。稳定性好。爆热 2675KJ/kg ，爆速 4190m/s ($\rho=1.0\text{g/cm}^3$)，作功能力约90%。硝酸脲的优点在于制备容易，使用安全。撞击、摩擦感度很低，甚至低于硝酸铵。硝酸脲的主要缺点是起爆感度太低，一发8号雷管还不能将其完全起爆。通常须与易于起爆的炸药如PETN（太恩）、RDX（黑索今）等混合后才能使用。PETN或RDX的加入量可多可少，一般加入5%~10%即有效果。

制备

向塑料桶中加入5Kg化肥尿素（严防伪劣产品），加水使其溶解成溶液。加入的水量越少越好，使能刚好溶完即可。向装有尿素溶液的桶中加入约10Kg稀硝酸。当有大量沉淀析出后，即可用棉布过滤，将滤渣倒入少量冷水中，搅拌后再滤，如此反复清洗三遍。将最后得到的滤渣铺于纸上晾干即成。将每次过滤得到的液体合并（包括原反应液），向其中加入2Kg碳铵，稀释后可作化肥，也可以和农家肥一同施用。

用途

硝酸脲的又一优点是吸湿性小，不会像硝酸铵一样化成水。能用手榴弹、地雷、诡计雷等多种装药中。使用前应添加10%左右的RDX或PETN，也可以用DNT（地恩梯）与其混溶铸装。硝酸脲除直接用作炸药外，还用于制硝基脲。硝基脲也是一种炸药，还能作为生产高能炸药奥克托今（HMX）的一种原料。

第二节、太恩（PETN）

太恩是俄文ТЭН的音译，又名膨梯儿，学名季戊四醇四硝酸酯，化学式 $\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_4$ 。PETN是极猛烈的炸药，有文献报道其铅铸扩张值为 $523\text{cm}^3/10\text{g}$ ，约为TNT的174%，比HMX还大。猛度约为TNT的120%。由于它的密度较小，单位体积的威力却小得多，不及RDX。爆热 6404KJ/kg ，爆速 8083m/s ($\rho=1.723\text{g/cm}^3$)、 7275m/s ($\rho=1.45\text{g/cm}^3$)。感度较高。PETN易被起爆，因此被用于雷管及传爆药柱中。PETN的耐水性也不错，用火棉胶固结后可直接用在水中；当粉末含水30%时仍能被引爆（硝铵含水3%时就不能爆轰了）。

制备

如果省去精制工序，PETN的制造就比较简单了。制造中要用到浓硝酸并且需控制温度，这是困难所在。

准备一盆 5°C 以下的冷却水，放于工作台上。向500mL锥瓶中加入250mL浓硝酸，插入温度计。手握瓶颈部，把锥瓶下部置水中摇振，使硝酸降温至 15°C 以下。将70克经仔细粉碎的季戊四醇以一次1克左右的速度加入硝酸中。控制好加料速度和冷却效果，保持反应温度不超过 20°C 。如果超过 25°C ，应立刻将反应液倒入冷却水中，否则会失控冒料。当加入约1/3的季戊四醇后，可以适当加快加料速度，但须保持温度不超过 20°C 。当加完季戊四醇后继续摇振5分钟，然后将反应液加入盛有至少2000mL水的烧杯中，搅拌后待其沉淀。当看到大量白色物质沉淀，且上层液体比较清澈时，分离出上层液体。随后向烧杯中加入清水，沉淀后又倒出上层液体，如此反复至少7次。然后向烧杯中加入热水并仔细搅拌，最后沉淀、冷却、过滤，滤渣挤干后晾干。第一次倒出的液体可以

用来配合制硝酸脲，也可以和后几次倒出的液体以及0.75千克浓氨水混合制化肥。

注意

原料硝酸越浓越好，至少含 $\text{HNO}_3 \geq 95\%$ ，季戊四醇要用精制的。由于省去了精制工序，产品安定性不太好，储存半年后变为淡蓝色，两年后难以起爆。

用途

PETN的用途非常多，几乎用于炸药应用的所有领域。它起爆容易，建议用易于制得的六甲氧胺（HMTD见《起爆药与烟火剂》）作起爆药。把PETN用于手榴弹、地雷、添加于工业炸药中，掺入推进剂、抛射药中，均能收到良效。还可用于制爆炸桥丝雷管、导爆索、传爆剂。医用治疗心绞痛，作用缓慢而持久，且几乎无毒。

第三节、二硝基萘（DNN）

分子式 $\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{NO}_2)_2$ ，黄色或灰黄色小颗粒。纯净的没有气味，常见的工业品稍带一种特殊气味。不溶于水，溶于丙酮。由于有多种异构体，熔点不定，工业品熔点约 $130 \sim 155^\circ\text{C}$ 。二硝基萘（DNN）作为一种价廉易得的炸药，有过辉煌的历史。尤其在工业炸药中，曾是重要的敏化剂。但在TNT、RDX普及后，DNN用量逐渐减少，好似已被人们遗忘。

制备

由萘经硝化而得。直接硝化萘，可以得到四硝基萘，但没有实际价值。在工业上，控制硝化剂的成份，可由一段法或二段法制取DNN。一段法比较简单，较为常用。这里介绍一种简易一段法，制成的产品虽含一硝基萘及较多的其它杂质，但安定性仍然不错，可存放一年以上。

原料 稀硝酸（ HNO_3 含量 $65\% \sim 68\%$ ），精萘（ C_{10}H_8 含量 $\geq 99\%$ ），浓硫酸（ H_2SO_4 含量 $96\% \sim 98\%$ ）。精萘最好用试剂级的，绝对不能用卫生球。

方法 准备一盆凉水放于工作台上。在500ml容量的烧杯中加入160ml硝酸；将烧杯放入水盆中冷却并在搅拌下加入240ml硫酸。用玻璃板盖住烧杯口，待硝、硫混酸自然冷却。如果发现水温过高发烫应更换凉水。称取80克精萘，碾碎。用玻璃棒剧烈搅动混酸，使中央能形成旋涡。在剧烈搅拌的同时将萘加入酸中。控制加萘的速度，大约在5分钟内加完。加完后继续搅拌1分钟。此时可见大量黄色粒状产物浮在酸面上。停止搅拌，冷却后分离出黄色物质，用清洁的水至少冲洗5分钟，然后用清洁的水煮洗至少1次。过滤，把水份挤干，晾干得到的黄色物质为二硝基萘和少量一硝基萘的混合物，熔点高于 120°C 。

注意

操作时注意安全，加强通风。萘已被证实有毒和微弱的致癌性，切不可误食入口。用过的硝硫混酸中含有大量硫酸、硝酸和有机物，不可直接排放。建议加入等量水稀释后煮至沸腾，待其自然冷却，再用于制化肥或其它方面，有条件者应该蒸馏回收。

用途

与硝酸脲、硝酸铵或硝酸钾混合可作为工业炸药，与硝酸脲混合还能装填地雷、炸弹。如果有DNT可以与DNT混熔浇铸造块，用于炸药包等各类武器中。DNN负氧严重，和氧化剂或正氧平衡炸药混合使用，能收到较好的效果。

第四节 硝酸纤维（NC）

学名纤维素硝酸酯，旧称硝化纤维、硝化棉。NC是一个聚合物。其分子量很大。它的分子式是 $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_a(\text{OH})_{3-a}]_n$ ，其中a为酯化度，n为聚合度。习惯上用含氮量百分数代表酯

化程度。工业上把NC分为1号强棉（含氮 $\geq 13.13\%$ ），2号强棉（含氮 $11.9\% \sim 12.4\%$ ），3号弱棉（含氮 $11.8\% \sim 12.1\%$ ），爆胶棉（含氮 $11.94\% \sim 12.3\%$ ），火胶棉（含氮 $12.5\% \sim 12.7\%$ ），清漆用棉（含氮 $11.6\% \sim 12.2\%$ ），赛璐珞棉（含氮 $10.8\% \sim 11.2\%$ ）等。为了便于理解，又有文献把含氮 $\leq 12.4\%$ 的NC称胶棉，把含氮 $> 12.4\%$ 的称火棉。NC和棉花在外观上本来区别不大，工业品由于经过了安定处理，是白色纤维样粉末。不溶于水，溶于丙酮。NC的溶解性与含氮量有关。工业上常用醇醚合剂作溶剂，不同含氮量NC在1：2的醇醚合剂中的溶解度见表一。

含氮量(%)	13.1~13.4	12.75~13.1	12.5~12.75	12.0~12.5	11.0~12.0	10.0~11.0	9~10	7.0~9.0	< 7.0
溶解度(%)	不 ≤ 30	50~100	95~100	90~100	80~100	30~90	≤ 30	不	

表一，不同含氮量的NC在1：2醇醚合剂中的溶解度

NC在着火时以极快的速度燃烧。燃烧时发出黄色火焰而不产生烟尘。低氮量的NC在密闭条件下难以燃烧，尤其是在直径细时。高氮量的能引起爆炸。当用溶剂处理NC后，蒸干溶剂形成白色塑料样物质，燃速降低。NC不但易着火，感度也较高，撞击感度50%（2kg落锤，8cm落高，火胶棉）。一号强棉的爆速为6300 m/s（经过溶剂处理，密度 $\rho = 1.3\text{g/cm}^3$ ），作功能力126%。

制备

硝酸纤维（NC）的制造此前几章论述的物品要繁锁一些，主要有三个步骤：

①精制棉制取；

②酯化；

③安定处理。

普通的棉花中有大量灰尘、杂质，并且由棉纤维上包裹着一层脂肪，根本不能直接用于酯化。精制棉用于医疗时被称作药用棉，脱脂棉，是由棉短绒经清除机械杂质、洗涤、加压碱煮、漂洗等工序制成的，工艺比较复杂。这里讲述经简化的制法，这种制法不适宜大量生产。

精制棉制取

原料 最上等的棉花、苛性钠（NaOH，工业级）、水。

制法 把棉花撕开，挑掉可以看见的杂质，如小石子、枯叶等。用水洗棉花至流出液清澈为止。把棉花装于搪瓷锅中，加入水至刚好能被淹没，然后向锅中加入相当于其中水重的2%~5%的NaOH，加盖煮沸后小火煮10分钟。冷却，用大量水冲洗，约需边洗边搓10分钟。把洗好的棉花置干净的纸上晾干。

注意 碱液（NaOH）有强腐蚀性，必须戴手套和塑料围腰，沾于皮肤上应立即洗净。煮的时间不要太长，以免聚合度下降，影响酯化。干燥时注意防尘。

酯化

制NC，酯化是关键。在酯化中，要通过控制硝化剂成份、反应温度、反应时间等诸多因素来控制含氮量、粘度等重要指标。

硝化剂成份的稍微变化，都会影响到NC的含氮量。一般的，在一定范围内增加硝硫混酸中硫酸的含量，减少水的含量，能提高产物含氮量。部份品号的NC所用的硝化剂成份为：

品号 硝化用酸成份（%）

NH₄NO₃(100%) H₂O H₂SO₄(100%)

一号强棉 18~23 7~14 63~75

二、三号及爆胶棉 18~22 16~18 60~66

清漆用棉 19~24 16.5~19 57~64.5

赛璐珞棉 18~24 18~21 55~64

注：原料酸中所含的水应算到上表中的H₂O中。H₂SO₄用量为100减去HNO₃和H₂O的量之后的余量。

含氮量越高，爆炸性越强。直接酯化能得到含氮14%以上的NC。实际也经常使用N≥13%的强棉。以下方法制成的NC含氮量为9%~11%，不能用作火、炸药。它在空气中激烈燃烧，而隔绝空气时只能缓慢燃烧并冒烟。生产其它品号硝化棉时，可以推广这种方法（改变混酸成份即可）。此法不经济，不宜大量生产。

在2000ml烧杯中加入500ml稀硝酸，置水浴中。然后在搅拌下加入1100ml浓硫酸，加酸的速度尽量慢一些。此时混酸温度升高（可至80℃），水浴对其起冷却作用。盖上玻璃板以防HNO₃挥发，待酸冷却至室温。向酸中投入被扯碎、扯松的精制棉，投入量以能被淹没为准（用玻璃棒压），搅动棉花至被酸浸匀，然后静置10分钟。用不锈钢镊子将棉花夹出，并让酸滴回烧杯中。把夹出的棉花状物体用大量水冲洗多次，然后泡在水中待安定处理。向余有混酸的烧杯中再次加入精制棉，反应20分钟后捞出水洗。把两次捞出的棉状物合并，准备安定处理。

注意 戴橡皮手套并在通风处生产。

安定处理

棉纤维是空心的细丝，经酯化、水洗后空心部份仍含有不能被洗去的酸。同时，棉花的杂质也与混酸反应生成极不安定的硝酸酯。未经安定处理的硝酸纤维安定性很差，如果大量贮存，会因分解发热而引起自燃。由于上述原因，大量制NC时必须安定处理。小量制备时可以不专门处理，但是需水煮一定时间。工业上安定处理的主要步骤是：

除去部份残酸（用0.3%~0.5%的稀酸煮一小时）→除硫酸酯（在0.5%H₂SO₄溶液中煮2小时）→除去硝化糖（水洗后在0.02%~0.05%NaCO₃溶液中煮1~2小时）→水洗→细断成0.05~5mm的小段（用细断机，类似于打纸浆）→再用0.01%~0.03%Na₂CO₃溶液煮0.2~5小时→水洗、干燥

上述方法过于复杂。作为临时应付，可以用以下方法。

将粗制品置沸水中煮4小时，再在0.05%~0.2%的氨溶液（稀氨水）中煮15分钟，水洗，晾干。该法不可靠，贮量超过1kg时，存放时间不要超过2年。

用途

NC主要用作工业炸药和火药，例如制爆胶、抛射药（柯达、巴里斯泰火药等）、推进剂。高氮量NC用于土枪发射药中，能增加威力，减少枪口烟尘。NC的丙酮溶液叫火棉胶，是良好的烟火剂粘结剂。市售的NC含氮量仅10%左右，只能用作油漆、粘结剂及试剂的原料。

第五节、黑索今（RDX）

分子式（CH₂NNO₂）₃，化学名环三亚甲基三硝胺。白色粉末，经钝化处理的因加有染料而有其它颜色，加有石墨的为灰色。工业品熔点为201℃；密度（晶体）1.816g/cm³。不溶于水，溶于丙酮。

RDX威力强大，爆速8620~8670m/s（ρ=1.769g/cm³），作功能力158%，猛度150%。感度较高，撞击感度36%±8%（2kg锤25cm落高）或7.5N·m，静电感度：着火电压14950V（电容0.3μF）。黑索今的毒性远小于TNT，但仍有毒，可以用作安全的杀鼠药。目前无特效解毒剂。

RDX是当今最重要的炸药，因其综合性能优良，在许多地方，尤其是导弹中得到广泛应用。其用量仅次于TNT。

制备

黑索今制造的最初原料仅有空气、水、煤，因而对于资源不丰富的国家，RDX显得更加重要。目前工业上主要采用乙酸酐法和直接硝解法。后者虽不消耗乙酸酐，但得率不到50%，又要消耗大量硝酸。我国的硝酸比较丰富，因而全部使用直接硝解法。直接硝解法（简称SH法）以六亚甲基四胺（乌洛托品）、浓硝酸为原料，基本工艺几乎完全等同于制PETN（仅需把硝酸用量加大一倍，用98%浓度的硝酸，把季戊四醇换成乌洛托品，其余工序不变）。加完乌洛托品后不要急于加水稀释反应液，而应进行氧化结晶，方法为：

提取几毫升反应液，放于大烧杯中，用滴管向烧杯中加入大致与提取的反应液量相当的水。可看到冒红烟（如果没冒泡和红烟，应微火烤一下烧杯底，让液体冒红烟）。把烧杯放入冷却浴中，同时向杯中加入反应液和等量的水。适当搅拌，加的速度尽量慢一些，以便反应热导出。加料过程中应有大量红烟冒出，且反应液温度升高。此时应放慢加料速度并适当搅拌。注意温度勿超过80℃。加完水和反应液后待烧杯冷却至50℃以下，用细棉布过滤，滤渣即为RDX。水洗多次，将洗好的RDX加入沸水中煮十几分钟。冷却过滤出RDX，晾干即得成品。当每次产量小于250克时可以省去氧化结晶工序（向当初的反应液中加入大量的水后过滤）。氧化结晶的目的在于去除有机杂质和安定废酸。废酸能用于制硝酸脲。

用途

类似于PETN，不可作医药。

第六节、淀粉硝酸酯

俗称硝化淀粉。化学式类似 $[C_6H_7O_2(ONO_2)_r(OH)_{3-r}]_n$ ，可见其元素组成非常类似于硝酸纤维，只是两者分子结构不同。不溶于水，溶于丙酮。是略带黄色（用试剂制出的为纯白色）的白色粉末或易于捏碎的小团粒。没有气味和味道。和NC一样，硝化淀粉也有含氮量高低之分。含氮量越高，爆炸能力越强。含氮量最高可达14.14%。含氮12.2%的硝化淀粉爆速为4970m/s（ $\rho = 1.6g/cm^3$ ）；威力大于TNT，为120%；爆发点（加热5秒发生爆炸的温度）183℃。突出的优点是感度低，须用雷管起爆，使用安全。缺点是工业品安定性不好。硝化淀粉在一战和二战及战后初期是重要的炸药，广泛的用在炮弹、手榴弹、地雷及工业中，目前应用已很少。

制备

由淀粉直接与硝硫混酸反应。混酸成份关系到含氮量。制含氮量约为12%的硝化淀粉，混酸成份可以为H₂SO₄ 58.8%，HNO₃ 38%，H₂O 3.2%，具体操作举例如下：

酯化

在250mL烧杯中加40mL浓硝酸，搅拌下加入60mL浓硫酸；水浴冷至室温。在剧烈搅拌的同时，向杯中加入25克质量很好并经过仔细粉碎的淀粉（禁止使用普通麦面）。加料速度不要太快，以大约两分钟加完为度。加完后继续搅拌，并注意水浴的冷却能力，使温度保持在30~40℃之间（冬天应换用热水浴使温度不低于30℃），切勿超过50℃。当所加入淀粉全部被酸液浸透并成稀糊状时停止搅拌，静置15~20分钟。在另一大烧杯中加入至少500ml洁净的冷水，随后将反应液倒入其中。水洗大烧杯中出现的沉淀至少5次，洗好的沉淀为粗制硝化淀粉，含有残酸和其它杂质，必须安定处理。

注意

工人戴口罩、橡胶手套，并在通风处生产。洗出的酸液应综合利用。

安定处理

向酯化得到的白或黄色沉淀物中加几倍量的水和几分之一克纯碱（ Na_2CO_3 ）或洁碱

（ NaHCO_3 ）。置火上煮沸，然后在搅拌下小火煮十分钟。沉淀，倾去上层液体。再加入几百毫升水，煮至少半个小时。煮沸时火应小，防止溅出。向水中加入1~2mL浓氨水，再继续煮十分钟。停火、冷却、水洗两遍、过滤、挤干。取出滤渣，放于阴凉处晾干即可。在安定处理中，大部份残酸被中和掉了，其它杂质多数也因糊化、溶解而被除去。但中和与除去并不彻底，加之硝化淀粉本身不稳定，产品安定性仍然不好。集中贮存，时间不要超过2年。

用途

与PETN、DNT混合使用或与硝酸脲混合后用制手榴弹、地雷。也可以用作工业 NH_4NO_3 炸药的敏化剂，能提高爆速和起爆感度。此外尚可用作土枪抛射药和小火箭推进剂的原料。可单独使用，不宜同NG混用。

第七节、丙三醇三硝酸酯（硝酸甘油，NG）

分子式 $\text{CH}_2\text{CH}(\text{ONO}_2)\text{CH}_2(\text{ONO}_2)_3$ 。无色或略带灰色的油状液体，用分析纯试剂为原料合成的应无色透明，含水时呈乳白色。有一种带硝酸气息的特殊气味，味甜并带辛辣（严禁品尝）。其粘度小于甘油。密度 $1.591\text{g/cm}^3(25^\circ\text{C})$ 。室温时溶于乙醇， 50°C 时与乙醇混溶。微溶于水，易溶于大多数液态硝酸酯；其自身也是一种溶剂。

NG具有强大的威力，作功能为173%，与PETN相当；爆速 7700m/s （ $\rho=1.60\text{g/cm}^3$ ）；爆热 6318KJ/kg （水为气态）。NG的爆速随着起爆能量及其它条件的变化，可以发生很大变化。例如在弱起爆能作用下，其爆速可处于 $1000\sim 2000\text{m/s}$ 的范围，而大直径固态NG在强起爆能作用下，爆速可达 9100m/s 。正因为NG有如此强大的威力，它自大量生产以来，一直是广泛使用的炸药。它的普及也是黑火药衰落的主要原因。

NG的感度十分高，撞击感度100%（2kg锤，15cm落高），摩擦感度100%（ 90° ，用NC吸附）。将一滴NG滴在水泥地面上，用铁锤将其敲爆，就会发出震耳欲聋的爆炸声。无疑，NG是日前实际应用的合成猛炸药中感度最高的。

NG的又一特性就是它的毒性。当硝化甘油被人体吸收后，会因血管扩张而产生一系列症状，如头昏、头痛、恶心。并且不同的人对其毒性的耐受性差异很大。有的人稍微吸入一点蒸气（开瓶嗅一下）即会感头昏；而有些人，特别是经常与其接触者，少量吸入并无不适。笔者曾将含有30mgNG的酒精涂在手臂上，旋即引起头痛。但只要不是大量吞入，偶尔接触不会对身体产生长久危害。

制造

由于NG具有高的感度，较高的化学活性，其制造工艺也十分考究。目前工业上仍在使用的方法有施密德法、拜亚兹法、NAB等。这些方法生产效率高，比较安全。小量制NG，可以使用实验室制法。下面介绍一种经简化的实验室制法。

原料 甘油（丙三醇）化学纯以上，不可用工业品。硝酸（ HNO_3 含量 $\geq 95\%$ ）化学纯以上，工业品在用前须蒸馏和吹白；硫酸（ H_2SO_4 含量 $\geq 96\%$ ）化学纯以上。一般工业上使用98%的硝酸和硫酸，经试验用95%浓度的硝酸也能收到高的得率，故这里用含量为95%的硝酸，以保证原料易得。

但废酸含水量大，会溶去许多NG，于是只能将其稀释以使NG充分析出。

方法 在500mL或1000mL锥瓶中加入45mL浓硝酸和55ml浓硫酸，将锥瓶置冰水浴中摇振，使温度降至15℃以下（此时可用温度计测量，加甘油后即不可伸入包括温度计在内的任何物体；必须保持水的温度不超过15℃；最好准备两盆冰水，由一助手负责更换）。用50mL的小烧杯量取20～25ml浓甘油，然后以较慢的速度将甘油倒入正被剧烈摇振(注意：不是搅拌！)的锥瓶中，锥瓶的下部必须浸入冰水中。控制加甘油的速度，使甘油大约在3～5分钟内加完。绝不可加快加料速度，也不可暂停在水中的摇振，否则由于反应剧烈，产生的反应热不易被导出散去，锥瓶中酸液的温度将超过25℃，从而引起事故。加完甘油后继续摇振一分钟，然后将锥瓶放在冰水浴中静置十分钟。在静置过程中由一人准备两个各装有至少500ml水的1000ml烧杯。静置好后，NG和酸液已经分成两层，NG在上层，废酸在下层。将上层NG倒入一个烧杯中，下层废酸倒入另一烧杯中。用塑料棒搅拌，然后静置1分钟。此时两烧杯中都有略带白色的NG沉底。小心的倒去上层液体（不要让NG流出）。将沉底的NG合并倒进干净的锥瓶。向瓶中加入100mL水，用力摇振，然后静置待NG沉底，倒出上层清液。再次加水、摇振，如此反复三遍。将0.2克纯碱或洁碱加入100mL50℃水中，溶解后将溶液趁热加进锥瓶，用力摇振1分钟。静置，倒去上层液体，再用50℃热水和一般冷水各洗一遍，最后用滴管轻轻的把NG吸起，转入小塑料瓶中保存，注意切勿将水吸入。产品为无色或略带白色的液体，共约30ml。得率90%左右。如果原料用分析纯试剂，计入人工费，成本约0.3元/克（1999年7月）。显然，这在经济上是不合算的。

注意

NG有一定毒性，操作人员应戴橡胶手套、口罩，并特别注意安全。若遇NG冒红烟，说明几秒钟后将发生爆炸，必须立即将其倾入大量水中并激烈搅拌，或者人员马上撤离。

用途

硝酸甘油（NG）既是猛炸药，又可作火药的原料。NG与高氮量NC混合或与低氮量NC在丙酮作用下混合，可制得爆胶，是一种果冻样有弹性的物质，为耐水性最好的矿山炸药。NG也可加入硝铵中作敏化剂，或用硅藻土吸附后制达那马特。NG感度高，不能用在弹丸中，但用活性炭粉、棉花之类物质吸附后能用地雷中。用火点燃少量NG时，一般只发生燃烧，有苍白或偏蓝色的火焰并发出嗤嗤声，通常不会爆炸。NG与NC及其它添加剂混合后经压伸可以制得常用的枪炮发射药，也可以制得火箭推进剂，是重要的无烟火药。NG与乙醇配成1%的溶液，或制成片剂，舌下给药，用于治疗心、胆、肾绞痛和雷诺氏病，作用迅速而短暂，是常用药品。

第八节、苦味酸（PA）

化学名2，4，6—三硝基苯酚，俗称黄色炸药。分子式 $C_6H_2OH(NO_2)_3$ 。为淡黄色颜色鲜艳的片状结晶或粉末。溶于热水，在冷水中溶解度较小，容易形成过饱和溶液。溶液呈黄色，有很强的染色能力，能损伤皮肤。有酸性，易于和碱反应成盐，能腐蚀某些金属。在苦味酸盐中仅苦味酸铵 $[C_6H_2ONH_4(NO_2)_3]$ 钝感，其余的感度均很高。苦味酸的钾、铅盐被用作起爆药。装填炮弹的PA易与炮弹材料如钢铁反应，生成感度很高的盐，在炮弹发射时会发生膛炸。因而PA在弹体装药中已经很少应用。

熔点122.5℃，密度1.763g/cm³。爆热3977.5KJ/kg，爆速7350m/s（ $\rho=1.70g/cm^3$ ）。威力和猛度均略大于TNT，为103%和109%。撞击感度24～36%（10kg锤，25cm落高），摩擦感度小于TNT，枪弹贯穿通常不会爆炸。

PA的铵盐由PA溶液与氨水反应，冷却结晶制得。威力略小于TNT，感度小于PA。起爆较困难，需做成大直径药柱并用较多的起爆药。

PA毒性强，急性毒力大致与农药氧化乐果相当。由于PA有极强的苦味，很难被人误食，中毒比较少见。

制造

主要有两道工序，磺酸化和硝化。苯酚易被氧化，一遇稀硝酸即生成红、黑色产物而报废。故而先使其与浓硫酸作用生成相对稳定的磺酸化合物，再用硝酸与磺酸物反应，用硝基取代磺酸基。

原料 苯酚，化学纯以上，工业品苯酚应蒸馏精制。稀硝酸、浓硫酸。

方法 水浴加热盛有苯酚的容器，使其中苯酚熔化以利使用。用小烧杯粗略量取100mL苯酚，迅速转入1000mL大烧杯中。用量过苯酚的小烧杯量取280ml浓硫酸，在搅拌下加入苯酚中，加完后继续搅拌1分钟。随后将大烧杯放入热水浴中，加热至95℃以上，保温40分钟。其后冷却至30℃以下。

将装有反应液的烧杯置水浴中。用滴液漏斗向反应液中逐滴滴加200ml硝酸，滴加时伴以快速搅拌。滴加的速度应先慢后快，防止产生的泡沫冒出烧杯。滴加初期应控制反应液温度不超过80℃，水浴温度不高于60℃，并随时向水浴中补加冷水。待反应液温度不再上升，反而自然下降时，可加快滴酸的速度和升高水浴温度，使反应液温度不低于70℃。滴酸大约需要40分钟~1小时。滴完酸后水浴加热反应液，使温度升至90℃以上。再次在搅拌下向反应液中滴加90mL硝酸，约20分钟滴完。在滴的过程中若有大量黄色PA析出浮在酸面上阻碍搅拌，可用不锈钢勺舀出。滴完后保温（90℃以上）10分钟，然后待反应液冷至50℃以下。

将反应液和先行舀出的PA合并，倒入1000mL水中稀释。待沉淀后舀出浮在上层的PA，倒掉中间的废酸。将上层的PA与沉在杯底的PA合并，用凉水洗涤两到三次。过滤，挤干水分，把滤渣铺在纸上晾干。产物约200克。

产物中含有大量残酸，但是安定性还是不错的，可以安全存放5年以上。

注意

洗涤PA的水若为井水或自来水，应设法避免生成PA的盐。反应中会产生大量有毒NO₂气体，故操作场所必须注意通风。人员戴橡胶手套、塑料围腰。成品包装不得使用金属容器。

用途

用作染料、化学试剂和炸药，亦可用于制造起爆药二硝基重氮酚（DDNP）、苦味酸钾等产品。医用其稀溶液作收敛剂。

第三部份 其它常见合成炸药简介

本章介绍的合成炸药，多数是非常常用的，只是合成工艺繁琐或原料不易采购，少量制备比较困难。进行兵器动员时也仅少数厂家可以转产。这里主要介绍炸药的理化性质和性能，对制法仅加以简单说明。

2，4，6—三硝基甲苯（ α -TNT，简称TNT，梯恩梯）

分子式CH₃C₆H₂(NO₂)₃。有文献报道其纯品为无色或淡黄色晶体，工业品呈黄色。经制片的为鳞片状物。不溶于水，易溶于丙酮、四氯化碳。密度1.633g/cm³，熔点80.9℃，安定性较好。爆速6760~6820m/s（ ρ =1.575g/cm³），作功能力(铅土寿实验值)290mL,有文献报道为300mL。猛度(铅柱实验， ρ =1g/cm³)16.5mm。在合成炸药中TNT的威力算是比较小的。撞击感度4~8%(10

kg锤,25cm落高),摩擦感度4~6%;枪弹贯穿一般不会爆炸。毒性大,急性毒为低毒,毒力与农药敌百虫相当。能引起亚急性中毒、慢性中毒,给身体造成不可逆的损害。例如引起白内障、中毒性肝炎,还损坏造血系统,疑有致癌性。

TNT的生产成本低,工艺成熟,各国都有大量生产。TNT的熔点低,且熔点远低于分解温度,可以放心的将其熔化而不担心发生危险。熔化的TNT是良好的溶剂和载体,许多不易熔化的粉状炸药都可以与其混熔后浇铸成型。片状的TNT及用片状物压成的药块易被起爆,浇铸成块的起爆较困难,须用扩爆药柱。一般情况下起爆TNT至少需要0.24克雷汞或0.16克叠氮化铅或者0.163克DDNP。点燃TNT时只发生熔化和缓慢燃烧,发出黄色火焰,不会爆炸。因而常用燃烧法销毁。

制法 由甲苯经三段硝化制得。一段硝化中甲苯被硝化成一硝基甲苯(MNT),二段硝化中MNT被硝化成二硝基甲苯(DNT)。DNT是重要的炸药。一、二段硝化只需浓度50%左右的硝酸溶液与硫酸混合作硝化剂。一段混酸的成份为HNO₃ 13%; H₂SO₄ 66%; H₂O 21%。甲苯混酸比约1: 6。二段混酸成份为: HNO₃ 13%; H₂SO₄ 76%; H₂O 11%。MNT、混酸比为1: 4~5。一二段硝化原料易得,工艺简单,制成的DNT成本低廉,很适于临时生产。第三段硝化是将DNT硝化为TNT,需要几乎不含水的混酸。一般是先向熔化了了的DNT中加入发烟硫酸,再加入浓硝酸。发烟硫酸较缺乏的国家也使用浓硫酸。三段硝化的废酸用于配制二段混酸,余类推。第三段硝化难度较大,不适于临时生产。硝化后分离出的TNT为粗品,含大量有害杂质,必须精制。目前常用的精制方法是亚硫酸钠法。

用途 除直接用作炸药外,还是许多炸药及其中间体的原料。TNT与RDX混熔制得的是B炸药,广泛用在炮弹、航弹、枪榴弹及导弹战斗部中。无论MNT、DNT还是TNT,都是重要的化工原料。

2, 4-二硝基甲苯(α -DNT, 地恩梯)

分子式CH₃C₆H₃(NO₂)₂。浅黄色结晶,工业品为粉末或片状。密度1.521g/cm³,熔点69.5~70.5℃。微溶于水,易溶于丙酮、苯。爆速5900m/s(ρ =1.52g/cm³),作功能力77%,感度低。工业DNT是多种异构体的混合物,通常还含有少量TNT,因而熔点较低,有时不足60℃。

制法 参见TNT

用途 由于威力较小,一般不单独使用。DNT熔点低,常被用来粘结造型某些不易熔化的炸药和火药,并用于敏化工业炸药。DNT毒性大,急性毒性与乐果相当,还能造成慢性中毒。对造血系统损坏明显,且有致癌作用。使用时应注意安全。

乙二醇二硝酸酯(EGDN,硝化乙二醇)

分子式(CH₂)₂(ONO₂)₂。无色或略带黄色的油状液体;氧平衡为零。微溶于水,易溶于乙醇、丙酮。威力与硝化甘油相当(铅铸实验:520cm³)。爆速成7300m/s,感度较高。

制法 类似于制NG。混酸中硝硫比为1: 1,乙二醇--混酸比为1: 5。洗涤时温度尽量低,以防溶解损失。

用途 用于制耐冻工业炸药,不能作发射药。

六硝基联苯(HNS,六硝基芪)

化学式C₁₄H₆N₆O₁₂,黄色晶体。密度1.74g/cm³,熔点315~318℃,熔化时伴分解。不溶于水,溶于二氧六环。爆速7000m/s(ρ =1.70g/cm³)。对静电钝感。由TNT在溶液中于低温下与PH=11的次氯酸钠反应制得,可分为一步法和两步法。HNS为重要的耐热炸药,在高温的石油井中作为射孔弹装药。由于对静电钝感、耐热性好,曾用在宇宙飞船和月面堪探中。

硝酸胍

分子式 $(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ 。无色晶体，密度 1.64g/cm^3 ，爆速 8690m/s 。由胍与硝酸在乙醇或甲醇介质中中和，结晶过滤后用醇洗涤晶体制得。是重要的工业炸药和火药组份。另外还用于制含水的液体炸药。常见配方为：胍[以 $(\text{NH}_2)_2$ 计] 17.3%；硝酸胍 69.5%；甘露聚糖 2.5%；水(总量) 10.7%。液体炸药在开矿、扫雷工作中有重要用途。

硝基胍(NQ)

固态硝基胍的分子式是 $\text{C}(\text{NH}_2)_2\text{NNO}_2$ 。白色结晶，密度 1.715g/cm^3 ，微溶于水。爆速 7650m/s ($\rho=1.55\text{g/cm}^3$) 作功能力 104%，猛度 144%。安定性好，感度低，对撞击、摩擦接近钝感。由硝酸胍经浓硫酸脱水制得。硝酸胍是由尿素与硝酸铵以 1:1 的比例混熔后，在 $190\sim 195^\circ\text{C}$ 下通过填有硅胶的反应柱，再精制而得的，实验室通常在烧杯中反应合成。NQ 是各类三基冷燃发射药的重要组分。用 NQ 为原料制成的混合炸药，被广泛的用在各种弹丸中。因其材料来源广泛，在战用时用量会有所加大。

奥克托今（环四亚甲基四硝胺，HMX）

HMX 是当前综合性能最好的炸药，它的威力比 RDX 大，而密度却足够大，能制成体积小而威力大的装药。HMX 有良好的安定性、化学稳定性，感度也能让人接受，并且有比较有效的钝感方法，使用安全。不足之处是成本较高。

分子式 $(\text{CH}_2\text{NNO}_2)_4$ ，白色结晶粉末，钝化处理过的有其它颜色，造型粉为小颗粒。密度 $1.902\sim 1.905\text{g/cm}^3$ ，熔点 $276\sim 280^\circ\text{C}$ 。有四种晶型，常见的为 β -HMX。不溶于水，溶于二甲亚砜。氧平衡 -22%，爆热 5673KJ/kg ，爆速 9110m/s ($\rho=1.89\text{g/cm}^3$)，另有文献报道为 9124m/s ($\rho=1.84\text{g/cm}^3$)， 9000m/s ($\rho=1.90\text{g/cm}^3$)。作功能力 162%，猛度 150%。感度较高，撞击感度 100% (10kg 锤，25cm 落高)，摩擦感度 100% (摆角 90°)。爆发点 327°C (5s)。在密闭容器中的 HMX，温度保持 200°C ，30 分钟可能发生自爆。HMX 的毒性很小，但仍有替在的危险性。

制备 使用乙酸酐法制 RDX 时，产品中含有约 10% 的 HMX。最初，HMX 就是从这种 RDX 与 HMX 的混合物中分离出来的。当人们发现 HMX 的优越性能后，立刻对它的制备展开了大规模的研究。先后提出十余种比较成功的合成方法。目前应用较广的是乙酸酐法，得率仅 50% 左右。此外，还有我国研制的 RDX-HMX 综合工艺（新乙酸酐法）、硝基胍法（尿素法）以及国外的 TAT 法、DADN 法等。乙酸酐法的改进型方法很多，例如用多聚甲醛作稳定剂的乙酐法，得率可以提高到 80%。用上述方法制出的 HMX 一般是多种晶型的混合物，感度高，安定性差，需要转晶--将各种晶型的 HMX 转为 β -HMX，同时除去不安定的副产物。常用的转晶方法有溶剂法和硝酸法。

用途 虽然 HMX 的造价较高，但由于其卓越的性能，得到了大范围的应用。手榴弹、地雷、爆破筒等，使用 HMX 可能有些浪费，但各种导弹、穿爆弹和某些特殊的炮弹，使用 HMX 能增加威力，减小体积，增强战斗力。HMX 还用在核战斗部中，作起爆装药。

特屈尔（2，4，6-三硝基苯甲硝胺，CE）

分子式 $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3\text{NNO}_2$ 。无色或淡黄色晶体，不溶于水，溶于丙酮。密度 1.73g/cm^3 ，爆速 $7505\pm 29\text{m/s}$ ($\rho=1.692\text{g/cm}^3$)。撞击感度 48% (10kg 落锤，25cm 落高)。做功能力 136%，猛度 115%，爆发点 260°C (2s)。CE 易被起爆，只需 0.1 克叠氮化铅即可。由二甲基苯胺经中和、硝化、稀释、精制四道工序制成，亦可由二硝基氯苯与甲胺在苯中缩合后再硝化制得。用作传爆药和酸碱指示剂。由于毒性大，又有潜代品，已濒临淘汰。

二乙醇硝胺二硝酸酯（吉纳，DINA）

化学式 $C_4H_8N_4O_8$ 。白色或淡黄色晶体，密度 $1.679g/cm^3$ 。熔点 $52.5^{\circ}C$ ，难溶于水，溶于乙醇。爆速 $7580m/s(\rho=1.47g/cm^3)$ ，作功能力约150%。用作混合炸药、无烟火药和推进剂的原料。

参考文献

孙荣康、任特生、高怀琳，猛炸药的化学与工艺学（上册），北京：国防工业出版社，1981

武超宇：硝化甘油化学与工艺学，北京：国防工业出版社，1980

叶毓鹏、奚美珏、张利洪，炸药用原材料化学与工艺学，北京：兵器工业出版社，1997

戴隆泽、尹世英、陈耀坤，炸药生产工艺设计，北京：兵器工业出版社，1990

任特生，硝胺及硝酸酯炸药化学与工艺学，北京：兵器工业出版社，1992

《军事基本知识》编写组，军事基本知识，上海：上海人民出版社，1974

杨光启等，中国大百科全书·化工，北京，上海：中国大百科全书出版社，1989

硝化纤维素化学与工艺学，北京：国防工业出版社

吴执中等，职业病（上、下册合订本），北京：人民卫生出版社，1984

陆安舫、李顺生、薛幸福，国外火药性能手册，北京：兵器工业出版社，1991

第四部分 安全事项

虽然合成炸药不像人们想象的那样恐怖，也不是一触即发，但它毕竟是一种亚稳定物质，有燃烧、爆炸的潜在危险性，有的还有较强的毒性。在制备、使用、贮存、运输等过程中，稍有不慎就会酿成事故。为了保证安全，首先要杜绝侥幸心理，其次应从多方面着手：

一、化工厂、化工作坊在未接受兵器动员时，绝不能悄悄生产。无论试验还是工业制造，安全没有绝对把握时都不能开工。

二、平时任何单位和个人未经许可，不得大量贮存炸药。农村除专业队伍外，只能流通硝铵炸药。最好制止农民利用合成炸药及爆音剂炸鱼、炸狗和开岩采石。

三、生产场所配备必要的安全设备，人员应使用防护器材。各工序应该分别在不同的房间进行，房间不能嵌套，房门必须常开或者向外开。凡是操作腐蚀品，必须在临近水的地方进行，或放一盆水在工作台上。操作挥发性药品如硝酸，应在通风橱或风高处进行。

四、严防有毒物质进入体内。许多有毒物质不仅可以从口而入，而且可以通过呼吸、皮肤进入体内。严禁酒后生产，生产过程中不得进食、吸烟。用于炸药制造的餐具不能再用于装食物。

五、严格防火。需要用水浴、油浴、砂浴加热的，绝不能直火加热。使用丙酮、乙醚等，必须在火源的下风方向操作，以免蒸气被引燃后回燃。

六、妥善安排生产程序。负责安排的人员必须理解每道工序、每个步骤的作用。操作人员必须了解设备性能，药品性质、危险性，按规定方法使用。

七、有时省去一两道工序同样能得到成品，但是质量一落千丈，会给使用、贮存埋下安全隐患，因而绝不能擅自偷减工序。

八、注意环境保护，不能对无关人员造成不安全因素。

九、生产作坊、厂家不能建在人口集中地附近。用非专业设备应急生产的，应作安全论证并进行小量试验。

十、为产品准备合适的包装，贴醒目标识。

十一、搬运炸药应小心轻放，途中不得搭载无关人员如亲属朋友。

十二、尽量在远离居民点的地方设库房贮存原料和成品。原料与成品应放在两个库房中。禁止把生产和储存安排在同一地点。

十三、按规定管理库房，防止库内物品自发危险。过期炸药应销毁、立即使用或送专门车间进行处理。

十四、搞好安全保卫工作，制止破坏行为，严防炸药及原料被盗。

参考文献

曾清樵，建筑防爆设，北京：建筑工业出版社，1986

[日]东京消防厅编，王希庆、韩宝玉、孙玉梅译，化学物品混合物接触危险性手册，北京：群众出版社，1986

沈应斋，烟花爆竹产、运、销安全知识，合肥：安徽科学技术出版社，1988

张维凡等，常用化学危险物品安全手册，北京：中国医药科技出版社 1992

杨铭鼎等，中国医学百科全书·公共卫生工程学，上海：上海科学技术出版社 1986

程景才，炸药毒性与防护，北京：兵器工业出版社，1994

[全卷终]