

各种炸药 制造工艺

中国马列毛主义青年团武装部编

2021. 3

军用炸药

1.梯恩梯(TNT)

化学名为 2,4,6-三硝基甲苯,也叫做 α -三硝基甲苯.1863年由 J.Wilbrand 制得.1902年德国首先用 TNT 代替苦味酸(PA)装药.

TNT 纯品为无色针状结晶,工业品为淡黄色鳞片状物.不吸湿,不溶于水.易融于甲苯\丙酮.熔点 80.9 度(军用的为 80.2 或 80.4)晶体密度 1.654g/cm³,爆发点 457 度(5 秒)爆热 4560kJ/kg,爆速 6920m/s,铅铸扩张值 285cm³,撞击感度 4%-8%.(10kg\25cm)

2.黑索今(RDX)

化学名为 环三亚甲基三硝铵.1899年由 TG.Henning 首先合成,1922年证实它是一种炸药,开始应用于军事领域.

RDX 为无色晶体,不吸湿,不溶于水.易融于丙酮.熔点 204.1 度,晶体密度 1.779g/cm³,爆发点 230 度(5 秒),爆热 5760kJ/kg,爆速 8639m/s,撞击感度 80%(10kg\25cm)

3.奥克托今(HMX)

化学名为 环四亚甲基四硝铵.1941年 G.F.Wright 在生产 RDX 的杂质中发现.它比 RDX 具有更高的热安定性\密度和能量,综和性能优于 RDX.

HMX 为无色晶体,不吸湿,不溶于水.易融于二甲亚砷,熔点 278.5 度,晶体密度 1.905g/cm³,爆发点 327 度(5 秒),爆热 5900kJ/kg,爆速 9110m/s,铅铸扩张值 486cm³,撞击感度 100%(10kg\25cm)

4.太安(PETN)

化学名为 季戊四醇四硝酸酯.1894年由 B.Tollens 制得,二战期间 PETN 由于性质稳定,威力大,成为重要的高能炸药之一.

PETN 为白色晶体,不吸湿,不溶于水.易融于丙酮.熔点 142.9 度,晶体密度 1.76g/cm³,爆发点 225 度(5 秒),爆热 6300kJ/kg,爆速 8300m/s,撞击感度 100%(10kg\25cm)

TNT 的粗制

造梯恩梯原料是甲苯, 硝酸和硫酸。

甲苯是无色, 易于流动的液体, 具有特殊气味在 110℃时沸腾, 比重为 0. 866(在 20C 时)。

梯恩梯的制造过程是由下列一些工序组成:

1)酸的制备

硝化甲苯用的混酸是由硫酸及硝酸在混合槽中制得的, 该槽具有搅拌器和冷却用的蛇形管。(294 克浓硫酸(密度 1.84)和 147 克硝酸(密度 1.42))混酸的成分是不同的: 对硝化的最初几个阶段是用浓度较低的混酸, 随后是用浓度较大的混酸。

2)甲苯的硝化

硝化甲苯可以在各种结构的硝化器中进行。最简单的结构是圆柱形的具有半球形底的器皿, 该器皿装于衬套中并附有蛇形管(冷却和加热用)及搅动物料的搅拌器。为了控制反应, 在硝化器中装有温度计。(通过漏斗缓慢的加入载有 100 克甲苯的 600CC 烧杯中,通过电搅拌器把混合液充分搅拌, 通过 30-40 摄氏度的冷水水浴。这种状态的混酸需要保持一到一个半小时。继续搅拌一个小时, 不过现在无需水浴。

3)梯恩梯的精制

硝化后获得的产物呈熔融状, 依靠比重不同(熔融的梯恩梯的此重为 1. 5, 而废酸的比重为

1. 72)用分离法使其与废酸分离。混合液可以放置一整个晚上,下层的混酸可以通过分液漏斗倒掉。用分离法将酸分离后,梯恩梯还须在洗涤装置内以热水来洗涤。用水洗过的梯恩梯,即梯恩梯粗制品。

黑火药的实验室制备工艺

黑火药的组成部分:

硝酸钾 75%, 木炭 15%, 硫磺 10%

黑火药的实验室制备工艺:

制造黑火药的整个过程是纯机械性质的,并且是由下列的一些工序组成:

- 1)磨碎工序: 将火药组成成分的磨碎;
- 2)混合工序: 三种成分的制备(混合);
- 3)压榨工序: 三种成分的压实(压榨);
- 4)造粒工序: 火药饼的造粒;
- 5)滚光工序: 火药造粒后的滚光;
- 6)分类净化工序: 火药滚光后的分类和净化;
- 7)混批包装工序: 分类净化后的混合,分批和包装。

1)磨碎工序的操作规程:

进行磨碎工序是为了要使火药的组成部分变为小微粒状态,在这样的状态下就能使这些组成物密切地互相混合。组成物的磨碎是在装有青铜球的铁制转鼓中进行很久的时间(3—6 小时)。在磨碎后将材料用筛子过筛,剔出铜球和未充分磨碎的部分,然后将它送往混合工序去。

2)混合工序的操作规程:

三种成分的制备(混合)是为了均匀地混合组成物达到要求的比例。混合工序是最重要的工序之一,因为所制得的火药质量是依混合进行的仔细程度而定。这个工序有爆炸的危险,因此它是在装木球的木制特鼓中进行。

3) 压榨工序的操作规程:

三种成分的压实(压榨)可以用热压法进行,也可以用冷压法进行。

热压时,三种成分是在加热的压机上压实。将装在特殊布袋的药放到水压机的钢平板之间,水压机是用 110—115°C 的水蒸汽在其内部循环来加热的。然后用水压机的柱形活塞压榨平板,而在布袋内的火药就按压实。

冷压时,硝酸钾,硫磺,炭三种混合物最初是在滚碾机上加工,滚碾机是钢铁制的重的 8 吨的整块的辊子,辊子为碾盘上的连杆吊住。

当滚碾机转动时,辊子将药重磨并将其压实。

为了减少粉末和保证安全,用水把药洒湿。将在滚碾机上加工所得的火药饼制成小块,然后把药块再放在水压机(冷状态)上加压。

将在上述两种情况下压实时所得到的火药饼用木锤打成小块,然后将其送到火药造粒工序。

4)造粒工序的操作规程:

火药的造粒是在专们的造粒机上进行,使火药饼的碎块在两三对有沟纹表面的青铜轴间通过,即获得一定尺寸的火药粒。改变轴间的距离就可获得所需大小的药粒。

由于轴面摩擦和生成的大量粉末,因而造粒工序是很危险的。

5)滚光工序的操作规程:

造粒后得到的药粒有尖角并且表面粗糙。这样的火药在处理时是不方便的；当运输时由于振动，尖角将被折断，而药粒容易磨损。

为了去掉药粒的尖角，使其表面圆滑，降低其对摩擦的敏感度，填塞表面上的小孔，使火药粒的外表面致密并减少在运输时火药粒掉末，须进行火药的滚光。滚光是在有光滑内表面的木转鼓中进行或在皮转鼓中进行。

6)分类净化工序的操作规程：

滚光后，用适当尺寸的筛子将火药过筛，使合格的药粒和药块及粉末分开。

最后是在粗棉袋内将火药粒中的粉末清除去，布袋的两端是系在鼓形轮架子横板上。当架子转动时，约占布袋容积 $1/4$ 的火药由布袋的下端落到上端，并再由上端落到下端，而药粒的表面就为布所擦净，一部分的粉末通过布孔撒到外面，一部分粉末就附着于布上。

火药的分类是为了最后地将合格的药粒与尺寸大的和尺寸小的药粒分开。在这个工序中是使用与所制的火药种类相适应的筛子(按孔的尺寸)。

7)混批包装工序的操作规程：

为了要得到物理化学和弹道性质均一的火药，须进行火药的混批，最初在小批中(昼夜批)进行，然后将几个小批混合为一总批，混批是在专门设备中进行。

火药混批后就进行包装。军用粒状火药是装入由粗棉布制成的底部为 35 公分见方，深为 65 公分的袋中，每袋装 50 公斤。将袋捆住并装入木箱中。

信管火药和导火索火药是包装于镀锌铁皮的箱中，每箱装 75 公斤，再将镀锌铁皮箱放到木箱内。猎枪用火药是装入厚纸盒中，每盒装 500 克。

氮化铅

制造氮化铅的原料为氮化钠和硝酸铅。

制造氮化铅的过程由下列几个工序组成：

- 1)制备氮化钠和硝酸铅的溶液；
- 2)制造氮化铅；
- 3)过滤和洗涤；
- 4)钝化和造粒；
- 5)烘干，
- 6)分类。

溶液的制备，就是将硝酸铅和氮化钠溶解于一定量的水中，以便能制得浓度为 8%的硝酸铅溶液和 10%的氮化钠溶液。工业氮化钠一般含有苏打杂质，为了从溶液中将它除去，而加入硝酸钙到溶液中。假如氮化钠具有碱性反应，则加入硝酸中和之。配制后将溶液过滤，以除去机械杂质。

氮化铅的制造是将制好的溶液从计量器中倒入带有搅拌器的洋磁槽中——即沉淀器。在沉淀器中，先放入较反应需要量稍多的硝酸铅溶液，然后一面搅拌一面逐渐放入温度为 18—22C 的氮化钠溶液。反应结束后，使沉淀器中的内容物由橡皮管流入真空过滤器中。

把氮化铅在真空过滤器上过滤并以水洗，然后(为了加速去水过程，并准备下道工序)以乙醇和苯洗，用这种方法制得的氮化铅，因为系小结晶结构，在装填帽管时处理不便，所以要将它进行造粒。为此，在真空过滤器上将氮化铅用 5%的溶于汽油内的石蜡溶液加以处理，石蜡的加入量约为氮化铅的 3~5%。然后将氮化铅移到筛上(每公分 10 个孔)，并以贴在木柄上的橡皮板搓研。将得到的粒子放于真空干燥柜中，在温度为 50C 和真空度为 50 公厘水银柱下进行烘干。在造粒时进行氮化铅的钝化。

在使用前，氮化铅应进行筛选，就是用一公分 8 孔和 25 孔的筛子过筛，以分出粉末和结晶块(药团)。选出的药粒按用途使用，而粉末和结晶块则以苯浸湿并送去重制。氮化铅的造粒是危险的，因此每次只能以少量来制造，并且每一个设备均需置于隔离的混凝土小室内或钢的防护板后面。

雷汞

制造雷汞的原料为：

金属汞（5 克），62%的硝酸 35 毫升，96%的无水乙醇 200 毫升，在制白色雷汞时，应添加少量的盐酸和铜的刨屑或锉屑；蒸馏水，蓝色石蕊试纸，滤纸、漏斗。

雷酸汞的实验室制备工艺：

溶解汞到硝酸中，

制出粗雷汞，

过滤和洗涤。

汞的溶解——制造硝酸汞的工序名称。这个工序是在长颈瓶中进行。向长颈瓶中倒入一薄层汞，然后倒入硝酸，少许盐酸并投入少量的紫铜屑。

装料后轻轻的搅拌混合物，将长颈瓶置于特殊的通风橱中，慢慢加热混合物，在 30—35 摄氏度的温度下反应 2—3 小时，直到汞溶解，这时溶液变绿色，有红棕色的有毒气体生成。粗雷汞的制造是在厚壁圆底玻璃瓶中中进行的。将加热至 50℃的乙醇倒入反应瓶中，并将长颈瓶中的硝酸汞也小心地倒进去。瓶中的反应进行得很剧烈同时放出热，因此，瓶中物质的温度在反应过程终结时达到 85℃，并且有红棕色有毒可燃气体生成；整个反应过程要持续到二小时。

雷汞成重沉淀物而析出。瓶中温度降低即表示反应已告结束。硝酸汞溶液和乙醇相互作用非常复杂，同时发生一系列的副反应。

制得的粗雷汞用过滤法使与母液分开，为此将反应瓶内容物倒入真空过滤器内或小心地用滤纸过滤出雷酸汞晶体；倒的工序是危险的，因此将瓶倒放在有导管的接受器上，而剩在反应瓶内的粗雷汞以喷射的冷水洗涤。在真空过滤器上的雷汞也需用水洗一次。（或用蒸馏水洗涤晶体数次，直到用蓝色石蕊试纸测不出酸性为止）为了彻底洗去雷汞中残余的母液，包括对雷汞的安定性和制品的金属零件有害的各种杂质和酸，将雷汞和真空过滤器一起移入洗涤装置上，洗涤 40—60 分钟，水流是在不大的压力下从下方流过雷汞层。

将洗过的雷汞收集于玻璃罐中，注满水保存。使用雷汞制造药剂和装填信管时，须首先用真空过滤器从雷汞中滤出水分，然后在温度为 50℃，真空度为 50 公厘，以热水加热的真空干燥器中进行干燥

黑索今(RDX)

化学名为 环三亚甲基三硝铵.1899 年由 TG.Henning 首先合成,1922 年证实它是一种炸药,开始应用于军事领域.

RDX 为无色晶体,不吸湿,不溶于水.易融于丙酮.熔点 204.1 度,晶体密度 1.779g/cm³,爆发点 230 度(5 秒),爆热 5760kj/kg,爆速 8639m/s,撞击感度 80%(10kg\25cm)

黑索今是制造 A，B，C 系列混合炸药的重要原料，也可以直接装药，不过因为感度大，比

较危险。现在我就来教大家合成黑索今。

方法一：直接硝解法

主反应 $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + 6\text{HNO}_3 = (\text{CH}_2)_3(\text{NNO}_2)_3$

副反应 $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + 6\text{HNO}_3 = 6\text{CN}_2(\text{ONO}_2)_2 + 4\text{NH}_4\text{NO}_3$

原料：乌洛托品 (C.P)10g (0.071mol) 浓硝酸 98% (C.P)110g(71.5ml)(1.71mol)

仪器：三口瓶（或高型烧杯）250ml 一个，冰盐浴一个，电动搅拌机一台（或手动搅拌，不过比较辛苦），3 号砂芯漏斗一个，加料漏斗一个，温度计一支。

制备过程：在装有搅拌器和温度计的反应容器中加入 100g 浓硝酸，置于冰盐浴中。开动搅拌，冷却至 10 度时开始加料，在 15 分钟内加完 10 克乌洛托品，控制反应温度为 15-20 度。加料完毕后继续保温搅拌 15 分钟，然后将硝化液缓慢倒入装有 300 克碎冰的容器中稀释，用玻璃棒进行搅拌，使稀释液温度保持在 10 度以下，碎冰融化后用 3 号砂芯漏斗抽滤，滤饼水洗至中性，在 50-60 度条件下烘干即得成品，得率 81%左右（以乌洛托品计）

注意事项：

- 1、必须在 12-15 分钟内均匀加入乌洛托品，否则由于硝化反应过于激烈，致使反应物局部分解。
- 2、必须保证碎冰的清洁，否则容易将杂质带如黑索今中。

方法二：综合法（也叫醋酐法或 KA 法）

反应原理： $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + 4\text{HNO}_3 + 22\text{NH}_4\text{NO}_3 + 6(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} = 2(\text{CH}_2\text{NNO}_2)_3 + 12\text{CH}_3\text{COOH}$

原料：乌洛托品 (C.P)10g, 浓硝酸 98% (C.P)15ml, 硝酸铵 (C.P) 18.7g, 醋酐 (C.P)62ml, 冰醋酸 (C.P)18ml

仪器：三口瓶（或高型烧杯）250ml 一个，滴定管 50ml 二支，水浴一个，2 号砂芯漏斗一个

制备过程：将 10 克乌洛托品溶于 18ml 冰醋酸中，配成 HA-ACOH 溶液（溶液 I）。将 18.7g 硝酸铵溶于 15ml 浓硝酸中配成 $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-HNO}_3$ 溶液（溶液 II）。向反应容器中加入 62ml 醋酐，搅拌升温至 60-65 度，将 I、II 号溶液匀速加入，约 15 分钟加完。加料过程中保持 II 号溶液稍先于 I 号溶液。继续在 60-65 度保温搅拌 15 至 30 分钟，然后降温至 20 度，用水稀释反应液到 30%-50%醋酸浓度后过滤。水洗滤饼至中性，在 50-60 度条件下烘干即得成品。

补充一下：总得率 70%-75%。

注意事项：

在配制溶液时需在热水浴中加热震荡，使固相溶解加快，并使溶液迅速呈均一相。

以上两种制备 RDX 的方法成本都比较高，直接硝解法要用大量的 98%硝酸，而且 98%硝酸很难弄到。醋酐法也要用大量的醋酸和醋酐，不过比较容易弄到。得率也高，所以建议采用醋酐法。

以上两种制备 RDX 的方法，对仪器的要求不高。除了反应容器和温度计、加热或制冷设备是必备的，其他的都可以因陋就简：电动搅拌可以用手动，不过比较累。砂芯漏斗可以用布氏漏斗或普通漏斗替代。加料漏斗和滴定管可以用大试管或小烧杯替代，不过要注意加料均匀。在反应容器的选择方面，我个人认为高型烧杯要比三口瓶好，更容易控制反应过程。整个反应过程没什么危险，不会爆炸。不过要做好个人防护，戴上橡胶手套，防止浓酸对手的伤害。

ps

黑索金的实验室制备工艺

黑索金的制造过程是由下列工序组成:

- 1)环六次甲基四胺(乌洛托品)的硝化,
- 2)黑索金的沉淀,
- 3)黑索金的洗涤,
- 4)黑索金的干燥。

硝化环六次甲基四胺(乌洛托品)是在硝化器内用硝酸来实现的。反应温度约保持在 20℃。硝酸要用得很多[一份环六次甲基四胺(乌洛托品)需 12—18 份硝酸(以重量计)]。

将硝化器的含物移入稀释器中,放入大量的水,以便能完全析出溶于过剩硝酸中的黑索金)。将弱硝酸和悬浮在其中的黑索金放到真空漏斗上,此时黑索金就与酸分离,并用少量的水洗涤之。用真空器去水后,将黑索金连同真空漏斗送去水洗。

将黑索金放在有搅拌器的槽中,用冷水和热水洗几次洗去残余的酸。

在热洗后,仍在原槽中加入钝化剂及染料进行黑索金的钝化。

洗好的黑索金在真空漏斗上去水,烘干并包装。

简易法制备:

环六次甲基四胺(乌洛托品)(50 克),浓硝酸(550 毫升)、漏斗、滤纸、塑胶杯、蒸馏水、摄氏温度计、食盐、蓝色石蕊试纸、冰、硝酸铵。

步骤:

- 1)把冰盐混合物放入塑胶杯,再把烧杯放入塑胶杯中,小心向烧杯倒入 550 毫升浓硝酸;
- 2)当酸液冷却到低于 20 摄氏度时,慢慢加入研碎的环六次甲基四胺并搅拌,这时温度回升高,切勿使温度高于 30 摄氏度;
- 3)加更多的冰、盐或硝酸铵到塑胶杯里,使温度低于 0 度,继续搅拌,保持 0 度以下至少 20 分钟;
- 4)将烧杯中的混合物倒入一个装满冰的大烧杯中,震荡并搅拌,当冰全部融化后,用滤纸过滤,保留滤纸上的晶体;
- 5)用蒸馏水洗涤晶体,直到用试纸测不出酸性为止;
- 6)把晶体保存在阴凉避光处;

应用:

- 1)混合 88.3%(质量比)黑索金。1%矿物油、0.6%卵磷脂,可制成 C-1 炸药;
- 2)混合一半质量的黑索金与一半质量的 T.N.T.,制成复合炸药 H.M.X.;
- 3)可在 R.D.X.中加入硝酸铵或硝酸钾,提高它的稳定性

苦味酸

2-4-6 三硝基苯酚,俗称苦味酸,代号 PA。1771 年由英国人 P.Woulfe 首先制得,最初只用作黄色染料,1885 年法国开始用作炸药装弹.一战期间,它是主要的军用炸药,威力比 TNT 大,仅次于硝化甘油.安定性好,制备方法简单,是军事上最早使用的一种 猛炸药。

苦味酸为淡黄色晶体,易溶于热水和乙醇,乙醚,难溶于冷水.熔点 122.度,晶体密度 1.763g/cm³。

爆速 7350m/s.撞击感度 32%(10kg/25cm)

苦味酸的一个重要缺点是具有酸性,当有水存在时与金属氧化物反应,生成感度大的苦味酸盐,很容易爆炸.在使用苦味酸的过程中要充分干燥,防止生成苦味酸盐.

目前苦味酸已不在用作炸药使用,但它是制造苦氨酸和苦味酸铵(D 炸药)的原料,它本身一种黄色染料,也可用于制造其他染料和照相用品,医药上用作外科收敛剂(俗称黄药水)所以能在普通试剂店买到.一般 500g 瓶装的苦味酸(C.P)每瓶 25 元左右.

从试剂店买到的瓶装的苦味酸颗粒较大,有条件的话最好粉碎成 40-60 目筛之间的 颗粒,再经过充分干燥以后方能使用.苦味酸感度不大,粉碎后用套有橡胶皮的木棍能很容易地压装.苦味酸和金属弹体直接接触可能有腐蚀现象,采用聚乙烯塑料薄膜衬层或涂防腐漆能有效防止它对壳体的腐蚀.

补充一下:如果觉得机械粉碎苦味酸比较危险或不方便,可以用重结晶的方法制得细小的晶体,具体做法如下:用热水配制苦味酸溶液,用水浴加热至 90 度,加入苦味酸晶体至不再溶解为止.在强烈的搅拌下将容器迅速冷却至 10 度以下.过滤,在 60 度的烘箱只烘干. 就能得到细小的晶体.不过这样做会损失一些晶体,晶体回收率只有 90%左右.

在操作过程只要注意个人防护,赤手接触苦味酸会使皮肤变黄,热的苦味酸浓溶液滴在皮肤上会造成严重伤害,所以接触到苦味酸时一定要戴上橡胶手套.

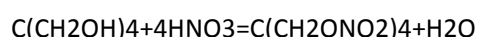
太安(PETN)

化学名为 季戊四醇四硝酸酯.1894 年由 B.Tollens 制得,二战期间 PETN 由于性质稳定,威力大,成为重要的高能炸药之一.

PETN 为白色晶体,不吸湿,不溶于水.易融于丙酮.熔点 142.9 度,晶体密度 1.76g/cm³,爆发点 225 度(5 秒),爆热 6300kj/kg,爆速 8300m/s,撞击感度 100%(10kg\25cm)

太安一般用来装填雷管和制造传爆药柱\导爆索,还可以制造某些混合炸药和塑性炸药,例如太安和 TNT 的混合物:彭托莱特(Pentolite.有 50/50,70/30,75/25 三种比例)用于装填聚能弹.太安还可以用来敏化不敏感的硝铵,铵油炸药.我在一次爆破实验中用微型电雷管(比 7 号电池的一半还小,装药直有 1.5g)和 10g 太安(作为传爆药)成功的引爆了 150g 铵油炸药(通常要用 8 号电雷管才能引爆)

用硝酸法合成太安的反应式如下



原料:浓硝酸 98%(C.P)120g(78ml) 季戊四醇(C.P)20g

仪器:高型烧杯(或三口瓶)250ml 一个,电动搅拌机一台(或手动搅拌,不过比较辛苦),冰盐浴一个,布氏漏斗抽滤装置一套,温度计一根.

制备过程:将 120g 浓硝酸倒入反应容器中,在冰盐浴中冷却至 10 度.在强烈搅拌下 10 分钟内均匀加入 20 克季戊四醇,控制加料速度和冰盐浴的冷却能力,使反应温度保持在 10 度-20 度.加完料继续搅拌保温 15 分钟,然后将反应混合物倒入 300ml 冰水中稀释,注意搅拌.用布氏漏斗抽干,产物水洗至中性.抽干后在 40-50 度条件下干燥 4 小时.即得成品,得率约 95%以上.

注意事项

1\硝酸浓度下降至 85%以下时,太安得率下降很快,所以用 95%以上硝酸制太安.

2\太安机械感度大,撞击感度为 100%,为降低感度,用布氏漏斗抽滤.在使用过程中要注意减少摩擦和撞击,未经钝感处理的太安在压装时要十分小心.

3\在制备过程中要做好个人防护,虽然在在制备过程中不可能发生爆炸,但是让浓硝酸滴到身上会造成严重伤害,一定要戴上橡胶手套.没有丰富的化学实验经验的人最好不要学着做.

高威力混合炸药

高威力混合炸药是作功能力较大的混合炸药。炸药的作功能力取决于爆热、比容和密度等。高威力混合炸药在爆轰时可产生高爆热及高比容，但爆速成和爆炸压力并不太高。提高爆热是提高这类炸药功能力的有效途径。而提高爆热最有效、最简便的方法是加入能放出高热值的高能添加剂。可用的高能添加剂有两类：一类是可燃剂锂、铍、硼、铝、镁、钛、硅等单质及它们的合金或氢化物；另一类是高效氧化剂，可改善炸药的氧平衡。炸药中实际应用最普遍的高能添加剂是铝粉，因此通常所反的高威力混合炸药即指含铝的混合炸药。它主要用于装填水下武器弹药、对空榴弹、性能各异、用途广泛的重要炸药系列了。

现在高威力混合炸药已是一个品种繁多、性能各异、用途广泛的重要炸药系列了。

高威力混合炸药的制备工艺，按炸药装填方法的不同，可分为压装法和注装法两类。压装法工艺主要有：机械干混工艺、水悬浮工艺、冲击凝胶工艺、沉淀法工艺及直接法工艺等。机械干混法工艺简单，操作方便，多年使用，比较成熟，但劳动强度大，产品成分不匀、不能制成粒状，为了制备安全主体炸药需要线性感处理。该法目前还在使用。水悬浮法受含铝成分限制，由于水与铝会发生化学反应，生产过程不安全，因而铝粉必须经过严格处理。否则一般不采用此法制高威力炸药。沉淀法需要大量使用沉淀剂，生产过程毒性大，环境污染防治难度大，生产成本较高。冲击凝胶法工艺过程复杂，不易控制。直接工艺法设备简单，产品成分及粒度容易控制，主体炸药不需单独纯感，劳动条件也较好，这是目前常用的制备方法。注装法可通过载体使炸药混合均匀，工艺简单，容易操作，可直接将炸药装入弹体，尤其适合较大口径弹体装药，目前国外采用较多，但需较多设备，投资较多。高威力混合炸药配方很多，其制备方法仅选几例说明，多数配方不再专门叙述制法。

以普通单体炸药为主体的高威力混合炸药

这类炸药的特点是炸药组分中以普通单体炸药为主，铝含量多为 20%~30%，也有不少在 20% 以下，少数 30% 以上，这类炸药配方兼顾了高爆热和高爆速，综合性能较好，但威力不是很高，它的原料易得，成本较低，发展较早，应用广泛，是目前实际装备的炸药中较多的一类炸药。

以黑索今和梯恩梯为主体的高威力混合炸药

配方 1（代号 A-IX-II）

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$

A-IX-I① 80 ± 2 铝粉 20 ± 2

①

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$

黑索今 95 蜡 5

制备 该配方用机械干混工艺制务，其中可用冷混或热混两种工艺方法。冷混方法制备是：按上述配方用量，称取钝感黑索今（A-IX-I）和细铝粉。每次混制药量要根据设备大小和用量而定，一般为 35~40kg。先特制的滚筒内放入 32kg 钝化黑索今，再加入 8kg 细铝粉，盖好，滚筒开始转动，转速 30~40r/min，混合 15~20min 即可混匀。混制好的炸药进行取样分析，达到要求即可送去压药或包装入库。热混方法与冷混法类似。将带有热水夹套和搅拌器的混合锅预热，放入钝化黑索今，再加入铝粉，盖好，开动搅拌，混制 15~20min 达均匀即可，混合温度为 65~80，热水不超过 95℃；搅拌器转速成控制在 30r/min 左右。混制好的产品凉至 30~40℃，不断用药耙翻动，防止结块。最后过 4~9 孔/cm 铜筛，即可包装使用。热混比冷混制品有较好的均匀性和稳定性，但设备和工艺操作过程比样复杂

说明 该炸药密度 1.77g/cm³，爆速 8089m/s，猛度 116.2%。

该炸药前苏联用于装填 TM-625 反坦克地雷；100mm 海军炮爆破弹；107mmBD-883 破甲弹；100mm 曳光穿甲弹；23、25、30、37、57mm 航炮弹；130 海岸炮半穿甲弹；122mm 穿甲弹等。

配方 2（代号 TTAT-5）

组分	ω/%	组分	ω/%
梯恩梯	60±5	细粒铝粉	11±3
黑索今	24±3	片状铝粉	5±3
卤蜡（外加）	5-0.5+1.5		

制备 该配方用注装法制图。按上述配方用量，先将梯恩梯熔化，使其流入带蒸汽夹套、装有涡轮式搅拌器的混药机内，同时加入卤蜡。开动搅拌，转速 160r/min，先后缓慢地投入黑索今、片状铝粉、粒状铝粉，混合均匀。混制好的药浆在 95~105℃下浇注，药板温度（76±1）℃。然后自然冷却凝固即可。

说明 该炸药密度 1.76g/cm³，爆速（7023±27）m/s，撞击感度 10%。

该炸药前苏联用于冥河地对空导弹，感应沉淀水雷如 AMB1-500、ANB2-1000 等装药。

配方 3

组分	ω/%	组分	ω/%
黑索今	42	铝粉	18
梯恩梯	40		

以奥克托金为主体的高威力混合炸药

配方（代号 HTA-3）

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$
奥克托金 49 铝粉 22
梯恩梯 29

以铝粉与氧化剂为主体的高威力混合炸药

这类高威力炸药的特点是氧化剂为炸药的主要成分，单体炸药只占 10%~20%，而铝粉大都占 40%~55%。铝粉具有极大的爆破热、一寂静的爆破特性及良好的燃烧效应。主体炸药爆炸扣，引起氧化剂分解并放出氧，氧与铝蒸气之间便发生气相高还原反应，使爆炸产物的体积大大膨胀，因而这类炸药具有较高的能量和良好的爆炸特性。这类炸药具有较高的能量和良好的爆炸特性。这类炸药特别适用于装填小口径对空武器弹药。如装填 20mm，40mm 防空炮弹。含氧化剂（如硝酸铵）和铝粉的混合炸药称为阿莫纳尔，在两次世界大战中，得到广泛的应用，至今又作了许多改进。

以硝酸盐和铝粉为主体的高威力混合炸药

配方 1

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$
硝酸铵 76.5 铝 7.5
梯恩梯 16.0

配方 2

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$
硝酸铵 68 铝 17
梯恩梯 15

说明 俄国曾在第一次世界大战中，用上述两配方炸药装填地雷。

配方 3

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$
硝酸铵 65 铝 20
梯恩梯 15

说明 俄国曾用该配方炸药装填炮弹。

以高氯酸盐和铝粉为主体的高威力混合炸药

配方 1 (PBX N-103)

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$
NH₄ClO₄ 40 三乙二醇二硝酸酯 2.5

铝粉 27 乙基中定剂 1.3
三羟甲基乙烷三硝酸酯 23 间苯二酚 0.2
粒状硝化棉 6

说明 其最大理论密度 1.89g/cm³，爆速 6200m/s，爆热 6.200MJ/kg。

美国用于 MK-46 鱼雷、MK-48 鱼雷战斗部及水雷装药。浇铸法装填。

配方 2 (PBX N-105)

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$
NH₄ClO₄ 49.80 聚氧化乙烯二醇 3.13
铝粉 25.80 三羟甲基丙烷 0.34
RDX 7.0 甲苯二异氰酸酯 0.83
双二硝基丙醇缩甲乙醛 12.92 苯基萘胺 0.17
二月桂酸二丁基锡 0.01

说明 其最大理论密度 1.90g/cm³，爆速 5900m/s，爆热 6.450MJ/kg。

美国用于 MK-48 鱼雷战斗部及水雷装药，浇铸法装填。

配方 3 (MOX-2B)

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$
NH₄ClO₄ 35 TNT (包覆在 NH₄ClO₄ 上) 3.9
铝粉 (喷雾) 52.4 人造石墨 1.0
RDX 5.8
硬脂酸钙 1.9

说明 密度 2.0g/cm³，爆速 4730m/s (5.08cm 直径药柱，密封)，爆热 6.159MJ/kg，爆发点 375℃，5s。燃烧热 18.761MJ/kg。压装法装填。

该炸药用于小口径对空武器炮弹装药。

以其他氧化剂和铝粉主体的高威力混合炸药

配方

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$
氧化铜 19.7 蜡 0.9
RDX 28.7 人造石墨 1.5
铝粉 (喷雾) 49.2

说明 密度约 2.0g/cm³，爆热 3.138MJ/kg，燃烧热 17.962MJ/kg。

该炸药用于小口径对空武器炮弹装药。

燃烧剂

燃烧剂是指能引起猛烈燃烧的物质。具有容易燃烧、发热量大、温度高、火焰大、燃烧时间长、不易扑灭等性能。其中有：含金属氧化物的燃烧剂，称高能燃烧剂或铝热燃烧剂；含氧盐燃烧剂，称高能燃烧剂或铝热燃烧剂；含氧盐燃烧剂，如铝热剂；不含氧化剂，但一与空气接触立即燃烧的燃烧剂，如铝镁合金等燃烧剂在民用爆破作业中，用作爆破剂；在军事上，大量用于装填各种燃烧弹。

含金属氧化物燃烧剂（铝热燃烧剂）

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
铝粉	24	四氧化三铁	76

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
铝粉	25	三氧化二铁	75

含氧盐燃烧剂

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
硝酸钡	72	铝粉	28

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
硝酸钾	59	木炭粉	10
铝粉	31		

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
高氯酸钾	66	铝粉	34

含猛炸药燃烧剂

配方 1

组分 用量/g 组分 用量/g
环三亚甲基三硝胺 80 铝粉 20

配方 2

组分 用量/g 组分 用量/g
三硝基甲苯 20 硝酸钾 42
铝粉 34 沥青 4

制备及说明 将配方中各组分经干燥和粉碎后，在混拌机中混合均匀后出料。即制得产品，本品外观为均匀的粉状物，无明显杂质和硬化现象，水分 $\leq 0.3\%$ 。本品因含猛炸药，因而具有燃烧和爆破和杀伤燃烧弹中。

凝固汽油

配方 1

组分 用量/g 组分 用量/g
汽油（或煤油） 92 环烷酸铝盐 8

配方 2

组分 用量/g 组分 用量/g
汽油或煤油 90~92 硬脂酸钠 8~10

配方 3

组分 用量/g 组分 用量/g
汽油 92 天然橡胶 8

制备 配方 1 是先用 2%氢氧化钠溶液和环烷酸混合溶解后，在搅拌情况下缓慢加入 5%硫酸铝溶液，析出物以水洗后，热风干燥至水分含量 $\leq 20\%$ ，再经过粉碎即制得环烷酸铝盐；将汽油（或煤油）和环烷酸铝盐混合，然后温热溶解。静置后即成。

说明 配方 2 是将一定量的硬脂古巴加入汽油（或煤油）中，升温溶化后，滴加氢氧化钠的酒精溶液至中性即成。

配方 3 是在汽油加入天然橡胶制成的凝胶。

本品燃烧热大，贮存安定，制备简单，装药方便，燃烧温度约 1000°C ，外观为均匀的凝胶体。

本品主要用于产生喷射火焰，是火焰喷射器和凝固汽油弹的主装药。

野炊用固体燃料

配方

组分 用量/g 组分 用量/g

酒精 90 添加剂 5

固化剂 5

制备 将固化剂、添加剂在粉碎机中粉碎成末，和酒精一起在混合均匀、固化，用压机成固体燃料块即得本品。

说明 本品易于点燃，便函于携带和贮存，物理和化学性能稳定，燃烧时无臭、无味。15g 的燃料块有常温下 10min 可煮沸 500g 水。

本品主要用于野外饮水、煮饮、医疗器械消毒等。

自热食品罐头用固体燃料

配方

点火装药组分 用量/g 点火装药组分 用量/g

Pb3O4 64 Fe3O4 50

CaSi2 27 CaSi2 50

瓷土 9

供热块

配方

组分 用量/g 组分 用量/g

Fe 47 BaCrO4 13.5

Sn 6.7 萘 11.5

KClO4 8.2 Ni 4.8

Zr-Ni(30:70) 6.3 聚乙二醇 1.9

说明 由该配方制备的供热块，输出热 879～963J/g，用于军供热装置。

以含富氧炸药为主体的高威力混合炸药

这类炸药中过量的氧可以与燃烧热较大的铝粉作用，产生较高的爆热，所以这类炸药的爆热都很高，富氧炸药一般为多硝基脂肪族化合物，一般采用的有：重（三硝基乙基）硝胺、三硝基乙基原碳酸酯、重（三硝基乙基）碳酸酯、四硝基甲烷等。富氧炸药含量较低者（20%～50%），还可做推进剂。

配方 1

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$

三硝基乙基原碳酸酯 59.7 铝粉 28.3

多硝基聚氨酯 12.0

说明 其爆热为 8.828MJ/kg。

配方 2

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$

三硝基乙基原碳酸酯 50.4 铝粉 39.4

多硝基聚氨酯 10.2

配方 3

组分 $\omega/\%$ 组分 $\omega/\%$

三硝基乙基原碳酸酯 49.0 铝粉 27.9

硝化纤维素 23.1