

國防科學叢書

火 藥

嚴 演 存 著

6

中華自然科學社主編
商務印書館印行

緣 起

科學與國防之關係，夫人而知之矣！戰略學，戰術學，彈道學，飛行學，航海學等，固為直接用於疆場之科學；機械工程學，航空工程學，造船工程學，化學工程學，電機工程學等，又莫不為兵器製造與運用中之基本工具。再如地理學，測量學，製圖學，交通學，土木工程學，採冶工程學，醫學，農學等，或為戰略決擇之繩準，或為資源給養之所利賴，或為士兵健康戰鬥力之所攸關。例如尚在進行中之德蘇大戰，希脫勒傾其全軍之師，操其最高度之科學兵器，據其偏面估計，滿心於閃擊三個月後直搗莫斯科。孰知經過兩年來之苦戰，遭遇了無可挽回之犧牲，而莫斯科猶可望而不可即，此何故歟？實蘇聯冬季零下三十度以下之風雪天氣為之也；亦即氣象學的障礙作用為之也。又如在我國抗戰期中，我砲兵部隊某次按圖發砲，屢發不中，事後研究，始發現由於地圖之失真，是即測量製圖工作之錯誤，而直接影響於作戰之效能也。諸如此類，例不勝舉。總之，今日之戰爭，乃科學之戰爭，戰爭之勝負，決於科學程度之高低。蔣委員長云：「無科學即無國防，無國防即無國家。」亦即我人欲立國於今世，必須建設國防，建設國防，又非從科學着手不為功，此所以國防科學之研究，為全國朝野之所提倡。

本社同人，原均各就性之所好，從事於各部門科學之專門研究，其工作範圍，雖未必盡標以國防之名，然皆直接或間接與國防科學密切相關。竊以百事之舉，必集多人之參加合作，其成功方臻偉大，何況今日之戰爭，不啻為國力之抗衡，國防

責任，應在全體國民，故今之談國防建設者，莫不倡全民國防之口號。至國防科學之研究，固無從亦不必全民參加，但對於國防科學基本智識之認識，確有灌輸於全民之必要；非如是國防科學究研之風氣無從養成，參加國防科學工作之中下級幹部無從徵集。是以我人一面從事專題之研究，同時尤應致力於國防科學智識之普及，本社編著國防科學叢書之旨趣，蓋在於此。尚希社會人士，賜以匡正，是所至幸！

編者

弁 言

一、本書限於篇幅，以簡明爲主。讀者欲作進一步之探討，可參考他書。願火藥書籍，即西文中亦少佳構；下列諸書可爲介紹者，一則以其庸中佼佼，再則以國內曾有翻印本也。

Marshall: Explosives (取材失之陳)

Stettbacher: Schiess. - U. Sprengstoffe (多謬誤)

Beyling-Drekorp: Zuend.-U. Sprengstoffe. (佳作，但限於礦用炸藥之使用方面之理論)

二、本書乃自作者筆記及歷年在兵工學校，重慶大學及西北工學院之講稿彙摘而成。溯其來源，則爲德英法之書籍雜誌數十種。若語入語註其來歷，將失之紊亂，多佔篇幅，且亦不合本書之體例矣。故缺焉。

三、目下物資維艱，故本書插圖，力求減少；凡非僅以文字不能說明者，不附插圖。祈讀者識而諒之。

四、專門名詞，以採用國立編譯館所定者爲原則。其尙未定而國內已有通行之名詞者因之。惟尙無譯名，或舊名顯有不妥，不能盲從者（如第六節註中所舉者），乃以私意酌定之。

五、讀者對於本書內容，有所指教討論，作者不勝歡迎！

民三十一年八月於陝西城固古路壩

目次

弁言	
第一章 緒論	1
第一節 定義	1
第二節 火藥之分類	2
第二章 火藥之力量	4
第三節 爆發後所生氣體體積,爆熱,爆溫	4
第四節 火藥壓力,火藥力	6
第五節 爆發之徐速	8
第六節 火藥之猛度	10
第七節 火藥力量之測驗	10
第八節 引爆難易及超距爆轟	12
第三章 火藥之安全問題	13
第九節 安定性	13
第十節 感度	15
第十一節 危險距離	16
第四章 黑色火藥	18
第十二節 組成及原料	18
第十三節 製造	19
第十四節 性質及用途	23
第十五節 變相之黑藥	24
第五章 液體火藥	26
第十六節 液態氧火藥	26

第十七節	過氧化氮火藥	28
第十八節	卡獨克斯及海特陸克斯	28
第六章	硝化纖維素	30
第十九節	概說	30
第二十節	原料——纖維素	31
第二十一節	硝化之理論	33
第二十二節	製造	35
第二十三節	性質	40
第二十四節	用途	42
第七章	硝化甘油	44
第二十五節	概說	44
第二十六節	製造	44
第二十七節	性質	47
第二十八節	用途	49
第八章	其他液體硝酸酯	51
第二十九節	二硝酸乙二酯	51
第三十節	二硝酸氯丙二酯	52
第三十一節	其他之甘油衍生物	53
第三十二節	三硝酸硝基異丁三酯	58
第九章	其他固體硝酸酯	55
第三十三節	六硝酸己六酯	55
第三十四節	奔特脫	55
第三十五節	硝化澱粉	57
第十章	三硝基甲苯及其他芳香族經之硝基物	58
第三十六節	概說	58
第三十七節	性質	58

第三十八節	製造	60
第三十九節	用途	64
第四十節	硝基甲苯及二硝基甲苯	67
第四十一節	其他芳香族烴之硝基物	68
第十一章	三硝基酚(及其他酚之硝基物)	71
第四十二節	概說	71
第四十三節	製造	72
第四十四節	性質	78
第四十五節	用途	74
第四十六節	其他酚類之硝基物	75
第十二章	芳香族胺之硝基物	77
第四十七節	特出兒	77
第四十八節	四硝基苯胺	78
第四十九節	六硝基二苯胺	79
第十三章	非芳香族屬之硝基烴,硝胺,硝酸合胺	80
第五十節	黑索近	80
第五十一節	非芳香族屬之硝基烴	81
第五十二節	脂肪族硝酸合胺	82
第五十三節	脂肪族硝胺	82
第十四章	引藥	85
第五十四節	雷汞	85
第五十五節	疊氮化鉛	86
第五十六節	雷管	87
第五十七節	電點火管,電雷管	90
第五十八節	導火索,導爆索	91
第五十九節	火帽,點火藥	92

第六十節 其他引藥	94
第十五章 硝化甘油炸藥(代拿枚)	96
第六十一節 概說	96
第六十二節 性質	100
第六十三節 製造	101
第十六章 硝酸銨, 硝酸銨炸藥, 特許炸藥	104
第六十四節 硝酸銨	104
第六十五節 硝酸銨炸藥	105
第六十六節 特許炸藥	106
第十七章 氯酸鹽炸藥, 過氯酸鉀炸藥(附有機氯 酸鹽及過氯酸鹽)	110
第六十七節 氯酸鹽	110
第六十八節 啓代脫	110
第六十九節 撕撥來開爾炸藥	111
第七十節 過氯酸鹽炸藥	112
第七十一節 氯酸及過氯酸之有機化合物	113
第十八章 無煙火藥	114
第七十三節 概述	114
第七十三節 成分	115
第七十四節 性質	122
第七十五節 製造	126
第七十六節 速燃無煙火藥	129
表: 二十八	
圖: 十	

火 藥

第一章 緒論

第一節 定義

一種固體或液體，能瞬息間生化學變化，發生熱量及氣體，致氣體驟然膨脹，實用上可利用之以做工作者，謂之火藥 (explosives)；其變化膨脹之現象謂之爆發 (explosion)。

自熱力學觀點而言，爆發反應必乃「自動發生」(Spontaneous)者，亦即火藥必為「不安定」之物。惟必須注意，此處「自動發生」及「不安定」兩語，均乃指熱力學上之意義；換言之，即爆發之際，「自由能量」(Free energy) 必須減少，熱力學中之不安定，與一般有機化學中所謂不安定殊不同；一般火藥，以後者之意義言，殊為安定，蓋並不見自己分解也。

爆發與燃燒之分別，換言之，火藥與普通燃料或可燃混合物之分別，其要點厥有兩點：其一，爆發之作用迅速；其二，火藥之可燃物與氧化劑均納於極小容積中，成為固體或液體；一旦爆發，則均成氣體，突然膨脹，遂可做多量工作。茲比較火藥與他種可燃混合物如第一表：

第一表

	每仟克所生熱量	與氧之混合物每仟克所生熱量	每升所生熱量
氫	29100 大卡	3230 大卡	1.7 大卡
炭	9400	2330	4.4
煤	7860	2140	4.1
硝化甘油	1455		2350.0
三硝基酚	900		1560.0

(大卡 Cal., 升 liter, 仟克, Kilogram, Kg.)

自此可知火藥每仟克所生熱量，初不及燃料之多；惟以單位體積言，則所生熱量甚大；且又有大量氣體發生，致劇烈膨脹而形成爆發。

① 此處之「爆發」乃狹義的意義。廣義的爆發，則如德國工程師學會(VDI)所定之定義：「氣體或蒸汽，突然膨脹而做工作，謂之爆發。」此則包括鍋爐之爆發，氣體之爆發等在內也。

第二節 火藥之分類

自其用途而言，火藥可分類如下：

(1) 發射藥 (Propellent)……裝於槍砲之「藥室」(Powder chamber)中；分解後之氣體，將子彈射出。

(2) 彈丸用炸藥……裝於砲彈，炸彈等之中。

(3) 爆破(Blasting)用炸藥。

(a) 軍用 例如爆破鐵軌橋梁等用。

(b) 民用 開礦，築路闢荒，破壞不要之建築，去冰川礁石，農業用（掘坑，去樹根）等。

(4) 引藥(initial explosives)……點着或引爆上述各火

藥者。蓋使用上述諸火藥時，一般均非用火直接點着，而乃先以火或衝擊使少許引藥爆發，再傳及所用之火藥也。引藥又可分引火藥與引爆藥兩者，詳見第五十六節及第五十九節。

至就性能言，則發射藥可自成一類，其爆發作用頗齊緩。餘三者可列爲一門，其爆發作用甚猛，可總名曰炸藥（參考第五節）。

就成分言，火藥可分類如下：

(甲)各成分混合後方成爲火藥（氧化劑與可燃物存在於不同分子中），如黑色火藥，液氧火藥是。

(乙)單獨一個分子即可爆發之火藥：而（不揮發性）者：(a)含 —ONO_2 者：(i) 酯 (esters) 如硝化纖維素，硝化甘油等是。此類最爲重要。

(ii) 有機鹽，如腓之硝酸鹽。

(iii) 無機鹽，硝酸鉍。

(b) 含 —NO_2 者：(i) —C—NO_2 ……如三硝基甲苯等芳香族硝基物。此類亦最爲重要。

(ii) —N—NO_2 者：如二硝基胺。

(c) 含 —ClO_2 者：如二氯二氧。

(d) 含 —ClO_3 者：如三氯三氧。

(e) 含 —N_3 者

(f) 含 —N_2 者

(g) 雷酸鹽

(h) 過氧化合物

大多數均爲收熱化合物 (Endothermic compounds)，用爲引藥。

(i) 乙炔化合物

第二章 火藥之力量

第三節 爆發後所生氣體體積，爆熱，爆溫

火藥之力量，由於爆發後大量氣體之發生；氣體體積大，即火藥之力量亦大。然氣體體積與溫度壓力有關，一般為便於比較計，將火藥爆發後所生氣體之體積，化為標準狀況（攝氏零度一大氣壓下）而計之。又命火藥爆發後所生氣體之溫度曰爆溫（temperature of explosion），所生熱量曰爆熱（heat of explosion），則爆後實際之氣體體積，比例於爆溫；而爆溫則受爆熱及爆發後生成物之成分之支配。故爆熱，爆溫，氣體體積三者，為比較火藥力量常用之數字。爆發後生成物之成分亦有聯繫關係。

爆熱可在測熱器（calorimeter）中測之。收取爆發後之生成物，可分析其成分；並測其體積，再換算為標準狀況即可。爆溫則不便直測，理論上可用高溫測溫計（pyrometer）測量；實際上因爆溫僅存在於一瞬間，火藥生成物旋即冷下，現今之高溫測溫計均有惰性，不及記錄此瞬間之溫度。現今惟一之實驗方法，乃將燻點已知之物，與火藥同置一器中；爆發之後，察其有無會燻化之象，因而判定爆溫至少有若干度。現今文獻中之爆溫數字，均自計算獲得，蓋

$$T = \frac{Q}{\sum C_p}$$

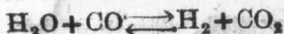
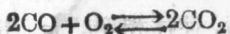
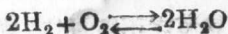
因生成物為氣體，比熱為溫度之函數，故可書作 $\sum a + \sum b \cdot T$,

故

$$T = \frac{Q}{\Sigma a + \Sigma b \cdot T} \dots \dots \dots (1)$$

生成物之成分已知，則 Σa 及 Σb 均知，自實測之爆熱 Q ，用 (1) 式即可求得爆溫 T 。另一種自實測之壓力而計算爆溫之方法，見第四節。

以上所述之方法——爆熱，生成物之體積及成分，由實驗直接測定；爆溫由計算而得，——乃現今一般所用者。文獻上此類數字，多由此得來。然此時所得之數字，與實驗時所用器具方法，頗有關係，蓋爆發後之生成物，係在高溫之下，高溫時化變速度甚大，故下列諸反逆反應，容易發生：



故爆發後之生成物，可視為一可生「可逆變化」(reversible reaction) 之複雜氣體系。氣體系之成分，受溫度及壓力之支配。實驗所用「密閉爆發器」(bomb) 之大小，影響於壓力，故必影響於其成分。又爆發後氣體冷卻之際，因溫度變遷，氣體系之成分亦隨之變化(平衡常數為溫度之函數)。但溫度愈低，則化變速度愈慢，終至不復變化。按實驗時必須將氣體冷下，方可舉行分析。故所得結果，決非為爆發瞬間之情形；冷卻愈慢，則相差愈多。又冷卻之際既生化學變化，則亦有熱的變化；故測出之爆熱，與真正之爆熱亦有差異。惟實驗時如設法使爆發後所生之氣體，立刻作多量工作，使其迅速冷卻(例如火藥盛一小容器中，再放一大容器中，爆發後將小容器炸破。)則其結果比較的近乎為爆發瞬間之情形。但此種實驗方法殊不便捷耳。

或以為實驗方法，既不準確，則竟可不加實驗，逕以計算方法求之。其計算方法之原理如下，其詳則非本書所能及也。^①

$$\text{火藥} \rightarrow \text{爆發生成物} + \text{爆熱 } Q \dots\dots\dots (2)$$

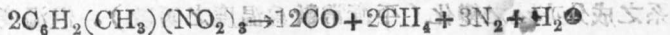
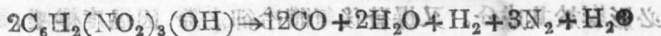
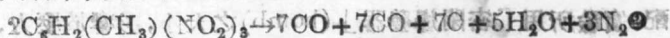
而爆發後生成物即為一可生可逆反應之氣體系，故其成分必受溫度之支配，即

$$\text{成分} = Q(T) \dots\dots\dots (3)$$

自(1)(2)(3)式 T Q 等未知數，可以計算決定。

如數據(Data)充足，此法較之實驗，更為精確。所得者乃爆發頃間之情形。惟計算時所需數據(如高溫時之比熱)，每不夠用，且不甚可靠，是其困難耳。

由於前文所云實驗值之不盡可恃，故文獻中同一火藥之爆熱，爆溫，氣體體積，往往相異頗大。爆發生成物之成分更甚；有時且有顯著之謬誤。例如下列諸式，乃自西文名著中摘錄者，以熱力學之眼光察之，知決不可能，殆半因冷卻之際，湧起作用，半因分析之誤也。



① 德國火藥雜誌 (Zf. d. ges. Schiess.-u. Sprengs.) 209, 聯合 296; 1934.

② Stettbacher. Schiess.-u. Sprengstoffe, S. 63.

③ Colver: High Explosives, P. 311.

④ Smith, TNT P. 90.

第四節 火藥壓力，火藥力

火藥在密閉中爆發時所生壓力，視乎容器大小與裝藥之多少。設在體積 V 之密閉器中，裝火藥 M，爆發後所生最大壓

力為 P ；又 Q 為火藥之爆熱， V_0 為單位重量火藥爆發後生成物在標準溫度壓力下之體積， T 為溫度， P_0 為大氣壓，則用

Van der Waal 式，而忽去 $\frac{a}{V^2}$ 項，並令 b 為 a ，則得

$$P(V - ma) = P_0m(V_0 - ma) \frac{T}{273} \quad (4)$$

此式可化簡為

$$P = \frac{f\Delta}{1 - a\Delta} \quad (5)$$

其中 $f = \frac{P_0V_0T}{273} \quad (6)$

$$\Delta = \frac{m}{V} \quad (7)$$

f 稱為火藥力 (force of explosive)。 a 乃 Van der Waal 式中係數，即氣體分子本身所佔體積之函數；而在火藥學中使之包括爆發固體成分之體積，名之曰餘容 (Covolume)。 Δ 稱為裝填密度 (loading density)。(5) 式稱為 Abel 式。

火藥在爆發時所生最大壓力，有種種測定之方法，其最重要者有二：(1) 火藥氣體加壓於一小銅柱，將其縮短；而縮短之量，與所受壓力之關係，預先已以槓桿原理加一定壓力於其上以測定之。此法謂之銅柱測壓法 (Copper crusher method)。又小銅柱亦可用彈簧代替。(2) 石英片在一定軸方向受壓力後可生電荷；此項電荷積於一凝電器 (Condenser) 上，利用真空管擴大其電壓，而使作用於一陰極示波器 (Cathode ray oscillograph)，陰極射線受電力之吸拒而偏動，可用照像攝出；此偏動之距離，比例於電壓，亦即比例於火藥爆發後所生壓

力。此法稱曰壓力電測壓法 (Piezoelectric method)。

同一密閉器中，變更裝藥之多少，即變更裝填密度 Δ ；每次均測其所生之壓力 P ，自 (5) 式即可算出 f 及 a ， f 之另一求法可將上章所求得之 V_0 及 T 代入 (6) 式求之。反之，自實測壓力值所得之 f ，及實驗所得 V_0 ，代入 (6) 式，可以算出爆溫 T 。此即上節所曾提及之爆溫之第二種計算法也。

一定裝填密度下所生壓力，與火藥力 f 近似成正比例；火藥發揮之力量，往往與 f 大有關係，故有火藥力之名。

自 (6) 式，

$$f \propto V_0 T$$

即

$$\propto \frac{V_0 Q}{\Sigma C_V}$$

按 $\frac{V_0 Q}{\Sigma C_V}$ Berthetot 氏稱之曰火藥特徵數 (explosive characteristic)，其後因 ΣC_V 往往不易確知其值，遂遂用 $V_0 Q$ 為特徵數。

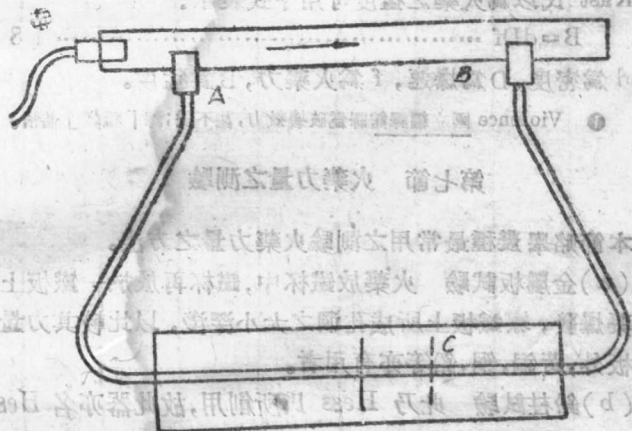
第五節 爆發之徐速

爆發依其徐速顯然可以分兩大類：其一，爆發之速度不甚大，每秒鐘不過數釐米乃至數米，其速度隨外界壓力而增；此時之爆發，在火藥學中每稱之曰燃燒 (combustion)，然實較普通習見之燃燒為速。另一種爆發，其速度異常迅速，每秒在千米以上，其速度與外界之壓力無關；此時之爆發每稱為爆轟 (detonation)。

因而火藥亦可分為發射藥與炸藥兩大類：發射藥之爆發作用屬前一類即燃燒；其他爆破用炸藥，彈丸用炸藥等之爆發作用屬後一類，即為爆轟作用。將炸藥露放於石上，炸時竟可將石裂開者，即因爆轟作用異常迅速，其力集中於短時

間內，故遂猛烈也。因而炸藥之力量，與其爆轟之速度曰爆速 (velocity of detonation) 者，至有關係。

測爆速之方法，最重要者有二：(一)取一長管，中盛欲試之火藥，相距一定距離之兩點處，各接一電路；電路各接一感應圈。電路炸斷時因感應圈之作用，各生一火花，射於一高速度回轉之筒上；筒上塗有煙墨，自兩火花痕間之距離，可以計算時間，因而計其速度。(二)比較法，用第一圖之裝置，AB管中裝有所欲試之炸藥，另接一爆速已知之導爆索，ABC，此導爆索放於一鉛板上。火藥自A點開始爆發，則一方面自A而B而C，另一方面自A而C，兩者交於C；此點在鉛板上可以察出。按AC間爆轟時間必等於ABC間者；設導爆索之爆速已知，則AC及BC間之爆轟時間均已知，而AB間之爆轟時間可算出，即爆速可算出矣。



此圖係以高火藥之爆速可測其法也。中左
Violence
本館常用之圖式火藥之爆速測量法
(1) 金剛砂
(2) 鉛板
(3) 導爆索
(4) 感應圈
(5) 電路
(6) 火花
(7) 煙墨
(8) 鉛板
(9) 導爆索
(10) 電路
(11) 火花
(12) 煙墨
(13) 鉛板
(14) 導爆索
(15) 電路
(16) 火花
(17) 煙墨
(18) 鉛板
(19) 導爆索
(20) 電路
(21) 火花
(22) 煙墨
(23) 鉛板
(24) 導爆索
(25) 電路
(26) 火花
(27) 煙墨
(28) 鉛板
(29) 導爆索
(30) 電路
(31) 火花
(32) 煙墨
(33) 鉛板
(34) 導爆索
(35) 電路
(36) 火花
(37) 煙墨
(38) 鉛板
(39) 導爆索
(40) 電路
(41) 火花
(42) 煙墨
(43) 鉛板
(44) 導爆索
(45) 電路
(46) 火花
(47) 煙墨
(48) 鉛板
(49) 導爆索
(50) 電路
(51) 火花
(52) 煙墨
(53) 鉛板
(54) 導爆索
(55) 電路
(56) 火花
(57) 煙墨
(58) 鉛板
(59) 導爆索
(60) 電路
(61) 火花
(62) 煙墨
(63) 鉛板
(64) 導爆索
(65) 電路
(66) 火花
(67) 煙墨
(68) 鉛板
(69) 導爆索
(70) 電路
(71) 火花
(72) 煙墨
(73) 鉛板
(74) 導爆索
(75) 電路
(76) 火花
(77) 煙墨
(78) 鉛板
(79) 導爆索
(80) 電路
(81) 火花
(82) 煙墨
(83) 鉛板
(84) 導爆索
(85) 電路
(86) 火花
(87) 煙墨
(88) 鉛板
(89) 導爆索
(90) 電路
(91) 火花
(92) 煙墨
(93) 鉛板
(94) 導爆索
(95) 電路
(96) 火花
(97) 煙墨
(98) 鉛板
(99) 導爆索
(100) 電路

爆速與溫度及外界壓力無關，而與火藥之密度，極有關係。一般密度愈大，爆速愈大。又如火藥之密閉狀況不足，例如未置於堅實管中，則爆速較低。

① 導爆索乃內盛炸藥之藥線，參考第五十八節。

第六節 火藥之猛度 (Brisance, Violence)①

火藥之爆熱及火藥力等，均純粹表示其靜的力量。在若干場合中，火藥實際表現之力量，即受此等常數之支配。例如發射藥在槍眼中所能賦予子彈之速度，及密閉器中爆炸時所生之壓力等是。然在另外若干場合中，則爆速與前述諸因數有同樣之重要，例如將火藥露放鐵板上，不加任何遮蓋而使之爆炸時是也。猛度者，即所以表示此種包含有時間因數在內之火藥力量也。

Kast 氏以爲火藥之猛度可用下式表示：

$$B = dDf \dots\dots\dots (8)$$

式中 d 爲密度， D 爲爆速， f 爲火藥力， B 爲猛度。

① Violence 國立編譯館譯爲破壞效力，甚不妥；譯「猛度」甚恰。

第七節 火藥力量之測驗

本節略舉幾種最常用之測驗火藥力量之方法。

(a) 金屬板試驗 火藥放鐵杯中，鐵杯再放於一鐵板上。使火藥爆發，察鐵板上所成孔洞之大小深淺，以比較其力量。除鐵板外，黃銅，銅，鉛等亦有用者。

(b) 鉛柱試驗 此乃 Hess 氏所創用，故此器亦名 Hess 氏猛度計 (Hess brisance meter)，乃二個 30 毫米高，40 毫米直徑之鉛柱，夾於兩鋼板中。鋼板之上放 100 克或 50 克

之火藥。爆發後測鉛柱之縮短。

(c) 銅柱試驗 Kast 氏所創用，故此器亦名 Kast 氏猛度計 (Kast brisance meter)。原理同上；惟不用鉛柱而用一個小銅柱，夾於鋼柱間，其外有鐵套，其上有鉛板。火藥置鉛板上，爆發後測銅柱之縮短。此法測得之結果，與 Kast 式((8)式)所計算得者相比比例。

以上三種試驗，其所得結果，可表示炸藥露放時所生之力量(例如炸鐵軌橋樑之時)。

(d) 水中鐵板試驗 鐵板平置水底，其上置炸藥，爆炸後察鐵板之狀況。此乃用以試驗魚雷或水雷中炸藥對於軍艦之影響者。

(e) 鉛塊試驗 亦名 Trauzl 試驗，一個圓鉛塊，中有一圓孔，火藥置於其中，並填沙以實之。火藥在此爆發後，測圓孔容積之增加，以此表示火藥之力量，此乃德國所用之試驗方法，吾國亦用之。法國則比較使鉛塊之孔擴大同樣大小所需之藥量，其方法較繁。

此項試驗之結果，在爆速相差不大之時，大約乃比例於火藥力。

(f) 衝擊擺子試驗 此乃英美試驗礦用炸藥所用之標準試驗方法。火藥裝於一破筒中，以土填塞之；破口正對一可以擺動之空心筒。火藥爆炸，則所生之氣體射於空心筒中，使之擺動；力量大則此擺動亦大。英國即以一定量火藥所生擺動之時數為試驗之結果。美國則與一標準火藥比較，以生同樣擺動角度所需之藥量為結果。此法所得之結果，約表示猛度及火藥力之折中值。其試驗時之情形，略與開礦時之情形相仿，故其結果頗可代表開礦時所生之力量。惟試驗所用器具太笨重

(擲子重若干噸)，爲其缺點耳。

(g) 臼礮試驗 原理同上，惟臼礮之本身，利用其後退力，卽用爲擲子。其重量稍輕，不過數百仟克之譜。

(h) 破片試驗 裝火藥於礮彈中，使之爆炸，察其破片之大小及數目。蓋卽實測礮彈用炸藥之效力也。

此外有引爆礮藥專用之試驗，見第五六節。

① 臼礮 (Mortar) 者，礮身甚短之礮也。

第八節 引爆難易及超距爆轟 (Detonation by Influence)

少數火藥，以火直接點之或衝擊之，卽可爆轟，此種火藥謂之引爆藥。大多數火藥，則以火直接點之，僅能燃燒，普通之衝擊，亦不能使之炸，必藉引爆藥之介，卽置引爆藥於該火藥之旁，引爆藥爆發，則該火藥隨之爆發。此項作用謂之引爆 (Initiation)，引爆之難易，各種火藥不同。引爆太難，則該火藥不便實用。

有一項性質，與引爆之難易有密切關係。卽將兩火藥間相隔一空隙，倘其一爆發，另一亦隨之爆發，則此現象曰超距爆轟。可致超距爆轟之最大距離曰超距爆轟距離。一般愈易引爆之火藥，又其力量愈大者，則超距爆轟亦大。超距爆轟距離大，利弊參半。其弊點爲萬一一堆火藥爆發，另一堆火藥亦易隨之爆轟；故如若干個火藥庫魚貫排列時，各藥庫間之距離須加大以免危險。其利點則爲應用於爆破時，無須每個藥包各自引爆，引爆其中之一，餘卽因貼近在旁而爆發，是卽利用超距爆轟也。

超距爆轟距離隨藥量而增；或以爲與藥量之平方根成比例，或以爲與其四方根成比例。

第三章 火藥之安全問題

火藥之基本重要條件，一爲力量須大，一爲須安全。所謂安全者，包括兩種意義。其一乃化學的安定，即貯存中不起化學變化，並對熱，空氣，光等不起變化。其二爲機械的安全，即受相當摩擦衝擊，仍不致爆炸。前者之性質謂之安定性 (stability)，後者謂之感度 (sensibility)。茲於本章分述之。

第九節 安定性

各種火藥之安定性不齊，例如硝化纖維素 (第六章)，在普通狀況下亦微有分解趨勢，芳香族硝基物如三硝基甲苯 (第十章) 等，則在常溫幾毫不分解。此分解之趨勢，受種種因素之影響；如水氣及酸鹼等，可施水解作用而使之分解。又雜質微菌等，有時亦略助其分解。

測定安定性所用之方法，不下數十種，就其較著者，依據其原理，可分爲下列幾類：

(I) 定性的：

(1) 在一定溫度下加熱至爆炸，測所需之時間，如美國試驗，德國試驗等。

(2) 在一定溫度下加熱，至發生黃煙爲止，測所需之時間，如美國試驗，德國試驗等。

(3) 在一定溫度下，測加熱至所生過氧化氮與試紙發生作用所需之時間。依所用之試紙，又可分爲下列數種：

(a) 酸性指示紙……Vielle 試驗，用石蕊 (Litmus) 紙，美

國試驗，用次甲基紫(methylene orange)紙。

(b) 碘化鉀澱粉紙……如 Abel 試驗。

(c) 二苯胺(dyphenylamine)硫酸溶液紙……Gottmann 試驗。

(4) 在一定溫度下加熱，至該火藥自己分解而致溫度自動升高一定度數，測其所需之時間，……英國銀瓶試驗。

以上諸方法，均僅測其時間；結果為 20 分鐘之火藥，其安定性並非倍於結果為 10 分鐘之火藥，故稱「定性的」方法也。

(II) 定量的：

(5) 測在一定溫度加熱一定時間後所生過氧化氮之量，測定過氧化氮可用種種方法，其一乃將過氧化氮吸收於水中，用亞鐵鹽還元之，使成為氧化氮而析出，測其體積。此種安定性試驗法，乃中外所常用，稱 Bergmann—Junk 試驗。

(6) 在一定溫度下加熱一定時間後，測火藥所減少之重量，如 Sye 試驗。

(7) 在一定溫度下加熱一定時間後，測火藥所析出氣體之體積（如 Farmer 試驗）；或因氣體而增加之壓力（如 Taliani 試驗）。

(8) 在一定溫度下加熱一定時間後，測因火藥析出過氧化氮而生之酸量（如 Hansen 試驗）。

(9) 發火點試驗——將火藥裝試管中，置油浴內，繼續以一定速度增高溫度（例如每分鐘增高 5°C 或增高 20°C ），至火藥發火為止，發火時油浴之溫度謂之發火點 (flash point)。另一法乃將金屬加熱至一已知溫度，將火藥一小塊投於其上，察其發火與否；如發火，則此已知溫度即為發火點；否則易一

溫度試之。

以上諸方法中，Abel 法最爲簡單；Bergmann—Junk 法，不甚複雜，而尚稱準確；工廠中用之最多。Hansen 法 Taliani 法等準確而操作複雜，宜於研究之用。發火點試驗亦甚爲普遍；但實則發火點與安定性並非完全平行，惟安定性甚劣之火藥，其發火點必低耳。

以上諸法，除發火點試驗外，均需要一恆溫器 (thermostat)；其溫度低至 50°C ，高至 180°C ，各試驗法所用者不同。凡作此等試驗時，所用器具，所採操作手續，必須完全遵一定規則，其試驗結果方可靠。其詳細手續及所用器具，本書不能敘述，可參考他書。^①

① 例如正中書局出版之火藥檢驗法。

第十節 感度

試驗機械感度，一般用落錘試驗 (falling hammer test)。其法將一定重量之錘，自某一已知高度落下，落於夾有少許所欲試驗之火藥之擊砧上；錘落下之距離愈高，則衝擊之力愈大，而火藥遂愈易發火，一般在每一高度，至少擊三次，倘三次均炸，或二次炸而另一次發煙分解，則此時落下之高，即可表示火藥之機械感度。錘重有輕至 0.1 仟克，有重至 20 仟克者，以 2 仟克者爲最常用。事實上試驗結果頗難一致，界限亦頗含混；蓋因錘稍有偏差，砧及錘稍有彈性，即可生影響也。

各種火藥之感度頗爲懸殊，如二硝基苯以 20 仟克重之錘，自 16 釐米以上落下方炸，其感度甚小。反之，如雷汞則以 0.1 仟克之錘，5—13 釐米以上即可使之炸，其感度甚大。過分敏感之火藥，自極爲危險，不能實用；感度過小，即過於鈍

感，則往往引爆亦難，每有不爆炸之可能，亦非適當。惟一般言之，感度自以小爲宜也。

第十一節 危險距離

設火藥貯存於火藥庫或工場中，因不慎而致爆發，則可使建築物及生命受損害，甚或使他處之火藥作超距爆轟，因而增加其危害。此項危險性所可及之距離曰危險距離 (danger distance)。

按致危險之原由，不外乎火藥庫或工場之破片被藥力射出；或則由於火藥爆發後所生氣體壓力及空氣中所生壓力波。

第二表 離火藥庫應有之距離(碼)

藥 量(噸)	1	2	5	10	15	20	25	30
與火藥庫有關係之房屋	50	52	55	60	65	70	75	80
私有鐵路；公道；公共人行 道；可航行之河流等。	100	102	110	120	130	140	150	160
公 有 鐵 路	200	215	265	330	395	460	525	590
住宅，具有主人之書面同 意者	100	120	175	250	325	400	475	550
住宅，未具有主人之書面 同意者；非屬於政府之工 廠；教堂；學堂；醫院；戲 院；政府房屋；政府工廠而 具有政府之特許者	200	280	525	850	1200	1525	1850	2175
政府工廠，未具有政府之 特許者	1760	1805	1930	2110	2290	2465	2640	2815

附註：如火藥庫及以上房屋間有土圍或保其牆，其高度使火藥庫上任何一點與該房屋上之任何一點聯接，必經過該牆，則上列距離可減半。如兩者間有一天然之邱，政府之視察員得斟酌情形，允許減少至上列距離之四分之一。

之力量。關於破片，據英國及德國之試驗，無論藥量多寡，破片最遠可達之距離為 1300—1700 米之譜。惟破片之疏密，則以藥量而不同；破片甚稀之處，在實際上可視作安全。故就破片一點而言，危險距離在藥量少時隨藥量而增；但藥量無論如何多，危險距離至多亦只能達 1300—1700 米。關於壓力波所生力量，則問題甚為複雜；簡言之，其力量與藥量之平方根以至四方根成比例。各國所定安全法規，某量之火藥，其周圍若干距離內，應無公路或民房等，蓋均乃經學理及經驗而定者。上表乃英國所規定者之一部分。

① 火藥爆發時，大氣因突然受壓，遂發生一壓力波 (Pressure wave)，以爆發點為中心，向四周傳播，愈遠力愈衰。

第四章 黑色火藥 (Black Powder)

第十二節 組成及原料

黑色火藥為最古老之火藥；究發明於中國或印度，則史不能詳。盛用於十九世紀以前，而近年猶頗用之。其組成爲硝酸鉀（或硝酸鈉），木炭，硫三者之混合物，其成分一般爲

60—78% 硝 22—12% 炭 18—10% 硫

其標準成分爲 75% 硝 15% 炭 10% 硫

其中硝爲氧化劑，木炭及硫爲可燃物。茲分述三原料如次：

硝酸鉀 吾國黑藥所用之硝酸鉀，每自土中得來。蓋土中→長石之類，含有鉀，經風化分解，再與土中所含腐敗之動植物體（含有氮）作用，生成硝酸鉀。馬廐舊牆之處，每有白色物析出者即此也。我國稱之曰土硝或火硝。精製之法，係將含硝之土括聚，以水浸出，內含有硝酸鹽及氯化鈉等。將此水溶液蒸濃，再加以植物灰，例如四川省每用桐子灰，此灰中分硝酸鈣之類亦與灰中碳酸鉀變爲硝酸鉀。將此水溶液中煮沸，於是氯化物等沉澱。繼續撈去此沉澱，俾不沉結於鍋底。迨表面將生結晶，乃取出一滴水溶液，置金屬板上；如立即凝固，乃爲蒸畢之證。停止加煮，將此溶液傾入結晶器，聽其過夜冷下，則硝酸鉀結晶而出；母液淋出後可仍加入下次之溶液一同蒸濃。如此所得之粗硝，純度不過75—85%，須精製之。精製方法之原理，均乃利用硝酸鉀在熱水中極易溶解而在冷水中溶度甚小之性質；主要雜質如氯化鈉，則溶度受溫度之影響不

甚大。故將粗硝在鐵鍋中加水煎熬（每 14000 升水中加 2500 仟克硝），則水蒸去一部之後，氯化鈉沉澱。待液體蒸濃至比重達 1.45，乃閉蓋以文火煮一小時；取出，聽其冷卻，則硝酸鉀凝固；淋去餘液後，即可烘乾備用。

歐美則或用合成硝酸鉀，或將智利硝（硝酸鈉）與氯化鉀複分解而得。印度則有用人工促進發酵而造成之硝酸鉀；其生成原理與上述天然火硝同，採取及精製方法亦略同。

硝酸鈉 現今所用者或為氮氣合成工業之製品；或乃所謂智利硝，即將智利所產天然硝精製而得者。美國黑藥分 A B 兩種，A 種用硝酸鉀，B 種用硝酸鈉。德國亦頗用硝酸鈉。用硝酸鈉造成之黑藥性吸濕，為其缺點。

硫 硫或乃天然產者，或乃自黃鐵礦製成。黑藥廠所用之硫，一般均自商場上購來。宜用硫棒，勿用硫花；蓋後者乃昇華而得，其中不免因氧化而含酸性；而黑藥所用之硫，切忌酸性也。又燃燒後殘渣應小於 0.06%。

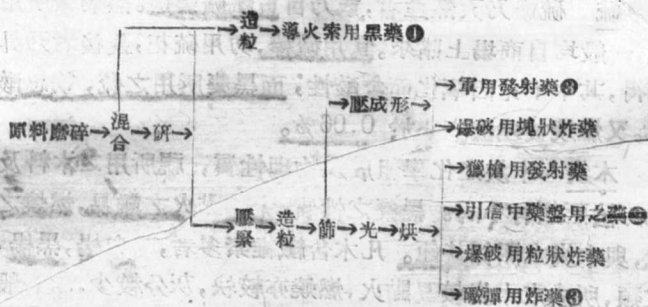
木炭 木炭之化學組成及物理性質，視所用之木料及炭化方法而頗有不同。黑藥之性質，尤其點火之難易，燃燒之緩急，與木炭之關係甚鉅。凡木含纖維素多者，如白楊，黑楊，柳之類，所成之木炭較易點火，燃燒亦較快，灰分較少，故一般均用之。宜於春天伐下，去皮，切成 20—40 毫米厚之薄片。風乾一年以上，乃入爐炭化。中國舊法即將木材堆成窰而燒之。歐美則均用密閉之鐵爐，往往為圓筒形，新式有用可回轉之圓筒以期火候均勻者。炭化溫度一般為 270° — 350° C。溫度過高則木炭質堅，難以磨碎，且其點火甚難。

第十三節 製造

(I) 舊式製造法 吾國土法結晶而得之硝酸鉀，往往未加烘乾，尚含有多量水分；加熱則自成濃稠液體，加硫及木炭於其中。此兩者則先已分別在磨子中磨碎；所用磨子之原理類後述之輪研機 (edgerunner)，而構造較簡單。將木炭，硫，硝之混合物，復在同樣磨子中研細，最後聚成餅狀。取出，用刀切成粒，篩取適合之粒子。其過細之粉再在一回轉木筒中噴水徐轉，使團聚成小粒。此小粒與切篩而成之粒子烘乾後混合出售。粒子小者如粗砂，大者約一釐米。

此尚為已經略為工業化之羣力公司 (重慶附近) 所用之方法。至民間土法則更為簡單，且全用手工。

(II) 新式製法：



茲簡述各種手續如次：

原料磨細 購來之硫及炭，必須加以磨細。硝酸鉀則市購者有時已足夠細，有時亦須加以磨細。事實上此三者，每不單獨磨細，而以其中兩者共磨。其原因：(1) 三者分別磨後，尚須混和。三者之混和，乃極危險之操作。為竭力縮短混和操作之時間起見，故先將兩者一同研磨，使同時已具有混合之功效。(2) 單獨磨硫每易生靜電，且團結成塊；與硝酸鉀共磨，則無

此弊。例如瑞典 Gytlorp 廠，以小部木炭與硝酸鉀同研，木炭少時此操作不危險；其餘大部木炭與硫同研。此均可在鐵桶中加小鐵球行之，約須 10—20 小時。研細之程度視用途而異。研磨太久則成品難以點火。

混和 在包革之桶，內加木球行之，如瑞典 Gytlorp 廠混和一小時。

研 所用機械為化工中常用之輪研機 (edgerunner, 第二圖)。藥盛於一大圓盤中，其上有二個在同一水平軸上之重輪，此軸又固定於一垂直軸上，垂直軸回轉，則重輪隨之。重輪與盆之間，微有間隙，藥即在此受研磨之作用。藥中必加水 5%，並時時注水，常保持含 5% 水分。此手續一方面使混和均勻，一方面使比重增大。但研太久則晶體變更，比重又漸減，更久則成品引爆困難。

壓 一般用水壓機。將火藥夾於黃銅板中，若干層疊置。以 25 氣壓以上之壓力壓 30—40 分鐘，使成 1.7 之密度。

造塊狀藥則造粒以後再在水壓機中以模子壓成一定大小之塊狀。

造粒及篩 在有齒之青銅桿間破碎成粒，繼在振動之篩上篩分為適當大小之粒子。一般有專供此用之機械，將此兩手續於一機械內行之。

篩及其他各部手續中所得殘藥，滲入輪研機再研。

導火索用黑藥之造粒，則用另一方法。即在傾斜之木桶中，微噴以水，使團結成 0.2—0.6 毫米之小粒。若是所得之藥質鬆。

獵槍用發射藥，及引信中所用之黑藥，必須具有一定範圍內之大小，俾燃燒均勻。一般為 0.3—0.5 毫米大小。即如爆

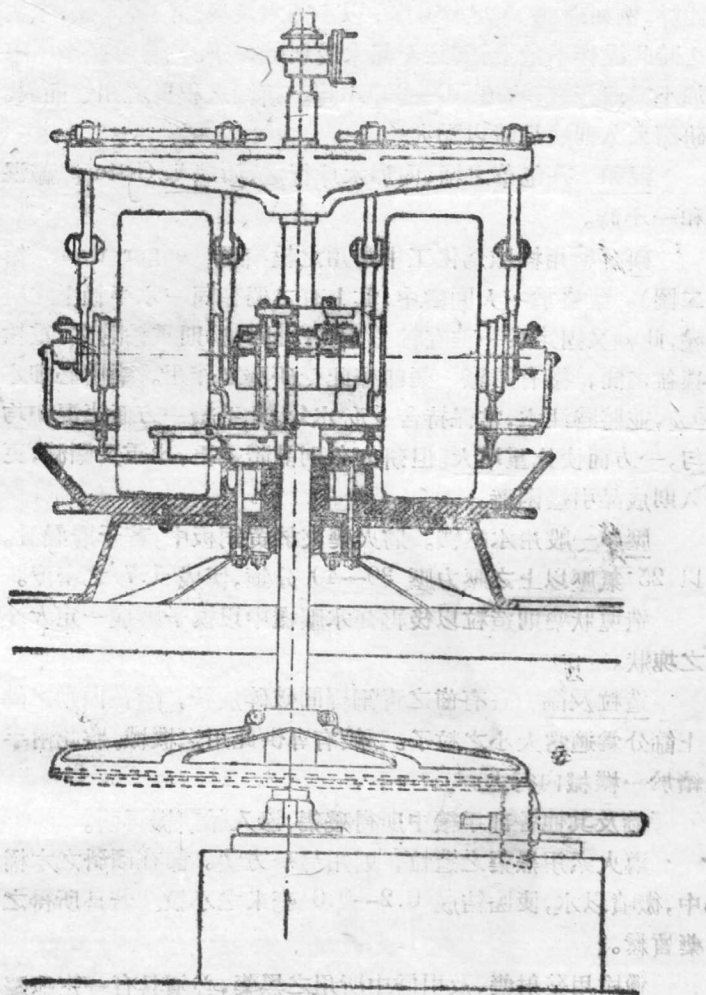


圖 二 第 一 集

內之大小機件均用鋼製成其重量約重 0.3—0.5 磅
 藥質無
 中
 大小機件均用鋼製成其重量約重 0.3—0.5 磅

破用炸藥，其藥粒大小亦不宜太不勻。

光 置火藥於襯革或襯油布之木桶中，加少許石墨轉和，此操作工廠中每稱光藥。一般須 4—18 小時。

烘 在烘房最初以 35°C ，繼以 55° — 60°C 烘至約含水分 1% 乃止。粒狀藥約烘十餘小時，大塊者則烘數十小時。烘後每又篩，並將各批成品，作總混和後，乃包裝出廠。

① 導火索乃纖維質絞成之線，中有粉狀黑藥爲心，相當於吾國舊式之藥線。以一端連接於欲點着之火藥，而於另一端點着之，則隔相當時間後，火焰傳至所欲點着之火藥（見第五八節）。

② 引信 (fuse) 者，砲彈頭部或底部所裝接之一機構，藉以使砲彈爆發者也。有一種引信，內有一藥盤，盛黑藥，緩緩燃燒，使隔一定時間後方燃畢（見第五九節）。

③ 黑藥之用爲軍用發射藥或砲彈用炸藥，已爲歷史上之陳蹟。

第十四節 性質及用途

黑藥小粒者色灰，微帶光。大粒者爲帶藍或帶灰之黑色，而具金屬光澤。吾國土產者往往色深黑，則爲含水分甚多之故也。一般良好者含水分僅 0.8—1.5%。含水 15% 以下者，尚可點着。密度 1.65—1.85。混和完善之黑藥放紙上而點着之，應可燃盡而紙不着火，且應無痕跡留於紙上。製造完善者應有相當之緊度；在手指間壓之，不宜粉碎；自一米高之處落下，不應跌成粉。發火點在 300°C 以上；但倘加熱甚慢，可將硫蒸發，致發火點更高。

爆發後之生成物爲二氧化碳，一氧化碳，氮等氣體及硫化鉀，硫酸鉀，矽酸鉀等固體，約各半。此外並有硫化氫及遊離硫等少許。惟其確實成分，則卽在一定分之黑藥，亦視裝填密度

(第四節)等而異。

爆熱之類自亦視黑藥成分與裝填密度等而異，茲姑舉一例如下，以備讀者得一概念耳。^①

氣體體積	200 升/仟克 (標準狀況)
爆熱	665 大卡/仟克
爆溫	2380°C.
鉛塊試驗	30 立方釐米
爆速	380—420 米/秒
落錘試驗	2 仟克 760 釐米
	5 仟克 35 釐米

以上均指用硝酸鉀之黑藥。用硝酸鈉之黑藥，性質大致同此。惟吸濕，故僅能用於爆破，火藥力量則較大；例如氣體體積約大 15%，爆速大 20%。

截至十九世紀末年止，黑藥為最重要之火藥；所謂火藥，幾即指黑色火藥。惟二十世紀來，礮彈中炸藥已改用芳香族硝基物等；發射藥已改用無煙火藥；惟爆破方面，因黑色火藥有可不必用雷管引爆（第五六節），用法較簡之長處，故仍有用之者；然亦不及他種炸藥為用之廣矣。此外則導火索，引信中藥盤尚用之。

^① 本書各章中之爆熱等數字，均或為大概值，或為實驗結果之一例（參照第三節）。

第十五節 變相之黑藥

與黑藥相仿之混合劑，可用為火藥者甚多，茲舉數例如下：

第三表

披脫羅克拉斯的脫 (Petroklastit)	卡許錫脫 (Cahuecitt)	阿福錫脫 (Aphosit)	把別那脫 (Bobbinite)	改良把別那脫
60% NaNO_3	$\left\{ \begin{array}{l} \text{KNO}_3 \\ \text{NaNO}_3 \end{array} \right.$	58-62% NH_4NO_3	64% KNO_3	67% KNO_3
5% KNO_3	12% S	28-31% KNO_3	2% S	2% S
10% S	7-8% 煙末	2-3% S	19% 木炭	20% 木炭
15% 煤瀝青	10-17% 木粉	4.5-7.5% 木炭	$\left\{ \begin{array}{l} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \\ \text{CuSO}_4 \end{array} \right.$	8% 澆粉
1% $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	少許 FeSO_4	3.5-4.5% 木屑		3% 固體石蠟

第五章 液體火藥

第十六節 液態氧火藥

Linde 初造液體空氣時，即曾將其吸收於可燃物中，利用之爲火藥。1899 年所造著名之 Alp 山 Simplon 隧道，即爲用此建成者。1906 年 Sieder 發明「oxyliquit」；其法將可燃物製成藥包，浸以液態氧或液態空氣後，用於工業爆破；或將藥包，裝入鑽就之孔後，再以液態氧或液態空氣灌入；一般均用前法。上次大戰以來，德國最廣用之。據 1920 年之統計，鐵礦煤礦等附設之液態氧廠有 136 所。美國亦頗採用，稱之曰 Lox，聞近年德國且用之於飛機炸彈中，確否待證。

近年均用液態氧，不用液態空氣，取其能力較大也。

液態氧爲綠色液體，密度 1.18； -252°C 時則爲 1.426。沸點 -183.0°C 。一般所用者純度達 98% 以上。將點着之木塊插入液態氧中，即在液面下燃燒；置於其面上，則生焰盛燃。自此現象，可知進一步必可成爲爆發。

液態氧易揮發，故必盛於特製之夾層瓶中；夾瓶中抽成真空。此時液態氧之損失，較之在無夾層之瓶中，減至二百分之一。盛器昔時均用玻璃製成，近已有用金屬製者。

吸收液態氧可用之物，有棉，麵粉，澱粉，凡士林，泥煤(Peat)之屑，軟木屑，木屑，木炭粉，石蠟，粗油，硫，煙末(Clamp black)，聚乙炔(eupren, carben，即乙炔聚合所成之固體)，萘(naphthalene)樹膠物，鉛粉，鎂粉，矽鐵，碳酸鎂，氫化

鈉，矽藻土 (Kieselguhr) 等物。其中煙末及軟木屑吸收力最大；聚乙炔燃燒時發生之熱量最大。其餘矽藻土，氯化鈉等，無可燃物之作用，僅有吸收力而已。石蠟，凡士林，萘等煙類物，加入後使易於引爆；澱粉，麵粉，煤屑等則使之難以引爆。

吸收所用藥包，乃棉布製成之袋，內盛吸收物；其外套以波狀紙製成之紙筒二層。使用之時，臨時將藥包浸於液態氧中，至藥包沉下為止，約需 3—4 分鐘。此時所吸之氧遠比所需者多，一般隔 10—15 分鐘後，具最大爆力；隔 30 分鐘後，氧乃揮發至無效；故儘有時間，將藥包放入鑽就之孔中。

液態氧火藥，較之普通固體火藥，有下列優點：(1) 約隔 30 分鐘後，氧即揮發，故倘有未爆發之藥包，稍待即永不致再爆。用他種火藥時，倘有未爆發之藥包而未發覺，則以後走近搬動碎石時，有爆發之虞。(2) 資源廉而易得，故德國賞用之，其價比一切火藥為廉。(3) 據近年美國之統計，用液態氧開礦時，發生意外爆炸之事，比用其他火藥時為少。

液態氧之主要缺點，為必須用特殊之盛器，不能常期貯存，故必在離礦場不甚遠之處製造，隨造隨用。

液態氧之火藥力量如下 (參照第十四節之注)：

27.3% 煙末	} 氣體體積	509 升/仟克
72.7% 氧		
	爆熱	2114 大卡/仟克
	爆溫	6200°C
	爆速	3700—4700 米/秒
24.8% 煙末	} 氣體體積	63 升/仟克
75.2% 氧		
	爆熱	2266 大卡/仟克

爆溫	7500°C
爆速	5600 米/秒

第十七節 過氧化氮火藥

1881 年 Turpin 發明「配恩克拉斯的脫」(Panclastite)，為過氧化氮與硝基苯之混合物。1914 大戰時法國用之於飛機炸彈中。其成分除上兩者外，尚含有少許二硫化碳，其用法係將過氧化氮與硝基苯，分貯於飛機炸彈中之兩室；炸彈落下，隔少許時間，兩室間插板移開，兩者乃混合；落地時乃因撞針作用而爆發。70% 過氧化氮 30% 硝基苯之混物，能量最大。感度頗大，2 仟克重之錘，4 釐米落下已可使之炸，點火不甚易，必用強力之引爆藥方可爆發。

第十八節 「卡獨克斯」(Cordox) 及 「海特陸克斯」(Hydrox)

此兩物之作用，僅為氣體之膨脹與普通火藥之由於化學作用而致爆發者頗異。嚴格言之，不甚附合第一節之火藥之定義，但其效用與普通爆破藥頗同，故仍於此述之。

(1) 「卡獨克斯」 合金鋼製成之狹長圓筒，底部有一薄板封固。盛液體二氧化碳，並用鋁粉、氯酸鈉、木屑等混合物為發熱劑。將此圓筒裝入所欲爆炸處之鑽就之孔中，點着可燃物，則液態二氧化碳氣化，將底部衝破，而發揮其爆破能力，圓筒可以反覆使用。

(2) 「海特陸克斯」 上述圓筒，不裝液態二氧化碳，而裝他種可生氣體之物，稱「海特陸克斯」。其一種成分為氯化銨與亞硝酸鈉之混合物。

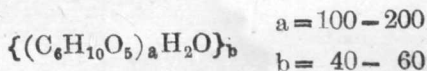
「卡獨克斯」及「海特陸克斯」，價均較普通爆破藥為貴。但因發生之氣體溫度低，且不可燃，故在煤礦中使用特別安全（參照第六六節）。

第六章 硝化纖維素(Nitro-Cellulose)

第十九節 概說

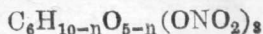
1833年 Braconnet 首造成硝化纖維素。但開始企圖應用於火藥，乃1845年奧人 Sehoenbein 及1847年奧人 Von Lenk。1865年英人 Abel 始能精製之，使其安定性良好。

欲論硝化纖維素之特性，必先明纖維素之化學構造。纖維素之構造，迄今尙無定論，據X光之研究，大約乃葡萄糖基100—200個，組成一列之鏈；若是之鏈40—60個，以「餘力」結合成一束，厚 6×10^{-6} 毫米。如此稱爲一晶體(micelle)。每一根纖維爲許多晶體所成。故其實驗式當爲



但因a之值頗大，故式中之一個 H_2O 可以忽略，分子式遂可書作一般之 $(C_6H_{10}O_5)_x$ 。

今倘其中羥基(-OH)以硝酸根(-ONO₂)替代，則成硝化纖維素，實驗式爲



其中n至多爲3，而亦可爲小數。

硝化之目的，乃將氧原子納入纖維素之中。氧納入愈多，則爆熱愈大。按氧之納入，由於硝酸根，而實際上分析含氮之成分，比分析含氧之成分爲便；故硝化纖維素之硝化程度，不用含氧量表示，而用含氮量之百分數表示。又法國每習用一克

硝化纖維素中之氮全變為 NO 時之立方釐米數，表示硝化程度。

n 至多為 3，即含氮量至多為 14.146%。倘 $n=2$ ，則含氮量為 11.12%。事實上現今尙未能造成含氮 14.146% 之硝化纖維素。Lenze 用硝酸及五氧化二磷之混合物硝化，所得成品再用甲醇洗濯，可得含氮 14.12% 之硝化纖維素。用硝酸及硫酸製造，則迄今未能造成含氮 14% 以上之硝化纖維素。一般火藥方面所用硝化纖維素， n 均大於 2。

n 不一定為整數，且一般非為整數，蓋晶中各個 $C_6H_{10}O_5$ 之硝化程度，儘可不同也。以同樣理由，同一氮量之兩種硝化纖維素，儘可並非具同樣構造式。換言之，硝化纖維素為非均一性的，例如可一部分溶於溶劑，而另一部分不溶（參照第二三節）。

再者，硝化纖維素仍具有纖維素之鏈構造。但硝化及精製之時，鏈容有破斷，而鏈之長短大小，與物理性有關。因此同一氮量之硝化纖維素，更可具極不同之物理性。

故硝化纖維素之製造，自化學理論之觀點言，殊為複雜。其硝化後成品之結果，現今尙難純自學理預測，而必有待乎實際試驗也。

第二十節 原料——纖維素

製造硝化纖維素所用之纖維素，有木材及棉兩種：

(1) 棉花，天然棉花，含纖維素 90—91%，水分約 8%，蛋白質脂肪灰分等雜質約 1% 稍強，故實為極純粹之纖維素原料。然為經濟起見，未有用新棉者。現今所用者，均為 (1) 子棉 (linter)，即去棉花後尙附着於棉壳之短棉花；(2) 紗廠中

廢棉花；紗頭亦偶有用者，但價一般已嫌太貴；(3) 舊棉絮，價最廉，但甚污穢，灰分多。

無論用何種原料，精製之手續均略同；即先以機械將其撕鬆，以水洗去一部分雜質；乃在加壓器中用 1—1.1% 氫氧化鈉溶液在 130—140°C 加煮，以去油脂蛋白；有時繼之以漂白；最後乃烘乾撕鬆。用舊棉絮為原料，則首先須以手工挑選。

精製後之子棉或廢棉花，除用以造火藥外，並可造人造絲等等。故現今此項精製工業，在歐美已獨立成爲一種工業。

精製後成分之一例：油脂 0.07—0.10%，灰分 0.05—0.20%，銅價 (Copper value, 表示其還元性物) 0.4—0.7%。

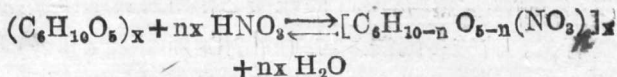
(II) 木材 木材產量甚多，分佈其遍。但其成分則遠不及棉花之單純；例如 Dore 氏分析數種木材所得之結果如次：

水分	7.72—10.12%
醇中可溶物	0.06—2.56%
苯中可溶物	1.86—4.14%
水中可溶物	0.80—3.52%
1% 氫氧化鈉中可溶物	7.15—12.25%
純纖維素	47.52—51.40%
木質 (lignin)	18.23—27.62%

將木直接硝化後應用，昔時曾有此提案，今無用之者。現今均乃將木精製成頗純之纖維素，再加利用。此項精製手續，實即造紙漿 (pulp) 工業，爲重要之獨立工業；火藥所用者均用亞硫酸木漿 (sulphite pulp)。

德國之硝化纖維素，均用木纖維素為原料。據其經驗，其成品不亞於用棉為原料所造成者。

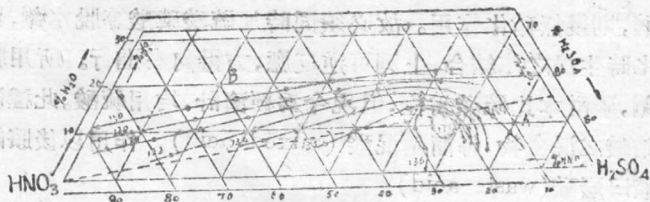
第二十一節 硝化之理論



上式所示之硝化作用，乃可逆反應。故即用 97% 濃度之硝酸，所生成之硝化纖維素，含氮量亦僅 9.0%；用多量幾完全無水之硝酸，所得成品之氮量亦僅 12.9%；用比重 1.4 之硝酸，則幾無硝化作用。故必須同時加硫酸磷酸等脫水劑，與硝化時生成之水結合，上列可逆反應，方得向右進行。所用脫水劑，磷酸本比硫酸為佳，但現今為經濟計，均用硫酸。此種硫酸硝酸之混合物，每簡稱混酸 (mixed acid)。作用以後廢餘之酸曰廢酸 (waste acid)。

混酸成分對於硝化成績之影響，前人研究者甚多。然據近人之系統研究，知支配硝化成績者，嚴格言，實為廢酸之成分而非混酸之成分。此固可自理論推度，蓋最後達平衡時，廢酸與硝化纖維素相平衡也。第三圖乃自 Lunge-Bebie 諸氏之實驗結果而繪成者。此圖為 Gibbs 三角座標。圖中任何一點代表一廢酸成分；例如 A 點乃 10% H₂O, 10% HNO₃, 80% H₂SO₄；B 點乃 20% H₂O, 20% HNO₃, 60% H₂SO₄；均以重量計。圖中每一線上之酸，其所得之硝化纖維素氮量均同；圖中所註數字，即其氮量也。注意圖中之線近乎與底線平行，即主要受水分之支配，水分減少時所得氮量增加。但水分過分少，則所得成品之氮量又減，得最大氮量之酸成分，在圖中小圈之範圍內，其成分平均為 66% H₂SO₄, 21.8% HNO₃, 12.2% H₂O；如用分子式表示，則為 1HNO₃ : 2(H₂SO₄ · H₂O)。此乃最有利於硝化之酸成分也。

以上乃實驗之結果，而亦不可用理論說明之。就平衡及化變速度言，硝酸當然均有利；而硫酸之作用為與水結合，故亦以多為有利。硝酸多硫酸多均利於硝化，即總酸量宜多，亦即水分宜少也。然水分過少，亦可引起不良影響；其一硝酸可被脫水；其二，水分太少，則硝酸不甚遊子化，而酯化作用，乃由於硝酸之遊子也。



第三圖

自第三圖知水分一定時，硝酸硫酸之多寡影響不甚大；但其中之一過多，即屬不利。但硝酸之價遠較硫酸為昂，工廠中決不致過分多用硝酸。故在工廠中實際使用之範圍內，可云硝酸愈多愈佳。一般硝酸與硫酸重量百分數之比為一比二至一比三。

所用混酸中含硫酸多者，纖維之鏈被破壞較甚。又生成之硫酸酯較多；而硫酸酯乃不安定物，須於精製時除之，故精製較費時間。又硫酸多而硝酸少，則反應速度較慢，故硝化時間須較長。

除酸之成分外，溫度時間亦有影響。硝化溫度高則硝化作用快。但同時因發生副作用之故，得率較低。又因分子之崩壞較甚，故溶度增。至於時間之影響，則在一定時間內，時間愈久，氮量愈高；但逾此時間，則氮量反降；同時得率減少，溶度

增加。

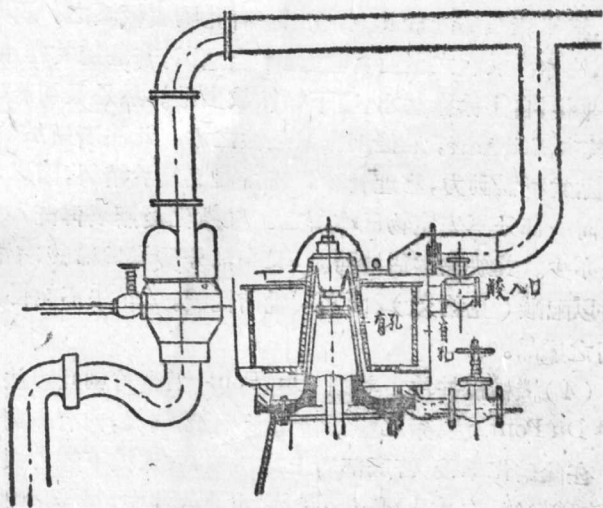
實際上所用之硝化條件，見第二十二節。

第二十二節 製造

製造手續，分硝化精製兩大部分而述之。

I. 硝化 硝化方法，有下列幾種：

(1) Abel 法 在有夾套之瓦器或鐵器中，置混酸，纖維素浸入其中。夾套中通冷水，約十分鐘後，用鐵叉將其夾出，在鐵格上榨去過餘之酸。再放入另一小瓦器，置此瓦器於水池，約二十四小時，使作用完成，稱曰後硝化。最後乃在離心機中去酸。除酸用離心機之構造與第四圖所示相仿，惟內圈無孔耳。另有 Noble 法，與此相仿，惟不用後硝化，即在同一硝化器中



第四圖

完成硝化，再移入離心機，此兩法今用者均少。

(2) 離心機法 硝化以迄除酸，在同一機內行之。德國 Selwig-Lange 廠，首爲之設計一種離心硝化機 (nitiation centrifugal) (第四圖)，此機機殼之內，有一轉動之篩子，篩子爲內外兩圈所組成，圈上均有篩眼。酸及纖維素均置於篩中。篩轉則酸被驅經外圈之眼而入機殼；復流回中心經內圈之眼而入篩子；若是酸循環不已。待硝化作用完畢，乃啓機殼上之活門，並加速篩子之運動，使酸均被驅去。此法爲目下應用最廣者，其利點爲佔地面比排除法爲少；酸烟亦不多。其缺點爲修理費大，需用動力。

(3) 排除法 此法爲英人 Thomson 所創，故亦名 Thomson 法。硝化器爲淺形瓦器，下部有酸之出入口。底置有孔陶質板，纖維素及酸置於其上，復以一有孔陶質板壓之。再加一層水，使水浮於酸之表面，俾酸煙不能逸出。若是聽其作用。待硝化畢後，自上徐徐注水，自下徐徐放出酸。於是最初流出濃酸，其次流出稀酸，最後則流出酸性之水。此法廣用於英國。其優點爲不需動力，修理費少。所得成品易於精製，因以水排除之時一部分不安定物已水解也。又硝化後無須再洗；酸之損失亦少。其缺點爲佔地面大；又一部分酸變爲稀酸，不能直接用以配酸（見後文），而必須脫硝提濃。又此法不能得氮量極高之成品。

(4) 機械攪拌法 美國 Du Pont 工廠首創此方法，故亦稱 Du Pont 法。硝化器爲橢圓形，耐酸鋼製，內有一對攪拌器。在此硝化畢後，啓底部管上之活栓，放入樓下離心機以去酸。去酸以後，復放入更下一層，以水沖入池中。最後以唧筒帶水揚至精製部分。此法之能力大，製造快，人工省，出品均勻。

其缺點為設備費及修理費均高；又苟非用子棉為原料，有時可在管子中堵塞。

第四表乃英國 Ardeer 廠等硝化所用之方法：

工廠	方法	原料	混酸成分(%)				硝化溫度 °C	硝化時間 (分)	成		品
			H ₂ SO ₄	HNO ₃	HNO ₂	H ₂ O			N%	溶性%	
英 Ardeer	機械法	子棉	68.2	24.8	0.5	6.5	22	24	13.45	<10	無烟火藥
同上	同上	同上	61.2	22.0	0.6	16.2	35	30	12.55	>95	同上
瑞典 Bofors	離心法	同上	59.0	30		11.0	20—25	45	13.4	<10	同上
英 Ardeer	排除法	實棉花	68.6	23.3	0.6	9.1	18	60	13.0	<12	無烟火藥 爆破

硝化後所得廢酸，添以硝酸硫酸（現今歐美每用 20% 發煙硫酸及 99% 硝酸），配成下次用之混酸。因硝化時所用酸量對於纖維素量之倍數多，故廢酸與混酸之成分相差不大，遂可用此法也。過餘之廢酸，則脫去硝酸後，復提濃之。

II. 精製 自硝化器取出之硝化纖維素，含有下列諸雜質：附着之硝酸及硫酸，不安定之硫酸酯，以及其他雜質。其中一部分可以洗去，一部分則須高溫加煮，方能去除。最後並須磨細後洗滌，以去纖維內部之雜質。一般之精製，依下述之程序行之。

(1) 預洗 在單筒之瓷磚器或耐酸鋼器中行。器中有機械以行攪拌。

如用排除法硝化，則此步手續可以省略。

(2) 蒸餾 在木桶中之，有時木桶內襯耐酸鋼一層。在其中加水通蒸汽使沸。蒸餾之目的在分解硝化時副生之他種不安定物如纖維素之硫酸酯等，乃精製中最重要之手續。一般須蒸餾數次；故所費時間，至少十餘小時，多則六七天；視氮量高低，成品規格，及硝化時所用酸之成分等等而異。蒸餾時間過分久，安定性反又稍稍減低，因硝化纖維素亦略有分解也。又據研究，最初應在微酸性之水中蒸餾，因硫酸酯在鹼性液中不易分解，酸性液中則最易分解也。最後必在中性液中清洗，使成品成爲中性。

(3) 磨細(beating) 用造紙工業中常用之荷蘭機(Hollander) 即一略近橢圓形之水平長槽，中心在橢圓之長軸方向，有垂直隔板，隔板之一邊架一鼓筒，上裝鋼齒。槽之底部與鼓筒相對處亦有鋼齒。硝化纖維素和水放入槽內。鼓筒轉則硝化纖維素在固定鋼齒及活動鋼齒間被磨細。一般磨 4-12 小時，視硝化纖維素之品質而異；氮量愈高者所須時間愈久。磨時亦可加少許碳酸鈉。

磨細之目的乃將大纖維切成短小者，俾其中雜質易於洗出。且硝化纖維素用於無煙火藥(第十八章)及代拿枚(第十五章)時，本亦以磨細者便也。

有時在荷蘭機中磨後，再在錐形精磨機(refiner) 中作最後之磨細。

(4) 水篩 水篩之目的在除去未及磨細之過大之纖維及機械的雜質。其方法有三類：(i) 經震動之篩；(ii) 利用離心力將細粒與大粒分開；(iii) 經傾斜長槽，使粗粒沉澱，再經振動之吸鐵石，使鐵質被吸留。無論何種方法，均將硝化纖維素淨於

水中而處理之，故名水篩。所用機械均造紙工業中所常用者。

(5) 洗 磨細後在另一種荷蘭機中加以洗濯。此機與磨細所用者不同，無鋼齒，僅有一推動水及硝化纖維素之鼓筒。此步手續，亦可在有蓋有攪拌器之鐵器中之行，且加熱之使沸；此時亦稱「後蒸餾」。

(6) 混和 將各批成品，在有攪拌器之器中混和。

(7) 除水 在離心除水機中除去大部水分；最後成品中約含 30% 水分。除水機與硝化項下所述除酸機構造相同。

以下乃英國 Ardeer 廠製造硝化纖維素所用之水蒸汽及原料等。

第五表 1000 磅火藥棉^①

	棉之精製 ^②	硝	化	蒸	煮	磨	細
蒸 汽(磅)	147	62		3120		40	
水(加侖)	—	500		1000		1100	
動 力(BTU)	4.5	2.7		10		2	
空 氣(立方呎)	—	100		—		—	

第六表 1000 磅火藥棉所需原料

一 般 所 用(磅)				至 少 所 需 用(磅)			
廢 棉 花		硝 酸	硫 酸 ^③	廢 棉 花		硝 酸 鈉	硫 酸 ^④
毛	淨			毛	淨		
690	632	843	603	681	621	1147	1676

① 火藥棉之釋名見下節。

② 棉之精製，僅指烘乾及撕鬆。該廠購來之原料乃已脫脂者。

③ 未包括製硝酸所用。

④ 包括製硝酸所用。

第二十三節 性質

(I)一般性質 硝化纖維素無臭無味，未磨細前外形仍略與原來之纖維素相同。較纖維素稍脆，用手撕可辨之。密度比原來之纖維素高；例如自棉造者為 1.634—1.675，自木紙漿造者為 1.71；而原來棉之密度為 1.52—1.60，木紙漿之密度為 1.5—1.53。硝化纖維素在蓬鬆狀態之密度僅 0.1，磨細後為 0.3，壓縮後一般為 1.15，至多可壓成 1.4。

以碘之碘化鉀溶液處理，並濕以一滴硫酸，則變黃色，棉纖維素同樣處理，則變藍色。

具光之雙曲折性，且因含氮量之高低而變其曲折。以偏光光在顯微鏡下觀察，可以分辨硝化纖維素與纖維素，並可辨硝化纖維素氮量之高低。

硝化纖維素有吸濕性，氮量低者更甚。

(II)溶解性質 硝化纖維素不溶於水，苯，三氯甲烷(chloroform)，四氯化碳等。易溶於丙酮。故一般用丙酮鑒別硝化是否完成，即是否尚含有未硝化之纖維素。溶於醋酸與乙醇所成之酯(ester)，其分子量低者溶解力較大，例如在醋酸乙酯中比在醋酸戊酯中溶解較易。平常用於火藥之硝化纖維素，不溶於單獨之乙醇或乙醚(ethyl ether)，但可一部或全部溶於其混合物中，乙醚與 95% 乙醇之混合物，以體積 2:1 之比例混合時，溶解力最大。硝化纖維素在其中可溶解之部分稱曰「可溶性」(Solubility)。(注意：可溶性與一般之溶解度，西文雖相同，意義實不同。)一般氮量高之硝化纖維素可溶性小，現今工業上每以 12.9—13.4% 氮量，可溶性小於 15% 者，稱曰火藥棉或強棉(gun cotton)；12.4—12.7% 以下氮量，幾全

溶於醇醚混合液者，稱曰膠棉或弱棉 (Collodion cotton)，但實則吾人儘可調節硝化時之溫度及混酸成分，以及原料之處理方法，硝化後成品之精製方法，俾成品之氮量不變，而溶性增大。例如 Lenze-Ruben 用硝酸及五氧化二磷之混酸長時間硝化，得 13.6% 氮量，而全溶於醇醚之硝化纖維素。故火藥棉與膠棉之名，雖不妨保留，以便工廠中之稱呼，而在嚴格之科學文獻中以避免為宜也。

昔時俄人 Mendeleef 曾以氮量 12.44% 而完全溶解於醇醚混合液之硝化纖維素，謂為皮羅膠棉 (pyrocollodion)，以為乃相當於一定之化學物。但現今自纖維素構造理論，知此說根本不通。惟工業上有時仍沿習慣，稱含氮 12.4—12.7%，且全溶之硝化纖維素為皮羅膠棉。

凡硝化時溫度高者，成品之可溶性大；又纖維素受漂白及其他遽烈處理者可溶性大；硝化後之精製如養洗之類亦使可溶性增大。故總言之，似乎可溶性與分子構造中之鏈頗有關係。此鏈受外力破壞，則可溶性增大。

(III) 分解 硝化纖維素之分解，有三種方式：其一乃各葡萄糖基間鏈之破裂；其二乃硝酸根之水解，此時氮量降低，放出氧化氮等；其三為葡萄糖基之破壞，放出二氧化碳及一氧化碳。一般三者同時進行。例如 Saposchnikoff 測得氮量 13.25% 及 12% 之硝化纖維素在 155°C 分解時生成之氣體成分如七表：

在低溫分解時往往又生草酸 (oxalic acid)，醋酸 (acetic acid)，及酯之類。酸性溶液或鹼性溶液均促之分解，而以鹼性為尤甚。

按硝化纖維素分解時生成氧化氮，而氧化氮則可變成過

氧化氮及硝酸而促其分解，故硝化纖維素一旦分解，則漸漸加速分解。

第七表

含 氮 量	13.25%	12%
NO	34.52%	28.33
CO ₂	29.38	21.33
CO	13.43	19.57
N ₂	22.67	30.17

40°C 以下分解甚微，可視作不分解；但保存相當長時期後，其安定性亦降低。分解隨溫度而增。

細菌類可寄生於硝化纖維素，以之為食糧而生長。細菌類直接於其於其安定性並無妨礙，但因可生有機酸，故可礙其安定性。

(IV) 火藥性 硝化纖維素受磨擦易生靜電，以致發火花而着火；氮量高者尤然。落錘試驗之結果，2 仟克錘自 5—10 釐米落下可使之炸。含水者較鈍感，例如含水 15% 者 2 仟克錘須 10—15 釐米落下方炸。

硝化纖維素易被火所點着，生黃焰而燃燒。但含水者點着較難；至水分 11—15% 以上時即不復能點着，在真空中較難點着，僅在直接接觸之處燃燒，不能繼續延燃。

引爆亦以乾者較濕者為易。含水分 20% 以上者在一般情形下極難引爆。爆速則反以濕者為大，例如乾者爆速為 6300 米/秒，含水 10% 者為 6800 米/秒。

第二十四節 用途

本節所述硝化纖維素之各用途，均限於在火藥範圍內者。

當硝化纖維素最初被用為火藥之時，火藥尚為黑藥之獨家天下；此時無論發射藥抑炸藥，均用黑藥，僅略變其成分形狀，故其時亦欲將硝化纖維素應用於一切用途。

(I)發射藥 Von Lenk 將硝化纖維素直接應用為發射藥，結果失敗，因其燃燒太快也。其後 Vielle 將其用醇醚混合物膠化，製成緻密體後，始告成功，稱無煙火藥(第十八章)。此乃硝化纖維素在火藥中之主要用途。

無煙火藥之種類頗多，所用硝化纖維素種類亦至繁；含氮量有高至 13.4%，有低至 12% 者，尚偶有用 10—12% 氮量者。

(II)彈丸用炸藥 十九世紀時，曾將含水 15—30% 之濕火藥棉，壓成塊狀後用於礮彈、魚雷、水雷、地雷中，其後漸為 TNT 等所代；近十餘年來已絕跡矣。

(III)爆破用炸藥 膠代拿枚(第六十一節)中含少許膠棉。

火藥棉直接用於工業爆破，已為代拿枚等所代。軍事爆破則英國仍用之。一般將含氮量 12.8—13.1% 之火藥棉，含水 15—20%，壓成硬質方塊，密度 1.1—1.3；用乾硝化纖維素一小塊為傳爆藥；一般所用乾傳爆藥量為濕火藥棉量之 $\frac{1}{125}$ 至 $\frac{1}{156}$ 。

又英國將硝化纖維素與硝酸鋇混和，壓成藥包形，稱「托那脫」(Tonite)。

第七章 硝化甘油(Nitroglycerin)

第二十五節 概說

硝化甘油化學名爲三硝酸丙三酯 (Propan triol trimtrate), 爲油狀物, 乃將甘油硝化而得, 係 1847 年 Sobrero 所發明。其時已知其可以爆發, 但並未加以應用。1864 年 Nobal 始工業的製造之, 並加以應用。

甘油卽丙三醇 $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$, 爲無色而味甘之稠厚液體, 係由脂肪或油加水分解而得, 亦可自糖蘱酵而得。造硝化甘油用者, 色澤不必定白, 而純度須在 98.5% 以上; 氮 (以氯化鈉計) 小於 0.01%; 不含還原物; 又尚須在實驗室中試其與酸作用後是否容易分離。合於此等條件者稱「代拿枚用甘油」(dynamite glycerine)。

第二十六節 製造

硝化甘油之製造, 實甚簡單; 因甘油與混酸之作用極易發生, 且因硝化甘油乃液體, 精製洗滌甚易。惟因對衝擊頗敏感, 故其製造極爲危險。其工廠之佈置, 設備, 及管理, 均須顧及此點。

其製造之造序如下:



可分連續式及間斷法兩種述之。

(I) 間斷法：

(1) 硝化 硝化用硝酸硫酸所成之混酸，以濃為宜，蓋甘油與硝酸之作用為可逆反應；硝酸濃則可使作用向前；硫酸多則可吸收水分，亦使作用向前。且硝酸濃則酸之倍數可較少，硝化甘油之溶於酸者遂少，得率可較高。下列為所用混酸成分之例：

第 八 表

	%HNO ₃	%H ₂ SO ₄	%H ₂ O	酸倍數	得率	備註
Nobel 最初所用	34.4	60.9	4.7	7.89	214	十九世紀各工廠所用之
Nathan 所用	41.0	67.5	1.5	6.09	229	
	47.5-48	51-52	0-1	5.5-5.8	230-231	現今歐洲所用

硝化器為圓筒形，一般為鉛製，亦有以鋼或耐酸鋼製者，底部稍帶傾斜，具有一大活栓，以便成品之迅速流出。有蛇管，其中環流冷水。蓋上開有多孔，以便裝接各種注入管及溫度計等。器中並設有壓縮空氣管。硝化時，先將混酸流入。通冷水，並通壓縮空氣以行攪拌。國亦有用機械攪拌者。徐緩注入甘油，萬一如溫升高至 30°C 以上，則啓底部活栓，將內容物均放入一貯於多量水之安全槽中。甘油注入已畢，乃將內容物流入分離器。

(2) 分離 硝化完畢後之廢酸比重約為 1.7，硝化甘油之比重則為 1.6，兩者互不混合，放在分離器中，即析為兩層。為縮短此分離之時間，硝化時每加入少許石蠟油等以促分離。又甘油中如雜有少許膠性雜質可妨礙分離；此少量雜質，難以

分析測定，故一般所用甘油，須先在實驗室中為小規模硝化，試其易否分離，然後決其是否可以應用也。

Nathan 氏發明合併硝化分離於一器，稱曰硝化分離器 (Nitration Separator)。此器之底部有活栓，接連酸管，出口則在頂部。硝化畢後，分離為兩層；自底部注入酸，將硝化甘油自頂上排出。

(3) 精製 由硝化分離器或分離器所排出之硝化甘油，其中尚有浮遊及溶解之酸 10%，須洗去之。一般先用水洗三四次後，再用碳酸鈉溶液洗滌一次，至大部之酸除去為止，是曰預洗 (pre-washing)，乃經鉛槽流至另一洗滌室，在此復在鉛器中與碳酸鈉 (1—2% 溶液) 及 40—60°C 熱水洗 8—10 次，至安定性合格為止。

(4) 廢水後分離 洗滌硝化甘油所得之廢水中，不免有少量浮遊之硝化甘油。如逕行流入河中，則沉澱於河底；日後可因意外之衝擊而致爆炸。德國曾有此經歷。故現今洗滌硝化甘油後之廢水，均經蜿蜒長槽，使硝化甘油降沉，然後流入廢水溝。

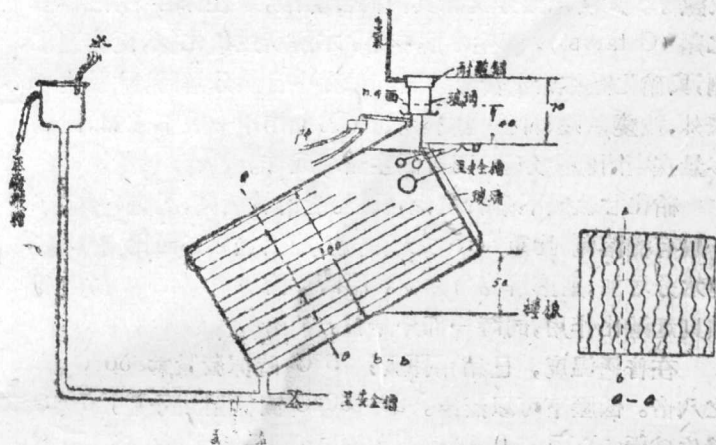
(5) 廢酸後分離 廢酸中浮遊有少許硝化甘油，且尚有少許二硝酸酯等，以後可漸變為硝化甘油。故廢酸須貯於鉛槽中數天乃至一二週，使硝化甘油析出，方可舉行脫硝提濃。另一法則加水 1—2% 攪拌，使其中二硝酸酯等不再變為硝化甘油，少許硝化甘油亦水解變為二硝酸酯等。

廢酸成分之一例； H_2SO_4 73—74%， HNO_3 9—10%， H_2O 10—17%。

(II) 繼續法 甘油及混酸以一定速度繼續流入硝化器，兩者之量成 1 與 5 之比。在此受激烈攪拌，並受冷卻管中冰鹽

水之充分冷卻，使內部維持 $18-23^{\circ}\text{C}$ 。一面硝化甘油及廢酸繼續流出，而入分離器。分離器（第五圖）為斜置之長方槽，中間有若干平行之波狀板，以便硝化甘油及廢酸之分離，硝化甘油及廢酸在近上端之側邊一孔入，硝化甘油即浮起自頂上出，廢酸自底下流出。硝化甘油乃流入洗滌塔中。此塔為玻璃所製，中隔若干層耐酸鋼製之有孔板。洗水，硝化甘油，壓縮空氣均自底部入，頂上出。流出後，又在槽中分為兩層，硝化甘油再入第二塔以鹼液洗，復入第三塔以水洗。

繼續法現今歐美用者頗多。



第五圖

第二十七節 性質

(I) 物理性 常溫為油體，性頗黏，黏度較水大 25 倍，

而較甘油小 35 倍。低溫幾無臭，高溫則有顯著之特臭。有帶焦之甜味。密度在 15°C 時為 1.60。純者色白，但工業品因所用甘油有色，故亦有黃色，但每比所用甘油之色稍淡。

固體有兩種晶體，一為斜方晶體，熔點 13°C ；一為片狀三斜晶，熔點 2°C 。但液態者之過冷性(super cooling) 最著，故凝固點殊不一定。

(II) 化學性 在常溫尚安定，在熱帶天氣尚可保存數年；在高溫分解較快。有水解可能，尤其有酸或鹼存在之時更然。水解時同時生分解作用，例如與鹼分解時同時生成草酸醋酸及氮等。又倘未充分洗滌其內尚含有酸，則在保存中，酸作催化劑 (Catalyst)，而生水解作用；水解所生氧化氮，更作催化劑；與硝化纖維素之情形相同。保存中自然分解時，除發生氣體外，並變色；數日後變成膠狀固體。此作用一般不激烈，但倘多量在密閉器中分解，則可因生熱而致炸。

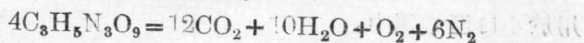
硝化甘油幾不溶於水，不吸濕。能溶於酒精，乙醚，丙酮等一般有機溶劑。比重 1.5 之濃硝酸，能與之以任何比例溶解；但水分增加，則溶解能力減少。冷時不溶於氫氧化鈉等；但加熱則起鹼化作用，同時一部分分解。

在普通溫度，已稍稍揮發； 75°C 時揮發量為 50°C 時之八倍。低壓下可以蒸溜。 $50-60^{\circ}\text{C}$ 開始稍稍分解； 70°C 發生硝煙，在 15—30 分鐘內變碘化鉀澱粉紙之色；至 135°C 則顯然分解。至 145°C 分解迅速，呈沸狀；此時伴巨大之熱量；至 $165^{\circ}-185^{\circ}$ 則成濃厚而柔韌之液體；至 $200-218^{\circ}\text{C}$ 即劇烈爆發。

硝化甘油有毒，空中縱有痕跡之蒸汽，亦足使人不快。如呼吸器或皮膚吸收其蒸汽，或直接與之接觸，進入血液，可致

中毒；生發熱，頭痛，血壓降低，嘔吐，暈眩等現象。此時飲以咖啡或涼其頭部，使居新鮮空氣之地，可為減輕。一般人久嗅硝化甘油之蒸汽，可以習慣，不再中毒。

(III) 爆發性質 硝化甘油，含養甚富，故爆時幾不生一氧化碳及氫。其分解式近似如下：



倘引爆不足，致局部作不完全之分解，則同時生氧化氮及一氧化碳。

硝化甘油不易燃燒，插入點着之火柴，迅速熄滅；插入白熱之鉑絲，則生白煙而揮發。

硝化甘油對於衝擊異常銳感；二仟克重之錘，自四釐米高處落下，即可使之炸。故製造時十分危險。

爆速有高低兩值，一約為 1500 米/秒，一約為 8500 米/秒，用強力之引爆藥，且將火藥盛於粗大而壁堅之管中，可達高爆速；一般則僅達低爆速。將其吸收於固體物後，仍有兩爆速；但較液狀者易達高爆速。其火藥力量如下（參照第十四節之註）：

氣體體積	715—742 升/仟克
爆熱	1360—167 大卡/仟克
爆溫	4027—4250°C

第二十八節 用途

硝化甘油可用為發射藥之成分，蓋有膠化膠棉之力，可成膠體；同時因其力量強於硝化纖維素，故含硝化甘油之無煙藥較之不含者力量為強。

就硝化甘油之性質言，本即可用為爆破炸藥。但因其為液

體，運輸使用，諸多不便；故將其造成固體混合物後使用之（見十五章）。

彈丸中炸藥，則無論將硝化甘油作成何種形狀，用何種方法結合，均嫌太敏感，不能應用。惟 Stettbacher 氏提議加奔特脫(Penthrin)(見三十四節)後用，稱奔特尼脫(Penthrinit)，用於小口徑礮彈中。

第六十二節

如前，此藥對於炸藥之靈敏度，係由之藥性而定，其靈敏度與前
藥性無異，其靈敏度，係由之藥性而定，其靈敏度與前
藥性無異，其靈敏度，係由之藥性而定，其靈敏度與前
藥性無異，其靈敏度，係由之藥性而定，其靈敏度與前

第八章 其他液體硝酸酯

與硝化甘油相仿之他種液體硝酸酯尚多，本書僅能述其少數較重要者而已。

第二十九節 二硝酸乙二醇 (Nitro-Glycol)

乙二醇為與甘油性質相仿之液體；惟黏度較之為小，沸點較低。以之硝化，所得之二硝酸乙二醇，與硝化甘油之化學性物理性均相仿。在 15°C 之比重為 1.496。凝固點為 -22°C 。對水之溶解度比硝化甘油為大， 20°C 時 1 升水中可溶 6.8 克。揮發度比硝化甘油大十倍以上。對硝化纖維素之膠化力比硝化甘油為大，在常溫時即易硝化。生理毒害性與硝化甘油相仿；且因揮發性大，更為顯著。

二硝酸乙二醇與火焰接觸，則燃燒而生微爆之聲，並不正式爆發；若量多，則因急激之過熱，引起爆發；如迅速加熱，爆發於 215°C 左右。一般含二硝酸乙二醇之火藥，其燃燒比含硝化甘油者為穩靜，爆發之傾向較弱。落錘試驗之感度較硝化甘油稍鈍；而對引爆藥則甚敏銳。爆發時之能力較硝化甘油尚微微超過。其中所含之氧，恰足完全變成二氧化碳及水。

$(\text{CH}_2\text{ONO}_2) \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

事實上不能盡依此反應式，必有微量一氧化碳及氧等也。

二硝酸乙二醇之製法，與硝化甘油相仿。現今每將乙二醇與甘油同時流入混酸，造成硝化甘油與二硝酸乙二醇之混合物。此混合物之性質與硝化甘油無大異，惟冰點低，冬日不

凍；用以造成之混合物亦然，現今廣用於代拿枚中（第六十一節）。

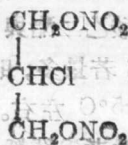
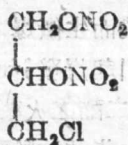
第三十節 二硝酸氯丙二酯 (Dinitrochlorhydria)

二硝酸氯丙二酯係將氯丙二醇硝化而得。



原料氯丙二醇製造之一法如下：以甘油 10 份，與比重 1.18—1.19 之鹽酸 15 份，注入反應器內，以 120°C 之溫度加熱 15 小時，使起氯化作用，75% 甘油變為氯丙二醇。在 21—25 毫米水銀柱壓力下作真空蒸餾，則先蒸出水及未作用之鹽酸，130°—150°C 蒸出氯丙二醇，在 160°—180°C 蒸出未作用之甘油。在實際製造時，不必析開甘油及氯丙二醇，可即以之硝化；所得硝化甘油與二硝酸氯丙二酯之混合物即可應用。硝化方法，與造硝化甘油時同。

二硝酸氯丙二酯有兩同分異構物 (Isomer)：



工業品為混合物，而以前者為主。

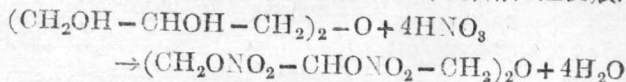
純粹之二硝酸氯丙二酯為水白色，工業品為淡黃色或褐色。有芳香味。黏度比硝化甘油小。生理作用亦如硝化甘油，能使人頭痛。在 15°C 時比重為 1.54。在常壓下加熱，170°C 發生黃煙；190°C 即沸騰，分解甚為顯著，但不爆發，幾不溶於水；溶於丙酮等諸有機溶劑。對硝化纖維素之膠化力不甚強。

對機械及熱之作用均比硝化甘油為安全，2 仟克重錘須

10-20 釐米高處落下方炸。故用以造安全代拿枚（第六十一節）。

第三十一節 其他之甘油衍生物

甘油聚合成二縮甘油(diglycerine)後，硝化之使成酯。



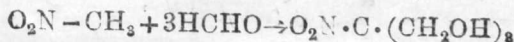
此物與硝化甘油之混合物，昔日用以造不凍代拿枚（第六十一節）。但近年因乙二醇價廉，故均已用二硝酸乙二酯代之矣。

甘油之三羥基(-OH)，如僅一個或二個成硝酸酯，則冰點亦低。但如此所成之物不但炸力低，且因可溶於酸，製造時殊不便。故僅有歷史之上之價值而已。此外意大利所提創之醋酸酯及蟻酸酯，均因原料價貴而不能實用。

糖溶解於甘油中，一同硝化，所得之油狀物亦可用以代硝化甘油。在上次大戰時美國曾用之，俾節省一部分甘油。

第三十二節 三硝酸硝基異丁三酯(Nitroisobutylglycerin trinitrate)

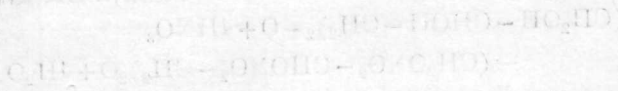
此物之分子式為 $\text{O}_2\text{N}\cdot\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_3$ 。一方面為硝基物，一部分為硝酸酯。其原料係在碳酸氫鉀存在之下，將硝基甲烷與蟻醯縮合而成：



硝化時所用方法與硝化甘油之製造略同。

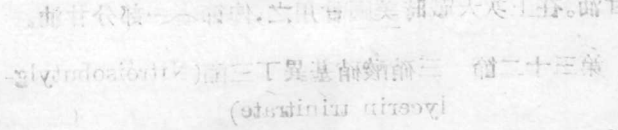
三硝酸硝基異丁三酯為深黃色油狀液體。無臭而具有焦味。黏度比硝化甘油大。比重為 1.68。揮發性及使人頭痛之

毒性均比硝化甘油為小。在低溫不易冰凍。不溶於水，易溶於苯等。加熱至 180°C 以上，發生赤煙後，即生爆發。落錘試驗之結果，2 仟克錘自 6 釐米高處，落下即使之爆發。炸力與硝化甘油及二硝酸乙二酯相近，爆熱較硝化甘油大 7%。其性質就各方面言，均為良好之火藥，惟因原料昂貴，故未能正式應用耳。

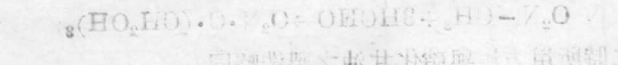


十六號) 硝化甘油之製法，係將甘油與硝酸及硫酸混合，在 50°C 左右，攪拌數小時，即得。其化學式如下：
 $C_3H_5(O_2NO)_3$

其製法，係將甘油與硝酸及硫酸混合，在 50°C 左右，攪拌數小時，即得。其化學式如下：
 $C_3H_5(O_2NO)_3$



其化學式如下：
 $C_3H_5(O_2NO)_3$

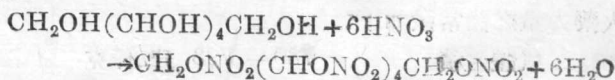


其製法，係將甘油與硝酸及硫酸混合，在 50°C 左右，攪拌數小時，即得。其化學式如下：
 $C_3H_5(O_2NO)_3$

第九章 其他固體硝酸酯

第三十三節 六硝酸己六酯 (mannitol hexanitrate)

六硝酸己六酯乃將結晶狀之己六醇溶於硝酸，再注入硫酸而成。



爲白色之蓬鬆物。不溶於水，微溶於乙醇，丙酮等。純粹者凝固點爲 112—113°C.，粗製者爲 110°C.。比重 1.7。安定性不甚佳。縱在酒精中結晶兩次之純粹品，在高温時亦易分解。例如盛二硝酸乙二酯於有蓋之秤量瓶中，縱在 75°C 加熱數月亦不分解；硝化甘油在此狀況下，經數月始起分解，發生酸煙；但六硝酸己六酯，在 75°C 約數小時即分解，發生過氧化氮。大凡具 $\text{CH}_2\text{ONO}_2(\text{CHONO}_2)_n\text{CH}_2\text{ONO}_2$ 構造者，鏈愈長，即 n 愈大，則愈不安定。

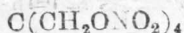
六硝酸己六酯對衝擊之感度與硝化甘油相仿。爆速甚大，約在 7000—8000 米/秒之間。其他關於火藥力量之諸常數約如下（參照第十四節之註）：

氣體體積	694 升/仟克
爆熱	1454 大卡/仟克
爆溫	4300°C

美國 Atlas 公司用之於雷管中。

第三十四節 奔特脫 (Penthrin, Pentyl)

(I)性質 奔特脫之學名爲四硝酸戊酯 (pentaerythrite tetranitrate), 其構造式如下:



爲白色之四邊結晶體。密度 1.75—1.77。熔點 141°C, 化學性尚安定。75°C 可放數星期; 145°C 半小時放出黃煙; 尚差稱安定。引爆極易。落錘試驗之結果, 2 仟克錘自 15—20 厘米落下可使之炸。爆速在高密度時可達 8000 米/秒以上; 其他火藥力量之諸常數如下:

氣體體積 780—798 升/仟克

爆熱 1370—1442 大卡/仟克

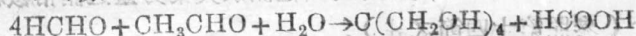
爆溫 3400—4000°C

(II)用途:

(1)炸藥 奔特脫炸力甚大。惜感度尚嫌太大, 不便直接應用於礮彈中。但如混入石蠟等, 則感度降低, 可用於礮彈中爲炸藥。奔特脫與三硝基甲苯等混合物亦可用。此外提案尚多, 均乃在奔特脫中加入若干成分以降低其感度。Stettbacher 氏主張用與硝化甘油之混合物, 稱「奔特尼脫」(Pentritnit)。

(III)製造:

(1)原料戊四醇之合成 合成之原理如下式所示:



製造時用氫氧化鈣爲凝聚劑。所得之醇爲熔點 253°C 之結晶。

(2)硝化 將戊四醇與 1.52 比重之發煙硝酸在冷卻下作用。欲加以精製, 可將粗製品溶於丙酮, 以碳酸銨中和其酸性, 再加水沉澱之。

按奔特脫爲近年來新興炸藥之一, 其特點爲其原料蟻醛

及醑酐，均乃合成化學之製品。類乎此之脂肪族硝酸酯及脂環族 (alicyclic) 硝酸酯，在研究中或已研究成功而尚未工業的應用者尚多，茲不具述。

第三十五節 硝化澱粉 (nitro starch)

澱粉之實驗式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，同於纖維素，其構造尙未全明；大致亦乃若纖維素之為許多個葡萄糖基所組成，惟所成之鏈非為直線形而為枝形；又每個分子中此等基之數目較纖維素分子中者為少。故澱粉應亦可若纖維素之成為硝酸酯， $C_6H_{20-n}O_{5-n}(ONO_2)_n$ ，其中 n 至多為 3。

硝化可用混酸，亦可用硝酸。

硝化澱粉之外形似澱粉，為淡黃色之粉狀物。與碘不生藍色。在丙酮中可溶；不溶於水；含氮量 11—12% 者，大部溶於乙醇，氮量高者則幾全不溶。在醇醚混合物中幾全溶，氮量低者更其。

安定性一般低於硝化纖維素；但亦可在 60°C 耐六個月。性吸濕，可吸 6—8% 水；此乃硝化澱粉最大之缺點。

美國用硝化澱粉為炸藥。或用於爆破，或用於手榴彈及迫擊砲彈；① 用於爆破者為壓成之塊狀，用於手榴彈及迫擊砲彈者為粒狀。1918 年 Trojan 公司造 25,000 噸硝化澱粉。可單獨使用，而以與硝酸鹽或與硝化纖維素混合後用者為多。

① 迫擊砲 (trench mortar) 乃一種構造簡單之短砲，發射時震動較一般之砲為小。故此種砲彈，裝用稍敏感之火藥，尚無大礙。

第十章 三硝基甲苯(及其他芳香族烴之硝基物)

第三十六節 概說

三硝基甲苯(trinitrotoluol) 英美每簡稱 TNT, 德稱 Trityl, 中國軍界每音譯之爲梯恩梯。1891 年 Haessermann 始發現其可炸。1902 年德國首用之於礮彈。其時造製硫酸之接觸法(contact process)已經發明, 濃硫酸之價日趨低落, 故三硝基甲苯之價亦隨之低落。且經 1914—1918 大戰之經驗, 證明其比三硝基酚——另一種炸藥, 其時最廣用於礮彈中者——爲優, 故歐戰後遂漸取其地位而代之(參照第四十五節)。

三硝基甲苯自甲苯硝化而得。甲苯(toluene, toluol)之來源如下:

(1) 煤乾餾時可得煤氣及煤膏。將煤氣以溶劑洗滌, 可洗出甲苯及苯。煤膏分餾亦可得苯甲苯之屬。一般甲苯之得量, 爲煤之 0.05—0.1%。

(2) 婆羅洲(Borneo)石油中含有芳香族烴頗多, 分溜之得含 55—60% 甲苯之「甲苯石油」(toluol petrol), 可卽以之應用。

(3) 近年已有合成苯之製造。美國現在 Baytown 有一政府工廠, 每天可造甲苯 2000 桶。

第三十七節 性質

2.4.6 三硝基甲苯純者無色，但見光後瞬即變黃。未加精製者，或精製時曾用鹼洗者，均為黃色。凝固點 80.8°C ，熔化後成為黃色透明液體。如熔化後繼續加熱，則一部分揮發發煙。突然加熱至 240°C 以上，有時發生爆炸；但一般僅生黑煙而燃燒，直接投於火焰上則緩緩燒去，生多量之黑煙及渣。大量在密閉器中燃燒，則可以發生爆炸。

在水中不溶；在乙醚，丙酮等中易溶；濃硫酸亦可溶之。固體密度為 1.663，熔融態之密度為 1.38(93°C 時)。固體細粉狀之密度^①為 0.8—1.0，用手力壓，密度可至 1.1，此密度隨壓力而增。一般砲彈中所裝三硝基甲苯，密度在 1.5 與 1.6 之間。

純者凝固點為 80.8°C ，已如前述。工業品含有同分異構物(isomers)及他雜質，致凝固點降低。一般以凝固點之高下，判鑒三硝基甲苯之品質。二十年前，各國每造 76°C 凝固點之下品。今則因原料甲苯之較純淨，所採製造方法之改善，故最下品之凝固點亦達 78°C ，上品之凝固點可達 80.7°C ，下品用於爆破，上品用於砲彈，最上品用於雷管(第五十六節)中。三硝基甲苯(1)雖時其限，味苦甜，與苯中雜質入吾口甚苦。三硝基甲苯甚安定。在 130°C 加熱 100 小時，凝固點並不降低；以 150°C 加熱 80 小時，凝固點自 80.75°C 降至 80.25°C 。加熱至 150°C 以上，可察見分解之象。 200°C 以上分解較速。自行生熱；此時雖去熱源，溫度仍可繼續上昇。至 $281\text{--}286^{\circ}\text{C}$ 乃爆發。日光下曬甚久，則凝固點降低，蓋微有分解也。

本身中性，但與強鹼可起作用。其生成物對點火及摩擦均較危險。在乙醇溶液中更易起此反應，故三硝基甲苯為一種弱酸

(pseudo acid)。

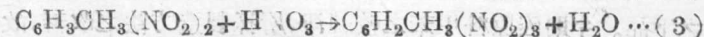
其火藥力量如次：爆熱 920 大卡/仟克，氣體體積 620 升/仟克，爆溫 2900°C，最大爆速 7000 米/秒（參照第十四節之註）。

② 此句中之密度，係指一定容積中所能容之細粉狀，三硝狀三硝基甲苯，即所謂假密度 (gravimetric density)。一定物質之假密度，與其粒子之大小形狀及放置於器中之緊密有關。本書中之「密度」，有時指密度 (density，與其大小形狀無關) 有時指假密度，讀者易自文義辨之。

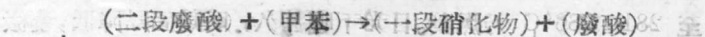
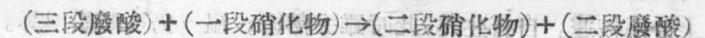
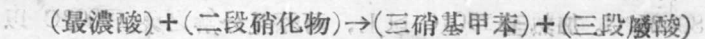
第三十八節 製造

製造手續可分硝化，精製，烘乾並成形三段述之。

(I) 硝化 自甲苯變為三硝基甲苯之作用如下：



(1)式之作用不需甚濃之酸，(2)式之作用需濃酸，(3)式之作用則需十分濃之酸。然以上反應均發生水，使酸變稀。故吾人如將甲苯與濃酸混和，則其初起(1)作用時酸甚濃，起(2)作用時酸已變稀，起(3)作用時酸更稀，致(3)之作用甚難完成。吾人所希望者乃遵逆流原理而作用，即



以上不稱二硝基物，一硝基物，而稱二段硝化物，一段硝基物者，因此處只須分數段硝化，並非定欲恰成 $\text{C}_6\text{H}_3\text{CH}_3(\text{NO}_2)_2$ 等物，例如所謂二段硝化物者，儘可為二硝基甲苯一硝基甲苯

之混合物，而其中亦可雜有少許三硝基甲苯。

又事實上三段廢酸之用於第二段硝化，二段廢酸之用於第一段硝化，未必恰適合所需，往往須添配硝酸之類。又以上乃分為三段而硝化者，現今一般均如此。理論上可分為任何幾段。事實上三段以外，分為二段亦可，分為四段以上，則手續太繁，不能實用。一段（即不分段，直接硝化）則必須用多量極濃之酸，殊不經濟矣。

下列乃前藩場兵工廠所用之混酸成分。

第九表

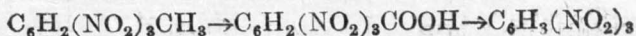
	HNO ₃ %	H ₂ SO ₄ %	H ₂ O%
第一段	26	59	15
第二段	18	78	9
第三段	24	89	-13

硝化器為鑄鐵所製；而一段硝化時酸較稀，用耐酸鋼更佳。為圓桶狀，上有蓋，中有攪拌器，外有夾套，可通冷水或蒸汽以調溫。有時中心又有冷卻用之蛇管等裝置。硝化畢後，或自底部啓活栓使內容物流出，或自頂部藉壓縮空氣將其壓出。

(II) 精製 硝化後所得之成品，主為 2,4,6 三硝基甲苯。吾人所希望之成品，即為此物。但除此以外，尚有諸項雜質，致洗去酸後，其凝固點僅為 72—76°C，茲舉諸雜質如下：

(1) 最主要之雜質為 2,4,6 位物以外之他種三硝基甲苯。如 Gibson 氏研究之一樣品，含 2,4,6 物 95.5%，2,4,5 物 2.9%，2,3,4 物 1.3%，2,3,6 物 0.3%，2,3,5 物及 3,4,5 物微痕。

(2) 溫度在 75—80°C 以上時，甲基有被氧化成三硝基苯甲酸之可能，再分裂二氧化碳變為三硝基苯。



(3) 酸與全屬作用生氫，致生還原作用，生成甲酚 (cresol) 之衍生物 (derivative)。

(4) 混酸中含硝酸少時有生成硝基甲苯之磺酸 (sulphonic acid) 之可能。

(5) 苯環破裂，成四硝基甲苯 $\text{C}(\text{NO}_2)_4$ 。洗滌三硝基甲苯時每有氣體揮發，促流淚咳嗽者即此也。

以上諸雜質中，除三硝基苯外，餘均為有妨礙之雜質。蓋甲酚衍生物，磺酸，三硝基苯甲酸等均為酸性，可成敏感之金屬鹽，至於諸同分異構物，則混入其中，亦使安定性降低。其混雜質太多者，熔點太低，裝入礮彈後受熱可以泌出。故均宜除去之。

精製之方法有四，今一一分述之。

(1) 將中間品精製 2,4,6 三硝基甲苯不能自間位硝基甲苯 (meta nitrobenzene) 造成；反之，其他同分異構物大部自間位硝基甲苯造成。故如將甲苯先造成硝基甲苯，分開其中同分異構物，用對位 (para) 或鄰位 (ortho) 進行硝化，則成品當較純。實際上均用鄰位者，對位者工業上另有重要用途。商業上有純鄰位硝基甲苯供售，火藥廠購之可也。

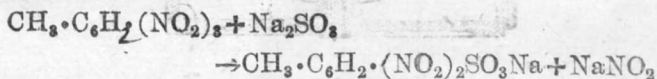
又如將甲苯先硝化成為二硝基甲苯，加以精製，俾得 2,4 二硝基甲苯。再加以硝化，則亦得較純之成品。一般精製二硝基甲苯之方法，乃將其溶化，緩緩在攪拌中凝固，至 30°C 左右乃濾過。此固體為 2,4 二硝基甲苯，可再行硝化。液體則稱「滴油」 (Tropfoel)，可與他物混合後用為爆破藥；亦可再加

以硝化，得下品之三硝基甲苯。

(2) 用溶劑重結晶 粗製之三硝基甲苯，溶於乙醇，苯，甲苯，硝基甲苯或硫酸中，而重結晶之。德國 Lignose 廠所用結晶器，有夾套，有冷卻蛇管器中先置乙醇，熱至 75°C；器上接回流凝結器，以免損失。乃再加入粗製之三硝基甲苯使溶，復在攪拌中冷至 12°C 使結晶，乃流入濾過器。乙醇流畢後，即以熱空氣吹過結晶使乾。乙醇可蒸餾；含乙醇之空氣亦可用活性碳吸收，以收回之。蒸餾殘渣乃極不純之三硝基甲苯可用於硝酸銨炸藥（第六十五節）。

(3) 在酸中結晶 硫酸可溶三硝基甲苯，故亦可為重結晶之溶劑，但更方便之方法，乃硝化後，即在廢酸中結晶，蓋最後一次硝化後之廢酸，成分中大部為硫酸也。一般所用方法乃使硝化完畢後，三硝基甲苯不在熔融狀態與酸分開（本可分為兩層），而加以攪拌，漸漸冷下，使之結晶。於是因雜質溶度較大，2,4,6 三硝基甲苯先結晶而出。40°C 時，即濾過，或經離心機以去酸；復以 70—95% 硫酸淋洗之，最後以水沖洗。

(4) 用亞硫酸鈉溶液洗濯 硝化後之三硝基甲苯在烴態洗去酸後，即繼以亞硫酸鈉溶液洗二三次。於是凡有二個硝基互在隣位之同分異構物均起下列作用，成可溶於水之鹽，使洗水為成紅色，



2,4,6 三硝基甲苯亦多少受此項作用。但如溶液中加少許硼酸，使 PH 值保持 7.7 與 7.9 之間，則受作用甚少。

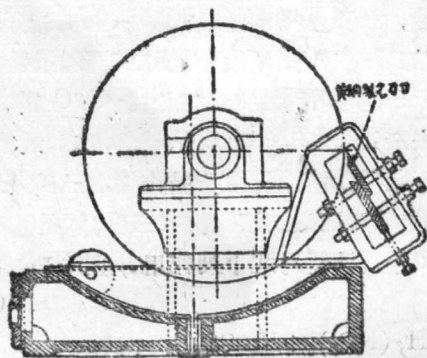
(III) 烘乾、成形 用重結晶法精製之三硝基甲苯，可即在結晶器中以空氣吹乾。以其他方法精製者，則均以熔融態烘

乾。所用烘器有兩種：

(1) 平底淺盤。夾套中通蒸汽加熱；盤中以隔板分為十餘格。熔融之三硝基甲苯自盤之一端流入，他端流出，曲折迂迴，經過各格，各格橫放一管，上有細孔，壓縮空氣自此吹出，以促烘乾。

(2) 在真空烘乾器烘乾之。烘時微微吹入壓縮空氣以資攪拌。

以重結晶法精製時，成品即成粒狀沉澱。以其他方法精製時，則成品均在造片機中造成片狀。該機（第六圖）乃一有夾套之盤，夾套內通熱水，上有一內通冷水之棍子。熔化之三硝基甲苯流入盤中，塗於棍子之面，棍子回轉時，立即凝固成一薄層，被一刀所括下，即成爲不規則之片狀。



第六圖

第三十九節 用途

(1) 三硝基甲苯乃現今最主要之彈丸用炸藥。現今之各

重砲彈，炸彈，手榴彈，魚雷，均以裝此物爲多。或以高壓力將固體壓入，或壓成塊狀後裝入；或在有熱水夾層之器中熔化後鑄入。又爲極重要之軍用爆破藥，一般壓成小圓柱或方塊後應用，工業爆破方面，因價格每比他種工業爆破藥爲貴，且爆炸時發生有毒之一氧化碳等頗多，故一般用者較少。

(2)阿馬托爾 (Amatol) 英國之彈丸炸藥用此頗多，蓋乃硝酸銨與三硝基甲苯之混合物。有 $\frac{80}{20}$ ， $\frac{60}{40}$ ， $\frac{40}{60}$ 諸種；前數字乃硝酸銨之百分數，後數字乃三硝基甲苯之百分數。

$\frac{80}{20}$ 阿馬托爾正近於完全燃燒，故能力甚大，但因爆速較三硝基甲苯低，故猛度亦遂減低，例如下表爲實驗結果之一例。

第十表

	擣子法之結果(比較值)	爆速(米/秒)
三硝基甲苯	95	4000
阿馬托爾 $\frac{40}{60}$	116	6400
阿馬托爾 $\frac{60}{20}$	127	4800

阿馬托爾之優點爲價廉；硝酸銨得自空氣，資源易得；較三硝基甲苯更鈍感安全。其缺點爲吸濕。

(3)阿摩那爾 (Ammonal) 硝酸銨之混合物含鋁粉者，稱阿摩那爾。最初之成分不含三硝基甲苯，其後乃加三硝基甲苯等。可用於手榴彈，迫擊砲彈中；而軍用爆破尤爲相宜；英國頗用之。下列乃兩種成分。

第十一表

三硝基甲苯	30	15
硝酸鉍	47	65
鉛粉	22	17
木炭	1	3

(4) 硝酸鉍炸藥及代拿枚 (Dynamite) 中往往含有少許下品之三硝基甲苯，詳見六十一節，六十五節。

(5) 與硝酸鉀，硝酸銀等之混合物。下列幾種混合物，均可用于手榴彈及炸彈中。

第十二表

培萊托爾 (Barratol)		
三硝基甲苯	29—40	60—50
硝酸鉍	69—50	—
硝酸鉀	—	40—50
鉛鹽	2—0	—
備註	英國用	俄國、中國用

(6) 與氯酸鹽之混合物 (以氯酸鉀為主之啓代脫 (Ched-dite) 中，可含有三硝基甲苯 (第三十八節)，又過氯酸鉍與三硝基甲苯等之混合物，亦可用為炸藥 (第七十節)。

此外尚有若干次要之用途，不能具述。

第四十節 硝基甲苯(Nitrotoluene)及二硝基甲苯(Dinitrotoluene)

將甲苯與不甚濃之混酸作用，則得硝基甲苯。為液體，內含諸同分異構物；其中鄰位最多，約 60%；對位次之約 36%；間位體則僅含 2-4%。比重 1.165-1.167。沸點在 220-240°C 之間。

將硝基甲苯復與較濃之酸作用，可成二硝基甲苯，按二硝基甲苯可有六種同分異構物；工業品大部為 2.4 位，約點三分之二以上；其餘三分之一，大部為 2.6 位；3.4 位次之；尚含有微量之 2.3 位及 2.5 位。燃點高者達 68°C，低者僅 35°C，300°C 附近沸，同時分解。在密閉器中加熱至 300°C，則生微弱之爆轟。對衝擊之感度甚純。

第十三表

氯 酸 鈉	79	—	—	—	—	—	—
氯 酸 鉀	—	79	—	—	—	65-70	—
二硝基甲苯	16	15	15	9-12	13	6-7	6-7
膠 樹 油	5	—	—	—	—	—	—
蓖 麻 油	—	5	5	—	5	—	—
硝 基 苯	—	1	—	—	—	6-7	6-7
過 氯 酸 鉀	—	—	50	—	82	—	63-70
硝 酸 鈉	—	—	30	—	—	—	—
硝 酸 鉀	—	—	—	88-91	—	—	—
硝 基 甲 苯	—	—	—	—	—	12-13	12-14
木 粉	—	—	—	—	—	5-6	6
膠 棉	—	—	—	—	—	0.5-2.5	0.5-2.5

按二硝基甲苯乃難於引爆之火藥，硝基甲苯則單獨不能爆發，必與氧化劑混合方可成爲火藥。現今應用硝基甲苯之火藥並不多，惟氯酸鉀火藥與過氯酸鉍火藥，有時加少許而已。二硝基甲苯則用者較多，用於氯酸鉀火藥，過氯酸鉍火藥，硝酸鉍火藥。代拿枚等中(第六十八，七十，六十五，六十一節)，上表爲幾種成分之例。

第四十一節 其他芳香族烴之硝基物

(I) 苯 (Benzene) 之硝基物：

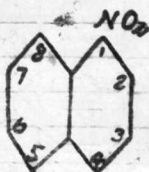
(1) 硝基苯 $C_6H_5NO_2$ 工業品爲無色或淡黃色之液體；沸點 $205-210^{\circ}C$ ，其製法及用途均與硝基甲苯相仿。

(2) 二硝基苯 $C_6H_4(NO_2)_2$ 有三同分異構物，工業品中含間位物 91—94%。一般燃點 $80-81^{\circ}C$ ，最佳者燃點爲 $85-87^{\circ}C$ 。每與硝酸鉍等混合後使用。

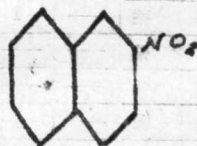
(3) 三硝基苯 能力比三硝基甲苯爲大，惟太難製造，故不能實用。

(II) 萘 (Naphthalene) 之硝基物：

(1) 硝基萘 硝基萘有兩種同分異構物，



α



β

工業品中以 α 爲主，夾有少許 β 物，一般熔點 $55-56^{\circ}\text{C}$ ，沸於 304°C 左近，同時分解。如急遽加熱，則生微弱之爆轟，製法乃將萘與混酸作用，與甲苯及苯之硝化相仿。可應於氫酸鉀火藥中(第十三表)。

(2)二硝基萘 二硝基萘本應有十種同分異構物。工業品中以 1,8 位爲主要成分；1,5 位次之；兩者之比爲 2—2.5 與 1 之比；1,3 位亦含微量，工業品熔點在 $130-150^{\circ}\text{C}$ 間，以 $138-140^{\circ}\text{C}$ 左右熔者爲多。可與三硝基甲苯，三硝基酚，硝酸鉍等混合後裝於礮彈中；其與硝酸鉍之混合物，法國用於爆破。

(3)三硝基萘 工業品爲黃色發亮之固體。熔點在 $125-160^{\circ}\text{C}$ 間；一般尤以在 $145-155^{\circ}\text{C}$ 之間爲多。 $345-355^{\circ}\text{C}$ 發火。爆速 5650 米/秒。一種樣品之成分爲 1,3,8 位 56%，1,2,5 位 23%；1,3,5 位 13%；1,4,5 位 8%。其製法每將硝基萘溶於多量硫酸中，再行硝化。三硝基萘單獨即可裝於彈丸中使用；或與三硝基甲苯，三硝基酚等，混合後裝於彈丸中，其與硝酸鉍之混合物；可用於彈丸中，而爆破方面亦頗用之。此外過氫酸鹽火藥中亦每含之。

(4)四硝基萘 此物性質甚佳，但製備難，得率少，一般不用。

(III)煤膏提煉時所得之二甲苯(Xylene)，溶劑石油餾(Solvent Naphtha) (內含三甲苯，丙苯等)，亦可硝化以造成火藥。但得率不佳，硝化度不易高，一般不用。惟 1914—1918 間曾用之耳。

(IV)六硝基聯苯(Hexanitrodiphenyl) $[\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_6]_2$
六硝基 苯氧(Hexanitrodiphenyl Oxide) $[\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_6]_2\text{O}$ 。

六硝基二苯硫 (Hexanitrodiphenyl sulfide) 六硝基二苯磺
 (Hexanitrodiphenyl sulfone) $SO_2[C_6H_2(NO_2)_3]_2$; 氯苯
 (Chlorbenzene) 及苯甲酸 (benzoic acid) 之硝基物等等, 均
 可用為火藥; 惟實用上均無大價值, 故不述。

此類火藥之製法, 係將六硝基二苯硫或六硝基二苯磺與氯苯或苯甲酸之硝基物混合, 經適當之處理, 即可製成。其製法之詳細情形, 可參閱下列之說明。

六硝基二苯硫之製法, 係將二苯硫與六硝基二苯磺混合, 經適當之處理, 即可製成。其製法之詳細情形, 可參閱下列之說明。

六硝基二苯磺之製法, 係將二苯磺與六硝基二苯硫混合, 經適當之處理, 即可製成。其製法之詳細情形, 可參閱下列之說明。

氯苯之硝基物之製法, 係將氯苯與硝酸混合, 經適當之處理, 即可製成。其製法之詳細情形, 可參閱下列之說明。

苯甲酸之硝基物之製法, 係將苯甲酸與硝酸混合, 經適當之處理, 即可製成。其製法之詳細情形, 可參閱下列之說明。

以上各物之製法, 均係在實驗室中進行, 且其產率均較低, 故在工業上, 均無大價值。惟在軍事上, 則因其製法簡單, 且其產率較高, 故仍被採用。

六硝基二苯硫之製法, 係將二苯硫與六硝基二苯磺混合, 經適當之處理, 即可製成。其製法之詳細情形, 可參閱下列之說明。

第十一章 三硝基酚(及其他酚之硝基物)

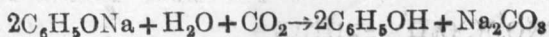
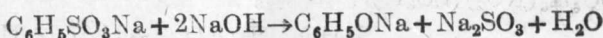
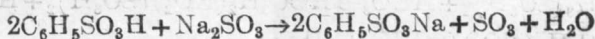
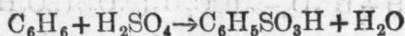
第四十二節 概說

一般言之，煙之硝基物，加一羥基(-OH)，火藥力量必為之減低，而其他性質並無改良。其惟一優點，為製造較易。故此類中僅三硝基酚實際應用。

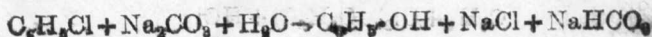
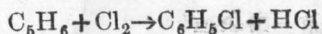
三硝基酚(trinitrophenol)最初用為黃色染料，1871年 Sprengel, 1885年 Turpin 始創用之於礮彈中為炸藥。自此以迄 1914年，實為最重要之軍用炸藥，1914—1918年以後則漸為三硝基甲苯所代矣。

製造三硝基酚所用之原料為酚(phenol)或苯(benzene)。兩者均為煤乾餾時之副產品。苯之量約為煤之 0.5—1%；酚之量約為煤膏之 0.4%，即煤之 0.03%。然酚又可自苯合成，其合成方法之重要者有兩法。

第一法



第二法

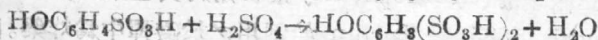
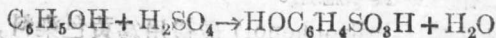


第四十三節 製造

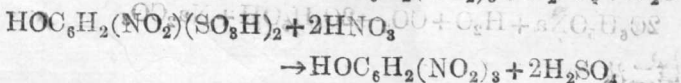
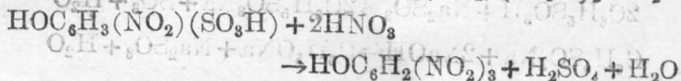
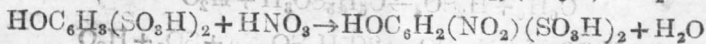
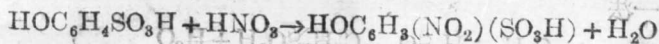
三硝基酚之製法甚多，工業上已成功者有下列兩法：

(I) 自酚硝化而得 羥基之代入，使硝化容易。故硝化所用混酸無須甚濃。但如以酸直接與酚作用，則作用每太遽烈，且發生氧化作用，故每將酚作成磺酸 (Sulphonic acid)，再硝化之，茲分述如下：

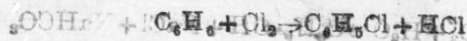
第一步：磺酸化 (sulphonation) 1 分子酚與 3.5 分子硫酸 (濃硫酸) 作用；遂成一磺酸與二磺酸之混合物。



第二步：硝化 (nitration) 舊法將磺酸稀釋，使含 50% 磺酸；乃在瓦器中與 65% 濃度之硝酸作用。新法則應用鐵器，其法在磺酸中加多量硫酸，復以 1.48 比重之硝酸作用；最初 40°C，最後 110°C。新法便於大規模製造，但所得成品，含硫酸基約 0.2%；瓦器法所造則僅含 0.05%。得率約為理論之 77—87%。此外尚有繼續法，以及用硝酸鈉以代硫酸等等方法。製造原理概如下式所示：

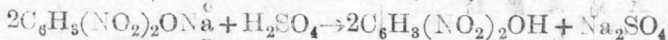
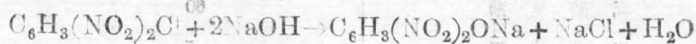


(II) 自苯經二硝基酚製造。





(沉澱)



(混酸)

第四十四節 性質

三硝基酚之工業品均為黃色，且皮膚觸之亦變黃，故中國軍隊中每呼之曰黃色藥。其味極苦，且為酸性，故亦名苦味酸 (picric acid)。略有毒性而不甚烈。純 2,4,6 位物熔點 122.5°C ；但工業品之熔點一般為 $121.5-122.5^\circ\text{C}$ ，在水中微溶； 15°C 時溶於 86 倍之水， 100°C 時溶於 20 倍之水。可溶於乙醇、苯、濃硝酸、濃硫酸等中。

三硝基酚之密度本為 1.76，但其熔鑄體之密度每僅 1.64 左右。壓成塊狀體之密度因壓力而增，680 氣壓下可壓成 1.41，2000 氣壓下可壓成 1.67。

熔化後成黃色油。不易分解；熱至 160°C 稍發生氣體， $300-310^\circ\text{C}$ 燒着。突然熱至 300°C 則爆炸。在普通火焰上燒去甚慢。

三硝基酚能與芳香烴或酚，或植物鹼等，以分子比例結合成結晶體。其他化學性質，自其構造上可以推知。

1887—1900 年間，有若干三硝基酚爆炸。據研究結果，知乃由於與金屬生成金屬鹽所致。蓋三硝基酚為酸性，一般金屬，除鋁錫外，均易與之成鹽；羥基中之氫為金屬所代。諸金屬鹽中，鉛鐵銅鹽均對衝擊敏感；例如用 2 千克重錘作落錘試驗，結果如下。

第十四表

三 硝 基 酚	60
三 硝 基 酚 鉛	5
三 硝 基 酚 鐵	7
三 硝 基 酚 銅	7
三 硝 基 酚 鋅	60
三 硝 基 酚 鈉	80
三 硝 基 酚 銻	80

又鉛鹽易於點着，故更為危險。一般言之，原子量愈大之金屬，其所成之鹽愈易點着。

惟三硝基酚與鉛在硫酸存在之下不易作用；因鉛之表面有一層硫酸鉛之故也。故一般規定成品中不得含三硝基酚鹽，而並不規定絕對不含鉛；因微量硫酸鉛之存在，頗為可能，且亦無大害。三硝基酚與鐵，作用不若與鉛之易，成品亦不存鉛鹽之危險；故製造時可用鐵器，成品且在有鐵箍之木桶中運輸。惟破彈中裝三硝基酚者，為穩妥計，每在破彈內壁塗一層不含鉛之漆，再將炸藥裝入；或則將炸藥盛紙筒中，然後裝入。

三硝基酚之火藥力量約如次，較三硝基酚為大（參照第十四節之註）。

氣體體積	680 升/仟克
爆熱	1000 大卡/仟克
爆溫	3400°C

第四十五節 用途

三硝基酚及以此爲主成分之混合物，昔日爲標準軍用炸藥。法之梅立尼脫 (Melinit)，英之立達脫 (Lyddite)，美之馬克新梅脫 (Maximite) 及屈來達脫 (Tridite)，德之 88 號彈丸炸藥 (Fuell pulver 88)，西班牙之劈克立尼脫 (Pierinite)，意大利之配泰脫 (Perfite)，瑞典之擴羅尼脫 (coronite)，日本之下瀨藥均是也。1914—1918 年中。英國每星期造三硝基酚 1000 噸，三硝基甲苯 500 噸，至今在炸藥方面猶佔僅次於三硝基甲苯之地位。

三硝基酚較之三硝基甲苯，有下列三優點：(1) 力量較大；(2) 密度大於三硝基甲苯；(3) 製造易。但有下列諸缺點：(1) 酸性，可成危險之鹽。(2) 感度比三硝基甲苯爲大，用於穿甲彈^① (armor piercing shell) 不相宜。(3) 現今甲苯有合成法，酚則因人造膠塑物之發達，用量甚多，致價日昂；故三硝基酚之價昂於三硝基甲苯。例如戰前日本之市價，三硝基甲苯每仟克 1.2—1.8 日金，三硝基酚 1.5—2.0 日金。綜上而觀，可以明三硝基酚爲三硝基甲苯所排代之故矣。

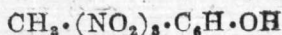
① 穿甲彈之壁厚，其端炸火。用延期引信 (relay fuse) 使撞目標後，隔少頃方爆炸。換言之，彈貫穿目標以後方爆炸。此種藥中炸藥加硝敏感，則於貫穿目標之前，即因猛震而炸，不待引信之作用，即不能貫穿堅甲也。

第四十六節 其他酚類之硝基物

(I) 二硝基酚 將酚適當硝化而成，可與三硝基酚混合以降其熔點，使便於熔鑄。蓋三硝基酚之熔點爲 122°C 左右，混之以二硝基酚，則可使其熔點降至 100°C 以下，遂可用熱水融化。美之屈來達脫，即爲此種混合物也。

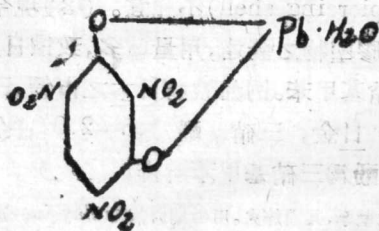
四硝基酚及五硝基酚可以製成，而製造困難，一般不用。

(II)三硝基甲酚 三硝基甲酚之製法與三硝基酚類似。甲酚(creso)自煤膏得來，本為間位，鄰位，對位三者之混合物；但隣位物對位物在硝化時均被氧化；故硝化後成品為 2.4.6 三硝基間位甲酚，



純者熔點 105°C ，工業品，熔點 100°C 左右。黃色針狀，能溶於熱水。亦可成金屬鹽。所成之鹽比三硝基酚之鹽為稍鈍感。法國曾用三硝基酚與三硝基甲酚之混合物為軍用炸藥。

(III)三硝基間位苯二酚 (trinitroresorcinol) 與二硝基間位硝二酚均為炸藥，但因價昂不用。其鉛鹽則均可用為點火藥，尤以三硝基間位苯二酚鉛為重要。

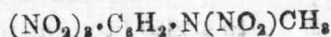


三硝基苯二酚鉛一般造成者含一分子結晶水。為淡橘黃色，固體。密度 3.1。易點着。現今每與疊氮化鉛混合後用於雷管中（第五十五、五十六節）；疊氮化鉛引爆力強而不易點着，合此則兩全。

第十二章 芳香族胺(Aromatic Amines) 之硝基物

第四十七節 特出兒(Tetryl)

(I)性質 特出兒乃 2,4,6 三硝基苯甲硝胺(trinitrophenyl methyl nitramine),



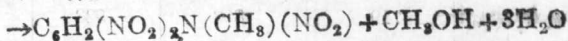
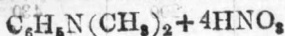
乃淡黃色粉末。工業品熔點為 129—130°C, 186°C 左右發火, 性頗毒。不溶於水, 稍微溶於乙醇, 與鹼煮則分解, 機械強度與三硝基酚相近, 其火藥力量如下(參照第十四節之註):

氣體體積 720 升/仟克

爆熱 1070 大卡/仟克

爆溫 3400°C

(II)製法 特出兒由二甲苯胺 $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_2$ 或甲苯胺 $\text{C}_6\text{H}_4\text{NHCH}_3$ 硝化而得。自甲苯胺製造時, 每易生成間位硝基物, 復變為酚類物。故一般用二甲苯胺為原料。



CH_3OH 復大部被氧化變為氣體。

實際製造方法, 乃將二甲苯胺溶於十倍 66°Bé 硫酸冷卻之, 使維持 25—29°C, 成為磺酸, 另在耐酸鋼製之硝化器中, 置 99% 濃度之硝酸, 將二倍量之磺酸流入, 維持 50°C, 加畢後以 55°C 熱一小時以上, 硝化即完成。乃濾過, 洗滌。再以

此粗製品溶於丙酮，以氫氧化鉍中和；再加水沉澱之，得率為理論之 79%。

(III) 用途：

(1) 特出兒炸力大，且易引爆，即壓成高密度後仍然，故用為傳爆藥 (Booster) (第五十九節) 最宜。

(2) 雷管 (Detonator) 中副藥 (secondary charge) 用之 (第五十六節)。

(3) 與三硝基甲苯混合後，用於魚雷中。例如德國曾用 30-40% 三硝基甲苯，60-70% 特出兒之混合物。

第四十八節 四硝基苯胺 (Tetra-nitroaniline)

(I) 性質 一般芳香族環中不易代入四個硝基，惟苯胺易成四硝基物。為綠黃色固體。密度 1.867，比一般芳香族火藥為大。且壓成高密度時，仍易引爆。在常溫不溶於苯丙酮等。炸力比其他芳香族炸藥為大，且炸時不析出礫渣。例如鉛塊試驗與擺子試驗之結果如下：

鉛塊試驗 (II)

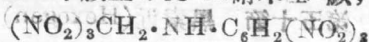
	三硝基甲苯	三硝基酚	火藥棉	四硝基苯胺
鉛塊試驗	251	277	290	430
擺子試驗	923	923	923	1056

(II) 製造 將苯胺化，得間位二硝基苯，用鉛金屬之硫化物還元，得間位硝基苯胺 $C_6H_4(NO_2)NH_2$ 。再加以硝化，可得 2,3,4,6-四硝基苯胺 $C_6H(NO_2)_4NH_2$ 。得率為理論之 60%。如直接自苯胺製造，得率僅理論之 30%。

(III)用途 美國將四硝基苯胺，加 5% 石臘後，用於敵彈中為炸藥。德國對其安定性頗懷疑，未加應用。

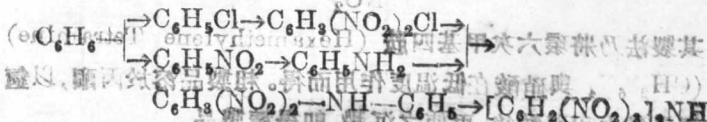
第四十九節 (對稱)六硝基二苯胺(Hexanitrodiphenylamine, Hexyl)

對稱六硝基二苯胺蓋即雙“三硝基基”胺，



乃深黃色棱形晶。240°—260°C 左右熔化，同時分解。不溶於水，乙醇，乙醚，具酸性；其銨鹽即有名之染料 Aurantia。頗毒，使皮膚及粘膜發疹。炸力介乎特出兒與三硝基酚之間。

六硝基二苯胺與三硝基甲苯之混合物，可以鑄成塊狀。德國曾用前者 60—70%，後者 30—40%之混合物，鑄成 1.7 密度之塊，用於魚雷中。其製造可自二苯胺直接硝化；但更普通之製法，乃如下式所示：



芳香族胺之硝基物，除本章已述之特出兒等三物外，可用為火藥者尚甚多。但均因製造複雜，價格昂貴，尚無工業上之價值，故不復贅矣。

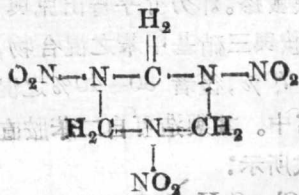
此類硝基物，其製法與三硝基苯胺相似，其製法如下：
 1. 將二苯胺與三硝基苯胺混合，其比例為 1:1，其密度為 1.7。
 2. 將此混合物鑄成塊狀，用於魚雷中。

又法，將二苯胺與三硝基苯胺混合，其比例為 1:1，其密度為 1.7。

第十三章 非芳香族屬之硝基煙， 硝胺，硝醯合胺

第五十節 黑索近(Hexogen)

黑索近(Hexogen)意大利名之曰 T₄，瑞典名之曰渥尼脫(Onit)，其構造尚未全明，或以爲如下式所示：



其製法乃將環六次甲基四胺(Hexamethylene Tetramine) (CH₂)₆ 與硝酸在低溫度作用而得。粗製品溶於丙酮，以氫氧化鈉中和殘酸後，再使之沉澱，即得精製品。

黑索近爲白色固體，幾不溶於水，熔點 204.5—205°C。熱至熔點以上，則生煙及焰而分解，但並不爆發。比重 1.8。其火藥能力與奔特脫相頡頏；爆熱 129) 大卡，氣體體積 900 升，爆溫 2800°C，爆速 8000 米/秒，其力量殊大也。現今頗爲德意瑞諸國所賞用。一般與三硝基甲苯混合後用，例如瑞典之下尼脫(Bonit)乃三硝基甲苯 50—70%，黑索近 30—50% 之混合物，密度 1.7；用於礮彈及魚雷中，威力較三硝基甲苯爲大。

此物之原料環六次甲基四胺，乃自蟻醛及氨合成，兩者又

均可合成。故資源力求自給之國家，如德國，特別着重之。惟現今因製造得率不佳，故價尚昂；德國近年頗研究其他得率較佳之製造方法。

第五十一節 非芳香族屬之硝基烴

(I) 脂肪族硝基烴 脂肪族烴之硝基物，製造殊不易，得率甚低。其較有提及之價值者，惟四硝基甲烷及六硝基乙烷而已。

四硝基甲烷 $C(NO_2)_4$ 由醋酐 (Acetic anhydride) 與硝酸作用而得，得率僅為下式之 44% 左右。

$$4(CH_3CO)_2O + 4HNO_3 \rightarrow C(NO_2)_4 + CO_2 + 7CH_3COOH$$

為易於流動之液體。不溶於水。比重 1.65。凝固點 $13^\circ C$ ，沸點 $126^\circ C$ ，有特臭，有毒，可致咳嗽。

四硝基甲烷單獨不能爆發。但與苯，乙醇，甘油等可燃物混合後，爆速可達 9000 米/秒，比任何火藥為大；爆熱可達 17.0 大卡，亦僅次於液體火藥，故其猛度異常大。惜因價昂而未能實用耳。

六硝基乙烷 $C_2(NO_2)_6$ 則單獨即可炸。甚鈍感；二仟克錘須一米以上落下方炸。其製造手續甚繁，(由三硝基酚與溴作用，得硝基三溴甲烷，以之與氰化鉀作用得四硝乙烷之鉀鹽，復與硝酸作用而得。) 價甚昂，不能實用。

此處有興趣者，即四硝甲烷，含過量氧頗多，單獨不能爆；六硝基乙烷，含過量氧較少，反能爆；可見含氧之量超過完全燃燒所需之量後，愈多愈不易爆；此與芳香族物，含氧愈少愈不易爆者，正為兩極端情形，而原理則相同。蓋愈趨近恰可成完全燃燒之成分；則愈易爆也。

(II) 雜環族硝基烴 呋喃(Furane)及四氮一烯伍圓(Tetrazole)之硝基物,均為火藥,但無實用價值。

第五十二節 脂肪族硝酸合脲(Aliphatic Amine Nitrates)

硝酸合甲脲(Methylamine nitrate) $\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{HNO}_3$, 二硝酸合次乙基二脲(Ethylene diamine dinitrate) $\text{HNO}_3 \cdot \text{NH}_2(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2 \cdot \text{HNO}_3$, 硝酸合脲(Urea nitrate) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$, 硝酸合胍(Guanidine Nitrate) $\text{HNC}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$ 等均為火藥;其中較為重要者厥為硝酸合胍。

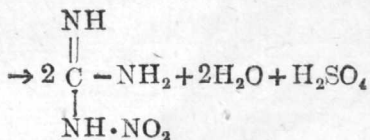
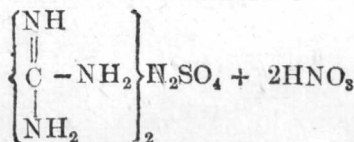
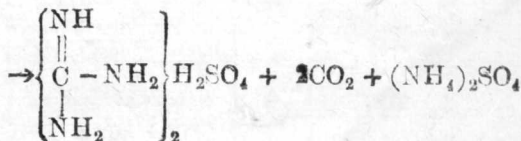
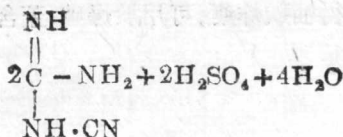
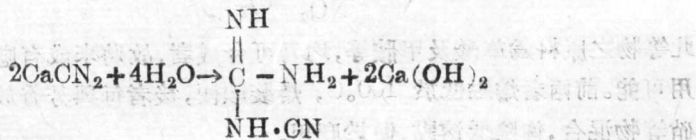
硝酸合胍為熔點 217°C 之固體。意大利所造阿爾別脫(Albit),乃硝酸合胍與硝酸銨之混合物。熔點 $115-120^\circ\text{C}$, 可以鑄熔。密度 1.2 時,鉛塊試驗結果為 320 立方厘米,三硝基甲苯則僅 270—250 立方厘米,可見其炸力甚大。將硝酸脲與氰胍(Cyanguanidine)共熱,並應用過量之硝酸銨,即成硝酸合胍與硝酸銨之混合物,可即以之應用。

$\text{C}(\text{NH}_2)(\text{NH})(\text{NH}\text{CN}) + 2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{C}(\text{NH}_2)_2\text{HNO}_3 \cdot \text{NH}$
按氰胍乃自氰氮鈣(CaC_2N_2)加水分解而得,價尚不昂;故上物價尚不甚昂。性鈍感而炸力大,其惟一缺點為吸濕,具酸性。

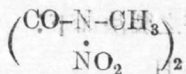
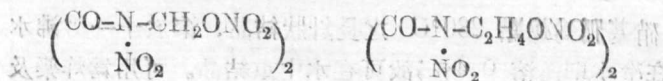
第五十三節 脂肪族硝胺(Aliphatic Nitroamine)

(I) 將上節所述之硝酸合脲脫水,即得硝胺(nitramine),如甲硝胺 CH_3NHNO_2 , 次乙基二硝胺 $(\text{O}_2\text{N} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2)_2$, 硝基脲 $\text{CO}(\text{NH}_2) \cdot \text{NH} \cdot \text{NO}_2$, 硝基胍 $\text{HN} \cdot \text{C}(\text{NH}_2)\text{NH} \cdot \text{NO}_2$ 等均為火藥。其中惟硝基胍較為重要。

硝基胍爲爆點 230°C 之長針狀結晶, 溶於十一倍沸水中, 在冷水則僅溶 0.4%; 故可在水中重結晶。可用爲炸藥及無煙藥之成分, 其最經濟之製法如下:

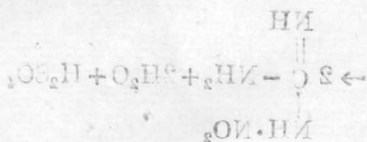
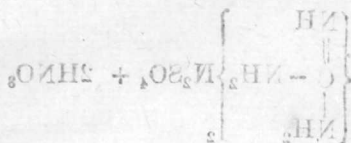
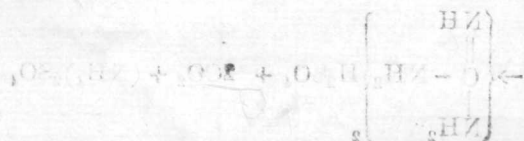
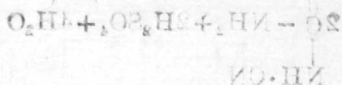


(II) 二硝基二硝酸烷基乙二醯胺 (Dinitrodialkylamide Dinitrate) 及二硝基二甲基乙二醯胺 (Dinitrodimethyl-oxamide),



此等物之原料為草酸及甲脛等，均乃可合成者，故將來或有應用可能。前兩者燻點低於 100°C，燻裝頗便，後者每與芳香族硝等物混合，俾降低溶點，便於應用。

(III) 將動物膠加以硝化，得油狀炸藥，可用於爆破，蓋含硝基胍與硝基脛也。



(II) 二硝基二脛 (Dinitroethylene Diamide)

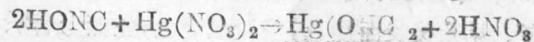
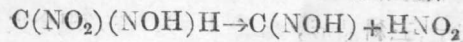
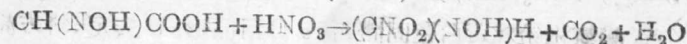
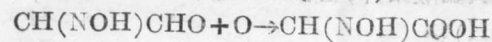
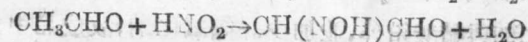
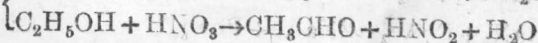
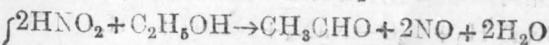
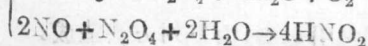
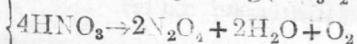
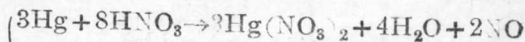
(I) 二硝基二甲基二脛 (Dinitrodimethyl Diamide)

(Gibmido)

第十四章 引藥(initial explosives)

第五十四節 雷汞 (mercury fulminate)

雷汞 $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ 乃由汞,酒精,硝酸製成;例如將 300 克汞,溶於 2300 立方釐米之比重 1.36 之硝酸中,放數小時;注入 3200 立方釐米濃酒精中,待溫度自然昇至 80°C 時,再加濃酒精 700 立方釐米;至將近 85°C ,又加濃酒精 100 立方釐米;冷至 50°C 以下,濾過洗滌即可。得率為汞之 120—125%。製造時之化學作用甚為複雜,據現今研究所得結果,大約如下:



純雷汞為白色,八面棱形晶體;或針狀晶體;晶體發絲光,觸之有柔軟感。不溶於冷水,熱水中溶 0.77%;能溶於酒精;又溶於氰化鉀及氨等內,但加酸則又沉澱;可利用此性質以精

製之。易溶於硫代硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)內，同時起分解；鹽酸內亦然。

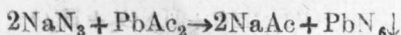
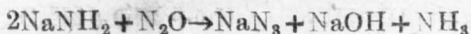
一般工業品純度乃 98—99%，餘 1—2% 乃汞，草酸汞等。工業品每帶灰色，倘製造時加少許氯化亞銅在鹽酸之溶液，則可得白色成品，但純度未必因而增高。

密度 4.30，發火點 162—168°C。在常溫安定；40°C 以上微有分解；75°C 加熱三個月後，不能再發火，性質全變。對機械震度甚為敏感，0.1 仟克重錘自 5—10 厘米落下即足使之炸。又甚易點着，且甚易成爆轟；在密閉管中如量在 0.2—0.3 克以上，點着後即成爆轟。凡此均與其他炸藥迥不相同，此所以可用為引爆藥也。

雷汞之火藥力量並不大，爆熱 368 大卡/仟克，氣體體積 315 升/仟克。爆溫 4450°C（參照十四節之註）。

第五十五節 疊氮化鉛(Lead azide)

疊氮化鉛乃近年來重用之引爆藥。由下列方法造成。



事實上疊氮化鈉與醋酸鉛外，並加少許氫氧化鈉，故成品中含 5—9% $\text{PbN}_3(\text{OH})$ 。

疊氮化鉛為黃白色固體，有 α β 兩晶形。 α 安定，斜方晶，比重 4.71； β 不安定，三斜晶形，比重 4.93。蓋乃現今火藥中密度最大者。見光後表面變色；些微之變色，並無影響於其性質；如變色太甚，則較難點着。對熱之安定性比雷汞為佳；75°C 加熱二個月，重量減 1.5%，引爆力減至原來之三分之二。感度較雷汞為鈍，0.1 仟克重錘須 25—40 厘米落下方炸

(純疊氮化鉛 25 釐米,工業品 40 釐米),點火亦較雷汞爲難,惟點着以後,幾立即爆轟。密閉器中約 0.025 克以上即完全爆轟,雷汞則須 0.2-0.3 克以上方爆轟;故疊氮化鉛表現之引爆力,較雷汞者爲大。下表乃引爆奔特脫及特出兒所需引爆藥之藥量。

第十六表

	壓 (氣壓)	力 引 奔 特 脫 使 爆	引 特 出 兒 使 爆
雷 汞	200	0.18 克	0.28
疊 氮 化 鉛	250	0.0025	0.0045
	500	0.009	0.040
	2000	0.06	0.30

上表之壓力一項,乃指疊氮化鉛或雷汞壓密時所用之壓力。雷汞及疊氮化鉛壓密後感度均變鈍,點火變難,同時引爆力減低,而雷汞爲尤甚。雷汞以 2000 氣壓壓密後,已不能再點着,稱曰已被「壓死」。疊氮化鉛則雖受 2000 氣壓之壓力,仍可應用,惟使用量須增多而已。

第五十六節 雷管 (detonator, blasting cap)

十九世紀以前,火藥僅有黑色火藥一種,此時無引爆藥之必要;蓋黑藥可用藥線點着,藥線中亦裝黑藥,可用火直接點着。1867 年 Nobel 發現硝化甘油用雷汞引爆後,力量始能充分發揮;1871 年 Sprengel 發現一向用爲染料之三硝基酚,用雷汞引爆,可以猛烈爆炸。自此以後,引爆藥乃大用。爲便利起見,現今均將引爆藥盛於小管中,將小管插於炸藥中預留之

小孔中而用之。此小管稱為雷管。

雷管可分為下列數類：

單式雷管……裝雷汞及氯酸鉀。

複式雷管……
 { 裝雷汞(正藥)及特出兒等(副藥)。
 { 裝疊氮化鉛及三硝基二酚鉛(正藥),及
 { 特出兒等(副藥)。

雷汞中加入氯酸鉀後,能量增大,引爆力亦增大;但吸濕性每亦為之增大。疊氮化鉛中所以加三硝基苯二酚鉛者,因疊氮化鉛單獨太難點着,故加以易點着之成分也;一般乃 40% 疊氮化鉛, 60% 三硝基苯二酚鉛。

凡含雷汞之雷管,均用銅製;含疊氮化鉛之雷管均用鋁製。蓋雷汞可與鋁作用,析出汞使鋁成汞齊(amalgam),致雷管破裂。另一方面,疊氮化鉛則在有二氧化碳之濕空氣中,與銅起作用,生過度敏感危險之疊氮化銅;雷汞與銅在同樣情形下固亦起作用,但生成之鹼性鹽,鈍感,至多使其效力稍減,並無危險也。此外有提議用黃銅,鋅,耐酸鋼,紙質,合成膠塑體等者。

所謂複式雷管者,其中除引爆藥外,並裝有特出兒或三硝基甲苯或黑索近,奔特脫等炸藥,如第七圖所示。其中引爆藥稱正藥(primary charge),特出兒等稱曰副藥(secondary charge)。



第七圖

蓋今之引爆藥,力均不及炸藥,其長處,乃少量即可達完全爆轟。今在雷管中裝引爆藥及炸藥,兩者密切接觸,用引爆藥引起炸藥之爆轟,再一同發揮其能力,

則引爆力自大。例如 0.35 克雷汞，0.8 克特出兒之複式雷管，其力大於 1.5 克雷汞之單式雷管，內帽亦所以增加其力量。

現今所用各雷管之裝藥如下表所示（現已不常用之小號雷管不錄）：

第十七表

(1) 單式雷管

號數	3	4	5	6	7	8	9	10
裝藥(克)	0.54	0.65	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
長(毫米)	26	28	30	35	40	45	50	55
徑(毫米)	6	6	6	6.5	6.5	6.85	6.85	6.85

(2) 複式銅雷管(雷汞)

號數	6	7	8	9	10
正藥	0.4	0.45	0.5	0.5	0.5
副藥	0.4	0.45	0.85	1.1	1.25

(3) 複式鋁雷管(疊氮化鉛)

號數	4	5	6	7	8
正藥	0.25	0.27	0.30	0.30	0.30
副藥	0.25	0.30	0.40	0.65	0.85

雷管及引爆藥力量之強弱，可用下列諸方法測驗之。

(1) 釘試驗 將雷管繫於鐵釘上，爆發後測釘彎折之角度。

(2) 沙試驗 將雷管在沙中爆發後，將沙篩分，測其被炸

細之程度，此法美國採用為雷管之標準試驗。

(3) 雛型白礮試驗 原理同普通之白礮試驗。

(4) 實際引爆藥試驗 試引爆某一定火藥所須之引爆藥量，此一般用於引爆藥，用於雷管不便。

(5) Epsom 試驗 三硝基甲苯加種種分量之石蠟，以引爆藥引爆之；試至多可加若干石蠟尚可引爆。

第五十七節 電點火管，電雷管

雷管之點着，除用第五十八節所述之導火索外，尚可用電力加熱點火。此種雷管曰電雷管 (electric blasting cap)。電雷管實為雷管與一電點火管 (electric igniter) 合併而成。故先述電點火管。

電點火管乃一紙製或黃銅製之小筒，內置點火藥。插入二電極，以硫或硫與氯煙之混合物，膠封其一端，僅露出兩電線。其構造大別之可分為兩類：

(1) 橋式電點火管 點火藥中有一段鉑製或鉻鎳齊 (Cr-Ni alloy) 製之細線。電流通過則細線被灼熱至數百度，因而點火藥被點着。所用點火藥有鬆質密質兩種。鬆質者為火藥棉，密質者為內外兩層塗於線上而成；內層須易於點着，每用乙炔亞銅 (Cu_2C_2) 與膠棉之混合物，而三硝基苯二酚之鹼性鉛鹽，雷汞與氯酸鉀之混合物等亦均可用；外層則須生較長大之焰，可用氯酸鉀，過氯酸鉀，或硝酸鉀等，與三硫化二銻，鋁銻，鉛 (Zr) 等之混合物；或過氧化鉀與鈰鎂齊 (Ce-Mg alloy) 之混合物；均以膠調和；最後又用硝棉漆 (nitrocellulose lacquer) 石蠟等塗之。

(2) 間隙式電點火管 電極間有一間隙，而以點火藥粘

合，電通過點火藥，則發熱而使點着，或利用間隙間所生之火花而點着。

橋式電點火管因線之粗細長短，抵抗之不同，可分為數種。間隙式電點火管亦因點火藥中有無雜有導電體，而分為數種，凡此非本書所能詳。

所用之電有三種：(i)動力線或電燈線，用一電鈕操縱。(ii)電池亦用一電鈕操縱。(iii)點火機 (exploder)，蓋即一雛型之直流發電機，以手急拉其柄或轉其樞鈕，則發短時間之電，恰可合用。

電點火管又可依其外形分為下列諸種：

(1)單筒電點火管 其一端開啓，預備插入導火索。此導火索可再連接雷管。

(2)電雷管 電點火管與雷管合併為于一管中 (第八圖)，此種用者最多。

(3)聯電雷管之電點火管 電點火管與雷管分別為兩管，而以膠漆聯起。有時其中加一段傳火藥，使略為延期。



第八圖

第五十八節 導火索、導爆索

一般使爆破藥爆發，或用電雷管，或則用導火索點着普通雷管。

導火索 (Safety fuse)，就其用途及原理言，即為吾國舊式之「藥線」。惟藥線乃紙撚成，中有黑藥粉，其燃速不整齊，且易中斷。導火索乃數層線所繞成，中心之黑藥甚為均勻，其

外塗以瀝青之類；其燃燒頗爲均勻，每米燃燒時間平均 100 秒，上下至多三十秒。燃燒時火焰一般不致透過瀝青層。

另有一種導爆索 (detonation fuse)，內心不裝黑藥，而裝三硝基甲苯，三硝基酚，奔特脫，雷汞等。雷汞中每加 20% 石蠟以減感度。其裝雷汞或奔特脫者，以線繞成，外包以膠質。其裝三硝基酚或三硝基甲苯者，則因該藥必須密閉方易爆轟，故裝於金屬管中。三硝基甲苯用鉛管，三硝基酚用鋅或錫管。製造時將火藥熔裝於金屬管中，再將管拉成 5.0 毫米或 4 毫米直徑即可。現今奔特脫導爆索用者最多；以其爆速大而勻，且不若金屬管之難於彎折也。

導爆索在軍用爆破方面應用頗多。蓋軍事爆破貴迅速當機，故每須許多藥包同時爆發也。此目的當然亦可用電雷管達到。但許多個電雷管之互以電線聯接，無論順接或平接，均必用一定之接線法，如非有智識有訓練者，匆忙之際，往往易誤事。導爆索則僅須將其聯接，甚爲容易。其缺點則爲價值比用電雷管爲貴。故工業方面，用電雷管多而用導爆索少也。

第五十九節 火帽，引火藥

發射藥 (第十七章) 置於槍砲之藥筴 (cartridge) 中，其點着乃藉「火帽」(percussion cap) 之功。火帽爲一裝有引火藥之小銅盂，以槍砲之機構作用，有一撞針擊火帽之一面，則引火藥即點着，其火焰經另一面之小孔噴出，射於發射藥，而將其點着。

砲彈中炸藥之爆發，亦間接爲火帽之功。砲彈之頭部或底部，裝有引信 (fuse)。引信有碰擊引信 (percussion fuse) 及時間引信 (time fuse) 之兩種。碰擊引信之機構原理，蓋乃砲彈

接觸目標以後，突然自動而靜，引信中撞針，即因慣性之故，擊於火帽，因而發火。經一小段黑藥造成之延期藥，而點着雷管；雷管使特出兒或奔特脫爆發，特出兒或奔特脫乃使礮彈中炸藥爆發。特出兒或奔特脫在此用為傳爆藥(booster)。時間引信之機構原理，則當礮彈開始以高速運動之時，內部之機構即使一火帽點着；火帽點着一藥盤中之黑色火藥，待隔一定時間後，黑色火藥燒畢，即點着雷管，使之爆發。另一種時間引信，則礮彈開始以高速運動時，內部有一鐘表之機構，開始作用；待一定時間後，撞針擊於火帽而使點着。故無論何種引信，其中除有雷管外，必尚有火帽。

第十八表

雷	汞	—	40	—	27	15	10
三	硫	7.5	—	33.1	29	33	32
氣	液	—	—	66.2	37	45	51.3
玻	璃	—	15	—	6.3	7	—
蠟	燭	—	0.5	0.7	0.7	—	0.7
黑	藥	—	—	—	—	—	—
硝	酸	4.6	—	—	—	—	—
砂	化	14.5	10	—	—	—	—
三	硝	2.8	—	—	—	—	—
四	氮	4	—	—	—	—	—
過	氧	—	41.5	—	—	—	—

火帽中所裝之引火藥，必須對機械力相當敏感，能生火焰，而無引爆力者。昔時最常用之成分爲雷汞，輝銻礦，氯酸鉀三者。但據近年之研究，知雷汞及氯酸鉀兩者，爆發後所生氣體，略有損壞作用於槍砲之膛壁，故有不用之者，代氯酸鉀之物有硝酸銀，重鉻酸鉀，過氧化銀，硝酸鉍 ($TiNO_3$)，硝酸銻 ($CeNO_3$) 等。代雷汞之物有四氮火藥 (Hexrazone) (第六十節)，三硝基苯二酚鉛等。此外下列諸物，可代輝銻礦；硫，紅磷，矽化鈣，硫化鉛，硫代氰酸銅 [$Cu(SON)_2$]，硫代氰酸鉛，銻 (Zr) 粉等。上表乃幾種火帽中引火藥之成分：

手榴彈中炸藥之發火機構，有時用摩擦而不用衝擊，即一金屬線在引火藥中抽過，因摩擦而發火。此處之引火藥與火帽中所用者大同小異。

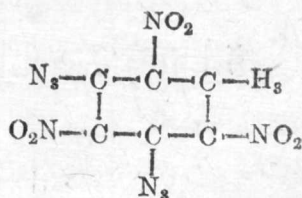
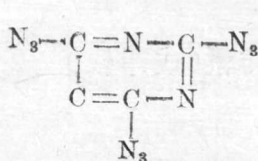
第六十節 其他引藥

現今所用之引爆藥，爲雷汞及疊氮化鉛。然此外可以用者尙多；惟或因價昂，或因性質不及此兩者，故尙未大用耳。茲擇要述之如次：

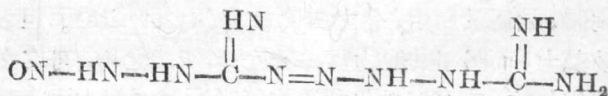
(I) 其他雷酸鹽 鎘銀銅等之雷酸鹽，均有類乎雷汞之性質。鎘銅鹽製造困難，銀鹽製法類汞鹽，爲白色帶絲光固體；沸水溶 2.8%；見光略變色；其特點乃滴硫酸一滴即足致炸，故在特殊情形下，如暗殺器具等似可利用。

(II) 其他疊氮化物 疊氮化銀疊氮化鎘之引爆力均高於疊氮化鉛。但前者原料貴，後者製造不便，故均不能實用。

此外有機物之含疊氮化基者，如三疊氮化三聚氰 (cyanurtriazide) 可用爲引爆藥，三疊氮化三硝基苯 (trinitrotriazidobenzene) 可用爲引火藥之成分。



(III) 四氮化藥 (tetrazene) 學名爲胍基亞硝酸胍基四氮 (guanidylnitrosoguanidyl tetrazene)。



黃白色，發火點 138--142°C，不吸濕，不溶於水。鬆狀者不易點火，壓緊者則尚易。對機械力比雷汞爲敏感，受壓後引爆力即銳減，故不能取代雷汞在引爆藥方面之地位，但可代雷汞用於火帽中。歐洲現頗用之。

(IV) 乙炔化銀 (Silver acetylide Ag_2C_2) 及乙炔化亞銅 (cuprous acetylide Cu_2C_2) 銅鹽銀鹽之溶液中，通入乙炔，則得沉澱。比雷汞更易點着，今用於電雷管中點火藥之內層。

(V) 其他 四硫化四氮 (N_4S_4)，氯化氮 (Cl_3N)，溴化氮 (Br_3N)，碘化氮 (I_3N)，若干重氮化合物 (diazocompounds)，臭氧化乙烯 (ethylene ozonide) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$ ，過氧化丙酮 (acetone superoxide) $(\text{CH}_3)_6\text{C}_3(\text{O}_2)_3$ ，三過氧化六次甲基二胺 (hexamethylene triperoxide diamine) $\text{N}_2(\text{CH}_2)_6(\text{O}_2)_3$ 等，均不能實用。

第十五章 硝化甘油炸藥(代拿枚)

第六十一節 概說

硝化甘油雖已於 1847 年發明，且已知其可以爆發，然迄未實用。1864 年 Nobel 將其吸收於矽藻土(Kieselgahr)中，成爲固體，始便於應用，名之曰代拿枚(dynamite)。但其後不用矽藻土，而另用其他物質爲吸收劑，所成之物，可名之曰廣義的代拿枚，或名曰硝化甘油炸藥(Nitroglycerin explosives)。茲一一分述各種代拿枚如次：

(1) 矽藻土代拿枚 矽藻土可吸硝化甘油三倍，故一般矽藻土代拿枚之標準成分乃 75% 硝化甘油，25% 矽藻土，質軟而可塑。除矽藻土外，碳酸鎂及其他富吸收力之物均可應用，但吸力均不及藻土。

(2) 可燃物代拿枚(Straght dynamite) 矽藻土乃不能燃之成分，倘用木屑等可燃物與硝酸鹽等氧化劑代之，則能量

第十九表

硝	化	甘	油	20	40
硝	酸	鈉		61	45
礬	酸	鈣	等	1	1
木	屑	等		16	11
水		分		2	2
氣	化	鈉		—	1

當增大。此種火藥，美國法國頗用之。但此等吸收物之吸收力均不及矽藻土，故此種代拿枚含硝化甘油至多 60%，一般為 15%，20%，40%，乃至 60%。兩種樣品之分析結果如十九表。

如用硝酸鐵為氧化劑，則稱鐵代拿枚 (ammon-dynamite)。此時因硝酸鐵發生氣體較多，故力量較用鉀鹽鈉鹽時為大，但同時略有吸濕性。下列為數種之例：

第二十表 法國鐵代拿枚

	1 號	2 號	3 號
硝 化 甘 油	40	20	22
硝 酸 鐵	45	75	75
矽 藻 土	5	—	—
木 屑 等	10	5	—
木 炭	—	—	3
作完全燃時多餘之氧	+0.75	+9.7	+7.8%
鉛塊試驗(立方釐米)	400	335	330
鉛柱猛烈計(毫米)	22	15.5	16
密 度	1.88	1.2	1.83

(3) 爆膠 (blasting gelatine) 7—10% 硝化纖維素，90—93% 硝化甘油，可成膠狀質，稱爆膠。此時硝化甘油中過餘之氧，恰足完全燃燒硝化纖維素，故能量甚大。

(4) 膠代拿枚 (gelatine dynamite) 成分在爆膠與可燃物代拿枚之間。其配方至多，一般大約在下列範圍內：

硝化甘油	39—87%
硝化纖維素	1—3%
木屑等可燃物	2—8%
硝酸鹽	9—60%
芳香族硝基物	0—10%

其成分及其力量見下表（爆膠亦列於內，以資比較）：

第二十一表

	爆 膠	65%膠代拿枚		40%膠代拿枚
硝 化 甘 油	93	62.5	62.5	38
硝 化 纖 維 素	7	2.5	2.5	2
三 硝 基 甲 苯 等	—	—	—	10
硝 酸 鉀 (鈉)	—	27	—	44
過 錳 酸 鉀	—	—	27	—
木 屑	—	8	8	6
作完全燃燒多餘之質	6	4.6	+4.4	+3.8
藥 包 密 度	1.55	1.55	1.65	1.6
鉛 塊 試 驗 (c.c.)	555	400	430	390
猛 度 計 (m.m.)	24	20	21	18
爆 速 (米/秒)	700	650	650	620

倘用鉍鹽代硝酸鉀或硝酸鈉，則稱鉍膠代拿枚 (ammon-gelatine dynamite)，現今用者日多。

事實上現今之爆膠，膠代拿枚及可燃物代拿枚中，每不用

純硝化甘油，而用硝化甘油與二硝酸乙二酯之混合物；兩者之比為 3—4 與 1 之比。如此造成之代拿枚，冬日不致冰凍，名曰不凍代拿枚 (non-freezing dynamite)。

(5) 安全代拿枚 (safety dynamite) 此乃「膠代拿枚」及「可燃物代拿枚」之變相。其特點為較鈍感，運輸時較安全；不凍，能力則稍低。且頗吸濕，此其缺點耳。

此種炸藥，含硝酸銨頗多，又可分為兩類，其一用二硝酸氣丙二酯以代硝化甘油。另一則仍用硝化甘油，而含較多之芳香族硝基物。下列乃幾種成分之例。

第二十二表

	瑞士推而雪脫 (Telsit)	德國一號膠代拿枚	法國馬丁那脫 (Mortinite)
硝化甘油	22	18	18
二硝酸氣丙二酯	—	30	4.5
硝化纖維素	1.5	3	0.5
二硝基甲苯	21	10	12.5
硝酸銨	55.5	45	—
雷酸銅	—	10	54.5
麥粉	—	—	—
木屑	—	2	10
密度	1.55	1.45	—
鉛塊試驗 (c.c.)	380	400	—
猛度計 (m.m.)	15	—	—
爆速 (米/秒)	6000	—	—

第六十二節 性質

市場上之爆膠及他種代拿枚，製造時每加有少許顏料，故成品為黃紅似鼻煙之色。此乃商業上之習慣，實並無必要。藥包密度 1.5—1.6。倘加有氯酸鉀，密度可高至 1.8。惟安全代拿枚，因含硝酸鉍多，密度為 1.45—1.55。爆膠完全為膠質；膠代拿枚為半膠狀之可塑體；矽藻土代拿枚，可燃物代拿枚，安全代拿枚等，則非為膠體，但仍略軟而帶可塑性。

代拿枚為一混合物，故仍具有各成分之性質。按硝化甘油可以冰凍，故代拿枚亦可冰凍。但今用硝化甘油與二硝酸乙二酯之混合物，與選代之以二硝酸氣乙二酯，則不復再凍。又含芳香族硝基物多硝化甘油少，則亦可不凍，此安全代拿枚所以不凍也。又硝化甘油有兩爆速，今代拿枚一般初造成時易達高爆速，放置數日以後，則爆速每降低，須用更強有力之引爆藥，方可使之達高爆速。故現今使用代拿枚時，務用強雷管如八號雷管為妥。

代拿枚在熱帶久貯可以泌出硝化甘油。含硝化纖維素者較不易泌出。

下列為代拿枚之火藥力量（此外並可參考第六十一節之表）（參照十四節之註）。

(1) 爆膠：

爆熱	1560 大卡/仟克
氣體體積	716 升/仟克
爆溫	4200°C

(2) 膠代拿枚（65% 硝化甘油）：

爆熱	1800 大卡/仟克
----	------------

氣體體積	620 升/仟克
爆溫	3700°C

感度則如下(2仟克錘)：

砂藻土代拿枚	5 厘米
爆膠	10 厘米
膠代拿枚	12—20 厘米

第六十三節 製造

原料

(1) 硝化纖維素必用易與硝化甘油膠化者，自硝化纖維素廠運來時每尙含水 25—35%，來此後以 40—60°C 烘 6 小時以上，使水份降至 1% 以下。

(2) 硝酸鹽運來時因途中吸濕之故，每易團結成塊，故必加以烘乾磨碎。

(3) 木屑之粗細，須大部經 0.2—0.3 毫米之篩，而不能經 0.1—0.2 毫米之篩，宜加以烘乾篩分。其餘可燃物如各種麥粉，木炭粉，泥煤 (Peat) 等，亦有用者。所用可燃物之選擇，除須顧慮吸收力外，並影響成品之密度及爆速。

(4) 芳香族硝基物，除可作可燃物之作用外，並可供給一部分能量，且可助硝化甘油膠化。如為固體，須熔化後加入。

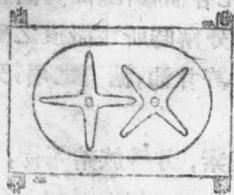
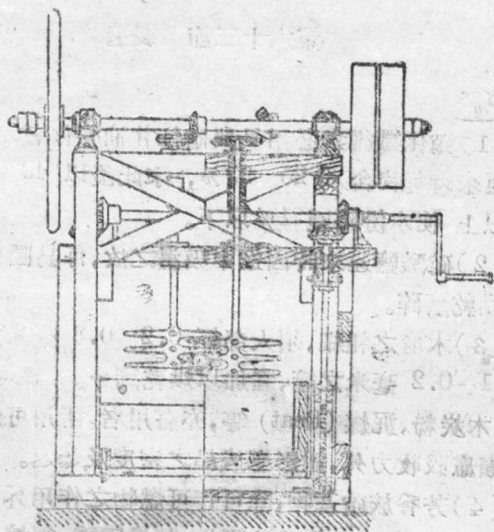
(5) 此外為中和分解時所生微痕之酸，有時加少許碳酸鈣；為助其團結，加少許甘油，糖漿之類；又習慣上有時加微量顏料。

混和 硝化纖維素，芳香族硝基物，及一部分木屑，送至硝化甘油室，加硝化甘油，用手混和。在 25—35°C 放一晝夜，或 45—50°C 左右放 2) 分鐘；此手續稱為預膠化。同時

硝酸鹽與其餘木屑在木桶中混和。其後乃與預膠化後之藥膠在「拌和機」中以 $30-50^{\circ}\text{C}$ 拌和。拌和機有種種樣式：

(1) 輪研機，如第二圖所示，惟盤及輪為硬橡皮等所製，不能用鐵。此機宜用於可燃代拿枚。

(2) Werner 機，機內有橫置之一對彎形攪拌器，反向攪拌。



第 九 圖

(3) Robertson 機(第九圖)火藥放於橢圓形器中,內有一對垂直之棒形攪拌器。橢圓形器乃放在可以垂直上下之架上者;將其昇上,則可以受攪拌作用;將其降下則離開攪拌器,而可將此橢圓形器拉出。此機最為安全,但攪拌之效率不甚佳,且能僅用於膠代拿枚。

(4) 行星式機,此機與 Robertson 機相似,但攪拌器較為複雜,乃兩個反對方向轉動之攪拌器;兩者同時又繞同一軸而轉,其運動有如行星,故名。此機效率佳而安全。

可燃物代拿枚當然無須預膠化,將硝化甘油加於吸收物後,即可在拌和機中混和。

裝藥包 代拿枚均製成長條形之藥包,以期使用方便。裝藥包機,乃利用一螺旋形推動器,將藥推出,經一模子,以紙就之,即成一藥包。另一種機器則利用一往復運動之活塞,將藥衝出。其發動或用手工,或用壓縮空氣,或用電動力。歐洲均用小型者,一人管一機,美國則有大型自動裝藥包機,每機每小時可裝 500 藥包以上,僅須二三工人照料。

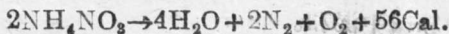
塗石蠟 藥包外須塗以熔化之石蠟。數藥包裝於一匣,倘藥中含有硝酸鈹。則此匣外應再塗石蠟。有時其外再包錫箔或鋁箔,使可充分防濕。

第十六章 硝酸銨，硝酸銨炸藥，特許炸藥

第六十四節 硝酸銨

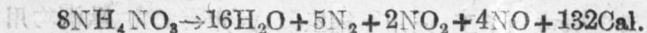
無機物單獨可成炸藥者僅寥寥數物，硝酸銨其最著者。然亦必在密閉器中以極強之引爆藥，方可致爆。爆轟時之作用近似如下：

(1) 爆轟完全時



此時每仟克生 980 升氣體，350 大卡，爆溫 1230°C，爆速 2000—2500 米/秒。

(2) 爆轟不完全時



此時每仟克生 945 升氣體，207 大卡，爆溫 800°C，爆速 1200—2000 米/秒。

按硝酸銨爆轟時生氣體量多，爆熱少，爆溫低，是乃其特點，亦含硝酸銨之火藥之特點也。硝酸銨易吸濕，是亦含硝酸銨之火藥之特點也。

硝酸銨係氨通入硝酸而得，完全為固定氮氣所得。故在資源之觀點上，特具利點。現今之無機鹽，殆以此物之產量為最多。

硝酸銨雖可單獨爆發。但因引爆太難，無單獨用者。但其混合物，則在火藥中應用甚廣。如阿馬托爾，阿摩那爾，(第三十九節) 銨代拿枚，銨膠代拿枚，安全代拿枚(第六十一節) 均為重要之火藥。此外尚有硝酸銨炸藥及特許炸藥，將於下兩

節分述之。至舊時有用以造發射藥者, 則今已不用矣(第七十二節)。

第六十五節 硝酸銨炸藥(ammonium nitrate explosives)

銨代拿枚及銨膠代拿枚中均含硝酸銨; 安全代拿枚中, 硝酸銨更多; 但物理性質仍與普通代拿枚無大異, 惟密度稍低, 感度鈍而已。今倘所用硝化甘油減至 4—5% 以下, 硝酸銨增至 80% 以上, 且加芳香族硝基物以供給可燃物, 則所成火藥與代拿枚不同: 密度小, 力量較小, 粉狀而非為膠狀, 安全鈍感, 稱之曰硝酸銨炸藥。硝酸銨炸藥價廉, 使用及運輸均安全, 歐洲鐵路上准以普通貨車運輸, 凡此均其優點, 故廣用於農業開荒等。但有吸濕性, 必須包裝嚴密。又宜於炸鬆軟之土, 而不宜用以炸硬質物。

硝酸銨之一小部分, 可以硝酸鈉或過氯酸鉀等代替, 惟不宜用氯酸鉀, 因氯酸鉀與硝酸銨相混, 有生成不安定之氯酸銨之可能也。

下表乃幾種硝酸銨炸藥之例:

第二十三表

	阿摩尼脫 (ammonit)		
	一號	二號	三號
硝 酸 銨	77—85	77—87	72—76
三 硝 基 甲 苯	10—18	12—20	11—15
木 粉, 麥 粉	1—3	1—3	1—4
硝 化 甘 油	3—4	—	3—4
過 氯 酸 鉀	—	—	2—5

其力量可舉一號阿摩尼脫爲例（硝酸鉍 79%，三硝基甲苯 17%，硝化甘油 4%）：

作完全燃燒過餘之氧	2.5%
鉛塊試驗（立方釐米）	390
鉛柱試驗（毫米）	16.2
爆速（米/秒）	5400
密度	1.09
爆熱（大卡/仟克）	957
爆溫	2170°C

硝酸鉍炸藥之製法與代拿枚大同小異。三硝基甲苯每用最下品者，或用精製二硝基甲苯時所得之滴油（第三八節）。

第六十六節 特許炸藥 (permitted explosives)

大多數煤礦及少數他種之礦，其中每有以甲烷爲主成分之可燃氣體。又煤礦倘非極潮，每有煤屑浮於空中。火藥爆發時所生熱氣體及壓力，可使礦中空氣與煤屑或可燃氣體，整個爆發，致發生慘案。現今歐美各國，均以法律規定凡用於此等礦中之炸藥，必具有特殊之條件，英美名之曰特許炸藥 (permitted explosives)。舊時有名之爲安全炸藥者。但 1906 年羅馬國際應用化學會議決定以安全炸藥 (safe explosives) 一名辭，用於感度低，可以安全處理之炸藥，如第六十五節所述之炸藥。

火藥爆發時何以遂使煤礦中空氣爆炸，以及其防制之方，乃一極重要之問題。細究之其理論至曠而繁，姑質言之：(1) 火藥爆發後所生氣體中含可燃物多者，易在空氣中自己點着，生所謂「後焰」(after flame)，且「後焰」長而時間久者，易

致煤礦爆炸。含硝酸鉀硝酸鈉等，其後焙時間延久，故特許炸藥中避免用此類成分。(2) 爆溫高者易致煤礦爆炸。故特許炸藥均以硝酸鉍爲主成分。又每加氯化鈉，氯化鉀，氯化鈣，硼砂，含水結晶碳酸鈉等。此等物揮發時吸收熱，故爆溫降低。且氣體中含有此等鹽之蒸汽後，可以遏制其點着。(3) 火藥之力量大，則所生壓力大，而易使空氣與煤屑甲烷等爆發。故特許炸藥之火藥力不得太大；加氯化鉀等之又一目的，即乃降低其火藥力也。又一次藥量不得太多，即每一鑽孔中所裝火藥，不得超過一定量（例如八百克），亦因恐所生壓力太大也。(4) 倘火藥爆發後有固體藥粒，一面燃燒，一面噴出，則易致煤礦爆發。凡爆轟不完全時均有此可能。故必用強有力之雷管引爆；鑽孔中裝入火藥後，須充分填塞，使爆轟必可完全。鋁雷管鋁紙包應禁用，蓋鋁每易一面燃燒，一面噴出也。

現今所用特許炸藥，可分類如次：

含硝化甘油	{	20—30%	可塑
		10%左右	半可塑
		4—5%	粉狀

一般以用含硝化甘油 4—5% 者爲多。茲舉數種特許炸藥之成分如二十四表：

昔時曾用另一種特許炸藥，如卡博那脫 (carbonite) 等。其中含氧極少，俾爆熱低，爆溫亦遂低；同時爆後所生氣體，含可燃成分甚多，在 50% 以上。倘煤礦中本含有甲烷等可燃氣體，則火藥氣體最初噴及之處，空氣中可燃物之濃度極大，已超過可炸範圍；換言之，即氧已不足供爆炸之需。迨氣體膨脹而與多量空氣混和，則溫度已降至不復能爆炸之程度。使用此種炸藥，於礦中工人衛生有害，且在無甲烷氣體而有煤屑之礦

中甚不安全，故現今已不用之。

第二十四表

	乙種凡推 但托厄脫 (Wetter- detenit B)	甲種凡推 巴伐立脫 (Wetter- Bavarit A)	摩諾貝爾 (Monobel)	格立蘇代拿枚 (Grisoudyn- amite)	格立蘇那夫脫 (Grisounop- hthit)
硝 酸 鈣	73	55	70	86	95
硝化甘油	4	12	10	12.5	—
二硝基甲苯	2	3	—	—	—
木 屑	3	2	10	1.5	—
氯化鉀等	19	23	10	—	—
二硝基藥	—	—	—	—	5
備 註	此類成分最 佳。	此類用者較 少。	用者較少。	法國用之，爆 溫低而火藥力 大，德國認爲 不安全。	法國用之，稍 吸濕後即不易 引爆。

又 1914—1918 年間，曾用以氯酸鹽過氯酸鹽爲主成分之特許炸藥，但焰溫太高，不甚安全，不久即放棄矣。

近年有一種「包緣藥包」(sheathed cartridge) 頗有價值。其法在特許炸藥之藥包外，包以一層氯化鈉，碳酸氫鈉，石膏，碳酸鈉，氧氯化鎂 (Mg_2OCl_2)，長石等物；德國用硝化甘油 5%，碳酸氫鈉 95% 之混合物，稱皮卡別脫 (Bicarbit)。此物本身即乃爆溫甚低之炸藥，爆速 2000 米/秒，爆溫 $400^{\circ}C$ 以此物 3—4 毫米厚，包於藥包外。

然現今之特許炸藥，均非任何情形下均絕對不能使煤礦爆炸。故同時必於使用時注意種種要點，如前述之裝藥限量，勿用鉛雷管等等。導火索亦不宜用，以免火焰透出，宜用電點

火。遵守此等要點，並使用特許炸藥，煤礦爆炸之事，殆已絕無僅有矣。用古獨克斯，海特陸克斯（第十八節），則自更特別安全。

火藥是否可以「特許」，除德國着重計算所得之爆溫外（煤層本身所用者，爆溫應不超 1500°C ，礦中石類所用者爆溫應不超 1900°C ），其餘諸國均用「坑道試驗」（gallery test）決定之。坑道乃一長筒，其中充滿某濃度之可燃氣體或煤屑，將火藥在其中爆炸，須不引起坑道中氣體之爆發，方可列為「特許炸藥」。詳細試驗方法，各國均各有法規規定之。

特許炸藥之力量，自以成分而異，一般言之，爆速 3500—5000 米/秒，爆熱 460—550 大卡/仟克，爆溫 $1300-1800^{\circ}\text{C}$ ，火藥力 4000—6000。

特許炸藥與六十五節所述之硝酸鈹炸藥兩者，初學者每不易分別，茲解釋之。硝酸鈹炸藥含硝化甘油甚少，密度低，粉狀，鈍感；然未必可用於煤礦，蓋其含芳香族硝基物多者，所生「後焰」大，且爆溫高，煤礦中決不安全也。特許炸藥之含 4% 硝化甘油者同時屬硝酸鈹炸藥，其含硝化甘油 20—30% 者，則密度大，感度亦較大，殆類乎膠鈹代拿枚矣。

(nitrocellulose) 硝酸鈹 第十八章

曰星，硝基節燃香裝好，且並制，硝基節燃香與硝基節燃
 應，硝基節燃。(nitrocellulose) 之製法，硝基節燃
 二藥。(nitrocellulose) 之製法，硝基節燃
 量代知硝基節燃大於三。硝基節燃
 硝基節燃以硝基節燃之製法，硝基節燃
 硝基節燃 8% 硝基節燃，硝基節燃

第十七章 氯酸鹽炸藥，過氯酸鹽炸藥

第六十七節 氯酸鹽

氯酸鉀 ($KClO_3$) 及氯酸鈉 ($NaClO_3$) 可自氯化物電解而得，資源甚豐，現今火藥幾均含氮，其製造幾均不能離硝酸，氯酸鹽過氯酸鹽則不然，此其特點也。氯酸鉀氯酸鈉性質相仿；後者價廉，資源方便；但吸濕，氯酸鉀不安定，不能用。

氯酸鹽單獨雖不能爆，但與可燃物混和後，則爆熱及猛度均頗大。如用雄黃松脂等可燃物，則混和不須甚勻，即易引爆；製造殊易，故革命黨人及無正式製造設備者每用此類炸藥。抗戰之初，吾國有若干呈請專利之火藥，蓋大都爲此焉。惟此類炸藥，均甚敏感，使用上殊不便，今世殆無復用之者。

今世所用含氯酸鹽之炸藥，重要者惟第六十八節之啓代脫。此外代拿枚中硝酸鹽，可一部或全部以氯酸鹽替代（第六十一節）；大凡用氯酸鹽之代拿枚，密度較大。

第六十八節 啓代脫 (cheddite)

氯酸鹽與油類之混合物，有時並加以芳香族硝基物，是曰啓代脫；德國則名之曰克羅拉的脫 (Chloratit)。常用之油，或爲植物油如蓖麻油，或爲礦物油如紡錘油 (spindle oil)。第二十五表爲德國克羅拉的脫之成分。其中三號克羅拉的脫力量較小；但價廉，且貯存中不若他兩種之可變爲難以引爆；現在德國用之最多。生氣體體積約 316 升/仟克，爆熱 1123 大卡/仟

克。

第二十五表

	一 號	二 號	三 號
氯 酸 鉀	77	80	80
木 屑	1	1	3
三 硝 基 甲 苯	14	15	—
石 蠟 油	4	4	—
紡 織 油	—	—	8
硝 化 甘 油	4	—	—
密 度	1.5	1.5	1.4
猛 度 計(毫米)	6.7—8.9	6.0—3.1	4.6—1.9
爆 速(米/秒)	4650	3300	2500

法國每不用氯酸鉀而用氯酸鈉。

此類炸藥一般為黃白色。略具可塑性，但非膠狀。密度至高可達 1.6。感度比普通代拿枚鈍，而與安全代拿枚相同；2 仟克錘約 30 釐米落下可使之炸。其力量與含硝化甘油較少之代拿枚相似。製造簡單，資源豐富，為其利點。工業爆破，軍事爆破，手榴彈中炸藥均可用之。法國 1918 年 Societé Universelle des explosifs 每天造 120 噸，以供聯軍之用。

第六十九節 斯撥來開爾炸藥

Sprengel 氏發明將氯酸鉀與液體可燃物分別運輸，使用時方混和。此種炸藥，稱斯撥來開爾炸藥 (Sprengel explosives)。氯酸鉀或用乾狀者，或加水少許使成糖狀。液體可燃物，可用二硫化碳，硝基苯，二硫化碳與苯或酚之混合物，以及硫在石油中之混合物等。其中以用硝基苯及二硫化碳者之力量為最大；然二硫化碳失之易於揮發，故以用硝基苯為妥。美

國造紐約港時即用此類炸藥，約含氯酸鉀 79%，硝基苯 21%。吾國現今造路工程，有時猶用氯酸鉀臨時灌以煤油。

運輸時既未混和，根本非爲火藥，故甚安全。但現在歐洲各國，以爲臨時混和之際，即不啻爲製造火藥；將火藥製造，委之非職業的製造工人——礦工——之手，且在情況難以控制監督之礦場舉行製造，實多危險，故均不復用之。

第七十節 過氯酸鹽炸藥

過氯酸鹽(MeClO_4)乃自氯化物或氯酸鹽電解而得。過氧化鈉難以結晶，故均將其製成銨鹽或鉀鹽。製造時耗電殊多，故似惟水電豐富之國家方可廣用此類炸藥。

過氯酸鹽比氯酸鹽安定。例如氯酸鉀 330°C 分解，過氯酸鉀則 410°C 尙不分解。過氯酸銨單獨可以引爆，爆熱不大，一般並不單獨使用。

過氯酸鉀可用以代替代拿枚中之硝酸鉀（第六十一節）。此外有下列諸炸藥，均含過氯酸鹽，但價均昂耳。

第二十六表

	三號克羅拉的脫 (Perchloratit S)	配悉脫 (Perdit)	配 拉 蒙 (Perammon)	勃拉斯丁 (Blastin)
過 氯 酸 鉀	34	10	—	—
過 氯 酸 銨	—	—	88—90	60
硝 酸 銨	48	73	—	—
三 硝 基 甲 苯	12	} 15	} —	} 11
二 硝 基 甲 苯	—			
木 屑	6	3	—	—
石 腦 油	—	—	10—12	—
硝 酸 銨	—	—	—	22
用 途	礦用	手榴彈用	礦彈用	軍用爆破

第七十一節 氯酸及過氯酸之有機化合物

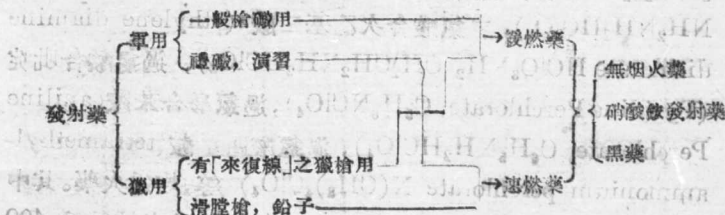
過氯酸合甲脞 (methylamine Perchlorate $\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{HClO}_4$), 過氯酸合胍 (guanidine perchlorate $\text{HNC}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HClO}_4$), 氯酸合聯氨 (hydrazine chlorate, $[\text{NH}_2]_2 \cdot \text{HClO}_3$), 過氯酸合聯氨 (hydrazine perchlorate $\text{NH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{HClO}_4$), 二氯酸合次乙基二脞 (ethylene diamine dichlorate $\text{HClO}_3 \cdot \text{NH}_2 \text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{HClO}_3$), 過氯酸合吡啶 (Pyridine Perchlorate, $\text{C}_5\text{H}_5 \cdot \text{NClO}_4$), 過氯酸合苯脞 (aniline Perchlorate, $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{HClO}_4$), 過氯酸四甲脞 (tetramethylammonium perchlorate $\text{N}(\text{CH}_3)_4 \cdot \text{ClO}_4$) 等, 均為火藥。其中惟過氯酸胍較有價值。此物能力極大; 鉛塊試驗之結果為 400 立方釐米; 密度 1.5 時爆速 6000 米/秒。目前則因價昂而未

能實用。

此物之性質及製法詳見前章。其化學式 (analogous to H_2O) 已載前。其製法詳見前章。其製法詳見前章。其製法詳見前章。

第十八章 無烟火藥(發射藥)

第七十二節 概述



發射藥之目的，乃將子彈射出。可分軍用獵用兩種。按獵槍有兩種，其一用以擊凶大之猛獸，有來復線，(rifle，即槍膛上之旋形溝槽，導子彈使回轉者。)實頗同於軍用步槍。另一種則無來復線，即所謂滑膛槍；又其彈非整個的，而乃許多鉛子；用於一般之狩獵。軍用發射藥則為各種口徑之槍砲所用，小至手槍及 6.5 毫米口徑之步槍，大至海軍砲，攻城砲，均必用發射藥以射出子彈。此外尚有空響藥，用於演習及禮砲。獵用之滑膛槍藥及軍用之空響藥，可列為一類，謂之速燃藥。其餘謂之緩燃藥。然兩者間實難嚴格區分，如手槍藥即近乎為速燃也。

就成分言，則以硝化纖維素為主成分者稱無煙火藥 (smokeless powder)。除此外，尚有硝酸鉍發射藥及黑藥兩種。然硝酸鉍發射藥僅 1914—1918 年間德國曾用之。黑藥已在淘汰中，僅用造速燃藥。故現今之發射藥，幾均為無煙火藥；

此兩名詞，竟可粗致的視作相等。

無煙火藥之緩燃者遠較速燃者爲重要。故本章主述緩燃無煙火藥。速燃者於第七十六節略述之。

在此應略述無煙火藥之經歷，並解釋其命名之故。按十九世紀末葉以前，發射藥本均用黑藥。然黑藥乃無機物所成，爆發後其半成爲固體之微粒，故煙甚多，致妨礙瞄準，污損槍砲之膛，每發或若干發後必清刷膛壁，發射速度必小；若機關槍之連發更不可能，故 1847 年 Von Lenk 即欲用硝化纖維素爲發射藥。然試用結果，槍爲之炸毀！1870 年奧人 Volkmann 發明將硝化纖維素膠化後而用之，惜未爲世人所注意，竟湮沒不彰。1884 年法人 Vielle 復發明此事；即藉膠化劑之助，變蓬鬆狀之硝化纖維素爲密度約 1.6 之緻密質物，俾其能量依然不變，而燃燒則爲之緩慢，遂不致將槍砲炸裂。發射後雖無煙，故曰無煙火藥。無煙火藥不特無煙，且其爆發後所生氣體體積及爆熱，均遠比黑藥爲大；遂盡代黑藥用爲發射藥。自無煙火藥發明後，槍砲之威力大爲增加，於戰術上生重大影響焉。

第七十三節 成分

(I) 主成分 無煙火藥以硝化纖維素爲主成分，已如前述。有時並加硝化甘油以增加其能量，且助其膠化；蓋硝化甘油與膠棉可以膠化也。此外偶有加少許二硝基甲苯，三硝基甲苯者；又獵槍藥有加硝酸鉀，硝酸銀者。

(II) 膠化劑(溶劑) 使蓬鬆狀之硝化纖維素，變爲緻密之膠體，此膠化劑之目的也。現今所用之膠化劑有下列各物：

(甲) 易揮發之膠化劑 此類膠化劑，於膠化完成後即驅

除之。

(1) 戊醇(amylic alcohol) 以前用之,但烘去困難,今已不用。

(2) 醋酸乙酯(ethyl acetate), 醋酸戊酯(amylic acetate) 以前廣用,但烘去困難,且水解時生酸性,故今一般已不用。惟製造獵槍藥時偶用之,以其膠化力大,可搗多量藥也〔參考第七十五節(I)項下〕。

(3) 丙酮(acetone) 此物亦可膠化一切硝化纖維素,但所成膠體乾後脆而不堅,故一般均與硝化甘油同用,單獨罕用。

(4) 乙醇乙醚混合物(ether alcohol mixture) 乙醇單獨僅對於氮量 10—11% 之硝化纖維素有膠化力;對於氮量 11% 以上者,則其中須加乙醚方可。此混合物為製造無煙火藥所常用,較丙酮易於驅除,所成膠質又不脆。常用之混合比例為乙醇與乙醚成 1.2—1.5 與 1 之比,均以重量計。此混合物在常溫祇能溶膠棉,而一般用於無煙火藥之硝化纖維素,為火藥棉膠棉之混合物,此時實際僅膠棉膠化,火藥棉則被包於其中。

(乙) 不揮發性膠化劑 此等膠化劑在常溫均不揮發,故最後總其留於火藥中,此中又可分為兩類。

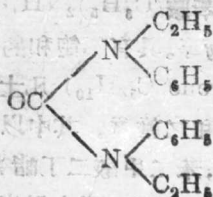
(A) 本身亦為火藥 此類物同時又為主成分,供給一部分能量,不能僅以膠化劑目之。最重要者為硝化甘油。此外三硝酸硝基異丁三酯本亦可用(第三十二節),但價太昂。三硝基甲苯及二硝基甲苯加入後火藥之能量為之減低,故不能加至足夠單獨膠化所須之量,必須與硝化甘油等其他膠化劑同用。即硝化甘油亦均與其他膠化劑同用,否則因硝化甘油之量

太多，為溫度、檢成膜之受燒蝕作用 (erosion) 太甚。

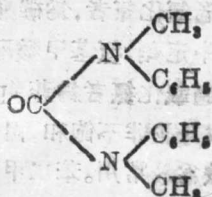
(B) 本身並非火藥 此時為期不妨礙火藥力量，加入之量不能太多，而現今此類物中，尚無膠化力甚大，加少許即夠者。故用此等物時，必與他種膠化劑同用，一般與硝化甘油同用。

此類膠化劑重要者如次：

(1) 脲素(urea)之具有二個對稱之脂肪族基者，如中定劑(centralite)是。



一號中定劑

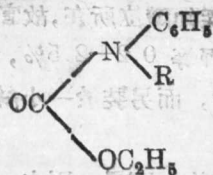


二號中定劑

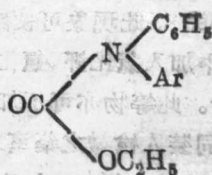
(2) 苯二酸之脂肪族酯，如二丁酯 (dibutyl phthalate) 二戊酯 (di-amyl phthalate) 等。

(3) 氨基甲酸脂肪族酯 (urethane) 之芳香族基取代物，

如



或



(III) 安定劑 按硝化纖維素及硝化甘油均有分解趨勢，其所造成之無煙火藥更然；蓋製造中曾逸受 40—80°C 之溫中

度，安定性自爲之降低也。爲此，無煙火藥中必須加入安定劑 (stabilizer)，以防止其分解。按硝化纖維素及硝化甘油分解時，均發生少許氧化氮，此氧化氮復氧化爲過氧化氮後，即成爲分解之催化劑 (catalyst)。現今所用安定劑之作用，即乃攔住氧化氮或過氧化氮，使勿生催化作用。其作用或爲物理的隔絕作用，或爲化學作用；後者又可分爲以鹼性中和，及以飽和物連結之兩類。

具有物理的隔絕作用者爲凡士林 (vaseline)，戊醇等。具有鹼性以中和過氧化氮者，爲碳酸氫鈉，二苯胺 (C_6H_5)₂NH，脲之衍生物如中定劑，氨基甲酸酯之衍生物等。具有不飽和的構造藉以吸收過氧化氮者爲菲 (phenanthrene $C_{14}H_{10}$) 凡士林等；凡士林本身並非不飽和，但含有不飽和之雜質。其中以中定劑，二苯胺爲最常用。苯二甲酸二戊酯，苯二甲酸二丁酯等，則本身並無安定作用，但與安定劑混合後使用，可少用安定劑，而達同樣之安定程度。

(IV) 副成分 以上各項成分，乃組成無煙火藥所必需者，本項則非一切無煙火藥所均須添加者，且加入之量每甚少；故稱副成分。

(1) 消口焰劑 大砲在黑夜射擊，砲口每有焰，是曰口焰 (muzzle flash)。此現象可使敵人藉以探知砲位所在，故宜避免之。火藥中加入氯化鉀，氯化鈉，硫酸鉀等 0.2—2.5%，則口焰可減少。此等物亦可不加入火藥中，而另裝於一小絲包中，與火藥同裝入槍砲之藥室中。

(2) 減低爆溫劑 加入含碳多之物如石墨，煙末，樟腦，凡士林，硝基脲 (第五十三節) 等，則火藥爆發後之氣體中，二氧化碳減少，一氧化碳增加，因而爆熱減少，爆溫減低，

故燒蝕減小。同時因氣體體積增大，其力量之降低尙不甚。

(3) 保護膛壁劑 礮彈上導帶(即嵌入來復線之箍)之銅，在高溫下可與膛壁作用，致損壞之。爲制遏此弊，可加錫粉，氧化鉛，四丁錫(fin tetraethyl)等 0.25—2% 於火藥中。

(4) 石墨除有前述之降低爆溫之作用外，並可使火藥成爲導電體，俾不致因摩擦而生靜電。且可使表面光滑。(小形無煙火藥均裝入銅筴(cartridge)後再裝入槍礮之藥室中。其裝入銅筴，係用機械自動裝入。如藥光滑，則裝入較便。)欲達此目的，加極微量石墨於表面即可(參考第七十五節(III))。

無煙火藥，依其所用成分，可分類如下：

硝化纖維系無煙藥(不含硝化甘油)(nitrocellulose smokeless powder)	用醇醴膠化	用丙酮膠化	火藥棉與膠棉混合(B火藥)
硝化甘油系無煙藥(nitroglycerin smokeless powder)	用丙酮膠化	用不揮發膠化劑膠化——無溶劑火藥	
	用醇醴膠化		

茲分述其重要之三型如下：

(一) B火藥型 B火藥(poudre B, B powder)即最初法國 Vielle 所發明者，因陸軍部長 Bonlonge 而命名。所用硝化纖維素乃火藥棉膠棉之混合物，一般前者之量多而後者之量少；(如 75:25)平均氮量務期其高。

昔時 Mende laef 主張以皮羅膠棉(pyrocollodion)膠化造成無煙藥，俄美曾用之。但今均已放棄，蓋遠不及 B火藥之佳也。且根本皮羅膠棉之學說，即無價值(參考第二十三節)。

(二) 以丙酮爲膠化劑之硝化甘油系無煙藥。

自 Vielle 發明無煙火藥後，各國紛紛研究。Nobel 首即發明巴立斯的脫 (Ballistite) 即硝化甘油 50—60% 膠棉 40—50% 所混成，不用其他任何膠化劑，在軋軋間造成片狀應用（參考第七十五節(II)）。使用此種火藥時，槍膛壁所受燒蝕作用特甚，以其爆溫太高也。故其後遂將其中硝化甘油量減少，而添加丙酮為膠化劑；既用丙酮，則不必定用膠棉，亦可用膠棉與火藥棉之混合物；且亦不一定為片狀，管狀者亦有之。

英國 Abel 造成所謂柯達脫 (cordite)，即硝化甘油與火藥棉之混合物，加少許凡士林，以丙酮膠化，造成繩 (cord) 狀，故有是名，英國習用此名。今日之柯達脫，實不一定為繩狀，管狀片狀均有，且其中亦可含膠棉。

故柯達脫與巴立斯的脫兩者之分界，已成歷史上之陳蹟。原始之柯達脫，英國今尚用之，原始之巴立斯的脫今殆已無用之者。大多數之硝化甘油系無煙藥，均無從區劃其屬於何型也。

(三)無溶劑火藥 (solventless powder) 俗稱如此，實則乃用不揮發之膠化劑耳。按原始之巴立斯的脫本即屬此，但其後之巴立斯的脫均加丙酮，否則硝化甘油非 50% 以上不可也，今所謂無溶劑火藥，硝化甘油僅 25% 以上，而添加不揮發膠化劑以完成其膠化。

至於究以何種無煙藥為佳，則殊難於本書中詳論。粗言之，步槍藥以用硝化纖維素系者為宜；野戰砲之藥則硝化纖維素系抑硝化甘油系無所軒輊；其他砲藥則以硝化甘油系者為宜，尤以迫擊砲山砲用者為然。至無溶劑火藥，則成品中無殘餘之揮發溶劑，久貯性質仍不變；且製造時無須長時間烘

乾，省時節料；自較用丙肅者為佳；但製造時較危險耳（參考第七十五節(II)）。

上表乃幾種無煙火藥之成分：

①②③ 野戰砲，山砲，榴彈砲均為陸軍砲兵用之砲。野戰砲砲身長，彈道平伸，山砲榴彈砲則砲身短，彈道灣曲。步兵砲乃步兵自攜之小口徑砲。詳見本書關於鎗砲專著。

第七十四節 性質

(I)一般性質。無煙藥顏色至不一；或為半透明之棕黃色，或為不透明之白色；含二苯威者每帶綠斑；倘火藥中加有石墨等則為黑色。形狀有圓片，正方，厚片，條，立方，繩，單孔管，七孔管等等。無煙火藥之形狀及寸法，甚關重要，後又當詳論之。密度在 1.55—1.64 之間。稍有吸濕性，即由於硝化纖維素之故，在高溫可分解。

下列乃某一種硝化纖維素系無煙藥之規格 (specification)。

水分	1—1.6%
總揮發分	≤2.5%
密度	≥1.55
發火點	>174°C
灰分	≤0.6%
藥片厚度與平均值相差	≤25%
安定性	>30 分鐘
(a) 82°C 耐熱試驗	45 分鐘不發煙
(b) 135°C	6 小時不爆發

(II)彈道性能。無煙火藥用以發射子彈，使子彈出槍較

口之時具有大速度，此速度謂之初速 (muzzle velocity)。初速不特須大，且必須為一定之值，庶乎彈在空中之途徑曰彈道者可以預計，因而可以預期其命中點另一方面，所生最大壓力須在某範圍以下，庶槍斃不致被炸毀。

自以上基本原則，可知無煙火藥必具有下列性能：

(1) 爆熱須大，發生氣體體積須大，因初速務大也。然爆熱過大，爆溫亦高，而槍斃膛易受燒蝕作用 (erosion)。一般硝化甘油含量愈多，則爆熱愈大。然苯二甲酸二戊酯等可以減低爆溫。無煙火藥之爆熱及氣體體積，自因成分而異；一般在下列範圍內。

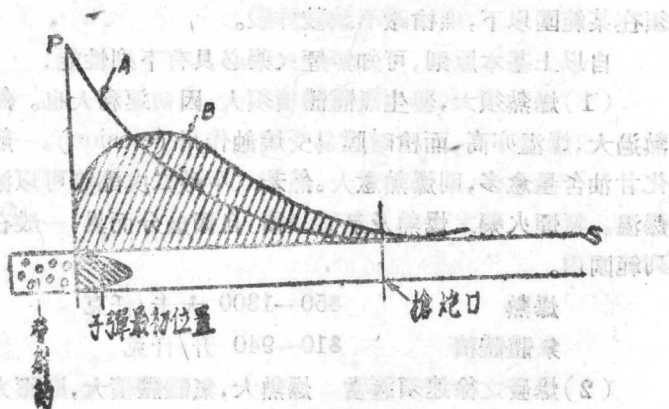
爆熱	850—1300 大卡/仟克
氣體體積	810—940 升/仟克

(2) 爆發之徐速須適當 爆熱大，氣體體積大，則壓力有隨之而增之趨勢。願無煙火藥之又一條件為壓力須不太大。欲調和此矛盾，吾人須使爆熱及氣體體積之放出，徐而勿太驟。今以第十一圖明之。設火藥爆發甚快，則立即達最大壓力，然後子彈方開始運動，其後壓力逐漸降低；故槍斃膛各點所受之壓力，如圖中 A 曲線所示。今如火藥之燃燒徐緩 (第六節)，則當其一部分氣體放出後，子彈即開始運動。此時火藥繼續燃燒，壓力有增昇之勢；同時因子彈前進，體積擴大，壓力有減少之勢；結果成為圖中 B 曲線。此時槍斃所受之最大壓力，即為曲線上最高之點，而子彈獲得之運動能，則為

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{\pi d^2}{4} \int_0^s p \, ds$$

m 為彈重， v 為初速， d 為口徑， S 為至槍斃口止之膛長，亦即子彈在膛內所行之距離。此積分即乃曲線下有斜線部分之面

積。將A與B比較，即知儘可B下之面積大於A下之面積，而B之最大壓力小於A；是即B與A相較，初速大而最大壓力則反較小也。



第 十 圖

(3) 藥片須有適當形狀及大小。上述之曲線，受支配於火藥所生氣體體積及爆熱之類，固毋庸言，而與燃燒速度亦至有關係。按無煙火藥之各藥片，幾乃同時逐層的燒去，故在某瞬間燒去藥量之多少，殆比例於該瞬間全藥片之總其表面積；此其與藥片之形狀大小有關明矣。且燃燒速度為壓力之函數（參照第六節），而壓力則受支配於截至該瞬間止之燃燒情形；故某瞬間之燃燒速度，即被支配於截至該瞬間止之燃燒情形。其間關係，極錯綜複雜之至。數學的研究，屬膛內彈道學（interior ballistics）之範圍（本叢書另有專著）。此處所欲提出者，因燃燒情形須一定，故在某一種砲用某一種彈之時，所用無煙藥之重量，其成分，其藥片之形狀大小，均不能任意

決定，而必用計算及實驗定之。此所以無煙火藥之製造，在各種火藥中最為困難也。

事實上現在無煙藥尚不能絕對達此要求，因吸濕及有殘餘之揮發溶劑之故，成分不能絕對一定（故無溶劑火藥較之他種火藥為優）。因製造時之困難，藥片之寸法亦不能盡勻。因而現在之槍砲命中，尚未達理想之境。

又一般一定之砲，一定之彈，可任選用兩種或兩種以上之無煙藥。如步槍藥美國用單孔管狀者，德法用片狀者，均為硝化纖維素系者；英國則均用硝化甘油系者，管狀。凡此均非本書所能及矣。

無煙火藥發明後，兵器有長足之突進，下表以步槍為例而說明之！

第二十八表

	1740	1841	1870	1884	1888	1905
槍口徑(毫米)	20.1	15.4	15.4	11.0	7.9	7.9
彈重(克)	30	31	21.8	25	14.7	10.6
彈重(克)	14.5	4.8	4.8	5.0	2.6	3.2
初速(米/秒)	150	280	340	430	20	850
槍口能量(米仟克)	34	122	125	231	283	374
每分鐘發射數	4	5	8	12	20—25	20—25
最大射程(米)	1200	2009	2500	3000	4000	4000
能量利用率①	1—2	10	11	18	32	32

① 能量利用率者，火藥能量中變為彈之動能之百分數也。

第七十五節 製造

無煙火藥之製造可分的膠化，造形，及「後處理」三段。

(I) 膠化：

(1) 硝化纖維素系無煙藥 硝化纖維素中本含水約 30%，可用乙醇排代之。其法可用水壓機；一面注入乙醇，一面加壓使水被排出。另一法則用特種離心機；一面自中心注入酒精，一面以離心力排出水。此種離心，所得含乙醇約 30% 之硝化纖維素。可即在 Werner 拌和機（第九圖）中將其加乙醚拌和。所用乙醚之量視硝化纖維素之性質及氣候等而異，一般約為硝化纖維素之 0.4—0.8 倍。

(2) 硝化甘油系無煙藥，用丙酮膠化者 硝化纖維素在 40—65°C 烘至水分 1—2%，乃加硝化甘油，再在 werner 拌和機中用丙酮膠化。另一法則用下述無溶劑火藥之造法，惟軋去大部分水後須烘乾之，再在拌和機中加丙酮膠化。所用丙酮之量為藥之 10—40%。

(3) 無溶劑火藥 將膠化劑溶於硝化甘油中，與硝化纖維素和水攪拌，濾去水。將此已吸收硝化甘油及膠化劑之硝化纖維素，在熱軋子間加軋；其初軋去水，繼則軋之使膠化完成。

(II) 成形 有軋壓兩法可用。軋法可用以造帶狀藥片狀藥。即先在軋子間軋成布匹狀，再在剪片機中剪成小片狀；或在切條機中縱橫各切一次使成帶狀。壓法則用之造繩狀單孔管狀，七孔管狀，小片狀等。壓藥機一般乃藉水力或油力之媒介，使火藥經模子壓出。如模子上之孔為小長方形，則壓出之藥成扁條形，再在切藥機中切成小片形。如模子之孔為圓形，

則壓出之藥成繩狀。如模子之孔爲圓形而中心有一個或七個針，則成單孔或七孔之管狀。

膠化作用，實際在軋機壓機中受壓力時方完成。故「膠化」「成形」之劃分爲兩段，僅爲說明之方便計而已。

造硝化甘油系火藥時，軋輻及壓藥機之藥筒用熱水加熱。用丙酮多者溫度可較低，甚至可不加熱；用丙酮少者溫度須高；無溶劑火藥須熱至 90°C 左右。故無溶劑火藥之軋壓工作頗有危險，因易發火也。

軋、壓、切時之殘藥，中國工廠中稱之曰藥頭；可摻入新藥在拌和機中拌和再用。

(III) 後處理 此名辭概括下列諸手續，然此等手續之程序殊不一定，依各種藥而異。且往往可反覆舉行某一操作，烘乾，篩，表面處理，均可舉行二次或三次。

(1) 去揮發分(烘乾) 無溶劑火藥祇須稍加烘即可。他種無煙藥均須加以時間頗長之烘乾。或用烘房，或用烘櫃，吹入 $40-50^{\circ}\text{C}$ 熱空氣以烘之。另有真空烘櫃，於其夾層中通 $60-70^{\circ}\text{C}$ 之熱水；櫃接凝結器及真空抽機；溶劑及水凝於凝結器中。

殘留之少許溶劑頗難烘去，大形火藥往往有須烘數月者。有一種方法，可縮短烘乾之時間。其法將火藥浸於 80°C 以下之熱水中，使溶劑滲出，然後再烘乾。因殘留溶劑之烘去難，而水分之烘去易，故此法可短縮烘乾之時間。

(2) 溶劑之收回 醇醚丙酮之揮發散失於空中，不特於工人衛生有害，在經濟上亦爲甚大之損失；故每設法收回之。丙酮揮發較慢，大部均在烘時揮發，故將烘房或烘櫃中之空氣抽去收回其中溶劑即可。醇醚則揮發至速，自膠化以至完成，

時不能續揮發。故須在拌和，壓，軋，切，等機旁，設適當之罩子，抽吸揮發之溶劑。如管口出之單效機，後即爲收回溶劑之方便，可將自壓藥機方壓出之藥條，置於微熱之密閉器中，俾大部溶劑在此揮發而收回之。此手續稱曰預乾(quadrying)藥之對藥料及藥料，制藥火藥由甘汁部製成。溶劑收回之方法有多種：(i)冷凝法，將含溶劑之空氣冷卻，使溶劑凝結。此法設備簡單，但效力不佳，僅能用於含溶劑濃之氣體。(ii)活性碳吸着法。此乃最近最常用之方法。含溶劑之空氣，吸經空氣，溶劑被吸着。復用蒸汽將其吹出，在冷凝器凝結。活性碳則用空氣吹乾後再用。(iii)膠性二氧化矽吸着法，與上法相仿。(iv)甲酚(cresol)吸收法，吸收後再蒸出溶劑。(v)硫酸吸收法。與上法相仿。(vi)亞硫酸鈉吸收法，可用於丙酮。

(3)表面處理(surface treatment) (此非一切火藥所必需之手續。若平片形藥，表面須塗以石墨。又若片形之硝化纖維素系無煙藥，須以固體膠化劑處理，使表面一層更爲緻密，俾藥初燃燒更穩。所用者爲樟腦，甲定劑，二硝基苯，三硝基苯，苯二甲酸二戊酯，苯二甲酸二丁酯等；或溶於酒精中，成8—10%之溶液，噴於火藥中；或以固體狀加入，而使其焙烘以上之溫度時用。所用機器每爲回轉之圓桶。經表面處理後，又須烘乾以去酒精。若藥再對熱，出經液溶劑，中，蒸去。

(4)篩，剔選小形火藥當經多次篩分，以去過小過大之粒及石墨等。常用以機械力振動之篩子。大形藥則用人工一一剔選，去其大小不合者。大形藥亦可用篩分，若篩分人工篩空。(5)涼藥。硝化纖維素系火藥有吸濕性。烘乾之後，在貯藏之際，又可以吸濕，致性質復變。故現今一般在烘乾之後，令

其吸少許水分，使約含在 50% 相對濕度之大氣下之平衡水分；在小形藥約為 1—1.5%。若是則其性質比較穩定不變。此工作可在回轉桶中加水行之，或在烘櫃中吹入一定濕度之濕空氣；亦可即將其涼攤於大氣中若干時，至試得水分合格為止，故中國工廠中謂之涼藥。

(6) 混和 將各批出品混合，使性質均勻，

第七十六節 速燃無煙火藥

速燃火藥用於無來復線之獵槍，所射者非子彈而乃許多鉛子；或則用以發聲，根本無子彈，此時火藥必須燃燒較速，否則藥未燒畢即噴出槍口，黑色火藥用於此頗宜，因其燃燒本較速也。無煙火藥用於此者，須設法使燃燒較速，此中可分為兩類：

(I) 密質藥(condensed powder) 同於緩燃無煙火藥，惟藥片特薄。

(II) 鬆質藥(bulk powder) 此中又可分為三類：

(1) 表面膠化者 將濕硝化纖維素及硝酸鉀等各成分在輪研機(第二圖)中研和，或在木桶中加木球研和。研和後經篩子使成小粒，以 70°C 烘乾。乃在回轉筒中以膠化劑膠化其表面。所用膠化劑或為乙醇乙醚混合物；或向滲以丙酮。有時稀以水，以免膠粘成餅塊。此種火藥之一例為英 E. C. 藥，含硝化纖維素 80%，硝酸鉀 4.5%，硝酸銀 7.5%，樟腦 4.2%，木屑 3.8%。

(2) 半膠化者 硝化纖維素及他成分，加溶劑在輪研機中研和，所用溶劑之量，不足以完全膠化。以後再如前法處理。例如法之 J 火藥含硝化纖維素 88%，重鉻酸鉀 3%，重鉻酸

較 14%。

(3) 有孔性者 製法同普通緩燃無煙火藥，惟拌和時添入硝酸鉀或硝酸銀 20—100% (對於藥量言)。成形後以水浸去之。成品之密度遂低，蓋其中有多數細孔也。

火藥製法 第六十種

此種火藥之製法，係將硝酸鉀或硝酸銀與火藥之其他成分，在拌和時加入。其目的在於使火藥在燃燒時，能產生大量之氣體，而使火藥之燃燒速度，較普通火藥為慢。此種火藥之製法，係將硝酸鉀或硝酸銀與火藥之其他成分，在拌和時加入。其目的在於使火藥在燃燒時，能產生大量之氣體，而使火藥之燃燒速度，較普通火藥為慢。

火藥製法 (rebow beapet-roe) 藥量 (I)

：取三份各可及中出 (rebow hlnk powder) 藥量 (II)

此種火藥之製法，係將硝酸鉀或硝酸銀與火藥之其他成分，在拌和時加入。其目的在於使火藥在燃燒時，能產生大量之氣體，而使火藥之燃燒速度，較普通火藥為慢。此種火藥之製法，係將硝酸鉀或硝酸銀與火藥之其他成分，在拌和時加入。其目的在於使火藥在燃燒時，能產生大量之氣體，而使火藥之燃燒速度，較普通火藥為慢。

此種火藥之製法，係將硝酸鉀或硝酸銀與火藥之其他成分，在拌和時加入。其目的在於使火藥在燃燒時，能產生大量之氣體，而使火藥之燃燒速度，較普通火藥為慢。此種火藥之製法，係將硝酸鉀或硝酸銀與火藥之其他成分，在拌和時加入。其目的在於使火藥在燃燒時，能產生大量之氣體，而使火藥之燃燒速度，較普通火藥為慢。