

中國火藥學會編

火藥概論

上海中華書局印行



標商冊註



民國二十六年二月印刷
民國二十六年二月發行

火藥概論 (全一冊)

◎ 實價國幣三角

(郵運匯費另加)



編者 中國火藥學會

發行者 中華書局有限公司

代表人 路錫三

印刷者 上海中華書局印刷所

上海澳門路

總發行處 上海福州路 中華書局發行所

分發行處 各埠 中華書局

(本書校對者嚴敦傑) (一一一一一)(天)

序

近代戰爭之主要兵器，人固知其爲槍砲炸彈；然槍砲炸彈之所以銳利，則全賴火藥之應用，苟無火藥，槍不能發，彈不能炸，雖有飛機巨砲，又何用哉？故火藥實爲戰爭演進之主動力，此外每年用於開鑛、築路、伐樹等農工業之火藥，爲量尤鉅。

火藥之重要既如上述，吾人對之，宜如何研究以求應用？顧火藥學書籍，卽在西洋諸國，爲數亦少，而在我國，幾可謂一本無有。本會同人，有鑑及此。爰組織學會。進行研究，並出版叢書。以求火藥學之普及，使國人由認識火藥，進而研究火藥，則工業上國防上皆利賴焉。

國人常因無火藥知識，致某日某處藥庫爆炸，某日某處彈藥失慎，諸如此類之消息，不時露於報章，是書出後，或能對此加一保險也。

原書係英人法馬氏(R. C. Farmer)所著。名Manufacture and Uses of Explosives。關於各種火藥之製法、性質、檢驗及用途等，皆有敘述。凡學生、鑛師、兵器學教官，以及對火藥感興趣之一般民衆，皆可讀之。法馬氏於歐戰初服務於英國烏爾威池(Woolwich)火藥研究所，其後又工作於軍火部火藥供給股，本其宏富之經驗，寫成是書，供一般閱讀及參考。誠如火

藥界名人勞伯遜 (R. Robertson) 氏所說：「以法馬氏之經驗而作是書，其成功也宜矣」（見原書序），故料是書一出，必能引起國人對於火藥之極大興趣及研究。而昔日「火藥如何神密可怕」之觀念，亦可從此打破矣。

原書僅十二章。關於無烟火藥之敘述，未免失之過簡。譯者有見及斯，因而自編「無烟火藥」一章補充之，以求其完善。合原有之十二章，共得十三章。

譯者識

二十四年八月

火藥概論目錄

序

第一章	史略	1
第二章	火藥之用途及分類	9
第三章	性質及試驗	19
第四章	黑色火藥	38
第五章	硝基纖維	43
第六章	硝基甘油	55
第七章	無烟火藥	63
第八章	黃色炸藥(三硝基酚)	77
第九章	梯恩梯(三硝基甲苯)	90
第十章	其他之硝基化合物	102
第十一章	混合火藥	115
第十二章	起爆藥及雷管	126
第十三章	烟火	133
附錄	參考書目	
附表		
第一表	燃燒熱與爆發熱比較表	16
第二表	各種發射藥所生氣體之成分及其發熱量	20

第三表	黃色炸藥之爆速	26
第四表	用特氏試驗所測定各種火藥之相對威力	28
第五表	用彈道擺測定各種火藥之相對威力	29
第六表	阿伯爾耐熱試驗之標準藥量溫度及最短時間	31
第七表	各種火藥在攝氏一四〇度真空中所發生之氣體 量	33
第八表	火藥因衝擊而爆發之相對感度	35
第九表	各種火藥之爆焰長度及其持久性	37
第十表	硝基纖維系無烟藥之成分	52
第十一表	著名獵用無烟藥成分表	72
第十二表	非膠質硝基甘油火藥之成分	120
第十三表	膠質硝基甘油爆破藥之成分	120
第十四表	一九一五至一九一九年間用於開礦及採石之 火藥量	125
第十五表	起爆藥之相對感度及發火點	130
附圖		
	高級炸藥與煤炭之關係	封面背後
第一圖	大炸力彈	11
第二圖	子母彈	12
第三圖	米爾氏式手榴彈	13

第四圖	麥氏測爆速裝置	24
第五圖	陶氏測爆速裝置	25
第六圖	特氏試驗所用之鉛壘	27
第七圖	阿氏耐熱試驗裝置	30
第八圖	落錘試驗裝置	34
第九圖	黑色火藥碾	40
第十圖	置換式硝化器	47
第十一圖	硝基棉製法圖解	49
第十二圖	起爆溼棉藥裝置	50
第十三圖	甘油硝化器	56
第十四圖	硝基甘油洗滌槽	57
第十五圖	Wezner & Pfeleiderer 式膠化機	67
第十六圖	由石炭酸製造黃色炸藥圖解	82
第十七圖	製造黃色炸藥所需原料量圖解	84
第十八圖	製造梯恩梯各步手續圖解	95
第十九圖	梯恩梯硝化器	96
第二十圖	製造梯恩梯所需原料量圖解	98
第二十一圖	硝化鍋	102
第二十二圖	複式雷管	130
第二十三圖	槍彈	131

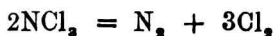
第二十四圖	電氣雷管	132
第二十五圖	火箭縱剖圖	134

火藥概論

第一章 史略

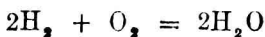
吾人對於爆發現象，雖甚熟悉，可不加敘述，但對火藥之本性，定不廣為吾人所知。爆發時最顯著之特徵，為生呈宏亮響聲及破壞作用。凡諸種爆炸，不論為大炸力彈，為汽鍋，為煤礦，或為汽車輪胎，皆由於大量氣體之驟然生成所致。氣體驟然生成，形成強烈音波，同時對其四圍之物體，呈推散之作用。凡火藥可為固體、液體或氣體，但不論何者，其爆發效力，固均由於氣體之驟然生成也。

爆發之化學性質 氣體之發生，有起於不安定物質之簡單分解者：如三氯化氮是，其分解示如下式：



三氯化氮 氮氣 氯氣

上式所生氣體之容積，數百倍於原物質。較此更習見者，為迅速燃燒之形成爆發，例如點火於氫氧二氣之混合體，即生強烈爆發，因其迅速化合為水汽也。



氫 氧 水汽

常態下，固體物質之燃燒，因須視新鮮空氣或氧對於正在燃燒物質之供給為轉移，故其作用甚緩。欲燃燒迅速，必使氧與可燃體密切接觸。對於氣體，此固易易，例如上述之氫氧混合物是。但實際上氣體不適用為火藥。吾人誠可將液態氧與可燃體混合用作火藥，但此雖經試用，然此種火藥須於數分鐘內用去，否則氧將盡行逸去。故多數火藥，均用鹽類供給氧氣，該鹽類含有多量之氧並易於放氧，如硝酸鹽是。將此等鹽類與可燃體混合，點火後，氧氣能在極短時間內，自硝酸鹽或他種含氧鹽類授於可燃體中之碳氫等質，而生成二氧化碳、水汽及其他氣體。

黑色火藥之出現 火藥之起源，漠不可考，著名之希臘火（西曆紀元六七三年），雖近於一種火藥，但毋寧謂為一種烟火。其後種種不同之混合物，隨時代之演進，時有試製，但所謂真正之火藥究係何時出現，則甚難確定。混合火藥究竟發明於中國、亞拉伯抑或歐洲，意見頗不一致。但不論如何，當西曆一三〇〇年，吾人已知一種含有木炭、硫磺及硝石之混合物。且此物與不久前唯一之實用火藥，名黑色藥者，幾全相似，此種黑色火藥之一般成分為：硝七五份，硫一〇份，炭一五份。

使用黑色火藥自砲內推送彈丸之建議，似起於一三一三年福萊堡（Freiburg）僧人矢瓦慈（Berthold Schwarz）之手，

而其第一次實際應用，則為克里西戰爭。彼時所用之砲，製作甚陋，率用石塊、鐵片等為彈丸。黑色火藥發明後數百年間，用以謀和平時代工程者，雖尚無人注意；然其用於戰爭，則頗有進展。甚至用作地雷以破壞砲台要塞焉。

十六世紀時始有使用砲彈 (Shell) 之建議，所謂砲彈乃一內裝火藥之空心彈丸，附有引信，俾砲彈行抵目的地時，使其爆炸，此種砲彈之破壞效力，自較舊日之實心彈丸為進步。一七八五年子母彈出現，手榴彈之使用亦早；係一內盛黑色火藥之空心球體，裝以時限引信，於擲向敵方後使其爆炸。以當時點火方法之簡陋而欲完全運用此等兵器，其困難可以想見。

黑色火藥之用於和平方面者，起於十七世紀之巖石爆破試驗。最初，此工作頗為危險，直至十九世紀初，點火方法改善後，方漸有進展，故自此以後，火藥對於開礦、鑿隧道等工業用途上之幫助，誠非淺鮮也。

他種火藥之出現 黑色火藥發明後五百餘年間，乃為實用上唯一無二之火藥。此後，因化學知識之進步，較舊有黑色火藥優良之他種火藥，次第發現。初供給火藥燃燒所需要氧之唯一已知物，僅為鉀硝，十七世紀時，格拉伯 (Glauber, 1604—1688) 氏發現用硝酸銨，並曾預言此物將有極大之希望。一七八六年柏濤萊特 (Berthollet) 發現氯酸鉀；又一八一五年斯

他汀(Stadion)發現過氯酸鹽；二者皆為多種混合火藥之成分。

各發明中之最著者，為一七七一年渥爾飛(Woulffe)氏之黃色炸藥(Picric acid)，前已言及：黑色火藥燃燒之快慢，由於與可燃體硫及炭密切接觸之鉀硝中之氧之供給，接觸愈密切，火藥燃燒愈速。今苟能使氧與可燃體存於同一化學物質之內，得為「分子密接」，則此種接觸當較用任何機械的壓磨與混合所得到者為有效。黃色炸藥之化學式為 $[C_6H_2(NO_2)_3OH]$ ，其所含之氧，幾全與氮相結合，但此結合，甚不安定，其氧常有脫離氮而與碳氫相結合之傾向，因後二者與之有較大之化學愛力也。黃色炸藥受相當衝擊，則瞬息分解；且因氧與碳氫結合，而生成大量之熱與多量之氣體。

因黃色炸藥須強烈之激動方能爆炸，故其爆發性，曾埋歿多年未為人知。此種激動，最好利用內含少量更猛烈，對打擊與火花更靈感之火藥之「雷管」，以誘起之。最重要之起爆藥為雷汞(Mercury fulminate)，係好渥德(Howard)於一七九九年所發現。然在一八六七年諾貝爾(Nobel)氏發明其用法，及後經斯普隆格(Sprengel)氏改良以前，並未見諸實用。即至今日，雷汞仍為各高級炸藥之標準起爆藥。

十九世紀中，新式火藥之發明，進步甚速。強棉火藥(Guncotton)為硝基纖維之一種，係一八四五年熊柏茵(Schönbein)

氏所發明。硝基甘油 (Nitroglycerine) 爲一八四六年蘇不萊勞 (Sobrero) 氏所發明，三硝基甲苯 (Trinitrotoluene) 爲一八六三年維爾博蘭得 (Wilbrand) 氏所發明。此外更有其他之種種火藥甚多。然當一九一四——一九一八年大戰中，火藥發展上之探討雖甚多，而實際用作發射藥、彈丸裝藥，皆係半世紀前所發現之物質，即硝基纖維、硝基甘油、黃色炸藥、三基硝甲苯、雷汞及黑色火藥，實爲一值得注意之事。

火藥之應用 如上所述，火藥在十九世紀中葉雖甚進步，但實用仍極困難，液態硝基甘油不易運用，又因其感度過大，曾於用諸採礦試驗時，屢屢發生不幸，至一八六六年此缺陷始爲諾貝爾氏所解決。諾氏發明用一種多孔性之矽藻土，使其吸收多量之硝基甘油而形成可塑性之猛爆藥 (Dynamite)。此物運用上可較安全，但又有新困難發生：當天氣寒冷時，硝基甘油結凍，熔融時甚爲危險也。此點現已由混加他種物質於硝基甘油內以防之（見第六章）。

強棉火藥亦有困難問題在，蓋因其時能突自爆發，致使多數人懷疑其性之不可靠，幾被認爲絕望不能實用也。幸經阿伯爾 (Abel) 氏長期 (1865—67) 研究，證明苟能妥爲精製，則其安定性可以大增，其精製方法，現已十分完善，故強棉火藥直可視爲一極可信賴之火藥焉（見第五章）。然當貯存時，仍顯漸

形分解之傾向，尤以天熱時爲甚。故爲保證其庫存安全起見，須慎爲定期的檢驗（見第三章）。一八七八年出現一種含硝基纖維與硝基甘油之強力火藥，即爆膠（Blasting gelatine）是也。

在上述時期內，黑色火藥乃爲軍用上之主要火藥，但其有種種極顯著之缺點，故多方試驗以求得較佳之代替品。黑色火藥用作發射藥之主要缺點之一，爲其所生大量濃密之烟，常能遮住視線，使不能連續發射，因而有硝基纖維之試用。然纖維狀之硝基纖維，燃燒極速，爆發過猛，不能安全用於砲內，逮後發明溶硝基纖維於溶劑中，乾燥後，變爲一種燃燒徐緩而規則之膠體，以用於砲內，是爲一大進步。此物更能壓成種種適宜之形狀，以便使用於種種不同之砲內，此即著名之「硝基纖維系無烟藥」是也。此處“Powder”（細粉）一詞係錯誤，爲黑色火藥時代之遺稱，蓋今之火藥，皆爲桿狀或管狀也。紐狀火藥（Cordite）發明於一八八八年，爲用於槍砲內之又一火藥，其成分爲強棉火藥、硝基甘油及礦物膠，而以丙酮爲膠化劑者。

黑色火藥外，他種火藥之用爲砲彈裝藥者，發展較遲，黎達特藥（Lyddite）爲熔裝於砲彈內之黃色炸藥，其法係一八八六年吐平（Turpin）氏所發明，此外吐氏並提議使用壓縮狀之黃色炸藥。三硝基甲苯（即梯恩梯）雖始用於二十世紀之初，

然在一九一四——一八年大戰中，不論其單獨使用或與硝酸銨混合後使用，皆占極重要之地位。

戰時之火藥問題 大戰時所需高級炸藥量之多，可由克虜西中校 (Lt.-Col. Crozier) 所示之表知之（僅指英國）：

	1914 8-12月	1915	1916	1917	1918	總計
黃色炸藥(噸)	331	2,475	18,492	32,053	15,160	68,511
梯恩梯(噸)	143	7,347	51,139	94,796	81,979	238,364
硝酸銨(噸)		8,201	55,814	131,829	182,551	378,395

供給此巨量火藥所需之原料與設立製造工廠，當成一重大工作，英國軍火部火藥股，雖感於各種必需品之缺乏，然在前姆爾頓爵士 (Lord Moulton) 主持下，以及各廠家之協力合作，對於擁有多數迅速改造火藥之化學工廠之德國，得以壓倒其努力而完成其任務。

大戰中所需火藥，不特於量的方面，較以前任何戰爭為多，即其破壞效力亦較昔日進步遠甚，新式發射藥之效力，較舊日黑色火藥之優越處，可由易里可 (Lord Jellicoe) 氏 (1917年1月11日) 所引證之比較得之：即當拿破侖時，戰艦之於八〇〇碼處始開火者，今已在二二〇〇〇碼之遙而發砲矣。且此種砲在一八〇〇〇碼處已甚有效。此非特表示射擊之準確，且足證火藥效率之大與其性之均一也。

火藥法規 火藥之用於工業，亦有極大進步。因其使用日多，故於一八七五年乃有火藥法規之制定。以管理製造與保障工人與居民之安全（見 Thompson 著之 Guide to the Explosives Act，一八七五年出版）。此後歷經議會命令之補充，而用於工廠之監視，建築物內可貯最大火藥量之限制，以及各建築物間應隔距離之規定等。各火藥項下，更細分為小組（見第二章）。凡新發明之火藥，必經試驗，證明其運用貯存皆安全後，方能得到內務部（Home Office）准予製造之許可。因此火藥工廠與倉庫中之意外事件方得減少。觀乎火藥界之發明，幾每週皆有新者出現，即可知此種限制之必要矣。本書以下各章中，雖僅能作極簡單之敘述，然吾人已可由此約略之概論中，窺知近代發展之複雜矣。

第二章 火藥之用途及分類

考查火藥之各種用途，亦頗重要。因不同之火藥，其性常異；而火藥用於每項事業之適當與否，恆視其性質為轉移也。有以為凡物質能作巨響之爆炸者，皆必合於軍用及其他用途，然由大戰中種種之意見，證明火藥必備之性能，決非如是簡單。事實上，一火藥在施諸實用前，必須滿足極嚴格之條件。第一件，因所有火藥均須貯存，有時且長期貯存於氣候炎熱之地，並曝露於潮溼及其他有害之環境中。吾人已知火藥自身本為一不安定物；多數火藥之所以不能實用者，蓋即因其貯存時生有較速之分解也。此乃大危險之一源。此外，此等火藥於貯存中，漸失其爆發性能者有之。多數之重氮化合物（Diazo-compounds）本皆為極猛烈之爆炸物，然因其化學性極不安定，故實際全然無用，除上述安定性問題外，其他性質，如對於衝擊及摩擦之感度、熔點、揮發性、潮解性及滲出性等均甚重要。此等性質之重要，可由火藥之用途上見之。其用途可別為二大類：即軍用火藥與工用火藥是。

一 軍用火藥

發射藥（Propellants） 發射藥之作用，為自槍砲內送出彈丸。槍砲可小至於手槍，大至於射程七〇哩之著名之德國

砲 Big Bertha。此發射力乃由於火藥燃燒生成氣體。若使用極猛烈之火藥，則砲身驟受極大之壓力，勢必炸毀，至少亦必蒙極大損害，致數發後，即成無用。故此時所需要者，乃持久之連續壓力，不致驟然昇至極大，以使砲身不至過厚過重。是以此種爆發，毋寧謂為極迅速之燃燒。其燃燒率必須調整至極度精確均一，免致砲身受過大之壓力。

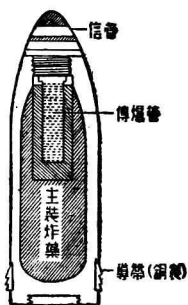
發射藥之用舊式黑色火藥者，現已被柯達藥 (Cordite) 及棉藥系無烟藥 (第五及第六章) 所代替。此等火藥有紐狀、棒狀或管狀諸形。其藥片厚度亦經調整，使呈正確之燃燒率。發射藥概以黑色火藥為點火藥，而其燃燒率則依表面積為轉移。紐狀及棒狀藥之厚度約在 0.01—0.5 吋之間，但亦有在此以上者。

除火藥在砲內之燃燒率及其所生之壓力外，其爆發溫度不能過高。因高溫能使砲身磨損，致數發後，精度不良。凡含硝基甘油量多之發射藥，常生較高之爆溫。

貯存時之安定性極為重要，必須謹慎檢視。因硝基纖維與硝基甘油二者雖在常溫下，亦易漸起分解。此外，硝基甘油之揮發性與滲出性亦須加以注意。

砲彈用火藥 近代戰爭所用之砲彈，主為內裝火藥之空心鋼質彈。第一圖即示此種砲彈之斷面。彈上裝有信管，當

彈擊於目的物時，使其爆炸（碰炸信管），或於彈離砲身數秒鐘後而爆炸（時限信管）。



第一圖 大炸力彈

用裝砲彈之火藥，其要求與發射藥迥異。此時毋須顧慮腐蝕與高壓。只要求以極大之猛力炸破炮彈已耳。于是乃有高級炸藥(High explosives)之研究。但此名詞常常誤用：例如發射藥並非高級炸藥，而所謂高級炸藥者，乃專指以極高速度爆炸之物質，其爆速事實上為瞬時的也（即爆轟 Detonation）。

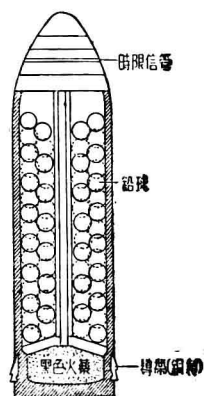
由上可以想像欲得適於裝砲彈之火藥，似僅在求得威力極大，性極猛烈之化合物即可。殊不知火藥威力固為一極重要之因子，但其他之重要性質亦須加以考慮也。其中主要者之一種，為對於衝擊或摩擦之感度。一般最猛烈之火藥，常最為靈敏。例如乙炔銀(Silver acetylide)感度之敏，直可因發射時之震動而爆炸；此種火藥不如無之。因其立時爆炸，毀壞砲身，又能殺傷周圍之人員也。是以多數火藥，均以此故不能實用。事實上，因恐在砲內過早爆發，曾長時間阻止高級炸藥之用裝砲彈。用裝砲彈之火藥，必須甚鈍感，雖受錘擊，亦不爆發。如梯恩梯與硝酸銨之混合物是。然則當其到達目的地時，又將如何使之爆炸乎？此則有賴於機巧之信管。當發砲時，此信管切不

可發生作用。因發射時之起動，移開安全針，嗣後砲彈開始旋轉，由離心力機構及與此相類之裝置，得以充分防止過早爆發之發生。

如為碰炸信管，則由砲彈之衝擊，引爆雷汞火帽，火帽引爆一層具有中級感度之猛性火藥，由此再傳至較鈍感之傳爆管，最後方傳至砲彈之主裝炸藥（見第一圖）。如此可由感度遞減之火藥，起爆甚難直接爆轟之火藥。如為時限信管，則由發射時之衝動，使火帽發火，因而點火於信管溝中之緩燃藥，及燒至一定兼可調整之長度後，使另一雷汞管爆發，然後引爆主裝炸藥。

選用高級炸藥為砲彈裝藥，尚有他種應加注意之點。如熔點、滲出性及安定性等是。主要之高級炸藥有黃色炸藥（單獨使用或與其他硝基化合物混用）、梯恩梯，以及種種之硝基化合物與硝酸銨之混合物。

與上述大炸力彈（即開花彈）全然相異者為子母彈。第二圖示此種砲彈之斷面。此時不需破碎作用；彈之主體概為嵌於樹脂或其他種物質之小彈子所充滿。底部裝有少量之普通黑藥，而以時限信

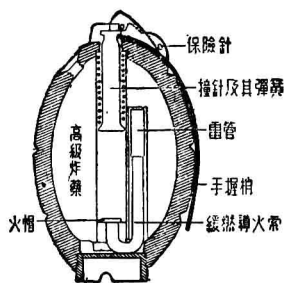


第二圖 子母彈

管使其着火，破開彈體而放出各小彈。則諸小彈作圓錐狀散開，以顯示其殺傷效力於廣大面積之上。

炸彈、手榴彈及其他 此皆需能按時猛烈爆轟之高級炸藥。但因其不受發射時之震動，故其感度毋須如砲彈用者之嚴格，故得用較多種之火藥。然因常受不謹慎之運用及搬運貯存時，有受槍彈與飛機炸彈襲擊之危險，故可能範圍內，亦以愈鈍感愈佳。至於化學安定性等，則與砲彈用火藥有同樣之要求也。

第三圖示米爾氏式手榴彈之斷面。投擲前，先拔出保險針，投擲後，槓桿離去，撞針打擊火帽，點火於一極短之導火索，數秒鐘後，引爆主裝炸藥。手榴彈之形式有多種：有用時限信管者，有用碰炸信管者，有用手擲者，亦有用槍、弩砲或彈簧砲射出者。此外用於陣地及飛機之炸彈，茲不多贅矣。凡此所用之高級炸藥，其性質均相似，通常多為硝基化合物或硝基化合物與硝酸銨之混合物（見第七及第十章）。



第三圖 米爾氏式手榴彈

魚雷 魚雷 (Torpedo) 之名，前係指固定水雷。乃富爾敦 (Fulton) 氏於一七九七年所發明。然在今日，此名詞一般

乃指長約二〇呎，徑約一八吋，形狀似魚之密閉器，能在水內自行前進，及與目的物相遇，即行爆炸。此種自進魚雷，始用於十九世紀中葉。魚雷體內之大部分為水中自進機關所佔；頭部裝有多量之高級炸藥，如溼狀強棉藥、梯恩梯等，並有遇目的物能行自炸之雷汞火帽。

水雷 水雷應備之條件與魚雷同。但水雷係固定水下，須待從上駛過船艦之碰擊，始能爆炸。

地雷 此乃埋多量高級炸藥於地下，用以破壞敵之堡壘者。裝藥藉雷管之助，以電力起爆之。

火藥之應用於軍事工程者甚多，然其原理則均相同。所裝高級炸藥，均利用電力或時限信管作用於雷汞火帽使其爆轟（見第十一章）。

二 工用火藥

工用火藥較軍用火藥種類較多。因其感度問題不若後者之重要也（見第十章）。故雖氯酸鉀火藥及各種硝基甘油火藥皆可使用。然化學安定性仍甚重要。至價格之須低廉，更無論矣。

吾人對於火藥威力常想像其愈大愈佳。但在多種情況下，常須避免過猛之火藥者，亦不可不加考慮。工用火藥主用於開礦、採石、挖溝以及其他各項工程之爆破。例如爆破堅硬之巖

石如石英金礦時，當需要如爆膠 (Blasting gelatine) 等之極猛火藥；但有時則希望其不可過爆破碎者有之，而此情形尤以煤礦為然，因猛烈火藥勢將碎煤為粉狀也。故此時必用緩性火藥，使其爆炸和緩而生多量之氣體。又此種火藥，須不生高熱火焰。否則易使坑氣或煤粉空氣之混合物起火。此即所謂「安全炸藥」是也。尤有進者，凡用於上述情形下及其他閉塞處之火藥，務須不生有毒氣體。毒氣主要之一種為一氧化碳。乃由火藥中之氧不足燃燒其所含之碳所致。黑色火藥約生成含一氧化碳八——一七%之混合氣體，能使礦工罹病。空氣中含一氧化碳雖少至百分之一以下，已足致毒。且因其無臭味，而不易覺察。惟鼠類及其他小動物較易受此氣之影響，故常用以作「檢示劑」焉。氮之氧化物有時亦能生成，亦屬有害，且亦不易覺察。此外過氯酸鉍火藥有生成甚毒之氯化氫之虞，但此可由混加硝酸鈉以防止之。

農業用火藥 火藥之用於農業，亦有一述之必要。因其近已漸趨重要，而尤以美國為甚也。例如樹木之砍伐，堅硬土地之疏鬆，使其肥沃，以及挖溝壕等是。此時選擇火藥，純屬價格問題。此外亦有用火藥使落雨者，然此究竟是否有效，尚為疑問。

發動機用火藥 世常有用火藥以生動力之議。驟聞之，

以爲一能生極大破壞效力之火藥，必可爲能力之一種有效來源。然事有不然者。蓋凡燃料，例如汽油，其燃燒所需氧氣，取自空中，而火藥則須自給其氧，是以欲得同一能力，若用火藥，勢非使用較多量不可。液體燃料，如汽油或石蠟，燃燒時所需氧氣，約爲其自身重量之三、四倍。此可由燃料之燃燒熱與火藥分解所放之熱以說明之（第一表）。

第一表 燃燒熱與爆發熱比較表

燃 燒 熱			爆 發 熱		
燃 料	Cal./公分	B.T.U./磅	火 藥	Cal./公分	B.T.U./磅
汽油	11,000	20,000	硝基甘油	1,478	2,660
柴油	10,000	18,000	強棉火藥	1,100	1,980
苯	9,500	17,100	梯恩梯	924	1,663
煤	5,000—8,000	9,000—14,400	黑色火藥	635	1,233

火藥之分類 一八七五年英國之火藥法規分火藥爲七大類。此種分類法對於貯存上頗爲重要。如高級炸藥單獨貯存時甚爲安全，但若與雷管類共貯則不可，因其可使全部火藥發生猛烈之爆轟也。七類如下：

第一類 黑色火藥

第二類 硝酸鹽混合火藥

第三類 硝基火藥

第四類 氮酸鹽混合火藥

第五類 雷汞火藥

第六類 彈藥類

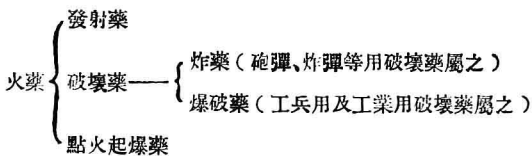
第七類 火工品

「硝基火藥」包含一切由硝酸作用於含碳物之生成物。就化學慣例言，硝基火藥(Nitro-compounds) 僅指氮直接與碳相結合之化合物。但一八七五年之火藥法規則亦包括硝酸酯（如硝基甘油等）在內，蓋後者實非硝基化合物也。

雷汞火藥類除雷汞外，亦包括其他靈感性之起爆藥（見第十一章）。

彈藥類包括各種已完成之火藥。如爆破用之安全導火索、火帽、鐵路用有霧信號，以及安全彈等是。但其中復可分為已具點火裝置及不具點火裝置者二種。然因火藥範圍之大，用途之廣，常有一種火藥可列入二類之間者。

譯者按：上述火藥分類法係英政府所定。然通常習用上多依其用途為分類法，即



炸藥與爆破藥之區別，又可謂凡裝於金屬（如鑄鐵及鋼）

容器內之破壞藥爲炸藥，裝於紙包內之破壞藥爲爆破藥[亦有用極薄金屬皮（如鋅皮錫皮等）包裝者，但甚少耳]。

第三章 性質及試驗

由火藥之各項用途觀察（見第二章），多少可知其各種性質之重要。一火藥之先決條件為能爆炸，故於茲先陳述之。

吾人已知火藥爆發速度相差甚大。是以有「高級火藥」與「低級火藥」之別。然同一火藥，因物理性質之不同，可兼為高級或低級火藥，如加壓於強棉火藥使成塊狀，即可爆轟而為高級火藥。反之，若用溶劑膠化之，使變成角質物，則能徐緩燃燒而為發射藥，屬於低級火藥。

火藥之爆速，亦視其密閉度為轉移。在大氣中，一條紐狀火藥可持手中安全燃點之，其燃燒雖速，但不爆發，因其所生之能，全用於對外工作而消失。若以同樣之紐狀藥置入砲內而燃點之，則能呈極大之壓力，而以高速度推送子彈射出砲外。

發射藥 欲決定一發射藥之爆發價值必先知：

1. 所生之壓力
2. 所生之氣體量
3. 所生氣體之化學成分
4. 所生之熱量

欲試驗上述諸點，必須將發射藥置於一能耐爆發高壓之密閉器內而引爆之。此密閉器用絕緣電線通達內部，以用電

力點火。爲安全計，全付器具，須置於厚壁之洋灰造屋內。

置定量之紐狀藥或他種發射藥於密閉爆發器內，而後將蓋旋緊。此器附有測量壓力之裝置。一般皆依壓力之大小，藉發生相當壓縮之小銅柱以測定之。此外尚須備有爆發氣體之引出裝置，以便測量及分析。

第二表 各種發射藥所生氣體之成分及其發熱量

	Mk.1. 紐狀藥	M. D. 紐狀藥	硝基棉發射藥	
發射藥之成分	耐基棉	37%	65%	
	耐基甘油	58%	30%	
	礦物膠	5%	5%	
裝填比重	0.05	0.05	0.05	
永久性氣體(c.c./c.c.)	678.0	781.8	814.7	
全部氣體(c.c./c.c.)	877.8	955.4	993.1	
全部氣體之成分	CC ₂	20.97	14.85	14.68
	CO	26.53	34.87	35.63
	H ₂	13.52	18.95	20.01
	CH ₄	0.23	0.29	0.49
	N ₂	15.99	12.89	11.19
	H ₂ O	22.76	18.15	18.00
壓力(噸/平方吋)	2.9	2.7	3.35	
發熱量,水爲液體(Cals.)	1272	1036	896	
爆發溫度(求得)°C.	5151	4056	3488	

測定所生之熱量，亦係置定量發射藥於一密閉爆發器內，但此器須浸入水中（即測熱計）。爆發熱經器壁傳於四圍之水，由水之溫度升高得以計算所生之熱量。各種發射藥爆發時所生之熱量及氣體，見第二表。

火藥之真實爆發溫度，雖不能直接測定，但可由間接方法求得其近似值。其法有二：（一）吾人已熟知一種氣體之壓力與其容積之乘積對其絕對溫度為正比例，故如知由密閉爆發器所放出氣體之容積，並由銅柱壓力計得知其最大壓力，即可計算其最高溫度。（二）若各氣體之比熱為已知，則亦可由其所生之全熱量（測熱計所得之值）及氣體之全量以計其爆溫。然此處有一困難，即高溫下氣體比熱之值，尙未能十分確定也。故由上二法計算出之結果，常相差甚大。但此種差異，近已由高溫氣體平衡之研究，而得漸趨一致矣。

除上述者外，對於發射藥之威力，可由彈丸離砲口時之速度得其結果。此速度可使彈丸經過砲前方距離一定之二金屬網，利用電力以測定之。利用此裝置，彈丸飛過二網間所需之時間可由落錘或迅速迴轉之鼓胴測得之。另法為射彈丸入一彈道擺內（Ballistic pendulum）而測其所生之震動數。

高級炸藥 當吾人試驗砲彈、炸彈及爆破用之高級炸藥時，勢將遇到與上全然相異之情況。此種高級炸藥之效力，

繫於高大之爆速。即所謂「爆轟」(Detonation)是。

茲再將爆轟之性質加以簡略說明。設吾人以火柴點火於一小堆之火藥，如梯恩梯，則徐徐燃去其一小部分後，多歸熄滅。又如點火於較多量之火藥，其燃燒雖可漸漸加速，然吾人固已知甚大量之火藥，亦僅作燃燒而不爆發者有之。但最後終可達於一種程度，燃燒過于迅速而致爆發，因而引起全部火藥之交感爆炸。

設不用火柴點火，而將少量之梯恩梯投入於燒至紅熱之金屬管內，則火藥立發巨響而爆炸。

爲欲了解上述之性質，須考慮火藥之分子狀況。每個火藥分子皆處於一不安定平衡之狀態。其中與氮相結合之氧，常有離去以求與碳氫相結合之趨勢，欲使氧氮分離，須加相當之激動。二者甫經脫離，則氧即以極大之趨勢迅與碳氫相結合，因此結合所放出之能力，足以激動鄰近分子使起同樣之分解而有餘。然如點火於一小堆之梯恩梯時，則其放出之能，幾全部消耗於輻射及周圍空氣之冷卻。又一部之熱能，消耗於附近冷梯恩梯之加熱，以使達到其發火點。此種熱之散失之大，有時足使燃燒中止也。他方面，如投火藥於熱管內，可全部加熱使各分子皆作迅速之運動，每個分子所放出之能，極易使附近之分子受爆發激動而有餘。同樣，如火藥之大部分皆已燃着，則

其未燃之小部分因與熱焰相接觸之故，亦必甚熱。是以各分子所放之能，最後必能使周圍之全部梯恩梯發生爆炸也。

若每個分子所放之能力，較破壞次一分子所需者為多時，則爆發速率必繼續增加而達其最大值。即所謂爆轟速率(Rate of detonation)是也。對於一定密度之同一火藥，此值皆為常數。如在壓縮狀之梯恩梯時，約為每秒四哩以上。

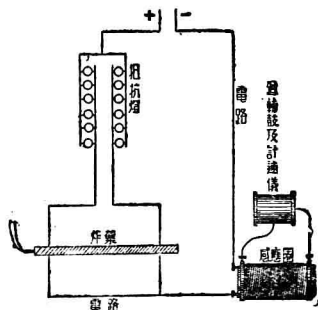
故實際使用時，必有較好之方法，以使高級炸藥爆轟。吾人當然不能浪費其能力於漸漸達到最高值，而必使之立能達其最大值（即爆轟）。蓋不如是則以常用之火藥量，幾皆歸無用，因其爆速永無達到最大值之機會也。此即「起爆藥」之所以為用也。雷汞及其他數種物質乃處於一極端不安定平衡下，能於瞬時間內達其最大之爆速；且能傳其激動於鄰近之他種火藥，使其全部爆轟。雷汞之最大爆速（三〇〇〇公尺/秒），實際較梯恩梯者（六九五〇公尺/秒）為小。但此處最要者為其能於一瞬間達到最大值。故用不足一公分之雷汞量，即能充分起爆多量之高級炸藥也。

大炸力砲彈中，其信管內含有少量之雷汞。一般用此雷汞先起爆一感度介乎雷汞與主裝炸藥之間之火藥，如特出兒藥(Tetryl)是（見第九章）。再由此中間火藥爆轟其主裝炸藥。同樣，爆破工作中，亦必以起爆藥引爆。

關於俗諺所謂「火藥能向下打擊」(Explosives strike downwards)一語，可略加說明。設一種爆發進行較緩，則其所生膨脹胥散失空中，對地面不生影響。然若膨脹速率極大時，則火藥與其所生氣體之慣性，愈形重要，其壓力向四方等量發展。惟吾人僅能見其向下方之爆炸效力，對於上方者為「空中之洞不得見」(The hole in the air is not visible)耳。故乃有火藥具向下打擊之特性之習慣語也。

爆速之測定 火藥之爆速 (Velocity of detonation) 可用下述二法測定之。

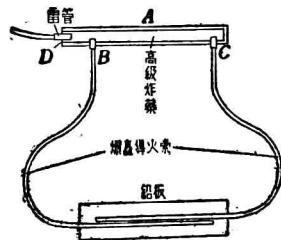
(a) 麥太幹記錄器 (Mettegang recorder) 將火藥封入一長約一至二公尺之管內，或將多數之藥筒排列成行，使達所需之長度後，而自其一端引爆之。在此火藥列之二點，穿以細金屬絲，當爆發波經過時，二銅絲依次炸斷；此等銅絲係列於一電路之中，其聯法為當每一次一絲炸斷之際，即於一塗煤煙之迴轉鼓胴上留一斑點（見第四圖）。該鼓胴用小馬達以高速度旋轉，因而前後二次之銅絲炸斷，能於鼓胴上形成相隔不遠之二斑點。事後用測微



第四圖 麥氏測爆速裝置

器量其距離。用此法可量至千萬分之一秒。因二金屬絲裝於火藥列上相隔之距離為已知（例如一公尺），故即可迅速求得其爆速也。又如使用稍多之金屬絲數時，則爆速之加速率或減速率亦皆可測出。

(b)陶氏測法(Dautriche's method) 此為測定各種火藥爆速比較值之簡便方法。乃利用爆轟導火索，索為鉛或錫製，中實高級炸藥如梯恩梯等。此種導火索如謹慎製造，能全部作均一之爆轟。欲試之火藥裝於A管內（見第五圖），管口處插入雷管D。更在藥管上取一定距離之兩點，插入B、C二雷管，並使與二根爆轟導火索相連結。此二導火索之他端，則使其相依附於一鉛板之上。當炸藥管端之雷管着火後，爆發波沿藥管前進，在其到達B點時，使與此點相連之導火索起爆，殆達C點時，同樣又使與C點相連之導火索起爆。此爆發波沿二導火索前進，其相遇之處，即在鉛板上生成顯明之刻痕。此刻痕之位置，繫於A管炸



第五圖 陶氏測爆速裝置

藥之相對爆速及爆轟導火索之爆速。故如後者為已知，則A管內炸藥之爆速，不難計算得之。此法以其能應用於較少量藥樣之測定，是其利點。

各種火藥之爆速見第十章。又爆速依火藥壓縮度之不同，略有出入。第三表示黃色炸藥之值，可以見之。

第三表 黃色炸藥之爆速

包 裝 法	比 重	爆速(公尺/秒)
直徑40公釐之煤氣管	0.81	4,670
直徑26公釐之煤氣管	0.94	4,870
裝於木板上用砂包裝之彈藥筒，直徑26公釐	1.30	5,980
	1.41	6,465
	1.41	6,885
	1.50	7,110
	1.60	7,110

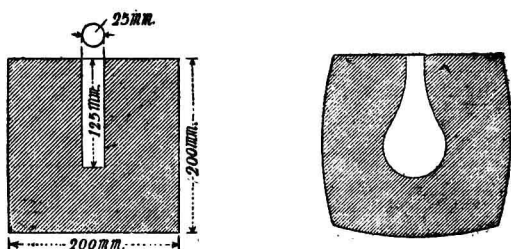
爲欲明瞭各種速度之比較，請參閱下表：

	公尺/秒
特別快火車（每小時45哩）	20
音速（空氣中）	340
音速（鐵中）	5,120
步槍彈	850
地球繞日速度	29,500
光速	300,000,000
黃色炸藥之爆速	7,000

如能沿地球赤道圍以黃色炸藥列，則爆發波需一小時半

可以完全通過之。

高級炸藥威力之特氏試驗 (Trauzl's test for power of high explosives) 此試驗常用以決定高級炸藥爆轟時之實



第六圖 特氏試驗所用之鉛壘

際效力。法於一直徑二〇公分，高二〇公分之圓柱狀鉛壘內，在其中心軸方向留一深一二·五公分，徑二·五公分之孔（見第六圖）。取火藥一〇公分置孔內，插以電氣雷管，上部滿充以砂。火藥爆轟後，孔漲大變形，然後注水其中，而求其注滿時所需之水量。由此減去原孔之容積，餘剩者即表示該火藥之威力。第五次國際應用化學會議時（一九〇三年在柏林舉行）曾規定此試驗之正確情況。

第四表示各種火藥之鉛壘試驗結果。

彈道擺 (Ballistic pendulum) 此法用於試驗煤礦用火藥等。其法係以欲試之火藥裝入一鋼砲內，使其向一重白砲內發射一彈丸。該白砲係懸掛者，因為彈丸所擊，而發生擺動。由

第四表 用特氏試驗所測定各種火藥之相對威力

	標準鉛礮內所得之漲大公分數
硝基甘油	540
爆膠	530
Gelignite	420
黃色炸藥	315
梯恩梯	290
猛爆藥(75%), Dynamite	350
特出兒	375
雷汞	150

其擺動距離之大小得以指示火藥之威力。第五表所示者為布(Cope)氏所測定之值。

安定性 如前所述，一切火藥生成即為一不安定化學平衡之物質。此不獨僅謂其具爆發性，且揭示其雖遠在發火溫度以下，亦漸起分解。因火藥必須貯存，故此漸起分解之性質，乃為一大問題。多數爆發性物質，皆因其極不安定，故實際上全歸無用。安定性問題之重要，以對於硝酸酯類(Nitric esters)為最，例如硝基甘油及硝基纖維是。此等物質，經長期貯存，尤以處於溫暖氣候下，常自敗壞，甚至發生危險。印度及其他諸熱帶國家之火藥庫，皆曾發生爆炸，故對此等藥庫貯存之火藥，必須為極慎重之檢視。

第五表 用彈道擺測定各種火藥之相對威力

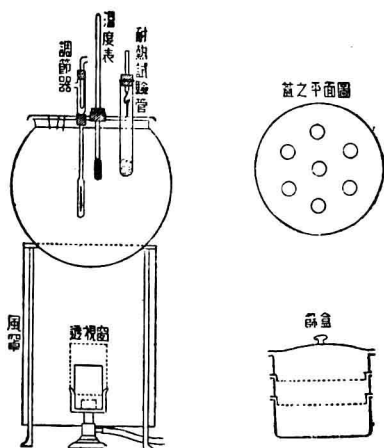
	彈道擺所示之相對值
梯恩梯	10
阿麻陀 (Amatol, TNT 20%)	12.1
阿麻陀 (TNT 50%)	11.8
三硝基二甲苯 (Trinitro xylene)	8.8
TNT 60 TNX 40	9.3
Trinitronaphthalene	8.2
Trinitroanisol	10.6
特出兒	12.1
四硝基苯胺 (Tetranitroaniline)	12.1
黃色炸藥	10.6
硝基澱粉(氮量12.8%)	11.4
硝基甘油	14.0
硝基纖維(氮量13.35至13.5%)	12.0
六硝基二苯胺	11.1
猛爆藥(含硝基甘油50%)	9.8

阿伯耳氏耐熱試驗 (Abel heat test) 為檢驗多量之火藥，必有一簡便之方法。其最便利可靠者，厥為阿伯耳發明之耐熱試驗。此試驗之原理，為當火藥於試管內加熱時所發生之微量二氧化氮，作用於懸在火藥上部之碘化鉀澱粉試紙，因生

成碘化澱粉，而使試紙變色。

第七圖示此試驗所用之器具。圓水浴器備加熱試管之用，為達此目的，備有一多孔之蓋。此器用煤氣燈或酒精燈加熱，務須嚴格保持所規定之溫度。此溫度視火藥之種類而異，普通約在華氏表一六〇度至一八〇度之間（即 $71^{\circ}-82^{\circ}\text{C}$ ）。試管之大小，曾經規定，並附有橡皮塞一個，塞上配有懸掛試紙用之有鈎玻璃棒。

將火藥研成粉狀，權其定量放入試管。乃將試紙懸於鈎上，而以甘油溶液潤溼，至其下半部浸溼為度。將此塞插入試管，再將試管置入水浴中之一定位置。乃注意觀察試紙上發生淡棕色綫所需之時間，但此淡棕色之深



第七圖 阿氏耐熱試驗裝置

淺，須與專為比較用之標準色紙之強度相等。第六表即示各種火藥所規定之時間與溫度。若顯色之時間較規定者為少，則該火藥即須廢棄。

第六表 阿伯爾耐熱試驗之標準藥量溫度及最短時間

火 藥	溫度	份量	最短時間
	°F.		分鐘
硝基甘油	160	2c.c.	15
Carbonite, Monobel 等	160	3.2g.	7
爆破膠, 膠質猛爆藥等。(與6.5公分之法國滑石粉混合)	160	3.2	10
柯達藥, Ballistite 等	160	1.6	10
柯達藥 Mk. 1 與 M. D. (英國皇家陸海軍用)	180	1.6	30
硝基纖維漿, 壓縮狀強綿火藥及 Tonite等	170	1.3	10
硝基纖維系發射藥	170	1.3	10
Ammonite, Bellite, Roburite 等	170	1.3	10

欲得一致合理之結果, 則舉行此試驗時, 種種手續, 皆須嚴加注意。讀者欲知其詳, 可參閱一九一四年之「火藥耐熱試驗委員會第一次報告」(指英國)及其他較詳細之專書可也。

其他安定性試驗法 用各種不同之指示藥, 以代替碘化鉀澱粉紙, 即得顯然相異之種種耐熱試法。德國用碘化鋅;古特曼 (Guttman) 及好色馬 (Hoitsema) 用二苯胺與硫酸之混液;斯比卡 (Spica) 用 Meta-phenylene diamine; 此外尚有其他各種試藥如 Indo', Sulphanilic acid 與 Alpha-naphthylamine, Dimethylaniline, Betanaphthol Sulphonic acid 等, 皆曾試用, 然實用上以上數法皆未能代替阿氏之試法。

碘化物試紙變色所需之二氧化氮，爲量極少，僅 0.000135 公毫 (Milligram)。是以此種精確之試驗，甚易爲外來物質所矇蔽，因而遂有使其作較長時間分解之他種試法出現。如利用石蕊試紙之變色（即維由氏試驗，Vieille test），可以目觀之棕色烟之生成（Thomas's test, 135°C . test, 75°C . test），以及火藥內身加熱（即銀瓶試驗，Silvered vessel test）諸試法。此外另有所謂爆發試驗者，乃於規定情況下，加熱少量火藥，而記其爆發時加熱浴器內之溫度也。

下述諸試法，更近於定量試驗：

威爾試驗 (Will's test) 此試法係在純二氧化碳氣流中，以攝氏一三五度之溫度加熱火藥；使其生成之氣體，通過赤熱之銅與氧化銅，而後在氫氧化鉀溶液上收集之。

白雲二氏試驗 (Bergmann and Junk's test) 此係以攝氏一三二度之溫度加熱火藥二小時，其所生之氧化氮氣體，使經過玻球內之水而吸收之，再用二氯化鐵滴定之（即 Schultze-Tiemann method）。

賽氏試驗 (Sy's test) 此係加熱火藥於攝氏一一五度，而測其所損失之重量。

奧氏試驗 (Obermüller's test) 此乃於真空中加熱火藥，而量其所生氣體之容積。諸如此類之發生氣體試法，尙有下述

數氏之方法。即 Dupré, Brame 與 Mittasch。

真正硝基化合物之高級炸藥，遠不如硝酸酯類之易於敗壞。但若能知其安定性，有時亦不為無用。對此工作則著者

第七表 各種火藥在 140°C. 之真空中所發生之氣體量

火 藥	四十小時後每小時所生氣體之 c. c. 數
1:3 二硝基苯	0
2:4:6 Trinitromesitylene	0.003
2:4:6 Trinitro- <i>m</i> -xylene	0.5
2:4:6 三硝基酚(黃色炸藥)	0.6
2:4:6 Trinitroaniline	4
1:2:4 三硝基苯	8
2:4:6 三硝基甲苯(梯恩梯)	9
2:4:6 Trinitro- <i>m</i> -cresol	10
2:3:4 三硝基甲苯	13
2:3:5 三硝基甲苯	24
2:4:5 三硝基甲苯	32
2:4:6 Trinitroanisol	32
特出兒 (Tetryl)	[128]
Tetranitroaniline	[288]
3:4:5 三硝基甲苯	[352]
硝酸纖維 (13% N.)	[5,000]
硝化基甘油	[86,000]

(指 R. C. Farmer) 之真空安定性試法尙焉 (見 Journ. Chem. Soc., 1920 Vol. 117, p. 1432)。

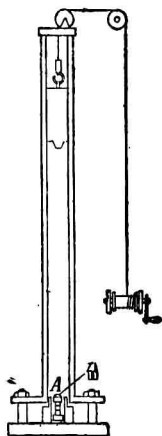
第七表爲勞伯孫 (Robertson) 氏於攝氏一四〇度時所得各種火藥之發生氣體量 (見 Journ. Chem. Soc., 1921, Vol. 119, p. 13.)。

有時於火藥內加以安定劑 (Stabilizer), 以吸收其有害性之分解生成物, 藉以防止其敗壞作用。碳酸鈣、二苯胺、尿素以及其他種種皆曾用過。亦有加入一種顏色反應之物質者, 一俟分解開始, 即能變色, 因而火藥如已至不安定情況時, 得可自動示出之。

感度 (Sensitiveness) 火藥對於衝擊或摩擦, 不能過於靈感, 此點甚爲重要。因其必須足以抵抗運輸時之粗魯動作也。又如爲軍用火藥, 則更須能極力耐受槍彈之射擊。裝砲彈用之火藥須能耐發射時之猛烈震動, 使不至過早爆發。

各火藥之感度, 相差甚大。如碘化氮者, 雖以羽毛觸之, 亦能猛烈爆炸。乙炔銀亦幾同樣靈感。而梯恩梯則雖以大槌打擊之亦難爆發。

對於衝擊感度皆用落錘試驗 (Falling



第八圖 落錘試驗裝置

weight test) 測定之。如第八圖所示，取少量火藥置於鋼砧 A 上，使重錘由各種不同之高度落下，至其所呈之衝擊，適足以使爆炸爲止（見 Sixth Internat. Congress of Applied Chemistry, Vol. 2, p. 522, 及 Zeit. Sch. Spreng., 1906, p. 287）。第八表示勞伯孫氏所得關於各種較著火藥所需之高度 (Journ. Chem. Soc., 1921, Vol, 119, p. 18)。

第八表 火藥因衝擊而爆發之相對感度

(表中數字愈小者則火藥愈靈感)

火 藥	重錘下落之相對高度 (黃色炸藥作爲100)
雷汞	10
氮基鉛	20
硝基甘油	13
硝化纖維	23
三硝基苯胺	111
四硝基苯胺	86
三硝基苯	107
三硝基甲苯	115
三硝基二甲苯	120以上
黃色炸藥	100
Trinitrocresol	101
特出兒 (Tetryl)	70

欲測定火藥對於摩擦作用之感度，可置少許之火藥於一

石桌上，而以木槌擦之。鋼製或別種物質製之砧與槌亦可使用。

吸溼性 有時火藥之吸溼性亦甚重要。例如黑色火藥，可取其定量置盤中，放入溼空氣內者一、二日，而權其增加之重量。凡火藥含有硝酸鈉、氯酸鈉或硝酸鉍者，其吸溼性更甚。一般為防護潮解性火藥之吸溼，可將其藥包浸以石蠟而達到之。

滲出性 (Exudation) 此性質主指含硝基甘油之火藥而言。其測定法，係置定火藥柱於烘箱內之多孔性紙上，而量其所增加之液體重量。此種滲出性當非吾人所願，蓋滲出之液體硝基甘油易受摩擦或衝擊發生爆炸也。又在他種情形下，火藥因滲出而變鈍感者有之。此時即難以起爆。

安全炸藥 (Safety explosives) 煤礦用火藥，須具有特種之條件，即求其不致使煤坑中時常存在之「坑氣」着火是也。除易燃氣體外，極細之煤粉，有時亦易着火。火藥之所以有此傾向者，其原因有二：第一由於爆發生成物中可燃氣體之生成，如氫、一氧化碳是；第二因其爆溫太高。欲試火藥使用於煤礦之安全與否，須在與實際煤礦坑道相似之大試驗坑道內行之。在此種坑道內，使火藥爆發於煤粉與坑氣之大氣內。凡能十分滿足此種試驗之火藥，始准許用於煤礦。

爆焰之長度及久暫 在某種情形下，此測定亦甚重要。

因一種火藥爆發後，有使附近他種火藥引爆之可能也。爆焰之長度，最好用攝影法測定之。同法，藉攝影於被有感光片之迴轉鼓筒上，亦能測得爆焰之久暫 (Duration of flame)。第九表爲比海爾 (Bichel) 氏所測得之值。

第九表 各種火藥之爆焰長度及其持久性

	火藥100公分所生之爆焰長度	火藥100公分所生爆焰之久暫
	mm.	sec.
黑色火藥	110	0.077
爆破膠	224	0.0097
猛爆藥(75%)	228	0.0083
Donarit	69	0.0004
Carbonite	40	0.0003

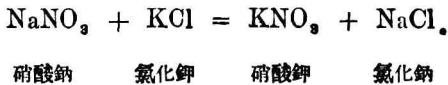
第四章 黑色火藥

如前第一章所述，黑色火藥為最老之火藥，亦為五百年間唯一實用之火藥，此乃由於其製法及使用之簡便所致。欲使其充分爆發，只須點燃，而無須起爆藥。其化學性極為安定，雖擱置數百年之久之藥樣，而其化學組成，迄今仍無變動。一般成分為：硝酸鉀（硝石）七五份、木炭一五份與硫磺十份；如屬爆破藥，則硝石可減至百分之六〇。有時木炭可增至百分之二二，硫磺亦可多至百分之一九，少至百分之二或三。除化學成分外，藥粒之大小，亦關重要。小粒藥用於轉輪手槍或步槍，但於其他諸用途，則使用較大之形狀。有時甚至製成立方形或稜形焉。

硝石 此物在東方各國，多凝結於地面，乃由含氮動物質之分解及地中之含鉀化合物所促成。精製之法，係使土硝溶解於熱水中，過濾去其雜質，任其涼冷，則硝石作白色晶體析出。

此種天然硝石，現多被由硝酸鈉製成之「轉變」硝石所替代。硝酸鈉盛產於智利國及世界上其他少數極端乾燥之地帶，多用作肥料。將硝酸鈉溶諸水中，加以氯化鉀（此物產於德國礦中，又可得自他種來源，如鼓風爐之烟末是），則依下

式而生成硝酸鉀：



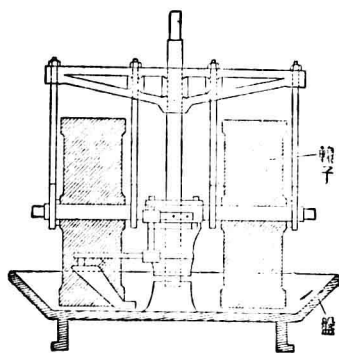
將氯化鈉自該種熱濃液中分去後，放冷，則硝酸鉀成晶體析出。用此法製得之硝酸鉀，每易混有過氯酸鉀，此物如含之過多，則易生危險。幸可用加熱法將其滅毀。亦有以硝酸鈉代替硝酸鉀用者，但有易於吸收水分之弊。

硫磺 此物多產於火山區域，以西西里 (Sicily) 為尤著。天然硫常混有石灰石，故用熔出法以回收之。然後再以蒸餾法精製。商業上售者，多為棒狀硫及硫磺華。用造火藥，以前者為宜，因其不易夾雜有損火藥品質之酸分故也。此外又可由黑灰製鹼法（即路布蘭法）及煤氣精製法中製取硫磺以為副產物。

木炭 加熱木材，則揮發性物質（木精）蒸出，而得木炭。此種工作當然於密閉爐內舉行之，否則木材勢必燃燒也。用造黑色火藥，最好採用柳木、赤松及山茱萸 (Dog wood)，但遇緊急時，則他種木材如樺木及白楊亦可使用。碳化時務宜慎重行事，蓋因黑色火藥燃燒之緩速，多視木炭之性質及製法為轉移也。麥桿等亦曾用製木炭以造緩燃性之栗色藥或稱為「可可」(Cocoa)藥。

黑色火藥之製造 製造黑色火藥時，先將各成分分別粉碎，而後共置於邊緣轉動式(Edge-runner type)之壓磨機內混合並研磨之(見第九圖)。此機係二個重滾子於一淺盤內轉動，滾子重可數噸，以使火藥磨至極細，俾能充分迅速燃燒。每次約可研磨六〇乃至八〇磅，但須加以少量之水，因乾燥之火藥，受如是大之壓力，頗易生危險也。研磨數小時後，用手或使之經過砲鋼滾子，以打碎此種壓磨餅(Milleake)，而後再壓之，使小塊得以結合。次步工作，

乃使其經過一系列之滾子，將其分裂至所要求大小之顆粒。再使其經過一旋轉之圓筒形篩，以除去顆粒中之粉末。然後再將其置入一旋轉之木製鼓胴中，以行部分乾燥及加光。有時為欲得一光滑之表面起見，亦有加以少許石墨粉者。最後，置火藥於一溫暖箱內，以烘乾之。但須加以極大之注意，以避免一切可以引火之可能。再經除出粉末後，即可混合使其均一。



第九圖 黑色火藥碾

面起見，亦有加以少許石墨粉者。最後，置火藥於一溫暖箱內，以烘乾之。但須加以極大之注意，以避免一切可以引火之可能。再經除出粉末後，即可混合使其均一。

黑色火藥之試驗 物理檢驗為藥粒平均大小、假比重、絕對比重及發火點之測定。化學檢驗為水分，三種主要成分

及灰分之定量。硝酸鉀之測定法係用水將其自藥內溶出，而稱其不溶解部分之重量（烘乾後之重量）。因硫磺易溶於二硫化碳，故用之抽去硫磺，其未溶解之木炭量，經稱量後即得。最後，置坩鍋內燒去木炭，而稱其所餘灰分之重量。

除上述者外，又可試驗氯化物與硫酸鹽諸雜質。黑色火藥只可微呈酸性。標準黑色火藥之發火點約為攝氏三〇〇度。

黑色火藥之爆速（每秒三〇〇公尺），若與最近代火藥（見第三表）相較，甚為微小。此蓋因其僅為一混合物，其氧含於硝酸鉀內，對於可燃體，不能為分子的接觸，故不能作真正之爆轟也。

黑色火藥之爆發生成物，一部分為氣體，一部分為固體，是以當其燃燒時，發生極濃厚之煙。其燃燒生成物約含（以重量計）氣體百分之四二·九八；固體百分之五五·九一；又水分百分之一·一一。固體、氣體及水分之成分約如下：

氣 體 (百分率以容積計)		固 體 (百分率以重量計)	
二氧化碳	49.3	碳酸鉀	61.0
一氧化碳	12.5	硫酸鉀	15.1
氫	2.2	硫化鉀	14.5
甲烷	0.4	硫氰化鉀	0.2
氮	32.9	硝酸鉀	0.3
硫化氫	2.6	硫磺	8.7

用途 黑色火藥可用於工業及軍事二種。其用作發射藥者，現已爲柯達藥及他種無烟藥所代替。但現仍用爲上述火藥之點火藥，又子母彈及其他砲彈之炸藥，以及時限信管等亦皆採用之。然其主要用途，厥爲不需炸力過猛火藥處之爆破用。

現仍有極大宗之黑色火藥用於工業爆破。一九一四年英國煤礦、金屬礦以及採石等工事所用黑色火藥之量，達一千六百萬磅，約占同一用途之全火藥量之半。

第五章 硝基纖維

纖維為多數植物組織細胞之總名，棉麻為其代表。就化學觀點言，乃一極複雜之物質，由簡單之原素分析，知其實驗式為 $C_6H_{10}O_5$ 。當初一般人皆以強棉火藥即為硝基纖維，係由硝基根代替三個氫原子所生成。然因其有中間硝基化合物生成，為解說此困難，乃有人將此實驗式二倍之，次更四倍之，甚有八倍之者。迄今吾人已知纖維之分子係以 $C_6H_{10}O_5$ 為單位所組成之極複雜物，屬於一種分子量甚大之「膠體」物類。其硝化度無一定之等級可分，所含氮量能繼續增加，直至達到百分之一四為止，此數目較下式 $C_6H_7O_5(NO_2)_4$ 所示者相差極為有限。

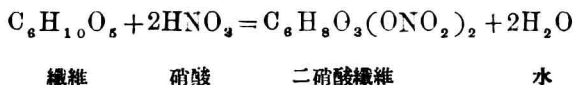
「硝基纖維」一詞並非絕對正確。蓋真正之硝基化合物 (Nitro-compound)，其氮皆與碳原子直接結合 (例如硝基苯)；但在硝基纖維，其硝基根則與氧直接結合，經氧方能與碳原子聯合。故其正確名稱應為硝酸纖維 (Cellulose nitrates)。此類物屬於「酯」類，乃由其原物質中之氫氧基為硝酸根置換所生成，一如硝酸鈉之得自氫氧化鈉者然。

真正硝基化合物與硝酸酯之區別，可舉硝基甲烷 (Nitromethane) 與硝酸甲酯 (Methyl nitrate) 為例而說明之。

NaOH	NaONO ₂	
氫氧化鈉	硝酸鈉	
H ₃ C·OH	H ₃ C·ONO ₂	H ₃ C·NO ₂
木精	硝酸甲酯(酯)	硝基甲烷(硝基化合物)

因纖維之分子量尙未確定，且其硝酸酯類又無一定之等級可分，故吾人僅可用下式 $C_6H_{10-n}O_5-n(ONO_2)_n$ 以表示之。習慣上概以其含氮之百分率爲區別，而不談其所有之硝酸根數目。纖維除其硝酸酯外，亦可生成他種酯類，如硫酸酯與醋酸酯是。

硝基纖維係由濃硫硝酸混酸作用於纖維所生成。例如其二硝基化合物之生成，即可用下式示之：



由上式知水亦爲該反應生成物之一種。硫酸之作用，即在吸收此水分，並不參與化學變化。然須注意者，硫酸酯多少亦有微量之生成，而必須慎重除去之，否則對於硝基纖維之安定性，大有妨害。

因硝基纖維爲酯，故亦一如他種酯類之具有水解傾向。一卽當水分存在時，其硝酸根能被代去之謂也。因而纖維受硝酸根氧化而生成強烈之分解。此分解能被酸類促進，故貯存時一

且發生水解作用，則其放出之酸能繼續促進分解，以至於分解過速而發生爆發之最後一階段。因此於製造時，將其所用酸分盡行除去，及將其不安定雜質之能發生游離酸者如硫酸酯等完全毀滅，乃為一極重要之工作。

硝基纖維之性質 浸棉花一塊(此物幾屬純粹之纖維)於濃硫硝混酸中，其外表並無任何變化。其外觀仍與原棉為同一之纖維狀物。但如用水洗去餘酸，放乾後，即可發現其性質與先前不同。取其一部點火，能迅速燃燒，幾為瞬時的。若將其放置砧上，擊之以錘，則放大聲而爆發。蓋當其在乾狀時，對摩擦衝擊均甚靈感，須小心處理之。

實際上纖維不溶於任何溶劑。但硝基纖維則能溶於丙酮，而形成一濃厚之黏性液。同樣亦可溶於醋酸乙酯、醋酸甲酯以及硝基苯中。但不溶於酒精、苯、哥羅仿、醚及其他多數之溶劑。醇醚合劑 (Alcohol and ether mixture) 能溶解纖維之低級硝化物 (含氮量約在百分之一一左右) 而不能溶解其高級硝基物 (含氮量約百分之一三)。故有「可溶性」與「不溶性」硝基纖維之稱。一般所謂「強棉火藥」(Guncotton) 者係專指不溶性之高級硝基纖維而言。

硝基纖維之製造 此工作包含浸棉紗頭 (Cotton waste) 於濃硫硝混酸；分離廢酸；洗除餘酸；及用水長時蒸煮，以去其

微量酸分，並分解其所含如硫酸纖維等之不安定物質。最後以低溫烘之使乾。

必要時，不用棉花，可以木纖維代之。自木纖維製得之硝基纖維，雖較難精製，然當歐戰時，德人無暇顧此，曾用木材造基極大量之硝基纖維。

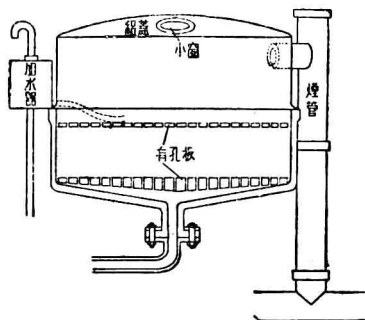
1. 棉之準備 先用手工將棉紗頭內之木片、線頭等揀去後，置撕棉機上將其撕開，然後充分乾燥之。因水分能妨礙硝化作用之進行也。

2. 硝化 曩昔此工作多舉行於陶製罐中。但現已大半為二種改進法所替代，其一用離心機硝化。先注混酸入機內，次加入棉花，使二者之量約為五〇與一之比。關閉器蓋，硝化約一小時，然後竭力排去廢酸，再開機轉動，使附着之酸分大部得以旋去。乃用鉗夾取硝基棉而放諸流水槽內。

硝化器上須裝有排氣管，以排去硝化時所生之酸烟。法用陶製或鋁製之風扇為之。

各種硝化法中之最獲成功者，為拿湯二氏發明之「置換硝化法」(Displacement process by Nathan and Thomson)。該硝化器之剖面圖(見第十圖)。乃係一陶製或耐酸鐵製之淺圓盤。盤底部覆以多孔假底。於注入混酸後，加入棉紗頭，並將其壓入酸液表面下。而用多孔板蓋於棉上。然後小心的注入一

薄層冷水。此時因酸較水為重，故實際上可不混合。加水之目的，為防止酸烟彌漫。殆硝化約二小時半後，乃打開底部活塞，放出濃酸，同時自上方注以流速相等之冷水。如是酸液



第十圖 置換式硝化器

漸漸為水置換，而幾與酸不相混合。當所有濃酸全部除去後，更繼續注水，以求充分除去餘酸。

3. 蒸煮 此為全工程中最重要之一部。其目的在除去極微量之游離酸與分解種種不安定性物；凡此物質苟不除去，則貯存時，自起分解，易於引起危險。蒸煮方法，用假底大木桶，每次入硝基棉可一噸，然後依照已定規程按時換加新水，總共約需五〇小時。在第一次蒸煮時，煮液宜微呈酸性，因其較中性水分解雜質為更有效也。最後數次之蒸煮，則宜略帶鹼性，使得以除去硝基棉中最後之微量酸分。使用硬水較為有利。因其能於硝基棉之纖維上，沉澱些許之碳酸鈣。而此物可作一種安定劑也。

4. 磨粉 此係碎硝基棉為極短之纖維，使成藥漿(Pulp)之工作。磨粉機為一橢圓形槽，裝有水平軸之迴轉鼓胴，胴上

裝有刀刃，而與一固定之刀刃幾相接觸（與剪草機相似）。藥漿循環流於槽內，反復經過刀刃，至完全變為細粉為止。此磨粉工作，能將纖維撕開，而洗去其所含極微量之餘酸，以完成精製工作。乃使之流經除污槽，以去其雜質，復於槽內裝以強力電磁石一塊，以去所含鐵質。然後用水洗滌數次即得。

5. 烘乾 由上所得之藥粉，中含水分甚多。其大部分之水，可用離心機旋去，或在加壓機上壓去。最後如必要時，可將其放入暖室內烘乾之。但此要特別注意，以免因摩擦充電或其他原因而發火。為避免此危險烘法，於製造硝基纖維火藥時，多直接用酒精置換水分，然後再加醚，即可使硝基棉膠化。

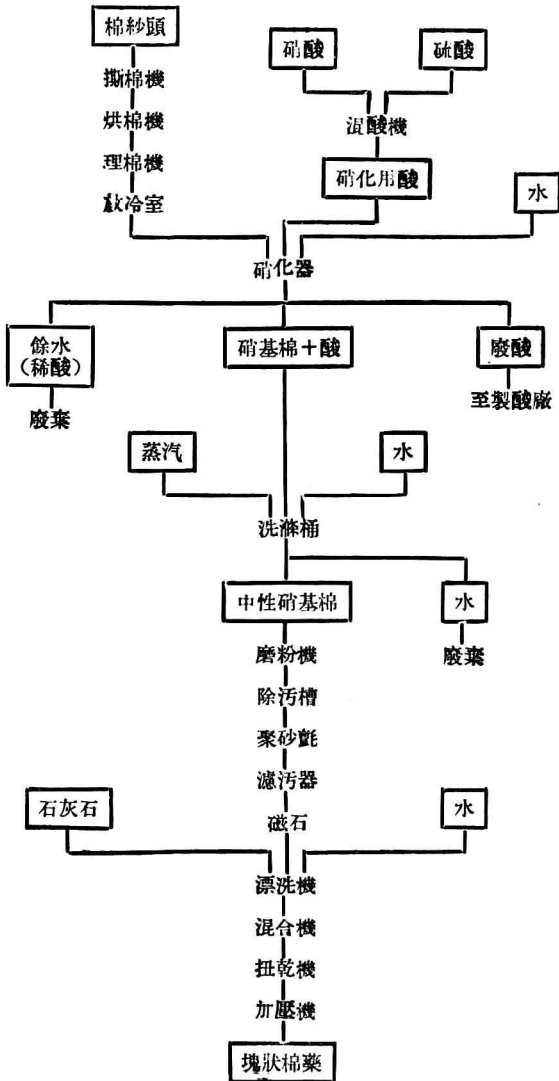
在良好工作情況下，製造強棉火藥一噸所需各種原料之略數見下表：

棉紗頭(總量)	○·六七噸
硫酸(以100%計)	○·五〇噸
硝酸(以100%計)	○·七〇噸

第十一圖為硝基棉製法之圖解。

硝基纖維之審檢 化學分析為其所含水分與灰分百分率之測定。碳酸鈣之定量法，為將其與鹽酸標準溶液混合振盪後，而求其所中和之鹽酸量。安定性試法見前第三章。測定「可溶性」硝基棉之百分率，可用醇醚合劑使其溶解，然後量其不

第十一圖 硝基棉製法圖解

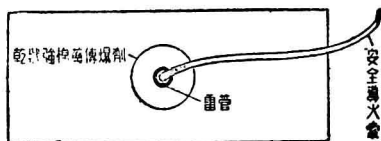


溶解之部分，未經硝化之纖維量之測定，可用乙鈉或硫化鈉等將硝基纖維溶去，而濾取其所餘之不溶殘渣。

審檢之最要者為氮量之測定。一般多採用龍格 (Lunge) 法，故此法對各火藥工廠甚為重要。其法取硝基棉置稱瓶內，加硫酸而振盪之，使其溶解。然後將其傾於氮量計 (Nitrometer) 上之小杯中，並用硫酸洗滌，稱瓶數次，氮量計內滿貯水銀，使硫酸溶液自小杯內徐徐流入計內，再加硫酸洗滌之。於是用手極力搖動氮量計，則水銀與溶液起作用，使所有之氮全變為氧化氮。稍待後，測氧化氮氣占據之容積，改算之，即得其含氮量。

另有書梯二氏法 (Schultze and Tiemann's Method) 者，乃應用二氯化鐵，使作用於硝基纖維，亦可生成氧化氮氣體。

硝基纖維之用途 硝基纖維可用為炸藥，亦可用於發射藥。軍事工程上用者多為溼狀。溼狀強棉火藥，運用既安全，使用乾狀強棉為引爆藥而引爆之，仍不失為猛烈之炸藥。引爆法示如第十二圖。溼狀棉藥塊上有一圓



第十二圖 起爆溼棉藥裝置

孔，孔內裝圓筒形之壓縮乾棉藥。此上又有一小孔，備容雷管之用，安全導火索即聯其上，導火索點火後 燃及雷汞，由雷汞

引爆乾棉藥，再由乾棉藥使溼狀強棉爆轟。

塊狀溼強棉之爆速約每秒鐘五六〇〇公尺，在軍事上如伐樹、毀橋等工作甚為有用。因強棉藥所含之氧不足其燃燒之用，故其爆發氣體中約含有一氧化碳百分之三〇以至百分之四五，及百分之一五至二〇之氫氣。前者有劇毒，故此火藥不適用於密閉地帶之爆破。

硝基棉亦為多種爆破用含硝基甘油混合火藥之成分，如 gelignite 與爆破膠等是（見第六第十兩章）。

硝基纖維之用作發射藥者，必須消滅其猛烈爆發性，使其僅行規則的燃燒，而不行爆轟。欲達此目的，可用「膠化法」為之。設以溶劑，如丙酮等，溶解硝基纖維，則後者即失其纖維狀，而變為一種膠狀物。此物可為板狀、片狀或桿狀，乾後為一種角質物，如只用硝基纖維，則以醇醚合劑膠化；如混有硝基甘油及礦物膠，以造柯達藥，則用丙酮膠化之。前者只能用纖維之低級硝基化合物，而後者則可用含氮量約一三%之強棉藥，二者之處置法相同，將各該硝基化合物連同溶劑共置於膠化機中，機內裝有水平軸之螺旋狀攪拌刃二具，二刃以不同之速度徐緩旋轉，因而得將機內之柔軟物質捏拌為一種均勻而僵硬之藥糕。數小時後，打開機蓋，將其取出，而置入壓機中。壓機備有模子，模上有孔，孔之大小視所需桿狀、管狀或帶狀

諸發射藥之大小而定。加壓時，僵硬之藥糕經模子下壓為所要求之形狀，事後再刀切之，使得一定之長度。

此種發射藥之乾燥，需時甚長。因紐狀藥等，其厚度相當大時，則角質物中之溶劑甚難揮發也。烘乾溫度，不可過高（約攝氏四〇度上下），如為極厚之紐狀藥，此烘乾工作常有需時達數月之久者。故必須備有多數之烘乾器。又因各器間須留相當距離，以求其安全，故其佔地亦甚廣大。

第十表 硝基纖維系無烟藥之成分

	Amberite	S. S.	E. C.	Kynoch's Smokeless	Cannonite	Shot-gun Rifleite	Walsrode
硝基棉	71.0	59.3	79.0	52.1	86.4	94.0	98.6
二硝基甲 苯	—	15.7	—	19.5	—	3.5	—
硝酸鉀	1.2	1.3	4.5	1.4	—	—	—
硝酸鎂	18.6	17.0	7.5	22.2	5.7	—	—
樟腦	—	—	4.1	—	—	—	—
木粉	1.4	5.2	3.8	2.7	—	—	—
礦物膠	5.8	—	—	—	2.9	—	—
燈烟炭	—	—	—	—	1.3	—	—
赤血鹽	—	—	—	—	2.4	—	—
碳酸鈣	—	0.6	—	—	—	—	—
灰分	—	—	—	0.9	—	0.9	—
揮發物	2.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.6	1.4

第十表爲馬晒爾氏 (Marshall) 在其火藥學書中所示各種硝基纖維系無烟藥之成分。

硝基澱粉 硝酸作用於纖維，生成硝酸纖維。同理，澱粉亦能生成其硝酸酯類。澱粉最簡單之式爲 $C_6H_{10}O_5$ ，但正與纖維同樣爲一極複雜之膠體物。就其物理性言，澱粉與纖維不同，因其不作纖維狀而爲粒狀，故製得之「硝基澱粉」亦與硝基纖維大異。一八三三年博拉康 (Braconnot) 氏首先發現澱粉能溶於濃硝酸，傾此溶液於水，則得一酪狀之白色沉澱。洗滌而乾燥之，知其具有爆發性，且知其氮量隨所用硝酸之濃度而異。有時亦用硫酸與硝酸之混合物。

因硝基澱粉恆較硝基纖維性不安定，故尙未廣用。但近來似已有法可使其變爲甚安定之物質（見 Jones, Journ. Ind. Eng. Chem., 1918, Vol. 10, p. 784）。對於各種溶劑之溶解度約與硝基纖維同。例如其甚易溶解於丙酮及醋酸乙酯是。又其吸溼性較大，亦其用作火藥之一缺點。

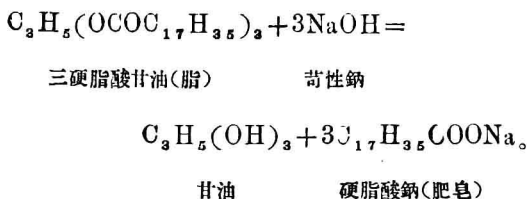
硝基糖 (Nitrosugars) 糖類用硝酸處理，亦能生成硝酸酯類。維棧二氏 (Will and Lenze, Ber. deutsch. Chem. Gesell., 1898, Vol. 31, p. 68) 對此研究甚多，其中多種皆爲猛烈之爆發性物，但皆因其性不安定，故事實上不能用作火藥。茲舉數例如下：

三硝基果糖	$C_6H_9O_3(NO_2)_3$
八硝基蔗糖	$C_{12}H_{14}O_3(NO_2)_8$
五硝基葡萄糖	$C_6H_7O(NO_2)_5$

第六章 硝基甘油

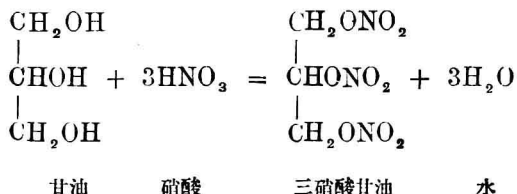
三硝酸甘油，俗稱硝基甘油，乃甘油與硝酸作用而得，其法適與由纖維製造硝基纖維同。

用油脂與苛性鈉作用，則生成甘油及肥皂。如此之作用，稱爲鹼化，油脂乃甘油之脂酸酯也。鹼化之情形，可以下式表示之：



甘油爲無色稠液，並有甜味，易與水相混合。

倘將甘油徐徐流入濃硝酸混酸中，且不斷攪拌之，則生成三硝酸甘油，如下式所示：



作用既畢，硝基甘油即行分出，成油狀體而浮於酸上。

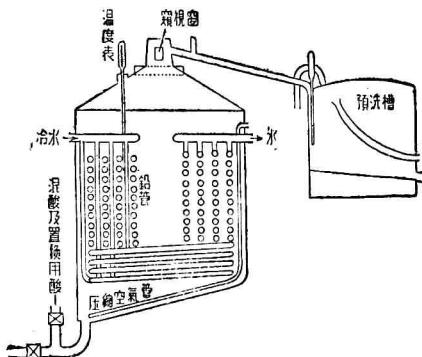
硝基甘油之性質 如此得出之物，爲稠油狀液體，遇冷

能凝固，須至攝氏一三度方能融化。不溶於水，但易溶於乙醚、丙酮及醋酸乙酯等。有毒性，能使人發生激烈之頭痛。此物雖能揮發，然因其有猛烈之爆炸性，故無安全方法將其蒸餾。倘遇衝擊，則極易爆炸，故使用時，務須十分留意。實際上，一般均用橡皮器盛之。因其為酯，故易起水解。是以無論其為單獨使用，或與他物混用，其在儲存方面之安定性，頗堪注意。

硝基甘油之製造 先使甘油與硝酸混合，而後自混酸中將硝基甘油分出，再用水善洗滌之。在硝化與精製諸工作中，皆須十二分注意，以避免任何能使其發生危險之摩擦及其他妨礙等。

1. 硝化 往昔多將硝化與分離二手續舉行於二種器皿中。但現今幾全部為發明於英國瓦爾太阿柏地方之皇家火藥廠法所代替(Royal Gunpowder Factory at Waltham Abbey)。

硝化器為鉛製，如第十三圖所示，為其剖面。將硝酸導入器中後，以通冷水之鉛製蛇形管使其溫度降低。而



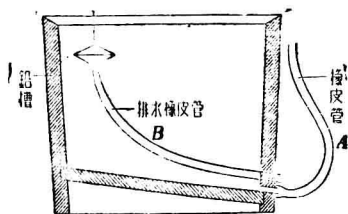
第十三圖 甘油硝化器

後用空氣噴霧器將甘油作霧狀噴入，而與酸液混合。

作用時發生熱量。故須調節甘油之注入速度，務使其內溫度不超過攝氏二二度為要。最後且將其降至攝氏一五度。

2. 分離 此法主要特點之一，為浮於酸上之硝基甘油之分離。將得自前次之廢酸預貯於一盛器中，此時使其流入硝化器之底部，則器內物質，漸漸升高，直至其水平面，達其狹頸部小窗口處，仍繼續流入廢酸，則硝基甘油溢出，經導管而流入預洗槽中。當全部硝基甘油流去後，即由硝化器底部將廢酸放出，備下次置換之用。

3. 預洗 此工作係於鉛製圓桶斜底之器中之（第十四圖）。放出管在底之最低部，為避免一切摩擦計，各種活塞皆行免除，而以橡皮管A使器放空。當不用時，將橡皮管掛起；倘欲放出器內內容物，則將其放下。又器內備有一排水橡皮管B，可以徐徐低下，使其上部之洗滌用水流出。將



第十四圖 硝基甘油洗滌槽

硝基甘油及水於攝氏一八度時導入器內，而以壓縮空氣攪拌；待其內容物澄清後，將上部洗水藉B管除去，而加入清水。總計共洗四次，前三次用水，後一次用碳酸鈉溶液。每次洗過之

水，皆放入一「沉積槽」(Labyrinth)中，此槽作長形，分爲數格，能使懸浮於水中之微量硝基甘油，得以沉出。

4.再洗 此工作所用之洗槽，與前相同。硝基甘油在此器中以攝氏三〇度之溫度共洗五次。最初數次用蘇打溶液，後數次則僅用水。最後，使硝基甘油流經海綿，吸去水分，即可依需要而與他種物質混合矣。

5.後分離 至於硝化方面，其必須論及者，爲已經用過之廢酸，分出後，仍有小量之酯化作用進行，致又析出硝基甘油，而有發生危險之可能。關於此點，曾經多方試驗。其最簡便之防止法，爲加入五%之水於酸中，如是可停止其繼續硝化，而得以避免後分離現象之發生。

6.得率 實際上每百分之甘油，可得二二〇至二三〇分之硝基甘油。即爲理論數之八九至九三%。當歐戰時，硝基甘油之最大產量，每星期達四〇〇噸之多（指英國）。

硝基甘油之用途 硝基甘油爲極猛烈之炸藥，其爆速達每秒七五〇〇至八〇〇〇公尺。但不便直接用作炸藥，因液體硝基甘油之運輸及使用，諸多不便也。

猛爆藥(Dynamite) 爲欲使硝基甘油之使用及運輸便利，皆將其吸收於多孔性之矽藻土中，使成爲一種可塑性物。名曰猛爆藥，於開金礦時應用甚多。其參加比例，視猛爆藥之

種類而異。倘加水於猛爆藥，則硝基甘油爲水置換流出。故務須不使二者相遇。尚有數種之猛爆藥中，有加以木粉、硝酸鈉以及硝酸銨諸物者。

使用猛爆藥，每因天氣寒冷，硝基甘油結凍而感受困難。結凍之硝基甘油，對於引爆之感度，較液體者爲小，故時有不能引爆之虞。又結凍之硝基甘油，使其再行融化時，務須十分謹慎。欲防其結凍，曾有多法發明，最普通者，即將硝基甘油與液體之硝基甲苯、硝基氯甘油及二硝基甘油等混合，如此可降低其凝固點，而減少其結凍之可能。

爆破膠 將液體硝基甘油與七——八%之弱棉藥（即硝基棉之一種）相和，則得一均勻之黏性固體。是爲爆破膠（Blasting gelatine）。乃極猛烈爆破藥之一種。其爆速達每秒七七〇〇公尺。故極適於硬質礦山石之爆破用。但因其爆溫甚高，故不適用於易於起火之礦山。此物經長期貯存，其引爆感度，漸漸變小，蓋因其所包含之空氣泡失去故也。

膠質爆猛藥及 Gelignite 此爲與上相似之爆破藥而性較和緩者。含有異量之硝基甘油，有時且混以硝酸鉀、木粉以及白堊等物質。均用於爆破工作。

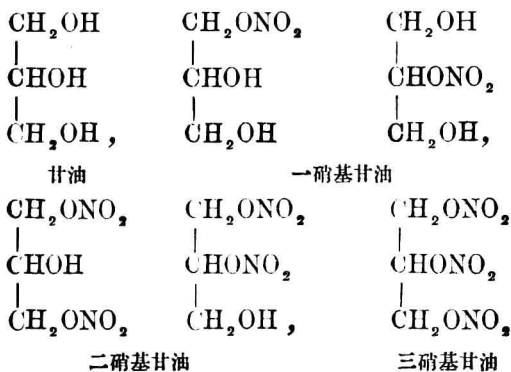
柯達藥 柯達藥（Cordite）爲用於槍砲內之發射藥。計有二種，其成分如下：

	Mk. 1 柯達藥	M. D. 柯達藥
強棉藥	37	65
硝基甘油	58	30
礦物膠	5	5

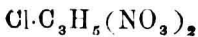
M. D. 柯達藥之所以發明，為使其爆溫降低。因 Mk. 1 柯達藥對於槍砲之腐蝕過甚故也。此種發射藥之製法，已述於第五章。最近又有一種稱為 R. D. B. 柯達藥者出現，含硝基甘油四二%，可溶性硝基棉五二%，又礦物膠六%。

巴里斯蒂火藥 (Ballistite) 此為含有硝基甘油與硝基棉之另一發射藥。法將二種原品，共熱於溫水中，則生成硬糕狀物，然後經過溫熱滾子，壓成薄片即得。

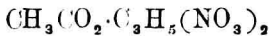
二硝基甘油 由甘油之化學分子式視之，可知其能生成一硝基、二硝基及三硝基之三種化合物。茲示如下：



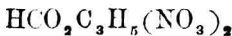
上述各物，維爾教授(Prof. Will)曾研究之(見 Ber. deutsch. Chem. Gesell., 1908, Vol. 41, p. 1107.);三種中除三硝基甘油外，其他能實際應用者，惟兩種二硝基甘油之混合物耳。此物可由甘油硝化或用濃硫酸將三硝基甘油行局部水解製得。其主要用途，為與硝基甘油混合，防其結凍。下列諸相似化合物，亦為防凍用者，即：



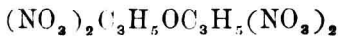
二硝基氯甘油 (Dinitrochlorhydrin)



二硝基醋酸甘油 (Dinitroacetin)



二硝基蟻酸甘油 (Dinitroformin)



四硝基二甘油 (Tetra-nitrodiglycerine)

二硝基乙二醇 (Dinitroglycol) 乙二醇之分子式為

$\text{HO}-(\text{H}_2-(\text{CH}_2-\text{OH})_2$ ，故可以硝酸與之作用，使生成其二硝酸酯 $(\text{C}_2\text{H}_4(\text{NO}_3)_2$ ，乃為極猛烈之火藥。然因乙二醇不如甘油之易得，故不能大量採用。惟在大戰之時，據謂德國曾製造多噸云。又此物較之硝基甘油有易於揮發之缺點。

【附錄】

硝基甘油製造時之原料比配，舉一例如下：

甘油（比重一·二六以上）	一〇〇份
硫酸（九六%）	四五〇份
硝酸（九三至九四%）	二七〇份

第七章 無烟火藥

無烟火藥爲近代所用槍砲發射藥。一八八六年法人菲萊 (Vielle)發明之B火藥，爲近世軍用無烟發射藥之始祖。一八八八年瑞典人諾貝爾發明巴里斯蒂無烟藥(Ballistite)；同年英國火藥研究委員會發明柯達藥(Cordite)；一八九一年俄人門德雷夫(Mendeleff)又發明皮羅無烟藥(Pyro-collodion powder)。以上四種，爲無烟火藥之四大典型。此外，二十世紀以來，又有德國之無溶劑火藥及美國之無焰避潮(FNH)火藥出現。

無烟火藥之主要成分爲硝基纖維與硝基甘油。故就其成分，得分類如下：

- | | | |
|--------------|---|---|
| 1. 純硝基纖維系無烟藥 | { | B 火藥 (<u>法國</u>)
皮羅火藥 (<u>俄國</u> 、 <u>美國</u> 等) |
| 2. 含硝基甘油系無烟藥 | { | 柯達藥 (<u>英國</u>)
巴里斯蒂藥 (<u>意國</u>) |

以上二大類火藥，各有利弊。含硝基甘油系無烟藥之最大缺點，爲其爆溫高，腐蝕性大，但其發射力大，彈道性能均勻，價較廉，則又非純硝基纖維系者所能及。近世各大國中，俄、法、美幾全用純硝基纖維系藥；英、意概用含硝基甘油系藥。而德、

日諸國，則視其用途之不同，二者兼用。大抵陸軍重砲及海軍砲多用含硝基甘油系藥，槍藥及山野砲多用純硝基纖維系藥。

無烟火藥並非絕對無烟，不過較舊式黑色火藥甚少而已。除前述之四大典型外，當一八九〇至一八九六年間，奧國曾用一種硝酸銨無烟火藥，但不久即廢棄。其成分為硝酸銨八五%，木炭一五%。

硝基纖維與硝基甘油之製法性質等，已在前數章中敘過。茲所論者，僅限於以硝基纖維及硝基甘油為原料而得之無烟火藥。

無烟火藥之製造工程，依藥之種類不同而稍異。但概括言之，可分為下述諸段：

1. 硝基棉之除水 精製後之硝基棉，用離心機旋去大部分水分後，尚含有水分約三〇至三五%。此水分昔日多用熱空氣直接加烘，但近來則多用酒精置換法以驅除之。凡純硝基纖維系無烟火藥，其所用之硝基棉必盡去其水分，其方法多採用酒精置換法，因所有之純硝基纖維系藥幾皆以醇醚為溶劑也。惟含硝基甘油系無烟火藥則不然。有係不必乾燥者，溼棉粉即可應用，如巴里斯蒂無烟火藥是；有係非烘乾不可者，如柯達藥是。

2. 膠化 視溶劑種類之不同，得分為二類：有溶劑即為無烟火藥成分之一，而永久存留者；有成形後，復須將其驅去者。前

者含硝基甘油系無烟火藥屬之，因硝基甘油即可視為硝基棉之一種溶劑也。後者純硝基纖維系無烟火藥屬之。多種之含硝基甘油無烟火藥，溼棉粉即可應用而無須烘乾。

3. 緊壓 僅只膠化後之硝基棉，質尚疏鬆，故須經壓機或輓機將其緊壓，始能完成其膠化作用。對於含硝基甘油無烟火藥，如巴里斯蒂，有時須用加熱輓子，以蒸發其水分。

4. 壓藥 用壓藥機或輓藥機將藥壓成帶狀、桿狀、管狀等。

5. 預乾 用壓藥機壓出之藥條，在切藥之先，須相當涼乾。

6. 切藥 將壓過之藥，用切藥機切成片狀、骰子狀，以及適宜長度之帶狀、管狀等。

7. 烘藥 對於純硝基纖維系無烟火藥可先用熱水烘乾法乾之，次再用空氣烘至乾燥。熱水烘乾法對於速燃性無烟火藥（如獵用藥），尤為需要，因其可使藥質疏鬆也。含硝基甘油無烟火藥不能用熱水烘乾，僅可用空氣在攝氏四〇——五〇度烘乾之。

8. 篩藥 用篩篩去過大過小之藥粒（僅適用於小型藥）。

9. 表面處理 對於小型（方片狀、短小管狀）之純硝基纖維系無烟火藥，以一種固體溶劑（樟腦或中定劑）使藥粒之表面堅化。其目的在減小其初燃燒時之速度。

10. 光藥 爲減除無烟藥之荷電性，及增加其假比重，凡無烟藥多將其表面被以一薄層之石墨粉。

11. 除塵 以篩子篩去石墨等粉狀物。

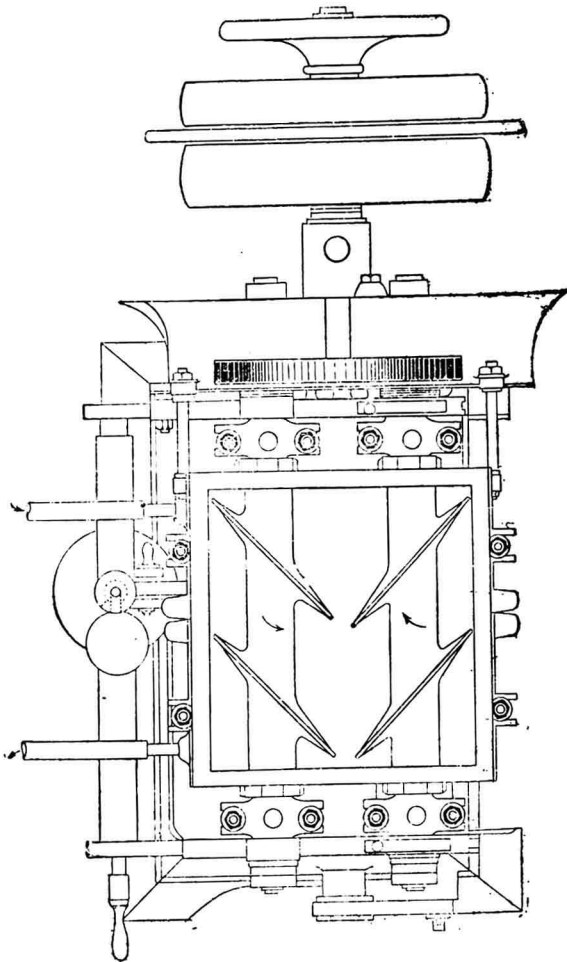
12. 和藥 爲求各批出品之性能均勻，須儘量將其混和。小型藥可用特製之和藥機，大型藥則用手工檢選而混合之。

13. 涼藥 將藥露置空氣中，使其吸收定量之水分，以免日後彈道性能之變化。

14. 裝箱 無烟藥製造成功後，須將其嚴密封閉箱中，以免失去或吸收揮發分，而影響於其性能。

B 火藥 B火藥用強棉（氮量約一三%）與弱棉（氮量約一二·四%）爲原料，以醇醚合劑爲膠化劑，加二苯胺、戊醇、中定劑等爲安定劑。強棉與弱棉之混合比例約爲三比一。

先將強棉弱棉之水漿混合物，置離心機中旋去大部之水分，然後用酒精置換法將其多餘水份驅去，而代以酒精。驅水機之常用者，式樣有二：一爲離心式，一爲水壓式。驅水後，移此酒潮棉粉於膠化機中（俗稱拌藥機見第十五圖），加定量之乙醚及安定劑，並補足其酒精量，而攪拌之數小時後，取出移往壓藥機或榨藥機，經數次之加壓，以完成其膠化作用。隨即壓成適宜之形狀，經切藥機將其切爲所需之寸法，再於高溫下



第十五圖 Werner & Pfeleiderer 式膠化機(亦稱拌藥機)

(約攝氏六〇度上下)將其烘乾。最後爲統一出品,使其性質均勻起見,而大量混和之即得。如爲槍藥,或小口徑砲藥,則在切藥烘藥之間,尚須經光磨工作;槍藥時更須施行表面膠化,以樟腦或中定劑使其表面受相當處理,藉資調節其初燃時之速度。

皮羅火藥 此火藥之所以異於B火藥者,在其不用二種棉藥,而僅用一種氮量高(一二·四——一二·七%)溶解度大之硝基棉爲原料,即所謂皮羅棉是。初係俄人發明。後美國亦採用之。製法與B火藥同。美國製者,除槍藥爲單孔小柱狀外,餘多作七孔管狀。

柯達藥 此係以強棉藥與硝基甘油爲主體,以凡士林爲附加物,以丙酮爲膠化劑所得之無烟藥(但歐戰時,英國因缺少丙酮,曾改用醇醚爲溶劑,因而不得不用弱棉以代強棉。即所謂 Cordite R. D. B. 是也)。最初發明之柯達藥名柯達一號藥(Cordite MK. 1)。後因其含硝基甘油太多,腐蝕性太大,故減低其硝基甘油含量,而更名爲柯達改良藥(Cordite M. D.)。二者之成分如下(所用強棉之氮量約一三%,醇醚中溶度約一五%):

	柯達一號藥	柯達改良藥
硝基甘油	五八%	三〇%

强棉藥	三七%	六五%
凡士林	五%	五%

强棉藥烘乾並放冷後，稱其定量裝入橡皮袋，攜往硝基甘油室，加以適量之硝基甘油。乃送至人工混合室，用人力以雙手混合之，並使經過半吋篩眼之篩。然後裝於膠化機，加丙酮為溶劑，而攪拌之（膠化機與B火藥用者同）。計每機每次裝藥一五〇——二五〇磅，攪拌三小時半後，加入凡士林，再繼續攪拌三小時許，合計約需七小時。膠化畢，用袋移往壓藥室，以水壓機將其壓成桿狀或管狀。桿或管之直徑大小，視各種槍砲之口徑而異。最大者徑可半吋。自壓藥機壓出之藥條，小號者得捲於圓輪上，大號者則平舖桌上，而切斷之。然後在攝氏四〇度之溫度烘乾（需時自數日以至二、三閱月）。普通柯達改良藥遠較柯達一號藥為難於烘乾。

柯達藥之寸法，皆以一分數表示之。分子之單位為百分之一吋，分母之單位即為吋。例如 $\frac{45}{25}$ 號柯達藥，即表示該種藥之直徑為 0.45 吋，長為 2.5 吋。

巴里斯蒂無烟藥 此為以弱棉藥與硝基甘油為原料所得之無烟藥。當初諾貝爾氏發明之際，尚用苯為膠化劑，後經Lundholm及Sayers改良，使二者在熱水中直接膠合為膠體，再經熱輥子加壓，即可完成膠化作用。然後經壓藥、切藥、光藥

(普通皆加石墨)，混合即成。此藥製法簡便，惟其對於槍砲之腐蝕甚大。一般之成分為

弱棉藥	五〇份
硝基甘油	五〇份
安定劑(二苯胺或苯胺)	一份

因其腐蝕性太大，故多有將其硝基甘油量減低，而加溶劑，使其膠化完全者。意國之 Filite 及 Solenite 等，即屬此類。前者作桿狀，海軍砲及陸軍砲用之；後者作管狀，槍中用之。

獵用無烟藥 獵槍用之無烟藥，為求其子彈之散佈面小，故其槍口處之膛壓不宜大，因而不得不使其燃燒迅速。其主要成分為硝基纖維(氮量一二·〇——一二·八%)，外加硝酸鋇或硝酸鉀等無機硝酸鹽。僅極少數略含硝基甘油。其種類可大別為二：

1. 緻密性獵用藥 此類藥內部外部完全膠化，幾與來福槍藥相似。僅其粒子甚小或較薄而已。用時因需特製之藥莢，頗感不便，故使用者較少。

2. 疏鬆性獵用藥 此類藥僅在其藥粒外部施以表面膠化。容積之大小，可任意調節，一般用者，多屬此種。

往昔無烟藥發明之先，獵槍亦用黑色藥，獵槍口徑之大小，係以與口徑同一直徑之鉛彈每磅個數為表示法，例如第十二

號獵槍彈，即表示該號槍彈適用之槍之口徑，與鉛球十二個共重一磅之鉛球直徑相同。如所謂四二格林獵用無烟藥，即表示該種藥四二格林重所佔之容積，裝於第十二號槍彈中時，與標準黑色藥八二格林所佔之容積相等，即皆為一〇·六五公撮也。

緻密性獵用藥之製法舉例(美國法)：於一直立之夾層釜中，盛以含硝酸銀五%與硝酸鉀二%之水溶液，將溼棉粉加入，而以機械攪拌之。另取醋酸戊酯與硝酸銀、硝酸鉀水溶液之乳狀混合液注入釜中，攪拌數分鐘後，於夾層內通以蒸汽，使內部溫度升高，如是攪拌五、六小時之久，其間醋酸戊酯與水份大部因熱蒸去。然後將內容物取出乾燥，用篩分去過大過小之藥粒後即得。

疏鬆性獵用藥之製法 此類藥之製造，可分為二段述之。第一段為造粒，第二段為施行表面膠化。造粒機或用如製黑色藥之輥壓機或用內盛木球之球磨。硝酸鹽等附加物即於此時加入；所需時間之長短。視其粒子之大小為轉移。然後略加篩分，在低溫下烘乾之。烘乾後再篩去粉狀物，即可施行表面膠化矣。此工作所需機器，為一內壁有稜格之迴轉橫桶。膠化用溶劑係以噴霧器噴入，噴畢，且混和均勻後，擱置數小時，使溶劑得侵入藥粒內，即可乾燥。所用溶劑有丙酮、醇醚合劑、醋酸乙酯、醋酸戊酯以及苯等，烘乾時，須設法收回其溶劑，以求經

濟。

此外空響藥（供練習、禮砲等使用）之性質及製造，俱與獵用藥近似，因二者皆為速燃性無烟藥也。

茲列表略舉獵用藥之成分如次：

第十一表 著名獵用無烟藥成分表

	Imperial Schultze	Amberite	E. C.	Schultze	Kynock's Smokeless	Sporting Ballistite
硝基廿油	—	—	—	—	—	37.6
硝基棉	—	71	79	—	52.1	62.3
硝基木纖維	80.1	—	—	62.1	—	—
二硝基甲苯	—	—	—	—	19.5	—
硝酸鉀	—	1.2	4.5	1.8	1.4	—
硝酸銀	10.2	18.6	7.5	26.1	22.2	—
樟腦	—	—	4.1	—	—	—
木粉	—	1.4	3.8	—	2.7	—
凡士林	7.9	5.8	—	4.9	—	—
澱粉	—	—	—	3.5	—	—
揮發分	1.8	2	1.1	1.6	1.2	—

表中之 Schultze powder 係無烟藥中之最先成功者。乃普魯士砲兵少佐 Schultze 所發明。因其燃燒太速，故只能用於獵槍，而不能用於軍事上之來福槍。

無烟火藥之性質 無烟火藥燃燒時發烟甚少，故名。一

般皆爲硝基纖維之膠透膠體（指軍用藥言）。其形態有小片狀、帶狀、桿狀、管狀、柱狀、骰子狀等。純硝基纖維系藥之顏色，多作土黃色，以至櫻色或灰色；含硝基甘油者則爲淡黃色或櫻褐色。小方片藥、骰子藥以及多種之含硝基甘油藥（柯達藥除外），因其多混有石墨，故呈光彩之黑色。純硝基纖維系無烟藥性脆，一如角質。含硝基甘油系者，則較軟柔而多透明。比重介乎一·五五至一·六三之間。假比重概在一以下。

因無烟藥即係硝基纖維或硝基甘油之變形物，故對於衝擊之感度仍甚大。約與特出兒炸藥相當。惟其摩擦感度則大減。能因熱或火焰起火燃燒，發生淡黃色之火焰，但並不爆炸（當然限於在空氣中舉行）。發火點在攝氏一六〇——一八〇度之間。

無烟藥保存期間，因氣溫等之影響而漸起分解，終至不堪使用，甚或出事爆發。故須注意施以定期的安定性檢驗，以策安全，是爲至要。

用溶劑將硝基纖維變爲膠體後，經壓藥、切藥、烘藥諸工作，即成無烟藥。表面上雖大異於疏鬆之硝基纖維或流動之硝基甘油，然其化學組成則固仍未稍改也。蓋此乃一物理變化，而非化學變化，膠化時所加之溶劑，結果仍悉數烘去也。此處理之唯一目的，端在和緩硝基纖維之燃燒速度，使其比重增加，

使形成吾人所需要之各種有利形狀，作徐緩的平行燃燒，使其燃燒氣體漸漸發生，以求達到發射力大而猛性小之利益。

吾人理想中之無烟藥，應備下列諸性能：

1. 彈道性能均勻 藥粒須不易破碎，揮發分須少。
2. 安定性 藥粒須緻密，因而可以防止氧化及吸潮。
3. 不污膛面 爆發後須少留殘渣於膛內。
4. 發射時無烟 燃燒生成物最好皆為氣體。
5. 發射時不生有毒氣體 含硝基甘油系無烟藥較甚。
6. 對於槍砲膛腐蝕性小 原因有二：一為固體生成物之撞擊摩擦，一為爆發溫度之太高。
7. 須無砲後焰 燃燒不完全有以致之，因一氧化碳由砲尾逸出為空中之氧所氧化。
8. 須無砲口焰 加無機鹽類雖可改善，但又多生發射烟。
9. 發射力大，比重大。
10. 撞擊感度務小 須不因槍彈之射擊而爆發。
11. 引火迅速 以普通之底火引火，須容易。

以上十一項條件，甚難完全達到。因其往往兩相抵觸，有顧此失彼之慮也。

自無烟藥發明以來，不久即將舊日之黑色火藥完全代替。推其原因，有下數端（即無烟藥之優點）：

1. 發射力增大二至三倍。
2. 發射時無烟，因而槍砲始可連續射擊。
3. 隨各種槍砲之需要，可以任意變其形狀、寸法。
4. 效力均勻。
5. 吸溼性小。
6. 雖久經搬運，亦不易發生粉狀物。
7. 製造時危險較小。

但同時無烟藥亦有其缺點：

1. 價較昂（與等重量之黑色藥相比）。
2. 對於槍砲膛腐蝕性較大。
3. 其燃燒速度，易受氣溫及溼氣之影響。
4. 對於溫度之抵抗力甚小。

無烟藥之應用 無烟藥之主要用途為自槍砲膛內發射彈丸。即所謂發射藥是也。各種槍械以及小口徑砲等皆用整裝彈藥。無烟藥係盛於黃銅筒中，筒底有底火，筒上部與彈丸固定，可視為一個物體。大口徑砲與曲射砲則不然。必用分裝彈藥始可便利。此時發射藥與彈丸平時分別保存，用時先入彈丸於砲膛，然後再裝無烟藥及底火。無烟藥係預納於絲袋內，但亦有少數用賽璐珞包者。

無烟藥除用作發射藥外，必要時亦可用作炸藥或爆破藥。

如巴里斯蒂無烟藥，即常作炸藥用。意大利製之飛機炸彈，其傳爆管即裝此藥。

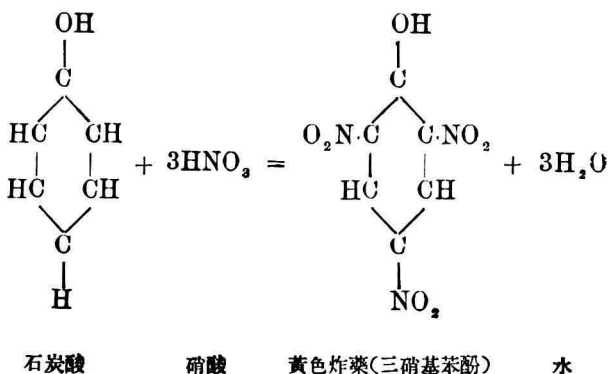
第八章 黃色炸藥(三硝基酚)

上兩章所述之化合物，通常雖亦稱爲硝基化合物，但實爲硝酸酯，此處所述之黃色炸藥(Picric acid)，方爲真正之硝基化合物。因其具有化學組成之特性：即在分子構造上，其氮原子直接與碳原子相結合是也。

凡硝基化合物幾盡由煤膏生成物中誘出。附錄表所示者即自煤膏中製得之諸種火藥，其中之黃色炸藥爲發明最久者。一七七一年渥爾飛(Woulffe)氏首先用絹絲與硝酸作用，製成此物。但其爆發性能，經長期用作黃色染料後，始經發現。

直至十九世紀末葉，黃色炸藥始廣用爲砲彈之高級炸藥。但因引爆法尙未完善，故在波耳戰爭(Boer War)期中，未有顯著之成功。此後砲彈之信管，日漸改良，故在歐戰期中，各交戰國均已熟知黃色炸藥之完全引爆法矣。即其製法，亦大爲進步。當時英國在開戰最初之六月中，祇製出三三一噸，但在一九一七年，則製出三二〇五三噸之多。總計英國在歐戰期間所造之黃色炸藥量共達六八五一噸之鉅。

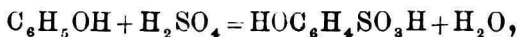
黃色炸藥或稱爲 Lyddite melinite 下瀨火藥(日本)等，乃由苯酚(石炭酸)所製出，即以硝基根代替三個氫原子而得，如下式所示：



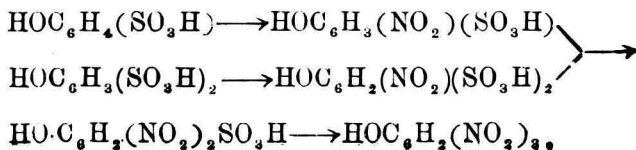
黃色炸藥之製法 製造黃色炸藥有多法。若僅使石炭酸與硝酸作用，而欲得黃色炸藥，則不可能。因其起強烈之氧化作用，只能得極少量之黃色炸藥也。下列諸法，為其主要之數種製法：

1. 用石炭酸為原料以硫、硝二酸作用之。

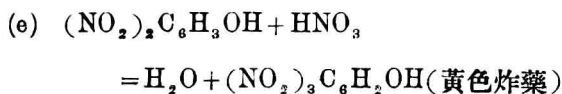
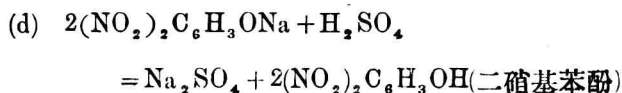
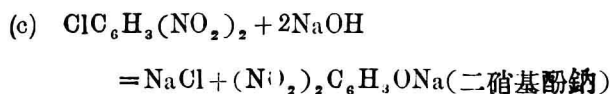
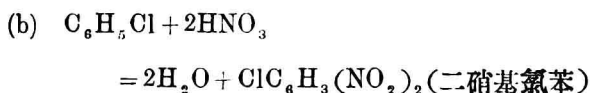
(a) 硫化石炭酸，使生成其一磺酸或二磺酸酯。



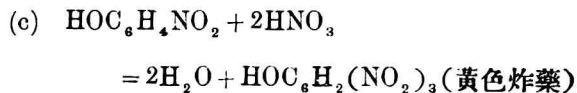
(b) 用硝酸作用，使生成黃色炸藥反應或如下式：



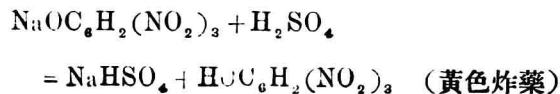
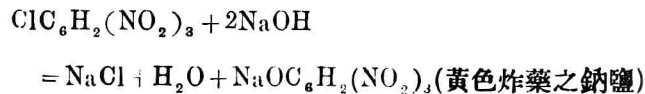
2. 用苯爲原料，經二硝基酚以製之：



3. 用苯爲原料，經硝基苯及鹼液氧化以製之：

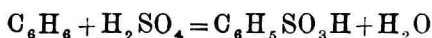


4. 自三硝基氯苯製之：

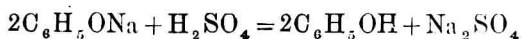
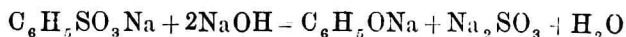


黃色炸藥之製造 實際上採用之製法，爲上述之1、2兩法。

1. 由石炭酸製黃色炸藥 所用之石炭酸，可爲煤膏生成物，亦可爲人工造出者。歐戰時，由煤膏中製得之石炭酸不足供製黃色炸藥之用，故大半之石炭酸，皆係由苯所合成。其法先將苯與強硫酸作用，使生成苯磺酸：



然後將其製成鈉鹽，再與苛性鈉共融熔之，使成爲石炭酸鈉，加酸，即得石炭酸。



無論其爲天然石炭酸（即得自煤膏者）或爲人造石炭酸，均同樣的適於製造黃色炸藥之用。石炭酸爲白色晶體，約於攝氏四一度融解，於一八〇度沸騰。

製造黃色炸藥最廣用之方法爲「陶罐法」(Pot-process)。

(a) 硫化 將石炭酸與其重量之四倍之濃硫酸，同入於一簡單長方槽內，而以蛇形蒸汽管熱之。此硫化工作，務竭力使其達二磺酸之階段爲要。

(b) 稀釋 將酚磺酸稀釋至五〇%之濃度，靜置之，以沉出其不溶物。實際工作時，此稀釋恆用得自上次之液體行之。

(c)硝化 稱取定量之稀釋酚磺酸，每次約合石炭酸三五磅，置入容量四〇加侖之陶罐中，罐之四周，圍有炭灰，以保持反應時所生之熱量。一黃色炸藥工廠，恆有此種陶罐一千個，甚或過之。各罐皆排列成行，安裝於廠房之內。次將濃度約六五%之硝酸，用虹吸管自盛酸罐徐徐吸入陶罐中。調節虹吸管使硝酸約需四小時方可流完。於是溫度漸升高，同時發生多量之硝烟。此硝烟可設法收集之，法將陶罐加蓋，自蓋中導硝烟至大烟管，再至吸收塔，即可將其收回。苟罐內反應嚴循上述之反應式進行，應無硝烟發生。但實際上有不少之石炭酸為硝酸所氧化，而變為草酸等雜質。

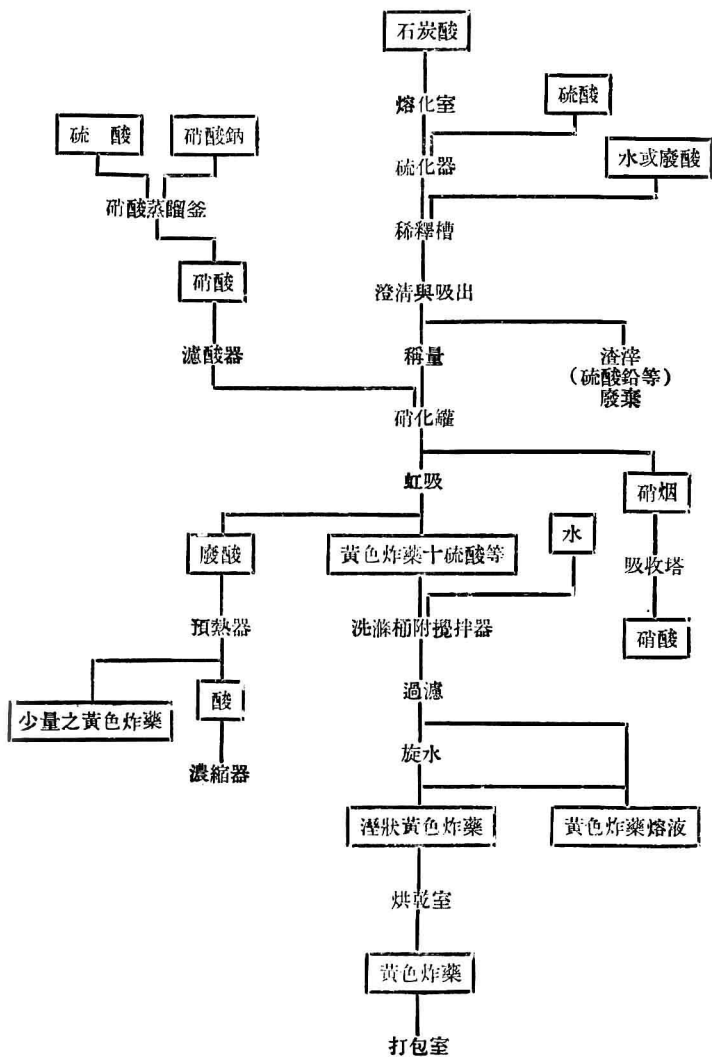
靜置陶罐，至其反應終止，內容物冷卻後，則廢酸中含有黃色炸藥之結晶。倘硝酸之導入，未能調節適當，則其晶體往往脫色，且浮於酸面之上。

由此法所得之廢酸往昔多將其棄去，是以損失甚大，且染污河水。近今則將其舉行蒸發，以回收餘酸。但因此又生有許多危險問題，蓋因後硝化之作用，復於蒸發器內生少量之黃色炸藥也。故務須十分謹慎，以防爆炸。蓋工廠中出險事件，每生於此等蒸發器中。

第十六圖所示之圖解，即上法之摘要。

連續硝化法 此法為 Halifax 地方附近之卜魯克黃色炸

第十六圖 由石炭酸製造黃色炸藥圖解



藥廠 (Brooke's Picric Acid Factory) 所始創。其目的在避免繁多之陶罐與減少其運用上所費之勞力 (見 Brit. Pat. 128303)。採用此法之工廠，僅需一長約一六〇呎之耐酸磚槽 (預計每星期出藥二〇至三〇噸)。而酚磺酸則於另器製之。當其未入硝化槽之前，先用水將其稀釋，並混加少量廢酸，以助其流動。硝酸係用一系列之鋁製噴射器噴入。當該液體流經槽內時，反應逐漸進行；槽內溫度須保持於攝氏一〇〇度左右，俟硝化作用完成，則黃色炸藥亦皆聚於槽之一端，而漸行冷卻，最後入一真空濾器上，以收集之。

種種不同之硝化法，皆曾用過。例如變化酸之配比及酸之濃度等，有時甚至有始終使用濃酸者。在法國多以硝酸鈉代替硝酸。但如是則影響於硫酸之回收，因其中溶有酸性硫酸鈉不便加工故也。

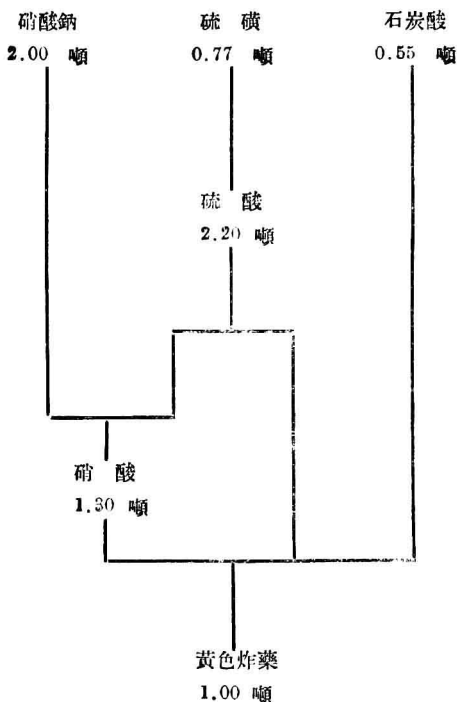
洗滌與烘乾 因黃色炸藥多不行再結晶，故須極力洗淨其雜質。法將其置入具有機械攪拌器之木桶中，攪拌之，再用布過濾。如是經多次洗滌，至其中所含之可溶性雜質悉被溶去為止。此等雜質多為無機酸、無機鹽以及硝磺酸等。

由上所得之黃色炸藥，先用離心機旋乾，而後置入溫度約攝氏六〇度之烘乾室內玻璃盤上烘乾。此步工作為全工作中之最危險者，故皆使與其他工作部分遠離。最後經過篩，打包，

即可運輸矣。

得率 用上法製黃色炸藥，其得率約為所用石炭酸之一八〇%（以重量計），即約為理論數之七五%。第十七圖所示，為所需原料之約略數量。

第十七圖 製造黃色炸藥所需原料量圖解



2. 用苯為原料，經二硝基酚以製黃色炸藥 此法於大戰中，曾廣用之。且極有效，極經濟（見 A. G. Green, Brit. Pat.

16607, 1915; J. Soc. Chem. Ind., 1919, Vol. 38, p. 389A.).

(a)將苯製成氯苯 置苯於一鐵製器中，通以氯氣，使起部分氯化作用。但不可通之過多，以免生成二氯苯。然後將得自鐵器中之液體舉行分餾，使氯苯與苯及二氯苯分開，氯苯為液體，沸點為攝氏一三二度。

(b)硝化氯苯為二硝基氯苯 此即用普通方法行之，使氯苯與硝酸混合以製之。有採用二段硝化法者，亦有採用一段硝化法者。二硝基氯苯對於皮膚有毒性，須謹慎運用。常溫下為固體，熔點攝氏五三度。

(c)變二硝基氯苯為二硝基酚之鈉鹽 於一汽鍋中，以蒸汽加熱二硝基氯苯與苛性鈉，即生成二硝基苯酚之鈉鹽，溶存於水內。

(d)游離二硝基酚 加硫酸於上述之鈉鹽，則二硝基苯酚迅即沉澱分出，因其幾不溶解於水也。此物為黃色晶體，純者熔點為攝氏一一四度，商品則為一一〇度至一一一度。

(e)製成黃色炸藥 此工作於具有攪拌器之鐵製器(有塗瓷釉者)內，用濃硝酸作用之。器內溫度保持於攝氏一〇〇度以上。製出之黃色炸藥，其洗滌烘乾諸手續，皆與前述之陶罐法同。

製造黃色炸藥時之危險 有以為黃色炸藥之毒性為危

險者，但事實上並不如此。反之，二硝基酚確有劇毒。黃色炸藥之爆發危險，頗堪注意。其主要原因，為生成金屬鹽類，其中尤以其鉛鹽為最危險。溼狀之黃色炸藥，危險較少，然在舉行烘乾時，危險頗堪虞。故亟須嚴格注意，以免任何極少量黃色炸藥鉛鹽之生成。至當回收硫酸時之「後硝化」危險，前已述過，茲不贅。

黃色炸藥之性質 黃色炸藥為長扁形結晶，色極黃。昔者曾用作黃色染料，其製造廠內之工人，皆深為此物所染污，因而遂有「金絲鳥」(Canaries)之稱。味極苦。

純淨之黃色炸藥，熔點為攝氏一二一·六度，但商品之達一二〇度者普通即可使用。黃色炸藥一份，能溶於一〇〇倍之冷水中，及二〇倍之熱水中，惟不易溶於稀硫酸。對於多數之有機溶劑，皆易溶解。熔融鑄造成塊後，比重為一·六。

	落下之比較高度
黃色炸藥	1.00
鉛鹽(指黃色炸藥之鉛鹽,下仿此)	0.18
銀鹽	0.74
銅鹽	0.83
鋅鹽	1.07
鈉鹽	0.92
銨鹽	1.20以上

黃色炸藥性甚安定，雖久貯存，亦不變壞，故一般可不必試其安定性。但生成鹽類，則多不安定；黃色炸藥鹽類對衝擊之相對感度可由上表比較之；表中落下距愈小，則其感度愈大。

黃色炸藥之試驗 此物熔點至少須在攝氏一二〇度以上。燃燒後所留灰分須極少，且不可作砂石狀。游離之硫酸，只容含極微量，萬不可含有其金屬鹽類。熔化時，不可發生泡沫、浮游物及殘渣。

黃色炸藥之用途 其主要用途，為砲彈之高級炸藥。將其裝於罐內，置熱空氣室或油浴器上熔化後，傾入砲彈，並於其上部預留一孔，備容傳爆藥之用。此種鑄造之黃色炸藥，稱曰「萊達特」(Lyddite) (指英國)。(此名稱係由最初試驗所在地之 Lydd 試砲場誘出)

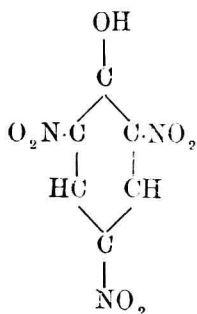
此種砲彈之引爆法，約與第二章所述者同。其最大爆速為每秒七二五〇公尺。因其所含之氧不足完全燃燒之用，故當爆發時生成黑色烟雲(炭質)。若未全部爆發，則烟作黃色，因其尚含有黃色炸藥故也。歐戰前，英國以此物為裝填砲彈用之主要高級炸藥，然當開戰後，其大部分已為梯恩梯與硝酸銨之混合物所代替矣。

黃色炸藥常與其他硝基化合物混用，如二硝基酚、三硝基甲苯酚、硝基萘等是。至其目的，則不外取其經濟及減低熔點，

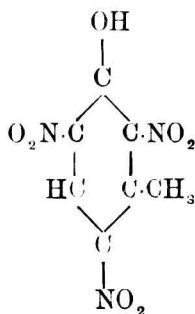
使便於填裝而已。

黃色炸藥之金屬鹽類，應用處較少。“Picric powder”爲其鉍鹽（四三份）與硝酸鉀（五七份）之混合物。其所以有用者，因其點火後，能迅速燃燒至於爆轟也。黃色炸藥鹽類及三硝基甲苯酚鹽類之爆發性曾由卡斯特(Kast)研究之（見 *Zeitschr, Sch. u. Spr.*, 1911, p. 70）。

三硝基甲苯酚 (Trinitroresol) 由下列分子式可知此物與黃色炸藥甚相類似。甲苯酚之三種同素體中，僅其間位者能生成對稱形之三硝基化合物。



黃色炸藥(三硝基苯酚)



三硝基甲苯酚

欲得純淨之間位甲苯酚，甚爲困難。一般所用者爲含此物七〇%之混合物，而將此混合物依照製黃色炸藥方法硝化爲其三硝基化合物。三硝基間位甲苯酚之性質略與黃色炸藥相

似，只不過熔點為攝氏一〇〇度，及較難溶於水而已。此物廣用於法國，稱曰 Cresylit，其爆速每秒為六八五〇公尺。

四硝基酚 $\text{HOC}_6\text{H}(\text{NO}_2)_4$ 此物可將間位硝基苯酚用硝酸硝化得之。同樣，亦可由 5.3—二硝基酚製得五硝基酚（見 Blanksma, Proc. K. Wetensch, Amsterdam, 902, p. 437）。然上述二物，皆因不易製造，且不安定，故未經實際採用。

【附錄】

一、製造黃色炸藥所需原料之配合如下：

石炭酸	一〇〇份
硫酸（比重一·八四）	三〇〇——四〇〇份
硝酸（比重一·四）	四〇〇——四五〇份

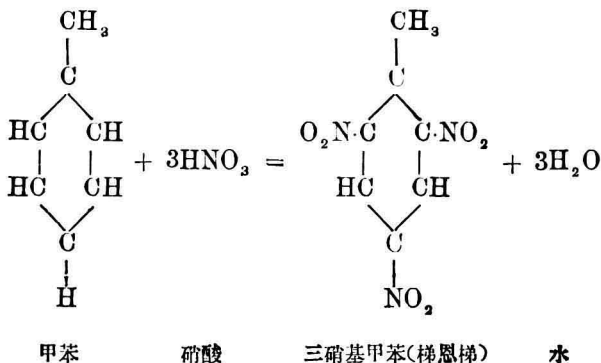
二、黃色炸藥之製造，近今有於硫化後，加水稀釋而用混酸硝化者（見 Jour. Ind. Eng. Chem. Vol. 16, p. 66, 1924）。

三、黃色炸藥之中文譯名有下列諸種：辟林酸、辟克林酸、三硝基苯酚、三硝基酚、三硝烱醇等。

第九章 梯恩梯(三硝基甲苯)

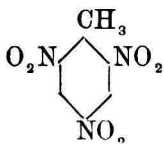
此種火藥發展較遲，本世紀始現於實用。一八六三年實驗室中雖已製得，然因其不易起爆，故若干年來均未用為炸藥。一九一四——一九一八年大戰時，此物之使用發展極速，進而為軍用炸藥中之最重要者矣。英國於開戰後六個月內僅造出一四三噸，然因其增加甚速，總計大戰中出產全量竟達二三八三六四噸之多，而自他國輸入者尚不在內也。

三硝基甲苯(Trinitrotoluene)一名TNT(梯恩梯)、Trotyl、Tolite、Trinol 等，為甲苯之硝基化合物。甲苯乃煤膏蒸餾物之一種(見封面背後附表)。共含有三個硝基根，如下式所示：



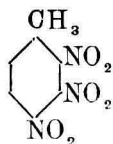
梯恩梯與黃色炸藥均為真正之硝基化合物，其硝基根皆係平均分配於苯環之上。其他不對稱之三硝基甲苯皆存在，且

皆可設法製成之。其構造式與熔點如下所示(下列各式中,皆用六角形代替苯環):



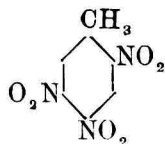
2, 4, 6, TNT

m. p. 81°C.



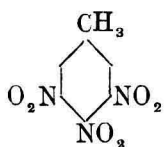
2, 3, 4, TNT

m. p. 112°C.



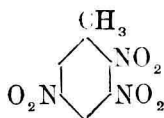
2, 4, 5, TNT

m. p. 104°C.



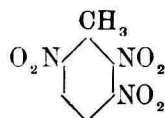
3, 4, 5, TNT

m. p. 137.5°C.



2, 3, 5, TNT

m. p. 97.2°C.



2, 3, 6, TNT

m. p. 79.5°C.

其中能迅速用直接硝化法製成者僅有第一種(即 2, 4, 6, TNT)。同時雖亦生成第二第三兩種,但為量甚少,不過全量之四%而已。

梯恩梯之性質 梯恩梯為淡黃色結晶,熔點攝氏八一度。幾不溶於水(15°C. 時溶 0.021%, 100°C. 時溶 0.164%),但易溶於有機溶劑,其中尤以丙酮及醋酸乙酯為最甚。貯存時,性甚安定。此物雖非酸類,然由其構造上發生分子內部轉變亦

能生成較不安定之金屬鹽類，不過此種鹽類之生成在平常情況下較為不易耳。

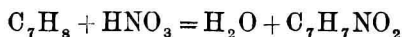
由大戰時多數工廠中所得之報告，知梯恩梯亦具有毒性。其毒性不易立刻覺出，須數週或數月後方發作。工人中有不為其侵害者，亦有為其傷害甚烈者。毒性之染得，或由口鼻或經皮膚。最要之禦防法為良好之通風，個人清潔，戒酒，常服牛乳，必要時帶用呼吸罐，以及不時之職務調換等。

梯恩梯為一猛烈之炸藥，最大爆速每秒六九五〇公尺。爆轟後所生氣體之組成約計如下（根據 Bichel 氏之結果）：

二氧化碳	3.7%
一氧化碳	70.5
氮	19.9
氫	1.7
炭	4.2

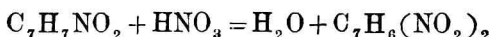
由上知其尚有一部分炭質未經氧化。此蓋由於梯恩梯自身所含之氧不足其燃燒之用故也。因其生成黑色烟，故此種砲彈有「炭箱」(Coal boxes)或「吉克約翰生」(Jack Johnsons)之稱。由後文，吾人可知為救此缺點，多有混以氧化劑者。梯恩梯對於衝擊與摩擦皆甚鈍感，運用上甚為安全，即入磨中研磨，或以重槌擊碎皆可不生危險。

梯恩梯之製造 此物唯一製法，為直接硝化甲苯。但其製造手續，稍有變化而已。硝化階段可分三步如下：

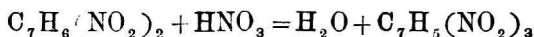


甲苯

一硝基甲苯

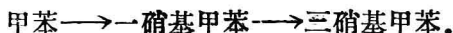


二硝基甲苯

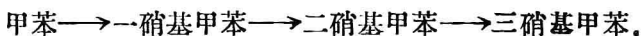


三硝基甲苯

實際工作時，此硝化可用多量之酸一次舉行，亦可將其分作二次舉行，例如：



或將其分為三次舉行，例如：



此外又可於製造時，變更其半成品硝基化合物混和之比例，因而可得多種不同之製法。選擇方法之標準，根據用酸之經濟問題。反應既可生成水分，故須加入硫酸以吸收之，有時甚至使用發烟硫酸。發烟硫酸為硫酸與三氧化硫之混合物，為一種極強之吸水劑。

用一段硝化法，由甲苯直接硝化為梯恩梯，甚不經濟，因其必須大量之硫酸或發烟硫酸，以吸收所生成之水分也。是以

最好採取分段硝化法，並為經濟硫酸起見，可將得自三硝化階段之廢酸用以硝化低級化合物，因此時不需十分過強之酸也。此法尚有一利點，即可收回溶於廢酸中之梯恩梯，使不至損失也（見 Brit Pat. 23181, 1914）。

有時須游離一硝基甲苯及二硝基甲苯，使為純淨物質，但普通多不使之游離，即繼續向下硝化。

此時須加考慮者為下述諸點：

（一）節省用酸增加出品。

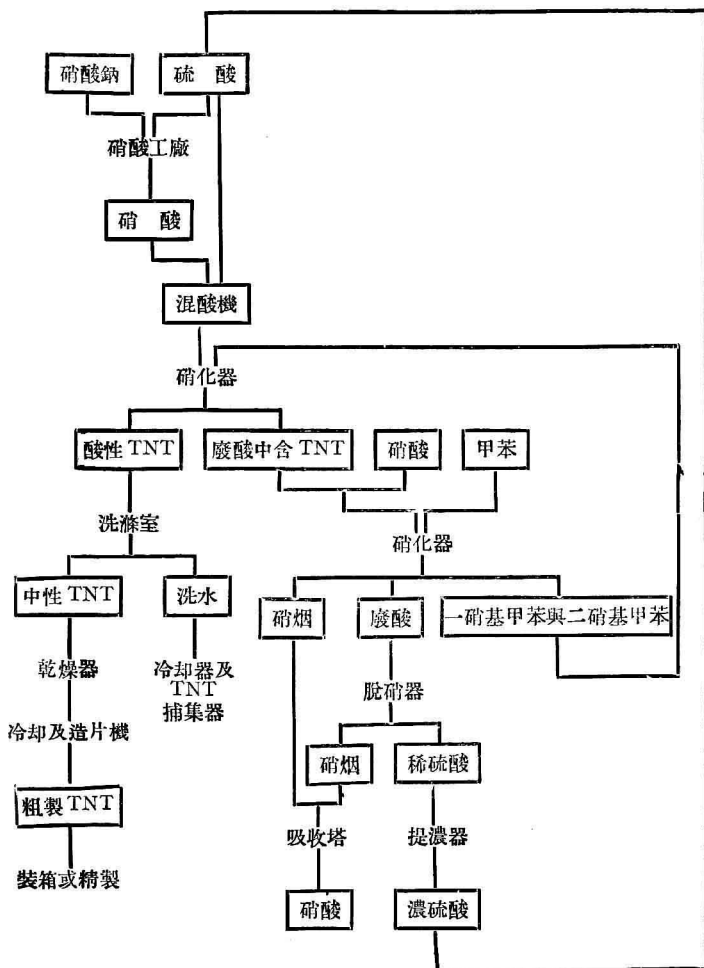
（二）極力使硝化作用完全。尤以在三硝化階段時，務使其硝化完全為要。

（三）盡量分離廢酸中之硝酸及硝基化合物。

種種已經採用之製法甚多，此處不及詳載。僅舉一例示如第十八圖。先將甲苯硝化為一硝基甲苯與二硝基甲苯之混合物，分離廢酸，然後再用新酸將其硝化為梯恩梯。由此所得之廢酸，則用以硝化其低級硝化物。

硝化器為鑄鐵製成，第十九圖示其剖面，此器裝有一迴轉攪拌器及蛇形管，可通蒸汽加熱，亦可通冷水冷却。故其溫度可以任意調節。此點甚為重要，因硝化之成功與安全，胥賴於適宜之溫度調節也。一硝基甲苯與二硝基甲苯能在低溫生成，但三硝基甲苯則需要較高溫度方可完成（攝氏一一〇至一二

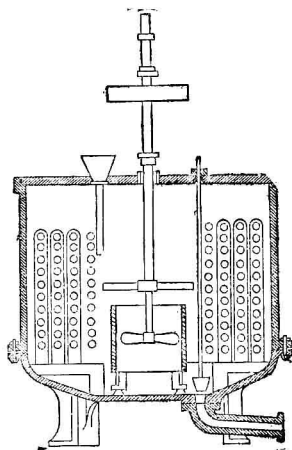
第十八圖 製造梯恩梯各步手續圖解



○度)。倘將溫度迅速升至此最高點，則因碳及氫為硝酸氧

化關係，而生反應不可調節之危險，因而盛生有毒之櫻色硝烟，並生大量之熱，甚至發生起火及爆炸。

有時須先將甲苯製為一硝基甲苯，此情形在使用中含多量汽油之甲苯時尤為必要。如得自波乃奧(Borneo)與波西亞(Persia)二處之石油中蒸餾出之甲苯即其一例。汽油含有環己烷等質，其沸



第十九圖 梯恩梯硝化器

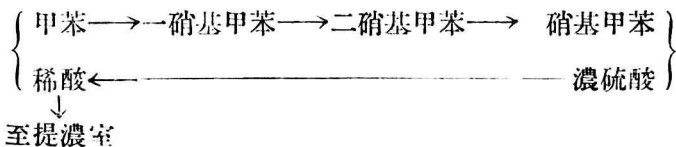
點與甲苯極為相近，不能用分餾法將其分開。然如將甲苯硝化為一硝基甲苯，沸點升至攝氏二二〇度——二四〇度。則沸點僅為一〇〇度——一一〇度之汽油自不難將其用蒸餾法除去，而所餘之一硝基甲苯亦可繼續向下硝化矣，大戰時英國大量製造時所採之製法，茲略述於下：

將一硝基甲苯與硝硫酸混合後，依上法漸漸加熱，使完成其三硝化物之硝化。然後降其溫度，使較三硝基甲苯之熔點略高，再加入少量之水，以減其在混酸中之溶解度。於是梯恩梯即作液體層而浮於酸液之上。乃將二者分別放出，而將梯恩梯洗去餘酸，再造成片狀或粒狀即得。

但廢酸中仍含有少量之梯恩梯與硝酸。故加以新造之一硝基甲苯，使溶出其中之梯恩梯，同時並利用其中之餘剩硝酸，行部分硝化作用，而生成二硝基甲苯焉。於是將二層液體分開，其酸液部分送至脫硝室及提濃室，所餘之甲苯硝化物，即可用作下次三硝化時之原料。

梯恩梯之連續硝化法 由上節所述知三硝化後之廢酸尚可再為低級硝化之用，故名曰「循環硝化法」。其中將甲苯分段硝化為梯恩梯，而所用硫酸，自最後一步硝化加起，漸用於低級硝化，直至變至極稀薄，方運至提濃室提濃之。

今試以圖線表之如下：



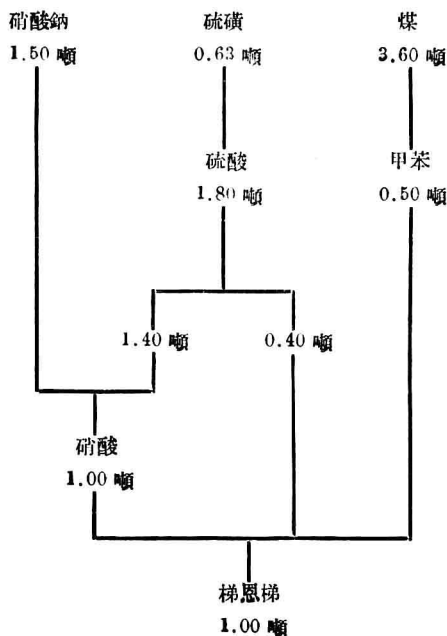
於此可知吾人理想中之製法，在求甲苯與酸液為一種連續的逆流，使甲苯當向同一方向流過時，即舉行硝化，同時硫酸則繼續的漸漸變淡。奧得堡(Oldburg)地方已有與此相類似之製法出現，乃將多數之硝化器用管子相連結，並裝有交互攪拌及澄清設備(見 Brit. Pat. 124461)，對於硝硫酸之流行速度及溫度之調節等，皆須嚴守精確之規定。在已用過之方法中，其原料皆用一硝基甲苯而不用甲苯。硝化完成後，則梯恩

梯繼續流出器外，應用此法，能於較小規模之廠中，製出大量之梯恩梯。

得率 在良好之工作情況下，梯恩梯之得率約為所用甲苯之二倍。此數約及理論值之八〇%，其餘之二〇%，皆因氧化等作用歸於損失。在極優良情況下，對於硝酸之得率，亦約為理論值之八〇%。

第二十圖所示之表解，即為製造梯恩梯所需之原料量。

第二十圖 製造梯恩梯所需原料量圖解



製造梯恩梯所需氮氣之分配約計如下：

梯恩梯中所含有	七五%
造硝酸時損失	八%
一硝化時損失	一%
二硝化與三硝化時損失	一二%
脫硝時損失	四%
總計	一〇〇%

梯恩梯之精製 由上得來之梯恩梯仍不純潔。除含有殘留酸分必須充分用冷熱水洗滌除淨外，往往尚雜有少量之二硝基甲苯與三硝基苯，以及如前所述之梯恩梯同素體等。因而將梯恩梯之熔點，自攝氏八一度降低至七六度。普通此粗製梯恩梯即可使用，然在某種特別用途下，則必須將其精製，使其熔點增至攝氏八〇度以上。精製之法，一般用酒精使其再行結晶，或即用冷酒精將粉狀梯恩梯中之雜質洗去亦可。除去梯恩梯同素體之最新方法為用亞硫酸鈉液使其溶解。則其同素體悉被溶解，生成深紅色溶液，而正規之梯恩梯則不為所侵。但僅用此法不能除去二硝基甲苯。其他之雜質尚有四硝基甲烷、硝基苯甲酸及硝基甲苯酚等，皆可用上法除去之。

梯恩梯之乾燥 梯恩梯能溶解少量水份，故當用水洗滌後，須將其舉行乾燥。其法置梯恩梯於一大淺盤內，使保持

熔融狀態者數小時，然後冷卻造粒即得。對於洗滌及烘乾二工作亦有使用連續法者。再結晶後或用酒精洗淨之梯恩梯有時不使其熔化，僅徐徐加溫以乾燥之。有時將其熔化於一密閉器內，以去其酒精，然後使之冷卻，再經造粒即得。

梯恩梯之審檢 此物之化學審檢法計有下列數種：(一)凝固點。先將梯恩梯熔化，使其徐徐冷卻，而記其凝固時之溫度。因其用途不同，其凝固點亦異，約為攝氏七四度至八〇度。(二)揮發分，(三)酸度，(四)灰分。

梯恩梯之用途 梯恩梯為歐戰時海陸軍用主要高級炸藥之一。不論單獨使用，或與他物混用，如硝酸銨(見第十章)皆可用於砲彈、飛機炸彈、手榴彈、炸彈、魚雷及其他兵器之中。有時將其直接裝入砲彈中。因其熔點較黃色炸藥為低，故操作上，此點較後者為便利。又較黃色炸藥比較的不易生成討厭的銳感鹽類，且對震動鈍感。反之，梯恩梯之毒性對於裝藥工人不免有害。

因梯恩梯性較鈍感，故運用可稱安全。但因而亦較難起爆。當用於砲彈中時，常以一種具有中等感度之火藥如特出兒(Tetryl)者，助其起爆。純淨梯恩梯較粗製梯恩梯易於起爆，且亦較為安定，不至游離油質不純物。

梯恩梯為多種混合火藥之原料，例如 Amatol、Ammonal、

Sabulite、Roburite、Rexite、Faversham powder 及其他(含有梯恩梯、硝酸銨及別種成分),又如 Yonckites (含梯恩梯及過氯酸銨等),又如 Macarite (含硝酸鉛)以及其他種種(見第十章)。

【附錄】

一、梯恩梯之中文譯名有下列數種:三硝基甲苯、天梯、安全炸藥、茶褐藥等。

二、製造梯恩梯所需原料之比配,舉一例如下(用三段硝化法)。

一硝基甲苯之製造。

甲苯 一份

混酸 二·三份(硫酸五五%,硝酸二五%,水分二〇%)

二硝基甲苯之製造:

一硝基甲苯 一份

混酸 二·二份(硫酸六五%,硝酸三〇%,水分五%)

三硝基甲苯之製造:

二硝基甲苯 一份

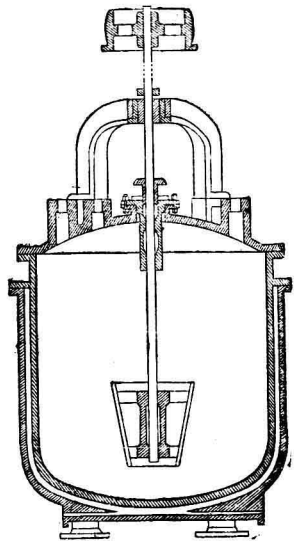
混酸 三份(硫酸八〇%,硝酸二〇%)

第十章 其他之硝基化合物

硝基化合物中除最常用之黃色炸藥及梯恩梯用為炸藥外，尚有若干種，亦具有爆炸性質。又有其自身雖非炸藥，但與無機鹽類如硝酸鹽、氯酸鹽等混合後，可作炸藥用者。然其中能完全適合於爆炸藥之條件者，亦屬有限。或以其爆炸力微弱，或以安定性過小，或以感度不足，或以熔點過高過低，或以價格昂貴不合經濟，致不適用。

由本書附錄，可知煤膏為多數化合火藥之出發點。茲略述之於後。

硝基苯 硝基苯 [Nitrobenzene, $C_6H_5NO_2$] 發明於一八三四年，其製法係將硝硫混酸徐徐加於內盛苯之大鑄鐵桶內，桶中裝有攪拌器，桶外置有冷水夾套（見第二十一圖）。桶之容量甚大，可至一六〇〇加侖，每次可入苯四五〇〇磅。保持其溫度於攝氏二五度，硝化作用之進行甚易。已經硝化之苯作油狀液浮於酸之上



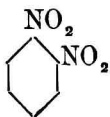
第二十一圖 硝化鍋

層，分離後用水洗去餘酸。倘其中仍含有未硝化之苯，可用蒸汽將其除去。得率約與理論數相等。此外連續硝化器亦有多種業經採用。

硝基苯於攝氏二〇五度至二〇六度沸騰，三度時即熔化。一五度時比重為一·一八七，故能沉入水中。在水中微能溶解，易溶於多種之有機溶劑。具有苦杏仁之臭味，及甜辣之嗜味。毒性甚大。

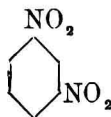
硝基苯含氧極少，不能單獨用為火藥，但為多種混合火藥之一成分。

二硝基苯 [Dinitrobenzene, $C_6H_4(NO_2)_2$] 此可使硝硫混酸作用於硝基苯迅速得之，然因此第二級之硝化，較第一級之硝化為難，故需較高之溫度（約攝氏一〇〇度上下）。二硝基苯共有三種同素體如下：



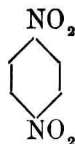
鄰位

熔點 118°C.



間位

熔點 90°C.



對位

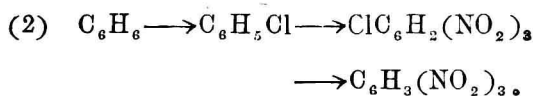
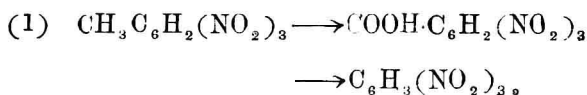
熔點 172°C.

實際上所製得者多為其間位化合物，其他二種不過僅含少量而已。

純淨之間位二硝基苯，熔點爲攝氏九〇度，但一般商品，因雜有硝基苯及鄰位對位二硝基苯，故熔點只有八〇度。結晶作淡黃色，不溶於水，而能溶於多數之有機溶劑。具毒性，皮膚觸之，則生劇烈之火傷。

此物雖勉能用極強之雷管起爆，並曾用裝砲彈，然單獨使用之者，仍不常觀。其最大爆速爲每秒六一〇〇公尺。對震動異常鈍感。主要用途，爲用於硝酸鹽混合火藥中，藉補其氧之不足。

三硝基苯 [Trinitrobenzene, $C_6H_3(NO_2)_3$] 此乃苯之第三級硝化物（與由甲苯製出梯恩梯相當）。因苯較甲苯產量爲豐，吾人或以爲三硝基苯可以大量用爲火藥，然事有不然者，蓋欲使二硝基苯變爲三硝基苯極爲困難，究爲何故，迄今尙未完全明瞭也。縱使採用最濃之硝酸與最強之發烟硫酸，並在高溫下進行硝化，而結果所得仍極少，蓋大部分之二硝基苯皆因氧化損失也。此外之製法尙有下列數種：

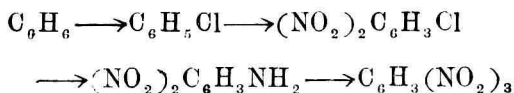


三硝基苯爲黃色結晶體，熔點攝氏一二二度。其普通性質

與梯恩梯相似。此物能迅與苯胺及萘化合，在鹼性之酒精溶液中呈深紅色溶液。

因其製造困難，故甚少用作火藥。但確為一極猛烈之炸藥。其爆炸力且在黃色炸藥與梯恩梯之上。爆速亦甚大，達每秒七〇〇〇公尺以上。性甚安定，亦極鈍感。倘其製造不感困難，則在高級炸藥中定能佔一極重要之地位也。

三硝基苯之同素體能有三種。上所述者，為其對稱式化合物。其餘二種同素體中一種業已製出，製法如下：

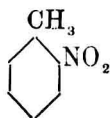


此物熔於攝氏六〇度，除此對稱式三硝基苯較不安定外，其他性質皆與之相類似。

硝化三硝基苯使生四硝基苯 $[\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_4]$ 之理想，雖曾迭經試驗，但卒未成功。

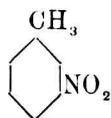
甲苯之硝化物 此類物因其製法與苯硝化物甚相類似，故於此無須詳述。然因其多含甲烷基根，故有較多之同素體。第一步硝化只生成一硝基甲苯，此物共有三種如下頁所示。

三種中以鄰位、對位二者生成最多，間位者甚少，僅三—四%。將鄰位或對位一硝基甲苯再行硝化，則得 2,4- 二硝基甲苯及少量之 2,6- 二硝基甲苯。如將此再用強硝硫酸舉行硝



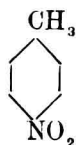
鄰位

沸點 223°C.



間位

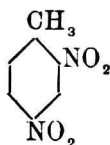
沸點 230°C.



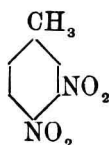
對位

沸點 236°C.

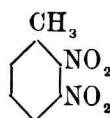
化，則得梯恩梯。此物已於第八章中述過。二硝基甲苯可用於混合火藥中，但一硝基甲苯則甚少有採用之者。純淨之 2,4-二硝基甲苯熔點為攝氏七〇度。但一般商品，因雜有 2,6-二硝基甲苯及微量之他種同素體，故熔點恆較低。此物之同素體計有六種，且能製出之。



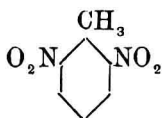
熔點：70°C.



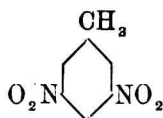
60°C.



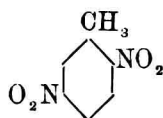
63°C.



熔點：60°C.



92°—93°C.



52.5°C.

上列六種中較重要者僅第一種而已。

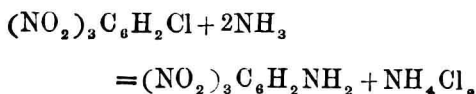
二甲苯之硝化物(Nitroxylens)

二甲苯共有三種——

鄰位、間位及對位——與苯及甲苯皆為煤膏生成物。能生成與苯及甲苯類似之硝基化合物，但因其甲烷基之位置不同，僅間位二甲苯一種能生成對稱式之三硝基化合物。此三硝基間位二甲苯為二甲苯硝化物中能用作火藥之唯一物質，而其用途，因其製造不如三硝基甲苯之易，故甚狹。硝化法略與梯恩梯相似。所不同者僅其熔點稍高，不能在熔融狀態下與酸液相分離，只能用傾倒法將酸洩去。

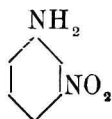
純淨三硝基間位二甲苯熔點為攝氏一八二度。商品中夾有鄰位與對位二甲苯之硝化物，故其熔點較低。其爆速最高達每秒六六〇〇公尺，其性質及用途皆與梯恩梯相似。

苯胺之硝化物(Nitroanilines) 因苯胺($C_6H_5NH_2$)易為硝酸所破壞，故不易直接舉行硝化。除非在極適宜情況下，使用過量甚多之濃硫酸方可直接得到之。所生成之一硝基化合物、二硝基化合物及三硝基化合物之同素體，皆與甲苯相同。對稱式三硝基苯胺曾用作火藥，但為量不多。製造此物較易之方法為使氨氣作用於三硝基氯苯，即

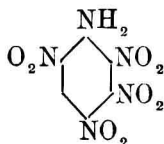


四硝基苯胺 [$(\text{NO}_2)_4\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$] 此物發明較遲(見 Flürscheim, Brit. Pat. 3224 and 3907, 1910; J. Soc. Chem.

Ind., 1921, Vol. 40, p. 971.)。硝化苯胺之一般目標，多在使生成對稱式之 2,4,6-三硝基苯胺。設吾人取間位一硝基苯胺而硝化之，則新加入之硝基根，佔據 2,4,6 三位置，因而形成四硝基苯胺。



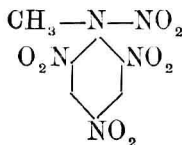
間位一硝基苯胺



四硝基苯胺

四硝基苯胺因含有四個硝基根，故為極猛烈之炸藥。爆速極高，且易於起爆。然因易起水解及造價昂貴，故用者尙少。

三硝基苯甲硝基胺 (Trinitro-phenyl-methyl-nitramine) 此火藥現已佔有極重要之地位。俗名「特出兒」(Tetryl)。構造式如下：



此物於一八七七年為麥吞斯 (Mertens) 所發明。以硝酸二酸作用於二甲苯胺 (Dimethylaniline) 即得。反應時硝酸將二甲苯胺之一個甲基氧化，而代以一硝基，同時於苯核上加入三個硝基根。於是即生成特出兒。硝化後，洗去酸分，再用丙

酮、苯或硝酸，使再結晶即成。

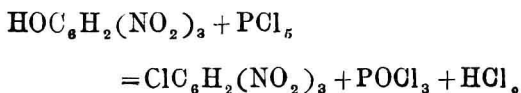
純淨特出兒熔化於攝氏一二九度，結晶黃色。不溶於水，但溶於丙酮及苯等。具毒性，能灼傷皮膚。為極猛烈之炸藥，爆速每秒七五二〇公尺。因其價格昂貴，性甚敏感，故不能用作砲彈之主裝炸藥。然此物之特點，在與梯恩梯等聯合使用；於雷汞及主裝炸藥之間。加以少量之特出兒，能使主裝炸藥起爆容易。此外又可將特出兒與雷汞合用，以製複式雷管。

與特出兒類似而可以用作火藥者有 Di-trinitrophenyl-ethylene-dinitramine (見 J. Soc. Chem. Ind., 1920, Vol. 39. p. 315A.)，其分子式為



氯苯之硝化物(Nitrochlorobenzenes) 一硝基氯苯及由此再硝化為二硝基氯苯之製法，已在第七章述過，一硝基氯苯甚少用於火藥。惟二硝基氯苯皆為製造黃色炸藥及其他火藥之中間必需品，故較為重要（見附錄之表）。

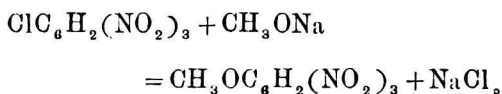
三硝基氯苯 [Trinitrochlorobenzene 或 Picryl chloride, $\text{ClC}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$] 此可由強硝硫酸作用於二硝基氯苯得之。此外亦可使五氯化磷作用於黃色炸藥製之，但此法較迂緩。



此物爲淡黃色針狀結晶 熔點攝氏八三度。不溶於水，而溶於有機溶劑。具毒性，與三硝基苯同樣，能與萘等發生加成化合物。雖曾少量用作火藥，然終不如梯恩梯等之價廉物美。

其他之三硝基苯基化合物(Picryl derivatives) 由卷首附表可知三硝基氯苯爲一化合力甚強之物質，能利用之以造其他誘導化合物。製造此類化合物之另一方法爲先由二硝基氯苯製出其二硝基化合物，然後再將此硝化爲三硝基化合物即得。

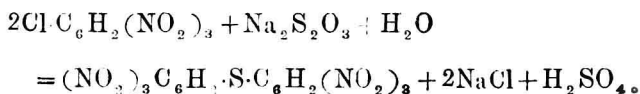
三硝基甲酚[$\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$ Trinitroanisol or methyl picrate] 此可使三硝基氯苯作用於苛性鈉之木精溶液以製造之。



又可由二硝基氯苯製之。此外尙可直接硝化甲酚以製造之。惟此法較不易耳。然由黃色炸藥製造時，又不經濟，故商業上不用之。

此物熔化於攝氏六六度，結晶爲黃色單斜狀。遇水能生成黃色炸藥，故須防其生成敏感性之黃色炸藥鹽。爆炸性與黃色炸藥相似。德國曾用之爲炸藥，至其用法或與硝酸銨混合，或單獨使用皆可。

硫化六硝基二苯 [Hexanitrodiphenyl sulphide or Picryl sulphide, $(\text{NO}_2)_3\text{C}_6\text{H}_2\cdot\text{S}\cdot\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$] 此可由三硝基氯苯與硫代硫酸鈉迅速製成之：



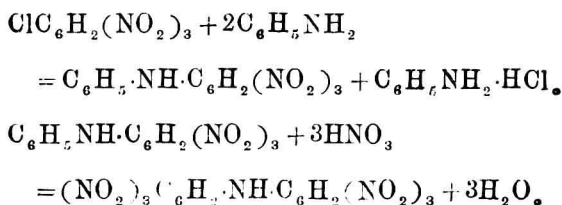
其熔點爲攝氏二二六度。爆炸力與黃色炸藥相等。使用者尙少。惟在德國造之飛機炸彈中曾發現之。

六硝基二苯磺 [$(\text{NO}_2)_3\text{C}_6\text{H}_2\cdot\text{SO}_2\cdot\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$ Hexanitrodiphenyl sulphone] 此可用硝酸使硫化六硝基二苯氧化以製之，亦爲猛烈之炸藥，惟造價稍昂。

六硝基二苯胺 [$(\text{NO}_2)_3\text{C}_6\text{H}_2\cdot\text{NH}\cdot\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$ Hexanitrodiphenylamine] 此物可由下述諸法之一製造之：

(一)直接硝化二苯胺。

(二)先使三硝基氯苯與苯胺作用，再硝化之。

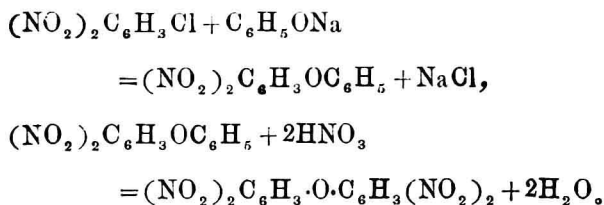


(三)先使二硝基氯苯與苯胺作用，再舉行硝化。

上述三法，以第三法最經濟，最便利。

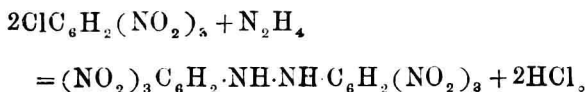
此物之銨鹽，即黃色顏料 “Aurantia”，已久為吾人所熟知。六硝基二苯胺色極黃，熔點攝氏二四二度。在各種溶劑中皆難溶解。具微酸性，有劇毒。爆炸力甚強，約與黃色炸藥相等。性安定，不易因震動而爆發。過去曾用為高級炸藥。德國之飛機炸彈中曾用之。但其毒性甚烈，為其未廣使用之一大原因。諸如此類之物質，因其熔點過高，當然不能用熔裝法填入炸彈；但可與梯恩梯等混合使用之。

四硝基二苯醚[(NO₂)₂C₆H₃·O·C₆H₃·(NO₂)₂ Tetranitrodiphenylether] 欲製此物須先使二硝基氯苯與酚鈉作用，以生成二硝基二苯醚，然後再將此硝化即得。



此物尚未多量使用。然因其性極安定，且製造容易，故將來或能佔一重要位置也。

六硝基二苯肼[(NO₂)₃C₆H₂·NH·NH·C₆H₂(NO₂)₃ Hexanitrohydrazobenzene] 此可由三硝基氯苯與聯氨合成之。

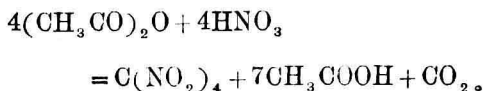


將此物用硝酸氧化，則生成六硝基偶氮苯〔Hexanitroazobenzene, $(\text{NO}_2)_3\text{C}_6\text{H}_2\cdot\text{N}:\text{N}\cdot\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$ 〕 此為黃色結晶，熔點在攝氏二二〇度以上。加熱時亦極安定。然因其造費昂貴，雖為猛烈火藥恐亦不能廣用也。

四硝基甲烷〔Tetranitromethane, $\text{C}(\text{NO}_2)_4$ 〕 此物亦為一種硝基化合物。但因其不屬於硝基苯類，故與上述諸火藥稍異。一八六一年西施可 (Schischkow) 以硝酸作用於三硝基甲烷〔 $\text{CH}(\text{NO}_2)_3$ 〕首先將其製出。較新之製法有：

1. 使硝酸作用於硝基苯(見 Claessen, German Pat. 184229)。此法得率甚小。用普通方法製造梯恩梯時亦有少量之四硝基甲烷生成，此可由其刺激性之嗅味覺出之。

2. 使硝酸作用於乙酐(即無水醋酸)(見 Chattaway, J. Chem. Soc., 1910, Vol. 107, p. 2101.)。



3. 使硝酸作用於乙炔(見 Orton and Mckie, J. Chem. Soc., 1920, Vol. 117, p. 283.)。 此法發明較近，為諸種製法中之最便利者。將乙炔氣通於濃硝酸，則得多量之四硝基甲烷。

四硝基甲烷為沸點攝氏一二六度，冰點一三度之液體。具

刺激性嗅味，有毒性。因其含有多量之氧，故久為世人所注意。其所以未蒙採用者，因其揮發性較大，是其缺點。其自身所含之氧既較所含碳為多，故一般使與碳氫化合物及缺氧之硝基化合物相混合。由此製得之混合物，中有數種具猛烈之爆炸性。

六硝基乙烷 [Hexanitroethane, $C_2(NO_2)_6$] 此物曾經註冊用為火藥(見 Claessen, Brit. Pat. 24839, 1913.)但經維爾(Will)氏之研究，謂其性不安定。

【附錄】

製造特出兒(或稱四硝基醯藥)時之原料比配舉一例如下：

二甲苯胺	五份
硫酸(九六%)	五〇份
硝酸(九二%)	二五份

第十一章 混合火藥

實際使用上之大部分火藥，皆為數種化學物質混合而成。普通黑色火藥即其一例。其中硝酸鉀之氧使木炭及硫磺迅速燃燒。同理可應用於一切之混合火藥。即將含有過量氧之鹽類或化合物，與缺氧物質相混合，以助其燃燒是也。有時所用還原劑為已含有一部分氧之有機體，而由氧化劑補其不足，如硝基苯與氯酸鉀之混合物是。

製法簡易價格低廉之氧化劑，為數甚少。主要者為硝酸鹽、氯酸鹽及過氯酸鹽。

硝酸鹽(又參閱第四章黑色火藥篇) 迄近代止，得自大地上之天然硝為此類化合物之唯一來源。智利國之鈉硝大礦床仍為英國火藥及農業界用硝之主要來源。一九二〇年智利硝之輸出量為二四九二〇〇〇噸。

但上述之硝酸鹽來源，近已迅為空中氮氣直接或間接合成硝酸法所置換。距今三〇餘年前，克魯克斯 (Sir William Crookes) 及雷萊 (Lord Rayleigh) 二氏已指出應用電弧使空中氮氣變成硝酸之可能性。此法在有大水力動力之國家，早經發展，此後又漸有他種方法出現。

哈柏法(Haber process): 於高溫高壓下使氮氫二氣化合為

氨，然後使與空氣混合經過白金觸媒〔即奧斯特瓦法 (Ostwald process)〕，即氧化為硝酸。此哈柏法不久前在法國已為克魯台 (Claude)改良；又氰胺法 (Cyanamide process)是將氮氣通於碳化鈣中，使生成氰胺基化鈣後，通水蒸汽分解為氨，再依上法氧化之；又好意賽法 (Hauesser process)是將一種氣體與空氣在適宜情況下使其爆發，以生成一部分之氧化氮，用水吸收之即得硝酸；又賽伯克法 (Serpek process)是將空中氮氣在高溫下與鋁結合為氮化鋁，再使變為氨。此外尚有其他方法，皆根據用氮氣生成氰化物之原理製之。

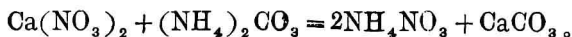
德國在大戰前，空中氮氣固定工業已甚發達。彼時在多數大染料工廠中已有大規模之哈柏法工作。倘德人僅賴智利硝以製硝酸及硝酸鹽，則在海外貿易為人封鎖後，早已無法支持火藥之製造矣。氮氣固定工業之漸趨重要，可由下之事實證明：一九二〇年度全世界之氮氣產額，以硝酸鹽與氨計，其四三·二%係合成者，三〇·二%得自智利硝，二六·六%由蒸餾煤時所得。

硝酸銨 (NH_4NO_3) 此種鹽類為混合火藥中之最要成分。蓋硝石中之鉀，係無用殘渣，而銨根則含有可燃性之氫也。硝酸銨自身甚難使之爆發。所含氧較其本身所含氫燃燒用者為多，故與缺氧之硝基化合物如梯恩梯等，能形成極重要極有價

值之混合物。混用硝酸銨，可少用硝基化合物，因而得以減輕高級炸藥之價格。

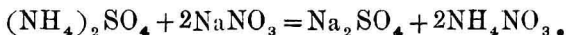
往昔所有硝酸銨皆用硝酸與氨製成。將上二物混合後經蒸乾即得。然因此法需要硝酸為原料，故大戰中發明新法，而省去製造硝酸手續。

新法之一，係將硝酸鈣（在挪威國用電弧法固定空中氮氣得來）與碳酸銨作用。



濾去碳酸鈣沉澱，將硝酸銨溶液蒸乾即得。其後用硝酸鈉與氯化鈣作用，製出硝酸鈣，供上法之用。此外尚有一法使碳酸銨作用於硝酸鈉以製硝酸銨（此法與有名之「銨鹼法」相似）。

最廣用之硝酸銨製法為使硫酸銨與硝酸鈉作用於濃熱溶液中，反應式如下：



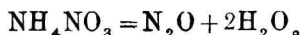
因硫酸鈉在高溫時之溶解度較他種鹽類為小，故得將其濾去而分離之。將上溶液稍稀釋後，放冷，則硝酸銨結晶析出。母液中尚含有多量之硝酸銨，故可反復用之。

歐戰中英國所造硝酸銨之總額達三七八三九五噸之多。

硝酸銨為白色結晶體，極易溶於水。在潮溼大氣中，易吸

收水分，而變為塊狀。用於火藥者，須謹慎將其烘乾。凡此類火藥皆須裝於氣密之容器中，以免吸收水分，致失效力。

硝酸銨受熱，則經數個「轉變點」而變其結晶形狀。即攝氏負一六度、三二度、八五度及一二五度，同時並變其比重。故於裝填砲彈時，此點甚為重要。如繼續加熱至一六九度則熔化。至二〇〇度左右則依下式發生分解：



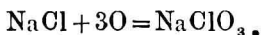
氯酸鹽與過氯酸鹽 此種鹽類亦含有過量之氧，可由其鉀鹽之分子式知之。即 KClO_3 , KClO_4 。

使氯氣與碳酸鈉熱溶液作用，製造氯酸鈉之法，使用甚久。



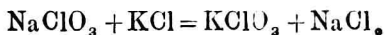
濃縮上得液體，分離氯化鈉，則氯酸鈉結晶析出。

另法，用電解法使氯化鈉熱液氧化。

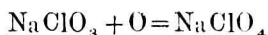


然後用結晶法使氯酸鈉與未起作用之食鹽分離即得。

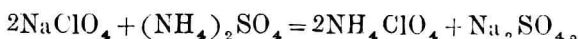
氯酸鈉極易溶於水，在空氣中甚易吸收潮溼，因之使用於火藥者不多。氯酸鎂性又不安定，惟只有氯酸鉀溶解度既小，又易於精製乾燥，故多用之。此物可由氯酸鈉與水溶性之鉀鹽起作用以製之。



將氯酸鈉施行電解氧化，則生成過氯酸鈉。



火藥上最有用之過氯酸鹽為過氯酸銨。此物可迅由過氯酸鈉與銨鹽溶液製成之。



過氯酸銨較難溶解，作白色晶體析出。又其鉀鹽亦可依同法製成，溶解度更小。

過氯酸鈉自身本可起爆，但因其所含之氧多於其所含氫燃燒之用，故當其用為火藥時，恆與他物混合應用。凡氯酸鹽火藥及過氯酸鹽火藥對於衝擊摩擦概較硝酸鹽火藥為靈感，故其應用僅限於不十分受此影響之用途。

混合火藥 在此簡短之敘述中，關乎已經採用之種種混合火藥，當然不能逐一敘述。且專利註冊簿上幾每週皆有新發明之火藥出現，為數過多，故於此僅能舉數例於下，以得一般混合火藥之概念而已。

含硝基甘油之混合火藥 硝基甘油所含之氧，較其自身燃燒所需為多。有時且更混以無機硝酸鹽，使其氧化力更強，然後和以含碳甚多之物質，使與氧結合。第十二表示非膠質火藥之數例。

亦有使用硝酸銀者，例如 Carbonite 是。與此相似之火藥，

尚有 Cambrite、Britonite、Clydite 與 Kynite 等。

第十二表 非膠質硝基甘油火藥之成分

	硝基甘油	木粉	硝酸鈉	硝酸鉀	硝酸銨	碳酸鈣	其他成分 (鹽類等)
猛爆藥(40%)	40	11.75	47.25	—	—	1	—
Hercules powder	40	11	45	—	—	—	4
Amm. dynamite	27	11	35	—	25	—	—
” ”	20	16	48	—	15	1	—
Atlas powder	61.1	14.1	—	21.6	—	—	3.2
” ”	45.7	10.5	—	40.9	—	1.9	1.0
Monobel	8.5	8.5	—	—	68	—	15

膠質爆破火藥包含 gelatine dynamites 與 gelignites (見第六章)。其主要者見第十三表

第十三表 膠質硝基甘油爆破藥之成分

	爆破膠	gelatine dynamite	gelignite
硝基甘油	91.5	74.5	60.5
弱棉藥	8	5.5	4.5
木粉	—	4	7
硝酸鉀	—	15.5	27
碳酸鈣	0.2	0.2	0.2
水分	0.3	0.3	0.8

於硝基棉及硝基甘油之混合物中，加以種種物質，使生成猛烈之炸藥，備開礦採石之用。屬此類者有 Saxomite、Samsomite、Arkite 及 Rippite 等。其一般之成分為木粉、草酸銨、澱粉及蓖麻子油，有時亦加以少量之碳酸鈣或他種碳酸鹽。

硝酸銨火藥 此類火藥，對於軍事上及工業上皆甚重要。歐戰時，各交戰國咸感於鉅量硝化物之無法供給，遂不得不漸漸採用硝酸銨之混合物。一般言之，硝酸銨火藥俱較鈍感，故需要強力之起爆管。

阿馬陀炸藥 (Amatol) 為硝酸銨與梯恩梯之混合物。係英國烏爾威池地方皇家兵工廠研究部首先採用，以裝填大炸力砲彈。為使此類火藥充分爆轟，曾發生不少困難，然最後終被圓滿解決，而為英陸軍用之主要高級炸藥焉。其最常採用之配合比，為含硝酸銨四〇%與八〇%二種。

阿馬陀炸藥之爆速，據勞伯遜 (Robertson) 測定如下：

阿馬陀四〇/六〇(鑄造)，比重一·五五 六四七〇公尺/秒。

阿馬陀八〇/二〇，比重一·三 四六二〇公尺/秒。

阿馬陀八〇/二〇，比重一·五 五〇八〇公尺/秒。

上之結果，係將阿馬陀裝於〇·一吋厚之鋼管內所測得。如將比重一·五成分八〇/二〇之阿馬陀裝於〇·二四吋厚之管內，則其爆速為五二〇〇公尺/秒。可布氏 (Cope) 曾得較

上更高之記錄，並作其破片試驗（見 J. Ind. Eng. Chem., 1920, Vol. 12, p. 80）。

阿摩難炸藥(Ammonal)亦爲一重要火藥類。爲硝酸銨、金屬鋁及梯恩梯等之混合物。茲舉其最廣用之一例如下：硝酸銨六五%，梯恩梯一五%，鋁粉（粗粒狀）一六%，鋁粉（細粉狀）一%，木炭三%。此物對衝擊極爲鈍感。爆速爲三四五〇公尺/秒。

Sabulite之成分爲硝酸銨七八%，梯恩梯八%。矽化鈣一四%；此物威力約與阿摩難炸藥相等，惟性較靈敏。Bellites爲含硝酸銨與二硝基苯之火藥。（Curtisite 爲含硝酸銨、梯恩梯及硝基萘之混合火藥。Ammonite 中含有二硝基萘，又法國之 Favier powders 與 Schneiderite（此火藥在巴爾幹戰爭時，曾用裝砲彈）二種火藥亦爲含二硝基萘之火藥。

黑色火藥之類似混合物 黑色火藥前在第四章中已經述過。與此相似且甚廣用之一種火藥爲 Bobbinite。此類火藥之第一種，爲含硫二%及硫酸銨或硫酸銅一五%之黑色火藥。第二種含澱粉八%，石蠟三%。將其製成粒狀，表面塗蠟，而應用之。英國每年因開礦及採石用此火藥達六〇〇噸。此藥曾經詳細研究載於一九〇六年之 Bobbinite 研究報告。此藥運用可稱安全，然對於引燃坑氣煤粉一問題仍未能認爲滿意。凡屬

於此類之火藥，概不爆轟。

氯酸鹽與過氯酸鹽火藥 氯酸鹽混合火藥之最著者為 Cheddite。一般言之，氯酸鹽混合物對於摩擦衝擊俱甚靈感，但此性質可加入油類物質。如蓖麻子油與硝基化合物，以減殺之。茲舉第四號 Cheddite 為例，而記其成分如下：氯酸鉀七九%，蓖麻子油五%，硝基萘一%，二硝基甲苯一五%。此外有所謂 Steelite 火藥者，亦係氯酸鹽火藥之一種，而含有氧化樹脂者。凡此火藥皆用於爆破。

過氯酸鹽火藥較氯酸鹽火藥為安定鈍感。Permonite 火藥為過氯酸鉀、硝酸銨、梯恩梯、澱粉及木粉之混合物。Dynobel 火藥含有過氯酸鉀、硝基甘油、弱棉藥、蔞酸銨及木粉。Neonal, Ajax powder 及 Swale powder 三種火藥之成分相類似。

Blastine 火藥中，除含有過氯酸銨外，尚含硝酸鈉、二硝基甲苯及石蠟。Yonckite 火藥類含過氯酸銨、硝酸銨、硝酸鈉及梯恩梯，有時亦含三硝基萘、氯化鈉及蔞酸銨。Permonite 火藥含過氯酸銨、鋅粉、凡士林及瀝青。凡上述諸火藥，其爆速皆在四〇〇〇——五〇〇〇公尺/秒之間。

液體氧火藥(Oxyliquit) 以上所述之火藥，其燃燒所需氧皆得自富於氧之鹽類等。自液體氧成為商品後，用以製造火

藥之議，當然引人注意。一八九五年林德 (Linde) 氏空氣液化機造成，一八九七年液體氧火藥首先在德國應用於煤礦。其後，在建築辛僕隆隧道 (Simplon tunnel) 時，為避免坑內空氣之過分污濁，亦曾使用與此相似之火藥 (一八九九年)。

使用方法，將盛於真空夾套容器內之液體氧攜至舉行爆破之地點後，將內裝含碳物質之布袋浸於液體氧中一〇至一五分鐘，即取出用厚紙包裹之。起爆管事先已經放入，乃將其置入鑽孔內，加以填塞。但須留剩一小孔，備蒸發出之氧逃去之用。因普通雷管 (即起爆管) 在極低溫時失去作用，故此時必須用特製之雷管。又此種火藥須在數分鐘內舉行起爆，否則所含氧將悉逸去也。用此法所製火藥，其威力足與含硝基甘油四〇%之猛爆藥相當。且價格低廉，運送時無危險。縱使一時不能起爆，稍待後即無危險 (因氧皆逸去)。但他方面，此類火藥使用不便，需要較大之鑽孔。且不適於多含氣體之煤礦使用。

軍事緊急時，液體氧火藥即不適用，然歐戰時，德人固已採用之 (見 Development of Liquid Oxygen Explosives during the War, by G. S. Rice, U. S. A. Bureau of Mines, 1920; 又 Thorburn, J. Soc. Chem. Ind., 1920, Vol. 39, p. 317R.)。

過氧化氮混合火藥 (參閱 Kast, Zeit, Sch. Spreng.,

1919, p. 81) 過氧化氮 NO_2 或 N_2O_4 , 可由還原劑(如澱粉或氧化砷)與硝酸加熱迅速得之。爲具猛刺激性之褐色氣體。甚易液化, 沸點攝氏二一度。因其含氧甚多, 故可使與可燃體混合以製火藥, 過氧化氮與二硫化碳、苯或硝基苯之混合物, 皆爲猛烈之火藥, 惟對衝擊較靈感耳。此種易於揮發之含毒火藥, 僅可使用於特種情況下, 自不待言。

工用火藥之消耗量 一九一五至一九一九年間, 英國及愛爾蘭用於開礦採石之火藥總量, 示如第十四表。

第十四表

1915—1919年間用於開礦及採石之火藥量(磅數)

	1915	1916	1917	1918	1919
黑色火藥	13,655,592	12,577,877	12,636,579	11,236,241	12,357,766
安全火藥 (特許火藥)	9,836,364	11,010,936	11,557,284	11,360,191	12,454,986
其他火藥	6,723,199	7,212,424	7,543,788	7,273,245	2,326,639
總計(磅)	30,215,155	30,801,227	31,737,651	29,869,677	27,139,391

第十二章 起爆藥及雷管

前在第二章內曾述及大部分之高級炸藥，皆須用起爆藥誘發其爆波，使炸藥全部效能得以充分表現。起爆藥之主要條件，為易於發火，及能迅速達其最大爆速。此最大爆速不必為最高者。例如雷汞，雖其極少量已甚猛烈，然其爆速固較一般之硝化物為小也。蓋欲決定起爆藥之價值，須視其爆波加速度之大小為轉移。其他條件為貯存安定，對於普通運用時之震動及用於信管時對火砲發射時之震動，皆須鈍感。

為使其爆發生成物之粒子具有充分之運動量，以起爆他種火藥，凡起爆藥之分子中，必須含有一重量之原子。例如雷酸汞（即雷汞）、雷酸銀、氮化鉛、氮化銀、硫氰化汞或硫氰化鉛與氰酸鉀之混合物是。

雷汞 [Mercury fulminate, $\text{Hg}(\text{CNO})_2$] 雷汞為多種起爆劑之基本成分。發明於一七九九年。其後雖他種起爆藥出現，但終因雷汞製造容易，發火確實，故仍為最廣用之起爆藥。

雷汞製法，係使硝酸作用於汞及酒精。為減少爆發危險起見，皆將其製造單位分為極小行之。製造廠各建築物，彼此須遠離，並各圍以土壘，以免一處失事波及他方。

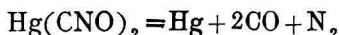
取汞半公斤置大玻璃瓶內，注加比重一·三六之硝酸五公

斤半。則汞漸溶解，而生熱量。放冷後，將此汞溶液傾於一大瓶中，瓶內預盛成分九〇%之酒精五公斤，溫度為攝氏二〇至二五度。於是作用大起，溫度升高至八〇——八五度，瓶上部充滿白烟。此時雷汞漸作灰白色砂粒狀析出。數分鐘後，白烟變為褐色，稍待即成無色，計自開始約二五分鐘後，反應即完結。

靜置玻瓶，將雷汞上部之澄清酸性液傾去。加水後，再傾去之。然後過濾，並予以充分之洗滌。最後於低溫下將其烘乾。烘時須十分注意，以免危險。倘欲貯存，而非立即應用，最好在溼狀保存之。

上得之成品，為灰色或褐色之細砂狀物。有加以少許之銅及鹽酸，使生成白色雷汞者。但其組成實際上固與灰色者無異也。置顯微鏡下視之，各小粒皆為細小晶體（即不完整之八角形體）。雷汞之真實比重為四·四。徐徐裝入容器內之假比重約為一·七五，加壓後，可升至二·五。攝氏一三度時，對水之溶解度為〇·〇七%，一〇〇度時為〇·八%。在氰化物、碘化物及硫代硫酸鹽等之溶液內，皆易溶解。又在氨水及吡啶（Pyridine）中亦易溶解。但對於多種有機溶劑，皆不溶解。打擊之或以火燃之，皆作猛烈爆轟。電火花及加熱之金屬線皆能使其爆發。爆速每秒三〇〇〇公尺。如上所述，雷汞對於打擊摩擦，皆甚靈敏。但此靈敏度可用壓縮法使其減低，故實用

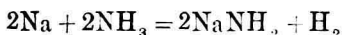
上之火帽及雷管皆經壓縮而後使用。然亦不可壓縮過甚，以免其變鈍（即「壓死」），其爆發可由下式示之：



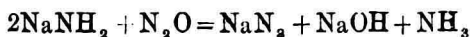
雷汞之用於火帽爆管中者，多與氯酸鉀及硫化銻混合使用。更有和以玻璃粉以增其摩擦者，但此足以妨害其確實性。將上述混合物壓入金屬盂內，而以薄金屬片將其覆蓋。有時為避免使用具腐蝕槍管性之氯酸鹽，亦有代以硝酸銀與碳酸銀之混合物者。

其他之雷酸鹽（參閱 Wöhler and Martin, Ber. deutsch. Chem. Gesell., 1917, Vol. 50, p. 586.）雷酸鹽之用作起爆藥者，要以其汞鹽為最滿意。雷酸銀製造亦易，惟只於玩具中用之。此外如雷酸錳、雷酸鉍、雷酸銅及雷酸鈉等，雖皆能製出，但俱未能實用也。

氮化鉛（Lead azide, PbN_6 ）此物近來始漸用作起爆藥，以代替雷汞之一部分。為一種氮酸鹽，係一八九〇年寇蒂司（Curtius）發明。製造時，須先製其鈉鹽。通氨氣於金屬鈉，得鈉胺（Sodamide）：

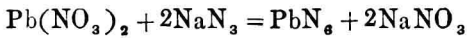


次通一氧化二氮於鈉胺，則得氮化鈉。



氮化鈉亦可由氫氮酸鹽類以及硝酸重氮胍製出之。

氮化鈉為清爽之六角形晶體。易溶於水。無爆發性，故運用安全。欲氮化鈉變為氮化鉛，可使醋酸鉛或硝酸鉛之溶液與氮化鈉之溶液混合，即立得氮化鉛之沉澱。



所得沉澱為細小結晶。大形結晶，務須避免，因其易於自爆也。用於雷管中，約與雷汞性質相同。但不因高壓而性變鈍。其他氮化物已知者亦不少，但皆未用為起爆藥。據謂用作起爆藥時，氮化鉛之用量較雷汞為少。下表示梯恩梯起爆所需之起爆藥最小量。

氮化銀	0.020
氮化鉛	0.005
雷酸銀	0.150
雷酸汞	0.250

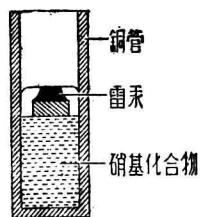
諸種起爆藥之相互感度及發火點示如第十四表。如與別種炸藥比較，則雷汞之感度較黃色炸藥約大十倍（見第八表）。

其他之起爆藥 此有多種。鉛及汞之硫氰酸鹽與氯酸鉀等混合後，曾經使用。又氯酸鉀與硫化銻、硫磺及玻璃粉之混合物，曾用於美國之彈藥。此外磷與氯酸鉀之混合物雖亦有人提倡，然因其對摩擦過於靈感不能用。

第十五表 起爆藥之相對感度及發火點

	半公斤重錘之落高(mm)	發火點°C.
氮化鉛	130	340°—350°
氮化鉛(細粉狀)	260	340°—350°
鹼性氮化鉛	280	380°
氮化銀	310	200°
雷汞	75—100	200°
雷酸銀	140	200°
雷酸鈉	320以上	150°

複式雷管(Composite detonator) 將雷管中一部之雷汞，代以硝基化合物火藥，其起爆效力較只用雷汞者至少相等，甚或過之。雷汞先起爆與其接觸之硝基化合物，再由後者傳達爆轟於高級炸藥。此種複式雷管所常用之硝基化合物有梯恩梯、三硝基苯、特出兒以及四硝基苯胺等。如第二十二圖所示，先將硝基化合物壓入雷管下部，次將乾燥雷汞置於其上，然後將有孔銅火帽，倒覆其上。此銅火帽係用約一五〇磅之壓力壓入。例如一含特出兒一二克冷及雷汞 〇克冷之複式雷管，較僅含雷汞三一克冷之普通



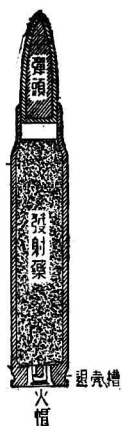
第二十二圖 複式雷管

雷管，起爆力為大，又氮化鉛亦常用於複式雷管。

雷汞 其類似火藥之用法 雷汞之最初主要用途，為使黑色火藥點火。十九世紀前，黑色火藥皆用由火石與鋼鐵所生之火花點火。故自發明以含少量雷汞之混合物點火黑色火藥後，能因打擊而發火，是乃一大進步。不久後，即發明火帽，內盛少量之雷汞。因而槍砲之施放，大為便利。第二十三圖示槍彈之剖面。

柯達藥或棉藥系無烟藥之用於大砲時，在雷汞火帽與發射藥之間，常裝以黑色火藥製之傳火管。雷汞火焰先傳給黑色火藥，再由後者傳火於發射藥。

用雷汞起爆高級炸藥，不論其單獨使用或與氯酸鉀混用，其分量皆較前為多。裝雷汞於一端封閉之小銅管內，是為雷管。由其所裝雷汞量之多少，得分為下列諸號數。



第二十三圖 槍彈

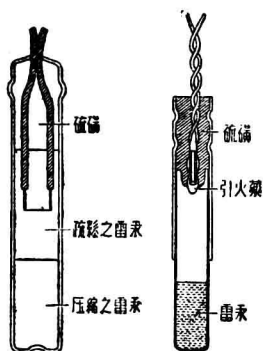
號 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雷汞量(公分)	0.3	0.4	0.54	0.65	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

前數號甚少使用，通常最常用者為六號、七號、八號，但亦有採用雷汞與氯酸鉀之混合物者。為保工作人安全計，雷管之點火，皆用緩燃導火索或電力為之。緩燃導火索為中盛緩燃黑

藥之麻索，燃燒速度一般約為每分鐘一呎。最要者為其燃速之整齊均一。又緩燃導火索亦可以麻繩浸硝石液，乾後即可使用。

有時欲多數裝藥同時爆發，則須用瞬燃導火索。

電氣雷管（第二十四圖），係通電流於與雷汞或乾棉藥相接觸之金屬絲，使其灼熱，引爆火藥。此外亦有利用二金屬片之發生電火花者。如第二十四圖右邊所示之雷管，其電橋線係膠於火柴成分中，由後者所生之火焰，使雷汞起爆。裝雷汞之銅管，在使用前，不可與電橋裝置合併。



第二十四圖 電氣雷管

雷管之用於砲彈，已於第二章述過，茲不贅。

第十三章 烟火

此類物出現甚早，似在黑色火藥發明前，即有燃燒迅速之類似混合物出現，是即烟火。烟火之發展史可於英國火藥工業進化史書內見之（一九〇九出版）。烟火可用於軍事，亦可用於娛樂，而尤以和平時代之慶祝應用最多。

種種之烟火（如火箭、爆竹、羅馬燭等），吾人知者甚多，不必一一枚舉。製造烟火之原料，極與火藥有關。二者俱係應用內部迅速燃燒之混合劑。所不同者，烟火僅能迅速燃燒，但不爆發耳。一般其所含氧，少於其燃燒之用，故常能放出燃燒火花。

粉狀黑藥(Meal powder)為多數烟火之基本，混加不等量之硝磺炭，可以調節其燃燒速率，至新式炸藥，如黃色藥及梯恩梯不能用製烟火。僅棉火藥尙偶而用之（如火箭等）。有時為取其含氧多，採用氯酸鹽。然如第十一章所述，氯酸鹽混合物對摩擦極靈感，易生自燃，尤以含硫時為最危險。由此原因曾生數次不幸，故除特別情況外，在一八九四年曾正式下令禁止使用。砷、銻及銅之硫化物亦能與氯酸鹽生成靈感性混合物。至氯酸鹽與磷之混合物則更危險矣。但此困難可由使用過氯酸鹽以減除之，因後者性較安定也。

如需要強烈白光，則用鋁粉或鋁鎂合金。將此與過氧化物、硝酸鹽或氯酸鹽混合，補充其燃燒用氧，即得。

火箭(Rockets) 火箭之一般形狀，知之者甚多。將固定於木桿上之厚紙筒點火，使向下放出氣體及火花，則火箭即因反動力而上升。厚紙筒中實以類似黑藥之混合物，中間留一圓錐孔（見第二十五圖）。茲舉用於火箭之混合物如下：

第二十五圖
火箭縱剖面圖



粉黑藥	1	1	2	1	1
硫磺	2	2	4	2	4
木炭	4	4	9	5	8
硝石	2	1	—	—	—

一般論之，混合物之成分，愈與黑色火藥接近，則燃燒愈速。原料混合時，不必如製黑色火藥之謹慎。所用木炭，粒亦較大。因而火箭上升時，得以連續放出火花。專為娛樂用者，多希望當火箭飛至最高點後，能自爆炸，並能放出多數之有色星。厚紙筒上半部與下半部用泥土隔開，僅留一孔通以速燃導火索，此上半部中裝有黑色火藥及多數之星，星之顏色可照下述仿單，用金屬鹽類配成之。

火箭及他種烟火用之火星，其製法係將配好之適當混合物，塗以膠水，壓成片狀，而乾燥之，再經碎為小塊即得。但亦有將乾燥混合物壓入紙筒中用者。

火箭亦可用於軍事。最初之目的，在於縱火，但未大成功。拿破侖戰爭時，雖曾應用大量之火箭，然因瞄準不良，結果不佳。發光火箭夜間用之，可以刺探敵人情況。此種火箭之製法，係使其放出發光星球，星上連傘，當其徐徐落下時，可以照明地面。

火箭之其他用途，為遇險船隻求救之信號及方法，以大號火箭將一繩自岸上帶至遇險船，次更引以粗繩，於是船中人可漸漸得救矣。

有色光 此為金屬鹽類配成之混合物。馬晒爾 (Marshall) 在其所著之火藥學書上，關於有色光之配合成分，舉列如下：

綠色 氯酸鋇六六； 乳糖三三； 蟲膠一。

黃色 硝酸鈉七〇； 硫磺二〇； 硫化銻七； 燈炭三。

紅色 氯酸鉀七八； 碳酸鋇一五； 蟲膠七。

藍色 氯酸鉀四五； 蟲膠五； 木炭五； 鹽基性碳酸銅一〇； 甘汞三五。

變化上述成分，可以調節其燃燒速率。需要白光時多以氧

化鉛或硝酸鉛消滅其由鈉鹽所生之黃色光。甘汞（即一氯化汞）能增加焰之光輝，並能減低燃速。至金屬鋁及金屬鎂之應用，前已述過矣。

金色雨(Golden rain) 於黑色火藥中混以鐵粉，即得金色雨。因鐵粉燃燒能生黃金色火花也。依同理，混加鋁粉即可得白色火花。

羅馬燭(Roman candles) 此為中盛藥劑之紙筒做成。先裝少量泥土於紙筒中，壓緊，然後再裝燃燒藥劑。藥劑成分，舉例如下：

硫磺	3	2	1	4
木炭	1	3	2	1
硝石	4	2	4	5
粉黑藥	5	8	3	4

爆竹(Crackers) 此物製法，係將黑色火藥裝入長狹紙管內，再將紙管壓扁。然後反復纏於鋼絲上，捆成一束即得。

盤花(Catherine wheels) 取與上同樣之長狹紙管，中實黑藥，將其用紙及繩纏於小木盤之上而固定之。木盤中心有孔，備套於針上，使其旋轉。

紙筒之製造及裝填 紙筒係用上等紙製成。法將紙纏繞於一木桿之上，用漿糊黏好。然後取去木桿，而將所得之紙

筒置熱空氣中乾之。因烟火之種類之不同，有將紙筒一端收緊者，亦有用泥土將其封塞者，要在保持裝藥不漏為目的。裝藥時用金屬漏斗為之，並輔以一金屬線。藥裝入後，有壓緊者，亦有不壓者。

烟火筒開口之一端皆用「接觸紙」(Touch paper)蓋覆之。該紙係將薄紙浸硝酸鉀溶液再經乾燥所製成。一經點火，此紙徐徐燒着而漸引燃黑藥。

烟火之其他用途 利用火箭救生，前已述過。此外發濃烟之烟火，可用以檢查陰溝水道是否漏水以及是否堵塞。閃光信號常用於軍事，並可幫助漁人撈起漂浮之漁網。

鐵路用起霧信號，為裝有黑藥及火帽之扁錫盒。將此盒用鉛帶固定於鐵軌上，當火車通過時，即可使盒爆發。

高熱劑及縱火劑 高熱劑 (Thermit) 為鋁粉與氧化鐵之混合物，點火後金屬鋁受氧化鐵氧化，而放出大量之熱。因其不生氣體，全部熱量得留存於混合劑中，故得有極高之局部高溫。此物曾廣用各種接鋸工程。

軍事上亦使用類似混合劑，備縱火之用。有時為擴大其縱火效力起見，多用少量炸藥，使熔融之高熱金屬與燒渣廣為散佈。

參 考 書 目

Barnett, E. dess,: Explosives.

London: Bailliere, Tindall & Cox, 241 pp. 1919.

Bernadou, J. B.: Smokeless Powder, Nitrocellu'ose
& Theory of the Cellulose Molecules. (1917)

Brunswig, H.: Explosives. Translated by C. E.
Munroe & A. K. Kibler. (1913).

Chalon, P. F.: Modern Explosives, 3rd. Ed.

Colver, E. De W. High Explosives. (1919).

Escales, R.: Die Explosivstoffe.

Vol. I. Schwarzpulver und Sprengsalpeter 1904.

„ II. Die Schiessbaumwolle 1905.

„ III. Nitroglycerin und Dynamit 1908.

„ IV. Ammonsalpetersprengstoffe 1910.

„ V. Chloratsprengstoffe 1910.

„ VI. Nitrosprengstoffe 1915.

„ VII. Initialexplosivstoffe 1917.

„ VIII. Rauchlose Pulver 1926.

-
- Faber, H. B.: Military Pyrotechnics 3 Vols.
- Guenther, Paul.: Laboratoriumsbuch fuer die Sprengstoffindustrie. 1924.
- Guttman, Oscar, L.: The Manufacture of Explosives. 1909.
- Kast, H.: Spreng- und Zuendstoffe. 1920.
- Kast-Metz.: Chemische Untersuchung der Spreng- und Zuendstoffe. 1931.
- Levis.: Modern Explosives. 1920.
- Marshall, A.: Explosives. 3 vols.
- Marshall, A.: A short Account of Explosives. 1919.
- Marshall, A.: Dictionary of Explosives.
- Naoum: Nitroglycerin und Nitroglycerinsprengstoffe. 1924.
- Stettbacher, A.: Die Schiess- und Sprengstoffe. 1933.
- Voigt, A.: Die Herstellung der Sprengstoffe. 1914.
- Weaver, E. M.: Notes on Military Explosives. 1917.