

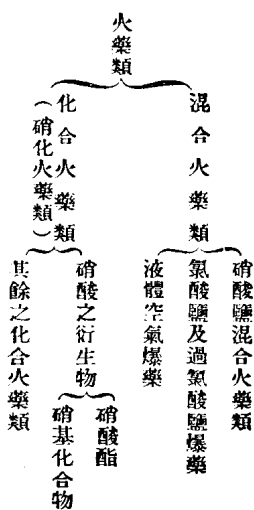
火藥

第一章 總論

(1) 火藥類之定義 所謂火藥類 (explosives)，乃在不安定平衡狀態下結合之固體或液體，此物經輕微之擾亂作用，即起化學變化發生遠較原容積爲多之氣體，且此氣體因受化學變化放出極多量熱之作用，遂致盛行膨脹。

火藥亦屬於爆發物，所謂爆發物，爲含有可燃性物質及助燃性物質之物質是也，故火藥類可稱爲固體或液體之爆發物。至於氣體之爆發物，因力弱決難用爲火藥，故未能列入火藥類中。

(2) 火藥類之分類 火藥類由其組成以分類，其種類如次：



所謂混合火藥類 (explosive mixtures) 乃由不爆發性物質混合而成，其中之可燃性物由其鄰接之助燃性物取氧而猛燃。此中所謂硝酸鹽混合 (nitrate mixtures) 火藥類。乃用硝酸鹽以供給氧之火藥類，黑火藥屬之；所謂氯酸鹽及過氯酸鹽爆藥，乃用氯酸鹽或過氯酸鹽以供給氧之火藥類，拉卡洛克 (rackarok) 及卡里特等屬之。

所謂化合火藥類 (explosive compound) 乃單一確定之化合物，凡爆發生成物所必需之元素，其分子中皆包含之。此類火藥，其主要者一般含有碳、氧、氮；此等元素以不安定之狀態化合，易於分解為水蒸氣、二氧化碳、一氧化碳、氮等。又此類火藥，因可燃體與助燃體係化學的結合，故較機械的結合者為親密，化學變化更為猛烈。

化合火藥類中，所謂硝酸之衍生物，乃使硝酸作用於有機物所生成。此中所謂硝酸酯（nitric ester），乃某種醇之氫氧根（OH）被硝酸根（NO₃）取代所生成，故以鹼處理之，又復歸為原物質，同時並生成硝酸鹽，棉藥、硝化甘油等屬於此類；所謂硝基化合物（nitro compound），主為芳香族碳化氫與硝酸作用所生成，縱以鹼處理之，不復歸為原物質，以初生態氫還元之，則生成氮基化合物，苦味酸、三硝基甲苯（T. N. T. 或 Trinitol）等屬於此類。又其餘之化合火藥類，乃硝酸酯及硝基化合物以外之化合物，雷汞、氮化鉛等屬之。

化合火藥類俗稱為硝化火藥類。

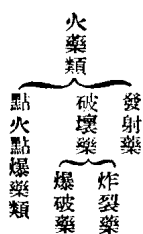
由火藥之性能以分類，其種類如次：

火藥類 { 猛性火藥類（爆藥）
緩性火藥類（火藥）

所謂猛性火藥類（high explosives），乃爆發反應極迅速，發生爆炸，帶有破壞作用之火藥類；爆發速度每秒 2,000 ~ 8,000 米。此類火藥又稱為爆藥，苦味酸炸藥、硝酸鉍爆藥等屬之。

所謂緩性火藥類 (low explosives)，乃爆發反應比較遲緩，未能發生爆炸，只行爆燃，帶有推進作用之火藥類也。黑火藥、無煙火藥等均屬之。爆發速度，在黑火藥每秒 300 米，在無煙火藥最高每秒 12 釐米。緩性火藥類又單稱為火藥。

由火藥之用途以分類，則如次：



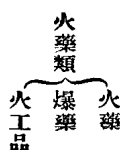
所謂發射藥 (propellant)，乃發射彈丸所用之火藥類，無煙火藥、黑火藥、褐火藥等屬之。

所謂炸裂藥 (bursting)，乃炸裂彈丸、地雷、水雷等所用之火藥類，苦味酸、三硝基甲苯、強棉藥等屬之。

所謂爆破藥 (blasting)，乃軍事、礦業、農業、土木等爆破城牆、鐵路、橋樑、岩石、土壤、樹木等所用之火藥類，炸藥類 (dynamite)、硝酸鉍爆藥、過氯酸鹽爆藥、爆破火藥等屬之。

所謂點火藥，乃點火於火藥所用之火藥類，火管中之點火藥等屬之。所謂點爆藥，乃爆炸爆藥所用之火藥類，由主觀言之，即創生爆炸之火藥類，雷汞、氮化鉛等屬之。

又有依性狀及成品等而分類者如次：



所謂火藥，即緩性火藥類；所謂爆藥，即猛性火藥類；又所謂火工品，即彈藥，詳言之，即裝填有火藥或爆藥可立供使用之彈丸、地雷、水雷及煙火類是也。

(3) 爆發反應 所謂爆發反應 (explosive reaction) 即火藥類平衡狀態被破壞時所起之化學變化，稱為爆發 (explosion)，可分為二種類。



所謂爆燃 (deflagration) 與燃料之燃燒相似，乃各分子順序以其燃燒熱加熱分解其鄰分子使其燃燒之反應也。

所謂爆炸 (detonation) 未能如爆燃單以熱之化學作用即可說明之，須加入碰撞摩擦等機械的作用，方可說明之。今若爆炸僅恃熱即可發生，則以熱量最高之硝化甘油點火於棉藥，即應發生；然此時並不發生作用，反以較硝化甘油力弱之雷汞點火於棉藥時，發生完全之爆炸。是蓋雷汞以非常迅速之速度而分解，其生成物以非常之勢與棉藥相衝突，藉此碰撞之作用，方促起爆炸故也。

又爆發又可由其速度以區別之，通常每秒 300 米以內時為爆燃，每秒 2,000 ~ 3,000 米時為爆炸。

在礮術或礮內彈道上，發射藥之粒子或藥幹由表面逐漸燃進內部，此時不稱為爆燃，特稱為燃燒。

第二章 黑火藥 (black or gun powder)

(1) 原料 黑火藥之原料爲硝石、硫及木炭。

硝石 (saltpeter) 硝石自古採集廟宇、人家、家畜廐舍等之泥土，以水溶出之，加入木灰汁以除去其中之碳酸鈣，煮沸之後，冷卻之，使其結晶即得。中國因風土之關係，自古硝石之產出甚多，故火藥有創始於中國之說。次所謂作硝，混動植物性廢物於土壤，鋪展之於廐舍內，勿使受日光，適當通以空氣，時時灌以尿，則因硝酸發酵之故，表面硝酸鈣之結晶，現出如霜，採集之，以水提出，照上述方法處理之，遂得硝石。及智利硝石發見，使與德國特產之氯化鉀起複分解，煮沸其液，最後亦得硝石。歐洲大戰中，尤其大戰後，德國用 (Haber) 法由空中氮以製氨，以 Ostwald 法或 Frank und Caro 法氧化之，使成硝酸，此硝酸以石灰吸收之，使成硝酸鈣，以硫酸鉀與之作用，由此以製出硝石。此硝石因原料用由空中氮製成之純粹硝酸，極爲純粹，又價亦廉；現今稱之爲新德國硝石，以之

爲原料，由此以製造火藥及爆藥。硝石中若含有鈉、鎂、鈣等之氯化物，遂帶吸濕性，性質欠良。硝石之試驗，氯化物作爲食鹽計算之，若在 0.01% 以下，可視爲未含雜質，可以合格。

硫 (sulphur)

硫昔時因其含 2~3% 之土砂及少許之酸，火藥工場先蒸餾精製之，而後以供使用；現今因精煉法進步，近於純粹者可於市上購得，除以供特種軍用火藥原料者外，市上出售者，無庸精製，即可供使用。硫之試驗，蒸餾之無殘渣，試料以蒸餾水煮沸之，投入石蕊試紙，紙色不變赤，即爲合格。

木炭 (charcoal)

木炭爲左右黑火藥品質之重要原料，以質軟鬆，易點火，含灰分少者爲佳。欲得此種佳良之木炭，則其原料木材，以富於纖維素少含木質素爲適當，合於此種要求者，有桐、白楊、赤楊、柳等。然因須得多量相同之材料，故一般均使用赤楊。

碳化時，若用普通之土竈，則混入土砂，不易得均質之木炭，故一般用圓筒形之鐵製乾餾器以乾餾之。碳化溫度爲 350~400°C。碳化時間愈加長，即愈使其徐徐碳化，生成之木炭愈佳良，在作業上經濟上，爲 4~8~10 小時。碳化既終，由爐取出乾餾器，暫時放置之；次開乾餾器將木炭移入

鐵罐中，覆以蓋而放冷之。木炭因有時由空氣中吸附氧而發熱，以致發火，故碳化後至少須移入鐵罐內約一星期放冷風晒之，然後可供使用。

由含水分 8~12% 之木材，可得木炭 88~90%。此木炭尚含有多量之氧、氫等，所含碳約 81%。

(2) 黑火藥之組成 就強度而言，硝石 75%，硫 10%，木炭 15% 之組成或與之相近者，強度最強，以強度為主之軍用火藥採用此種組成。

獵用火藥，因使用於貴族富豪間，不喜有黑點附着，價格雖貴無妨，故須用最上等之木炭，硝

第 1 表 黑火藥之組成

名 稱	原 料	英 國	德 國	法 國	日 本
軍用火藥	硝 石	75	76	75	75
	硫	10	10	10	10
	木 炭	15	14	15	15
獵用火藥	硝 石	75	78	78	78
	硫	10	10	10	10
	木 炭	15	12	12	12
爆破火藥	硝 石	75	70	62	68
	硫	10	14	20	16
	木 炭	15	16	18	16

石須過量裝入俾不致剩有遊離碳。

爆破火藥因消費者以營利爲目的，只要強度不過弱，能供使用即可，須力求其價廉於經濟上有利，價最高之硝石，宜竭力減少之。

智利硝石與硝石，試一比較之，二者之分子量爲83:99，故欲得同一之強度（即同一之有效氧），若用智利硝石，所需量較少；換言之，若用同一之量，則用智利硝石時，可較用硝石得更多之效力；且智利硝石價又極廉。惟智利硝石因有吸濕性之大缺點，在製造所製成火藥後，輸送至任意之地方或貯藏之，甚不相宜。然在乾燥之土地，或自行製造後即以供使用之處，則使用智利硝石火藥，就價格言，就強度言，均最有利。智利硝石火藥，德國、美國均使用之，英國則禁止，但開鑿蘇彝士運河時，曾自行製造而使用之，甚爲有名。

(3) 粒狀火藥 (grain powder)

原料之粉碎 將硝石、硫、木炭分別搗成粉碎，並無爆發性，各使用適當之製粉機粉碎之即可。硝石及硫，一般使用粉碎輪 (edge runner) 等機械以粉碎之，惟因發電而發生火花，則硫粉與空

氣之混合物有點火而爆發之傾向，故機械須使其與地相接。

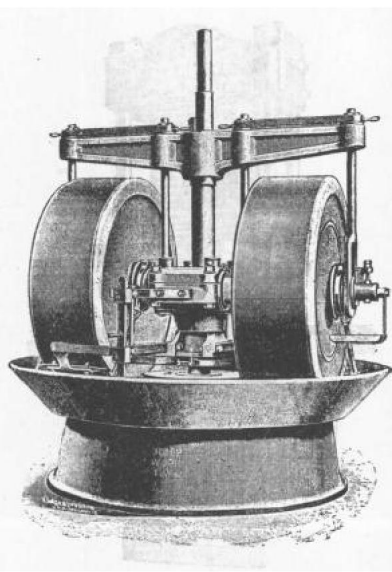
混合 (mixing) 三成分之混合，英國用銅或礮銅製之球磨機，日本及德國用木製之球磨機，迴轉數每分鐘 8~13 回，約經過 5~10 分鐘混合之。製造球狀火藥時，因不行壓磨，故混合時間需 1~2 小時。

壓磨 (incorporating) 僅以球磨

機行混合，因欠充分，比重亦低，製造粒狀火藥時，必再行壓磨。壓磨機 (incorporating mill) (第 1 圖) 為改良粉碎輪

所成，輪為鑄鐵所製，直徑 1.5 米，重約 5

噸。輪因升上固塊後，跳落於盤底上，有發生爆發之虞，故以四支桿支持之，使與盤底相離約 7 毫米以內，以防爆發之發生。盤底上鋪展 30~35 仟克之粉末，以迴轉數每分 8~10 回之速度徐徐轉



第 1 圖 壓磨機

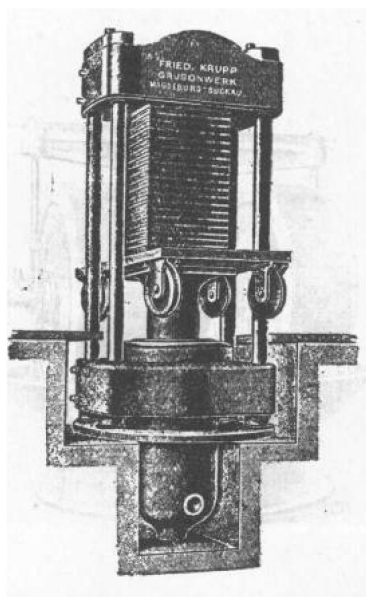
動以壓磨之。粉藥完全在乾燥之狀態，因過於靈敏，易發生危險，壓磨既終，以噴壺注水，使其含水量約4~6%，壓磨時間為2~5小時。

水壓 (hydraulic pressing) 壓磨後之藥餅 (powder cake)，以木槌或礮銅滾子粉碎之

為粗粉，為使其成分互相固着而不分離，並使其比重再加大，以水壓機壓縮之，使成堅固之板。其法，於銅板或鋅板上置木框，墊以棉布，傾入粗粉藥而展平之後，疊棉布，去木框，如此反復行之，俟達20~30段，以手車送入水壓機

(第2圖)中，以25~30 仟克／平

方釐米之壓力數次反復壓縮之。壓縮後，比重約1.7~1.84。壓縮中因有發電而點火之虞，金屬板須接於地。

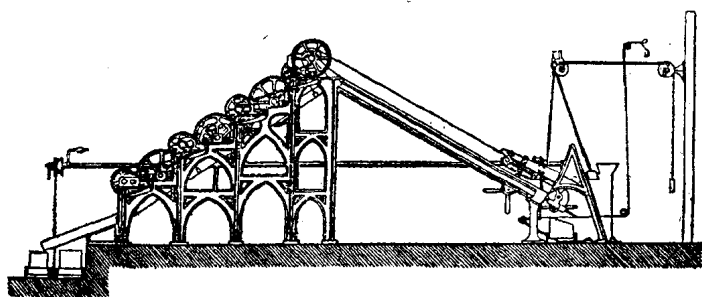


第2圖 水壓機

造粒 (granulating) 造粒一般使用康格勒夫式造粒

機 (Congrèvo's granulating machine) (第3圖)。此造

粒機由四對滾子而成，上二對爲有刺之滾子，下二對爲平滑之滾子。滾子之軸承有重錘及彈簧，遇限外之固塊，則開放以豫防暴壓之危險。各滾子之下有小振動篩，全體有二大振動篩。業經粗碎之藥片，以升降機投於頂上之滾子中，在此爲所破碎後，落入振動篩中，大片者由篩上以入第二滾子，粒及粉則通過篩孔而落入大振動篩中。入於大振動篩中之粒及粉，過大之粒更由篩以入受箱，適當之粒及粉更通過篩孔而落入第二大振動篩中。最後第二大振動篩中僅適當之粒由篩上以入受箱，粉則通過篩孔而落於底上，滑入受箱中。此造粒機滾子之間隔，篩孔之大小，適當增減之，可以製出適當大之



第3圖 康格勒夫式造粒機

粒狀火藥。

光平 (grazing) 初出造粒機之火藥粒，須光平之以除去其圭角及斑痕，俾處理時不致生粉末，貯藏中不致吸收濕氣。光平機爲銅或木製之圓筒，裝入粒狀火藥而迴轉之，則各粒互相摩擦而成圓形光滑之粒。

乾燥 (drying) 如上製成之粒，因猶含有 2~2.5% 之水分，不可不乾燥之。法，粒狀火藥裝入布底之木框內，置諸乾燥室內之架上，由室外送入約 50 度之暖空氣以乾燥之，至其水分減少至約 1% 而止。

完成 (finishing) 作業中因多少有生龜裂或成粉者，乾燥既終，再裝入光平機中以完成之。若爲大粒或獵用火藥，此時須加入 0.2% 之石墨，以使粒之表面更爲光滑。然後掃粉 (dusting) 以除去破片及粉末即可矣。

風晒 (weathering) 黑火藥多少受大氣中濕氣之影響，若製造時與使用時性能發生差異，殊不相宜。今若大氣中濕氣之影響必所不免，則不如豫使其受一定之影響，俾貯藏中不致過於發

生變化。法，黑火藥陳列於布底之框中，置諸廣大室內之架上一星期以上即可。

混同 (blending) 在同一工廠，依同一組成，用同一方法製造之黑火藥，其性能亦因製造號數而多少相異。以供爆破火藥用時，雖無大礙，以供軍用火藥用時，則甚忌之。此時大粒者計其數而混同之，小粒者由若干漏斗聚集於中央圓筒中而混同之，以使合於規定。

裝箱 (packing) 以上作業既終，火藥裝入內襯有紙之木箱，竭力旋緊其蓋，使不透氣。軍用火藥則裝入銅箱或鋅箱內，施以樹膠板蓋，使不透氣。又有時以堅牢之木箱保護之，俾其可耐粗笨之處理。

(4) 球狀火藥 爆破火藥比重雖小無妨，強度雖低無妨，以經濟上有利為佳，故特簡單製造價較低廉之球狀火藥以供此種用途。

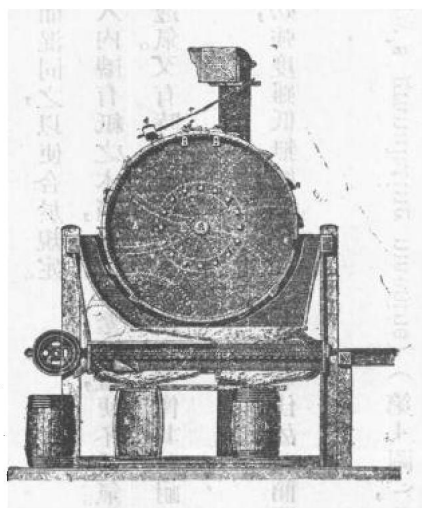
球狀火藥之製造用商匹式造粒機 (Champer's granulating machine) (第4圖)，此機為木製圓筒，周圍有瘤，其上懸槌。圓筒中裝入上次作業之細球及粉狀火藥，以噴壺注水潤濕之。若用硝石，則使含水分約 8% 為適當；若用智利硝石，則使含水分約 12% 為適當。暫時之後，徐徐轉

動圓筒，則槌每遇瘤而落下，稍予以振動，粉即附着於球，球即漸次增大。約 30~50 分鐘後，停止轉動，篩分圓筒內物，取出其中之直徑 3~5 毫米者。球狀火藥水分多時，不能即行光澤工程，須先乾燥之，然後加入石黑以使其發生光澤。球狀火藥掃粉既終，即行裝於木箱內。

(5) 平扁火藥 (cut powder) 及模造火藥 (moulded powder) 平扁火藥，現今已無使用之者，以前因粒狀火藥漸不合用，業經壓縮之藥板，以切斷機切之爲立方或平扁形後，施行光澤工程以製造之。

又及礮漸次加大，歷來所用之不定形火

藥，燃燒時間既短，且力漸次衰弱，殊不合用，於是又有裝入模內壓縮以製之之法。此法製造之火藥，即模造火藥，其形狀有球頭、六角、六稜等。然此等火藥猶嫌不十分合用，於是更有褐火藥 (brown



第 4 圖 商匹式造粒機

powder) 之製造，至是希望方得滿足。褐火藥之製造，用過熱蒸汽以 270°C 之溫度碳化裸麥之莖，使成褐木炭而使用之，組成爲硝石 72%，硫 3%，褐木炭 18%。褐木炭中因尙殘餘有多量之氧與氫，故褐火藥之燃燒甚爲緩慢。褐火藥爲裝入細粒於模內，壓縮之爲六稜形所成。

(6) 黑火藥之性能

外貌 (appearance) 黑火藥全體悉呈石板色，其呈藍色或黑色者，蓋由於所含水分過多之故；其曾經石墨光澤者，呈銀灰色爲其特徵；其帶白閃點或白黴者，蓋已溶解於水之硝石，水揮發之際，在表面風化所生成者也。

比重 (density) 不獨黑火藥，凡屬火藥類，有四種比重。一爲裝填比重 (loading density)，乃以藥室之容積除火藥之重量所得。二爲假比重 (gravimetric density)，乃單位容積內所能容納之火藥之重量是也。三爲真比重 (relative density or real specific gravity)，即普通比重之義，乃火藥粒之重量以其容積除之所得。四爲絕對比重 (absolute density)，乃着想及於火藥粒微分子間之空隙，微分子之重量以其容積除之所得。黑火藥之假比重爲 $0.856 \sim 0.909$ ，真比重爲