

火藥概論

東北有色金屬學會出版

1950

火藥概論

東北有色金屬學會出版

1950

火 藥 概 論

目 錄

第一章	火藥之定義	1
第二章	火藥之分類	2
1	按組成之分類	2
	(1) 混成大藥	2
	(2) 化成大藥	2
2	按用途之分類	3
	(1) 發射藥	4
	(2) 炸藥	4
	(3) 爆破藥	4
	(4) 起爆藥	4
3	按性能之分類	4
	(1) 大藥	4
	(2) 爆藥	5
	(3) 火工品	21
第三章	火藥類之各種試驗法	36
1	炸藥之理化學的試驗	36
	(1) 安定度之試驗	36
	(2) 感度試驗	44
	(3) 爆力試驗	46

(4) 雷管試驗法	49
第四章 爆破方法	53
1 裝藥量之計算	53
(1) 爆破的方法	60
(2) 起爆點與爆炸時間的關係	62
(3) 隧道掘進	64
(4) 鑿坑開鑿	69
(5) 採鑛爆破	69
2 孔底擴大爆破法	73
3 蛇穴爆破法	74
4 小塊爆破法	74
(1) 穿孔法	74
(2) 覆土法	74
(3) 蛇穴法	74
5 坑道爆破法	75
(1) 導爆線起爆法	77
(2) 電氣起爆法	79
6 鑿井爆破法	80
附 錄	83
1 如何使用火藥與防止事故	83
2 液態空氣炸藥	86

(1) 優點.....	88
(2) 劣點.....	89
3 電氣發爆器.....	89
(1) 電氣爆破法及電氣爆破裝置.....	89
(2) 電氣爆破裝置的種類及其構造.....	90
(3) 操作方法.....	91

火 藥 概 論

第一章 火藥之定義

所謂火藥者，係於不安定的平衡狀態下所集團結合之固體或液體，由於輕微的攪亂作用而起化學變化，急激的發生比其原來的容積更多的氣體（瓦斯），且其生成之氣體，又由於化學變化所放出的高度熱力而為之異常膨脹之物質是也。

物質之變化有物理的變化與化學的變化，如岩石破碎而成砂、水遇冷而結冰等，雖物質之形狀、大小及位置發生變化，而其物之本來之性質不發生變動的變化，謂之物理的變化。反之如木片燃燒而成灰、鐵氧化而生紅銹、銅氧化而成綠銹等，發生與原來性質完全不同的變化，謂之化學的變化。

火藥類，在其平衡狀態破壞當時所發生的化學的變化，謂之爆發反應，或簡稱爆發，爆發反應，更細分為燃燒與爆炸。

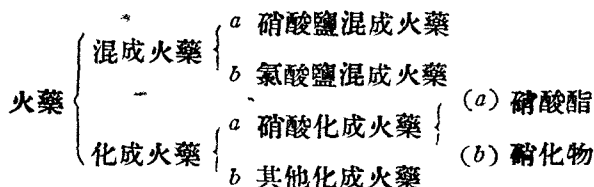
燃燒者，即某一分子的燃燒熱，逐漸的分解隣接的分子而進行者，恰如薪柴燃燒之狀態。其燃燒速度較緩，無煙火藥每秒約為10 m ，有煙火藥每秒約為300 m 的程度。

爆炸者非如燃燒，僅以熱力即足以說明，或由衝擊、或由摩擦等機械的能力（Energy）而起振盪，以至破壞原子的結合狀態者，謂之爆炸。爆炸速度極其迅速，每秒為2,000 m ~ 8,000 m 。

第二章 火藥之分類

1. 按組成之分類

火藥按組成分類時大體如下：



(1) 混成火藥 (*Explosive mixtures*)

混成火藥者係不爆性物之機械的混合物，其各成分在爆發瞬間前是完全不受化學變化的。恰與薪炭在空氣中燃燒之情形相同。

a 硝酸鹽混成火藥 (*Nitrate mixtures*)

硝酸鹽混成火藥，乃硝酸鹽類與木炭、硫黃及其他可燃體混合而成者，其硝酸鹽類，通常多使用硝酸銨、智利硝石、硝酸鉍等。例如黑色火藥、硝安爆藥等即屬此類。

b 氯酸鹽混成火藥 (*Chlorate mixtures*)

氯酸鹽混成火藥，乃以氯酸或過氯酸的鹽基性鹽代替硝酸鹽與可燃體混合而成者，因此種鹽類易生氧氣，以其製成之混成火藥燃燒極為迅速，且對機械作用的感受亦異常銳敏，所以不能作為發射藥之用，可供爆發藥之使用。例如卡利得 (*Carlit*) 即屬此類。

(2) 化成火藥 (*Explosive compound*)

化成火藥者係一個單一確定的化合物，其分子中之元素按可生成爆生氣體 (Gas) 而排列者。

主要的化成火藥，普通是含有碳、氫、氧、氮等元素。因為此等元素在不安定的狀態下結合着，爆發時容易分解，氮素游離、碳、氫、氧三元素化合而成氣體。

a 硝酸化成火藥

硝酸化成火藥乃使濃硝酸與有機物發生作用而得者，可分為二種：

(a) 硝酸酯 (Nitric Ester) 硝酸酯乃將某種醇類 (酒精) 以硝酸處理而得者，即是以硝酸根替代酒精的氫氧根而成的硝酸誘導體 (酯)，所以經鹽基處理時，則復歸於原來之有機物，同時硝酸根與鹽基 (Alkaline) 結合成為硝酸鹽。

例如棉火藥、硝化甘油 (Nitro glycerine) 等即為此類。

(b) 硝化物 (Nitro compound) 硝化物主要是將屬於芳香體的炭水化合物，以硝酸處理而得者。如再將其用鹽酸基處理，亦不復歸於原來之有機物。如以有機氫還元時，則生銨化物 (Amido)。例如苦酸 (Picric acid)，三硝基甲苯 (Trinitro toluol)、甲氨基苯 (Tetryl) 等即為此類。

b 其他化成火藥

其他化成火藥者，係指以硝酸所誘導的化成火藥以外之一切化成火藥而言，例如雷汞、硝化鉛等，這些化成火藥一般統謂之硝化火藥。

2. 按用途之分類

火藥按其用途分類，則為以下四種：

- (1) 發射藥
- (2) 炸藥
- (3) 爆破藥 (爆藥)
- (4) 起爆藥

(1) 發射藥 (*Propellant*)

發射藥乃為發射彈丸而使用之火藥，如無煙火藥、褐色六稜火藥、黑色火藥等即屬此類。

(2) 炸藥 (*Burster*)

炸藥是在裂彈丸、水雷、地雷時所使用之火藥，如苦酸、三硝基甲苯 (*Trotyl*)、強棉火藥等即屬此類。

(3) 爆破藥 (*Blaster*)

爆破藥者在軍事、鑛業、土木工程、農業等方面，為爆破岩石、土壤或樹木時所使用的火藥，如甘油炸藥類、硝安爆藥、黑色火藥等屬於此類。

(4) 起爆藥 (*Detonator*)

起爆藥者，為使火藥起爆發的反應而使用之火藥，如雷汞、氮化鉛等屬於此類。

3. 按性能之分類

按火藥類之性能言之，火藥類分為(1)火藥、(2)爆藥、(3)火工品三種，此種分類法對於專攻火藥學者另當別論，惟對吾輩從事鑛業界者乃最為明顯，最合實際之分類法。

(1) 火藥

本節所講之火藥係指緩性火藥類而言，即按其性能觀之，爆發反

應比較遲緩性的火藥類，簡稱為火藥，其中與鑛業有關者，乃以硝酸鹽類為主之有煙火藥。

有煙火藥係混和硝石（有用硝酸鈣時）、硫黃、木炭而製成之混合火藥。因爆發時發生多量黑煙，故名之有煙火藥，黑色火藥即其一種。

（2）爆藥

爆藥者按其性能觀之，為爆發反應迅速而爆炸之火藥。例如：

a 硝化甘油

外觀：純質者為無色透明之油狀液體，工業的製品呈淡黃色，混入水時即不透明。

性質：係威力異常強大之爆藥，在常溫時無臭，帶有甘味，以手直接處理時，由皮膚侵入體內，易起頭痛、發熱等中毒症。此外，硝化甘油幾乎不能在水中溶解，然在酒精、依迭兒（*Ather*）、甲苯（*Benzol*）中易於溶解，如冷至 8°C 程度時，即將凍結，成較長的白色結晶。既經凍結則變質，非至 11°C 不能溶解。對於衝擊、摩擦，除雷汞外，即以硝化甘油最為敏感，所以直接運送液體異常危險。既經凍結者，對於感應試驗比較遲鈍，惟在處理途中，容易起爆，尤以凍結進行中及溶解前後極屬危險，因此，必須格外注意。其次關於點火情形，使用普通的火焰點火，則稍感困難，如以火柴火焰急觸之，則反被息滅，投置其上時，則僅可點着而已，如硝化甘油量少時，則由表面逐漸燃燒，而量多時，則因熱力向內部集聚的關係，即將爆發。將硝化甘油徐徐加熱時，在 105°C 時，則發生紅色氣體，在 127°C 時，即行爆發。硝化甘油為鑛山所使用之甘油炸藥類乃不可缺少之原料。

用途：威力雖強，但以液體之關係，在運搬以及處理上多感不便，一般與棉火藥或其他物質混合，作成甘油炸藥而用之。

b 以硝化甘油為主製成之爆發藥（各種甘油炸藥類）

根據以上所述，硝化甘油係威力強大之炸藥，惟因液體之關係，不但不便直接使用，而又感應極敏，頗屬危險，因此，必須以各種固體吸收方可使用，所謂甘油炸藥（*Dynamite*）即屬此類。

硝化甘油與其他物質直接混合者，謂之混合甘油炸藥，由棉花藥吸收者，謂之膠質甘油炸藥。以下僅就進步之膠質甘油炸藥說明之。

（*a*）膠質甘油炸藥，此種炸藥為與鑛業最有密切關係之爆發藥，如煤井、鑛山，倘一日或缺，即有不能工作之重要性。

有名的諾貝爾（*Nobel*）發明了甘油炸藥以後，仍對硝化甘油進行研究，在1878年，遂發明了以棉膠（*Collodion*）與硝化甘油混合加熱時，即行溶解而成膠質物的火藥，名為爆炸膠（*Blasting-gelatine*）。

。（日本松牌甘油炸藥即為此物）。

爆炸膠的組成如下：

硝化甘油90~93%；棉膠 7~10%。

在爆破火藥中最強烈者即為爆炸膠，惟因鑛山等地多不需如此強力者，所以將其成分中硝化甘油的一部用硝石或其他之緩和劑代替之，而製出了爆力緩和之火藥，名之為膠炸藥（*Gelatine dynamite Galignite*）。

通常所稱之膠質甘油炸藥，係指含有硝化甘油30%以上者而言，日本之煤井、鑛山為破壞岩石所使用者，即屬此類，分為松、櫻、菊、桐、梅諸牌甘油炸藥。

以櫻牌甘油炸藥為主，添加減熱消焰劑者為梅牌甘油炸藥，將

櫻牌甘油炸藥之硝石以硝酸氮代替者爲膠質硝安甘油炸藥，日本官製菊牌及民製桐牌甘油炸藥即屬此類。

I 外觀：松牌甘油炸藥呈琥珀色，半透明體，具有彈性，既彎曲之或壓扁之，亦不變形。櫻牌甘油炸藥呈淡黃色或淡黃褐色，具有彈性。梅牌甘油炸藥，亦大致與櫻牌甘油炸藥略似。菊牌、桐牌甘油炸藥爲淡黃白色。

II 性質：松牌者感度非常銳敏，鎚擊試驗時，在 2 kg，落高 12cm 時，則可起爆，至於軟性爆炸膠，挾以黃銅板，將 56lb (26~25 kg) 的重錘由 15ft 的高處落下時，亦能起爆，如經凍結者，以同樣裝置、同量重錘，只由 1 ft 的高處落下，即可起爆。爆炸膠之發火點爲攝氏之 180~200 度，即在此種炸藥上點火時，勢將徐徐逐漸燃燒，惟在凍結者點火時，則雖少量，亦可爆炸，此乃因與游離硝化甘油之點火成爲同樣狀態之所致。

櫻牌甘油炸藥之性質，因其主要成分爲硝化甘油，所以如知硝化甘油之性質，大體即可了解甘油炸藥之性質矣。

不過如列舉一般甘油炸藥的性質上必須注意事項時，即是甘油炸藥與單獨的硝化甘油相比，雖較稍形鈍感，但如受衝擊或摩擦，仍將爆發，所以在處理上，當然要特別注意。如溫度降至 8°C 以下時，硝化甘油則凍結，甘油炸藥則在藥包之表面分離白色之結晶，如僅按原狀貯藏不動時，固屬無何危險，惟在凍結進行中及溶解前後，則頗處危險狀態。凍結後的甘油炸藥，當氣溫上昇時，復行溶解，而硝化甘油並不復歸舊位，與吸收劑分離，勢將一部單獨存在，因此，處理時，必須取與處理液體硝化甘油時相同的注意謹慎態度。

現在已有將硝化甘油之一部，用硝化二元醇 (Nitro Glycol) 代

替之而成凍結點低下所謂不凍甘油炸藥者。

甘油炸藥之所以凍結者，因其主要成分之硝化甘油持有 13°C 的冰點所致。可是在工業上現已產出了價格較廉的硝化二元醇，它與硝化甘油之化學的構造相似，幾乎可稱為合成甘油，且持有零下 23°C 的冰點，因此解決了凍結的問題，於是凍結之災害遂告終止。

茲將硝化甘油與硝化二元醇之特性比較如下（第1表）。在硝化甘油中，約將其成分的10%由硝化二元醇代替者，謂之難凍甘油炸藥，將其成分的25%以硝化二元醇代替者，謂之特別難凍甘油炸藥，或謂之不凍甘油炸藥。

第1表：硝化甘油與硝化二元醇性能比較

特 性	構 造 式	氧氣 過下 足量	分 子 量	比 重	爆 生 氣 體	發 熱 量	水 點	沸 點	特 拉 斯 露 值 (扣 除 61 ml)	烏 鉛 大 鎗 全 爆 點 cm	感 度 2kg鐵 鎗全 爆 點 cm
單 位		l/kg			l/kg	kgcal /kg	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	ml	cm	
硝 化 甘 油	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{NO}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{NO}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{NO}_3 \end{array}$	+	25	227	1.60	715	1570	+13.5	分解	590	8~10
硝 化 二 元 醇	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{NO}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{NO}_3 \end{array}$	+	0	152	1.50	740	1700	-23.7	10 mm 時95	650	20~25

一般液體倘如非遇溫度低於其冰點之場合，則即不凍結，這種性質，謂之過冷卻現象。測定甘油炸藥的冰點時，更當注意過冷卻的現象，因此只在零下 20°C 或零下 30°C 貯藏了幾小時，而尚未凍結者，絕不能輕率認定它是不凍的甘油炸藥。茲將實際對於硝化甘油及硝

化二元醇之混合液的水點測定結果，表示如下

第2表 硝化甘油二元醇的混合液的水點

硝化二元醇	0%	10%	20%	25%
硝化甘油	● 100%	90%	80%	75%
水點	+ 12.6	+ 6.0	— 1.7	— 8.6
計算值	12.6°C	+ 7.4°C	+ 1.0°C	— 2.9°C

本表係以15g之試料放於試驗管中，加以結晶之硝化甘油，隨着混合液的攪拌而求得之水點。

既經凍結之甘油炸藥，因其爆發力及爆發感應性勢將減退，縱即以雷管起爆，亦有時不能完全爆發，因此，使用凍結炸藥時，必須事先熔融，歸復常態，方可使用。至於熔融的方法，如使之直接近於熱火，或直接觸以蒸氣而賦與較高之溫度的辦法，極為危險。一般應置於攝氏30度前後之無有煙火的溫室中，或置於俱有上蓋而不致浸水之容器中，另外備置攝氏40度左右（不致燙手的程度）之熱水，將內裝凍結炸藥的容器浸入，間接溫化而熔融。

將硝化甘油炸藥在夏日高溫下長期貯藏時，不但甘油炸藥的安定度將為下降，且硝化甘油將滲出包外，俗稱『出汗』，即此現象。在這樣情形下，應向火藥庫內吹送冷風，或將炸藥移向較涼的地方，令其自然冷卻，如此，則硝化甘油仍可復元。

硝化甘油若滲出沾染包紙或箱盒，進而滲出箱外時，應對包紙或箱盒外表注以氫氰化鈉之酒精溶液，使硝化甘油分解，再以布片拭淨之。

第 3 表：日本各類膠炸藥主要成分表（其一）

[illegible]

三同	四同	特同	紅同	二同	山同	二同	知同	知同	知同	知同	知同	知同	知同	知同
號	號	三	梅	號	桐	號	多	多	多	丙	丙	多	多	多
山	山	櫻	牌	紅	牌	山	櫻	櫻	櫻	一	二	甲	乙	一
櫻	櫻	牌	牌	梅	牌	桐	甲	乙	號	號	號	梅	梅	號
牌	牌			牌		牌								梅

[illegible]

第 3 表：(其三)

知同 多 二 號 梅	知同 多 桐	知同 多 新 桐	知同 多 特 桐	一同 號 宮 櫻 牌	二同 號 宮 櫻 牌	三同 號 宮 櫻 牌	一同 號 新 宮 櫻 牌	二同 號 新 宮 櫻 牌	三同 號 新 宮 櫻 牌	一同 號 宮 梅 牌	二同 號 宮 梅 牌	宮同 桐 牌	二同 號 宮 桐 牌
五〇〇〇	四〇〇〇	三〇〇〇	四八五〇	五八五〇	四八七五	二九〇〇	五八五〇	四八七五	三九〇〇	四八七五	四七七五	三九〇〇	二〇〇〇
一・八〇	一・七〇	一・〇〇	一・五〇	二・五〇	一・八〇	一・七〇	二・五〇	一・八〇	一・七〇	一・九〇	一・八〇	一・五〇	一・二〇
一〇〇〇				二・九〇	二・九・四五	四七・三〇				二〇・二五	一九・四五		
						三一・〇〇		二九・四五	四七・〇〇				
二・〇〇	五・〇〇	七・〇〇	五・〇〇	七・〇〇	八・〇〇	五・〇〇	八・〇〇	八・〇〇	五・〇〇	四・〇〇	五・〇〇	三・五〇	二・〇〇
二五・〇〇										二五・〇〇	二六・〇〇		
	五・〇〇	六・〇〇	四・〇〇									五・〇〇	六・〇〇
	二・六〇	一・〇〇		二・〇〇	七・〇〇		二・〇〇	七・〇〇				二・五〇	六・〇〇
一・〇〇													
		一・五〇											