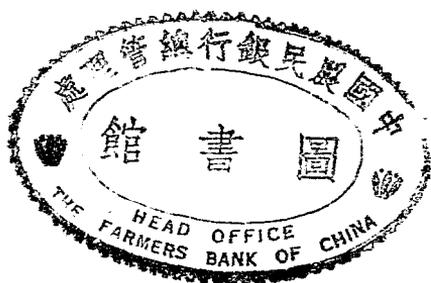


# 化學戰爭概論

孫豫壽編



商務印書館發行

C

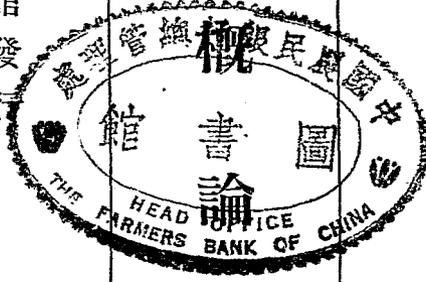
Fd  
44

MG  
E862  
7

孫豫壽編

化  
學  
戰  
爭

商務印書館發行



3 2167 8580 2

# 化學戰爭概論

## 目錄

第一章	緒論——戰爭技術的遠變	一
第二章	化學戰爭的歷史	四
第三章	化學戰爭的展演	一二
第四章	藥劑總論——一般性質及分類	一七
第五章	藥劑各論——製造性質及用途	三四
第六章	兵器和戰術	七八
第七章	防禦	九四
第八章	社會對於化學戰爭的誤解	一〇六

第九章	化學戰爭的效果的可能限度	一一〇
第十章	化學戰爭的將來	一一四
附錄一	藥劑種類一覽表	一二一
附錄二	化學戰爭藥劑效力性狀一覽表	
附錄三	毒氣戰之三時期	一二七
附錄四	主要藥劑使用年次	一二八
附錄五	毒氣彈記號色別表	一三一
附錄六	世界大戰一覽表	一三三
附錄七	參考書目	一三五

# 化學戰爭概論

## 第一章 緒論——戰爭技術的演變

動物原來是好勇鬪狠的東西，天生成就有爪牙和角蹄，作它與別的動物爭鬪的武器。到了人類，比較地乖巧，覺得接近的爭鬪，犧牲太大，便漸漸地從野蠻時代的肉搏進而利用器械。更聰明的，則在兩方距離較遠的時候，用靈巧的東西，互相拋擊。動物乃至人類何以要鬪爭，並且永遠免不了鬪爭呢？那是因為動物，尤其是人類，無論如何，總要在這個世界上，求自身的生存，並且要安全地生存着。因為要圖生存，要圖安全，便免不了有自私心，自私心的養成，便是鬪爭的原動力。什麼非戰說，大同說，任他高唱入雲，人類間的鬪爭，還是一幕一幕接續地展演着。但是他們知識發達，所有鬪爭的技術，跟着日趨詭譎巧妙，這是他和別的動物的鬪爭不同之點。

歷史上人類鬪爭所用的武器，在野蠻時代和古代，都是固形體的東西。液體乃至氣體的利用是近代的發明。野蠻人對於敵人，只曉得用棒槌作戰，或用石子拋擊。古代比較文明些的民族，卻從棒槌演進而為銳利的銅和鐵的刀槍劍戟，從石子進而發明弓和箭。這種武器沿習使用，在二三百  
年以前，還是如此。古代除固形武器外，還喜歡利用火器。舊約全書中有「用燃油以攻敵陣」的話，又有把樹脂稻草點火拋投敵陣的記載。我國在紀元前約五世紀的時候，范蠡兵法上有所謂拋石機的東西。即把石塊和瓦片，利用槓桿，拋擲到敵陣中。後來宋遼金元之世（九六〇——一三六七  
年）有盛可燃物的鐵罐，點火後，也利用槓桿作用以射擊敵軍。宋末咸淳四年至九年（一二七  
一—一二七五年）間，蒙兵內犯，困宋軍於襄陽的時候，曾用火器拋擲城內，致起火災。咸淳七年，蒙兵襲日本博多，也用這種兵器。他們當時所用的可燃物，為鐵屑、柳炭、瓷屑、硫磺、砒、硝之類混和而成。中古時代，城邑防禦，也有用熱水灌澆敵人的，這便是一種液體的武器。

一三三五年英國和意大利都有鎗砲和火藥的製造，開了火器戰爭的新紀錄。其後更發明種種新的兵器，都是利用火藥，以及炸藥的。

但是到此爲止，所有的戰爭武器，都不過以機械的方法使敵人外體創傷或致死而已。至於以生理的和化學的方法，使敵人中毒或起麻痺，終致一時或永久的失卻戰鬥力，這是近世所謂化學戰爭（Chemical warfare）的權威了。

化學戰爭這個名稱，也許要有一個解釋，就說對於科學家已可不必，但是對於一般人士卻必不可少。誰都知道近代的戰爭，完全是一個大規模的應用化學事業；譬如炸藥的製造和應用，自始至終，純粹是化學的問題。他如軍器的製造，材料的採集，製造和使用，乃至死傷的處置兵燹的善後，在在莫不包含化學的原則。但事實上所謂化學戰爭，在軍事上說來，並不包括這許多事件，而祇是指戰術上的應用幾種化學物質。這些物質可以設法射落敵人陣線中，而且有使敵人受傷或感痛楚，或形成煙屏，或引起火災等的作用，以減小敵人的戰鬥力。這種戰爭，俗稱毒氣戰爭。實在是有些訛誤的；理由很簡單，就因爲所用的化學藥劑有許多並不有毒，且其中在使用時爲氣體者，亦僅僅不多幾種而已。

## 第二章 化學戰爭的歷史

化學戰爭的事件，在歷史上，固然未嘗沒有零碎的發明紀錄；如毒箭、火箭、希臘火藥等，都可以說是化學戰爭的一種。但不是方法失之拙笨，便是效力過於薄弱，同時也沒有惹人加意研究的機會，因此未見發達。

以氣體為攻擊利器，在雅典尼和斯巴達之戰，已有人利用過。其時尚在紀元前四百三十一至四百零四年，適當圍困布拉多亞（Plataea）和第羅（Delium）二城的時候。其法用硫酸及瀝青浸透木料，放在這兩個城的城牆下燒起火來，使發生一種窒息的煙霧，令防軍昏迷而失戰鬥力。其後約在紀元前三百六十年，伊尼阿（Aeneas）曾考究過類似的火器的成分，大概是含瀝青、硫酸、麻屑、香料和松香狀碎屑等。當時會把這種東西燃着後，射擊到圍攻要塞者的掩護物上。再後來就有火箭的發明，從遠處把火箭射到敵人的木建築物上，使釀成火災。在我國歷史上也有過同樣的故

事。這種火箭，後來改進到可以從弩礮中發射，弩礮便是近代大礮的祖宗。這種箭的製法，是在箭頭的後面裝着空心的管子，裏面盛放瀝青、松香、硫磺和火油。其防禦的方法，則用泥土擲上燒着的火箭，便可熄滅。其後又知道用浸透醋的布兜上去更其有效。從此攻擊的利器和防禦的計劃之間，便永遠地互相爭長，成了孟老先生說的「矢人惟恐不傷人，函人惟恐傷人」那話頭。一直到現在還是一個問題，並且是比一切都嚴重的一個問題。化學知識逐漸進步，更有效力的攻擊利器，也便逐漸發展。當時縱然可以說化學尚屬幼稚，但是只要認爲人類的思想是永遠活躍着的，便一定有許多人一直在嘗試着應用種種新的原理，就是我們現在歸入化學一門的種種原理。

化學慢慢地而繼續不斷地進步着，戰爭利器中的應用化學藥物，也跟着日新月異，不過祇是順着自然的趨勢蛻變着。歷史上最有名的一種化學攻擊法——即所謂希臘火藥——是紀元後約六百六十年時加林尼科斯（Kallinikos）所發明，不過早先在君士坦丁大帝時（紀元後四百年）也有過類似的東西。希臘火藥中除瀝青、松香、石油之外，尚含有硫磺和生石灰。如把它投於水面，生石灰便生充分的熱，使石油發火燃燒，再因而使他種可燃性物料燃着。石油蒸發時放出較輕

的炭化氫，如笨（benzine）等，與空氣混和，便成爆發物。爆發既作，跟着便是散放濃煙和煤煙。硫黃着火之後，生出二氧化硫，此氣對於窒息的功效極大。窒息的功效，足令敵人的接近，至少感到困難。並且還可藉以驅逐敵人。這種火不易熄滅，因為如果誤會了灌上許多水去，反足令石油四散而擴大火勢。其後更發明了種種新奇而可怕的發射希臘火藥的方法。有用一種巨大的射擊器，狀如救火機，射口作龍嘴狀或其他張口的怪獸形狀的。這一種器械，在十三世紀時十字軍之役就用過它。

到比較的近代，英國海軍大將唐重那特爵士（Lord Dundonald）在克里米亞（Crimean）一役，會經想借有毒氣體的力量來攻克塞巴斯托堡城（Sebastopol）。他的計劃是用四五千噸的硫黃和二千噸的焦煤，來發生二氧化硫，借最有利的風向，把氣體散放攻擊。但當時英國陸軍部對於這種攻擊方法，雖明知必有成效，終於因為太無人道而未准採用。其後一八一二年之役，和美國的內戰，也都曾用過化學兵器。當圍困查理斯敦（Charleston）的時候，效法圍困布拉多亞和第羅二城的故智，用浸透硫黃和瀝青的木柴，放在城垣女牆的下面燒起來，想把守城的人燻死。在一八六三年，美國北軍把許多盛放希臘火藥的藥彈擲到查理斯敦城裏，因此那勇武的南軍主將波勒

加德(Beauregard)對北軍司令季爾摩(Gilmore)發出下面的通牒：

「你們發射了許多從來戰爭上沒有用過的最強烈的破壞的藥彈，射到城市的中心區域，出其不意的殺死了許多正在睡夢中無辜而又絕無抵抗的婦人和孩孺們，這是多麼殘忍而可恥的一件事！如果這樣的攻擊再不停止，那末你們留在歷史上的事蹟，將為後人所不齒了！」

其後化學一門，開始如雨後春筍，怒發猛進。化學的應用於戰爭，日益廣繁，當在意料之內。前此幾百年來的戰爭，既已如此過去，那麼難道曾經遭受過這一種兵器的創傷，而正在臥薪嘗膽努力奮發的國家，便應俯首貼耳，不能也一顯身手麼？報復的根性，恐怕是人類所天賦的吧？一八九九年的海牙公約上卻有各國簽字同意於下面的條文：

「……禁止使用專以散放窒息或有毒氣體為目的的射擊物。」

當時美國代表馬罕大將(Admiral Mahan)拒絕簽字，理由如下：

「現在散放這種毒氣的砲彈，既沒有進於實用，而這種議決案，究竟能不能斷然地施行，又顯然很沒有把握；一方面使用毒氣的結果，究竟能否定戰爭的成敗，或者使敵人所遭受的傷害，因而

喪失的兵力，究竟比原來到戰爭終了時所必不可免的，是不是會額外的增多。要是這種問題，都毫無把握，那麼上面這個議案，便等於無意義。

二、現今對於這種兵器，責其殘忍酷虐，還不是同以前對於鎗礮和地雷的指摘一樣？鎗礮和地雷，在現在都是毫不躊躇地使用着的了。

三、大家都攻擊着用毒氣來窒息生命，是不合理而且不人道的，可是同時卻容許在午夜駕潛艇偷將敵艦艦底鑿漏，因而使成千成百的人十九葬身魚腹。

禁約雖然以美國沒有簽字而抱遺憾，但簽字各國固然都是一致服從的。可是一九一四年地球上起了一個大爆裂，更沒有人料到一九一五年大戰正酣的時候，德國竟在伊泊爾（Ypres）地方，老實不客氣把化學家實驗成功的毒氣小試一下。當時距大戰的開始將近一年，正在難解難分的當兒，如果不用新的強烈攻擊方法，便難操勝算。戰前數十年內，德國的化學事業，本來是執世界之牛耳的，而且也是戰術上過去的主人翁。把化學的新原理應用到戰爭上去，有極大的可能性，他們也有先見之明。那麼當他們處於進退兩難的絕境的時候，自然而然地要把念頭轉到化學上去。

了。他們雖然也是海牙禁用毒氣公約的簽字國，可是也顧不得了。所以在一九一五年四月二十二日的下午，他們就實行第一次的毒氣攻擊，使用綠氣的鋼筒，而趁着佔優勢地位的風，向和風速，把毒氣驅放到協約國的陣線中去。

在協約國看來，這幾乎是一種最兇惡的攻擊，在軍事家看來，卻是戰術上的空前傑作。它的效力真是難於筆述；成千成萬的人，可以一旦入於昏迷而死亡。此時竟沒有防禦的方法，既沒有人知曉敵人向他們襲擊的是什麼東西，也沒有人知道怎樣襲來的。因此協約國方面陣線屢次的退卻，放棄了許多的防地，於是德人便找到通達海峽港口的路。同時因為那方面常常在翻弄新的花樣，所以這方面竟沒有功夫去預備做效他們的方法。當時有一個實地目擊此役的人，這樣的說：

「當我們從空氣窒悶的隱蔽房內，走向空曠的地方來寬暢一回的時候，我們的視線，忽然都被濃密的火光吸引着向北集注，那邊的陣線是法國人所把守的。顯然是一場劇烈的攻戰——我們便急切地戴上望遠鏡來觀察這一方面的詳情，探視這次攻戰的進步。可是我們不望猶可，一望真是令人心膽俱裂。——只看見兵士們狂亂的奔逃竄逐，整個的戰區在紛亂雜沓之中。」

「法軍敗退了——這傳說突然傳遍了軍中，正是聽了也不信的。但見綠灰色的煙霧籠罩着他們的軍隊，掠過這一片的田野，慢慢地轉爲黃色，隨便什麼東西，凡接觸到的，都被毀壞，草木也都枯萎起來。無論怎樣勇武的兵士，終不能掙扎過這一種危險。

「於是中翼的法軍，便大大地動搖了，盲目的目盲，咳嗽的咳嗽，嘔吐的嘔吐，作噎的作噎，面部顯露出可怕的紫色——嘴唇受劇烈的苦楚而不能說話了。他們的後方呢，在積滿毒氣的戰場裏面，只望見縱橫枕藉的千百勇士的屍骸。」

幸而當時德國人那種新戰法，未竟全功，而同時協約國也急迫地開始準備防禦的方法。當時全世界的報紙，幾乎都用了極動人的文字，來詬誶非難這一種的攻戰。但是協約國卻也拋棄了理智，把是非曲直委諸於感情用事，不久便自己也預備着用同樣的毒氣了。從此皇皇的海牙公約上，那一條禁約，便不值一個大錢了。當時英國人幾乎隔了一夜便製成無數的暫時用的面罩，罩內放着浸透了洗濯蘇打和大蘇打的紗布，這就是認綠氣是唯一的非加防禦不可的東西。這樣一來，又重復玩着矢人互相互競尙的一齣老把戲了。這戲劇最精采的地方，便是每逢創出什麼新的攻

擊方法，緊跟着就有新的防禦法。在伊泊爾開始的一幕，不復重演。不過第一次毒氣攻擊的成效，雖日趨於湮沒，可是從此開一戰爭的新紀元。至於這種戰爭的詳細要點，到現在還是未能十分明晰。它的發展，在戰爭將次終了的時候，格外來得一日千里。毒氣彈和猛烈炸彈的使用，在當時為六十與四十之比。

## 第三章 化學戰爭的展演

自從那種對於綠氣的防禦法確定有效之後，德國人便又用一種光成毒質（Phosgen）和綠氣的混合物，以爲敵人總還沒有防禦這種新藥物的方法。但是敵人方面，又像上次一樣，從情報局的報告，馬上就懂得這邊已用光成毒質。英國人又馬上準備着。德國則因此又換一種新方法。真是五花八門，爭奇鬪勝極一時之盛觀。這是很容易明白的，只要能用敵人沒有方法防禦的一種新毒氣，便可以達到最後的勝利；換句話說，便是欲操勝算，莫貴乎採用迅雷不及掩耳的策略。這是從古以來一個堅定不易的用兵原則，當時的情形正是如此。

因爲戰爭中用了化學藥物，於是擊射的方法，怎樣可以收最有效力的結果，便成爲應急的問題了。用鋼筒來攻擊，完全要靠風的速度和風向，是不足恃的。在理想上最好要造成濃度極高的東西，可是在攻擊上又有極大的困難，所以只好不用笨重的鋼筒，又必須用夫役搬運，在黑夜的時候，

裝設在前線的戰壕內。每個鋼筒，需要四個人來搬運。譬如裝設一英里的前線備有一千個鋼筒的毒氣陣，則單單搬運，便需四千人。裝設的手腳，又得偷偷的輕輕的，否則突然襲擊的消息，攻人不備的計劃，易被敵人偵知，而全功盡棄。

因用品的革新，同時化學戰爭的兵器也有相當的改進。礮彈和飛機炸彈用得非常之廣繁，尤其是礮彈。並且設計出許多散佈毒氣煙霧的特種兵器，和比較發射礮彈還要有效的方法來。其中最重要的要算李文射礮 (Liven's projector) 的進步，和斯托克白礮 (Stokes mortar) 的革新。從起初的鋼筒，到這種科學的計劃，實施於射礮和白礮的攻擊，自然也費了相當的時間。不過用這種射礮和白礮，可以照準目標發放極濃密的煙霧，無需注意天氣風向怎樣，並且可放到離發射地點一英里之遙。

緊接着鋼筒攻擊之後，用的是流淚藥 (Lachry matory) 即淚氣 (Tear gas)。此則即使極濃，也並非劇毒，但對於使兵士們暫時失卻戰鬥力，卻很有成效。雖濃度極低，還是效力很大。凡在遭受這種藥物侵襲的區域以內，人人都非用一種面具不可。甚至於就是所用的面具已能極防護之。

能事，而流淚藥的使用，還是有很強的效力，因為一個這樣的礮彈，遭其毒害而須加面具防禦的面積，與發生同樣效力的五百顆同樣大小的光成毒質彈所毒害的面積相仿。最好的流淚藥是精溴甲烴 (Bromobenzylcyanide) 和烴氯乙酮 (chloroacetophenore)。

其次採用的化學藥劑，便是氯苦味質 (Chloropicrin) 卽硝基三氯甲烷 (trichloronitromethan) 通俗叫做嘔吐氣 (vomiting gas)。此物的所以適用，本來完全由於當時所製成的面具中，對於此品還沒有防禦的方法。但等到後來有了防禦法之後，又因為它具有特別的性質，所以依然繼續地使用着。

其後便跟着用那所謂刺透劑，卽噴嚏氣 (Sneezing gas) 最有名的，爲二烴氯砷燬 (diphenylchlorarsine) 和二烴砷氯砷燬 (diphenylamine chlorarsine) 二種。這種物質射出的時候，藉開花彈的力量分散成極細的固體粒子。當時所用的面具，竟不能濾除這種物質，因而中毒的人紛紛作嚏，同時不免將面具掀動，而漏入他種更毒的氣體。幸而藉開花彈的爆炸力，還未能盡把這種物質細散至完全透入面具，在這種弱點未及改善之前，卻已找到面具中添用毛氈一層便可防禦的

方法。

最後就進而用起泡劑的一種藥物，這種物質除了具有極毒的性質外，還外加有刺激皮膚的性質。這一類藥物中，以芥子氣 (mustard gas) 用得最廣。因其功效之大，所以獲有一「戰爭毒氣之王」的名號。而含有這種東西的礮彈，其發射數目之多，也遠過其他一切化學藥品的礮彈發射之總數。

新的更強烈的物品的研究工作，在戰爭時期內自然是奮進不已，就是戰後也還在繼續研究着。報紙上雖然有許多的記載，說得天花亂墜，可是終於沒有找到比現在已有的幾種更有權威更有效力的東西。就是像劉威毒氣 (Lewisite) 卽  $\beta$ -氯乙烯二氯砷 ( $\beta$ -chlorovinyl dichloroarsine)，雖然性質極像芥子氣，但要說效力勝過他，卻談不到。

大戰之後，大家又來努力於禁止化學戰爭了。一九二一—一九二二年在華盛頓開的裁減軍備會議，協約裏面有一條，又是關於戰爭時禁用化學藥劑，但是當時法國卻對於此條沒有批准。其他同類的倡議和努力，也做過好幾回。可舉的例子如一九二三年，聖地牙哥的第五國際會議，一九

二三年在華盛頓舉行的中亞美利加問題會議和一九二五年的日內瓦會議。但是說來說去，關於化學戰爭的一個問題，還是完全和大戰未了的時候同一狀態。他的進展也和戰時或和平時的別種事業的進展一樣，全視需要的緩急而進退。大戰時的所以蓬勃一時，便由於（一）攻擊防禦的壓迫，勢所不得不然；（二）原料的供給富足；（三）提倡此等事業，產生不少有經驗的人才；（四）科學的知識專在發展化學戰爭的技術一方面努力。

## 第四章 藥劑總論——一般性質及分類

一般物理性 前章說過，藥劑在常溫時，有固體的，有液體的，有氣體的。但在使用的時候爲求其被覆的面積廣大起見，勢必使固體粉碎成微細的塵灰，液體化爲蒸氣或細霧；換言之，總以成氣態或類似氣態爲原則。化學戰爭的稱爲毒氣戰爭，便以此故。由此可知，藥劑既須變成氣體或蒸氣，則其揮發性，當爲軍事化學家所最關切的事件。同時揮發性與藥劑的持久不持久，也有不可分離的關係。揮發性的標準，即在常溫時（攝氏二十度，氣壓七百六十耗）一立方呎空氣飽和的藥劑量耗（mg.）或立方耗（cmm.）數。

在催淚劑等的刺戟劑，揮發度務求其大；但接觸皮膚，使起泡而創傷的藥劑，則必求其留止於接受物上時間經久，而揮發度可較小。茲舉各種藥劑的揮發度如下。

## 1 液體

	沸點(°C.)	揮發度(克/立方呎)
*氯苦味質	113	296000
二氯二甲醚	105	188000
**硝甲酸甲烷	97	187000
*二氯甲砷	133	74440
**氯甲酸三氯甲烷	126	43000
二溴二甲醚	155	31600
*二氯乙砷	150	21900
溴甲炔	198	3460
二氯類烯炔	210	2100
碘甲炔	226	1170

溴二甲脲	215	663
*芥子毒質	217	630

上表有\*的，為刺戟鼻喉等呼吸器的黏膜的；有\*的，為有吸入毒的；有\*\*的，為有細胞毒的。其餘則都是專用作催淚劑的。

## 2 固體

	熔點(°C)	揮發度(毫克/立方呎)
溴化磷	25	54900
氯神二脲環	38	0.35
磷神二脲環	31.5	0.17

上表第一種屬於催淚劑，為一切已知的液體固體毒物中，揮發度最大的一種。第二三兩種，為侵害呼吸系統之黏膜的猛烈刺戟劑，揮發度非常之小，實際均使成爲塵灰而應用。

其次藥劑所必需的物理性，就氣體而論，比重須較空氣爲大。因爲一切藥劑，都是使成濃厚的

氣霧而移動的，並且不問地面是高阜低窪，都得完全普及。如藥劑比重較小於空氣，則易於逸散，而不合於用，茲略舉幾種代表的藥劑的比重如下。（此比重指在攝氏二十度時氣體一呎與空氣一呎二九六呎相當之克數。）

比重(空氣=1.296)

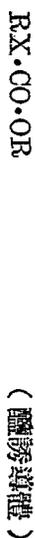
磷氫酸	1.2
一氧化碳	1.25
氯化磷	2.7
氯	3.2
光成毒質	4.4

表中磷氫酸和一氧化碳二種雖性質很毒，但因較輕於空氣，故不適於用。

一般化學性 現在用的戰爭藥劑，多半是有機化合物，無機物質的氯，雖於一九一五年毒氣戰的第一幕開始時，曾使用過，但無大效果。不久即成落伍，在新的戰爭藥劑上，算不到了。

藥劑有二種特殊作用，其一為刺戟作用，其二為毒作用。通常用作戰爭藥劑的物質中，有僅具刺戟作用，而無毒作用的，有反是的，然多數刺戟劑同時多少具有毒性。

(1) 刺戟作用 就已知的藥劑的化學構造上看來，刺戟劑中專門刺戟淚腺而呈催淚作用的物質，一般都含有  $-CH_2Cl$ ， $-CH_2Br$ ， $-CH_2I$ ， $-CCl_3$  等造鹽素烷基。其通式如下：(R 表烷基，RX 表鹽素烷基)



有  $-CCl_3$  基的物質，除著名催淚劑氯苦味質外，還有氯硫三氯甲烷  $CCl_3SCl$ 。化合物中如兼含造鹽素及硝基者，也有催淚性，例如特溴甲烴  $C_6H_4CH(Br)CN$ ，二氯類特烴  $C_6H_4CNCl_2$  等，都是劇烈的催淚劑。即氯化特  $CNCl$  溴化特  $CNBr$  等簡單物質，也具有刺戟淚腺的作用。

刺激性的大小，以人類在含有藥劑的空氣中，不能滯留一分鐘以上的濃度為標準，此濃度稱為「不可抗極限」，通常以一立方呎空氣中所含藥劑的毫克或立方呎耗數表之。茲舉數種代表的催淚劑的不可抗極限如次。

不可抗極限(毫克/立方呎)

溴二甲脲 $\text{CH}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{Br}$	15
溴丙酮 $\text{Br} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3$	30
二氯類烯 $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{NOCl}_2$	30
溴甲脲 $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{Br}$	40
氯化烯 $\text{CNCl}$	50
碘乙酸乙烷 $\text{ICH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5$	60
氯苦味質 $\text{COCl}_2 \cdot \text{NO}_2$	60
溴乙酸乙烷 $\text{BrCH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5$	80

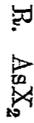
溴化砷 ONBr:

85

氮丙酮  $\text{ClCH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3$

100

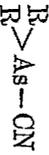
刺戟劑中對於鼻喉以及內部呼吸器的黏膜是刺戟作用而誘起噴嚏咳嗽等的物質，以含有烷基或芳香基的砷化合物為最著，其通式如下：（R表烷基或烴基，X表造鹽素。）



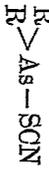
二造鹽素砷脛誘導體



造鹽素砷脛誘導體



腈基砷脛誘導體



硫基砷脛誘導體



氧化砷脛誘導體



硫化砷脛誘導體

等等

代表的砷誘導體的不可抗極限比較如次：

第四章 藥劑總論——一般性質及分類

二十三

## 不可抗極限(尅/立方呎)

二烯靖神經 (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> AsClN	0.25
二烯氯神經 (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> AsCl	1—2
聯烯二氯神 C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> •AsCl <sub>2</sub>	5
烯二氯神經 C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> •AsCl <sub>2</sub>	5—10
二氯乙神 C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> •AsCl <sub>2</sub>	10
二氯甲神 CH <sub>3</sub> •AsCl <sub>2</sub>	25

由上表可知藥劑的構造，與其所具之刺戟性，確有相當的關係。即烷基或芳香基的級數愈高，則其不可抗極限愈小；換言之，即刺戟性愈大。還有一點，很可注意，即此等鼻、喉等呼吸器系統之刺戟劑，其不可抗極限一般均比催淚劑小得多。

(2) 毒作用 就既知的藥劑，考察其化學的構造與毒性的關係，簡直可以說找不到一般的方法。然先就幾無刺戟性而純係毒作用的物質而言，則具有強烈的吸入毒的物質，有碳酸或炭酸

甲烷  $\text{HO}\cdot\text{CO}\cdot\text{OCH}_3$  的造鹽素誘導體、特基誘導體等。如以 X 表造鹽素，則凡有下列構造的物質，皆屬此類：



又具有強烈的細胞毒的物質，則下列數種皆屬之。



前述刺戟劑中，同時具有毒作用的為數頗多，像氯苦味質便是顯著的毒物，砷誘導體也具一種的作用，由其程度的強弱，現出身體各部的疼痛，呼吸困難，失神等徵象。並有破壞細胞而於皮膚上起泡的作用。

藥劑的毒性，以數量來表示，一般皆用哈柏氏 (Haber) 的致命積。設一立方呎空氣中，含有氣體或塵霧等藥劑 c 尅，動物於其中呼吸 t 分鐘即致死，那麼致命積 W，可以  $W = ct$  表之。當然此值愈小則愈毒。此項簡單的關係，對於大多數的藥劑，務使其濃度即 c 的值近似恆定，而用作試驗的

動物須屬同一種類，形狀大小也要相彷彿。茲將代表的藥劑的致命積量，列表如下。

	致命積量 (cb)
光成毒質	450
氯 甲 酸 三 氯 甲 烷	500
芥子毒質	1500
碘 乙 酸 乙 烷	1500
氯 苦 味 質	2000
氯 磺 酸 乙 烷	2000
氯 硫 三 氯 甲 烷	3000
溴 乙 酸 乙 烷	3000
氯 丙 酮	3000
溴 丙 酮	4000

假定  $t$  等於  $1$ ，則上面的數字便是表示一分鐘致死的空氣一立方呎中所應含有的藥劑的尅數。

上表首三種爲最有效最可怖的藥劑。第四種以下專供刺戟劑，尤其是催淚劑之用。但第四五六三種，不能不說它也有顯明的毒性。

蜻氫酸  $\text{HCN}$ ，一氧化碳  $\text{CO}$  等藥劑，和一般藥劑不同，吸入的時候，並不全部爲身體所吸收，一部分不起變化，而排出體外。因此這不起變化排出體外的藥劑量，假如一立方呎空氣中有  $e$  尅，則致命積  $W$  可以  $W = (e - i) t$  表之；這就是說，使用蜻氫酸或一氧化碳時，其毒作用和濃度大有關係。 $e \parallel$  或  $\wedge$  時，完全不呈效力。這二種物質，比重較空氣爲小，前面已經說過，大規模用作濃厚的雲霧，非常困難，所以在軍事上的價值，也有限的。

分類 單就某一物質具有毒性這一點，還不足以表示他可利用爲化學戰爭的藥劑。毒性固然是一樁決不可少的要件，但是他的重要，卻並不至於竟爲選用藥劑的第一目標。就事實而言，所有在戰爭中運用的化學藥劑著有成效的，還有特乎其他幾種同等有關係的條件。例如必須具有

適於戰爭之用的品性，就是說，必須能夠把它射擊到敵人陣地，挫減敵軍作戰的勇氣，不易防禦，有充分的持久性使產生最高的效能；又必須要比較容易大規模地製造；易於裝運和使用；有豐富的原料供給量；而且有有訓練的人員來搬送。足能適合這種種條件的物質，想起來當然不會多的，而實際的數目真是出乎意外的少。

從軍事上的用途看來，各種藥劑有持久不持久，和作用急速或遲緩的分別。一種藥劑能保持他的效能十分鐘以上的時間的，稱為持久性藥劑。凡當發放的時候馬上就生效力的，稱為作用急速藥劑。至於其嚴密的分類法，則以（一）使用的目的，（二）所生生理的效應為根據。就第一種分類而言，有傷害，苦擾，掩蔽，放火或破壞等的不同。就第二種分類而言，有窒息性（肺刺戟），催淚性，催嚏性，糜爛性（起泡），中毒性等幾種標準的藥劑，如照上面說的分辨起來，大都不止屬於一類。但一般都根據其主要的作用而分類，定出各種確立的門類，而指定某種屬於某類。

傷害劑便是用來攻擊敵衆，希望釀成傷害或致命的結果的。苦擾劑為利用濃度低小的藥劑，而使敵人非久用面具不可，以圖妨礙敵人的戰鬥力的。掩蔽劑為用以防護久駐的防地，或則造成

一種煙屏使後面自己的軍隊，可藉以掩護前進，滅小敵方刺探的能力的。放火劑或破壞劑爲用火燒或糜爛的方法，以破壞敵軍的軍需輜重爲主要目的。

肺刺戟劑使呼吸的通路感受刺戟或損傷，尤其在肺泡的部分釀成急性的肺浮腫結果因呼吸停止，失去嗅覺，而入於死亡。這一類的藥劑，一般也都是催淚劑，不過催淚的性質爲其次要罷了。催淚劑雖濃度極低，也足以對於眼睛有劇烈的刺激作用。使淚出如泉湧，並感覺強烈的痛楚，致不能視物。催嚏劑或刺激氣雖濃度極低，也足以促起噴嚏和眼鼻喉的感受刺戟，又起昏暈嘔吐和某數種神經性現象。糜爛劑使皮膚發炎而起水泡，同時也使呼吸系起劇烈的結膜炎，但不起肺浮腫。其中催淚和催嚏兩種藥劑所生的結果，都祇是暫時的。

下表列舉一般認爲化學戰爭用的標準藥劑，並各附列應歸入的種類。

### 化學戰爭藥劑的分類表

#### 傷害劑

芥子毒質

糜爛性（起泡）

持久

作用緩慢

光成毒質

窒息性（肺刺戟）

不持久

作用急速

氯苦味質

窒息性（肺刺戟）

不持久

作用急速

黃磷

皮膚刺戟性

不持久

作用急速

劉威毒質

糜爛性（起泡）

持久

作用緩慢

磷氫酸

中毒性

不持久

作用急速

一氧化炭

中毒性

不持久

作用急速

苦擾劑

碇溴甲炔

催淚性

持久

炔氯乙酮

催淚性

不持久

二炔氯砷環

催嚏性

不持久

二炔砷氯砷環

催嚏性

不持久

掩蔽劑

黃 磷

六 氯 乙 烷

四 氯 化 鎳

發 煙 硫 酸

在發放時期內為有效

放 火 劑

黃 磷 破壞性放火

芥 子 毒 質 破壞性糜爛

光 成 毒 質 破壞性糜爛

不持久性氣體，富擴散性，效力的失卻也來得迅速。窒息，噴嚏和中毒性氣體，都屬此類。但如在村落，森林，谷地，掩蔽區等，容易滯留氣體的地方，其效力也能繼續數小時之久。

持久的氣體，附着在地面和草木上而徐徐氣化，其效力可歷長時間而不失。通常能持續數小時乃至數日之久。具此種性質的，大概以糜爛性氣體為主。

至於爲什麼要分別持久和不持久的性質呢？那是完全爲適應戰術上的需要的緣故。大概不持久的，都是以敵軍的人畜爲目標。持久的，雖然也可同樣地使用，不過目的雖達，而因土地能滯留毒性，在放射毒氣到一地點後，自己的軍隊再佔領或通過那裏的時候，便有自蒙損害之虞了；所以此時就應使用不持久性的藥劑。反之，某一地點自己預料暫時不能佔領，則爲使敵軍損傷計，便可使用持久性的。於攻擊或追擊，佔城奪地，和長驅前進的時候，對於目標地點，以用不持久性的爲宜。如果在防禦退卻的時候，某一地點將成爲敵軍久占之區，或攻敵之後，不想佔領或通過攻克的敵地，祇求作成障礙地帶的，則都應使用持久性的。又在陣地戰，要塞戰的時候，使避匿於深固的塹壕內的敵兵受窘，或使此種塹壕敵軍，動作困難，或使橫斷敵軍前進路的森林谷地等毒化，或阻礙敵軍前進，或攻擊都市，也以持久性藥劑爲最佳。

至於毒氣體之效能，不論其爲何類，都與氣候氣象和地形等有關係。

綜合歐美各國軍事家的種種談論，毒化一平方杆，需要十斤的芥子毒質。如從飛機上如雨滴灑下，則同一氣體，同一分量，所毒化的面積，可大至二倍。單就令敵人感受不快的程度言，則其面積

可有六倍之大。如果用砷類毒物代芥子毒質，則毒化面積不下百倍。

毒氣彈也像普通的爆彈一樣，命中一處之後，毒氣擴散，附近的地帶也都能波及。

就特種目的而選擇一種藥劑時所應注意的條件，比同樣選擇近代戰爭中所用的其他兵器，要複雜得多。化學藥劑的效能，完全要看受擊物所遭受的濃度。濃度愈高則效果愈烈，且效果的實現也愈速。如要估計所用藥劑的境遇如何，則應先考慮與這種藥劑的效力有影響的種種條件。這所謂條件，如天氣和需用的各種藥劑的特性等都是。任何種藥劑，在空氣中可能得到的最高濃度，要靠該藥劑的蒸氣密度和蒸氣壓力，也要靠風速和風向，以及大氣的相對濕度等等。這許多條件於後章敘述每種藥劑時，當分別聯帶討論。

## 第五章 藥劑各論——製造性質及用途

### 一、刺戟劑

肺刺戟劑中以光成毒質和氯苦味質二種用得最多。催淚劑最初在一九一五年爲德軍所採用，是效力非常普遍的苦擾劑，但並不釀成傷害。它的種類很多，凡比較毒的藥劑事實上大都有促起流淚的性質。其中以氯苦味質、溴丙酮、精溴甲炔、炔氯乙酮等最爲普遍，後三者專以催淚爲主要性質。催嚏劑則雖有毒煙、辣煙、刺透煙等種種名稱，但以二炔氯砷環和二炔砷氯砷環二種爲最著。綜計各種藥劑，可以敘說的，不下十數種，茲分述於後。

氯氣 (Chlorine)  $Cl_2$ ，即通俗所稱的綠氣，爲歐戰最初所用的毒氣。但在現在的軍用上，則已無甚意義。自從其他優良的藥劑發明之後，這綠氣的時代已成過去。不過有多種新製的藥劑，多數還是用氯爲原料，所以到底還不失爲一種重要的藥劑。

戰爭用藥劑，都須具備下列各種性能：（一）毒性；（二）容易大量製成；（三）用壓力易於液化，因而減除壓力即易氣化；（四）較重於空氣；（五）遇空氣中普通存在的物質如濕氣等不受影響。

關於這幾點，氯氣都很適合。氯氣的所以老早就爲人所注目，便以此故。其毒性之程度，如空氣一坩中混有二·五釐，犬居其中三十分鐘即死。製造自然是很容易。在常時，十六氣壓半下即液化，且易揮發。比重爲空氣之二倍半。以上諸點，均適合於戰爭藥劑的要件。不過氯氣每因藥品和水分子等而分解，生無毒的物質，是爲缺點。

氯氣的製造法有三種，都以食鹽爲原料。

- （一）將二氧化錳加鹽酸共熱。
- （二）將鹽酸氣與空氣熱至赤熱，用銅鹽爲接觸劑。
- （三）食鹽水，或溶化食鹽電解。爲今日通用的方法。

氯氣的防禦不難，用布浸在一硫硫酸鈉和碳酸鈉等的水溶液中，而取作面罩即行，因此它的

被用作戰爭毒氣爲時甚短，至於以氯氣爲原料的藥劑，爲數很多，幾及現用藥劑之九五%如光成毒質，氯苦味質，三氯甲烷，芥子毒質，氯燐，二燐氯，氯磺酸，甲氯硫酸等都是。此外還有與礮精共用，以作煙屏，和消毒殺菌等戰場衛生藥品用的。

光成毒質 光成毒質 (Phosgene)  $\text{COCl}_2$  最初爲德斐 (John Davy) 於一八一一年把等量的一氧化碳和氯氣霧於日光中而製成。一八七八年派脫諾 (Paterno) 又發見獸炭可以代光爲接觸劑。後又有利用活性炭者。光成毒質的最先用作化學戰爭藥劑，爲一九一五年十二月，近乎一年之後，方始在彈殼中發覺這種東西。其後用在大礮彈中的數量逐漸增加，一直到大戰終了爲止。

軍用上的光成毒質，由純粹的一氧化碳和純粹的氯，以等分子比例，通過活性炭層直接化合而製成：



活性炭須用鹽酸洗滌，以除去灰分，而於減壓下乾燥，此處所用可有二層，第一層溫度爲常溫，第二

層則略高於常溫。純粹的氯由電解食鹽溶液而得，一氧化碳由過量空氣中燃燒焦煤而得。



不純粹的二氧化碳，於磨洗塔中洗過，除去塵埃和二氧化硫，於是與碳酸鉀起反應，即：



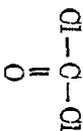
此酸性碳酸鉀溶液，用水蒸氣加熱，使上列反應逆行，而產生純粹的二氧化碳。將所得的二氧化碳冷卻而通過硫酸乾燥塔，即可與水分離。於是再用白熱的焦煤，使它還原成一氧化碳：



過量的二氧化碳則吸收於苛性鈉溶液中而除去。

所生的氯態光成毒質，冷卻使液化，即可貯於圓筒中備用。

從化學上說來，光成毒質實為氧氯化碳，它的構造可寫成：



光成毒質爲一種不持久的肺刺戟劑，比氯氣要毒得多。它的生理效應與氯氣不同之處，便是它專侵襲肺的下部，而不及上部的呼吸徑路。它的效力是累加性的，即使在低濃度，經時較久，也足以因光成毒質於肺中起加水分解，生成氯化氫，而促起急性肺浮腫。同時低濃度時刺戟性較弱，因而難於預防。

在低溫度時光成毒質爲清澄無色的流動液體，沸點爲攝氏八·二度，於攝氏零下七五度時起凝固，故在常溫時，除非加以壓縮，當爲氣體。具有霉爛的乾草，新鮮玉蜀黍，和新鮮蘋果的臭氣，也具有很分明的鹽酸臭氣，並有酸味，這是由於加水分解的緣故。光成毒質的分子量爲九十九，空氣的爲二八·九五，所以光成毒質對於空氣的蒸氣密度爲  $99 / 28.95 \approx 3.420$ ，因爲他有這樣的高蒸氣密度，所以每每靠近地面，流入山峽溝壕，乃至地下隱蔽室等的地方，除非有風，或者會吹上來。但是他在尋常的大氣狀況下爲一種氣體，故實爲不持久的，凡屬積存這樣氣體的地方，祇要有風吹過，便隨即消散。

光成毒質的蒸氣壓也高，自攝氏零下一三·七度時三三五耗至八·二度時七六〇耗不等。

一種氣體的蒸氣壓愈高，則其在某定量空氣中所含的濃度也愈大。這種理論上的最高濃度，可以計算如下：在攝氏零下一三·七度蒸氣壓爲三三五耗，如果他能夠壓縮到七六〇耗而不凝成液體，那末在攝氏零度和七六〇耗壓力時，九十九克的光成毒質，便應占有二二·四耗。在攝氏零下一三·七度或絕對溫度二五九·三度時，當占有 $(259.3 \times 22.4) \div 273 = 21.28$ 耗，而如壓力爲三三五耗而非七六〇耗，則其體積當成 $(21.28 \times 760) \div 335 = 48.3$ 耗。因此一耗的空氣在零下一三·七度時，當含有 $99 \div 48.3 = 2.05$ 克的光成毒質。這樣的濃度，當然決不能在有變幻莫測的風速和風向的戰地上持久的了。但是如果我們一想到每耗空氣含有〇·〇〇三克的光成毒質的濃度，人留其中數分鐘便足致死，即使濃度遠小於此，也足致傷害，則可知這種藥劑仍可使用於戰爭中了。實際上光成毒質的毒性，於種種藥劑中占第一位。致命積爲四五〇。即一立方呎的空氣中，有四五耗的光成毒質存在時，呼吸此氣十分鐘，對於生命已有危險。

礮彈中所藏的藥劑，既總得是液態或固態的（從無氣態的），則若要使裝藥的礮彈內，具有充分的空隙，以留溫度變更時膨脹的地步，便非先明白液體的膨脹係數不可。例如在攝氏零下十

度時，光成毒質的比重爲一·四四二，在六十度（當然在壓力下）爲一·二七三四。由這種數值的例數便可查得比容，一爲〇·六九三九，一爲〇·七八五三。於是於攝氏零下十度時，把液體的光成毒質裝入礮彈中，而準備於攝氏六十度以下的溫度來使用的，便應留  $(0.7853 - 0.6939) \times 100 / 0.7853 = 11.6\%$  的一段空隙，以免礮彈在未用之前炸裂。

在寒冷的冬季，此時光成毒質爲液態，所以持久性當較夏季略大。但是雖然在此種狀況之下，光成毒質的高蒸氣壓力，仍足使其蒸發急速。並且他的比熱和蒸發熱之低小也足以大有利於蒸發。其比熱爲每克〇·二四三卡，可知要使光成毒質的溫度升高一度，只需要使等量的水生同樣結果時所需要的熱的四分之一。光成毒質的蒸發熱，僅爲每克六十卡，水的蒸發熱則爲五三七卡，是則使一定量的光成毒質氣化所需的熱量，僅及使等量的水氣化所需熱量的九分之一。

光成毒質易溶於苯 (benzene,  $C_6H_6$ ) 甲醇 (toluene,  $C_6H_5 \cdot CH_3$ ) 和其他多種烴油類 (hydrocarbon oils) 中。液態的光成毒質可溶解多量的其他毒性物，如氯氣，芥子毒質，氯苦味質，二噁氯神燻等。

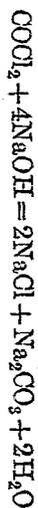
在常溫和沒有水分存在的時候，光成毒質爲比較穩定的化合物。在攝氏八百度時，完全離解成一氧化碳和氯氣。在六〇三度時離解的程度達百分之九十一，在五三度達百分之八十，在五〇三度達百分之六十七。實際上不爲尋常礮彈的膨脹熱所分解，但就是分解了，所生的兩種生成物也都是極毒的氣體，因此更可證明他的功用了。

有水分存在時，即急速起加水分解，尤其是在溫度略高的時候，即：



因大氣中往往多少有些水蒸氣（視比較濕度而定），所以這種反應的程度，當與濕度數成正比。加水分解的生成物，在適應他們生成的狀況之下，沒有一種是有毒性的，祇是由肺組織中的此項反應而生成  $\text{HCl}$ ，確乎是光成毒質的惟一致命特性。但是在大氣中起加水分解而生成  $\text{HCl}$ ，當凝成微細的酸滴；這酸滴凝成後，便不復再能多大的穿透肺部。光成毒質因這種加水分解的結果，也能作用到鐵和鋼的物件，所以有用來作爲一種破壞劑的，真是迷霧或陰雨的天氣，那自然光成毒質也不能有成效。

光成毒質與鹽基反應，如下式：



石灰即  $\text{CaO}$ ，也能起同樣的反應。因此便有用鹼石灰即  $\text{NaOH}$  和  $\text{CaO}$  的混合物裝在毒氣面罩中以吸收光成毒質的。這種毒質也能與硃精  $\text{NH}_3$ 、木精  $\text{CH}_3\text{OH}$  和石炭酸  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  等起反應，即：



因此從前毒氣面罩中有利利用石炭酸鈉  $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$  來吸收光成毒質的。關於毒氣面罩中所用光成毒質的最有效吸收劑，為活性炭、輕石和硅黏土等物理的吸着劑與四氯六甲酸環 (Hexamethylene tetramine 亦稱 uttropine)  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  及鹼類等併用。

大戰時德國製出光成毒質 10700 噸，法國則有 16000 噸之多。光成毒質在軍用以外，平時亦有種種用途。如利用它的顯異的縮合性，而作為合成有  $\text{R}-\text{CO}-\text{R}'$  通式的酮類物質的原料。其

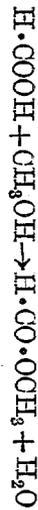
中以尿素誘導體及各種合成染料如鹵基金黃 (Auramin) 結晶紫 (Crystal violet) 維多利亞藍 (Victoria blue) 等最爲著名。

氯甲酸氯甲烷類 (chloromethyl chloroformates) 將甲酸甲酯 (methyl formate)  $H \cdot CO \cdot OCH_3$  或氯甲酸甲烷 (methyl chloroformate)  $Cl \cdot CO \cdot OCH_3$  與氯相作用，則其中甲烷之氫依次爲氯所置換，而得下列各物質：

	沸點	比重
氯甲酸一氯甲烷	$Cl \cdot CO \cdot OCH_2Cl$	106.5—107.0
氯甲酸二氯甲烷	$Cl \cdot CO \cdot OCHCl_2$	111.0
氯甲酸三氯甲烷	$Cl \cdot CO \cdot OCCl_3$	125.5—126.0

其毒性隨置換進去的氯原子之數而增大。置換時通常用銻鎢燈 (osram lamp 四千燭光者數箇並用) 或水銀燈做接觸劑。反應溫度在攝氏八十度以下。容器表面張以鉛層，反應成分中並須有鐵分存在。氯甲酸三氯甲烷的收成，可得理想的收成百分之九十以上。

甲酸甲烷由蟻酸（甲酸）與木精共熱而得。



生成物蒸餾精製。沸點為攝氏三十二度。

氯甲酸甲烷由光成毒質冷卻至零度，加入乾燥的木精而成：



生成物亦由蒸餾精製，沸點為攝氏七一·四度。

氯甲酸三氯甲烷在常溫時為無色液體，有特臭，刺戟性不甚顯著。構造和光成毒質有密切關係。如將此物加熱或用接觸劑，則雖在常溫，亦能生成二分子的光成毒質：



故其毒性，也與光成毒質酷相類似。有猛烈的吸入毒，致命積為 $\text{CO}$ ，與光成毒質極相近，又易為水所分解成二氧化碳及鹽酸。防止用的吸收劑亦與光成毒質相同。其與光成毒質不同之點，為蒸氣壓極低而揮發度小，故由毒氣彈發射，須炸裂時散成細霧，方為適宜。氯甲酸三氯甲烷在德國稱為

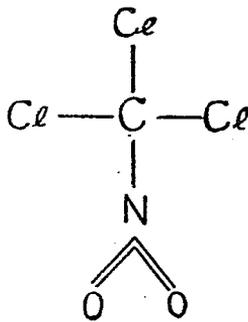
綠十字戰藥 (Grünkreuzkampfstoff) 或 (Perstoff) 在法國稱爲 Surpalite 在英國稱爲雙光成毒質 (diphosgen)。大戰時德國約製出 16000 噸，協約國方面，因製造困難，未見實用。

氯苦味質 氯苦味質 (Chloropicrin)  $\text{CCl}_2\text{NO}_2$  可認爲由三氯甲烷 (Chloroform) 的一個氫原子爲硝基所置換而成，故爲  $\text{CCl}_2\cdot\text{NO}_2$ 。實在是一種脂肪族三造鹽素化合物的硝基誘導體。在化學上可稱爲硝基三氯甲烷 (nitrochloroform)。它的構造如次：

它的所以被稱爲氯苦味質，便因爲可由氯和苦味酸 (picric acid) 製成之故。

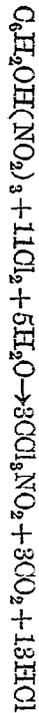
氯苦味質比之光成毒質要持久得多，但毒性較弱。除用爲肺刺戟劑外，亦作爲催淚劑，催嚏劑，足使人昏暈嘔吐。因此之故，軍隊

中一般叫它做嘔吐氣。此物最先爲斯騰豪斯 (Stenhouse) 在一八四八年由漂白粉作用於苦味酸的溶液而製成。最先用作化學戰爭藥劑，則在一九一七年德軍攻擊意軍爲始。其後因效力顯著，原料豐富，使用範圍十分之廣，尤其是與其他數種氣體相混用的時候。一八六六年霍夫曼 (Ho-

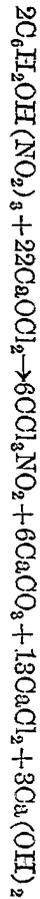


(mann) 發明的製造方法，至今沿用。

此法以漂白粉和苦味酸鈣為原料。使於攝氏八五度時起作用，其主要的反應為：



工業上此項反應發生之情形如下：



或於攝氏三十度時加遊離苦味酸於漂白粉亦可。所生氯苦味質可由水蒸氣蒸餾而析出純粹物質。

純粹的氯苦味質為無色的液體，帶芳香臭氣，略似大茴香的樣子。於攝氏一二度沸騰，於零下六九·二度凝固，故在種種使用的狀況下，幾盡為液體。氯苦味質不能與水相混和，較水約重一·六倍。其蒸氣密度對於空氣為五·七。由此可知此物質的沉重，足以代換空氣，而降落地面。氯苦味質易揮發，其沸點雖比水為高，但在常溫時的蒸氣壓仍較水為高。由這些數值，可以確定在攝氏二十度時每呎空氣中可能有的最高濃度為一八四。人如果留在每呎空氣二呎的濃度之中十五

分鐘或即不到十五分鐘，已足致死，所以氣苦味質的效用顯然有很廣的範圍。

此化合物非常穩定，不為酸類或鹼類所作用，遇水亦不起加水分解，能與乙氧基鈉 (sodium-ethylate) 起反應，如：



氣苦味質和亞硫酸鈉間的反應很重要，其發生的情形如下：



此反應的發生既容易而又完全，所以儘可利用它來定量的測定空氣混合物中的氣苦味質。因裝運而濺溢出的氣苦味質液，也可用亞硫酸鈉溶液來消除。

氣苦味質除用作肺刺戟劑外，亦為非常有效的催淚劑。一立方呎中含有十九尅，即能刺戟淚腺。不可抗極限為一立方呎中六十尅。同時也有相當的毒性。致命積為 2000，即一立方呎中含有 0.2 克的氣苦味質；呼吸十分鐘時，對於生命已有危險。氣苦味質，在德國稱為  $\text{Kl}_0_2$ ，大戰時製出 7100 噸，在法國稱做 Aquinité。平時可用作殺蟲劑或護身用的催淚小槍。防禦氣苦味質並

不困難，活性炭能充分吸收，又含有氣苦味質的空氣，可用多硫化鹼和肥皂溶液來清淨。

溴乙酸乙烷

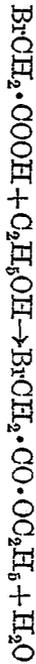
將醋酸二十分，溴一一〇分，紅磷三·四分，於水槽上加熱六小時，則起如下的

反應，而生溴乙酸：



蒸餾去過剩的溴，將所生的溴乙酸注入二—三倍量的酒精中加熱即得鹽類的溴乙酸乙烷

(ethyl bromoacetate)  $\text{BrCH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{OC}_2\text{H}_5$

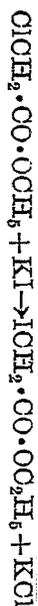


溴乙酸乙烷為無色液體，揮發性小沸點為攝氏一六八度，比重一·五，故使用時，須由毒氣彈發射使炸裂成細霧。主要的作用為催淚，不可抗極限為一立方呎中八十尅。吸入多量則有毒，其致命積為 3000。故實際上僅用作刺戟劑，不利用它的毒性。

碘乙酸乙烷

碘乙酸乙烷 (ethyl iodacetate)  $\text{ICH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{OC}_2\text{H}_5$  由氯乙酸乙烷與碘化

鉀起復分解而成：



碘乙酸乙烷爲無色液體，保存時每分解而生微量的碘，致帶暗色。沸點攝氏一七八—一八〇度。比重一·八。主要用途與溴乙酸乙烷同樣的作爲催淚劑，但作用較烈。不可抗極限爲一立方呎中六十尅。此物又爲顯著的毒物，致命積爲 1500。因碘的來源關係，此物在大戰中德國方面不事製造，專爲英國所使用。

氯丙酮 將氯通過丙酮，有光線或其他接觸劑存在時，即起下列反應而生氯丙酮 (Chloro-

acetone)  $\text{ClCH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3$



同時並生鹽酸，須用碳酸鈣等使中和而除去。又將丙酮（三體積）及鹽酸（二體積）的混合溶液電解，也可由初生態的氯與丙酮作用而得氯丙酮。

氯丙酮爲無色液體，揮發性低，沸點攝氏一一九度。比重一·一六。有強烈催淚作用，一呎的空氣中含有〇·〇一八尅的氯丙酮，已能刺戟淚腺，不可抗極限爲一立方呎一〇〇尅。多量吸入氣

丙酮，雖也呈毒性，但因致命積為 3000，故實際上專用作刺戟劑。氯丙酮因大戰中溴丙酮的代興，使用較少。

溴丙酮 製溴丙酮 (bromacetone)  $\text{BrCH}_2\text{CO}_2\text{CH}_3$  的方法有多種，德國所通用的，為在攝氏三〇—四〇度時，將遊離溴與丙酮作用而生溴丙酮：



同時所生的溴化氫，須加適量的氯酸鈉 ( $\text{NaClO}_2$ ) 或氯酸鉀使生遊離溴。法國法，則由氯酸鈉及鹽酸，與溴化鈉作用，使初生態的溴與丙酮中的氫相置換而得溴丙酮。

溴丙酮為無色液體，但保存時每變暗色。沸點在壓力八耗時為攝氏三一·四度，壓力七六〇耗時為一三·六度。比重一·六。主要的作用為催淚，其程度較氯丙酮猛烈遠甚。一畝空氣中含有〇·〇〇一五克的溴丙酮，即已能刺戟淚腺。不可抗極限為一立方呎三〇克。溴丙酮嘗大戰時在德國稱為 B-Stoff 而法國的 Marthonite 乃溴丙酮和氯丙酮的混合物。

溴丁酮 以溴置換丁酮  $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{C}_2\text{H}_5$  中的氫，即得溴丁酮 (bromomethyl ethyl ketone)

Br·CH<sub>2</sub>·CO·C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> 與製溴丙酮情形相仿。

溴丁酮爲無色液體，沸點爲攝氏一四五—一四六度。性質酷似溴丙酮，可爲後者的代用品。一研空氣中含有〇·〇一一起的溴丁酮，已能刺戟淚腺。在德國稱作(Braufol)在大戰中與溴丙酮合計共製出 1070 噸。

二氯二甲醚 蟻醛和鹽酸反應，有硫酸等脫水劑存在時，即生成二氯二甲醚 (dichlorodimethyl ether) ClCH<sub>2</sub>·O·CH<sub>2</sub>Cl



又用氯磺酸 (chlorosulphonic acid) Cl·SO<sub>3</sub>H 代鹽酸，則同時生成硫酸，對於反應進行很有利：



故如將蟻醛 (六〇〇分) 徐徐加入硫酸 (七〇%，一二〇〇分) 中，更於攝氏一〇—一五度時，極慢的加入氯磺酸 (二四〇〇分) 反應完結，則二氯二甲醚浮於上層。其收成可達理論數的九

○一九五%。

二氯二甲醚爲無色液體，揮發性很大，沸點攝氏一〇五度。比重一·三七。主要性爲催淚刺戟作用，爲氯甲酸三氯甲烷或芥子毒質等藥劑的溶劑。毒性不很顯著，加水即立起分解。

二溴二甲醚 二溴二甲醚(dibromodimethyl ether)  $\text{BrCH}_2\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{Br}$  的性質和用途和二氯二甲醚大致相同。但製造時用硫酸(七〇%)、蟻醛及溴化銨( $\text{NH}_4\text{Br}$ )。爲無色液體，沸點攝氏一五四—一五五度。比重二·一八。

氯甲烴 甲烴(toluene)  $\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_3$  於沸點(攝氏一一)度通入氯，以光線或熱爲接觸劑，則甲烴之甲基中之氫爲氯所置換而生氯甲烴(benzyl chloride)  $\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_2\text{Cl}$ 。氯甲烴爲無色液體，沸點攝氏一七五度，凝固點零下四三·二度。比重一·一一。催淚作用頗爲明顯。不可抗極限爲一立方呎八五冠。在平時可作染料及其他合成化學工業的原料。

溴甲烴 溴甲烴(benzyl bromide)  $\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_2\text{Br}$  的製法，與氯甲烴同。爲無色液體，沸點攝氏一九八度，凝固點零下三·九度。比重一·三九。催淚作用視氯甲烴猶烈。不可抗極限爲一立方

枳約四〇尅。在法國稱作 (Carbite)。

此二種甲炲造鹽素置換體，因原料的甲炲爲製造重要爆發藥，如三硝基甲炲的原料，一方面又因發見種種有力的催淚劑，故後來便沒有再用作刺戟劑的了。

溴二甲炲 在攝氏一一五度時將溴與二甲炲作用，以光線或熱爲接觸劑，則先置換其中一個甲基的氫而生成溴二甲炲 (bromoxylenes)  $\text{CH}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{Br}$  的三種異性體的混合物，反應稍進，則二個甲基中均有一個氫原子被置換而成三種的二溴二甲炲 (xylene bromide)  $\text{Br} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{Br}$ 。

溴二甲炲混合體在常溫時爲液體，揮發性低，使用時，須由人工散成細霧。沸點攝氏二一〇—二二〇度。比重一·四。爲劇烈的催淚劑，一坪空氣中含有〇·〇〇一八尅，已能刺戟淚腺，不可抗極限爲一立方呎一五尅。毒性弱，致命積約 6000。溴二甲炲在德國稱爲 T-Stoff。大戰中約製出五百噸。二溴二甲炲在常溫爲結晶固體，用作刺戟劑，效力雖弱，但可作溴二甲炲的熔點降下劑，在冬季能防止溴二甲炲的凝固。

$\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CO}\cdot\text{CH}_2\text{Cl}$  是由衰滯的噠乙酮起氣  
 化作用而得，以噠與氯化氯乙醯作用，用氯化鉛為觸媒亦可製得之。

噠氯乙酮在常溫時為固體，熔點攝氏五十九度，沸點二四五度。為刺戟劇烈的催淚劑。效力甚強，足致目盲。

溴 (bromine)  $\text{Br}_2$  的催淚性，早已知之。其產量德國占世界第一。年產百萬尅。一九一五年後法國亦有巨量出產，美國則每年有六十五萬磅。其製法，與氯相仿，即電解溴化鈉的溶液，或導氯入溴化合物中使分解均可。

溴為暗褐色液體，重於水約三倍。對於鼻、喉、眼均有強烈刺戟性，用為催淚劑。

氯化碇 以冰冷卻碇化鈉的水溶液，通入氯，即生氯化碇 (Cyanogen chloride)  $\text{CNCl}$ 。



氯化碇的沸點攝氏一二·五度，凝固點為零下七度。比重一·二。很易揮發，略不穩定，有聚合為三聚氯化碇  $(\text{CNCl})_3$  的傾向。為刺戟劇烈的催淚劑。不可抗極限為一立方呎五十尅，同時亦有毒。

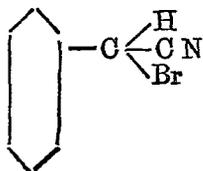
性。用作軍用毒劑是不適當的，專供平時以驅除害蟲爲目的的晴氫酸的助劑。

溴化晴 (cyanogen bromide)  $\text{CNBr}$  依氯化晴同樣的製法，由溴和晴化鈉作用，雖也可製成溴化晴 (cyanogen bromide)  $\text{CNBr}$ ，但不如依下示反應製之，溴的用量較可節省：



溴化晴熔點爲攝氏五二度沸點六十一度，以高揮發性著稱（見前章。）性質和用途均與氯化晴相同，不可抗極限爲一立方呎八五釐。

晴溴甲烴 晴溴甲烴 (bromobenzylcyanide)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Br}(\text{CN})$  發現於一八八一年，但製成純粹的物質，以一九一四年爲始。爲芳香族的側鏈造鹽素化物。構造式如下：



其製法係將氯甲燐（一百分）溶於酒精（一百分）中，更加由腈化鉀（六十分）和水（五十分）而成的溶液，煮沸三—四小時。同時行逆流冷卻，則依下示反應，先生腈甲燐：



如此所得的腈甲燐，以光線為接觸劑，使受溴的作用，則生腈溴甲燐：



純粹的時候為黃白色結晶形固體，熔點為攝氏二十九度。性極穩定，與水僅能略起作用。此物連續受強氧化劑作用過久，即被毀滅。可溶於四氯化碳，而能與氫氧化鈉的酒精溶液相反應。又能與普通金屬起猛烈作用，作用時即失去它的催淚性。所以在裝貯取攜上，很感困難。因為它很穩定，所以是一種極持久的藥劑。確乎可以保持它的效能經三十天之久的時期。在最適合的狀況之下，幾乎可以無盡期的持久。

腈溴甲燐在攝氏二四二度沸騰，比重較水為大，蒸氣壓力極低，比芥子毒質還要低得多。但是祇須極微小的濃度，即足以釀成難以忍受的大氣。每呎空氣中含 $0 \cdot 00003$ 克時，便足以致

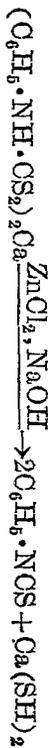
催淚作用。

二氯類腈 令氯作用於硫腈  $C_6H_5(CN)_2S$  即得二氯類腈 (isocyanophenyl chloride)  $C_6H_5 \cdot NCOCl_2$  其各部的反應如下：

(25°C)



(30—40°C)



(0°C)



又將煥芥子油溶於同容積的氯甲烷中，其溶液以氯處理之亦得二氯類腈。

二氯類腈爲無色液體，沸點攝氏二一〇度揮發性雖低，而刺激性甚強，不可抗極限爲一立方呎中三十尅。大戰中德國約用去七百二十噸做毒氣彈。

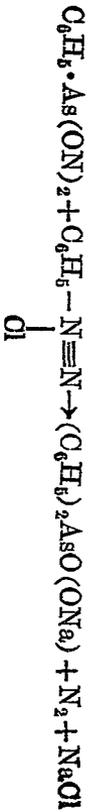
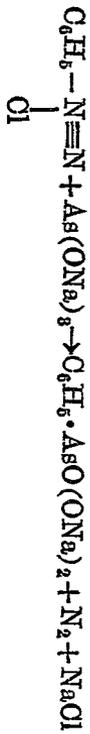
氯硫三氯甲烷 令氯和二硫化碳相作用，則得氯硫三氯甲烷 (perchloromethyl mercaptane)

同時並生二氯化二硫 ( $Cl_2S_2$ ) 其反應或如下式：



氯硫三氯甲烷爲黃色油狀物質，沸點攝氏一四九度（同時起分解），比重一·七二，揮發性低。有不快的臭味，除刺戟眼睛之外，亦有顯著的毒性，致命積約 3000。大戰中雖爲法國所使用，但因防禦吸收容易，故效力不大。

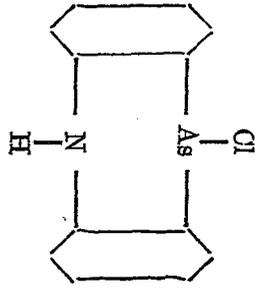
二噁氯神環 二噁氯神環 (diphenyl chloroarsine) ( $C_6H_5$ )<sub>2</sub>AsCl 由三氯化砷 AsCl<sub>3</sub> 和噁，用三氯化鋁爲縮合劑，雖亦可製成；但同時生成一噁基和三噁基的化合物。純粹而大量的製造，則先將噁 (Aniline)  $C_6H_5 \cdot NH_2$  行重氮化 (diazotization) 得氯化重氮噁 (phenyl diazomium chloride)  $C_6H_5 \cdot N_2 \cdot Cl$  然後依下列次序進行，此爲赫克斯 (Höchst) 染料公司所用的方法：





二噠氯砷燻爲無色結晶，熔點攝氏三八度，沸點三三三度，比重一·四。揮發性低，易爲水所分解。使用的時候，須作成毒氣彈，由發射而散作粉末。有砷誘導體特有的刺戟性和毒性。主要用作催嚏劑。刺戟性非常劇烈，一立方呎的空氣中，只要有一—二粒存在，已使鼻、喉、內部呼吸器等得到難以忍受的苦楚。又此物最大特長之點，爲散成塵霧的時候，粒子非常微細，普通吸收劑難於阻止，非用絲或毛的緊密的濾器不可。所以此物爲毒氣中非常有效之一。在德國爲藍十字戰藥 (Blankrenzkaampfstoff) 之一種。特稱 Clark 大戰時製出 3000 噸以上。

二噠砷氯砷燻 氯二噠砷氯砷燻 (diphenyl amine chlorarsine)  $NH(C_6H_5)_2AsCl$  的性質酷類氯砷二噠燻，其效用則過之。於一九一八年英同時發見，通常因美國的發見人的姓名命名，稱作「亞當毒質」(Adamsite) 它的構造如次。



製法利用二烩砷 (Diphenyl amine) 對於三氯化砷的作用。



純粹的二烩砷氯砷環為結晶形固體，於攝氏一九三——一九四度熔融。為鮮黃色化合物，幾無臭。惟當分散成煙的時候，即生成鮮黃色的雲霧，有一種特殊的煙焦臭，但並不像東西初焚燒時所生焦氣那樣的分明。所以不到中毒劇烈時，沒有相當的警告，而無從防禦。但是中毒的人的失去戰鬥力也不過二三小時的短時間。此物在大氣壓力下不能煮沸而不起分解。其沸點可由蒸氣壓曲線的傾斜計算出來，約為攝氏四一〇度。二烩砷氯砷環的比熱為〇·二六八，蒸發熱計算起來

爲每克五四·八卡。它的蒸氣壓在尋常溫度時幾盡不能覺察。在攝氏零度時，僅爲  $5 \times 10^{-10}$  耗，在一百度時爲  $2 \times 10^{-6}$  耗。這樣說來，此種物質的散佈於空氣中，不能仰賴於它的蒸氣壓了。二噠氯氣神燻的比重，在常溫時約有一·六。不溶於水，祇略溶於普通的有機溶劑，如噠，二甲噠 (xylo) 酒精，丙酮 (acetone) 等。但可溶於熱冰醋酸，哥羅仿，和熱的芥子毒質中。

二噠氯氣神燻，尙屬穩定，當炮彈炸裂的時候，也不起明顯的作用。其煙霧爲可燃性，不過比二噠氯氣神燻要弱一些。水可以使二噠氯氣神燻略起加水分解，但這種加水分解，絕不能用水蒸氣來促起。此物質與氯，四氯化錫，和氯化鋅起反應，足以減弱毒性。二噠氯氣神燻可與金屬作用，惟其反應僅限於金屬與它的固體化合物互相接觸之點。

二噠靖神燻 於攝氏六〇度時，令二噠氯氣神燻和靖化鈉相作用，則成二噠靖神燻 (diphenylcyanarsine)  $(C_6H_5)_2AsCN$



二噠靖神燻爲有特臭的結晶，於水內甚穩定。熔點攝氏三一·四五度，比重一·五。揮發度雖

低於二燐氯磷燬，但刺激性則視後者更烈，恐爲已知有機磷化合物中最強有力的。不可抗極限爲一立方呎 $\times$ 二五呎。塵散或霧散時，難爲吸收劑所吸收。與二燐氯磷燬正是一樣。

這一類的物質別有妙處，必須在固體相方生效力，液體或氣體相都無效，與其他各種藥劑都不同。催嚏劑爲德人所使用，用來刺透當時的毒氣面罩，卽防禦當時所用的尋常氣體形式的藥劑的面罩。這就是說用了這種東西，便是強令撤去面罩，因而讓更毒的氣體釀成傷害的結果。德人原靠毒炮彈炸裂的力量，把催嚏劑分散開來，而此法的不能把粒子分散得十分細碎，竟成了大戰結局德軍不能取勝的一個原因。如能有強力的分散，那末這種物質便能透過毒氣面罩而使中毒者作嘔、昏暈、惡心、嘔吐等。後來才知道這種物質可以由熱力來分散得更細更細，成爲霧的樣子。此化合物先從貯藏的器具內成爲蒸氣而放出，卽在空氣中凝結成極微細的粒子，想用面罩來濾去，非常之困難。較細微的粒子，能集成很高的濃度，因而生較耐久的煙。粒子分散愈細，其爲肺所吸收也愈快。

各種催嚏劑對於人體致命的濃度，固然沒有確定的數值，戰地上用這種物質而致死亡，也實



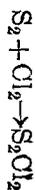
$\beta$   $\beta'$ 者，所以表示兩個炭 $\beta$ 原子中每個都結着一個氯原子的意思。

芥子氣爲有力的糜爛劑，接觸到人體任何部分，都足以釀成疼痛難熬的苦楚。同時也是一種強烈的肺刺戟劑，能侵擊到全部的呼吸系，最後釀成氣管支肺炎。這又是一切戰爭毒氣中最持久的一種。最初在一八六〇年爲尼曼(A. Niemann)所發見。其後一八九六年邁爾(Victor Meyer)也說過的，最先用在戰爭中，則爲一九一七年德軍於伊泊爾攻擊英軍的時候。此物效力最強，有一次在十天之中竟發射了一百萬顆之多的毒氣彈。這是在協約軍開始能用芥子毒質報復之前一個月的事。但其後此氣的使用，幾盡取其他戰爭毒氣而代之。

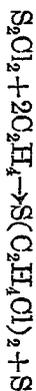
芥子氣的製法有二種。最簡便而最適用的製法，便是尼曼法，利用乙烯(ethylene)與一氯化硫的作用。這兩種東西都容易製成。製量亦極多，並且都是十分穩定的。乙烯由酒精排除水分而製成，如：



一氯化硫則由元素間直接化合而得：



製造芥子毒質最後的反應爲：



不過此中同時析出多量的膠狀硫黃，爲其缺點，此法在法國及美國很通用。

又有一法即爲邁爾和斐西耶 (Emil Fischer) 所發明的，在德國很通用，雖稍嫌迂緩，但可得純粹的製品。先於攝氏五度左右，通乙烯及二氧化碳於漂白粉的水溶液中，由下面的反應而生氯乙醚 (ethylene chlorohydrin)：



於九〇—一〇〇度使硫化鈉作用於此物的水溶液（一八—二〇%）則得硫化二乙二醇：



將  $(HO \cdot CH_2 \cdot CH_2)_2S$  濾出，於減壓下蒸餾後，通以鹽酸氣，即得芥子毒質：



芥子毒質爲沈重的油狀液體，無色亦幾乎無臭。不純粹的，色帶黝暗，而有與芥子或大蒜相近似的臭氣。濃度較高，卽有顯明的辛辣和刺戟的感覺。沸點爲攝氏二一九·五度，於一三·九度時結晶。在零度時的比重爲一·三六二。芥子毒質等須待諸液體的蒸氣相 (vapor phase)，方可得有成效的物質，使用起來，全靠蒸氣壓，因爲蒸氣壓便是支配在這一種相內可以得到最高的濃度的。蒸氣壓當然隨溫度而變更，例如在攝氏四十度時（夏季炎熱之天的溫度），芥子毒質的蒸氣壓爲〇·四五耗，所以一克分子量的芥子毒質，卽一五九克，在零度及七六〇耗壓力下，當占有  $(313 \times 22.4 \times 160) \div (273 \times 45) = 43,370$  耗。這就是說，一疳的空氣在四十度和七六〇耗壓力下，當含  $159 / 43,370 = 0.00366$  克的芥子氣。這是一種極低的最高濃度。其數值在戰地上固然是不能辨覺，但是如果有人留在其中三十分鐘，卻已爲致命量的六十倍之強了。

在攝氏一三·九度卽純粹芥子毒質的熔點的時候，他的最高濃度爲每疳〇·六二耗的蒸氣。如果我們假定一種固體的蒸氣壓，隨溫度變更的比率與液態相同，則我們便可以算得在冬季時的數值。例如在攝氏零度，芥子毒質的蒸氣壓當爲約〇·〇二二耗，在零下一七·八度（卽華

氏零度)則不過 $0 \cdot 0045$ 。於是這蒸氣最高濃度，便成爲每坪空氣 $0 \cdot 2$ 。二氙和 $0 \cdot 04$ 五氙了。從這些數值上，可以知道氣候的狀況，對於化學戰爭藥劑的效能，有極大的影響。特別的可以明白爲什麼在冬季走過佈滿芥子毒質的區域內，尤其是當有大風的時候，無所傷害。如果換了夏天，則必遭荼毒了。

芥子毒質的蒸氣壓甚低，所以雖然它的比熱僅爲每克 $0 \cdot 33$ 卡(約及水的三分之一)，而他的氯化還是極慢，因而蒸發熱也極低(每克約八十卡，約及水的七分之一)。這許多性質，使芥子毒質成爲極持久的藥劑。他的毒性之劇烈，真是不可思議，甚至它的存量不能單從臭氣覺察的那樣小的濃度，還是毒得不得了，它的效應卻又非常遲滯，因此在防禦和救傷上往往有失之過遲之憾。此物又能透過衣服而與身體的一切部分起作用，因此不但釀成傷害，並且足以挫滅敵人作戰的勇氣，無怪乎要稱它做戰爭毒氣之王了。

芥子毒質以其揮發性低，故用時製成毒氣彈發射，使由炸裂而散成細霧。有猛烈的細胞毒，液態的不用說，就是氣態的，也有侵害眼睛和呼吸器的，外皮膚的性質。破壞作用緩滯而頑強，漸次達

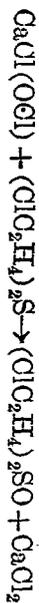
到身體內部侵入血液，因而惹起輸送於體內各部的複雜的後作用，而破壞赤血球。德國稱之爲黃十字戰藥 (Gelbkreuzkampfstoff)。大戰時有一個月會製成一千噸之多。全體共計一萬二千噸。現在以伊泊爾藥劑 (Yperite) 一種最爲普通。

在常溫時芥子毒質爲的穩定化合物，有水存在時即起加水分解；低溫時較緩，高溫時較快；

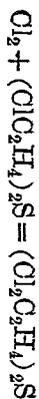


這許多生成物均屬無害，因此芥子毒質最後當被氣候所毀滅，毀滅的時間，約須兩天至兩星期，或且更久，視氣候的狀況如何而定。

次氯酸鹽與芥子毒質能生劇烈的反應，使它氧化而成無害的生成物：



照此看來，用次氯酸鈣溶液，可以毀滅芥子毒質，但是奇怪得很，如用較強烈的氧化劑，則芥子毒質又會變成另一種極毒的物質： $(ClC_2H_4)_2SO_2$ 。氯也同樣的能夠猛烈地和芥子毒質作用，生出不毒的化合物。



所以氯或曾經氯化過的化合物，可以利用它來毀滅芥子毒質。

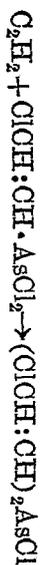
劉威毒質

劉威毒質 (Lewisite) 爲戰後所發現的一種比較新的糜爛劑。可以稱做β氯乙

烯二氯砷 (β-Chlorovinyl-dichlorarsine)。它的構造式如次：



此物的製法，由氯化鋁  $\text{AlCl}_3$  (0.125克分子) 爲接觸劑，使乙炔  $\text{C}_2\text{H}_2$  通過三氯化砷  $\text{AsCl}_3$  (1克分子) 因乙炔的吸收量，起下列之反應：



大規模製造時，用攪拌式反應器，溫度最初爲攝氏二十四度，最高爲四十五度。務使調節適當。

反應生成物。用冰冷的鹽酸分解。把結果所得的油液蒸餾，得三種相類似的化合物，其中以劉威毒質，最為強烈。這種蒸餾不能直接着手，因為原先所起的反應，同時產生多量的熱；繼續的增熱，結果會得發生猛烈的爆炸。所以須將氯化鋁用鹽酸洗去，而後把液態混合物用特殊裝置在減壓下來分餾。劉威毒質在攝氏零下十三度凝固，一九〇度沸騰。在四十度時，一坩的空氣為劉威毒質所飽和。當含 $O \cdot O \cdot O$ 一五六克，在零度時，當含 $O \cdot O \cdot O$ 一克。劉威毒質有砷誘導體的特殊刺戟臭及毒性，尤其以破壞皮膚的細胞和引起的後作用為利害。致命量為一坩 $O \cdot O \cdot O$ 四克，確是一種效力極強的戰爭毒氣。可是它起加水分解很快，所以究竟在戰地上能否達到近似這個數目的量，尙屬可疑。就起泡作用而言，劉威毒質同芥子毒質很相類似。據說在一九一六—一九一七年間，德國的退勒 (J. Thieler) 和維蘭特 (H. Wieland) 也曾發見過同樣的東西。

所得三種相似的化合物，除第一種劉威毒質外，其他二種，分別稱為 $\beta\beta$ 二氯乙烯砷神 ( $\beta\beta$ -dichlorovinyl chlorarsine) ( $ClCH:CH)_2 \cdot AsCl$  及  $\beta\beta\beta$ 三氯乙烯砷神 ( $\beta\beta\beta$ -trichlorovinyl arsine) ( $ClCH:CH)_3 \cdot As$ 。沸點均視第一種為高。將此二種化合物與三氯化砷共熱，至攝氏二〇〇

1250度即變成 $\delta$ -氯乙炔二氯砷的劉威毒質：



二氯甲砷 二氯甲砷 (methyl dichlorarsine)  $\text{CH}_3\cdot\text{AsCl}_2$  爲拜耳 (A. v. Bayer) 在一八五八年所發見，生成的方法雖有多種，但大量製造時，均採用下述的方法，即先使硫酸甲烷與亞砷酸鈉作用，而生甲砷酸的鈉鹽：



次用二氧化硫令其還元，使成氧化甲砷：



更以濃鹽酸處理，則得二氯甲砷：



二氯甲砷爲無色液體，沸點攝氏一二三度比重一·八三八（攝氏二十度）有相當的揮發

性。對於水雖比較穩定，但為鹼所分解而成氧化甲砷。有砷誘導體特有的刺戟性及毒性，又有傷害皮膚使生水泡的作用。

二氯乙砷 二氯乙砷(ethyl dichlorarsine)  $C_2H_5 \cdot AsCl_2$  的大量製造法有二，其一和製二氯甲砷的相同，就是由亞砷酸鈉和硫酸乙烷作用。其他一法則在反應室中於攝氏九〇—九五度，壓力一〇—一五氣壓下，使氯乙烷與亞砷酸鈉作用：



如此所生的乙砷酸鈉，亦如上述，順次以二氧化硫及鹽酸處理，而得二氯乙砷。

二氯乙砷為無色液體，沸點攝氏一四五—一五〇度，比重一·六八。有砷誘導體特有的刺戟性及毒性，刺戟性較二氯甲砷尤烈，不可抗極限為一立方呎十尅。大戰時德國約使用 2000 噸。此物可為多量的水起加水分解，生鹽酸及氯化乙砷。

### 三、中毒劑

腈氫酸 腈氫酸(hydrocyanic acid)HCN 即腈化氫(hydrogen cyanide)。此物用為戰爭

藥劑，以純粹的液體爲必要條件（即不是水溶液。）加稀硫酸（五〇%）於靖化鈉，稍加溫熱，則生靖氫酸。用二氯化鈣，令其乾燥，而後冷卻液化。

純粹的靖氫酸爲無色液體，沸點攝氏二六·五度，凝固點零下一五度，比重〇·七。靖氫酸自昔已知爲有劇毒的毒物質，不僅吸入毒而已，即對於消化器系統的胃，毒作用也很劇烈，服〇·〇五克已足致命。然用作戰爭藥劑的效果則非常薄弱。如前章所述。大戰時法國曾以種種方式設法利用，但效果極微。如 Vincenite 卽爲靖氫酸（五〇%）三氯化砷（三〇%）四氯化錫（一五%）迷蒙精（五%）的混合物。靖氫酸氣體用作殺蟲劑頗有效；因無刺激性而有麻痺鼻神經的性質，故平時須添加溴丙酮或造鹽素化靖等刺激性物質，使得辨覺其存在而知警戒。

靖甲酸甲烷 使靖化鈉與氯甲酸甲烷作用，則得靖甲酸甲烷 (methyl cyanofornate)  $\text{CN}\cdot$

$\text{CO}\cdot\text{OCH}_3$



靖甲酸甲烷爲液體，沸點攝氏九七度有相當容易的揮發度。與水接觸則起加水分解而生靖

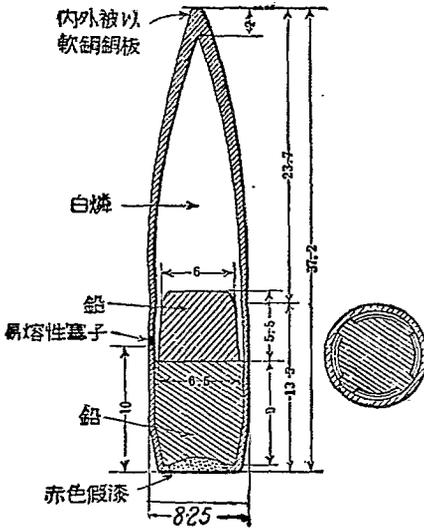
氫酸：



因之此物的毒作用，亦與蜻氫酸非常類似。用作戰爭藥劑，雖因作用過於緩慢而不適宜，但對於驅除害蟲，則十分有效；稱爲 *nyklon* 的殺蟲液，便是此物和氯甲酸甲烷的混合物。

四、放火劑和掩蔽劑

在放火和掩蔽的藥劑中，黃磷（一名白磷）單獨可以代表。它除去切合這一點的性質外，並且還能生一種很高強的苦擾作用，而挫敗敵人的作戰勇氣。磷炸彈的爆炸，把燃燒的黃磷的細塊佈滿很廣大的區域，發生極可令人恐怖的情



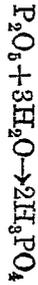
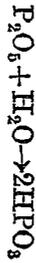
德軍 8" 白磷燃燒彈

形往往釀成劇烈的燃燒，因為黃磷這樣東西，祇要有氧存在着，總是永遠繼續燃燒的，即使是深埋在人的軀體之內，也會慘酷地焚燒起來。

黃磷在工業上，由砂和焦煤與磷鹽巖共熱於電爐中而製成。磷有兩種異形體，就是紅磷和黃磷。黃磷極不穩定，為淡黃色半透明的結晶形蠟狀固體。於攝氏四四·二度熔融，其比重在攝氏零度時同水比較為一·八三二。在化學上為極活潑的原質，與氧氣化合非常急速。如在常溫時露於空氣中，即立刻氧化成五氧化磷，而發生大量的熱，使溫度昇高，因而更增加氧化的速率，終至起自燃的燃燒。在這一個反應裏面，每生成一克的  $P_2O_5$ ，便發出二千六百卡的熱量，足夠把二百六十克的水的溫度升高攝氏一度。

因為黃磷是蠟狀的體質，所以內部並不能通體原子化，通常分散在戰地上的，都是同樣大小的粒子。這許多粒子繼續地燃燒，便能長久的產生一種效能。它的最大用途，大概是造成掩蔽的煙霧。散佈煙霧有三種方法，即機械的，熱力的，或化學的；或用三種聯合的方法亦可。磷通常由爆炸力而分散入大氣中，爆炸後，即生煙霧，是由於生成  $P_2O_5$  之故，其後又吸收空氣中的水分而起加水

分解。



煙霧的掩蔽力，並不十分在乎光線的真實遮隔，而倒在乎因煙粒反射和屈折，使光線生迴折和分散。照這樣說來，所重要的不是透過煙霧的光的總量，卻是所通過的無偏差的光線的成分。因此之故，白色的煙霧，比黑色為效力較強的掩蔽物。黑色煙的效能，祇在吸收而遮隔光線而已。透過黑煙霧而來的總光量，固然比透過白色煙霧而來的要少，但是它的無偏差的光線的成分卻大。並且白色煙霧所具有的光的直接反射因而發生的遮迷效能，在黑色的煙霧之中也完全喪失。

掩蔽的煙霧，在溼度較高的大氣中比較的有效，大概因為這種物質一般都是富於潮解性，或吸溼性，因而吸收水分的緣故。這樣便使粒子長成足以強力的反射光線的大小，因而增大掩蔽力。就燐而言，溼度便是根本的重要。因為它的表顯最高的效能，全靠因空氣中的水蒸氣而生的加水分解作用。一種煙霧的掩蔽力，一般都由佈滿一百呎長一百呎高的面積（深度則在定限內無足

重要)的時候,造成朦朧迷離所需要的煙粒總重量來量度。這個數值就黃磷而言,爲〇·四盎斯。效力最強的煙霧品質,自然是要能殼當它生成的時候,便自空氣中取去多量的物料,這就是說,要能取代多量的空氣,而占廣大的空間(這是就所需要的量的方面說)。黃磷對於這一點是非常之切合,因爲它先從空氣中取去氧氣,生成  $P_2O_5$  的粒子,而這許多粒子又從空氣中吸收水蒸氣而長大成  $H_2PO_4$  的點滴。一磅的黃磷能取去一·二九磅的氧氣,和〇·八七磅的水分而成三·一六磅的煙霧。但結果所得的煙霧,對於人體和器械都無毒害,雖然是有時要令人咳嗽。

## 第六章 兵器和戰術

近代的戰爭，既利用了化學藥劑，緊接着引起熱烈的研究的，當然便是兵器和戰術兩件事。向來用的現成兵器，固然有可以改用的，同時也發明了好幾種新的器械，專以發射這種藥劑爲目的。至於戰術，當然不會有什麼大變動。因爲幾種基本的戰術，在化學戰爭上同別種方法的戰爭上沒有什麼異樣，都是以告成同一目的爲原則，即挫敗敵人士氣，或威脅敵軍，使其降服的幾點。

現在就來簡單的說一說戰爭上利用了化學藥劑，而對於上面兩件事的影響。

### 一 兵器

從發射的化學礮彈的數目看來，可知大礮的勢力最大。大礮之外，當然還有許多東西，如日漸增多的飛機炸彈和各種噴射設備。求噴射設備的使用完善，至今還是一個問題，有待將來的解決。但是往往又有許多極重要的作戰情形，用大礮和飛機都無能爲力，至少是效能薄弱。爲適應這種

需要起見，可發明了幾種化學的發射器，如化學手榴彈、化學槍榴彈、藥燭、鋼筒、司托克白礮、李文射礮等都是。

(一)礮彈 礮戰時化學藥劑的應用很廣，幾乎凡屬適宜礮戰的情形都可利用化學藥劑。子彈內所用的藥劑，普通爲下列數種：特溴甲烴、烴氯乙酮、氯苦味質、光成毒質、芥子毒質等。

各種形式的大礮，大概都可以適用化學藥劑。子彈的構造，也沒有根本改革的必要，七十五耗的礮，在二千到八千碼以內，都有效力。一百二十五耗的野戰榴彈礮的有效範圍，爲五千至一萬一千碼以內。一百五十五耗的礮的效力，在八千至一萬七千碼以內。

大礮的應用化學藥劑，大都是用來掩護、破壞、挫敗士氣、苦擾敵軍等，也用來抵禦敵軍，或攻擊敵隊等。一種藥劑的效力，要看被擊地點所保持的濃度如何而定。礮彈常是連續射擊的，所以不在同時爆裂。每次爆裂之後，即爲風力吹散，範圍漸次擴大，而濃度漸次稀薄。如此看來，欲得有效的濃度，須當第一顆子彈沒有失卻效能之前，緊跟着發射許多的子彈纔行。近代的礮的轟擊，方法很敏捷，所以這種連珠的發射，不難辦到。

(二)飛機炸彈和設備 歐戰時，空中戰爭上，化學藥劑用得不多，或竟可說沒有用過。所以關於使用化學藥劑，有極大的可能範圍，當時竟未能十分體會到。從化學戰爭和航空事業兩方面勇猛的發展，可以逆料這兩件事一定會得操縱將來的戰爭。

各種的飛機炸彈，半磅重的放火彈，以至四十磅重的破壞彈，都可以利用化學藥劑，大概以小型炸彈為最相宜。用許多的小炸彈，可以廣播到很大的面積，這種炸彈，先都裝在巨大的彈匣中，等到彈匣自動的把炸彈脫出時，即爆裂而散播於相當廣闊的區域。飛機上也有用特種的噴射設備的，它可以把藥劑連續地噴射到目的地去。

炸彈的重量，在二十五磅以上的，裝在小飛機的低翼上，或大飛機的炸彈箱中。空軍的目標，在密集的軍營駐紮地，軍需廠，運輸中心，製造廠和軍隊的主力點。所用藥劑，則隨目的而不同，幾乎全部的化學藥劑都可用，這一種攻擊，對於掩蔽，苦擾，挫敗士氣，和破壞材料等，功效最大。

(三)特種化學兵器 凡為供給專用化學藥劑的軍隊的使用而創製的，或改成的一切戰具設備，統稱特種化學兵器。此項兵器，當然非常重要，並且因為容易支配，所以用得最廣；不過使用的

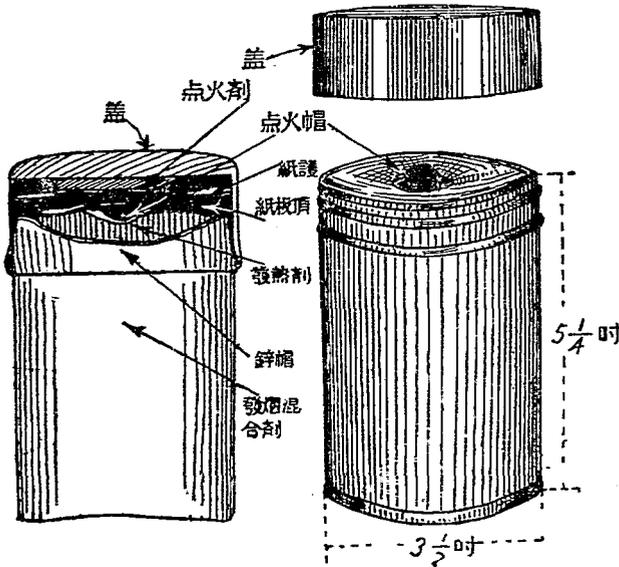
時候，需要熟練的兵士，因此這種兵器，終究是化學戰爭軍隊的特殊設備。

(a) 鋼筒 歐戰時第一次的毒氣攻擊，便是用毒氣鋼筒。這種兵器的明顯的優點，即在可以對於廣寬的前線，發放極高濃度的化學藥劑；所生的煙霧，利用風力吹向敵區，把敵人完全包圍在一重連續瀰漫的藥劑氛圍中；飄散開來的，又流到塹壕、隱蔽房、和地下室等地方；並且能穀深入敵軍的陣地。這種攻擊，當然完全要靠風勢，並且最初用的鋼筒，又是那樣的笨重，因此後來也漸漸的少用了。但現在又發明了一種輕便到一個人可以取攜的強力鋼筒，這種鋼筒，在將來一定爲人樂用的。鋼筒一般都是用不持久性的傷害性藥劑，所以在相持不解的戰鬥時，用起來功效極大。

鋼筒是鋼板製的空心圓筒，毒氣從一個舌門和排氣管，發放出來。排氣管爲3—8吋的鐵管，用螺旋旋牢在舌門上，而直達近筒底的地方。筒中約盛三十磅的藥劑，這液化氣體的高蒸氣壓，造成非常的大壓力。當舌門開啓的時候，此壓力即把液體向下壓迫，而不得不從排氣管的出口噴射出來。在減低的大氣壓力下，液體即立刻氣化。鋼筒中最有效的藥劑，爲光成毒質，加上約百分之八的液體二氧化碳，以利液體的噴發。

(b) 藥燭 藥燭隨所用的藥劑，而分爲發煙、毒性、流淚等幾種。大都是供給各個兵士施放煙屏時所需要的輕便發煙器。這種兵器對於側面掩護，和橫渡河面的時候，最爲有用。用以施放煙屏隱匿虛擊，遮掩重要的地點或重要的行動，使敵人無從偵視。藥燭安設好之後，用電來燃點，有鋼筒攻擊的許多優點，而無其缺點。這種兵器的形式和性質，全都一樣，不過盛放的藥劑不同而已。所以只要舉一種來說說就殼了。

二輪砲氣神環毒煙燭爲兩格的鋼



發 煙 燭 圖

板一格接在一格的上面外面用石棉包紮好，下面一格約盛三磅的無煙火藥餅以作燃料，火藥餅上插一粒火柴頭，和塗磷的銅絲鉤，這是點火的設備。在這兩格的中間，有一個溝通的煙道。上格內裝兩磅重的藥劑餅塊，藥餅上面，有一個偏向器；偏向器的功用，便是使藥品起昇華，而不爲熱力所分解。當自燃着的火藥發出來的熱氣體，通入上格而經過二烩鹵氣神煨的表面時，即可使起昇華。結果生成極細的固體粒子，即成爲煙霧。

一枝藥燭，重量不過十磅，燃燒的時間，也祇有二分鐘，而所生的煙霧，則掩蔽力極大，且毒性也極強。效力足令人作嘔，咳嗽，嘔吐，其後便釀成身體和精神的衰憊。這種藥燭，最初都爲苦擾敵人之用，後來也有用來刺透毒氣面罩，使失效用，以便更毒的氣體，得以肆其荼毒的。

(c) 榴彈——化學的榴彈，即裝有毒氣，煙霧，或放火原料的一種射擊物。用手投擲或用鎗發射，由燃燒或爆炸的設備而分散。榴彈專供地面軍隊之用，目的在使敵人受創傷，屏蔽軍隊的行動，或遮藏細小的標的；也可以苦擾敵人和破壞材料。軍隊在進退攻守的時候，雖然也用這種榴彈，但其最大最普遍的功用，卻在於壕戰或相持的戰鬥的時候。榴彈的形狀，都是像桶的樣子的空心鋼板

的容器內裝爆炸的設備，和化學原料。手榴彈可以拋擲三十五碼之遠，祇用在短兵相接的時候，或攻擊接近的目標，如肅清隱蔽房或地下室等；也用來掩護和盲障或作攻人不備的襲擊等等。榴榴彈則射程有一百七十五至二百七十五碼之遠，用以攻擊一定地位的目標，尤其是在急進時候的目標。兩種榴彈，都可各別分爲二類——即爆炸類和焚燒類。現在不妨就每種來舉述一類。

就黃磷爆炸槍彈來說，這種榴彈，套在鋼條的上面，鋼條就嵌在槍口上，由特種的空彈藥筒，把它發射出去。這一種形式，爲五秒鐘定時引信的爆裂彈。發火用一種活機（即引信中遇激動時，能自活動而令發火之機件，這裏是一種鋼絲作成的小彈形的東西，）和定時引信的聯合機件，並利用商品的爆管。彈內約裝九英兩的黃磷，可以發生純白濃密而微帶酸性的煙霧，掩蔽力極大而無毒。燃燒的時候，同時拋出燃燒着的粒子，密如雨點，繼續約二分鐘之久。這種煙霧的範圍，大概有五碼左右的直徑。其功用，在屏蔽局部的行動，遮藏細小的標的，也足以使敵人受創傷，而使可燃性物體起火。此項榴彈，可以單獨使用，也可以同別種毒氣併合使用。

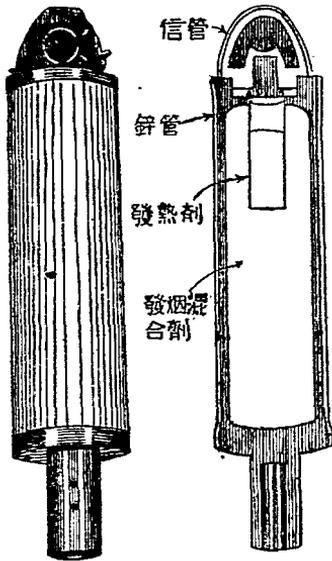
氯氣乙酮的發火手榴彈，爲一種五秒鐘定時引信的發火彈。發火用一種特製的彈塞，和定時

引信的聯合機件中，間利用不到一克重的黑火藥的爆發火花。彈內並且含有一種粗粉火藥的發火劑。所裝的藥，爲約一百克的混合物，其中約含百分之二十七的燐氯乙酮，百分之七的無煙火藥，其餘爲氧化鎂。可以發生淡藍色或無色的煙霧，有強烈的刺戟性，能使人軟弱無力，並淌流大量的眼淚。無論怎樣的用法，都是無毒的，同時遮蔽力也小。燃燒的時間，約計五分鐘。其較大的功用，在於肅清地下室和隱蔽房，使敵人非御毒氣面罩不可，並使敵人感受苦擾，此彈可與煙彈同用。

(d) 司托克白礮 英國所創用而後來交戰國爭相仿效的四吋司托克白礮，爲化學戰爭軍隊中步兵所專用的兵器。所謂白礮者，乃一種砲口裝藥的高射角兵器。由一個圓筒，一個兩腳架，一個平底板合構而成。裝藥和發射，只須把完全一發的彈藥放入砲口，彈底的爆管，即與筒底定位的刺鍼相接觸，每分鐘可以射二十發，實際每分鐘十發也儘數了，僅有效力了。白砲的高角度發射，使它的作爲，成爲從上而下，其勢力範圍，大概有二百至一千二百碼，遠近極易調濟。白礮用在射擊一定地位的目標物，是極準確的。附裝相當的機件，或者隨時拆卸，便也像機關槍那樣，可以移動。這種白礮用不論那種化學藥劑都適宜，而幾乎不論那種戰術的效能，都可從這種白礮得到。其最大缺

點，便是每個砲所需的彈藥，分量太重，並且發射起來，過於急速。然而這種情形，以及每個子彈的比較大量的化學藥劑，都足以使對於目標物，驟然作高強的濃度的發放——尤其在適合化學作戰的狀況時。

白礮和附件，總重量約計二百六十五磅。其圓筒為無縫的空心鋼筒，有光滑的砲門，直徑四·二英寸，長四英尺多。從底部到礮口，厚度不等。底部的爆管，也是鋼製的，爆管的末端作圓形，因此變成球狀，而與底板上的窩臼相承接。兩脚架是在安設砲位的時候，用來支架白礮的，有一個兩隻脚的礮耳，有可以調節高仰和轉橫的程度的機紐。此項兵器，所用的子彈，含有爆裂管，引信，和拋射藥。彈膛為鋼製的圓筒形管，爆裂管中有裝在銅管內的三硝基烴甲硝



司托克白礮用發煙彈

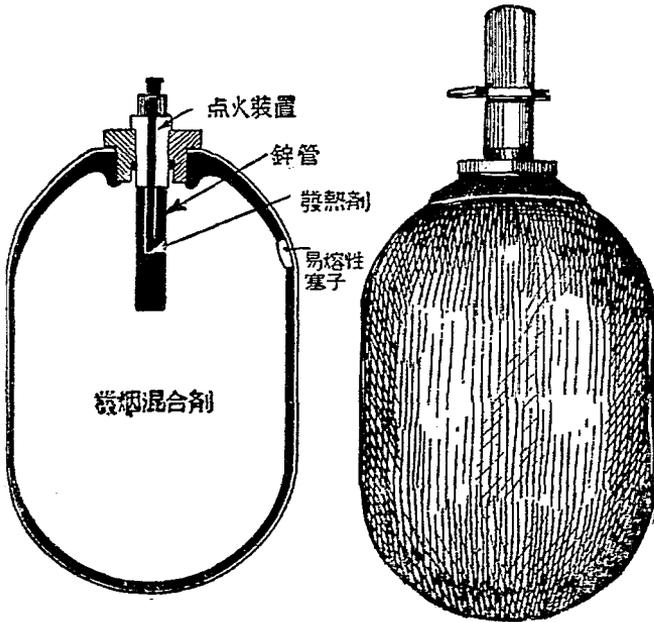
基碲 (tetryl) 有盛有爆酸錄 (fulminate of mercury) 的商品爆管，和一個氈墊。引信爲一個壓緊或擊發的信管。拋射藥爲十二支的彈藥筒，和火藥圈。火藥圈中便是無煙火藥粉。由一種子彈中所用火藥圈的數目的多少，可以確定他作爲的範圍。所裝的藥劑，從七磅的光成毒質，到十磅的黃磷，沒有一定。完全的一顆子彈，裝有引信的，重約二十五磅。化學的白礮，就在礮臺中發射，其數目自二三個至十五個以上不等。

(c) 李文射礮 這又是一種非常切合於化學戰爭的軍隊用的兵器，起先爲英國所創用，後來大家知道了之後，不久便很普遍的採用於各國。此項射礮，爲橫截面厚薄大小均一的鋼管，內徑約八英寸。礮裝在鋼板上，而按照特別掘就的壕溝成相當的角度安置着。藥料裝在一種彈殼中，彈殼的形狀，和冬瓜再像沒有了。藥料全體，重約六十磅，其中一半爲化學藥劑。

這種兵器，是用電發射的。每個礮口上裝着一枝鉛絲，鉛絲再連結着一塊的鉛，而同爆發機相接觸。每一爆發機，可發動二三十座的李文射礮。尋常大概一次排列着一百至一百五十座的李文射礮的礮陣，而同時發射。英軍攻擊楞次一役，有一次，發射了近二千五百座的李文射礮。這種兵器

的主要缺點，爲當安埋礮身的時候，需要不少的工人，並且祇能發射一次的藥料，發射一次之後，須得掘出來，重新裝設，到用的時候再埋下去。其優點則把毒氣鋼筒射到敵軍的陣地，到那里才始炸裂開來，在沒有預警的一剎那之間，驟然放出一股濃厚的氣霧。所以這種礮彈，比之大礮彈既多煙霧攻擊之妙，而又沒有像先前鋼筒攻擊的須仰助於風勢和氣候等的弱點。

二 戰術



李 文 發 煙 炸 彈

化學戰爭的目的，在幫助基本軍隊的成功，和一切戰爭的目標相同。化學戰爭關於這一點的貢獻，其有多項。如使敵人受創傷，因創傷的威脅，而使敵人不得不放棄重要的防地；使他們的注意力散亂；又使他們感到擾害的困頓，或遮迷他們的偵視力等。化學戰術的原則，便是目標物、藥劑、兵器等的選擇，和一般的戰爭原則的應用。

(1) 目標的選擇 目標的選擇，當然以重要者為主。但是對於友軍有危害的地方，也得鄭重審慎。又須特別注意目標物對於化學藥劑適合的程度。這種目標物大概就是敵軍的軍隊中心，或企圖攻佔的防地。目標地軍隊人員密集的數目愈大，則受創傷也愈厲害，這是一定的。

如果用不持久性的藥劑，則其目標地，必須在發射的時候已為敵軍佔領了之後。如果那個區域，快要為敵軍所佔領的時候，則可用持久性的藥劑，不過要算準敵軍大概能在藥劑的有效時間之內，到達那個地點才行。適合苦擾劑的目標，如司令部，交通線，工作隊，後備軍等都是。關於屏蔽的設施，應選擇對於敵軍可得最有效的盲障效能的目標地。適合於放火或破壞的目標物，大致為軍需庫，暫時隱蔽房等。持久的藥劑，大都在攻佔防地，和相持或逆擊，以及攻擊破壞隊用的。

(2) 藥劑的選擇 藥劑的選擇，隨使用的目的而定。例如光成毒質，是用在一定的目標物，專使敵人受創傷的。所用的兵器，要能在短時間內，發放多量的藥劑。因為它的性質是如此，所以應在攻戰之前來取用，或者在必要的時候，與煙霧同時合用。

芥子毒質，可用來使敵人遭受劇烈的創傷。用來攻佔防地，苦擾敵軍，挫敗士氣；又可用於相持不解的戰鬥。尋常都裝在小彈丸內，可以經過很久的時間。在正式攻擊之前，大概都不作大規模的使用，除非在進軍中，要避免危險地點的時候。

靖溴甲炔，用以苦擾敵軍。製成小彈丸而發射，少量即有殊效；且性能持久，所以在足以妨礙進軍的時候，不能用它。炔氣乙酮，用來逼迫御戴毒氣面罩，就是濃度低，亦已能有大效。對於面積頗大的敵軍，施加苦擾，此物最為相宜。用的時候與靖溴甲炔很相像。

黃磷原是用來供屏蔽和盲障的，但同時對於直接接觸的目標物，也能產生創傷和挫損士氣。可用在準備攻擊的時候，和正在攻擊的中間。

(3) 兵器的選擇 每種戰術所使用的適當兵器，要從各種兵器對於地位、形式、目標物的大

小，所用的藥劑和天氣等種種關係的特性而定。有關兵器的選擇的種種特性，如射距，準度，在某一時期內發放藥劑的分量，和地勢與氣候對於使用的影響等等都是。

例如李文射礮，射距較短，準度也較遜，但能於短時期內發放大量的藥劑。鋼筒則要受地勢和氣候狀況的限制，但是很精準，而能發放最高量的藥劑，其射距則要看所用的分量而定。藥燭的射距，也要看所用的分量，其他各點與鋼筒相似，不過不像鋼筒的笨重，不便移動。榴彈射距最小，發放少量的藥劑，其準度全視各人運用的才能而定。大礮很精準的，射距也大，且由於發射的迅速，能發放濃密的藥劑，但用在發射化學藥劑，覺得很不經濟。

(4) 戰爭的一般原則 從化學的立場看來，應用毒氣，以襲擊，集擊，協同動作，簡單化，為最重要的幾個原則。敵人於防禦和偵察的習練愈深，則襲擊的功効愈薄弱。自然這種情形，愈是增進，也愈顯得襲擊的方策的重要了。不論什麼藥劑的成功，大部分是直接以襲擊的方略為依歸，而往往因方略失當，致所期望的效果盡成泡影。襲擊貴於把計劃的方略，保守祕密，並選擇有效藥劑的能精明和審慎。

一種藥劑，往往因所用的分量，不足產生最大的效果，而歸於全然無用，此時便應利用集擊的方法。同樣各小部隊協同動作，策用合擊的計劃，也是戰術上使用化學藥劑極重要的一個原則。但是因為化學煙霧的迷漫飄散，相鄰的各小部隊的各別策略，應該隨時通達聲氣，而共同協調的使用一種藥劑。簡單化的原則，也應加注重。因為不但複雜的方略，容易因一小部分的疏懈而失敗，並且也難於合作，甚至反而容易增加友軍受無妄之災的機會。

(5) 戰術的一個例 現在舉戰爭中應用化學藥劑的一個例。譬如在準備攻擊期間，對於正在佈置的敵軍陣地，覺得可使用這種藥劑了。那麼應該怎樣用法呢？對於已經佈置妥帖，已在前哨陣地內的要隘，可用不持久性的傷害劑。對於同樣的陣地內，正在佈置的要隘，則用苦擾劑，使不得不去除面罩，因而阻礙工作。接在後面的陣地，就是所謂緩衝地，攻擊的遭遇第一次的真實反抗，將在這個地點，假定這裏已完成極強固的防禦線。緊接這個陣地之後，又是一道這樣的防線，不過正在規劃之中，尙未完成。那麼對於這樣的第一防線，只要使用多量的持久性藥劑，便可以攻破而驅退敵軍。至於其緊接着的一道防線，則多用些苦擾劑，使感受劇烈的苦擾已罷了。

這一道的防線經此搖動以後，其又緊接在後面的防線，也可以像起初的樣子攻破了。在這一方面，既因第一防線的攻破，而第二防線也受到苦擾，全部的戰鬪力，便大大的薄弱。所以利用這個機會，從這方面進攻，自然比別處來得順利。這樣一來，便形成了一道攻擊的路線。在第二個陣地，即所謂戰線，這裏凡堅築的防線，都可作苦擾劑的目標，使防禦工作發生障礙。

礮隊的陣地，可用持久性藥劑來攻破。司令部則用既苦擾而又傷害性的藥劑來炸燬。前敵指揮部，也可以同樣的處置。交通線則用苦擾劑來阻隔。鐵路終點，和軍需庫房等，都可作爲苦擾和放火藥劑的目標。

在這種作戰方略中，最適宜使用的兵器，對於戰線後方的陣地，當用大礮和飛機；對於攻破內壕的堅固要隘，當用射礮；至於連續的施行苦擾攻擊，則當用白礮。

這一種應用化學藥劑和化學兵器來作戰的例，僅爲可能用這種藥劑者之一。當進軍的時候，攻擊的時候，進攻，追擊，肅清，以及改編的時候，也都可斟酌運用。化學藥劑在種種的防禦上，不論守勢防禦，攻勢防禦，戰敗反攻，以及退兵上，都用得很廣的。

## 第七章 防禦

歐戰時第一次的毒氣戰，是對着完全沒有防禦設備，出乎意外而無力抵抗的軍隊攻擊的。這一仗以後所生的問題，第一件當然便是防禦的問題。事實上自從霹靂一聲，毒氣參加了戰爭以後，攻擊策略的發展，固然是千變萬化，而有效的防禦方法，也緊跟着日新月異，絕不鬆懈。說到防禦工作，就應從兩方面來看，即個人方面和團體方面。個人的防禦或團體的防禦，都不能兼供兩方面的需要，現在分別申說於後。

### 一 個人防禦

個人用的第一種防禦設備，是把五六層的法蘭絨，裹在洋紗裏面，而浸透於碳酸鈉和低硫酸鈉的溶液內。使用的時候，便把這東西塞在嘴和鼻孔裏，而用毛巾或別種包布縛住。這一種設備，如果敵方不用氯氣，而用別種藥劑，自然立見失效。但是等到一有別種攻擊到來時，便又碰見一種改

善的設備了。第二種便是所謂黑紗呼吸器(black veil respirator)跟着又有潑林古面兜(Prinlico helmet)，最後便是毒氣面具(gas mask)。

毒氣面具連帶有一個呼吸罐，罐中盛木炭，鹼石灰，和高錳酸鉀的混合物。當時所用的，同現在的大同小異。其後又加一個氈的濾器，以防禦當時創製的刺透性藥劑。無法防禦的化學藥劑，還沒有見過，以後恐怕也永不會找到。這樣說來，現在不論那一種，乃至一切的化學物質，如果把別種問題，置之不論的，確都能絕對的防禦了。可是於其他極實在而極重要的戰地狀況，究竟不能不有相當的注意。所以這絕對的防禦一句話，祇可說是竭盡能力的一種理想。仔細講來，實際上大概決不能得到絕對的防禦的。



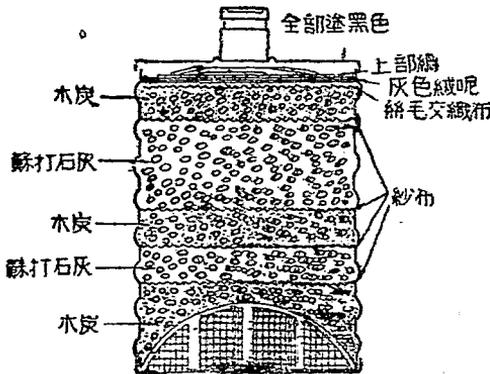
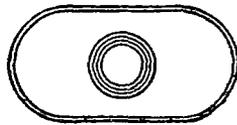
防毒面具圖

戰爭用的毒氣面具，須適應下列各點的需要：（一）御戴舒適輕便，因為往往須戴很久長的時間，而同時又為絕對需要的戰具，必須隨身攜帶的。（二）完全適配，須既能防護眼睛，又得防護呼吸器官。（三）勿遮害視線，個人視線的範圍和清晰所受的影響，應力求其微細。（四）勿妨礙行動的自由，因為兵士的戰鬪力，完全要看他的活動能力的。（五）應求其不易碎裂，以免危險而節消耗。（六）對於天然呼吸的障礙，須求其微乎其微。（七）吸收罐必須確能把吸入的空氣濾清，不論那種煙霧、毒性固體，和致命的蒸氣，都要能過濾去。（八）吸收罐和內容物在機械方面，應求其堅固，在化學方面，應求其穩定，因為它往往要支持幾個星期乃至幾個月壽命。（九）構造應簡單，盡人易曉。（十）製造費用，須求簡省，容積卻要宏大。

最新式的美國面具，對於上面這幾種條件，雖然同別種的面具一樣，終不失為僅是一種差強人意的東西，但可以說已能實現到最高的程度。就上面的需要而言，已能收最高度的防禦功效。這種面具的防禦能力，對於侵害肺臟的藥劑，效率固高，對於侵害皮膚和身體其他部分的藥劑，則效率低薄。從這種種情形看來，兼之事實上往往有突如其來的襲擊，攻人不備，所以決不能希望絕對

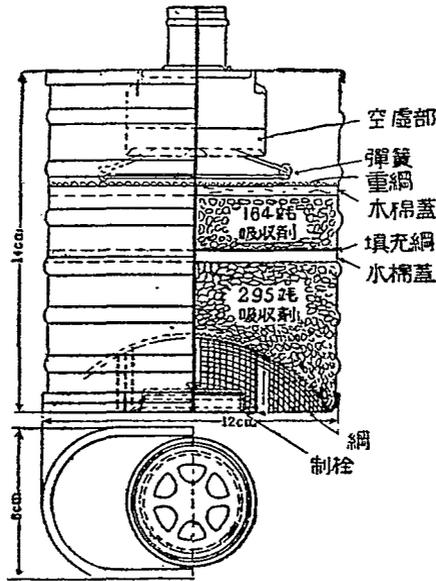
的避免毒氣戰爭的損害。一仗戰爭之後，總得釀成幾個傷害者，而化學戰爭的所以重視於世，也就在此。防禦訓練的目的，祇在求這種傷害者，數量上減到極低限度的稀少而已。隨時檢查各個兵士的面具，有沒有漏氣或有無他種缺點，都是對於戰鬪力有關重要的。各個兵士如能確信他的面具的功用，運用熟練，而洞悉它的結構，便可緊獲得最高度的防禦成效。

毒氣面具的功能，在把吸入的空氣提淨，濾去煙霧，毒性固體或毒蒸氣。面具共分三大部，就是吸收罐，波狀管和面罩。吸收罐為長方形的錫製箱匣，有三個入口，都在罐頂的地方，所以供空氣出入的。空氣進口的兩個孔裏面，裝着一個橡皮的阻



美軍面具吸收罐 A 型

塞瓣，使呼去的空氣，不致從這兩個口逸出。出口的一個孔，像鼻尖的樣子，裝在兩個空氣入口之間。面罩的大小，恰合面孔。質料為特種的橡皮化合物，其外層為一種稀鬆的織物，適當眼睛的地位，有兩片玻璃透鏡，裝在金屬框內，面罩用可以調整大小的板帶繫牢頭上，罩的上面也有一個瓣，罩內呼出的空氣，就從這個瓣送出。波狀管從吸收罐中導純淨的空氣入面罩內，它的構造雖盤曲彎旋，也不致縮狹或阻絕空氣的通路。全副面具，先裝在小皮囊內，而背在左腋下，用板在右肩上繞過腰圍的布帶縛住。當使用的時候，祇須把面罩取出戴上臉面就行。



美軍面具吸收罐 J 型

吸收罐的主要部分爲吸收劑和濾器。吸收劑可以吸收除毒煙或刺透劑外一切毒性戰爭藥料。濾器就藉簡單機械的濾過方法，以去除這種不能吸收的東西。製造濾器的物料，其孔隙的細微，足以遮住極細碎的毒煙，而對於呼吸上不致發生重大障礙。吸收劑的防禦能力，最強最優的爲鹼石灰（Soda-lime）和用椰子、胡桃等果核及殼所燒成的炭的混合物；鹼石灰中須飽含高錳酸鉀。

吸收作用的速率，爲毒氣面具所用吸收劑的要素之一。一個正在動作的人，從吸收罐內吸進空氣的速率，平均爲每分鐘五十呎。在標準的吸收罐中，這樣的速率與每秒鐘約十呎的平均線速度相當。所以平均起來，某一小量的空氣與氣體吸收劑接觸的時間，僅僅〇·八秒鐘。這樣說來，從空氣中除去毒性物料，當然是極短極短的時間內的事了。並且這種毒性物料的除去，又必須非常之完善，進入吸收罐的氣體濃度，雖或能多至〇·五%，但即斷斷續續的漏進〇·〇〇一%（空氣百萬分中含毒氣十分）已足使人立刻感劇烈的不舒適，如果是連續的漏進，則雖少至〇·〇〇〇一%，也是釀致命的危險。因此吸收劑必須把毒氣從譬如每百萬分中一千分以下的濃度，在〇·八秒鐘以內的一瞬間，減至每百萬分中一分的濃度。這件事現在的毒氣面具所用的吸收

劑已能應付裕如。實際上單單炭一種，可以把流動極速的空氣每百萬分含氣苦味質七〇〇〇分的濃度，在〇・〇三秒鐘以內，減至每百萬分〇・五分以下的濃度。那末炭可以說是具有對於戰爭毒氣最大的吸收能力，此實為吸收劑必不可缺的第一要點。

吸收劑的吸收容量也差不多有同樣的重要。吸收劑的壽命當然要以月計，如果要每個星期或每隔幾天來輸送和代換新的吸收罐藥料，自難辦到。並且祇有比較少量的吸收劑，為人所樂用，因為兵士的器械，每一立方寸的空間，每一兩的重量都得設法經濟到省無可省的大小輕重。所以非以極少量的吸收物料，而得這樣很大的吸收容量不可。這件事在現在用了一磅以下的吸收劑（炭六・四盎斯和鹼石灰七盎斯）即很有成效。又吸收劑必須把所吸收的氣體保留牢固，不使以疏鬆的結合，而容留在吸收劑上。如結合疏鬆，則當經過吸收罐呼吸空氣時間略長的時候，便會有極微量的氣體漏進，同樣吸收劑也必須是極靈敏而善轉變的，對於一切戰爭毒氣都得非常之強有力。如果一般軍用上要設備好幾種不同的吸收罐藥料，便非事實所許。戰爭時每每會碰到幾種新奇而未嘗經驗的氣體，吸收劑在這種情形下，也必須要能收防護之效。

毒氣面具吸收劑在機械方面必須十分堅牢穩固，要耐得住軍需品所常遇到的運輸上和使用的粗魯處置。須不受化學的侵害，也不受不利的氣候的影響，而一方面對於經過這東西的呼吸的障礙要低微。如果最後的一點辦不到，那末兵士們往往會不時被迫去除他們的面罩，結果不免中毒致死。這一點應從算準吸收劑的多孔性入手，要這種孔隙細至足以吸住任何氣體，而同時又粗大得足殼令空氣通過，沒有多大的窒礙。炭的東西，對於這許多條件，幾乎全部非常切合，但是單單炭還不能說是一種完善萬能的吸收劑。第一，它對於某幾種易揮發的酸性氣體，如光成毒質，蟻酸等的容受量太小。第二，有幾種氣體最好是藉氧化作用來處置，而這一件事，單靠炭是不行的。最後，炭不能把某幾種揮發度較大的氣體吸收得十分牢固。因為氣體的被炭所吸收，幾乎全是藉物理的吸着作用，所以等到吸取的量有些多了，便會發生雖小而實確切的蒸氣壓來。

因為要彌補炭的這種缺點，所以就混加鹼性的氯化劑在裏面。所用的東西，為顆粒狀的鹼石灰，含有高錳酸鉀。這一種吸收成分，對於酸性毒氣有非常之大的容受量，而能殼與一切容易氧化的氣體起氧化作用。這東西差不多成爲一個受器，把只靠炭不分彼此所吸住的種種氣體，永遠固

定在那裏。此時氣體從炭到鹼石灰，其間確有一種真實的讓渡情形，雖很緩慢，卻是連續的。鹼石灰吸收氣體，非常牢固，決不會有洩漏的情形發生。並且它能隨溫度和溼度而轉變，更爲可貴，溫度增高，它的反應更其容易，而炭則效能減弱。所以完全的吸收罐藥料，不因氣候而起變化。

鹼石灰的吸收能力，倒並不極端重要，因爲它已與吸收力極強的炭相混用了。但是它的吸收容量則必非常之高，就靠着它這一點來吸住極大量的毒氣。製造適當的鹼石灰劑時，最大的困難，大概要算獲得必不可缺的機械和化學的穩定性。現在一般通用的東西，含有消石灰、水泥、硅藻土、水分，少量的氫氧化鈉，和稍多量的高錳酸鉀。消石灰爲吸收性的主幹，專管一切氣體的吸收。水泥的惟一目的，爲使全部機械的堅固，耐得住戰地的情形。對於鹼石灰的吸收容量，顯然有衝突，但已經要算可供此處用途的諸物質中弊端最小的了。硅藻土的加入，一半是防止鹼石灰因驟加水泥而減低孔隙性。這是非常希奇的一件事。但是硅藻土的加入，減不了混合物的硬化性。氫氧化鈉的功效，所以保持適量的水分，同時也具有初期吸收的能力，因此可以給石灰從容的吸收餘剩的氣體。水分應保持約百分之十的比例，完善的吸收罐藥劑，在這樣的狀況下，反應最爲得力。所以還得

規定含有這些分量的水。最後，高錳酸鉀的加入，爲一種強氧化劑，以處置戰時所採用的某幾種毒氣，這種毒氣用現在所有的吸收劑是無法防禦的。所以實在是防禦新氣體的一個保證。

理想的吸收劑，其孔隙性須要微細到足以呈露非常大的面積，吸收劑的強弱，大部要看所呈露的面積而定。故如炭屑，其孔隙多半是極端微細的。如果把吸收液的蒸氣壓曲線的線坡研究一下，便可計算孔隙的平均直徑（假定是圓筒形的）約  $5 \times 10^{-7}$  厘米。根據這一點，一立方厘米的活性炭，當具有面積約一千平方厘米。至於以固態懸浮體而發射的化學戰爭藥劑，則不能爲吸收劑所吸收。這種東西，可由吸收罐中的氈墊來處置，空氣在未吸過吸收劑之前，必先令通過氈墊。結果所成的設備，效能非常神妙，在戰地的狀況下，可以獲得最高度的防禦效果。

## 二 團體防禦

這一項下，包括面具以外凡可供集合人員防禦的一切設備——面具當然也是此等設備中必要的一種。凡毒氣蔽護區，用化學藥物破壞或中和戰爭藥劑，防護物料，偵察和警信設備，以及專門軍官的訓練等的設備和方法，都包括在團體防禦之內。

(a) 毒氣蔽護區 毒氣蔽護區包括一切密圍的場所，其構造可以抵禦毒氣的侵入。尋常如營棚，地下室，或篷帳，備不戴面具或受傷的兵士們休憩的地方，電話中樞，指揮部，司令部等都是這種蔽護區的構造，自然以免除通風為主要原則。要免除通風，須該場所容易弄成不漏氣，而入口的構造又須能排除毒氣的侵入。排除毒氣侵入，祇要利用一種複門的方法。複門大都用氈毯作成，其布置方法，恰使二門之間成立一種空氣閉鎖的狀態。此項氈毯，常經化學藥品處理過。也有裝置換氣設備的，不過一般都不用。

(b) 藥劑的破壞 理論上一切化學藥劑，都能被他種化學藥品所破壞或中和。但沒有一種化學藥品可普遍的應用。故此，凡利用這一種原理的時候，須先認明所欲防禦的藥劑是什麼，並須懂得中和應用的適當化學藥品。此一原理的應用，當然極有限制，因為在戰場上要靠中和藥劑來與毒氣敵抗，明明是辦不到的，祇有幾種較持久的藥劑，如芥子毒質等，使用到指揮部，司令部，交通線等各區域來時，則可應用這一種防禦的原理。

(c) 防禦物料 戰爭用的化學藥劑，有許多對於金屬，食物等有破毀的效能，故此，一切金屬

物料、食物和給水等的防護，也是絕對的重要。這方面的防護法，祇在豫備防護的貯器，或設置防禦毒氣的軍需庫。

(d) 警信設備 此項包括發佈毒氣攻擊的警信的種種設備。其原則即為毒氣巡哨兵的全部訓練，認識和判別毒氣的能力和配置與發佈警信的簡捷。發佈警信時用號角，金屬三角震動器，和其他極易發聲的設備。至於傳達全部的警信，則用普通的通信方法，如電話、無線電話等。

(e) 專門訓練 此項包括設計軍官對於毒氣，攻禦的專門指導。熟練的軍官知道在某種氣候，應用毒氣最為得力，所以他們常在規候什麼時候的狀況為最合適。其中往往也包括地點和時效的考察。

專門軍官每能藉偵察敵人的行動而預言一種攻擊的來臨。蓋如準備毒氣攻擊的時候，需要許多的夫役來佈置地位，搬運應用物品等，所以很易偵察。還有，煙霧或射礮的幾種攻擊，在到達戰線之前幾秒鐘已可偵知，在這一霎時內，便可發佈警信，此外也可用飛機來作偵察的工具。毒氣又往往有透過衣服的，所以軍官必須隨時計劃適當的防禦方法。

## 第八章 社會對於化學戰爭的誤解

現代的戰爭，比起古代的戰爭來，破壞力似乎要厲害得多，並且也慘酷得多。這並不是現代的武器，真比古代的來得凶猛。其主要的原因，實由於現代文明的進步，運輸交通和通信機關的發達而致。

試想像歐戰的時候，運輸交通通信機關，已發達到同現時一樣。假定當時的武器是用弓矢刀槍，那末在一九一四年的秋天，幾百萬的德軍，立刻可以殺到法國境地，英法比各國的協約軍隊，也可以在頃刻之間，輸送到戰場上。此時橫互數百里的戰線，只聽見弓鳴矢響，只看見刀光劍影，殺聲四起，震天地，崩山嶽。結果立刻可以成爲一片屍橫遍野，血流成渠的修羅場。只要經幾個星期，至少兩方都可以有過半數的傷亡，而兩方的勝負，也立見分曉。更何至延長到四年之久，成爲世界大戰呢？然而世界大戰，雖沒有到達古代用刀槍劍戟的那樣慘酷的結果，但是物質犧牲之大，元氣斷喪

之鉅，儘足令人聞而股慄，咒詛戰神的凶殘，怒宥歷史上既往的陳迹，而不肯輕饒目擊的現實，豈徒因人類的健忘性而使然？

當時操縱戰爭的武器，固然有種種的新花樣，如潛艇，齊柏林，坦克車，電礮，列車礮，飛機彈等，但是最露頭角而最是惹人注意的，自然是那變化多端的，把化學藥品應用到戰爭上的一件事了。世人在已經遺忘歷史上更悲慘的戰爭之後，對於這種新奇的化學戰爭，不免大驚小怪。世人盲從了報紙的宣傳，和槍礮製造廠嫉妒的運動，因而引起莫大的誤解，認為殘害人類的巨慝惡魔。其原因一半由於那般倡導和平的非戰主義者，在那裏大聲疾呼，張大其詞，竟使我們認化學戰爭為最不入道的一件事，為一切戰鬥方法中最殘酷的一種；一半也因為世界上對於化學本身不了解的太多了，還有許許多多的人，一聽到化學兩個字，便聯想到玄奧神祕的境界，又聯想到危險的煙霧氣息，以及劇烈的毒質等等。

實際上現在化學戰爭的為人所懷懼嫌惡，與刀、槍、弓、矢、鎗、礮、炸彈、魚雷、潛艇的初見使用時，正復相同。刀槍弓矢，固然不必說了，鎗礮炸彈，在現在也聽慣見慣了——可是當時也會有許多武人

加以斥責和非難的——至於魚雷潛艇，在今日也不覺有什麼特別的危險了。所以在沒有確知一種新的兵器，於戰爭乃至人道上的影響之前，殊不可貿然加以評估，貿然認爲比以前的武器更來得凶猛殘酷。試想炸彈一擲，聞者失措，死亡枕籍，潛艇偷襲，千百人同葬魚腹，這算合於人道嗎？比之化學戰爭，究竟那一方面爲凶殘慘酷？實際估計，用炸彈殺人，比之用芥子毒氣殺人，慘酷的程度，前者約十三倍於後者，用地雷轟擊敵軍一隊，和用氯氣來攻擊一時不備的同樣敵軍一隊，其結果誰是凶猛，也不言而喻。

歐戰時美國弗里斯將軍 (General Amos. A. Fries) 的報告中說：

『……受毒氣的傷害而喪生的，一千人中有三四十人。死於爆炸物的，則要多得多，約二百至二百五十人。至於傷廢殘弱者的數目，雖沒有可靠的統計，未能確言其數，不過從輪船載回的傷兵看來，知其必非少數。這都是炸彈之賜。如用毒氣，便沒有這種慘事。吾們的軍隊中，很少有盲目殘廢的，就因爲德國人比較的常用毒氣之故……』照這樣看來，反對使用毒氣，實爲非計。實際毒氣倒是最合人道而最優良的戰具，遠勝於可怕的炸彈，且其阻礙敵人的窮追，防止炸物的爆發功效亦

很大。

總之對於化學戰爭反對論的，不過是神經過敏而已。新奇的事件，每爲人們所恐怖，未知的東西，每爲人們所疑懼。這種情形，也可以說是根本由於人類惡戰的心理，故戰法愈新，憎惡愈甚。實際新兵只因爲順應某種需要而使用，其效力何嘗有意想那樣的厲害，有時恐怕還不如先前哩。

## 第九章 化學戰爭的效果的可能限度

因使用化學藥劑而構成人類的不幸，理論上的可能性恐怕絕無窮限。譬如芥子氣的毒性，已是六十倍於光成毒質——只須二十尅，很快的吸入肺中，便足令人致死。——照這樣的比例，一噸的芥子氣便足夠殺死四千五百萬人，比當時參與歐戰的各國的戰士總額還多。不過當歐戰時共用去的芥子氣，有一萬二千噸之多，而中毒的卻只有三十五萬人，其中喪生致命的，又僅及百分之二·五。機關鎗的彈子，一顆可以貫穿三個人的身體，而一枝機關鎗，每分鐘可以發射二百五十次。但這也並非指一枝機關鎗每分鐘便能殺死七百五十人，或者只要三枝鎗在二十四小時內就可使全上海的人都喪命的話。可是許多人對於毒氣，卻竟形容到那種不可思議的樣子。

理論的可能性和實際的結果之間的所以相差，有好幾個理由。

(一) 在戰地田野內，決不能得到充分的濃密。祇要依據蒸氣壓的量測來簡單的計算，便可

以知道光成毒質所能達到的最高密度，爲每呎空氣二·〇五克。可是實際上決不能達到這種密度，其理由前已詳述。但如果已經確認祇要每呎空氣中有〇·〇〇三克的光成毒質便足致人死命，而比此遠小的密度，也足使中毒受苦，那末這顯然就可利用於化學戰爭中了。

(二)藥物的散佈不能徧及全體敵人。譬如在戰地上，風的速率爲每小時四英里（這是一種和緩的微風。）在這樣的風裏，任何地點發放和氣化出來的氣體，至一分鐘之後，卽到達離開三百五十二英尺遠的地方了。而當被風吹去的時候，同時有許多氣體，上昇空際，高過人體數英尺以上，於是實際上便成了無害於人，等於一顆空費的子彈一樣。

(三)因氣候的狀況而致氣體失效。戰爭用的化學藥劑，有許多可爲空氣中常有存在的水蒸氣起加水分解，因此便往往喪失它們的功效。故當溼度甚高的天氣，此種氣體比較的沒有多大效力。還有，蒸氣壓較高的幾種東西，在和暖的日子，氣化太速，無從保存，而蒸氣壓較低的，在寒冷的日子，又氣化太慢了。

(四)防禦的方法繁多。當時所製備的毒氣面具，在戰爭的立場上看來，實在是一種可驚的

防禦法。計算起來，可以知平均某一少量的空氣，在被吸入肺內以前〇·八秒鐘的時候，還正在同毒氣面具的吸收物相接觸哩。可見提淨空氣中的一切毒質，只在極短極速的一瞬間而已。並且這種提淨作用，必是非常之完全，因為這種物質在空氣中的密度，或能達到例外的數值，如百分之〇·五等。如果不時漏進百分之〇·〇〇一（每百萬的空氣中有氣體十分），便足以釀成危險的結果。如果連續的漏進百分之〇·〇〇〇一（每百萬分空氣中有氣體一分），也已足令感受強烈的痛苦。換句話說：便是面具的吸收能力，必須把氣體的密度，自每萬分空氣中一千分的氣體，減至不到一分，而且必須於五分之四秒以內告成。再則，又必須雖非常長久的露在空氣中，卻仍能繼續不絕地這樣吸收。現今的面具中，含有果核的枯炭，以及蘇打石灰的粒子的，頗適合於這種條件。

防禦自然也決不會怎樣完全的。如果能夠完全，那末化學藥劑也祇能用來擾亂敵人，不足產生傷亡了。也不用各國的憂世之士，博愛之徒，對於毒氣問題紛紛的爭論了。就新的藥劑隨時會得發明，而使用這種藥劑的技術，又日有新猷上看來，說要防禦得完完全全，實在真是辦不到的事。並且防禦的設備，往往限於一定的地段，在這地段以外便無能為力。事實上防禦設備的功効，同軍隊

對於毒氣的訓練成正比例。如果沒有這種訓練，便無論設備得怎樣完密，還是全然不能確收防禦之效的。

## 第十章 化學戰爭的將來

化學戰爭將來的發展，有許多有趣的可能性，是一定的。至於說將來用的氣體，一定比現在既有的更毒更兇，恐怕倒未必然吧！一般的報紙雜誌，往往慣常宣傳着又有某種某種新而強烈的毒氣發明，比芥子氣要毒過一百倍，只要些微的一縷輕煙，便足殺死滿城的居民。實際上那有這樣的毒氣，並且也決無發見這種氣體的希望。現在化學家所知道的有機化合物，總數約計二十萬種。戰爭藥劑即由最賦天才的研究者，就這一個數目中選擇出來的，以能完全合於用作毒劑為標準。照此說來，發見一種更毒的物質的機會，實在是絕無僅有。實際上有毒的化合物，似乎也有一種限度，而現在必定也差不多已經到達這個限度。這種言論，據前美國陸軍化學戰爭股 (Army Chemical Warfare Service) 米爾博士 (Dr. J. E. Mills) 說，有兩層理由：(一) 現有的戰爭毒氣的選用，幾乎已是一般專家絞盡腦汁，窮思竭想而得的，恐怕再也想不出別的什麼更強的東西了。好

比運動會中的競賽一樣。一回成立了一個世界的新紀錄以後，這個紀錄也許要降落的。實際上雖然再加極度的努力，也許竟是枉然。終於相差極微，再趕不上以前某一回的頂點紀錄。（二）以芥子氣爲例，二十釐已足夠殺死三百萬倍於其重量的生物，恐怕沒有人再能設想這種差量，還會無窮的增大上去了吧！

再就化學上說來，氣體或富揮發性的液體，即可供戰爭用的東西，大概分子量很小，而構造也很簡單。這樣構造簡單的物質，現在差不多都知道，將來就是有什麼有毒的軍用物質發見，爲數也很有限了。

一方面防毒面具所用的炭素，分子量既大，且由其化學的構造和性質的關係，容易吸着毒物而除去它。這一類的複雜物質，卻很有增加出來的希望。所以攻擊方面的工具，顯然不會再有多大的發展，而防禦方面的工具，卻真如起始開映的影片，正在一幕一幕的展演出來哩。

但是丟開上面的話不講，就毒性而言，我們現在所知道的化學戰爭藥劑，已是盡善盡美。所以將來的發展，大概是要按照下面的幾條目標做去：

(一)用新的藥劑和方法來制勝現有的防禦設備。

(二)發明一種新的藥劑，要它接近敵人或存留某地時，預先絕無徵象，以收迅雷不及掩耳之妙。

(三)發明一種不能持久的起泡劑，則可利用此種特性，而無須設法避免它侵及自己的軍隊，致有投鼠忌器之弊。

(四)改進刺透的效能，要使沒有預警的攻擊，或以毒氣體含蓄在他種氣體內，或加增分量使密度增大的種種襲擊的能力提高起來。

此後當然要繼續的使用化學戰爭藥劑，有好幾種理由：第一層，歷史上告訴我們，武器的制限是絕不可能的。所以此後一旦發生戰爭，便無疑的是化學戰爭。要禁止這種藥物的製造，也是枉然的，因為無論製造染料，肥料，酸類，和其他重要化學物品的各種工廠，一方面便是產生化學戰爭藥劑的工廠。有許多地方一旦製造起戰爭藥劑來，都是無須把現成的機械重新裝置過的，有的至多不過費數日乃至數星期的工夫，便可產生多量的藥劑了。

第二層，化學戰爭實在是一切戰爭方法中最合於人道的，這或者有人要目爲奇談，或指爲有意庇護化學戰爭的矯詞，但是請一看下面的事實，便可釋然。當歐戰時，德、美、英各國的軍士，受毒氣傷害的總數，計三十三萬零三百九十六人，其中傷重喪生的，計九千七百六十三人或即百分之二·九。而因其他兵器傷害的共有六百二十六萬四千五百零七人，其中不救的有二百五十五萬二千九百三十一人，或即百分之四〇·七。戰時所射擊的毒氣彈和猛烈炸彈，二者的總數雖然沒有什麼可靠的比較，但是可以相信，毒氣彈所產生的傷害額至少可以與猛烈炸彈相等。而同時需要的人工和材料卻要比尋常的兵器所需要的少得多。照上面的數目上看來，毒氣的致人受傷的能力，固然是非常之大，可是同時它所釀成的全喪生命，卻差不多要四十五倍之多。毒氣的發作，實在也沒有多大的痛苦，而猛烈炸彈和榴霰彈，卻足以把人體炸裂或毀損一部分。衝鋒肉搏的時候，訓練着軍士們，把鎗刺向敵人的胸腹亂戳，並且還把刺入的鎗刺頭捲轉一下，這當然不是一件頂有趣味的玩意兒吧！平平聽來也會令人毛髮悚然，神經緊張的，何況身受者，難道感到比毒氣更好的味滋嗎？還有病院內毒氣傷害的兵士，病愈出院的日子，也要比尋常受傷劇烈的早得多，所以他們

就是感受些苦楚，也比較的短暫得多。至於受氣而不救的，那也至多同傷害者受同等的痛楚，不會更厲害的。

毒氣戰爭還能設法改進，使它恰如我們所期望的與人道主義相合。它的效果，實在不必定要致敵人於死命，或產生劇烈的苦楚。對於無抵抗無防禦的叛衆，尤其只須用幾種平和的使敵人困憊的藥劑，因而驅散他們便行。反轉來，倘然一旦發射了鎗彈或礮彈，倒反毫無捉摸，而真正能使人受傷，完全是碰機會。因此如果真從人道的立場說來，顯然的凡鎗刺、炸彈和什麼盒子礮，來福鎗、機關鎗、大礮等等，都應在禁用之列，而化學戰爭則實在不用算進在內。

第三層，化學戰爭在經濟方面說來，也是最合於理想不過的。並且又是歷來採用的防守法中，最最完備的一種。用最強有力的藥劑來攻擊，還不如利用它來防守有效得多。所以毒氣原來是用在阻拒敵人的侵襲的，其餘無論用在怎樣的情形之下，都是不很佳妙的。因為利用毒氣的軍隊，足以阻礙自己的行軍。然而也不應堅持着，以為用價廉而力強的藥物來得便宜，因為比較浪費而殘酷的軍士們，往往要輕視這種低廉物品而隨意投擲或拋棄。

我們又時常聽到有一種新的毒氣發見，它的效能之大，從飛機上擲下十個這樣的毒氣炸彈，便足以把像倫敦、紐約、柏林那樣大的都市中全體的居民完全殺死。這又完全是一段笑話。就使擲下的時候，稍微留意到市民麋集的區域，那不論現有的什麼物質製成的十個炸彈，也至多不過在距離各個炸彈炸裂的地點一百多碼的範圍以內，損傷了比較不能算多的若干人罷了。如果用毒氣攻擊而要使一個毫沒防備的都市，造成極可怕的結果，那就非用許多噸的毒氣製成異常濃厚的毒氣不可。只是靠着十個，那怕二十個，一百個的炸彈，是絕然無濟於事的。在五方英里的一個區域內，要布滿三十英尺高的毒氣，便需八十噸像光成毒質等的毒氣，方始可以得到一萬分空氣中含一分的濃度。這樣的濃度，如果一個沒有防禦的人在其中呼吸一小時當致死命，但是全部至少大多數的居民，都可以很簡便的避免受害，只要在最初有一種危險的徵兆或警告的時候，大家都躲入尋常不通風的屋子裏去，把所有的窗戶門牖乃至換氣洞等都關閉起來。經過短短的一個時期，空中的風便能把毒氣濃度慢慢的減到遠在危險度之下了。

這樣的毒氣攻擊，究竟爲什麼將來決不會發生，也有幾個理由。道德上的譴責和立時的報復

等種種畏懼心，足以阻止任何國家對於絕無防禦的城市，使用兇殘而足以致命的毒氣。並且這一種攻擊，實在也無補於軍事。因爲即使要攻克這一個城邑，儘可使用淚氣或別種止於使敵人困憊的藥劑，不必傷害什麼人，也未始不可得到同樣的效果。還有一種致命的毒氣，這樣的來使用，便是把本來對於戰鬥員用起來很有力量的一種利器耗於無用，而成爲無目的了。最後，在歐戰的時候，條約和人道主義的運動，雖然被人毀棄，沒有多大的力量，卻也終於沒有對於非戰鬥員使用這種毒氣過。

所以凡是詬責毒氣戰爭有濫用之弊的，我們祇須把事實攤開來看！

世人經過了好幾年的經驗，已明知對於已有成效的戰鬥武器的使用，要設法來怎樣制裁，定出什麼國際公法等，都只是紙上空談，無濟於事。因此竟可以這樣的說：化學藥劑的使用，在現在和永遠的將來，恐怕終難中止，除非等到覺得它的效果又不及別種新方法來得巧妙靈效的時候。以關於化學戰爭是什麼。它的作爲是怎樣的？以及它的可能限度和將來的形勢。在現在還是不失爲時髦而又重要的事件哩！

## 附錄一 藥劑種類一覽表

此附錄僅以主要的藥劑爲限，各附歐戰時的使用國，它的毒性和發射用具。

其一（單體）

藥劑名稱	英	文	名	使用國名	毒性	發射用具
一氧化碳	Carbon monoxide			德	致命	
二氯二甲醚	dichloro-dimethyl ether			德	催淚	野礮(用作溶劑)
二氯乙砷	ethyl dichlorarsine			德	糜爛刺戟致命	同上
二氯甲砷	methyl dichlorarsine				糜爛刺戟	同上
二氯類噁烷	isocyanophenyl chloride			德	催淚刺戟	野礮
二溴乙砷	ethyl dibromarsine				致命噴嚏	
二溴二甲醚	dibromo-dimethyl ether			德	催淚	野礮(用作溶劑)

二溴醌	di-bromo-ketone				毒彈
二噲氣神煙	diphenyl chlorarsine	德	噴嚏致命		野礮
二噲氣神煙	diphenyl amine chlorarsine	美	噴嚏		野礮
二噲硝神煙	diphenyl cyanarsine	德	噴嚏致命		
三氯化硫	sulfur trioxide	德	刺戟發煙		手榴彈 地雷 野礮
三氯甲烷	chloroform	法	致命		(用作混劑)
六氯乙烷	trichloromethyl chloroform	德	催淚刺戟		野礮
丙烯醛	acrolein	法	催淚致命		手榴彈
四氯化鎳	Titanium tetrachloride	美	發煙		毒彈
光成毒質	phosgene	德英美法	刺戟催淚致命		圓筒 野礮 擊壕礮
芥子毒質	mustard gas	德英美法	糜爛刺戟		野礮
噲亞砷基光成毒質	phenyl-amino-phosgene				
噲氯乙醌	chloracetophenone	德	催淚		
氯化錫	Tin chloride	英美法	刺戟發煙		野礮 手榴彈 司托克 白礮 射礮

氯丙酮	chloroacetone	法	催淚	野戰
氯	chlorine	德英美法	致命	圓筒 雲狀發射
氯化碇	cyanogen chloride	法	致命	
氯甲乙三氯甲烷	chloromethyl ethyl chloroform	法	糜爛刺戟致命	野戰
氯甲酸三氯甲烷	chloroform chloroformate	德	催淚	毒彈
氯甲酸氯甲烷	chloromethyl chloroformate	德	催淚	毒彈
氯苦味質	chloroquinin	德英美法	催淚致命	藍球 白球 炸彈 鐵彈 礮
氯烴	chlorobenzene	德	催淚	野戰(用作溶劑)
氯甲烷	benzyl chloride	法	催淚	野戰
氯磺三氯甲烷	perchloromethyl mercaptan	法	催淚刺戟	
氯磺酸	chlorosulphonic acid	德	刺戟	手榴彈 地雷
氯磺酸甲烴	methyl chlorosulphonic acid	德	刺戟	地雷
黃磷	phosphorus, white	美	發煙放火	毒彈
溴二甲烴	xylyl bromide	德	催淚	

溴丁酮	bromomethyl ethyl ketone	德	催淚致命	野礮
溴	bromine	德法	催淚	毒彈
溴化砒	cyanogen bromide	奧	致命	野礮
溴丙酮	bromoacetone	德	催淚	
溴乙酸乙酯	ethyl bromoacetate		催淚	
溴甲炔	benzyl Bromide	德法	催淚	野礮
碘乙酸乙酯	ethyl iodacetate	德英	催淚	野礮 輕擲彈礮 手榴彈
碘甲炔	benzyl iodide	法	催淚	野礮
砒	cyanogen			
砒化氫(砒氫酸)	hydrogen cyanide	法	致命	(用作混劑)
砒甲酸甲炔	methyl cyanofornate		中毒	
砒溴甲炔	bromobenzyl cyanide	法	催淚	野礮
聯炔乙砒環	ethyl carbazole	德	噁類	
類砒砒丙炔	allyl iso-thiocyanate			彈

劉威毒質	Lewisite	戰後	糜爛	野礮
------	----------	----	----	----

其二(混合體)

混合名稱	比例	%	使用國名	毒性	發射用具
二氯乙砷 二氯二甲砷	2080		德	催淚致命	野礮
砷化氫 三氯化砷 三氯化錫 三氣甲烷	5153050		法	致命	野礮
三氯化砷 光成毒質	5050		英	致命	野礮
砷化二氯乙烷 四氯化砷	2080		德英美法	糜爛致命	野礮
氯 光成毒質	3070		英	催淚致命	圓筒
氯苦味質 光成毒質	2575		英	催淚致命	野礮 塹壕礮 射礮
氯苦味質 砷化氫	3565		英	催淚致命	圓筒
砷化三氯乙烷 氯 光成毒質	2080		德英美法	糜爛致命	野礮
砷化錫 光成毒質	4060		英法	刺戟致命	野礮

附錄一 藥劑種類一覽表







## 附錄三 毒氣戰之三時期

歐戰中毒氣礮彈戰爭開始之後可分爲三個時期。

第一期 一九一五年五月至一九一六年七月。此期間內，祇用了催淚彈。

第二期 一九一六年七月至一九一七年七月。此期間內，除催淚彈外尚用光成毒質彈，雙光成

毒質彈，氣苦味質彈等，而英國的呼吸箱（Box-respirators）則於一九一六年八月開始使用，至

一九一七年春普及全軍。

第三期 一九一七年七月以前。當伊泊爾之戰始用芥子毒質，此時英軍和美軍用呼吸箱，獲得

完全的防禦，法軍也用  $M_2$  面罩，其礮兵和軍醫隊則用 Tisot 面罩。

## 附錄四 主要藥劑使用年次

年次	月次(略定)	藥劑名	使用國	摘	要
一九一四年	二月	溴乙酸	法	裝入普通子彈	
一九一四年	十月	氯磺酸	德	加入榴散彈中的固形物	
一九一五年	一月	二甲氧基醃二噁溴 二甲醃	德	裝在十五糎礮的擲彈內用來攻擊俄軍	
一九一五年	四月	氯	德	成雲霧狀使用於伊泊爾之戰	
一九一五年	六月	溴	德	阿爾克痕之戰開始使用液狀窒息用	
一九一五年	七月	溴甲醃	德	液 催淚用	
一九一五年	八月	氯磺酸甲醃	德	液 窒息用	
一九一五年	八月	氯甲醃 氯甲醃甲醃	德	液 窒息用	
一九一五年	夏	氯和光成毒質混合	法	雲霧狀氣體用	
一九一五年	八月	溴丁醃		液狀窒息用	

附錄四 主要藥劑使用年次

一九一七年	秋	光成毒質	德	重攪彈礮射礮可達三千呎
一九一七年	九月	氯化類增燭	德	液中毒性
一九一七年	九月	二燭氣神燭	德	液同右
一九一七年	九月	二燭氣神燭	德	裝入子彈內的固狀藥
一九一七年	七月	芥子毒質	德	毒彈即所謂伊泊爾毒質
一九一七年	五月	氣苦味質		液窒息催淚
一九一七年	春	光成毒質	英	毒彈用於重攪彈礮
一九一七年	春	光成毒質	法	塹壕礮毒彈
一九一六年	年	雙光成毒質和氣苦味質混合	德	毒彈
一九一六年	未	丙烯醛	美	
一九一六年	秋	硝基酸	法	毒彈
一九一六年	夏	雙光成毒質	德	貝爾且之戰時用於毒彈
一九一六年	七月	氯甲酸三氯甲烷		液狀窒息用
一九一六年	春	光成毒質	法	全部裝入子彈內

一九一八年	春	芥子毒質	法	毒彈
一九一八年	四月	二氯乙砒	德	液狀中毒性
一九一八年	四月	二溴甲砒		液狀中毒性
一九一八年	七月	二噲噲砒	德	固狀中毒性 毒彈
一九一八年	九月	酸噲乙砒	德	固狀中毒性

# 附錄五 毒氣彈記號色別表

國名	色	用途	彈名	主劑
英國	灰色地	催淚	SK彈	碘乙酸乙燒
英國	灰二色地	窒息	CG彈	光成毒質
英國	紅灰一色地	催淚	BA彈	磷丙酮
英國	紅三色地	糜爛	HS彈	芥子毒質
美國	紅一條	催淚	持久性彈	溴丙酮
美國	紅三條	糜爛	持久性彈	芥子毒質
美國	白一條	噴嚏	一時性彈	二輪氣神煙
美國	白二條	窒息	一時性彈	光成毒質
美國	紅一條	催淚窒息	持久性致命彈	氣苦味質
美國	黃一條	發煙	發煙彈	黃磷

附錄五 毒氣彈記號色別表

德	德	德	德	法	法	法	美	美
國	國	國	國	國	國	國	國	國
黃 十 個字	青 十 字	黃 十 字	紫 十 字	黃綠 一色 條地	白綠 一色 條地	白條 二色 條地	條紅 及 條紫	黃 二 條
糜爛	催淚	糜爛	窒息	糜爛	窒息	催淚	放火	發煙
	青十字彈	黃十字彈	綠1號彈	17號彈	5號彈	42號彈	放火彈	發煙彈
和黃十字同混有猛烈炸藥	二燐氯砒燧	芥子毒質	雙光成毒質 氣苦味質	芥子毒質	光成毒質	毒化靖 三氯化砷	磷	四氯化鎢

# 附錄六 世界大戰一覽表

一九一四年	八月三日	德法開戰
一九一四年	九月	瑪倫 (Marne) 大戰
一九一五年	一月二十七日	德潛艇開始襲擊英船
一九一五年	四月二十二日	德軍於伊泊爾向加拿大軍和法軍開始毒氣攻擊
一九一五年	五月三十一日	德飛船徐柏林 (Zeppelin) 第一次襲擊倫敦
一九一六年	一月	英軍撤退加利波利半島 (Gallipoli)
一九一六年	二月至六月	凡爾登 (Verdun) 大戰
一九一六年	五月	裘脫蘭 (Jutland) 英德大海戰
一九一七年	四月	美國參加戰爭
一九一七年	四月	索松 (Soissons) 和香賓 (Champagne) 大戰
一九一七年	七月	伊泊爾之戰德軍開始用芥子毒氣

化學戰爭概論

一九一八年	三月二十一日	德軍西部戰線大攻擊
一九一八年	八月	德軍總退卻
一九一八年	十一月十一日	休戰條約成

## 附錄七 參考書目

關於研究化學戰爭的種種問題的參考書，美國化學戰爭雜誌 (Chemical Warfare

Magazine) 上，曾載有專文，其中包括普通化學，有機化學，物理化學，和生理化學等，與此問題有連帶關係的各科書籍，即物理學，氣象學，地質學和戰地工程也在內。其關於專門方面的則有下列各書：

Chemical Warfare, Fries and West, McGraw-Hill Book Co., New York.

Der Chemische Krieg, Hanslan and Bergendorf, Nittle and Son.

Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe, Göthen and Meyer, S. Hirzel.

La Chemie et la Guerre, Moreau, Masson et cie.

The Story of the First Gas Regiment, Addison, Houghton Mifflin Co.

Gas Warfare, Barrow, McGraw-Hill Book Co.

Callenicus, A Defense of Chemical Warfare, Haldane, Kegan Paul.

The Great War and the Pacific, Bywater, Houghton Mifflin Co.

Winged Defense, Mitchell, C. P. Putnam and Sons.

The Next War, E. P. Dutton and Co.

The Riddle of the Rhine, Lefebvre, W. Collins and Sons Co.

A. E. F. Gas Manual, G. H. Q., A. E. F.

Manual of the Use of Smoke, British Army, H. M. Stationary Office.

Textbook of the Chemical Service, Schulz, G. S. S. Press.

Chemical Warfare, etc., Mills, C. W. School.

Principles Governing Use of Chemical Agents, Banker, C. W. School.

Book V, Faculty, C. W. School.

- On War, Von Clausewitz, E. P. Dutton and Co.
- Tactical Principles, etc., G. S. School, G. S. S. Press.
- Smoke Tactics, Warvall, Gale and Polden.
- Tactics and Technic of Chemical Warfare, G. S. School, G. S. S. Press.
- Book IV, Faculty, C. W. School.
- C. W. S. Specifications, Official, Govt. Printing Office.
- Military Explosives, Weaver, John Wiley and Sons Co.
- Explosives, Barnett, D. Van Nostrand Co.
- Chemical Warfare Storage, Official, Govt. Printing Office.
- Book III, Faculty, C. W. School.
- Test for Respirators, etc., Katz, Paper 2745, Bureau of Mines.
- Protection of Closed Spaces, Barker, Proceeding, A. I. Chem. Eng. 1926.

其他就編者所知尚有下列各書亦可參閱：

Manual for the Smoke and Soot Problem, Reich, A, Oldenburg's Technische Handbibliothek, Berlin.

Gas and Flame in Modern Warfare, Auld, S. J. M., Geo. H. Doran Co., New York.

The Fringes of the Fight, Nasmith, George G., Geo. H. Doran Co.

Lethal War Gases; Physiology and Experimental Treatment Underhill Frank P.,

Yale Univ. Press, New Haven.

Collected Studies on the Pathology of War Gas Poisoning Wintermitz, Merton C.,

Yale Univ. New Haven.

The Poison War, Roberts, W. Heinemann, London.

Reformation of the War, Col. Fuller.

Kriegschemie, A. Tschirch, Max Wrexel, Berne.

Du Bedeutung der Chemie fuer den Weltkrieg, Anschütz F. Cohen, Boln.

L. Industrie allemande et la Guerre, Jaureguy, Pierre, Froment, Stephen, R. E.,

A. Dunod et E. Pinat, Paris.

新兵器化學：毒ガスとケムワ、西澤勇志智、内田老鶴圃、東京

# 中國農民銀行

## 圖書館新則

1. 本館借書時間除星期日及例假外每日上午八時至十二時下午一時半至五時半。
2. 借書以二星期為限期滿時欲續借書者須先將原書攜至借書處聲稱續借如管理員審核並無他人需要得酌量展期但至多不得再逾二星期。
3. 借閱圖書不得圈點抹塗折角毀損如有以上事情者應照時價賠償。

FR 1/1/100

中華民國二十一年十一月初版  
中華民國二十九年九月六版

(62764)

☆化學戰爭概論一冊

每冊實價國幣肆角

外埠酌加運費匯費

編述者 孫 豫 壽

發行人 王 雲 五

長沙南正路

印刷所 商務印書館

發行所 各埠 商務印書館

版權所有  
翻印必究

(本書校對者楊靜齋)

Handwritten scribbles and faint markings at the top of the page.

