

毒氣

五十一

毒

氣

概

要



防空學校編印

版權所有
不准翻印

民國二十七年七月三版

學 校 編 印

毒氣概要目錄

第一章	概論	.....	.....
第二章	毒氣之特性	.....	.....
第三章	窒息性毒氣	.....	二五
第四章	催淚性毒氣	.....	四七
第五章	糜爛性毒氣	.....	五七
第六章	噴嚏性毒氣	.....	七一
第七章	中毒性毒氣	.....	七四
第八章	毒氣使用法	.....	七七
第九章	毒氣防禦及面具	.....	八三
第十章	烟幕	.....	九五

毒氣概要

浦同烈編述

第一章 概論

戰爭爲一切動物之天性，以牛鬥雞爭譬之人類相戰，在戰爭立場觀之，實爲同一現象。第人類智識發展，故能利用技巧，發明兵器，以代爪牙之直接鬥爭耳。『適者生存』已成爲一般黷武者之口號，而『生存競存』之悲劇更無處不發生於此明爭暗鬥之世界中，一部人類歷史固亦祇爲一本滿沾戰血之史冊，觀於此，『戰爭』永不能免，亦永不能廢之事實已明如觀火。世雖時有高唱和平者，然視其效果，往往實足加強鬥爭之準備耳。故戰爭決不會廢，而戰之工具——兵器亦不能廢。兵器固不僅不能廢，察其發展之路綫，更可知其因在向最複雜而最有效方面進展也。

古時相戰皆用刀劍弓矢，可謂之物理戰爭，其後應用火攻已啓化學戰爭之始。

火藥之發明更爲化學用於戰爭之明證，蓋其時已知利用無機化學物之配合（硝石75%，硫磺10%，炭末15%）而使其燃燒時轟炸。以其炸力猶非猛烈，有機化合物更起而代之，硝化纖維，硝酸甘油等遂相用爲火藥，惟火藥種類不多，發展良艱，於是兵器之改良遂從火攻思想，而躍至毒物應用，使若干有毒化合物假噴霧或彈殼炸烈，使分佈空中而致毒害。毒氣一經應用，以其傷殺效力幾千百倍於普通砲火，故其在兵器中遂佔一重要地位。觀乎歐戰中各國之相互競用毒氣，毒氣在將來戰爭中之重要固已可預卜矣。

毒氣應用爲近代之戰術固無疑義，然從歷史上追縱之即在古代亦早有類似事件發生。在中國史載黃帝戰蚩尤於涿鹿。尤作大霧，黃帝之軍士迷途，乃作指南針以定向，尤之作霧實已肇軍用毒氣之端，其時或即係燃燒硫磺，木材等而成，惜史無綦詳，難以考證耳，西洋應用毒氣之先例，當推斯巴達人爲最早。在紀元前四三一年時斯人攻圍雅典之 Clatona 及 Belum 11 城，以堅守難破，遂用硫

磺瀝青木材等物焚於城下，硫磺燃燒作二氧化硫濃烟，漫入城中，雅人不敵，城遂得破。

此爲最早之二個實例，此後於後世戰爭記載中亦每能覓到不少應用毒氣之證據，惟均屬零星偶然，未有整個計劃，故亦未被人重視。迨歐戰開始，德人挾化學工業之雄威，抱操縱世界之決心，遂於一九一五年開始作大規模之毒氣應用。自國會通用毒氣使用之原則後於是年四月二二日即作第一次毒氣之大攻襲。主持其事者爲大學教授 Haber 及 Neast 氏，所用之毒氣爲氯氣係事先將氯加壓盛於鐵筒，埋藏於長達六基羅米達之 Yperc 前線，然後待至風向適宜，即行施放。以事出始創，聯軍倉猝未防，遂大受損害，即此一役之死亡數竟達五千以上，毒氣之威力於此可見一斑。惜德人雖已具有使毒之決心，事先猶未能卜知毒氣之効力竟能如此，故未能乘虛直入，佔領聯軍之城地，否則大戰結果將如何，固尙難卜也。鑒於毒氣之鉅效，德人此後更連續施用毒氣於 Lungenmark

Champagne 諸地，雖英法已相繼防備，然傷害仍多。聯軍受創後乃亦積極準備反攻，惟以籌措不易，於五月後始克施放第一次氯氣。此後德人以氯氣防禦較易，毒效難施，復利用其工業發達，大事製造他種毒氣。光氣(COCl_2)，氯化苦味質(CCl_3NO_2)芥子氣等遂相率引用於戰場。聯軍以一再受毒氣侵害，乃急起追隨，故待歐戰末期，雙方所用砲彈，幾80%為毒氣彈，毒氣於歐戰時之活躍，於此可見，而因此關於毒氣及毒氣防護之研究亦集大成矣。

戰後各國因鑒於毒氣在戰爭上之重要故對於毒氣研究仍不遺餘力，且關於其研究設施及防備等已為公開式，如法政府之獎勵人民建防毒房屋，德政府之時命舉行防毒演習，及大量津貼毒氣之研究，蘇俄之建設地下道，在在固昭示毒氣之設施及防毒之準備已為現代國家所必不可缺之原素。

上述種種為歐戰前後毒氣應用之一般實際情形，然同時固尚有若干人士對毒氣應用堅示反對，蓋毒氣凶猛不合人道也。一八九九年海牙會議之禁用毒氣條文

即其一例。但試觀德國雖爲簽字國之一，其於戰爭時毅然引用毒氣之事實，好空談說理者，亦已可大事憬悟。蓋毒氣應用雖猛，其存在價值固全有賴於其本身隨時代進化之結果，時代不倒退，則毒氣之應用亦決不合因空言而廢，且毒氣之製造及準備，決非種種會議所能加限制，因製造毒氣之工廠其在平時即爲種種正當之化學工業工廠，如平時之染料工廠固不能加以禁止，然戰爭如一旦發生，大氣氯氣光氣等物能於最短時間由染廠產生之，因其設備原料實相仿也。且毒氣使用在實際上亦有一般人認爲更合人道，其理頗夥，茲略述如下：

毒氣傷害如防護得宜，治療得法，則極易恢復，較鎗砲斷臂折足之難復原狀，實已合人道多多。歐戰中受毒氣傷害者雖極多，然其死亡之比率則甚低。每百人受槍彈傷者，即有826人不救，而毒氣傷中祇有173人死亡。且毒氣使用之目的，在於敵人戰鬥力之損傷，故若使用低濃度之毒氣則敵人即已不克承受，難再作戰，如是目的既達，敵人復不致大事死亡。故毒氣之殺傷程度可用人力

統制，不若槍彈之一離槍口即已無法控制，若遇阻礙亦必致洞穿而後已。

再即受毒氣而致死，其痛苦亦較槍彈鱗傷而死爲愈，蓋其發作之時間甚短，不如彈傷者之往往呻吟終日也。

更有足以一述者即毒氣之種類繁多，非每種毒氣皆足以致死，如刺激性及催淚性毒氣其主要作用即在刺激，在稀濃度下雖已足發生流淚等現象而使失去戰鬥力，然決不致有致死毒效。故於戰事中若能多多採用是類毒氣則其收效廣大而又頗合人道。此祇能應用毒氣而臻此，普通砲火之轟擊決不能祇生刺激而無重大殺傷也。

故毒氣使用純以理論言之，亦決非爲背情背理之舉動，况有事實爲之贊助乎。今更爲述其於軍事應用上之優點如下：

1. 軍用毒氣，比重均較空氣爲重，故一旦施放後能沉浮地面，及深入戰壕與其他遮蔽處施行毒效，此爲尋常砲火所不可及者。

2. 利用永久性毒氣射放於敵人之交通要道足以阻撓運輸及軍事上之聯絡。

3. 軍用毒氣若用飛機播放則不僅能施毒前線，更能擾亂敵人之後方。毒害都市鄉村，以潰人心。

軍用毒氣均爲有毒化合物，化學毒物固不下數千種，漸經淘汰，最有效而最能適用於軍事者則祇數十種而已。然各種毒效固均具備於其中矣。

此外關於毒氣名詞之沿用更願爲之一言，因現所有之軍用毒氣中大半皆非氣體，故總名謂之毒氣實所非宜，惟因第一次德方所放之毒物爲氯，氯爲氣體，故相傳謂一切軍用化學毒物爲毒氣，此外復因大都毒氣（即流體固體毒物亦然）於施放後均分爲細粒或蒸發爲氣，故於平常情形下雖爲流體及固體之毒物亦統以毒氣名之矣。故以純學理上，毒氣一詞實非佳名，然沿襲相傳不易更改，是每仍其舊。

第二章 毒氣之特性

化學毒物，不知凡幾，而能引用於戰事者，則爲數甚鮮。蓋以選擇毒氣之標準，不僅恃倚毒性，對於種種應用上之便利，及其他環境上之限制均須加以慎重之考慮也。且毒氣種類繁多，應用範圍甚大，對其要求之條件，又往往因事因地而異，故一種毒氣之應用，其一般特性必須適合某一狀況下之需要而後可，如氰化氫之毒性雖強，終以其比重過輕易於飛散未能入格，是當毒氣選揀之時，對於下列特性應加注意焉。

1. 揮發速度 Volatility

因毒氣應用每使毒物蒸爲細霧，裂爲細粒或揮爲氣體，故其揮發速度在軍事上言之實頗重要，揮發速則一時毒性强，致死亦速，揮發緩則中毒不易察覺而能持久，二者功效各有短長，須視毒氣之本質及應用之目的而後可定，如催淚刺激毒氣則務求其揮發高速，俾便刺激功效一時強烈發作，而收戰事之便利，糜爛性毒氣則求其能揮發緩而使常時維持，又於近距離攻擊則宜用高揮發之毒物

如光氣等，反之如擬作後方擾亂，則以低揮發性毒氣爲適宜，取其持久也。毒氣揮發速度與施放時之毒氣密度頗有聯繫關係，蓋當物體化成氣體時，每須吸入外熱，若毒氣揮發度高，周圍吸去之熱量亦大，空氣溫度降低而毒氣本身亦必隨之冷卻，冷卻則毒氣密集，密度增加，更便下沉地面而施毒矣。且當周圍空氣冷卻時，空中之水份往往凝聚附毒氣而下，如是則重量益增，毒效益著，高揮發之氯氣光氣施放時俱有如此情形，故求一時毒效必用高揮發性反之欲求持久，則惟有使用低揮發性也。

2. 可分性 *Sub-divisibility*

一般毒氣在平時非氣體，而爲液體固體，已如上述，故此種毒氣用砲彈爆裂時每冀其能不變本性化爲極細之點滴或小粒而毒害敵人。分裂愈細則毒效愈高，甚者德人於歐戰末期曾應用大量高炸藥毒氣彈，滿儲砷化物，於炸裂後，使造成至細之霧狀粒顯，一方增加毒效，一方便透過普通面具而使害。故可分性對

於毒氣之價值（尤以固體毒氣）關係甚大。

3. 比重 Specific Gravity

物重則下沉，故欲毒氣沉於地面不為微風吹散，其比重須大，換言之，毒氣分子量須不能小於空氣之平均分子量始可，否則輕浮之毒氣將升於地面空氣之上，與人無害也。比重大則每能沉入戰壕及其他掩護物毒害，為非槍砲能力所可及者。下略示二三毒氣之比重以明之。

空氣 1.296

氰化氫(HCN) 1.2

一氧化碳(CO) 1.25

氯(Cl₂) 3.2

光氣(COCl₂) 4.4

氰化氯及一氧化碳均為毒性甚強之化合物，然以其比重較空氣為小，故戰事上

遂未能應用之。氯與光氣俱較空氣爲重，故施放後每能附着地面也。

4. 顏色與嗅味

毒氣應用在戰略上言之以不易察覺爲最上，故一般毒氣應以無色無味爲最佳。關於無色之要求，除氯有微黃色外，其他毒氣尙能够及格，惟無嗅味一層則較難做到。純芥子氣味甚淡，但工業製造品每帶芥子氣息，至光氣路易氏氣諸劑則嗅味特強故最易察覺。

5. 溶解度 Solubility

毒氣溶解度爲毒效上之一極重要問題。因欲求毒氣附着人身或地面後不易爲水洗去，故毒氣應以不溶于水爲宜，且欲其透入人體組織，又應以易溶於于脂肪及其他有機質爲適合。一般毒氣類能如是，蓋若其一旦失去對脂肪之溶解力則其爲軍用毒氣之價值已泰半損失矣。

6. 吸着性

此條係與溶解度有聯帶關係者，即一毒氣於其溶於脂肪（皮膚）後須復求其能深深吸着，不易洗去，如此則毒可深入內部。關於此點，芥子氣之吸着性甚強故毒性亦著，惟據美人報告路易氏氣之吸着力較芥氣更大，故路易氣之毒既強日速也。

7. 穩定性 Chemical Stability

對毒氣之一般要求總以其能穩定爲上，至少對於下列三端必須做到：

- a. 儲藏時不作用
- b. 對熱穩定
- c. 對水穩定

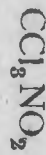
具此始有永久性，能保藏，能應用，不致立失毒性，如氯化苦味質然。

然此固爲一般之要求，於戰事上有時則亦須利用不穩定之毒氣以利戰略，如於短距離進攻時，宜用光綫射放，蓋光氣一時毒效甚強，惟能漸爲空中水份分解

，故於短時間後我軍能佔領前方時，即可免己身受毒危害而亦無須另事消毒。
 茲將各種毒氣對水作用之緩速附於下表，以作應用毒氣時之參攷：

A. 對水完全無作用者

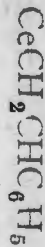
氯化苦味質



碘醋酸乙烷



氯苯乙酮

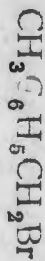


二苯氰砷



B. 對水作用甚慢者

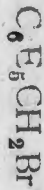
氮二甲苯



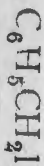
氫氮甲苯



氮甲苯

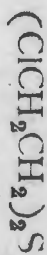


碘甲苯



C, 對水作用不甚速者

芥子氣



D, 對水作用較速者

路易氏氣



氮甲醚



E, 對水作用最速者

光氣



雙光氣



8. 至理作用 Physiological Effects

毒氣一詞，係指對於人體有毒害之化學物之混統名詞，然其毒害之於人究在何部，則須檢查其對於人體所發生之生理作用而後始可知，如一毒氣施放後能使人流淚，則知其生理作用為催淚，而其毒害之部係為眼部，類此檢察則可知每

一毒氣必有其一定之生理作用及其一定之毒害部份。明乎此，則於毒氣應用時遂可利用此種種不同之生理作用而作為種種不同目的之戰具，如催淚性之用於使人暫失戰鬥力，窒息性之使人速死也。故生理作用在毒氣本身言之，實為一極重要之性質，而在軍事上言之亦為一合理之毒氣分類，毒氣分類，種別甚多，有以物理性質分之者，如分為氣，液，固體三類，有以化學性質分之者，定為砷化物，氮族化物，氰化物幾類，以臨時性永久性分之者，有以進攻用守防用分之者，及其他種種從不同眼光所定之種種分類法。惟以依生理作用之分法最為詳盡而合理，故在歐戰中間各國即相率採用，如德人於應用毒彈時其上必標以一綠十字，黃十字，藍十字或白十字。綠十字即以代表窒息性，黃十字糜爛性，藍十字噴嚏或刺激性，白十字則代表氰氮甲苯一類之催淚性。戰後各國於毒氣分類時亦每以此為附依，是生理作用在毒氣分類上，在毒氣特性上之重要已不待贅言矣。茲列其類別如下：

(A) 窒息性 Pulmonary and Lung Poison

窒息性毒氣即爲對於人體呼吸氣管起特別傷害之毒氣。受其毒害後氣管及肺部每起劇烈破壞作用，肺水腫，劇咳，呼吸困難等現象相繼發生，其甚者每至呼吸停止，失去知覺而死。

此類之代表物有光氣，雙光氣，氯化苦味質，氯氣等，其毒効之次序即依上列次序而下，即光氣最烈，雙光氣及氯化苦味質次之，氯氣最弱。關於窒息性毒効之數量表示，每可從哈柏氏之致命積公式 (Habers formula of Death Product) 見之，此公式之簡單形式即 $CT = K$

即謂設一立方米達空氣中含有毒氣 C 耗於呼吸 T 分鐘後即可致死，則此二數之乘積即爲一不變數 K ，名之謂致命積。致命積之數值愈小則毒効愈大。由此簡單之公式亦可見一毒氣之致命分量常爲一定（因 K 爲不變數），初不以受毒者之大小重輕肥瘦而有所差異，此意即謂一身重 70 公斤之壯者在 C 濃度之毒氣內

呼吸T分鐘而死，則35公斤之孩童亦須呼吸T分鐘而後致死，決不以10公斤之壯者遂能多吸幾分鐘而35公斤之孩童遂能減去其一半時間速其先死也。此理言之甚奧，然從下列公式之演化中當知此結果為根據實驗所得，決非妄擬空構者：因毒氣之數量吸入愈多毒效則愈劇故

毒效(Efficiency)∝毒量(Amount of Gasinhaled)

$$\text{復以，毒效} = \frac{\text{最低之致死量}}{\text{受毒者體重}}，$$

$$\text{設最低之致命量為g受毒者之體重為C，毒效為z，則} z = \frac{g}{C} \quad (1)$$

因最低之致死量∥毒氣濃度(mg/3)×每分鐘吸入空氣量×時間，故設濃度為C，每分鐘吸入空氣量為A，時間為T分鐘，即得

$$z = \frac{CAT}{g} \quad (2)$$

復由試驗證明一人每分鐘所呼吸之空氣量與其體重為定比，即為一人之空氣吸入量隨其體重而增減，故

$$G(\text{體重}) \propto A(\text{空氣量}) \quad \text{或} \quad G = kA, \quad (k \text{ 爲一常數}) \quad (3)$$

以(3)式代入(2)式，即得
$$z = \frac{CAT}{kA} = \frac{CT}{k} \quad (4)$$

因每一毒氣之毒效「 z 」在一定濃度下爲一定，故亦爲常數組不變數，是 $k \times z$ 亦爲常數或不變數，

$$CT = kz = \text{不變數} = K \quad \text{所以} \quad CT = K = \text{不變數。}$$

K 即名之爲致命積，而哈柏氏公式亦已證明爲可演繹者。

茲將各毒氣由試驗檢定之致命積數量列於下表以見其毒性之強弱。（注意：致命積小，毒性強）。

毒氣	名稱	稀釋	致命積 (OT)
光氣	COCl_2		450 毫 / 立方米
雙光氣	ClCOOCCl_3		500 毫 / 立方米

芥子氣，	$(\text{ClCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$	1500 毫 / 立方米
氯化苦味質，	$\text{OCl}_2\text{N}_2\text{O}_2$	2000 毫 / 立方米
氯丙酮	$\text{ClCH}_2\text{COOCH}_3$	3000 毫 / 立方米
氯丙酮	$\text{BrCH}_2\text{COOCH}_3$	4000 毫 / 立方米
雙二甲苯	$\text{CHFC}_5\text{H}_4\text{CH}_2\text{Br}$	6000 毫 / 立方米
氯氣	Cl_2	7500 毫 / 立方米

(注意：上表所列之毒氣，其中常用為窒息者性祇光氣，雙光氣，氯化苦味質，氯氣幾種，其餘如芥子氣則為糜爛性，氯丙酮等為催淚性，惟以彼等均有窒息副作用故亦列入之)。

由致命積演算足以致一人死亡之毒氣量之方法，可於下例中見之：

因光氣之致命積為 450，故 $\text{CT} = 450$ ，即設毒氣濃度為 450，則人於其內呼吸一分鐘即死，而 450 即等於 $0.45 \text{ 毫} / \text{公升}$ 復以常人一分鐘所呼吸之空氣量平

均爲8公升，（此當爲平均值，非確數，因空氣量吸入之多寡實因人而異也）則於此致死濃度時一分鐘內所吸入之毒量共爲 $0.45 \times 8 = 3.6$ 噠。吾人須注意

3.6 噠爲一極小之數量祇爲 $\frac{3.6}{100}$ 或 0.036 噠，如此少量已足致死，光氣之劇

毒於此可見矣。若易氯氣，則依同樣步驟可知爲 $7.5 \times 8 = 60$ 噠 故氯氣須

$\frac{60}{100}$ 噠即 0.6 噠始能致死，其與光氣之 0.036 噠相較，強弱立判矣。

(B) 催淚性 Tear Gases

催淚性之特質即爲對於目部之特別刺激。一般催淚性雖亦兼有空息性能，然當達至致窒息之濃度前，目部早受強烈之刺激而不堪忍受，蓋催淚所欲之毒氣濃度至爲低少也。凡催淚刺激性毒氣之濃度至人類不能於其中滯留一分鐘以上者稱爲『不能忍受量』。

茲將各毒氣之『不能忍受量』列下以示比較：

毒 氣 名 稱	不可忍受量(公升)
氯二甲苯 $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{Br}$	15
氯丙酮 $\text{C}_3\text{H}_7\text{BrCOOH}$	30
氯甲苯 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Br}$	40
氯化苦味質 CCl_3NO_2	60
氯丙酮 ClCH_2COOH	100

上表所列為催淚至痛淚流淚不再能忍受之量，若祇欲發生流淚則其濃度更為低下...

毒 氣 名 稱	發生催淚之最低濃(克/立方達)
氯氮甲苯	0.3
氯苯乙酮	0.3
氯丙酮	1.5

氯一甲茶	1.8
氯甲茶	3.5
磷氯	18.0
氯化苦茶質	19.0

故若以此等數量與窒息性所需之致命積比之，則催淚性於極低濃度下即能行使極大效力之事實已可明見，此於經濟人道俱為有益，故催淚性毒氣在軍用上言之亦自有其重要之價值也。

(C) 噴嚏性 Irritants or Sneezing and Coughing Gases

此類毒氣之生理作用為劇烈之氣管刺激及鼻膜刺激，故一日受毒，每致咳嗽與噴嚏并發，使人不能忍受，其化學組織每以砷化物為最多，且以其物理形態大都均係固體，若用烟幕或高炸藥彈施放之，甚易透過普通面具。其代表物之不

可忍量如下：

二苯氰砷	$(C_6H_5)_2AsCN$	0.25 尅 / 立方米達
二苯氯砷	$(C_6H_5)_2AsCl$	1 - 2 尅 / 立方米達
苯二氯砷	$(C_6H_5)_2AsCl_2$	0 尅 / 立方米達
(D) 糜爛性	(Vesicant)	

糜爛性爲毒氣中之毒性最猛而最難處置者，其作用爲糜爛皮膚然後使毒性深透內部而致死。以其不僅對面部及呼吸氣管能加傷害，即全身每部均可受襲，是以防禦甚難。在歐戰中所用，此類毒氣僅芥子氣一種，然以其效力宏大，其價值已超過一切其他之毒氣。

芥子氣之特地即爲無色少臭，沾於皮膚初無感覺，須待數小時後始發紅漲，生癢感，一二日後起小泡，漸漸爲大泡終至潰爛，甚者致死，以其初時不易發覺，必須經過相當潛伏期而始顯著，其時毒性已深入組織故醫治甚難，迄今未有

良法也。

路易氏氣爲美人戰後之發明物，戰時未及應用，其毒效與芥子氣大略相同，惟更較強烈。但其臭味特強，易爲察覺。水解亦較芥子氣爲易，故其軍用價值略低，路易氏氣號稱『死露』， I.H.C.C. 即足致死，其潛伏期亦較芥子氣爲短，若二三日後能不大發作則危險性較少矣。

(E) 中毒性 Blood Poisons

此類毒物能刺激神經，敗壞血液。惟以其代表物不多，且其重要二種（一氧化碳及氫化氰）即爲比重過輕之氣體，故軍用機會甚少。以一氧化碳及氫化氰吸入人體時並不全部爲身體所吸收，一部份往往不起變化而即遭排洩體外，故其致命積不可依哈柏式公式而定之，須如下式修改而後可：

即 $(C - e)T = K$ ，

e 即爲排洩去之毒量。由此式可見若空氣中所含毒氣之濃度如不。或式等於。時則人即可不受其毒。

除此二種中毒性毒氣外復有氯化氰(ClCN)、氰化氯(ClCN)二種，因後二者一爲固體，一爲液體故戰事應用較多也。

第三章 窒息性毒氣

1. 氯 Chlorine Cl_2

氯爲毒氣中被大量應用於戰事者之第一種，蓋於歐戰開始翌年，德經幾月之準備，即作大規模之氯氣攻擊於伊泊特(Yperre)前線，爲毒氣戰爭之先聲。其始以各國防禦不週，氯氣之威力因是大著，最初六個月中之受氯創傷者固不下數萬人也。其後防禦方法，逐漸改良，面具製造亦漸臻完善，於是氯之效力遂銳減，德以後毒氣製造更不斷進展，毒氣之相率應用於戰事者類較氯爲更毒更難防禦，氯遂成爲一過時戰具，而自毒氣效率上言之於未來戰爭中之應用可能性亦甚微小，雖如是，然氯於軍用毒氣之地位則仍堅不可撼動，蓋於和平時代氯以工業上之需要每仍大量製造，故若遇戰事，當有若干國家或以其他複雜毒氣

一時不及趕造，而仍有一用氯之可能。且氯爲大劇烈毒氣之原料品，如芥子氣 $(\text{ClCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$ 、苯氯乙酮 $(\text{ClCH}_2\text{COC}_6\text{H}_5)$ 、1-苯氯砷 $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{AsCl}$ 等重要毒物均含有氯之成份，一般國家對氯之製造自將有增無已也。

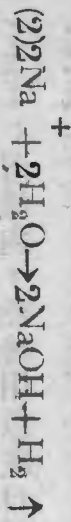
氯爲一重而作黃綠色之氣體，不能燃燒，且具有特別刺激臭味。在平常情形時一公升之氯約重 3.22 克，而一公升之空氣約重 1.293 克，故若設定空氣之比重爲一，則氯之比重爲 $\frac{3.22}{1.293}$ 或 2.49，即氯約較空氣重二倍半，是以當氯施放於空中後即能低沉於地面及其他深窪去處。在 15°C 時祇需有四至五氣壓組可將氯液化。此種液化氯於 25°C 時施放則一公升之液體即可化爲 434 公升之氣體，故戰事中用液化氯極易造成高濃度之毒空氣也。

在有水氣之時，氯之化合力量甚大，惟若以氯完全乾燥後則其化合力即全失去，蓋水氣爲其作用時之必須接觸劑也。故欲儲存純氯於鐵筒，其水氣必先完全取去而後可，否則氯即能極快侵蝕鐵筒，使之破壞不堪應用。

氯之軍事應用方法即係將氯加壓液化置于鐵筒埋於地下，一俟環境適宜施放即可去蓋放之，氯遂化爲氣體而出。

以氯化合力強，故在自然界中不能覓出自由之氯分子，而其製造方法是必須賴於含氯化物之分解。海水含氯化物甚多，其中尤以氯化鈉（食鹽）爲最，而大量之氯氣製造亦即以此爲原料也。

工業上之製法，即於食鹽溶液中通電：



氯由陽極放出，氫則由陰極得之。

從毒效上言之，氯雖已認爲毒性甚弱之氣體，然其於一萬分之一濃度時却已可刺激呼吸氣管，於每公升空氣含有三毫克時呼吸三十分鐘即可致死。其主要傷

害在肺，每能使受毒者劇烈作咳及呼吸困難，甚者完全窒息而死。

關於防禦方面，所氣臭味甚強，頗易察覺，察覺後可逃避上風或帶上面具即可完全防止被浸，如遇面具缺乏時，則可將手巾浸於抱硫硫酸鈉 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 或重碳酸鈉 NaHCO_3 溶液內，然後用以覆口鼻，亦可救急。

2. 光氣 Phosgene COCl_2

光氣爲窒息性毒氣中最重要之一種，毒性亦最劇，可從致命積數字上見之（光氣 COCl_2 450 毫/立方米達，氯 Cl_2 7500 毫/立方米達）。

此氣精較空氣重二倍，其揮發性甚大，在 8°C 附近即沸，能有 760 mm. Hg 之氣壓。即在 -13.7°C ，1 公升之空氣中亦能保持含有 2100 毫之飽和濃度。因人類即在一公升僅含有一毫之毒空氣中滯留幾分鐘亦足致命，於此可見於戰場上施用光氣時，除有暴風大雨外頗易造成致死之濃度也。

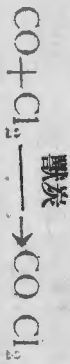
然光氣決非能持久之毒氣，因彼與水有極速之破壞作用且以其揮發力甚高，於

普通溫度下施放，甚易全體蒸發，不能有繼續揮發之效。故光氣頗不適於欲求其持久使毒之目的，然於短距離攻擊等臨時性目的則光氣之效力實非其他毒氣所可比擬，實彼能一時造成極高之毒濃度，推毀一切，而待敵人退去後，即能無毒佔領也。

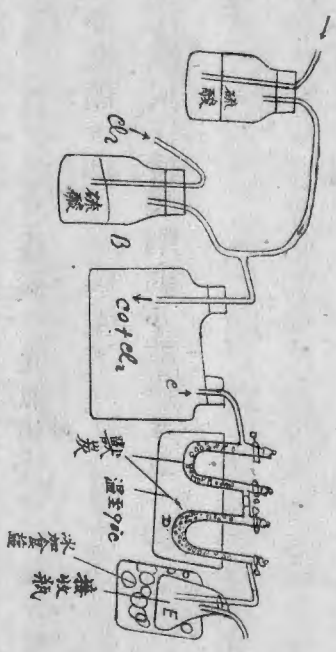
光氣在平時溫度為無色氣體，有特殊之爛蘋果味。光氣(Phosgene)命名之由來係彼最初之製造乃從一氧化碳與氯在日光接觸下而成者，Phos 即謂光(Light Gene)係『發生』(Generating)之意義。光氣可從CO及Cl₂在日光下得之，如上述，其化學反應亦甚簡，即

$$\text{CO} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光}} \text{CO}_2\text{Cl}_2$$

此外若不用光，而應用獸炭作接觸劑則亦能得光氣，即

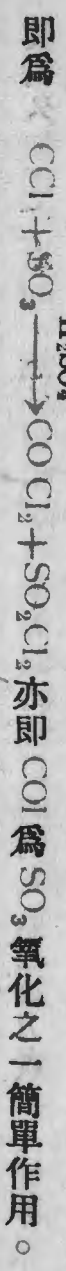


其製造時大概之裝置其可見下圖：

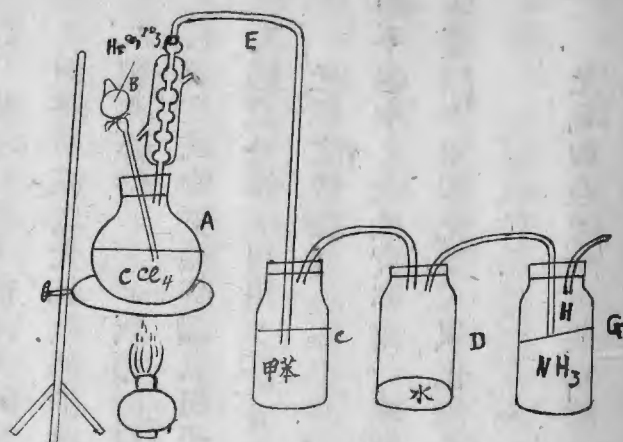


其簡單步驟即先將 CO 及 Cl₂ 各自經過硫酸乾燥後，後再於 C 瓶混合之，經過 D 瓶內之獸炭，其時 D 瓶加溫至 99°C 其作用完成，所成之光氣遂於 E 瓶因冷却而凝為液體。

上法工業上應用甚多，此外在歐戰前期時尙另有製造光氣之方法，其化學反應



此法於實驗室製備光氣時多用之，其簡圖及步驟述如下列：



其作用。

復A瓶，不致混入C瓶，且使四氯化碳來復揮發能與SO₂氣體多多接觸，增速

於一公升之圓底A瓶內先置放200克之四氯化碳，加熱使沸，然後從滴液漏斗B內滴入發烟硫酸(Fuming sulfuric acid H₂SO₄SO₃)於A，仍繼續加熱，則所生成之光氣即由冷却器F經過E管導入C瓶。C瓶內所儲者為甲苯(Toluene)，能溶光氣，故生成之光器遂盡儲於C瓶中。D瓶內盛水少許，G瓶則盛阿摩尼亞。此二瓶之裝置即防多餘之光氣從C瓶竄入室內，而用水及NH₃以消其毒。

冷却器之應用為使沸發之四氯化碳能冷却回

於實驗時，應注意如下：

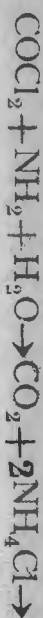
1. 製光氣之儀器，須嚴密封氣，不足時可用石臘封之。
2. G 瓶之H管不能深入阿摩尼亞面，否則於A瓶溫度減低時 NH_3 將竄回C瓶而將所成之光氣全部消滅，(D瓶之設置亦即改少此種危險)。
3. 製光器時， NO_2 瓶須開口放置之，以防光氣竄入空氣使毒。
4. 若欲試驗實驗時漏氣與否，可用 NH_3 試之，因 NH_3 與 COCl_2 能成霧也。
5. 遇意外事，可用 NH_3 及水將光氣消毒。

光氣之性能

如不遇水，光氣實亦為一比較安定之化合物，惟一旦遇水，則光氣之破壞甚快，蓋因與水即化為二氧化碳及鹽酸也，其方程式如下：



光氣如遇阿摩尼亞水時，作用更速，且有熱及烟霧發生，



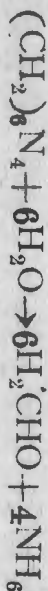
其他 性溶液與光氣均有迅速化學作用，其毒亦即為解除無餘，如遇苛性鈉時則



因有如此之作用，故若欲增強防毒面具之吸收光氣力量可於其中裝置少許苛性鈉。惟以鞏體苛性鈉遇水氣後常易變糊狀物質，是每用石碳酸鈉代之。石碳酸鈉與光氣之作用為



此外烏魯託賓 (Urotropin) 即 1 類利尿劑，化學方程式為 $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ 者，與光氣亦起作用，故亦用以消滅光氣之毒，其步驟如下：



光氣之簡單檢查法可應用一火酒燈及一細銅絲。先將此銅絲於火上燒紅，蘸光

器溶液少許，再於燈上燒之即可見一深綠色火焰。若空氣中含有光氣時則用此法亦可發現綠焰。惟此法非爲光氣之專有反應，氯及其他氯化物亦可有之。

若用二甲酸苯醛 (Dimethylamino benzaldehyde) 醮於試紙上則遇少量光氣氣體時於十五秒鐘內即可變爲黃色，英人多用此法，可檢百萬分之一濃度之光氣。此外尖銳之嗅覺甚有助於毒氣之檢查，光氣有特別之爛蘋果味，甚易用嗅覺發覺。復於戰地吸紙烟而覺無味時亦每有光氣存在之可能，蓋光氣能麻醉知覺而使之失味也。

生理作用即治療方法

光氣中毒之最顯著現象爲面部變色，間有水沫之嘔吐，脈動甚速。氣管及肺部同受創傷，劇烈發炎作咳。肺起水腫，漸爲水份充塞，蓋 COCl_2 與身體內之水份所分解成之鹽酸能刺激肺膜使水份集中於肺部。至此呼吸漸形困難，心臟肥大，漸致窒息。重者於 24 小時即可致死，亦有轉急性肺炎而夭亡者。輕者幾日

後可痊好。

關於中毒後之治療雖爲必需，然每爲輔助性質，藥石救濟不可視爲主要，但於一般療法則亟應加以注意：

- (1) 中毒後須絕對安靜，不可妄動。光氣毒效每以劇動而增加。
- (2) 光氣及一般窒息性毒氣中毒後須予病人以充分之氧氣，必要時可用純氧氣以助空氣中氧氣之不足。
- (3) 鬆解衣服以便呼吸舒展。
- (4) 可備熱茶及咖啡等物以便病人吸飲，維持體溫。
- (5) 必要時可放血，以免血液凝結。
- (6) Urease, CaCl_2 , oneline, gum glucose 等劑之注射可助毒性之漸解。Urease 足以制止毒氣之急遽作用，eneline 足以減少水腫，gum gln cose 等足以阻止血液凝聚。

光氣之用途

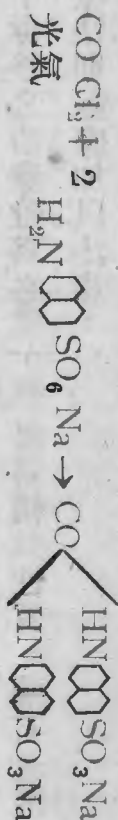
光氣雖為劇毒軍用化學物之一種，然其在工業上之應用亦甚廣。惟其如是，故工業發達之國家於戰時每能產生大量光氣以助戰。光氣於工業上廣大之用途固即為毒氣製備與一般工業之發達不可分開之明證。

茲將其應用範圍分述於下：

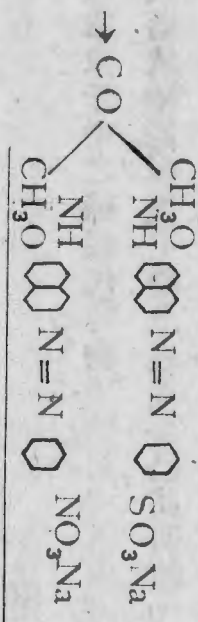
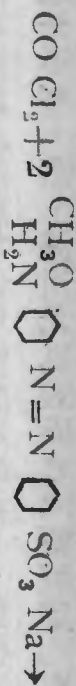
(1) 顏料

光氣為製造多種顏料之原料，故光氣製造在大規模顏料廠中類皆有之，其主要所成之顏料用下列化學式示之：

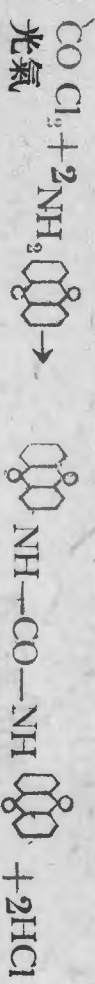
(a) Fast byown, 不脫色之棕色顏料



(g) Fast Orange 不脫色之橙色顏料



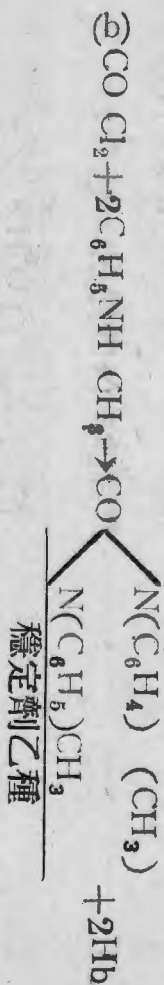
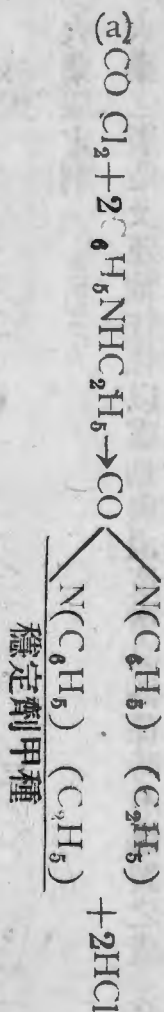
③ Fast yellow 不脫色之黃色顏料



(2) 火藥穩定劑 Centalites

火藥之製造及運輸往往以震動與溫度增高關係時有爆裂之虞，故藥穩定劑之必要及重要已是不言而喻。諾貝爾 (Nobel) 之名驚震世界實以其發明用 Kieselguhr (一種陶土) 以穩定硝化甘油始。然 Kieselguhr 之功用猶遜於

尿素生成物，尿素生成物之原料固即為劇毒著稱之光氣也，其製備方程式如下：

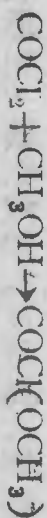


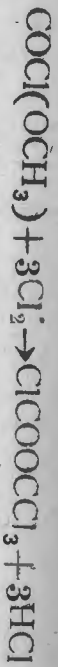
(3) 人造象牙中之樟腦代替物

人造象牙於現代工業上之重要已甚明顯，惟於其舊法製備中除用硝化纖維溶於以脫及酒精外復用樟腦以混和之。但樟腦頗易昇化故每使製成之人造象牙不堅，然上述用光氣製成之火藥穩定劑固同時能代替樟腦用於人造象

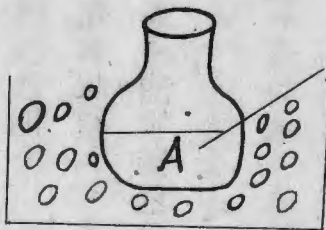
於歐戰中德人曾用木酒精 (CH_3OH) 及蟻酸 (HCOOH) 之作用製成甲基蟻酸 (HCOOCH_3)，然後使之部份氯化即得一黃色液體其化學式為 $\text{ClCOOCH}_2\text{Cl}$ 。德人初名之為 *K-Solt*，後法人應用後謂之 *Palite*。Palite 亦為一類似光氣之窒息毒物，惟毒性約弱三倍。此後乃復將甲基蟻酸 (HCOOCH_3) 完全氯化之，得一油狀液體，沸點 128°C 。根據法人之命名，乃稱之為 *Superpalite*。化學式 ClCOOCl ，雖與光氣無聯帶關係惟分子量適為光氣之二倍，通俗遂誤稱為雙光氣。雙光氣之優點即為與光氣有同樣毒效，然較光氣持久穩定，故德人方面應用甚廣，純雙光氣或與氯化苦味質之混合物均曾裝於砲彈轟射之。美國軍隊雖擬極力設法仿造，然終未能大量製備致未克實事用於戰事。

雙光氣之製法除上述由 CH_3OH 及 HCOOH 得 HCOOCH_3 ，再氯化得之外，復可從光氣製造之，其式如下：





CH_3OH (火酒精)



冰及食鹽

其大略製造手續爲於 A 瓶內先置光氣若干，然後從瓶口徐徐滴入火酒精。A 瓶須置於冰及食鹽之混合劑內以防光氣之揮發，於火酒精滴入時復須同時震搖。 $\text{COCl}(\text{OCH}_3)$ 生成後再氯化即得雙光氣。

於此法製雙光氣時注意，須火酒精加入光氣內，不能反是，蓋設火酒精過分則下列作用將發生。



則 $\text{CO}(\text{OCH}_3)_2$ 氯化之結果爲 $\text{CO}(\text{OCCl}_3)_2$ ，非所欲製造之雙光氣矣。

雙光氣遇水及碱性亦漸遭分解，性較光氣稍慢耳。雙光氣中毒後亦發生大量肺水泡，且有催淚效能。

4. 氯化苦味質 Chloropierin $C_2Cl_3NO_2$

氯化苦味質爲一油狀無色液體，沸點 $113^{\circ}C$ ，能窒息，催淚，兼有強烈作噁功效，致有嘔氣 (Vomiting gas) 之稱。

氯化苦味質不溶於水，易溶於脂肪等有機物體。氯化苦味質較水爲重，其比重約爲 1.65 (以水等於 1.0 爲標準)。

氯化苦味質之揮發力隨氣候而變化，茲將其在各個溫度下之氣體壓力及所可能造成之毒濃度列於下表：

溫度，攝氏	氣壓力 (Vakoy pressure)	可能造成之毒濃度 / 毫克升
0°C	6.9 mmHg.	57.5 mg/liter
10	10.8	104
15	14.1	136
20	16.9	184
30	30.5	295
50	80.7	748

因當每一公升空氣含有二釐之氯化苦味質，人於其內滯十五分鐘即足致死，是以氯化苦味質。即在嚴寒應用，其毒效亦頗著，蓋即在 0°C 時之毒濃度 57.5 mg/lits 其毒已甚劇矣。

於歐戰時，氯化苦味質與光氣常混合用之，取後者之肺毒，及前者除肺毒以外之催淚及作嘔性也。

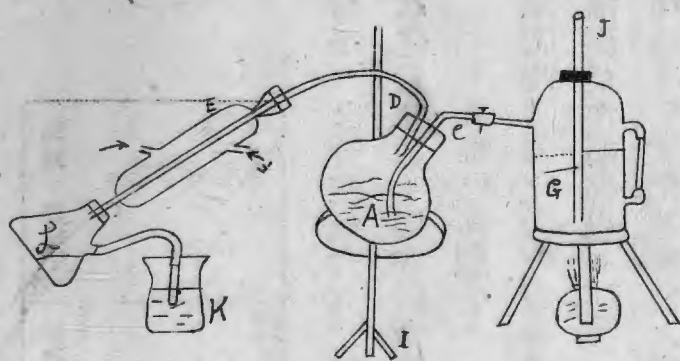
在理論者，氯化苦味質之製造法甚多，如哥羅方 (CHCl₃) 之硝化 (Nitration)，甲酮與鹽酸硝酸之作用，苦味酸與漂白粉之化合，及其地種種之方法。惟自實

際言之，則不論工業或實驗室應用，祇為用苦味酸與漂白粉之方法，蓋其他方

法，每多勞煩，且生成物不多，此法則經濟，簡單，且其產量成數頗高，是常應用之。其製造步

驟如下述，其儀器圖樣如附圖：

於A瓶中置放340克之漂白粉，加少量水使成糊狀物。將6克之苛性鈉先溶於150CC水中，再加入30克之苦味酸，混和之。再將此苦味酸鈉混合物傾入A中。從C通入由G發生之水蒸氣（G中盛水用，火酒燈燒之使沸，水蒸氣即由C管通出。）氯化苦味質即漸生成於A瓶，因其能附水氣揮發即由D管蒸出，通過E冷却器遂冷却成液儲於L。因氯化苦味質不溶於水，故L中分為二



層。上層即由水氣凝成之水，下層即為無色油狀體之氯化苦味質。用分液漏斗分之，即可得純氯化苦味質。於此實驗進行時，各儀器之連接須保持不通氣，可用石臘封之。K 杯之設置即防 L 瓶中氯化苦味質毒氣竄入空氣，蓋 K 杯內置放者為 Na_2SO_3 (亞硫酸鈉)，足以消除氯化苦味質之毒。

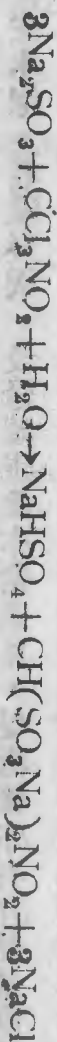
此製造法中所有之化學作用為：



苦味酸

由漂白粉加水
所得之亞氯酸

氯化苦味質之性質甚穩定，不為水，碱性或氧化劑消除，故於戰時用之，甚能持久生效。惟如遇 Na_2SO_3 則起化學作用：



此外遇 Na_2S (硫化鈉) 時作用更速，相遇時即有硫磺作黃色沉澱，蓋 Na_2S 為強還原劑而氯化苦味質即為還原消除，同時， Na_2S 亦為氧化，硫遂分離沉澱。

氯化苦味質之中毒現象最顯著者為咳嗽甚劇，蓋對氣管支之刺激氯化苦味質之効力實較其他毒氣為甚。作噁嘔吐亦為此毒氣中毒後之特徵。肺部亦似光氣中毒後之發生水泡。心臟衰弱，及暈悶現象亦常遇見，受毒後亦有猝然暈倒暴卒者，惟比例不多耳。液體氯化苦味質對於皮膚亦能損害。對眼部傷害亦多，氣體可使發炎，液體可致盲目。

其治療方法與光氣中毒類似，最須注意者為安靜。

窒息性中之重要毒氣都如上述，其氯，光氣，及氯化苦味質之傷肺毒效比較可見下表：

每公升空氣所含之量數 足致同樣致命傷害者	氯	Cl ₂	光氣	COCl ₂	氯化苦味質	CCl ₂ NO ₂
	3.0		0.36		0.8	

由此可見氯化苦味質約較氯氣毒4倍，光氣約較氯氣毒10倍。

第四章 催淚性毒氣 (Tear gases)

催淚性毒氣爲軍用毒氣中性質最緩和之一種，於極低濃度時，雖即足發生流淚現象，惟於此濃度時受毒者除眼部刺激難受外，可無其他身體上之傷害。然在施放此類毒氣者，雖以其不能造成若干傷害，但以其已能使敵方相繼流淚，不克振作應戰，其技術上之要求亦即已達到。此外催淚性雖不能透過面具，然設於戰地多事施放此類毒氣，則敵方軍隊必須常期禦面具，其戰鬥力必減退，同時心理上必蒙上重大不安，如是則毒氣應用之功效已發展至極端矣。再因催淚性能於極低濃度時，即可發生劇效，故應用上亦較其他毒氣爲經濟。Eries 曾謂設一良好之催淚性炸彈可致使一相當區域內之軍隊全禦面具，若用光氣以代之，則需用500—1000枚之光氣彈始可造成此同樣之刺激程度。雖500—1000枚之光氣彈所造之傷害必百十倍於催淚性者，然若僅欲敵方減少戰鬥力，則催淚性實爲經濟，有效，而又合人道也。

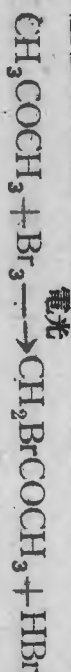
催淚性毒氣種別甚多，茲擇要分述如下：

I、溴醋酮 Bromo-acetone, $\text{CH}_3\text{BrCOCH}_3$

溴醋酮應用於大戰之時期甚早，1915之年終即已開始用之。惟以製造上之便利，溴醋酮常與氯醋酮有同時混合生成，混合應用。此混合物，法人名之謂 tear tonite 含 80% 之溴醋酮及 20% 之氯醋酮。

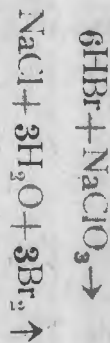
純溴醋酮爲一微黃色液體，沸點 126° ，在 -54°C 凝結爲固體，比重爲 1.63。溴醋酮雖催淚性甚佳，惟不甚穩定，易與金屬起作用。漸爲水分解，爲空氣氧化。初製之溴醋酮雖爲微黃色，於稍事儲藏後每變爲黑棕色，甚者凝聚爲塊狀。此物微溶於水，易溶於有機溶劑。溴醋酮揮發力不强，應用時可加若干易揮發劑如以脫，氯化乙基等以助其蒸發。

一般之溴醋酮法甚簡，即應用溴及醋酮之作用，用電光作接觸劑：



以溴之價格甚昂，若照上式進行，則一半加入之溴將成爲無用之 HBr ，損失甚

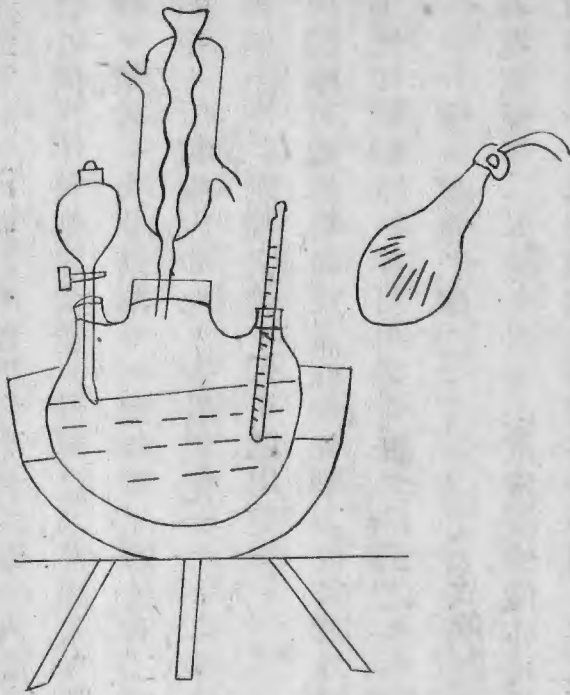
大，故於製造時每加 NaClO_3 少許以氧化 HBr 至 Br_2 再事與 CH_3COCH_3 起作用，其式爲：



實驗室製造時之儀器圖樣及步驟如下：

先備一三公升容量之三口圓底瓶，其上置放冷却器，分

液漏斗，及溫度表各一支，於瓶內先置放 124 克之 NaClO_3 （氯酸鈉）400 克水



，及200克醋酮 (Acetone)，於是加熱至40°以上，及用強度電燈光照之(750支光最宜) 276克之溴遂緩緩從分液漏斗內滴入圓瓶，此種滴入手續須繼續至一二小時，不可加之太急。待溴已全部注入，圓瓶已冷卻後，即將圓瓶內之所有物，傾入一大分液漏斗，此時可見溶液有二層，其底層即係所成之溴醋酮，分開後，溴醋酮內即加入少量氯化鈣 (CaCl_2) 以吸去其剩餘之水份，待數日後，再將 CaCl_2 過濾去後，即可應用矣。

溴醋酮可為漂白粉及苛性鈉分解，故於戰地可用上述二物消除之，衣服過沾有液體溴醋酮時，亦可用稀苛性鈉洗去之。

II、氯苯乙酮 (Hhloroacetophenone) $\text{ClC}_6\text{H}_4\text{COC}_2\text{H}_5$ ，一般催淚毒氣俱含有氯族原子 (Chlorogen atom) 故催淚性能亦可謂即發生於此種種結合形式不同之氯族原子，其催淚強烈程度各各不同，碘化物最強，溴次之，氯最弱，惟以碘浪均甚昂貴，欲得一強烈催淚氣其值自甚高，蓋一般之氯化物雖甚價廉，然其

效用甚小也，惟自氯苯乙酮發現為最強烈之催淚劑後，良好催淚性毒氣之價格已降低不少，致美人方面曾謂有氯苯乙酮後可不必再事製造他種催淚毒氣，蓋其值最廉，其效最著也。

氯苯乙酮除上述優點之外，尚有若干點為其他催淚性不可及者，即氯苯乙酮為一白色固體，易於運用，性穩定，不為水及氧化劑化解，對熱穩定；故可應用於烟幕，製成毒霧，不池彈殼起作用，可用以實彈，催淚性特強。

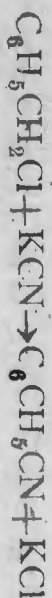
即可生刺激，為催淚毒氣中最強烈者之一種，毒質觸膚亦可傷害，對肺部亦有毒效，唯熱鹼性溶液可漸漸分解之。馬類抵抗甚強，可不受此種毒氣損害。

III、氰溴甲苯 Baomo benzyl cyanide $C_6H_5CHBrCN$

氰溴甲苯純體為一白色結晶體，溶點 $29^{\circ}C$ ，但常見者則為一黃色液體，此物催淚性甚強，與氯苯乙酮同為此類毒氣之最強烈者，即 $0.3mg/n_3$ 即生刺激，氰溴甲苯性亦持久，據 Vedder 氏言在普通情形下施放於地面後，已可維持 30 之

久，適宜狀況下猶可超過之。

惟氰溴甲苯之量大缺點即為當儲於砲彈爆發時，易遭分解而失其效用。且此物易與金屬（鉛除外）化合，不便置入砲彈，故頗不合軍事應用便利。其製法須經過二步手續，其式如下：



因氰溴甲苯之持久性强，當此物沾着衣服用物時每能以少量之毒氣繼續發散其催淚效能至數日之久，故須用浸有 CCl_4 之布或稀酒精鉀碱溶液（*alcoholic Potash*）連續揩拭之。

IV、溴二甲苯 *Xylyl bromide* $CH_3C_6H_4CH_2Br$

溴二甲苯與溴甲苯之混合物德人曾以 *F-stoff* 之名義應用之，88% 之溴二甲苯及 12% 之溴醋酮則稱為 *Green F-stoff*，溴二甲苯為一黃色液體，沸點甚高為 $208^\circ C$

，故於寒冷時其揮發度甚低，其應用效力較弱，惟亦因其揮發遲緩，頗能持久。實驗室製備甚易，即應用製溴醋酸之儀器，將二甲苯置於瓶內，然後在強度電光照射下滴入溴質，溴二甲苯即成於瓶內，同時副產物 HBr 即從冷卻管口上通出組其化學程式爲：



溴二甲苯能損壞金屬，故工業上之製造頗多困難，須用鉛質或玻璃儀器始克成功。

溴二甲苯除催淚性外並無其他劇烈毒效，惟於 1915 Arsonne 之役時法國軍隊曾爲此物轟擊而發生多數兵士猝倒現象，當以度特高，中毒副作用亦強烈發作故也。

溴二甲苯漸爲水分解，更易爲鹼性與化劑消除，故可用於防禦。

V、碘醋酸乙烷 $\text{Ethyl-iodo-acetate } \text{ICH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$

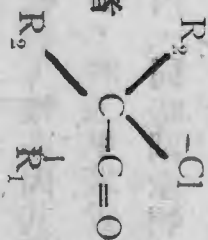
碘醋酸乙烷爲一無色液體，微有香味，沸點 180° 。性穩定，不爲水及苛性鈉消滅，用炸藥施放亦不分解，故可以實彈，其製造之化學方程式如下：



碘醋酸乙烷之優點爲性穩定，其催淚程度雖與溴醋酮相似，惟副作用窒息毒效則祇及溴酸酮三分之一，且以碘價甚貴，平常應用甚少。

催淚性中重要之毒氣氣已略如上述，統觀其化學結構，吾人可得一總括概念蓋凡一般之所謂催淚性均含有氯族原子（已如上述），且此原子之地位，亦每爲一定，即在 $\text{C}=\text{O}$ 基旁之 α 地位碳原子上如有 Cl 、 Br 、 I 原子則此化合物必有催淚效能，茲舉二例以明之：

(a) $\text{C}=\text{O}$ 基旁之 α Carbon 含 Cl 者



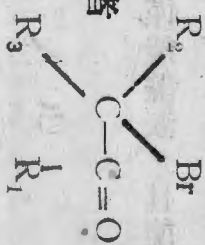
其 R_1, R_2, R_3 爲任何基，今設 $R_1 = C_6H_5, R_2 R_3 = H,$

則此物即成爲



$CH_2ClCOCC_6H_5,$ 赫然催巨淚摩氣苯乙酮也。

(b) $C = O$ 基旁之 α Carbon 含 Br 者



今設 $R_1 = CH_3, R_2, R_3 = H,$ 則此物遂成

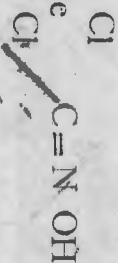


即 $CH_2BrCOCH_3$ 氯醋酮也。

催淚性毒氣之一般生理作用祇為流淚，且痊復時間甚短不甚傷目，故一時受毒後無須特殊治療，礮砂水之洗滌已足見效。

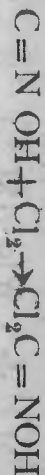
惟此外戰後復有二種毒氣發明，其毒雖為亦對眼部刺激，但其毒效則劇烈多多，人受其毒後，每致眼部失明，是稱之為『眼毒』(Eye Poison)

I、胥光氣 Phogent of ime



此物為德國 munchen 大學教授所發明，不僅能催淚，且能腐蝕眼膜致盲，此物受毒後有潛伏期，輕者24小時，重者12小時以後，中毒者始感不快，再過12小時則不能開眼，四五日流淚不止，輕者十日始痊，重者目盲。

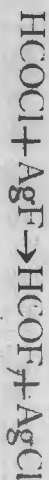
胥光氣在平常溫度為液體，沸點128°C 製備方法即以鎰酸汞加硫酸再與 Cl₂ 化合。



胐光氣遇水起作用，遇鹽基性物則毀滅甚速。

II、氟蟻酸 HCOF

由氯化蟻酸所得之氟蟻酸即爲眼毒，其式如下：



第五章 糜爛性毒氣

一般毒氣，不論其爲窒息，催淚，噴嚏，或中毒性能，其侵害之部份大都均集中於面部及呼吸氣管，故防禦之目標亦祇需注意面部之保護，而面具之逐漸改進亦已足減去不少損傷，惟糜爛性毒氣則不僅能侵害面部各器官，其主要之毒效尙在能糜爛身體各部之皮膚，使氣體防禦未能遍週而每乘隙致害，故待歐戰末期，毒彈之大半爲糜爛性，傷亡之成數亦加之。

糜爛性毒氣種別不多，大戰所用僅芥子氣一種，待至戰末，美人始大量製成另一種糜爛性路易氏氣以備應用，然終以和約已簽，未致正式於戰事中用之，據

美人報告，路易氏氣之毒性較芥子氣尤劇，至少亦相似之，其於二次大戰之地位，自不能忽視之矣。

I、芥子氣 Mustard gas $(\text{ClCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$

芥子氣係一液體毒物，純者無色，混雜物者黃色，純者無臭味，不純者略帶芥子味，芥子氣之化學方程式爲 $(\text{ClCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$ ，決不與芥子油 (mustard Oil) 有任何相連關係，蓋後者之化學結構爲 $\text{CH}_2=\text{CH}=\text{CH}_2\text{N}=\text{CS}$ ，與芥子氣截然不同也。

芥子氣之得名因其不純時之臭味而來，且此物在平常溫度爲液狀，亦非氣體，故芥子氣一詞實非適當，惟以沿襲相用，未加改革耳。

德人應用芥子氣，以黃色十字彈代表之，故此物亦有『黃十字』之名稱，德人復以其初次應用於 Ypres 地方復名之爲『Yperite』。惟依其化學式則應稱之爲 二氯化氮乙烷 (Dichloro diethyl Sulphide)，但又難能通俗矣。

在平常溫度芥子氣頗穩定，但在高溫即遭分解，化為鹽酸，反不如結構式之催淚毒物，遇水芥子氣亦能水解，惟在底溫時甚緩，高溫時則較速，其作用為：



$(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$ ，硫化氫氧乙烷，無毒性，鹽酸亦然，故芥子氣如施放於多水地域，亦能漸漸解毒，惟所需之時日往往為一二星期以上耳。

漂白粉與芥子氣能起劇烈作用，且放出大量之熱...



此氧化物無毒性，故漂白粉可用以消毒。

氧亦能與芥子氣化合，造成 $(\text{Cl}_2\text{CHCH}_2)_2\text{S}$ 此物亦無毒性。

芥子氣不溶於水，惟易溶於石油等碳氫化合物及其他有機溶劑，芥子氣能透過橡皮服衣，蓋橡皮亦係碳氫化合物之一種，故用橡皮以禦芥毒，其效實鮮。

芥毒之氣體與液質同有毒效，於戰事應用中，若用高炸藥施放，則可使液質分

佈爲極細之粒類佈於空中，造成強烈之毒濃度，惟設不用高炸藥炸裂爲小點時，其毒效往往由於液質之漸蒸爲氣而使害，故其氣體壓力關係毒效甚大，氣體壓力大小可決定空氣中含量之多少，茲將其各溫度時之氣體壓力列於下表：

溫度 (°C)	氣體壓力 (Hg.mm.)	最高濃度 (mg/htos)
-17.8	0.0045	0.045
0	0.031	0.28
15	0.0417	0.401
18	1.0546	0.525
20	0.0650	0.625
22	0.0773	0.743
25	0.0996	0.958
30	0.1500	1.443
35	0.222	2.135
40	0.45	3.66

由此可見，芥子氣在平常溫度氣壓甚低，即其揮發度甚小，此亦所以芥子氣之能持久不散至幾星期以上也，惟因芥子氣性劇毒，濃毒自0.006至0.2mg/liter已足致命，（視動物滯留其中時間之短長）故即於寒冷時期，其效力亦決不減於其他毒物也。

芥子氣有諸多特質爲其他毒所不可及者，蓋此物毒而不能嗅覺察得之，能透過一般衣着，能侵害身體全部，能持久，且毒效發作甚緩，能糜爛能窒息，亦能刺激，總之此一切特性在在切足造成芥子氣爲一最強烈之軍用毒氣，英人並以毒氣之王名之其於歐戰時之廣被應用，自有其由來矣。

其製造方法，以戰時各守祕密，故有多種，亦互有短長，茲分述德國及協約國之方法如下：

A 德國方法——德國方法步驟甚多。



酒精

去水劑



乙烯

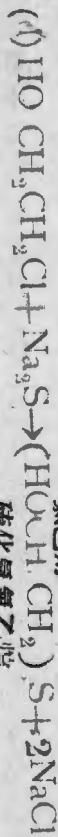
毒氣概要



漂白粉



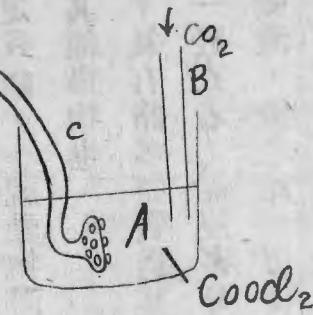
氯乙醇



硫化氯乙烷



芥子氣



製造時之大略步驟即先將漂白粉溶液置於A內，然後由C管通入 $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ，由B通入 CO_2 ，則 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ 即完成於A內(溫度須保持5—10°C)於是再加入 Na_2S ，食鹽遂依(d)式之結果而下沉，過濾即得 $(\text{OHCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$ 溶液， $(\text{CHCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$ 性頗穩定，可儲藏，故祇須於必要時再加入鹽酸即可得芥子氣。

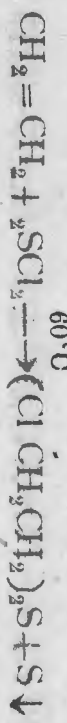
由此法所得之芥子氣，質地純潔，歷久不變，且

(OHCH₂CH₂)₂S 便於儲存，可隨時應用，惟手續過煩，一時不及趕製大量，於應用上易生困難，德國於大戰末期，以芥子氣應用過廣，遂呈缺乏現象，戰事

大受影響，雖擬改進方法，以求製造迅速，然已不及，說者有謂設德人能再備有數十萬噸之芥子氣則大戰決不會於1919結束，雖不能斷言德即可致勝，然鹿死誰手固未可預卜也。

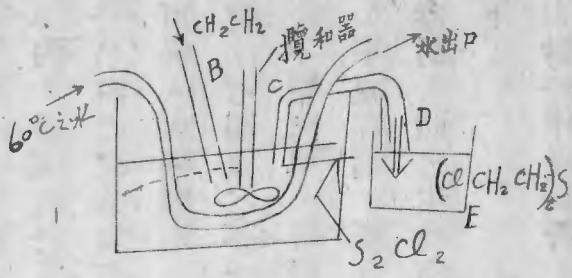
B 協約國方法：

此法手續甚簡，從酒精去水得乙稀，從硫與氯之化合得一氯化硫，此二物結合即可得芥子氣其式為：



其大略步驟如下述：

於 A 內置放 S₂Cl₂，用水管通入 60°C 之溫水使 A 內之



溫度亦爲 60°C ，再由B管通入， $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ，用攪和器C攪和之，芥子氣即成於A內，硫磺沉於下，利用虹吸管D，可將上層芥子氣溶液流至E桶，然後將留於A內之硫磺加熱使溶，流遂浮於上面，再用虹吸管取去之，下層之芥子氣即可併入E桶應用。

由此法所製成之芥子氣含雜硫磺甚多，須用真空蒸溜法始可取得純體。

此法手續簡單，時經濟價格低廉，惟同時生成物不純，不歷久（若月後即成凝塊）不便存儲，祇合臨時應用性質，然爲適應戰時需要。此法自屬便易多多。芥毒對人體之生理作用爲糜爛皮膚，破壞呼吸系統，刺目等。其中毒症狀大略如下：

(a) 對於呼吸氣管——侵害咽喉引起喉頭發炎，繼之以氣管及氣管支炎，起水泡，延及肺葉起高低不平狀，漸發黑色而潰爛。

(b) 對於心胃各部——心臟大胃肥部充血，易起昏眩，漸失知覺。

(c) 對於眼部——眼發結膜炎，漸腐蝕，重者致失明。

(d) 對皮膚——始觸皮膚時，不覺痛苦，直至3至6小時後始覺癢感，復起小水泡，數日後則變為大水泡，有劇痛，潰腐後，毒入肌肉內部，每能致死，芥子氣對於皮膚之最厲害一點即為其潛伏期，設一毒氣能立時發作，則亦易立時治療。設潛伏相當時期，及待發覺，每致醫治罔效。

關於芥子氣之防禦，以其少嗅味及能透過普通衣著，故防之甚難，防禦者除禦帶面具外，尚須穿着防毒衣服。因芥子氣亦能滲透橡皮，橡皮衣之不能作安全保護已甚明顯，用油類浸透之衣服雖能稍事抵抗，然以其不透空氣汗息無從排除，穿着異常不適。中國之桐油布經試驗亦少防禦功用。故言芥毒防禦，迄今猶為一未完全解決之難題也。

當皮膚初沾芥子氣如能發覺，當立即於一二分鐘內用漂白粉溶液洗之，用水或肥皂溶液亦可，惟不及漂白粉之有效耳。但時間不能間隔過遲，五分鐘後再行

消毒其效即少。此外煤油或汽油等亦爲洗去芥子氣之良好溶液，能繼續多洗幾次，其效甚著。

既中毒不覺而待發作時，則治療甚少幫助，祇可稍用氧化鋅油膏(ZnO)塗於患處以防免侵染，用苯醇(Benzyl Alcohol)以去癢，用淡HOCl溶液時時洗滌以去毒，用古加因(Cocain)溶液以治痛耳。輕者一二月可愈，重者半年，更重者每至不治。

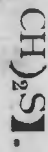
中毒者之衣服鞋帽必須脫去消毒，病人固應令隔離，俾免傳染別種病菌，而他人對於中毒者之膿液亦不能接觸，蓋芥毒于侵害後如未消毒仍能傳染故也。

對於呼吸氣管中毒，可用碘酒或氣肪少許，蘸棉花嗅之以防病菌傳染。眼部中毒治療亦乏良法，惟用硼酸或重碳酸鈉洗之，可減輕其嚴重性。

關於芥子氣糜爛毒性之由來雖有諸多理論解釋然每少完滿結果，且最老之理論，亦即最普通之理論，則認中毒有如下步驟：

(a) 因芥子氣溶於有機質，故沾遇皮膚時即能透過。

(b) 然後與人體中之水份起水解，成鹽酸 (HCl) 及硫化氫乙烷 $(\text{OHCH}_2\text{CH}_2\text{SH})$ 。



(c) $(\text{OHCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$ 無毒，鹽酸對細胞起特殊之破壞作用而致毒。

然因即以相當量鹽酸（當多於少量芥毒分解所得者）注入體內亦不至發生如此毒效，故此理論尙難彌其缺陷也。此外尙有若干理論，然往往不切實際未能公認接受，大概芥毒之最滿意解釋或當係即芥毒本身能破壞細胞之謂，然又未免失之混統也，芥子氣之檢查方法亦甚多，亦無成績良好者，應用 PtCl_4 溶液及 Zn 溶液之混合劑遇芥氣能由油淡紅轉入藍紫色，然亦不十分靈敏。芥子氣之一般應用方法係裝置於砲彈後射擊之，亦有以高炸藥使裂爲細粒者，亦有與催淚性合用，使妨及面部，不易作戰，而毒害全身者，有飛機播散者，亦有用於手榴彈以擾亂者。總之隨機應變，達其毒效最強之目的而已。

(三) 路易士氣 Lewisites

因應用不飽和之碳氯化化合物之稀 ($\text{CH}_2 = \text{CH}$) 與氯化物一氯化硫 (S_2I_2) 之作
 用能得一劇毒之芥子氣，故歐戰末期之化學研究工作大半從事於利用同樣原則
 找覓劇毒之化學物，於一九一八年美國化學家路易士遂能利用另一不飽和之碳
 氯化物乙炔 ($\text{CH} \equiv \text{CH}$) 與另一氯化物三氯化砷 (AsCl_3) 在三氯化鋁接觸下之
 作用得 (ClCHCH) AsCl_2 ，一糜爛性甚強之毒物。此物原名應稱為 Chloro Ninyl
 dichloro Arsine、氯乙炔二氯化砷，但為紀念發明者起見，通俗遂名之為路易
 氏氣 (Lewisite)。路易氏氣之原意即指 (ClCHCH) AsCl_2 一物，復因利用加入之
 乙炔之多少，可再得二相似物 (ClCHCH) $_2\text{AsCl}$ 及 (ClCHCH) $_2\text{As}$ ，路易氏氣遂
 分為三種：

(ClCHCH) AsCl_2 謂之路易士氣甲

(ClCHCH) $_2\text{AsCl}$ 謂之路易士氣乙

(ClCH₂CH₂)₂As 謂之路易氏氣丙

以甲種毒性最強，故一般所指路易氏氣仍以甲種為代表。

其製法甚簡，即於 AlCl₃ 及 AlCl₃ 之混合物通入 CH₂=CH₂ 至飽和為止，其溫度須保持 40—0°C，過高則有突然炸裂之虞，如此即得三種路易氏氣之混合物，傾入鹽酸溶液中即溶去其 AlCl₃，待 AlCl₃ 溶盡後再用蒸溜方法即可將此三種分出，在 26 mm 水銀壓力下其各個沸點如下：

甲 93°C

乙 130°C

丙 151°C

其作用之化學方程式為：





此三種毒物在常溫均為液體，色均甚淡，惟臭味特強，故易察覺，其三種之生理作用亦各個不同。

- (a) 甲種為強糜爛性，皮膚吸着力甚大(尤甚於芥子氣)，刺激鼻膜，噁性甚強。
- (b) 乙種對呼吸氣管刺激甚劇，糜爛次之。
- (c) 丙種亦具糜爛傷肺性質，惟噁性特強，臭味亦最濃。

以此類毒物傷害性甚強，故美人曾謂之死露(Dew of Death)其威力固與毒氣之王遙遙相峙矣。

路易氏氣能為水，碱性，及氧氏劑分解，其作用以甲種為代表：



所得之分解物均爲無毒，故可應用上列物品以去其毒。

路易氏之氣糜爛輕芥子氣爲速，其一時毒效亦過之，潛伏期較短，受毒後數小時，即劇烈發作，其起泡情形頗與芥子氣相似，受路易氏毒後之危險期在三四日中，過此少害。輕傷一星期可愈，重則數月。

其防禦與芥子味相似，治療時可用由 FeCl_3 加 NH_3 而得之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉澱糊狀物，用氧化鋅與凡士林混合劑亦有微效。劇痛時可用麻醉劑塗之。中毒後須絕對安靜，肺中毒可用碘之氯肪溶液少許嗅之，可改輕外來傳染。

第六章 噴嚏性 Lrrit auts

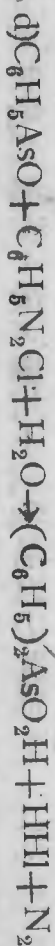
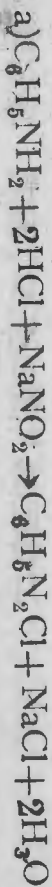
噴嚏性亦作刺激性，蓋以其強烈之刺激鼻膜生嚏性質而得名。噴嚏性毒氣大都均爲砷化物，且同時均爲固體。以其爲固體，揮發性低，故平常情形下，其刺激力頗不顯著，但設一旦用煙幕施放爲煙，或用高炸藥炸爲至細之顆粒使成，爲一種空中懸質 (Aerosol) 則其毒效甚者，且能透過普通面具，不能爲活性炭

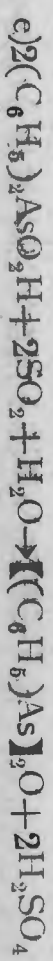
所吸收，蓋此種烟或懸質其顆粒甚細也。噴嚏性之目的在於刺激及透過面具，使不能禦帶，而用其他毒氣殺傷之，故其本身致死力殊弱。

(1) 二苯氯神 Diphenyl chloro arsine (C_6H_5)₂AsCl²

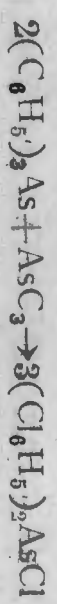
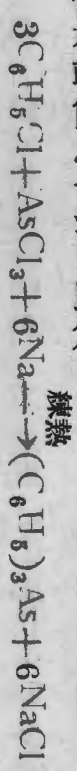
二苯氯神，亦名 Clark I，為一固體毒物。純者無色，融點為 $45^{\circ}C$ ，但普通得之者為黃色糊狀物。置于彈內，可無改變彈道，方向之虞。不溶於水溶於有機溶劑，尤溶於光氣等毒物，故設等此混合物用炸藥炸裂後，一方二苯氯神通過面具致噓，待敵人除去面具，則光氣等遂使行其窒息毒効。

其工業製進法甚繁，茲將其所食之化學作用列下，以見其原則：





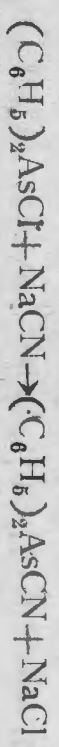
惟此外尚有較簡之一法，即爲



二氯砷能爲氧化劑消除，遇眼鼻刺激時可用硼酸洗之。

(11) 二苯氰砷 Diphenyl-cyanoarsine

二苯氰砷又稱 Clark II，亦爲固體，其刺激性較二苯氯砷尤猛與。水無作用，惟熱碱性可破壞之，其製造法係由二苯氯砷加 NaCN 得之。



(12) 亞當氏氣氏 Adamsite $(C_6H_4)_2NHAsCl$

純亞當氏氣爲一黃色固體，不純者爲墨綠色。溶點 $195^\circ C$ ，於空氣中燒沸，每

致分解。亞當氏氣不甚溶於有機溶劑，不能與其他毒物混。用亞當氏氣且能與金屬生銹，故軍用價值殊弱，惟毒性持久，製造便利，其式爲



第七章 Blood poisons

主要之中毒性毒氣大都爲飛體，故戰事上不常應用之。

一、一氧化炭 CO

CO 爲氣體，平常應用於戰爭之機會甚少，惟當炸彈裂往炸，揮發大量 CO 氣。如 T.N.T. 等彈，每一公斤大概即可發生 800 公升之 (CO) 致從事撲滅炸彈餘燼之工作人員，或當槍砲彈射於一不通風之去處後，即易遇 CO 之毒害，平時居家則更常有 CO 毒之危險，北方尤甚，即所謂煤毒是也，礦中亦常遇 CO 或煤毒。其發生之原理爲炭之不完全燃燒，故其製法亦即



CO 致毒性甚速，原委由於其與血中紅血球造成一種一氧化碳紅血球爲紅色固體致淤塞血管，阻止氧氣循環。

關於一氧化碳尙有足以一言者即普通治性炭不能吸收之。於面具中須加一種 H opcalite 即氧化金屬合劑將其氧化後成 CO₂ 始可去毒，惜以 CO 此重不足，在空氣中不易造成致死濃度，未能應用於戰事耳。
中 CO 毒後可用人工呼吸及多吸氧氣治之。

二、氰化氫

此物有苦杏仁味，毒性甚強，其致死力亦大，惜比重過小，施放後每易飛散，軍事價值甚小。惟法人曾混和 AsCl₃ 用之，各 Vincenite 製法甚簡

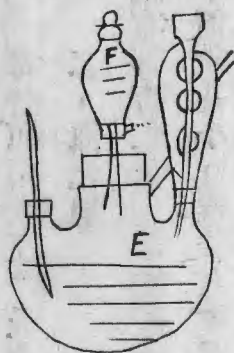


因 HCN 刺激神經知覺，故遇 HCN 時，吸紙煙即覺變味，故可用以檢查之。

三、溴化氫 BrCN

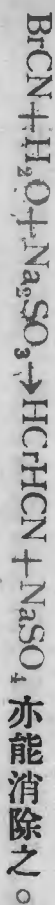
純者白色固體，溶點 52°C ，沸點 61°C 。

製法： $\text{KCN} + \text{Br}_2 \xrightarrow{0^{\circ}\text{C}} \text{R-CN} + \text{K}^+ \text{Br}^-$



於一公升容量之三口瓶中置放 150g 之溴，此瓶裝有分液漏斗一，冷却器一，溫度表一，於實驗開始前須用冰鹽水將 E 瓶冷至 0°C 度，然後由 F 內滴入 55g 之 KCN （先溶於 120 克水中者），同時將儀器震動，此作用甚猛，溫度須注意不超過 30°C 待作用完成後即有一白色黏狀物出現，此即係 CNBr 及 KCN 之分子結合物，此時 Br_2 應已用完，否則可稍加 KCN 溶液（滴入）使成淡黃色，惟亦不可過度，因蒸溜時若有過分 KCN 將起凝固作用，欲得純 BrCN 可用蒸溜法（ $65-70^{\circ}$ ）得之。

NBrCl 為強烈中毒性，兼有糜爛性質。為 Na_2SO_3 或 NaHSO_3 消除之。



四、CNCI

黃色粉末，刺激性更強，製法類如……



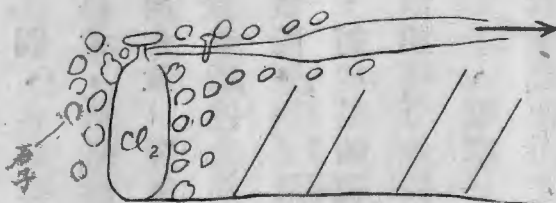
第八章 毒氣使用法

以上數章所述大都係毒氣製造之方法及其一般之性能，此章內容則將討論關於毒氣實際應用之種種方法。氣體攻擊之技術優劣不僅關係毒氣功效之能否揮發至盡，對於整個戰事前途亦有至大之影響。故自歐戰開始德人應用毒氣後，各國遂競相研究此類方法，茲擇要分述於後，以見其大概。

I、噴霧法 Blowing Process

此法為毒氣使用之第一方法，亦即歷史上第一次使用氣體攻擊而獲得極大成功之法。德人因鑒氯於六大氣壓之壓力下即能凝成液體，故遂製筒加壓儲之。筒口裝有活塞，可隨時開啓，德人於既決定應用毒氣後，遂將大量氯氣筒運至伊

迫前線，擇地裝置，共費多月之籌備。其裝置方法即將氯氣筒埋於地下，其出口處用長鐵管通之其略圖爲：



因防施放時氯氣筒之方向轉變，可用石子加壓其周圍。其分佈密度，約一米達有二筒。德人初次使用，其數約達五千餘個。待一旦天時氣候適宜後，一聲令下，即可同時開放，極濃之毒霧即隨風向衝前。

於德人初次放氯氣時，英法未及猝防，而致死傷盈萬，然噴霧法之能造成一時極高濃度，及其使放範圍之廣大，固爲其他方法之冠也。

噴霧使用毒氣時應注意各點簡述如下：

1. 風向——噴霧法之主要點即爲待毒氣一旦施使爲氣後，其毒氣之推進全賴風力吹送，故於應用此法時，風向之測定須確實精密

，不可稍事含糊，且測定時最佳須能測知風向不易變換，然後噴霧法始可進行，否則不能味然行之，蓋設一旦風向突變則本軍將受毒害也。

2. 風速——待風向確定後，則風速亦爲應當注意之點。過緩則推進太遲，易爲敵人預知而先事防備，過快則毒霧四散，濃度將驟低，其效亦弱，故最適宜之速度爲一快馬行走之速，約每秒鐘行2至4米達之遙。

3. 角度——風之角度與推進目標之距離頗有關係，角度過銳每致進行不遠，故角度以較高爲佳。

4. 時間——每日清晨，地面溫度低下，中午上昇，下午二三時最高，晚間七時後再下降，地面熱則空氣上升，故此時施毒其毒易揮散，冷則下沉，毒亦能隨之而下，不易散去，故噴霧施放當以早晚爲宜，預防敵人施毒亦以此時爲最應謹慎之時。

5. 地勢——高低不平，障礙頗多之地形最不適於噴霧法，故山谷樹木叢多之

處不能應用。最佳者為平坦之地形或斜度最高不超過三十度之處。德人於
Champaign, Limey, Fay en hay 及 Rechicourt 等區用噴霧法得到成功，其地

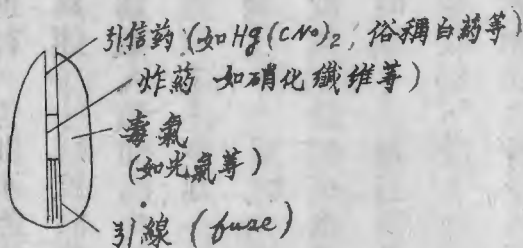
勢之平坦有宏助也。

噴霧攻擊以其所受天時限制過多，故其缺點甚大，除氯氣，光氣，能適應此用途外，其他毒氣均未能應用。再
以噴霧準備需時甚久，且其準備又不能為敵方乘機偵覺
，施放又需要專門訓練之兵士，故除能改善其種種不足
外，噴霧法未來應用之機會較少矣。

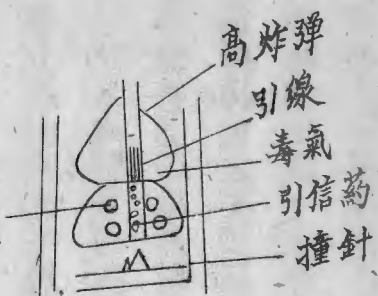
II、擲彈放射法 Projectile Process

此法為英人李文氏 (Livens) 發明，故協約國方面應用較
多。擲彈器為一寬度均勻之鋼筒，其底置於一鋼片上，

淺埋於地，並用一木架以支住有斜度。其所用毒氣彈之內容如附略圖：



此彈即置於擲彈器內，此器之底層裝有炸藥，並可用電線設備以電燃。待時機到臨，即可開始電燃，使毒彈同時衝出，一方引線燒燃，一方待彈達地面，引信藥即開始炸發（蓋引信藥炸發至易，稍事震動即有爆裂之虞，故一旦與地相撞，立能裂轟）。彈中之炸藥亦遂相應發動，毒氣遂四佈空中矣。



此法投射之距離約為 3000 米達，故 3000 米達左右稱之為危險地帶 (Zone of risk)。其優點為攜帶便利及一時高濃度，惟缺點則以能應用之毒氣甚少，得有成效者亦惟氯及光氣耳。

III、迫擊砲放射法 Motor Shooting

此法所用之砲筒及毒彈形式如上圖：

施放時即由軍士將毒彈置入砲筒內，以其底撞針，遇毒彈之引信藥，彈遂炸發而衝出，待其彈端觸地，同

時引線因引信藥之爆發及火藥棉花之燃裂，亦已燃至炸藥附近，彈遂炸而毒氣充於四圍。用此法所得之距離約為800—1000米達。故距離甚短，且須人工施放，每分鐘至速亦不過十發左右，效力微甚。

IV、砲彈放射法 Artillery Shooting

此法亦係普通砲彈射擊，惟其彈內裝置毒氣耳。即極抵揮發之芥子氣二苯氯砷等亦能置於其內。其彈樣如下圖，於毒彈製造時須注意液體旋動力及重心，以免彈向不準。彈內宜用漆塗以免侵蝕。施放時能無聲最佳。

V、手榴彈施放法

此類方法限於小規模應用，亦以催淚性最多，其

形式如附圖(下頁)

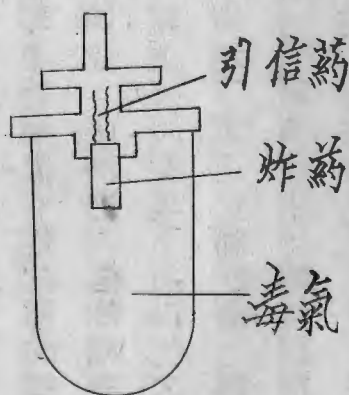


VI、炸彈施放法

炸彈之方法應用較廣，尤以飛機投彈，使用毒氣最便。其形式甚多，不外儲炸藥及毒氣二物，遇震動後，炸藥爆裂，毒遂施放。

第九章 毒氣防禦及面具

伊迫一役，德人初用氯氣，英法聯軍受毒立地死亡之兵士竟占百分之三十有五。此後協約國積極設法防禦，死亡率於不久即驟減至一百之二十四。待防護方法之日漸改進，至戰末所得之統計，協約國受德人窒息催淚刺激毒氣之死亡率僅占百分之六，而芥子氣則以防禦之謹慎僅占百分之2.5矣。毒氣防禦與損傷比率竟有如此之關係，故其重要已屬不言而喻。關於各個毒氣之防禦已於以上分述時提及，此處所擬討論者將祇及一般之防禦方法。一般防禦可分爲都市防禦及戰地防禦，內均含團體與個人二問題。



都市之團體防禦，建築防毒室及避難所最爲迫切。此類戶屋應以不通風爲原則，其建築材料亦應以堅固及防火爲前提。鋼鐵水泥尙能應用，其屋頂應堅固而平坦，不致爲炸彈擊破。關於其室內裝置則窗戶均應閉氣，有高空氣管插入高空以吸新鮮空氣，（因毒氣沉重故祇沉下層，上層空氣爲無毒），有純氧氣筒，以補空氣之不足，有空氣過濾器亦以吸收過濾之無毒空氣。此類房屋復應分爲二室，其進口處均用金屬重簾掛垂，以防毒氣竄入。第一室中尤應備浴盆俾便受毒者去毒，消毒化學藥品以便將受毒者之衣着第物解毒。惟此種建築最感困難者即其容量需極大，俾可容納多數市民，即因此，經濟之困難即相繼發生。關於此點歐美能充分做到者亦少，惟捨此類房屋之外可築地下道以代之。以現代都市之發達，地價昂貴，故於若干大都市早有地下道之交通建築，以求地面經濟。此類地下道於平時可爲交通要衢，惟設一旦戰事發生，即可利用爲防毒處所，蓋待關守不通風，再稍事增加設備後即爲防毒完善之地域也。現蘇俄及

其他各國均大事鼓勵此種建築，惜中國即關此類去處亦甚少，關心防毒者宜注意之。

都市若遇被敵人佈毒，則消毒之工作亦至為重要，蓋免再事傳佈也。消毒方法均係應用化學藥品以破壞毒氣。其最普通者為

(a) 漂白粉——此物為最易得及最價廉之氧化劑，一般毒氣類能與之起作用而破壞，芥子氣，路易氏氣，溴醌酮等均能為之消毒。不與漂白粉起作用者為數甚少。粉狀及水溶液均可應用。

(b) 苛性鈉——苛性鈉能消滅路易氏氣，光氣，雙光氣等。效力甚大，惟價格較貴，應用較少。

(c) 硫化鈉——硫化鈉可破壞氯化苦味質，氯化氰，溴化氰等毒物，尤以對氯
化苦味質為特效。

(d) 重石灰酸鈉——此物為碱性亦能消多數毒氣之毒效。

關於都市中個人之防禦可視經濟力量購製面具，防毒手套衣鞋，氧氣囊等物，以便必要時應用。

戰地之防毒較之都市，尤爲切要，因設前方戰士一無防毒準備，敵軍施行毒氣時，將全體束手待斃，毋復能爲戰矣。然戰地之團體防禦，至爲困難，蓋作戰事軍隊每疏散駐防決不能如都市內人民之集合避毒所一處防毒，且行軍多動，何能隨時築屋備用，故戰地之團體防禦工作祇能注意食糧及牲口之保護，多備化學藥品，隨時將敵人所施之毒氣消滅，作野外燃燒，使毒氣上升不致停留地面。惟個人則應嚴密保護，須各備面具，手套，防毒衣鞋，氧氣囊等物，蓋前線作戰，其受毒之機會實十百倍於後方之都市也。

綜上所述如欲防禦毒氣，面具，防毒衣著實爲不可稍廢之用物，然以防毒衣著之難能製造完善，且多數毒氣侵害在於面部，面具之重要較任何防毒功具爲大。茲將面具之結構及種類引述如下：

面具可爲二種，一爲輕式一爲重式，輕式面具即過濾式，亦即係將有毒之空氣經過物理的吸收及化學的破壞而濾成無毒空氣。重式即一種與有毒空氣隔絕之式樣，有氧氣足以自給不需外界空氣供給者。

I、輕式面具中之主要用物

面具有二部，一部即護面之橡皮布套，上有眼片，此外即係連於呼吸氣管之吸毒罐。一般所指面具即對吸毒罐而言者。所置各物亦盡置於吸毒罐者。

(a) 活性碳素——一般毒空氣能經物理吸收而去毒，此類吸收劑有硅藻土 (Kieselguhr)、浮石 (Pumice Stone)、及活性碳幾種，其中唯活性碳效力最大，原料亦方便。

其製法之大概即將纖維勻緊之木材，最普通者爲果殼(如核桃殼等)，置於電爐式窖內燒至 $300-350^{\circ}\text{C}$ 之間(不能超過 500°C)，得焦炭，用抽空法輕度抽空之。此後即可將此項碳素用 400°C 之熱空氣或 $850-900^{\circ}\text{C}$ 之水

蒸氣通過之，如此所得之碳，其孔甚多而細，吸收力大，故謂之活性碳素 (Active Charcoal)。

若硬果殼之類木材不易覓得時可用普通松木，鋸為細屑，然後浸於50%之 $ZnCl_2$ 溶液內待全部浸透後，於550°C炭化之（即置於爐內燒之，注意氧氣不能充分，否則即變為 CO_2 及 CO 而不能得碳），水洗，將 $ZnCl_2$ 全部洗去，至多亦僅能留0.05%。於乾燥後再行通入熱空氣或熱水蒸氣亦得活性碳。 $ZnCl_2$ 之加入能使木材碳化均勻，不致鬆疏過度。

若不用 $ZnCl_2$ 溶液，則用60%之磷酸 (H_3PO_4) 亦可即將一份木材浸有半份磷酸後於400°C碳化之。其後手續相同。

(b) 特別濾布或紙

因固體刺激毒氣（如一氯苯砷等）待用炸藥裂為細粒後每能透過活性碳，故特種濾布或紙之加入於面具備防此類毒氣實為需要。德人有應用一種特別

棉花者，紗布及法蘭絨等間亦有效。

(c) 化學藥品

於過濾式面具加入與毒氣有破壞作用之特種化學藥品能助面具之完善，其主要者為：

(1) 蘇打石灰 (Sodalime)

此物應用之目的在於破壞高揮發性之酸類毒物如光氣，雙光氣，氰酸等，因活性碳對此類毒氣之吸收量不大也。於蘇打石灰內有時亦加過錳酸鉀 (KMnO_4) 以氧化若干毒氣和芥子氣氣體等。其成分為

水化石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 59% (助吸收)

水泥 (Cement) 18.5% (鞏固)

硅藻土 (Kieselguhr) 8% (助吸收)

苛性鈉 (NaOH) 1.5% (吸過量之水份)

水

13%

(2) 氧化金屬合劑 Hopcalite

於中毒性毒氣述論時即曾提及一氧化碳之能透過面具，惟可用氧化金屬合劑以破壞之。Hopcalite 爲一含四種氧化物之合劑，其成分如下：

氧化錳

50%

三氧化鈷 Co_2O_3

15%

氧化銅

30%

氧化銀 Ag_2O

5%

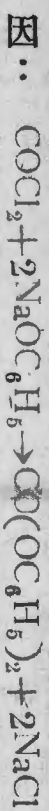
其製法之大概爲先將 MnO_2 , Co_2O_3 , CuO 三種氧化物合於一起，然後再於其上傾注 AgNO_3 溶液，再用稀苛性鈉溶液攪入起作用， Ag_2O 下沉，與其他氧化物混合，水洗之，乾後即可應用。

因此劑爲氧化劑，故氧氣至爲充分，遇 CO 後，即起下列作用，

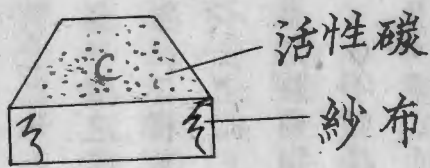


CO₂ 為吾人日常吐出之碳酸氣，多為無毒，故CO之毒即已解去。

(3) 鈉化烱醇 (C₆H₅ONa) 此劑之加入目的在於除滅光氣，



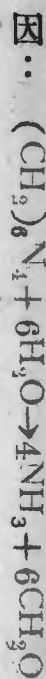
(4) 利尿劑 Urotropin (CH₂)₆N₄ 利尿劑亦為消光氣毒用者，



(a) 無藥品者



(b) 有藥品者

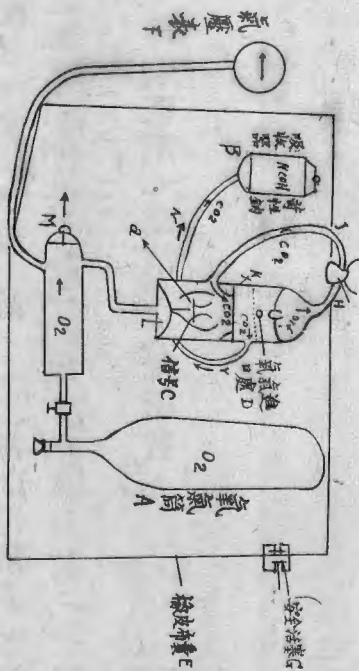


輕式面具一般之設備均甚簡單，每多除活性碳及紗布外無其他藥品者。其有藥品及無藥品二種裝置法，如附圖示。

此外面具上之眼片應注意其能明晰透視，普通所用者僅為纖維質(Celluloid)片，佳者應加膠質以吸日部分泌之水份，而不致模糊。

II、重式面具

a. 氧氣式，其圖樣為：



此面具主要之部份即爲一氧氣筒A，一氧氣進口處D，及苛性鈉吸收器B。氧氣由A自M放入橡皮布囊後，遂由D處小孔經H管上遠唾涎囊，唾涎囊之上即爲呼吸氣管（不見於圖），氧氣吸進後，遂從T管理至K板，K爲活板，遇無時並不上升，惟經過時即被推至有虛線處，遂從N管導入苛性鈉吸收器乃被吸收，於是存於E囊中者祇係純氧氣，無混合集聚之虞。因防氧氣或時告乏乃用氣壓表F以測其氣壓定其多少，復恐F不足憑恃，乃設信號e，其作用即爲A筒氧氣充足時L曲面板即上升，其上連擊之P針即上頂Q板，不稍移動，設A筒氧氣不足，則其運送必時綴時繼，於是P針亦隨L板之時上時落，因Q及L均爲金屬，遂有一種尖銳之叫聲，禦帶者聞此聲後即知氧不足，則當立即至安全地帶加足氧氣，否則若不預知，一旦驟然告乏而不及至無毒去處脫去，甚多受毒危險也。

苛性鈉吸 CO_2 之作用爲



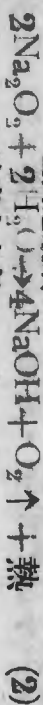
氧氣運送之速率以 1.5—2 liter/min 最宜，安全活塞爲防氧氣過分，能使其於過分時自動的放去一部，因過分之氧人體亦不能承受也。

b. 過氧化鈉式。

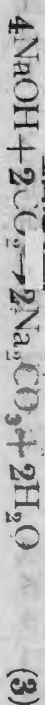
以氧氣式之重量甚重，禦帶者甚易乏力，故有輕便之過氧化鈉式製備。其一切裝置均相同，惟缺去氧氣管以改輕其重量，同時於 NaOH 吸收器不置 NaOH 而以 Na_2O_2 代之。如是則 Na_2O_2 式之重式面具即具規模，因此式內雖不置氧氣，然當 CO_2 通入 Na_2O_2 吸收器時，下列之作用立刻開始：



吐出之酸氣



吐出之水氣



(1)(2)二式所生之氧遂足供給呼吸之用，而無需此外之氧氣設備矣。信號及氣壓表仍可連於 N_2O_2 吸收管，測氧氣之是否充足而定 N_2O_2 之是否足夠。此式之優點為輕便，然因其生氧之作用同時放熱，致使帶者面部灼熱，不堪忍受，故其應用亦不廣也。

第十章 烟幕

烟幕之發生，係由於固體或液體之分子，裂為粉碎，懸於空中，使空氣之密度增加至不可透視而成。由固體分子佈散而成之遮蔽謂之烟，由液體分子所成者謂之霧。

軍用烟幕大都均係利用霧氣，實非烟質。烟幕之遮蔽力強弱全視其分子之大小而定，最大之粒顆其直徑為 $\frac{1}{10000}$ mm，再大即不能成烟霧，至小可至 $\frac{1}{10,000,000}$ mm 粒愈細，烟幕之遮蔽力最強。

所謂總遮蔽力 (Total Obscuring Power, 簡作 T.O.P.) 者為一估量烟幕效力之名

詞，其意義即謂當一定量之材料施放為烟幕時，其所成之容量當為一估量其烟幕效力之標準，惟若僅有此容量而不知其密度則其遮蔽力之大小猶不能決定，

故決定烟幕之真實效力為容量與密度相乘之積，此積名之總遮蔽力。各種烟幕之總遮蔽力所用下法測得之，即用一 40 WATTS 之燈，置於所放烟幕中，測量人可前後移動，至一地點能將其燈絲視清為度，由燈至測量人之距離的倒數 (Reciprocal) 即為其密度，蓋當一定量之材料施成烟霧時其密度因即與其能透視清晰之距離為反比例也。距離愈近始能透視，其密度即大，若干遠處即能透視其燈，則其密度必稀也。如材料之重量為磅，容積之單位為立方呎密度為 1 呎，則 T.O.P. 之單位為平方呎/磅。茲將各個常用烟幕之總遮蔽力列於下：

黃燐

P

4600

氯化銨

NH_4Cl

2500

四氯化錫

$\text{SnCl}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$

1590

柏格混和物(Berger mixture)

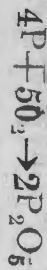
1250

三氧化磷 + NH₄OH

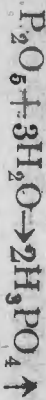
370

烟幕之種類：

1. 黃燐——將黃燐於空中燃燒即作濃霧，此為最老之烟幕作法。燐於空氣燃燒，取空氣中之氧氣，成為 P₂O₅

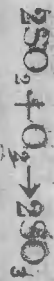


此所成之 P₂O₅ 再與水氣化合，得磷酸



氣體之磷酸為霧狀，故燐能作烟幕之用。

2. 三氧化硫——三氧化硫於 46°C 為凝體，於 15°C 時即有凝為固體。其製法係用二氧化硫與氧之作用。



SO₃ 如遇水氣即成爲烟霧之硫酸。



3. 氯磺酸 Cl SO₃H Chlorosulphonic acid

氯磺酸之用爲烟幕始於德人。Cl SO₃H 易爲水解，當應用時，可將此酸滴或傾於，乾石灰上，因酸與石灰之作用發生大量熱度使 Cl SO₃H 與空氣水氣所成之 H₂SO₄ 及 HS 蒸發上升，作爲烟幕，其作用爲



因此物遇水即發烟，歐人曾用飛機將此物由其尾端滴出，一路飛行，可作種種字母藉作奇異廣告。

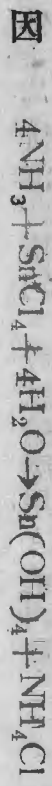
4. 四氯化錫 SnCl₄

其製法係從錫之氯化 $\text{Sn} + 2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{SnCl}_4$

四氯化錫爲一無色液體。於空中能發烟因水解爲氫氧化錫及鹽酸之故：



此烟刺激性甚強。四氯化錫若與 NH_3 同放，則其效力尤佳。



NH_4Cl (氯化銻)固亦為一強烟幕劑也。

四氯化矽與四氯化鎳與此物有同樣功效。

5. 三氯化砷 AsCl_3

此氯化物亦能水解作霧，且具毒性：



6. 柏格混合物 Berger mixture

柏格混合物為烟幕中之最主要發烟劑，其成分為：

錫 Zinc 34.6% (173 gm,)

四氯化矽 SiCl_4 40.8% (240 gm,)

氯酸鈉	NaClO_3	9.3%	(465 gm.)
氯化銨	NH_4Cl	7%	(35 gm.)
碳酸鎂	MgCO_3	8%	(41 gm.)

其旁所注之 gm 數為備試作之分量。其物烟霧之發生全賴鋅及四氯化碳二物，蓋 $2\text{Zn} + \text{C} + \text{Cl}_4 \rightarrow 2\text{ZnCl}_2 + \text{C}$ 。

以 ZnCl_2 為烟霧故。惟 NaClO_3 之加入為使氧化所成之碳，碳足使烟幕作灰色也。 NH_4Cl 之加入能使其溫度漸行低下，不致燃燒過速， MgCO_3 則有助其燃燒平均之效。 CCl_4 亦可以 C_2Cl_6 代之。

當試作此烟幕時，須先將各物依量秤好，氯酸鈉且須磨細，然後除 CCl_4 外，一併混合攪勻。於試驗應用之前再將 CCl_4 加入混和，燃點即可施放烟霧。若 CCl_4 加入過早，中途甚易揮發，其量將不足也。

燃點方法可用磷，磷及氯酸鉀之混合物，用火燃點或於乳糖及氯酸鉀上稍

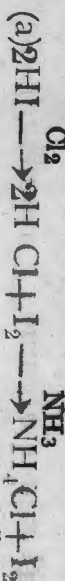
滴硫酸則乳糖與硫酸之熱可發火引起燃燒。

7. 有色烟幕

烟幕亦可有色，往往作為信號之用，其發生方法有下列三種：

A 混入 $\text{Cr}(\text{SO}_4)_2$ (Ultramarine) 作青色。

B 用化學作用得有色生成物。



(b) 硫化砷 As_2S_5

硫 S

硝化鉀

KNO_3

(c) 氧化砷

As_2O_5

硫 S

硝化鉀

KNO_3

碎玻璃

55%

15%

30%

紅色

32.0%

28.6%

23.8%

6.6%

紅色

(d) 駢苯  —— 黑色

(e) 碲化 $Sr(NO)_2$

鐵粉 Fe

碘 I_2

1份
2份
3份 } 紫色

C 用不易燃燒之有機染料發揮而成

(a) 紅色

“Paratoner” (Paranitro aniline 洋紅)

95%

氯酸鉀

15%

乳糖

20%

(b) 藍色

indigo blue (洋藍)

40%

氯酸鉀

35%

乳糖

25%

(c) 黃色

Chrysoidin orange (鵝黃)

9%

Auramine Yellow (洋黃)

34%

氯酸鉀

33%

乳糖

26%

(d) 綠色

Indigo

26%

Auramin eYellow

15%

氯酸鉀

33%

乳糖

26%

(e) 橙色

糖 漿 罐 裝

1 號

Chrysoidine orange

18%

羧酸鉀

30%

乳糖

12%

氯化鉍

40%

烟幕之種類已如上述，烟幕之功用在於能遮蔽本身，啓人疑猜，浪費敵人之子彈等。若將固體毒氣置於烟內，則亦可作進攻應用。烟幕使放最宜在無風時行之。

——終——

