

兵工 / 军政部兵工专门学校同学会出版部 · —V. 1,  
no. 1 (民国25年[1936]9月) ~ [?] · —南京: 编者  
[发行者], 民国25年[1936] ~ [?].

: 插图; 附表; 26cm.

季刊.

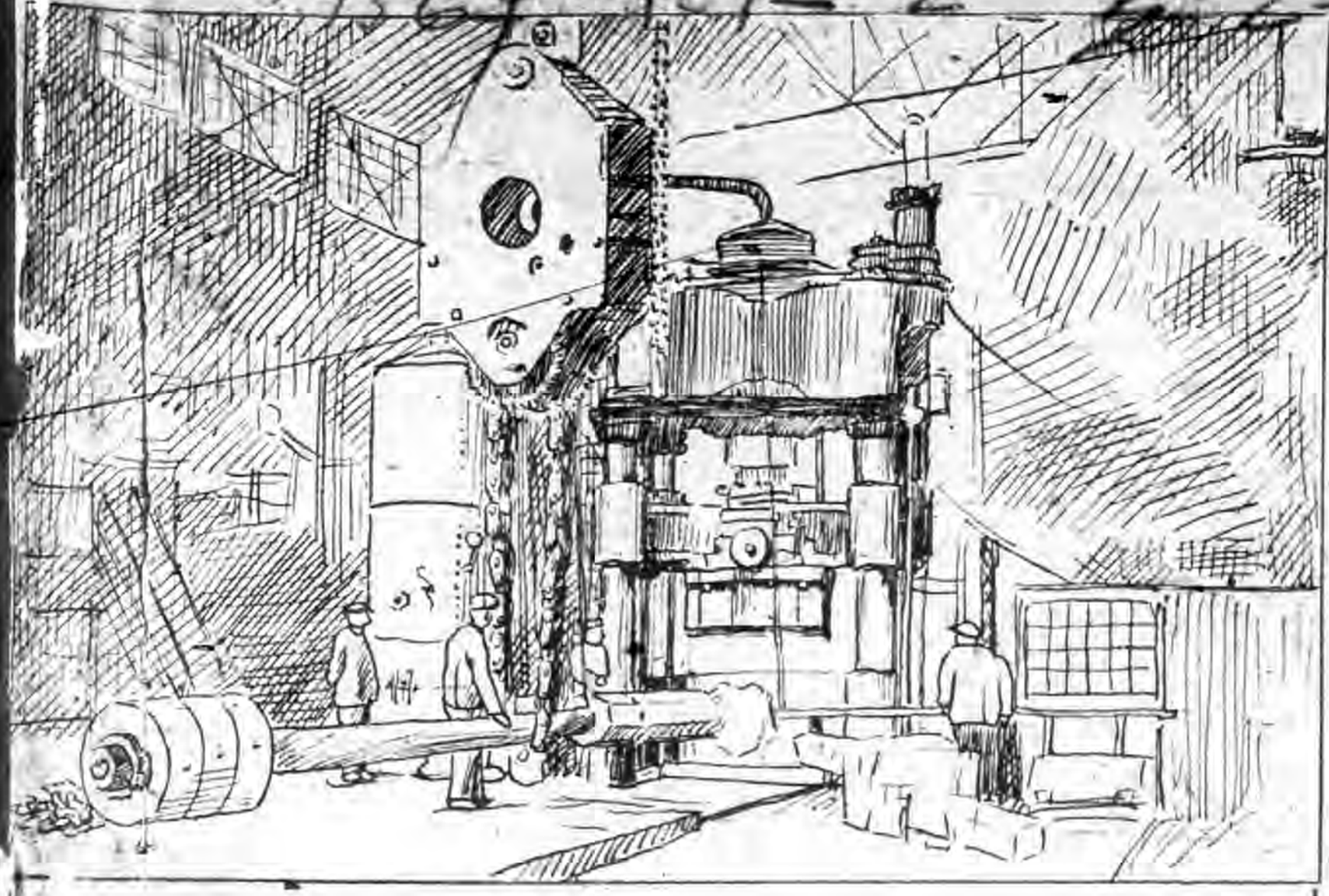
\* \* \* \* \*

本刊共摄制1卷, 16毫米, 缩率1:20. 原件藏北京图书馆, 北京图书馆摄制. 母片藏全国图书馆文献缩微复制中心(北京), 原件有破损.

本刊片卷摄制目录:

V. 1. no. 1 ~ no. 2           (1936. 9 ~ 12)

1936年 1-1-2 第2卷



# 兵工

季刊

第一卷 第一期

## 本期要目

插圖…(銅版圖四幅)

發刊詞……………李待琛

國難期中如何研究兵工學術…………… 1

引信之理論……………李伯芹…… 5

槍彈射擊時銅壳破裂及火帽脫落原因之研究…解 晉…33

硝化澱粉……………鄒 昱…李潤田…53

維克斯高射指揮儀之機構原理……………江元方…75

奈特脫(一種最新式炸藥)……………嚴演存…91

限樣板……………高慶春… 103

國阿斯頓聯合化學工業社煉焦及組造阿姆亞  
部參觀記……………張安南… 121

烟藥中二笨安之定量問題……………陳光勛… 133

彈發射後之溫度……………張叔方… 139

彈威力……………沈雲階… 141

械引信發達小史……………王運豐… 153

國防問題

兵工學術

軍事工藝

兵器常識

贈閱

兵工專門學校同學會發行

民國廿五年九月一日



總 理 遺 像

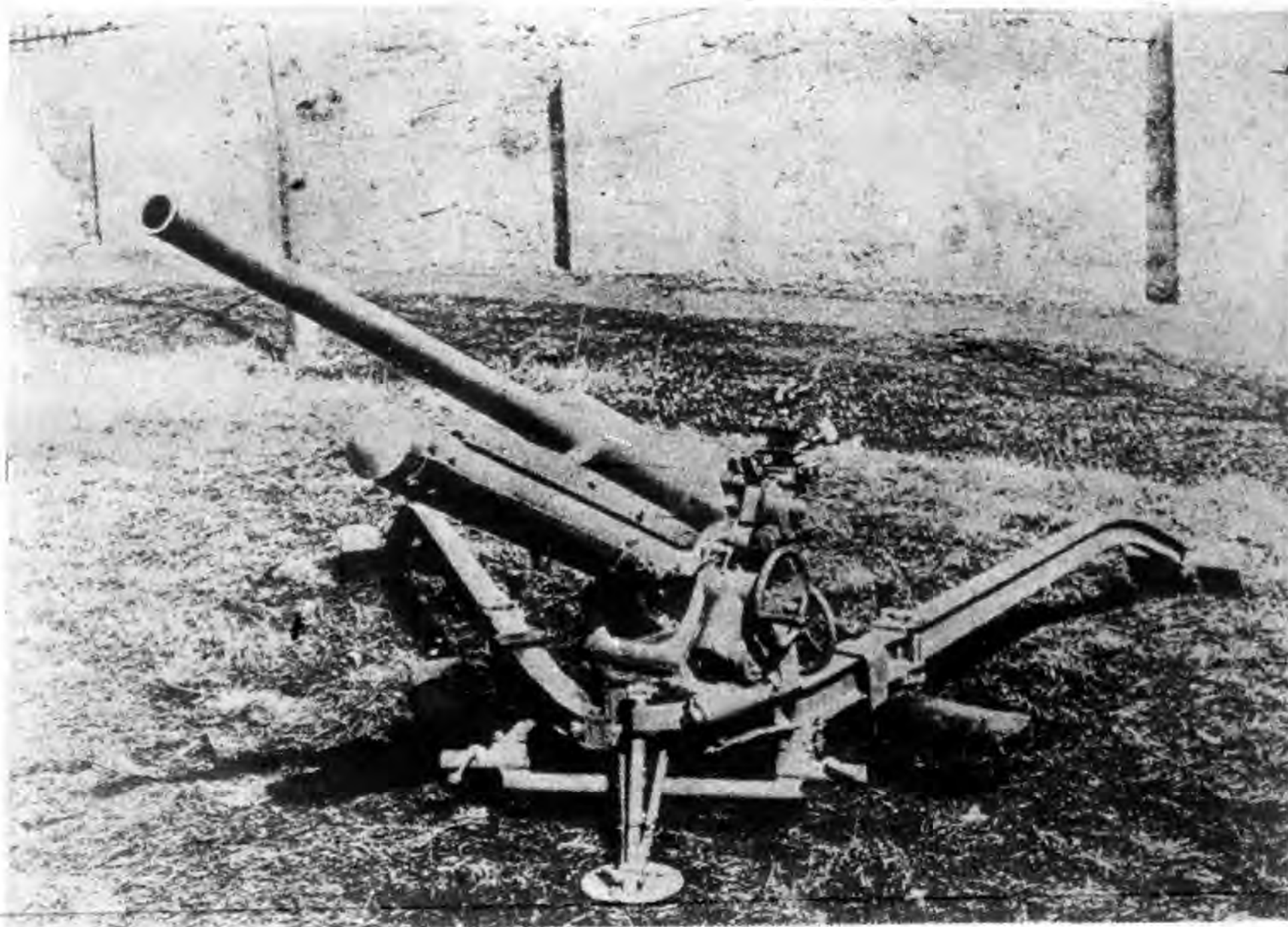


總 理 遺 囑

余致力國民革命凡四十年其目的在求中國之自由平等積四十年之經驗深知欲達到此目的必須喚起民衆及聯合世界上以平等待我之民族共同奮鬥  
現在革命尚未成功凡我同志務須依照余所著建國方略建國大綱三民主義及第一次全國代表大會宣言繼續努力以求貫徹最近主張開國民會議及廢除不平等條約尤須於最短期間促其實現是所至囑

孫文

R  
595.05  
883.1



百祿 47 公厘 36 倍 步兵 砲

簡 要 說 明

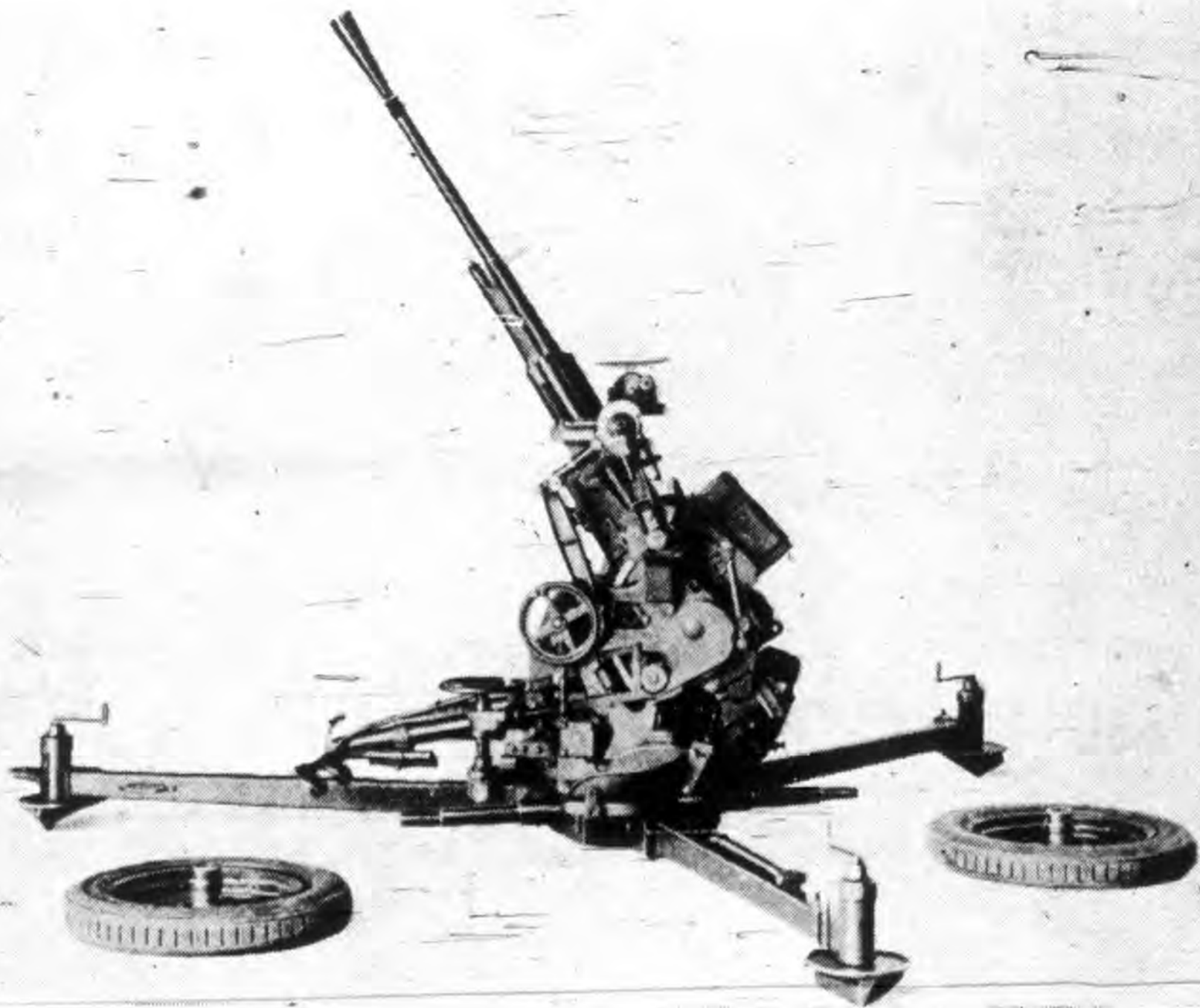
此砲可作平射曲射兩用，砲彈分重量不同之榴彈及破甲彈兩種：榴彈普通鋼製，用彈頭碰炸瞬發引信；破甲彈用鎢鎳合金鋼製，用彈底碰炸延期引信。其簡要諸元如下：

榴彈彈重.....	2.45 公斤	破甲彈彈重 .....	1.45 公斤
初速.....	200—400 公尺/秒	初速.....	630 公尺/秒
射程.....	650 公尺	射程.....	7000 公尺
低射界.....	-10°+60°	水平射界.....	50°
發射速度.....	20 發/分	破甲彈50 公尺貫澈鋼板厚	43 公厘
砲全重.....	278.5 公斤		



642870



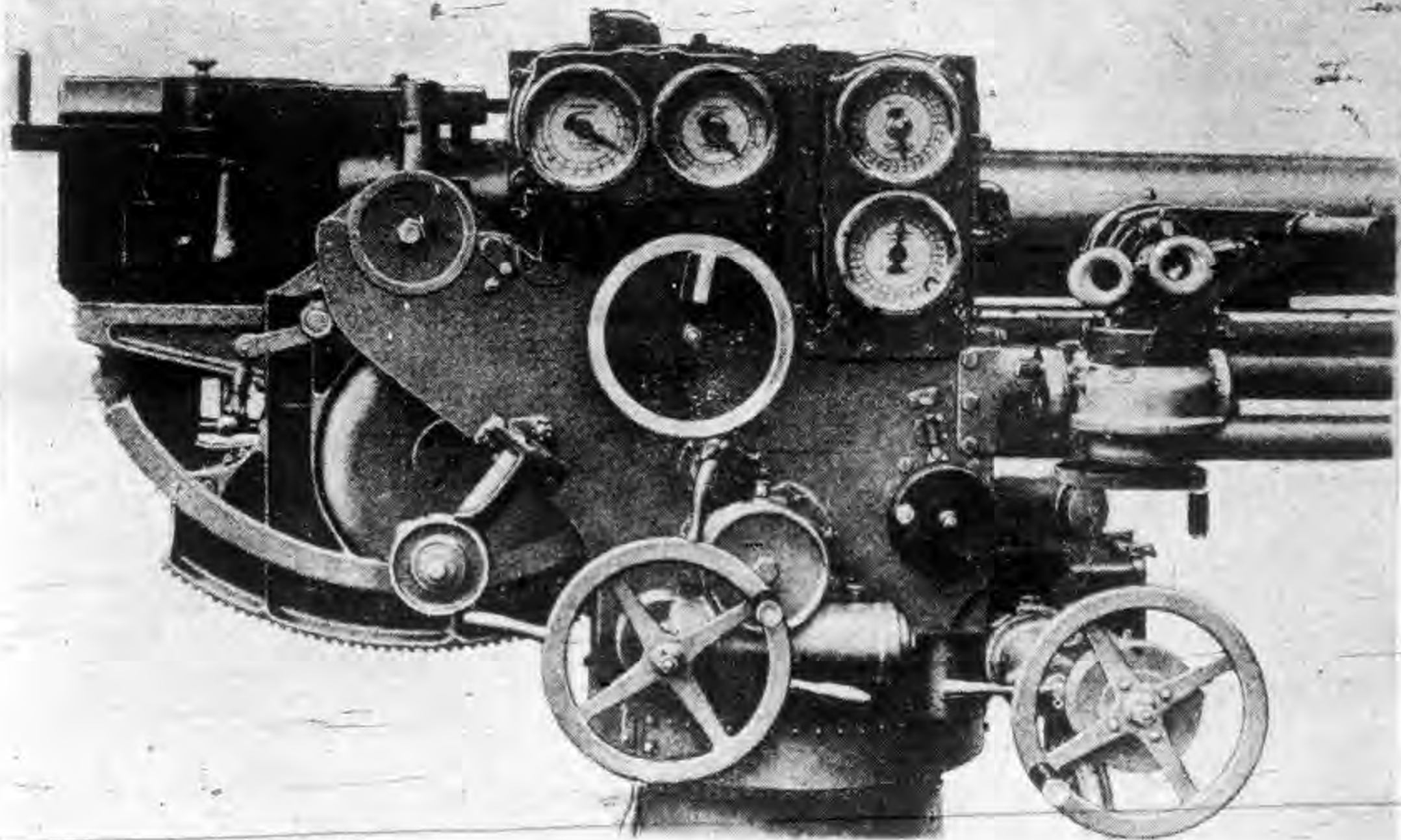


## 哈其克斯25公厘高射機關砲

### 簡 要 諸 元

砲身長.....	2200公厘	發射速.....	175發/分
砲身重.....	120 公斤	砲架重.....	360 公斤
射遠.....	8000公尺	射高.....	5000公尺
榴彈彈重.....	0.290 公斤	破甲彈彈重.....	0.324 公斤
榴彈初速.....	900公尺/秒	破甲彈初速.....	875公尺/秒

自動方式.....瓦斯推動

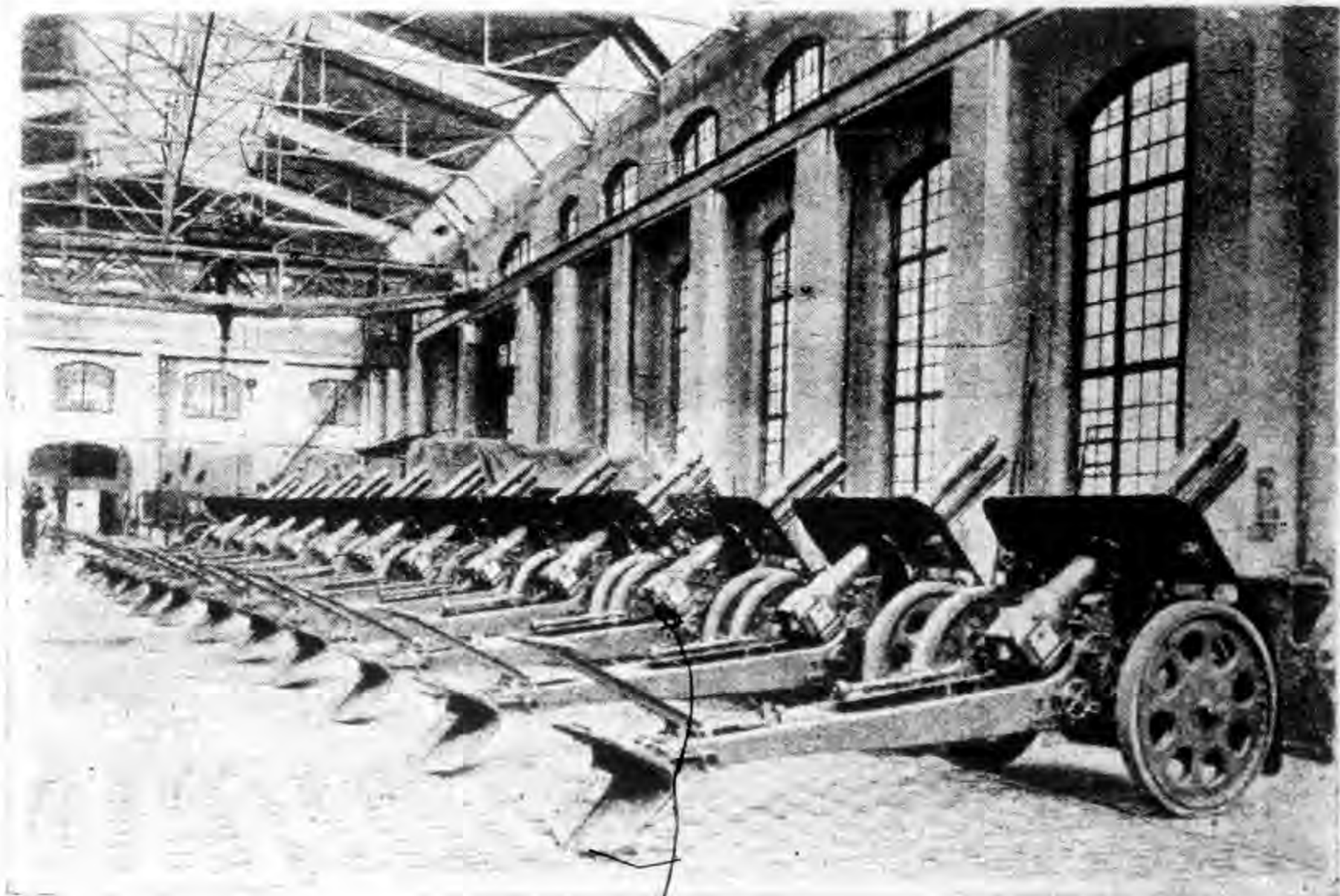


卜福斯高射砲砲上瞄準裝置及高低射角與水平面射角之操作機構

### 簡 要 說 明

圖中之瞄準鏡，可作直接與間接瞄準兩用。高低射角及水平射角收受器上之一指針，指示指揮儀所測定之數值，由電器傳動之；他一指針，指示火砲之高低及水平射角，由砲手用機械轉動之。





卜福斯10.5公分22倍榴彈砲

簡 要 諸 元

彈重.....	14公斤	最大射程.....	10,600公尺
最大初速.....	475公尺/秒	高低射界.....	-5°~+45°
最小初速.....	200公尺/秒	水平射界.....	8.5°
砲全重.....	1650公斤		

# 發 刊 詞

李 待 琛

國家多故，外患日急，舉國上下，咸標大陸之將沉，含辛茹苦，焦思籌慮，日夕孜孜者，莫不爲國防是務。鞏固國防，經緯萬端，而兵器最爲重要，試考國軍一般裝備，衡諸以往各次戰爭，則莫不能洞悉其重要而且迫切也。

中華民族，素愛和平，兵兇戰危，久垂爲訓，且復敦崇撲質，賤抑工藝，兵器愈因之而無進步。我國最先發明火藥，而火器至清季仍甚幼稚，直至與歐洲民族交鋒，乃知「洋槍」「洋砲」遠在我國兵器之上而思改進。於是設廠上海，急圖仿造，惜將製造工程全委「洋匠」，（當時稱外籍工程師爲洋匠）未嘗遣派聰敏學子，從之窮究兵工學理，學習製造技術，所有委派員司，仍本作官治人之旨，僅稽核管理而已，雖與東隣之兵工廠同時創辦，而未能比肩進步，深可嘆惜。

由以往之事實證之，可見我國兵工之落後，誠由於缺乏兵工學術之研究所致。槍砲彈藥，雖亦用機械製



造，其性質與普通機械及藥品顯然不同，製造要領自亦有別，若謂不須專門研究，不需專門人才，頗非正確之論。苟欲改進兵工，鞏固國防，當以培養兵工人才研究兵工學術爲首務。

兵工專門學校創設至今，十有一載。畢業同學，業已三期，分派各軍事機關及各兵工廠服務，尙能勤勞盡職，勉力攻研。茲欲增進互相切磋之機會，介紹兵工學術於國人，發行此刊。甚盼海內鴻博之士，時予扶持指正，是爲至幸。

# 兵工

第一卷

中華民國廿五年九月

第一期

## 國難期中如何研究兵工學術？

編者

原始時代，人類以木石作成武器，全憑體力相搏擊，鬥爭勝負，全視體力大小而定。嗣後銅鐵發見，則用銅鐵製成武器，使用此種武器者，顯佔優勝地位。然而張弓發矢，揮刀斬敵，仍以體力為原動力，效能不大，較木石武器，僅稍銳利而已。身體健捷，擊技嫺熟者，仍能以粗劣武器取勝。自火器發明，則用火葯中之化學能力為原動力，拋石擲彈，威力大增，憑體力及搏擊技巧者，萬難與之對抗。近代科學發達，工藝進步，各種兵器，日新月異，攻防能力，遠邁曩時，殲敵毀壘，全賴兵器。兵器優良者，必操勝券。最近意阿之戰，可以證之。阿比西尼亞，在政略上，得舉世之同情，各國之聲援，戰略上，得天時，佔地利，以逸待勞，無萬里運轉之難，無孤軍深入之慮，上下同心，共赴國難，衆志成城，宜乎堅不可拔，徒以武器窳舊，以致全國忠勇戰士，憂國臣民，成千成萬，在意大利大砲飛機坦克下，悲壯犧牲，血戰七月，卒致全部隕敗，國土為意大利吞併，舉國人民，大受荼毒，求死不得，求生不能，子子孫孫，永為奴隸，此可驚可懼之亡國慘劇，全為兵器不良之結果。由此可見，若無利器，雖舉世相與，未足恃也；兵多將廣，地大民稠，未足強也；金城湯池，雄關天塹，未尺固也。我國國難嚴重，舉國共喻，前車可鑒，覆轍堪虞，如何積極研究兵工學術，改進一切兵器，充實國軍裝備，



俾戰時足以自給兵器，抗禦強敵，平時足以守衛國疆保護民族，誠應亟起探討，以定努力研究之方針。

戰爭乃解決國際糾紛之最後手段，決定一民族一國家之命運者，戰爭能力，儲于自身者可靠，仰于外人者則危。軍用器材，糧秣被服皆須完全自給，至于兵器及兵器原料，更不可仰給外人。各種自給自足之建設，自由政府施行，如何建設方易收效，則須縝密研究。我國經濟拮据，各項建設，固須適合需要，又宜密切連絡，規模大小，亦應相稱，方合經濟原則。至於我國所缺乏者，則須研究代用品代替之。

戰爭之勝負，關係國家存亡，民族盛衰，故莫不盡可能範圍，以整個國家民族之力赴之。近代國家組織完善，全國資源，均得統制，一旦戰爭爆發，不但運用全國兵力，且能運用全國資源，以供給前方之軍需，以維持後方之生活秩序，俾得長期鏖戰，取得最後勝利，是為全國動員。倘不能全國動員，則力量薄弱，萬難對抗。我國地大物博，人口衆多，誠有豐富資源，可以增加國防實力，惟如何整理，如何利用，則尚待研究，以便實施。譬如工業動員，則首須調查民間工廠之設備，派定戰時工作，添配所需設備，并訓練其職員工人工人，試行製造，并測其製造能力，以為統籌動員計劃之根據。

民間工廠，在軍事緊張時期，製造軍用物品，因技術不嫻熟，心理不安靜，最易發生錯誤，影響軍事非小，故應制定完善之各種規章，乃嚴密之檢驗設備，并須儲備指導兼檢驗之人員，以便戰時派往各廠工作。

兵器之式樣口徑等，為製造設備使用訓練保管收發等之簡單計，自以單純劃一為上。兵器之構造，為能大量生產計，務求簡單堅牢，不必過于精巧，蓋過于精巧，不但不能適合戰場上之情形，且製造困難，非缺乏經驗之民間普通工廠所能勝任。至於適合我國之天氣地勢，兵員體格驃馬能力，尤為必之條件。各種兵器既經選定，即制式兵器既經決定，則進行製造，而上述之動員準備，乃得有所根據，切實進行，故制式兵器之選定，誠為目前之急務。

我國工業落後國庫枯窘，製造新定制式兵器以革新全國軍隊裝備，誠非短時期中可以實現。現用兵器，雖大半陳舊，然而國防武力，仍多由此種兵器組成，未可以成舊忽之。爲今之計，宜亟澈底檢查修理，并斟酌情形，力求改良，適當利用，以增加其效能，則陳舊兵器仍可應戰，于經費及時間，均較經濟。

研究兵器目的，在於殲敵鋤兇，衛國保民。兵器性能，應合乎戰爭之要求。優良兵器，即最適宜於戰爭之兵器。故兵器之改良及發明，皆由戰場上之需要而生。每經一次戰爭，兵器必有顯著之進步。歐洲大戰期中，兵器進步之速，爲往古所未有。研究兵工學術者，不但應深諳兵器之設計及製造，并宜明瞭戰場情形，作戰要領，各種兵器之應用方法，以及常常發生故障之處。如是庶幾能稱爲完善之兵工技術人員，勝任兵器之研究製造與改良工作。

兵工學術，關係國家強弱，重要學理，經各國多不公開。我國科學落後，工藝幼稚，自當努力吸收他人之知識。但若無自信之修養，缺乏研究之精神，事事倚賴外人，不敢自行探討，或則淺嘗即止，遇難遽退，則永遠望塵莫及矣。蓋兵工學術，非自行研究，不能深入堂奧。歐美各國，常以模仿他人爲恥，堅信必能自出心裁，別創一式，故能排除萬難，研究試驗，必抵于成而後已。因是日新月異，進步無疆。我中華民族，開化最早，聰慧堅毅，著聞于世，自古崇尚樸實，賤視技巧，故近世科學工藝，不如白種人，非天賦特薄也。

研究工作，困難殊多，非經屢次失敗，不能有成。對於研究者，應特表同情，鼓勵援助，不可袖手旁觀。動加非難。我國科學及工藝落後，社會於各種專門人才，往往期望過殷，偶有失敗，則大爲失望，誹議喧騰。忠實之專門人才，即因此喪失信任，犧牲前途，誰復敢冒險嘗試？兵工學術，方在萌芽，尤宜特別注意。

研究心得，雖係研究者努力之結果，實直接間接由於社會國家之扶助，故應將心得經驗，公諸大衆，或轉告同志，使一人之知識，擴大爲多數人之知識。國家專門學術，乃得迅速前進，各國均有各種專門刊物發行，良以此也。

國勢岌危，凡我同胞，孰不憂懼，海內明達，幸加注意焉。



# 引信之理論

李伯芹編譯

## 目次

(一)引信所受之外力	(2)起爆劑
(1)運輸貯藏，操作間作用之力	(3)導火藥
(2)砲內經過中所受之力	(4)延期藥
(3)砲外飛行中所受之力	(5)結論
(4)彈着時所受之力	(四)安全裝置及其解脫裝置
(5)結論	(1)彈着後之安全
(二)發火裝置	(2)飛行間之安全
(1)發火式樣	(3)砲膛內之安全及運搬操作間之安全
(2)發射時發火之裝置	(a)遠心子 (b)支耳 (c)支筒及加量筒
(3)彈着時發火之裝置	(d)安全銷
(4)飛行中發火之裝置	(五)膛發及不發之豫防裝置
(5)手榴彈之發火裝置	(1)膛發豫防裝置
(三)自發火至破裂	(2)不發之防止
(1)傳爆藥	(六)引信之左右螺絲問題

引信之任務有二。(1)達某豫定時間以前，不使彈丸破裂；(2)在所希望之時間使之破裂。故引信中設有為完成第一任務之安全裝置，及為完成第二任務之破裂裝置。

- |      |   |              |
|------|---|--------------|
| 安全裝置 | { | 1. 運搬貯藏操作之安全 |
|      |   | 2. 膛內之安全     |
|      |   | 3. 膛外之安全     |
|      |   | 4. 彈着後之安全    |
| 破裂裝置 | { | 5. 安全解脫裝置    |
|      |   | 6. 發火裝置      |
|      |   | 7. 延期裝置      |
|      |   | 8. 起爆傳火裝置    |

對於上述任務有一裝置而兼數種者，有為完成一種任務而備有數種裝置者。

### (一) 引信所受之外力

引信自裝於砲彈以至破裂告終，受種種外力之作用，此等外力，在安全裝置須有抵抗之能力，在破裂裝置，則為唯一之原動力，得充分利用之，茲舉其主要者如下：

在運搬貯藏操作間之外力：

1. 於汽車、卡車、輜重車、彈藥車等之運搬中所受長時間，反覆連續之衝擊；
2. 由裝載卸下等操作等發生之衝動；
3. 貯藏間氣象雨雪等影響；
4. 因裝填操作故意加付之力；
5. 因運搬間之錯誤，即由起重器之墜落，車輛之顛覆等所受之衝擊。

在砲彈之砲內經過中：

6. 砲彈之加速度；



7. 作用於彈底之火藥瓦斯壓力;
8. 作用於彈頭之空氣壓力;
9. 砲彈之回旋加速度 (或回轉加速度);
10. 砲彈之旋速 (或回轉速度);
11. 對於彈壁,彈帶等作用之砲膛面壓力.

在砲外,空中飛行間:

12. 因空氣抵抗所生之存速之減耗;
13. 彈頭之風壓;
14. 由彈尾真空所生之負壓,側面之空氣壓;
15. 旋速之減耗作用;
16. 砲彈之旋速.

在彈着時:

17. 急劇之存速之減耗;
18. 急劇之旋速之減耗;
19. 作用於彈頭及側面之他物之打擊;
20. 作用於砲彈表面之猛烈之摩擦.

(1) 運搬貯藏操作間作用之力 因速度,道路,時間,裝載方法等大有關係,其力之大小理論上不能決定,故製造之引信,須經運搬試驗而決其良否,但其程度亦自有限,粗暴之運搬,必須避免,裝載法等,亦須按照規定穩妥行之

裝載卸下等所受之衝擊,在各種場合,固不難知其程度,惟因過失由高處落下,或因火車顛覆所受之力,則不易想定,故引信只能對於普通過失不失作用為度.

貯藏間因氣象雨雪等所受之影響,以化學變化為主,可動部之銹蝕,藥品之變壞,最須顧慮,有必要時,用特種貯藏法,其結果如何,亦可用實驗測定之.

操作上須加付之力為拔去安全銷,測合引信或用力裝填等時之作用引信使用時操作繁多,非可贊許之事。

(2) 砲內經過中所受之力 以火砲之口徑為  $a$ , 砲彈之重量為  $p$ , 地球引信之加速度為  $g$ , 某瞬間之膛壓為  $P$ , 則砲彈之加速度  $A_2$  用下式表示之。

$$A_2 = \frac{g}{p} \times \frac{\pi a^2}{4} \times P \dots\dots\dots(1)$$

茲以  $P_m$  為最大膛壓, 則加速度之最大值  $A_{2m}$

$$A_{2m} = \frac{g}{p} \times \frac{\pi a^2}{4} \times P_m \dots\dots\dots(2)$$

由是觀之, 在口徑相同之火砲, 膛壓愈高, 砲彈愈輕, 則加速度愈大, 在相似形狀之砲彈, 彈重與口徑之三方為比例, 故加速度與口徑成反比例, 茲就二三實例計算之:

口徑 30 Cm, 彈重 400 Kg, 最大膛壓 2300 Kg/Cm<sup>2</sup>.

$g = 9.81$	.....	log 0.99167
$\pi$	.....	log 0.49715
$a = 30$	.....	2 log 2.95424
$P_m = 2300$	.....	log 3.36173
$p = 400$	.....	Colog 3.39794
4	.....	Colog 1.39794 (+
$A_{2m} = 39872$	.....	log 4.60067

約 40,000

將 7.5, 15, 30 Cm 砲彈計算之結果, 列於下表:

膛內作用於砲彈之最大加速度

口徑 Cm	彈重 Kg	最大膛壓 Kg/Cm <sup>2</sup>	最大加速度 m S <sup>2</sup>	加速度為重力之倍數
75	6	2,700	180,500	18,000
15	40	2,500	108,000	11,000
30	400	2,300	40,000	4,000

由上表觀之砲彈對於彈頭方向之加速度,為其對於地心引力之加速度之數千倍至一萬倍以上,即砲彈自身感覺彈頭方向之重量,為普通重量之數千倍至一萬倍以上,此力之大出於想像之外,引信各部分必須充分堅牢,使其不至因此而變形,但一方面須利用此力,以營種種作用。

在膛綫砲砲彈之回轉速度,與前進而俱增,即砲彈具有回轉加速度,其值因等齊纏度,與漸速纏度而異,可用次式表示之:

在等齊纏度,

$$\beta_2 = \frac{2A_2 \tan \theta}{a} = \frac{\pi a}{2} \times \frac{g}{p} P \tan \theta \dots\dots\dots(3)$$

式中  $\beta_2$  = 回轉加速度 (秒 radian, Radian =  $\frac{180}{\pi} = 57^\circ 29.6$  )。

$\theta$  = 膛綫之纏角,

其他與公式(1)(2)同。

在漸速纏度:

$$\beta_2 = \frac{2}{a} A_2 \tan \theta + \frac{V^2 \theta_1}{\cos^2 \theta} = \frac{\pi a}{2} \times \frac{g}{p} \tan \theta + \frac{2V^2 \theta_1}{\cos^2 \theta} \dots\dots\dots(4)$$

式中  $V$  = 砲彈之前進速度,

$\theta$  = 對於砲彈前進量  $u$  之膛綫傾角,

$\theta_1 = \frac{-d\theta}{du}$ , 即膛綫傾角增加之比。

此種回轉加速度,在由彈軸  $r$  距離,其綫加速度為  $r\beta_2$  (綫加速度 = 半徑  $\times$  角加速度)。在等齊纏度,  $\beta_2$  之值於最大膛壓之位置為最大,在漸速纏度,  $\beta_2$  之值何處最大由膛綫之尺寸而有不同,不能一定茲就等齊纏度  $7^\circ$  之砲身,將作用於砲彈外壁之加速度,舉二三例計算之:

口徑 30 cm, 彈重 400 kg, 最大膛壓 2300 kg/cm<sup>2</sup>,

$$\pi \dots\dots\dots \log 0.49715$$

$$a = 30 \dots\dots\dots \log 1.47712$$

$$2 \dots\dots\dots \text{colog } 1.69897$$

$$g = 9.81 \dots\dots\dots \log 0.99167$$

$$p = 400 \dots\dots\dots \text{colog } 3.39794$$

$$P = 2300 \dots\dots\dots \log 3.36173$$

$$\theta = 7^\circ \dots\dots\dots \log \tan 1.08914 (+)$$

$$\beta_2 = 326.38 \text{ Radian/sec}^2 \dots\dots\dots \log 2.51372$$

$$326.38 \times 15 = 4895.70 \text{ m/sec}^2$$

約 4900

將 7.5, 15, 30 cm 砲彈計算之結果,列於下表。

回轉速度之最大綫加速度 (纏度  $7^\circ$ )

口徑 cm	彈重 Kg	最大膛壓 Kg/cm <sup>2</sup>	最大綫加速度 m/s <sup>2</sup>	加速度為重力之倍數
7.5	6	2700	22200	2200
15	40	2500	13300	1300
30	400	2300	4900	560

由上表以觀,回轉速度之最大綫加速度,為重力加速度之數百倍至數千倍,約為前進加速度之十分之一,其方向則與此成直角,引信內部必須不因受此力而回轉,而相捻,等齊纏度與漸速纏度對於引信,大有利害,容後述之。



此力亦係在砲彈通過砲膛間作用有時亦為引信之機構所利用。

命砲彈在膛內之旋速(角)為Ω,則砲彈內部向外方有次式所示之遠心加速度(線)Vs之作用(遠心線加速度=半徑×(遠心角加速度)<sup>2</sup>)

$$V_s = r \Omega^2 \dots\dots\dots (5)$$

式中 r 為離中心之距離,

旋速 Ω 可用次式表示之,而以在砲口為最大 (角速度 =  $\frac{\text{線速度(旋轉)}}{\text{半徑}}$  =

$$\frac{2}{\text{直徑}} \times \text{線速度(直進)} \times \tan(\text{纏角}).$$

$$\Omega = \frac{2V}{a} \tan \theta \dots\dots\dots (6)$$

式中 V 為砲口速度即初速.

遠心加速度之最大值在砲口於砲彈之外壁發生,其值如下.

$$U_{sm} = \frac{2}{a} V^2 \tan^2 \theta \dots\dots\dots (7)$$

茲就二三火砲,而計算其值如下:

口徑 30 cm,初速 500 m/sec	
2	log 0.30103
V = 500	log 2.69897 .. 2 log 5.39784
θ = 7°	lg tan 1.08914 .. 2 log tan 2.17828
a = .30	log 1.47712 .. colog 0.52288
U <sub>sm</sub> = 25120.5 m/sec <sup>2</sup>	log 4.40003
約 25200	

將 7.5, 15, 30 cm 砲彈計算結果,列於下表:

遠心加速度表 ( 纏角  $7^\circ$  )

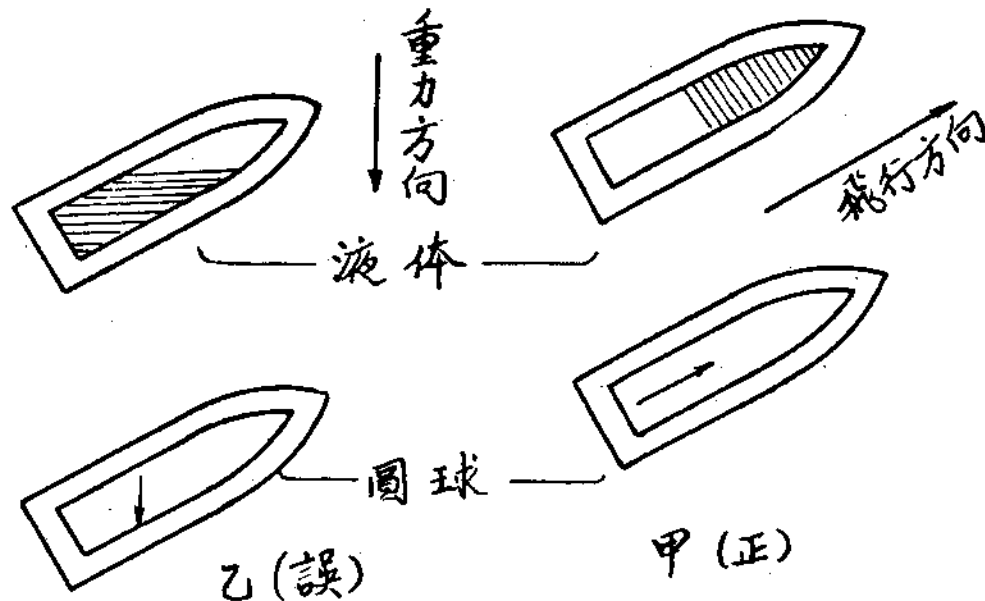
口徑 cm	初速 m/s	遠心加速度 $m/s^2$	加速度為重力 之倍數
7.5	700	198000	約20,000
15	900	183000	18,000
30	500	25200	2,500

如(7)式所示,遠心加速度,口徑愈小而愈大,達重力之數萬倍,此力由彈軸向外方者,砲彈開始運動以至砲口,次第增加,多被引信所利用。

在砲膛內,砲彈自砲膛面由彈帶與定心部之處,受強大之壓力,但此力普通不為引信所利用,故不須顧慮。

在砲膛內,彈頭雖受強大空氣之壓力,但其程度與作用,與砲外同樣,且在砲外者,必須顧慮,故此從略。

(3) 砲外飛行中所受之力 砲彈在空中所受之外力,為地球之引力與空氣抵抗之二種,砲彈雖受地球引力之作用,而其內部之裝填物,常取甲圖之位置, ( 決不如乙圖所示 ) ,但此為無旋速者,若有旋速則有遠心力作用,



彈內裝填物飛行中受外力作用之情形

情形變更。

砲彈起因於空氣抵抗之彈軸方向之減速度,以次式表示之:

$$J = \frac{F(V)}{C'} \dots\dots\dots (8)$$

式中  $F(V)$  為空氣抗力函數,對於已知之  $V$ ,可查彈道表而求  $F(V)$ ,  $C'$  為彈道係數。

上式所示之  $J$ ,當空氣愈濃密及速度愈大時,其值愈小,故在砲口取最大值,茲如前就若干火砲而將其值計算之。

彈徑 0.30 m,彈形係數  $i=1.1$  (假定),彈重 400 Kg,初速 500 m/s

$V=500$  m/s 查表  $F(V)=78.26$

$$C' = \frac{P}{1000 i d^2} = \frac{400}{1000 \times 1.1 \times 0.3^2} = 4$$

$$\therefore J = \frac{78.26}{4} = 19.57 \approx 20$$

茲將 7.5, 15, 30 cm 口徑之火砲計算結果列於下表:

因空氣抗力之減速度表

口徑 cm	C	Vm/s	減速度 m/s <sup>2</sup>	重力加速度之倍數
7.5	1	700	135	13
15	2	900	100	10
30	4	500	20	2

由上表觀之,砲彈因空氣抵抗之減速度,比之砲內諸力者極小,不過為重力加速度之數倍至十數倍,砲彈在膛內,其彈底為重力數千倍以上之力向前推進,一旦離砲口,則彈頭為重力數倍之力阻止前進,故砲彈在砲口受一種顯著之激動,其內部之遊動物品,因受此激動易於破碎,擊針活機等在彈內僅有發條支持,在砲彈出砲口時,因受此激動有壓縮發條而起作用之傾

向空氣抵抗自砲口至彈着點隨存速之變化而增減普通係自砲口漸次減小但在大射角時在彈道之降弧下部反再增加蓋存速因重力之作用而增大也。

彈砲在空中推開空氣而前進故彈頭受風壓之作用其值略以下式示之：  
 $V >$  音響速度（即在 $0^{\circ}\text{C}$ .  $331.3\text{m/s}$ ）時：

$$\frac{p_s}{p_0} = \Delta_0 \times \frac{\left(\frac{V}{S}\right)^7}{\left\{\left(\frac{V}{S}\right)^2 - 0.143\right\} \frac{5}{2}} \dots\dots\dots (9)$$

$V <$  音響速度時。

$$\frac{p_s}{p_0} = \frac{\Delta_0}{2g} \left(\frac{V}{100}\right)^2 \dots\dots\dots (10)$$

式中  $p_0$  = 砲彈尚未至空中之大氣壓力

$p_s$  = 彈頭所受之風壓

$\Delta_0$  = 空氣  $1\text{m}^3$  之重量, 在  $0^{\circ}\text{C}$  時,  $1.2095 \text{ Kg}$ ,

茲就二三速度計算風壓之大小如下：

$V = 900 > 331.3$ , 使用(9)式。

$V = 900 \dots\dots\dots \log 2.95424$

$S = 331.3 \dots\dots\dots \log 2.52022$  (—

$V/S \dots\dots\dots \log 0.43402$

$(V/S)^2 = 7.3797 \dots\dots\dots \log 0.86804$

$\frac{0.143}{7.2367} \dots\dots\dots \log 0.85954$  (—

$\left\{ (V/S)^2 - 0.143 \right\}^{5/2} \dots\dots\dots \log 2.14885$

$\dots\dots\dots \text{colog } 3.85115$

$(V/S)^7 \dots\dots\dots \log 3.03814$  (+

$\log 0.88929$



$$\Delta_0 = 1.2095 \dots \dots \dots \log 0.08261 (+$$

$$p_3/p_0 = 9.374 \dots \dots \dots \log 0.97190$$

茲將對於二三速度之風壓之略值列於下表:

存	速	彈 頭 之 風 壓
	350 m/s	2 氣壓
	500	4 氣壓
	900	10 氣壓

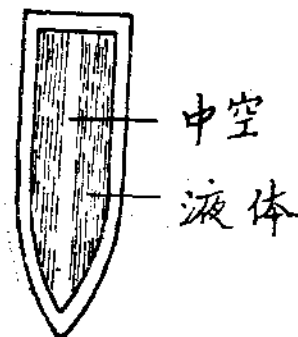
由彈頭突出之部分,如瞬發引信之擊針,受上述氣壓之作用故有顧慮之必要,但利用此壓力而構成之引信,亦相當遇着.

彈底與彈頭相反,在空中飛行時,殆成真空,故如火道式引信,須在空中燃燒火藥時,一入此真空部,有消火之虞,不可不注意利用彈底真空之引信,或利用砲彈側面空氣壓之引信極少.

砲彈之旋速與其遠心力,雖在砲外亦與在砲內同樣用(5)(6)(7)式表示之,飛行間,旋速固徐徐減少,但減小率甚小,即視為不變亦可,利用遠心力或遠心力漸次減小之作用之引信甚多,但利用由旋速之減耗發生之慣性偶力者,完全無有.

在無旋速之砲彈,彈內液體之狀態,已經述及,若有旋速時,遠心力為地球引力之數千倍以上,而來自空氣抵抗之力,不過重力之數倍,故液體僅因遠心力向周圍張開,即不問飛行方向如何,常如左圖所示,壓着彈膛四週,中央成圓球形之中空.

彈內液體受遠心力作用之情形



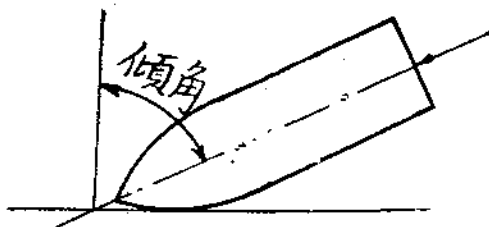
(4) 彈着時所受之力 在飛行中之砲彈若與他物衝突,則存速急劇減小,至此時對砲彈作用之力之大小,因物體之種類及碰着方式而大有差異,若係樹木之小枝,枯草,飛艇之氣囊等,其力極小,軟土,尋常土,

砂地等，則順次加大：燒磚、混凝土，更大；其中物體愈厚而堅牢，則作用之力愈大；其力最大者為砲塔、防楯及軍艦側面之鋼甲，其減速度，即負加速度，超過砲彈發射時加速度之數百倍至數千倍者。水以小存速彈着時，其抵抗比尋常土等為小，但抵抗隨存速而俱增，在中等速度以上，比尋常土呈更大之抵抗。此時水即成為堅硬之物，蓋因水具有非壓縮性而使然也。

至碰着方式，跳飛之砲彈，抵抗力小，突入之砲彈，抵抗力大，作用之時間亦長，又存速愈大，所受加速度之減小（即減速度）亦愈大。要之，以鉅大之存速，以垂直碰着堅硬之目標時，發生最大之減速度，即受最強之抵抗力。故引信須應砲彈之使命，視其主要目標，而決定其構造作用。其對象多為天然物，理論上計算上均不易處理，普通係訴諸實驗，使營所望之作用，在砲彈自與目標接觸至停止之經過中，以定心部沒入目標時，抵抗力最大，後急減小，抵抗力中可在引信利用之部份，為在彈着初期，及抵抗力最大值之附近者，以後則其方向與大小均不規則，難於利用。

砲彈接觸目標之瞬時，彈頭對於目標有一種甚大之打擊，此打擊力亦如

砲彈以大傾角着地之情形



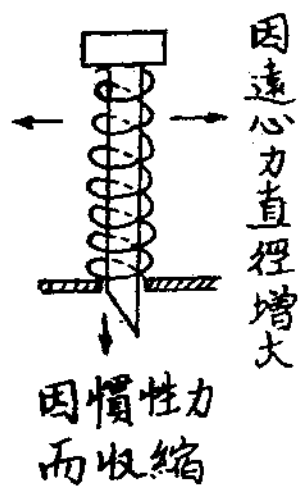
前述之負加速度（或抵抗力），因存速之大小，物體之種類，碰着之角度，而大異其值。此值為瞬發引信等所利用，即欲於碰着之瞬間，使引信發生作用時利用之。但有一缺點不可不留意者，即砲彈對目標以極大之

傾角（與垂直所成之角）彈着時，如圖所示，其蛋形部先行着地，砲彈先端不受壓力，此時引信全失作用。凡此類瞬發引信，若在彈着初失効，則稍遲亦不致發生作用，因初期打擊最大，以後則大減也。

上述以外彈着時，雖有急劇之旋速減耗，表面之摩擦，側面所受之壓力，然將此等外力，利用於引信者，幾全無有，但在深入目標內而炸裂之砲彈，必須顧慮其不至因此等外力而破損，若係在目標表面迅速破裂者，則無顧慮之

必要

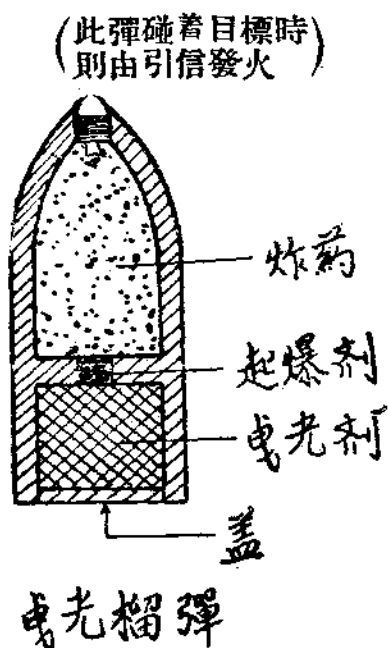
(5) 總結 如以上所述引信自發射時起於各方面受極大外力之作用,其力之大有為重力數千倍以上超出想像以外者即一公分之物體呈數數公斤之重,一公斤之物體,呈數公噸之重故引信之構造不可以常識律之如圖所示,假定有擊針裝於彈軸之位置捲以螺旋發條,在靜止位置,發條有抵抗力若干公斤,自可測出,但在發射後發條因遠心力而使直徑增大因作用於前後之慣性力,各部分亦有伸縮,結局有抵抗力若干公斤,不易明瞭且以上所述各力,不過舉其概要,此外尚有不易分明之力,對砲彈發生相當之作用故決定引信時除周到之計算以外,必須經綿密之實驗,方稱確實,至應用上述各種外力,如何運用引信之諸裝置,以下分別記述.



抵抗力若干公斤,自可測出,但在發射後發條因遠心力而使直徑增大因作用於前後之慣性力,各部分亦有伸縮,結局有抵抗力若干公斤,不易明瞭且以上所述各力,不過舉其概要,此外尚有不易分明之力,對砲彈發生相當之作用故決定引信時除周到之計算以外,必須經綿密之實驗,方稱確實,至應用上述各種外力,如何運用引信之諸裝置,以下分別記述.

### (二)發火裝置

(1) 發火式樣 現今使用之發火方法殆全為以擊針刺擊雷管之式樣,間有一二例外,如舊式破甲彈有全不用引信者,此種引信於彈着時受加速度之猛烈減耗發生一種擊衝,黑色炸藥因此而直接自爆,又如小口徑之曳光榴彈,使用曳光劑點火炸藥,發射時,彈尾之曳光劑,由發射藥之火焰發火燃燒,在飛行中至燃盡而使炸藥爆發,但曳光劑燃燒過急時,有膛發之危險,故此種方式不甚賞用,以下專就雷管式加以研究,



度之猛烈減耗發生一種擊衝,黑色炸藥因此而直接自爆,又如小口徑之曳光榴彈,使用曳光劑點火炸藥,發射時,彈尾之曳光劑,由發射藥之火焰發火燃燒,在飛行中至燃盡而使炸藥爆發,但曳光劑燃燒過急時,有膛發之危險,故此種方式不甚賞用,以下專就雷管式加以研究,

以擊針突擊雷管而使其發火,有次記之必要條件.

1. 需要一定量以上之活力 (Energy), 此量因雷管之式樣而異,在日本陸軍用引信略為 0.006 公斤,

公尺。

2. 此一定量以上之活力，必須迅速加付，其時間雖無精密之實驗，約為 0.01 秒。

上述二條件中，以 1. 為最重要，若此能滿足，則所需之短時間，自然可以獲得，故以下只須以 0.006 公斤公尺之活力為必要條件。

為使擊針與雷管衝突有三種方式：1. 將雷管固定於砲彈，使擊針能活動，是為擊針移動式；2. 與 1. 相反，擊針固定，雷管活動，是為活機移動式；（包容雷管而成一體，移動之部分，一般稱活機）；3. 二者均係活動而相衝突者，是為雙移動式。

在擊針或活機一方固定式，其發火條件，在移動體以所需之活力衝擊，可以下式表示之，

$$\frac{1}{2} \frac{G}{g} U^2 > 0.006 \text{ Kg. m.} \dots\dots\dots (11)$$

式中  $G$  = 移動體之重量

$U$  = 移動體對於砲彈之關係速度

在雙方移動式，上述之關係，更為複雜，命二者之重量為  $G_1, G_2$ ，速度為  $U_1, U_2$ ，假定正面衝突。

$$\text{衝突前之活力} : \frac{1}{2} \frac{G_1}{g} U_1^2 + \frac{1}{2} \frac{G_2}{g} U_2^2$$

$$\text{衝突後之活力} \frac{1}{2g} (G_1 + G_2) U_p^2 = \frac{1}{2g} \left\{ \frac{G_1 U_1 - G_2 U_2}{G_1 + G_2} \right\}^2 = \frac{(G_1 U_1 - G_2 U_2)^2}{2g(G_1 + G_2)}$$

但  $U_p$  = 衝突後之速度，二者之差，為發火所需之活力，故發火條件如下：

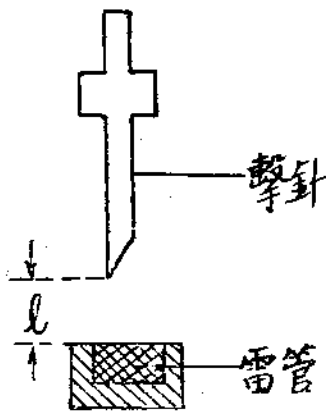
$$\frac{1}{2g} \left\{ G_1 U_1^2 + G_2 U_2^2 - \frac{(G_1 U_1 - G_2 U_2)^2}{G_1 + G_2} \right\} > 0.006 \text{ Kg. m.} \dots\dots\dots (12)$$



但雙動式作用複雜,有擊針一度與活機合致後,先與引信之他部分衝突再行發火者,故僅以(12)式尚不能論述.

次述銳敏性與瞬發性,砲彈受極弱之力或加速度即行發火之性質,稱銳敏性;與發火之機會接觸後至發火之經過時間極短之性質,稱瞬發性.

假定有雷管固定,擊針向此衝突之引信,擊針之重量為 $G$ ,針頭與雷管之距離為 $l$ ,以常數加速度 $\alpha$ 作用而發火,火針至與雷管衝突時之時間:



$$t = \sqrt{\frac{2l}{\alpha}} \dots \dots \dots (13)$$

衝突時之活力:

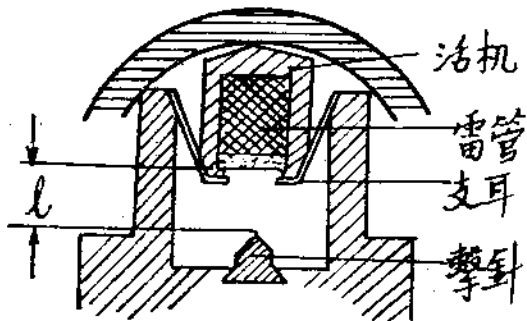
擊火距離

$$E = \frac{G\alpha l}{g} \dots \dots \dots (14)$$

故擊針與雷管之距離 $l$ 愈大,則銳敏性愈增(因 $E$ 減小),瞬發性愈減(因 $t$ 增大).

現今常用引信之發火式樣,由發火之時機,利用之外力,可分為三種如下:

1. 發射時發火者——時間引信;
2. 彈着時發火者——慣性式,觸發式,併用式;
3. 飛行中發火者——機械引信,自發引信.



發射時發火之裝置

(2) 發射時發火之裝置 火道式時間引信,概係發射時發火之式樣,如圖示之發火裝置者為最普通,擊針固定,活機移動,但有防止其不時移動之支耳.

支耳為一種發條,故欲壓直而使活機移動,假定需要 $f$ 之力,(稱支耳之

抗力)但只須前進微小距離 $d$ ,其後則無甚抵抗要之克服支耳,需要工作 $fd$ ,以活機之重量為 $G$ ,至與擊針衝突之距離為 $l$ ,則發火條件為;

$$\frac{G}{g} \alpha l - fd > 0.006 \text{ Kg. m.}$$

$$\alpha > \frac{g}{Ge} (fd + 0.006) \dots\dots\dots(15)$$

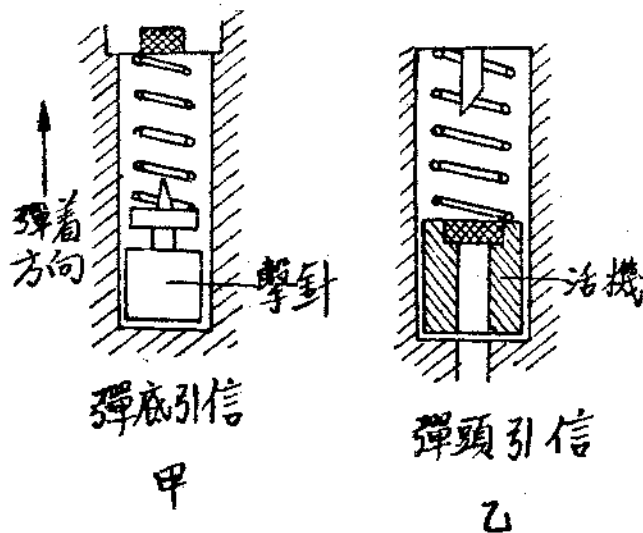
即需要上式之加速度,假定活機之重量為 $10g$ ,距離 $l$ 為 $5mm$ ,支耳之抗力為 $30Kg$ , $d$ 為 $2mm$ .

$$\alpha > \frac{9.81}{0.010 \times .005} (30 \times .002 + 0.006), \alpha > 12949$$

即所需加速度,須為 $13000m/s^2$ 以上,由(15)式觀之,若將支耳之抗力減小,則加速度亦可減小而能適用,但支耳之抗力過小,則砲彈之運搬操作等,頗有危險,即在砲內,於砲彈開始發動之瞬間發火,而為膛炸之原因,故須應火砲之性質,而選擇適當之強度.

(3) 彈着時發火之裝置 於彈着時,發火之引信,一般稱着發引信,或碰炸引信,其中因利用之原動力不同,又分為數種.

慣性引信 多為普通之着發引信,即有利用彈着時之負加速度(即減



速度)而發火之裝置者,如係彈底引信,雷管裝在前方,擊針前進發火(見甲圖),如係彈頭引信,則與上相反,為活機移動式(見乙圖).在飛行中,加速度常由彈尾向彈頭之方向作用,故普通係於擊針與雷管之間,裝置發條以防止意外之發火.空氣抵抗之減速度以出砲口時為

最大,其值為:

$$J = \frac{F(V)}{C'}, \quad V = \text{初速}$$

發條之抗力,至少須能支持此力,即以下列之條件為必要:

$$Q > \frac{F(V)}{C'} \times \frac{G}{g} \dots\dots\dots(16)$$

式中  $G =$  移動體之重量

$Q =$  發條之抗力

故此種引信,其彈着衝力,若小於砲口之空氣抵抗,則不至發火,着發引信銳敏度之界限亦即在此,以大初速出砲口之砲彈若以小落速彈着柔軟之水田等時,則引信自然不發,以  $Q_m$  為發條之平均抗力,雷管與擊針之距離為  $\ell$ ,則為壓縮發條之工作為  $Q_m \ell$ ,故砲彈如彈着土地時,減速度作用之時間較長,其值  $\alpha$  如下:

$$\frac{G}{g} \alpha \ell > Q_m \ell + 0.006$$

$$\text{即 } \alpha > \frac{gQ_m}{G} + \frac{0.006}{G \ell} \dots\dots\dots(17)$$

$\alpha$  必須有 (17) 式表示之值,引信始能發火,命中機翼鋼板時,減速度僅於至短時間  $t$  作用,其間引信體能得之速度,不超過  $\alpha t$ , 所得之活力,不超過

$$\frac{1}{2} \frac{G}{g} \alpha^2 t^2 \text{ 以上,故非滿足下列之略近式,不能發火:}$$

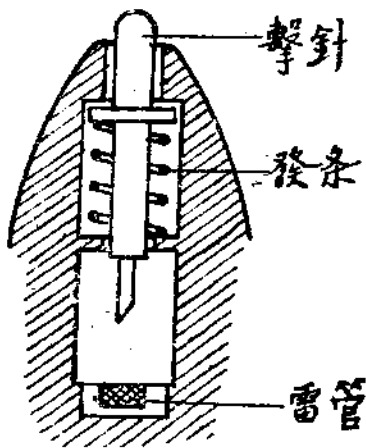
$$\frac{1}{2} \frac{G}{g} \alpha^2 t^2 > Q_m \ell + 0.006 \dots\dots\dots(18)$$

引信中間有擊針與雷管之間不具發條者,此種引信,實際上在砲口衝擊雷管,但其活力不足,比滿足發火條件所需者甚小,故雖衝擊亦不使之發火。

出砲口後於飛行中擊針與雷管密接其距離為0,以此狀態而至彈着時發火,此種引信雖有瞬發性然銳敏性不高。

慣性引信因其裝置全部納於引信內部,易於使雷管傳火藥等藥品由外遮斷,慣性引信由(11)式觀之,移動體愈重愈銳敏。

觸發引信 多屬瞬發引信,即為利用彈着時作用於彈頭之打擊的壓力而營發火者,具有最大之瞬發性與慣性引信不同者,此種引信全屬彈頭引



觸發引信

信,並為擊針移動式,彈頭不僅彈着時發火,即飛行中,因空氣壓力之作用有不時發火之虞,擊針須裝置發條,與慣性引信同樣,此種引信亦有銳敏性之界限,即彈着壓若小於砲口之彈頭壓,則引信不至發火,彈頭之風壓,為(9)(10)式所表示之 $P_s$ ,故命擊針突出彈頭部分之斷面積為 $C$ ,則全壓力為 $CP_s$ ,發條之抗力,必須如下式所示:

$$Q > CP_s \dots\dots\dots(19)$$

若以彈着瞬時之彈頭壓為 $U$ ,則為使引信發火,彈着時之活力,必須如下式所示,

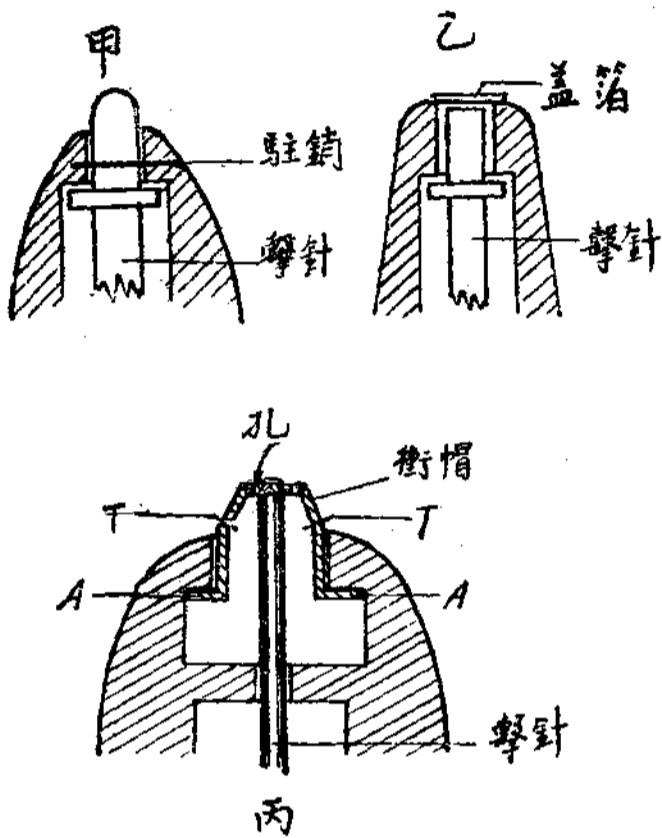
$$CU^2 > Qm^2 + 0.006 \dots\dots\dots(20)$$

且上述之活力,必須繼續相當時間,滿足下列條件:

$$t > \sqrt{\frac{2\ell(CU - Qm)}{g}} \dots\dots\dots(21)$$

彈着時之彈頭壓,作用時間甚短,故其設計亦係以短時作用完畢為準則,非以較小之力而長久作用者,故此時之發火發條可不考慮。

欲防止飛行間作用於擊針之風壓,除發條外,尚有種種方法,下圖甲,由引信體插入黃銅銷子貫通擊針,以防止擊針之移動,在彈着時,自須有切斷駐銷以上之力,方能發火,乙關係於擊針孔之上裝薄金屬箔,使風壓不至



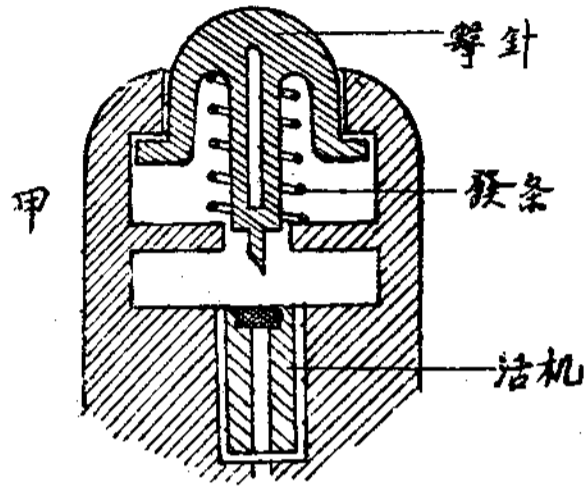
觸發式引信

作用於擊針,是為蓋箔式,既無風壓作用,則因空氣抵抗之減速度,擊針常被壓至前方,至彈着時須有破壞蓋箔之壓力,且擊針頭縮入若干,故對於布片薄板,銳敏性較低,又如丙圖為衝帽式,衝帽與擊針成一體,彈頭部有數個小孔,空氣得侵入內室,內室之壓力,與作用於彈頭之空氣壓略同,然內室受壓面之對徑為AA,比彈頭之受壓面TT大,為衝帽因風壓反被由內向外吸出,以保持其位置,在此式樣於命中目標之瞬間,內壓為零,故不需多大之力而發火,故

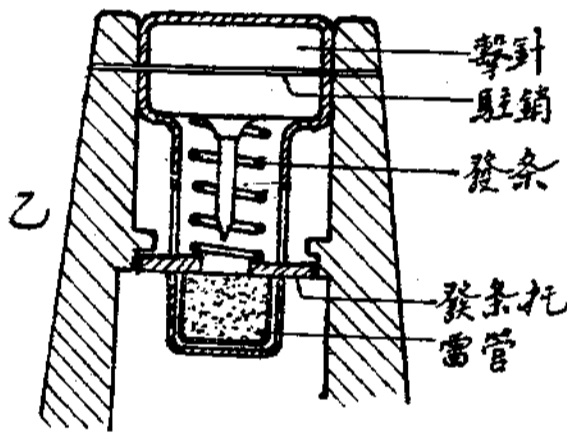
銳敏性甚大。

觸發引信 係以力作用,非以減速度作用,故擊針愈輕,則運動愈易,銳敏性及瞬發性均愈增,故多用輕金屬如鋁等製成,且以薄肉者為宜,作用於擊針之力,固可由其突出彈頭之面積擴大而增加,但同時飛行中之風壓,亦有增加,故不甚賞用。

慣性觸發引信 彈着時,擊針由作用於彈頭之壓力而後退,活機則因作用於砲彈之減速度而前進,二者遂衝突發火,是為慣性觸發引信,即兼用慣性式與觸發式之引信,設一方不生作用,亦不至不發,且兩者同時作用時,銳敏性及瞬發性亦可增加若干,下圖即此種引信之一例,乙圖亦為慣性觸發引信, (士乃德 S.R. 式) 其目的全然相反,僅彈頭之壓力或減速度之一方,不足以發生作用,須二者同時作用方能發火,擊針與雷管同納於一箱形物



慣性觸發引信



內,雷管能活動(見圖)·如僅受彈頭壓之作用,則擊針後退,壓縮發條,但雷管亦同時下降,二者不至相擊而發火·若僅有減速度作用,雷管與發條托被引信體內之凸起阻止前進,亦不至碰着擊針發火·此種引信發火,須有次記二力之同時作用。

(a) 彈頭壓切斷駐銷,壓縮發條,以供給使雷管發火必要之活力;

(b) 同時因減速度之作用,雷管有前進之傾向,推發條托前進至與引信體內凸起接觸為止(數學式從略)。

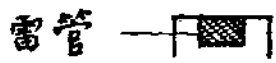
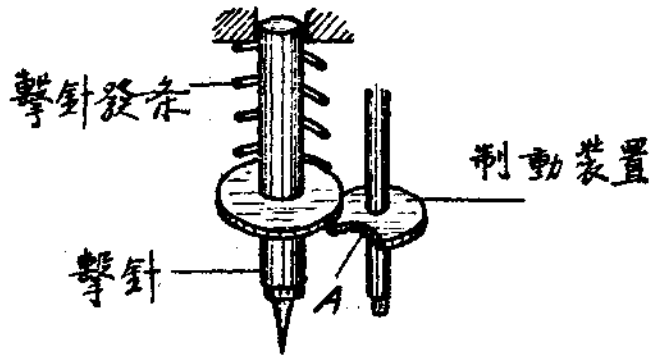
要之,此種引信除彈着外,一方面

之力,不能使之發火,其設計之主眼,在使具有此種安全構造,至銳敏性瞬發性等性質,係以他方法如極力減輕擊針,或用極弱之發條等以求之。

(4) 飛行中發火之裝置 在機械引信於飛行中發火之式樣頗多,下圖所示為其一例·擊針常被擊針發條向突擊雷管方向壓迫,但有制動裝置,使擊針不能前進,發射時制止裝置,因鐘表機構之作用,徐徐回轉至其缺口 A 部,轉至擊針處,則擊針因發條之力突擊雷管。

又有自發引信者,(見下圖)即在空中自動的發火之引信,其發火裝置,亦屬此類·擊針(3)具有發條(9),與制動球制動台(7),一同被發條向雷管方向壓迫,在腔內間,雖有遠心力,而制動球(5)遠心球(4)不能向外飛

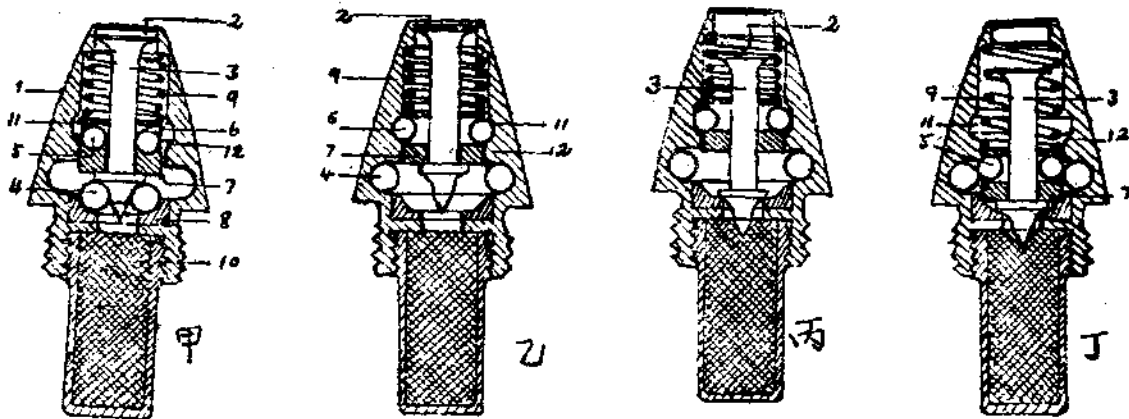




擊發雷管 (丙圖).

開,一出砲口,則因減速度之作用,遠心球將火針略向前推而飛開,制動台制動球亦稍前進,制動球則飛入溝內,遠心球亦離開擊針,飛入溝中,是為發火準備之位置 (乙圖),在此狀態,一觸目標,蓋板(2)即遭毀壞,擊針即被碰而

自發引信



在乙圖之姿勢,係遠心力勝於發條之抵抗力,若遠心力漸漸減小至為發條抵抗所勝,則制動球沿斜面而落下,發條即將擊針壓下而擊火自發,取丁圖之位置.此種引信,係用於小口徑之高射砲彈者,若不着發亦必在空中於某時機自發,以免落下危害自己,砲彈旋速之減小,可用下式表示其概略.

$$\log \frac{\Omega_0}{\Omega} = \frac{KP}{A} (V-U) \dots\dots\dots(22)$$

存速由 V 減至 U, 則旋速由  $\Omega_0$  減至  $\Omega$

A 為關於彈軸之慣性能率

P 為最大膛壓

K 為關於砲彈形狀之係數約0.00000002.

例: 某火砲,最大膛壓  $P = 2400 \text{ Kg/cm}^2$ , 砲彈之慣性能率  $A = 62.5$ ; 初速  $V = 480$  公尺/秒, 砲彈出砲口時之迴轉速度  $\Omega_0 = 272$  轉/秒, 問存速  $U = 100, 200 \dots\dots\dots$  時, 轉速度若干?

$U = 200$  時,

$$\log \frac{\Omega_0}{\Omega} = \frac{KP}{A}(V-U)$$

$K = 0.00000002$

$\log 8.30103$

$P = 2400$

$\log 3.38021$  } 7.88536

$A = 62.5$

$\text{coLog } 2.20412$  }

$(V-U) = 28000 \text{ cm/ssc.} \dots\dots\dots \log 4.44716$

$\log \frac{\Omega_0}{\Omega} = 0.02150 \dots\dots\dots \log 2.33252$

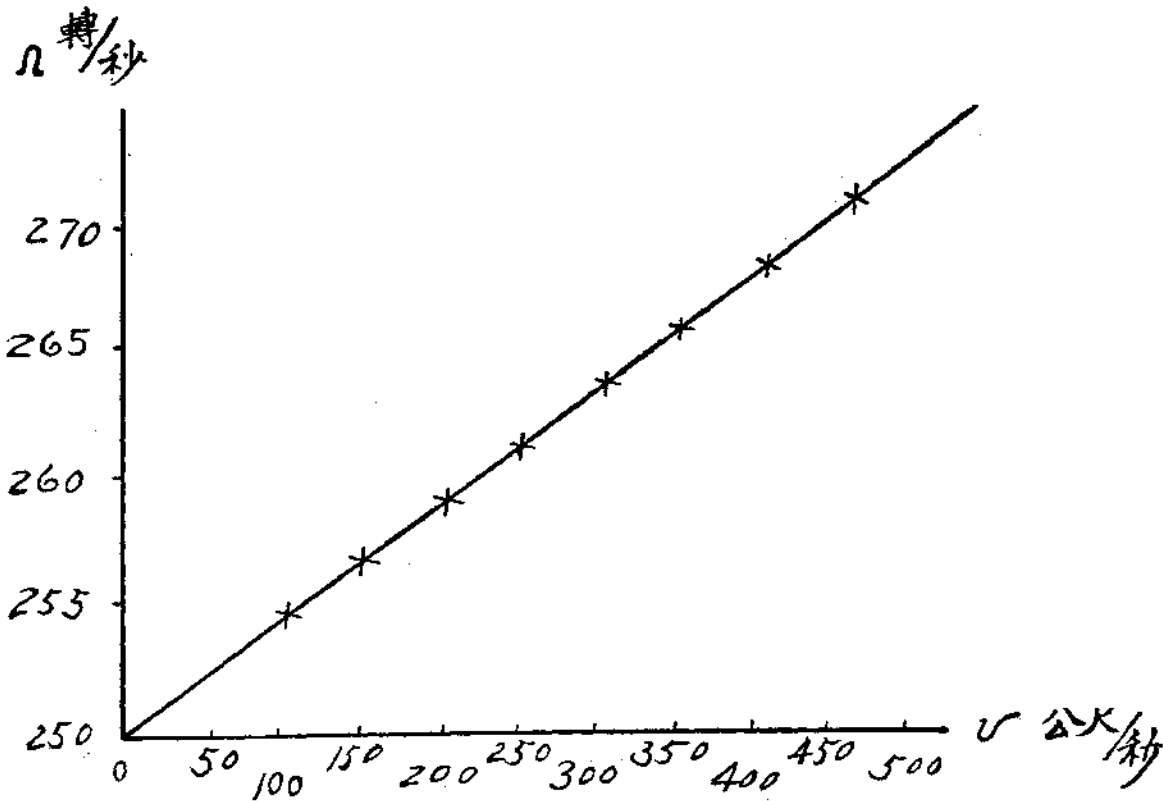
$\therefore \frac{\Omega_0}{\Omega} = 1.0508$

$\Omega = \frac{\Omega_0}{1.0508} = \underline{259} \text{ 轉 秒}$

依同樣計算, 結果列於下表:

U	0	100	150	200	250	300	400	480
$\Omega$	250	254	257	259	261	264	268	272

U 與  $\Omega$  之關係為一直綫, 如下圖所示:



砲彈在飛行中無他力可以利用故多如上述二例,利用發條之壓力以行發火,此時發條之力,須先克復各種抵抗,然後發火,以次記之條件為必要:

$$R \cdot \ell > E\ell + 0.006 \dots \dots \dots (23)$$

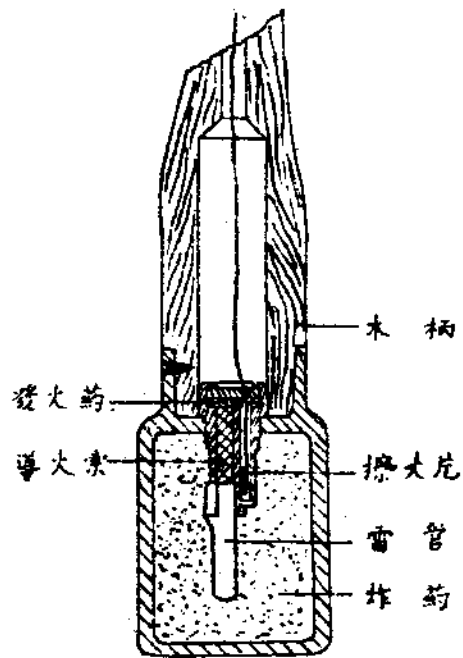
式中 R = 發條之平均抗力

$\ell$  = 自擊針端至雷管之距離

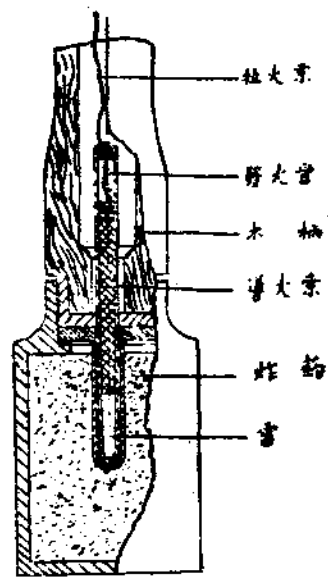
E $\ell$  = 為制勝其他抵抗所需之工作。

(5) 手榴彈之發火裝置 手榴彈因其所受之力與砲彈不同,故其發火需要特別方法,曳火式手榴彈 (即經過一定時間爆火者),多係於投擲以前,用手之動作使其發火,故此種手榴彈,彈內有如舊式火砲所用摩擦底火之裝置,投擲時拉繩發火 (如我國之木柄手榴彈),或於導火藥之先端附有類似火柴 (match) 之藥品,投擲時摩擦發火 (如我國濟造手榴彈,但亦用拉繩),又有發火係用擊針發條之力行之者,此種式樣,彈外多有把手,藉以

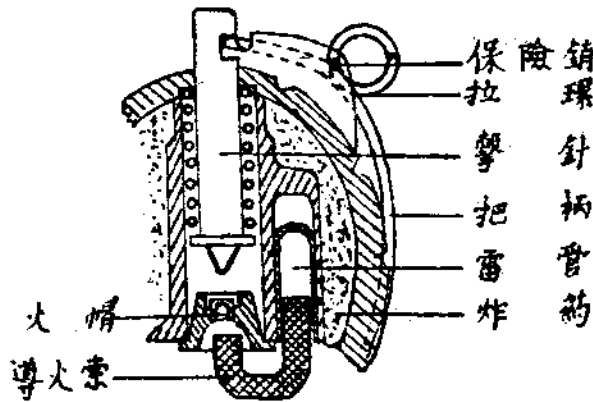
壓縮擊針發條,投擲時,將把手與發條緊握之,拔去安全銷,將彈投出,則擊針打擊雷管而發火此種式樣,歐戰中各國多用之,我國以前所造之俄式手榴彈亦屬此類。



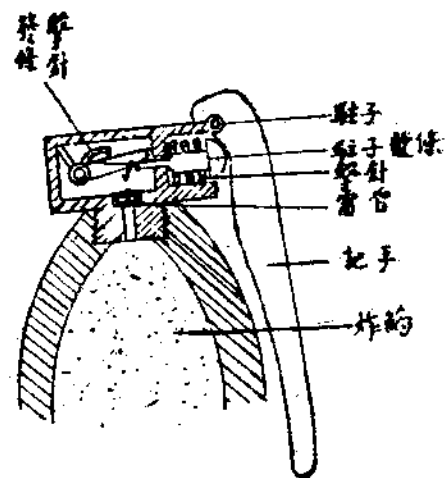
濟造手榴彈



木柄手榴彈

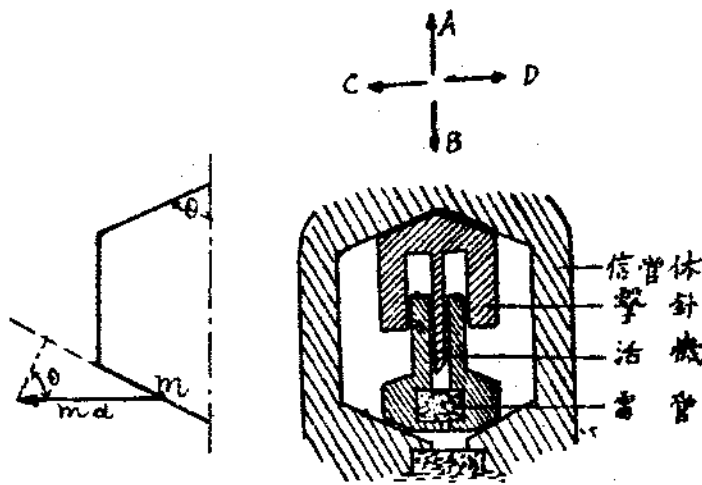


俄式手榴彈



歐戰中各國使用之手榴彈

着發式手榴彈,因着地之方向頗不一定,故用普通砲彈用之着發裝置,不甚確實,宜用一種特殊着發裝置,無論彈着方向如何,均能發火,此種裝置可稱無方向着發引信,茲舉一例如下:



無方向着發引信 (手榴彈)

此種引信為擊針與活機俱動之雙動式於A之方向彈着時活機前進於B向彈着時擊針前進於C或D方向彈着時因斜面之作用二者俱動互相接近而發火若在此等中間之方向彈着時二力各發揮一部分關於此種引信發火必要之條件因着地之角度而有不同

今試就C向彈着而計算其條件

命  $G_1$  = 擊針之重量

$G_2$  = 活機之重量

$\theta$  = 前後傾斜面與擊針軸所成之角度

$K$  = 傾斜面之摩擦係數

$l$  = 最初擊針頭與雷管之距離

$\alpha$  = 彈着時於擊針 (或活機) 作用之等齊加速度

$t_0$  =  $\alpha$  作用之時間

假定  $m$  為活機之質量則彈着後活機向左前進之力為  $m \alpha$  故活機沿斜面上昇之力為  $m \alpha \sin \theta$  垂直於斜面之力為  $m \alpha \cos \theta$  摩擦力為  $K m \alpha \cos \theta$  活機所受之全力為  $m \alpha \sin \theta - K m \alpha \cos \theta$

沿斜面之加速度  $A = \alpha (\sin \theta - K \cos \theta)$

擊針與活機接近之加速度  $= 2 \alpha (\sin \theta - K \cos \theta)$

活機與擊針軸相互運動  $l$  距離時則二者在該方向各運動  $l/2$  距離故

其在斜面上前進之長為  $S = \frac{l}{2} \cos \theta$  依公式  $S = \frac{1}{2} A T^2$

$$\text{擊針與雷管衝突時所經過時間 } T = \sqrt{\frac{\ell}{\alpha(\sin \theta - K \cos \theta) \cos \theta}}$$

$$\text{在 } T \text{ 時間, 擊針與雷管具有之活力} = \frac{1}{2} \frac{G_1 + G_2}{g} \alpha^2 (\sin \theta - K \cos \theta)^2 T^2$$

故能滿足下列之條件, 即應能發火:

$$t_0 > T$$

$$\left. \frac{1}{2} \frac{G_1 + G_2}{g} \frac{\alpha \ell (\sin \theta - K \cos \theta)}{\cos \theta} > 0.006 \right\} \dots \dots \dots (23)$$

- 例  $G_1 = G_2 = 20\text{gr} = 0.020\text{kg}$
- $\ell = 5\text{m/m} = 0.005\text{m}$
- $\theta = 70^\circ$
- $K = 0.2$

求發火須具備之最小加速度, 與衝突時所經過之時間.

$\frac{1}{2} \frac{G_1 + G_2}{g} \frac{\alpha \ell (\sin \theta - K \cos \theta)}{\cos \theta} = R \alpha = 0.006$	
2.....	colog 1.69897
$G_1 + G_2 = 0.04$ .....	log 2.60206
$\ell = 0.005$ .....	log 3.69897
$g = 9.81$ .....	colog 1.00833
$\sin 70^\circ - 0.2 \cos 70^\circ = 0.87129$ .....	log 1.94017
$\cos 70^\circ$ .....	colog 0.46595
R.....	log 5.41445
R.....	colog 4.58555
0.006.....	log 3.77815



$$\alpha = 231.45 \text{ m/sec}^2 \dots \log 2.36370$$

$$T = \sqrt{\frac{l}{\alpha(\sin \theta - k \cos \theta) \cos \theta}}$$

$$l \dots \log 3.69897$$

$$\alpha \dots \text{colog } 3.63630$$

$$\sin \theta - k \cos \theta \dots \text{colog } 0.05983$$

$$\cos \theta \dots \text{colog } 0.46595(+)$$

$$T^2 \dots \log 5.85105$$

$$T = 0.008424 \text{ sec} \dots \log 3.92552$$

即彈着後至發火所需之最大時間也。

假定擊針外面與引信體內面之距離為10m./m,則兩者接觸時,擊針與雷管相對運動之距離各為:

$$10 \cot 70^\circ = 10 \times 0.36397 = 3.64 \text{ m/m} = 0.00364 \text{ m}$$

故擊針外面與引信體內面接觸之時間:

$$t_0 = \sqrt{\frac{.00728}{\alpha(\sin \theta - k \cos \theta) \cos \theta}}$$

$$.00728 \dots \log 3.86213$$

$$\alpha \dots \text{colog } 3.63630$$

$$\sin \theta - k \cos \theta \dots \text{colog } 0.05983$$

$$\cos \theta \dots \text{colog } 0.46595(+)$$

$$t_0^2 \dots \log 4.02421$$

$$t_0 = 0.010283 \text{sec} \dots \dots \dots \log \overline{2.01210}$$

假定  $\alpha = 500$

$$l = 0.00728 \dots \dots \dots \log \overline{3.68213}$$

$$\sin \theta - k \cos \theta \dots \dots \dots \text{colog } 0.05983$$

$$\cos \theta \dots \dots \dots \text{colog } 0.46595$$

$$\alpha = 500 \dots \dots \dots \text{colog } \overline{3.30103}$$

3.82681

(+)

$$t_0^2 \dots \dots \dots \log \overline{5.68894}$$

$$t_0 = 0.00699 \text{sec} \dots \dots \dots \log \overline{3.84447}$$

$$\log \overline{3.82681}$$

$$l = 0.005 \dots \dots \dots \log \overline{3.69897}$$

$$T^2 \dots \dots \dots \log \overline{5.52578}$$

$$T = 0.00579 \text{sec} \dots \dots \dots \log \overline{3.76289}$$

故  $\alpha$  一定時  $t_0 > T$ .

(待續)

# 槍彈射擊時銅殼破裂及火帽脫落 原因之研究

解 晉

## 一、緒 言

槍彈之製造，多用特種機器，方法雖易，而其製造之手續多至六十餘次，故在製造過程中，須時時注意，偶有不慎，隨時皆有全彈廢棄之可能。但往往於製造時，彈之精良與否，放射時有無故障，均不易明瞭，非至裝入槍膛實際試放後，不能知其結果。而槍彈又非他種槍械，能一一先行試射，再加修正。倘槍彈亦如是試放，則等於未造。故槍彈之試驗，僅可抽千分之四五而已，至於其餘未經試放之槍彈，是否與試放者同樣之良好，實未敢斷定也。

槍彈射擊時，所發生之故障，不外銅殼之中斷與裂腹，火帽（又稱之為底火）脫落、漏烟、打穿及彈頭破裂諸病，此種種故障，小則使槍械損壞，浪費金錢，大則與射擊者心理上之恐懼，畏縮施放，有礙軍事之進展，或傷及射擊者之面部，亦所常見之事。

但此種故障之原因何在，改進之方法如何，誠為現今兵工技術上之重要問題。關於銅殼破裂之現象，在過去二十年間，印度政府之槍彈製造所，時時發生，曾經多數技術家之研究，仍無結果，可見銅殼之破裂原因，已如此複雜，再加底火及彈頭諸弊，同時發生，其繁雜之程度，更可想見矣。茲就作者之經驗，及參諸書本之記載，將發生種種故障之原因，分條述之於後，以供研究兵

工技術者之參考至掛一漏百之處在所難免尚希讀者指正是幸!

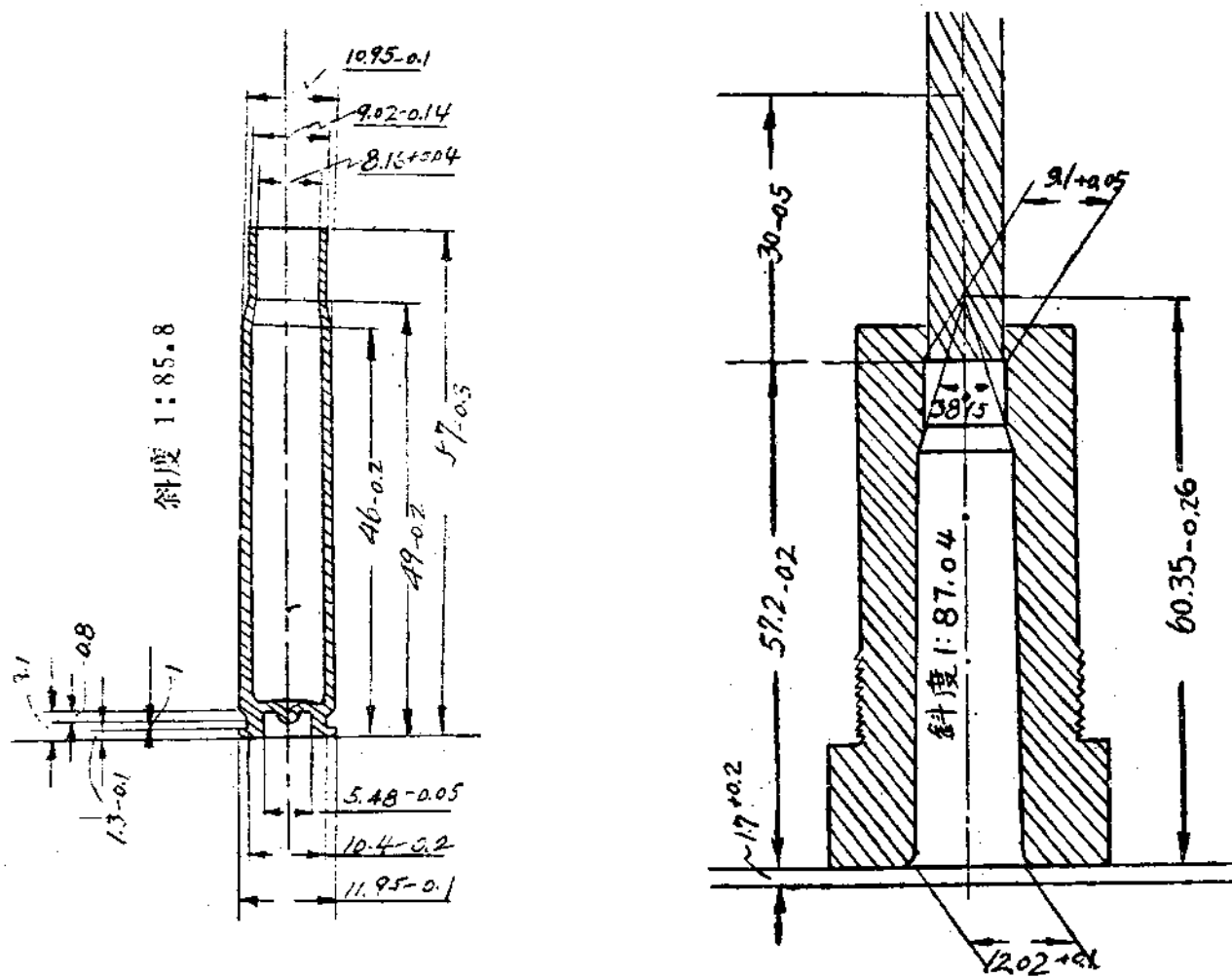
### 二、銅殼破裂與槍械之關係

銅殼破裂之原因既如上述之複雜然考察其結果當不外乎銅殼本身與所用槍械兩者之故障而已茲先就槍械之不良與銅殼破裂及中斷諸原因研究之。

(A) 槍械彈膛過大或過小 試觀 Fritz Werner 銅殼 (專指槍彈銅殼而言以後均仿此) 之寸法及馬克沁機關槍彈膛之寸法各如第一、第二圖所示

第一圖 7.9尖彈銅殼尺寸圖

第二圖 7.9槍膛尺寸圖



則可見彈膛之寸法與銅殼之寸法相差甚微且均有一定之公差倘槍械使

用日久，或製造不良，彈膛過大超過一定之公差，則槍彈發射後，銅殼漲於槍械之彈膛內，此即名之為漲膛，再經退子鈎一拉動，勢必中斷，同時銅殼因受高壓而膨脹，則必破裂。反之，若彈膛寸度過小，當槍彈送進彈膛時，已受相當之壓力，銅殼或已變形，更經火藥燃燒壓力之膨脹，則銅殼亦必中斷或破裂也。

(B) 槍筒軸之中心綫，必與槍門之中心綫一致，否則雖相差極微，而影響於銅殼之中斷關係極大。蓋若兩者中綫不在一直線上，則銅殼送入槍之彈膛，十分困難，雖強勉送進，但銅殼本身，已受相當之剪斷力 (Shearing Force) 作用，待發火後拉出，非中斷而何？

(C) 槍械各機件之部位，往往因使用日久，或因製造之關係，常有鬆動之現象。倘槍筒部位過前，槍門過後，槍彈尚未達一定位置，即槍彈尚有一部份在膛外，撞針即行發火，則必使銅殼破裂無疑，有時且可發生其他之危險。

(D) 槍門來往速度過快，銅殼亦頗易於拉斷。

上列所述各點，係銅殼破裂與槍械之種種關係，但事實上，銅殼破斷之主要原因，當不僅在槍械而已，其關係於銅殼本身之優良與否，尤為重要，容當分條研究之。

### 三、銅殼破裂與熔銅

熔銅技術之精良與否，能變其銅質之優劣，銅質優，則製出之槍彈銅殼亦優，銅質劣，則銅殼經射擊後，或斷或裂，或脫底火，或破底緣，形形色色，不一而足。故熔銅技術，在製造槍彈過程中，實為最重要之第一步工作，苟第一步之工作，不能合一定之規格，無論其他數十步工作如何精密，亦無效果，是不可不特別注意者也。

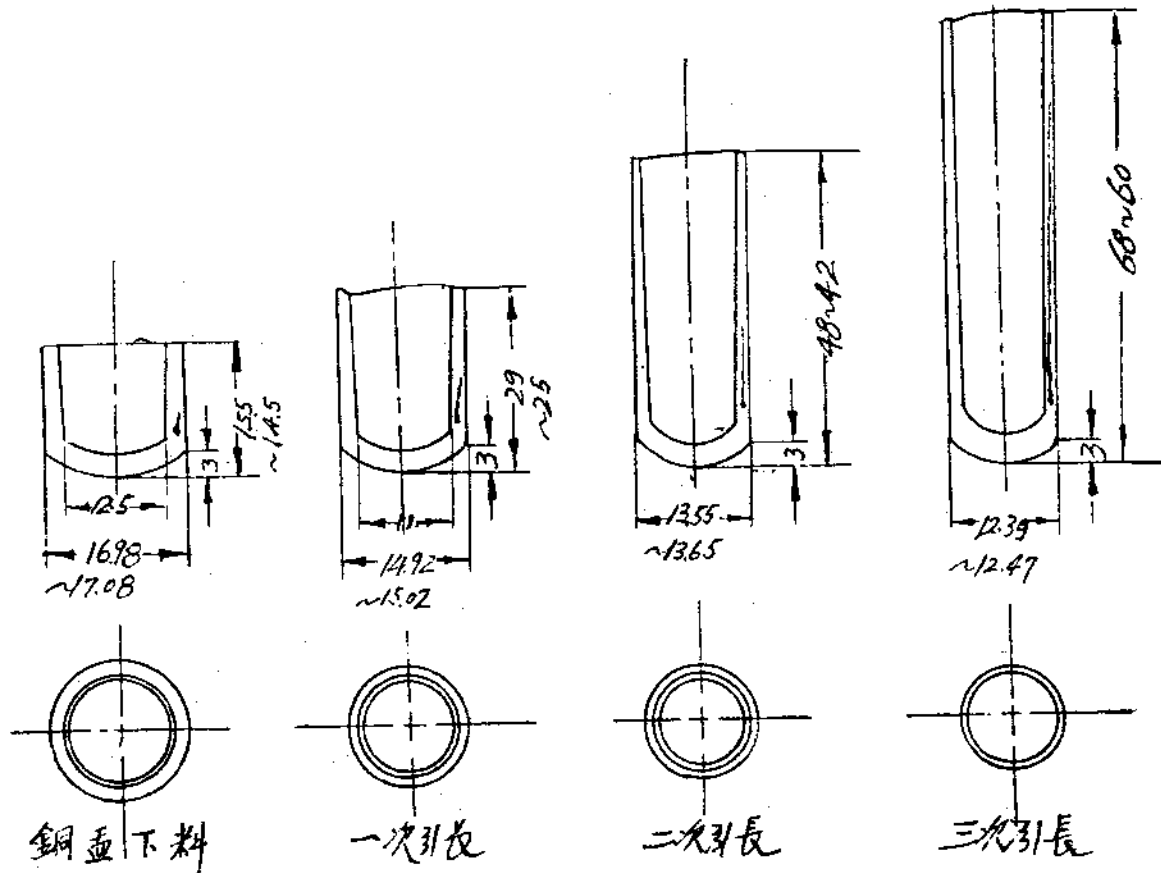
(A) 銅殼銅之成分，槍彈銅殼所用之材料，普通用三七黃銅，即鋅量 30%，銅量 70% 之合金也。常因熔銅工人技術欠佳，鋅量損失過多，(鋅之沸點較

低,易於氣化而逸散)或因其他火耗關係,能使銅質變化,致熔出黃銅之成分,頗難達理論上之規格,故銅質或硬或軟,製成槍彈銅殼後,常有破裂或拉斷之現象,茲舉一種規格如下表,以資參考: (註,英國銅壳銅之成分為:鋅量 32—28%,銅量 68—72%)

化學成分(%)	破 斷 界	延伸率%(2 <sup>3</sup> )	不 純 物(%)
銅 69~70 鋅 29~30	20ton/in <sup>2</sup> (31.5kg/mm <sup>2</sup> )	55	1 以下

(B) 銅片夾灰槍彈銅殼所用之銅,所忌最者,即銅片之夾灰,熔銅工作偶有不慎,則銅內夾有灰分,工廠中稱之為夾灰,有夾灰之銅片,往往於其表面一上現有黑斑,有時夾灰隱於銅之內部,不易識別,但經銅盂下料及數次引長

第三圖 夾灰銅殼之解剖





後,雖極微小之夾灰,可延成一縱線,於是槍彈製成,一經射擊,則沿此縱線而裂腹,如第三圖所示,宜注意及之。

(C) 加鋅之溫度與時間, 銅殼用之黃銅,既為鋅與銅之合金,但鋅何時加入銅內,在何溫度之下加入,冶金學上均有明白之規定,但依據廠中一般之經驗,當銅在爐中完全熔解,溫度達  $1180^{\circ}\text{C}$  附近時將鋅加入為最良好,加鋅後 2 至 5 分鐘,銅即可出爐注模矣。(亦有將鋅先放入坩堝之底,上覆以銅而熔化者) 倘加鋅之時間遲早不當,或溫度高低不宜,則銅之組織大異,破斷界,延伸率亦隨之不同,并經數十次常溫加工, (coldworking) 製成槍彈銅殼後或破或斷,在所難免也。

註:某廠現用電爐熔銅,將鋅與銅同時投入爐中,不分先後。

(D) 注模之溫度, 依據理論上熔銅注模之溫度,約為  $1130^{\circ}\sim 1150^{\circ}\text{C}$  之間,過高則易生氣孔,過低則鑄塊表面不平,此兩者之弊端,均非所宜,任熔銅技術者,不可忽視焉。

(E) 銅片之退火與輾壓, 注模後之鑄塊,須經四次或六次之輾壓,每輾壓一次,則須退火一次,此退火程度,與銅質之優劣,大有關係,退火溫度過高,鋅易於氣化逸散,結晶粒粗大,起過燒現象 (over Burning), 使銅性脆弱,過低銅質過硬,不易加工,有時因銅質太硬,致使製品在製造中途即破裂者,普通最適宜之退火溫度,約為  $650^{\circ}\text{C}$ , 退火時間,與銅質之變化,關係極大,退火之時間充分,則延伸性大,易於工作,故銅片在適當溫度中,應有一小時左右之退火時間,否則時間過促,溫度過高,銅片脆弱愈甚,不宜於作銅殼之材料也甚明。

輾壓之方法,常用鑄鋼製成之輾輪行之,輾輪之表面,宜極平滑,且須具有相當硬度,否則表面凸凹不平,壓出之銅片,亦極不平,切不可用作槍彈銅殼之材料,又輾輪硬度不足或不勻,則銅片經輾延後,厚薄不一,製成之銅殼,常有單邊之現象,因此銅殼經射擊而破裂者,在所難免,我國無鑄鋼工廠,輾壓

銅片之輓輪均購自外洋，價值昂貴，故不能常換新輓，僅將用損之輓，再用砂輪磨光一次而已，然用人工磨成之輓，常有粗糙之弊，頗不宜於應用也。

#### 四、銅殼破裂與銅殼回火

此處所研究之回火，與銅片之回火稍異，此專指銅殼在工作中之回火也。每一銅殼之製成雛形，須經四五次之引長，而每次引長之前後，又須回火一次，否則常溫中不易加工，其回火次序及溫度舉一例如下：

第一次回火：銅盂下料後行之；溫度  $600^{\circ}\sim 650^{\circ}\text{C}$  時間 85 分鐘

第二次回火：一次引長後行之；溫度  $600^{\circ}\sim 650^{\circ}\text{C}$  時間 50 分鐘

第三次回火：二次引長後行之；溫度  $600^{\circ}\text{C}$  左右 時間 45 分鐘

第四次回火：三次引長後行之；溫度  $550^{\circ}\text{C}$  左右 時間 30 分鐘

此四次回火，理論上雖如上表所示者，最為適宜，但往往工作時，稍有不同，有時或因爐之構造不同，亦各有異，即如第一次回火溫度雖定為  $600^{\circ}$  至  $650^{\circ}\text{C}$ ，但銅盂下料時，表面積油甚多，放入回火爐中，即起燃燒，如是溫度增加，據經驗所得，第一次回火溫度，雖高至  $700^{\circ}\text{C}$  附近，尚無大礙，第二三次回火，溫度不可過高，視銅殼之顏色而定，大約燒至櫻桃色時，即可取出，至第四次回火，最為重要，切不可稍疏忽，影響於銅殼破裂及底火脫落諸原因極大，蓋第四次回火，應在三次引長後及打元凹前行之，方可，而其回火溫度不能過於  $550^{\circ}\text{C}$ ，時間應在 30 分鐘左右，不可過高，否則若在打元凹後再行第四次回火，則銅殼底部失之過軟，發射時易於發生脫落底火及漏烟等故障，不可不慎！其所以必在打元凹前行第四次回火者，因回火後仍有打元凹，四次引長，及壓平底諸機械工作，可藉此等工作使銅質稍硬，增加強度，不致使銅壳底部失之過軟故也。再如四次回火之溫度及時間不當，則更有銅殼腹裂及中斷之患，亦不可不注意！

或云：第四次回火，既如斯之困難，省去可乎？省去第四次回火，表面上觀之，

似無不可,然常因銅質過硬,射擊時易於拉斷銅殼故仍以不省去為宜。

## 五、銅殼破裂與工作機械

槍彈製造,多用特種機械,已如前述,而其製造手續,又多至六十餘次,所用之工作機械,亦有二三十種,茲依據機械之性能及用途有關於銅殼破裂之原因者,分別研究之如次。

(A) 下料機, 槍彈銅殼之第二步工作,即為銅盂下料(第一步工作為熔銅,見前頁第三節。)其工作方法,如第四圖所示,將銅片置於模與剪沖之間,由機械彎軸偏心之力,前將剪刀壓下,剪成元餅,同時沖子繼續下降,遂將銅餅壓成銅盂,由模子下口落下,此機最應注意之處,臚列於次:

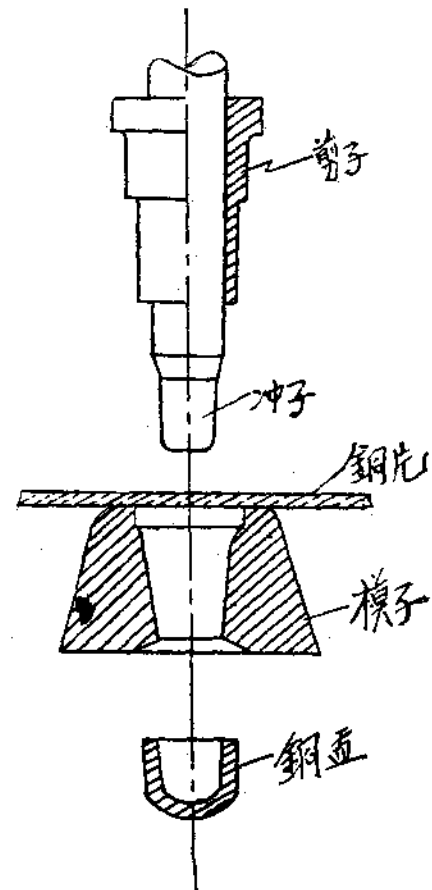
(1) 中心宜正,即沖、模、剪刀等須絕對在一中心線上,且須與模座絕對垂直。

第四圖 銅盂下料

(2) 模座須水平,下料模置其上須十分平穩,不可高低不平或搖動或傾斜,否則衝下之銅盂,必成單邊,如第五圖,倘此單邊銅盂再經數次之引長,銅殼內之厚薄不勻,益為顯著,槍彈不能合膛,或射擊而裂腹者,泰半由於此也。

(3) 機械各部位不宜鬆動,彎軸宜水平,波司(Bearings)宜正確,鑲條(Slides)宜十須精密,使沖子上下,成絕對直線運動,其他如迴轉各部之運動,均須十分注意,影響於製造品之優劣,有莫大關係也。

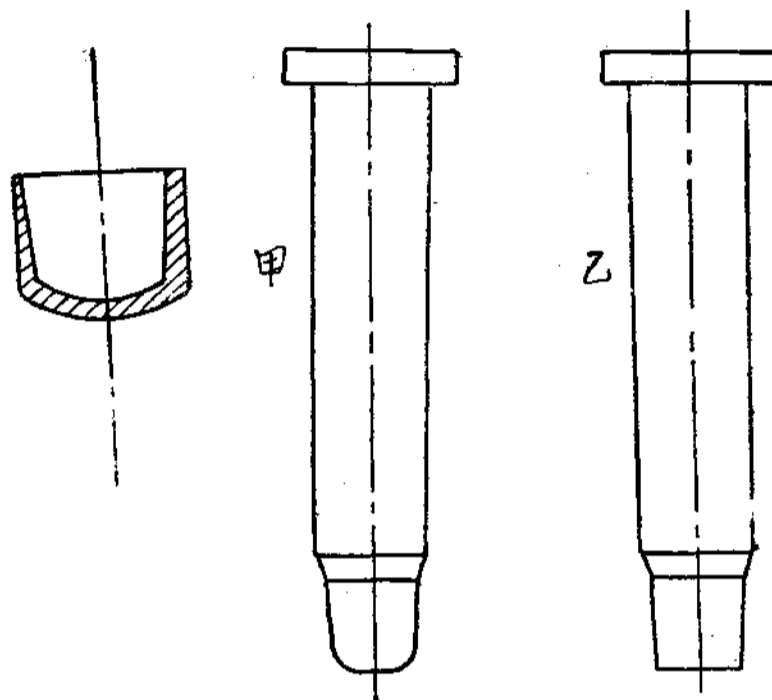
(4) 下料機所用沖子之頭部,應具有相當之圓形式(如第六圖甲)但圓形不可過



大, 過大則無標準較正, 冲子之垂直與否, 之反, 若使冲子頭部成方角, (如第六圖乙,) 工作時易將銅盂內部括傷, 能致銅殼中斷, 或在冲盂工作中途, 衝脫底部, 亦不可不注意及之。

第五圖 單邊之銅盂

第六圖 下料冲頭部之形狀



此外又因下料機使用日久, 機件鬆動, 或因工具尺寸不符, 可使冲出之銅盂毛口, 即參差不齊, 或大小輕重不一, 此種種現象, 亦頗不利於工作, 故他國均有銅盂較量機之設備, 檢剔不良之銅盂, 以利以下諸工作也。

(B) 銅殼引長機, 銅殼一至四次之引長, 均用直立式衝機(亦有用臥式衝機者), 衝機之上下行程(Stroke)依彎軸之曲度, 恆有一定, 但亦可視製品之長短而調整之。下方用轉盤或推槽, 將欲引長之銅殼逐一送入模孔中, 然後冲子由彎軸迴轉之力降下, 銅殼被衝過模孔而出, 遂完成引長之工作。其機械各部位之運動, 較諸下料機, 尤須正確精密, 中心不可不正, 冲子不可不直夾冲子之夾頭(Clamp)及螺絲帽宜極規則, 模面宜平, 模孔宜光滑, 置模之處宜成水平, 轉盤轉動之時間應十分準確, 以免冲子下降時, 銅殼尚未達到模孔之地位, 不但使銅殼厚薄不勻, 且有時衝損模冲, 毀壞機器, 傷及人工也。

銅殼厚薄不勻, 或因冲子位置不正而衝傷銅殼內部等等, 均足以使銅殼射擊時發生裂腹及中斷之患。此外模子之硬度(按外國模子硬度, 約為

Rockwell hardness test 67~69 度; ) 冲子硬度 ( 國外冲子硬度, 約為 Rockwell hardness test 65~66 度); 及工作時所用之減磨劑, 對於製品之良否, 均極關重要!

(C) 銅殼切口機, 槍彈銅殼之製成雛形, 須經兩次切口工作, ( 現時德國已改為一次切口) 第一次在三次引長後行之, 第二次在四次引長後行之, 此兩次切口所使用之機械, 均為臥式自動切口機, 銅殼由頂冲送進軋頭內, 切口刀即行切口工作, 由兩斜齒輪 (Worm gears) 之作用, 頂冲作往復運動, 同時刀架下方由導子 (Cam) 之作用, 將切刀作來回運動, 切刀退後時, 第二銅殼又繼續送進, 遂將先一切口完畢之銅殼, 由軋頭他端推出, 工作情形, 如第七圖所示, 此機械之構造, 雖極簡單, 惟須注意下述各點:

- (1) 斜齒輪及導子 ( 亦稱歪輪 ) 之運動須極準確可靠.
- (2) 軋頭內孔須十分光滑, 大小寸度宜極適當且須富有彈性, 便於鬆緊伸縮自如.
- (3) 切刀宜銳利, 應具有相當之角度.

第一, 倘斜齒輪及導子轉動速度不準, 則第一銅殼尚未切口, 第二銅殼又被送來, 是必呈不斷不連之現像, 且將口部衝傷, 收口時易起裂痕, 射擊時易於裂口.

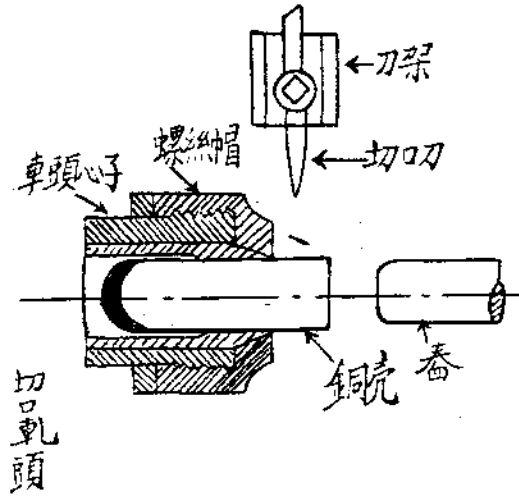
第二, 軋頭內孔不光, 銅殼送進時, 將表皮括傷, 現有縱線, 不但有礙外觀, 且有時括傷過甚, 裂腹之患, 即因此而起, 軋頭孔徑大小不當, 或彈性不足, 均不利於工作, 致使所切口之銅殼長短不能一致, 殊非所宜.

第三, 切刀不利, 切下之銅殼口部不光, 下步諸工作, 咸受其影響也.

(D) 銅殼打元凹機及壓平底車, 銅殼底部須先壓成凹形 ( 即打元凹, ) 後經第二次之壓底工作 ( 即壓平底, ) 遂成規定之形狀, 以便裝入底火之用, ( 如圖八及圖九 )

打元凹機及壓平底機形式相仿, 均係臥式自動, 但往往因工人不諳工作

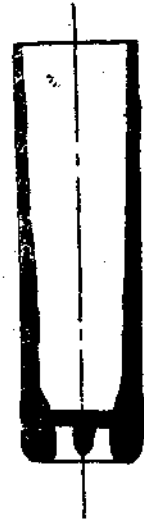
第七圖



第八圖

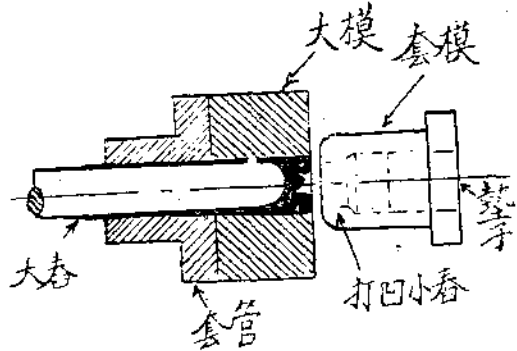


第九圖



方法多改爲人工送銅殼所用工具爲壓底大冲、小冲、套模、套管、大模等其壓底大冲之大小寸法及頭部之形狀最宜注意否則有傷及銅殼內部而使銅殼於射擊後破裂之可能又壓底小冲尺寸不當元凹之大小火台之高低均因之不能一致致引起發火不準確底火脫落及漏烟諸問題(詳後討論)亦不可不注意此外機械各部位之中心應絕對在一中線上曲軸之迴轉運動須極準確務使大冲、小冲之中心相對庶不致有傷銅殼或影響元凹深淺不當之患(工作情形如第十圖所示)

第十圖



(E) 銅殼打字機 槍彈銅殼之底部

印有字母及符號以示製造之廠及年月之意此打字機形式不一有利用彈頭機改造者有專門打字機者亦有在壓平底工作中即附帶打字者此步工作雖與銅殼破裂無關然對於底火脫落及漏烟等

故障頗有關係蓋因機械之運動不正確或工具不良足使元凹變形故也

(F) 銅殼燒口機 燒口機爲轉盤式使銅殼在轉盤中轉動用兩噴燈將

銅殼口部回火,使銅質變軟,易於收口,此種工作宜注意者,即燈頭火焰之位置及其溫度之高低兩項問題,火焰太上銅殼口部回火不足,收口不易過下則易將銅殼中部與底部燒軟,不能達一定之硬度,能使發生銅殼中斷或底火脫落諸弊若溫度高低不當銅質軟硬不一,自非所宜。

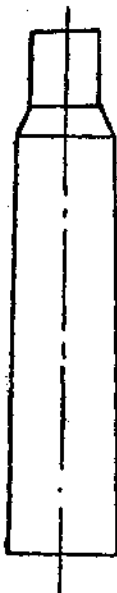
(註德 (Karlsruher) 槍彈廠,在收口前後,各燒一次,並用 Brinell 硬度器,測定其硬度以決定燒口火力之大小。)

又機械迴轉之速度,亦應特別注意,蓋亦足影響銅殼之硬度也。

(G) 銅殼收口機。銅殼燒口後之工作即為收口,收口之目的在使銅殼完成一彈壳之形狀,且使口部收小,便於上彈頭如第十一圖,此工作應注意者口部不應有縐紋,以免射擊時之裂口肩部及腹部之斜度 (Taper),均應準確適度,不宜太大或太小,以致不能合膛,射擊時必中斷或破裂。

收口機各廠所通用者,多為 Karlsruhe 臥形自動式,機械各部位之動作對於工作品之優良,亦極關重要,如送頂冲之彎軸迴轉運動,及收口鉗子之 Cam 上下運動等,均應十分精確否則收口效率必大為低落,且上述之諸弊端遂由此而生。

第十一圖



收口工作所用之工具,亦頗緊要,自不待言。

(H) 銅殼錐火門眼機。錐火眼機有自動與手板兩種此工作之目的,在使銅殼底部錐穿二孔,使銅殼內室與元凹相通,由撞針擊發底火之火焰,射入銅殼內之發射藥而燃燒之,此二孔在工作上稱為火門眼,孔徑依標準之規定為  $0.8 \pm 0.05 \text{ m.m.}$  但常因工人之技術欠佳及機械之不良,增大至  $1 \text{ m/m}$  或  $1.2 \text{ m/m}$  者此機械最要之處: (一) 每分鐘之迴轉數宜速 (通常迴轉數約為  $13000 \text{ R.P.M.}$ ); (二) 夾鑽頭之軸與波司 (Bearing) 宜極緊密,於高速度迴轉時,不得鬆動; (三) 鑽頭 (通常用白鋼絲自製) 之角度、硬度、大小尺寸均宜準確 (四) 兩針 (鑽頭) 之位置須互相對稱即

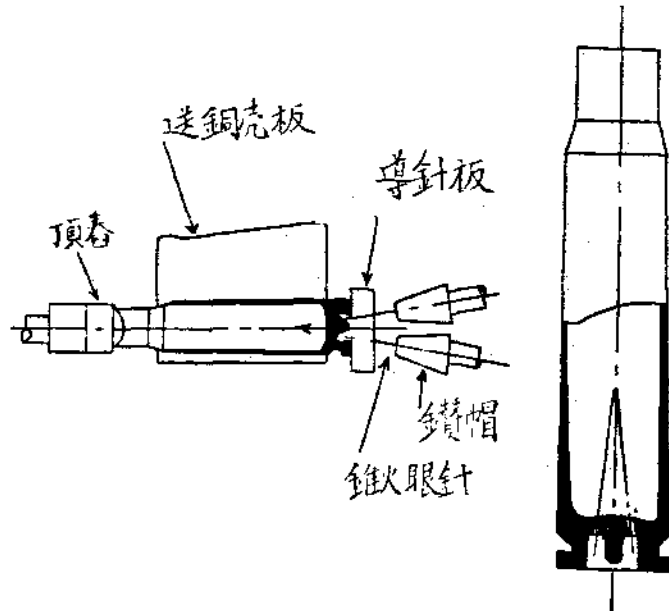
底部之火門眼須對稱（錐成獨眼亦所最忌，德國 Karlsruhe 槍彈廠，曾有火門眼較量之設備，凡火門眼之有無，火門眼徑之大小，均能由機械自動較量之。）

上述四點均應注意，否則足使銅壳破裂及底火脫落之慮。

其次，如導針板，送銅壳板，頂春等之位置及運動，均應十分精密也（圖十二）

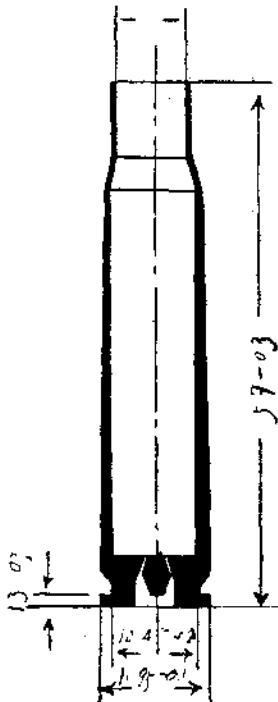
（I）車底銑口機，車底機為製造彈壳專門自動機械，使銅壳底部車有底槽以便放射時，槍門送彈入膛，及退出空殼之用，底槽之深淺厚薄，均有一定之標準，宜時時對以樣板，否則深淺大小不

第十二圖



第十三圖

8.10+0.04



當厚薄不勻裝入槍械射擊時，常有停發之現象，且時有將底緣拉破之可能，不可忽視之。

此機械之機構較為複雜，一端車底槽，他端銑銅殼口部，於是銅壳之長短即在此規定，倘機械之動作不準，則底槽之深淺厚薄，銅壳之長短，均不能符合規格，頗足慮也，茲將應具之規格，揭示之如次：

銅殼全長	57-0.3	m/m
銅殼底緣厚	1.3-0.1	m/m



銅殼底徑	11.95-0.1	m/m
銅殼底槽徑	10.4-0.2	m/m

車底銑口完成之銅殼,如第十三圖所示。

(J) 銅殼打元口機, 打元口工作, 與銅殼破裂關係極少, 惟若銅殼口部受力過大或元口沖寸度不合, 能使銅殼口徑大小不等或厚薄不勻, 致全彈裝成時, 長短不齊不能合膛, 或使口部衝傷, 射擊時易於裂口。

此機械之構造較為簡單, 惟中心線位置, 必須絕對準確, 否則銅殼口部與肩部被沖頭衝歪, 亦為不能合膛原因之一, 既不合槍械之彈膛, 射擊時故障必多, 當無論矣。

(K) 銅殼較量機, 槍彈銅殼之製造至打元口後, 工作業已完成, 惟仍須檢驗, 方可使用, 檢驗方法, 係用較量機行之, 較量機之機構較為複雜, 各部全係自動裝置, 能使銅殼各處之尺寸, 及重量不合規則者, 一一剔除之, 其最後落下之銅殼, 則為完整無疵者, 此為製彈工作上最重要之一步, 因之機械各部分之零件, 宜時時加以檢查, 切不可有波司鬆動, 軸心不直, 簧力不足諸患, 而導子 (cam) 之形狀及運動, 尤須注意, 否則雖經較量之銅殼, 仍有不合格者存在, 又有何益?

茲將銅殼較量機應較量之事項示之於次:

1. 銅殼全長
2. 銅殼口徑
3. 銅殼底徑
4. 銅殼底邊厚薄
5. 銅殼陰紋深淺 (底槽深淺)
6. 銅殼合膛
7. 銅殼乳頭高低 (火台高低)
8. 銅殼元凹徑
9. 銅殼元凹深淺

(L) 其他製造銅殼使用之各種機械有關於射擊時破裂者已如上述此外如上底火機裝藥機、緊口機等有時亦可間接使銅殼受傷或不合腔蓋裝藥機之構造較諸較重機尤為複雜裝藥量之多寡輕重及全彈之長短彎直等項均在此工作機中決定又緊口機之中心位置及運動亦須準確否則彎彈之百分率增高頗為不利研究製彈技術者宜注意及之。

上列所述之各步作業概況及機械以與銅殼破裂有關者始提出而研究故非全部製彈手續至若彈頭等之製造非屬本篇範圍以內者不贅述茲將槍彈全部工作程序列表如下：

上作 順序	製 品 名 稱	上順 作序	製 品 名 稱	上順 作序	製 品 名 稱	上順 作序	製 品 名 稱
1	原 鑄 銅 板	23	手 檢 剔	45	較 量 戲 輕 重	67	元步彈裝木子箱
2	一次軋銅回火	24	照 聽 眼	46	尖鋼壳一次引長	68	尖 彈 裝 藥
3	二次軋銅回火	25	打 元 口	47	尖鋼壳二次引長	69	尖 彈 緊 口
4	三次軋銅回火	26	較 量	48	鋼壳切口冲尖	70	尖 彈 較 量
5	四次軋銅回火	27	底 火 熔 銅	49	拉 鉛 條	71	尖彈裝白鐵箱
6	五次軋銅回火	28	軋 銅 回 火 洗	50	冲 鉛 心	72	尖彈裝木箱
7	注 銅	29	裁 鋼 底 火 下 料	51	製 成	73	尖步彈上子夾
8	銅 孟 下 料	30	車 口 檢	52	較 量 戲 輕 重	74	尖步彈裝鐵匣
9	回火一次引長	31	雷 汞 代 合	53	漏 夾 下 料	75	尖步彈裝木箱
10	回火二次引長	32	白 藥 配 合	54	漏 夾 冲 眼	76	橋 夾 下 料
11	回火三次引長	33	底 火 裝 藥	55	漏 夾 壓 線	77	一 次 壓 邊
12	一 次 切 口	34	元鋼壳一次引長	56	漏 夾 摺 成	78	二 三 次 壓 邊
13	回火壓底回	35	元鋼壳二次引長	57	漏 夾 裝 箱	79	壓 釘
14	滾 四 次 引 長	36	元鋼壳三次引長	58	鋼 壳 上 底 火	80	壓 灣
15	二 次 切 口	37	元鋼壳一次切口	59	點 膠	81	彈 黃 下 料
16	洗 烘 壓 底	38	元鋼壳冲元尖	60	元 彈 裝 藥	82	壓 裝
17	打 字	39	拉 鉛 條	61	元 彈 緊 口	83	鉸 錄
18	洗 烘 燒 口	40	冲 鉛 心	62	元 彈 較 量	84	上 彈 裝
19	擦油收口一次	41	灌 鉛	63	元彈裝白鐵箱	85	裝 箱
20	收 口 二 次	42	收 口	64	元 彈 裝 木 箱	86	
21	錘 火 眼	43	平 底	65	元步彈上子夾	87	
22	車 底 檢 銅 末	44	冲 大 小	66	元步彈裝白鐵箱	88	

## 六、銅殼破裂與氣候及其他

印度政府之槍彈製造廠，每至夏季所造之槍彈銅殼，恆多破裂者，達二十餘年，經多數技術家長時間之實驗及研究，確認銅殼破裂與氣候及溫度有關，其次對於下列三項，亦頗有研究之價值。

(一) 濕度。銅殼於高溫潤濕空氣中，與酸類接觸，易起作用，促成自然破裂，而生射擊時之破裂。

(二) 裝銅殼之木箱。銅殼在製造與貯藏之際，裝銅殼之木箱愈舊者，則銅殼在射擊時破裂者愈多，其主要原因，則為用舊之木箱，已為洗滌銅殼用之胰脂水及少量酸類所侵入，乃與內力甚大之銅殼起破裂之機會故也。反之，若用新木箱，則雖含有水分之銅殼，裝入新木箱內，其液體被木質吸收，致成乾燥之銅殼，可免破裂之虞。

(三) 舂模之形狀。舂模之形狀如何，亦與銅殼破裂有關。據英國 Major F. S. Grimston 氏（註）之研究，略謂用圓錐形之模孔造出之銅殼，射擊時多破裂，若用喇叭形模孔造成之銅殼，則較優，蓋因圓錐形舂模所製造之銅殼內部，潛有甚大之內力故也。

（註：原文見英國工學雜誌，譯文見兵工雜誌一卷一期）

## 七、底火脫落及漏烟諸原因

槍彈銅殼射擊時，底火（即火帽）之落脫及漏烟諸故障，恆為製造槍彈者所苦，然考察其原因，當不外下列諸項：

- (1) 底火本身銅質不良。
- (2) 銅殼之銅質太軟。
- (3) 底火藥之不當。
- (4) 底火寸度與元凹寸度，大小不符。

- (5) 銅殼底部太薄。
- (6) 未上銻釘,及火門眼徑太大。
- (7) 發射藥腔壓過大。
- (8) 槍械不良。

茲將上述八項,分論之如次:

(1) 底火帽所用銅皮,其成分為八二銅,即紫銅(Copper)80%及鋅(Zinc)20%合金之謂也。然亦有用85:15,及70:30銅者,即純紫銅作底火銅者亦有之。但無論採用何種成分,其銅質及鋅之冶合,均須均勻,不可有熔解不和之現象。且銅質須極精良,硬度亦須顧及不可失之過軟,過軟則強度不足,元凹與底火間之緊縮度欠適當,以致底火易於脫落及漏烟。

(2) 銅殼之銅質過軟,銅殼質料太軟,亦能使底火脫落,其理由已如前第四章所述。茲綜合有關各點,再記之於次。第一銅片之回火,時間與溫度宜準確;第二銅殼在三次引長後之回火(即第四次回火)應在打元凹之前,且溫度不得超過550°C,時間應有30分鐘左右;第三,燒口時之火焰,不應使其太低下,燒軟銅殼底部,否則銅殼質料太軟,緊度不足,射擊時易脫底火也。

(3) 底火藥之不當,底火內所裝之爆粉,俗名為白藥,係雷汞(Mercury Fulminate), 酸鉀( $KClO_3$ ),及硫化銻( $Sb_2S_3$ )之混合物,(有時加玻璃粉)其配合成分,各有不同,茲抄錄數種於次,以便參考。

a. 某廠底火藥之成分(最初用)

雷汞	1兩零5分	55%
氯酸鉀	2兩2錢	18.75%
硫化銻	7錢5分	26.25%

b. 某廠底火藥之成分(前五年)

雷汞	90g	20%
氯酸鉀	270g	60%

硫化銻	90g	20%
c. 某廠底火藥之成分(最近)		
雷汞	125g	25%
氯酸鉀	280g	56%
硫化銻	95g	19%
d. 日本底火藥之成分		
雷汞	6份	37.5%
氯酸鉀	6份	37.5%
硫化銻	4份	25.0%
e. 英國底火藥之成分(其一)		
雷汞		20%
氯酸鉀		35%
硫化銻		45%
f. 英國底火藥之成分(其二)		
雷汞		28%
氯酸鉀		41%
硫化		31%

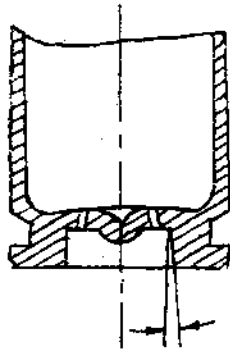
(註:此成分係英國某工廠現時所採用者)

上列各種配合比雖各具特點,但純雷汞及氯酸鉀之量,不宜太多,太多則藥力過強,底火易於脫落,硫化銻之加入,乃為增加火焰長之用,亦不可過多,底火每個約裝0.024~0.03g之藥量,多則爆力太大,易將底火爆脫也。

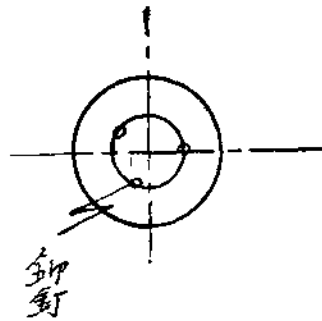
(4)底火寸度與元凹之大小不符,元凹之寸度,已見第一圖所示,最大不能過5.48m/m;最小不能小於5.43m/m,但底火之寸度則為5.50m/m~5.55m/m,由此知底火之尺寸較元凹約大0.10m/m左右,使底火受有相當之壓力,始可壓進,因之,底火與元凹間存有壓力,方得緊固,否則底火外徑比元凹徑小,未

待射擊即易脫落也。又元凹因壓底小冲不良，而具斜度之現象，外口大而內小亦易使底火脫落或漏烟。（如第十四圖）

第十四圖



第十五圖



再則元凹之深度應為  $3^{+0.2}$  m/m，過淺底火亦易脫落。

(5) 銅殼底部太薄，銅殼底部經壓平底工作後，即規定其厚薄依據規格約為 1.4m/m，有時因機械

之不良，或壓底大冲太向前方，將銅殼底部壓成過薄，強度大為減小，底火頗易脫落。

(6) 未上鉚釘，及火門眼徑太大，為防底火脫落計，有將底火週圍加三鉚釘，即在底火與元凹密接之處，用有三突起之冲，輕微敲打（此工作宜用機械行之），使底火緊固，不易脫落，如第十五圖所示

又火門眼徑規定為 0.75~0.85m/m，有時因工作不慎，增大至 1m/m 以上，於是發射藥瓦斯由火門眼後衝，亦可使底火脫落及漏烟。

(7) 發射藥膛壓過大，現今槍彈所裝之無煙藥，以我國目前言，約有三種最為常用，一為自造無煙藥，一則為 Du Pont 無煙藥，另一種則為 Bofors 無煙藥，若以自造藥言，尖彈裝 3.0g 時，初速可得 800m，膛壓為 3000 左右，然 Du Pont 藥初速為 810m，膛壓在 3000 下，故較為良好，若膛壓過大，底火頗易脫落，當不宜用。

（註用 Bofors 無煙藥裝 3.1g 時，尖彈初速可得 840m/Sec 膛壓則在 3000~3300 atm. 上下。）

(8) 槍械不良，槍械之機頭凹入或彈膛過大，均有使底火脫落之可能，又撞針太長，亦頗不利也。

關於底火脫落及漏煙之原因甚多,以上所舉列者,不過最顯著者而已,尙有其他工作不注意時,亦常易發生不可不慎。

### 八、底火擊穿及不發火諸原因

底火擊穿與底火脫落各不相同,底火擊穿者,底火本身并不落下,僅將底火銅皮穿一小孔而已,又所謂底火不發火者,即撞針衝擊底火後,不起燃燒,槍彈不能發射,故此二故障均甚重要,其原因如下:

- (1) 材料不良。
- (2) 底火銅皮輾壓太薄或太軟。
- (3) 撞針太長或太短。(德國規定,步槍撞針突出長為 1.2 至 1.4m/m 機槍為 1.8 至 2.0m/m)
- (4) 白藥爆炸力太烈,即雷汞分量太多。
- (5) 銅殼火台太高或太低。
- (6) 爆粉(白藥)鬆動。
- (7) 火門眼太小,或僅一眼,或不對稱。

上列七種原因有使底火擊穿者,有使底火不發火者,均為顯然易見,當無再申說之必要也。

### 九、結 論

槍彈製造之困難於此可見一斑,即以銅殼一項而言,已如斯之複雜,再加之彈頭之精度問題,全彈之裝成及較量等等,更為繁難,且製造數量之多,又為各種兵器冠然,欲求槍彈之精良,亦非難事,其途有二:一、機械須求精密,所有數十年前之舊破機器,或重行修理,或作廢物;一、製造技術須求進步,培植專門人材,以畢生之精力,從事於槍彈製造之研究,此外再訓練有知認之熟練工人,在兵工技術人員指導之下,從事製造,使工作上求進步,誠能如

是則槍彈製造之改良，庶幾有焉乎？

民國二十四年二月十一日脫稿 [REDACTED]



# 硝 化 澱 粉

鄒 昱 李潤田 編譯

本篇係將最近各雜誌中所載關於硝化澱粉之文字，擇要節譯而得，原文計分別登載於德國火藥月刊之下列諸期：

Nr.	7.	Juli.	1930.	273-278
Nr.	10.	Oktober.	1933.	306-310
Nr.	11.	Nov.	1933.	350-354
Nr.	12.	Dec.	1933.	378-382
Nr.	1.	Jan.	1934.	14-16
Nr.	1.	Jan.	1934.	16-17

## 目 次

### (一)緒言

### (二)實驗部分

#### I. 純用硝酸硝化

##### 1. 硝酸濃度之影響

##### 2. 原料比之影響

##### 3. 硝化時間之影響

##### 4. 硝化溫度之影響

##### 5. 用硫酸使硝化澱粉沉出之影響

#### II. 用硝酸混酸硝化

#### III. 結論

### (三)各種澱粉之硝化

#### I. 實驗

#### II. 結論

### (四)工廠製法舉例

### (五)硝化澱粉之應用

## (一)緒言

硝化澱粉係1833年 Braconnot 氏發明,過去文獻上之參考資料如下

1. Braconnot. *Ann. Chim. phys.* (2); 52, 290 (1833), *Ann.* 7, 245 (1833).
2. H. Kessler u. R. Roehm *Z. angew. Chem.* 35, 125 (1922).
3. E. Ch. Worden. *Technology of Cellulose esters. I.* 1816 u. folg (1923).
4. J. Liebig's Anmerkung in *Ann.* 7, 249 (1833).
5. Pelouze. *Compt. rend.* 7, 713 (1833), *Ann.* 29, 38 (1839), *compt. rend.* 23, 862(1846).
6. C. H. D. Buijs-Ballot. *Ann.* 45, 47 (1843).
7. Gerhardt. *Precis de Chimie organique. Vol. II.* 224 (1845).
8. A. Bechamp. *Ann. Chim. phys.* [3], 46, 349 (1856), [3], 48, 453 (1856), [3], 64, 311 (1862).
9. O. muehlhaeuser. *Dinglers Polytechn. J.* 284, 140 (1892).
10. W. Will u. F. Lenze. *Ber.* 31, 87 (1893).
11. W. Syniewski. *Ber.* 31, 1791 (1893).
12. A. Saposchnikow. *J. Rus. Phys Chem Soc.* 35, 126 (1903).
13. E. Berl u. R. Buettler. *Z. ges. Schiess u. Sprengstoffwesen* 5, 32 (1910).
14. Hazime Okada. *J. Cellulose Inst. Tokyo.* 1, 2407 (1927)
15. D.R.P. 57711 (1890), D. R. P. 172549 (1904), Fr. P. 343907; Engl. P. 21171 (1902); 12627 (1904); 12316 (1899); 3449 (1906); U. S. P. 751055; 790340; 265281; 627436; 868636; 868637; 868760; 868837; 869051; 895639; 875913; 875914; 875915; 875916; 875917; 875918; 875919; 875920; 875921; 875922; 875923; 875924; 875925; 875926; 875927; 875928; 891420; 1211761; 1329211; 1329212; 1343317;
16. A. Oelkner. *Z. ges. Schiess u. Sprengstoffwesen* 16, 97 (1921).
17. Sedlaczek. *Z. ges. Schiess u. Sprengstoffwesen.* 19, 105 (1924).
18. A. Schrimpff. *Z. ges. Schiess- u. Sprengstoffwesen.* 25, 273 (1930).
19. J. Hackel. *Przeglad Artyleryjski,* 9, 613 (1931).

但前人之研多究爲片段的,本文則爲一系統的緒述:用不同之方法硝化,

而探求其成品之性質。

## (二) 實驗部分

- a. 硝化酸之成分
- b. 原料比 (澱粉與硝化酸之比例)
- c. 硝化時間
- d. 硝化溫度
- e. 硝化方法及成品分離

本試驗中概用甘薯澱粉為原料,使用前先將其在50°C烘一小時,次又在100°C烘二小時,貯藏備用,該種澱粉之成分如第一表所示。

第一表

	未加烘之澱粉	已烘乾之澱粉
水分	14.48%	0.15%
油脂(乙醚可溶物)	0.20%	0.23%
灰分	0.27%	0.31%
氮量(Kjeldahl法)	0.16%	0.18%
Pentosane	0.28%	0.31%
氯	無	無
酸分		澱粉100公分需N/10NaOH4.8cc.

硝化器為玻璃製夾層器,內裝攪拌器,溫度表,每免澱粉結塊(此現象係因硝酸使澱粉膨脹所致),利用一特製之漏斗(其下端之口徑為0.5mm), $2\frac{1}{2}$ ~3 min內加畢。

硝化畢,分離廢酸後,用淨水洗滌,當注加澱粉之硝酸溶液於水或硫酸時,

如有結塊發生,則須用乳鉢磨碎之,增加安定後,在 $60^{\circ}\text{C}$ 烘四小時,而試其性質:

1. 氮量 (用 Lunge-Hor 式氮量計)
2. 溶解度 (醇醚合劑,丙酮及酒精)
3. 丙酮溶液之黏度 (用 Ostwald 式黏度計)
4. 安定性 \* (安定性檢驗法(美國法):取試料數公分,在 $100^{\circ}\text{C}$ 溫度上加烘,每日秤量一次,如數個試驗之結果一致,而無不規則之情形發生,則可認為安定[見 Berl-Lunge, chemisch-technische Untersuchungsverfahren III.1222])

#### 5. 其他性質

硝化部分,分爲二段敘述:

- I. 純用硝酸硝化
- II. 用混酸硝化 (硝酸,硫酸,水)

### I. 純用硝酸硝化

硝化時,澱粉漸溶於硝酸中,一定時間後,將其傾入水中或硫酸中,則硝化澱粉作無定形物析出.

#### 1). 硝酸濃度之影響及增加安定法.

本試驗所用硝酸之濃度,即含 $\text{HNO}_3$ 量,由58.08%起至97.30%止.

硝化時間 (加澱粉時間在內): 二小時!

硝化溫度:  $26^{\circ}\text{C}$ .

原料比 (澱粉:硝酸): 1:10,

硝化畢,將澱粉硝酸溶液傾入於20倍之淨水中.

析出之硝化澱粉,以冷水洗滌四次後,用乳鉢磨碎,而後安定之.

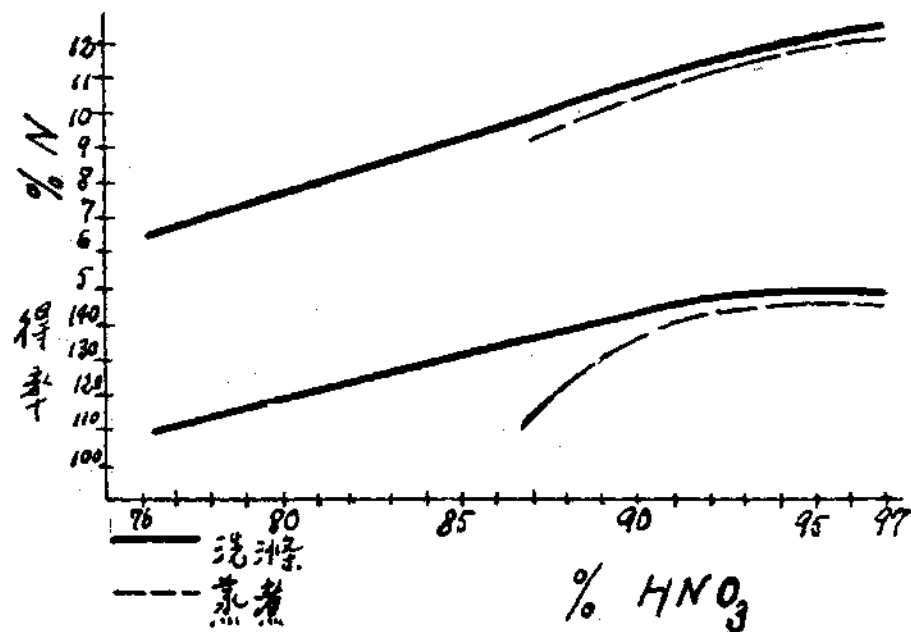
第一組試驗中,安定法是用冷水及1%之 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液洗滌,結果見第二表,

及第一,第二,第三諸圖.

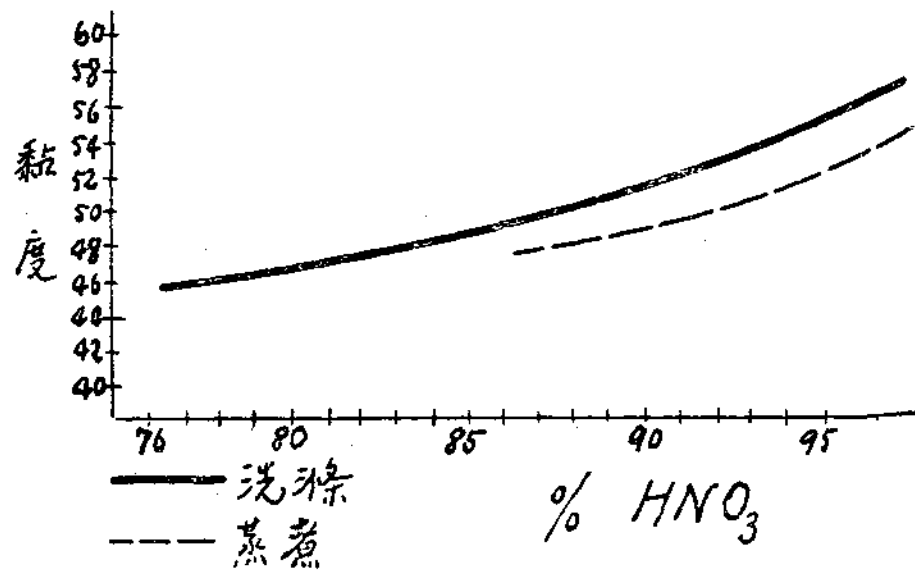
第 二 表

試驗 次數	硝酸濃度 % HNO <sub>3</sub>	氮 量 %	黏 度 水=100	溶 解 度			得 率
				醇	醇 醚	丙 酮	
1	97.30	12.13	58.4	32.46%	100%	100%	148.2%
2	91.40	11.09	25.7	100.00	”	”	146.8
3	88.85	10.28	50.7	78.24	”	”	137.5
4	86.80	9.51	50.3	41.77	”	”	133.1
5	82.20	8.12	47.8	10.77	”	”	129.2
6	76.09	6.43	45.9	1.88	8.4	”	109.5
7	67.17			生成之硝化澱粉為量甚少，			
8	58.08			幾全無硝化澱粉發生。			

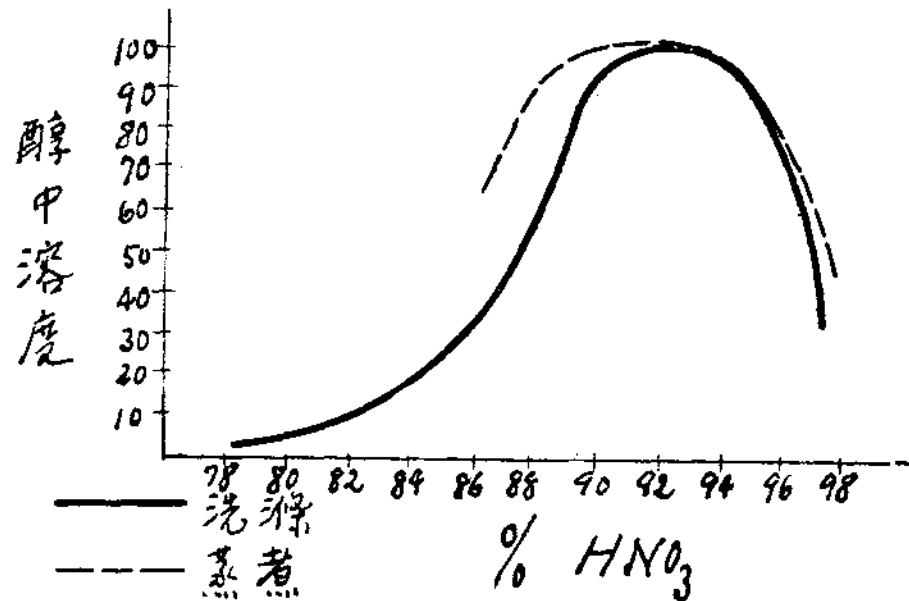
第 一 圖



第二圖



第三圖



討論：硝酸成分減低，則氮量與得率同時減少，例如用成分 67% 之硝酸硝化，傾入水中分離後，僅得極少量之硝化澱粉，又用成分 58% 之硝酸時，直全無沉澱析出，考其原因，恐係成分在 67% 以下之硝酸與澱粉作用時，酯化作用為水解及氧化二作用代替所致，此點適與纖維之硝化同。

氮量增高,則黏度增加,在酒精中之溶解度,以氮量11%為最大。

第二組試驗中,除安定方法變動外,餘悉如前,安定之法,係於二小時內將硝化澱粉用水蒸餾四次每次蒸畢皆用水及1%之 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液洗滌結果見第三表,及第一第二第三諸圖

第 三 表

試驗 次數	硝酸濃度 % $\text{HNO}_3$	氮 量 %	黏 度 水=100	溶 解 度			得 率
				醇	醇 醚	丙 酮	
9	97.30	11.73	55.2	51.10%	100%	100%	147.1%
10	94.35	11.63	51.8	95.71	,,	,,	146.9
11	91.40	10.60	51.1	100	,,	,,	142.5
12	90.10	10.16	49.4	100	,,	,,	136.4
13	88.85	9.78	48.9	95.09	,,	,,	126.9
14	87.82	9.51	48.4	90.08	,,	,,	118.9
15	86.80	8.90	47.9	68.34	,,	,,	111.6

討論: 由上知因增加安定之蒸餾致氮量減低(已起水解作用),黏度減小醇中溶度增大,其他變化與硝化纖維同。

第二組之成品,其安定性自較第一組者為佳,故今後各試驗中,即採用該種安定法。

## 2).原料比之影響

硝化時,因生成水分,減低硝酸濃度,致硝化作用漸弱,水分之影響硝化,與酸液中之澱粉量為正比。

今以各種之原料比(10倍至120倍)試驗,而研究其對於氮量及他種性質之影響,此試驗中:

硝酸濃度	96.26%
硝化溫度	10°C.

硝化時間

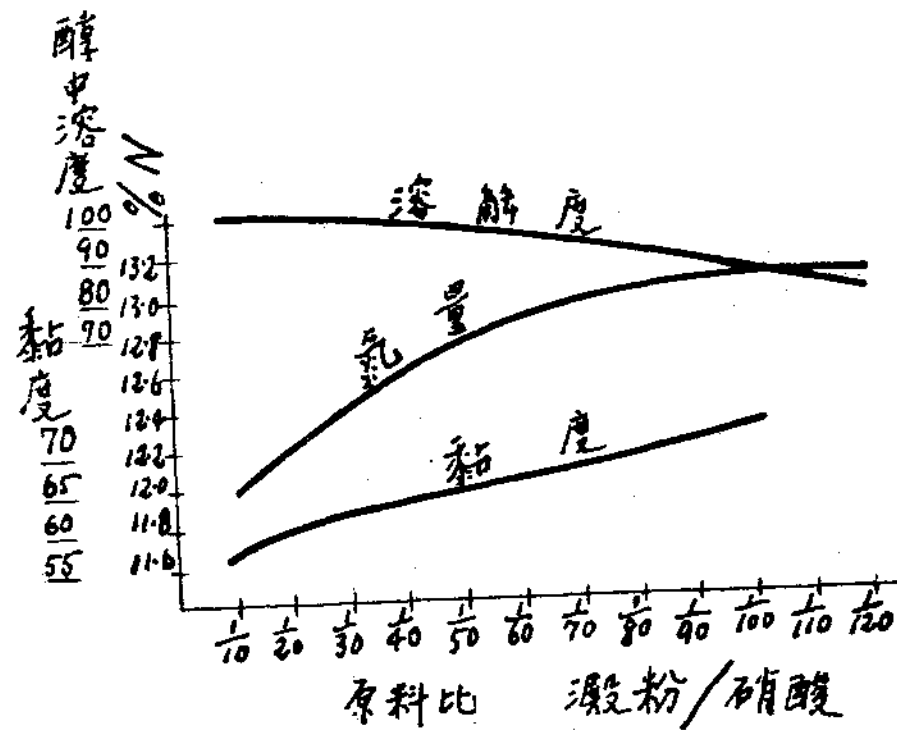
2 時

硝化畢用水沉殿之再用前法增加安定結果見第四表及第四圖。

第 四 表

	原料比 澱粉 — 硝酸	氮 量 %	黏 度 水 = 100	溶 解 度	
				醇 醚	丙 酮
16	1 : 10	11.99	56.8	99.89%	100%
17	1 : 20	12.21	60.2	100	”
18	1 : 30	12.39	60.8	98.93	”
19	1 : 40	12.60	61.5	99.16	”
20	1 : 50	12.76	63.6	99.73	”
21	1 : 60	12.84	65.2	94.67	”
22	1 : 80	13.02	68.3	87.40	”
23	1 : 100	13.07	71.3	80.28	”
24	1 : 120	13.11	—	78.15	”

第 四 圖



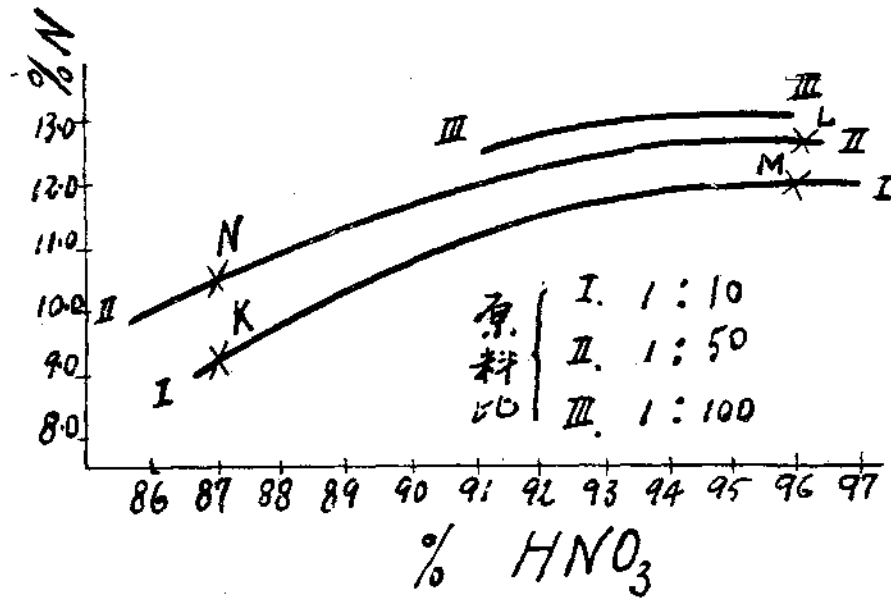


討論：氮量之增加，初甚速，後漸緩，凡原料比在1/80以下（如1/100, 1/120）則氮量之增加，幾可不計。

氮量增加，則黏度增大，醇醚中溶度減小，皆與上試驗相同。

茲再以濃度不同之硝酸與不同之原料比試驗，所得結果見第五表及第五圖。

第 五 圖



第 五 表

	硝酸濃度 %HNO <sub>3</sub>	氮 量 %	原 料 比
25	96.40	12.74	澱粉 = 1 硝酸 = 50
26	94.51	12.61	
27	92.60	12.43	
28	90.53	11.73	
29	89.59	11.55	
30	88.70	11.23	
31	88.10	10.94	
32	86.15	10.11	
33	84.92	9.47	

34	96.40	13.10	$\frac{\text{澱粉}}{\text{硝酸}} = \frac{1}{100}$
35	96.26	13.08	
36	94.51	13.04	
37	92.60	12.88	
38	91.20	12.57	

由第五圖可知三種氮量曲綫中,酸愈淡,相差愈甚,考其原因不外酸量愈少,愈易變淡,因而酸之極限濃度(67% $\text{HNO}_3$ )亦易達到,在酸之極限濃度時,硝化速度大減,而他種副作用大起。

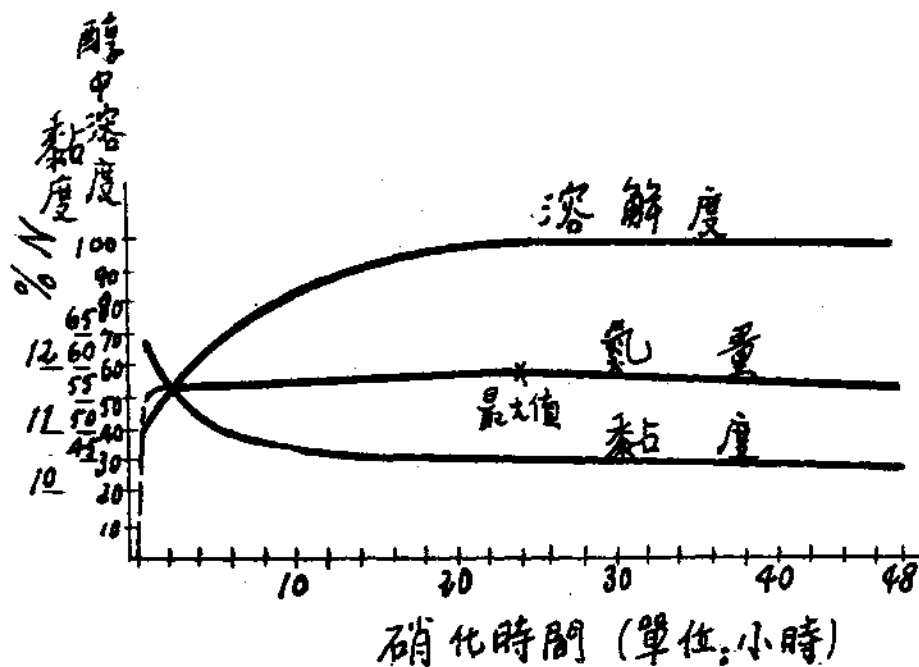
### 3).硝化時間之影響

本試驗中原料比 1/10,硝酸濃度 97.3%,硝化溫度 20°C,硝化畢傾入水中析出,再安定之硝化時間由半小時起至 48 小時止,其結果見第六表及第六圖。

第 六 表

	硝化時間	氮量 %	黏度 水=100	溶 解 度			得 率 %
				醇	醇 醚	丙 酮	
39	1/2 小時	11.60	64.8	38.48%	100%	100%	142.30
40	1	11.63	60.9	45.19	”	”	146.80
41	2	11.68	55.2	51.16	”	”	147.07
42	4	11.66	53.7	—	”	”	149.60
43	6	11.75	49.8	67.04	”	”	145.10
44	8	11.82	48.3	78.36	”	”	143.51
45	18	11.90	47.2	92.22	”	”	136.61
46	24	11.96	45.3	98.00	”	”	134.15
47	28	11.75	44.9	100.00	”	”	129.80

第 六 圖



討論：由上圖知硝化時間 24 小時者，氮量最高，此後則漸減低，蓋因氧化、水解諸副作用發生故也，此種副作用之存在，觀第六表中得率之漸減可為明證，硝化四小時處，得率最大，其後即迅速減小。

硝化時間延長，雖氮量略增，然因副作用之關係，成品之黏度仍減小，而對醇之溶解度亦漸大。

4). 硝化溫度之影響

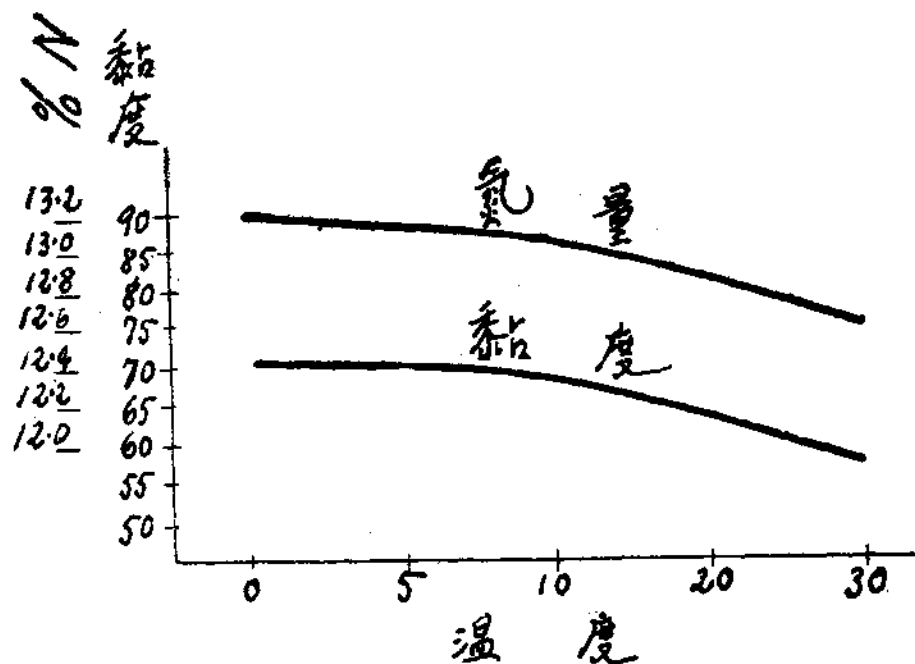
於此分為二部研究：

A. 硝酸濃度 97.20%，原料比 1/50；硝化時間二小時，所得結果見第七表及第七圖。

第 七 表

	硝化溫度	氮 量%	黏度 水=100	原 料 比
48	0°C	13.19	71.6	$\frac{\text{澱粉}}{\text{硝酸}} = \frac{1}{50}$
49	5°	13.13	71.5	
50	10°	15.08	68.3	
51	20°	12.76	61.7	
52	30°	12.57	57.3	

第七圖

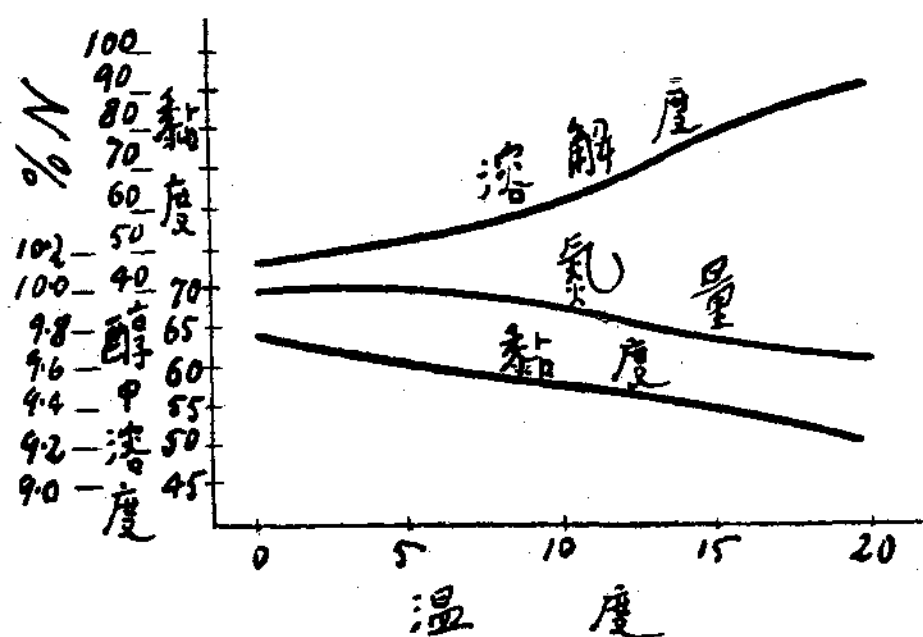


B. 原料比 1/10; 硝酸濃度 88.20% 所得結果見第八表及第八圖。

第八表

	硝化溫度	氮量%	黏度 水=100	溶解度		
				醇	醇醚	丙酮
53	0°C	0.00	64.70	45.61%	100%	100%
54	5°	9.95	61.20	53.10	,,	,,
55	10°	9.83	56.70	67.08	,,	,,
56	15°	9.71	53.50	79.26	,,	,,
57	20°	9.63	49.95	92.43	,,	,,
58	30°					
59	40°	增加安定時即溶於水中				
60	60°					

第八圖



觀第七第八兩表,可知硝化溫度升高,則副作用(氧化,水解)盛行,使已成之分子破壞,發生水溶性之物質,因而得率,黏度皆為之減低。顯又硝化溫度升高,則氮量減低,此趨勢在溫度 $0^{\circ}$ — $10^{\circ}\text{C}$ .間尙小,此上則甚著矣。

5). 用硫酸使硝化澱粉沉出之影響

茲分二部論之如下:

A. 硝酸作用於澱粉之時間。

B. 硝硫混酸作用於硝化澱粉之時間。

A. 各種硝化時間

硝化手續如前,溶澱粉於十倍量之硝酸內(成分97.3%),相當時間後(½小時至48小時),將此溶液滴入於溫度 $8^{\circ}\text{C}$ . 亟力攪拌下之四倍量之硫酸內(成分94.0%),使其沉出。

初沉出之物作膠狀,經攪拌後始分為小塊,加畢後,繼續攪拌三十分鐘,然後傾入多量冷水中,過濾,洗滌,再依前法增其安定性,結果見第九表。

第九表

	硝化時間	氮量%	黏度 水=100	溶解度		
				醇	醇 醚	丙 酮
61	½小時	11.74	51.80	7.78%	79.6%	100%
62	1	11.87	81.01	—	89.3	,,
63	2	11.92	50.05	8.89	90.7	,,
64	4	12.18	—	9.72	95.6	,,
65	6	12.58	47.80	11.35	95.7	,,
66	8	12.37	47.00	14.27	94.7	,,
67	18	12.30	45.91	35.13	98.1	,,
68	24	12.46	45.70	41.73	99.2	,,
69	48	11.61	45.30	93.52	100.0	,,

討論：硝化六小時氮量達其最高值。

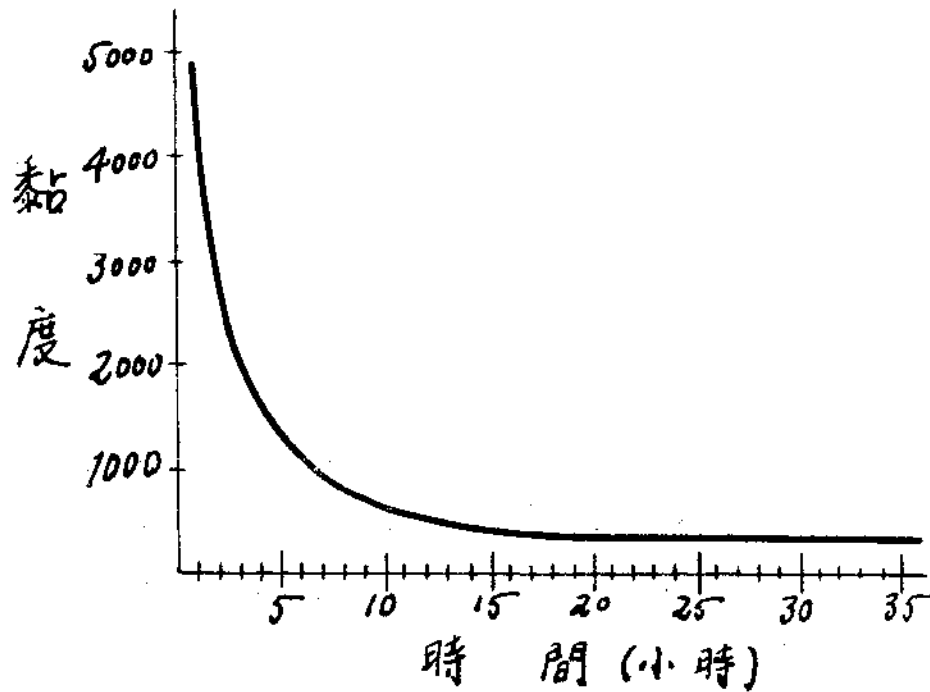
此處之氮量概較前第3)節(用水沉出法)所得者為高,因加硫酸能將澱粉硝酸溶液中之水分吸收,發生『後硝化』(或『再硝化』)之作用也,硝化時間在四小時以內時,因其所生水分尚少,故此『後硝化』作用不甚顯著,又隨硝化時間之延長(澱粉硝酸溶液之),黏度急減,結果見第十表及第九圖,表中之試驗每次用澱粉20g;硝酸(97.3%)200g;硝化溫度20°C.

第十表

	硝化時間	黏度計上測得之時間(秒)	黏度 水=100
70	45(分鐘)	1338.2	4730
71	1(小時)15	997.8	3530
72	2 00	768.4	2720
73	3 00	544.6	1925

74	5(小時)40(分鐘)		324.4	1110
75	6	15	293.8	1040
76	7	30	252.8	894
77	11	55	177.2	626
78	22	55	119.4	422
79	24	50	116.2	411
80	28	00	106.8	378
81	36	00	98.4	348
82	72	00	76.4	220

第 九 圖



澱粉硝酸溶液之如黏度過大,則不易與硫酸混合,因硝化澱粉成爲結塊,表面爲膠質包圍內部之「後硝化」作用進行甚緩也。反之如黏度較小,則極易與硫酸混合,而硝化澱粉亦作細粒狀

沉出,因之可收極勻均之「後硝化」之效。

B. 硝硫混酸作用於硝化澱粉之時間

本試驗中,硝酸濃度爲 95.03%; 硝化時間二小時,硝化溫度 20°C.; 原料比 1/10; 每次硝化畢,用十倍量(硝酸量之十倍)之硫酸使硝化物沉出,經過一定之時間後,傾入大量水中,再安定之,結果見第十一表。

第十 一 表

	在混酸中存留之時間	氮量%	黏度	溶解度		
				醇	醇 醚	丙 酮
83	1小時	12.03	49.13	10.93%	93.7%	100%
84	2	12.15	49.12	9.08	93.1	,,
85	4	12.67	49.14	4.14	—	,,
86	6	12.65	49.08	6.67	91.7	,,
87	18	12.65	48.54	7.79	89.8	,,

討論：由上表知欲得最高之氮量，即欲收最大之「後硝化」之効力，以存留混酸中四小時為最宜。

硝化澱粉在硝酸混酸中存留時間之長短並不影響其黏度，僅略減其溶解度而已。

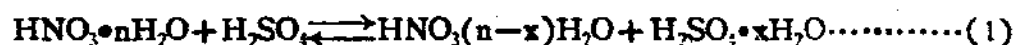
但使用硫酸沉出法所得之成品較用水沉出者其安定性較低。

## II. 用 硝 硫 混 酸 硝 化

製造硝化纖維、硝化甘油等硝酸脂時吾人皆知以用硝硫混酸硝化為有利。

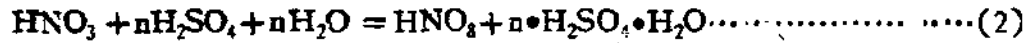
硫酸之任務，在吸收硝化時附生之水分。關於此點俄人 A. Saposchnikow 氏曾有詳細之研究，載於 Z. Phys. Ch. 49, 697 (1904), 51, 609 (1905), 53, 225 (1905), Z. gesamte Schiess u. Sprengstoffwesen 1, 453 (1906), 4, 441 (1909), Polemik bezuegl. dieser Forschungen: Kullgren, Z. Gesamte Schiess u. Sprengstoffwesen 3, 146 (1908), A. Saposchnikow 4, 441 (1909)。

根據 Saposchnikow 及其他諸氏之學說，硫酸吸收水分之原理為其能生成  $H_2SO_4 \cdot H_2O$ 。其反應方程式如下：



在硝酸與水之混合物中，加以硫酸則硝酸漸漸失去水分，如硫酸充足，則硝酸之水分，將完全為硫酸所吸收。





Saposchnikow 氏曾證明,謂混酸中以含有無水硝酸時之硝化力為最大,即含有等分子量之水分與硫酸是也。若硫酸減少,則生成硝酸之水化物 ( $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  及  $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), 因而硝化力減弱。反之如硫酸量過多,則混酸之硝化力亦減弱。蓋因硫酸對已生成之硝化澱粉起水解作用故也。(見 E. Berl und R. Klage, Z. Gesamte Schiess- u. Sprengstoffwesen 2, 403 (1907)). 此外硫酸又能生成混合之硫硝酸鹽,並能促進水解作用。

本文第二部之目的,即在研究混酸成分對於硝化澱粉之氮量及其他性質之影響。

茲先作數預備試驗,以決定硝化時間及原料比對於成品性質之影響。

試驗時每次取乾燥澱粉加於 50 倍量之混酸中,於溫度  $10 - 12^\circ\text{C}$ . 之下,將其攪拌硝化一小時。硝化畢用減壓玻璃絲濾器分離廢酸,如混酸中含硫酸甚少致生成物溶解時,則將其傾於水中以沉出之,洗滌後用前法安定之,烘乾後而試其下列諸性質:

氮量

黏度

醇醚及丙酮中溶解度

如生成物不溶於混酸而可用過濾法分離廢酸,則須分析其廢酸之成分,藉知氮量與廢酸成分之關係。蓋據 Berl 及 Klage 二氏之研究謂硝化纖維之氮量與廢酸之成分有關故也,但如生成物溶解於混酸中當可不必再為廢酸之分析矣。

所得試驗結果見第十二表。

表中 R 表示生成物全溶於混酸  
P 表示生成物之一部分溶於混酸  
N 表示生成物完全不溶於混酸

第十二表

1. 試驗 次數	2. 混酸成分(重量%)			3. 混酸成分(分子數%)			4. Will氏 混酸成分 表示法	5. 硝化時 硝化濃 粉之性 質	6. 硝化濃粉之性質				7. 廢酸成分(重量%)		
	HNO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	HNO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O			N%	溶解度		黏度	HNO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
										醇醚	丙酮				
1	14.45	70.94	14.61	13.01	41.02	45.97	14.61 $\frac{4.91}{1}$	N	11.18	100.00	100	—	—	—	—
2	15.05	72.76	12.19	18.93	59.03	22.04	12.19 $\frac{4.83}{1}$	N	9.95	99.06	100	—	12.89	73.94	13.17
3	15.33	64.52	20.15	12.01	32.57	55.42	20.15 $\frac{4.21}{1}$	N	8.69	100.00	103?	53.7	13.92	65.43	20.65
4	18.82	64.16	17.02	15.70	34.48	49.82	17.02 $\frac{3.41}{1}$	N	11.28	100.00	100	62.6	17.65	65.14	17.21
5	22.12	73.10	4.78	25.78	54.73	19.47	4.78 $\frac{3.31}{1}$	N	12.92	95.37	,,	54.2	20.86	73.92	5.22
6	22.13	68.74	8.73	23.28	45.34	31.48	8.73 $\frac{3.11}{1}$	N	13.09	94.16	,,	54.1	20.10	69.87	10.03
7	25.21	74.07	0.19	34.33	64.81	0.86	0.19 $\frac{2.94}{1}$	N	10.67	98.74	,,	59.1	23.03	75.47	1.45
8	24.90	66.84	6.26	27.35	48.62	24.03	6.26 $\frac{2.76}{1}$	N	13.10	92.61	,,	54.1	23.10	69.04	7.86
9	24.54	66.84	8.29	25.39	44.52	30.09	8.29 $\frac{2.75}{1}$	N	12.84	93.41	,,	54.5	22.47	67.65	9.88
10	23.00	64.02	12.98	20.98	37.56	41.46	12.98 $\frac{2.78}{1}$	N	12.72	98.56	,,	56.1	20.94	64.80	14.26
11	20.88	57.96	20.71	15.97	28.53	55.50	20.71 $\frac{2.76}{1}$	N	8.18	98.73	,,	50.8	19.57	58.23	22.15
12	22.73	59.67	17.01	18.81	31.78	49.39	17.01 $\frac{2.64}{1}$	N	11.07	100	,,	60.9	20.49	61.30	18.21
13	26.54	64.00	9.46	26.33	40.83	32.84	9.46 $\frac{2.41}{1}$	N	13.15	77.67	,,	58.2	24.37	65.51	10.12
14	25.93	61.26	12.76	3.61	35.81	40.57	12.76 $\frac{2.36}{1}$	N	12.94	93.88	,,	58.6	23.72	62.66	13.62
15	32.32	63.24	4.46	36.51	45.51	17.58	4.46 $\frac{1.95}{1}$	N	13.28	78.14	,,	55.0	29.88	64.96	5.16
16	32.12	61.59	6.29	34.25	42.26	23.48	6.29 $\frac{1.91}{1}$	N	13.20	85.12	,,	54.7	29.88	62.99	7.13
17	29.27	57.16	13.57	25.78	32.30	41.83	13.57 $\frac{1.95}{1}$	N	12.60	98.45	,,	56.3	26.80	58.20	15.00
18	28.62	54.65	16.73	23.41	28.71	47.88	16.73 $\frac{1.91}{1}$	N	11.66	98.73	,,	59.4	26.17	56.06	17.77
19	35.10	60.74	4.16	39.55	44.03	16.42	4.16 $\frac{1.73}{1}$	N	13.31	82.68	,,	54.0	33.56	61.66	4.78
20	37.54	57.11	5.35	40.36	39.48	20.14	5.35 $\frac{1.52}{1}$	N	13.25	79.49	,,	55.6	35.34	58.54	6.12
21	35.05	55.05	9.90	33.35	33.65	32.99	9.90 $\frac{1.57}{1}$	N	13.16	94.65	,,	58.5	32.79	56.64	10.60
22	33.35	51.92	14.73	28.19	28.19	43.60	14.73 $\frac{1.55}{1}$	N	12.43	98.49	,,	55.9	31.13	53.23	15.59

續 第 十 二 表

1.	2.			3.			4.	5.	6.			7.			
23	38.02	56.85	5.13	41.93	40.34	17.73	$5.13 \frac{1.49}{1}$	N	13.32	93.87	100	52.6	35.92	57.29	6.79
24	36.75	53.92	9.31	35.34	33.33	31.33	$9.31 \frac{1.47}{1}$	N	13.17	81.94	„	52.9	34.30	55.26	10.44
25	34.97	48.51	16.82	28.03	24.79	47.17	$16.82 \frac{1.38}{1}$	N	11.70	96.39	„	63.6	32.89	49.73	17.38
26	42.10	52.15	5.75	43.97	35.02	21.01	$5.75 \frac{1.24}{1}$	N	13.32	80.52	„	54.2	39.48	54.06	6.46
27	40.94	49.80	9.24	38.86	30.42	30.72	$9.24 \frac{1.21}{1}$	N	13.09	93.89	„	53.9	38.25	50.60	11.15
28	39.40	48.40	12.20	34.81	27.46	37.71	$12.20 \frac{1.22}{1}$	N	12.86	98.90	„	56.7	37.14	50.01	13.05
29	39.45	48.12	12.43	34.65	27.17	38.18	$12.43 \frac{1.23}{1}$	N	12.84	100.00	„	55.1	36.67	49.27	14.06
30	38.03	46.77	15.20	31.34	24.79	43.86	$15.20 \frac{1.22}{1}$	N	12.22	100.00	„	59.2	35.83	48.07	16.00
31	36.25	45.00	18.75	27.71	22.12	50.16	$18.75 \frac{1.24}{1}$	N	10.15	100.00	„	57.3	34.11	46.52	19.37
32	48.54	51.08	0.48	57.93	39.99	2.03	$0.48 \frac{1.11}{1}$	N	13.23	87.11	„	54.0	46.83	52.01	1.16
33	47.30	49.24	3.46	51.93	34.76	13.9	$3.46 \frac{1.04}{1}$	N	13.22	84.64	„	53.1	45.07	50.64	4.39
34	47.70	48.25	4.05	51.35	33.37	15.26	$4.05 \frac{1.01}{1}$	N	13.27	79.64	„	52.4	45.49	49.44	5.07
35	45.90	46.28	7.82	44.55	28.88	26.59	$7.82 \frac{1.01}{1}$	N	13.13	93.49	„	54.7	43.61	47.75	8.64
36	44.03	44.73	11.24	39.26	25.64	35.10	$11.24 \frac{1.02}{1}$	N	12.91	96.15	„	56.1	41.92	46.13	11.95
37	41.83	42.36	15.81	33.61	21.89	44.50	$15.81 \frac{1.01}{1}$	N	12.11	100.00	„	60.1	39.54	43.79	16.67
38	45.47	43.37	11.16	40.44	24.78	34.77	$11.16 \frac{0.95}{1}$	N	12.77	98.47	„	54.0	42.97	44.45	12.58
39	45.65	42.98	11.37	40.38	24.43	35.19	$11.37 \frac{0.94}{1}$	N	12.81	98.57	„	54.5	43.11	44.28	12.61
40	45.12	40.12	14.76	36.82	21.03	42.15	$14.76 \frac{0.88}{1}$	N	12.46	100.00	„	59.9	42.58	41.97	15.45
41	51.12	44.15	4.73	53.22	29.53	17.25	$4.73 \frac{0.86}{1}$	N	13.04	95.02	„	54.1	48.62	45.65	5.73
42	50.57	43.08	6.35	51.10	27.73	21.17	$6.35 \frac{0.85}{1}$	N	13.24	77.64	„	52.4	49.09	43.74	7.17
43	49.22	42.02	8.76	46.05	25.24	28.71	$8.76 \frac{0.85}{1}$	N	13.15	82.14	„	54.0	46.50	43.62	9.88
44	48.39	41.34	10.27	43.66	23.93	32.41	$10.27 \frac{0.85}{1}$	N	13.10	92.15	„	54.7	47.15	42.51	10.64
45	48.30	40.15	11.55	42.18	22.52	35.29	$11.55 \frac{0.83}{1}$	N	12.99	96.99	„	52.8	44.76	43.13	12.10

續 第 十 二 表

1.	2.			3.			4.	5.	6.			7.			
46	55.23	39.26	5.51	55.39	25.24	19.36	$5.51 \frac{0.71}{1}$	N	13.21	85.15	100	54.3	53.30	40.67	6.02
47	53.20	38.05	8.75	49.13	22.58	28.29	$8.75 \frac{0.71}{1}$	N	13.04	94.89	,,	54.2	51.62	39.51	8.77
48	49.93	35.33	15.74	39.10	17.76	43.14	$15.74 \frac{0.71}{1}$	N	12.18	100.00	,,	62.4	47.95	36.21	15.74
49	47.71	34.08	18.21	35.67	16.68	47.64	$18.21 \frac{0.71}{1}$	N	9.53	100.00	,,	55.1	46.02	35.13	18.85
50	57.60	38.68	3.72	60.36	26.02	13.60	$3.72 \frac{0.67}{1}$	N	13.28	74.38	,,	51.8	55.90	39.11	4.99
51	52.85	30.68	16.47	40.56	15.15	44.28	$16.47 \frac{0.58}{1}$	N	11.27	99.73	,,	59.1	51.01	32.12	16.87
52	59.96	33.83	6.21	57.96	21.02	21.02	$6.21 \frac{1.56}{1}$	N	13.24	75.27	,,	60.1	57.77	35.25	6.98
53	58.61	31.89	9.50	52.16	18.23	29.61	$9.50 \frac{0.54}{1}$	N	12.97	96.54	,,	58.2	56.39	33.27	10.34
54	67.07	30.00	2.93	69.46	19.97	10.57	$2.93 \frac{0.45}{1}$	N	13.21	75.15	,,	52.4	65.71	31.12	3.17
55	62.82	28.54	8.64	56.39	16.45	27.14	$8.64 \frac{0.45}{1}$	N	12.97	95.98	,,	56.0	61.21	29.83	8.96
56	59.10	26.73	14.17	46.98	13.62	39.40	$14.17 \frac{0.45}{1}$	N	11.21	100.00	,,	61.1	57.62	27.01	15.37
57	56.20	25.52	18.28	41.17	11.99	46.84	$18.28 \frac{0.45}{1}$	N	9.09	100.00	,,	52.2	55.03	26.16	18.81
58	67.72	25.78	6.50	63.25	15.49	21.26	$6.50 \frac{0.38}{1}$	N	13.00	97.34	,,	54.3	66.59	33.27	10.34
59	65.26	25.09	9.65	56.65	14.02	29.33	$9.65 \frac{0.38}{1}$	N	12.84	100.00	,,	56.3	64.02	26.02	9.96
60	63.00	24.24	11.76	51.15	12.63	36.22	$12.76 \frac{0.38}{1}$	N	11.03	100.00	,,	59.6	61.63	25.28	13.19
61	59.25	22.48	18.25	43.04	10.48	46.27	$18.25 \frac{0.38}{1}$	N	8.80	100.00	,,	52.3	58.07	23.23	18.70
62	72.20	24.66	3.14	72.96	15.97	11.07	$3.14 \frac{0.34}{1}$	N	12.80	96.71	,,	54.6	69.83	25.37	4.80
63	69.52	24.92	5.56	66.21	15.25	18.54	$5.56 \frac{0.35}{1}$	N	12.95	96.19	,,	56.6	68.29	25.47	6.24
64	66.60	23.42	9.98	57.17	12.87	29.96	$9.98 \frac{0.35}{1}$	N	11.97	100.00	,,	60.2	63.92	24.38	11.70
65	64.80	23.31	11.87	53.41	12.31	34.28	$11.89 \frac{0.36}{1}$	N	11.3	100.00	,,	61.7	63.55	24.11	12.34
66	59.09	22.35	18.56	42.67	10.38	46.95	$18.56 \frac{0.37}{1}$	N	8.80	100.00	,,	53.3	—	—	—
67	76.31	21.15	2.54	77.28	13.52	9.00	$2.54 \frac{0.27}{1}$	N	13.17	92.13	,,	53.4	75.02	12.87	3.11
68	73.50	19.97	6.53	67.35	11.72	20.92	$6.53 \frac{0.27}{1}$	N	12.75	98.05	,,	53.9	72.13	21.06	6.81

續 第 十 二 表

1.	2.			3.			4.	5.	6.			7.			
69	71.00	19.20	9.80	60.39	10.45	29.15	$9.80 \frac{0.27}{1}$	N	12.60	100.00	100	57.5	69.77	20.22	10.01
70	67.31	19.33	13.36	53.21	9.81	36.97	$13.36 \frac{0.28}{1}$	N	10.31	100.00	100	58.1	66.16	20.08	13.76
71	65.00	17.83	17.17	47.63	8.36	44.01	$17.17 \frac{0.27}{1}$	P	8.92	100.00	100	52.3	—	—	—
72	77.60	18.16	4.24	74.57	11.20	14.23	$4.24 \frac{0.23}{1}$	N	11.81	—	—	—	—	—	—
73	78.02	17.75	4.23	74.88	10.93	14.19	$4.23 \frac{0.227}{1}$	N	12.03	—	—	—	—	—	—
74	71.30	16.06	12.64	56.67	8.16	35.17	$12.64 \frac{0.25}{1}$	P	10.64	—	—	—	—	—	—
75	79.59	16.47	3.94	76.54	10.18	13.27	$3.94 \frac{0.21}{1}$	N	12.41	100.00	100	56.4	78.18	17.33	4.49
76	75.75	15.82	8.43	65.66	8.79	25.54	$8.43 \frac{0.21}{1}$	N	10.78	93.07	100	57.8	73.39	16.99	8.62
77	71.85	15.01	13.14	56.36	7.56	36.08	$13.14 \frac{1.21}{1}$	R	9.42	100.00	100	54.3	—	—	—
78	72.10	15.21	12.69	57.10	7.73	35.17	$12.69 \frac{0.21}{1}$	P	10.36	—	100	—	—	—	—
79	69.15	14.41	16.44	50.85	6.81	42.32	$16.44 \frac{0.21}{1}$	P	8.76	100.00	..	50.2	—	—	—
80	79.10	15.81	5.09	73.42	9.57	17.61	$5.09 \frac{0.20}{1}$	N	12.10	—	..	—	—	—	—
81	79.77	14.00	6.23	72.18	8.09	19.72	$6.23 \frac{0.17}{1}$	N	11.21	100.00	..	61.1	—	—	—
82	82.40	14.05	3.55	79.35	8.68	11.96	$3.55 \frac{0.17}{1}$	N	12.42	93.73	..	58.8	—	—	—
83	75.92	13.28	10.80	62.11	6.95	30.92	$10.80 \frac{0.17}{1}$	P	10.34	95.14	..	55.9	—	—	—
84	73.12	13.07	13.81	56.33	6.46	37.21	$13.81 \frac{0.17}{1}$	R	9.19	100.00	..	52.4	—	—	—
85	89.30	8.05	2.65	86.08	4.98	8.93	$2.65 \frac{0.09}{1}$	P	12.68	93.63	..	56.1	—	—	—
86	85.10	7.78	7.12	73.98	4.34	21.67	$7.12 \frac{0.09}{1}$	P	11.41	100.00	..	60.7	—	—	—
87	81.51	7.42	11.07	65.20	3.79	31.01	$11.07 \frac{0.09}{1}$	P	10.45	100.00	..	57.3	—	—	—
88	77.23	7.12	15.65	53.53	3.55	42.92	$15.65 \frac{0.09}{1}$	P	8.91	100.00	..	51.9	—	—	—
89	94.28	3.98	1.74	91.67	2.45	5.88	$1.74 \frac{0.04}{1}$	P	12.81	97.15	..	57.1	—	—	—
90	91.20	3.82	4.98	82.12	2.21	15.66	$4.98 \frac{0.04}{1}$	P	12.34	83.72	..	58.5	—	—	—
91	89.62	3.78	6.60	77.87	2.09	20.04	$6.60 \frac{0.04}{1}$	R	11.68	95.07	..	63.2	—	—	—

續 第 十 二 表

1.	2.		3.			4.	5.	6.			7.				
92	85.41	3.51	11.08	67.54	1.79	30.67	$11.18 \frac{0.04}{1}$	R	10.56	97.05	100	59.1	—	—	—
93	82.48	3.48	14.04	61.62	1.65	36.72	$14.04 \frac{0.04}{1}$	R	9.19	100.00	„	50.8	—	—	—
94	80.01	3.46	16.53	57.13	1.57	41.29	$16.53 \frac{0.04}{1}$	R	8.71	100.00	„	48.0	—	—	—
95	97.76	—	2.24	92.56	—	7.44	—	R	12.74	99.76	„	64.0	—	—	—
96	96.40	—	3.60	88.45	—	11.55	—	R	12.63	99.84	„	61.3	—	—	—
97	94.50	—	5.50	83.11	—	16.89	—	R	12.38	99.94	„	58.0	—	—	—
98	92.60	—	7.40	78.13	—	21.87	—	R	11.93	100.00	„	55.9	—	—	—
99	90.53	—	9.47	73.20	—	26.80	—	R	11.25	„	„	55.0	—	—	—
100	89.59	—	10.41	71.10	—	28.90	—	R	10.87	„	„	53.8	—	—	—
101	88.70	—	11.30	69.18	—	30.82	—	R	10.53	„	„	52.5	—	—	—
102	88.10	—	11.90	67.89	—	32.11	—	R	10.18	„	„	51.1	—	—	—
103	86.15	—	13.85	63.99	—	36.01	—	R	9.30	„	„	49.9	—	—	—
104	84.92	—	15.08	61.67	—	38.33	—	R	8.63	„	„	48.1	—	—	—

(待續)

# 英國維克斯高射指揮儀機構原理

江元方

## 一 概 說

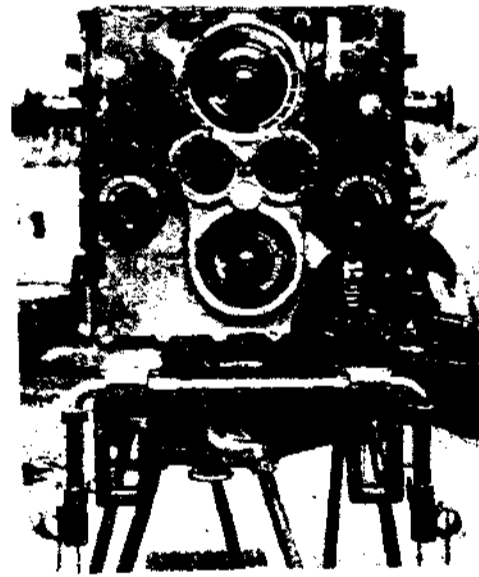
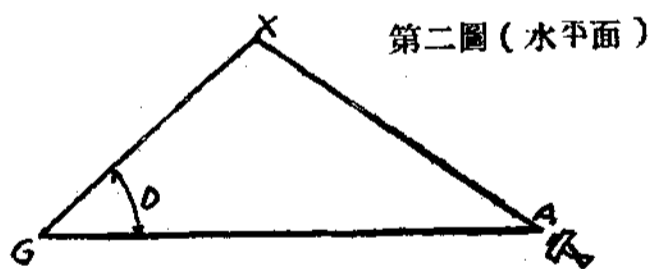
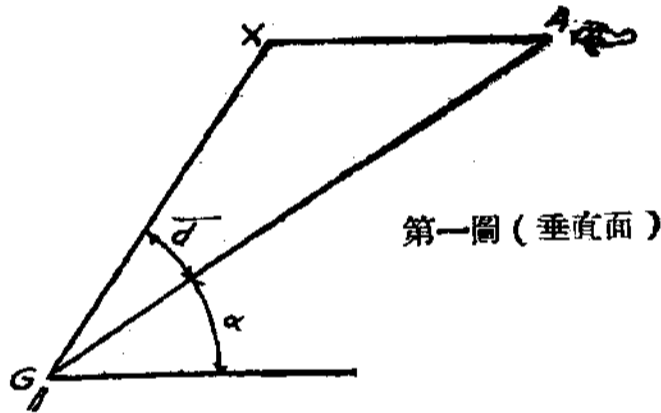
自飛機應用于軍事後，各國震其轟炸之威，競相研究抵禦之法，於是高射砲乃應運而生。歐戰時，各國為應急計，僅將山野砲略事改裝而成高射砲，其効力極低，茲將歐戰時各國擊落一敵機所需砲彈之數量列下：

國別	年份	擊落一機所需之彈數
法	1916	11000
法	1918	4000
英	1917	8000
英	1918	4550
英	1918末期	1500

觀上表可知當時高射砲効力之微，其原因乃在飛機具有三方面之活動性與尋常砲兵射擊之固定目標者迥異。其射擊法亦大不相同，射擊固定目標時，僅須測準距離，附以射角，從容瞄準射擊即可，但若以此法射擊活動性極大之飛機，則錯誤極大，絕難命中，觀下圖可知。

設有飛機自A點向點X飛行，照普通砲兵瞄準射擊法向A點瞄準，即向A點射去，惟若如此射擊飛機，則當砲彈自砲位G射至A點時，飛機已由A點飛至距離A點數百公尺之X點，砲彈適在其後方，必難命中無疑，若欲擊中A

點飛行之飛機，必向其未來位置X點施行射擊。如此則一方面飛機由A向X飛行，同時砲彈亦由G向X飛行。當飛機達到X點，砲彈亦恰達到而命中之。X點實乃飛機由A至X及砲彈由G至X之交叉點。惟此點乃吾人想像之一點，在空中並無標記，無從直接向之瞄準射擊。欲知此X點究在何處，必先測算飛機之速度，及砲彈由G至X所需之時間等等。此項計算似非甚難，然至少亦須數分鐘之時間。飛機在此數分鐘之時間，可飛達數千公尺之距離。當砲手計算其第一發之射擊元數完畢時，飛機已飛出射界外，無從射擊矣。歐戰時高射砲効之低，實無怪其然。歐戰後，各國造兵家為解決此項困難起見，殫精竭慮，經多年之苦心研究，乃有指揮儀之發明焉。



指揮儀實乃一計算器，發現敵機後，繼續不斷計算高射砲對飛機未來位置射擊各元數之答案。用電傳與各高射砲上，各砲砲手，不必瞄準飛機，僅須照指揮儀傳來之射擊元素，轉動砲身，則砲即常對準飛機之未來位置。各砲手只須盡其速度，裝填砲彈發射，直至敵機被擊落或飛出射界為止。



每一指揮儀所計算之射擊元數，可同時電傳與四門高射砲第三圖為英國維克斯高射指揮儀之裝置圖。

$G_1, G_2, G_3, G_4$  為高射砲， $P$  為指揮儀， $H$  為測高鏡， $E$  為電池， $C$  為總接頭箱發現敵機後測高鏡  $H$  先測得飛之高度，電傳與指揮儀  $P$ ，同時指揮儀方面觀測飛機現在位置之高低

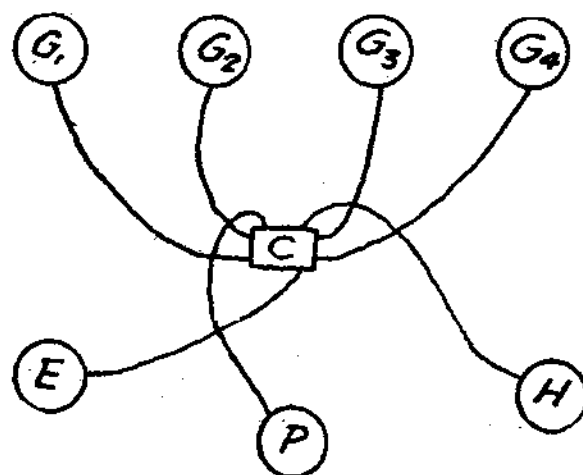
角及方向角及其角速度，並計算出射擊將來位置飛機高射砲所應具之方向角高低角及引信之秒數等答案立即電傳與高射砲高射砲接得射擊元數後即可開始射擊指揮儀自發現敵機及接得測高鏡傳來之敵機高度後約費五秒鐘之時間，即可算出射擊元數而傳出，此後計算皆繼續不斷無須時間。

於193年8月英國曾以此種裝置向一飛機拖靶射擊第一次第21發即將目標射落，第二次第9發即擊落，第三次射至30發尚未擊落，惟檢視被擊拖靶已被穿6孔，查維克斯高射砲之發射速度每分鐘為25發，以此成績則一分鐘間，即可擊落敵機其效率之優良，實遠非歐戰時之高射砲所可同日而語考其原因不能不歸功於指揮儀之巧妙計算，斯篇所述，僅及其機構之原理，至機構述詳及拆卸調整諸法當另文論之。

## 二 計算公式之誘導

在第一二兩圖中，設吾人已知飛機之現在位置  $A$  與其未來位置  $X$  對砲位之高低差角  $d$ ，及方向差角  $D$ ，則此空中無從瞄準  $X$  點之方向，即可確定指揮儀之最大工作，即測算此兩種差角之數值，

第三圖



設  $\alpha$  爲飛機現在位置之高低角

T 爲飛機由現在位置至未來位置所需之時間 = 砲彈由砲位射  
至飛機未來位置所需之時間

$R_E$  爲飛機高低角變動之角速度

$R_T$  爲飛機方向角變動之角速度

d 爲高低差角 (Vertical deflection)

D 爲方向差角 (Lateral deflection)

則

$$d = R_E T \frac{\sin(\alpha \pm d)}{\sin \alpha} - \sin D \tan \frac{D}{2} \sin(\alpha \pm d) \cos(\alpha \pm d) \dots \dots \dots (I)$$

$$\sin D = R_T T \frac{\sin(\alpha \pm d)}{\sin \alpha} \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha \pm d)} \dots \dots \dots (II)$$

在此二方程式中  $R$  ,  $R_T$  , T,  $\alpha$  四項元數皆可由飛機之現在位置測量而得,皆爲已知數,未知數僅爲高低差角 d 及方向差角 D,茲先將此二公式之誘導法說明如下:

設有飛機自現在位置飛至將來位置時其情況如下:

1. 速度不變
2. 高度不變
3. 方向不變

此三項假定爲維克斯指揮儀計算之根據亦一班轟炸機之常態

設 G 爲砲位 (第四圖)

A 爲飛機現在位置在水平面之投影

X 爲飛機未來位置在水平面之投影

B 爲飛機現在位置在垂直面之投影

Z 爲飛機未來位置在垂直面之投影

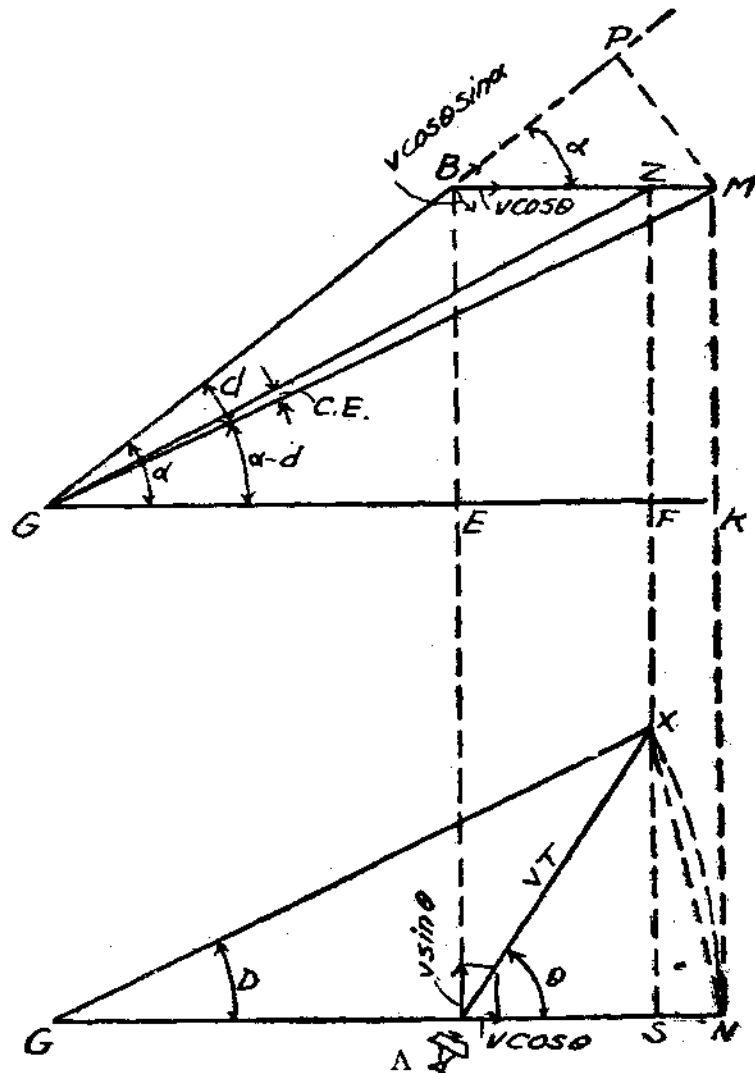
V 為飛機之速度

第四圖

$\theta$  為飛機飛行方向與砲位所成角度在水平面之投影角  
 $d, D, \alpha, R_E, R_T, T$  各字母代表意思與前同.

以G點為中心, GX為半徑, 作圓周相遇於GA延長綫上N點  
M點為N點在垂直面之投影  
作  $PM \perp GP$

命  $C. E. = \angle MGZ =$  餘項角(Complementary term angle)(此餘項角究為何物後當詳述)



在  $\Delta GXS$  內  $\sin D = \frac{XS}{GX} \dots (1)$

在  $\Delta AXS$  內  $\sin \theta = \frac{XS}{AX}$

$\therefore XS = AX \sin \theta$

A X 為飛機由現在位置至

未來位置之距離等於其飛行速度 V 乘其所需之時間  $T = VT$

代入上式  $\therefore XS = VT \sin \theta$

代入(1)式  $\therefore \sin D = \frac{VT \sin \theta}{GX} \dots (2)$

飛機沿 AX 方向之速度可分為  $V \sin \theta$  及  $V \cos \theta$  二分速度, 但飛機自 A 至 X 對砲位之方向角變動角速度為  $R_T$

$\therefore R_T = \frac{V \sin \theta}{GA}$  (角度 =  $\frac{\text{圓周}}{\text{半徑}}$ )

$$\therefore V = \frac{R_T \cdot GA}{\sin \theta}$$

將上式代入(2)式則

$$\begin{aligned} \sin D &= \frac{R_T \cdot GA \cdot T \cdot \sin \theta}{\sin \theta \cdot GX} \\ &= R_T \cdot T \cdot \frac{GA}{GX} \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

在  $\triangle GBE$  內  $\tan \alpha = \frac{BE}{GE}$

但  $BE =$  飛機之高度  $= H$

$$GE = GA$$

$$\therefore \tan \alpha = \frac{H}{GA} \quad \therefore GA = \frac{H}{\tan \alpha} \dots\dots\dots(4)$$

在  $\triangle GMK$  內  $\tan(\alpha - d) = \frac{MK}{GK}$

但  $MK = H$   $GK = GN = GX$

$$\therefore \tan(\alpha - d) = \frac{H}{GX} \quad \therefore GX = \frac{H}{\tan(\alpha - d)} \dots\dots\dots(5)$$

將(4)(5)二式代入(3)式

$$\begin{aligned} \text{則 } \sin D &= R_T \cdot T \cdot \frac{\tan(\alpha - d)}{\tan \alpha} \\ &= R_T \cdot T \cdot \frac{\sin(\alpha - d)}{\sin \alpha} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - d)} \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

上列公式中之正切必須化爲正弦及餘弦者，乃因指揮儀構造上應用正弦及餘弦之除數，較爲便利之故。上述公式係飛機自砲位近處飛至遠處之計算，設飛機由遠處飛至近砲位處，其計算方法相同，僅高低差角  $d$  應爲正數， $(\alpha - d)$  角應改用  $(\alpha + d)$  如第五圖

故(6)式應改爲

$$\sin D = R_T \cdot T \frac{\sin(\alpha \pm d)}{\sin \alpha} \frac{\cos}{\cos(\alpha \pm d)} \dots \dots \dots (1)$$

此即方向差角之公式，  
下述高低差角公式之誘導

在第四圖  $\triangle GMP$  中

$$\sin d = \frac{PM}{GM} \dots \dots \dots (7)$$

在  $\triangle BPM$  中  $BM \parallel GK$

$$\therefore \angle PBM = \angle PGK = \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{PM}{BM} = \frac{PM}{BZ + ZM}$$

$$\therefore PM = (BZ + ZM) \sin \alpha$$

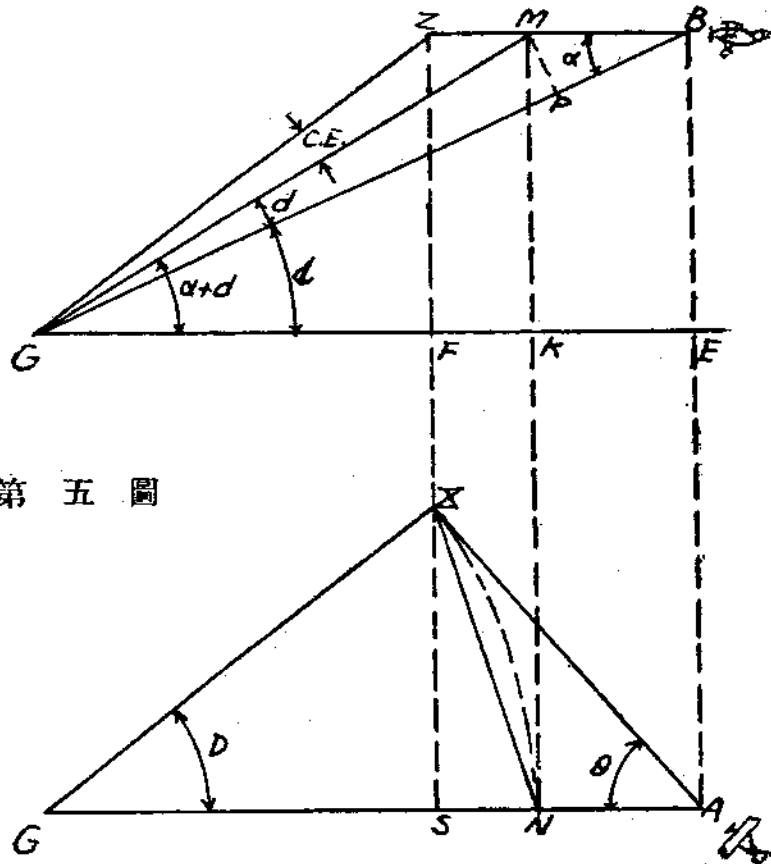
$$\begin{aligned} \text{但 } BZ &= AS = AX \cos \theta \\ &= VT \cos \theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{代入上式 } \therefore PM &= (VT \cos \theta + ZM) \sin \alpha \\ &= VT \cos \theta \sin \alpha + ZM \sin \alpha \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

飛機由 A 至 X 之速度 V，可分為  $V \sin \theta$   $V \cos \theta$  二分速度， $V \cos \theta$  之分速度，係平行 GA 者，亦即平行 BM 者，此分速度  $V \cos \theta$ ，在 BM 上又可分為二種，其垂直於 GB 之分速度為  $V \cos \theta \sin \alpha$  飛機自 B 至 M 之高低角變動速度為  $R_E$ ，

$$\begin{aligned} \therefore R_E &= \frac{V \cos \theta \sin \alpha}{GB} \quad \left( \text{角度} = \frac{\text{圖周}}{\text{半徑}} \right) \\ \therefore V &= \frac{R_E \cdot GB}{\cos \theta \sin \alpha} \end{aligned}$$

將上式代入 (8) 式



第五圖

$$\begin{aligned}\therefore PM &= \frac{R_E \cdot GB}{\cos \theta \sin \alpha} T \cdot \cos \theta \sin \alpha + ZM \sin \alpha \\ &= R_E \cdot GB \cdot T + ZM \sin \alpha\end{aligned}$$

代入(7)式

$$\therefore \sin d = R_E \cdot T \cdot \frac{GB}{GM} + \frac{ZM \sin \alpha}{GM} \dots \dots \dots (9)$$

但  $\sin \alpha = \frac{BE}{GB} = \frac{H}{GB} \therefore GB = \frac{H}{\sin \alpha}$

$$\sin(\alpha - d) = \frac{MK}{GM} = \frac{H}{GM} \therefore GM = \frac{H}{\sin(\alpha - d)}$$

將GB, GM之數值代入(9)式

$$\therefore \sin d = R_E \cdot T \cdot \frac{\sin(\alpha - d)}{\sin \alpha} + \frac{ZM \sin \alpha \sin(\alpha - d)}{H} \dots \dots \dots (10)$$

但  $ZM = SN$

在 $\triangle SXN$ 內  $SN = XS \tan \widehat{SXN}$

在 $\triangle GXS$ 內  $XS = GX \sin D$

$$\therefore ZM = SN$$

$$= XS \tan \widehat{SXN}$$

$$= GX \sin D \tan \widehat{SXN} \dots \dots \dots (11)$$

在 $\triangle GXN$ 內  $GX = GN$

$$\therefore \angle GXN = \angle GNX$$

但  $\angle GXN + \angle GNX + D = 180^\circ$

$$\therefore 2\angle GXN = 180^\circ - D$$

$$\therefore \angle GXN = \frac{180^\circ - D}{2} = 90^\circ - \frac{D}{2}$$

在 $\triangle GXS$ 內  $\angle XSG = 90^\circ$

$$\therefore \angle GXS = 90^\circ - D$$

但  $\angle SXN = \angle GXN - \angle GXS$

$$= 90^\circ - \frac{D}{2} - (90^\circ - D) = \frac{D}{2} \dots\dots\dots(12)$$

在 $\triangle GMK$ 內  $\tan(\alpha - d) = \frac{MK}{GK}$

但  $MK = H$

$GK = GN = GX$

$$\therefore \tan(\alpha - d) = \frac{H}{GX}$$

$$\therefore GX = \frac{H}{\tan(\alpha - d)} \dots\dots\dots(13)$$

將(12)(13)式代入(11)式

$$\begin{aligned} \therefore ZM &= GX \sin D \tan \overset{\wedge}{SXN} \\ &= \frac{H}{\tan(\alpha - D)} \sin D \tan \frac{D}{2} \dots\dots\dots(14) \end{aligned}$$

將(14)式代入(10)式

$$\begin{aligned} \therefore \sin d &= R_E \cdot T \cdot \frac{\sin(\alpha - d)}{\sin \alpha} \\ &\quad + \frac{H}{\tan(\alpha - d)} \sin D \tan \frac{D}{2} \cdot \frac{\sin \alpha \sin(\alpha - d)}{H} \end{aligned}$$

但  $\tan(\alpha - d) = \frac{\sin(\alpha - d)}{\cos(\alpha - d)}$

$$\begin{aligned} \therefore \sin d &= R_E \cdot T \cdot \frac{\sin(\alpha - d)}{\sin \alpha} \\ &\quad + \frac{H \cos(\alpha - d)}{\sin(\alpha - d)} \sin D \tan \frac{D}{2} \cdot \frac{\sin \alpha \sin(\alpha - d)}{H} \\ &= R_E \cdot T \cdot \frac{\sin \alpha - d}{\sin \alpha} + \sin D \tan \frac{D}{2} \sin \alpha \cos(\alpha - d) \end{aligned}$$

在第四圖飛機離砲位飛出高低角逐漸減少故上式之d應為負數

$$\begin{aligned}
 \therefore -\text{ind} &= -R_E \cdot T \cdot \frac{\sin(\alpha-d)}{\sin\alpha} \\
 &\quad -\sin D \tan D / 2 \sin\alpha \cos(\alpha-d) \dots\dots\dots(15)
 \end{aligned}$$

上列高低角公式,係飛機由砲位近處飛至遠處之計算,設飛機由遠處飛至近處如第五圖,計算法亦相同,惟(8)式之Z M sinα應為負數

$$\begin{aligned}
 P M &= (BZ-ZM)\sin\alpha \text{ (見第五圖)} \\
 &= (V \Gamma \cos \theta - ZM)\sin\alpha \\
 &= V \Gamma \cos \theta \sin \alpha - ZM\sin\alpha
 \end{aligned}$$

再飛機由遠處飛至近處,高低角逐漸增加,其高低差角d應為正數,(α-d)角應改為(α+d)(視第五圖)故當飛機由遠處飛至近處時(15)式應為

$$\text{ind} = R_E \cdot T \cdot \frac{\sin(\alpha+d)}{\sin\alpha} - \sin D \tan D / 2 \sin\alpha \cos(\alpha+d) \dots\dots\dots (16)$$

將(15)(16)兩式合併

$$\begin{aligned}
 \therefore \pm \text{ind} &= \pm R_E \cdot T \cdot \frac{\sin(\alpha \pm d)}{\sin\alpha} \\
 &\quad - \sin D \tan D / 2 \sin\alpha \cos(\alpha \pm )
 \end{aligned}$$

上述高低角公式乃理論上之計算,實際上為求指揮儀之構造起見簡單起見,命

$$\begin{aligned}
 \text{ind} &= d \\
 \text{末項之} \sin \alpha &= \sin(\alpha \pm d) \\
 \therefore \pm d &= \pm R_E \cdot T \cdot \frac{\sin \alpha \pm d}{\sin \alpha} \\
 &\quad - \sin D \tan D / 2 \sin(\alpha \pm d) \cos(\alpha \pm d) \dots\dots\dots (II)
 \end{aligned}$$

因高低差角之數量甚小,上述假定,並無大錯誤,且若不如此假定,則指揮儀因構造複雜,所生之差誤,比因此項假定所生之差誤為大,故設計之指揮儀者,毅然作此假定也。



### 三 餘項角 C.E. 之意義

在第四五兩圖中, B, Z, A, X, 各點為飛機現在位置及將來位置在垂直面及水平面之投影, 自圖上觀之, 飛機現在位置之高低角為  $\alpha$ , 將來位置之高低角為  $\angle ZGK$ , 其高低差角為  $\angle BGZ$ , 則以此高低差角向飛機之未來位置射擊, 似必可命中, 然究其實在, 殊屬不然, 飛機現在位置及將來位置實在之高低角差角, 應為  $\angle BGM = d$ , 應於  $\angle BGZ$  之外, 尚須  $\pm \angle ZGM = C.E.$  此角名曰餘項角 (Complementary term angle), 其原因在 B, Z 各點, 僅乃飛機現在及未來位置之投影,  $\angle BGZ$  亦

第六圖 (立體)

為其高低差角之投影, 而非實在之高低差角, 茲說明如下.

設有飛機自 B 垂直 GB 綫向 Z 點飛行

$\angle BGE$  為飛機現在位置之高低角

$\angle ZGF$  為飛機未來位置之高低角

在  $\triangle BGE$  及  $\triangle ZGF$  內

$$BE = ZF \text{ (飛機高度不變)}$$

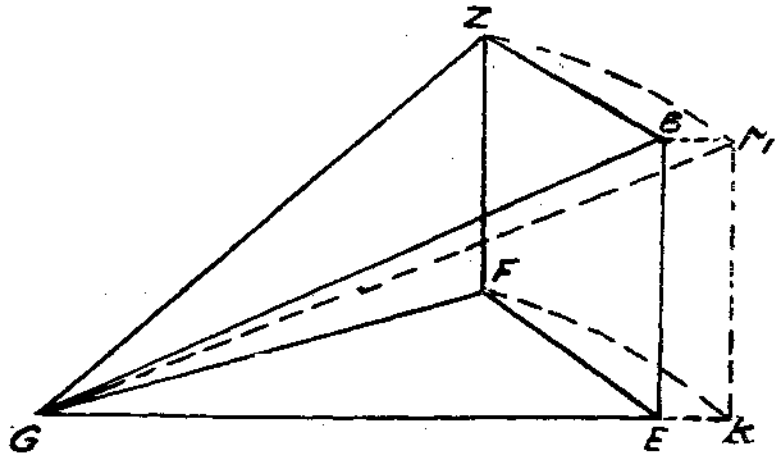
$$\therefore ZB \perp GB, \quad FE \perp GE,$$

$$\therefore GZ > GB, \quad GF > GE$$

設 G 點為中心, GZ 及 GF 為半徑, 將  $\triangle ZGF$  移於 BGE 平面上, Z 及 F 在 BGE 平面交點之 M 及 K 距離 G 點必遠於 B 及 F 點

$$\therefore \angle BGE > \angle MGK$$

$$> \angle ZGF$$



即飛機未來位置之高低角較現在位置之高低角為小

但  $\because ZB \perp GB, FE \perp GE$

$\therefore Z$  及  $F$  點在  $BGE$  平面之投影則仍為  $B$  及  $E$  點

亦即  $\angle ZGF$  在  $BGE$  平面之投影等於  $\angle BGE$

設飛機沿  $BZ$  綫愈飛愈遠,同時  $\angle ZGF$  亦逐漸減少,惟其在  $BGE$  平面之投影,仍為  $\angle BGE$ ,並無變更.故射擊未來位置之飛機應用高低角  $\angle ZGF = \angle MGK$ ,不能用其在  $BGE$  平面之投影角也,此投影角  $\angle BGE$  及實在高低角  $\angle MGK$  之差別 =  $\angle BGM$ ,名曰餘項角,第五圖飛機斜飛時,亦同此理.

此餘項角之數量即等于(II)之後部(意義明顯證明從略)即

$$C.E. = -\sin D \tan D / 2 \sin(\alpha \pm d) \cos(\alpha \pm d) \dots\dots\dots (17)$$

此餘項角  $C.E.$  之數值無論何時,皆為負數,視第六圖飛機在  $B$  無論向任何方向飛行,其未來位置之高低角,必較其在  $BGE$  平面之投影角為小,故餘項角  $C.E.$  無論如何皆為負數.

### 四 指揮儀電傳與高射砲之數值

指揮儀之最大工作為計算高低差角  $d$ , 及方向差角  $D$ , 惟若僅將此二差角傳與高射砲,高射砲手必難應用,高射砲方面所欲知者,為如下三種元數.

1. 砲身對飛機未來位置射擊應具之高低角.(非差角)
2. 砲身對飛機未來位置射擊應具之方向角.(以某點為零點)
3. 射擊飛機未來位置砲彈引信應取之秒數

高射砲手之工作僅係一方面照指揮儀傳來之 1. 2. 元數轉動砲身,使常作射擊飛機未來位置之準備,一方面則照 3 之元數旋正砲彈引信,納入砲膛施行射擊即可,茲將三項元數之數值分述於下

1. 砲身對飛機未來位置射擊應取之高低角.

命此高低角 = Q.E. (Quadrant Elevation)

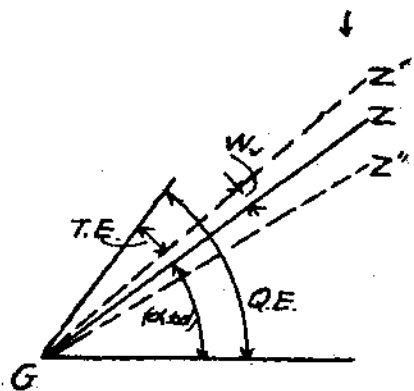
則 Q.E. =  $\alpha \pm d \pm W_v + T.E. \pm S_v$  ..... (II)

式中  $\alpha$  為飛機現在位置之高低角

$d$  為高低差角

$W_v$  為直風 (Vertical Wind) 為風力對高低角之影響角度,無論風力對砲身作若何角度,其對砲彈之影響可分為二種分風力,其一吹之向上或向下變更其高低角,其二吹之向左或右變更其方向角,砲彈高低角受風力影響變動之角度曰直風.(視第七圖)

第七圖



設  $G$  為砲位,  $Z$  為飛機未來位置,若射擊時有風,如不計風力之關係,即向  $Z$  點射擊,則砲彈因第一種分風力之影響必不能達  $Z$  點而被吹至  $Z'$  點,故射擊時之高低角必加直風  $W_v$  角而向  $Z'$  點射擊如此則砲彈適可擊中  $Z$  點.

此直風  $W_v$  角之數值在射表上為

$W_v = W \times 0.0001481(H - 1000) \cos \theta$  ..... (18)

式中  $H$  為飛機高度,  $\theta$  為風力方向與飛機未來位置及砲身之直綫所成角度,  $w$  為風之速度.

$T.E.$  為砲身對飛機未來位置之切綫射角 (tangent elevation,)  $GZ'$  為直綫 (第七圖) 砲彈不能自  $G$  沿直綫至  $Z'$ , 故欲砲彈射中  $Z'$  點必加以切綫射角  $T.E.$  此射角當飛機之高度  $H$  及  $(\alpha \pm d \pm W_v)$  一定時即可由砲外彈道學算出

$\therefore T.E. = \sqrt{[(\alpha \pm d \pm W_v)H]}$  ..... (19)

$S_v$  為高低角之修正數量,設高射砲開始射擊後,砲彈之爆炸點常較高,或常較低於飛機,斯時之視察長官可予高低角以相當修正,此修正量亦須電傳與高射砲.

## 2. 砲身對飛機未來位置射擊應取之方向角

命此方向角 =  $A_F$  (Future traning)

$$\text{則 } A_F = A_P \pm D \pm W_L + D_r \pm S_L \dots\dots\dots (IV)$$

$A_F$  爲飛機現在位置之方向角——在未射擊前指揮儀及高射砲同取遠方某點爲方向角 0 點,如此則指揮儀任何方向角所指之點亦必爲高射砲同方向角所指之點,設指揮儀算出射擊飛機未來位置應取之方向角爲 1200 米位 (mil) 以此 1200 電傳與高射砲,高射砲手即以前與指揮儀共同視察之點爲 0 點,轉動 1200 米位即可。

$W_L$  爲橫風 (Lateral wind), 意義同上述,其數值在射表上爲

$$W_L = W \times 0.0003926(H-1000) \times \sin^3 \theta \dots\dots\dots (20)$$

$D_r$  爲砲彈定偏角,砲彈出口後因來復綫關係例向右旋轉,其落點每在瞄準點之右方,其落點與瞄準點之相差名曰定偏,對砲位之角度爲定偏角,其數值,當  $T_F$  一定時可由砲外彈道學算出之

$$\therefore D_r = f(T_F) \dots\dots\dots (21)$$

$S_L$  爲方向角之修正量意義與  $S_V$  同

## 3. 射擊飛機未來位置砲彈引信應取之秒數

命此應取之秒數 =  $F$

$$\text{則 } F = T_F + F_D \dots\dots\dots (V)$$

$T_F$  爲砲彈自砲位至未來位置飛行之時間當飛機高度  $H$  及其高低角一定時,可由砲外彈道學算出

$$\therefore T_F = f_1 \left[ (\alpha \pm d \pm W_V) H \right] \dots\dots\dots (22)$$

$F_D$  爲引信差數 (Fuse difference) — 維克斯高射砲砲彈引信,用黑藥柱,以決定爆炸之秒數,黑藥之性質,在壓力愈大時,燃燒愈速,壓力愈小,則燃燒愈慢惟引信上註明之數字,係在地面燃燒時之秒數,當砲彈飛至高空時其所受壓力較地面爲低,引信內之黑藥柱亦必燃燒較慢,若不加以修正,則砲彈

越過飛機,方行爆炸,此項修正量,當  $T_F$  及  $(\alpha \pm d \pm W_v)$  一定時,可由彈道學算出

$$\therefore F_D = f \left[ (\alpha \pm d \pm W_v) T_F \right] \dots\dots\dots(23)$$

4. 總述……茲將指揮儀傳與高射砲三項重要元數重述如下

$$1. Q.E. = \alpha \pm d + T.E. \pm W_v \pm S_v \dots\dots\dots(IV)$$

$$2. A_F = A_P \pm D \pm W_L \pm D_T \pm S_L \dots\dots\dots(V)$$

$$3. F = T_F + F_D \dots\dots\dots(VI)$$

將(I)(II)(18)(19)各式代入上式則

$$1. Q.E. = \alpha \pm \left[ R_E T_F \frac{\sin(\alpha \pm d)}{\sin \alpha} \sin D \tan D / 2 \sin(\alpha \pm d) \cos(\alpha \pm d) \right] + f \left[ (\alpha \pm d + W_v) H \right] \pm \left[ W \times 0.0001481 (H - 1000) \cos \theta \right] \pm S_v \dots\dots\dots(VII)$$

$$2. A_F = A_P \pm R_T T_F \frac{\sin(\alpha \pm d)}{\sin \alpha} \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha \pm d)} \pm \left[ W \times 0.0003926 (H - 1000) \sin \theta \right] \pm f (T_F) \pm S_L \dots\dots\dots(VIII)$$

$$3. F = f_1 \left[ (\alpha \pm d \pm W_v) H \right] + f \left[ (\alpha \pm d \pm W_v) T_F \right] \dots\dots\dots(IX)$$

式中各字母之代表意義再重述於下

Q. E. = 砲身射擊未來位置之飛機應取之高低角(Quardrant elevation)

A<sub>F</sub> = 砲身射擊未來位置之飛機應取之方向角(Future training)

F = 射擊未來位置之飛機砲彈應取之秒數(Fuse numbor)

$\alpha$  = 飛機現在位置之高低角(Present angle of sight)

d = 高低差角(Vertical deflection)

T. E. = 切綫射角(tangent elevaticn)

W<sub>v</sub> = 直風(Vertical Wind)

S<sub>v</sub> = 高低角修正數(Vertical sp tting)

$A_P$  = 飛機現在位置之方向角 (Present bearing angle)

$D$  = 方向差角 (Lateral deflection)

$W_L$  = 橫風 (Lateral wind)

$D_r$  = 定偏角 (Drift angle)

$S_L$  = 方向角修正數 (Lateral spotting)

$T_F$  = 砲彈自砲位至飛機未來位置之飛行時間 (future time of flight)

$F_D$  = 引信差數 (Fuse difference)

$R_E$  = 飛機高低角變動之角速度 (elevating rate)

$R_T$  = 飛機方向角變動之角速度 (Training rate)

$W$  = 風之速度 (Wind speed)

$\theta$  風之方向與飛機未來位置及砲身之直線之角度 (Angle between wind direction and future bearing angle)

$H$  = 飛機高度 (altitude of target)

飛機高度係另由測高機測得，隨時用電傳與指揮儀者。

風之速度  $W$  及方向  $\theta$  則由當地天文台報告或另用他方法測量而得，隨時記入指揮儀者。

$R_E, R_T, \alpha, A_P$  則由指揮儀本身測量而得。

故在 VI, VII, VIII 各式中

$R_E, R_T, \alpha, A_P, W, \theta, H$  皆為已知數

其餘各項皆為指揮儀計算而出，在此三式中，有加有減，有乘有除，有三角函數，有方程式函數，一指揮儀能不費時間，將此極複雜之方程式，巧妙而精確計算出來，實為一極可研究而極有興趣之問題，以下所述，即此指揮計算上述各式之機構概況。(未完)

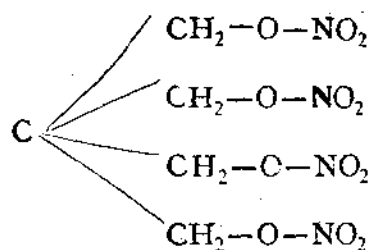
## 奔特脫(一種最新式炸藥)

### 嚴 演 存

十年前,炸藥幾全為芳香族硝化物所包辦,今則有所謂奔特脫(Penthrin,亦可譯作戊醇火藥)者,其性質之優良,足以凌駕梯恩梯(T.N.T)而上之;即目今之用途,殆亦與 Tetryl 相頡頏,且有駸駸日上之勢,顧國內化學界,或尙有不甚明瞭者,爰為文以述之。

### 性質

奔特脫者,對稱之戊四醇之四硝酸酯也,或簡稱 PETN,其構造式如下:



為白色之四邊形結晶體,其熔點為 138.5°C., 或 139.5-140°C. (參考一) 或 140-141°C. (參考二) 純者似當屬前者之說而一般測出者每為後二者,因不免含有雜質也,對於一般溶劑之溶解度如下:(參考二) (100.克中之克數)

水	19°C,	0/0;	50°C,	0/0;	100°C,	0.035.
醋酸乙烷 (ethylacetate)	19°C,	6.322,	50°C,	17.86;		
丙酮(acetone)	19°C,	25.632;	50°C;	57.960;		

96% 乙醇 (eth. alcohol)	19°C, 0.032;
無水乙醇	21.5°C, 0.129.
甲醇 (methyl alcohol)	21.5°C, 0.3287
苯 (benzene)	19°C, 0.245
氯代甲烷 (chloroform)	19°C, 6.051
無水乙醚 (ethyl ether)	19°C, 0.165
二硫化炭 (C <sub>2</sub> )	17.5°C, 0.014
甲苯 (toluene)	17.5°C, 0.623

化學性極安定，在75°C可放數星期，80°C Abel-試驗可耐數小時；145—146°C半小時方微微分出氧化氮；175°C以上方生黃煙，190°C方生紅煙；205°C乃燒着，但燃燒仍不猛烈。（參考一）（但或以為213°C方能燃着，參考三。）以火柴頗難點着；以更強有力之方法點火，則徐徐燃燒，對於機械的摩擦力鈍感；在粗孟鉢中摩擦，僅發大聲而不致正式爆轟。惟對於機械的壓縮及震動，則較敏感；Kast落錘試驗之結果，在15—20公分之間。（參考一）

自上而觀，奔特脫就安定性而言，與芳香族硝化物相近，而與同族之甘油硝酯，（俗名硝化甘油 nitroglycerine）乙二醇硝酯，（glycol dinitrate）己六醇硝酯，（mannitol hexanitrate），及丁四醇硝酯（erythritol tetranitrate）等，反大不類。蓋凡脂肪族之硝酯，均遠較芳香族硝化物為不安定（故均不能用為軍用炸藥）且構造式中炭鏈尤長則尤不安定，是以甘油硝酯較乙二醇硝酯為不安定，丁四醇硝酯較甘油硝酯為不安定，己六醇硝酯則更不安定。（硝化纖維則其中氫氧基未完全酯化，且構造複雜，又當作別論。）今奔特脫雖炭多，硝酯基多，而反較安定。Stettbacher以為此乃因其分子構造非為直綫炭鏈，而為以一炭為中心，成對稱形佈置之故。（參考四。）

據 Stettbacher 之意見，此中央之炭，不特使其安定，且使其炸力強大。（參考五）且含氧較一般軍用炸藥為多，（蓋近代之炸藥，均為芳香族硝化物，



而芳香族硝化物均缺氧也。)與理論上所須完全燃燒之值,不過相差10%,從而炸力較 T. N. T. tetryl 等炸藥為特大。爆熱, 1403cal/kg, 爆溫 4300°C., 發生氣體 780呎/公斤, Trauzl 鉛塊試驗 470C.C., 爆速 8400 公尺/秒。(參考六)惟此等數字文獻上每多歧異,如爆速或以為乃 8400 公尺/秒(見上),或以為, 5330 (參考一)或以為, 5050, (參考七)或以為 7300 (參考八),此等數字之不同,或由於試樣受壓程度之不同,大概結果在 8000 公尺/秒以上者,均已受壓至 1.62 以上(最大可達 1.70)

引爆極易,用最弱之一號雷管即足完全引爆,(參考一)

## 二 用途

(1) 雷管 因引爆易而炸力大,故以前雷管中加芳香族硝化物以增強者,今每以此物代之結果較優,例如用 tetryl 及氮化鉛之雷管中後者至少須 20 粒,方能完全引爆,今倘以奔特脫代 tetryl,則氮化鉛 1 粒已夠。(參考一)

(2) 傳爆索 (detonating fuse) 以前之傳爆藥,均用雷汞或梯恩梯(T. N. T.)等,今則有所謂 Niperyt fuse 者,裝奔特脫,其性質特優,蓋爆速較高,及爆速較規則也。

Niperyt 索	6300—7300公尺/秒(視加壓程度)	變化 0.00—0.03%
雷汞索	5000—5300	變化 0.16—3.76%
梯恩梯索	5000	變化 0.16—3.76%

再者,他種爆索受彎折時爆速每大變,Niperyt 則僅受 0.8—1.0% 之影響,且以此種傳爆索作 Dautriche 試驗時,刻痕清晰至 1.2 粒;裝梯恩梯者則僅清晰至 1 粒。(參考九)

(3) 發射藥 奔特脫之主要用途,乃混入他種後作炸藥用,(見下文)而提議用之於發射藥者,亦不乏其人,或以為加入此物後,此發射藥較易點火(參考十),但或有對此抱懷疑之態度者,蓋奔特脫未嘗易點火也(參考十一)

然據作者自德國友人方面得來之消息,大戰中德國之發射藥,即有用之者;效果且極宏云。

(4) 炸藥 奔特脫之性質,具梯恩梯及甘油硝酯二者之長,本為最合理想之炸藥,惜乎有三大缺點:第一點,熔點太高,不能熔鑄;加壓究竟有危險;裝之炮彈則不特炸力小,且其彈道亦不良好;第二點,對於機械之震動壓縮,尚嫌太敏感,幸而現今已有解決此二點之方法,即加入甘油硝酯,使成所謂 Penthrinite 也。

蓋奔特脫所以對機械之震動壓縮敏感者,蓋因其中包含之空氣受斷熱壓縮所致(參考十二),故加 20—30% 硝化甘油後,空隙即可填滿,同時因甘油硝酯為液體,故 Penthrinit 具有可塑性,在 600 氣壓下,即可壓至密度 1.69—1.70;加更大壓力,可達 1.720 是則感度及熔點二項困難,均可解決,而同時因甘油硝酯有過剩之氧,可以補奔特脫之不足,故炸力更大,含 60% 奔特脫 40% 甘油硝酯者,爆速達 9500 公尺/秒,為現今任何其他炸藥在任何狀態下所遠不逮者。(冰凍之甘油硝酯,亦僅 9000)(參考十二)惜硝化甘油加入之量,超過 20% 即易滲出。(參考十三)故現今用者,均為 80/20 Penthrinit。

據 Stettbacher 之研究,80/20 Penthrinit 之爆速為 8600 公尺/秒,爆炸熱 1449.5 Cal./Kg,最大密度 1.72,鉛塊試驗 530—621 C.C.,Kast 落錘試驗 2 公斤者 29—35 槓(純奔特脫 27 槓,甘油硝酯 5 槓, tetryl 30—31 槓,黃色炸藥 37—38 槓),又以鐵板試驗證明其炸力不特大於純奔特脫及甘油硝酯,且大於甘油硝酯與硝化纖維所成之爆膠 (blasting gelatine)。換言之,即超於現今一切軍用工用之炸藥及爆藥也(參考十四至二十一)

惟 Naoum 之意見大為不同,氏所用之試樣,為 70/30 之 Penthrinit,結果證明 Penthrinit 之力雖大於甘油硝酯,而實小於爆膠,下為氏研究結果之一斑(參考二十二至二十三)

爆膠 93/7      Penthrinit 70/30

(10克)鉛塊試驗	575 C.C.	510 C.C.
(100克)鉛板試驗	29 m m.	28—30mm.

Nacum 與 Stettbacher 因此問題,曾爭辯多次,各有實驗為證,實使吾人無所適從,或者二人之試樣之密度不同歟?惟有一點則為二氏所共認,即 Pethrinit 之力,大於甘油硝酸酯及純奔特脫且性質又安定也,即此一點,已足見奔特脫之價值矣!

除甘油硝酸酯外,尚可加入他物,如硝酸銨,甲硝胺(Methyl nitramine),二硝基二烷基萘醯及其他許多脂肪族醯及硫醯,臘,樟腦,乙二醇硝酸酯等,例如(參考八及二十三):—

二硝基二甲基萘醯 (dinitro—dimethyl—oxamide)	30%	} 爆速 7500 熔點 100°C.
奔特脫	70%	
奔特脫	37%	} 鉛塊試驗 430 C.C. 爆速 (d=1.36) 6600 公尺/秒 鐵板試驗,力強於 tetryl
甘油硝酸酯	10%	
二硝基	5%	
硝酸銨	48%	

惟此等炸藥,究不及 Penthrinit 之力大,故現今之奔特脫之應用,以造成 Penthrinit 為首也。

### (三) 製造

奔特脫為對稱戊四醇之四硝酸酯,而此醇乃一有機合成品,故奔特脫之製造,可分原料合成及硝化二部。

#### 對稱戊四醇 Pentaerythritol 之合成

合成之原理如下:



而其中醋醛可以醋酸代之。

甲.用醋醛(acetaldehyde)爲原料者。

對稱戊四醇之製法,最早見于文獻者,似爲 Tolleswiegand 法 (參考廿四及廿五) 其概要如下:600克蟻醛溶液 (32.4%之 formalin, 或其他濃度之相當量。) 60克醋醛, (60%溶液 100克)。在 10 呎瓶中加 8 1/2 呎水。另以 160 克氫氧化鈣在 500C. C. 水中之溶液, (溶後冷卻至常溫) 加入前液, 少許時後溫度升 1 1/2°C. 生弱棕色烟, 震動, 一二月後, 加 蓷酸 (Oxalic acid) 約 130 克, 使鈣沉澱。在水鍋中蒸發至 1/10——1/20 體積, 乃得黃色結晶約 115 克。在水中重結晶, 熔點 253°C.

Rave - Tollens 發表之方法 (參考廿六) 與上法相仿, 惟用量與理論所需要者幾同, (上法須蟻醛多用 10%)

125 克	蟻醛	}
47 克	醋醛	
125 克	氫氧化鈣	

Stettbacher 氏採用 Tollens—Wiegand 法, (參考廿七) 而用量較多, 在木桶中作用, 可稱工業的方法。工作時間 Stettoacher 以爲三星期已夠, (三星期中, 每天攪三次澄清一二日後濾過。)

惟用蓷酸沉澱鈣時, 蟻酸難以回收。故工業上有時不利用蓷酸而利用蟻酸鈣與戊四醇之溶度與溫度之關係——前者之溶度隨溫度之變化頗小——將其分開, (參考廿八) 又 Charles E. Burke 用碳酸鉀或鈉去鈣 (參考廿九)

近今工業上所用繼續法 (見下) 中, 據云亦可用醋醛, (參考三十) 但作者對此頗爲懷疑, 因用醋醛一般均須長時間也。

乙.用醋酸者

最早用醋酸及蟻醛合成戊四醇者, 似爲美國 Picatnny 兵工廠之實驗室

(參考三十一)以氫氧化鈣為凝縮劑得率50—54%。

Friedrich d. Wilhelm Erun用一分子醋酸,四分子蟻醛,在稀水溶液中,保持 $15^{\circ}\text{C}$ .)加入一當量之鹼或鹼土金屬,一小時後漸加溫至 $45^{\circ}\text{C}$ .,保持一小時即得。(參考三十二)

Backer-Schurink 用重合之蟻醛(Patafomaldehyde)與醋酸作用,以氧化鈣為凝縮劑其法以190克粉末氧化鈣,加入210克醋酸及800克重合蟻醛在5呎水中之溶液中,保持 $60^{\circ}\text{C}$ .,二小時冷後,溶液以骨炭去色,用鹽酸中和,在真空蒸發,使蟻酸鈣析出,將此熱液濾過後,在冰中冷卻,則得350克之成品,熔點 $257^{\circ}\text{C}$ .,母液中尚可再得100克。(參考三十三及三十四)

日人酒井正(Tadasu Sakai)用12.6—19.5份之蟻醛,溶于50—100份水中加5.8—7份醋酸,再以粉末之氫氧化鈣(—18份)緩緩加入同時攪拌,在 $50-70^{\circ}\text{C}$ .,加熱二小時,去鈣,蒸發如常,得率60%(參考三十五)

此外關於製法之文獻尚多。(參考三十六,三十七及三十八)惟大致相同,至於凝縮劑,大多用石灰,亦有用鹼者,Arnaldo Corbellini 及 Alfredo Langini曾試用鈣,鎂,鈉之氫氧化物及碳酸鈉等諸物,在 $40-90^{\circ}\text{C}$ 之間,作種種試驗,結果以用氫氧化鈣為最宜。(參考三十九及四十)

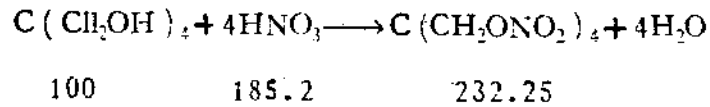
工業上之製法,大概亦如上述,惟Meissner發明繼續法,即將當量之蟻醛及醋醛,同時流入器中,用氫氧化鈣凝縮,流出者即為合成之戊四醇。(參考四十一)

凝縮所得粗製品,帶棕色,以96%酒精洗即變白,即可用於硝化,或再在水中重結晶更好。(參考廿七及四十二)但欲得十分純者,僅重結晶不能達到目的,蓋其中必含有dipentaerythritol也。(參考四十二及四十三)欲得純粹者,須在高度真空中, $130^{\circ}\text{C}$ 昇華,數日後乃成透明結晶,熔點 $259^{\circ}\text{C}$ (未修正), $260.5^{\circ}\text{C}$ (修正);而一般重結晶所得者熔點不過 $253^{\circ}\text{C}$ 也。(參考四十三)但據Stdtbacher之研究,戊四醇稍不純,於造成之奔特脫之品質無

甚大影響；原料熔點相差十餘度者，成品熔點不過差1°C，得率不過少0.6%而已。（參考四十四）故硝化用之原料，不特決不昇華，有時且可不重結晶。

### 硝酯化

作用原理如下：



一般火藥之硝化，均用硝酸硫酸混成之混酸。但造奔特脫時，倘用混酸硝化，則每成黏團而難於濾過，且成品安定度低，故一般多用硝酸。茲將量普通之 Stettbacher 法列下：作者曾照此製造，完全成功，惟得率僅91%，熔點136°C，爆炸點210°C。（用 Stettbacher 之新法）

100克若粟粒大小之戊四醇，緩緩在攪拌中加入300—430C.C.之發烟硝酸（1.52）中。此發烟硝酸之量，Stettbacher 以前發表之論文中，云為400—430C.C.，即為理論之三倍。（參考一及四十五）最近發表之論文中，則250—300C.C.已夠，且結果較好。（參考四十四）戊四醇加入硝酸中後，器之四圍以12—15°C之水包圍，使其溫度低於25°C，達30°C，本亦無危險，但有害得率，宜避免。約半小時後，乃在此半溶半沉之水液中，一面攪拌，一面加入100—400C.C.濃硫酸。（以前 Stettbacher 發表之論文中，云400C.C.；但最近之論文，則云100C.C.）此時仍不得超過25°C。吸濾，以冰冷之水洗，乃得含水約11—12%之成品，得率97%。此粗製品尚附着些酸，須加精製法。將100克粗成品，溶於350—400C.C.丙酮中，在回流冷却器中，加熱至沸，加粉末碳酸銨約3—4克，至石蕊紙變藍為止。將此熱液入1100—1200C.C.水中，（或96%酒精亦可）攪拌，則奔特脫成細粉沉下。吸濾，洗，在35—45°C烘乾，熔點136—139°C，得率93—94%。熔點所以低者，因尚含有 pentaerythritol 之六硝酯，欲去之，須反覆在丙酮中部分結晶。廢酸稀釋，尚可得一些奔特脫，但成糖漿狀。

一般得出之成品爲細粒狀。如欲得粗粒者，則可將細粒者100克，溶於200克丙酮中，以水圍此溶液攪拌，可得70克粗粒之成品，熔點與原來細粒者差不多。溶液中尚存之30克，可再析出，但熔點較低。

精製亦可用硝化苯或戊醇(amylic alcohol)。(參考四十六及四十七)

Stettbacher 在最近發表之論文中(參考四十四)，又云可不傾入硫酸，而傾入2—2 1/2倍水中，得率可達98%。溶點137—138°C。但作者照做，得率僅90%。

上述之 Stettbacher 法，乃最普通者，此外尚有他法。例如將一份戊四醇，溶於6份硫酸中，傾入3.5份混酸中(此混酸之成分爲88%發烟硝酸，12%硫酸所成)(參考四十八)另一法則不加入混酸而加入硝酸中(參考四十九) Heissner 之工業上之繼續法，亦爲先溶於硫酸者。硝化器包琺瑯，以免鐵作接觸劑而生出危險之硫酸酯(50°C即炸)。如此所得之粗製品，以丙酮精製後可耐 Abel 試驗三小時。(參考五十五十一)

## 結 論

奔特脫具有芳香族之安定及脂肪族之能力，故實爲良好之炸藥。混入甘油硝酸酯後之 Pentritol，則免去奔特脫之缺點而同時炸力更增不特遠超過梯恩梯，Tetryl 等炸力，且超過甘油硝酸酯及純奔特脫而與爆膠相頡頏。且其性之安定(無論化學方面或機械方面)又遠非爆膠所能望其萬一。故此種炸藥在軍用上，在工業上，均可應用，且爲極有價值者也。

惟價格尙較梯恩梯及甘油硝酸酯等爲昂，但較之 Tetryl 已較廉且此後因合成化學技術上之進步，及產量之增加，價格尙可減低。

至於製造，則原料之合成，自以用醋酸蟻醛爲簡速，(舊法用醋醛者須數星期，今祇須數小時。)在工業上且可用繼續法。硝化則實驗室中以 Stettbacher 法爲便，工業上則亦可用繼續法。

有一點可附帶注意者：即以前之火藥，其原料大概均不外乎煤膏，棉，甘油，木等，其製造可稱（半合成）。今奔特脫之原料，若甲醛，若醋酸，均可合成；（前者自一氧化炭及氫後者自乙炔。）而硫硝酸亦均自元素人工合成，故此種火藥，可視作完全人工之合成品。按火藥在本世紀幾無甚大進步；其原因據作者個人之觀察，即因有機合成尚未十分發達，而自煤膏，木，……等所能造出之火藥，究屬有限。今則有機合成，已自萌芽時代而進入光明時代，則此後之火藥，或當另開一新紀元歟。

#### 誌 謝

此文起草於旅行期間。參考材料均取自北平圖書館，協和醫學院，南京兵工署技術司等處。及返漢，又利用漢陽火藥廠之儀器藥品，試為製造。整理時復承學友李君潤田給予幫助不少。一併誌謝。

#### 參 考

- (一) Naoum, N. G. d. N. G. explosives
- (二) C. A., 25, 2890, (1931)
- (三) C. A., 25, 5290, 5290, (1931)
- (四) Z. Y. S. S. 11, 112, (1916)
- (五) Z. Y. Z. Y. S. S. 25, 461-2, (1916)
- (六) C. A., 26, 3114 (1932)
- (七) Z. Y. S. S., 28, 42-6, (1933)
- (八) Z. Y. S. S., 27, 191-93, (1932)
- (九) Z. Y. S. S., 26, 184-7, (1931)
- (十) Germ, Pat., 81, 358, (1894)
- (十一) Bruniwig, Raudhlose Pulver, 54
- (十二) Z. Y. S. S., 23, 358, (1928)
- (十三) C. Ae, 26, 3114, (1932)
- (十四) Z. Y. S. S., 25, 278-9, (1930)
- (十五) Z. Y. S. S., 26, 38-40, (1931)
- (十六) Nitrocellulose, 4222-7, (1933)



- (十七) N.C., 6-12, (1934)
- (十八) Ceem. Ztg., 55, 635-5, 671-31, (1931)
- (十九) Chem. Ztg., 433-4, 544-6, (1929)
- (二十) Zt. t. anqmie, 43, 844,
- (廿一) 兵工醫雜, 誌一卷, 71-74
- (廿二) Z.Y.S.S., 26, 40-5 (1931)
- (廿三) Z.Y.S.S., 25, 442-6, (1930)
- (廿四) Annalen, 265 316-9, (1891)
- (廿五) Vanino, Preparative Chemie, Bd. II.
- (廿六) Annalen 276, 58, (1893)
- (廿七) Z.Y.S.S., 182-4, (1916)
- (廿八) Yerm. Pat., 289, 932, (1914)
- (廿九) V.S. Pat., 1, 716, 110, (June 4, 1926)
- (三十) Brit. Pat., 307, 783, (Sept. 28, 1929)
- (卅一) Orq. Syntesis, IV, 53-6, (1925)
- (卅二) Ber., 63A, 2681-91, (1930)
- (卅三) Rev. trav. chim., 50, 921-30, (1931)
- (卅四) Orq. Syntesis, Collective, Vov. I., 477-9, (1932)
- (卅五) Jad. Pat. 94, 210, (Jan. 19, 1932)
- (卅六) C.A., 27, 3653, (1933)
- (卅七) Russ. Pat., 24, 873, (Nov. 1, 1928)
- (卅八) ~~Pat.~~ 736, 379, (Aug. 27, 1931)
- (卅九) Giorn. Chim. ind. applicata, 15, 53-6, (1933)
- (四十) C.A. 27, 4527, (1933)
- (四十一) Yerm. Pat., 536, 916, (Sept. 29, 1926)
- (四十二) C.A., 27, 4676, (1933)
- (四十三) Aer., 44B, 114-9 (1931)

- (四十四) N.C., 179-84, (1933)  
(四十五) C.A., 22, 3992, (1928)  
(四十六) Eng. Pat., 155,787, (1931)  
(四十七) Eng. Pat., 378,500, (Aug. 15, 1932)  
(四十八) Switzer. Pat., 155,787, (1931)  
(四十九) V.S. Pat., 1, 666,651, (Feb. 28, 1923)  
(五十) Ger. Pat., 539,175, (Sept. 29, 1929)  
(五十一) C.A., 27, 4676, (1933)

此外之文獻尚多，如Z.Y.S.S., 28, 2-6, 51-3, 80-3, 113-6, 1933; C.A., 27, 3114, 1934; Z.Y.S.S., 22, 95-9, 135-9, 1927; Ztanpew. chemid, 41, 716-9, 1928; Z.Y.S.S., 27, 73-6, 125-7, 158-8, 1932; 等。又關於本篇中所用火藥學術語，可參考 Lorsball: Explosive; Vmnswiq: Explosivstoffe 等火藥學書籍。

# 界限樣板

高慶春

## 一 緒言

過去數十年大量生產方法之進展,已給界限樣板以加速的進步。緣以大量生產之必要條件,即為製物之標準化,統一化及有互換性。而欲滿足以上之條件,則非有界限樣板不為功。爰將界限樣板之種類及理論,介紹於下,以饗讀者。

## 二 互換性 (Interchangeability)

於軸與孔,螺桿與螺帽等,成對而動作之部分品,其相互間之尺寸,須有一定之關係存在時,始能完成其機能。過大之軸,則不能與其孔相嵌,過大之螺桿,亦不能與其螺帽相吻合。如斯將此互相成對而動作部分品,如先作其一,再作其他,使與此相合,當可不成問題。然如此則不便利之處殊多,為現代工業所不採之方法。蓋為先作其一,再作其他時,不但對分業有故障,更不能個個預備特別之預備品,以防對手方之破損也。故如使任意對之一方,俱可與任意對之他方嵌合時,則便利必多矣。如此可任意與某一對手方相嵌合之性質,稱為互換性。

互換性必要之條件,即其尺寸之正確。但一切工作品,欲其與希望之尺寸,完全一致,甚為困難。無論如何,亦有若干之誤差,然於實際即有多少尺寸之相異,亦有諸多可達到目的者。但此相異之程度,須有一定之界限,亦即須有

與理想者一定之相異程度始可,其差異量不超過此範圍者,即可達到目的。故所謂有互換性者,乃指於範圍內有互換性之意也,規定此範圍者,即界限樣板也。

### 三 單一樣板方式 (Single gauge system)

關於使製品有互換性之方法,於十九世紀之中葉已有 TasephWhitworth 氏之考案,氏於製造軸與孔時,曾先預備一正確相嵌合之環與栓,或與其類似之一對樣板,即以此為標準而製造之,稱此一組之樣板為單一樣板方式,或標準樣板方式 (Standard gauge system.)。所謂單一者,即對於軸與孔,只各用一樣板以規定之故也。用此單一樣板與製品以互換性時,須有感覺之作用相助,今日已不採用此方法。(至1914年止,樣板皆專用此式者)

### 四 界限樣板方式 (Limit gouge System.)

界限樣板方式者,乃為用大小兩個樣板以規正一個製品之工作方法是也。以此大小兩樣板之尺寸適規正可滿足其部分品之目的與機能者,故如鏟削軸時,鏟至使大樣板通過,小樣板不通過之程度止即可,此方法之最利點為祇用合乎條件之正確樣板,即可完全分業,於是各種之專門工場,乃可充分發揮其能率大量生產。

於詳述界限樣板之前,須先將嵌合說明之,例如孔與軸之嵌合,可有種種不同之情形,有時軸須任意迴轉,有時軸須無難而滑轉,有時則須完全不能迴轉,總之此等之條件,俱為以孔與軸間之間隙之大小而定者,故須將孔與軸以一定之尺寸誤差而製作之始可,將此種工作變為簡易者,即界限樣板方式也。

工作中尺寸之測定法,有(1)尺度與卡鉗,(2)副尺卡鉗,(3)分厘卡,(4)單一樣板方式,及今欲說明之界限樣板方式。

1. 用尺與卡鉗法：用此測定法時，欲使各單獨製作應嵌合之部分品，而嵌合之，甚為困難，故須先製成孔與軸之一方，再作他一對手品以為嵌合。例如先製成孔時，則用此測定法，雖不免有 0.3mm 之誤差，但如將軸，鑿至與此相合而嵌合之時，則孔之公差，即不成問題，而可適當嵌合之。但此方法，絕不能分業。

2. 用副尺卡鉗法：用此方法亦與上法相同，先作其一，再配裝其他，孔之公差，雖可小至 0.1mm 左右，但仍無互換性，而不能分業。

3. 用分厘卡法：普通之分厘卡，概可測至 0.01mm 之程度，故與前二法比較，可將部分品之公差減少，雖分別製造部分品，亦未嘗無交換性，但以及即於分厘卡之上等品，亦常不免有  $\pm 7\mu$  左右之誤差，故不適用於高級品。他方更以分厘卡有價值甚高，處理不易及易錯誤等缺點，尤為不適於高級品之條件。

4. 用單一樣板法：用此方法，當可充分與以互換性，但嵌合之程度，則完全依製作者之判斷而定，甚難大量製造。

5. 用界限樣板法：此為於一定之誤差即公差內製造者，故可完全支配軸與孔間之間隙，又樣板之使用法亦容易，能率甚高。

### 五. 關於界限樣板之定義

1. 界限樣板：界限樣板者，為於完成某製品時，以相當於其製品所能容許之最大尺寸與最小尺寸之一組樣板為標準，而使製品完成時之尺寸，位於此界限內之謂也。

2. 通過樣板與不通過樣板：(Go gauge and Not go gauge) 於一組界限樣板內，對孔言小者謂之通過樣板 (Go gauge)，大者則謂之不通過樣板 (Not go gauge) 對軸言，則與此相反，大者謂通過樣板，小者為不通過樣板。

3. 單一樣板 (Single gauge)：此為對界限樣板而言者，即只用一個樣板之謂。

4. 工作用界限樣板 (Shop or working limit gauges): 此為於工場內,使用於實際工作作業之界限樣板。

5. 檢查樣板 (Inspection gauges): 此為檢查者所使用之樣板。

6. 主樣板 (Check gauge): 此為使用於檢查工作樣板與檢查樣板者。檢查對軸之樣板之主樣板,其形與軸相同,為栓形。檢查對孔之樣板之主樣板,其形則與孔相同,為環形。

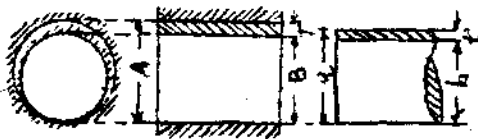
7. 公差 (Tolerance): 工作品所能容許之尺寸誤差,稱之為公差。對製品者,則謂之製品公差,對樣板者,則謂之樣板公差。

8. 嵌合 (Fit): 嵌軸入孔內,及與此類似之處理,為應其部分之機能計,有給兩者間以間隙 (Clearance) 或 Obstruction 之必要。此機械部分相嵌合之關係,即稱之為嵌合。

9. 稱呼尺寸 (Nominal dimension): 此為表示嵌合部分大小之基本尺寸,亦即記入於製作圖內之尺寸也。

10. 實際尺寸,界限尺寸,最大尺寸,最小尺寸: 機械部分實際製成之尺寸,稱為實際尺寸 (Actual dimension) 然實際尺寸,甚難正確與一定尺寸相合,故

第一圖



須承認有公差,而其大小兩界限之尺寸,則為界限尺寸,其中最大者稱為最大尺寸,最小者則稱為最小尺寸。此兩尺寸之差,即等於該製品之公差。

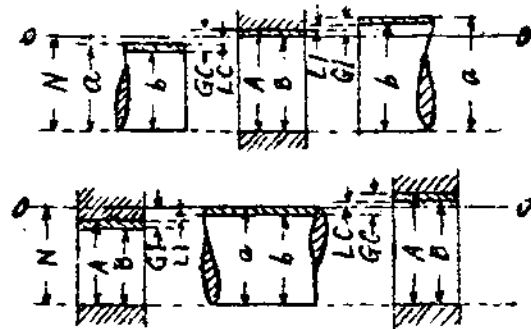
第一圖所示者,即各量間之關係,例如

最大尺寸	$A = 60.035\text{mm}$	$a = 59.968\text{mm}$
最小尺寸	$B = 60.000\text{mm}$	$b = 59.935\text{mm}$
孔之公差	$T = A - B = 60.035 - 60.000 = 0.035\text{mm}$	
軸之公差	$t = a - b = 59.968 - 59.935 = 0.033\text{mm}$	

11. 最小間隙,最大間隙,最大緊量,最小緊量: 於有間隙之嵌合,孔之最小

尺寸與軸之最大尺寸之差，稱為最小間隙（最小間隙，為應部分品之機能而故意給與者，又稱為公隙，Allowance）孔之最大尺寸，與軸之最小尺寸之差，稱為最大間隙。又於有緊量之嵌合，軸之最大尺寸，與孔之最小尺寸之差，

第二圖



稱為最大緊量。軸之最小尺寸，與孔之最大尺寸之差，則稱為最小緊量。

N = 稱呼尺寸      LC = 最小間隙  
 GC = 最大間隙      GI = 最大緊量  
 LI = 最小緊量

(例) 有間隙之嵌合。

孔

軸

最大尺寸  $A = 60.035\text{mm}$   
 最小尺寸  $B = 60.000\text{mm}$   
 最小間隙  $LC = B - a = 0.032\text{mm}$   
 最大間隙  $GC = A - b = 0.100\text{mm}$

$a = 59.968\text{mm}$   
 $b = 59.935\text{mm}$

(例) 有緊量之嵌合

孔

軸

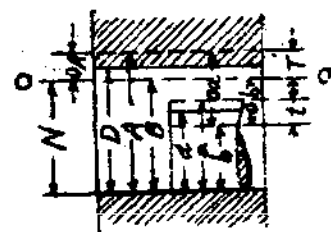
最大尺寸  $= 60.035\text{mm}$   
 最小尺寸  $B = 60.000\text{mm}$   
 最大緊量  $GI = a - B = 0.110\text{mm}$   
 最小緊量  $LI = b - A = 0.050\text{mm}$

$a = 60.110\text{mm}$   
 $b = 60.085\text{mm}$

12. 尺寸差,上尺寸差,下尺寸差: 實際尺寸與稱呼尺寸之差,稱為尺寸差。又最大尺寸與稱呼尺寸之差,稱為上尺寸差。最小尺寸與稱呼尺寸之差,稱為下尺寸差。如取第三圖為例時,則如下:

(例) 尺寸差

第三圖



稱呼尺寸	$N = 60.000\text{mm}$	孔之尺寸差 = $i - N = +0.020\text{mm}$
孔之實際尺寸	$D = 60.020\text{mm}$	軸之尺寸差 = $d - N = -0.050\text{mm}$
軸之實際尺寸	$d = 59.95\text{mm}$	

(例) 上尺寸差, 下尺寸差.

稱呼尺寸	$= 60.000\text{mm}$	$N = 60.000\text{mm}$
最大尺寸	$A = 60.035\text{mm}$	$a = 59.968\text{mm}$
最小尺寸	$B = 60.000\text{mm}$	$b = 59.935\text{mm}$
上尺寸差	$0A = A - N = 0.035\text{mm}$	$0a = a - N = -0.032\text{mm}$
下尺寸差	$0B = B - N = 0$	$0b = b - N = -0.065\text{mm}$

## 六 嵌合之種類

嵌合之分類依國家而不同, 例如分爲下列之數種, 亦爲其一法.

1. 輕轉合 (Light Running Fit): 能容易迴轉者.
2. 轉合 (Running Fit): 與上者略同, 但爲精密嵌合者.
3. 滑合 (Sliding Fit): 互相滑動嵌合者.
4. 押合 (Push Fit): 用人力押合, 或以木槌輕打合者.
5. 打合 (Driving Fit): 用鉛槌或鐵槌打合而固着者.
6. 輕壓合 (Light Force Fit): 用 Screw Jacky 或水壓 press 壓力壓合者.
7. 壓合 (Force Fit): 較上者更堅固嵌合者.
8. 燒嵌 (Shrinkage Fit): 加熱於孔, 使其膨脹, 將軸嵌入, 冷卻後收縮以緊固者.

如上法將嵌合分類時, 雖有顧名思義之便利, 但亦有易混同而不分明者, 例如打合與押合者是, 蓋以其打或押之力依直徑之大小而不同故也.

於日本規格 (JIS), 將嵌合分類之如下:

1. 遊動嵌合或遊合: 於嵌合部分有適當之間隙, 而可互相運動者.



2 靜止嵌合或靜合：嵌合部分間隙甚小或有緊量而不能互相運動者。其中遊合，更可依間隙之大小，靜合，則依緊量之大小區為數種，亦即將嵌合依其嵌合部分之大小分為 1, 2, 3, 4 等級。其分類之標準，以嵌合公差為準。嵌合公差者，即孔與軸之公差之和是也。由嵌合公差之最小者起至最大者止，分為 1, 2, ……… 等級。

### 七 孔基準式與軸基準式

孔基準 (Hole Basis) 者，於欲得各種希望之嵌合時，不變孔之直徑，而將軸之直徑加減之以達其目的之方式是也。軸基準 (Shaft Basis) 者，則與此相反，為於行各種不同之嵌合時，不變軸之直徑，而加減孔之直徑，以希得適當嵌合之方式是也。此二者之何優何劣，則以何者為經濟為依歸。

至於何者為經濟，當以工場之經驗，製作之方式及設備而不同，不能一概而論。但由製作費及工作工具之價格等點觀之，則以孔基準式者為宜。但於特殊情形，例如以拉成之棒為軸時，則以軸基準式為便利。今日各國普通俱用孔基準，特別時，則用軸基準。

### 八 兩側公差與單側公差 (Bilateral and Unilateral Tolerances)

無論於軸基準或孔基準，其軸與孔之直徑差，如適合於希望之嵌合時，則對於基準之孔或軸，其尺寸即不正確與稱呼尺寸相一致，亦未嘗不可。但於事實，則多將基準之孔或軸，作成稱呼尺寸，乃屬自然之勢。然工作上之誤差，決不能不加以攷慮。所謂基準者，實際欲使其正確與稱呼尺寸相合，殆近於不可能。故須將必要之公差，分配於各對手品。

關此有種種意見，其主要之說有二。第一說主張，許多之製品，務將其尺寸，製成與稱呼尺寸相近，而求其平均 (average)，換言之，亦即主張將公差之一部，分配於稱呼尺寸之一方，而他部則分配於稱呼尺寸之他方者。稱此分配

法爲兩側公差。

第二說則主張多數製品之平均，不必與稱呼尺寸一致。如於遊合時，則設一孔不能較其小，軸不能較其大之制限即可。故基準孔（或基準軸）之公差，則完全置於稱呼尺寸之一方，於孔基準，則公差爲正，軸基準則公差爲負。名此公差之分配法爲單側公差。

關於兩側公差與單側公差之利害得失，其說紛紜，莫衷一是。但以前則兩側公差，甚爲廣用，而今日則多用單側公差。

### 九 公差之法則

直徑大者較直徑小者之製品，甚難精密製作，爲一般可想到之事實。故直徑大者之公差宜大。然公差之加大，則不與直徑之增加成正比例。蓋以直徑雖增加爲二倍，而公差則無即增加爲二倍之必要也。

現今各國，實際所用之公差法則如下

$$T = a\sqrt{D}$$

但  $D = \text{直徑}$

$a = \text{常數}$

觀此式直徑雖增至 8 倍，公差只增至 2 倍。於日本則採用下列之法則

$$T = 0.005\sqrt[3]{D}$$

但此式以用於一級孔爲原則，二級以下則用其倍數亦即對一級以下至四級止，則可用下式以表示之。

$$T = \alpha(0.005\sqrt[3]{D})$$

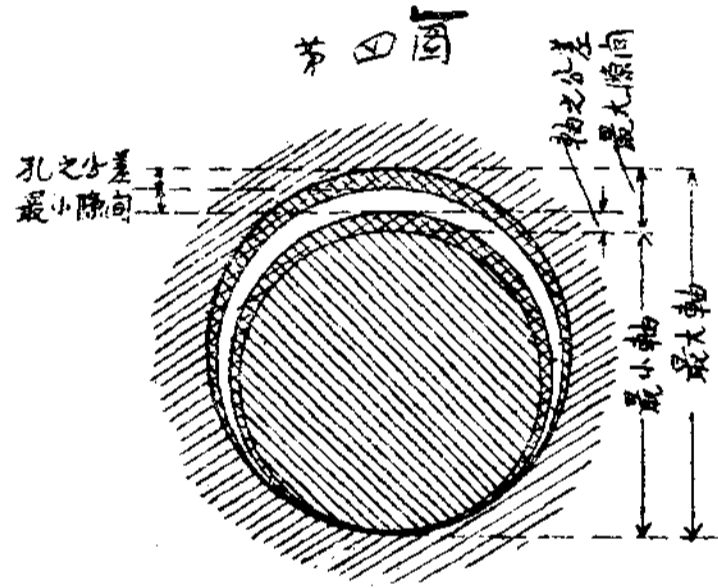
對各級  $\alpha$  之值爲 1,  $1\frac{3}{4}$ , 3 及 8。

但此公式適用之範圍爲至  $D = 500\text{mm}$  止。然以採用此公式時，則以  $T$  與  $D$  之關係，適爲一連續曲綫。故  $D$  稍有變化， $T$  即須隨之而變化，甚爲不便。於是

乃將自徑分爲12階級對每一階段,則用同一公差,其直徑之區分爲 1~3, 3~6, 6~10, 10~18, 18~30, 30~50, 50~80, 80~120, 120~180, 180~260, 260~360, 360~500.

### 十 間隙與緊量

1. 間隙: 將已給以公差之孔與軸等組合之以成若干對時,則於遊合,其間隙必由最小值而變至最大值其間之關係如下。(參照第四圖)



最大間隙 = 最小間隙 + 孔公差 + 軸公差. 關於最小間隙(公隙)之法則,各國所用之公式,俱稍有出入,茲舉數例於下.

$$A = k\sqrt[3]{D} \quad \text{德}$$

$$A = C\sqrt{C} \quad \text{瑞典}$$

$$A = K\sqrt{D} \quad \text{美}$$

$$A = a + b\sqrt{D + c} \quad \text{英}$$

$$A = \beta\sqrt{D}$$

$\beta$  之值分爲 0.0015, 0.004, 0.008, 0.013, 0.025, 0.045 之 6 階段.

2. 緊量: 軸之徑較孔之徑大時,則生有緊量.此緊量可視爲由 0.01 mm 左右起始有作用.故於已給孔與軸以公差時,雖於同一嵌合,亦以其完成方法之不同,對裝成之性質,即成變化,因此故時有代緊量而生間隙之危險,故有選擇裝成 (Selective Assembling) 之必要,爲此於 JES 至輕壓入嵌合 (p 靜合) 止,使最大緊量之計算值爲公差單位之倍數,於此嵌合無論於一級或 2 級,俱定其最小軸與最大孔一致,而使保有若干之緊量,將靜合分爲 j 嵌合, m 嵌合, n 嵌合, p 嵌合, r 嵌合等,由 j 起至 r 止,其緊量爲漸大者,各符號代表之嵌合種類如下

j= 押合                      m= 打合                      n= 強打合  
p= 輕壓合                      r= 壓分

更將嵌合,如前述依公差之大小,分爲四級如下

1級 p, n, m, j, h,                      (5種)  
2級 r, p, m, j, h, g, f, e, d,                      (9種)  
3級 h, f, d, b,                      (4種)  
4級 h, e, b, a.                      (6種)

其中 1 級適用於球軸承 (ball bearing) 輓輪軸承 (roller bearing) 等之高級品。 2 級適用於工作機械,各種電機及其他準此之諸機械, 3 級適用於一般諸機械, 4 級則適用於農業用諸機械。

以上所述,爲主對於孔基準者,但於軸基準時,亦各有規定茲將其記號,亦加以說明,即以英字母之大楷字爲基準孔,相例  $H_1$   $H_2$  如爲表示 1 級 2 級基準孔者,以小文字爲基準軸,例如  $h_1$   $h_2$  即爲表示 1 級及 2 級之基準軸者是,更以滑合 h 爲界,由 a 至 g 爲遊合,由 j 至 r 爲靜合今將於各種嵌合之公差單位,間隙及緊量之單位數列下: (亦即  $\alpha$  之值)

孔及軸之公差單位  $\alpha(0.005\sqrt[3]{D})$  之  $\alpha$  值.

a. 孔基準式

1級	$H_1$	p	n	m	j	h				
	1	3/4	5/4	3/4	3/4	3/4				
2級	$H_2$	r	p	m	j	h	g	f	e	d
	1 <sup>3/4</sup>	1 <sup>1/4</sup>	1 <sup>1/4</sup>	1 <sup>1/4</sup>	1 <sup>1/4</sup>	1 <sup>1/4</sup>	1 <sup>1/4</sup>	1 <sup>3/4</sup>	2 <sup>1/4</sup>	2 <sup>3/4</sup>
3級	$H_3$	h	f	d	b					
	3	2 <sup>3/4</sup>	3 <sup>1/4</sup>	4	5					
4軸	$H_4$	h	l	b	a					
	8	7	8	8	10					

## b. 軸基準式

1級  $h_1$   $p_1$   $N_1$   $M_1$   $J_1$   $H_1$  $3/4$  1 1 1 1 12級  $h_2$   $R_2$   $P_2$   $M_2$   $J_2$   $H_2$   $G_2$   $F_2$   $E_2$   $D_2$  $1^{1/4}$   $1^{3/4}$   $1^{3/4}$   $1^{3/4}$   $1^{3/4}$   $1^{3/4}$   $1^{3/4}$   $2^{1/4}$   $2^{3/4}$   $3^{1/4}$ 3級  $h$   $H_3$   $F_3$   $D_3$   $B_3$  $2^{3/4}$  3  $3^{1/2}$   $4^{1/4}$   $5^{1/4}$ 4級  $h_4$   $H_4$   $E_4$   $B_4$   $A_4$ 

7 8 9 9 11

C. 緊量之單位  $\beta \sqrt{D}$  之  $\beta$  $g_1G_2$   $f_1F_2$   $e_1E_2$   $d_3D_3$   $f_3F_3$   $d_3D_3$   $b_4B_4$   $e_4E_4$   $b_4B_4$   $a_4A_4$ 

1.5 4 8 13 4 13 25 8 25 45

## 十一 樣板之製作公差及磨耗代

樣板亦為製品之一故不能無誤差以製作之。但以樣板與製品不同，其製造數少，故可注意以製作之，然絕不能無公差。

(a) 樣板之公差，如不適當決定，則於用界限樣板時，其工作品之尺寸可超出公差以外。

(b) 對於樣板磨滅之公差，如不適當決定，則於樣板磨滅時，可生製品公差以外尺寸之製品。

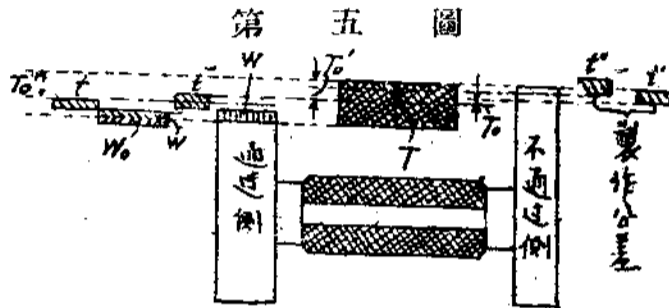
(c) 工作樣板與檢查樣板之公差，如不預先適當決定之，對於工作樣板合格之製品，有對於檢查樣板則為不合格者。

(d) 工業之範圍增大時，於以工作樣板與檢查樣板檢查之外，更有以主樣板檢查之必要，有時更有規定基準之必要。

以工作樣板、檢查樣板及主樣板之三段檢查者，稱為三段檢測，以工作樣

板及檢查樣板以檢查者,稱為二段檢測,只用工作樣板以檢查時,則稱為一段檢測。

今取最簡單者之一段檢查為例以說明之,第五圖即示其略圖。



如圖孔之公差為T,界限樣板之目的,即為不許製成或有較T更大之誤差,為延長樣板之壽命計,對於磨滅之公差,亦不能不加以考慮,故於通過側置以製作公差

t 與磨耗代 W,不通過側,以磨耗之量極微,不給以磨耗代,僅置以製作公差 t' 於一側,如斯則公差 T,乃可忠實以保持之,何則,蓋以通過側於使用中,至磨耗代消失無存為止,決不能製出製品公差 T 以外之製品故也,但如此,則大小兩樣板之製作公差及磨耗之和 t+t+W,乃進入於製品公差 T 之中,故工作上可利用之公差,即有效公差於最不良之情況下,

$$\text{有效公差 } T_0 = T - (t + t + w) \dots\dots\dots (1)$$

減少甚多,工作上發生許多之困難。

因此為避免此種困難計,將不通過側之製作公差 t'' 分配於兩側,而將正負等之,則

$$\text{有效公差} = T_0' = T - (t + w + t''/2) \dots\dots\dots (2)$$

此時則 t''/2 為位於公差之外者,故可減少製作之困難,但有製出大製品之危險。

其次尚有將磨耗代 w 分出 w<sub>0</sub> 一部分,而加入於最小尺寸之內側者,如斯則

$$\text{有效公差} = T_0'' = T - ((t + w - w_0 + t''/2) \dots\dots\dots (3)$$

今假定樣板之製作公差為製品公差之10%,磨耗代亦為10%時,則

$$(1) \text{式 有效公差 } T_0 = 100 - (10 + 10 + 10) = 70\%$$

$$(2) \text{式} \quad \text{有效公差} \quad T_o' = 100 - (10 + 10 + 5) = 75\%$$

$$(3) \text{式} \quad \text{設 } W_o = W/2 \text{ 時, 則}$$

$$\text{有效公差} \quad T_o'' = 100 - (10 + 10 - 5 + 5) = 80\%$$

以上為一段檢測之例,如為二段檢測時,則以用正確工作樣板所製作之製品,必為檢查樣板所通過,而於檢查樣板合格之製品,更必須位於公差之內,故檢查樣板之製作公差,乃進入於製品公差之內,使工作樣板之有效公差減少,於三段檢測,則以製作公差中,更進以主樣板之公差,故有效公差,尤為減少。

例: 假定	製作公差	磨耗代
工作樣板	10%	10%
檢查樣板	10%	5%
主樣板	5%	0%

時,如欲忠實保持公差時,則有效公差,僅為製品公差之35%,如將主樣板之製作公差,置於公差之外時,則有效公差,可增至45%。

故實際,甚難忠實保持公差之法則無已,只得稍違公差之法則,使工作容易並延長樣板之壽命。

## 十二 界限樣板之種類

界限樣板,可以其用途,而分類之,但其所測定之部分,則可歸納之為若干種類,即於構造特別複雜之製品,亦可視為由下列五種基礎尺寸,所組合而成者。

- (1) 孔與軸之直徑。
- (2) 寬度與長度。
- (3) 段之深度與高度。
- (4) 圓度。

## (5) 螺絲。

故測此等尺寸所宜用之界限樣板,即可決定。普通可將此種樣板分爲下列之八種。

- (1) 測內徑之界限樣板: 栓樣板 (plug gauges) 平樣板 (flat gauges) 棒樣板 (cylindrical and spherically-ended bar gauges)
- (2) 測外徑之界限樣板: 環樣板 (ring gauge) 外卡樣板 (snap gauge)
- (3) 深度樣板 (depth gauge)
- (4) 傾斜度樣板 (taper gauge)
- (5) 輪廓樣板 (profile gauge)
- (6) 位置樣板 (position gauge)
- (7) 螺絲樣板 (screw gauge)
- (8) 裝有指示器之樣板 (gauges with indicator)

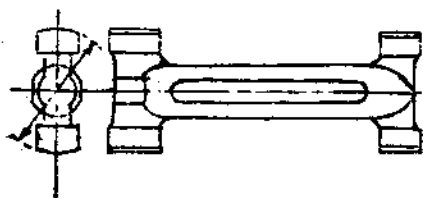
## (1) 測內徑之界限樣板。

第六圖



(a) 栓樣板: 第六圖所示者,爲普通所用之栓樣板。長栓爲通過側,短栓則爲不通過側。此即以通過側之磨減較多及易於與不通過側區別而然者。此外尚有單獨製造通過側與不通過側者,但應用不廣。又其製法,有將兩端之栓與中央之柄製爲一體者,有將兩栓單獨製造,而嵌入於中央之柄者。前者稱爲一體型,後者稱爲插入型。一體型者可製至50~61mm之直徑者,插入型者可製至100~200mm之直徑者。

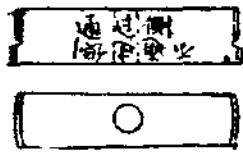
第七圖



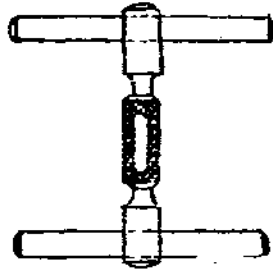
(b) 平樣板: 第七圖所示者,即其一例。其形狀與栓樣板相似,只栓樣板爲利用栓圓周之全部,而平樣板則只利用其圓周之一部而已。兩端有栓者,可製至50~100mm,一端有栓者,則可製至100~200mm。



(c) 棒樣板: 被測定物之直徑, 爲 200mm 以上時, 則徑樣板及棒樣板之重



第八圖



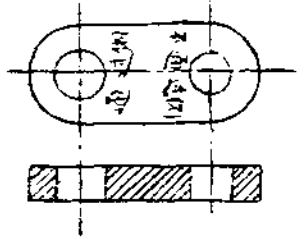
第九圖

量, 變爲甚大, 使用不便, 斯時使用棒樣板, 第八圖所示者, 爲有圓柱端面之樣板, 中心有孔, 以便嵌入適當之軸而便研磨之用。

與上同一目的有球端面之棒樣板, 亦爲其一例, 第九圖所示者即此, 其構造爲將通過側及不通過側嵌於柄之兩端, 者棒樣板以試驗孔之橢圓性, 並可用於測定深孔。

(五) 測外徑之界限樣板

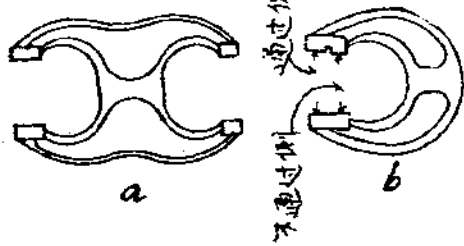
第十圖



(a) 環樣板: 此爲試驗軸形製作品之界限樣板, 第十圖所示者, 即其一例, 圖中爲將通過側與不通過側製於一樣板上者, 如軸之直徑於 70~80mm 以上時, 則通過側與不通過側, 各分別單獨成立, 普通環樣品之製作, 甚

爲困難, 且於工作中之使用亦不見便利, 故已有漸不使用之現象。

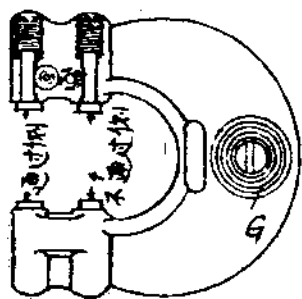
第十一圖



(b) 外卡樣板: 第十一圖所示者即其一例, 於圖 a 爲 X 型外卡樣板 (Double gap gauge or X gauge) b 爲 C 型樣板 (Horse shoe gauge or C gauge)

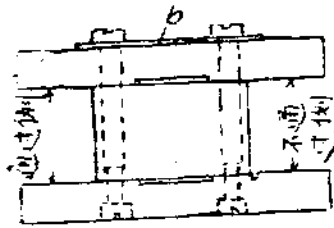
(c) 又第十二圖者示者, 爲 Johanson 社所攷

案之測定面可以調整之外卡樣板, 其構造如圖示, 使一方之栓可以不迴轉而進退, 其調整即用後端之螺桿行之, 調整完了後, 將其後端再以螺桿封閉之即可, 圖中 G 則爲避免熱之影響之膠皮片。

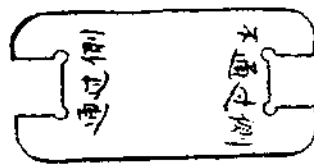


第十二圖

第十三圖所示者, 爲組成外卡樣板之一例, 其構造爲將有測定面之兩片, 以螺桿固定於一中心片上者, 此種樣板, 製定特別容易, 大量用界限樣板之工場, 甚爲適用。



第十三圖

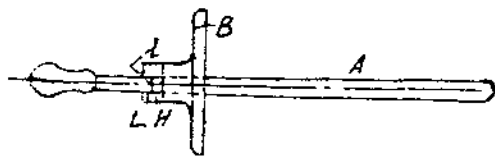


第十四圖

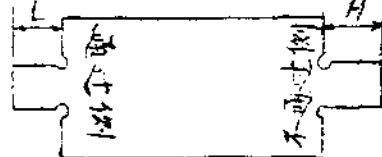
第十四圖所示者,為板樣板,可以測 50mm 以下之製品.

(Ⅲ)深度界限樣板 (Depth limit gauges)

測孔之深度之界限樣板,種類甚多,第十五圖所示者,即其一例,其構造為



第十五圖



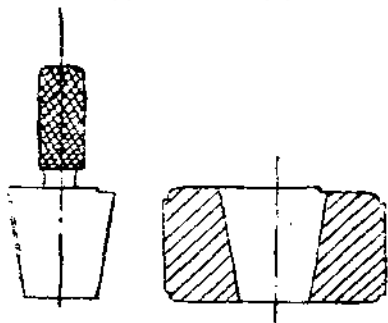
第十六圖

於棒A 嵌有套板 B. B 上刻有二綫 H 及 L, 以為指示上下兩界限之用,

棒A 上則刻有綫L. 測定時,使綫L 位於H 及L 之中間,則製品即為合格,第十六圖所示者,為有兩側之深度界限樣板.

(Ⅳ)傾斜度樣板 (Taper gauges)

第十七圖

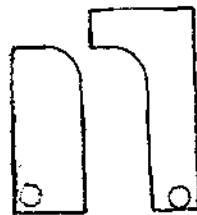


第十七圖所示者,為一對之傾斜度樣板,其端及圓錐面,俱經磨光,以此樣板與製品之嵌合度,即可知其傾斜度之如何,但如塗漆料於樣板上時,則更可得正確之傾斜度.

(V)輪廓樣板 (Profile gauges)

輪廓樣板之種類甚多,其最普通者為第十八

圖所示之圓度樣板, (radius or fillet gauges) 此等樣板,可將其半徑於適當範圍內者劃為一組.



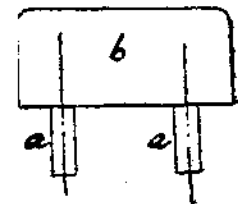
第十八圖

(VI)位置樣板 (Position gauges)

此為用於測定製品之部分品或其部分品之組成之關係位置者,最簡單者,即為第十九

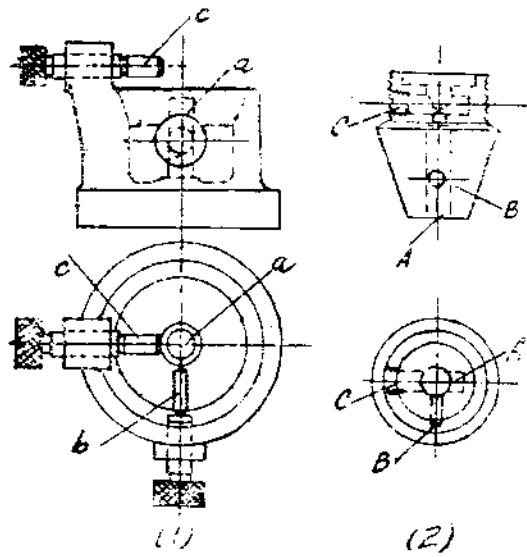
圖所示用於試驗兩孔之中心距離者,如圖 a 為淬火後之二鋼桿,將此嵌於片 b 上,兩桿之中心距離,即於製品之稱呼尺

第十九圖



寸相一致，為檢查孔之間隔之公差計，將桿之直徑，製成較孔之直徑為小者，便於應用。

第廿圖中(1)之所示者，即為檢定(2)之砲彈引信體上孔A、B、C等之位置之樣板。



樣板體為鑄鐵製，其圓錐面，適可承受引信體之圓錐部分。樣板之中心，有直立桿 a，此 a 即係與引信體中央之孔 A 相嵌合者，b、c 則為可前後移動之桿。

欲引信合格時，須使 a、b、c 三桿同時與引信體上之三孔嵌合始可。桿之直徑，較之孔直徑稍小，以給對孔之位置之公差。

此外尚有螺絲樣板及裝有指示器之樣板，種類繁多，茲不備述。



## 比國阿斯頓聯合化學工業社煉焦及 組造阿母尼亞部參觀記

張 安 南

歷史：據云該廠於大戰之前已有煤氣煉焦廠一所，但是時尙未成立聯合化學工業社，故規模頗小，僅爲煉焦及供附近煤氣之用，一九二四年始成立阿母尼亞製造廠，由化聯會建設，一九二七年乃更增建一倍，是時營業最盛，今則受世界經濟危機之影響，大部停頓，良可惜也。

資本：屢向彼詢，彼云建造非一時事，頗難言之，但查該化學工業聯合社資本總數則一萬九千二百萬佛郎，但有硫酸廠及照像片製造等廠一併在總數之內。

工人：該廠現有工人六百五十人，極盛時代當不止此。

原料：該廠所用原料：

1. 炭(粉炭) 因海運甚便購自英德，幾未用比國自有之炭也。
2. 硫酸 係聯合化學工業社他廠出品。
3. 石灰。
4. 空氣。
5. 修理維持各種物件。

成品：該廠成品爲。

---

\*Union Chimique Belge, Division Four à Coke et Ammoniaque

Synthétique. Usine de Zandoor, de Ostende.

1. 純粹阿母尼亞 每日出 30 噸至 70 噸
2. 焦炭
3. 煤氣 供本廠及附近用戶
4. 硝酸 每日出 20 噸至 45 噸, 100 %
5. 硝酸銻
6. 硫酸銻(中性者)
7. 硝石灰 (Nitrochaux, 肥料之一, 內含淡氣 15.5—16%N.)
8. 煤黑油及石炭乾溜之揮發物.

其次參觀各部.

(一) 運炭及存炭場 所有之炭均由運河運至廠之前面用起重機及運輸機將其炭分輸於煉焦爐及中央電氣廠.

(二) 煉焦爐: 共有三排爐, (3 Batteries) 第一第二均較舊, 第三為最新者 (一九三〇式), 所有上炭排焦均用機械若有矽石保熱器能將易於放射之熱力保存, 此石則用本廠他部所有之殘餘煤氣及貧熱煤氣等以供給其熱力 (非直接用炭本身燃燒之熱力換言之即係石炭乾溜), 故所得之氣體焦炭及煤黑油等均頗盡量, 以是雖值經濟危機而此排爐獨有存在之價值, 於此可見該爐之不損失熱力巧妙之處有可若見者矣, 據云該排爐.

甲 共廿八爐

乙 每爐用炭 1.1 噸

丙 每日共用 450 噸炭

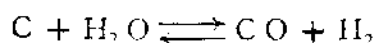
丁 熱力損失每噸炭為 600,000 Cal.

戊 如此排爐僅用工人七名.

(三) 貧熱煤氣發生爐 (Gazogeneé Tréfois) 此爐所發生煤氣含熱量較微, 故移貧熱煤氣爐, 此爐便利之點為利用該廠幾於無用之殘屑焦煤以為燃料, 鼓以空氣, 其發生之氣體乃為燒熱煉焦爐之用, 其排洩炭灰均用自動

旋轉式。

(四) 水煤氣 ( 又水瓦斯 ) (Gaz à léau) 發生爐 此氣為紅熱之炭,遇水汽而成,其理論反應式如下:



其發生之法為 ( 與通常無異 ) 一時鼓以空氣 ( 此空氣即可用他部副產養淡各半之空氣為取淡氣後殘餘之空氣 ) 使炭熱至紅熱,乃以水汽噴於其上,如是乃得 CO 及 H<sub>2</sub> 氣,殆至溫度降低,乃停噴水汽而復鼓以空氣,如是輪流進行所得之氣 ( 即水瓦斯 ) 由鼓空氣以至噴以水汽所洩於該爐之氣, ( 即水瓦斯與空氣瓦斯 Gaz à l'eau et Gaz à l'air ) 均帶有多量之熱力,故該廠即利用此項熱力鍋爐以製該爐所需之水汽。

復次由煉焦爐,貧熱煤氣爐,水煤氣爐所來者之煤氣其成分如下。

甲) 由煉焦爐來者	CO <sub>2</sub>	2%
	C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	2-1%
	O	0.5%
	CO	4.8%
	CH <sub>4</sub>	25.5%
	N	5%
	H	59.3%
乙) 由水煤氣爐來者	CO <sub>2</sub>	7%
	CO	38%
	H	50-51%
	N	4-5%
丙) 由貧熱煤氣爐來者	CO <sub>2</sub>	13%
	C <sub>2</sub> H <sub>2n</sub>	0
	O <sub>2</sub>	0.2%
	CO	35-42%
	H <sub>2</sub>	24-2%
	CH <sub>4</sub>	0.6%
	N <sub>2</sub>	27.2 à 17.2%

(五) 純潔手續 復次水煤氣及煤氣之出於煉焦爐者,其中所含成分既如上述,并有微量之其他雜質,故須冷却以取其煤黑油等,而洗滌之,故此氣通於一大管中,上洒以含有  $\text{NH}_3$  之水以去氣內酸性之物,其此氣再通於淡硫酸液中以去其微痕之  $\text{NH}_3$  及其他鹼性物如 (Pyridine) 之類,於是乃經第一度純潔手續 (l' *é* *p* *u* *r* *a* *t* *i* *o* *n*) 然其中尚含有少量之  $\text{CO}_2$  及 Benzol,次乃經第二度純潔手續加以 12 Kg 之壓力使其中  $\text{CO}_2$  及 Benzol 等更為減少。

至於  $\text{NH}_3$  水所取出之物大半酸性,加以蒸溜則  $\text{NH}_3$  重行放出,其中最有趣者為  $\text{NH}_3$  與  $\text{H}_2\text{S}$  化合成為  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  (硫化銻,)  $\text{NH}_3$  去後可以空氣與  $\text{H}_2\text{S}$  混合燃燒而取其硫黃,法將  $\text{H}_2\text{S}$  與空氣混於一已熱之柱桶中,空氣不可過剩,溫度不可過高,如是空氣中養與  $\text{H}_2\text{S}$  之輕化合成水,而硫黃即行昇華,冷凝之後成為液體之硫或硫黃花。

(六) 分離輕氣部分 (Installation de Séparation 煤氣之由上述 12kg 壓力之水清潔後者其 benzol 受冷却而下洗 (冷至  $-40^\circ\text{C}$ ),其氣體通過,只餘 benzol 於器中,乃稍加以熱而將 benzol 流出,然而經此項純潔手續之後,其氣中尚含有少微之  $\text{CO}_2$  及 benzol,於是乃令通於加有 12Kg 之壓力,同時含  $\text{NaOH}$  之水溶液中 (含  $\text{NaOH}$  據云 8%),以去此微痕之  $\text{CO}_2$  及 benzol 但此氣尚含有濕氣,故使之再冷却至  $0^\circ \rightarrow -25^\circ \rightarrow -40^\circ$  (攝氏) 使其濕氣凝結為冰而沈墜於乃通於輕氣分離器,上述清潔後無有  $\text{CO}_2$  及  $\text{H}_2\text{O}$  之氣其中含有  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}$  等均使之冷至  $-180^\circ$  是時除  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}$  二氣之外其餘各氣均凝為液體,而以此液化之氣體為冷却來氣之用,并須用液化之淡氣洗滌之以去其微痕之  $\text{CO}$ ,如須工作順利,則其中所含之輕須只含 0.001%  $\text{CO}$  方可,其略却法與造液體空氣法略同茲不贅。

(七) 補充淡氣方法 上述之氣經分離手續之後其中雖含有淡氣,但為量不足  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$  之量,故須補充其淡氣,而此淡氣,乃由空氣中取得者, (在該廠如此,他廠有在燃燒氣中取出者) 法先將空氣洗滌去其灰



塵,然後以 NaOH 液洗滌之以去  $\text{CO}_2$ ,乃使之逐次冷至  $0^\circ \rightarrow -25^\circ \rightarrow -40^\circ$  以去濕汽,其後乃將此空氣加壓使成液體,乃更將此液體空氣較正而蒸溜之,其吸收之熱所發之冷即為造液體空氣本身之用,但一部分淡氣尚存於液化之空氣中,不敢取盡其淡氣,因恐混入養氣故也。(查淡養二氣之沸點只差  $14^\circ$ ,以是分溜之際只取最初溜出之(N)淡氣,取其并未混有養氣故也。)其所餘空氣養淡各半,即以他部水瓦斯燃燒之用,其液體淡氣再加蒸溜以較正之,使不含微痕之養氣為止,蒸溜之時逐漸減其壓力,使由 200 Kg  $\rightarrow$  減至 40 Kg  $\rightarrow$  10 Kg  $\rightarrow$  0 Kg (即真空),所吸收之熱即為洗滌輕氣之用,此所餘養淡各半之空氣可為養化  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2$  之用,但此廠據云未用如是取出之淡氣。

N 價值 15 生丁一立米

O 為附產品可用以作吹管等用

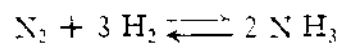
若用此法以取純養氣,則價值 4 佛朗一立米,該廠所用之機器為每小時製造 1200 立米之淡氣者,參觀之時該廠經理特命工人放出液體空氣小半桶,該經理并以手澆出數滴,蓋因液體空氣揮發甚速,一經手著,手之四周即為空氣所保障故不覺其冷也,(在物理學上稱為球狀態)此液體空氣為淡藍色於空氣之中即不往沸騰,四周水汽立即成冰。

既將  $\text{H}_2, \text{N}_2$  二氣之純粹者製出,并依  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2$  之比例配好後乃從事於,

(八)  $\text{NH}_3$  之直接組造法 此組造之法原理同一,因手續略有不同各成一家之法(在德則有 Haber 法,在法國則有 Claud 氏法,在意大利則有 Casale 及 Fauser 氏法),該廠所用者為 Casale 氏法,但與原法亦略有出入,法將  $\text{H}_2, \text{N}_2$  二氣既如上述純潔之後,依其當量混合,加以壓力,加壓之法分為數階段,據云該廠所用階段為 9Kg  $\rightarrow$  30Kg  $\rightarrow$  100 Kg  $\rightarrow$  300Kg  $\rightarrow$  600 Kg  $\rightarrow$  750 Kg 乃至 800 Kg (每平方糎)故此項壓縮機至為重要,該廠安置者共十

附註： 據云該廠所用經受高壓之鋼管係購自英國 "Vickers Armstrongs" 者

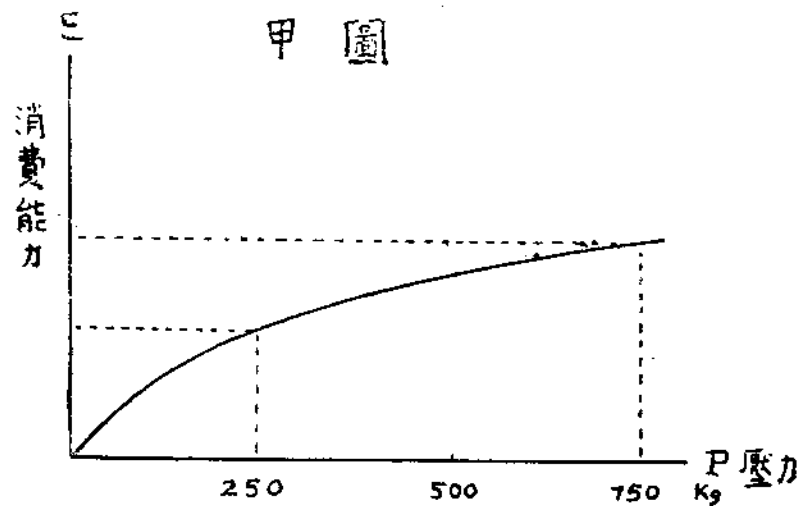
餘台現今所用者僅及三分之一,蓋大部分因經濟危機而停頓也,至於  $\text{NH}_3$  之直接組造,其理論化應式如下.



N 及 H 均係氣體,所成之  $\text{NH}_3$  設為氣體,尚較原有容積減少一半,故依物理化學之定律應加以壓力使其容積減小方能成功,歐戰時德國缺乏此物,經 Haber 教授發明將  $\text{N}_2, \text{H}_2$  二氣混合加以 200 Kg 之壓力并經接能劑之作用乃得人工組造之  $\text{NH}_3$ ,但嗣後法人 Claud 意人 Casale 等均改用較 200 Kg 更高之壓力使其組合更易故改用高壓之理由有二大者.

(一)  $\text{N} + \text{H}$  易於化合,即產量增加隨壓力成正比例(大約)

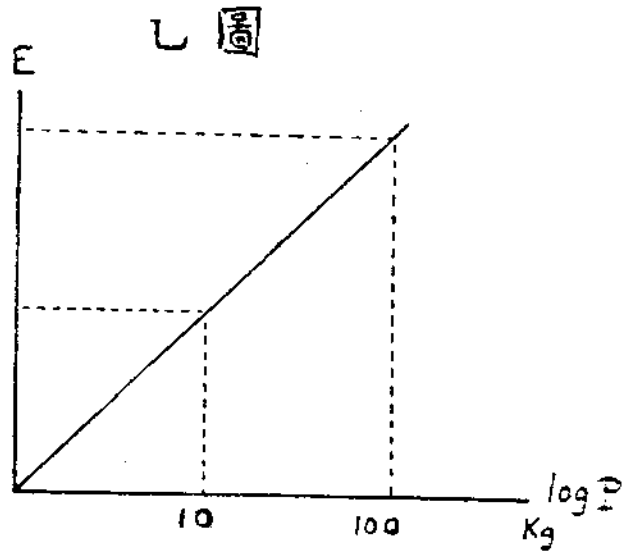
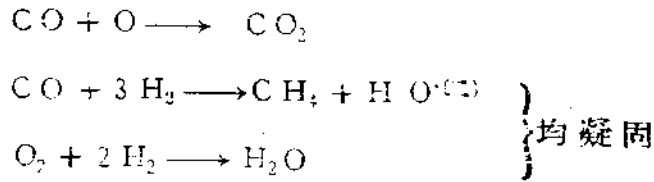
(二) 壓力增大其消費之能力與其壓力之對數成正比例,故其消費之能力與其壓力之增加可用下面綫表之.(圖甲)如取壓力之對數則用直



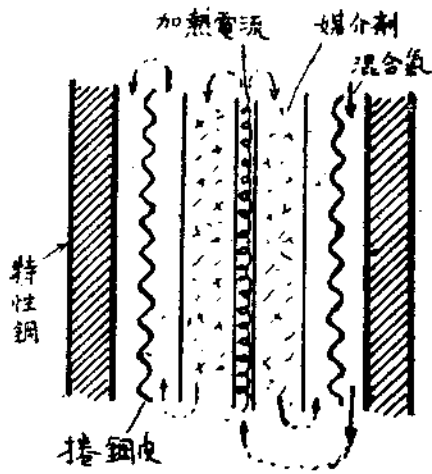
綫表之如(圖乙)且也高壓器械較低壓為小,又便於安置及運輸,故現今各廠均用高壓即此故也,至於混合之氣經此高壓之後,即使其中尚含有少量之  $\text{CO}, \text{O}, \text{H}_2\text{O}$  則因壓縮且被冷卻之後,  $\text{H}_2\text{O}$  凝固為冰  $\text{CO}$  則化合成為<sup>(-)</sup>

附註(一)據 Meunier 先生言在 Casale 法內  $\text{CO}$  不必驅除淨盡,可成  $\text{CO} + \text{NH}_3 = \text{HCONH}_2$  成後與  $\text{NH}_3$  同時產出,

(二)又  $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$  可成人造木酒精



故在未引入媒介接能劑之前 (Catalyseur) 經此最後之純潔手續於是乃將 N + H 之混合氣通於組造管內 (Tube de Catalyseur) 管之剖面如左圖內

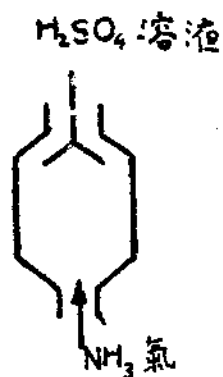
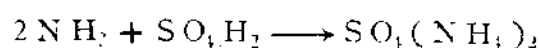


貯媒介劑用電流加熱至 800° 左近始其化合之後乃將 N + H + N H<sub>3</sub> 混合物通於其他壓縮機內使 N H<sub>3</sub> 被壓縮而凝為液體。(Haber 方法則通於水內而成 N H<sub>2</sub>OH) 分離之後乃將未化合之 N + H 又通於組造管內,此項分離至為重要,因可影響媒介劑,及化合速度,據里大教授 Meunier 先生言其中常含有少量之 N H<sub>3</sub> 以為化應領導之用,如是所得之 N H<sub>3</sub> 再較正之即得極純之 N H<sub>3</sub>,

至於該廠所用之 (Catalyseur) 媒介接能劑大概為鐵及其他希有金屬,因係秘密之故不願告人,故亦不詳詢之也。

此部分為該廠主要部分,其見稱於世者亦此部也。

(九) 硫酸銨製造處 ( $\text{SO}_4 \text{Am}_2$ ) 該廠所產之  $\text{NH}_3$  除出售外,其餘者或用以製造硝酸,或用以製造硫酸銨,硝酸銨及硝石灰等,此一部即其製造硫酸銨處也,製造原理極為簡單,其理論方式如下.

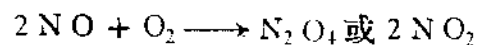
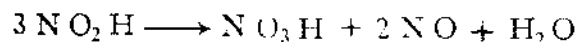
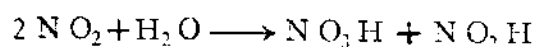
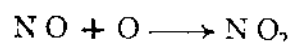
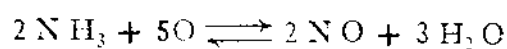


所用器具稱為飽和器 (Saturateur) 其形如次,以鋼製而以鉛蓋其面 (為避硫酸侵蝕故也),如是所得者為混濁白色之硫酸銨溶液,待其濃度適當時乃送入遠心乾燥器內, (Turbinessoreuse) 用高速迴轉而分離其未化合之淡硫酸液,乃再加以新硫酸而用之,其溶液周流往復無須放出也,其製出之硫酸銨須為白色中性者.

該廠所用硫酸為該聯合化學工業社他部他廠之出品,故以該公司全體硫酸不仰給外來.

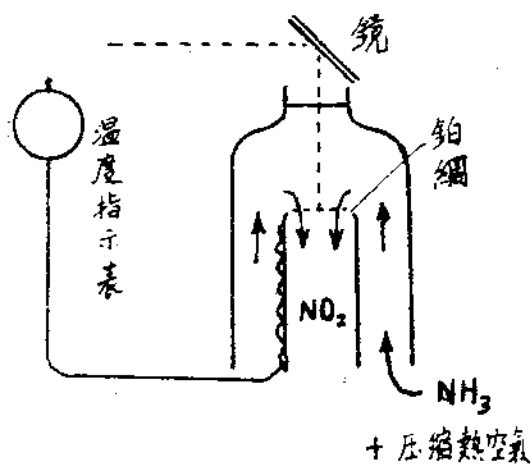
該廠尚有一部用硫酸鈣 (石膏) 以製硫酸銨者,此法原理為  $\text{SO}_4 \text{Ca} + \text{CO}_2 + 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2 + \text{CO}_3 \text{Ca}$  但該廠因石膏仰給外來,且因其他經濟上原因,故常用公司之硫酸,不用石膏,故該部現已停頓.

(十) 以  $\text{NH}_3$  為原料造硝酸方法 (媒介養化法) 此法為歐戰時德人 Ostwald 所發明者其原理如次式.



至於該廠所用之養氣則取自空氣中,先將空氣洗滌淨盡,乃壓縮之,并使受冷在零度以下,使其中水汽及油氣 (乃自機器滑油來者) 濾盡乃令壓縮之熱空氣與  $\text{NH}_3$  相混於一混合器中,然後乃引入變化器中 Convertisseur

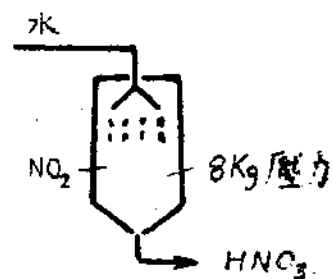
de Pt) 此中有白金絲網加熱至 925° 上有一孔裝有玻片可由一鏡返射以視其中溫度,此外另有一表,用方眼紙上有溫度指示表,由鉛筆自動進行,以記下進行時之溫度,此處常有一人監視,如遇溫度出乎常規,則當校正混合



之  $NH_3$  與空氣之配合量,及檢查他處錯誤,其變化器略如左圖,此種化合在該廠進行產量頗佳,為 96—97%,產硝酸每日至 40—45 噸之多 (36 Be).

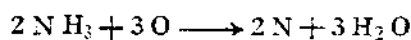
至於該器內所用之鉑約 900 克,據云損耗鉑為每噸 100%  $NO_2H$  乃僅 0.4 gr 不為多也,由變化器放出之  $NO_2$  氣,乃引入一凝

縮器中,使其凝縮,然後通於一吸收管內噴以受 8Kg 壓力之水,其形如右圖,該廠自稱所用加壓之水以吸收硝氣為最便利,因其效率達 91%,其他各廠用低壓水以吸收此硝氣者,效率僅 85% 但加壓同時費有能力,據云須用 400 KW 之電力,以造一噸 100% 之硝酸,但兩相權衡能力賤而硝貴也。



至於製造硝酸各部所用之鋼,均係特性鋼,含鎳 (Ni) 鎳 (Co) 矽 (Si) 等故器械昂貴,占資本多也。

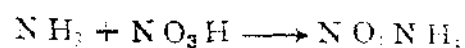
附註：至於  $NH_3$  經養化作用可以變為養化淡氣,但尙有其他變化,使其受養化變為於及淡氣其方式如下



故養化之方法極為重要,關於此事之詳細討論可閱巴黎 S. Ruo Miromesnil 所出版之化學工業雜誌七月份 (一九三二年) 此書因在北京時在皇家圖書館查得,原名  $NO_2H$  par Cxydation (Catalytique Par Gabelle " Industries Chmique " No Juillet 1932 其上討論  $NH_3$  受養化變為硝酸甚詳。

然而加壓吸收之後其殘餘之氣其中尚含有0.15%之硝氣未能取盡,其他用低壓水吸收者較此更多所得硝酸爲3·Be頗純粹.

(十一) 硝酸銨製造處 此處製造亦用直接中和法.



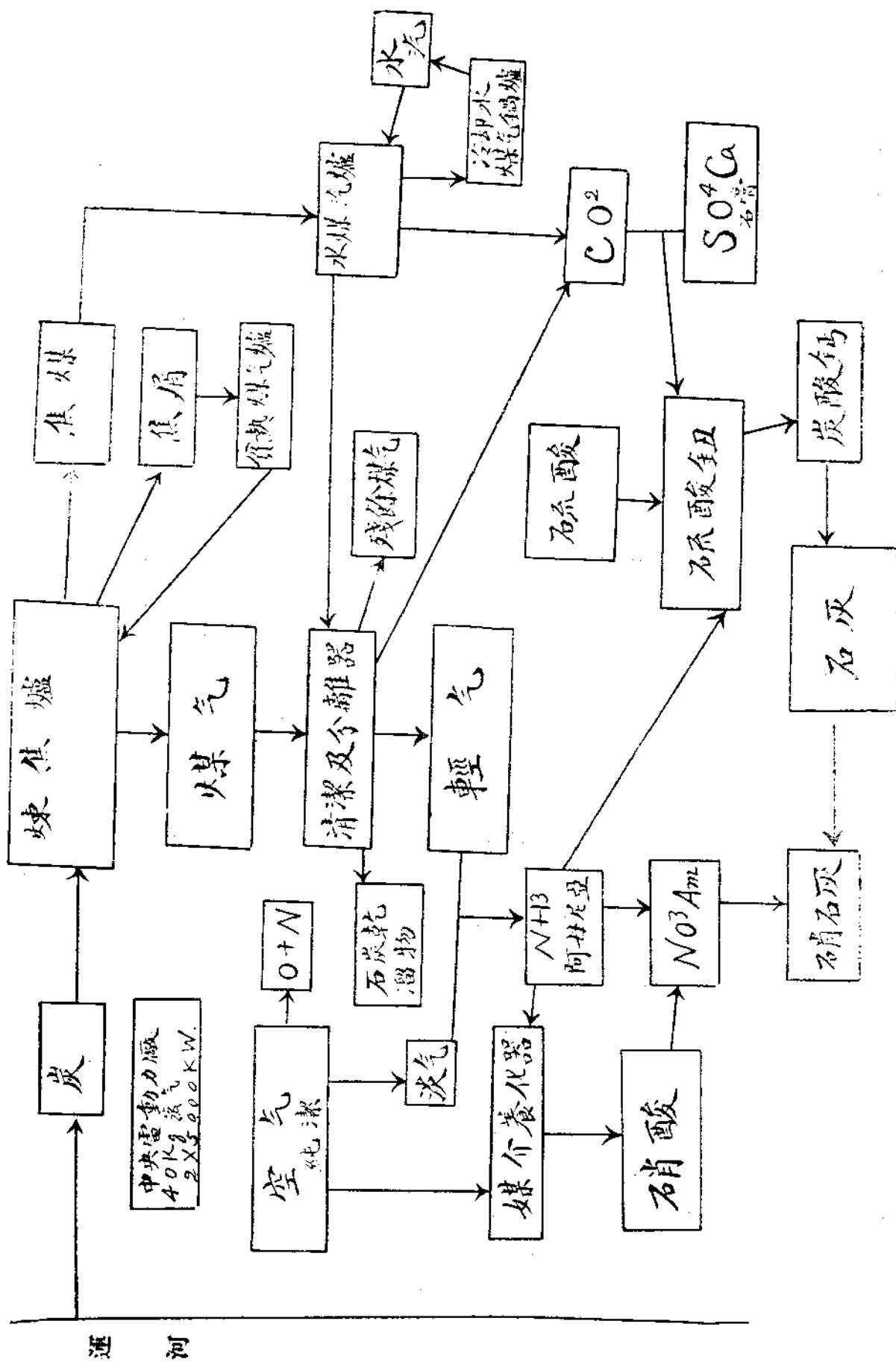
仍用一飽和器所得之硝酸銨溶液內含有30%之水,乃加熱蒸發之,至於150°以蒸氣加熱,乃使之融化而流出,放於結晶器內其中尚含有2%水分如是冷後結晶,其中僅含0.2%水分矣.

至於硝石灰乃加以石灰而成此爲一種肥料可代智利硝石,至於硝酸銨亦須中性而白色.

結論 查此廠所用方法均係戰後最新者所需原料極爲簡單,(炭,硫酸石灰,石灰,空氣)中間過程物如 $\text{NH}_3$ , $\text{NO}_3\text{H}$ 等均可再用爲原料以製他種出品,故其成品可以伸縮以應時變,比如在平時 $\text{NH}_3$ 貴則多售 $\text{NH}_3$ , $\text{NH}_4$ 賤則多造肥料,戰時則盡可製造硝酸,其設計之優良堪受讚許,竊以爲吾國亦可以仿成此種工廠,平時戰時均有効用,故特詳記之.

另將該廠組織圖繪於後頁以供參閱

圖 織組廠造製亞尼母阿社業工學化合聯頓斯阿國比







# 無烟藥中二笨胺 (Diphenylamine) 之定量問題

陳 光 勛

## 1. 弁 言

無烟藥之主成分,曰硝化纖維,曰硝化甘油,二者皆有自動氧化 (Auto-oxidation) 之傾向,而其一部氧化物(氧化氮,)又適足以自媒 (Autocatalytic) 其作用,吾人能弭氧化於未萌則已耳,否則當唯此自媒物之是去!去之之方,或以吸收,或以中和,要在乘自媒物之初起,即以而去之,適可而止,無過不及,夫然後有利而無弊然此非可易致也。

二笨胺呈鹼性而弱,可與自媒物中和,而與無烟藥之本體無所犯;用得其當則其無烟藥,不難益壽十數紀,求之近代安定劑,已屬上駟之選,然用之過多,則失之鹼性太強;過少則失之時效太暫;胥非所以策安定性之道也。

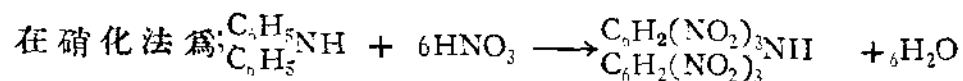
二笨胺之在無烟藥中,受其自動氧化之影響,一變而為二笨亞硝酸胺 (Diphenylnitrosamine,) 再變而為硝基二笨亞硝酸胺 (Nitrodiphenylnitrosamine), 久則不變四變而為二硝基 (Dinitro-) 或三硝基 (Trinitro-) 二笨胺,至於三硝基,則「復更變」然而其安定作用,則早失於其「再變」之時,固不待其「三變三,「四變」矣。其變化之跡如第一表:

第 一 表

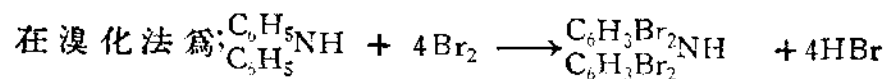
變化程序	學 名	示 性 式	分 子 量	熔 點	其酒精溶液之顏色反應	有無安定效力
1	二 笨 胺	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}-\text{H}$ $\text{C}_6\text{H}_5$	169	52°C	對硫酸(略含硝酸)呈紅色	有
2	二笨亞硝酸胺	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}-\text{No}$ $\text{C}_6\text{H}_5$	198	66°C	對萘胺呈紅色	有

3	基二苯 亞硝胺	$C_6H_5$ $C_6H_5NO_2 > N-NO$	243	130°C		無
4	二硝基二 苯胺	$C_6H_4NO_2NH$ $C_6H_4NO_2$	259	157°C	對氫氧化鉀 呈紅色	無
5	三硝基二 苯胺	$C_6H_3(NO_2)_2NH$ $C_6H_3NO_2$	304	181°C	對氫化鉀呈 紅色	無

二苯胺之定量法甚多,其尤通行者,一曰硝化法 (Nitration method), 一曰溴化法 (Bromination method), 而後者又分若干種,其化學反應:



六硝基二苯胺



四溴化二苯胺

其生成物與二苯胺之性質如第二表

第 二 表

品 名	分子量	當 因 量 數	熔 點	結 晶	顏 色	各種溶劑中之溶解度					
						水	醇	醚	醋酸	三氯 甲烷	丙酮
二苯胺	169	1.0000	52°C	單斜系	白微黃	不溶	溶	溶	溶	溶	溶
六硝基二 苯胺	485	4259	240°C	角柱形	黃	不溶	不溶	不溶	熱溶		溶
四溴化 二苯胺	399	.3487	182°C	針 狀	白微紅	不溶	微溶	熱溶	溶	熔	熔

## 2. 硝化法

二苯胺常因無烟藥之自動氧化而硝化,誠如上述,第此自動之硝化,僅及三硝基而止,尚未達硝化之最後階段也,二苯胺硝化之最後階段為何?爲六硝基二苯胺, (Hexanitrodiphenylimine) 何以致之?以適當之硝化致之,自二苯胺,二苯亞硝胺,……以至三硝基二苯胺,無不可由適當之硝化,以達同一之歸宿,此歸宿即六硝基二苯胺是也,爰舉一表 (第三表),以實此說:

第三表

試料名	試重 g	料量 g	二苯胺 當量 g	生成物 重 g	換算因數	二苯胺 生產率 %	附註
二苯胺	.0500	.0500	.0500	.1172	.4259	99.79	硝化時曾用:
二苯亞 硝酸	.0585	.0500	.0500	.1159	.4259	98.72	N.C. 5g.
硝基二苯 亞硝酸	.0719	.0500	.0500	.1168	.4259	99.49	冰醋酸10°C
二硝基 二苯胺	.0766	.0500	.0500	.1157	.4259	98.55	70%硝酸20°C
三硝基 二苯胺	.0930	.0500	.0500	.1150	.4259	98.20	其硝化溫度為59°C時間為1.5h.

觀此則知二苯胺之在無烟藥中不問其變化若何,無不可由適當之硝化,以達同一之歸宿矣,顧所謂適當之硝化者若何請申論之。

一. 硝化用酸之配合也,將欲得六硝基二苯胺,則其所用之硝酸,必有較高之硝酸蒸氣壓,且在硝化之過程中,硝酸之濃度,常因生成之水而稀釋,雖用發烟之硝酸,以施行硝化,而其生成物,猶難盡至六硝基,於是乎有以硫酸與之配合者,有以醋酸與之配合者,而醋酸尤優,然而硝酸之濃度,亦未許過高,過高則溶解力大,而生產率小,請玩下列之研究,當知所以配合矣。

第四表

A 關於硝酸濃度之研究

試料重 g	硝酸濃 %	硝酸用 量 cc	生成物 重 g	附註
二苯胺0.5	70	20	.0942	硝化時曾用冰醋酸10°C未加N.C.
,,	95	20	.1074	硝化溫度95°C硝化時間1.5h

B. 關於硝化纖維(N.C.)所生影響之研究

二苯胺 g	C.N. g	硝酸 (70%) cc	冰醋酸 cc	生成物 g	附註
.05	5.00	20	10	.1104	硝化溫度95°C
.05	5.00	30	0	.1092	硝化時間1.5h
.05	0	20	10	.0942	

## C. 關於醋酸影響之研究 (一) 無 N.C. 時

二苯胺 g	N.C. g	硝酸 (70%) cc	冰醋酸 cc	生成物 g	附	註
.05	0	20	0	.0908	硝化溫度 95°C	
.05	0	20	10	.0942	硝化時間 .5 <sup>h</sup>	

## D. 關於醋酸影響之研究 (二) 無 N.C. 時

二苯胺 g	N.C. g	硝酸 (70%) cc	冰醋酸 cc	生成物 g	附	註
.05	0	5	45	.0829	硝化溫度 95°C	
.05	0	10	20	.0861	硝化時間 1.5 <sup>h</sup> .	
.05	0	20	10	.0942		

## E. 關於醋酸影響之研究 (三) 有 N.C. 時

二苯胺 g	N.C. g	硝酸 (70%) cc	冰醋酸 cc	生成物 g	附	註
.05	5	20	20	.1177	硝化溫度 95°C	
.05	5	20	15	.1185	硝化時間 1.5 <sup>h</sup>	

## F. 關於醋酸影響之研究 (四) 有 N.C 時

二苯胺 g	N.C. g	硝酸 (70%) cc	冰醋酸 cc	生成物 g	附	註
.05	5	0	10	.1203	硝化溫度 95°C	
.05	5	20	1	.1174	硝化時間 15 <sup>h</sup>	
.05	5	30	10	.1161		

## G. 關於硫酸影響之研究 (一)

二苯胺 g	N.C. g	冰醋酸 cc	硝酸 (95%) cc	硫酸 cc	生成物 g	附	註
.05	0	10	20	0	.1074	硝化溫度 95°C	
.05	0	10	20	5	.0987	硝化時間 1.5 <sup>h</sup> .	

H. 關於硫酸影響之研究(二)

二苯胺 g	N.C. g	冰醋酸 g	硝酸 (95%)cc	硫酸 cc	生成物 g	附註
.05	0	10	10	10	.1057	硝化溫度95°C
.05	0	10	20	5	.0987	硝化時間1.5 <sup>h</sup>

I. 關於酸量之研究

二苯胺 g	N.C. g	硝酸 (70%)cc	冰醋酸 cc	生成物	換算 因數	附註
.025	5	20	10	.0638	.4021	硝化溫度95°C
.050	5	20	10	.1174	.4259	化時間1.5 <sup>h</sup>
.075	5	20	10	.1745	.4293	
.100	5	20	10	.2319	.4314	

由以上種種,可得一概念如次:

- A. 無N.C.時硝酸宜濃;
- B. 有N.C.時用淡硝酸(70%)亦可;
- C. 無N.C.時酌加醋酸有利;
- D.E. 不問有無N.C.醋酸對於硝酸之比例不宜過高;
- F. 有N.C.時醋酸硝酸之容積比,為1:2時產率最大;(但所指硝酸之濃度為70%),
- G. 無N.C.但曾使用發烟硝酸及冰醋酸時,不宜更使用硫酸.
- H. 有N.C.並曾使用發烟硝酸及水醋酸時硝酸愈多,產率愈小;
- I. 酸量與二苯胺之比,不宜過多或過少;

總之:配酸之鵠的,一在提高硝酸蒸氣壓,一在降低硝酸溶解力.A至G之各項研究,即示操縱硝酸蒸氣壓之法,A之研究無論已;在B,以有N.C.之存在,則因其分解,可資補強硝酸蒸氣壓;在C,以有冰醋酸存在則因其吸水,可資維持硝酸蒸氣壓;但醋酸之比例過高,則反使硝酸稀釋,於硝酸之蒸氣壓

轉有不利,故必適當配合而後可,此則 D, E, F. 之所昭示也,硫酸有吸水之功與醋酸同,然於既有冰醋酸之後,再加硫酸,則其吸水之能力無所用,而其吸收硝酸蒸氣之性質遂顯,故產率即因之而損,於 G 之研究,可以徵之;至於 H 與 I 則明顯示硝酸之濃度或倍數過高,亦有損於其產率,此則因其溶解力大故也。

二. 硝化狀況之調節也,硝化狀況之重要者,為溫度,為時間,濃硝酸(90%)對於生成物之溶解力頗大,歷時愈久產率愈低,除藉助醋酸,以速反應外,更不能不酌加溫度,以資促進,顧溫度過高,則蒸發過速,則沉澱之生成急劇,而反應之進行一轉而遲滯,是則時間溫度之協調,已感錯綜,參以硝化用酸之影響,則愈複雜矣,據研究所得,如以 20 cc.:10 cc.:1.05g 之比例配酸,則其溫度與時間,應為  $95^{\circ} \times 1.5^{\text{h}}$

三. 火藥成分之適應也,上述之各項研究,已足說明一 N. C. 之氮量,足以影響硝酸之濃度, N. C. 如是, N. G. 亦然,此就補強硝酸濃度方面言之也,若無烟藥中,另有其他易於硝化之物質在,則硝酸之濃度與倍數,自亦不能不酌予損益,至於其他易於硝化之物質,宜如何去除,當另文述之。

歸納以上之研究,可得一種硝化法如次:

假定無烟藥屬 N. C. P. 系,中含 1% 二苯胺,則——

秤取試料 5 g, 納諸杯 (容 250 cc.), 先後入以冰醋酸 10 cc. 及淡硝酸 (70%) 20 cc., 於湯浴上 (溫度  $95^{\circ}\text{C}$ ) 加蓋而熱之,  $1.5^{\text{h}}$  後, 藥全溶, 烟盡散, 則急冷而注之於水, 水在有塞錐瓶內, 初 75 cc. 加之以溶液, 洗液, 至 120 cc., 稍加搖振, 乃靜置之  $2^{\text{h}}$ , 繼乃濾於古氏坩堝上, 而洗之以 1% 之硝酸, 凡六七次而洗淨, 於  $100-105^{\circ}\text{C}$  烘箱內, 烘  $1^{\text{h}}$ , 秤其重以爲生成物, 連坩堝之重, 最後以丙酮溶去生成物, 復烘如前而秤之, 此其重則坩堝之本身也, 兩者相減, 而乘以當量因數 (4259), 即得二苯胺之重。(未完)

## 子彈發射後之溫度

張 叔 方

(譯自 Webrtechnische Monatshefte 5, Heft Mai 1935)

摩擦生熱。子彈發射時不獨爲火藥氣體所熱且與來復線摩擦亦生熱，本文擬討論者：爲子彈經空氣摩擦其溫度究再昇乎抑降低乎？

宇宙間現象，示空氣之摩擦作用極大，請以流星爲例，據統計每晝夜流星墮石之闖入地球大氣圈內者無慮千萬，其中大半爲小塊來自太空，溫度甚低，學者估計，或謂  $-120^{\circ}\text{C}$  或謂  $-273^{\circ}$ ，太空中流星運動速度，每秒約有 30 至 50 公里，地面運轉速度每秒約 30 公里，故流星之自前方飛向地球來者，入大氣圈後，兩者相長，每秒速度約得 60 至 80 公里；其自後方飛來者，兩者相消，亦餘 10 至 20 公里，是以流星速度，不啻百十倍於子彈，人多以爲流星具此高速下擊重者必且深埋地內，然據觀察所得，其實不然，池塘凍結，其上時或有隕石存焉，昔人臆謂大氣之存在高出地面僅 80 公里，並不信高空中猶有動力作用，此種謬見，可因流星矯正之，流星因空氣分子之巨大摩擦及壓縮空氣所生熱量，以致赤灼發光，飛行速度愈大，空氣壓縮愈厲，其抵抗更顯強烈（子彈所以嘯嘯者因此），發光愈明，發光區域，在地面上 120 至 150 公里之高空，可見該處猶有空氣存在，迨至 90 至 110 公里之高度，速度已低，光即熄滅，此等現象證明流星飛入大氣圈未幾，即因空氣抵抗失却其速度，空氣對於高速流星，直如一緩衝之氣枕，抑止高速，曾不一瞬。

由自然界能量不滅律，流星之至大動能無所逃逸，不過使內部發生激急之分子運動，其結果：溫度激增至白熱，內部所含氣體爆炸，流星碎裂，火花四射，於是速度盡失，一如普通自由落體，以加速向地面落下，蓋此時全受地心引力支配矣，據估算結果，隕石着速約略大於步槍尖頭彈，實爲 1256:895

(公尺/秒)之比若當隕石墮下時即行檢視,則見外層鎔殼,灼熱異常,而其內部尚冷,可見熱之傳導,為時不足,此種現象與子彈頗有相類之處。

德人 Preuss 氏曾提出子彈溫度因空氣摩擦昇降如何問題,並作下述各種觀察與研究:

向樹幹或沙中射擊,子彈熱可炙手,射擊鋼板則火星四迸,蓋碎裂之子彈與鋼板碎片因高壓而發熱也,此等現象全由衝擊時能與熱之變化而起,實與本題無關。

如將子彈垂直向上射出,七十秒後,仍落地面,溫度甚高,不可拾取,置於冰上可熔去一塊,但此似亦為因衝擊而新生之熱。

Preuss 氏估量子彈彈殼溫度,約近 $300^{\circ}\text{C}$ ,因殼面變為藍色故也,鉛之鎔點約 $326^{\circ}$ ,在此試驗中,彈殼內鉛心自未鎔化,氏改將鎔點略低( $245^{\circ}$ )之心核充填于彈殼內,射擊後依然無恙,又用鎔點 $95^{\circ}$ 者試之,猶無變化,於是彈殼內直充以蠟,如此子彈殼面之摩擦固遠不逮沈重之鉛心子彈,然亦不見熔化。

裝藥燃燒時,氣體溫度約達 $3000^{\circ}\text{C}$ ,詳審槍口火焰,知高熱氣流大半作用於子彈底部,效力為時甚暫,熱之傳導極不顯著。

苦酸於 $380^{\circ}\text{C}$ 轟炸,黑色火藥於 $288^{\circ}\text{C}$ ,雷汞於 $187^{\circ}\text{C}$ 。假令空氣抵抗不但使砲彈彈殼發熱,且及內部,內部裝填物一屆高溫,勢必爆炸,顧事實未嘗如此,可見子彈飛行中,內部不受熱之影響,而彈殼溫度,不再增高,反漸低落,其故:1,熱之輻射,2,熱之傳導,3,熱之對流,意謂空氣分子取熱於子彈表面,又為冷空氣所置換也。

欲使空氣摩擦有生熱之效,非摩擦抵抗甚大即子彈速度甚大不可,如在太空溫度(約 $-273^{\circ}\text{C}$ )下用投擲器射出一彈,每秒速度達40公里,相當時間後當可鎔化。

Preuss 氏結論謂:初速每秒895公尺之尖彈,彈殼溫度在槍口前不遠處最高,過此以往即漸冷却,因空氣摩擦已低故也。



# 炸彈之威力

沈雲階譯述

空戰中炸彈威力之認識,在航空攻擊與防守上實同其重要。依 Justrow 氏 (1) 之研究,吾人須分爲:彈之動能 (Aufreffenwucht), 爆炸體之爆破力 (die Druck-wirkung der Detonations gase), 氣體與土壤震動威力波及之範圍 (die Fernwirkungen aus Luft und Erdstoss.) 三者而各別研究之。其破片威力 (Splitterwirkung) 及爆炸氣體之毒害性則略而不論;因前者在礦業爆破上則須予以特別注意,此處固無重要;而後者則爲業經完全明瞭之事也。

## (I) 彈之動能 (Aufreffenwucht)

重量  $G$ . Kg. 之炸彈,當其以  $V_0$ .m/sec. 速度投落進行時,則在此瞬間其運動能力爲

$$1. \quad E = \frac{G}{g} \frac{V_0^2}{2},$$

式中之  $g$ , 爲重力加速度。以極微之  $\Delta t$  接觸時間內,所遭遇之物體,並未破壞,彈之進行速度,因而遲緩,且有音響發生。此時間吾人特名之曰第一衝擊期 (Stossperiode)。在此時間內,彈之動能損失,其速度減爲  $v_1$ 。接續之時間,爲第二衝擊期;彈體即有一部份鑽入所遭遇之物體中。彈之能力,有  $nE$  之損毀。其中之  $n$  爲關係恆數,吾人稱之曰損毀之力度 (Wirkungsgrad der Zerstörung) 若以  $Fm^2$  表示彈之橫斷面積上之靜自荷  $q$  kg/m<sup>2</sup> (Statische Querschnittbelastung) 得以下式示之:

$$2. \quad q = \frac{G}{F}$$

由彈之重量,破壞其遭遇物體  $V_m^2$  體積時,若以  $e$  表示破壞單位體積所需之能力,則:

$$3. \quad n.E = e.V$$

如以  $h_m$  為彈鑽入物體之深度,則可得下式:

$$4. \quad V = \alpha.F.h$$

式中之  $\alpha$  為一關係恆數,依彈形及物體之抗力而定,由 3 式及 4 式,吾人得鑽入之深度為:

$$5. \quad h = \frac{nE}{\alpha.e.F} = \frac{n.q.v_0^2}{2g.\alpha.e} = \frac{q.V_f^2}{2g.\alpha.e}$$

上式給吾人以對於  $e$  數量闡述之可能,據 Pere 氏(2)之研究,鑽入之深度得以下式表示之:

$$6. \quad h = \frac{E.w}{F} = \frac{q.v_0^2.w}{2g}$$

伊式中  $F$  之單位為  $Cm^2$ ;  $E$  之單位為  $mkg$ . 該氏提出  $w$  之數值於下

$$\text{地面} \quad w = \frac{1}{150}$$

$$\text{三合土} \quad w = \frac{1}{750} \text{ 至 } \frac{1}{2000}$$

$$\text{鋼筋三合土} \quad w = \frac{1}{1500} \text{ 至 } \frac{1}{2250}$$

三合土及鋼筋三合土之  $w$  值均有甚大之變異者,其原因易為明瞭,蓋三合土之強度能一定,而鋼筋三合土且有因鋼筋佈置不同而生之差異也,對 5 式與 6 式加以觀察,即知其區別所在焉,如令  $\alpha = 1$ , 且將第 一 衝擊期所損失之能力忽略之,即見:

$$7. \quad e' = \frac{1}{w} \cdot 100^2 \frac{\text{mkg}}{\text{m}^3} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$$

由前者之省略,  $e'$  較  $e$  為小; 由後者之省略則較大。依此方針, 其值殊有變動。依吾人之意見, 在軍事上應有豐富之研究, 而得一對於  $e$  量之圖表, 求得其數值, 吾人方可明瞭炸彈在其所擊毀物體中經過之一切情形, 仍然不得不利用 Peres 氏所提出  $e'$  之值以為研究基礎耳!

更須遠有探索者為建築物體之強度與  $e$  之關係, 由此吾人可藉簡單之觀察而得有把握之建築程設計, 為防空工上之助焉。但對  $e$  於地面時之值, 須尤加注意。蓋據 Jerzeghi 氏 (3) 之所示, 地面並非全為土壤, 故地面之物理性與  $e$  之關係亦須緊密的示出也。

彈鑽入於其所遭遇之物體, 當其進程為  $dx$  時, 則其速度之損失為  $dv$ , 能力之損失為  $dE$ ,

$$8. \quad dE = \frac{G}{g} \cdot V \cdot dv$$

此能力耗於破壞工作, 如以  $F_x$  為其  $x$  方向之橫斷面, 則:

$$9. \quad dE = -F_x \cdot e \cdot dv$$

由 8 式與 9 式得一微分方程式。此式示鑽入深度  $a$  與其當時速度  $v$  之關係。工作  $G \cdot dx$  其量極微, 可忽視之。

$$10. \quad \frac{G}{g} \cdot V \cdot dV = -F_x \cdot e \cdot dx$$

其鑽入之過程 分為兩部份。第一部份為彈之尖端, 此可依數學之法則, 給以  $F_x$  而分別計算之。其餘者為第二部份, 至達到橫斷面積為  $F$  而不變之時, 茲為便利起見, 假定彈體為圓柱形而計算之, 用明瞭其經過情形, 將上式積分之:

$$11. \quad x = \frac{G}{2g \cdot F \cdot e} \left( V_1^2 - V^2 \right) = \frac{q}{2g \cdot e} \left( V_1^2 - V^2 \right)$$

$x=0$  時,則  $V=V_1$  在第一衝擊期完成前,吾人固可用上之假定.當彈之尖端鑽入時,則必亦有能力之損失,因彈體繼續增加所遭遇之物體接觸之部份也.但此處所求出之過程,固非適合於目的者.不過由此明其理論,可為更深切之研究耳.

據吾人所知  $dx=V \cdot dt$ , 故由第 10 式得:

$$12. \quad \frac{G}{g} \cdot dV = -F_x \cdot e \cdot dt, \text{ 故:}$$

$$13. \quad \frac{dV}{dt} = -\frac{F_x \cdot e \cdot g}{G} = -\frac{e \cdot g}{q_x}$$

此處  $q_x$  為  $F_x$  橫斷面上之靜自荷 (Statische Querschnittbelastung). 至其橫斷面為  $F$  時,則  $q_x$  即為  $q$ . 13 式示吾人以彈體鑽入物體後之加速度,故可得衝擊力之結果如下:

$$14. \quad P = G + \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = G \left( 1 + \frac{e}{q_x} \right)$$

$$15. \quad P_{\max} = G \left( 1 + \frac{e}{q} \right) \doteq G \frac{e}{q}$$

由此可知當彈體鑽入至其彈之橫斷口徑最大時,其衝擊力為最大.

用  $F$  除第 15 式,則:

$$16. \quad q^d = (1+e) \doteq e$$

即橫斷面積之動自荷 (Dynamische Querschnitt elastung), 與所遭遇物體之抵抗力約相等也.

第 12 式給吾人以速度與時間之關係,如第 10 式之方法,將其過程分為兩部份,而將第 12 式積分之;  $F$  為恆數時,則:

$$17. \quad t = \frac{G}{F \cdot e \cdot g} \cdot (V_1 - V) = \frac{q}{e \cdot g} (V_1 - V)$$

$t$  為鑽入之時間,其時彈體之速度,由  $V_1$  變為  $V_0$ ; 當  $t=0$  時,則  $V = V_1$ .

由前式吾人得知彈體鑽入之總時間為：

$$18. \quad T = \frac{q}{e \cdot g} \cdot V_1$$

在表 1 中吾人假定各種 e 值而示其 T 及 P<sub>max</sub> 之值於下：(第一組為地面者，第二組為通常三合土者，第三組為超等三合土者。)

第一表

V<sub>1</sub> 為 250m/sec 時，T 及 P<sub>max</sub> 之值。

彈重 G	$\frac{1}{100^2} \cdot e \text{ kg/m}^2$	50	100	300	1000
q kg/cm <sup>2</sup>		0.195	0.205	0.295	0.42
T sec	150	0.0325	0.0342	0.0492	0.070
P <sub>max</sub> /G	150	769	732	508	357
T sec	750	0.0064	0.0068	0.0098	0.014
P <sub>max</sub> /G	750	3845	3662	2542	1785
T sec	2000	0.0024	0.0026	0.0037	0.0052
P <sub>max</sub> /G	2000	10250	9760	6780	4760

先假定彈體為圓柱形而計算，實際上之形者，可由此誘出。

復次，對於各種 n 之數值之求得，亦極重要。各時間之衝擊力，吾人得以相當其時間之速度 v 以表示之，書如下式：

$$19. \quad \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = P$$

用 dt 乘上式，由彈之投落時起（即 t = 0；V = V<sub>0</sub> 時），積分至第一衝擊期終時，則：

$$20. \quad \frac{G}{g} \cdot (V_0 - V_1) = \int P dt = \frac{1}{2} \cdot P_0 \Delta t = \frac{1}{2} \cdot e_0 \cdot F \cdot \Delta t$$

當第一衝擊期中，假定 P 為等量之增加，而以 P<sub>0</sub> 示其終止量。彈體正與所遭遇物體接觸之瞬間，尚無破壞發生時，以其單位面積上之衝擊壓力為 e<sub>0</sub>，故

吾人得書第 20 式之右端如上也。

由第 20 式得

$$21. \quad V_1 = V_0 - \frac{c_0 \cdot g}{2a} \cdot \Delta t = V_0 - a \cdot \Delta t, \text{ 故:}$$

$$22. \quad N = \frac{V_1^2}{V_0^2} = 1 - \frac{2a}{V_0} \Delta t + \frac{a^2}{V_0^2} \Delta t^2$$

由第 22 式以計算  $n$  之值時,第三項常可省略之。吾人由第 21 式及第 22 式知相同之彈體,當其與所鑽入之物體相交之橫斷面增大時, $n$  隨之而大;但速度增大, $n$  時隨之而小。

現吾人須求出  $n$  之各值。當  $e = 2000 \cdot 100^{-2} \text{ kg/m}^2$  時  $e^3$  之值不能高出  $400 \text{ kg m}^2 e$  大於壓力強度,藉之可使彈體鑽入於所遭遇之物體,並阻止被其所鑽壓之處向旁擴張。假定 50 及 100-kg 之彈體,其  $\Delta t$  為  $2 \cdot 10^{-4} \text{ sec}$ , 300-kg 者為  $4 \cdot 10^{-4} \text{ sec}$ , 1000-kg 者為  $8 \cdot 10^{-4}$ , 則  $n$  之值為 0.99, 0.97 及 0.96。如假定  $\Delta t$  之值

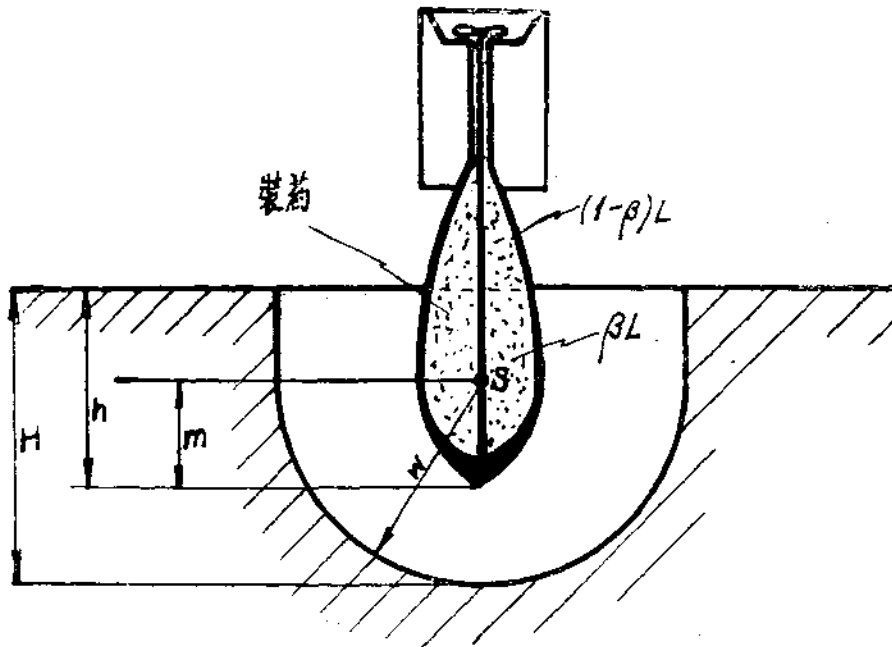
為 4.5 與  $10 \cdot 10^{-4} \text{ sec}$ , 則  $n$  之值為 0.97, 0.96 及 0.92。

據吾人固有之城寨建築經驗,凡鑽入有彈性物之深度,小於鑽入於普通物體者兩倍。此點吾人極易了解,蓋其第一衝擊期之時間,較大於普通物體兩倍也。由上之所述,吾人知建築物之表面極有注意之價值。表面未能完全破壞時,炸彈施展之威力自小。故在防空建建上,不僅注意其建築物對於彈體鑽入後之抗力,尤須注意其表面之構造也。

## ( II ) 爆炸氣體之爆破威力

飛機炸彈,多為延期引信,使彈體鑽入物體至相當之深度後,再為發火爆炸。圖 1 為裝藥  $L \text{ kg}$  炸彈鑽入物體  $h$  深度之情形。 $\beta L$  之裝藥量在鑽入之物體中,  $(1-\beta)L$  之裝藥量在物體外,其爆破半徑  $w$ , 依工兵法則,得以下式表示之:(4)

$$23. \quad m = \sqrt[3]{\frac{\beta \cdot L}{C \cdot d}}$$



圖一

牆壁破裂之巖石及富於黏性之土壤

強度較大之牆壁,三合土及巖石等,則  $c$  之值,須依  $w$  而定:

- 當  $w < 0.9m$  .....  $c = 5.0$
- $0.9 < w < 1.5$  .....  $c = 4.0$
- $1.5 < w < 2$  .....  $c = 3.5$
- $w > 2$  .....  $c = 3$

彈體重量及炸藥威力之破壞總深度為:

$$24. \quad H = h - m + w$$

$m$  為裝藥  $\beta \cdot L$  之重心至彈尖之距離,裝藥  $(1 - \beta) \cdot L$  影響僅及於表面,其威力不及於鑽入處,圖 1 為炸彈鑽入三合土之情形,其  $d$  為 3.5. 在防空建築上,對於  $c$  與物體強度之關係,更須遠為追索焉.

### (III) 炸彈威力平面上波及破壞之圍範

投彈之效力,非僅止於命中之點,當彈墜落於街市或平地上時,可由其爆

$c$  為抵抗係數其值依被爆破物體之強度而定  $d$  特稱之曰填塞係數 (Verdämmungsziffer), 依裝藥之情形而異.

Reichardt 氏 (5)

曾提出  $c$  之值如下:—

地面  $c = 0.7$

$c = 3.0$

炸氣體及爆破土壤等之衝擊能力,予建築物以破壞,則有問題之待解答者:炸彈在平面上之威力影響範圍爲若干?以 Lkg 之炸藥量,爆發時受其影響之破壞半徑  $R_1$ , Lheng 氏,以下式表示之:

$$25. \quad R_1 = 5 \sqrt{L}$$

第二表爲依 Justrow 之研究,擴充上式之應用於炸彈者.

第 二 表  
炸彈爆炸氣體衝擊力平面上破壞之範圍

彈重 kg	50	100	300	1000	1800	1
炸藥量 Lkg	23	55	170	680	1000	2
$R_1 = 5\sqrt{L} \cdot m$	24	37	65	130	158	3
$p \cdot t / m^2$	5.98	5.16	3.1	1.65	1.6	4
$p_1 \cdot \sqrt[3]{L}$	17	19.6	17.2	14.5	16	5
$p \cdot t / m^2$	5.1	3.87	2.66	1.65	1.45	6
$R_2 \text{ m}$	29	43	72	130	173	7

相當其裝藥量之破壞半徑  $R_1$  及由爆氣所生之  $p_1$  均如上記,此處吾人更將利用德國化學器械會 (7) 以 1000Kg 炸藥在地面自由爆炸之研究結果:以不同之藥量,及其相當之壓力有如下之關係:—

$$26. \quad p_1 = p_2 \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

由第 4 行吾人見  $p_1$  隨裝藥量之增加而減小,但在防空著作 (8.9) 上之多數意見,爆氣衝擊力爲  $2t/m^2$  時房屋並無危險,而 Lheur 氏公式中其基礎根據數值變動不定,不能有適宜之標準,故以  $p_1 \sqrt[3]{L}$  之乘積記於第五行,以其各個數值相差較小也,因之余得結論如下:



房屋之破壞危險界為當

$$27. \quad p \sqrt[3]{L} \geq 14.5$$

之時也。14.5為第5行中最小之值。用上式之關係，可將炸藥之壓力  $P_2$  計算而出，書之於第6行，第7行所記者，為其相當距離  $R_2$ ，由此吾人得第二破壞半徑矣。

Lhenre 氏公式，僅限適用於磚瓦之建築物，他如鋼筋三合土等，則其被損害之程度當較小。

第三表

炸彈爆炸氣體破壞威力之關係量

彈重 G kg	50	100	3000	100	1800	1
炸藥量 L kg	23	55	170	680	1000	2
$R_1$ m	24	37	65	130	158	3
$F_1$ m <sup>2</sup>	1809.6	4300.8	13273.2	53092.9	78436.7	4
$\frac{F_1}{G}$ m <sup>2</sup> /kg	36.2	43	43.2	53.1	43.5	5
$\frac{F_1}{L}$ m <sup>2</sup> /kg	78.6	78.2	78	78	78.4	6
$R_2$ m	28	46	76	130	173	7
$F_2$ m <sup>2</sup>	2642	5808.8	16286.0	53092.9	9024.7	8
$\frac{F_2}{G}$ m <sup>2</sup> /kg	52.8	58.1	54.3	53.1	52.2	9
$\frac{F_2}{L}$ m <sup>2</sup> /kg	115	107	96	78	94.0	10

第五行之各值以 1000Kg 者為最大而第六行之諸值均極相近，甚堪觸目由第九行及第十行觀之，則 100 Kg 之炸彈其單位重量所收效果，遠駕他種重量之炸彈而上之。此表誠給予吾人今日在軍事上所採用炸彈之重量以參考也。(10)

第三、四兩行所示之值，僅適用於碰炸瞬發引信如為延期引信，則爆炸氣體之衝擊威力當較小，其及於平面上之破壞範圍自亦隨之而減也。

建築物除受爆炸氣體之壓力(Luftdruck)破壞外，尚受氣體之吸縮(Luftsog)破壞。(譯者按：當炸藥起爆後，圍起爆中心之爆炸氣體，有強大之壓力而形成一有強大壓力之氣體漏斗環，此氣體漏斗向中心方向之壓力，謂之(Luftsog)，距爆炸中心較遠之物體不易破壞者，一部份之原因尚由於此吸縮威力(Luftsog)隨距離之增加而減小也。且此吸縮威力，不隨其作用之時間之久暫而顯其效用之大小。德國化學機械研究會，對此問題曾加以探討，知由吸縮所生之破壞威力，愈近爆炸中心而愈大。該會以 1000 Kg 之炸藥起爆，置一測壓器於近爆炸中心附近，所測得之壓力殊小，此蓋由於爆炸氣體所生漏斗環，有抗氣體壓力(Luftdruck)之傾向，而予測壓器以利也。但隨為發生之氣體吸縮作用，當在此漏斗環中而顯其破壞之威力。在歐戰中，Ruih 氏曾指出下例：在斜坡上墜落一彈，而在斜坡脚下之木質小兵房，反向斜坡面傾倒，此固足以證明上之理論也。

## 文 獻

1. Justrow, "Konstruktion und Wirkung Von Fliegerbomben", Zeitschrift fuer das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen 1927 und Heerestechnik 1927.
2. Peres, "Wirkung Von Sprengbomben", Gas und Luftschutz 1932.
3. Jerzaghi, "Bodenkunde". In Redlich: "Ingenieur-Geologie", Verlag Springer, Wien-Berlin.
4. Wabnitz, "Noch einmal Wirkung Von Sprengbomben", Gasschutz u. Luftschutz 1933.
- Reichard, "Der Pionierdienst", Sammlung Goeschen 1914.

- 
6. Kast, 'Spreng- und Zündstoffe', Verlag Vieweg und Sohn, Braunschweig.
  7. Jahresberichte der Chem.-technischen Reichsanstalt 1922/23 1924/25 und 1927
  8. Schossberger, 'Bautechnischer Luftschutz',
  9. Wirth-Muntsch, 'Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung', 2. Auflage, Verlag Stilke, Berlin.
  10. Nagel, 'Bombenflugzeuge und Bombenunternehmungen gegen das feindliche Hinterland', Gasschutz u Luftschutz 1935.
  11. Rueth, 'Barliche Maßnahmen des Luftschutzes', Bericht ueber die Hauptversammlung des Deutschen Btmvereines Vom 5. u. 6. April 1934.



## 機械引信發展小史

王運豐譯

本文係德國 Weidinger 少校原著。1933 年載於 Wehr und Waffen 1 月號。并曾於 Army Ordnance No. 78 轉載。內述機械引信之發明者畢生努力之情形，頗足為其他兵器發明家研究生活之寫照。爰為譯出，以刊篇末。

1932 年 6 月 3 日 Heinrich Thiel 氏在德之 Eisennach 附近之 Rhula 地方逝世消息傳出後，頗引起世人於德國機械引信之注意，蓋 Thiel 之名實與機引信發展史不可分離也。

Thiel 氏生於 1867 年 4 月 25 日，為一製造家之子，其父名 Christian Thiel 係 Rhula 地方著名世界之 Gebrüder Thiel 鐘錶製造廠創始人，氏少時曾受良好之技術教育，於 1895 年入鐘錶廠，與 Oheimen Reinhold 及 Ernst Thiel 同為股東，1901 年此兩公司改為股份公司後，彼遂擢為營業經理，1913 年由哥德王昇以商業會議議員之名義。

迨至十九世紀末葉，即有人思以他種引信代替使用慢藥盤之時間引信，俾不受大氣之任何影響，當時致力此項問題研究之發明家甚多，亦有許多獻策提出，惜多屬理想，能合實用之設計終未實現，迄至 1903 年方有一機械引信特許證授給柏林地方一鐘錶製造家 Baker 氏，此機械引信，乃以鐘錶機構發動者。1904 年至 1905 年中，Baker 氏仍繼續獲得特許，該特許之基本意念為一以發條驅動之鐘錶機構，并裝一週期較高之調整輪，Baker 氏之特許權，繼為克魯伯公司購得，該公司因無製造鐘錶之設備，于 1903 年遂與

Gebrüder Thiel 鐘錶廠協議，由該廠照 Baker 氏之設計承製機械引信。自此 Heinrich Thiel 氏畢生不倦之工作開始，至其逝世之日，此工作亦僅告一小段落。

在與克魯伯公司密切合作之下，每一零件完成，均經無數實際試驗。氏雖經多次失敗，從未灰心，常能克服困難，維持其對機械引信之濃厚興趣。

第一次之實地試驗係 1906 年一月六日，在 Tangerhütte 地方舉行。此項試驗，曾與當時之兵器試驗委員會合作，繼續延至 1908 年底，迭獲成就。至此 Baker 氏最初所設計之機構，均已根本重行設計，僅發動簧及調整輪仍舊保留，惟其形狀及裝設法均與前異。

1909 年因 Heinrich Thiel 氏之試驗成功，其引信遂得德國陸軍部之採用，名為複式引信 0.8 號。氏數年來努力研究之結果，至此始獲應得之報酬。但於 1910 年開始大量製造時，意外之障害發生，第一批出品順利完成，嗣後繼續製造者，經檢驗後，不合用者逐次增多，甚有過度早發者。此事之發生，於 Gebrüder Thiel 公司實為一嚴重損失。良以該公司曾放棄其鐘錶營業之一部，以製造機械引信也。Heinrich Thiel 氏為製造機械引信之負責人，此時深為該公司之總理及經理等所不滿，然氏抱堅強之意志及必成之決心，得不受公司經理等之阻止，機械引信方有更完善之發展。此為吾人殊覺欣幸者。氏此時復將各種機構重新設計，至 1911 年 12 月時，新設計送至克魯伯公司，該公司總理 Rausenberger 教授，於機械引信之繼續發展極為重視，遂同意於此項改進計劃。

1912 年 3 月新設計之引信舉行第一次實際試驗。此後復經數年之努力試驗工作，方合陸軍部之需要。至 1916 年已供德軍正式採用。歐戰末期製造最多，達每日 6000 發之記錄。

Heinrich Thiel 氏發展機械引信之偉大功績，使武器之效力大增。故於歐戰期中，為最高軍事當局正式承認，授以十字勳章。歐戰結束後，機械引信之

製造迅即停止所有從事製造之熟練工人,依協約國管理委員會之命令,一律遣散,各種製造設備,亦破壞無遺。

由1919年至1924年,機械引信之製造完全停頓,直至1924年末,方於凡爾賽和約限制下,開始小量製造,仍由 Hei rich Thiel 氏主司其事,氏得其忠實合作者 Liebergeld 經理之助力,終使機械引信有今日之發展,不但堪應一切需要,并可與他國任何引信競爭,直至其逝世之日,氏猶篤志於機械引信之研究,終能排除萬難,不顧誹謗,以抵於成, Thiel 氏之榮譽,應與德國兵器發展史,并存永久,受世人之敬慕也。

# 兵工

第一卷 第一期

中華民國二十五年九月一日出版

版權所有 不許轉載

編輯者：軍政部兵工專門學校同學會 出版部編輯委員會

發行者：軍政部兵工專門學校同學會 出版部

地址：南京中華門外兵工專門學校本會

電話：五一四一七  
五二七五五

印刷者：京華印書館

地址：新街口

電話：二二〇八二

## 兵工承登廣告價目表

地位	全頁	半頁	四分之一
底封面之外面	八十元		
封面之內面及對面底封面之內面	六十元	三十六元	
普通地位	四十元	二十四元	十五元

- 一，上表均係每期價目，連登多期，價目從廉。
- 二，廣告概用白紙黑字，如用色紙或彩印另議。
- 三，代製鋅銅版等工價另加。
- 四，廣告中文字，中文西文均可。
- 五，欲知詳細情形，請逕函本會出版部接洽。

## 兵工發行價目

每年四冊

每冊大洋三角

郵費國內二分半，國外二角五分。

本國郵票代價十足通，每張以一角以下者為限。



## 啓事一

本刊每年發行四期，以研究國防問題，兵工學術，軍事工藝，并介紹兵工常識爲目的，藉以提高國人研究兵工之興趣，促進我國國防之建設。同人等學識有限，倘蒙惠賜鴻文，凡合於本刊宗旨者，無任歡迎。一經登載，當奉酬本刊若干本或印贈單行本若干冊，以申謝忱。

編輯委員會啓

## 啓事二

本刊刊行伊始，承母校教授，海內專家暨各同學熱心扶植，踴躍投稿，鴻篇鉅製，美不勝收，惟創刊號篇幅有限，不能完全披露，祇得分期刊登，尙希見諒，并祈源源惠稿以光篇幅。

編輯委員會啓

## 膛外彈道學

張玉田編

定價一元四角 南京軍用圖書社代售

本書論述彈道之性質及應用計算法甚詳，并述有初速之決定法，來復線對彈道之影響，各彈道元素起微變化時對射程之影響，以及風與砲位移動或目標移動之影響，理論與實際兼顧，誠研究兵器學者不可或缺之書！

兵工專門學校同學會代售，特定有優待辦法。

## 火藥學實驗法

高義編譯

定價七角 正中書局代售

本書分五章，(一)安定度試驗，(二)感度試驗，(三)威力試驗，(四)雷管試驗，(五)炭鑛爆藥之安全度試驗，每章均首述其意義，次述各種試驗方法，并常舉例說明，俾易領悟，說理明晰，敘述詳盡，研究火藥者，應人手一冊。