兵工雜誌

THE JOURNAL OF THE TECHNOLOGY OF ORDNANCE.

VOL. 2 NO. 1 MARCH 1 1932

法國哈乞開斯HOTCHKISS一三・二公厘高射機關槍

第二卷 第一期

民國二十一年三月一日

軍政部兵工署兵工雜誌社發行

啓事一

本刊承

諸同志湧躍投稿宏篇鉅製美不勝收但爲篇幅所限未能同時批露祇得分期登載殊深抱歉尚望投稿諸同志諒之

編輯股啓

啓事二

本署雜誌爲集思廣益起見如荷海內碩博時惠鴻文毋任歡迎

編輯股啓

兵工雜誌第二卷第一號目次

專 著

論 說

學 術

講 演

雜 錄

總理遺像

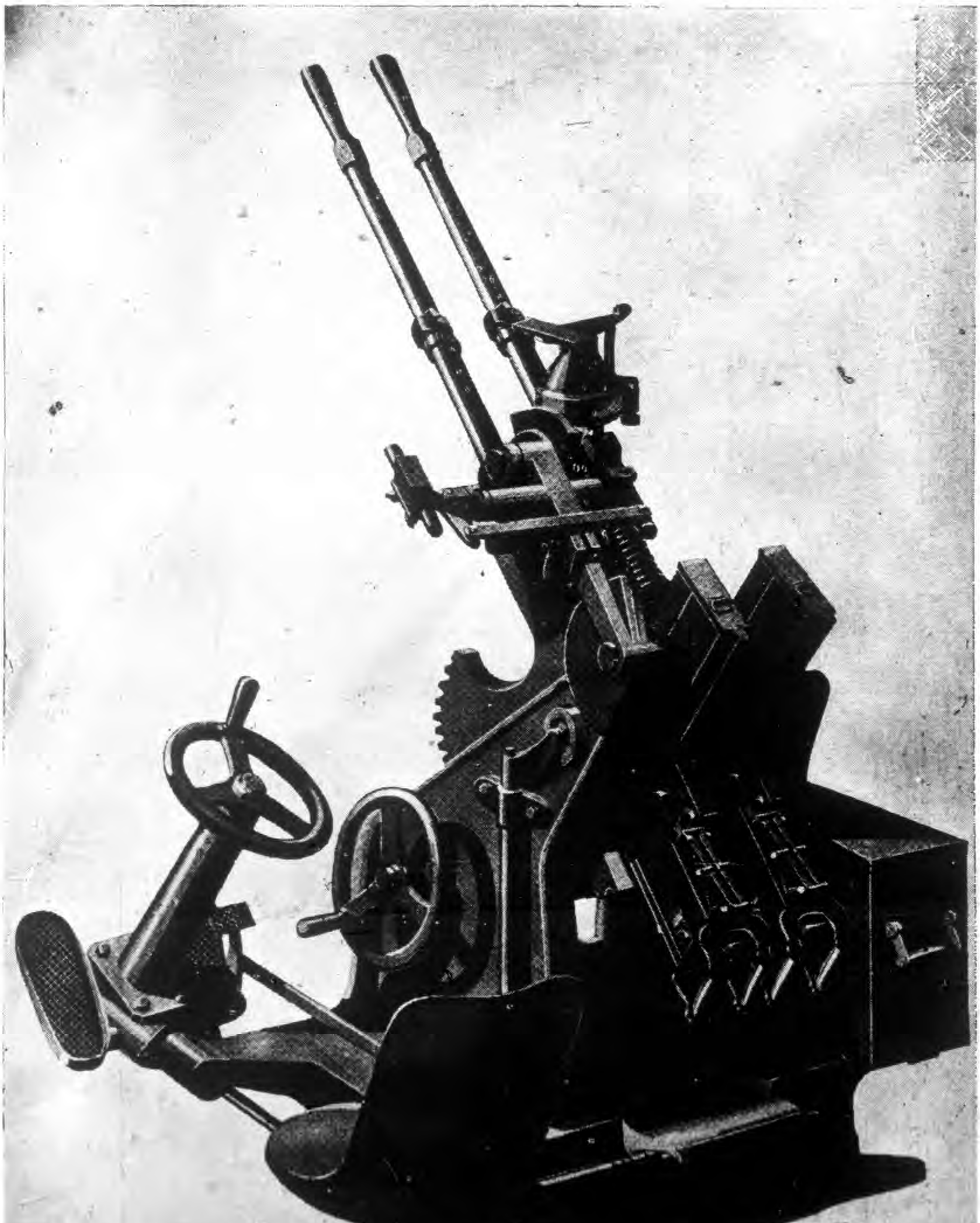
6.10.

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澈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

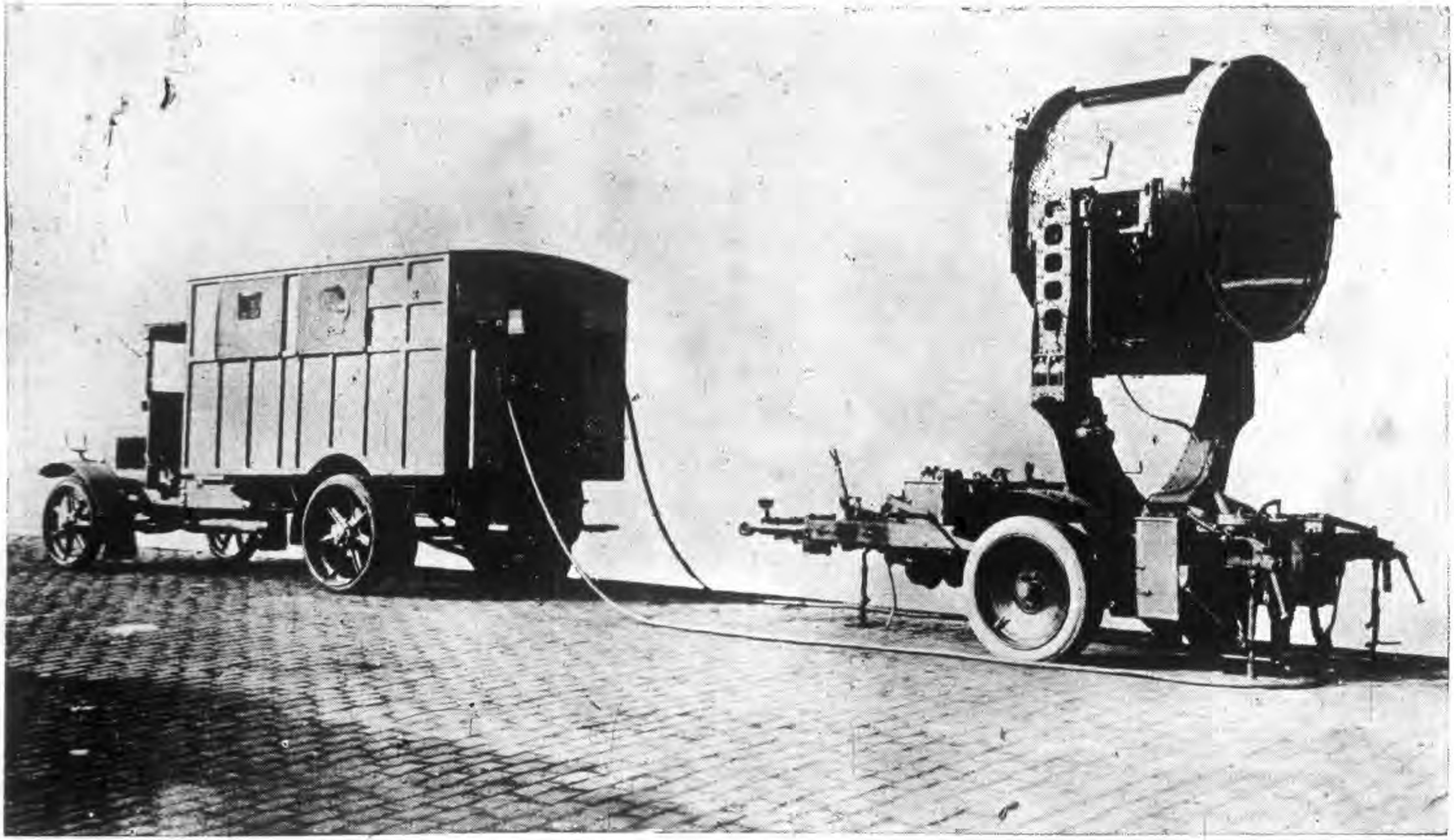
插圖

第一圖　法國HOTCHKISS一三・二公厘高射機關槍



此爲二聯裝之高射機關槍，砲架能迴旋360度，係裝於汽車坦克車等射擊者，彈重52公分，初速800公尺／秒，最大射高3500公尺，發射速度每分鐘450發

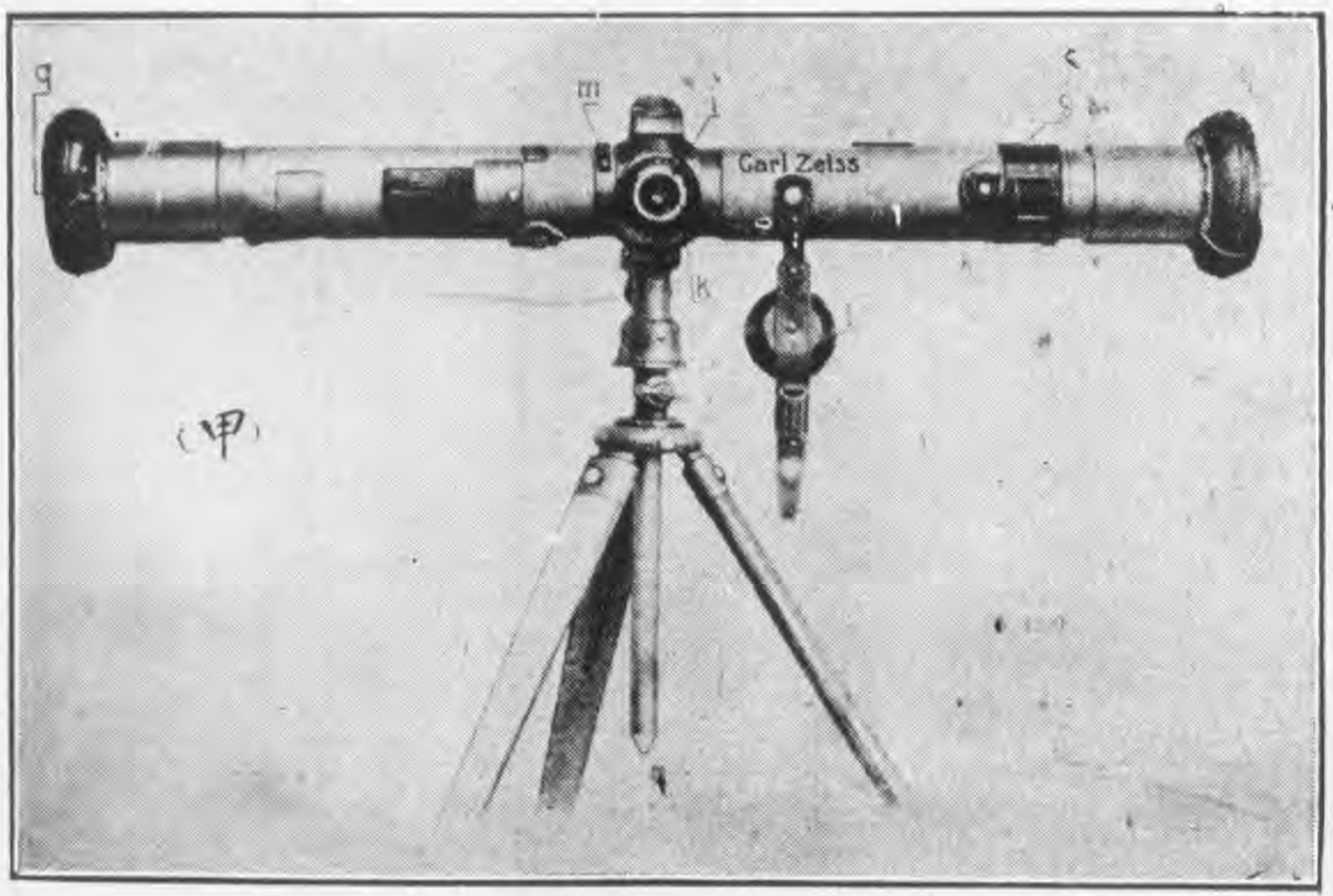
第二圖　防空探照燈



燈之直接一・五公尺，以汽車拖曳，運動性甚大，發電機即在汽車內，電流200安培，電壓75伏，（參攷本期防空各文）

第三圖　德國蔡司測遠鏡

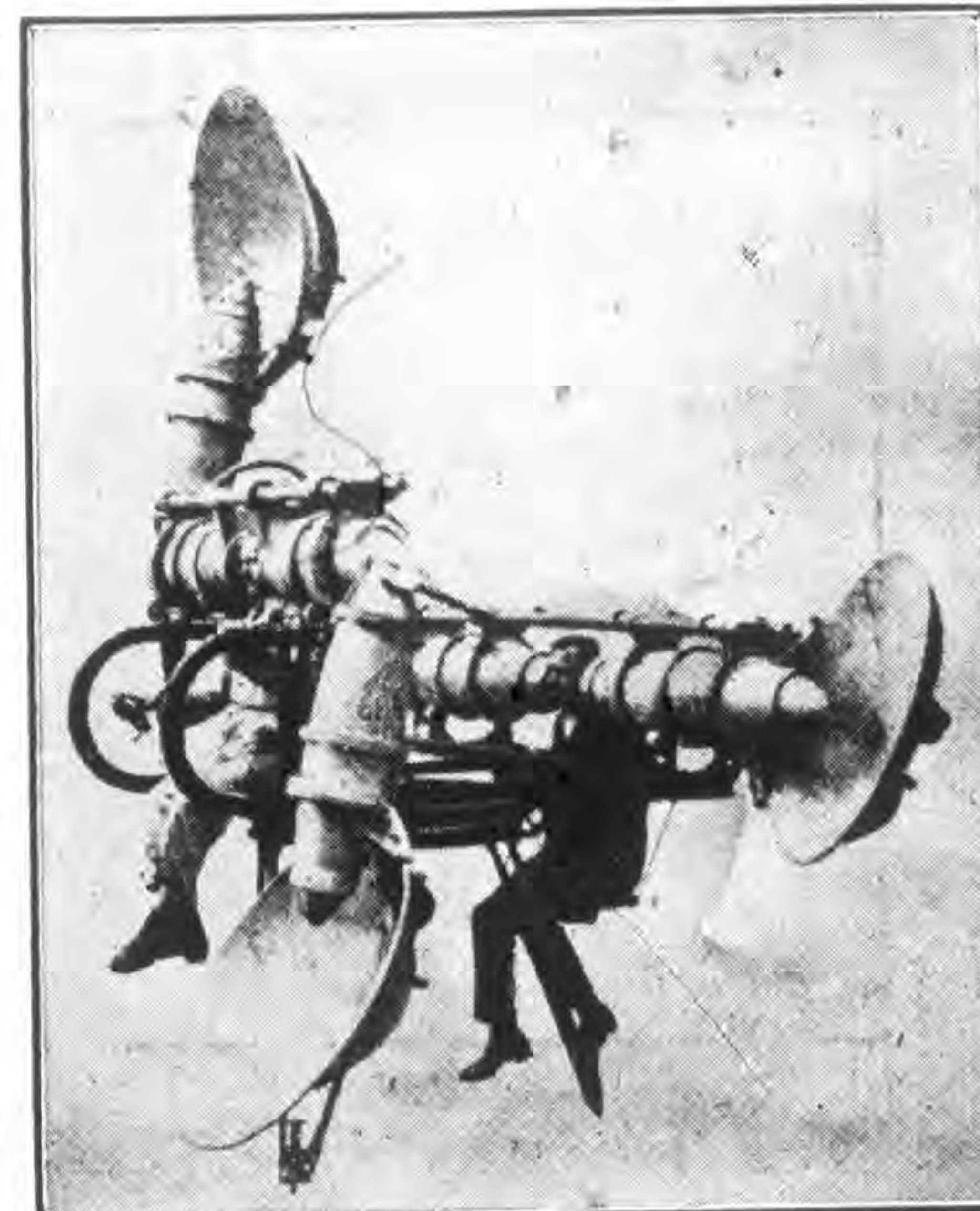
（乙）



（甲）

供他隊測知距離之用，此為長〇・七公尺者，測遠距離自二〇〇至一萬公尺，甲為全形，乙為使用情形。

第四圖　聽音機（一）

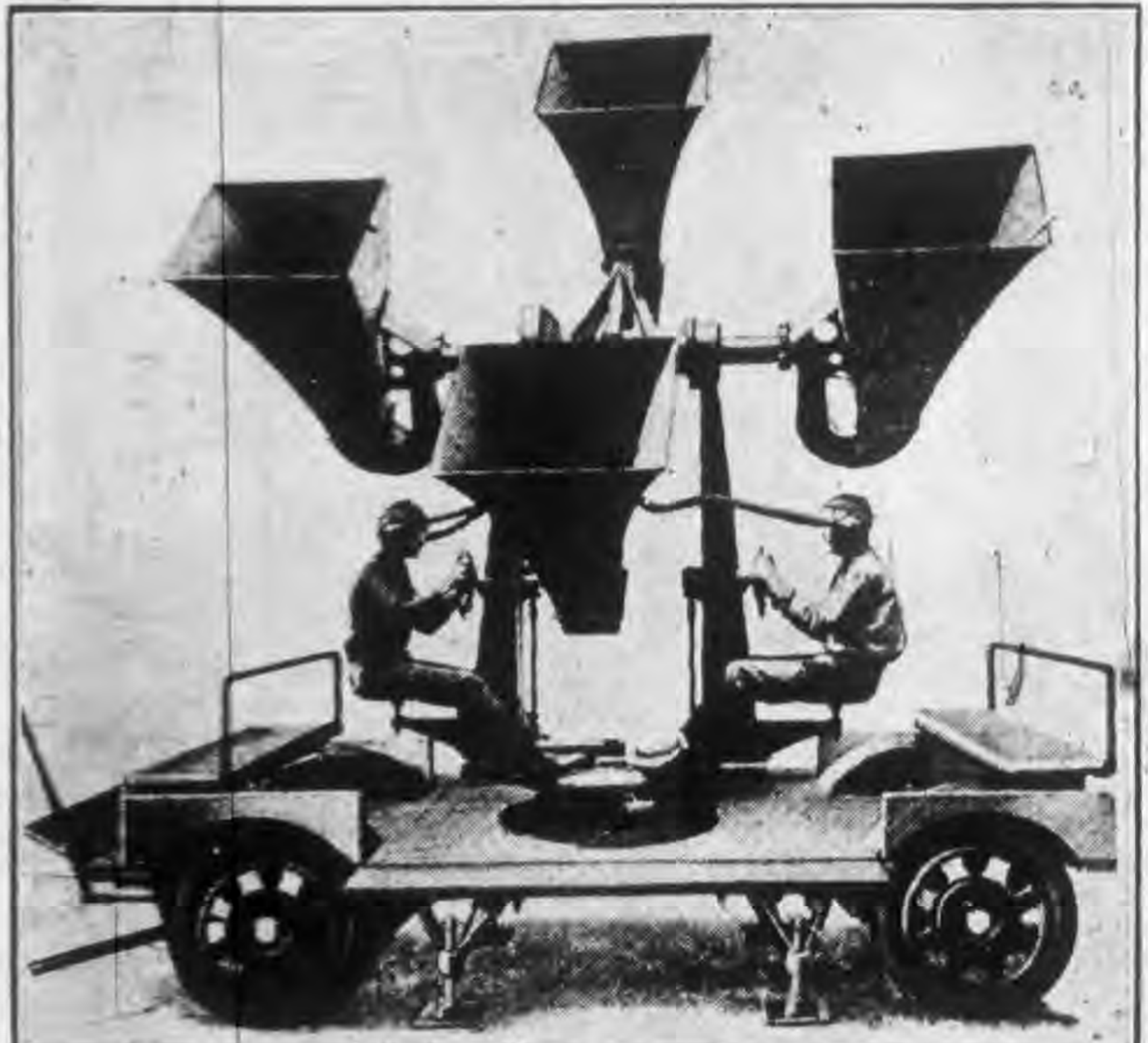


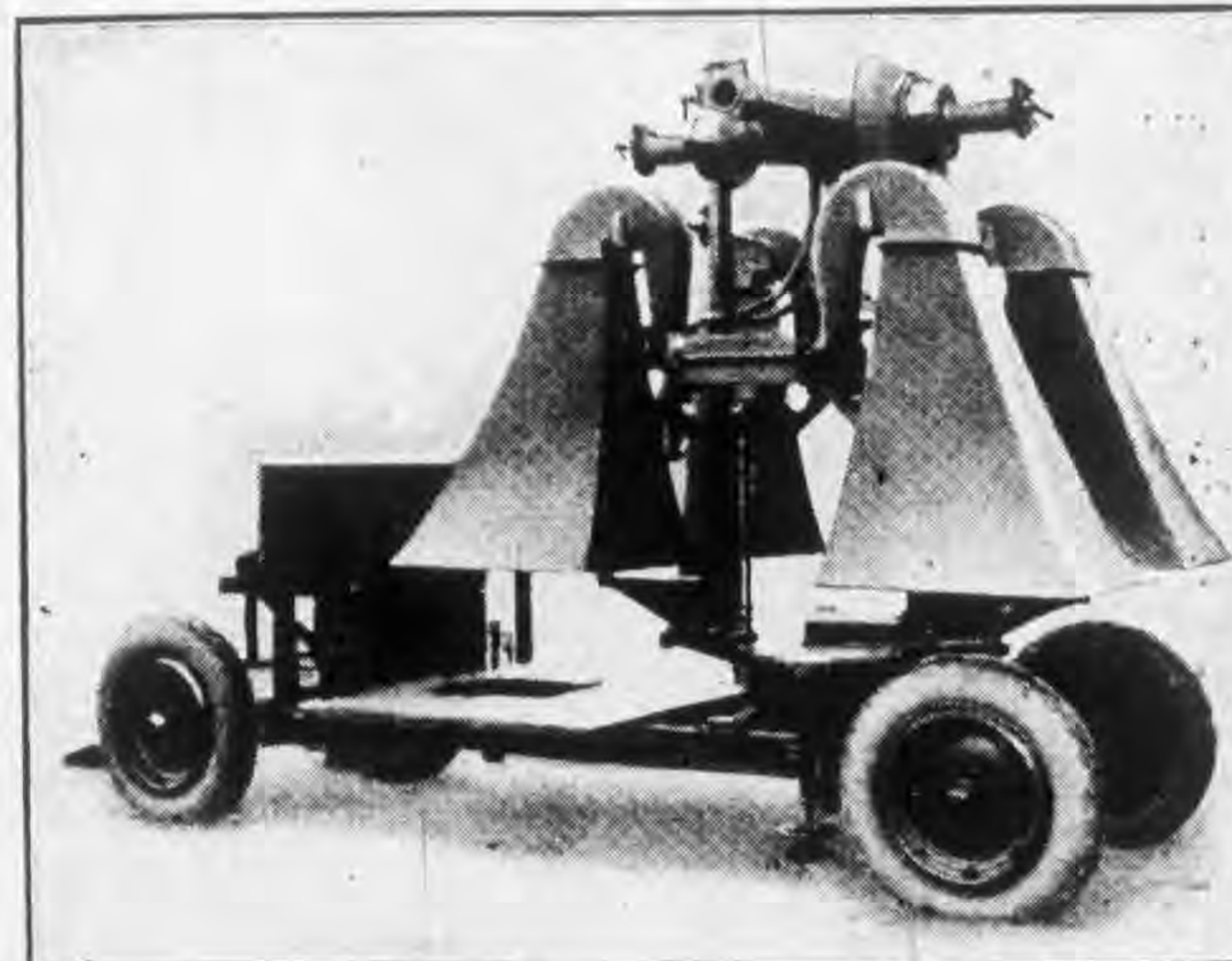
聽音機爲夜間防空最重要之儀器，聽音距離可及一萬公尺以上，式樣甚多。

甲爲德製之一種

乙爲法國出器之一種

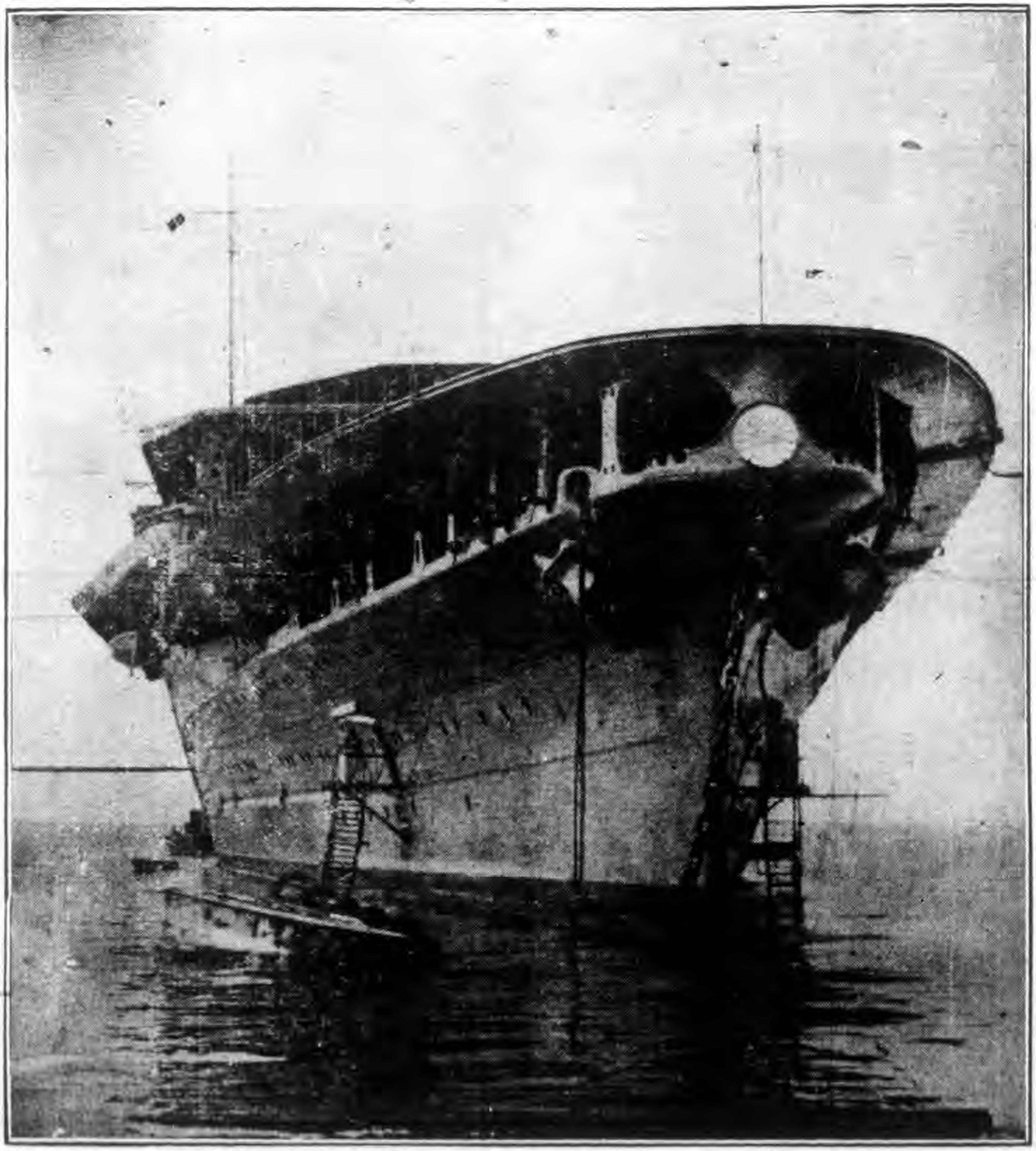
第五圖　聽音機（二）





圖為美國聽音機之一種，聽角面積每個2520平方公分，聽距22000公尺，有效聽距11000－13750公尺，參攷本期。

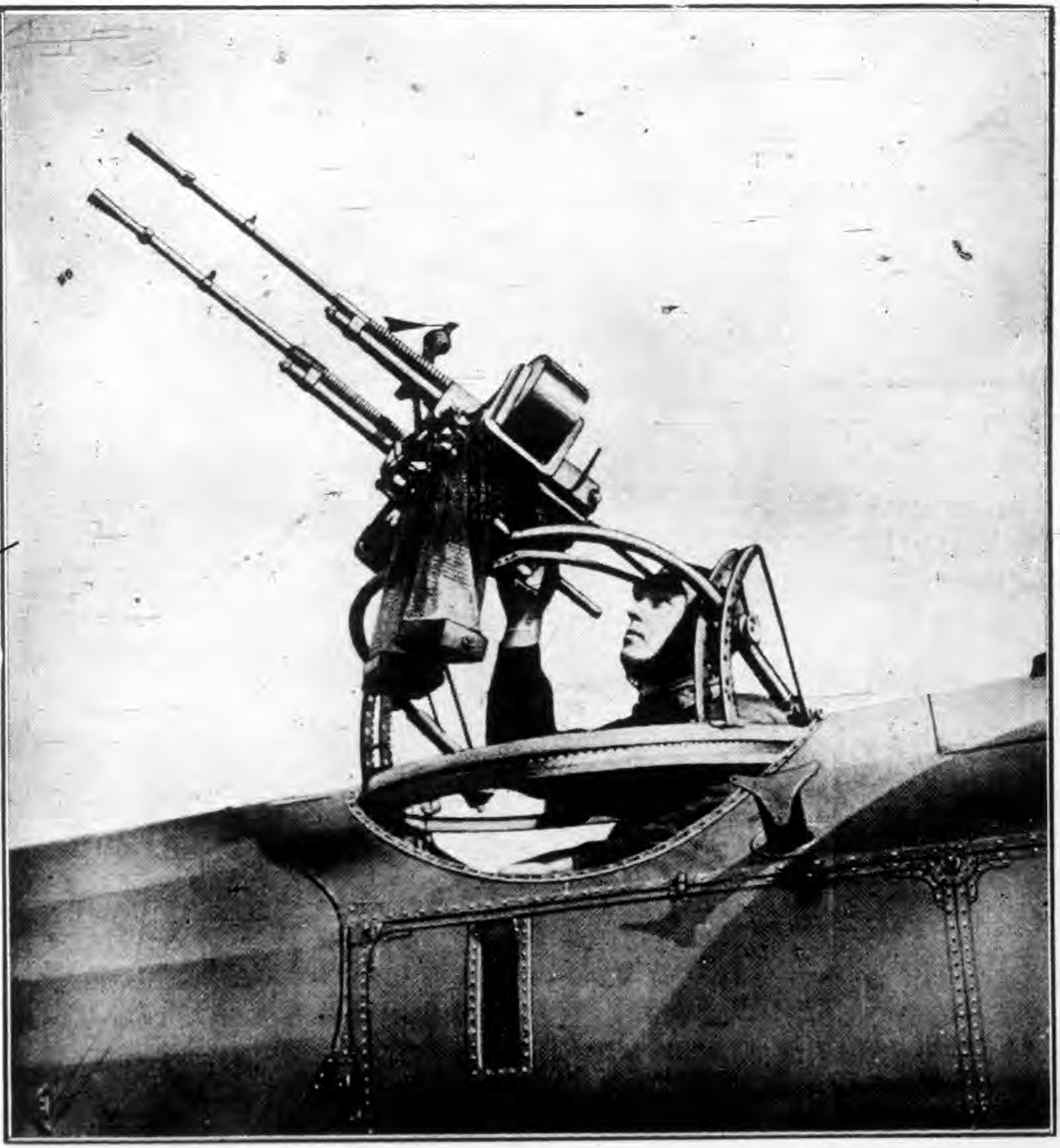
第六圖　日本航空母艦赤城號



排水量28100噸，載飛機50架　平時30架

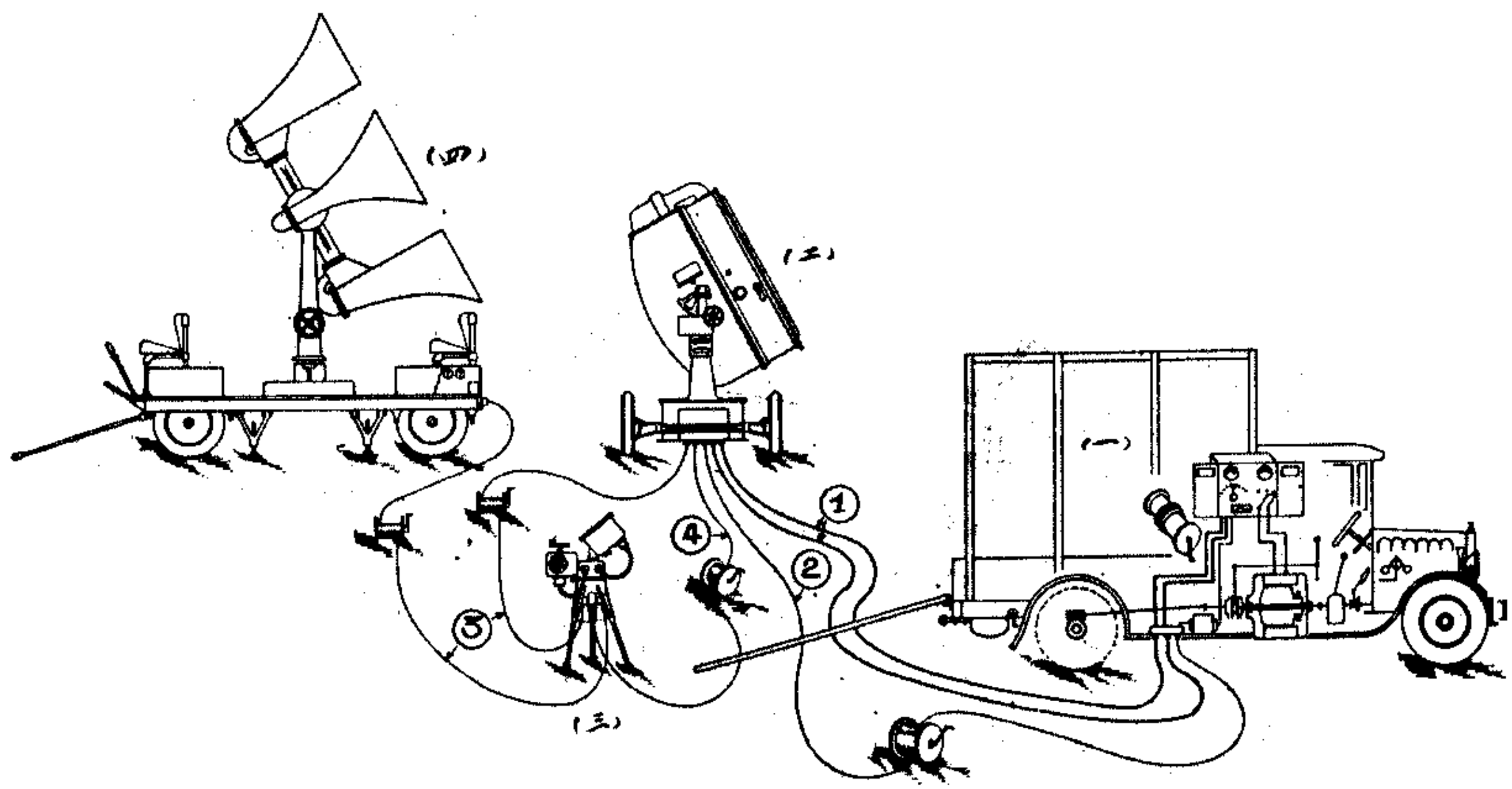
裝砲　主砲20公分者一門，副砲12公分者十二門　12公分高射砲十二門

第七圖　法國HOTCHKISS飛機用機關槍



此為觀測員用之兩聯式機關槍，重一八・二四公斤，發射速度每分鐘二千發，大率裝於戰鬥機上。

第八圖　最進步之夜間防空設備全圖



(一)發電所　(二)探照燈　(三)自動聯絡操縱器　(四)聽音機及自動修正器

(參致本期防空各文)

專著

專著

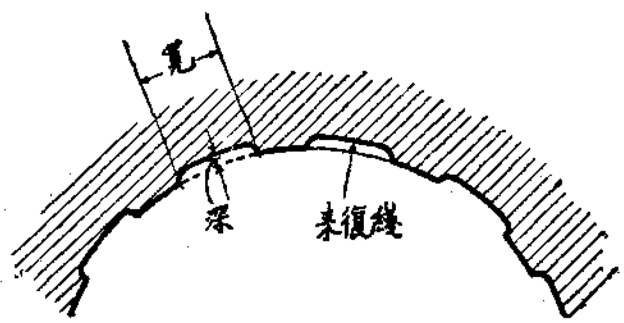
來復線之理論

李待琛

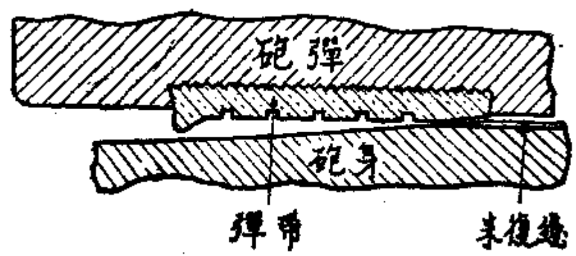
一、定義

來復線 Rifling，為砲身(或槍身)膛面多數之螺旋狀平方凹線(第一圖)，使砲彈彈帶受壓力吻入其中經過膛內而發生迴轉運動者也(第二圖)。

第一圖



第二圖



來復線，由其起點以至前方之旋轉方向，自左而右者，稱右轉線；自右而左者，稱左轉線。

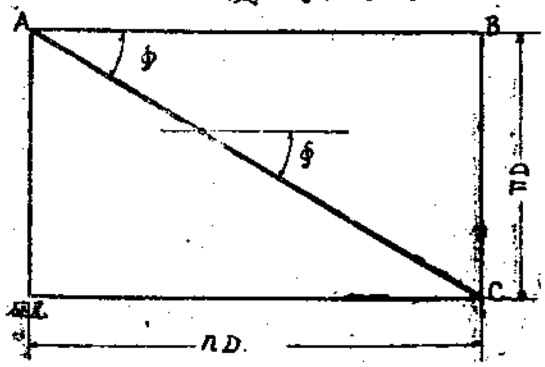
來復線，其寬始終一定者為等齊線；其自後至前漸次減小者，稱楔形線。

來復線與通過其某點之膛面縱線(平行於砲身軸)所成之傾斜，曰來復線在某點之纏度 Twist。纏度有自砲尾至砲口始終不變者，是為等齊纏度 Uniform Twist，有漸次增大者，是為漸速纏度 Increasing Twist。

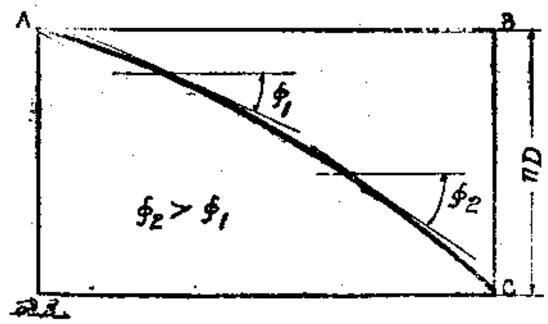
來復線之纏度，普通用來復線纏繞一周之直線距離表示之，此距離之表示、多用口徑之倍數。如來復線在某點之纏度為每轉二十五倍者，即表示來復線以某點之傾斜角度(假定不變)纏繞一周時，其直線距離為口徑之二十五倍也。

來復綫之性質，由其展開於平面上之展開綫 Development 定之。具有等齊纏度之來復線，其展開線爲直線，(第三圖)具有漸速纏度者，其展開線爲曲線(第四圖)。

第三圖 等齊纏度



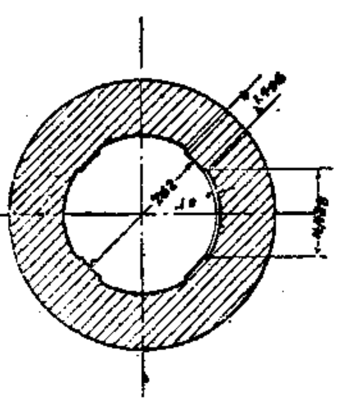
第四圖 漸速纏度



二、來復線之數目及尺寸

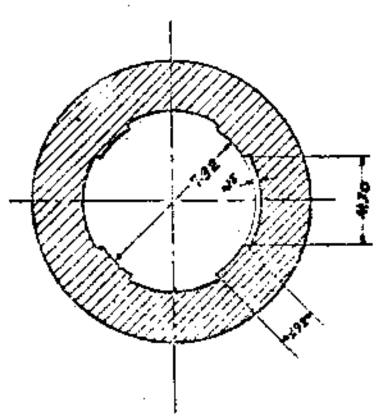
步槍來復綫，數目普通爲四條，但瑞士槍 Schmidt-Rubin 只三條，英國槍 Lee-Enfield 爲五條，丹麥槍 Krag-Jorgensen 爲六條； 纏度，皆爲等齊纏度，每轉三十至三十六倍，除英國槍 Lee-Enfield 及法國槍 Lebel 左轉外，餘皆右轉； 深度，多爲0.15公厘，寬度，頗不一定，約爲 2—4.5 公厘。我國各種槍及各國步槍之來復線，列於下表，第五圖至第七圖，係表美德國步槍來復線之橫斷面。

第五圖
美國軍用槍



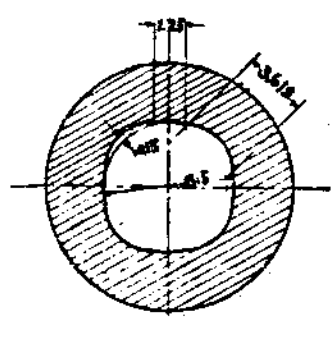
纏度240公厘

第六圖
德國1924式
騎管毛瑟



纏度254公厘

第七圖
日本三八式槍



纏度200公厘

各國步槍來復綫

槍名	口徑，公厘	綫數	纏度，每轉倍數	綫深，公厘
美國.30 M 1906	7.62	4	31.5	.102
美國7mmPederson	7.00	4	——	.102
英國.303 MK Vll	7.70	5	33	.147
德國 7.9mm	7.9	4	30.2	.165
法國 8mm	8.0	4	30	.150
意國 6.5mm	6.5	4	32.2	.152
日本 6.5mm	6.5	4	30.7	.150

我國現用各槍之來復綫

槍名	口徑，公厘	綫數	纏度 每轉距離公厘	線深，公厘	線寬，公厘
漢陽式步槍	7.9	4	240	0.10	4.4
粵造元年式步槍	7.9	4	240	0.15	2.1
粵造元年式步槍	6.8	4	200	0.15	1.2
寧造馬克沁機關槍	7.9	4	241	0.15	4.3
漢造三十節機關槍	7.9	4	240	0.15	4.4
滬造柏格門手提機關槍	7.62	4	241	0.13	2.85
滬造白郎林手槍	7.62	6	191	0.15	2.8
漢造自來得手槍	7.62	6	180	0.17	3.0

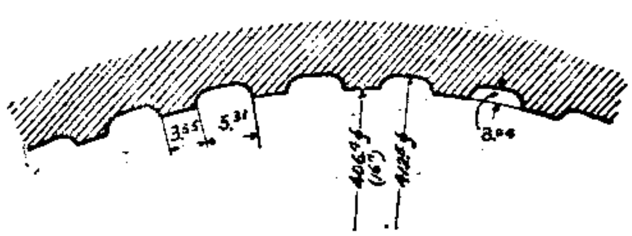
火砲來復綫之條數，普通隨火砲之口徑而增加，與初速亦有多少關係。凡火砲初速較大者，綫數亦宜較多，因此不但可以使砲彈獲得充分之回轉運動，且可以增進砲身之壽命，故近代火砲來復綫之條數較前大有增加，如美國加農砲，以前多為每口徑一吋六條者，最近增至九條。

來復綫之數目，尚無一定規則。如七五公厘左右之野山砲多為24—28條；十公分左右之榴彈砲式加農砲，多為28—32條，但美國伯斯列恆廠一〇五公厘加農砲，有60條；又十五公分榴彈砲，日本六年式，只36條，而美國伯斯列恆廠者，有72條；又十五公分

五十倍海軍砲，英國阿姆斯托郎式36條，而英國維克斯式有58條。英國阿式三十六公分四十五倍海軍砲84條；美41公分50倍要塞砲144條。

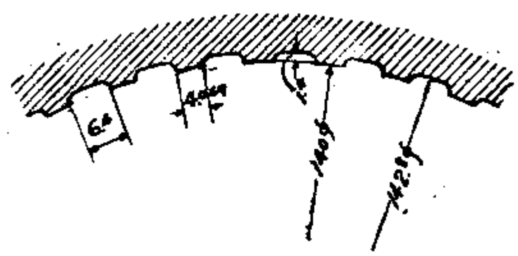
來復線之深度，與砲之口徑而俱增，七五山砲約爲0.75公厘，野砲約爲1.00公厘，一〇五輕榴彈砲1.25公厘，同口徑加農砲爲2.00公厘，美國12吋(30公分)加農以至野砲皆爲0.06吋(1.524公厘) 14吋加農爲.07吋(1.778公厘)，16吋50倍加農爲0.12吋(3.048公厘)。來復綫之寬，更不一定，有僅爲深之二倍者，有爲深之十倍者，（第八，九，十圖）。

第八圖



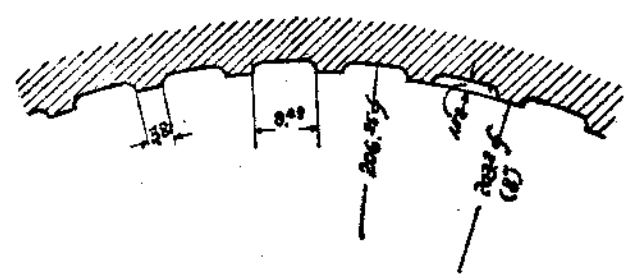
美國16吋50倍要塞砲

第九圖



日本5吋50倍海軍砲

第十圖



美國8吋要塞砲

第十一圖

滬造75公厘14倍山砲

我國各種火砲之來復線列於下表

我國現用各種火砲之來復綫

砲名	口徑 公厘	身長，倍	復數	線之種類	纏度 每轉倍數	線深 公厘	線寬 公厘
瑞士歐利康小加農砲	20	70	9	等齊	35.9	0.4	5.0
漢造三七步兵平射砲	37	28	16	等齊	23.86	0.37	4.6
荷蘭H.I.H.七五輕榴彈砲	75	11	28	等齊	25.5	0.75	6
滬造克式七五山砲	75	14	28	等齊	24.227	0.75	5.916
漢造日本六年式七五山砲	75	18	28	——	——	0.7	4.6
俄式七六三山砲	76.3	15	24	漸速	63.47-23.58	0.78	3.2
漢造克式七五野砲	75	29	28	等齊	37	1.00	6.0
日本三八式七五野砲	75	31	28	等齊	25.6	1.00	6.0
遼造一四式一〇五加農砲	105	29	32	等齊	25.6	2.0	——
日本四年式一五〇榴彈砲	149	15	36	等齊	25.6	1.5	——
滬造阿式十二吋要塞砲	304	35,25	36			1.91	19.05
滬造阿式九吋二要塞砲	235	35	36			1.59	7.94
滬造阿式九吋要塞砲	228	35,28,21,5	36			1.27	12.7
滬造阿式八吋要塞砲	203	45,35,28,22	33			1.27	12.7
滬造阿式六吋要塞船台砲	150	41,28	28			1.27	12.7
„ „ „ „ 五吋七 „ „ „	149	29	25			1.12	10.16
„ „ „ „ 四吋七 „ „ „	120	41	22			0.635	15.87
„ „ „ „ 二吋二 „ „ „	57	50	24			0.635	6.35

三、來復線　角與纏繞一周直線距離之關係

在等齊纏度，來復綫在平面上之展開稱爲直線，如第三圖AC綫，其傾斜之角度ϕ爲纏角，或纏度與一轉之距離AB之關係如下：

命砲之口徑，爲d；來復線纏繞一周之直線距離爲口徑之n倍，則：

$$BC = \pi d$$

$$AB = \pi d$$

$$\tan\phi = \frac{BC}{AB} = \frac{\pi d}{nd} = \frac{\pi}{n}$$

假定彈丸每秒間初速爲V，其出砲口時之迴轉速度爲N（轉數），V與N之關係如

下：

$$N=\frac{V}{nd}$$

例如三十節機關槍，初速800公尺，纏度240公厘，其槍彈離槍口時之迴轉速度：

$$N=\frac{800}{0.24}=3333\text{轉}$$

在漸速纏度，來復綫在平面上之展開綫爲曲綫如第四圖AC線。其傾斜之角度中爲纏角或纏度，由砲尾至砲口，漸次增大，纏度 nd 則漸次減小，卽 n 之値，漸次減小，但Φ與n之關係如後：

$$\tan\phi=\frac{\pi}{n}$$

來復綫，採用等齊纏度時，砲彈彈帶對於其側面之壓力，與火藥瓦斯在膛內之狀況相似，瞬息達最大值，漸次降下而至砲口；若採漸速纏度，則膛內最大瓦斯壓力發生時，因纏角小，來復綫側面所受之壓力亦不甚大，卽瓦斯壓力漸次降下，因纏角增加，綫側所受之壓力，仍不減少。漸速纏度之優點，在綫側所受之壓力，始終無大變動，能正確誘導彈丸而使之旋動；其劣點，在彈帶須吻入變化不斷之來復綫內，而出砲口，摩擦力與抵抗力，逐漸增加。等齊纏度之劣點，在膛內瓦斯壓力最大時綫側之抵抗過大，來復綫及彈帶易於破壞，其優點，在彈帶吻入來復綫後，抵抗極少，製造較易也。

四、來復綫展開線之方程式

等齊纏度來復綫之展開綫Development爲直綫，其方程式如下

$$y=x\tan\phi=\frac{\pi}{n}x$$

但 x 軸與膛軸平行，

φ,n之意義如前述。

漸速纏度來復綫之展開綫，多爲半立方拋物線 Semi-Cubic Parabora，或普通拋物線。

半立方拋物綫之方程式如下

$$y+b=P(x+a)^{\frac{3}{2}} \quad\cdots\cdots(1)$$

但 x 軸與膛軸平行，原點在來復線起點之處，拋物綫頂點之座軸爲 $-a$ 與 $-b$。

茲假定來復綫之纏度起點 θ_1，每轉 n_1 倍(口徑)，終點爲 θ_2 (砲口) 每轉 n_2 倍 $(n_1>n_2)$，

$$\tan\theta_1=\frac{\pi}{n_1}, \quad 及 \quad \tan\theta_2=\frac{\pi}{n_2}$$

微分(1)式，

$$\frac{dy}{dx}=\tan\theta=\frac{3}{2}p(x+a)^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots(2)$$

在原點，卽來復線之起點，$x=o$

$$\tan\theta_1=\frac{3P\sqrt{a}}{2}=\frac{\pi}{n_1}$$

在經點 $x_1=n_2$

$$\tan\theta_2=\frac{3P\sqrt{n_2+a}}{2}=\frac{\pi}{n_2}$$

由上兩式，可得下式

$$a=\frac{n_2}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2-1} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$P=\frac{2\pi}{3n_2\sqrt{a}}=\frac{2\pi}{3n_2\sqrt{n_2+a}} \quad \cdots\cdots(4)$$

在原點，x,y均爲零，從(1)與(4)，

$$b=\frac{2\pi a}{3n_1} \quad \cdots\cdots(5)$$

(10)式中之常數 a,b 及 P已用 n_1,n_2 及n_2表示如(3),(4)及(5)。最後微分(2)，則

$$f''(x)=\frac{3P}{4\sqrt{x+a}} \quad \cdots\cdots(6)$$

若回線之頂點，在原點之處，卽與來復綫之起點一致時，則 a,b 爲 O，(1)式變爲：

$$y=Px^{\frac{3}{2}} \quad \cdots\cdots(7)$$

在此種來復綫，纏度在原點爲零，在砲口(距離n_2)增至每轉n_2倍，表示$\tan\theta$, P，及 $f''(x)$ 之公式如下

$$\frac{dy}{dx}=\tan\theta=\frac{3}{2}Px^{\frac{1}{2}} \cdots\cdots (8)$$

$$P=\frac{2\pi}{3n_2\sqrt{n_2}} \cdots\cdots (4)$$

$$f''(x)=\frac{3P}{4x^{\frac{1}{2}}} \cdots\cdots (10)$$

普通拋物綫之方程式如下：

$$y+b=P(x+a)^2 \cdots\cdots (11)$$

但 $-a,-b$ 爲曲綫頂點之座標。其常數 a,b p 可如半立方拋物綫決定如下：

$$a=\frac{n_2}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)-1} \cdots\cdots (12)$$

$$b=\frac{\pi a}{2n_1} \cdots\cdots (13)$$

$$P=\frac{\pi}{2an_1}=\frac{\pi}{2n_2(n_2+a)} \cdots\cdots (14)$$

$$f''(x)=2P \cdots\cdots (15)$$

例一、 美國 1905 式三吋野砲來復綫之展開綫，爲半立方拋物綫，其纏度在尾端爲零，在離砲口 12.52 吋之點，爲每轉 25 倍，從上述之點至砲口爲等齊，綫膛長爲 72.72 吋。決定此來復綫之展開綫及其曲綫使用之部分。

因纏度在尾端爲零，則$n_1=\infty$，由(3)，$a=0$，由(5)$b=0$，故曲綫之原點在來復線之尾端，其展開綫之方程式爲 $y=Px^{\frac{3}{2}}$。

在離砲口12.52 吋之點，$x=n_2=72.72-12.52=60.2$，$n_2=25$，由(9)，可求得 P 之值如下：

$$P=\frac{2\pi}{3\times25\sqrt{60.2}}=\frac{1}{92.6}$$

故展開綫之方程式：

$$y=\frac{1}{92.6}x^{\frac{3}{2}}$$

即 $92.6y=x^{\frac{3}{2}} \cdots\cdots (A)$

曲綫使用之部分，爲由原點至 $x=60.2$ 之中間一部，由 $x=60.2$ 至砲口則爲直綫，其傾角之正切爲 $\frac{\pi}{25}$。若 $x=60.2$，則：

$$y=\frac{1}{92.6}\times 60.2^{\frac{3}{2}}=5.04$$

上述直綫之方程式，爲：

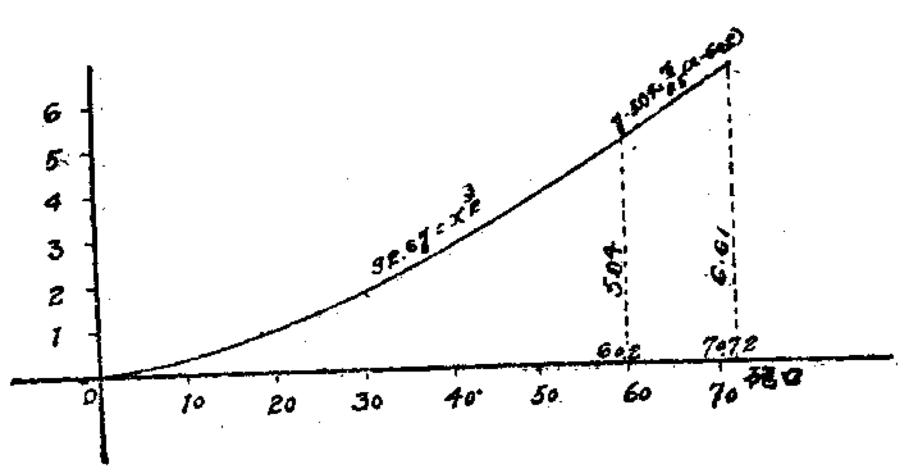
$$y-50.4=\frac{\pi}{25}(x-60.2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (B)$$

茲將 x,y 之值列於下表并繪成曲綫如第十二圖：

x	y	x	y
(A)式			
0	0	40	2.73
5	0.12	45	3.26
10	0.34	50	3.81
15	0.63	55	4.41
20	0.96	60.2	5.04
		(B)式	
25	1.35		
30	1.78	72.72	6.61
35	2.24		

第十二圖

美國3"野砲來復線之展開線



例二、 美國10吋34倍海岸砲，有來復綫六十條，其展開綫爲半立方拋物綫，其纏度在來復綫之起點(距彈底 20.1 吋)，爲一轉 50 倍，在離砲口 20 吋之處，爲一轉25倍，自彈底至砲口長 22.925 呎，求此來復線展開綫之方程式。

命所求之方程式，曲綫部分爲 $y+b=p(x+a)^{\frac{3}{2}}$，由 (7)，(4) 及 (5) 可求得 a，b 及 P 之值。(3) 式中：$n_1=50$, $n_2=25$, $n_2=22.925-\frac{20.1+20}{12}=19.583$呎，故：

$$a=\frac{n_2}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2-1}=\frac{19.583}{\left(\frac{50}{25}\right)^2-1}=6.528\text{呎}$$

$$b=\frac{2\pi\times 6.528}{3\times 50}=0.27344\text{呎}$$

$$p=\frac{2\pi}{3\times 50\sqrt{6.528}}=0.016395$$

故來復綫曲綫部分之方程式如下：

$$y+0.27344=0.16795(x+6.528)\cdots\cdots\cdots\cdots(C)$$

上式中若 x=o，則 y=o，故來復綫通過座標之原點卽來復綫之起點與座標之原點一致，但曲線之頂點在 (−6.528，−0.27344) 之處。x=19.583 時，y=1.9246，故直線部分之方程式如下：

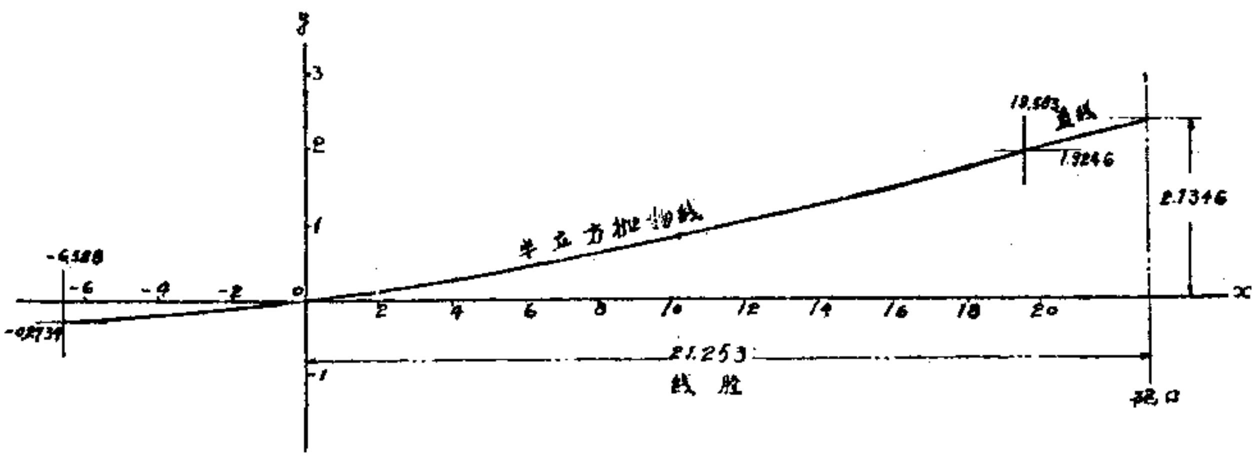
$$y-1.9246=\frac{\pi}{25}(x-19.583)\cdots\cdots\cdots\cdots(D)$$

玆將上述兩中 x，y 之值列於下表幷繪成曲線如第十二圖。

x	y	x	y
−6.528	−0.27344	8	0.6401
−5	−0.24238	10	0.8180
−3	−0.1641	12	1.0406
−1	−0.0555	14	1.2681
0	0	16	1.4886
2	0.1378	18	1.7316
4	0.2924	19.583	1.9246
6	0.4615	21.253	2.1346(D)

第十三圖

美國10吋砲來復線之展開線



四、來復線之抵抗力

砲彈通過膛內時受數力之作用，假定砲彈自發生運動後，經過 t 時間進行 x 距離時，在 t 時後，所作用之諸力如下：

一、作用於彈底全面之火藥瓦斯全壓力 P，此力沿砲軸向砲口方向作用。

二、來復綫側面與彈帶間之法綫壓力 R。

三、來復線側面與彈帶間之摩擦力 fR，但 f 爲滑走摩擦係數。

四、彈體與砲膛面間之摩擦力。

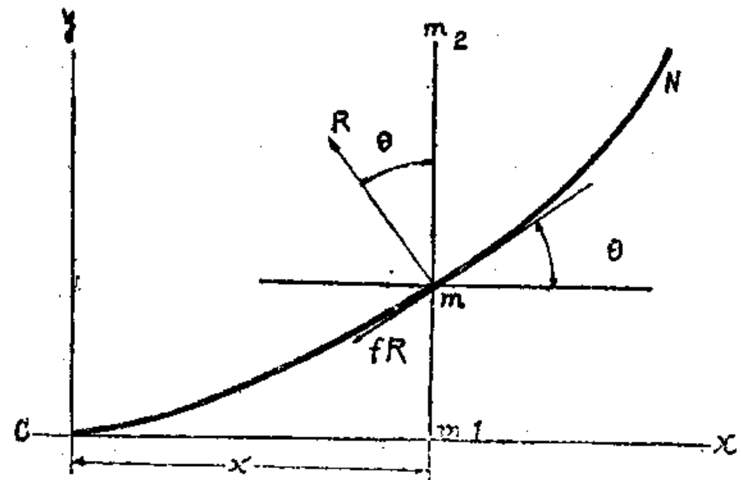
五、空氣抵抗力。

上述五力中四，五兩力與他力比較極小，故此計算可略之。

假定砲膛內只有來復線一條，其起點爲 C(見第十四圖)，通過 C 與砲軸平行之直綫爲 Cx，將此來復綫展開於通過 Cx 之平面上，得平面曲綫 CmN。在 m 點作用之法綫壓力 R 及摩擦力 fR 皆在同一平面中。圖中 cy，爲通過 c 點圓周綫之展開綫；$m_1 m_2$，爲通過 m 點圓周綫之展開線，與此圓周綫在 m 點之切綫一致。故若將 P，R，及 fR 三力分解於砲軸方向及圓周方向，則砲軸方向之力，爲：

第十四圖

來復線之抵抗力



$$P-R\sin\theta-fR\cos\theta \quad \text{即} \quad P-R(\sin\theta+f\cos\theta)$$

圓周方向之力，爲：

$$R\cos\theta-fR\sin\theta \quad \text{即} \quad R(\cos\theta-\sin\theta)$$

命砲彈對於彈軸之曲率半徑 Radius of gyration 爲 P,2c 彈之質量爲 M，則砲彈之運動方程式如下：

$$M\frac{d^2x}{dt^2}P-R(\sin\theta+f\cos\theta) \cdots\cdots (15)$$

$$M\ P^2\frac{d^2\varphi}{dt^2}=R\cdot r(\cos\theta-f\sin\theta) \cdots\cdots (16)$$

但 $\frac{d^2x}{dt^2}$ 爲砲彈 t 時後之直綫運動加速度，$\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ 爲其回轉運動角加速度。

命砲膛之半徑爲 r，砲彈 t 時後回轉之角度爲 φ，則因 $mm_1=r\varphi$

$$y=r\varphi \cdots\cdots (17)$$

又命展開線 CmN 之方程式，爲：

$$y=f(x) \cdots\cdots (18)$$

由(17)(18)

$$\varphi=\frac{f(x)}{r} \cdots\cdots (19)$$

$$\frac{d\varphi}{dt}=\frac{1}{\gamma}f'(x)\frac{dx}{dt} \cdots\cdots(20)$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=\frac{1}{\gamma}\left[f'(x)\frac{d^2x}{dt^2}+f''(x)\left(\frac{dx}{dt}\right)^2\right] \cdots\cdots(21)$$

式中 $f'(x)$ 爲 $f(x)$ 之一次微分係數，$f''(x)$ 爲 $f(x)$ 之二次微分係數。

命砲彈在 t 時後之直線運動之速度爲 V則：

$$\frac{dx}{dt}=v \cdots\cdots(22)$$

據(4)式，

$$\frac{dy}{dx}=f'(x)=\tan\theta \cdots\cdots(23)$$

以(8)(9)兩式代入(7)式，則

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=\frac{1}{\gamma}\left[\frac{d^2x}{dt^2}\tan\theta+v^2f''(x)\right] \cdots\cdots(24)$$

(24)式係表示砲彈直線運動加速度及回轉運動加速度之關係。

由(16)(17)及(24)式消去$\frac{d^2x}{dt^2}$及$\frac{d^2\varphi}{dt^2}$并命$\frac{P^2}{\gamma^2}=M$而求法綫壓力 R，可得下式：

$$R=\frac{M\sec\theta\{P\tan\theta+Mv^2f''(x)\}}{1-\tan\theta\{f-\mu(f+\tan\theta)\}} \cdots\cdots(25)$$

由上式求得之壓力 R，卽彈帶與所有來復綫側面間之法線壓力之和，式中 $f''(x)$，及 $\tan\theta$ 可由展開線之方程式求得，u 與 M爲關於砲彈之數量，P 爲火藥瓦斯在某時作用之全壓力，v 爲此時之彈速，f 可，由實驗決定之。

在等齊纏度，$f''(x)=0$, $\theta=\beta$（常數）故(11)式可變更如下

$$R=\frac{\mu P\tan\beta\sec\beta}{1-f\tan\beta+u\tan\beta(f+\tan\beta)} \cdots\cdots(26)$$

(26)式右項，只彈底之壓力 P爲變數故 R之值與 P爲正比例，卽 P最大時 R亦最大。在(25)式右項，有變數四卽 P, V, θ, 及 $f''(x)$ 故 R之最大值在何處發生頗不易明瞭，但由各實例觀之，此點之位置，較之等齊纏度，距砲口甚近。

例三、 例二所述美國10吋34倍海岸砲來復線之展開綫爲半立方拋物線，其方程式爲：$y+0.27344=0.16395(x+6.528)^{\frac{3}{2}}$，計算其來復綫之抵抗力；又假定其纏度爲等齊每轉25倍，其抵抗力若何？

由(2)式：

$$\tan\theta=0.024592\sqrt{x+6.528}$$

若 $x=0$，則：

$$\theta_1=3°35'42''$$

θ_1 爲來復綫起點之傾角。在離砲口20吋即等纏度度開始之處，$x=n_2=19.583$，故：

$$\theta_2=7°9'45''$$

此傾角 θ_2 繼續至砲口不變。

從(6)式

$$f''(x)=\frac{0.012296}{\sqrt{x+6.528}}$$

此函數 $f''(x)$ 從 $x=0$ 至 $x=19.583$ 漸次減小，自 $x=19.583$ 以至砲口，則爲 0。

假定，

$$K=\frac{\mu\sec\theta}{1-\tan\theta\{f-\mu(f+\tan\theta)\}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(27)$$

則：(25)式，爲

$$R=K\{P\tan\theta+Mv^2f''(x)\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(28)$$

據諾布爾氏 Sir Andrew Noble 用 12 公分快砲實驗之結果，$f=0.2$，此後計算當採用之。又在空心彈 μ 之近似值爲 0.5。若將此 f,μ 之值代入(27)式，可知K隨 θ 之增加極緩。在此漸速纏度之起點與終點即 $x=0$，與 $x=19.583$ 吋 $K=0.5032$ 與 $K=0.5064$。由是觀之，可以此二數之算術平均數爲K之值，則(28)式，改書如下，亦無甚誤差：

$$R=0.508\{P\tan\theta+Mv^2f''(x)\}$$

若此10吋砲之來復綫，屬於(7)式所表示者，則由(9),(8),(9),(10)式，

$$p=\frac{2\pi}{3\times 25\sqrt{19.583}}=0.018931$$

$$\tan\theta=0.28397\sqrt{x}$$

$$f''(x)=\frac{0.014198}{\sqrt{x}}$$

在此種來復線，其初傾角 o，終傾角爲 7°9′45″(離砲口20吋)，由此而至砲口爲等齊，$f''(x)$ 爲 o 。

又假定上述火砲之來復綫完全採等齊纏度每轉25倍則其傾角始終爲 $\beta=7°9'45''$。若採前述之 μ 與 f 則(26)式爲

$$R=0.063624\,P \quad\cdots\cdots(29)$$

又由(4)與(6)式 $\tan\theta=\frac{3}{2}p(x+a)^{\frac{1}{2}}$, $f''(x)=\frac{3p}{4(x+a)^{\frac{1}{2}}}$，R及 $\tan\theta$ 可如下表示：

$$R=K\tan\theta\left\{P+\frac{Mv^2}{2(x+a)}\right\}\quad\cdots\cdots(30)$$

$$\tan\theta=\frac{\pi}{n_2}\left(\frac{x+a}{n_2+a}\right)^{\frac{1}{2}}\quad\cdots\cdots(31)$$

如來復線展開線，係採(7)式，則上述之R與 $\tan\theta$ 如下：

$$R=K\tan\theta\left\{P+\frac{Mv^2}{2x}\right\}\quad\cdots\cdots(32)$$

$$\tan\theta=\frac{\pi}{n_2}\left(\frac{x}{n_2}\right)^{\frac{1}{2}}\quad\cdots\cdots(33)$$

以上各式，爲常用之公式。

查此10吋砲砲彈重575磅，發射藥爲褐色藥，重250磅，初速每秒7975呎，最大壓力每平方吋33300磅。砲彈在膛內發動後以至砲口所經過各距離時之速度，及彈底所受之全壓力，可用 Ingalls 式。其他公式算出，而採用三種來復綫時，其發生抵抗力，可用(29)(32)，及(30)式算出。

假定炮彈前進距離 $x=0.3461$ 呎時，$v=227.7$，$P=841.1$，玆應用(30)式計算綫側之壓力

$$\tan\theta=\frac{\pi}{25}\left(\frac{0.3461+6.528}{19.583+6.528}\right)^{\frac{1}{2}}=\frac{\pi}{25}\left(\frac{6.8741}{26.111}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$=\frac{\pi}{25}\times 0.514=0.0644$$

$$M=\frac{575}{2240\times 32.2}=0.00811$$

$$\frac{Mv^2}{2(x+a)}=\frac{.00811\times 227.7^2}{2(0.3461+6.528)}=\frac{.00811\times 51947.3}{13.7482}=30.64$$

$$R=0.5048\times 0.0644\times\{841.1+30.64\}=27.3$$

若砲彈前進 20.7648 呎時，則纏度爲等齊故綫側之壓力應用(29)式計算之，卽

$$R=0.063624\times 392.4=24.97$$

其計算結果，列於下表及繪於第十五圖

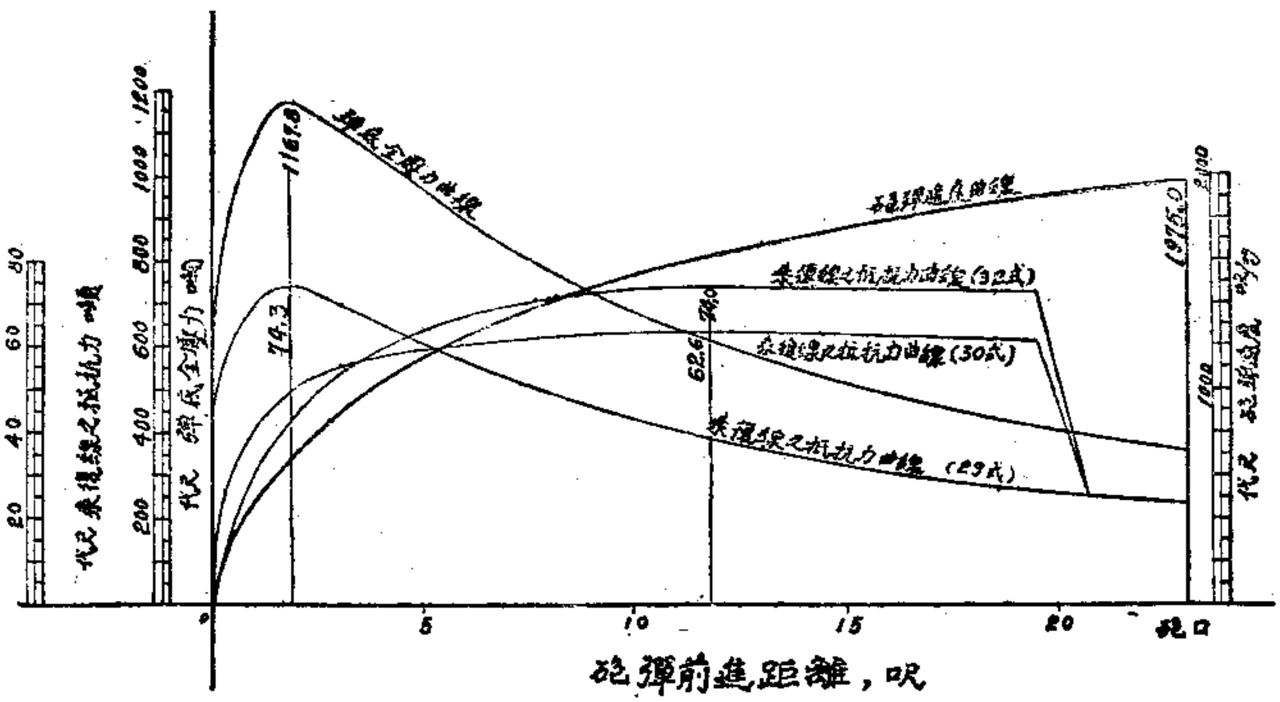
由第十五圖觀之，來復綫之抵抗力，等齊纏度者，與彈底全壓曲綫相似，其最大值發生之距離亦一致，漸速纏度者，其值在膛內變化較少，其最大值一爲 74 與 62.6，比等齊纏度者爲低。

美國10吋砲來復線之抵抗力

砲彈移動距離，呎 X	砲彈速度秒，呎 V	彈底全壓力，噸 P	來復線之抵抗力，噸，R		
			等齊纏度 (29)式	漸速纏度 (32)式	漸速纏度 (30)式
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.3461	227.7	841.1	53.5	12.0	27.0
0.6922	366.7	1036.4	65.9	21.5	36.9
1.0382	478.1	1122.4	71.4	29.0	42.3
1.3843	572.4	1158.3	73.7	35.3	46.1
1.7304	654.7	1167.4	74.3	40.9	48.9
2.0765	727.8	1161.1	73.9	44.8	51.1
2.4226	793.6	1145.6	72.9	48.5	52.9
2.7686	853.4	1124.7	71.6	51.6	54.3
3.1147	908.2	1100.7	70.0	54.3	55.5
3.4608	958.7	1075.0	68.4	56.7	56.5
3.8069	1005.6	1048.5	66.7	58.7	57.3
4.1530	1049.3	1021.9	65.0	60.5	58.1
4.4991	1090.2	995.5	63.3	62.1	58.7
4.8452	1128.6	969.7	61.7	63.5	59.2
5.1912	1164.7	944.5	60.1	64.7	59.7
5.5372	1198.9	920.1	58.5	65.8	60.1
5.8833	1231.4	896.4	57.0	66.7	60.5
6.2294	1262.1	873.6	55.6	67.5	60.8
6.5755	1291.4	851.7	54.2	68.2	61.1
6.9216	1319.4	830.5	52.8	69.0	61.3
10.3824	1543.4	659.4	42.0	72.7	62.4
13.8432	1702.8	541.4	34.4	73.5	62.3
17.3044	1824.9	456.4	29.0	73.2	61.6
19.5833	1891.6	412.4	26.2	72.6	61.0
20.7648	1922.8	392.4	25.0	25.0	25.0
22.9250	1975.0	359.9	22.9	22.9	22.9

第十五圖

美國10吋要塞砲各種纏度來復綫之抵抗力



例四、　美國 14 吋海岸砲有來復綫 126 條，其展開綫爲半立方拋物綫，其n_1，n_2，θ_1，與 θ_2 之値，與例四 10 吋砲者同。在射擊位置，來復綫之起點離彈底 7.05 吋，自離砲口 22.8 至砲口爲等齊纏度，自彈底至砲口 34.4875 呎。求來復綫展開綫之方程式及其抵抗力。

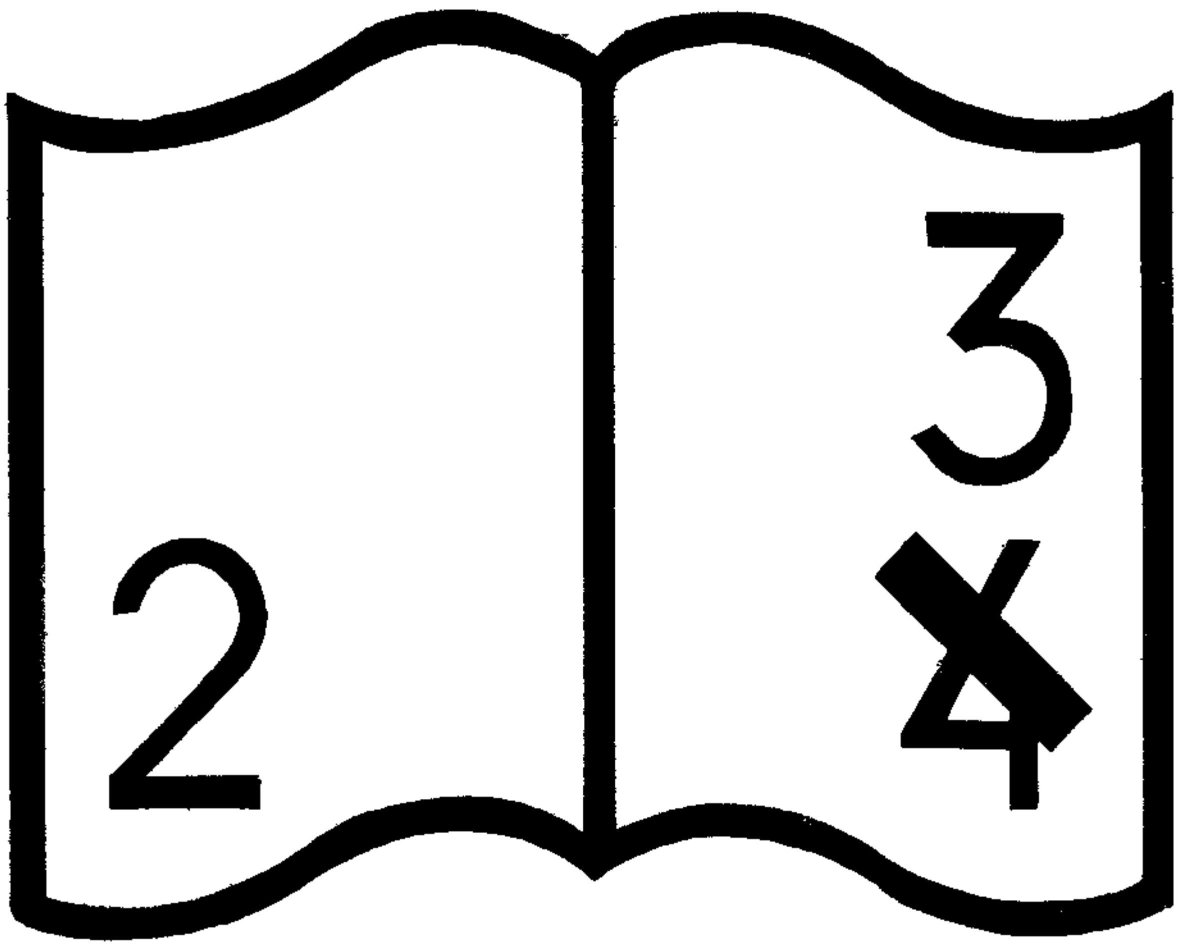
$$n_2 = 34.4875 \times 12 - (7.05 + 22.8) = 384\text{吋}$$

由 (3) (4) (5) 式：

$$a = \frac{384}{\left(\frac{50}{25}\right)^2 - 1} = 128\text{ 吋}$$

$$p = \frac{2\pi}{3 \times 50\sqrt{128}} = 0.0037024$$

$$b = \frac{2\pi \times 128}{3 \times 50} = 5.36165\text{吋}$$



编码错误

故展開綫之方程式

$$y+5.36165=0.0037024\,(x+128)$$

由 (2) 及 (6) 式

$$\tan\theta=0.0055536\sqrt{x+128}$$

$$f''(x)=\frac{0.0027768}{\sqrt{x+128}}$$

彈重爲 1660 磅，故

$$M=\frac{1660}{2240g}=0.02304$$

對於砲彈前進各距離之彈速及膛壓（全壓力）可用公式計算來復綫之抵抗力用(30)式假定爲等齊纏度時用(29)式計算。抵抗力 R之一般算式如下：

$$R=0.5048\times0.0037024\sqrt{x+128}\left\{P+0.02304\times\frac{v^2}{x+128}\right\}$$

$$=[7.44769]\sqrt{x+128}\left\{P+[8.06145-10]\frac{v^2}{x+128}\right\}$$

若 $x=4.72$吋，　則 $v=198.7$，$P=1671.7$

$$\left[8.06145-10\right]\frac{v^2}{n+128}=3.427$$

$$P+\left[8.06145-10\right]\frac{v^2}{n+128}=1675.1,\quad \log 1675.1=3.22402$$

$$\log(x+128)^{\frac{1}{2}}=1.06147,$$

$$\therefore\ R=[7.44769-10][1.06147][3.22402]=54.10$$

其他計算仿此，計算結果，列於下表，幷繪於第十六圖。

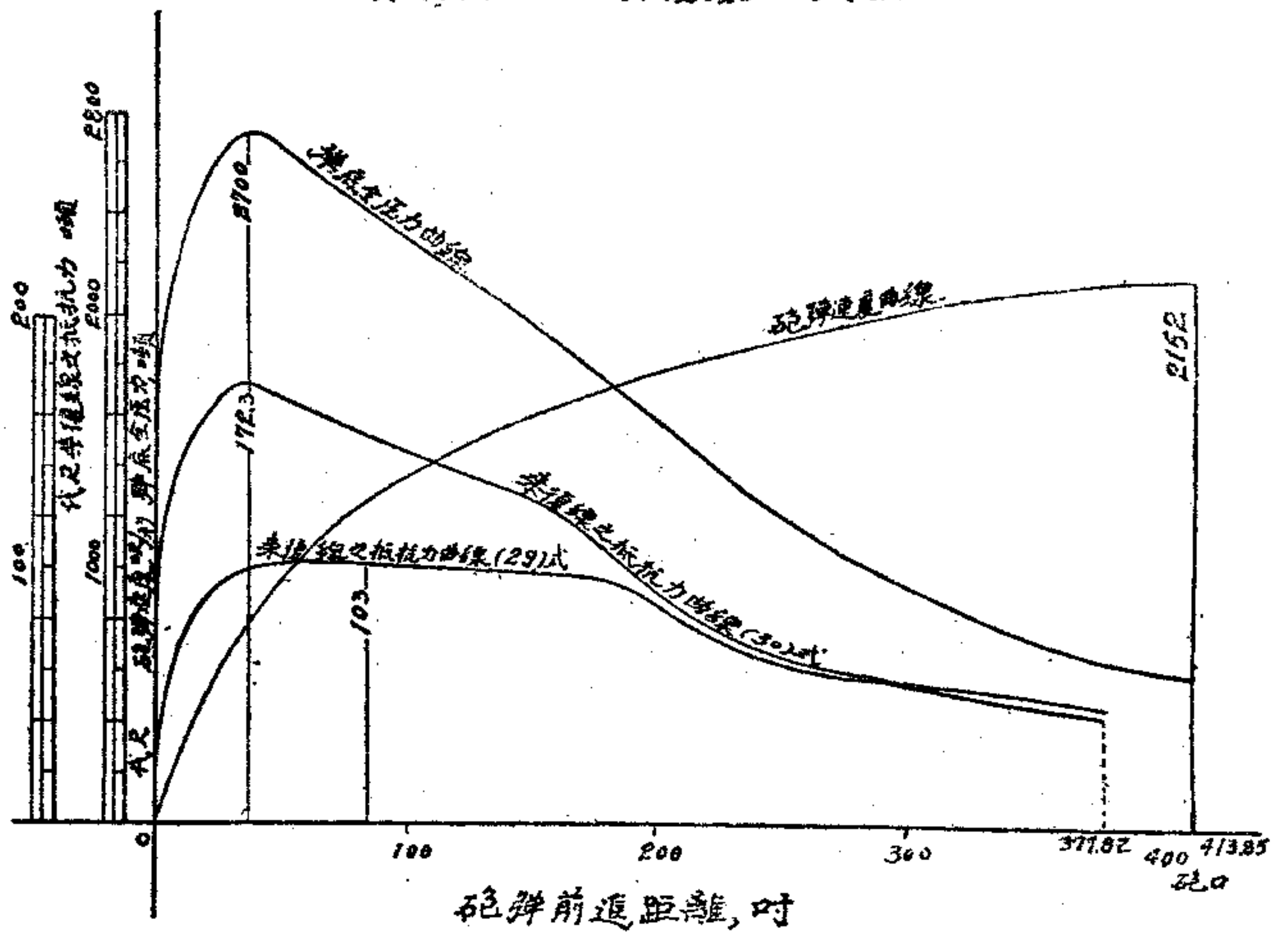
等齊纏度來復線之最大抵抗力爲172.2噸，與最大瓦斯發生之處一致，漸速纏度者，爲103噸，比等齊纏度者約低 69 噸。

美國14吋砲來復線之抵抗力

砲彈移動距離 X_1 吋	砲彈速度 V_1 呎／秒	彈底全壓力 P_1 噸	來復綫之抵抗力，R，噸	
			漸速纏度(30式)	等齊纏度(29式)
4.72	198.7	1671.7	54.1	106.4
9.45	325.2	2153.0	71.1	137.0
14.17	429.1	2411.1	81.1	153.4
18.89	518.9	2558.8	87.7	162.8
23.61	598.5	2642.6	92.2	168.2
28.34	670.3	2686.3	95.3	171.3
33.06	735.8	2704.3	97.6	172.1
37.78	793.1	2704.3	99.2	172.1
42.50	852.1	2692.6	100.4	171.3
47.23	904.3	2672.8	101.2	170.1
70.84	1123.3	2518.7	102.5	160.3
94.45	1295.1	2346.9	101.8	149.3
118.07	1436.7	2188.7	100.5	139.3
141.68	1557.5	2049.3	99.1	130.4
165.29	1662.9	1927.6	97.8	122.7
188.91	1756.5	1821.1	96.5	115.9
236.13	1891.0	1120.7	66.0	71.3
283.36	1981.2	932.3	59.3	59.3
330.59	2053.7	787.0	53.6	50.1
377.82	2113.3	671.8	48.8	42.7
413.85	2152.0	598.8		

第十六圖

美國14吋砲来復線之抵抗力



五、爲使彈丸安定必要之最小纏度

爲使彈丸出口後運動安定，來復綫在砲口或槍口處必需之最小纏度，視彈身長短而定，如彈身短，纏度可小，彈身長，纏度須大，格林奚氏 Sir G. Greenhill ，曾證明，此最小纏度，與初速，口徑，及砲身長無關，與彈長及彈質則大有關係，對於各種砲彈槍彈計算結果列於下表。

近代火砲，砲彈長約爲 3.5 至 4 倍，故來復綫之終纏度多爲一轉 30 倍。美國火砲常用一轉 25 倍，克虜伯亦有若干砲採用之者。如彈身爲 4.5 倍以上時，則纏度須更加大。

彈長倍數	為使彈丸安定在礮口或槍口必需之最小纏度，每轉長為n倍口徑			
	普通鑄鐵彈 彈腔$=\frac{8}{27}$全體積 鑄鐵比重$=7.2$	鋼彈殼(Palliser) 彈腔$=\frac{1}{8}$全體積 比重$=8.0$	鋼質槍彈 比重$=8.0$	鋁錫槍彈 比重$=10.9$
	n	n	n	n
2.0	63.87	71.08	72.21	84.29
.1	59.84	66.59	67.66	78.98
.2	56.31	62.67	63.67	74.32
.3	53.19	59.19	60.14	70.20
.4	50.41	56.10	57.00	66.53
.5	47.91	53.32	54.17	63.24
.6	45.65	50.81	51.62	60.26
.7	43.61	48.53	49.30	57.55
.8	41.74	46.45	47.19	55.09
.9	40.02	44.54	45.25	52.72
3.0	38.45	42.79	43.47	50.74
.1	36.99	41.16	41.82	48.82
.2	35.64	39.66	40.30	47.04
.3	34.39	38.27	38.84	45.38
.4	33.22	36.97	37.56	43.84
.5	32.13	35.75	36.33	42.40
.6	31.11	34.62	35.17	4[illegible].05
.7	30.15	33.55	34.09	39.79
.8	29.25	32.55	33.07	38.61
.9	28.40	31.61	32.11	37.48
4.0	27.60	30.72	31.21	36.43
.1	26.85	29.88	30.36	35.43
.2	26.13	29.08	29.55	34.49
.3	25.45	28.33	28.78	33.59
.4	24.81	27.61	28.05	32.74
.5	24.20	26.93	27.36	31.94
.6	23.65	26.32	26.74	31.21
.7	23.06	25.66	26.08	30.44
.8	22.53	25.08	25.48	29.74
.9	22.03	24.51	24.91	29.07
5.0	21.56	23.98	24.36	28.44
.1	21.08	23.46	23.84	27.83
.2	20.64	22.97	23.34	27.24
.3	20.22	22.50	22.86	26.68
.4	19.81	22.05	22.40	26.14
.5	19.42	21.61	21.96	25.63
.6	19.04	21.19	21.53	25.13
.7	18.68	20.79	21.12	24.66
.8	18.33	20.40	20.73	24.20
.9	18.00	20.03	20.35	23.76
6.0	17.67	19.67	19.98	23.33
7.0	14.99	16.68	16.95	19.78
8.0	13.02	14.48	14.72	17.18
9.0	11.50	12.80	13.00	15.18
10.0	10.31	11.47	11.65	13.60

六、來復線之影響

命 v＝砲彈於 t 時後在砲膛內前進之速度；

φ＝砲彈於 t 時後回轉之角度；

β＝來復綫之纏度；

ω＝砲彈之角速度；

γ＝砲彈之半徑；

砲彈外面一點旋動之直綫速度爲 $v\tan\beta$，故其角速度，

$$\omega=\frac{v\tan\beta}{\gamma}\cdots\cdots(35)$$

而 $\tan\beta=\dfrac{\pi}{n}$

$$\therefore\ \omega=\frac{\pi V}{n\gamma}\cdots\cdots(36)$$

今假定纏度爲等齊，

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=\frac{d\omega}{dt}=\frac{\pi}{n\gamma}\,\frac{dV}{dt}=\frac{\pi}{n\gamma}\,\frac{d^2x}{dt^2}$$

將此值代入(16)式內，則：

$$\frac{\pi\mu M}{n}\,\frac{d^2x}{dt^2}=R(\cos\beta-f\sin\beta)\cdots\cdots(37)$$

由(37)與(15)式消去 R_1 則：

$$P=\frac{d^2x}{dt^2}\left\{M+\frac{\pi\mu M}{n}\,\frac{f+\tan\beta}{1-f\tan\beta}\right\}\cdots\cdots(38)$$

若膛內無來復綫，則砲彈前進之方程式，爲

$$P=M\frac{d^2x}{dt^2}$$

由上兩式觀之(8)式括弧內第二項顯係因來復綫而來者，若 $f=0.2$，$n=25$，$\mu=$

0.5 及 $\beta=7°9'45''$ 則 (3) 括弧內第二項

$$\frac{\pi\mu M}{n}\cdot\frac{f+\tan\beta}{1-\tan\beta}=0.021\,M$$

故來復綫纏度每轉 25 倍對於速度之影響與砲彈重量增加 2% 無異。

諾布爾氏Sir A. Noble 曾用來復線纏度不變之 12. 公分快砲三門試驗砲口活力因來復綫之損失及彈帶與來復線之摩擦係數。砲彈皆爲平頭彈，重 45 磅。來復綫在甲砲與砲軸平行，即無纏度，乙砲採等齊纏度每轉 162 吋(約 35 倍)，丙砲採漸速纏度（拋物綫），砲尾每轉 472.5 吋，砲口每轉 162 吋。用種種彈帶及數種火藥試驗結果，(1) 彈帶形狀及寬度無甚影響，(2) 甲砲初速最大乙砲次之丙砲又次之，砲口活力之減少平均乙砲(比甲砲)，1.52%，丙砲(比甲砲)，3.78%，(3) 摩擦係數平均爲 0.203。茲將其用柯達藥試驗之結果轉載如下

來復綫之纏度	平均砲口速度 呎/秒	平均砲口活力 呎噸
〇	2181	1488
等齊	2164	1467
漸速(拋物線)	2155	1454

砲口活力之損失，乙砲因採等齊纏度爲 21 呎噸即 1.43%，丙砲因採漸速纏度，爲 34呎噸，即 2.3%，摩擦係數，由活力之損失可計算之約爲 0.199。

大河內正敏博士曾用來復綫不同之六五步槍三支試驗來復線之影響。來復線之纏度，A 槍爲零即來復綫與槍軸平行，B 槍爲 3° 之等齊纏度，C 槍爲 5°49'40" 之漸速纏度，各槍射擊三十發，其平均初速槍口活力等，列於下表：

槍名	平均初速	初速減少		槍口活力	槍口活力減少	
	公尺/秒	公尺/秒	%	公尺,公斤	公尺,公斤	%
A	711.681			232.34		
B	709.133	2.448	.344	230.68	1.66	0.5
C	664.472	47.209	6.645	202.53	29.81	12.8

由上表觀之，B,C 二槍對 A 槍，初速之減少爲 0.3 與 6.6%，活力之減少爲 0.5 與 12.8%。

砲彈由砲膛射出後，發生偏差，若來復綫爲右轉線時，則偏差向右，爲左轉綫時，則偏差向左，偏差之大小，與射程及纏度關係甚大，射程及纏度愈大，偏差愈大。但砲彈由滑膛砲射後之偏差比由線膛砲射出者更大約爲三與一之比。

參考書類

Interior Ballistics : Ingalls, P.170--186

Artillery and Explosives : A. Noble, P.385—396

Ordnance and Gunnery : Mc Farland, P.233—238, P.602

Encyclopaedia Britannica : Vol. 19—20, P.197—200

火兵學會誌 第九卷第五號 P.273—287

砲外彈道學(三續)

黃　璧

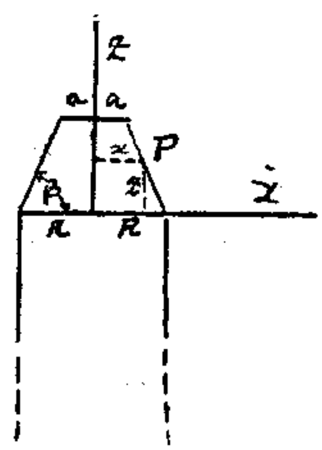
§13.　彈頭之尖度

在前節$X, Z, X.\xi$之各式中。令$\alpha=0$即彈軸在彈道切綫之方向。然後將θ之界限自0至2π積分之。則X, $X\cdot\xi$, $\int\cos\theta d\theta$均為零(然ξ之值為有限值。須對於有限小之α。施行計算。然後令$\alpha=0$)。所餘者。只有Z軸上(即彈軸上)之抵抗Z而已。　茲$\cos\omega=-\dfrac{d\rho}{ds}$。若將$x$之關係代入式中之$\rho$。則彈軸在彈道之切線方向時。彈軸方向之抵抗$W$如次式。

$$W=2\pi k\cdot\int\left(\frac{dx}{ds}\right)^{m}\cdot x\cdot dx \qquad \text{式中}\quad ds=\sqrt{dx^2+dy^2}$$

k者小部分之正面抵抗也。其時速度為v。取牛頓法則。$m=2$ 若取 Lössl 法則。$m=$ 。此種計算。不精確之處。已述於前。

例一、　彈丸圓墻部之直徑為$2R$。截頭錐體之高為h。頂端圓半徑為a。假定$m=1$。



圖一

解　令錐體側面所受之抵抗為W_1　則

$$W_1=2\pi k\cdot\int_{x=a}^{x=R}\frac{x\cdot dx}{\sqrt{1+\left(\frac{dz}{dx}\right)^2}}$$

然　$x-a=(h-z)\cot\beta$　　$\cot\beta=\dfrac{R-a}{h}$

$$dx=-\cot\beta\cdot dz \qquad \sqrt{1+\left(\frac{dz}{dx}\right)^2}=\frac{1}{\cos\beta}$$

故
$$W_1=2\pi k\cdot\cos\beta\int_a^R x\cdot dx$$
$$=k\pi\left[R^2-a^2\right]\cos\beta$$

又令頂端圓面所受之抵抗爲 W_2 則

$$W_2 = ka^2\pi$$

故得全抵抗爲　　$W = W_1 + W_2$

然彈身橫斷面之正面抵抗爲 $R^2\pi \cdot k$

故 $$\frac{\text{全抵抗}W}{\text{橫斷面抵抗}R^2\pi\cdot k} = \frac{\cos\beta\left(1-\frac{a^2}{R^2}\right)+\frac{a^2}{R^2}}{1}$$

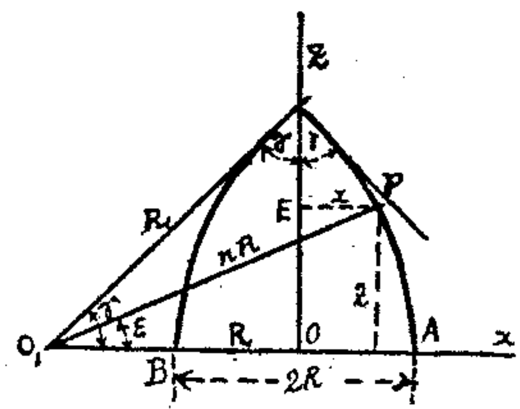
例二．蛋形部半徑。爲半口徑之 n 倍。假定 m=1。

解　AC 爲蛋形部起綫之弧。其中心爲 O。

P 爲弧上任意一點。(x,y)

此處不用 x 。而用中心角 AOP=φ 爲

獨立變數。



二　　圖

因　$O_1P\cos\varphi = O_1D = O_1A - AD$

即　$nR\cos\varphi = nR-(R-x)$

故　$$x = nR\left(\cos\varphi - \frac{n-1}{n}\right)$$

$$dx = -nR\cdot\sin\varphi\cdot d\varphi$$

又　$$ds = nR\cdot d\varphi$$

即　$$W = 2\pi k\int\frac{dx}{ds}\cdot x\cdot dx$$

$$= 2\pi k\int\frac{nR\cdot\sin\varphi\cdot d\varphi}{nR\cdot d\varphi}\cdot nR\left(\cos\varphi - \frac{n-1}{n}\right)\cdot nR\cdot\sin\varphi\cdot d\varphi$$

$$= 2\pi k\cdot R^2n^2\int\sin^2\varphi\left(\cos\varphi - \frac{n-1}{n}\right)\cdot d\varphi$$

φ 之界限自 $\varphi=0$ 至 $\varphi=\gamma$ 積分之。則

$$W = kR^2\pi n^2\left(\sin\gamma - \frac{1}{3}\sin^3\gamma - \gamma\cdot\cos\gamma\right)$$

γ 者極限角 AOC 也。由次式決定之。

$$\cos\gamma = \frac{nR-R}{nR} = \frac{n-1}{n}$$

對於尖彈如破甲彈之類。令其半尖角為γ。蛋形部之高為 $h = OC$ 。又蛋形部半徑為 $R_1 = O_1C = nR$。則有以下關係。

$$\cos\gamma = \frac{n-1}{n} \qquad \sin\gamma = \frac{h}{R_1} \qquad \left(\frac{h}{2R}\right)^2 = \frac{R_1}{2R} - \frac{1}{4}$$

故得計算如次。

在下列表中蛋形部半徑。以口徑之倍數表之。卽$\frac{R_1}{2R}$

蛋形部之高。以口之徑倍數表之。卽$\frac{h}{2R}$

蛋形部半尖角為γ

$\frac{R_1}{2R}$	0.5	1	1.5	2	3
$\frac{h}{2R}$	0.5	0.866	1.118	1.323	1.658
$\cos\gamma$	0 半球形	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{6}$
γ	90°半球形	60°	48°13'	41°25'	33°34'

W. Gross 氏對於種種彈形。據 Lössl 法則及 Ingall 之假定。且藉 Duchemin 法則之補助。作成此類計算不少。

法國 Hélie 氏所假定者。尖度係數 i 。視半尖角γ之正絃 $\sin\gamma$ 而加減之。此種假定曾經多次試驗證實。而美國之 A. Hamilton 氏所主張者反是。在蛋形部弧上任意一點作任意切線。與彈軸成任意之角。取角之正絃。假此所取之點。數目愈多。則正絃之值亦愈多。由是求正絃之平均值。而尖度係數 i 。則與正絃之平均值成正比例。故 i 者。又由彈丸之表面而變。玆選擇蛋形部半徑等於二倍口徑。令 i=1。 則

u =	2	3	4	5	6	7
i =	1.00	0.82	0.71	0.64	0.58	0.54

以上所述之假定。至今尙不能普遍證實。容後述之。

下列之表。為口徑相同。彈頭不同之彈丸比抵抗。卽 $W : R^2\pi k$。卽彈頭部抵抗W與同口徑彈身橫斷面抵抗 $R^2\pi k$ 之比也。比較時之速度假定相同。計算所取之法則

。分爲三種。

(甲) Lössl 法則 (W. Cross 氏採用此法)

(乙) Duchemin (Ingalls 氏採用此法)

(丙) 牛頓法則 (Kummer 等採用此法)

$\frac{h}{2R}$	$\frac{R_1}{2R}$	蛋形部彈頭			圓錐形彈頭		
		(甲)	(乙)	(丙)	(甲)	(乙)	(丙)
0,5	0,5半球	0,666	0,858	0,500	0,707	0,943	0,500
0,866	1,0	0,504	0,752	0,292	0,500	0,800	0,250
1,118	1,5	0,419	0,675	0,204	0,409	0,663	0,167
1,323	2,0	0,366	0,617	0,156	0,353	0,628	0,125
1,5	2,5	0,331	0,571	0,127	0,317	0,575	0,100

此爲計算所得之 i。假定對於圓柱橫斷面 i=1。

如上所述。對於同一彈頭。因所取之假定法則不同。其所得之尖度係數。亦微有差異。然而合理的證明。今日尚未之有也。

最近 A. Sjohwist 計算各種彈丸之尖度。

其所取之法則。分爲三種 $\begin{cases}\text{(甲) Lössl}\\ \text{(乙) Riabouchinsky}\\ \text{(丙) Hamilton}\end{cases}$

其所用之彈頭。亦分三種 $\begin{cases}\text{(I) 蛋形部彈頭}\\ \text{(II) 拋物線彈頭}\\ \text{(III) 圓錐形彈頭}\end{cases}$

$\frac{h}{2R}$	$\frac{R_1}{2R}$	蛋形部彈頭			拋物綫彈頭			圓錐形彈頭		
		(甲)	(乙)	(丙)	(甲)	(乙)	(丙)	(甲)	(乙)	(丙)
0,500	0,500	1,825	1,361	1,910	1,693	1,362	2,251	1,937	1,525	2,700
0,750	0,813	1,510	1,270	1,536	1,315	1,187	1,683	1,521	1,525	2,119
1,000	1,250	1,249	1,156	1,254	1,068	1,019	1,326	1,225	1,525	1,708
1,118	1,500	1,148	1,099	1,149	0,981	0,952	1,166	1,118	1,515	1,555
1,250	1,813	1,052	1,035	1,049	0,896	0,885	1,088	1,019	1,488	1,418
1,323	2,000	1,000	1,000	1,000	0,858	0,851	1,035	1,970	1,467	1,350
1,500	2,500	0,907	0,921	0,896	0,773	0,778	0,920	0,866	1,408	1,208
1,750	3,313	0,789	0,823	0,780	0,679	0,694	0,796	0,751	1,314	1,049
2,000	4,250	0,699	0,740	0,691	0,605	0,625	0,701	0,666	1,220	0,927
2,250	5,313	0,630	0,671	0,618	0,542	0,568	0,625	0,595	1,132	0,829
2,500	6,500	0,573	0,612	0,560	0,496	1,520	0,565	0,534	1,052	0,749
2,750	7,813	0,518	0,563	0,510	0,455	0,480	0,515	0,490	0,991	0,684
3,000	9,250	0,474	0,518	0,470	0,419	0,445	0,472	0,449	0,915	0,627

上表之理論數值。與射擊之成績相比較。得知 Lössl 法則。較爲可信。　在上表以正規彈丸蛋形部半徑＝2彈徑，i＝1爲標準。

在實驗室用小速度試驗者。其人不少。如 Borda, Hutton, Vince 則得結果如次。半球面之抵抗。與同球大圓弧平面上之抵抗相比。爲0.407：1

據 Borda　爲 0.405：1

據 Hutton　爲 0.413：1

據 Vince　爲 0.403：1

又圓錐面之抵抗。與同錐底面上之抵抗相比如次。

圓錐頂角	90°	60°	51°24'
比抵抗	$\frac{0.691}{1}$	$\frac{0.543}{1}$	$\frac{0.433}{1}$

Didion之試驗法。取十生的高之圓柱體。於其上端順次置半口徑1, 1.5, 2, 3, 4倍高之圓錐。最後置一半球。使成軸向運動。六種試驗之結果。則其抵抗之比例數爲

73.26，53.99，47.74，44.29 40.69。最後置半球時爲 43.03 。球體以每秒 9 米達之速度運動時。得

$$W(kg)=0.0275\cdot\delta\cdot R^2\pi v^2$$

式中δ者。一立方米達空氣重。以基羅爲單位。 $R^2\pi$ 爲大圓弧平面。以平方生的爲單位。v 爲速度。以每秒之米達數爲單位。

最後爲 Lössl 之試驗。其所得結果如次。取半尖角α之圓錐。使成軸向運動。則圓錐面上所受抵抗。與其底面上所受抵抗相比。爲$\frac{0.83\cdot\sin\alpha}{1}$之比。（若用 Lössl 法則計算之。則爲$\frac{1\cdot\sin\alpha}{1}$之比。）又球面所受抵抗。爲大圓弧平面所受抵抗之$\frac{1}{3}$。（若用 Lössl 法則計算之則爲$\frac{2}{3}$）。

由是可知各種法則。一般不能認爲根本法則。而速度在每秒十米達以內之試驗。對於彈道可否應用。尙未能判定。又當別論。

W. Heydenreich 氏以德國之射擊試驗爲基礎。定彈形之值如次。（下列表中。蛋形部半徑。以口徑之倍數表之。）

蛋形部半徑 =	0.5	0.7	1.0	1.5	2	3	4	6	8
彈形之值 =	1350	1200	1100	1000	950	850	800	700	650

此等彈形之值。只須在相等狀況之下。直接由此種彈丸。移用於他種彈丸。而與口徑無關係云。 其後再經實驗。可倍以上數值之不謬。而於一般移用之說。則不無懷疑之處。就今日彈道學之現狀觀之。則形狀數值。其所得之數。一方面足以表示一種之未知係數。又一方面足以表示一種之特別因子。與可以移用之因子無異。

本節注意事項。

尖度係數 i 。由次法算出。用已知之口徑 2R 及彈重 P。觀測初速v_0。射程 X。射角φ。空氣重δ。以近似解法。解彈道問題(解法見後)。求 $i\beta$ 之值。此處β爲調整因之。蓋彈道方程式積分之時有誤差。不可不補正也。旣得 $i\beta$ 之後。用除法算出 i 。在比較上有以 i = 1 爲標準數者。是乃用一定方法所下之定義也。雖然。亦有任意規定標準者。

無論用何種彈丸。解兩組不同問題。計算 i 之值。須有同值之 $v_0, \varphi, X, 2R, P, \delta$ 爲基礎。若用同一之抵抗法則。則 i 之結果亦同。若其結果之相同者。只達百分之十三。是則不足取也。

揆其原因所在。於各種解法。積分誤差之調劑。多少可以相合。然在同一種解法之中。(如 Siacci 氏第二法。)對於不同之射角 φ 及射程X。其所有 β 之誤差。一般大小不同。或過大。或過小。究爲若干。則學術上可以知之。如 Siacci 氏第二解法。自 β 表中檢出 β。視此 β 爲正確之數。以之算出 i。則 β 誤差之一部。因之失去。卽對於 i 失去積分誤差之一部也。故在數學上之積分解法。第一部之差。卽爲 i 之決定係屬不確之事。

次則抵抗不與橫斷面成正比例。亦毫無疑義。然上述 i 之計算。則假定爲有正比例之關係者。故又發生誤差。此種誤差。在計算中亦有一部分與 i 之值有影響。今有兩彈丸爲相似形。對於口徑而決定其尖度。在計算 i 中。有可以認定者。卽抵抗與橫斷面不成正比例。

空氣之重 δ 固實際有變化者。因關於彈丸飛行之高度也。然在計算時。固假定爲常數者。常數爲何。或取地面上之 δ。或取 δ 之平均值。故此處又生一種誤差。其一部分亦與 i 有影響。

據 Lorenz 之發明。空氣抵抗不與唯一之係數成比例。抵抗之關係。需爲繁雜之式。然吾人之計算。固假定其爲正比例者。

用同一彈丸。同一初速 v_0。在同一空氣重 δ。對於各種射程 X。測其所屬之射角 φ。彈道綫不同。i 自異。對於各彈道綫。用所述之法計算其 i。一般可知所得之各值。不爲期望之常數。而稍有增減。

若彈道問題。能完全解出。彈丸長軸。又能在彈道之切綫上。則彈道解法之任意一種。必須有相等之 i。何則。彈丸之形狀。在飛行道上。不能變更故也。然 i 之值。例如槍彈。由此種彈道線改至彼種彈道線。其實際變更之數。似甚大也。

總之。i 變化之第一原因。在調整因子 β。同一彈丸之種種彈道。有種種之 β 故也。其第二原因。則在空氣中彈丸有時呈劇烈之震動。關於此種震動。直至今日。尚未能

圓滿解決。若能測出震動量之大小。i 之變化尙小。

因有上述各種差異。故對於以下二事不能斷然主張。

（1）在各法算出之 i。可否表示確實之形狀係數。

（2）此種彈丸所得之 i。可否移用於他種彈丸。

形狀係數。在實驗上之發見。不可根據速度消失之理。然試驗之口徑及速度。較之利用之口徑及速度無大差異時。則可允許。對於短距離近於直綫範圍。或垂直彈道。根據速度之消失求之。

用砲彈試驗所得之抵抗法則。適用於新式槍彈。起因於航空力學之模型規則。殆由Stokes微分方程式導出下之結果。在同一媒體（空氣）之內。以一微小模型作試驗之計劃（此小模型對於大物體可視爲標準。或反言之。大模型可爲小物體之標準。）在此計劃中。直線形以 n^2 之比例縮小。速度及時間以 n 之比例縮小。壓力及摩擦以 n^2：1 之比例縮小。抵抗則以 n^6：1 之比例縮小。工事量則以 n^7：1 之比例縮小。例如有口徑36生的之砲彈。速度爲 180米／秒。玆用口徑／生的之砲彈試驗。則應取同類之速度爲 30米／秒。單位面積上之壓力應爲$\frac{1}{36}$。其餘仿此。——此種模型法則。對於船舶及水中作業。應用甚多。今有新式槍彈。較之砲彈口徑過小。但速度則過大。槍彈不得視爲砲彈之縮小模型。反言之。砲彈亦不得視爲槍彈之放大模型。

§14. 最利尖度

欲決定彈頂之外形。使空氣全抵抗。在彈軸方向爲最小。其初有牛頓氏之考案。設彈丸之長軸爲 x 軸。與此正交作 y 軸。已知者。有半口徑 $R=BB_1=CC_1$。及彈頂之高 $h=AB=x-x_0$。所求者。爲子午弧線 A_1B_1。假想彈丸以已知速度 v 在靜止空氣中 CA 之方向進行。或假想空氣以相對速度在AC方向對彈頂流去。須使子午弧繞 x 軸而在 x 軸之方向所受之抵抗爲最小。是當令 k 爲表面一小部之垂直抵抗。算出彈頂全面 $B_1A_1A_2B_2$ 上之抵抗。然後令爲最小。

本問題固屬微差問題。然而無已定之微係數。換言之。卽不知曲綫 A_1B_1 之方程式也。須決定者。爲曲綫 A_1B_1 之方程式。卽須決定者 y 爲 x 之函數。函數雖不得知。然其一定積分

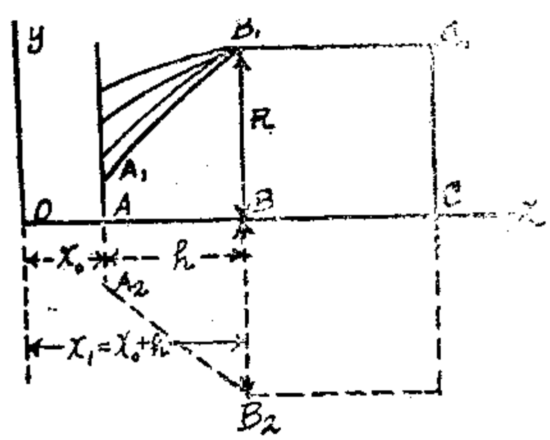
$$\int_0^h F(x,y,y',y'',\cdots\cdots\cdots)dx$$

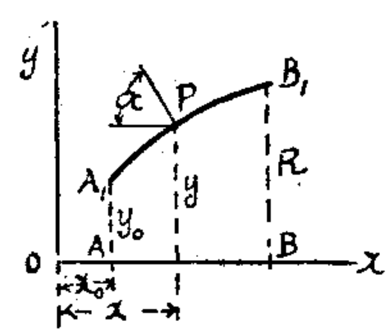
則應有一定之界限。故須將次之微分方程式積分之。

$$0=\frac{\partial F}{\partial y}-\frac{d}{dx}\left(\frac{\partial F}{\partial y'}\right)+\frac{d^2}{dx^2}\left(\frac{\partial F}{\partial y''}\right)-\cdots\cdots$$

積分常數由特別條件決定之如次。原定曲線兩端之點爲(x_0,y_0)，(x_1,y_1)。故 $x=o$ 之時 $y=o$ 。及 $x=x_1$ 之時 $y=y_1$ 。今 (x_1,y_1) 爲固定點。卽B點爲已定之點。在 y 軸之平行綫上。將 (x_0,y_0) 點推動。換言之。曲線之一部分。自 (x_1,y_1) 定點向 y 軸前進。至 $x=x_0$ 之平行綫爲止。則須有 $x=x_1$ 之時 $y=y_1$ 及 $x=x_0$ 之時 $\frac{\partial F}{\partial y'}=0$ 之條件。由此等特別條件。積分常數可以決定。

圖四





三圖

如上所述 B_1 爲固定點。A_1 必在垂直綫 A_1A_2 之延長綫內。因彈頂之高爲 h 之已定數故也。所成爲問題者。卽在曲綫之小部分 A_1B_1 。令 P 爲曲綫上之任意一點。ds 爲 P 點小部分之弧長。弧 ds 繞彈軸旋轉。生無限狹小之圓帶 $2\pi y\cdot ds$ 。卽爲彈頂被帽之一部分 df 。令 α 爲運動方向(卽 x 軸)與該點法線所成之角。則由牛頓法則之假定。小部分之抵抗 $k\cdot df\cdot\cos^2\alpha$ 或 $k\cdot2\pi yds\cdot\left(\frac{dy}{ds}\right)^2$。在小部分 df 之法綫方向內。此抵抗在橫軸方向之分力爲

$$k\cdot2\pi y\,ds\cdot\left(\frac{dy}{ds}\right)^3\quad\text{或}\quad k\cdot2\pi y\cdot dy\cdot\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{dx}{dy}\right)^2}}$$

再令 $\dfrac{dx}{dy}=x'=q \qquad \dfrac{dy}{dx}=y'=\dfrac{1}{q}=p$

則彈頂全曲面上之抵抗爲

$$W=2\pi k\int_{y=y_0}^{y=R}\frac{y\cdot dy}{1+(x')^2}=2\pi k\int_{y_0}^{R}\frac{y\cdot dy}{1+q^2} \qquad (2)$$

式中 y 爲獨立變數。原來之函數爲

$$\psi(y,x')=\frac{y}{1+(x')^2}=\frac{y}{1+q^2}$$

卽可應用於微差計算之(1)式。但須注意者 x 及 y 須互換代用耳。卽吾人所積分之方程式。爲

$$0=\frac{\partial\psi}{\partial x}-\frac{d}{dy}\left(\frac{\partial\psi}{\partial x'}\right)+\frac{d^2}{dy^2}\left(\frac{\partial\psi}{\partial x''}\right)-\cdots\cdots$$

因函數 ψ 之中只有 y 及 x'。而不含 x。

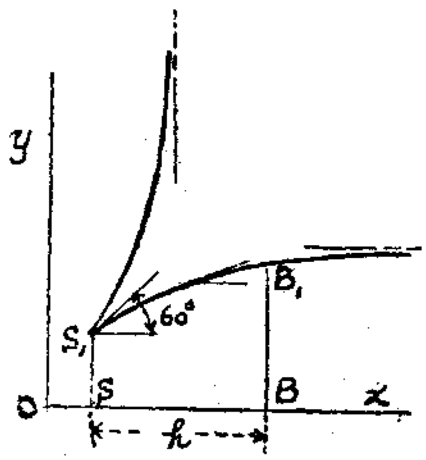
故 $\dfrac{\partial\psi}{\partial x}=0 \qquad \dfrac{\partial\psi}{\partial x'}=$常數

今者 $\dfrac{\partial\psi}{\partial x'}=\dfrac{\partial\psi}{\partial q}=\dfrac{-2qy}{(1+q^2)^2}$ 卽 $\dfrac{-2qy}{(1+q^2)^2}=$常數$=-2C$

故 $y=C\cdot\dfrac{(1+q^2)^2}{q}$

加之 $dx=q\cdot dy=q\cdot C\cdot\dfrac{4q^2(1+q^2)-(1+q^2)^2}{q^2}\cdot dq$

或 $\dfrac{dx}{C}=(2q+3q^3-\dfrac{1}{q})\cdot dq$



五圖

卽本問題用次之聯立方程式解之。

$$\left.\begin{aligned}x&=C\left(\frac{3}{4}q^4+q^2-\log q+C_1\right)\\ y&=\frac{C}{q}(1+q^2)^2\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots(3)$$

卽曲線方程式爲 $x=f_1(q),y=f_2(q)$ 之形。而 q 爲助變數。欲決定常數 C 及 C_1 之値。則當討論曲線。精細考察。

曲綫應由一個歧點 S_1 。及兩漸近綫。其一枝平行於 x 軸。其他枝平行於 y 軸。第一枝在下。自 $p=\sqrt{3}$ 至 $p=0$ 。第二枝在上。自 $p=\sqrt{3}$ 至 $p=\infty$ 。此處所應注意者。只在第一枝曲綫 S_1B_1 而已。(以下再述)

解決常數 C 及 C_1 之問題者。在一八八二年有 N. V. Wuich 。其後在一八八八年有 August 。第一條件。卽 $x=X_1=x_0+h$ 之時。$y=R$ 。何則。蛋形部與圓壔部須直接連合故也。第二條件。過細考察。平頂 A_1A_2 之處。愈小愈好。卽岐點 S_1 之縱綫 SS_1 或圓弧之半徑 AA_1 。在彈丸之極頂。愈小愈好。故由 $\frac{dy}{dq}=0$ 易知 $q=\frac{1}{\sqrt{3}}$ 或 $p=\sqrt{3}$ 之時。縱綫 y 有極小值。換言之。岐點之切綫。與橫軸所成之角須爲 60°。

$$\text{由此兩條件}\left\{\begin{array}{lll} x=x_0+h & \text{之時} & y=R \\ x=x_0 & \text{之時} & q=\frac{1}{\sqrt{3}} \end{array}\right\}\text{可算出常數 C 及 } C_1$$

本問題之解法。August 曾以一人之力。達其目的。其後有 Armanini 及 Lampe 兩人。復摘其解法之不確。引證之處甚多。卽用圓壔部之同口徑 2R 。且同彈頂高度 h 。對於彈頂被帽之形狀。得迴轉雙曲綫體。而帶極頂之平頭小部分。此種彈頭曲面。較之 August 之彈頂所受抵抗尤小云。

查 August 計算之誤差。在空氣抵抗向平頭 A_1A_2 滑去部分。未曾精確算入。彈頭曲面與極頂平面兩部分之全抵抗。須有極小值。使 A_1 點在縱軸平行綫移動。不獨子午綫 A_1B_1 無自變動。卽 $\overline{AA_1}^2\cdot\pi$ 或 $y_0^2\cdot\pi$ 亦未變動。故討論之如次。

彈丸全抵抗爲

$$W=2\pi k\cdot\left[\int_{y=y_0}^{y=y_1}\frac{ydy}{1+q^2}\right]_{q=0}+2\pi k\cdot\int_{y=y_1}^{y=R}\frac{ydy}{1+q^2} \qquad (4)$$

右邊第一項爲極頂平面之抵抗。在該處 $q=0$ 。因極頂平面與 x 軸成垂直故也。第二項爲彈頭曲面上之抵抗。

第一項之積分。可分爲兩部。$\int_0^{y_0}=\int_0^R+\int_R^{y_0}=\int_0^R-\int_{y_0}^R$

卽等於 $\int_0^R\frac{ydy}{1+o}-\int\frac{ydy}{1+o}=\frac{R^2}{2}-\int_0^R ydy$

故全抵抗之極小值為 $W=2\pi k\left(\frac{R^2}{2}-\int_{y_0}^{R} ydy\right)+2\pi k\int_{y_0}^{R}\frac{ydy}{1+q}$

$$=kR^2\pi-2\pi k\int_{y_0}^{R}\left(y-\frac{y}{1+q^2}\right)dy$$

$$=kR^2\pi-2\pi k\int_{y_0}^{R}\frac{y\cdot q^2}{1+q^2}\cdot dy \qquad (4a)$$

在此式中令W為最小。因 $kR^2\pi$ 為常數。故第二項之減數 $\int_{y_0}^{R}\frac{y\cdot q^2}{1+q^2}dy$ 不可不有最大值。

原求之函數為 $\varphi=\frac{y\cdot q^2}{1+q^2}$

微分方程式 $0=\frac{\partial\varphi}{\partial x}-\frac{d}{dy}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial q}\right)+\cdots\cdots$

之解法為 $\frac{\partial\varphi}{\partial q}=$常數

或 $y\cdot\frac{2q(1+q^2)-2q^3}{(1+q^2)^2}=$常數 C

即 $y=\frac{C}{q}(1+q^2)^2$

而 $dx=q\cdot dy$

即得
$$\left.\begin{aligned} x&=C\left(\frac{3}{4}q^4+q^2-\log q+C_1\right)\\ y&=\frac{C}{q}\left(1+q^2\right)^2\end{aligned}\right\}\text{與(3)式相同}$$

C 及 C_1 之決定。由第一條件 $x=x_1$，$y=R$。及第二條件 $x=x_0$，$\frac{\partial F}{\partial y'}=0$。在此處所求之積分為

$$\int\frac{y\cdot q^2}{1+q^2}dy \quad 或 \quad \int\frac{y\cdot y'}{1+(y')^2}dx$$

故 $F=\frac{y\cdot y'}{1+(y')^2}$　即 $\frac{\partial F}{\partial y'}=y\cdot\frac{1+(y')^2-2(y')^2}{1+(y')^2}=y\cdot\frac{1-(y')^2}{[1+(y')^2]^2}$

故 $\frac{\partial F}{\partial y'}=0$　即 $y'=\pm1$

故第二條件為 $x=x_0$ $y'=\pm 1$ 此處雙號。只取其正號。為易明之事。因假定之曲綫在第一象限故也。即在曲綫之 A_1 點。其切綫對於橫軸之傾斜為 45^0。並非 60^0。

實際在數學問題假定之下。積分有最大值。從而W有最小值。其判斷由次式

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2}=+\frac{y\cdot y'}{[1+(y')^2]^3}\cdot\left[(y')^2-3\right]$$

吾人所考察之一枝曲綫。有漸近綫與橫軸平行。曲綫自 B_1 到達 A_1 點。傾斜漸達 45^0。故 y 及 y' 均為正數。故積分有最大值之條件為

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2}=\text{負數} \quad \text{即} \quad y'^2<3$$

關於此種理論。 Kneser 之考察。極為精細。

本解法注意事項

August 氏之最利尖度計算法。可謂純粹數學上之誤差。然而猶有甚於此者。實際上或者事象不合於理論。或者引用之方法已不足信。第一、牛頓氏之初級法則。不合用於高速。第二、小面積 df 上之法綫抵抗。不獨與 $k\cdot df$ 及 α 有關。且其等於 $k\cdot df\cdot\cos^2\alpha$ 之事。不能謂之精確。若謂之為 y 之函數。反覺近是。y 者小面積至彈軸之距離也。然此種關係。究為如何。則尚未明。第三、摩擦之影響。分為平行摩擦。及迴轉摩擦。且有對於彈面之垂直摩擦。如波流及渦流等事。完全未曾顧到。

因上述各項。而計算有不合之事。對於此等事件。若粘附彈丸流去之空氣。未曾計及。則另下推斷如次。

吾人將以前所用之假定。及問題以外所假定者。概置不論。令所求之曲線為 $y=f(x)$。其一次微係數為全然不變之數。假定首點 A_0 之縱坐標 y_0。為任意。且在曲面上 A_1 及 B_1 兩點間。有一折綫 $A_1D_1B_1$ 存在。此折綫由 A_1D_1 及 D_1B_1 而成。兩段對於橫軸。均成相等之角 β。(似此假定。幾何作圖。亦屬易事。)則在 $A_1D_1B_1$ 折綫上。p 之值等於 $\pm\tan\beta$

$$\therefore\quad p^2=+\tan^2\beta \qquad q^2=\cot^2\beta\ (=\text{常數})$$

由是 $$W=kR^2\pi-2\pi k\int_{y_0}^{R}\frac{y\cdot q^2}{1+q^3}\cdot dy$$

$$=kR^2\pi-2\pi k\cdot\frac{\cot^2\beta}{1+\cot^2\beta}\int_{y_0}^{R}y\,dy$$

即　　$W=kR^2\pi-k\pi\cos^2\beta(R^2-y_0^2)$

β之値。可任意選定爲最小之數。即在極小之時。

$$W=kR^2\pi-k\pi\cdot1\cdot(R^2-y_0^2)$$

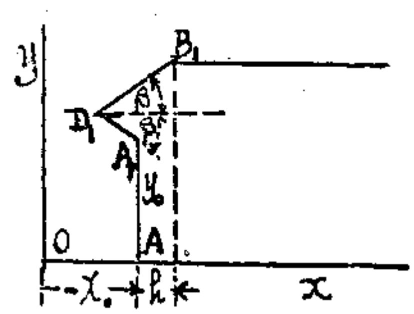
$$=k\pi\cdot y_0^2$$

玆特別假定A在彈軸上($y_0=0$)。則在極限之時。尖彈爲錐形之頂。且有錐形之孔者。W等於零。(此爲 Legendre 及 Weierstrass 之解法。)

彈丸爲Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ之形。而謂抵抗最小，决不足信。反對者之理由如次。粘附彈丸流去之空氣。理論上未足顧到。亦未能完全顧到也。

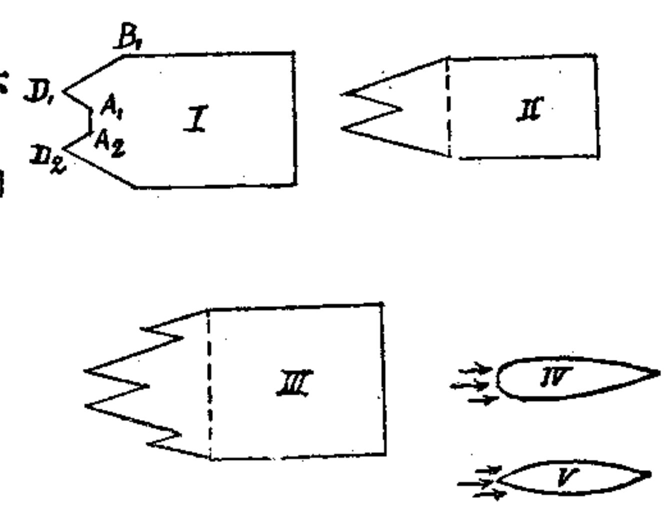
上之所述。均係理論計算。并非實地說明。縱有根據實驗而下判斷者。亦不過偶合而已。

其他猶欲乘此機會解釋者。即關於彈底形狀。亦有主張本節理論之人。近代徵差計算。進步如此。以後經多年經驗。則彈形與鳥形魚形船形等(Ⅳ及Ⅴ)之同化性質。亦非不可能之事。用第(Ⅳ)圖之彈丸。作飛行寫眞。確見空氣在彈後少有渦流。而彈底取適當形狀者。勢力消失之程度。可以減低。



七　圖

六圖



§15. 日常空氣之重

彈丸射出之後。即捲於空氣之中。故空氣抵抗。與射擊當時之密度有關。今令空氣

之溫度爲t^0C。換算氣壓高爲 H_0mm。濕度爲8%。計算空氣之重。意謂觀測時在砲口附近。或在高度y米達之處。每立方米達之空氣。其重有若干基羅也。

(A)地面上$(y=0)$空氣之重δ_0。

緯度45^0海面同高之處。完全乾燥空氣。(以下省稱乾氣。)每立方米達有 1.29303 基羅之重。德國柏林。緯度爲$52^0 30'$。高出海面 40 米達。測定空氣之重爲 1.29388 基羅。今溫度爲t^0C。氣壓高爲 H_0mm。每立方米達乾氣之重爲P。則由 Mariotte 及 Gay-Lussac 之氣體定律。

$$P=1.2939\cdot\frac{H_0}{760}\cdot\frac{1}{1+0.00367t} \tag{1}$$

空氣中常有濕氣。即 $\delta_0<P$。何則。空氣中常含有蒸氣故也。而此水蒸氣之重。爲乾氣同容之重之$\frac{5}{8}$。氣壓高H_0乃自濕氣中測出者。故須考究之如次。在一立方米達乾氣中。有水蒸氣流入其間。此水蒸氣之張力。假令爲e。而某容量之乾氣。溢出於一立方米達之外。故壓力增大。至於如日常所測濕氣之壓力。即所謂H_0者是也。一立方米達中存留乾氣之重。秤之爲G_1基羅。其分壓爲H_1。流入之水蒸氣。秤之爲G_2基羅。其分壓爲e。則由 Dalton 氏之定律。在同一容器中。混合氣體之壓力。等於分壓之和。

$$\text{故}\qquad H_0=H_1+e \tag{2}$$

吾人所應考究者。猶不止此。第一。在一立方米達中。單只乾氣本身之重爲G_1基羅。其壓力爲H_1。將此情形與方程式(1)之情形。兩相比較。蓋在方程式(1)所表示者一立方米達中滿盛乾氣。其重爲P也。故由 Boyle-Mariotte 之定律。壓力與同容之重成比例。

$$\frac{G_1}{P}=\frac{H_1}{H_0}=\frac{H_0-e}{H_0}\quad\therefore\quad G_1=P\cdot\frac{H_0-e}{H_0} \tag{3}$$

同樣可想像之如次。在一立方米達中。水蒸氣之重。只有G_2基羅。其壓力爲e。今設以壓力爲H_0之水蒸氣。充滿於一立方米達之中。(一立方米達之重爲$\frac{5}{8}P$)。將此兩種情形互相比較。則與前式同理。有

$$\frac{G_2}{\frac{5}{8}P}=\frac{e}{H_0} \qquad \therefore G_2=\frac{5}{8}P\cdot\frac{e}{H_0} \qquad (4)$$

(3)+(4)則得 $\delta_0=G_1+G_2$

$$=\frac{P}{H_0}\left(H_0-\frac{3}{8}e\right) \qquad (5)$$

將(1)式之P代入(5)式則

$$\delta_0=\frac{1.2939}{760(1+0.00367t)}\cdot\left(H_0-\frac{3}{8}e\right) \qquad (甲)$$

若水蒸氣在空氣中達飽和狀態。則 $e=E$(水蒸氣在攝氏 t 度之張力。)可由物理學之表查出。實際無飽和之事。故 e 爲 E 之分數。令 $e=S\cdot E$ 。而 S 用百分之一濕度計。直接測出。以100乘之。則

$$\delta_0=\frac{1.2939H_0}{760}\cdot\frac{273}{273+1}-0.174\frac{S\cdot E}{273+t} \qquad (乙)$$

方程式中各元之單位。揭之如次。

t 攝氏度數

S 比較濕度。卽張力 e 與 E 之比。用百分一之濕度計直接測出。以 100 乘之。(E 之值可以查表。濕度計之種類。如 Koppe 濕度計及 Lamprecht 濕度計等。)

H_0 換算成攝氏零度之氣壓高。單位爲 mm

夫 H_0 者。水銀柱上所讀出之數也。然亦有用測壓計。只表示氣壓之數者。因爲水銀由溫度而有膨脹之事。故不欲測壓之外。又事測溫。茲爲可以比照起見。測壓計之製造。以一定溫度爲標準。卽所謂標準溫度之攝氏零度是也。今水銀膨脹率爲 $\frac{1}{5550}$

卽 $H=H_0\left(1+\frac{t}{5550}\right)$

從而 $H_0 \doteqdot H\left(1-\frac{t}{5550}\right)$

故修正數 $\frac{Ht}{5550}=0.000181Ht$。宜自讀出之數內減之。

再者水銀管本身。亦有膨脹之事。其膨脹率爲0.000019。故最後想像之數內。須再減0.000019 Ht。卽應減之全修正數。只有0.000162 Ht而已。

實際上濕度之影響甚微。可以省略。故用次式。

$$\delta_0=\frac{0.465\,H_0}{273+t} \qquad (丙)$$

(B)高度y米達之處空氣之重δ_y。

δ_y與δ_0之關係。其說不一。

據 St. Robert $\delta_y=\delta_0(1-0.00008y)$

據 P. Charbonnier $\delta_y=\delta_0(1-0.00011y)$

據 E. Everling 指數式 $\delta_y=\delta_0\cdot e^{-0.000106y}$

代數式 $\delta_y=1.250-0.1153y+0.003024y^2$

最後兩式之y。其單位爲基羅米達。

一九一〇年 C. Cranz 氏建議。取常數空氣重。施諸彈道計算。其常數重之法。以$\frac{2}{3}y_s$處之空氣重爲準。y_s者彈道之頂點高。$\frac{2}{3}y_s$者彈道之平均高也。(見第一章)用Cranz之法則。令空氣重爲常數。計算射程。其影響與變數之空氣重相同。一時成績良好。此種常數之空氣重。在德國成爲"彈道空氣重"之專名詞。

高射彈丸之高度y甚大之時。則取 O. T. Eberhard 及 A. V. Brunn 二氏之法。其法如次。

今 p_0爲地面上空氣壓力。 p_y爲y米達高之空氣壓力。

T_0爲地面上絕對溫度。 T爲y米達高之絕對溫度。

空氣壓力之單位爲kg/m²

自地面上至高度 y=12000 米達之處。y之值漸增。不獨壓力p漸減。卽絕對溫度亦漸減。其關係爲

$$T=T_0-\lambda\cdot y \qquad 式中\ \lambda\ 稱爲氣溫之降度。$$

在高度 y>12000 米達之處。溫度爲常數 =−54.6°C。以絕對溫度示之爲 218.4。而δ_y/δ_0之比。關係於高度y溫度T_y及壓力p_y其關係以公式表之。

其一、同重條件　　$dp_y = -\delta_y \cdot d_y$

其二、氣體定律　　$p_y = \delta_y \cdot R \cdot T_y$

R 者。氣體之常數。在空氣中常數 R之值為 29.29

高度 $y=12000$ 謂之溫帶。　$y>12000$謂之寒帶。

(a)在溫帶 $T=T_0-\lambda \cdot y$ 。氣溫降度之求法如次。

因　$y=12000$ 則 $Ty=218.4$

故　$218.4=T_0-\lambda \cdot 12000$

即　$\lambda=\frac{1}{12000}(T_0-218.4)$

將同重條件及氣體定律二式合併

$$\frac{dp_y}{p_y}=-\frac{d_y}{RT_y}=-\frac{d_y}{R(T_0-\lambda \cdot y)}$$

積分之則　$$\frac{p_y}{p_0}=\left(1-\frac{\lambda \cdot y}{T_0}\right)^{\frac{1}{R\lambda}}$$

然　$$\frac{\delta y}{\delta_0}=\frac{p_y}{p_0}\cdot\frac{T_0}{T_y}=\frac{p_y}{p_0}\cdot\frac{T_0}{T_0-\lambda \cdot y}$$

故　$$\frac{\delta_0}{\delta_0}=\left(1-\lambda\frac{y}{T_0}\right)^{\frac{1}{R\lambda}-1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(\text{丁})$$

上之微分方程式 $\frac{dp_y}{p_y}=-\frac{d_y}{RT_y}$ 在溫帶中。常有用次之近似解法者。即變數 Ty 可取平均溫度 Tm 之常數以代之。其積分之結果為

$$\frac{p_y}{p_0}=e^{-\frac{y}{RTm}}$$

$$\frac{\delta y}{\delta_0}=\frac{T_0}{Ty}\cdot e^{-\frac{y}{RTm}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(\text{丁}')$$

在溫帶與寒帶之境界

$$\frac{p_{12000}}{p_0}=\left(1-\frac{\lambda\cdot 12000}{T_0}\right)^{\frac{1}{R\lambda}} \quad 及 \quad \frac{\delta_{12000}}{\delta_0}=\left(1-\frac{\lambda\cdot 12000}{T_0}\right)^{\frac{1}{R\lambda}-1}$$

(b)在寒帶

常數 $T=T_0-\lambda\cdot 12000=T_{12000}=218.4=-54.6°C$

由 $\frac{dp_y}{p_y}=-\frac{d_y}{RT_y}$之積分得$\frac{p_y}{p_{12000}}=\frac{\delta_y}{\delta_{12000}}=e^{-\frac{y-12000}{RT_{12000}}}$

即在寒帶有 $\frac{\delta_y}{\delta_0}=\left(1-\frac{\lambda\cdot 12000}{T_0}\right)^{\frac{1}{R\lambda}}\cdot e^{-\frac{y-12000}{R(T_0-\lambda\cdot 12000)}}$………(戊)

高度甚大之時。(丁)(戊)兩式認爲正常。是爲 O. V. Eberhard 之說。

今在氣溫正規降度之下。假定空氣重δ爲高度 y 之函數。取直角坐標法。以δ爲橫綫。y 爲縱綫。作成曲綫三種如次。

曲綫(I)之所示者。地面上有正規溫度 T_0 。正規氣壓 p_0。由 $p_0=S_0RT_0$。得正規空氣重 $\delta_0=OD$

曲線(II)之所示者。假定地面有同氣壓 p_0 。但氣溫降至 T_0'。從而空氣重增大至 $\delta_0'=OE$。

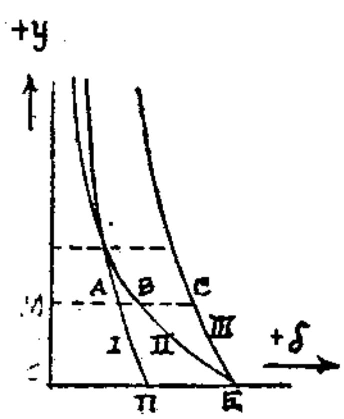
曲線(III)之所示者。假定地面有正規氣溫 T_0 。但氣壓高至 p_0'。從而空氣重亦增至 $\delta_0'=OE$。

即在地面上 y=O 之處。氣溫氣壓氣重三者之量。

在(I)爲T_0, p_0, δ_0。 在(II)爲T_0', p_0, δ_0'。 在(III)爲T_0, p_0', δ_0'。

八

圖



§16. 本章結論

統觀理論及研究之結果。大致可以備用。吾人於此。不禁喟然歎曰。本章全文。乃彈道學發達之濫觴也。

理論上所得之法則。常不能包容現象之全部。只處於特別環境伴生之現象。爲觀察所及者。多少包容則有之。然此種研究。經過純粹理論上之考察。乃達到抵抗法則。其結果不限於普通用途。並同時對於彈道學有莫大之貢獻。彈丸飛行經過空氣而失其勢力周圍之空氣。乃發生加速度。此種加速度。以波流及渦流聯合而成。空氣運動異常複雜之事件。理論不一。一方面爲單純衝動。一方面又牽動力學問題。此外不遑枚舉。其他如 Lorenz 及 Vielle 法則。鮮能將彈丸周圍之空氣。用數學方法。寫出運動之重要狀況。一時對於彈道上實際目的。未能直接應用。或者抵抗式中所規定諸元。如橫斷面 $R^2\pi$ 。彈形係數 i 。速度 v 等。不如今日所取之簡單。卽乘積中之各因數。純然互異。不能得眞正之抵抗函數。亦未可知。

彈丸在空氣中。不成軸向運動。其長軸與彈道線成有限角度者。往往有之。似此情形。抵抗在長軸上。實有平行分力及垂直分力兩種之合力。作用點在彈軸上之位置。常藉牛頓氏 Lössl 等之初等法則之補助。以計算之。惟其結果不確耳。夫彼等法則。就其學識言之。已屬精美。乃用之於高速彈丸。求着力點之位置。猶有誤差。則此外尙有何法。可圖精確哉。實際上旣無精確之法則。望其精確界限。至於足用程度可也。惟關於抵抗所提出之彈丸表面。用該種補助法則時。務宜以達到積分之目的爲主。

自來彈形係數之値亦。不精確。特於 August 尖度計算。全不能用最利抵抗面之牛頓法則。蓋不特純粹數學上之計算。本來不確。且猶有重大者。卽其計算內所作之假定。與日常空氣運動之情形相反也。

低速度之研究。推而放之於高速度。幷非難事。因此種法則與他種法則互相通用。乃屬可能之事。但歷來對於同一目的所備之射擊研究。均以前人所指導者爲基礎。不能移變自如。故實際試射。對於彈形係數。不得確實之結果。

所以直至今日。關於空氣抵抗。無唯一之確實判斷。抵抗與橫斷面。彈形係數。不成確實之比例。而關於速度函數。却成比例。因爲口徑變化。或彈形變化。或兩者俱變之時

。全函數因之而變。故此等事件。爲計計算之確實及將來之改良起見。不可不下重大之討論也。

第一須討論者。計算不拘用比例與否。大砲射擊昔日所得之結果。與近代常用之法不同。例如對於新式步槍。則前之結果。不可推論及之。欲求推論有可能性。則須知其共通之抵抗法則。並且在兩方面公式中。由彈丸寸度所算出之係數。互成比例然後可。何則。眞正之抵抗法則。對於砲彈槍彈。當然可以通用也。

然眞正抵抗法則。决不易知。故彈道公式。暫時適用者固多。永久適用者實少。欲其相合。則將法則用試射演算。(如新式步槍之用銅帽尖彈及舊式步槍野砲等)而對於步槍彈道。創設抵抗法則。尤有特別需要之處。該項法則。尤在未知之列也。目下彈道問題無他。各種彈丸。均應用以前法則。而後施以射擊研究。卽次式之假定。認爲可以成立。

$$W=R^2\pi\cdot\frac{\delta}{\delta_0}\cdot i\cdot f(v)$$

式中之$f(v)$可取階級法則。如 Mayevski—Sabuski 或 Chapel—Vallier—Hojel 法或 Siacci 氏之最新法。形狀係數。則暫用 Lössl 法。以爲補救之方。雖云不精。聊資調劑可也。退一步說。在彈學可謂已得立脚點。下章解法。減速度通以 $c\cdot f(v)$ 記之。式中之 c 。與橫斷面 $R^2\pi$ 空氣重δ彈形係數 i 成正比例。與彈重 P成反比例。

空氣抵抗法則。欲求確當不易。此後所需光陰。不知幾百年。尤不知耗若干人之心血。然而另有實驗法。造成基礎。在基礎上使理論更形擴大。此則無疑之事。

第三章　空氣中之彈道

§17. 一般之方程式

令 $c\cdot f(v)$ 爲空氣抵抗所生之減速度。其他記號。悉與眞空彈道相同。則在

水平方向　$d(v\cos\theta)=-cf(v)\cdot\cos\theta\, dt$ ……………………(1)

垂直方向　$d(v\sin\theta)=-cf(v)\cdot\sin\theta\, dt-g\,dt$ ……………………(2)

由此二程方式，得下之六式。

$$gd(v\cos\theta)=v\cdot cf(v)\cdot d\theta \quad\cdots\cdots\cdots (3)$$

令 $\sin\theta=q$ 則

$$\left.\begin{aligned}\frac{dv}{v}&=\frac{d\theta}{\cos\theta}\left[\frac{cf(v)}{g}+\sin\theta\right]\\ &=\frac{dq}{1-q^2}\left[\frac{cf(v)}{q}+q\right]\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots\cdots (3a)$$

上之(3)式或(3a)稱爲主要方程式。

$$gdx=-v^2d\theta \quad\cdots\cdots\cdots (4)$$

$$gdt=-\frac{v}{\cos\theta}\cdot d\theta \quad\cdots\cdots\cdots (5)$$

$$gdy=-v^2\tan\theta\cdot d\theta \quad\cdots\cdots\cdots (6)$$

$$gds=-\frac{v^2}{\cos\theta}\cdot d\theta \quad\cdots\cdots\cdots (7)$$

$$\frac{dx}{dt}\cdot\frac{dp}{dt}=-g \quad\cdots\cdots\cdots (8)$$

上式中之 $p=\tan\theta=\frac{dy}{dx}$

(3)至(8)之證明如次。在彈道上某點P之法綫方向。一方面有加速度 $g\cdot\cos\theta$。他方面有加速度 $\frac{v^2}{\rho}$。分母之 ρ 爲P點之曲率半徑。其絕對值 $\rho=\frac{ds}{d\theta}$

故得(7)式爲　　$g\cos\theta=-v^2\frac{d\theta}{ds}$

其附以負號者。因爲s漸增 $d\rho$ 取正號之時。θ漸減 $d\theta$ 取負號故也。自(7)與(1)消去 $\cos\theta$ 則得

$$d(v\cos\theta)=+\frac{cf(v)\cdot v^2d\theta\cdot dt}{gds}$$

因 $\frac{ds}{dt}=v$ 故得主要方程式(3)。應用微分法幷得(3a)。

又因 $\frac{dx}{dt}=v\cos\theta$ 代入(7)式。且因 $\frac{ds}{dt}=v$ 則得(4)式。

因 $\frac{dy}{dx}=\tan\theta$ 故得(6)式。

因 $\frac{ds}{dt}=v$ 故由(7)式可直得(5)式。

作(5)式之平方。寫成次式之形 $\frac{v^2\cdot d\theta}{dt}\cdot\frac{d\theta}{dt\cdot\cos^2\theta}=g^2$

因 $v^2\frac{d\theta}{dt}=-g\frac{dx}{dt}$ 及 $\frac{d\theta}{\cos^2\theta}=d(\tan\theta)=dp$

故得 $-\frac{dx\cdot d(\tan\theta)}{(dt)^2}=g$ 是卽(8)式也。

主要方程式(3)只含兩變數 v 及 θ 若 $\theta=\varphi$ 則 $v=v_0$ 若(3)式可以積分。則彈道方程式可以解決。故積分(3)式爲最大之問題。若(3)式解得 v 爲 θ 之函數。假定 $v=F(\theta)$。則 x,y,t,s 均可以 θ 之函數表之如次。

$$g\cdot dx=-[F(\theta)]^2\cdot d\theta$$

$$g\cdot dy=-[F(\theta)]^2\cdot\tan\theta\cdot d\theta$$

$$g\cdot dt=-F(\theta)\cdot\sec\theta\cdot d\theta$$

$$g\cdot ds=-[F(\theta)]^2\cdot\sec\theta\cdot d\theta$$

§18. 主要方程式積分之問題

主要方程式之可解與否。視函數 $c\cdot f(v)$ 之假定而斷之。$c\cdot f(v)$ 者空氣抵抗所生之減速度也。

$c\cdot f(v)=cv^n$ 之時。在一七一九年有 Joh. Bernoulli 之解法。

$c\cdot f(v)=cv^n+b$ 之時。在一七四四年有 D' Alembert 氏之解法。

同時對於 $\left\{\begin{array}{l} c\cdot f(v)=a\log v+b \\ c\cdot f(v)=av^n+R+bv^{-n} \\ c\cdot f(v)=a(\log v)^2+R\log v+b \end{array}\right\}$ 均發明解法。然此三種函數。在彈道學上不常用。

一九〇一年。F. Siacci 氏證明可以積分之函數凡十四種。玆舉其一如次。（其他不甚重要）

$c\cdot f(v)=Av\sqrt{2c+v^2}+B(c+v^2)$ A,B,C爲常數

令 $\sqrt{2c+v^2}=v\cdot z(B:-\sin\theta)$ 則主要方程式成爲次式之形。

$$\frac{z\cdot dz}{z^2(B^2c^2-1)+2Acz+1}+\frac{d\Theta}{\cos\Theta(Bc-\sin\Theta)}=0$$

上式爲變數分離之形。$A=0$ 之時。在一七八二年 Legendre 氏已經解出。

注意　在眞空彈道　$c\cdot f(v)=0$

主要方程式爲 $d(v\cos\Theta)=0$

解之　$v\cos\Theta=$ 常數 $=v_0\cos\varphi$

(A) D, Alembert 氏之法則。

假定減速度爲　$c\cdot f(v)=a+c\cdot v^n$

主要方程式爲　$gd(v\cos\Theta)=v\cdot d\Theta\cdot(a+cv^n)$

左邊用微分法解括弧。全式以 v^{n+1} 除之。則得

$$g\cos\theta\cdot v^{-n-1}\cdot dv-(a+g\sin\theta)\cdot v^{-n}\cdot d\theta=c\cdot d\theta \qquad\cdots\cdots(1)$$

此式左邊形式上爲兩數之積之微分。何則 $(a+g\sin\theta)$ 之微分爲 $g\cos\theta$。而 v^{-n} 之微分爲 $(-n)v^{-n-1}$ 故也。

故左邊爲 $d(M\cdot v^{-n})$ 之形。而 M 只爲 θ 之函數。以常數 λ 乘 (1) 式之兩邊。與 $d(M\cdot v^{-n})$ 相比較。

而 $d(M\cdot v^{-n})=-n\,v^{-n-1}\cdot M\cdot dv+v^{-n}\cdot dM$

故　$dM=-(a+g\sin\theta)\cdot\lambda\cdot d\theta$

$-nM=g\cos\theta\cdot\lambda$

由是　$$\frac{dM}{M}=\frac{n(a+g\sin\theta)}{g\cos\theta}\cdot d\theta$$

$$=n\tan\theta\cdot d\theta+\frac{na}{g}\cdot\frac{d\theta}{\cos\theta}$$

積分之得　$$\log M=-n\log\cos\theta+\frac{na}{g}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)$$

或　$$M=\cos^{-n}\theta\cdot\tan^{\frac{na}{g}}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right) \qquad\cdots\cdots(2)$$

求出M之後。可得積分常數　$\lambda=\dfrac{-nM}{g\cos\theta}$

上之(2)式。固假定a爲常數者。若a爲θ之函數。則

$$\log M=-n\log\cos\theta+\frac{n}{g}\int\frac{a\,d\theta}{\cos\theta}$$

即 $$M=\cos^{-n}\theta\cdot e^{\frac{n}{g}\int\frac{a\,d\theta}{\cos\theta}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(2a)$$

而(1)式之左右兩邊不可不相等。

故 $$d(Mv^{-n})=\lambda\cdot c\cdot d\theta=-\frac{cn}{g}\cdot\frac{M}{\cos\theta}\cdot d\theta$$

積分之得 $$Mv^{-n}=-\frac{n}{g}\int\frac{cM}{\cos\theta}+(\text{常數})\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

是爲主要方程式之積分式。M之値自(2)或(2a)求之。

c或爲θ之已知函數。或爲已知常數。至於(3)式之常數。則由最初條件 $\theta=\varphi$ 之時 $v=v_0$ 決定之。由(3)式對於彈道上任意一點之傾斜θ。可得其相應之速度v。

令 $$\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)=z$$

由三角法 $$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}\qquad\therefore\quad\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)=\frac{1-\cos(\frac{\pi}{2}+\theta)}{\sin(\frac{\pi}{2}+\theta)}$$

$$=\frac{1+\sin\theta}{\cos\theta}$$

故 $$dz=\frac{1+\sin\theta}{\cos\theta}\cdot d\theta=\frac{z}{\cos\theta}\cdot d\theta$$

又 $$1+z=2\frac{1+\sin\theta}{\cos^2\theta}=\frac{2z}{\cos\theta}$$

即 $$\cos\theta=\frac{2z}{1+z^2}\qquad\sin\theta=\frac{z^2-1}{z^2+1}$$

故 $$\frac{d\theta}{\cos\theta}=\frac{dz}{z}$$

故 $$M=\cos^{-n}\theta\cdot\tan^{\frac{na}{g}}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)=\frac{(1+z^2)}{2z}^{n}\cdot z^{\frac{na}{g}}$$

$$=2^{-n}\cdot(1+z^2)^n\cdot z^{n\left(\frac{a}{g}-1\right)} \quad \cdots\cdots(4)$$

及 $$Mv^{-n}=-\frac{n}{2^n g}\int c(1+z^2)^n\cdot z^{\frac{na}{g}-n-1}\cdot dz+(\text{常數}) \quad \cdots\cdots\cdots(5)$$

特例　$a=o$　卽　$cf(v)=cv^n$

此時　$M=\cos^{-n}\theta$

$$Mv^{-n}=\frac{-nc}{g}\int\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}+C$$

卽 $$\frac{1}{(v\cos\theta)^n}=-\frac{nc}{g}\int\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}+C$$　常數 C 由 $\left\{\begin{array}{l}\theta=\varphi\\ v=v_0\end{array}\right\}$ 定之

又　$c\cdot f(v)=cv^n$ 之時。可將主要方程式直接積分之如次。

$$g\,d(v\cos\theta)=c\,f(v)\cdot v\cdot d\theta$$

$$=cv^n\cdot v\cdot d\theta$$

$$=c\,(v\cos\theta)^{n+1}\cdot\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}$$

$$\frac{d(v\cos\theta)}{(v\cos\theta)^{n+1}}=\frac{c}{g}\;\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}$$

$$\therefore\quad \frac{1}{v^n\cos^n\theta}=-\frac{nc}{g}\int\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}+(\text{常數}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

對於 $\int\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}$ 之計算。有公式如次。

$$\int\frac{dx}{\cos^n x}=\frac{\sin x}{(n-1)\cos^{n-1}x}+\frac{n-2}{n-1}\int\frac{dx}{\cos^{n-2}x}$$

設假定　$cf(v)=cv^2$

則 $$\frac{1}{(v\cos\theta)^2}=-\frac{c}{g}\left[\frac{\sin\theta}{\cos^2\theta}+\log\frac{1+\sin\theta}{\cos\theta}\right]+(\text{常數})$$

或 $$\frac{1+p^2}{v^2}=-\frac{c}{g}\left[p\sqrt{1+p^2}+\log(p+\sqrt{1+p^2})\right]+(\text{常數})$$

由以上之方法得v之值以θ表之 作v之平方則得

$$gdx=-v^2 d\theta \qquad gdt=-v\sec\theta d\theta$$

$$gdy=-v^2\tan\theta d\theta \qquad gds=-v^2\sec\theta d\theta$$

卽 dx, dy, dt, ds 之值。均可以θ之式表之。若令p代$\tan\theta$ 則可以p之式表之。或令 $z=\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)$則可以z之式表之。

在 $cf(v)=cv^2$之時。吾人作函數P(p)如次。

$P(p)=p\sqrt{1+p^2}+\log(p+\sqrt{1+p^2})$則前之解答爲

$$\frac{1+p^2}{v^2}=-\frac{c}{g}P(p)+C \qquad 卽 \quad cv^2=\frac{g(1+p^2)}{C-P}$$

然 $p=\tan\theta$ 卽 $\frac{d\theta}{\cos\theta}=dp=d\theta(1+p^2)$

$$\therefore \quad C=P(p)+\frac{g}{c}\cdot\frac{(1+p^2)}{v^2}$$

$\theta=\varphi$之時
$v=v_0$
$$\therefore \quad C=P(\varphi)+\frac{g}{c}\cdot\frac{(1+\tan^2\varphi)}{v_0^2}$$

由 $v^2=\frac{g}{c}\ \frac{(1+p^2)}{C-P}$ 及 $d\theta=\frac{dp}{1+p^2}$之關係

則
$$gdx=-v^2 d\theta = -\frac{g}{c}\cdot\frac{dp}{C-P}$$

$$gdy=-v^2\tan\theta d\theta = -\frac{g}{c}\cdot\frac{p\,dp}{C-P}$$

$$gdt=-v\sec\theta d\theta = -\sqrt{\frac{g}{c}}\cdot\frac{dp}{C-P}$$

$$gds=-v^2\sec\theta d\theta = -\frac{g}{c}\cdot\frac{\sqrt{1+p^2}}{C-P}\cdot dp$$

最後之式s與p之關係。容易求其積分如次。何則。

$$dP=2\frac{d\theta}{\cos^3\theta}=2p\sqrt{1+p^2}$$

$$\therefore \quad ds=-\frac{1}{2c}\cdot\frac{dp}{C-P}=+\frac{1}{2c}\cdot\frac{d(C-P)}{C-P}$$

曲線弧長s若自頂點起算($\theta=0$, $s=0$)則

$$s=\frac{1}{2c}\log\frac{C-P}{C}\qquad 或\quad P(p)=C-Ce^{2cs}$$

曲綫弧長 s 若自出發點起算($\theta=\varphi$, $s=o$)則

$$P(p)=C-\frac{ge^{2cs}}{c\cdot v_0{}^2\cos^2\varphi}$$

n-1之時(在彈道學究不適用)　　$cf(v)=cv$

其解得之結果如次。

$$x=v_0\cos\varphi\cdot\frac{1}{c}(1-e^{-ct})$$

$$y=-\frac{g}{c}\cdot t+\frac{g+cv_0{}^2\sin\varphi}{c^2}(1-e^{-ct})$$

$$v\cos\theta=v_0\cos\varphi\cdot e^{-ct}$$

$$v\sin\theta=-\frac{g}{c}+\frac{g+cv_0\sin\varphi}{c}e^{-ct}$$

注意　<u>彈道線之相似</u>

在 $cf(v)=cv^n$ 假定之下。對於 θ 自 φ 至 θ 積分之。則

$$\frac{1}{(v\cos\theta)^n}-\frac{1}{(v_0\cos\varphi)^n}=-\frac{nc}{g}\int_\varphi^\theta\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}$$

由是

$$v\cos\theta=\frac{v_0\cos\varphi}{\left[1-\frac{nc}{g}(v_0\cos\varphi)^n\int_\varphi^\theta\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}\right]^{\frac{1}{n}}}\quad\cdots\cdots\cdots(1)$$

但　$gds=-v^2\cos^2\theta\dfrac{d\theta}{\cos^3\theta}$，　　$gdt=-v\cos\theta\dfrac{d\theta}{\cos^2\theta}$

故在 θ_1 與 θ 之間

$$\frac{gs}{v_0{}^2\cos^2\varphi}=-\int_{\theta_1}^{\theta}\frac{d\theta}{\left[1-\frac{nc}{g}(v_0\cos\varphi)^n\int_\varphi^\theta\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}\right]^{\frac{2}{n}}\cdot\cos^3\theta}\quad\cdots(2)$$

$$\frac{gt}{v_0\cos\varphi}=-\int_{\theta_1}^{\theta}\frac{d\theta}{\left[1-\frac{nc}{g}(v_0\cos\varphi)^n\int_\varphi^\theta\frac{d\theta}{\cos^{n+1}\theta}\right]^{\frac{2}{n}}\cdot\cos^2\theta}\quad\cdots(3)$$

今設有相異兩彈丸。以同一射角φ。但初速不同。其一爲v_0。其他爲v_0'。射得之彈道綫。其一爲A。其他爲A'。又彈道係數。其一爲c。其他爲c'。假定在同一最初傾斜θ_1。及最終傾斜θ之間。彈道綫A上有弧長爲s。彈道線A'上有弧長爲s'。而其相應之時間爲t及t'。

定義　依上所述之假定。在同一θ_1與θ之間。若s與s'之比爲常數。則彈道線A與A'稱爲相似。

因所取之抵抗法則相同。故上式右邊分母之φ，θ，θ_1，n均爲常數。即

$$\frac{gs}{v_0^2\cos^2\varphi}\cdot\frac{gs'}{v_0'^2\cos^2\varphi}\qquad\therefore\quad\frac{s}{s'}=\frac{v_0^2}{v_0'^2}$$

且　$c(v_0\cos\varphi)^n=c'(v_0'\cos\varphi)^n$　或　$cv_0^n=c'v_0'^n$

$$\text{故}\quad\frac{gt}{v_0\cos\varphi}=\frac{gt'}{v_0'\cos\varphi}\qquad\therefore\quad\frac{t}{t'}=\frac{v_0}{v_0'}$$

令彈重爲P橫斷面爲$R^2\pi$　設　$\frac{P}{R^2\pi}=q$

關於A有諸元 v_0 x v t x_s v_s t_s X T v_e' q

關於A'有諸元 v_0' x' v' t' x_s' v_s' t_s' X' T' V_e' q'

假定兩彈丸之射角。空氣抵抗。彈形。均爲相同之時。

$$\text{則}\quad\frac{v_0^2}{v_0'^2}=\frac{q}{q'}=\frac{x}{x'}=\frac{xs}{x_s'}=\frac{X}{X'}=\frac{v^2}{v'^2}=\frac{v_s^2}{v_s'^2}=\frac{v_e^2}{v_e'^2}$$

$$\text{且}\quad\frac{t}{t'}=\frac{t_s}{t_s'}=\frac{v_0}{v_0'}=\frac{v}{v'}=\frac{v_e}{v_e'},$$

§19. 彈道之逆解法

若彈道綫之坐標B已知有 $y=4^1(x)$ 之關係。或用其他方法畫成已知之曲綫。先算出微分係數 y',y'',y'''。則對於曲綫上之各點(x,y)。可求其彈速v傾斜θ抵抗力W及飛行時間t如次。

$$v=\sqrt{y}\cdot\frac{\sqrt{1+y'^2}}{\sqrt{-y''}}$$

$$v\cos\theta=\sqrt{\frac{-g}{y''}}$$

$$cf(v)=-\frac{g}{2}\cdot\frac{y'''\sqrt{1+y'^2}}{y''^2}$$

$$dt=dx\sqrt{\frac{-y''}{g}}$$

證明　將 $\tan\theta=\dfrac{dy}{dx}$ 對於 θ 微分之。則

$$\frac{1}{\cos^2\theta}=\frac{dy'}{dx}\cdot\frac{dx}{d\theta}=y''\frac{dx}{d\theta}$$

又因 $\dfrac{dx}{d\theta}=-\dfrac{v^2}{g}$　$\therefore$　$\dfrac{1}{\cos^2\theta}=-\dfrac{v^2}{g}y''$

即 $v\cos\theta=\sqrt{-\dfrac{g}{y''}}$

又　$\cos\theta=\dfrac{1}{\sqrt{1+y'^2}}$　$\therefore V=\sqrt{g}\cdot\dfrac{\sqrt{1+y'^2}}{\sqrt{-y''}}$

在彈道線上 $-y''$ 爲負數。故 $\sqrt{-y''}$ 爲實數。

因 $\dfrac{dx}{dt}=v\cos\theta$　$\therefore$　$dt=\dfrac{dx}{v\cos\theta}=dx\cdot\sqrt{\dfrac{-y''}{g}}$

由主要方程式(3)　$cf(v)=\dfrac{gd(v\cos\theta)}{v\,d\theta}$

茲 $v\cos\theta=\sqrt{\dfrac{-g}{y''}}$　$\therefore$　$\dfrac{d}{d\theta}(v\cos\theta)=\dfrac{d(v\cos\theta)}{dx}\cdot\dfrac{dx}{d\theta}$

即 $\dfrac{d}{d\theta}(v\cos\theta)=-\dfrac{v^2}{g}\sqrt{-g}\left(-\dfrac{1}{2}\right)(y'')^{-\frac{3}{2}}\cdot y'''$

$$=+\frac{v^2\cdot y'''}{2\sqrt{-g}\cdot\sqrt{(y'')^3}}$$

故得
$$cf(v)=\frac{g\cdot v\cdot y'''}{2\sqrt{-g}\cdot\sqrt{(y'')^3}}$$

$$=-\frac{g}{2}\cdot\frac{y'''\sqrt{1+y'^2}}{y''^2}$$

例一　雙曲線彈道。據 Okinghaus 之假定。爲次之方程式。

$$y=\frac{ax-x^2}{b-x}\cdot\frac{b}{a}\cdot\tan\varphi$$

求得 $$cf(v)\cos\theta=\frac{3ga}{4b^2(b-a)\cdot\tan\varphi}\cdot(b-x)^2$$

$$(v\cos\theta)^2=\frac{ga(b-x)^3}{2b^2(b-a)\tan\varphi}$$

$$\tan\theta=\tan\varphi\cdot\frac{b}{a}\left[1-\frac{b(b-a)}{(b-x)^2}\right]$$

$$t=\frac{2}{\sqrt{b}}\left[\frac{\sqrt{b}}{\sqrt{b-x}}-1\right]\cdot\sqrt{\frac{2b^2}{ag}(b-a)\cdot\tan\varphi}$$

例二 拋物綫彈道。據 Piton—Bressant 之假定。爲次之方程式。

$$y=x\cdot\tan\varphi-\frac{gx^2}{2v_0^2\cos^2\varphi}(1+mx)$$

上式之 m 爲實驗常數。

在本例 $$y'''=-\frac{3gm}{v_0^2\cos^2\varphi}$$

求得 $$cf(v)=-\frac{3m}{2v_0^2\cos^2\varphi}\cdot v^4\cdot\cos^3\theta$$

$$\tan\theta=\tan\varphi-\frac{gx}{v_0^2\cos^2\varphi}(1+mx)$$

$$v\cos\theta=v_0\cos\varphi\cdot(1+3mx)^{-\frac{1}{2}}$$

$$t=\frac{2}{9mv_0\cos\varphi}\cdot(\sqrt{(1+3mx)^3}-1$$

§20. 彈道曲線之性質

第一 水平分速 $v\cos\theta$ 沿曲線前進而漸減。

證明 在至要方程式 $gd(v\cos\theta)=cf(v)\cdot v\cdot d\theta$ 中。c 及 $f(v)$ 爲正數。 $d\theta$ 常爲負數。θ之値自φ漸減。故方程式之右邊爲負。從而 $d(v\cos\theta)$ 爲負。故 $v\cos\theta$ 漸減。

第二 落角 ω較射角φ大。一般在同縱坐標之兩點 A 及 A_1(設 A 在昇弧。 A_1在降

弧。）有 A_1 點之傾角 θ_1 大於 A點之傾角 θ。

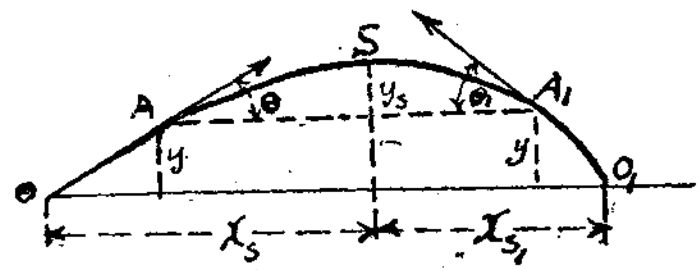
證明　將方程式　　$g\,dy = -v^2 d\theta \cdot \tan\theta$

$$\text{或}\quad -\tan\theta \cdot \frac{d\theta}{\cos^2\theta} = +g \cdot \frac{dy}{(v\cos\theta)^2}\quad \text{積分之。}$$

最初自出發點 O至頂點 S。 其次自落點 O_1 至頂點 S。

前者為　$+\frac{1}{2}\tan^2\varphi = \int_0^{y_s} \frac{g\,dy}{(v\cos\theta)^2}$

後者為　$\frac{1}{2}\tan\omega = \int_0^{y_s} \frac{g\,dy}{(v\cos\theta)^2}$



九　圖

後者之積分 $y\cos\theta$ 為漸減之數。而後者之分母。小於前者之分母。或可曰後者之分數。大於前者之分數。

$\therefore\quad \tan\omega > \tan\varphi$　　　　即　$\omega > \varphi$

依同理可知　$\theta_1 > \theta$

第三　高度 y_s 之值。在 $\frac{1}{4}X\cdot\tan\varphi$　與　$\frac{1}{4}X\cdot\tan\omega$ 之間。

證明　吾人於眞空彈道。曾知

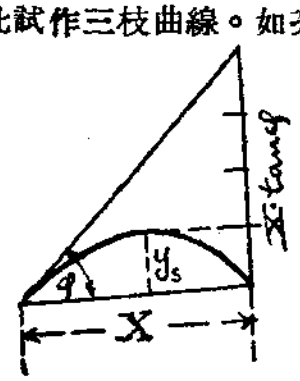
$$y_s = \frac{v_0^2 \sin^2\varphi}{2g}$$

$$X = \frac{v_0^2 \sin 2\varphi}{g}$$

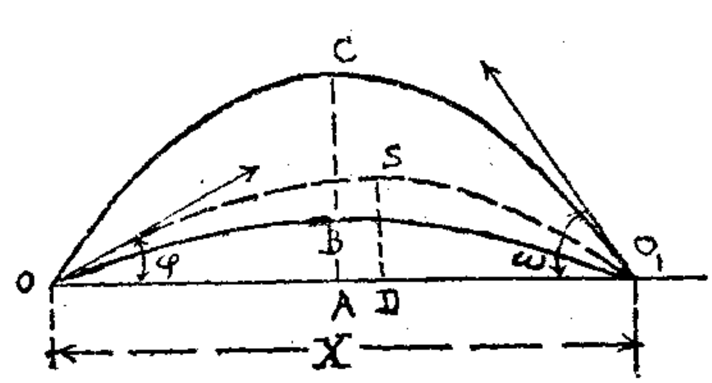
$$\text{即}\quad y_s = \frac{X}{4}\tan\varphi$$

吾人於此試作三枝曲線。如次圖

十一圖



十　圖



第一枝。眞空彈道。射角落角。均爲 φ 。　高度 $AB=\frac{1}{4}X\tan\varphi$

第二枝。眞空彈道。射角落角。均爲 ω 。　高度 $AC=\frac{1}{4}X\tan\omega$

第三枝曲綫。爲空氣中之彈道 OSO_1 。　射角爲 φ。落角爲 ω。

其高度爲 DS 。此第三枝在第一及第二兩枝之間。故 DS 之値在 AB 與 AC 之間。　卽

$\frac{1}{4}X\tan\varphi > DS > \frac{1}{4}X\tan\omega$

附註　Weygand—Plönies 取等差中項法則。

$$y_s=\frac{X}{8}(\tan\varphi+\tan\omega)$$

法國昔時。曾取等比中項法則。

$$y_s=\frac{X}{4}\sqrt{\tan\varphi\cdot\tan\omega}$$

第四　A 及 A_1 爲同高 y 之二點。A 在昇弧。 A_1 在降弧。則 A點之彈速。較 A_1 點之彈速大。

證明　彈丸運動之方程式爲 $\frac{dv}{dt}=-cf(v)-g\sin\theta$

或　$$\frac{1}{2}d(v^2)=-cf(v)ds-g\sin\theta\cdot ds$$

$$=-cf(v)ds-g\cdot dy$$

此方程式自 A至 A_1 點積分之。

因　$\int dy=O$　　只得　$\frac{1}{2}(v_1{}^2-v^2)=-c\int_{S_1}^{S_2}f(v)\cdot ds$

上式右邊爲負數。　故　$v_1<v$.

別證　據勢力不滅之原理。自 A 至 A_1 運動勢力之變化爲 $\frac{m}{2}(v_1^2-v^2)$。應等於空氣抵抗及重力二者工作量之和。而於本問題。重力之工作量爲零。以 A 與 A_1 同高故也。故得 $\frac{m}{2}(v_1^2-v^2)=-\int mcf(v)ds$。

第五　頂點 S之水平距離。距落點 O_1 近。而距出發點 O較遠。

證明　將方程式 $dx=\frac{dy}{\tan\theta}$　積分之

最初自出發點 O 至頂點 S　傾角爲 θ

其次自　落點 O_1 至頂點 S　傾角爲 θ_1

前者爲 $x_s=\int_0^{y_s}\frac{dy}{\tan\theta}$ 　　後者爲 $x_{s_1}=\int_0^{y_s}\frac{dy}{\tan\theta_1}$

自第二所述。對於同一之 y $\theta_1>\theta$

$$\text{則}\quad \frac{dy}{\tan\theta_1}<\frac{dy}{\tan\theta}\qquad x_{s_1}<x_s$$

第六　降弧上有漸近線。自原點之距離爲 $\frac{1}{g}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{0}v^2d\theta$ 。而彈速 v 漸減至極限值 v_1 。此極限值由方程式

$cf(v_1)=g$ 　計算之。

證明　將方程式 $dt=\frac{1}{g}\frac{vd\theta}{\cos\theta}=-\frac{v\cos\theta}{g}\cdot\frac{d\theta}{\cos^2\theta}$ 積分之。自 $t=o$ 至 $t=t$ 。在右邊可假定 $v\cos\theta$ 之平均值爲 M。因 $v\cos\theta$ 常爲有限且係有定之數故也。而 $\frac{1}{\cos^2\theta}$ 者。爲可以積分之微係數。故得

$$t=-\frac{M}{g}\int_{\varphi}^{\theta}\frac{d\theta}{\cos^2\theta}=-\frac{M}{g}(\tan\theta-\tan\varphi)$$

$t=\infty$ 之時。左邊爲無窮。從而右邊亦當爲無窮。但右邊之 M 及 $\tan\varphi$ 爲有限值。故必有 $\tan\theta=-\infty$ 。 即 $\theta=-\frac{\pi}{2}$ 。急謂彈丸之減速度。對於砲口前方之某垂直綫爲收斂之數。此垂直線爲降弧之漸近綫。漸近線自出發點之距離。由次之方程式求之。

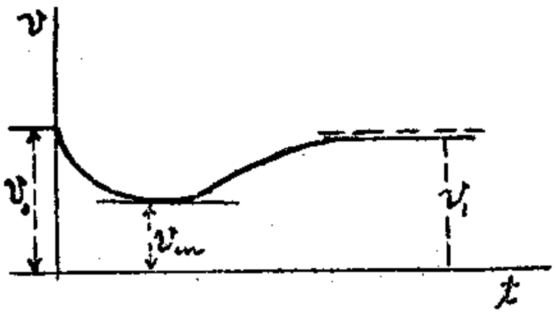
$$dx=-\frac{v^2}{g}d\theta\qquad x=-\frac{1}{g}\int_{\varphi}^{\theta}v^2d\theta$$

上式之 v^2 常爲有限。因彈速必有如次之經過故也。因空氣抵抗。及彈丸重力之作用。射角自零度向正數變換之時。初速 v_0 漸漸減小。達一極小值。其次因重力作用。漸漸增大。最後終有重力與空氣抵抗相等之時。其極限速度爲 v_1 。理論上此種速度在 $t=\infty$ 之時。即 $mcf(v)$ 與 mg 平衡之時。自此以後。彈丸以常數之極限速度 v_1 進行。

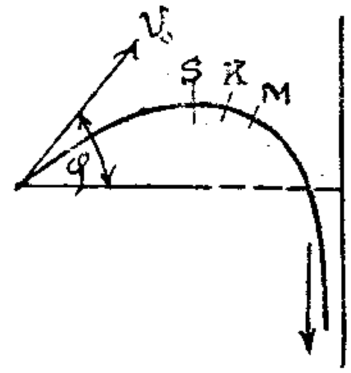
故 $\int_{\varphi}^{\theta}v^2d\theta$ 常爲有限之數。即在 φ 與 $-\frac{\pi}{2}$ 之間。必有一 θ 存在。其時 x 之值命之爲 OG 。則

$$OG=-\frac{1}{g}\int_{\varphi}^{-\frac{\pi}{2}}v^2d\theta=+\frac{1}{g}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\varphi}v^2d\theta$$

十二圖



十三圖



第七 最小速度 vm 近於頂點。而在降弧上。其值由次之方程式求之。

$$cf(v_m)=-g\sin\theta$$

證明 欲知最小速度之點其切線之傾斜為如何。則須令 $\frac{dv}{d\theta}=0$ 然 $\frac{dv}{d\theta}=\frac{v}{\cos\theta}\left[\frac{cf(v)}{g}+\sin\theta\right]$

故由 $cf(v_m)=-g\sin\theta$ 可求出最小速度。此點何以在降弧上。茲述其理由如次。將速度 v 分解為水平分速 $v\cos\theta$ 。及垂直分速 $v\sin\theta$ 。自出發點至頂點。兩種分速均為漸減。即合速 v 亦為漸減之數。在頂點水平分速之減小甚多。垂直分速達到最小值。換言之。垂直分速在頂點為臨時常數。此時合速欲轉變方向。須賴水平分速。然而水平分速尚在漸減之時。故速度 v 在頂點尚在漸減之時。往降弧以後。速度 v 再增加。故最小值 vm 不可不在頂點之前方。(即降弧上)其位置之決定。則由上述之方程式計算。

第八 彈道之曲度。最大彎曲點K由 $cf(v)=-\frac{3}{2}g\sin\theta$ 求之。其位置在降弧上。且在頂點S與最小速度點M之間。

證明 法線方向之加速度。一方面考察為 $g\cos\theta$ 。他方面考察為 $\frac{v^2}{\varrho}$ 。(ϱ 者曲率半徑也。)故 $|\varrho|=\frac{v^2}{g\cos\theta}$

曲率半徑最小之時。曲度最大。是即 $\frac{d\varrho}{d\theta}=0$ 之時也。

$$今\quad \frac{d\varrho}{d\theta}=\frac{1}{g}\;\frac{2v\cdot\cos\theta\,\frac{dv}{d\theta}+v^2\sin\theta}{\cos^2\theta}$$

又由主要方程式(3_a) $\frac{dv}{d\theta}=v\cdot\tan\theta+\frac{v\cdot cf(y)}{g\cos\theta}$

故其條件爲 $2v\cos\theta\left[v\tan\theta+\dfrac{vcf(v)}{g\cos\theta}\right]+v^2\sin\theta=0$

即 $3g\sin\theta+2cf(v)=0$

由此式可算出K點之位置。而K點何以在S與M之間。其說明如次。

試就 $\rho=\dfrac{v^2}{g\cos\theta}$ 考究其變化之經過。(甲)自出發點O至頂點S。(乙)自最小速度之點M至其以後之一節。

(甲)自O至S速度漸減。即 v^2 亦漸減。θ漸減。即 $\cos\theta$ 亦漸增。或 $\dfrac{1}{\cos\theta}$ 漸減。v^2 及 $\dfrac{1}{\cos\theta}$ 兩者均爲漸減之數。故曲率半徑ρ爲漸減之數。

(乙)在M點有最小速度。在 $\dfrac{v^2}{g\cos\theta}$ 之式中。v爲臨時常數。θ爲負數。而 $\cos\theta$ 漸減。即 $\dfrac{1}{\cos\theta}$ 漸增。即在M點之位置。ρ之變化以 $\dfrac{1}{\cos\theta}$ 之變化爲準則。意謂ρ再爲漸增之數。故曲度常時變化。有極小曲率半徑之點。在S與M之間。

注意　$\rho=\dfrac{v^2}{g\cos\theta}$ 之式。與空氣抵抗。毫無關係。以式中不含有 $f(v)$ 故也。故此條爲眞空及空氣中彈道之通性。

附說　最大角速之點。自第17節之(4)式作 $\dfrac{d^2\theta}{dt^2}$ 之式。令 $\dfrac{d^2\theta}{dt^2}=0$。假定最大角速爲 v_ω。則得其條件爲

$$cf(v_\omega)+2g\sin\theta=0$$

玆將以上所述特別諸點。總錄之如次。

最小速度之點　$cf(v_m)+g\sin\theta=0$

最大曲度之點　$cf(v_{kv})+\frac{3}{2}g\sin\theta=0$

最大角速之點　$cf(v_\omega)+2g\sin\theta=0$

第九　垂直分速度在降弧上漸增。對於同縱坐標之二點。(昇弧上爲A。降弧上爲A_1。)昇弧上之垂直分速。其絕對値大於降弧上之垂直分速。

證明　以 $\dfrac{dy}{dt}=v\sin\theta$ 之 dt

代入 $d(v\sin\theta)=-[g+cf(v)\sin\theta]\cdot dt$

則得 $\dfrac{1}{2}d(v\sin\theta)^2=-[g+cf(v)\sin\theta]\cdot dy$

對於昇弧。自A至S積分之。

即 左邊自 $v\sin\theta$ 至 $v_s\sin\theta$ 右邊自 y 至 y_s 對於降弧。自S至A_1積分之。

即 左邊自 $v_s\sin\theta$ 至 $v\sin\theta$ 右邊自 $y_s\sin\theta$ 至 y 在弧昇爲

$$0-\frac{1}{2}(v\sin\theta)^2=-\int_y^{y_s}[g+cf(v)\sin\theta]dy \cdots\cdots\cdots (a)$$

$$\frac{1}{2}(v\sin\theta)^2-\quad 0 \quad =-\int_{y_s}^{y}[g+cf(v)\sin\theta]dy$$

$$=+\int_y^{y_s}[g+cf(v)\sin\theta]dy \cdots\cdots\cdots (b)$$

若(b)式之θ其取法與(a)式相同。卽爲切綫與水平綫間之銳角。則在(b)式 $\sin\theta$ 之值常爲負數。故上之兩式如次。

在昇弧 $$\frac{1}{2}(v\sin\theta)^2=+\int_y^{y_s}[g+cf(v)\sin\theta]dy \cdots\cdots\cdots (a)$$

在降弧 $$\frac{1}{2}(v\sin\theta)^2=+\int_y^{y_s}[g+cf(v)\sin\theta]dy \cdots\cdots\cdots (b)$$

比較(a)(b)之右邊。則(b)之右邊小於(a)之右邊明矣。故在左邊。(b)式之 $v\sin\theta$ 小於(a)式之 $v\sin\theta$。

第十 降弧上所要之飛行時間。多於昇弧上所要之時間。

證明 (4)式爲 $dt=-\dfrac{v\,d\theta}{g\cos\theta}$

對爲昇弧。自O至S積分之。

即 在左邊自 $t=o$ 至 $t=t_1$ 右邊自 $\theta=\varphi$ 至 $\theta=0$

對於降弧。自O_1至S積分之。

即 在左邊自 $t=o$ 至 $t=t_2$ 右邊自 $\theta=\omega$ 至 $\theta=0$

(θ常取銳角)

在昇弧 $$t_1=-\int_\varphi^0\frac{v\,d\theta}{g\cos\theta}=+\int_0^\varphi\frac{v\,d\theta}{g\cos\theta} \cdots\cdots\cdots (a)$$

在降弧 $$t_2=-\int_\omega^0\frac{v\,d\theta}{g\cos\theta}=+\int_0^\omega\frac{v\,d\theta}{g\cos\theta} \cdots\cdots\cdots (b)$$

兩式之積分均爲有限值。故 v 及 $\cos\theta$ 均爲有限值。卽 t_1 及 t_2 均爲有限值。

吾人又可用 $dt=\frac{dy}{v\sin\theta}$

在昇弧自 O 至 S 積分之　卽自 $y=0$ 至 $y=y_s$

在降弧自 O_1 至 S 積分之　卽自 $y=0$ 至 $y=y_s$

在昇弧 $t_1=\int_{y=0}^{y=ys}\frac{dy}{v\sin\theta}$　　在降弧 $t_2=\int_{y=0}^{y=y_s}\frac{dy}{v\sin\theta}$

如前第九之證。t_2式中之 $v\sin\theta$ 。常小於t_1式中之 $v\sin\theta$ 卽t_2式中之$\frac{1}{v\sin\theta}$。常大於t_1式中之$\frac{1}{v\sin\theta}$。

故後者之積分值。大於t_1式中之積分值。卽$t_2>t_1$

第十一　昇弧s_1大於降弧s_2。

證明　$ds=\frac{dy}{\sin\theta}$

對於昇弧。自 O 至 S 積分之。

卽　在左邊自 $s=0$ 至 $s=s_1$　右邊自 $y=0$ 至 $y=y_s$

對於降弧。自O_1至 S 積分之。(而θ取銳角)

卽　在左邊自 $s=0$ 至 $s=s_2$　右邊自 $y=0$ 至 $y=y_s$

在昇弧 $s_1=\int_0^{y_s}\frac{dy}{\sin\theta}$　　在降弧 $s_2=\int_0^{y_s}\frac{dy}{\sin\theta}$

如前第二之證。對於同值之 y。則s_2式之 θ 大於s_1式中之 θ 。卽s_2式中之$\frac{1}{\sin\theta}$小於s_1式中之$\frac{1}{\sin\theta}$。

卽　$s_2<s_1$

砲內彈道通論

（續第一卷第二期）

鍾　毓　靈

第四編　勒丟克砲內彈道方程

§ 64. 經長久之研究，勒丟克 (Le Duc) 認爲拋物綫方程

$$V=\frac{au}{b+u} \tag{48}$$

可表膛內彈丸之速度，但 u 爲彈丸所經之過程，a,b 爲二常數。查上式曲綫通過原點，且在初期增加甚速，以後漸次平直。

假使砲長無限，則火藥瓦斯亦必盡量膨脹，火藥之所有能力，必全體促進彈速。但 $\mu=\infty$，則

$$\lim_{u=\infty}\frac{u}{b+u}=1$$

由是　　　$V=a$

申言之，即 a 等於砲長無限時之彈速，亦即火藥瓦斯膨脹之全能力所能促成之彈速。

§ 65. 若p爲彈丸重量，則彈丸之運動能力，等於

$$\frac{1}{2}\ \frac{p}{S}V^2,$$

而對於無限膨脹，$v=a$，故此時之運動能力爲

$$\frac{1}{2}\ \frac{p}{S}a^2.$$

按火藥之全能力，由實驗可以求之，依勒氏之說，則

$$a=6323\left(\frac{W}{p}\right)^{\frac{1}{2}}\triangle^{\frac{1}{12}} \tag{49}$$

式中W表裝藥重量，△表裝塡比重。

§66. 彈丸之加速度，可如下式求之，

$$\frac{dV}{dt}=\frac{d^2u}{dt^2}=\frac{ab}{(b+u)^2}\ \frac{du}{dt}$$

但
$$\frac{du}{dt}=V=\frac{au}{b=u},$$

$$\therefore\quad \frac{dV}{dt}=\frac{a^2bu}{(b+u)^3} \tag{50}$$

又彈丸之全力 (Total Force)

$$F=\frac{p}{g}\left(\frac{dV}{dt}\right) \tag{51}$$

故設單位壓力爲 P，膛斷面積爲 ω，則

$$P=\frac{p}{\omega g}\ \frac{dV}{dt}$$

卽
$$P=\frac{a^2bup}{g\omega(b+u)^3} \tag{52}$$

壓力曲線，恆隨加速度而伸縮，故加速度達於極大，則壓力亦必極大。今査

$$\frac{d^2V}{dt^2}=\frac{d}{dt}\left[\frac{a^2bu}{(b+u)^3}\right]$$

$$=\frac{(b+u)^3a^2b-3a^2bu(b+u)^2}{(b+u)^6}\ \frac{du}{dt}$$

$$=(b-2u)\ \frac{a^2b}{(b+u)^4}\ \frac{du}{dt}$$

故 $b-2u=o$；則 $\frac{d^2V}{dt^2}=0$

據此，P 達極大時，　$b=2u$，

或　$u=\frac{b}{2}$

故最大膛壓
$$P_m=\frac{4a^2p}{27g\omega b} \tag{53}$$

依上 V,P 二式觀之，形式甚簡，計算甚易，用爲初速及膛壓之概算式，最爲便利。

§67. 玆論b值之決定法於下，查膛壓達於極大以前，彈丸之過程，與原隙 (Initial Space) 成正比例，與藥室彈重之某乘方成反比例。令命

S =藥室

δ =藥片密度

A =原隙

則b又可以下式表之，即

$$b=\frac{\beta A}{S^x p^y}$$

式中β表一火藥常數，與火藥燃燒之快慢有關之數。故火藥之性質及其形狀一定，則β之值亦必一定。β未明之際，應以各射元已知之砲及藥，實射以定之。(參後例)，

用 meter unit 時，

$$\Delta=\frac{W}{S}$$

又

$$A=S-\frac{W}{\delta}=S\left(1-\frac{\Delta}{\delta}\right)$$

今爲簡便計，設

$$\frac{S}{S^x}=S^z,$$

即　　$z=1-x$，

則

$$b=\frac{\beta\left(1-\frac{\Delta}{\delta}\right)S^z}{p^y},$$

依勒氏之實驗，y,z 二數均等於$\frac{2}{3}$，故上式可寫爲

$$b=\beta\left(1-\frac{\Delta}{\delta}\right)\left(\frac{S}{p}\right)^{\frac{2}{3}} \tag{54}$$

§68. 前節(52)，(53)二式之 P，Pm，爲促成彈丸速度之壓力。但實際上，火藥

壓力對於抵抗，導帶之壓進，砲身之膨脹等，尚有工作，故實際壓力常比該二式所示之值爲大。依勒氏之說，約等該二式值之 1.12 倍。此種壓力各以 P',P'm ，表之，則

$$P' = 1.12P, \tag{55}$$

$$P'm = 1.12Pm。 \tag{56}$$

§69. 實用公式一覽

甲、法制　V,u,　in m.　，

S,c,　in cm^3.，(c 表口徑)

W,p,　in Kg.　，

P,Pm,　in Kg./$cm.^2$。

$$a = \left[3.83398\right]\frac{W^{\frac{7}{12}}}{p^{\frac{1}{2}}\ S^{\frac{1}{12}}}; \tag{A}$$

$$b = \beta\frac{\delta-\triangle}{\delta}\left(\frac{S}{p}\right)^{\frac{2}{3}}; \tag{B}$$

$$\triangle = \frac{W}{S}; \tag{C}$$

$$V = \frac{au}{b+u}; \tag{D}$$

$$P = \left[\bar{3}.14339\right]\frac{a^2 b u p}{c^2(b+u)^3}; \tag{E}$$

$$Pm = \left[\bar{4}.28409\right]\frac{a^2 p}{b c^2}。 \tag{F}$$

乙、英制　V,u,　in ft.　，

W,p,　in lbs.，

S,c,　in $in.^3$，

P,Pm,　in lbs./$in.^2$，

$$a = \left[3.95416\right]\frac{W^{\frac{7}{12}}}{p^{\frac{1}{2}}\ S^{\frac{1}{12}}}; \tag{A'}$$

$$b = \beta\frac{\delta-\triangle}{\delta}\left(\frac{S}{p}\right)^{\frac{2}{3}}; \tag{B'}$$

$$\triangle=\left[1.44217\right]\frac{W}{S}; \qquad (C)'$$

$$V=\frac{au}{b+u}; \qquad (D)'$$

$$P=\left[\bar{2}.59759\right]\frac{a^2bup}{c^2(b+u)^3}; \qquad (E)'$$

$$Pm=\left[\bar{3}.76829\right]\frac{a^2p}{bc^2}. \qquad (F)'$$

(註)以上諸式中[M]均表一因數 N，其對數爲M，即

$\log_{10}N=M$。

例一、 有3英寸野砲，發射14.98磅砲彈，用藥1.355磅時，初速爲1700$^{ft.}/_{sec.}$問a,b,及β各值如何？

已知射元	$V=1700\ \frac{ft.}{sec.}$	$\log V=3.23045$,
	$u=6.21$ ft.	$\log u=0.79309$,
	$S=66.5$ in^3	$\log S=1.82282$,
	$p=14.98$ lbs.	$\log p=1.17551$,
	$W=1.355$ lbs.	$\log W=0.13194$,
	$\delta=1.618$	$\log\delta=0.20898$,

解答：

(i) $$a=\left[3.93416\right]\frac{W^{\frac{7}{12}}}{p^{\frac{1}{2}}\ S^{\frac{1}{12}}}$$

由是 $$\log a=3.93416+\frac{7}{12}\times0.13194-\frac{1}{2}\times1.17551-\frac{1}{12}\times1.82282$$

$$=4.03112-0.73965$$

$$=3.29147$$

$$\therefore\ a=1956.$$

(ii) $$V=\frac{au}{b+u}$$

由是　$$b = u\left(\frac{a}{V} - 1\right)$$

$$= 6.21\left(\frac{1956}{1700} - 1\right)$$

$$= 6.21 \times \frac{256}{1700}$$

$$\therefore \quad b = .9352.$$

(iii)　$$\triangle = \left[1.44217\right]\frac{W}{S}$$

$$\log\triangle = 1.44217 + 0.13194 - 1.82282$$

$$= \overline{1}.75129$$

$$\therefore \quad \triangle = .564$$

又　$$b = \beta\frac{\delta - \triangle}{\delta}\left(\frac{S}{p}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\therefore \quad \beta = \frac{b\,\delta}{\delta - \triangle}\left(\frac{p}{S}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{.9352 \times 1.618}{1.054}\left(\frac{14.98}{66.5}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\log\beta = \overline{1}.97090 + 0.20898 - 0.02284 + \frac{2}{3}(1.17551 - 1.82282)$$

$$= \overline{1}.97090 + 0.20898 - 0.02284 + \overline{1}.56846$$

$$= \overline{1}.72550$$

$$\therefore \quad \beta = .5315$$

例二　設有 4".7 野砲 $u = 9.59$ 英尺，$S = 251$ 平方英寸，$p = 45$ 磅，問用上例火藥 2.46 磅，可得初速若干？又最大壓力若干？

已知射元	$c = 4''.7$	$\log c = 0.67210$
	$u = 9.59$ ft.	$\log u = 0.98182$
	$S = 25.1$ in.^{3}	$\log S = 2.39967$
	$p = 45$ lbs.	$\log p = 1.65321$

$W = 2.46$ lbs,　　　$\log W = 0.39094$

$\delta = 1.618$　　　$\log \delta = 0.20898$

$\beta = .5315$　　　$\log \beta \doteq \bar{1}.72550$

解答：　(i)　$$a = \left[3.95416\right]\frac{W^{\frac{7}{12}}}{p^{\frac{1}{2}}\ S^{\frac{1}{2}}}$$

$$\log a = 3.95416 + \frac{7}{12} \times 0.39094 - \frac{1}{2} \times 1.65321 - \frac{1}{12} \times 2.39967$$

$$= 3.95416 + 0.22805 - 0.82660 - 0.19997$$

$$= 3.15564.$$

$$\therefore \quad a = 1431$$

(ii)　$$\triangle = \left[1.44217\right]\frac{W}{S}$$

$$\log \triangle = 1.44217 + 0.39094 - 2.39967$$

$$= \bar{1}.43344$$

$$\therefore \quad \triangle = .2713$$

(iii)　$$b = \beta\frac{\delta - \triangle}{\delta}\left(\frac{S}{p}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\log b = \bar{1}.72550 + 0.12927 - 0.20898 + \frac{2}{3}(2.39967 - 1.65321)$$

$$= 1.72550 + 0.12927 - 0.20898 + 0.49764$$

$$= 0.14343$$

$$\therefore \quad b = 1.3913$$

(iv)　$$V = \frac{au}{b+u}$$

$$= \frac{1431 \times 9.59}{10.9813}$$

$$\therefore \quad V = 1250^{\text{ft.}}/_{\text{sce.}}$$

(v) $$Pm=\left[\bar{3}.76829\right]\frac{a^2p}{b\,c^2}$$

$$\log Pm=\bar{3}.76829+2\times 3.15564+1.65321-0.14343-2\times 0.67210$$

$$=\bar{3}.76829+6.31128+1.65321-0.14343-1.34420$$

$$\therefore\quad \log Pm=4.25515$$

$$\therefore\quad Pm=17995\ \text{lbs}/\text{in}^2$$

$$\fallingdotseq 18000\ \text{lbs}/\text{in}^2$$

我國硫磺問題之研究

（續第一卷第三期）

譚 寄 陶

第五章 硫磺之性質

第一節 硫磺之異態

在常溫時有結晶無定形及膠狀，或軟化磺。結晶磺有兩種α磺與β磺是也。不溶解之無定形磺曰γ磺。結晶磺有數異態，且最為普通，如斜方形即其一也。

α磺為斜方八面結晶體，存在於天然間者甚多，且甚安定，在攝氏九八度以下之二硫化炭素飽和溶液中，可得此磺之結晶體。

β磺(又名三棱形磺)能於熱酒精，編陳，苛羅芳姆或松節油磺液中析出。但若將磺液熱至攝氏一二〇度以上，復俟其冷却結殼時，傾去其殼內之熱液亦可得之。

第二節 α磺對β磺之關係

β磺在攝氏九八度以上最為安定，但在常溫可漸漸變為α磺。使三二•〇七克β磺變為α磺時所發出之熱量為二•二七卡羅裏，其變換之程序多半由內而外，而同時其比重亦由一九八二升至二•〇三八。通常在一氣壓而溫度在攝氏九五度以下時，α磺乃最為安定，但若溫度升至攝氏一二〇度，則β磺反為最安定者。此時若每加一氣壓，則其轉移點約增高攝氏〇•〇五度。迨至一二八八氣壓，則轉移點為攝氏一五一度。在此情形之下α磺遂可在液中析出結晶體。因由α磺變為β磺之速度甚緩。所以α磺熱至攝氏九五•五度以上至其熔點攝氏一一四•五度，乃為必需之條件。僅加熱α磺至其變換溫度，似仍頗難使其變為β磺。但若使其與β磺之結晶體相接觸。則其變換之速度遂即增大。換言之，若令β磺變為α磺，卽在常溫，其進行速度亦甚快捷。設若再令其暴露於日光之下，或搖動其器，或加以攪動，或使與α磺之結晶體相接觸，或有二硫化炭素溶劑存在時，則其變換之速度更為快捷。

第三節　無定形磺

各種無定形磺之堅硬度，膠質度，安定度及其在二硫化炭素內之溶解度等，亦各有異同。萬一有不溶解於二硫化炭素者，若混以少許之動物或植物油，並百分之一〇之硫化鈉液加熱至攝氏一〇〇度，便可令其變爲溶解態。

第四節　乳磺

此物之能製造爲時已甚久，其法卽用鹽酸，硫酸或醋酸分解多硫化鈣是也。當其反應進行時遂漸漸析出白色或灰色之無定磺。

第五節　硫磺華

精製硫磺時之硫磺氣體凝結於升華室之寒冷部分，卽硫磺華是也此。物半溶解於二硫化炭素。凡新製之硫磺華中，至少有百分之三三不溶解磺。杜諜九Domergue 謂不溶磺之比例小於此數時，則其生成品名升華磺。

第六節　γ磺

γ磺爲無定形磺之不溶解類者，製造此磺之法，卽以硫磺加熱將至其沸點，然後緩緩傾入冷水中，卽得此磺。略帶彈性，並稍能溶解，但數日後彈性卽失而變硬，此時最易溶解於二硫化炭素。又若以硫磺加熱至將沸時，傾於無水炭酸及以脫或液體空氣之混合液中，遂得固體之 γ_1 磺。此時設若加高其液體之溫度，遂由固體漸漸變爲帶彈性之物質。最後並可抽成最細之絲。查製造 γ_1 磺，除上述之兩法外，尙有數法，茲一併述之。(一)在二硫化炭素之磺液中藉紫外光之作用。(二)使沃度或酸化硫磺作用於溶化之磺。(三)在水中凝結硫磺汽體。(四)在燃燒不完全之二硫化炭素火焰中置一冷瓦片

第七節　黑磺

米錫黎西 Mitcheolich 證明謂只須以少許脂肪置於液化之磺中，遂足變換其色彩。故於液化磺中設雜以白臘脂或某炭水化合物時，便能使原磺帶金屬光彩之黑磺。

第八節　藍色或綠色磺

用硫磺水素水一〇〇體積與鹽化鐵液混合，遂得此深藍色，於硫磺析出時便卽消失。又有一法如加二鹽化二硫磺偏陳與鹽化錫之混合液時，亦可得此藍色磺。如令其乾燥復以絕對酒精處理之，可立變爲純黃色。

第九節 δ磺或膠磺

將熱飽和酒精硫磺液注入一〇〇體積之水中，卽得此膠磺。以其光線分散度之不同，可現多種色彩

第十節 液磺

加熱硫磺迄方超過其熔點，遂爲蒼黃色清液。設繼續加熱。卽漸漸變爲帶膠狀性之物質。迨至攝氏一六〇度，膠化度爲最大。設仍不斷加熱至攝氏二六〇度，遂變爲褐色膠狀體。設再升高溫度，則變爲極濃厚並帶黑色之物質。

第十一節 分子量

據畢克Pekar之試驗，硫磺之分子量爲S_6或S_8結晶體。多半爲S_8，而無定形磺常爲S_6。

第十二節 硫磺氣體之密度

杜威爾與傅羅斯特兩氏 Deville and Frost 在攝氏八六〇左右得S_{20}畢爾齊。Biltz在常壓及磺之沸點時常發現S_8之分子混於S_2中。倘溫度升至九〇〇度，所有S_8之分子均變爲S_2。因硫磺分子S_6不易存在於氣體中。故其比重在攝氏九〇〇度以下任何溫度，不能得到常數。但若由攝氏九〇〇度升至攝氏一七一九度，遂得到S_2之值。白樂萊Preuner計算在壓力三〇糎寺，S_8，S_5，S_2均能存在於氣體中。但若壓力降低，則惟有，S_1而已。

第十三節 比重

硫磺之比重極不一致，如無定形磺爲二•〇四，斜面磺爲二•〇六三，稜磺爲一•九六，斜方八面結晶磺爲二•一三五，熔化磺爲一•八〇一至一•八一五，在其沸點（攝氏四四四•五度）之液磺爲一•四六至一•五二。

第十四節 熔點

斜方結晶磺之熔點爲攝氏一一四•五度，三棱磺爲攝氏一二〇度，貝克孟與白拉慈孟兩氏謂溶化磺之溫度若降至攝氏一一九度，遂逐漸凝結。但若能保持其熔化狀態數小時，則其凝結點亦卽下降至攝氏一一四•五度。要而言之。膠狀磺無一定之熔點，卽增高其溫度，亦只能使其變爲結晶磺而已。貝克Baker謂乾燥磺之熔點，自攝氏一一六•八度至一一八•五度爲止。

第十五節　沸點

硫磺在攝氏一〇〇度遂可氣化，若再加以蒸氣，則氣化更易。賈隆德與莫斯兩氏試驗硫磺之沸點爲攝氏四四四•五五度。壓力自七〇〇至八〇〇糎間，硫磺之沸點經莫萊與彭格斯Mueller and Bunges兩氏試驗之結果如下式

$$t=444\cdot6+0\cdot910(P-760)\cdot000049(P-760)^2$$

上式　t=攝氏溫度；　P=壓力

第十六節　比熱

在攝氏零度與攝氏一〇〇間之比熱爲〇•一七一二。

第十七節　燃度

經莫斯安測定之結果，在酸素中爲攝氏二七五至八〇度，在空氣中爲攝氏三六三度。

第十八節　燃燒熱

燃燒斜方形磺所發生之熱爲七一•〇八卡羅裏。三棱磺爲七一•七二卡羅裏。γ磺爲七一•九九卡羅裏。硫磺之氣化熱如攝氏溫度等於三九六度，則爲〇•三六二卡羅裏。

第十九節　溶解度

除膠狀磺類外餘均不溶於水，但能溶於酒精，以脫，輕油中。倘於溶解時增高其溫度，其溶解度亦隨之增大。在冷硫化炭素中，能溶解百分之四〇。而在攝氏零度之鹽化偏陳中約可溶解百分之一。倘增高溫度至攝氏一三四度，即可溶解百分之五五•八。在熱偏陳與脫留菌混合液中，約可溶解二六分。在沸騰之醋酸與木酒精中，以斜方形磺之溶解速度爲最大。下表即杜賴伯拉斯Delaplace 取溶劑一〇〇克溶解硫磺之重量。

溶劑名稱	溫度	溶解量
哥羅芳姆	攝氏一五度	〇•八四七克
四鹽化炭素	攝氏一五•五度	〇•六四五克
脫留菌	攝氏二〇度	一•八五七克
偏陳	攝氏一五度	一•八五二克
無水以脫	攝氏一三度	〇•一八八克

若使硫磺與鹽化偏陳見相接觸，並在攝氏一〇六•二至一〇六•八度之間，便可熔解。但若在攝氏一三六度，則只能混和之也。

第六章 全世界產磺量及其消耗

一九一三年，據美政府報告全世界年產硫磺為一，〇〇〇，〇〇〇法噸。美佔百分之五一，意百分之四一，日本百分之六，餘數產於西班牙等數國。至其消耗量美佔百分之四七，意佔百分之六，歐大陸佔百分之二三，英佔百分之二，日與非洲各佔百分之一。以上共計消耗之總量為百分之八一。其所差之數若非統計家之錯誤，即美意兩國逐年在鑛山堆積之故也。但最近又據貝客Boymond F.Bancon 在一九三〇年正月所出化工及冶金雜誌中之報告，一九二八年美產磺二，〇八二，七二四噸。計輸出六八六，七二四噸。消耗一，三九〇，〇〇〇噸。至一九二九年則產二，三五〇，〇〇〇噸，計輸出八〇〇，〇〇〇噸。所餘一，五五〇，〇〇〇噸，則均自消耗之也。

第七章 全世界產黃鐵鑛量及其消耗

西歷一九一三年，據美政府公報報告。全世界年產黃鐵鑛量六，一五〇，〇〇〇法噸。西班牙與葡萄牙共產百分之六〇，挪威產百分之七，德法日各產百分之五，美產百分之六，意產百分之四，俄奧希臘各產百分之二，瑞典產百分之一，餘數為其他各國所產。以上之消耗總量僅為百分之八〇。其差數之原因，似亦與硫磺同也。

第八章 美國硫磺在世界上之地位

美國在採掘鹽層磺未成功以前，大部分之硫磺均由歐洲輸入。而當時科學界以其售價高昂，於無形中受有莫大之打擊。雖然自華蘭舒Frosch法發明後，所採之磺，逐年有增加。迄一九〇六年，出口遂超過入口。至一九一七與一九一八年之間，每年所產之量常超過全世界各國之總量。故除供給本國之消耗外，且為出口之大宗。據一九一三年美政府公報稱，全世界年產磺量為一，〇〇〇，〇〇〇法噸。美佔百分之五一，意佔百分之四一，日佔百分之六，又一九二六年威廉孟斯 Huntitin Williams 在其商業地理中所述全世界總產量雖未增加。然美之產量，則已佔百分之八二•七，意僅佔百分之一二•五，日佔百分之一•七，若用此兩報告比較之，為時相隔僅十三年，而美之產量竟增至全世界總產量百分之三一•七，而向以產磺著稱之意，日兩國。意竟由百分之四一減至

百分之一二•五，日本則由百分之六減至一•七。甚矣美國硫磺業發展之可驚。非但此也，據最近之報告，不僅其產量較前更大，卽其消耗量亦爲世界各國所莫及。譬如是退格色斯灣硫磺公司與自由港硫磺公司 Texas Guef sulphur Company and Freeport Sulphur Company 開採以來，產磺之量遂突然增高，計一九二八年產二，〇八二，七二四噸，當年消耗一，三九六，〇〇〇噸。迄一九二九年之產量復增至二，三五〇，〇〇〇噸，而其消耗亦已增至一，五五〇，〇〇〇噸。吾人以此最近兩年之產量及消耗統計與以前者相比較，誠不能不令人對於美國磺業界之發展，有觀止之嘆矣。

第九章　中國產磺區域及其出產之情形

中國地大物博，鑛產之豐富甲於全球。硫磺一物雖無大規模之開採，然用土法採掘之處所，實亦不在少數。如湖南之新化，澧縣，安鄉，溆浦，桑植，石門，慈利，郴州，湘鄉，湘譚，常寧。河南之匡口，清化。山西之陽曲，太原。安徽之貴池。遼寧之本溪，遼陽，烟台，鳳城，草河口，通遠堡。察哈爾之涿鹿縣。陝西之澄城。湖北之建始，通山，新陽，竹山。貴州之平越，餘慶，思南。浙江之永嘉，遂昌。廣西之天河，羅城。熱河之赤峯。四川之茂南川，廣元。江西之新喻。廣東之清遠是也。

至於以省爲單位，每年產磺之數量實以湖南爲冠。計產一一二〇噸，次河南四八〇噸。次遼寧二六〇噸，次安徽一〇八噸，次貴州一〇六噸，次廣西五〇噸，次陝西三六噸，次湖北三三噸，次察哈爾四噸，以上共計爲二，五二一噸。以每噸八十元計算，合洋二〇一，六八〇元。

第十章　中國各磺鑛鑛床性質之區別

中國因不近火山脈，故產遊離磺極少。查熱河赤峯縣南二百八十里萬寶山西南，有古代火山之大噴火口附近，聞曾有遊離磺發見。但爲量乃極微云。

遼寧之本溪，山西之陽曲，陝西之澄城，河南之匡口，淸化。湖北之通山，陽新，建始。皆爲石灰紀煤系中結核鑛床，察哈爾之涿鹿縣，爲侏羅紀煤系中結核鑛床。遼寧之鳳城，草河口爲石灰岩與花崗岩接觸帶鑛床。其餘如湖南之石門，慈利，澧縣，常寧，安徽之貴池。浙江之遂昌。均爲熱液沉澱鑛床。

第十一章　中國現在耗磺之數量及其將來需要之推測

中國版圖之大，農場之廣，全球各國惟有美國堪與比擬。然而美國人民不過一萬萬有奇，與中國相較，尙少三萬萬。且其科學之發達，農產之豐富，世無其匹。故人人足衣足食，得以歌舞太平。反顧吾國又復如何。遍地匪共，到處饑饉。邇近西北諸省，致有易子而食者。傷心慘目，莫此爲甚。夫人口增加，生產亦應隨之而增加。否則民不聊生蓋可斷言。况中國之農場面積，僅與美相若。人口則多彼三倍，似此更應特別努力於生產事業，方足以裕民食，顧其實大謬不然。非但生產落後，抑且國亂如蔴，農工商業無從着手。宜乎彼之富強，吾之貧弱也。致其致亂之原，固由於軍閥政客之禍國，實則由於生產落後，民食缺乏，致釀成今日舉國不安之紛擾現象。竊思救國之道，應分治標與治本。治標自宜首先剷平內亂。治本則宜努力建設。增加農業生產。以裕民食，藉弭亂源。至於增加農業生產之方法甚多。如由政府設立巨大之肥料廠，製造廉價之肥料，發售於農民。使地得盡其利，尤爲當務之急。惟製造價廉之肥料。必須具有價廉之硫酸。欲製造價廉之硫酸，必先具有價廉之硫磺。査中國每年產磺僅二五二一噸，且其質劣，價昂。除此區區產額全部消耗於製造爆竹。漂白劑，火柴，殺蟲劑等用途之外，尙不敷一千四百餘噸，外餘如各兵工廠附設硫酸廠所用之磺，約計二四〇〇噸，均須由外洋輸入。今中國產磺之量，既如此之少，又烏能望工業之振興，農業生產之增加。按美國在一九二六年前，年約耗磺五〇〇，〇〇〇噸。一九二八年遂增至一，三九六，〇〇〇噸。倘以中國現在之所消耗者與美國相比較，之誠有天淵之別。故中國不欲改進農工業則已，不然卽應急須自謀採掘硫磺之方。蓋中國旣與美國有相等之農場面積，人口又多彼三倍之衆。是則將來硫磺之消耗量，縱不倍於美國，亦必等於美國。若其不然，殊無法於言增加生產，更無法以言立國於世界之上也。

第十二章　結論

作者對於玆編硫磺之所述，以時間及編幅關係，僅就其極重要，極通俗者言之。其意蓋欲喚起國人注意硫磺與國家強弱之關係，以及今日中國之產磺情形，並將來之需要推測，與列強一相比較，俾明瞭中國今日所處地位之危急，及應採救濟之方。夫中國今

日際此內憂，外患，生產落後之境。若不整理武備，何以解決強鄰及軍閥。若不增加生產，何以能救此流亡載道之民衆。然今之所謂武力，又非僅恃兵力之多寡，而救貧又非僅恃手工業之優美。蓋茲二十世紀之世界，爲一科學之世界。論戰鬥力之強弱，全視乎其武器是否精良。考一國之貧富，全視乎其機械及化學工業是否發達。顧欲武備之整理，與生產之增加。則又均與硫礦有莫大之關係。言武備，硫酸爲製火藥及各色炸藥之必需品，而硫礦又爲製造硫酸之原料。言生產，則硫酸與農業之關係，前章已詳述之。蓋製造肥料，全恃乎硫礦故也。硫礦之與國家富強關係，既已如此。則中國今日之產礦與煉礦情形又若何。夫中國向以產礦名天下，硫礦產地據今所知，全國不下數十處。然此究非切實之科學調查。故作者關於發展硫礦事業之第一步，即主張從調查着手。若言採掘和提煉，則均不得其方。以致產量短少，礦質不純。且售價高昂，所以今日全國各兵工廠附設硫酸廠，應用之硫礦亦均購自外洋，言之能不痛心。雖然亡羊補牢，猶未爲晚。昔美國之於硫礦事業，亦與我今日相若。當時因採掘和提煉不得其法，礦質因而低劣，礦值因而高昂，農工兩界皆蒙其甚大之不良影響。嗣幸經國家極力提倡，多數學者苦心研究，改用新法，於是向之所謂困難問題，亦遂迎刃而解矣。故爲中國今日計，宜速養成是項人材。最好速派已有根底之化學工程師，赴美國各處實習。因美之於硫礦工業，極其發達，足爲中國他山之助。一俟前此兩問題解決後，即籌設大規模之工廠，務使採掘提煉，盡行改用新法。此舉非但可以使中國兵工廠附設硫酸廠之硫礦不恃舶來礦之供給。即農，工各業亦可因之盡量發展。所見若是，願與有心國事者一商榷之。

——(完)——

論說

論　說

利用飛機觀察砲兵射擊之訓練計劃

高　孔　時

竊以為平時之競技，戰事之利器，近代飛機之進步，無往不足以表其優點，而今日之世界，遂竟為飛機之所征服矣，近世之新戰場，幾等於空擴，雙方均在嚴密之掩蔽中，以防受創於敵，而雙方從事於壕戰之礮兵，竟有累日經月，無從查見者，有之則惟飛機與汽球之觀測爾；在飛機未發明之先，其為軍隊眼目者，初為騎兵，繼有汽球，故每當戰爭開始，輒先遣騎兵，以從事於敵情之偵察，繼用汽球，最近則惟飛機是賴矣，而以藉飛機觀察，協助礮兵射擊，尤為重要，如欲避免敵方礮兵之直接觀察，而遭其攻擊，則應擇陣地，於有掩蔽處，如森林之中，山崗之後，但以能充分從事於間接射擊為標準，在以前之戰事中，担任觀察之礮兵軍官，恆擇高地，置身其上，以觀察各該部隊射擊之準確與否，今則不然，觀察員必置身於飛機上，而以其所見，告知各該部隊，故世界各國之礮兵官員，必有一部份受飛機觀察之訓練，而各國之空軍中，亦設有專部以司觀察礮兵射擊之事，在飛機觀測下之目標，與由高地觀測者同，但只用開花彈，碰炸引信，如萬一有用子母彈，或開花彈時間引信之必要時，飛機上亦只能觀察空炸與碰炸之比較，而炸點高低之判別，則非其力之所能及矣，今特將射擊法略記於后，以資參考，目標探射，現己告終，隨即開始正式射擊，最好用二十五米達之叉擋對於飛機上觀測結果之傳遞，必藉無綫電，但地上電機只有收信，並無發信能力，倘機器發生障碍，必致消息隔絕，故飛機上隨帶有四色流光彈，分為

一、紅色指太遠（過長）　　二、綠色指太近（過短）

三、白色指偏右　　四、黃色指偏左

如發礮以後，見飛機上有紅白二色流光彈之發射，即知彈越目標太遠，且向右偏差，如僅見飛機上發射綠色流光彈，即知左右太無偏差，彈落太近，如藉無綫電傳遞，則須用

簡字，因簡捷無誤，爲傳達觀察消息之要訣，在德國所用之簡字，爲W太遠，K太近，R偏右，L偏左，再者因無綫電機，無發信能力，故地上亦須用簡明符記以達意，彼時德國所用，即爲(丨)明白，(丅)不明白，(十)發射，無綫電機之裝置，應在顯明易見之地，但既爲自己飛機所易見，當亦爲敵方飛機所發見，倘敵方飛機導引砲火以電機爲目標，則礮兵亦必同蒞於危險，故應遠離礮兵陣地，兩地之間，聯以電話，最好砲兵指揮官，即在電機處，以所得之飛機報告爲根據，而傳令於陣地，以指揮作戰，凡此等事，自外表觀之，似甚易爲，而其實固未嘗若是其易也，非有確切之訓練不爲功，實彈之野戰操練，而以飛機觀察，乃極繁難之事，故必礮兵與空軍有相當之訓練，與夫相互之了解及聯絡，爲此不僅主張使礮兵官員受充份之飛機觀察訓練，并竭力主張以假設之飛機觀察，以訓練其士兵，特將假設飛機觀察之射擊方案，敍列於左：

一、飛機觀察員，以一軍官擇高地居之，以爲假設之飛機，如爲實彈射擊，則必選一有掩護之高地，而對於目標能有充份之觀察者，並帶有方框之四色旗各一面，與無線電機，而傳信於有收信機之無綫電處。

甲、圓心紅旗——太遠	紅
乙、圓心綠旗——太近	綠
丙、方心白旗——偏右	白
丁、方心黃旗——偏左	黃

二、地上無線電處，另一軍官——最好指揮官——另選一離飛機觀察員較遠之地，而以視力能及爲限，帶白布數幅，士兵數人，但如仍在地上，以布作符號，則假設之飛機觀察員不易見，故可利用牆壁，樹或一大木牌，刷以灰黑色，而佈白布符號於其上，則易見矣。

三、礮兵陣地，任擇一有掩護之安全地，無須看見飛機觀察員，或無綫電處，無綫電處與砲兵陣地之間，有電話連絡，觀察員以其所見，用無線電或信號旗報告無綫電處，而無綫電處則用電話命令陣地，改正射擊，其進行程序，茲分列於左：

一、先從事於目標射擊，照地圖測量，或以望遠鏡，大略將目標之方向定準，而下令曰，開花彈碰炸引信，自正面右轉一百五十分劃，距離四千八百米達預備放。

二、無綫電處以白布作(十)號。

三、觀察處用無綫電報告，或用信號旗紅黃二色以表明太遠，及偏左。

四、無綫電處一方面以布作(丨)號(明白)另一方面，以電話報告指揮官。

五、指揮官即根據其報告而下令曰，左轉一百距離四千四百米達預備放。

六、陣地以發射告無綫電處。

七、無綫電處以布作(十)號

八、觀察處報告KR或用信號旗綠白兩種，表明太近，偏右。

九、如無綫電處未看眞，即以白布作(丁)號(不明白)

十、觀察處再以第八條之符號報告。

十一、無綫電處以布作(丨)號而報告於指揮官。

十二、指揮官再下令曰，左轉五十距離四千六百預備放。

十三、陣地以發射告無綫電處。

十四、無綫電處以白布作(十)號

十五、觀察處報告KR，或用綠白二色信號旗。

十六、無綫電處以布作(丨)並報告於指揮官。

十七、指揮官下令曰，左轉廿五，距離四千七百預備放。

十八、無綫電以布作(十)

十九、觀察處再報告KR，或用綠白二色信號旗。

二十、無綫電以布作(丨)幷報告於指揮官。

廿一、此時一百米達之試叉已經求得，即自四千七百米達至四千八百米達是也，而偏差則尚未完全改正。

廿二、指揮官下令曰，右轉十二，距離四千七百。

廿三、無綫電以布作(十)

廿四、觀察處報告K，用綠色信號旗。

廿五、無綫電處以布作(丨)，并報告於指揮官。

廿六、此時指揮官即認爲距離正確，亦無偏差，然爲謹慎起見，再以四千八百發射一砲，以證明試叉之最大限，是否爲四千八百米達，於是下令曰，距離四千八百預備放。

廿七、無綫電處以布作(十)

廿八、觀察處報告W或用紅色信號。

廿九、以證明試射之最少限四千七百，最大限四千八百米達無偏差。

三十、於是觀察下之試射告終，飛機之職責完成，而砲兵遂以此爲根據，而從事於正式之射擊。

卅一、此時指揮官即可以下令曰，四千七百五十連續射，或則距離四千七百五十齊射。

卅二、在十二砲以後，指揮官可下令曰，距離四千七百七十五齊射。

卅三、又十二砲後，再下令曰，距離四千七百七十五齊射。

卅四、當正式射擊時，飛機仍在空中觀察，如以前各發均中則已，如仍有多數太遠時，則再報告W或用紅色信號旗。

卅五、無綫電以布作(丅)

卅六、觀察處再報告W，或用紅色信號旗。

卅七、無綫電處以布作(丨)并報告於指揮官。

卅八、於是指揮官已知四千七百七十五已太遠，遂將試射之最大限縮短至四千七百五十，而僅散射於四千七百四千七百二十五，四千七百五十三種距離上，而在此五十米達之距離中，即爲敵方之陣地無疑。

卅九、飛機再觀察若干發，落彈均在目標地內，則可回營，無再在空中盤旋之必要矣。

四十、此次射擊，即可連續施行，至將對於本目標預備之砲彈射完爲止。

(附記)如每連之指揮官，各在其無綫電處時，則由彼以電話傳令，無須無線電處再報告於陣地矣。

學術

學　　術

對於裝藥溫度之初速修正計算法

李待琛　陳介夫

槍砲之初速，係在某溫度裝發射藥若干所得之砲口速度，故裝藥溫度變化時，初速須加若干之修正，修正方法，普通對於規定溫度上下每十度(華氏)指示應修正之初速差，用比例法而求對於其他溫度之初速差。茲擧美國 75 野礮對於裝藥溫度之初速修正表如下(第一表)：

第　一　表 初速 1805 f.s.(550 m.s.)

裝藥溫度°F	初速修正量呎/秒	裝藥溫度°F	初速修正量呎/秒
0	−58	60	−15
10	−55	70	0
20	−50	80	+18
30	−44	90	+41
40	−36	100	+70
50	−27		

裝藥之初速修正量，即在同一溫度，因初速之大小而異，初速愈大，修正量亦愈大，茲擧棉藥各種初速在各種溫度之修正量如下(第二表)：

第　二　表

裝藥溫度°F	初速修正量呎/秒												
	833	917	980	1056	1148	1220	2000	2100	2150	2200	2250	2400	2600
0	26	29	31	33	37	39	63	66	67	69	70	75	81
10	25	28	29	31	35	37	60	62	64	66	67	71	77
20	23	26	27	29	32	34	55	58	59	61	62	66	71
30	20	23	24	25	29	30	49	51	53	54	55	59	64
40	17	19	20	21	24	25	41	43	44	46	46	49	53
50	13	14	15	19	18	19	30	32	33	34	34	36	39
60	7	8	8	9	10	10	17	18	18	19	19	20	22
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	9	9	10	11	12	13	21	22	22	23	24	26	28
90	19	21	22	24	26	28	46	48	50	50	52	56	60
100	32	35	37	41	44	47	77	81	82	84	87	92	100

備考　裝藥溫度在70°F以下時初速修正量均爲負數在70°F以上時則均爲正數

上表兩表規定初速之溫度，均爲 70°F ，

至對於裝藥溫度修正初速之計算，有實驗式如下（參照 Ordnance and gunnery : Tschappat. P. 458)

$$\triangle V = V \times 0.00867 \left[2^{.032t} - 2^{.032t'} \right] \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

但△V 爲初速之修正量，呎／秒 式 公尺／秒；

V 爲初速 呎／秒， 或 公尺／秒；

t 爲試驗初速之溫度，°F；

t' 爲規定初速之溫度，°F；

茲爲計算之便利起見，假定 t' 爲 0°,60°,70°而對於 t 自 0 至 100 將 (1) 式括弧內之式算出列於第三表，但 t=0,60,70°F 時， $2^{.32t'} = 1, 3.784, 4.724$；

第 三 表

t°F	0.032t	log(.032t)	$\log 2^{.032t}$	$2^{.032t}$	(t=6oF. $2^{.032t}$=1) $2^{.032t}-1$	(t=60oF. $2^{.032t}$=3.784) $2^{.032t}-3.734$	(t=70°F. $2^{.032t}$=4.724) $2^{.032t}-4.724$
0	0	0	0	1	0	−2.784	−3.73
10	.32	$\bar{1}$.50515	0.09632	1.248	0.248	−2.536	−3.48
20	.64	$\bar{1}$.80618	0.19265	1.558	0.558	−2.226	−3.17
30	.96	$\bar{1}$.98227	0.28898	1.945	0.945	−1.839	−2.78
40	1.28	0.10721	0.38531	2.428	1.428	−1.356	−2.30
50	1.60	0.20412	0.48164	3.031	2.031	−0.753	−1.70
60	1.92	0.28330	0.57797	3.784	2.784	∓ 0	−0.95
70	2.24	0.35025	0.67430	4.724	3.724	+0.940	0
80	2.56	0.40824	0.77060	5.897	4.897	+2.113	+1.17
90	2.88	0.45939	0.86696	7.361	6.361	+3.577	+2.63
100	3.20	0.50515	0.93629	9.189	8.189	+5.405	+4.46

又爲此種計算米村敏郎氏提供一式如下(見火兵學會誌第十卷第四號 P.163)；

$$\log X = Kt^{\frac{1}{2}} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

上式中，X爲初速修正量，與前述之△V 意義相同；

t 爲裝藥溫度；

K 爲常數

玆爲比較上述 (1) (2) 二式之精度起見特以此二式計算之初速修正量與第一第二表內之數量比較之。

先以 (1) 式計算美國 75 野砲及前述棉藥之初速修正量，列於第四；第五表：

第四表

裝藥溫度 °F	初速修正量　呎／秒，初速1805呎／秒		
	第一表內之數量	用 (1) 式計算者	二者之差
0	−58	−58.5	+0.5
10	−55	−54.4	−0.6
20	−50	−49.6	−0.4
30	−44	−43.5	−0.5
40	−36	−36.0	0
50	−27	−26.6	−0.4
60	−15	−14.9	−0.1
70	0	0	0
80	+18	+18.3	−0.3
90	+41	+41.2	−0.2
100	+70	+69.7	+0.1

第五表

裝藥溫度 °F	初速修正量　呎／秒，初速2000呎／秒		
	第二表內者	用 (1) 式計算者	二者之差
0	−63	−64.5	+1.5
10	−60	−60.3	+0.3
20	−55	−54.9	−0.1
30	−49	−48.3	−0.7
40	−41	−39.9	−1.1
50	−30	−29.4	−0.6
60	−17	−16.5	−0.5
70	0	0	0
80	+21	+20.3	+0.7
90	+46	+45.7	+0.3
100	+77	+77.3	−0.3

由第四第五表觀之用 (1) 式計算所得之數量與第一第二表內者比較相差極小。

次用 (2) 式計算美國 75 野砲及棉藥初速修正量，但須注意者用 (2) 式計算初速修

正量須以0°F.爲基準，今試將第一表之初速修正量改爲以0°F爲基準者，列於第六表：

第 六 表

裝藥溫度 °F	初速修正量呎／秒	裝藥溫度 °F	初速修正量呎／秒
0	0	60	43
10	3	70	58
20	8	80	76
30	14	90	99
40	22	100	128
50	31		

爲決定(2)式內之常數 K ，將第六表中對于 100°F. 之修正量表代入(2)式而求得K，卽

$$\log K = \log(\log X) - \frac{1}{2}\log t$$

$$= \log(\log 128) - \frac{1}{2}\log 100 = \bar{1}.32366$$

$$K = 0.21072$$

再用此K之值而求美國野礮對於各種溫度之初速修正量列於第六表：並與第五表之數量比較之：

第 七 表

t°	$\frac{1}{2}$ logt	log (logX)	logX	X	第五表內修正量X,	X−X'
0	0	0	0	0	0	0
10	0.50000	$\bar{1}$.52366	0.3339	2.16	3	−0.84
20	0.65052	$\bar{1}$.97428	0.9425	8.76	8	+0.76
30	0.73856	0.06222	1.1540	14.26	14	+0.26
40	0.80103	0.12469	1.3330	21.53	22	−0.47
50	0.84949	0.17315	1.4910	30.97	31	−0.03
60	0.88908	0.21264	1.6320	42.80	43	−0.20
70	0.92255	0.24621	1.7630	57.94	58	−0.06
80	0.95155	0.27521	1.8850	76.74	76	+0.74
90	0.97712	0.30078	1.9990	99.77	99	+0.77
100	1.00000	0.32366	2.1070	128.0	128	0

又將第二表中初速 2000 棉藥對于溫度之初速修正量改爲以 0°F。爲基準者列於第七表：

第　八　表

裝藥溫度 °F	初速修正量	裝藥溫度 °F	初速修正量
0	0	60	46
10	3	70	63
20	8	80	84
30	14	90	109
40	22	100	140
50	33		

(2)式中，若 $x = 140$，$t = 100$，則 $\log K = \bar{1}.33166$，$K = 0.2146$

以此 K 之值計算棉藥對于各種溫度之初速修正量如第八表並與第七表內之數量比較之：

第　九　表

t	X	第七表內修正量 X'	X − X'
0	0	0	0
10	4.77	3	+1.77
20	9.12	8	+1.12
30	14.98	14	+0.98
40	22.77	22	+0.22
50	32.93	33	−0.07
60	45.96	46	−0.04
70	62.46	63	−0.54
80	83.10	84	−0.90
90	108.65	109	−0.35
100	140.00	140	±0.00

由第六第八表觀之，用 (2) 式算出之數量與已知之修正量亦頗符合。

(2) 式中之 K，需要對於某溫度已知之修正量一個，方可決定；(1) 式則無此需要，可直接使用之。

玆用(1)式計算我國常用各種槍炮對於裝藥溫度之初速修正量，列於第九，十，十一表，並繪成曲綫如第一，至第十二圖；規定初速之溫度爲 60°F. 對於任意溫度之初速修正量，可於曲綫上立時求得之。

第十表

溫度 t°F	初速修正量 △V				
	克式75公厘29倍野砲及三八式75公厘30倍野砲（初速 510m.s.）	克式75公厘30倍野砲（初速500m.s.）	克式75公厘14倍山砲（初速280m.s.）	十年式75公厘17倍山砲（初速開花彈342m.s. 子母彈334m.s.）開花彈	子母彈
0	−12.31	−12.06	− 6.76	− 8.26	− 8.04
10	−11.18	−10.97	− 6.15	− 7.53	− 7.33
20	− 9.95	− 9.66	− 5.42	− 6.62	− 6.45
30	− 8.13	− 7.97	− 4.47	− 5.43	− 5.33
40	− 5.97	− 5.88	− 3.29	− 4.03	− 3.93
50	− 3.33	− 3.26	− 1.83	− 2.23	− 2.18
60	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0
70	+ 4.16	+ 4.07	+ 2.28	+ 2.78	+ 2.72
80	+ 9.33	+ 9.13	+ 5.13	+ 6.26	+ 6.12
90	+15.8	+15.48	+ 8.68	+10.58	+10.36
100	+23.9	+23.38	+13.12	+16.02	+15.63

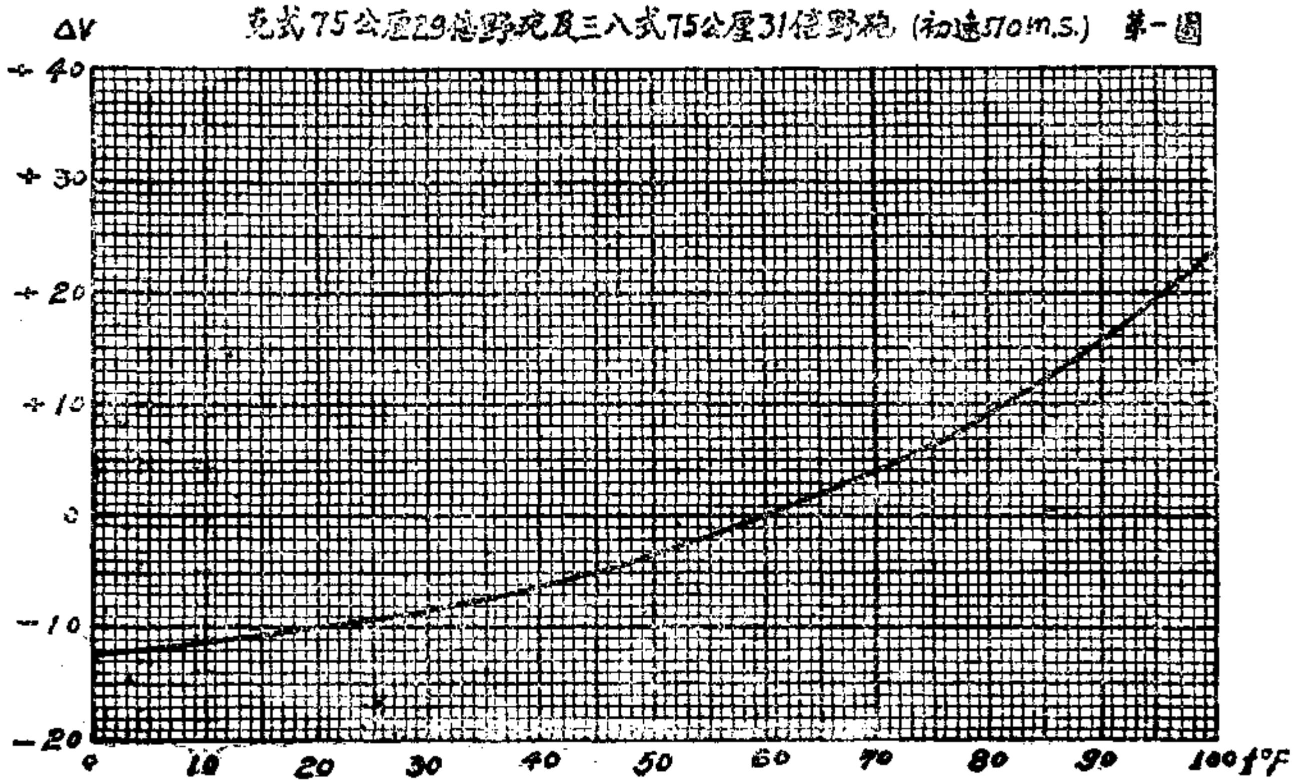
第十一表

溫度 t°F	初速修正量 △V		
	7.9公厘步槍及馬克沁機關（圓頭彈）（初速600m.s.）	三十節式機關槍（尖頭彈）（初速800m.s.）	六五步槍（尖頭彈）（初速740m.s.）
0	− 14.48	− 19.31	− 17.87
10	− 13.17	− 17.54	− 16.24
20	− 11.58	− 15.42	− 14.26
30	− 9.56	− 12.74	− 11.78
40	− 7.04	− 9.41	− 8.68
50	− 3.91	− 5.23	− 4.83
60	± 0	± 0	± 0
70	+ 4.88	+ 6.52	+ 6.02
80	+ 10.97	+ 14.62	+ 13.52
90	+ 18.57	+ 24.79	+ 22.91
100	+ 28.08	+ 37.42	+ 34.62

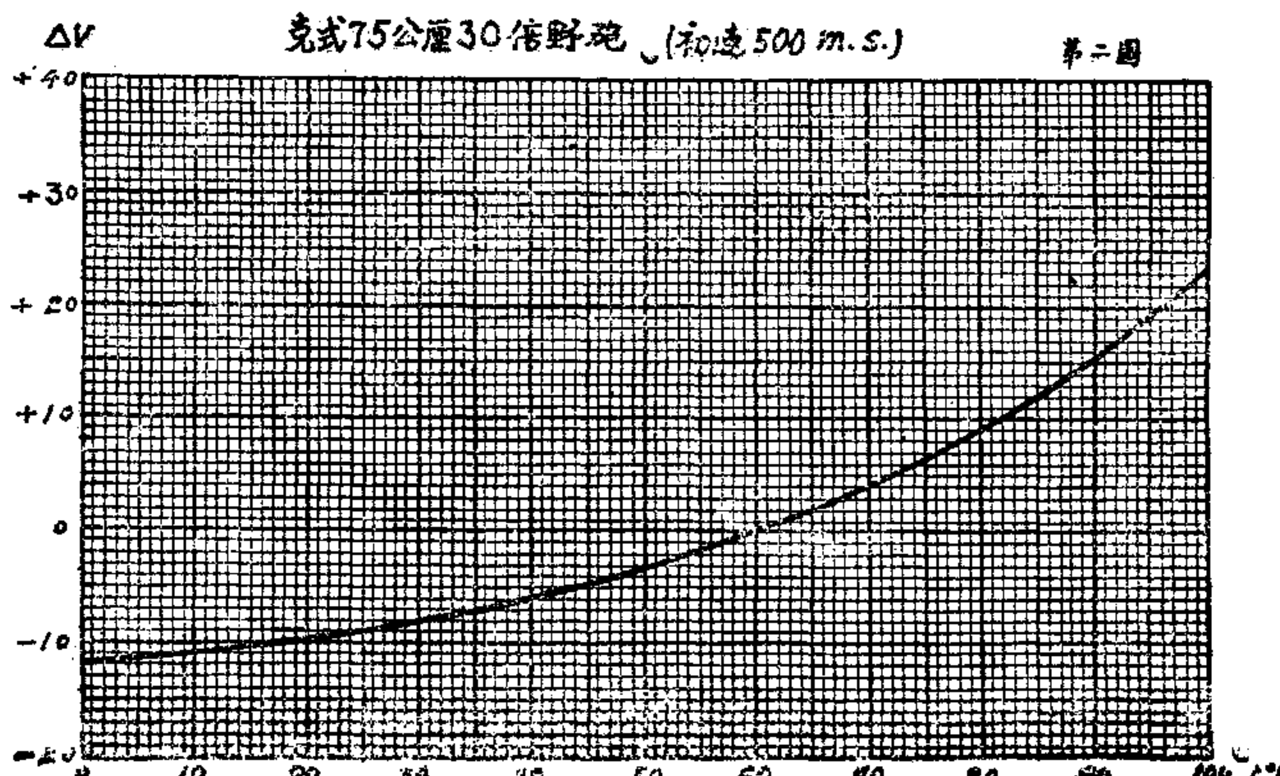
第十二表

溫度 t° F	初速修正量 △V			
	柏格門手提機關槍 (初速390m.s.)	自來得手槍 (初速380m.s.)	八吋勃郎林手槍 (初速320m.s.)	六吋勃郎林手槍 (初速295m.s.)
0	− 9.41	− 9.18	− 7.71	− 6.99
10	− 8.5[illegible]	− 8.35	− 7.03	− 6.47
20	− 7.53	− 7.34	− 6.17	− 5.68
30	− 6.2[illegible]	− 6.06	− 5.09	− 4.69
40	− 4.85	− 4.47	− 3.75	− 3.46
50	− 2.55	− 2.48	− 2.08	− 1.92
60	∓ 0	∓ 0	∓ 0	∓ 0
70	+ 3.18	+ 3.10	+ 2.62	+ 2.40
80	+ 7.14	+ 6.96	+ 5.84	+ 5.37
90	+ 12.08	+ 11.78	+ 9.91	+ 9.12
100	+ 18.25	+ 17.81	+ 14.95	+ 13.77

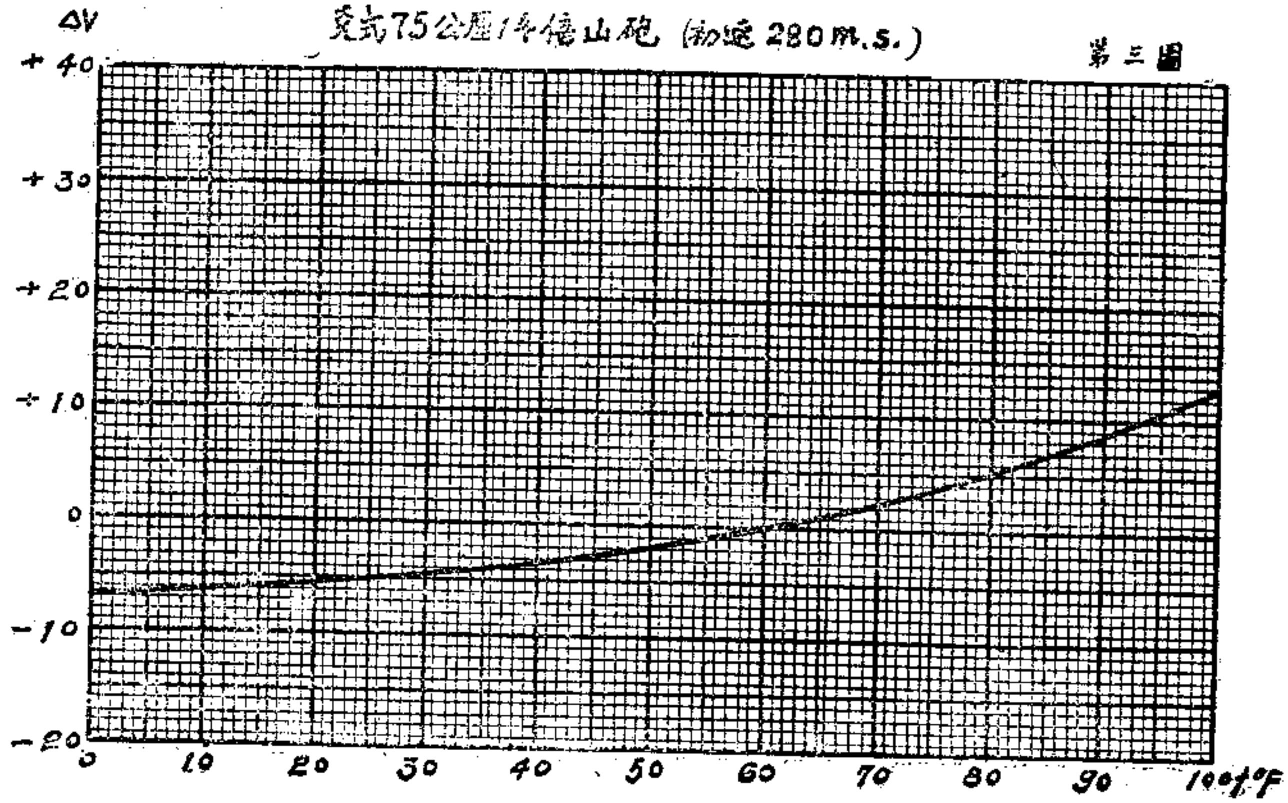
克式75公厘29倍野砲及三八式75公厘31倍野砲 (初速510 m.s.) 第一圖



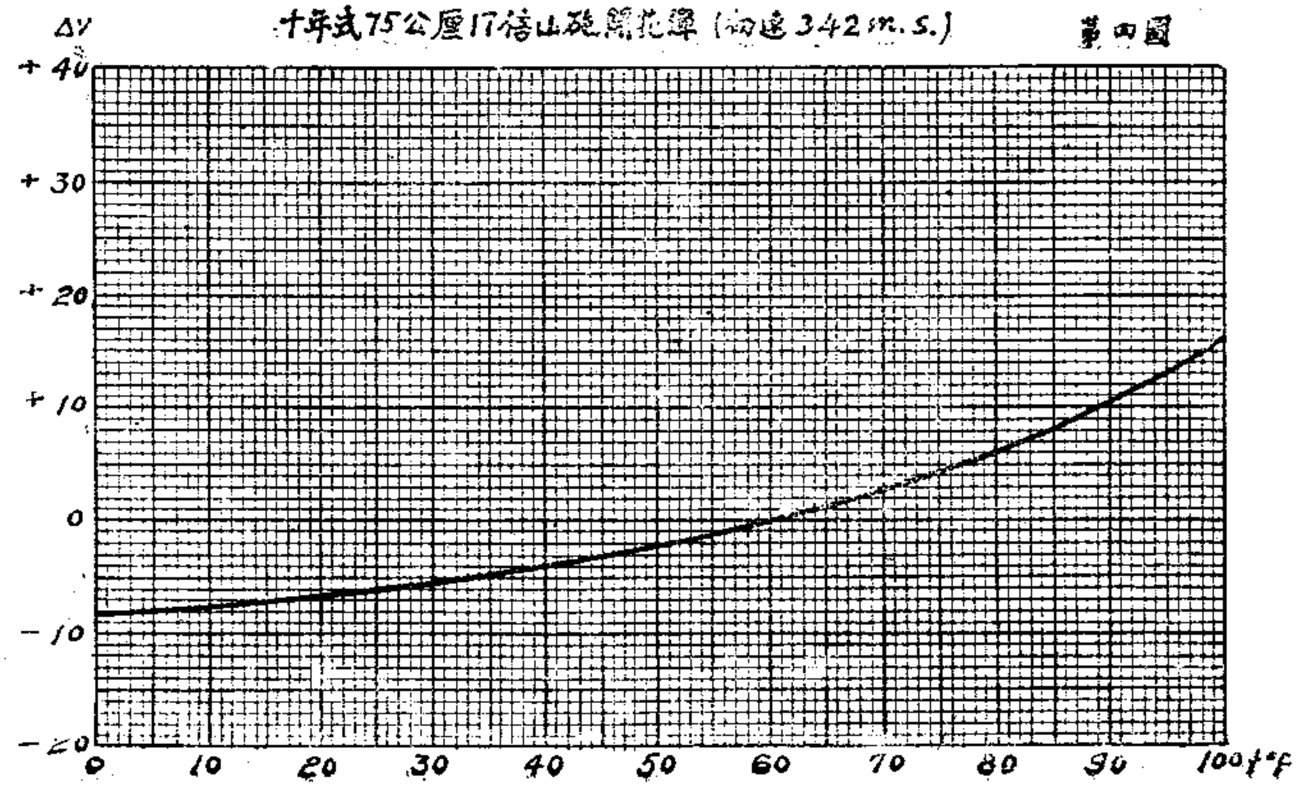
克式75公厘30倍野砲 (初速500 m.s.) 第二圖



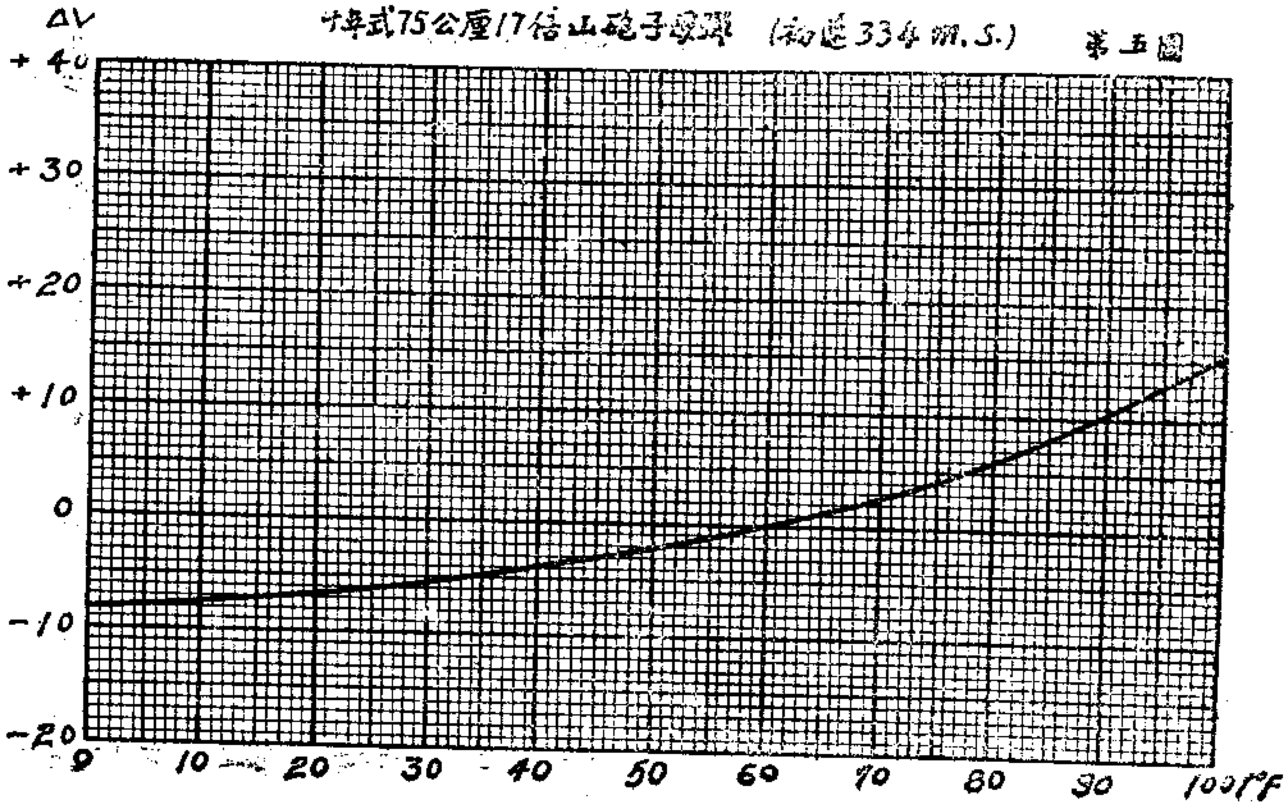
克式75公厘14倍山砲 (初速 280 m.s.)　　第三圖



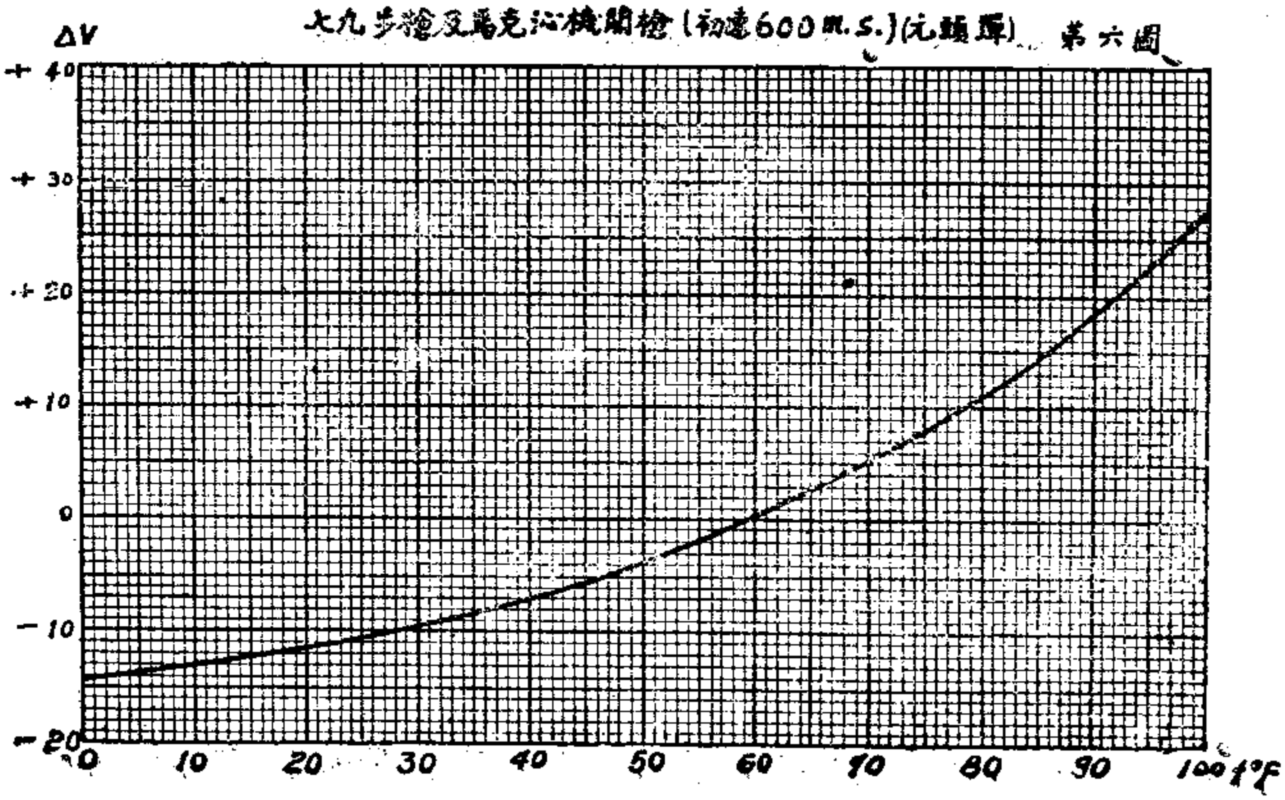
十年式75公厘17倍山砲開花彈 (初速 342 m.s.)　　第四圖



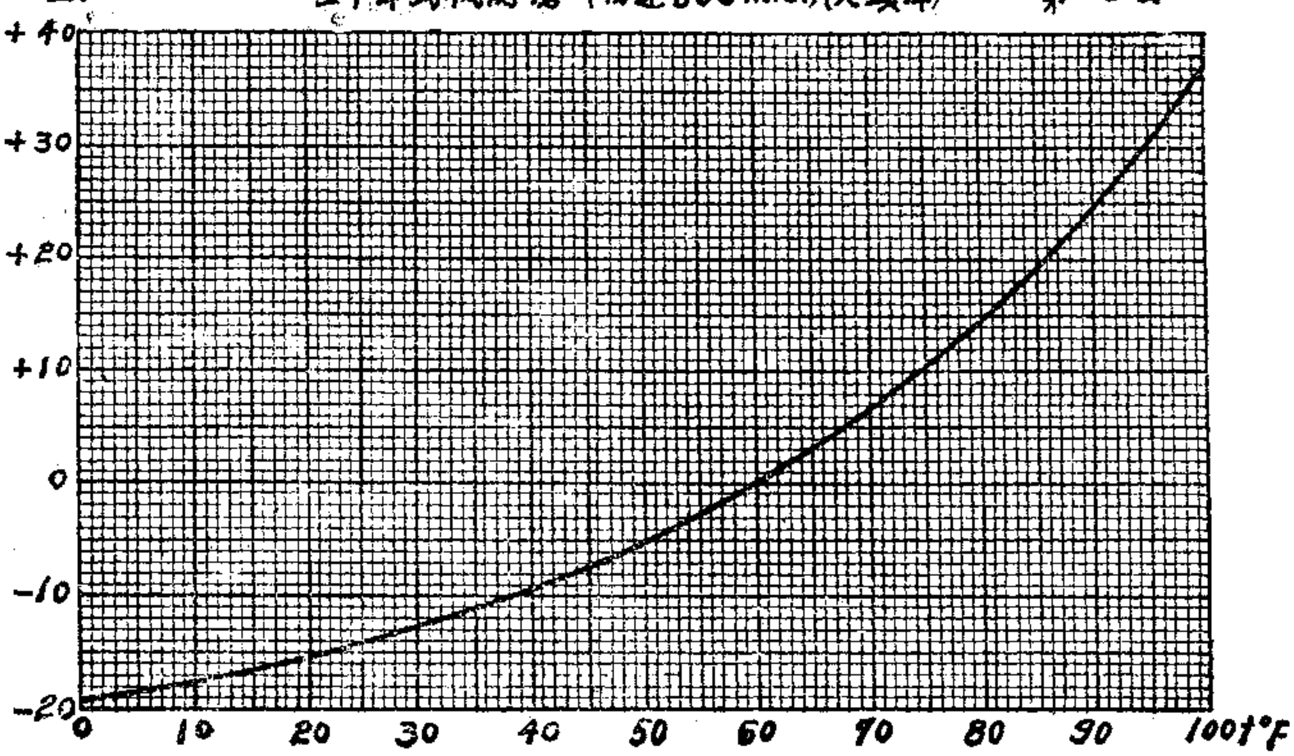
十年式75公厘17倍山砲子母彈 (初速334 m.S.)　第五圖



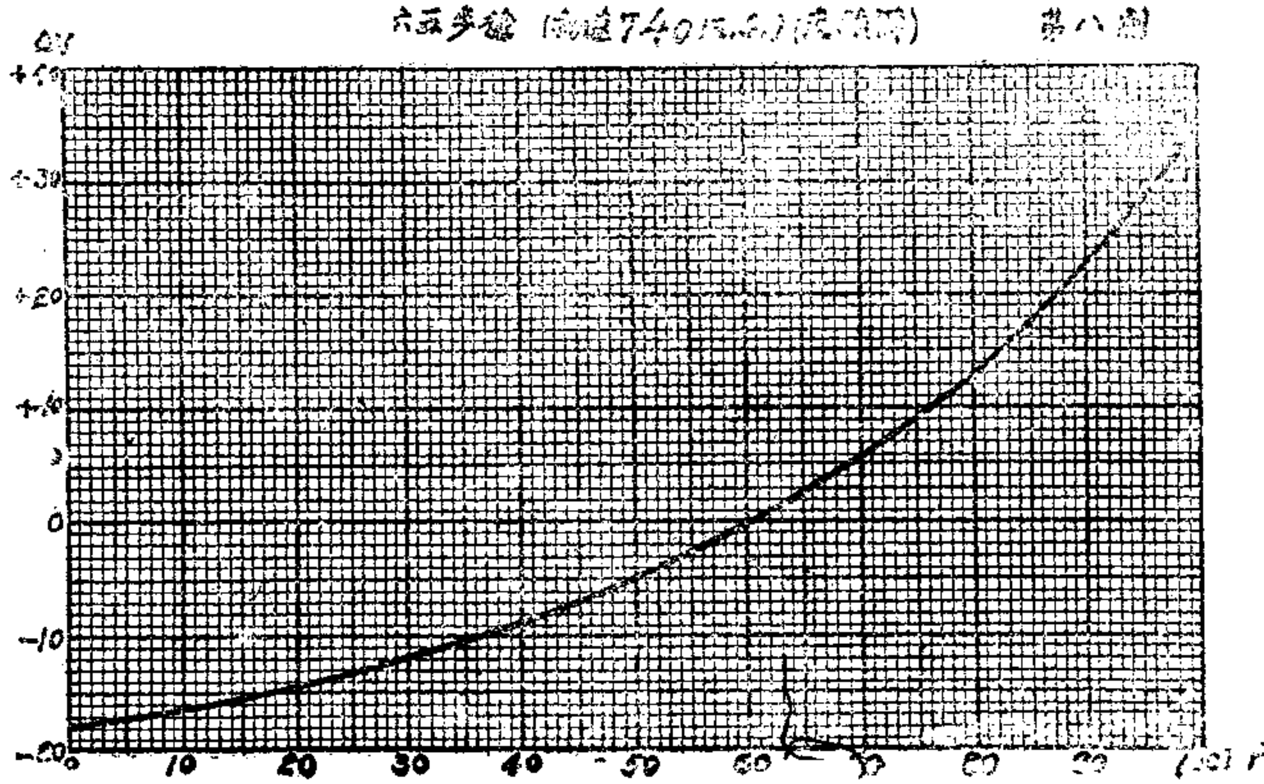
七九步槍及馬克沁機關槍 (初速600 m.S.)(尖頭彈)　第六圖



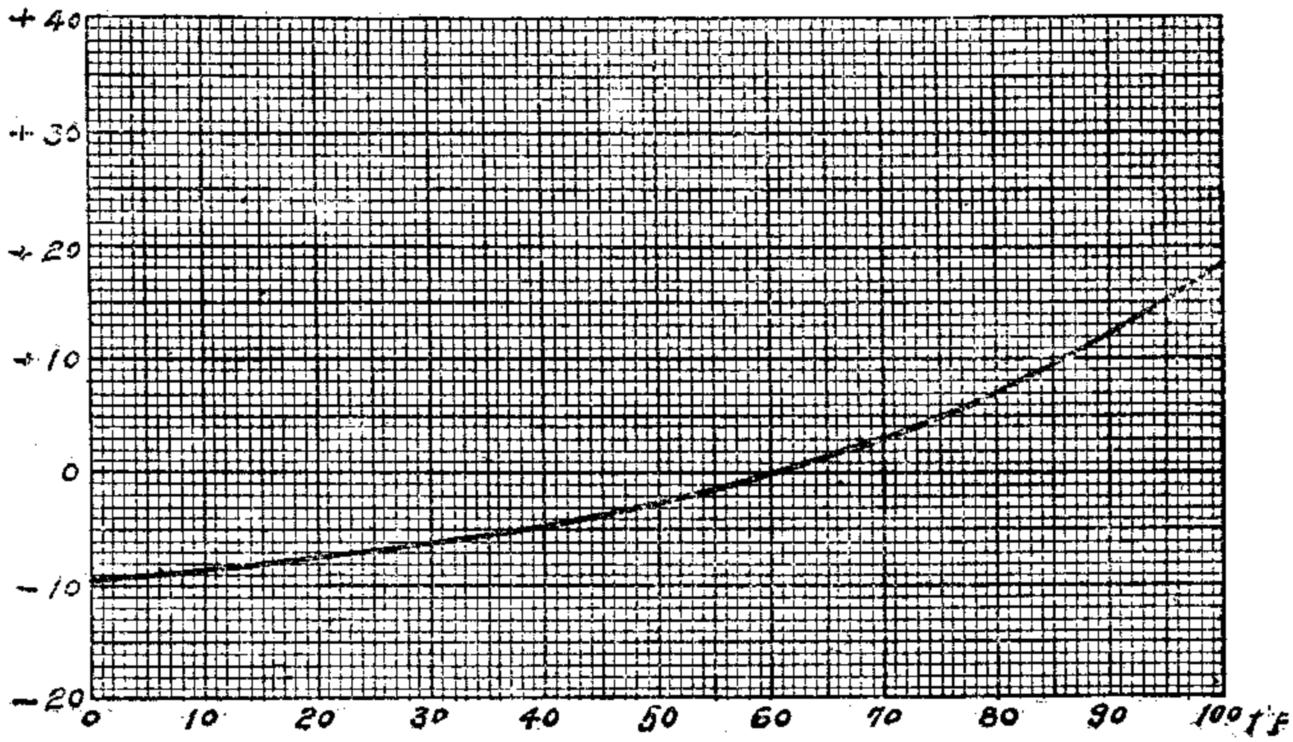
三十節式機關槍 (初速800m.S.)(尖頭彈)　　第七圖



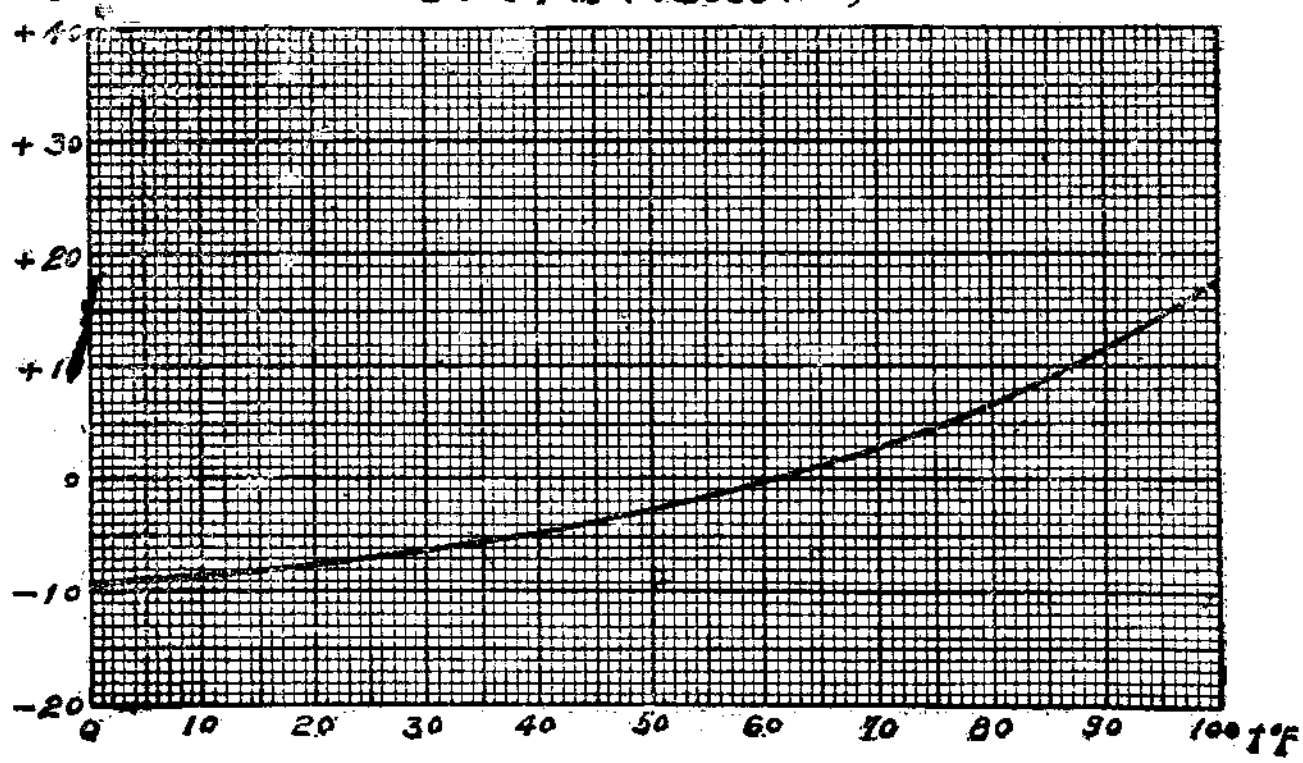
六五步槍 (初速740m.S.)(尖頭彈)　　第八圖



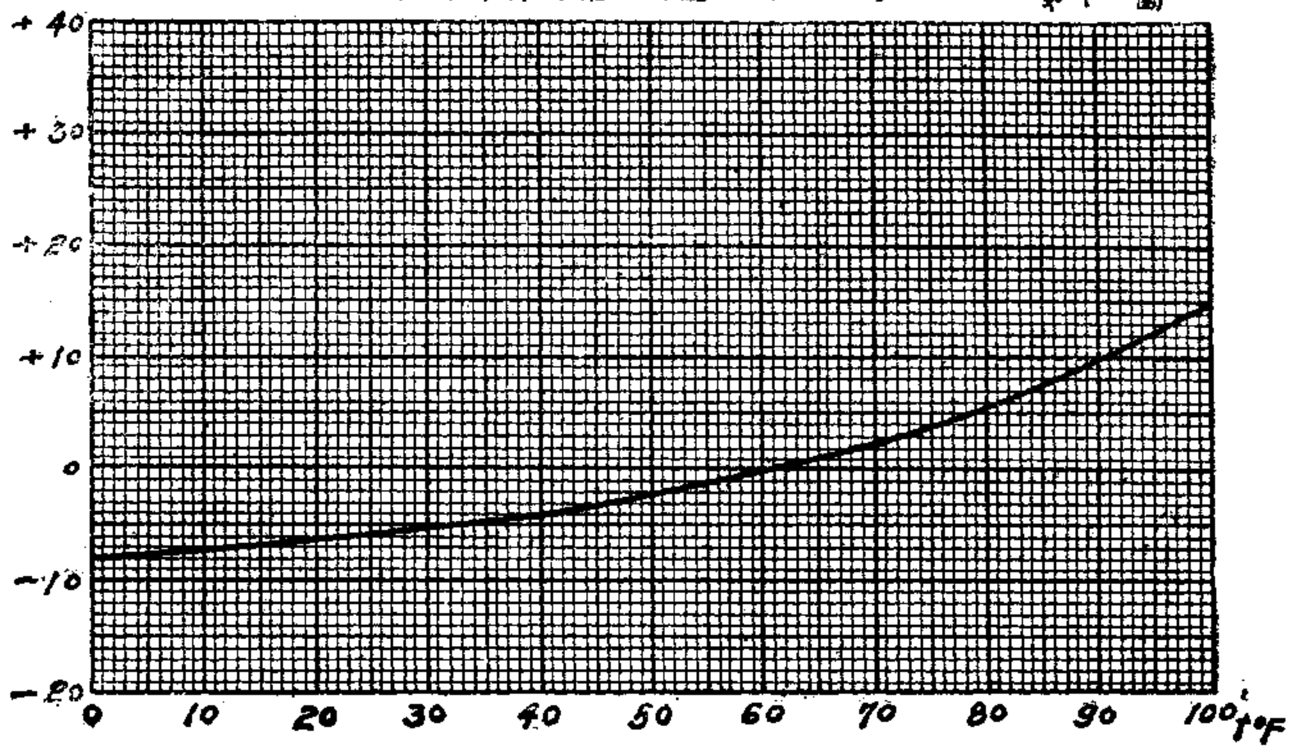
柏格門手提機關槍 (初速390 m.S.) 第九圖



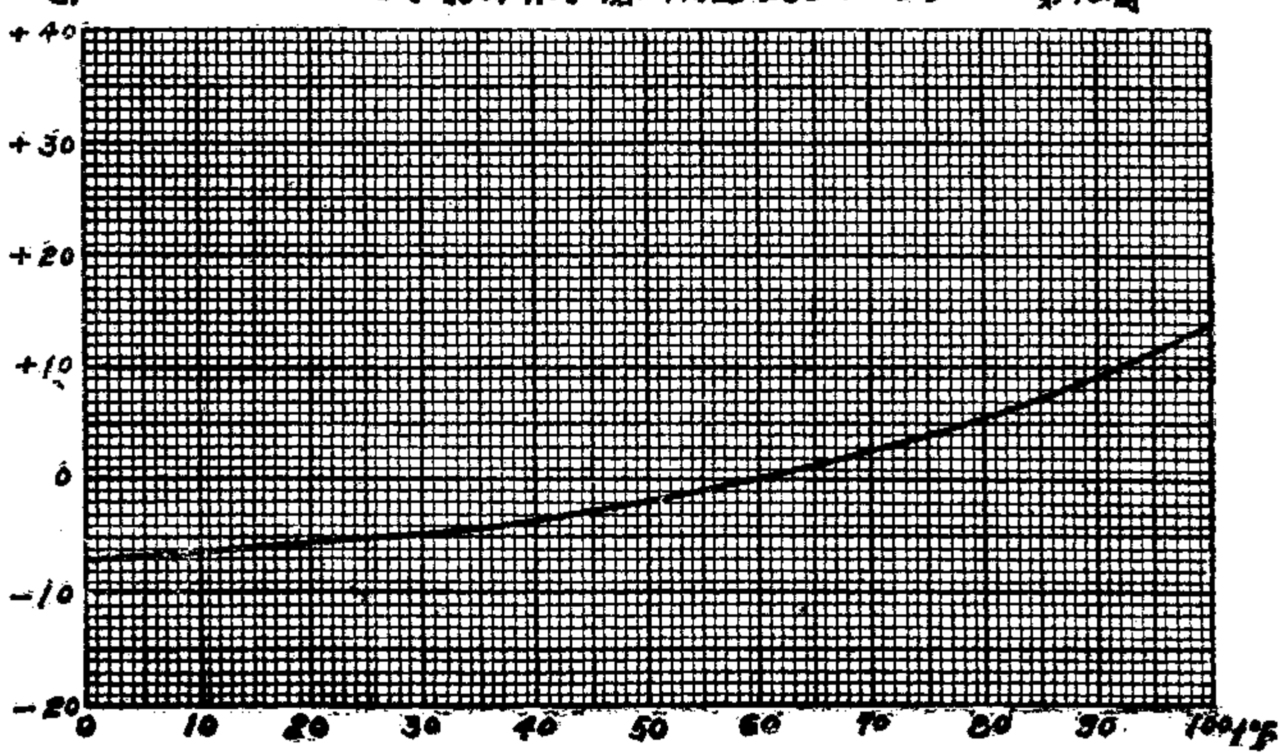
自來得手槍 (初速380 m.S.) 第十圖



ΔV　　8寸勃郎林手槍(初速320 m.S.)　　第十一圖



ΔV　　6寸勃郎林手槍 (初速295 m.S.)　　第十二圖



彈丸在槍炮管內之運動

過　靜　宜

I. 運動公式之設列

彈丸共具二種運動，一爲彈丸之前進運動，係假定集中各種力於子彈之重心循腔軸前進（見圖1 x－軸）。一爲旋轉運動，係繞彈丸之靜止中心軸而轉動。

在圖1中OAB 係垂直於腔軸之斷面，此斷面通過來復綫端點O。圖2係表來復綫在槍砲腔內表面之位置，且爲平面展開之形。

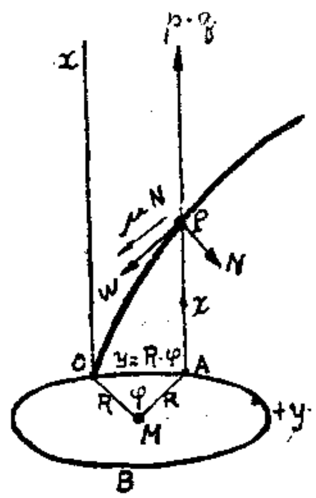


圖 1.

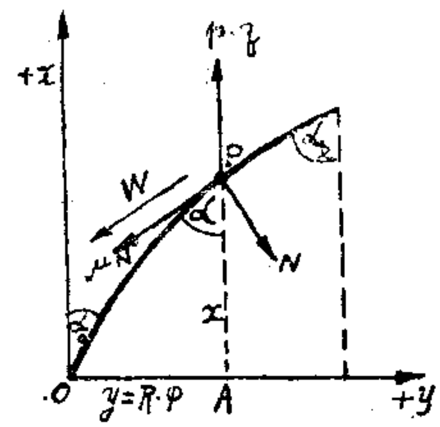


圖 2.

子彈表面之一點或砲彈導帶上之一點初在O點經 t 秒時前進至 P點，則彈丸在腔軸方向前進 x(m)；同時繞腔軸 M 點自O循圓弧轉至 A點，彈丸表面之轉動爲$R\cdot\varphi$＝OA (m)。R 爲口徑之半。

在任意點 P之來復綫角度爲α，在端點 O來復綫角度爲 α_o，在末端卽槍砲之口爲 α_e（來復線大多至管口止），導帶或子彈表面嵌在來復線內時彈丸最大之斷面面積爲 q (m^2)；彈丸重量爲G kg，卽彈丸之質量爲$\frac{G}{9,81}$；彈丸繞中心軸之慣性半徑爲ρ，其相當之慣性率爲 $T=\frac{G}{9,81}\cdot\rho^2$

彈丸自端點O經 t 秒鐘至任意點P時，卽彈丸在腔軸方向已移動 x(m) 時，彈丸上全部實際受到下列各種外力：

屬於加增者，爲超過空氣壓力之藥氣張壓總力 $p \cdot q$(kg)，其方向與腔軸相同，內中 p(kg／m^2)爲彈丸面積q(m^2)單位所受之藥氣張力。

屬於減小者爲彈丸重量 $G \cdot \sin\varepsilon$(kg)，惟遇砲口下俯時砲管傾斜角度 ε 爲負，則彈丸重量應爲增加之力，其他屬於減小者，則爲最關重要之阻力。此種阻力，可別爲二，一則因彈丸在來復線中強迫運動而發生者，一則因彈丸在砲管中進來復綫道時受到壓榨而發生者，爲確知後者之意義起見復有下列二種解釋。

a) 彈丸導帶上已刻好來復綫凸邊，始裝入砲管，彈丸絲毫不致受到壓榨（例如有來復綫之前腔裝彈迫擊砲）。

任意點P在槍砲管內表之切面中，彈丸在P點受到一種來復線面之抗力 N（見圖1及2），此力垂直於來復綫，復受到一種因抗力而生之阻力，與運動之方向相反，與抗力成比例，爲 $\mu \cdot N$。μ 爲砲管與導帶凸邊間之摩擦係數。

今取 N 及 μN 兩力與正 x 軸卽腔軸平行之分力 $-N\sin\alpha$ 及 $-\mu N\cos\alpha$；復取與腔軸垂直之分力 $N\cos\alpha$ 及 $-\mu N\sin\alpha$，則極易得到彈丸運動之微分方程式，蓋在腔軸方向彈丸質量 $\frac{G}{g}$ 及加速度 $\frac{d^2x}{dt^2}$ 之乘積等於各分力之總和，下式卽爲彈丸平行腔軸之運動公式：

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = p \cdot q - N(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) - G\sin\varepsilon - W_1. \qquad (1)$$

在腔軸垂直方面適用彈丸繞中心軸之迴轉，其慣性率 T 與角加速度 $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ 之乘積等於繞腔軸迴轉率之總和，迴轉時所取之槓桿柄長係定數，等於口徑之半，卽 R，自 O轉至 A 之角度 φ 爲正數，因得下列彈丸繞腔軸迴轉之式：

$$T \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = N \cdot R(\cos\alpha - \mu\sin\alpha) \qquad (2)$$

由圖 (3) 更易明瞭dy或 $R \cdot d\varphi$ 及dx與 α 之相互關係，其公式爲

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{R \cdot d\varphi}{dx} \qquad (3)$$

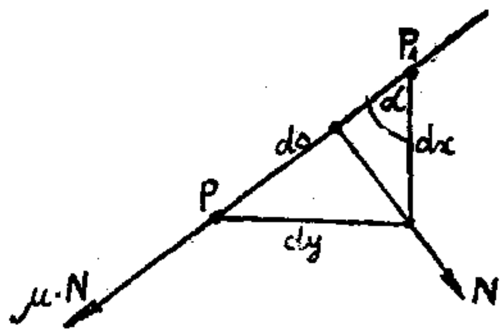


圖 3.

(b) 彈丸導帶上或子彈表面預先不刻來復綫凸邊待彈丸裝於膛內進來復綫受到壓榨始刻成(普通有來復綫後膛裝彈者)。

此處彈丸所受之力較前述者又增多一種阻力W，此阻力係彈路 x 之函數，在彈丸開始運動時增加甚速，但來復線道既刻入彈丸導帶或子彈表面後則稍減，阻力之方向與彈丸運動之方向相反，與來復綫上切綫相合，其分力 $-W\cos\alpha$ 與膛軸平行， $-W\sin\alpha$ 與膛軸垂直，因此彈丸與膛軸平行之運動公式為

$$\frac{G}{g}\cdot\frac{d^2x}{dt^2}=p\cdot q-N(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)-W\cos\alpha-G\sin\varepsilon-W_1\ ; \qquad (1a)$$

彈丸繞中心軸迴轉之運動公式為

$$J\cdot\frac{d^2\varphi}{dt^2}=N\cdot R(\cos\alpha-\mu\sin\alpha)-W\sin\alpha\cdot R\ ; \qquad (2a)$$

其幾何學相互關係為

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{R\cdot d\varphi}{dx}\text{。} \qquad (3a)$$

各符號之意義：

2R(m)＝口徑； $q(m^2)$＝彈丸壓進來復線後之最大斷面積； G(kg)＝彈丸重量；$p(kg/m^2)$＝彈丸單位面積受到變化之藥氣漲力； $J=\frac{G}{9,81}\cdot\rho^2(kg\ m\ sec^2)$＝彈丸繞心軸之慣性率（$\frac{\rho^2}{R^2}$在 0.55 至 0.65 中）； x(m)＝彈丸自開始運動經 t 秒時間所止之距離，向管口方向係正數； $\frac{dx}{dt}=v(m/sec)$＝彈丸重心經上述方向行

動於 t 秒時之速力； ε = 槍砲管之射角； φ = 彈丸經 t 秒時所迴轉之角度，用弧度法自彈丸開始旋轉算起，備右轉來復線方向旋轉係正數； $\frac{d\varphi}{dt}$ 或 ω (sec^{-1}) = 彈丸在t時間之角速度； $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ 或 $\frac{d\omega}{dt}$ (sec^{-2}) = 所屬之角加速度； α 在彈行 x(m) 或經 t 時間後之漸變來復綫角度； α_0 = 來復綫初角； α_e = 來復綫末端角度； N(kg) = 彈丸在 x 位置時受到垂直於來復線面之抗力； μN(kg) = 所屬之阻力； μ = 磨擦係數； W(kg) = 彈丸壓進來復綫發生之阻力； W_1(kg) = 彈丸在砲管內所受到之空氣阻力。

彈丸運動，須能遵循來復線，上述公式 (1) 至 (3) 方始有效，爲確知其是否如此，宜於彈丸發射之後搜集察看彈丸導帶上或子彈表面上來復綫所刻之槽，如礮彈則覓其彈丸或彈丸碎片，若槍彈可射於水中收集之，惟速率過大時子彈每被水激壓變形，則用別法，可射於麻絮或棉絮或木屑中收集之，或依 A. PreuB 之法向上空直射收集之（例如收集於冰面上）。

II. 彈丸繞中心軸之迴轉速力 ω 或 $\frac{d\varphi}{dt}$

a) 不變之來復線

來復綫角度 α 全程不變，所以 $\alpha_0 = \alpha_e = \alpha$，由公式 (3) 得：

$$\frac{d\varphi}{dt} \text{ 或 } \omega = \frac{tg\alpha}{R} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{tg\alpha}{R} \cdot v \tag{4}$$

特別在槍礮口之 v 卽等於槍礮之初速 v_e。其所屬之角速度 $\omega_e = \frac{tg\alpha}{R} \cdot v_e$

若以彈丸每秒鐘轉數 n 或每一轉所須時間 T代入公式，或輸來復綫長入公式中，則根據物理原義可毫無疑義以角速度寫成

$$\omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T};$$

$$2\pi R = D \cdot tg\alpha;$$

則來復線如全程不變彈丸在槍礮口之角速度應爲

$$\omega_e(sec^{-1}) = 2\pi n = \frac{2\pi}{T} = \frac{tg\alpha}{R} \cdot v_e = \frac{2\pi \cdot v_e}{D};$$

$$n = \frac{v_e}{D} \tag{5}$$

B) 漸變之來復線

(特別關於拋物綫形之來復綫)

若已知來復綫 $y=f(x)$ 展開於平面中，則由每個 x 値從下式可得到所屬來復綫角度α：

$$tg\alpha = \frac{dy}{dx}$$

同時若由後坐量測試驗確知彈丸在腔軸方向轉移速度 v 爲 x之函數，則可計算在各處之相當角速度 ω：

$$\omega = \frac{v \cdot tg\alpha}{R} = \frac{1}{R} v(x) \cdot \frac{dy}{dx} \tag{6}$$

特別如來復綫OP 爲拋物綫之一節，其軸垂直於腔軸，來復綫之初角爲 α_0，末端角度爲 α_1(見圖 2)則來復綫之公式應爲

$$y = a_1x + a_2x^2,$$

從上式

$$\frac{dy}{dx} = a_1 + 2a_2x$$

在 $x=0$， 卽在來復綫端點 O時$\frac{dy}{dx} = tg\alpha_0$；

在 $x=x_e$，卽在槍砲口時(來復線末端)$\frac{dy}{dx} = tg\alpha_e$ 。

如是可決定 a_1 及 a_2 之値得

$$y = x\,tg\alpha_0 + x^2\frac{tg\alpha_e - tg\alpha_0}{2x_e}$$

在任意位置 x 時$\frac{dy}{dx} = tg\alpha$，則

$$\frac{tg\alpha - tg\alpha_0}{x} = 定數 = \frac{tg\alpha_e - tg\alpha_0}{x_e} \tag{7}$$

如是易得自彈底靜止位置起每一距離 x 所屬相當之 $tg\alpha$，其所屬之角速度爲：

$$\omega = \frac{v}{R} \cdot \left\{ tg\alpha_0 + \frac{x}{x_e}(tg\alpha_e - tg\alpha_0) \right\} \tag{8}$$

設彈丸繞其中心軸之慣性率爲 J（kg•m•sec²）及彈丸之質量爲 $m = \frac{G}{9,81}$ 則

彈丸迴轉之勢力 $= \frac{J \cdot \omega^2}{2}$ (mkg)

彈丸前進運動之勢力 $= \frac{m \cdot v^2}{2}$ (mkg)

如近似計算 $J = \frac{mR^2}{2}$，則彈丸迴轉運動勢力與前進運動勢力之比約等於

$$\frac{J\omega^2}{2} : \frac{m \cdot v^2}{2} = \sim \frac{\pi^2}{2d^2} \tag{9}$$

內中 $d = \frac{D}{2R}$ 表來復線長爲口徑之幾倍；$d = \pi \cdot cotg\alpha$。

來復線角 α 在 $\alpha = 2°$ 及 $\alpha = 16°$ 中或 d 在 90 至 11 倍口徑中，兩種勢力之比約在 0,0006 及 0,04或0,06% 及 4%間。無論何種彈丸長，往往選 d＝25 倍口徑，其勢力之比約爲 0,8%。由此可知全部裝藥量內所蘊藏之勢力能量實際用之於彈丸迴轉運動者僅占極微之數。

III. 彈丸之角加速度 $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ 或 $\frac{d\omega}{dt}$

a）不變之來復線（$tg\alpha$ 不變）

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{tg\alpha}{R} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{tg\alpha}{R} \cdot \frac{dv}{dt} \tag{10}$$

若經後坐量測試驗已知移動加速度 $\frac{dv}{dt}$，則亦可推知每一位置之角加速度 $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$

(b) 漸變之來復綫

普通爲

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{1}{R} \cdot \frac{d}{dt}(v \cdot tg\alpha) = \frac{1}{R} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} \cdot tg\alpha + \frac{v^2}{R} \cdot \frac{d(tg\alpha)}{dx} \cdot \tag{11}$$

特別關係拋物綫形之來復綫，其角加速度爲

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{1}{R} \cdot \frac{d^2x}{dt^2}\left[tg\alpha_0 + \frac{x}{x_e}(tg\alpha_e - tg\alpha_0)\right] + \frac{v^2}{R \cdot x_e}(tg\alpha_e - tg\alpha_0) \cdot \tag{12}$$

由後坐之量測可知$\frac{d^2x}{dt^2}$及 v 爲 x 之函數，α_0及α_e因特殊原因係選擇者(見後文)，R及x_e之尺寸取之於軍器，亦爲已知，如是對於槍砲管中每一位置所屬之角加速度 φ'' 亦可計算而得矣。

從不變之來復綫可知 φ'' 之意義，蓋角加速度 φ'' 與前進加速度 x'' 成比例，兩値同時達其最大數，今 mx''(m彈丸質量)卽爲彈丸在腔軸內（已經除去慣性阻力及其餘一切阻力）受到之力； $m\,\varrho^2\varphi''$ 爲彈丸受到之絞力，所以來復綫若不變，彈丸在腔軸方向之加速力 mx'' 達到最大時其所受之絞力亦最大，此特設彈丸材料不能保證充分負擔此兩力，則吾人往往喜改選擇用漸變之來復綫，使角加速度 φ'' 起初甚小，俟 x'' 已達到最大値後始再至最大值，庶彈丸不致在一處同時受到二種最大之力，材料發生故障，若選用拋物綫形之來復綫則需要一定之來復綫初角 α_0其餘詳見下文，來復綫及來復線初角之規定"。

Ⅵ. 來復線凸邊壓力及來復綫阻力

今先研究公式 (1) 及 (2) 。

1. 先假定彈丸進來復線中不受壓榨(例如前述有來復線之前膛裝彈迫擊砲)，計算垂直於來復線面之抗力 N及彈丸在腔軸方向因此發生之阻力 $N(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)$ 或來復綫之阻力。

a) 設來復綫全程不變(tgα不變)，則由 (3) 得

$$\frac{d\varphi}{dt}=\frac{tg\alpha}{R}\cdot\frac{dx}{dt}=\frac{tg\alpha}{R}\cdot v$$

及

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=\frac{tg\alpha}{R}\cdot\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{tg\alpha}{R}\cdot\frac{dv}{dt}$$

以此代入公式 (2) ，則得來復綫面抗力 N爲

$$\underline{N=\frac{G}{g}\cdot\frac{\varrho^2}{R^2}\cdot\frac{tg\alpha}{\cos\alpha-\mu\sin\alpha}\cdot\frac{dv}{dt}}\,; \qquad (13)$$

來復線阻力爲

$$N(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)=\frac{G}{g}\cdot\frac{\varrho^2}{R^2}\cdot tg\alpha\cdot\frac{tg\alpha+\mu}{1-\mu tg\alpha}\cdot\frac{dv}{dt} \qquad (14)$$

如吾應用之直綫來復綫假定與軸平行，則來復綫阻力應爲 O，蓋 $gt\alpha=o$，$N(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)=O$。

今利用公式(14)則公式(1)可寫成下列方式：

$$\frac{G}{g}\left(1+\frac{\varrho^2}{R^2}\cdot tg\alpha\cdot\frac{tg\alpha+\mu}{1-\mu tg\alpha}\right)\cdot\frac{dv}{dt}=p\cdot q-G\sin\varepsilon-W_1$$

此式最要之意義卽謂吾人若用"虛擬之彈丸質量"

$$\phi=\frac{G}{g}\left(1+\frac{\varrho^2}{R^2}tg\alpha\cdot\frac{tg\alpha+\mu}{1-\mu tg\alpha}\right) \qquad (15)$$

代替眞實之彈丸質量 $m=\frac{G}{g}$ 則純粹之來復綫阻力已顧慮在內，對於彈丸受到來復綫之影響可毋庸再加以注意也。

b) 假定如上文所述，彈丸不受壓榨，來復綫係漸變，來復曲綫爲已知，如 α 及 $\frac{d\,tg\alpha}{dx}$ 爲 x 之函數亦爲已知，同時已知每一 x 時所屬之 v 及 $\frac{dv}{dt}$，則

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=\frac{1}{R}\cdot tg\alpha\cdot\frac{dv}{dt}+\frac{1}{R}\cdot v^2\cdot\frac{d\,tg\alpha}{dx},$$

故來復綫凸邊壓力爲

$$N=\frac{G}{g}\cdot\frac{\varrho^2}{R^2}\cdot\frac{1}{\cos\alpha-\mu\sin\alpha}\left(\frac{dv}{dt}\cdot tg\alpha+v^2\cdot\frac{d\,tg\alpha}{dx}\right); \qquad (16)$$

來復綫阻力爲

$$N(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)=\frac{G}{g}\cdot\frac{\varrho^2}{R^2}\cdot\frac{tg\alpha+\mu}{1-\mu ttg\alpha}\cdot\left(\frac{dv}{dt}\cdot tg\alpha+v^2\frac{d\,tg\alpha}{dx}\right); \qquad (17)$$

故代替眞實質量 $m=\frac{G}{g}$ 之彈丸虛擬質量爲

$$\phi=\frac{G}{g}\left\{1+\frac{\varrho^2}{R^2}\cdot\frac{tg\alpha+\mu}{1-\mu tg\alpha}\left(tg\alpha+\frac{v^2}{\frac{dv}{dt}}\cdot\frac{d\,tg\alpha}{dx}\right)\right\}; \qquad (18)$$

2. 彈丸在來復綫中受到壓榨發生阻力，是項研究以 Nowakowski 與 H. Lorenz 及

Justrow爲最著，尤以後者多豐富經驗之結果，特先述關於 Justrow 之結果於下。

a) 從公式(13)及(16)計算之來復線凸邊壓力以砲彈導帶或槍彈表面受到壓榨而加增，此壓力垂直於過渡圓錐，依據 Justrow 之結果約等於導帶材料之扁壓負担力kg(kg／m²)。因此所生之磨擦阻力在每一單位面積上爲 μ·Kq，所以Justrow 對於普通來復綫凸邊壓力以外之增加力定爲 $Kq \cdot \sin\alpha \cdot f(\sin\beta+\mu\cos\beta)$，其中 f(m²) 爲導帶全周被壓之面積，β爲過渡圓錐之傾斜角度，來復線凸邊壓力在槍砲管上最危險之地位爲彈丸開始運動至最大藥氣漲力兩地之間，Justrow 於公式(16)中之N加入上述之增加力，以最大藥氣漲力p_1代 $\frac{G}{g}\cdot\frac{dv}{dt}\cdot\frac{1}{R^2\cdot\pi}$，全部再除以導帶寬 b(m) 及來復綫深度 t_1(m)及來復綫數n之積，得下列在管中最危險地位之來復綫凸邊壓力 N_0(kg／m²)。

$$N_0 \equiv \frac{1}{n\cdot b\cdot t_1}\cdot\left[\frac{3J}{m}\cdot p_1\cdot tg\alpha+kq\cdot\sin\alpha(\sin\beta+\mu\cos\beta)f\right]$$

[n來復綫數；b 及t_1爲導帶之寬及深； J(kg m sec²) 彈丸繞中心軸之慣性率；m(kg m^{-1}sec²) 彈丸質量；p_1(kg／m²) 最大藥氣漲力； Kq(kg／m²) 最大扁壓負担力；β過渡圓錐之傾斜角度；α不變來復綫之角或漸變來復綫之初角；μ磨擦係數；f(m²) 導帶受壓榨之面積]。

H. Lorenz 則用近似法$10^5\cdot R^{-1}$計算壓榨阻力(kg／m²)。Justrow 對於此點不表同意。

b) Tustrow 計算彈丸受壓榨時之變形工作如下

$$A(m\,kg)=\mu\cdot Kq\cdot f\cdot l$$

kg(kg／m²) 爲最低限界之扁壓力；f(m²) 導帶面積；l(m) 槍砲管內過渡圓錐之長。

V. 炮管自由迴轉及自由後坐時彈丸之角速度

迄今所討論者，係假定有來復線之砲管本身於空間並不活動，v_e 表彈丸對於空間之初速。

今假定槍砲管有自由活動性，求彈丸迴轉時之角速度，或相當適合於彈丸飛行空中之迴轉數以及角加度與來復綫阻力，是項活動性可分下列數種：

(1) 槍砲管繞腔軸固定，絕無磨擦，能自由轉動；

(2) 槍砲管於射擊時在腔軸方向可自由後坐；

(3) 兩種活動性同時發生。

1. 槍砲管繞腔軸自由轉動，絕無後坐

彈丸在右轉來復綫槍砲管中運動時因受來復線之壓力而右轉，惟砲管則因彈丸之反應力而左轉，此種砲管迴轉對於空間之角速度應爲 ω_r ，彈丸對於空間之右轉角速度爲 ω_g ，ω_g 比較前述砲管固定時彈丸之角速度

$$\omega = \frac{v\,tg\,\alpha}{R};$$

在砲口 $$\omega = \frac{v_e tg\,\alpha_e}{R}$$

爲小，卽小去砲管左轉之角速度

$$\omega_g = \omega - \omega_r = \frac{v \cdot tg\,\alpha}{R} - \omega_r 。$$

從彈丸及砲管繞腔軸之慣性率，根據力學原理"砲管及彈丸力積能率之代數總和應等於零

$$J_r \cdot \omega_r - J_g \cdot \omega_g = 0$$

可定 ω_r 之值，以前述代入上述得

$$T_r \cdot \omega_r = T_g \left(\frac{v\,tg\,\alpha}{R} - \omega_r \right),$$

復得

$$\omega_r = \frac{v\,tg\,\alpha}{R} \cdot \frac{J_g}{J_r + J_g}; \quad 在砲口 \quad \omega_r = \frac{v_e tg\,\alpha_e}{R} \cdot \frac{J_g}{J_r + J_g}$$

$$\omega_r = \frac{v \cdot tg\,\alpha}{R} \cdot \frac{J_g}{J_r + J_g}; \quad 在砲口 \quad \omega_g = \frac{v_e tg\,\alpha_e}{R} \cdot \frac{J_r}{J_r + J_g}$$

2. 砲管後坐，並不轉動。

若砲管後坐則彈丸本身在有來復線砲管中已有迴轉數，設砲管後坐之速率爲 V，則彈丸在空間之角速度爲 $\frac{V \cdot tg\,\alpha}{R}$，於砲管靜止時彈丸在腔軸方面對於空間之前進速率爲

v，其角速度爲$\frac{v \cdot tg\alpha}{R}$，有如前文所述。今若兩種情形同時發生：彈丸對於空間之前進速率爲 v，砲管以速力 V 後退，則彈丸對於空間之角速度應爲：

$$\omega = \frac{(v+V)tg\alpha}{R};$$

每秒鐘之迴轉數

$$n = \frac{(v+V)tg\alpha}{2\pi R}$$

特別彈丸離砲口時爲

$$\omega_e = \frac{(v_e+V_e)tg\alpha_e}{R};$$

$$n_e = \frac{(v_e+V_e)tg\alpha_e}{2\pi R}$$

今 v+V 卽彈丸對於砲管之速力 v'，

$$v' = v+V;$$

特例　$v'_e = v_e + V_e$；

如是可知 v'_e 卽爲彈丸之初速，可用 Boulengé 或火花測速器測定，惟測速時之測網不可固定於空間中宜固定於砲管上隨砲管而進退。

由此吾人乃得下列結果：

關於以前彈丸角速度公式（5），角加速度公式(10)及(11)，純粹來復線阻力公式(14)及(17)，於砲管後坐時同樣適用，只須注意公式中之速力並非以前對於固定空間之速力 v，乃用對於砲管後坐之速力，此速力等於彈丸對於空間前進之速力與砲管對於空間後退速力之和。

上述情形不僅適用於砲管能自由後退，且亦適用於砲管受制止之後退。

3. 砲管後坐，同時繞腔軸迴轉

來復線右轉時彈丸繞中心軸迴轉之角速度以砲管後退而增加，特別在彈丸離砲口時

爲$\frac{V_e \cdot tg\alpha_e}{R}$；以砲管左轉而減小，卽減少砲管左轉之角速度$\frac{tg\alpha_e \cdot v_e}{R} \cdot \frac{J_g}{J_r+J_g} \cdot$

所以彈丸離砲口時對於空間之角速度 ω_e 應爲

$$\omega_e = \frac{tg\alpha_e}{R}\left(v_e + V_e - v_e \cdot \frac{J_g}{J_r+J_g}\right)$$

$$= \frac{tg\alpha_e}{R}\left(v_e \cdot \frac{J_r}{J_r+J_g} + v\right)$$

(未完)

新高級炸藥三甲烯三硝酮

(Triméthylen trinitramine)

意國諾伯爾廠理化研究室工程師 Avogadro 著述

王　仍　譯

三甲烯三硝酮爲意國(Italie)亞維谷里亞那城(Avigliana)諾伯爾(Nobel)工廠新造之高級炸藥。此炸藥在三十餘年前，已經試造，但未進於實用。蓋製造時，須用蟻醛，(Aldéhyde formique)而所費之成本奇貴。嗣因木精(Alcool méthylique)合成法(Squthése)實現，而此炸藥始可以經濟之誘導法，大規模製造，其出品以梯四(T_4)名之。

斯替巴協氏(Sttibacher)曾實現一種木精誘導炸藥，諾伯爾廠亦曾製造，即所謂戊硝醇(Penthrite)者。其成分與梯四相類似，化學原名爲 Tétramtropentaérythrite，亦係多硝基木精誘導體。戊硝醇之安定性頗高，但此點實非炸藥之重要條件，而其感度較敏，對於使用上之安全，不免稍有問題。

因上述之理由，諾伯爾廠決意拋棄戊硝醇，採用梯四，作大規模之製造。茲將梯四之各種性質，分別研究如后。

1.一般物理性質

梯四爲白色結晶粉末，用醋酮(acétone)加熱溶化後慢冷却時，得無色透明之大結晶。溶解點爲攝氏 202° 。(在此溫度，即發生瓦斯，自行分解。)梯四對於光線，不生作用，不吸濕，無味，無毒；處理者，吸入多量粉末時，亦不呈病態。

梯四事實上在冷水中不溶解，在溫水中溶解度如下：

水溫　20°C……………溶解度 0.007%

水溫　100°C……………溶解度 0.15%

梯四在尋常溶劑，如酒精(alcool)以脫(ether)本輪(benzine)吐倫(toluen)可

樂芳 (chloroform) 揮發油 (essence de pitrole) 二硫化炭 (sulfure de carbone) 四氯化炭 (tétrachlorure de carbone)等，大都能溶，在醋酮 (acétone) 內，最易溶解，常溫時可溶5%，加熱時可溶至 10%。又在醋酸及濃硝酸內，均能溶解。

粉狀梯四之假比重(連空隙計算)爲 0.8 至 0.9。其眞比重(不計空隙)爲 1.76。結晶比重爲 1.83。壓榨後之比重如次：

壓榨時所用之單位壓力　890Kg／cm²……………比重 1.50

壓榨時所用之單位壓力 1870Kg／cm²……………比重 1.64

壓榨時所用之單位壓力 3780Kg／cm²　……………比重 1.69

將梯四加熱至 100°C 在 60 日內不起變化。又加熱至 120°C經過 48 小時，或150°C 24小時，則重量減少 25% 變成黃色，再徐徐加熱至 202° 時，發烟溶解，繼續將溫度加高，則在短時間內，全部分解。急速加熱至 280°C 時，立卽爆發，用火焰點火時，發帶紅色強光燃燒。

2.一般化學性質

梯四對於其他類似化合物之特點，爲硝䤟 (Nitroamine) 之誘導體。一般醇類之硝酸外，其硝基常附於氧氣原子，如：

$$C-O-NO_2$$

又硝化芳香族之硝基，必附於炭素原子，如：

$$C-NO_2$$

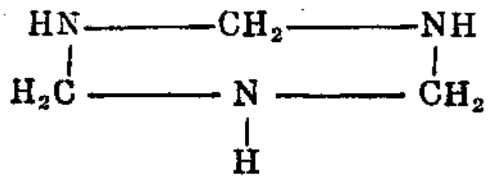
至於硝䤟，則其二N原子，直接連結，如：

$$C-N-NO_2$$

梯四實爲三甲烯三硝䤟，(Triméthylentrinitramine) 成環狀式如后：

```
O₂N——N——CH₂——N——NO₂
      |          |
     H₂C —— N —— CH₂
            |
           NO₂
```

卽三甲烯三䤟 (Triméthylentriamine) 之硝化物，三甲烯三䤟之構造式爲：



蓋亞醛蟻醛 (iminoformaldehyde) $CH_2=NH$ 之假想的三連體。

純梯四呈中性反應。

梯四在濃硫酸中，發生瓦斯分解。在 90% 強硝酸內可溶，但不變性，加水即析出，在 63% 之硝酸內，可以煮溶，亦不變性，冷却即析出。對於稀硫酸，稀硝酸，各種強度之外酸，以及一切外基，在常溫或加熱，均不生作用。

3.安 定 性

經過水煮之梯四，對於亞伯爾 (Abel) 安定試驗，(在 80°C 用 amido-ioduré 紙反應) 60 小時，不起反應。

依一九二九年九月份之 (zeitschrift für das gerante Schiess und Sprengstoffwesen) 所載，梯四對於 132°C之耐熱試驗，其安定性與梯恩梯 (trotyl) 相當，即經過八小時之加熱，梯四亦不起多大變化。至於特脫利 (tetril) 及戊硝醇 (Penthrite)，則僅以一小時之加，已大部分解。

依達里亞尼 (Taliani) 安定性試驗，梯四與他種炸藥之比較如次：

加熱時間	梯恩梯	梯四	特脫利	戊硝醇
0小時	6.56	6.53	6.47	6.85
1小時	6.52	——	3.11	3.03
2小時	6.53	5.81	2.96	2.64
3小時	6.34	——	——	2.32
4小時	6.34	——	2.98	2.22
5小時	6.27	5.73	——	發紅烟
6小時	6.27	——	2.73	發紅烟
7小時	6.25	——	——	發紅烟

8小時	6.22	5.68	2.68	發紅烟

4.爆　發　性

依梯四之成分，可作理論的分解式如下：

$$C_3H_6N_6O_6 \rightarrow 3CO+3H_2O+3N_2$$

由上式觀之，每公分分子(molgramme)卽222.063公分之梯四，作完全燃燒時，理論下欠缺3公分原子(atomgramme)卽48公分之氧氣，計等於梯四之21.62%，設不要求一氧化炭(CO)之燃燒，則梯四本身所含之氧氣，亦不得謂爲不足，特分解時所能發出之熱量，(理論上)較有充分氧氣時稍小耳。

根據卡斯特(Kast)氏試驗之結果，梯四及其爆發瓦之成分如下：

梯四之成分		梯四爆發瓦斯之成分	
C	16.21%	CO	25.22
H	2.70%	CO_2	19.82
O	43.24%	H_2O	16.32
N	37.83%	H_2	0.90
		N_2	37.83

依上記成分，梯四之實際分解式如下：

$$C_3H_6N_6O_6 \rightarrow 2CO+CO_2+2H_2O+H_2+3N_2$$

玆將試驗或計算所得，關於梯四之威力以及感度之種種數值，列表如后，以與其他各種炸藥，作詳細比較。

查下表所列，梯四之爆炸速度及爆發壓力，與戊硝酥相差無幾，而梯四之裝塡比重較大，故破壞力較戊硝酥之破壞力爲高，現世各種高級炸藥，皆不及之。卽所謂最猛烈之膠質炸藥，亦不能駕乎其上。

	梯四 (T$_4$)	戊硝醇 (Penthrite)	膠質炸藥 (Gélatine explosive)	黃色藥 (A.Picrque)	梯恩梯 (Trotyl)
最大裝填比重 △	1.70	1.62	1.63	1.69	1.58
每公斤之生成熱c (K.cal.)	206.7	422	437	204	70.5
每公斤之爆發熱Q(K.cal.)	1390	1400	1540	1000	950
標準瓦斯體積V (l/kg)	908	780	710	675	690
渣爐比積 a	0.908	0.78	0.71	0.675	0.69
爆炸溫度 T	3380°	4050°	4300°	3230°	2800°
爆發點 t	290°	290°	200°	310°	295°
爆炸速度 v (m/s)	8380	8400	7800	7100	6700
爆炸勢力 C=EQ (kgm)	591	595	654	425	404
爆發壓力 $f=\frac{P_0 VT}{273}$ (kg/cm^2)	12,600	12,700	12300	8950	8080
能力係數 R=VQ	1262100	1092000	1093500	675000	655500
破壞力 B=f△v	179790	172820	156300	107400	86100
鉛鑄試驗 (cm^3)	520	540	620	350	310
Kast 試驗 (mm)	5.2	5.1	4.8	4.1	3.6
2公斤錘擊試驗 (cm)	42	38	10	60	80

梯四經多種試驗，有進諸實用之可能。但梯四不能熔裝，實其缺點。爲達到熔裝目的，可將梯四之粉末，和於能在 100°C以下熔融之炸藥中，作爲糊狀鑄製。依此法可得1.55–1.60之裝塡比重，如是其威力雖力不免稍減，但尙較現今所用之各種炸藥爲高。且此種混合物之感度，較之純梯四爲低，使用上比較安全。

將純梯四裝炸彈內，以高速度之步槍或機槍之彈丸射擊貫穿時，梯四可以着火，但不爆炸，且於數秒時後，自行熄滅。而戊硝醇對於同樣試驗，立卽爆炸，依上述情形，用機槍連射時，梯四亦有爆炸之可能性，但熔裝者，此弊可以免除。據試驗所得，梯四之內，和以 30% 之可熔炸藥，卽能得到需要之安全度。

用壓裝之純梯四，與梯恩梯比較，在泥土內炸力，梯四約等於梯恩梯之1.9倍。對於攻堅(如破壞鋼骨水泥)，梯四約爲梯恩梯之2倍。此等實驗結果，與理論上之炸力數值對照，大體相予。

梯四威力之偉大，已如上述。故各國軍事當局，咸有注意硏究之傾向。

探照燈及聽音機

江德潛

一、總說

法國元帥福煦氏嘗曰，「將來的戰爭，完全是科學的戰爭！」所以科學愈進步，戰爭所利用於科學的，亦必愈多，譬如就歐戰期間而論，各種新兵器的發明，和軍隊機械化的實施，那一件不是科學研究的成績！經這次大戰的經驗，推想到將來的大戰，必是飛機和毒瓦斯的戰爭，其慘狀更十百倍於以前的戰事，因爲飛機不需很大的準備，在其他部隊尚未完全配置妥善以前，飛機就可以立刻出發，帶着巨量的飛機炸彈，或毒瓦斯彈，向敵人的城市，要塞，名庫，陣地，及鉄道等，加以猛烈的攻擊，而使之消滅，最低限度，也可以擾亂敵人的軍心，破壞城市的安甯，而獲得相當的勝利，這就中國歷次不幸的內戰，和這次日軍卑鄙無人道的投彈破壞政策，卽可證明飛機攻擊的效力，是很偉大的了！但是對於飛機的防禦，自高射砲創製以後，效力逐漸增加，至歐戰末期，白晝飛機攻擊的威力已大爲減少，歐戰以後，以迄於今日，防空用自動射擊的高射砲，及輔助器械日益進步，飛機攻擊的威力，更爲減少，於是就有所謂夜間襲擊的方法，飛機或飛船在夜間利用城市的燈光作目標，施以攻擊，收效極大，譬如歐戰中，倫敦城因爲怕德國齊伯林飛船的夜襲，幾乎不敢舉火，其威力可見一班，因爲在夜間，射擊飛機，是非常困難的，目標既看不見，雖有聲音，究竟飛行迅速瞄準不易，因此便有探照燈及聽音機的創製，換言之，攻的方法愈進步，防禦的方法，亦必愈進步！因有探照燈的照明，纔能使高射砲，在夜晚同日間一般的易於瞄準；因有聽音機的測定，纔能使高射砲隊及探照燈隊，知所準備，並因其能測知目標的方位，而使探照燈自動的向目標探照，自有了這兩種重要的輔助利器，防空問題，因之有相當解決，我們中國一向是毫無防空設備的，都市，要塞，城市，完全無防空空軍隊等等之設施，這次暴日犯境，總算與我人以極大的覺悟，知空軍的重要，將來非積亟整備建設不可。所以除高射砲以外，這兩種

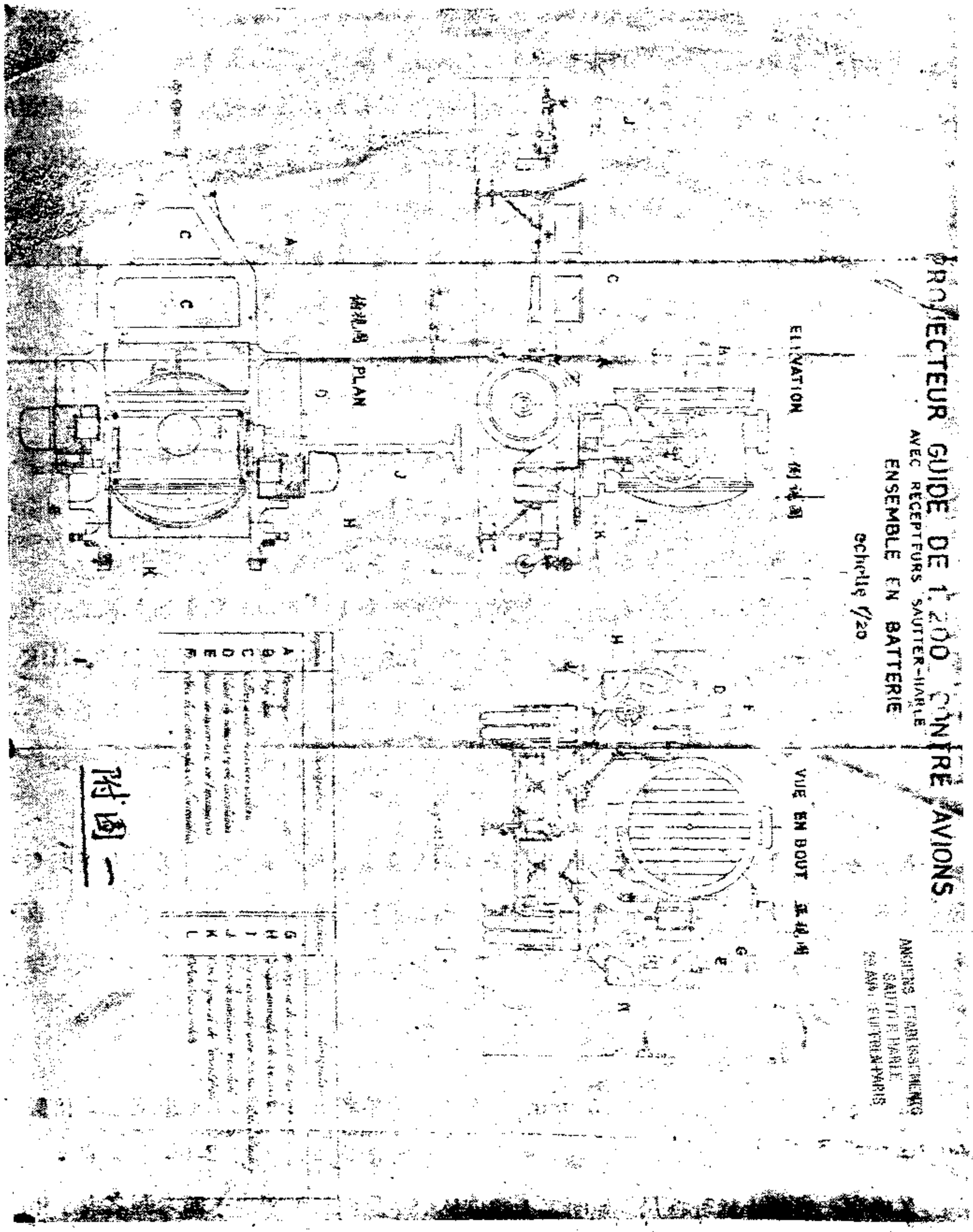
重要的輔助器械，更非從事研究不可了！

二、探照燈

探照燈對於防禦飛機的最大任務，便是探照目標，使高射砲能追隨瞄準，但是飛機的飛行速度很大，探照燈因須能追隨監視，又必定具有大的移動性，現在軍用探照燈，除要塞上或城市間固定者外，大概是裝置在汽車上，或裝置在特製的座車上由曳行車拖行，所以移動性極大，能迅速的運用，或追隨飛機探照，至於燈本身的運用，最低限度，左右須能迴旋360度，仰角須達90度，俯角須達5度以上，燈的本身，由軸承的支持，放在能迴轉的架上，架底盤刻着度數，軸承上更附以俯仰的裝置，也刻着度數，使操縱的人易於管理。操縱的方法，大率有用人力或電力二種，前者謂之直接操縱，卽操縱員接近探照燈，以管理左右俯仰的運用機構，後者謂之間接操縱，卽操縱員離開燈本身，在相當的距離外以電氣操縱，所以免探照燈被敵破壞時的危害，大率一公尺以上直徑的探照燈，都具有這兩種操縱性能。附圖爲法國巴黎 Sautter-Harle 廠出品 1.2 公尺探照燈的操縱機構圖，爲用手操縱時的情形，圖內 A爲特製的探照燈拖車，燈卽固定於車上，由汽車曳行， B爲反射境直徑 1.2 公尺， C爲貯零件箱， D爲左右方向之運轉輪， E 爲俯仰方向之運轉輪， F爲左右方向運轉弧齒輪， G爲俯仰方向運轉弧齒輪， H爲操縱員座位， I爲點火裝置及遮光屏之手柄， J爲輔助靠手， K爲左右旋轉之刻度盤， L遮光屏，當暫時不用時，可將此屏閉之。

附圖一　（見次頁）

附圖一


PROJECTEUR GUIDE DE 1,200 CONTRE AVIONS
AVEC RECEPTEURS SAUTTER-HARLE
ENSEMBLE EN BATTERIE
échelle 1/20
ELEVATION
PLAN
VUE EN BOUT
附圖一

以上可述之移動性是探照燈第一個必要條件，第二個必要條件是光強，因爲飛機來襲擊的時候，爲避免發動機的聲音被地面上的敵人聽見計，總是飛得很高的，或者更在雲上層飛行，等到飛近城市或目的地時，突然降低，以機關槍掃射，或拋擲炸彈，這時再去抵禦，已經措手不及，其次卽使飛機發動機的聲音被聽音機聽到了，如果探照燈的光力不強，而飛機的飛行甚高，那是明知敵機已到，却因光弱不能照及，使高射砲，無從瞄準，亦是徒然，所以探照燈的光力，非極強不可，最低限制，亦當等於高射砲的有效射程，關于探照燈的設計，最重要的，便是反射鏡，光強的大小，光距，射光角等均由此推算而得，茲先舉重要的名詞以資說明。

光距 Range ——卽探照燈照遠所達之距離，在此距離之極端，其光強在明朗之天氣中爲一Lux。

最大光距 Extreme Range 或 Maximum Range —— 卽探照燈照遠之最大距離，在此距離之極端，其光強能使人認識報紙上之字母，或表面之時間，約與滿月時之月明相等，或等於 $\frac{1}{4}$ Lux。

HK (Hefnerkerze) —— 爲德國之單位光強，或稱爲 Hefner C P 在法國爲一 Carcel(＝10.75HK.)，英美則爲標準燭光 (InternationalC.P.) 約等於 1.11HK。

Lux ——光力之單位，卽光強 1 HK於一公尺距離之平面上所能有之光度也。

鏡面比度 Aperture ratio —— 卽反射鏡直徑與焦點距離之比例，一般探照燈均在1～4之間。

探照燈光強之原則爲，由光源發出之光，經反射鏡之反射後，須能以平行光線射至遠處，因如此可使光力集中於一點，換言之，卽探照燈射光角度愈小，光距愈大是也，然實際尙不能達到此目的，現今可用之反射鏡，均用拋物線式，其光強可以下式計算之

$$\left(\frac{\text{反射鏡直徑}}{\text{光源之直徑}}\right)^2 = \text{光強倍數}$$

舉例：有一反射鏡其直徑爲 500mm，其光源之直徑爲 10mm，則其光強之倍數爲 $500^2 \div 10^2 = 2500$ 換言之卽經反射後，光之強度較光源之本身，增 2500 倍是也。

又如有一目標，於五百尺外照明之，今欲於一千尺同樣照明之，而光源之大小相同

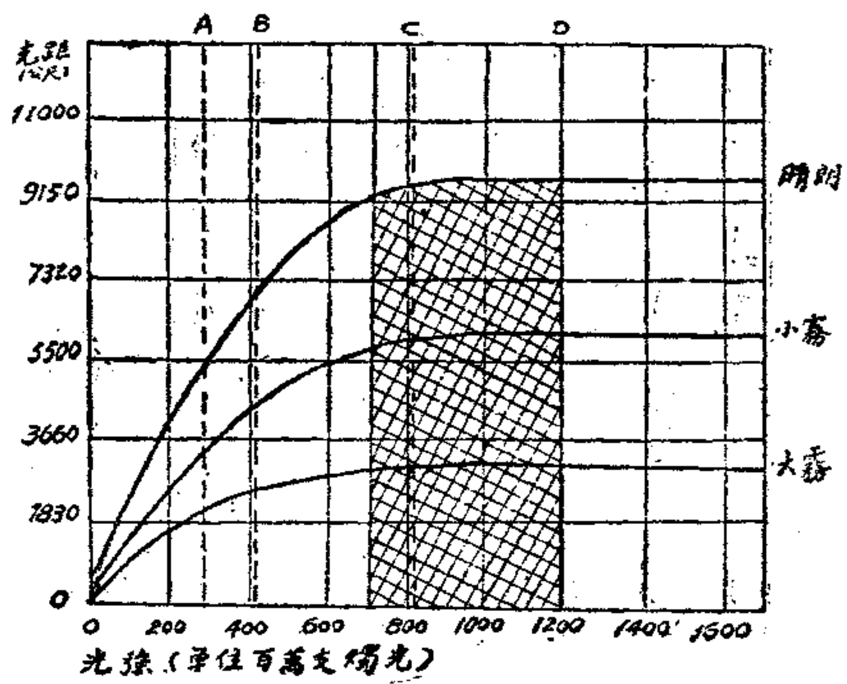
，則反射鏡之直徑，必須倍之，方能獲同樣之效果！

前所言光反射後，須以平行綫射出，然此不過理論上之需要，實際殆爲不可能之事實，無論如何，光綫間一定有角度，不過這種角度，可以使之極小罷了，玆名此角爲α，則

$$tg\alpha=\frac{\text{光源之直徑}}{\text{反射鏡焦點距離}}$$

此角之中心綫名爲光軸，光軸所具之光，比較強於軸的周圍的光，至于探照燈的光，照上面所說的公式是與光強及反射鏡直徑成比例而增加，但據實驗的結果，目前探照的光距，是有限制的，即到了相當的距離以後，即使增大光源及反射鏡直徑，亦不能再加增光距，玆舉美國專家Gillmor及Bassett君就實驗結果的報告表，可以證明此說。

附圖二



圖中 A——150安培 弧光　36吋(92cm)探照燈

B——150 ,,　,,　44,,(112 ,,)　,,

C——150 ,,　,,　60,,(152 ,,)　,,

D——250 ,,　,,　60,,(152 ,,)　,,

圖中方格綫部爲光距及光強之界點，如152cm之探照燈，其最大光距是八千萬支燭光時的 9500 公尺，過此則增加燭光，亦不能增加照遠距離，在界點以前，則光強與光距成比例增加，以上是指天氣晴朗而言，如在小霧時，則同直徑的探照燈，其光距減至6000公尺，在大霧時，則更減至 2900 公尺，可知天氣情形，與光距是極有關係的，因爲雲霧，或烟氣，都能吸收光力，卽不良好的反射鏡，或燈面玻璃亦然，所以據測算，光源的光強經反射後，常被吸收百分之 15~30 。這種損失，由積極的將反射鏡改良，可以減至最少限度。如用最良好之磨光結晶玻璃，或用最良的鋁合金鍍以銀，亦可減少損失。

探照燈的光距，因雲霧烟氣的吸收而損失之巨，已由附圖二，可以證明，據光學專家之研究，謂長波之黃色光，較白色光能穿透雲霧，因雲霧每阻止短波之綠色，藍色及紫色光之穿過，而將其反射，致使目標反因此減其顯明，所以要解决此種缺點，必須將此種短波光除去，而代之長波黃色光綫，如德國蔡司廠曾有此種試驗，都有顯著的成功，將來或許有更佳的改良，使飛機在雲霧裏面，也可以同樣探照！

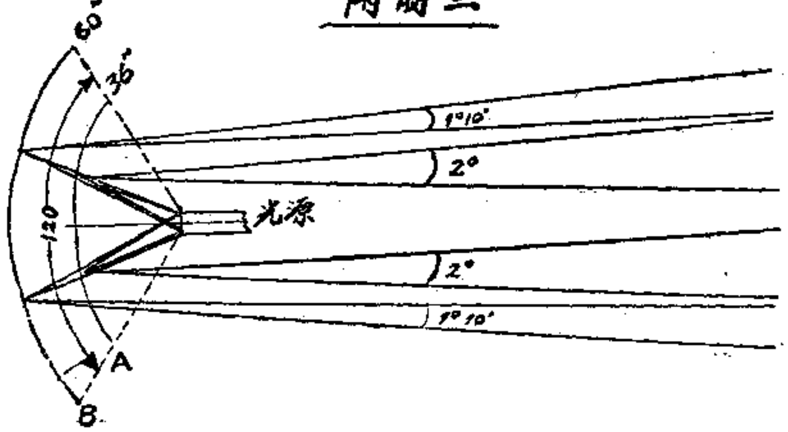
由圖二更可知 36 吋的探照燈，光距太小，實不適用於防空，最適當的，當然以用60吋的爲是，因爲此種探照燈，在天氣晴朗時，光距在 9000 公尺以上，固然已經綽乎有餘，卽使天氣不良，其光距亦在 4000 公尺以上，亦足以應付了。各國防空用探照燈，大率是這一類。

前面已說過，要使探照燈發出 80,000,000 支燭光的光強，反射鏡的直徑，須有60英吋（卽 152 cm.）之巨，並須有極大的弧光光源，至少要用直徑十六公厘的陽炭條，每平方公厘一·五安培的電流，卽密度180安培之總電流，使之通過炭條，始能有效，玆列數種如下：

反射徑直徑 (吋)	(公分)	需要電流量(安培)
30	75	80～90
36	90	110～120
48	120	140～150
60	152	180～200

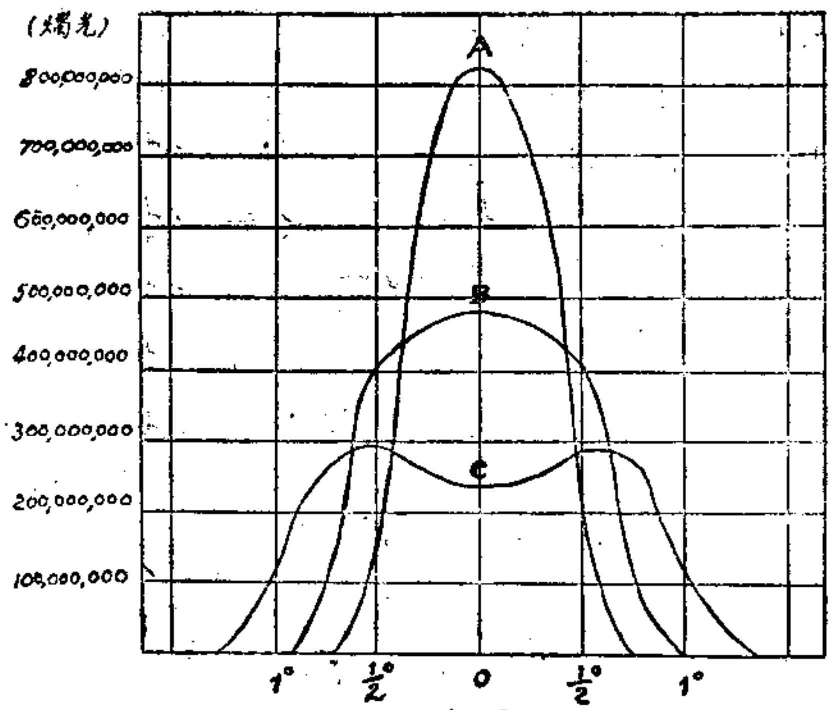
探照燈之光綫，理想上，固以平行爲最佳，實際上，殊不可能，前已提過了，所以在可能範圍內，應設法使此角愈小愈佳，由實驗的結果，知反射鏡的邊沿伸張角，以120 度的拋物綫圓弧爲最良，如此可將光源射出的光，盡量收入，而反射角甚小，此與理想者漸形相近，附圖三 A爲 36 吋直徑之探照燈，B 爲 60 吋直徑之探照燈，圓孤角爲120度，36 吋直徑反射鏡之射角爲2度而 60 吋者則僅爲1度 10 分而已。

附圖三



光源的位置，對於光強，亦極有關係，因光源位置的不正確反射的光強就減小，由實驗證明，光源在焦點上，則光力最強，光源離開焦點八分之一吋(三，二公厘)，光強減百分之三十，光源離開焦點四分之一吋(六，四)光強就減少百分之六十，附圖四卽是根據實驗，所成的表，表示，光強與反射角，在不同的光源位置之差異，A 爲光源在焦點上，B 爲光源離開焦點八分之一吋，C 爲光源離開焦點四分之一吋，由圖可見，光源位置些微的不正確，已可使 60 吋直徑探照燈之光強，降爲 36 吋的光強，其影響之巨，於此可見，所以光源的位置，須保持絕對的正確，現在各種探照燈的光源裝置，大都是自動的，陽炭條燃燒經過相當的時間，尖端消蝕，能自動校正其位置，至陽炭條經強電流的通過，常常很快的消蝕，因此現在更有加以稀薄的礦物質，使與陽炭中心混合，以減緩其蒸發速度的方法，惟尙在進行研究中，玆不贅述。

附圖四



玆節錄德國蔡司公司所造之 150 cm（即 60 吋）優良探照燈的說明以供參考：

“此鏡有極精良之拋光鏡，係最好磨光之結晶玻璃所製，配以強有力之罩框，內徑 150 cm ，框內設有出氣處，及風扇烟囱，爲迅速傳熱之用，又有炭精移動機關，爲調整燈光焦點之用，有瞭望器爲核正光線焦點之用，全力有發電力 150 安培，電壓 75 伏爾脫，燈之前，有玻璃罩，以護燈光，以蔽風雨，又有鐵皮罩，以防碰損，有信號器，以資識別，全燈懸於鐵架，而座在活動之盤，凡各處轉運之軸座，均用鋼珠軸領，故運用輕便異常，燈俯度可至二十度，仰度可至百度，左右可迴轉三百六十度，此項動作，均以架旁之手轉盤，以手工主動之，或以馬達主動之，其發電機，應設在距約五十公尺之處，而以九組包象皮電線接通之，至於燈身轉動器，另又設有搖手桿，以備不時之需，其下復承以度數盤，及紅光小電燈，以爲規定燈位角度之用，此燈每一條炭精能發火三小時之久，光強 100,000,000 支燭光反射光度約爲一度半，淨重 1700 Kg 炭精(陽)徑 16mm ，長 1100mm ，(陰)徑 11mm，長 500mm 。

供給探照燈電流的發電機，因須隨着探照燈運動，大概都裝在汽車上，機身較輕，

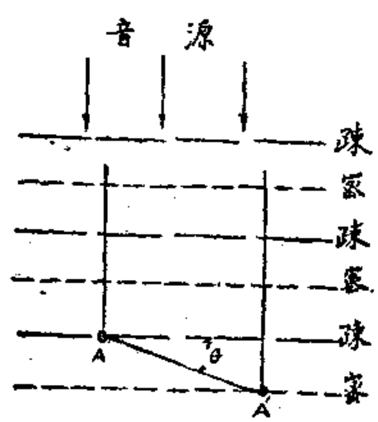
運轉的聲音，亦要低，以免擾及聽音機的工作。

三 聽音機

上述探照燈的最大任務，是，在夜間探照襲擊的飛機，使高射砲易於瞄準，而聽音機的最大任務，便是將敵機的方位，在尚未飛近探照燈有效光距之內，先精確的測得，使探照燈準備向目標探照，但是這時間是極短的，以普通偵察機或爆炸的速率，幾千公尺的距離，所需的飛行時間，絕對不會超過五分鐘，在最大飛行速率時，僅需二分鐘，而且這瞬間須以一半時間給自已的高射砲隊及驅逐機隊以準備，所以這幾分鐘的時間，一方須使探照燈準備探照，另一方面更須給防空部隊以準備的時間，聽音機本身可用的時間至多不過一分鐘，而測得的結果，又必須相當的準確，因為探照燈的探照角度不過一度左右，同時因目標須經短時間的探照後，始能望見，探燈就不能迅速的旋照，聽音機測得的結果，只要誤錯一度，即使探照燈大減其效果，由此可知聽音機有二種重要條件，第一是動作須絕對敏捷，第二是聽測必須十分準確。

聽音機的構造原理，無非利用兩耳聽神經正音源的意識而成的，譬如我們感到某一方發音的時候，如果有一耳的聽神經已損壞了，那僅能聽音而不能判別音的方向，如果兩耳的聽神經健全，那在十度的角度內，他立刻可以判別音的方向，我們的臉常是無意識的轉向來音的方向，換言之，就是我們的聽神經有使我們的臉正對音源的傾向，聽音機之所以能對正方向，便是應用這個原理，同時音波的進行，是疏密相間的，(見附圖五)這疏密相間的音波，感觸到耳膜，便發生聽覺差，假如同一波面的音，先到左耳，後到右耳，則聽覺音像先感受於腦的左面，兩耳間的聽覺差為 θ 角，若將頭旋轉，使聽覺差等於零即 θ 角等於零，即是同一波面的音，同時達到兩耳，則音像便感受於腦的正中，由此可以測知角度，上下的聽覺差，也是如此，所以聽音機大概至少有少須有四個聽筒，左右的是管水平方向，上下的是管高低角位的，所以聽音機的司聽員至少亦要二人，

附圖五



至於反射鏡形的聽音機，構造方法不同，又當別論，本期插圖第五，係美國最進步的 Sperry Sound Locator，司聽員將耳部套在一個皮製的頭罩裏面，使與外面的聲音，完全隔絕，較之從前用聽筒式的接耳器，又進步了許多。

聽音機的式樣，是很多的，因爲牠究竟是個新發明的東西，尚在繼續研究中，尚沒有判定那一種式樣爲最良好，現在大概有下列各種：

(一)喇叭形聽音機，是歐戰中最初創製的式樣，有八個喇叭形的聽筒。

(二)漏斗式聽音機，盛用於美國，如本期插圖便是。

(三)蜂巢形聽音機，將許多小聽筒並列組成如蜂巢形，據說可以增加感音度。

(四)反射鏡形聽音機，是將飛機發出的聲音收入於拋物綫形的反射鏡，經反射而集中於一點。

至于聽音機的感音度，是與兩聽筒間的距離成正比例，假定人的兩耳距離百十五公分，而因聽筒的伸張，變成距離三公尺，卽感音度較之原來增強二十倍，又聽音度與聽筒口面積成正比例，現在美國軍用漏斗形聽音機，他的聽筒口寬八十一公分，面積2520平方公分，聽筒長430公分，這種聽音機的最大聽距是22000公尺，在11000至13750公尺的距離內，並可以判定飛機的種類，方向，與角度，角度的錯誤僅爲$\frac{1}{4}$度，尤其是對於爆擊機，驅逐機及戰鬬機三者，能分別清楚，大概聽音機實際使用時，所有的錯誤是很微小的，高低角差不致於超過三度，方位差亦不過一度，各探照燈，能夠上下稍爲照動，對於效力是不致受影響的，飛行機的飛行速度與飛行角度，亦可以由聽音機追隨聽音的移動速度，而測知，再加以風向及風速的修正，卽得實際的結果，以此結果，自動的傳知探照燈，更進而作高射砲等整個的動作。

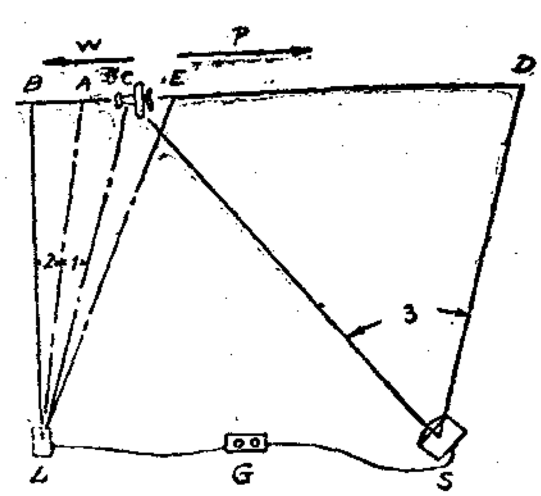
此外還有一個根本問題，關係利用音爲聽音機的存廢極有注意的必要，因爲現在聽音機的所以能發生效力，無非是因爲飛機發動機的聲音，如果飛行機再進步，設法將聲音減至減小，或更發明無聲飛機，那現在所有的聽音機，無論如何的靈敏，亦必成爲無用之物了，所以將來或許更一步的研究，或利用赤外綫 Infra-red Ray 來測定飛機位置，也屬可能的事哩！

四、探照燈及聽音機的聯絡工作

探照燈及聽音機對於防空效能，不是各別所能發生，而是由二者聯絡動作而生的。不僅于此，并須加以高射砲，自動修正器，操縱器，聯絡測算器及發電機的合作，纔完成整個的防空任務。

附圖六亦表示聽音機實際工作誤差之狀況，假定爲W風向之方向，P爲飛機飛行之方向，L爲聽音機，S爲探照燈，G爲修正器。當飛機在A點時，其發出之聲浪，以每秒鐘330 公尺之速度，達於地上之聽音機時，飛機實在之位置已在C點，故因傳聲速度所生之誤差爲角度1，同時聲浪自飛機傳出時，如風向吹向反對方向，則聽音機所聽得之音必似由 B點發出，即因風速所生之誤差爲角度2，故此時必須以飛機之實在位置C，使探照燈探照，D S 綫與 C L線平行，故角度3即爲探照燈應有之角度，所以聽音機所感到的飛機位置，常不是她的現在位置，而是她的過去位置，這位置若不加修正，而

附圖六



使探照燈探照，則不是照着她的後方，即是照着她的前方，因此必須預行修正，凡聽音機與飛機間的距離愈大，或飛機的速度愈大，風力愈強，則聽音機所測得的結果的修正數，亦必愈大，而且自聽音機修正後，傳達給探照燈的瞬間，飛機又已前進到 E的位置，必須再加修正，這兩次的修正，時間是極短，這便是自動修正器的重要工作，這修正

器上有四種自動裝置。(一)是聽音機與探照燈間基綫的距離 。(二)風的方向 。(三)風的速度。(四)飛機的高度。飛機的聲浪經聽音機的聽筒，在測算器上表示其方位角度及高低角，再經自動修正器的修正後而傳達於探照燈，更由操縱器聯結於高射砲，使砲口的方向，常與探照燈的方向一致，這便是全部防空聯合動作的最簡情形（參閱本期插圖第八）在佈置時，聽音與發電機間，至少要距離一千公尺，以免發電機的聲音，擾亂聽音機的工作，二者之間為探照燈，操縱器，測算器等，再在一千公尺外，便是高射砲的陣地，整個防空部隊的配置情形，大概如此。

在現在國防上，國土防空與都市防空，為最要的問題，防空的方法，亦日益進步，將來或者再有比聽音機及探照燈更銳利的偵察器械發明，亦屬可能，我國科學既不發達，兵工研究更是幼稚，空中意識未養成，防空設備更沒有，所以倭奴入寇。他們的航空機如入無人之境，到處活躍，蘇杭寧錫等大城，毫無防空設備，可以說對於日軍的航空攻擊，是完全無抵抗，轟炸焚燒，可憐已極，實是最痛心的事，尚未正式宣戰，我們所受的危害，已經如此，將來正式作戰，京滬杭一帶大城，不難在極短時間內，完全燬滅。我們應當如何的，努力前進，以挽回危險於萬一呢！

二一，三，六。

槍砲無烟火藥之製造（續）

（硝化棉及硝化甘油）

陳　運　晟

製　造　法

製造無烟火藥之根本方法。如纖維質之硝化棉。使用少量溶劑。施行膠化工作。旣成膠質後。經軋藥機。使之緊密。及切藥機。使之成形。最後復須將其中所含溶劑排出等工作法。約略如下。

（1）驅除硝化棉之水分。　施行膠化工作之硝化棉。須先將水分排出。排出之法。或放在空氣中。任其自然乾燥。或用最新式方法。用酒精將水分除去。（此時須用揮發性溶劑。此溶劑不與潮濕之硝化棉共成膠質者）。

硝化棉之去水。乃膠化工作前之必需工作。但對于硝化甘油火藥。則往往可節省此項手續。

（2）硝化棉之膠化工作。　施行膠化法。須按照溶劑之性質。尤須特別注意者。卽此溶劑。將來是否留存火藥內。或可由火藥中。復行排出。製造硝化棉火藥時。將硝化棉用酒精調之。再加以脫。然後放入合藥機內。施行捏和工作。使成膠質。對于製造多數硝化甘油火藥。使用此含水硝化棉。直接加以硝化甘油。施行膠化工作。必要時加入他種揮發或固體附加物。工作時。此浮水內。溫度極高之棉纖。或從前面加入合藥機。使完全成膠質。或經預先膠化後 Vorgelatinierung 再加以揮發溶劑。放入合藥機內。

（3）膠質硝化棉之緊密工作。　普通膠質法。所出之火藥。均極鬆疎。此鬆疎之火藥。經壓藥機之壓榨。或經軋藥機之轉軋。成爲緊密火藥。此時幷經空氣之吸引。將水分除去。有時俟緊密火藥之水分蒸發後。再用熱軋藥機軋之。

（4）壓榨緊密火藥。使成條形，索形，帶形及管形。施行此項工作之軋藥或壓藥機。須加高熱。俾此火藥。能於成形時得所必需之溫度也。

（5）其中一部分揮發溶劑。經膠質熱度。從藥條，藥索，藥帶及藥管中逃出。如不

用壓藥機。僅用軋藥機及切藥機時。則預先烘乾。亦可不必。

(6)條形，索形，帶形及管形火藥， 經切藥機。切成片藥條藥，索藥，長或短之管藥等工作。則均安置于切藥機內。(如須製片形火藥。則放入片形切藥機。)

(7)利用篩藥機。將過大或過小之火藥剔出。此項工作。僅可施行于小部分之火藥。

(8)火藥旣經成形後。則須將其內部所含揮發溶劑。完全驅除盡淨。此項工作。極爲遲慢。且對于硝化甘油火藥簡直不能達到目的。蓋此火藥與硝化棉在一起時。普通成一冷物體。此冷物體。不能耐熱水工作也。烘乾時或將火藥放入烘藥房內。在攝氏四十度至五十度下。經過長久時間。或放入真空箱內。在攝氏七十五至八十度下。經過短促時間。以施行之。此項高熱。對于硝化棉火藥。特別優適。故對于火藥烘乾後。倘用熱水引入。在攝氏六十至八十度下。施行最後烘乾工作。此工作對于軍用火藥。同時極爲有利者。卽經熱水後可將火藥中所含溶于水內之無機夾雜物驅出。而火藥則成爲海綿狀之組織。

最後將此含水之火藥。在攝氏七十五至八十度下烘乾。此時所發生之水蒸汽。可將火藥內尙未除盡之溶劑帶走。

(9)對于火藥之外表工作 利用固體溶劑。對于火藥之外表。施行最後膠化工作。可使火藥得慢進之燃燒。但此僅對于葉片形火藥。或切成極短之管形火藥。極爲有利。否則對于已成火藥之最後處理。常用樟腦或村塔利特溶液。此溶液加于火藥外層。對于火藥之膠質作用。極爲有利。此表面工作。亦多用黑鉛者。

(10)光藥 火藥上加一層黑鉛(薄層)。其法係將火藥放入一木箱內Pochholzkugel加入少許黑鉛。施行光藥處理。Graphitieren此項工作。常施于骰子形火藥。及其他小片之硝化甘油火藥。 硝化棉火藥。上有黑鉛時。則可去其電氣性質。硝化甘油火藥。上有黑鉛時。則使其對于裝藥。極有利益。并增高其立方密度。火藥用黑鉛磨光後。去塵工作繼之。

(11)火藥之去塵工作 係將火藥及黑鉛等。放入鼓狀除塵機內。鼓外用帆布織物裹之。轉轉時。則黑鉛，塵等被其篩出。

(12)和藥 Vermeugen　因欲得一彈道均一之火藥。故須將每日所製之火藥。特別混和。使成一體。

對于小工廠。出品不多之處。和藥工作。係利用一和藥棹。將藥在棹上混和後。任其墜下。對于短管形火藥。則利用振動機。對于長管火藥。則多用手混和之。

(13)濕氣之吸收　火藥經長時間，放置于空氣中。或經乾燥後。任其自然吸收潮濕。俾可得適當之潮濕量。而于彈道學上。獲均一之利益也。(注意此潮濕量。亦不可過多。)

(14)打包　因欲保持火藥之彈道性質。不使受外界之乾燥。及吸收過量之潮濕。致生變化起見。故此無烟火藥。須以不透空氣之火藥箱貯藏之。

硝化棉之去水工作

潮濕之硝化棉。其水分經離心機除去後。常有百分之三十至三十五之水分。存留于棉纖內。故對于膠化工作之火藥。須用醋以脫或以脫酒精處理之。

在無烟火藥初發明之第一年。其去水工作。係于烘房中行之。其法係使用木框。框上用厚棉花蒙之。再將潮濕之硝化棉鋪上。此工作法。乃製造火藥之最危險部分。當取出時硝化棉黏着塵埃。幾爲不可避免之事實。此成角及接痕之硝化棉。最易引電。故常惹起爆炸之虞。因爲避免此項危險計。故對于烘房之清潔工作。尤其在熱烘房內。不敢執行。

因欲將此危險工作法，完全除去。故利用吸收水分之溶液。且此溶液。須對于棉纖之繼續工作。毫無妨礙。爲當時製造家。盡心竭力。所研究者。

每一方法　使用液體，排除潮濕硝化棉之水分，至少須具下列數條件。

1.此脫水溶液。須與無論多少之冷水。均可混和。

2.此溶液對于硝化棉之繼續工作。須有幫助之能力。

3.此溶液須不溶化硝化棉。幷須不致引起一部分硝化棉，成爲膠質。更須不使硝化棉起不良化學變化。

4.水分與脫水溶液。混和時所發生之熱。須不達極高熱度。

各種溶劑。均與硝化棉之條件。不甚適合。惟醋酮則無論多少水分。均可混和。對

於多數硝化棉。兒悌曰酒精Äthylalkohol最爲適用。有時此酒精與兒悌日以脫Äthyläther混和。用作膠化劑。惟硝化度過。且在酒精內。易于溶解之棉纖。則用鋪潞鋪日酒精 Propylalkohol 去其水分。

脫水法不僅欲將各纖維間之水分除去。且欲將纖維內部。所含水分排出。但欲完全驅除盡淨。實屬難能。脫水工作。不完備時，則少許水分。尙固結于纖維內。此水分或經酒精。使變成酒精溶液 Spirituslösiug 所加之以脫。對此纖維。不能完全發生效力。而製出之膠質火藥。繼續工作時。不能得均一之形狀。故脫水法僅可用科學方法。始可成功。對于此項新式工作。有離心機(即酒精離心機)及脫水裝置。

1.酒精離心機

有蓋鐵甲離心機(又名酒精排水離心機。) 離心鼓直徑一千粍高三百九十粍。框槽係用銅製。再以銅槽嵌入。裝藥部分之寬爲二百粍。鼓之轉軸 Trommelkonus 係用特別良好之鐵製。鼓底係鐵製。二者均以銅皮包之。

鼓蓋係鋁製。可隨意取下。蓋上安有黃銅製之閉鎖。Schwarnierverschluss

鐵甲之下部傾斜。係鑄鉄製。其上部係鍛鐵製之貯物器。軸承 Lagerkonus 係鑄鉄製。上裝二錘。

此二鋼錘。係爲調節離心機旋轉速度而設。并安有旋環潤油裝置 Ringschmierlagern (此裝置可以隨時移置)

離心機安有制動機及發動機。其全部固定裝置及其裝設器具如下。

一、機蓋支管 上安出口活塞

一、銅蓋管

一、鋁製之盛物漏斗 俾棉纖等物。易于裝入鼓內。并有搗物器。使物體易于從漏斗加入鼓內。

一、鍛鐵製之酒精測量器 用以測量離心機內所必需之酒精也。

一、鍛鐵酒精收集桶 其容量約五立方公尺。并附密閉之瓶。

工作時離心機之旋動。係由于長軸，旋環潤油裝置，皮帶輪機，支柱石及其堅固裝置。

工　作　法

當離心鼓邊取出後。將鼓內圓形盛物器。用綿布蒙之。作成圓形套。套之上邊。向外披下。然後將六十公斤之乾硝化棉(約四十公斤乾硝化棉)由漏斗灌入盛物器。此時并使離心機徐徐旋轉。并用搗物器搗緊。

搗緊後用綿布將硝化棉蓋好。然後安上鼓邊。將盛物器關閉。

此時離心機開始旋轉。每分鐘旋轉數約一千轉。任其旋轉五分鐘。鼓內所盛之物。漸向鼓邊平均鋪置。而水則向外拋出。

對于酒精之加入。則利用多數銅製之分散管。酒精由此管，從離心機之摺蓋，而入離心鼓之內部。

銅管經一橡皮管。與二酒精測量器相聯。測量器高出離心機。約二公尺至二公尺半。測量器則與一具活塞之導管相連。二測量器之酒精。成分不同。第一測量器。則盛已經用過之酒精。第二測量器。則盛百分九十六未用過之濃酒精。當導管盛滿酒精後。插入離心鼓。然後將一活塞開放。酒精從管內流出。分散于硝化棉上。將水排出。

最初利用已經用過之酒精。三十五至四十公升。將離心機旋轉十五分鐘。直至無酒精流出爲止。然後加入濃酒精三十五公升。此三十五公升之酒精。分爲二次加入。第一次爲二十公升。第二次爲十五公升。第二次加入後。然後再將離心機旋轉十五分鐘。

脫水工作。自硝化棉之裝入及取出。共約一小時。

每次工作。得含酒精硝化棉。約五十七公斤。內含酒精量百分之三十。

此離心機之內容。可容九十公斤之溼硝化棉。

脫　水　機

例如爲四百五十公斤硝化棉火藥。在八小時工作時間內。所用之設備。其器具及機器如下。

1.三個銅製排水器　　直徑各爲三百糎。高一千五百糎。係用銅製成。上端有赤銅蓋。此外更有裝設十二安培之壓力計。及金屬製之彎弓鎖。又脫水機上方附有觀壓鏡。

2.三個鍛鐵製之酒精桶　　直徑各三百五十糎。高一千〇七十五糎。係鍛鐵槽製成。其底圓。有鑄鉄蓋。用螺旋旋緊。并裝有液體標尺。及其他必要器具。

3.三脚台　用T字形鉄柱三根架之。上具階梯。用以容納三個酒精脫水機及三個酒精桶。

4.鐵桶　爲直徑一千一百糎，高一千八百糎之壓縮器。上置壓力調節活塞，機油收集盤。及其他器具。

5.酒精貯蓄器　全容量爲一千五百公升。專盛純潔酒精。

6.鍛鐵壓力桶　爲供給酒精之用。

7.壓縮器　其工作力爲三十立方公尺。工作壓十二安培。旋轉數每分鐘二百次。發動力須二馬力半。

8.壓縮空氣之導管。及空氣抽唧機。聯接管及水管。

9.水壓機及鍛鐵製之貯水器。

此二組脫水設備。或同時拌用。或擇用其一。其必要之機器及器具如下。

1.除酒精離心機　此漏斗式離心機。有一不穿孔之空氣鼓。內裝漏斗。先將欲分離之液體。放入未穿孔之鼓內。固體，則鋪置于未穿孔之鼓上。而漏液則經內漏斗壓出。此壓出之清液。流入木桶內。

在未穿孔之鼓及內漏斗之間之圓形室內。用固體物質裝滿時。然後將其上蓋取去。此離心機。亦可設於火藥廠內。用作脫水機。

2.將用於脫水工作之酒精。回收精製後。俾復成濃厚成分之酒精。再行使用。所使用之機件如下

一，酒精蒸發器。

一，鍛鐵蒸餾罐

一，銅圓柱

一，銅製凝縮器

一，酒精冷却器(管狀冷却器)

一，黃銅流出管

一，酒精貯蓄器

一，抽水機

一，水桶

此外對于酒精棉藥。所需要之物如下。

鋅板箱每箱容量爲十公斤。箱具密閉蓋用以盛棉花火藥。箱之直徑爲三百五十粍。高六百粍。

除水工作法

將溼硝化棉(其含水量約百分之三十至百分之三十五)。用手裝入除水圓筒內。用水力緊壓。圓筒蓋以毛布封閉。再以螺旋旋緊。然後用壓榨空氣。在六安培下。將酒精測量器之酒精壓下。如此則水被驅出。此離開機械之淡酒精。則經觀察鏡(液體重量表)流入一貯藏桶內。厥後壓入一蒸餾罐內。供回收精製之用。

將離心機底開放後。含酒精之硝化棉。經壓榨空氣。壓入一特別桶內。此硝化棉所含酒精量。約爲百分之五十。此量較之繼續工作。所需要之數爲大。

此過多之酒精。可利用水壓機驅除之。而硝化棉則由鬆疎而變成塊形之物。(在一百至二百氣壓下)。最簡單之方法。即最後將排水機之壓力。加高一倍。至十二安培。亦可使酒精量達百分之三十至百分之三十五。

將流出之酒精收集後將硝化棉靜置。任其流出。

含水之酒精。經漏斗離心機。使其與硝化棉分離。回收精製之。

3.膠化工作法

如上所述。每種火藥之製造。均須經過膠化工作。其方法各異。須視乎製造硝化棉火藥或硝化甘油火藥而定。

硝化棉或硝化甘油之膠化工作。均各與其一定溶液相和。放入合藥機內。

如欲以附加物。加入火藥時。例如加狄分日阿敏。使增高火藥之安定性。Bestäudigkéit或加樟腦及村塔利特以減少火藥之燃燒速度等。則須于膠化工作時。必須加入以脫。

合藥機

普通合藥機及和藥機。均用皮帶輪發動。機之容量。四百公升。可容硝化棉八十公斤。

此機器係由一合藥槽(槽置於一極堅固之基礎上。有傾斜裝置。)合藥翼翅，發動軸

，皮帶滑輪機及傾斜錘組合而成。合藥槽係完全用鑄鐵製。具有雙套。以作冷熱裝置。幷附有蒸汽及冷液體出入口。槽內有合藥翼翅。均係用黃銅 Bronze 合金製成。合藥翼翅。特別緊密。合藥槽內。及合藥機械等。工作均極清潔。當出藥時。將槓桿插入。則槽自然傾斜。至一定程度時。(卽傾斜達極高及極深點時)則合藥機機關。自然關閉。

其輕而易啓之木蓋。則用橡皮隔之。使其緊密。蓋下設有分配管。槽上所置以脫瓶。可與合藥分離。或利用安于機器上之旋轉起重機。聯同木蓋。起置於機側。或逕將其取去。需要工作力。約四至五馬力。

工　作　法

使形成粉末狀之乾燥硝化棉。變成混合物 Kolloid (卽膠狀之物體)。其法至速。卽用普通溶劑液體。徐徐加入於同等重量之硝化棉內。卽可完成。但此乾燥纖維物質。最易成塊。變成極危險之物。故昔時卽已知對於此乾硝化棉。先用百分之三十酒精。使之潮溼。然後加以必需數量之醋以脫。醋酮或以脫。近時各製造廠。幾全用酒精潮溼法。凡施行膠化工作時。乾硝化棉內。加入重量六十分至七十分之液體溶劑。使助成一百分。然後由合藥機。使液體與硝化棉內部混和。成爲極有黏性之物質。合藥機具有二本平行軸。每軸上有扁平螺旋形之翼翅。工作時。此平行軸上之翼翅。在半圓形之槽內。相對轉動。將合藥盤內之混和物。依二軸之方向忽右忽左。繼續推動。合完後。使合藥槽傾斜。俾槽內所盛各物傾出。

密閉於鋅皮箱內。

普通膠化工作，所用之液體過少時。則其合藥工作時間愈久。

如用以脫酒精。與硝化棉混合時。則硝化棉之黏性。至高可達百分之三十。合藥工作僅須一小時。卽可竣事。惟最緊要者。卽工作時軸之轉動方向。須經多次變更。

如硝化棉在以脫酒精內。幾完全溶解時。則工作時。亦可少用溶劑。

硝化甘油火藥。與不揮發溶劑之混合。

如用硝化棉與硝化甘油混和時。則須先將一部分磨勻之硝化棉。放入水內。在空氣流通下。使成爲均一之攪拌物。水濾出時。則硝化甘油。完全被硝化棉吸收。此混合物中。硝化甘油之痕跡。幾不可見。

所用之水須熱至攝氏四十度。或熱至更高之溫度。因同時加入附加物時。須溫度極高。否則此附加物。恢變成堅固之物也。

乾溼硝化棉。均可利用。但以乾硝化棉。帶危險性。故常用溼硝化棉。且溼硝化棉。單獨部分之黏性。不易失去。　混和後大部分液體。經濾過拋出或壓榨等工作。使之分離。

其最有利益之製造方法。為將火藥之二主要原料。如上所述之法則。單獨混合。其餘附加物。(但須溶解於水內及未經膠質工作者)。則繼續加入。然後將全體。放入合藥機內混和之。

根據上述硝化棉與硝化甘油之混合及成膠質方法。可知一硝化纖維 Zellulosenitrat 實具有一種能與硝化甘油相混和。使之膠化之能力。

硝化甘油火藥。與揮發溶劑之混合。

利用棉花火藥，硝化甘油及醋酮。製造無烟爆發火藥。其法係用六十五分重量之乾硝化棉。放入一圓筒內。圓筒高十一・二公分。直徑七・五公分。然後用三十分重量之硝化甘油。用手工混和。且用一銅絲篩(篩眼寬十二糎)壓之。再將此粗糙混和物。放入合藥機內。此時合藥機內，預先加入三分之二醋酮。(即全重量七十三分之醋酮)。合藥機轉動後。再將剩餘之醋酮。(三分之一)徐徐加入。經過三小時半之混和後。再加五分凡士林Vaselin使合藥機繼續轉動三小時半。

對於硝化棉與硝化甘油混和時。使用揮發性溶劑。與膠化工作時。不用膠質液體。二者互相比較。則利用揮發性溶劑之利益。為能製成一種可溶性之可羅的棉纖 Kollodi-umwolle適合戰術上之應用。　但此揮發溶劑之最大缺點須於火藥製成後。將其逐出。倘逐出時烘乾工作，需時過久。易使火藥之化學的安定性。受有極大妨害。

工作時。如用乾燥硝化棉。及已經壓榨之少許乾硝化棉灰塵時。苟遇撞擊及摩擦。感覺敏銳。極易發生爆裂。

C.凝縮工作Verdichtung

藉溶劑之力。成為膠質之硝化棉經凝縮處理後使成為結塊之碎粉末。狀如麵包粉。有時成為極疏鬆之物質。此鬆疎物質。係於膠化處理後。經空氣或水所處理而成。

如取其中一小部分。用手指壓之。則此粉末。黏着成塊狀。由此可證明此物。乃易於成形者。此粉末呈黑暗色。

由上觀察。即可知火藥。已成黏性。故由合藥機。所出之新鮮火藥。係用軋藥機或壓藥機。施行凝結工作。使之成形。

舊式方法。對於火藥。在軋藥機間之凝縮工作。普通須時頗久。現在則利用壓藥機。粗製火藥內之空氣量。可經壓藥機驅除淨盡。故軋藥機之工作。不必須時過久也。　如粗製時用水浸溼。則除此水分時。非僅賴壓榨處理所能奏効。故利用溫暖軋藥機。

對於含揮發溶劑及空氣量最多之火藥。利用軋藥機。施行凝縮工作時。其工作須分爲數段(設軋藥機多部。分第一道軋藥機，第二道軋藥機及第三道軋藥機)進行。粗火藥先在第一道軋藥機處理。直至黏性稍減後。再放入第二軋藥機。最後放入精細軋藥機。

粗軋藥機。乃一極大機器。上具二軋輥，長六百五十粍。直徑約三百至四百粍。二軋輥或成水平。或成斜形。互相重疊。且可互相移置。

粗火藥經過第一道軋藥機時。軋輥之距離約五粍，以後每道次第縮小。最後僅二粍。

粗火藥如係用以脫酒精施行膠化工作者。則在粗軋藥機內。僅須軋二次至三次。俾以脫不致完全揮發。而第二次工作時。火藥亦不致太乾燥也。

繼續凝縮。則利用精細軋藥機。

此機普通較粗軋藥機爲小。具重疊軋輥一對。長五百至六百粍。直徑約三百至四百粍。將放在一起之藥條。依次軋壓。放入藥條處。用木板按照需要之寬廣作盤。將藥條放於盤內。喂入軋輥。則軋出之新藥條。兩邊完整無缺。軋出藥條之厚。則須視所製爆發火藥之用途及種類而定。且須注意火藥之縮縮。

經精細軋藥機。軋出之長條。(約二十公尺或更長之條)由工人用手將其捲起。如不須再用軋輥時。則放入不通空氣之鋅箱內關閉

軋輥有時須煖熱。但膠質硝化棉。其內部含有上述之溶劑時。則不適用。

對於製造硝化甘油火藥。則煖熱軋輥。爲不可缺之物。因在粗火藥中。普通所含水分

約百分之三十故也。

此粗糙物。於溫暖軋輥中。在攝氏五十至六十度溫度下。繼續軋壓。直至其中所含水分。幾完全散出時爲止。此繼續增高之溫度。僅對於含硝化甘油量極高（約百分之四十）之粗藥。始可適用。如火藥中之硝化甘油量。僅百分之三十時。則此粗藥在軋輥間。施行凝縮工作。過於乾燥。且對於使之成形時。放入索形或管形壓藥機。更嫌乾燥。

但如將軋輥。在攝氏八十五至九十五度溫度下煖熱。且對於六十至七十分硝化棉及二十至二十五分硝化甘油。所成之粗糙藥內。加入重量四分至七分之尿素，阿內灘。或起同樣作用之物質。則上項困難。亦可免除。而軋輥在此高溫下。對於粗糙火藥之凝縮工作。雖將水量排出至百分之一。亦無妨碍。

火藥之壓榨

如欲將膠化工作時。所用之溶劑。完全加以復製。則對於粗火藥。在軋輥下。施行凝縮工作時。最好使用水壓機。水壓機之關閉形式。極爲精良。機之內部。裝置精密。致鬆疎壓榨物。經增加壓力後。將其中所含空氣。完全消散。因火藥從壓機內。直接經過具孔之板 Düseu 壓出時。大多數即已成形。毫無困難也。

火藥之出壓藥機時，其先頭部分。僅用少許壓力。故不能如最後部分。完全不含空氣。落下之殘餘火藥。則分爲數起。從新處理。

如此施行凝縮工作之膠質火藥。過于黏着。則其中易含空氣。不能經一次壓榨。完全消散時。則施行預壓。預壓機內。不嵌鑄型。火藥經預壓後。成爲厚索。于是將鑄型嵌入。再舉行二次壓榨。使之成形。

已經用軋藥機。凝縮之火藥。再放入壓藥機內壓榨。使之凝縮。亦極有利。

經預壓之火藥。捲之成圈。放入壓藥罐內。當刺形桿插入圈之內部時。則各單獨之圈。互相合併。各捲圈間之空氣。易被逐出。故施行預壓之火藥。極爲均一。且全無氣泡。而火藥經過軋藥機後。再經壓藥機。使之成形時。其密度。且愈增高。

壓藥機具有懸吊及直立二種。玆將各項附屬機件分別詳論如下。

1.火力壓藥機　每藥罐之容量。爲能容三十公斤。其最大工作壓。爲四百安培。壓機爲附有二個可搖動之壓罐。及固定裝置 Arrnetierungvorrichtung 自動活塞開關 Kolbensteuerventic等。此外尚有火藥纖維之運輸裝置。水力預壓機。水力衝出裝置。水力舉起汽箭 Hubzylinder壓榨喞筒。

2.運輸裝置　火藥經壓藥機壓出後。其運輸係利用自動傳動裝置。（其法係用傳動帶。火藥壓出時。卽依此帶自動上升也。）

3.火藥之懸掛裝置　亦係自動裝置。其法係用短傳動革帶。將火藥依次懸掛。

4.自動切藥及懸掛裝置　每裝置係用兩個四脚架，支座，鋼軸，與徑六百糎之推動機 Schieber

5.機械式之起藥裝置 Aufrichtevorrichtung　此裝置卽係將火藥裝入箱內。用手提起。箱係鍍鋅之鐵板製成。具有底架。

6.鏈子　供上項各項機械之用。包括高舉連環鉸鏈。及鐵栓。（用以制止鉸鏈。）

7.黃銅乾燥棒。

8.自動裝藥裝置　用鋼板製成。

9.電池　電池置於鍛鐵箱內。電池之容量。爲二十公斤。含有鋼鑄圓筒。對于喞筒抽吸活塞。設有自動開放機關。及其固定裝置。

10壓榨喞筒　係用皮帶發動。每小時工作約四百公斤。

11導管

12火藥帶推進器。　火藥壓榨後。卽由推進器。送入乾燥器。

13火藥乾燥室　乾燥之加熱。係用活塞調節之。房之周壁及房門。均係二重。用砂礫塗之。房頂用軟木板爲蓋。烘房裝藥及出藥。須使用運搬車。車上之藥細。則用手推入烘房。

需要工作力　約三馬力半。

八小時內。出藥約一千公斤。

工 作 法

壓榨圓筒及舉起圓筒。經壓榨抽喞機發動。衝出圓筒及球形軸承。則與電池相聯。

壓榨圓筒則由一大開關發動。預壓圓筒及衝出圓筒。則由小開關發動。壓榨罐則裝置于二柱上。可以搖動。經壓榨後。落于壓罐下之火藥。由自動切藥機。切成同樣長度後，由運輸革帶運去。使之自動懸吊。

工廠內對于壓藥機之各部。須保持清潔。全體零件。(如鑄型器等)均須按照規則嵌入。此外全體進行裝置。及保險裝置。均須依次排列齊全。

以上手續完備時。則將水裝入抽唧筒內。加入少許甘油。灌水時。須用漏斗。

如壓藥機各部。均完整無缺時。則將兩壓榨罐。安放妥當。將藥裝滿。裝藥時。將衝出圓筒之棒及盤。經小開關。用槓杆之力。使之上升。如此則衝出盤。位于壓榨罐之上。而鑄型板，鑄型篩板(篩板上普通用二蓋篩)等。亦能便利裝置。　如衝圓筒之槓杆。傳動之時。則衝出盤與其上板及篩上下運動。火藥係從壓藥機上面。所設之入口裝入。罐內火藥。不能一次完全裝入。須作幾次。徐徐繼續加入。因合藥機內。所出之火藥。每次預壓時。常有固結塡塞之虞。故壓榨罐內。最後僅裝至五十至六十糎。(從罐之上邊量起)

預壓時所需之壓力。約一百氣壓。預壓機內之火藥上。放一張開之圈 Spauuriug 使之緊密。如此則第一壓榨罐內之裝藥。可告竣事。

將壓榨圓筒下之閂抽去。則壓榨罐搖動而出。再將已裝藥之外壓罐。放于壓榨圓筒下。用閂閂之。

此時可將大開關放開。其法係將手柄牽引。直至抽鎖 Klinhe 觸過回動閥時爲止。然後牽引手柄。發動壓榨機。幷插入互鉤 Kupplung 桿。使壓水引入壓榨圓筒。同時幷將手柄牽引。直至壓榨圓筒之壓鎚。向下運動。約二十糎時爲止。而壓機之進行桿。則停于進行軌道內。

現在壓鎚。徐徐平均。向下運動。將火藥從篩板及鑄型內壓下。壓鎚向下運動。直至最深處。其所需要之時間。根據壓榨抽唧機強有力之迴轉數，工作關係及火藥之組織等。約須四至八分鐘。其標準工作壓力。按照工作條件。約在一百至一百八十氣壓之間。似此壓藥機之建築。其工作壓。可至四百氣壓。當壓榨在壓藥機下時。則外壓榨罐。

恰如上面所述之第一壓罐。裝藥後卽行預壓。當主要圓筒之壓錘。達到極深處時。則大開關啓開。而回動閥。自動開始轉動。(與原來方向相反)。壓棒 Presskolben 則經擧棒擧起。向上運動。互鉤則自動進行。而壓榨抽唧機。則停止不動。

當外壓罐之預壓工作。如上述方法完竣後。則將空壓罐之門抽去。從壓藥機內搖出。俾更換一他藥罐。安放于壓榨圓筒之下也。此項更換壓罐方法繼續進行。直至工作完竣時爲止。

從壓藥機內。所出之帶形，索形或管形之火藥。放于一無限運輸帶上。(卽成環形之帶)。使之自動懸掛。自動入烘房。同時幷將索繩剪斷。使長短均一。

火藥之形狀大小。須視鑄型爲定。故製造形狀大小不一之火藥時。可將鑄型隨時更換。

製造鎗藥時。則用五十缺口之鑄型。(卽鑄型上有缺口五十)。每缺口寬二粍。厚五粍。製造管形火藥。則鑄型上有一或多數鑽子及刺釬，對于每砲及其口徑所用之管形火藥。各不相同。故其鑄型。亦時常更換。

此外尙須預備四分之一，七分之一及各種直徑不同之火藥盤。

溶劑回收裝置

軋藥機則可使火藥成形。而壓藥機則不獨可使火藥成形。且可使火藥內之溶劑，收回。故較軋藥機。更爲有利也。　在各部工作內。無論製造鎗藥或砲藥。均可安裝溶劑回收裝置。

因火藥內之溶劑。常消散于工作房內之空氣中也。溶劑蒸發極濃厚之處。如從壓榨圓筒下。壓出火藥繩。在運輸帶上或在切藥機上。均可裝置收集箱。于工作上。毫無妨礙。將與空氣混和之溶劑氣體。從收集箱內吸出後。送入凝縮裝置。

當火藥烘乾時。酒精及以脫。在烘箱內。亦可回收。

如火藥經預烘後。其中所含潮濕。達一定時。則送至切藥房。

F.成形火藥

火藥在軋藥機內。施行凝縮工作。及壓藥機。將其中所含空氣及水分除去後。再使之成形。俾于彈道具有一定之性質。經過軋藥機或壓藥機。施行凝縮工作後。最後按其

用途。使其經過各種不同之切藥機。

如火藥之凝縮工作。于軋藥機內。即可竣事。則所軋出之藥。成爲長條。寬約三十公分。厚僅十二分之一糎。最後用二道軋藥機。軋成較狹之長條。送入切藥房。切成葉片形火藥。切藥機內設二列圓形刀。圓形刀安有雙U字形刀口。每列位于一軸上。與橫置于機中之圓板。各成相當之距離。二刀軸互相推動。圓刀之間。夾二輪齒。二輪齒旋轉時。即將狹長條火藥。帶入橫刀。故火藥條。即被切成葉片形。對于圓形刀與橫刀之旋轉速度關係。須特別規定。俾得成平方形之片狀。

以上所述之切藥機。係專爲軋藥機內所出之硝化棉或硝化甘油火藥之長條而設。對于壓藥機內，所出之藥條。則不適用。關于此項藥條。設有特別切藥機。玆略述如下。

自動片形火藥切藥機。係用摩擦互鉤。Friktronskupplung式。其傳動軸。係用相反階級滑輪。切長約五百八十厘。對于須切火藥。所留空間之高。二十至二十二厘。安有自動推進機。及保險裝置。大鑄鐵製之有蓋火藥箱。箱口係黃銅製。每小時工作效力爲一百二十五公斤。

工　作　法

切藥裝置。設有一長桌。桌上附加兩扇。工作時。將長三公尺之成捆火藥條。放入扇中。切藥刀安于一遠軸上。斜立機中。可上可下。成捆藥條。先經軋藥機輥送入刀下。藥刀下降時。將各藥條。切成小片。

欲切成良好之火藥。切藥刀須安放適當。且須時常磨琢。保持鋒銳。不鋒銳之切藥刀。不獨所切出之藥。參差不齊。且有惹起燃燒之虞。

管形火藥之切藥機。

對于管形火藥之切藥工作。如不用手時。則其裝置。略有不同。

用手切藥機

手切之管形切藥機。其工作效力。每小時約四百公斤。切藥機。安置于一桌上。用螺旋旋緊。管理手續。極爲簡單。

藥管須按一定之長度。放于切藥機上。用手切之。

自動切藥機

此管形火藥切藥機。置于一鑄鐵長桌上。桌上鑿有六十厘寬之半圓形小溝。小溝內放長二至三公尺之成捆火藥。然後由一擺機(擺機上安有推進機。)自動行走。將成捆之火藥。送至刀下。擺機係連運裝置。故切藥刀之一上一下。均與此機之動作。互為呼應。

當擺機動作停止時。切藥刀下降。將刀下靜置之火藥捆切過。切過後。刀卽上升。同時擺機。復向前進。此項自動工作。逐步繼續進行。

刀之形狀。及其運動。須選擇裝置妥當。俾切出火藥之形狀。與原火藥之形狀相同。不致因切機之壓縮。其管寬有變小之虞也。

此工作至簡。因僅須將火藥捆。安放溝中。使機自動繼續運動。

篩

從切藥機內。所出之鎗砲火藥片。除整齊之形狀外。尚有歪曲不齊之藥片(尤其因火藥條之沿邊不齊。其歪曲愈甚。)破碎物及灰屑等。混雜其中。故須以篩剔出之。

分類振動篩

此篩係由一堅固鍛鐵架。及一木框製成。木框係由鋼製彈簧載之。懸於空中。木框中設三篩。各篩篩眼之寬廣。各不相同。木框下設三漏斗出口。此漏斗出口。固定于鐵架中。此外尚有一第四出口。用以裝未經分類之火藥。其裝藥裝置。則于篩上。設一缺口。全箱設一攪拌裝置。藥篩振動時全部火藥。經攪拌後。則無緊壓之虞也。

此振動篩手續。須重複繼續。俾其粗大之部分，灰屑及微小之物。悉數剔出。所餘者。乃一定大小之片形火藥。

篩藥工作愈精密時。則其所出之火藥。彈道上性質愈均一。

此工作法極簡。卽搖動裝藥機。使火藥落入篩內。再振動火藥篩。則火藥從各種不同之篩孔墜下。大凡頭道篩。係用甚狹小之篩。使灰屑及微小之藥片墜下。用一木桶收集之。二道篩之篩孔。則須檢定。使一定大小火藥墜下。三道篩時。則將大片剔出。

工作效力。每小時約四百公斤。

需要工作力。二馬力。

各部工作所剔出火藥之銷路

從軋藥機，壓藥機，切藥機及篩藥機內。所剔出各種不同之火藥。須一併收集之。

并須緊閉于鋅箱內。不任其乾燥。蓋此剔出之物。須與新火藥。放入合藥機內混和之。此等剔出之火藥如乾燥時。則工作時。須加許多溶劑。于工廠方面。實不經濟。

F. 烘　　藥

成形火藥之烘乾有二點。須注意者。即其中所含揮發溶劑。重復放出。蓋此揮發溶劑。係使纖維質之硝化棉。施行膠化工作。使得均一之黏性。俾能使之成形。目的旣達。故須使之揮發放出也。　第二點卽此揮發溶劑。普通經成形火藥。互相吸引。使得適當比重。

以上二點。與火藥之烘乾工作。實具多少利益焉。

火藥烘乾工作。可分二步驟。玆分述如下。

1. 溶劑之揮發。有一部分。係由軋出或壓出之藥條。自然放出者。有由藥繩藥管。在微熱下。經過切藥機。使成管形，片形，條形，索形，長管形及短管形後。經預烘使之放出者。

2. 利用火藥之烘乾及加水。使溶劑完全排出。

老式烘乾裝置。係使溶劑平均排出。及加以收囘。乃爲不可能之事。新式裝置。係用眞空乾燥法。火藥旣可得均一之乾燥。溶劑亦可完全囘收。

切藥機，眞空乾燥機，及溶劑囘收等裝置如下。

1. 長方形或圓形之鍛鐵箱　　箱長約二公尺寬一公尺半。高約一公尺半。每箱設二鉸鏈門。箱內設十五枚加熱金屬板（1500×2000mm）用以容納六十烘欄 Trockemhuren (900×700×60mm）各板間之距離。爲九十三厘。其全體熱面積。爲九三，八平方公尺。

2. 保險凝縮罐

3. 熱水烘乾裝置　　係用注射法。備有寒暑表，全體必需器具及導管。

4. 眞空(表面)凝縮器　　係鑄鐵製成。面積約五十平方公尺。附有眞空接受器。及溶劑吹出管。烘乾時，此吹出工作。無時或息。

5. 乾燥眞空抽唧機　　係用皮帶滑輪機。空氣圓筒之直徑爲二百五十糎。活塞舉桿長二百糎。旋轉數每分鐘一百八十次。工作力五。四馬力。眞空時二。九馬力。

6. 凝縮器　　位于抽唧機後。用以囘收溶劑。冷却面積約十平方公尺。

7.聯接管及凝縮罐　為具有二活塞之眞空凝縮器。

8.眞空凝縮器及抽唧機間之空氣吸收管。

9.抽唧機及凝縮器間之導管　安設于抽唧機後。

10烘箱之內容積為九百乘七百乘六十糎。

11自記寒暑表　上安三自記桿。每桿長一公尺。及五百尺之自記條。分配二十四小時工作之用。

工　作　法

如前所述之乾燥欄。係用一木框製成。其大為九百乘七百乘六十糎。無底。用六橫槽代之。橫槽係用二十乘十糎之U字形黃銅製成。并用黃銅螺旋旋緊。

木框內設有十一糎厚之壓板。板上鋪以亞麻製之乾燥布。　先在鋪藥房。將鎗藥平均鋪于木欄內。然後載于平車上。送入烘房。

此項火藥捆扎之利點。即使火藥乾燥後。不致彎曲。

火藥送入烘箱後。卽將眞空抽唧機開發。烘門關閉加閂。經過片刻後。卽可去閂。因內部達至眞空時能自動將門吸引。使烘箱不透空氣。

U字形熱金屬板。上面空虛。利用蒸汽或熱水。熱至攝氏七十五至八十度。

經板熱及眞空水銀壓達五十至六十糎時。火藥中所含溶劑。卽被驅出。入凝縮器。供回收溶劑之用。

對于溫度之管理。于烘箱上。設有一自記器。此自記器之管。插入箱內。溫度之度數及時間。均完全載于自記條上。

眞空乾燥箱。設有保險裝置。如遇爆裂時。則自動開放。放出爆發瓦斯。俾爆裂之破壞程度。得以減少。

烘乾時間。在攝氏七十五至八十度下。約須二十四小時。

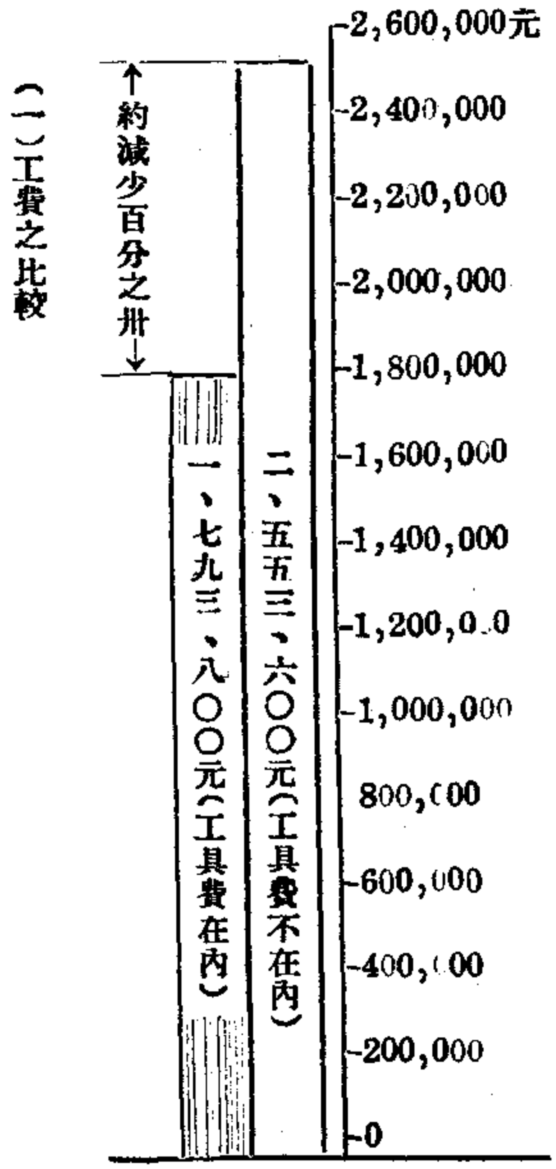
經過烘乾時間後。將乾燥欄從烘箱內取出。送回鋪藥房。放于木架上。使之冷却。

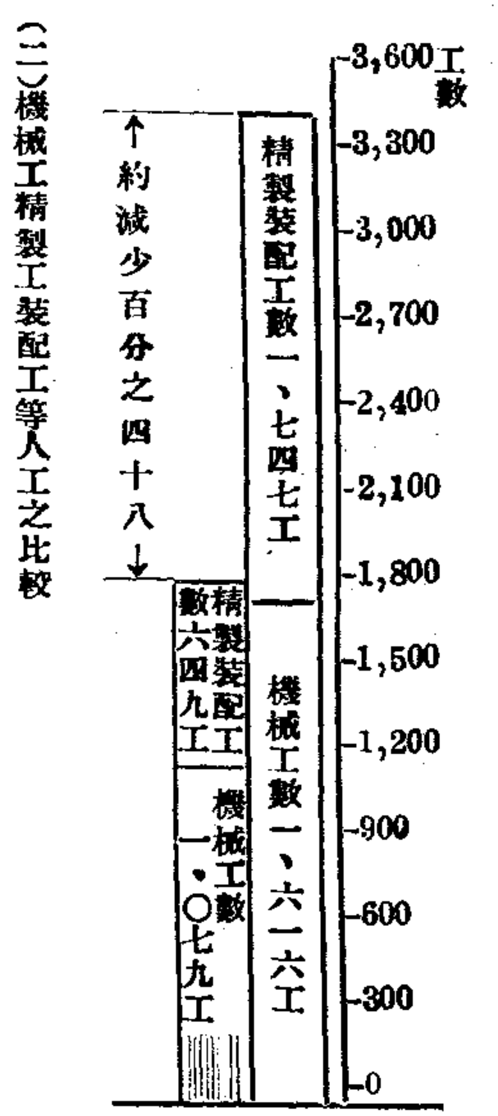
火藥冷却後。則利用傾出裝置。將火藥傾入木箱。箱高五百六十至五百七十厘。直徑三百八十厘。傾入後蓋好。送入洗滌房。　　　　(未完)

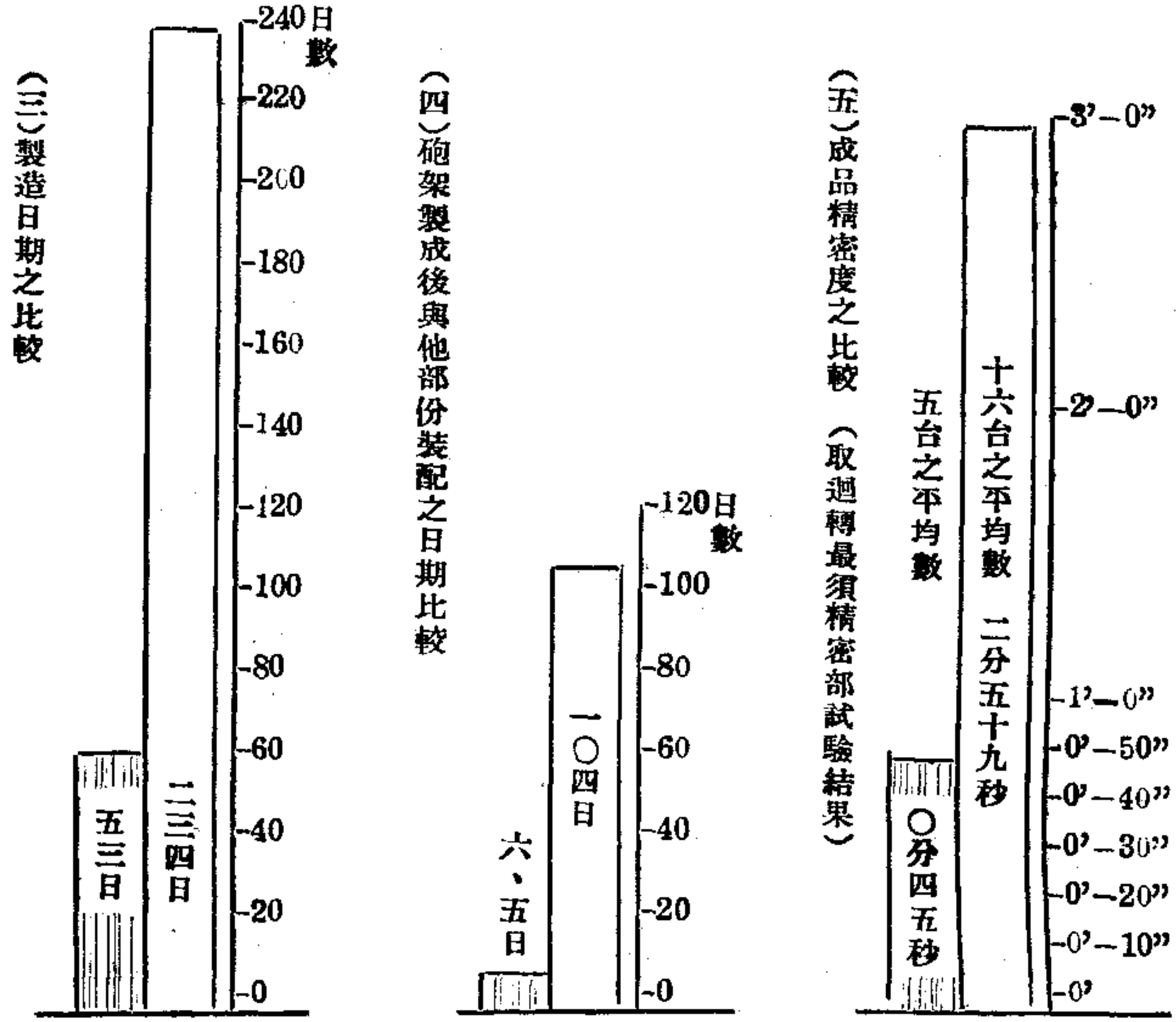
日本吳海軍兵工廠製砲廠應用樣板製造之成績

陳　洽

該廠當初製造軍器其同樣物品另件互換裝配不能十分合用近年乃規定製造品之公差先製成樣板實施製造初試造十四公厘砲架七十五台與當初未用樣板製造者互相比較各項分別於左　未用樣板製造之符號　用樣板製之符號







以上各項之比較工費可減少七十五萬九千八百元其精密度良好則各件之互換性能可增加矣

講演

講　演

毒氣戰之人道觀

英國赫而登演講
吳沆譯述

吾人印相，對於戰時之政府宣傳，多生反感；有爲新聞家及政治家所指教，有爲戰務之急，而非平時所需要者，皆置而不顧矣。毒氣戰爭之重要，非經第二次世界大戰，將無由顯著，政治家多不注意，故一班人民，仍惑於戰時宣傳，而厭棄之，其實誤矣。鄙人肄習化學，深知其重要，願以不偏不倚之態度，陳述於諸公之前；非若政治家，或宗教家之畸輕畸重於政教也。諸公或有好戰者矣，但對於毒氣戰爭，則認爲有乖人道之暴舉；多數則厚愛和平，深信國際聯盟，或類似之組織，足以銷弭戰禍，而側目以視武備及毒氣戰爭，爲凶暴之舉，其然，豈其然乎？鄙人深望非戰主義之成功，但幻想與高調，均無補於實際，猶緣木求魚也！吾人欲避免戰事，只可依科學方法，研求其原因，而預爲之防，若防疫然，古人常以疫疾爲上帝降災之兆，（書云作不善降之百殃，）而欲以祈禱方式釀避之，基督徒滌惡洗禮，佛教徒放生贖罪，宗教家犧牲自讀之精神，固可欽佩，然於瘟疫無補也。當於自修之外，加以深刻之研究焉；戰事亦然，吾人尙未能以科學方法，研究戰爭原因，縱或能之，恐亦不可避免，倘遇燧火告警，刁斗夜鳴，深望我國之能操勝算，此鄙人所與諸公論戰也。概言之，非戰派造福吾邦，實非淺鮮，平時既以知己知彼，兵凶戰危之說，提醒吾人，以免捲入無謂漩渦；戰時又精忠報國，增加吾人莫測威力，先例不遠，請觀歐戰，主戰派南司頓公爵倡導於前，和平派路易彼特輩，繼起於後，國家勢力，因以大振。吾深信將來執政者，對於毒戰問題，必先與吾人以了解，因其事甚易爲力也。現代非戰派及落伍軍人，常聯合以防毒氣戰之進展，但於國內，或國際間均無若何價值。一九一五年以前之戰爭，爲投擲鐵片之械鬥，只求其速且遠耳；第八世紀時，敍利亞學者，發明「希臘火」，（近代火藥，更有進步，）藉保羅馬生

命，以免於回族侵略。十五世紀時，柏爾格守衛者，賴神秘之助，有同類發明，以防土人侵襲。但是項武器，已失效力，因其不過心理上作用，無補實際也。毒氣戰爭，久爲政治家所注意，一九〇七年海牙會議，曾規定禁用毒氣或毒氣彈，因此而無傷人道之淚氣，亦加禁止；至若利用吹筒放散毒煙之暴舉，反可應用，豈得謂平。此項規約，其用意固善，歐戰前各國尙謹恪遵守，歐戰八月後於一九一五年四月廿二日，爲德人所破壞矣。因而競相發明，日新月異，通用者有二十五種之多，就中僅三種爲可利用吹筒放散之氣體，其他則爲易散之液體，及發煙之固體。茲就其對人身感覺，可分爲四類：一曰窒息氣，對皮膚眼鼻之害尙淺，吸入後即傷肺臟，可由濾器防之，爲用僅在局部襲擊，及傷害無備敵人耳；氯氣及忽死氣屬之。二曰淚氣，過濃時，方能傷人，於稀薄氣中，（五百萬分之一）歷數秒鐘，僅令人流淚，無性命之虞，或喪明之感，爲效甚暫，可用濾器或眼鏡以防之。三曰砷屬化合物，歐戰時尙不多覯，其爲用至廣，小之能令人噴嚏，大之能傷人頭胸，至使人煩悶而自殺，或成瘋顚，但兩日之後，可復原狀，無殘廢之憂，是項煙狀毒氣，在歐戰時，其濃度已能滲透各項濾器，將來爲禍必更猛烈，因其運動速率甚大，（每秒約數百碼）不易爲面具所吸收，而過密濾層，有礙呼吸，是則濾器須加改良矣。四曰胞腫氣，歐戰時僅一種，曰芥氣，實爲液體，其性甚毒，接觸皮膚，即生胞腫，並能持久歷十日不滅，英軍曾受其重傷焉。以上四種，爲歐戰中重要毒氣，已言其概略矣。詰之者曰，化學家盍不發明藥品，俾敵人長眠不備，以便吾人前往擒擄乎？應之曰，此類藥品，自然存在，若氣肪，即其一也。但少則無效，多能致死，適宜濃度之配合，殊爲不易。推而至於炸藥，亦化學兵器之一，其炸力似無長足進展；吾人雖知化學反應，可生更大效力者尙多，但未能見諸實用，因其製造之方便，與運用之安全，皆有難以實現之感。吾人如能運用原子間之力以作戰，則銷滅人類之救星，舍上帝莫屬矣。能否成功，只時間上問題耳。請譬言之，數千年前，吾人對於日月星辰之形跡與運轉，已加注意，識者常思深切研究，而以天王星爲起點；雖無顯著成績，但較惟心派防奸懲惡之企圖，差勝一籌矣；蓋天文學及近代物理學之發明，皆基於此也。吾人目前所知，只藉海潮生電以測星球動力，爲較合理之學說。五千年前有「夸夫追日」之說，並非幻想，特程度之不速耳。推而至於利用原子之理，亦相同也。吾人旣未能製造相當儀

器，小之以溶化原子，大之以梯航月球，努力爲之，其成功非一朝夕也。譬如在一英里之遙，用機槍射鑰以開保險鎖，雖獲儌倖於萬一，但非經濟之道也。難之者曰，盍不移槍少進，或改良射擊之方法歟？是則吾人所應努力耳？蓋必有微小儀器，方可測量原子；吾人雖知分子係由若干原子組合而成，（如甘油爲炭氫氧之化合物）但未能窮究其奧。且原子之構造不明，更無從利用矣。解決之方，必須假以時日，縱他日吾人能暢遊月球，此項問題，或仍未能了解，但終有明瞭之日。語云溫故知新，故欲知將來毒氣戰爭之烈，可一考歐戰往迹：一九一五年亞港之役，德人於適宜環境中，運用淚氣，因以致勝，俘虜法兵二千四百名，除閉目流淚外，毫無痛苦，被虜人數恰與法國之損失相符，更足證無死傷矣。法人無面具，故閉目而受虜，德人解除其武裝，魚貫排列，由佩帶面具之德兵導之以行，既無痛苦，更無死傷。由此觀之，欲使將來戰爭近乎人道，則應約法兩章，謹恪遵守：(一)眼鏡或其他護目之具，永不許用。(二)砲彈內只可貯淚氣及少量炸藥。此項提議，固不易被人採納，但反對之者，眞乃至暴虐與無識也。歐戰中窒息氣爲效遠在數里以外，傷兩萬人，因而致死者四分之一耳，餘皆全愈，或成極輕微之神經病；較槍彈之慘無人道，猶覺彼善於此也。一九一五・一九一六兩年間，爲毒氣戰劇烈之期，後漸失效用，因雙方製造面具，日見改良也。德人施放毒氣，以化學家哈柏氏指導之，卓著成功，兼能利用空中氮氣，以製炸藥；但自衞工作，遠遜英法，因其著名生理家爲猶太人，而不見用也。故德人未能乘勝直入，坐失良機，我軍得以補充軍實而爲之防，此其仇教觀念，有以遭失敗也。倘德人初用毒氣時，兼能防禦，則操勝券矣。比時俄人仇教心理更甚，猶太人入伍者，均被拒絕，未始非德人之幸；但平民化之澳洲軍隊以猶太人爲領袖，實乃德人勁敵也。且其後備軍，遠在波蘭，未能依照化學家計劃，立刻加入前線，爲其失敗之又一原因。否則進佔克桀，消滅英軍，若反掌耳。施放毒氣，除吹筒法外，有利用砲彈射擊者，均無成效，要不外上列兩因也。運用胞腫氣目的，少有不同，蓋非爲衝鋒陷陣，乃以破壞防地，擒擄敵人爲目標；歐戰時英軍受其傷者，不下十五萬人，然死者四千，殘廢者僅七百人，餘皆無恙，爲害固不烈也；乃華府會議，加以禁止，而槍刀炸彈，反許運用，人道主義之謂何，誠百思而莫解！識者曰，其原因乃在參加會議之軍政當局，無科學知識，有以致之。伊輩思想，完全受戰時反對

德人毒氣戰爭之宣傳所左右，故軍人政客，及新聞家，必先明瞭眞像，方可決議，倘有誤會，適足引起空前未有之長惡暴舉，蓋貽吾人以贊助運用慘酷槍砲作戰之羞。諸公曾聞「伯牙」武士之故事乎，其同代人士，稱謂煦煦爲仁，宋襄公流亞也，伊人對於被獲武士，或操弓矢者，嘗能優容；而於持槍彈士兵，則處以極刑焉。發明火藥之前，軍人固恃甲胄以禦侮，曾不思可怖之抬槍，每能出奇制勝，實爲保護耶教利器，以免於「伯牙」時代回漢民族侵略乎？吾今憶及歐戰時「伯牙」式軍人矣，土耳其航空隊常擊落英軍飛機，而予吾人以重傷，英兵以多量槍彈轟斃之，頗受軍事長官之嚴責，其人不以殘殺無辜爲非道，反以利用新式武器爲可恥，余躬與斯役，深在海底，備受雙方砲火之攻擊，未能贊同焉。軍事家一成不變之戰術，更非吾人所敢許，若不幸言中，則現代軍閥必爲新思想派所推倒，而各種新式器，將實現於未來戰爭；反對世界進化者，其將歡迎「伯力式人物組織政府矣。伊輩目前常能聯合以防碍人道戰爭之實現，非戰派反對任何戰爭，欲以嚴格限制，防止其發生，落伍軍人則以毒氣較炸藥更爲凶暴而厭棄之，其思想完全錯誤！若杞人之憂天也，此項人仕，無處無之，伊輩對於物質文明則隨俗雅化，盡量享受；但憑幻想而反對新穎學理與事實，藉以自慰；不特未能以簡明正直之道，處理事務，且特引以爲辱。請例言之，胞腫氣與炸藥傷人之比，爲一與十，事實俱在，歷歷可考，但頑冥不靈反對科學戰爭之守舊派，若西士輩，竟以放棄中古式習慣，而採用科學爲危險，對戰爭用具，且將舍火藥而用干戈；吾人未之敢許，但文明人士，常有被惑而盲從者，不自反省，將受無窮之憂。毒氣戰爭，不爲吾英軍官所重視，可於下例見之：三年前，軍隊中已免去防毒工作之訓練，視佩帶面具之技術，反不若十八世紀甲胄矛盾之重要；其原因乃軍官未明眞理，不樂用耳。蓋須有科學常識，方能運用新戰術，非若馳騁射擊之易耳。工黨執政，首先恢復防毒軍事訓練，但將來紳士派掌權，其將再屏棄此項有關國運之訓練乎？鄙人較工黨政府，有更進之主張，認爲倫敦及其他城市民衆與兒童，均應有防毒之教育與知識；否則下次世界戰爭時，倫敦將先受其禍矣。此項準備，雖不必因非戰派或國外軍事家所卑視而停頓，然目下或無積極籌備之必要，因吾人理想中敵人若法蘭西者，其製造毒氣能力，尙薄弱也。試將吾國軍人目前對於化學戰爭觀念，與戰前防德準備，偶一比較，相差何啻天淵，先是海軍派聲稱德人侵襲，不必深慮，

而陸軍派必以大軍駐防英倫，蓋挾以自重耳；由是可知軍事家忽視毒氣，非無因也。諸公其將疑余肄習化學，故爲動聽之說，以自重乎？誰是誰非，當有事實證明。一九一二年吾人預料歐戰將起，後果實現，毒氣戰爭亦若是耳。由歐戰統計言之，乃知毒氣戰爭，比較上最合乎人道，因其死傷甚少，而防禦亦較易。難之者曰，歐戰毒氣可防，已聞教矣；將來發明，必更猛烈，則又將若何？不知化合物有毒且易揮發者，爲數有限，雖較芥氣更毒者，在所不免：但防禦方法，亦將日新月異焉，胞腫氣之重要有如上述。含毒煙幕，亦有相當價值，因其易於滲透濾器，令人噴嚏，因以解除面具，若德之藍十字氣，卽此類也，防禦工作，亦有進境，加濾層以防之，其毒可解；將來或有更毒煙幕之發現，吾人應努力爲之防，否則因循誤事，爲禍不可勝言。新式戰術，時常變更，將來不外先用胞腫氣以傷人之皮膚，繼以濃煙，令敵忙於佩帶面具，而不暇作他種抵抗。歐戰中攻守兩方，均無若何影響者，因比時煙幕，僅能激刺，不含毒質，且於芥氣之自衞，又不週到，優勝者不能乘而進取，故只用於側面襲擊，及俘虜敵軍耳。佛蘭之役，德人雖以多量芥氣投擲前方，以致流毒成河，而己方乃以自衞不周，只能固守陣綫，不敢前進。防禦方法，約有數端：一以油布衣包裹全身，並頭項手足而嚴密保護，此法用之於機關槍隊，頗著成效，未能普遍耳；且此項密不通風之裝束，只可用於隆冬，夏季則不適宜，因酷暑逼人，呼吸不便。其次則利用嚴密封閉之戰車，較有希望，因鐵車不易受傷故也；但必有富於抵抗力之步隊相助，方能成功，而抵抗力之標準，又難規定，似有賴於天賦特性，非可以經驗求之也。美軍官曾有具體之測驗，富於抵抗力者，黑人佔百分之八十，其餘則爲白人；由是觀之，抵抗日光與芥氣之力，似有相當聯屬焉。將來戰略，必先以重砲隊放散多量芥氣於前線三百方里之地，盡除其障礙，破壞其道路，二日後，在重砲掩護之下，用戰車衝鋒，並以富有抵抗力之黑兵爲輔，庶可進佔二三英里之敵綫，反攻方法，舍飛機莫屬矣。歐戰中德國芥氣產量無多，(其製法亦不良)故不能獲勝，其後吾人反能多量製造，用能寒敵人之胆，而屈服之。英軍所以未着先鞭者，其原因極簡單，且有趣焉：先是某化學家建議製造芥氣，軍事當局詰之曰，能殺人乎？應之曰否，僅能傷人，乃不見用，是由於軍官知識淺陋耳；其後重傷吾人，而又不能不仿效者，卽此不能致死之芥氣也。將來運用必更重要，因其減少死傷，縮短戰期故也，現代

均勢之維持，有賴于科學研究之並駕齊驅，幸無以殖民地軍隊富有抵抗力而忽之！戰爭愈烈，則無組織民族，若土若俄，或其同盟，均不足畏，其士卒單獨作戰雖猛，但不能合作，而新式毒氣戰爭，端賴智力與組織以資攻守，攻則期聯合以重傷敵人，守則求有規則之自衛。歐戰時，英軍以土人爲士紳派，而不忍以毒氣傷之，不知其頑冥不靈，固未知利用科學，但其兇狠惡暴，屠殺耶教徒，及阿米利亞人民之殘忍，確非「士紳」態度。以吾觀之，用胞腫氣以作戰，乃鬬智而非鬬力，必能早決勝負，減少損失，斯說也，常爲反宣傳所蒙蔽，視爲殺傷殘酷，損失衆多之暴舉，其實誤矣。請釋言之，以飛機擲炸彈與毒氣彈，其傷人效力，以前者爲大，但歐戰時倫敦人士，每持面罩爲安全保障，有若宗教家之鬼符，鑄成大錯矣；間有送往前方，饋贈其親屬兵士，致被炸傷殞命者，不知凡幾，因面具可防毒，而不能避炸也。然則毒氣傷害，究何如乎？識者曰，其害不若理想之甚也；工廠及實驗室內，或有受青酸或一氧化炭之毒而殞命者，然其致死濃度，不能發現於戰場，或稱青酸之毒，一點致死，不啻其性質爲不可聞，妄言妄信，以訛傳訛也，且計算錯誤，在所難免，一毫之差，謬以千里，更不可不愼也。一九一八年德人以十五萬發芥氣彈，轟擊克卜鋭陣線二十方英里之地，傷者四五千人，死者不過五十人耳；(其原因爲脫去面具過早)倘移是項芥氣，而投之倫敦中心，其傷將十百倍，若更以炸藥代毒氣，則將銷毀一切建築，傷亡數目將千萬倍焉。但必有千架飛機，日夜擲彈，方可奏效，其設備殊爲不易，如或能之，則倫敦及其他市城，將不堪其擾矣。茲請申言以明炸藥毀傷城市，較毒氣爲甚之理，屋宇較壕溝易受炸傷，其傾覆亦足傷人及燃火，毒氣彈之力，較爲薄弱，且嚴閉屋宇，可防毒氣侵入，市民行動自由，可徐徐避去，非若士兵死守陣地可比，故覺彼善於此耳，但無相當防毒設備，終必爲人所乘，且利用任何新式武器，(若煙霧若縱火劑)皆足引起重大恐怖，其原因由於知識淺陋，庸人自擾耳。德人初用毒氣時，英拿士卒，持以鎮靜，故其受傷人數，較諸張皇失措之殖民地兵隊，減少多多；蓋毒氣初來，爲害較淺，處以鎮靜，籌防禦之方，（如以泥土塡塞瓶中罩於口鼻，以防毒氣侵入，）較之競相奔竄，愈動作而吸毒多，且以致害，其差不可以道里計也，敵人初用芥氣時，吾軍莫明其妙，不知其性質與病狀，故受傷甚衆，其後逐漸明瞭，以飛機發散傳單，指示前方士卒，故其害銳減，而德軍作法自斃，疲于奔命

，大受損失焉。吾人對於他項荒謬傳述，（若窒息氣致肺病，芥氣生肝療，）均應加以指正，因非事實，且易引起誤會與恐慌也。化學戰爭之預備，非僅製造毒氣，而在科學教育之普及，俾普通軍人，有科學常識，以應付環境，藉免無謂恐怖；否則貽誤戎機，罔有津涯，請以例申之，一九一五年四月，某生理學家，應政府之召，研究防衛毒氣之方，而發現一趣聞焉：先是海軍當局在印度洋，獲德艦伊登號，查其船員，多以布塞繫口上，爲效不及於鼻，防煙或可，防毒則未也；執政者懾於德人科學發達之虛聲，欲仿造之，某君知其無效，乃偕化學家赴前綫調查，方知德人所用者爲氯氣，歸而研求防禦之方，躬親試驗，已有成效，而執政者忽下令仿造德罩，經科學家指其荒謬，始未運往前方，斯時也，毒氣反攻，固爲重要，但大規模製造，非五閱月不爲功，而防禦面具，可於兩週間完畢，難易之別，至爲顯著，何去何從，無用三思。克青棻爵士，掌權衡之責，未暇分其輕重，急於進攻而疏於防衛，吾固不能厚責克公，但其功績，或將因其明見有準而增加，日月遷延，多數面具皆就戰地製造，傷兵及貓山菴尼姑所製者，縱不雅觀，頗能適用；而英倫製造者，（仿德海軍式）雖陸續送往前方，爲效極劣，隊兵每因之而全部覆沒，余躬與是役，知之審故言之詳，鄙人肄習化學，由壕溝中受命加入後方（St.Omer）毒氣試驗所，（附設醫院）在玻璃房中，灌滿氯氣，躬親嘗試，（濃度不同面具用舍無定）只覺刺眼，並感咳嗽，乃約生理學家，共同試驗，並測其是否有礙動作，因前線士卒，以生死攸關，或可勉強支持；而富於自治力之生理家，較有準則焉，試驗結果，彼此均不深感痛苦，偶有不適，臥病數日足矣，普通人士，亦多參加試驗，某軍官且以富有抵抗力而獲獎，士兵參加者亦多，每於其鈕扣受毒變色而識別之；斯時也，倫敦婦女，配製面具，忽感手套匱乏之憂，因某軍事當局，將面具內之炭酸鈉易爲苛性鈉，故傷女工之皮膚，而有帶手套之必要；此類不幸之事，皆應由主任官長負其責任，英人鶴立雞羣，尚遭不幸，其在他國，想有更甚焉。吾人面具成功，端賴無名下士之赫若遜君，伊爲分析化學師，著有「祕劑」一書，不爲世人所注意，入伍後歷升至中校，而卒於一九一八年寒熱病，至可惜也！軍人知識淺陋，更有滑稽者矣，當初用面具時，竟有置之胸部，而不以護口鼻者，因胸部感覺痛苦故也，一九一七年，受毒氣傷者多嘔吐，次年卽大減，蓋經五閱月之久，方便英軍明瞭毒氣之傷，乃由口鼻非由胃部而侵入！將來

戰爭，深望軍人皆能富有常識，力持鎮靜，不可夜郎自大，蠢愚自豪！因吾人了解自身生理作用，並非可恥之事；若徒以熱忱為可恃，執干戈以衛社稷，固勇猛矣，終不免為先進國所屈服；科學進步，固無止境，但其重要毫無疑義，英人乎應加猛省，努力前趨，不可因循苟且，泥古不化！諺有之：「前車之失，後車之鑑，亡羊補牢，猶為未晚！」羅馬西班牙之失敗，由於知識落伍，吾人甘步後塵，又何言哉！如其不然，則應具科學常識，以明眞像焉。嘗聞生理學家以動物作試驗，而受軍人之非難；但伊輩則不顧一切，重傷敵人馬匹，或以遊戲態度，射禽鳥以取樂，而不自審也。生理家深知其苦，不屑為之，雖有時以動物作試驗，其毒非不能忍受者：波堵(Poton)試驗室中，某著名生理家，以自身與犬同時步入青酸(濃度為二千分之一)室內，其書云：『欲準確試驗，以測人與犬所受青酸毒氣之差別，予在室中力持鎮靜，只略略散步，三十秒後，犬乃暴躁；五十五秒後，犬仆地上，呼吸不寧，顯有受毒致死之徵；一分三十五秒後，將犬尸移出，予亦徐徐離開此屋，不過每於昂首時，略覺暈眩，一載後霍然全愈，雖有時感覺腦經渙散之病，但不能歸咎於上項試驗，』因此遂舍青酸而不用，蓋忍死氣與芥氣，有千百倍之效力焉。人或以歐戰兇暴，歸咎於科學發達，其言曰：「科學家不察其發明之影響，雖能醫病，亦可殺傷，縱適於分子原子之配合，不切於是非曲直之辨別，結果只為殺傷利器，作軍事家工具耳，」斯人也，亦乘汽車，燃電燈，讀新聞紙，享受近代文明優良生活；不甘鑿井而飲，耕田而食；戰事凶暴，非科學自身之罪，乃物質運用之不當耳。假於歐戰時，吾人僅用近世醫藥運輸之方便，而以弓矢戈矛槍砲，則動員敏捷，救護週到，縱戰爭損失無大差別，其期限定能縮短，所不同者，小不敵大，寡不敵衆，法俄勝負，或略有出入耳。歐戰凶烈，固非運輸困難之中世紀戰爭所可比，紀元前希臘羅馬戰爭，傾兩雄之力以爭霸，略為近似耳。科學發達，新式武器，不過延長戰爭時間耳。非難之者，無異於武乙射天，其愚不可及也。以弓矢戈矛作戰，士卒或有較量機會，化學戰爭，則不然矣，因其出奇致勝，減少損傷，無乖人道，較為優越耳。吾人倘以化學戰爭為不可解而畏之，則人將利用弱點以相迫而屈服之矣！値此天演公例，優勝劣敗之世，幸無以幻想空理為可恃而忽之！邦人君子，其三復吾言！

雜錄

雜　錄

日本現用之兵器

李待琛

一、陸　軍

日本陸軍常備兵力，經大正十一年(1922)及十四年(1925)兩次整理之結果，減至十七師軍官與士兵人數共計十九萬八千八百名，總兵力約二十三萬人，茲將其兵種及隊數，列表於下：(據1932年朝日年鑑)

兵種	團數或營數	連數
步兵	70團	706
騎兵	25團	70
野砲兵	15團	90
山砲兵	4團1營	22
騎砲兵	1營	2
野戰重砲兵	8團	44
重砲兵	3團8獨立營	34
工兵	17營	48
鐵道兵	2團	16
電信兵	2團	15
航空兵	8團	26
氣球兵	1營	2
輜重兵	15營	30
戰車隊	7隊	7
高射砲隊	1團	4

日本十七個師之名稱，及其管轄區域，列於下表：

師之名稱	師之地點	管轄區域
近衞	東京	（拱衞京畿）
第一	東京	東京府，琦玉縣，山黎縣，神奈川縣，
第二	仙台	宮城縣，福島縣，新瀉縣，
第三	名古屋	愛知縣，岐阜縣，靜岡縣，
第四	大阪	大阪府，兵庫縣，和歌山縣，
第五	廣島	廣島縣，島根縣，山口縣，
第六	熊本	熊本縣，大分縣，宮崎縣，鹿兒島縣，冲繩縣，
第七	旭川	北海道廳，樺太，
第八	弘前	青森縣，岩手縣，秋田縣，山形縣，
第九	金澤	石川縣，富山縣，岐阜縣之一部，福井縣，滋賀縣，
第十	姬路	兵庫縣之一部，島取縣，岡山縣，島根縣之一部，
第十一	善通寺	香川縣，愛媛縣，德島縣，高知縣，
第十二	久留米	福岡縣，山口縣之一部，長崎縣，佐賀縣，大分縣之一部
第十四	宇都宮	茨城縣，栃木縣，郡馬縣，長野縣，
第十六	京都	京都府滋賀縣之一部，三重縣，奈良縣，
第十九	羅南	（其部隊分駐羅南，咸興，會寧）
第二十	龍山	（其部隊分駐平壤，龍山，大邱，大田，馬山）

以上第九第二十兩師，駐紮朝鮮，受朝鮮軍司令官之統率指揮，師以外之部隊，有台灣守備隊，關東州獨立守備隊，日本國內及台灣朝鮮南滿洲之憲兵隊等。

日本陸軍編制，平時每師普通配備下列各部隊：

步兵二旅

騎兵一團（但近衞，第一，第三，第八四師各配一旅）

野砲兵或山砲兵一團

工兵一營

輜重兵一營（但第十九及第二十兩師無有）

各師中，除上述部隊外，尚有特別更配下列各種部隊者：

戰車隊　第十二師一隊

野戰重砲兵旅　近衞，第一，第三，第十二師，各一旅

獨立山砲兵團　第二，第十二師各一團

重砲兵團(或營)第一，第四，第七，第十二師各一團，第十六第二十師各一營。

鐵道團　近衛師兩團

電信團　近衛及第五師各一團

飛行團　近衛，第三師(三團)第十二，第十六，第二十師各一團

氣球隊　近衛師一隊

高射砲兵團　第三師一團

日本戰時，通常以二師以上編成為軍，附以航空，通信及兵站各部隊，有時并配置騎兵旅及砲兵步隊，其配置之砲兵，謂之軍屬砲兵。又戰時有騎兵集團之組織，以數旅編成之。

普通師之戰時編制如下(見趙學淵氏著各國軍制學大綱)

1.師司令部

2.步兵二旅　一旅二團；一團三營，及步兵砲一連；每營四步槍連，及一機關槍連；步兵砲連分三排，內曲射砲二排，每排砲二門，平射砲一排，分二班，每班砲一門；每步槍連分三排；每機關槍連分二排，即機關隊與彈藥隊各一排，備機關槍四支。

3.騎兵一團　亦有配備一旅者。一團分騎兵二連或四連及輕機關槍一連，每連分四排，每排分四班。

4.野(山)砲兵一團　一團三營，一營三連，一連二排，每排砲二門。

5.工兵一營　一營三連，一連四排，每排分四班。

6.輜重兵一營　一營二連。

特別師之戰時編制，除普通師編制各部隊外，尚有左列各部隊：

1.野戰重砲兵旅　一旅二團，一團三營，一營三連，一連二排，每排砲二門。

2.重砲兵團(或營)　一團二營或三營，一營二連或三連，一連二排，每排砲二門。

3.獨立山砲兵團(或營)　一團二營，一營三連，一連二排，每排砲二門。

4.戰車隊　一隊約有戰車二十輛。

5.高射砲團　一團約有高射砲四十門。

6.鐵道團　每團分二營，每營分四連。

7.電信團

8.飛行團　每團分三連。

9.氣球團

日本要塞共有十七，在本國者十二，在朝鮮者二，在我國租借者一，各置司令官，屬各師團(師)管轄，茲將其名稱列表如下：

要塞名稱	所屬師團	司令部所在地
東京灣	第一	橫須賀市
父島	第一	東市府小笠爾父島大村
由良	第四	兵庫縣津名郡由良町
奈美大島	第六	鹿兒島縣大島郡東方村
豐豫	第六	大分縣北海部郡佐賀關町
津輕	第七	函館市
下塞	第十二	下關市
對馬	第十二	長崎縣下縣郡鷄知村
佐世保	第十二	佐世保市
長崎	第十二	長崎市
臺歧	第十二	長崎縣臺歧郡武生水町
舞鶴	第十六	京都府加佐郡餘內村
鎮海灣	朝鮮軍	慶尚南道昌原郡鎮海面
永興灣	朝鮮軍	咸慶南道元山府
基隆	台灣軍	基隆市
澎湖島	台灣軍	澎湖島馬公街
旅順	關東軍	旅順市

日本陸軍主腦機關，爲陸軍省(部)參謀本部，及教育總監部。

陸軍省，管理陸軍軍政，內設人事，軍務，整備，兵器，經理，醫務，法務七局，統轄陸軍造兵廠，陸軍兵器本廠，陸軍航空本部，陸軍技術本部，陸軍科學研究所，軍馬補充本部，築城部本部，陸軍運輸部，千住製絨所，陸軍糧秣本廠，陸軍被服本廠等。

參謀本部，掌管陸軍國防及用兵之計畫，計畫既定，呈奉元首裁可後，由參謀總長咨請陸軍大臣令行於師長，司令官。戰時則爲大本營。並任陸軍參謀將校之教育，統轄陸軍大學校及陸地測量部，參謀總長直隸天皇。

教育總監部，規劃陸軍軍隊教育之齊一進步，管理所轄學校教育教育，教育總監直隸天皇。

又爲輔佐至高統帥，另設軍事參議院，軍事參議院，係參與帷幄應天皇陸海軍重要軍務諮詢之機關，遇有諮詢，即開參議會以奏陳其意見。軍事參議官，爲元帥，陸海軍大臣，參謀總長，海軍軍令部長及特任之陸海軍將官等。

二、步馬槍

日本步槍，最新者爲八年式，但與三八式無大差異，口徑最小，如意大利，荷蘭，希臘，瑞典諸國，爲六公厘五，槍機有半圓筒形覆蓋以避塵砂。三八式步槍我國甚多，山西兵工廠幷事仿造，其主要諸元如下：

口徑……………………6.5公厘(mm)

槍身長……………………797公厘

全長　除刺刀……………………1280公厘

全長　裝刺刀……………………1660公厘

全重　除刺刀……………………3.95公斤(k)

全重　裝刺刀……………………4.40公斤

彈長……………………32.5公厘

彈重……………………9.00公分(g)

裝藥量……………………2.15公分

全彈重……………………………………………………21.0公分

全彈長……………………………………………………76.5公厘

初速(每秒)………………………………………………762 公尺(m)

最大膛壓(每平方公分)………………………………3200公斤

表尺距離…………………………………………………2400公尺

攜帶彈數…………………………………………………120發

馬槍與步槍相同，惟槍管稍短，爲487公厘；全重略輕，甲種3.725公斤，乙種3.340公斤。刺刀甲種裝起伏式，不用時，可扳下收藏於木托之直槽內；乙種裝普通刺刀。

步馬槍彈藥，裝於插彈片內，插彈片與我國元年式槍用者相類，裝彈藥五發。

每步馬槍十支，共備豫備品一組，即退子鈎，彈倉簧，火針，火針簧，槍口蓋，遊標駐鈎簧各一。

凡槍彈，砲彈之鉛丸及破片，須具有需要之活力，方能使敵之人馬失戰鬬力，至其活力之標準，以侵徹爲目的時，單位面積之活力(彈丸之全活力以彈丸橫斷面積除得者)宜大，以破壞爲目的時，彈丸之全活力宜大。(一)對于未以被服，裝具馬具等保護之人馬，破其皮膚而侵徹內部，需要每平方公分2.6公斤公尺(人)與10公斤公尺(馬)之活力；(二)對於武裝之人馬發生充分之効力(完全破碎其首部之程度)，需要20公斤公尺(人)，與35公斤公尺(馬)之全活力。

槍彈對於人馬具有侵徹作用，但尖彈因其擺動(由重心位置之關係發生者)，及人馬組織內之各種抵抗，發生特種之回轉作用，故對于側方具有破壞効力；在近距離，一彈約能貫通三人。

三八式步槍彈對於各種物質之侵徹力如下表：

距離公尺	侵徹力(公尺)						
	尋常積土	砂	乾燥之松	踏緊之雪	五公厘鋼板	磚墻厚22公分	八公厘鐵板
200	0.99	0.60	1.12	1.10	貫通	貫通	貫通
400	1.10	0.75	0.87	0.90	貫通	貫通	貫通
600	0.91	0.60	0.63	0.75	凹痕深4公厘	貫通	凹痕深2公厘

三八式槍，槍身之命數(卽至命中不良不堪使用時能射擊之發數)據大正三年至七年之實驗，爲八千發左右，若超過此數，則槍膛擴大過甚，精度激減，其成績如下：

項目	發射彈數	0	1000	2000	4000	6000	8000	10000	13000	15000
三八式步槍	槍口前25公尺之存速，公尺	735	730	727	721	723	716	708	712	711
	在300公尺之合成公算，公分	11.0	9.6	9.5	9.6	9.7	10.4	16.5	14.1	31.2
	全通模具之對徑，公厘	6.51	6.51	6.52	6.53	6.54	6.57	6.60	6.61	6.63
三八式馬槍	槍口前25公尺之存速，公尺	687	681	678	676	677	658	660	664	666
	在300公尺之合成公算，公分	12.1	11.6	14.0	11.1	14.0	14.0	21.2	24.8	24.8
	全通模具之對徑，公厘	6.52	6.53	6.53	6.54	6.56	6.59	6.61	6.62	6.63

日本三八式槍，內膛可全通6.60公厘之模具者，卽作爲廢槍，查廢槍事實上曾經發射之彈數，未有達八千發者，蓋膛內之擴大，恐除射擊外，平時之擦拭，亦一大原因也。

日本現用步槍之射擊表如下：

步槍射擊表

射程	發射角	落角	水平地上之危險界(公尺)				經過時間	存速	對垂直標的半數必中界(公分)		最高度	最高度之距離
			騎兵	步兵								
公尺	正切之千倍	正切之千倍	高2.30	立姿 高1.55	跪姿 高1.00	伏姿 高0.50	(秒)	(公尺/秒)	垂直	水平	(公尺)	(公尺)
100	0.90	0.95	100	100	100	100	0.14	701	5.0	4.4	0.02	52
200	1.92	2.14	200	200	200	200	0.29	642	10.4	9.0	0.10	105
300	3.06	3.64	300	300	300	300	0.45	585	15.8	13.8	0.25	159
400	4.36	5.54	400	400	400	400	0.63	530	22.0	19.4	0.49	215
500	5.85	7.98	500	500	500	78	0.83	478	28.4	25.2	0.85	272
600	7.60	11.12	600	600	125	51	1.06	431	35.8	31.8	1.36	331
700	9.62	15.07	700	158	80	36	1.31	390	43.8	38.8	2.09	391
800	11.99	19.95	162	102	56	27	1.58	357	52.9	46.8	3.09	452
1000	17.92	32.64	80	55	32	16	2.19	310	74.0	65.0	6.31	576
1500	40.76	81.63	29	21	13	6	4.10	240	151.4	128.2	22.81	882
2000	78.89	166.73	14	10	6	3	6.63	191	276.0	224.0	61.39	1176
2400	124.64	280.45	8	6	4	2	9.30	153	419.6	330.0	118.87	1424

三、輕機關槍

日本輕機關槍，為大正十一年式，自動裝置，採瓦斯活塞式，用空氣冷却，有兩支脚，彈藥及插彈片，與步馬槍同，彈倉可裝彈藥五排，步騎兵通用，但騎兵用者，備有馱鞍及附屬品，此槍，我國東三省兵工廠仿造之，其主要諸元如下：

口徑……………………………………………… 6.5 公厘

槍身長……………………………………………485 公厘

全長………………………………………………1100 公厘

槍身重……………………………………………1.40 公斤

全重………………………………………………10.20 公斤

初速(每秒)………………………………………742 公尺

最大膛壓(每平方公分)…………………………3200 公斤

表尺距離…………………………………………1500 公尺

發射速度(每分)…………………………………450—500發

每步兵連支數……………………………………6支

收容彈藥，步兵用彈匣，與彈藥盒。前者由鐵皮製成，裝彈藥 120 發，重 1.5 公斤，用麻布被包，以便攜帶。後者爲麻布盒裝彈藥60發，騎兵用彈藥箱，箱係本製裝，裝彈藥360發，一馬可馱四箱。

十一年式輕機關槍之射擊表如下：

輕機關槍射擊表

射程 (公尺)	發射角 正切之千倍	落角 正切之千倍	水平地上之危險界(公尺) 騎兵 高2.30	步兵 立姿 高1.65	步兵 跪姿 高1.00	步兵 伏姿 高0.50	經過時間 (秒)	存速 公尺/秒	對垂直標的半數必中界(公分) 垂直	對垂直標的半數必中界(公分) 水平	最高度 (公尺)	至最高度之距離 (公尺)
100	1.05	1.19	100	100	100	100	0.15	679	5.9	6.4	0.03	52
200	2.17	2.50	200	200	200	200	0.31	622	11.8	13.3	0.12	104
300	3.38	3.99	300	300	300	300	0.47	566	17.8	20.6	0.27	158
400	4.72	5.82	400	400	400	147	0.65	513	24.2	28.5	0.52	214
500	6.26	8.13	500	500	500	74	0.85	463	31.3	36.8	0.90	270
600	8.10	11.15	600	600	109	47	1.08	420	39.5	45.6	1.49	329
700	10.23	15.25	700	141	73	33	1.33	384	49.3	54.9	2.28	388
800	12.68	20.47	146	94	53	25	1.61	353	61.1	64.6	3.33	447
1000	18.96	33.91	75	52	31	16	2.23	307	93.4	85.6	6.56	572
1500	43.33	84.54	28	20	12	6	4.27	239	262.2	146.4	24.20	873

四、重機關槍

日本重機關槍，爲大正三年南部式，用瓦斯自動，空氣放熱，槍架爲三脚架，極其堅牢，步騎兵通用，均用馬匹馱載，彈藥與步馬槍輕機關槍同，但裝於保彈板，每板30發，瞄準，操作及發射速度均優於三八式，此槍我國東三省兵工廠從事仿造，稱一三式機關槍，其主要諸元如下：

口徑	6.5公厘
槍身長	726公厘
全長	1204公厘
槍身重	26.6公斤
全重	50.4公斤
初速(每秒)	742公尺
最大膛壓(每平方公分)	3200公斤
表尺距離	2200公尺
發射速度(每分)	500發
每機關槍連支數	4 支

彈藥箱，步兵用者，收容540發，卽裝於保彈板之30發一排者18排，一馬馱載四箱；騎兵用者收容750發卽25排，一馬可馱載二箱。

器具箱，亦分步兵用與騎兵用兩種，每機關槍六支共備一組計二箱，用一馬馱載，箱內收容豫備品，修理器具，應用材料等。

機關槍馱鞍分步兵用與騎兵用兩種，前者馭卒徒步，後者馭卒乘馬。馱鞍各分槍用，彈藥箱用，器具箱用數種，有一特別裝置可以應馬體之大小而調節之。其重量約16.20公斤。

三年式重機關槍之射擊表如下：

機關槍射擊表（基準氣溫攝氏15度氣壓760公厘）

射距離（公尺）	瞄準角正切之千倍	發射角正切之千倍	落角正切之千倍	水平地上之危險界（公尺）騎兵 高2.30（公尺）	步兵 立姿 高1.65（公尺）	步兵 跪姿 高1.00（公尺）	步兵 伏姿 高0.50（公尺）	最高點 最高度（公尺）	最高點 到最高點之水平距離	經過時間（秒）	存速（公尺）	對垂直標的半數必中界（公分）垂直（公公）	對垂直標的半數必中界（公分）水平（公分）
100	0.9	0.92	0.97	100	100	100	100	0.02	52	0.14	695	6	3
200	1.9	1.96	2.19	200	200	200	200	0.10	105	0.29	636	8	4
300	3.1	3.12	3.72	300	300	300	300	0.26	159	0.46	579	11	6
400	4.5	4.44	5.67	400	400	400	172	0.51	215	0.64	524	13	8
500	6.2	5.97	8.16	500	500	500	76	0.87	272	0.84	473	16	10
600	8.1	7.74	11.34	600	600	122	50	1.40	331	1.07	427	20	13
700	10.3	9.81	15.37	700	153	78	35	2.14	391	1.32	387	24	15
800	12.8	12.23	20.34	157	99	54	26	3.16	452	1.59	354	29	18
900	15.7	15.05	26.30	106	71	40	20	4.51	513	1.89	328	34	22
1000	19.1	18.27	33.18	78	54	31	16	6.25	575	2.21	307	40	25
1100	22.9	21.92	40.97	61	43	25	12	8.44	637	2.55	290	46	29
1200	27.1	26.02	49.72	49	35	20	10	11.15	699	2.92	275	54	34
1300	31.9	30.61	59.50	40	29	17	8	14.44	790	3.30	262	63	38
1400	37.3	35.72	70.40	34	24	14	7	18.41	821	3.70	250	72	43
1500	43.1	41.41	82.55	29	20	12	6	23.15	881	4.13	239	85	48
1600	49.4	47.42	95.11	25	17	11	5	28.75	940	4.59	228	102	53
1700	56.2	54.69	111.24	21	15	9	5	35.31	999	5.08	218	123	58
1800	63.6	62.36	128.18	18	13	8	4	42.96	1058	5.60	208	153	64
1900	71.9	70.76	147.11	16	11	7	3	51.82	1118	6.15	199	185	70
2000	81.3	79.90	168.19	14	10	6	3	61.98	1178	6.72	190	223	76
2100	92.0	89.77	191.61	12	9	5	2	73.54	1239	7.31	182	266	84
2200	104.2	100.58	217.81	11	8	5	2	86.76	1300	7.94	173	315	91

五、高射機關槍

高射機關槍，各國近年多用13公厘左右者，最大射高，約達三千五百公尺，採用鋼心破甲彈，發射速度大，每分鐘450發，爲增加發射速度，且有於一槍架上聯裝槍身兩個至四個者，如哈其開新式是。日本對於大口徑高射機關槍，尙在研究中，其現用者，仍爲普通重機關槍之槍身裝於高射脚架者，僅對於射擊低空之飛機，頗有効力，彈藥與機關槍等同，彈藥箱與重機關槍步兵用者同，其主要諸元如下：

口徑	6.5	公厘
全長	1204	公厘
槍身重	26.70	公斤
全重	95.00	公斤
最大射角	80.	度
最大射高	1000	公尺

六、手槍

手槍爲護身及戰壕用火器，日本軍用手槍爲十四年式自動槍，彈倉納彈藥八發，其主要諸元如下：

口徑	8.0	公厘
槍身長	203	公厘
全重	1.66	公斤
最大射程	300	公尺
彈重	6.6	公分
彈長	1 5	公厘
藥量	0.3	公分
彈藥全重	10.9	公分
彈藥全長	3 2	公厘

日本爲由航空機對於地上或由地上對於空中作信號，有信號手槍，所用信號彈，由槍口裝入扳機，擊火射出，其主要諸元如下：

口　徑	35	公厘
槍身長	120	公厘
通信距離	晝間 2000—4000 夜間 2000—8000	公尺 公尺
彈　長	120—119.5	公厘
照明時間	4—15	秒

彈藥分龍（黃，黑，白，）吊龍（赤，綠，）流星（白，赤，綠，）等數種，卽將發烟劑或發光劑與傘狀物裝塡於紙筒內，再納於藥筒中，筒底有特別記號以資識別。

「龍」由發射點表現細長之帶；「吊龍」爲龍之頭部具有傘狀物，掛於空中，漸次落下；「流星」爲射多數細長之帶。

日本信號彈所用藥品，在戰時亦易補充，如硝酸鍶，（紅）硝酸鈣或鹽化鈣（淡紅）硝酸鈉（黃）硝酸鋇（綠）炭酸銅（藍）等是。

七、手溜彈

手溜彈，爲近迫戰不可缺少之兵器，以手投擲，可達二十五至三十公尺之遠，其式樣甚多，日本現用者，爲十年式曳火手溜彈，由圓筒形之彈體及發射藥室而成，彈體爲鑄鐵製，內裝鹽斗藥，平時亦可裝茶褐藥，其上部裝引信，發射藥室，裝無煙藥若干，以備由擲彈筒中發射者。運搬時將引信之撞針旋上，使用時將撞針旋下，保險鎖拔出，向堅硬之處或皮鞋底力擊之，登時拋出，經七秒鐘卽行爆發，其炸片甚小，炸力甚大，故可予敵人以大損傷，而對於拋擲者，可無危害。其主要諸元如下：

彈　徑	5	公分
全　長	122	公厘
彈殼重	0.3	公斤
炸藥重	60	公分
慢　藥	黑藥柱	

彈全重……………………………………………………0.5　公斤

八、擲彈筒

擲彈筒，爲衝鋒及抵抗敵軍進攻之有效兵器，當衝鋒至距敵軍一二百公尺，步兵礮已失效用，步兵亦上刺刀，準備白刃戰，此時若使用槍溜彈或擲彈筒得當，必可大奏功效。擲彈筒，係一簡單之圓筒，能將手溜彈擲至一二百公尺之距離。日本所用之擲彈筒爲大正十年式，係將發射藥附於手溜彈之後端，將彈置於擲彈筒內，拉繩擊火發射之，其射程於射用45度時，因調節其筒下方出氣孔之大小，而得六十至二百二十公尺之射程，其重要諸元如下：

口徑	5	公分
筒長	發射時 53 攜帶時 30	公分 公分
筒重	2.7	公斤
彈重	0.5	公斤
射程	60—220	公尺

擲彈筒，以皮帶及掛鈎，由士兵負之。

九、平射步兵砲

日本平射步兵砲，爲大正十一年式，其主要部分，爲砲身，搖架，砲架，砲架爲三脚式，依前脚之起伏，可取高低二種姿勢，用眼鏡直接瞄準，通常以二人操作，一裝彈藥，一任瞄準及擊放，遇必要時，一人亦可施放，移動時將砲身砲架分開，以兩馬馱載，或于前方裝兩桿用四人以臂力攜行，其砲彈用破甲溜彈一種，彈頭堅硬，在近距離，能貫徹戰車之鋼甲。

步兵砲連內，第一排爲平射砲，分二班，每班砲一門，人員，除班長一人外，有砲手八名，馭卒二名。

其主要諸元如下：

口徑……………………………………………………37　公厘

砲身長	1034	公厘
砲閂式樣		楔形
全重(放列砲車)	89.80	公斤
高低射界	高位　負3°—15° 低位　負10°—10°	
最大射程	5000	公尺
彈　長	135	公厘
彈　重	540	公分
彈藥全重	650	公分
發射速度(每分鐘)	20	發

彈藥箱，爲鐵板製，一箱裝彈藥32發，一馬駄載四箱，箱重約10公斤，箱與彈共重約32公斤。

十、曲射步兵砲

日本曲射步兵砲，爲一種滑膛前裝式輕迫擊砲，稱大正十一年式，而成於大正十三年，其主要部分爲砲身砲架，及床板三部分。砲彈用溜彈及發烟彈兩種，其外形與普通砲彈相類，裝彈頭引信，彈底有藥室以裝發射藥，用間接瞄準，命中甚佳。床板兩邊，可裝槓桿，以便擡行，但此砲之運搬，普通用二馬分駄。

步兵砲連內，第二及第三排爲曲射砲，以中少尉爲排長，每排分第一第二班及彈藥班，第一第二班以軍士爲長，彈藥班以上等兵爲長，第一及第二班，各有砲一門，砲手九名，馭卒三名。

口　徑	70	公厘
砲身長	750	公厘
砲身重	17	公斤
全　重	63	公斤
最大仰角	73	度
最大射程	1550	公尺

彈　長……………………………………213　公厘

空彈重……………………………………1.925　公斤

全彈重……………………………………2.500　公斤

彈藥箱，一箱收容彈藥八發，一馬馱載四箱，其空虛重量，約十公斤，塡實重量，約26公斤。

十一、野　砲

日本野砲，爲三八式及改造式兩種，砲彈共用，我國有改造式，係爲增大射角，將三八式砲架改造而成者，我國有此等火砲不少。東三省兵工廠曾仿造三八式野砲，稱一三式七五野砲。此等火砲砲車及前車，用六馬挽曳。三八式野砲主要諸元如下，但括弧內者，屬改造式。

口　徑……………………………………75　公厘

砲身全長……………………………………2325　公厘即31倍

砲身全重(連砲閂)……………………………………333　公斤

砲閂式樣……………………………………螺體直閂

高低射界……………………………………俯8°，仰16.5°(俯8°，仰45°)

左右射界……………………………………左右各3.5°

最大後座長……………………………………1300　公厘

初速(每秒)……………………………………開509公尺，子499公尺

最大射程……………………………………開8250公尺，子5800公尺(尖銳彈11600公尺)

輪間距離……………………………………1400　公厘

防楯厚……………………………………4　公厘

砲車重量(放列)……………………………………947　公斤(1121.5公斤)

前車重量(裝彈藥36發)……………………………………787　公斤(780公斤)

砲車連前車重量……………………………………1734　公斤(1901.5公斤)

彈　重……………………………………開6.47　公斤，子6.83公斤

開花彈裝藥量……………………………………………………631　公分

子母彈鉛丸數……………………………………………………270　顆

子母彈炸藥………………………………………………………100　公分

發射藥重…………………………………………………………600　公分

引　　信……………………………………開，子，皆用三年式雙用引信

砲兵一連之砲數……………………………………………………4　門

砲彈共有八種，除上述二種外，尙有六種如下：(一)十年號開花彈，(二)鋼性鐵開花彈，均裝瞬發引信；(三)發烟彈，裝發烟劑及炸藥，其有効烟幕寬，每發約30公尺，在風速六公尺以上，有効烟幕之繼續時間，約40秒；(四)燒夷彈，裝固體燒夷劑；(五)照明彈，裝固體照明劑，其照明半徑，約1500公尺，以上各彈，皆裝雙用引信；此外，尙有(六)鋼性鐵尖銳彈，彈頭極尖，僅改造式野砲用之。

子母彈，在空中炸開時，其鉛丸散布於以開炸處爲頂點以彈道切線爲軸之圓錐體內，此圓錐體稱束藁，束藁之頂角稱束藁角，上述鉛丸散布之地域，稱散布界，散布界之形狀，普通作卵形，其中鉛丸之密度，愈近愈大，散布界中，對於人馬發生殺傷効力之地帶，稱効力界，玆將日本三八式野砲及四一式山砲空炸子母彈一彈在各種射程之効力界等項列表如下，但對人之効力以20公斤公尺，對馬以35公斤公尺爲標準：

砲之種類	射程	落角		存速	束藁半開角		炸高		對人員之効力界	對馬匹之效力界	散布界
	公尺	密位	度	公尺／秒	密位	度	密位	公尺	長(公尺)	長(公尺)	長(公尺)
野	1000	30	1.68	3[illegible]0	131	7.36	2	2	230	1[illegible]0	700
	3000	150	7.43	270	175	9.83	3	9	180	70	400
砲	5000	315	19.39	240	190	10.78	4	20	100	60	100
山	1000	54	3.03	290	110	6.18	3	3	200	80	650
	3000	214	12.03	245	126	7.08	4	12	120	40	120
砲	5000	475	26.69	2[illegible]5	136	7.64	5	25	40	20	40

開花彈，因引信不同，或在空中或在地面炸裂，而表現殺傷或破壞效力，或在地中

炸裂而表現破壞效力。在空中炸裂時，其效力，與射程無甚關係，但因炸裂高而大有不同。其裝延期引信在地中爆發時：通常發生漏斗狀之破壞孔，其大小，因土質與落角頗有不同，尋常土，漏斗孔之對徑，爲彈徑之二十至二十五倍，其深度爲彈徑之五至六倍。日本野砲及山砲，開花彈，對於尋常土之漏斗孔其尺寸如下：

火砲種類	射程 公尺	漏斗孔		
		徑，公尺	深，公尺	容積，立方公尺
野砲	4000	1.45	0.27	0.30
山砲	2500	1.46	0.30	0.32

開花彈裝短延期引信時，碰地後，有時跳躍若干距離，始行爆發，在野山砲彈，其距離約十四公尺，炸裂點之高度約二至四公尺。能確實發生跳躍之射程，因土地之傾斜與土頗有不同。若在平坦之尋常土，野騎砲爲三千公尺以內，山砲爲二千五百公尺以內。若在砂地，射程增大。

彈藥車，由前車與後車而成，前車收容彈藥40發；後車60發，用六馬挽曳，其主要諸元如下：

空虛重量……………………………………約969 公斤

轍間距離……………………………………1485 公尺

接續車前長…………………………………6.446 公尺

車輪對徑……………………………………1.400 公尺

全備重量…………
- 開花彈車………1741 公斤（前車 795 公斤；後車 946 公斤）
- 子母彈車………1779 公斤（前車 810 公斤；後車 969 公斤）

預備品車，亦由前車及後車而成，收容各種預備品，油脂類，修理材料，用具，及馬具等，以三駢(六馬)挽曳之，其主要諸元素如下：

轍間距離……………………………………1486 公斤

車輪對徑……………………………………1.400 公尺

接續車全長…………………………………7.335 公尺

空虛重量……………………………………………916　公斤

全備重量……………………………………………1614　公斤

觀測車由前車及後車而成，收容望遠鏡，瞄準鏡，測遠鏡，觀測梯，通信器材等，用三騎挽曳之，其主要諸元素於下：

轍間距離……………………………………………1.485　公尺

車輪對徑……………………………………………1.400　公尺

接續車全長…………………………………………6.901.5　公尺

裝備重量……………………………………………1.901　公尺

十二、騎　砲

騎砲爲野戰之補助砲，與騎兵行動相隨，射擊目標及曳引方法，與野砲同。砲身全長，比野砲稍短，但用同一彈藥，可得同等射程；砲架略去砲手座，砲手皆乘馬，其運動性，比野砲爲大，其主要諸元中與野砲不同者如下：

砲身全長……………………………………2195　公厘(29.27)倍

砲身全重(連砲閂)…………………………………334　公斤

砲車重(放列)………………………………………916　公斤

前車重(彈藥16發)…………………………………584　公斤

砲車與前車重………………………………………1500　公斤

預備品車，觀測車，與野砲用者同，彈藥車前車裝彈藥28發，後車45發，用六馬挽曳，其與野砲不同之點如下：

空虛重量……………………………………………約863　公斤

全備重量……………………………………………{開花彈車 1,486　公斤
子母彈車 1,515　公斤}

十三、山　砲

日本現用之山砲，爲大正六年式，砲閂，爲螺體直閂，全砲可分解用六馬分馱，或裝轅桿用馬匹挽曳，口徑與三八式野砲同，其砲彈共用，惟銅殼較野砲用者約短 120公

厘。此砲，我國漢，晉，遼各廠均仿造之，漢造稱十年式，晉造稱一三式，遼造稱一四式。其主要諸元如下：

口徑	75	公厘
砲身全長	1300	公厘(17.3倍)
砲身全重(除砲門)	100	公斤
高低射界	俯8°仰25°	
水平射界	左右各2.5°	
最大後座長	950	公厘
初速(每秒)	341 334	公尺(開) 公尺(子)
最大射程	6400 5100	公尺(開) 公尺(子)
轍間距離	1.00	公尺
防楯厚	3	公厘
全重	539.5	公斤
山砲兵每連砲數	4	門

彈藥箱，用鋼板製成，收容彈藥六發，一馬馱載二箱，共空虛重量，約13.32公斤，裝備重量，開花彈58.38公斤，子母彈60,066公斤。

器具箱，分器具箱(第一，第二)及豫備器具箱，(第一至第六)兩種，均用木製，形狀相同。器具箱內裝表尺，瞄準鏡，象限儀，信管轉子，砲門及駐退機之豫備品，修理用器具及油脂類等，與防楯，同用一馬馱載。豫備器具箱內裝各部豫備品，油脂類，燈籠，及修理材料等，每二箱以一馬馱之。

觀測具分為第一至第五通信箱，第一觀測箱甲，乙，第二觀測箱甲，乙，器具罐甲，乙，及觀測梯等各二箱，以一馬馱之。

十四、輕榴彈砲

輕榴彈砲之主要目的，在射擊遮蔽之敵兵，及破壞較為堅固之陣地，尤宜於鐵條網之破壞及瓦斯彈之使用，各國多用十公分左右者，日本則用三八式十二公分榴彈砲，但此

砲較舊，射擊頗不安定，最近曾由法國士乃德廠購得十公分五榴彈砲之仿造特許，若將十二公分者主要諸元列舉於下：

口徑	121 公厘
砲身全長	12 倍
砲門式樣	螺體
高低射界	俯5°，仰43°
水平射界	左右各2°
最大後座長	610 公厘
復座機	彈簧
初速(每秒)	276 公尺(開•子)
最大射程	5650 公尺
砲車重量(放列)	1257 公斤
砲車重量(接續)	2165 公斤
彈重	開花彈 20 公斤 地雷彈 19.5 公斤 子母彈 20 公斤
炸藥量	開花彈 1.34 公斤 地雷彈 2.81 公斤
子母彈鉛丸數	570
引信	開花彈 四一式彈底引信 地雷彈 克式十二公分榴彈砲用彈底引信 子母彈 四一式彈底引信
每連砲數	4 門

前車收容豫備表尺，及其他豫備品，并貯彈藥十六發。彈藥車，分前車後車，各貯彈藥二十發。

十五、十公分加農砲　甲

此砲宜於破壞堅固之材料及工程，或殺傷人馬，砲架係單脚式，砲門爲螺體式，復進機用彈簧，用四騎挽曳，或汽車牽引，遼廠曾仿造此砲名一四式十公分加農砲。其主

要諸元如下：

口　　徑	105 公厘
砲身全長	3325 公厘即31.7倍
砲身全重(連砲閂)	1254.5 公斤
高低射界	俯2°仰15°
水平射界	左右各2°
初速(每秒)	540 公尺
最大射程	10000 公尺
轍闊距離	1.40 公尺
防楯厚	3.5 公厘
最大後座長	1.68 公尺
砲車重(放列)	2,594 公斤
前車重	621 公斤
砲車與前車重	3215 公斤
彈　　重	18 公斤
開花彈炸藥重	1.025 公斤
子母彈鉛丸數	530 顆

彈藥車，由前車與後車而成，右裝彈藥十八發，砲彈與藥筒係分離式，用三騈挽曳，其主要諸元如下：

轍闊距離	1.45 公尺
接續車全長	6.291 公尺
車輪對徑	1.300 公尺
空虛重量	860 公斤
裝備重量	1.670 公斤

豫備品車，由前車及後車而成，裝各部豫備品，土工器具，油脂，修理材料，器具等，用三騈挽曳之，主要諸元如下：

轍間距離……………………………………………………1.40　公尺

車輪徑……………………………………………………1.40　公尺

接續車全長………………………………………………8.487　公尺

空體重量…………………………………………………827　公尺

裝備重量…………………………………………………1713　公尺

觀測車之構造，挽曳法及收容品，與野砲用者相同，但砲車用汽車牽引時，將本車之收容品納入箱內，裝於汽車上可也。

十六、十公分加農砲　乙

此砲比前述之甲種，式樣較新，砲架為開架式，可賦與極大之仰角，用汽車牽引，通常每日移動60—70公里，有必要時，可得120公里之速度，亦可用四駢挽曳。遼廠計劃仿造此砲稱一九式十公分加農砲。

其主要諸元如下：

口徑……………………………………………………105　公厘

砲身全長………………………………………………3590　公厘

砲身全重(連砲閂)……………………………………932　公厘

高低射界………………………………………………俯5°　仰43°

水平射界………………………………………………左右　各15°

最大射程………………………………………………13300　公尺

轍間距離………………………………………………1.50　公尺

砲車重(放列)…………………………………………3115　公斤

前車重…………………………………………………615　公斤

砲車與前車重…………………………………………3730　公斤

彈重……………………………………………………16.00　公斤(榴)
16.76　公斤(子)

砲彈與藥筒係分離式，計分六種如下：

種　類	彈長，公厘	全重，公斤	引　信	備　考
開花彈	424	16.0	瞬發	
鋼性鉄開花彈	399.5	16.0	瞬發	鉛丸415顆
子母彈	307	16.76	雙用	
發烟彈	368	16.17	雙用	有効烟幕寬，每發50公尺，風速6公尺以下時，有効烟幕繼續時間約1分
尖銳彈	427.5	16.00	瞬發	
燒夷彈	340.8	13.122	雙用	

彈藥車，前後兩車共納彈藥48發，以汽車牽引之，有時亦可用三騈運搬，其主要諸元如下：

輪間距離……………………………………1.60 公尺

車輪徑……………………………………1.40 公尺

接續車全長……………………………………5.337 公尺

空虛重量……………………………………1150 公斤

裝備重量……………………………………2290 公斤

十七、十五公分榴彈砲

此砲爲四年式重榴彈砲，宜於堅固陣地之破壞，及人馬之殺傷。其運搬時，分爲砲身車及砲車二部，各裝前車以馬匹三騈挽曳之，遂造一四式十五公分榴彈砲，爲此砲之舊式者，不能分解，其計劃中之一九式卽爲此砲。玆將主要諸元，列舉於下：

口徑……………………………………149.1 公厘

砲身全長……………………………………2190 公厘

砲身全重(連砲閂)……………………………………903 公斤

砲閂式樣……………………………………螺體式

高低射界……………………………………俯5°,仰65°

水平射界……………………………………左右各3°

初速(每秒)……………………………………274 公尺(開，子)

最大射程……………………………………低射界9600公尺(破甲開花彈)
高射界2600公尺(子母彈)

轍間距離……………………………………1.55 公尺

防楯厚……………………………………4.5 公厘

復進機種類……………………………………空氣

最大後座長……………………………………630 公厘

砲車重(放列)……………………………………2758 公斤

砲身車重……………………………………2056 公斤

砲架車重……………………………………1962 公斤

砲彈分爲六種，與藥筒分離如下：

種類	彈長，公厘	全重，公斤	引信	備考
破甲開花彈	445.7	36.00	彈底	
鋼性鐵開花彈	487.5	31.24	瞬發	
子母彈	380.7	36.00	雙用	鉛丸1050顆
開花彈	592.8	36.00	瞬發	
鑄鐵破甲開花彈	445.7	36.00	彈底	
發烟彈	487.8	33.30	瞬發	有効烟幕寬一發，100公尺在風速六公尺以下，有効烟幕繼續時間爲2.5分

彈藥車前後兩車各裝12發，用三駢挽曳，其主要諸元如下：

轍間距離……………………………………1.480 公尺

車輪徑……………………………………1.230 公尺

接續車全長……………………………………6.413 公尺

空虛重量……………………………………800 公斤

裝備重量……………………………………1.710 公斤

豫備品車及觀測車，與野砲用者略同。

十八、要塞及陣地重礮

名　稱	十五公分加農砲	二十公分榴彈砲	二十四公分榴彈砲
制定年式	明治45年1911	同	同
口徑　公厘	149.1	200	240
砲身長　倍	50	16	16
最大後座長　公厘	1200	805	101 變化
後進機	空氣	空氣	空氣
最大仰角度	30	65	65
最大方向角度	全周	全周	全周
彈重　公斤	45	80	200
最大炸藥重　公斤	4.82	——	12.93
最大初速　公尺	800	480	390
最大射程　公尺	15000	10350	10700
放列砲車重　公斤	14302	11500	14936
發射速度　每分發數	3	——	1½
砲架式樣	裝框	裝框	裝框

十九、高射礮

日本七五野戰高射砲，有特種瞄準具，放列時，以四脚支於地上，移動時，以四脚構成車底，裝以車輪，用汽車牽引之，遼造之75高射砲與此相類。其主要諸元如下：

口徑……………………………………………… 75 公厘

砲長全長………………………………………2562 公厘即34.16倍

砲身全重(連砲閂)………………………………… 329 公斤

高低射界…………………………………………0—85°

水平射界………………………………………… 360°

最大射程及射高……………………射角40°射程9000 公尺；85°射高5000 公尺

輪間距離…………………………………………1.550 公厘

砲車全重…………………………………………裝輪 2297 公斤；放列 2061 公斤

砲彈共有五種，略述如下：

(一)開花彈　野砲開花彈，裝以高射引信者。

(二)子母彈　野砲子母彈，裝以高射引信者。

(三)環層彈　彈體由若干環層，連結桿，及鉛丸(108顆)而成，內裝多量之炸藥，砲彈炸裂時，鉛丸及與此重量形狀略同之破片，共達三百餘個。

(四)有孔代用彈　演習射擊飛機時用之，對於被牽引之飛機射出後，彈體不破壞，不過表示炸裂點，以免危險。

(五)目標彈　爲空中射擊之演習，表現目標於空中時用之，此彈因引信之作用，在希望之空中，現出對徑三公尺之赤色吊傘。

彈藥之運搬，概用汽車。

觀測車，由前車與後車而成，收容測量器材，電話機，測遠機，躲避測定機，航速測定機，土工器材，木工器材，及其他器材等，全備重量，爲1775公斤，用汽車牽引之。

日本尙有十公分五高射砲，其彈重約18公斤，初速680公尺，最大射高10500公尺。

戰　　車

戰車，因其用途可分輕重兩種。重戰車以突破強固障礙物，開步兵之進路，或使輕戰車之行動容易爲目的，其重量爲三十噸以上。輕戰車以伴隨步兵，掃蕩敵之陣地，幷阻止其逆襲爲目的，其重量，有二十噸左右者，有六七噸者，故有時又分爲中戰車與輕戰車兩種。

日本戰車，原擬設立四隊，繼因陸軍縮小，減爲二隊，業已成立一隊，計有戰車二十，配備于第十二師，日本戰車，在大阪砲兵工廠製造，其輕戰車與英國Whippet 式相似，重二十公噸，長約六公尺，最大速度，每時約二十五公里，裝甲頗厚；重戰車，裝甲極強，速度亦較大，裝十五公分加農砲一門，及重機關槍多支。此等戰車，爲1924式似尙在製造中。現在使用者，爲舊式之法國 Renanlt 式Char leger15 架，及英國 Vickers 式 Medium Mark C tank 數架。

日本之法式輕戰車，爲1917式，分雄雌兩種，其性質相同，惟武裝有別。前者，裝三七公厘半自動 Puteaux 式小加農砲一門於回轉塔內，可向四方射擊，備彈藥240發，有乘員二人，一開車，一射擊，幷任指揮；後者，裝氣冷式機關槍一支於塔內，備彈藥4800發，乘員與上同。此車因其形體小，馳走速度大，對於8公厘之鋼心破甲彈，有完

全之抵抗，其威力當不可侮。

日本為研究試驗起見，以二萬五千萬金購得美國水陸兩用 Christie 式輕戰車一架，及其製造權，查此車重七公噸，備三七小砲一門，乘員二人，最大速度，每時陸上25公里，水中6公里，最厚裝甲為7公厘。

日本法式及英式輕中戰車之主要諸元，列於下表：

日本戰車一覽表

種類		輕戰車(雄)	輕戰車(雌)	中戰車
式樣		法國 Renault	法國 Renault	英國MediuMmark C tank
重量	(公噸)	6.7	6.5	20
長短	公尺	4.1(除尾)5(連尾)	4.1(除尾)5(連尾)	7.95
寬度	公尺	1.74	1.74	2.72
高度	公尺	2.14	2.14	2.80
齒帶寬	公尺	0.34	0.34	0.50
馬力數		39	39	150
原動機		Renault 4 汽缸	Renault 4 汽缸	Ricardo 6 汽缸
最高速度	公里／時	8	8	12
人員		2	2	3
武裝		加農砲1	機關槍 1	機關槍 3
裝甲厚(公厘)	前部	22	22	15
	側部	16	16	10
	後部	8	8	10
	上部	6	6	6
汽油攜帶量	(公升 l)	90	90	682
連續行動距離	公厘	60	60	110
超越寬	公尺	2	2	3.5
超越高	公尺	0.6	0.6	1.3
攀登	度數	45(前進)51(後退)	45(前進)51(後退)	35
涉水深	公尺	0.7	0.7	0.8
壓倒一樹之對徑	公尺	25	2.5	4.5
每噸之馬力數		5.8	5.8	7.5

二十、觀測器材

一、角形雙眼鏡　此爲在遮蔽物掩護下使用之望遠鏡，作角形，其主要諸元如下：

倍率……10 倍

視界……3.5 度

射出瞳孔對徑……3.5 公厘

眼鏡重量……0.85公斤

全備重量……1.50公斤

二、雙眼鏡　即普通之雙筒望遠鏡，有甲乙丙三種，如下：

種類	甲	乙	丙
倍率	6	12	6
視界(度)	6.8	3.3	9.5
射出瞳孔對徑(公厘)	4	2.5	4

三、砲隊鏡甲　此鏡係在要塞或陣地戰作偵察觀測之用者，爲角形，由眼鏡，托架及三脚架而成，兩眼鏡可適宜開閉，有規定高低角及左右角之裝置，其主要諸元如下：

倍率……10 倍

視界……4.5 度

射出瞳孔對徑……5 公厘

眼鏡重量……7.5 公斤

三脚架重量(連套)……5.26 公斤

全備重量……14.50 公斤

四、砲隊鏡乙　其形狀如甲，用于野戰者，各部分較爲輕便，明度略遜。其主要諸元如下：

倍率……15 倍

視界……3 度

眼鏡重量……………………………………………………………3.64公斤

射出瞳孔對徑…………………………………………………3.1 公厘

三脚架重量………………………………………………………3.24公斤

托架重量…………………………………………………………1.55公斤

全備重量…………………………………………………………8.58公斤

五、野戰重測遠鏡　由眼鏡及三脚架而成，爲測定距離之用，其對空用者，爲測定至飛機直距離及高度之用，並附高度器，其主要諸元如下：

基綫長……………………………………………………………1 公尺

倍率………………………………………………………………12 倍

視界………………………………………………………………3度20分

射出瞳孔對徑…………………………………………………2.6 公厘

俯仰角 { ……………………………………………………俯仰各27度
　　　 { 對空用者………………………………………{俯　角20度 / 仰　角60度}

能測距離範圍…………………………………………2公里至10公里

六、攜帶測遠機　此機爲近距離測定之用，由框，反射鏡及測索而成，反射鏡屈曲率約二分之三，測遠機重110公分，測索重990公分。

七、望遠測角器　此物用以由遠距離偵察敵地或測定其關係地位之角度者，由眼鏡，托架，角度板，三脚架及附屬品而成，附有十二倍用，二十四倍用及三十二倍用三種接眼鏡，其主要諸元如下：

鏡筒長……………………………………………………… 468　公厘

俯仰角………………………………………………………各 30 度

眼鏡重量…………………………………………………… 5.92 公斤

全備重量……………………………………………………25.71 公斤

八、觀測梯　植立或縛著於樹木等物以資攀登觀測之用，分爲甲乙兩種，甲爲野山砲兵用，由梯，支桿，防楯等而成，全長4.5公尺，可以折疊，其上部可裝砲隊鏡，重量約六十公斤。乙種爲野戰重砲兵及攻守城砲兵之用，比甲形體稍大，構造較爲複雜，全長

約七公尺，重量六十二公斤。

二十二、爆破器材

一、爆破用火藥　此用以爆破構築物等者，規定用品，有黃色藥，茶褐藥，及鹽斗藥三種，其形狀，各有方形及圓墻形兩種，又各有一雷管孔。

尺寸 公厘		
區分	方形	圓墻形
長	70.5	113
縱	51.0	——
橫	41.0	——
徑	——	29.0

藥量 公分		
區分	黃色藥 茶褐藥	鹽斗藥
方形	200	190
圓墻形	100	95

二、爆發罐　此即將用於爆發之方形藥三個，及用於爆發罐之黃色藥（與普通方形藥略同，而雷管室之位置不同，每個四百公分）一個，置於亞鉛罐而成者，其蓋備有雷管室，其主要尺度與重量如次：長爲二〇六公厘，體七五公厘，橫五五公分五，全重爲一公斤二。

三、障碍物破壞筒　此用於破壞鐵條網等物者，管體由四個管頭及尾筒等而成，各管體含有黃色藥包十個，以用於爆破之雷管點火，運搬時，將各管體分離，以鋼質螺蓋保護其端末之牡螺。其長度與重量如次：全長爲一〇公尺七九，藥包全重，三二公斤，全體重量，爲一〇二公斤八三二。

四、緩燃導火索　此用以導火之物，其中心爲黑色小粒藥，外包以綿紗耐水紙等，而爲索狀。其要件如次：中徑爲五公厘五，長（一束）二七〇公尺，導火速度，約一〇公厘／秒，耐水時間，在三〇小時以上(保護末端以浸漬于水中)。

五、速燃導火索　導火須迅速時用之，以門綫爲中心，以橡皮布及麻綫等包裹之，其要件如次：對徑爲五公厘五，長(一束)三六〇公尺，導火速度爲一〇〇公尺／秒，耐水時間，在三〇小時以上(保護末端以浸漬于水中)。

六、導火管　欲使數處之爆破藥齊發或需迅速之導火時用之，卽於鉛管內裝塡茶褐

藥者，其主要諸元如下：

對徑……………………………………………………5.5公厘

長(一卷)………………………………………………120公尺

一公尺重………………………………………………約100公分

導火速度………………………………………………5300公尺／秒

七、大電氣點火機　由遠距離用電力使爆破用火藥點火者，分甲乙二種，甲種由框，囘轉裝置，發電機，自動接續器，附屬品，豫備品及材料而成，全重12.45公斤。乙種由發電機，囘轉裝置及轉把而成，比甲種輕便，全重為5.30公斤。

八、小形電氣點火機　其目的與大形者相同，惟極輕便，適于騎兵之用，其構造形狀，與上述之乙種同，全重為3.3公斤。

九、點火管　由管體及雷管而成，用導火索點火具，擊發雷管，以點火於緩燃導火索者。

十、導火索點火具　由本體，擊莖及支桿而成，擊發前述之點火管，以點燃緩燃導火索者。重量為130公分。

二十三、發射藥

日本陸軍用發射藥，為硝化棉性無煙藥，與法國B火藥相類，由強弱棉藥及弟囘尼拉明而成；海軍用者，為硝化甘油性無煙藥，與英國之柯達藥 Cordite M.D. 相類，由強棉藥硝化甘油及凡士林而成，約含硝化甘油30%。無煙藥之點火藥，概用黑色有煙藥，舊式火砲之發射藥，亦尚有用有煙藥者。有煙藥黑色者，由硝石75.木炭15.硫黃10.混合而成，褐色者，由硝石78.褐色木炭19.硫黃8混合而成。茲將日本陸軍所用各種發射藥之性質列於下表。

日本陸軍用發射藥一覽表

種類			比重	形狀	厚(公分)	長(公分)	寬(公分)	主要用途
有煙藥		小粒藥	1.71	不整盤	徑	0.6——1.4		點火藥
		槍藥	1.72	,, ,, ,,	,,	0.6——1.4		手槍裝藥舊式火砲空包藥
		山砲藥	1.60	,, ,, ,,	,,	0.7——1.5		大口徑榴彈砲縮射藥舊式小口徑臼砲裝藥
		野砲藥	1.72	不正平扁形	5.0	7.0—10.1		舊式大砲裝藥
		一號平扁藥	1.78	平扁形	9.0	11.0—18.0		舊式大口徑榴彈砲裝藥
		二號平扁藥	1.80	,, ,, ,,	20.0	20.0—33.0		舊式大中口徑加農砲裝藥
		二號褐色藥	1.85	穿孔正六角柱體	高25.0	兩側面間徑 34.5 中央孔徑 9.5		舊式大口徑加農砲裝藥
無煙藥		無煙手槍藥	1.555	不整形				手槍裝藥
		無煙槍藥	,,	方形	0.40	1.5		槍，機關槍，小口徑臼砲裝藥
		無煙槍藥乙	,,	,, ,,	0.45	,,		機關槍裝藥
		0.4公分方形藥	,,	,, ,,	0.10	0.4		擲彈筒裝藥
		5公分方形藥	1.550	,, ,,	0.40	5.0		平射步兵砲裝藥
		一號方形藥	,,	,, ,,	0.60	10.0		山砲中口徑臼砲裝藥
		二號方形藥	,,	,, ,,	0.90	15.0		大口徑榴彈砲裝藥
	帶狀藥	一號	,,	帶形	0.80	254.0	10	野騎砲，陣地高射砲，中小口徑加農砲裝藥
		一號乙	,,	,, ,,	1.00	240	15	野戰高射砲裝藥
		二號	,,	,, ,,	1.20	240	,,	十公分左右加農砲裝藥
		三號	1.545	,, ,,	1.70	350	20	大口徑榴彈砲裝藥之一部及舊式大口徑加農砲裝藥
		四號	,,	,, ,,	2.20	,,	25	十五公分加農砲及舊式大口徑加農砲裝藥
		五號	1.540	,, ,,	3.20	,,	28	大口徑長榴彈砲裝藥
		六號	1.530	,, ,,	3.50	,,	30	大口徑加農砲裝藥
	空包藥	一號	(假)0.400	不整球粒	徑	1.0——2.0		槍，平射步兵砲空包藥
		二號	(,,)0.780	不整扁平粒	,,	0.3——0.8		機關槍空包藥，曲射步兵砲裝藥
		三號	(,,)0.225	細針狀	,,	0.5——1.7		中口徑榴彈砲空包藥
		四號	(,,)0.185	不整橢圓粒	,,	1.7——3.5		野山砲中口徑加農砲及大口徑榴彈砲空包藥

二十四、破壞藥

破壞葯包含砲彈炸彈，水雷等之炸葯，及工兵騎兵鑛山用之爆葯 Dynamites。日本破壞葯之種類甚多，其主要者如下：

種類	成分	對于同一効力所需葯量	用途
黃色葯	Picric acid	1.0	開花彈炸彈之炸葯及工兵騎兵之爆葯
茶褐葯	T. N. T.	1.1	同上
茶黃葯	黃色葯與若干茶褐葯混合溶融而成	——	中小口徑榴彈砲及臼砲砲彈用炸葯
黃那葯	黃色葯與若干Dimitro na-ppth alene混合熔融而成	——	野山砲，加農砲及大口徑榴彈砲砲彈之炸葯
茗亞葯	Tetryl	——	他種破壞葯如茶褐葯之中間起爆葯裝于引信之傳火葯筒內
硝斗葯	硝酸錏與茶褐葯之混合物	1.2	開花彈與迫擊砲彈之炸葯
硝那葯	硝酸錏與 Dinitro naph-thalene 之混合物	1.3	爆破用
鹽斗葯	綠酸鉀與D.N.T.之混合物	1.4	手榴彈炸葯及爆破用
鹽那葯	綠酸鉀與moncnitro nap-htholene 之混合物	1.6	飛機炸彈及迫擊砲彈炸葯
黑色葯	硝石，硫黃，木炭	3.0	子母彈炸葯，爆破用點火用

二十五、起爆劑

起爆劑，即引起他種火葯爆發者，在日本共用三種如下：

雷汞，由水銀酒精硝酸化合而成，用于爆破用之雷管及雷汞壺。爆粉爲雷汞，硫化

錦綠酸鉀混合而成，各種雷管及爆管(卽葯筒之點火具)使用之。

二十六、海　　軍

日本海軍，頗稱優秀，其實力在世界次於英美，居第三位，玆將其主要軍艦之隻數，及噸數列表如下：

軍艦種類	隻	數噸數	華府協約限制噸數
戰艦	6	183,900	315,000
巡洋戰艦	4	115,490	
巡洋艦	32	196,815	
驅逐艦	125	136,010	
潛水艦	72	107,076	
航空母艦	4	65,658	81,000

海軍主腦機關，為海軍省(部)及海軍軍令部，前者管理海軍軍政，後者管理關於海軍之國防及用兵。海軍省內分設軍務，人事，教育，軍需，醫務，經理建築，法務八局，統轄海軍艦政本部，海軍技術研究所，海軍火葯廠，海軍航空本部，水路部。海軍軍令部將國防及用兵計劃決定呈奉元首裁可後由其部長咨請海軍大臣令行鎭守府或艦隊司令長官。

日本全國海岸海面，分為第一第二第三海軍區，其所管區域及軍港所在地點，列於下表：

海軍區	軍港	管轄區域
第一	橫須賀	青森，岩手，宮城，福島，茨城，千葉，東京，神奈川，靜岡，愛知，三重，北海道及樺太之海面
第二	吳	和歌山，大阪，兵庫，岡山，廣島，山口，島根，鳥取，京都，福井，石川，富山，新瀉，山形，秋田，德島，高知，愛媛，香川，大分，宮崎之海面及福岡縣遠賀宗像郡界以東之海岸海面
第三	佐世保	除屬於第二區者外之福岡縣海岸海面，及佐賀，長崎，熊本，鹿兒島，冲繩，臺灣，朝鮮之海岸海面

各海軍區，設鎮守府於軍港，掌管出師準備防禦計劃，海軍區警備其他所轄事務，其司令長官以大將或中將充任，直隸天皇，承海軍大臣之命，處理所管軍政，內設人事，港務，經理，軍需，艦船，建築六部，工廠醫院及刑務所。

又軍事上重要之港灣，舞鶴，大湊，馬公，鎮海四處，設要港部，各置司令官，以資防守，并司艦船之修理或製造(舞鶴)。

日本海軍，平時設第一，第二艦隊，第一，第二遣外艦隊，練習艦隊。第一，第二艦隊，設司令長官，其他設司令官，爲統轄各艦隊，設聯合艦隊司令長官，直隸天皇，承海軍大臣之命，處理所管軍政。

昭和六年度聯合艦隊之編制如下：

艦隊名稱	所屬艦隊及艦名
第一艦隊	第一艦隊 長門，霧島，日向，伊勢(霧島爲巡洋戰艦，餘爲戰艦) 第三戰隊 神通，那珂，長良，(二等巡洋艦) 第一水雷戰隊 川內(二等巡洋艦) 第四，五，二十九驅逐隊 第一潛水戰隊 迅鯨(潛水母艦) 第七，八，二十九潛水隊
第二艦隊	第四戰隊 足柄，羽黑，那智，妙高(一等巡洋艦) 第五戰隊 青葉，古鷹(一等巡洋艦) 第二水雷戰隊 鬼怒(二等巡洋艦) 第十一，十二，十九驅逐戰隊 第二潛水戰隊 長鯨(潛水母艦) 第二十九，二十八潛水隊 第一航空戰隊 赤城，鳳翔 第二驅逐隊
第一遣外艦隊	平戶，瀨多，安宅，伏見，隅田，嵯峨，堅田，比良，保津，鳥羽，熱海，二見(平戶爲二等巡洋艦，安宅一等砲艦，餘二等砲艦)
第二遣外艦隊	球磨九，十六驅逐艦(球磨爲二等巡洋艦)
練習艦隊	入雲，出雲(一等海防艦)

二十七、軍　　艦

欲知一國海軍之實力，須考查其各種軍艦之數目與內容，請先略述各種軍艦之性質如下：

戰鬥艦　或單稱戰艦，具有最大之攻擊力及防禦力。如日本戰艦長門備十六吋（40公分）主砲八門鋼甲厚腹部13吋，砲塔14吋，甲板3.5吋，速度每小時23海里。

戰鬪巡洋艦　或稱巡洋戰艦，攻擊力與防禦力均較薄弱，但速度較戰艦為大。如日本戰鬥巡洋艦霧島備14吋(36公分)主砲八門，鋼甲厚，腹部8吋砲塔10吋。速度每小時27.5海里。

戰鬥艦與戰鬥巡洋艦稱主力艦，因華盛頓協定之限制，其排水量不得過35000噸，主砲口徑不得過16吋。

巡洋艦　為主力艦之耳目，用以偵察敵艦，具有相當之攻防力及速度。在日本排水量七千噸以上為一等，七千噸以下為二等。因華府協約之限制，主砲口徑，不得過八吋。

航空母艦　為運載海上飛機之用，并為海上停機場。因協約限制，排水量，不得過27000噸。

潛水母艦　專為供給潛水艦以食物燃料軍火空氣之用。

驅逐艦　為主力艦之爪牙，速度甚大，其主要任務，在監視及破壞潛水艦，或接近敵艦施行奇襲。在日本，千噸以上者，為一等，六百噸至一千噸者為二等。

潛水艦　以潛行海中施放魚雷以破壞敵艦為能事，在日本，千噸以上者為一等，六百噸至千噸者為二等。

砲艦　為裝備中小口徑砲之淺吃水艦，作海岸及江河防禦之用。

海岸巡防艦　或單稱海防艦，裝備大中口徑砲，協助本國海岸要塞任海岸之防禦，或進而任敵國海岸之攻擊。概以舊式軍艦充用。

佈雷艦　其任務在佈設水雷於敵艦之航路及其根據地之入口，若被敵艦包圍時，則設於自己根據地之入口，以牽制敵艦隊之行動，或防禦自己之根據地。

掃雷艦　其任務，在搜索而除去或擊破曾經敷設之水雷。

日本各種軍艦之數目與內容，如另表所列(據訓練總監部之調查)。

(表　見　另　頁)

二十八、海　軍　礮

軍艦所備之砲。總稱海軍砲，砲身極長，為口徑之四十至五十倍。其中，口徑最大者為主砲，次為副砲；次為補助砲。如戰艦之主砲為36—40公分，副砲為10—15公分，補助礮為小口徑礮，如高射砲及機關槍等。日本海軍砲，為40公分以下至8公分十餘種，玆將其主要諸元列於下表：

表中　A＝Armstrong

O＝Obnknoff(俄國)

V＝Vickers

K.M.＝吳海軍工廠及室蘭製鋼所，

(表　見　另　頁)

日本海軍實力一覽表

（除輸送艦外總計八十七萬八千七百六十噸）

艦別	艦名	排水量 噸	吃水 米	速力 海里	員兵 名	武力 主砲	副砲	高射砲	魚雷管	探照燈	載飛機數	艦齡	共計隻數	附記
主力戰鬪艦	陸奥	32,720	9.14	23	1,332	40生的8尊	14生的20尊	8生的4尊	8架	10架	3架	11年	六艘	保防水潛隊潛水隊襲擊并爲登陸之用 兵器其副砲則爲攻擊小就軍艦至於機關槍 艦隊爲攻擊目標故以主砲及魚雷爲主要兵 各艦所備機關槍未列入因海軍作戰以對方 陸奥長門兩艦之主砲最大射程可擊三萬二 千零零四米達距離
	長門	32,720	9.14	23	1,332	40生的8尊	14生的20尊	8生的4尊	8架	10	3	11		
	日向	29,900	8.74	23	1,360	36生的12尊	14生的20尊	8生的4尊	6架	10	3	14		
	伊勢	29,900	8.74	23	1,360	36生的12尊	14生的20尊	8生的4尊	6架	10	3	15		
	山城	29,330	8.69	22.5	1,272	36生的12尊	15生的16尊	8生的4尊	6架	10	3	15		
	扶桑	29,330	8.69	22.5	1,272	36生的12尊	15生的16尊	8生的4尊	6架	10	3	17		
統計		183,900噸												
主力戰鬪巡洋艦	霧島	29,330	8.38	27.5	980	36生的8尊	15生的16尊	8生的4尊	4架		3	17	四艘	各艦所備機關槍未列入
	榛名	,,	,,	27.77	,,	,,	,,	,,	,,		3	17		
	金剛	,,	,,,	27.3	,,	,,	,,	,,	,,		3	19		
	比叡	27,500	,,	27.5	,,	,,	,,	,,	8架		不詳	18		
統計		115,490噸												
飛機母艦	加賀	28,100	6.5	23	不詳	20生的10尊	12生的4尊	12生的12尊			60	4	四艘	另有龍驤一艦尙在建造中 加賀與赤城各備機關槍二架 赤城平時備載飛機三十架
	赤城	,,	6.¾	28.5	,,	,,	,,	,,		2	50	5		
	鳳翔	9,458	4.57	25	,,	14生的4尊		8生的2尊			26	10		
	若宮	58,75	4.59	11	,,	8生的2尊								
統計		71,533噸												
一等巡洋艦	足柄	10,000	5.(3	33	692	20生的10尊		12生的6尊	12架		4	3	十一艘	另有摩耶一艦尙在建造中 各艦所備機關槍未列入
	羽黑	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	,,		
	妙高	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	,,		
	那智	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	4		
	鳥海	,,	,,	,,	,,	,,		12生的4尊	8架		,,	2		
	高雄	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	,,		
	愛宕	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	,,		
	衣笠	7,100	45	,,	604	20生的6尊		,,	12架		2	5		
	青葉	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	5		
	加古	,,	,,	,,	,,	,,		8生的4尊	,,		,,	6		
	古鷹	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	6		
統計		98,400噸												
二等巡洋艦	那珂	5,195	4,84	33	450	14生的7尊		8生的8尊	8架		1	7	二十一艘	各艦所備機關槍未列入 表內有★記號者計七艘可載水雷作佈雷艦
	神通	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	,,		
	川內	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	8		
	阿武隈	5,170	,,	,,	438	,,		,,	,,		,,	7		
	由良	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	9		
	五十鈴	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	,,		
	鬼怒	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	10		
	名取	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	,,		
	長良	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,		,,	,,		
	★大井	5,100	4.8	,,	439	,,		,,	,,	3	,,	11		
	★木曾	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,	,,	,,	,,		
	★北上	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,	,,	,,	,,		
	★多摩	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,	,,	,,	,,		
	★球摩	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,	,,	,,	12		
	矢矧	4,400	5.03	26	452	15生的8尊		8生的2尊	3架			20		
	平戶	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,			,,		
	筑摩	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,			,,		
	利根	3,760	5.(9	23	401	15生的2尊	12生的10尊	,,	,,			22		
	★天龍	3,230	3.96	31	332	14生的4尊		8生的1尊	6架	2		18		
	★龍田	,,	,,	,,	,,	,,		,,	,,	,,		,,		
	夕張	2,890	4.84	33	328	14生的6尊		,,	4架	,,		9		
統計		98,415噸												
潛水母艦	韓崎	9,570	5.26	12.6		八生的1尊		8生的1尊					四艘	此項艦未備機關槍
	駒橋	1,125	3.86	13.9		八生的2尊		8生的1尊				18		
	迅鯨	5,160	6.91	16		十四生的4尊						8		
	長鯨	5,160	6.91	16		十四生的4尊						7		
統計		21,015噸												

艦別	式樣	艘數	排水量 水面/水中 噸	馬力 水面/水中	最大速力 水面/水中 浬	燃料 噸	魚雷管	備砲	最大吃水	製造時期	艦齡	官兵	附記
一等潛水艦	伊字65－69	5	1638/2220	?	?	?	6架／8	?	4.87米	1927－?	第一期	?	一等潛水艦千噸以上者屬之 二等潛水艦六百噸以上者屬之 計已成及行將告成者六十七艘 批准者五艘共計七十二艘 表中排水量欄內水面係指潛水艇在水面未潛之噸數其水中係指潛在水中之噸數 至於馬力及速力之水面水中理由相同魚雷管欄中6／8卽由六架至八架又官兵欄中57／60及40／45卽五七名至六十名及四十名至四十五名
	伊字61－64	3	1635/2100	6000/1800	19/10	?	6／8	1－12生的	4.93	1926－29	,,	?	
	伊字53－60 63	9	,,	,,	,,	?	6／8	1－12生的 1－8生的高射砲	,,	1924－29	,,	?	
	伊字51－52	2	1400/2000	5200／6000/1800	19，17/10，9	?	?	1－12生的	5.18	1921－25	,,	57／60	
	伊字21－24	4	1150/1750	4000	19	?	4	1－12生的 1－8生的高射砲	4.38	1924－28	,,	?	
	伊字1－5	5	1955/2590	6000	175	?	6	2－12生的	4.87	1923－29	,,	?	
二等潛水艦	呂字60－68	9	998/1300	2400/1600	16/10	75	6	1－8生的高射砲 1－機關砲	3.96	1921－26	,,	48	
	呂字51－59	9	900/1082	2400/1200	17/10	65	6	1－8生的高射砲	3.80	1918－23	,,	48	
	呂字29－32	4	665/1000	,,	13/10	60	6	1－8生的	3.65	1921－25	,,	43	
	呂字26－28	3	750/1000	2600/1200	16/10	65	4	,,	3.65	1921－24	,,	40	
	呂字16－24	9	740/986	,,	17/10	65／75	6	,,	3.65	1919－22	,,	40／45	
	呂字13－15	3	,,	,,	17/10	,,	6	1－12 1－3 磅	,,	1918－21	,,	,,	
	呂字11－12	2	720/1035	1800/1200	18/9.7	,,	6	1－12 磅	,,	1917－19	第二期	,,	
	呂字3－5	3	689/950	2600/1200	18/9.5	59／65	5	,,	4.11	1919－22	第一期	40	
	呂字1－2	2	689/1043	,,	,,	,,	5		4.11	1917－20	第二期	,,	
統計		72	80,742/10,7076										

艦別 \ 要目 / 艦名		排水量(噸)	吃水(米)	速力(海里)	員兵(名)	武力 主砲	副砲	高射砲	魚雷管	探照燈	載飛機數	艦齡(年)	共計隻數	附記
海岸巡防艦	淺間	9,240	7.42	21.25	648	20生的 4尊	$\frac{15}{8}$生的$\frac{12}{5}$尊		4架	3		33	九艘	除滿洲對馬二艦外餘爲一等巡洋艦惟俱已陳舊故磐手淺間二艦供海軍學生練習而出雲入雲二艦則供海軍士官見習之用除滿洲對馬未備機關槍外其餘各艦所備機關鎗未列入
	磐手	9,180	7.39	20.75	658	,,	$\frac{15}{8}$生的$\frac{14}{5}$尊		,,			31		
	出雲	,,	,,	,,	,,	,,	,,		,,			32		
	入雲	9,010	7.24	20	698	,,	$\frac{15}{8}$生的$\frac{12}{5}$尊		,,			,,		
	吾妻	8,640	7.21	,,	644	,,	,,		,,			,,		
	日進	7,080	7.29	20.4	610	,,	$\frac{15}{8}$生的$\frac{14}{5}$尊	8生的 4尊	,,	4		28		
	春日	,,	,,	20	595	$\frac{25}{20}$生的$\frac{1}{2}$尊	,,	,,	,,	,,		,,		
	滿洲	3,510	4.88	12	不詳	8生的 2尊	5生的2尊					,,		
	對馬	3,120	4.90	20	311	$\frac{15}{8}$生的$\frac{6}{8}$尊		8生的 8尊				31		
統計		66,040噸												
佈雷艦	常磐	9,240	7.42	21.25		$\frac{20}{15}$生的$\frac{2}{8}$尊	8生的 2尊					32	四艘	
	阿蘇	7,180	6.93	22		15生的10尊	8生的11尊							
	勝力	1,540	4.11	13		8生的 3尊						12		
	嚴島	1,970	3.08	17		14生的 3尊		8生的 2尊						
統計		19,930噸												
一等砲艦	淀	1,320	3.35	22	182	12生的 2尊	12磅砲 4尊	12磅高射砲 4尊				24	二艘	此二艦未備機關槍
	安宅	750	2.29	16	118	12生的 2尊		8生的 2尊				9		
統計		2,070噸												
二等砲艦	嵯峨	710	2.2	15	9)	12生的 1尊	8生的 3尊 機關鎗 3架					19	九艘	此項一二等砲艦任務係常駐吾國長江上下游各埠藉口保護其僑民者另有較小之熱海二見兩艦未列入因該二艦武力甚微
	宇治	510	2.11	13	86	12磅砲 4尊	機關槍三架					23		
	比良	305	1.02	16		12磅砲 1尊	機關槍六架					8		
	保津	305	1.02	16		12磅砲 1尊	機關槍六架					8		
	堅田	305	1.02	16		12磅砲 1尊	機關槍六架					8		
	勢多	305	1.02	16		12磅砲 1尊	機關槍六架					8		
	鳥羽	215	.79	15	59	12磅砲 1尊	機關槍六架					20		
	伏見	150	.69	14	45	6磅砲 2尊	機關槍四架					25		
	隅田	105	.61	13	40	6磅砲 2尊	機關槍四架					25		
統計		2,940噸												
一等驅逐艦	吹雪 深雪 薄雲 浦波 / 白雪 叢雲 白雲 綾波 / 初雪 東雲 磯波 敷波	各有 1,700	各有 2.97	各有 35	各備 197	各備 12生的六尊	各備 機關槍2尊		各備 9	各備 1			十二艘	一等驅逐艦千噸以上者屬之另有十二艘尚在建造中
	睦月 卯月 文月 言月 / 如月 皐月 長月 望月 / 彌生 杰霄 菊月 夕月	1,315	2.96	34	150	12生的 4尊		2尊	6	8			十二艘	
	神風 春風 旗風 疾風 夕風 / 朝風 松風 追風 朝風	1,270	2.92	34	148	12生的 4尊		2尊	6	2			九艘	
	峯風 島風 羽風 夕風 野風 / 澤風 灘風 汐風 分風 波風 / 沖風 大風 秋風 帆風 沼風	1,215	2.90	34	145至148	12生的 4尊		2尊	6	2			十五艘	
	谷風 江風	1,180	2.83	31	128	12生的 3尊	機關槍 2尊		6	2			二艘	
	天津風 磯風 時津風 濱風	1,105	2.83	34	145	12生的 4尊	機關鎗 2尊		6	1			四艘	
	浦風	810	2.44	:8	117	12生的 1尊	12磅砲 4尊		4	1			一艘	共計五十五艘
二等驅逐艦	若竹 早苗 朝顏 芙蓉 / 吳竹 早蕨 夕顏 刈萱	820	2.51	31.5	110	12生的 3尊		2尊	4	1			八艘	二等驅逐艦六百噸以上至千噸者屬之
	椿 桑 欅 / 榆 槇 榎	770	2.39	31.5	110	12生的 3尊	機關槍 2尊		6	1			六艘	
	樅	770	2.41	31.5	110	,,	,,		4	1			一艘	
	榧 竹 葵 蔦 菫 / 楡 柿 萩 蓼 蓮 / 栗 栂 藤 葦 蓬 / 梨 菊 薄	770	2.44	31.5	110	12生的 3尊	機關槍 2尊		4	1			十九艘	
	桃 檜 樫 柳	755	2.36	31.5	109	12生的 3尊	機關鎗 2尊		6	1			四艘	
	樺 楓 楢 柏 杉 / 榊 桂 楠 松 桐	595	2.35	30	92	12生的 1尊	12磅砲 2尊	12磅 2尊	4	1			十艘	
	櫻 橘	530	2.35	30	22	12生的 1尊	12磅砲 2尊	12磅 2尊	4				二艘	計五十艘
統計		111,035											一〇五艘	
掃雷艦	第一至第六	615	2.29	20	87	12生的 2尊		8生的 2尊					六艘	
	第七至第八	1030	2.74	31.5	139	,,							二艘	
	第九至第十	750	2.49	31.5	109	12生的 3尊							二艘	
統計		7,250											十艘	
輸送艦	高崎	5,181	4.8	10		8生的 2尊							十八艘	表內有○記號者現已改爲飛機輸送艦能載飛機十五架
	青島	7,542	6.62	10		8生的 2尊								
	劍埼	1,760	4.29	9		8生的 2尊								
	洲埼	8,800	7.01	14		12生的 2尊	8生的 2尊							
	室戶	8,215	7.29	12.5		12生的 2尊								
	野島	8,215	7.29	12.5		12生的 2尊								
	能登呂	14,050	8.08	12		12生的 2尊								
	知床	14,050	8.08	12		12生的 2尊								
	襟裳	14,050	8.08	12		12生的 2尊								
	佐多	14,050	8.08	12		14生的 2尊								
	鶴見	14,050	8.08	12		14生的 2尊								
	尻矢	14,050	8.08	12		14生的 2尊								
	石廊	14,050	8.08	12		14生的 2尊								
	神威	17,000	8.43	15		14生的 2尊								
	隱戶	14,050	8.08	12		14生的 2尊								
	早鞆	14,050	8.08	12		14生的 2尊								
	鳴戶	14,050	8.08	12		14生的 2尊								
	間宮	15,820	8.43	14		14生的 2尊								
	統計	213,033噸												

訓練總監部複製 民國二十年十月

日本海軍炮一覽表

種類	名稱	口徑（公厘）	身長（倍數）	式樣	彈重（公斤）	全重（公斤）	初速 公尺／秒	貫轍鋼甲厚（公厘）		危險界（公尺）對於中等體形之軍艦			發射度速（發／分）	備考
								左5472公尺	在3730公尺	射程 9100公尺	射程 4550公尺	射程 2730公尺		
重砲	四十公分砲	406.4	45	K.M.	993.4	——	850	305（在10970公尺）	——	——	——	——	——	戰艦長門，陸奥之主砲
	三十六公分砲	355.6	45	V	635.0	82000	770	——	——	——	——	——	——	戰艦扶桑，山城，伊勢之主砲
中	二十公分砲	303.2	45	O	85.3	15500	853	190	267	96	393	570	1	一等巡洋艦一等海防艦及航空母艦之主砲
	二十公分砲	203.2	45	A	113.4	17333	834	178	254	100	388	548	1.2	
	二十公分砲	203.2	40	A	113.4	15500	786	140	190	91	365	530	1.2	
	十五公分砲	152.4	45	04	45.3	8500	912	114	165	68	228	435	——	二等巡洋艦四隻二等海防艦之主砲
	十五公分砲	152.4	50	V	45.3	8000	912	114	165	68	228	435	6	
	十五公分砲	152.4	44	A	45.3	6500	762	76	114	59	192	398	7	
	十五公分砲	152.4	40	A	45.3	6000	676	63	107	22	137	330	8	
	十四公公砲	139.7	50	——	37.2	6250	800	——	——	——	——	——	12	二等巡洋艦之主砲
	十二公分砲	119.4	45	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	一等砲艦及一二等驅逐艦掃海艦及一等潛水艦之主砲
	十二公分砲	119.4	40	A	20.4	2000	655	63（在2473公尺）	63	——	——	——	——	
砲	十二公分砲	119.4	32	A	16.3	1667	590	——	——	——	——	——	——	
輕砲	八公分砲	76.2	——	——	6.35	——	——	——	——	——	——	——	——	二等砲艦三等驅逐艦及二等潛水艦之主砲
	八〇分砲	76.2	40	——	5.34	2000	671	——	——	——	——	——	——	
高射砲	八公分砲	76.2	40	——	6.5	——	——	——	——	——	——	——	——	除驅逐及潛水艦外其他各種艦裝高射砲一至四門

二十九、空　軍

日本空軍之實力，雖不如英法美諸先進國，然近年陸續擴充已有顯著之進步。茲據某機關調查，日本陸軍航空部隊，共有飛行十聯隊團，計三十九中隊，每中隊平時飛機八架，共計約三百十二架。各飛行聯隊，附屬於各師。有氣球飛艇隊，四大隊，氣球第一大隊，分四中隊，共有氣球五十四架，內三架爲機關氣球，餘爲繫留氣球，屬第十四師；飛艇第二大隊，分二中隊，共有飛艇二十四架，屬於第六師；飛艇第三大隊，分三中隊，共有飛艇四十五架，屬津輕要塞本部；飛艇第四大隊，分二隊，共有飛艇四十架，屬第四師。

海軍航空隊，共有九隊，計飛機隊二十五，氣球隊一，飛船隊二。飛機隊每隊之機數，約四架至五架，共計約一百十架，飛球隊共有飛球三十八個，飛船隊共計飛船三十六。航空隊屬於要塞司令部，海軍司令部，或鎮守司令部。

據日本海軍省方面消息，已經閣議通過增加海軍航空隊十四隊如下：

一、戰鬥機三隊　飛機每隊十六架共計四十八架。

二、攻擊機七隊　飛機每隊十七架共計百十九架。

三、大型飛行艇一隊　共艇八隻，每艇可載二十人重二十四噸係德國式，備機關槍十二聯，共二十四支。

四、中型飛行艇三隊　每隊六隻共十八隻，每隻可載九人重十噸，係日本西川式，備機關槍四聯，槍八支。

以上共十四隊，計機艇百九十三架隻，豫定自昭和五年度起至八年度完成。

民間航空運輸部，共有六處，(一)自北海道至台灣往返飛機十五架。(二)自九州至旅順周水子往返二十四架；(三)自後岡仁川至大連往返八架；(四)自日本至朝鮮往返十一架；(五)日本國內各地六架；總計飛機六十四架。

日本陸軍飛行學校，有所澤，下志津，明野三校。民間飛行練習所，有長谷川飛行場，日本中央飛行學校，日本航空株式會社，日本航空輸送研究所，日本飛行學校，西田飛行機研究所，本田飛行學校，北海道飛行協會，北海道新聞社航空部，東亞飛行

學專門學校，德島航空學校，第一航空學校，根岸飛行場，名古屋飛行學校，大和飛行協會，安井航空機研究所，馬詰飛行研究所，福長飛行製造所，愛媛飛行場，安藤飛行研究所，御國飛行學校。

三十、軍用飛機

軍用飛機，分偵察機，戰鬥機，爆擊機三種，其任務如下：

偵察機：
- 敵軍情況之偵察
- 友軍之指揮及連絡
- 砲兵射擊之觀測

戰鬥機：
- 對於敵人航空機及地上軍隊之攻擊
- 友軍航空機軍隊或重要地點之掩護

輕爆擊機……晝間爆擊

重爆擊機：
- 夜間及遠距離之爆擊
- 夜間及遠距離之偵察

偵察機常備無線電信，電話，照相機等，裝機關槍一或二支。

戰鬥機一名驅逐機，備有機關槍一或二支，輕量之炸彈投下機一具。

爆擊機可攜帶多數炸彈魚雷等，并裝機關槍二支至數支，實爲空中主要武力，在日本海軍稱攻擊機。爆擊機又可多設燃油箱，以便變爲大偵察機之用。

日本軍用飛機，茲就其所知者，列於下表：

日本軍用飛機一覽表

種類	各飛機主要名稱	發動機 式	發動機 馬力	全幅 公尺	全長 公尺	全高 公尺	重量 空重量 公斤	重量 搭重量 公斤	水平速度 公里／時		上昇速度 分		航續時間 小時	上昇限度 公尺	乘員 名	武裝 機槍	武裝 炸彈
練習用飛機	1.甲式一型練習機	露式	80	9,200	7,200	2,600	490	270	低空飛行	130	上昇3000公尺	38	2	4,000	2	無	無
	2.甲式二型練習機	,,	80	8,100	7,215	2,800	440	270	,,	140	,,	35	2	5,000	2	,,	,,
	3.甲式三型練習機	,,	80	8,260	5,800	2,820	355	175	3000公尺	139	,,	15.40	1.30	5,250	1	1	
	4.阿式初步練習機	,,	80	10,260	7,120	3,050	515	255	地上	120	1,000	8	2.30	4,250	2	無	無
戰鬥用飛機	里式單座戰鬪機	伊式	300	9,700	6,440	2,640	850	310	低空	213	,,	3	2.30	7,000	1	2	
偵察用飛機	1.沙式複座偵察機	沙式	230	11,770	8,620	3,060	950	550	,,	182	,,	4	3.30	5,800	2	1	
	2.金屬製複座偵察機	P.m.P.	500	15,200	11,280	3,380	1,760	1,090	地上	207	,,	5	4.30	6,500	2	2	
爆擊用飛機	1.三菱式輕爆擊機	伊式	450	14,800	10,000	3,630	1,860	1,470	,,	180	,,	10	3	4,000	2	2	500公斤
	2.小型金屬製輕爆擊機	P.M.P.	500	18,000	11,760	3,770	1,790	2,010	,,	180	,,	6	5	6,000	2	2	500
	3.中型金屬製輕爆擊機	,,	600	18,000	11,800	3,800	1,790	2,000	,,	180			5	6,000	3	2	500
	4.金屬製重爆擊機	,,	500	26,000	18,000	5,850	4,400	3,250	,,	176	,,	11	6	5,000	6	2	1,000

三十一、飛機炸彈

日本飛機炸彈，分爲1000,500,100,50,25,12.5公斤六種。其中50 公斤以上者，概以破壞爲目的，裝炸葯50~60%，用0.1秒短延期引信，或長短兩用引信；25及12.5公斤者，以人馬之殺傷及抵抗力弱的物體之破壞爲目的，裝炸葯約25%用瞬發延期兩用引信。

日本飛機炸彈，作魚雷形有尾翼四枚，小者彈頭裝風車式引信，大者彈尾亦裝此種引信。

十二公斤半炸彈，裝瞬發引信，在平坦開豁之普通地面爆發時，其人馬殺傷徑爲70公尺，二十五公斤炸彈，爲100公尺。

五十公斤炸彈，裝炸葯25公斤時，可破壞三合土厚0.58至1.55公尺，鐵筋三合土0.45至0.96公尺，因情形不同，頗有差異。

百公斤炸彈之侵徹深度，爲土砂約7－10公斤，西式房屋3—4層。

五百公斤炸彈之侵徹深度爲土砂10—15公尺，可破壞三合土厚2.16—3.80公尺，鐵筋三合土1.11—2.16公尺，可破壞極堅固之鐵筋三合土橋樑。

至飛機炸彈爆發後，其附近各處所受壓力若何？茲舉一二例如下：

炸葯種類	炸葯量（公斤）	離爆發點各距離之壓力 公斤／平方公分			
		0.01公尺	1公尺	4公尺	40公尺
50公斤	25	1,280,000	128	8	0.08
500公斤	100	5,120,000	512	32	0.32
500公斤	250	12,800,000	1,780	80	0.80

三十二、兵器製造廠

日本陸軍省（部）有陸軍造兵廠，統轄東京工廠，火工廠（在東京）名古屋工廠，大阪工廠，小倉兵器製造所，平壤兵器製造所七廠。前四廠規模宏大，出品甚多；後三廠規模較小，茲將各廠主要出品列表如下：

區分	製造所名	所在地	主要製品目
東京工廠	步槍製造所 砲具製造所 精器製造所	東京	步槍，手槍，刺刀，機關槍等， 軍刀，馬具，彈葯盒及其他革，麻製兵器，鑄造品，砲彈，蹄鐵，蹄釘，水筒，飛機，汽車， 眼鏡，測遠鏡，瞄準具，通信具，電氣的諸兵器，工具類等
火工廠	板橋火葯製造所	板橋	無烟葯，爆葯
	王子火葯製造所	王子	火葯原料，爆葯，起爆劑
	目黑火葯製造所	目黑	黑葯，爆葯
	岩鼻火葯製造所	岩鼻	無烟葯，爆葯
	宇治火葯製造所	宇治	無烟葯 爆葯
	十條兵器製造所	王子	槍彈，引信及其他火具類
名古屋工廠	熱田兵器製造所 千種機器製造所	名古屋	車輛，器具材料，砲用葯筒，飛機，汽車發動機類
大阪工廠	火砲製造所 彈丸製造所 鐵材製造所 器材製造所	大阪	火砲類 砲彈，引信及其他火具類，起爆劑等 鑄造品，鍛成品，鋼材，砲用葯筒，飯盒等 車輛，馬具，彈葯盒及其他革，麻製兵器，鐵工具類，器具材料，汽車，發動機等
小倉兵器製造所		小倉	砲彈，車輛，革具，麻製兵器，器具材料等
平壤兵器製造所		平壤	砲彈，車輛，革具，麻製兵器，器具材料等

日本海軍省(部)有海軍火葯廠，在神奈川縣中郡平塚町專造海軍用柯達無烟葯，有橫須賀，吳，佐士保各鎮守府及舞鶴要港所屬工廠，專造各種軍艦及飛機，吳工廠規模極大，除軍艦飛機外，製造各種海軍破礮彈火具及水雷。

民間工廠製造兵器者頗多，茲列舉如下：

兵器種類	工廠名稱
槍	南部製造槍所 東京瓦斯電氣會社
砲	室蘭製鋼所 住友製鋼所 神戶製鋼所
火藥	帝國火藥工業株式會社
光學兵器	三菱光學光學工業會社
軍用汽車	石川島自動車工場 東京瓦斯電氣會社 「打托」自動車製造會社
槍管鋼	日本特種鋼會社 川崎造船飛行機部
飛機及發動機	三菱內燃機株式會社 愛知時針電機株式會社 中島飛行機製造所 川西機械製造所 石川島飛行機製造所(只造機體) 東京瓦斯電氣會社(只造發動機)
氣球	藤倉工業株式會社 株式會社氣球製造所 東京E.C.工業株式會社
軍艦	三菱長崎造船所 神戶川崎造船所 大阪鐵工廠 石川島造船所 橫須賀造船所 浦賀船株會社 藤禮圖造船所 玉造造船所 播磨造船所 上海東華造船會社

湖南磺礦之調查

譚寄陶

湖南磺礦，截至現在，尙只發見黃鐵礦，若以交通之便利，與礦量之豐富而言，則惟有常甯水口山，與郴州金船塘兩處而已，由長沙至水口山，無更冬夏，船隻通暢無阻，由長沙至金船塘，須先搭汽車至郴縣，次陸行四十里，方能達產礦區域，當時因金船塘，附近有匪，故僅實地考察水口山，按水口山產鉛鋅礦，已歷三十餘年，現有礦井三座，內分若干層，每層自八〇公尺至二〇〇公尺不等，向以採取鉛鋅爲主，黃鐵礦爲副，據水口山礦局局長鍾伯謙(美國意利諾大學礦科工程師)稱，所有鉛，鋅，尙可供五六年之採取，而磺砂則可視需要之多寡，儘量供給，倘再同時開掘水口山附近老虎岩，新冲，龍王山等處，則一二硫酸廠之供應，是無問題，次參觀上述各磺礦，果有儘量供給之可能，茲將觀察與調查所得，條陳如次：

(一)鑛　床

湖南提取硫磺之原料，均爲黃鐵礦，茲依其產生情形，約可分爲兩類，第一類：成片狀，或結核狀，夾於石炭紀或侏羅紀之煤系中，石門，慈利，桑植，大庸等處所產均屬之，第二類：熱液沉澱，呈礦脈形，或其他不規則之狀，與酸性侵入岩有成因上之關係，如郴州桂陽衡山多與砒，鉛或錦連帶產生者是也。

(二)常甯水口山磺礦

水口山之黃鐵礦，多係附帶鉛，鋅礦而產生，所以向視磺砂爲副產物，其產量亦向視需要之多寡而定，大概年產百噸與九百餘噸之間，計民元產三三九噸，民二產一八二噸，民六產七三七噸，民八產一一八噸，民十產二五二噸，民十一產九四〇噸，民十六產一一四噸，民十七產一一八噸，此乃專就水口山而言，若將水口山附近之老虎岩，新冲，龍王山開發，其產量當數倍於茲也。

(三)郴縣金船塘磺礦

產地在縣東南四〇里耒水支流，梓塘江及朱江附近，地質屬石灰紀，東自柿子園，西達金船塘及花園，長凡廿里，幾成一一連續不斷之礦帶，礦石以黃鐵礦及方鉛礦爲主，在金船塘及花園等處，則方鉛礦多於黃鐵礦，礦脈寬自二。五尺至七尺不等，採礦純用土法，鑛井深約二十餘丈，全縣產礦總量，約略估計，年可達八百噸，均由陸運四〇里至郴縣城，改裝小舟出耒水入湘江達長沙，但在郴由汽車裝運至長沙亦可。

(四)石門，慈利，大庸，桑植等縣硫磺礦

四邑居澧水上游，交通殊不便，慈利之鑛區在黑灣托鳳鶴山，石門在蔣家灣，桑植在竹筍坳苦竹洞，大庸在天門山，各處地質，大都相似，凡產礦之區，出煤頗旺，磺與煤相叠成層，煤浮於上，磺藏於下，此種鑛床，應屬於石灰紀煤系結核，與郴縣之熱液沉澱鑛床，自是不同，所產硫磺，由山陸運，然後改由帆船循澧水裝出銷售，四縣總產量，每年可達五〇〇噸。

(五)產磺區及採磺公司之名稱

湖南黃鐵鑛分佈達十餘縣，鑛區面積，出五千餘畝，湘中之湘潭，益陽，湘鄉，安化，新化，湘西之澧縣，石門，慈利，溆浦，桑植，大庸，湘南之郴縣，常甯，衡山，桂陽是也，其中以常甯郴縣蘊藏最富，產額最多，即在全國產礦各地，亦當推爲第一，次則石門亦頗重要，玆將湖南全省領有鑛照之採礦公司，列表如次：

縣別	公司	地點	鑛區面積(畝)	鑛質
郴縣	開源	永豐鄉市竹園	五八	硫磺
	湘源	永豐鄉市竹園	六六	
	大成	永豐鄉竹園外湖裏	六五	
	永豐	秀才鄉瑤林柴山裏	一二〇九	磺砒鉛
	積榮	秀才鄉上柴山	五五	
	柴山	秀才鄉上柴山	五八	磺鋅鉛

	湘益	東摩天嶺大窩	五三	硫
	阜康	永豐鄉金獅嶺	六九	硫鉛
	泰和	秀才鄉雙源街黑泥嶺	二〇五	硫鉛
	安豐	秀才鄉對馬嶺大盤嶺葉家壠	一二八四	硫鉛
	阜康	永豐鄉野雞尾	一〇五	硫砒鉛
桂陽	宏益	由义兩岐里十甲橋八婆穴隆	四七五	砒硫鋅
安化	湘益	東冲四都劉冲木魚灣	二五	硫
湘鄉	乾豐	嘉謨鎮均台上楊家山等處	一六六	硫
	益豐	三十五都五區煤炭塘吉塘托	五六	硫
	大亨	嘉謨鎮二十五都楊家塘老屋後	一〇八	硫
	嘉亨	青樹鎮三三都嘉祥江硫磺腦	六三	硫
益陽	兼善	十二里大橋鎮寺南土坡上馬石	二四二	硫
漵浦	兼益	保安鎮蘆坡山觀音閣	六〇	硫
慈利	中一	二二都三三都鳳鶴山泥巴廠蔡家屋場	一三六	硫
	華豐	十九都排岳山羅家灣	五四	硫
	晉豐	十九都偏孔溶	三四九	硫
	和豐	十九都白石	九〇	硫
石門	寶豐	北鄉摩砵岩肝狗洞螃蟹寨	六六	硫
	寶豐	北鄉飛燕灣	四三	硫
	寶豐	嚴家山刳山壁白羊山鑛洞灣	一六三	硫
	寶豐	蔣家山白岩壁	五三	硫
	恆利	十三區甘磅	二八	硫
	寶興	鄒家灣	三七	硫
	寶華	澧陽鎮白羊山何家山官山	三〇六	硫

	寶華	南圻鎮鄒家灣	一〇〇	硫
	合豐	北鄉蔣家灣桃子洞正溝豬日洞	六一	硫
澧縣	恆豐	大清山	一一八	硫

(六)硫黃提煉法

採出之鑛，大塊者加以搗碎，棄其雜質，裝入高約四尺之火泥罐內，每罐約盛鑛石三十斤，罐口塞以石塊，次卽倒入冰礦罐上，接合處，以泥土封閉，每排置此罐八對或十對，成四行，取乾柴置各罐間，並夾以煤塊，引以火，經二四小時，罐內黃鐵鑛受熱，礦遂熔化，流入承礦缽，其外導以流水，俾礦易於凝結，迨礦盡稍冷，取出承礦缽，每缽可得礦約三斤，按用此土法提煉，失耗常在原鑛百分之五十以上，考其緣因，不外礦被酸化成二酸化硫礦SO_2與黃鐵鑛之遺而未化。

(七)湖南各縣產礦量與全國各產礦量之比較

湖南每年所產硫礦，只以鑛區散漫，作輟靡常，欲得精確之統計，殊非易事，湖南如此，他省亦同，此處所載，僅從各種雜誌書籍報等搜集而來，湖南郴縣年產八〇〇噸，常甯二〇〇噸，石門慈利大庸桑植共四〇〇噸，其他各縣二〇〇噸，總計湖南年產一六〇〇噸，次河北五〇〇噸，次山西三二〇噸，次奉天二〇〇噸，次安徽一〇〇噸，次陝西湖北各四〇噸，共計除湖南年產一六〇〇噸外，全國年產一二〇〇噸，換言之，湖南約佔全國總產量百分之五八。

(八)建　　議

觀上節便知湖南產礦實佔全國百分之五十以上，而在前清光緒中年，運銷在南各省曾年達二〇〇〇噸，嗣以鄂設硝礦局，限制運銷，遂大受打擊，湘礦旣無法出口，長江各埠之礦業遂爲日本一手操縱。今本署雖已准湘礦運銷東南七省，然際此百業凋敝之際，深願進一步扶助湘省礦業之發展，以謀兵工原料中最重要者硫礦之獨立，則幸甚。