

年

卷

期

9

5

第

第

9 - OCT 1934

# 工程

第九卷第五號

二十三年十月一日



框架用駢堅量解析法  
 飛機場之設計  
 防空地下建築  
 鎗彈製造工作述略  
 南京市防水辦法之商榷  
 膠濟鐵路鋼軌防爬器

民國二十三年拾月初六日收到



中國工程師學會發行



— BRITISH —  
COMMER TRUCKS

FOR THE DISCRIMINATING BUYER

STURDY DEPENDABLE

BUILT TO LAST

車貨運牌 **茂康** 國英售經司公本

**靠可最 固堅最**  
**用耐最**

司公車汽喊利

號〇〇一路愛西爾邁海上

號〇八一〇七話電

THE AUTO PALACE CO., LTD.

100 Rue Cardinal Mercier Tel. 70180

上海北京

路第二號

行洋興立

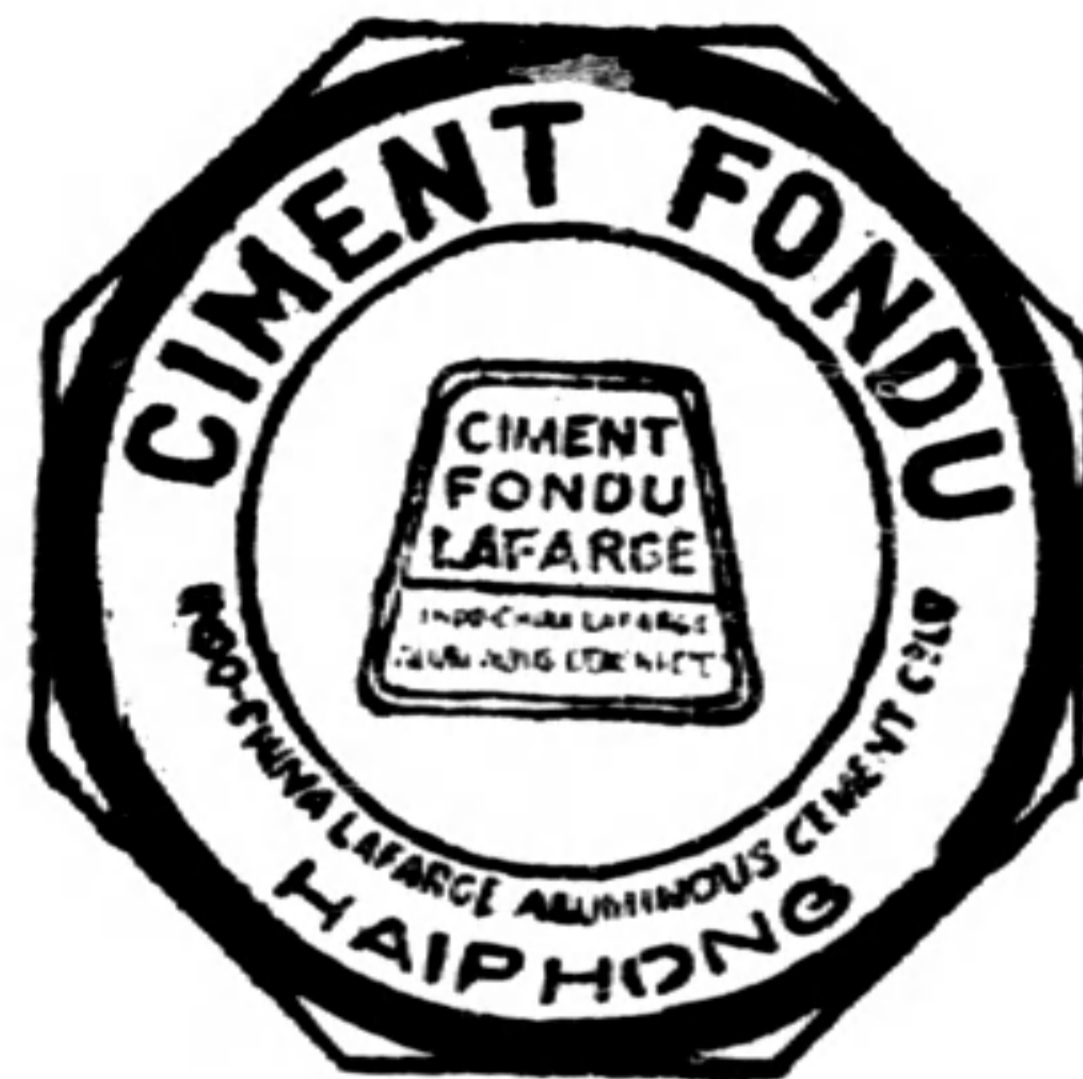
電話一一

六二〇號

快燥水泥

(原名西門放塗)

最合海塘及緊急工程之用因其能  
於念四小時內乾燥普通水泥則需  
四星期之多 立興快燥水泥為法



屬印 度支 那海 防之 拉發 其水 泥廠 所特

製世界各國無不聞名  
為最佳最快燥之礮土水泥雖海水  
侵襲決無絲毫影響打樁·造橋·  
基礎·碼頭·機器底脚及汽車間  
地板最為合用如荷垂詢無任歡迎

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



# 中國工程師學會會刊

編輯：  
黃 炎 (土木)  
董 大西 (建築)  
胡 樹楫 (市政)  
鄭 肇經 (水利)  
許 應期 (電氣)  
徐 宗 凍 (化工)

# 工 程

總編輯：沈 怡  
(胡樹楫代)

編輯：  
蔣 易 均 (機械)  
朱 其 清 (無線電)  
錢 昌 祚 (飛機)  
李 倣 倣 (礦冶)  
黃 炳 奎 (紡織)  
宋 學 勤 (校對)

## 第九卷第五號目錄

框架用駢堅量解析法.....	黃文熙	479
飛機場之設計.....	李崇德譯	503
防空地下建築.....	劉定中譯	522
鎗彈製造工作述略.....	王鶴雛	535
南京市防水辦法之商榷.....	張劍鳴	562
膠濟鐵路工務第一段式鋼軌防爬器.....	王節堯	577

## 中國工程師學會發行

### 分售處

上海望平街漢文正楷印書館  
上海民智書局  
上海福州路中國科學公司  
南京正中書局  
重慶天主堂街重慶書店  
漢口中國書局

上海徐家匯蘇新書社  
上海福州路光華書局  
上海生活書店  
福州市南大街萬有圖書社  
天津大公報社

上海福州路現代書局  
上海福州路作者書社  
南京太平路鐘山書局  
南京花牌樓書店  
濟南芙蓉街教育圖書社



## 本刊啓事

本刊徵求國內外工程新聞,工程雜俎,以及其他一切與工程有關之小品文字。倘蒙本會同人,及讀者諸君,惠撰賜寄,本刊竭誠歡迎。此項材料,在外國工程雜誌,最為豐富,讀者及會員諸君,苟能於平日披覽此種雜誌之時,隨手譯寄,俾得充實篇幅,尤為感盼。

# 框架用駢堅量解析法

黃文熙

## 緒論

本文所述之框架解析法 (Method of frame analysis), 分下列五節以說明之:

- (1) 駢堅量 (Conjugate Stiffness) 之決定,
- (2) 接點上之不平衡力矩 (Unbalanced Moment at a joint) 與其所引起之抵抗力矩在該接點各桁 (Member) 間分佈之情形,
- (3) 攜過因數 (Carry Over Factor) 之決定, 與框架解析之步驟,
- (4) 偏倚改正 (Correction for Side Sway),
- (5) 多層框架 (Multistoried Bents)。

先假定框架各接點均被鍵定 (即不能轉動或移動), 求各桁在所設載重下之固定端力矩 (Fixed End Moments)。每接點處諸固定端力矩之和, 即為該接點上之不平衡力矩。即以此種不平衡力矩代所設載重, 再假定各接點能自由轉動, 然後用 (1) (2) (3) 三節之法, 求各該不平衡力矩在各桁端所引起的各抵抗力矩之值。今如框架之各接點均無移動, 則某桁端由所設載重所引起之抵抗力矩之真值, 即等於各接點上之不平衡力矩在該桁端所引起的各抵抗力矩與該桁端固定端力矩之和。至框架各接點有無移動, 可用 (4) 節所述方法以測驗之, 而偏倚改正之決定, 亦即在此節中詳論。

凡桁端力矩之使該桁順時針方向轉者, 在此文中均作正號,



$\theta$ (轉動角)與  $T$  ( $= \frac{d}{L} = \frac{\text{撓度}}{\text{接點距離}}$ ) 亦然。據此符號規則,「坡度偏撓法」(Slope Deflection Method) 之基本方程式即應寫作下列形式:

$$M_{AB} = 2ES_{AB}(2\theta_A + \theta_B - 3T) - C_{AB}$$

$$M_{BA} = 2ES_{AB}(2\theta_B + \theta_A - 3T) + C_{BA}$$

### (一) 駢 堅 量 之 決 定

假定圖(一)之框架中, A 接點轉動一角等於  $\theta_A$ , 則用「坡度偏撓法」之基本方程式, 可得各桁兩端因此項變形而起之抗力矩, 即

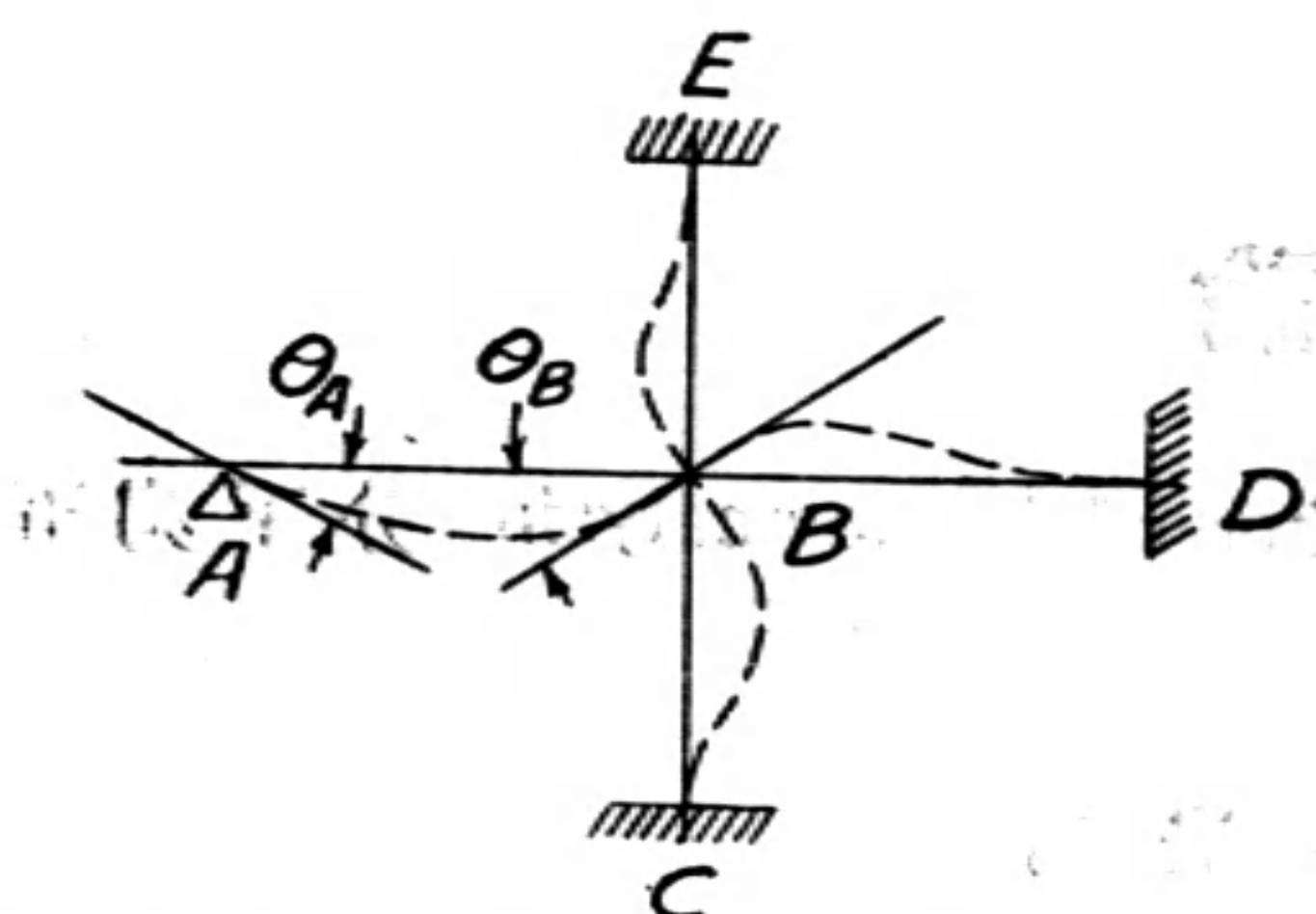


圖 (一)

$$M_{AB} = 2ES_{AB}(2\theta_A + \theta_B) \dots \dots \dots (I.1)$$

$$M_{BA} = 2ES_{AB}(2\theta_B + \theta_A) \dots \dots \dots (I.2)$$

$$M_{BC} = 4ES_{BC}\theta_B \text{ (因 } C \text{ 點固定, } \theta_C = 0) \dots \dots \dots (I.3)$$

$$M_{BD} = 4ES_{BD}\theta_B \text{ (因 } D \text{ 點固定, } \theta_D = 0) \dots \dots \dots (I.4)$$

$$M_{BE} = 4ES_{BE}\theta_B \text{ (因 } E \text{ 點固定, } \theta_E = 0) \dots \dots \dots (I.5)$$

式'中  $S_{AB}, S_{BC}, \dots$  等為 AB, BC,  $\dots$  等桁之堅量(Stiffness, (即  $S_{AB} = \frac{I_{AB}}{L_{AB}}, S_{BC} = \frac{I_{BC}}{L_{BC}}$ )).

$$\text{因 } \Sigma M_B = M_{BA} + M_{BC} + M_{BD} + M_{BE} = 0$$

$$\text{故 } 2ES_{AB}\theta_A + 4E\theta_B(S_{AB} + S_{BC} + S_{BD} + S_{BE}) = 0$$

$$\text{即 } \theta_B = \frac{-S_{AB}}{2(S_{AB} + S_{BC} + S_{BD} + S_{BE})} \theta_A \dots \dots \dots (I.6)$$

以 I.6 式代入 (I.1) 式得

$$M_{AB} = 4E\theta_A S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{4(S_{AB} + S_{BC} + S_{BD} + S_{BE})} \right) \dots \dots \dots (I.7)$$

$$\text{如令 } S_B = S_{AB} + S_{BC} + S_{BD} + S_{BE} \dots \dots \dots (I.8A)$$

並名  $S_B$  為 B 接點之堅量 (Stiffness of joint B) (等於 B 接點處各桁堅量之和), 則 (I.7) 式可寫作:

$$M_{AB} = 4E\theta_A S_{AB} \left[ 1 - \frac{S_{AB}}{4S_B} \right] \dots \dots \dots (I.8)$$

\* (參閱 Hool and Johnson, Concrete Engineer's Handbook, Sect. 10 或其他書籍)

E = 彈性係數;  $S = \frac{I}{L}$  = 情性率 / 接點距離 = 桁之堅量; C = 所設載重下之固定端力矩。



又令  $R_{AB} = \left[ 1 - \frac{S_{AB}}{4S_B} \right] \cdot S_{AB} \dots\dots\dots (I.9)$

則得  $M_{AB} = 4E\theta_A R_{AB} \dots\dots\dots (I.10)$

以 (I.10) 式與 (I.3) (I.4), (I.5) 等式比較,可見在圖(二)之框架中,



圖 (二)

祇須  $S_{AB}' = R_{AB}$ , 則就 A 接點之控制程度 (degree of restraint) 而言,圖(1)之框架,直可以圖(2)之框架替代,此即謂:

如  $S_{AB}' = R_{AB}$ , 且兩框架 A 接點所轉動之角度相等,則由此變形所引起之抗力矩  $M_{AB}$  應等於  $M_{AB}'$ .

$R_{AB}$  名曰 AB 桁當 B 端假定為固定 (fixed) 時之駢堅量 (Conjugate stiffness of member AB, when end B is considered as fixed), 同理:  $R_{BA}$  為 AB 桁當 A 端假定為固定之駢堅量.

如圖(1)之框架中, C, D, E 三點均為栓定 (hinge),而非固定,則 (I.3), (I.4), 及 (I.5) 三式應改為:

$$M_{BC} = 3ES_{BC} \theta_B \dots\dots\dots (I.11)$$

$$M_{BD} = 3ES_{BD} \theta_B \dots\dots\dots (I.12)$$

$$M_{BE} = 3ES_{BE} \theta_B \dots\dots\dots (I.13)$$

(I.7) 及 (I.9) 式則應改為:

$$M_{AB} = 4E\theta_A S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{4(S_{AB} + \frac{1}{4}S_{BC} + \frac{1}{4}S_{BD} + \frac{1}{4}S_{BE})} \right) \dots\dots\dots (I.14)$$

$$R_{AB} = S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{4(S_{AB} + \frac{1}{4}S_{BC} + \frac{1}{4}S_{BD} + \frac{1}{4}S_{BE})} \right) \dots\dots\dots (I.15)$$

即  $R_{AB} = S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{3S_B + S_{AB}} \right) \dots\dots\dots (I.16)$

如 C, D, E 三點,既非栓定,亦非固定,而為框架之三接點,則 (I.3), (I.4), (I.5), (I.7) 及 (I.9) 等式中之  $S_{BC}, S_{BD} \dots\dots$  應代以  $R_{BC}, R_{BD} \dots\dots$  而改為:

$$M_{BC} = 4ER_{BC} \theta_B \dots\dots\dots (I.17)$$

$$M_{BD} = 4ER_{BD} \theta_B \dots\dots\dots (I.18)$$

$$M_{BE} = 4ER_{BE} \theta_B \dots\dots\dots (I.19)$$

\*因  $M_{CB} = 2ES_{BC}(2\theta_C + \theta_B) = 0$ , 故  $\theta_C = -\frac{1}{2}\theta_B$ ; 代入 (I.3) 式即得此式, 以下仿此。



$$M_{AB} = 4E \theta_A S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{4(S_{AB} + R_{BC} + R_{BD} + R_{BE})} \right) \dots\dots\dots (I.20)$$

$$R_{AB} = S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{4(S_{AB} + R_{BC} + R_{BD} + R_{BE})} \right) \dots\dots\dots (I.21)$$

(I.21) 式爲駢堅量之普遍公式,但因  $R_{BC}$ ,  $R_{BD}$  與  $R_{BE}$  均爲未知數,故此式不能直接解答,勢須用下節所述之逐步接近法,以求  $R_{AB}$  之真值。

研究 (I.9), (I.16), 及 (I.21) 三式,可見:如以 (I.9) 式爲駢堅量之普遍公式,則由此求得之駢堅量之值,其最大舛差應不超過 (I.9) 式與 (I.16) 式之差,即最大舛差應不超過:

$$\begin{aligned} \Delta R_{AB} &= S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{4S_B} \right) - S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{3S_B + S_{AB}} \right) \\ \Delta R_{AB} &= (S_{AB})^2 \left( \frac{S_B - S_{AB}}{4S_B(3S_B + S_{AB})} \right) \dots\dots\dots (I.22) \end{aligned}$$

令  $S_B = m S_{AB}$ , 即得

$$\Delta R_{AB} = S_{AB} \left( \frac{m-1}{4(3m^2+1)} \right) \dots\dots\dots (I.23)$$

因  $1 \leq m \leq \infty$ , 而在  $m=1, m=\infty$  時,  $\Delta R_{AB}$  之值又均爲零,故在 1 與  $\infty$  之間,  $m$  必有一值可令  $\Delta R_{AB}$  爲最大。此  $m$  之值,可從下列關係求得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Delta R_{AB}}{\partial m} = 0 &= \frac{S_{AB}}{4} \cdot \frac{(3m^2+1) \cdot 1 - (m-1)6m}{(3m^2+1)^2} \\ m &= 2.15 \dots\dots\dots (I.24) \end{aligned}$$

(I.24) 代入 (I.23), 即得

$$\max \Delta R_{AB} = 0.018 S_{AB} \dots\dots\dots (I.25)$$

以  $S_B = 2.15 S_{AB}$  代入 (I.16) 式,得

$$R_{AB} = 0.8658 S_{AB} \dots\dots\dots (I.26)$$

故最大舛差與真值之百分比爲:

$$\frac{0.018 \times 100}{0.8658} = 2.08\% \dots\dots\dots (I.27)$$

上節說明:如以 (I.9) 式代駢堅量之普遍公式,則求得  $R_{AB}$  值之舛差,即在最惡劣之情形下 ( $S_B = 2.15 S_{AB}$  時) 亦不至超過真值之 2.08%。因各桁之堅量,事實上不能準確決定,又因此種大小之舛差,於各桁端抗力矩之影響甚微,故以 (I.9) 式爲駢堅量之普遍公式;

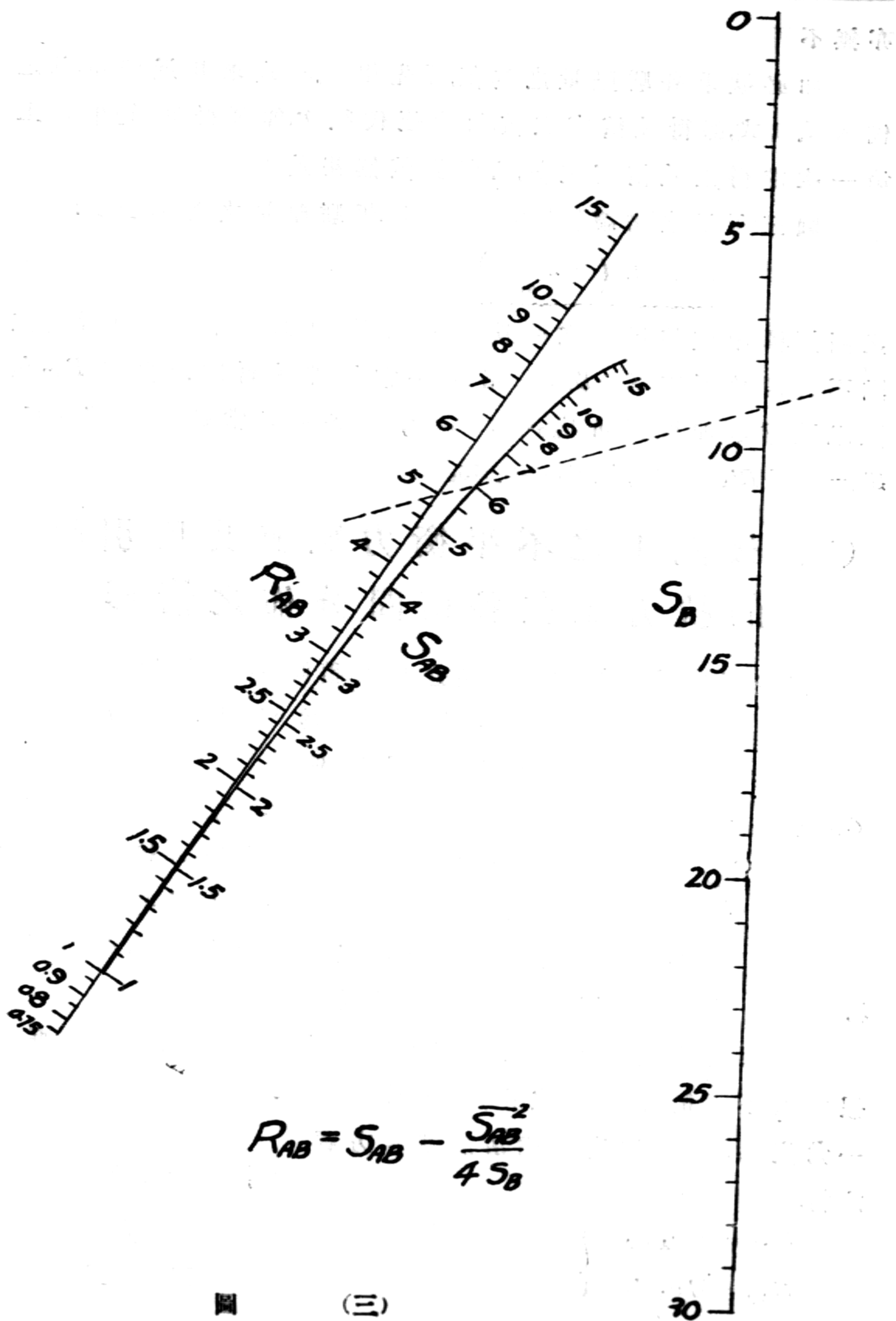


圖 (三)



亦無不可。

如必欲求各駢堅量之真值,可先用 (I.9) 式求其近似值,以之代入 (I.21) 式,即得較精密之值,如此連代數次,即可得真值。(事實上第一次求得之較精密之值,已與真值無甚差別)。

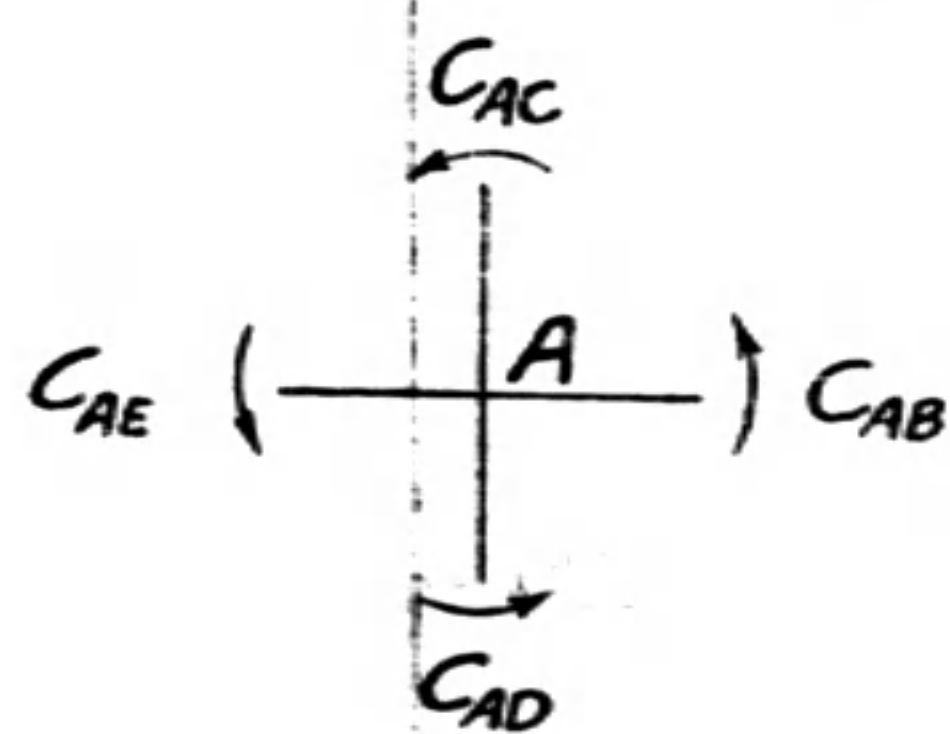
圖(三)所示之[諾謨圖] (Nomograph),係駢堅量之普遍公式:

$$R_{AB} = S_{AB} \left( 1 - \frac{S_{AB}}{4S_B} \right) \dots\dots\dots (I.9)$$

之圖解。圖中虛線指示之例為  $S_{AB}=6, S_B=9$  時,  $R_{AB}=5$ 。如所交之點不甚清楚,可將  $S_{AB}$  及  $S_B$ , 各乘一常數然後再將求得之  $R_{AB}$  值除以該常數即得。例如  $S_{AB}=1, S_B=2$ , 可各乘以常數 10, 由  $S'_{AB}=10, S'_B=20$  得  $R'_{AB}=8.75$ , 故  $R_{AB}=0.875$ 。

## (二) 接點上之不平衡力矩與其所引起的抗力矩在各桁間分佈之情形

假定圖(四)為某框架 A 接點之自由體圖 (free body diagram),



$C_{AB}, C_{AC}, C_{AD}$  與  $C_{AE}$  為 AB, AC, AD, AE 等桁 A 端之固定端力矩,則

$$U_A = C_{AB} + C_{AC} + C_{AD} + C_{AE} \dots\dots\dots (II.1a)$$

為 A 接點上之不平衡力矩。A 接點既受此力矩之作用,勢必繞一垂直於其平面之軸而轉動,至所轉之角度使 AB, AC, AD, AE 等

圖 (四)

桁 A 端所引起抗力矩之和等於  $U_A$  時為止。

欲探討此種抗力矩之分佈情形,可先研究圖(五)所示之框架。假定由不平衡力矩  $U_A$  之作用, A 接點轉一角度  $\theta_A$ , 則由坡度偏撓法之基本方程



式得:

$$\left. \begin{aligned} M_{AB} &= 4E \theta_A S_{AB} \\ M_{AO} &= 4E \theta_A S_{AO} \end{aligned} \right\}$$

圖 (五)



$$\left. \begin{aligned} M_{AD} &= 4E \theta_A S_{AD} \\ M_{AE} &= 4E \theta_A S_{AE} \end{aligned} \right\} \text{II.1}$$

因  
故  
即  
故

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= M_{AB} + M_{AC} + M_{AD} + M_{AE} + U_A = 0 \\ 4E \theta_A (S_{AB} + S_{AC} + S_{AD} + S_{AE}) &= (-U_A) \\ 4E \theta_A &= \frac{-U_A}{S_A} \end{aligned} \quad \text{II.2}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{AB} &= (-) \frac{S_{AB}}{S_A} U_A \\ M_{AC} &= (-) \frac{S_{AC}}{S_A} U_A \\ M_{AD} &= (-) \frac{S_{AD}}{S_A} U_A \\ M_{AE} &= (-) \frac{S_{AE}}{S_A} U_A \end{aligned} \right\} \text{II.3}$$

假定 B, C, D, E 四點均非固定, 而為框架之接點, 如圖六所示, 則由上章推理, 可知: 如以圖(六)框架各桁之準堅量  $R_{AB}, R_{AC}, R_{AD}, \dots$  等代表圖(五)框架各桁之堅量, 則此兩個框架上 A 接點之控制程度應完全相等, 換言之, 即求圖六框架 A 接點上之不平衡力矩所引起之抗力矩在各桁間分佈之情形時, 圖(六)框架可代以圖(五)之框架, 故

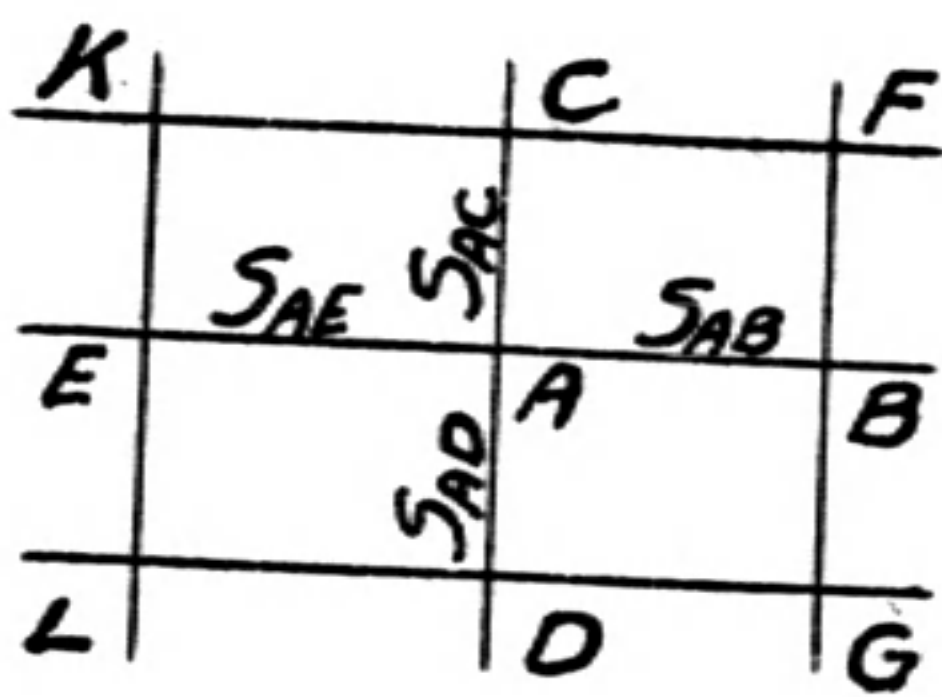


圖 (六)

$$\left. \begin{aligned} M_{AB} &= (-) \frac{R_{AB}}{R_A} U_A \\ M_{AC} &= (-) \frac{R_{AC}}{R_A} U_A \\ M_{AD} &= (-) \frac{R_{AD}}{R_A} U_A \\ M_{AE} &= (-) \frac{R_{AE}}{R_A} U_A \end{aligned} \right\} \text{II.4}$$

式中  $R_A = R_{AB} + R_{AC} + R_{AD} + R_{AE}$ , 即 A 接點之聯堅量 (conjugate stiffness of joint A)

### (三) 攜過因數之決定與框架解析之步驟

A 接點上之不平衡力矩  $U_A$  在該接點各桁端所引起之抗力



矩,其計算法業詳上章。現須繼續研究者,爲  $U_A$  對於其他接點(例如  $B, E, F, G,$  等)各桁端所起之影響。(1) (2) 二章業已證明:就  $B$  接點之控制程度而言,圖(七)框架與圖(八)框架完全相同,即  $A$  接點如轉一角度  $\theta_A$ ,  $B$  接點即將隨之而轉一角度  $\theta_B$ ,而  $\theta_B$  與  $\theta_A$  之關係可以下式(參觀 I.6 式)表明之:

$$\theta_B = \frac{-S_{AB}}{2(S_{AB} + R_{BG} + R_{BH} + R_{BF})} \theta_A \dots\dots\dots (III.1)$$

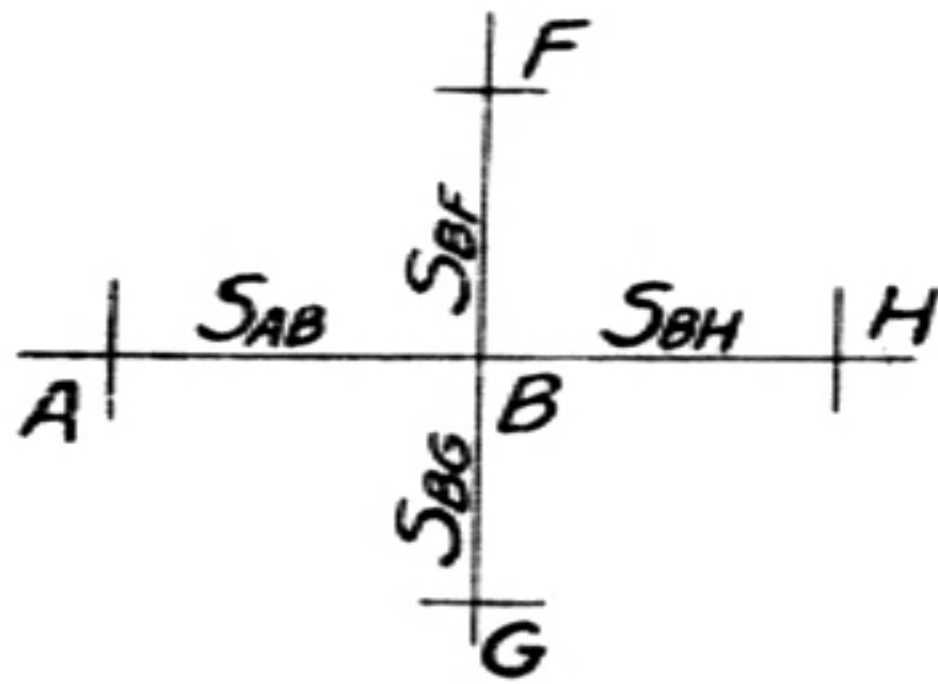


圖 (七)

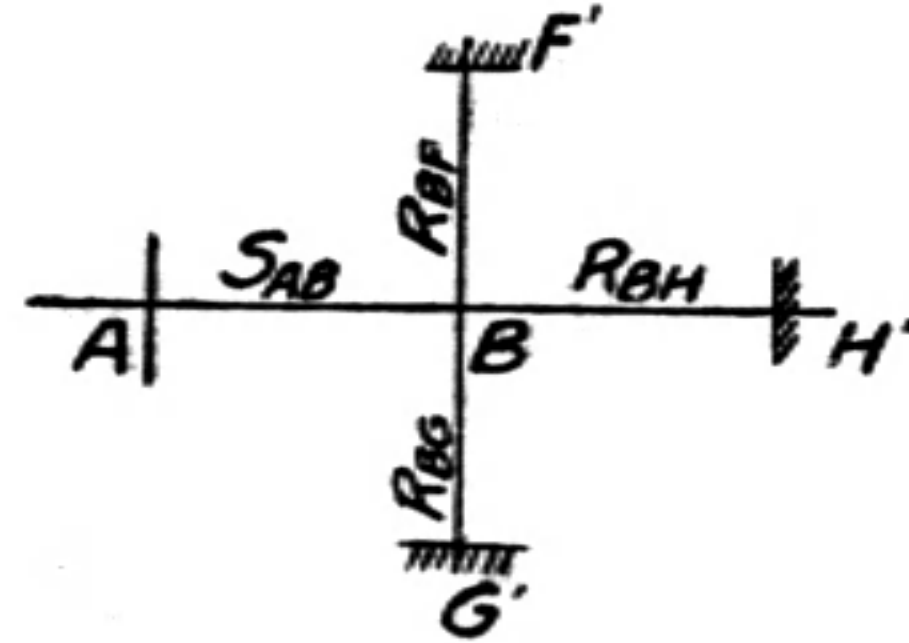


圖 (八)

代入 (I.2) 式,得

$$M_{BA} = 2ES_{AB} \theta_A \left( \frac{-S_{AB}}{(S_{AB} + R_{BG} + R_{BH} + R_{BF})} + 1 \right)$$

即

$$M_{BA} = 2ES_{AB} \theta_A \left( \frac{R_{BG} + R_{BH} + R_{BF}}{S_{AB} + R_{BG} + R_{BH} + R_{BF}} \right) \dots\dots\dots (III.2)$$

以 (III.1) 代入 (I.1) 式得

$$M_{AB} = 2ES_{AB} \theta_A \left( 2 - \frac{S_{AB}}{2(S_{AB} + R_{BG} + R_{BH} + R_{BF})} \right) \dots\dots\dots (III.3)$$

以 (III.3) 式除 (III.2) 式,得

$$M_{BA} = \frac{M_{AB}}{2 + 1.5 \frac{S_{AB}}{R_{BG} + R_{BH} + R_{BF}}}$$

或

$$M_{BA} = \frac{1}{2 + 1.5 \frac{S_{AB}}{R_B - R_{BA}}} M_{AB} \dots\dots\dots (III.4)$$

命

$$\frac{1}{f_{AB}} = \frac{1}{2 + 1.5 \frac{S_{AB}}{R_B - R_{BA}}} \dots\dots\dots (III.5)$$

得

$$M_{BA} = \frac{1}{f_{AB}} M_{AB} \dots\dots\dots (III.6)$$

因  $M_{AB}$  可用二章(II.4)式求得,故  $M_{BA}$  之值即可決定。式中  $\frac{1}{F_{AB}}$  名曰 AB 桁由 A 至 B 之攜過因數,實即等於 A 端所施之單位力矩在 B 端所引起之抗力矩之值。同理,如施一單位力矩於 B 端, A 端將被引起一抗力矩,其值等於  $\frac{1}{F_{BA}}$ 。

圖(九)所示之諾謨圖,係(III.5)式之圖解。圖中虛線指示:例如  $S_{AB} = 6, R_B - R_{BA} = 9$ , 則  $F_{AB} = 3$ 。

B 接點之  $M_{BG}, M_{BH}, M_{BF}$  等值可以下法求之。由 (I.3), (I.4), (I.5) 式得

$$\left. \begin{aligned} M_{BF} &= 4ER_{BF} \theta_B \\ M_{BG} &= 4ER_{BG} \theta_B \\ M_{BH} &= 4ER_{BH} \theta_B \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (III.7)$$

因  $\Sigma M_B = M_{BA} + M_{BF} + M_{BG} + M_{BH} = 0$

故  $4E\theta_B(R_{BF} + R_{BG} + R_{BH}) = (-)M_{BA}$

即  $4E\theta_B = \frac{(-)M_{BA}}{R_B - R_{BA}} \dots\dots\dots (III.8)$

以(III.8)式代入(III.7)式,則得

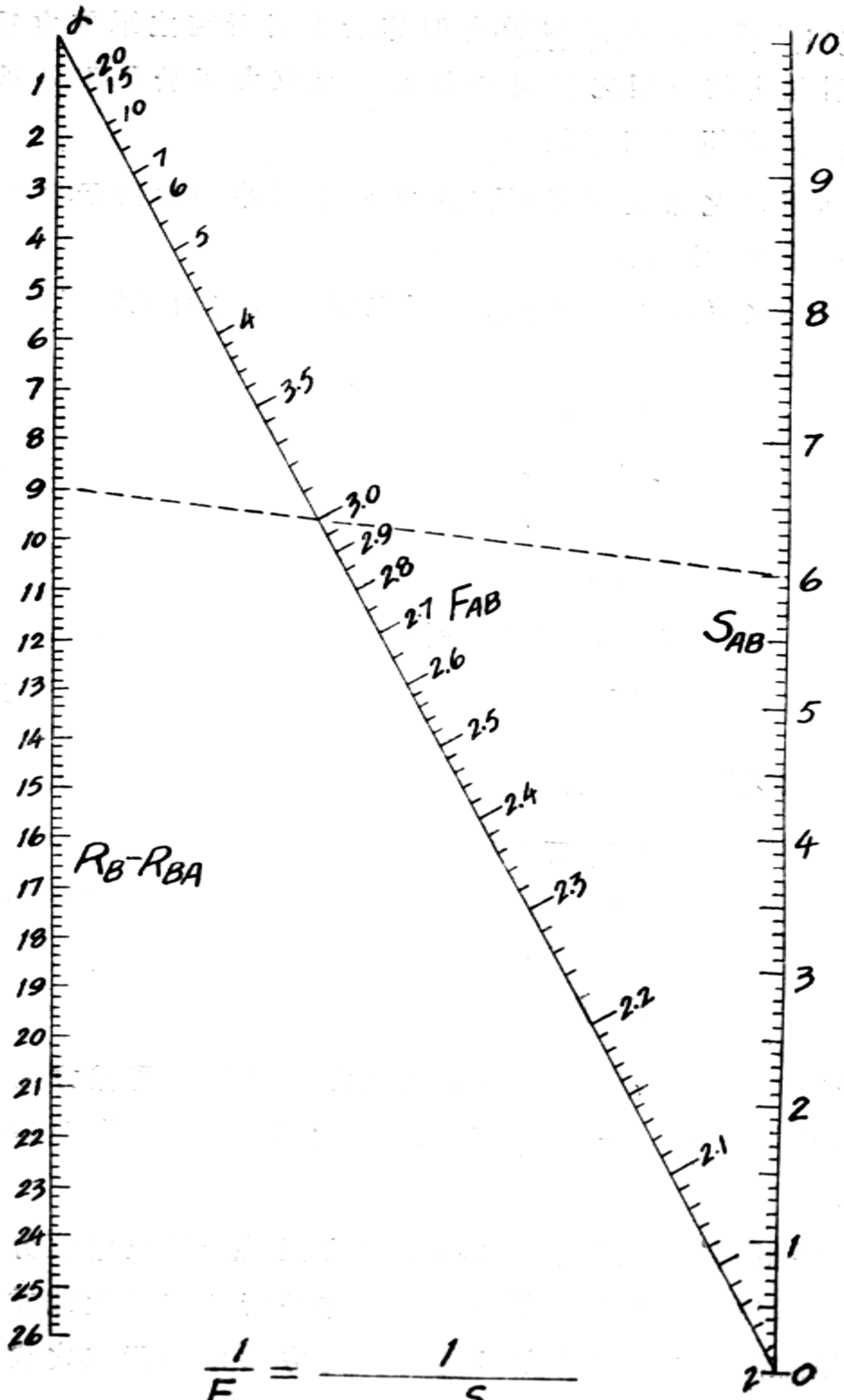
$$\left. \begin{aligned} M_{BF} &= \frac{-R_{BF}}{R_B - R_{BA}} M_{BA} \\ M_{BG} &= \frac{-R_{BG}}{R_B - R_{BA}} M_{BA} \\ M_{BH} &= \frac{-R_{BH}}{R_B - R_{BA}} M_{BA} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (III.9)$$

各桁在 F, G, H 及其他接點之抗力矩,亦可用同樣方法求得;祇須先決定  $\frac{1}{F_{BF}}, \frac{1}{F_{BG}}, \frac{1}{F_{BH}}$  等攜過因數,再用 (III.6), (III.9) 等式決定其值。

如各桁端由 A 接點上之不平衡力矩  $U_A$  所引起之抗力矩均已求得,可用同法處理  $U_B, U_C, \dots\dots$  等。各桁端在所設載重下之抗力矩,即等於其固定端力矩與用上述方法求得諸值之代數和 (algebraic Sum)。



圖 (九)



$$\frac{1}{F_{AB}} = \frac{1}{2 + 1.5 \frac{S_{AB}}{R_B - R_{BA}}}$$

由上所述,框架解析之步驟,可概括如下:

(A) 由 (I.9) 及 (III.5) 式或圖 (3) 圖 (9) 求各桁兩端之駢堅量及攜過因數,並將所得結果各列為圖表,如圖(十)。

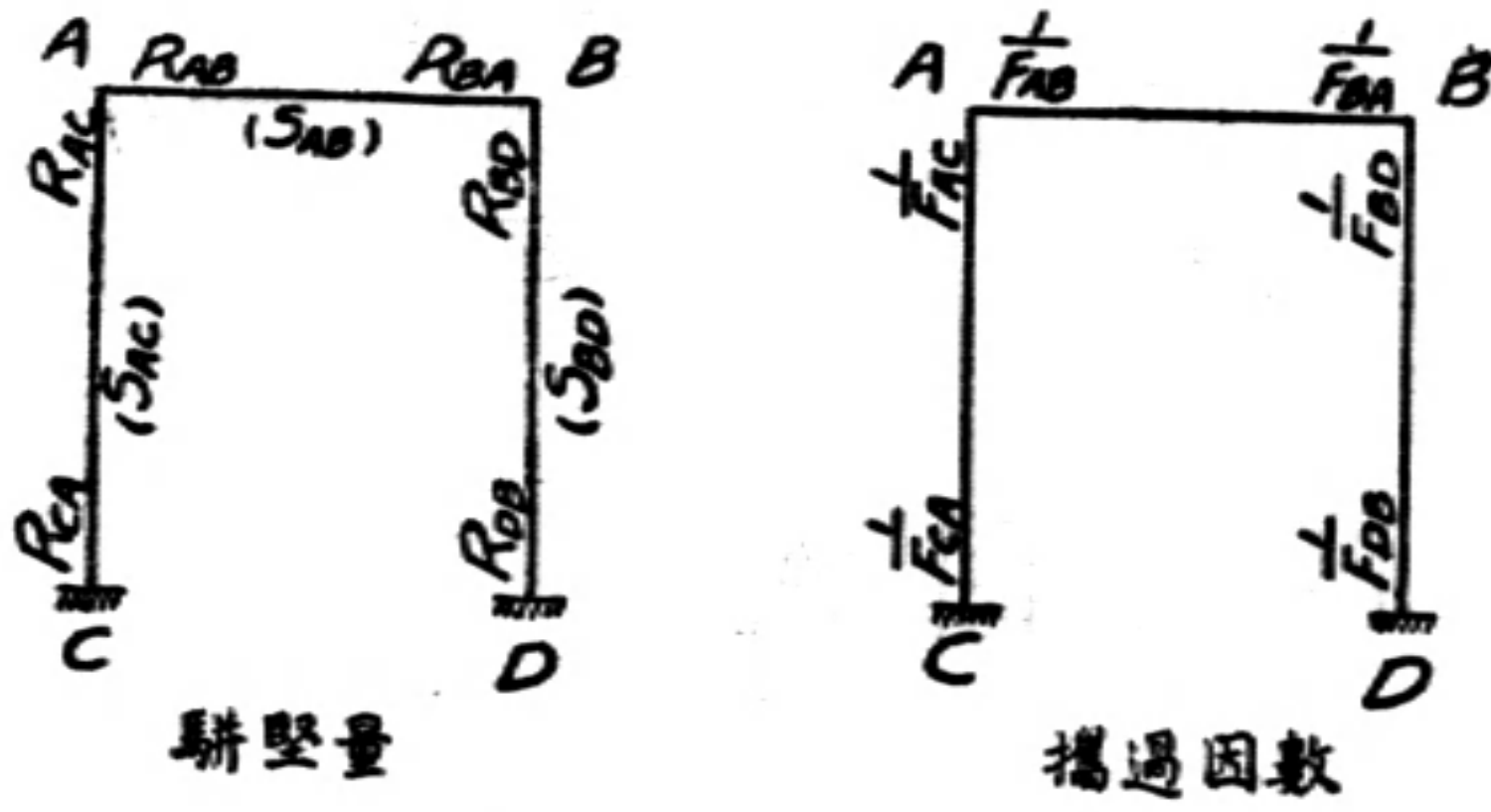


圖 (十)

(B) 計算各桁在所設載重下之固定端力矩,並決定各接點上之不平衡力矩。  
 (C) 用 (2) (3) 兩章所述之方法,依次計算各桁端由各接點上之不平衡力矩所引起之抵抗力矩。

(D) 將某桁端之固定端力矩,與其由平衡各接點上之不平衡力矩時所得之諸抵抗力矩相加,即得該桁端由所設載重所引起之抵抗力矩真值(此係假定框架無偏倚時而言)。

(E) 決定偏倚改正數(見下章)。

例 (1)

試解 Prof. Hardy Cross 氏所著“Analysis of Continuous Frames by distributing Fixed End Moments”書中所舉之框架。圖(十一)在圓圈中之諸值代表各桁之堅量。

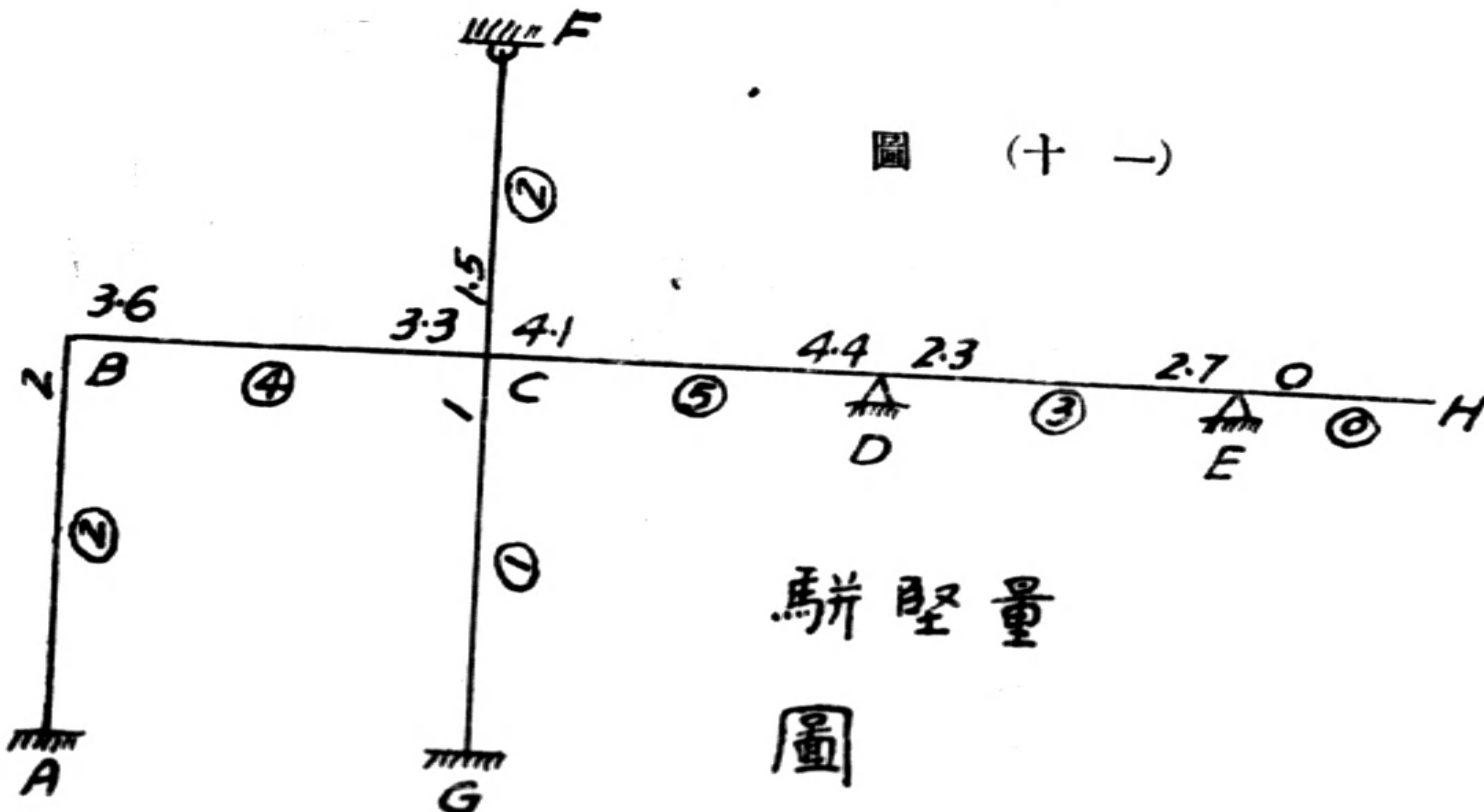
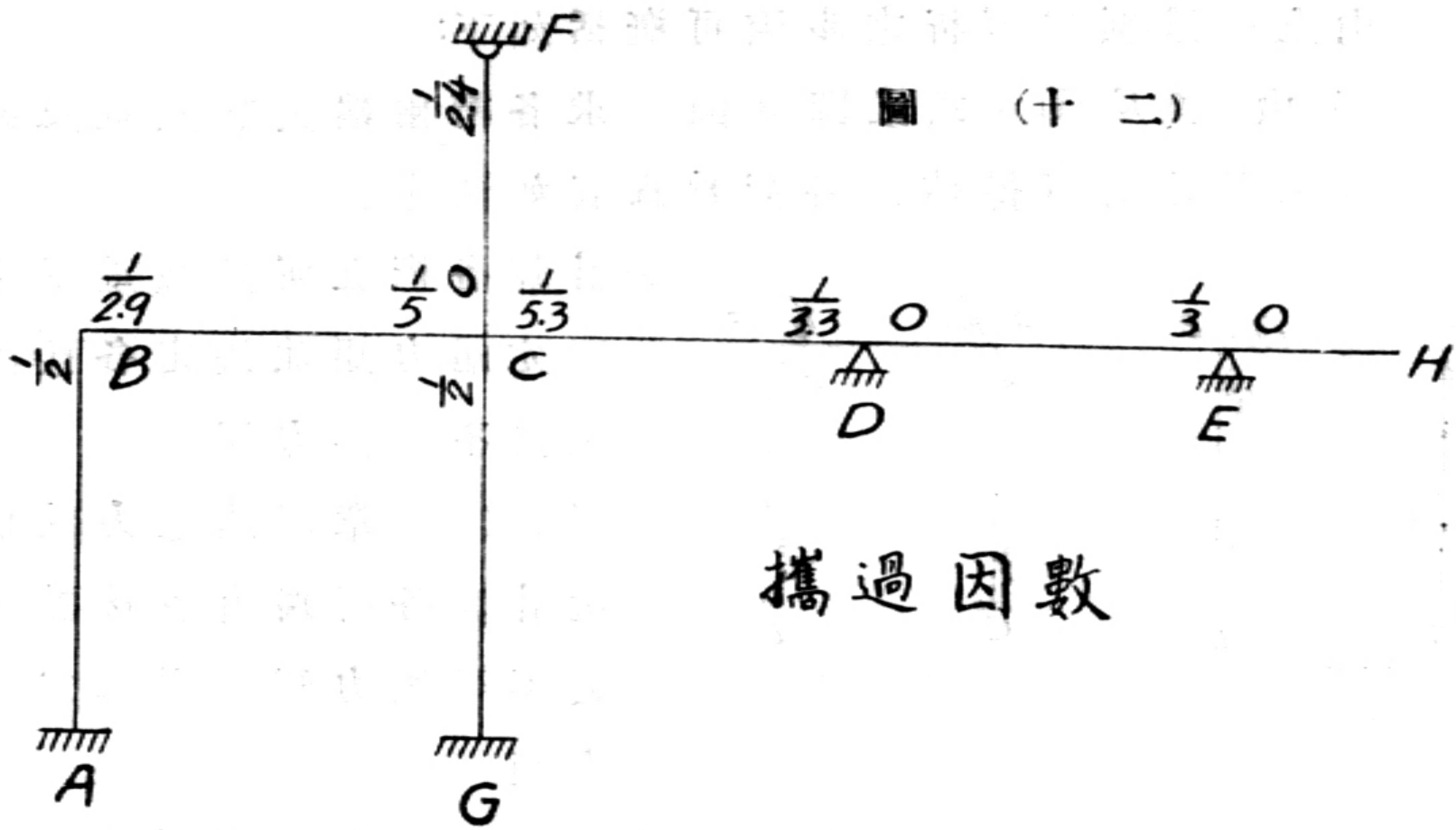


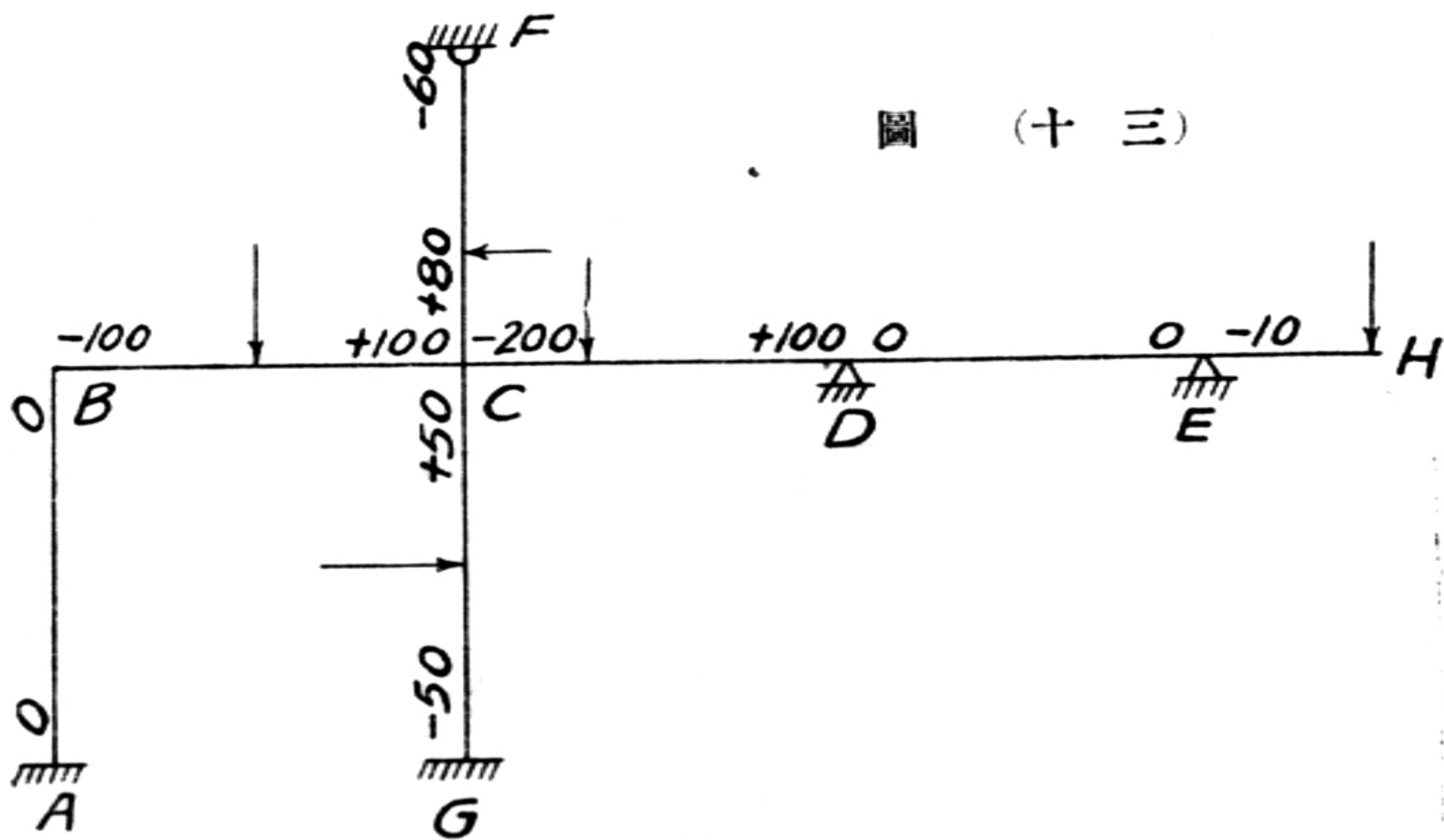
圖 (十一)





決定各桁端之駢堅量及攜過因數(用諾謨圖),並將結果列圖如圖(十一)及圖(十二)。例如在圖(十一)中,  $R_{BC}=3.6, R_{CB}=3.3, R_{CF}=1.5$ ...。在圖(十二)中,  $\frac{1}{F_{BC}} = \frac{1}{2.9}, \frac{1}{F_{CB}} = \frac{1}{5}, \frac{1}{F_{CF}} = 0$ .....。

圖(十三)示框架之載重及各桁之固定端力矩。由本圖可算得各接點上之不平衡力矩如下;  $U_A=0, U_B=-100, U_C=+100+80+50-20=+30, U_D=+100, U_E=-10, U_F=-60, U_G=-50$ 。



次平衡各接點上之不平衡力矩如下:

(1) 因  $U_A=0$ , 故毋需平衡。

(2) 先平衡  $U_B$ , 則得  $M_{BC} = +100 \times \frac{3.6}{3.6+2} = +64$ ,  $M_{BA} = +100 \times \frac{2}{5.6} = 35.7$ 。由  $B$  攜至  $A$ , 得  $M_{AB} = \frac{1}{2} M_{BA} = +18$ ; 由  $B$  攜至  $C$ , 得  $M_{CB} = \frac{1}{2.9} M_{BC} = +22$ 。將  $M_{CB}$  分配在  $CD, CF, CG$  等桁間, 則得  $M_{CD} = - \left( +22 \times \frac{4.1}{4.1+1.5+1+3.3} \right) = -14$ ,  $M_{CF} = - \left( +22 \times \frac{1.5}{9.9} \right) = -5$ ,  $M_{CG} = - \left( +22 \times \frac{1}{9.9} \right) = -3$ 。由  $C$  攜至  $F$ , 得  $M_{FC} = 0$ ; 由  $C$  攜至  $G$ , 得  $M_{GC} = \frac{1}{2} M_{CG} = -2$ ; 由  $C$  攜至  $D$  得  $M_{DC} = \frac{1}{5.3} M_{CD} = -3$ ,  $M_{DE} = +3$ 。因  $\frac{1}{F_{DE}} = 0$ , 故  $M_{ED}$  及  $M_{EH}$  均為  $0$ 。

(3) 用同法平衡  $U_B, U_C, \dots, U_E$ 。事實上求此種不平衡力矩在各桁端所引起的抗力矩時, 藉圖(十一)與(十二)之助, 各種計算均可用計算尺為之, 不必步步寫出, 祇須將求得之各抗力矩之值填入表內(表一)即可。

表 (一)

$U \backslash M$	AB	BA	BC	CB	CD	CF	CG	DC	DE	ED	EH	FC	GC
固定端力矩	0	0	-100	+100	-200	+80	+50	+100	0	0	-10	-60	-50
$U_A=0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$U_B=-100$	+18	+36	+64	+22	-14	-5	-3	-3	+3	0	0	0	0
$U_C=+30$	+1	+2	-2	-10	-12	-5	-3	-2	+2	0	0	0	-2
$U_D=+100$	-1	-2	+2	+2	-20	+5	+3	-66	-34	0	0	0	+2
$U_E=-10$	0	0	0	+1	-1	0	0	-3	+3	+10	0	0	0
$U_F=-60$	+1	+2	-2	-10	-12	+25	-3	-2	+2	0	0	+60	-2
$U_G=-50$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$M$	+19	+38	-38	+115	-259	+100	+44	+24	-24	+10	-10	0	-54

### (四) 偏 欹 改 正

以前各章之推理係假定框架之各接點僅有轉動 (Rotation)



而無移動(Translation)。故在所設載重下,框架各接點如有移動,則用上法求得之結果須加以修正。

如各桁因直應力(direct stress)而起之變形可略而不計,則解析尋常框架時所須探討者僅為偏欹(side sway)之影響。

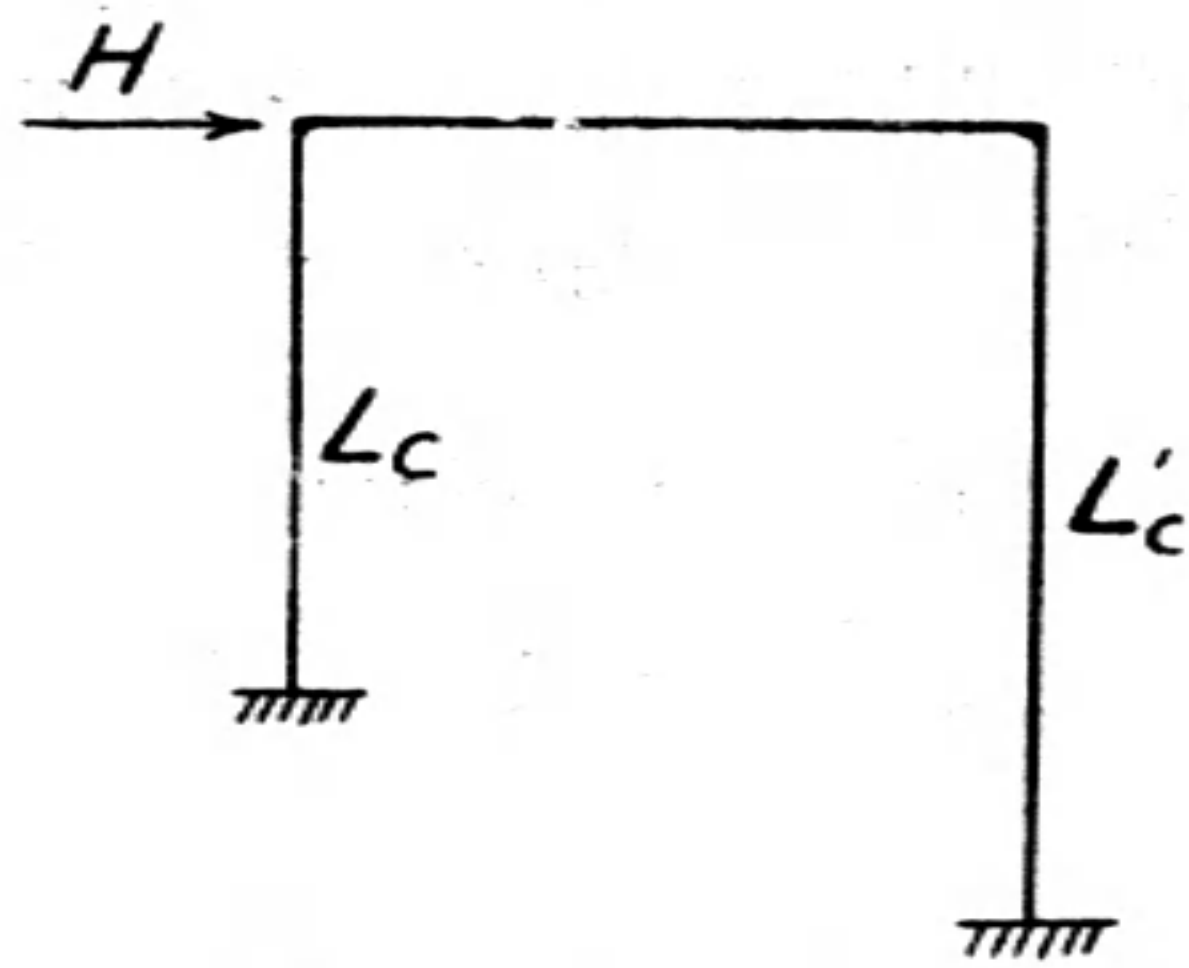


圖 (十 四)

框架在所設載重下有無偏倚,可用下式測驗之:

$$H + \sum \frac{M_{oo} + M_{uo}}{L_o} = 0 \dots \dots \dots (IV, 1)$$

式中  $H$  = 水平剪力 (shear) 之經由各柱自柱頂傳至柱底者。

$M_{oo}$  = 柱頂之抗力矩

$M_{uo}$  = 柱底之抗力矩

$L_o$  = 柱長

此式名框架方程式 (bent equation), 僅適用於水平力施於接點之框架, 如圖(十四)所示者。若柱身受有水平力, 如圖(十五)之框架, 則應用下式以測其有無偏倚 ( $H_1, H_2, H_3$  等代表各柱所受水平力之合力)

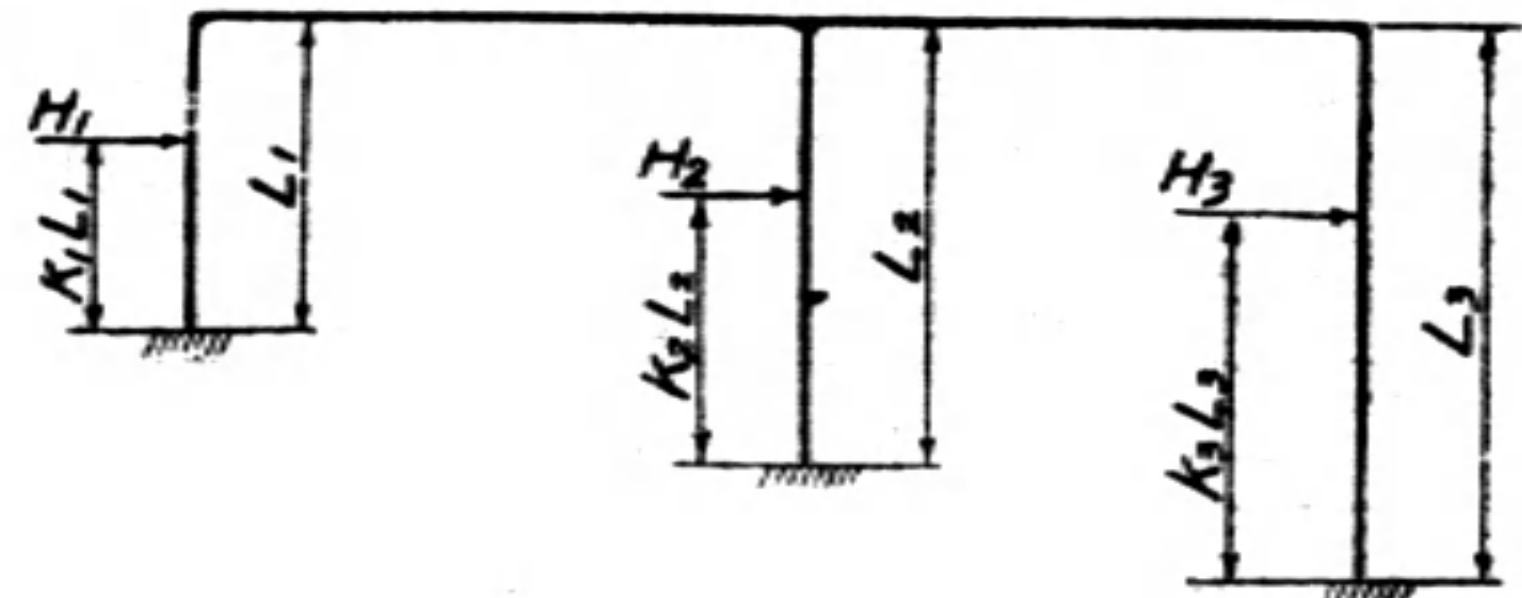


圖 (十 五)

$$\sum KH + \sum \frac{M_{oo} + M_{uo}}{L_o} = 0 \dots \dots \dots (IV, 1a)$$

解析有偏倚之框架, 可先

假定各接點無移動, 用(1)(2)(3)章之法, 求各桁端之抗力矩。將各柱端之抗力矩代入(IV.1)或(IV.1a)式, 如結果不等於零, 則即證明此框架有偏倚, 而求得之各抗力矩應加以修正。假定代入(IV.1)式後得

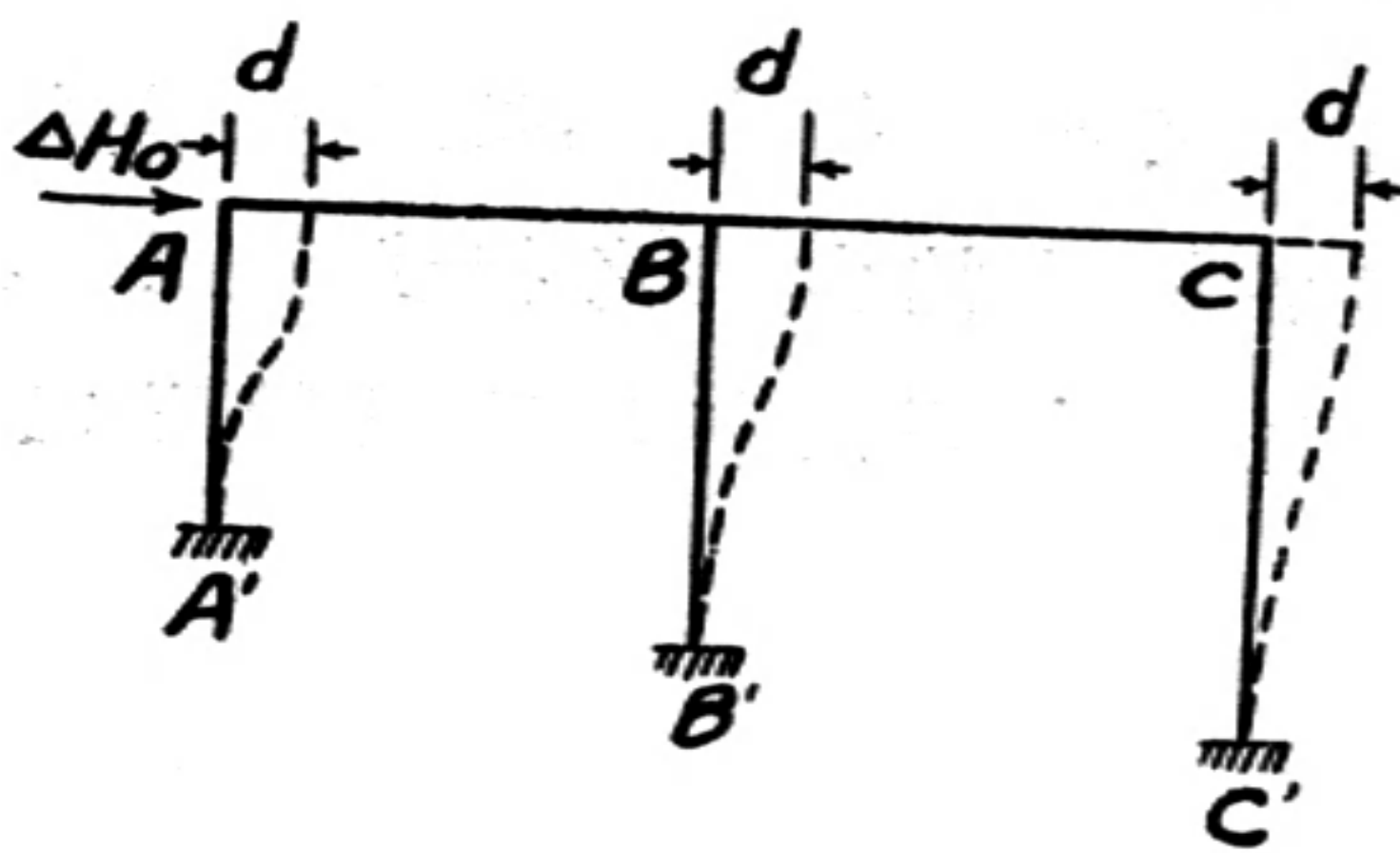
$$H + \sum \frac{M_{oo} + M_{uo}}{L_o} = \Delta H_o \dots \dots \dots (VI, 2)$$

研究此式, 可見框架上之水平剪力如為  $H - \Delta H_o$ 。而非  $H$ , 則用上法求得之抗力矩, 即為真值無須修正; 換言之, 以前之解析實猶根據「框架之剪力等於  $H - \Delta H_o$ 。而非等於  $H$ 」之謬誤假定而得之結果。今



吾人所須探討者，即爲此不平衡剪力  $\Delta H$ 。對於各桁端抗力矩之影響，即各桁抗力矩之偏倚改正數是。

假定圖(十六)所示之框架受水平力  $\Delta H_0$  之作用，而各接點不能轉動，僅能自由移動，則由坡度偏撓法之基本方程式，令  $\theta=0$ ，得



各桁端由 A, B, C 三接點移動 D 距離而起之抗力矩如下：

$$\left. \begin{aligned} X_{AA'} = X_{A'A} &= -6ES_{AA'} \frac{d}{L_{AA'}} \\ X_{BB'} = X_{B'B} &= -6ES_{BB'} \frac{d}{L_{BB'}} \\ X_{CC'} = X_{C'O} &= -6ES_{CC'} \frac{d}{L_{CC'}} \end{aligned} \right\} \dots (IV.3)$$

圖 (十六)

以 (IV.3) 式代入 (IV.1) 式則得

$$\Delta H_0 + \frac{X_{AA'} + X_{A'A}}{L_{AA'}} + \frac{X_{BB'} + X_{B'B}}{L_{BB'}} + \frac{X_{CC'} + X_{C'O}}{L_{CC'}} = 0$$

$$\Delta H_0 - 12Ed \left( \frac{S_{AA'}}{(L_{AA'})^2} + \frac{S_{BB'}}{(L_{BB'})^2} + \frac{S_{CC'}}{(L_{CC'})^2} \right) = 0$$

即

$$6Ed = \frac{\Delta H_0}{2 \sum \frac{S}{(L_0)^2}} \dots (IV.4)$$

以 (IV.4) 代入 (IV.3) 式得

$$\left. \begin{aligned} X_{AA'} = X_{A'A} &= -\Delta H_0 \frac{\frac{S_{AA'}}{L_{AA'}}}{2 \sum \frac{S}{(L_0)^2}} \\ X_{BB'} = X_{B'B} &= -\Delta H_0 \frac{\frac{S_{BB'}}{L_{BB'}}}{2 \sum \frac{S}{(L_0)^2}} \\ X_{CC'} = X_{C'O} &= -\Delta H_0 \frac{\frac{S_{CC'}}{L_{CC'}}}{2 \sum \frac{S}{(L_0)^2}} \end{aligned} \right\} \dots (IV.5)$$

如各柱長度相等，則 IV.5) 式可寫作：



$$\left. \begin{aligned} X_{AA}' = X_{A'A} &= -\frac{\Delta H_0 L}{2} \left( \frac{S_{AA}'}{\Sigma S} \right) \\ X_{BB}' = X_{B'B} &= -\frac{\Delta H_0 L}{2} \left( \frac{S_{BB}'}{\Sigma S} \right) \\ X_{CC}' = X_{C'C} &= -\frac{\Delta H_0 L}{2} \left( \frac{S_{CC}'}{\Sigma S} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (IV.6)$$

將此種力矩 ( $X_{AA}'$ 等) 視為接點上之不平衡力矩, 並用 (1) (2) (3) 章所述之法以平衡之, 所得諸值即各桁端抗力矩之初步改正數。令  $dM_{TO}$ ,  $dM_{BC}$  …… 等為各柱頂及柱底抗力矩之初步改正數, 以之代入 (IV.1) 式, 如結果為

$$\Delta H_0 + \Sigma \frac{dM_{oc} + dM_{uc}}{L_c} = \Delta H_1$$

則該框架經初步改正後尚受一不平衡剪力  $\Delta H_1$  之作用。此不平衡剪力  $\Delta H_1$  可用處理  $\Delta H_0$  之法以處理之, 如是輾轉求得  $\Delta H_2, \Delta H_3, \dots$  至  $\Delta H_n = 0$ 。各桁端抗力矩之實在改正數, 為由平衡此種不平衡剪力 ( $\Delta H_0, \Delta H_1, \dots$  至  $\Delta H_n$ ) 而得諸值之和。

$$\text{惟因 } \frac{\Delta H_1}{\Delta H_0} = \frac{\Delta H_2}{\Delta H_1} = \frac{\Delta H_3}{\Delta H_2} = \frac{\Delta H_4}{\Delta H_3} = \dots = \frac{\Delta H_n}{\Delta H_{n-1}} = K \dots \dots \dots (IV.7)$$

$$\text{即 } \Delta H_0 + \Delta H_1 + \Delta H_2 + \dots + \Delta H_n = \Delta H_0 (1 + K + K^2 + K^3 + \dots + K^n)$$

$$\text{故 } \Sigma_0^n \Delta H = \frac{\Delta H_0 (K^n - 1)}{K - 1}$$

因  $K < 1$ , 故當  $n \rightarrow \infty, K^n \rightarrow 0$

$$\Sigma_0^n \Delta H = \frac{\Delta H_0}{1 - K} \dots \dots \dots (IV.8)$$

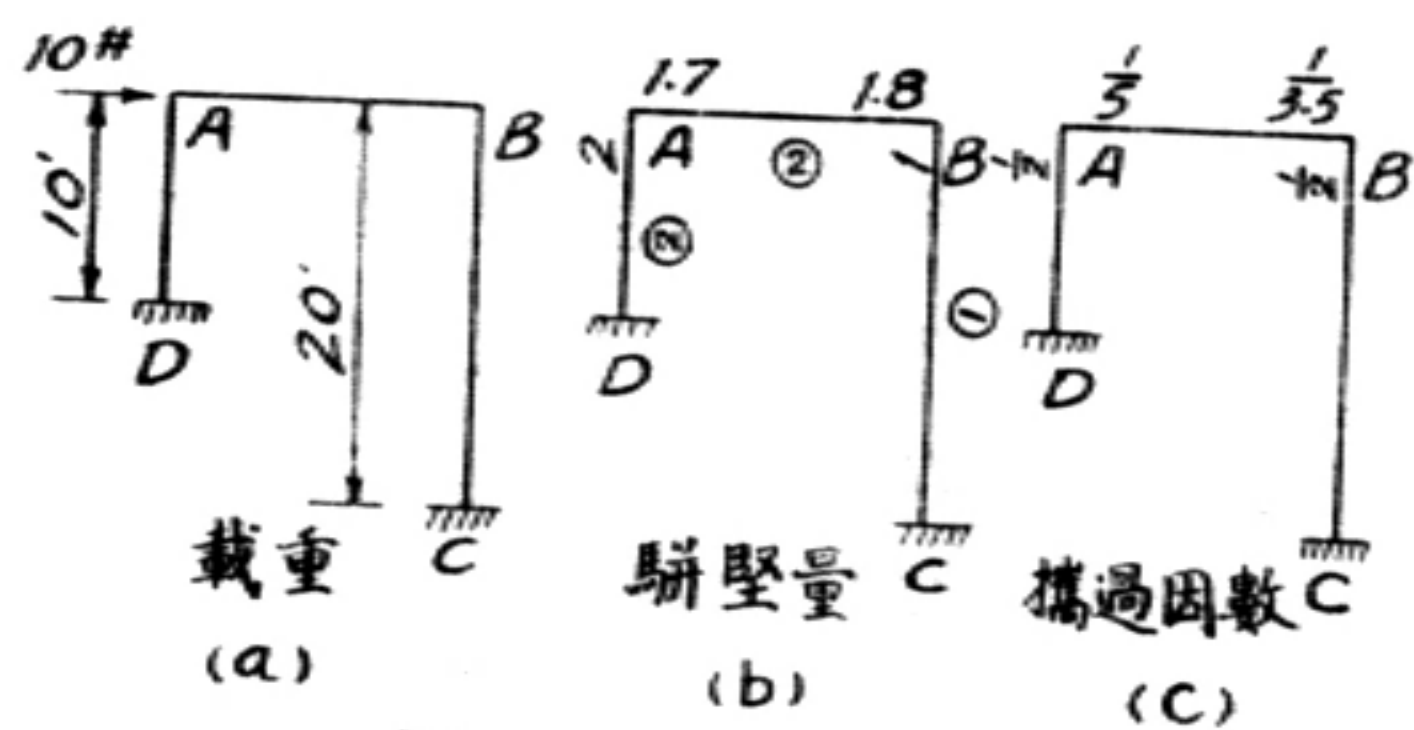
因此各桁端抗力矩之偏倚改正數真值, 可用較簡單之法求得; 例如  $M_{AB}$  之改正數為

$$\Delta M_{AB} = dM_{AB} \left( \frac{1}{1 - K} \right) \dots \dots \dots (IV.9)$$

式中  $dM_{AB}$  = 在平衡不平衡剪力  $\Delta H_0$  時所得  $M_{AB}$  之初步改正數;  $\Delta M_{AB} = M_{AB}$  之偏倚改正數真值;  $K = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_0}$ 。

例(2)

設有框架如圖(十七),則用(一)(三)兩章所論之方法,可求各桁端之駢堅量及攜過因數,如圖中所列者。



圖(十七)

因各接點無不平衡力矩,故祇須求偏倚改正數即可。由(IV.2)式得

$$H + \sum \frac{M_{oc} + M_{uc}}{L_c} = \Delta H_0$$

即  $10 + 0 = \Delta H_0$

$\therefore \Delta H_0 = 10$

由(IV.3)式得

$$X_{AD} = X_{DA} = -10 \frac{\frac{2}{10}}{2\left(\frac{2}{10^2} + \frac{1}{20^2}\right)} = -10 \frac{\frac{2}{10}}{2\left(\frac{9}{400}\right)} = -44.4$$

$$X_{BC} = X_{CB} = -10 \frac{\frac{1}{20}}{2\left(\frac{9}{400}\right)} = -11.1$$

將此種力矩當作接點上之不平衡力矩,用(一)(二)(三)章所述之方法平衡之(表二第23行),由此得偏倚初步改正數  $dM$  諸值,如表(二)第4行所列之數。

將各柱頂及柱底之  $dM$  值代入(IV.2)式得

$$\frac{dM_{AD} + dM_{DA}}{10} + \frac{dM_{BC} + dM_{CB}}{20} + 10 = \Delta H_1$$

$$\frac{-22.4 - 35.2}{10} + \frac{-11.9 - 11.5}{20} + 10 = \Delta H_1$$

$\Delta H_1 = +3.07$

$$K = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_0} = \frac{3.07}{10} = 0.307$$

$$\therefore \frac{1}{1-K} = \frac{1}{1-0.307} = 1.44$$

以表(二)第4行諸值乘 1.44, 即為偏倚改正數之真值 ( $\Delta M$ ), 見



表中第 5 行。

表 (二)

	$U \backslash M$	$AB$	$AD$	$DA$	$BA$	$BC$	$CB$
1	$X$	0	-44.4	-44.4	0	-11.1	-11.1
2	$U_A = -44.4$	+20.4	+24.0	+10.2	+4.8	-4.8	-2.4
3	$U_B = -11.1$	+2.0	-2.0	-1.0	+7.1	+4.0	+2.0
4	$dM$	+22.4	-22.4	-35.2	+11.9	-11.9	-11.5
5	$\Delta M$	+32.2	-32.2	-50.7	+17.1	-17.1	-16.6

例 (3)

設有框架如圖(十八),先求各桁端之駢堅量及攜過因數並列入圖中,如圖(b)及(c)所示。

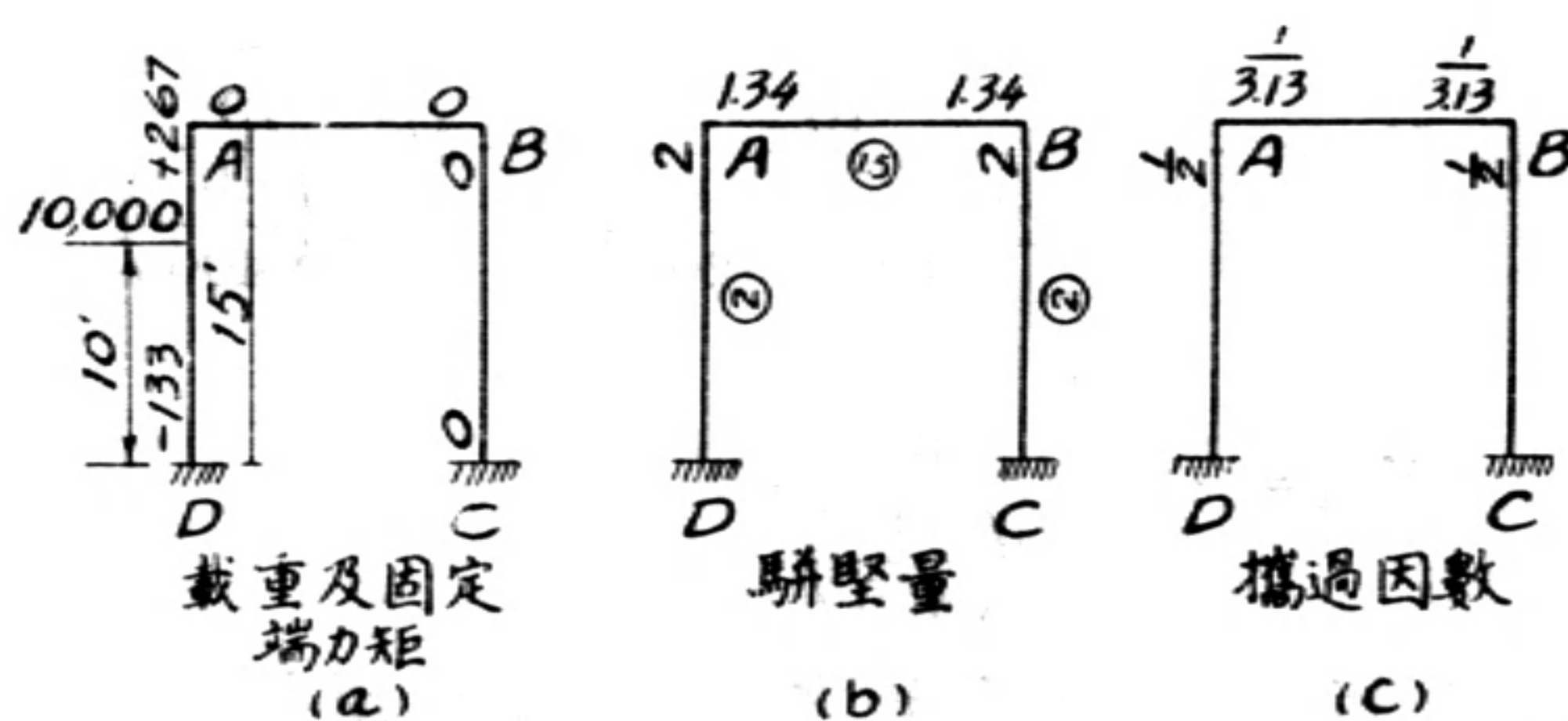


圖 (十八)

由 (IV.1a) 及 (IV.2) 式得

$$\Sigma \frac{M_{oc} + M_{uo}}{15} + \frac{10}{15} H = \Delta H_0$$

先平衡接點上之不平衡力矩 即  $U_A = +267, U_D = -133$ , 其結果如表(三)第 3 行所示。將柱頂柱底之力矩代入上式,得

$$\Delta H_0 = \frac{+107 - 213 + 34 + 17}{15 \times 12} + \frac{2}{3} \times 10 = -0.305 + 6.667$$

$$\Delta H_0 = +6.362$$

代入 IV.6 式,得

$$X_{AD} = X_{DA} = X_{BC} = X_{CB} = \frac{-6.362}{2} \left( \frac{2}{4} \right) \times 15 \times 12 = -286$$

平衡此種不平衡力矩所得之初步偏倚改正數 ( $dM$ ), 如表(三)

內第7行(=4行+5行+6行)所示。將柱頂及柱底之  $dM$  諸值代入(IV.2)式,得

$$\Delta H_1 = \Delta H_0 + \frac{-152 - 219 - 152 - 219}{15 \times 12}$$

$$= 6.362 - \frac{742}{180}$$

$$= 2.242$$

$$\therefore K = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_0} = \frac{2.242}{6.362} = 0.352$$

$$\frac{1}{1-K} = 1.54$$

以 1.54 乘第 7 行  $dM$  諸值即得各偏倚改正數之真值 ( $\Delta M$ ), 如表三第 8 行所示。

表 (三)

	$U \quad M$	$AD$	$AB$	$DA$	$BC$	$BA$	$CB$
1	固定端力矩	+267	0	-133	0	0	0
2	$U_A = +267$	-160	-107	-80	+34	-34	+17
3	$M$	+107	-107	-213	+34	-34	+17
4	$X$	-286	0	-286	-286	0	-286
5	$U_B = -286$	+171	+115	+86	-37	+37	-19
6	$U_C = -286$	-37	+37	-19	+171	+115	+86
7	$dM$	-152	+152	-219	-152	+152	-219
8	$\Delta M$	-234	+234	-337	-234	+234	-337
9	$M + \Delta M$	-127	+127	-550	-200	+200	-320

### (五) 多層框架

框架之多層者,亦可用前數章所述方法以解析之,惟求得各桁端抗力矩之值,不能如一層框架或連續梁之易於精確求得耳。

設有圖(十九)之框架,令  $U_A$  為  $A$  接點上之不平衡力矩,試探討該不平衡力矩在各桁端所引起之抗力矩。例如  $M_{BA}$ , 其真值係由下列無數路線攜過各值之和:





圖 (十 九)

- (1) 由接點  $IV.4$  至  $IV.5$  (即  $A$  至  $B$ ),
- (2) 由接點  $IV.4$  至  $V.4$  至  $V.5$  至  $IV.5$ ,
- (3) 由接點  $IV.4$  至  $V.4$  至  $VI.4$  至  $V.5$  至  $IV.5$ ,
- (4) 由接點  $IV.4$  至  $III.4$  至  $III.5$  至  $IV.5$ ,
- (5) .....

由此可知  $M_{BA}$  之真值,實際上不能求得。但如假定抗力矩攜過二個接點後,其值已微小至可略而不計,則  $M_{BA}$  之值即等於力矩之經由上列第一條路線攜過者(即由  $A$  至  $B$ )。同理:在  $I$  接點處各桁端之抗力矩,即等於力矩之由  $A$  至  $B$  至  $I$  及由  $A$  至  $C$  至  $I$  二路線所攜過者之和;  $K$  接點處各桁端之抗力矩,即等於力矩之由  $A$  至  $C$  至  $K$  一路線攜過者。根據上述假定,平衡  $U_A$  之步驟可約言如下:

- (1) 決定  $M_{AB}$ ,  $M_{AC}$ ,  $M_{AD}$  將  $M_{AE}$ ,
- (2) 將  $M_{AB}$  攜過  $B, I, H, N$ , 諸接點,
- (3) 將  $M_{AC}$  攜過  $C, I, F, K$  諸接點,
- (4) 將  $M_{AD}$  攜過  $D, F, G, L$  諸接點,
- (5) 將  $M_{AE}$  攜過  $E, G, M, H$  諸接點,

根據此項假定,可見  $A$  接點上之不平衡力矩,僅能影響其附近十二個接點(即  $B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M$  及  $N$ )。換言之,在  $A$  接



點處各桁端之抗力矩,僅受此十二接點上之不平衡力矩之影響。

如設計者覺力矩攜過兩個接點後,其值尙大,不能略去,則可作攜過三個接點始行略去之假定。

下例係一受有水平載重之二層框架之解析,用以說明上節原理及多層框架之偏倚改正法。

例(4)

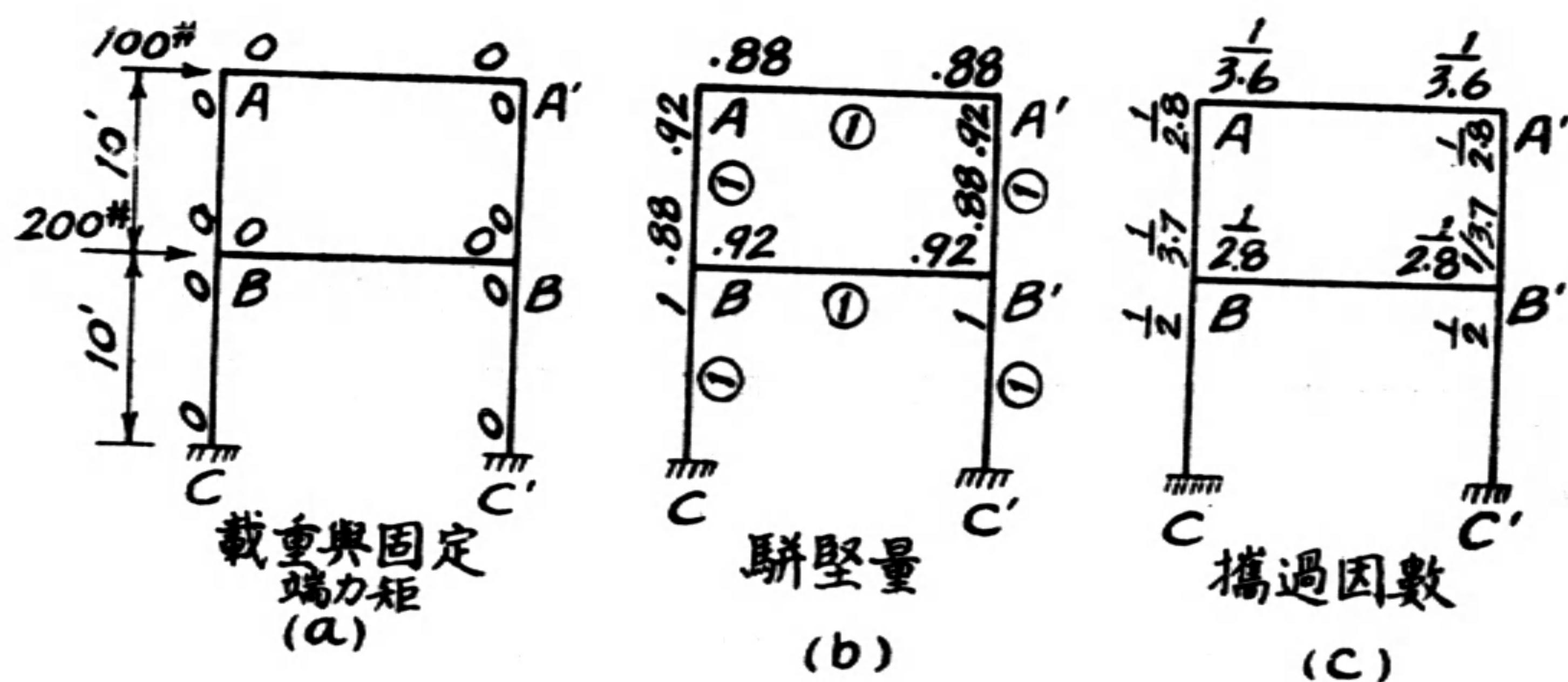


圖 (二十)

框架之載重如圖(二十)(a)所示,圖(b)及(c)示框架之聯堅量及攜過因數。令“I層”代表上層,“II層”代表下層。I層之水平剪力  $H = 100$ , II層  $H = 300$ 。I層與II層之框架方程式為

$$\frac{M_{AB} + M_{BA} + M_{A'B'} + M_{B'A'}}{10} + H_I = 0 \dots\dots\dots (E 4.1)$$

及

$$\frac{M_{BO} + M_{OB} + M_{B'O'} + M_{O'B'}}{10} + H_{II} = 0 \dots\dots\dots (E 4.2)$$

解析之步驟約述如下:

(1) 由(E4.1)式得I層之不平衡剪力

$$\Delta_I H_o = H_I + 0 = 100$$

由(四)章得

$$X_{AB} = X_{BA} = X_{A'B'} = X_{B'A'} = \frac{-\Delta_I H_o L_o}{2} \left( \frac{S}{\Sigma S} \right) = \frac{-100 \times 10}{2} \left( \frac{1}{1+1} \right)$$



$$= -250$$

平衡此種不平衡力矩,得偏倚改正數( $d_I M$ )如表(四)中6行所示。

以 I 層各柱頂及柱底之  $d_I M$  值代入 (IV.2) 式,得

$$\frac{d_I(M_{AB} + M_{BA} + M_{A'B'} + M_{B'A'})}{10} + \Delta_I H_0 = \Delta_I H_I$$

$$\frac{2(-133 - 146)}{10} + 100 = \Delta_I H_I$$

$$\Delta_I H_I = +44.2$$

$$K = \frac{\Delta_I H_I}{\Delta_I H_0} = 0.442$$

$$\frac{1}{1-K} = 1.79$$

以 1.79 乘  $d_I M$  各值表四中 6 行),即得  $\Delta_I M$  諸值(表四中 7 行)。

須注意者:在此步手續中,係假定 II 層各柱之柱頂與柱底無相對移動。

(2) 由 (E4.2) 式,得

$$\frac{M_{BC} + M_{CB} + M_{B'C'} + M_{C'B'}}{10} + H_{II} = \Delta_{II} H_0$$

$$\frac{2(106 + 45)}{10} + 300 = \Delta_{II} H_0$$

$$\Delta_{II} H_0 = +330.2$$

由 (IV.6) 式得

$$X_{BC} = X_{CB} = X_{B'C'} = X_{C'B'} = \frac{-330.2 \times 10}{2} \left( \frac{1}{1+1} \right) = -825.5$$

平衡此種不平衡力矩,並將  $d_{II} M$  各值列入表(四)內(11)行。以柱頂及柱底之  $d_{II} M$  值代入 (IV.2) 式,得

$$\frac{2(-585 - 705)}{10} + 330.2 = \Delta_{II} H_I$$

$$\Delta_{II} H_I = +72.2$$

$$K = \frac{72.2}{330.2} = 0.2185$$

$$\frac{1}{1-K} = 1.28$$

以 1.28 乘  $d_{II}M$  得  $\Delta_{II}M$  各值,如表(四)內(12)行所示。

須注意者:在此步手續中,係假定 I 層之柱頂與柱底間無相對移動。

(3) 在平衡 II 層之不平衡剪力  $\Delta_{II}H_0$  後, I 層各柱頂與柱底之抗力矩共增  $\Delta_{II}(M_{AB}+M_{BA}+M_{A'B'}+M_{B'A'})=+97+279+97+279=+752$ 。此項增加之抗力矩又於 I 層產生一新不平衡剪力  $\Delta_I'H_0$ 。

$$\Delta_I'H_0 = \frac{+752}{10} = +75.2$$

表(四)內(13)行係此不平衡剪力所引起之改正數,其值係將(7)行諸值乘  $\frac{\Delta_I'H_0}{\Delta_I H_0} = \frac{75.2}{100} = 0.752$  而得。

(4) 同理:在平衡 I 層之不平衡剪力  $\Delta_I'H_0$  後, II 層又產生一新不平衡剪力  $\Delta_{II}'H_0$ 。

$$\begin{aligned} \Delta_{II}'H_0 &= \frac{\Delta_I'(M_{BC}+M_{CB}+M_{B'C'}+M_{C'B'})}{10} = \frac{80+34+80+34}{10} \\ &= 22.8 \end{aligned}$$

此不平衡剪力所引起的改正數列入表(四)內(14)行,其值係將(12)行各值乘  $\frac{\Delta_{II}'H_0}{\Delta_{II}H_0} = \frac{22.8}{330.2} = 0.069$  而得。

(5) 重演第(3)步驟,得

$$\Delta_I''H_0 = \frac{7+19+7+19}{10} = 5.2$$

所得改正數,列入表(四)內(15)行,係由(7)行乘以  $\frac{5.2}{100} = 0.052$  而得。

(6) 重演第(4)步驟,得

$$\Delta_{II}''H_0 = \frac{6+2+6+2}{10} = 1.6,$$

所得改正數,如表(四)內(16)行所示,係由(12)行各值乘  $\frac{1.6}{330.2} = 0.0049$  而得。

重演(3),(4)二步驟,至所得之改正數可略去時為止。各桁端抗



力矩之真值,即爲由此各步驟求得諸值之和[在本例中,計算至第(6)步即停止。各桁端抗力矩之總值,係表(四)內(7), (12), (13), (14), (15)及(16)行之和,如第(17)行所示。]

表 (四)

	U \ M	AB	AA'	BB'	BA	BC	CB	A'B'	A'A	B'B	BA'	BC'	CB'
1	$X_1$	-250	0	0	-250	0	0	-250	0	0	-250	0	0
2	$U_A = -250$	+128	+122	-22	+46	-24	-12	-34	+34	-8	+4	+4	
3	$U_B = -250$	+21	-21	+82	+79	+89	+45	+6	-6	+29	-13	-16	-8
4	$U_{A'} = -250$	-34	+34	-2	-8	+10		-4	+4				
5	$U_{B'} = -250$	+2	-2	+29	-13	-16	-8	+128	+122	-22	+46	-24	-12
6	$d_1 M$	-133	+133	+87	-146	+59	+25	+21	-21	+82	+79	+89	+45
7	$\Delta_1 M$	-238	+238	+156	-262	+106	+45	-238	+238	+156	-262	+106	+45
8	$X_2$	0	0	0	0	-826	-826	0	0	0	0	-826	-826
9	$U_B = -826$	+69	-69	+271	+261	+294	+147	+7	-7	+96	-43	-53	-26
10	$U_{B'} = -826$	+7	-7	+96	-43	-53	-26	+169	-69	+271	+261	+294	+147
11	$d_2 M$	+76	-76	+367	+218	-585	-705	+76	-76	+367	+218	-585	-705
12	$\Delta_2 M$	+97	-97	+470	+279	-749	-902	+97	-97	+470	+279	-749	-902
13	$\Delta_1 M$	-179	+179	+117	-197	+80	+34	-179	+179	+117	-197	+80	+34
14	$\Delta_2 M$	+7	-7	+32	+19	-51	-62	+7	-7	+32	+19	-51	-62
15	$\Delta_1 M$	-12	+12	+8	-14	+6	+2	-12	+12	+8	-14	+6	+2
16	$\Delta_2 M$	+1	-1	+3	+2	-5	-5	+1	-1	+3	+2	-5	-5
17	$\Sigma \Delta M$	-324	+324	+786	-173	-613	-888	-324	+324	+786	-173	-613	-888

### 介紹鄭著「河工學」

鄭肇經君近著「河工學」一書付梓,係取材於德國治河名家 Prof. Hubert Engels氏所著水利大全,參以本國水文研究及河工經驗。內容計分總論,河性通論,治河設計,治河工程,護岸工程,隄防工程等六章,而附以河工模型試驗述要,練習圖題,譯名摘要等篇。全書幾達六百面,插圖四百餘件,內容豐富,允稱溝通中西河工學術之空前宏著。亟爲介紹於國人之有事於河工及習土木工程者。(按本書由商務印書館發行,每冊定價洋四元。)



# 飛機場之設計

李崇德譯

近來我國政府積極提倡航空，各地人民踴躍輸將，購置飛機。然飛機場之建設亦關重要，猶有汽車必須有道路也。茲譯英國 Civil Engineering and Public Works Review; No. 312 Vol. XXVI 刊載 Arthur L. Hall 一文，藉供國內留心航空事業者之參考。

著者曾撰論文，大致論述飛機場地點選擇問題，本篇所研究者則為飛機場佈置之方式。

選定建立飛機場之地，其位置對於城市之關係縱稱適宜，然不經整理，鮮有即可加建房屋等設備為飛機場之用者。故建立飛機場之第一步驟，為改造場地之平面與立面地形，遷除障礙物，及加固地面使堪勝載重飛機等。

## (一) 交通密度

飛機場應用之範圍，為設計上重要之點，因其關係現在及將來之航空交通最大密度也。設計飛機場者往往拘泥於航空事業突飛猛進，即四五年後情形亦難預測之見解。此項見解固有一部分真確性，例如美國若干大飛機場及英國 Heston 飛機場發展之速，可知吾人應及早準備在最近將來對於飛機作驚人之擴充。然就用作倫敦航空站之 Croydon 飛機場情形加以檢討，又可知計劃飛機場者，如只顧及目前一二十年之需用，往往貽日後擴充費用激增之悔。故今日計劃之飛機場，至少應敷五十年內發展之



用。美國若干飛機場，目前每日飛機之數為60架，預定將來可增至200架，但在Detroit地方某次開展覽會時，飛機之來往者在一小時內曾達256架之多。

為使飛機場適應巨量交通起見，應預定發展計劃，舉凡該場目前及將來之用途，若干年內飛機升降最多之數及該場之極限容量，皆須預為考慮，俾便逐步建設，以迄於完成。

發展計劃自須具有甚大之伸縮性，以適應將來交通情形之變化，惟最近將來如無特殊新發明出現，現時氣體動力學上之原理，在預定期間內，當仍適用。

將來航空之發展，有兩種趨勢，可為預言。一則飛機必日見加大，其重量自亦聯帶增加，二則飛行速度必激增。現在美國已有若干航空線所定速度至少為平均每小時290公里(180哩)。飛機及速度加大之結果，將來飛機場之面積亦須比現在「激增」。此種推測，較之一般信仰「垂直升降飛機」(helicopter)及小型飛機者所主「減小」之說，更為切實。

飛機場之大小，隨用途而別，茲就民用飛機場別為數類如下：

(甲)航空總站 (large terminal airport)：為航路之終點，運輸遠距城市及國際間旅客貨物郵件等等，晝夜不息。設有稅關，以徵收貨稅。規模甚大，例如Croydon, le Bourget, Tempelhof等處之飛機場是。

(乙)城市航空站 (municipal airport)：現以美國及德國為最發達。其規模亦甚大，惟大都不設稅關。用以連絡較短距離之航空線。對於發展實業上，有日形需要之勢，而於飛機製造業尤屬重要。

(丙)航空連絡站 (intermediate aerodrome) 在規定航線中，由城市或私人設立，藉以便利小市鎮之交通，或供長距離航程中飛機降落之用者。此種航空站或為(乙)種之性質或僅為荒漠中之飛機加油站。後者之位置，大都視航空之需要定之。



(丁)緊急降落場 (emergency landing ground): 普通爲面積不大之空地,設報風設備,燈光(夜間),及電話箱者。僅爲非常時期之應用,不作正式航空站。

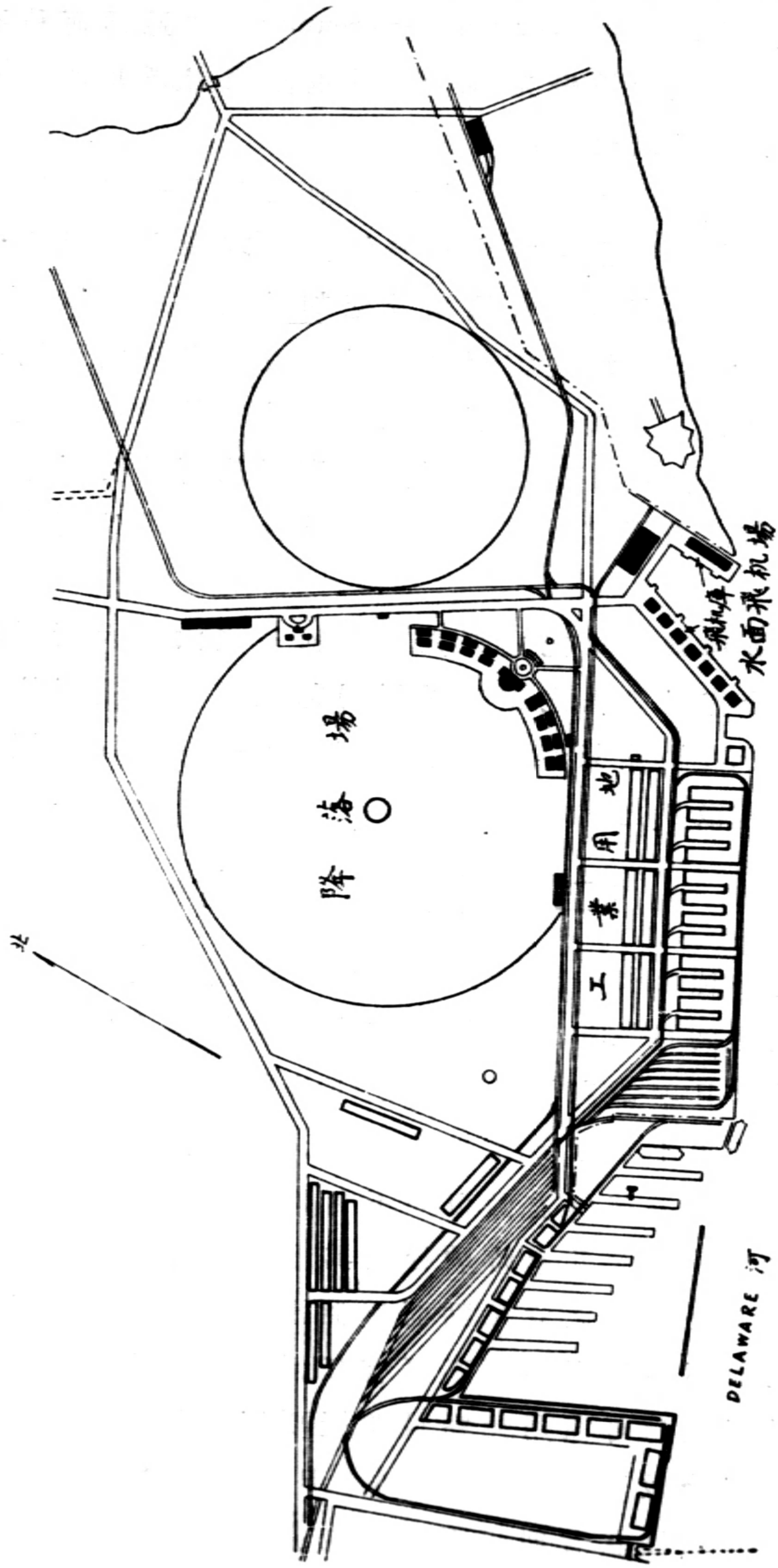
(戊)私人飛機場 (private airpark): 普通供私人所有小型飛機之用,爲私人或製造業或中小飛機之經理商人所設立者,例如倫敦附近之 Heston 飛機場及芝加哥之 Sky Harbour 飛機場是,但前者爲環境之需要,已發展爲設備完全之稅關航空站耳。其他私人飛機場爲製造廠家及航空學校所設之自用飛機場。此種飛機場,僅供小型飛機應用,故面積可從小,但供學校應用之飛機場,其空中來往路線及降落場地亦須佈置完善。

上述各種飛機場之主要差別,在面積之大小及所需建築物之種類。其餘佈置設備之差別,僅屬局部性質,無關重要。故各種飛機場之設計,概根據氣體動力學原理從事,一律相同,惟緊急降落場或不免有微異之點耳。

## (二) 設 計

計劃各種飛機場,無論其大小如何,性質若何,下列各種理想條件,必須懸爲目標:場地須易由空中尋覓,且空中來路豁暢,俾飛機便於降落,且無論在何種風向之下,皆能升起。又地面愈平愈妙,且洩水便利,但不可太乾,致易起灰塵。又須略具彈性,俾於重飛機降落時,可吸收一部份震動,但亦不可過軟,致機輪陷下。又須有堅而平之地面,俾飛機升起時駛行於其上,所費之能力甚小,而飛機降落時有充分穩定之立足點,而無溜滑之弊。又須相當光滑,俾晚間燈光泛射,不生濃影。地面不可有任何天然或人工障礙物,尤須無論何種天氣均可應用。此點最關緊要,因如欲空運具有補助陸運水運之充分效率,必須每年 365 日及每日 24 小時,無時不可通航也。此外須注意者,即場面須不易損壞及維持費最少,因修養





第一圖 美國費城 Hog Island 飛機場平面圖(圓形降落場并多備餘地供工業用途)



60-80 公頃 (150-200英畝)地面之費用,縱單價最低,其總數亦屬可觀也。

完全適合以上條件之飛機場,可謂絕無僅有,勢須略有變通,茲將無甚妨礙之變通辦法,列舉如下:

(1) 在空中易於尋覓 地面標誌略可適應此項需要。指示方向之標記,亦可設於地面上,使可從空中望見。



第二圖 Ipswich 市飛機場攝影(圖示來路豁朗及多備工業用地)

(2) 來路暢豁 各方來路均求暢豁,鮮能辦到,但在來路線上之障礙物,可視為僅使來路增加一定長度,與高度成一定比率者。關於此項比率,各專家意見各異,茲舉數種如下:

根據氣體動力學所得最大比率	7:1
英國航空部規定最大比率	10:1
英國航空部認為較安全之比率	15:1
歐洲各國所定最大比率	15:1
美國運輸規則上規定比率	10:1
U. S. A. No. 1,2,3,4	7:1



又若干飛機師以 20:1 之路線，飛過障礙物，以上數字，出入頗多，殊使人有無所適從之感。但如恪守英國航空部規定 10:1 之比率，而於可能時應用 15:1 之比率，在尋常情形之下，可視為安全。

以上比率，於飛機場地高度在海面上 300 公尺（1000 呎）以下時適用之，如超過 300 公尺，起落路徑須照下列百分數加長：

600 公尺(2000 呎)	增加	10%
1200 公尺(4000 呎)	增加	25%
1800 公尺(6000 呎)	增加	50%
2100 公尺(7000 呎)	增加	75%

### (三) 地面 (Surfaces) 載重量

飛機起落之難易，與場面之性質大有關係。粗糙與潮濕之場面，較之平整乾燥或有鋪砌物者使飛機更難升起，但鋪砌面濕潤時，如無相當滯力，又使飛機降落不易。據實地試驗各種場面阻力之結果，如柏油碎石面 (Tarmacadam) 之效率假定為 100%，則乾燥草地為 60%，潮濕草地可減至 40%。以上百分數之比較，顯示飛機由後兩種場面起飛時，在其他相同情形之下，比第一種場面，需要較長之走動距離，其比率與上述百分數成反比。故就理論上而言，場面之阻力愈大，飛機起飛時需要之能力亦愈大，又因飛機起飛時幾完全開足馬力，故於達到飛行速度以前，須在場地上滾過之距離亦愈大，此種理論，乃從經驗中得來。

場面之另一要素為載重力。按 Handley Page 42 號式為現在商用陸上飛機之最大者，其滿載時之重量約 13 公噸，藉機身中部兩輪及尾下一輪以傳佈重力於地面。如總重平均分配於三輪，則每輪載重約為 4.3 公噸，但實際上總重百分之九十支配在前兩輪上（按即每輪 5.85 公噸）。上述靜重，於飛機下降時，尚須加計衝擊力。次項衝擊力應為若干，各說不一，有定為靜重之 5 倍者。美國工程



師曾假定爲與淨重相等，據此以爲設計，成績亦復不差。因飛機下降時，有時以前兩輪先着地，則前輪所承靜重各爲6.5公噸，加同數爲下降時之衝擊力，共計所載總重爲13公噸。

上述機輪之載重分佈於地面，至少當爲每平方公尺16-21.5公噸(每方呎1½-2噸)故飛機場地面任何一處必須能負此種載重，且爲將來飛機重量增加起見，場面之載重力，或須再加大。普通泥土地面可以負荷此種載重，而無過分壓陷；如欲實地試驗，可用三公噸重橡皮氣胎卡車徐徐開駛，如不下沉卽爲可勝任上項載重之證。場面不平或鬆軟對於飛機起飛之阻力固甚大，且發生顛簸，使乘客感覺不適，欲試驗場面之平實與否，可乘小汽車以每小時40-50公里(25哩-30哩)之速度駛行於其上，如不覺顛簸太甚，則對於飛機之乘客亦不至不安。機場內如有獸穴蟲窟，非常危險。此種情形於熱帶地方見之。非洲某飛行場曾因此發生阻礙。此種窟穴須於開機前派工清理。窟上有鬆散泥土者，尙易查見。若地下空穴則不易發覺，須用平車在場上開駛查驗，否則偶一不慎，當飛機降落或開行時，如機輪或尾鈎斷損，足使飛機翻跌，或損壞。

場面不可有鬆浮物質，如砂，鬆煤屑及灰土等。因當飛機螺旋開動時，將地上鬆浮物質吹爲塵霧，不僅使旅客不安，且可由進氣孔入發動機內，使活動部分及軸承損壞。煤屑灰能透穿布翼及損壞推進螺旋，亦甚有害。建築飛機場時，如遇有此類物質，應妥慎處置之。

飛機之通常降落設備爲前兩輪，有時附制動器，及尾鈎(tail-skid)。尾鈎之端有鋼製或鐵製之盤(pan)或靴(shoe)。在地上開行時，有時用作支點以便轉灣。在鬆軟或溼潤之草地上，尾鈎之作用如犁，所經之處俱成溝畦，雨天既易將場面耙壞，晴天又足翻起灰塵，故場面必須堅實，以抵抗此種破壞。最新式飛機已取消尾鈎，而代以尾輪，惟尾鈎既廢，飛機降落時，易滑走於混凝土或類似之地面上，故尾輪例備制動器。尾輪制動器與發動機聯合作用，使飛機在



地面上轉灣較易，而無犁鏟地面之弊。由此可見，飛機與機場兩者之一方面有所改進，他一面亦必聯帶發生問題。

交通繁忙之機場，草地往往損壞殊甚，而且次數頻繁，幾無從修理，在草地與混凝土或其他鋪面啣接之處尤甚。英國 Croydon 飛機場曾因此將混凝土部分附近之地面，加鋪混凝土，以制灰塵惟加鋪部分之邊緣繼續損壞，又須繼續加鋪，如此循環不息，必至全場均加鋪築而後已，其費用之鉅，較之自始即將機場加以鋪築者尤多。吾人因此得一結論，即交通繁忙之飛機場，其大部分殊有鋪築「人工場面」之需要。飛機場之交通不繁重者（包括小飛機場），其場面仍以平整而洩水通暢之草地可供飛機於任何方向降落者為最佳。蓋草地場面有彈性，及粘結性，易於乾燥，且甚悅目也。又草地設備費用最省，維持亦易。

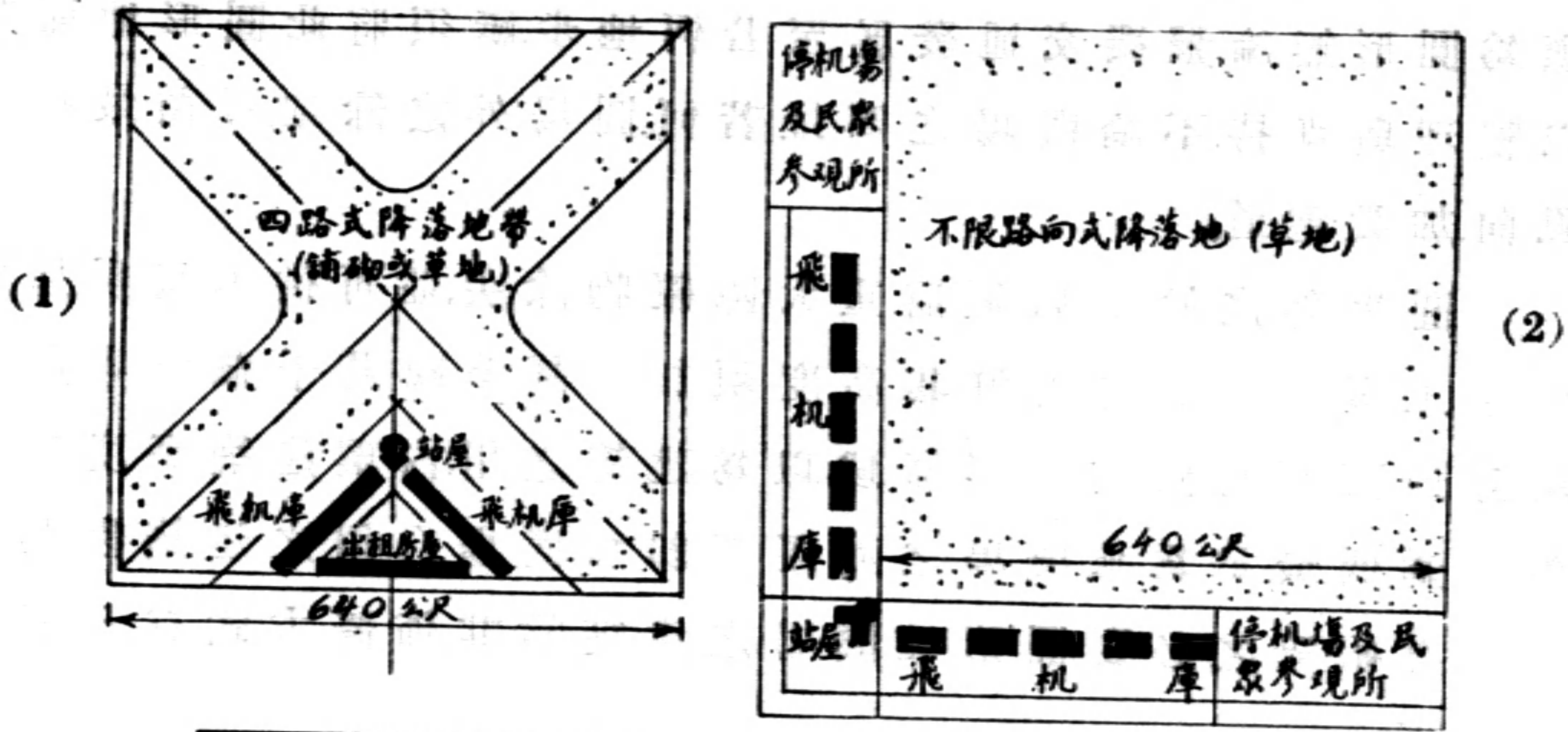
#### （四）降落地面 (Landing Area) 設計

交通繁重之飛機場，草地場面不足以資應付時，或因土質氣候關係，不便採用草地場面時，勢須將地面加以鋪砌。惟場地全部鋪砌，以便飛機隨處降落，所費不免過鉅，故設定「降落地帶」(landing strip) 之原則於以產生。降落地帶者，即具有充分之長度與寬度之地帶，可供飛機一架或數架在某種風向之下，同時安全起落之用者。初時建築之降落地帶，多根據最重要之風向，作幾何圖形。普通為星狀，各線在中心作複雜之交叉。其後發覺此種佈置形式既不經濟，效率亦不大，故採用降落地帶最多之美國，近來已將降落地帶之佈置形式，根據科學原理，研究設計。

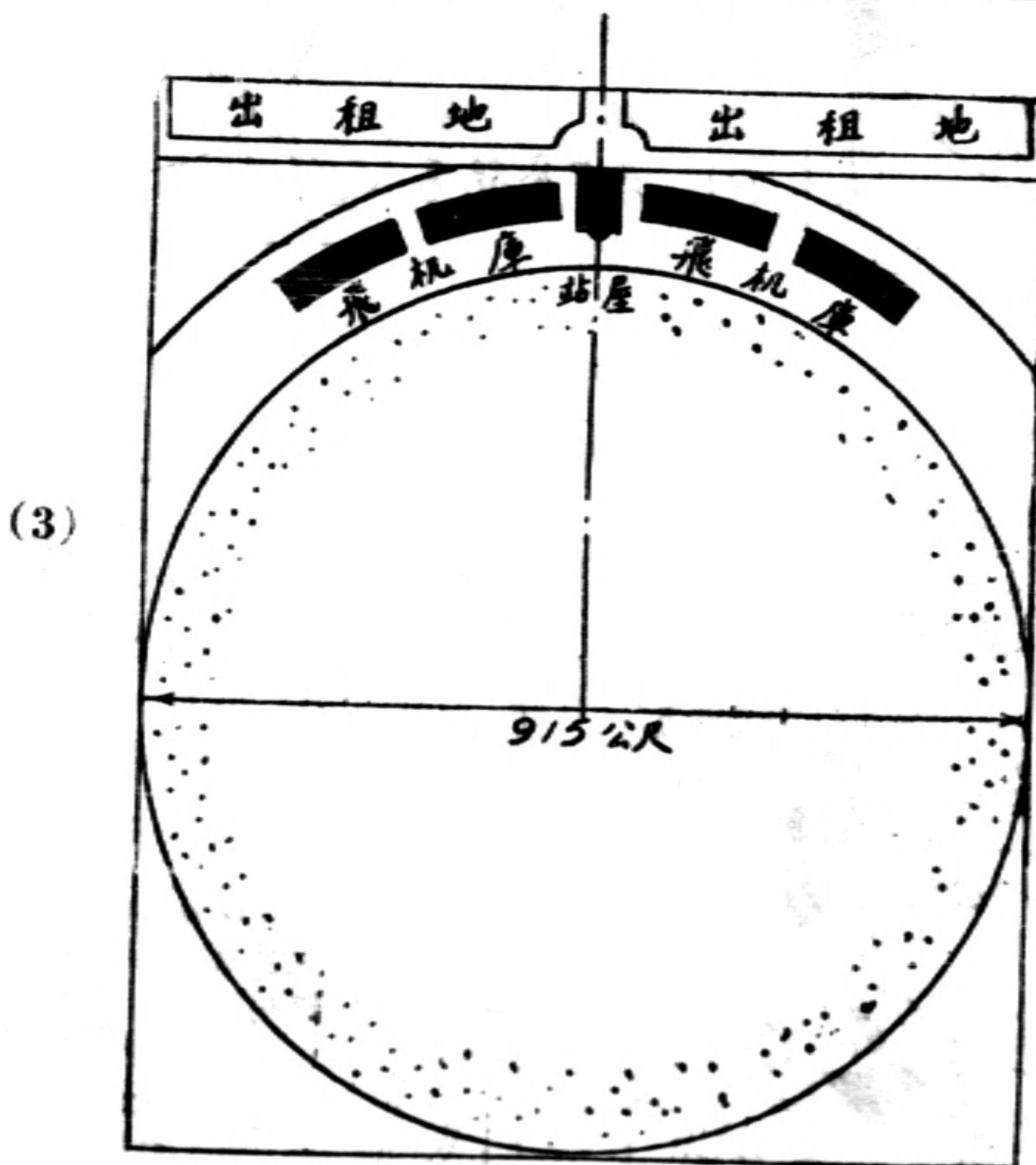
降落地帶之設計，在決定機場應予鋪砌之地位與面積，俾其應用之效率最大，而建築費與維持費最少。此種設計，大致視機場之地形與氣象之關係而定。惟尚有其他各點，亦須加以考慮。第三圖示情形相似之場地三處所有佈置方式與應用效率之比較。

計劃飛機場，首應注重「飛機於任何方向均可起落」之目標，則





	第一種計劃	第二種計劃	第三種計劃
需要面積	40.5 公頃	58.5 公頃	97.0 公頃
可供建築之面積	27.5 公頃	18.0 公頃	31.5 公頃
按年修養面積	13.0 公頃	40.5 公頃	65.5 公頃
四周情形	於四個方向留空	對任何方向起落時飛過建築物者居半	



第三圖 場位設計之比較

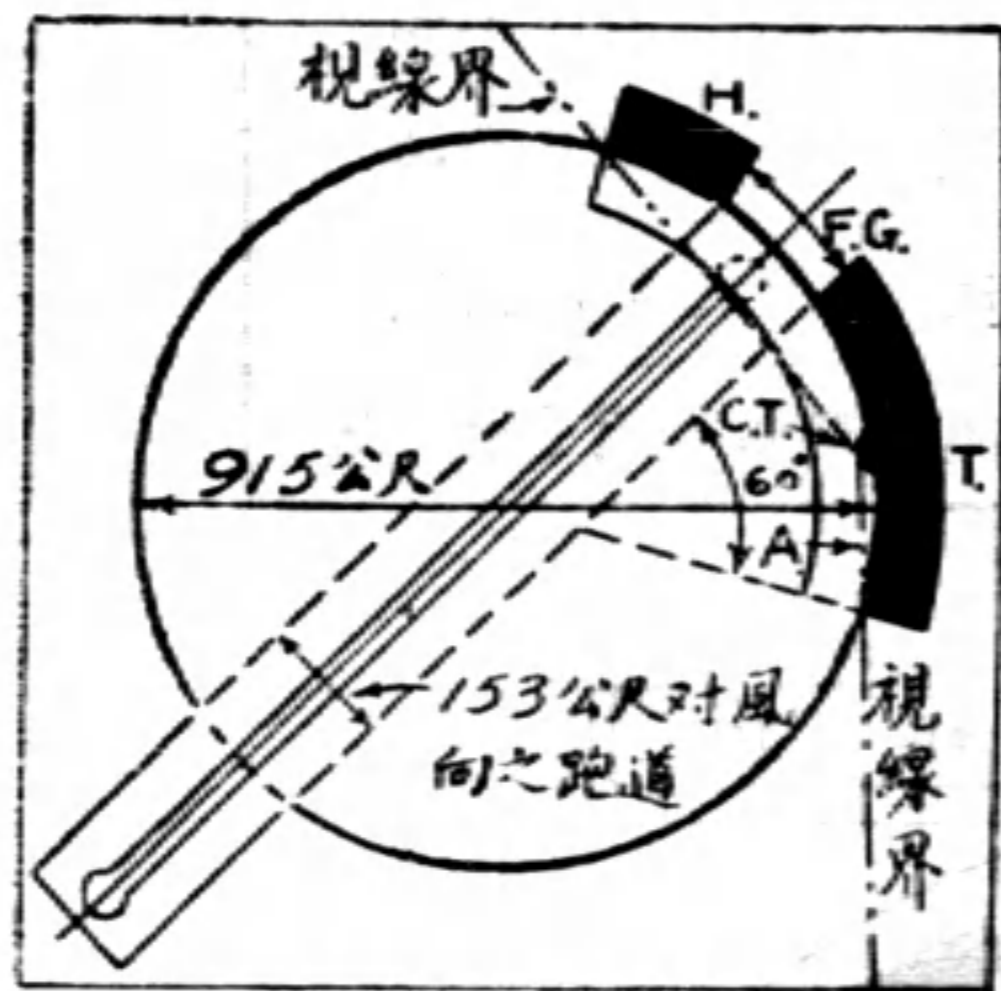
其他各點自可聯帶確定根據上項目標飛機使用之地面,理論上



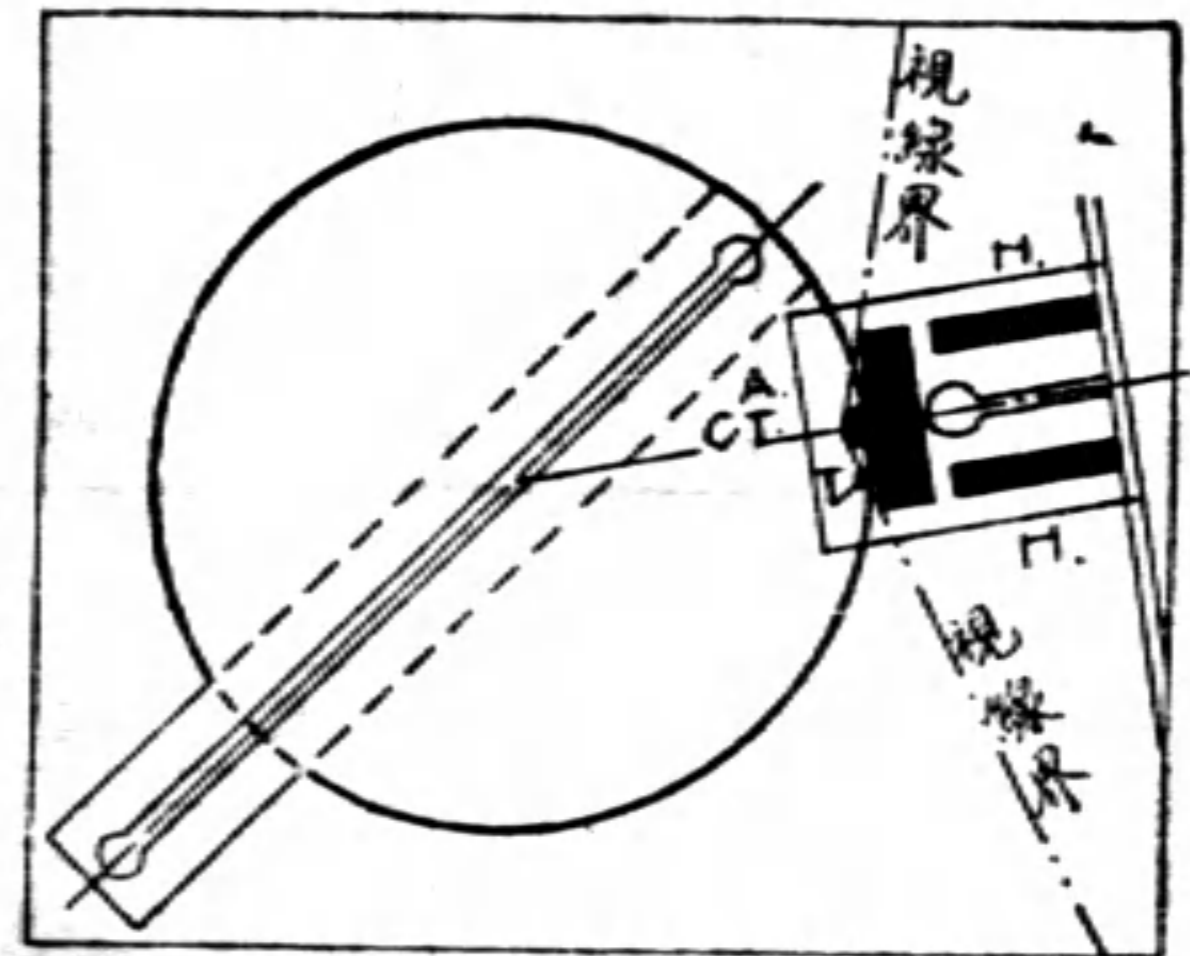
應為圓形,無論飛機交通發展至若何地步,祇須將此圓形地面加以整理與維持,不論機場之四址若何。圓場外之餘地,可循最頻之風向,加設跑道。

圓場外之餘地,只須將重大障礙物除去,並可供本場房屋或他家工廠等建築之用,但其高度須加限制。美國若干飛機場將圓場外地面劃為兩重環形區域,以為建築之用;內環建築高度,自較外環為低。最足為飛機場之障礙者,即飛機場自用之建築物,其地位實有研究之必要。圓形飛機場之建築物,其佈置方式有三,茲申述如下:

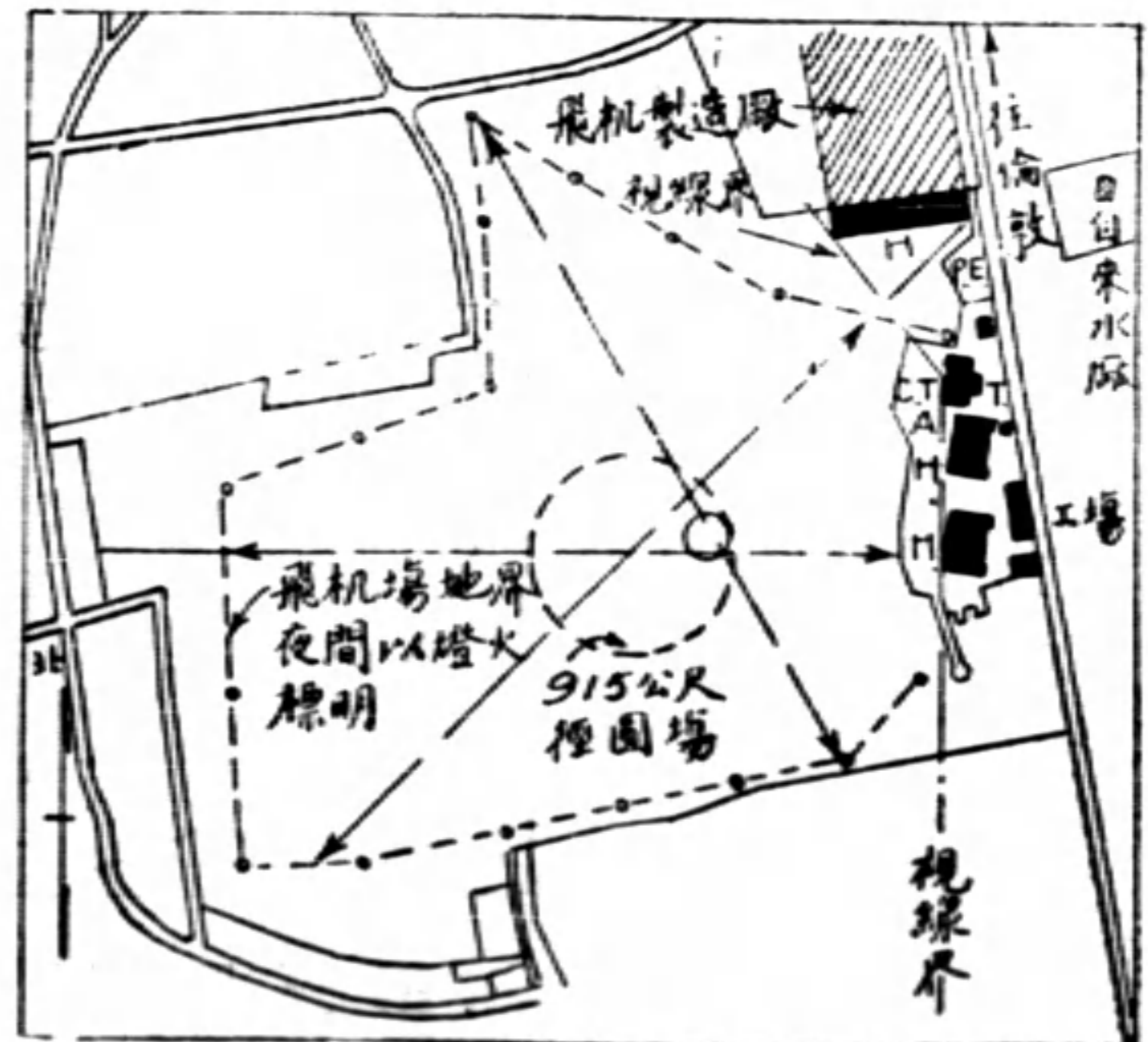
第一種——建築物置於圓環邊之限定長度內(第四圖),並



- 圖 例
- A. 停 機 場 庫
  - H. 飛 機 庫 臺
  - C.T. 管 理 臺
  - F.G. 飛 行 道
  - T. 站 屋
  - P.E. 民 眾 參 觀 場



第四圖 圓形降落場設計(第一種)



第五圖 圓形降落場設計(第二種)



須不在主要風向之內免飛機起落常飛過此項建築物。德國柏林及漢堡 (Fuh'sbüttel) 飛機場及 Philadelphia 將建之 Hog Island 飛機場均屬此種。漢堡之 Fuhlsbüttel 飛機場，房屋緊靠圓場之邊，亦成圓形。

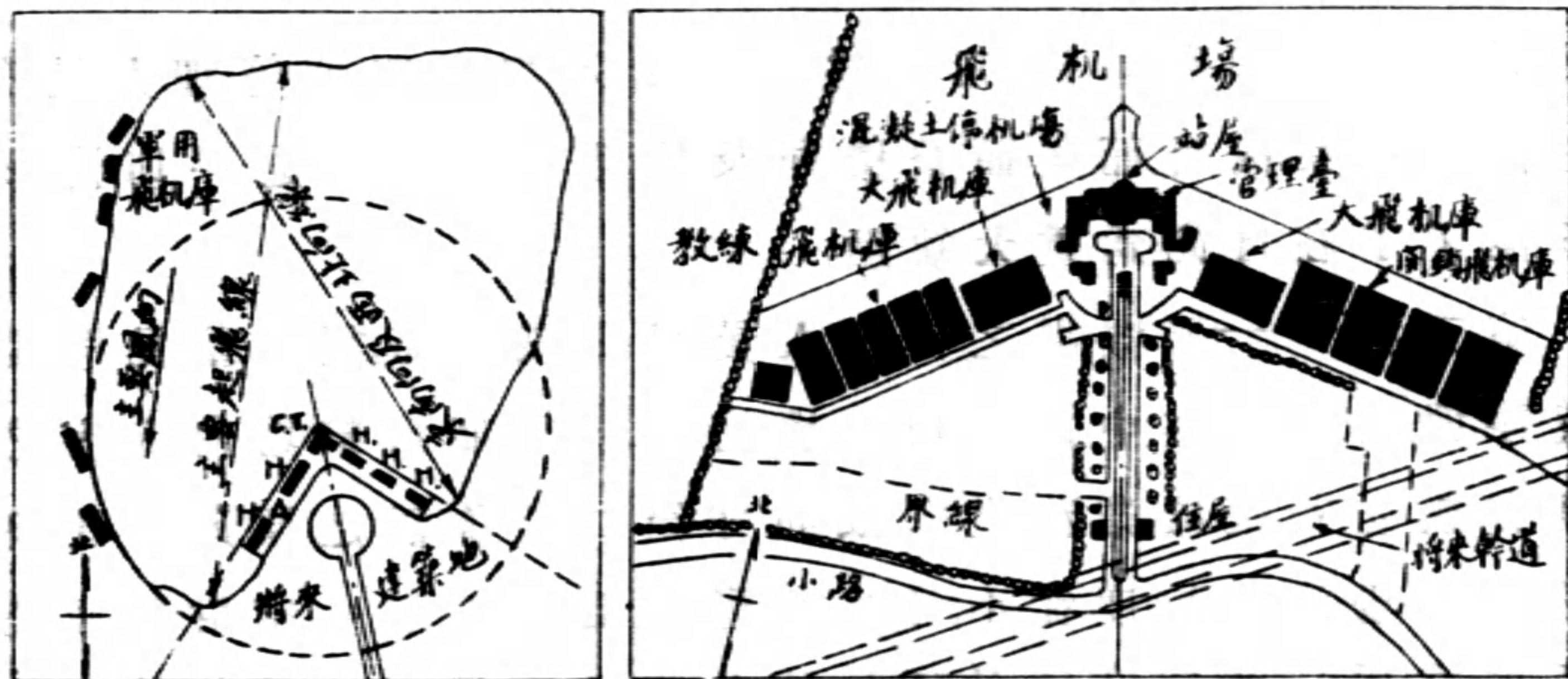
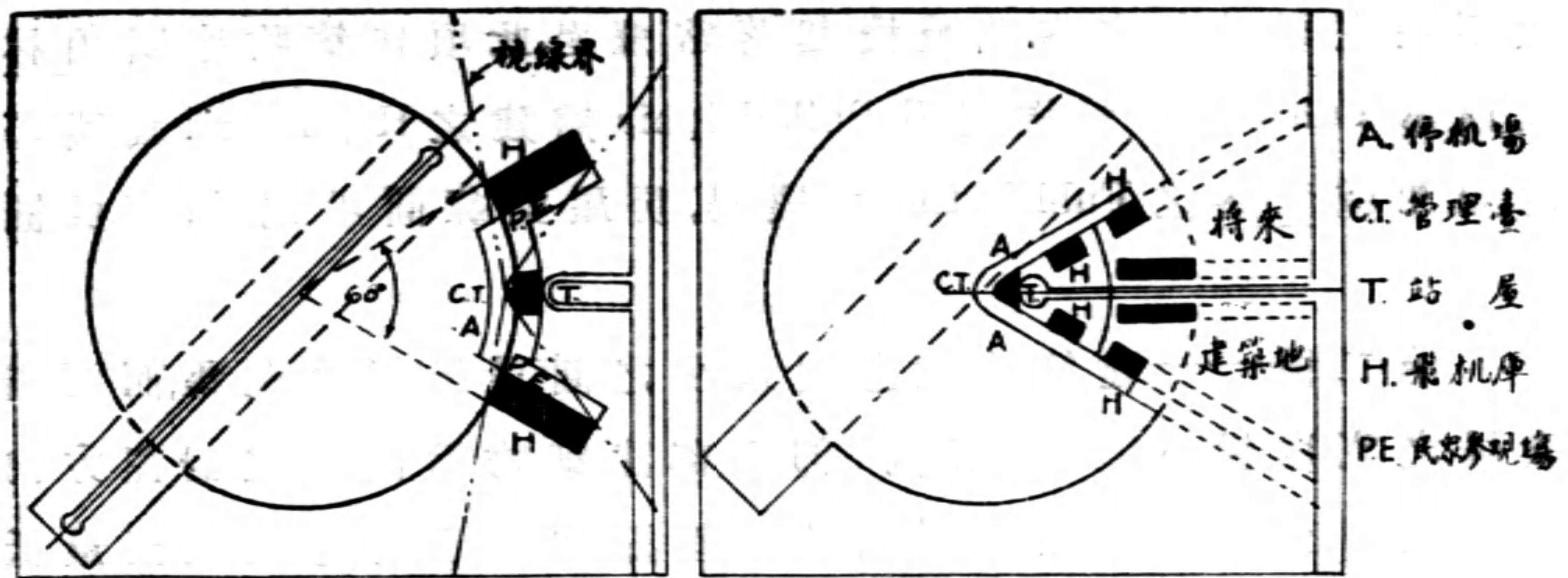
第二種——建築物靠應用最少之圓場邊部分聚集，而面對機場之寬度從小，(如第五圖，即全部建築物沿圓環之對徑方向設置。美國有數機場係採用此法。其優點為減少場邊阻礙至最低限度。其缺點為形狀不整，且使飛機來往飛機庫 (Hangars) 與站屋 (Terminal) 及機場間之路途無謂加長。又如管理臺 (Control Tower) 建於圓環之邊(理應如是)其下為旅客出入之大門，則管理人員在臺上固可監察機場，而後面飛機庫及停機場 (Aprons) 之一切情形，則不能了了在目，此為重大缺點。

第三種——飛機場之管理人員行使職務時，須能望見機場上與停機場以及空中之一切飛機情形，又須能目擊場內人客之行動，有無妨礙飛機業務之處。故如守第二種佈置之原則，即建築物佔用機場邊之長度從小，可略為變通，由圓心引兩輻射線聯絡一弧段之兩端，並將其向外延長，使其間成一扇形地帶，然後於其兩邊建築飛機庫，於中間建築管理臺等，則全場情形可了了在目，如第六圖所示。

由第三種佈置，可推衍而得另一種佈置，即將扇形地縮狹而由圓環邊向中心推進。如扇形之一邊，與最頻風向平行，另一邊與次頻風向平行，則此種佈置之效率甚大(第六圖右上)。此種設計已有若干新機場採用，且不論機場之佈置為「任何方向升降」式，或「劃定地帶升降式」，均可採用。舉例而言，如英國之 Heston 飛機場及法國之 Loyon-Bron 飛機場，均屬歐洲採用此種佈置，最新完成之機場也。

此種佈置名為“Duval”式，因為法國航空部 Albert Duval 氏所發明，其優點如下：第一，飛機可由任何方向起落，建築物之阻礙極





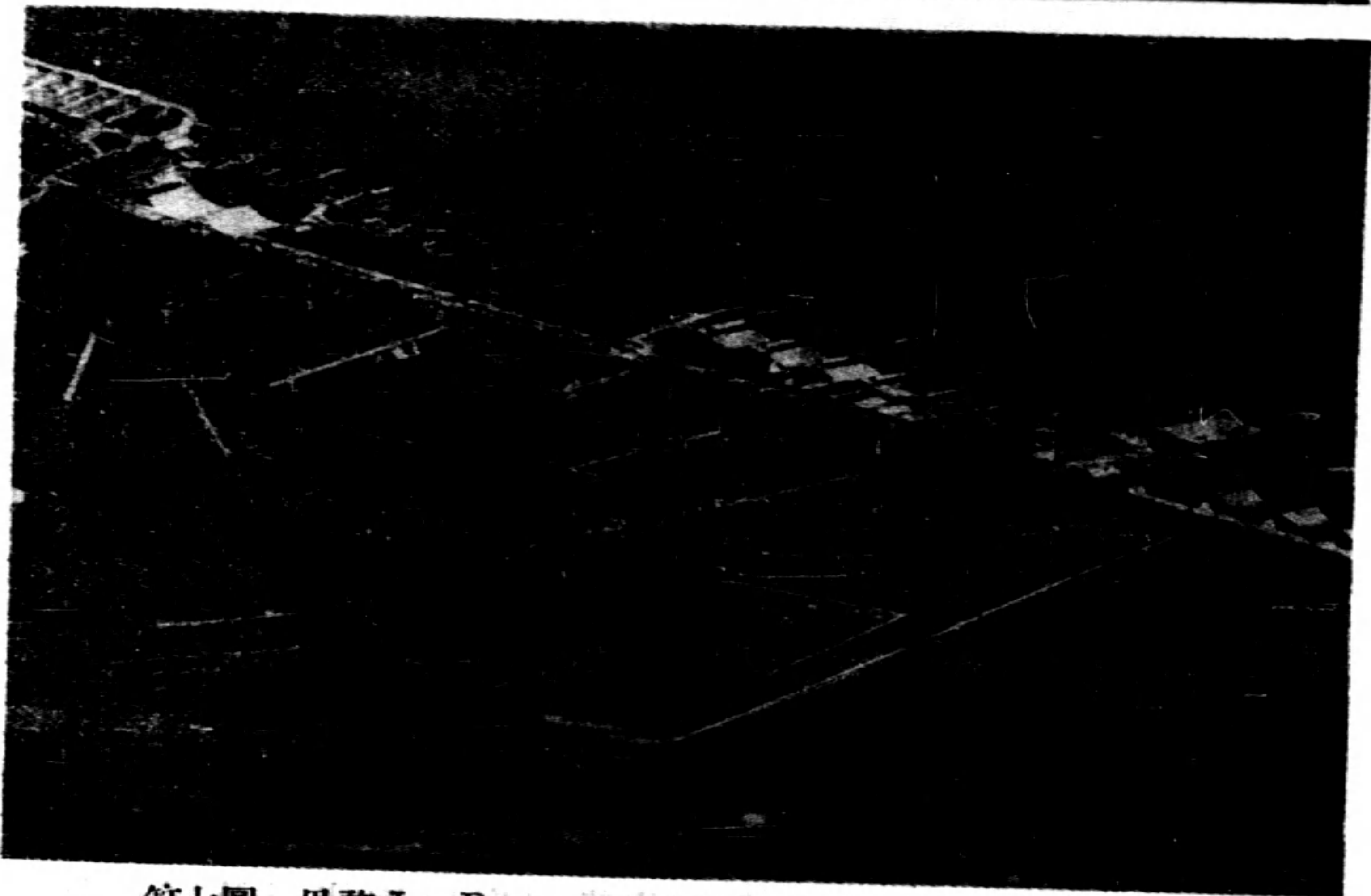
第六圖 圓形降落場設計(第三種及第四種)

小;第二,管理便利;第三,建築物易於向圓場外擴展,而仍在扇形範圍內,且愈向外,面積愈大,而於飛行無礙;最後,降落地與機庫及站屋之間,距離甚小。扇形兩邊所包含之角普通應為 $45^{\circ}$ 至 $60^{\circ}$ ,而以 $60^{\circ}$ 為最大限制。美國規定跑道交叉之角不得小於 $40^{\circ}$ ,故非任何方向降落之機場,可以跑道所夾之扇形地面,作建築之用。

### (五) 降落地帶 (Landing Strips) 及飛行過道 (Flight ways or Flying Gaps)

如前節第一種設計法,建築物圍繞機場起造,有時對於飛行不免有所妨礙。最著之例為即將改造之 le Bourget 飛機場,其建築物幾粘機場一邊之全部(如第七圖),且列成兩排,而後排若干房





第七圖 巴黎 Le Bourget 航空站攝影(圖示建築物集於一邊)

屋與前排房屋錯綜,致該邊全部為飛行之障礙,該場設計之錯誤,可為前車之鑒,故新式飛機場之設計,必須以敏銳之眼光與思想以從事,庶免鑄成大錯。

建築物連續成排或雖隔開,而相距甚近,其妨礙飛行與連續成排無異者,切不可置於重要風向內。如在某種情形之下,建築物須置於各降落地帶兩端之附近,則該項建築物亦須依照重要風向隔開,於其間留出空地,為飛機飛起或降落時經過之用。此種空地名曰「飛行過道」。英國航空部認此項飛行過道之寬度至少須為180公尺(200碼),但愈寬愈妙,最好在270公尺(300碼)以上,因在建築物之間不免發生不平衡之氣流加以地面受日光照射,空氣上升,使氣流失其平衡愈甚也。

由上所述,降落地帶與飛行過道乃至「任何方向升降」場面之設計原則為:鄰近重要升降方向之建築物,只可與該方向平行,而不宜與之交叉。

## (六) 飛機場餘地之利用



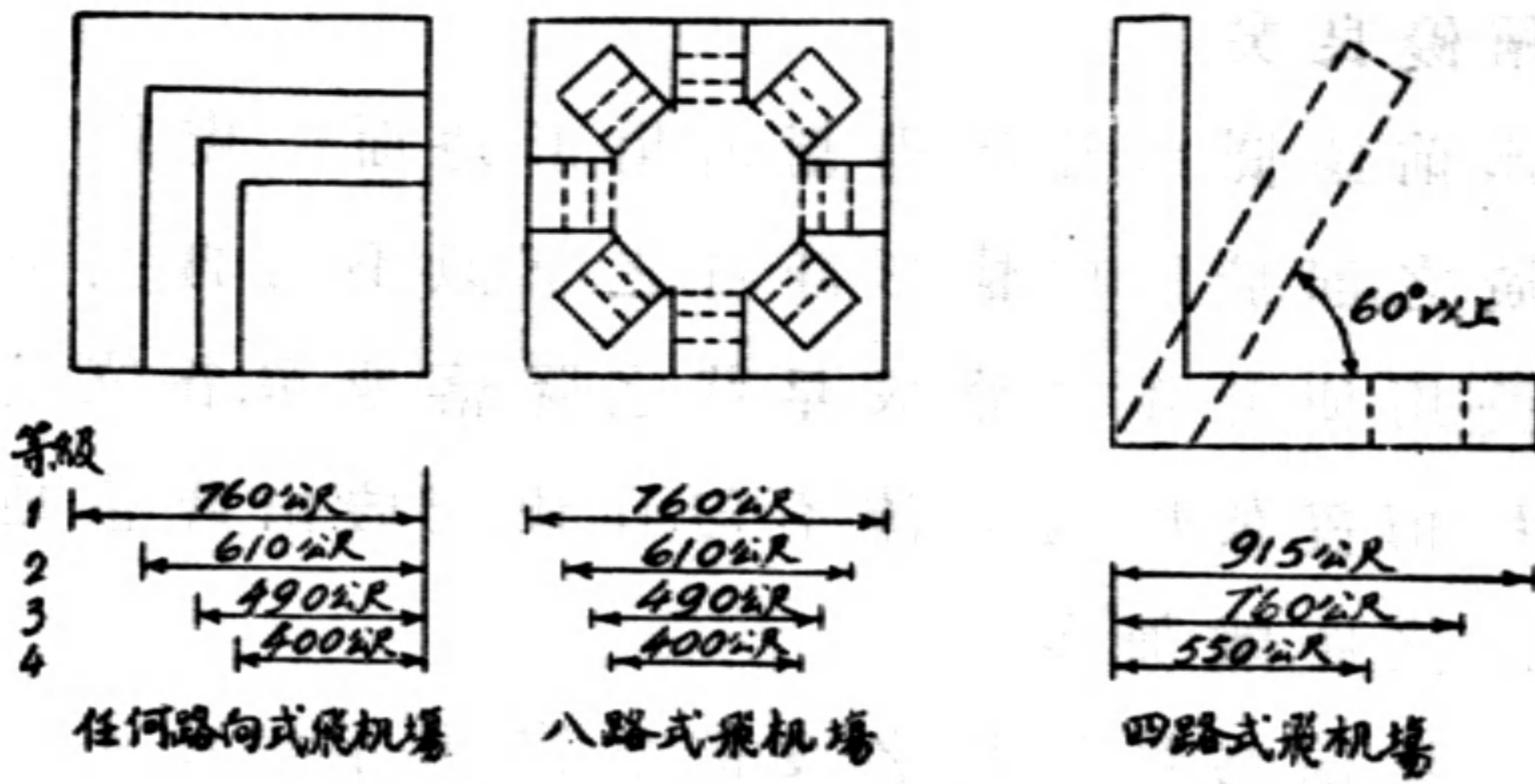
以上所論，僅涉及飛機場關係飛行業務部分及圓形升降場之設計。因備用之地鮮為圓形，故圓形升降場當就長方形或不規則形之地面內設置，其剩餘之地可供其他用途。惟其用途每與業務用地之設計有關，故必須同時加以考慮。按照現時空運情形，航空事業除運輸業務上直接收入外，殊有另籌財源之必要，故利用機場餘地實為要圖。凡設航空站之處，實業皆有進展之希望，尤以需要飛機場之事業，如進口商業及飛機製造業等為尤甚。

另一重要之點，為一般民衆對於飛機之好奇心。此種情形固將隨飛機與飛機場之普及而遞進，然及其存在時，可利用為航空站財源。供民衆參觀尋常飛機運輸情形以及特別表演比賽等之場所，故擇地設立看台所需設備費並不甚多，只須設圍籬，廁所及飲食店（可出租）而已。此種場所，凡交通繁忙之航空站均不可少，其佈置須便於觀察飛機升起降落及裝卸客貨等情形，及可望見飛機升降場之全部與遼闊之天空，並便於趨向游覽飛機起落之處。

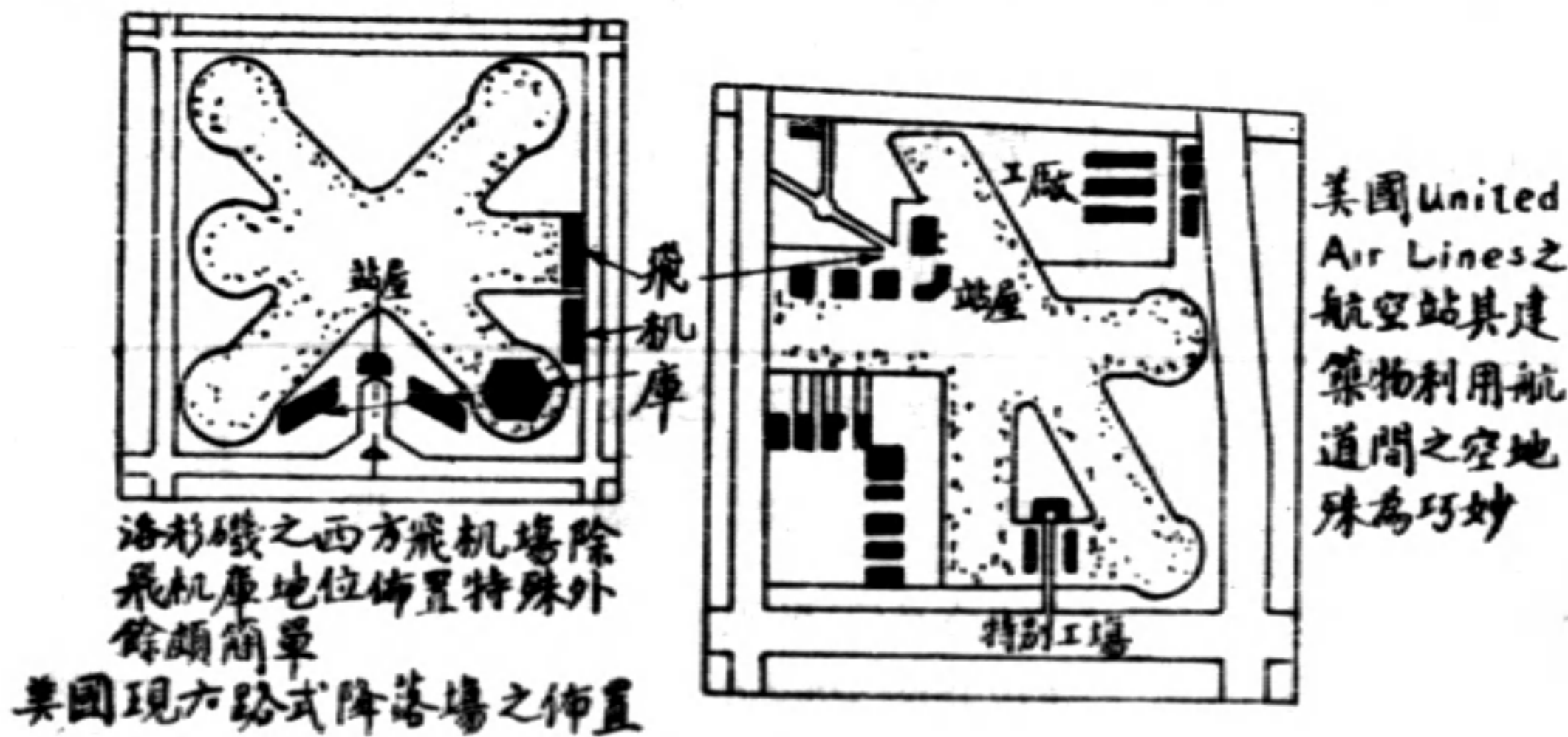
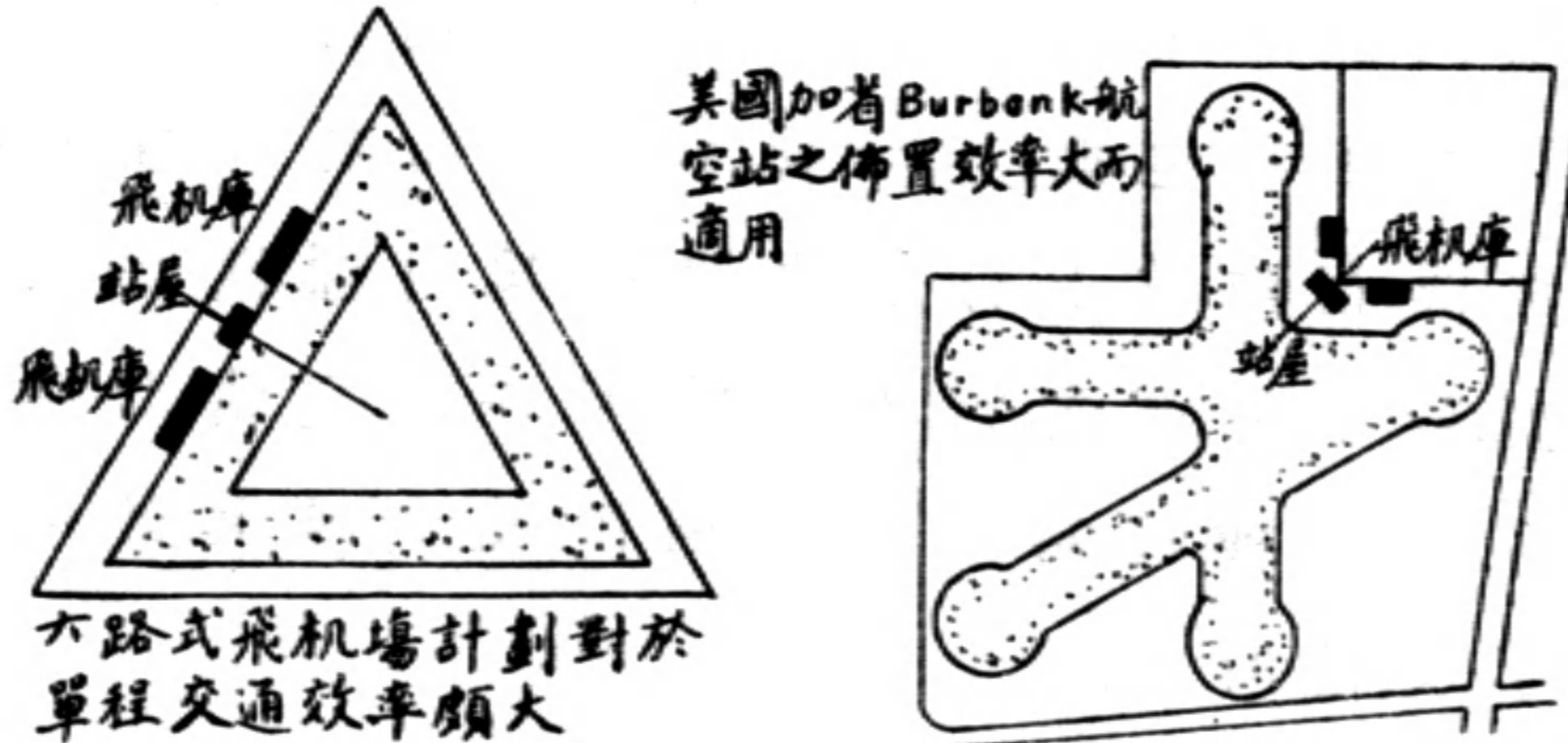
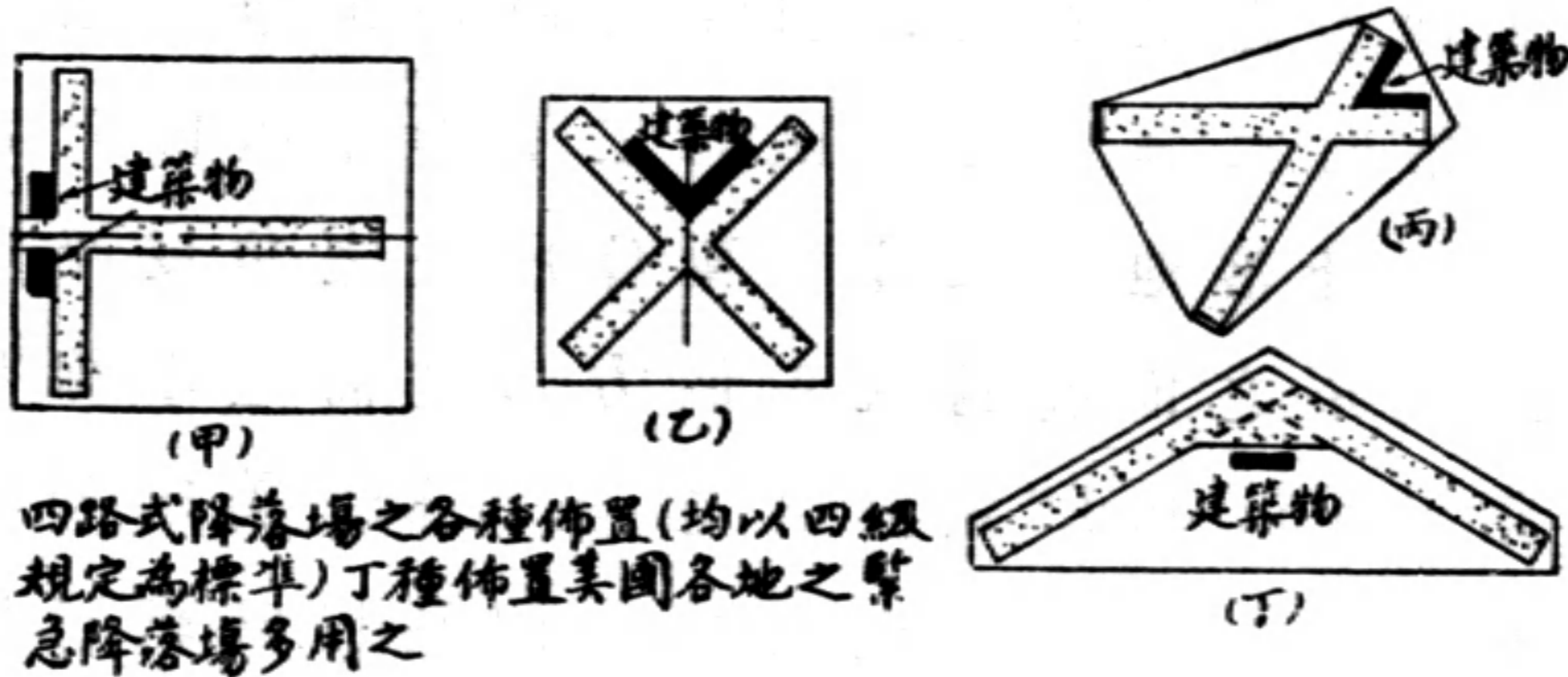
民衆參觀場所可設於建築物間「飛行過道」之內，（如此項飛行過道不利用為停機場）又其佈置須使看客不直對日光及烈風，與飛機起落時與地面摩擦而揚起之灰塵，故其地位宜在機場之西方或西南方，俾午後日光與常有之風均由看客背後而來（譯者按：著者假定常有之風為西南風或南風）。此種佈置唯一可批評之點，為飛機須從看客頂上飛過，似有危險，然以現時飛機製造之完備，設計者儘可不加顧慮。

大規模飛機場佔有邊地，為工業建築之用途（第一圖）。其設計除對建築高度加以限制外，並須顧及需要之淨空角度，而依照前述原則，將道路及其他無妨飛行之設備，置於最常有之風向內。此種合理設計，有美國飛機場幾處，已照此實行，因此各該飛機場成為廣闊道路循最多及次多風向設置者，輻湊之處，其間則為各種事業之建築地。此種佈置在城市設計上固煞費經營，然苟能達到目的，則所設之飛機場在空中有醒目之航道，在地面上有醒目之





美國商業部關於飛機場尺寸之規定



第八圖 二、四、六路式降落場計劃之比較(美國實例)



聯絡道路,允稱優良矣。

由上所述,前論圓形升降場劃出扇形地面一處供建築用之說,似可推而廣之,即於風向情形許可之下,似不妨再劃扇形地面若干處,為建築用,使升降場分成星狀之降落地帶,各位於低矮房屋之間。惟此種佈置,使機場氣流不勻,且使飛機由降落地帶行駛至庫房及站屋之距離加多。

圓形升降場固為最理想之設備,然決非非如此不可。如為風向及地勢情形所許可,儘可僅就常有風向專設降落地帶。

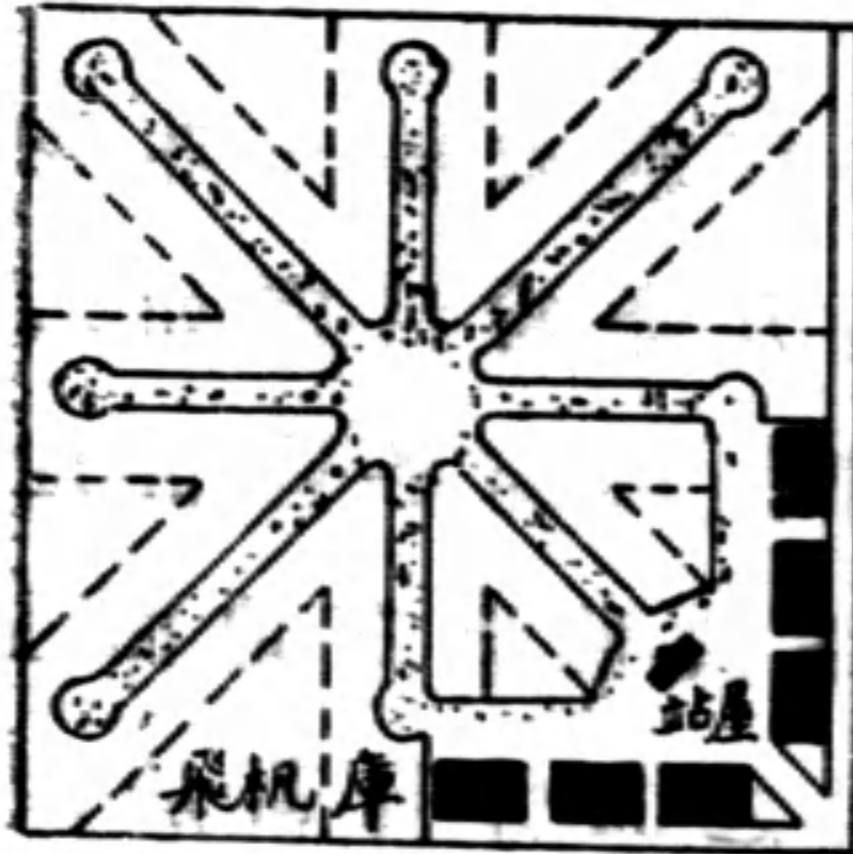
計劃降落地帶之最要原則,即降落地帶與跑道之設置,須使飛機升起或降落時,無論在何種風向之下,對風向偏斜之角度不可超過  $22\frac{1}{2}^{\circ}$ 。如設降落地帶八條,每兩條所夾之角度平均為  $45^{\circ}$ ,即合上述條件。最簡單之佈置,為就正個方形地面之中線及對角線設置跑道,所謂“Union Jack”式設計是(第九圖)。美國初時設置之飛機場,每循此項原則。惟有顯而易見者,即站屋既祇可置於一處,則除在兩種風向之下外,飛機由跑道之一端,行駛至站屋之前,不免多無謂周折。飛機在地面上行駛,不僅費時耗油,且易損壞,故設計應以減少飛機在跑道上行駛之路徑為目標。欲得「八路式」飛機場之理想計劃,效率最高者,實不可能,因各場之情形隨其方位而異也。然舉例以示各種較為理想之佈置,及比較其效率,則可辦到,如第九圖丙,丁,戊,己所示。

升降地帶及跑道,有時毋需佈置為「八路式」,則可僅設 1,2,3 線,以應 2,4,6 路降落之需要,以節經費。美國商業部分「非任何方向降落」飛機場為若干等,其標準如下:

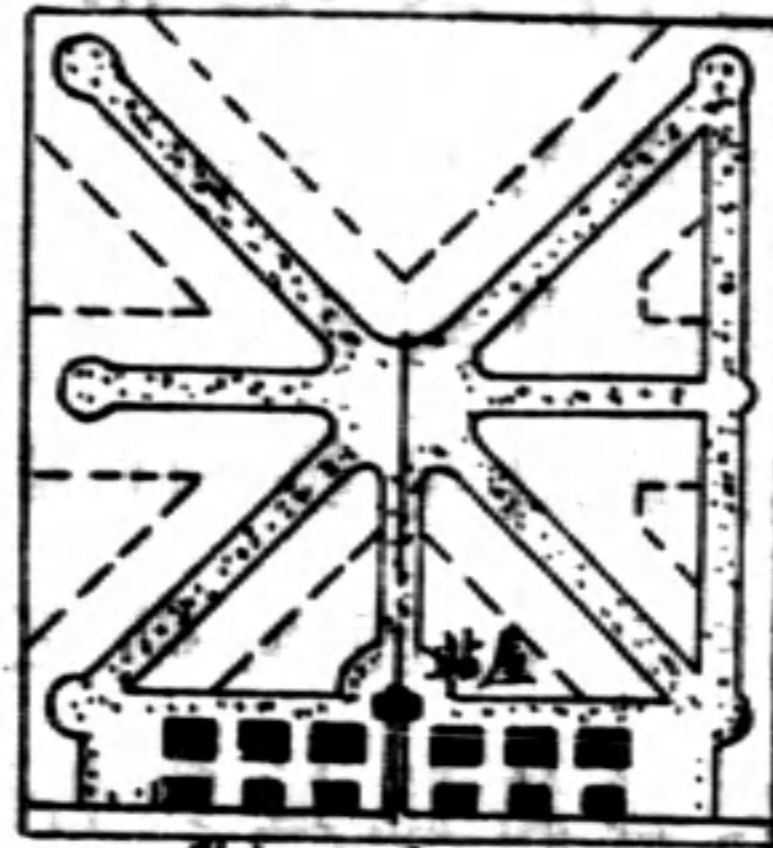
等級	降落方向	降落地帶之最小尺寸		最小交叉角度
		長 度	闊 度	
1	8	760公尺(2500呎)	150公尺 (500呎)	40度
2	8	610公尺(2000呎)		40度
2	4	915公尺(3100呎)		40度
3	8	490公尺(1610呎)		40度



3	4	760公尺(2500呎)	60度
4	8	400公尺(1320呎)	40度
4	4	550公尺(1800呎)	60度
5			
0		不合於四等，而認為對特種用途尚屬安全者不能認為安全而請求註冊者	



(甲)



(乙)



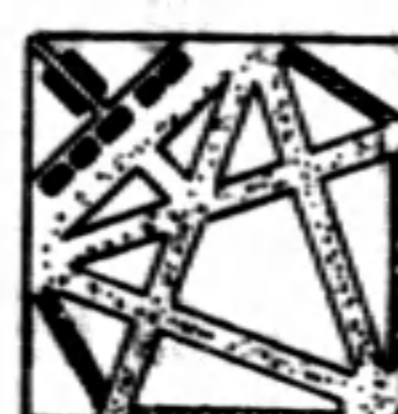
(丙)



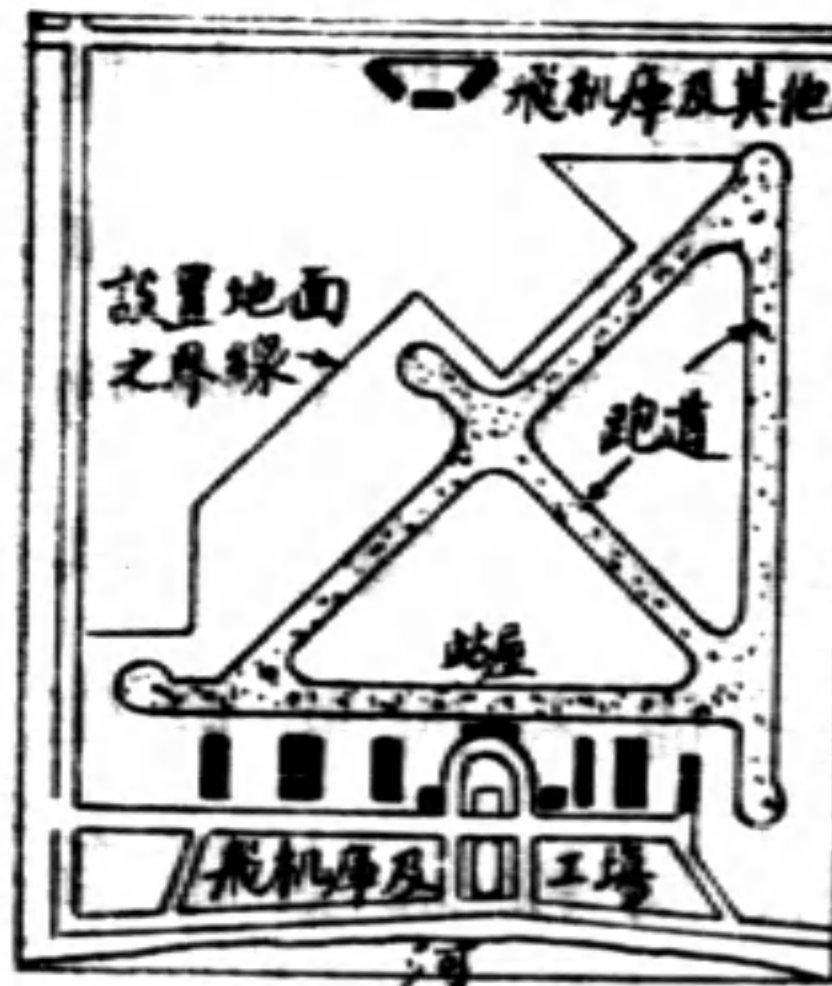
(丁)



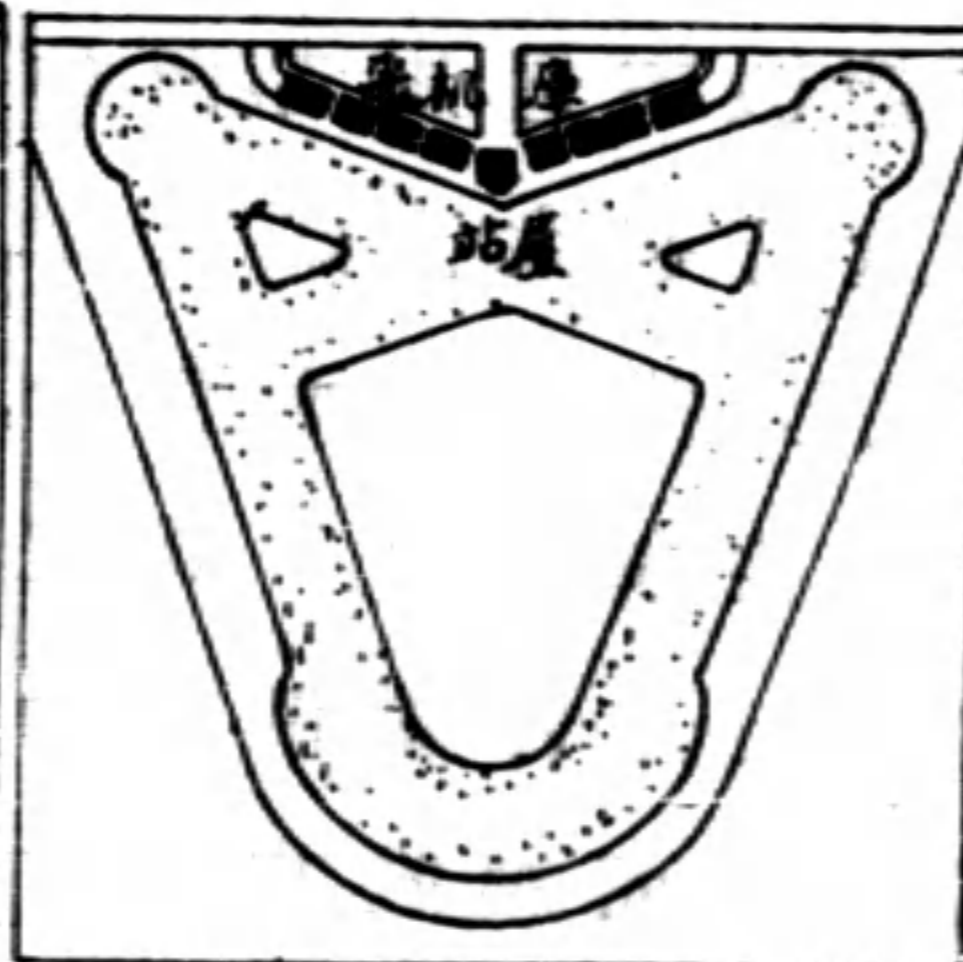
(戊)



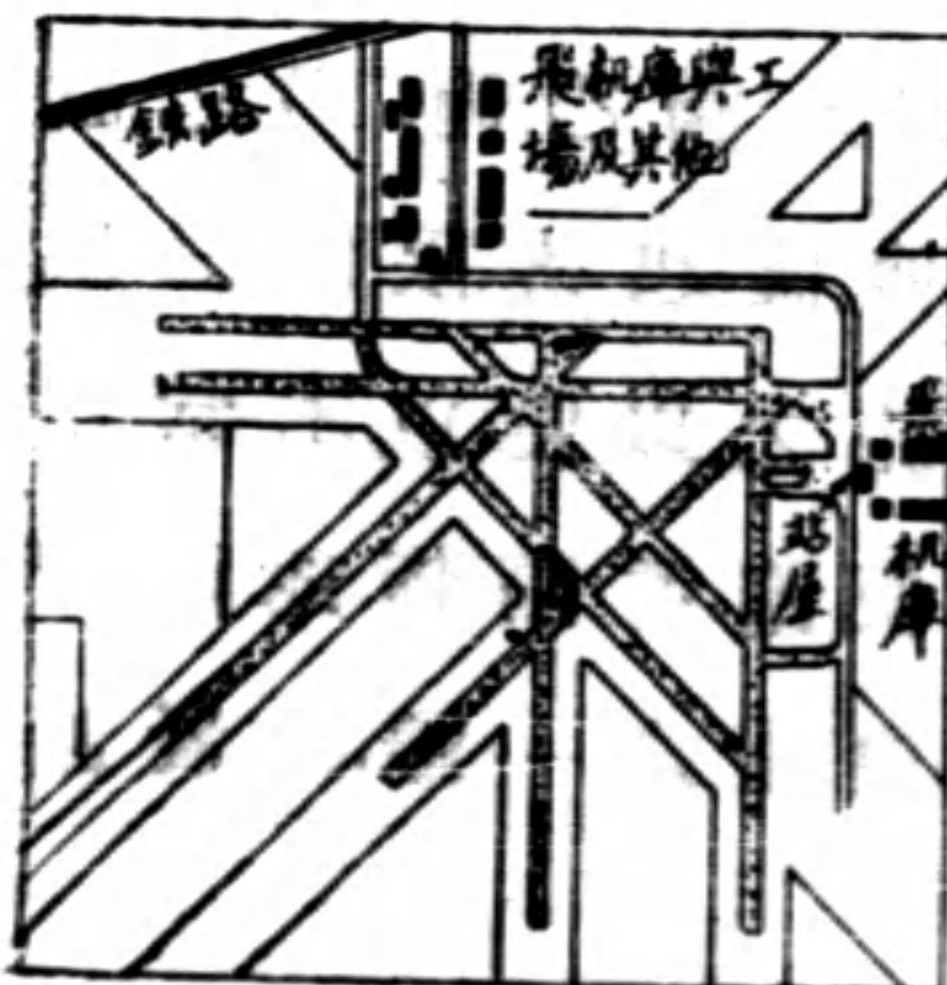
(己)



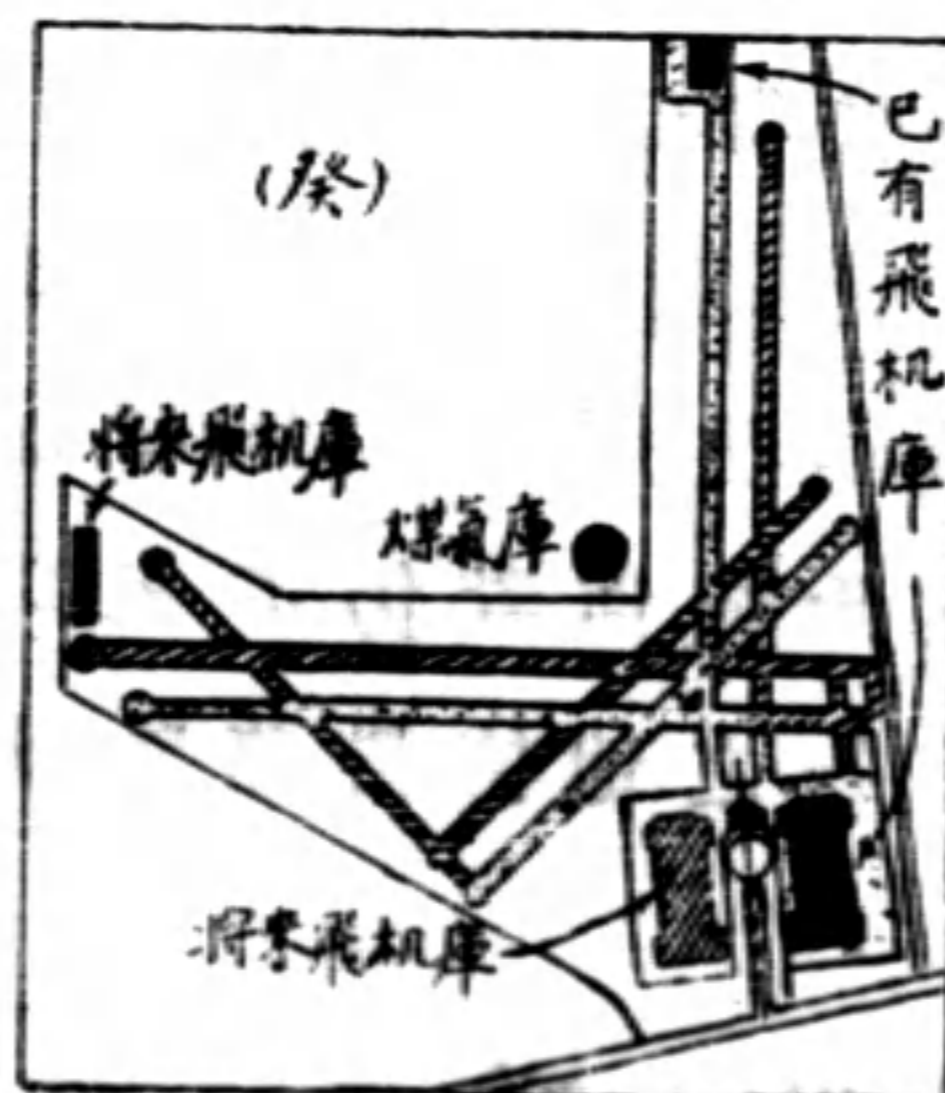
(庚)



(辛)



(壬)



(癸)

(甲)(乙) Union-Jack 式八路式飛機場佈置

(甲)建築物置於相鄰之兩邊，近對角線跑道之處。

(乙)建築物置於一邊，南北向跑道效率較大且經濟。

(丙)(己)新近美國方面關於八路式飛機場設計之實例

圖中加亂點之處為跑道，加斜線之處為調動道。

讀者應注意跑道交叉或分歧處路面可供兩路以上公用，因此可節省鋪砌費之一點。

(丙)適於圓形降落場之將來改造

(丁)來路豁然，建築物地位良好

(戊)來路豁然，參觀(辛)。

(己)來路豁然，惟建築物妨礙來路。

(庚) Omaha之Nebraskan 飛機場佈置，Florida之St. Petersburg 飛機場佈置亦與此類似。參觀(乙)及(壬)。

(辛) New Orleans飛機場佈置，Shushan 飛機場設計與此類似，效率與(甲)，(乙)兩種佈置相同，而鋪砌面積可省去10%參觀(丙)，(戊)，(己)三圖。

(壬) Indianapolis飛機場，Akron, Ohio 飛機場佈置仿此，讀者注意平行跑道相距甚遠，便於將來擴充之一點

(癸) Detroit 市航空站，其佈置受煤氣庫之影響。現有單跑道以亂點表示，將來平行跑道用斜線表示。

第九圖「八路式」航空站之佈置



[注意]:上表內降落地帶之長度,在高出海面 300 公尺(1000呎)之處,須予增加,第八圖示各機場各等級之尺寸,及美國飛機場設計之實例,其佈置較尋常幾何圖形佈置效率較大者。

### (七) 飛機之行駛地帶 (Taxi-Strips)

計劃飛機場佈置時,除飛機在地面行駛路徑應求縮短外,並應以[避免地面行駛之飛機佔用跑道,妨礙他機升降]為目標。如若干跑道之盡頭處與站屋遠離,須另築[行駛地帶],聯絡各降落地帶或跑道之末端。此種[行駛地帶],即鋪砌之道路,供飛機在地面上時安穩行駛者。行駛地帶又聯絡跑道與停機場之間,俾降落於距站屋較遠處之飛機,或由行駛地帶直達停機場,或轉入留空不用之跑道。佈置之例,見第九圖。

關於降落地帶之設計,詳加研究之結果,知審慎設計,可使難以處置之障礙物不致為害,且極端整齊之線路殊非必要。因此有人採用若干佈置形式,驟觀似不適用者。例如美國 Detroit 市飛機場成 L(曲尺)形,且其轉角處有甚大之煤氣庫。L 形之兩臂,地面甚寬,足敷飛機於任何風向時升降之用而有餘,且管理用建築物營造於轉角點靠外之處,由此控制全場,甚為醒目(第九圖癸)。其鉅大之煤氣庫,表面似足為飛行之障礙,但實際上從未因此發生事變,蓋正因其體積巨大,易於見而趨避,其危險性反較架空電線為小,以後者其在空中不易見到也。

關於設降落地帶兩條,[四路式]飛機場(第八圖乙,丙,丁)之設計問題,首在限制飛機在跑道上行駛,並妨礙他機起落。限制之法可將各降落地帶之盡頭處另用行駛地帶連絡之,以便以不常用之跑道兼供飛機行駛。然此種佈置仍不足以使跑道隔斷地面行駛之飛機,不如改正建築物之地位,置諸降落地帶之一端,較置諸交角處為優。

### (八) 跑道 (Run ways)



以上各節所論之範圍,大都關係飛機場為航空安全起見所需之空地(飛道),與飛機升降前後運行之地帶(跑道)有別。跑道可比飛道遠為窄狹,故其長度雖應照述關於降落地帶之規定,其闊度則可減至30公尺(100呎)。此種闊度已敷飛機曲折行駛或斜飛起落之用而不致越出界外。跑道面應備之條件,大致與道路同,惟須為不滑構造。跑道地位應在降落地帶之中間,俾飛機行駛或飛起或橫越,均無不便,換言之,即與兩旁地面接平。

飛機場之航空交通發達,則單式跑道不足以應需要。補救之法,在美國為加設平行跑道一條,使成雙式(第九圖。雙式跑道中線間之相互距離,至少須為90公尺(300呎),但最好為150公尺(500呎),其一專為起飛之用,另一專為降落之用。如不設雙條,僅將原有一條加闊,則其總闊度至少應為150公尺(500呎)。如築第一條跑道時,即準備築平行跑道,則此第一條跑道應勿設在降落地帶之中央,俾將來加築之跑道,可與之成對稱式跑道之末端,必須有便於飛機迴旋之設備,俾飛機易對準方位而飛起,因此跑道末端必須鋪砌圓形地面,其直徑至少須為45公尺(150呎),或將兩條平行跑道以半圓形鋪砌面聯絡之。

飛機場內最繁忙之部分為停機場,即建築物前廣大之鋪砌地面,供旅客上下,貨物裝卸,飛機加油停留(不飛起及不入飛機庫時),及局部間行駛之用。此項鋪砌面,須延展至一切建築物之前,如各建築物相距甚遠,應於每一建築物前各備一段,而以跑道聯絡之。

停機場愈寬愈妙,至少不得狹於37公尺(120呎)。以前對於停機場之形式無人注意,現在美國工程師始以科學眼光加以研究,而得遠大結果。據著者觀之,將來或因此而引起飛機場建築物佈置問題之重新考慮,亦未可知。



# 防空地下建築

劉定中譯

此篇係德人 Backe 氏根據德國航空部暫行規章撰述之作，原文載1933年“Zentralblatt der Bauverwaltung.”譯之以供國人參考。

(一)私人房屋或公共建築內，為住戶或服務人員設置之「防空室」，應預留地位，為臨時勾留者避難之用。此項「防空室」之設置，為屋主之義務。

(二)「公共防空室」視交通密度及需要情形設置之。(例如每約隔800公尺設一處，使市民可從任何處所於五分鐘內到達鄰近之公共防空室)。此種「公共防空室」係備發生空警時，街道與廣場上之行人遊人，或車中之乘客，藉以藏身避難者。

(三)設置「防空室」與「公共防空室」之原則，大致相同。

(四)防空室須能防禦炸彈碎片及毒氣與傾圮物料，又須能抵抗炸彈爆裂時空氣之衝擊力。

(五)防空室最好完全在地面以下房屋之地下層。

(六)防空室愈小愈好，最多不得容50人以上。如較此為大，應以聯絡堅牢之厚牆分隔之。

(七)防空室之容積，以每一人有3立方公尺之空氣為度，但有「人工換氣設備」(künstliche Lüftungsanlage)(第二二條時，則每人1立方公尺已足(註一))。

(八)防空室之入口前，應設一「氣閘」(Gasschleuse)，以免毒氣於室門開啓時侵入(註二)。氣閘之設置，應合第四條之規定。

(九)「氣閘」應有容納三人以上及安置必要設備(第卅四條)之地位。



(十)防空室中(或可由防空室直達之他室中),須設置臨時廁所(例如有蓋之便桶,或撒鋪泥炭鋸屑之廁所等)。此項廁所務求隔離嚴密,不透臭氣。每廿人左右應至少有一廁位。

(十一)特重之物件,如銀錢保險箱,機器等,務勿置於防空室頂蓋(樓面)之上,以防坍塌之危險。

(十二)防空室內應避免各種管子之通過。煤氣管有爆炸及洩散煤氣,毒斃人命之虞,固不可通過;蒸氣管與熱水管亦應極力避免,倘避免為不可能,則管內須洩空,或管外裹以他物,以免因管身或接頭處不密,而有傷人情事。

(十三)防空室除主要入口外,至少應有密閉之太平門或太平梯一處(第廿八條)。

(十四)防空室之入口應易於尋覓,並易於到達。因炸彈之轟炸作用,入路須曲折,換言之,氣閘門與入室階梯不應在一直綫上。倘氣閘門設在外牆,則防空室之門不應直對閘門。

(十五)指示「公共防空室」之標誌,應設於入口及街道廣場之適當地點。

(十六)非公共之防空室,毋需指示標誌之設備,蓋屋內住戶必知其所在也。如必欲設置,可照下列式樣,置於屋內或院內(式樣從略)。

此種標誌,須不能自屋外或院外望見。

(十七)防空室門與氣閘門應向外開啓。門扇開啓時所經過之地位,亦應預防為傾塌物料所塞沒(註三)。

(十八)上述兩種門(註四之門)限須高。「密縫材料」 (Dichtungsstreifen) 最好成框形整塊,並應緊着於門扇上。門扣務須能從內外兩面運用;其在鐵門,尤為必要。門扣轉軸之穿過門扇者,其構造應為可防止毒氣侵入者。門扣之構造,最好具楔子之作用(第十圖)。多數門栓用一個把手 (Hebel) 轉動之辦法,殊不適宜。門上小窗須嵌用特別堅固之玻璃。門扇之鉸鏈等件,應能抵禦強大之空氣反吸



力(Sog),外門尤應如此註五。

(十九)倘不能裝置防毒門,可如第十一圖所示,暫以層疊之門幔,爲應急之具。門幔之質料須重而密,並須鋪張於門洞之向外一邊。氣閘之兩出口,不可兼用門與幔封閉,因幔隨門之啓閉而不密也。故用幔時應一律用幔。將門幔用脂肪或亞麻仁油塗浸,及於防空時臨時以水澆之,可使較密。被褥式門幔,裝入泥炭屑(TorfmuU)者,亦屬可用。門外之擋條必不可少,並須堅固。被褥式門幔之有裂縫,蛀孔,及其他不密情形者,用於防禦毒氣,無效。

防毒雖可用幔應急,但如屬可能,仍以用門爲宜。

(二十)防空室宜選狹室,且樓面堅固而跨度小(例如3.5公尺)及牆垣厚(例如厚38公分或以上之磚牆者充之。

(甲)傾圮載重(Einsturzlasten),致屋宇頹圮之載重量,無法預爲精密計算。計算防空室之頂蓋,普通假定每平方公尺1500公斤之勻佈載重已足。此項假定載重額,與每平方公尺6000公斤之「破壞載重」相當。至於炸彈擊中時之衝力與爆炸力,上數內並未計及。

(乙)就原則上言,各個防空室與其頂蓋之加固辦法,應由主管機關察酌情形定之,惟載重量勿使低於前項所列之數。較大,較重要之新建防空室應假定較大之載重量(例如每平方公尺2500公斤)。

#### 防空室頂蓋加強之方式

(丙)新建者,宜用優等交叉式鋼筋混凝土頂蓋註六)。

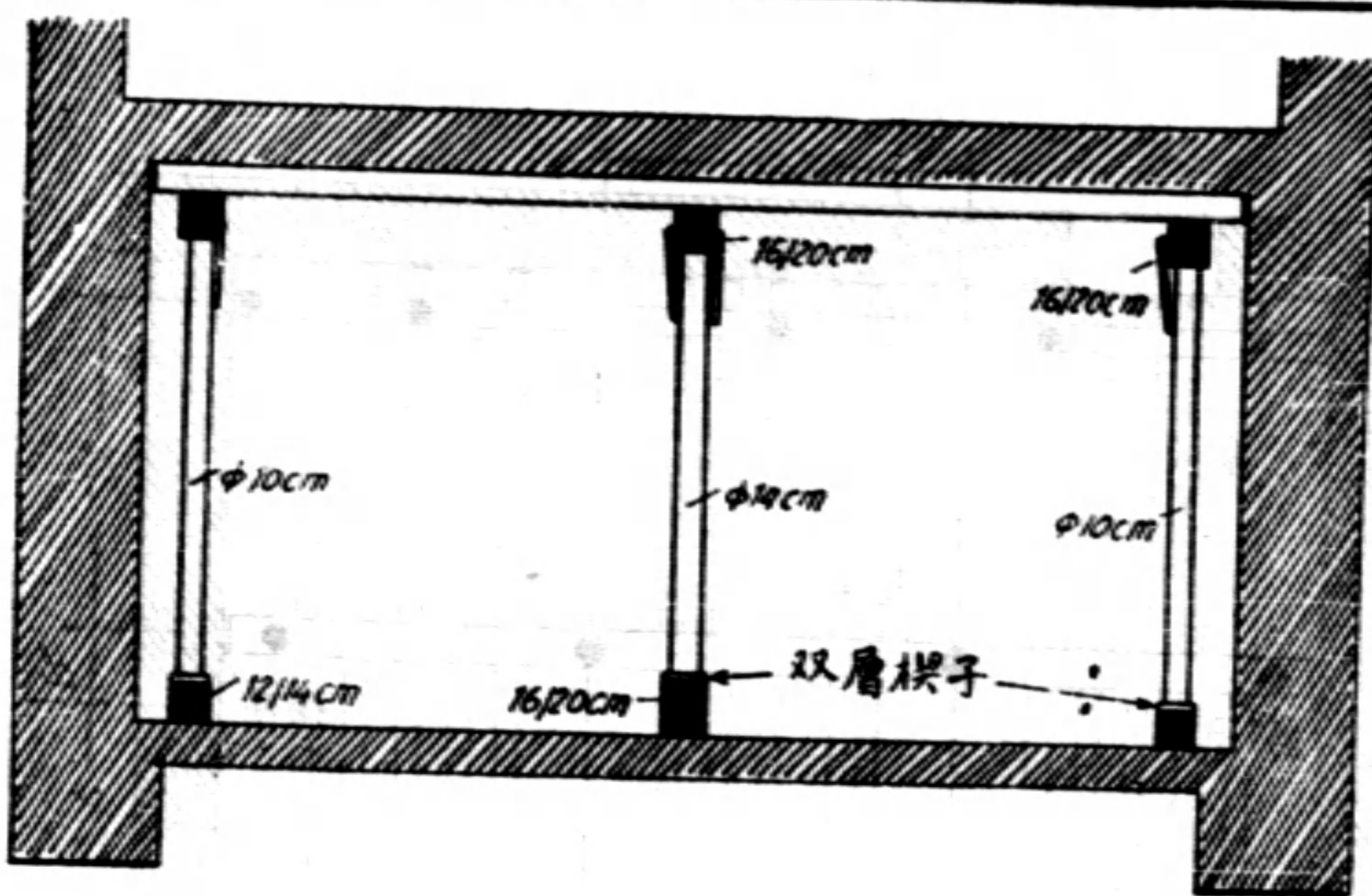
(丁)就舊有房屋改造,備永久之用途者,宜另建新頂,或加強舊頂,用加設磚石柱或混凝土柱或其他類似辦法,以加強頂蓋與支承部份。

(戊)應急辦法。普通情形,可將舊有頂蓋用木料支撐,暫以應急。其施工最好由專門人員指示監督例如第一圖至第四圖)。(註七)

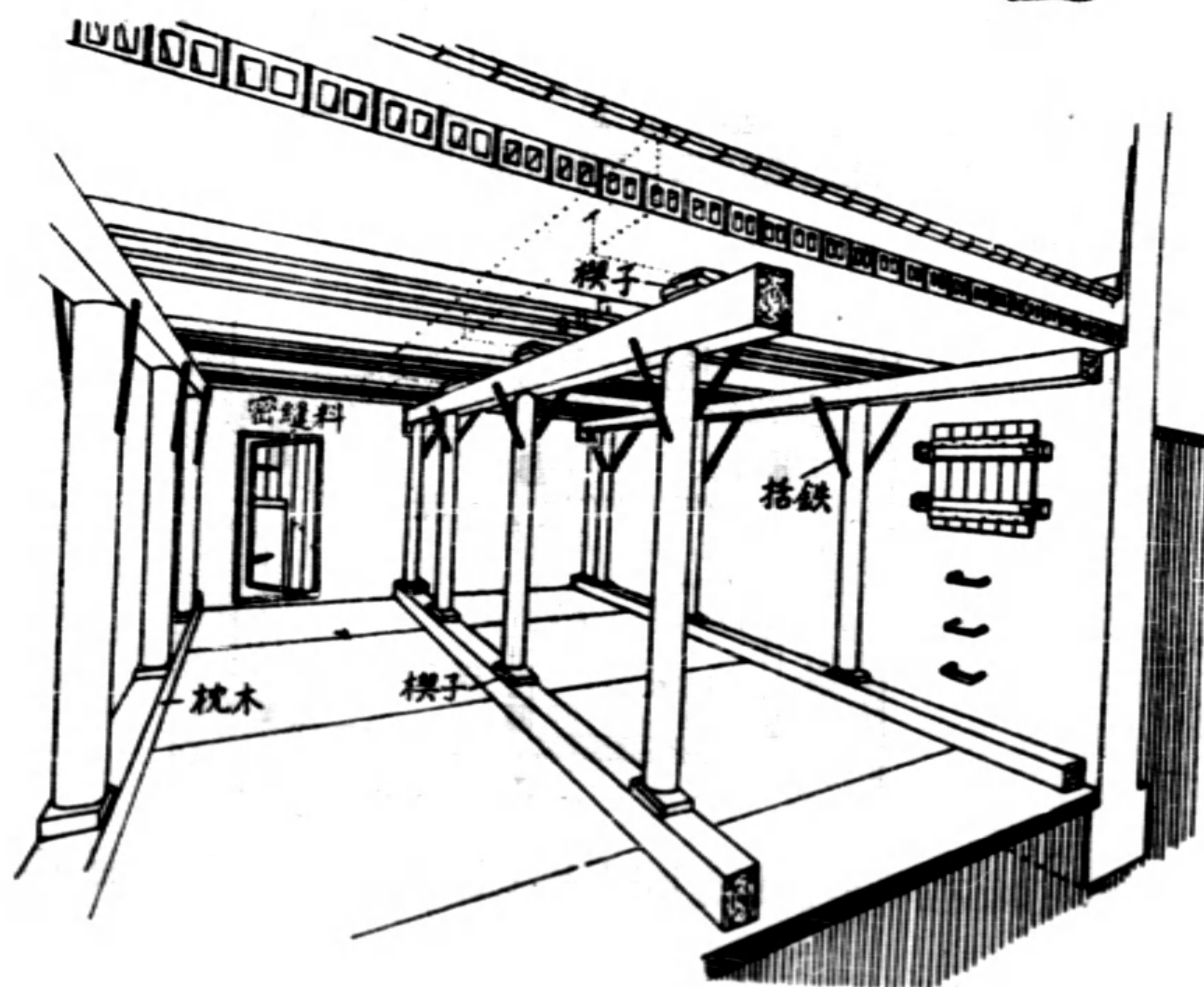
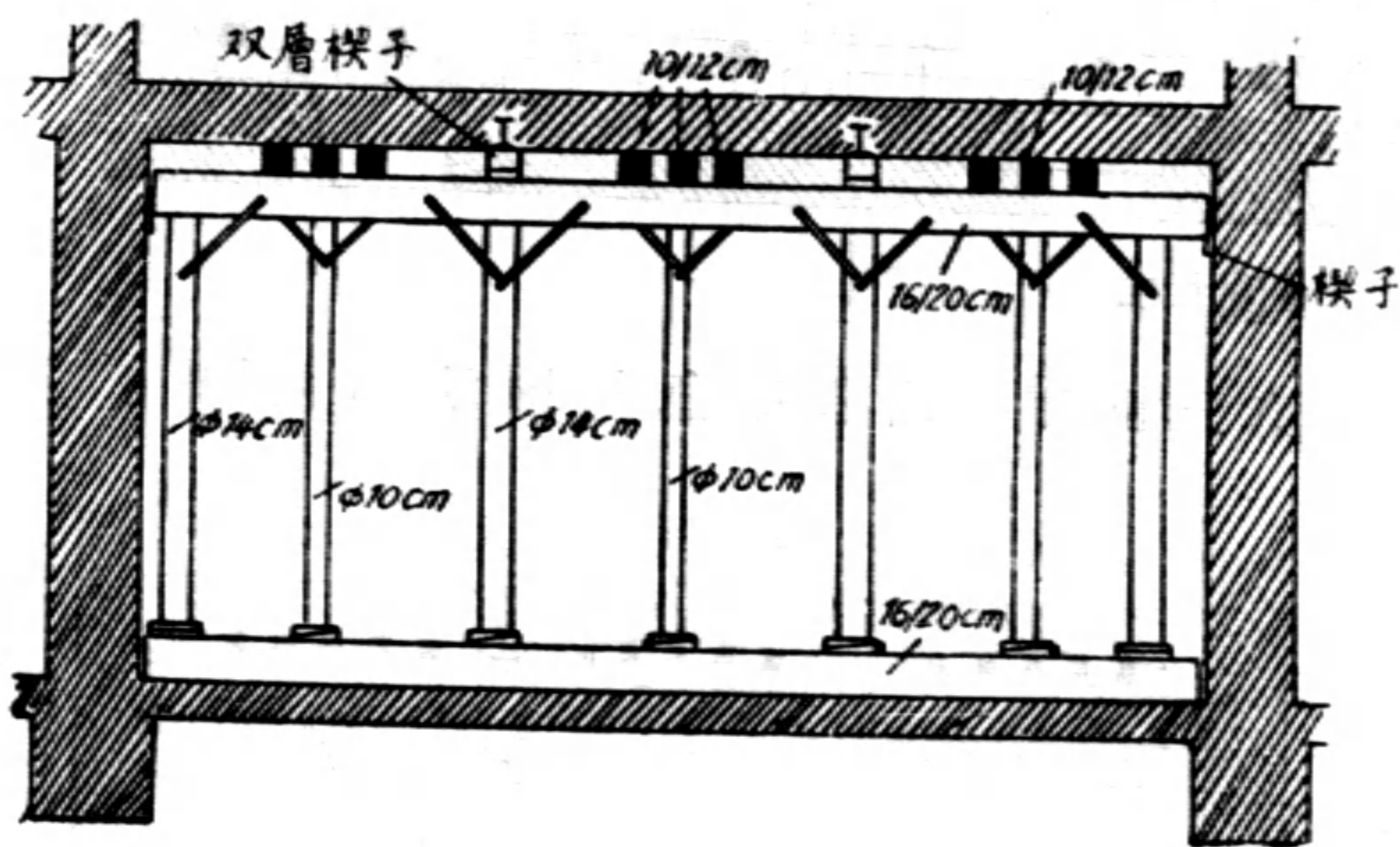
支撐之法,係將原有頂蓋之載重能力盡量利用,並加強之。

最要之點,爲將原有載重部份,如樓樑樓板,閣樓,拱圈(Mauerbogen)等,用木柱一根或數根充分頂撐,照普通情形,可假定如下:於中間一處加支撐者,可使載重能力增高四倍,於兩處加支撐者,增高九倍,於三處加支撐者,增高十六倍,以上係就各個支架距離相等之情形而言。此外樓樑間之樓板亦應加強,法用方木或厚板置於各梁樑之中間,緊托樓板,使分担樓面



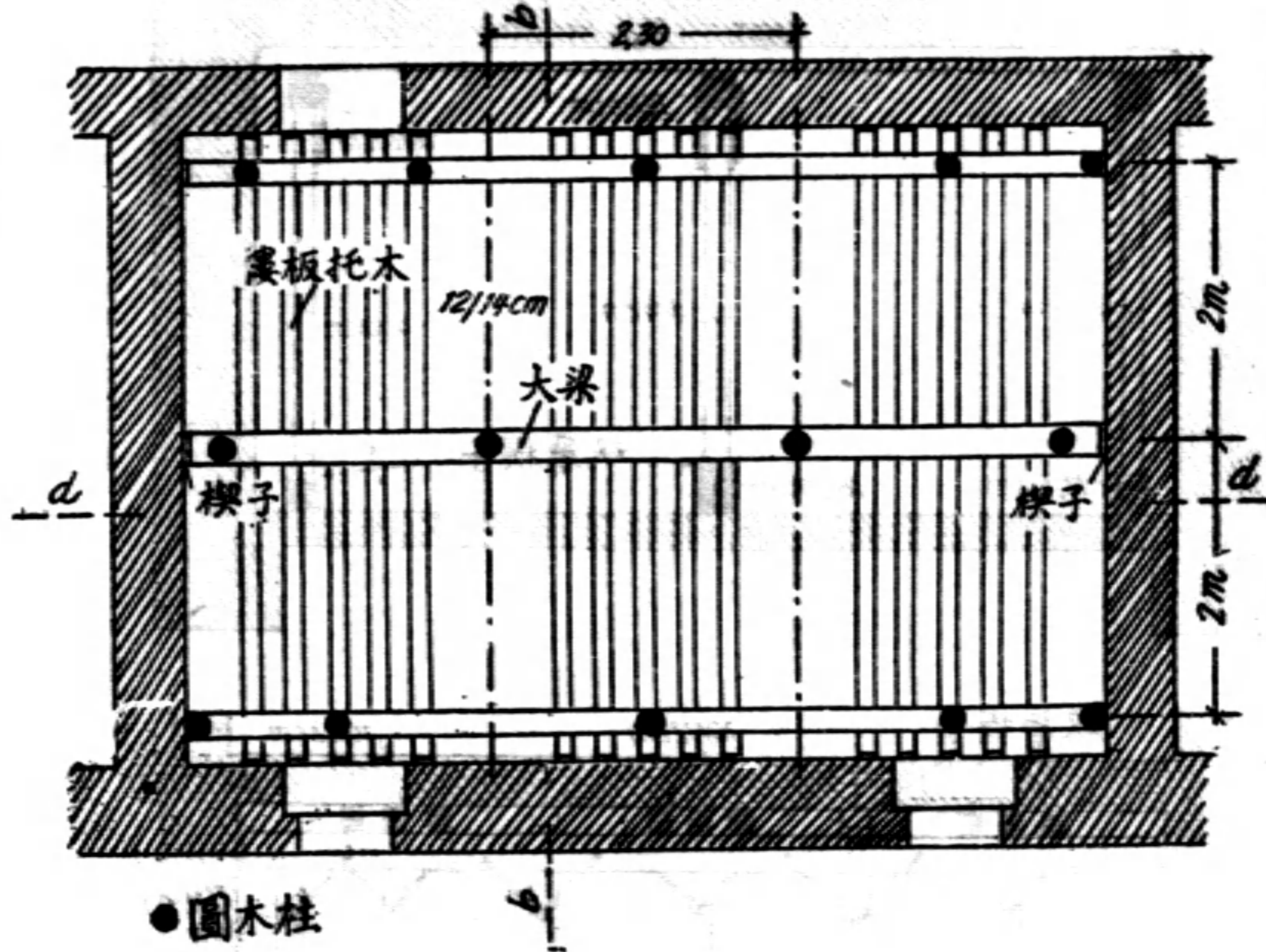


第一圖 地下室頂蓋之應急加固法(縱橫剖面)

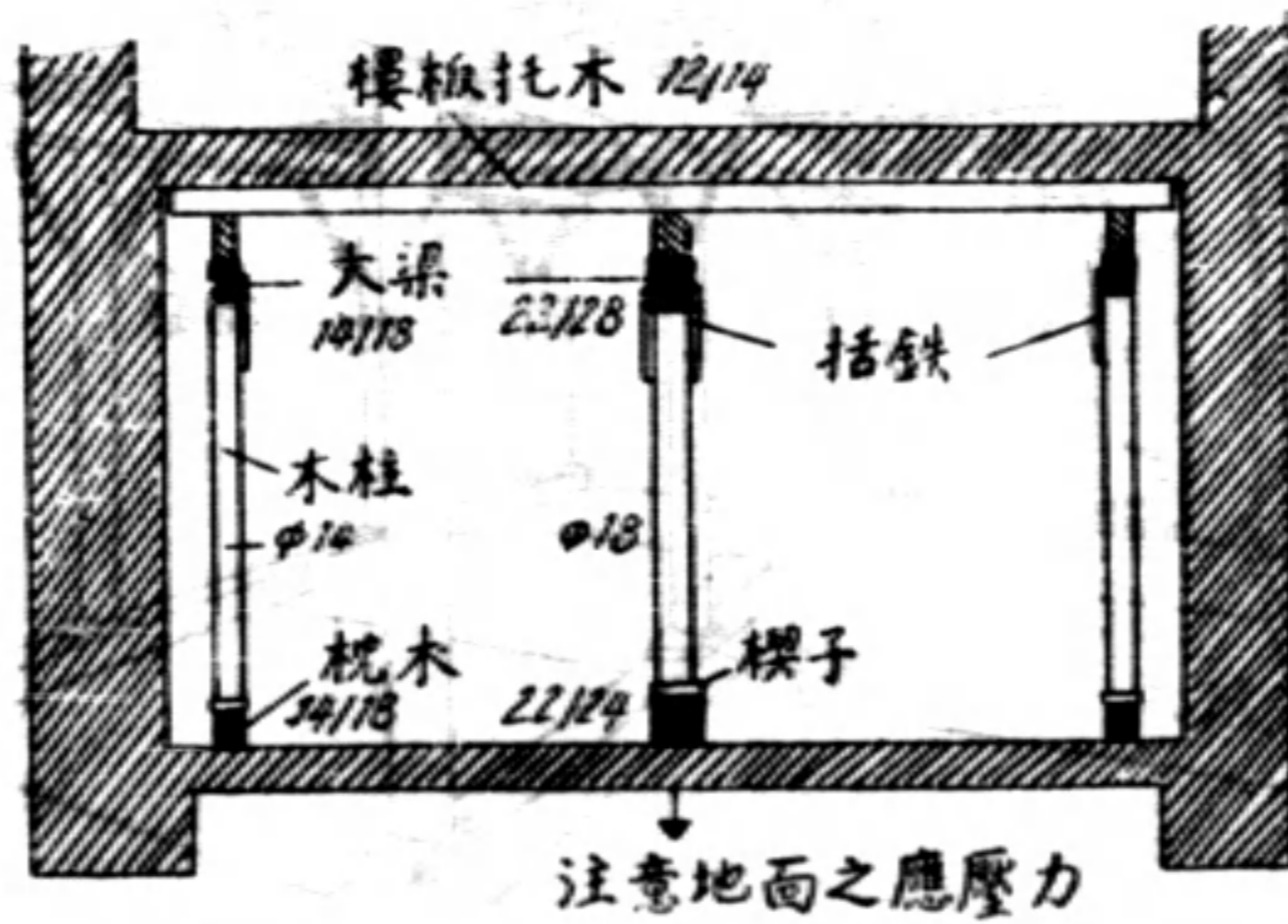
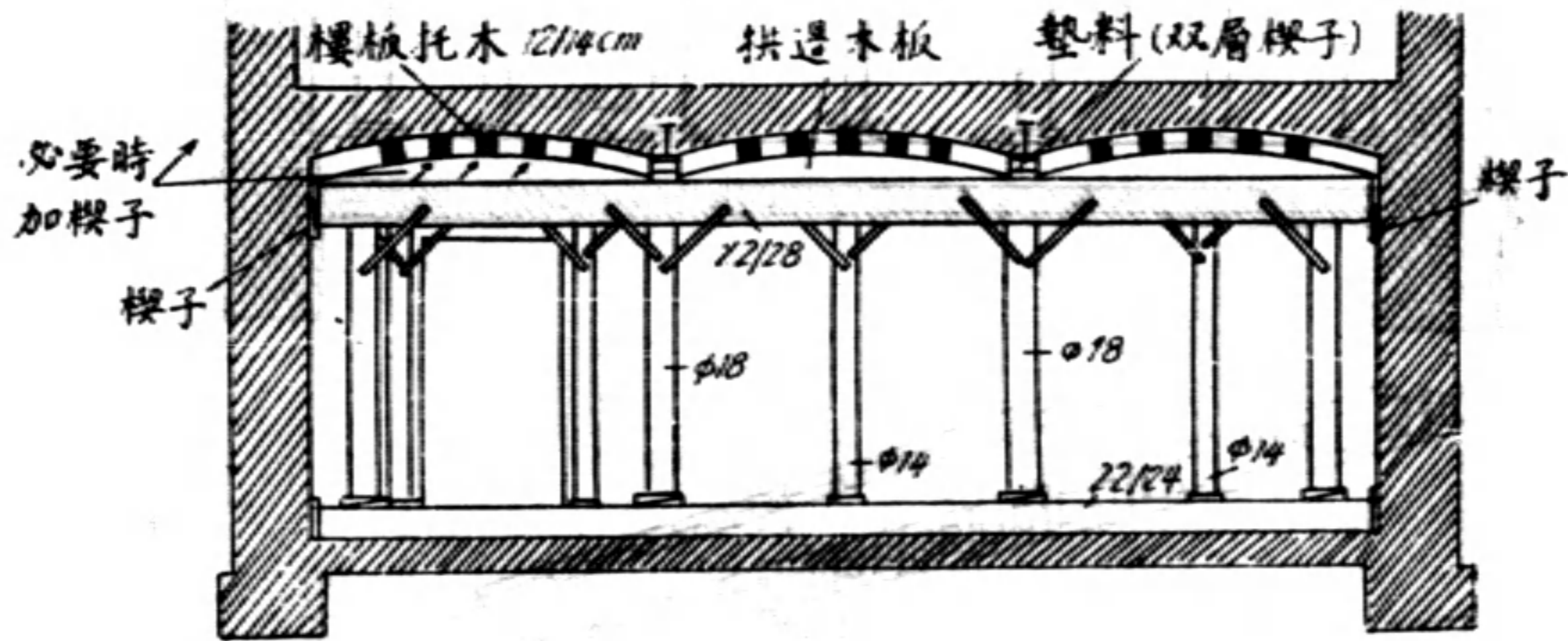


第二圖 地下室頂蓋之應急加固法(透視圖)



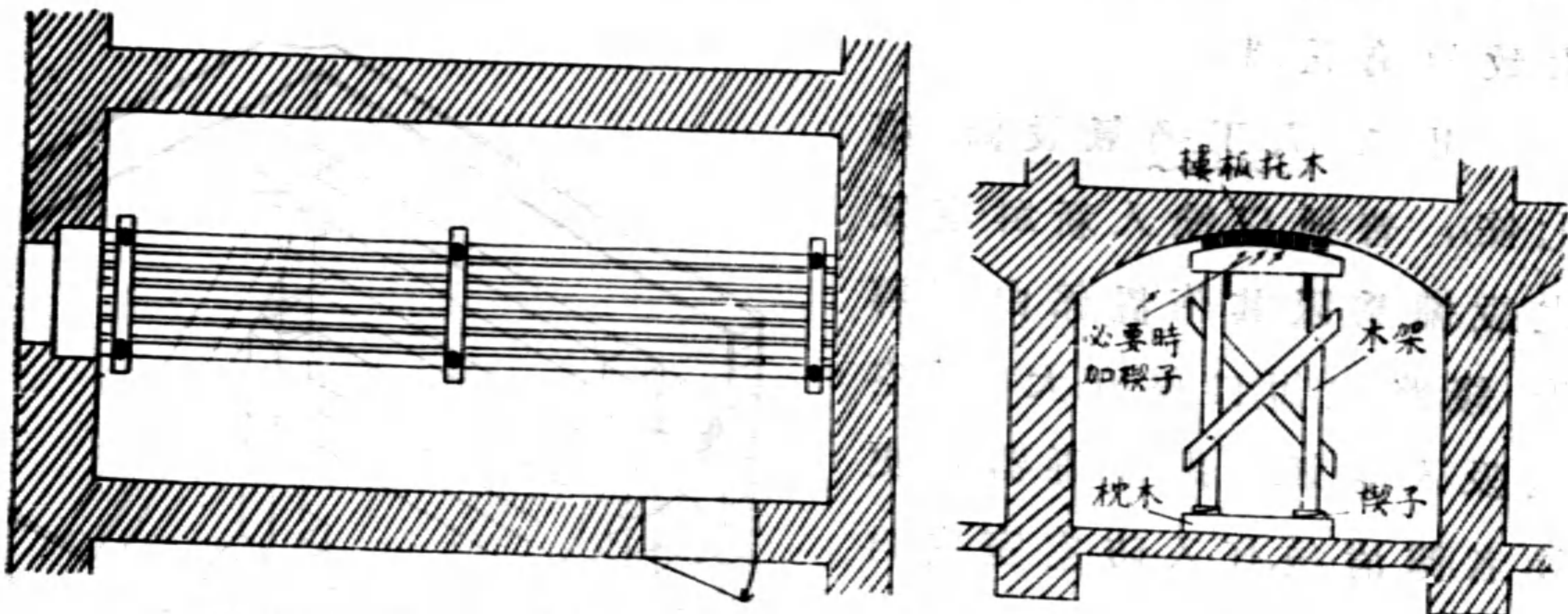


第三圖(甲) 頂蓋應急加固法(仰視圖)



第三圖(乙) 頂蓋應急加固法(上橫剖面d-d, 下縱剖面b-b)





第四圖 拱圈式頂蓋應急加固法(仰視及剖面圖)

之載重。樓板之托木支於大梁。倘樓板成拱弧形，則托木與大梁之間，另置斫成拱形之方木或厚木板以適應之(第三圖)。大梁(用方木充之)以木柱(普通用圓木)支承之。木柱最好置於樓樑之下。大梁末端與牆壁之間，宜打入楔子。木柱下端用枕木支淨，俾重量分佈於地板或地基。枕木最好為連續不斷者。其長度與厚度應與計算數相當。為使支架緊抵樓板起見，應於枕木與支柱間打入雙重硬木楔子，並用括鐵釘定之。

(己)應注意之點。倘支架之大梁有對接之處，則對接處只可在支柱之上，並聯以括鐵。如於支架上加釘夾木、厚木板或木板斜帶，使聯成不能推移之三角形結構，自較堅固。打楔子時應注意，勿施力過甚，以免原有樓板等向上壓起，而受損壞。

(庚)用圓木、砂袋構成防空室之辦法，因支承結構須特別堅強，費料較多，且難於施工，故不宜採用。

(辛)未經鋸治之木料(Grubenholz)，亦可用作支架。其充樓板托木、枕木及大梁用者，須將圓木之上下二面鋸斫平光。此項木料，無須在空氣中乾透，含水分約在35%以下者，亦可使用，因木材仍常與空氣接觸也。惟此種木料最好施以不汙空氣之防腐劑，其在潮濕室中，尤應如此。

(廿一)防空室之外牆宜厚(註八)而密(用滿面膠泥壘砌)。牆洞窗孔宜少(註九)。外牆高出地面1.5公尺以上，而厚不及51公分者，須加以襯護，即於牆身單薄之處，護以砂袋是(註十)。如第八圖乙)所示，殊為適宜。砂袋應加以繫固，並堆成斜坡。最簡單之法，係於牆外堆土，將其斜坡搗夯堅實，最好再用砂袋等維護之。

如牆外土質不適於應用上述護牆法，須於牆內用木料支撐，



大致如第五圖。

(廿二)人工換氣設備(第七條), 普通以輸入新鮮空氣之設備為限。其佈置係由短導管(綫路宜短, 口徑宜大), 從空地吸入空氣, 經過消毒器(可更換者)濾清後, 打入防空室內。自動高壓活閥(Überdruck-Ventil)之裝置亦屬需要。此項設備, 最好用電力發動。為防免電流中斷起見, 須另備靈便之足踏機或手搖機。

換氣設備之佈置, 應使每一人於每分鐘內得有30公升之新鮮空氣。新鮮空氣之輸入不得經由煙囪。

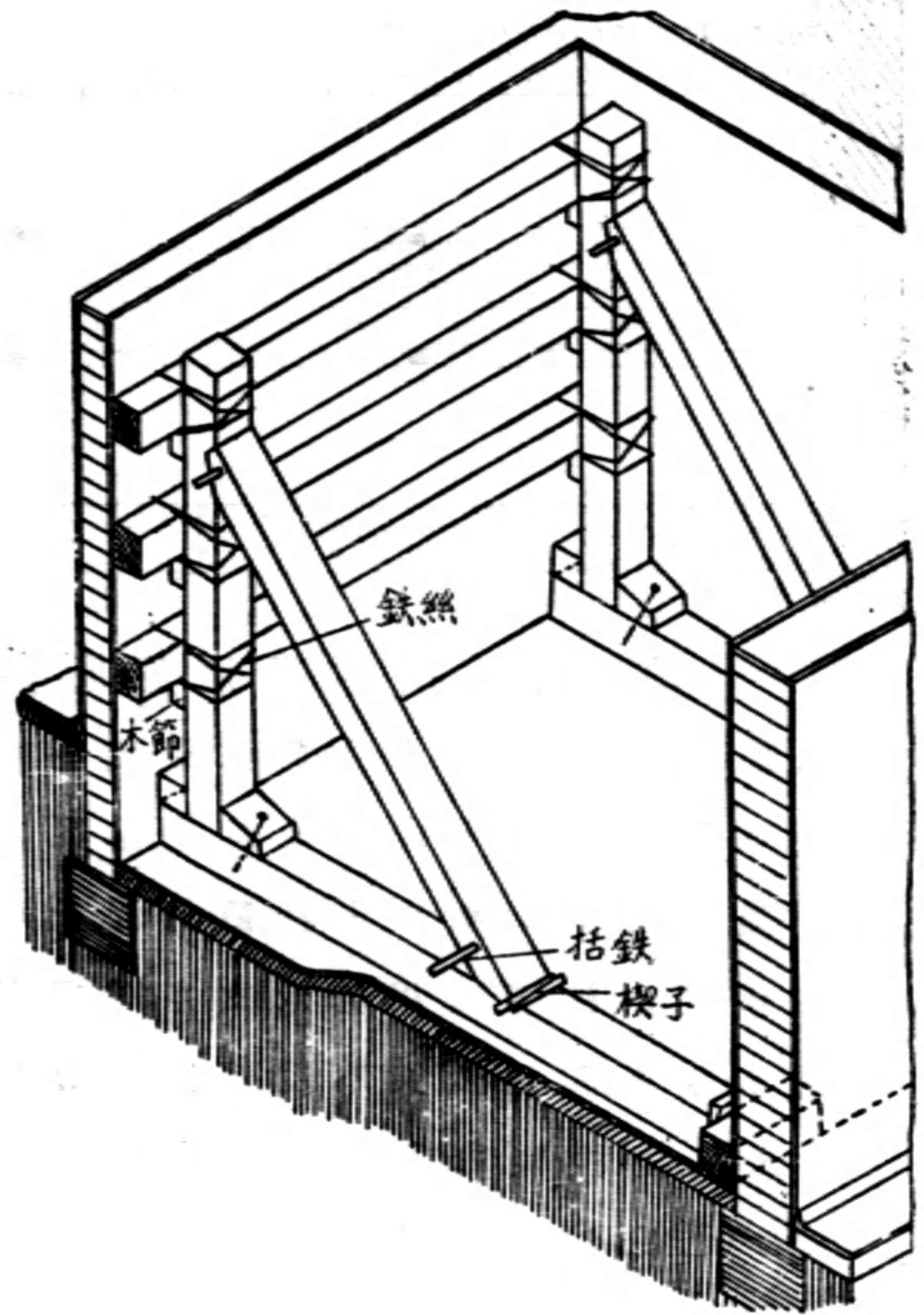
(廿三)任何防空室, 須能於空襲後迅速更換空氣。故外牆上至少須裝通氣管一條(例如直徑大於40公厘之鐵管)。管之外口須高出地面3公尺, 內口應備防止毒氣侵入之瓣塞。可搬移之手搖換氣機, 可接裝於此。

(廿四)防空室中, 只可備無火燄之燈光, 普通備手電筒已足。如用尋常電燈, 須備替代電流之給電器(例如蓄電器 Akkumulatoren-batterie)

(廿五)防空室普通無置取暖設備之需要。用火爐取暖, 在所不許。原有火爐之煙囪管應除去。通煙囪之孔, 須砌塞或密封。

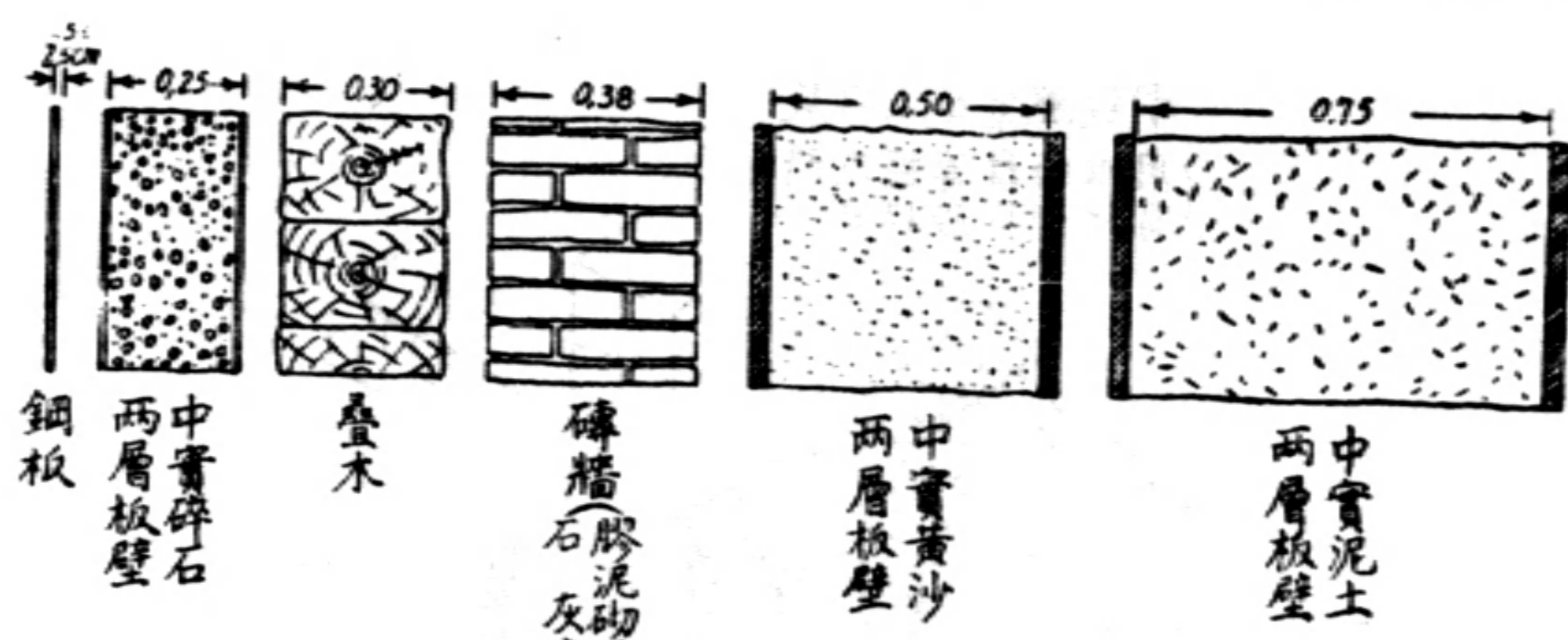
(廿六)防禦炸彈碎片之設備, 應堅固安置於外牆之外面。防毒設備應置於外牆之裏面。

(廿七)建築材料, 用以防禦彈片時應有之厚度, 如第六圖。「掩



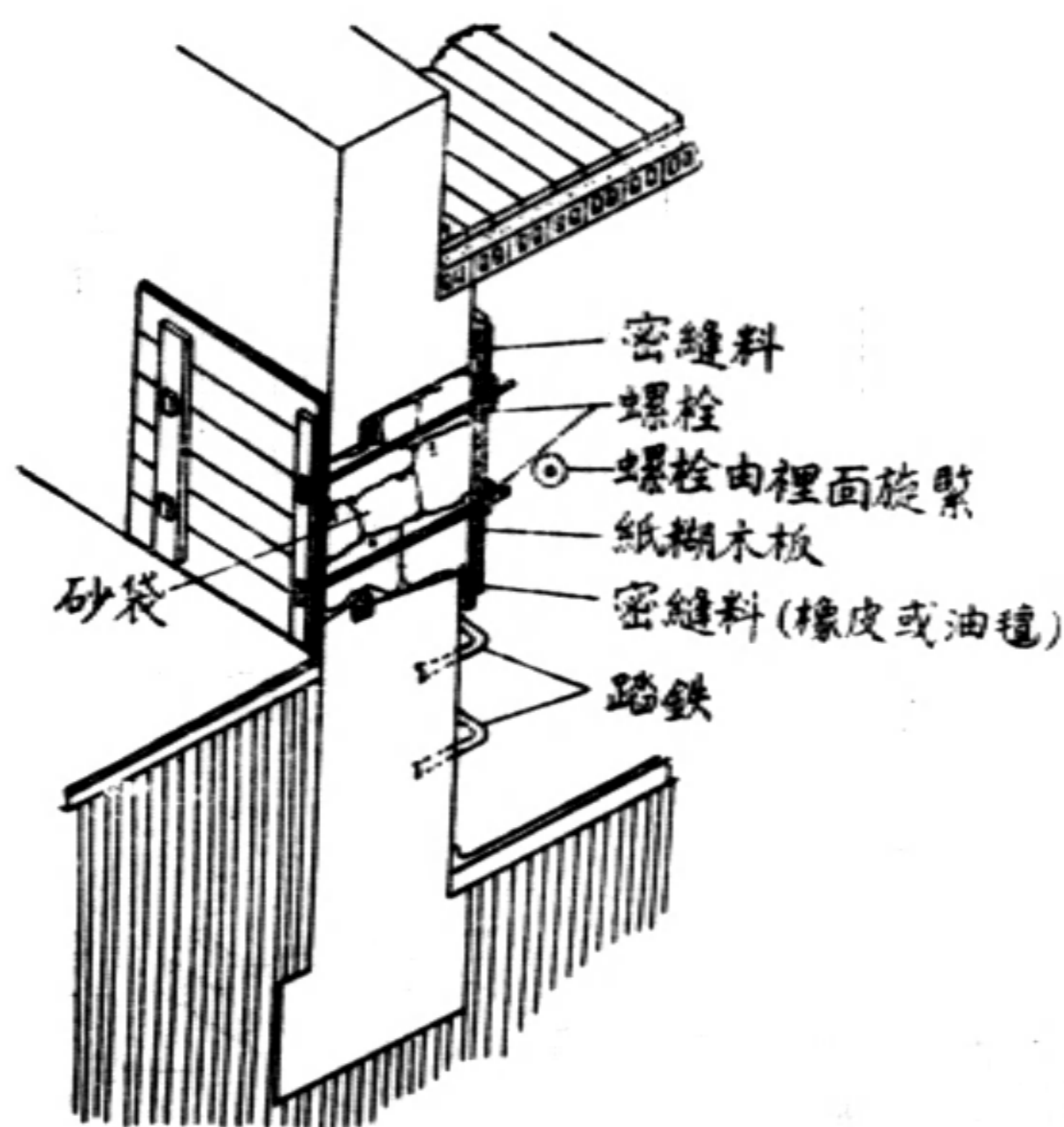
第五圖 單薄外牆裏面撐固法



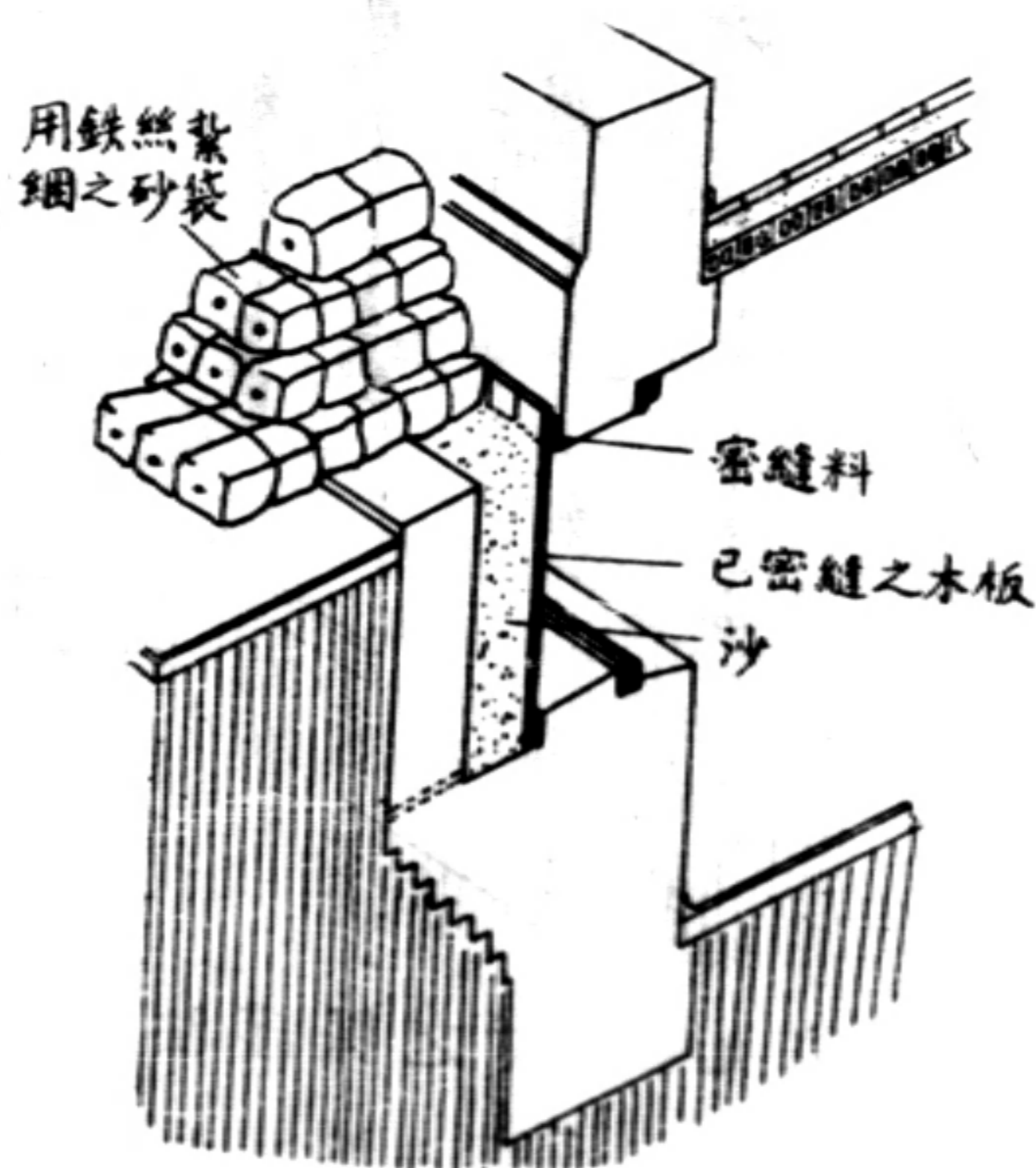


(兩層板壁以厚木板鐵板或瓦棱鉛皮構成之)

第六圖 防禦炸彈碎片之物料

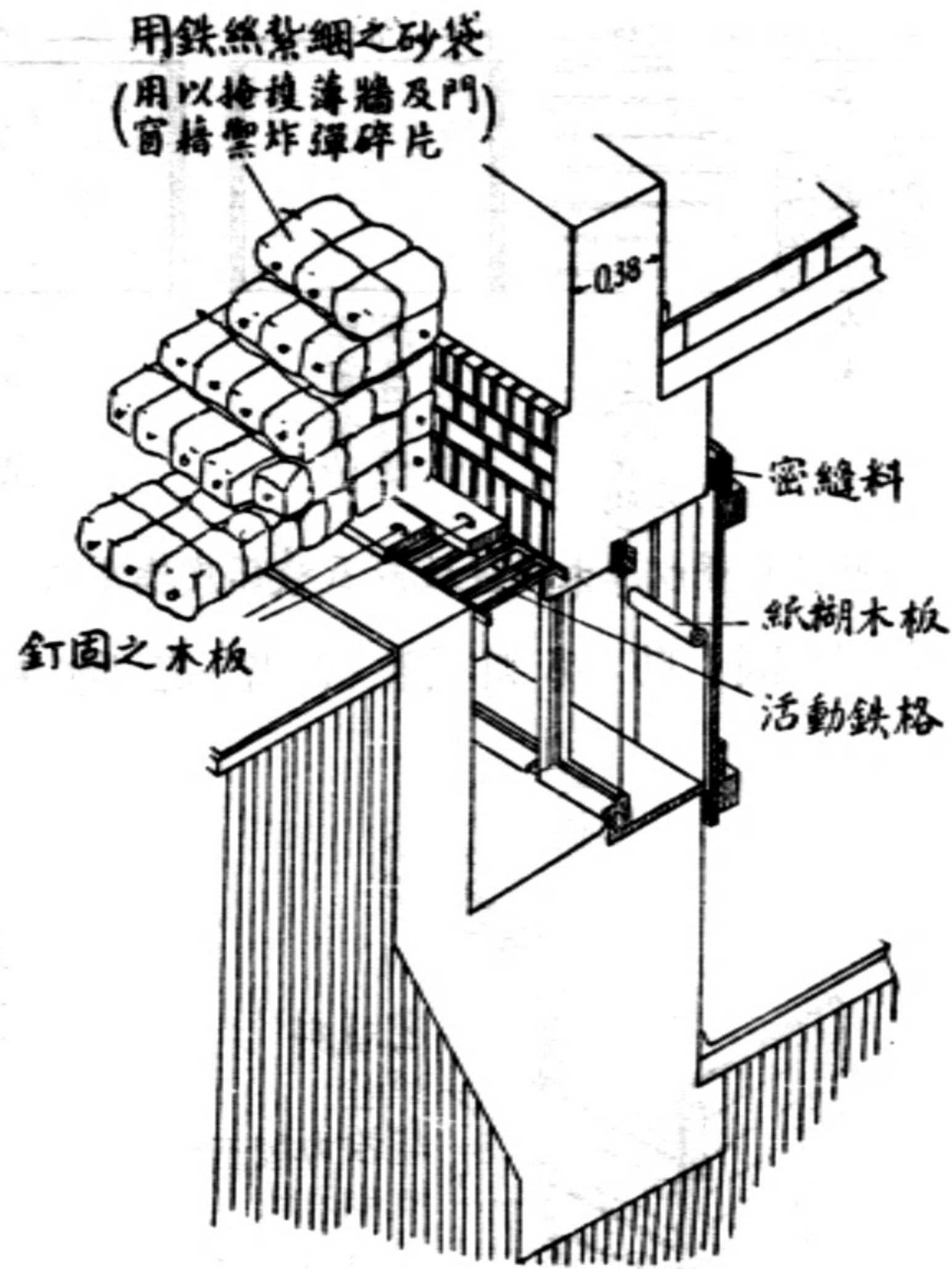


第七圖 窗之保護法

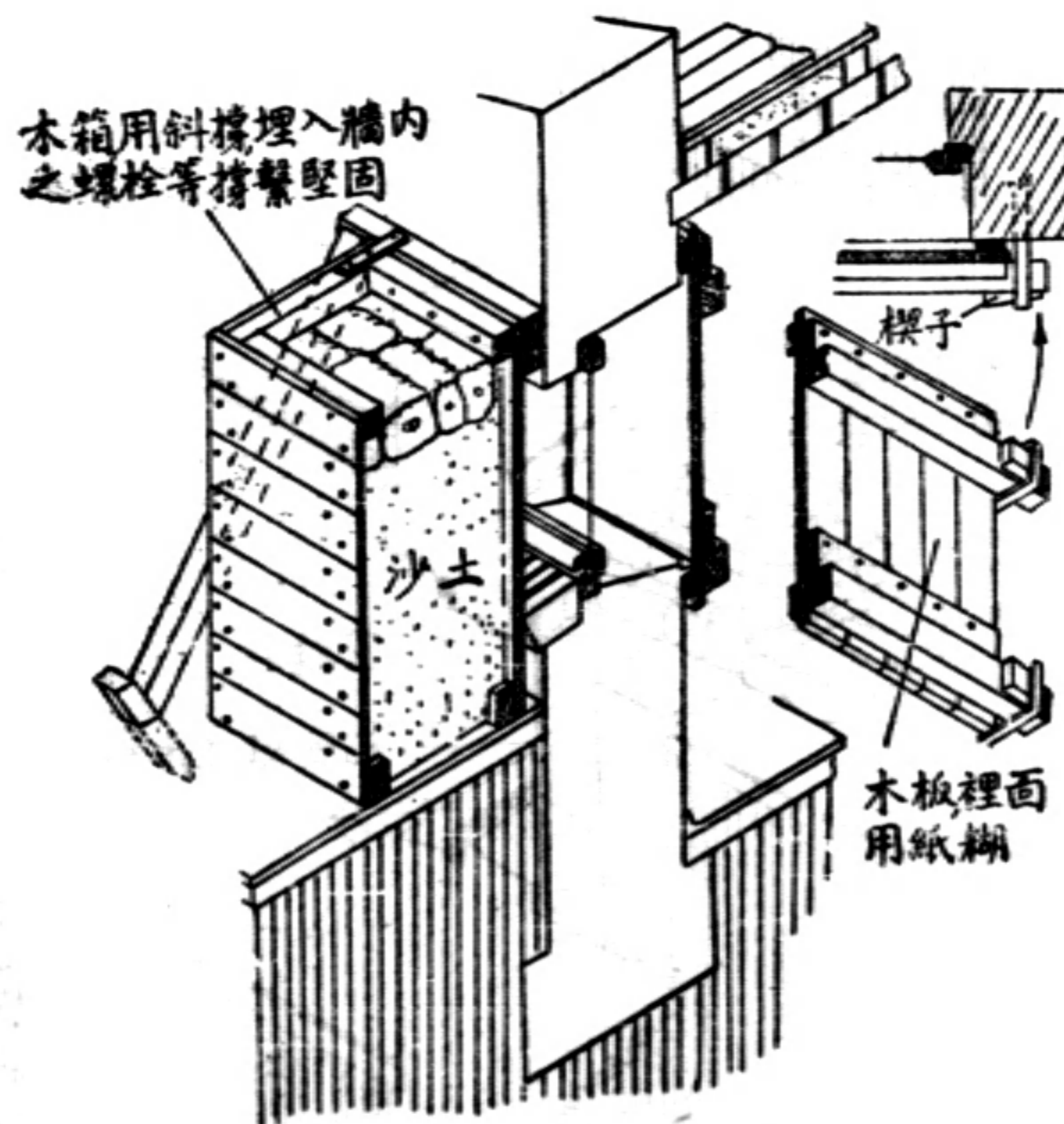


第八圖(甲) 窗之保護法



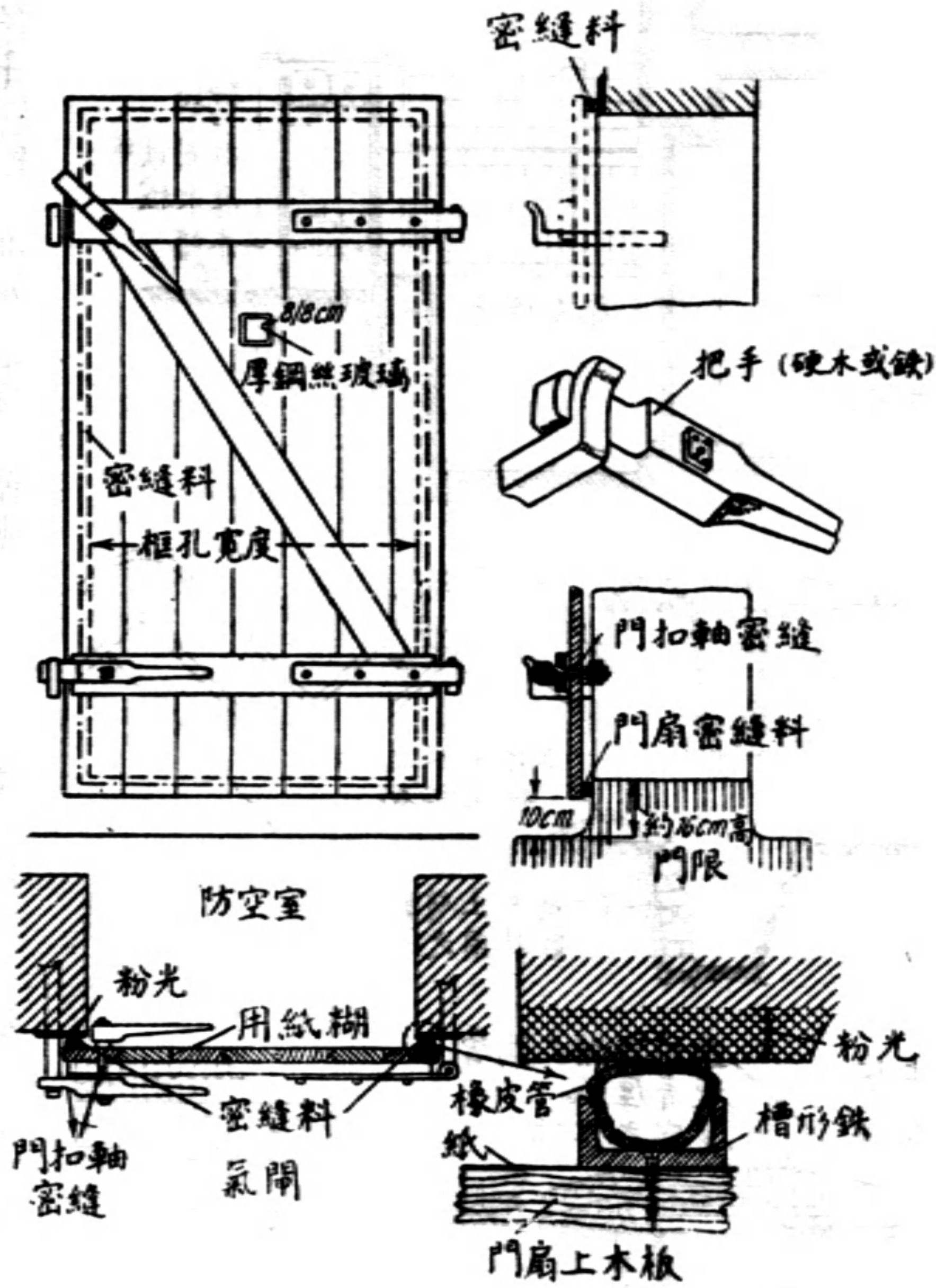


第八圖(乙) 窗之保護法



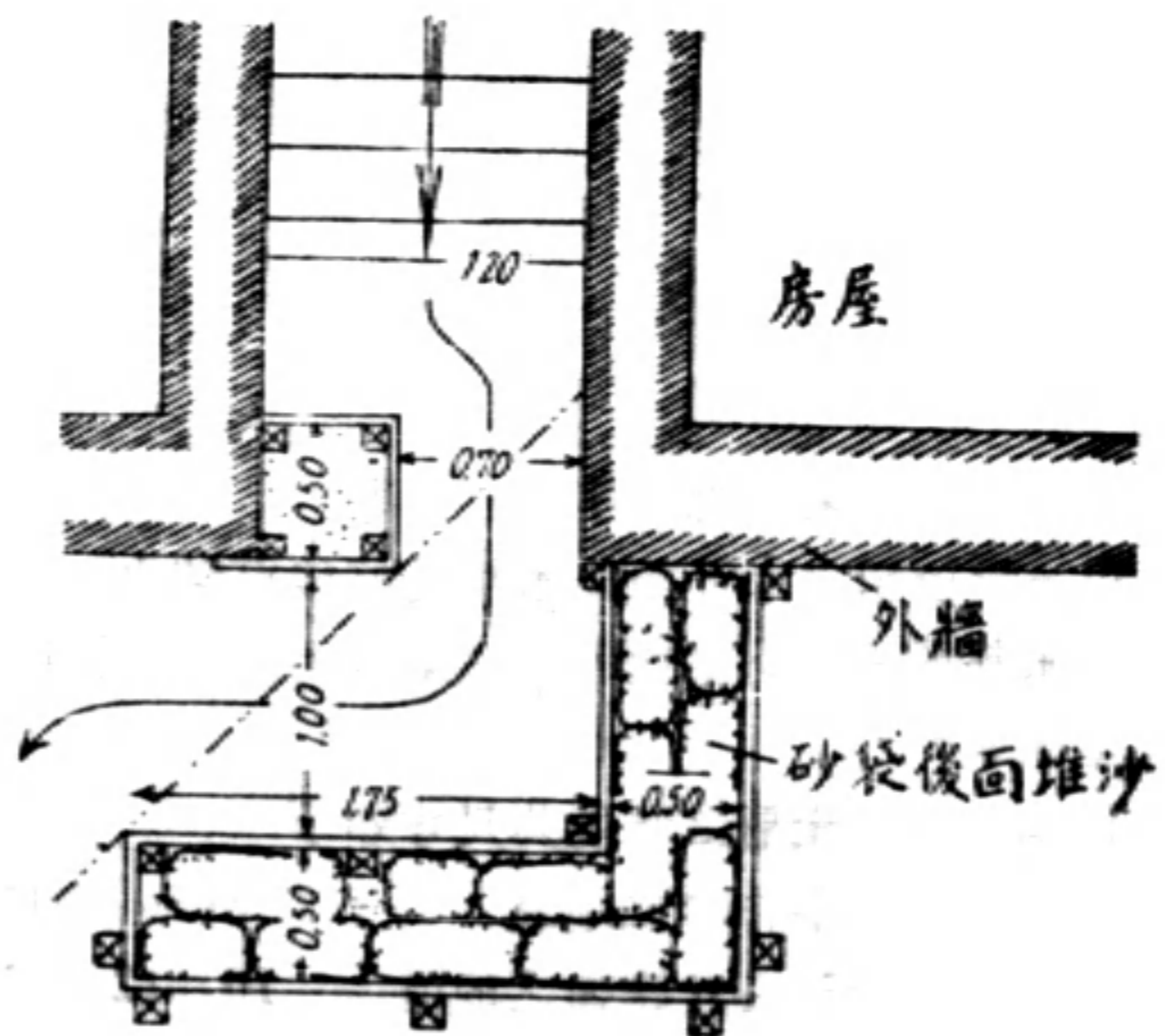
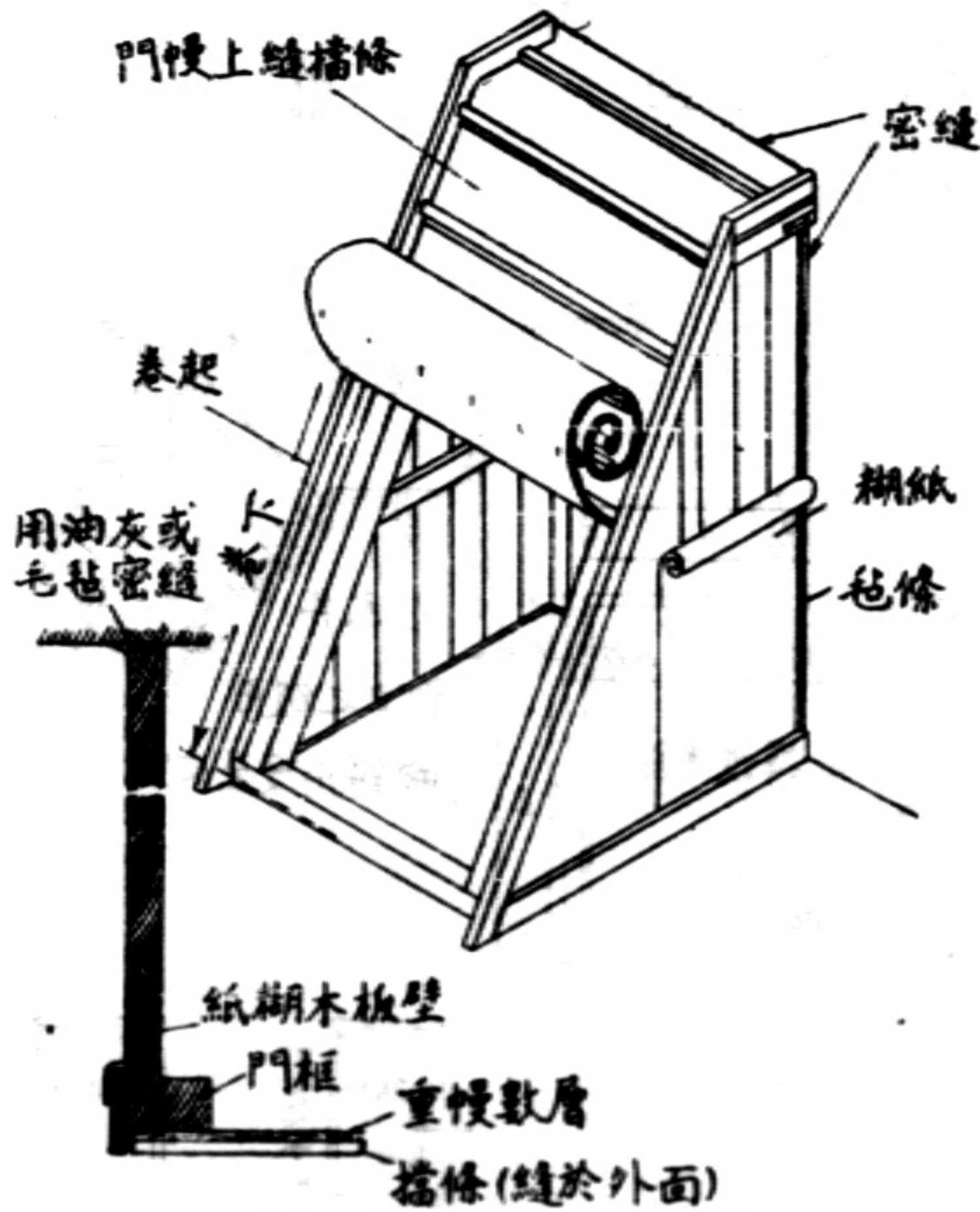
第九圖 窗之保護法





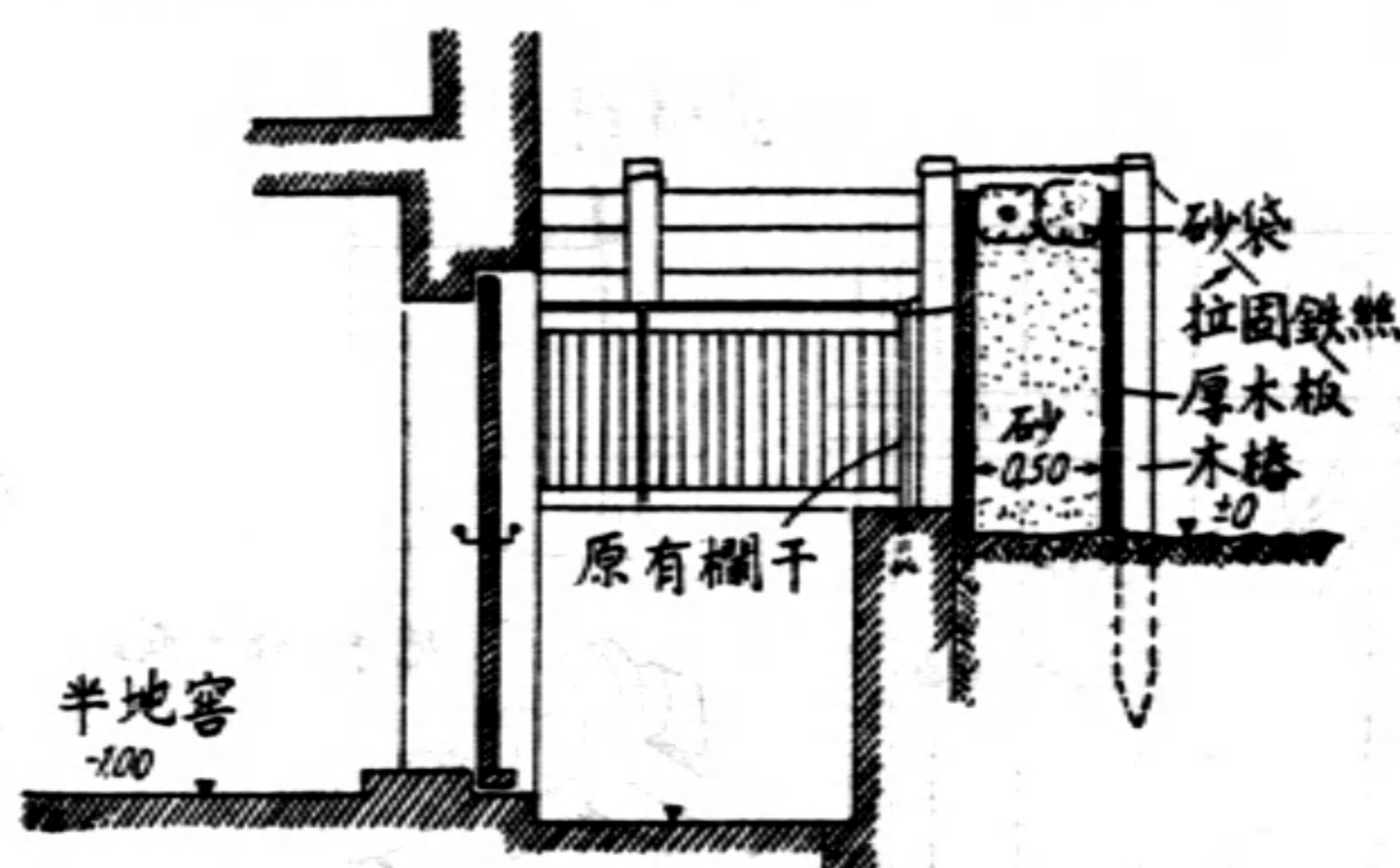
第十圖 門扇密縫法

第十一圖 門幔防毒法

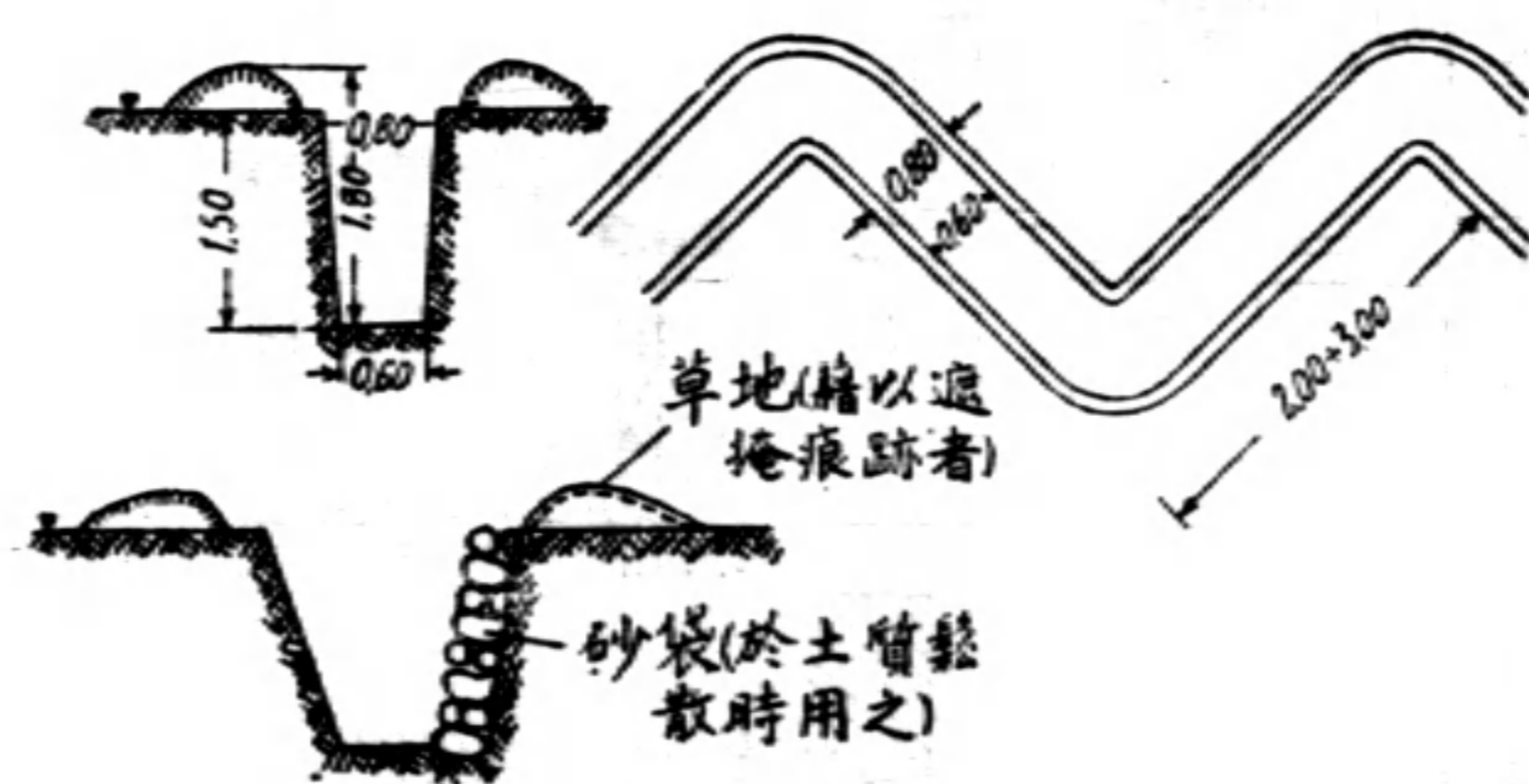


第十二圖 地下室入口前防禦彈片壁壘

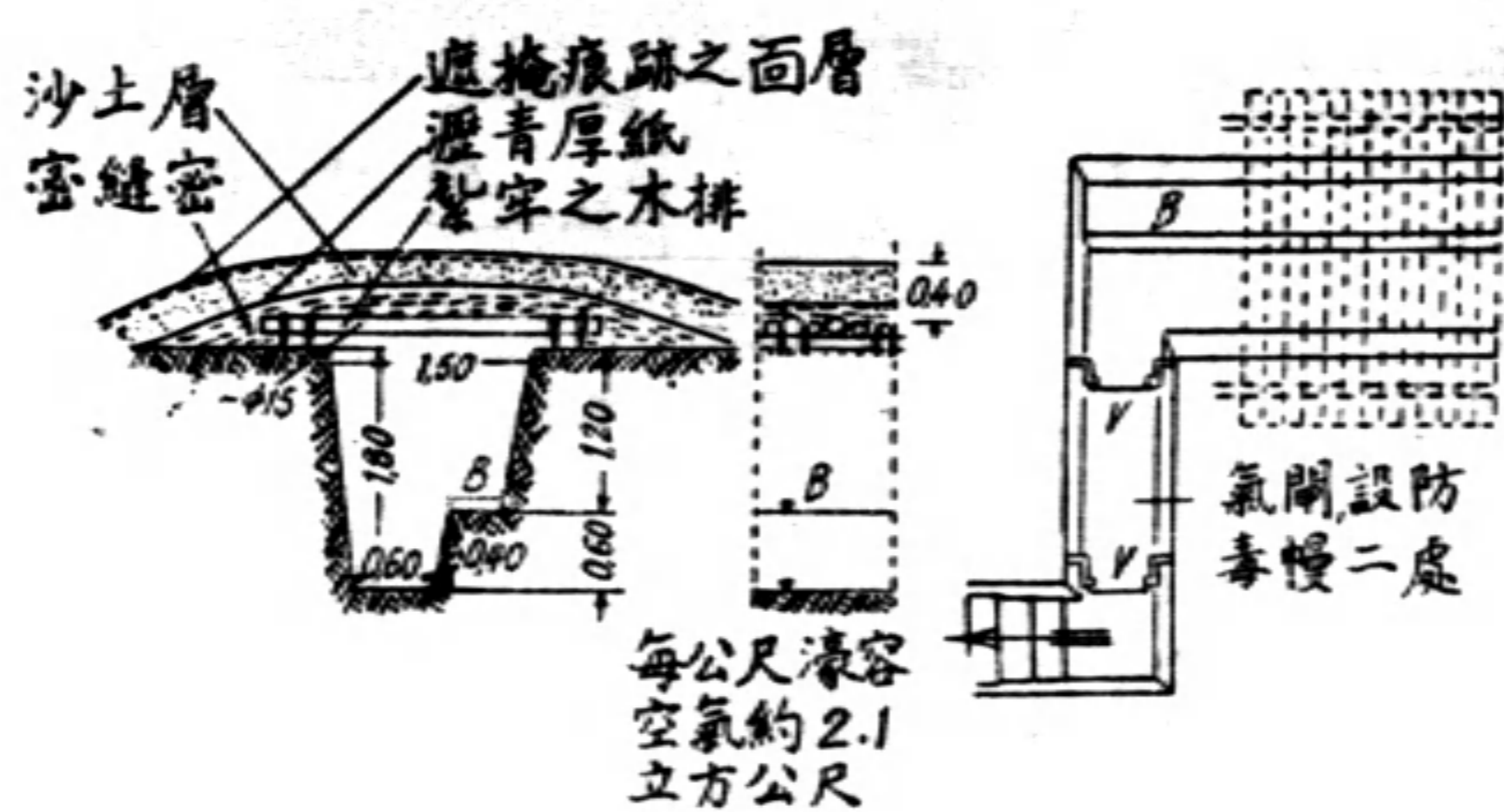




第十三圖 門外之掩護壁壘



第十四圖 防空壕有掩蔽及無掩蔽者



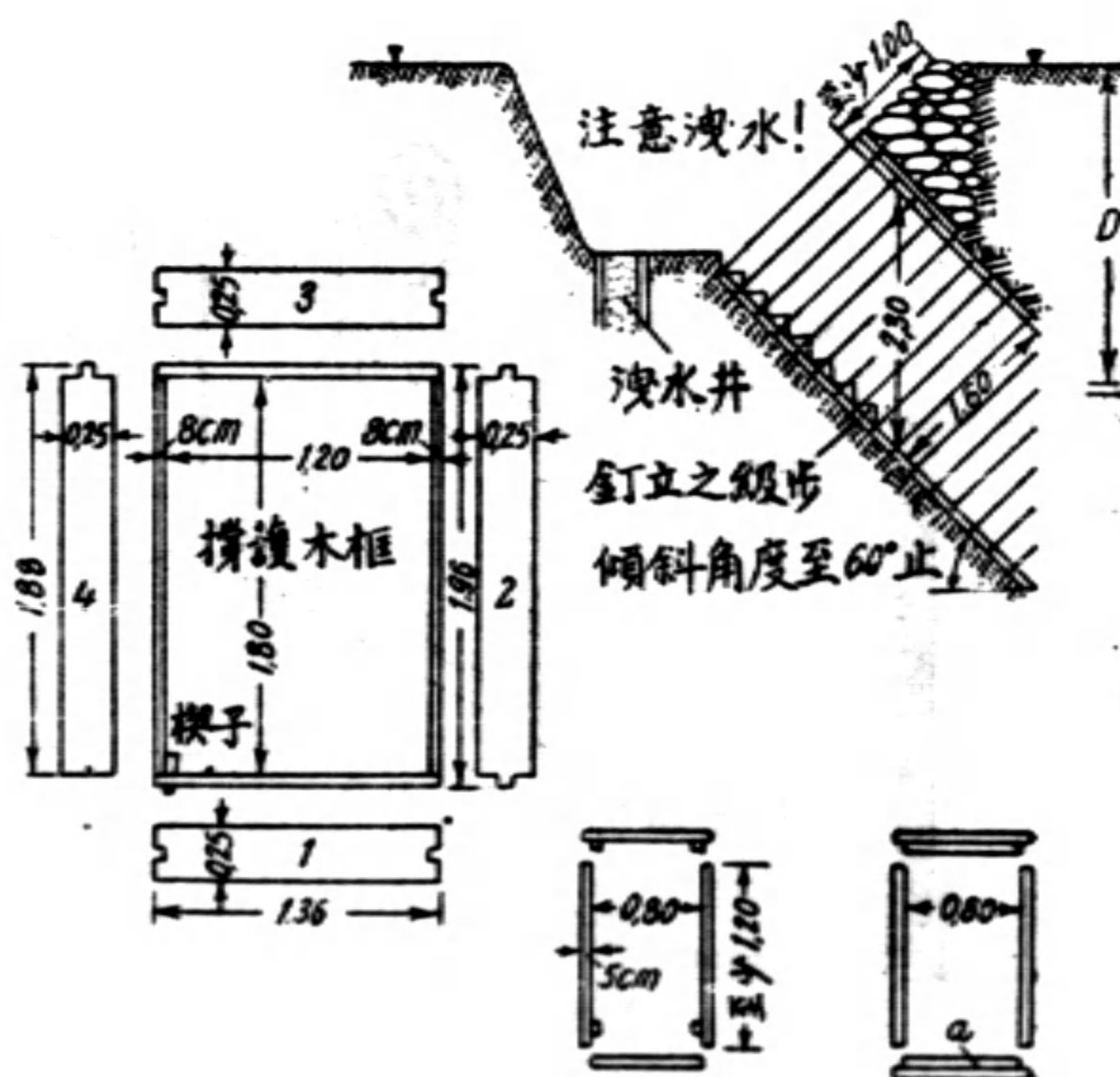
1...4為裝配木框之次序

以 a 字標示之木板須於木框裝好後釘裝之，所用水料應注入防腐劑，又框架亦可用鋼筋混凝土製成。

D 為地道上土層之厚度其尺寸如下

- 防禦小炸彈之地道 5—6 公尺
- 防禦50公斤炸彈之地道 10—12公尺

第十五圖 防空地道





護壁壘」之構造，如第十二、第十三兩圖。

(廿八) 窗戶之掩護法，參考第七、第八、第九圖第三條(註十一)。

(廿九) 各牆洞、窗門、管子穿過之牆孔等須嚴密塞縫，以防毒氣侵入。

(三十) 於牆壁上加粉刷油漆以密縫隙之辦法，僅在單薄或多孔或有裂縫之牆垣有必要。砌牆時用滿面膠泥，則為要着。

(卅一) 欲加密牆垣，可塗刷濕粘土，並糊紙(註十二)(質密色淡之包紙或報紙)數層，或利用軟性油灰，油布片，麻絲，柏油麻絲，Leukoplast，隔電帶，粘性膠布等。

密縫材料可用橡皮條，橡皮管，或寬毛氈條(例如螺角羊毛氈)之不畏蟲蛀與經過油浸者。(用氈條密縫，須緊壓之。)參考第十八條及第七至第十圖。

(卅二) 除房屋之地下層外，其他相當處所，如地下停車場，地洞(第十六圖)，地穴，穹窖，礦井等，亦可佈置之為防空室。其在空曠之地上，可利用坑穴之有掩蓋，及防禦彈片設備者(第十四圖)[註十三]。備有防毒口套者，亦可藏身露空之溝濠中(第十四圖)。坑穴及溝濠宜注意避免地下水之侵入。

(卅三) 防空室中，每人應有坐位，飲水瓶，及出路被阻塞時之應急工具，如鏟，鋤，長柄斧，板斧，鑿，鐵槓，螺旋鑰等。為鞏固支架起見，硬木楔子與括鐵亦須預備。關於廁所設備，參考第十條，燈光設備，參考第二十四條，密縫材料參考第三十一條。

(卅四) 氣閘內應有滅毒劑(貯於不透氣之容器中)，簡單洗滌器具，家用藥品(照規定配備)，消毒劑噴射器等。氣閘外應於近旁置密不透氣之箱，供放入染毒衣服之用。室內須裝設電鈴或電話機等，通救火隊，能兼通防空瞭望台更佳。

(註一) 每一人所佔之面積，應勿少於0.75平方公尺。

(註二) 出口之僅於必要時開放，且封閉緊密者，前面毋需設氣閘。

(註三) 此項門扇應向外開啓之理由如下：



(一)在危急驚慌時,避難人易於擁出。

(二)外間氣壓較大時,門扇被壓,緊抵門框,更易收防毒之效。

(三)門外清除工作,易於施行。

門前如爲頑垢物料堆塞,則門扇不易開啓,此其缺點,但無關緊要,因木門可用室內常備之斧砍開,鐵門可裝小活門也。又規定任何防空室應另備應急出路或於窗扇上至少設向內開啓之「人孔」一處,亦足資補救。

(註四)門框洞之尺寸,應爲85×190公分。(門限高10公分)。

(註五)如於門之上部開一「人孔」(對徑約55公分),於門前爲頑垢物料堆塞時,大有裨益。

(註六)他種堅固構造之無空洞者,亦可加以考慮採用,重要之點,爲設計鋼筋與支承處之聯繫構造時,應顧及足使頂蓋向上提起之各種力。與支牆相接處設強固之聯繫結構,殊稱適宜。頂蓋上最好鋪沙一層。

(註七)原有頂蓋(樓板),如於下面全部用木料襯托,自較安全,惟費用較大。

(註八)此項外牆,宜爲鋼筋混凝土牆(約40公分厚),或64公分厚之磚牆。如欲將舊牆加厚,可用鋼筋混凝土,以犬牙形連結法摺築之。

(註九)新建之防空室,窗孔宜寬50公分,高70公分。

(註十)沙袋最好平時儲置乾室,待使用時再裝沙。

(註十一)窗外設鋼板(第六圖),及於裏面設防毒窗板(最好爲單扇式),防於防炸設備之後,均屬可用之法。如設兼可防炸之窗板,須裝置牢固,以防震動。任何窗戶須備危急時之出口。密塞原窗扇之縫隙,殊可不必,因玻璃勢必震破,且窗框大都嵌置不密也。

(註十二)糊紙於木板,可用冷膠等。

(註十三)坑頂支承木料間隔之粗細,視其支點之距離及鋪土之重量定之,積雪之重量可不計及。間隔連接排置,或木排狀,用括鐵,籬鐵,或鐵絲繫固,支於木梁上,其支點距離,宜勿過二公尺。木梁兩端須置於硬土上。木排上各圓木間之空槽,用樹枝,木屑填平,上鋪厚紙氈一二層。厚紙氈上,用樹枝,樹葉,乾草,青苔與土混合鋪蓋,並搗固之,最上一層之土沙,最好再蓋以草塊,或附近地面上之物料,以掩痕跡。無柏油之瀝青厚紙氈,比尋常蓋屋面用之厚紙氈較爲合用。



# 鎗彈製造工作述略

王 鵠 維

## 緒 言

我國今處帝國主義者宰制之中，暴寇屠毒之下，民族之恥辱已深，國家之生機瀕絕。惟是欲求我中華民族之生存，必經一大流血極困苦之爭鬥，在此爭鬥中吾人應投所有之國力——物產，人力，技術等——以期博得最後之勝利。

近代之所有全國總動員者，戰時參謀本部統制及支配全國之國力，以應付戰爭。歐戰時若干普通機械及化學工場，一變而為兵工廠，以製造軍用品，故能維持大量之軍隊作戰，而不缺乏。今以我國幅員之大，攻防之軍隊必多，按以近代戰爭消費之巨，則此國防軍用之供給，殊足駭人！李待琛 吳欽烈兩先生於其「戰時 100 師軍隊兵器彈藥之供給」\* 一文中，詳述國防軍應有之軍備及平時固定準備及補充等數額，其數量之大，已足令人橋舌難下矣。況以寇侵長城之戰為例，則將來大規模之作戰，其軍隊數量，恐尚不只 100 師也。就中鎗彈包括步，馬，機，手鎗彈）一項：固定準備數額 932,000,000 顆，補充數額 8,285,000,000 顆，按之我國現有兵工廠之製造能力，每年總額只達 481,800,000 顆，實相差甚巨。況戰端一發，戰期未能預先測定，則經數年之戰，其供給當更倍增。是故利用其他工廠以造鎗彈為戰時所必行。是以造彈技術為一般工程師所應熟諳者。本篇

\* 原文載工程週刊第十期



敘述製彈之工作及方法，繪圖說明，並舉現時國家兵工廠工作實例，以作實際之例證，雖掛一漏萬，不足以應專家之需，尚可作普及軍事教育之參考。

其實製彈工作，原非若何艱難，只以現時政治及社會之不甯，致一般技術者不能自由入兵工廠作長期之考察，遂使兵工技術與一般技術相隔絕。著者以身在兵工廠之便，觀摩之機會較多，略述之以告讀者。至於各兵工廠之設備及製造能力等，事屬軍事秘密，未便發表，故文中於機器數量，產量及工人人數等，概不述及。

篇中所述每機需動力若干，工作速率若干，僅為一約數。蓋原機製造，各廠家有優劣不同，錄之僅見一大概而已。

作此文之另一動機，為使參觀製彈廠者先得一有系統之概念，以便實地對照。常見若干來兵工廠參觀者，既亂於軋軋之機聲，復驚於機器動作之奇妙，看花走馬，頭緒未得，此種參觀，僅為觀察工場之規模，不足以語其工作也。

## (一) 熔 銅

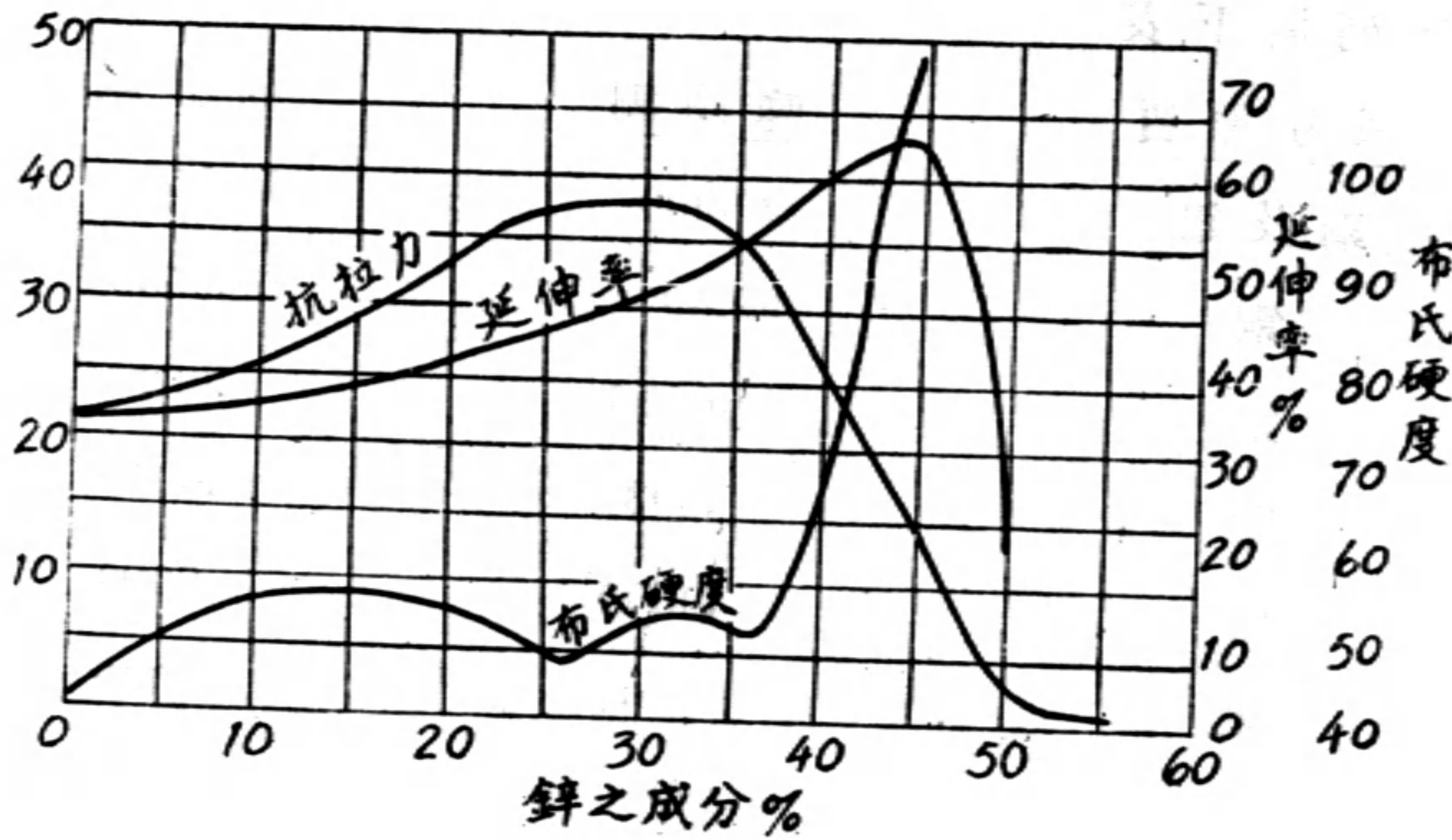
### 1. 黃銅之性質

鎗彈藥殼 (Cartridge case) 因其在鎗膛內受火藥氣體之高壓，須不變形，故其材料須有充分之強度，此為製造彈殼取材之第一着眼點。其次則為製造容易起見，其工作須用壓延方法 (pressing and drawing)，故材料亦先有充分之延伸率 (elongation)。五金之中惟銅最適於上項之條件；由冶金學者之研究，純銅之強度及延展性尚不及黃銅之優。

黃銅為銅與鋅(俗稱白鉛)之合金，古代之人即知其製鍊之法，惟無精密之研究而已。

黃銅之性質亦以所含銅及鋅之成分而異，第一圖為表示黃銅中所含鋅之成分及其性質之曲線。於圖中可見黃銅之抗拉力 (tensile stress) 初時因鋅量增加而亦增，至鋅為 30% 時，抗拉力最





第一圖

大,過此逐漸減小。其延伸率初時亦因錳量而俱增,至錳為43%為最大,但此際之硬度亦最大。故在理論上及實際工作上規定,鎗彈藥殼(以後簡稱銅殼)所用之黃銅中,其銅及錳之比為70:30為最合度,此種銅錳合金通稱為七三黃銅。

錳之價格較銅為廉,即黃銅之成本較純銅為低;故在經濟上言之,黃銅亦較純銅為有利。

## 2. 銅及錳之品格

銅殼之黃銅須極純淨,其他金屬雖只少量存在,皆足損其性質。如鉛及銻有害黃銅之延展性,砒有害黃銅之傳導性,鐵增進黃銅之硬度及脆性……,是故所用原料必須取其純者。大約銅料中含純銅量99.9%以上,始可用作銅殼黃銅。

現代之電解銅(用電解法提鍊者)其含銅量達99.98%,而美國之蘇必利爾湖銅(Lake Copper)亦含量達99.93%以上,英國之B. S. C. 銅(British Best Selected Copper)則含量99.6%,現時世界產銅量中其80%為電解法製成。

我國兵工廠及各機械工廠所用之銅,皆為美國產,蓋美國之銅產量為世界第一,占全數之一半以上,且其質甚純也。茲將美國



銅之成分列於下表:

成分原質	蘇湖銅	電解銅
(銅及銀)	99.900	99.9548
銅	99.890	99.9530
銀	.0096	.0018
鉛	.0031	.0010
鉍	.0000	.0000
砒	.0062	.0000
銻	.0000	.0009
(硒及碲)	.0020	.0026
鐵	.0028	.0038
硫	.0016	.0026
氧	.0753	.0315

鋅之用於彈殼黃銅者,其純度亦須在 99.9 % 以上,鋅產量亦以美國為第一,北美加拿大產量亦富,我國各兵工廠以用加拿大鋅為多。

兵工署規定各兵工廠彈殼黃銅所用之銅及鋅之純度如下表:

甲.銅

成分	百分數
(銅及銀)	99.9%以上
砒	.003%以下
銻	.01% 以下
鉍	.005% 以下
鉛	.005% 以下
硫	.015% 以下
鐵	.01% 以下

乙.鋅



成分	百分數
鋅	99.85% 以上
鉛	.07% 以下
鐵	.03% 以下
鎳	.05% 以下
(鉛 + 鐵 + 鎳)	.10% 以下

### 3. 銅殼黃銅之檢驗

銅鋅配合之先,雖可由計算而得正確之百分數。然入爐熔後,火耗各有不同,鋅因其沸點低,常化煙而逸散,且熔爐工作中難免無其他雜質之摻入,故熔合後之黃銅須經檢驗,以察其化學的及物理的性質,以定黃銅之優劣。依兵工署之規定,彈殼黃銅之性質如下:

含銅量	%	69 ~ 71
含鋅量	%	31 ~ 29
破斷界	公斤/平方公釐	31 以上
延伸率	%	36 以上
不純物	%	1 以下

現時各廠之黃銅,其試驗之結果與上規定有多少出入,但仍以之為標準也。

彈殼黃銅性質之規格,各國多有少許差異,茲錄英國之規格於下,以供參考:

銅	%	68 ~ 74
鋅	%	32 ~ 26
不純物%:		
鎳		.2 以下
鐵		.15 以下
鉛		.1 以下
砒		.05 以下



鉀	.05 以下
鉍	.008 以下
銻	痕跡
錫	痕跡

其實銅量 65 ~ 75 % 之黃銅,皆可供製彈壳之用;但通常銅之分量,不使其少於 70 % 云。

#### 4. 黃銅之熔合

熔解黃銅用電氣爐,反射爐,重油燃燒爐及坩堝爐等。大量出產時用電氣或反射爐,少量者以用坩堝爐為宜。現時各國及我國兵工廠皆用之為熔銅爐。

坩堝爐設於地面下,以便加料及起爐等工作,加熱則用焦炭。爐之多寡須視所熔銅量及所用坩堝之大小而定。每爐置坩堝一具,爐之通風裝置有自然通風及機械通風兩種。惟後者僅用於大產量之工場中。坩堝之大小不一,通常多用 100 磅及 120 磅容量者;據工廠之經驗,容量小者其成分及溫度等控制較易,其結果常優。我國各兵工廠中,漢粵兩廠用 100 磅者,甯廠則用 120 磅者。

熔銅之法,先將坩堝置爐中燒至赤熱,然後投入銅料,其上以木炭一層覆之,如是則可防止銅熔解時吸收焦炭中之二氧化硫 ( $\text{SO}_2$ )。如加食鹽少許,則可使銅中之氧化物成為熔滓 (slag),而防止銅之氧化。銅料全部熔解後,加入鋅塊;鋅塊不宜過小,以其投入時,迅即揮發,損失不貲,然過大亦非所宜。熔解之工作不易,通常將購來之原鋅塊以重鎚擊成八塊,最為合度;未入坩堝前,置爐旁烘熱之。

加鋅之時,以鐵箝夾鋅塊沒入銅液中而溶之。鋅因驟受高熱,常有一部分被蒸發化白煙而逸散。此揮發量,因溫度及加鋅工作之敏慎與否而異,故加鋅工作為熔銅工人最難之技術,宜敏捷而適當,但熟練之工人工作時,其揮發量常有一定,可以信賴。加鋅之後,再以木炭粉末覆之,以免鋅之繼續氣化,於是加熱至  $1180^\circ$  附近,



俟2~5分鐘後,自爐中以鉗取出坩堝,除去上層之熔滓,鑄入鑄模之內。

鑄模爲生鐵製,由上下兩半疊合而成,束以鐵環,使其斜立於爐傍。鑄造時,此鑄模亦須有 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 之溫度,鑄模內塗油,使鑄塊(ingot)得均質而面光滑。注入溫度宜注意,約爲 $1130 \sim 1150^{\circ}\text{C}$ 之間,過高則易生氣孔,過低則鑄塊之表面不平,故自爐中提出後,須迅即鑄造。迅速鑄造之利點,更在不使鋅之陸續氣化,致令前後各鑄塊之成分差異也。小型坩堝較爲有利,於此又得一證。

鑄塊冷後,取去鐵環,傾出鑄塊,此完成後之鑄塊,其布氏硬度(Brinell's Hardness)約爲58。

附註: 漢廠鎔銅,舊法係將坩堝由爐起出後,加鋅塊於銅液中,再回置爐中熔之,即加鋅之工作不在爐中而在爐外行之也。近時改用新法,將鋅銅同時置入坩堝中,鋅塊在下,銅塊在上,其上更覆以木炭食鹽等。據稱改用新法後,其質較優而鋅耗亦較少云。

## 5. 熔銅房之設備

熔銅工場之設備甚簡單,坩堝,鉗,模而外,其他器具無多。至其熔爐之多寡,可按下述之例而計之。

以每100磅容量之坩堝而論,每坩堝能熔黃銅100磅,鑄黃銅塊四條,重量每條25磅。惟後尙需切去尾端(pipe)及輾壓洗耗等,至銅條完成爲銅皮後,每條約重24磅,此24磅之銅皮置製彈廠之壓孟機中,壓成銅孟(銅殼原料),計其邊料約爲10.5磅,得銅孟13.5磅,約有銅孟400~420個,即每坩堝黃銅100磅中可得銅孟約1600~1680個。

每次鎔銅一坩堝,約需二小時,(初時因生火困難,故第一爐需時甚長,其後漸少),平均每日工作12小時,則每爐可出5~6坩堝,每坩堝平均需焦煤95磅。

通常坩堝爐之數,須依計算出品所得之數,增多數爐,以便修

• 見第二圖



理及掃除時替換之用。

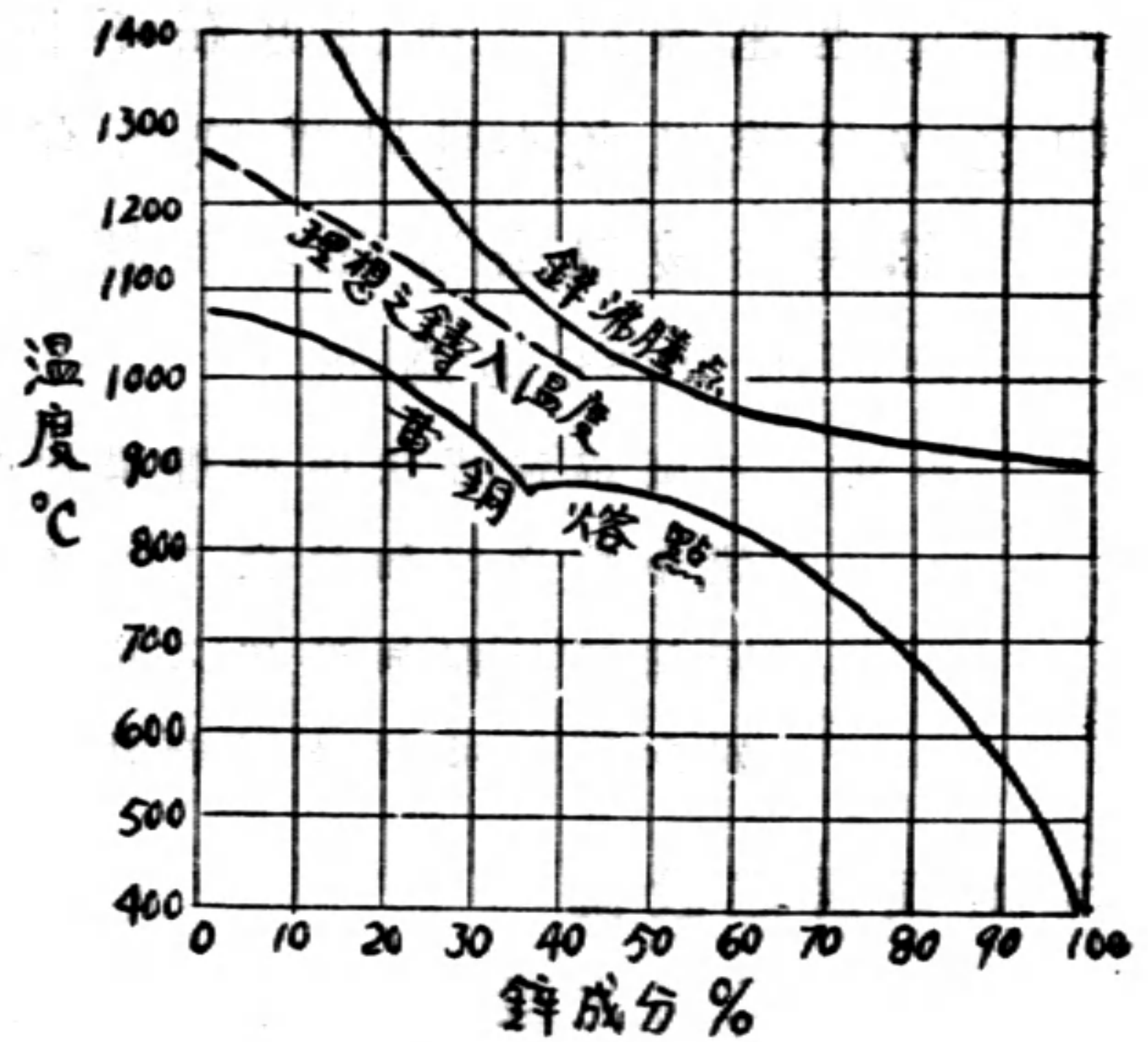
現時各廠之坩堝購自外國，每坩堝一隻，以熔銅 50 次為度，中品之坩堝能耐 45 次者已稱滿足矣。

## 6. 熔銅工作之注意

錫之熔點為  $419^{\circ}\text{C}$ ，其沸點為  $906^{\circ}\text{C}$ ，惟在黃銅中，其沸點增高，其增高度隨錫量之多寡而不同，第二圖示黃銅中錫之沸點與其成分之關係。在七三黃銅中，錫之沸點約為  $1180^{\circ}$  附近，故加錫之時，須注意坩堝之溫度，不使達錫之沸點，否則錫量急激燃燒，甚為危險。

黃銅之鑄造溫度，亦由錫之沸點及黃銅熔點二者而定，此鑄造溫度須在錫沸點及黃銅熔點二者之間，過高過低均不適宜，已見前述。

至於錫之揮發量，以加入手續之敏捷與否及在爐時間之長久而定。加入手續過緩及在爐時間過長，則錫揮發量增多，黃銅中之錫成分因之減少。在適當工作之場合，坩堝爐之錫耗約為 5% 左右，在製造工場中仍以檢驗其成分後而適當附以錫耗量為宜。



第二圖

## (二) 軋壓及退火

### 7. 銅塊之軋壓

經以上工作鑄造後之銅塊，須經多次軋壓，使成適度之銅片，始可送製彈廠應用，此軋壓工作在常溫中之行。

鑄塊之頂端（銅液傾入之一端）因黃銅內部冷縮結晶之關係，其不純物大都浮於頂端，此段特稱曰 pipe，軋壓之前須將其截去，



使銅塊之質純淨。

製彈壳之銅片厚為3.3公厘,其輾壓工作須逐步分次行之。蓋材料加工有其一定之限度,過此則性質變更(見後第八節)材料亦將破壞也。

茲將甯漢粵各廠之輾壓工作列表於下,以資比較:

A: 甯廠

原鑄塊 厚 = .718 吋, 寬 = 4 吋, 長 = 23 吋。

各步輾壓後均退火一次。

減薄尺寸 工作程序	次數	第一次	二次	三次	四次	五次	六次	共減薄 (吋)	輾壓後之寸法		
		(吋)	(吋)	(吋)	(吋)	(吋)	(吋)		厚(吋)	寬(吋)	長(吋)
第一步		.106	.062	.05	.04	.03	.025	.313	.405	4	37
第二步		.045	.055	.025	.02	.03		.175	.230	4	59
第三步		.017	.015	.014				.046	.184	4	76
第四步		.018	.012					.030	.154	4	96
第五步		.012	.004					.016	.138	4	106

B. 漢廠

原鑄塊 厚 = 25 公厘, 寬 = 76.2 公厘, 長 = .66 公尺。

各步輾壓後,均退火一次。

減薄尺寸 工作程序	次數	第一次	二次	三次	四次	共減薄 公厘	輾壓後之寸法		
		公厘	公厘	公厘	公厘		厚(公厘)	寬(公厘)	長
第一步		3.5	2.5	1.5	1.0	8.5	16.5		
第二步		2.5	1.5	1.0		5.0	11.5		
第三步		1.5	1.5	1.0		4.0	7.5		
第四步		1.5	1.0	0.5		3.0	4.5		
第五步		0.5	0.4			0.9	3.6	3.3	

C. 粵廠

原鑄塊 厚 = 21 公厘, 寬 = 76 公厘, 長 = .838 公尺。



減薄尺寸 工作程序	次 數					共減薄 公厘	輾 壓 後 之 寸 法		
	第一次 公厘	二次 公厘	三次 公厘	四次 公厘	厚(公厘)		寬(公厘)	長(公尺)	
第 一 步	2.5	2.1	1.5	1.0	7.1	13.2	76	1.3	
第 二 步	2.3	1.8	1.0		5.1	8.1	81	2.0	
第 三 步	2.0	1.3	.8		4.1	4.0	82.5	4.0	
第 四 步	本步之輾壓工作，爲使銅片適合規定之厚度，稱曰「過光」(finish rolling)， 輾壓次數多爲二次，輾後得厚 3.3 公厘之銅皮。								

黃銅輾壓工作,其次數各廠俱不相同,惟大致尙差不遠,茲更附錄英國之彈殼黃銅輾壓工作次數及其尺寸如下:其原鑄塊厚 1.5 吋。

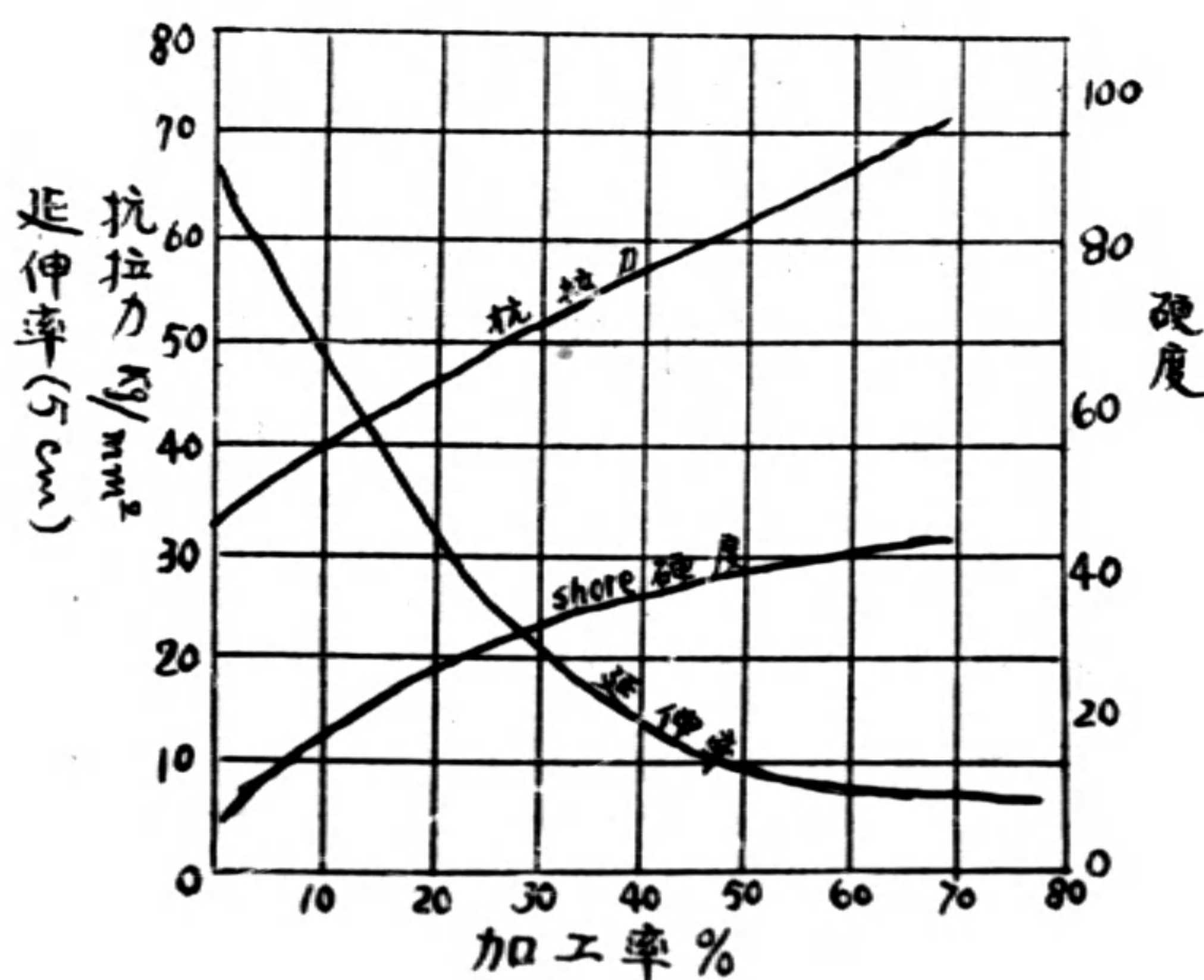
工 作 程 序	輾 壓 次 數	減 薄 (吋)	輾 後 厚 度 (吋)	附 註
第 一 步	4	.8	.7	輾 後 退 火
第 二 步	4	.37	.33	輾 後 退 火
第 三 步	3	.17	.16	輾 後 退 火
過 光	2	.02	.14	不 退 火

以上俱爲彈殼銅片之輾壓工作。如用爲彈頭壳者,則輾成厚 1.15公厘寬 30 公厘之銅皮;如用爲火帽者,則輾成厚 .55 公厘寬 11.27 公厘之銅皮,其輾壓次數較銅殼銅皮爲多,但方法俱同,茲不贅述。

### 8. 銅塊之退火

銅塊受加工後,伸延率漸減,硬度增高,其變化之關係如第三圖曲綫所示。

硬度增高後,加工困難,須置退火爐中加熱,使其再結晶而恢復其展延性。此項工作



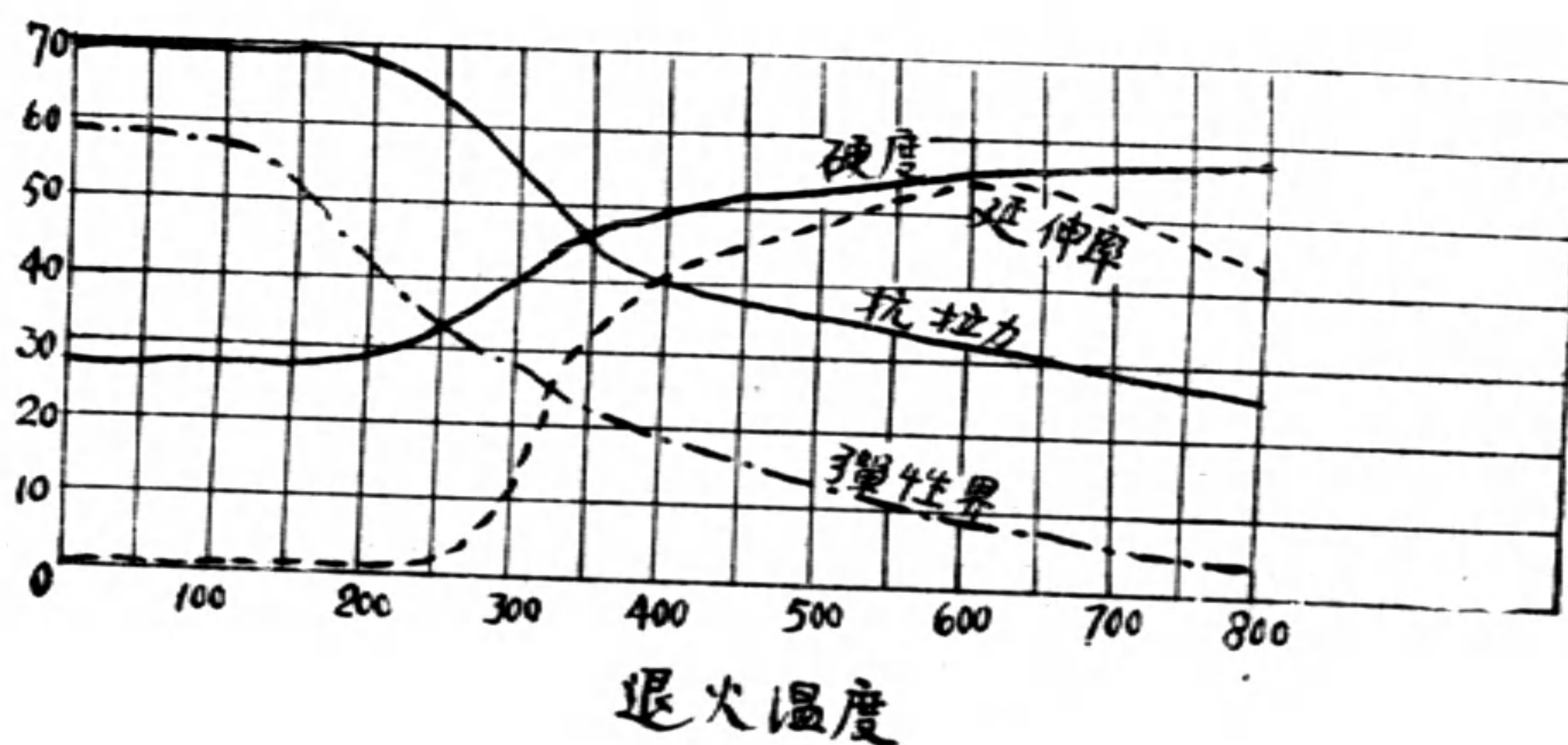
第 三 圖



稱為退火 (annealing)。每步輾壓後，須退火一次，退火後之銅塊，其性質與退火溫度及退火時間關係甚大。

理論上黃銅之退火溫度愈高，則其延展性之恢復愈速。然溫度過高，其結晶粒粗大且起過燒現象 (Overburning)，使銅質反形脆弱。極純粹之七三黃銅，在  $900^{\circ}\text{C}$  時起過燒現象；如含有其他雜質，則  $800^{\circ}\text{C}$  時已呈過燒。故一般黃銅之退火溫度，以  $600\sim 700^{\circ}\text{C}$  為度。 $650^{\circ}\text{C}$  為最適宜之退火溫度，然此溫度亦以銅片之厚薄稍有差異，薄者溫度可較低。在各國之完備工廠中，其退火溫度俱有精密之儀器測定，或取退火後之銅片而作拉力及硬度試驗，或更用顯微鏡以觀察其結晶形態；由是使各次之退火工作得一極合度之溫度以為規格。在國內各廠中，除甯廠有簡單之測溫儀器以外，其他皆無正確之數字可稽，工作上僅憑工人之經驗行之而已。

第四圖為含銅 67%，鋅 33% 之黃銅之退火溫度與其性質之關係，圖中在  $650^{\circ}\text{C}$  時，延伸率最大



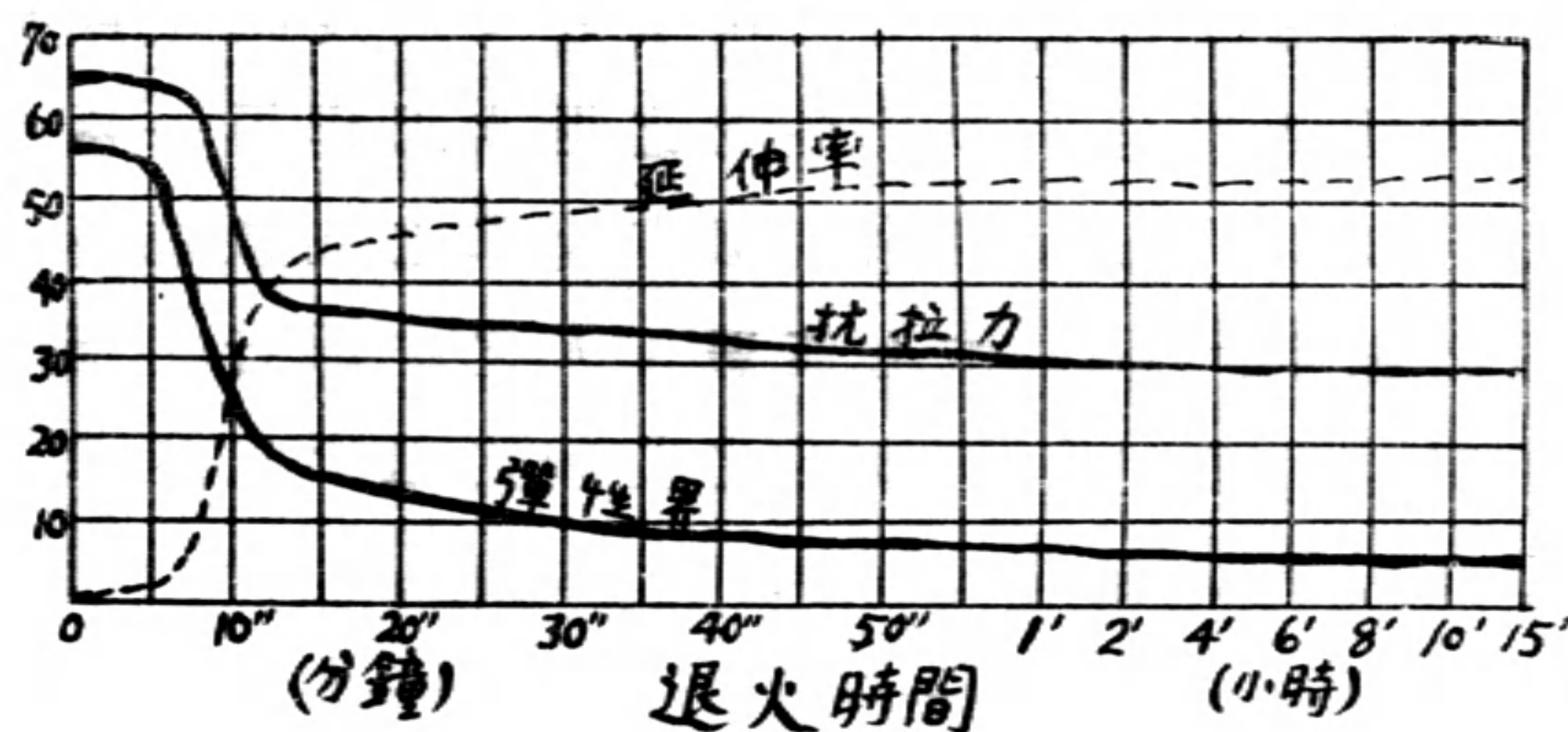
第四圖

黃銅之性質，雖主因退火溫度而異，然退火時間關係亦大，退火時間充分，則延展性大，反之則較小。大概在適宜之退火溫度中，退火時間為一小時左右，其實半小時已足矣。此退火時間，有時亦因銅片之厚薄而有增減，甯粵各廠銅片在輾壓工作中之退火時間列於下表，藉供實證



回 火 次 序	寧 廠	粵 廠
第 一 次	1.5	2.5
第 二 次	1.5	2.0
第 三 次	.75	2.0
第 四 次	.5	過光後不同火
第 五 次	.5	

第五圖為67/33黃銅在650°C退火時,其退火時間與其性質之關係曲綫,附此以供參考。



第 五 圖

退火爐以用悶爐 (muffle furnace) 為宜,退火後之銅塊,稍置後即傾以冷水,使其冷却增速,免滯工作,蓋七三黃銅(在結晶中屬  $\alpha$  系)雖淬火亦不變其性質也。

冷後以稀酸液洗去其表面之雜質,再以鹼液洗淨之。其酸類用硫酸或硝酸均可,硝酸較好,但硫酸價廉耳。

### 9. 輾銅房及烘銅房之設備

輾銅房之設備,除剪銅機,磨轆子 (roller) 機,起重機等外,其主要之機器為輾銅機。機為上下二轆子對合而成,轆子之大小以其輾面之長別之。大型者面長30吋,20吋;中型者15吋,12吋;小型者6吋。完備之輾銅房應具備大小不同之輾機若干架,以為粗輾及過光等工作之用。如輾銅殼銅片,則毋需12吋以下之輾機,小型者只用作火帽銅皮而已。



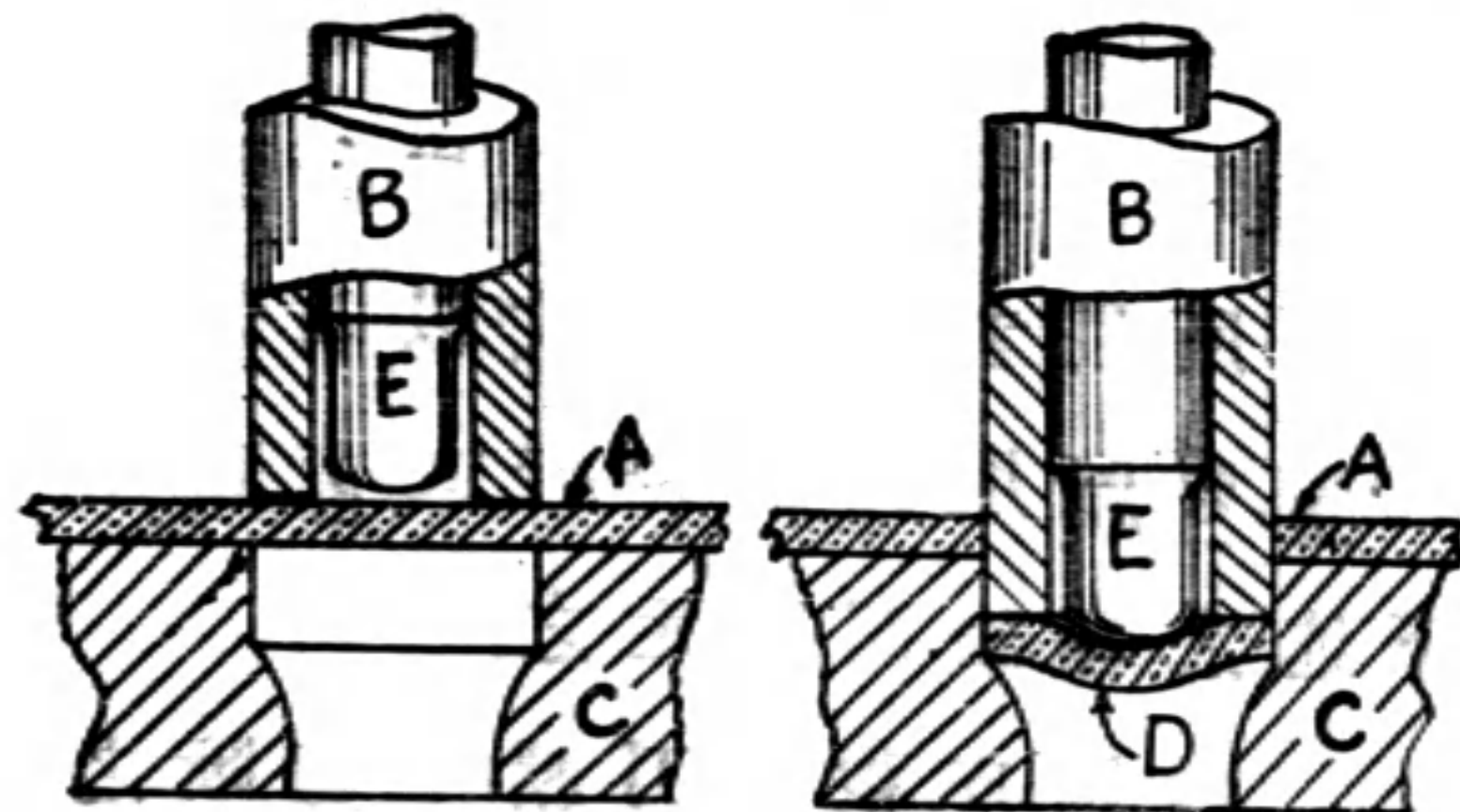
輾銅機之原動力,大多用蒸汽發動機供給,惟新式工廠有用電力摩達者,前上海兵工廠曾改用之。惟現時甯,漢,粵,各廠仍用蒸汽機,其馬力之大小,以輾銅機之負荷而定。

烘銅房之設備只烘爐及一起重機而已。烘爐之大小,一般皆以能每次烘銅 2000~3000 磅為多。漢廠之烘爐最大,粵甯兩廠較小。

### (三) 銅殼之製造

#### 10. 軋片及春孟 (Cupping)

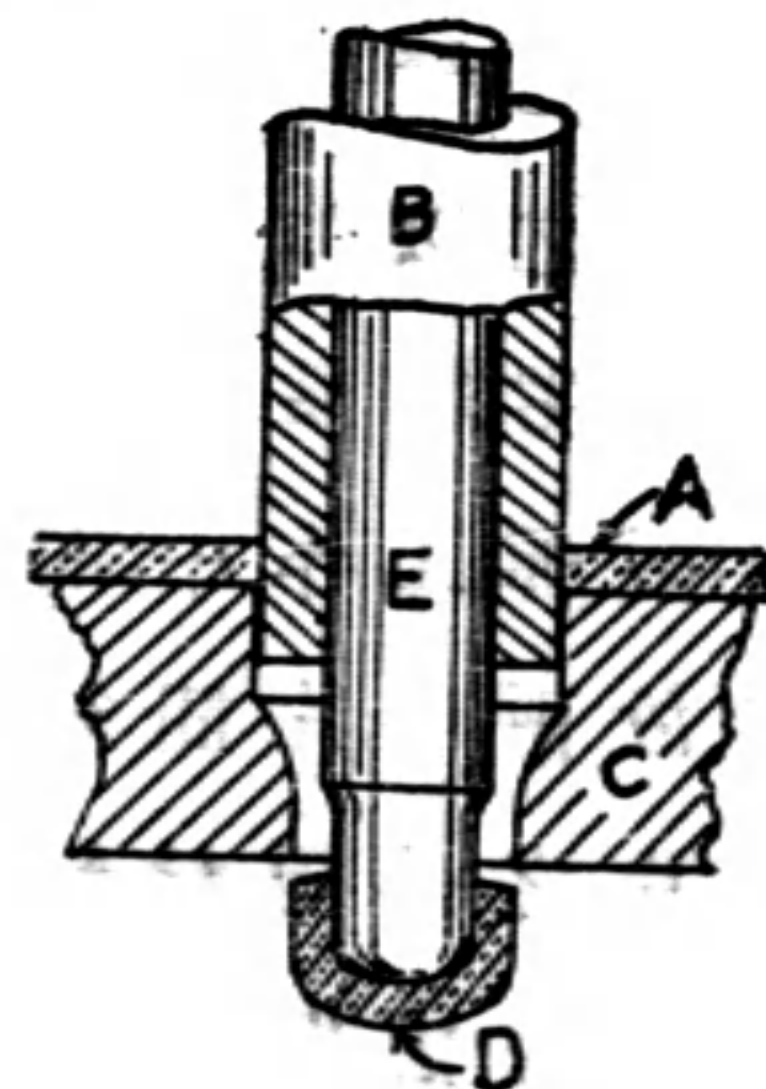
經輾銅間完成之彈殼銅片,其厚為 3.3~3.6 公厘之間(見第 7 節各表),其寬度則以軋片之方法而異(見後第 11 節),其工作次序係先於春床上將銅片軋成圓形之銅餅 (disc),然後再將銅餅置春孟機中,即銅餅之周邊屈上而成銅孟 (cup)。但為節省工作起見,通常此兩步工作在同一春床上行之,即春上之春頭 (punch) 壓下時,先軋銅餅,繼壓銅孟,其狀況如第六圖, (a), (b) (c) 各圖。



第六圖 (a)

第六圖 (b)

(a) 為銅片置春床上,即將工作之圖, (b) 為軋片圖, (c) 為春孟圖。圖中 A 為銅片, C 為春模 (die), B 為軋刀 (hollow cutting punch), E 為春頭, B 刀為管狀,春頭 E 可於其中上下, B 與 E 俱用拐桿 (Crank-rod) 聯於春床之皮帶輪軸,



第六圖 (c)

而以偏心裝置使 B 及 E 兩桿下降之時間及衝程不同。當 B 下壓時,銅片即被軋成一圓餅 D(如(b)圖, B 刀下降至(b)圖所示之位置



而止。於是春頭E壓D，而由春模之底孔下降，銅餅之周邊遂捲屈而成銅盃。

此類春盃機約需動力1.5馬力，每小時能春銅盃4000個。下表所列為國內各廠銅盃之大小之比較：

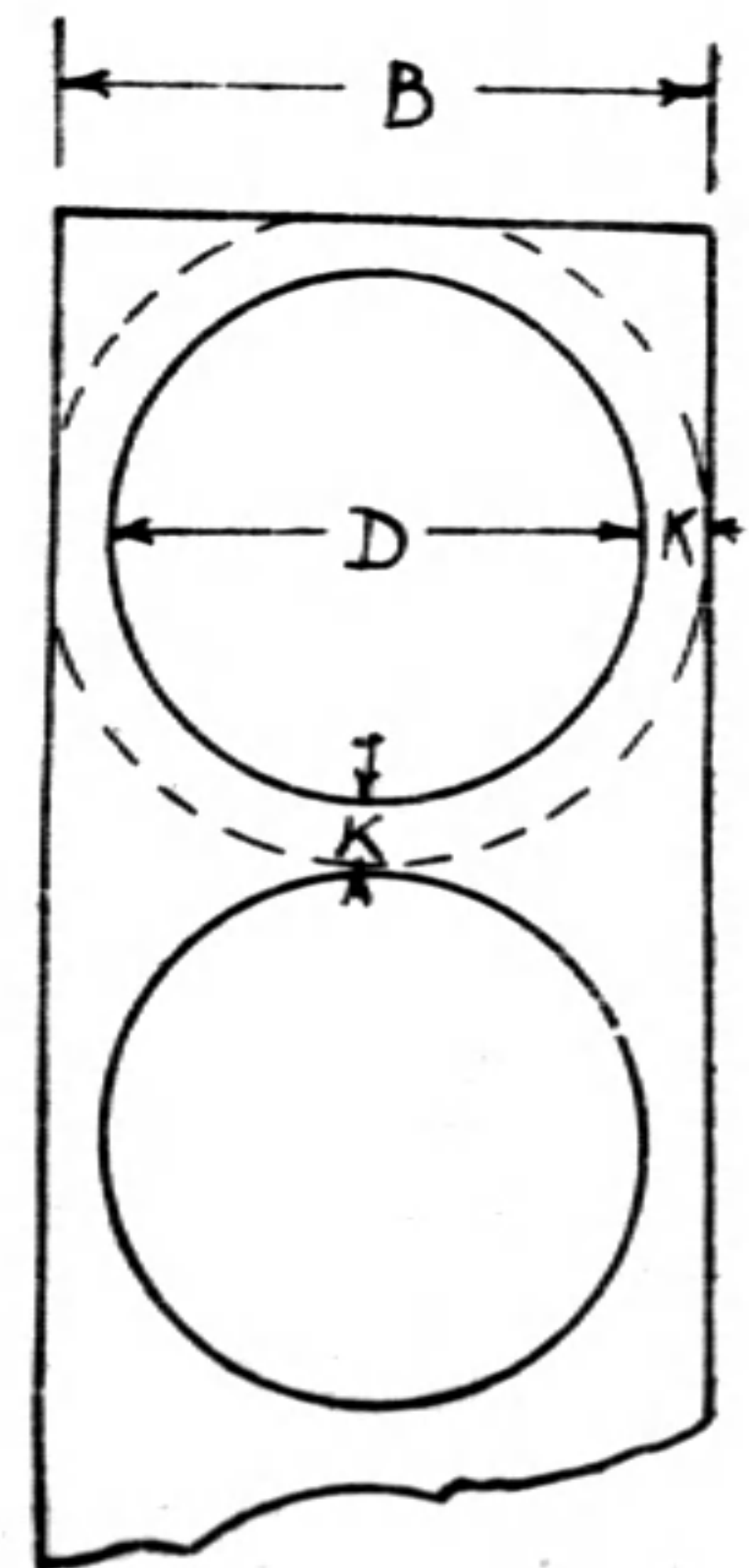
廠 別	銅 餅		重 量 (公分)	銅 盃		
	厚(公厘)	直徑(公厘)		外徑(公厘)	邊厚(公厘)	長(公厘)
滬 廠	3.3	24.4		17.6		12.5
寧 廠	3.5	25	14.4	12.3	2.5	15.
漢 廠	3.6	25.04	14.63	17.75		13.5
粵 廠	3.3	26	14.0	18.		13.5

### 11. 下料時銅皮寬度之計算

銅皮之寬度，以軋片行列之多寡及排列方法而異。通常製彈工場所用者有單行式(以前漢廠用之)，雙行式(漢，甯廠用之)，三行式(甯，粵廠用之)及四行式(甯廠用之)等數種。其寬度之計算，須基於下述之理論而決定之。

當銅皮被軋刀壓下剪斷之際，沿軋口邊際之銅料，因受壓縮及剪斷力而生內部變形(strain)，其質已變硬或結晶粒間因受力而有裂痕，如再用之以作銅盃，則此已受力之一邊因質硬及較劣，結果使春盃後所得之銅盃偏斜或裂殼；製彈工作中，銅殼損壞之原因，基於此者甚多。故兩軋片間須間隔相當之距離，使第一次軋片之外周材料，不復在第二次之圓餅中。但兩軋片之距離過多時，則材料殊不經濟，故下料之先應有適當之決定者也。

第七圖為經軋片後之銅皮，在離剪口K距離之圓帶內之材料，因受損而不可復作銅



第七圖



孟之料,故軋第二片時其兩軋片間之距離,至少須等於K。

此K之值因材料之性質(強度,硬度等)及銅片之厚度而異,在七三黃銅之軋片工作中,據經驗之結果

$$K = 1.25t \sim .8t$$

式中 t 為銅皮之厚度,於是其兩軋片中心之距離  $A = D + K$ , 銅皮之寬  $B = D + 2K$ . (D 為銅餅之直徑)。如為二行式或多行式者,則其隣行之軋片須恰在第一行之兩軋片之中。如是,則其邊料可公共者甚多,較諸單行者可省材料而更經濟。其兩行之距離 C, 等於等邊三角形 EFG 之高,即  $GH = \frac{A}{2} \cot 60^\circ$ 。故下料銅皮之寬為

$$B = \overline{GH} + D + 2K。$$

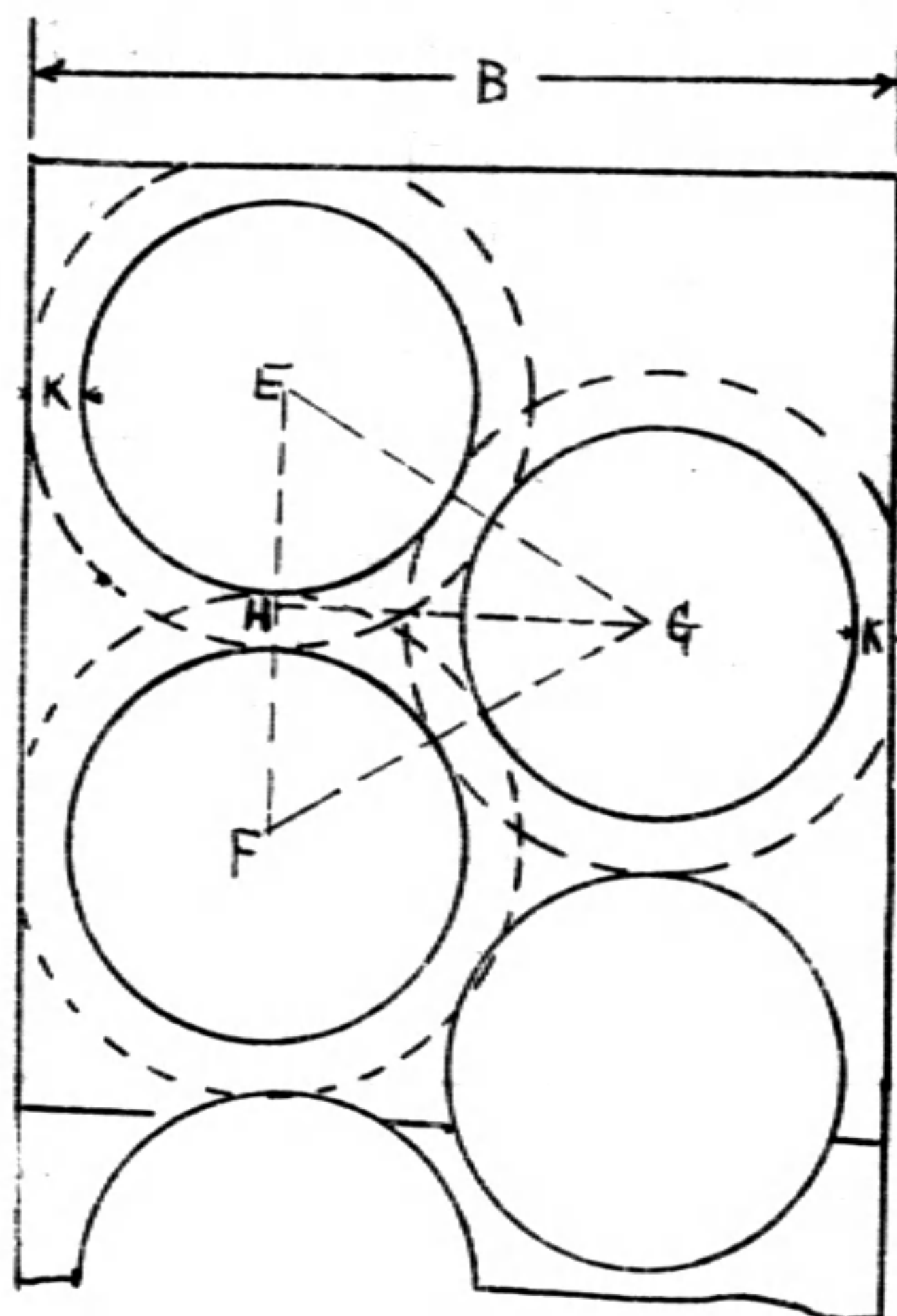
其他多行式均可依此而計算之。

以實際之工作上比較之,單行式者所得邊料過多, (即每若干磅銅皮中所得之銅孟量少),其剪成銅條 (Brass strip) 之工作亦較多,最不經濟。至三行以上之方法,雖邊料較省,但工作甚難,故各工廠中多採二行及三行式。

### 12. 銅孟引長法 (Drawing)

春孟後之銅孟,須退火後始能再行引長,其退火手續及退火時間見後第 20 節中,於茲不述。

銅孟引長所用之機器亦為春床,惟只具一春頭而已,其工作狀況如第九圖。圖中 G 為春模, H 為春頭, F 為附於春床座面之圓盤;盤周有多數圓孔,置銅孟於孔中,則圓盤迴轉,載銅孟而逐個達於春模之上,落于春模內,春頭下壓,銅孟遂被引長。(按新式機器

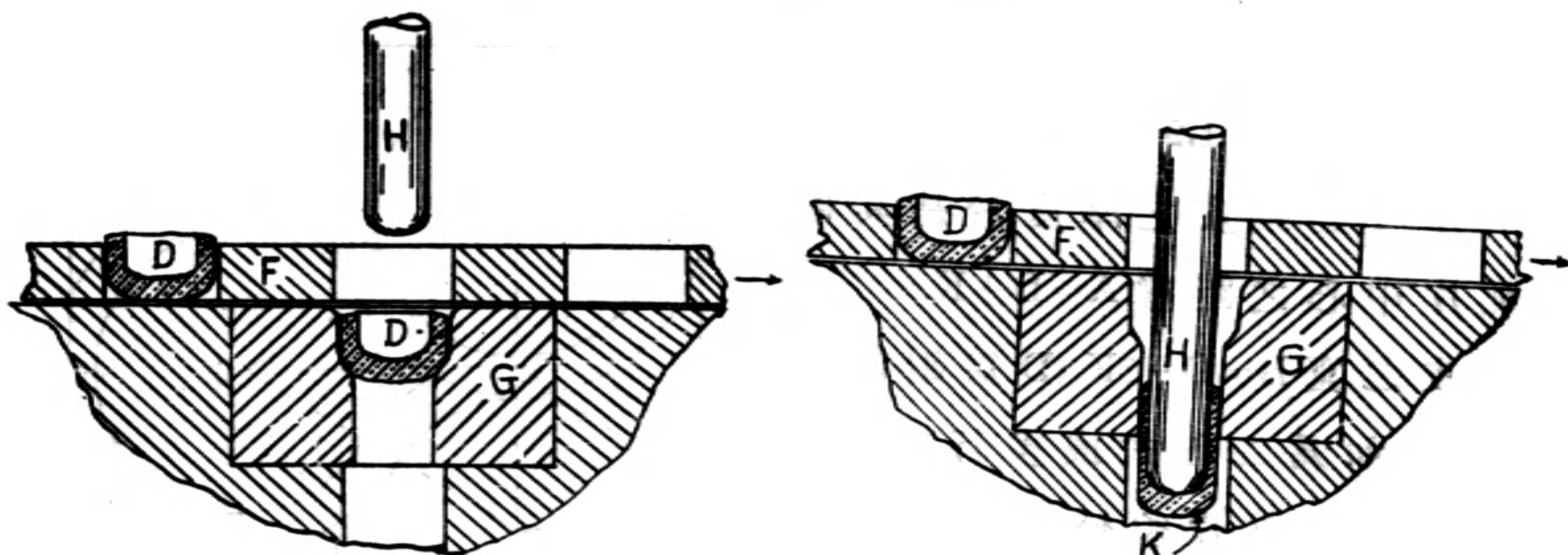


第八圖



現均改用漏斗,不再用圓盤)。

如是再退火,再引長,經三次或四次之引長工作,使銅蓋達所需之長度,其各廠各次引長之寸法如下表。



第九圖 (a)

第九圖 (b)

廠別 工作	漢 廠			粵 廠			寧 廠			
	長(公厘)	外徑 (公厘)	重(公分)	長(公厘)	外徑 (公厘)	重(公分)	長 (公厘)	外徑 (公厘)	邊厚 (公厘)	重 (公分)
第一次引長	21	15.78	14.63	23.9	15.9	14.0	20	16	2	14.4
第二次引長	31	14.57	„	35	14.75	„	27	14.5	1.2	„
第三次引長	53	12.75	„	44	13.83	„	41	13.	1.1	„
第四次引長				68	12.85	„	62	12.5	1.0	„

引長工作以少為佳,因可省設備之機器數量,及同機器數量時,出品增多也。然銅料之熔合,輾壓及退火等方法之適當與否,皆足大影響於引長之工作。是故引長之工作愈少,則材料須愈好,而處理愈難,機械之動作亦須愈精。因此較舊式之工場,不得不使工作之次數增多,以求製成合用之製品。各國製造鎗彈皆為三次引長,現時甯廠亦已改為三次,粵廠則在新製彈間者為三次,在舊製彈間者為四次。

此類引長之機器約需動力 2~3 馬力,每小時可引長銅蓋 3500 個。

### 13. 初次切口

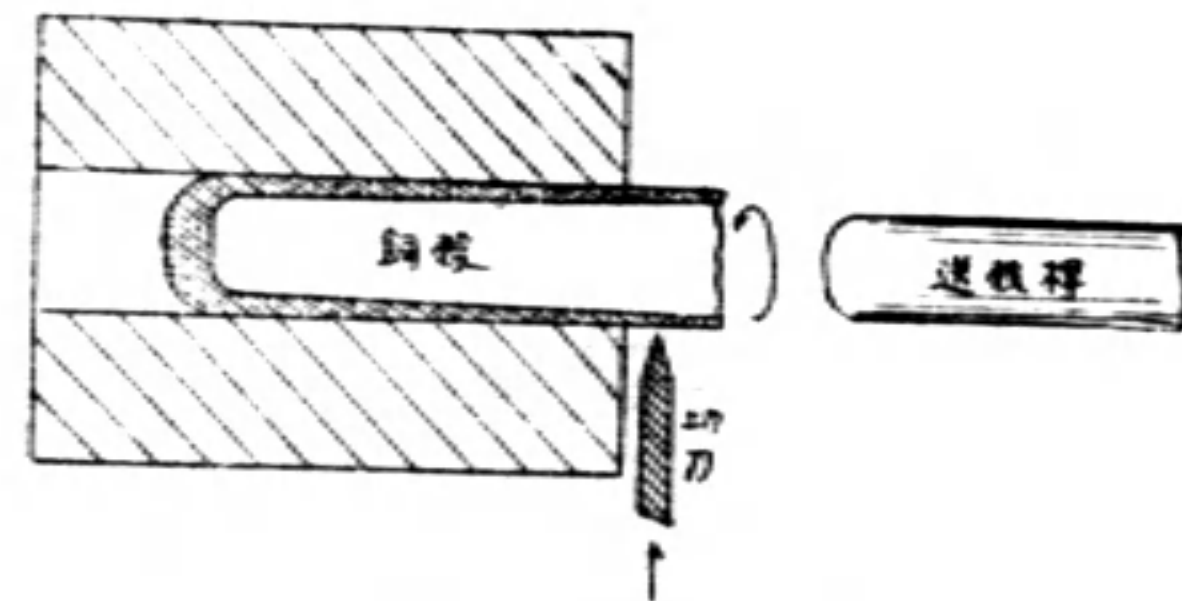


經各步引長後之銅殼，其近口之周邊已甚薄脆而有疵裂，如再加工時，易因碰撞而使口邊摺皺，故切去其一段以行再度之引長或其他工作。

切口機械有自動式及手搖式兩種，前者省力而速，後者則機器簡單，設備經濟耳。其動作狀況如第十圖。

切口後之長度如下表。

廠 別	切口後長度 (公厘)
華 廠	53.5
漢 廠	43.5
粵 廠	49.6



第十圖

此類切口機之為自動式者，需動力約 5 馬力。每小時可切 4000 ~ 5000 顆。

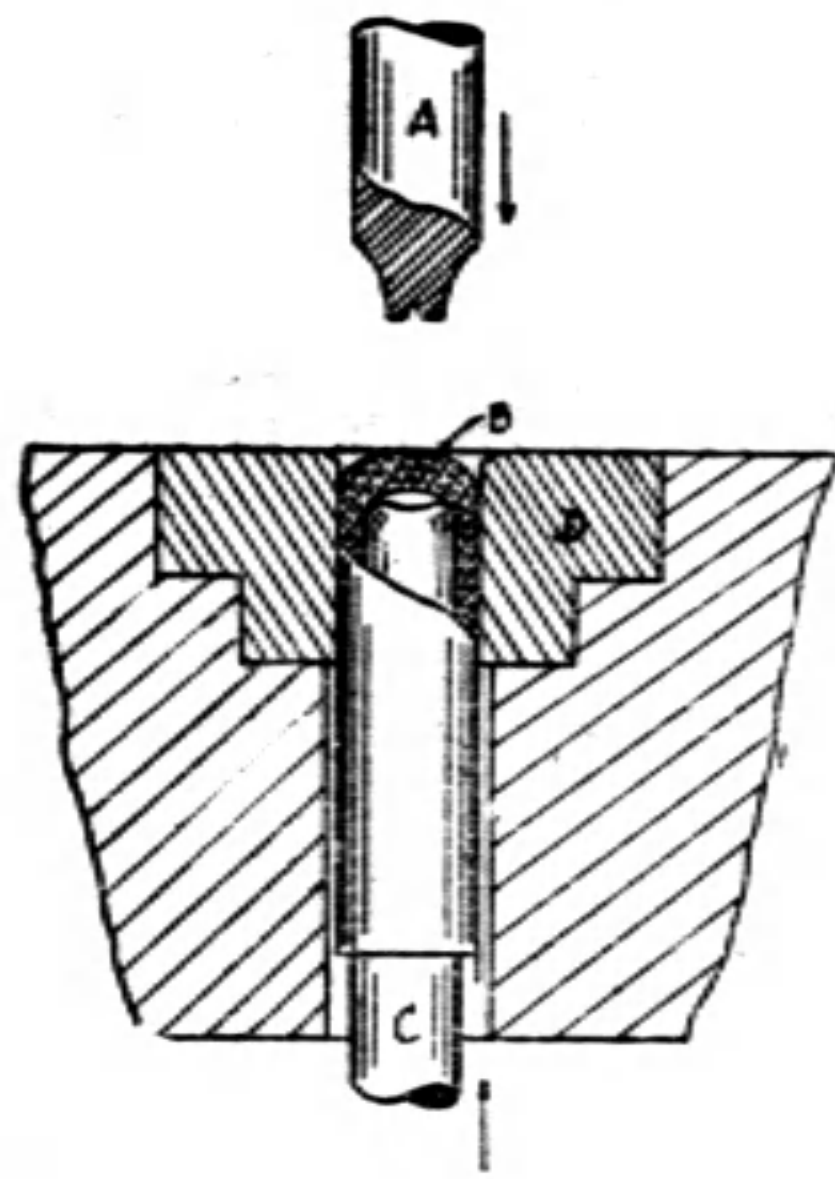
#### 14. 壓底 (打圓凹及平底)

銅殼之底須壓一圓凹，以便成彈時裝置火帽，此壓底之工作分兩次完成之，其初壓工作在工廠中稱為打圓凹 (first indent)，其完成工作稱為打平底 (finishing indent)，其工作狀況如第十一圖。(a) 及 (b) 圖為打圓凹，(c) 為打平底。

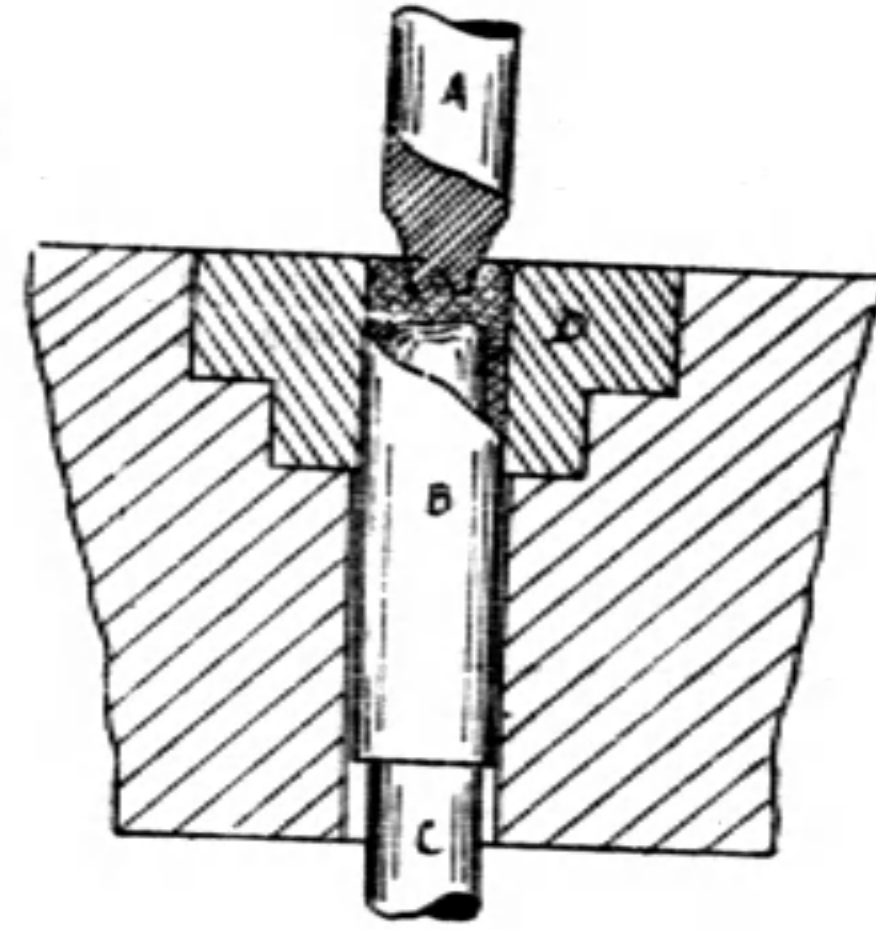
打圓凹之春頭只具一桿，其工作照圖即明，毋煩多述。至打平底之工作雖與打圓凹相同，但其春頭稍形複雜，有說明之必要。圖 (C) 中，B 為銅殼，C 為頂桿，D 為套模，G 為春頭。春頭下壓，須恰緊貼套模，使銅殼得一平底。頂桿 C 之長短應可伸縮，以便調節其適當長度，即使銅殼底部之銅恰能漲滿於模隙，此點在工作上最宜注意。

春頭因多次春壓，磨損甚速，而此完成之工作，其孔徑之差誤須極小，故此春頭宜常檢察更換；但磨損部份多在突出之部分，故在春頭之中另裝一小春頭 A，磨損後只更換 A 即可。A 後為一圓短桿 E，E 後為主力壓桿 F。

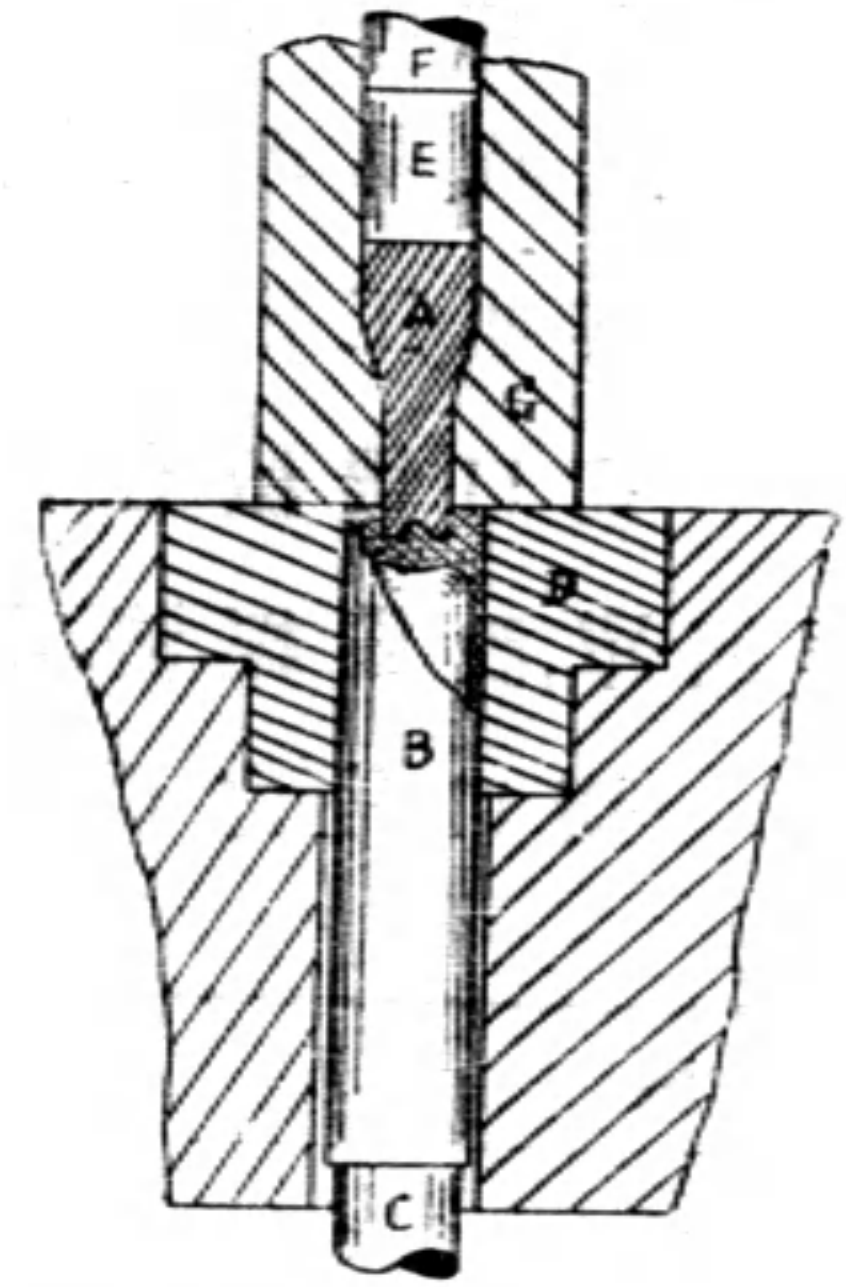




第十一圖 (a)



第十一圖 (b)



第十一圖 (c)

銅殼底部圓凹中心之突起，稱為火台 (anvil)，為裝火帽後，使其抵於火帽藥面，以備射擊時與鎗機之發火針相抵擊，使火帽易於發火之功用。

在製造上此壓底之第二步工作不相連銜，（見後之全部工作程序表），應須退火後始能再壓也。原來經第三次（或第四次）引長後之銅殼，須退火後始令其經其他工作。惟以在引長工作中，其底部中心未受若何加工，其材料並未變硬，故切口後（切口毋須退火）可直接再打圓凹，蓋因此可省退火一次也。

依據同一理由，使完成壓底（打平底）置於下述之最後引長之後，又可省退火一次。

壓底機因其需力甚大，故為製彈工場中形式最大之機器，其動力需4馬力，每小時可壓3500顆。

下表為各廠之壓底工作之寸法：

廠 別	初步壓底 (打圓凹)			完全壓底 (打平底)		
	凹徑(公厘)	凹深(公厘)	火台高度(公厘)	凹徑(公厘)	凹深(公厘)	火台高(公厘)
寧 廠	5.5	2	2	5.45	3.2	
漢 廠				5.43	3.3	1.9
粵 廠				5.48	3.3	1.6



15.最後引長及切口

此步工作為將初步壓底後之銅殼,經退火後再作最後之引長,使達所需之長度。引長後再切口使成規定長度,所用機器與前述之引長機,切口機相同,其引長後及切口後之長度如下表:

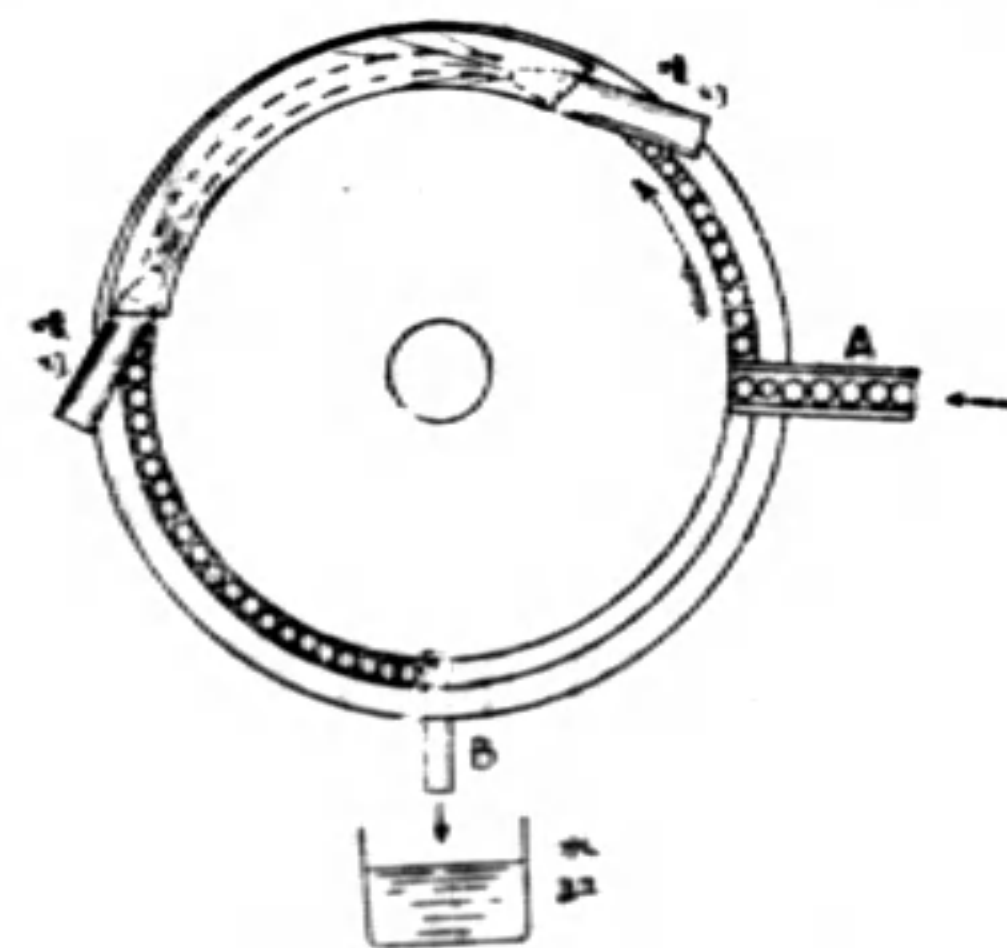
廠 別	最後引長後之銅壳寸法			切口後長度 (公 厘)
	長度 (公 厘)	外徑 (公 厘)	厚 (公 厘)	
華 廠	71	12	0.9	56.5
漢 廠	68.5	11.88		57.3
粵 廠	68.	11.78		57.5

此步工作在初步壓底之後,完全壓底之前行之,經最後引長及打平底以後之銅殼,不令再退火,使其保有相當強度及充分之彈性,能在鎗膛內堪耐火藥之壓力,而易於退殼。過軟之銅殼,往往因發射後受壓及鎗管發熱銅壳膨漲之結果,不易退出也。

16.燒口及收口

設計鎗管之初,因使裝藥量增多,藥膛不過長,故鎗管後部之藥膛 (Powder Chamber) 常較鎗之口徑為大。鎗彈銅殼須適合於鎗身藥膛之形狀,故須將銅殼之口收縮,以便緊銜彈頭。收口之先,須將殼口燒軟,以免因收縮而裂摺,此燒口工作又稱之為半退火 (Semi-annealing)。

燒口機之主要部為一圓台,台面圓鐵板之周有溝一道,如第十二圖,銅殼由A處置入溝中,台板藉皮帶輪依矢向迴轉,載銅殼經兩噴燈之火焰罩中,焰罩中溫度甚高,而銅殼口部又甚薄,故退火之時間甚短,即可滿意。經火焰後之銅殼,由B處下落於水缸中冷却之。



第十二圖

此類燒口機,每小時能燒銅殼10000

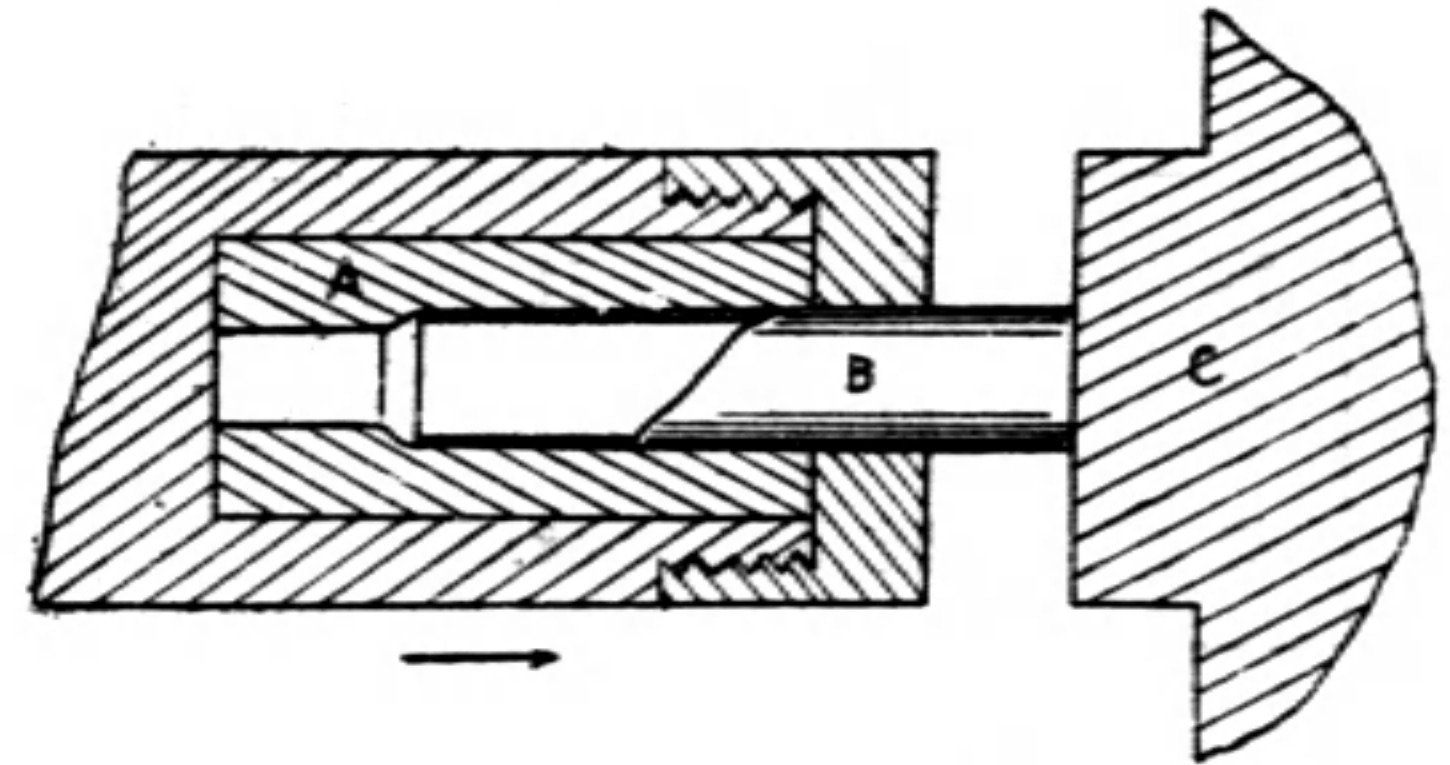


類。

收口工作多為兩次。按新式機器祇收口一次。

第一次僅使使成一圓錐體形之傾斜，第二次始壓入一彈殼形之模中，完成規定之形狀，如第十三圖。圖中 A 為模子，B 為銅殼，C 為鐵砧。模子向右壓時，砧抵銅殼底使殼口壓入模內，同時亦將銅殼之前半段收縮，成一微斜之圓錐形。

如欲銅殼之外形精確，則加一次工作，即使收口後之銅殼再壓入一精確之模中一次，此工作稱曰合膛。



第十三圖

此類收口機之構造，與引長機相似，每小時可收銅殼 3000 顆。各廠銅殼各次收口之寸法如下表：

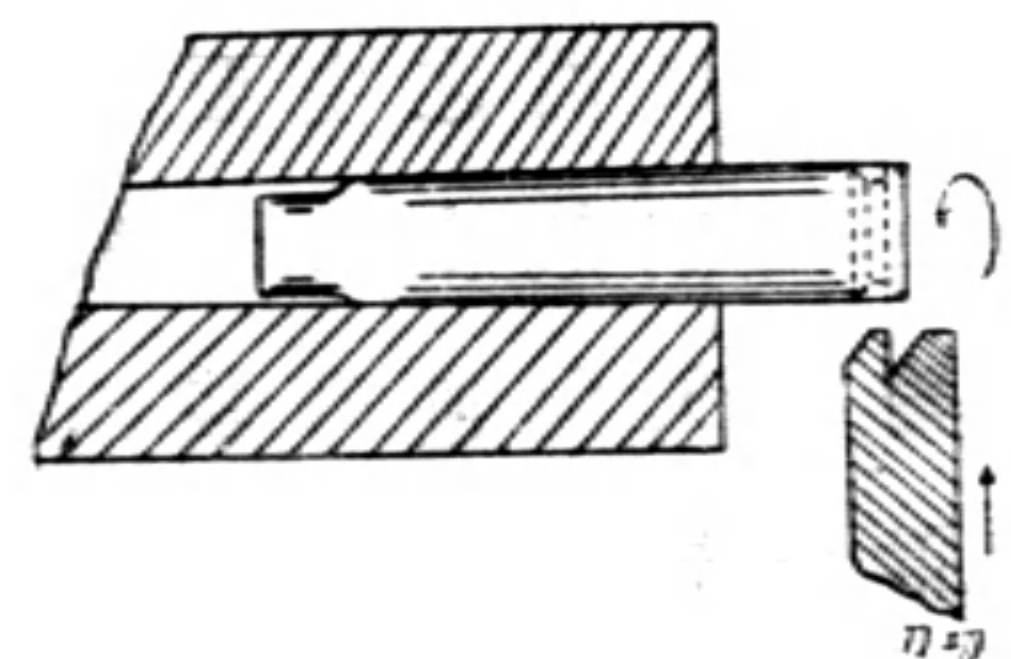
廠 別	一 次 收 口		二 次 收 口	
	未收口前銅殼原徑 (公厘)	收口後口徑(公厘)	收口後口徑(公厘)	斜肩外徑(公厘)
寧 廠	12	9.	8.7	
漢 廠	11.88	8.9	8.8	10.7
粵 廠	11.78	10.	8.75	10.8

### 17. 車底槽

銅殼底槽之作用，為便於發射後得由鎗機上之拉彈鈎將其鈎牢拔出。此式機器為一特製之車床，送彈，伸刀，退彈等皆為自動，其工作狀況及切刀形狀均如第十四圖。

此類車槽機，每小時可車銅殼約 1250 顆。

各廠銅殼車底槽之尺寸如下表：



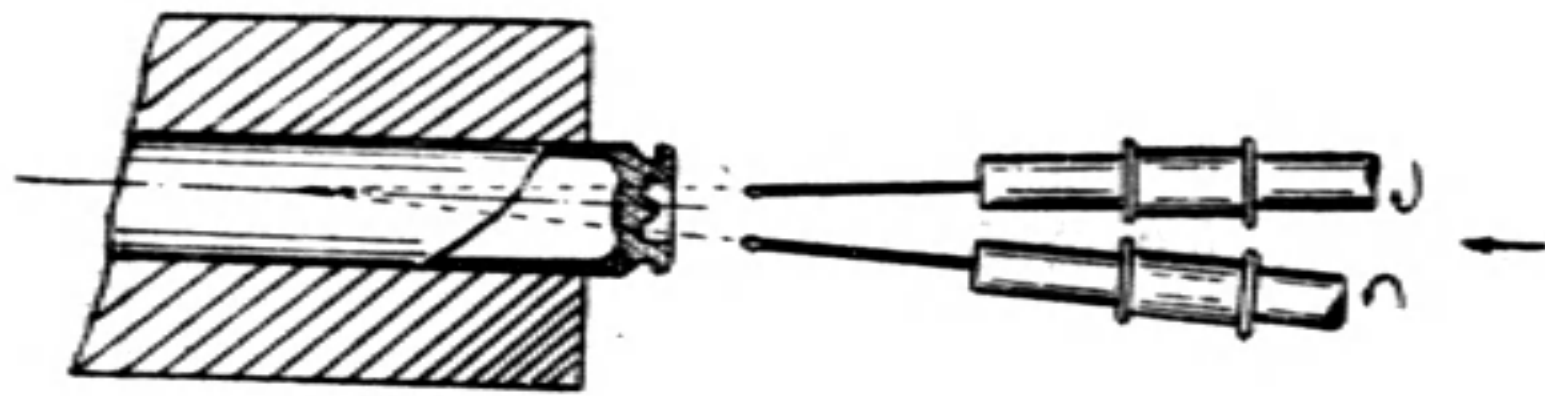
第十四圖



廠別	槽深 (公厘)	槽寬 (公厘)	底緣厚 (公厘)
漢	.82	1.2	1.22
粵	.77	1.3	1.2

18.鑽火門眼

銅殼底部須鑽小孔兩個,使藥室與圓凹相通,則火帽所生之火焰可直射彈藥而急驟燃燒。鑽火眼機亦為特製之機器,有小鑽



第十五圖

兩枝,以皮帶使其互向反對方向迴轉,其送殼,伸鑽及退殼等俱為自動,其動作狀況如第十五圖,兩鑽成12度之

開角,火門眼徑為.8公厘。

此類鑽火門眼機,每小時能鑽銅壳 2500 顆,需動力約 0.8 馬力。

19.檢驗

計自壓孟以至鑽火門眼,其間經過工作 26 步其名稱及次序如下表:

次 序	工 作 名 稱	次 序	工 作 名 稱
1	軋片及春孟	14	第四次洗
2	第一次退火	15	第四次引長
3	第一次洗	16	二次切口
4	第一次引長	17	完成壓底(打平底)
5	第二次退火	18	燒口
6	第二次洗	19	第一次收口
7	第二次引長	20	第二次收口
8	第三次退火	21	合膛
9	第三次洗	22	車底槽
10	第三次引長	23	鑽火門眼
11	初次切口	24	輻光(用殼殼磨光)
12	初次壓底(打圓凹)	25	人工驗火門眼
13	第四次退火	26	人工驗察藥痕

經過以上各工作後,銅殼即已完成,以後只需裝火帽,裝藥,裝彈頭即成一完全之鎗彈。惟銅殼完成後,須經檢驗其合規定之尺



寸大小及形狀與否而定取舍。其不合者則棄之，再入熔銅爐中熔之。其檢驗事項如下：

檢 驗 事 項	規 定 尺 寸	差 之 限 度	註
銅 殼 全 長	57 公厘	± 0.3 公厘	} 此兩項有時可 不檢驗
彈 底 外 徑	11.95公厘	± 0.1 公厘	
底 槽 深 度	.77公厘	± 0.05公厘	
槽 緣 厚 度	1.2 公厘		
底 凹 深 度	3.3 公厘		
底 凹 直 徑	5.48公厘	± 0.05公厘	
火 台 高 度	1.6 公厘	± 0.1 公厘	
藥 膛 大 小 及 長 度	長46. 公厘	± 0.2 公厘	
殼 口 外 徑	9. 公厘		

以上各項，俱由檢驗機自動檢驗。機下有若干個木箱，放置於一定地位，經檢驗後，其何項不合者，均分別剔出，合格者由機直通過而由最後一級中擲出。此類檢驗機因各製造廠家不同，其檢驗事項稍有增減（表中最末兩項）。至於差誤限度則隨各製彈廠之規定而定之。我國步鎗現雖以7.9公厘口徑之毛瑟式(Mauser)德式步鎗為最多，但亦因式樣之新舊而有少許差異，故鎗彈之製造上，其尺寸之大小因之有些微出入，上表所列，僅為粵廠規定之一例而已。

## 20. 銅殼之退火

黃銅加工後，須退火後始能再加工，已見前述。銅殼經歷孟及各步引長，其加工率皆在30%以上，其延伸率由第三圖可知其已減至極低，故須經適當之退火，以恢復其延性。

退火後之性質，與退火溫度及退火時間有關係，亦見前述。茲列甯粵兩廠之銅殼退火時間如下，銅殼初時較厚，其後漸薄，故退火時間亦依次減少。



退火次序	退火時間 (分鐘)	
	寧廠	粵廠
春孟後	60	45
第一次引長後	50	20~30
第二次引長後	40	15~25
第三次引長後	30	15~25
第四次引長後	20	15~25

退火溫度,以在  $650^{\circ}\text{C}$  左右為宜;同溫度之退火時間,亦因爐之構造及退火材料之多寡而不同,故上表寧粵兩廠之退火時間有差異。

#### (四) 彈頭及火帽之製造

##### 21. 彈頭殼

鎗彈之彈頭分內外兩層,中為鉛心,外包銅殼或軟鋼殼。鉛心乃取其質量重,使彈頭之動量增大。惟以鉛質過軟易因碰撞而變形,故侵徹之力弱;且在鎗膛內時亦因其過軟而不能吻合於來復線生適當之旋轉,故用銅殼包之,以濟其弊。此際銅殼既可增鎗彈之侵徹力,又兼作吻合於來復線之用。現時多用軟鋼作殼,以其侵徹力較強而材料價值更廉也。民國十七年以前,漢寧各廠皆用白銅為彈頭殼,自後則全改用軟鋼殼矣。

現時國內之彈頭殼原料,係舶來之鋼孟,外鍍鎳層,免致生銹,製彈廠中可省一次春孟之工作。

彈頭殼之製法,與銅殼相同而較簡單,蓋工作之次數既少而又不需退火也。其各次之工作詳情,毋庸贅述,僅將經過工作列表於下,當可明瞭也。

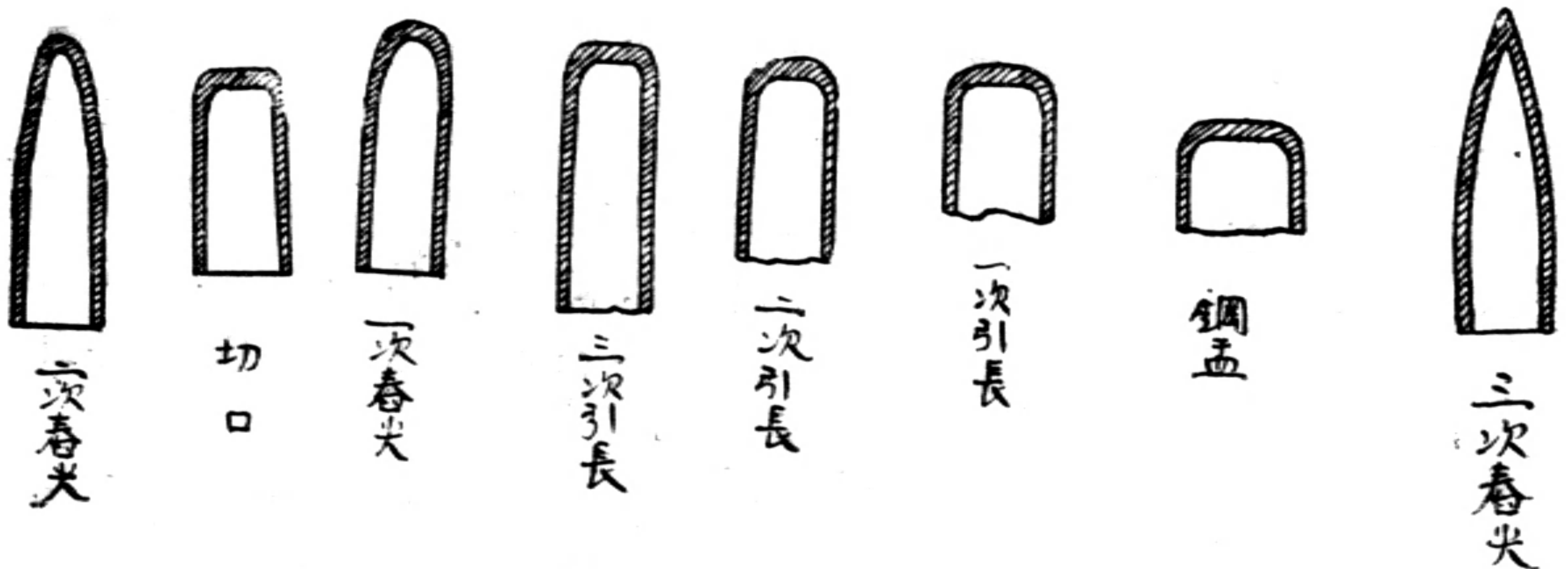
我國之步鎗現有兩式:一為漢陽式,一為元年式。漢陽式步鎗之彈頭為圓頭狀;元年式步鎗之彈頭為尖形,其製造工作僅壓頭部形狀時有差異而已。下表所列僅為尖形彈之例:



工作程序	外徑 (公厘)	長 (公 厘)	厚(公厘)	重 量 (公分)
鋼 孟 (原料)	13.5	12	1	3.02
一 次 引 長	12.	17	.9	"
二 次 引 長	10.5	25	.8	"
三 次 引 長	8.9	29	.75	"
四 次 引 長	8.	39	.7	"
切 口	8.	30	.7	2.52
第 一 次 春 尖			"	"
第 二 次 春 尖			"	"
第 三 次 春 尖	8.	33	.7	"

\* 彈頭發射時，須吻入來復線溝內，故彈頭殼之外徑較鎗膛之口徑稍大。

其各步工作所成之形狀如第十六圖。



第 十 六 圖

## 22. 鉛心之裝入

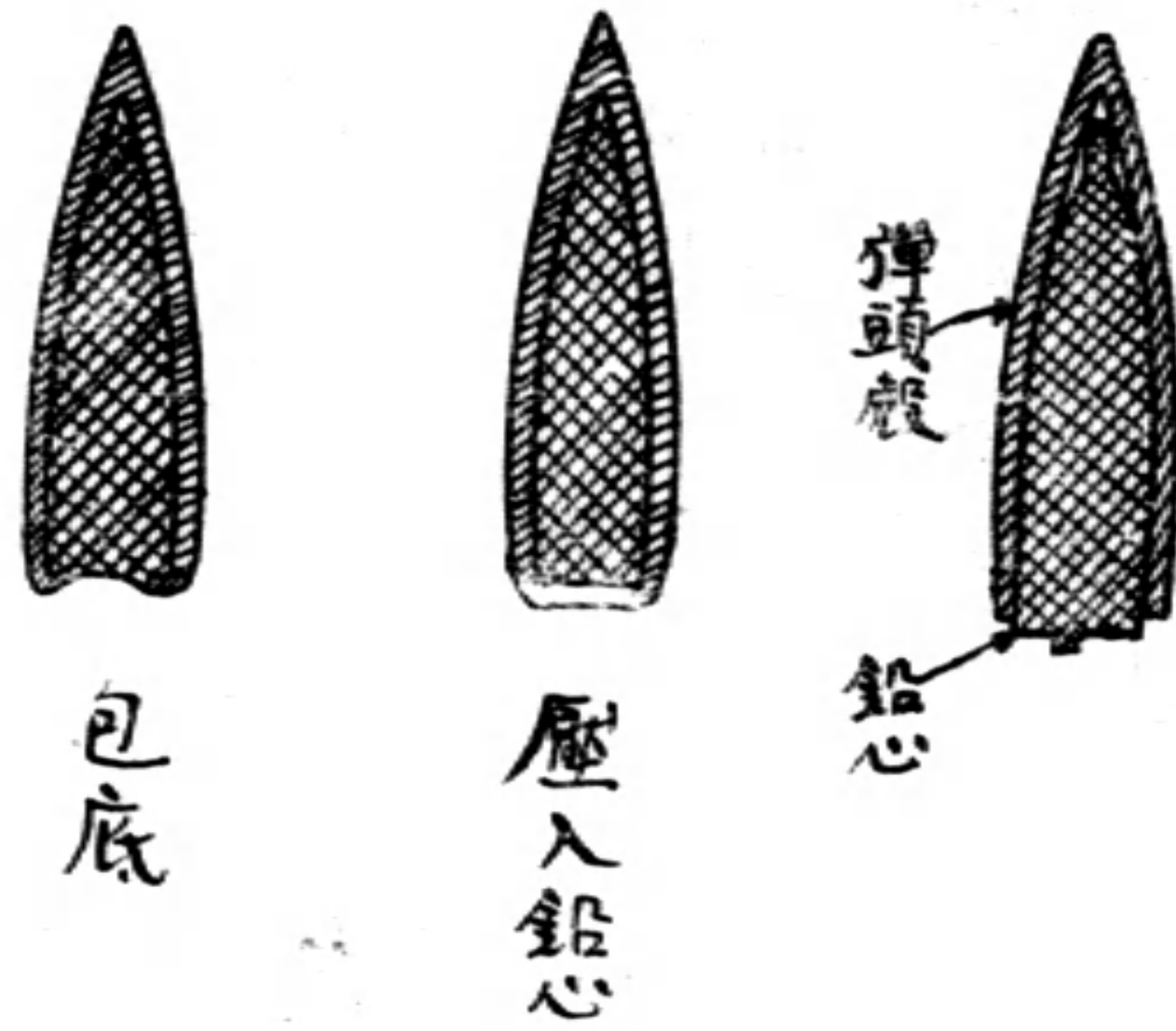
鉛心之製造甚簡易，法先熔鉛於爐鍋中，繼注其熔液於水壓機之圓桶內，活塞桿由上藉水力下壓，熔鉛遂被壓而由活塞桿之圓孔中壓出，遂成鉛條。置剪壓鉛心機將鉛條先剪成適當之長度，繼壓入一模中而成尖頭形。

裝鉛心之工作略為二步，先將鉛心壓入，次將彈殼之邊壓屈



而向內包,使鉛心不致脫落,稱為包底。

此類裝鉛心機,與引長機相同。如用特製之自動裝鉛心機,則壓入鉛心,包底,合模等皆在同一機內完成。經上述各工作後,即為完成之彈頭。



第十七圖

### 23. 製造彈頭之注意

彈頭之製造手續雖無困難,然其製造之精否關係甚大。因鎗彈發射欲其中的,則此彈頭所行之路程,須合於預計之理想彈道,是故其重量應極精確,而其形狀更須對稱 (Symmetry), 其重心必須在彈頭之中心線上(即鎗膛之中心線上)。如重心偏斜,則彈頭離鎗口後必搖洩不定,而其彈道遂不規則。據實驗之結果,如重心偏斜出於中心線外千分之一吋時,則在600公尺之射靶上偏差達30~40吋之多。

由於此重心偏斜而生之偏心力甚大(約二磅一千分之一吋),故彈頭在鎗膛內時,即因偏心力而使一面深切於來復線。出鎗口後此偏心力更為顯然,故彈頭重心只需極少之偏斜,其射擊精度即大為減殺,此製造上之不可不注意者也。

### 24. 火帽

火帽之製法,與銅殼之舂孟相同,惟只一次舂孟即成而已。舂孟後之火帽,其口緣周常不整齊,須加切口工作一次,故其製造工作最為簡單。

火帽銅孟內所裝之發火藥,以雷汞(Fulminate mercury)為主要成分,摻以其他藥品如硫化銻,氯酸鉀等而成,裝藥後置壓藥機輕輕壓緊,外覆膠質或錫箔,以防藥粉之脫落,及防潮濕之侵入。

## (五) 裝彈及檢驗



## 25. 裝彈

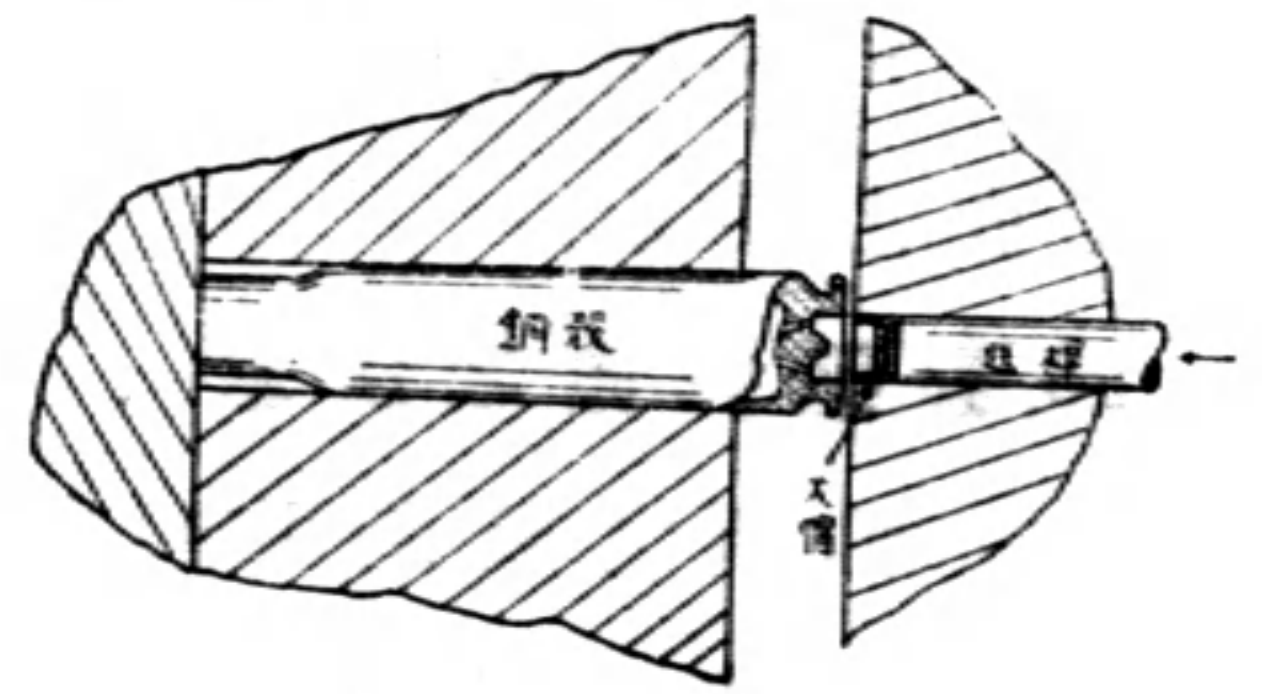
銅殼,彈頭及火帽製成後,即可置裝火帽機中,先裝火帽於銅殼,再置裝藥及彈頭機中裝一成完全之鎗彈。

裝火帽機具兩通道,一為銅殼之輸入,一為火帽之輸入,火帽恰在銅殼之底部中心相對處(如第十八圖),於是送桿向左推,壓火帽以入銅殼之圓凹中,緊結之。

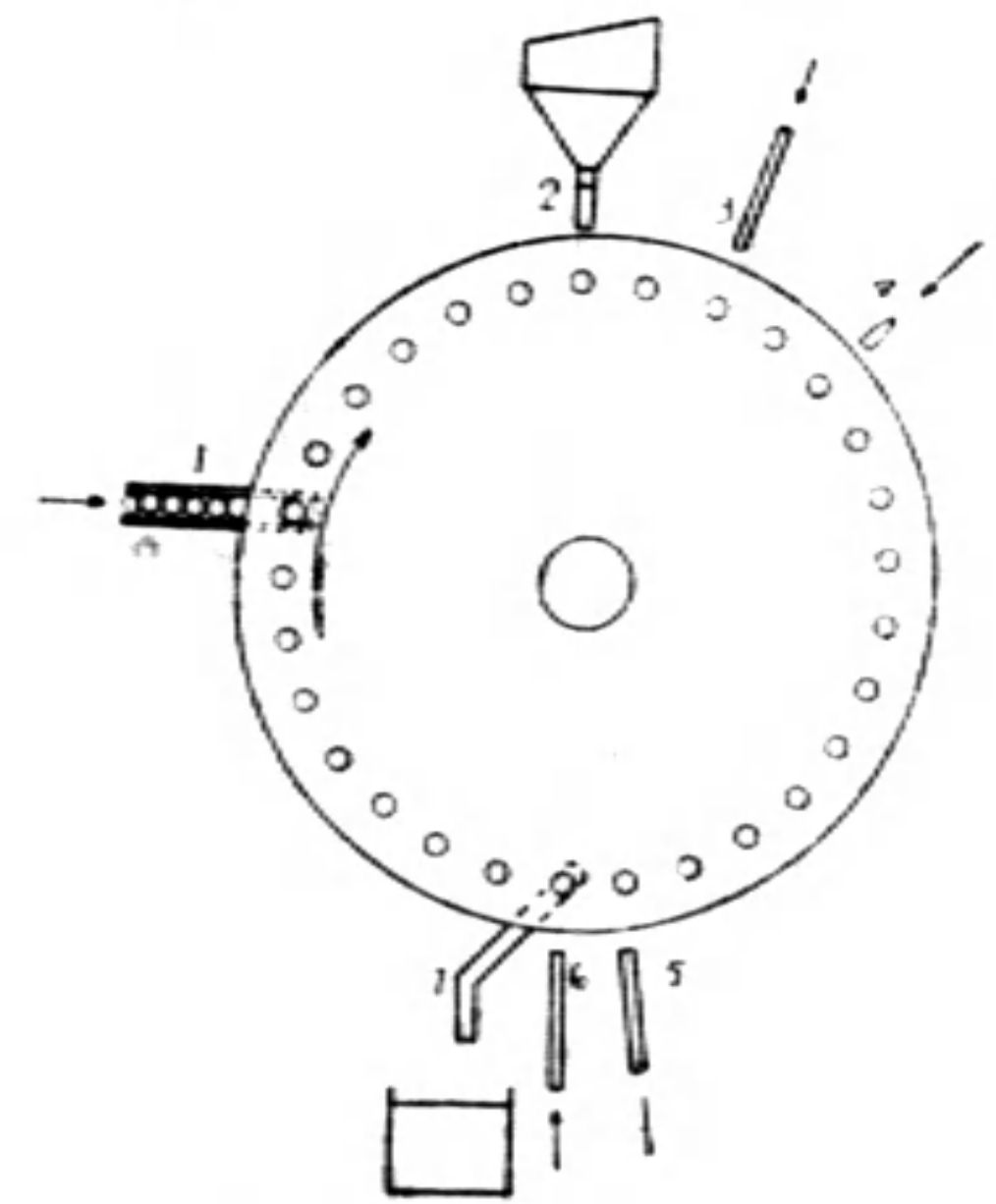
火帽裝就以後,其次即為裝藥及裝彈頭,此兩工作在同一機器中行之。機為特製,有圓盤一,盤周為多數圓孔,如第十九圖。銅殼由1處送入圓盤依矢向迴轉,載銅殼經過2處,2為盛火藥之漏斗,斗口之上有機構,能使每次漏下之藥量相等,銅殼過其下時,斗口即開,火藥即已裝入銅殼內。3為壓藥桿,將藥稍壓,且藉之以擇知藥量之充足與否。如藥量不足時,藥桿下壓後,機旁之電鈴即鳴,裝彈頭之工人即注意該銅殼,使其上不再加彈頭,以免製成藥量不足之槍彈。彈頭由4處以人工放入,經5之壓桿,將其壓入銅殼口內,再經6處,送彈桿下壓,使裝成後之彈由7管中落於箱中,槍彈於是完成。

新式之裝藥及彈頭機,其銅殼及彈頭皆自動裝入,其裝藥用自動天平,精密權定,不特可省人工,而其製成之彈更為正確。

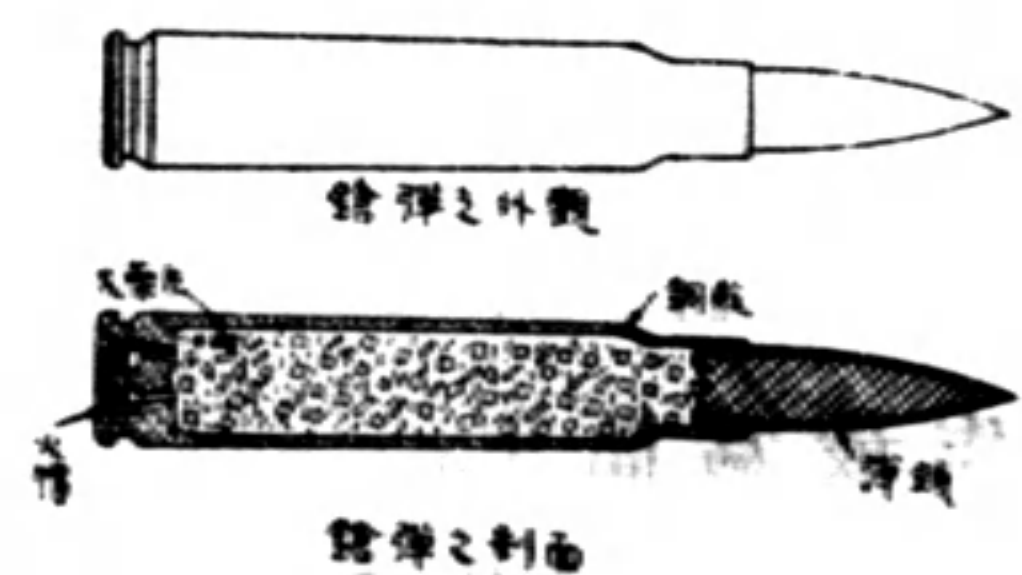
裝成後之槍彈,如第二十圖。



第十八圖



第十九圖



第二十圖



## 26. 檢驗

銅殼及彈頭之各件檢驗,已於各件製造完成時行之,故完成裝彈後之檢驗,只為重量及全長而已。檢驗全長之機器,與檢驗銅殼者相同,其檢驗重量之機器,則為一自動天平,其上彈及分別輕重等工作俱係機器自動。

除上述關於鎗彈外形及重量外,尚須實射以測定在鎗膛內之火藥最大壓力(maximum pressure)及發射時彈頭之速度(稱為初速 muzzle velocity),以合於規定之限度為合格。下表為漢粵兩廠步鎗彈之最大壓力及初速之規定數。

廠 別	最大膛壓	初 速 公尺/秒	裝藥量(公分)
漢 廠	3000	620	2.6
粵 廠	2800	700	2.69



# 南京市防水辦法之商榷

張 劍 鳴

## (一) 引 言

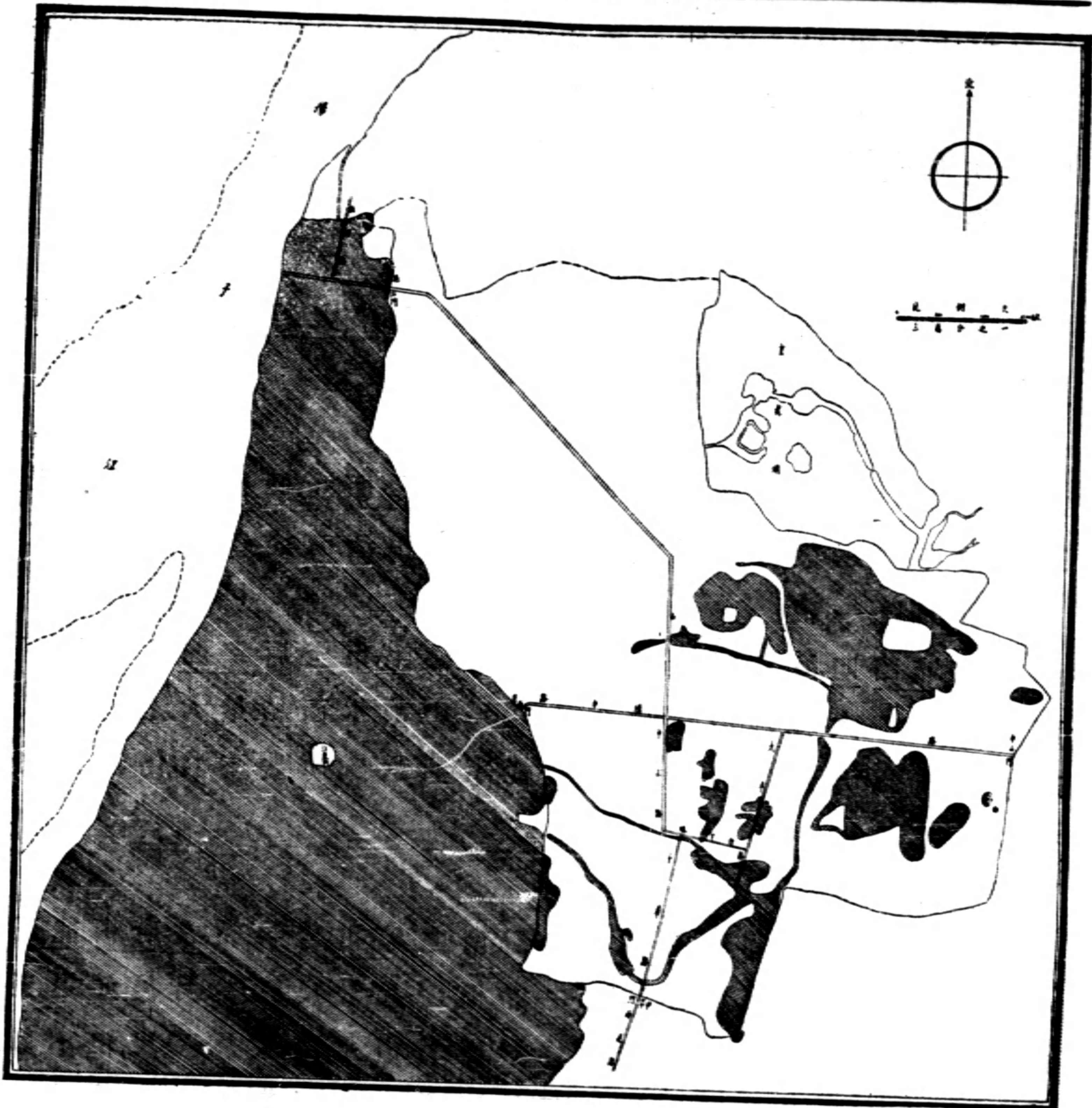
民國二十年全國大水，南京亦未能倖免，街衢浸沒，屋廬傾圮，城外一帶田地盡成澤國，人民顛沛流離，處於水深火熱之境者累月。當時雖經市政當局竭力補救，而公私損失，已不知凡幾。現長江久欠疏浚，淤灘日多，稍值天時不順，水災隨時堪虞。懲前毖後，爰草此文，以備與關心南京水利諸同志共商榷焉。

## (二) 民國二十年南京水災狀況

南京遭受水患，考之舊志，已非一次。最近百年中，清道光二十八年，南京大水，二十九年尤大，城中城北，屋脊僅露。城南汶港，非刺船不能行。清咸豐五年大水，諸水皆溢。清光緒丁酉又大水，夫子廟水深數尺。清宣統三年大水，江水泛濫，以致儀鳳門一帶積水數尺。民國五年亦大水，據海關紀錄，水面高出京滬路水平零點53.13公尺。民國十年大水，高出京滬路水平零點54.10公尺。民國二十年洪水，則高出京滬路水平零點54.72公尺（當時如江堤不陷則水之高度計當漲至高出京滬路零點55.12公尺），以致沿江一帶盡成澤國，城內被水面積亦約佔十之二三，歷時至三月又半之久，洵南京市一浩劫也。（參觀圖一）

據調查所得，民國二十年南京大水時城內外被水區域，約如





圖(一) 民國二十年南京市水淹面積

下參閱第二圖：

(1) 城內被水區域

(甲) 秦淮河兩岸

城內秦淮河兩岸，自東水關起，西經文德鎮淮新橋以達西水關爲止，平均寬約一百公尺以內，無不淹沒；尤以夫子廟一帶，河水上溢至一公尺左右，交通斷絕，幾及兩月。自東水關向西北經淮清橋，四象橋，內橋而至漢西門附近，兩岸約在六十公尺以內，均水沒



數尺歷久不退；而八府塘一帶被水面積尤廣，幾同一片汪洋，水淹最深，歷時亦最久。又自東水關北行，沿復成橋，天津橋至竺橋，轉西，經珍珠橋，北門橋達乾河，沿兩岸淹水寬度約四五十公尺不等，深亦過膝。

(乙)成賢街一帶

城北成賢街一帶及鐵路以南中央大學大石街等處，無論街上屋內均積水數尺，至三個月後方始退盡。

(丙)白鷺洲一帶

城南白鷺洲一帶，自東關頭起至老虎頭止，低窪之處，水深沒頂，平地亦積水數尺。居民數百戶在水中生活者，達二月之久。

(丁)黃埔路一帶

黃埔路明故宮附近一帶，西至市鐵路，東至后宰門，北至城根，南至中山路，大塊地段，盡成澤國，為城中被水面積最大之一處。當時市政府竭力防堵，並用抽水機從事抽水，雖所費不貲，仍無甚功效。

(戊)其他各處

城內淹水之處，尚有新街口以南之破布營一帶，常府街龍王廟一帶，又城南西城根小河井一帶，俱深及數尺，經二月後始退。至城北三牌樓附近，于去年霪雨之後，雖首遭水淹，深及三尺，但不數日即退。其他各處有深不滿一尺，淹不滿一二星期者，多不勝計。

(2)城外被水區域

(甲)下關一帶

下關一帶，自惠民河以西，北至澄平碼頭，南至三汊河，盡為水淹。

(乙)沿江一帶

沿江一帶，自三汊河以南，漢西門水西門外直至大勝關一帶，地勢甚低，除該處較高地帶，如北河鎮新河鎮等處，幸免波及外，其餘因江堤崩潰，廣袤數十里，盡成澤國，水沒之面積既大，被淹之田



禾尤多，而農民之受害亦最重。此爲南京市災情最重最慘之部份！

(丙)玄武湖一帶

玄武湖一帶，湖水泛濫，環湖各地，無一片乾土。五洲公園園址及湖民田舍，莫不淹泊水中，誠空前災禍也。

### (三) 水災之原因

民國二十年南京市水災狀況，約如上述。茲再論水災之原因，而於城內城外分別言之。

(1) 秦淮河兩岸水淹之原因分兩種。

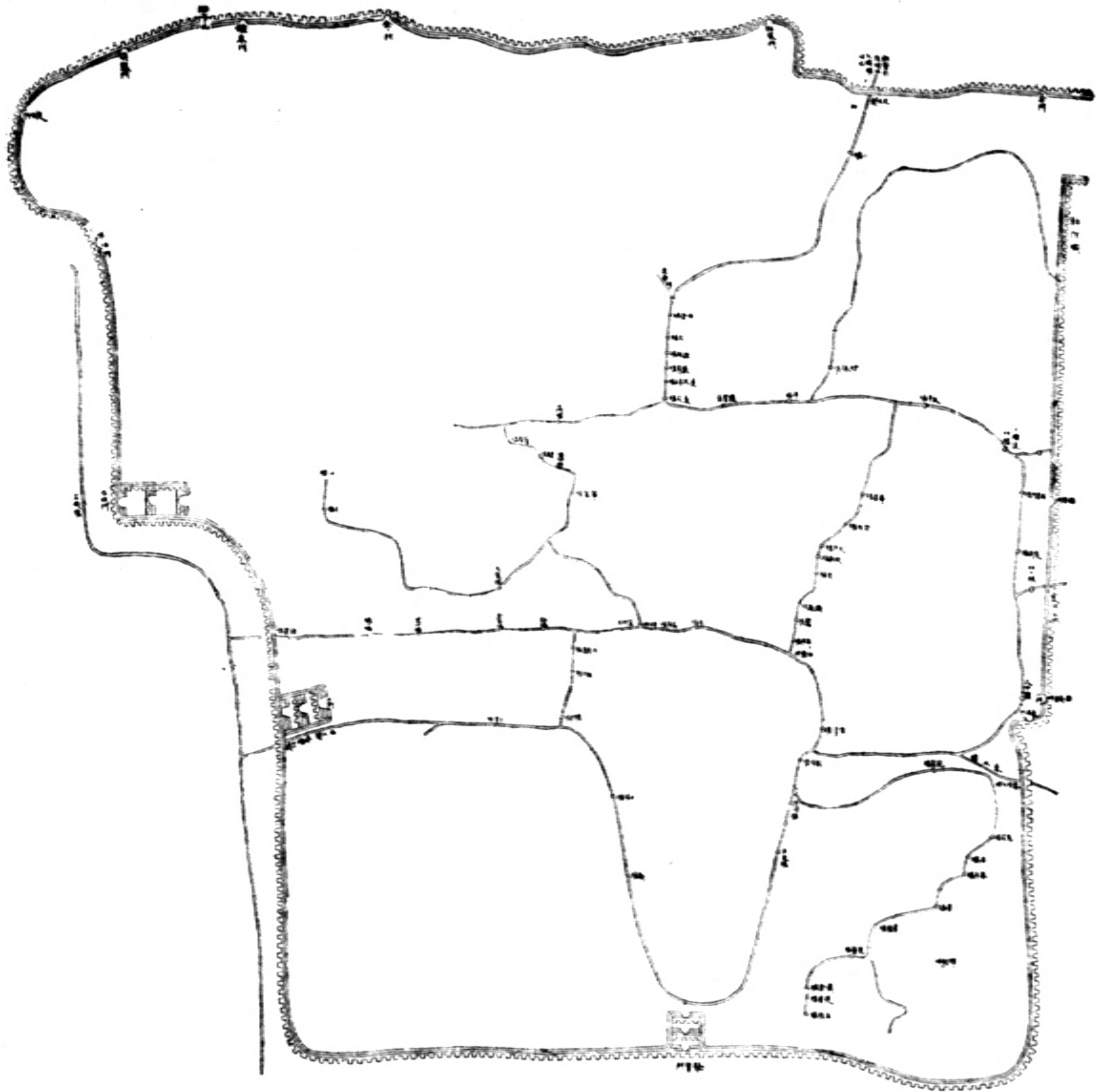
(甲) 長江水位低于西水關水面時：

在此種情形之下，秦淮河之水，本可由西水關流行入江。若江水高度未超過秦淮兩岸之時，則沿河一帶本不應遽遭淹沒。但民國二十年沿秦淮河兩岸開始淹沒之時，尙在西水關之水暢流入江之際，則河水上溢之原因，乃河之本身問題，而非盡爲江水高漲之單獨問題可知。

按南京城內秦淮河（以下即稱秦淮河），起自東水關，迄西水關。又自東水關起，迤北，經天津橋而迄竺橋，爲其幹流。至其主要支流則有：（一）自淮清橋至鐵窗櫺，（二）自浮橋至台城水關，（三）自竺橋至乾河沿，（四）自草橋至陡門橋，（五）自銅心管橋至復成橋，（六）自香林寺至竺橋，（七）自管家橋至羊市橋，（八）自五台山宮後山之石橋至羊市橋等八處（參閱圖二）。其水之來源，經考之舊誌及實地考察，計有（一）東關頭，（二）玄武湖（台城水關及太平門水關）（三）香林寺附近，（四）銅心管橋，（五）前湖，（六）進香河，（七）五台山，（八）乾河沿及其他若干小源。今將八處情形分別述其大概。

（一）東關頭爲溝通城外秦淮河與城內秦淮河之要口。外秦淮河發源于句容溧水之間，蜿蜒西下，至九龍橋分成兩支。其直通長江者爲護城河。其由東水關入城，經鎮淮橋新橋上浮橋至西水關，復流入江者，爲城內秦淮河。東關頭築有水閘，以隔離內外兩水。如





圖(二) 明際南京城內水道略圖

內河缺水而外河之水高過內河,則啓閘放水入城。倘外河之水過高,則閉閘以防水。若外河之水涸,則亦閉閘以蓄水。此爲東關水閘之主要功用。第因工程方面未臻完善,致閘門不能全閉,故當外河水位高漲之時,仍無法遏止其漏入城內。

(二)玄武湖地勢甚高,湖底高度約爲53.89公尺左右。而城內台城開口處,秦淮河河底高度,僅約52.00公尺左右,即在湖水一公尺半而河水二公尺之平常時期,玄武湖面已高出秦淮河面約一公



尺半左右。民國二十年大水時，台城開口，雖設法堵塞，但湖水捨由此開放水入城，及小部分由太平門開入城外，毫無去路。湖水愈積愈高，竟達四五公尺之水壓。壓高水急，不易堵塞！且該開附近一帶地下泥土，因水流串通，積久成孔。大水時，由此等小孔流入者，亦復不少。

(三)香林寺在城之東北，所有富貴山一帶及太平門水開流入之水，盡匯流入于此河，而轉至竺橋，與秦淮正流相合。一遇天雨，山流齊下，水量甚多。

(四)銅心管橋在明故宮之東南，建有水開，外通護城河。明故宮以南一帶，全賴此河灌溉。若遇雷雨之時，護城河受秦淮外河及紫金山一帶之水，突然湧漲，即由此開流入城內，經第一公園南首與秦淮河幹流匯合。

(五)前湖在城外東北隅，古名燕雀，考之舊志，湖面甚大。後明太祖取三山之土，以填此湖，建為大內（即明故宮），故湖面不及後湖之大，但位居紫金山下，所有紫金山向西一帶之水，大半流聚于此，由通城之水開入城，經謝公墩東長安門九板橋外五龍橋而與銅心管橋之支流相合，匯入秦淮幹流。

(六)進香河之水，來自北極閣一帶，經西板橋大石橋蓮花橋轉西，達珍珠橋而入秦淮幹流。

(七)五台山一帶之水，大部分原由石橋易駕橋經羊市橋以入秦淮。現因地勢變遷，此流已不可考尋，現有一部分山水流經張公橋附近之迴龍橋折入秦淮。

(八)乾河沿一帶，受城西諸山之水，經中山路下之涵洞及北門橋浮橋而至竺橋，與秦淮幹流匯合，來源既廣，水量亦大。

以上八處源流均以秦淮為歸宿，而其出路則惟有西水關及鐵臆櫃二處。在平常江水低落之時，縱遇雨水，諸源匯流入河，但去路亦暢，尚不致驟形高漲。惟當夫洪水為患，江水上漲之際，江面與河面之相差有限，其出水方面，因壓小流緩，遂致不暢，而進水方面，



則因去路不暢，各源之水壓愈積愈高（如去年玄武湖增至五六公尺水壓），以是水流愈急而水量亦愈增，卒至造成去少進多之局面，日漸壅積，溢及兩岸。

(乙)長江水位高過西水關水面而成倒灌局勢時。

在此種情形之下（約在長江之水高漲至五四·四公尺以上時），西水關之水即不能流出，縱有其他尾閘，亦等于無用。是以前年八九月間之秦淮兩岸水患，係完全受長江汎濫之影響，當時雖力行堵塞，及抽水工作，終未能弭患也。

(2) 成賢街一帶水淹之原因

成賢街一帶，居台城水閘下游。北極閣之水，沿進香河而下，本以秦淮幹流為其尾閘。迨秦淮已滿，水無去路，而玄武湖之水，又急流而下，（當二十年大水時，雖曾將閘門堵塞，但後湖之水，仍從滲漏處及泥土小孔內流入），河湖二水相匯，愈積愈高，遂將該處淹成澤國。

(3) 白鷺洲一帶水淹之原因

白鷺洲一帶，地勢本低。測得水平平均約五三·六左右。考之舊誌，沿秦淮河方面，本設有金陵水閘但現廢棄已久，僅留閘槽，致河水上溢，無法防堵。洲外之大石壩街，地勢本高，其命名曰石壩，實因白鷺洲過低，含有防禦河水之意。二十年河水上溢，該街受水不及一尺，卒以金陵閘廢棄，而河水盡入白鷺洲矣。

(4) 黃埔路一帶水淹之原因

黃埔路一帶，為前湖入城水道，亦為香林寺一支小流必經之地。平時全恃秦淮為其出路，二十年秦淮水滿，無可容納，以致汎濫成災。當時南京市工務局曾將前湖湖水阻塞，而香林寺一流，則無法遏止，遂築堤抽水，耗盡財力矣。

(5) 其他各處水淹之原因

其他水淹之處：如新街口以南，破布營一帶，一因水塘填平，二因舊有水溝或已淤塞，或已崩毀，致局部積水，無從宣洩。又常府街



龍王廟一帶，因地勢較低，致河水經娃娃橋昇平橋而上溢。又城南根小砂井一帶，因原有直通西關頭至外河之水溝，年久淤塞，水流不暢，迨江水上漲，去路已絕，遂致泛濫。又城北三牌樓一帶，因該處河道淤淺，久失疏浚，大雨之後，若藍家橋獅子橋馬鞍山虎踞關諸水一時匯至於此，遂不及排洩而致上溢。幸有金川門爲其尾閘，尚可漸漸退落。以上係城內各處水災之原因，至於城外部份又各有不同。

#### (6) 下關一帶水淹之原因

下關一帶之水災全視江水漲落爲斷。二十年自七月起，江水漲至水平五四·五公尺以上，而沿江及沿惠民河一帶，其本身平均高度則僅爲五四公尺左右，故水勢洶湧，到處氾濫。但熱河路及大廟寺一帶之水，尚因熱河路填築之後將原有之護城河與惠民河構通之孔道(名運水橋)填實，遂致護城河受獅子諸山之水，而毫無出路，及遇霪雨連日，遂至上溢。

#### (7) 三汊河一帶水淹之原因

三汊河沿江一帶水淹之原因，至爲簡單，蓋該處地勢本極低窪，所恃以防水者，僅土埂數道。二十年大水爲百年來所僅見，臨時在江水將超越土埂時，雖經農民施工搶險，但所填之土，均未堅實，一經風濤沖擊，新土卽行潰決，而滔滔者，遂莫之能禦矣。

#### (8) 玄武湖一帶水淹之原因

玄武湖一帶，去年大水之時，盡在水中，蓋該處受紫金山及城外諸山之水，其大小來源，不下數十處之多，而其去路，則僅有台城水閘及太平門水閘兩處。二十年爲保全城內起見，將二處閘門杜塞，湖內之水，雖猶有從滲漏處及地下孔道流出，但湖面過大，毫不濟事。當時京滬鐵路曾擬引湖內積水，經下關而入江，但當時積水已高，一旦放水入江，不免波及下游各地，經下關農民之堅決反對，未能實行，以致該處附近盡成澤國，卽京滬路軌道亦遭淹沒歷數日之久。



## (四) 防水之意見

水災之原因，既已明瞭，則所以防水之道思過半矣，請申述之。  
(圖三)

(甲) 城內秦淮河水患發生於江水尙未倒灌時者，純因來源太多及尾閘不足之故。是以欲防河水上溢，非減少其來源或增加其尾閘二途不可！惟增加尾閘，格於地勢，不易舉辦，故祇能改善出路，及尋其來源之中，可導往他處者分導之，以減其水量，或調節之，使在大水之時，可以阻其進水，不致爲患，而在河水枯涸之時，又仍留相當之水量，以應需要。

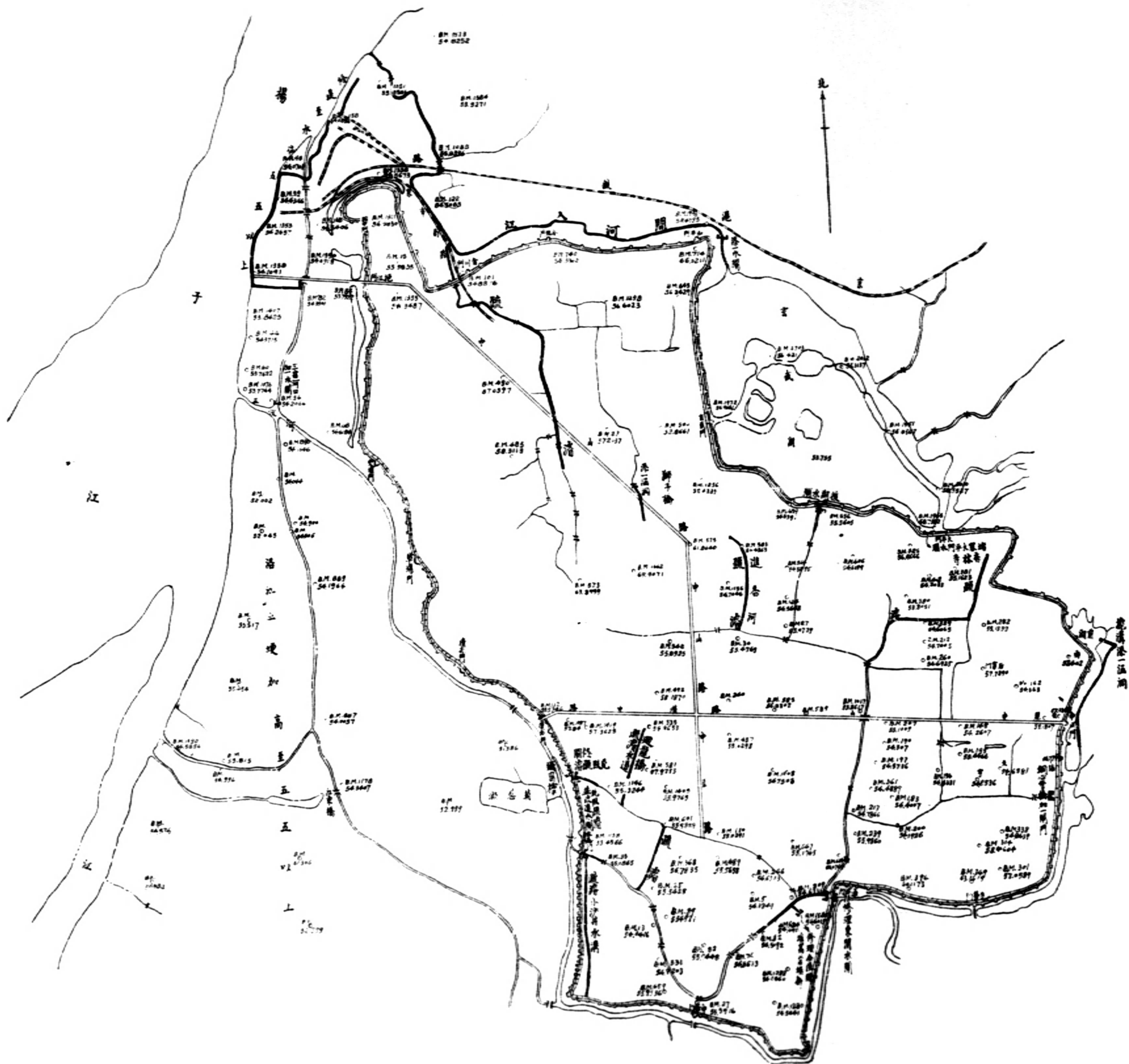
(1) 理整東關頭 設置東關水閘之原意，本爲秦淮河水涸之時，啓閘放護城河之水入城，在外河之水高漲之時，閉閘以絕此路之來源。但此關之閘門已有損壞不能達到河底，故二十年大水之際，雖經閉閘，實未完全封閉，雖經投以砂石，麻袋之類，終鮮大效。故應速將閘門重加修理，使得關閉到底，不失其用。

(2) 調節玄武湖 玄武湖台城一路，亦應用調節方法，但不能獨特水閘之整理，因台城一帶，地下漏孔太多，阻塞不易，已如前述，故惟有調節湖水之高度，使湖水不致過分滯積，則進水壓力不大，當閘門一閉，其由漏孔流進之水量，亦必不多。其調節辦法於下節論治玄武湖水患辦法內詳述之。

(3) 疏浚香林寺河及堵塞太平門水閘 香林寺之水，係受富貴山一帶及太平門水閘之水所灌注，富貴山一帶之水，祇能導之使暢流入秦淮幹流，故惟有將自香林寺至竺橋一帶之水道，加以疏浚，使之暢流無阻。至於太平門水閘流入之水，亦爲玄武湖入城之一路，但閘口甚小，非遇湖水高漲之時，不致有多大水量，爲防水患起見，擬將該閘口填塞，以此源平時無可利用也。

(4) 加築銅心管橋閘門 銅心管橋之水源，現尙不應堵塞，因明故宮以南一帶農民盡利用此水以資灌溉，故擬在城內加築一





圖(三) 南京市防水計劃圖



閘門，以便隨時調節。該處河道甚狹，水流不急，如築閘門，所費極有限。

(5) 挖前湖環城馬路下明溝並造一涵洞 前湖之水，於城內無甚裨益，故不必使之入城。但在大水之時，紫金山之水匯流而入此湖者來源甚廣，應挖一明溝於前湖東西環城馬路之下，並造一涵洞，使與路東之河道相合而流入護城河。此項涵洞，長約三十尺左右，建築費不多，而功效甚大。

(6) 疏浚進香河 北極閣進香河之水，不宜阻塞，當導之入秦淮，擬將此河自北極閣附近起至蓮花橋一帶，略加疏浚，以暢其流。

(7) 疏浚五台山迴龍橋附近水溝 五台山一路之水，因地勢變遷，其正流不復可尋，已如上述。故只須將迴龍橋附近之水溝，加以疏浚，使該處一帶之雨水得暢流入河，即無滯積之虞。

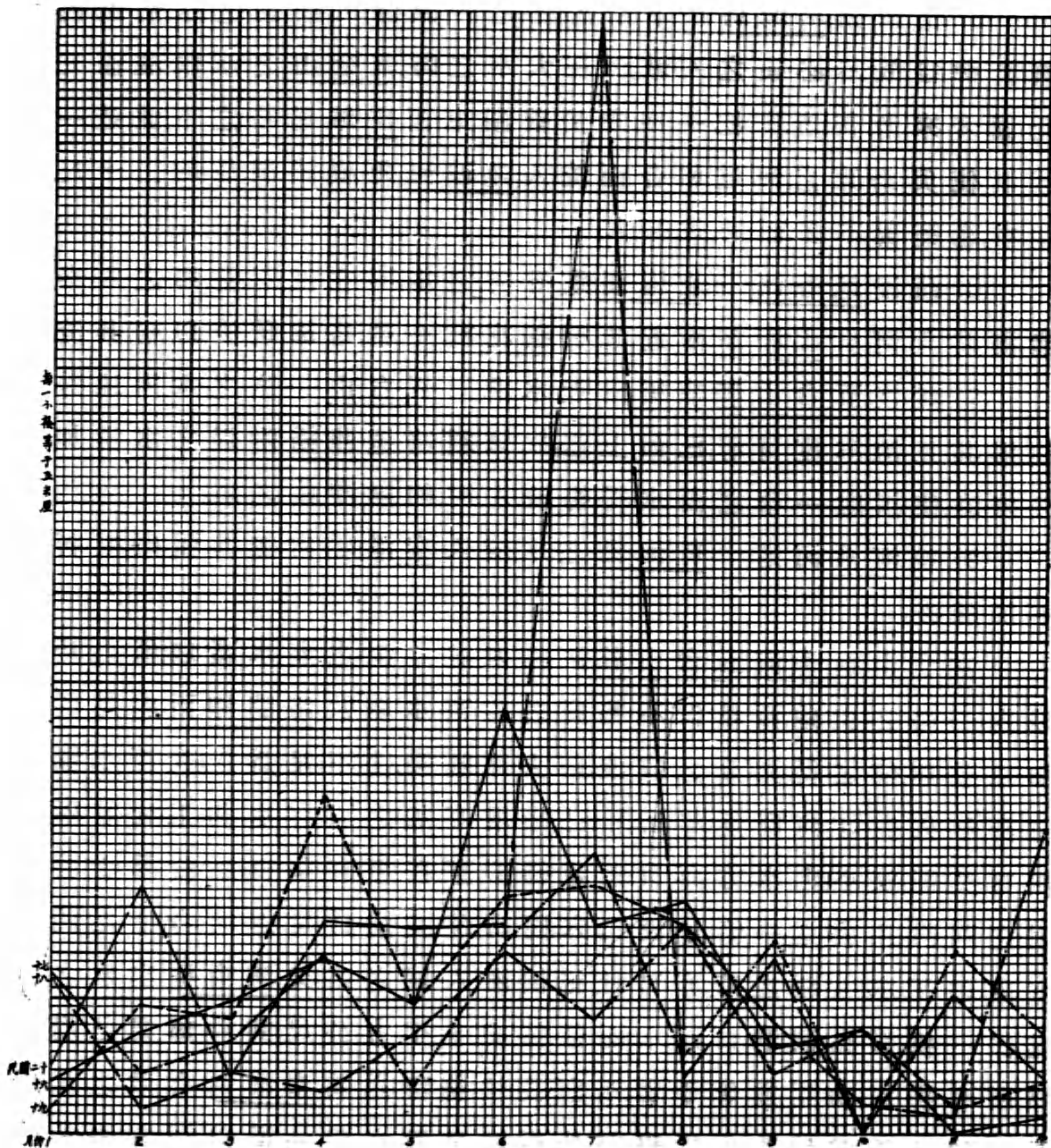
(8) 乾河沿河道 乾河沿之水，流入秦淮，現尚無甚阻礙，擬暫不加疏浚。

富貴山，進香河，五台山，乾河沿四處水源之灌水區域，僅限於城內一帶之山地，面積尚不甚廣。若將西水關及鐵牕兩處尾閘，加以整理，使之得充分之宣洩，則去路既暢，當不足為患。查西水關河身，年久失修，河底逐年淤積，已漸增高。加之原有水關，工程簡陋，關口又極狹小，出水方面自難通暢。似應在原有關口，添設易于啓閉之閘門，且放寬一倍，分設二穴。同時疏浚關口附近河身，庶尾閘寬敞，即江水上漲之時，亦可杜絕倒灌入城之路。又鐵窗出水之處，係一拱形涵洞，洞口通水面積僅約 8 平方公尺，其中部業已崩陷，所有排水功用，幾等于零。亟應設法整理，以為秦淮河有效之尾閘。擬即將該處城牆內崩陷部分拆開，另置水閘一道，以利宣洩，並防止大水時江水之倒灌。

(乙) 城內秦淮河於江水倒灌時之防洪方法，惟有將各項尾閘之閘門，完全緊閉。對於來源中如台城水關東水關前湖及銅心管橋之水，完全阻絕，則所須顧慮者僅為城內雨水。考南京市五年來



之按月雨量以二十年之七月為最大(圖四),計共有125公厘之多如為安全起見,假定每日最大雨量為上數按日平均數之三倍,



圖(四) 民國十六年至二十年南京市雨量比較圖

即  $\frac{125}{30} \times 3 = 12.5$  公厘,又因城內地區面積約46平方公里之中,城北一部分地勢較前此長江最高水位為高,其雨水可由金川門流注入江,受水面積可以三分之二即30平方公里計算,則每日城內



應顧慮之雨水爲

$$30 \times 1,000,000 \times 0.0125 = 375,000 \text{ 立方公尺}$$

假定上項雨水流入城內秦淮河者佔百分之六十，即每日應抽去之水量爲  $375,000 \times 0.6 = 225,000$  立方公尺，如抽水機每日工作二十四小時，即日夜不停，則每秒鐘之排水量爲

$$Q = \frac{225000}{24 \times 60 \times 60} = 2.604 \text{ 立方公尺} = 2604 \text{ 公升}$$

又假定  $H =$  抽水高度  $= 3$  公尺， $E =$  抽水機之效率  $= 50\%$ ，則所需抽水機之動力應爲  $N = \frac{QH}{75E} = \frac{2604 \times 3}{75 \times 0.5} = 208$  馬力，如購置 100 馬力，60 馬力及 40 馬力之抽水機各一具，當可敷用。至於抽水設備應爲永久裝置，抑臨時裝置，則完全爲經濟問題。南京之洪水，既不常見。永久之抽水設備，似非必要，但若能于東關頭水閘之上，設置抽水機，使在大水時，可抽秦淮之水入護城河，在城內東關之水高出于護城河，而其他來源亦不暢旺時，可用以調濟秦淮，以免積滯不流之弊，亦未始非一辦法。

(丙)成賢街一帶防水之辦法，惟有阻止台城之水，及使香林寺之水，有所歸納而已。〔參閱(甲)(3)及(壬)〕

(丁)白鷺洲一帶之防水辦法，應將金陵閘重加修理，再將大石壩街略加填高。查該街現在高度大約爲五四.五左右，加高三四十分公分即可保無虞。是項慎高工作即于臨時爲之，亦無不可。惟水閘修理，則須預先實施，以期萬全。

(戊)黃埔路一帶之水，其防止辦法，若如以上所述，將前湖之水導引入護城河，而將香林寺之水暢導入秦淮，復將太平門之水閘，加以阻斷，即可無慮。

(己)其他若破布營一帶則應將原有之水溝，派工修理，導水入秦淮即可。至龍王廟等處，則完全視秦淮河而定。如秦淮河防水適宜，不致泛濫，該處局部水患，亦不致連帶發生也。小砂井一帶防水之法，即將通西關外江之水道，加以疏浚，可無問題。至于城北一帶地勢較高，三牌樓一帶之水，偶有滯積，其去亦易。防止之法應將西



流灣至金川門一段，亟加疏浚。該段爲匯聚城北諸水入江之幹道，關係甚大。至于外交部附近一帶，天雨之後，常見積水者，乃因外交部西面之塘，近被填實，致原有中山路下之涵洞等于虛設，應亟加設法添築水溝或涵洞一道，接通至獅子橋，以利宣洩。又西流灣原有之涵洞，亦應將其進出口附近一帶加以疏浚。

(庚)下關方面，擬修復二十年所建之江堤，其高度增至五五·〇〇，而同時在惠民河之三汶河口加築水閘一道，使江水上漲之際，可以閉閘，不致受江水上溢之影響。至關於護城河之水，擬在熱河路至惠民河間通一水管，同時在大廟寺一帶，于鐵道下加一涵洞，使護城河之水，得穿過鐵道而流入江，不致滯積上溢。

(辛)三汶河以南，沿江一帶發生水災之原因，既係地勢過低，而土埂又被水冲陷之故，則根本辦法，惟有將地面填高。但填地辦法爲事實上所難能，其治標方法惟有修理土埂之一途。查現有之土埂，曾經南京市全國水災工賑局派遣災民修築，但其高度至不一律，達五五·〇〇以上者甚少，似宜再行加高及加寬，以策萬全。

(壬)後湖爲南京市之惟一大瀦水地點，奈歷年湖身淤墊，容量日蹙。湖水一高，開閘則城內民舍有濡水之虞，閉閘則城外民田受淹沒之患，畸輕畸重，難獲其平。于是有倡閉東關以斷護城河之水流者，有倡疏浚後湖本身者，有倡于和平門外沿城開河，放湖水入江者。主張紛岐，莫衷一是。據著者之意見，以爲東關于秦淮河有切身關係，斷無因防湖水入城，而閉絕東關之理；疏浚湖身，以增容量，理論雖佳，但費用浩大，計非萬全；僅開河導湖入江之法，最爲適當，亟宜採用。惟恐因湖江連接，湖高江卑，則湖將有斷水之虞，故斟酌情形，擬在後湖和平門附近設一水閘。當湖水不高之時（約在五市尺以下），則閉閘以蓄水，過高（即超過五市尺）則開閘以排洩，由河而入江。查玄武湖志載清梅曾亮爲江甯水患上陸制軍書，有按語云：「後湖通江，本有故道，或由廬龍山迤邐而東，已見舊志。以理揆之，或非虛耳。非然者，池號昆明，水師屢閱，樓船五百，且由瓜步而來，



注史苟非妄言，果何道之從乎？湖高江卑，無虞江流之倒灌，且晚近工程之學日進，關開啓閉，新法益明，苟有故道可尋，通江未始無利！（下略）

可知開河通江及設閘之議，事非創聞，且于今日亦屬妥切簡便之辦法也。預計該新開河之長度，約須1.5公里，寬度約5公尺已足，土方當不甚多。再加設一閘門，所費當亦有限。再將挖出之土，靠民田一面築一河堤，則于農民有灌溉之利而無一害矣。

## （五）其他關於南京市防水之意見

### （1）舊有溝道應加以整理或疏浚

南京市城南一帶，一片平地，其遭遇大雨，而未必驟蒙水患者，蓋自有其排水之途。據調查及由歷年來修路清溝之結果，知道路之下，尚有一縱橫交錯之舊時溝管系統，是種溝道，大小不一，支幹分明，大都循街道，而以秦淮河及深池大塘為其歸納之所。惜此項溝道，係用城磚或普通磚料造成，多底平面粗，對於水流之阻力甚大，進口處亦多未加設溝板，致易滯塞。加以年久失修，或中段崩陷，水流阻斷，或全溝淤塞，等于虛設。初遭大雨，尚能勉強應付，若霪雨連綿，則排洩不及，雨水壅積，或由溝道上溢，或積滯路面，為患不淺。故在整個下水道計劃未實施以前，應先切實整理街道下舊有之水溝，以應急需。其大體完好者，用洋灰填補其罅漏，及塗平其底部，並加鋪進口處之溝板；其已破碎不堪修理者，則接以水泥溝管；務使所有溝管本身及出入口，皆無阻斷淤塞之弊，則雖大規模之下水道稍緩設備，亦可無礙。

### （2）對於全城水塘應速定填塞之限制

南京全城水塘，統計有2597個之多，面積占3629畝之巨。大約每一水塘均可容附近若干地段受水之量，其大者尚有舊時溝道相通連，以容納溝道所排洩之水。南京市日臻繁榮，阻止人民填塞水塘，既非永遠之計，且在現代都市之中，容許若是鉅數之水塘存



在，亦不合于經濟及衛生之原則。但在具體之下水道計劃未完成以前，任意由人民填塞，平時所恃蓄水之池塘，而無相當之方法以補救之，則南京水患，將愈不堪設想。故宜速定填塘之規則，以示限制，其主要點應為：

- (一) 人民填塘之前須請領執照。
  - (二) 如該塘原屬附近地段雨水之歸納所者，在填實之先，須將該地段溝道接通于他處溝管或他塘，務使該地段之水，不致因此塘填塞而無法宣洩。
- 如照此方法辦理，則水塘雖填實，而于排水仍可無礙，未始非一兩全之策。

## (六) 結 論

上述各項防水意見，均求切于實際，易于舉辦。治本之法，莫如設置完善之下水道，使市內無地有不能洩水之弊。為防江水倒灌起見，下關江邊一帶，以填高地面為最妥辦法。城內則設置抽水機抽水，及隔絕一切外來之水源，並利用城牆以為天然之堤岸。關於開河入口以導後湖之水及整理東西兩水閘之議已經見之實施。現並有荷蘭庚款百餘萬，將專為南京防水設備之用，故上項計劃均有實施之可能。爰為錄出以供國內專家之指正。



# 膠濟鐵路工務第一段式鋼軌防爬器

王 節 堯

## (一) 鋼軌爬行之起因及範圍

普通木枕軌道，因(一)枕木與鋼軌連繫之不緊湊，(二)渣床與路基之鬆軟，(三)上下行運輸量之不平衡，(四)線路之起伏不一，益以列車之衝擊，及使用猛烈之掣輪閘，以致鋼軌日久發生不規則之爬動。此種現象，在單線鐵路上尤為顯著。1909年美國理海鐵路，在 Sand Hill, N. J. 與 Verona 間，舖有 45 公斤鋼軌一段(參見美國鐵路雜誌 Railway Age Gazette, Nov 17, 1909)，通車後未及三月，鋼軌即發生劇烈爬行，其最甚處，有達 21 公尺者。此驚人之紀錄，固有其特殊原因，然亦可見鋼軌爬行可能性之一斑。

膠濟鐵路於民國二十二年春，在大港塔耳堡間，換舖 34 公斤鋼軌約 50 公里。為研究鋼軌爬行起見，設有觀測點多處。其在膠州芝蘭莊一段，公里 79+400 處，為該段內鋼軌爬行最烈之一處。計自二十二年四月十二日換舖之日起，至同年七月中旬止，雖為時僅三閱月，而爬行已達 135 公厘。且該處鋼軌，每節裝有「防爬器」四付或五付不等，以後情形，雖不若前三月之嚴重，然亦月有增加。茲將數月來觀測該處爬行結果，列表如下，藉見一斑。

表(一) 膠濟鐵路某處鋼軌爬行之觀測

觀 測 年 月	22-4	7	8	9	10	11	12
爬行尺寸(以公厘計)	無	135	143	140	152	155	160



觀上表,知過去七月中,鋼軌爬行計達 160 公厘,每月平均約為 23 公厘。此種積極潛動,其妨礙軌道修養工作實至鉅大,負責路務者殊不能忽然置之也。

## (二)鋼軌爬行及其影響

鋼軌之不斷的爬動,影響於軌道之修養者,舉其大要,計有四端:(一)鋼軌節頭因爬動而差錯,枕木傾斜,以致軌距縮狹。(二)軌條相互擁擠,致伸縮縫減小或消滅,一經高溫度,軌條被迫,向兩旁彎撓。(三)道叉因鋼軌挺進,失其固有地位,以致效用喪失。(四)石渣被枕木排擠,以致渣床虛實不一。

上述四端,有一於此,即足以威脅行車安全。故世界各國路政當局對於鋼軌爬行,咸認為鐵路工程中的一種嚴重問題,而思有以補救之。顧爬動問題,原委繁複,既非單純數學公式所能賅括演繹,亦非局部研究,或短期觀察,所能解決,故推演結果,羣趨向於採用「防爬器」之一途。此雖非根本之圖,然就目前一般軌道設備而論,未始非輕而易舉之一法也。

## (三)膠濟鐵路採用之防爬器及其工務第一段式

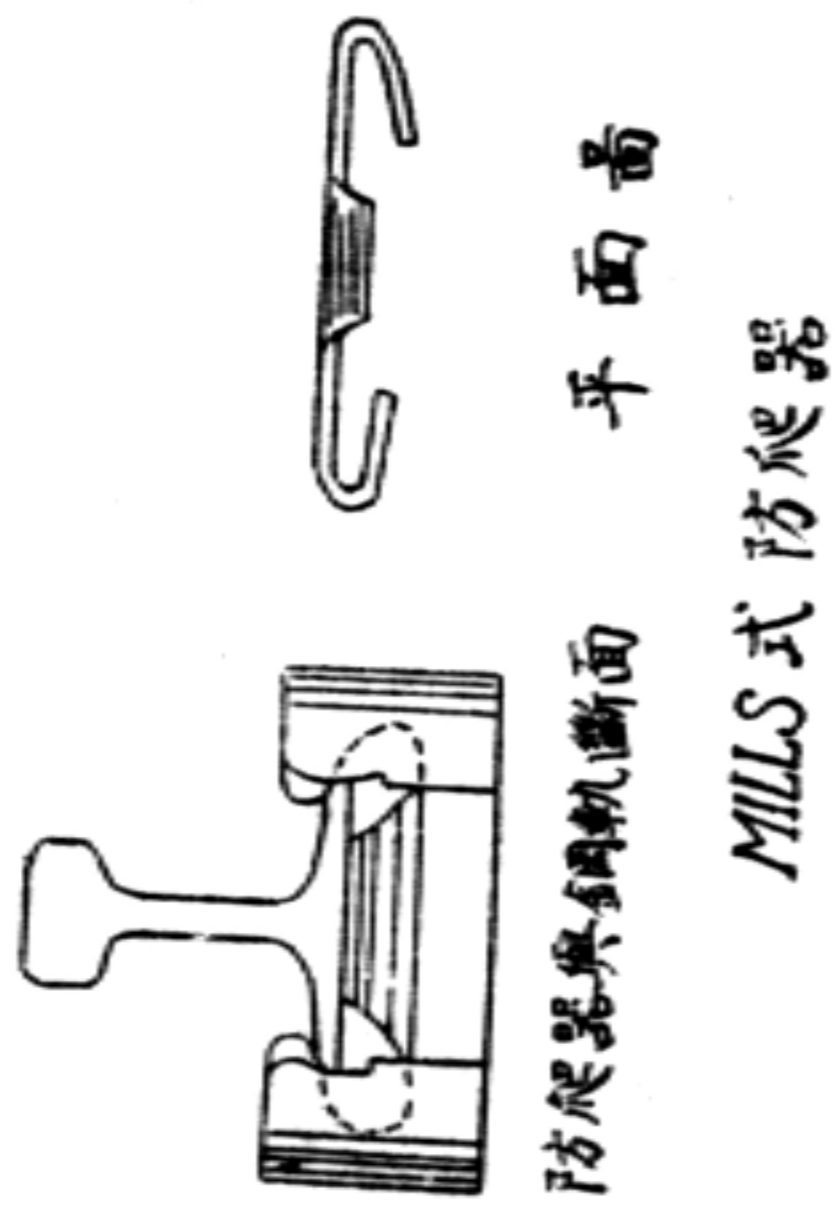
膠濟鐵路自民國十五年開始換鋪 43 公斤鋼軌以來,前後採用「防爬器」計有五種之多(見圖一),總數約八萬付,其中英美製各半。考其設計原理,不外二類:即(一)利用鋼件之彈性力。(二)利用斜楔之掎抗力。後者又可分為二式:即(甲)直進式,及(乙)旋進式是也。膠濟鐵路所採用之五種「防爬器」,其第一,第二兩種屬於第一類,第三,第四兩種屬於第二類甲式,其第五種屬於第二類乙式。然夷考其實,缺點殊多(見表二)。且防爬器之實際效用,以年來觀察所及,實有疑問。故如有其他廉價代用品,或有其他方法,足以裁制爬動者,亟應提倡採用。膠濟鐵路因更換大批重軌,換卸之舊鋼枕扣件(Pinch Plates and Bolts)為數甚多,作者怵於國內資源之枯竭,思有以



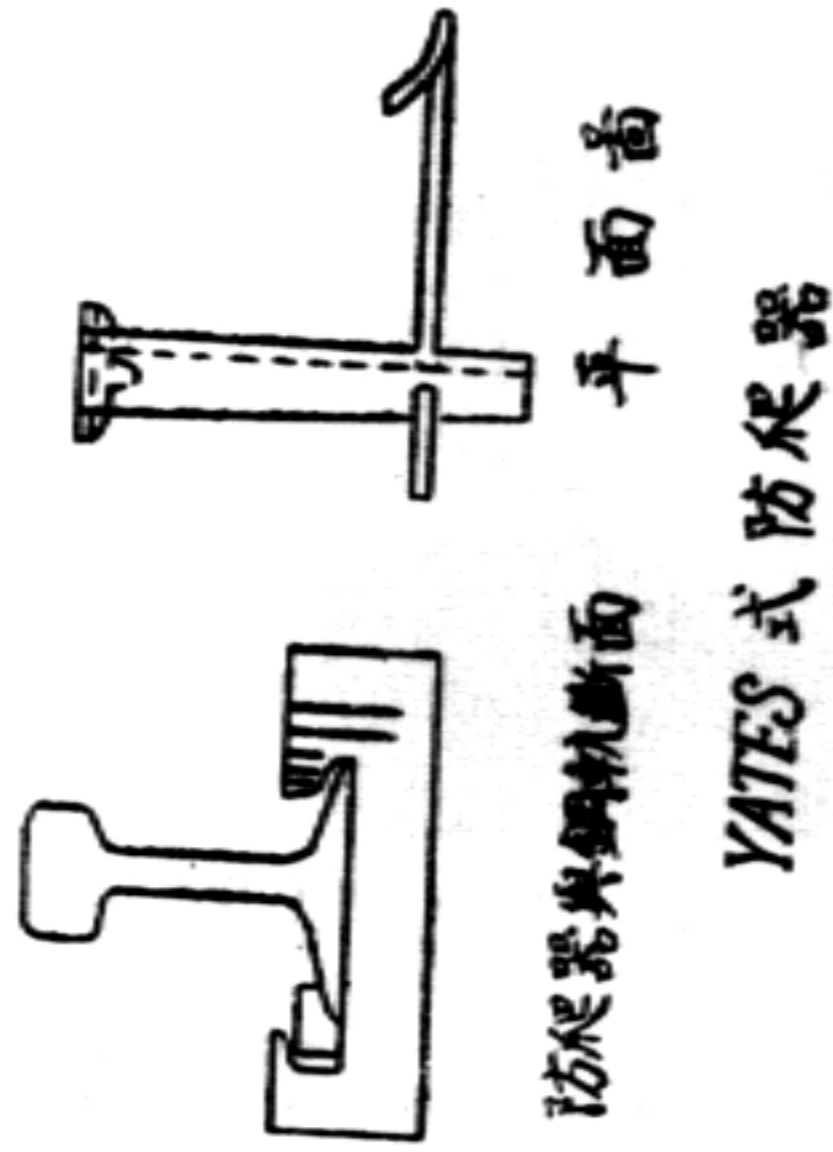
第一種



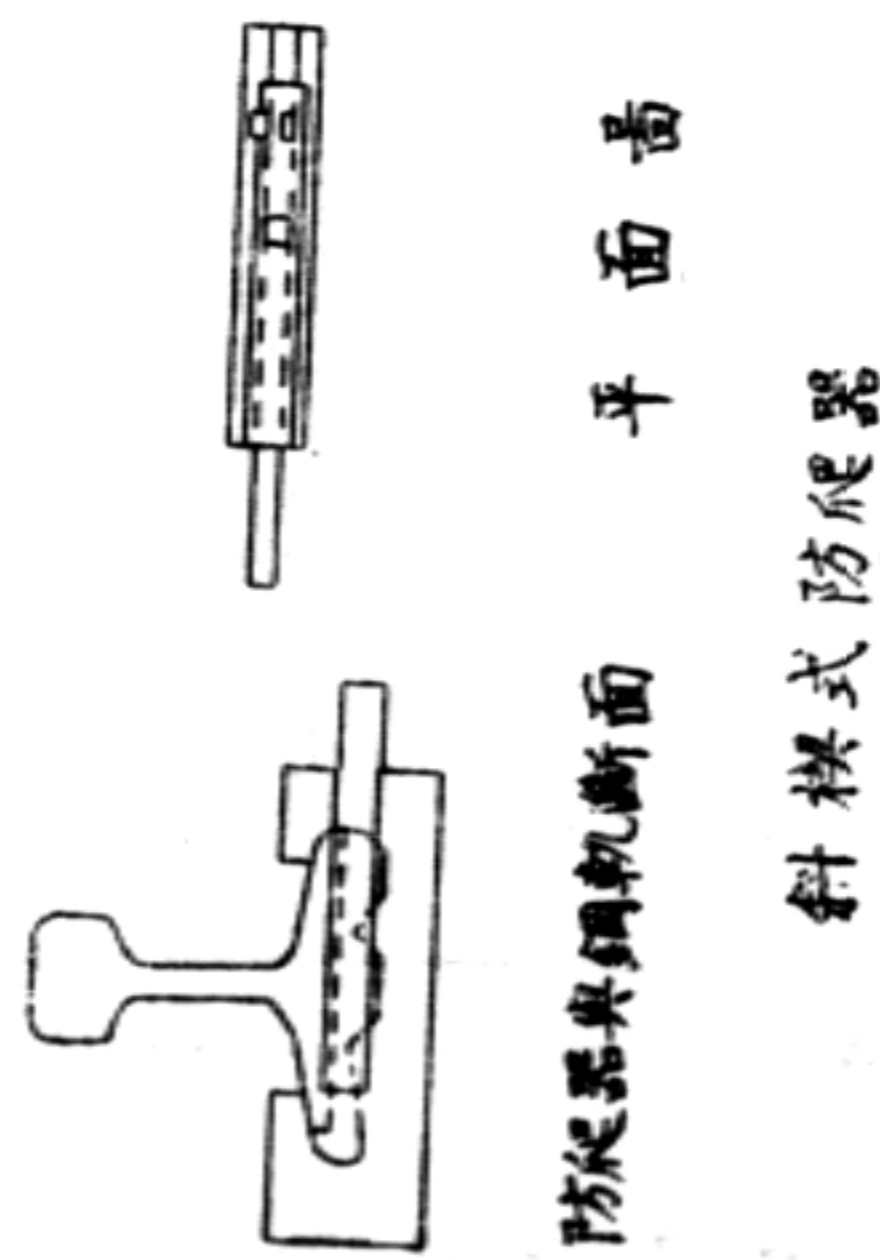
第二種



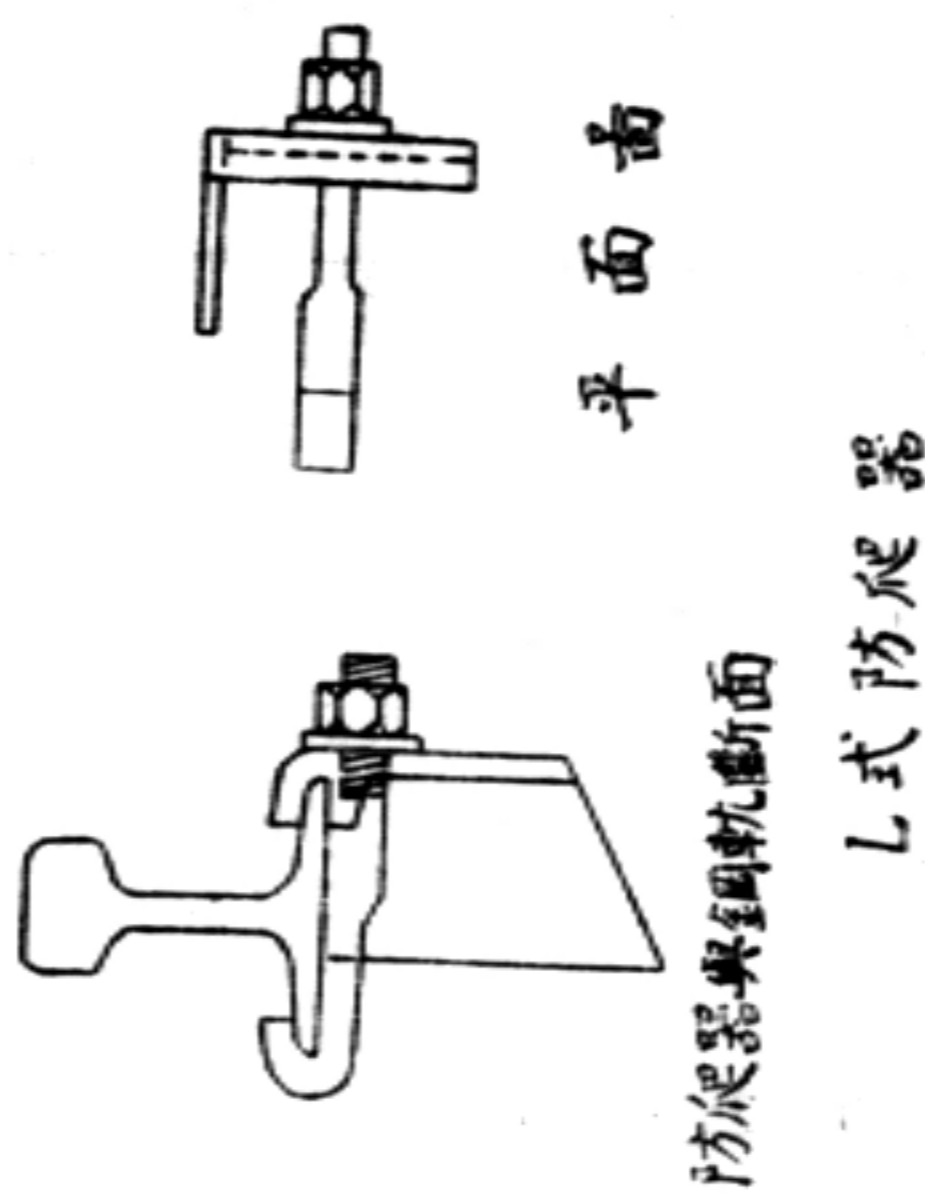
第三種



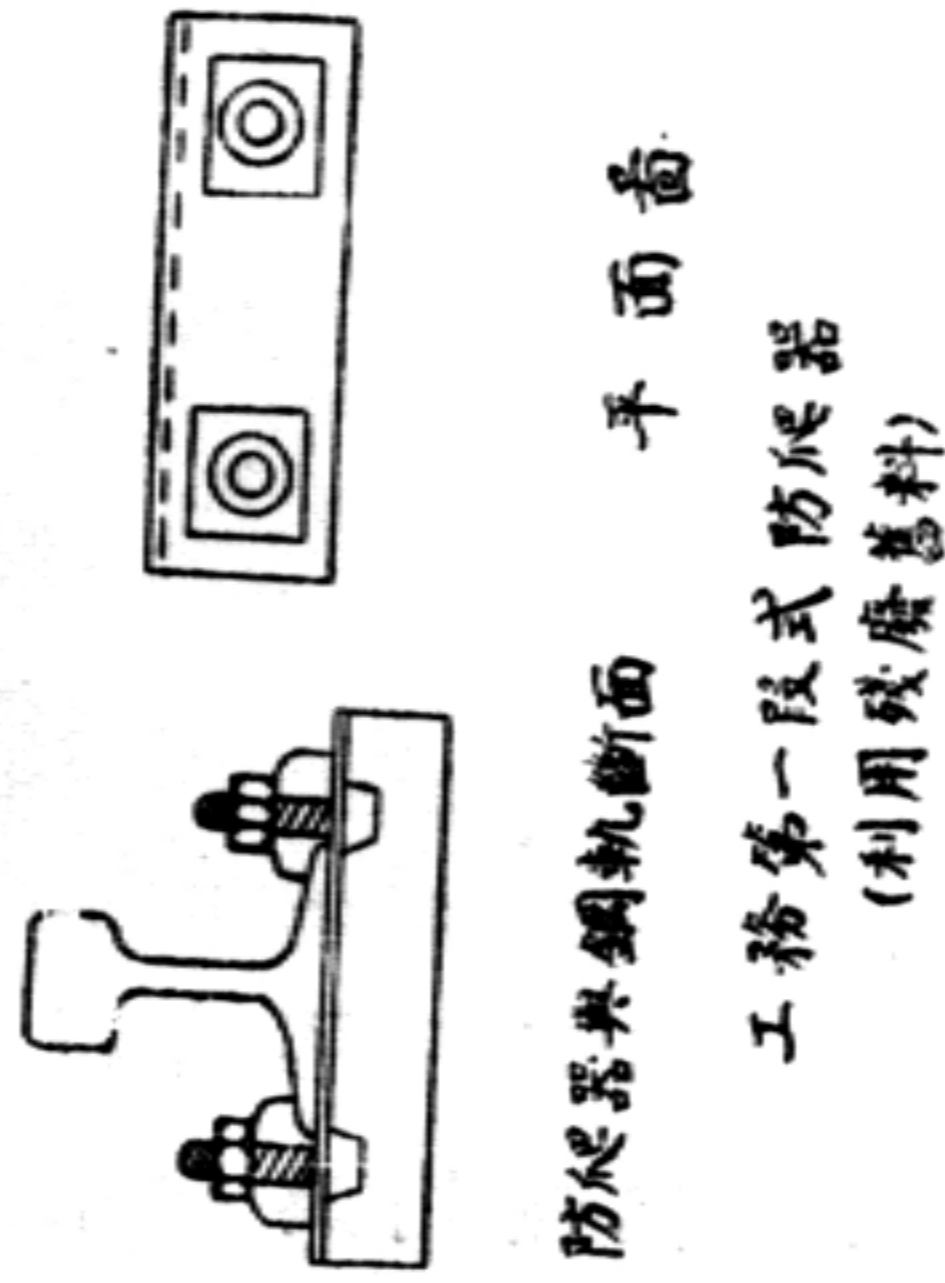
第四種



第五種

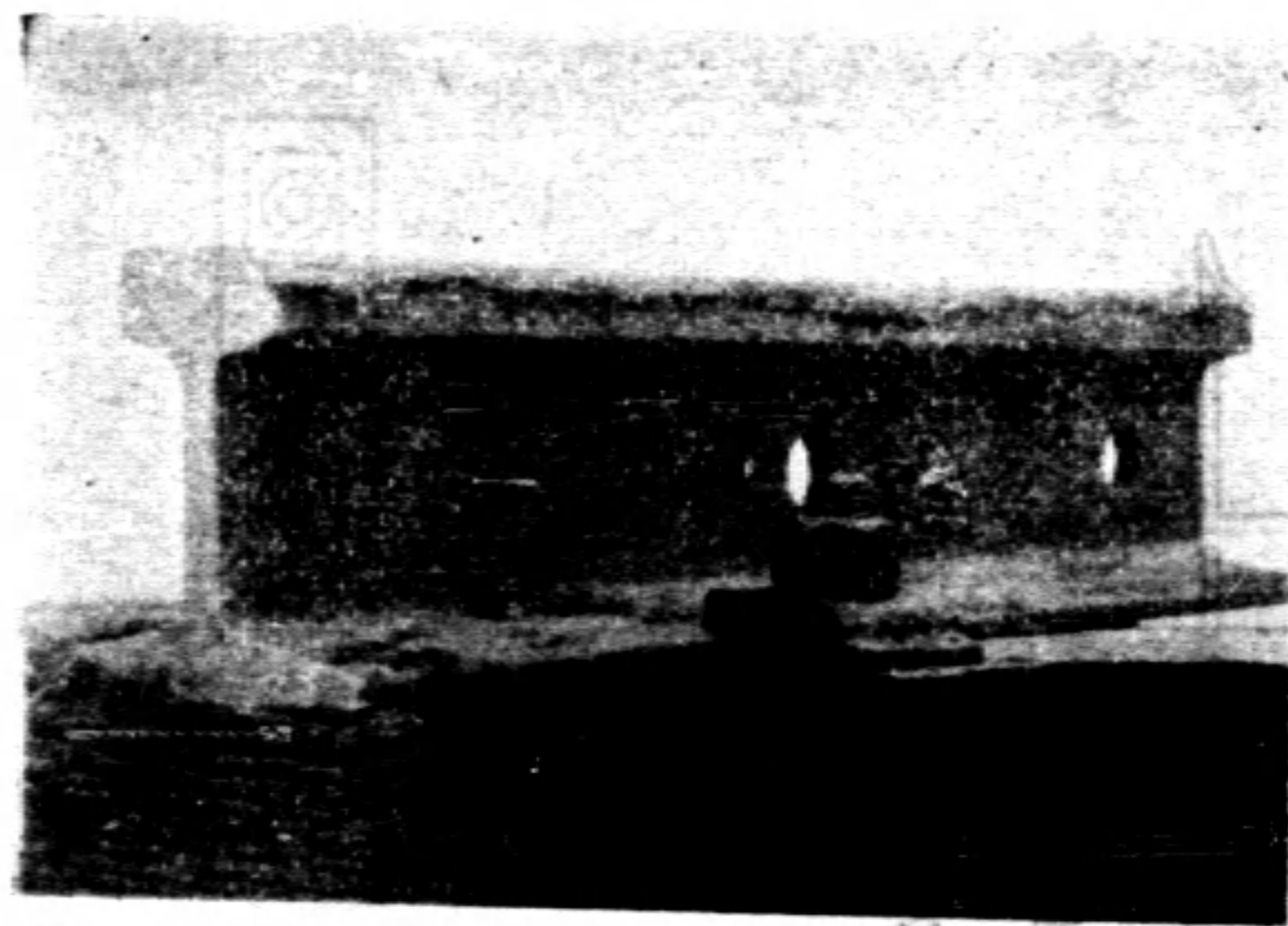


第六種



圖(一) 膠濟鐵路採用之鋼軌防爬器





圖(二) 膠濟鐵路工務第一段式防爬器

利用之,以期化無用爲有用。爰根據第二類乙式設計原理,用舊橋上殘廢角鐵,截長取短,略加人工,構成「防爬器」一種,名曰「工務第一段式」(圖二),其目的在求物盡其用,非敢以云創造也。

表(二) 防爬器效用之比較

防爬器式別	防 爬 力*			附 記	有效承托面積 以英方寸計	承托力 每英方寸計	裝置手續	缺 點	考 語
	以 磅 計								
	試 驗 次 數	1	2						
第一種 V式	7260	5410	6335	鋼軌底部生鏽致初次試驗阻力頗大	14.7	430	簡便惟不易接近枕木	如裝卸多寬池	防爬力甚強 應用簡易 惟不易緊貼枕木 施用多次易失效 承托力超過許可限度
第二種 MILLS式	3160	2870	3015		17.8	170	稍費時間	如裝置不極難收效	防爬力不大 裝置稍費手續
第三種 YATES式	2400	2860	2630		0.6	4380	簡 便	如用力過猛易於斷裂	防爬力不大 裝置簡便 承托力超過限度十倍以上 有礙枕木容易斷拆及被盜竊
第四種 斜楔式	7900	5960	6930	鋼軌底部生鏽致初次試驗阻力頗強	5.6	1240	簡便惟不易接近枕木	如靠枕木過近不易施力	防爬力極強 裝置簡便 承托力超過限度四倍以上 道木易受摧殘並易於失竊
第五種 L式	2000	3400	2700	阻力與螺絲緊有關	16.0	169	稍費時間		防爬力不大 裝置稍費時間 不易遺失
第六種 工務第一段式	3630	5100	4365	阻力與螺絲緊有關	20.0	218	稍費時間		防爬力頗強 雖裝拆多次仍不失其固有效用且能緊靠枕木 承托力在許可限度以內

\*由本路四方機廠試驗室測驗

#### (四) 防爬器效用之比較



「防爬器」之理想設計，須備具下列條件：（一）防爬力須基於直進式「斜楔」之原理。（二）簡單堅實。（三）防爬力強大而經久。（四）裝拆簡便，不易遺失。（五）重覆使用，不失效用。（六）承托力在許可限度以內。（七）價值低廉。膠濟鐵路現有之各種防爬器，其具有上述條件半數以上者蓋寡。「V」式及「斜楔」式之防爬力，雖較其他一般為高，然前者係利用彈力，效用殊難持久，而後者承托力過大，有殘毀枕木之虞；至於不易緊貼枕木邊際，又為共同之缺點。故比較各式「防爬器」之總效用，「工務第一段式」實不在任何式以下。

或曰：「工務第一段式」之設計原理，係基於旋進斜楔式，恐時日稍久，螺栓有鬆動之弊。此種論斷，於軌道螺栓容或有當，至防爬器既非與枕木相鈎結，其螺栓任務又與普通軌道螺栓性質迥不相同，自不至因鋼軌之波動，而影響及於螺栓之鬆緊，其理甚明。且「工務第一段式」完全係利用現成材料配合而成，初非着眼於防爬作用為設計繩準。如全用新料配製，於連繫方法再加以改革，則其防爬力之增強，亦意中事也。

### （五）防爬器價值之比較

英製或美製之「防爬器」，每付價值按現時金價計算，當在一元左右（見表三）。「工務第一段式」，即完全用新料製造，其價值每付亦在六角以下。假定每節10公尺長軌道，裝置防爬器八付最少有效數，以每付一元計，每100公里計需銀八萬元。如用新料製成之「工務第一段式」，每100公里可省銀三萬二千元。如利用舊料，每100公里可省銀六萬元。十五年後連本加息，可省銀二十四萬元，其影響鐵路經濟為何如耶？

表(三) 防爬器價值之比較

防爬器式別	每付價值 (以銀元計)		附記
	工料分析	總價	
第一種 V式		0.92	



第二種 MILLS式				
等三種 YATES式			0.98	
第四種 斜楔式			0.80	十八年價值
第五種 L式			1.22	
第六種	用舊料	扣 件 二 枚 2@.05.....0.10	0.25	
		螺 栓 二 枚 2@.02.....0.04		
		角 鐵 $2\frac{1}{2}'' \times 2'' \times \frac{1}{4}'' \times 10''$ 3@.02.....0.06		
		工 .....0.05		
工務第 一段式	用新料	扣 件 二 枚 2@.08.....0.16	0.59	
		螺 栓 二 枚 2@.10.....0.20		
		角 鐵 $2\frac{1}{2}'' \times 2'' \times \frac{1}{4}'' \times 10''$ 3@.06.....0.18		
		工 .....0.05		

### (六) 結 論

鋼軌爬行及其避免方法,不在本篇討論範圍以內。本篇撰述之目的,首在根據事實,闡明鋼軌爬行之嚴重性,與夫及時裁制之必要,次在分析各種防爬器之效用,及膠濟鐵路「工務第一段式」之特點,俾路政當局知所選擇,復次在闡明一切工程建設,有時可利用舊料,以杜浪費,膠濟鐵路以殘廢角鐵為鋼軌防爬之用,特其一例耳。