

年

卷

期

10

3

第

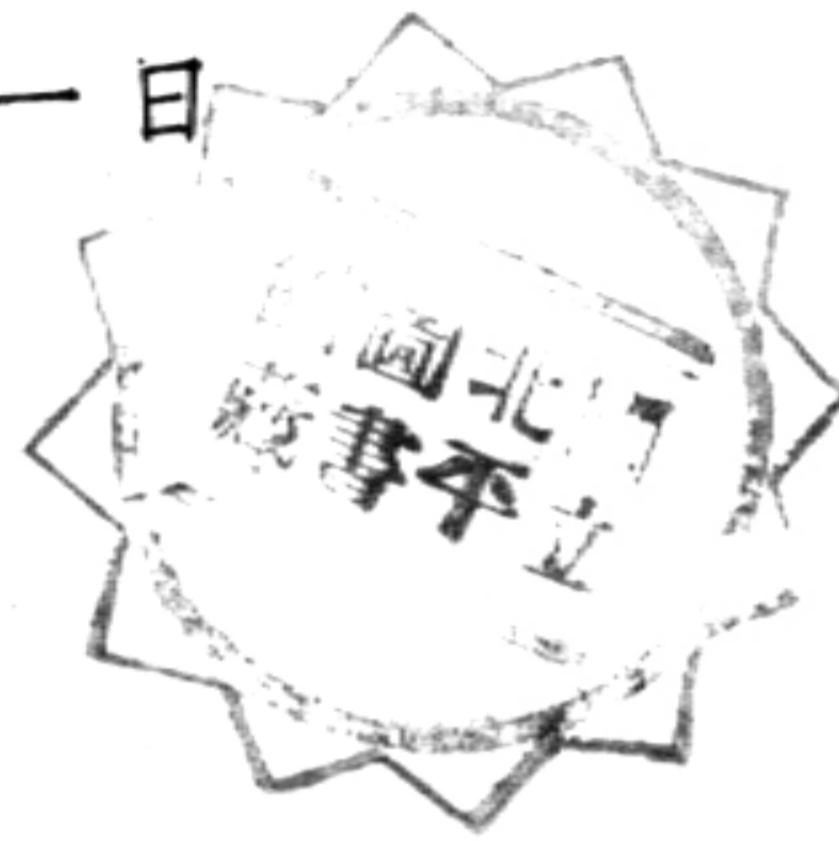
第

10 JUN 1935

# 工程

第十卷第三號

二十四年六月一日



相似性力學對於水工試驗之應用  
煤 的 問 題  
白 蟻 與 木 材 建 築  
整理平漢鐵路橋梁意見書  
華 盛 頓 橋 之 交 通 成 績  
意國法西斯締統治下之土木事業  
德 國 之 汽 車 專 用 國 道 網

---

中國工程師學會發行



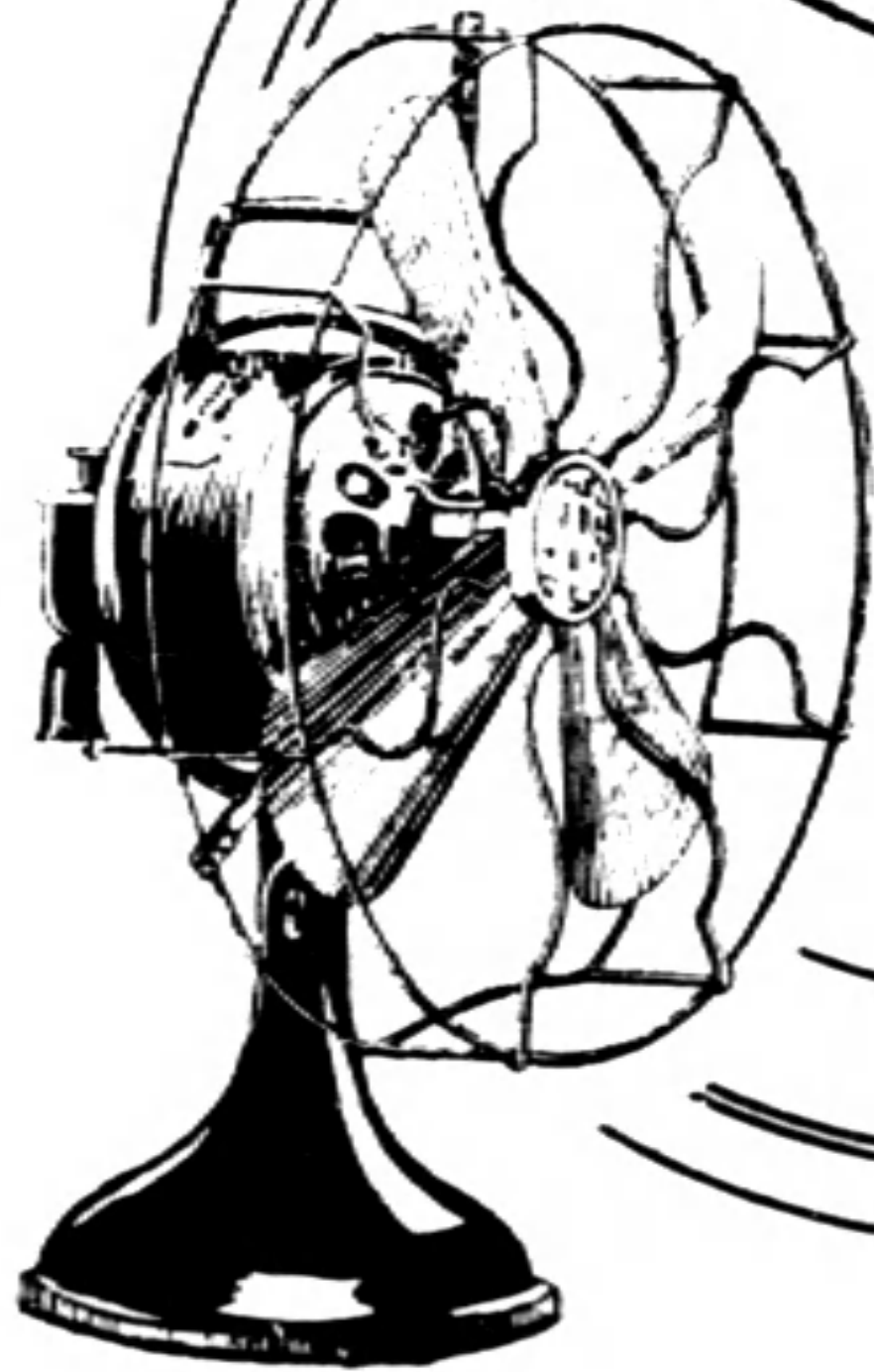
老牌國貨

# 華生牌電扇

商標



註冊



夏令炎熱宴會之地  
歌舞之場以及辦公  
課室之間裝用華生  
牌交流電風扇風力  
遠大電費極省取價  
又廉且能保用不取  
修費而所製馬達溫  
度極低無論開至最  
久時間斷無燒壞之  
弊誠為國貨電扇之  
翹楚凡我愛國人士  
幸樂予購用也

上海華生電器製造廠出品

事務所 福建路一五一至一五七號

電話 九五七五〇



# 中國工程師學會會刊

編輯：  
 黃 炎 (土 木)  
 董 大西 (建 築)  
 沈 怡 (市 政)  
 汪 胡植 (水 利)  
 趙 曾 珏 (電 氣)  
 徐 宗 涑 (化 工)

## 工 程

總編輯：胡樹楫

編輯：  
 蔣 易 均 (機 械)  
 朱 其 清 (無 線 電)  
 錢 昌 祚 (飛 機)  
 季 倣 俦 (礦 冶)  
 黃 炳 奎 (紡 織)  
 宋 學 勤 (校 對)

### 第十卷第三號

#### 目 錄

相似性力學之原理及其對水工試驗之應用.....	譚葆泰	225
煤的問題.....	沈熊慶	242
白蟻與木材建築.....	倪慶穰(譯)	268
整理平漢鐵路橋梁意見書.....	薛楚書	281
雜俎		
華盛頓橋之交通成績.....	趙國華(譯)	301
意國法西斯蒂統治下之土木事業.....	趙國華(譯)	302
高二千公尺之巴黎防空塔計劃.....	趙國華(譯)	304
德國之汽車專用國道網.....	趙國華(譯)	305
德國之希特拉橋.....	趙國華(譯)	306

### 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



# 正 誤

(一)關於本刊第九卷第五號所載，「框架用駢堅量解析法」一篇，著者黃文熙君函送正誤表，照登如下：

頁 數	誤	正
495	$\frac{-22.4-35.2}{10} + \frac{-11.9-11.5}{20} + 10 = \Delta H_1$ $\Delta H_1 = +3.07$ $K = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_0} = \frac{3.07}{10} = 0.307$ $\therefore \frac{1}{1-K} = \frac{1}{1-0.307} = 1.44$ 以表(二)第4行諸值乘1.44………	$\frac{-22.4-33.4}{10} + \frac{-11.2-11.2}{20} + 10 = \Delta H_1$ $\Delta H_1 = +3.30$ $K = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_0} = \frac{3.30}{10} = 0.33$ $\frac{1}{1-K} = \frac{1}{1-0.33} = 1.49$ 以表(二)第4行諸值乘1.49………

又495頁內表(二)應更正如次：

	U	M	A B	A D	D A	B A	B C	C B
1	X		0	-44.4	-44.4	0	-11.1	-11.1
2	U <sub>A</sub> = -44.4		+20.4	+24.0	+12.0	+4.1	-4.1	-2.1
3	U <sub>B</sub> = -11.1		+2.0	-2.0	-1.0	+7.1	+4.0	+2.0
4	dM		+22.4	-22.4	-33.4	+11.2	-11.2	-11.2
5	ΔM		+33.4	-33.4	-49.8	+16.7	-16.7	-16.7

(二)本刊十卷二號「鐵路豎曲線」篇著者許鑑君函送正誤表如次：

頁 數	行 數	誤	正
194	1	始點坡綫	(始點坡綫)
194	9	數數	數
194	14	數數	數
195	6	$d_3 = d_2 - 20c^3r$	$d_3 = d_2 - 20c^2r$
195	8	第一站之縱距曰y,	第一站之縱距曰y <sub>1</sub> ,
197	表中	x爲339,y爲2.8739	x爲339,y爲2.8730
199	1	縱距X	橫距X
199	3	變率爲	變率(r')非
199	4	$\frac{r}{0.001}$	$\frac{r'}{0.001}$
199	5	從用	後用
200	第二表中	公式(5) <sub>1</sub> 公式(6) <sub>1</sub> 公式(7) <sub>1</sub>	公式(5) 公式(6) 公式(7)
202	表中	公式(5) <sub>1</sub> 公式(6) <sub>1</sub>	公式(5 <sub>a</sub> ), 公式(6 <sub>a</sub> ),
204	10	(甲)	(A)
204	11	切點	始點
204	21	$\frac{d_1}{20c_0}$	$\frac{d_1}{20c}$
204	23	總變率	總變率.二點間之橫距,以20公尺倍數計.
205	11	先	∴



# 相似性力學之原理及其對水

## 工試驗之應用

譚葆泰

### (一) 引言

**水力學** 水利工程,如治河,修港,灌溉,發電,近世極為發達。我國亦以黃河揚子江及兩粵西江頻年水患,治河施設,漸具端倪。水利工程設計,基於水力學,如橋樑房屋建築之基於力學構造學者然,故非理解水力學,未可以言水利設計也。現代工程科學,進展神速,窮理殫旨,極精密準確;然水力學則發展極緩,如水流所受所生之力與流動變遷情形,除靜水及流動極緩之「直線流」外,猶未能明確精密解釋,故工程設計,只用根據經驗之公式,輔適合各該情形之係數;以科學眼光視之,則忽略粗淺。良以水流轉動時,其分子之上下左右升降移動,毫無規則,而緩激情形,亦千變萬化。故 Gallilie 氏嘗曰:「吾發現遠距千萬里之星辰流動,其困難猶少於目前之流水」,可見研究水力學之困難矣!

**水力學之研究** 研究水力學者凡三種人:曰數學家,曰物理學家,曰工程師。數學家以水力學為純粹之數學;其研究水之流動係採若干假定,以水為毫無表面張力,無內阻力之理想液體(ideale Flüssigkeit),其結果殊乏實地應用之可能性。物理學家雖不能拋棄液體之性質於不顧,而空談數理,然其研究只注重液體各個份子之流動情形,而總括成定理。除對於圓形,三角形,及方形管槽內之直線流已加闡明外,至於通常應用最廣之交錯混流,雖經現代



物理學家 Lamb 氏, Prandtl 氏等之研究,不過得初步之解釋,在工程上亦未能作何應用。故百年來工程師所用關於水流之算式,皆綜合實施經驗簡列而成,最著者如三元液體流動簡化爲一元流動之 Chezey 氏公式  $u = \sqrt{RJ}$  是。

**河工試驗** 關於河工問題,因河道,河牀,流速,流量等情形,永無雷同,故設計殊屬困難。且治河工程浩大,苟有錯誤,遺害甚大。故未可根據水力學預先精確計算時,則以模型研究比較各項施設節財省時,功效極大。1875年法人 Fargue 氏,1885年英人 Reynolds 氏曾作河海模型,然有系統之設備及研究,則始自1889年德人 Engels 氏。至今歐洲各國相繼而起者,不下數十處,成效亦著。<sup>(1)</sup>我國治黃,曾托 Engels 氏在德作模型試驗,近亦自建河工試驗場,以作長久之研究。

## (二) 相似性力學之原理

(一)相似性力學(Ähnlichkeits mechanik) 今苟作模型以研究天然河流導治情形,或某種工程實施(以下簡稱模型與天然),則模型尺寸,自必按天然之長度,寬度,高度,依比例縮小,其形體方與天然相似,則模型與天然之須互有「幾何(形體)相似性」(geometrische Ähnlichkeit),至爲明顯。然欲以模型研究所得之結果,如流速,流量,壓力,動力等等,推之於天然,則模型除具有幾何相似性外,其變動及其所受所生之力,亦必須與天然相似,方可應用於天然。換言之,模型與天然必須具有幾何相似性,「運動相似性」(kinetische Ähnlichkeit)及「力的相似性」(mechanische Ähnlichkeit)。

相似性力學,即以研究各項相似性之原則爲目的。模型與天然所受力之種類不同(如地心吸力,內阻力,表面張力),故其比例率(長度比例率,時間比例率,力比例率),因所受應力之種類而異,有霍特(Froude)氏模型律(Modelgesetz),雷那(Reynold)氏模型律,及維

(1)見 Freeman: River Hydraulic Laboratories; Matschoss: Wasserbaulaboratorien Europas; 工程八卷六號黃河專號



白 (Weber) 氏模型律之別。

簡言之,相似性指一切物理之現象及過程 (physikalische Vorgänge), 在形體(幾何)相似之情形下,與相當比例之時間內,受相當之力時,其所發生之運動,變化,及力,亦須相似;而同時其物理公式之單位 (Dimension) 亦必須相同也。

(二)物理單位 一切物理公式,有下列五種基本單位:

- |              |              |
|--------------|--------------|
| 1. 長度 (公尺)   | = $L$        |
| 2. 時間 (秒)    | = $T$        |
| 3. 力 (公斤)    | = $K$        |
| 4. 熱(絕對熱力單位) | = $\Delta t$ |
| 5. 電量(可林)    | = $\Delta q$ |

其餘如:

- |     |                   |
|-----|-------------------|
| 速度  | = $LT^{-1}$       |
| 加速度 | = $LT^{-2}$       |
| 工作  | = $KL$            |
| 能率  | = $KLT^{-1}$      |
| 質量  | = $KL^{+2}T^{-2}$ |

皆由以上五種基本單位合併而成。相似性力學之目的,為研究模型及天然之基本單位之比例率(模型與天然之長度比例率,時間比例率,力比例率)及比例率之相互關係。如基本單位之比例率,及其比例率之相互關係已知,則可以轉求其他一切比例率(流速比例率,流量比例率等),而由模型項究所得之結果,乘以相當之比例率,即可推之於天然。

關於河工試驗,熱及電之影響甚微,故只就長度,時間及力等三種基本單位,申引各種模型律。

模型律之申引,可歸納為下列方法:

- (1) 力比較法
- (2) 工作比較法



(3) 物理方式之微分方程式比較法

(4) 單位學申引法

(5) 物理係數 (physikalische Konstante,) 比較法

爲簡明起見,本文用「水比較法」,申引對於水工試驗關係最大之霍特、雷那及維白三模型律。

### (三) 霍特氏相似律及霍特氏係數

(1) 長度相似性  $L_2 = L_1 \cdot \lambda$

(2) 時間相似性  $T_2 = T_1 \cdot \tau$

(3) 力相似性  $K_2 = K_1 \cdot \kappa$

指數 1 代表模型, 2 代表天然。 $\lambda, \tau, \kappa$  爲天然與模型之比例率, 皆爲純粹無單位之數目字。

當模型及天然所受力只爲地心吸力時,則二者之普通惰性力比例率,及因受地心吸力之重力比例率應相等。

普通惰性力 = 質量  $\times$  加速率 =  $M \cdot b$

重力 = 質量  $\times$  地心吸力加速率 =  $M \cdot g$

$$\kappa = \frac{M_2 b_2}{M_1 b_1} = \frac{M_2 g_2}{M_1 g_1}$$

$$\frac{b_2}{b_1} = \frac{g_2}{g_1} = \frac{\lambda}{\tau^2} = \frac{L_2 T_1^2}{L_1 T_2^2}$$

$$\frac{L_2}{T_2^2 g_2} = \frac{L_1}{T_1^2 g_1} = F = \text{霍特氏係數}$$

霍特氏係數,爲一無單位之數目。當模型與天然只受地心吸力時,則兩者由相當比例之長度,時間,及地心吸力加速率,所計算而得之霍特氏係數,必須相等。

由以上方程式,可求得長度比例率,時間比例率及力比例率之相互係關如下:

$$\lambda = \left( \frac{g_2}{g_1} \right) \tau^2 = \left( \frac{\rho_1 g_1}{\rho_2 g_2} \right)^{\frac{1}{3}} \kappa^{\frac{1}{3}} \quad \rho = \text{單位質量}$$

水工試驗模型所用之水。其溫度與天然河水大約相同，單位質量相差極微。同時模型試驗地點與天然河流地帶之地心吸力，亦大致相同。故

$$Q_1 = Q_2; \quad g_1 = g_2; \quad \lambda = \tau^2 = \kappa^{\frac{1}{3}}$$

由上列之基本單位比例率之關係，可求其他一切之比例率：

面積比例率  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{L_2^2}{L_1^2} = \lambda^2$

體積比例率  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{L_2^3}{L_1^3} = \lambda^3$

流量比例率  $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{F_2 V_2}{F_1 V_1} = \frac{L_2^2 L_2 T_1}{L_1^2 L_1 T_2} = \frac{\lambda^3}{\tau} = \lambda^{\frac{5}{2}}$

工作比例率  $\frac{A_2}{A_1} = \frac{Q_2 V_2 L_2}{Q_1 V_1 L_1} = \frac{L_2^4}{L_1^4} = \lambda^4$

能率比例率  $\frac{E_2}{E_1} = \frac{A_2 T_1}{A_1 T_2} = \frac{\lambda^4}{\tau} = \lambda^{\frac{7}{2}}$

速度比例率  $\frac{u^2}{u_1} = \frac{L_2 T_1}{L_1 T_2} = \frac{\lambda}{\tau} = \lambda^{\frac{1}{2}}$

加速率比例率  $\frac{b_2}{b_1} = \frac{\lambda}{\tau^2} = \lambda^0 = 1$

單位應力比例率  $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{K_2 A_1}{K_1 A_2} = \frac{\lambda^3}{\lambda} = \lambda^1$

(四) 雷那氏相似律及雷那氏係數 如模型及天然水流所受之力只為內阻力時(直線流,地下水), 則其普通惰性力比例率及水內阻力比例率應相同!

$$\kappa = \frac{M_2 b_2}{m_1 b_1} = \frac{\eta_2 \cdot \frac{\partial u_2}{\partial n_2} \cdot f_2}{\eta_1 \cdot \frac{\partial u_1}{\partial n_1} \cdot f_1} = \frac{\eta_2 u_2 L_2}{\eta_1 u_1 L_1} \quad (2)$$

(2) 水內阻力  $= \eta \frac{\delta u}{\delta n} \cdot f$

$\eta$  = 液體絕對黏性 (Absolute Zähigkeit)

$\nu = \frac{\eta}{\rho}$  = 液體動作黏性 (Kienematische Zähigkeit)

$n$  = 與流速軸垂直之長度

$f$  = 水溜面積

$u$  = 流速



$$m = \rho \cdot V = \rho L^3$$

$$\frac{\rho_2 L_2^2 u_2^2}{\rho_1 L_1^2 u_1^2} = \frac{\eta_2 v_2 L_2}{\eta_1 u_1 L_1}$$

$$\frac{L_2 u_2}{\frac{\eta_2}{\rho_2}} = \frac{L_1 u_1}{\frac{\eta_1}{\rho_1}}$$

$$\frac{L_2 u_2}{v_2} = \frac{L_1 u_1}{v_1} = R = \text{雷那氏係數}$$

雷那氏係數，為無單位之數目。如模型及天然只受水內阻力而具有相似性時，則二者之雷那氏係數必須相等。

由以上公式可見，苟以小模型作飛船試驗，試驗時所用空氣之動作黏性與天然相同。當模型長度縮小一百倍 ( $L_2:L_1=\lambda=100$ )，則模型之氣流速度必須放大一百倍，二者之雷那氏係數方可相等。往往速度過大，為事實上不可能，則設法減小模型氣流之動作黏性(增加壓力，減低溫度)，以避免過大速度。或竟以水代空氣而試驗也。(水與空氣動作黏性比率約等於 1:10)<sup>(3)</sup>

由以上公式，可求得各種比例率之關係：

$$\lambda = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \tau^{\frac{1}{2}}$$

$$\kappa = \frac{\rho_2 v_2^2}{\rho_1 v_1^2} \cdot \lambda^0$$

水工試驗模型水溫度大約與天然相同，或可使其相同，則

$$v_1 = v_2, \quad \rho_1 = \rho_2$$

$$\lambda = \tau^{\frac{1}{2}}, \quad \kappa = \lambda^0 = 1。$$

由上列之基本單位比例率之關係，可求其他一切之比例率。

$$\text{面積比例率} \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{L_2^2}{L_1^2} = \lambda^2$$

$$\text{體積比例率} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{L_2^3}{L_1^3} = \lambda^3$$

(3) Reissner: Hydromechanik, 柏林高工演講, 未發表。

$$\text{流量比例率} \quad \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{F_2 u_2}{F_1 u_1} = \frac{L_2^2 L_2 T_1}{L_1^2 L_1 T_2} = \frac{\lambda^3}{\tau} = \lambda$$

$$\text{工作比例率} \quad \frac{A_2}{A_1} = \frac{K_2 L_2}{K_1 L_1} = 1 \cdot \frac{L_2}{L_1} = \lambda$$

$$\text{能率比例率} \quad \frac{A_2}{A_1} \frac{T_1}{T_2} = \frac{\lambda}{\tau} = \lambda^{-1}$$

$$\text{速度比例率} \quad \frac{u_2}{u_1} = \frac{\lambda}{\tau} = \lambda^{-1}$$

$$\text{加速度比例率} \quad \frac{b_2}{b_1} = \frac{\lambda}{\tau^2} = \lambda^{-3}$$

$$\text{單位應力比例率} \quad \frac{K_2 F_1}{K_1 F_2} = 1 \cdot \frac{1}{\lambda^2} = \lambda^{-2}$$

(五) 維白氏相似律及維白氏係數 當兩種液體(如水與空氣)相接觸時,因原子現象而有表面張力(Oberflächenspannung)。吾人可想像兩液體相接觸處,如有極薄之表皮,受表面張力所縛緊。(如置銅絲圈於肥皂水中再取出,則圈上有一極薄之水幕)。表面張力之單位為「公斤/平方公分」,在固定溫度時,其值不變。苟模型與天然所受之力為表面張力時(如地下水毛細管作用,水面所成之表面浪紋),則其普通慣性力比例率及表面張力比例率應相等!

$$\kappa = \frac{m_2^2 L_2}{m_1 b_1} = \frac{s_2 L_2}{s_1 L_1}; (s = \text{單位表面張力,以「公斤/公分」計})$$

$$\frac{Q_2 V_2 L_2 T_1^2}{Q_1 V_1 L_1 T_2^2} = \frac{s_2 L_2}{s_1 L_1}$$

$$\frac{u_2^2 L_2 Q_2}{s_2} = \frac{u_1^2 L_1 Q_1}{s_1} = W = \text{維白氏係數}$$

維白氏係數,亦為無單位之數目字。苟模型與天然只受表面張力而具有相似性時,則二者之維白氏係數必須相等。

由上列公式,得以下之關係。

$$\lambda = \left( \frac{Q_1 s_2}{Q_2 s_1} \right)^{\frac{1}{3}} \tau^{\frac{2}{3}} = \frac{s_1 \kappa}{s_2}$$



在固定溫度時,單位表面張力之值不變 $s_1=s_2$ ,故

$$\lambda = \tau^{\frac{2}{3}} = \kappa$$

由上列之基本單位之關係,可求其他一切之比例率:

面積比例率  $\frac{A_2}{A_1} = \frac{L_2^2}{L_1^2} = \lambda^2$

體積比例率  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{L_2^3}{L_1^3} = \lambda^3$

流量比例率  $\frac{A_2 u_2}{A_1 u_1} = \frac{L_2^2 L_2 T_1}{L_1^2 L_1 T_2} = \frac{\lambda^3}{\tau} = \lambda^{\frac{3}{2}}$

工作比例率  $\frac{K_2 L_2}{K_1 L_1} = \kappa \lambda = \lambda^2$

能率比例率  $\frac{A_2 T_1}{A_1 T_2} = \frac{\kappa \lambda}{\tau} = \lambda^{\frac{1}{2}}$

速度比例率  $\frac{u_2}{u_1} = \frac{\lambda}{\tau} = \lambda^{-\frac{1}{2}}$

加速度比例率  $\frac{b_2}{b_1} = \frac{\lambda}{\tau^2} = \lambda^{-2}$

單位應力比例率  $\frac{b_2}{b_1} = \frac{K_2 F_1}{K_1 F_2} = \frac{\kappa}{\lambda^2} = \lambda^{-1}$

總括以上,可得下表:

比 例 率	模 型 律		
	雷 那 氏 律	維 白 氏 律	霍 特 氏 律
體 積	$\lambda^3$	$\lambda^3$	$\lambda^3$
面 積	$\lambda^2$	$\lambda^2$	$\lambda^2$
時 間	$\lambda^2$	$\lambda^{\frac{3}{2}}$	$\lambda^{\frac{1}{2}}$
長 度	$\lambda$	$\lambda$	$\lambda$
工 作	$\lambda$	$\lambda^2$	$\lambda^4$
流 量	$\lambda$	$\lambda^{\frac{3}{2}}$	$\lambda^{\frac{5}{2}}$
力	$\lambda^0$	$\lambda^1$	$\lambda^3$
單 位 長 度 力	$\lambda^{-1}$	$\lambda^0$	$\lambda^2$
速 度	$\lambda^{-1}$	$\lambda^{-\frac{1}{2}}$	$\lambda^{\frac{1}{2}}$
單 位 面 積 力	$\lambda^{-2}$	$\lambda^{-1}$	$\lambda^1$
加 速 度	$\lambda^{-3}$	$\lambda^{-2}$	$\lambda^0$



### (三)相似性力學對水工試驗之應用與模型設計之界限

(一)水工模型試驗 普通水力試驗,或(一)純為研究水力學學理,或(二)研究水工專題(如河流攜帶力對沙礫關係,黃土研究),或(三)按天然作模型,研究某段河流實施某種工程設計。本文所述,只限於河工模型問題。

模型各種定律及比例率,已如上述。模型設計,只須選擇長度比例率,按天然縮小。至其他比例率,有固定之關係。故由模型所研究之結果,乘以相當之比例率,即可推之於天然,似極簡易。苟天然模型同時受兩種以上之力,則其各種比例率(見第一表)判然不同(如雷那氏律時間比例率 $\tau=\lambda$ ,霍特氏律時間比例率 $\tau=\lambda^{\frac{1}{2}}$ ),為應用上一大困難。

(二)集合感應界限 故當流水同時受兩種力時,而欲以模型做天然研究其結果,因各種模型律比例率之矛盾,為絕對不可能。故在此種情形下,只可以最主要之力為依歸。

河水流動,都為交錯混流式(詳後);地心吸力為最主要之力,故模型設計,皆按霍特氏模型律計算。然水內阻力,及當水流過滾水壩水面成極大曲線時,表面張力亦有影響。故純就理論言之,絕對之相似性永不可得,不過在實際上水內阻力及表面張力,對河水流動之影響較微耳。

苟水內阻力影響較大,則為精確起見,宜作多個大小不同模型,皆依霍特氏律設計,而以水內阻力發生之影響(由計算或按經驗推測所得者),加以校正。由此數模型試驗之結果,可得水內阻力對大小模型影響之曲線,再將此曲線引長,即或可以推之於天然。倘表面張力,亦須校正,仍用上法,不過曲線由平面成為立體式,較為複雜,而同時為霍特,雷那,維白三氏係數之因數。

(三)流速界限 模型計算,多按霍特氏型模律,已如上述。模型流速,雖按所選擇之比例率而縮小(或因研究沙礫動作情形,須特



別將河牀坡度增加,而模型流速較平常增大),而往往流速超過相當界限其流動性質,立生變化,與本來完全不同。

(甲) 流速之種類

- (1) 直線流式 水流極緩時,以顏色液體注於水內,則見水溜皆為直線紋,平行並進,不相混亂,稱為「直線式水溜」(laminare Strömung),其所受主要力為水內阻力。使水溫,水流橫斷面,或流速增加至相當限度,則水紋立成混亂狀態,上下左右移動,毫無規律,稱為「交錯混流式水溜」(turbulente Strömung),其所受主要力為地心吸力。直線流及混流之界限,為雷那氏係數之函數。

$$\text{雷那氏係數 } R = \frac{u d}{\nu}$$

但應用於河牀或水槽時,上例公式之橫斷面直徑  $d$ , 應代以水力半徑  $r = \frac{\text{橫斷面}}{\text{潤周}}$ 。依試驗所得:

$$R = \frac{ur}{\nu} < 500 \text{ 至 } 600 \text{ 時 為 直 線 流}$$

$$R = \frac{ur}{\nu} > 500 \text{ 至 } 600 \text{ 時 為 交 錯 流 或 混 流}$$

- 2) 交錯緩流及交錯射流 交錯流又可分為交錯緩流及交錯射流。

設水流在某切面之深度為  $t$ , 流速為  $u$ , 則水流所含之能力高度(Energie-Höhe)(自槽底起算)<sup>(4)</sup>:

$$H = t + \alpha \frac{u^2}{2g} \quad (\text{假設 } \alpha = 1)$$

如每秒流量  $= Q$ , 水流寬度  $= b$  為固定值不變, 則

$$H = t + \frac{Q^2}{b^3 t^2 2g}$$

(4) 水流每秒之能力  $= \gamma \cdot QH$ ; 其單位為  $\frac{\text{公斤}}{(\text{公尺})^3} \times \frac{(\text{公尺})^3}{\text{秒}} \times \text{公尺} = \frac{\text{公斤} \times \text{公尺}}{\text{秒}}$



$$\frac{Q^2}{b^2 2g} = \text{固定值} = c$$

$$H = t + \frac{c}{t^2}$$

$$t^3 - Ht^2 + c = 0$$

解上列三次方程式，得三方根，除其中一方根為負數，無實際意義外，其餘兩方根指示在固定流水量及能力高度時，有兩種流式，其一為水深較大，流速較小，其二為水深較小，流速較大。兩者之流速界限適為波浪速度 (Wellengeschwindigkeit)。

波浪速度或界限流速  $u_{gr.} = \sqrt{gt_{gr.}}$

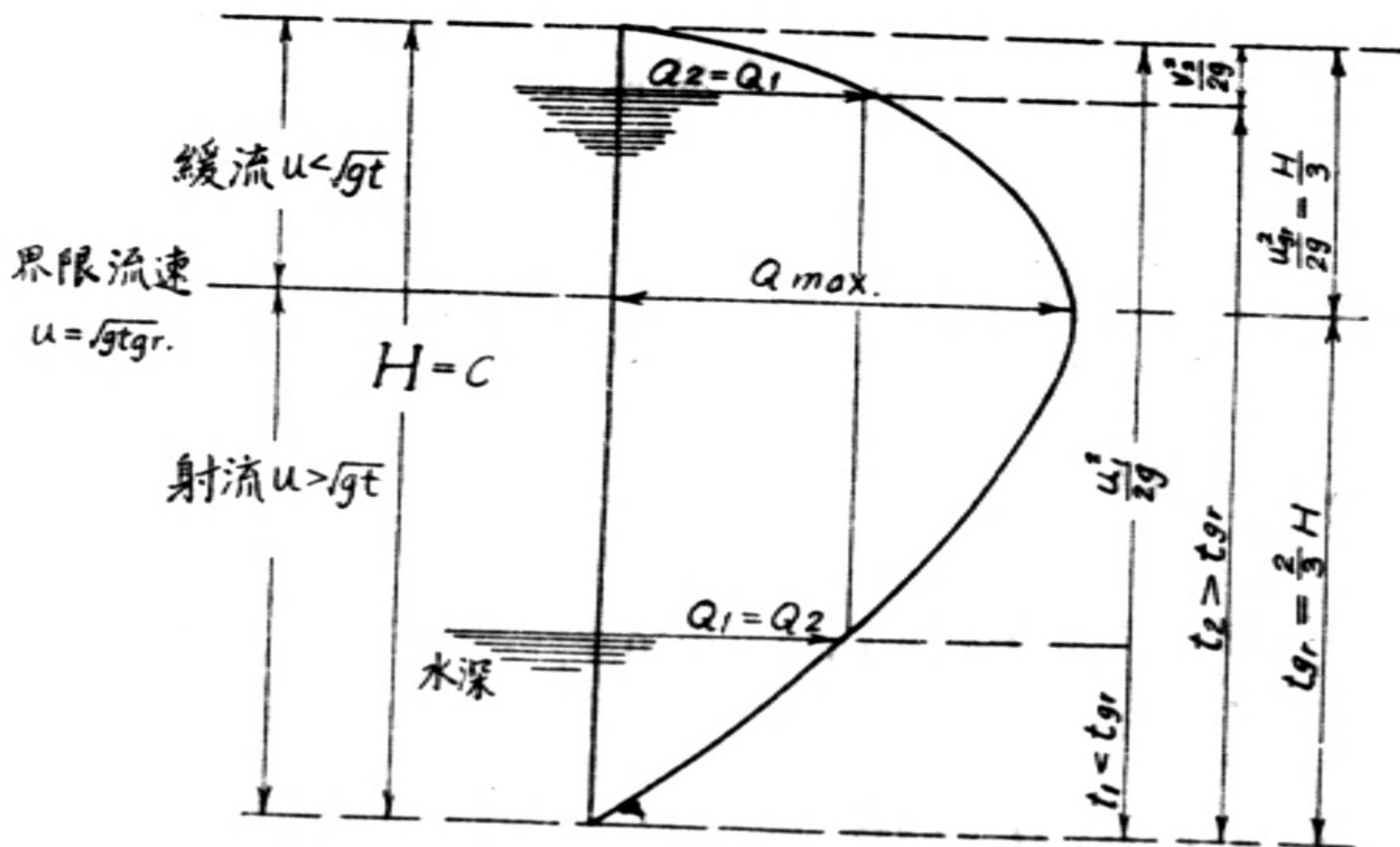
$t$  = 流水水深

$g$  = 地心吸力加速率

苟流速大於界限流速，即  $u > \sqrt{gt}$ ，謂之交錯射流。

苟流速小於界限流速，即  $u < \sqrt{gt}$ ，謂之交錯緩流。<sup>(5)</sup>

(5) 設水流斷面為長方形，其能力高度  $H$ ，及水流寬度  $b$  之值不變。則在各種水深時，由流速 =  $\sqrt{2g(H-t)}$ ；流量 =  $\sqrt{2g(H-t)} \cdot b \cdot t$ ，可得下圖：



$$Q = bt \sqrt{2g(H-t)}$$

$$\frac{dQ}{dt} = 0, \quad t_{gr.} = \frac{2}{3}H, \quad v_{gr.} = \sqrt{gt}$$

當界限流速時，流量最大。



射流水面平滑光澤。當水溜受擾動後(水面被升高或降低),其所發生之波浪,只能向下遊傳播,於上遊毫無影響。反之,緩流水面常呈模糊狀態;水面受擾動後,發生之波浪,只向上遊傳播,於下遊無大影響。如計算回水(壅流 Stau),當射流時由出發點向下遊計算,當緩流時則反之。

山谷溪流,自高下射,多為射流;一切河流,皆為緩流;地下水流動,則為直線流式。

(乙) 直線流界限 河流皆為交錯流,故模型流速必須大於直線流速界限,即模型之雷那氏係數,須大於500至600。不過當雷那氏係數等於500至600時,水流適界於直線流及交錯流之間。為純粹避免直線流起見,實際應用,多採大於1500或竟至4000之雷那氏係數。

#### 依霍特氏模型律

$$L_1 = \frac{L_2}{\lambda}; \quad u_1 = \frac{u_2}{\sqrt{\lambda}}; \quad \frac{F_1}{U_1} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{F_2}{U_2}$$

$$\frac{u_1 \cdot \frac{F_1}{U_1}}{\nu} > R_{gr.} \quad (\text{雷那氏界限係數})$$

$$\frac{1}{\nu} \cdot \frac{u_2 \cdot \frac{F_2}{U_2}}{\sqrt{\lambda} \cdot \lambda} > R_{gr.}$$

設水溫 = 4°C,  $\nu = 1,2 \cdot 10^{-6}$ ,

$$\frac{1}{1,2 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{u_2 \frac{F_2}{U_2}}{\lambda^{3/2}} > 1500 - 4000$$

$$\lambda < \approx 30 - 50 \left( \frac{u_2 F_2}{U_2} \right)^{2/3}$$

$\lambda$  = 長度比例率

$u_2$  = 天然流速



$F_2 =$  天然河道橫斷面面積

$U_0 =$  天然河道橫斷面潤周

苟模型寬度頗大,則

$$\lambda < \approx 30 - 50 \left( \frac{u^2}{B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

內  $B =$  河身寬度。

(丙) 交錯射流界限 模型流速,必須較交錯射流流速為小。

$$u_1 < \sqrt{gt_1} \quad t_1 = \text{模型水深}$$

$$u = \sqrt{\frac{2g}{f}} \cdot \sqrt{R \cdot J} = \approx \sqrt{\frac{2g}{f}} \cdot \sqrt{t_1 \cdot J}$$

$$\sqrt{\frac{2g}{f}} \cdot \sqrt{t \cdot J} < \sqrt{gt}$$

$$J > \frac{f}{2} \quad \text{緩流}$$

$f =$  模型牀粗糙率(無單位)

(按苟天然流速為射流,則模型之坡度  $J > \frac{f}{2}$ )

(四) 模型沙粒移動界限 河工試驗,以研究河床變遷,沙礫移動問題,最為困難。天然河床沙粒,其直徑約在一公厘(mm)以至數公分(cm.)之間。按模型律,模型所用沙粒,亦應依長度比例率縮小,則成粉末,或在水內黏結成塊,沖刷不散;或浮蕩水中,而與天然河流沙礫在河床上滾動情形,判然不同,性質亦異。譬如黃河黃土土粒直徑多在0.2公厘以下,更依長度比例率而縮小,亦為事實上不可能。故於沙粒選擇,只可捨去絕對的幾何相似性,而求其動作相似性而已(普通選用沙粒直徑約在0-5公釐之間)。

天然河流沙礫之移動律,迄今猶乏充分理論之解釋,蓋沙礫移動,因河流之沖刷力(Schleppkraft, Schubspannung),及沙礫之比重,體積,形狀,結合成份而異,極為複雜。不過各河流河牀每年變遷情形,河底沙堆推進率,常有長久之測量與紀載。河牀移動模型試驗,



未能有充分理論之根據時,只能用嘗試法,依水文紀錄,選擇模型沙粒及模型水深與坡度(詳後),模倣天然河床移動情形。故時間,流速,流量等比例率,亦需依沙礫移動情形而改變。

河流冲刷力等於

$$S = \gamma JR = \infty \gamma Jt$$

內  $\gamma$  = 水單位重量;  $J$  = 水流坡度;  $R$  = 水流半徑;  $t$  = 水深。

冲刷力為水深及坡度之函數。

(甲) 模型沙之選擇 沙粒移動,因(一)比重,(二)體積,(三)形狀(銳角沙石片,圓整沙粒),(四)結合成份(細沙與粗沙比例,較大,相同,或相等)而異。現在歐洲河工試驗,只能依河流水文紀載,用試驗法選擇適當之沙粒。至選擇定理,迄今猶未可得。

模型沙選定後,則研究模型之水深及坡度(冲刷力),是否能將沙粒移動,並與天然情形相似。

(乙) 坡度之選擇 模型坡度,為無單位之數目,按模型律應與天然河流坡度相等。固定河床模型試驗坡度大都不變。但移動河床試驗,為使沙粒移動起見,往往須增加其坡度(冲刷力)方可。坡度之選擇,因所用沙粒而異,只可用試驗決定之。

按普魯士水工試驗所之經驗公式為:

沙粒移動界限,模型坡度:

$$J > \infty \frac{d}{20 \frac{F}{U}} \text{ 至 } \frac{d}{8 \frac{F}{U}}$$

如模型寬度頗大,則

$$J > \infty \frac{d}{20t} \text{ 至 } \frac{d}{8t}$$

$J$  = 模型坡度

$d$  = 模型沙粒平均直徑(有一定計算法)

$F$  = 模型橫斷面積

$U$  = 模型橫斷週周

$t$  = 模型水深



惟須注意，坡度不可過大，使水流變為射流式。

(丙)保持長度比例率而減小高度(深度)比例率，因而增加模型水

深即冲刷力 沙粒及坡度選定後，往往沙粒猶不移動，則必需增加水深(即冲刷力)。水深增加，表示模型長度比例率減小，模型整個加大，而常以場址限制及費用問題不能實施，故只能保持長度比例率，而減小高度比例率。因高度長度比例率不同，謂之「變形模型」。其長度比例率及高度比例率之比例，謂之「變形比例」。

高度比例率改變後，可得模型之其他比例率如下：(注意，下列公式只指坡度不變)

$$\text{設 } \frac{L_2}{L_1} = \lambda \quad \text{長度比例率}$$

$$\frac{B_2}{B_1} = \beta \quad \text{寬度比例率}$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \alpha \quad \text{高度比例率}$$

則可知

$$\text{時間比例率 } \tau = \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\alpha} \quad (\text{只限流水})$$

$$\text{流速比例率 } \frac{u_2}{u_1} = \frac{\lambda}{\sqrt{\alpha}}$$

$$\text{橫切面比例率 } \frac{F_2}{F_1} = \alpha \cdot \beta$$

$$\text{流量比例率 } \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{F_2 u_2}{F_1 u_1} = \alpha^{\frac{3}{2}} \beta \lambda$$

苟坡度增加，則流速及流量，亦必增加。求比例率時，最宜實際比較天然河流之流速，流量，及模型在相當水深時之流速流量，而決定之(黃河試驗即採此法)。

上述之時間比例率，只限用於受地心吸力而流動之流速與流量等，至於沙粒移動時間比例率之審定，因缺乏理論根據，只能



比較在相當流量時，模型河床之變遷與天然河床改變之結果。譬如模型沙粒移動，與天然相同，設河流某段有沙堆，一年內向下流推進若干公里，今在模型內，十小時後，河床沙堆亦已堆進至相當地點，則模型十小時等於天然一年，或一模型年等於十小時。或於河流切面測量得每年改變情形，然後在模型內研究該切面同樣改變所需時間，即等於天然一年。

總上所述，沙粒，深度，坡度，皆有互相連帶關係。河床試驗，多須用變形模型。從前作試驗，變形比例自一至數十不等，最近均力求減少，最多不過三（1932年黃河試驗變形比例等於20，1934年試驗等於1.5）。譬如河床沙粒所成之沙堆之坡度，為沙粒性質之函數，並不因高度比例率減小而增加也。

以上所述只限於沙礫在河床上移動而言，至於浮蕩水中之泥土（如黃河黃土），其沖刷力另有定理，至今尙未經研究也。

**(五)水面最小流速界限** 流水水面，因表面張力之故，其流速必須超過每秒23公分(23 cm./sec)，方可發生表面波浪(kapilar wellen)。此種波浪，因水面受攪動所致，向上遊推進而產生回水(壅流)等影響，如河道改窄，河底築沉壩，河內建橋墩，均使上流水面抬高，此種影響，皆為表面波浪向上傳播之結果。故模型水面流速，必須大於每秒23公分，方可根本產生此種影響。

表面波浪之產生，由於水受攪動，其所受主要力為表面張力，故研究表面波浪之性質，當依維白氏律（如研究波浪傳播速度等）。惟上述絕對最低速度必須超過。

**(六)模型粗糙率界限** 模型床粗糙率，亦應按天然河流粗糙率縮小。然因缺乏適合之材料，或所需之粗糙率過小（即模型材料須十分光滑），事實上製造之模型不能模倣天然之粗糙率。

普通各河工試驗場，依所用物料作粗糙率圖表。此種圖表，表示物料之粗糙率  $f$  及雷那氏係數之關係。模型材料選定後，即據粗糙率，坡度，切面，潤周，切實計算模型流速，流量，不復能依霍特氏



律縮小。

用模型同時研究各種流量情形(低水,洪水),其粗糙率更因流量而異。故適合洪水時之粗糙率,在低水時又不同。如整個模型之坡度可以變換(水工河槽之坡度多為活動式),稍將坡度改變,可使流量流速與天然符合。

· 本文所述模型原則及界限,多採集歐洲水工試驗場經驗而成。至如我國北方河流,岸床為黃土質,與歐洲河道性質大異。究竟黃土在水中浮蕩原因,及其定理,迄今完全缺乏研究,模型試驗,必更有困難。深望國內水力學家及水工試驗家努力,以期對科學界有所闡明。

參考書目

Weber: Jahrbuch d. Schiffbautechnischen Gesellschaft 1919. S.355;  
1930 S. 318.

Eisner: Offene Gerinne, Handbuch d. Phy. und tech. Mechanik.

水利部



# 煤 的 問 題

沈 熊 慶

## 導 言

煤爲家庭及工廠之燃料；鐵路輪舟之原動力；鋼鐵廠之原料；及數百種工業品之來源，故世界上如一日無煤，則世界文明將破碎無存。蓋近代文明以煤鐵而存，而煤鐵之居間物則爲焦炭。夫焦炭製自煤，鐵鑛得之以冶成純鐵，然後可煉鋼。鋼爲機械槍炮及各項工具之原料，盡人知之。惟煤在煉焦時，尙可得重要副產物如煤氣，煤膏及阿莫尼亞。後者用製硫酸銨人造肥料，而煤膏則爲製造炸藥，毒氣，藥材，香料，染料，調味品，攝影藥品，木料防腐物等之原料。況近世液體燃料，用途日增，舉凡飛機，機械，航輪莫不需此；而世界液體燃料儲量有限，每慮有用盡之日，幸近年來德國已發明煤炭化油法，即利用其無用之褐煤，提煉而成汽油，內燃機油，及潤滑油等，以補天然石油之不足。由是觀之，煤實爲國家生存之要素，而世界文明之所賴以支撐者也。方今政府力圖建設之時，又值強寇侵陵，經濟枯竭之日，故煤的問題，實爲民生國防之重要問題也。

## 煤 之 種 類 及 成 分

煤乃古代植物經炭化而成，因其炭化程度之不同，故有種類之分，如泥煤，褐煤，半烟煤，烟煤，上等烟煤，亞無烟煤，及無烟煤等七種。下表示七種煤之原質成分：——



第一表 煤之原質成分表<sup>(1)</sup> (假定煤內無水分及灰分者)

種 類	原 質 分 數	碳	氫	氧	氮	硫
泥 煤		55.0	6.0	36.5	1.5	1.0
褐 煤		68.0	5.5	24.5	1.0	1.0
半 烟 煤		73.0	5.5	18.5	1.5	1.5
		85.0	5.0	7.0	1.4	1.6
上 等 烟 煤		89.0	4.8	4.4	1.1	0.7
亞 無 烟 煤		92.0	3.5	2.5	1.0	1.0
無 烟 煤		94.0	2.5	1.5	1.0	1.0

上表除泥煤無重要用途外,其他煤樣大別之為三類,即褐煤,烟煤,無烟煤。

泥煤介乎煤與木炭二者之間,為植物化煤之初級。此種泥煤因其含水分甚多,有至百分之八十或九十者,故使用為難。泥煤在世界上分佈極廣,如英法意德奧俄加拿大等國都產之,而以俄國儲量最多;該國用為冶金燃料。

褐煤為植物化煤之第二級,有質鬆尚呈木質結構者,有質堅而少含木質者,因其色褐,故名褐煤。此種褐煤在燃燒時多烟,焰長,無黏結性。在德奧兩國用作家庭及鍋爐燃料,世界大戰後德國始用以製造汽油及內燃機油等,故目下亦為工業上重要原料。

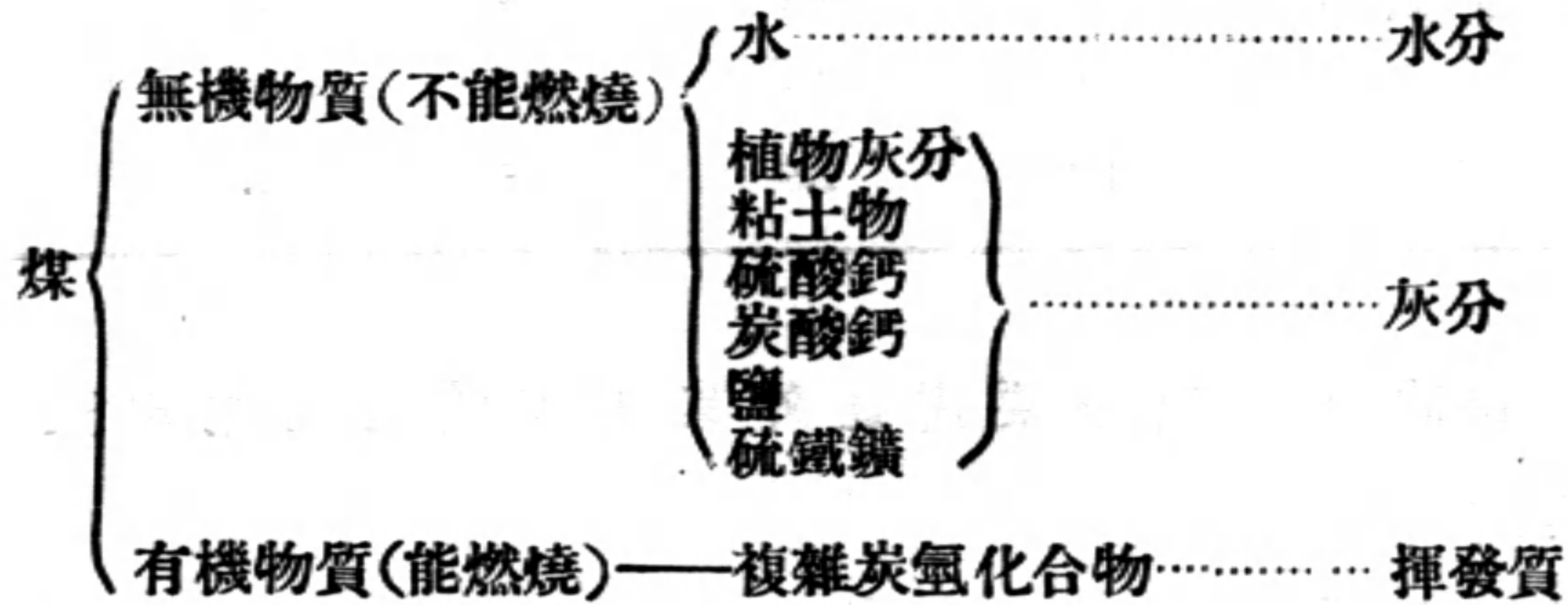
烟煤或稱軟煤,色黑質鬆,有少帶光彩者,有黑光層相間者。燃燒時發強烟,搗碎成有規則之長方塊形,烟煤除用為燃料外,尚為工業上重要原料。因其成分之不同,用途各異,故有煤氣煤(gas coal),煉焦煤(coking coal),汽鍋煤(steam coal)等之分。

無煙煤俗稱白煤或硬煤,質堅有光,色褐黑,不汙手,斷裂面呈介殼狀。因燃燒時無強烟,故為家庭常用原料;在工業上則為製造水煤氣(Water gas)及爐煤氣(producer gas)之用。



# 煤 之 成 分

煤為植物炭化而成,其內部所含原質除前表所列者外,尚有磷,鈣,鐵等各種雜質。而各原質之化合物,甚為複雜,除固定炭質外,如下表所示:<sup>(2)</sup>



煤之新從鑛內取出者,含水分極多,惟大部水分可使煤在空氣中乾燥而除去之,小部之水則留剩煤中,須將煤研成粉末,在烘箱內除去之;烘箱溫度為攝氏 105 度。

灰分乃煤經燃燒殘餘之灰燼,其數量之多寡視煤之優劣而異;至其性質及成分,亦以煤之成分而異。普通灰內含有氧化矽 (SiO<sub>2</sub>), 氧化鋁 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 氧化鐵 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 氧化鈣 (CaO), 氧化鎂 (MgO), 及三氧化硫 (SO<sub>3</sub>) 等氧化化合物,此皆由各種無機物質因受熱分解而成者。灰之顏色自乳白色至紅褐色,視灰內氧化鐵質多少而異。灰之融解點約為攝氏 1000—1500 度。

揮發質為煤加熱至攝氏 900—1000 度時所發出之氣體(水分除外), 內含複雜炭氫化合物,能燃燒而生濃烟;烟煤與無烟煤之分類,即以其揮發質之多寡而別。即同一烟煤,其火焰之長短,亦以揮發質之多少而定,茲將七種煤之合質成分,列表於下:



第二表 煤之合質成分表<sup>(1)</sup>

種類	合質成分百分數	水分	揮發質	固定炭質	灰分	熱 量	
						B.t.u./lb.	Cal/gm.
泥 煤		85.5	5.0	2.5	6.0	725	403
褐 煤		36.0	27.0	30.0	7.0	6,000-7,000	3,334-3,889
半 烟 煤		15.0	32.0	45.0	8.0	10,500	5,834
烟 煤		5.0	35.0	50.0	10.0	14,000	7,778
上等烟煤		3.5	16.5	72.5	7.5	13,500-14,000	7,500-7,778
亞無烟煤		3.5	9.5	75.5	11.5	13,000-13,500	7,223-7,500
無 烟 煤		3.5	1.5	80.0	15.0	13,000-14,000	7,223-7,778

煤之成分,既足以影響煤之性質,故欲判別煤之優劣以及是否適合某種工業製造之用,即以其所含水分,灰分,揮發質及固定炭質之多寡為斷。茲將李葛 (Regnault-Gruner) 二氏所造關於煤之應用分類表譯錄如下,以備選煤時之參考:

第三表 煤之應用分類表<sup>(3)</sup>

(表內數字為假定煤不含水分及灰分時之百分數)

類別	組 別	主要用途	原質成分(百分數)			揮發質(百分數)	固定炭質(百分數)	炭素殘餘物之性質
			碳	氫	氧+氮+硫			
褐煤	不 粘 結	.....	60-75	約5.0	20-35	45以上	55以上	無粘合性
烟 煤	(1)不粘結(焰長)	反射爐灶燃料用	75-80	4.5-5.5	15-20	40-45	55-60	無粘合性
	(2)粘 結(焰長)	製造煤氣用	80-85	約5.6	10-15	32-40	60-68	多空焦炭性
	(3)硬 焦 性	煉 焦 用	84-89	5.0-5.6	5.5-11.0	26-32	68-74	緻密焦炭性
	(4)硬焦性(焰短)	煉焦用及蒸汽鍋燃料用	88-90	4.5-5.5	5.5-6.5	18-26	74-82	最緻密焦炭性
半烟煤	不粘結(焰短)	蒸汽鍋燃料用	90-92	4.0-4.5	4.0-5.5	15-20	80-85	無粘合性
無烟煤	(1)不粘結	蒸汽鍋燃料用	92-94	3.0-4.0	3.0-4.5	8-15	85-92	粉 狀
	(2)不粘結	火爐燃料用				8以下	92以上	



據上表,可知煤之合於製造煤氣用者須含揮發質百分之三十二至四十,其焦炭須質鬆多孔,方為上等煤氣煤。至煉焦煤與汽鍋煤等須含規定之揮發質方為合格。

再煤之熱量<sup>(4)</sup>及煤之硫黃量亦為選擇煤之重要因素,蓋燃料煤須擇其熱量高者為上等。至煤內硫黃,大都為硫化物,硫化鐵,硫酸鈣,有機硫化物。雖煤在燃燒時一部份硫質,變成硫化氫,硫化炭,一硫二烯五圓, (thiophene) 等氣體蒸發而出,惟大部份硫質(如硫化鐵硫酸鈣)則存在焦炭中,此項焦炭,即不合煉銅之用;故含多量硫質之煤為煉焦廠所最忌。

總之,欲分別煤之優劣及其是否適合某種用途,須先經精密之試驗分析,方可斷定。故煤之化驗為必須之手續;且買賣兩方可憑化驗之結果,以為論價之依據,使雙方各得其平也。茲將上海市工業試驗所歷年所化驗之各省重要煤樣,列表於篇後,以為國人參考焉。

## 煤之儲量及產額

據 1913 年國際地質會議之報告,世界煤之總儲量約有 7,397,000 兆噸。其中如以煤類言,無烟煤佔 6.75% (大部在中國),烟煤佔 52.75%,褐煤 40.5%;以國別言:美國佔 51.8%。加拿大 16.4%,中國 13.5%,德國 5.7% 英國 2.6%,西伯利亞 2.3%,其他各國 7.7%。茲將世界上重要產煤國之儲量列表如下:

第四表 世界各國煤之儲量表<sup>(5)</sup>

國 別	儲 量 (單位千公噸)
美 國	3,583,432,000
加 拿 大	1,253,744,000
中 國	1,012,557,792
德 國	429,768,000 *



英	國	193,040,000
西 比 利	亞	175,768,000
印	度	80,264,000
俄	國	60,960,000 *
奧	國	54,864,000 *
法	國	17,272,000
總	計	6,861,669,792

\* 歐戰以前版圖

我國煤藏之富，稱居世界產煤國之第三位(上表所列之數為德人德來克氏之估計)，惟據實業部地質調查所之調查結果，全國藏煤量為 217,626,000,000 噸(合計 221,108,016,000 公噸)，其中以烟煤為最多，佔總儲量之 79.71%，無烟煤次之，佔 20.03%。褐煤又次之，佔 0.26%。如以省別言，則推山西藏煤最富，四川、雲南、貴州等省次之，詳確數字參閱下表：

第五表 中國煤源之藏量估計表<sup>(6)</sup>(單位千公噸)

省 別	無 烟 煤	烟 煤	褐 煤	總 計	百分比
山 西	35,921,696	93,051,376	175,768	129,148,840	58.44
四 川	1,016,000	18,288,000	.....	19,304,000	8.73
雲 南	.....	19,202,400	101,600	19,304,000	8.73
貴 州	.....	19,304,000	.....	19,304,000	8.73
河 南	5,935,472	1,632,712	.....	7,568,184	3.42
陝 西	.....	7,079,488	.....	7,079,488	3.20
湖 南	.....	6,096,000	.....	6,096,000	2.67
山 東	30,480	2,540,000	.....	2,570,480	1.17
遼 寧	30,480	2,286,000	5,080	2,321,560	1.05
河 北	809,752	1,047,496	.....	1,857,248	0.84
吉 林	.....	1,217,168	101,600	1,318,768	0.60
江 西	111,760	797,560	.....	909,320	0.41
熱 河	20,320	480,568	169,672	670,560	0.31



廣 西	.....	508,000	.....	508,000	0,23
廣 東	.....	508,000	.....	508,000	0,23
甘 肅	.....	508,000	.....	508,000	0,23
察哈爾及綏遠	152,400	314,960	.....	467,360	0,22
湖 北	140,208	314,960	.....	455,168	0,21
黑 龍 江	.....	349,504	23,368	372,872	0,17
安 徽	71,120	292,608	.....	363,728	0,17
江 蘇	.....	198,120	.....	198,120	0,10
福 建	.....	152,400	.....	152,400	0,08
浙 江	50,800	71,120	.....	121,920	0,06
總 計	74,290,488	176,240,440	577,088	221,108,016	100,00
百 分 比	20,03	79,71	0,26	100,00	

中國各省煤源藏量比較圖

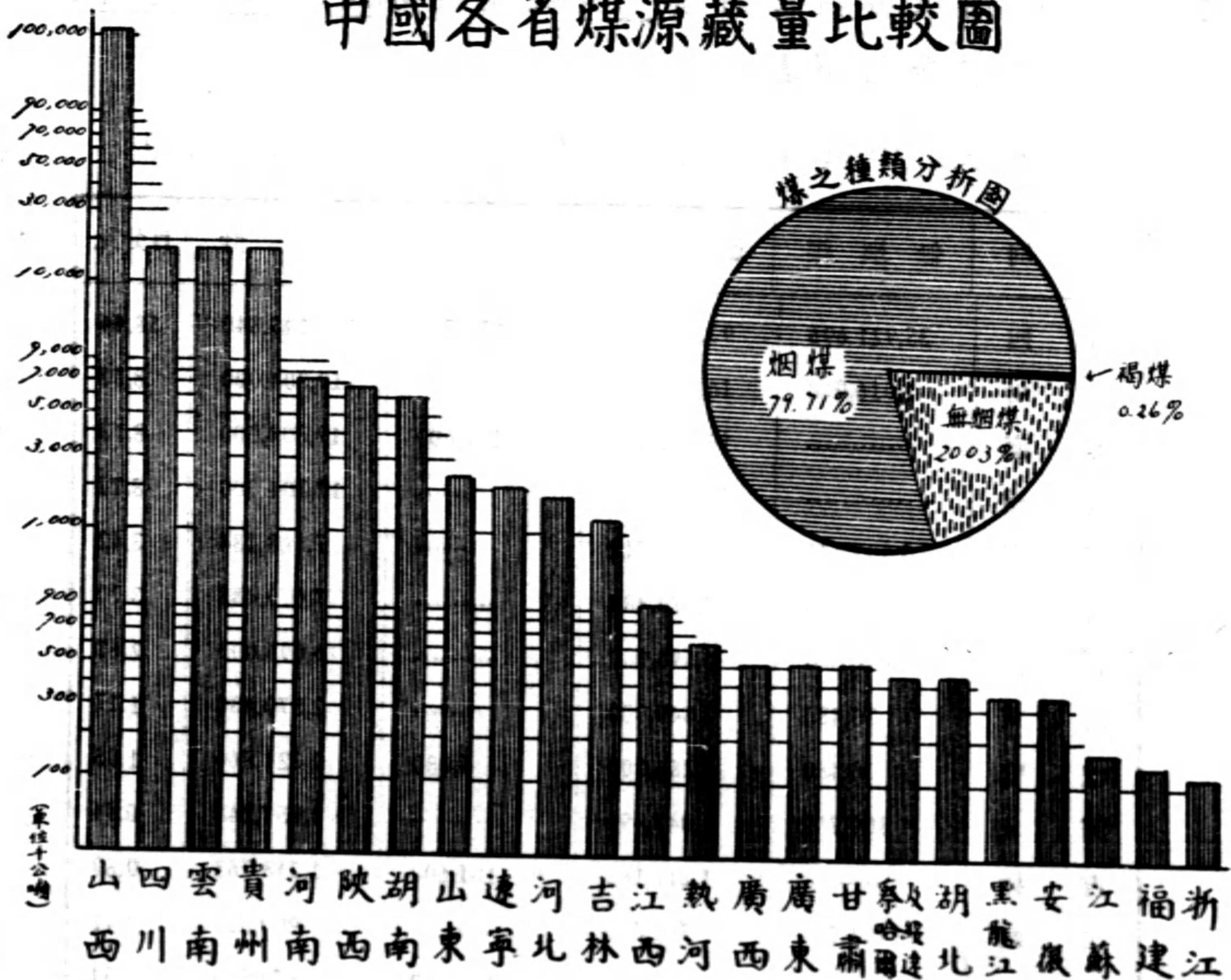


圖 (一)

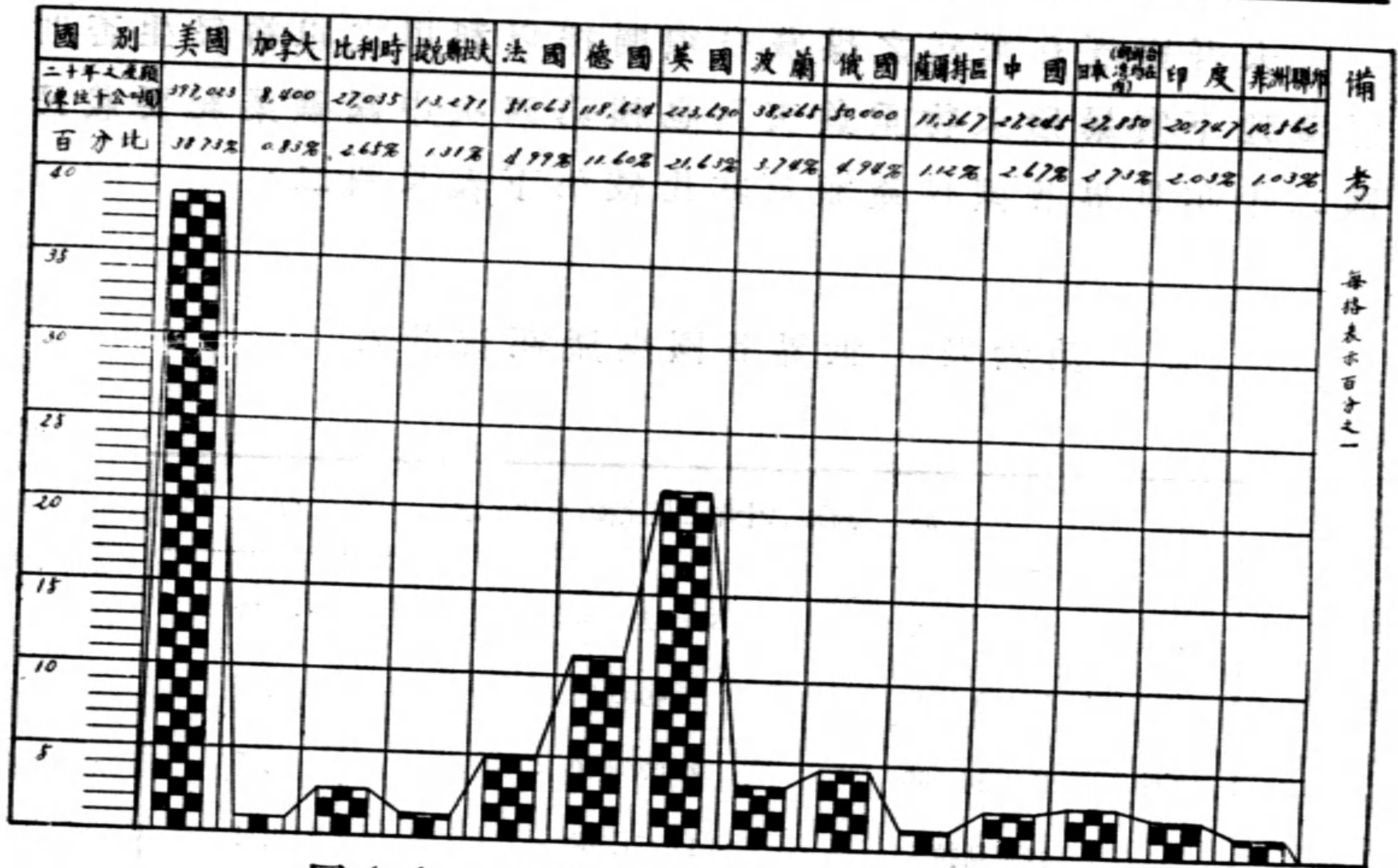


夫吾國既有豐富之煤藏,自須開採以利用之,以裕民生,否則埋藏地下,實暴殄天物,重負天賜也。據第四次中國礦業紀要載民國二十年世界各國煤產額及其比較如下表及圖(二):

第六表 世界各國煤產額統計表<sup>(7)</sup>

國 別	民國二十年之煤產額(單位公噸)	百 分 比
美洲 美 國	397,023,000	38.73
加 拿 大	8,400,000	0.83
歐洲 比 利 時	27,035,000	2.65
捷克斯拉夫	13,271,000	1.31
法 國	51,063,000	4.99
德 國	118,624,000	11.60
英 國	223,690,000	21.63
波 蘭	38,265,000	3.74
俄 國	50,000,000	4.94
薩爾特區	11,367,000	1.12
荷 蘭	.....	.....
亞洲 中 國	27,245,000	2.67
日本(朝鮮 台灣均在內)	27,850,000	2.73
印 度	20,747,000	2.03
非洲 非洲聯邦	10,562,000	1.03
海洋洲 澳 洲	.....	.....
其他各國	.....	.....
總 計	1,025,142,000	100.00





圖(二) 世界各國煤產額之比較圖

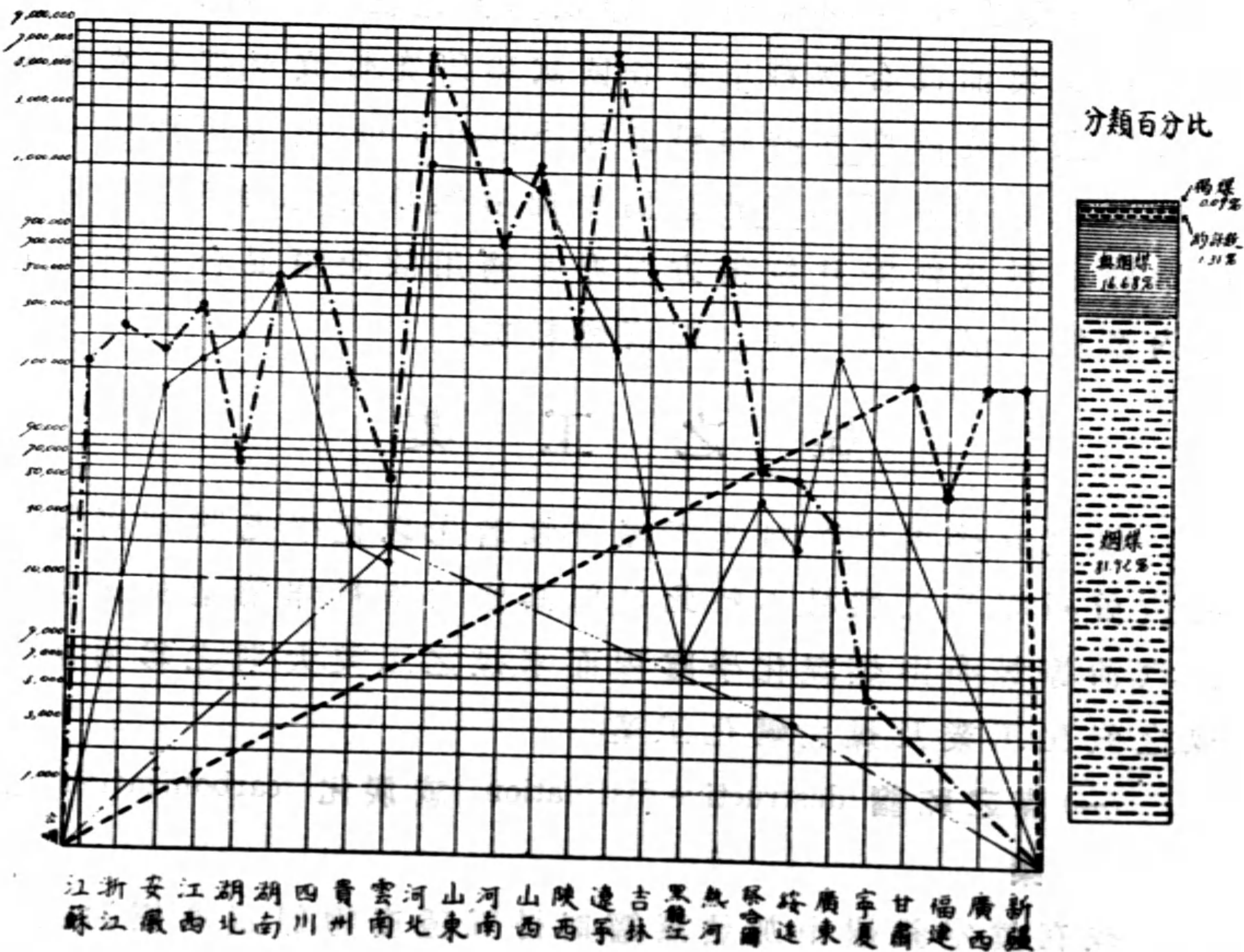
我國每年產煤約二千五六百萬噸,祇及總儲藏量萬分之一,若產額逐年不增,則吾國煤量可以支持一萬年之久。而各省產煤多寡不一,其中以遼甯產煤最多,河北省次之,其他各省產額俱在百分之十以下(參閱下表及圖三)。

第七表 中國各省產煤額統計表

省別	種類	民國二十年之煤產額(單位公噸)			總 計	百分比
		烟 煤	無 煙 煤	褐 炭		
江 蘇		108,338.00	.....	.....	108,338.00	0.40
浙 江		234,640.90	.....	.....	234,640.90	0.86
安 徽		179,131.80	96,871.92	.....	276,003.72	1.02
江 西		334,144.00	120,000.00	.....	463,144.00	1.69
湖 北		69,000.00	206,500.00	.....	275,500.00	1.01
湖 南		410,000.00	516,000.00	.....	926,000.00	3.40
四 川		658,100.00	.....	.....	658,100.00	2.41
貴 州		98,509.00	20,068.00	.....	118,557.00	0.43
雲 南		56,155.00	15,000.00	20,000.00	91,155.00	0.33
河 北		6,505,572.13	1,154,452.00	.....	7,660,024.13	28.13
山 東		2,093,771.81	.....	.....	2,093,771.81	7.69
河 南		824,485.10	1,020,254.04	.....	1,844,739.14	6.78



山	西	1,358,343.07	907,990.55	.....	2,266,333.62	8.31
陝	西	227,278.00	.....	.....	227,278.00	0.83
遼	寧	7,503,000.00	195,000.00	.....	7,698,000.00	28.27
吉	林	550,000.00	30,000.00	.....	580,000.00	2.12
黑	龍	230,000.00	8,000.00	.....	238,000.00	0.87
熱	河	703,400.00	.....	.....	703,400.00	2.58
察	哈	69,500.00	45,000.00	.....	114,500.00	0.42
綏	遠	64,400.00	23,300.00	3,500.00	91,200.00	0.33
廣	東	33,900.00	187,000.00	.....	220,900.00	0.84
寧	夏	5,068.00	.....	.....	5,068.00	0.02
甘	肅	.....	.....	.....	100,000.00	0.36
福	建	.....	.....	.....	50,000.00	0.18
廣	西	.....	.....	.....	100,000.00	0.36
外	蒙	.....	.....	.....	.....	.....
青	古	.....	.....	.....	.....	.....
新	疆	.....	.....	.....	100,000.00	0.36
西	藏	.....	.....	.....	.....	.....



圖(三) 中國各省產煤額比較圖



## 煤 之 用 途

煤為重要固體燃料，用以發熱發光及發生原動力者也。惟煤之直接用作燃料，最不經濟，因煤在燃燒時，吾人可收獲之能(energy)祇及煤量百分之二十五，其他四分之三則為浪費，職是之故近年來有最經濟利用煤之技術發明：——

(一) 粉煤 (pulverized or powdered coal) 烟煤在燃燒時，烟突中常發生黑烟。此項黑烟之成分，大部為未曾燃燒之炭質及幾種氣體。設能將其燃燒完善，當無黑烟發生。而此種烟塵不特為用煤之損失，亦且散佈空中，有礙衛生，是以近年來各國對於蒸汽發生機已採用粉煤，因煤已成粉末，則其中炭質易與空中氧氣經燃燒而全完化合，以獲燃煤之最高效率。

(二) 膠質煤 (colloidal coal) 即煤與油之混合燃料 (coal-oil fuel)。粉煤與油混合燃料，早經各國試驗研究，惟直至近年來才施於實際應用。英國勝那特輪船公司 (Sunard Line) 之雪西亞號 (Scythia)，來往於利佛浦及紐約之間，用此項燃料試航，結果良佳；非但較單純油料為經濟，且技術方面亦甚適用，故此項混合燃料，現時為內燃機及航行蒸汽機之經濟燃料矣。

## 煤 之 工 業

煤之直接用作燃料，既不經濟；惟若先以化學處理，則可得極有價值極經濟之燃料。不特此也，即其他如染料，炸藥，藥材，攝影藥品，汽油等等亦由煤經化學處理而來。煤之工業，大別之為兩類，即煤之炭化工業及煤之氫化工業：——

(一) 煤之乾餾 (destructive distillation) 或炭化 (carbonization) 工業

煤在真空鍋爐中加熱蒸餾，則得五種產物，即氫液，輕油，煤氣，煤膏及焦炭。蒸餾時所用溫度，有攝氏 1100 度者，謂之高溫蒸餾；有



用 600 度者,謂之低溫蒸餾。兩法所得之產物,其數量與成分性質略有不同,茲分述之如下:—

(甲) 高溫蒸餾 (High temperature carbonization)

烟煤在高溫蒸餾時,所得之產物,視用煤之品質而異;普通用煤一噸,可得下列各物:—<sup>(9)</sup>

煙煤一噸 (1,200公斤)	煤氣	1,200立方尺(40立方公尺)		
		氫液	可製造鹼鹼經7-25磅(3.5-12.5公斤)	
	煤膏 120磅可提 (60公斤)	烴(Benzene)	10-20磅	(5-10公斤)
		甲烴(Toluene)	3 ,,	(1.5公斤)
		二甲烴(Xylene)	1 $\frac{1}{2}$ ,,	(0.75公斤)
		石炭酸(Phenol)	1/2 ,,	(0.25公斤)
		素 Naphthalene)	3/8 ,,	(3.16公斤)
		硬煤精(Anthracene)	1/4 ,,	(1/8公斤)
		瀝青(Pitch)	80 ,,	(40公斤)
		焦炭	1200-1500磅(600-750公斤)	

概言之,焦炭約佔烟煤之 72%, 煤氣 22%, 煤膏 6%; 故焦炭與煤氣為高溫蒸餾之主要產物。惟其產量與性質,視原煤之成分及蒸餾方法等而異。因煤之適合煉焦者未必合於製造煤氣之用,故煉焦與煤氣製造為兩種獨立工業。至於煤膏向視為兩廠廢物,迨後經蒸餾而得重要有機物品,始知利用,因有煤膏蒸餾工業之創設,茲將此三種工業分述之如下:—

(1) 煉焦工業 冶金焦炭(Metallurgical coke)為鋼鐵廠之重要原料。此項煤焦須性質堅硬,雖經重壓而不碎,加強熱而不溶,具海綿式之結構體,遇二氧化碳不溶解,內含極少量之硫磷等質。據美國材料試驗會(A.S.T.M.)所規定之冶金焦,內含揮發物不得超過 2%, 固定炭不得少過 86%, 灰分不得超過 1%, 硫不得超過 1%, 磷不得超過 0.5%, 限制似覺過嚴,但不如是,不足以冶鍛良好鋼鐵也。故欲得優良之焦炭,須選擇能煉焦之煤。在吾國萍鄉,本溪湖,六河溝,井陘,開灤,撫順,中興,博山等礦所產之煤,皆合煉焦之用。



在十九世紀之初葉，製煉焦炭皆用蜂巢式爐灶，所有煤氣及煤膏等均廢棄不取，甚不經濟。迨後立式及橫式煉焦爐先後發明，不特增加焦炭產量，並可收獲副產物，如煤氣，煤膏，及阿母尼亞水。阿母尼亞以製造硫酸銨人造肥料；煤氣為鍋爐燃燒料；煤膏可供提取各種有機物。

吾國因無大規模之煉鋼廠，故對於煉焦事業不甚發達，僅有萍鄉，六河溝，開灤，井陘，撫順，中興，博山等數處煉焦。並多用土法煉製，僅有一、二處採用新法，收取副產物，良可慨也。

茲將民國二十一年焦炭輸出入總數<sup>(10)</sup>，摘錄於下，以資參考：

	公 噸	關平兩
輸 出	4,112.76	66,916
輸 入	3,253.23	64,825
出 超	859.53	2,091

(2) 煤氣製造工業 煤氣為近代最經濟最清潔之燃料，歐美各國工廠家庭都用之以發動力或煮食物。在電燈未發明之前，煤氣用以燃燈即俗稱「自來火」燈。煤氣之成分及其產量之多寡，視所用烟煤之品質及乾餾方法而異。普通烟煤，如其揮發物在32%—39%以上，灰分在10%以下，硫黃不超過1.25%者，適合製造煤氣之用。

我國尚無國人自營之煤氣工廠，在上海，漢口，廣州等處者皆為外人所經營之事業。

煤氣廠之主要目的，在乎製造多量佳質之煤氣，同時亦得三種極有價值之副產物，即阿母尼亞，煤膏及焦炭。阿母尼亞可供製造硫酸銨肥料及銨化合物，煤膏則售於煤膏蒸餾工廠，以提取各種有機物品，焦炭可用作家庭及工廠燃料。此項焦炭與煉焦廠所產之焦不同，質鬆軟，不合冶金之用。

(3) 煤膏蒸餾工業 煤膏乃一種色黑味臭之油性混合物，為煉焦及煤氣工廠之副產物。初視為廢物，不知利用，迨經蒸餾而



知其中含有有機藥品甚富，乃有煤膏蒸餾工業之產生。此項蒸餾工廠所用之煤膏油即購自煉焦及煤氣工廠而加以提煉者。惟近年來因煤膏產物之需要日增，煉焦工廠及煤氣工廠有自設煤工蒸餾部，以提取各種有機物；因煤膏蒸餾為化學工業中之基本工業，關係國防民生非淺鮮也。

煤膏油之成分視所用原煤之品質及其炭化方法而異，煉焦廠之煤膏內含石蠟體 (paraffin bodies) 較煤氣廠煤膏為多。

煤膏油在蒸餾時以各物質之揮發溫度不同，可分成六份，即阿母尼亞水，輕油，中油，重油，紅油及瀝青。各部之份量，視原料煤膏而異，下表為兩種煤膏油蒸餾所得之百分數：

第八表 (11)

蒸出部份	煤膏之來源	
	氣 廠 煤 膏	煉 焦 廠 煤 膏
阿母尼亞水	1.81	2.30
輕油	1.65	3.70
中油	10.66	9.80
重油	8.18	12.00
紅油	14.05	4.30
瀝青	61.16	67.00
蒸溜時之損失	21.48	0.90

由上列各油份內，經再度蒸餾，可提取原料藥品十三種，其最重要者為燐 (benzene)，甲燐 (toluene)，萘 (naphthalene)，石炭酸 (phenol)，硬煤精 (anthracene)，次要者為二甲燐 (xylene)，一烷困醇 (cresols)，五炭一氮異燐 (pyridine)，愛西亞納夫星 (acenaphthene)，非納塞林 (phenanthrene)，措白茶 (corbazole)，更次要者為因獨 (indole)，及伊索桂拿林 (isoquinoline)。參閱圖(四)。







圖(四)內十三種藥品,祇及煤膏油總量百分之一;其他百分之九十則為瀝青及阿母尼亞水等。惟由此十三種藥品,可製造工業品奚啻千百種;為染料,炸藥,毒氣,藥材等等,莫不以煤膏為出發點。

染料為各種工業之重要原料,如印染,油漆,油墨,化粧品,食品等工業都利賴之。染料自古採自動植物,迨西歷 1856 年英國化學家潘金 (Perkin) 氏發明用生色精 (aniline) 製造染料後,人造染料竟取天然染料而代之。潘氏所用之生色精,即為煤膏中之煇經化學處理而成。故人造染料又稱「aniline 染料」,或「煤膏油染料」(coal tar dyes)。吾國染青布所用之靛青,向取自靛樹,目下因人造靛青之價廉物美,國人皆改用舶來之人造靛青。製造靛之基本原料,則為硬煤精 (anthracene), 亦煤膏油中之產物也。故欲創設人造染料工業,煤膏蒸溜實為先決條件。

近世軍事上及工程上需用暴力炸藥,為 T. N. T. 與苦味酸 (picric acid)。其製造之原料即為煤膏中之甲煇 (toluene) 與石炭酸 (phenol)。世界大戰時所用之毒氣為落淚氣,引嚏氣,窒息氣等,莫不以煇 (benzene), 甲煇 (toluene) 與石炭酸 (phenol) 等製成,而此種原料亦取自煤膏油者也。

其他如藥材,防腐劑,虫殺劑,香料,燃料,溶解劑,攝影藥品,人造樹脂如電木等,人造丹寧劑,橡皮製劑,及普通有機藥品之原料,皆煤膏油之產物也。吾國因無煤膏蒸溜工業,故上述種種工業品,莫不仰給於舶來,金錢外溢,漏卮無窮,良可歎已!

至煤膏蒸溜之殘餘物,瀝青,為製造煤球及防護電報線走電及腐蝕之用。如瀝青先用高溫加熱,則可得瀝青焦炭以供燃料用,或以製造電弧炭棒,及特種冶金之用。

#### (乙) 低溫蒸溜 (Low temperature carbonization)

近年來外國對於煤之低溫蒸溜,研究不遺餘力。因低溫蒸溜與高溫蒸溜之主要產物雖同為煤膏及焦炭惟低溫煤膏之產量較之用高溫增多;而焦炭為一種半焦炭,如用煤一噸,約可得煤膏



14—16 加侖,半焦炭 3/4 噸;至副產物之煤氣則就廠內用作燃料。此項半焦煤含揮發物甚多,較之煤氣廠焦炭容易着火,火力又強,且燃燒時無烟,故為家庭及工廠最經濟之燃料。都市中之烟塵問題,在外國研究煞費苦心;蓋烟塵不特有礙衛生,且有關市民經濟上之損失,如洗衣費等等。設一旦工廠與家庭都採用半焦炭為燃料,則都市中之烟塵問題即可迎刃而解;是以目下各國正在積極提倡試用,

且低溫煤膏亦為一種重要工業原料,其來源有由蒸餾烟煤及由蒸餾褐煤之二種,其性質成分略有不同。普通為紅色稀薄流質,主要成分為石臘質 (paraffin), 烯族炭氫化合物 (olefines), 奈夫星 (naphthenes) 與石炭酸 (phenols) 類,至芳香族炭氫化合物含量甚微。此項煤膏用途有二, (一) 為普通燃料, (二) 為人造樹膠,即電木之原料。低溫煤膏如加熱分餾,則在攝氏 200 度以下者為汽車油, 200 度者為鍋爐燃料, 200—350 度可作內燃機油。此項煤膏因內含石炭酸 (phenol) 與一烷困醇 (cresol), 故英國化學家莫更 (Morgan), 米格生 (Megson) 等用以試製電木,所得結果良佳。至其他利用,尚待異日發明;目下最重要之應用,則為製造人造汽油。

## (二) 煤之液化 (liquefaction) 或氫化 (hydrogenation) 工業<sup>(13)</sup>

煤炭化油,發明頗早,惟因提煉方法,費用浩大,故祇能視為科學實驗。迨至 1912 年,德人白極司氏 (Bergius) 發明煤炭加氫法,始有商業化之可能性。

查烟煤之主要成分,為炭,氫,氧三元素,及少量氮硫等質。其中氫之含量,約佔百分之 4.5—5.5 % 除一部分已與氧氣化合外,可應用之氫元素,約為 5%。而石油含氫量則較烟煤為多,約在 14 與 15 % 之間。故欲使烟煤變成石油或石油類似物,須加入氫元素約為用煤量之 10%。

白極司氏之接觸加氫法,理論上極簡單,惟技術方面,困難至多。其法將乾燥煤末,和以 40 % 之重油(此項重油為前一次煤炭化



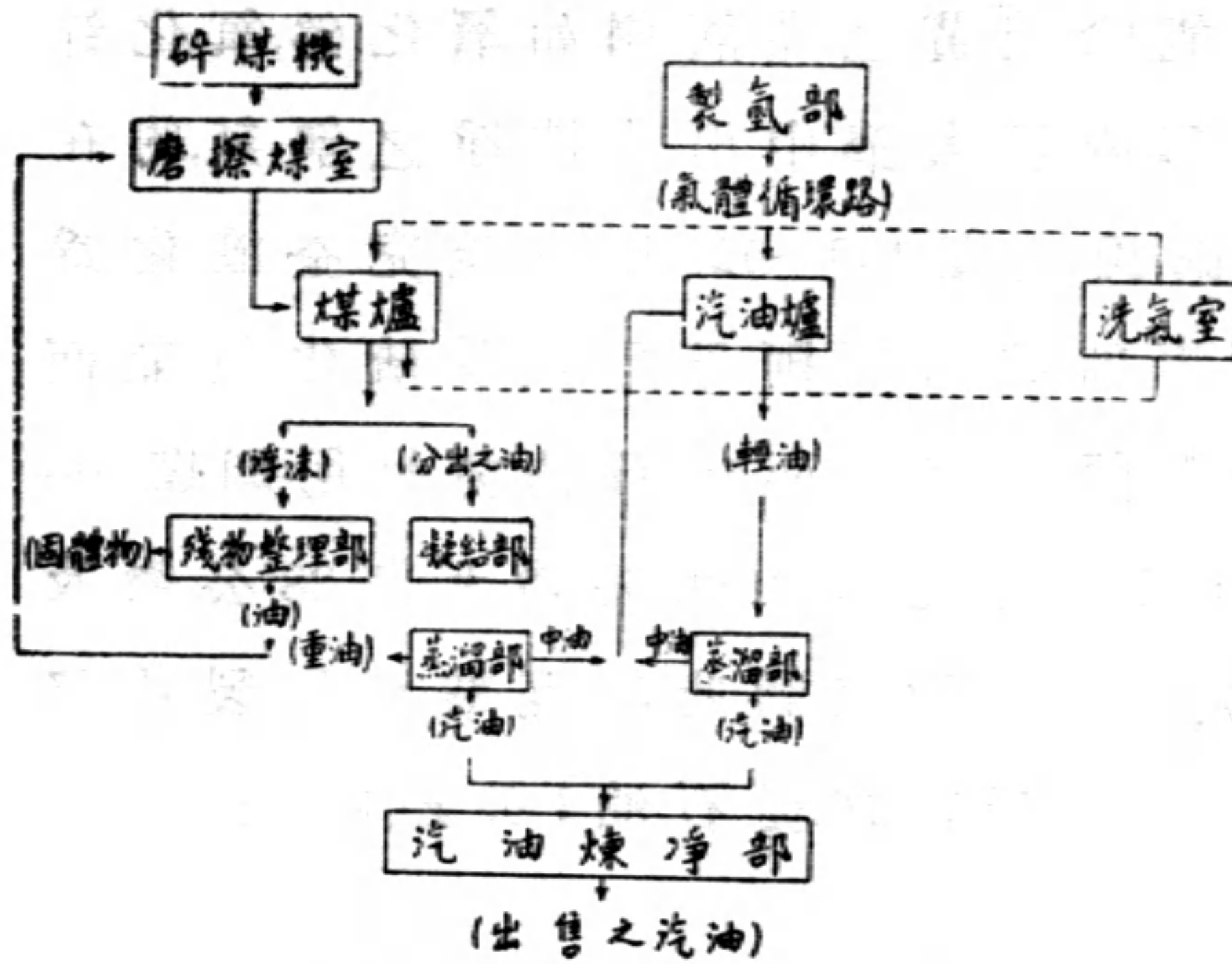
油之產物), 然後再加適量能除硫黃之煤觸劑, 如氧化鉻, 氧化鋅等。各物混和後, 此項漿狀物移置於大鍋中, 引入洗淨之氫氣, 約在氣壓 150 與 250 之間, 加熱至攝氏溫度 450—520 度, 直至完全液化為止。此時煤中之氫, 氧, 硫三元素, 即成水氣, 阿母尼亞及硫化氫氣而洩出, 存下之炭氫化合物, 逕與氫氣化合而成石油矣。如用烟煤 100 公鐵 (以乾燥不含灰分者計算), 可提石油 62 公鐵, 瓦斯 28 公鐵及一種殘渣, 內含固體炭質物有 6 公鐵之譜。此項瓦斯可供製造氫氣之用, 殘渣物則用作汽鍋燃料。概言之, 提石油 1 公鐵約須烟煤 4 公噸之多。

煤之加氫, 以其種類而有難易, 例如褐煤較烟煤易於氫化, 即同一烟煤如含炭質不過 85%, 以上<sup>(14)</sup>及氧素極少者, 適合加氫之用。院煤外煤膏油亦常為氫化原料, 因其加氫較任何煤類為易。而低溫煤膏較高溫煤膏更易; 蓋低溫煤膏含游離碳 (free carbon) 及土瀝青 (asphalt) 質較少也。雖兩者之氫化有難易, 所得產物則一也。

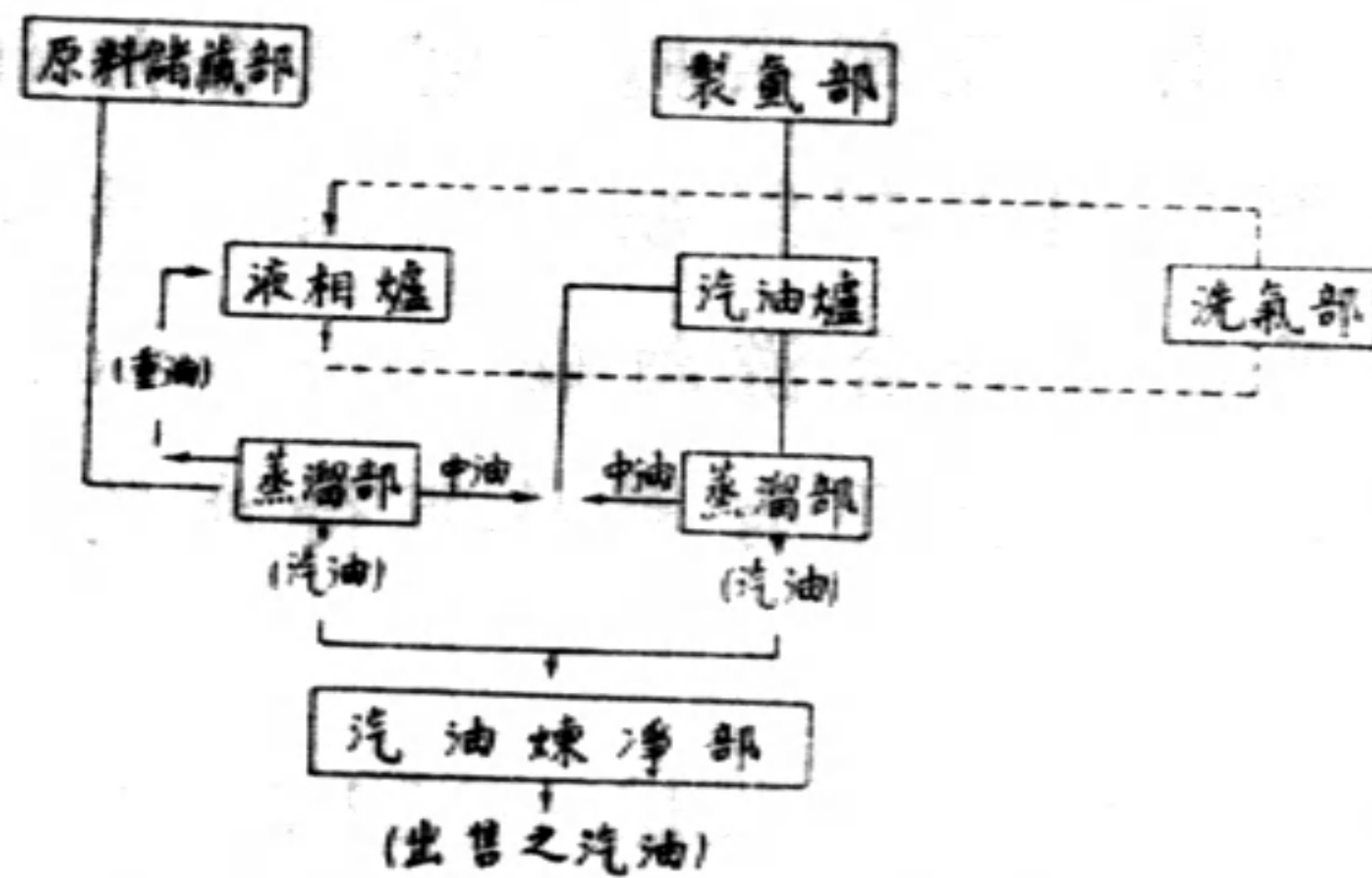
據雷德 (Lander) 教授實驗結果<sup>(15)</sup>, 如用烟煤一噸 (1,200 公斤) 可得低溫煤膏 22.7 加侖 (86 公升)。照白極氏加氫後, 則得一種透明液體, 頗似石油約 23.4 加侖 (88.5 公升), 再用蒸餾法分餾之, 則得汽油 15 加侖 (56.5 公升) 內燃機油 6.6 加侖 (25 公升) 及潤滑油微量云。

德國萬奇染料公司 (I.G. Farbenindustrie) 即用褐煤之低溫煤膏以提汽油; 至英國帝國化學工業公司 (British Imperial Chemical Industry) 則用烟煤為原料。目下德國萬奇公司在洛那 (Launa) 所設之廠, 每年可出汽油十萬餘噸之多。其採用褐煤為原料, 不外兩種理由: 一則德國產褐煤甚多, 品質低劣, 價格便宜; 二則因褐煤內含化合氫較多, 容易氫化, 較為經濟。英國因國內無石油礦產, 故對於煤炭化油問題, 積極研究, 不遺餘力, 近聞帝國化學工業公司將在別林漢姆城 (Billingham-on-tees) 設一大規模煤炭化油工廠, 資本二百五十萬金鎊, 每年可提汽油十萬噸, 每加侖成本約計七辨士云。





圖(五) 由煤得汽油之經過



圖(六) 由煤膏油得汽油之經過

煤炭化油問題,有關國防民生,是以各國均在進行研究,或設廠提煉。吾國石油礦產雖分佈數省,如四川,陝西,甘肅,新疆,山西等;惟儲量不多,全量開採,恐亦不敷將來之用。近年來進口之汽油,已達三千餘萬加侖。故欲謀發展實業,鞏固國防,杜塞漏卮,設立煤炭化油工廠,實刻不容緩,望國人注意及之。由煤或煤膏油提汽油之經過,略如圖(五)及圖(六)所示。

### 中國煤礦業概況

我國已有量富質美之煤藏,固可為發展工業之基礎,惜採礦事業未臻發達。溯自前清光緒年間,迄於今茲,前後凡五十餘載,各省之組織公司以新法開採者,全國仍不過數十處,如下表所示,其餘均屬土窰。即此數十公司中,其資本較大者,皆在外人之手,如英之開灤,日之撫順等;至國人自營之煤礦或感於經濟之困難,或因事變而改組,尚多在風雨飄搖之境。各省重要煤礦公司之資本,性質,礦區,產額等,如第九表。



第九表 中國重要煤礦公司一覽表 (17)

省別	名稱	公司性質	資本	礦區	產額	銷路
河 北	臨城礦務局	河北省辦	800萬佛郎	臨城縣	20年度 15,000噸	平漢路沿綫
	正豐煤礦公司	商辦	660萬元	大同永定莊煤谷口	20年度 108,108噸 21年度 237,169噸	平綏路沿綫
	井陘礦務局	中德合辦	450萬元	井陘縣	20年度 630,000噸	平漢, 北齊沿綫
	怡立煤礦公司	商辦	300萬元	磁縣西佐村	19年度 131,795噸 20年度 147,675噸	平漢路沿綫及沿瀾陽河一帶
	開平礦務局	中英合辦	200萬磅	唐山開平	每日可達 1,500噸	北齊路沿綫長江流域及沿海各省
	門頭溝煤礦公司	中英合辦	200萬兩	宛平縣沙頭溝	每日餘 300噸	
	柳江煤礦公司	商辦	144萬元	臨榆縣柳江	19年度 206,851噸 20年度 255,347噸	北齊路沿綫及長江流域(上海, 南京, 日本)
	長城煤礦公司	商辦		臨榆縣	19年度 150,000噸 20年度 160,000噸	北齊路沿綫及天津, 上海
河 南	中原公司	官商合辦	500萬元	修武縣焦作鎮李河	19年度 395,198噸 20年度 840,104噸	河南河北北順保一帶及江蘇徐州長江兩岸
	六河溝煤礦公司	商辦	300萬元	安陽	19年度 256,470噸 20年度 505,355噸	平漢, 隴海沿綫
	福公司	英商	124萬磅	修武縣焦作鎮李封村		
	民生煤礦公司	商辦	100萬元	浹縣觀音堂	19年度 62,520噸 20年度 47,280噸	洛陽, 鄭州, 開封靈寶
	濟寧煤礦公司	商辦	100萬元	禹縣玉皇山	19年度 7,200噸 20年度 6,480噸	豫南各縣
	山 東	魯大煤礦公司	中日合辦	1,000萬元	淄川縣大荒地灘縣坊子	20年度 324,680噸
中興煤礦公司		商辦	1,00萬元	嶧縣索莊	20年度 763,681噸 21年度 974,104噸	暢銷于津浦, 隴海, 京滬沿綫及沿運河一帶
博東煤礦公司		中日合辦	150萬元	博山縣八陡	20年度 86,000噸	膠濟沿綫及上海, 日本
悅昇煤礦公司		商辦	130萬元	博山縣西河莊	20年度 125,000噸 21年度 148,500噸	膠濟沿綫及上海, 日本
山 西	晉北煤務局	山西省辦	1,000萬元	大同永定莊煤谷口	20年度 108,198噸 21年度 237,169噸	平綏路沿綫
	保晉煤礦公司	商辦	286萬元	大同縣, 晉城縣平定縣, 壽陽縣	19年度 377,059噸 20年度 487,436噸	平漢路綫各站及京滬等處
	安 徽	烈山煤礦公司 (原名普益煤礦公司)	官商合辦	100萬元	宿縣烈山	19年度 12,260噸 20年度 41,872噸
大通煤礦公司		商辦	80萬元	懷遠縣舜耕山	20年度 95,000噸 21年度 100,988噸	津浦沿綫及長江一帶
淮南煤務局		官辦	140萬元	懷遠洛河鎮	20年度 30,995噸	洛河鎮, 蚌埠, 浦口及長江各埠
湖 北	富源煤礦公司	商辦	12萬兩	大冶縣石灰窰	19年度 110,000噸 20年度 125,000噸	漢口, 九江
江 西	萍鄉煤礦公司	江西省辦	1,000萬元	萍鄉縣安源樂家中	19年度 147,946噸 20年度 163,144噸	九江, 南昌
	鄱樂煤礦公司	商辦	150萬元	鄱樂縣洪山口樂平縣鳴山	18年度 79,428噸 19年度 23,200噸	岡鄱路株萍路及株州長沙, 漢口
江 蘇	華東煤礦公司	商辦	160萬元	銅山縣一帶	20年度 88,335噸	津浦隴海沿綫及長江下游一帶
浙 江	長興煤務局	官商合辦	300萬元	長興縣	19年度 128,750噸 20年度 184,641噸	滬杭滬甯沿綫長江流域一帶
遼 寧	撫順煤礦公司	南滿鐵道	2,000萬日金	撫順縣	最高每天可達三萬噸	
	本溪湖煤鐵公司	中日合辦	700萬元	本溪縣	年產約60萬噸	
吉 林	穆稜煤礦公司	中俄合辦	600萬元	穆稜縣梨樹鎮		



	裕東煤礦公司	商 辦	300萬元	永吉縣大石嶺
	奶子山煤礦公司	商 辦	150萬元	額穆縣奶子山
黑龍江	札賚額爾煤礦公司	中俄合辦	500萬盧布	贛濱縣
	鶴岡煤礦公司	商 辦	312萬元	湯原縣
熱 河	北票煤礦公司	北寧路及 商人合辦	500萬元	朝陽縣

按第九表內之井陘煤礦本係中德合辦，民國七年我國參戰後，始自動收回，現為純粹國營之礦。至河北之正豐及河南之六河溝，本係國人自營，聞因借款關係已抵押於日。河南中原公司則有與英商福公司合辦消息。至東北四省煤礦之產銷情形，自九一八瀋變以來，其產銷等情形真相不明，概行從略。此等現象不僅指示國營煤礦之破產，並指示國營煤礦在外力壓迫之下大有將被鯨吞之勢。外煤恃其經濟上與政治上之特殊力量，肆行傾銷，侵奪市場。國煤銷路，一蹶不振，前途慘淡，極堪注意。所云外煤可分兩種：一自國外直接輸入者，為日本煤，安南煤等屬之；一外資在華開採所得者，如撫順煤，開灤煤及烟台煤等是也。第十表為最近三年來外煤進口之統計，至外資開採所得之煤，在我國市場上競爭最烈者，厥惟撫順與開灤煤。撫順煤輸入上海者計二十年為一百廿餘萬噸，至開灤煤年約四百餘萬噸。

第十表 最近三年外煤進口統計表<sup>(18)</sup> (單位公噸)

國 別	民國十九年	民國二十年	民國二十一年
香 港	169,303	177,843	58,467
澳 門	5,260	6,189	.....
安 南	591,050	535,500	482,923
新加坡等處	.....	.....	.....
和屬東印度	84,879	68,559	127,697
英屬印度	17,429	13,947	215,127
英 國	1,634	3,958	2,882
德 國	2,965	.....	3,893
荷 蘭	.....	29	.....



俄國由陸路	97,492	51,137	5,179
俄國黑龍江各口	3	5	.....
俄國太平洋各口	251,560	133,173	34,645
朝鮮	370	468	.....
日本	1,339,766	962,339	409,084
台灣			24,805
美國檀香山	.....	178	.....
其他各國	.....	33	20,284
坎拿大	.....	.....	102
關東租借地	.....	.....	60,730
總數	2,561,709	1,958,358	1,445,818

查進口之外煤，大部銷於我國長江流域及東南沿海諸省；此無他，實因華北之煤雖自給有餘，然以交通不便，運費昂貴，故未能運銷南方。且長江流域如江西，安徽，湖南諸省，煤藏甚富，或以管理不善，或因尚未開採，遂不得不仰給外煤。以上海一埠而論，煤之需量為各埠之冠，年需三百六十萬餘噸，其中開灤煤佔約一百五十餘萬噸，日煤約佔九十餘萬噸，撫順約佔七十餘萬噸，以中日合辦之魯大公司為中心之山東煤約佔二十餘萬噸，而所謂真正國煤者，不過數十萬噸而已！

茲考查我國煤業之所以衰落如此，不外下列五種原因：

- (1) 受時局之影響如天災兵禍；
- (2) 運輸不便，
- (3) 國煤成本太高因運費昂貴苛捐雜稅太多；
- (4) 外煤傾銷<sup>(19)</sup>；
- (5) 因國內工業不振，煤之用途太窄。

目下政府當局與全國煤商感覺煤業前途之危機，有救濟國煤之計劃，尙望其能早日實現也。

## 結 論



昔德國某作家有言<sup>(20)</sup>曰：「一國之存亡強弱，視其能否善用其煤源為斷」，旨哉斯言也。我國雖有豐富之煤藏，惜貨棄於地，未能充分利用。如煉焦工業尚未臻發達，煤氣製造，煤膏蒸溜及煤炭化油等工業，尚付闕如。故每年消費之煤量祇二千五六百萬噸，其用途之分配，據王寵佑先生之估計<sup>(21)</sup>，家庭用佔43.3%（內地佔33.3%城市佔10%）。工廠佔32.6%，交通事業佔8.4%煤礦自用佔8%，可知大部煤產消耗於直接燃燒，其不經濟孰甚。

總之，煤的問題，無論對於國防與國民生計，均有莫大之關係，未可漠視，深願政府當局暨諸實業家技術家，協力以謀工業之發展，急起直追，或猶未晚，作者是篇之述，冀當曝獻而已。

### 附錄 上海市工業試驗所國煤成分分析表

出產省別	品 名	水分%	揮發質%	灰分%	固定炭質%	硫黃%	熱 量 B.t.u/lb
河 北	開平特別層	1,18	31,13	16,95	50,74	1,34	12,655
	開平頭號層	1,51	29,34	23,50	45,65	0,98	11,646
	開平一號層	1,69	29,11	22,80	46,40	1,36	12,688
	華 斯 層	4,84	27,21	16,75	51,20	0,91	12,192
	撫 順 層	7,43	40,35	5,74	46,48	0,58	13,549
	撫 順 塊	8,91	34,02	7,97	49,10	0,66	12,958
	門頭溝煤	2,26	5,13	15,46	77,15	0,54	10,258
	王平口煤	4,04	3,93	13,49	78,54	0,58	11,864
	定 縣 煤	0,78	24,96	27,32	46,94	.....	11,248
	磁 州 煤	0,93	21,69	22,73	54,76	1,53	11,423
	井 陘 煤	0,90	20,45	18,21	60,44	.....	13,555
	臨 城 層	1,88	32,76	15,18	50,18	2,35	12,602
	臨 城 塊	1,76	27,31	15,32	55,61	1,33	12,692
	柳江頭號塊	0,60	11,34	20,97	67,09	0,93	11,337
	柳江二號塊	1,68	10,35	22,83	65,14	0,61	10,872
	柳江納子	0,88	14,29	27,75	57,08	0,52	10,562
柳江特塊	0,68	13,30	21,01	65,01	0,46	11,575	



熱 河	北 票 煤	1,68	31,53	24,43	45,36	0,55	11,358	
	五 段 統 煤	9,86	38,17	24,25	27,72	2,41	10,063	
山 東	五 段 塊 煤	9,55	40,47	21,72	28,26	4,95	10,226	
	五 段 層 煤	9,95	37,16	28,27	24,62	1,99	9,465	
	博 山 塊 煤	0,94	18,84	13,93	66,29	2,39	13,330	
	博 山 統 煤	1,96	17,49	13,44	67,11	2,51	13,080	
	夏 家 林 原 煤	0,64	15,79	13,52	70,05	1,49	13,647	
	大 山 煤	2,56	18,95	17,03	61,46	2,98	12,251	
	醫 井 原 煤	0,56	20,71	14,28	54,45	2,30	13,765	
	吉 成 煤	2,00	17,91	14,77	65,25	2,64	13,356	
	同 興 塊	1,65	16,74	5,83	75,78	2,75	14,000	
	同 興 塊	4,38	36,54	11,63	47,45	0,59	13,102	
	同 興 層	3,41	18,19	14,01	64,39	2,81	12,635	
	中 興 煤	1,09	28,79	11,26	58,86	1,10	13,637	
	白 谷 頭 煤	1,91	17,54	21,98	58,57	3,09	11,374	
	悅 昇 煤	1,02	15,99	13,45	69,54	2,22	13,559	
	山 西	大 同 原 煤	3,99	37,11	8,55	50,35	0,92	13,059
		大 同 煤	3,63	29,19	12,98	54,18	1,34	12,272
		大 同 渾 煤	4,58	27,64	8,76	59,02	0,72	13,084
		晉 城 塊 煤	2,89	5,64	10,14	81,33	0,20	13,398
平 定 層 煤		1,14	17,68	8,63	72,55	1,61	13,509	
平 定 塊 煤		2,89	10,41	5,89	80,81	1,01	14,300	
安 徽		大 通 統 煤	1,89	11,87	12,52	73,72	2,39	13,947
		大 通 塊 煤	3,42	33,60	19,15	43,83	0,73	10,563
		大 統 煤	3,77	31,91	21,67	42,65	0,83	10,452
		裕 生 煤	6,75	5,97	23,66	63,62	1,52	10,731
	烈 山 煤	1,21	19,30	9,20	70,20	0,44	15,142	
	淮 南 煤	1,04	34,60	7,50	56,86	0,32	13,343	
	通 裕 煤	0,90	26,77	17,63	54,65	5,61	12,143	
	顯 山 白 煤	3,43	6,97	14,62	74,98	0,69	12,771	
	江 蘇	大 草 煤	4,15	43,75	5,08	47,02	2,65	13,937
		協 成 煤	0,74	18,39	14,30	66,57	0,92	13,457
下 蜀 鎮 煤		1,06	16,08	14,26	68,60	0,74	13,187	



江 西	八 齊 煤	1,69	31,34	11,23	55,74	0,73	13,398
	建 豐 煤	1,45	16,27	12,51	69,80	.....	13,500
	新 牛 煤	8,17	42,12	10,36	39,55	0,70	12,542
四 川	東 山 層	1,38	27,34	7,64	63,64	0,64	13,718
	江 北 縣 煤	0,34	18,44	19,89	60,73	3,68	10,699
	雲 陽 縣 煤	0,80	13,55	12,39	73,17	.....	13,053
	萬 縣 煤	1,35	25,04	10,74	62,87	.....	14,169
	巴 縣 煤	1,43	25,78	17,17	55,62	.....	13,196
浙 江	長 興 煤	0,94	37,70	10,90	49,80	.....	13,243
	廣 興 統 煤	0,51	36,05	27,55	35,44	4,81	10,550
	中 原 煤	2,36	2,98	14,94	79,82	0,30	12,928
	象 山 煤	3,12	35,16	3,45	58,27	0,63	14,386
	新 四 畝 墩 層	0,58	26,78	40,94	31,70	4,65	8,546
	陳 大 統 層	0,37	31,63	33,57	31,43	4,34	9,886
	新 大 統 塊	0,33	32,82	27,96	38,89	6,00	11,607
	新 大 統 層	0,28	34,21	26,22	39,29	5,58	11,224
河 南	六 河 溝 煤	1,20	19,82	11,44	67,63	0,56	13,500
	安 陽 白 煤	1,20	10,42	10,71	77,67	0,30	13,773
湖 北	大 冶 層 煤	2,06	11,08	12,55	74,31	1,38	13,175
察 哈 爾	原 豐 原 煤	3,01	32,73	12,44	51,82	0,90	12,852
	寶 奧 原 煤	3,07	25,76	23,70	47,47	0,55	11,293

## 附 註

- (1) J. Ind. and Eng. Chem. 26, 155 (1934)
- (2) Parr, Fuel, Gas, Water and Lubricants, p.28 (1922)
- (3) Thorpe, Dictionary of Applied Chemistry, 3, 256 (1928)
- (4) 煤之熱量單位,如照公制以小卡路里 (Calorie) 表示一公份重煤經燃燒所發出之熱量;如照英制則以 B.t.u. 表明一磅重煤之熱量
- (5) 黃著勳著中國礦產,商務印書館出版(民國十九年)
- (6) Chinese Eco. J. 6, 206 (1930)
- (7) 中國經濟年鑑 J. 229 (民國二十三年)
- (8) 中國經濟年鑑 J. 150 (民國二十三年)



- (9) Slosson, Creative Chemistry, p. 64 (1923)
- (10) 工商半月刊第五卷第十五號(民國二十二年)
- (11) Thorp, Outlines of Industrial Chemistry, p. 333(1923)
- (12) Bunbury, and Davidson. The Industrial Applications, of Coal Tar Products, p.243(1925)
- (13) Chem. and Ind. 52, 51, (1933)  
Ind. and Eng. Chem. 26 164 (1934)  
Society of Chem. Industry, Proceedings of the Chem. Eng. Group  
13, 108(1931)
- (14) 以煤不含水分及灰分時計算。
- (15) Society of chem. Industry, Proceedings of the Chem. Eng. Group  
13, 108 (1931)
- (16) 工業中心第二卷第十二期第231頁(民國二十二年)
- (17) 工商半月刊第四卷第二十號;第六卷第一號,第廿四號  
國際貿易導報第五卷第十一號;第十二號  
Chinese Eco. J. 6, 2(1933); 12, 4(1933)  
申報月刊第二卷第十一號
- (18) 工商半月刊第六卷第一號第八十頁(民國二十三年)  
表內數字原為噸數,現改至公噸。
- (19) 我國財政部于前年十月間實行增加進口稅後,素為國煤勁敵之  
日煤,雖不能再事傾銷,但國煤銷路仍未能發展,反資英商開灤煤  
獨佔市場,因之國煤前途,危殆益甚,此為不平等條約之所賜也。
- (20) Fowe, Chemistry in Industry. 1, 58 (1925)
- (21) 申報月刊第二卷第十一號第四十三頁(民國二十二年)



# 白蟻與木材建築

倪慶穰譯述

(1) 引論，木料之易於腐朽。盡人皆知，然其尚受一種特殊害蟲之侵蝕。則為吾人所不常經意，而其為害之烈尤非目覩者不易置信。此種害蟲我國通稱謂「白蟻」，而在歐美通俗亦稱為“White Ants”蓋其所常見者每多似蟻而色白。然細究其種族，變狀及特性則實不屬於普通之蟻類，而其體亦不盡為白色也。我國各地皆有此類蟲患，普通多損蝕門窗地板等小件，然著者於鄂西曾見木架棧房一所，初在柱脚發見白蟻，繼而延及屋頂大梁，因緣梯而上，以錘擊木。試測其侵蝕之程度。該棧屋架係洋松建築，跨度四十呎。其一端已顯現蛀空壓陷之形跡。下弦8"×12"大料外觀完好，然一擊之下，錘竟陷入木內，則表皮下吋許皆朽同敗絮，此屋之不坍蓋幾希矣。又聞諸浙東某地有新建之寺屋患「蠹蟲」（白蟻之又名稱），人皆遷避。巧者夜宿其中，聞羣蟻食木之聲，粟粟不斷，越年餘而寺坍。由是觀之，白蟻為害之烈，未可小覷。希吾建築界，工程界以及木材業者幸急起而謀防治之。歐美人士往昔亦未有特別注意，近年或因美松之普遍應用，患害日甚，而同時化學界，油業界又競相出售其除蟲之藥劑油料等以應市場需要，於是集各方面共同之注意，而有合作研究之動議。美國於1928年有白蟻研究會之組織，加省大學動物學教授柯福(Ch A. Kofoid)氏為之主席。募集經費，從事工作，於茲五載，稍有成績，因彙集研究之報告，而編成一書，曰「白蟻及白蟻之防治」(“Termites and Termite Control,” Editor-in-chief



Charles A Kofoid, Prof of Zoology, published by University of California Press and London Cambridge Univ. Press Oct 1934. (P. 575 G. \$5) A Report of "Pacific Coast Committee on Termite Investigations, organized in 1928.)

下文即由該書節譯,願吾國內同志,亦出其所知,以相互琢磨也。

(2) 白蟻之特性及分類 白蟻為一種節足昆蟲,專食木質以生存者。查木細胞乃炭氫化物,雖富有營養力,然極不易消化。動物或昆蟲中無有以此為食料者,而獨白蟻能利用之,以維持其簡單之生命,究藉何種化食作用,尚非吾人所能得知,惟於其內臟曾發見多量微生物,或即藉此消腐木細胞,使變為糖酸質。又其居槽中,多有朽木之微菌,此則或與白蟻表裏相依,狼狽為奸,以破壞吾人類之經營者。白蟻之生存條件既若是之簡單,其食料之來源又如此之豐富,而其居處又常封閉於木料中,不與外界相通,得免仇敵之侵犯,(要或有之,亦惟其同類之外族以及泥居之常蟻而已)。則白蟻可稱為生物界中之幸運兒矣!

白蟻之分佈,幾遍及全世界之溫熱兩帶,惟寒帶地則尚罕見。考其種類多至數千百種,然可大別之為兩類,即「木居蟲」與「泥居蟲」。木居者又分「燥木」與「潮木」兩種;泥居者則有「深地蟲」與「推泥蟲」之別。列表如下:

白蟻 (Termites)	{ 木居蟲 (Wood-Dwelling Termites) { 泥居蟲 (Earth-Dwelling Termites)	{ 燥木蟲 (Dry Wood Termites)
		{ 潮木蟲 (Damp Wood Termites)
		{ 深地蟲 (Subterranean Termites)
		{ 堆泥蟲 (Mound Building Termites)

鑑別上列各種白蟻之法,略舉如下—:

- (1) 在虫之飛殖期間,公母兩虫鑽入離地之木料中者,為木居虫。
- (2) 鑽入泥土中,或與地相值之木或樹內者,為泥居虫。
- (3) 營巢祇限於木內者,為木居虫。
- (4) 其巢恆與地相連或半在地中者,為泥居虫。
- (5) 棲於朽木或潮木者為潮木虫。
- (6) 其棲於燥木或梗木者為燥木虫或「噴屑虫」(Powder-Post Termite,此種



虫嚼木成粉屑,常堆棄於巢外,人以是得發現其蹤跡)。

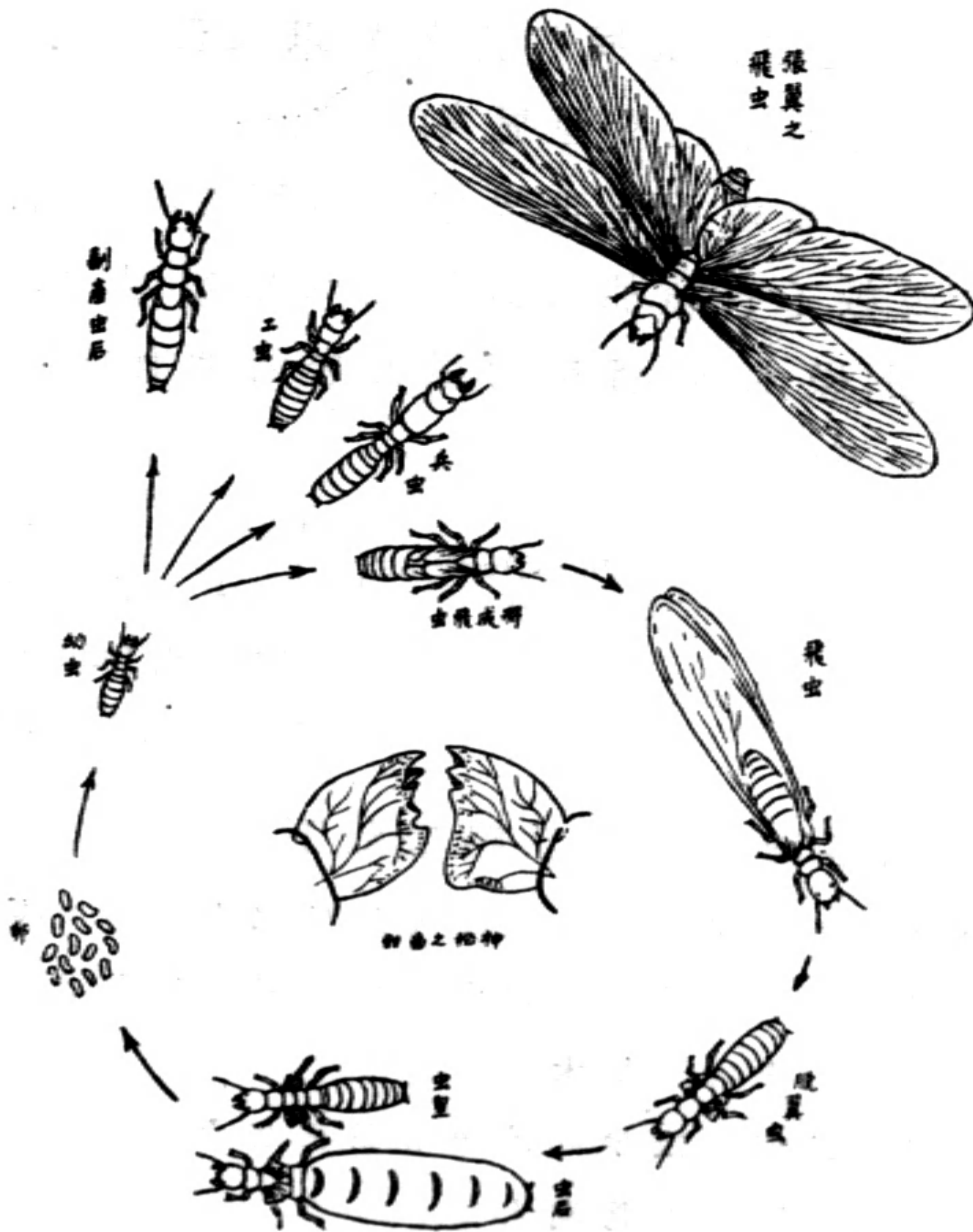
(7) 白蟻之能管狀泥道,由地面引過隔緣物,以入水中者,屬於泥居類,為深地虫 Subterranean, 或為堆泥虫 Mound-building, 或為「燈巢虫」(Carton-nest-building Termites, 能堆泥管巢於地面成燈盒狀), 又或為「沙漠虫」(Desert Termites)。

(8) 僅能作泥管走道,而不能堆泥或作燈巢者,為真性深地虫 (Subterranean)。

(9) 僅能營巢於與地相值之木料中者,為平常之沙漠虫,或沙漠虫中之潮木虫。

白蟻成族而居,頗與常蟻及蜂羣相似。有蟲皇,蟲后,工蟲,兵蟲及幼蟲之別。惟僅分工合作,互相依賴而生活,多不能單獨生存,此

圖(一)白蟻之一覽





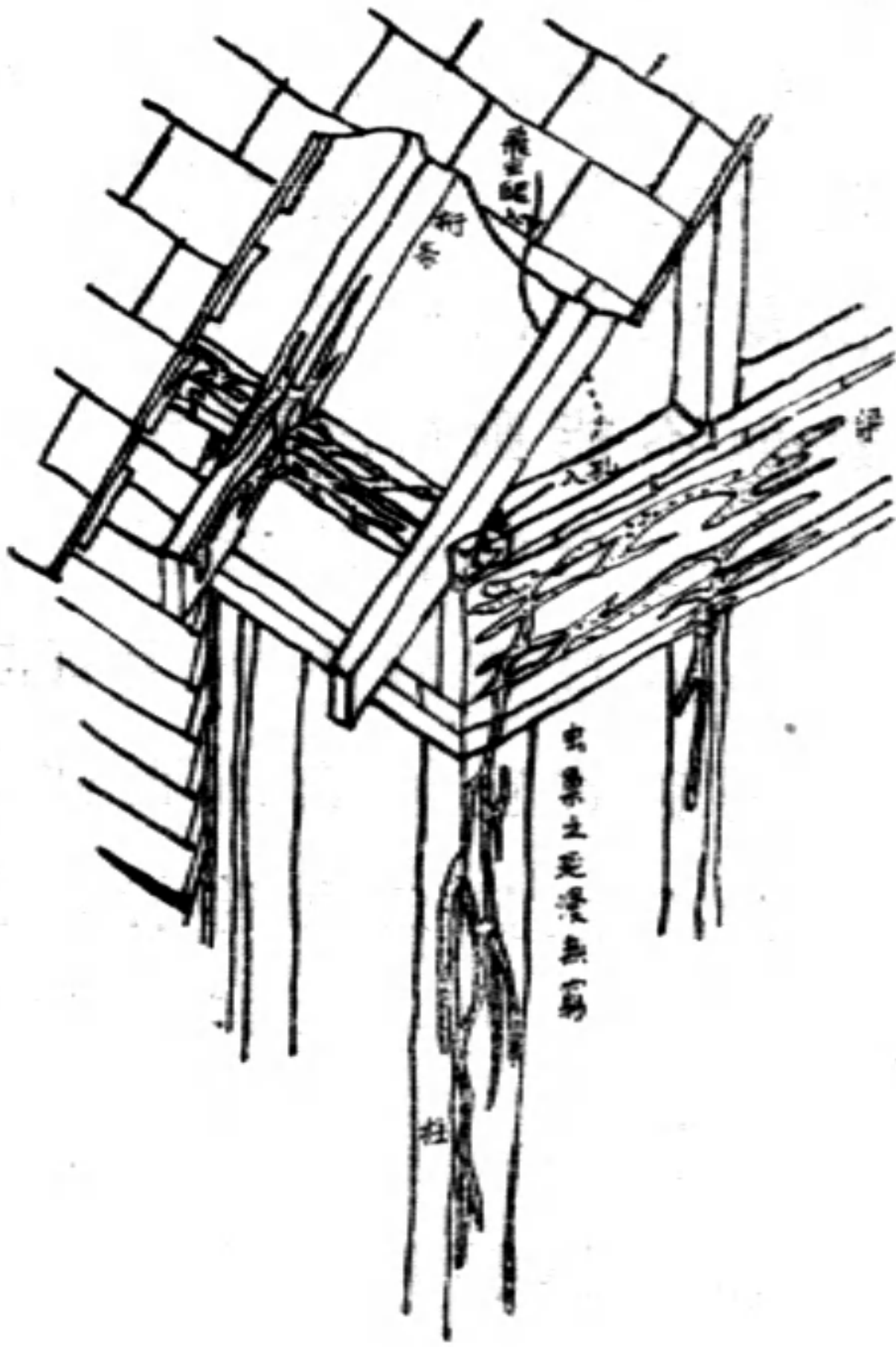
爲異於蜂、蟻之處。又其族中於蟲后之喪亡或產卵能力不足時，能有副產蟲后之發現，則爲昆蟲界中所不多觀。白蟻性甚勤奮，除在凍寒及蛻化期間外，從無休息之時。蟲之長成約須經過六七八次之蛻化，而成各級蟲狀，如附圖。幼蟲佔白蟻族中之最多數，皆盲目而羸弱，然嚙木又甚力。成熟之蟲長有雙翅，其體黝黑而堅硬，有雙目，蓋備出巢飛殖矣。飛蟲出現，多在每年雨季初期悶熱天時，或第一潮秋雨後傍晚之時。工蟲兵蟲無翅翼，首部發育特大而堅硬，嚙剪特長。尤奇者，兵蟲上脣有鼻狀凸出部，能排洩一種乳液，性黏而毒，常蟻或他敵蟲遇之，即麻木或困黏而不能動彈，不啻蟲類中之化學戰具。或謂此液能腐蝕金屬及灰膏，故白蟻有時能侵鑽此類物體之薄弱者，以達其求食營生之目的。蟲皇與后專事生育，其體碩大，動作不便，故白蟻不如常蟻之有遷移行動也。白蟻腹體約分三段，即頭、頸與腹。腹壳約分七至九節，雄蟲之第八九節皆明顯可見，惟雌蟲因第七節發育特大，第八節爲所覆蔽，不復可見，即第九節亦僅露一截，備產卵時引長。蟲之聲官似稱靈敏。當其遇警時，受驚之兵蟲即以首衝壁，他蟲聞而倣之，藉以傳警耗於全族。

(3) 燥木蟲生活之一斑 欲治白蟻之患，當先明瞭白蟻之生活動作，蓋猶知己知彼方可以言戰也。茲述燥木蟲之生活如下，其他同類白蟻之生活亦可由此概見。

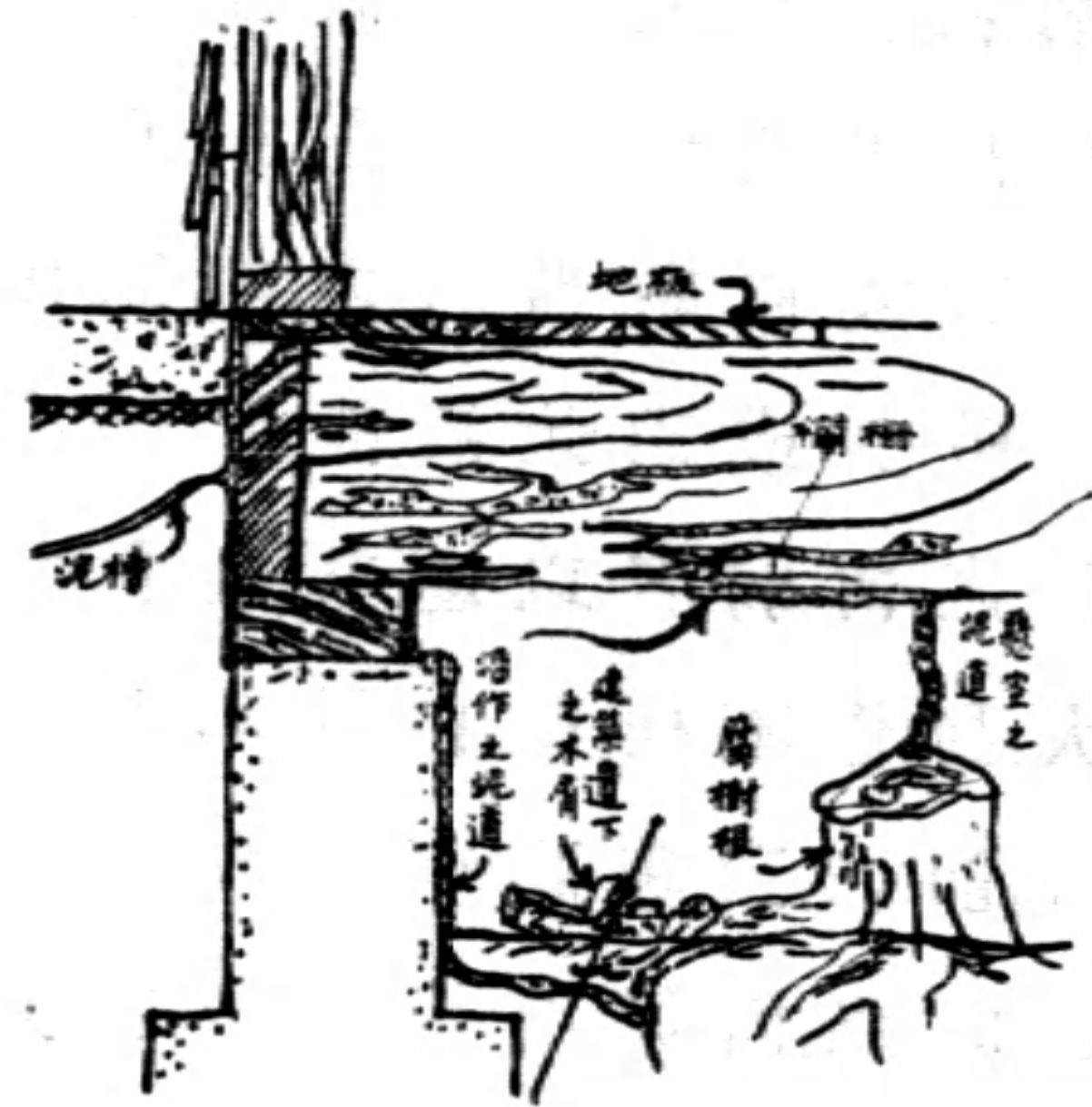
春季或秋初爲燥木蟲飛殖成熟之期，此時該蟲全族動作突形緊張，幼蟲工蟲奔馳忙碌。待濕度寒暑恰宜之時，工蟲即嚙開洞孔。孔之四圍，早有兵蟲分佈警衛，以觸鬚不斷偵察洞口，以備不測。少頃，黑色之飛蟲結隊而出，約十餘蟲爲一隊，魚貫竄出，俟略集齊，乃振翼向光線較強處飛去，約每隔二三分鐘遣一隊，次序井然不紊，一若預先編置也者。其飛行之遠近，視個別強弱而異，有僅達一公尺餘即下降者，有遠至數百尺方止者，但以達三十公尺左右者爲最衆。待降落後，多不復再飛，並自斷其翅，翅翼既去，行動愈形輕便；此時其生理上亦起二種作用：一爲視官之突起反應，當初出



洞時，原極喜光亮，至此忽變為極度畏光；二為性慾之發動，急圖配偶。擇偶既定，乃聯袂而覓新巢。運用其嗅官及觸鬚，覓得所喜之木質及易入之裂罅或穴孔處，而開始嚙挖。始則兩蟲並作，待稍深入，則交換鑽嚙，直至巢深足以雙雙匿入，乃啣餘屑，調和涎液，將入口



圖(二) 木架房屋蛀損之形狀  
箭頭示白蟻竄入處



圖(三) 深地蟲蛀損攔柵等之形狀

封塞。此時兩蟲亦筋疲力盡，須時休息，是為蟄伏期，有延長之八九月者。蟄伏中須寒暑濕度盡得其宜，蟲皇蟲后始能保持生命，然後交尾而產卵。初次下卵約二至五個，其後每有增加，多至一產十餘卵。自晚春至晚秋，約每旬日下卵一次。卵在木屑中約七十七日而成幼蟲，即自能嚙木為食。新殖白蟻族，在第一年中，發展甚緩。嘗察得成族十五個月後僅嚙蝕木質約至2立方公厘。蟲后兩年後變黝棕色，腹尾伸長。蟻族繁殖旺盛時，幼蟲中有蛻化成副產蟲者，則生殖更速矣。白蟻槽巢雖無一定形式，但大抵趨易避艱，擇尤去劣，為成形之要素。嚙餘之木屑，堆積過多時，則開洞而擯棄於巢外。



燥木蟲之生活，如上節所述。茲再略舉關於潮木蟲及泥居蟲者作為補充。

潮木蟲之繁殖，似不如燥木蟲之速。第一年僅有蟲皇蟲后及廿餘幼蟲。四五年後方有兵蟲。孵卵期約須四十至八十日。幼蟲生後十日。即行第一次蛻壳。其初頭部發現裂痕三條。頸項下一條引長至腹下，蟲由此套而出，脫去舊壳，其體柔軟多絨，漸行漲大，再經兩旬，而有二期蛻化。嗣後之蛻化更緩。在第五期中有蛻成兵蟲者。

泥居蟲有一特技，即啣積泥粒，調以蟲體之分泌及排洩物而作成細管狀之隧道或引管；緣物而築者成半圓狀，憑空築成者，為管狀。其砌築之法，有由下而堆築者，亦有由上而懸築者。其向道雖有細微之曲折，但大體每多簡直。

(4) 白蟻防治法，有效之白蟻防治法有數種，略舉如下：一

(甲) 毒粉除滅法 白蟻性頗好潔，有交互舐刷之習慣，當舐刷之時，甲蟲以鬚或脣舐拂乙蟲，自首，而背腹，而肢足，乙蟲旋展其體軀以迎之。如於舐洗之時，偶或損折乙蟲之一足，則甲蟲竟不卸連乙蟲之殘體噬食之。因白蟻有此兩種習性故苟吾人於其巢中放入毒粉少許，則僅須有一蟲之體壳染着毒粉，他蟲來舐刷者即中毒而斃，毒斃者之屍又為他蟲羣分噬，無不中毒而死。如此輾轉傳染毒烈，能使全族殲滅無遺。按之者實地試驗，嘗集 250 蟲，置之一巢，而放入帶染毒粉之蟲一隻。不出二三日，此 250 蟲全染毒而斃。故此法為新發現而最效力者。

毒粉最佳者為砒質細粉如「巴黎綠」(Paris Green)。即砒酸銅(Copper Aceto Arsenite)。又煉砒爐屑(Arsenical Smelter Dust)。次之則為鈉或鉍之矽酸鹽(Sodium or Barium Fluosilicate)。施毒之法可先於受蟲害之木件上鑽若干小孔，約僅二三分圓徑，相距約 3 至 6 呎，然後用鉛皮製之小唧筒(如自行車之打氣筒)，將毒粉灌入小孔內。即將洞口用木塞封密。此封口工作甚為緊要。不然，白蟻將感覺槽巢漏風，預知危險而遠避矣。毒粉性多猛烈，故施用時務必謹慎，工



作時切勿飲食或吸煙，事畢必須盥洗。又唧筒尖端插入洞孔處最好須有橡皮填圈，以防毒粉外溢。如施用者能帶口罩，尤為妥當。又如覺有受毒，須急使嘔吐，並速延醫。

(乙)薰氣除滅法。此法不如前法之簡易有效。毒氣灌入巢內者散佈甚緩，更不易深入巢之盡端。惟有能透入木質之毒，如青酸氣(Hydrogen Cyanide [HCN])則較能見效。但此氣甚毒，人畜皆須遠避之，否則難免發生不測。青酸氣發生之藥劑如下：用青化鈉12兩，硫酸18兩，和水36兩(12 oz Sodium Cyanide + 18 fld. oz. Sulfuric Acid + 36 fld. oz. Water;  $2\text{NaCN} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCN}$ )約可毒一千立方呎之害木。青化鈉係結晶物，可裹以紙，投入硫酸和水中，人速奔避。少頃，紙腐鈉化，毒氣即上升矣。上述藥劑，於家用時，尚可減輕之。

除泥居虫可下毒於地中。如用十度強砒化鈉水(10% Sodium Arsenite Solution)，約每一英方用一加倫或較少。凡經播毒之泥土，無論在建築物下或在空地上，皆須標示明顯，以防不測。飛殖時之白蟻，只須引以燈火，置盆水於燈下，鮮有不撲火投水而滅亡者。

「除蟻除王」之說，似不甚可靠，蓋白蟻去一蟲后，仍能補充，且又有副產后，更難全滅。然除白蟻亦有利用高溫度者，火奴魯魯鐵路局因車廂受白蟻損害甚鉅，特建造一鋼筋混凝土熱蒸室，將車輛駛入緊閉之，用火車頭蒸汽通入熱汽管，加熱至 $150^\circ\text{F}$ ，白蟻即可消滅云。(又吾國鄉間有稱專捉白蟻者，其所用之法，有於冬至後尋覓蟻跡，挖地得巢，必去其后及皇而除滅之；又或將害木之一部挖去，另以白蟻喜食之劣質松木嵌補原處，越若干時，蟻盡營巢於此劣木，乃將其除去，則蟻皇亦每其中云)。

(5)防護木材之法。用水柏油幾阿蘇(Coal Tar Creosote)防護木料，乃極普通之方法。約分塗刷蒸壓與浸蒸三種。前者僅將油燒熱塗刷木上，最妥當須塗三次，每次須待其乾燥方可再塗，蓋在使油劑充分吸入木質內也。用油之量，約每立方呎半磅。此法可延長木之功用約二三年。欲得較好成績，當採用蒸壓法(Pressure Treatment)



將木置於可封鋼之容器內，如桶、箱或鐵管，視木體而選用之，將油劑注入後封固，加以氣壓約 100 至 175 磅 / 方吋，使油劑透入木紋內。使用氣壓之法，有於未注油前先封器而抽出空氣，則木體內氣壓減低，油劑注入時，透木自必較深，此名「滿細胞蒸壓法」(Full-cell Process)。其不先抽空氣者，名「空細胞蒸壓法」(Empty-cell Process)。兩者之中，苟就透入度而言，以前者為佳；但就經濟言，則後者又必用油較省。更有所謂「魯平蒸壓法」(Rueping Process)者，則更進一步，求省油法於注油之前，先略使氣壓約 30 至 110 磅，然後注入油劑，而加高氣壓，則於放去氣壓時，木體內被壓實之氣積因膨脹而將餘油擠出，故用油更省。然普通無論採用何種蒸壓法，多於放油之後，再減低氣壓，以抽出木體內之剩餘積油，此則不在省油，而在使木體之易於乾燥也。蒸壓法約可保木 25 至 30 年。前述兩法中，塗刷似不足恃，而蒸壓又嫌使用氣壓設備不便，則有折衷之法，曰「浸蒸法」(Tank Treatment) 將木全浸於油劑中而煮熱之，約經 16 至 24 小時。此法可保 15 年。茲總合前述諸法，而按其透木程度之深淺，序列如下：塗刷，浸蒸，魯平法，空細胞法，滿細胞法。

防護木材之藥劑種類繁多，各廠家對於其出品大抵各自誇耀，幾使人無從選擇，則研究者不得不以實驗為判斷，茲錄試驗結果良好者數種，列表於后：

油 劑 名 稱	乾燥後油劑留吸量 合木體重之百分率 (係試驗時所用)	所貯白蟻80% 滅亡所需時日	所貯白蟻全數 滅亡所需時日
水柏油幾阿蘇 (Coal Tar Creosote)	28.9%	1 日	2 日
伊司門出品 D.K.號 (Eastmen No. D.K)	47,	3	5
萬國木材防腐劑 (International Wood Preservative )	43.5	2	4
五度強砒化鈉(有毒) (Sodium Arsenite 5 %)	53.37	1	3

幾阿蘇未廣用之前，多有用鋅化綠(Zinc Chloride)者，但效果不



如遠甚。日本有「政府樟腦局」Camphor Bureau of the Government出品一種，名“Termol”殺蟲劑，係固體，以煤油化開使用者，其效力未詳。普通油漆不能認為有防白蟻效力，蓋白蟻能於罅裂處侵入也。

木件之用防護劑者，必須先已做成完料。若於浸油後再使鋸飽等工事，則防護之面層破損，勢必前功盡廢，有違防護之原旨矣。木料之經用幾阿蘇者，如在建築物顯露部分，須加髹漆時，可先用鋁粉漆(Aluminum Paint)打底，再髹他漆，可免幾阿蘇沾污面部之漆色。

(6) 木材建築防治白蟻之規範 白蟻為害之烈，已如前述，雖其直接致建築物傾覆之事，尚不多觀，然減損建築物之安全，已足為人類之勁敵。世界各處地震風災時房屋坍塌之原因，實多由於白蟻之先事戕賊。是則消滅白蟻一事，亟待吾人之努力，而除白蟻之專家，尤為建築界需要之人物。美國加省已有二城市規定除蟲師之資格，考試甄別，頒給執照，俾人民知所聘任。又規定除蟲師執行業務，須將除法藥劑措置效果等，詳具報告，以冀集思廣益，謀研究之進步。

美國「太平洋白蟻研究委員會」建議防白蟻規範若干則，茲譯如下：一。

### 防白蟻總綱

第一條——新造或修理建築物之構造方法，應使所有木料完全不與地面接觸，並充分施用油劑防護法。

第二條——如欲盡量防止白蟻之損害，而木件又不得不放入地中(如電桿等)或與地面相接觸者，則此項木件必須按照標準規範，用素知有效之化學防腐劑，施用防護法。

第三條——凡不與地面接觸之木件，必須防止蟻患，而又不能利用適當構造方法，以達此目的(如用金屬隔離等方法)時，則此項木件必須按照標準規範，用素知有效之化學防腐劑，施用防護法。本條適用於燥木虫，亦適用於泥居虫之能堆築泥管跨越基礎者。

以上第一至第三條可認為充分防絕白蟻之良好方法。



第四條——如化學油劑防護法，因格於情形不能使用，而未經油劑防護之普通木質又嫌不足抵抗虫蝕，則應採用素知白蟻所不喜食之木種，而取用其中心堅實部份，選擇其完好及十分風乾者。如此所得之防護程度，端賴此特種木質內含有不利於虫食之液汁之多寡，而此液汁之消散，又繫乎木體本身之暴露狀況及地面之潮溼情形。（譯者按，吾國之杉木乃白蟻極不喜食之木種，而其中心木又極堅硬）

第五條——用有毒於白蟻或功能驅除白蟻之化學藥劑塗刷，浸蒸，或澆撒木件面部，自有相當防護效力，但不能認為標準方法。其保障程度當視該藥劑之原有毒素，對於木質之透入性，透木之濃度，數量及週到與否。

以上第四第五條適用於建築物之使用壽命較短者，或於充分防絕方法，因格於情形不能採用之時。

第六條——防範及消除白蟻侵害之來源：一

(甲)在建築地基下除淨一切樹根，舊樁，木屑等。

(乙)在混凝土構件之四圍，拆除一切木模壳子板（勿因拆除不易而遺留之）。

(丙)建築物地基下或附近地段之白蟻窩必須除滅之。

第七條——任何建築物，不論有無防範白蟻之合宜設施，應隨時視察，加以修養。

以上第六第七條之主旨，在減少白蟻侵害之可能性。

### 燥木蟲侵害之防範方法

(一)使建築物或構件比較的不易受燥木虫之侵害：一

(甲)在飛殖期中，將木件遮蔽之。

(乙)用油漆或藥劑塗刷木件上，稍資保護。或當白蟻飛殖時，撒澆化學驅虫劑或毒粉於木件上，以為臨時防範。

(丙)建築物外牆有罅隙孔縫者，須閉塞之，屋頂攔層之窗戶或天窗，須加裝細密之紗窗。

(二)使建築物或構件成為白蟻所不屑食或不能食之物質：

(甲)採用經藥劑防護之木料須用有效力之藥劑，按照標準方法防護者。

(乙)如不便或不能施用完全防絕法，則用普通所知白蟻比較不易侵



入之木料,取其中心木之充分乾燥者,否則仍用平常木料,而施以油劑塗刷或浸蒸等方法。

(三)抑制白蟻之生殖:一

尋覓飛虫出現之處以探得其巢而除滅之。

### 深地蟲侵害之防範方法

(一)使建築物或構件比較的不易受深地虫之侵害:一

(甲)木件不可與地面接觸。

(乙)未經藥劑防護之木件,應用隔絕體支架於地面之上。此隔絕體,或為混凝土,或為水泥砌磚石牆,或為曾經藥劑防腐之木件。後者可單獨使用或與前兩者兼用之。防護之法,必須按照標準方法,用素知有效之化學藥劑。

(丙)混凝土或磚石砌之牆垣,地板及基礎等,不可遺留罅縫,如有罅縫則應用水泥漿灌塞之。水泥漿須含有充分水泥。

(丁)在欲防護之木件下,可用金屬盾片,以阻止泥管之通過。此種盾片應妥為維護,俾勿銹爛。混凝土或磚石基礎上擱置之木柱,欄柵或其他種木件,皆須用水泥填實擱支之處,使無罅縫。

(戊)應有充分空氣流動設施,此在下層結構尤為緊要。

(己)建築物之地下及周圍,應設法排洩地中積水。

(二)使建築物構件成為白蟻所不屑食或不能食之物質:一

(甲)採用經藥劑防護之木料,須為用有效力之藥劑按照標準方法防護者。

(乙)如不便或不能施用完全防絕法,則用普通所知白蟻比較不易侵入之木料,取其中心木之充分乾燥者,否則仍用平常木料,而施以油劑塗刷或浸蒸等方法。

(三)抑制白蟻之生殖。

(甲)設置充分排洩地基下積水之溝管。

(乙)建築物地下及附近處所應淨除一切可充白蟻食料之物質,如樹根,枯木,木屑等。

(丙)設置多量之透風洞,特別在下層建築。

(丁)尋覓飛虫出現之處,以探得其巢窩而除滅之。

### 建築物修理及維護方法



## 燥木虫侵害者：一

- (一)拆除一切已受損壞之木件，凡有活蟻者，應全焚毀之。
- (二)未拆除木件之有白蟻窩者，應用毒粉除滅之。
- (三)有白蟻之物件，如傢俱等，可用高溫度或低溫度消滅法，使白蟻不能生存。

## 深地虫侵害者：一

- (一)在欲維護木件及地面之間，凡有白蟻可侵入之孔道，應用障礙層隔絕之，此層可用金屬，混凝土或曾經藥劑防護之木材做成之。
- (二)拆除一切已受損壞之木件，凡有活蟻者應全焚毀之。
- (三)見有地中泥道時，出口之處，可施用毒藥劑。
- (四)木料之必須與地面接觸；而有白蟻侵害者，可用毒粉除滅法。
- (五)修繕後宜不時視察，勿使障礙層有泥管發現，如有，應立即除淨之。

## 防護白蟻損害之建築條律

第一條 凡建築基地上，所有樹根，枯木必須除淨之。

第二條 一切牆柱基礎，必須用混凝土或水泥砌磚石為之。其頂部高出建築物完成後之地面，至少須 6 吋，又至少須與建築物地面層地坪之頂相齊。為防止裂縫起見，基礎牆之頂部應佈置鋼筋，至少須為  $3/8$  吋圓鋼條二根，其位置須在頂面下 4 吋。此項鋼筋，必須統長不斷，遇有轉角，則循之兜轉，苟須接頭，則至少須有 40 倍圓徑長之交搭。

第三條 建築物應設置白蟻障礙層障礙物，如第五條中所述者。在此障礙層與地面之間，所有木件，必須選用上等木料，而施以油劑蒸壓防護法。此蒸壓法須照美國木材防護協會 (Wood Preservers' Association) 之規範書，用頭號水柏油幾阿蘇 (Coal tar Creosote)，其壓吸量計每立方呎木料至少須用 8 磅。此項木件，必須於蒸壓油劑前完全鋸切成料；否則於蒸壓後如再鋸切，其鋸損之處，必須厚塗熱柏油，至少二道。

第四條 建築物之地層，為木件構成者，其外牆或基牆，必須留有通風洞，以溝通地板下之空間。凡距外牆轉角 5 呎之間，必須有一通風洞，其面積至少 2 方呎。此外每 25 呎長或不足 25 呎之零段，皆應用 2 方呎面積之通風洞一個。但正面牆，苟礙於觀瞻，得酌減之。凡不合上述通風條件者，不得用木築地板，須改用混凝土或磚



石爲之,或用第三條中曾經油劑蒸壓之木料。

- 第五條 第三條所指之白蟻障礙層或障礙物,其構造情形,應使自地面而上白蟻侵竄之可能路線完全隔斷。此種障礙物,應採用白蟻不能侵害之物質,如鋼筋混凝土,不銹蝕五金屬,鋼網籬粉石灰等,以及第三條所述油劑防護木料,而用企口或摺搭結縫,務使嚴密。凡在地面與此障礙層之間,苟有木料構件,必須採用第三條中所述之曾經油劑蒸壓之木料。
- 第六條 木件之擺置於地面上所砌之混凝土或磚石牆基上者如欄柵枕木填底地板等等應一律採用第三條所規定之油劑防護木。
- 第七條 木件之盡端插入混凝土或磚石建築者,其插入部之四圍,必須留有適宜之孔隙,以便空氣通暢,藉免木質腐朽。承托空穴可用金屬套盒,預嵌於土石建築中。此種孔穴或套盒之容積,應使木端四圍至少留有1吋之空隙,如不按上法設置,則木件插入部分及相連之1呎長處,須塗上等熟柏油幾阿素至少二道。
- 第八條 建築承包人須負責除淨地面下及地面上至少一呎半處之所有一切混凝土壳子板,又填土之處,尤須保證無木屑,柴片等遺留其內。
- 第九條 一切零散木料塊屑等,遺棄於地面上者,必須完全掃拾除淨,方可認爲完工。
- 第十條 建築地基或四圍地面,欲施行毒劑殺蟻者,可採下列數種藥劑之一,化成濃液灌澆之:一硫酸銅(即胆礬)(Copper Sulfate)鈉養化砂,銀,綠化水燐,綠化晶燐 (Liquid Orthodichorobenzene, Crystalline Paradichlorobenzene)。
- 第十一條 建築物中,如爲防白蟻等原因,而採用含有砒質或他項毒質之物料,則此種物料之構成物,每方碼中必須標明「此物有砒毒(或某毒)」等字樣。又建築物地下或四圍地中,如曾用砒毒或他種毒劑澆洒者,則其上應設置永久性之標示,載明「此地泥土有砒毒(或某毒)」等字樣。



# 整理平漢鐵路橋梁意見書

薛 楚 書

**導言** 平漢鐵路之大部橋梁，因襲法比舊習，設計簡陋，接聯草率。近今機車重量激增，遠超各該橋梁應受之載重，加以該路迭經災亂，橋梁屢被轟炸，少者一二次，多者六七次。雖經逐一修補，勉力維持交通，並限制列車速率，及禁止行駛重大機車；然而薄弱殊甚，危險堪虞。故該路工程上之當今急務，厥唯力圖合乎規範，及經濟原理之設計，整理及加固全路薄弱橋梁，以利運輸，而裕收入。

**平漢路機車** 研究整理方策之先，對於平漢路現有重大機車，及薄弱橋梁，須細加分析，然後整理方針，不難因病施藥。

平漢重大機車可分三類(一)鞏固式機車(二)康邦式機車(三)浪彼式機車。

此三類機車之重量，及輪軸之距離，見第一圖。其載重率弧線，按照古栢氏 E 式載重推算者，見第二圖。

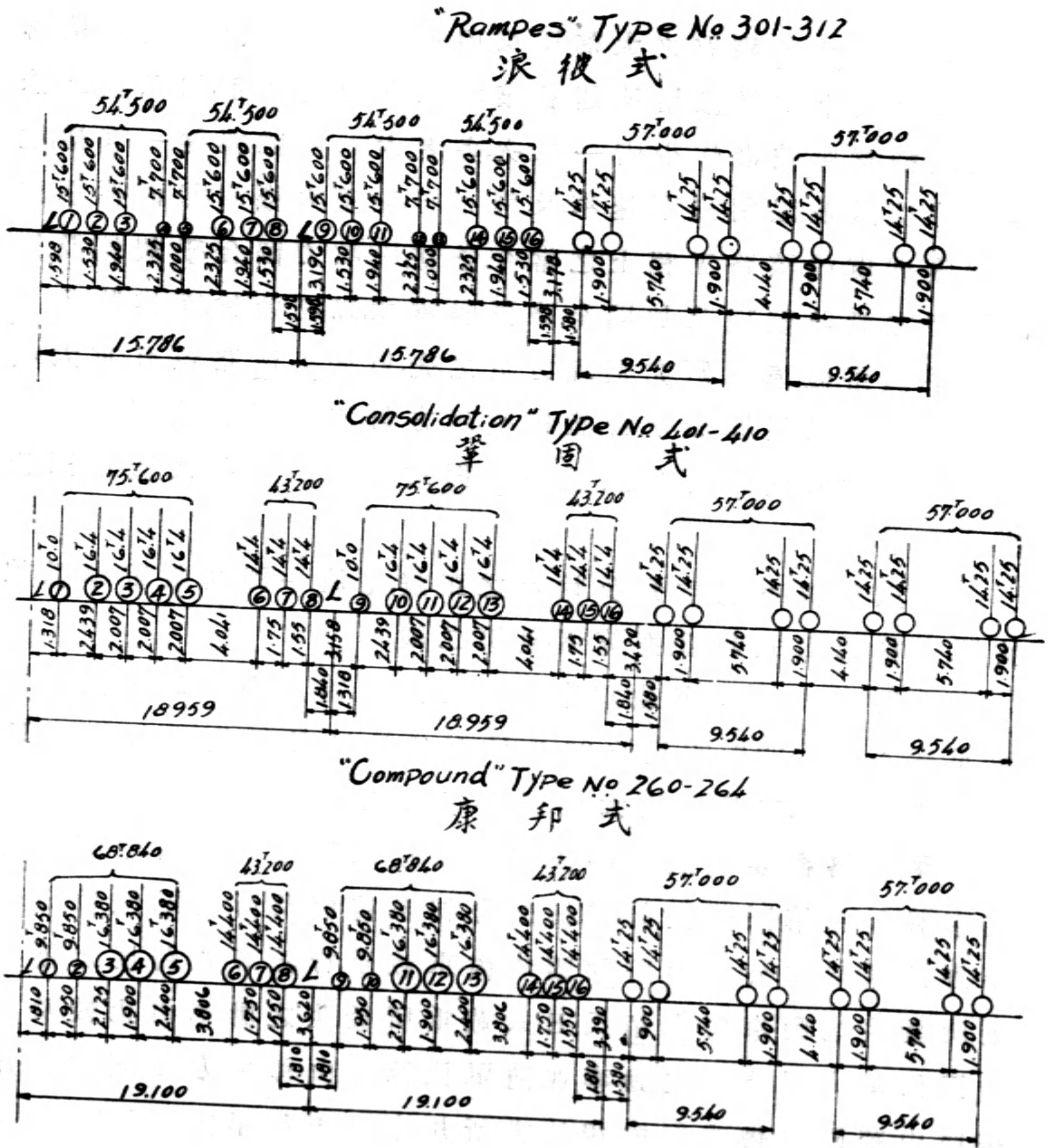
參閱浪彼式機車載重率弧線，可知凡跨度小於 20 公尺者，其載重率小於 E-33.7，跨度自 30 公尺至 40 公尺者，其載重率高至 E-36.0。逾此限度，則跨度增大，而載重率反減低。

**平漢路橋樑現狀** 平漢路舊橋，按照法國規範書所規定之機車載重(見第三圖)設計者，衝擊力初未嘗顧及。所用單位拉力，每平方公厘為 12 公斤，如將法國式機車載重，行經各式跨度之橋梁上，所發生之動率，與古栢氏 E 式載重所發生之動率相比較，及折合因衝擊力所發生之動率，並將單位拉力，由每平方公厘 12 公斤，按照中華國有鐵路鋼橋規範書所規定，減至每平方公厘 11.5 公斤，則平漢路舊橋梁，按照法國規範書所設計者，約合古栢氏 E 式載



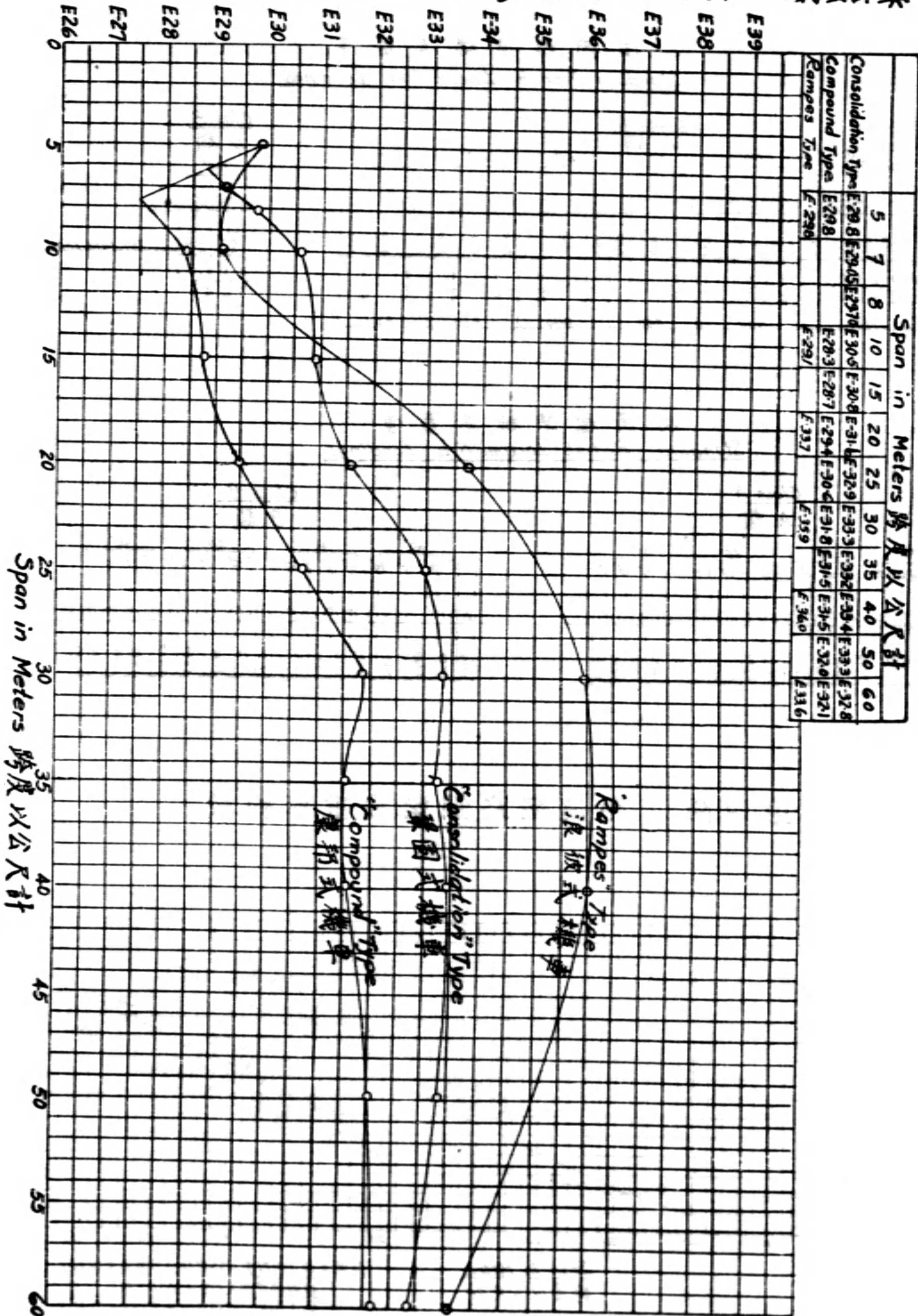
重之載重率,可以推算得之。(第四圖及第一表保定以北各橋梁,係按照英國規範書所規定之機車載重(第三圖)設計,其載重率亦可以約合古栢氏 E 式載重推算之(第四圖)。

第一圖 平漢重機車之活重





Classification According to Cooper's E-Loading 載重率按古柏氏 E-式載重計算

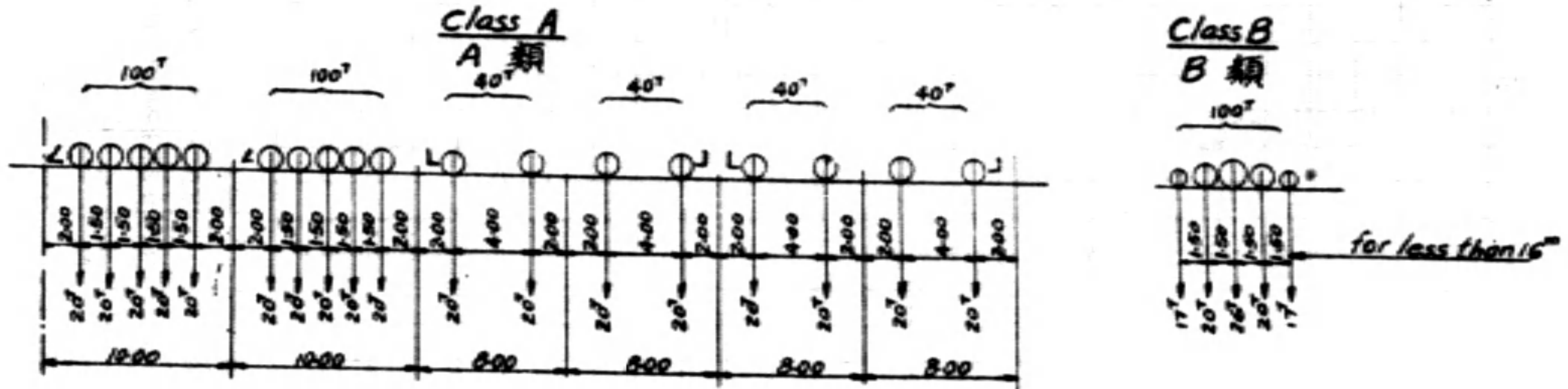


第二圖 平漢重機車載重率

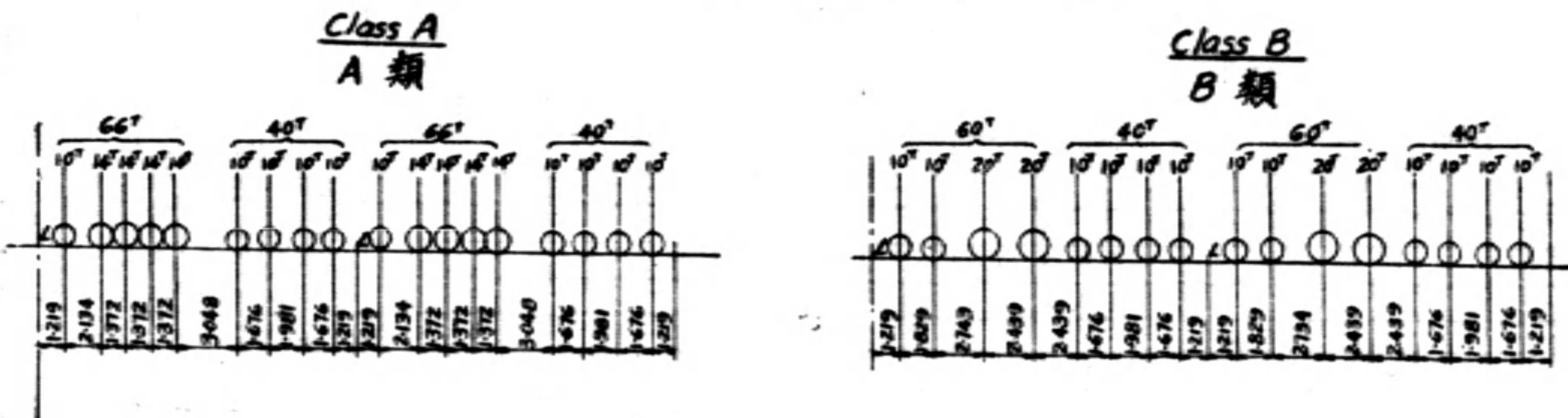


第 三 圖

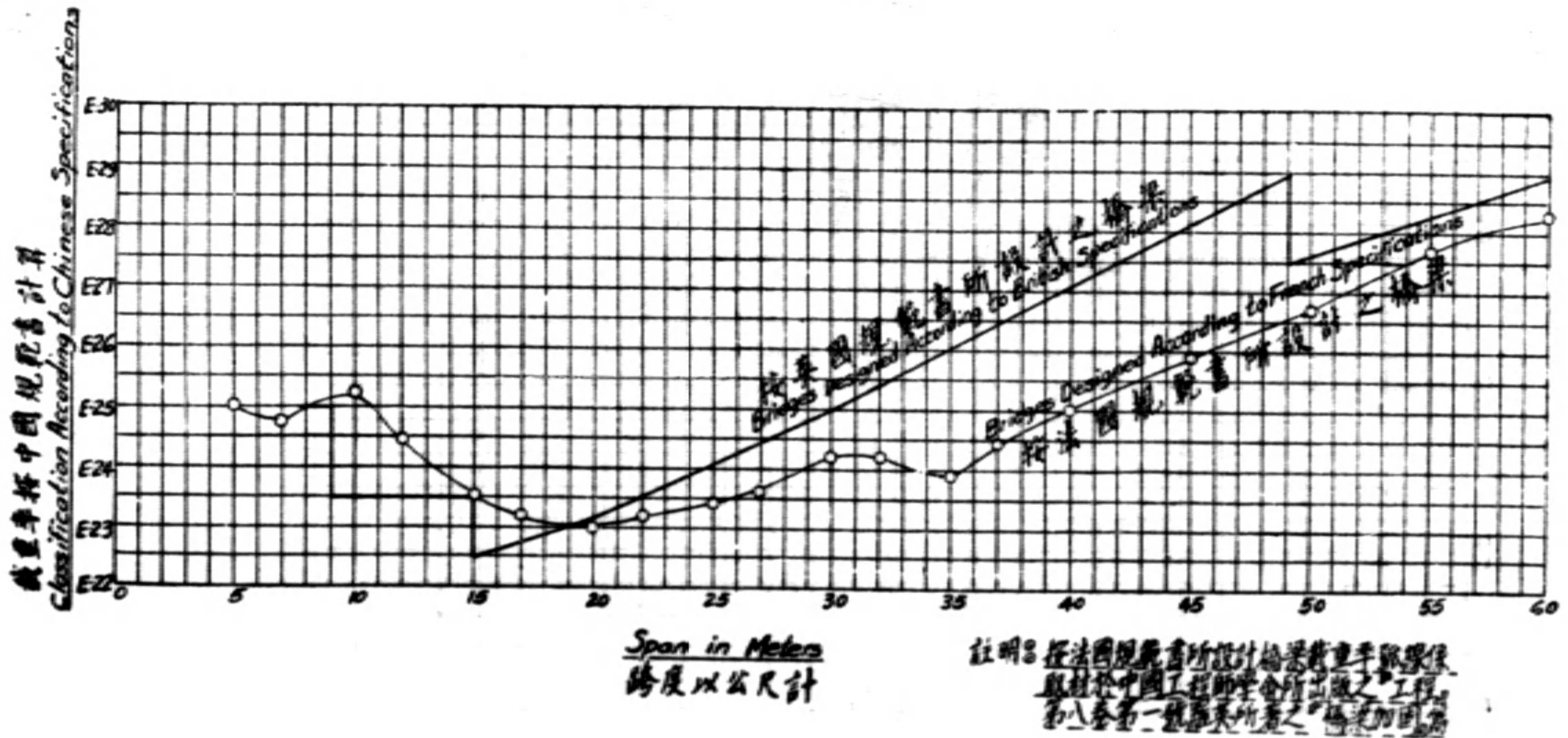
法 國 標 準 機 車 載 重  
Standard French Locomotive Loadings



英 國 標 準 機 車 載 重  
Standard British Locomotive Loadings



第 四 圖 平 漢 鐵 路 鋼 梁 載 重 率 約 數





第一表 平漢鐵路舊式鋼梁(按照法國規範書設計者)載重率約計表

1	2	3	4	5	6	7	8	9
跨度以公尺計	法國標準載重所發生之動率按一軌公尺噸計	衝擊力係數	動力除去衝擊力應得之數按一軌公尺噸計	減少單位應力所得之動率	E-10 標準載重最大動率按一軌公尺噸計	舊法國式橋合古柏氏載重應得之載重率	浪彼式機車載重率	逾量載重之百分率
5	16.250	1.991	13.200	12.650	5.0625	E-25.0	E-29.80	19.20
7	47.000	1.983	23.700	22.700	9.1808	E-24.75		
10	84.500	1.966	43.000	41.200	16.325	E-25.2	E-29.1	15.3
12	109.500	1.950	56.100	53.700	22.0313	E-24.4		
15	150.861	1.925	78.300	75.000	31.875	E-23.5		
17	182.500	1.906	95.700	91.700	39.4875	E-23.2		
20	236.563	1.875	126.000	120.800	52.631	E-23.0	E-33.7	46.5
22	280.000	1.852	151.000	144.700	62.224	E-23.2		
25	347.500	1.817	191.000	183.000	78.077	E-23.4		
27	397.500	1.793	222.000	212.500	89.777	E-23.6		
30	480.000	1.756	274.000	262.500	108.424	E-24.2	E-35.9	48.3
32	535.000	1.731	309.000	296.000	112.200	E-24.2		
35	623.907	1.695	368.000	352.000	147.000	E-23.9		
37	693.380	1.670	415.000	398.000	163.200	E-24.4		
40	810.563	1.635	496.000	475.000	189.500	E-25.0	E-36.0	44.0
45	1,015.846	1.579	643.000	616.000	238.000	E-25.9		
50	6,233.403	1.527	806.000	772.000	289.000	E-26.7		
55	1,460.170	1.480	987.000	946.000	341.500	E-27.7		
60	1,697.660	1.436	1,183.000	1,133.000	400.000	E-28.3	E-33.6	18.7

參閱第一表之末三項,知浪彼式機車,行經跨度較小之橋梁上,其逾量載重之百分率亦較小。橋之跨度為20公尺至40公尺者,其逾量載重之百分率激增,約合百分之四十至百分之五十。若橋之跨度益增,其逾量載重反減少,跨度在60公尺者則為百分之十九。以上僅按計算之數目而言,但下列各點亦應注意及之。

(1) 凡橋梁跨度較短者,大都係上承鋼梁。如設計合法,其逾量載



重可達百分之五十,而不發生任何危險。舊有上承鈹梁,苟假定其最大逾量載重為百分之三十五,當無問題。所以機車若不加重,該類橋梁,暫時尙足應用。

- (2) 規範書中衝擊力之公式,係根據各種跨度,在各種行車速率之下所得最大衝擊力而規定者。跨度在60呎者,某研究家謂每小時65哩,足以發生最大之衝擊力。跨度在150呎者,華德爾氏得每小時35哩,為衝擊力最大之速率。今後二十年間,平漢路行車速率,可斷言其必在每小時65哩(約105公里)以下。故跨度較短各橋梁,其逾量載重之百分率,猶在推算所得數目之下。但每小時35哩(約55公里)為本路普通速率,故橋梁之跨度,自30公尺至40公尺者,其衝擊力之發生,必至與公式所規定者相等。
  - (3) 著者屢次實地視察橋梁載重時之情形,藉知機車在薄弱之桁梁橋上,所發生之衝擊力,特為顯著。
  - (4) 本篇所定英法舊橋梁載重率之弧線,僅就約數而言,因設計之不科學化,接聯之不合乎規範,猶以法式桁梁為最,其實有之載重率,尙遠遜於推算所得之約數。總之平漢路因昔年法比工程師,誤信桁梁之鋼鐵重量,常較鈹梁為輕,價格常較鈹梁為廉,甚至用於跨度十五公尺之橋梁,故現今本路薄弱橋梁,屬桁梁式者特多;尤以跨度三十公尺之矮桁梁橋梁為數最夥。再加以桁梁所需養橋工作,較鈹梁為繁,而平漢路因限於財力,所有桁梁未克如期油漆者尤多。銹蝕日漸加增,而耐力日益減小。
  - (5) 再就鐵類「疲態」之研究論,凡受直接拉力或壓力者,其耐度常較曲撓動率所發生者為低。桁梁各部均用以支受直接應力,而鈹梁之上下肢桿,則用以抵禦曲撓動率,以故桁梁之逾量載重,其危險程度,較鈹梁為甚。
- 綜觀上列各點,足見平漢路法式舊桁梁之實際逾量載重,尙



遠超推算所得之百分率。

至平漢路各式鋼梁桁梁之詳細類別，及其載重率，按照古栢氏 E 式載重之計算書，已細加編訂詳加核對，凡此種橋梁中孰為最弱，各橋之聯接部份，孰已超過載重，險狀達何程度等等，均可一目了然。茲因限於篇幅，未能列載。

平漢路舊有橋梁，以近代橋梁工程目光觀之，其設計可謂簡陋而不科學化，接聯復多草率，而輕薄殊甚。所有各式上下承橋梁設計之弱點繁夥，略舉數端，可見一斑。

- (1) 弦桿設計不良，凡桁梁橋之上弦下弦，常用 T 形單腰鋼式，截面之重心點既嫌偏斜，副應力自屬太大。
- (2) 聯接處各桿之重心線，不能會合於一點，故應力分析，含混無定。
- (3) 設計矮桁梁橋時，未曾顧及上弦桿聯結處所受之風力，故豎桿難於抵禦因風力而發生之撓曲。
- (4) 弦桿斜桿各部，缺少聯繫網，俾使應力平均，及各部動作一致。
- (5) 上下弦桿之拚接鋼，長度過短，不足以發展各該桿原有之耐力。
- (6) 接聯鋼常有薄至八九公厘者，甚或付之缺如，而鉚釘則用雙面剪力計算，故所有橋梁聯結處，皆薄弱異常。
- (7) 拉力斜桿，及交向斜桿，常以二鋼鋼為之，而不用堅勁式。所受應力既不平均，機車經過時，斜桿復有動搖之虞。至於各該桿所合得之載重率，常較桁梁其他各桿為弱，而以交向斜桿為尤甚。
- (8) 橋端鋼樞之位置，常遠在下弦與橋端柱交點之下。故列車行經橋上，桁梁全部，受例外之撓曲動率，等於車行阻力，與由下弦中心，至橋端鋼樞中心距離，相乘之積。
- (9) 矮桁梁橋之應力分析，不甚可靠，而以未經橫支之上弦桿為尤甚。



- (10)禦風繫條,所用角鐵,輕小異常。此類角鐵,不聯結於下弦,而聯結於橫梁之下肢,致使豎桿與腰飯接聯之處,常有裂痕發現。
- (11)縱橫梁之接聯處,均異常薄弱。
- (12)飯梁橋端肢桿角鐵鉚釘之距離,安排過遠,其距離應由橋端至中部逐漸增大,而舊梁鉚釘之距離,則均相等。
- (13)腰飯拼接之設計,祇按剪力計算,而未包括應得之動率。最弱者拼接之兩邊,祇各用鉚釘一行。
- (14)飯梁,之加勁桿非安排過遠,即屬付之缺如。
- (15)鉚釘,均係用人力捶釘。

整理辦法 茲研究各種橋梁之加固方法如次:

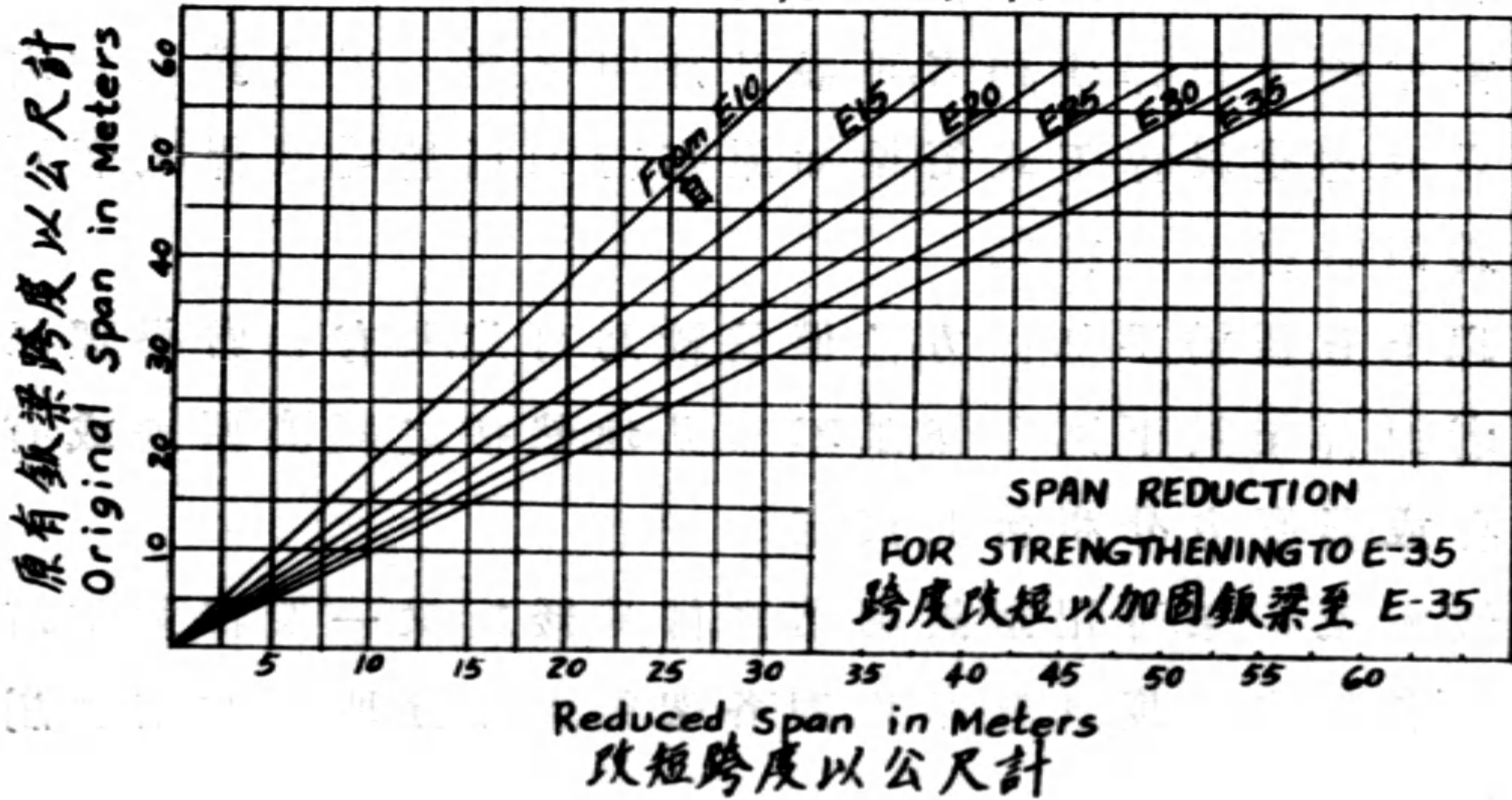
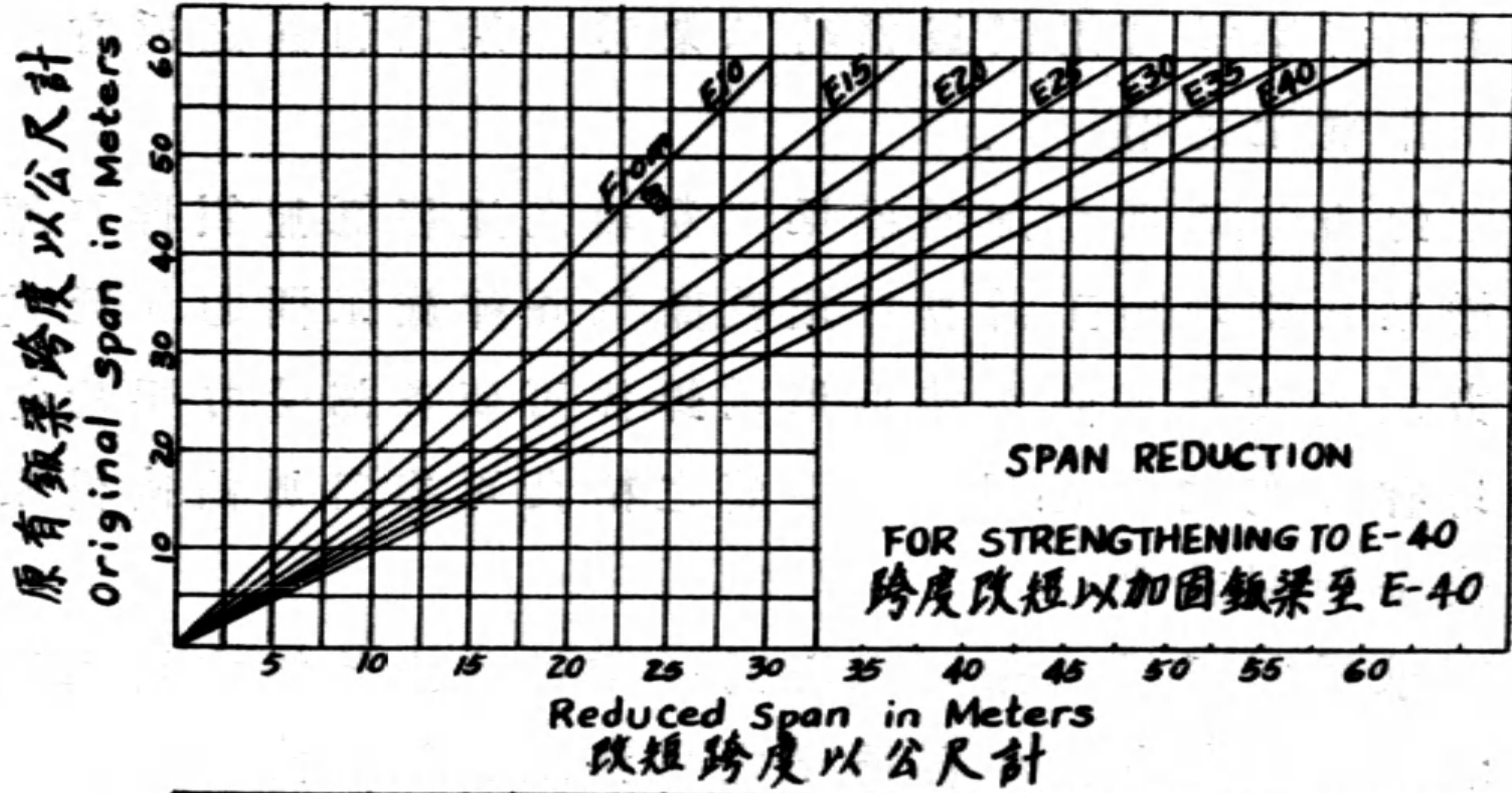
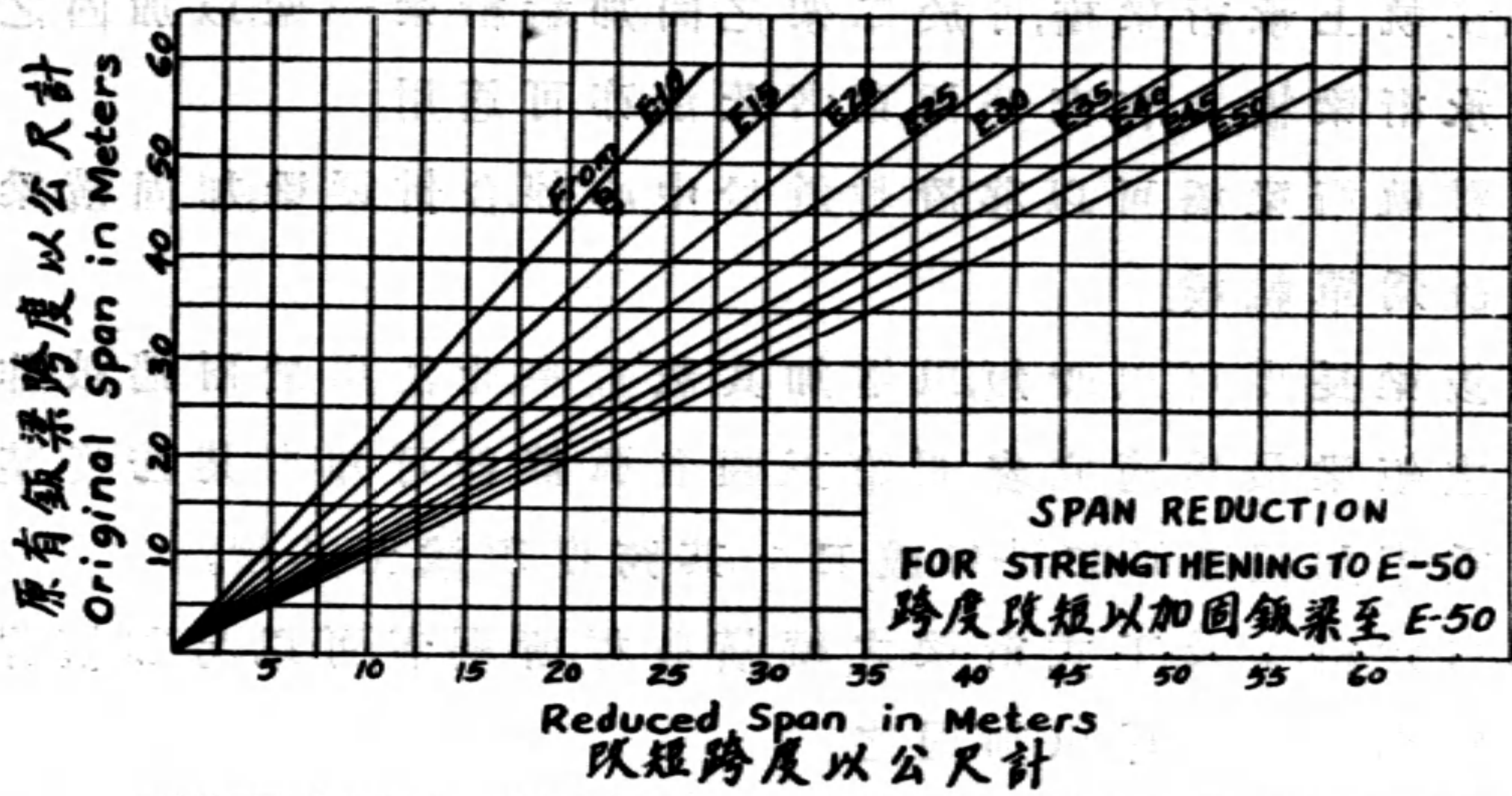
- (1) I 字梁及飯梁之薄弱者,可增添新蓋飯,或肢桿角鐵以加固之。
- (2) 飯梁二架可以並列合併以加固之,或則取消上飯梁之下肢蓋飯,及下飯梁之上肢蓋飯,而以鉚釘聯結上下二飯梁之肢部角鐵。
- (3) 凡因鉚釘過小,而聯結處尚嫌薄弱者,可改用大鉚釘以代替之。如原有鉚釘之距離較大,尚有增添新鉚釘之餘地,則加用鉚釘未嘗不可。
- (4) 凡飯梁之腰飯,倘嫌薄弱,可用加勁桿,或於兩端添用新腰飯以加固之。
- (5) 支座角鐵之薄弱者,其下可另安加勁桿以輔助之。
- (6) 接聯飯之薄弱者,可另添新鋼飯,俾鉚釘之耐力,可按雙面剪力計算。
- (7) 桁梁橋之上下弦桿,可增加角鐵以減少其重心之斜畸,或增添腰飯及蓋飯,以加固之。
- (8) 桁梁斜桿,及交向斜桿,可加鋼飯或安有伸縮螺旋之鋼條,以加固之。
- (9) 桁梁豎桿,可添用新蓋飯,以加固之。



- (10)雙軌上承桁梁橋,可於二架之間,加新桁梁一架,以加固之。下承桁梁橋之有充分淨寬者,此法亦可適用。
  - (11)雙軌桁梁橋,可以移置軌道於中心線,合併縱梁,加固橫梁,以改爲單軌橋。
  - (12)鈹梁長度,可以改短,以增加其載重率,此法用於兩端被炸毀之鈹梁,最爲適宜。參閱第五圖各弧線,即可知自某跨度某載重率,加固至 E-35, E-40, 或 E-50, 其跨度須減至某度。
  - (13)白式桁,梁及王式桁梁之縱橫肢桿,薄弱者,可以另加橫桿副斜撐,及副豎桿,以加固之。
  - (14)上承桁梁橋可用鋼鈹聯結二架爲一架,以加固之原有橫梁改作縱梁之用。
  - (15)電鐸方法,爲近今加固橋梁最新穎之途徑,既無須拆卸原有橋梁,且就地施工,需費自屬較廉,但各種施工問題,如死重應力,須先設法解除,然後再用電鐸,俾可使各部受力平均等等,均有研究之必要,而工匠手藝之精良可靠,與加固後橋梁之安全,猶關重要。
  - (16)下承矮桁梁橋二架,可以合爲一架,改作上承橋之用。但設計者,對於風力有無傾覆橋梁之虞,務須特別注意。
  - (17)桁梁橋之斜桿薄弱者,可設法加固之。屬於王式或白式者,可以改爲雙斜桿王式桁梁,如原有桁梁,屬於雙斜桿式者,可改爲四斜桿王式桁梁。
- 以上各種橋梁加固方法,僅就較爲可靠,及有相當學理根據者而言。至於下列各條,雖不無見地,然按之經濟原則或有不合或屬應力分析,含混無定,
- (18)矮桁梁兩架,可用鋼鈹聯結之,併爲矮桁梁一架。但載重時,內外各架之矢度,既難平均,則各架能否平分所荷載重,實屬疑問。

昔華德爾博士,於民國十年,充交通部顧問工程師時,曾主張用此





第五圖



法，以加固平漢橋梁。(原文見華氏上交通總長意見書)平漢路工界同人詳細研算，斟酌得失後，似覺該法尚欠妥善，未敢率爾從事。

- (19) 桁梁橋上下弦桿之薄弱者，可附加木條，聯以螺旋，以助原有肢桿之不足。
- (20) 鋼梁之外，另包鐵筋三合土梁，亦為加固之一法。惟建築時，須另架便橋，以免阻礙交通。且需費昂貴，幾與建築新橋相等。至於新三合土梁，與舊鋼梁，於載重時，能否動作一致，此層殊無把握。如用於矮桁橋梁，則兩梁間之淨寬，於加固後，不免愈形狹窄。
- (21) 桁梁橋之薄弱者，可用臨時木便架二三組，安置於下弦之下，以圖暫時之加固。如用鐵筋三合土架，則耐時較久，需費亦較大。

昔華德爾博士，於民國十七年，充鐵道部顧問工程師時，曾提議採用木便架，以圖取消緩行號誌，藉以增加收入。(原文見華氏上鐵道部孫部長意見書)。

惟我國建築木材大都來自他國，價格既嫌昂貴，且木料不堪耐久，少則四五年，多則七八年，即有腐朽之虞。在此數年之中，就平漢路現況，推之將來，似難將全部鋼梁，悉數更換 E-50 之新梁。華氏對於我國鐵路經營之不良，及本路經濟之竭蹶，似未能作通盤之籌劃。

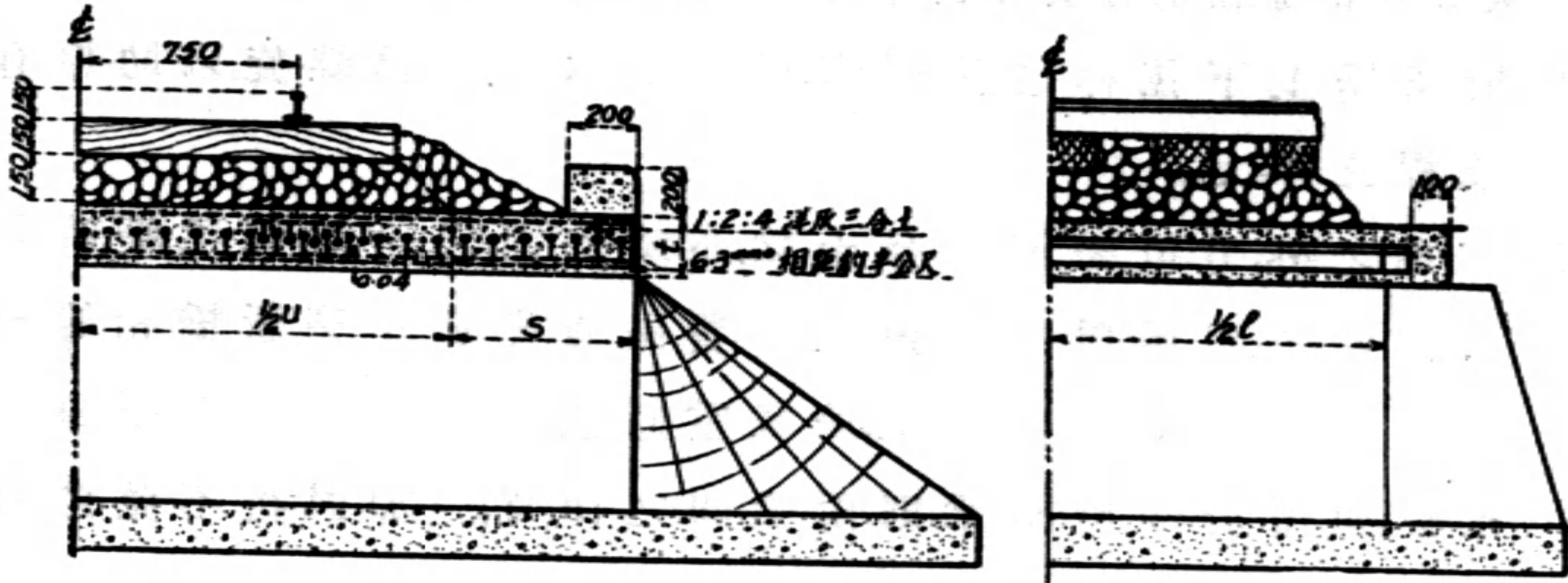
- (22) 薄弱桁梁，於上弦桿之下，下弦桿之上，可以加用上下副弦桿，並另添副斜桿，與之相聯。此法因應力之難於分析，似亦非盡善之道。

整理平漢路橋梁，可就上述加固橋梁辦法權其利害，酌其得失，逐一推算，而得最適宜之改善方法。至於橋梁最小之載重率，擬暫定為 E-25。俾現有重大機車，可以暢行無阻，不致發生危險。就平漢路各式橋梁，擬定加固辦法如下。

- (1) 小橋梁及涵洞，在 4.5 公尺以下者，均可利用現有舊鋼軌，建造鋼軌三合土涵洞。不特需價低廉，抑且將來養橋經費，亦可減少。(參閱第六圖)。



第六圖 鋼軌混凝土涵洞頂面設計



註明：舊鋼軌須無損裂方為合用

應用舊鋼軌數目表 (按E-50設計,  $I=75\%$  跨度按  $l+150$  計算)

$l^m$	1,000		1,500		2,000		2,500		3,000		3,500		4,000		4,500	
	U	S	U	S	U	S	U	S	U	S	U	S	U	S	U	S
22 kg 舊鋼軌	12	5	13	5	14	5	16	5	20	6	27	6	35	7	44	7
37 kg 舊鋼軌	15	5	16	5	18	6	20	6	24	7	33	7	43	8	54	8
鋼軌長度	1,300		1,800		2,400		2,900		3,400		4,000		4,500		5,000	
t	250		250		300		350		350		400		400		400	

- (2) 箱式鈹梁, 支架縱道木之接聯鉚釘, 均嫌薄弱。苟將鈹梁反而用之, 則其弱點可以取消。
- (3) 法比式及英式上承鈹梁, (最大跨度 25 公尺) 祇須略事加固, 或添蓋鈹, 或添肢桿角鐵, 或用電鐸方法, 即可臻 E-25, 暫時尙足敷用。
- (4) 8 公尺 10 公尺 12 公尺之半下承鈹梁, 全部薄弱。須將兩架合成一架除去縱橫梁改作上承橋之用。
- (5) 8 公尺及 10 公尺下承鈹梁橋, 薄弱殊甚。須將二架併成一架, 改作上承橋之用。至於 15 公尺下承法比舊鈹梁橋, 祇須略事加固, 即可臻 E-25。
- (6) 江岸講家磯間, 三處大橋, 均備鋪設雙軌如將備用縱梁略事移置, 軌道下用縱梁三根承托, 用作單軌橋, 暫時尙無問題, 北平附近之蘆溝橋, 共有 30 公尺雙軌矮桁梁十五座, 苟將縱橫



梁,及斜桿聯接處加固,暫時尙敷應用。

(7)平漢路舊有各式法比上下承桁梁橋,甚形薄弱,均應加固(參閱第二表)。

第二表 平漢路薄弱桁梁橋之數目

	漢口至鄆城	鄆城至黃河南岸	黃河北岸至石家莊	石家莊至北平	總數
15公尺上承矮桁梁		1			1
20公尺上承矮桁梁	6		3		9
25公尺上承矮桁梁	4	2			6
30公尺上承矮桁梁	2				2
40公尺上承矮桁梁	7				7
30公尺上承矮桁梁	18	5	10		33
30公尺上承矮桁梁	33	10	19	35	97
40公尺上承矮桁梁	4		3		7

由第二表,可見平漢路薄弱桁梁橋,以三十公尺者,爲數最夥,共計130座,(黃河橋計有薄弱矮桁梁48座除外)分段而論,漢口至鄆城間,薄弱桁梁最爲繁雜。至於將來整理之道,擬於下列各種加固方法,擇一行之。

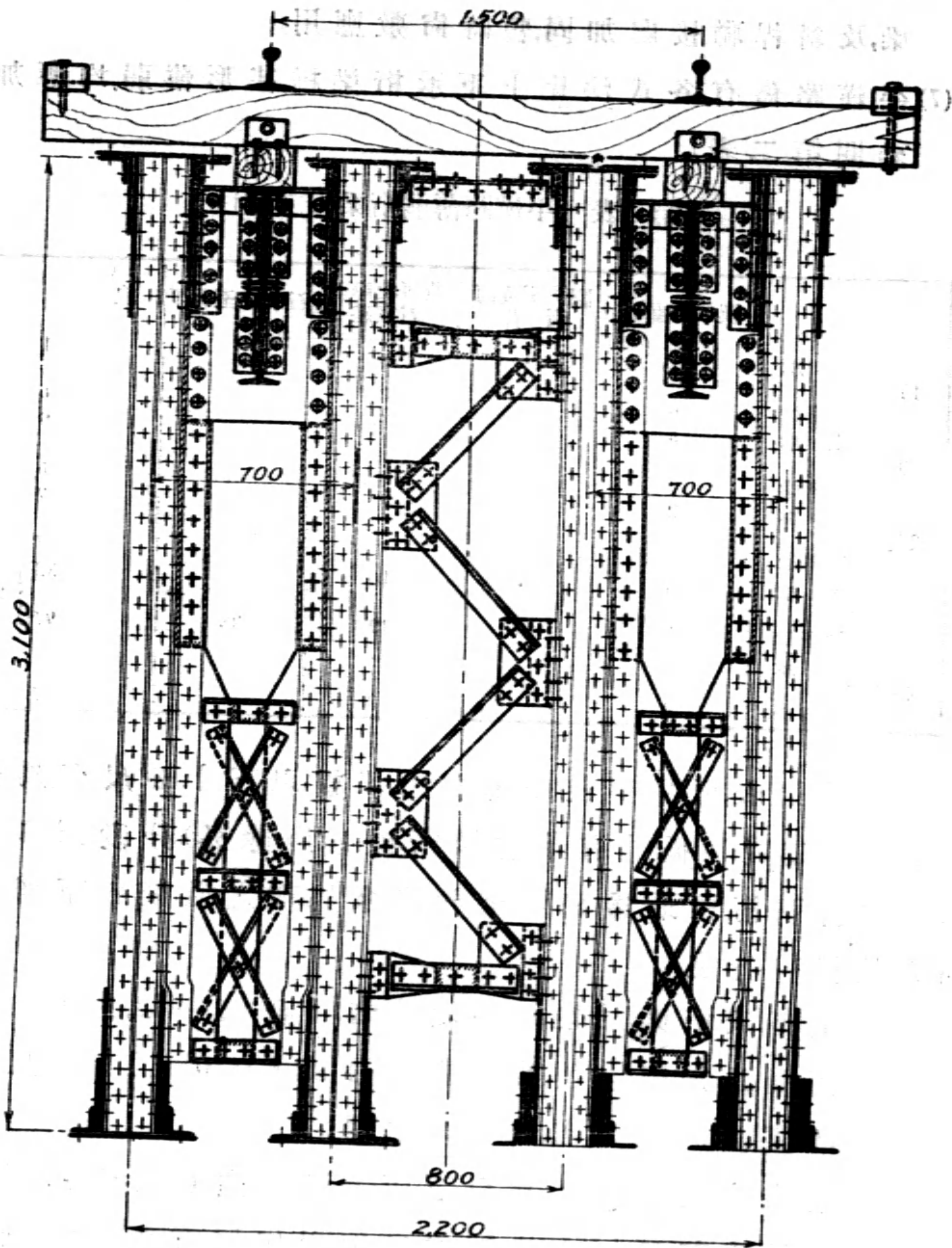
(甲)凡上下承桁梁二架同一設計者,可合成一架,改作上承桁梁之用。如是加固之後,其載重率可臻 E-40° 三十公尺上承桁梁改建設計之大概,參閱第七圖。

(乙)凡橋台高度在10公尺以下,而基礎地質良好者,均可添建新橋墩於中部,改用上承桁梁二架,以代原有薄弱桁梁。

(丙)下承及矮桁梁橋,無法添建新橋墩者,須更換新鋼梁。

我國鐵路新梁,均購自歐美。現今金價高漲,價格猶屬昂貴。爲節省路幣起見,設計者職責所在,工程經濟,非兼籌並顧不可,對於舊有鋼梁,務須充量設法利用,以期減少現金支出。至於訂購新梁,均擬按照鐵道部規定,以載重率 E-50 爲標準,設計悉按「中華國有鐵路鋼橋規範書」辦理。凡跨度在30公尺以下者,均用桁梁,在





第七圖 三十公尺矮桁梁改造上承桁梁圖

30公尺以上者,均用桁梁,跨度30公尺者,雖有採用桁梁之主張,以求減少鋼料,惟詳加研究,似亦以採用鈹梁,較為適宜。蓋鈹梁之逾量載重,如設計合法,可達百分之五十,而不發生任何危險。且修理及油漆,亦較桁梁為易。平漢路整理橋梁,所需訂購之新梁,參閱第三表。



第三表 新鋼梁之噸數及估價

	跨度以公尺計	式樣	座數	重量以公噸計		每座銀價	總銀價
				每座重量	總重		
黃 河 以 南	7	上承鈹梁	2	7.0	14	\$ 1,600	\$ 3,200
	9	„	6	10.5	63	2,500	15,000
	10	„	9	13.0	117	3,000	27,000
	12	„	3	17.0	51	4,000	12,000
	14.25	„	26	20.0	520	5,000	130,000
	20	„	3	35	105	8,400	25,200
	20	下承鈹梁	6	52	312	12,300	73,800
	25	上承鈹梁	1	51	51	12,100	12,100
	25	下承鈹梁	3	72	216	17,100	51,300
	30	上承鈹梁	5	73	365	17,300	86,500
	30	下承鈹梁	25	98	2,450	23,100	577,500
	40	下承桁梁	2	125	250	30,800	61,600
				4,514		\$ 1,075,200	
黃 河 以 北	9	上承鈹梁	4	10.5	42	\$ 2,500	10,000
	10	„	4	13.0	52	3,000	12,000
	12	„	1	17	17	4,000	4,000
	14.25	„	16	21	336	5,000	80,000
	25	下承鈹梁	3	72	216	17,100	51,300
	30	„	46	98	4,508	23,100	1,062,600
	40	下承桁梁	18	125	2,250	30,800	554,400
				7,421		\$ 1,774,300	

(註) 鋼價按每噸美金七十元計算, 匯率按美金一元合國幣三元計算, 就地建遺費, 每噸計二十元, 拆除舊梁費, 每噸計七元, 共計每噸合洋二百三十七元。

**整理程序** 整理橋梁務須有一定程序。其原則不出下列二條。

- (1) 凡營業最繁盛之段, 須先行整理, 以利運輸, 而裕收入。



(2) 凡需用推進機車之段,亦須從速整理,以便行駛重大機車,藉可節省營業費。蓋重大機車所需給養,祇較小機車略大,而所發生之牽引力,可數倍於小機車也。

按照以上原則,自鄆城至漢口一段橋梁,因貨車之擁擠,須從速整理,而廣水至信陽之一小段,因坡度險陡,需用推進機車,所有該段橋梁加固,尤屬急不容緩。除鄆漢段外,北平至石家莊一段,亦屬重要。

整理全路橋梁,最大費用,為訂購新梁,幾佔全部四分之三。約佔全路橋梁加固用款,(黃河橋除外)如第四表。

第四表 分段整理平漢全路橋梁工程之費用表

	訂購E-50新鋼梁用款	改製舊梁費用	建造及加固橋基費用	總 價
漢口至鄆城	\$ 870,900	\$ 121,540	\$ 63,960	\$ 1,056,400
鄆城至黃河南岸	204,300	35,900	28,900	269,100
黃河北岸至石家莊	346,500	60,900	237,700	1,145,100
石家莊至北平	927,800	31,480	588,000	1,547,280
共 數	\$ 2,849,500	\$ 249,820	\$ 918,560	\$ 4,017,880
橋梁廠開辦費及三年維持費				\$ 310,000
總 數				\$ 4,327,880

**開辦橋梁廠** 平漢路現有修養橋梁工作隊人員二組,分為南北橋工段,以黃河為界,終年奔馳全路;就地施工。所有器械,均限於輕小而便於攜帶者為度。將來如欲改造大批橋梁,工作繁多,且所需機器,如衝孔機,及剪鋼機等,均不能隨時搬運。故橋梁工廠,為整理橋梁程序中,不可缺少之一部。按最小規模估計,約需開辦費二十五萬元,經常維持費每年二萬元。按三年計劃,共需六萬元。開辦及維持費二項,共需三十一萬元。至於將來全路橋梁整理之後,該廠似無存在必要,或可停辦,以節路幣。

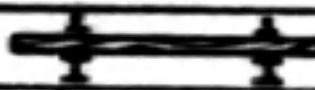
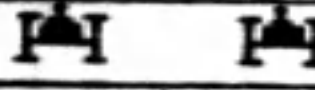

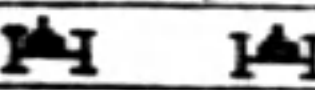
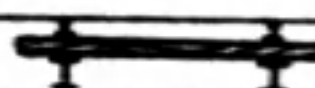
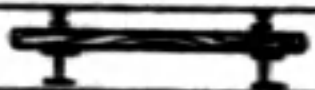
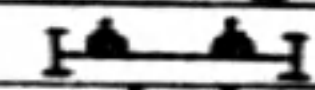
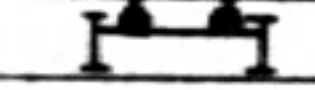



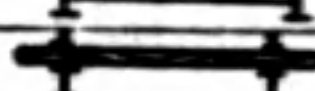

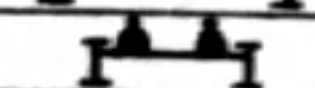
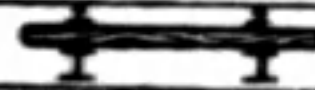


**橋基問題** 平漢路橋台橋墩,質料不一,式樣繁多可分為下



列各種。

(1) 保定以北各橋台橋墩,均由英公司承造,設計方法,均按照英國規範及習慣辦理。全部橋基,均預備安置雙軌橋梁之用,所用建築材料,幾全為水泥混凝土。且有多數橋台,可以改作橋墩,以備將來加添橋孔之用。下層基礎,深入沙土,工程尤為堅實。故保定以北各橋梁,歷屆大水,鮮有被沖之虞。蘆溝橋基礎,因地層均屬流沙,故用壓氣井筒方法建造。雖需費較大,然堅強耐久,殊稱合算。

(附)平漢鐵路各式橋梁表(一)

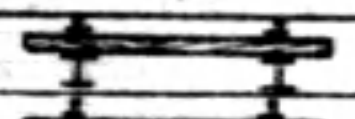

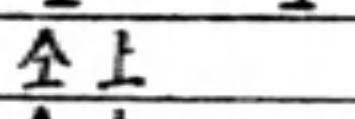


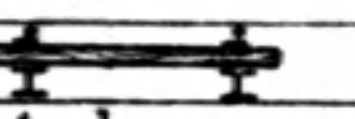

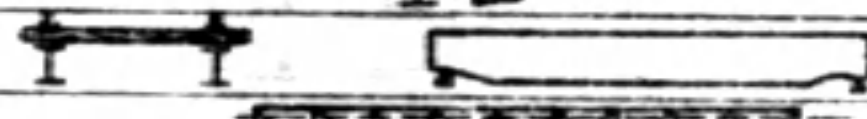
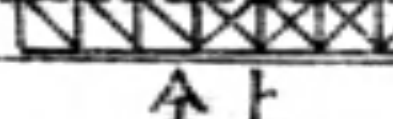
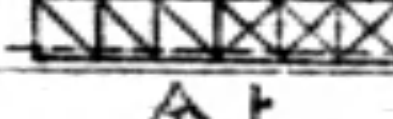

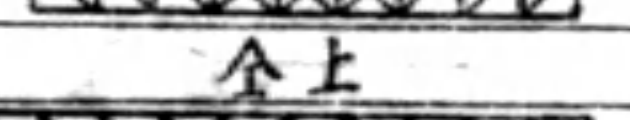




跨度以 公尺計	各式橋梁	架數	圖號	註明
5	上承鐵梁 		F-35	
5	箱式鐵梁 		F-18	
5	全上		F-343	漢治洋製
5	全上		F-346	漢治洋製
5	全上		F-382	
6	上承鐵梁 		F-13	
6	全上		F-302	
6	全上		F-339	漢治洋製
6	全上		F-360	漢治洋製
6	箱式鐵梁 		F-42	
7	上承鐵梁 		F-373	
8	上承鐵梁 	14	F-37	
8	下承鐵梁 	22	F-61	
8	半下承鐵梁 	8	F-61 <sup>bis</sup>	
9	上承鐵梁 		F-336	
9	全上		F-360 <sup>2</sup>	漢治洋製
9	全上		F-297	山海關製
10	上承鐵梁 	7	F-19	
10	全上	40	F-38	
10	下承鐵梁 	32	F-50	
10	上承鐵梁 		F-368	漢治洋製
10	下承鐵梁 		F-380	
10	半下承鐵梁 	11	F-389	
12	上承鐵梁 	2	F-20 <sup>bis</sup>	
12	半下承鐵梁 	8	F-20	
15	上承鐵梁 	7	F-39	



(2) 砌石橋基,爲法式基礎中之較強者。寬度雖較英式橋基爲大,然入土不深,基礎混凝土(約合 1:4:8 成分)所用水泥過少。而橋樑木樁長度,多者及八九公尺,少者祇有四五公尺。凡沖制較深之處,時有被毀之虞,平漢路爲南北大幹線之一,而我國河流,均自西而東,路線適當其衝,每次橋梁被沖,交通因之中斷,營業所受損失,殊屬不貲。

(3) 粗砌蠻石橋基,爲法式基礎中之更次者,以用於單孔橋梁者

(附) 平漢鐵路各式橋梁表(二)

跨徑以公尺計	各式橋梁	架數	圖號	註明
15	上承鐵梁 	8	F-329	
15	上承鐵梁 		F-348	山海關製
15	下承鐵梁 	9	F-32	
15	全上	14	F-344 F-347	長興橋 公司製
15	全上	3	F-372	漢治洋製
15	上承桁梁 	1	F-314	
15	全上		F-331	
15	斜桁梁 	2	F-320	
15	全上	4	F-321	
16	全上	1	F-321 F-326	明鐵製 及已製
18	上承鐵梁 	10	F-328 F-368	漢治洋製
18	全上	70	F-348	
20	上承鐵梁 	33	F-40	
20	全上	2	F-369	漢治洋製
20	上承鐵梁 	1	F-388	山海關製
20	上承桁梁 	1	F-312	
20	全上	3	F-317	
20	全上	5	F-319	
20	斜桁梁 	3	F-24	
20	全上	4	F-390	
25	上承鐵梁 	3	F-386	
25	上承桁梁 	1	F-65	
25	全上	1	F-333	
25	斜桁梁 	3	F-25	
25	斜桁梁 	2	F-391	
30	上承桁梁 	1	F-324	
30	全上	10	F-326	
30	全上	6	F-327	
30	全上	1	F-330	
30	上承桁梁 	1	F-43	麗海式



(附)平漢鐵路各式橋梁表(三)

跨以公尺計	各式橋梁	架數	圖號	註明
30	上承桁梁	14	F387	
30	上承桁梁	3	F-52	英製川漢式
30	桁架梁	56	F-26	
30	全上	1	F-48	
30	全上	6	F-58	揚子鐵廠製
30	桁架梁	19	F-28	
30	全上	20	F-60	
30	全上	8	F-313	
30	全上	13	F-315	
30	全上	23	F-316	
30	全上	3	F-367	
30	桁架梁	2	F-323	
30	桁架梁	7	F-33 F-53bis	
30	全上	4	F-350	美國橋樑公司製
30	全上	1	F-364	漢治洋製
30	全上	7	F-371	漢治洋製
30	桁架梁(雙軌)	15	F-501	漢治洋製
30	聯繫梁(雙軌二孔連續梁)	4	F-332	
30	全上	4	F-335	
30	聯繫梁(雙軌三孔連續梁)	3	F-334	
40	聯繫梁	2	F-30	
40	桁架梁	1	F-33	
40	全上	3	F-51	
40	桁架梁	1	F-325	
60	聯繫梁(雙軌二孔連續梁)	2	F-62	
60	聯繫梁(雙軌)	1	F-31A	

為多三十年來屢有破裂,建造費雖廉,然實非上等工程。以後於幹線部份,該類橋基,似應撥除勿用。

- (4) 磚質橋基,以用於小橋者為多。或因質料之不良,或因勾縫灰漿之不堅實,裂縫及剝落之處,屢見不鮮。以後重要基礎工程,凡終年受風雨之所侵蝕者,似以不用磚質為宜。
- (5) 螺旋橋樁,用於黃河沙河及津沱河等橋。因樁頭未能深入河床(黃河橋每墩原用六樁,深約十二三公尺,後添邊樁四根,最深約十六公尺之譜)且荷重力有限。將來整理橋梁,除沙河橋基樁,尚可設法加固外,其餘各橋,均須建造新橋墩,以圖一



勞永逸。

三十年前,水泥來自外國,價格昂貴,苟橋基全部,用混凝土建造,殊非經濟之道。近年來我國所出水泥,品質甚優,取價尤廉,而石料及工資貨價,已數倍於往昔。將來平漢路建造新橋基,似以全部採用混凝土,最稱合算。至於更換新鋼梁時,各橋墩及橋台冠部,均須用混凝土改建或安置舊鋼軌於其間,以圖堅實。



## 雜 俎

### 華盛頓橋之交通成績

原文載“Der Bauingenieur” 31, August. 1934; 題名“Der Verkeehr u. d. George-Washington Brücke u.d. Hudson in New York”

世界唯一長橋,跨度 1067 公尺之紐約哈德生橋,即華盛頓橋,自 1931 年十月二十五日開通以來,最近方將二年中之交通成績發表。此項技術的報告,對於將來重要交通橋路之計劃上,及經濟上,頗有參攷之價值。

該橋設計時所假定車輛交通量之最大限度,每日平均九萬輛。但自開通以來,迄今尙未遇過一次發揮該橋之全能力者。該橋開通後之首先二十四小時內,即有 54,300 輛經過,開通後最初之星期日,共經過 46,900-45,600 輛。1932 年中之最大交通量,每日平均僅為 15,100 輛。

該橋之兩側另設寬 8.7 公尺之車馬道,似乎稍寬。緣該橋開通後之第一星期內,自用車僅三列,營業汽車及馬車僅占二列耳。橋上之許可最大速率每小時達 48 公里。1932 年中橋上發生之事故,計大事一,小事件七僅屬微細小數。

又一星期中所通過交通量之分配,以星期日最多,佔每星期中之 25.7%,次為星期六佔 16.1%,星期一星期二皆佔 12.5%,星期四佔 11% 為最少。又一日內早晨最少,日中最多約占全日之 15%。



一年內以七月爲最多，約爲二月三月之二倍，1932年中之交通車輪總數爲551,000,000輛。橋稅在橋頭兩側徵收，此項稅收員共有七十名之多云。

(趙國華)

## 意國法西斯締統治下之土木事業

以下所述，係根據1933年10月31日日本駐意米拉諾領事井上氏摺呈廣田外交大臣之一部。茲特譯出以惕國人。

意大利在法西斯締統治之下，對於土木事業之設施，如洪荒之開墾，河川道路海港之修改建築等，乃爲其重要國策之一。法西斯締之統治權確立以來，已達十年。此十年內土木事業之成就，已蔚然可觀矣。十年內對於土木事業費所投之金額，已達24,785,900,000 [梨拉] (意國幣) 之鉅。此項鉅額費用之支配有如下列：

(1.) 由土木部直接支付者	15,057,680,000 [梨拉]
(2.) 由開墾事務局支付者	657,190,000 [梨拉]
(3.) 由道路自治團體支付者	1790,875,000 [梨拉]
(4.) 由鐵道管理局支付者	1,909,835,000 [梨拉]
(5.) 由內政部支付者	4,207,900,000 [梨拉]
(6.) 土木部未成立以前之土木事業費由 內政部支付者	73,348,000 [梨拉]
(7.) 其他各部支付者	1,004,460,000 [梨拉]

以上所列之數乃爲已經支付之金額，如益以現下政府預定之事業費，則達36,990,000,000 [梨拉]。

法西斯締統治權未確立前之六十年內，土木事業費不過21,536,000,000 [梨拉]。自法西斯締統治權確立之後，土木事業費每年支付之金額，一躍而達十倍，可謂盛矣。

又土木部未設立以前，事業費之支付額，僅達177,809,000 [梨拉]，較之設立土木部後之支付總額 (23630,781,000 梨拉) 不過二十三分之一。統一龐雜機關成立一土木部後，其進步之速，成績之佳，可見



一斑，

如此鉅額工程費用支出之後，其成效如何，有如次列。

(一)道路。鋪有路面者 8,562 公里，正在加鋪路面者 1,000 公里，修改舊軍用路 1,120 公里，修成國道 525 公里，縣道 1,143 公里，鄉村道 3,844 公里，汽車等用道 436 公里。

(二)鐵道。新建國有鐵道 476 公里，民營鐵道 2,394 公里。

(三)海港。修築海港 83 處，建造防波堤 27 公里，碼頭 36 公里，填海角 2,509,000 平方公尺，建造貨倉 213,000 平方公尺，建築臨港鐵道 96 公里，海岸壁 18 公里。

(四)河川。計修改河川 808 公里，及運河 876 公里可以航運，建築河川岸壁 750 公里，堤防 3937 公里，造成保證安全之耕地三百萬公頃（1 公頃合一萬平方公尺）。

(五)開墾。開墾地預定為 2,396,000 公頃，現已開墾成熟者 683,000 公頃，開墾排水用運河 7,322 公里，灌溉用運河 1,130 公里，排水動力設備 160 處，合計 71,000 馬力，建設農居四千戶，修改山間貯水池面積 109,000 公頃。

(六)水力發電。發電設備自 1,500,000 [啓羅瓦特] 增至 4,500,000 [啓羅瓦特]，電力供給量自 4,000,000,000 [啓羅瓦特] 增至 10,000,000,000 [啓羅瓦特]，新築堤堰 100 處，貯水面積自 142,000,000 平方公尺增至 1,294,000,000 平方公尺。

(七)城市計劃。批准城市計劃十八件，新建公衆建築物二百處以上，學校 11,000 所，平民宮五萬戶，埋設自來水管 7,929 公里，污水管 1,506 公里，災後住宅新築 17,995 戶，修繕 6,500 戶，新造寺院 365 所。

綜觀以上之事業，其政策不偏於大都市之建設，而使普遍於全國。因此全國人民直接沐受澤惠之故，對於法西斯締統治下之政策莫不歌頌。

又於 1924 年以前意大利之法西斯締統治權行將確立之時，彼等都會中街道之污穢，鐵道之不守時間，恆為世人所垢病，十年



內斷然施行徹底的改革,至今面目一新,其成效實彰彰可考云。

(趙國華)

## 高二千公尺之巴黎防空塔計劃

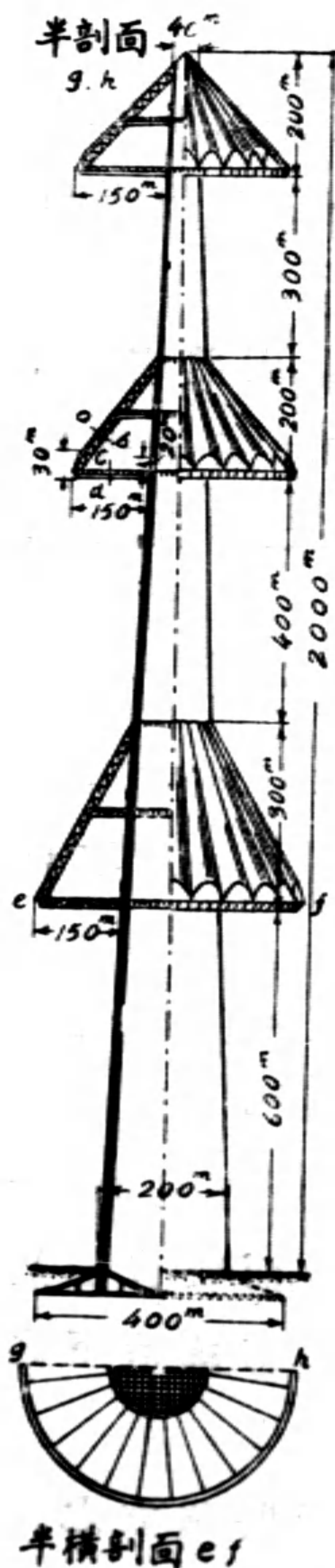
法都巴黎爲防止敵軍空襲起見,由該國之著名土木工程師及建築師協力設計,擬具一高達二千公尺之防空塔,曾載于該國之Le Genie Civil雜誌上。茲特擇要摘譯其計劃如次:

該塔共高二千公尺,用鋼筋混凝土建造之。備有軍用及機用之穹幕三層。每層內部俱有昇降機,大砲,觀測所,聽音間,並配置,探照燈等設備。

塔之主體爲一中空之圓錐體,並在離地600,1300及1800公尺處加造穹幕。穹幕有屋面,四週皆開有30公尺高50公尺寬之門洞,連一接二,以備軍用飛機之出入。內部之交通,則用二座昇降機專載飛機,三座載人。另附非常時所用之斜路。塔之底層中央附設電氣設備。各穹幕之中央另有動力發電,供給燈光,並各設辦公室,軍需給養庫,氣象觀測所,病院,宿舍,以及飛行機之修繕工場等設備。

塔在地平面處之外徑爲210公尺,頂上之外徑爲40公尺,壁厚最下層爲12公尺,自下而上,依其自重及風力,而變其斷面。塔之基礎爲圓形平坂,其直徑爲400公尺。

各穹幕皆分成二層,下層作爲軍用飛機之出發場。平時門洞周圍加設柵門,在飛機出入前,用電機設備將門柵自動開閉,較在陸地飛起爲便。上層則爲安置大砲之所。屋面作截頭圓錐形,取其可以防止敵彈之侵入,即使敵





彈打入，亦不過波皮局部，不致損及內部之設備也。

關於風壓力之強度，曾根據各方之氣象台及各種文獻之紀錄，並經特別之研究。該塔設計時所用之風壓，在塔頂處為每方公尺 500 公斤，在地面為 250 公斤，作為計算穹幕及剪力之張本。結果最大水平剪力為 95,400 公鐵，最大彎幕為 92,200,000 公鐵公尺。由此彎幕所起之偏心，雖底層之中心點僅達 7.7 公尺。混凝土所起之應壓力達每方公尺 265 公鐵，並不發生應張力。

又關於大砲放射時所起之影響，假定各層同用 105 公釐徑之大砲一百門，在同方向發射時，此種大砲放射時每門所起之反動力及衝擊力以 12 公鐵計算，全體所起之水平反力為 3,600 公鐵，今大砲皆置於穹幕之上層，即屋面之中部，則各層砲位離地平面之距離為 750, 1400, 1900 公尺，如是，塔之下層，所起之彎幕為 4,860,000 公鐵公尺，此值不過為風力所起者百分之五而已。由大砲放射所起之偏心距，僅為 0.41 公尺，混凝土所起之應力為每方公尺 15 公鐵，殆無問題。該塔之自重非常巨大，約在一千萬噸左右。由風壓而使塔頂，所起之水平移動約為 1.7 公尺，由於太陽一面照射所起之移動約為 1 公尺云。

(原文見 *Projet de tour de 2,000 Mètres de hauteur destinée à la défense aeriennne de Paris. La Genie Civil, 9 Juin. 1934 P.515—517*)

(趙國華)

## 德國之汽車專用國道網

(見 *Das Werk der Reichsautobahnen, des Echo. 2 Sept. 1934*)

德國國社黨政府為救濟失業起見，乃有龐大道路建設事業之進行。自 1933 年 7 月 5 日至 1934 年 7 月 5 日止，已歷一年矣。以下乃為希特拉之道路建設事業計劃之一斑。

希特拉政權確立後之次年，即公佈「梅達」國民公約，同時於 6 月 26 日公布實施其政策之法律。其計劃之主幹，乃將現在已成道路網改築完成，以及遠距離汽車專用道路網之新設。並為求全部



道路建設事業之統制便利起見，又於1934年6月26日公佈「道路制度及道路行政暫定的修正法」。如是，所有道路事業之監督完全由中央統一之。

國社黨政府道路事業中之最堪注目者，為汽車專用國道之建設，除將貫通東西，南北之幹線及連絡全部之線路共達6,900公里之汽車網先行籌劃進行外，此種計劃之實施完成時間約在6年至7年之間。其次即再將德國南部與北部及從中央貫通東西之二大汽車專用國道籌劃完成之。

汽車專用國道之建設，不但對於邊境之交通將起重大之革命，即在經濟上，軍事上，亦具有重大之意義，德國除擁有60,000公里之鐵道，25,000公里之航空路線，13,000公里之運河，200,000公里之國道外，在最近的將來即有10,000公里之汽車專用國道之完成。此項汽車專用國道網完成之後，對於歐洲各國國際間之交通亦有甚大之便利。

又關於此種汽車專用國道之建設事業，對於失業救濟上，大有影響。1933自年動工以來，至1934年秋季止，從事於此項事業之勞工人員以及直接間接有關之人員，總數達250,000人至300,000人之多云。

(趙國華)

## 德 國 之 希 特 拉 橋

節錄 “Die technischen Lehren beim Bau der Moselbrücke in Coblenz ”

von Dr. Ing. W. Gehler. Beton u Eisen. Heft 14,15,16,17, 1934.

德國萊茵河上近古本 (Koblenz) 市之新橋，開工於1932年，完工於1934年，時適為國社黨運動勝利之際，遂將此橋作為紀念，名之曰希特拉橋。

長跨度橋樑之權威者，Spangenberg教授，謂拱橋之「剛數」(Kühnheitzahl)可用 $l^2/f$ 表示之。因扁平拱之拱頂曲半徑為 $r_0 = \frac{l^2}{8f}$ ，(l為跨



度,  $f$  爲拱矢), 拱輪受均佈載重  $\epsilon$ , 則拱之水平反力  $H = \frac{\epsilon l^2}{8f}$ , 故剛數之大, 可以決定水平反力  $H$  之強。

自 1923 年注國首先起造跨度 100 公尺之鋼筋混凝土拱橋以來, 其超出 100 公尺以上者, 已有 16 座之多, 其下列之橋梁爲代表者。

橋 名	跨度( $lm$ )	拱矢( $fm$ )	$l/f$	$l^2/f$	$r_s(m)$
聖批恩(法)	131.80m	25.3m	1:5.2	685	86
加茵 (法)	139.80m	27.0m	1:5.2	725	91
阿爾培脫(法)	3×180.00m	27.5m	1:6.5	1180	148
司篤可姆(瑞典)	181.00m	26.2m	1:6.9	1250	156
希特拉(德)	107 m	8.12m	1:13.2	1410	176

由上列表中之數字, 可見希特拉橋之拱頂曲半徑實超出於其他各橋遠甚。因此水平反力達每公尺 850 公鐵之鉅, 較之其他各橋無出其右者。

如此長跨度矮拱矢之有階混凝土拱橋, 其選擇之理由, 蓋因下部構造之施工, 在砂礫層中, 需用壓榨空氣潛函法。如用無階拱, 二階拱等恆因混凝土之收縮, 拱體收縮, 以及溫度變化, 橋台移動等原因不宜採用, 故改用此式。

希特拉橋之有效總寬爲 18 公尺, 橋軸與河流成 70 度角。拱圈計分二個, 每個寬 6.6 公尺。其分成二個之理由, 乃因該橋爲斜橋, 如此佈置, 對於拱階之設置上較爲便利(拱階與橋軸成直角), 且因模架可以移轉重用, 模架費用亦得擲節; 又因橋之全寬爲 18 公尺, 如用全拱圈, 在半側滿載動載重時, 恆使拱圈起不平均之應力, 今分成二個, 則可減少此弊。兩個主拱圈並列, 中間留出 1.9 公尺之間距, 另鋪橋面板, 擱置於兩側拱圈之上。

模架爲木製, 與從來之方法略同, 但在通航部分則用鋼製構架。每一主拱圈, 之拱架材料, 約一半在撤去後移至鄰近拱圈轉用。



