

年

卷

期

10

6

第

第

9-DEC 1935

# 工程

二十四年十二月一日 第十卷第六號



第五屆年會論文專號(上)

二感應電動機之串聯運用特性

打樁公式及樁基之承量

中國第一水工試驗所

粵漢鐵路西村機廠計劃

國立清華大學新電廠

粵漢路株韶段土石方統計分析



中國工程師學會發行



# 地 球 牌

貨 國 商 標



註 冊 全 完

耐火度 SK35 (攝氏1770°)

抗壓力 281.9 Kg/cm<sup>2</sup>

吸水率 9.35%

# 火 磚 泥

式種坩埚玻  
火平及材璃現  
磚形築料用貨  
紅式坩埚坩  
白及材瑯坩  
火斜料用及  
坩形各坩築

其磚轉型各  
他各窑火種定  
耐種用磚汽製  
火電特水鍋  
材坩型泥用  
料磚火迴特

號二九四路京北海上 所行發  
五五一一九話電  
號九一二路生勃勞海上 廠造製  
〇一九〇二話電

品 出 司 公 限 有 份 股 業 窑 國 中



# 中國工程師學會會刊

編輯：  
 黃 炎 (土木)  
 董大酉 (建築)  
 沈 怡 (市政)  
 汪 楨 (水利)  
 趙 珪 (電氣)  
 徐宗溥 (化工)

## 工 程

總編輯：胡樹楫

編輯：  
 蔣 均 (機械)  
 朱其清 (無線電)  
 錢昌祚 (飛機)  
 李 傑 (礦冶)  
 黃炳奎 (紡織)  
 宋學勤 (校對)

### 第十卷第六號

### 第五屆年會論文專號(上)

### 目 錄

二感應電動機之串聯運用特性 .....	顧毓琇	497
✓ 打樁公式及樁基之承量 .....	蔡方蔭	508
中國第一水工試驗所 .....	李賦都	530
粵漢鐵路南段管理局建築西村機廠計劃 .....	黃子焜	558
國立清華大學新電廠 .....	莊前鼎	577
✓ 粵漢鐵路株韶段土石方工程統計及分析 .....	凌鴻勛	592

### 中國工程師學會發行

#### 分售處

上海四馬路現代書局  
 上海四馬路中華書局  
 上海四馬路作者書社  
 上海四馬路生活書店  
 上海四馬路上海書局  
 上海愛多虞路中華學藝社服務處  
 上海徐家匯蘇新書社  
 天津大公報社

南京太平路正中書局南京發行所  
 南京太平路花牌樓書店  
 濟南芙蓉街教育圖書社  
 南昌民德路科學儀器館南昌發行所  
 太原柳巷街同仁書店  
 昆明市西華大街雲嶺書店  
 重慶天主堂街重慶書店  
 廣州永漢北路上海書局廣州分店

## 本刊編輯部啓事

本期照向例每冊附送第十卷總目錄一份，希讀者注意。如有遺漏，請向原發售處查詢。

### 中國工程師學會 朱母紀念獎學金 委員會 徵文廣告

本會現徵求民國二十五年朱母紀念獎學金論文，應徵者希於二十五年二月十一日以前將稿件投寄到會。茲將應徵辦法附錄於後：

- (一)應徵人之資格 凡中華民國國籍之男女青年，無論現在學校肄業，或為業餘自修者，對於任何一種工程之研究，如有特殊興趣而有意應徵者，均得聲請參與。
- (二)應徵之範圍 任何一種工程之研究，不論其題目範圍如何狹小，均得應徵。報告文字，格式不拘，惟須繕寫清楚，便於閱讀，如有製造模型可供評判者，亦須聲明。
- (三)獎金名額及數目 該項獎學金為現金一百元，當選名額規定每年一名，如某一年無人獲選時，得移至下一年度，是年度之名額，即因之遞增一名。不獲選者於下年度仍得應徵。
- (四)應徵時之手續 應徵人應徵時，應先向本會索取「朱母紀念獎學金」應徵人聲請書，以備填送本會審查。此項聲請書之領取，並不收費，應徵人之聲請書連同附件，應用掛號信郵寄：上海南京路大陸商場五樓中國工程師學會「朱母紀念獎學金」委員會收。
- (五)評判 由本會董事會聘定朱母紀念獎學金評判員五人，組織評判委員會，主持評判事宜，其任期由董事會酌定之。
- (六)截止日期 每一年度之徵求截止日期，規定為「朱母逝世週年紀念日」，即二月十一日，評判委員會應於是日開會，開始審查及評判。
- (七)發表日期及地點 當選之應徵人，即在本會所刊行之「工程」雜誌及週刊內發表，時期約在每年之四五月間。
- (八)給獎日期 每一年度之獎學金，定於本會每年舉行年會時贈予之。



# 二感應電動機之串聯運用特性

(中國工程師學會第五屆年會得獎第一名論文)

顧 毓 琇

國立清華大學工學院院長

**摘要** 設有三相感應電動機二座,從甲機之轉子通電於乙機之靜子,並以二機之轉子互接,使之同轉,則二機可共同供給轉力。作者從微分方程式,解析此種運用特性,不特前人已知各種現象可以求得,且此種機器在特殊情形下之瞬變狀態,無可依法預計。本文除發表解析結果外,並舉一實例表明穩定運用時各電路中之電流及各機所擔負之功率與轉力。

## (一) 運用特性方程式之通解\*

今有三相感應電動機二座,從甲機之轉子(rotor)通電於乙機之靜子(stator),並以二機之轉子互接,使之同轉,則二機可共同供給轉力。此種聯接法,吾人可稱之為「串聯運用」(Concatenation)。

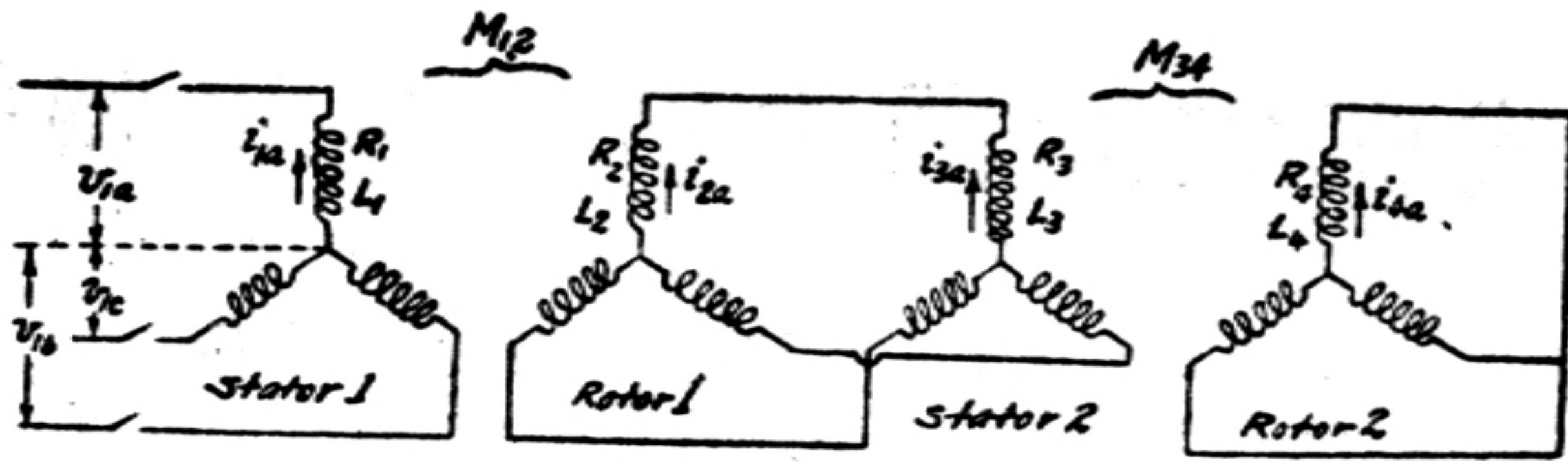
感應電動機串聯運用之特性,可以九個微分方程式聯解而得,但吾人如應用「對稱坐標法」(Method of Symmetrical Coordinates),可將「順序」(positive-sequence)及「逆序」(negative-sequence)部分各別計算,而減至三個微分方程式。茲將「順序」部分之方程式列下(參看第一圖):

---

\* 此項通解法,係作者研究所得。關於其他交流電機分析之論文,可

參看篇後附錄。





第 一 圖

$$(R_1 + L_1 p) i_{1+} + M_{12} p [i_{2+} \epsilon^{jnt}] = v_{1+} \dots \dots \dots (1)$$

$$(R_2 + L_2 p) i_{2+} + M_{12} p [i_{1+} \epsilon^{-jnt}] = (R_3 + L_3 p) i_{3+} + M_{34} p [i_{4+} \epsilon^{jnt}] \dots \dots \dots (2)$$

$$(R_4 + L_4 p) i_{4+} + M_{34} p [i_{3+} \epsilon^{-jnt}] = 0 \dots \dots \dots (3)$$

其中

$R_1$  = 甲機靜子每相之電阻。

$L_1$  = 甲機靜子每相之自感。此值包括其他二相之互感影響在內。

$R_2$  = 甲機轉子每相之電阻。

$L_2$  = 甲機轉子每相之自感。

$R_3$  = 乙機靜子每相之電阻。

$L_3$  = 乙機靜子每相之自感。

$R_4$  = 乙機轉子每相之電阻。

$L_4$  = 乙機轉子每相之自感。

$M_{12} = \frac{3}{2} \times$  甲機每相靜子與轉子間互感之最高值。

$M_{34} = \frac{3}{2} \times$  乙機每相靜子與轉子間互感之最高值。

$i_1$  = 甲機靜子每相之電流。

$i_2$  = 甲機轉子每相之電流。

$i_3 = -i_2$  = 乙機靜子每相之電流。

$i_4$  = 乙機轉子每相之電流。

$v_1$  = 甲機靜子每相所受之電壓。

$n$  = 靜子與動子間之角速度。

$p = d/dt =$  時間微分算子。

吾人注意上面方程式中各電流電壓之有加號者,乃指其「順序」矢向部分而言。

根據「運算微積」(Operational Calculus)中之海佛仙「移位公式」(Heaviside's shifting formula),吾人可將(2)(3)兩式改爲

$$[R_2 + L_2(p - jn)](i_{2+}\epsilon^{jnt}) + M_{12}(p - jn)i_{1+} =$$

$$(-)[R_3 + L_3(p - jn)](i_{2+}\epsilon^{jnt}) + M_{34}(p - jn)(i_{4+}\epsilon^{2jnt}) \dots\dots\dots (4)$$

$$[R_4 + L_4(p - 2jn)](i_{4+}\epsilon^{2jnt}) - M_{34}(p - 2jn)(i_{2+}\epsilon^{jnt}) = 0 \dots\dots\dots (5)$$

今以(1), (4), (5)三式聯解,則得

$$i_{1+} = \frac{[R_0 + L_0(p - jn)][R_4 + L_4(p - 2jn)] - M_{31}^2(p - jn)(p - 2jn)}{D(p)} v_{1+} \dots\dots (6)$$

$$-i_{2+} = i_3 + = \epsilon^{-jnt} \frac{[R_4 + L_4(p - 2jn)]M_{12}(p - jn)}{D(p)} v_{1+} \dots\dots\dots (7)$$

$$-i_{4+} = \epsilon^{-2jnt} \frac{M_{12}M_{31}(p - jn)(p - 2jn)}{D(p)} v_{1+} \dots\dots\dots (8)$$

其中

$$R_0 = R_2 + R_3 \qquad L_0 = L_2 + L_3$$

$$D(p) = (R_1 + L_1 p)[R_0 + L_0(p - jn)][R_4 + L_4(p - 2jn)]$$

$$- (R_1 + L_1 p)M_{34}^2(p - jn)(p - 2jn)$$

$$- [(R_4 + L_4(p - 2jn)]M_{12}^2 p(p - jn) \dots\dots\dots (9)$$

以上方程式(6), (7), (8)即爲各線捲中電流之通解式。如電壓驟加於甲機之靜子端,或該靜子端驟受短接,則其瞬變電流均可應用海佛仙「展開公式」(Heaviside's Expansion Theorem)於(6),(7),(8)各式而求得之。電流既得,則電功率(power)與轉力(torque)之變化情形,亦可推求,而感應電動機串聯運用時之特性,便可瞭如指掌矣。

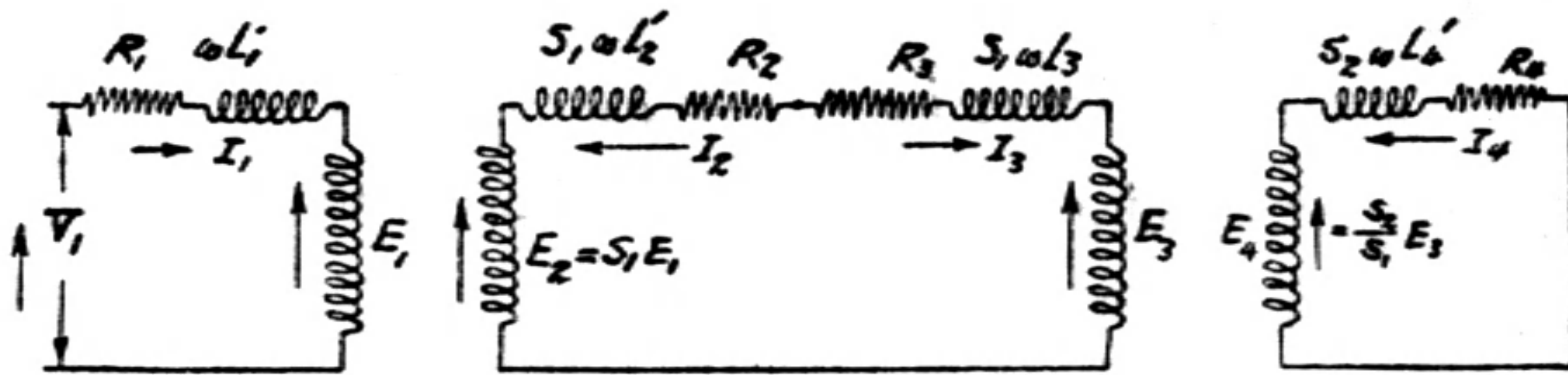
### (二) 穩定狀態時之功率與轉力

上面通解式所得之結果,乃包括穩定狀態(steady-state)及瞬



變狀態 (transient state)。今如僅欲研究穩定狀態時之運用特性，則(6),(7),(8)各式中之  $p=d/dt$  可代以  $j\omega$ ，其中  $\omega$  為外加電壓之角速度(即  $2\pi \times$  電壓之周波數  $f$ )，而電流電壓皆可代以矢量(vector)，如  $\bar{I}_1, \bar{V}_1$  等。

參看第二圖，吾人可得下列各式：



第 二 圖

$$(R_1 + j\omega L_1)\bar{I}_1(\omega) + j\omega M_{12}\bar{I}_2(\omega) = \bar{V}_1 \dots\dots\dots (10)$$

$$[R_2 + j(\omega - n)L_2]\bar{I}_2(\omega - n) + j(\omega - n)M_{12}\bar{I}_1(\omega - n) + [R_3 + j(\omega - n)L_3]\bar{I}_2(\omega - n) - j(\omega - n)M_{34}\bar{I}_4(\omega - n) = 0 \dots\dots\dots (11)$$

$$[R_4 + j(\omega - 2n)L_4]\bar{I}_4(\omega - 2n) - j(\omega - 2n)M_{34}\bar{I}_2(\omega - 2n) = 0 \dots\dots\dots (12)$$

吾人注意  $\bar{I}_2(\omega)$  乃指  $\bar{I}_2$  對於基本周波數  $\omega/2\pi$  而言， $\bar{I}_1(\omega - n)$  乃指  $\bar{I}_1$  對於差移周波數  $\frac{(\omega - n)}{2\pi}$  而言，其他仿此。

從第(10)式，如求  $\bar{V}_1$  及  $\bar{I}_1$  之「無向積」(scalar product)，則得功率入量 (input power) 為

$$P_1 = \bar{V}_1 \cdot \bar{I}_1 \dots\dots\dots (13)$$

減去  $I_1^2 R_1$  阻耗，則得

$$P_1' = \bar{V}_1 \cdot \bar{I}_1 - I_1^2 R_1 = \bar{E}_1 \cdot \bar{I}_1 = [j\omega M_{12}\bar{I}_2(\omega)] \cdot \bar{I}_1(\omega) \dots\dots\dots (14)$$

其中  $P_1'$  為甲機中傳過氣隙之功率，而  $\bar{E}_1$  即等於  $[j\omega M_{12}\bar{I}_2(\omega)]$ 。

從第(11)式，吾人可知甲機轉子所得之電功率實為

$$P_2' = -\bar{E}_2 \cdot \bar{I}_2 = [-j(\omega - n)M_{12}\bar{I}_1(\omega - n)] \cdot \bar{I}_2(\omega - n) = [-js_1\omega M_{12}\bar{I}_1(\omega - n)] \cdot \bar{I}_2(\omega - n) \dots\dots\dots (15)$$

故  $P_1'$  與  $P_2'$  之差乃為可變成機械能之功率或動力，即

$$P_2 = P_1' - P_2' = (1 - s_1)\omega M_{12} [(j\bar{I}_2) \cdot \bar{I}_1] \dots\dots\dots (16)$$

其中  $s_1 = \frac{\omega - n}{\omega}$ 。

同樣,乙機中傳過氣隙之功率,當為

$$P_3' = P_2' - I_2^2(R_2 + R_3) = \bar{E}_3 \cdot \bar{I}_3 = [-j(\omega - n)M_{34}\bar{I}_4(\omega - n)][I_2(\omega - n)] \dots\dots\dots(17)$$

從第(12)式,吾人確知乙機轉子所得之電功率為

$$P_4' = [j(\omega - 2n)M_{34}\bar{I}_2(\omega - 2n)] \cdot \bar{I}_4(\omega - 2n) = I_4^2 R_4 \dots\dots\dots(18)$$

放  $P_3'$  與  $P_4'$  之差乃為可變成機械能之功率或効力,即

$$P_4 = P_3' - P_4' = -(s_1 - s_2)\omega M_{34}[(j\bar{I}_4) \cdot \bar{I}_2] \dots\dots\dots(19)$$

其中  $s_2 = \frac{\omega - 2n}{\omega}$  及  $(s_1 - s_2) = (1 - s_1)$ 。

按二機串聯運用時可變成機械功率之電功率即等於

$$P_0 = P_2 + P_4 \dots\dots\dots(20)$$

此值亦即等於

$$P_0 = P_1 - I_1^2 R_1 - I_2^2(R_2 + R_3) - I_4^2 R_4 \dots\dots\dots(21)$$

轉力與功率之關係為

$$T_0(\text{以喬耳計}) = \frac{P_0(\text{以瓦計})}{2\pi \times (\text{每秒轉數})} \dots\dots\dots(22)$$

或

$$T_0(\text{以呎磅計}) = (.7376) \frac{P_0(\text{以瓦計})}{2\pi \times (\text{每秒轉數})} \dots\dots\dots(23)$$

按  $(2\pi \times \text{每秒轉數})$  乃等於  $n$  除甲機之磁極對數,或即  $\frac{(1 - s_1)\omega}{(p_1/2)}$ ,

其中  $p_1$  為甲機之極數,故(23)式亦可寫作

$$T_0(\text{以呎磅計}) = (.7376) \left(\frac{p_1}{2}\right) \frac{P_0}{(1 - s_1)\omega} \dots\dots\dots(24)$$

同樣,甲乙二機所供給之機械轉力可由(16)及(19)式而得

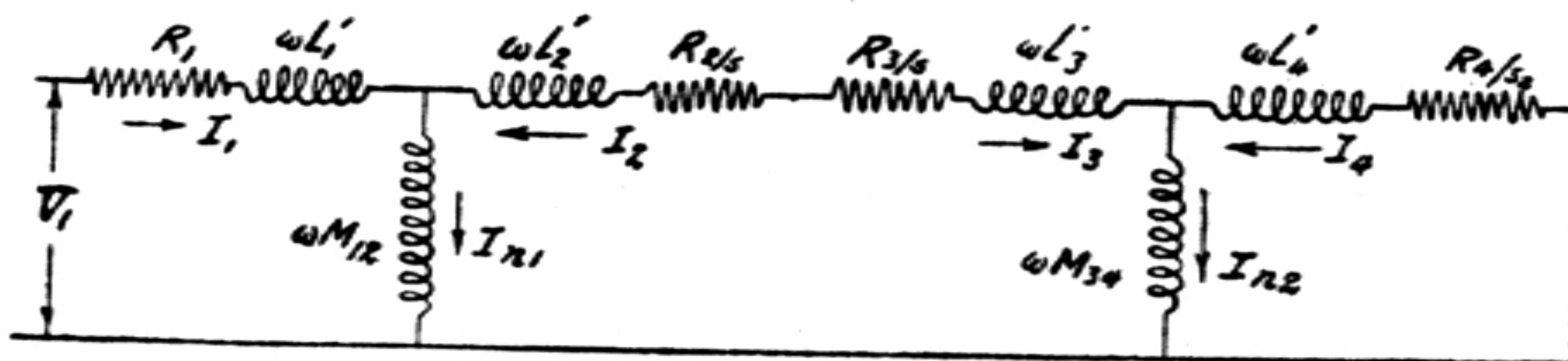
$$T_1 = (.7376) \left(\frac{p_1}{2}\right) \frac{P_2}{(1 - s_1)\omega} = (.7376) \left(\frac{p_1}{2}\right) M_{12}[(j\bar{I}_2) \cdot \bar{I}_1] \dots\dots\dots(25)$$



$$T_2 = (.7376) \left( \frac{p_1}{2} \right) \frac{P_4}{(1-s_1)\omega} = -(.7376) \left( \frac{p_1}{2} \right) M_{34} [(j\bar{I}_4) \cdot \bar{I}_2] \dots (26)$$

(25) 及 (26) 式相加, 應得 (24) 式之總和。

吾人注意下面第三圖所代表之連接法, 僅於計算電流時可有幫助, 但於計算功率及轉力時則易得錯誤之結果。



$$\begin{aligned} L_1' &= L_1 - M_{12} & L_3' &= L_3 - M_{34} \\ L_2' &= L_2 - M_{12} & L_4' &= L_4 - M_{34} \end{aligned}$$

第 三 圖

### (三) 計算實例

今用二相同之感應機為例, 以計算其各種結果。各部分之電流與差速 (Slip) 之關係, 見第七圖至第九圖。第四圖至第六圖示電流之軌跡, 即  $g-b$  曲線。第十圖示甲乙二機分別所擔負之機械轉力及其總和。吾人可注意總轉力曲線之形式, 乃與三感應電動機之僅有單相轉子者相同。圖後附表, 示各差速 (以百分比數計) 時之電流值,  $g-b$  曲線即依此而作。

此二機之常數如下:

$$R_1 = R_3 = 0.0148 \quad \text{歐}$$

$$R_2 = R_4 = 0.0376 \quad \text{歐}$$

$$M_{12} = M_{34} = 0.0072 \quad \text{亨}$$

$$L_1 = L_3 = 0.0057 \quad \text{亨}$$

$$L_2 = L_4 = 0.0097 \quad \text{亨}$$

當  
及  
則得

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 377$$

$$p_1 = 6$$

$$\bar{V}_1 = 133 + j0 \text{ 伏}$$

$$s_1 = 0.2 \text{ (即 } n = 0.8\omega \text{),}$$

$$\bar{I}_1 = (2.101 - j3.406) \times 133 \text{ 安}$$

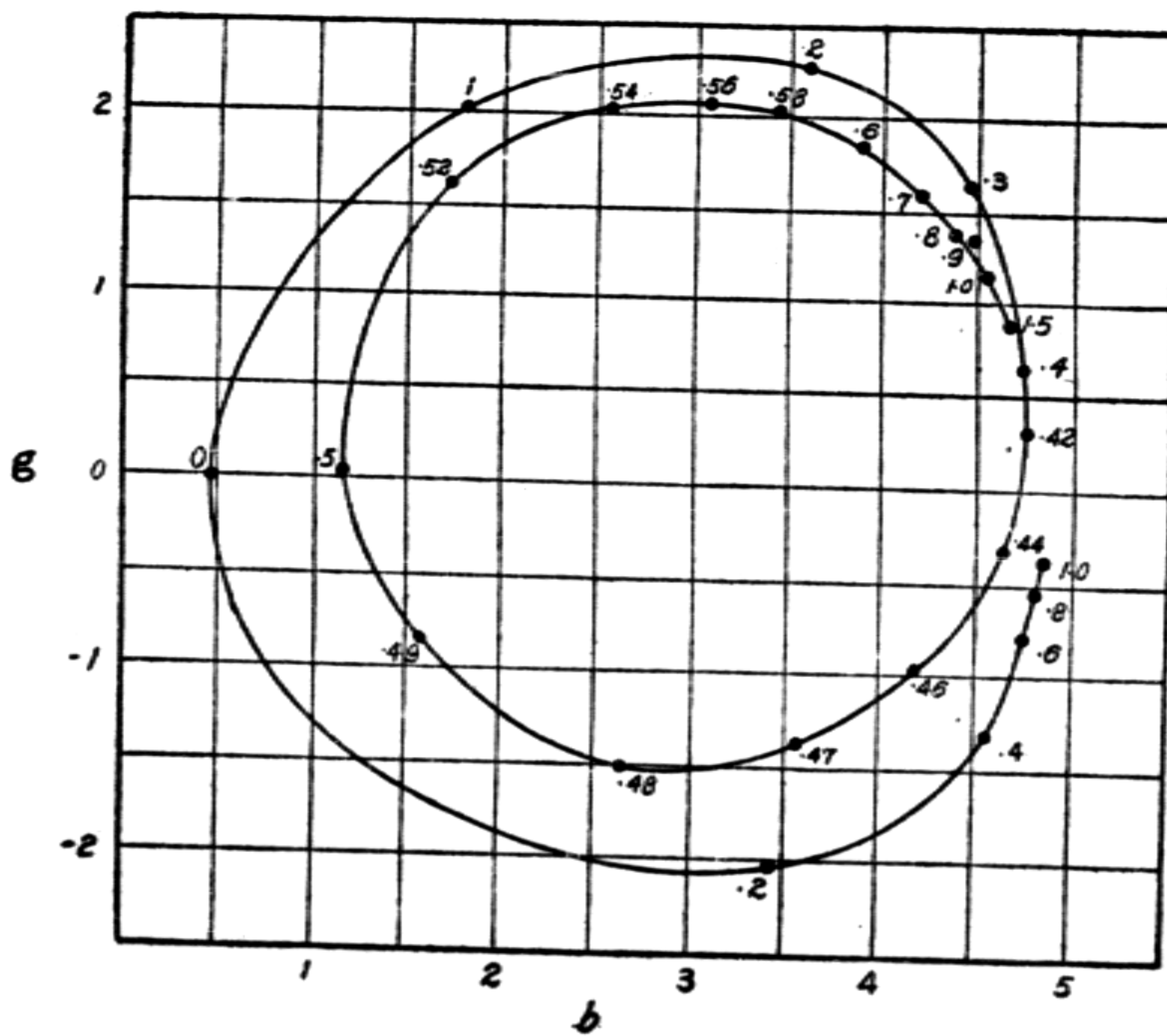
$$\bar{I}_2 = -\bar{I}_3 = (-1.644 + j2.34) \times 133 \text{ 安}$$

$$\bar{I}_4 = (-1.190 + j1.756) \times 133 \text{ 安}$$

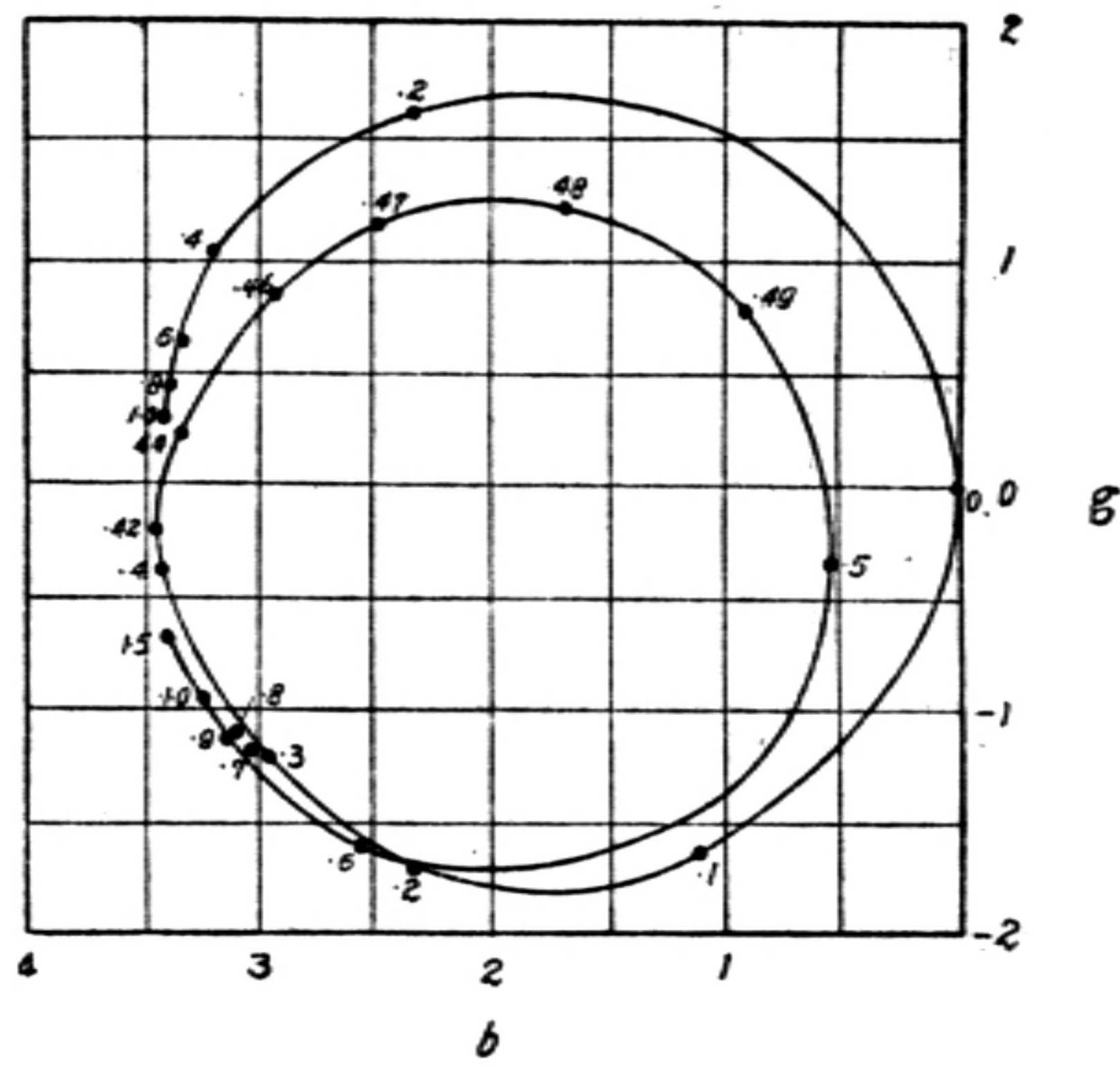
$$T_1 = 191 \text{ 呎磅}$$

$$T_2 = -27 \text{ 呎磅}$$

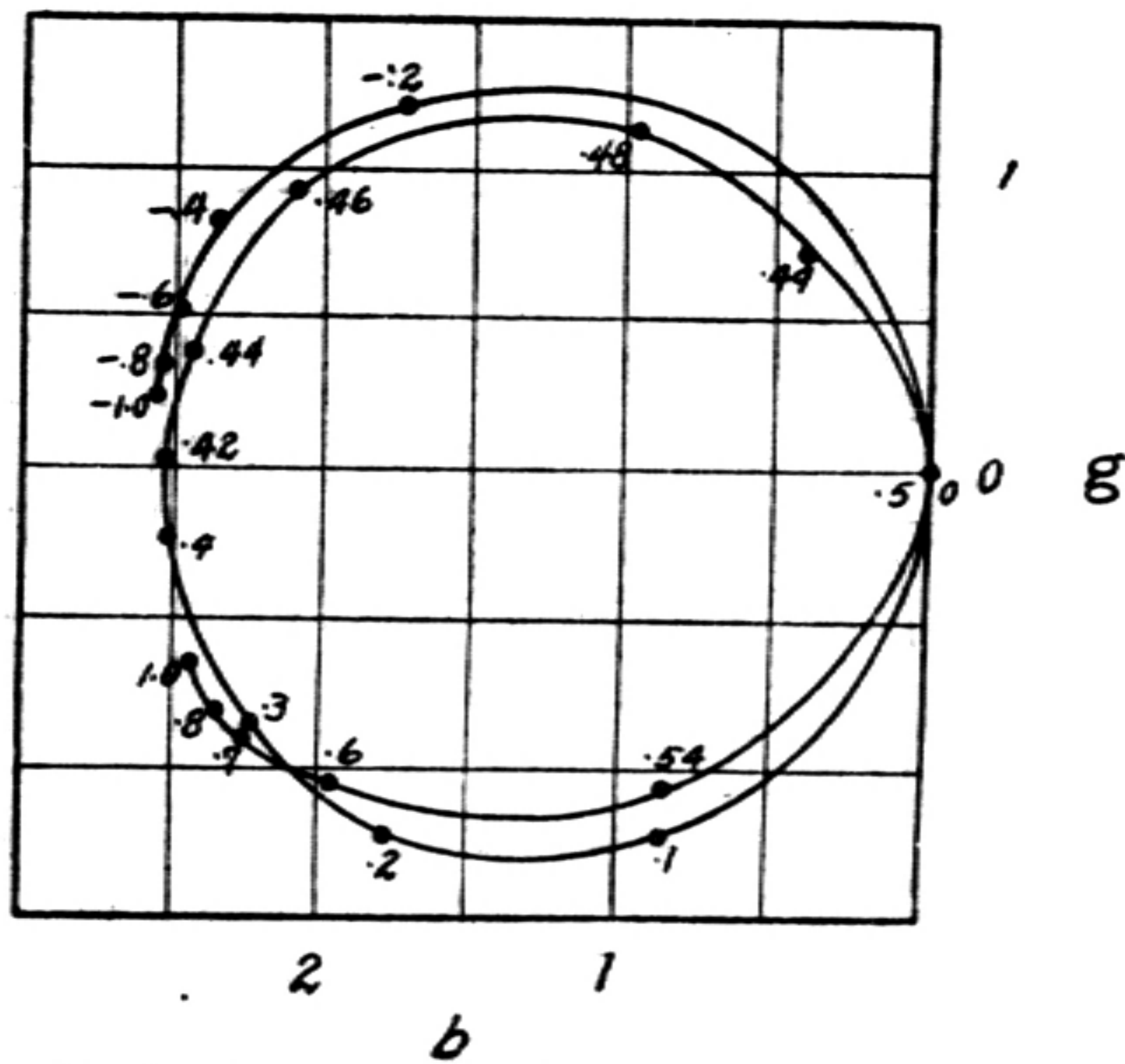
$$T_0 = T_1 + T_2 = 164 \text{ 呎磅}$$



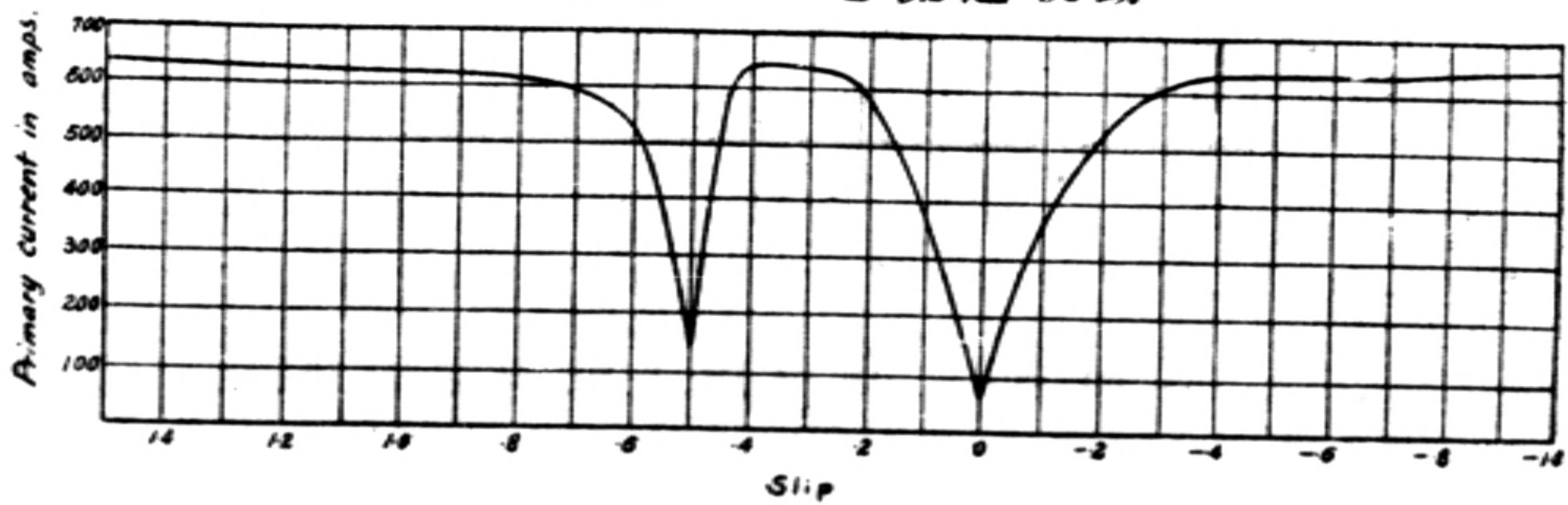
第四圖 甲機靜子電流之軌跡



第五圖 甲機轉子及乙機靜子電流之軌跡

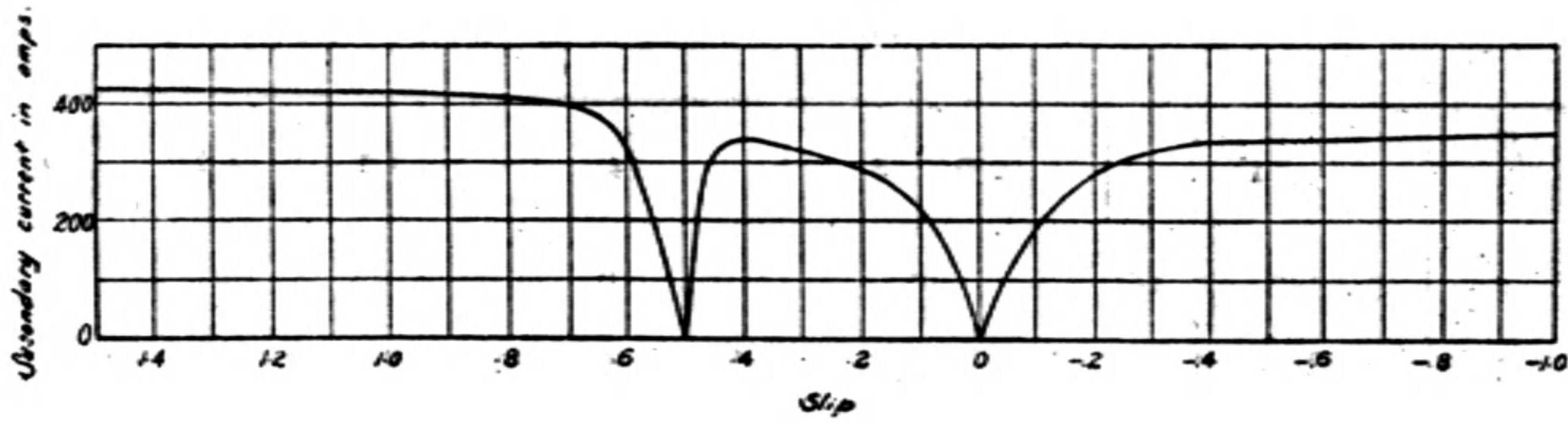


第六圖 乙機轉子電流之軌跡

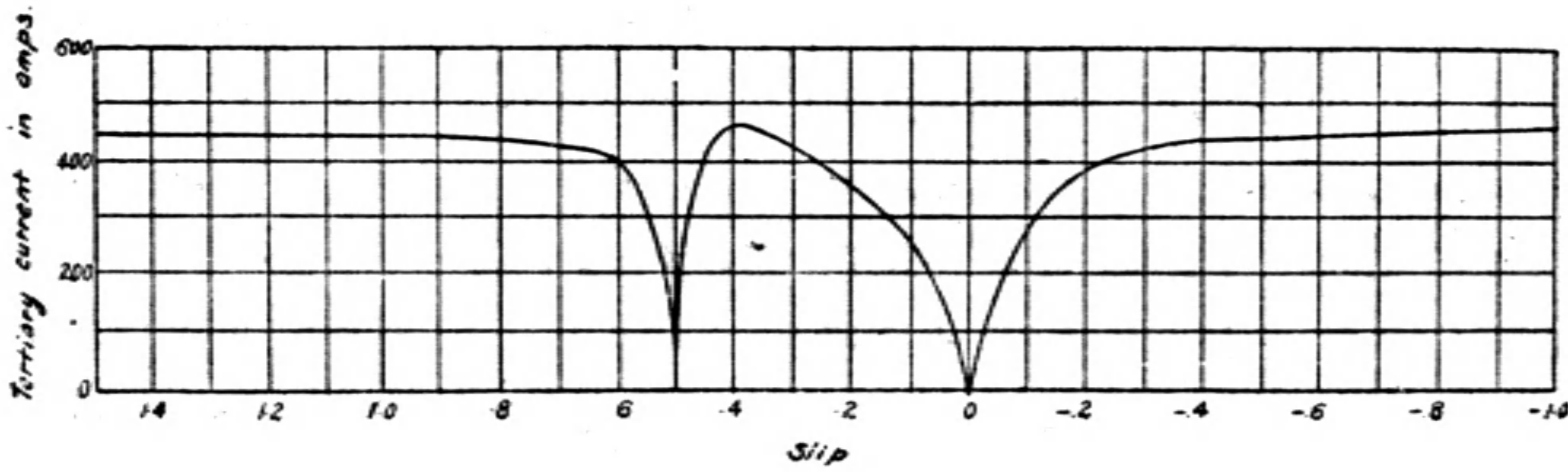


第七圖 甲機靜子之電流

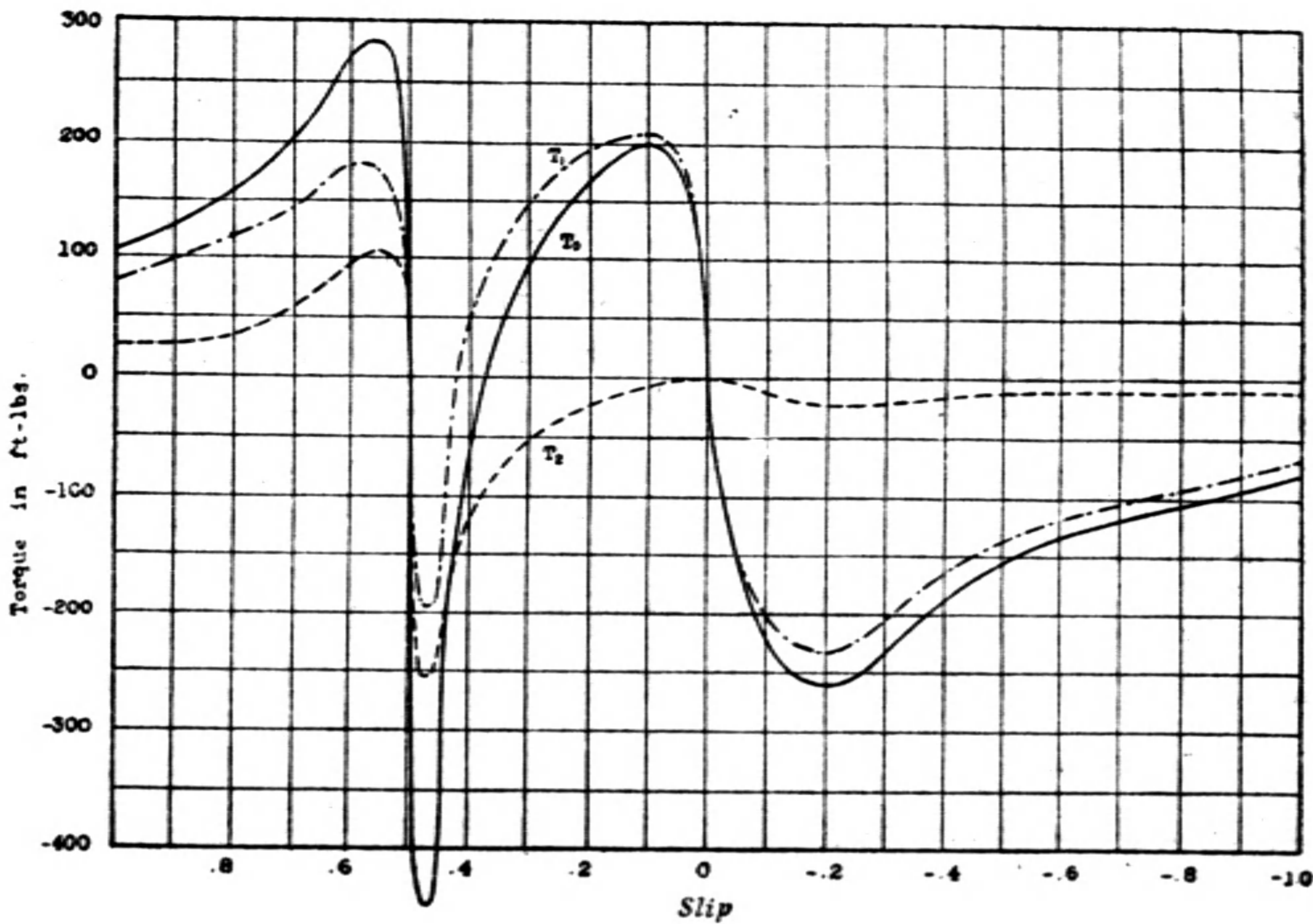




第八圖 甲機轉子與乙機靜子之電流



第九圖 乙機轉子之電流



第十圖 轉力差速曲線



附 表

$S$ (差速)	$\bar{I}_1$	$\bar{I}_2 = -\bar{I}_3$	$\bar{I}_4$	$T_1$	$T_2$	$T_0$
0	0.0032-j0.467	0	0	0	0	0
0.1	2.03 -j1.83	-1.615 +j1.103	-1.204 +j0.85	207	-9	198
0.2	2.101 -j3.406	-1.644 +j2.34	-1.193 +j1.756	191	-27	164
0.3	1.574 -j4.216	-1.224 +j2.981	-0.851 +j2.234	132	-55	77
0.4	0.655 -j4.713	-0.493 +j3.366	-0.237 +j2.511	33.5	-124	-90.5
0.42	0.2867-j4.755	-0.2009+j3.138	0.0128+j2.523	15.8	-154	-138
0.44	-0.2113-j4.708	0.2307+j3.333	0.3834+j2.44	-105.6	-201	-307
0.46	-0.977 -j4.18	0.853 +j2.94	0.916 +j2.102	-196	-253.5	-449.5
0.48	-1.522 -j2.633	1.22 +j1.708	1.154 +j1.642	-172.5	-221	-393.5
0.5	0.049 -j1.138	-0.322 +j0.53	0	95.6	0	95.6
0.6	1.935 -j3.68	-1.511 +j2.554	-1.216 +j1.835	179.5	94	273.5
0.7	1.60 -j4.19	-1.245 +j2.957	-0.975 +j2.165	136.5	60	196.5
0.8	1.401 -j4.395	-1.086 +j3.071	-0.841 +j2.295	126	34.4	160.4
0.9	1.32 -j4.56	-1.019 +j3.235	-0.787 +j2.41	106	26.2	132.2
1.0	1.158 -j4.545	-0.889 +j3.24	-0.684 +j2.39	81.3	25.8	107.1
-0.2	-2.01 -j3.43	1.612 +j2.34	1.215 +j1.73	-233	-21	-254
-0.4	-1.306 -j4.565	1.055 +j3.22	0.801 +j2.38	-172	-19.1	-191.1
-0.6	-0.79 -j4.71	0.651 +j3.335	0.497 +j2.482	-121	-11.7	-132.7
-0.8	-0.531 -j4.79	0.445 +j3.39	0.323 +j2.53	-93.5	-8.8	-102.3
-1.0	-0.371 -j4.83	0.316 +j3.475	0.243 +j2.575	-66.7	-8.6	-75.3

注意：上表中電流值皆應乘以133。電流軌跡曲線即用表中各值直接作圖。

## 附錄 參考論文

1. Lyon, W. V., Transient Analysis in Electric Machinery, A.I.E.E. Trans., Vol. 42, 1923, p. 157.
2. Ku, Y. H., Transient Analysis of A. C. Machinery, A.I.E.E. Trans., Vol. 48, 1929, p. 707.
3. Ku, Y. H., Transient Analysis of A. C. Machinery—Extension to Salient-pole Machines, A.I.E.E. Journal, 1932, p. 408; Journal of E. E. (電工), Vol. 3, 1932.

- p. 179.
4. Ku, Y. H., Asynchronous Operation of Synchronous Machines, *Journal of E. E.* (電工), 1931, p. 279.
  5. Ku, Y. H., Sun, J. H., and Chu, S. W., Experimental Determination of the Torque-Slip Curve of an Induction Motor with Uniaxial Rotor, *Journal of E. E.* (電工), 1933, p. 389.
  6. Ku, Y. H., and Chu, S. W., Transient Current and Torque of Synchronous Machines under Asynchronous Operation, *Tsing Hua Science Reports* (清華理科報告), Ser. A, Vol. 2, No. 3, 1933, p. 201.
  7. Ku, Y. H. and Chu, T. S., *Tsing Hua Science Reports*, Ser. A, Vol. 2, No. 6, 1934, p. 401.
  8. Ku, Y. H., Lee, Y. W., and Hsu, F., Analysis of Instantaneous Steady-state Current of Synchronous Machines under Asynchronous Operation, *Journal of E. E.* (電工), 1935, p. 1.
  9. Ku, Y. H. and Hsu, F., Operating Characteristics of an Induction Motor with Uniaxial Rotor, *Journal of E. E.* (電工), 1935, p. 157.
  10. Ku, Y. H., Chu, T. S. and Hsu, F., Studies on Concatenation of Induction Motors-I, *Tsing Hua Science Reports*, Ser. A, Vol. 3, No. 2, 1935, p. 227.
  11. Park, R. H., Two-Reaction Theory of Synchronous Machines-I, *A.I.E.E. Trans.*, Vol. 48, 1929, p. 716.
  12. Park, R. H., Two-Reaction Theory of Synchronous Machines-II, *A.I.E.E. Trans.*, Vol. 52, 1933, p. 352.
  13. Doherty, R. E., and Nickle, C. A., Synchronous Machines-I and II, *A.I.E.E. Trans.*, Vol. 45, 1926, p. 912; III, Vol. 46, 1927, p. 1; IV, Vol. 47, 1928, p. 457; V, Vol. 48, 1930, p. 700.
  14. Sah, A.P.T., and Yen, C., Impedance Dyadics of Three-Phase Synchronous Machines, *Tsing Hua Science Reports*, Ser. A, Vol. 3, No. 2, 1935, p. 127.
  15. Ku, Y. H., Fundamental Equations and Constants of Synchronous Machines, *Journal of E. E.* (電工), Vol. 4, 1933, p. 1.



# 打樁公式及樁基之承量

(中國工程師學會第五屆年會得獎第二名論文)

蔡方蔭

國立清華大學土木工程系教授兼代主任

**摘要：** 本篇作者以地基與結構工程，兩者不能分離，且地基工程更為重要。據作者研討結果，得下列結論數條，以供同志商榷：

(一) 採用樁基，並非增加土壤承量萬應普徧之法。若土壤及地層之性質不宜，採用樁基不但無益，而且有害。

(二) 至少在細沙泥土中，單個樁之承量，決不可用打樁公式計算之。如必欲用，則本文所舉之公式(24)較為可靠。

(三) 除非樁能達到岩石或堅硬地層，或樁之距離甚遠，單個樁之承量決不可用為樁基設計之標準。

(四) 用距離較遠之較少長樁比用距離較近之較多短樁為佳。若樁之承量大部在其表皮阻力，此點尤為重要。

## 緒 論

一結構物設計之良否，不僅在該結構物之自身，而尤在其地基。若地基之設計，不甚完善，則其所支之結構物，無論設計如何精審，亦屬舍本逐末，無裨實際。故地基工程與結構工程，不但不能分離，抑且更為重要。雖然，近百年來，結構工程，已成為一極精深博大之科學，但地基工程之設計依賴工程師個人之技術及過去之經驗者，十之八九，而根據於科學知識者殊鮮。蓋地基工程之設計在已往——甚至現在，——實為一種藝術而非一種科學也。

在通常之結構物，其荷重 (load) 不甚大，而其所在地之土壤，



又頗堅實，其地基之設計，多用「擴大地腳」(spread footing)。但遇荷重較大，而土壤又較鬆軟時，工程師之唯一而又普遍之補救方法，即採用「樁基」(pile foundation)。甚至不問結構物及土壤之情形如何，凡認為土壤之「承量」(bearing capacity)不能勝任結構物之荷重時，概一律普遍採用樁基。以為將若干木樁或混凝土樁打入土壤中，則其承量總可以增加。此種辦法，不但「不科學」，又不經濟，有時竟損及結構物之安全。蓋在某種情形之下，土壤之承量，不但不能因打樁而增加，有時竟因打樁而減少(解釋見後)。故打樁對於地基之設計，并非一萬應普遍有利無害之方法。

至於現下樁基之設計方法更不合乎科學之原則。如工程師欲知地基之下，需樁若干，必先打一二樁於土壤中，然後用「打樁公式」(pile-driving formula)以計算，或用「荷重試驗」(loading test)以實測一單個樁之「可許承量」(allowable bearing capacity)。——但前法較後法為省事，故用之較多。——再以單個樁之可許承量，除地基之總荷重而得其所需樁之數目。此種設計方法，蓋本乎下列二項假定：

- (1) 單個樁之承量，可以由打樁時所得之效果而計算之。
- (2) 一羣樁之總承量，即等於單個樁之承量，乘以該羣樁之樁數。

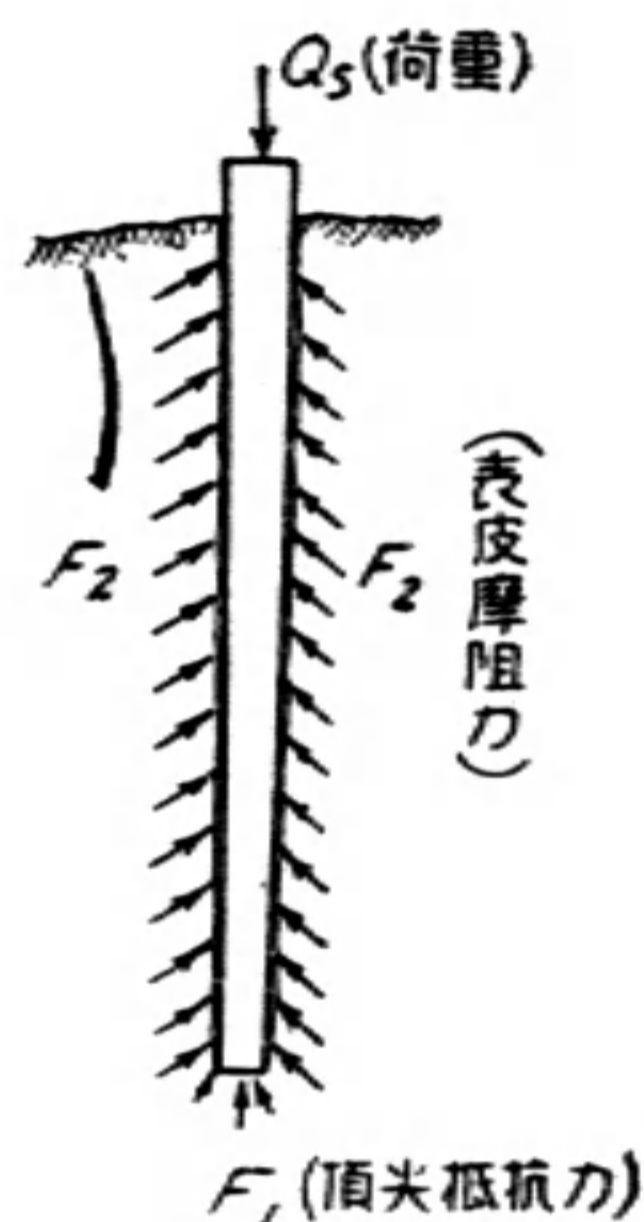
若吾人將打樁及樁基之作用，稍加以分析，即知以上二項假定，於理論及事實多不相符。故現下樁基之設計，不但去科學甚遠，即稱之為一種藝術，恐亦未能當之無愧也。本文之目的，即在將打樁及樁基之作用，加以詳密之分析與說明，庶工程師知樁基并非一萬應普遍之方，而採用樁基時，其設計方法，更不可貿然根據上述之假定焉。

## 承樁之功用及其在靜荷重下之承量

樁基中所用之樁，名為「承樁」(bearing pile)。承樁之功用，依土



壤及地層情形之不同,約可分為下列三種:



第一圖

- (1) 藉其下端之「頂尖抵抗力」(point resistance),以承荷重,如第一圖所示之  $F_1$ 。
- (2) 藉其周圍之「表皮摩阻力」(skin friction),以承荷重,如第一圖所示之  $F_2$ 。
- (3) 藉打樁時之「震動」(vibration)作用,打緊土壤而增加其承量。

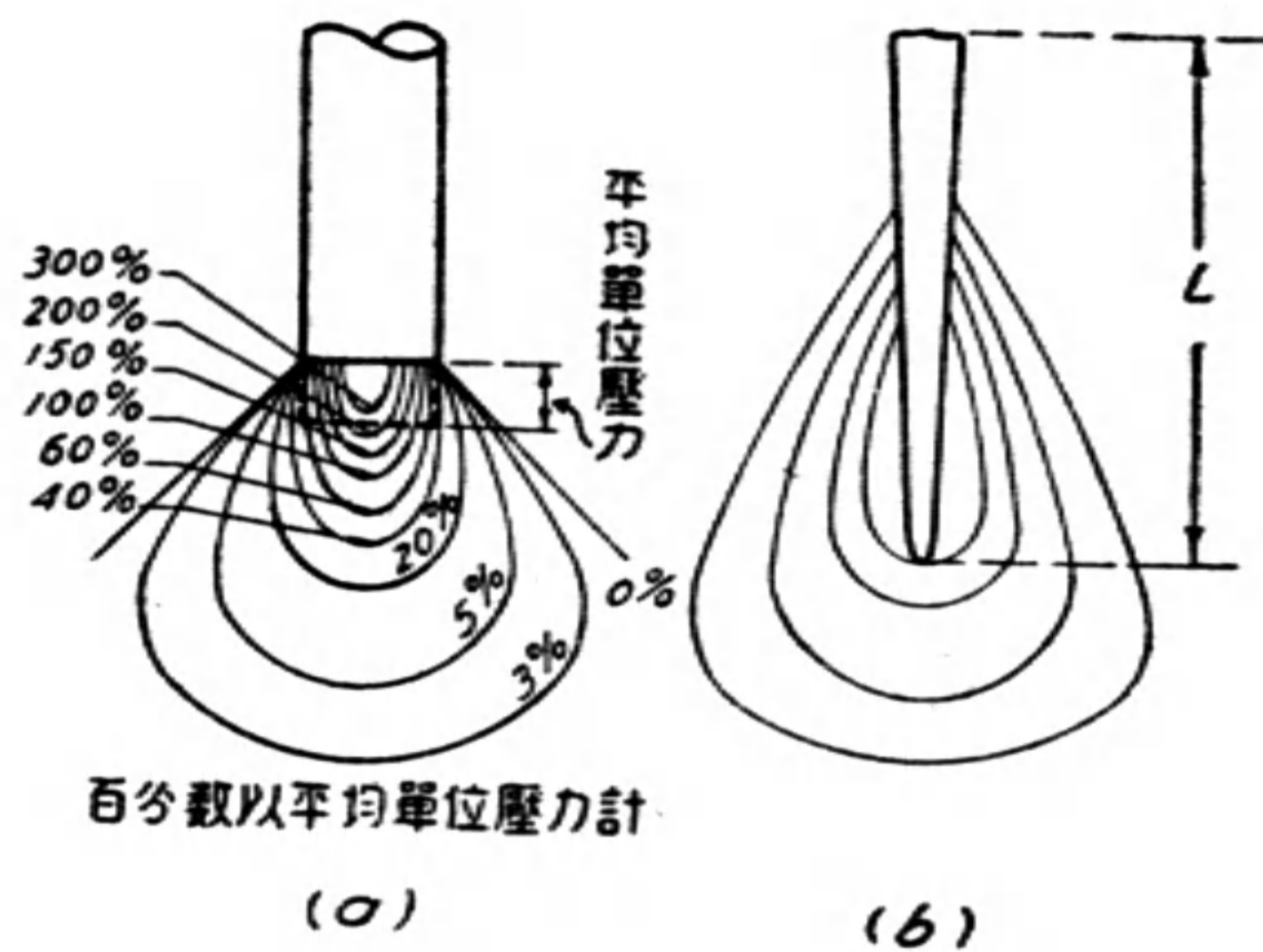
若地表層土壤鬆軟,但其下深數十尺處,有堅硬地層——如「硬盤泥」(hardpan)——或岩石,地基之荷重,可用承樁直接傳

達於其上。此種承樁之功用,與平常之柱毫無分別,其承量亦全在該地層或岩石對於樁下端之頂尖抵抗力。若在承樁可達到之深度,地下土壤之性質與地表層者無甚分別,但土壤之「黏性」(cohesion)甚大,則承樁之功用,在藉其週圍表皮與土壤之摩阻力,將荷重傳達於較深之土壤。蓋土壤之性質雖不變,但愈深其承量亦愈大。若地下土壤之性質,與地表層者相同,但其「透水性」(permeability)及「壓緊性」(compressibility)均甚大,則承樁之功用,在藉打樁時之震動作用,將土壤打緊而增加其承量。在此情形之下,則打樁之動作,愈猛烈愈妙,故打樁用「汽鎚」(steam hammer)較「落鎚」(drop hammer)為佳。承樁之(1)與(2)兩項功用,在傳達荷重,故其自身之形式及強度,甚有關係。但在其(3)項功用,荷重之大部份,仍直接負於地表層土壤之上,承樁之功用,祇在藉打樁之動作,將土壤打緊,故其自身之形式及強度,無關緊要。因此,將土壤打緊之後,打入之承樁,可以全數取出,而以沙貫入孔中,亦無甚妨礙。以上關於承樁之功用,不過理論上之分析。在實際上,一樁打入地下,以上三項功用,常兼而有之,不過因土壤及地層之不同,各項功用有大小多寡之差耳。



平常承樁之功用,多在藉其下端之頂尖抵抗力及表皮摩阻力,將荷重傳達於較深之地層或堅實之土壤,其專藉打樁作用,以打緊土壤而增加其承量者蓋甚鮮。茲試將承樁之頂尖抵抗力與表皮摩阻力加以分析。承樁之頂尖抵抗力,并非如平常所假定而平均分佈於樁之下端。依 M. L. Enger<sup>(1)</sup>, J. F. Greathead<sup>(2)</sup>, F. Kögler<sup>(3)</sup> 及 A. Scheidig<sup>(4)</sup> 等之試驗與研究,擴大地脚或承樁下端下「應壓力」(compressive stress)之分佈,約如第二圖 (a) 所示。其弧線為「等壓線」(equi-pressure line)。

每線上之百分數,係以「平均應壓力」(average compressive stress) 為比較之數。若承樁為圓形,則此等壓線成為電燈泡形,通常稱為「壓力泡」(pressure bulb)。第二圖 (b) 示承圓樁表皮摩阻力所成之壓力泡,係根據 E.A. Prentis 與 L. White<sup>(5)</sup> 之見解。雖尚無人曾經實地測驗證明此圖之精確,但與實際情形,大致不差。由是可知,無論承樁之功用在其頂尖抵抗力,抑在其表皮摩阻力,其所受之壓力,最後必傳達於其下之土壤中,而土壤中有壓力之區域,較樁之「斷面」(cross-section) 為大。至壓力之分佈,在中心最大,週圍距樁愈遠則愈小。



第二圖

單個承樁在「靜荷重」(static load) 下之承量,刻尚無準確計算

(1) 見參考文獻 (21), Dec. 30, 1927, p. 1037。

(2) 見參考文獻 (20)。

(3) 見參考文獻 (24)。

(4) 見參考文獻 (25)。

(5) 此二氏為美國地基工程經驗最富之工程師,見參考文獻 (15), p.249。



之方法。下列之公式<sup>(6)</sup>，可議之點甚多，至多祇可作為一種參考，萬不可以其所算得之結果，為樁基設計之絕對標準。

設  $L$  = 樁之長，

$A$  = 樁斷面之面積，

$p$  = 樁週圍之長，

$w$  = 土壤之單位重量，

$\Phi$  = 土壤之內摩阻 (internal friction) 角，

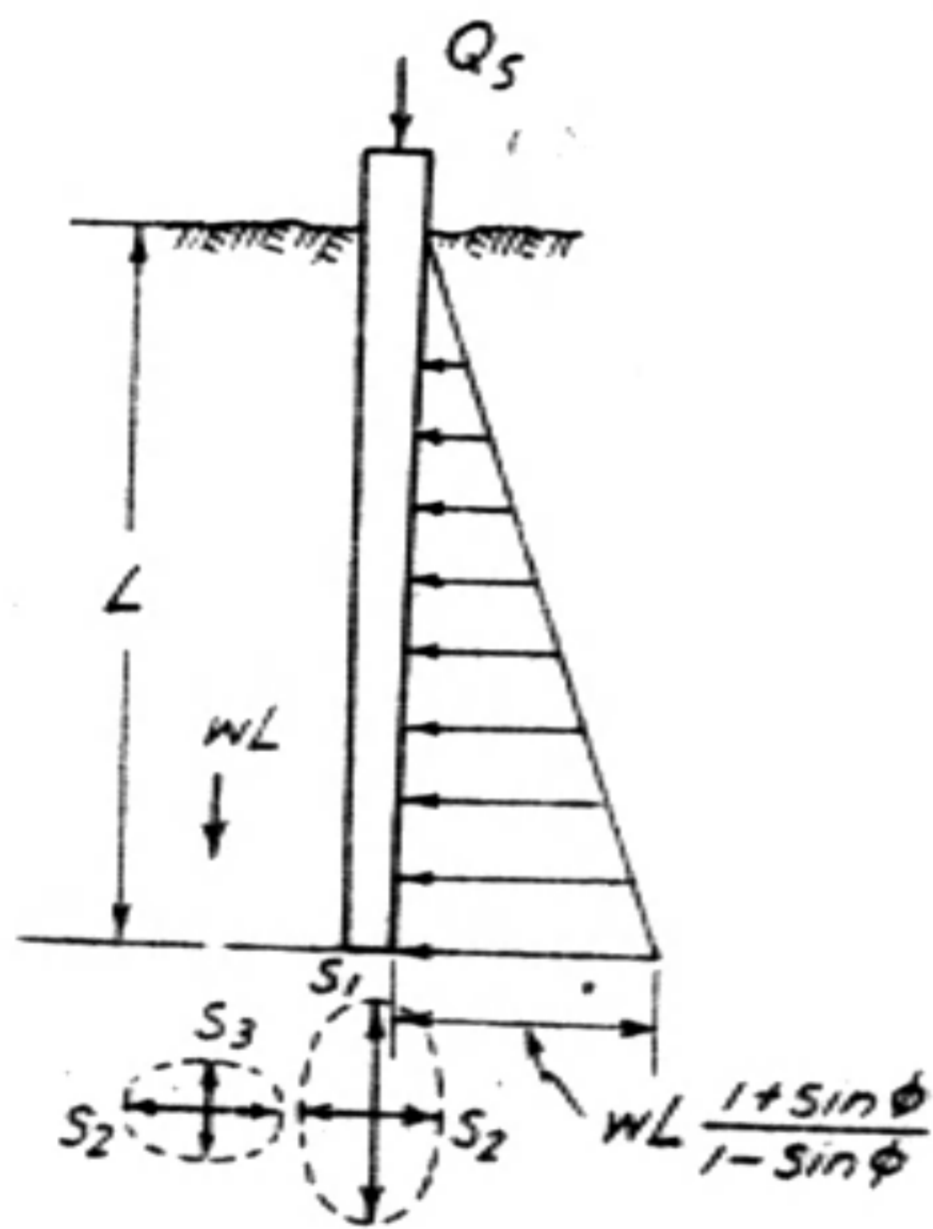
$$M = \frac{1 + \sin\Phi}{1 - \sin\Phi}$$

$f$  = 土壤與樁表皮之摩阻係數，

$Q_s$  = 單個樁在靜荷重下之最大 (ultimate) 承量，

$Q$  = 單個樁在靜荷重下之安全 (safe) 承量，

$$e = \frac{Q_s}{Q} = \text{安全率 (factor of safety)}。$$



第三圖

依 Rankine 之「土側壓理論」 (theory of lateral earth pressure)，則樁週圍所受之最大側壓力為「被動 (passive) 土壓力」。此壓力之分佈為一三角形 (見第三圖)，在樁之上端為零，在樁之下端為  $wL \left( \frac{1 + \sin\Phi}{1 - \sin\Phi} \right) = wLM$ 。若以其平均值乘樁之週圍面積  $PL$  及摩阻係數  $f$ ，即可得樁之最大表皮摩阻力，故

$$F_2 = \frac{wLM}{2} \times pL \times f = \frac{wpfL^2M}{2} \dots\dots\dots (1)$$

(6) 此公式見於四十年前 (1895) 出版 Patton 所著之 "Civil Engineering"，可參閱參考文獻 (12)。最近 R. Bennett 又求得此公式，並謂大致可用，殊未脫前人之窠臼也。見參考文獻 (18)。

設  $s_1$  爲樁下端之平均單位頂尖抵抗力,則  $F_1 = As_1$ , 又依 Rankine 之理論,則第三圖所示之三「主應力」(principal stresses)  $s_1$ ,  $s_2$ , 及  $s_3$  之關係如下:

$$s_1 = Ms_2,$$

$$s_2 = Ms_3,$$

但  $s_3$  之最大值等於其上之土壤之重量,故

$$s_3 = wL_0$$

所以

$$F_1 = As_1 = wLAM^2 \dots\dots\dots (2)$$

承樁在靜荷重下之最大承量  $Q_s$  爲  $F_1$  與  $F_2$  之和,故

$$Q_s = F_1 + F_2 = wLM(\frac{1}{2}pfl + AM) \dots\dots\dots (3)$$

$$Q = \frac{Q_s}{e} = \frac{mLM}{e}(\frac{1}{2}pfl + AM) \dots\dots\dots (4)$$

前已聲明,上列之公式(3)或(4),可議之點甚多,其最著者,即 Rankine 之土側壓理論,祇可用於絕無黏性之土壤,而  $\Phi$  與  $f$  之值,不易確定,且與土壤中水份之多寡有關,並非「常數」。故以上列之公式所算得之結果,如與實際相符,亦祇可謂爲偶然而已。

## 打 樁 公 式

單個樁在靜荷重下之承量,既無準確之公式可計算,故現下此項承量之推求,祇有以下二法:(1) 將樁打入土壤中,用荷重試驗,觀察樁下沉之多寡遲速而決定其安全承量。(2) 由打樁時所需之「能量」(energy),用一公式而計算其安全承量,即前述之第一假定是。近數十年來,歐美工程師不知費盡若干心力以求所謂打樁公式,希望能得一普遍通用之公式,可以由樁因錘擊下沉之深度而計算其在靜荷重下之安全承量,而此公式并可不同,承樁及土壤之情形若何,任何地均可一律通用。歷年來歐美工程師所得



之此項打樁公式，不下數十<sup>(7)</sup>。蓋某工程師本其在某地之經驗，求得一公式，遂以為在任何土壤均可一律通用。但其他工程師採用該公式於他地而發見所算得之結果與實際不符時，遂謂該公式不準確，乃另製一新公式，又以為彼之新公式，在任何土壤均可一律通用。如是工程師竟各是其是，而打樁公式之數，亦日益增加。至於今日吾人祇見打樁公式之多，但仍無一公式可以普遍通用，而與實際情形符合者。打樁公式之最通行者，首推威靈登 (A. M. Wellington) 公式，亦稱「工程新聞」公式 (Engineering News formula)<sup>(8)</sup>，因該公式係首次在該期刊發表之故，威氏公式如下：

$$Q_s = \frac{Wh}{s+c} \dots\dots\dots(5)$$

其中， $Q_s$  = 單個樁在靜荷重下之最大承量。

$W$  = 錘之重量。

$h$  = 錘落下之高度。

$s$  = 最後錘擊時樁之下沉度，通常用最後錘擊六下或十下所得樁下沉度之平均值。

$c$  = 常數，以代表樁被錘擊時變形 (deformation) 之影響。用落錘  $c$  為 1，用汽錘  $c$  為 0.1。

威氏所用之安全率為  $c=6$  若  $h$  以英尺計，而  $s$  以英寸計，則樁在靜荷重下之安全承量

$$Q = \frac{2Wh}{s+c} \dots\dots\dots(6)$$

根據大多數工程師之經驗，威氏公式所算得之結果與實際荷重試驗所得者多不相符，而於黏性大且不易透水之土壤為尤

(7) 見參考文獻 (10), p.392及(11), p.188。該二文所收入之公式僅較為通行者，不完全。

(8) 見參考文獻 (19), p.509 及 (11)pp.386—392。後列一文，對於該公式之來歷及應用解釋頗詳。



甚。有人以為威氏公式係由經驗得來，實則威氏公式確有理論之根據，其正確合理，不亞於應用力學中之任何公式。若其所得之結果，與實際不符，并非該公式自身之咎，實吾人應用之不當也。吾人須知由打樁效果所算得者為「動的抵抗力」(dynamic resistance)，而荷重試驗所測得者為「靜的抵抗力」(static resistance)，二者之性質，根本不同。故以打樁公式而計算樁在靜荷重下之承量，是以動的方法解決靜的問題，方法既誤，即結果有時與實際相符，亦不過偶然而已。

吾人試求承樁在「動荷重」(dynamic load)之抵抗力或承量。除以上已用過之記號外，更設(參看第四圖)

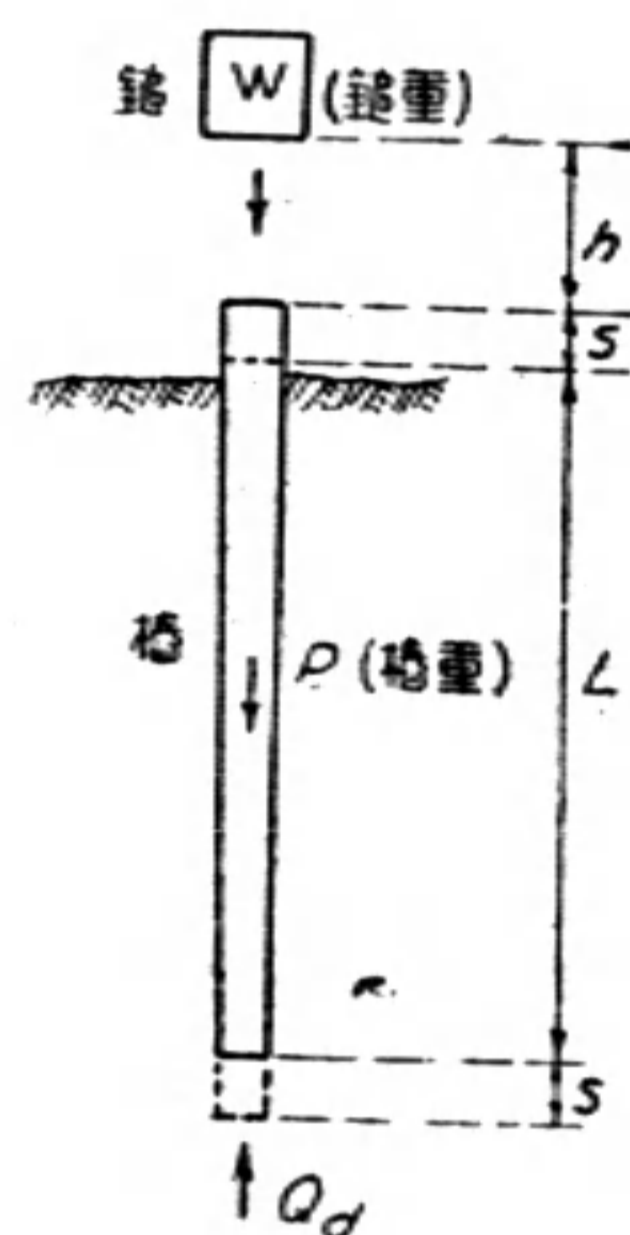
$Q_d$  = 單個樁在動荷重下之最大抵抗力。

$P$  = 樁之重量。

$E$  = 樁之楊氏(Young)彈率。

$m = \frac{W}{W+P}$  = 錘之重量與錘及樁總重量之比。

$n$  = 牛頓(Newton)之「複形係數」(coefficient of restitution)。



第四圖

打樁公式之求法<sup>(9)</sup> 須根據力學上之衝撞原理。在落錘將要與樁相衝以前，設錘之速度為  $V_0$ ，而樁係靜止，其速度自為零。在落錘正與樁相撞之後，設錘下落之速度為  $V_1$ ，而樁下沉之速度為  $V_2$ 。依二物在衝撞之前後，其總「動量」(momentum) 不變之原理，則

$$V_0 \frac{W}{g} = V_1 \frac{W}{g} + V_2 \frac{P}{g} \dots\dots\dots (7)$$

其中  $g$  為地心吸力之加速率。依牛頓之衝撞原理<sup>(10)</sup>，則

(9) 此法係大概根據 Terzaghi，但較為詳細，參閱參考文獻 (1)，s. 266。

(10) 見參考文獻 (25)，第 183 頁。



$$nV_0 = V_2 - V_1 \quad \dots\dots\dots(8)$$

但  $V_0 = \sqrt{2gh}$ , 故由方程式(7)與(8),得

$$V_1 = \frac{W - nP}{W + P} \sqrt{2gh}, \quad \dots\dots\dots(9)$$

與  $V_2 = \frac{W}{W + P} (n + 1) \sqrt{2gh} \quad \dots\dots\dots(10)$

故打樁時鏈之有效能量為

$$\frac{1}{2} \frac{W}{g} V_1^2 = \frac{1}{2} \frac{W}{g} \left( \frac{W - nP}{W + P} \right)^2 (2gh) = Wh [m(n + 1) - n]^2 \quad \dots\dots\dots(11)$$

而樁之有效能量為

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{P}{g} V_2^2 &= \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left( \frac{W}{W + P} \right)^2 (n + 1)^2 (2gh) \\ &= Whm(1 - m)(n + 1)^2 \quad \dots\dots\dots(12) \end{aligned}$$

故打樁之有效總能量為(11)與(12)兩式之和,即  $Wh[n^2(1 - m) + m]$ 。但打樁時鏈下落之總能量為  $Wh$ 。故  $n^2(1 - m) + m$  為打樁之能量有效率,而打樁所失去之能量自為

$$Wh - Wh[n^2(1 - m) + m] = Wh(1 - m)(1 - n^2) \quad \dots\dots\dots(I)$$

但樁受衝撞後,其變形之能量 (energy of deformation) 為

$$\frac{Q_d^2 L}{2EA} \quad \dots\dots\dots(II)$$

至打樁之有用能量為

$$Q_d s \quad \dots\dots\dots(III)$$

但(I)(II)(III)三項之和應等於鏈下落之能量  $Wh$ , 故<sup>(11)</sup>

$$Wh = Q_d s + \frac{Q_d^2 L}{2AE} + Wh(1 - m)(1 - n^2) \quad \dots\dots\dots(13)$$

(11) 以打樁之有效總能量等於(II)(III)二項之和亦可如是則

$Wh[n^2(1 - m) + m] = Q_d s + \frac{Q_d^2 L}{2EA}$ , 其意義及結果與方程(13)完全相同。

由是得

$$Q_c = \frac{AE}{L} \left[ -s + \sqrt{s^2 + 2Wh \frac{L}{AE} [n^2(1-m) + m]} \right] \dots\dots\dots(14)$$

此為理論最充足,形式最普遍之打樁公式,其他若干打樁公式,均可由此公式稍加改變而得。

公式(14)中之最不易確定者即為複形係數  $n$  之值。如打樁係完全無彈性的衝撞 (perfectly inelastic impact), 則  $n=0$ , 故  $V_2=V_1$ , 即衝撞後鏈與樁下落之速率相等。若打樁係完全有彈性的衝撞 (perfectly elastic impact), 則  $n=1$ , 故  $V_2 - V_1 = V_0$ , 即衝撞後樁與鏈下落速率之差,等於將要衝撞以前鏈之速率。如 Redtenbacher<sup>(12)</sup> 之打樁公式,用  $n=0$ , 而 Kreuter<sup>(12)</sup> 之打樁公式,用  $n=1$ 。實際打樁時之衝撞,既非完全無彈性的,亦非完全有彈性的,故  $n$  之值常在 0 與 1 之間。若干工程師<sup>(13)</sup> 以為用生鐵之落鏈,與下列之材料相衝撞,則  $n$  之值如下表:

鋼	0.55 至 0.60
混凝土	0.40
木料	0.20 至 0.25

$n$  之值亦可由實驗得之<sup>(14)</sup>。待樁已打入土壤後,用一較輕之鏈,其重量設為  $W'$ , 自較大之高度  $h$  下落於樁上而計其彈回之高度  $h'$ , 其彈回起始時之速率自為  $-\sqrt{2gh'}$ , 依方程式(9)之形式,則

$$-\sqrt{2gh'} = \frac{W' - nP}{W' + P} \sqrt{2gh} \dots\dots\dots(15)$$

故

$$n = \frac{W'}{P} + \left( \frac{W'}{P} + 1 \right) \sqrt{\frac{h'}{h}} \dots\dots\dots(16)$$

(12) 見參考文獻(5)。  
 (13) 見參考文獻(13), p.176。  
 (14) 見參考文獻(8)。



茲假設  $n=1$ , 即假定打樁時之衝撞為完全有彈性的, 則 (I) 項打樁所失去之能量為零, 故

$$Wh = Q_s s + \frac{Q_d^2 L}{2EA} \quad \dots\dots\dots (17)$$

由是

$$Q_d = \frac{Wh}{s + \frac{Q_d L}{2EA}} \quad \dots\dots\dots (18)$$

設  $\frac{Q_d L}{2EA}$  為一常數  $c$ , 并設  $Q_s = Q_d$ , 則

$$Q_s = \frac{Wh}{s + c} \quad \dots\dots\dots (5)$$

即前述之威氏公式也。故威氏公式實係由力學理論得來, 不過其所求得者為承樁之動的抵抗力而非靜的抵抗力, 且有下列之二大假定:

- (1) 打樁時之衝撞, 為完全彈性的, 即  $n=1$ 。
- (2) 打樁時樁之變形常為一常數, 即  $\frac{Q_d L}{2EA} = c$ 。

若吾人欲除去威氏公式之上列二假定, 可用下法改良之。設  $K = \frac{1}{n(1-m) + m}$ , 由方程式 (13) 可得

$$h = \frac{Q_s s K}{W} + \frac{Q_d^2 L K}{2EA W} \quad \dots\dots\dots (19)$$

設  $h_0$  為樁不下沉時 (即  $s=0$ ) 鎚落下之最大高度, 則

$$h_0 = \frac{Q_d^2 L K}{2EA W} \quad \dots\dots\dots (20)$$

故 
$$h = \frac{Q_s s K}{W} + h_0 \quad \dots\dots\dots (21)$$

所以 
$$Q_d = \frac{W(h - h_0)}{s K} \quad \dots\dots\dots (22)$$

公式 (22) 之  $Q_d$  為承樁之最大動的抵抗力。茲假定  $Q_d$  與承樁在靜

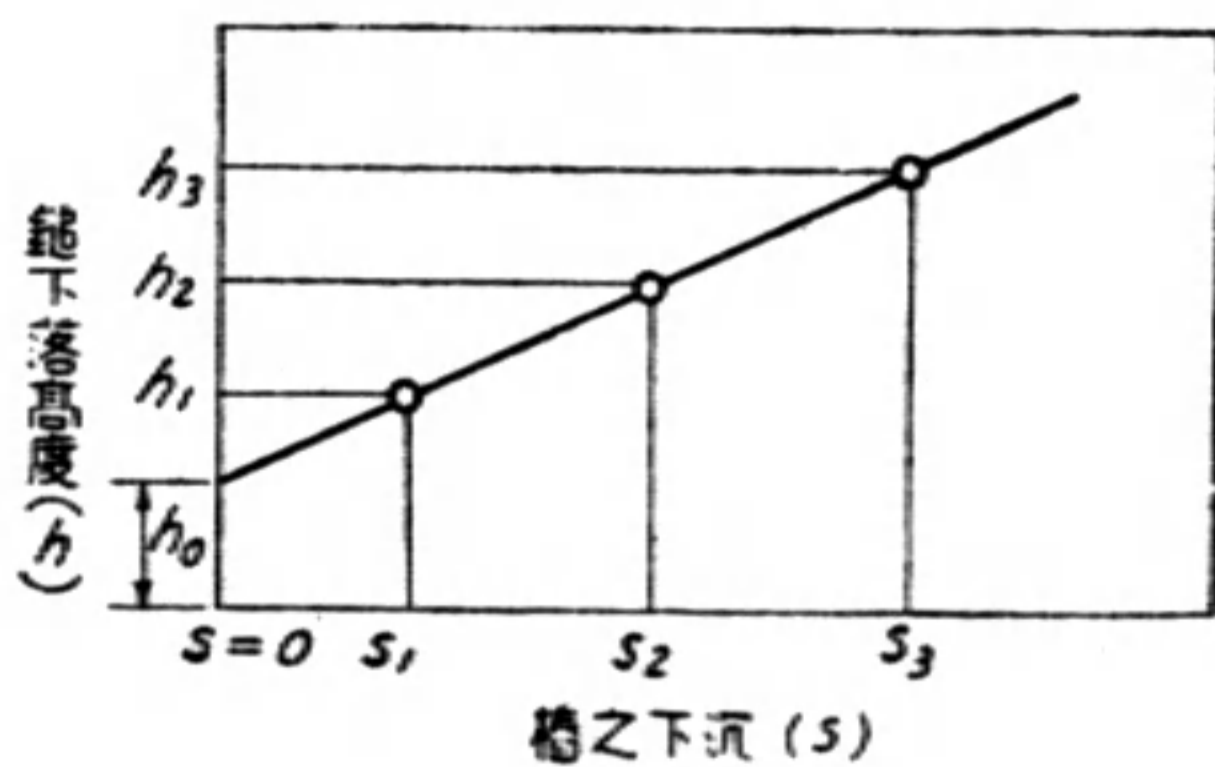
荷重下之最大承量  $Q_s$  之比為  $\beta$ , 則

$$Q_d = \beta Q_s \dots\dots\dots (23)$$

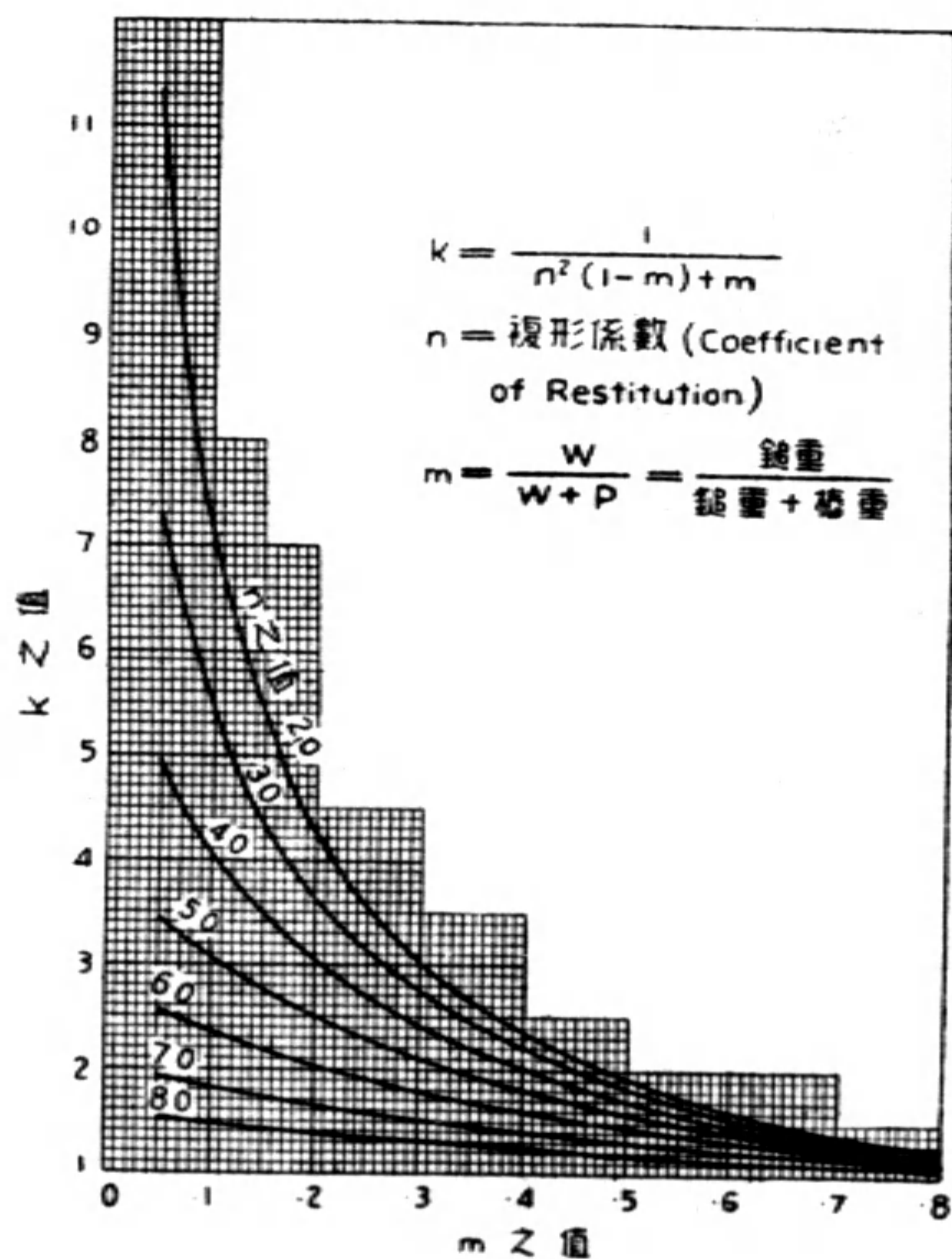
依 Krapf<sup>(15)</sup> 之研究,  $\beta$  之值平常約在 1.12 至 2.28 之間, 但依 Terzaghi<sup>(16)</sup> 之意見, 則  $\beta$  值之改變範圍, 較上述者為大。在某一地  $\beta$  之值最好以實驗法定之。即先以打樁公式(如公式(22))計算  $Q_d$ , 又用荷重試驗測定  $Q_s$ , 再用公式(23)求  $\beta$  之值。如威氏公式用於上海之土壤, 甚不準確<sup>(17)</sup>, 但採用  $\beta$  之值為 1.5, 則威氏公式所算得之最大承量與荷重試驗所得者約略相符。如是則承樁在靜荷重下之安全承量  $Q$  當為

$$Q = \frac{Q_s}{e} = \frac{Q_d}{e\beta} = \frac{W(h-h_0)}{e\beta s K} \dots\dots\dots (24)$$

由方程式(19), 可知如僅  $h$  與  $s$  改變, 其他各項如  $Q_d, W, \dots\dots$  等均不改變, 則  $h$  與  $s$  之關係為一直線。故  $h_0$  之值可於打樁時用實驗測定之。即樁已打入土壤中, 使錘由三數不同之高度  $h_1, h_2, h_3$  下落而計樁下沉



第五圖



第六圖

(15) 見參考文獻(5)。

(16) 見參考文獻(1), s. 269; 或(6) s. 71。

(17) 見參考文獻(23), p. 6。



之  $s_1, s_2, s_3$ ，再如第五圖畫一直線，經過所定之三點，即可求得  $h_0$  之值，如該三點不在一直線上，則  $Q_d$  之值顯有變更，於此宜重行試驗。至  $K$  之值可由  $m$  及  $n$  之值計算之，或由第六圖求之。 $n$  之值可採用前列表中之數，或用前述之試驗方法定之亦可。由方程式 (20)，可得

$$Q_d = \sqrt{\frac{2EAWh_0}{LK}} \dots\dots\dots (20a)$$

由公式 (20a) 所得之  $Q_d$ ，應與公式 (22) 所得者，至少約略相等，由是又得一校勘之法。

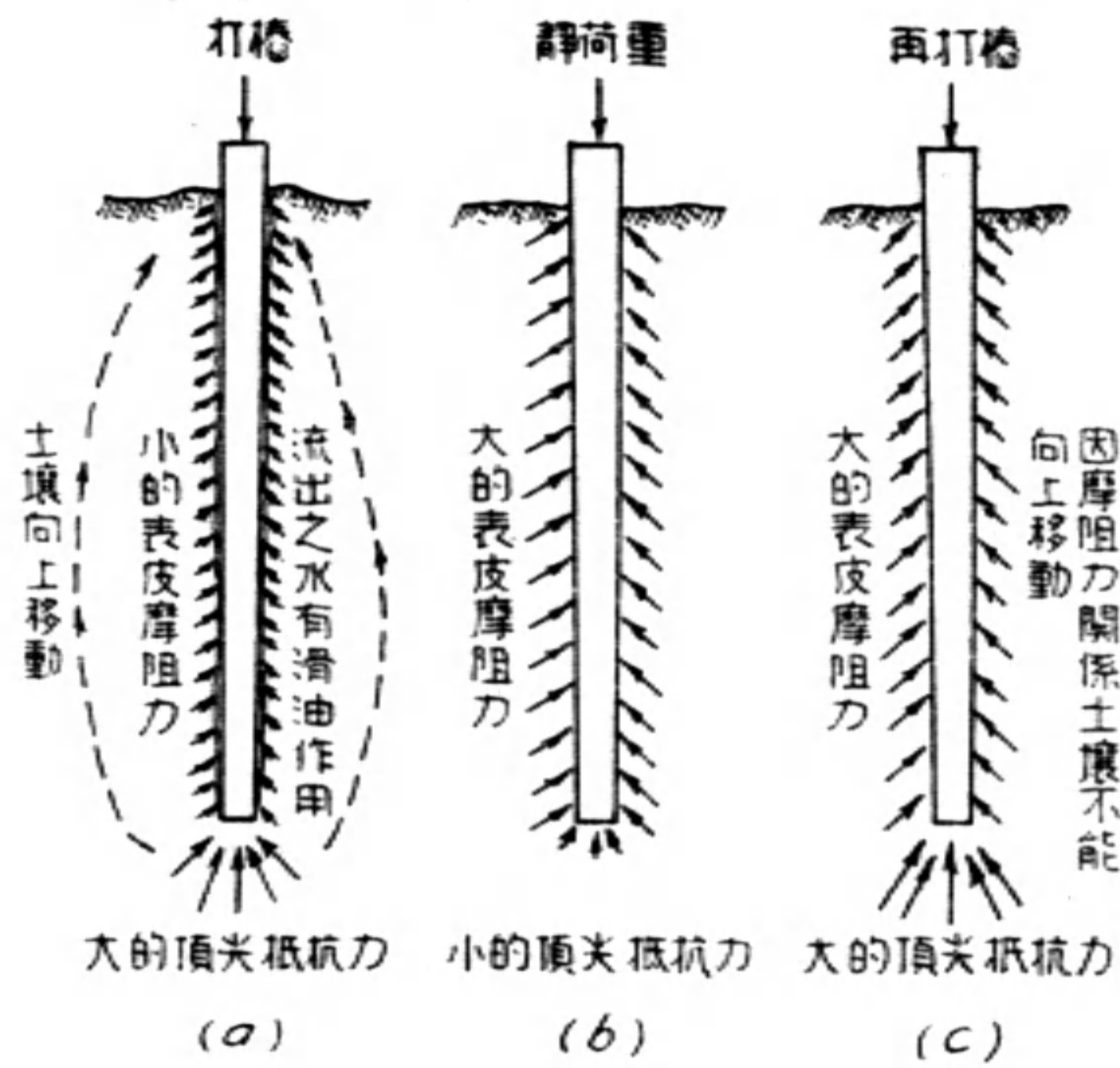
公式 (24) 雖較其他公式 (如威氏公式) 為合理，但所得之結果，是否可靠，全視  $\beta$  之值是否可靠而定。蓋公式 (24) 所直接算得者仍為樁的動的抵抗力而非其靜的抵抗力，至二者有無一定關係，須視土壤之性質而定。茲就樁之頂尖抵抗力與表皮摩阻力，略加討論。

先論樁之頂尖抵抗力。樁下沉時，其下端附近之土壤必被壓緊。土壤被壓緊時，其空隙 (voids) 中所含之水必流出。若土壤係粗沙之屬，透水性甚大，則其壓緊時所需之能量，與其壓緊之遲速，無甚關係。故在此種土壤中，無論樁之下沉，係因靜荷重擠壓而緩，抑係因動荷重衝撞而速，其下端之頂尖抵抗力約略相等。若土壤為細沙 (silt) 或泥土之屬，其透水性甚小，則其速壓緊時所需之能量，較之緩壓緊時所需者，或大百倍。打樁時樁因衝撞而下沉甚速，但實際樁在靜荷重下因擠壓而下沉甚緩，故前者之頂尖抵抗力，必較後者為大。

次論樁之表皮摩阻力。若土壤為粗沙之屬，黏性甚小，不甚凝附於樁之表皮，則打樁時與打樁後之表皮摩阻力均甚小而不足注意。若土壤為細沙或泥土之屬，黏性甚大，則打樁時樁有震動，土壤不能凝附其表皮，且下端所擠出之水，緣樁之週圍而流至地面，有滑油 (lubricant) 作用，更使打樁時之摩阻力減少。但樁既打入土壤中數日之後，其週圍土壤吸收樁下端所擠出之水而凝附於樁



之表皮,使樁之表皮摩阻力增加。若此時再打樁,則樁之下沉抵抗力,必較初打時為大。所以在易透水而無黏性之土壤,如粗沙之屬,則打樁時動的抵抗力  $Q_d$  與在荷重下之靜的抵抗力  $Q_s$  約略相等,即公式(23)中  $\beta$  之值約為 1。故用平常打樁公式所算得之結果,與實際荷重試驗所得者,大概相符。證之於多數工程師之經驗亦如是。若在難透水而有黏性之土壤,如細沙或泥土之屬,則樁之抵抗力有下列之分別(第七圖):



第七圖

- (1) 打樁時動的抵抗力  $Q_d =$  大的頂尖抵抗力  $F_1 +$  小的表皮摩阻力  $F_2$
- (2) 在荷重下靜的抵抗力  $Q_s =$  小的頂尖抵抗力  $F_1 +$  大的表皮摩阻力  $F_2$ 。
- (3) 樁在土壤中,經過數日,再打樁時之動的抵抗力  $Q'_d =$  大的頂尖抵抗力  $F_1 +$  大的表皮摩阻力  $F_2$ 。

由是可知在細沙或泥土一類之土壤,樁之靜的抵抗力與動的抵抗力,絕非一事,即有時相同,亦不過偶然而已。欲知打樁公式是否可用於某地之土壤,可用下述方法決定之。設打樁時樁之最後下沉為  $s$ 。俟樁在土壤中過數日後,再用同一之鎚及同一下落高度復行打樁,而計其下沉  $s'$ 。若  $s' = s$ , 則樁之表皮摩阻力必甚小,土壤必係粗沙之屬,如是則打樁公式可用。若  $s' < s$ , 則樁之表皮摩阻力必甚大,土壤必係細沙或泥土之屬;如是,則打樁公式,最好不用。於



此如欲求樁之承量，祇可用荷重試驗之方法。如必欲用打樁公式，則上述之公式(24)比之通用之威氏公式(6)較為合理而可靠。

## 樁基之承量

由以上之討論，可知單個樁之承量，是否可由打樁所得之效果而計算之，全視土壤之性質而定。欲求一打樁公式，不問土壤之情形如何，可以隨地一律通用，殆如中世紀鍊金家之求「哲學家之石」，永不可能。故前述之現下樁基設計之第一假定，與實際絕不相符。但此尚無甚關係，蓋單個之承量，固不妨由荷重試驗定之，非難事也。

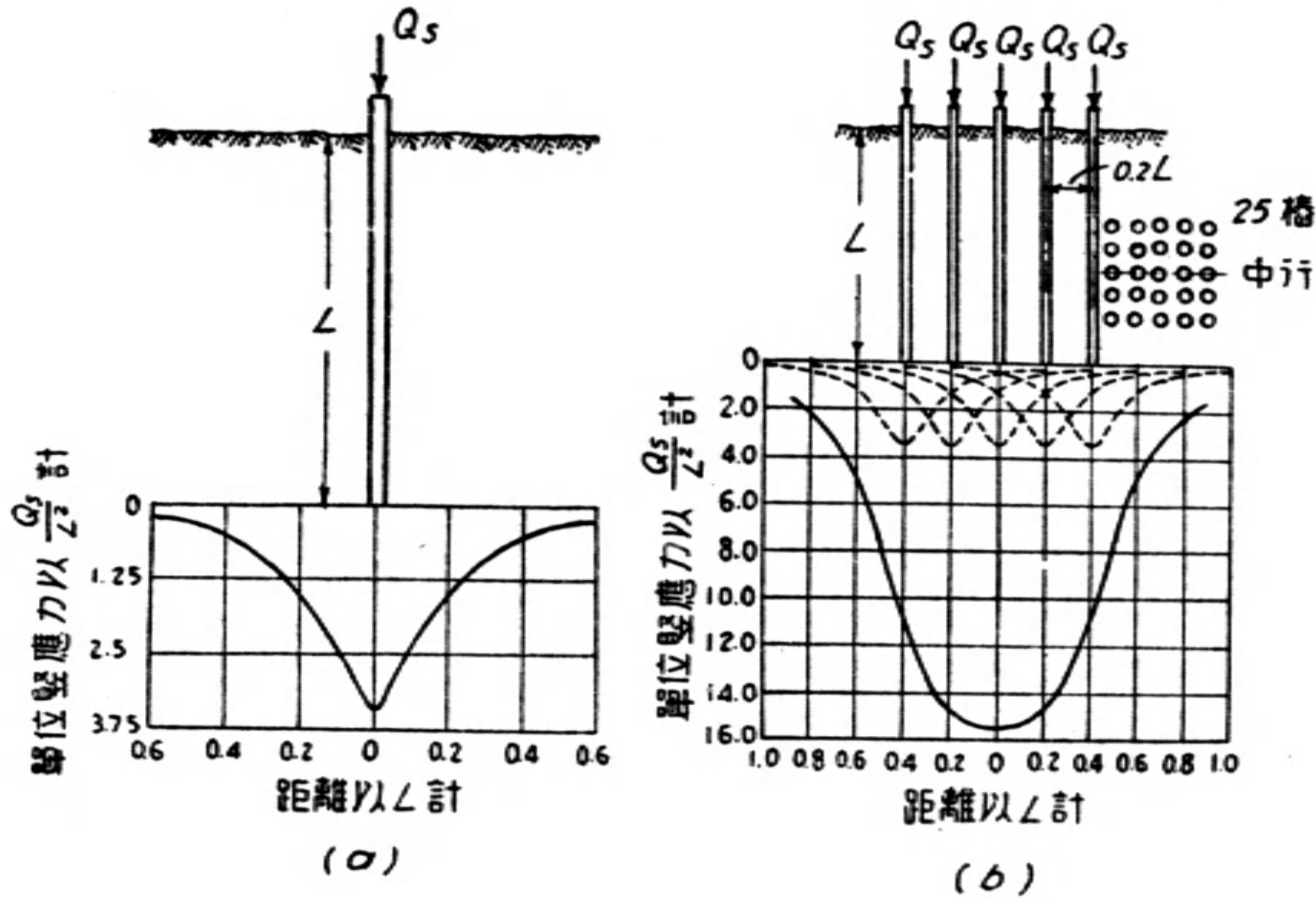
至於前述之第二假定，謂一羣樁之總承量，即等於單個樁之承量，乘以該羣樁之樁數，其與實際符合與否，則甚關重要。蓋樁基多為羣樁，若祇知單個樁之承量而不明羣樁之作用，則樁基之設計，仍不能完善。至羣樁之荷重試驗，在三數樁之羣，尚無困難。若樁數為數十百個，則荷重試驗不但耗款甚鉅，且所需之荷重太大，恐於事實上甚困難也。

若樁之功用與柱相同，在將荷重傳達於地下之堅實地層或岩石，其承量不在樁強度之下，則第二假定當然無誤。若樁之功用，在藉打樁時之震動打緊土壤，則十樁之效用，是否即十倍於一樁之效用，殊屬疑問。況土壤被打緊至一定限度或遇不能打緊之土壤，則打入土壤中之樁數太多或距離太密，地面即行上升，其承量并不能增加，是又不能以一樁之效用而決定一羣樁之效用也。

若地下在樁可達到之深度，并無比地表層土壤較堅硬之地層或緊石，無論樁之承量大部份在其表皮摩阻力，抑在其頂尖抵抗力，樁週圍及其下之土壤，必有應力發生。若在一羣樁中，各樁之距離甚近，則樁與樁間及樁頂尖下土壤中之應力，必因重複而增加數倍。第八圖<sup>(18)</sup>(a)示單個樁下土壤中豎應力 (vertical stress) 之

(18) 見參考文獻 (13), pp.187—188。





第八圖

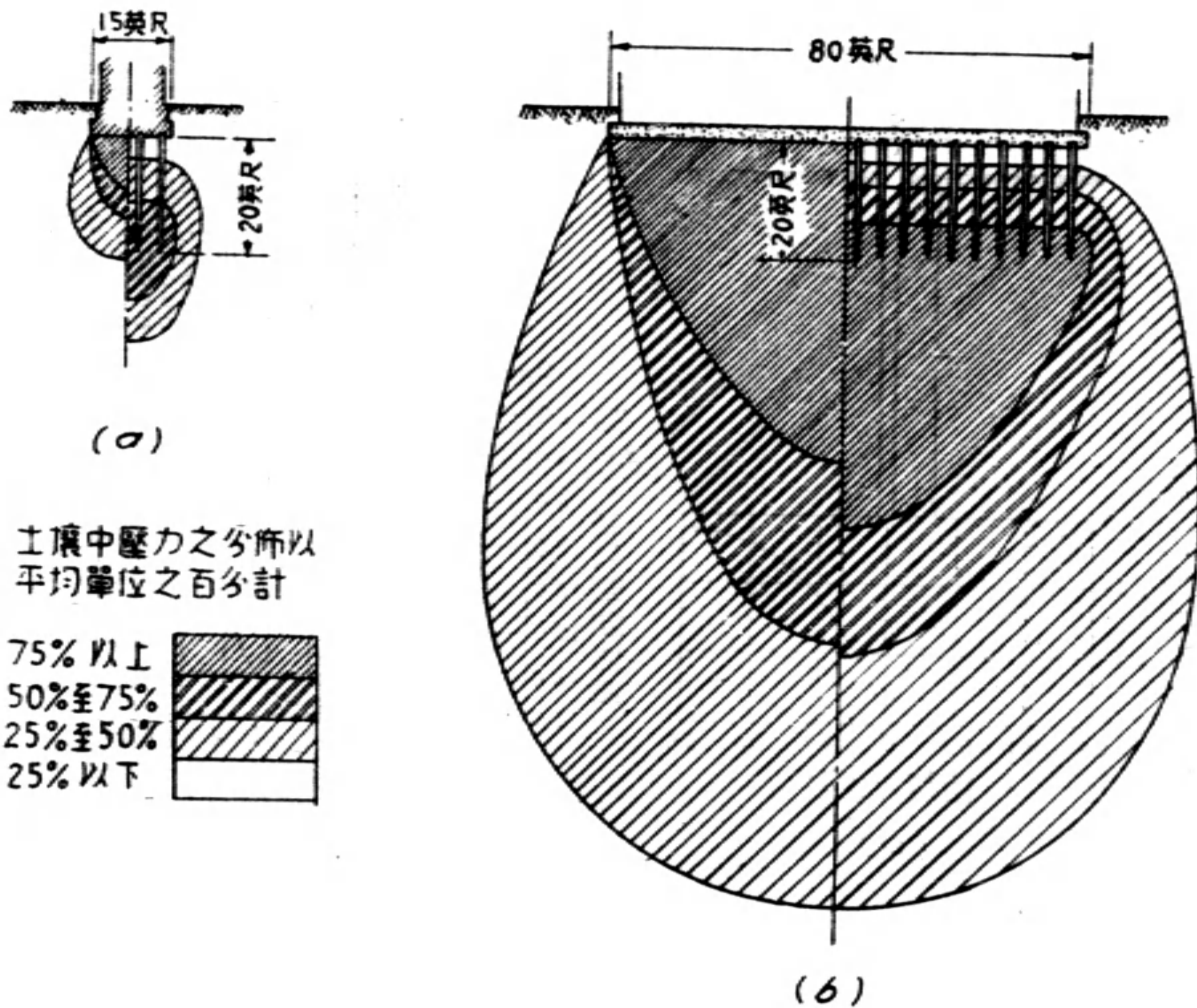
分佈,其值以  $Q_s/L^2$  計,最大之值為  $3.5Q_s/L^2$ 。此應力之分佈,係根據 Boussinesq 與 Strohschneider<sup>(19)</sup> 之方法而計算者。第八圖(b)示一羣二十五樁之地基於每行中樁之距離為  $0.2L$  時,其居中一行單個樁下土壤中豎應力之分佈及其重複狀況(圖中虛線)。及豎應力因重複而加大之狀況(圖中實線),其最大之值為  $15.4Q_s/L^2$ ,比上述單個樁者大 4.7 倍。可知一羣樁中樁之距離愈近,則土壤中應力之重複亦愈大,而其總承量愈小於單個樁承量之和。在上述之例,若將樁完全省去不用,而改用鋼筋混凝土之浮筏地基(raft foundation),則土壤中之應力,約為  $8.5Q_s/L^2$ ,僅為用羣樁時者之 55% 而已。可知樁基之採用,并非常為有利而無害之事。

第九圖<sup>(20)</sup> 示二樁基,其下土壤係泥土性質,深淺一律。樁之長皆為 20 英尺,(a)之地基寬 15 英尺,(b)之地基寬 80 英尺。圖中所示土壤中應力之分佈,皆係依照 Boussinesq 之方法而約略計算者。

(19) 見參考文獻 (6)p.49。

(20) 見參考文獻 (15),p.252。





第 九 圖

(a) 與 (b) 之左部均示無樁時土壤應力之分佈,右部示有樁時之分佈。比較左右二部,即知樁之長度,如與地基之寬度,至少相等,則樁之功用,能使地基之荷重,傳達於較深之地層。蓋前已述及,土壤之性質雖不變,愈深則其承量亦愈大。故在(a)圖基樁之採用,頗為有效。反之,若地基之寬,大於樁之長度數倍,如(b)圖,則土壤中應力之分佈,有樁與無樁,相差甚微,於此則採用樁基,又不如採用浮筏地基也。

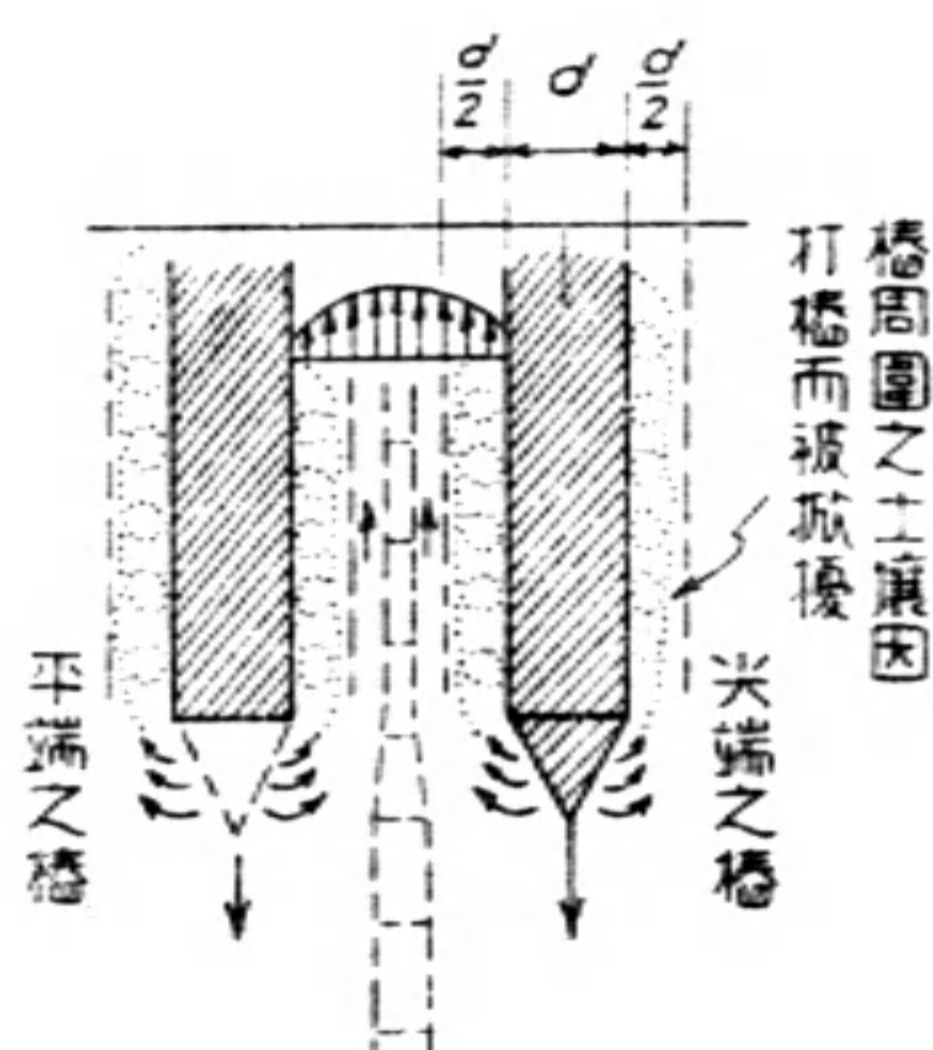
試舉實例以證明上述之理論。美國 Texas<sup>(20)</sup> 州造房,多用樁基。該地有一樓房,依最初之地基設計,需用 1600 樁,但後因專家之指示,將樁完全省去,改用鋼筋混凝土之浮筏地基。其後該樓房之下沉亦不過一英寸之譜,與其四鄰樓房之用樁基者約略相等。又如上海永安公司之樓房<sup>(21)</sup>,分為二部建造,其一部之下係用樁基,另

(21) 見參考文獻 (22), p.30。



一部下係用浮筏地基。數年後該樓房下沉甚多，但二部之下沉完全相同，即二部相接處的灰頂棚，亦未見一裂縫。故上海滬浦局工程師<sup>(22)</sup>謂「在有黏性之土壤，如上海之地層者，樁基之利益，殊有疑問」。此外類此之實例甚多，但上述二例已足為喜採用樁基者之棒喝。

前述土壤中之應力，用樁基者反比不用樁基者大45%。不惟

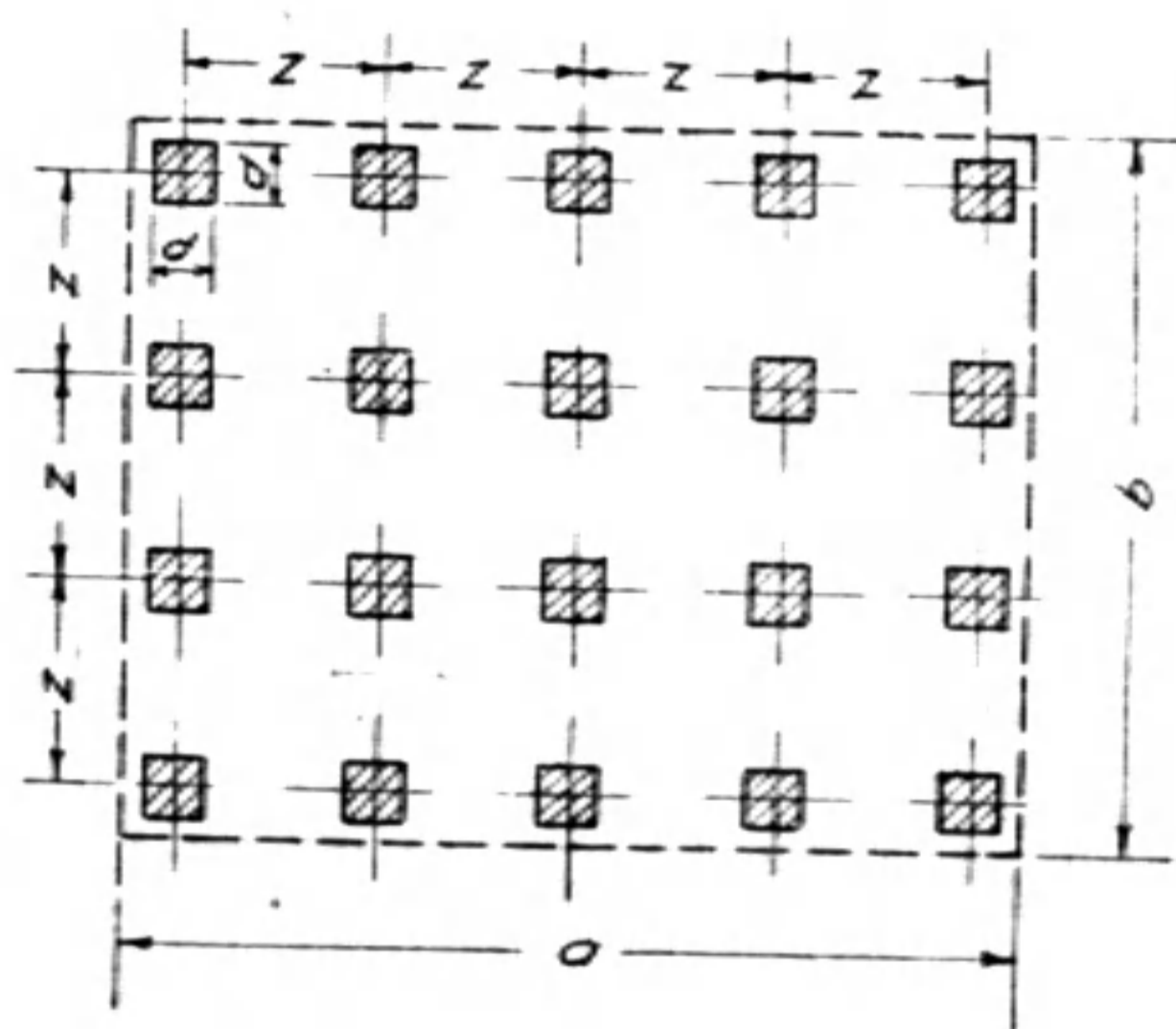


第十圖

此也，依美國哈佛大學工學研究院教授 Arthur Casagrande<sup>(23)</sup>之研究，天然之泥土，如加以掀擾，則其壓緊性加大而壓強度減小。當樁打入泥土中，其週圍之泥土全被掀擾（第十圖），因之泥土之強度減小，而地基之下沉反多而且速。又可知樁基之採用，有時不但無益，抑且有害。美國地基工程經驗最富之

Lazarus White<sup>(24)</sup>亦曾證實此說。

由是可知：如採用樁基，樁愈長，距離愈遠，則羣樁之承量亦愈大。在如上海之有黏性土壤中，樁之承量，幾全在其表皮摩阻力<sup>(25)</sup>，此點更為重要。第十一圖示一樁基，其長為  $a$ ，其寬為  $b$ 。設樁為



第十一圖

(22) 見參考文獻(22), p.30。

(23) 見參考文獻(14), 或(21), p.159。

(24) 見參考文獻(4), p.342。

(25) 在上海土壤中，樁之表皮摩阻力約為承量之85%，見參考文獻(23), p.14。又依 Arthur Casagrande 之研究，謂在細沙或泥土中，樁之表皮摩阻力至少為承量之80%。見參考文獻(13), P.187。



正方形,每邊之長為  $d$ , 樁之距離為  $z$ , 若  $z$  之值較大, 則單個樁因荷重下沉時, 其間之土壤, 或不致與樁一同下沉。若  $z$  之值較小, 則一羣樁中所有之樁將挾其間之土壤依地基之週圍一同下沉。設樁與土壤之摩阻力與土壤之內摩阻力, 約略相等, 則  $z$  之最小值, 不得使地基週圍之長, 小於所有樁週圍長之總數。故<sup>(26)</sup>

$$\left(\frac{a}{z} + 1\right)\left(\frac{b}{z} + 1\right)4d \leq 2(a+b) \dots\dots\dots (25)$$

由是

$$z \geq \frac{(a+b) + \sqrt{(a-b)^2 + 2ab\frac{(a+b)}{d}}}{\frac{a+b}{d} - 2} \dots\dots\dots (26)$$

設地基為正方形, 則  $b=a$ , 故

$$z \geq \frac{a(d + \sqrt{ad})}{a+d} \dots\dots\dots (27)$$

以上三公式 (25), (26), 及 (27), 雖假定樁為正方形, 但樁為圓形時, 亦可設  $d$  為直徑約略應用。設用時方形樁, 邊長 1 英尺 (即  $d=1$ )。用以上公式計算之, 則於邊長 10 英尺正方形之地基,  $z$  約為 4.6 英尺; 邊長 100 英尺正方形之地基,  $z$  約為 11.1 英尺; 邊長 100 及 40 英尺長方形地基,  $z$  為 8.7 英尺。依 Schoklitsch<sup>(27)</sup> 之研究, 則樁之距離  $z$  應約略如下

$$z \geq 1.08\sqrt{Ld} \dots\dots\dots (28)$$

如是, 則樁愈大愈長, 其距離應愈遠, 庶可避免土壤中應力之重複。若樁之距離較上述者為近, 則一羣樁之承量與單個樁完全無關, 其因距離甚近而加多之樁, 徒屬靡費, 而於樁基之承量殊為無益。

由是可知: 除非樁能達到堅硬地層或岩石, 或樁之距離甚大, 單個樁之承量, 決不能依上述之第二假定, 用為羣樁設計之標準。

(26) 根據上海滬浦局工程師之分析見參式文獻 (23), P.14,

(27) 見參考文獻 (6), S.72。



故欲求羣樁之承量,恐祇有實地荷重試驗之一法,而此種試驗之實施,必須十分審慎。若羣樁之樁數太多,荷重試驗殊為困難,於此至少應以六七樁依所欲之距離打入土壤中,以資試驗,再以所得之結果而推論更大羣樁之承量。此種推論之法,在學識優長經驗豐富之工程師,固非一難事也。

## 結 論

由以上之討論,吾人可得以下之簡單結論:

1. 採用樁基,并非增加土壤承量萬應普遍之法,若土壤及地層之性質不宜,採用樁基不但無益,有時且有害。
2. 至少在細沙及泥土中,單個樁之承量,決不可用打樁公式計算之。如必欲用打樁公式,則本文所舉之公式(24)比之現下通行之威氏公式較為合理而可靠。
3. 除非樁能達到岩石或堅硬地層,或樁之距離甚遠,單個樁之承量,決不可用為樁基設計之標準。
4. 用距離較遠之較少長樁比用距離較近之較多短樁為佳。若樁之承量,大部在其表皮摩阻力,此點尤為重要。

地基工程,實為土木工程中最複雜之學科。過去百年中之進步甚鮮,蓋非無因。近年來經歐美若干工程師與學者之研究,地基工程始漸入於科學之途徑,而貢獻最大者,允推奧人德查希博士<sup>(28)</sup>。(Dr. Karl Terzaghi)。至將來之進展有待於研究者甚多。但地基工程將來能否一如今日之構造工程,成一極精密之科學,殊屬疑問。德查希之言<sup>(29)</sup>曰「地基問題,欲以嚴格之數學駕馭之,殆永不可能,蓋其性質使然。唯一有效之研究方法即在:第一,已往相似問題

(28) 德氏現任奧國維也納工科大學教授。1925至1929年任美國麻省理工大學教授時,著者曾親炙於德氏者凡三年,今日之能寫此文,皆德氏之賜也。

(29)見參考文獻(4),P.301。



是經過若何,其次,係何種土壤。最後,用某種方法,因何得某種結果。以有統系方法,收集此種知識,再用土壤研究之結果而解釋此種觀察所得之資料,地基工程可發展而成爲一種半理論半經驗之科學,其質性可與醫學之一部份相比擬」。地基工程之將來趨勢如何,於此可見一斑。

### 參攷文獻

- (1) *Terzaghi*: "Erdbaumechanik", Franz Deuticke, Wien, 1925.
- (2) *Terzaghi*: "Die Tragfähigkeit von Pfahlgründungen", Bautechnik, 1930, S. 475. (編者按,此篇有譯文見工程譯報第二卷第二期,上海市工務局發行)
- (3) *Terzaghi*: "Modern Conceptions Concerning Foundation Engineering", Jl. Boston Soc. C. E., Dec. 1925, p. 397.
- (4) *Terzaghi*: "The Science of Foundations—Its Present and Future", Trans. Am. Soc. C. E., vol. 93 (1929), p. 270.
- (5) *Kreuter and Krapf*: "Formeln und Versuche über die Tragfähigkeit eingerammeter Pfähle", W. Engelmann, Leipzig, 1906.
- (6) *Schoklitsch*: "Der Grundbau", Julius Springer, Wien, 1932.
- (7) *Krey*: "Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes", Wilhelm Ernst, Berlin, 1932.
- (8) *Rausch*: "Zur Frage der Tragfähigkeit von Rammpfählen", Bauingenieur, 1930, S. 514.
- (9) *Dörr*: "Tragfähigkeit von Pfählen", De Ingeniör, 1924, S. 98.
- (10) *Hool and Kinne*: "Foundations, Abutments and Footings", McGraw-Hill, New York, 1923.
- (11) *Goodrich*: "The Supporting Power of Piles", Trans. Am. Soc. C. E., vol. 48 (1902), p. 180.
- (12) *Griffith*: "The Ultimate Load on Pile Foundations: A Static Theory", Trans. Am. Soc. C. E., vol. 70 (1910), p. 412.
- (13) *Crandall*: "Piles and Pile Foundations", Jl. Boston Soc. C. E., May 1931, p. 176.
- (14) *Casagrande*: "The Structure of Clay and Its Importance in Foundation

- Engineering", JI. Boston Soc. C. E., April 1932, p. 168.
- (15) *Prentis and White*: "Underpinning", Columbia University Press, New York, 1931.
- (16) *Nicholson*: "Pile Formulas", Selected Engineering Papers, No. 62, Inst. C. E., London, 1928.
- (17) *Pimm*: "The Design of Piles", Selected Engineering Papers, No. 78, Inst. C. E., London, 1929.
- (18) *Bennett*: "Pile-Driving and the Supporting-Capacity of Piles", Selected Engineering Papers, No. 111, Inst. C. E., London, 1931.
- (19) "Engineering News", Dec. 29, 1888, p. 509.
- (20) "Engineering Record", Jan. 22, 1916, p. 106.
- (21) "Engineering News-Record", Dec. 30, 1927, p. 1037; and Aug. 11, 1932, p. 159.
- (22) *Whangpoo conservancy Board*: "Pile Foundations in Shanghai", (General Series No. 13, 1928.)
- (23) *Whangpoo Conservancy Board*: "Various Reports to the Engineer-in-Chief on Special Investigations", IV. "Report to the Engineer-in-Chief on Pile Tests", 1921.
- (24) *Kögler*: "Über die Verteilung des Bodendruckes unter Gründungskörpern", Bauingenieur, 1926, S. 101.
- (25) *Scheidig*: "Druckverteilung im Baugrunde", Bautechnik, 1927 S. 418, 445; 1928 S. 205.
- (26) 薩本棟: 大學普通物理學, 上冊, 商務印書館出版。



# 中國第一水工試驗所

(中國工程師學會第五屆年會得獎第三名論文)

李 賦 都

摘要：——本篇係報告在建築中之中國第一水工試驗所。關於其籌備經過，建築情形，基本試驗設備，及其初步試驗計劃大綱，均有詳盡之陳述；關於各項建築情形，均有照片說明。該試驗所，在吾國實為首創，係由作者設計。其建築經費係由華北水利委員會等十機關供給，共計約十一萬餘元。地址即在天津河北省立工學院內。除清水試驗基本設備外，該試驗所備有黃土水流試驗之基本設備，故適合於我國各項水流之試驗，實為該所之特點。查我國河流之大部，流經黃土區域。黃土河流之治導為我國水利之最重要問題。是以該所之初步試驗計劃以研究黃土河流之各項試驗為中心。

按此篇係於八月十四日方始寄抵南寧，故未及宣讀，惟在大會中報告。

論文委員會附識

## (一) 通 論

研究水利問題，經驗與理論，須同時注意之，二者互相扶助，始可獲最經濟最適宜之水利建設。凡舉一種工程，每於工程完竣後，始覺察各種缺點，自缺點再加研究，往往得一較新確之理論，已往科學之進步，實基於此。但以偉大之建設工程，作為試驗品，其費時傷財甚為顯著。

自德國著名水利專家恩格思首倡水工試驗以來，對於水利研究，始得一新紀錄。氏於一八九五年在德來司登工科大學設立水工試驗所，研究試驗工作，證明利用試驗之法，可以解決一切水



利問題,引起全國之注意,各處紛紛從事於水工試驗所之建設。經數十年之經驗,認水工試驗確為研究水利問題最確實而不可缺之方法。

凡感水利問題重要之國家,均先後設立水工試驗所,一切偉大之水利建設,俱以試驗之法解決之。利用水工試驗,可以研究已往工程之缺點,可以扶助吾人學識之不及,得一適合之建築方式。蓋於模型試驗之時,始有解析及明察各項原理之機會,根據試驗結果及相似律,以確定建築與流水之關係,力量之大小,而得一形體適合之結構。

在試驗方面應注意「模型與水量大小問題」。利用大模型及大水量作試驗,結果較為真切,但測驗須精細,儀器較複雜,試驗費用較昂,須有現成及豐富之水源及寬宏之地面,始合經濟,德國巴也水工水力研究院之水工試驗所即其例也。該所位於阿朋那黑(Obernach)河旁,利用河水作試驗,計可供試驗之水量,每秒可達8立方公尺,河流模型直接設於地內。

至於在市內利用自來水以供試驗,則不能不在水量與設備上力求儉省。在小模型試驗,須有較強之觀察力,與較精細之研究,普通水量約為每秒50—300公升。哈諾惟(Hannover)水工試驗所之水量可達每秒2立方公尺,為現時之最大者。然此每秒2立方公尺之水量,大多用以作各種水力學試驗,河流試驗,需水尚未有達此值者(阿朋那黑黃河試驗水量約為每秒200公升)。

模型試驗結果,大多數均可定量的移用於自然界,惟於極繁雜之試驗,只可以計算法規定模型水量限度,河流坡度等等,而試驗則僅為定性之研究。此種情勢,在河流試驗,尤為顯明。例如試驗長30公里,寬30公尺,深1公尺之河流,用1:50之模型比例尺,則模型河長60公尺,寬0.6公尺,深2公分。用此深度,不易察知河內所有之變象,且依模型之比例尺,則試驗所用之沙粒亦須極細。假如河內沙粒直徑為1公釐,則模型內之沙粒為1/50公釐,不免失其



在河內原有性質。故以模型作河流試驗，不能使模型與自然河流「真似」。普通多取用較大之深度比例尺及較大之沙顆。利用平面與高低不同之比例尺，現仍為研究模型一極有價值之問題。在相似律內固有關於此等變態所用之公式，然在問題繁複之情形，仍非可靠。

普通河流試驗，能得一定性之結果，已稱滿足。試驗治河工程，在能於模型之內，作互相比較之研究，分別優劣，而由此推知其最適宜者。

試驗河流，仍須用較大之模型，方可減小以上各種缺點。恩格思一九三一年之河流試驗（水量為548公升秒），即其證也。我國水利問題，目前以治河為最重要，當注意及之。

## (二) 籌備經過

中國第一水工試驗所之籌劃，始於民國十七年。時華北水利委員會成立，李委員長儀祉及李委員書田感於我國水利問題之繁雜，同時深信試驗與水利工程關係之重要，乃主張籌設水工試驗所，從事籌備工作。惟因籌款困難，又受時局影響，至今方告成功。計前後歷時八載，可謂久矣。

中國第一水工試驗所原名「華北水工試驗所」，初由華北水利委員會與河北省立工業學院合辦，故試驗所地址亦規定於天津工業學院內。民二十二年黃河水利委員會李委員長儀祉贊同合作，促其實現。華北水利委員會方面乃一併徵求其他水利建設與學術機關合作，並組織董事會。「華北水工試驗所」之名稱亦修正為「中國第一水工試驗所」。合作機關共有九處，為華北水利委員會，黃河水利委員會，河北省立工業學院，導淮委員會，太湖水利委員會，建設委員會模範灌溉管理局，國立北洋工學院，陝西水利局及揚子江水利委員會。試驗所之建築費與經常費，即由各合作機關擔任。計



華北水利委員會	擔任建築費 42,915.42 元	經常費每月 350 元
黃河水利委員會	擔任建築費 30,000.00 元	經常費每月 350 元
河北省立工業學院	擔任建築費 20,000.00 元	經常費每月 200 元
太湖水利委員會	擔任建築費 1,500.00 元	
模範灌溉管理局	擔任建築費 2,000.00 元	
北洋工學院	擔任建築費 5,000.00 元	經常費每月 100 元
陝西水利局	擔任建築費 2,000.00 元	
揚子江水利委員會	擔任建築費 2,000.00 元	
導淮委員會	助試驗抽水機五架共洋二萬元	
此外經濟委員會	協助五千元	
共計建築費共十一萬四百一十五元 每月經常費一千元		

前華北水工試驗所之計劃大綱於民國廿年由著者規劃完成。民國二十一年著者因恩格思教授試驗黃河事赴德，曾在阿朋那黑及哈諾惟水工試驗所實習，並參觀各處水工試驗所，察知以前之計劃須加改良者有數點：

(一) 原計劃內含有大規模之沉澱池，與儲水池相通連，意在作黃土試驗之用。查試驗普通含沙質之河流，可設臨時沉澱箱於渠之尾端。若試驗黃土河流，固有另設沉澱池之必要，然因沉澱後之水不能全清，務須與普通試驗設備隔離，故於新計劃內特設黃土試驗設備。前擬設之沉澱池，則刪除之。

(二) 原有之大試驗渠，僅於一端與儲水池相通連，祇可用以作校正流速儀器之用。新計劃內特設水管，由水箱直通渠之尾端，如此則可利用此渠作他種模型及流水試驗。渠之首端，並設活動板牆，與儲水池隔分。若將水由水箱導入渠之首端，使其經渠入黃土試驗沉澱池，再由此流入回水渠，則亦可利用大試驗渠作各種沙石沖淤試驗。

民國二十二年著者返國後，又因最初規定臨元緯路之所址由工業學院改作他用，將所址移至院之北端，臨黃緯路，乃從新設計。計全部工程約需洋五十餘萬。董事會因經濟方面之限制，只得



分期建築,先着手於最重要之部分,務使於最近期內得以開始試驗工作。初步工程於民國二十三年六月一日動工,民國二十四年七月底完竣,計連初步設備費所支經費數目如下:

初步工程建築費	125,055,00元
初步購買試驗儀器	9,450,00元
導淮委員會由英購抽水機五架及馬達	20,000,00元
本所自購抽水機二架及馬達連同安置水管電線及電表	2,566,00元
共計	157,071,00元

### (三) 位置與建築

中國第一水工試驗所位於天津河北省立工業學院內,臨黃緯路。經詳細之研究,並依地面之形勢,規定全所平面圖如附圖。全所分爲四部(參觀圖一至三):

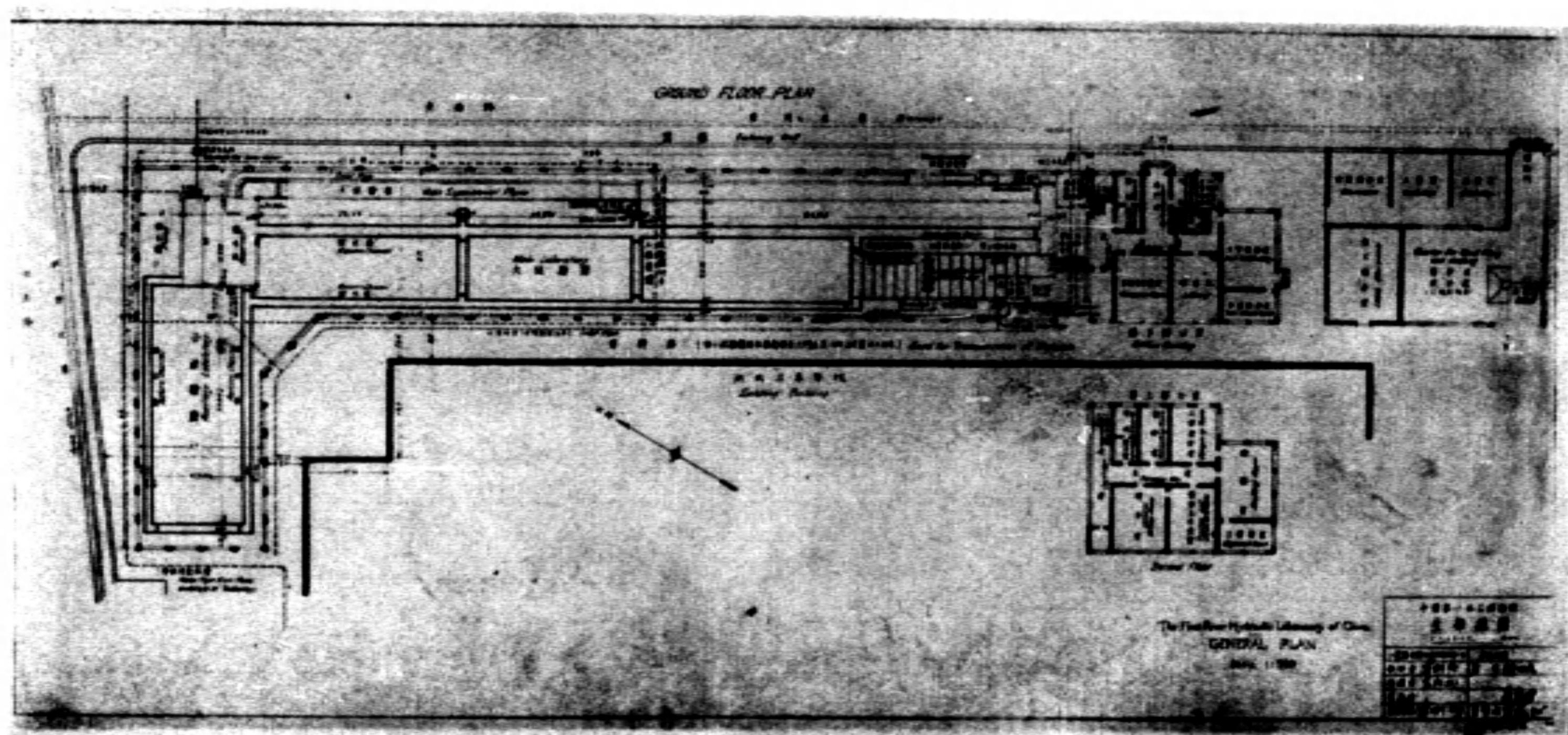
#### (甲) 大試驗廳

大試驗廳臨黃緯路(照片一至四),寬20公尺,長70公尺,牆高7.30公尺,中部由房架底至地面高約8.50公尺。房架用鋼造,支柱用鋼筋混凝土築,相距5公尺。廳內在試驗地面範圍內可以安置行動起重機,用以搬運模型及較重物件。廳之北端,由牆根起16公尺範圍內,爲設抽水機,儲水池及低高水箱地位。全廳長度原規定爲130公尺,初步工程僅築70公尺。廳內地面鋪混凝土方板,廳外未建築地面則鋪石灰炭渣,可於其上作露天試驗。試驗廳南端臨時小牆設有活動木板門,可以拆去,使廳內外互相通連。計可供試驗之長度爲100公尺。

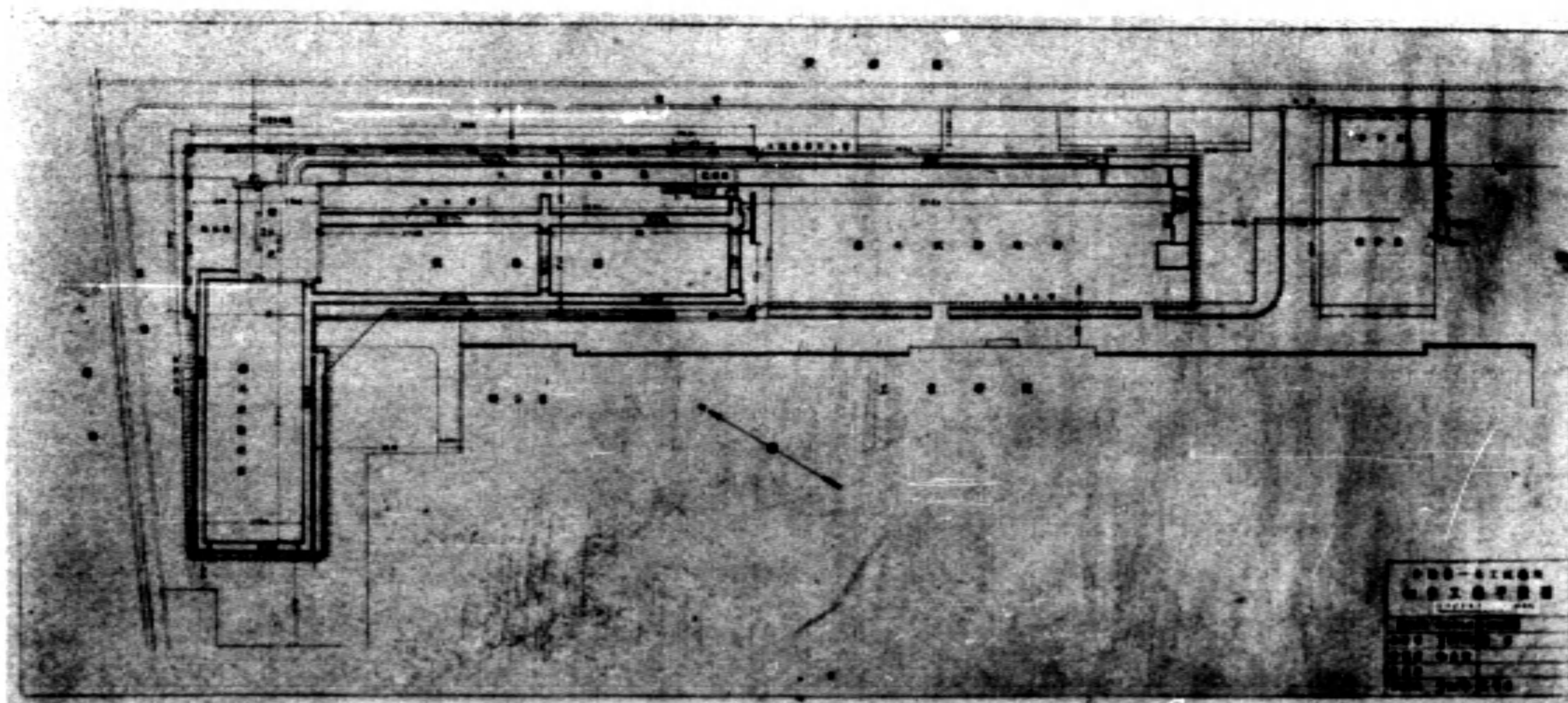
#### (乙) 北部廳外試驗地面(照片四)

原擬於大試驗廳之西北端建築小試驗廳,與大試驗廳相通連,相互成直角形,寬17公尺,由大試驗廳牆根起長32公尺(參閱圖一)。在初步工程內,小試驗廳暫不建築,僅將地面以石灰炭渣打築堅實,俾可於其上作露天試驗。大試驗廳與廳外試驗地面通連



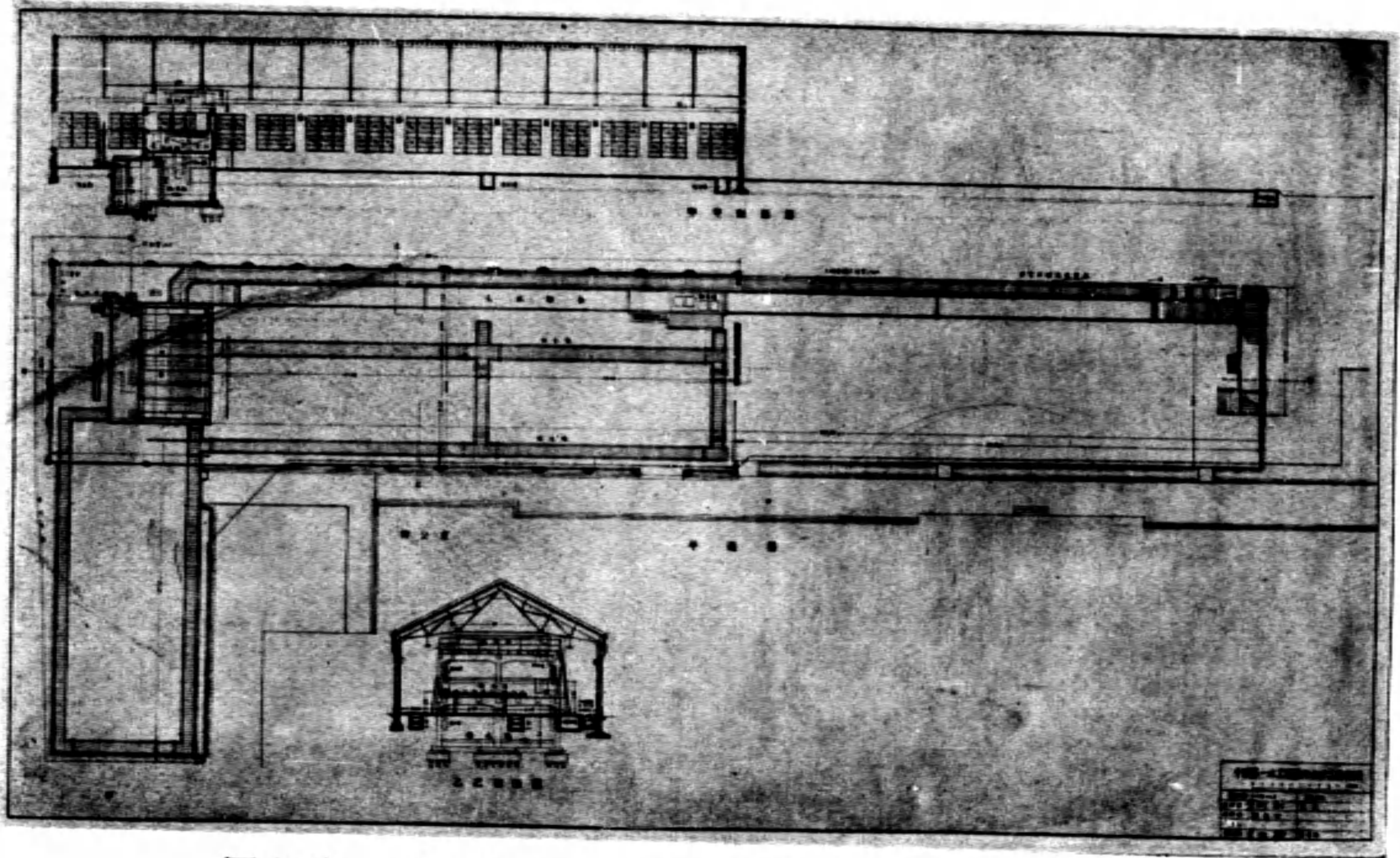


圖(一) 中國第一水工試驗所全部總圖

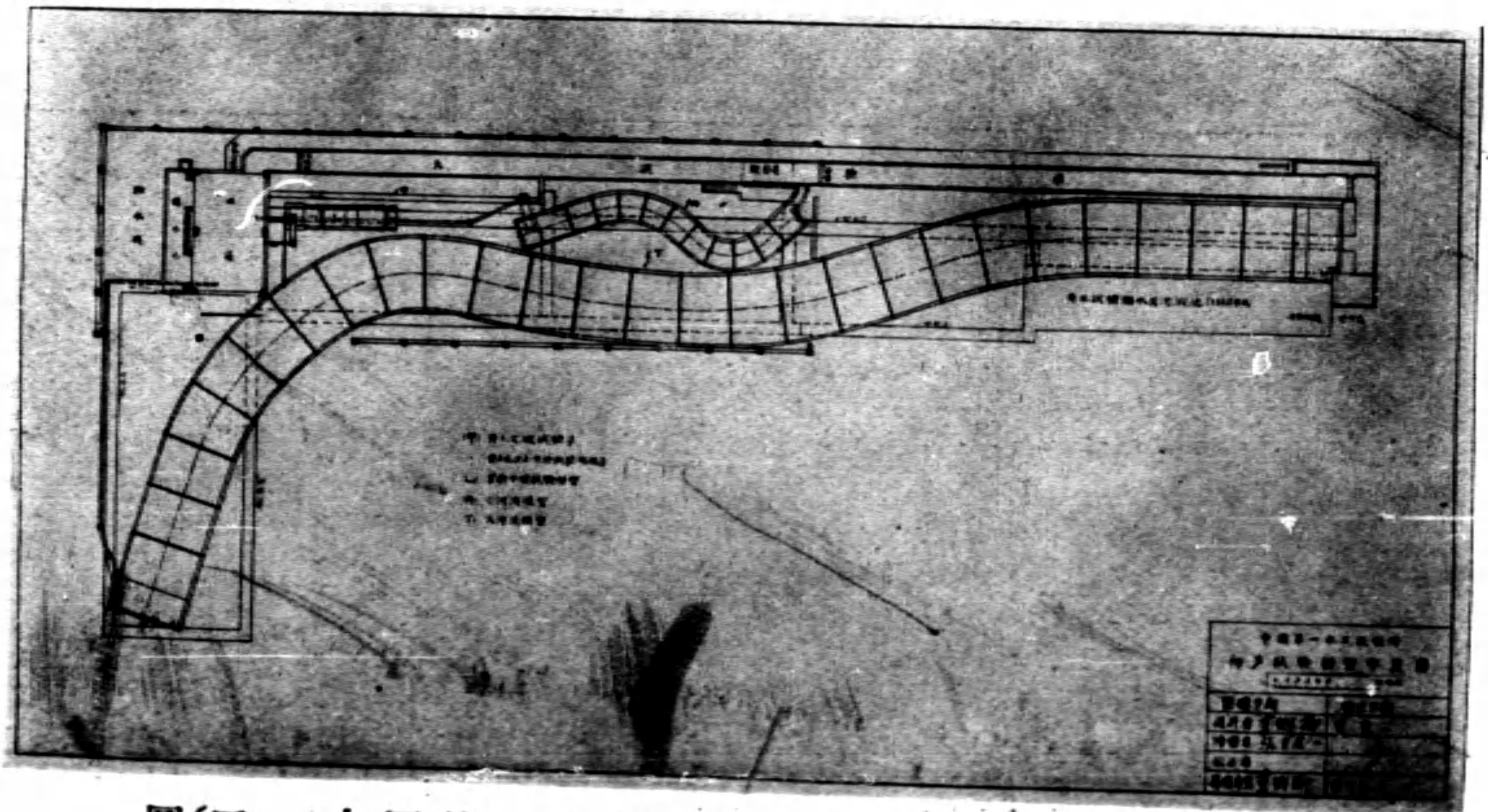


圖(二) 中國第一水工試驗所初步工程平面圖





圖(三) 中國第一水工試驗所初步工程總圖

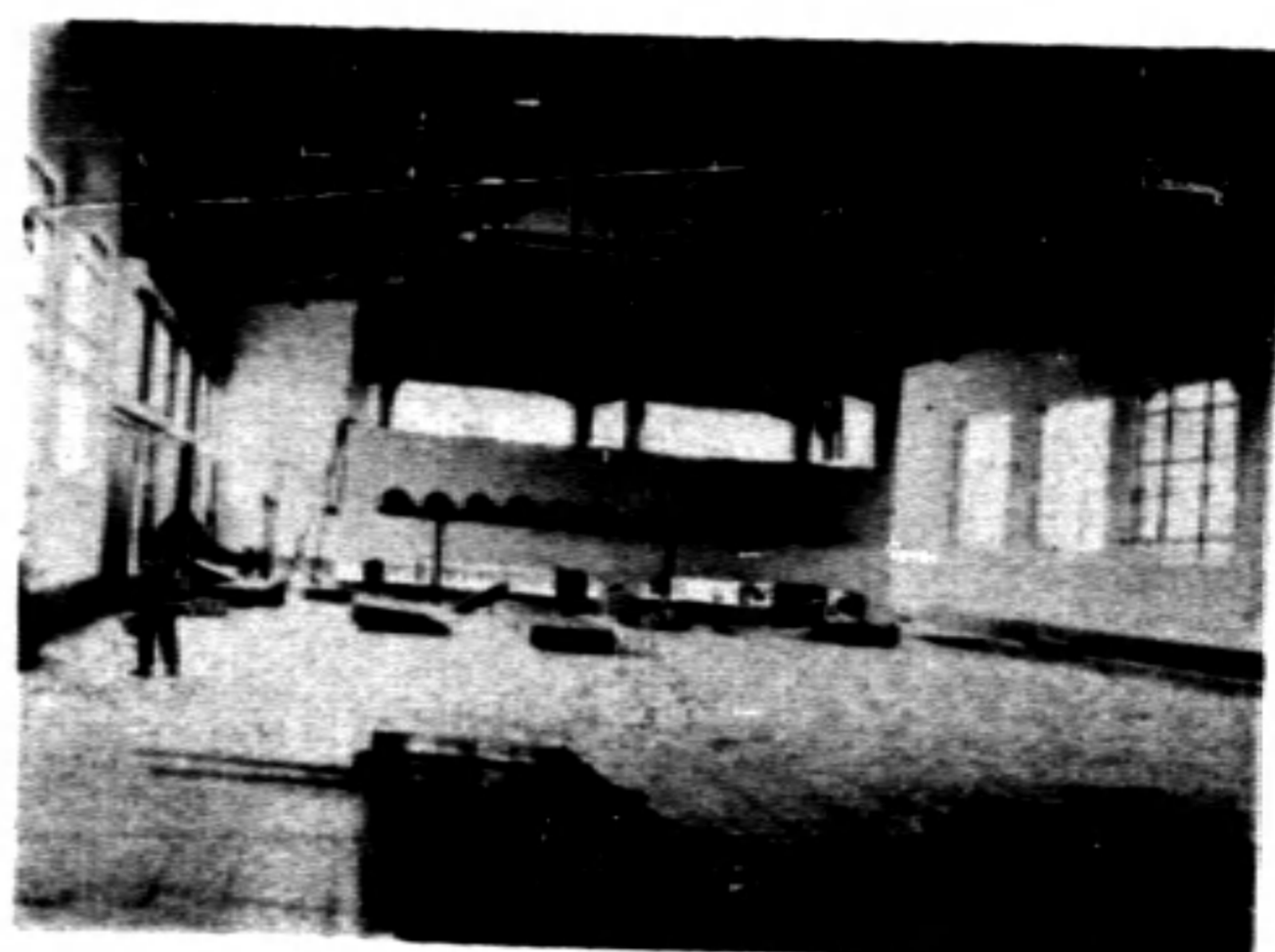


圖(四) 中國第一水工試驗所初步試驗模型佈置圖

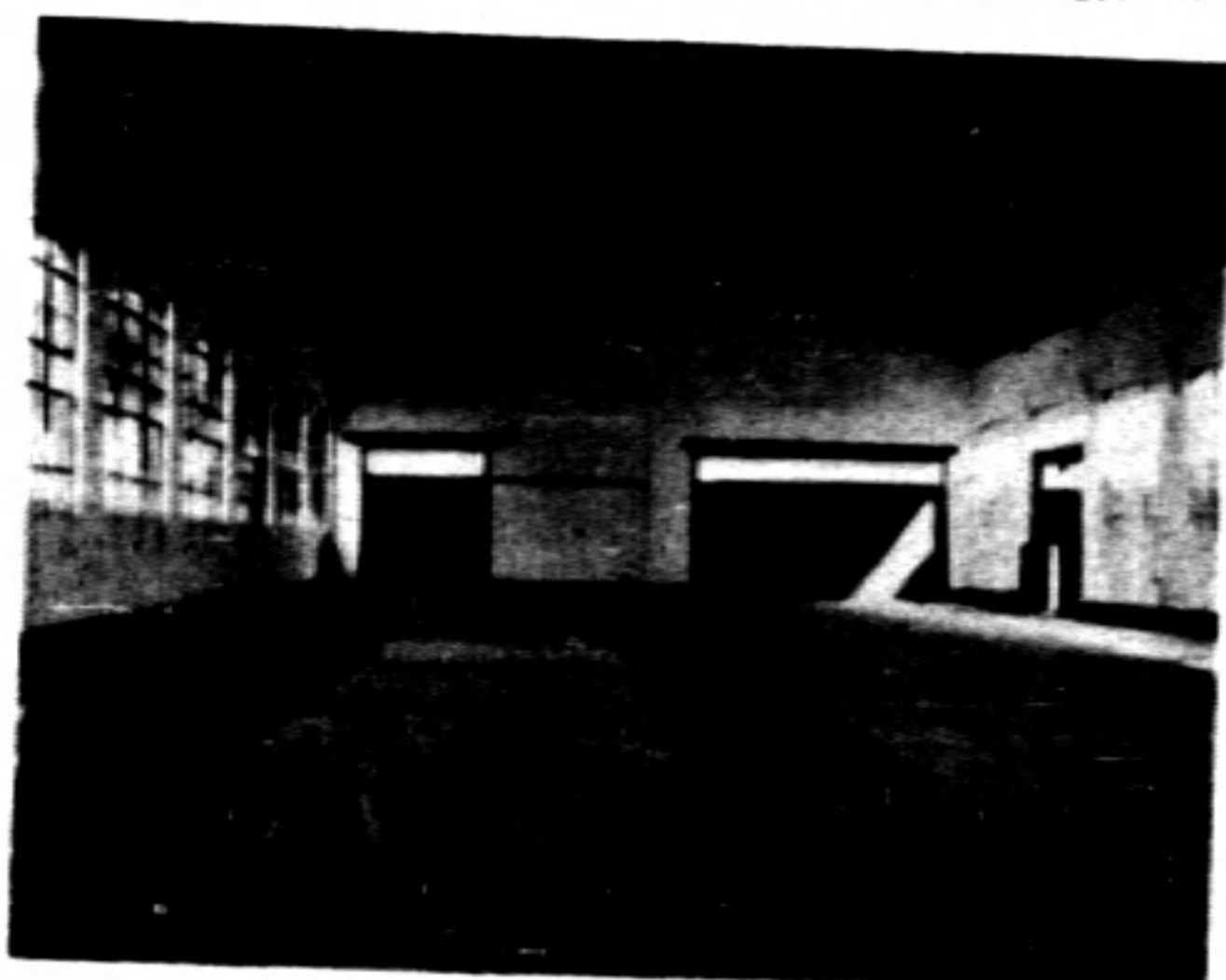




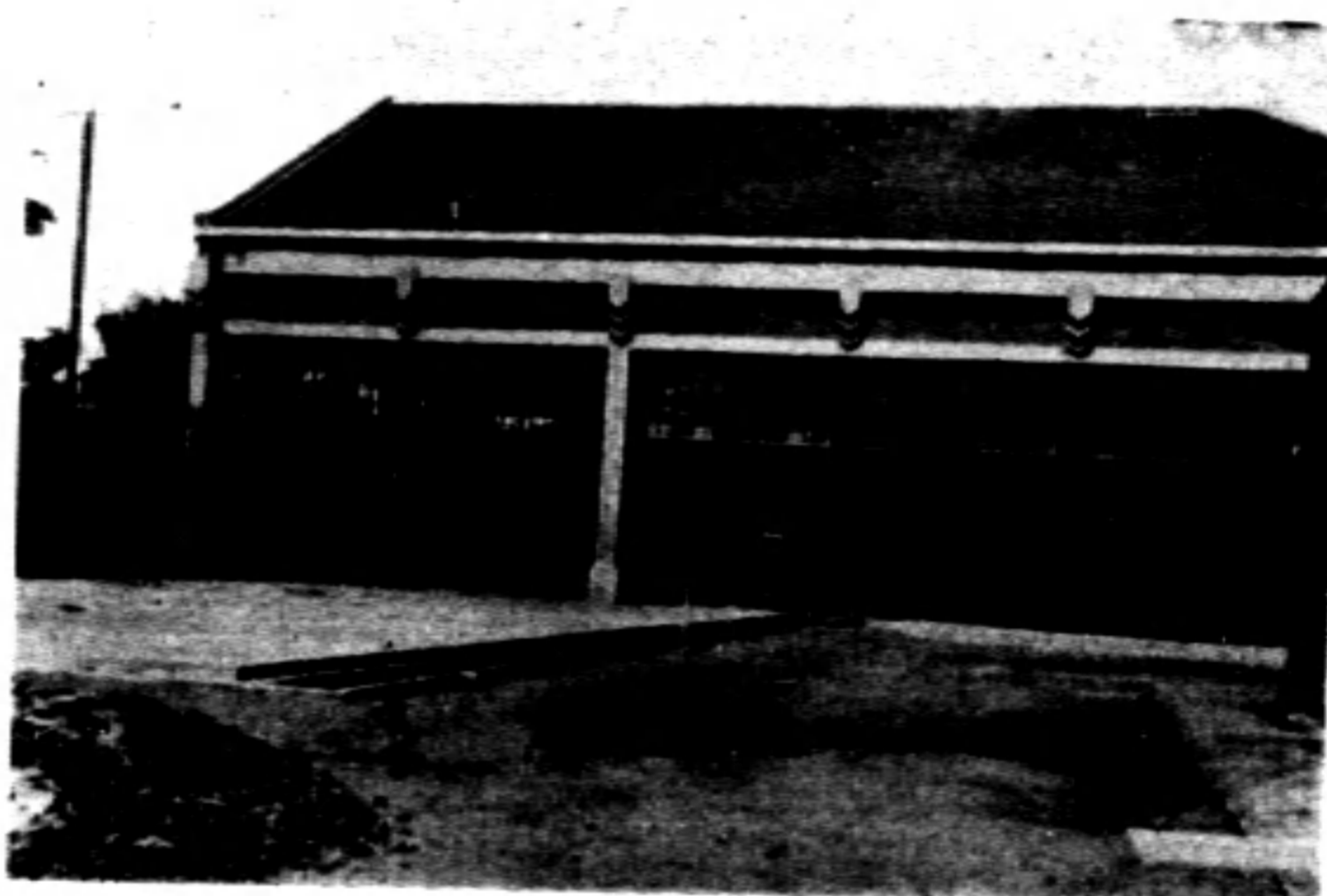
(一)大試驗廳東南面及廳外試驗地面



(二)大試驗廳內西北部



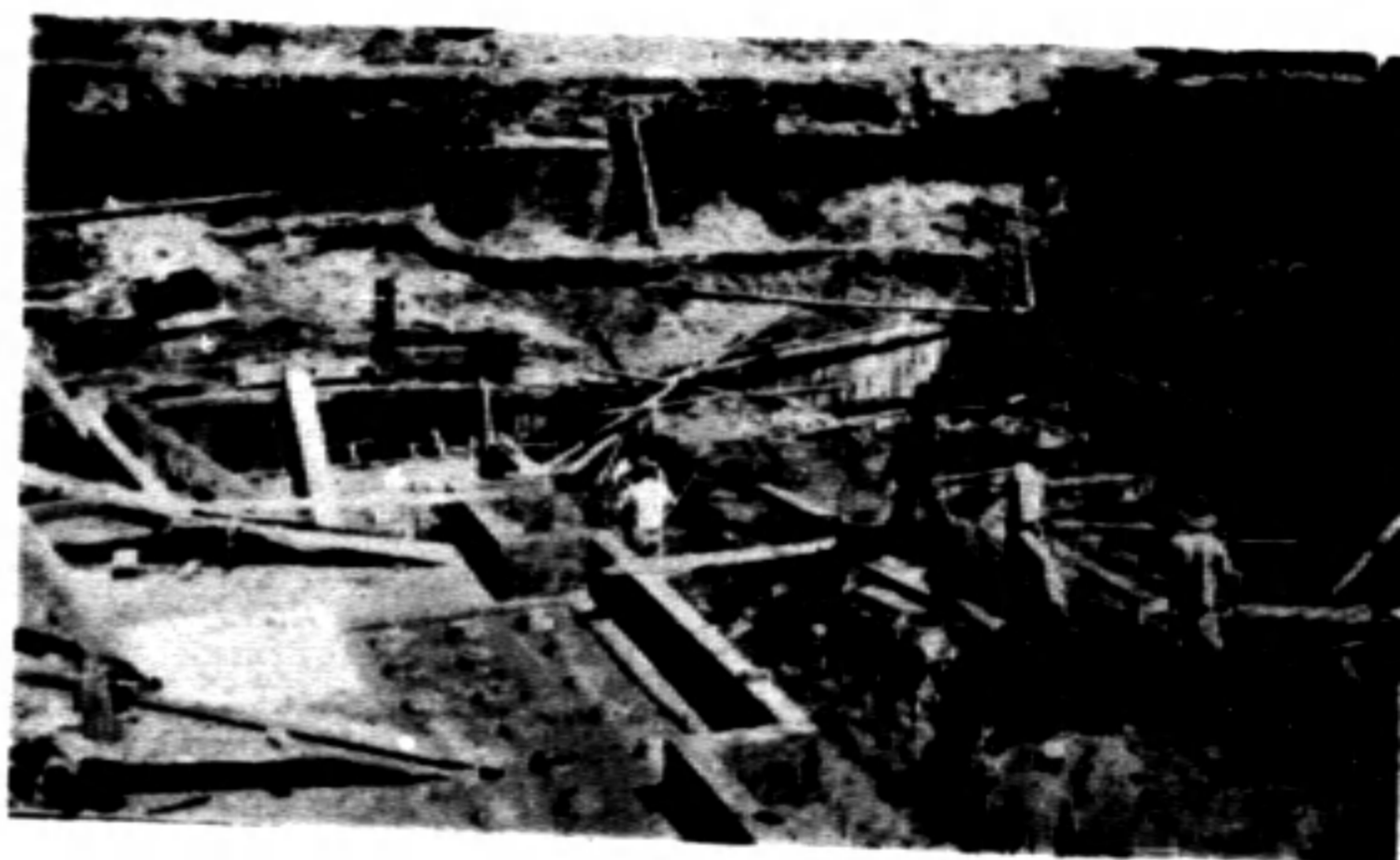
(三)大試驗廳內東南部



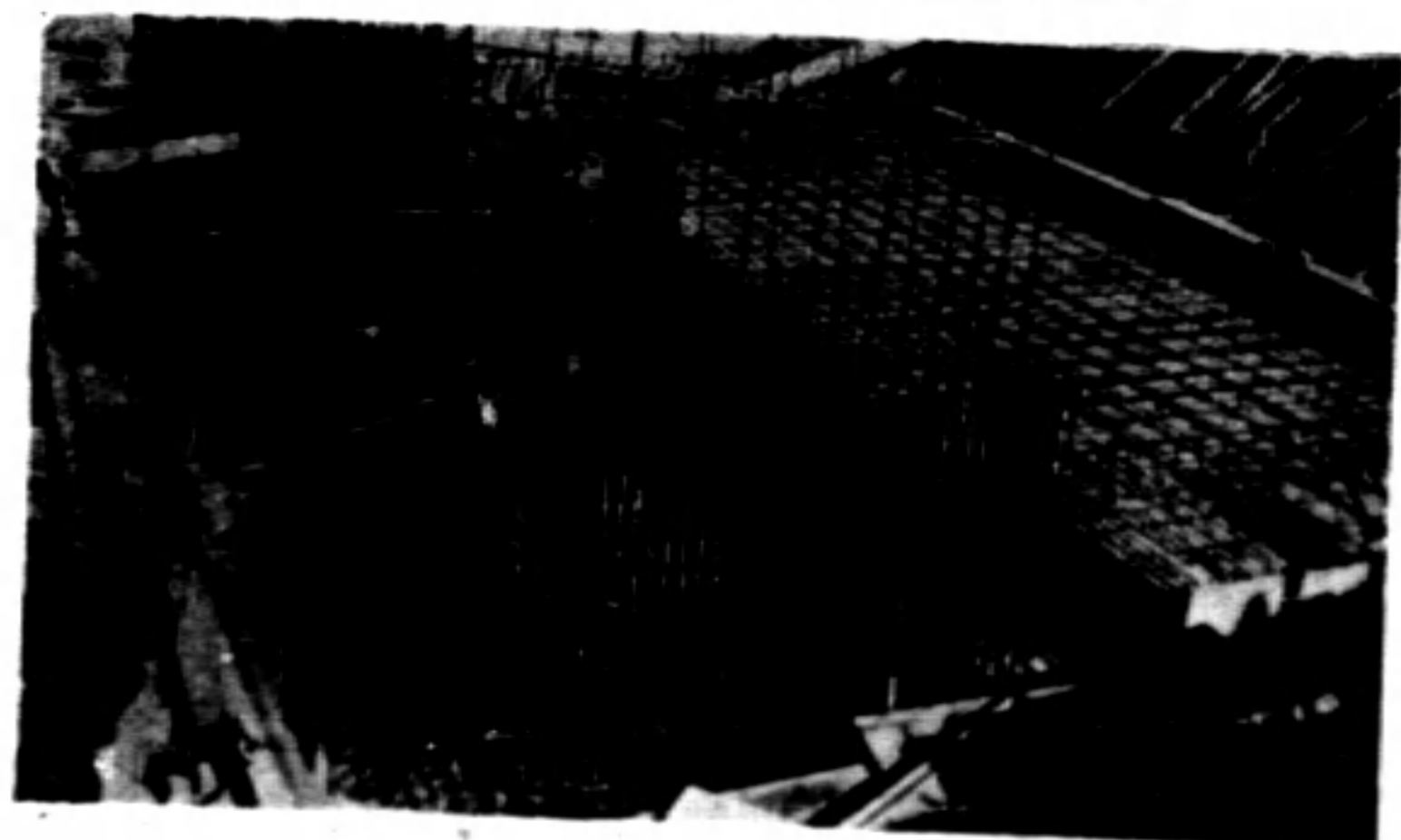
(四)大試驗廳西北面及廳外試驗地面



(五)存沙室及洗沙處



(六)儲水池之樁基

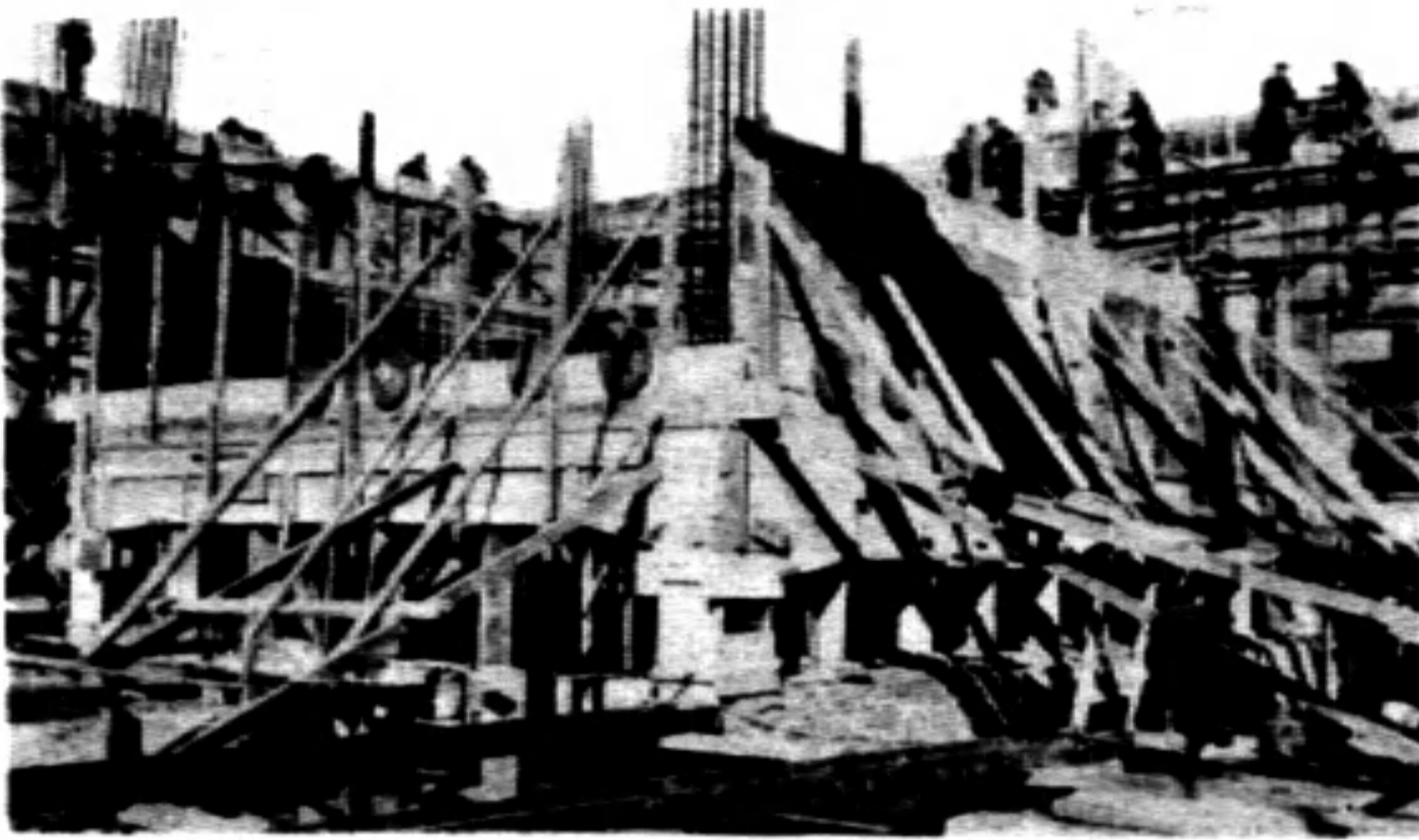


(七)儲水池之鋼筋



(八)混凝土搗築完就後之儲水池

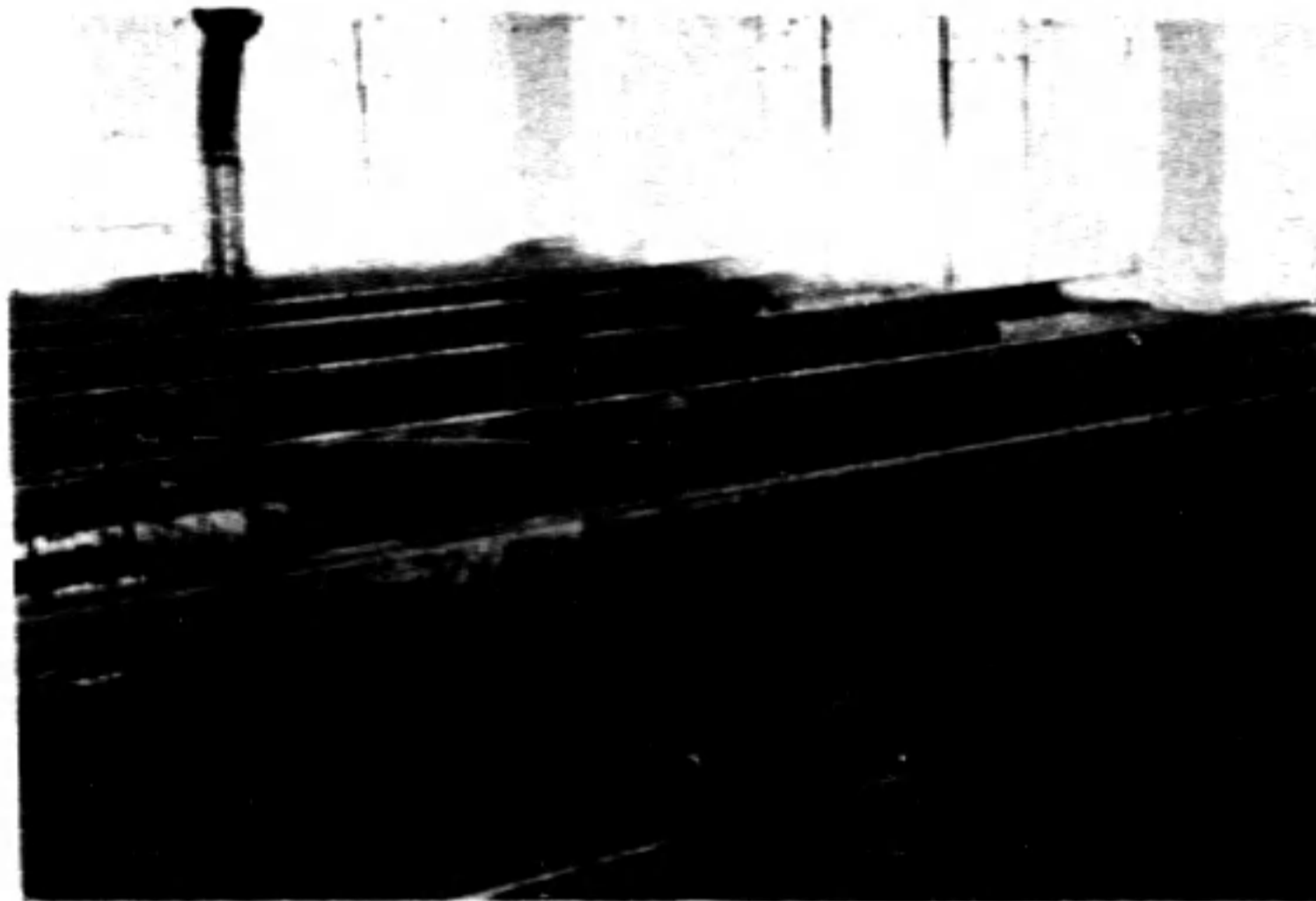




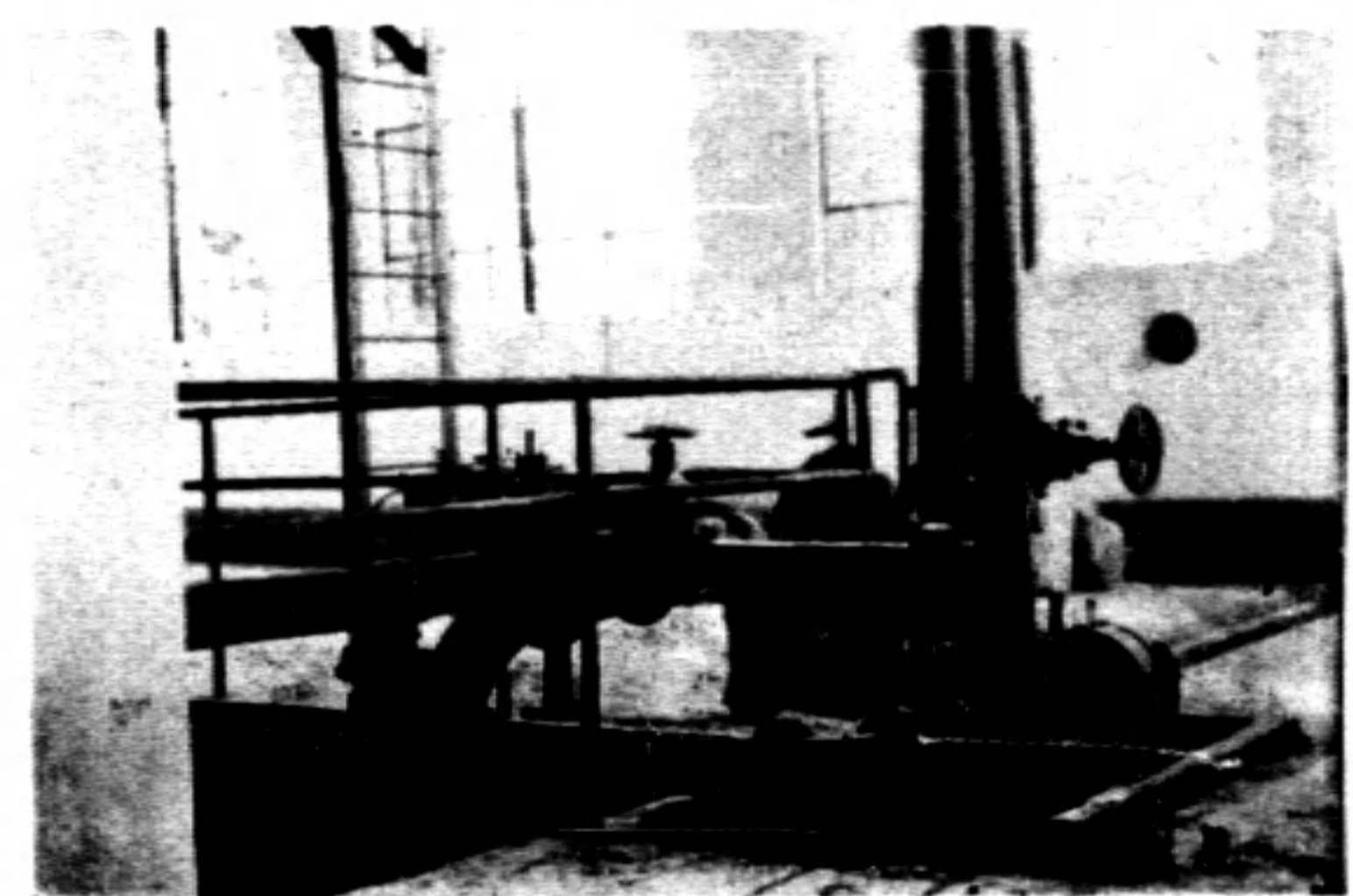
(九)低水箱安置鋼筋及木模之情形



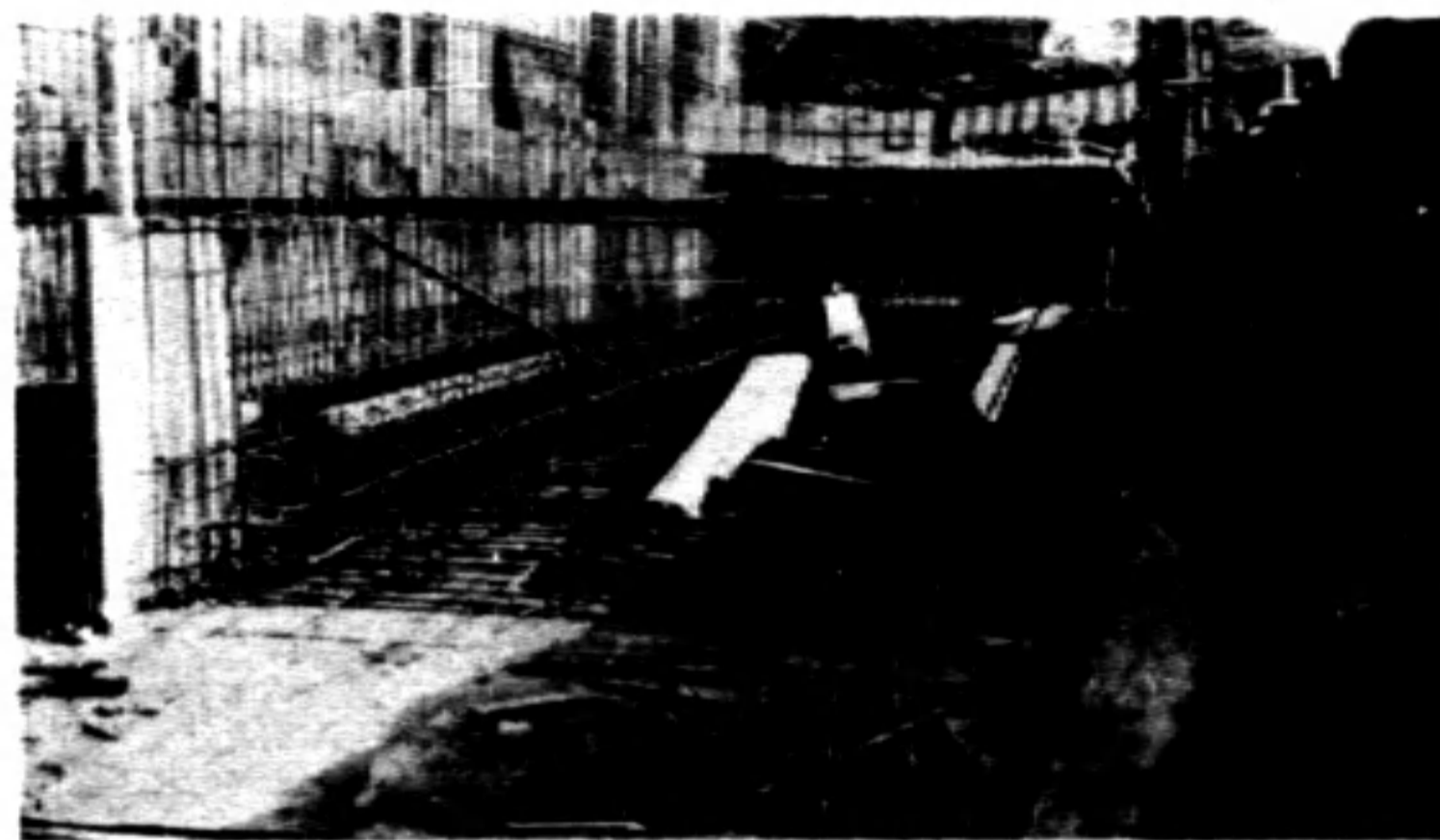
(十)低水箱及高水箱搗築完成後之情形



(十一)低水箱內之溢水槽



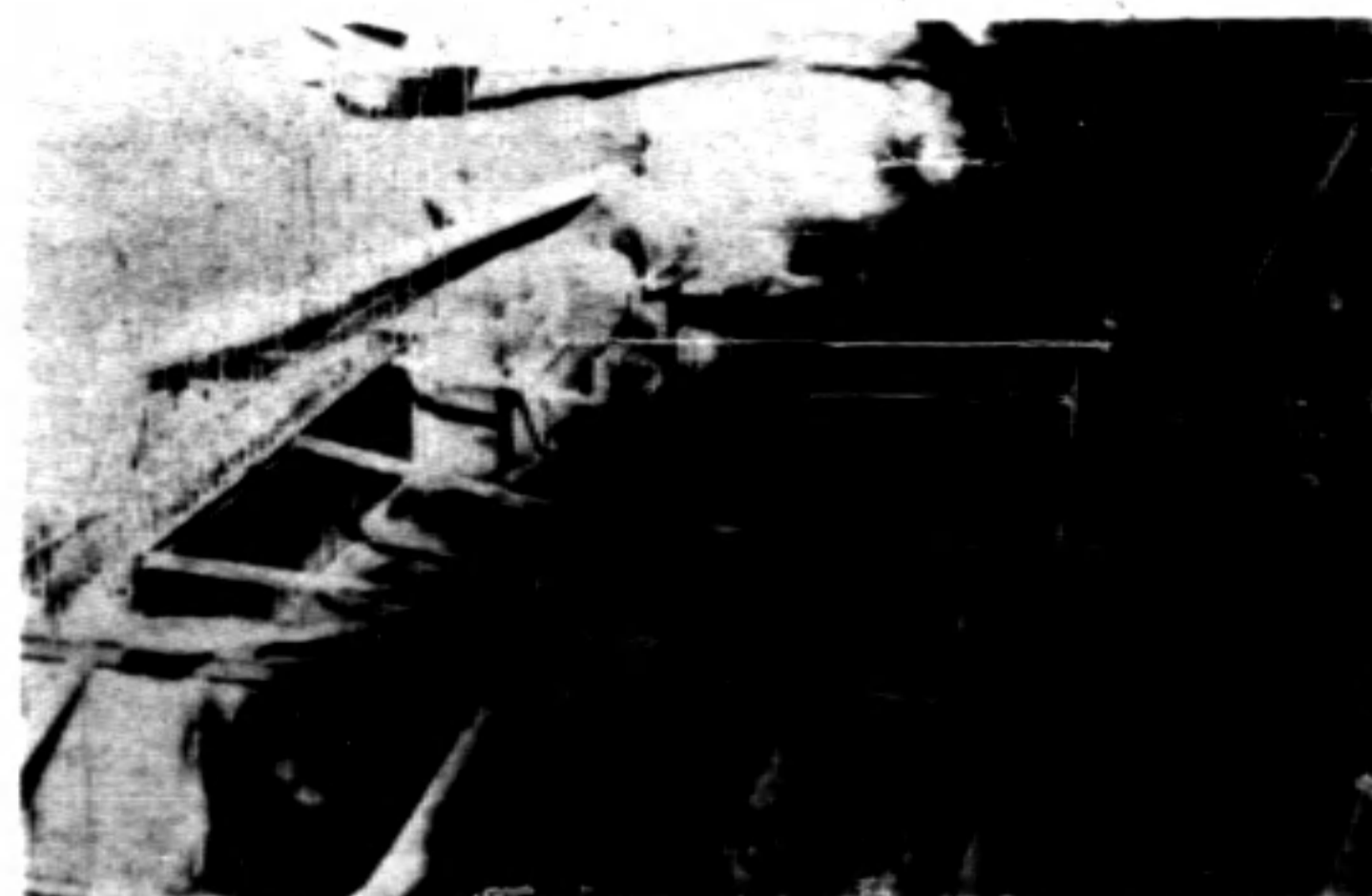
(十二) 抽 水 機



(十三)大試驗渠之南端



(十四)大試驗廳外之大試驗渠及引水管



(十五)建築中之觀察處



(十六)北部試驗地面之黃土試驗回水渠



處，則設臨時木板牆，可以拆除。

試驗地面所需長度，在各試驗所，以經濟力與地面之限制，各不相同，以試驗範圍，流速儀器校正渠及河流試驗所需長度為衡。校正流速儀器，須用校正車，於渠緣設軌，車行軌上，以電力引繩導之。渠之長度，須以車應有之速度而定，不得短於35公尺，100公尺之長度，可稱優裕。河流模型固宜於長，然以經驗論，亦不需過長。已往河流試驗渠之最長者，如阿朋那黑之黃河試驗渠為100公尺。本所於初步工程完成後，若利用廳內及南部廳外試驗地面，可得長100公尺之試驗地面。必要時可由北部廳外試驗地面尾端起，作曲形河流模型，穿大試驗廳，達南部廳外試驗地面之尾端，則可獲一百三十餘公尺長之河渠（參閱圖四）。

#### （丙）辦公室

本所在初步工程時期內，暫假工業學院在試驗所附近之空屋多間，以作辦公室，土質試驗室等等之用。將來擬築之辦公樓，位於大試驗廳之南端，佔地面約500平方公尺。樓下為土質試驗室，土質試驗工程師室，客廳及會議室，圖書室，暗室以及門房，盥洗室，及廁所等。樓上為董事及所長室，繪圖室，設計室，辦事室，會計室，及廁所，盥洗室等。大門設於靠黃緯路之一面。該樓與將來長130公尺之大試驗廳直接連通，並於試驗廳設走廊，樓上靠試驗廳一邊亦設走廊，以便觀望廳內試驗工作。

#### （丁）存沙室，洗沙處及工匠室

存沙室及洗沙處位於全所之南端（參觀初步工程平面圖及照片五）。因其侵佔辦公樓之地基，將來第二期工程實現時，勢須拆移，故其設備從簡。工匠室等擬於第二期工程時建築之。

試驗廳與院舍間之地帶，寬約4公尺為運料路，與黃緯路相通連。大門位置與全部計劃所規定者相同。



## (四) 試驗基本設備

### (甲) 清水試驗基本設備

**水之供給** 本試驗所需用之水,由市內自來水供給之,引水管由黃緯路總自來水管通入儲水池,設有量水表及開關閥。大試驗廳靠院舍之一邊及廳外試驗地面旁均埋自來水管,每隔相當距離設放水管,以爲臨時取水及清理池渠與試驗廳之用。

**儲水池** 試驗時用循環流水式,其基本設備爲儲水池,在大試驗廳之北端,以鋼筋混凝土製成,成長方形,長12公尺,寬10公尺,深入廳內地面3.4公尺,可容水量390立方公尺(池緣與地面同高)。在設抽水機吸水管之一邊,池底較原底深1.0公尺,使吸水管口深於原池底,而池內最低水之深度,可小於0.2公尺。

照片(六)至(八),示儲水池在建築時期之情形。

**水箱** 水箱有二,爲低水箱與高水箱,位於儲水池之上。低水箱長12公尺(與儲水池長度相同),寬7公尺,深2公尺,箱內水面距廳內地面3.55公尺。高水箱長10公尺,寬5公尺,深1.6公尺,水面距試驗廳地面8公尺。低水箱與高水箱之上部,均含溢水槽,兩端設溢水箱及溢水管。高水箱之溢水管通入低水箱之溢水箱,低水箱之溢水管,則通入儲水池。抽水機出水管通入各箱處,用鑿細孔之鐵板,與箱之溢水部相隔,使箱內之水平穩。爲求箱內水面固定起見,抽入之水量,須稍多於試驗所用水量,剩餘部分由溢水槽流入溢水箱,經箱底之溢水管,達儲水池。箱內水位務須固定,使試驗時水壓不變。低水箱外設有水位觀察箱,用以觀察箱內水位之變遷。溢水槽之邊緣,須有充裕之長度,庶抽入水量,雖因電力不勻,時有增減,而溢水緣上之溢水高度,仍無顯著之差異。

低水箱,低水箱架與高水箱架,均以鐵筋混凝土製成,高水箱用鋼鐵製成。高水箱架上除安置高水箱外,周圍尚有寬約1公尺之餘地,鋪以木板,周圍設鐵欄杆,可以行人,以便修理水箱及安置



水管,並有鐵梯以便上下。

照片(九)示低水箱安置鋼筋及木模之情形,照片(十)示低水箱及高水箱架建築完竣後之形式,照片內鋼製高水箱正在安置期間。

照片(十一)示低水箱內之溢水槽。

回水渠 大試驗廳與原小試驗廳地面各設清水回水渠一,通入儲水池內,大試驗廳回水渠位於廳之中部,寬 1.2 公尺。渠內水深,根據最大流量每秒 2 立方公尺,為 0.8 公尺;為安置試驗引水管起見,使渠深入地面 1.5 公尺,其首端在南部廳外試驗地面之南端與大試驗渠之灣部相通連,並於此處設臨時木板牆,互相分隔,由此直通儲水池。此回水渠並有支渠三道,與總渠成直角形,切面與總渠相同。其中二道通連黃土試驗回水渠(位於廳內靠院舍之一邊),兩端均設臨時木板隔牆。由模型流出之水,可導入清水試驗總回水渠,亦可導入黃土試驗回水渠,故清水與黃土試驗,均可利用之。其第三道通入黃土試驗沉澱池,亦有臨時木板牆,與沉澱池相分隔。西北部廳外試驗地面之清水回水渠,寬 1 公尺,深 1 公尺,位於靠七經路之一邊,一端通入儲水池,他端在試驗地面之尾端作直角形之灣折,通入靠院舍一邊之黃土試驗回水渠。灣折部亦有臨時木板隔牆。各回水渠上均鋪厚木板,使試驗時亦可利用回水渠之地面安置模型。回水渠均以鋼筋混凝土築成。(照片十六)

沉澱池 作普通沙土河流試驗等,無特設沉澱池之需要,可於各試驗模型末端設臨時沉澱段或沉澱箱。柏林及哈諾惟水工試驗所均取此法,且收取沉澱沙量較易。本試驗所大試驗廳內南端(現廳外試驗地面)特設黃土沉澱池,於需要時亦可利用之以作普通沉澱池(作大規模沙土河流試驗等)。試驗時將水由大試驗渠灣折部導入黃土試驗沉澱池,由此仍經清水試驗或黃土試驗回水渠流入儲水池。



**抽水機** 抽水機位於儲水池旁北邊靠牆處，其地面寬 5 公尺，長約 10—14 公尺。抽水機用本市電力發動，因試驗所需水量各異，時多時少，故宜設置多數能力不等之抽水機，使所抽水量與所用者相稱。本試驗所最大之試驗水量定為每秒 2 立方公尺，擬設抽水機七架，其抽水量為 500, 500, 350, 300, 200, 100 及 50 公升秒。此項抽水機將試驗用水由儲水池輸入低水箱，其中除抽水量為 500 公升秒之二架外，亦通達高水箱，故由高水箱所出之試驗水量每秒可達 800 公升以上。若需水多於此數，則可將 500 公升之抽水機亦通入高水箱內。試驗時視需水之情勢以引導之。抽送高度由儲水池最低水位至低水箱為 6.7 公尺，至高水箱為 11.2 公尺。

抽水機擬分期安設之。導淮委員會捐助本所之抽水機五架，計抽水總量可達 750 公升秒。在該貨尙未抵津以前，為即速開始試驗工作起見，另向津市各洋行購得抽水機兩架，現已安置完就（照片十二），計可抽水量共 150 公升秒。

本所設置之抽水機如下表：

號 數	抽水量每秒	抽送總高	每分鐘轉數	需要馬力	電滾馬力	效 率	備 考
	公 升	公 尺					
1	500						將來安置
2	500						將來安置
3	350						將來安置
4	300	15	960	71	80	83	導淮會 由英國購
5	200	15	1450	50	58	78	導淮會 由英國購
*6	100	14.3	1450	24	28	78	導淮會 由英國購
*7	100	14.3	1450	24	28	78	導淮會 由英國購
8	100		1420	22	31.5	80	已安置妥就
*9	50	14.6	1450	12	15	80	導淮會 由英國購
10	50		1420	13.6	15	80	已安置妥就

\* 6 號 7 號與 9 號抽水機，將來擬用於黃土河流試驗。



水之循環 試驗時抽水機將水由儲水池抽入低水箱或高水箱,水由各箱牆下部多數水管流入各試驗渠或模型之量水部,再由此流入試驗部。水離模型後導入回水渠,由回水渠仍回儲水池,如此循環不已。

水之排洩 儲水池旁特設一小抽水機,每隔相當時期(約數月),待試驗水渾濁後,可將全部試驗水量,用此抽水機抽入街內洩水溝,以便將儲水池,水箱回水渠等等清理一次。各水箱內之水,可由一底管洩入儲水池。現已安置每秒抽五十公升之抽水機,除試驗時需用以外,亦可兼作洩水之用。

大試驗渠 大試驗渠位於大試驗廳內靠黃緯路之一邊,以鐵筋混凝土製成,長一百餘公尺,寬二公尺,深一.五公尺,渠緣與地面同高(照片十三與十四)。北端通入儲水池內,南端(伸出廳外)含有灣折部,與清水試驗回水渠及黃土試驗儲水池及沉澱池相通連。試驗廳牆與渠間地帶,安置90公分直徑之引水鋼管,由低水箱下部直達大試驗渠之南端。水由低水箱,經此管,流入大試驗渠內,又由渠仍流回儲水池,為全試驗所需用水量最多之試驗設備,用以作各種流水,及模型試驗。渠之中部設觀察處(照片十五),備有渠旁及渠底之玻璃窗,用以觀察流水之情況。

引水管南端,在近入渠部處,設測驗流量管及閥,以規定及操縱入渠水量。引水管入渠部以鋼筋混凝土製成箱式,寬1.3公尺,深1.85公尺,長11公尺,有鋼製推門二,其一通大試驗渠,其一通大試驗渠灣折部。在大試驗渠入灣折部處,設臨時木板隔牆。

除將水由引水管導入大試驗渠內,作各種清水試驗外,若將入渠部之二門及大試驗渠入儲水池處之木板牆封閉,同時將入灣折部之木板牆除去,則可利用大試驗渠作各種沙土,石粒之沖淤試驗。試驗時將水由低水箱直接引入大試驗渠(可於引水管之首端特設支管,或由低水箱玻璃渠開口處引入大試驗渠),經黃土儲水及沉澱池,流入回水渠而歸大儲水池。又作此種試驗時,可將



黃土儲水池及沉澱池間之木牆拆除，利用全部作沉澱池。試驗時，視水量之多寡，或須同時利用清水試驗及黃土試驗回水渠。若試驗需水為每秒 2 立方公尺，則二回水渠內之水深約為 0.47 公尺。試驗以前，將大試驗渠灣折部分入黃土儲水池之推門封閉，使儲水深度在回水渠以內為 0.47 公尺。放水後，待水流至推門處時，黃土儲水池之水面已降落至與回水渠底同高之地位，可將推門依試驗渠所需之水深推開至相當程度。試驗完成後，大試驗渠餘水深度當小於 0.47 公尺。在需要時，可將推門封閉，用一小活動抽水機，將渠內餘水徐徐抽入儲水池內，以便測驗渠內沙土等等沖淤之情況。

大試驗渠邊緣上設置鐵軌，上置校正車，以電力拉引鋼繩開動。發動機置於渠之南端，用以校正各種流速儀器。此項設備，在我國特為需要。利用校正車校正流速儀器時，渠內之水須為不動者，故須將渠兩端木板牆封閉，使渠內水面不受儲水池水面降落之影響。

### (乙) 黃土水流試驗基本設備

普通河流多含沙土與石粒，其移動與沖淤性質，與黃土不同。前者各方面試驗河流僅取用沙土或各種代替沙土之物質，以黃土作試驗，未之有也。惟著者在德國哈諾惟水工試驗所實習，曾作黃土沉淤試驗，但七閱月中，作黃土試驗，僅二月而已。為時既短，土料又少，範圍與成效，自極有限。然該項黃土試驗，竟引起若干學者之注意，均認此種問題之新異與繁複，頗有確實研究與長期試驗之需要。

著者當時作黃土試驗之重要目的，在視該項試驗究竟可能與否。我國北部河流問題，以含有黃土者為最繁難，若不能以黃土作試驗，殊為可惜。方修斯教授 (Franzius) 與余談論及此，曾謂黃土試驗恐難收效，因其在試驗渠內，或不易於沖淤也。哈諾惟試驗所存有華北水利委員會寄來永定河流域黃土多包，著者乃就其量



之多寡,作一小規模之冲淤試驗,並略驗其成分與顆粒之大小。

據試驗之結果,略得下列各點:

一,黃土試驗成績之優劣,自以模型之大小為衡。若能使試驗渠內之流速,小於每秒0.3公尺,或大於每秒0.4—0.7公尺(在此次試驗時水深20公分),則黃土即有沉淤或冲刷之可能。據恩格思教授黃河試驗之最大水量,約為每秒200公升,最大流速每秒約為0.5—0.8公尺,亦知黃土試驗為可能之事實。至於他種問題,如槽底發現波紋,據方氏談,無大妨礙,或亦可消除之。

二,取用普通黃土塊摻水成泥,以作河槽,較之由淤積而得者,不易於冲刷。故作黃土試驗,宜取用經淤積而成之黃土。

三,黃土試驗之結果,只為定性而非定量。欲使試驗結果有定量的移用之可能,則尚待研究。

試驗黃土河流,能得一定性之結果,則已具相當之價值,即如前所述,在能於模型之內,作互相比較之研究,而獲一最適合之結果。

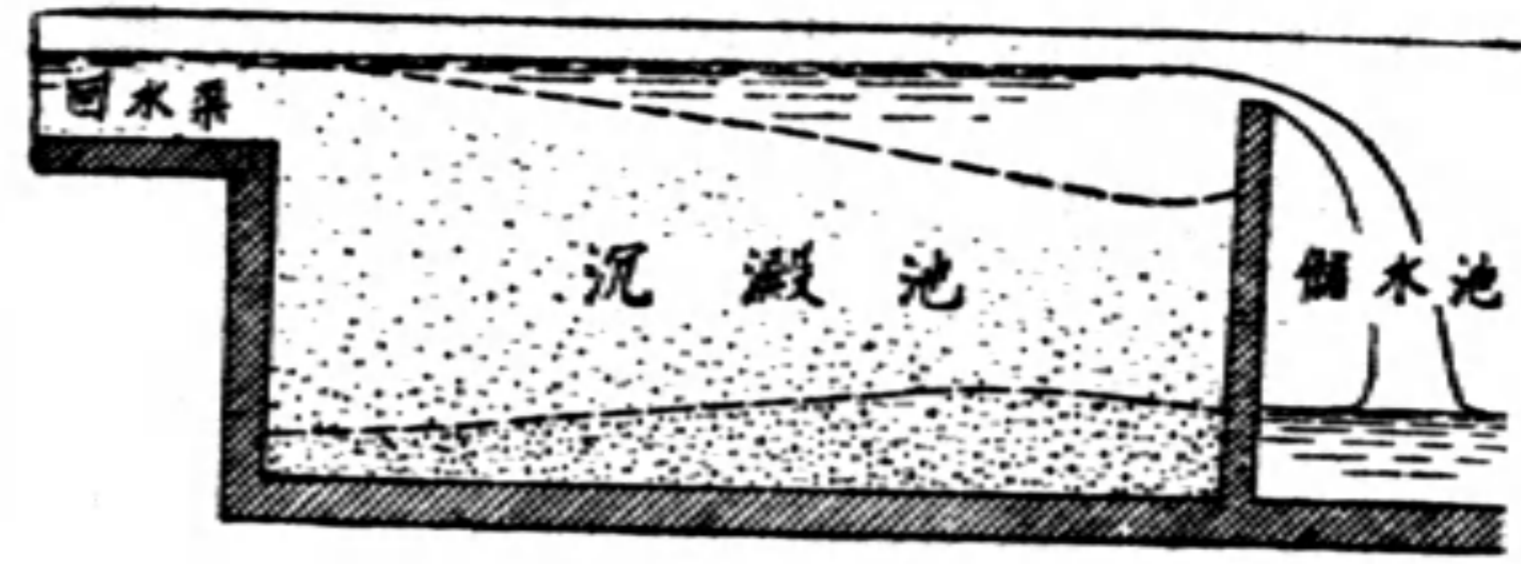
四,作黃土流水試驗,不可使黃水與其他清水混合,須特設水池,水箱及沉澱池等等。

本所關於黃土河流試驗特設儲水池,沉澱池與水箱,位於大試驗廳內南端靠院舍之一邊(現南部廳外試驗地面),並特設黃土試驗回水渠。儲水池與沉澱池為一整個長方形之大池,中部以活動木板牆分隔之,上部成滾水堰。儲水池與大試驗渠之灣折部相通連。沉澱池與黃土試驗回水渠及清水試驗回水渠相通連,惟於清水試驗回水渠支渠入池處設臨時木板隔牆,使作黃土試驗時混水不致流入清水回水渠內。黃土試驗回水渠在靠院舍之一邊,由沉澱池起,穿大試驗廳至北部廳外試驗之尾端止(照片十六為北部廳外試驗地面回水渠正在建築之情形)。

大試驗渠入黃土儲水池處設活動鋼閘門,使黃土儲水池儲滿水時,不至流入大試驗渠內。



水箱位於儲水池之上，池旁安置抽水機，將水由儲水池抽入水箱。水由水箱下部之水管達試驗模型渠，由模型渠經黃土回水渠，流入沉澱池。已沉



黃 土 沉 澱 圖

澱過之水，經滾水堰，仍入儲水池。儲水池與沉澱池上設有橫樑，鋪以厚木板，可安置模型，以節省地面。沉澱池之大小極難預先規定，蓋吾人對於黃土沉澱之情況尚乏研究與經驗也。為求精確及經濟起見，黃土試驗儲水池與沉澱池等在本所初步工程暫不建設。擬先作沉澱試驗，再行規定之。

試驗黃土河流之最大水量定為每秒 250 公升，可以此值推算沉澱池內之流速。若沉澱池寬 6 公尺，水深 3 公尺，則其流速為每秒 0.014 公尺。池內淤高 1 公尺後，水深為 2 公尺，則流速為每秒 0.021 公尺，黃土自有沉澱之機會，但其沉澱之速度則尚未可知。

欲使出池之水全清，乃事實上不可達到之境。試驗黃土，亦不必使入試驗渠之水為全清。只須其含土極微，能使入模型之水有一小而較確實之含泥量，已為滿足。著者在德試驗黃土時，因缺少沉澱池，入渠之水，含泥量極多，而數量亦極不均，不能作多項有價值之試驗，可知沉澱池為黃土試驗不可缺少之設備。

黃土流水試驗需水較多時，為求設備經濟起見（抽水機等），可停止清水試驗利用清水試驗設備，由低水箱或高水箱將水送入模型內。水出模型後，先導入黃土沉澱池，使其沉澱後，經回水渠流入儲水池，在大試驗渠內以可作各種黃土水流試驗（沖淤試驗等等）。

黃土試驗尚在創始之時期，德國水利家均認黃土試驗為亟須研究之問題，其成效之良否，現尚不能推測。但吾人為解決中國北部黃土河流起見，不當忽視黃土試驗之工作。即或黃土試驗之效果不佳，黃土儲水池與沉澱池亦並非無用，且可用作水量校正



池。

## (五) 試驗設備

一切試驗設備及模型,不當固着,務須於最短時間內能移去而復立之,庶在有限之地面,可依各試驗之條件,設立各種不同之模型或河渠,作各種不同之試驗。故一切試驗模型,除大試驗廳玻璃渠外,設備務須從簡,以便拆除。視試驗問題之狀況,而臨時佈置之水利試驗設備,可分兩種,一為低壓力或明流試驗,可取水於低水箱。一為高壓力或閉流試驗,可用高水箱之水,得 8 公尺之水頭。在極需準確之試驗,為求水頭變動之百分數達於極小之程度,亦可取水於高水箱。

試驗渠及模型須含有量水設備,其位置宜在試驗渠或模型之首端。

量水設備在管內者為測驗流量管(Venturi-messer)。通常明流試驗則取用量水堰,有時亦用達納易德 (Danaide) 量水器。量水堰視用水之多寡,有為三角形者,圓形者,及方形者。

雷伯克 (Rehbock) 氏對於量水堰曾有極精細之試驗,求出水量公式。若依該氏之堰式製造量水堰,則無需校正水量之必要,只須利用其公式可矣。故多數試驗所不特設量水校正池。

本所之黃土試驗儲水池,可臨時用以作為水量校正池,用以確定量水設備之水量「校正線」,以及研究各種水壩與水量關係之用。池旁特設安置水位管處,以觀察池內水面之高度。

## (六) 初步試驗計劃大綱

### (甲) 總論

黃土河流試驗包括一切含黃土之河流,非僅指黃河而言也。因其性質相同。故導治方針亦大體相似。我國河流之一大部流徑黃土區域,其所含重質及槽岸結構多為黃土成分,成為世界河流



中之特殊者。自有歷史以來，黃土河流之治導，即為我國最重要之問題。其關係民生之鉅，人所共知，毋待贅述。

黃土河流之為災，較世界任一河流為鉅大，次數為較多。歷代水利專家之經營與研究，均以治黃為中心，其所貢獻亦不為少，然黃土河流問題，終未達到解決之地步。

近代各國水利專家，皆感黃土河流問題之新異，努力研究。對於黃河之治導，先有弗理曼 (Freeman) 之主義，後有恩格思及方修斯之方針，而恩方兩氏更以試驗之法作深切之研究，以證其計劃之適合與否。此項試驗工作，先由恩氏在阿朋那赫試驗所舉行，同時方修斯氏亦在哈諾惟進行試驗工作。

據恩格思對於試驗結果之報告，謂黃河下游治本方針，以固定河槽之方法為最適宜，治黃問題似已解決矣。然吾以為尚未達斯程度，其理由如下：

第一：黃河問題，至關重要，外人之研究，現雖已告一段落，然在我國方面，應作一最後之試驗，一證其是否確實無誤。

第二：昔者我國無試驗所之設立，只得委託試驗工作於外人，用費極昂，時間亦極有限，對於各項問題，未能作一徹底之研究。今中國第一水工試驗所已告成立，對於此項問題應負專心研究與試驗之責任，俾由此項試驗使本國水利界及研究黃河者，對於治黃問題，得一深切之認識，並發展我國學術研究之能力。

第三：黃河問題之範圍至大，治本大綱雖定，然各部工程，枝節繁多，應作久期之試驗，始可獲一具體之方針。

黃土河流之治導工作，與關於其他河流者，在理論上固屬相同，然方法與形式則有差異。其主要原因，在黃土在水內之性質，與普通沙石不同。在普通河流內，沙石因質量較重，多移動於槽底。其在黃土河流，則黃土之大部漂浮於水中，故重質之移動，顯然與其他河流異。計算黃土河流之流量，有根據普通所用之流速公式者。若詳加思慮，則覺此項流速公式，或不適於黃土河流，因水內含有



浮土重量,及水與水所發生之摩擦,與普通河流不同也。普通河流內發現冲淤,黃土河流內亦然,然其冲淤之情形,程度,速度等等,則顯然不同。如此,則黃水之攜帶力自與他種河流異。由冲淤情形,及攜帶力之各異,足以證黃土河流內一切工程之形式,尺寸,範圍,不能與別種河流者同等看待。例如丁壩為普通治河之重要工程,其目的,在束窄河身及壩田之淤積,在黃土河流內亦屬適用,然以冲淤情形不同之關係,則各壩之距離不當以適用於普通河流者作規律。凡此種種,皆於經濟及成效方面關係至重。

治理河流,無論採用何法,其重要目的,在重質移動之均衡,即冲淤相抵:當冲之處須使其冲,當淤之處須求其淤,低水時須求水之能力增加,高水時亦須防止過度之冲深,始可希全流達於一平衡與固定之狀態。由此可知:對於水與黃土間之一切關係,不可不詳加研究,深切認識。對於規定河槽切面之形式與大小,坡度與流速之限界,極關重要。

本所以黃土河流問題之廣大情勢之重要,勢應早日解決,故以黃土河流試驗作為初步主要之研究工作,深望各方加以指導與扶助。

在試驗未開始以前,草擬「黃土河流試驗大綱」,實感困難。其主要原因有二:

(一) 試驗黃土河流,自以取用黃土作河槽模型,及重質為最適宜。但已往一切河流試驗,均以顆粒分配適合之沙土或代替沙土之質料,如煤屑等等,作冲淤質,若以黃土作試驗,在理想上困難與阻礙點殊多,其適用與否,尚在未解決之時期。著者以本問題關係之重要,曾在哈諾惟試驗所作小規模之黃土冲淤試驗證明:若使試驗渠內之速度  $< 0.3$  公尺或  $> 0.4 - 0.7$  公尺 / 秒,則黃土即有沉澱或冲刷之可能。如此,則黃土試驗或尚為可能之事實。其他問題,如沙紋之發限等,尚待研究。試驗之初,擬先以解決此項問題為前提。若黃土不適於試驗,則仍須研究代替黃土最適合之冲淤



質料。

(二) 多項問題,在試驗時臨時發生,不可預料。故須由試驗求得新經驗,作逐步之研究,而一切模型組織及試驗步驟,不能預先決對固定。

### (乙) 黃土河流試驗大綱(參觀圖四)

黃土河流試驗分爲二部:

- A. 預備試驗:(1) 河流預備試驗,其目的在研究黃土試驗之可能與否。在萬一不可能之情勢下,則研究與黃土性質相近似而可用以代替黃土之試驗質料。
- (2) 試驗黃土沉澱情形,用以規劃黃土試驗之基本設備。
- B. 正式試驗:(1) 試驗黃土與流水之一切關係,
- (2) 水庫沉澱試驗,
- (3) 試驗黃土河流治本方針,
- (4) 黃土河流局部工程,
- (5) 官廳攔水壩試驗。

茲分述之:

- A. 預備試驗:(1) 河流預備試驗 此項試驗爲著者在德時所作黃土試驗之繼續工作,設一小規模之黃土河流(如圖四),藉試驗以規定模型比降,並視渠內之冲淤及其他之現象,以研究利用黃土作試驗之可能與否。

河渠之長度定爲 20 公尺,寬度定爲 2.5 公尺,比降假定爲 1:800。

高水時河槽內平均深度  $t_m = \frac{2}{3}t_{max} = \frac{2}{3} \times 0.3 = 0.2$  公尺

高水時河槽內平均流速  $V_m = \sim 0.7$  公尺/秒

高水時灘地內平均流速  $V_m < 0.35$  公尺/秒



低水時槽內平均深度  $V_m < 0.35$  公尺 / 秒

根據著者在德試驗結果,則高水時之流速,可以冲刷槽底之黃土,同時灘地上亦有淤積之可能,在低水時槽內亦可發現淤積。

水量:河槽內高水平均深度  $t_m = 0.2$  公尺

河槽面積  $f = 0.12$  平方公尺

水量  $q = 0.7 \times 0.12 = 0.084$

立方公尺 / 秒

兩旁灘地深度  $t = 0.05$  公尺

面積  $f = 0.095$  平方公尺

水量  $q = 0.3 \times 0.095 = 0.0285$

立方公尺 / 秒

全槽高水量  $0.084 + 0.0285 = 0.1125$

立方公尺 / 秒 = 112.5

公升 / 秒

河渠邊牆以磚製,量水壩部則以鐵製。渠帶灣曲,內舖洋鐵片或油毡,使不漏水。

試驗水由低水箱導入渠內,出渠之水導入大試驗渠內他端,視流水入渠之位置,設隔牆。渠之入儲水池處設一高堰,使水經堰流入儲水池內,使大試驗渠成爲黃土沉澱池。水在大試驗渠內之速度:  $v = q / f = \frac{0.112}{2.6} = 0.043$  公尺 / 秒。

試驗時除考察在各種水位時河床冲淤及流水等情形外,並注意大試驗渠內黃土沉澱情形及入儲水池水內之含泥量,用以作黃土沉澱之研究。除黃土以外,並利用沙土等作相同之試驗,以察其區別。

(2) 黃土沉澱試驗 試驗目的:設黃土沉澱池及儲



水池,使黃土試驗用水與清水試驗者互相分隔。因關於黃土沉澱情況,前此尙無確實之研究,故設計沉澱池不能得適宜之長度與深度,現擬利用試驗之法,以解決此項問題,此即黃土沉澱試驗之意義也。

沉澱池與儲水池之容量,以黃土試驗之水量與沉澱量爲根據。經詳細計算,得黃土沉澱池之長度爲20公尺,寬度6公尺,深度3公尺。此項尺寸全由理想而得,在實地上因渠內沖淤與模型水內含泥量之差異或有不同之點,須藉河流預備試驗及黃土沉澱試驗解決之。

模型:模型沉澱池長度先定爲15公尺,但可任意延長或改短,寬度定爲6.0公尺,深度爲3.0公尺。

黃土河流試驗所需水量,根據本所河流模型在可能範圍內之最大尺寸規定爲250公升/秒,即0.25立方公尺/秒。

在沉澱池內之流水速度爲  $v = \frac{Q}{F} = \frac{0.25}{18}$   
=0.014公尺/秒。

模型以木製,一邊於相當地位設狹玻璃窗,以觀察黃土沉澱之情形。

試驗水量由高水箱引入渠內,渠首有入水部及量水堰,渠尾有出池堰,使渠內水深永爲3公尺。水出堰後導入大試驗渠內,同時大試驗渠亦可利用之爲沉澱池。

主要試驗:(a)用各種不同之水量及相同之含泥百分量作各種試驗,求最大容許流速,以出池含泥量之限制而定之。



(b)用所限制之最大流量及相同之含泥量,視黃土沉澱與水深之關係。

B.正式試驗:(1)含泥流水試驗(黃土與流水之關係)。本試驗於黃土試驗基本設備(沉澱池)完成後舉行之,因需用水量與土質較多,不能利用大試驗渠作沉澱池也。

模型:本試驗在含有玻璃窗之渠內舉行之。渠長20公尺,寬0.6公尺,渠內水深以1.5公尺為限。全渠以鐵製成。渠之首端為入渠部,水由低水箱導入該部內,經量水堰,流入試驗渠。渠之尾端含針壩,用以操縱渠內流速及水位。水經針壩流入回水渠,由回水渠入沉澱池及儲水池。渠內最大流速定為1.5公尺/秒,由此值得最大水量為

$$Q = v \cdot F = 1.5 \times 0.6 \times 1.5 = 1.35 \text{ 立方公尺/秒。}$$

若能增加本所初步規定之水量,則渠內流速仍可增高。

#### 試驗問題

(1)清水試驗試驗在各種水位及流量時之流速垂直分配線。

試驗針壩開口在各種水位時與流速及水量之關係。

(2)水位固定(1.5公尺),含泥量固定,使流速變易:觀察渠底沖淤及重質移動之情形。入渠含泥量為已知之固定數,測驗出渠口之含泥量,同時於試驗前後測量渠底形式高度等等,並研究黃土在水內之動作情形。

(3)水位固定(1.5公尺),流速固定,使含泥



量變易:觀察渠底沖淤及重質移動之情形,作對於各種流速之試驗。

(4) 流速固定,含泥量固定,水位變易:觀察渠底沖淤及重質移動之情形,作各種流速之該項試驗。

(5) 含泥量固定,水量漸次增加或減少:觀察渠底變遷及重質移動之情勢。

(6) 利用他種土質作相同之試驗:由以上各項試驗研究黃土及其他土質在流水內一切情形,繪出各種曲線圖,並研究水之攜帶力等等。

(2) 水庫沉澱試驗:本試驗在研究水庫內黃土沉澱之情形,由試驗所得結果推算在自然界水庫沉澱之程度與狀況。

模型:利用黃土沉澱試驗木渠及含泥流水試驗玻璃渠舉行之。前者在出渠堰之底部開洩水洞,利用該堰作攔水壩。後者則在玻璃渠內特設含滾水堰及底洞之攔水壩。

試驗時觀察在某種流速情勢下庫內土質降落之一切情勢。水庫沉澱情形與水庫深度,寬度,平面圖形及長度等等均有關係。以上二項試驗完成後,可設一含有各種式樣之水庫,以研究該庫內之沉澱情形。模型之大小,須待試驗時臨時規定之。

(3) 黃土河流治本方針試驗

試驗目的:研究黃河已有之治本計劃,對於採用方針作一最後之解決。

(a) 中水槽固定後,灘地淤積之情形,河槽內



在各種水位時之冲淤情形,觀察高水位是否因河床之變遷漸次增高或漸次降落,灘地淤高程度,視能否因河槽固定而獲一整個之河槽。

- (b) 在堤防距離不同之情勢河槽之冲淤情形,及因堤距不同所發生之一切影響,修窄堤是否能使河槽漸次冲深,水位降落。
- (c) 翼堤對於河流之一切影響。
- (d) 分水工程對於河流本身之影響,分水多寡與下游淤積程度之關係,支渠對於河流本身上下之影響。
- (e) 塞去支流以後之影響,例如先築一大模型河槽,內有若干支流,然後加以閉塞等等。

(f) 研究海口之治導法。

模型:本試驗於黃土試驗基本設備完成後實行之。設計模型以所作預備試驗結果為根據,規定比降,流速,深度,務使渠內流水為混流式。河槽在低水時,灘地在高水時,須有淤積之可能。河槽在高水時,須有冲刷之可能。

模型為寬 6 公尺至 7 公尺,長 130 公尺之河流試驗渠,高水最深之處為 0.3 公尺,平均深度約為 0.2 公尺,最大水量為 240 公升/秒(參觀模型佈置圖)。

- (4) 黃土河流局部工程試驗:本試驗在預備試驗小河渠內及上述黃土河流大渠內實行之。除利用黃土作試驗外,並利用他種土質作相似之試驗,以作比較。此項試驗範圍極廣,茲舉其要者略述



之：

(a) 壩與護岸工程：丁壩在直河灣河內對於護岸，維持河身應有之方向（上斜，垂直，下斜），距離與長度，河槽冲刷，壩田淤積，護岸功效等等。

透水壩與實壩在形式，方向上對於淤積功效之比較。

利用壩工護岸，求其最有效者，並與覆蓋護岸工程在經濟，安全，效能各方面比較，研究在灣段及直段內最適宜之護岸工程（透水壩，實壩，覆蓋等等及能抵禦 1, 2, 3, 4, 5, 公尺流速之護岸工程）。

(b) 研究間斷低堤在冲刷槽底與淤積堤內之功效。

(c) 研究翼堤對於護岸，護灘及維持河槽之功效。

(d) 研究各種保護灘地工程。

(e) 研究各種保護槽底，防止往下冲刷工程。

(f) 研究各種助淤工程。

(g) 水流與河槽之關係：研究平直及灣曲河槽中何者易於維持原狀。

研究灣曲河床之任一段對於上游河床是否有破壞之能力與影響，研究一致完成之河床是否能止其本身之淤高，在黃河情形下以何種切面之河床為最妥善，正槽與灘應各寬若干，研究在灣河內及各種水位時河底之變遷，凹凸岸冲淤之情形，二灣交界處冲淤之情形等等。



(5) 官廳攔水壩試驗:此項試驗在研究官廳攔水壩下部關於消滅水浪,防止河底冲刷最適宜之方法。

試驗完結後,由原壩處起將邊牆改窄,使谷邊較狹,將壩之位置移下若干距離,研究窄谷內在各種水位時沉澱及冲淤之情形。

模型:根據官廳攔水壩設計圖,作一 1:50 之模型。水量與流速根據實際情形及模型之大小規定之。壩以混凝土製,邊牆以磚壘成,將水由低水箱導入量水堰內,出堰後流入模型內。水出模型,經臨時沉澱池(特製沉澱箱或回水渠)仍導入儲水池內

(丙) 試驗經費

初步試驗模型費約洋	二萬元
黃土基本設備費約洋	三萬元
總計	五萬元



# 粵漢鐵路南段管理局

## 建築西村機廠計劃

黃子焜

**摘要：**—本篇係報告粵漢路株韶段在南段盡頭廣州西村之機廠。現已訂購機件，全廠約需五百萬元，係借自英國庚款。

本文因著者未到，由李維國先生代為報告。

論文委員會附識

**引言** 粵漢鐵路南段於前清光緒二十七年開始興築，民國五年通車至韶州路為單軌式，長224公里。廿二年春，由株韶段工程局興工展築，自韶州起至樂昌，至廿三年二月完成，長50公里。由樂昌至株州工程，現在努力進行中，約計廿五年內完成。全線通車時，幹線共長1,090公里。查南段於開始建築時，因經濟所限，而又急於通車。故各廠建築及設備，均極簡陋，祇能應臨時修理之需。延至今日，廠房腐壞，機械陳舊，維持現狀，已感困難，通車後，勢難應付。為謀補救之法，惟有另擇適宜地點，建築新機廠，購置新式機械，否則車輛修理遲滯，難以維持運務，收入必蒙莫大之影響。南段局有見及此，故有建築西村機廠之舉。

**機廠籌備經過** 民國廿二年四月間，鐵道部為完成粵漢鐵路全線起見，所有關於技術各項問題，曾召集工務司及鐵道技術標準審訂委員會湘鄂株韶及南段各鐵路局技術人員，在部開會討論各項技術問題。其中關於總機廠設立地址一案，議決，設在粵



漢中心，但湘鄂之徐家棚廠及南段之黃沙廠，酌量擴充，以應機車車輛小修之用，嗣於廿三年九月，三段路局在漢口會議時，決定在衡州購地一千三百餘畝，為將來建立粵漢總機廠之用。此為粵漢路關於機廠問題議決之經過也。

黃沙機廠設立於車站之旁，廠屋狹小，機械陳舊，將來全線通車後，修理機車車輛，必極感困難，且該廠址，又勢須拆遷讓出地方，為擴充終點車站之用，則黃沙機廠，不但無可擴充，且不能存在，而南段終點又萬不能無機廠設立，以應修理機車車輛之需，故惟有另擇適宜地點，從新建立而已，此西村機廠之所以決定也。

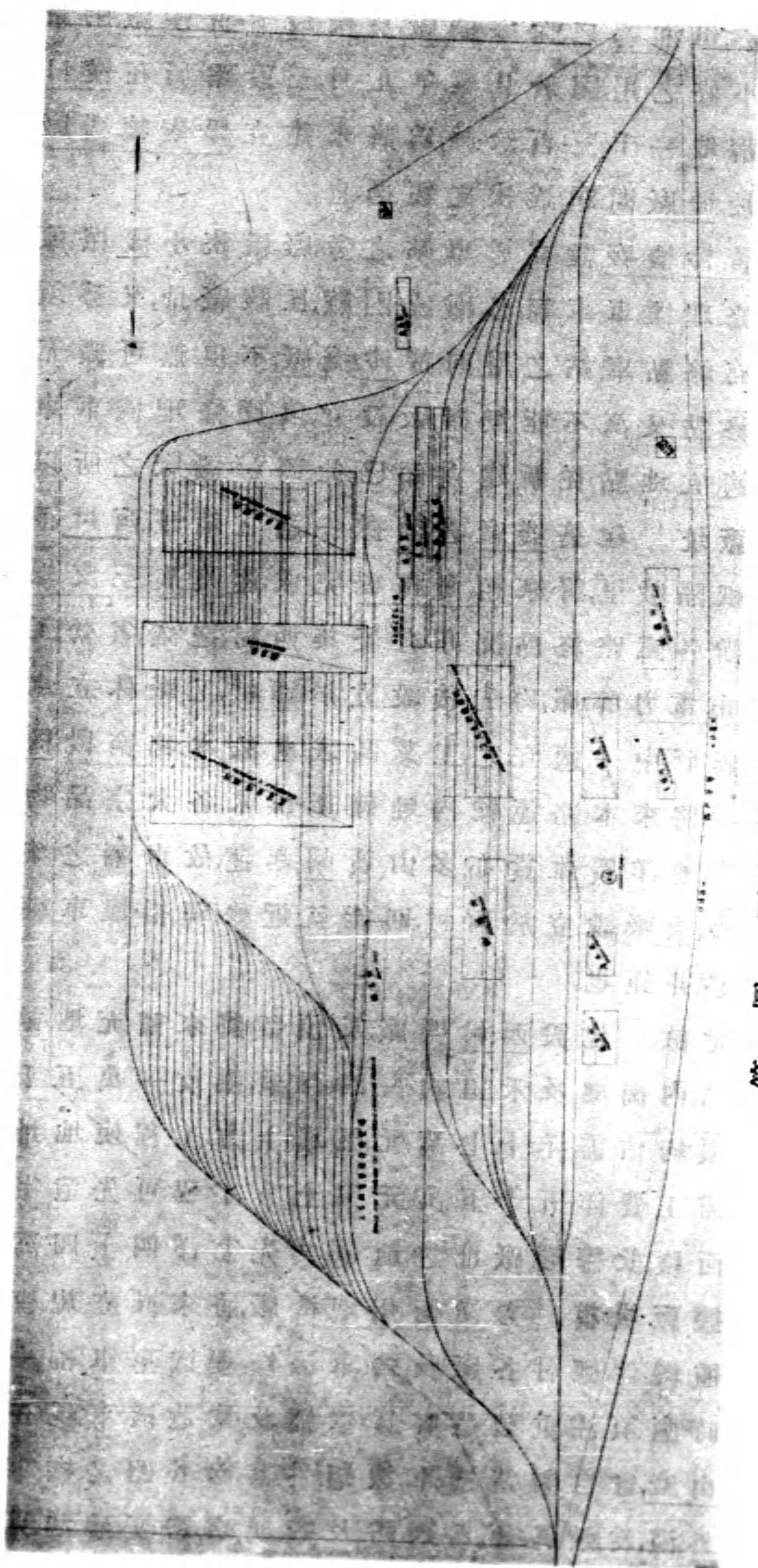
**廠址** 建築機廠，必須擇一適宜地址。西村距廣州市及黃沙碼頭，祇隔數里，將來西南鐵橋完成，連貫廣三支線及西村車站，其餘省辦各鐵路終點，聞亦有聚集西村之議。省營工廠，如水泥，硫酸，織造，市電力等廠，均先後設立於西村，工廠林立，水陸交通均甚利便，實無形中一適宜之工業區域也。故本路南段機廠亦決定設立於西村。將來本路運輸內地礦產煤米各大宗品物，必由廣州出口，運入內地洋廣雜貨亦多由廣州起運，故車輛之集中黃沙站者，為數必多，機廠設立於西村，則能就近修理損壞車輛，對於增加運輸能力必甚鉅也。

**地畝** 建設西村機廠，及預留將來擴充地畝，擬收用民地約七百畝，內崗地及禾田約占四百畝，遷墳一萬五千穴，得地約三百畝，兩項約估需洋十七萬元，掘填土方工程使地址與路軌同樣平正，約需工費洋五十五萬元，但土方工程可先造半數，即敷開辦所需之面積，故籌備廠址之地畝，共先需洋四十四萬五千餘元。

**機廠規模** 粵漢衡州總機廠，將來成立規模，當必宏大，除製造各種機件，應付各廠及機車房修理機車車輛一切機械之需要外，同時應須注重製造客貨車輛，及兼造機車。現在各國，除北甯鐵路唐山廠，曾自製造機車數輛外，其餘各路之機車，全由外國購來，利權外溢，為數甚鉅。為國防及發展鐵路交通起見，總機廠必當自



行兼造機車，否則永不能養成此項仿造機車人才。嘗考日本對於各種工業，舉凡歐美所有者，無不仿造，其虧本者，則由國家補助，無怪其強盛也。衡州總機廠將來建立，需款若干，未經設計及詳細估價，現難確定，但大約總在九百餘萬元之譜。西村機廠，專為修理南段機車車輛而設，規模自然較小，但將來如有擴大之必要時，應預先將各項需要設計。



置佈面平廠機村西 圖一第



西村機廠所屬各廠所之佈置 西村機廠(見第一圖)應設之廠所,爲(一)機車建立所,(二)重機械所,(三)輕機械所,(四至五)發力所,(六)鍛鐵所,(七)鑄造所,(八)木樣所,(九至十)鍋鑪所,(十一)鋸木所,(十二至廿三)客貨車修理所,(廿四至廿五)油漆所,(廿六)砂磨場,(廿七)材料倉,(廿八)機務處辦公室等。全綫初通車時,運務或未十分繁忙,爲就財力範圍起見,茲將先行必需設立之廠所,列爲甲乙兩項,其餘列爲丙項,隨時體察運務情形,酌量陸續增設。

茲將先行建立之廠所列左

(甲) 機車建立所,重機械所,輕機械所,三部份爲修理機車主要施工場所,均設在一大廠屋內。全屋立柱,屋頂架,承樑,門,窗,均以鋼製成。屋頂蓋石棉瓦,外牆用磚砌成。全廠屋鋼料,係借用英庚款在倫敦購買,并構造成形,運華後,祇須造地基將鋼料樹立,外砌以磚牆,即成廠屋,甚爲方便。該屋鋼料,由英庚委員會之駐英購料委員會購辦,值英金二萬五千六百四十餘鎊,連運費保險等,約合國幣三十七萬元,造地基及建立工程,約需六萬七千元,此三廠屋完成時,應值國幣約四十三萬七千元。各所屋容量大概如左:

機車建立所 衡州既決定爲粵漢總機廠地點,故南段西村機廠之建立所,規模自然不須如總機廠之宏大。屋濶73英尺,高(由屋頂架底至地面)47英尺,長420英尺。內設六十噸電動起重機二副,離地面高36英尺。此機下層再設十噸起重機一副,離地面高22英尺,軌道三條,中綫距離24英尺。預計兩旁軌道各停機車四輛,軌道下設車坑一道,以利車底工作,中間軌道停機車二輛,軌道不設車坑,其餘空位留爲移動機車之用。

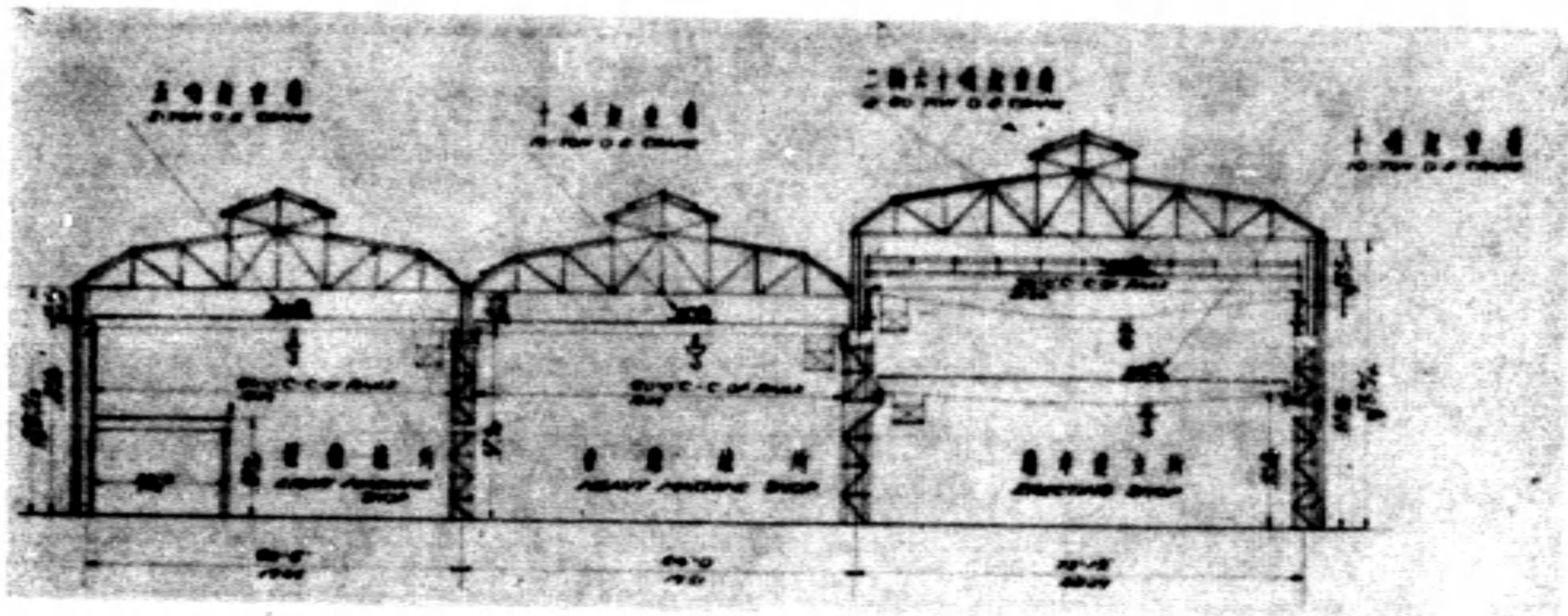
重機械所 位置於前所屋旁,不設間牆,可直通出入。屋濶64英尺,高 $37\frac{1}{2}$ 英尺,長420英尺,置有十噸電動起重機一副。所有較重大之機械,均裝置於此屋內。

輕機械所 位置於前所屋旁,亦不設間牆,均可直通出入。屋濶62英尺,高 $37\frac{1}{2}$ 英尺,長420英尺,置有五噸電動起重機一副,較輕之









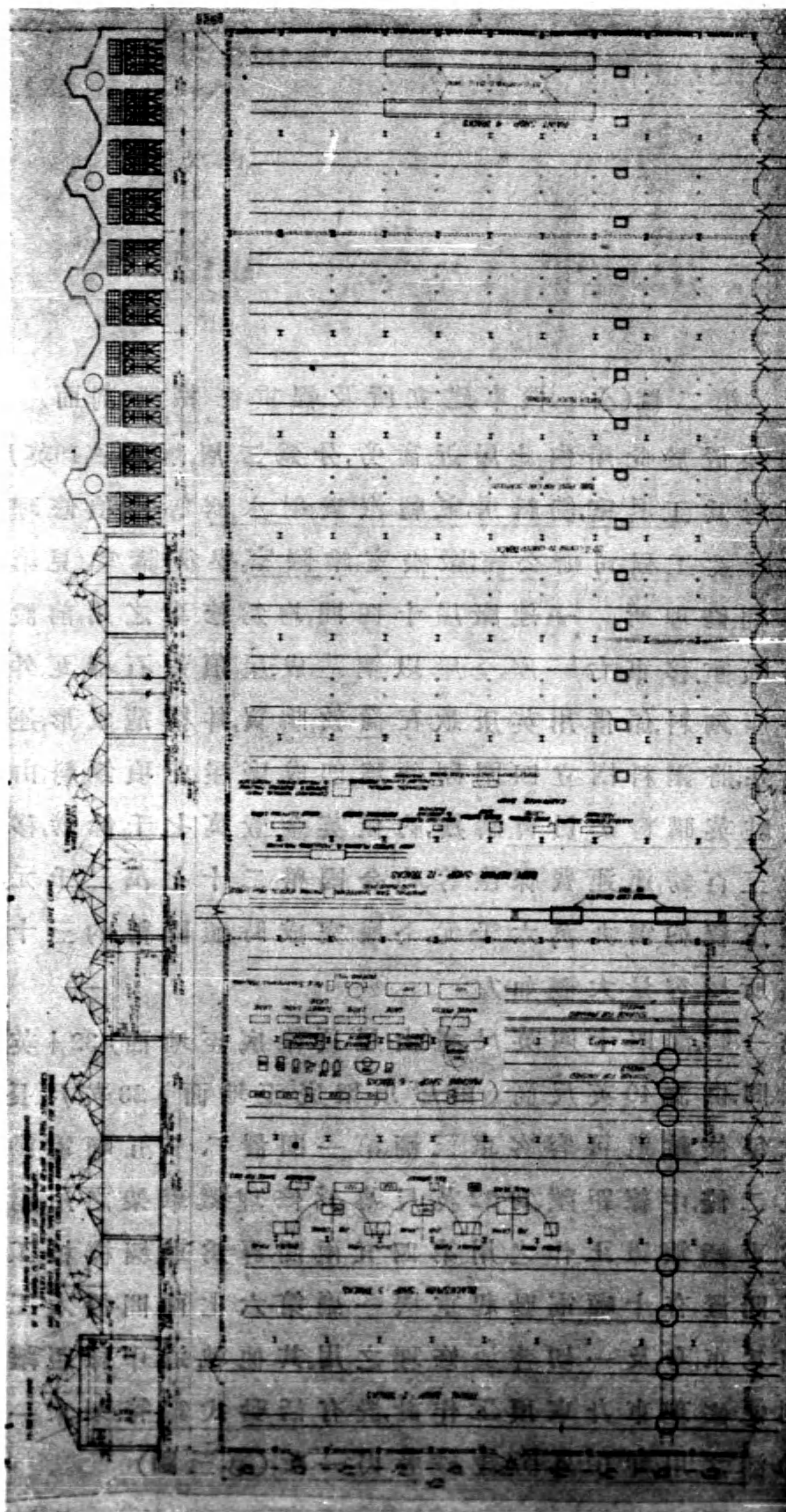
第二圖(乙) 機車建立所及輕重修械所(剖面)

機械,均裝置於此屋內。此屋近窗旁,分爲二層,離地高16英尺,濶 $23\frac{1}{2}$ 英尺。下層爲工具室,儲料房,氣軛汽表,射水器等,兩項修理及試驗之用。上層設工程司辦公室,廠帳室,繪圖室,學徒講堂。(見第二圖)

車輛修理所 一連廠屋十四間,均爲修車之用,前設一百英尺壹百噸重移車台一座。全屋以鋼造成,屋頂蓋石棉瓦,外牆以磚砌成。全座鋼料,係借用英庚款在倫敦購買,并構造成形,運華後,祇須造地基,將鋼料樹立,四圍砌磚牆,即成廠屋。此項鋼料,由英庚委員會之駐英購料委員會購辦,約值英金壹萬七千餘鎊,移車台約值二千三百鎊,連運費保險等,約合國幣二十七萬三千元,造地基及建立工程,約需九萬六千元,全座完成時,值國幣約三十六萬九千元,該所屋容量大概如左:

第一間,濶四十四英尺,高(由屋頂架底至地面)32 $\frac{1}{2}$ 英尺其餘共十三間,俱濶40英尺,高(由屋頂架底至地面)23英尺,長均爲250英尺,故每條軌道可容客車三輛。第一間置二十五噸電動機一副,設軌道二條,中線距離爲22英尺,專爲修理鐵車架之用。第二三兩間,專爲車輛鍛鐵工作之用。第四五兩間,專爲車輛機械工作之用。在第五間置有十噸電動起重機一副,第六七兩間置木工機械。其餘六間爲車身及一切普通修理之用。其他軌道中線距離爲20英尺。爲利便修理車身車頂工作計,置有活動式鋼管架。末一間,專爲客車油漆之用,并在外旁設砂磨場一所。(第三圖)



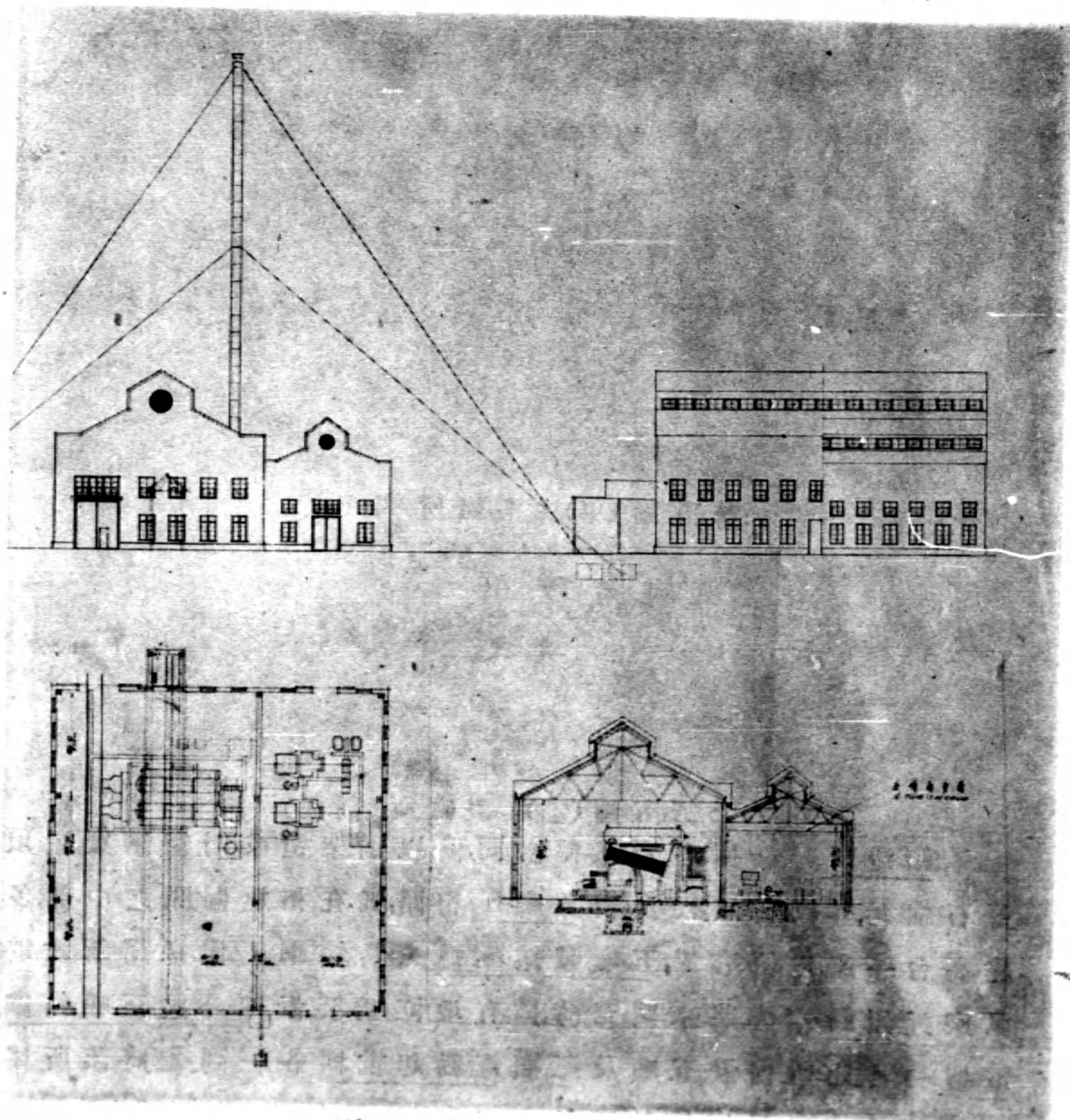


廠 理 修 車 貨 客 圖 三 第



(乙) 以下廠屋,如發力所,鍛鐵所,鑄造所,材料倉,因無英庚款可以借用,須由本路自行籌款,與甲項廠所,同時建築,以應需用。

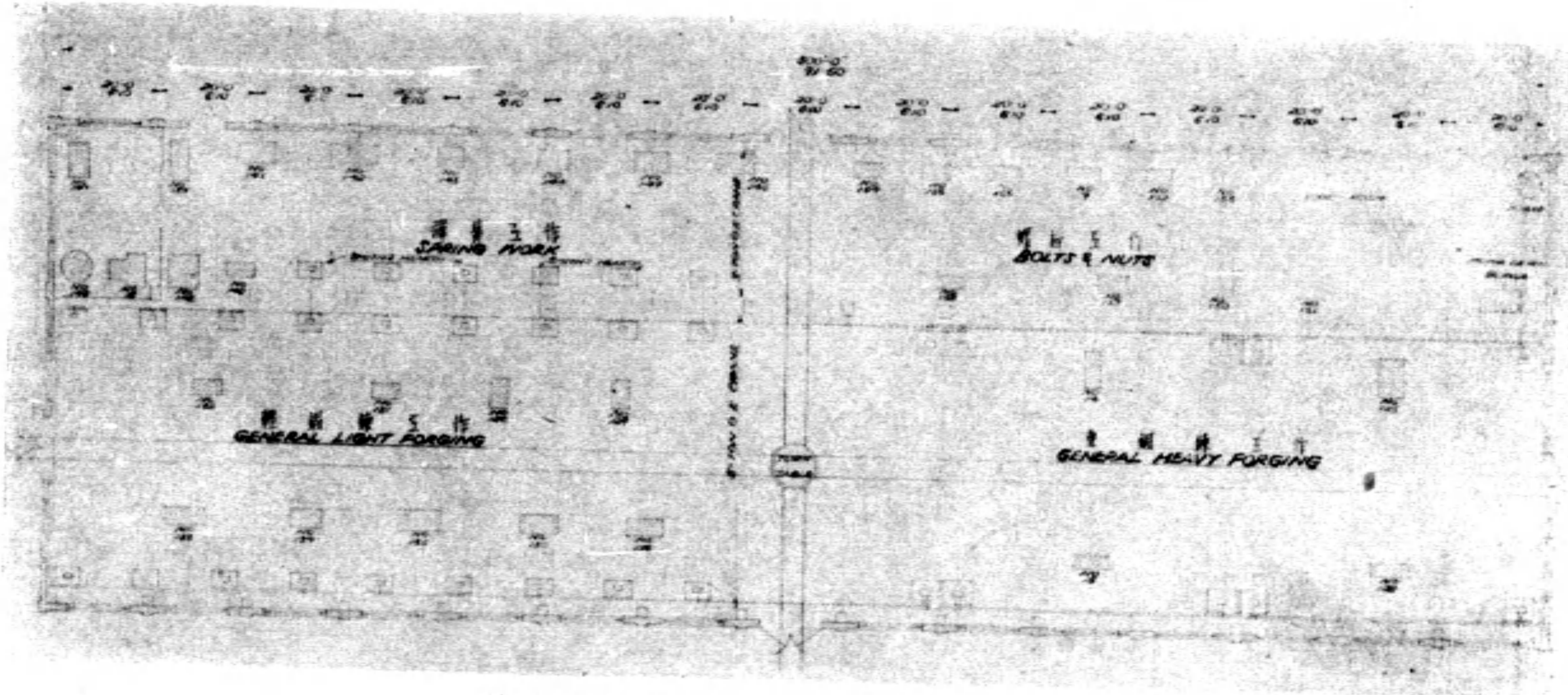
發力所 全座以鋼架造成,門窗鋼製,屋頂蓋石棉瓦,外砌磚牆。發電機房,濶 64 英尺,高 30 英尺,長 150 英尺。蒸汽爐房,長度相同,但濶為 36 英尺,高 24 英尺,此項建築工程費,估值國幣四萬八千元,并設五噸手動機一副,以利修理發動機用。蒸汽爐,發動機,電機等設備,另編說明。(見「第四圖」)



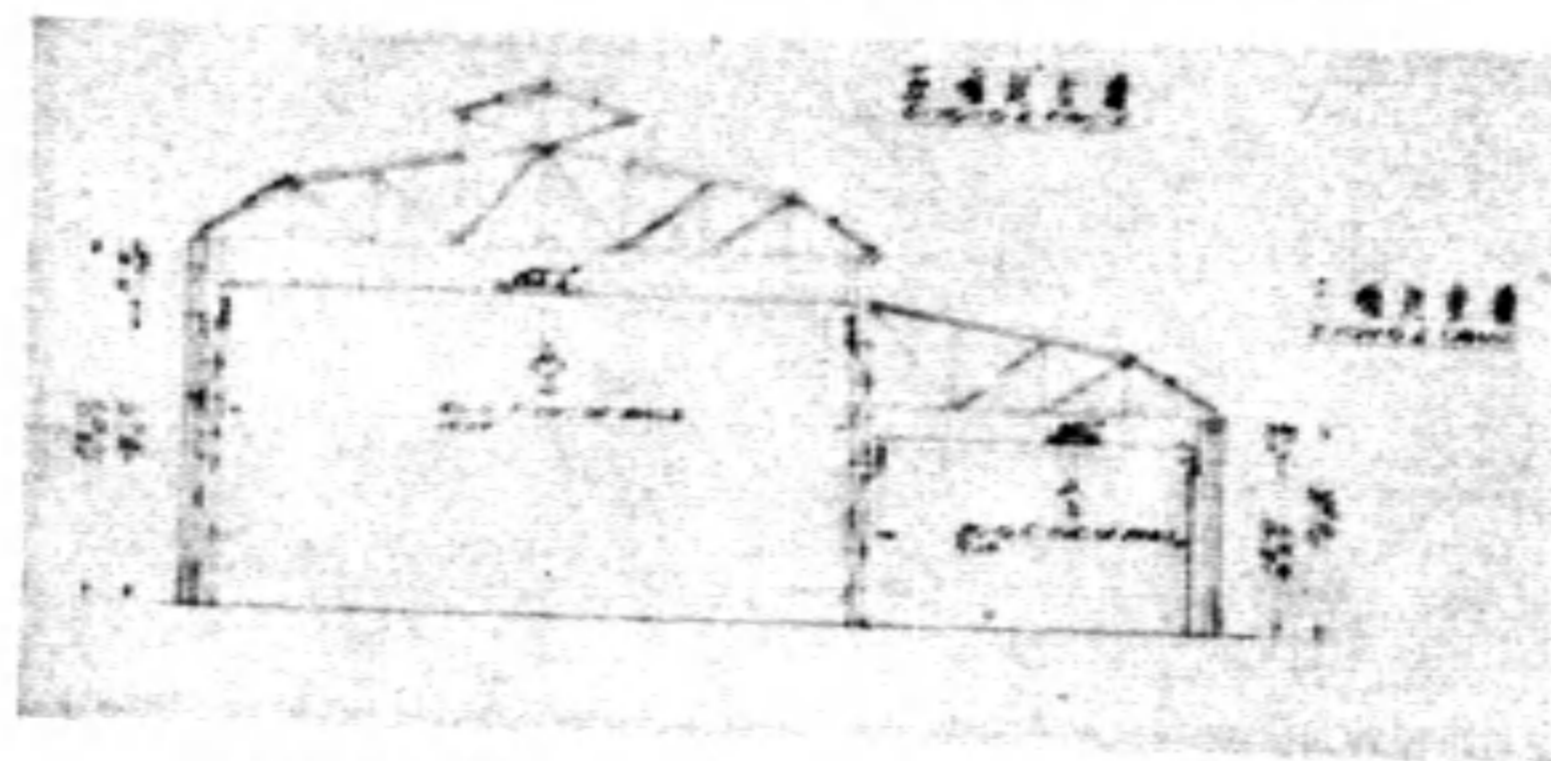
第四圖 發力所



**鍛鐵所** 全座分正偏兩間，俱以鋼架造成，門窗鋼製，屋頂蓋石棉瓦，外砌磚牆。正間濶 64 英尺，高 35 英尺，長 300 英尺，置五噸電動起重機一副。相連之偏間，濶 32 英尺，高 20<sup>2</sup>/<sub>3</sub> 英尺，長度同上，亦置三噸電動起重機一副。所有一切輕重鍛鐵，修造彈簧，製造螺絲，所用各種機械，均裝置此所內。鍛鐵爐噴出煙氣，由地下管吸收輸送所外烟通放散。該所屋先建築三分之一之長度，估值國幣六萬元。（見第五圖）



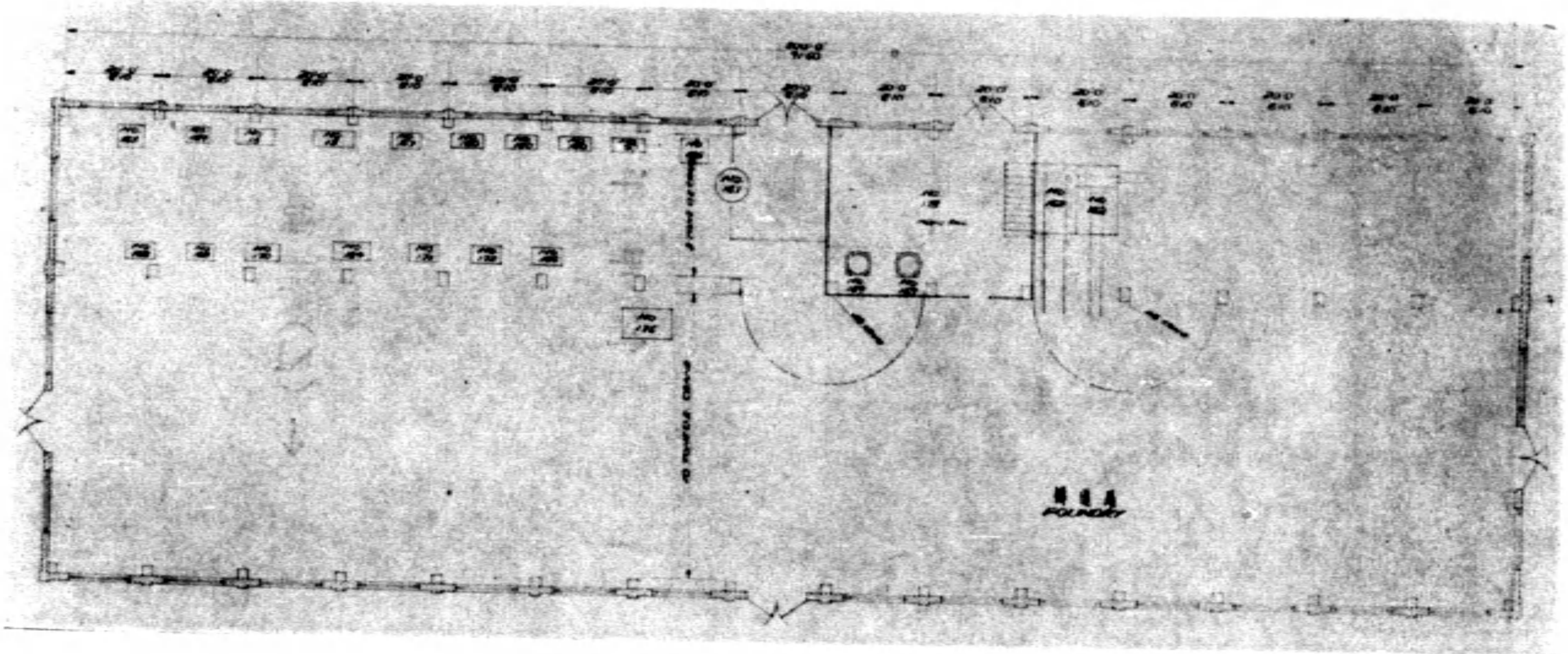
第五圖(甲) 鍛鐵所(平面)



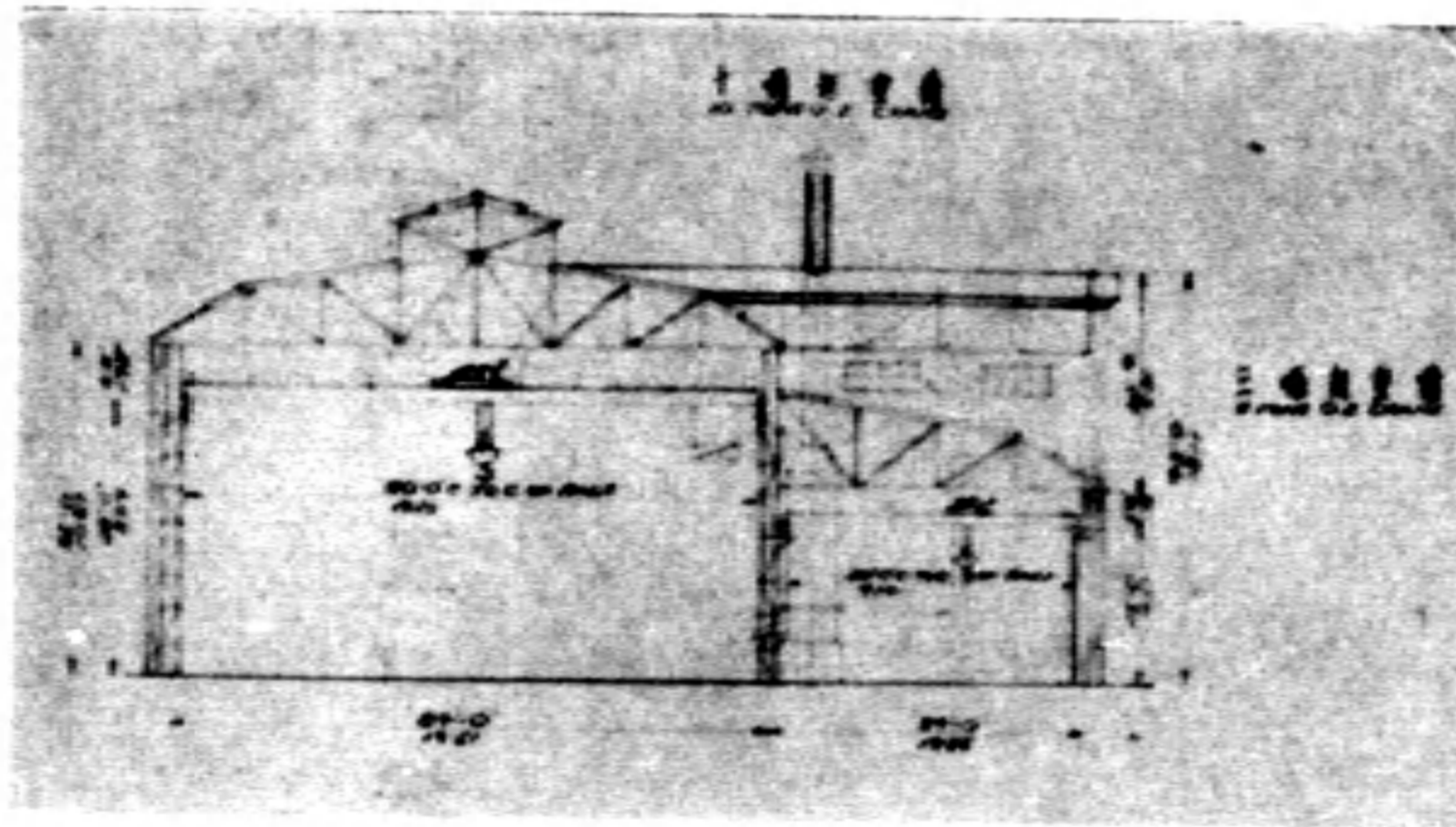
第五圖(乙) 鍛鐵所(剖面)

**鑄造所** 全座亦分正偏兩間，俱以鋼架造成。門窗鋼製，屋頂蓋石棉瓦，外砌磚牆。尺度與鍛鐵所相同，祇在相連偏間之中部，多建高台一座，以便容置五噸量鎔銅爐二具。鎔銅工作，採用新式電動摩近傾動式爐，將來擴充時，備有地位為裝置四分之三噸鑄鋼電爐一具。此所內置五噸及三噸電動起重機各一副。先將該所屋建築三分之二長度，估值國幣十二萬元。（見第六圖）





第六圖(甲) 鑄造所(平面)

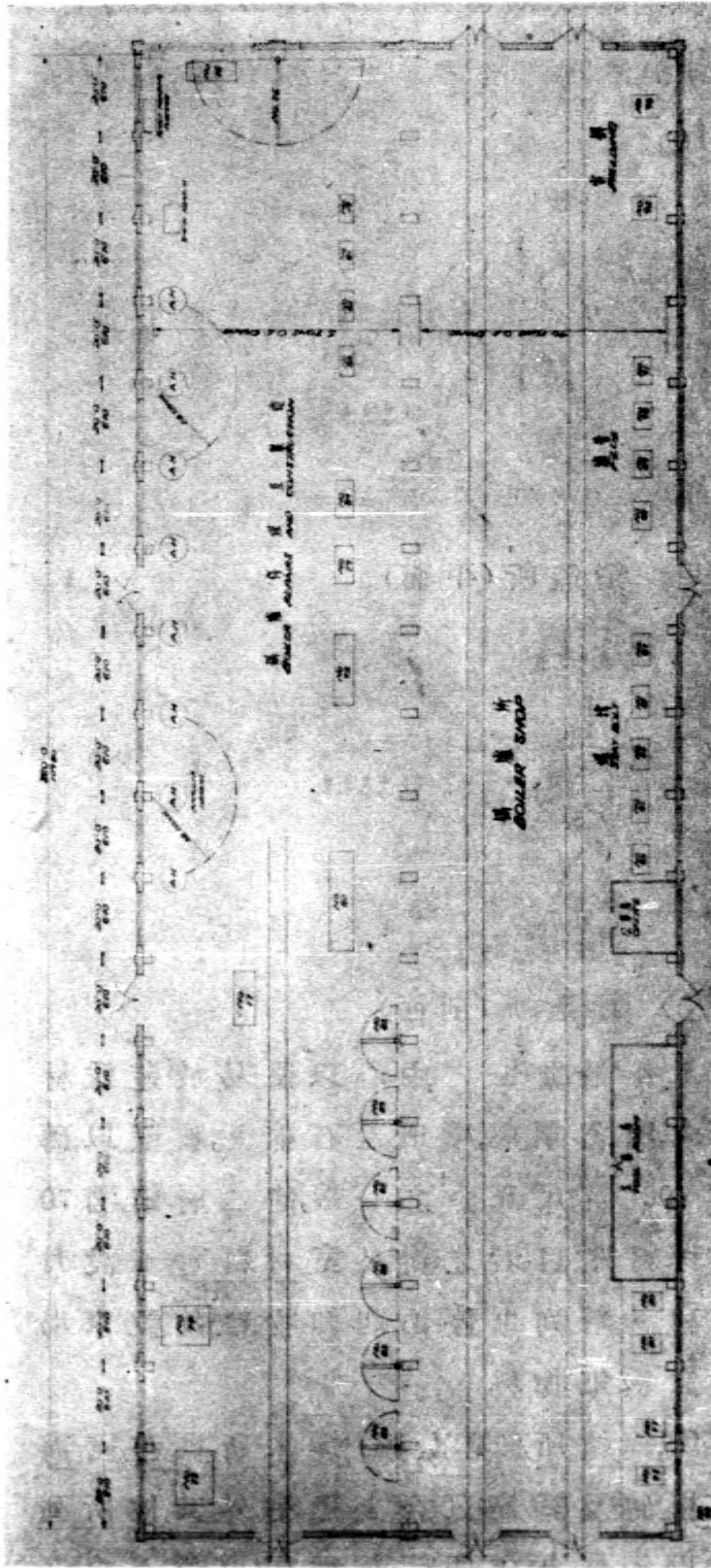


第六圖(乙) 鑄造所(剖面)

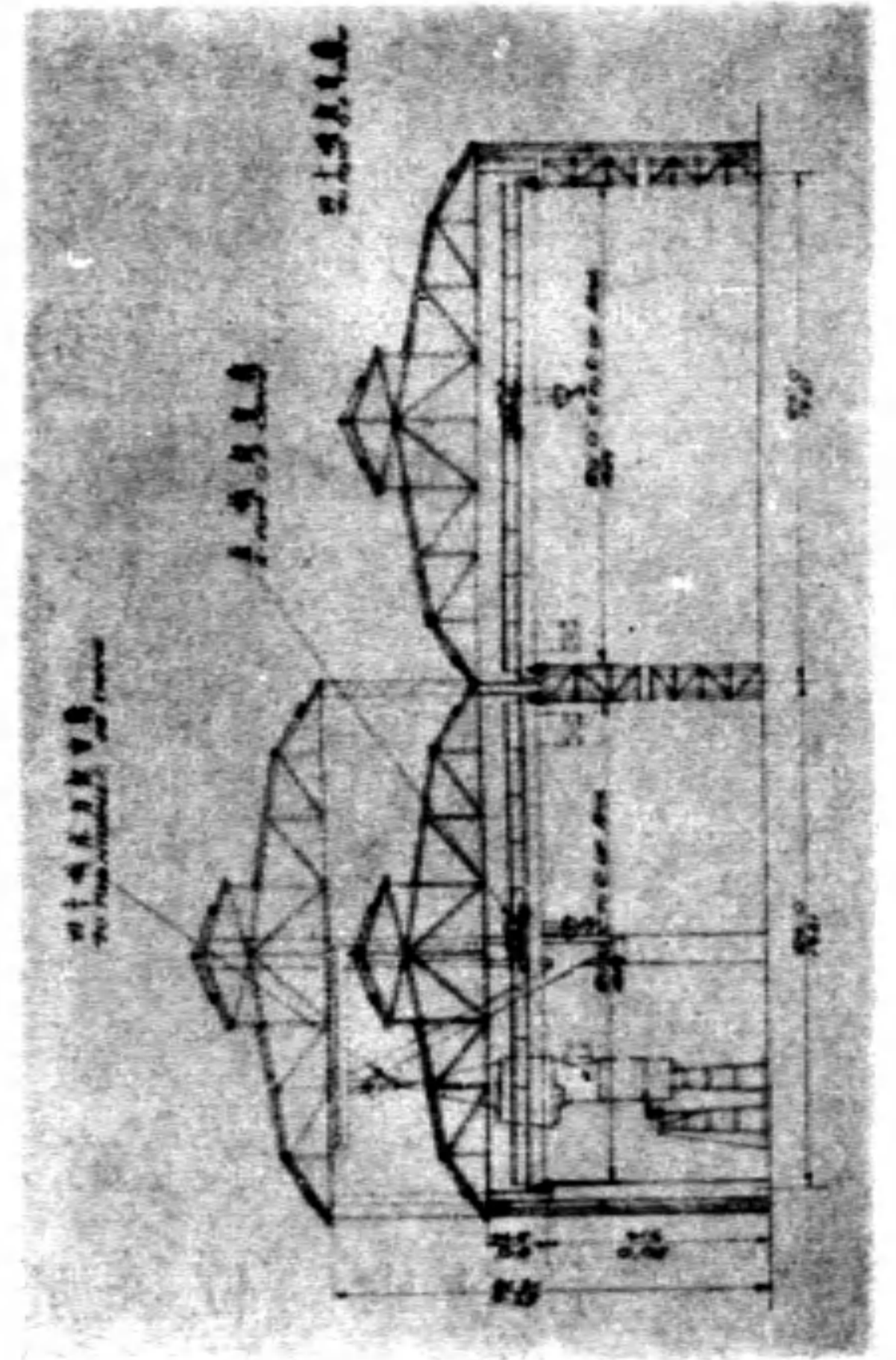
材料庫 位置於機廠工作最繁忙之中心,以便易於運送材料至施工地點。全座鋼架造成,門窗鋼製,屋頂蓋石棉瓦,牆壁以磚砌結。濶 46 英尺,高 30 英尺,長 300 英尺。在倉之一端,建二層樓。濶 70 英尺,爲材料管理人員及造材料賬目者之辦公室。材料倉前設月台,濶 30 英尺,長 720 英尺,以利材料列車停泊起卸物料,并設車場式電動起重機一副,以利起卸重笨物料。

(丙) 此項廠屋,爲木樣所,鍋爐所, (第七圖) 鋸木所,機務處辦公室。除機務處辦公室一座,用磚及鋼筋三合土建築外,其他所列之木樣,鍋爐,鋸木,等所屋,亦以鋼架造成,門窗鋼製,屋頂蓋石棉瓦,此項建築俟全綫通車後,體察需要情形,及財政力量隨時計劃,分期興築。現時所有之木樣及鋸木工作,暫在車輛所內之木工部施





↑ (甲) 平面



← (乙) 剖面

第七圖 鍋爐所

行之。機車鍋爐之修理，則在機車建立所施行之。

各廠屋特點 此次計劃建築西村機廠各所屋，全用鋼架造



成,雖門窗亦採用鋼質,屋頂蓋石棉瓦,并設透明玻璃。各大小廠屋,并無採用木料之處,故火患可無須顧慮。爲利便開夜工起見,各廠設備充分電燈。又關於公共衛生,如給水,渠道,廁所等皆預先計劃妥善,然後施工建築。廠屋內鋼架柱樑及鋼窗油銀色,磚牆油白色,外牆用紅磚砌結。

**各廠所機械** 開辦西村機廠,初次所需機械係借用英庚款,由英庚委員會之倫敦購料委員會依照本路所訂之說明書及圖則辦購。所有機械俱採高速重量之獨立電動機發動樣式,故廠內無須裝設總軸分軸,亦不用皮帶發動,且不妨礙光線。如某機不使用時可自由停止,既不糜廢電力,又易於調劑工作。所需之各種機械,集合於一處,以利管理及順潮流(?)之單位高量工作,起重機吊物經過工場時,亦不遇何種妨礙,如用分軸及皮帶等件(?),則初次價值稍高,實爲最後之經濟也。全廠設計係假定除修理機車車輛外,每年兼製造機車二輛,客車六輛,貨車六十輛,所需各種機械詳列入表,以備隨時添購機械及擴充之參考。

第一表 開辦機廠初次借用英庚款購置之各種機械

第一批英庚機械已運抵廣州者如左：(甲項)						
號數	機械名稱	量度	副數	馬力	價值(英金鎊)	
	鍋爐 發力所 發電機	250 啓羅華特	二	五百啓羅華特	9,715	
第一批英庚機械已運抵廣州者如左：(乙項)						
號數	機械名稱	量度	副數	馬力	價值(英金鎊)	
1	鑽機	14 1/2"×22'-0"	1	10	621	
2	鑽機	8 1/2"×12'-0"	4	24	1,261	
3	刨機	4'×4'×16'-0"	1	35	1,222	
4	成形機	32"	2	10	822	
5	鑿刨機	20"	1	15	603	
6	擊形鑽機	4'-6'	2	15	546	



7	豎式鑷機	37"	1	$7\frac{1}{2}$ 2	726
8	齒刮機	53"×12"	1	8	729
9	螺栓機	1/2"-2"	1	10	538
10	磨刀機	2"×12"	2	6	81
11	鞣糖桿磨機	96"×18"	1	15 3	1,314
12	車輪水壓機	400噸	1	10	838
13	鑄銅爐	400磅	1	1/2	210
14	電動氣鏈	1120磅	1	35	561
15	冷鋸機	6"	1	$7\frac{1}{2}$	249
16	電動吹風機	10"	1	10	71
17	衝剪機	7/8"	1	12	540
18	盆形刀架機	$6\frac{1}{2}"\times 5'-11\frac{1}{2}"$	2	10	668
19	螺形移動式鑽機	6'-6"	1	5	419
20	壓汽機	12"×12"	1	135	516
21	木工刨機	24"-0'	1	20	340
22	木工圍鋸	36"-0"	1	4	81
23	銅瓦鑷機	$8\frac{1}{2}"\times 5'-6"$	1	$7\frac{1}{2}$	226
24	盆形刀架機	9"×8'-6"	2	14	1,636
25	六十噸起重機	70'-0"	1	15兩副 40兩副	1,756
26	十噸起重機	60'-0"	2	15兩副 4兩副	1,400
	五噸起重機	60'-0"	1	$12\frac{1}{2}$ 兩副 10一副 $2\frac{1}{2}$ 一副 8一副	570
	鋼架廠屋三間	機車建立所 重機械所 輕機械所			25,644
總計			三十六副	$614\frac{1}{2}$	44,188

第二批英庚機械現在倫敦訂購中者如左：

號數	機械名稱	量度	副數	馬力	價值(英金鎊)
	二十五噸起重機		1	25兩副 6一副	1,000
	十噸起重機		1	15一副 4一副 $12\frac{1}{2}$ 一副	500
25B	六十噸起重機		1	15兩副 40兩副	1,756



101	車輪鏟機	48"	1	65	2,900
102-103	鏟機	8½"12'-0"	2	12	631
104-105	鏟機	7½"8'-0"	2	10	380
106	孛形鑽機	4'-6"	1	7½	273
107	刨機	4'×4'×26'-0"	1	25	2070
108	齒刮機	53"×12"	1	8	729
109	豎刨機	20"	1	15	603
110	成形機	32"	1	5	411
111	冷鋸機	6"	1	7½	249
112	鑽機	2½	1	4	250
113	鑽機	1"	1	2	90
114	磨鑽機	1/2"-3½"	1	3	80
115	磨刀機	2"-12"	1	6	90
116	車軸機(附軸頭磨器)	48"	1	10	1,100
117	電動氣鏈	1120磅	1	35	561
118	衝剪機	7/8"	1	12	540
119	熱鋸	6"	1	7½	250
120	電動吹風機	10"	1	10	35
121	撈棍機	3/4"×12'-0"	1	20	1,500
122	移車台	100噸100呎	1	60	2,300
	車輛所鋼架間				17,000
總計			廿六副	524	35,298

以上總共英金 89,201 鎊餘 10,799 鎊為運費保險顧問工程師檢驗等

費共符合借用英庚款十萬鎊之數

**機廠能力** 凡鐵路機廠之設計,必有一定之目的。倘過剩發展,規模擴大,則糜費資財,縮小範圍,又恐機力不敷,致損壞車輛,修理遲滯,而減低運輸效率。故必先查察路基情形,車輛年代,車輛總數,及預定其損壞程度,方始設計,以冀獲收經濟的良效。

粵漢總機廠既決定設在衡州,則西村機廠建設之範圍,專為南段機務之維持而已。查南段路線,所經多屬峻嶺迂迴區域,如軍



田至迎嘴路線，長不過 13 英里，灣線共有 28 處，且有多處，係在坡道，又黎洞至英德，不過 21 英里，灣線竟占 61 處，斜坡共約 5 英里，樂昌至彬州路線崎嶇狀況，大致相同，則行駛列車，自屬較為困難，車輛損壞，亦必較為容易。南段車輛，除英庚款所購者，及 201 號之三汽筒機車四輛，為六年前購置者外，其餘均係二十二年前之舊物，且歷年因機廠之陳舊，機械不敷，多數失於應有之保養。計南段（廣三支綫在內）現有大小機車 36 輛，客車貨車 374 輛，至民國廿五年底通車時，預計南段之機車增至 50 輛，客車 116 輛，貨車 586 輛。關於將來損壞率，擬定機車為百分之二十，車輛不過百分之十。故西村機廠之建立，根據上列情形而計劃，連同舊機械之使用，其能力每月應可大修機車二輛，車輛大小修理共八十餘輛，並製造機件為各車房小修機車之用。但通車後，運務進展，機車車輛必不敷用，將來增加時，西村機廠同時應略增添機械，以便保養機車車輛，不超過規定之損壞率，此設計原則之大略也。

**發力所機械** 發動機械，採用蒸汽，以其機件維持，比較重油引擎，及煤氣機為單簡，且發生蒸氣燃燒煤炭，在本路沿線數處已發見合用之煤，將來可自運用，本所機械，大致分配如左：

**蒸汽鍋爐** 拔柏 B W 之 W 1 F 式水管鍋二具，每具之熱面積為 2460 英方尺，過熱器熱面積 532 英方尺，汽壓每平方英寸為 160 磅，在過熱器出口熱度為華氏 550 度。進煤採用自然通風 Linsi 式。鍊動之自動司火機，濶 5 英尺，長 14 英尺，以電動機發動。煙囪鋼製，直徑  $3\frac{1}{2}$  英尺，高 180 英尺。此爐有管形儉煤器壹套，有 9 英尺長管 64 條（直徑  $4\frac{9}{16}$ ）及吹煤灰機二具。其他如蒸汽用量表，自動登記之汽壓及熱度及二氧化碳表，均裝配齊備。

此種鍋爐每具平常發生蒸汽量，每小時 9700 磅，如需要時，可發生 12500 磅。

**發動電機** 立式雙筒高速蒸汽發動機二副，每副三百實用馬力，速度每分鐘 428 轉，可行駛過量百分之二十五時間兩小時。



蒸汽壓力每平方英寸150磅。機床整個用生鐵鑄成，以便與發電機裝在同一機床，直接結合於蒸汽發動機。發電機二副，每副220啓羅華特，0.8電力因數，3300伏，三相交流，50週波，速度每分鐘428轉，過量使用百分之二十五，規定為兩小時。

發動機兩副，同時在凝汽作用，及滿載發動之下，每小時內需用蒸汽6000磅，故平常祇用蒸汽鍋爐一具，已能敷應兩副發動機之需，其餘鍋爐一具，作為清洗及修理時之後備，又每一馬力，每小時需用蒸汽量為15.25磅，約合每啓羅華特，每小時用20.05磅，亦即約用煤量3.1磅，故此種設備，亦為小規模發力所之經濟者也。

凝汽器 多吼噴水凝汽器 (Mult-jet) 二副，能支持真空26至30英寸，需用14350加倫80度(華氏)之冷水量，抽水機為電動式。

發力所 全副機械設備，值英金9962磅，連運費保險約值國幣十四萬元，係借用英庚款購置，另由本路自建鋼架房屋裝置之，約需國幣四萬八千元，故全所工程完竣時，應值國幣二十二萬四千元。

擴充計劃 將來擴充擬採拔柏BW水管蒸汽鍋爐，但採用高度之汽壓發動機，用五百或一千啓羅華特透平機一副，視需要而定之。

籌款辦法 借用英庚款計英金十萬磅，由英金委員會駐英購料委員會訂購各種機件，及鋼架廠屋，(即機車建立所，輕重機械所，車輛所)，共占英金約四萬三千磅，合國幣約五十六萬元。各種機械及大小起重機，占五萬七千磅，合國幣約七十四萬元。兩項共計一百三十萬元。各種機械鋼料，業經運抵廣州者，約占半數，其餘陸續起運來華，在本年內可全數交清。他項工程為初次開辦機廠所不能缺少者，(詳列第二表第一項至第十七項)分二期舉辦。第一期約需國幣五十六萬三千二百五十元，第二期六十五萬六千二百五十元，兩期合共一百二十一萬九千五百元，現由路局籌備中，一俟籌足相當數目，當從速開工，建立機廠，第二表所列兩期

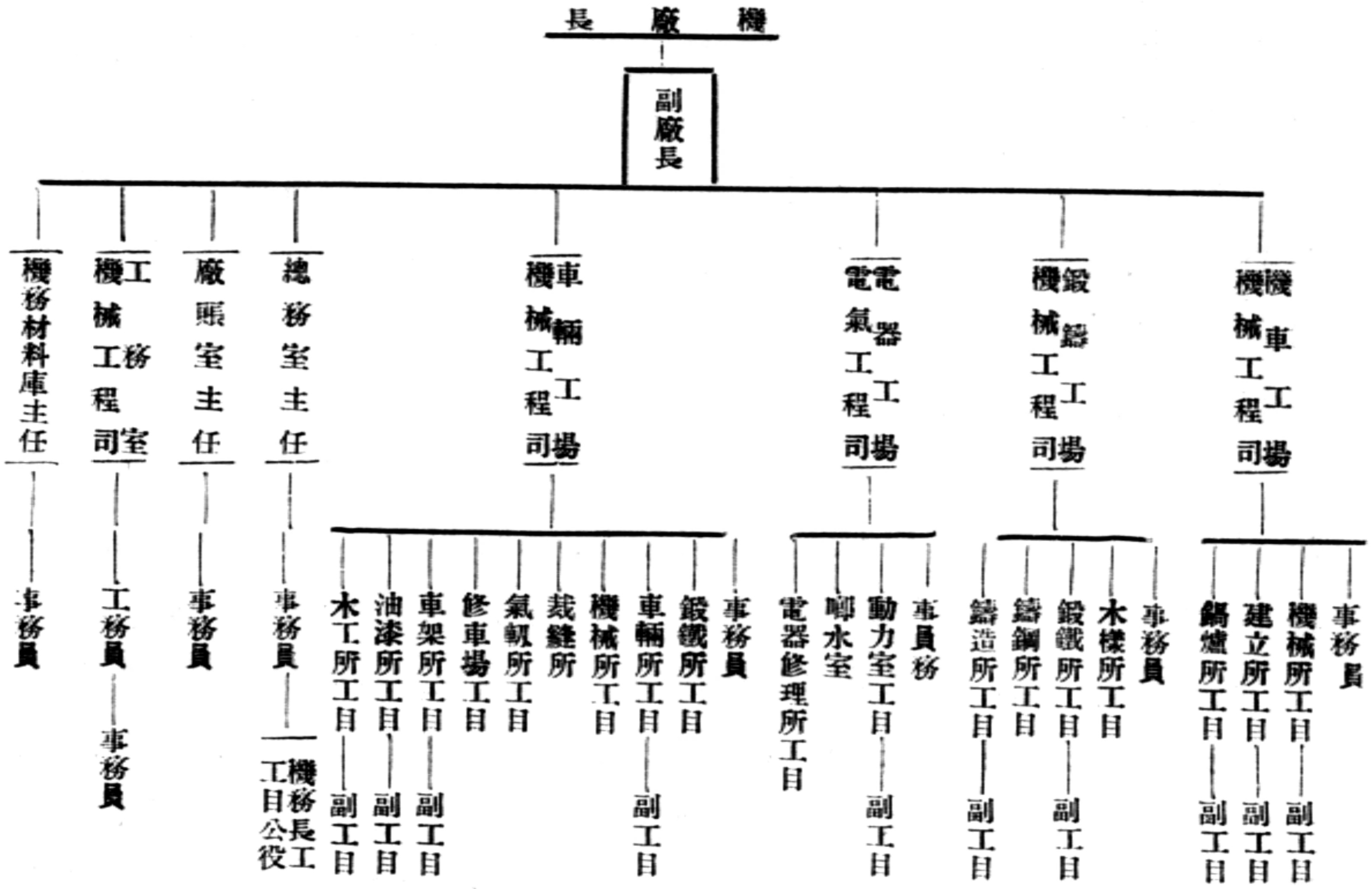


第 二 表

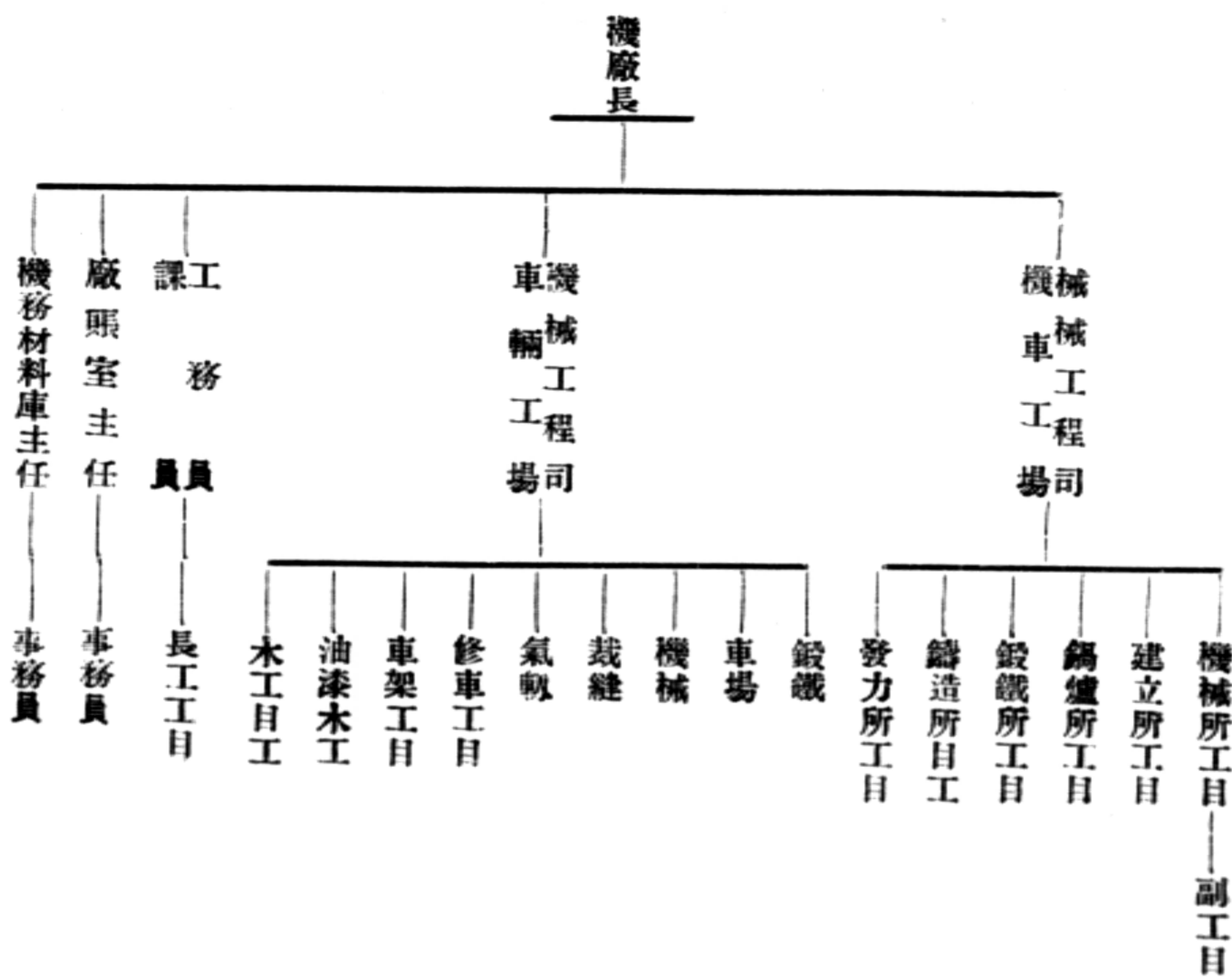
工 程 種 類	三期共量	三期共價 (元)	第一期工程		第二期工程		未 完 工 程	
			數量	估 值 (元)	數量	估 值 (元)	數 量	估 值 (元)
購 地	400 畝	70,000	50%	35,000	50%	35,000	—	—
遷墳費(坎地三百畝)	15,000 穴	120,000	—	120,000	—	—	—	—
土方工程	掘土 填土	691,000 英井 161,000 英井	25%	137,500	25%	137,500	50%	275,000
材料倉(磚牆,鋼金字架)	60'-0" 300'-0" 24'-0"	144,000	—	—	—	—	—	144,000
發 力 所 (包括汽機及鍋爐地基)	60'-0" 120'-0" 24'-0"	48,000	—	48,000	—	—	—	—
三 合 土 水 塔	16'-0" 20'-0" 80'-0"	17,500	—	17,500	—	—	—	—
供 水 設 備	2600'-0" 6"生鐵管	15,500	—	15,500	—	—	—	—
軌 道	—	850,000	10%	85,000	20%	170,000	70%	595,000
建設建立所機械所 (祇建築地基三合土地 枱及安裝鋼架工程)	190'-0" 420'-0" 47'-0"	67,000	—	67,000	—	—	—	—
鍛鐵所(鋼架構造)	10'-0" 100'-0" 53'-0"	60,000	—	—	—	6,000	—	—
鑄造所(鋼架構造)	60'-0" 200'-0" 35'-0"	120,000	—	—	—	12,000	—	—
廁 所		5,000	—	—	—	—	—	5,000
渠 道		57,000	25%	14,250	25%	14,250	50%	28,500
三合土電桿(連建立)	40枝	7,000	50%	3,500	50%	3,500	—	—
電線及電燈設備		20,000	50%	10,000	50%	10,000	—	—
客貨車修理所 (祇建築地基三合土地 枱及安裝鋼架工程)	250'-0" 246'-0" 23'-0"	96,000	—	—	—	96,000	—	—
各種機械地基		20,000	50%	10,000	50%	10,000	—	—
總 計				563,250		656,250		



第三表 西村機廠組織表



第三表(甲) 西村機廠臨時組織表





工程,現擬於民國廿五年底前完竣,以備應付通車之需要。又在通車後,最速亦須三年後,方克完成衡州總機廠,但在未完成期間,西村機廠不能不擔負全綫一部份之機務工作,可見本廠對於通車初年地位之重要也。西村廠於明年底成立之規模,為國幣二百五十餘萬元,以後如何擴充,則視乎運務如何進展,機車車輛如何增加,衡州總機廠何日成立為標準。又如西南鐵路線若興築時,本廠亦有擴充之可能,屆時視需要而施行之。

**西村機廠組織及職工名額臨時支配** 西村機廠組織 (見第三表) 大致與其他國有鐵路機廠相同,但在開辦時期,擬將組織暫為縮小(如第三表甲),故目下擬暫設廠長一人,秉承機務處命令執行修造工作,及其他廠務,并在廠長之下,分設工程司二人,工務員三人,廠帳主任一人,材料主任一人,課員二人,廠帳事務員十二人,材料事務員六人,工目十二人,掌管各項工作。至全廠職工名額,應用職員二十八人,工目十二人,及各種大小工匠五百二十五人。工人方面除黃沙廠現有二百七十五人可調外,擬添二百五十人。倘將來廠務發展,則前項職工尚需陸續增加,以應需要。

(編者按,原論文尚附有擬具之西村機廠機械設備詳表,本刊以限於篇幅從略。)



# 國立清華大學新電廠

莊前鼎

國立清華大學機械系主任

**摘要：**一新電廠設備，由上海萬泰洋行，以最低估價四千餘金磅得標，約合中洋六萬元。計每瓩發電資產成本僅合國幣洋三百元。新鍋爐係英國拔柏葛公司製造，受熱面積八百十平方英尺，汽壓二百六十磅，汽溫 $610^{\circ}\text{F}$ ，裝置鍊筲添煤器及過熱器。

汽輪發電機一電量二百瓩，三相交流，二千二百伏，五十週波，七級輪葉，每度用汽僅二十磅。凝冷器及打水水幫均完全由汽輪拖動，地位甚小，長二十呎，寬高七八呎而已。

此外尚有粉煤器，自動進煤器，除硬藥硬水處理器，及蘇打石灰硬水處理器等。

全廠設計建築安裝等工程，均由校中担任。計自定購設備至開車發電不及一年，工程進行，甚為迅速。現在發電成本，全日發電，每度約五分左右，夜間發電，每度僅三分半左右。夜間最高電負一百六十瓩。

## 導言

**舊電廠概況** 校中舊電廠原有發電設備，供給全校電燈，暖汽及日常自來水，計鍋爐房原有 B. & W. 鍋爐四具，二百馬力一具，一百馬力一具及並行二具，一百馬力者，供給舊發電機蒸汽及冬季暖汽，另有小式直立鍋爐一具，供給校中用水水泵蒸汽，上項設備均年久失修，功效甚低，兼之鍋爐用水取給自流井硬水而不加處理，所以鍋管內生銹結塊厚至四五分以上，傳熱不易而用煤極多，計每磅煤僅能發生蒸汽至三四磅而已。



發電設備計有臥式蒸汽引擎發電機一座，一百四十瓩，三相交流發電機，而僅用單相二千三百伏耳及五十週率，直立複式引擎發電機二座，每座六十瓩，單相交流二千三百伏耳及五十週率。引擎係英國名廠製造，發電機係德國 A.E.G. 廠製造。

所有設備均已陳舊不堪，年齡在二十歲以上，發電成本極貴。根據試驗結果計每度 (K.W.H.) 發電成本在九分半至一角五分之間，每度用煤在十四五磅以上，發電極不經濟。且電量不足，燈光黑暗。電廠最高發電量僅在一百三十瓩左右，因三電機不能同時開動 (Parallell operation) 而校中用電常至一百四五十瓩，因之發電機不克負載而發生困難。校中日間需要三相交流，而原有設備僅能供給單相交流。有此種種原因，所以決定建築新電廠，並將舊電廠拆移清理，重新安裝，使新舊合一，成為全國小電廠中之模範電廠，是則本篇作者之主要目的也。

**新電廠設計估價** 民國二十二年校中發出信函致國內各洋行，請照全廠總電量四百瓩就下列各種原動機分別估計：

- (一) 蒸汽汽輪發電廠
- (二) 蒸汽引擎發電廠
- (三) 柴油引擎發電廠
- (四) 煤氣引擎發電廠

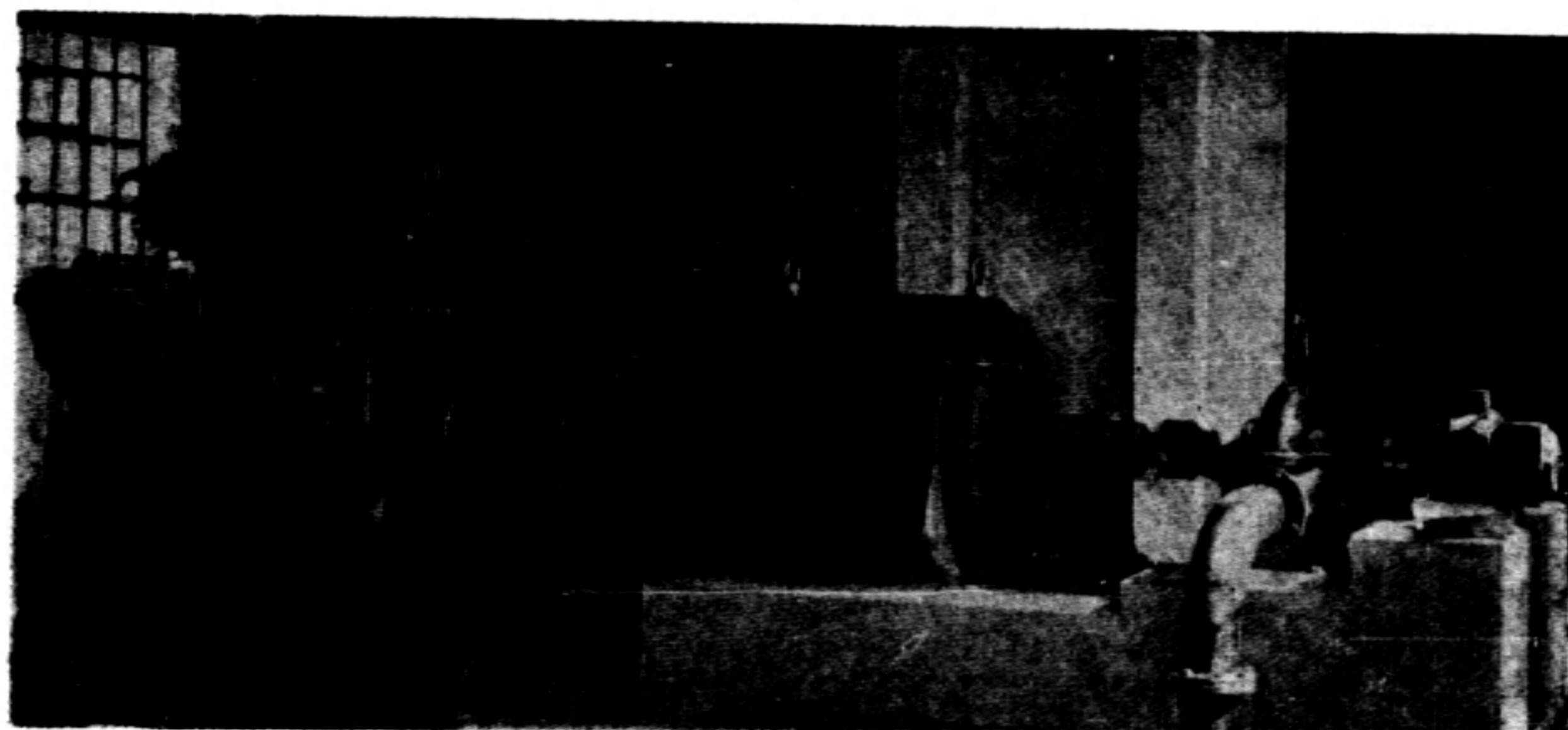
估價結果平均每瓩發電資產成本如下：

柴油引擎	每瓩	國幣	\$ 350
蒸汽引擎	每瓩	國幣	\$ 450
蒸汽汽輪	每瓩	國幣	\$ 480
煤氣引擎	每瓩	國幣	\$ 500

當時滙兌美金每元約合國幣四元八角。

柴油引擎發電廠成本最低，本應中選，但以別種利害比較，實有考量之餘地。因北方產煤，價亦甚低，而柴油來自國外，價格升漲甚大，而來源可虞，所以決定不用柴油引擎，其次蒸氣引擎，則以本

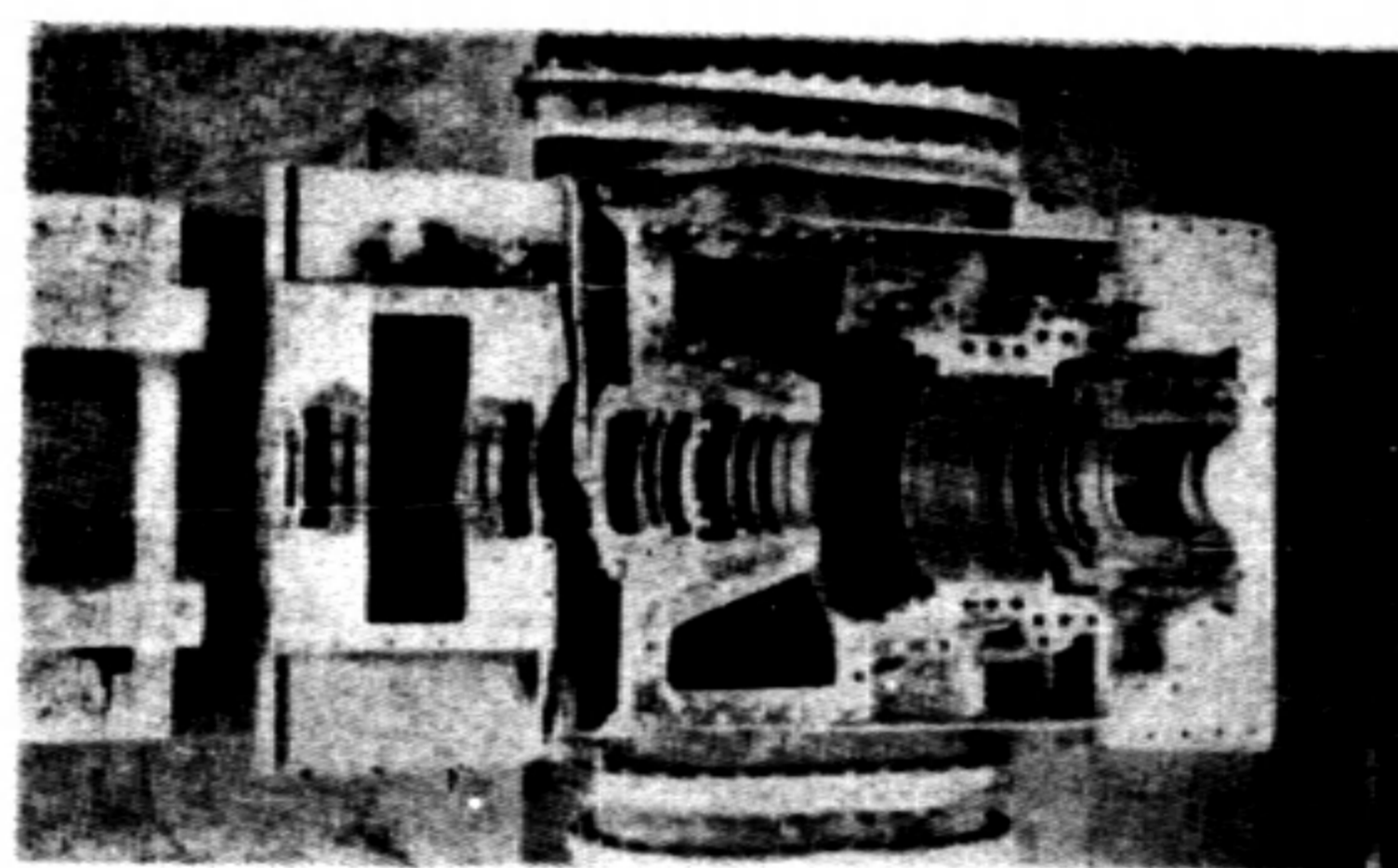




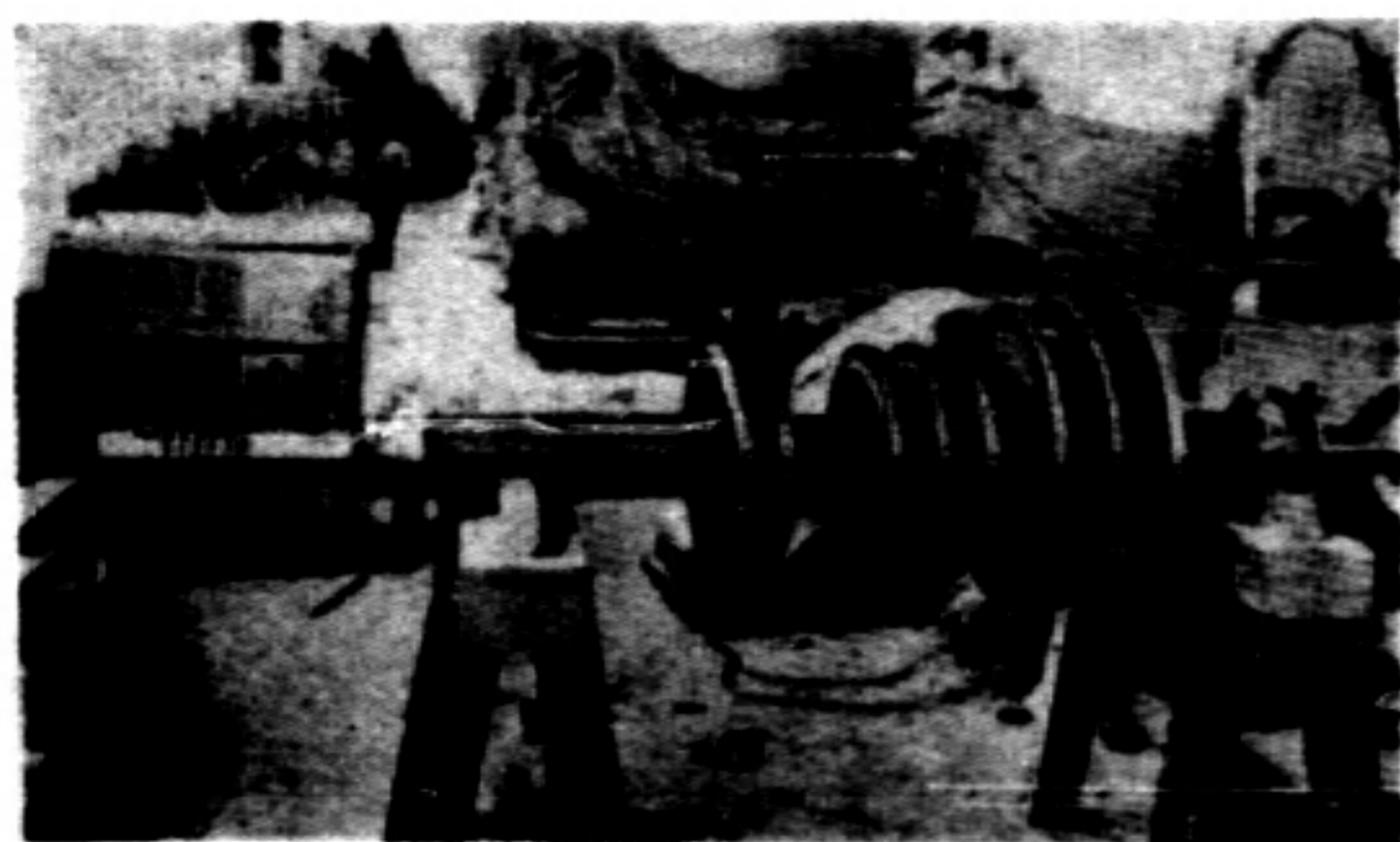
圖(一) 二百瓩汽輪發電機



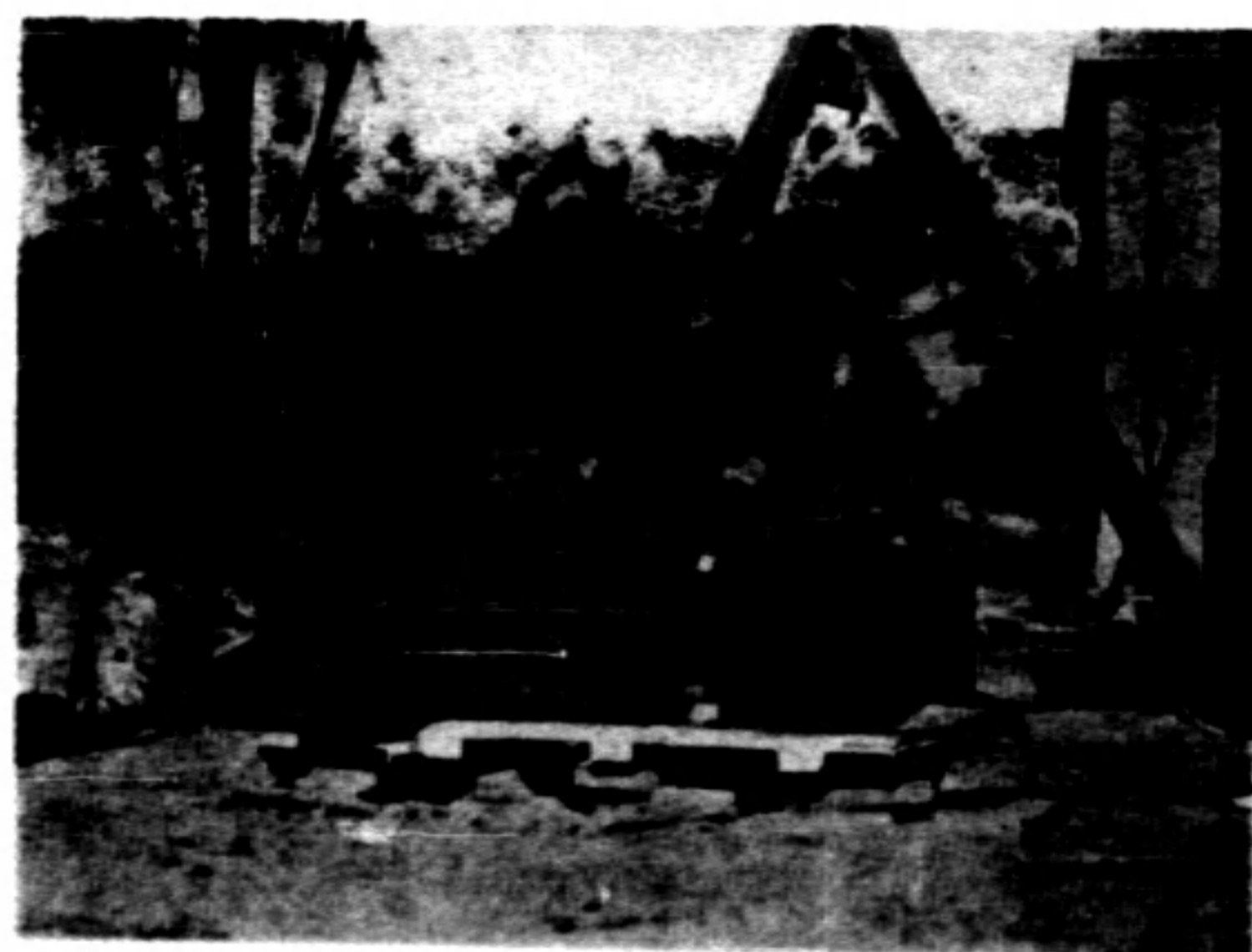
圖(二) 新電鑰板台



圖(三) 汽輪機內部



圖(四) 汽輪機七級輪葉



圖(五) 汽輪機凝冷器及減速輪

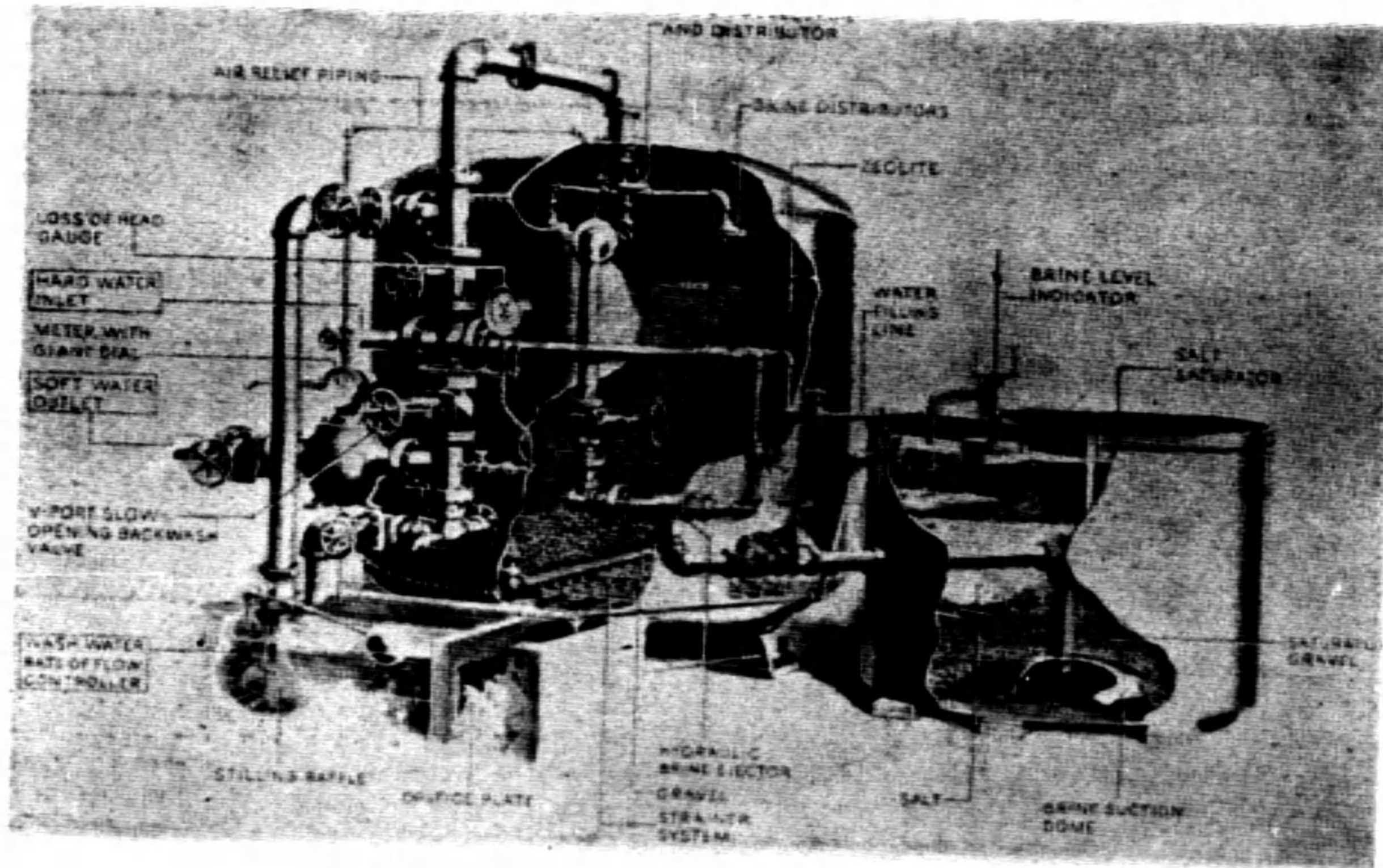




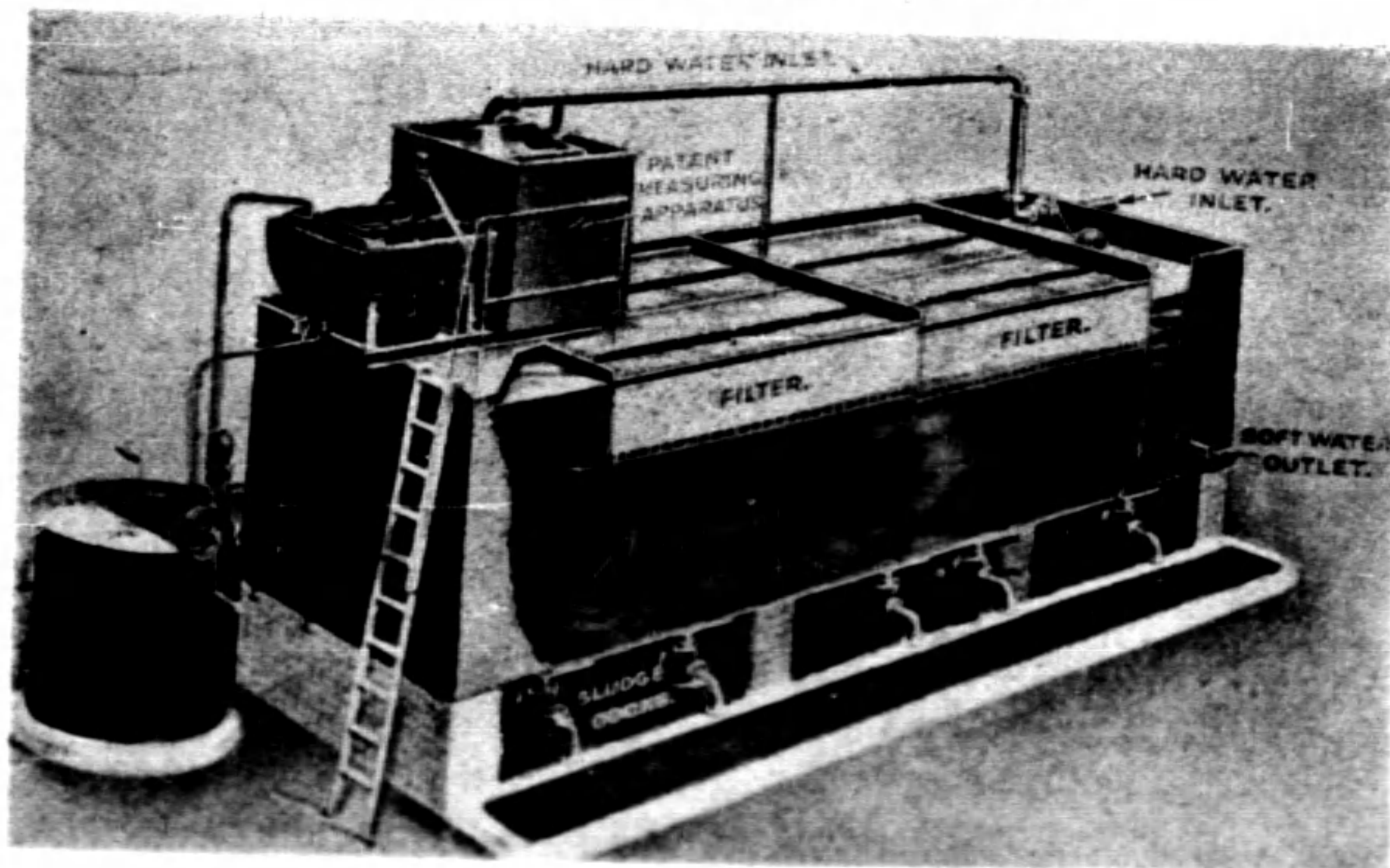
圖(六) 鍊篋添煤器

圖(七) 粉煤器

圖(八) 自動進煤器



圖(九) 除硬藥硬水處理器



圖(十) 蘇打石灰硬水處理器



校舊電廠已有二種不同之引擎發電機，且因廢汽排至空中，鍋爐用水完全取給於自流井硬水，鍋管生銹結塊，功效減低，所以亦不採用。考慮結果，決定採用蒸汽汽輪發電機，計二座鍋爐及二座汽輪發電機，每座二百瓩，全廠總價約需二十萬元左右。後因時局不安，中止進行。且因所需預算甚巨，決定採用一座鍋爐及一座二百瓩汽輪發電機，而以舊有鍋爐及引擎發電機為預備發電設備。乃於二十三年年初照決定標準請各洋行重行估計。結果上海萬泰洋行，以最低估價四千餘英鎊得標，約合國幣六萬元。計每瓩發電資產成本僅合國幣三百元（美金每元合國幣三元），可謂為國內小電廠發電資產成本之最低者矣。

## 新電廠設備

**新鍋爐** 係英國拔柏葛鍋爐公司製造，受熱面積801平方英尺，每小時發生蒸汽三四千磅，氣壓260磅；連同蒸汽過熱器，汽溫可至610°F，裝置鍊籠添煤器一具，寬2尺7寸，長10尺，燃燒面積約26方尺。燃煤極經濟，且可繼續燃煤，發生一定之汽量，與保持一定之汽壓與汽溫。所有安裝工匠，均係北平鐵工廠機匠，對於此類工作，尚無經驗，教導指揮，甚費精神，而全部安裝時間亦僅一月餘，可謂神速之至。可見國內工匠之能力，在缺乏精良工具環境之下，若能得工程師之善為指導，雖艱難工作，亦能為之，而其技能智力，實不在外國機匠之下也。

因鑒於舊鍋爐四具年久失修，鍋管內水銹結塊，厚過半寸，所以決定於新電廠建築時，全部拆卸，將鍋管內外清理，並調換新管百餘根，從新安裝；鍋爐地基重打，方向移正，與新鍋爐並行。所有舊電廠正汽管，副汽管，水管等全部拆移清理，水管及暖汽管子亦拆卸重裝。舊引擎發電機，亦拆移重裝於新電廠汽輪間內，與新電機並行。計動工時已為二十三年九月中旬，而十一月初，即須生火，供給暖汽，為時僅二月餘，時間可謂迫猝，全部工程卒克準期完成。一



切拆移清理地基安裝費用，僅五千餘元，而同時外國洋行估價，則均在一萬五千元左右，相差甚巨，實則洋行包做，亦轉包於其他鐵工廠而已。若非工程師目光遠大，正直無私，則校中損失甚大矣。國人過去迷信外國工程師之萬能，所有一切鐵路、電廠、工廠及水利等之設計建築，均為外國工程師及洋行所包辦，任其重利操縱，缺乏自信力，及輕視本國工程師，可勝浩歎也！

**二百瓩汽輪發電機** 係向英國湯生電機廠定製，係三相交流，二千二百伏耳。五十週率。汽輪有七級輪葉。首次數級係用複式，其他單式。需用蒸汽壓力二百六十磅，汽溫華氏六百度。每度 (K, W, H.) 用汽僅二十磅左右。汽輪迴轉數每分鐘八千次，經過減速輪後發電機迴轉數每分鐘一千五百次。

此汽輪發電機與普通發電機，構造稍有不同。凝冷器及打水水泵發電機等，均完全由汽輪拖動；地位甚小，僅二十尺長，八九尺寬及八九尺高而已。開動汽輪後，水泵及發電機等均同時行動，所以發電工作，甚為簡便。

校中購置此項汽輪發電機，目的有二，即供給全校電燈及電力，及供原動力組學生試驗及實習研究之用。除機械實驗室設備，有各種小式汽輪及各種蒸汽引擎外，尚有此項汽輪電機，則熱力工程方面設備完備，試驗，研究及實習等工作，均可舉行，學生得益，當非淺鮮。

## 特 殊 設 備

**粉煤器** 粉煤燃燒，分為二種，即集中式及單式是也。集中式均用於大電廠中，而單式則大半裝置於鍋爐，以燃煤方便，且極經濟也。本校擬於二百馬力鍋爐安裝單式一具，以供試驗。考粉煤燃燒法輸入國內，僅數年而已。若有此一具單式粉煤器，可供研究及試驗之用。則學生得益必非淺鮮，將來對於粉煤燃燒法，必有新貢獻也。



**自動進煤器** 美國名廠製造。進煤及打風完全自動。每小時可燃煤至八九百磅，現安裝於一百馬力舊鍋爐上，供給冬季暖汽。

**除硬藥硬水處理器** 係美國 Permutite 公司出品。普通硬水處理分二種方法：一種用除硬藥粒，一種用蘇打石灰。除硬藥處理，比較簡便而消費輕。器內下層裝石子，上層裝除硬藥粒。硬水經過此除硬藥器後，即變為軟水，用於鍋爐中，可不生硬塊水積。待至藥性消滅後，可用食鹽水回復其藥力，此即除硬藥器之優點也。本廠所購者，每小時能軟水二百加侖，內裝除硬藥粒約一千磅。

**蘇打石灰硬水處理器** 美國拔柏葛公司製造，自動加進適量之蘇打石灰，處理硬水。器內並裝有熱水管，使處理硬水時間減少。硬水在器內溫度可增至 150 至 160 度。所以與蘇打石灰之化學作用，可以增速。每小時能處理二百加侖。

上述二種處理器，供給鍋爐內所用之軟水。北方河流甚少，大半用井水。而井水因取自地下深處，均係硬水。若用在鍋爐內，年久即水積甚深，燃煤極不經濟。校中清理舊電廠時，即發現水積極厚，購置此二種硬水處理器，即為鍋爐清理後，應用軟水，得以永久保持清潔，而增高燃燒熱效率也。

## 新電廠每瓩投資比較

根據建設委員會出版之中國電廠統計

	容 量	平均每瓩投資
一等電廠	10000 瓩以上	\$ 621
二等電廠	1000—10000 瓩	\$ 465
三等電廠	100—1000 瓩	\$ 633
四等電廠	0—100 瓩	\$ 854
平均		\$ 600

其中一等電廠多居重要都市，設備較完美，故投資特大，不能與三等並論。



每瓦平均投資可分析為	百分比
(一) 發電資產	55 %
(二) 配電資產	30 %
(三) 其他資產	15 %

在外國配電資產每較發電資產為高，在國內則忽視配電方面。其資產視輸電面積之大小而定，大都市居百份之三十左右，小都市則約百份之十而已。

清華汽輪機新電廠，容量二百瓩，用七級汽輪，過熱器及鍊筭添煤器及硬水處理器等，比較任何同等容量之電廠，設備較為完善，而每瓩發電資產，僅 \$300 左右，比之全國三等電廠發電資產平均數  $\$633 \times 0.55 = \$350$ ，尚少五十元。

新電廠，除去配電方面，所有一切工程費用，包括發電資產電廠房屋，新電台，水管，汽管及凝冷水進水水閘及水井等，總共約八萬餘元，平均每瓦投資，僅四百餘元。比之全國三等電廠，除去配電資產，每瓦平均投資五百元之數，尚少一百元。蓋因新電廠所有一切工程設計、建築、安裝等工作，均由校中工程師自己擔任，絕不假手外人，亦不由外國洋行包辦，所以全廠投資資產特別低廉也。

## 新電廠建築安裝

新電廠鍋爐房及汽輪間建築時期，僅二三月。內部鍋爐及汽輪安裝時期，亦僅二月餘。計自二十三年三月，由上海萬泰洋行向英國湯生電機製造廠及拔柏葛鍋爐公司分別定製汽輪發電機及鍋爐過熱器及鍊筭添煤器等設備，於是年十月底全部運抵北平校中後，即於十一月初開始安裝，萬泰洋行僅派中國工程師一人，指導進行安裝汽輪，所有其他各種工程，均由校中自己擔任，招匠工作。電廠容量雖小，但其各種工程上之困難，與國內任何大電廠之建築安裝，實不相上下，而前後所費時間，計自動工至開車發電不及一年，比之普通電廠，安裝建築，需時二年者，少費一年，亦可



見工程進行之神速矣。

## 新電廠發電成本

根據建設委員會中國電廠統計內燃料消耗統計表：

	容 量	每度燃煤(公斤)
三等電廠	100—1000 瓩	2.0—4.0

即每度用煤約 4.4—8.8 磅,平均約 6.6 磅。大概發電機容量愈小,每度用煤愈多。

清華二百瓩汽輪新電機在開車發電後試驗數月之結果

鐘 點	時 間	負 載	每度燃煤(磅)
下午 9—10 時	1 小時	150—200 瓩	3.5—4.0
下午 7—11 時	3 小時	100—150 瓩	4—4.5
下午 5—7 時	2 小時	50—100 瓩	4.5—5.5
下午 11—5 時	18 小時	10—50 瓩	5.5—9.0
繼續二十四小時發電平均			6.5—7.5 磅

若能於日間多發電流,則全日每度燃煤當在 6 磅以下,若僅於夜間發電則每度燃煤僅 4 磅左右,比之國內任何同等容量之小電廠為優。調查全國電廠汽輪發電機之最小容量為四百瓩。清華汽輪發電機容量僅二百瓩,實為現在全國最小而最經濟之汽輪發電廠矣。

若以成本計算,平市煤價每噸(2240 磅)平均十元左右,則全日發電每度成本煤價約三分至四分。若僅夜間發電,則每度僅二分至三分而已。

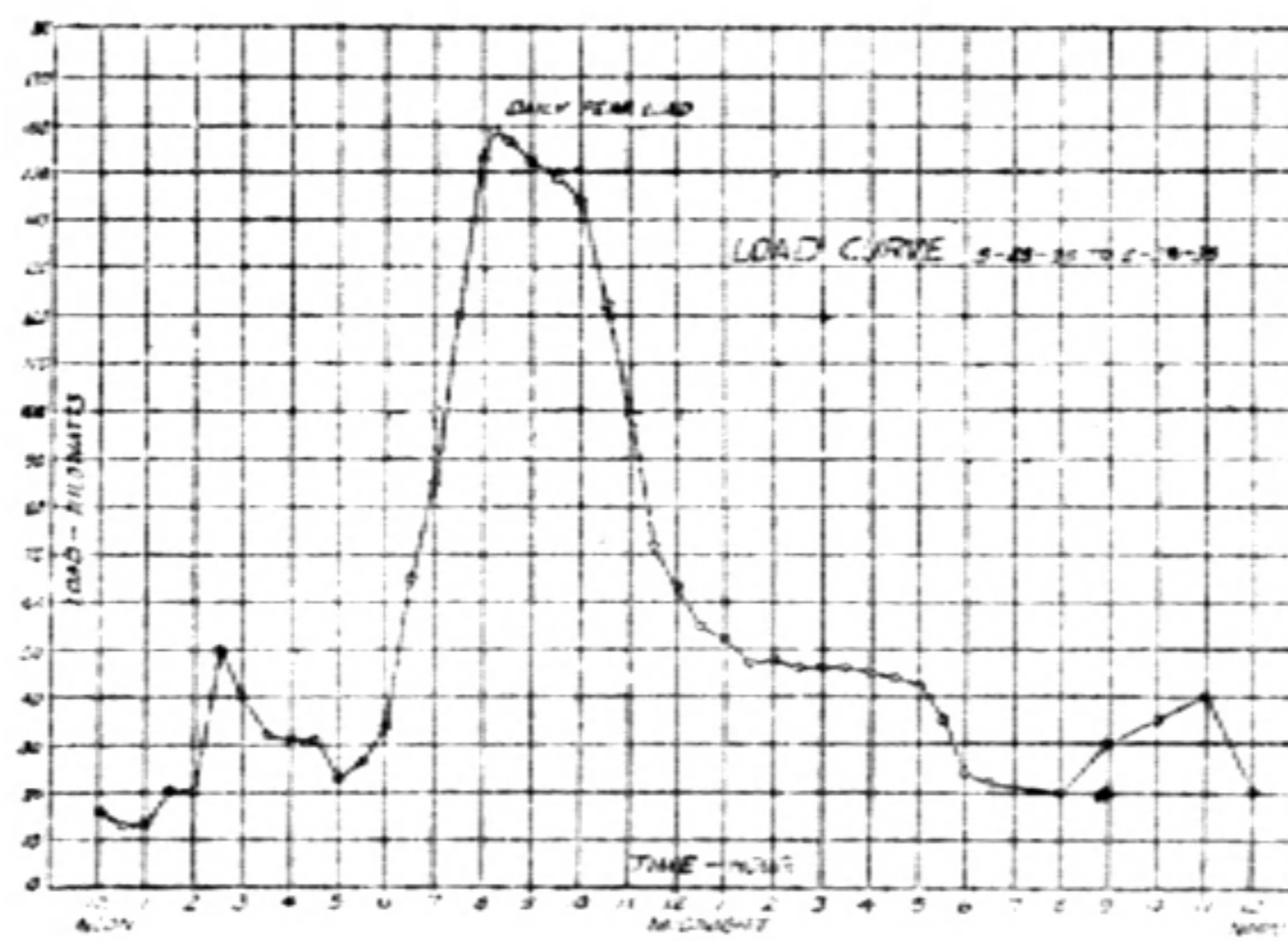
普通電廠發電總成本煤價佔百份之八十左右,所以現在清華新電廠發電總成本:

全日發電	每度約五分左右
夜間發電	每度僅三分半左右

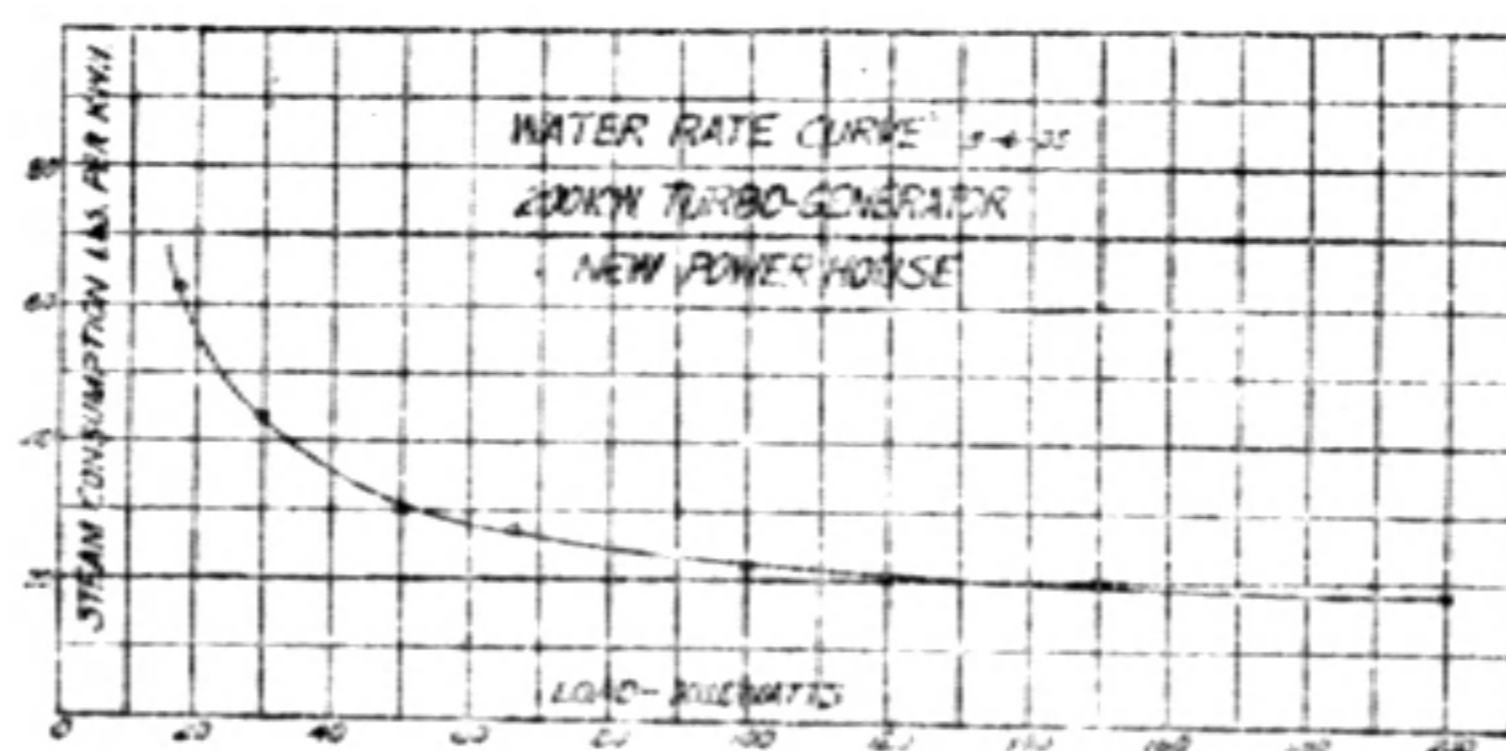
比之國內任何電廠發電成本毫無遜色,



清華現在全日夜用電平均一千度,每月三萬度。若以從前舊電廠發電成本每度一角計算,則每年電費需洋三萬六千元。照現在新電廠發電成本每度五分計算,則全年電費僅需洋一萬八千元。計節省一半。以費洋八萬餘元之投資。而每年節省發電成本至一萬八千元之多,可見國內許多陳舊不堪之大小電廠,發電成本常在六七分以上,售電電價均在每度二角五分左右者,當急設法改良,擴充新電廠,使成本減低而售電電價低落,則用戶受益甚大而增加用電矣。

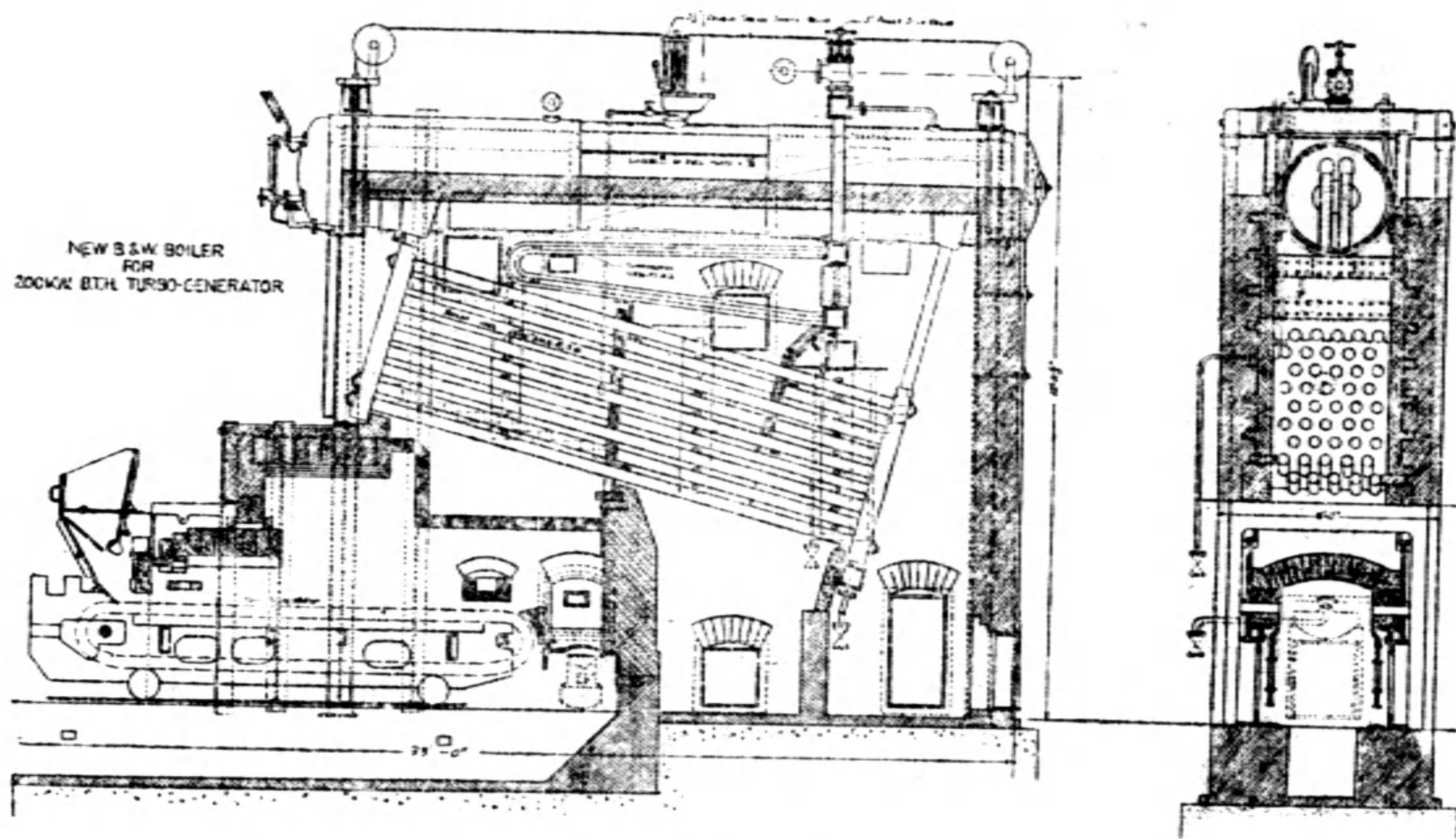


圖(十一)

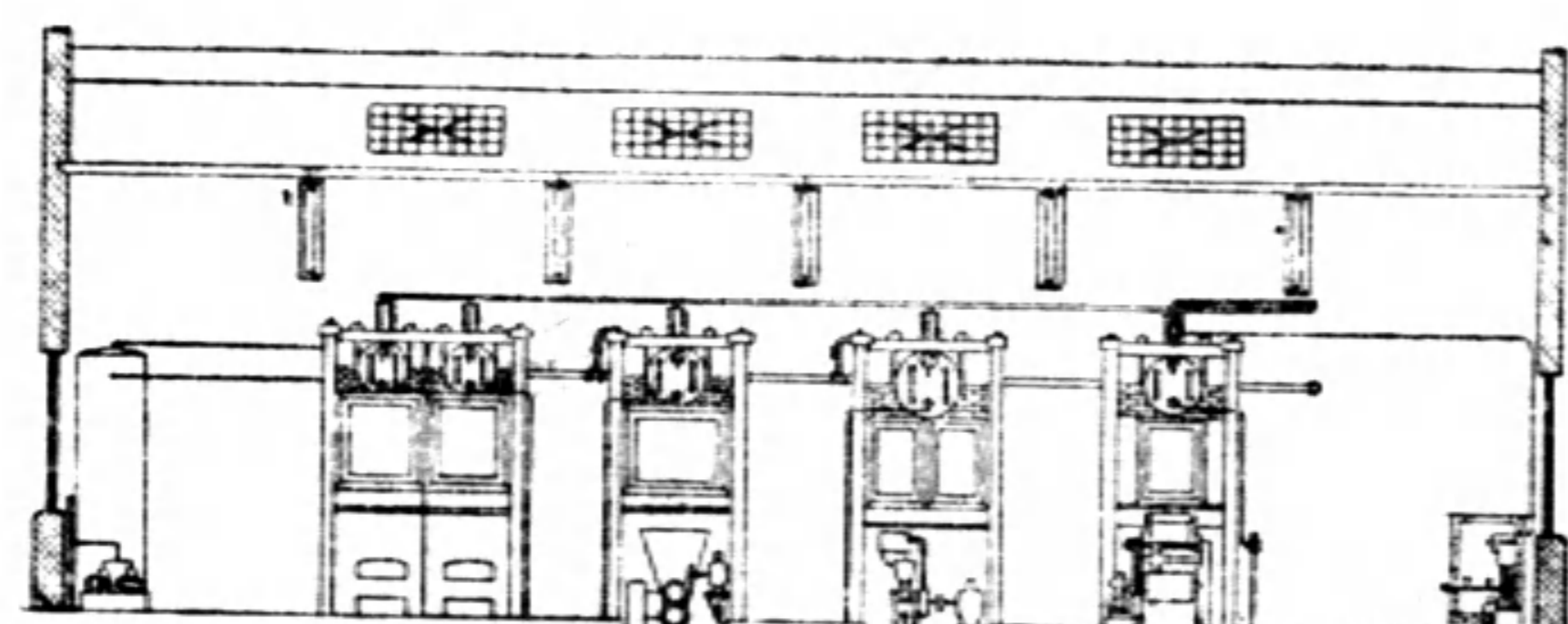


圖(十二)

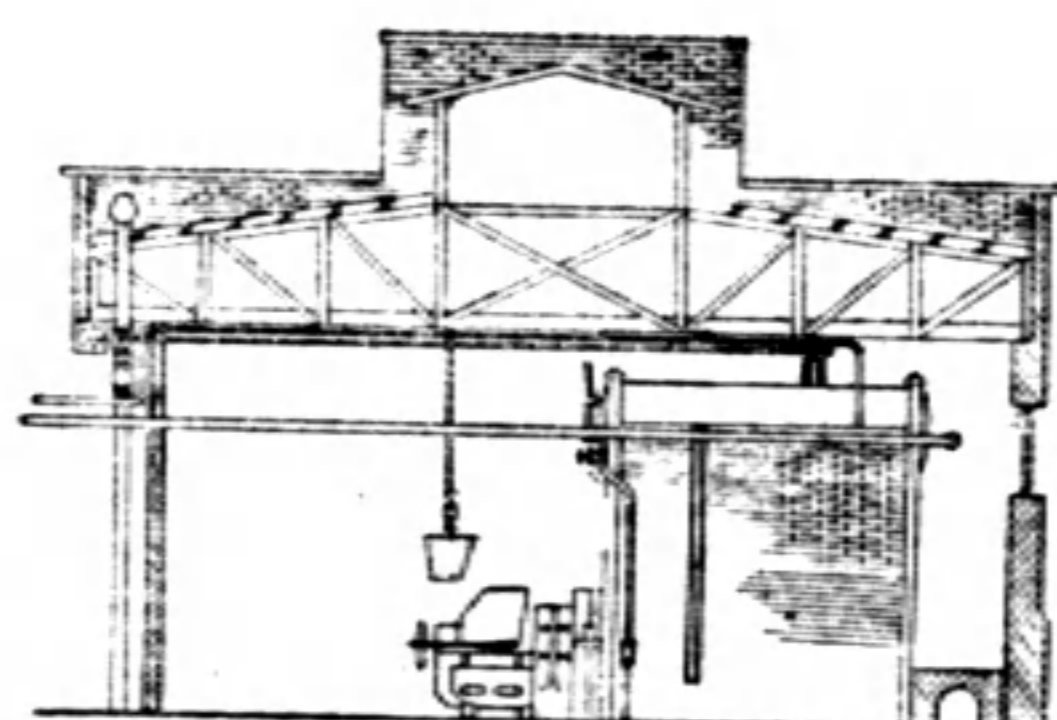




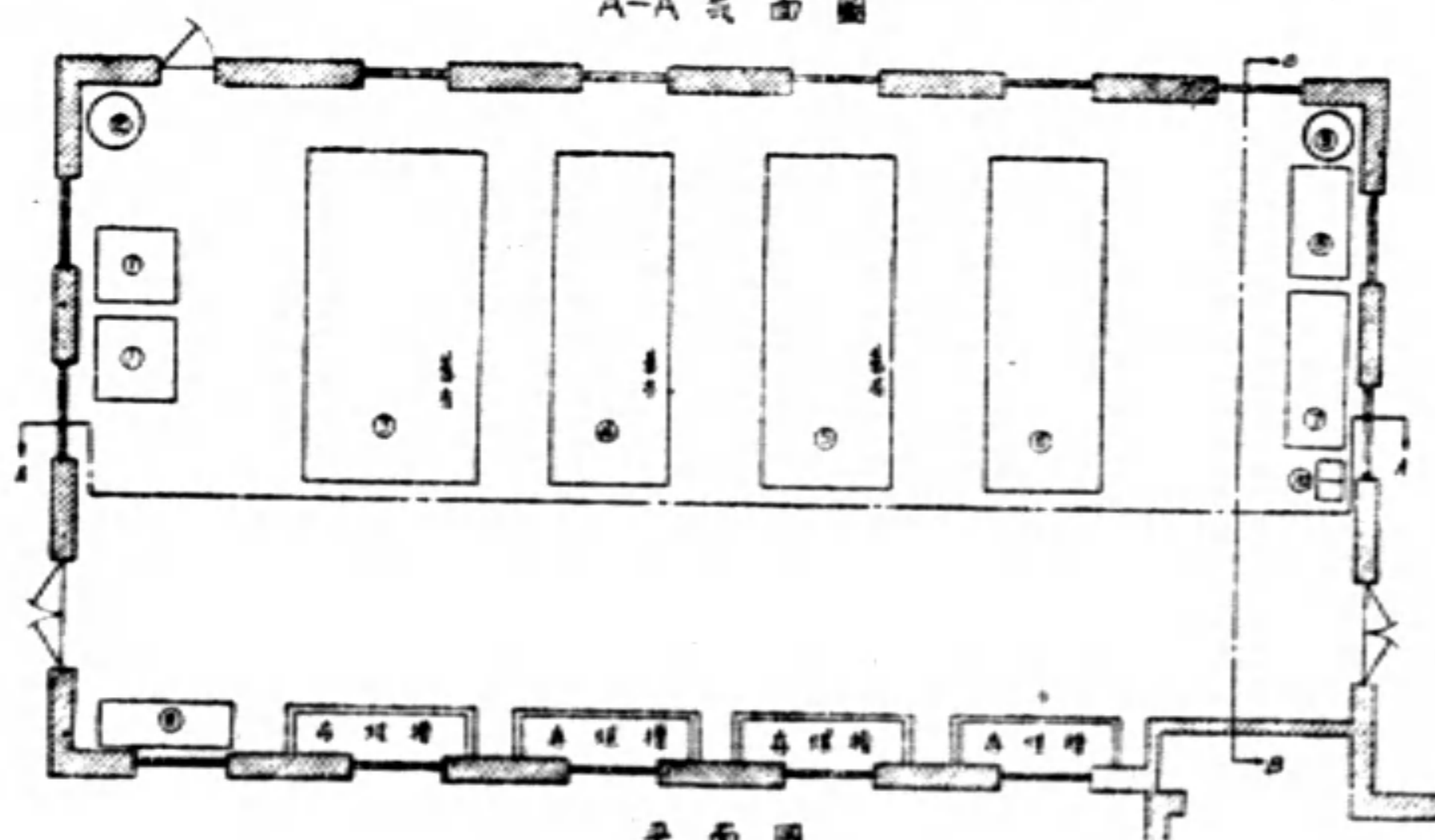
圖(十三) 新鍋爐



A-A 剖面圖



B-B 剖面圖



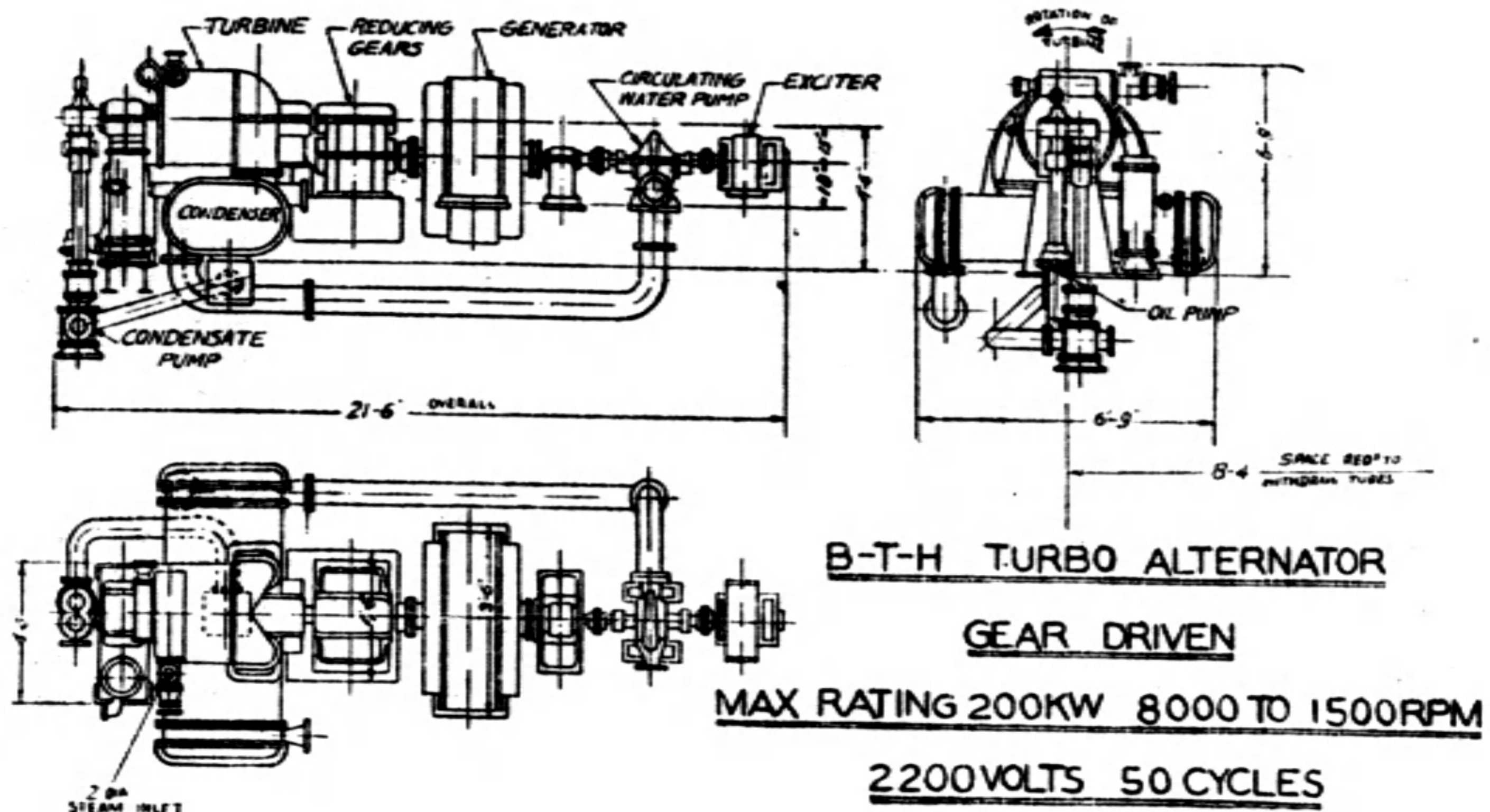
平面圖

新電廠鍋爐房

1. 雙重往復式給水機	Duplex Reciprocating Feed Water Pump
2. 預熱器	Feed Water Heater
3. 煤粉爐	B & W Boiler Hand Firing
4. B & W 鍋爐	B & W Boiler with Combustion Under
	feed Stoker
5. 煤粉爐中之預熱器	B & W Boiler with Unit Preheater
6. B & W 鍋爐中之渣斗	B & W Boiler with Chain Grate Stoker
7. 汽水分离器	& internal Superheater
8. 汽水分离器	Hot Water Tank
9. 汽水分离器	B & W Water Separator
10. 汽水分离器	Zeolite Water Softener
11. 雙重往復式給水機	Vertical Reciprocating Feed Water Pump

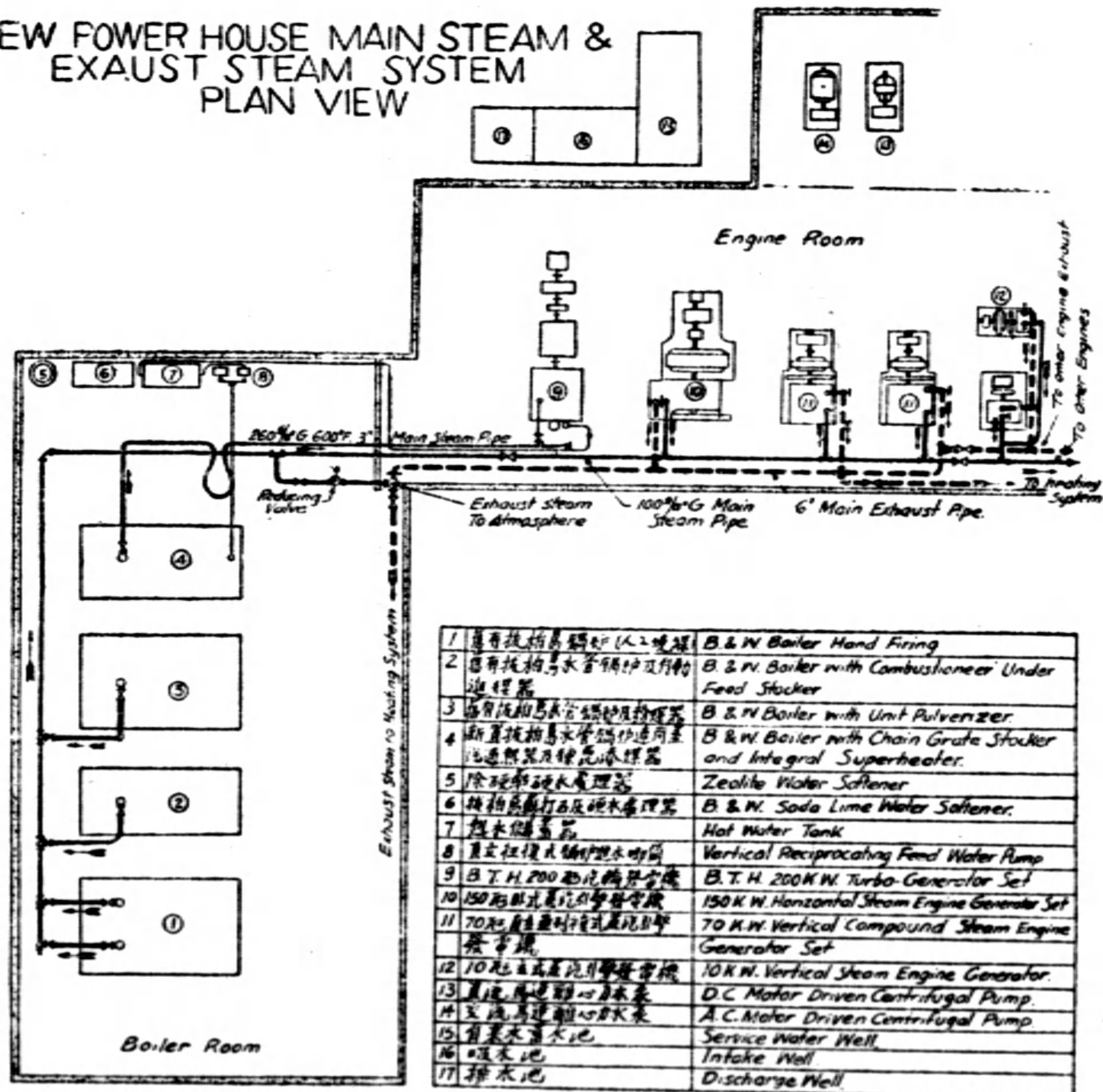
圖(十四) 鍋爐房





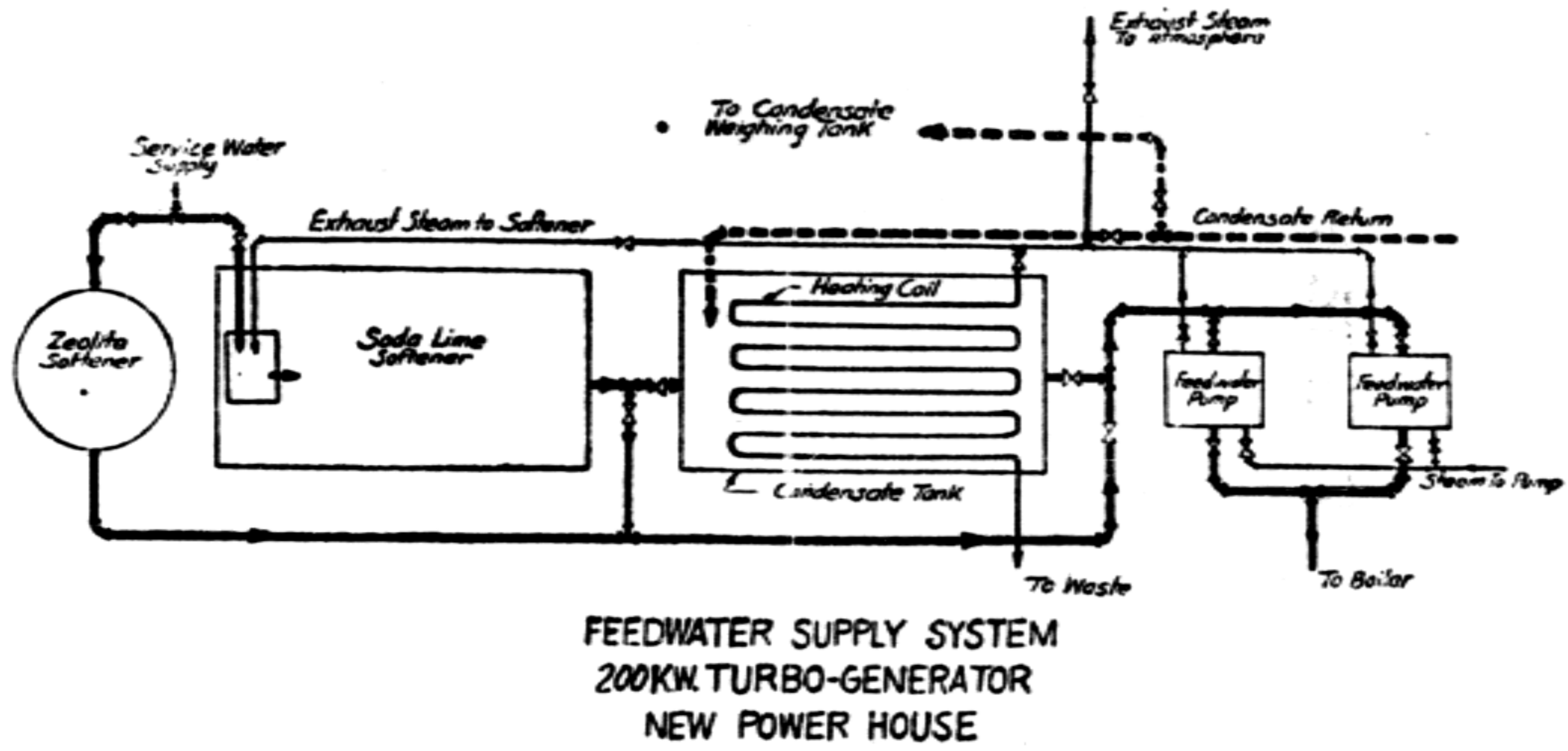
圖(十五) 新汽輪發電機

NEW POWER HOUSE MAIN STEAM & EXHAUST STEAM SYSTEM PLAN VIEW

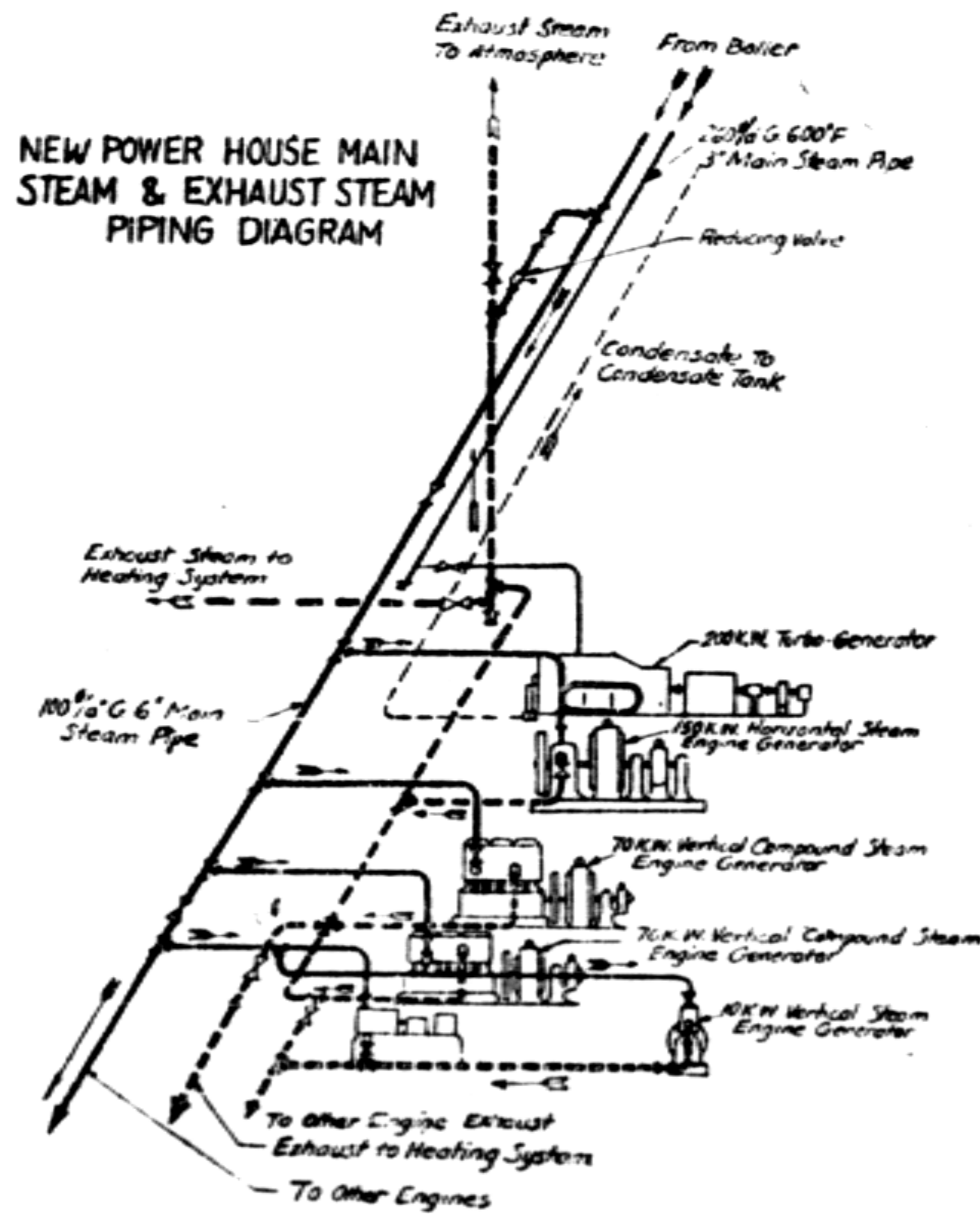


圖(十六) 新電廠汽管圖



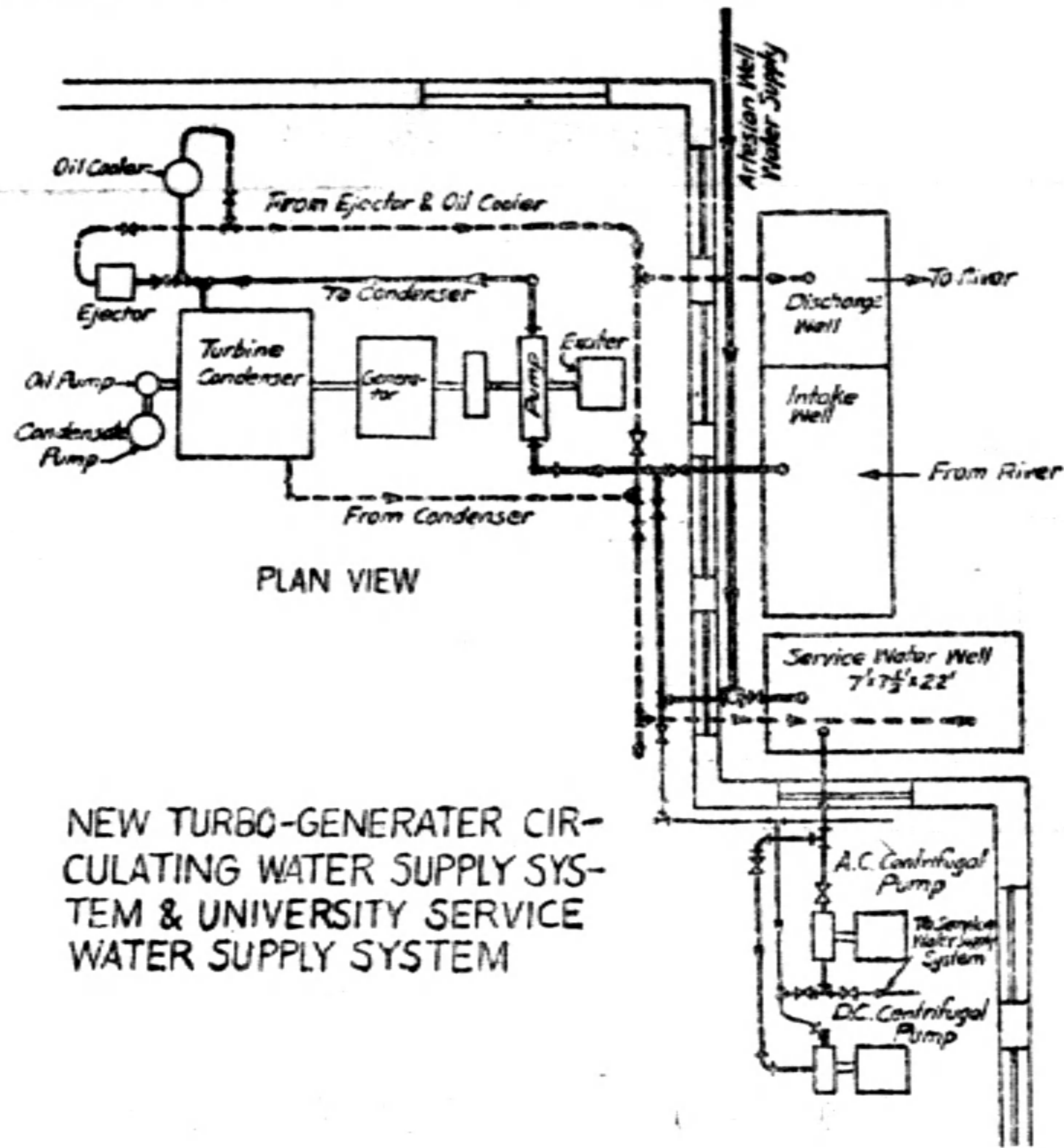


圖(十七) 新電廠鍋爐給水圖



圖(十八) 新電廠汽管圖





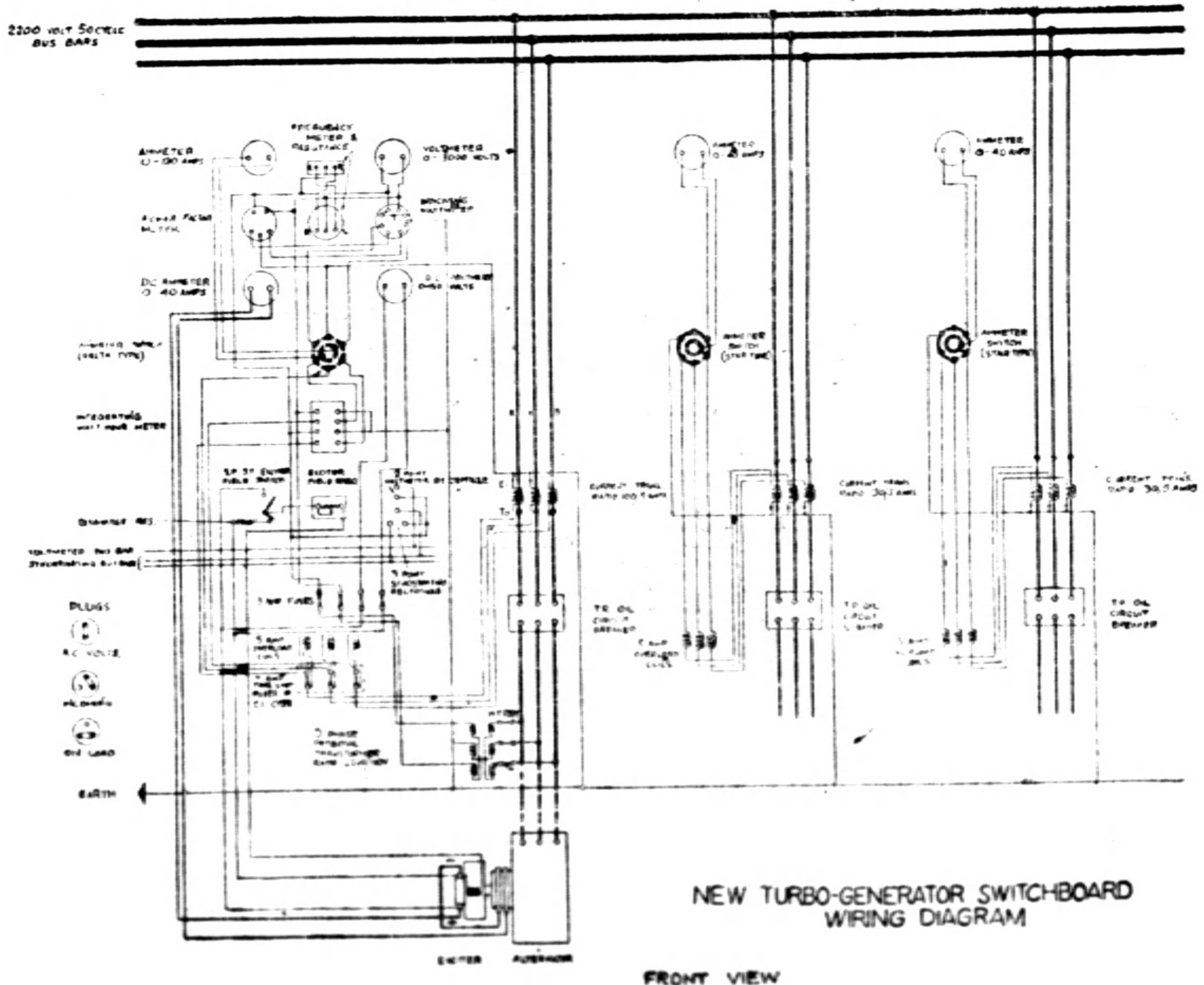
圖(十九) 新電廠凝冷水管圖

LOOSE MATERIAL  
SUPPLIED ON 30 C 57051  
REQT NO 1204/200/600

200 KW ALTERNATOR PANEL

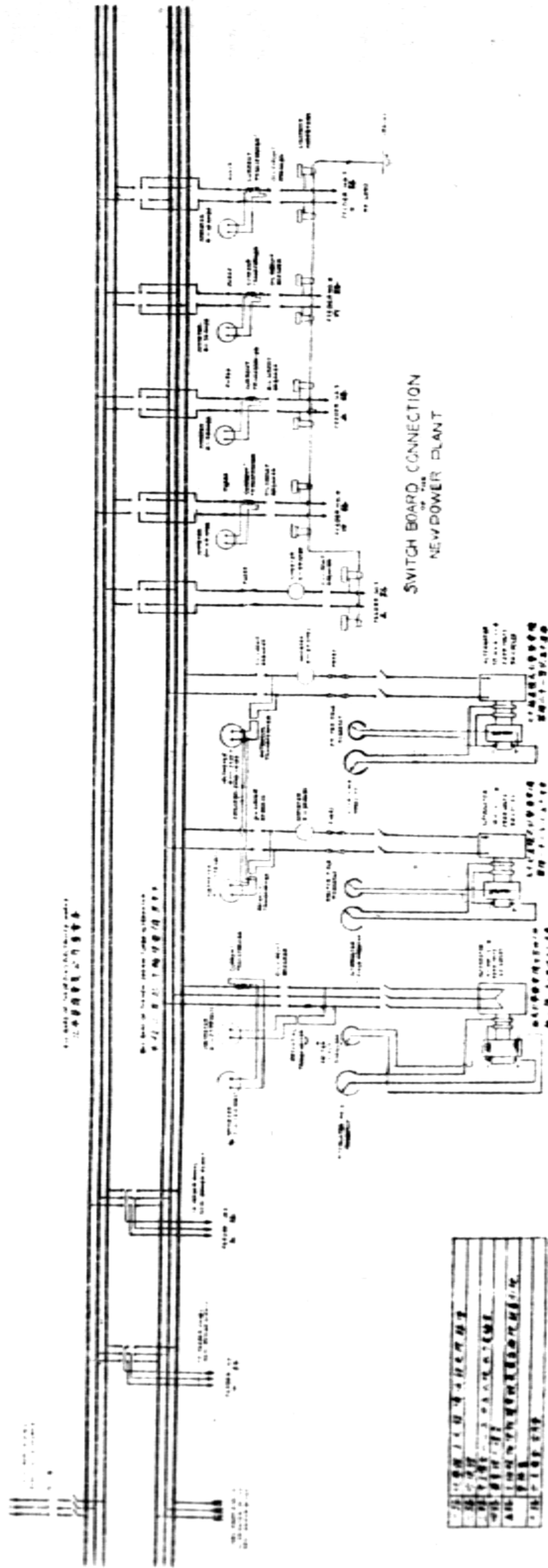
LOOSE MATERIAL  
SUPPLIED ON 30 C 57051  
REQT NO 1204/200/600

FEEDER PANEL FEEDER PANEL



圖(二十) 新電台電線圖





圖(二十一) 新電台電線圖



# 粵漢鐵路株韶段土石方工程統計及分析

凌 鴻 勛

粵漢鐵路株韶段工程局局長兼總工程司

**摘要** 本篇將粵漢鐵路行將完工之株樂段，計程四百零六公里，共分六個總段，二十一個分段之里程土石方數量及工值，分別製為圖表，以資比較。並討論以下各問題。

- 一，株樂段與國有各路之比較及其土石方工值高出之原因。
- 二，包工與工價。
- 三，路面寬度之研究。

本篇由方頤樸先生代讀

論文委員會識

按照鐵路會計則例——路之土石方工程用款，係歸入建築帳（資——四）「路基築造」項下，此項包括土工，鑿石，堤垣，小河，道路，等五目；然大部份用款，當係以一二兩目土工及鑿石為多。查民國二十年中華國有鐵路資本支出分類表（見民國廿一年鐵路年鑑）所載，「資——四」一項全國各路平均（第一表）每公里用款為6,210元，為全部資本百分之七，是以土石方工程，在鐵路工程中占一重要位置，可以想見。

粵漢鐵路株韶段除韶州至樂昌一段早已完工外，所餘株樂一段，

第一表 民國二十年中華國有鐵路「路基築造」資本支出表

路 別	資——四路基築造 平均每公里元數
平 漢	\$ 4,940
北 平	4,346
津 浦	6,241
京 滬	6,860
滬 杭	3,425
平 綏	5,229
正 太	10,850
隴 海	8,042
膠 濟	3,712
湘 鄂	7,7.5
廣 韶	16,454
廣 九	14,636
道 清	770
南 潯	7,992
統計平均	6,210
居全部資本百分數	7.0%



爲程四百零六公里,計自民國廿二年七月起開工,至民國廿四年六月底本文屬稿之時,土石方工程,已完成百分之八十,其未完者,皆已在動工之中,所有數量及價值,已可作一概算,雖他日修補及防護工程,所在多有,但其概數已可得而知。茲將株樂間六個總段二十一個分段之里程土石方數量及工值,分別製爲圖表,以資比較(第二表至第五表及第一第二兩圖)。

第二表 株樂段各分段土石方數量總表

總段	分段	分段里程	填土 (立方公尺)	挖土 (立方公尺)	鬆石 (立方公尺)	堅石 (立方公尺)	總共 (立方公尺)
2	1	14.57	289,563	255,595	135,133	203,829	884,120
	2	14.27	387,773	218,247	183,053	273,266	1,062,339
	3	17.77	406,169	446,505	267,203	277,030	1,396,907
3	1	19.38	1,233,985	410,372	138,667	541,372	2,324,396
	2	24.4	1,330,245	333,320	18,329	628,305	2,310,199
	3	22.92	768,700	427,610	17,310	317,860	1,531,480
4	3	18.9	431,892	350,153	15,910	278,527	1,076,482
	2	20	713,287	328,281	10,537	298,669	1,350,774
	1	21	609,838	359,810	39,061	211,405	1,220,114
5	4	19.2	625,476	152,159	68,090	101,718	947,443
	3	18.8	793,190	151,780	12,310	9,530	966,810
	2	18.5	387,830	178,040	7,990	3,990	577,850
	1	18.5	619,745	184,610	58,470	34,895	897,720
6	4	18	804,602	404,985	171,010	14,238	1,394,835
	3	13	967,848	228,132	—	—	1,195,980
	2	18	862,750	368,870	52,780	30,590	1,314,990
	1	18	737,890	266,087	165,790	43,810	1,213,577
7	4	26.06	1,352,847	91,496	164,352	78,740	1,687,435
	3	26	1,916,035	273,241	176,020	66,970	2,432,266
	2	25.04	1,116,097	227,076	24,456	60,589	1,428,218
	1	13.6	442,910	116,517	63,299	19,835	642,561
			16,798,672	5,772,886	1,789,770	3,495,168	27,856,496



第三表 株樂段各分段平均每公里土石方數量表

總 段	分 段	分 段 公 數	里 數	填 土 (立方公尺)	挖 土 (立方公尺)	鬆 石 (立方公尺)	堅 石 (立方公尺)	總 共 (立方公尺)
2	1	14.57		19,875	17,542	9,275	13,989	60,681
	2	14.27		27,174	15,294	12,827	19,149	74,445
	3	17.77		22,857	25,127	15,037	15,589	78,610
3	1	19.38		63,673	21,174	7,155	27,935	119,937
	2	24.40		54,518	13,661	751	25,750	94,680
	3	22.92		33,538	18,656	755	13,868	66,818
4	3	18.90		22,851	18,526	842	14,737	56,956
	2	20.00		35,664	16,414	527	14,933	67,538
	1	21.00		29,040	17,134	1,860	10,067	58,101
5	4	19.20		32,576	7,925	3,545	5,298	47,346
	3	18.80		42,191	8,073	655	507	51,426
	2	18.50		20,964	9,624	432	215	31,235
	1	18.50		33,499	9,979	3,161	1,886	48,525
6	4	18.00		44,700	22,499	9,500	791	77,490
	3	13.00		74,449	17,548	—	—	91,998
	2	18.00		47,931	20,493	2,932	1,699	73,055
	1	18.00		40,993	14,783	9,211	2,434	67,421
7	4	26.06		51,913	3,511	6,306	3,021	64,751
	3	26.00		73,694	10,509	6,770	2,575	93,548
	2	25.04		44,573	9,065	98	2,420	57,037
	1	13.60		32,567	8,567	4,654	1,458	47,247



第四表 株樂段各分段土石方費用表

總 段	分 段	土 工 鑿 石		路基築道(土工,鑿石,堤壩,小河,道路,)	
		總 數	平均每公里	總 數	平均每公里
2	1	\$ 590,000	\$ 40,480	\$ 815,000	\$ 55,917
	2	671,000	47,038	1,255,000	87,978
	3	1,074,000	60,439	1,556,500	87,591
3	1	1,571,000	81,075	1,805,200	93,162
	2	1,713,500	70,225	1,741,400	71,368
	3	731,500	31,917	752,200	32,820
4	3	473,600	25,058	496,600	26,275
	2	547,700	27,385	565,700	28,285
	1	432,400	20,590	453,400	21,590
5	4	460,900	24,005	525,800	27,385
	3	195,300	10,388	219,300	11,665
	2	131,600	7,113	138,800	7,503
	1	187,000	10,108	198,200	10,713
6	4	256,000	14,222	404,200	22,455
	3	160,000	12,307	560,000	43,076
	2	294,400	16,355	344,400	19,133
	1	251,400	13,967	314,400	16,744
7	4	451,400	17,321	510,900	19,605
	3	460,800	17,723	557,200	21,431
	2	241,200	9,320	348,800	13,930
	1	81,500 <sup>*</sup>	5,992 <sup>*</sup>	139,100 <sup>*</sup>	10,228 <sup>*</sup>

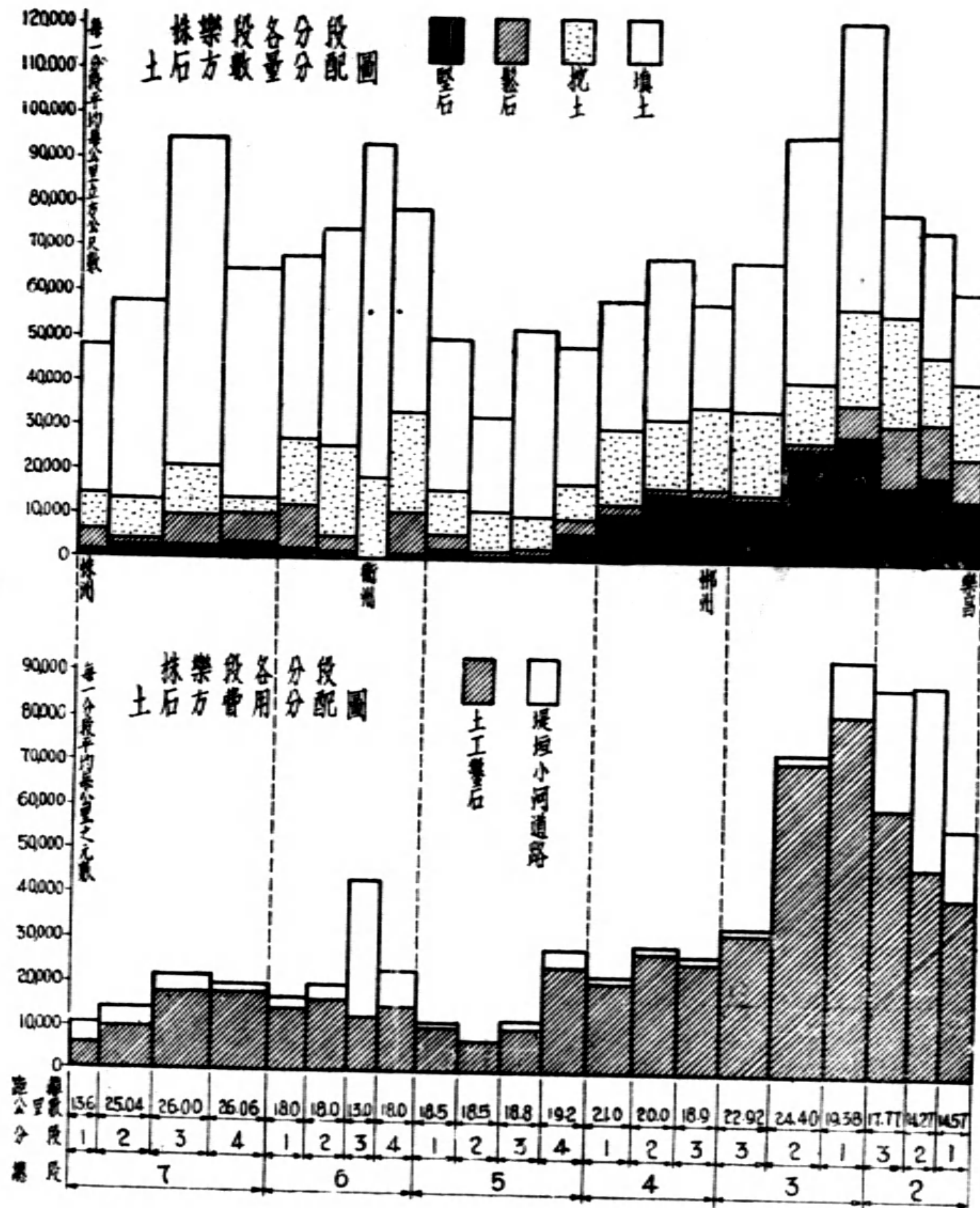
\* 第七總段第一分段由株洲至潯口原已做成一部分之土方，故此數祇係復工至完工後增添之工程，而非全部工程。



第五表 株樂段各分段每立方公尺土石方最高最低單價表

總 段	分 段	填 土		挖 土		挖 鬆 石		挖 堅 石	
		高最	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低
2	1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.95	0.95	2.10	1.40
	2	0.50	0.21	0.45	0.1	1.60	0.55	2.20	1.05
	3	0.46	0.30	0.42	0.10	1.47	1.10	2.02	1.54
3	1	0.44	0.23	0.30	0.20	0.85	0.64	1.54	1.03
	2	0.32	0.30	0.32	0.30	1.00	1.00	1.70	1.68
	3	0.25	0.25	0.28	0.25	0.85	0.80	1.50	1.38
4	3	0.26	0.22	0.32	0.20	0.85	0.60	1.20	1.02
	2	0.26	0.19	0.32	0.20	0.85	0.62	1.20	0.98
	1	0.20	0.18	0.21	0.19	0.65	0.56	1.10	0.88
5	4	0.28	0.20	0.36	0.21	0.90	0.65	1.50	0.95
	3	0.20	0.188	0.21	0.20	0.45	0.35	0.78	0.65
	2	0.23	0.20	0.21	0.21	0.45	0.45	0.70	0.70
	1	0.21	0.13	0.16	0.15	0.30	0.21	1.05	0.58
6	4	0.30	0.14	0.30	0.16	0.35	0.28	0.95	0.55
	3	0.43	0.14	0.43	0.16	0.34	0.30	0.80	0.44
	2	0.21	0.18	0.25	0.19	0.55	0.55	1.00	0.90
	1	0.18	0.16	0.20	0.17	0.32	0.30	0.63	0.60
7	4	0.25	0.14	0.30	0.15	0.75	0.31	1.20	0.61
	3	0.26	0.14	0.26	0.16	0.45	0.27	1.00	0.53
	2	0.18	0.12	0.32	0.13	0.50	0.28	1.40	0.52
	1	0.18	0.115	0.25	0.105	0.48	0.28	0.98	0.55



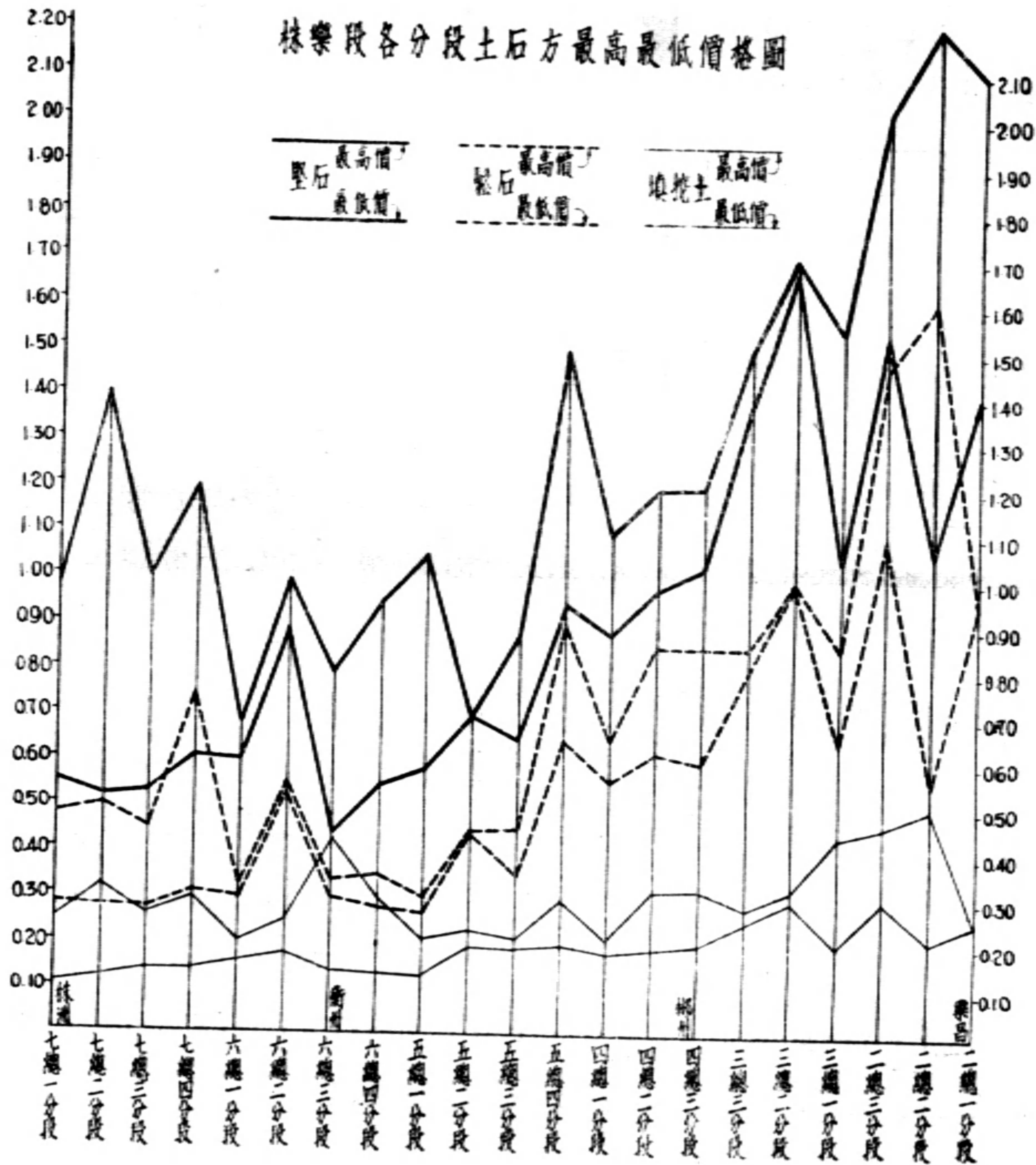


廿四年八月一日製

第一圖 株樂段各分段土石方數量之分配

**株樂段與國有各路之比較** 綜觀各表:土石方一項,在株樂各段中,最低為每公里 7,113 元(五總二分段),最高為 81,075 元(三總一分段),全段平均為 27,041 元,若以資——四路基築造全項計算(即連堤垣小河道路在內),每公里平均最低為 7,503 元(五總二分段),最高為 93,162 元(三總一分段),全段平均為 33,725 元,較之國有





第二圖 株樂段各分段土石方最高最低價格

各路平均,高出數倍之多,考其原因,得下列各種:

(一)粵漢全路工程以樂昌至郴州一百三十公里間,最為困難,鑿石之多,恐為他路所未有。國有路如平漢,北甯,京滬滬杭甬,膠濟,湘鄂等,路基較易,無論已,即就此項費用較高之路而論,如隴海路(平均每公里 8,042 元),則祇觀音堂一段,較有石工(民國二十年統計,無孫家山工程),其他皆屬土工,或平原。正太路(10,850 元)係一公尺軌距,且亦多土工而少石工。廣九路(14,636 元),英段之困難工



程，並不在內，（英段三十五公里，民國廿三年統計路基築造一項，平均每公里 81,219 港元）。廣韶段(16,454 元)。其中困難工程，亦祇連江口至英德一帶，並無樂昌至郴州之遠。平綏路(5,229 元)以工程艱鉅著稱，但以全路算，其石工自不算多。株樂段中，自樂昌至郴州一百三十公里間，有土方七百二十九萬餘立方公尺，石方三百二十九萬五千餘立方公尺，其中所用以鑿石之猛烈炸藥，計耗一千餘噸，當地黑藥，計四千餘噸，費用自較大。

(二)國內各路，所用之路基與路塹寬度標準，各路不同，且多未及部定標準之寬度。株樂段則完全按照部定標準，路堤頂面寬六公尺，其路堤較高者，為六公尺半，路塹則為八公尺，多較各路所用之寬度為大。

(三)一路之土石方工程，與其採用之最大坡度，有至大之關係。國有各路，凡經過山嶺地帶，多採用較急峻之坡度，如平漢幹綫，用至千分之十五。隴海幹綫，用至千分之十五。平綏幹綫，用至三十分之一。正太幹綫，用至千分之一八·四。即粵漢之湘鄂段，經過沿綫無大山坡亦用至百分之一。株樂段中，則由株洲至郴州二百八十餘公里間，均用千分之七之最大坡度。樂昌至坪石五十餘公里間，亦用千分之七之最大坡度。祇有坪石至郴州間，跨過長江與珠江兩流域之分水嶺一段，用達百分之一之坡度，路坡平易，土石方自較多。

(四)本路鑒於水患與通車後營業影響之大，故所有路基，均視數十年來之洪水位再加高一公尺以備不虞。故株洲至衡州一段，雖多屬較平衍之地，而因洪水位高之故，路堤常有高達十餘公尺者，土石方數量亦至多。

(五)查民國二十年各路資本支出分類表所載：各路除平綏及隴海各有一小段，係近十年完成外，其他多係十五至二十年前完工之路，其時工價糧價，遠低於今日，加以國有各路，大半皆在長江以北，其地生活程度較低。株樂段雖粵境之路綫不長，但土石方數



量至鉅，粵境生活較費，而湘南正在匪患之餘與旱災之後，糧價亦奇貴，觀於各路資本分類表中「資——四」一項，原亦以廣韶廣九兩路為最高，亦可知地方工價之不同也。

(六)株樂段由衡州至樂昌一段，係與湘粵兩省公路平行，其中移改公路，藉以避免平交，計凡二十餘處，多屬鑿石工作，另建跨過鐵路之公路橋一座，總共關於此類費用，計凡三十餘萬元，為國內各舊路所未有。

**包工與工價** 本段土石方包工，南北情形不同，大約可以郴州為分界，郴州以南，地方交通不便，治安堪虞，地多疾疫，而鑿石至多，工作困難。郴州以北則反是。本段動工之始，係在南段，當時招募包工甚難，其勉能投得者，又不勝任，因之漸施用判工制度（參閱株韶工程月刊第二卷第六期凌鴻助氏「一年來株韶段工程之包工及判工」，及第二卷第七期張金品氏「本路粵北湘南間包判工制度之分析及工人概況」）。此項判工亦分兩種，一種原為有經驗有組織之包工，大都來自北方，有相當資本，所包判工程，可由八萬元至二十餘萬元，其條件大致與包工同。又一種則為純粹之判工，多為當地人或附近之湘粵贛人，無固定組織與資本，但有經驗，且有號召若干工人之能力，投判範圍，大約至七八萬元為止，其備料或付款，統須由段予以便利。以上兩種判工，在南段工作，甚見優良。

北段工程，由株洲至郴州一帶，土方為多，石方甚少。本路在北段開工之始，所有凡曾略辦過工程者，立時紛紛組織包工公司，風起雲湧，皆以為投包鐵路工程，為致富之捷徑，其中雖不乏有組織，有經驗，有誠意之包工，但臨時組織，缺乏經驗，及臨時湊成若干資本，藉作嘗試者，實居多數。因皆係小組織，故局中每將一段工程，分為數小標，每標總價大約由二萬元至十萬元左右，因競爭劇烈之故，投價頗低，其中有以過低而局方不予取錄者。年餘以來，北段土石方包工合同簽訂，凡約四十件，其中以內容複雜，管理無方，工作不力，被中途取消者，計有三件。其餘能充分表現其能力，始終不懈，

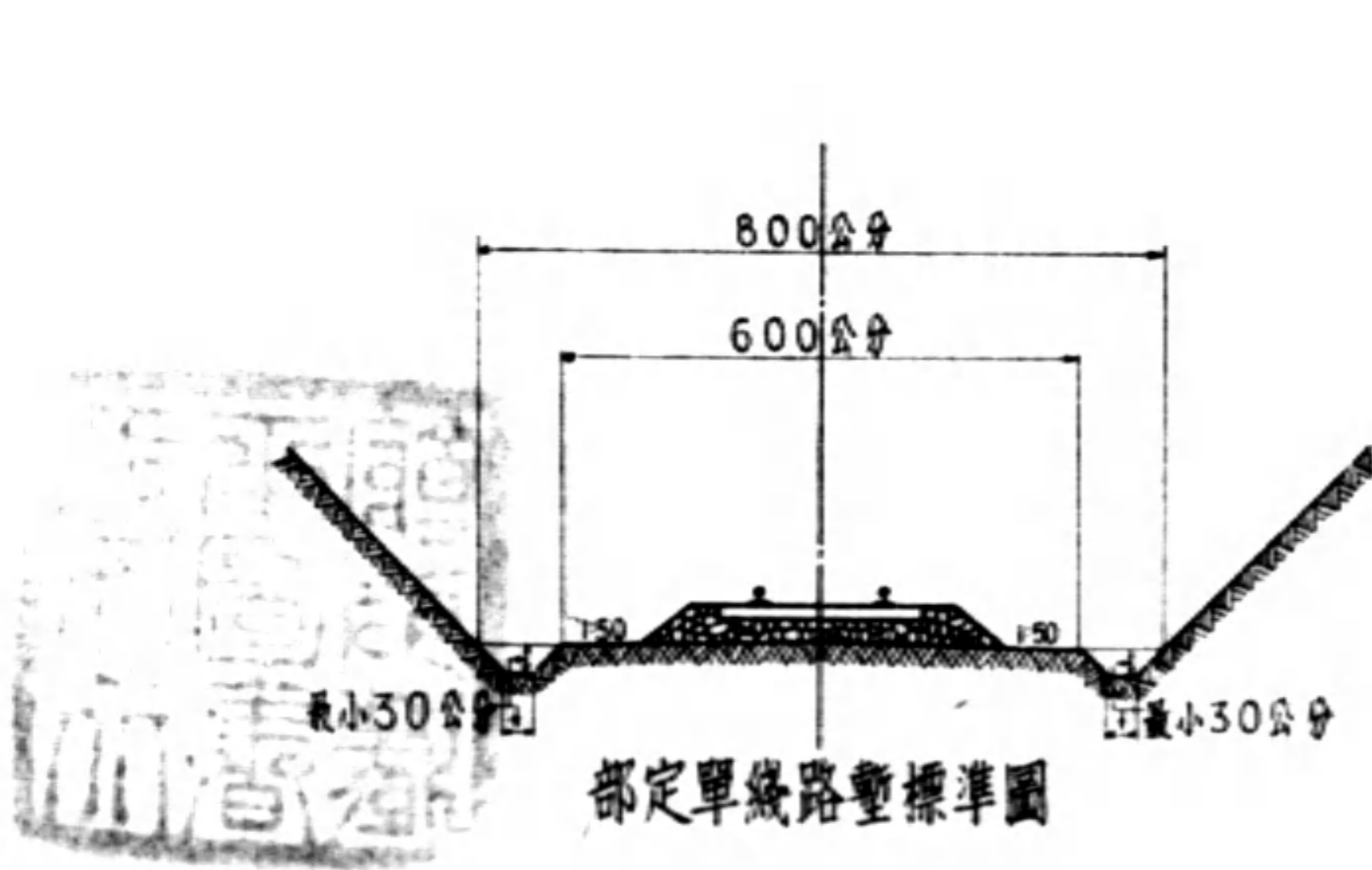


不誤期限,而包工本身亦獲優厚利益者,實不多見也。

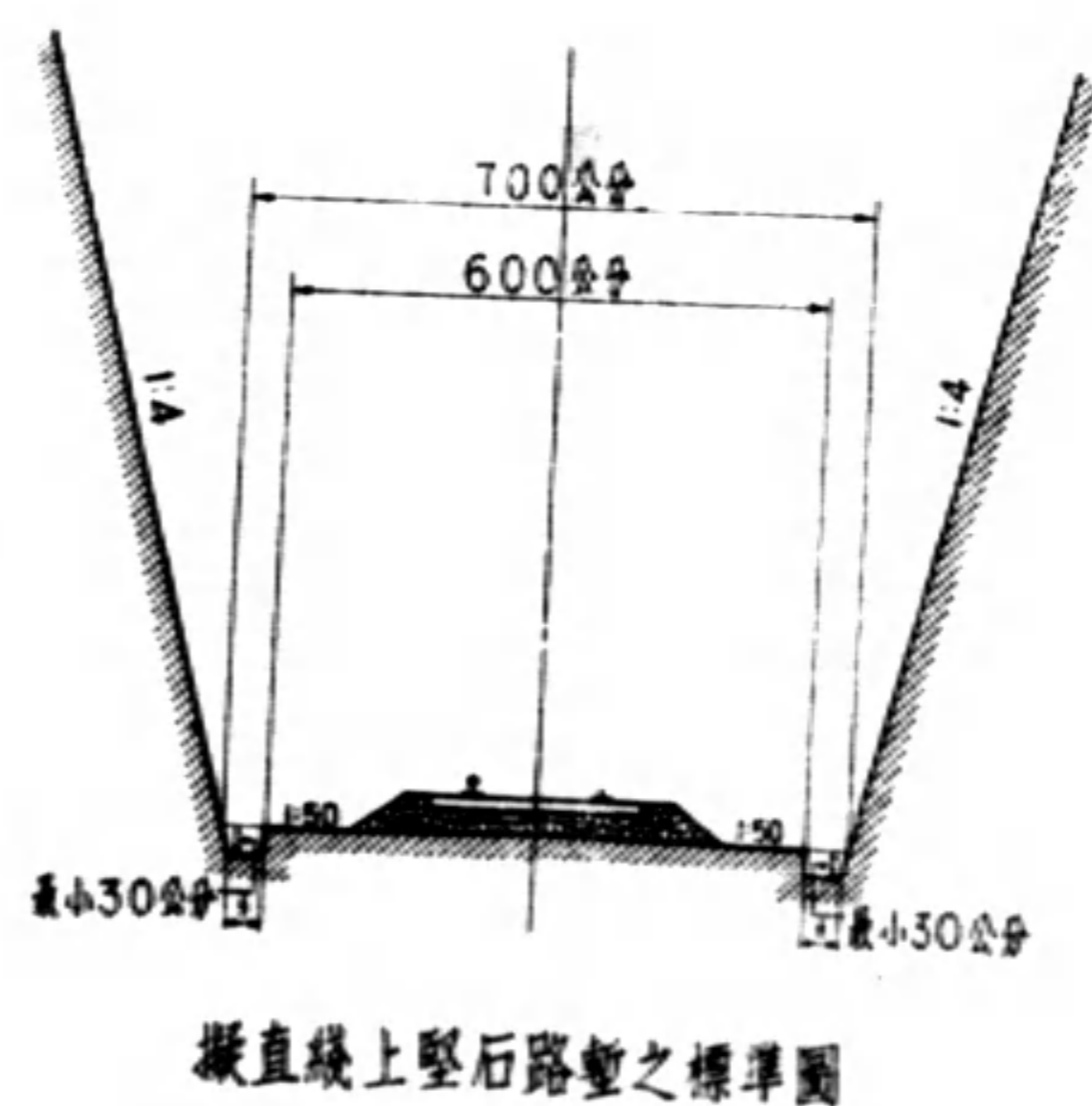
本路發包土石方工程,其計算單價,係填挖各照方數給價,而不問其運程之遠近,與填挖方相差之數。故包工報價前,必須先赴工地視察,並按照本局平剖面圖,自己計算運程與借土及堆廢土地點,而定其單價,此種辦法,自屬不甚科學化,但在內地地方,包工無充分之經驗,亦祇可如此。是以各段單價,每每地方雖近,因地勢之不同而差異。又湘省原以農戶為多,秋冬收藏之時,工價較低,入春農忙,工價又漲,而時年之為豐為歉,亦與工價生直接關係,所有土石方最高最低價格圖表,祇表示各分段工價之最高及最低之數,其偶一最高,或係偶一最低者,皆不足作為平均論也。

**路面寬度之研究** 按部定路堤標準,單綫路堤高度在六公尺或六公尺以內者,堤面闊度為六公尺。如堤高過六公尺者,則堤面闊度為六公尺半。倘遇路堤多屬甚高之處(如株韶之七總三分段在淦田朱亭一帶),此項土方費用,因堤面增闊,亦增加甚鉅,且不獨土方增加而已;如堤下有橋渠涵管,則其長度亦增加甚大,似此路面寬度問題頗有研究之處也。

部定標準路塹寬度,概定為八公尺,而不論路塹之為石為土。(第三圖)。作者以為在深而長之堅石路塹,實大有節省之可能。假



第三圖 部定單線路塹標準圖



第四圖 擬直線上堅石路塹之標準圖



如路面仍爲六公尺，兩旁之溝，因係由堅石鑿成，其近軌道中心一邊之旁坡，可以垂直，其他一邊，則用路塹之旁坡（第四圖），則路塹總寬度，可減省一公尺。假定深十公尺之路塹，其旁坡爲四分之一，則每公里可減省鑿石約一萬立方公尺。以每立方公尺一元六角計算，是每公里可省費一萬六千元。在本路廣東坪石至湖南郴州一帶，及他處類此之地帶，所減省當不少矣（以上指在直綫而言，曲綫在深塹內，則仍宜維持八公尺之寬度。





# ISTEG



“益斯得” (ISTEG) 鋼之性質：

本鋼並非混合鋼加熱鋼或高拉力鋼本鋼係用兩根軟性鋼冷絞而成。

“益斯得” (ISTEG) 鋼之優點：

1. 降伏限及安全抵抗力均可增加百分之五十。
2. 重量可省百分之三十三。
3. 冷絞時發現劣質之鋼條即行剔去
4. 與混凝土黏着力增加百分之二十五

如用於混凝土建築較普通鋼條省料而堅固

## 道門朗公司

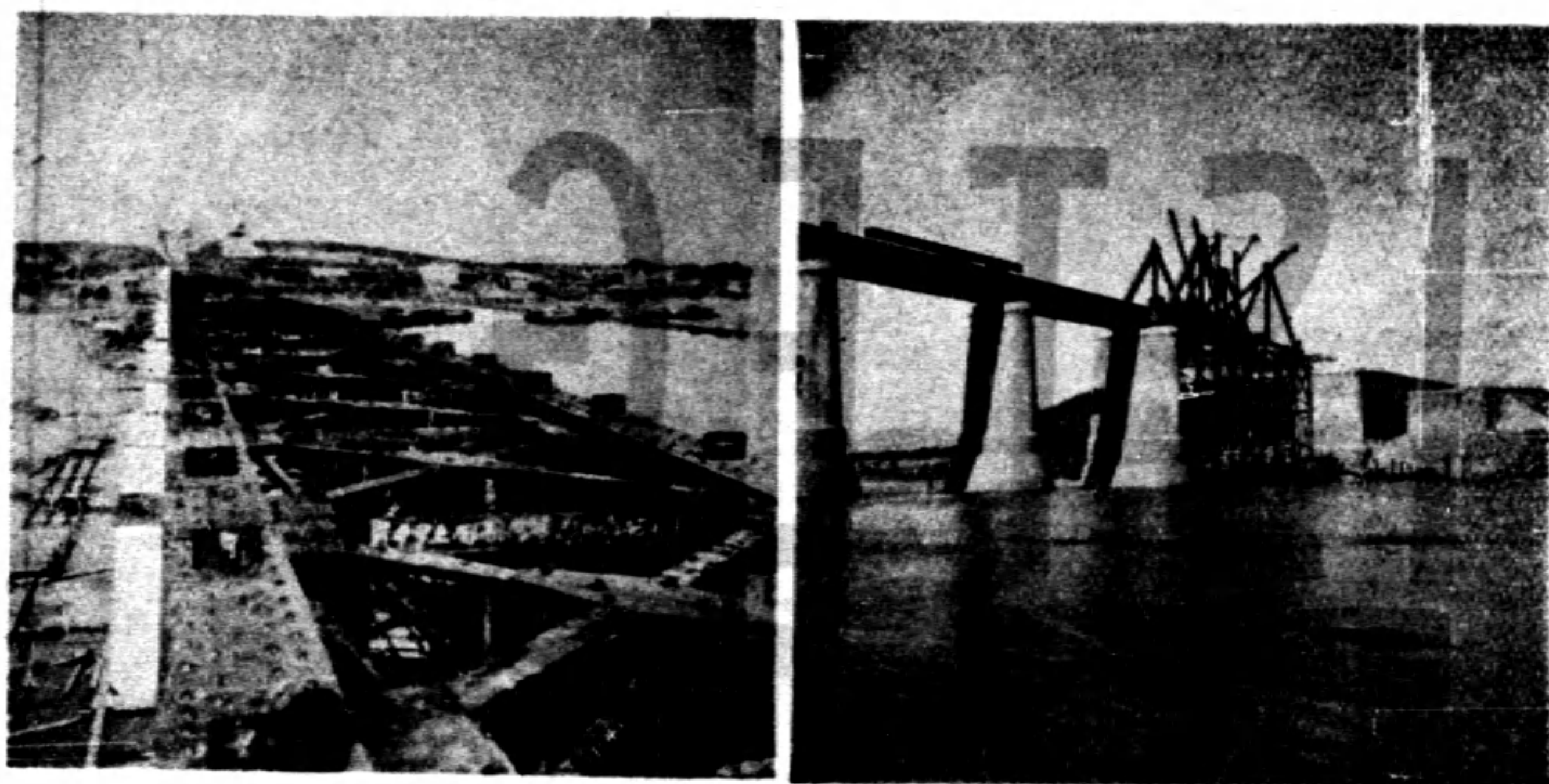
上海外灘二十六號 電話一二九八〇 電報“Dorman”

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



專家組織，創立十年之

# 新中工程股份有限公司 為國內設備 建築用機器之大本營



## 鋼鐵建築用

電鑽機 (Electric Drilling Machines)  
冷氣鉚釘機 (Pneumatic Rivetting Machines)

## 混凝土建築用

拌三和土機 (Concrete Mixers)  
吊車搖車 (Cranes & Winches)

## 橋梁建築用

抽水機 (Pumps)  
壓氣機 (Air Compressors)

## 動力工場用

提士引擎 (Diesel Engines)

此外自備剪刀車，沖床，刨床，鑽床，裝吊設備，發電設備等，專為建築界服務，如蒙 惠教，不勝感幸。

總經理兼  
工程師

支秉淵

廠長

魏如

事務所：上海江西路三七八號

電話一九八二四

電報掛號九八二四

製造廠：

上海閘北寶昌路嚴家閣

電話閘北四二二六七



SIEMSEN & CO.

Importers-Engineers-Exporters

451 Kiangse Road

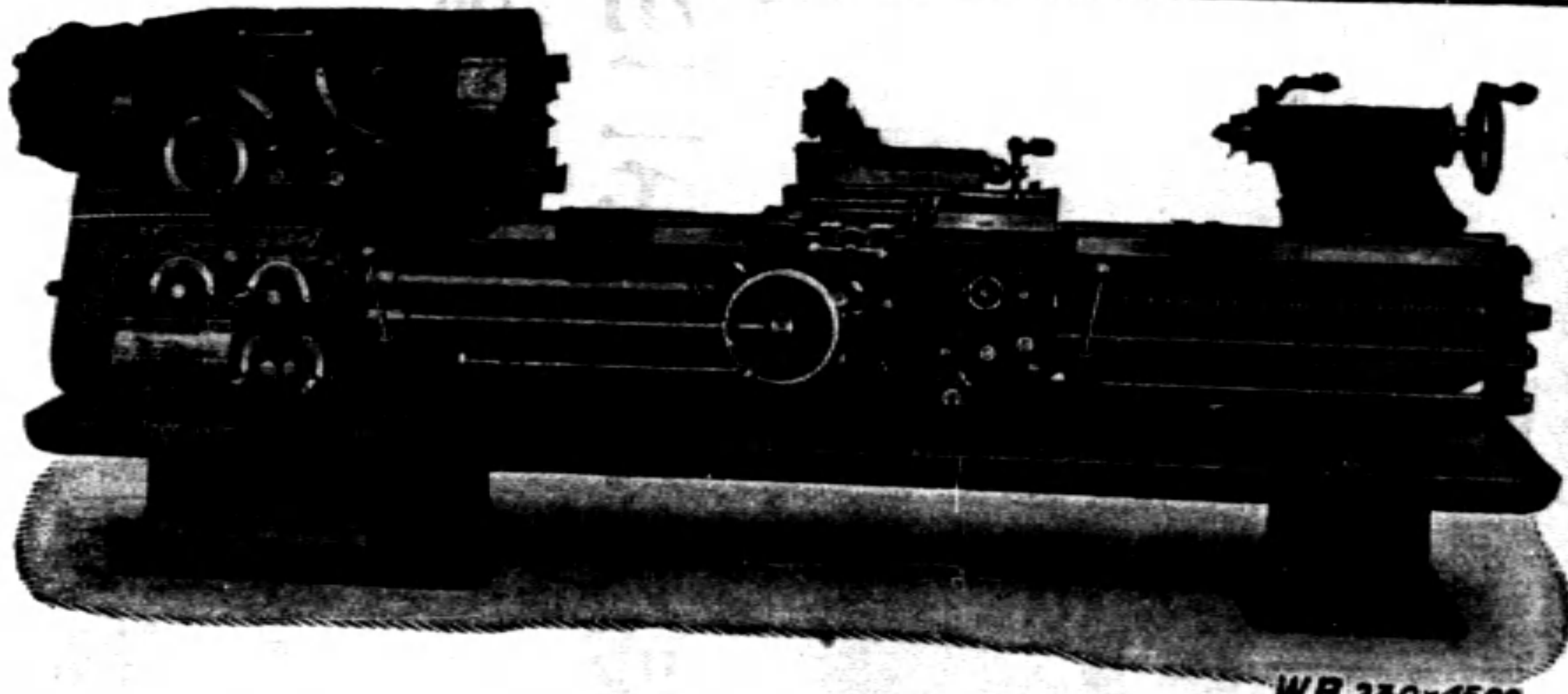
SHANGHAI



商 德

行 洋 臣 禪 海 上

號 一 五 四 路 西 江



WB 230x1500

製造及修理機器等業需用之不論何種機械工具

請與敝行接洽當竭誠顧問務使每件工作

各有最合宜之機器製造之

敝行經售之機器廠均為造製各式優等

機械工具之專門廠家

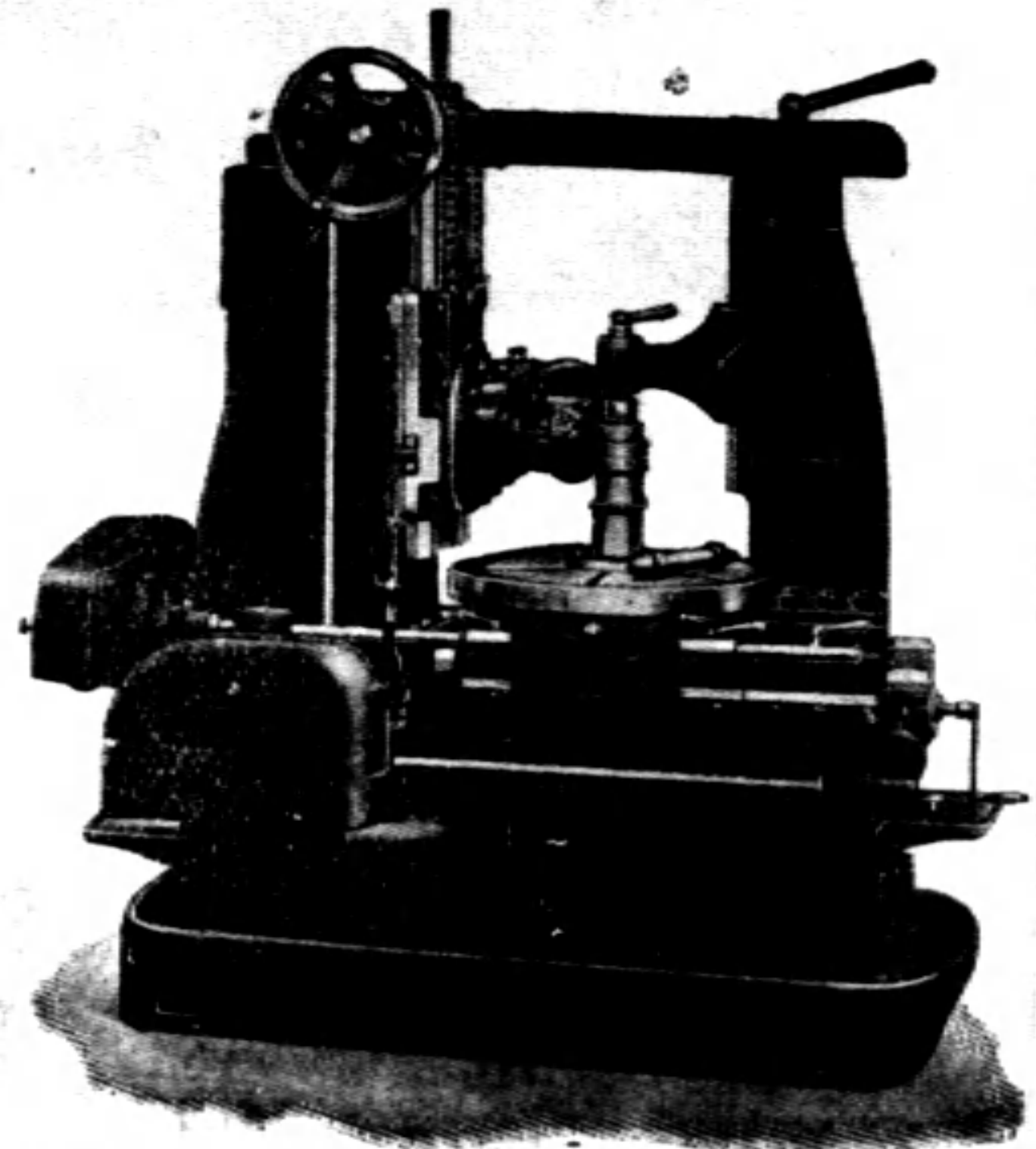
兵工廠用之各種機器

船廠，火車廠，鍋爐廠

等用之最大型機械工具

鐵路工廠用之特種機械工具

鍛工及鑄工用機器



複式車床，自動車床，重車床，立式車床，多角形車床，龍門刨床，牛頭刨床，臥式銑床，立式搪床，萬能銑床，特種高速專門割切齒輪用之各式銑床，落地鑽床，高速度及立柱鑽床，冷圓鋸床，絞螺絲機，冷壓空氣錘，帽釘衝床，螺絲壓床，各式傳力機件，軸承，考不令，差動齒輪等。

所 品 售 具 工 械 機 種 特 國 德

理 經 家 獨 行 洋 臣 禪 商 德 海 上

Polte, Maschinenfabrik Magdeburg.

Hasse & Wrede, Berlin.

Schiess—Defries A. G., Düsseldorf.

F. C. Weipert, Heilbronn.

Wanderer—Werke A. G., Chemnitz.

Hermann Pfauter, Chemnitz.

Maschinenfabrik Deutschland, Dortmund.

Raboma Maschinenfabrik, Berlin.

Webo, Duesseldorf.

Gustav Wagner, Reutlingen.

Lange & Geilen, Halle.

Th. Calow & Co., Bielefeld.

Bêché & Grohs, Hückeswagen.

Eisenwerk Wülfel, Hannover.

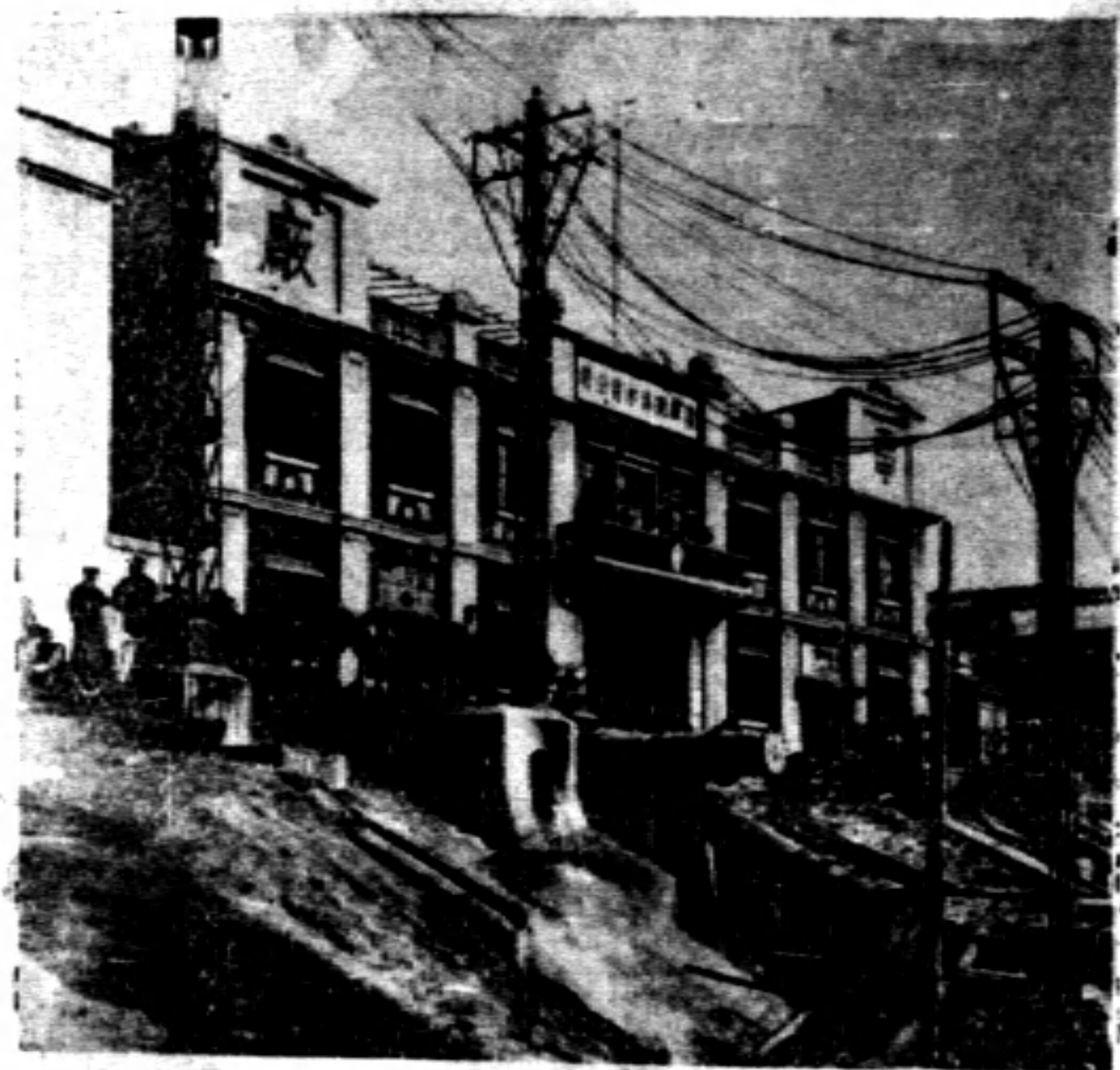
請 聲 明 由 中 國 工 程 師 學 會 [ 工 程 ] 介 紹



# 商辦漢鎮既濟水電公司

本公司發電容量總計一萬六千五百瓩，供給電光，電熱，電力，晝夜不息。

電流制度：交流，三相，六十週波，電壓三百八十伏。欲接用二千三百伏或六千六百伏高壓均可商議。



廠前景

營業處：漢口江漢路

電話二二四七六

發電廠：漢口大王廟

電話三二〇七二





# 油機滑車汽與油汽牌殼

君使能品物之等高最為  
意滿為最駛行車汽之

## (油 柏) 青 瀝

用等電走免避屋蓋路鋪為

## 油 機 滑

用應上器機廠工船輪凡  
備均級各油機滑之

## 水 香 松 質 礦 牌 殼

品替代油節松之濟經最效有最為

## 油 柴

爐油燒及燒燃部內學引為  
用之管汽熱蒸與鍋

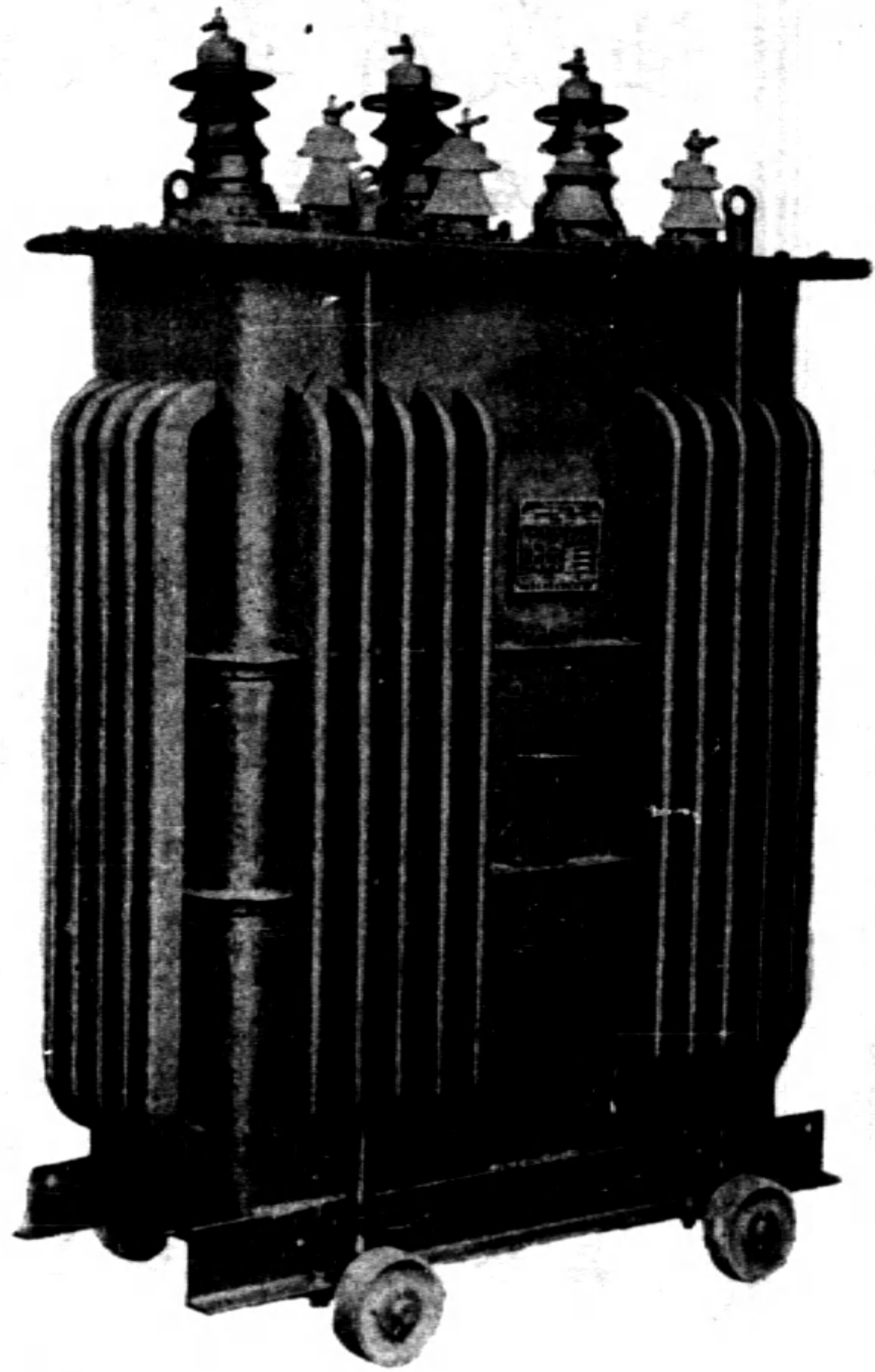


請聲明由中國工程師學會「工程」介紹

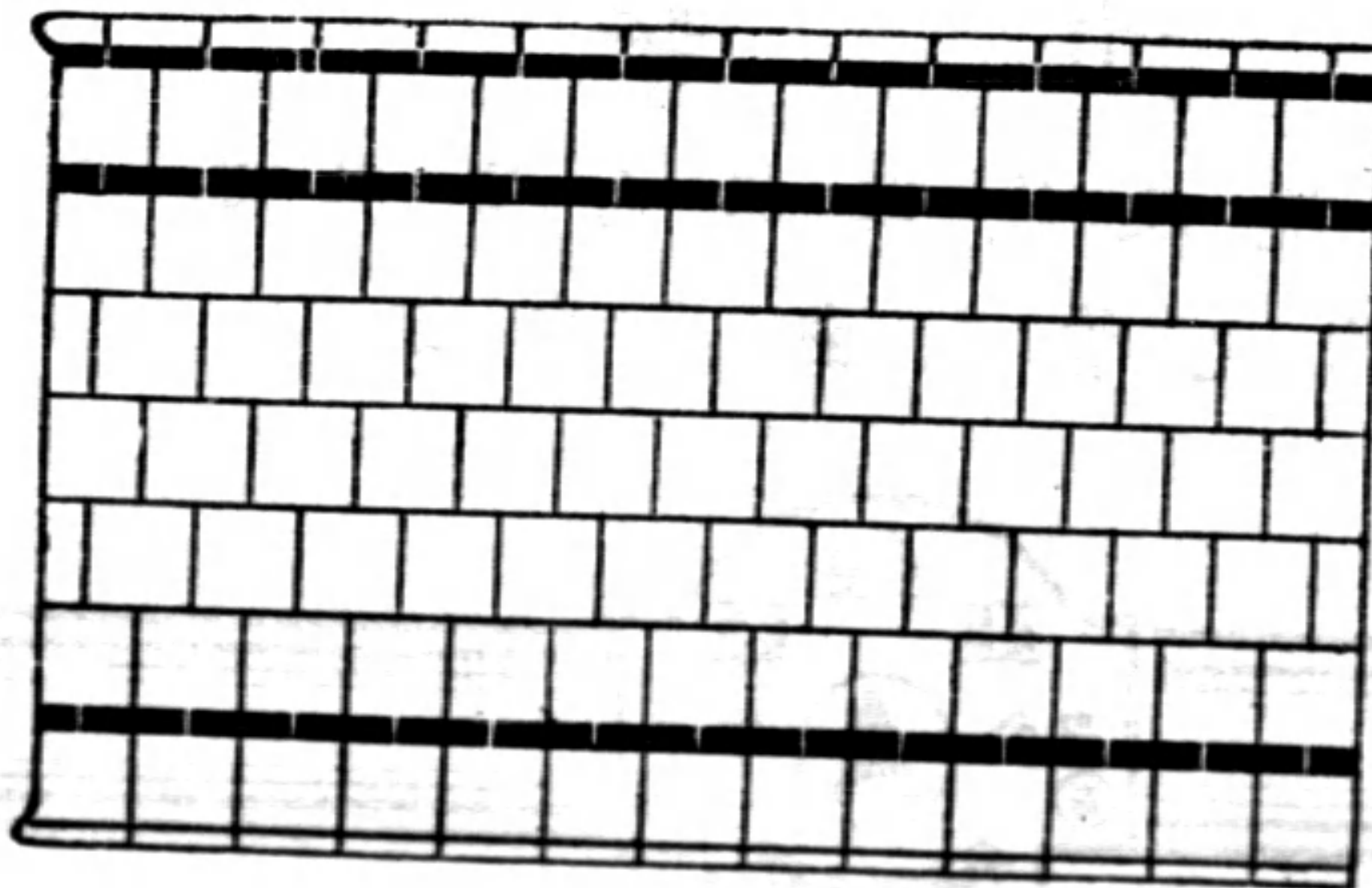


# 品出司公電瓷

## 器壓變貨國



第 一 廠	第 二 廠	製 造 廠	電 話	上 海	事 務 所
霍 必 蘭 路	浦 東 洋 涇		一 一 六 四 七 四 〇 〇 六 八	福 州 路	八 十 九 號



釉  
面  
牆  
磚  
國  
貨

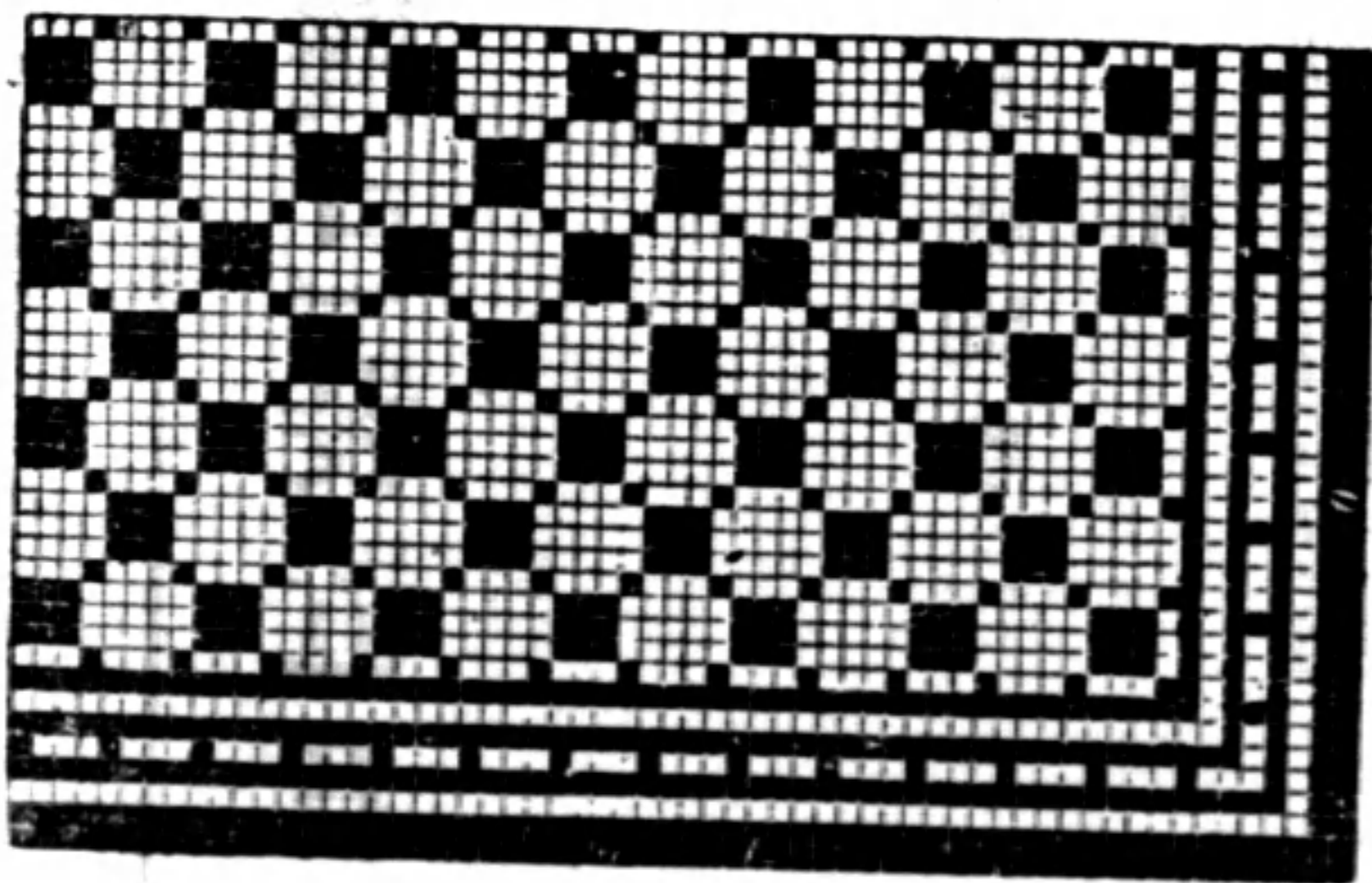


# 益中福記機器

## 瓷磚類

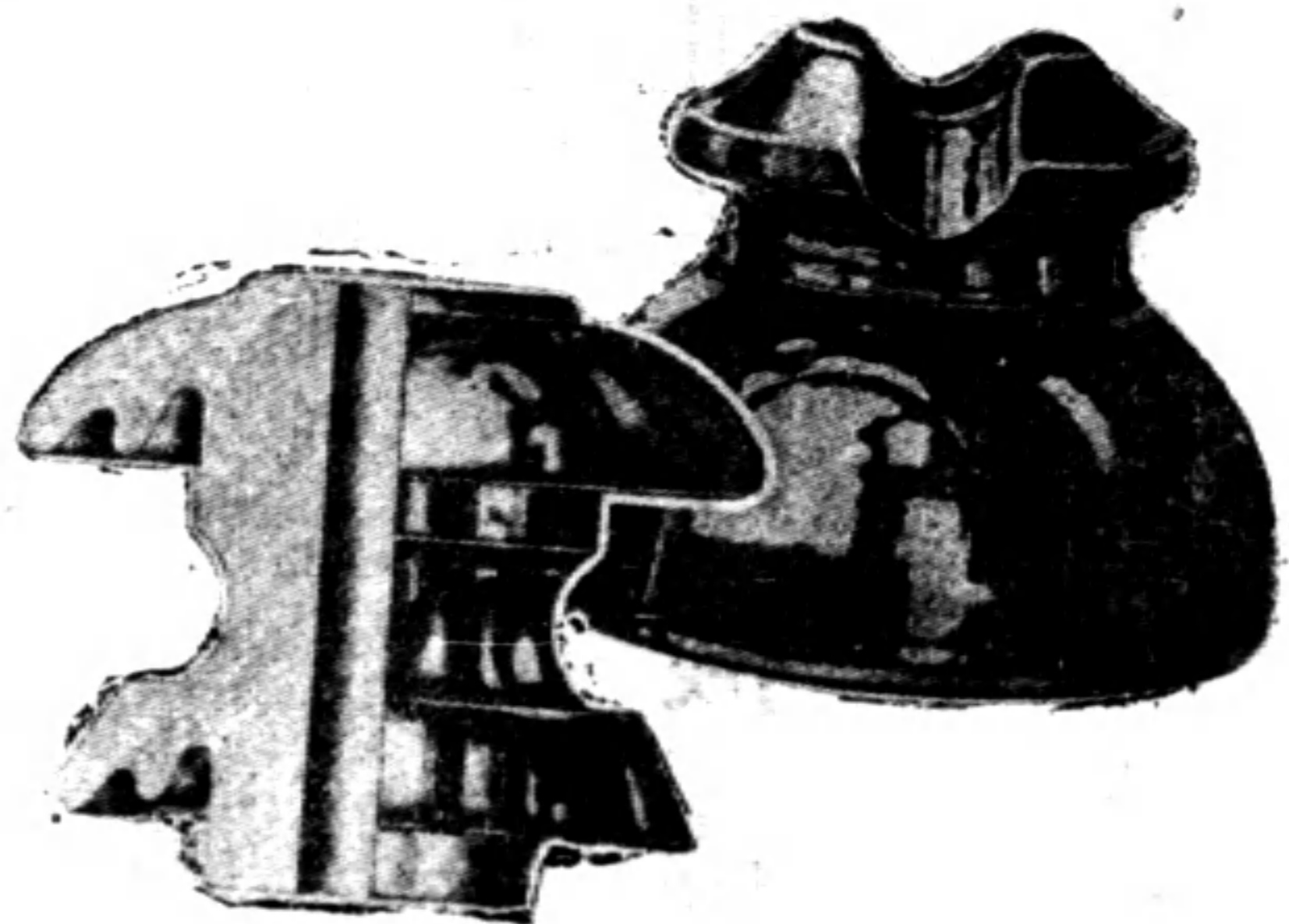
6" X 6"	6" X 6"	4" X 6"	羅馬式美術瓷磚	3" X 6"	3" X 6"	各種瑪賽克瓷磚
顏色釉面牆磚	白色釉面牆磚	銅精梯口磚		顏色釉面牆磚	白色釉面牆磚	

## 瑪賽克瓷磚



## 電機類

電流限制表	高壓保險鉛絲	各種電氣用瓷瓶	高低壓油開關	高低壓瓷瓶	變壓器油濾清機	直流交流配電板	各種變壓器
-------	--------	---------	--------	-------	---------	---------	-------

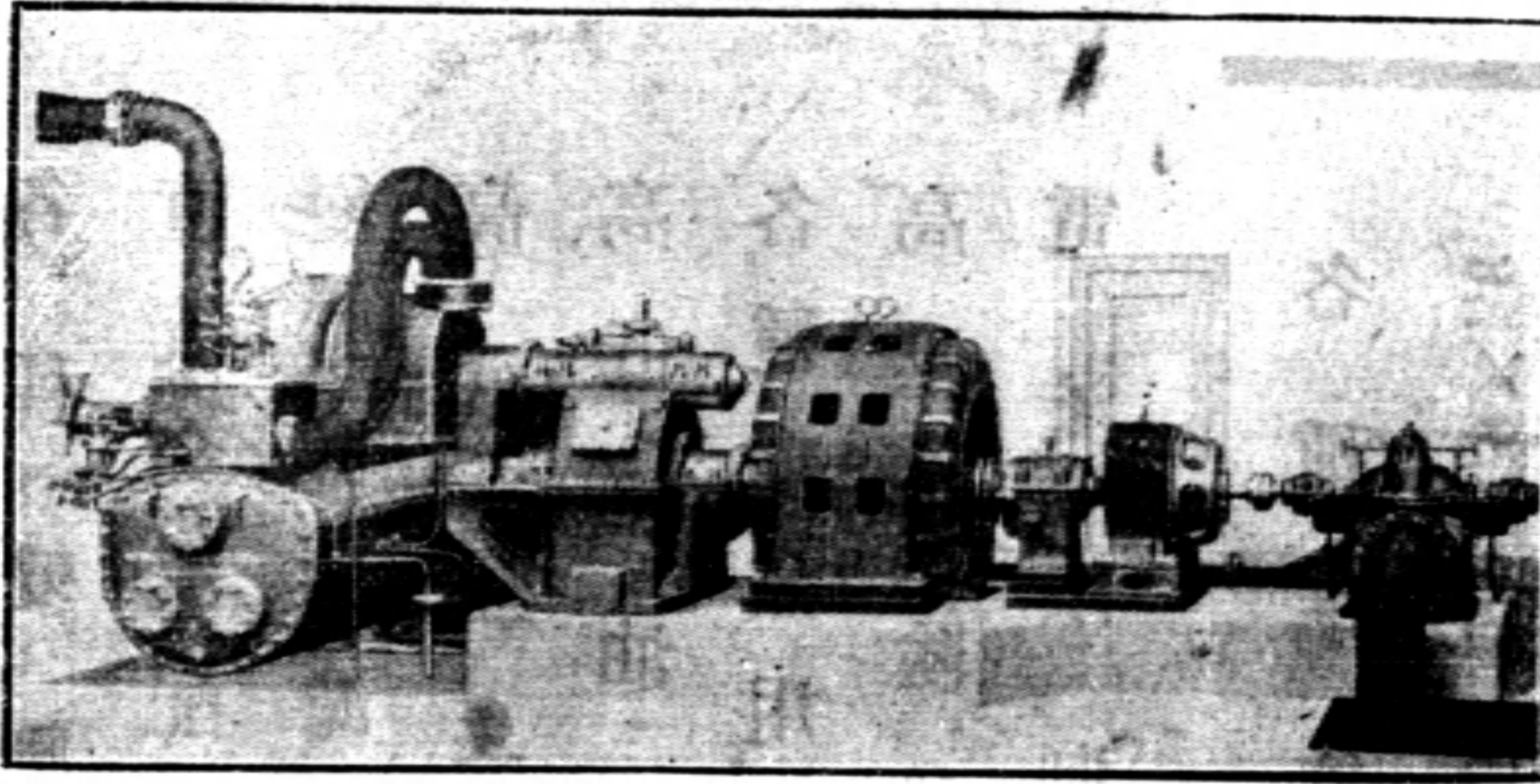


高低壓線路瓷瓶



**METROPOLITAN**  
**Vickers**  
ELECTRICAL CO. LTD

OVER  
**150**



英國「茂偉」連座透平發電機已裝置者  
數逾壹百五拾！曷故？

因  
↓  
價廉

- ↓可省廠房建築及底脚費
- ↓用汽少而經久耐用
- ↓附件不用馬達拖動不受外電應響
- ↓開車簡便可省工人
- ↓可供給低壓汽為烘熱之用藉以省煤
- ↓及其他種種利益

欲知此種透平發電機之詳細情形請駕臨

**安利洋行機器部**

總行 上海沙遜房子三樓（電話一一四三〇）

分行 漢口 天津 重慶 香港



# 膠濟鐵路行車時刻表 民國二十三年七月一日改訂實行

## 下行列車

站名	到開			
	一等	二等	三等	各等
青島	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
四方	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
滄口	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
女姑	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
城陽	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
南村	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
藍村	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
李村	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
膠州	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
芝蘭	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
姚莊	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
高密	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
康家莊	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
蔡家莊	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
塔耳	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
文登	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
黃旗	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
南流	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
嶺子	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
坊子	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
二十里堡	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
海縣	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
大河	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
朱店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
昌樂	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
魏家莊	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
楊家莊	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
青州	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
辛店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
金嶺	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
朝田	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
張店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
馬尚	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
大王	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
明水	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
龍山	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
郭店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
北流	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
濟南	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇

## 上行列車

站名	到開			
	一等	二等	三等	各等
濟南	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
北流	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
黃莊	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
王店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
會人	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
郭店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
龍山	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
明水	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
大王	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
普集	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
水集	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
池村	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
周村	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
馬店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
張店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
辛店	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
金嶺	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
普集	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇
青島	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇	七.〇〇











中國工程師學會叢書

鋼筋混凝土學

本書係本會會員趙福靈君所著，對於鋼筋混凝土學包羅萬有，無微不至，蓋著者參考歐美各國著述，搜集諸家學理編成是書，敘述既極簡明，內容又甚豐富，試閱下列目錄即可證明對於此項工程之設計定可應付裕如，毫無困難矣。全書曾經本會會員鋼筋混凝土工程專家李鏗李學海諸君詳加審閱，均認為極有價值之著作，爰亟付梓，以公於世。全書洋裝一冊共五百餘面，定價五元，外埠購買須加每部書郵資三角。

鋼筋混凝土學目錄

序	編	總論	第八編	基礎
第一	編	材料論	第九編	護牆
第二	編	樑之理論	第十編	鋼節結構
第三	編	鋼筋混凝土樑板之理論及計算法	第十一編	房屋構造
第四	編	鋼筋混凝土樑之實驗	第十二編	鋼筋混凝土樑橋
第五	編	鋼筋混凝土樑之設計	第十三編	拱橋
第六	編	鋼筋混凝土柱	第十四編	水管，暗渠，貯水塔，蓄水池
第七	編		附錄	

中國工程師學會經售

平面測量學

本書係呂謹君所著，本其平日經驗，兼參考外國書籍，編纂是書，對於測量一學包羅萬有，無微不至，敘述極為簡明，內容又甚豐富，誠為研究測量學者及實地測量者之唯一參考書，均宜人手一冊，全書五百餘面，每冊實價式元伍角，另加寄費壹角五分，茲將詳細目錄照錄於下：

平面測量學目錄

第一部		第十五章	經緯儀測量——野薄記載
第一章	測量器械之應用檢查及糾正	第十六章	水平儀測量——野外工作
第二章	概論	第十七章	水平儀測量中的各項問題
第三章	鍊尺測量	第十八章	平版儀測量中的各項問題
第四章	羅盤儀測量	第十九章	視距測量
第五章	經緯儀測量	第三部	
第六章	經緯儀之應用	計 算	
第七章	角度測量中的誤差及經緯儀之糾正	第二十章	室內計算
第八章	水平儀測量	第二十一章	磁方位之計算
第九章	水平測量的理論	第二十二章	經緯距之計算
第十章	水平測量中的誤差及水平儀之糾正	第二十三章	未測部分之計算
第十一章	平版儀測量	第二十四章	面積之計算
第二部		第四部	
測量方法		製 圖	
第十二章	設置折線法	第二十五章	繪圖器械之應用
第十三章	細部測定	第二十六章	角度之描繪
第十四章	經緯儀測量中的各種問題	第二十七章	折線及細部之描繪
第十五章	經緯儀測量——野外工作	第二十八章	圖之完成
		附 表	



# 啓新洋灰公司管理華記湖北 水坭廠

## 寶塔牌水坭



完全國貨

老牌水坭

註冊

商標

灰質精細

拉力高強

本公司管理  
華記湖北水  
坭廠出品寶  
塔牌水坭以  
最新方法製  
造與美國材  
料試驗學會  
所定標準一  
律國內各埠  
重要工程及  
各鐵路各省  
公路橋樑堤  
工等著名工  
程莫不採用  
品質精良歷  
經上海工部  
局中國工程  
師學會等化  
驗給單證明

廠址 湖北大冶石灰窰

各埠 支店 分銷 一覽

啓新洋灰公司南部支店

上海北京路浙江興業銀行大廈  
電報掛號三五〇〇

南京 啓新洋灰公司 中山北路三九〇號  
南京辦事處 電報掛號三五〇〇

蕪湖 元大和 長街管驛巷口

安慶 湧興德 四牌樓西街

九江 華康號 西門外大中路

南昌 泰豐號 廣外直冲巷

景德鎮 興記號 彭家弄下首

武穴 慎記號 西壩街

長沙 長慶福 大西門四十號

沙市 程煥記鐵號 拖船埠

重慶 民生實業公司 第一模範市場

西安 福茂煤廠 西安車站

汕頭 通安公司 永泰馬路

啓新洋灰公司漢口支店

漢口法租界福熙路九號 電報掛號六〇〇六

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



本公司創設迄今已十有四年以最優機器最新方法製造卜德倫水泥分銷以來不脛而走所有國內鉅大鋼骨水泥工程如首都中山陵墓城道部交通部全國運動場最高法院中央醫院勵志社等房屋東台海壩工程廣州中山紀念堂株韶鐵路工程上海國華銀行四行棧房沙遜大廈萊賜德醫院十三層大廈西僑青年會申新第九廠等工程均完全採用本牌水泥建造良以本公司之水泥品質精良歷經上海工部局中國工程學會等化驗給單證明成績卓著也

# 泰山牌

國產水泥

優點

凝結迅速

動力高強

使用便利

定價低廉



廠設	江蘇龍濟
總事務所	上海江西路四五二號
電報掛號	一五一五七至八
南京發行所	南京鼓樓車站十四號
電話	三一〇六〇號

## 廣告索引

中國鑿業公司	前封面裏面
馬爾康洋行	1, 2
華嘉洋行	3
天源鑿井局	4
萬泰洋行	5
兩路管理局	6
立興洋行	7
建華化學工業公司	7
泰記石棉廠	8
孔士洋行	8
亞洲機器公司	9
天利洋行	10
慎昌洋行	11
開能達洋行	12
德威洋行	13
通用電器公司	14

道門朗鋼廠	15
新中工程公司	16
禪臣洋行	17
既濟公司	18
亞細亞火油公司	19
益中公司	20, 21
安利洋行	22
膠濟路局	23
隴海路局	24
北甯路局	25
本會出版目錄	26
啓新洋灰公司	27
中國水泥公司	28
維昌洋行	30
興華公司	底封面裏面
蘇爾壽洋行	底封面外面
中央研究院鋼鐵試驗場	底封面外面



# 工 THE JOURNAL 程

## OF THE CHINESE INSTITUTE OF ENGINEERS

FOUNDED MARCH 1925—PUBLISHED BI-MONTHLY

OFFICE: Continental Emporium, Room No. 542. Nanking Road, Shanghai.

中華民國二十四年十二月一日出版

工程第十卷第六號

編輯人 胡樹鈞  
 發行人 裘樹鈞

發行所 中國工程師學會  
 上海南京路大陸商場五號  
 電話九二五八二號

印刷者 中國科學公司  
 上海福州路六四九號  
 電話七二〇四六號

### 分售處

上海徐家匯蘇新書社  
 上海四馬路中華雜誌公司  
 上海四馬路生華書局  
 上海四馬路生活書店  
 上海四馬路上海雜誌公司  
 天津大公報社  
 南京太平路南京發行所  
 南京太平路南京發行所  
 濟南芙蓉街科學儀器館南昌  
 南昌民德路科學儀器館南昌  
 發行所  
 昆明市四華大街其謙書店  
 太原柳巷街同仁書店  
 廣州永漢北路上海什誌公司  
 廣州分店

### 定報處

上海南京路大陸商場  
 五四二號

### 收稿處

中國工程師學會刊經理處  
 上海本會編輯部

### 會員及定戶

通訊 凡會員或  
 定戶更改地址或有寄報遺失等  
 情請即函知上海本會

### 交換書報

凡欲與本刊交換者  
 請向上海本會圖書室接洽並請  
 先寄樣本交換書報概請逕寄上  
 海本會圖書室收

## 廣告價目表

ADVERTISING RATES PER ISSUE

地位 POSITION	全面每期 Full Page	半面每期 Half Page
底封面外面 Outside back cover	六十元 \$60.00	
封面及底面之裏面 Inside front & back covers	四十元 \$40.00	
普通地位 Ordinary Page	三十元 \$30.00	二十元 \$20.00

廣告概用白紙。繪圖刻圖工價另議。連登  
 多期價目從廉。欲知詳細情形。請逕函本  
 會接洽。

## 本刊價目表

全年六册零售  
 每册定價四角

每册郵費

本埠 二分  
 國內 五分  
 國外 四角

全年 六册	半年 三册	預定册數		
		本埠	國內	國外
二元一角	一元一角	二元二角	一元二角	二元三角
二元二角	一元二角	二元二角	一元二角	二元三角
四元二角	二元三角			

新疆蒙古及日本照國內

香港澳門照國外





瑞典國名廠 **SKF** 出品

鋼珠軸領

羅勒軸領

江西路一七〇號

上海維昌洋行經理

電話一三三三〇

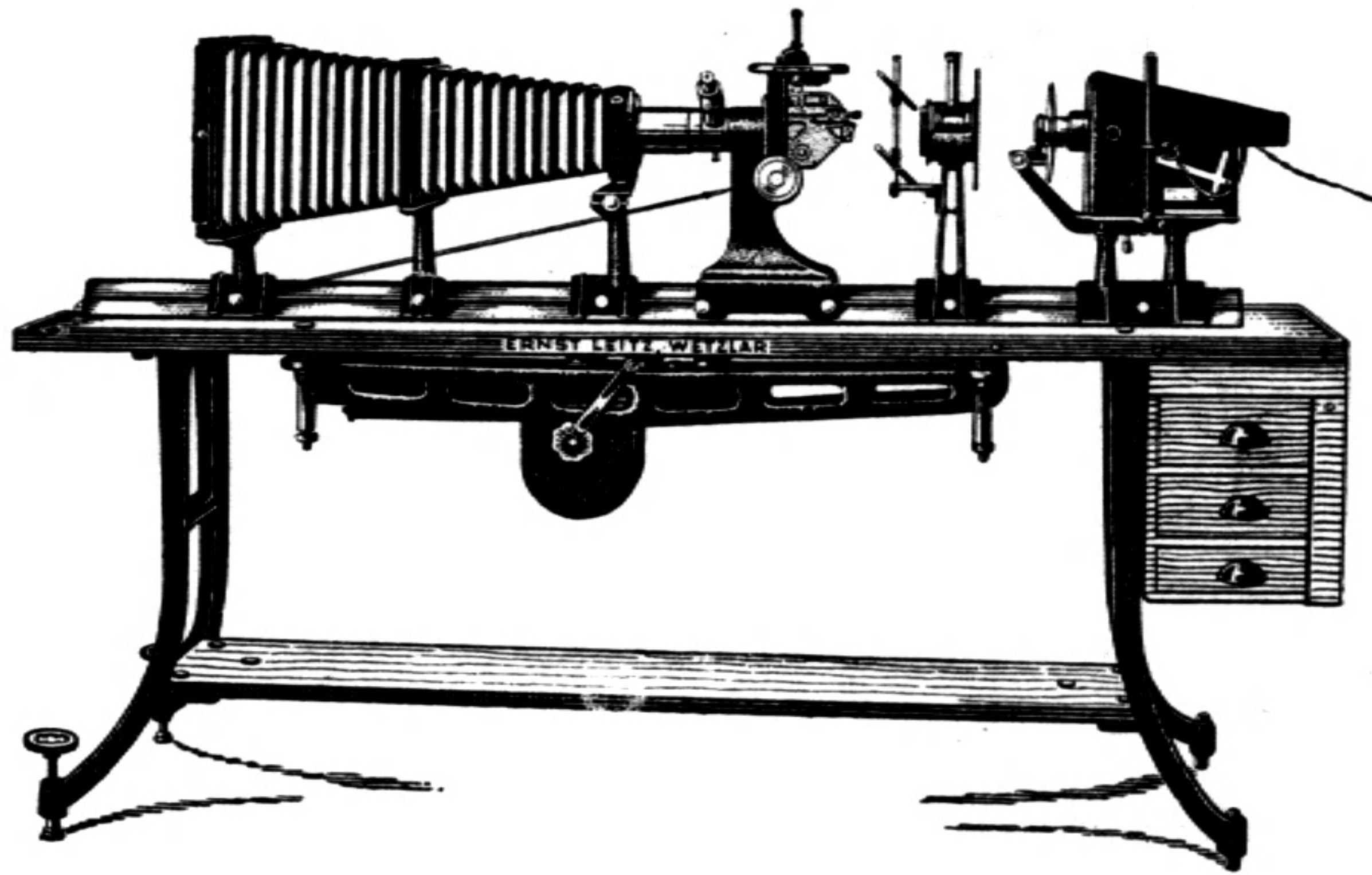
中華民國廿四年三月七日 收到

請聲明由中國工程師學會「工程」介紹



資 徠 鏡 微 顯 屬 金

# Leitz



尊 處 金 屬 材  
 料 之 製 造 或  
 處 理 對 於 組  
 織 上 有 把 握  
 否 ？  
 應 用 徠 資 金  
 屬 顯 微 鏡 隨  
 時 考 察 以 明  
 究 竟 ！

中國總經理

上海南京路沙遜大廈

德商興華公司



