年 第 10 卷 第 5 期

16 OCT 1935

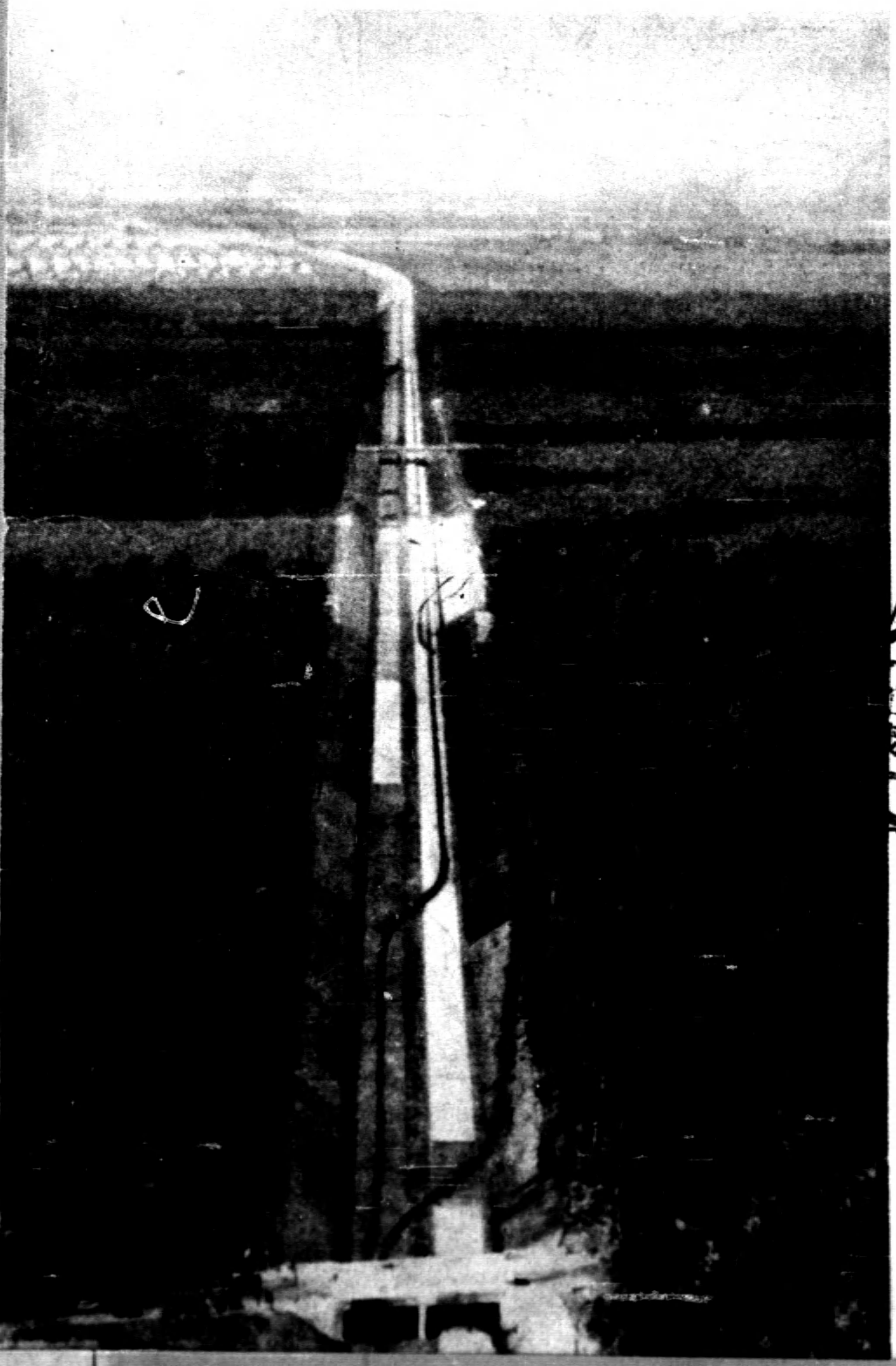
E1

德國之汽車路

工程
第十卷第五號
二十四年十月一日

國立北平圖書館

關於德國年來建築汽車專用路之情形本刊第九卷第六號及第十卷第三號曾有簡單之介紹本期內載有沈君怡君所撰一圖下內容既較詳晰且參以目覩實況之敘述尤爲親切有味下車通已現段一之 (Frankfurt am Main) 至腸城 (Darmstadt) 之福朗府

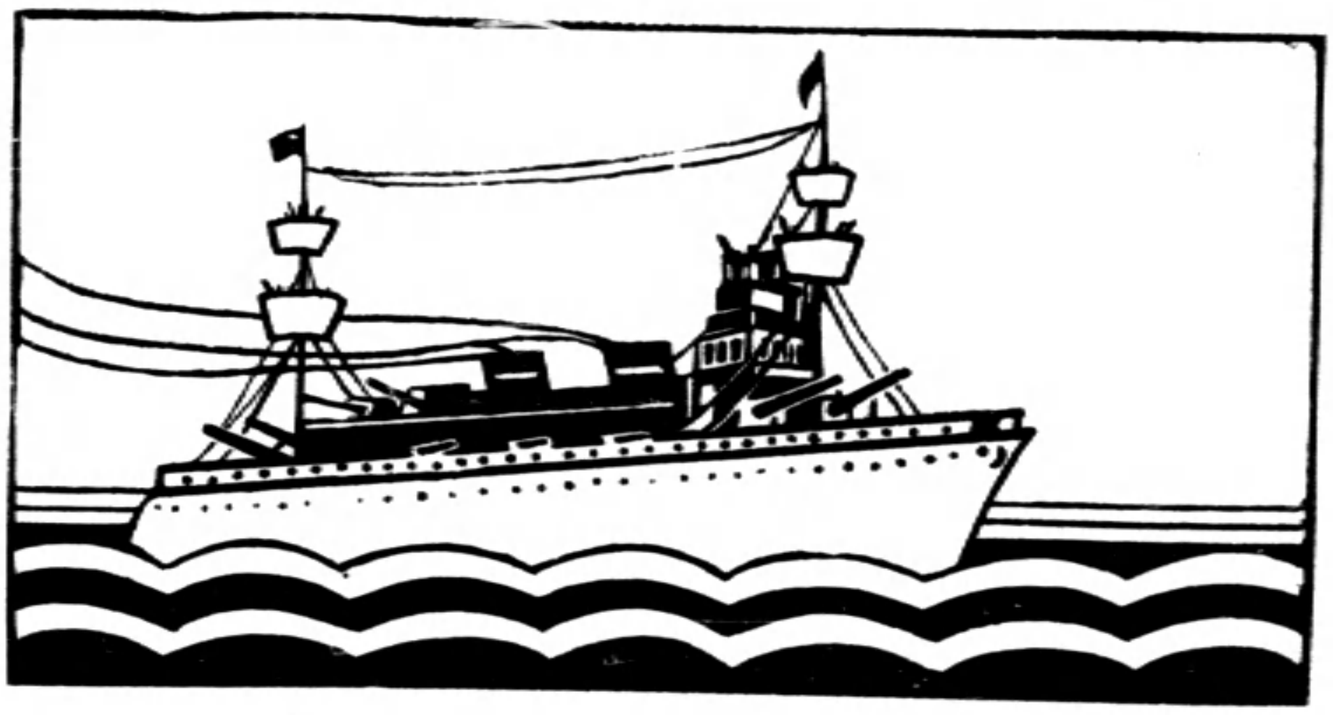


建業防水粉

The Water-Proof Powder

Made by Chien Yeh Trading Co.

商標



軍船

▲說明書▼

建業防水粉爲吾國著名化學專家所發明原料悉採自本國品質高超售價低廉功效遠勝舶來早爲建築界所公認歷經上海市工業試驗所國貨工廠聯合會證明並經實業部審查領給一等獎狀在案各界任何建築一經採用此粉不啻添一保障也

功效 凡建築房屋地窖水池水塔橋樁橋基所需之水門汀黃沙石子泥中土或粉刷牆壁等如和入建業防水粉卽能增加固密保險乾燥潔淨永無滲漏潮濕之弊誠於居處衞生大有裨益

用量 無論攙入水門汀黃沙石子或泥土中均占數量百分之二攪和後卽可應用手續捷便

工程舉例

上海建業貿易公司防水工程部出品

浦東同鄉會

漕河涇曹家花園等大小工程百餘處不及備載

董事 郁炳臣

總經理 馮植之

營業部主任 王智傑

建築界如需樣品請具函蓋章向本公司營業部索取

上海建業貿易公司出品

漢口路石路同安里五號

電話九三五五八

請聲明由中國工程師學會『工程』介紹

中國工程師學會會刊

工程

總編輯：胡樹楫

編輯：

黃　炎　（土木）
董大酉　（建築）
沈　怡　（市政）
汪胡楨　（水利）
趙曾珏　（電氣）
徐宗涑　（化工）

編輯：

蔣易均　（機械）
朱其清　（無線電）
錢昌祚　（飛機）
李　儆　（礦冶）
黃炳奎　（紡織）
宋學勤　（校對）

第十卷第五號

目　錄

德國之汽車路……沈　怡　397
漢堡港與現代海港建設……卜其爾　406
直接力率分配法……林同棪　414
湖北金水閘沉井工程……李學海　426
乙種調幅器及其設計……王端驤　439
紙型與建築……吳華慶　454
加固橋梁電銲法……稽　銓(譯)　467
機車駛過彎道時之力學……稽　銓(譯)　472
鐵路鋼橋之試驗……稽　銓(譯)　477
工程及怎樣準備研究……趙曾珏　483

雜俎

河工及鐵道工程用之濾過式石堰……趙國華(譯)　489
批撒塔傾陷現象由土壤力學上之解釋……趙國華(譯)　491
多性芳式地基勝儀力測定機……趙國華(譯)　495

中國工程師學會發行

分售處

上海四馬路現代書局
上海四馬路中華什誌公司
上海四馬路作者書社
上海四馬路生活書店
上海四馬路上海什誌公司
上海愛多亞路中華學藝社服務處
上海徐家滙蘇新書社
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
漢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
昆明市四華大街雲嶺書店
重慶天主堂街重慶書店
廣州永漢北路上海什誌公司廣州分店

編 輯 部 啓 事

中國工程師學會二十四年年會論文，現定自十卷六號（十二月一日出版）起，由本刊專號揭載。如無特別原因，當不致稽延。特此預告！

正 誤

本刊第十卷第三號「相似性力學之原理……」篇著者譚葆泰君函送正誤表，照登如次：

頁數	行數	誤	正
225	13	Gallilie	Galilei
226	4	$u=\sqrt{RJ}$	$u=c\sqrt{RJ}$
228	4	[水比較法]	[力比較法]
230	2	$\frac{\varrho_2 L_2^2 u_2^2}{\varrho_1 L_1^2 u_1^2}=\frac{\eta_2 v_2 L_2}{\eta_1 u_1 L_1}$	$\frac{\varrho_2 L_2^2 u_2^2}{\varrho_1 L_1^2 u_1^2}=\frac{\eta_2 u_2 L_2}{\eta_1 u_1 L_1}$
231	11	[公斤／平方公分]	[公斤／公分]
234	9	其所受主要力爲地心吸力	此句錯誤,應刪去
237	4	$\lambda<\simeq 30-50\left(\frac{u^2}{B}\right)^{\frac{2}{3}}$	$\lambda<\simeq 30-50\left(\frac{Q_2}{B_2}\right)^{\frac{2}{3}}$
	8	$u=\sqrt{\frac{2g}{f}}\cdot\sqrt{RJ}$	$u_1=\sqrt{\frac{2g}{f}}\cdot\sqrt{R_1 J}$
	9	$\sqrt{\frac{2g}{f}}\cdot\sqrt{t\cdot J}<\sqrt{gt}$	$\sqrt{\frac{2g}{f}}\cdot\sqrt{t_1\cdot J}<\sqrt{gt_1}$
240	9	1932 年黃河試驗變形比例等於 20,	等於 2.0

德國之汽車路

沈　怡

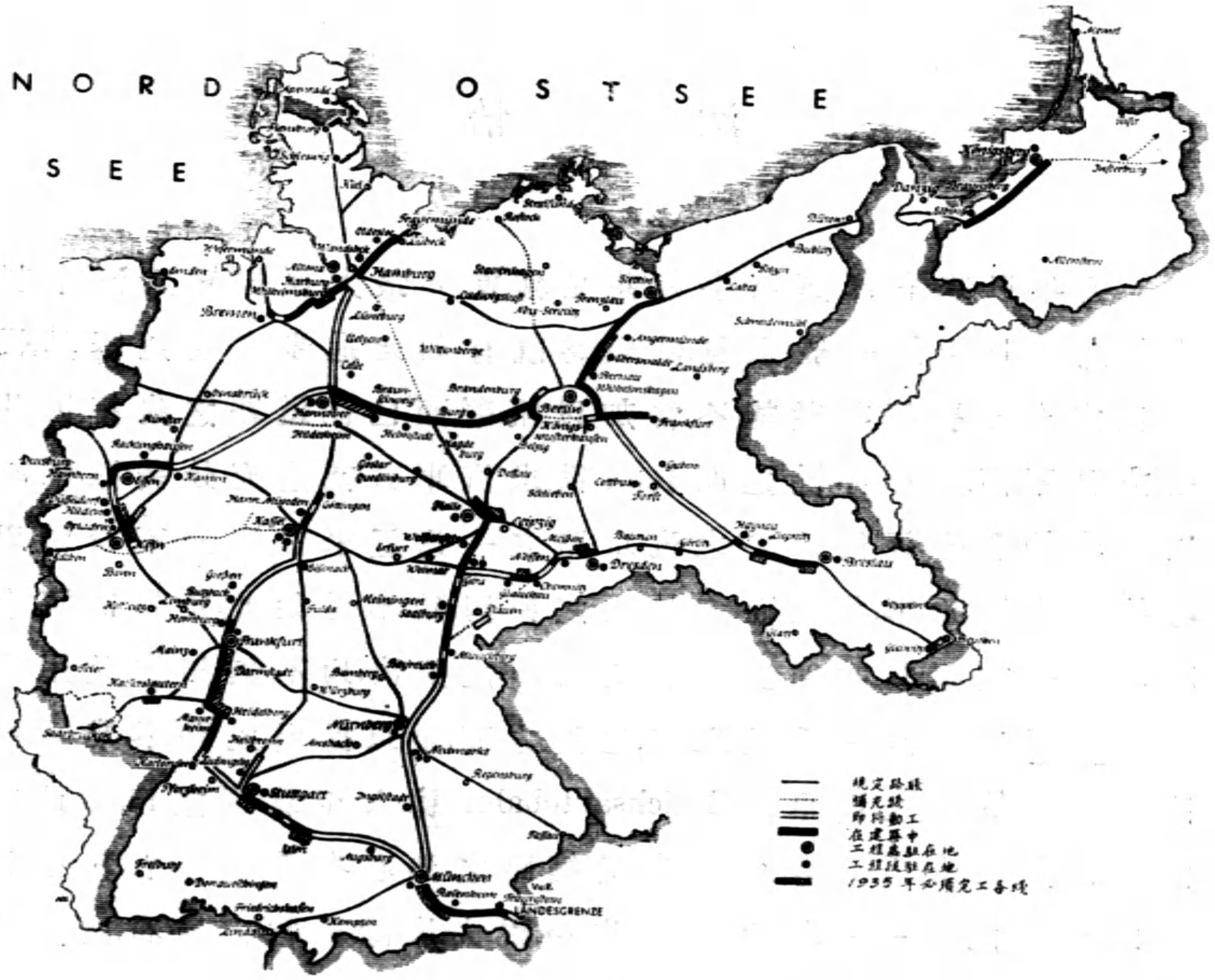
近年以來,各國築路事業甚見猛進,其最大原因,厥爲汽車製造業之一日千里。一般意見,俱以爲既有如此進步之交通器具,惟有使之充分發揮其效能,不當加以阻礙,而已往道路之建築,因使用方法不同,標準亦隨之而異;故欲求汽車效能之充分發揮,惟有出於建築合乎近代需要之汽車路之一途。近來各國無不紛紛以建築汽車路爲事,其表面上最大之原因,殆不過如此。此外則軍事關係,亦甚重要;其次則對於失業問題之解決,均不無相當效用也。

德國自國社黨秉政以還,建設方面,頗以提倡道路事業爲標榜。現在建築中之汽車路(Reichsautobahn),德人至尊稱之曰「希忒萊之道路」,無非表示現當局對於築路之熱心也。希氏登台後推行道路政策之第一聲,厥爲汽車出廠稅之廢除。據官方宣布,廢除後之結果,全國客用汽車之製造,年由37,000輛(1932)增至75,000輛(1933)。同時汽車製造業工作人數,則由三萬三千人(1932),增至六萬四千人(1933)。再者全國汽車出廠稅收入,原爲7,500,000馬克,廢除以後,在其他方面,直接或間接反增加收入56,800,000馬克。以上數字,是否不含有宣傳成分在內,雖不可知,但其出品及工作人數之增加,要爲不可諱之事實也!

一九三三年六月廿七日德政府公布國有汽車路建築條例,由是正式產生德國國有汽車路公司,其任務爲汽車路之建築與管理,使成一具有充分運輸效率之汽車路網,并任命托特博士(Dr.

Todt)爲德國道路總監,直隸於內閣總理,全國道路均受其管轄。自托氏受任以還,德國汽車路之建築,卽如火如荼。按現在進行中之計劃,爲建築汽車路6,900公里(第一圖)。此項汽車路係專供汽車

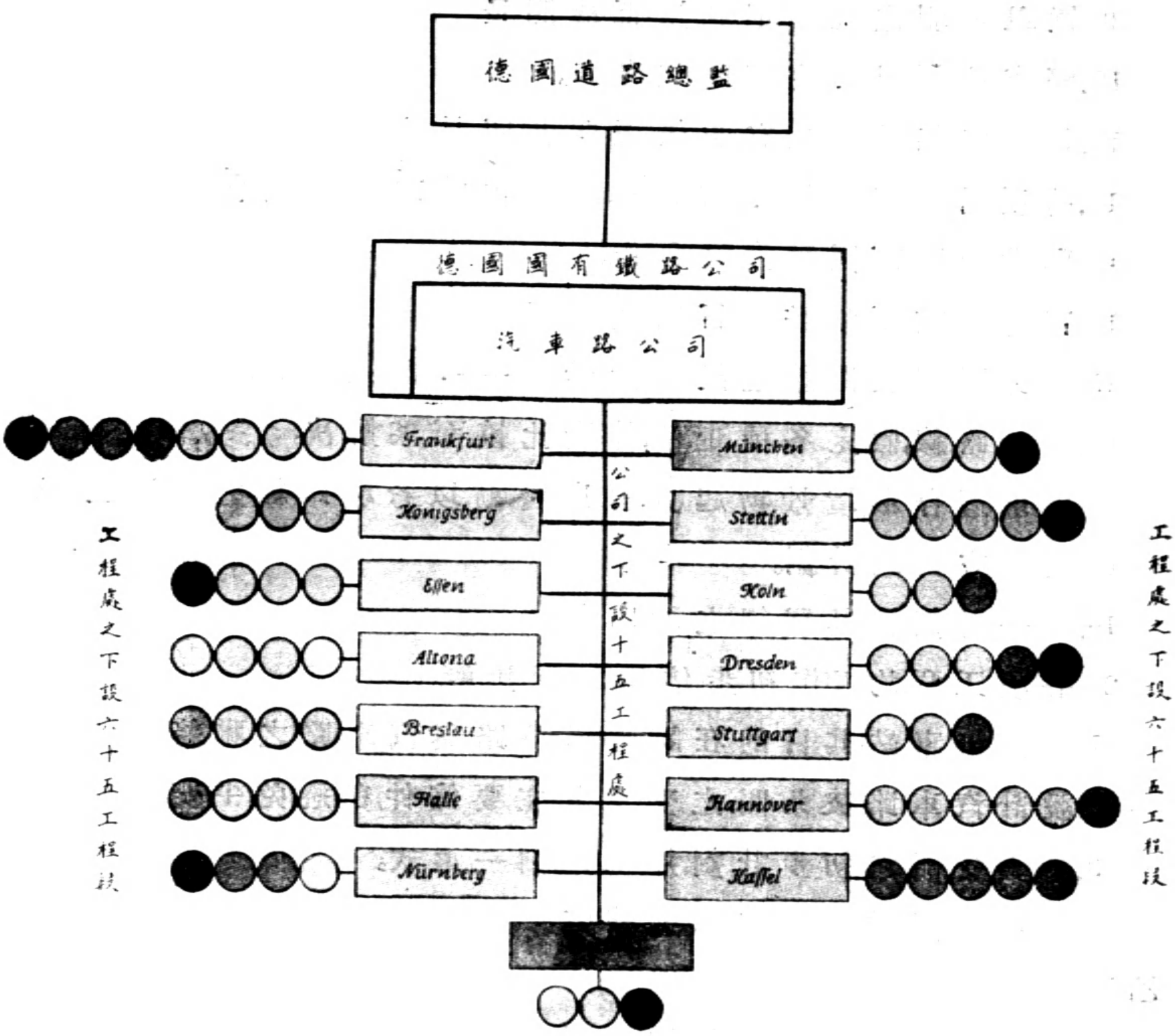
第一圖 德國之汽車路網



疾駛之用,絕對禁止其他車輛之通行,故其性質略似鐵路,而與一般公路根本有別。照現計劃,自本年(1935)起,每年建築1,000公里,分七年完成,年需建築費四萬萬馬克,約當吾國全年支出之半,亦可謂鉅矣!德國國有汽車路公司係鐵路公司之一部分,下設十五工程處;工程處之下,復設六十五工程段;其組織系統有如第二圖。

一九三四年九月間德國明興道路展覽會中,陳列特製圖表,說明德國此次籌築汽車路之經過,頗爲詳盡。茲分籌備及開工二部分介紹於後:

第二圖：德國國有汽車路公司之組織系統



甲.籌備

1.一九三三年八月十八日宣布築路計劃。

2.將全國劃成十一工作區,每區設正副主任各一人。

3.召集各區正副主任,交換意見。

4.對於在經濟方面本有地位之都市,仍力予維持,幷注意其未來之發展。

5.現有交通要道及村落之關係,在在均須兼顧。

6.實地察勘各假定路線,以資比較。

7.與鐵路及運河之交叉,如何最爲適當,尤爲注意。

8.缺乏詳細地形圖之處,派測量隊步行察勘。

9.難以步測之地形,則利用飛機測量。

10.研究地質,以備定線時之參考。

11.規定路線後,召集有關係機關共同討論。

12.前項討論時,特別聽取森林及礦山管理機關之意見。

13.與當地工商團體力謀合作。

14.在特別重要地點,舉行交通調查。

15.各方面對於路線之建議及希望,一一記入地圖。

16.同一路線,假定各種走法,俾資比較,而謀解決。

17.爲求適合環境景物起見,再度實勘,以考驗路線之是否良好。

18.至此方正式計劃。

19.每一計劃,備具詳細之說明書。

20.各項工程,均須作初步估價,以資比較。

21.設計汽車站;其目的在謀普通公路與汽車路之聯絡。

22.設計汽車路彼此間之交叉;其主要條件,在避免平交。

23.審查各區之初步計劃,幷使之劃一形式。

24.上項計劃,送請道路總監核定。

乙.開工

1.國有汽車路公司之組織(參看第三圖)。

2.各區工程處實地複查計劃線之是否適宜。

3.路線之正式測定。

4.建橋所在,幷探測河底形勢。

5.掘井以驗土質。

6.在試驗室中,試驗掘井所得土樣。

7.風景建築師,研究如何使路線與自然界一致。

8.召集負管理地方道路修養之責者,研究汽車路究應駕空或由下經過之問題。

9.總統批准收用土地之命令。

10.設計詳細之工程圖樣,及縱橫斷面之測定。

11.工程圖樣,按照地方習慣,公開陳列。

12.道路總監最後批准工程圖樣。

13.零碎不　之地形,依照「土地重劃法」重行整理。

14.公開招標。

15.築路乃解決失業問題。據官方宣布,自開工後,已有十萬人獲得工作;另有間接受僱與築路有關之其他事業,達十五萬人。

16.在失業者較多之區域,有優先受僱權。

17.一九三三年九月二十三日在福朗府(Frankfurt a. M.)瑪茵(Main)河畔舉行破土禮,希忒萊親自出席(第三圖)。

第三圖　德總理希忒勒行破土禮
(一九三三,九,二三)

18.挖除沿路樹根。

19.取標之標準,務使大小承包人,均有工作機會。

20.土方工程,以用人工爲前提,以期減少失業。

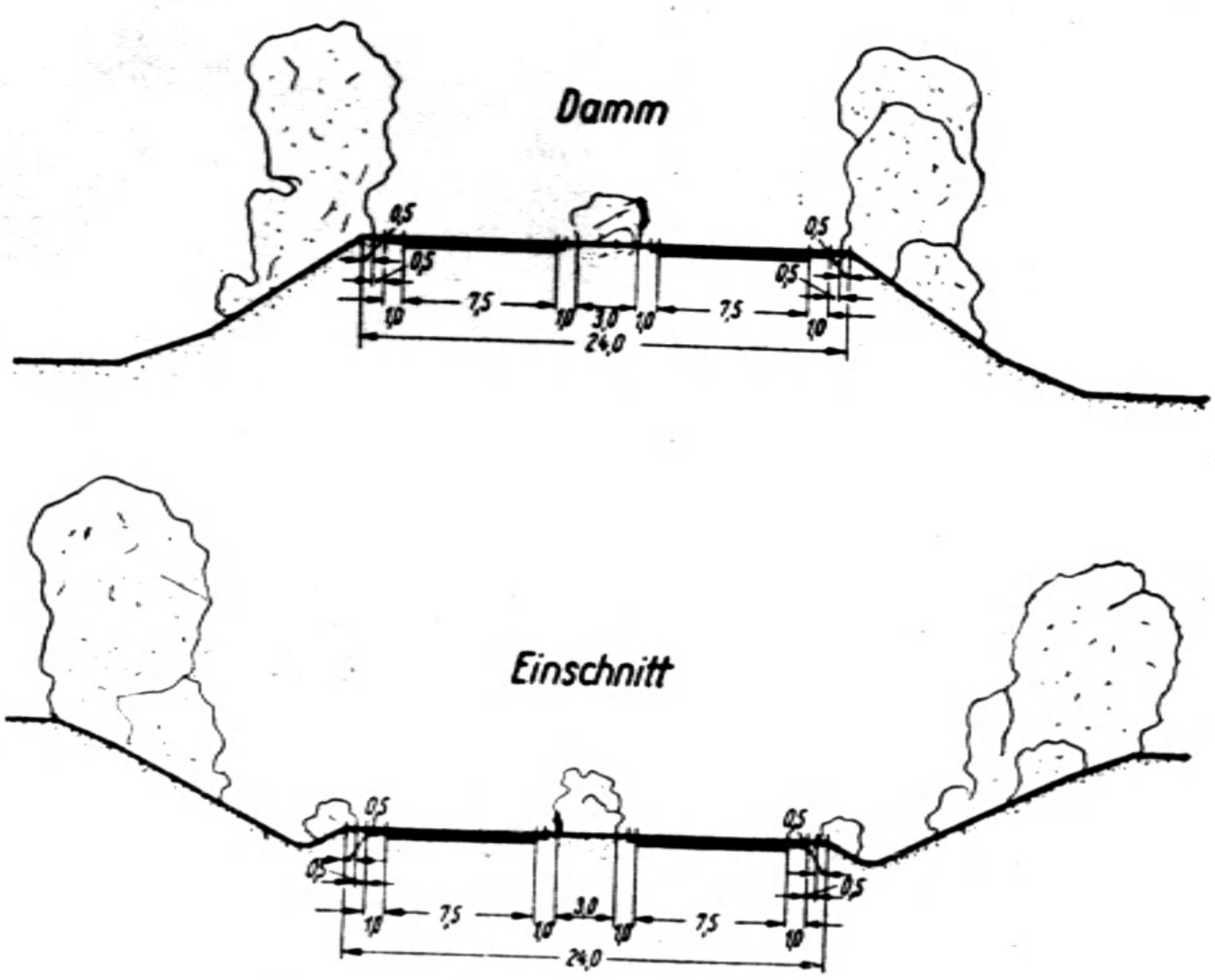
21.考古學者同時活動。

22.路基開工。

大戰以後,歐洲各國之失業問題,均甚嚴重,德國自亦不能逃此例外。國社黨爲安定社會起見,竭力以解決失業問題爲已任,故汽車路之建築,雖有種種其他原因,但協助解決失業,亦未始非重要目的之一。據官方宣布,汽車路自開工以來,直接參加工作者達十萬人,另有間接獲得工作者十五萬人,每年因是節省之失業補

助金額,達一萬二千萬馬克。此次建築汽車路時所採辦法,有若干點至堪注意,如招標方面,其標準,務使大小各業均有參加工作之機會。例如有若干處,本可建築鐵筋土橋,乃故意代以鐵橋;又道路路面之築法,任何人均知斷無鐵製路面之必要,但據作者此次觀察所得,則德國確在若干地方,試築鐵製路面。凡此種種,無非使鋼鐵工業不太冷落之故,即此一端,可以概知其他矣。

汽車路寬24公尺,其橫斷面有如第四及第五圖。車行道有二,分別來去,每車行道寬7.5公尺;車行道相互間之距離,則爲5公尺,上植樹木草皮之屬;道旁各有隙地2公尺;以上乃大概布置情形。

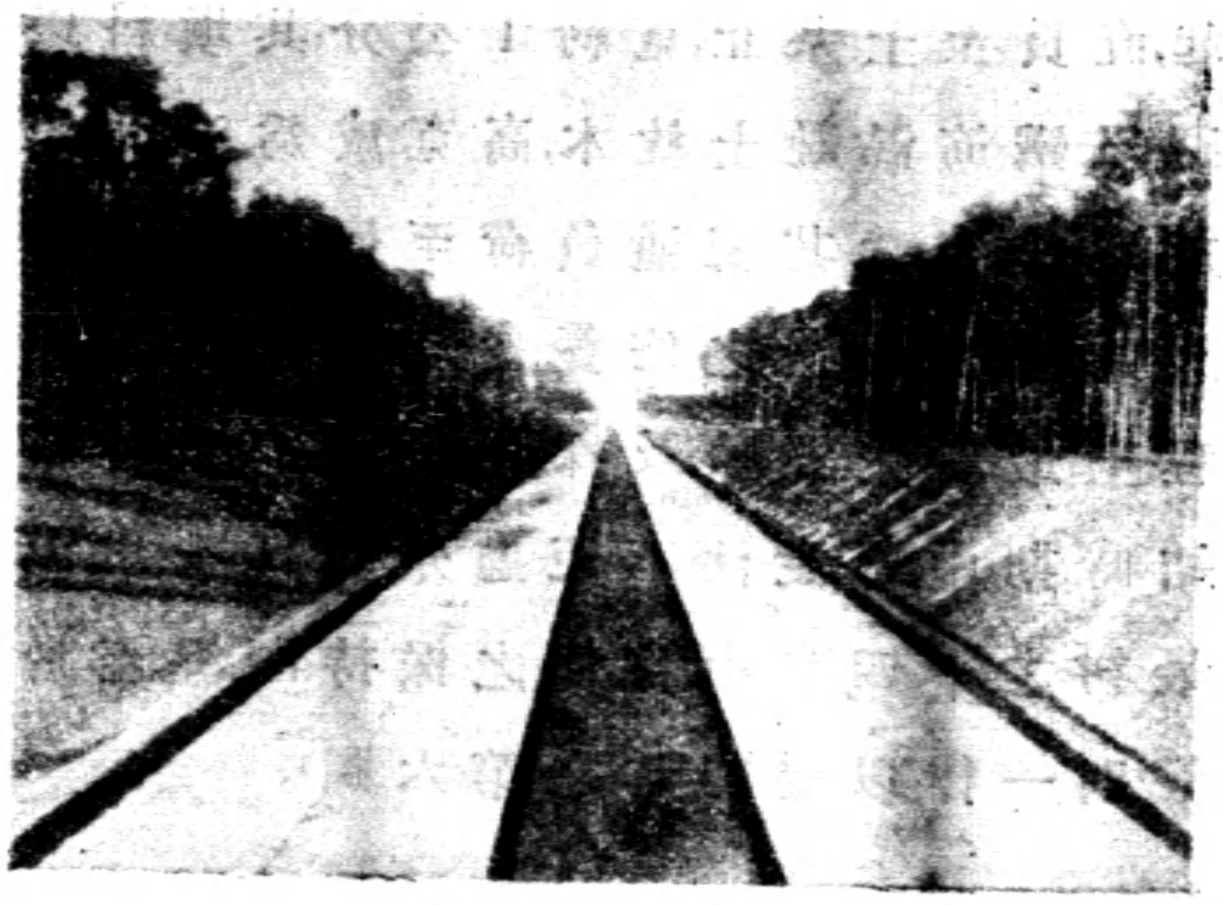


第四圖 汽車路之橫斷面

間有因地勢及交通需要,不無出入;如取消中央5公尺之隔離帶;或車行道雖分來去,但其寬度則改爲6公尺;或道旁隙地少於2公尺。凡此變更,事實上均在所難免。汽車路最大坡度爲2.5%,但在山中,亦有達6%及以上者。曲線半徑,照一般規定,不得小於2,000公尺,但因限於地勢,亦有減至400公尺者。作者於去夏曾參觀

福朗府附近正在建築中之瑪茵奈客段(Main-Neckar)汽車路,特略述其大概如下:

瑪茵奈客段爲福朗府至海德堡(Heidelberg)汽車路中間之一段,長僅20公里弱。全段共分四小段,各長4或7公里不等。大部分爲雙層之鐵筋混凝土路面,厚25公分。該段內之土基,屬於沙礫(Kies-sand)一類,故排水設備及路基,均未設置;換言之,混凝土路面係直接築於土基之上。按第七屆國際道路會議第一議題總結論之第五項有云:『在排水良好,土壤優良之土基,單層或雙層混凝土路面,可直接鋪築於上,因無須另加路基,故甚經濟。』車行道之中央,設有「縱伸縮縫。」(按路面寬於5公尺者,路之中央須設「縱伸縮縫」,此點亦爲七屆道路會議所決定。)每隔若干公尺,另設「橫伸縮縫」一條,其距離並不一律,以17.50公尺爲最大限度。其所以不一律之原因,乃在避免車身之有規則的顫動(因他日伸縮縫填料之漲高而起),以免車身之損壞,及減少駕駛者之疲勞。橫伸縮縫與縱伸縮縫,互成直角,但橫縫並不貫直,而排成錯列之狀,其距離相差爲40公分。縱橫縫均由路頂

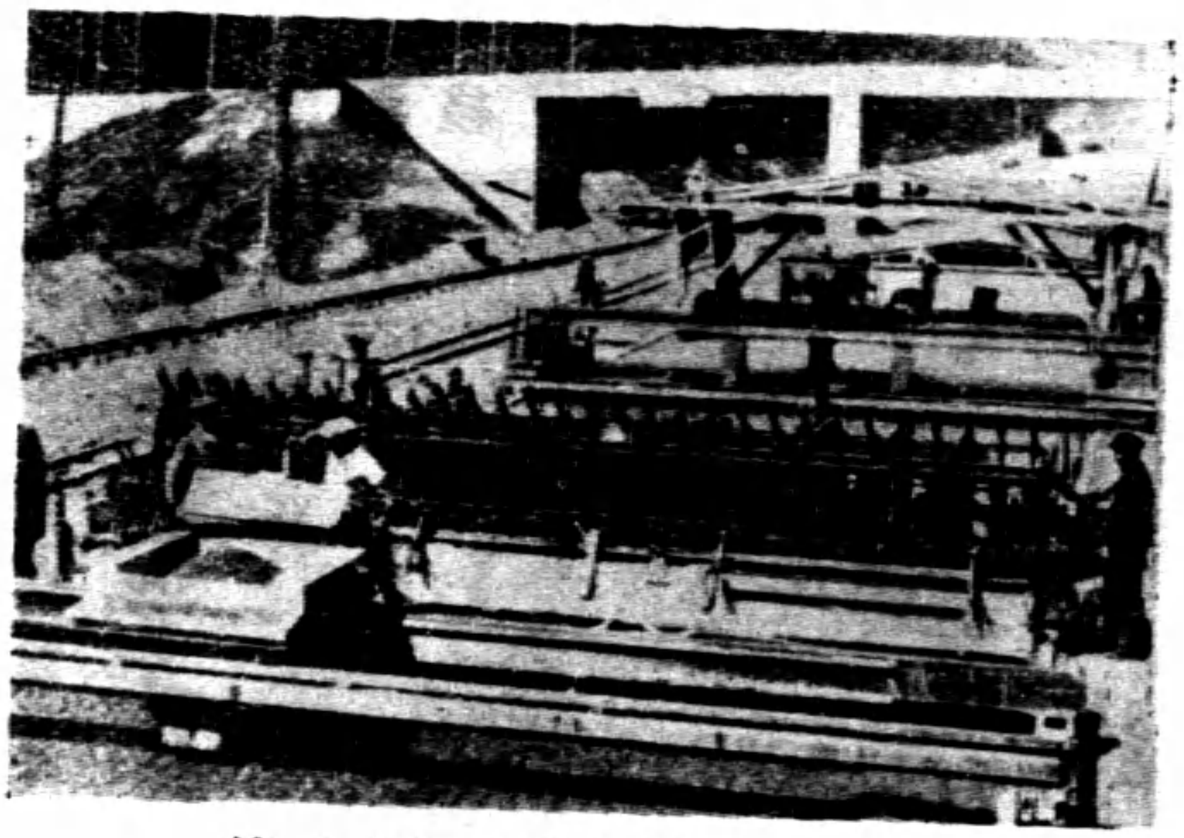


甲. 直　線

乙. 彎　線

第五圖　完工後之汽車路

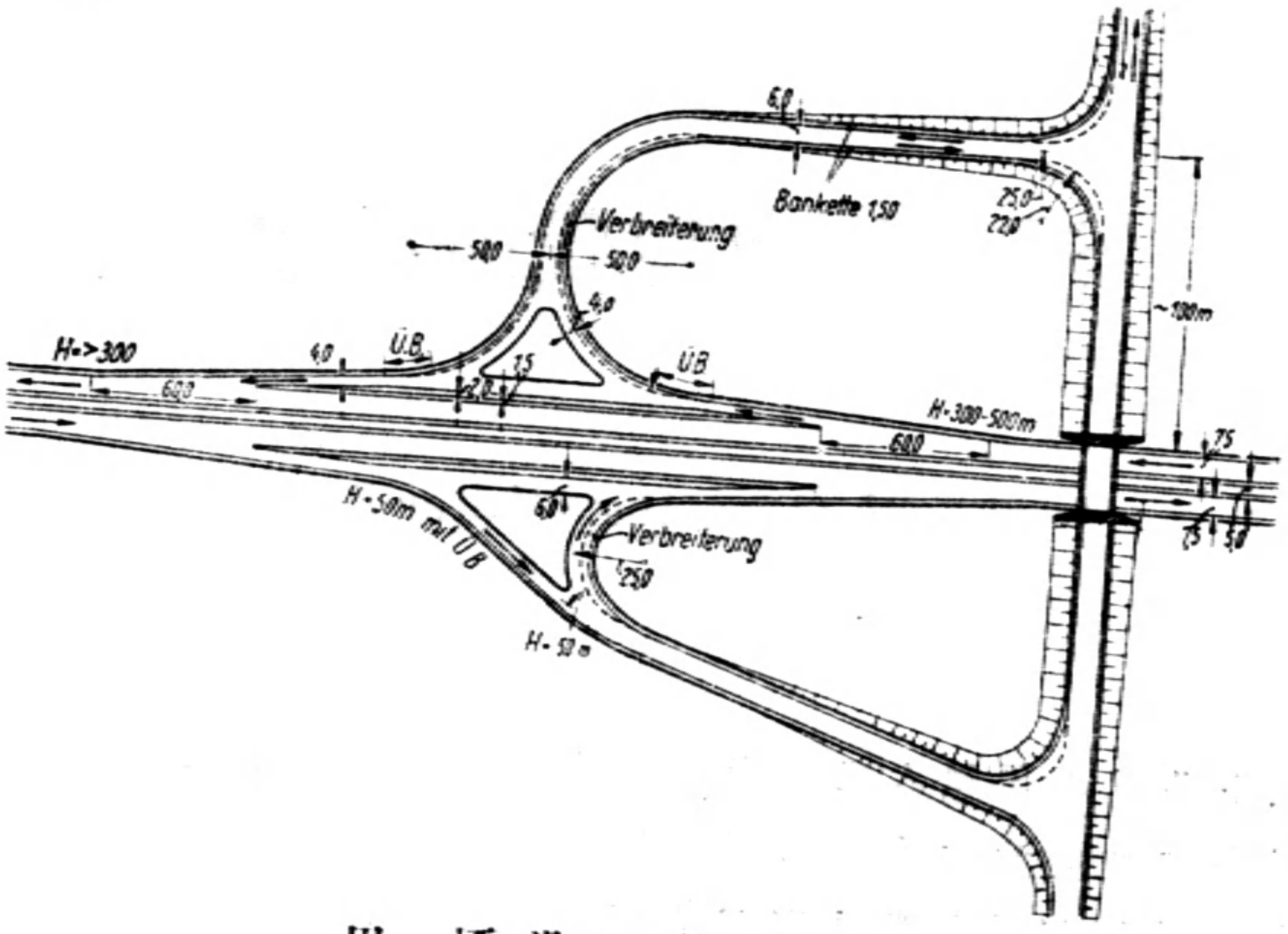
起,直貫至土基止,寬約 1 公分;其填料以瀝青居多。車行道之路邊,砌以鐵筋混凝土枕木,高寬咸爲25公分。現所築之汽車路,他日開放以後,究竟其交通負荷至何種程度,目前猶無法可以預料;同時又爲減少此後之修養費起見,故汽車路之建築,莫不根據道路工程上最新之經驗,及採用最上等之材料。凡澆好之混凝土,在其凝結時期中,均設法不使過分受日曬,以免水份之蒸發過速;換言之,最初之十四日中,務使之保持潮濕。至於混凝土之拌合,分配,及夯擊則一律以機器爲之(第六圖)。



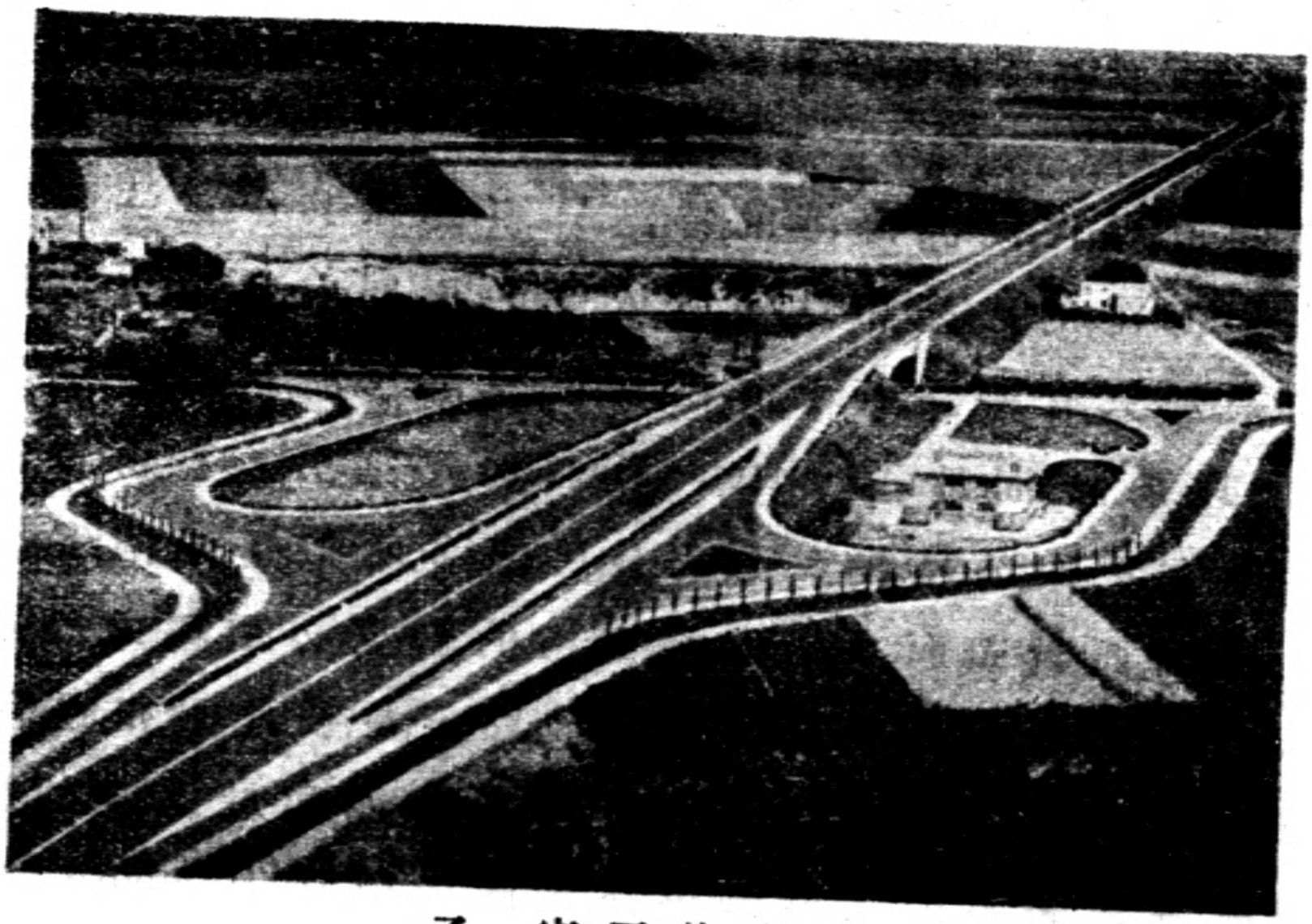
第六圖 做混凝土路面

前已述及德國此次所築之汽車路,指定專供高速度汽車行駛之用,凡遇河流須駕橋而過,無論矣,即遇鐵路或道路交叉之處,亦莫不築橋;換言之,其經過非在上,即在其下也。因是沿路橋梁特多,其建築或爲鐵製,或爲鐵筋混凝土製,式樣均甚美觀,與環境風景十分適合,實有足多者。至於汽車路彼此間之聯絡,則莫不有特別布置,以期增進行車之速率與安全。他若二汽車路在同一地點相交,而彼此又有互相貫通之必要,則其布置概如第七圖。

作者於去歲旅德三月,耳所聞,目所接,無非爲「汽車路」三字;報章雜誌,亦莫不充滿討論「汽車路」之文字。全國人士對於築路之熱烈,實所罕見。今者自福朗府至腸城(Darmstadt)之一段(參閱封面圖),業於本年五月十九日正式通車。據德國道路總監部發表之報告,自一九三四年起,汽車路之先後興工者,已有2,700公里,包括貫通德國南北及東西間之交通幹道;此二大交通幹道,至一九三七年即可完工。至於第一期築路計劃(包括汽車路6,900公里)之全部完



甲. 標準設計圖樣



乙. 完工後之狀

第七圖　汽車路之互相聯絡

成期,當在一九四〇年。以戰後滿目瘡痍之德國,竟能不折不撓,努力建設,以復興其國家,德人之毅力與精神,誠堪令人欽羨不已也!事在人爲,國人其勉旃。

漢堡港與現代海港建設

卜其爾 (Dipl. Ing. Walter Boettcher)

按卜其爾氏係德人,現任青島港務局顧問,曾於不久以前在中國工程師學會上海分會演講上項題目,佐以影片幻燈,聽衆頗爲踴躍。茲承以原稿見寄,用爲譯登本刊,以介紹於讀者。又原稿未附圖片,雖承著者函囑,就所撰論漢堡港之專書中選取,以手頭並未備有此書,只得付諸缺如。好在本文僅涉原則,讀者於此已可得明確概念,故附圖與否殊無關重要。

編者附識

要知道現代歐洲海港的特點,只須認識其中之一便夠,因爲歐洲主要海港的建築和設備,所依據的原則,處處是大致相同的。顯著的差別只有一點:若干海港水位隨潮汐漲落很少(至多二三公尺),所以是照「開敞式」(Offene Haefen)建築;另一些海港,因爲水位漲落常有三四公尺,甚至七八公尺之多,所以用「船閘」(Schleusen)對海面或河面封鎖,而一切進港出港的船隻必須經過船閘。除此以外,歐洲現代的商港,在一切重要觀點上,是彼此很相類似的。這裏要舉例介紹,自然應該就最大的,最完備的和最進步的裏面選擇一個。歐洲最著名的六個海港是:德國的漢堡(Hamburg)和卜內門(Bremen),英國的倫敦(London)和利物浦(Liverpool),荷蘭的洛特丹(Rotterdam),比國的盎凡爾(Anvers; Antwerpen)。其中最大的一個是倫敦港,但設備最新式的却要算漢堡港。所以本篇就漢堡港作簡單的介紹。

漢堡港的規模和牠對於世界交通的重要性可從下面的統

計數字看出:

每年進港船舶的數目	2,700
每年進港船舶的噸位	22,000,000NRT
海船所卸貨物	16,600,000公噸
海船所裝貨物	9,300,000公噸
河船所卸貨物	4,700,000公噸
河船所裝貨物	5,300,000公噸
鐵路運出貨物	5,600,000公噸
鐵路運入貨物	8,700,000公噸
本港所佔地面	40 平方公里
海船碼頭的長度	35,000 公尺
河船碼頭的長度	16,000 公尺
海船沿繫船樁停泊地位的長度	34,000 公尺
河船沿繫船樁停泊地位的長度	41,000 公尺
碼頭上過貨棧的數目	100
起重機械的數目	2,000 以上

漢堡港係開敞式,所以一切船舶無論何時可通行無阻。本港連同市區雖然深處腹地,離海約有 100 公里,在 300 — 400 公尺寬的愛爾伯河(Elbe)旁邊,但是水位的漲落尋常亦有2.10公尺之多;在不良情形之下,水位差別更大。爲使巨舶在日夜間無論何時不論潮汐情形怎樣都可出入本港起見,特將長過 100 公里的通海航道,浚深至「尋常高水位」(normales Hochwasser) 以下13公尺,幷不惜鉅款,建築堤壩(Damm-und Buhnenbauten)來保護牠。這些堤壩自然不能單獨使航道永不淤淺,因此還須時常舉辦大規模的挖泥工程(Baggerarbeiten)。這條航道有許多彎曲部分;船舶經過這種地方,在日間有浮筒 (Schwimmboye) 數百隻,夜間有燈火68處(一部分在岸上,一部分在水中), 指示航路。

漢堡港的地位,緊接漢堡市的中央,離商業區與交易所亦不遠。所以港面雖大,商家往來却無不便。這一點是在建港的時候始終顧到的。不過與市區同在愛爾伯河一邊的港面只佔一小部分,

較大部分却在此河的另一邊。因此爲聯絡此河的兩岸起見,建築了大橋多座與水下隧道一條(深達地面下25公尺,河底下6公尺),設備了渡輪多艘。

漢堡港的一般佈置,與任何在不很寬的河流邊設置的船港一樣,便是:從河邊向陸地開挖船塢,以供停船地位。在船塢之間留有狹長的陸地,上面便是碼頭設備所在。〔過貨棧,起重機,鐵路,公路都在碼頭牆的上面與後面;碼頭牆很厚,一方面是水陸的分界,一方面便於船舶的停靠。〕

所有的船塢都與河流成銳角,所以船隻出入很是便利。多數船塢的闊度,使船隻不但可靠碼頭停泊,幷可靠中間的繫船樁停泊。在船塢內,大海船與小駁船或河船之間,可用自備的起重機或藉起重機船 (Schwimmkrane), 穀類或煤炭的虹吸式裝卸設備 (Getreideheber oder Kohlenheber) 直接上貨卸貨,因此最新的船塢寬達200—300公尺;舊的船塢寬約100—150公尺。供海船用的深塢共有25個,供河船用的較淺船塢亦有17個。由此可知,漢堡不單是世界最大海港之一,亦是最重要的河港之一,因爲牠與中歐的腹地間有繁密的河流與運河系統爲之聯絡。

船塢間陸地上轉裝貨物的設備 (Umschlagseinrichtungen) 有成長列的碼頭過貨棧(Kaischuppen),只供貨物在少數日期內堆存。在兩列過貨棧之間,有寬闊的公路一條,供汽車馬車使用。過貨棧的兩邊,卽無論向陸地或向水邊,都有充分鐵路軌道,使貨物可以迅速的運去或由腹地或市區運到船上。

供貨物在較長時期存儲的,另有多數倉庫 (Lagerhaeuser)。這些倉庫與碼頭設備不直接聯絡,構造亦與過貨棧完全不同。過貨棧是無樓的房屋;倉庫是多層的樓房。大多數的倉庫集中在一處,成爲邊闊的「倉庫區」,在市區與「自由港」(Freihafen)的邊緣上。不過在港內別的地方亦可遇見此種倉庫,一部分的倉庫是爲冷藏貨物,如蛋,奶油,魚肉等等,設備的。

港內除轉裝與存儲貨物的設備外,又有許多工廠。這些工廠亦大都設在號稱「自由港」的部分裏面。「自由港」的意義是:在牠的以圍籬(設在陸地或水上)爲界的範圍內,一切貨物不「驗關」,不繳納關稅,即可裝卸存儲以及改製工業品。如此,可使貨物的裝卸節省很多時間,幷且使全港具有一種强大的吸引力量,因爲在自由港內一切轉口運輸與精製工業(Veredelungsindustrie)在經濟上無疑的可得很大利益。

在港內的最大工廠裏面,有全世界著名的造船廠多家,就中"Blohm und Voss"廠曾承造世界最大的與最快的船舶若干艘。

在任務如此繁重的海港內,鐵路業務自然佔特別重要的地位。漢堡市周圍的三個「調車場」(Rangierbahnhoefe),漢堡港本身裏面的四個「貨車站」(Gueterbahnhoefe)與碼頭上無數的小調車場(Rangiergruppen)以及其他「接軌場所」(Anschlussplaetze)迅速的分拆從全歐各處到達的列車與組合開往全歐各處的列車。沒有一處船舶裝貨場所,沒有一家工廠,與這些調車場所沒有適宜的聯絡。因此全港可說是統一管理的大調車場。

除却佈置大致相同的處理普通「件貨」(Stueckgut)的設備以外,另有很多處理特別貨物——須特別處理的貨物——的設備。現在先就煤炭一項來說。爲避免煤粉染汙其他貨物起見,特設煤船卸貨的港區,盡量遠離其他港區。在卸煤港區內有宏大的「裝貨橋」(Verladebruecken)12座,使煤船6艘可同時在很短的時間內卸清。船舶上煤入艙,可在港內任何處所舉行,但絕對不准從岸邊上船,只許用虹吸船(schwimmende Heber)從水面上船。此種虹吸船,港內備有多具,因爲從愛惜煤炭,保持港身,船舶與貨物的清潔,以及加快裝運手續着想,自然只好借助最新式的機械裝煤,而不可用人工。鐵路運來的煤,亦用機械卸下,即藉所謂「車輛傾卸機」(Waggonkipper)將整個車輛舉起,幷傾卸牠的裝載物。

穀類亦是特別貨物的一種。從海船用「虹吸船」吸出,同時裝入

河船或鐵路車輛內。此種穀類虹吸船在漢堡共有23具,每具每小時可卸貨至300公鐓之多。

燃油及其他危險貨物,因爲易肇火災,所以在港內盡頭處,卽離其他一切設備最遠之處,處理。此港區可用浮船(Schwimmponton)對其他港區封鎖,俗呼「煤油港」(Petroleum-Hafen),周圍有許多妥儲燃油類的油池(Tanks),總容量在700,000公鐓以上。燃油的儲藏,灌入與裝桶,均依照警察機關施行的,很嚴格的安全辦法辦理。

容易腐壞的貨物必須冷藏。爲冷藏而設置的倉庫,前面已經提及。茲再補充幾句,便是:有一所爲中國蛋特備的倉庫,可容蛋200,000,000枚,又有一所鯖魚倉庫,可容鯖魚100,000桶。冷凍的方法係用壓氣機照林德(Linde)式「亞摩尼亞法」(Ammoniak-Verfahren)實行。另有一些貨物,須防凍壞,特別是冬天運到的南方水菓,爲便此種水菓由船轉車起見,備有有暖氣設備的過貨棧7所裏面的溫度祇須維持到攝氏+4度以上。

爲求本文內容完備起見,再將其他特別設備簡單的一說:

牲畜的起卸設備,與港內的屠宰場(與市區裏規模宏大的總屠宰場無關)聯絡;

漁業港,與各大魚市場聯絡,將容易腐敗的魚立刻拍賣;

旅客登陸的設備,附有現代旅行家到達或離開大海港時所能見到的各種便利設備(Komfort);

候船所(Auswandererheim)一處,設在港內,其規模與小市鎮無異,有旅館,衞生設備,各種教堂等等,可容納大批出境旅客;

電力廠數處,供給本港大量電力與電燈的需要;

船舶與港務衞生管理設備,連同醫院一所,及世界著名的熱帶衞生學院;

船舶消毒與殺鼠防疫的設備;

進口食糧植物檢驗所;

以淨水供給船舶的大批「水船」(Wasserboote);

組織良好的港務警察機關,備有種種消防器械,包括消防快船隊在內;

關員43人分佈於自由港的四邊;

領港事務所連同港口的大領港站;

許多利用光與聲的報時信號 (optische und akustische Zeitsignale),每日夜各對船舶報時三次。

漢堡港重要的設備既經概舉如上,現在再將幾項特別有趣的技術問題簡單的論列一下:

碼頭上的過貨棧,除去很少的例外,是寬大的,空氣流通與光線充足的木質平房。這些過貨棧必須有相當之大,使各個船舶裏的全部貨物可沿船舶全長醒目的堆放在裏面。因此各貨棧大小不一;最小的約寬16公尺,長 100 公尺;最大的約寬50公尺,長 300 公尺。每一所過貨棧可以應付船舶兩艘。窗面從大是特別注意的一點。棧裏地面高出公路 1.2) 公尺,以便裝貨上車(公路與鐵路車輛)。棧外有寬闊的,便利裝卸貨物用的斜坡。斜坡之前爲裝貨軌路,在向水一邊計一條至兩條,向陸一邊計三條至四條。向水邊的牆面完全用推動的門扇組成。

過貨棧的起重設備是經過特別精心擘劃的。向陸一面的牆邊設有固定的旋轉起重機(feststehende Drehkrane),向水一邊專設活動的半門式起重機 (fahrbare Halbportalkrane),平均每沿棧長20—25公尺設一具。所有起重機均用電力發動。起重力通常是 3 公鐵,但新近設置的起重機亦有 5 公鐵與10公鐵的。所有新式的起重機均有在載重下可撥移的「懸臂」(unter Last verstellbare Ausleger),即所謂「翹蹺式起重機」(? Wippkrane);如此,可使貨物越過甲板上任何聳出部分或阻礙物,而比以前用呆笨的起重機時更得兼具船艙口起重機的效用。大部分的新式起重機構成雙重式以至三重式,換言之,即門式結構 (Portal) 上面的旋轉起重機另於下面活動

的承梁(fahrbare Traeger 上設有「滾輪起重機」(Laufkatzenkrane)一二具,所以每一架起重機可用兩三吊鈎(Haken)在一處工作,因此裝卸工作的效率增進很多。對於較重貨物,設有「塔式起重機」(Turmkrane) 9 架,其起重力爲 10,20,30,200,250, 公鍶;此外尙有起重力達100公鍶之「起重機船」(Schwimmkrane)多具。最新的起重機船具有自備的發動機,不需拖曳,因此可以很迅速的到達需用之處,而不必勞船舶移動地位。

過貨棧裏的運輸器械,亦隨着起重機時有改良。除人力器具之外,有各種運輸機器的置備,擇要而言,爲「小電車」(Elektrokarren),載重 1.50 公鍶,又可用以拖曳小車隊,與「堆貨車」(fahrbare Stapelgeräte),可將貨物(無論輕重)迅速省事的重疊堆置。

碼頭牆(Kaimauern)的建築費居漢堡港資金的大部分。因爲地基鬆軟,牆基須入土很深。牆身係用混凝土築成,在最深的港塢內者厚度達12公尺之多。碼頭牆的正面用玄武石(Basalt)與花崗石(Granit)鑲砌。牆身支在木質平台(Rost aus Holzkonstruktion)上,平台又支在木質排樁上。在牆身的下面後邊打木板樁一排。後建的碼頭牆亦有用鋼筋混凝土構成的。一部分的舊碼頭牆,因爲現代船舶吃水較深與形狀改變,曾經過一番困難而有趣味的手續,於事後將其加厚,以便將牆前塢身浚深。

另一特別設施爲設備鐵路輪渡(Eisenbahn-Faehre)以聯絡設在島地上的新港區。每一渡輪(Faehrboote 可裝載鐵路車輛 6 輛;兩頭均有推進螺旋(Schrauben)兩個,同時可當柁用,所以不必掉頭。爲適應水位的變易起見,載車的甲板可上下撥移至 4 公尺的高低差,使甲板常與地面齊平。

在技術上最饒趣味的建築物,卽前面已說過的愛爾伯河下隧道。此隧道有直徑 6 公尺的管路兩條,使車輛與行人在河底下面往來於市區與港區之間。兩管係用鐵環組成,兩頭各通至直徑24公尺的垂直井,每一井內各設升降機 6 具。兩井相距 480 公尺。

本隧道係用「壓氣法」(Druckluft-Verfahren)建築,經過4年,工程費計11兆(Millionen)馬克。

關於漢堡港技術上各種設施,自然還有很多的其他詳細節目可以報告,但因此處篇幅有限,祇得從略。如讀者感覺興趣,有所詢問,著者很願竭誠奉答。著者擬於不久之後寫一篇文字,報告美洲方面如何解決關於現代海港的佈置與機械設備的各項困難問題(其大部分辦法與這裏所說的很不相同)。　　(胡樹楫代譯)

直接力率分配法

(本年度中國工程師學會朱母獎學金給獎論文)

林同棪

(一) 緒言

克勞氏力率分配法[1]近者風行美國,爲構造學生與工程師所必學而用者。以之計算連架,其方便實遠在舊法之上。惟仍須用連續近似之手續,爲其美中不足。本文介紹作者所自創之直接力率分配法[2]。此法係利用力率分配之基本原理,推算得兩個公式,然後用以計算連架,其力率之分配可以一氣了事;毋需輾轉多次。

以此法與克勞氏法相較,二者各有所長。然本法之最妙處,不在其節省時間,減少錯誤;其與設計者以連架中力率相傳之直接觀念,而使之明瞭連架受力之情形,顯若普通簡單構架焉者,乃其特點。故凡從事構造設計者,不可不一學此法。

(二) 定義

第一圖:桿件 AB 之 A 端爲平支端或鉸鏈端,B 端爲固定端。在 A 端加以力率,使之發生單位坡度,則

K_{AB} = 在 A 端所當用之力率 = 桿件 AB 之 A 端硬度,

$\gamma_{AB} K_{AB}$ = B 端因此所生之力率,

---

(1) "Analysis of Continuous Frames by Distributing Fixed-end Moments", by Hardy Cross, Transactions, American Society of Civil Engineers, 1932.

(2) "A Direct Method of Moment Distribution", by T. Y. Lin, Proceedings, American Society of Civil Engineers, December, 1934.

γ_{AB} = A 至 B 之攜過因數。

第二圖,桿件 AB 之A端仍爲平支端或鉸鏈端,其B端却與其他桿件B1, B2, B3,.....相連如圖。在A端加以力率,使之發生單位坡度,則

K_{ABM} = 在A端所當用之力率 = 當B端與其他桿件相連時之A端硬度,名之曰AB之A端之改變硬度。

γ_{ABM} K_{ABM} = 此時桿件AB之B端之力率

γ_{ABM} = A至B之改變攜過因數

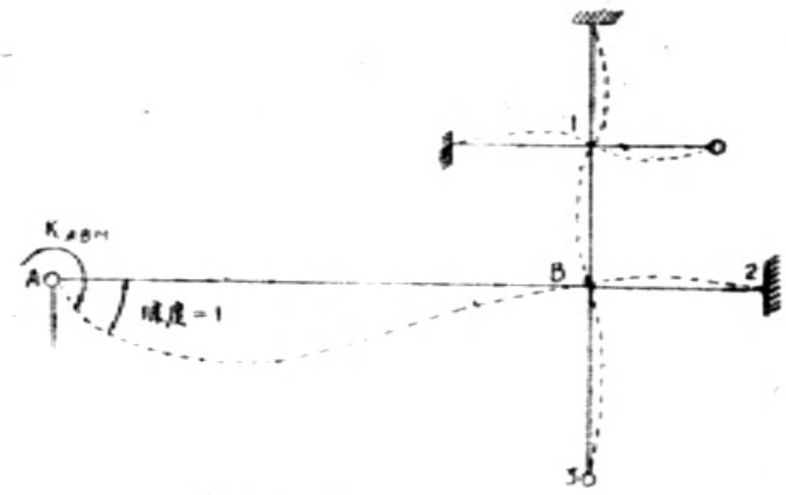
再設

$$R_{BA} = \frac{K_{BA} + K_{B1M} + K_{B2M} + K_{B3M} + \cdots\cdots}{K_{BA}}$$

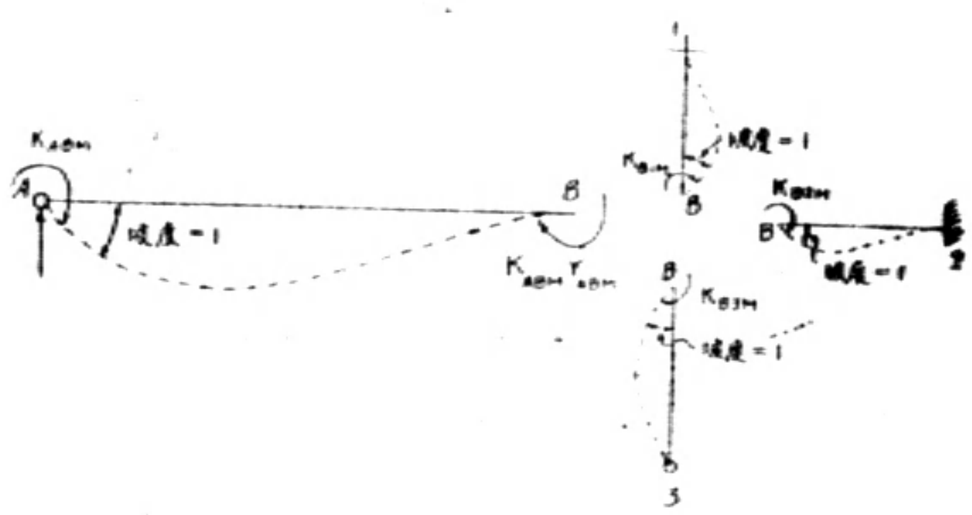
$$= \frac{K_{BA} + \Sigma K_{BNM}}{K_{BA}} \qquad (R_{BA} \text{表示桿件AB之B端拘束情形})$$

第一圖

第二圖



第二圖(a-d)



(三) 理論與公式

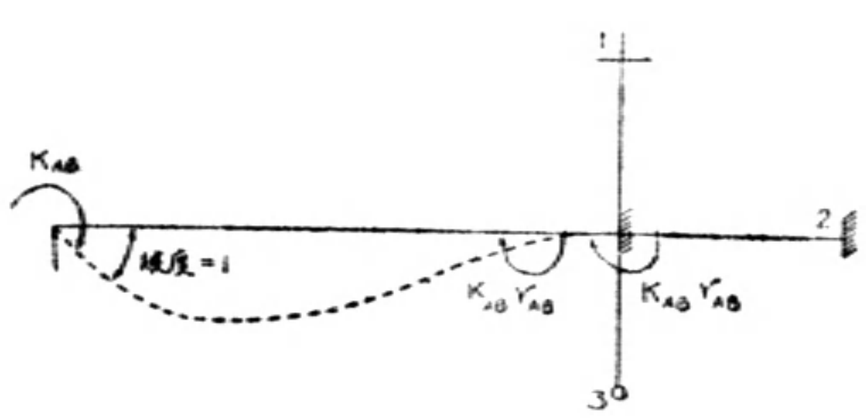
應用克勞氏力率分配法時,所用之硬度K與攜過因數γ,係假設該桿件之他端爲固定端以求得者(如第一圖)。故方其放鬆一點,必將交在此點各桿件之他端暫行固定着,然後可以用K以分配之,而用γ以攜過之。本文之直接力率分配法則不然各 K_M 及 γ_M 係視該桿件他端在此連架中之實際拘束情形以求得者,故可將架中各交點同時放鬆,而將不平力率,一氣分盡也。

本法只須公式兩個,一爲求 K_{ABM} 者,一爲求 γ_{ABM} 者,茲將此兩

公式,用力率分配之基本原理推出之如下:——

設:桿件 AB 之B 端與其他桿件相連,如第三圖。已知桿件 AB之K_{AB}, K_{BA}, γ_{AB}, γ_{BA} 並交在 B 點其他桿件之改變硬度K_{B1M}, K_{B2M}, K_{B3M} .....。

第三圖

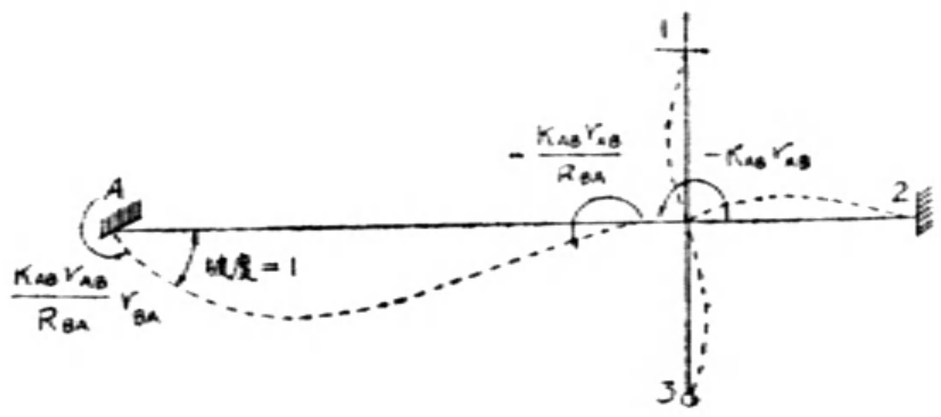


求:桿件 AB 之A 端改變硬度K_{ABM},並自 A 至B 之改變攜過因數γ_{ABM}。

求法:

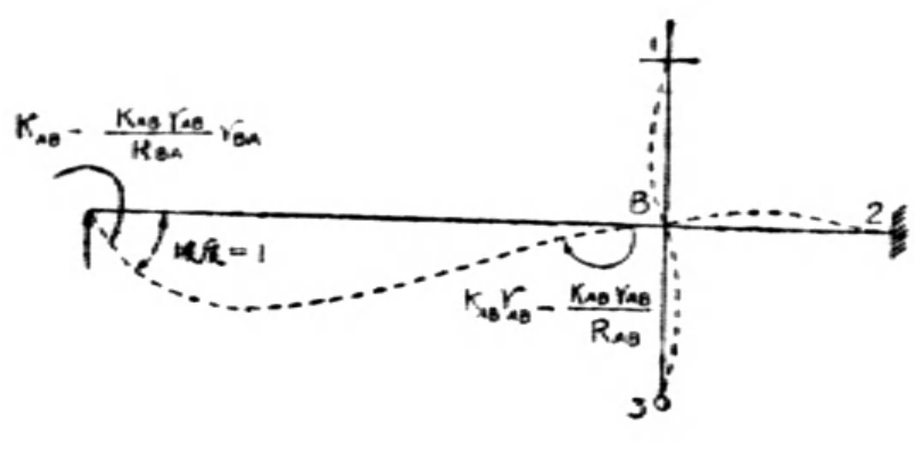
第一步:將B 點暫行固定如第三圖。在A 點加以力率 K_{AB} 使A 端發生單位坡度。故桿件 AB 之B 端此時即發生力率$K_{AB}\gamma_{AB}$,而B 點之不平力率亦爲$K_{AB}\gamma_{AB}$。

第四圖



第二步:此時再將A 端固定着,使之不再發生坡度,如第四圖。將B 點之不平力率放鬆(意即在B 點加以外來力率—$K_{AB}\gamma_{AB}$, 使B 點之總外來力率等於零)。此時交在B 點之各桿件均發生相等坡度;且其所生之力率,當與各桿件B 端在此種情形下之改變硬度成正比例。故桿件 AB 之B 端所分得之力率,應爲,

第五圖



$$-K_{AB}\gamma_{AB}\left(\frac{K_{BA}}{K_{BA}+K_{B1M}+K_{B2M}+K_{B3M}+\cdots\cdots}\right)=-\frac{K_{AB}\gamma_{AB}}{R_{BA}}$$

而其A 端所攜過得之力率爲,

$$-\frac{K_{AB}\gamma_{AB}}{R_{BA}}\gamma_{BA}$$

第三步:將第三,四兩圖相加,即得桿件 AB 經以上兩步後之情形。其變形與受力當如下(第五圖):——

(1)A 端之坡度 = 1。

(2)B 端與其他各桿件相連,發生相等之坡度。B 點之外來力率 = 0。

$$(3)\text{A 端之力率} = K_{AB} - \frac{K_{AB}\gamma_{AB}}{R_{BA}}\gamma_{BA}$$

$$(4)\text{B 端之力率} = K_{AB}\gamma_{AB} - \frac{K_{AB}\gamma_{AB}}{R_{BA}}$$

故第五圖A 端之力率即爲 K_{ABM},而 A,B 兩端力率之比即爲 γ_{ABM},

$$\therefore K_{ABM} = K_{AB}\left(1 - \frac{\gamma_{AB}\gamma_{BA}}{R_{BA}}\right) \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\gamma_{ABM} = \frac{K_{AB}\gamma_{AB} - \frac{K_{AB}\gamma_{AB}}{R_{BA}}}{K_{AB}\left(1 - \frac{\gamma_{AB}\gamma_{BA}}{R_{BA}}\right)}$$

$$= \gamma_{AB}\left(\frac{R_{BA}-1}{R_{BA}-\gamma_{AB}\gamma_{BA}}\right) \quad \cdots\cdots(2)$$

以上兩公式可簡化之如下:——

(1)如 B 端係固定端,則 $R_{BA} = \infty$(無窮大),而 $K_{ABM} = K_{AB}$, $\gamma_{ABM} = \gamma_{AB}$。

(2)如 B 端係鉸鏈端或平支端,則 $R_{BA} = 1$,而 $K_{ABM} = K_{AB}(1 - \gamma_{AB}\gamma_{BA})$, $\gamma_{ABM} = 0$。

(3)如 AB 係定惰力率之桿件,則 $\gamma_{AB} = \gamma_{BA} = \frac{1}{2}$,而 $K_{ABM} = K_{AB}\left(1 - \frac{1}{4R_{BA}}\right)$, $\gamma_{ABM} = \frac{1}{2}\left(\frac{R_{BA}-1}{R_{BA}-\frac{1}{4}}\right)$。

(四) 應用之步驟

本法之應用,可分爲兩步。第一步係用公式(1),(2)分析聯架本身之情形。此與連架之載重毫無關係。第二步始求載重或其他原因所生之定端力率而分配之。

第一步:用尋常方法,求得各桿件兩端之 K 與 γ[3]。算各桿端之

(3) K 與 γ 之算法與圖表,多不勝數。參看 "Continuous Frames of Reinforced Concret", by Cross and Morgan, 1932.

R,以用於公式(1),(2),求出各K_M及C_M。鉸鏈端之R爲1;固定端之R爲∞。如此端與其他桿件相連,則其R當在1與∞之間,可由各桿件之或K_M算出或推料出。

第二步:用尋常之方法,求得各桿件之定端力率。將每節點之不平力率,分與交在該點之各桿端,與其K_M成正比例。將每桿端所分得之力率,用C_M攜過至其他端。再將每端所攜過得之力率,分與交在此端之其他桿端。再繼續攜過而分配之,直至各力率均傳至支座爲止。將每端之定端力率,並其分配與攜過得之力率加起,以得其眞力率。

以上係本法之普通步驟。爲適宜於特種情形起見,常可略爲變更之。

(五) 應用之範圍

本法與克勞氏法之惟一不同點,只在多兩公式。而此兩公式,皆由動率分配之原理推算出。故兩法之應用範圍相同。克勞氏法之各種間接應用法,如連架之偏倚等等[1]本法亦可依樣用之。

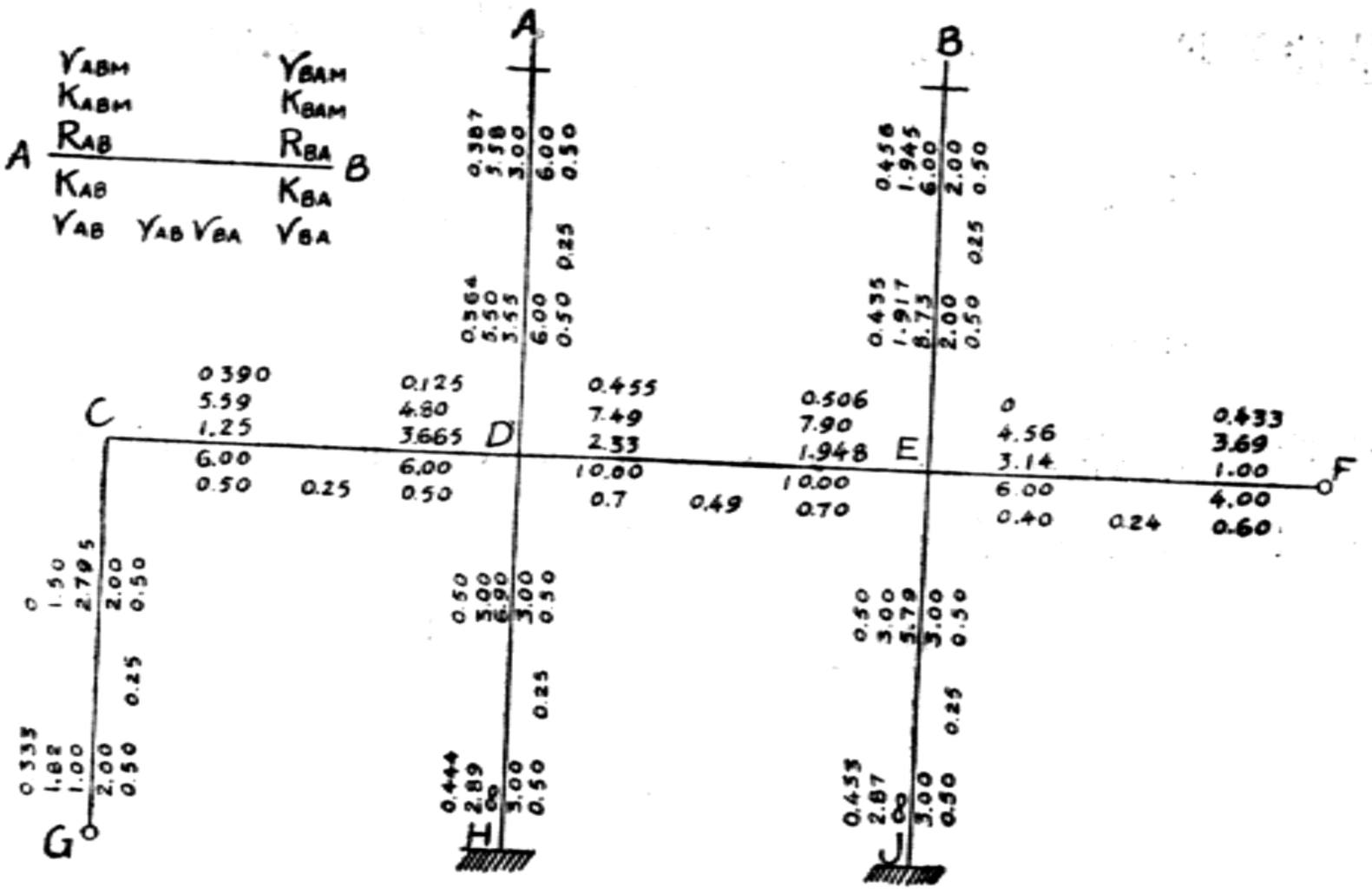
(六) 正負號

桿端力率之正負號,一概以外來力率爲標準。力率之順鐘向者爲正,反者爲負。

(七) 實 例

(A) 設連架如第六圖。G,F爲鉸鏈端。H,J爲固定端。A,B兩端與其他桿件相連,A端之$R_{AD}=3.00$,B端之$R_{BE}=6.00$,在D點加以外來力率=100,求各桿端力率。

第一步:設已知各桿端之K,γ。用公式(1),(2)算得各R,K_M,γ_M,寫入第六圖(各數之位置,當如第六圖b所示者)。其算法下:——



第　六　圖

桿件GC　　G爲鉸鏈端,$R_{GC} = 1$,

$$\therefore K_{CGM} = K_{CG}\left(1 - \frac{\gamma_{CG}\,\gamma_{GC}}{R_{GC}}\right) = 2\left(1 - \frac{0.50 \times 0.50}{1}\right) = 1.50$$

$$\gamma_{CGM} = \gamma_{CG}\left(\frac{R_{GC}-1}{R_{GC}-\gamma_{GC}\,\gamma_{CG}}\right) = 0$$

桿件CD　　$R_{CD} = \dfrac{6+1.5}{6} = 1.25$

$$K_{DCM} = 6\left(1 - \frac{0.25}{1.25}\right) = 4.80$$

$$\gamma_{DCM} = 0.5\left(\frac{0.25}{1.00}\right) = 0.125$$

$R_{DC} = \dfrac{K_{DC} + \Sigma K_{DN}}{K_{DC}}$

$K_{COM} = K_{CD}\left(1 - \dfrac{t_{CO}\,r_{DC}}{R_{DC}}\right)$

$= 6\left(1 - \dfrac{\cdot 25}{\quad}\right)$

桿件HD　　$R_{HD} = \infty$

$$K_{DHM} = K_{DH} = 3$$

$$\gamma_{DHM} = \gamma_{DH} = 0.50$$

桿件AD　　$R_{AD} = 3$

$$K_{DAM} = 6\left(1 - \frac{0.25}{3}\right) = 5.50$$

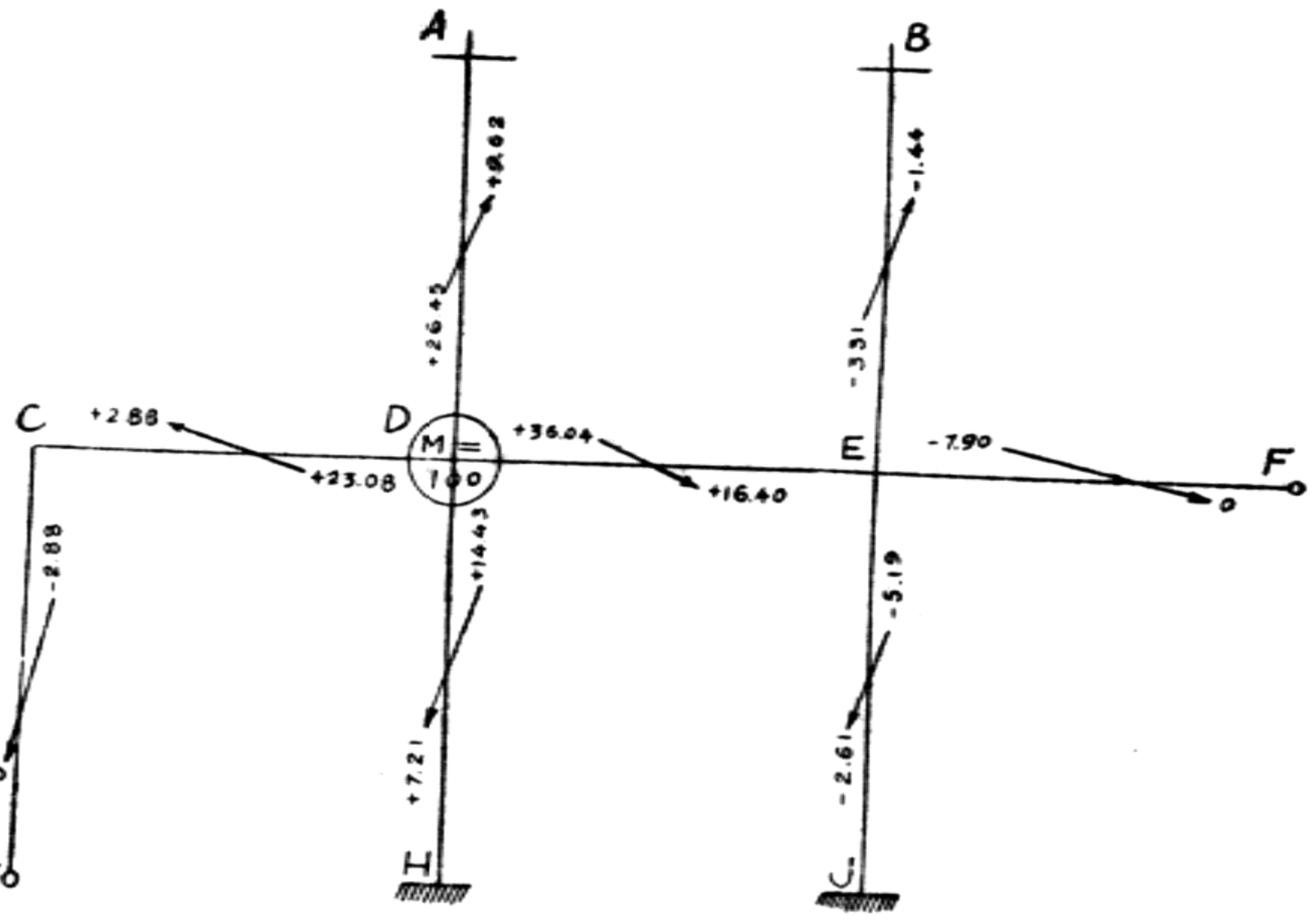
$$\gamma_{DAM} = 0.5\left(\frac{3-1}{3-0.25}\right) = 0.364$$

桿件DE $$R_{DE} = \frac{10.0+5.5+4.8+3.0}{10.0} = 2.33$$

$$K_{EDM} = 10\left(1-\frac{0.70\times0.70}{2.33}\right) = 7.90$$

$$\gamma_{EDM} = 0.7\,\frac{1.33}{2.84} = 0.506$$

依次算出桿件BE, FE, JE之各數,然後求R_{ED}, K_{DEM}, γ_{DEM}等等。(圖中各R, K_M, γ_M雖有不必求出者,姑寫入圖中,以示例而已)。



第七圖

第二步:如在D點加以外來力率 = 100, 則可將此力率分與交在D點之各桿件,使與其K_M成正比例:——(參看第七圖)

$$M_{DO} = 4.80 \times \frac{100}{20.79} = 23.08$$

$$M_{DA} = 5.50 \times 4.810 = 26.45$$

$$M_{DE} = 7.49 \times 4.810 = 36.04$$

$$M_{DH} = \frac{3.00}{20.79} \times 4.810 = \frac{14.43}{100.00}$$

將各桿端分得之力率,用γ_M攜過於其他端,則

$$M_{GD} = M_{DO} \times \gamma_{DOM} = 23.08 \times 0.125 = 2.88$$

M_{AD} = 26.45 × 0.364 = 9.62

M_{ED} = 36.04 × 0.455 = 16.40

M_{HD} = 14.43 × 0.500 = 7.21

將每端所攜過得之力率,分與連在該點之其他桿端,使與其K_M成正比例:——

在C點,$M_{CG} = -M_{CD} = -2.88$

A點與H點爲連架之端,不必再分。

在E點, $M_{ED} = 16.40$ 可分與EB, EF, 及EJ:——

$$M_{EB} = 1.917 \times \frac{-16.40}{9.477} = -3.31$$

$$M_{EF} = 4.56 \times -1.73 = -7.90$$

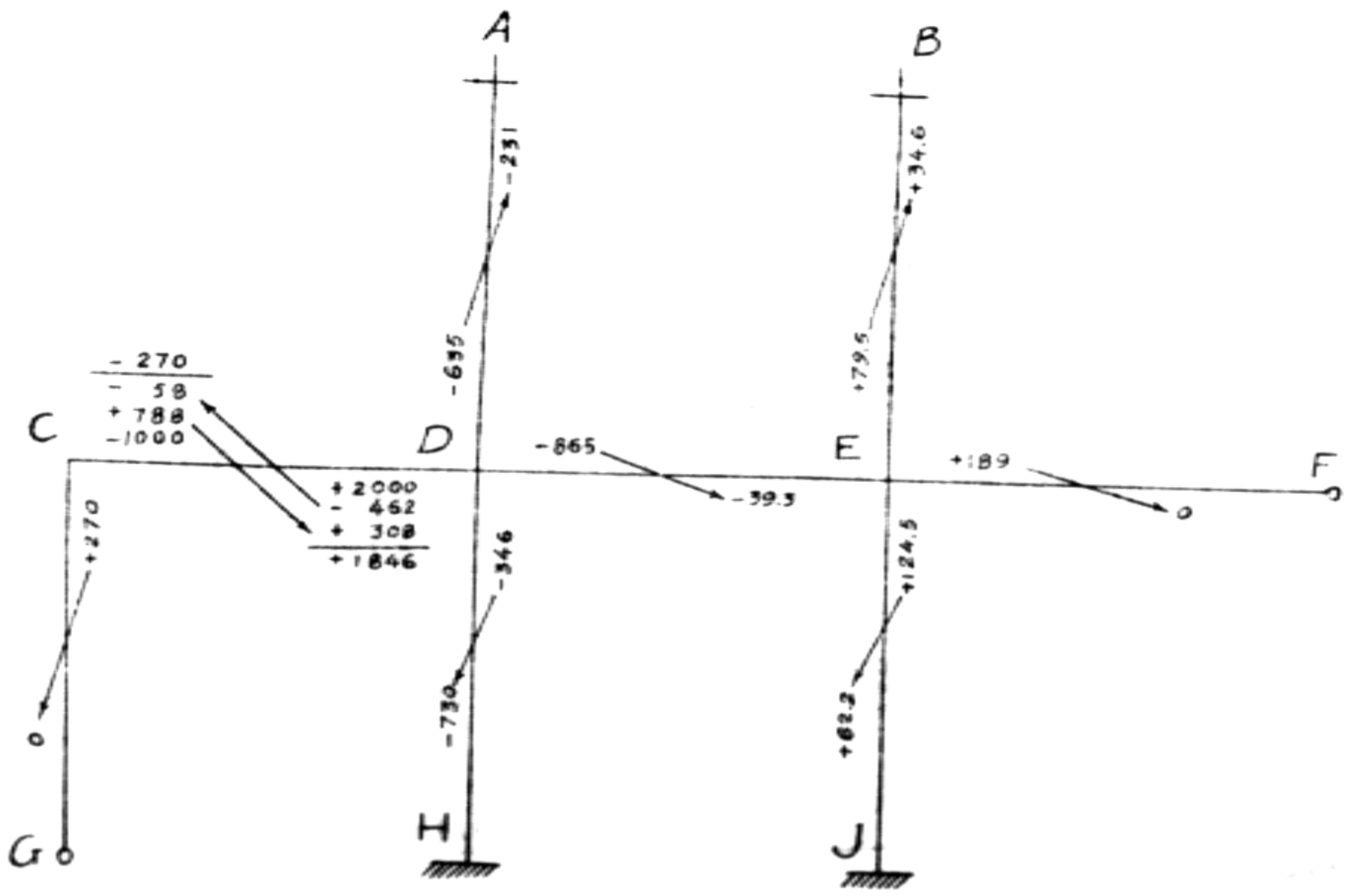
$$M_{EJ} = \frac{3.00}{9.477} \times -1.73 = \frac{-5.19}{-16.40}$$

再將各分得之力率,攜過於其他端,

$M_{BE} = M_{EB} \times \gamma_{EBM} = -3.31 \times 0.435 = -1.44$

結果各桿端力率均如第七圖所示。

(B) 設連架同上其桿件CD因載重而生定端力率$F_{CD} = -1000$, $F_{DC} = 2000$ (第八圖)。故C點之不平力率爲 −1000, D點爲2000。



第八圖

吾人固可用上題算法,在C 點加以力率 = 1000, 在D點加以力率 = − 2000, 分別計算之,然後再求各桿端力率之和。然將兩不平動率,同時分配,其法更簡:——

將各點同時放鬆,則桿件CD之C端所分得之力率爲

$$1000 \times \frac{5.59}{5.59+1.50} = 788$$

桿件CD之D端所分得之力率爲

$$2000 \times \frac{4.80}{4.80+5.50+7.49+3.00} = -462$$

CD兩端所攜過得之力率爲

C點, $-462 \times 0.125 = -58$

D點, $788 \times 0.390 = 308$

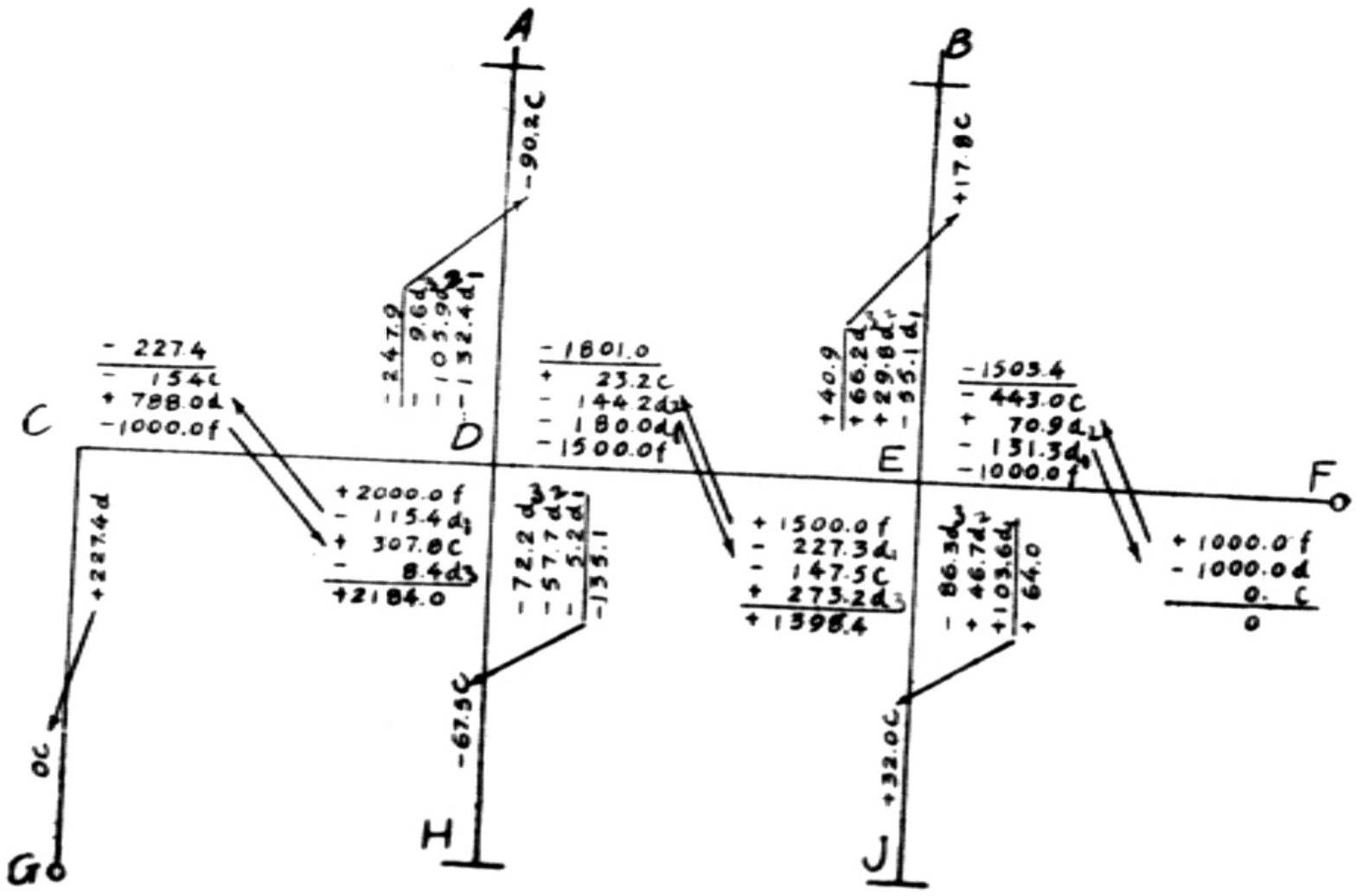
故CD兩端之總力率爲

C點, $-1000+788-58 = -270$

D點, $2000-462+308 = 1846$

此項力率須被支在各該點之桿端抵住。故可分配而攜過之如第八圖,以求各桿端力率。

(C) 設連架同上。桿件 CD, DE, EF 均生定端力率如第九圖



第 九 圖

(註以"f"字者)。此題可將三桿件分開,用例(B)之算法;或將C, D, E, F四點分開,用例(A)之算法。但第九圖之算法爲較簡。其法先將每點之不平力率,分與交在該點之各桿件(所分得之力率,以"d"字註之)。分畢之後,自連架之一首開始,將桿件CD之C點力率788d,攜過至D變爲788 × 0.390 = 307.8c(所攜過之力率,均以"c"字註之)。將307.8分與連接D點之桿端,故DE得

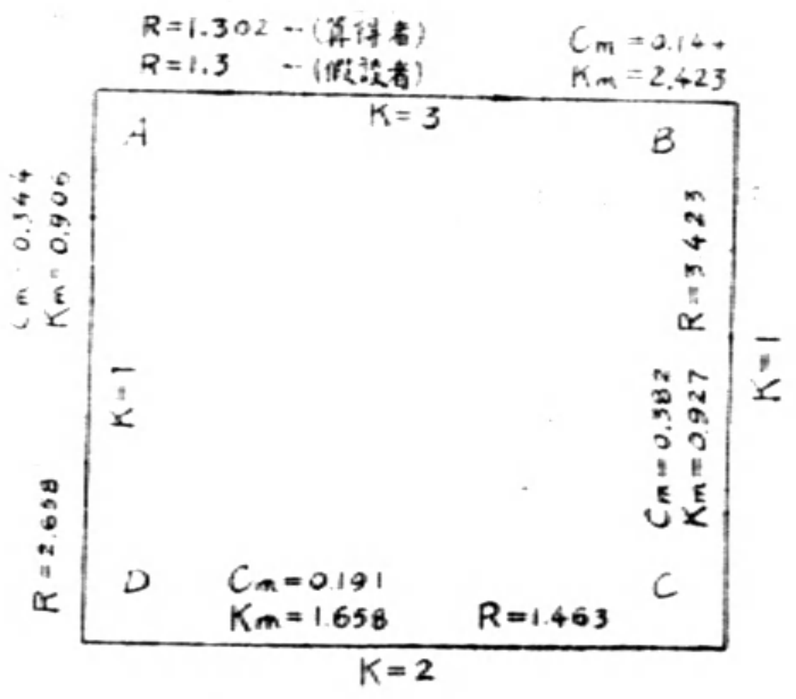
$$M_{DE} = -307.8 \times \frac{7.49}{7.49+5.5+3.0} = -144.2d$$

桿件DE之D端,前已分得－180d,茲又分得－144.2d,故共分得－324.2d,將此力率攜過至E端,故E端發生

$$-324.2 \times 0.455 = -147.5c$$

如此繼續分配,直至所有不平力率,均傳至支座爲止。

(D) 設連續盒架如第十圖。桿件AB之定端力率爲$F_{AB} = -1000$, $F_{BA} = 1000$。此盒各桿件均係定惰力率者,故其C均爲0.5。只將其K寫於圖上足矣。



第十圖

第一步:此係盒架,無架端,故須先假設一桿件之R,而後複算之以視其準確與否。設桿件AB之A端,其$R_{AB} = \frac{3+1}{3} = 1.33$

$$\therefore K_{BAM} = 3\left(1 - \frac{\frac{1}{4}}{1.3}\right) = 2.423$$

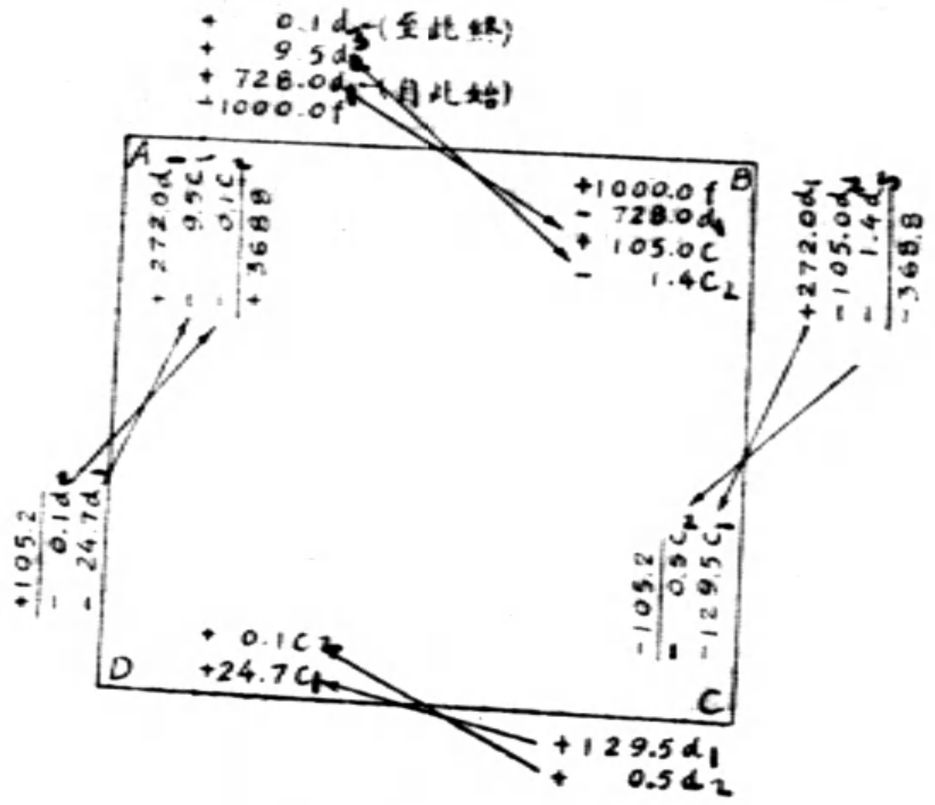
$$\therefore R_{BOM} = \frac{1+2.423}{1} = 3.423$$

$$\therefore K_{CBM} = 1\left(1 - \frac{\frac{1}{4}}{3.423}\right) = 0.927$$

如此算出$R_{CD}, K_{ICM}, R_{DA}, K_{ADM}$,直至$R_{AB}$,而得$R_{AB}=1.302$,與前所假設者極近,無須再算。若此$R_{AB}$與前者相差太遠,則可用之以算

K_{BAM}而略爲改變之。算畢,再求各γ_M如圖。

第二步: (第十一圖)將A, B兩點之不平力率分配之。將桿件AB之A端力率728d攜過至B端,發生攜過力率105。故BC之B端共得 − 105d − 272d = − 377d, 將其攜過至C端,如此繼續進行,直至攜過力率化至極小爲止,此架與其載重均係左右相同者,故如將AB之B端力率 − 728d 攜過至A端,而繼續分配之,則其得數當與前者相同,惟符號各相反而已,是以桿件AD之桿端力率爲,



第十一圖

$$M_{AD} = 272 - 9.5 - 0.1 + 105 + 1.4 = 368.8$$

$$M_{DA} = -0.1 - 24.7 + 0.5 + 129.5 = 105.2$$

其他桿端力率自當如下:——

$M_{BC} = -368.8$, $M_{CB} = -105.2$

$M_{AB} = -368.8$, $M_{BA} = +368.8$

$M_{DC} = -105.2$, $M_{CD} = +105.2$

(七) 結論

本法之妙處,在其簡單與直接兩點,除力率分配之基本原理外,只有新公式兩個,且此兩公式,亦簡單無比。熟用之者,可立見其得數焉,桿端支座對於力率之影響,可於R_{BA}看出。變惰力率之影響,可於γ_{AB}, γ_{BA}看出。

最有趣者,力率分配法經本文改變之後,與德國之定點法[4],美國之對點法[5]以及美國最近新出各法[6]均有相似之點,然盡作者所

(4) "Die Methode der Festpunkte", Suter, 1923, Berlin.
(5) "Moments in Restrained and Continuous Beams by the Method of Conjugate Points", Nishkian and Steinman, Transactions, A.S.C.E., 1927.
(6) "Analysis of Continuous Frames", Earle B. Russell, San Francisco, U.S.A.

知,未有若本法之簡明容易而應用範圍之大者。克勞氏本人亦另創有端旋定數法[7],與本法相類似。惟其應用之範圍甚小,未可與本法較。

此文只將用法寫出。至於此法特別適宜之處,如用於變慣力率之連架等等,此文暫不提及。應用本法以觀視力率的傳遞,尤爲有味焉。

附錄　本文所用各名詞英漢對照表

Carry-over factor	攜過因數
Continuous frames	連續結架,連架
End-rotation constant	端旋定數
Fixed end	固定端
Fixed-point method	定點法
Hinge	鉸鏈
Joint	節點,點
Member	桿件,桿
Method of Conjugate points	對點法
Modified	改變
Moment	力率
Sidesway	偏倚
Simply-supported	平支
Slope	坡度
Stiffness	硬度
Structure	構造
Support	支座
Unbalanced	不平
Uniform moment of inertia	定慣力率
Variable moment of inertia	變慣力率

(7) 看註(3)。

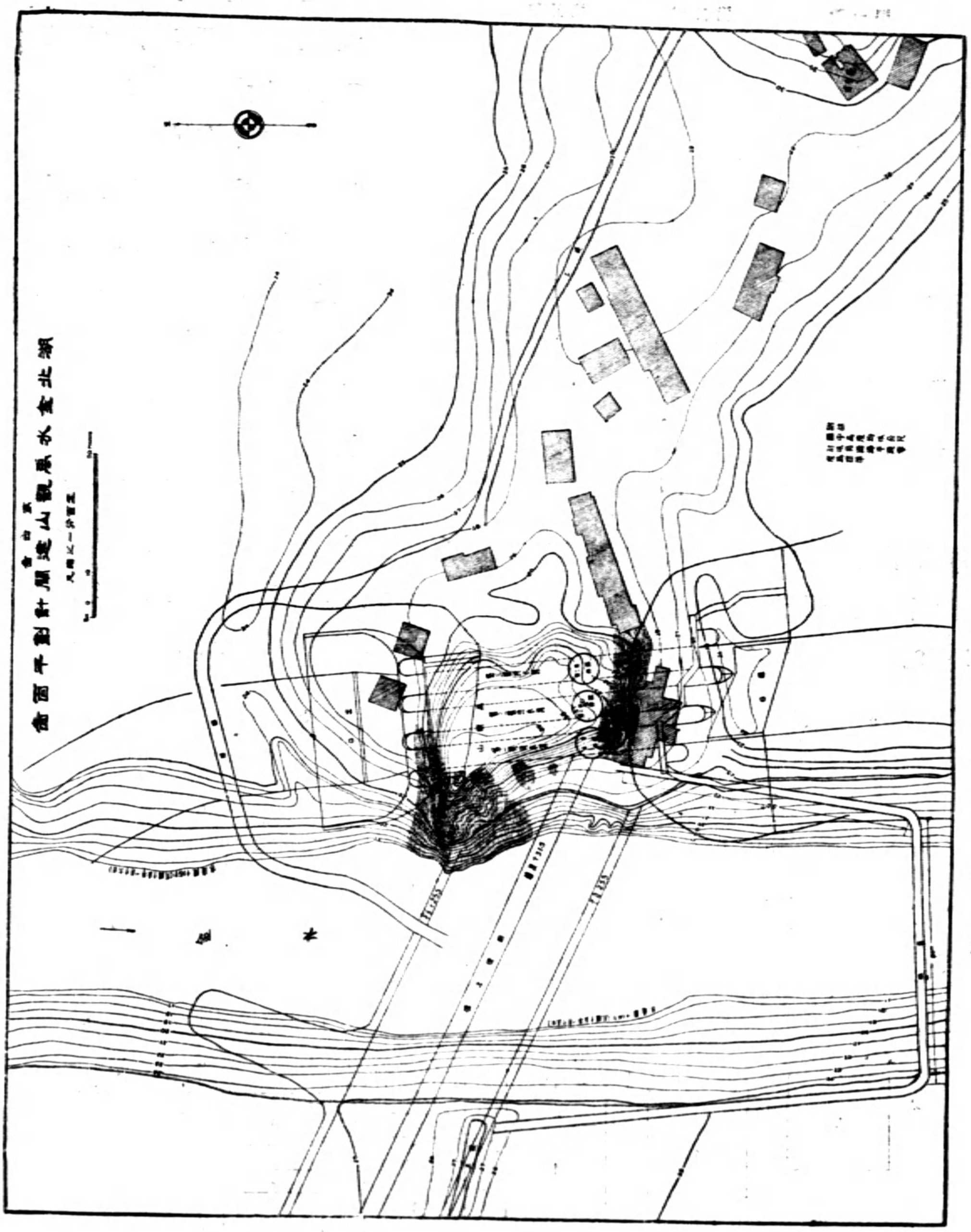
湖北金水閘沉井工程

李學海

金水閘已於本年三月間落成。全部工程計劃(參看第一圖)經揚子江水道整理委員會慘淡經營，歷時十載。其概要已見諸工程週刊第三十二號，以及全國經濟委員會金水閘建閘紀略，茲不贅論。本文僅就該工程所用圓沉井之設計構造施工等各項問題加以申說，藉供衆覽。

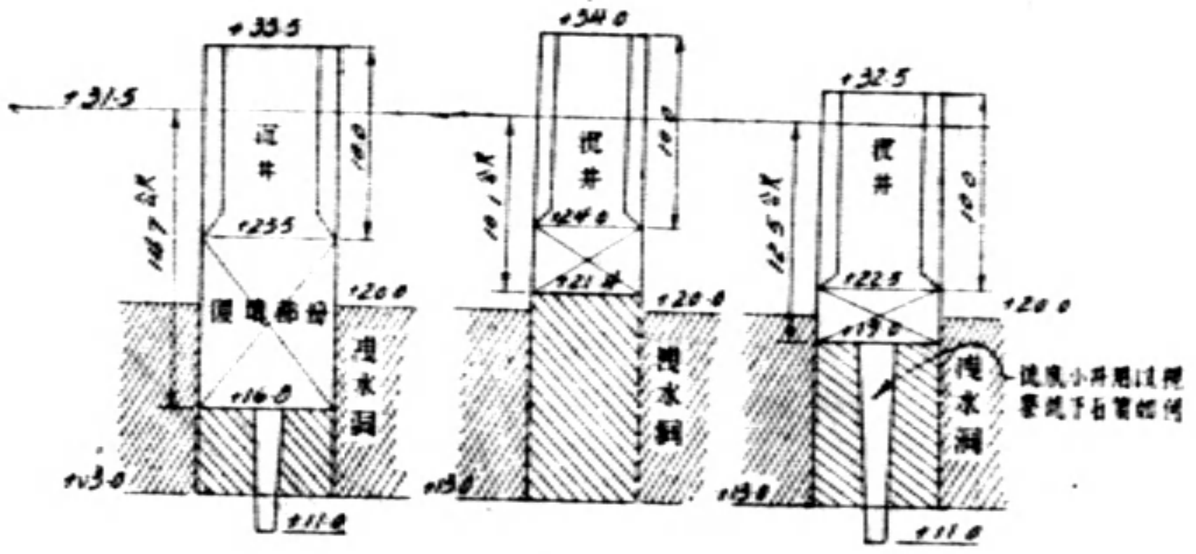
此項沉井專爲裝置斯東耐閘門而設。閘門原擬裝於 6.4 × 8.2 公尺之就地灌注鋼筋混凝土長方箱內，先由山頂向下挖深，至洩水洞底面，再由該處向上接做門箱；惟該山石質不堅，多成塊粒，與從前洗鑽機鑽探結果不合，故當土方大半開挖之際，四周沙石忽向坑內崩陷，撐木折斷，以致此項計劃不能實行。故不得不改爲預製之鋼筋混凝土圓沉井，將圓井逐段在山頂做就，由井內向下開挖，使井身憑藉體重逐漸下沉。此項新計劃雖造價較貴，施工較難，歷時較久。然按諸當時實地情形，捨此恐更無良策，故不得不採用之。圓井斷面較方井爲大，故不能利用原有土坑，爲便於下沉而同時防止坑內碎石崩坍致生危險計，所有下面從前開挖之處，均先填實，並將地面(水平高度 31.5 公尺)上部照圓井尺寸重行掘深 7.5 公尺至 9.0 公尺左右，庶使第一段井頂面高出地面 1—2.5 公尺，然後於該處坑內做模壳，紮鋼筋，灌注混凝土，以備下沉(參看第二圖)。

全井計分五段預製。其做法見第三圖。每段新製底面均在井



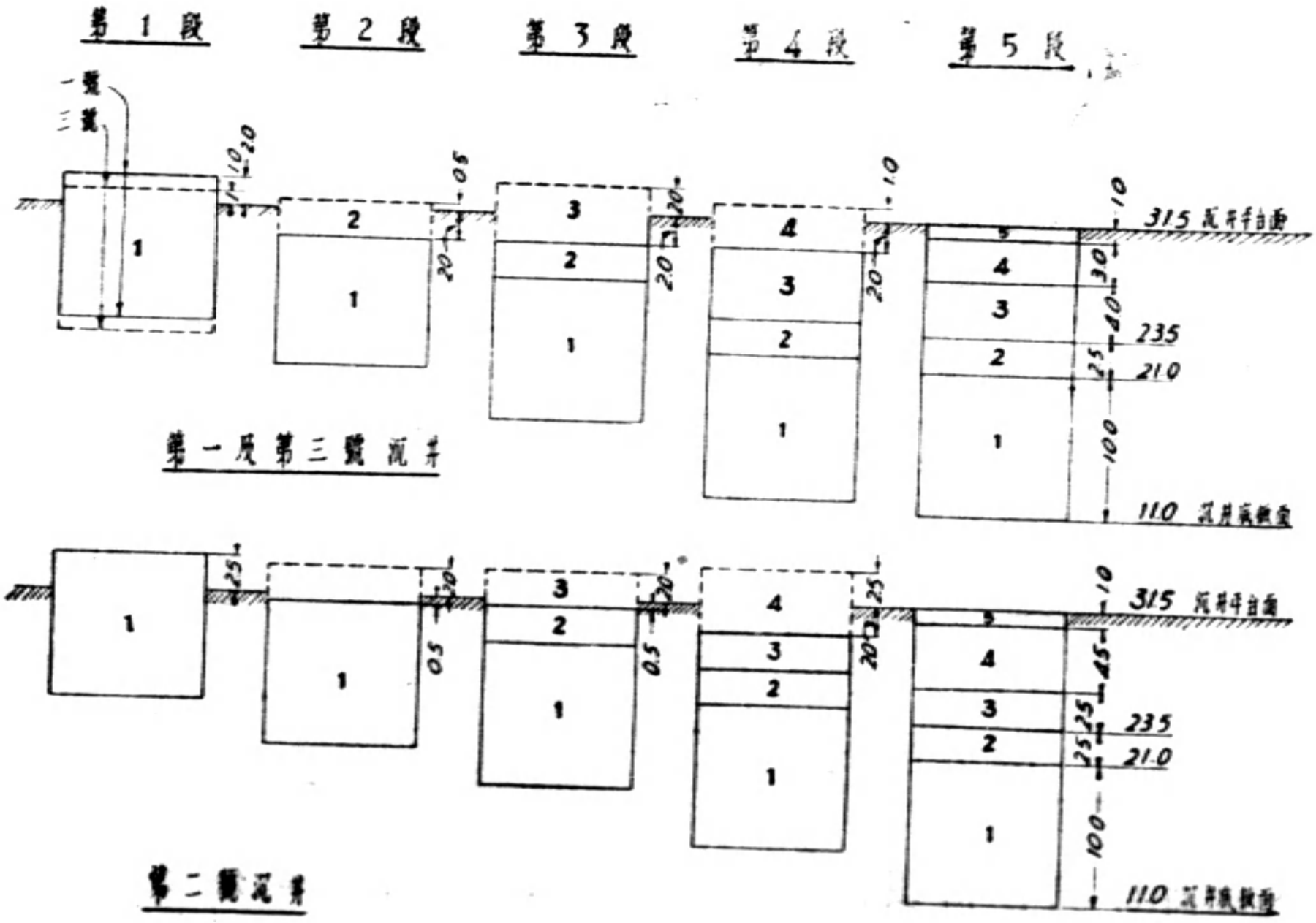
第一圖　湖北金水閘沉井工程平面圖

頂平台面(即現有山頂地面,水平爲 31.5 公尺)下 2 公尺左右,庶使所有新舊兩段接頭均得埋入土內,而不外露。同時又使每段新製頂面不得高出井頂平台面 2.5 公尺。第一段須較高。故做 10 公尺,



第二圖

卸井內挖出之砂泥等物。若第一段圓井上部露出坑面過多，則屋面須連帶做高，頗不經濟。至於其他各段之露出高度，則又均須小於 2.5 公尺，以不妨礙從前已有之手搖輪及屋面等設備爲準。本



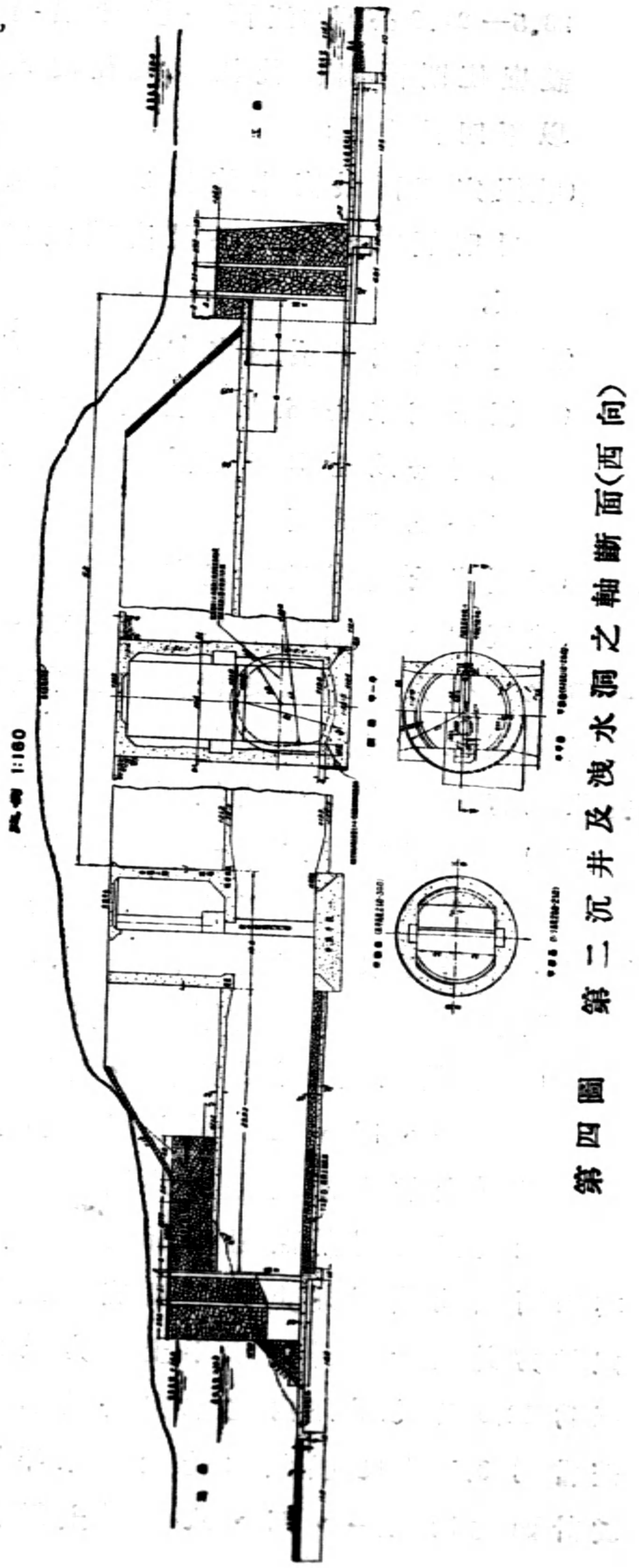
第三圖　沉井分段灌注及沉降情形

工程施工地點遠在鄉僻，不易裝設電氣升降機，故惟有利用人力以起卸井內砂石。茲將全井構造及受力情形與設計方法等略述如次(參看第四圖)：

(一)上部牆身水平高度(23.5 — 30.5 公尺)

此段牆身除承載井頂平台上之垂直重載外，兼受由外面水平土壓力(對稱)及水壓力。假定江面最高水位爲 30.0 公尺，同時湖面水位爲 24.0 公尺，則最大水位高差當爲 6.0 公尺，而生之水平環壓力。沉井上部對徑較下部略小，故井身下沉後。上部砂土得與混凝土面分離，井牆上部不受任何垂直拉力。閘門兩邊加做門槽，以便上落，惟無由閘門傳來之任何水壓力。

(二)過梁挑板水平高度



第四圖　第二沉井及洩水洞之軸斷面(西向)

23.5—21.0公尺)(江面一邊)此項過梁專爲減低閘門高度而設,庶使閘門關閉後江水無從浸入井內,過梁須能安全承載以下四種力量:

(甲)假定江面最高水位爲30.0公尺,同時湖面水位爲24.0公尺,則須能承載6公尺高差之向上水壓力而成一反挑式板。

(乙)須能承載甲項內之向上水壓力,而成一反雙支式板。

(丙)板下江水全部抽乾,板底不受任何向上水壓力後,板上須能安全承受本身重及閘門之平衡錘(Ccunter Weight)重而成一正挑式板。

(丁)須能承載丙項內之向下重載,而成一正雙支式板。

挑板向上彎曲時,環牆(水平 20.0—23.5 公尺一段外面發生一種水平偶力,其結果更使環牆上部發生水平環拉力,故於該處配置鋼環以抗禦之,挑板與環牆連接處,加做大斜口一道,以減少挑梁之有效跨度,並抵抗扭應力。

(三)環梁(水平高度21.0—20.0公尺)(湖面一邊) 此項環梁,兩端固定,其跨度約可假定爲環周長之四分之一。

(四)下部牆身水平高度20.0—13.0公尺) 此段爲圓井與洩水洞相交之處,故該處圓井內寬與洩水洞內寬同爲6.6公尺(參看第四圖),而於江面及湖面兩邊洩水洞斷面所在之處,各用一、四、八混凝土臨時預製,逮圓井沉降後,再將此項混凝土鑿去,而與隧道接通。

此段又爲閘門關閉時所在之地,門框兩邊各有豎拱壁一道,其斷面除承載沉井上部之垂直重載及受由沉井下部重載所生之拉力外,兼受井外之水平土壓力及水壓力,假定湖面普通高水位爲22.0公尺,而井內之水完全抽出修閘時,則兩邊最大水位高差當爲9.0公尺,拱壁承受此項水平壓力之情形,可依下列兩種設計而說明之(一、四、八混凝土鑿去後)。

(甲)假定拱壁由若干單位厚度之水平拱梁疊接而成並于拱壁兩邊洩水洞口旁各做垂直大梁一道,則所有水平壓力均經由此項拱梁分佈於垂直大梁上,此項垂直大梁兩端固定,上端則支持於環梁(湖面)及環牆(江面)上,下端則支持於井脚環梁上。

(乙)倘甲種作用不能完全實現,則又可假定拱壁由若干單位寬度之垂直平板連接而成,此項平板兩端固定,上端則支持於環梁(湖面)或過梁挑板(江面)上,下端則支持於井底圓板上。

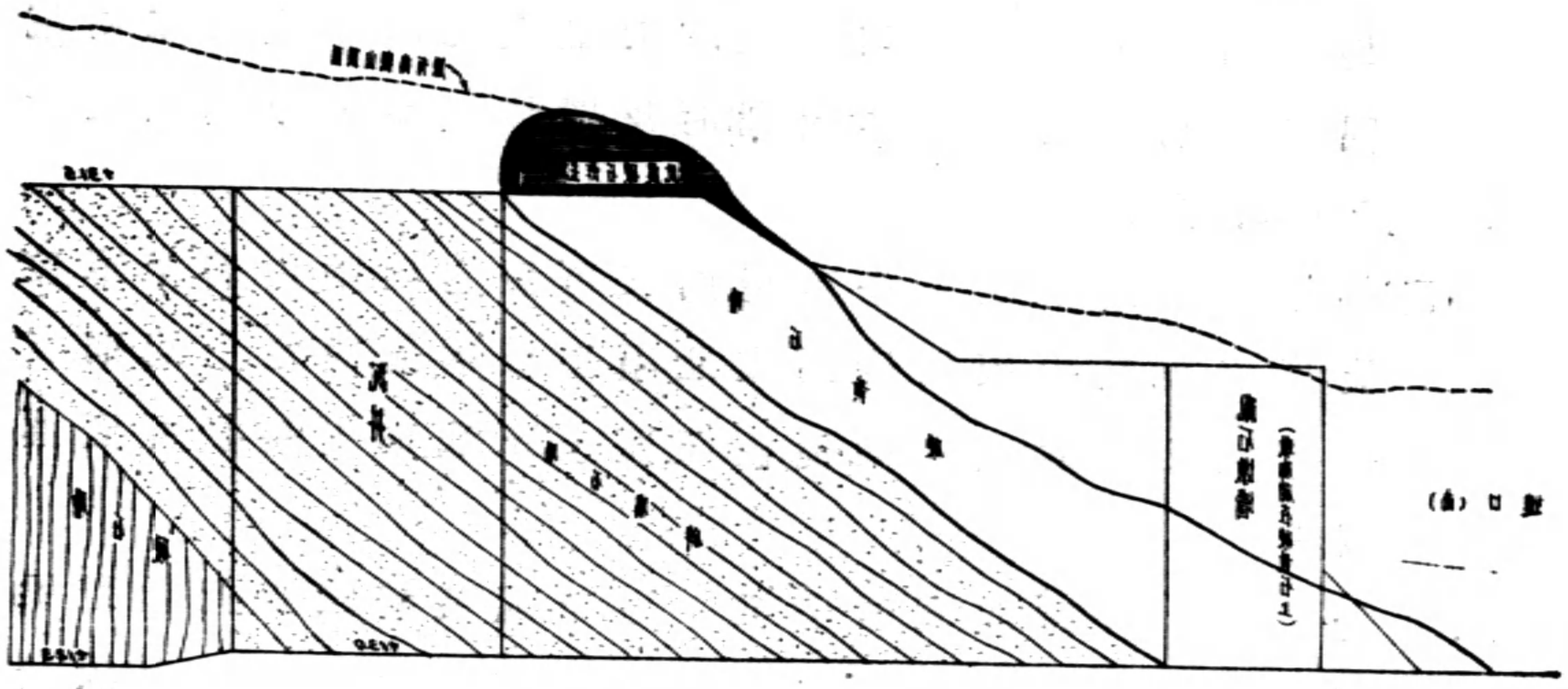
(五)井脚環梁　井趾四圍做環梁一道,下端裝配鐵脚,此項趾梁須能安全承載由井底板之一部橫推力而生之環拉力,故於其斜面滿佈鋼筋以抵抗之。沉井下降畢,井脚環梁外一帶之砂石大都鬆脫,爲抗禦井底板之另一部橫推力計,須於未鑿去一、四、八混凝土以前,將該處空隙用高壓機由井脚下及洩水洞內將混凝土或水泥沙漿,經由鐵管內打入填實。

(六)井底平板　爲雙支反梁式,支持於閘門兩邊拱壁上。其與井趾鐵脚之混合底面積須足夠安全承托全井所負各種重量於現有腐石之上。

(七)井頂平台　須能安全承載台上各種起門機重本身重以及每平方公尺240公斤至120公斤之平均活重,並須能將井牆頂際牽牢。各個沉井上之平台須互不相連,以免萬一井身下沉不勻時發生斷裂之事。每兩沉井間之平台,則僅用混凝土鋪做(參看第四圖)。

江面之水位高差最大8公尺)較湖面之水位高差最大6公尺)爲大,故爲減輕洩水洞內江水倒灌時之水壓力計,沉井地位似以靠近出口一頭爲宜,惟因出口附近,下面石質甚壞,不堪荷重,故將沉井移置於南面之腐石層內,該處下面石質較出口爲佳,既可免開鑿北面堅石,並得將大石塊墩基置於較堅黃石層上(參看第

四及第五圖。



第 五 圖

沉井附近之石層均向入口一邊斜下。沉井裏邊下端頗受堅石影響，非特下降困難，並且易於外傾。故一二兩號沉井均沿石層傾斜方向，向湖面一邊傾出。第一及第二兩段上面之過梁跳板，祇占井斷面半邊，故該兩段之重心不在井斷面之髓心上。下沉時雖將對邊加放相當重載，有時仍易傾斜，故第三號沉井因是而向江面一邊傾出。

此項沉井若祇向江面(北)或湖面(南)略爲傾斜，而東西兩面俱仍垂直，則過梁挑板沿閘門方面仍得居水平地位，對於裝設閘門尙無大礙。惟在東西方面稍有參差，卽成問題，故須較爲精確。

沉井上面加放重載以助沉降時，倘不能使周圍重量均等，則祇可在江面及湖面兩邊堆積，不可置於門槽兩邊，以防重量不勻，致向東西傾側。

沉井已向一邊傾側後，其補救方法，約有下列數種：

(一)將高邊上面之重載加大，並將低邊上面之重載減輕。

(二)將高邊下面之泥土挖鬆(依新月形將拱頂置於最高處，向兩邊開挖)；低邊下面之泥土不動。

(三)將低邊上面用木料支撐於附近堅石上。

井內東西門槽內各置垂線一根,由頂至底,每日量計頂底兩面,該線與槽內混凝土面之三方距離,而比較其傾斜程度。

爲工作便利起見,每次開挖井底時,須先在井心一帶,然後至牆趾下面,爲阻力甚大不易沉降時,尙須沿牆趾外面加挖。牆外阻力較大下沉甚緩時,開挖井底,毋需將牆趾下面支撐,惟當阻力較小,易於下沉時,則須將牆趾下面四圍撐牢,以防驟然下降,發生不測,又當第四段澆好後,沉井不待開挖,自行降落70公分之多,故沉至最後一公尺時,須將井上所加鐵石等物逐漸移去,並須特別注意,徐徐開挖井脚,以防驟然下降,超過規定深度。

混凝土沉井外面之阻力,已較木質或鐵質爲大,而禹觀山之碎石層,尤畀混凝土面以極大阻力。本工程所用之鋼筋混凝土牆,其平均重量雖有每方英尺六百磅之大,超出普通牆面磨阻力,無奈井面所遇之阻力過高,故仍不易憑藉本重下沉,其下降速度見附表,爲減輕井面阻力計,採用下列辦法:

(一)井上堆積大石塊或舊鋼軌,以增加本重(一二兩號沉井均用四百噸舊鋼軌及一百噸大石塊壓下)。

(二)井外四周不時灌水。

(三)將井身上部做小,便於下沉後,上部得與砂土分離。

一二兩號沉井,除照上述辦法外,復于廿三年五月十八日先在二號沉井北面,沿井邊開挖二公尺丁方小井一道,直達洩水洞內,次日又於一號北面挖一同樣小井,庶將井脚北面之硬石層鑿開,同時並將井外四周碎石層內之環壓力鬆動,當時並擬定:該井等如再不能下沉,則在井外自新開小井(將拱頂置於該井底)依新月形向兩邊挖開,或自井底洩水洞向進出口兩頭開挖,先由井內向下,再平行向外,再向上,(井趾已達洩水洞拱頂下面)。沉井下降速度恆不一致。其下降多出於驟然之間,其聲隆隆可辨,若壓碎石然,故遭遇甚大阻力時,往往有利用炸藥在井下轟炸之力,以震動

井周砂石者，惟應用此法時，偶一不慎混凝土即受傷損故本工程未加採用。

沉井就位後，將牆趾下面鑿成踏步式，然後沿井趾四周灌注井底平板之外緣，下寬上窄，成爲一種臨時底脚，承托井牆本重，以防牆身下降。最後再做底板內部。灌注四周井底平板時，須先在湖面井趾四分之一周長下開挖沙石及灌注混凝土，而令其他四分之三周長處照舊支承不動，然後如法做對方江面四分之一周長，將井底積水排至洩水洞內，最後再依次做東邊或西邊四分之一周長一帶。

井底平板灌好後，板周與岩石連接處泥沙雜質甚多，不宜用普通方法灌注水泥漿將隙縫堵塞，泥沙混入其內，故於每個洩水洞兩旁，沿板周相向開鑿一公尺闊，二公尺高之隧道各一條，俾可入內先將泥沙雜質掃除，然後用水泥黃沙及大石塊將該隧道砌實。

各個沉井間淨距不大，於井身下沉時，沙土已多鬆動，故自井底向上加做 1.5 公尺厚之大石塊隔牆一道，以防湖面與江面間有滲漏之虞，並使得承載由井底平板傳來之拱推力。井牆與洩水洞頂連接處構造複雜，施工困難，故於每個沉井南北兩邊，各挖一公尺丁方小井一座，以便於各該小井內工作。

附表　沉井進行程序

二十二年六月廿七日　原擬方沉箱開始挖土
二十二年八月廿二日　原擬方沉箱終止挖土
二十二年九月廿三日　現擬圓沉井開始挖土
二十三年一月六日　第一段圓沉井開始灌注混凝土
二十三年一月十二日　第一段(水平11.0—21.0)圓沉井之混凝土灌完
二十三年二月六日　第一段圓沉井開始下沉

日期	時間	第一號沉井	第二號沉井	第三號沉井
二月八日	上午七時		本段共沉24.5公分	

	下午一時半		25.5公分	
	六時		26.5公分	
二月九日	上午七時		30.0公分	
	十時		31.0公分	
二月十二日	上午十時		55.0公分	
	下午三時	本段共沉42.0公分	56.0公分	本段共沉55.0公分
	六時			56.0公分
	七時	43.0公分		59.0公分
	八時			63.0公分
	八時十五分			135.0公分（灌水以後）
二月十三日	上午九時	45.0公分		
	下午一時	46.0公分		
	一時半	46.5公分		
二月十三日	下午一時四十分	本段共沉48.0公分		
	一時五十分	49.0公分		
	二時二十分	56.0公分	本段共沉61.0公分	
	二時二十五分	61.0公分		
	二時三十五分	105.0公分		
	二時五十五分		62.5公分	
	二時五十五分		66.0公分	
	三時		148.0公分	
二月十八日	下午四時	167.0公分	165.0公分	本段共沉135.0公分
二月十九日		214.0公分	177.0公分	
二月二十日	下午五時		205.0公分	
二月二十一日	下午六時	287.0公分		
二月二十二日	下午五時		280.0公分	
三月十二日 三月十三日				第二段（水平210—235）圍沉井之混凝土灌完
三月十四日			第二段圍沉井之混凝土灌完	
三月十五日		第二段圍沉井之混凝土灌完		
三月二十二日		第二段圍沉井開始下沉	第二段圍沉井開始下沉	第二段圍沉井開始挖土並下沉

三月二十六日			本段共沉20.0公分		本段共沉100.0公分
四月二日			雖經灌水亦不下沉	雖經灌水亦不下沉	
四月三日			尖上		
四月十七日					第三段圓沉井之混凝土灌完
四月十九日				第三段圓沉井之混凝土灌完	
四月二十日			第三段圓沉井之混凝土灌完		

日期	第一號沉井				第二號沉井				第三號沉井			
	東北角	西北角	東南角	西南角	東北角	西北角	東南角	西南角	東北角	西北角	東南角	西南角
五月十二日					本段共沉(公分)							
五月十三日	本段共沉(公分)				3.1	4.3	2.7	3.0				
	4.5	2.7										
五月十四日	5.0	4.5			3.1	4.9	3.0	3.3	本段共沉(公尺)			
									3.205	3.205	3.203	3.202
五月十五日					3.3	5.7	3.0	3.4				
五月十六日					3.2	5.5	2.9	3.1				
五月十八日	8.7		6.7		3.3	6.4	3.1	3.6				
五月十九日	9.2		7.8		3.3	7.6	3.2	4.0				
五月二十一日	9.6		8.6		3.8	8.4	3.4	4.0				
五月二十二日	9.8		8.5		3.6	8.6	3.4	4.1				
五月二十三日	10.3	5.0	8.6									
五月二十五日	10.4	5.5	8.9		4.0	9.0	3.4	4.1				
五月二十七日					4.0	9.5	3.4	4.2				
五月二十九日	11.3	6.0	10.3		4.4	9.8	3.4	4.5				
	北	東	南	西					北	東	南	西
六月二十七日									1.1	0.8	1.5	2.3
六月二十九日									1.34	1.30	1.31	1.32

日期	第一號沉井	第二號沉井	第三號沉井
六月廿九日			下午三時下沉1.3公尺
六月三十日			手搖幫浦開始工作
七月一日			手搖幫浦損壞乃以桶汲水
七月二日			機器幫浦之平台搭置妥當
七月三日			機器幫浦裝就，少量水抽出
七月四日			修整機器幫浦
七月五日			仍僅少量水抽出，旋竟不能出水
七月六日至十日			訓令包商另備完善之機器幫浦
七月九日至十二日	開始載以百噸重之鋼軌		無工作
七月十一日			在出口試驗新機器幫浦
七月十二日 七月十三日			裝設新機器幫浦水深五公尺
七月十四日			開始抽水
七月十五日			昨今兩日共抽水二·五公尺
七月十六日			移置機器幫浦於平台上
七月十七日			上午八時至下午四時抽水，四時後新幫浦又毀
七月十八日	再載以百噸重之鋼軌		新幫浦運到，漏夜裝就
七月十九日	仝	上	新幫浦不能工作
七月二十日	仝	上	新幫浦孟于混凝土挑台上水深四·八公尺，漏夜抽水
七月二十一日			繼續抽水工作，水深僅一·六公尺
七月二十二日			水深僅吾·六公尺，吸

			水管頭不及，再搭平台於靠北較低處漏夜裝設機器幫浦
七月二十三日			水抽乾，開始取出沙，石並挖土，重立垂直線繼續工作，撥動通風具
七月二十四日			仝上
七月二十五日			
七月二十六日		該井最後沉下最後四公尺在兩星期內沉畢	

本篇第五圖爲手民誤製反板,因發覺時出板期已迫,不及改製,特此聲明。

編者

乙種調幅器及其設計

王端驤

不失眞之擴大　自三極眞空管發明以來,用之以爲不失眞之擴大,早已應用於世。其作用法,使眞空管柵極電壓(E_g)及輸入電壓(e_g)用於一種情形下,使屏極永遠有電流,i_p,通過,輸出之電壓較原輸入電壓雖强若干倍,而其形式則完全相同,此之謂甲種擴大作用。

依第一圖丙,設有一切形(sirusoidal)電波e_g用於柵極,則其屏極電壓及電流成爲第一圖甲乙兩圖之形狀。

屏極直流電輸入之電力爲:

$$E_P \times I_p = W \quad \cdots\cdots (1)$$

其輸出之電力爲

$$\frac{e_{pm}}{\sqrt{2}} \times \frac{i_{pm}}{\sqrt{2}} = \frac{e_{pm} \cdot i_{pm}}{2} = w \quad \cdots\cdots (2)$$

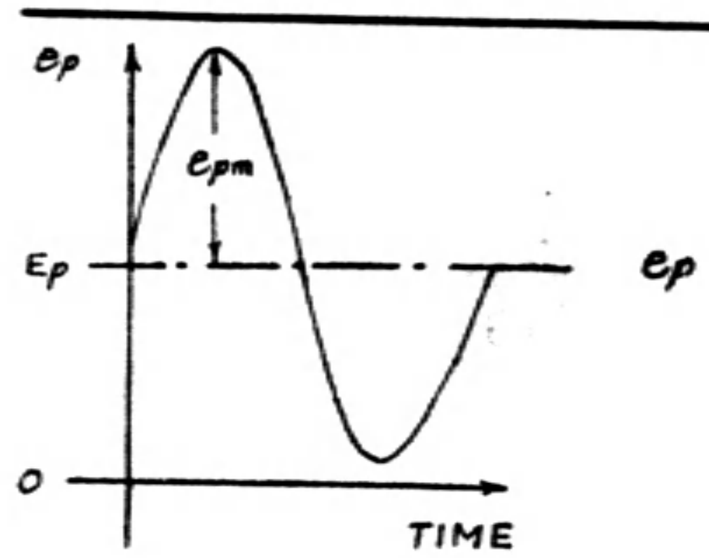
屏極之效率爲

$$\frac{w}{W} = \frac{e_{pm} \cdot i_{pm}}{E_p I_p} \quad \cdots\cdots (3)$$

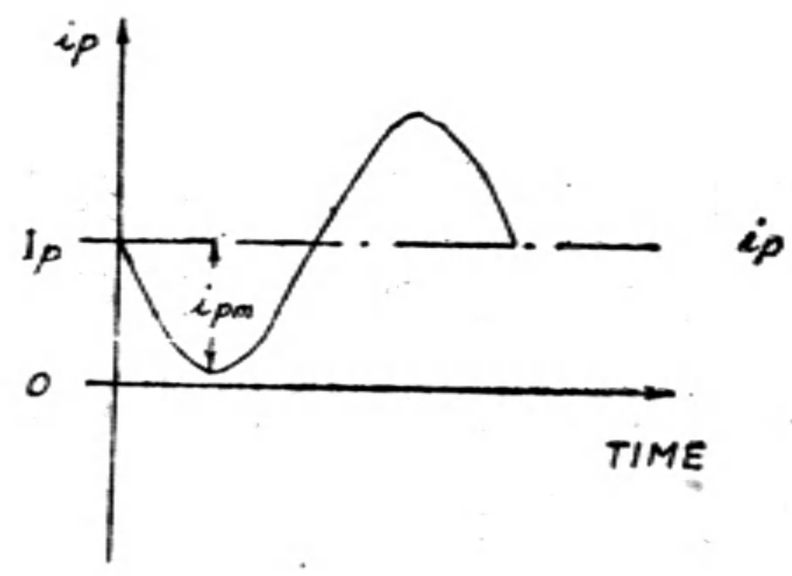
由第一圖可知e_{pm}最高之數值爲E_p, i_{pm}最高之數值爲I_p, 則此種擴大器最高之效率爲

$$\frac{w}{W} = \frac{1}{2} = 50\% \quad \cdots\cdots (3_a)$$

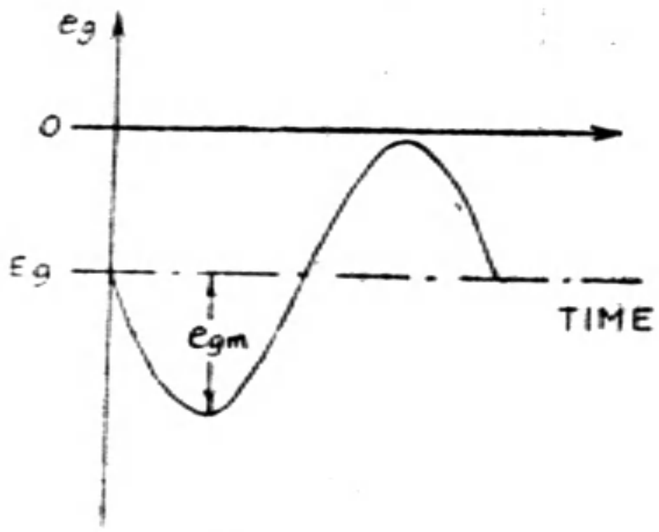
但此種擴大即以不失眞爲前提,則其作用方面發生不少之限制,效率因之大減。



(甲)



(乙)



(丙)

第 一 圖

眞空管之 e_g i_p 特性曲線，並非完全爲一直線；故用管時爲求輸出之不失眞起見，不得不祇用其直線部份。當此種擴大之使用時，其柵極永需在負電壓中，使其無柵電流通過。今如將輸入電力增高，使柵電壓成爲正電壓；柵電流有時發生，不免有下列之弊：設如此輸入之電壓爲 e，其內部電阻爲 γ，在柵極無電流通過時，柵極輸入電壓爲 e_g。e_g 等於 e。今如有電流 i_g 通過柵極，則柵極所受之電壓爲

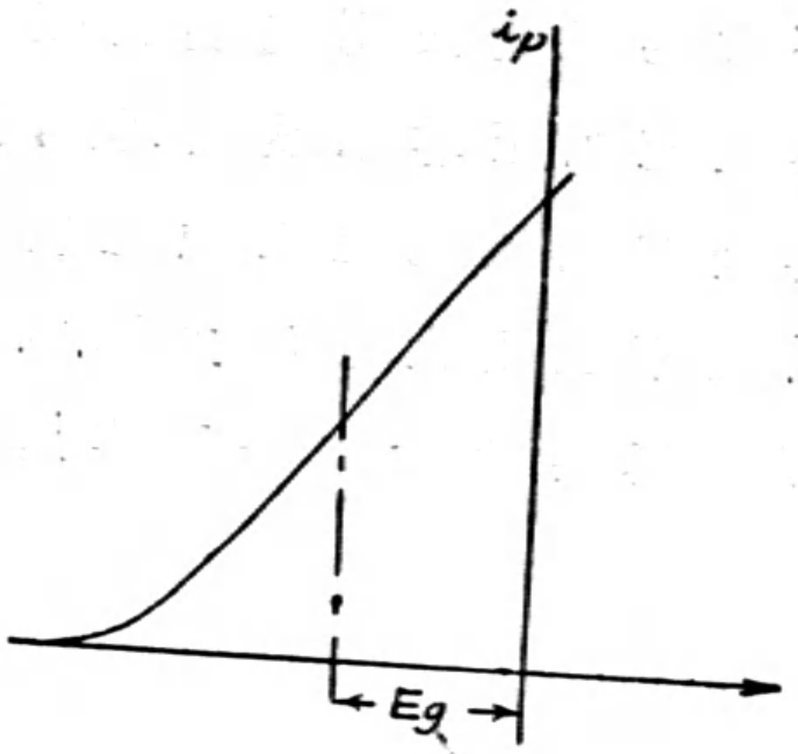
$$e_g = e - i_g \gamma$$

因此而改變其輸出電力之波狀。

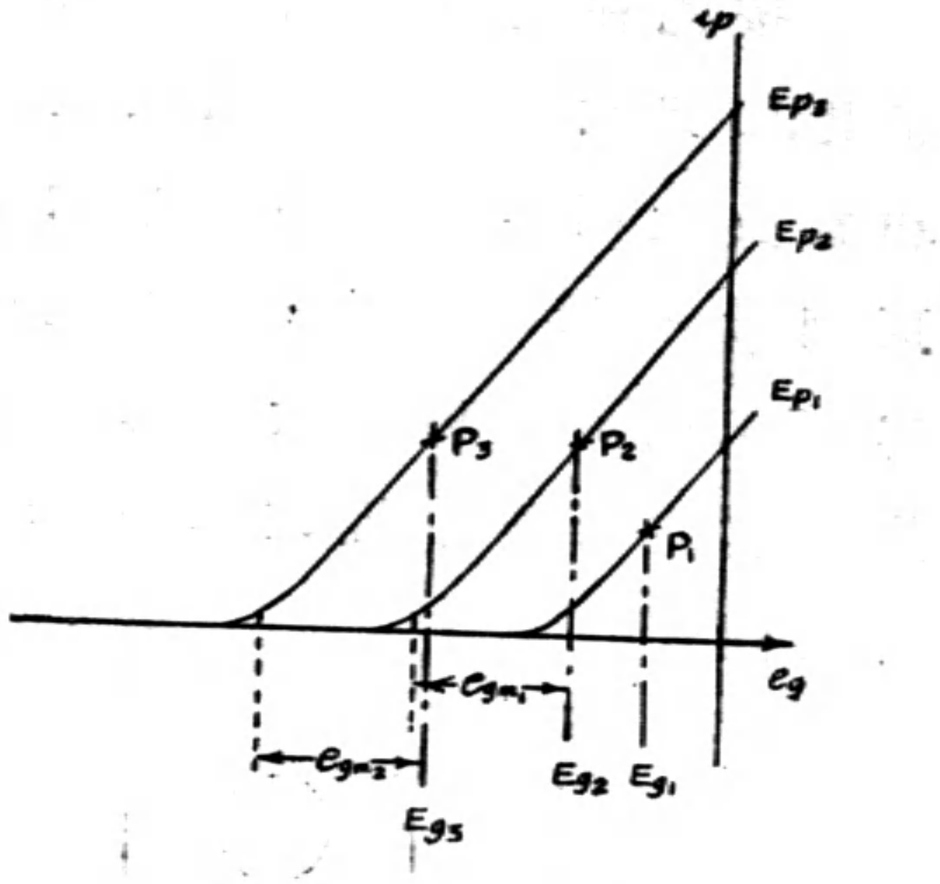
以上所謂之限制，固不難增加屏電壓以增其輸出電力，但增高電壓又發生兩種困難：眞空管有其一定最高之電壓，過此則易於損壞。此外增加屏電壓，則屏電流亦遵之而增，兩者皆增，即或「輸出」能增，如上公式（3），但所謂增加之輸入不能完全同於輸出，則損失亦必隨之增加。所損失之電力變爲熱能於屏極而傳散，今眞空管屏極之最高散熱量有一定之限制，則屏電壓及電流之增加亦有一定限制，故如增加屏電壓，又不得不增高負性柵電壓，以減低屏電流及屏極之損失。

設眞空管用屏電壓自 E_{p1}，（第二圖），增至 E_{p2}，則電能輸出可以增加，但如自 E_{p2} 再增至 E_{p3}，則因柵電壓之必須自 E_{g2} 增至 E_{g3}，

以減少屏極損失,其柵極最高可輸入電壓 e_{g2m} 亦不能較前增加。換言之,即增加屏電壓,輸出並不能增加。



第　二　圖



第　三　圖

以上所謂「屏失」,爲:(屏輸入)—(屏輸出)。

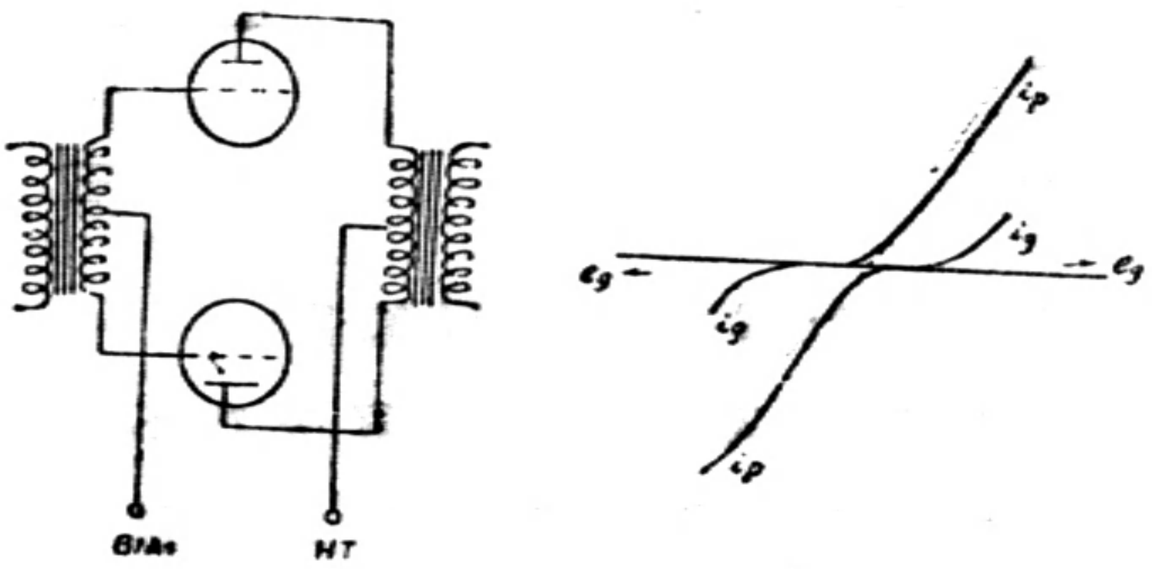
在屏極無輸出時,則屏輸入完全變爲屏失。在不能保持屏極永有最高輸出時,則不能不減低屏極輸入,因之更減少屏極輸出。自公式(2a)所得之最高效率爲50%,但在普通眞空管祇能在10%至25%而已。

調幅器爲擴大器之一種,其輸出電力,係用以調隔高週波級者。假設被調隔之眞空管需大量電力之輸入,且欲使調幅係數(Modulation Factor)增高,則不得不增加調幅器之輸出,但甲種調幅器之輸出既受上者之限制,故欲調幅於高週波之輸出級,因其所需電力甚大,亦必需甚大之調幅眞空管,以得相當之調幅成份。然眞空管之價值,隨可能屏極散熱量爲定,爲經濟起見,較大之廣播電台,每在初級調幅(Low Level Modulation),已調幅之電波,再經擴大,而發出於天綫。在乙種調幅器未見實用之前,較大電台多採用此種制度,以減眞空管之費用。

乙種調幅　自播音台及無線電話所用之電力需要,隨時代而增加,故必需用較經濟之方法發生大量成音週率電力(Audio

frequency power)以爲調幅之用,於是方有乙種擴大器或調幅器之應用。

按乙種擴大器之作用,在使其輸出電壓與柵極輸入電壓爲正比;卽其輸出電力與輸入電壓之平方爲正比,使用之法,在使用相當負性柵壓,使在柵極無輸入時,屏電流減至零,或幾至零。如此,則柵激(Grid excitation)在正電壓時,屏極有電流通過;至負電壓時,屏極無電流。此種擴大器用以爲成音週率之擴大,當然失眞。但如用兩眞空管作推挽式(Push Pull),則每個眞空管發生一半作用,如第四圖,



(甲) (乙)

第 四 圖

如此,亦能發生不失眞之擴大作用,因兩只眞空管之 i_p e_g 綫可連用爲一直綫也,設如輸入爲切形電波,其作用約如第五圖,輸出電力,因有電流時間,爲全週波之半,故屏極輸出電力爲

$$W = \frac{e_{gm}}{\sqrt{2}} \times \frac{i_{pm}}{2 \times \sqrt{2}} \quad \cdots\cdots (4)$$

屏極直流電輸入爲

$$W = E_p \times \text{Average plate current}$$

$$= E_p \times \frac{2}{2 \times \pi} i_{pm} \quad \cdots\cdots (5)$$

屏極效率爲

$$\frac{w}{W} = \frac{\pi e_{gm}}{4 E_p} \quad \cdots\cdots (6)$$

屏失爲

$$w_L = W - w^{\circ} = i_{pm}\left(\frac{E_0}{\pi} - \frac{e_p}{4}\right) \quad \cdots\cdots(7)$$

e_{pm}之最高限制爲E_p如

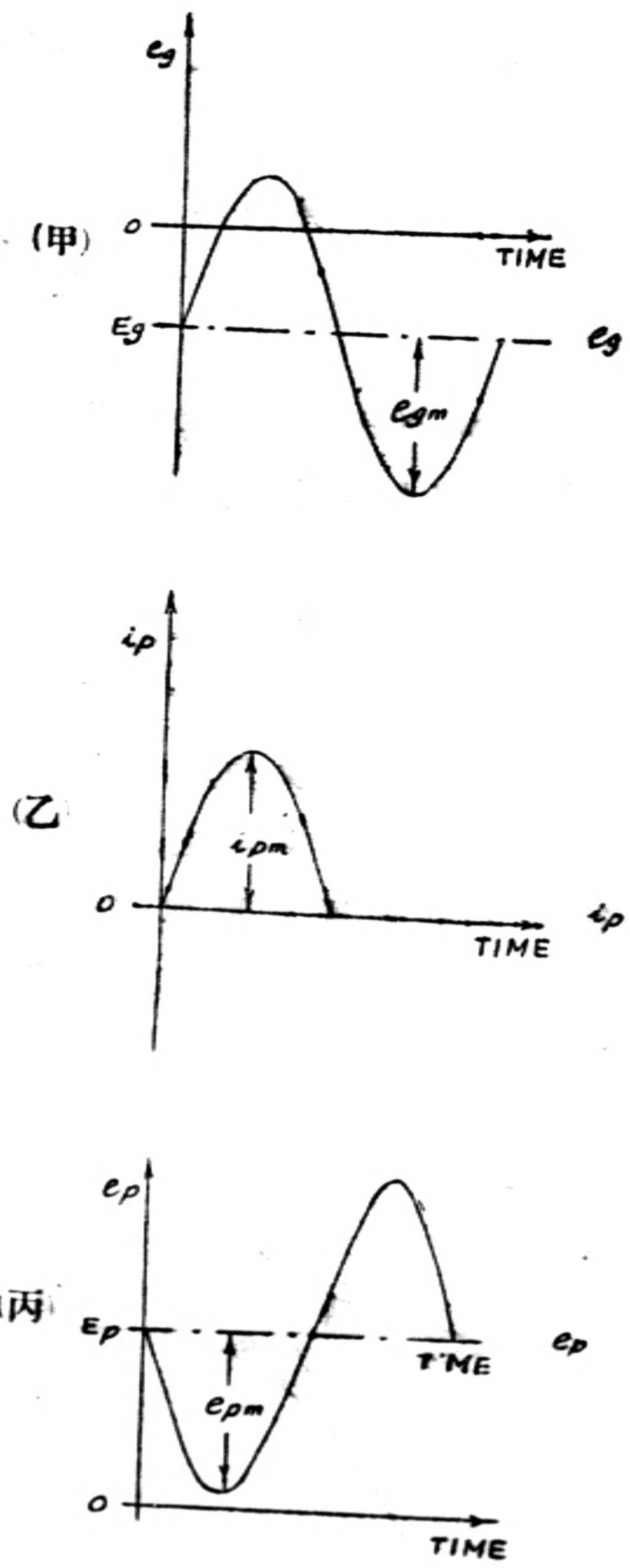
$$e_{pm} = E_p$$

則公式(6)變爲:

$$效率 = \frac{\pi}{4} = 78.4\% \quad \cdots\cdots(8)$$

以上數值雖較甲種擴大器效率只增加 28.4 %,但在實際,在無柵激時,則無屏電流,故雖在無輸出時,其屏失亦甚少。非如甲種擴大,在無輸出時,其屏失反而加多,效率亦因之減少也。故用一同樣大小之眞空管。在實際上用乙種擴大,每能得較甲種高數倍之輸出。如在美國 KDKA 電台,其調幅器爲 UV863 眞空管六只,爲乙種調幅。如用甲種調幅法,則至少需用同樣大小之 UV848 眞空管二十只,以得同樣之輸出電力。但如用 848 號眞空管廿只,則屏極輸入需 120KW。用乙種調幅,則在最高輸出時,屏極輸入亦不過 75KW;在平常使用時,只需 40 至 50 KW。可見兩者不同之一般。

乙種調幅器,雖能輸出較多之電力,較高之效率。但使用時,亦



第　五　圖

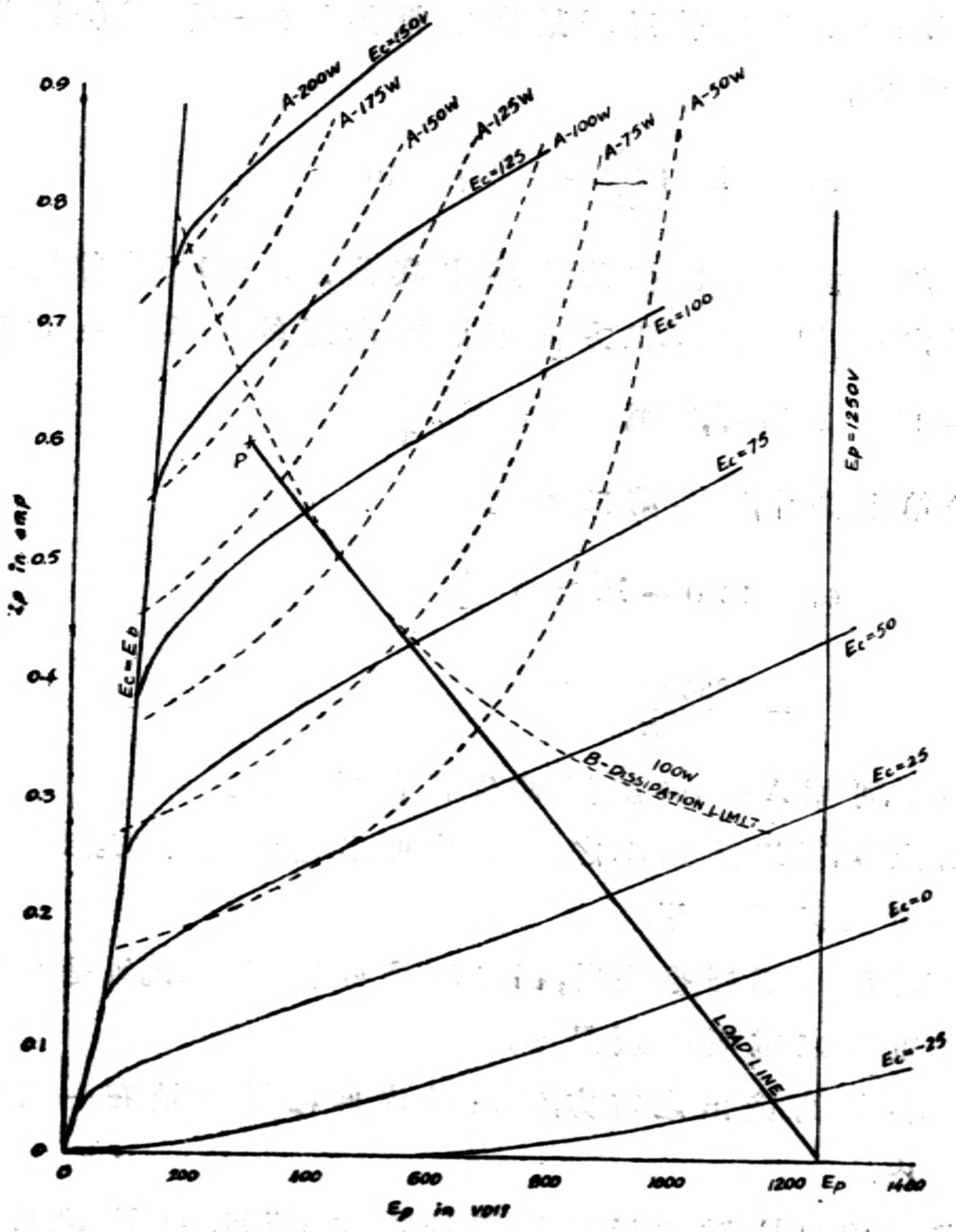
有相當之限制及困難。眞空管屏極最高散熱量屏極最高電壓,及最高電流,三者爲當然之限制。但如欲得較高之輸出,柵極每需有電流通過,足以使輸出失眞。

乙種擴大器之設計 自公式(4)得:

$$4w = e_{pm} \times i_{pm} \quad \cdots\cdots\cdots\

間之i_p,此種湊合並非易事。

再者此種彎曲所受之影響並不甚大。如按上法湊合,則結果必致柵電壓(grid bias)太低,而損及輸出之電力。故普通習慣所用柵電壓之數值,在使屏電流減至最高別於直線時十分之一,即bb'十分之一。



第　七　圖

今設有乙種擴大器用R. C. A. 203 A真空管兩只,其屏柵特性

曲線見第七圖。今將第九公式

$$4w = e_{pm} \times i_{pm} \quad \cdots\cdots(9)$$

用不同w之數值畫出若干曲線,表示若干不同之輸出電力,如A組各曲線,每曲線所據之數目爲w之瓦特數。以上各曲線係假設$E_p = 1250V$;今卽以此爲座標,各曲線以 $i_p = 0$及$e_p = E_p$爲漸近線。

UV203A眞空管屏極最高之散熱量爲一百瓦特,將此數目代入公式(7),則

$$w_L = i_{pm}\left(\frac{E_n}{\pi} - \frac{e_p}{4}\right) = 100$$

畫一曲線B於第七圖。按此曲線本與前之A－100曲線同一形狀,其所用之尺度亦相等,但方向不同。其漸近線一爲$i_p = 0$;另一如以$E_p = 1250$爲座標,則爲 $e_p = E_p \frac{4}{\pi}$。

今用於第七圖中,則其第二漸近線爲

$$e_p = 1250 - P.\ 1250\ \frac{4}{\pi}$$

$$= \frac{1250\ (4 - \pi)}{\pi}$$

畫此圖時,可用A－100線反轉安置卽成B線。

由上圖,可以選定R_p之數值及可出之最高電力。但在未決定之前,須考慮以下各點:

(1)爲減少柵極損失計,柵電流最好減至最小。如是則柵在正電時之電壓必須最小。

(2)得最高發出之電力,但須保持屏極散熱量在一百瓦特之內。

畫一線自E_p點貼近B線達於P點。(蓋$E_p = E_c$線,爲屏電流最高之限度;P點不可太近此線,以免用其特性曲線之彎曲部份)是爲負荷線。由此線之斜度可以算出負荷電阻爲

$$\frac{1250-300}{0,590}=1442\ \Omega$$

以上所得電阻爲單管電阻。如用於雙管時,需此數之四倍,卽 5768 Ω。最高柵極正電壓爲 116V。

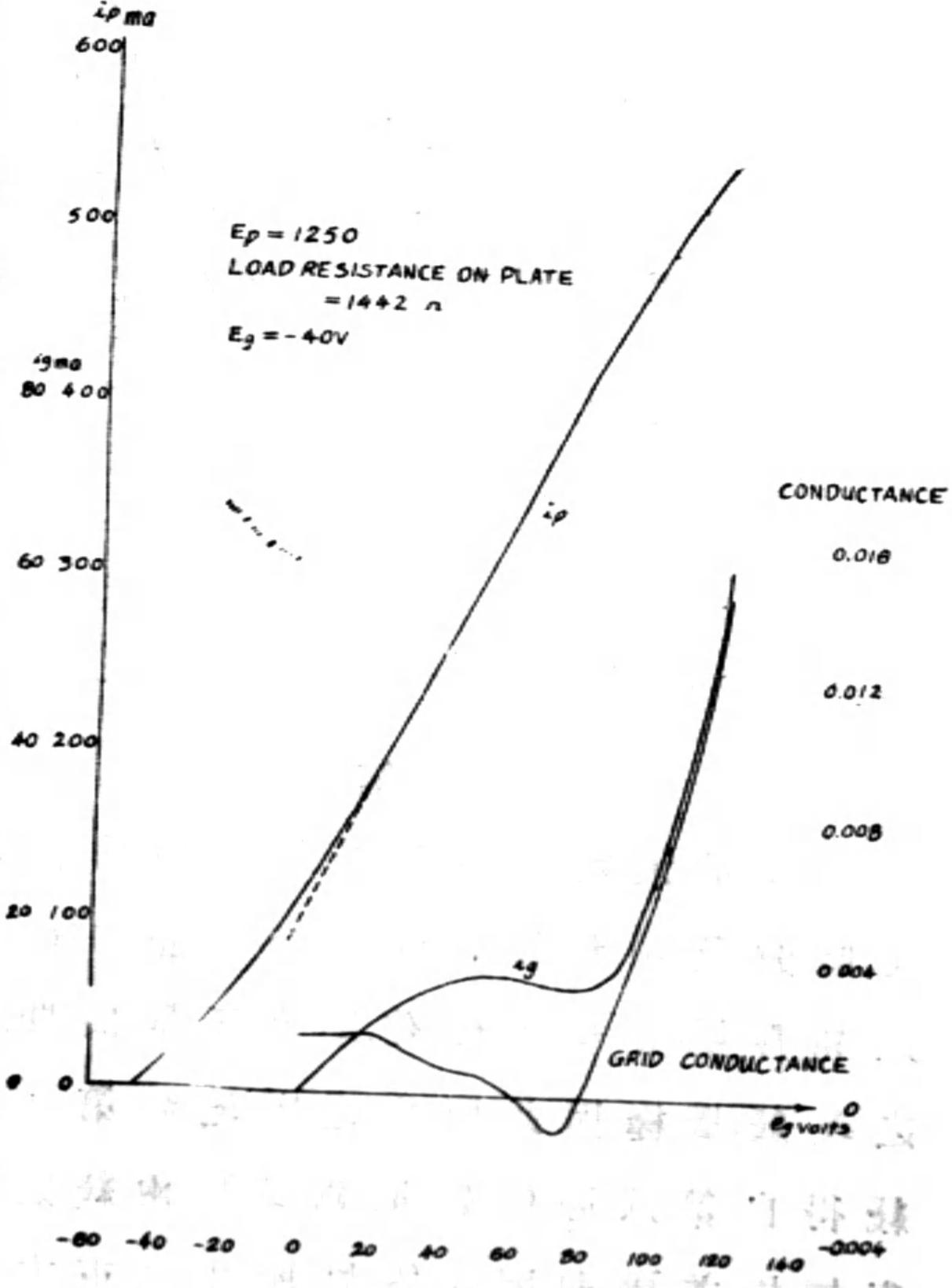
由第七圖可以看出,所用之屏電壓愈高,則 $(E_p,0)$ 點愈向右移。設屏電壓加高 E_p' 弗,B 綫雖亦向右移動,但其所移動者只爲

$$\frac{4-\pi}{\pi}\times E_p'=0.274\ E_p'$$

故負荷電阻在屏電壓加高時,亦需加高。屏電壓加高,$e_p=E_p$ 綫向右移動,則 A 組各綫皆隨之向右移動,去 $E_b=E_c$ 之飽和綫漸遠;發出電力可以增加。

自第八圖 e_g, i_p 特性曲綫,最初不同於直綫時爲 140 m.A.,則無輸入之屏電流爲 14 m.A. 柵電壓須爲 −40 弗。

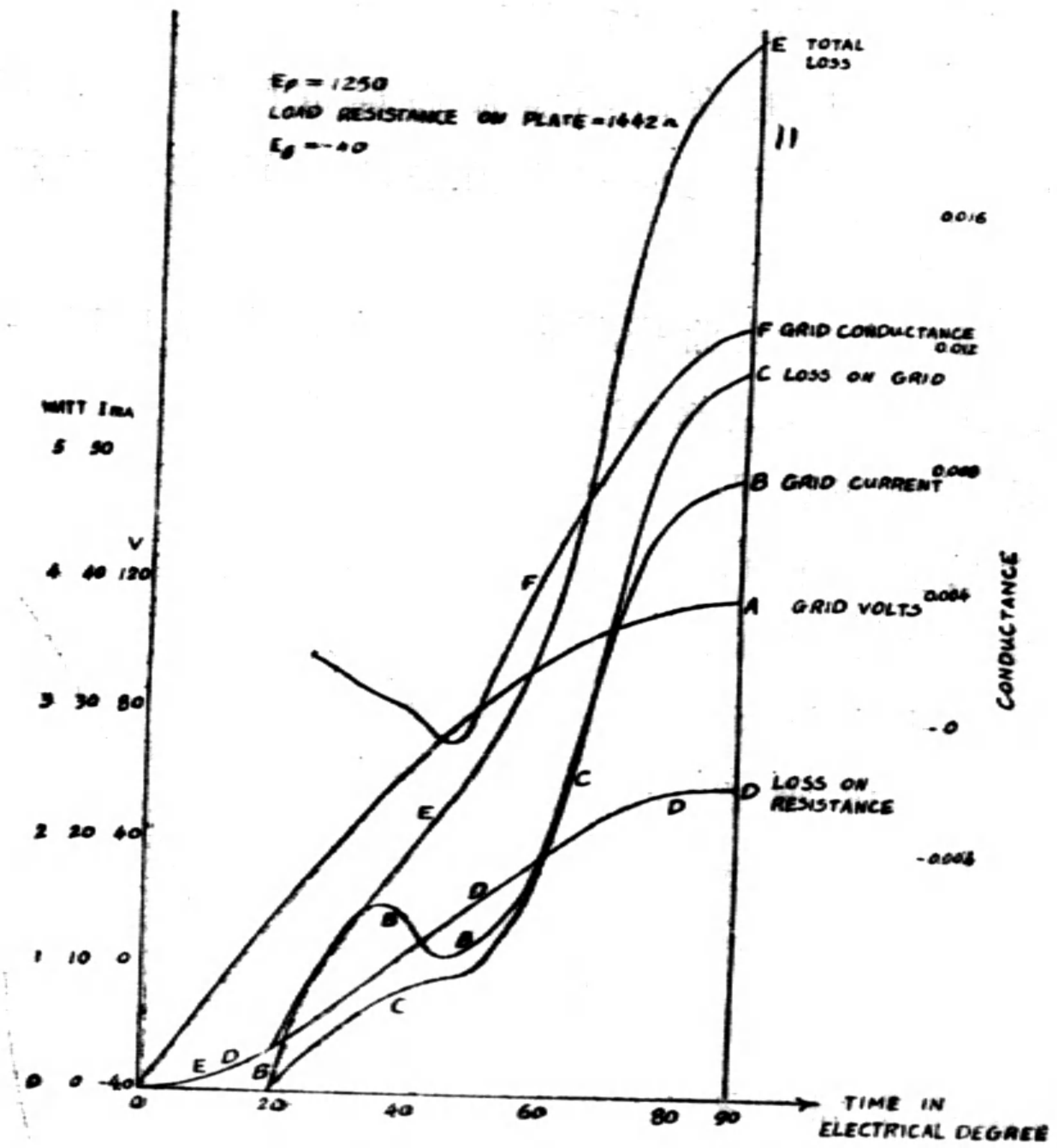
今自第八圖在 UV 203A 眞空管負荷在 1442 區其柵電壓爲負電時,輸入電阻永爲無量數(∞)。在柵電壓爲正 116 弗時,電阻爲 100 區。在正 75 弗時,柵電阻爲負 1000 區。此負電阻易生振盪之形式,如此,非但使發生聲音不清,並能發生意外電壓,毀壞變壓器之絕緣。處置此種困難,在與柵極平行處另加一電阻,如第十圖 R_1 R_2。此電阻之數值太大,發生效率甚微,如過小時損失電力過大。今如以電通(Conductance)計之。在柵電



第八圖

壓爲 116 弗時,電通爲 0.01 mho。在 75 弗時爲負 0.001。今欲使柵電通永爲正數,則需另加一電通,其數值爲正 0.001 mho 或其電阻爲 1000 區。

現雖與柵極並行,另加有 1000 Ω 之電阻,如欲設計一變壓器,使其輸出能適合於柵極電阻之總輸入,則須求其平均數。



第 九 圖

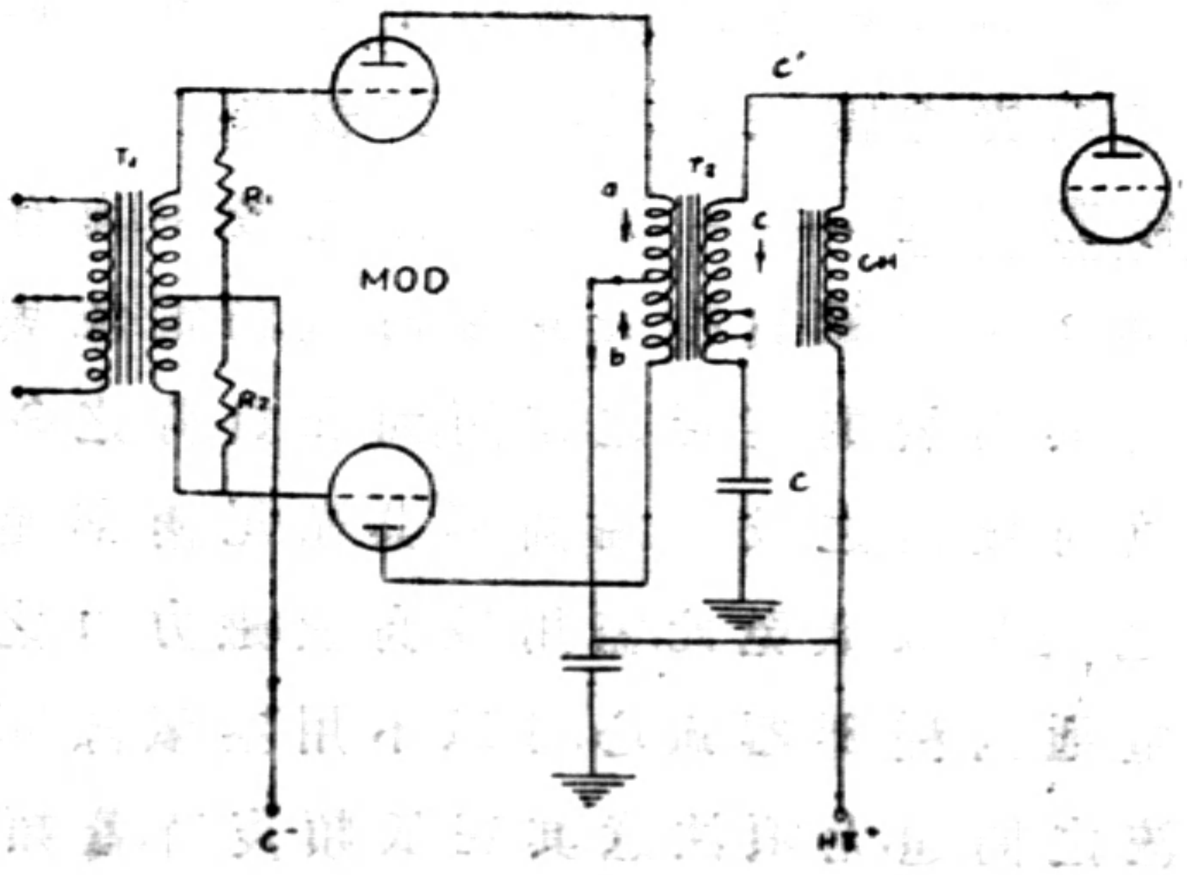
今欲求輸入電阻及輸入電力。由第七八兩圖,柵電壓在無輸入時爲負 40 弗;最高輸入時爲正 116 弗,則總共爲 156 弗。假設輸入電壓隨正切形變化,則在不同時間,柵極所受之電壓如第九圖之 A 綫,柵極因此所生之電流如第九圖 B 綫。電力損失如 C 綫。B 綫得自第八圖。C 綫則爲 AB 兩綫之乘積。今如加 1000 Ω 之電阻與柵極並聯,則因 A 電壓所生之電力損失如 D 綫。D 綫與 C 綫兩者相加成爲 E 綫。今欲得輸入所需之電力,以 E 綫平均之,其平均

數爲 3.05 瓦特，此卽輸入所需電力。柵極電通，蓋於第九圖成爲 F 綫，今加入 0.001 之電通，只須將其座標改下 0.001 mho，以此求得其平均數爲 0.00452 mho 或電阻爲 221 區。

由以上所得結果列表如下：

眞空管	RCAUV203A
屏電壓 E_p	1250 V
屏極最高散熱量	100 瓦特
柵電壓 E_g	− 40 V
最高柵電壓	116 V
無輸出時屏電流	14 m.a.
最高輸出時屏電流	600 m.a.
最高輸出時屏電流平均數	$600/\pi = 192$ m.a.
負荷電阻	1412 區
最高輸出	140 瓦特
柵極並聯電阻	1000 區
柵極輸入電阻	221 區
輸入電力	3.05 瓦特

乙種調幅器之變壓器　無論何種成音週率(Audio Frequency)



第　十　圖

變壓器,欲求其不失眞及效率高,必須:

(1) 減低銅鐵各部之損失;

(2) 減低激動電流(Exciting Current);

(3) 加高輸出與輸入線圈之偶數;

(4) 減低不同頻度時所生影響。

在乙種調幅所用變壓器,則更須注意下列數點:

(5) 由高電壓所生絕緣問題;

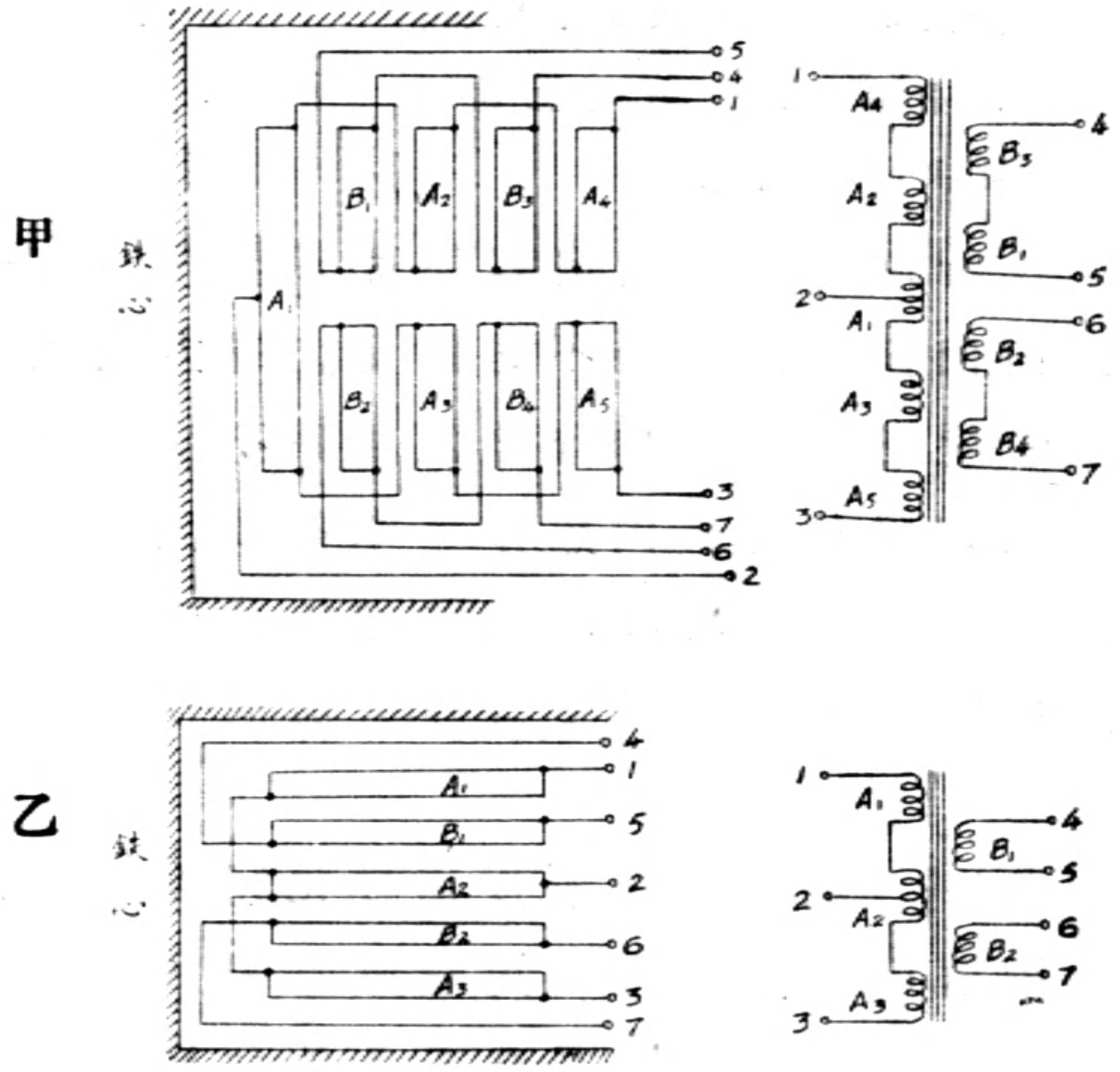
(6) 配合電阻(impedance matching)。

今略分述如下:

(1)減低銅鐵之損失 —— 銅線之損失,完全在於所用銅線之電阻。故在可能範圍內,使圈數減少,及每圈平均長度減低(mean length)。鐵部之損失,因其頻度之增高,其損失較普通電力變壓器爲小。但在此種作用中,其電力得來不易,故須更減少其損失,以得較高之輸出。設計變壓器,減低損失,尙無一定之公式。祇有用試探(cut and try)法,試設計功用相當而銅鐵量各不同之變壓器多只,在每只算出其銅部與鐵部之損失,用兩種損失之合畫成一曲線,取其最低點而決定其最終設計。在製此曲綫時,如銅部增加,加多圈數,則鐵部所留之綫圈空處亦必增加,每易增加鐵量。如鐵部之切面(Crossection)加大,則銅部因每圈平均長增加,銅部亦可增加也。此外所用之鐵質尤需注意,以減低其損失。

(2)減低激動電流 —— 激動電流之發生,與有用電流不同向(Out off phase)。如鐵質損失甚少時,激動電流與有用電流大約成九十度角。其對於眞空管之作用,如在負荷之外,另加一電感(Inductance)。負荷綫因之成一扁圓形,其頭尾兩部超出眞空管之直綫部份因之失眞。故欲免此,需用較高感磁力(u)之鐵質,以減此弊。如無直流電通過變壓器鐵心,可以不用空氣隙(air gap)以加高磁力。激動電流之問題,尤須注意其在低頻度時,蓋頻度愈低則激動電流愈須加多也。

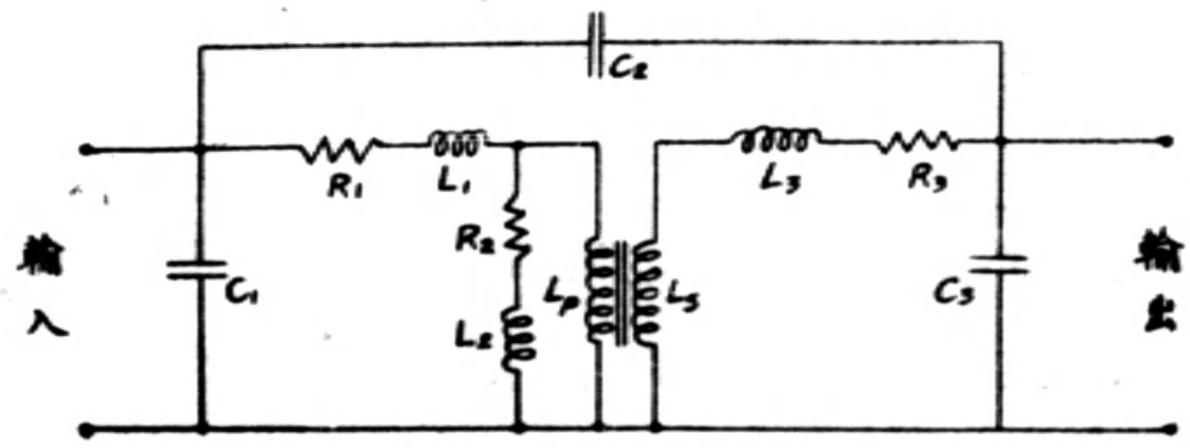
(3)加高輸出與輸入綫圈之偶數(Coupling)——此種問題,完全在於兩綫圈之絞法。但偶數愈高,則絞綫時之手續愈繁。今試舉二例如十一圖



第　十　一　圖

以上兩種絞法,皆能得較高之偶數。但輸入與輸出綫圈接觸之面積加多,必需注意其電壓及絕緣。

(4)減低不同頻度時所生之影響——變壓器可以演化成下列綫路:



第　十　二　圖

R_1 —— 輸入圈電阻

R_2 —— 鐵心中損失電阻

R_3 —— 輸出圈電阻

C_1 —— 輸入圈電容(Distributed Capacity)

C_2 —— 輸入與輸出圈間所生電容

C_3 —— 輸出圈電容

L_1 —— 輸入圈漏感(Leakage inductance)

L_2 —— 因激動電流所發生之電感

L_3 —— 輸出圈電漏感

以上各項及所連眞空管之電容等可以發生不同之協振(Resonence),因而使變壓器對於不同頻度之電力發生不同之增損。吾人所希望者,變壓器輸入與輸出之關係不受頻度影響。但以上各項之計算,除電阻外,皆甚困難,亦難準確。故設計亦須用試探法。頻度關係,除變壓器外;尙與其所接之部份發生關係。故在製造少數或較大之變壓器,可以在變壓器外,另加電容,電感或電阻,以得直綫之輸出。

(5)絕緣問題 —— 絕緣體隨頻度而變化。頻度愈高,則絕緣愈弱。故在此種變壓器中,較之電力所用變壓器,對於絕緣尤需注意。驟電(Surge)關係易較電力變壓器爲多。此外如接頭(Terminal)等亦須量其電壓而應用。在一千瓦特以上之變壓器,需加油箱以增絕緣及散熱之效能。

(6)配合電阻 —— 眞空管最高之輸出,必需在其最優之負荷電阻。故電阻之發生變化,足以影響其輸出。依作者經驗,被調幅之眞空管,其屏極電壓及電流,每因別種關係,與原定之數值不能完全符合。故在初次設計變壓器時,可在輸出圈,另加接出綫數處,以配得其最高輸出。

爲製造經濟起見,變壓器之輸入及輸出圈,皆不可有直流電作用發生推挽式之綫圈,雖有直流電通過,其作用只有增加銅部之損失。所發生於鐵心中之磁性作用因兩個半圈之直流電方向相反,互相抵消。故最好輸入與輸出變壓器(第十圖,T_1 T_2 皆爲推挽式。但如 T_2 其輸出非推挽式,如直流電通過其輸出圈,發生直流磁

場於鐵心中,方向如第十圖C。在a眞空管發生作用時,所發生磁綫與c相加,b眞空管與c相消,因此推挽式失其平衡關係,故在此情形必需加接c與CH, 使直流電不能通過變壓器。案第十圖中顧無妨將c裝於C'處其功效不變。惟在完美之變壓器其輸入與輸出綫圈層疊如第十一圖。後者接法使輸入與輸出兩圈受不同之高壓,而更易損壞。

參　考　書

1. Manfred Von Ardenne "On the Theory of Power Amplification" Proceeding I.R.E. P193 1928.
2. Koehler "Transformer for Audio frequency Amplifier" P1763 I.R.E. 1928.
3. Hutcheson "Application of Transformer Coupled Modulator" P951 I.R.E. 1933.
4. Barton "Tube Consideration in Class B Amplification" Aug. 1934 Broadcast News.
5. B. J. Thompson "Graphical Determination of Performence of Push Pull Amplifier" P591 I.R.E. 1933.
6. C. J. de Lussanet de la Sabloniere "Design of Class B Amplifier" Philips transmitting News V.I. No. 2.
7. Kilgour "Graphical Analysis of Output tube Performance" P43 I.R.E. 1931.
8. Barton "High Audio output from Relatively small tube" P1131 I.R.E. 1931.
9. Davis and Trount "Westinghouse Radio Station at Saxonburg, Pa" P921. I.R.E. 1932.
10. R.C.A. Bulletin-50.

紙型與建築

(本年度中國工程師學會朱母獎學金給獎論文)

吳華慶

為符合本刊體裁起見,本篇文字經略加刪改。——編者附識

(一) 引言

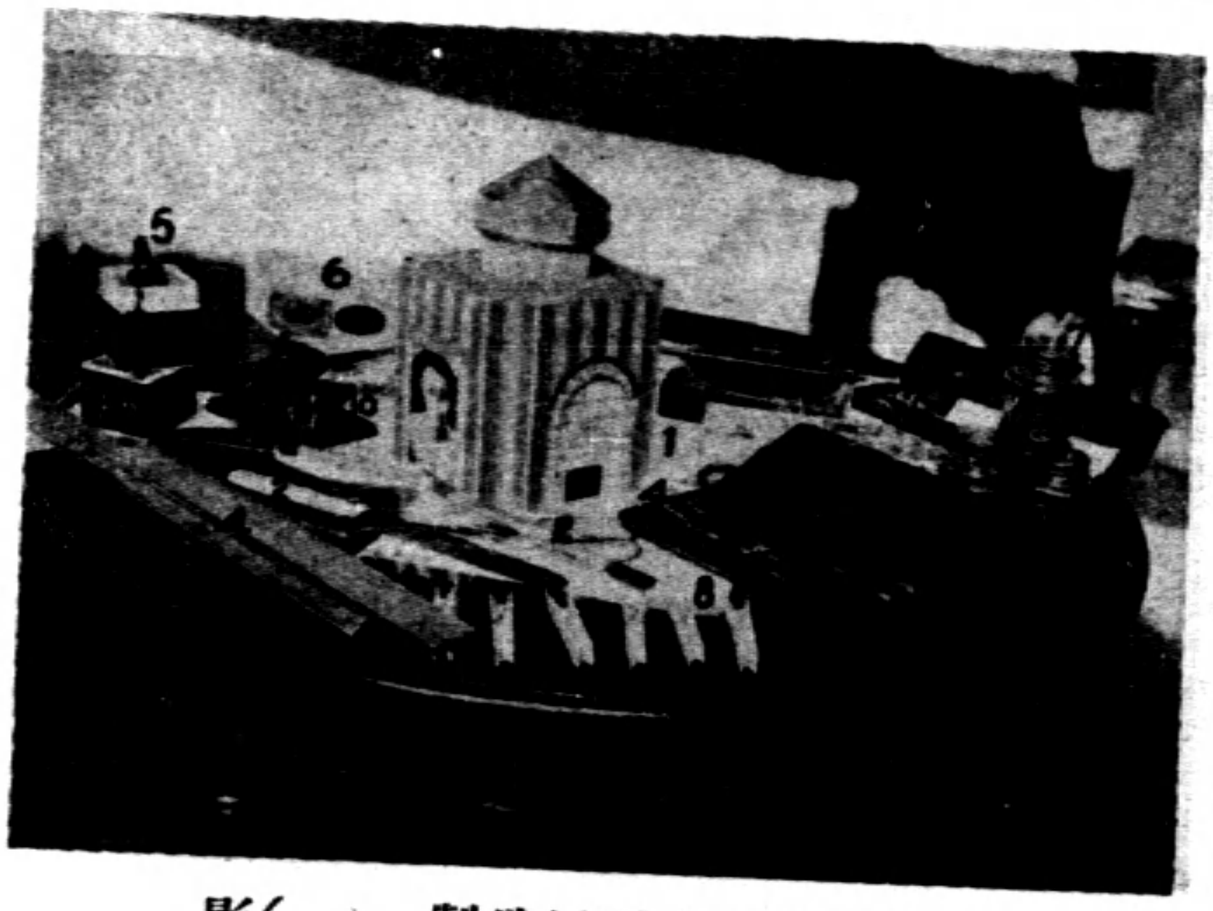
建築師或土木工程師在設計某房屋以後,必示其圖案於業主,然後命工人按圖建造。然多數業主每缺乏工程知識,僅根據圖案,不能完全瞭解該房屋內容之一切,而每於房屋完成後有不滿之點。故事前有備模型之必要,俾業主可以按型詳察,毫無隔閡。尤有進者:各種建築工人,雖能按圖工作,究不如對具體而微之模型之一目了然。更有若干新進之建築師或工程師,在設計一房屋時,雖自覺滿意,然造成之後,實際上又有若干不如人意之處。如有模型,則可預先詳細觀察實際情形,將計劃加以改善。

現時製造模型,大都係用木料,故須僱用木匠及漆匠,所費較大,需時較多,而出品有時仍不免粗糙之弊。若採用紙質模型,則可以自製,需時不多,成本又輕,出品亦靈巧可觀,舉凡木製模型之弊病,竟可完全避免矣!

(二) 製造紙型之工具與材料

(一)紙料——紙料之優劣,影響作品最大。所謂優良之紙張至低限度須合下列各條件:

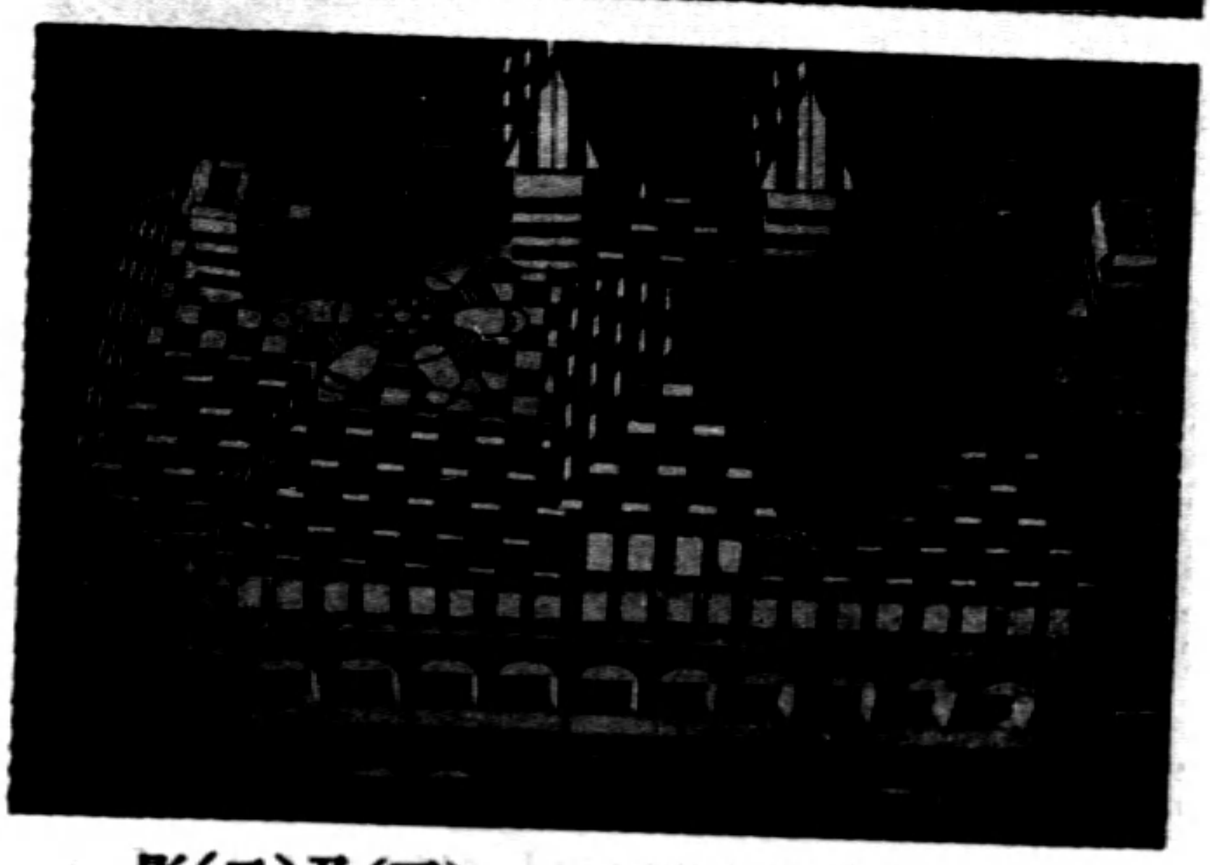
(甲)須薄而堅韌,厚則摺展不便,每有脫節之虞。如牆角以一薄紙



影(一)　製造紙型之工具及材料

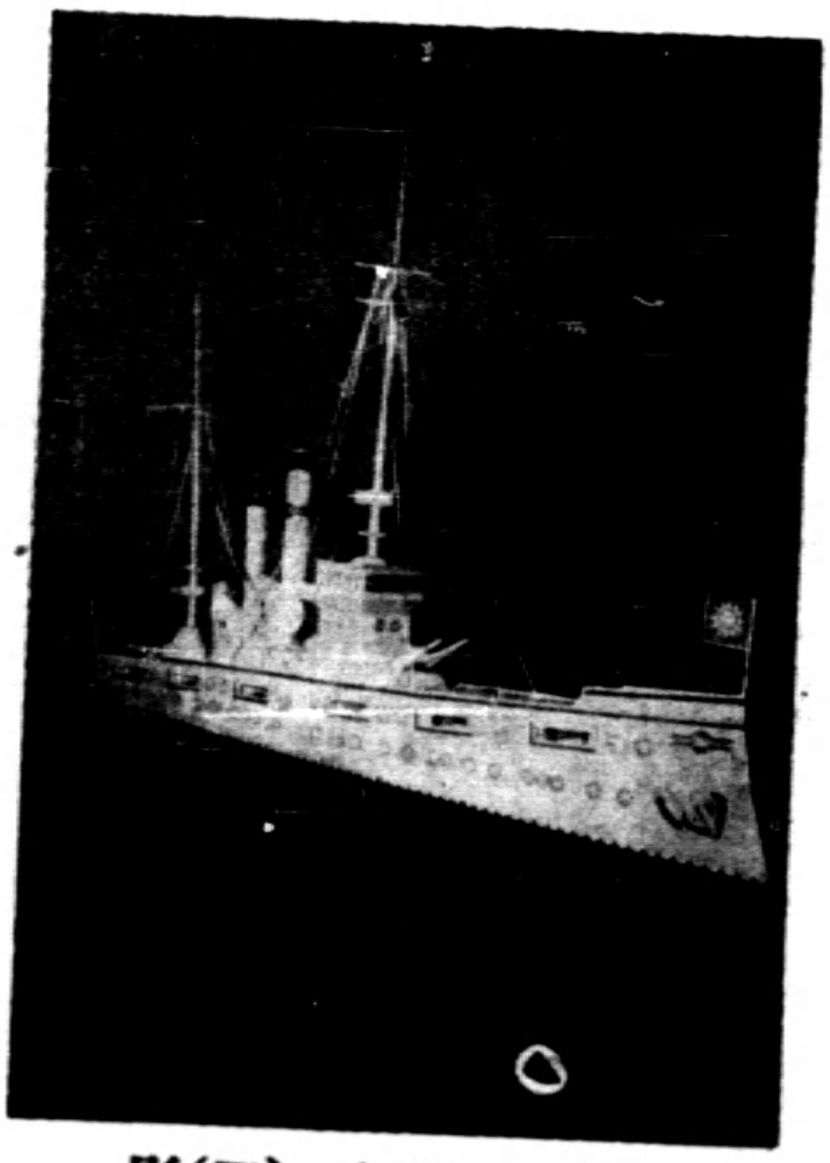
(1)卡紙(2)刀(3)玻璃(4)繪圖儀器(5)墨水(6)顏料
(7)膠水(8)木軋(10)打洞機

影(四)　本文作者及其手製紙型

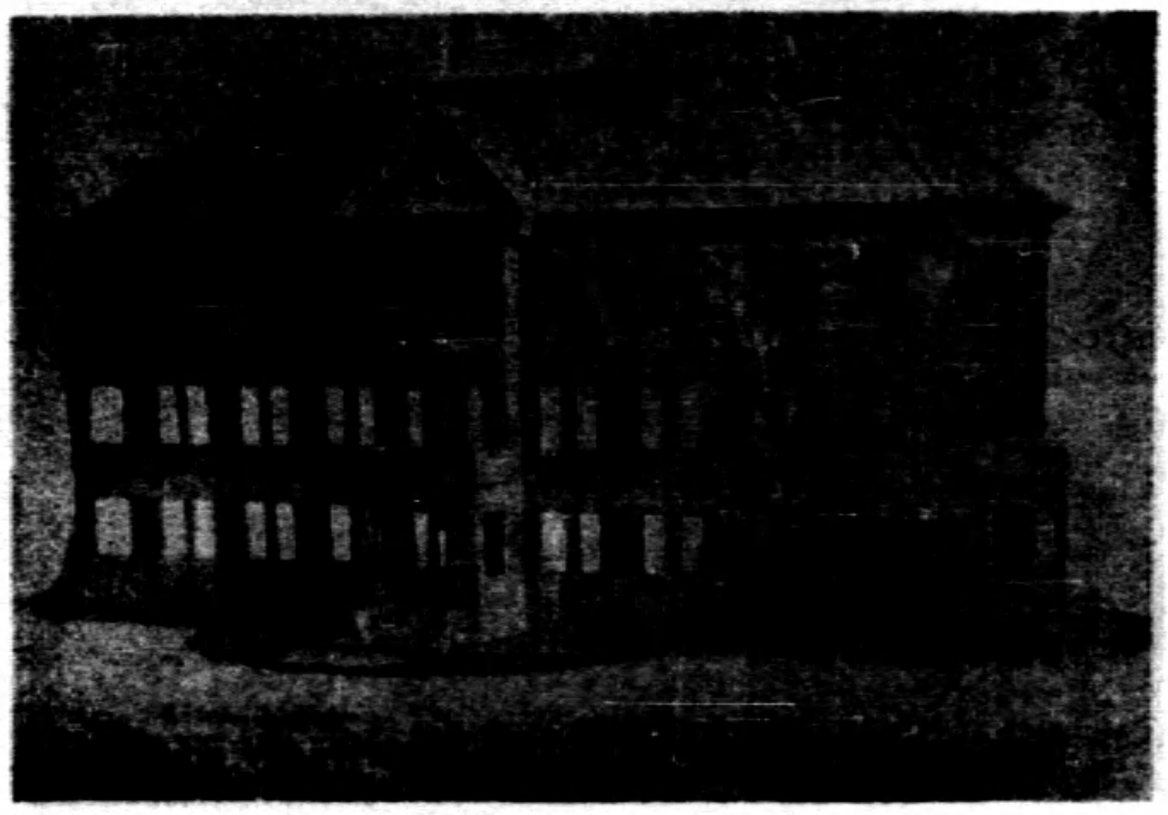


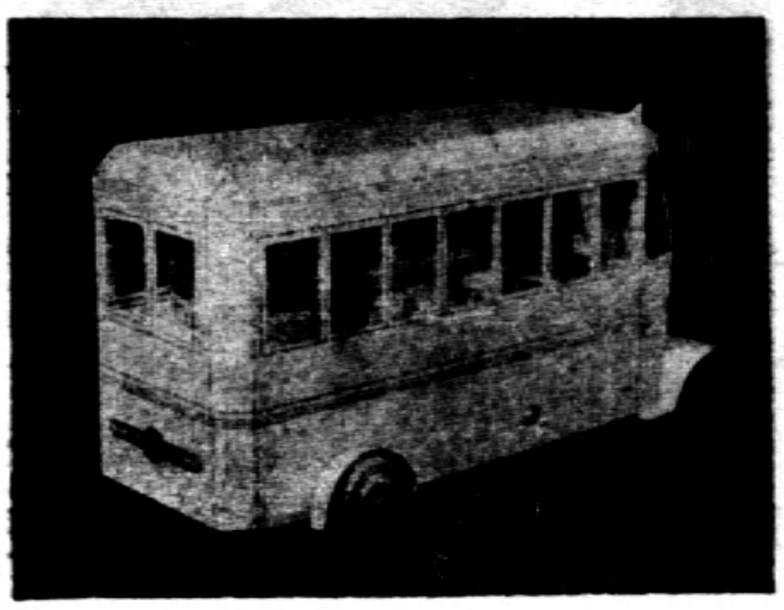
影(二)及(三)　一二八事變前上海北站房屋之紙製模型

影(三)屋頂上之圖案係象徵一二八之無情戰火

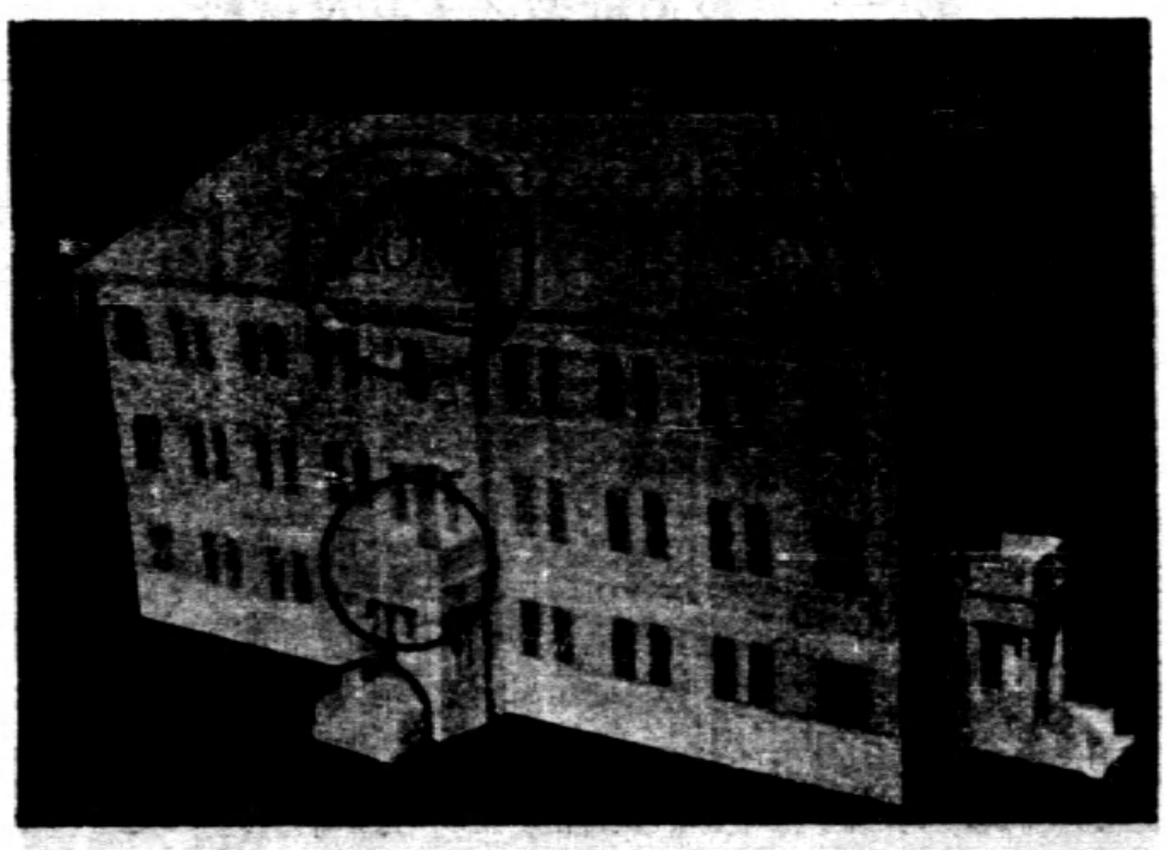


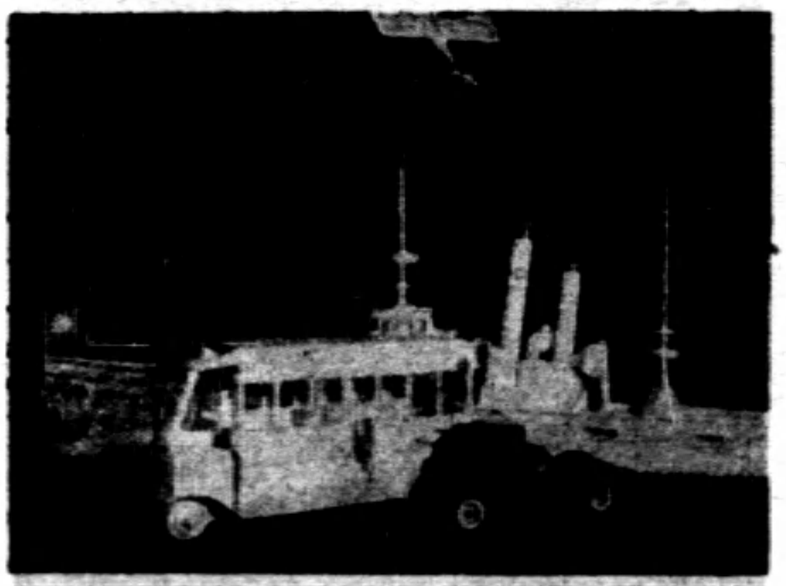
影(五)　軍艦之紙型





影(六)及(七) 公共汽車之紙製模型





影(八) 汽車軍艦飛機等之紙製模型

影(九)至(十一) 某房屋之紙型(上中兩圖)與實物(下圖)之對照

摺成,其邊當爲一直線,(如圖一甲),若易以厚紙,則必顯露三平行線(圖一乙),對於實際情形卽不吻合。

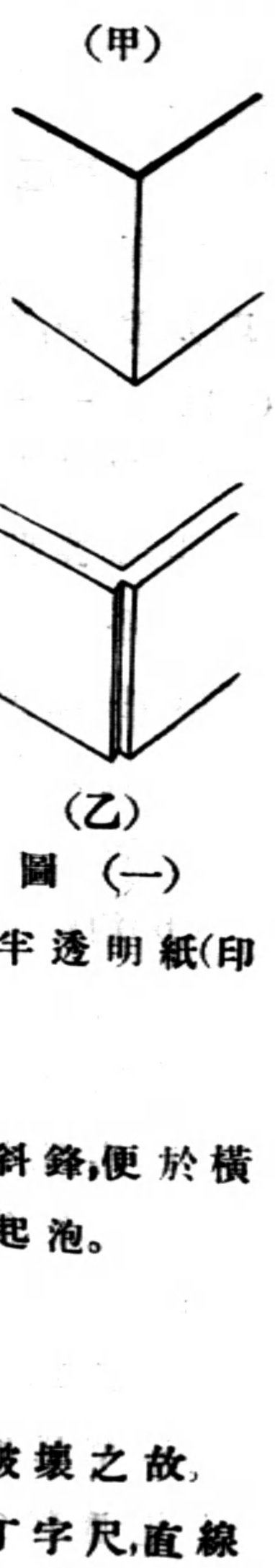


圖 (一)

(乙)顏色須潔白,方可隨心所欲,任意着色。否則,雖具丹青妙筆,未免有美中不足之感。間或需用他種單純色者,則可逕用該種色紙,當强於自塗顏色。

(丙)宜結實,俾墨水不致滲透,線條不整齊,足爲全型之致命傷。

(丁)須易於黏貼,且貼後牢着,方合實用。

綜觀以上各點,可知最不宜於製作精細紙型之紙料爲馬糞紙,而白色卡片紙張(簡稱卡紙)實爲上乘。代表窗戶玻璃之材料,如模型內部空虛,可用半透明紙(印圖紙)充之;如室內亦有裝飾,則當用全透明紙。

(二)刀

(a)手工刀——須備二種,一爲平鋒,便於豎切,一爲斜鋒,便於橫割。刀柄上宜繫以絨繩,否則,皮膚每易因摩擦而起泡。

(b)剃刀片——以一邊有包鐵者爲最適宜。

(c)剪刀——大小各一,鋒須尖銳。

(三)玻璃——爲襯劃紙用,其質不必優良,因易爲刀鋒破壞之故。

(四)繪圖儀器——基本儀器當爲鉛筆,尺,圓規,三角板,丁字尺,直線筆,及量角器等等。其他配件,視需要而定。

(五)畫圖墨水——以黑爲主,各色輔之。

(六)水彩顏料

(七)膠水

(八)夾子——(甲)木衣軋;(乙)鐵紙夾。

(九)凳

(十)打洞機

(三) 紙型之製法

(甲)工作之步驟

紙型之完成,必先事計劃,然後草擬圖樣,繪諸卡紙,再事切,剪,以及雕刻,摺疊,黏貼。茲將各項工作逐一申述如下:

(一)規劃—— 關於製造實物模型,所根據之資料有下列四種:

(a)根據藍圖—— 此法最精確而合實際工程應用。

(b)根據照片—— 藍圖如不易得,則可就實物攝影,以確定正旁各面之形狀,照比例繪圖。

(c)實地測視—— 如幷照片亦不可得,則可就實物視各部分性質之輕重,分別用儀器測量或用目察,作簡明記錄。此法間或可與第二法並用。

(b)約略估計—— 如三者皆不可得,估計法亦可應用,但有如自由寫生,祇能象其形而不可求其正確也。

資料既得,則應考慮模型之比例尺,何處宜由整紙摺疊?何部宜由零塊拼成?材料之應用,支部之黏合等問題,並計算各項未知尺寸,然後擬就草樣。

(二)繪圖—— 依草樣之規定,用紅鉛筆按尺寸一一繪於大卡紙上。所謂草樣者,祇表示何處宜切去何處宜輕輕劃道等,如圖(二)所示。草樣既竣,模型已具雛形,已可直接裁貼而成實物。然欲求其逼眞,猶須加繪圖案,使屋有瓦,牆有磚,庶維妙維肖。但此時祇可以儀器繪其形廓,着色則須在黏貼之後,以防指印之沾汚。

(三)切,剪,刻,劃,—— 草圖內所畫之線條,或爲切斷線,或爲劃道線,須有所區別。暫規定如下:(參閱圖二)

(a)連續線————須切或剪斷者;

(b)等點線……須在正面輕輕劃道者;

(c)不等點線—·—·—·—·—須在背面輕輕劃道者。

劃道之作用,在便於摺折,否則其摺縫必不能成直線。摺向前者;

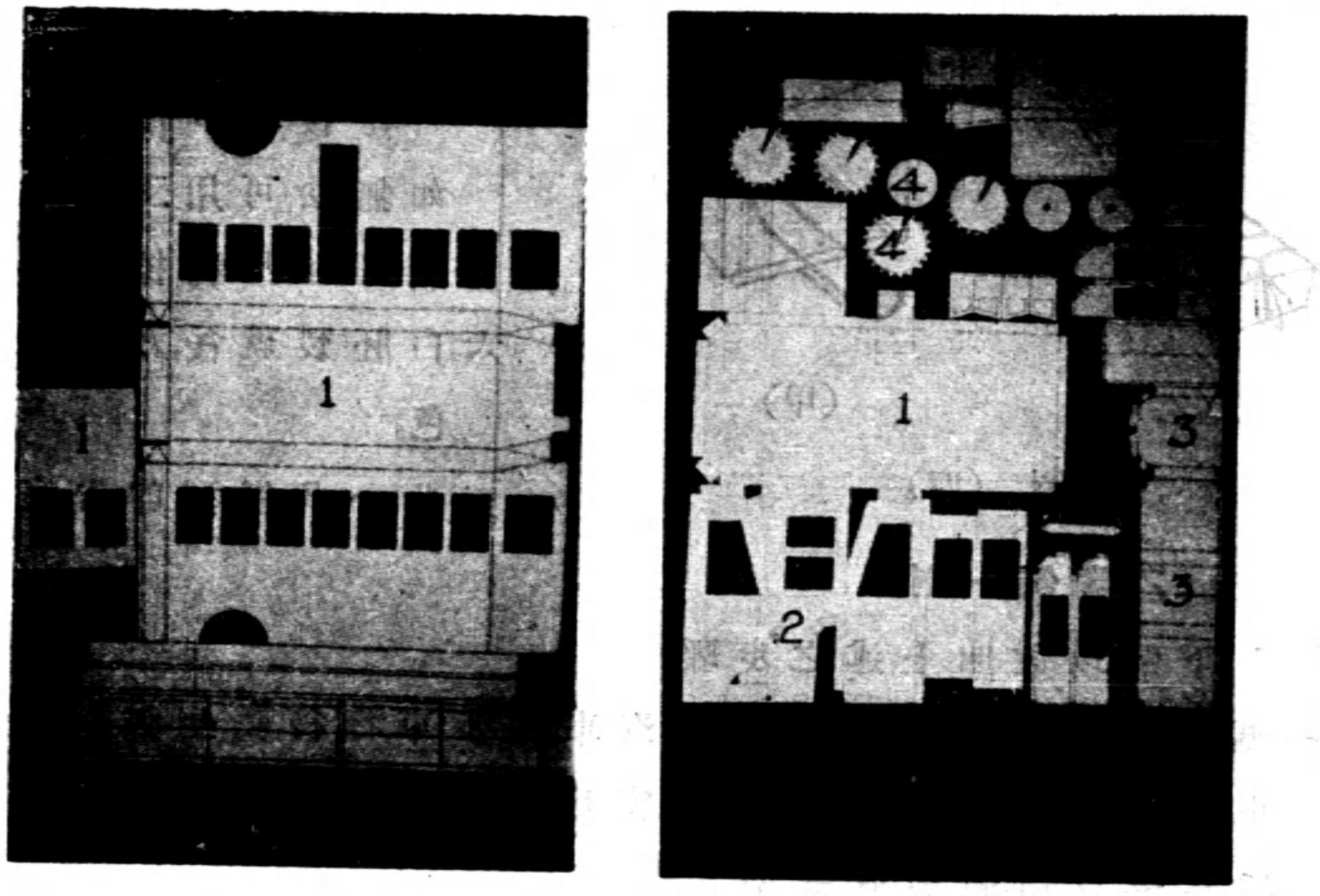


圖　(二)

劃道於後,其理甚明。剪,速而不直,故以切爲尙。精細處則須小心雕刻。

(四)摺疊——膠合之前,宜依縫摺折,以利黏貼。

(五)黏貼——兩紙相接,端賴膠質。此步手續,實重要而困難。膠水有一種特性,卽其黏性與黏貼之時間成正比。當初黏時,其黏性等於清水,如無相當方法湊緊,必復鬆散,但維持若干分鐘後,卽牢牢緊貼。維持之法,約有數端:

(a)重壓法——連接平紙,可用此法。卽於上膠後,使兩紙邊接於相當地位,而用重物壓之,六邊形或八邊形之柱,亦得應用同法,其步驟如圖(三)。

(紙之用膠)

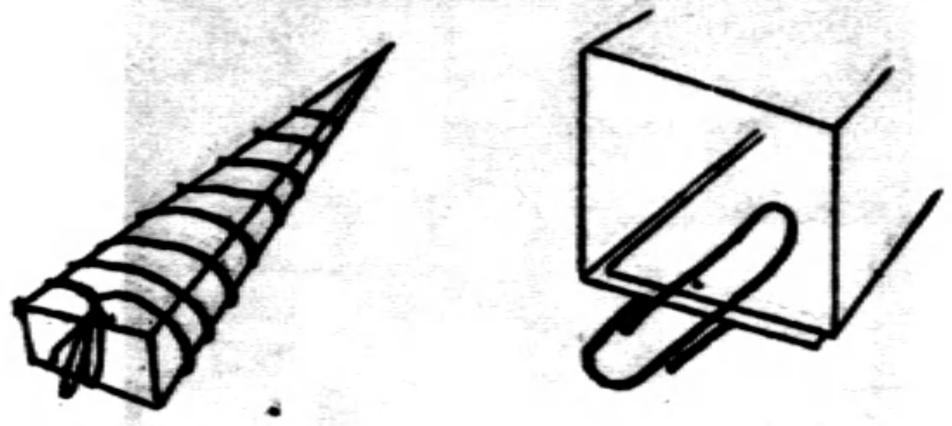
(下重在壓)

(膠將後乾)

圖　(三)

(b)夾攏法——凡成立體之形,卽難應用重壓法,但可用夾子將兩邊夾攏以維持之(圖四甲)。

(c)綫繞法——或有無隙加夾者,當用綫環繞其



(乙) (甲)

圖 (四)

周圍卽不致鬆散,待膠乾後再解散之(圖四乙)。如無法可用工具維持,祇得以手指按捺若干分鐘。

(六)白胚製就後,乃在各部着色。

至此,一具紙型卽告完成矣。

(乙)實例一則

今舉下例以說明上述之步驟:

(一)規劃——放學回家,以公共汽車代步,車行後,獨坐無聊,乃環顧車身,詳察其車廂,車頭,座位,窗戶等之形狀,記其大概,估其高寬,靜心盤算,預備製成紙型。

(二)草擬圖樣——返家後隨手抽紙提筆,將車之輪廓,草草描出,分析其各部如左:

A. 幹體:

(a)車身 (b)車廂 (c)機頭

B. 配件:

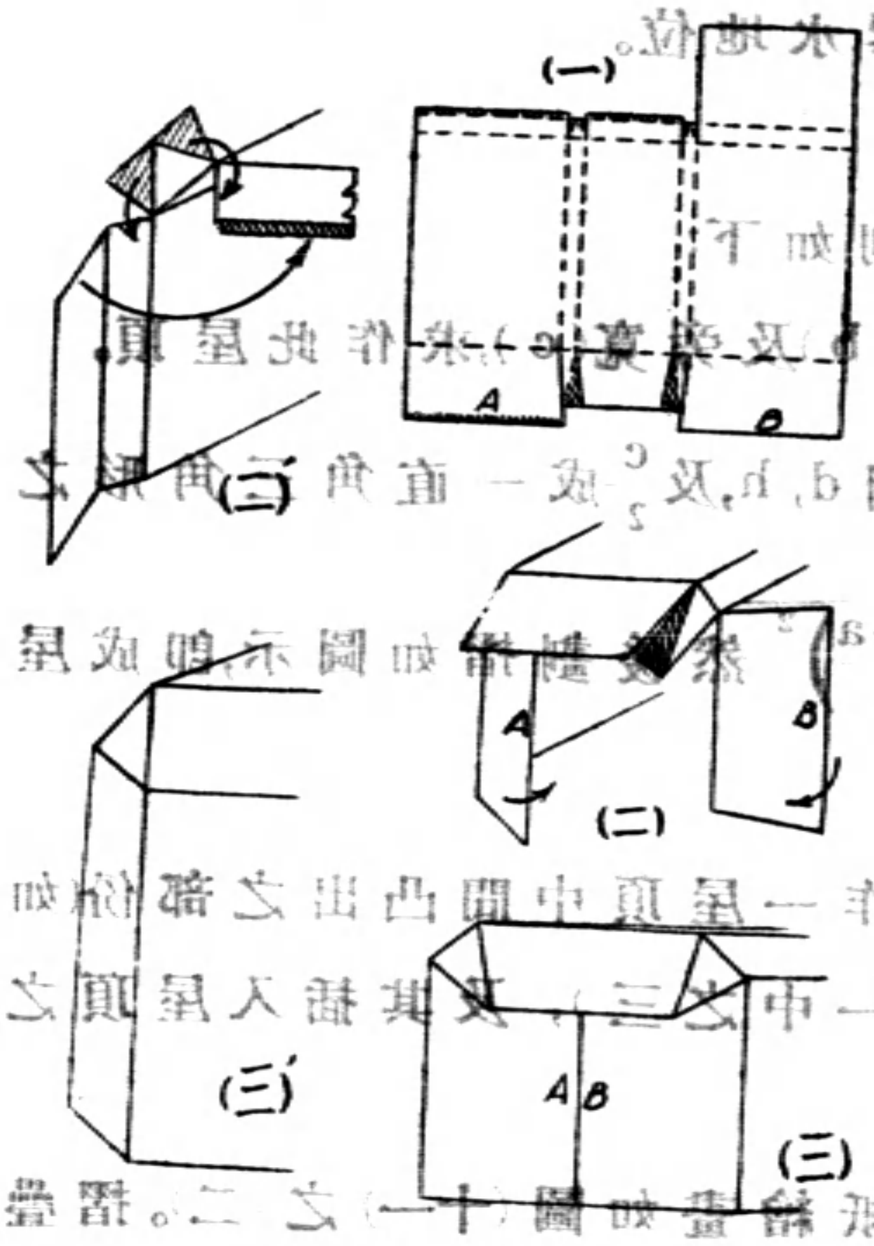
(a)座位 (b)車輪 (c)機輪 (d)梯級

(e)活門 (f)輪葉 (g)廣告燈 (h)軸托

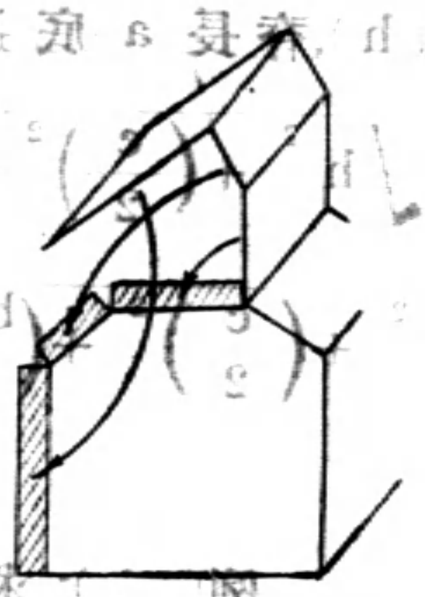
(三)繪圖——草圖旣畢,乃規定尺寸,務使各接合處在在相稱,然後繪諸卡紙。其草樣已見圖(二)。欲求醒目,草樣中之須摺疊及切劃處,可用紅鉛筆鈎劃,詳細描寫之其他部分,則須用墨水繪畫。畫時如加陰影,則更覺生動(例如影五所示軍艦之炮孔)。

(四)分切摺疊——依據紅線,或切或劃,分成散片。有虛縫處則摺屈之。

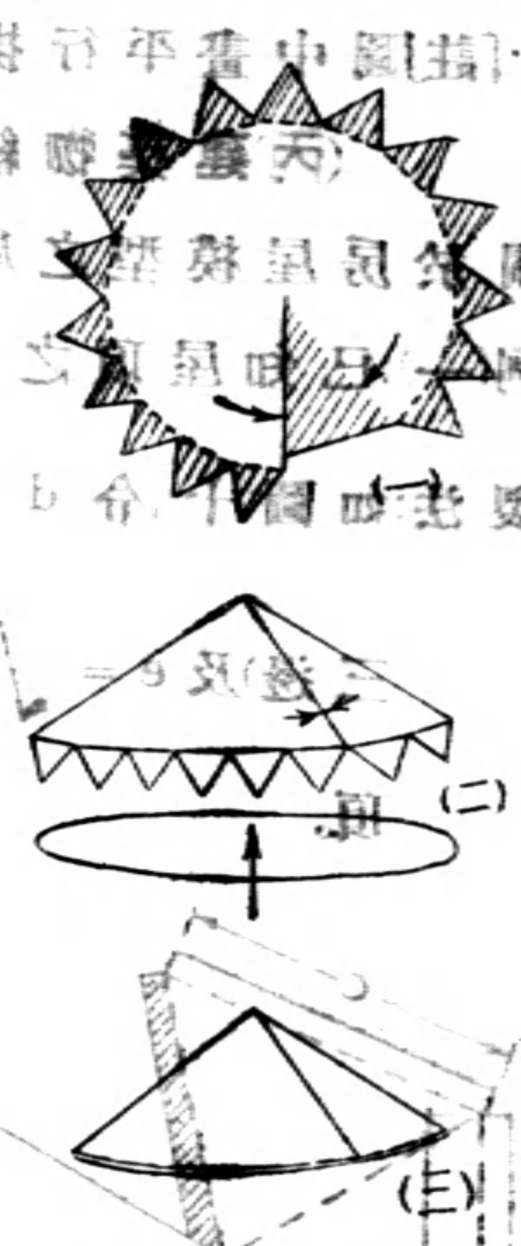
(五)各部黏合——下列各部之黏合,如圖(五)至(九)。各圖中之(一)示如何繪畫及切劃,各圖中之(二),(三),等示摺疊黏合之次序。製成之模型全體見影(六)及七)。



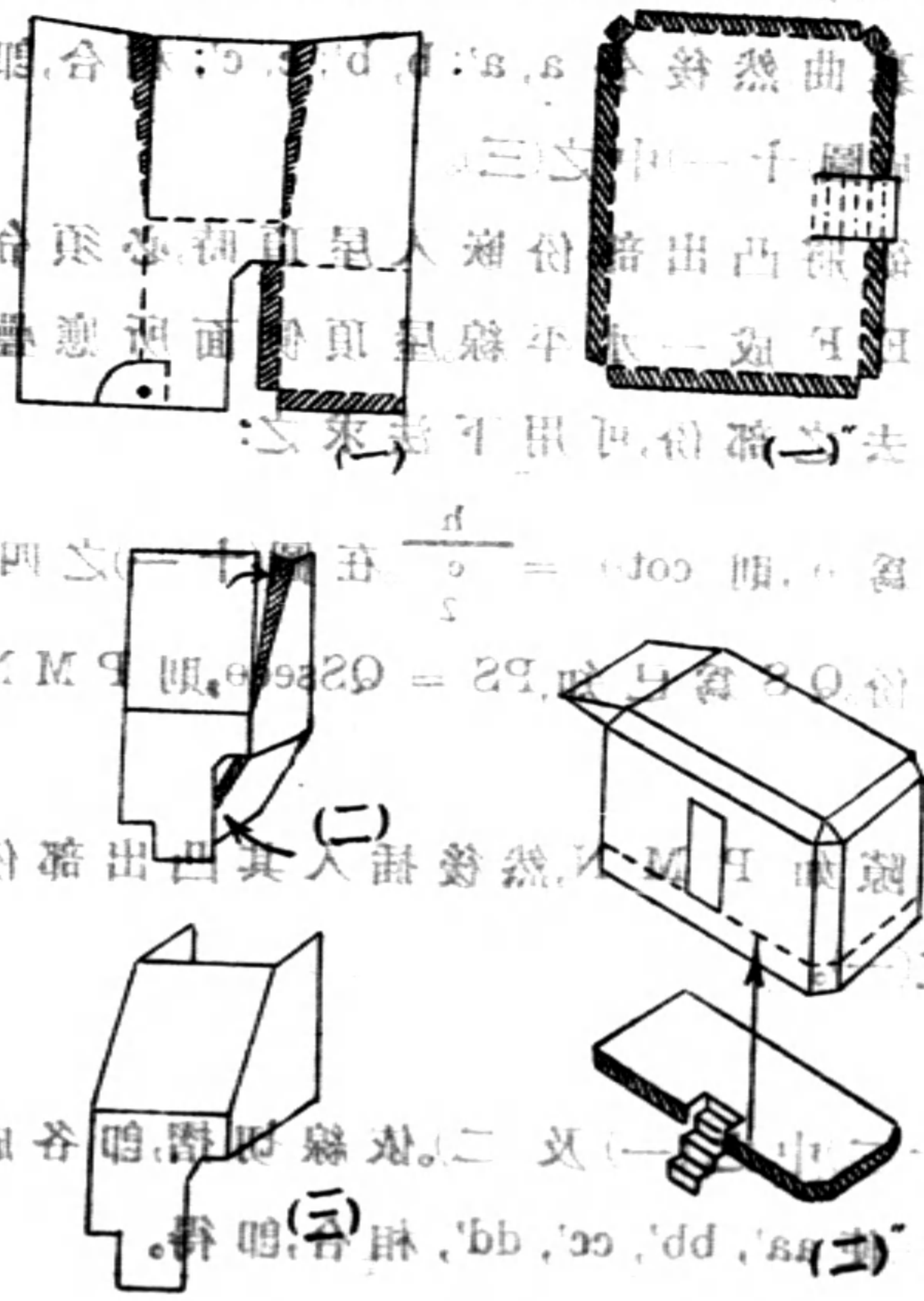
圖(五)　車身



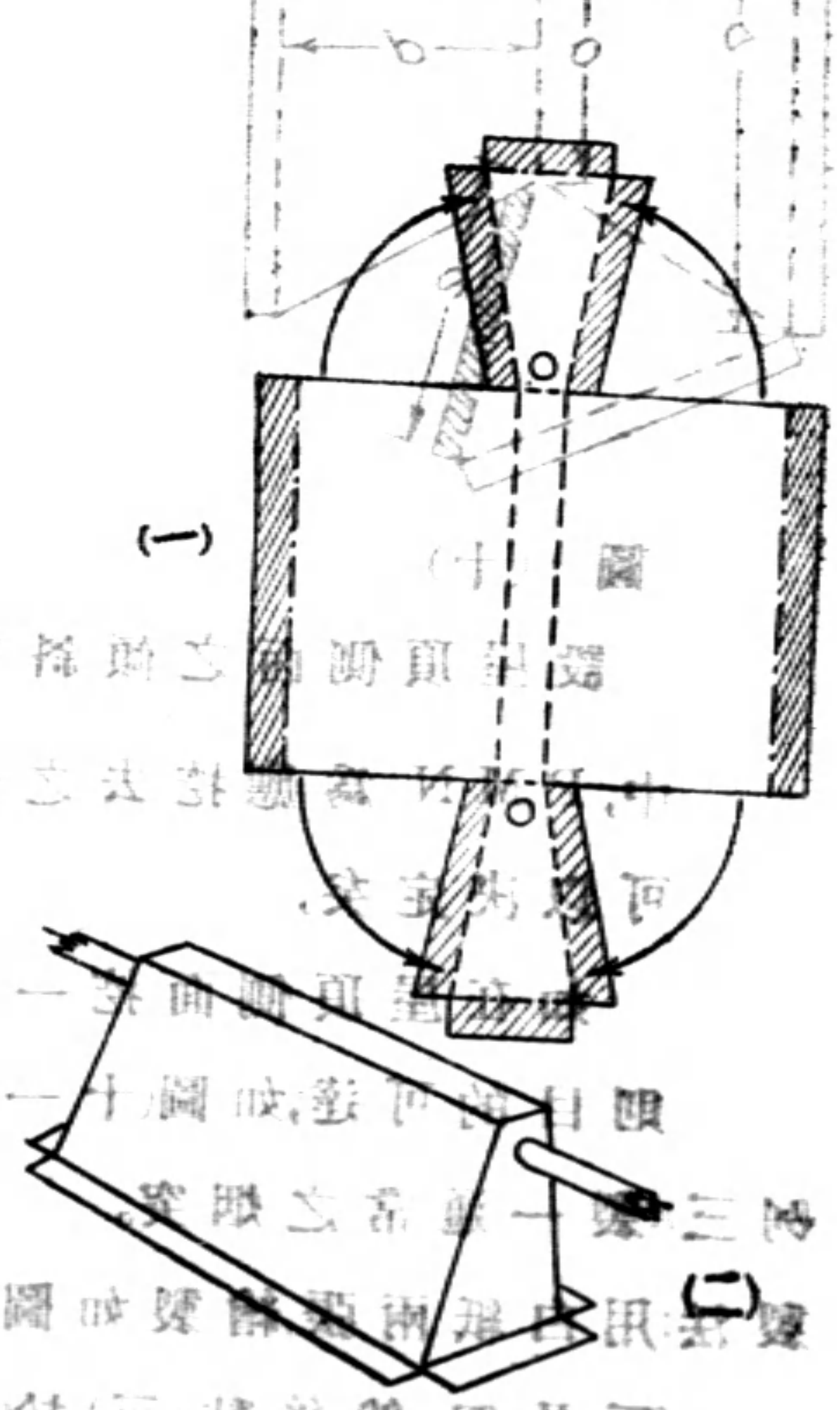
圖(七)　機頭



圖(八)　車輪



圖(六)　車廂



圖(九)　軸托

[註]圖中畫平行排線部分表示上膠水地位。

(丙)建築物紙型之設計

關於房屋模型之局部設計,舉例數則如下:

例(一):已知屋頂之高(h),脊長(a)底邊(b)及旁寬(c),求作此屋頂。

製法:如圖(十),令 $d=\sqrt{h^2+\left(\frac{c}{2}\right)^2}$ (因 d, h,及$\frac{c}{2}$成一直角三角形之三邊)及 $e=\sqrt{h^2+\left(\frac{c}{2}\right)^2+\left(\frac{b-a}{2}\right)^2}$ 然後劃摺如圖示,即成屋頂。

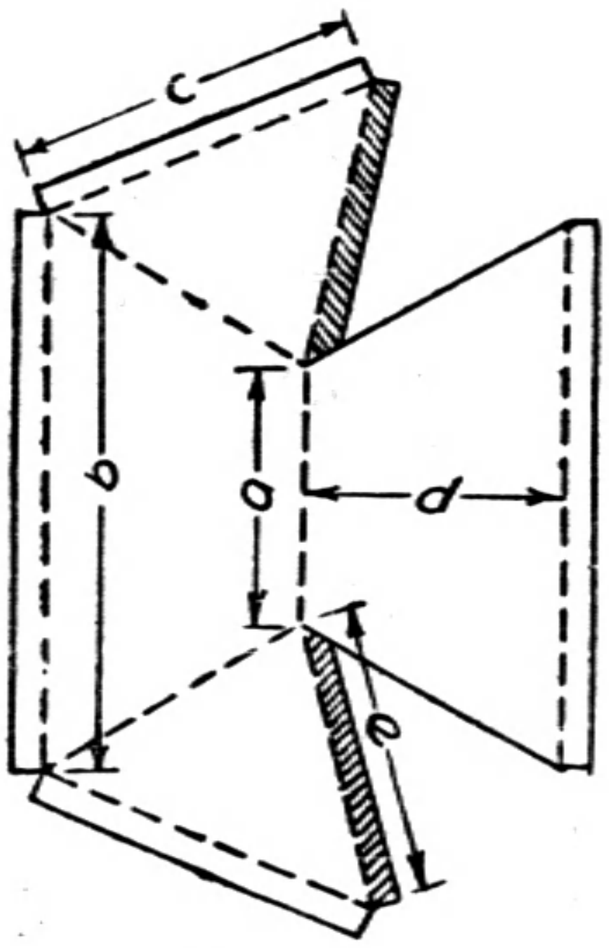


圖 (十)

例(二):求作一屋頂中間凸出之部份(如圖十一中之三),及其插入屋頂之法。

製法:用白紙繪畫如圖(十一)之(二)。摺疊時,令 G, H, K, 向內曲,而 a, b, c, 更向裏曲,然後令 a, a'; b, b'; c, c'; 相合,即成圖(十一)中之(三)。

欲將凸出部份嵌入屋頂時,必須令 E F 成一水平線。屋頂側面所應疊去之部份,可用下法求之:

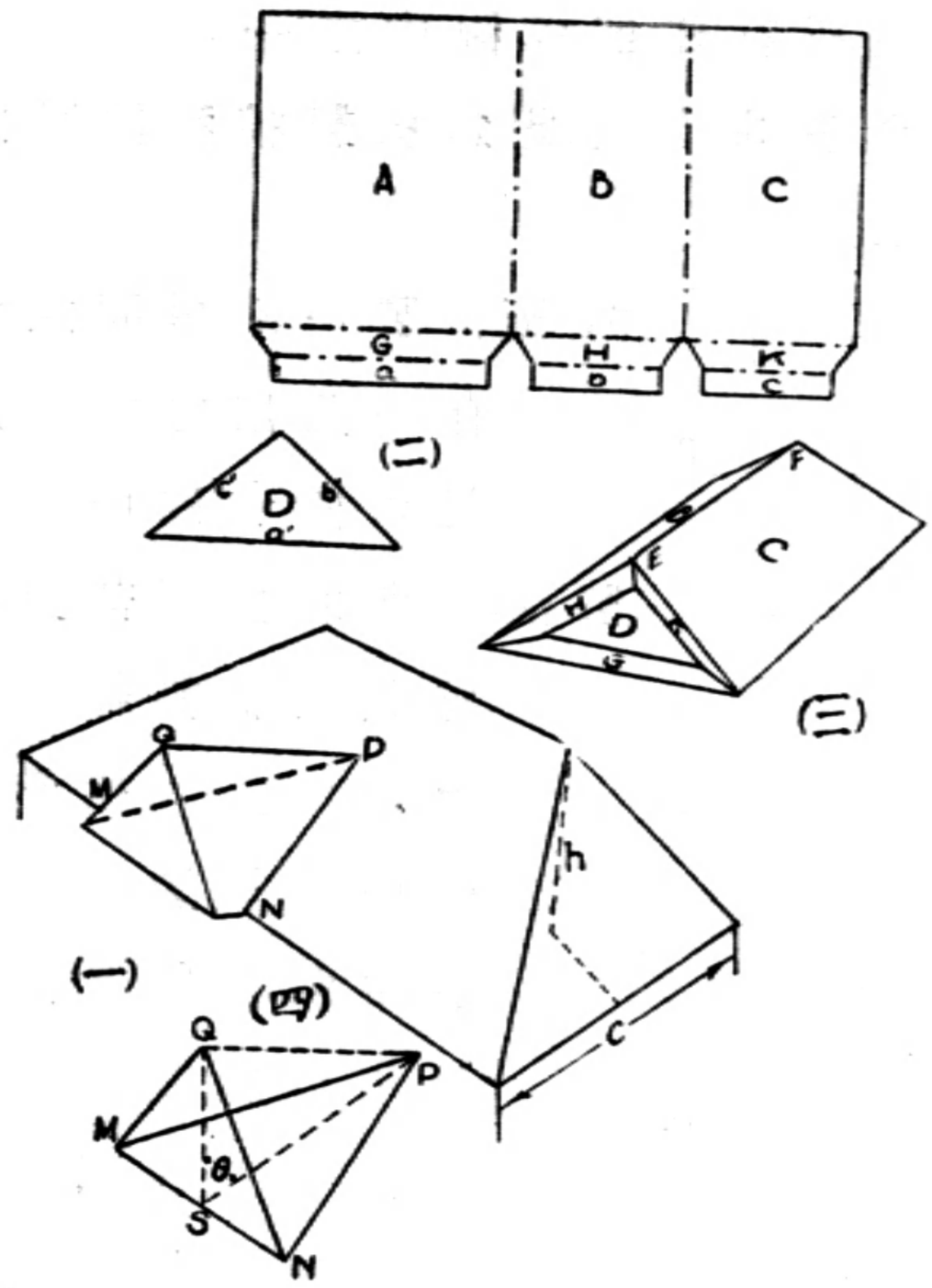
設屋頂側面之傾斜角爲 θ,則 $\cot\theta=\frac{h}{\frac{c}{2}}$。在圖(十一)之四)中,P M N 爲應挖去之部份。Q S 爲已知,PS = QSsecθ,則 P M N 可以決定矣。

如在屋頂側面挖一空隙如 P M N,然後插入其凸出部份,則目的可達,如圖(十一)之(一)。

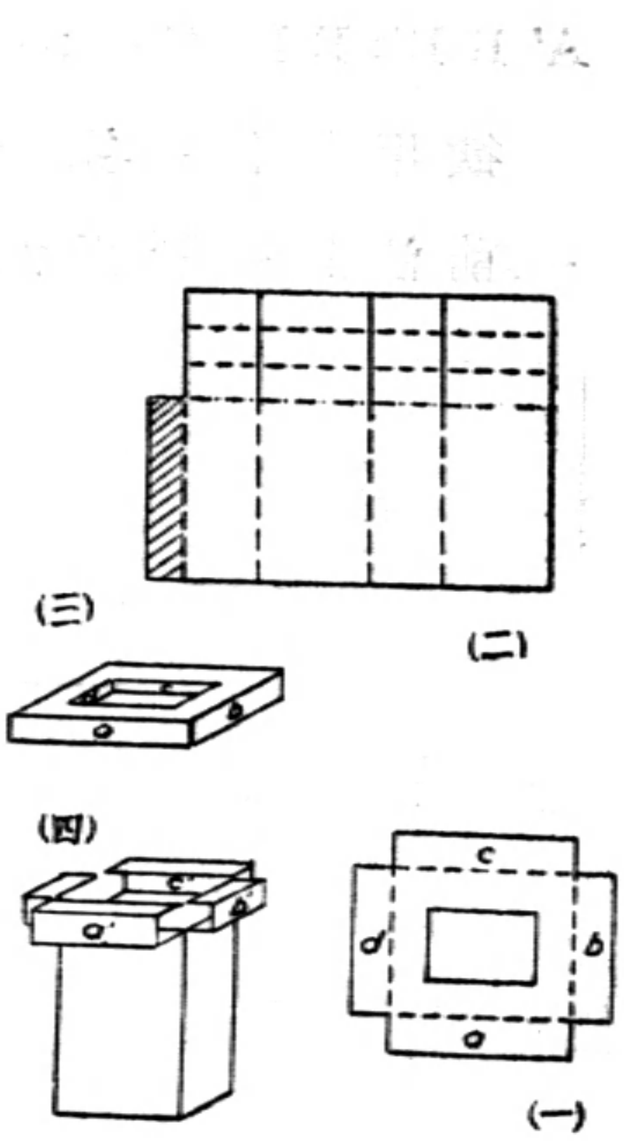
例(三):製一通常之烟突。

製法:用白紙兩張,繪製如圖(十二)中之(一)及(二)。依線切摺,即各成(三)及(四)。然後黏(三)於(四),使 aa', bb', cc', dd', 相合,即得。

例四):製一圓形頂蓋,如圖(十三)中之(一)。

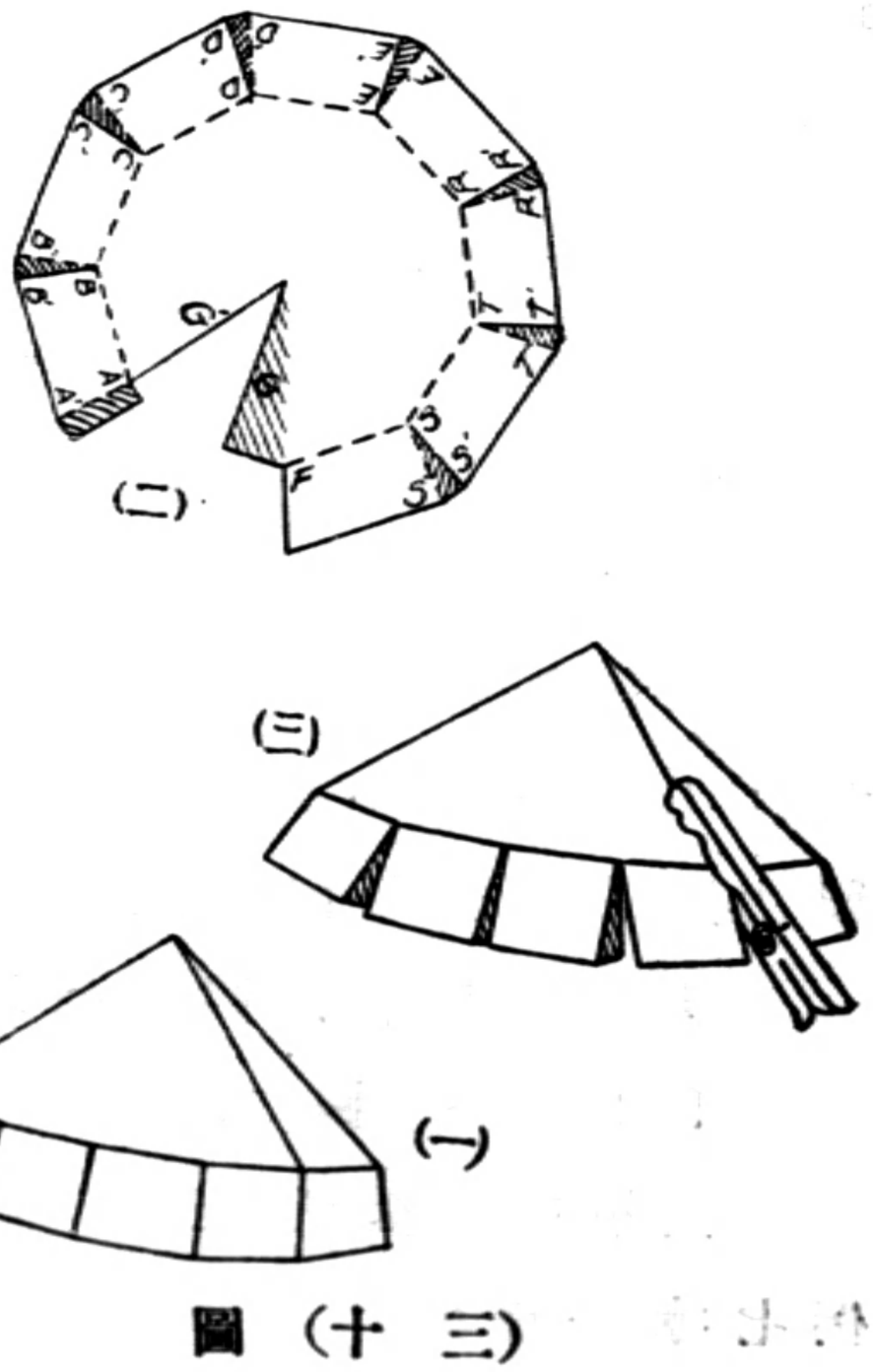


圖（十一）



圖（十二）

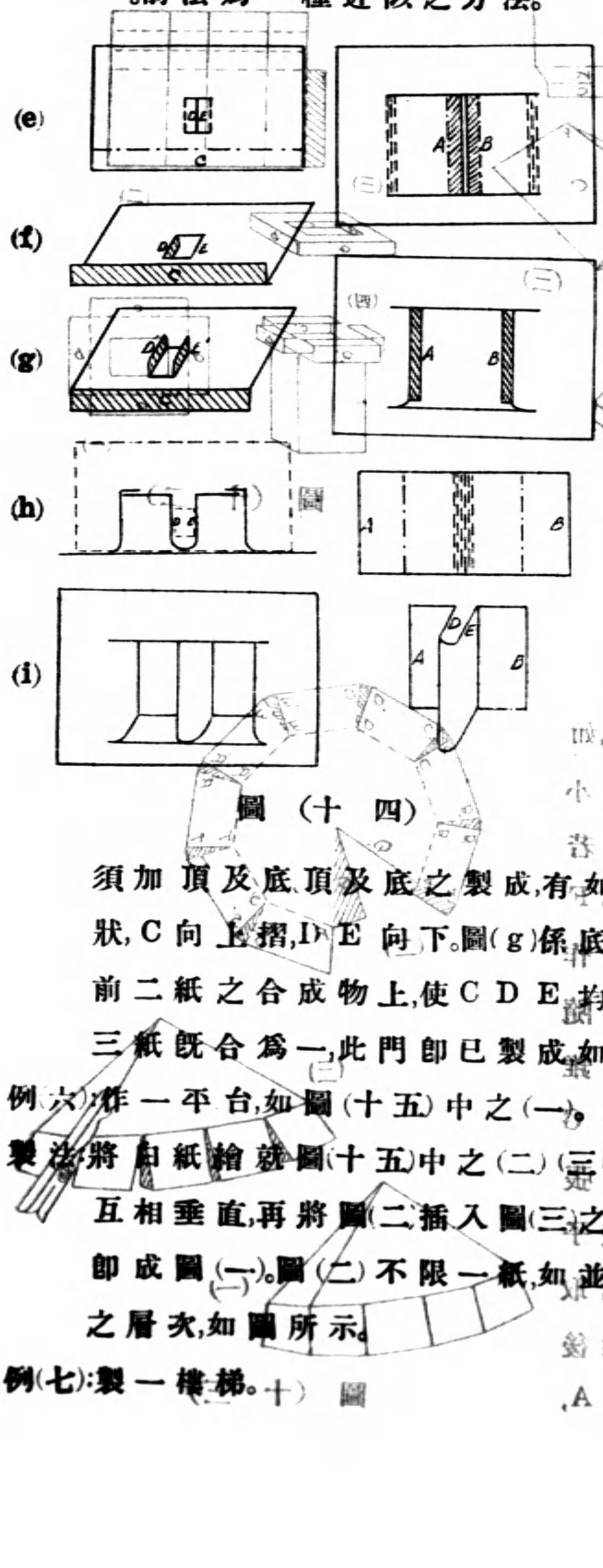
製法:在白紙上畫兩同心圓,如圖(十三)中之(二)。在較小之圓周上用圓規切成若干等分,如 A B C D E F 最後之部份 AF,爲留作接合之用者。其空隙可隨意,愈窄者其所成之圓錐形愈矮。次彎曲該紙,使 G G' 相合。該相合處因受張力,故常易脫散,須用夾子夾住,俟膠水已乾,方能取去(如圖中之(三))。然後將圖上之若干梯形,如 A,



圖（十三）

A' B,B'; B B' C C";……曲折黏住,即成圖中之(一)。

欲用紙作一完全球面形,甚非易易,此爲紙製模型缺點之一。前法爲一種近似之方法。



例(五):製一兩扇凹進(中有一凸出之牆)之大門,如圖(十四)中之(九)。

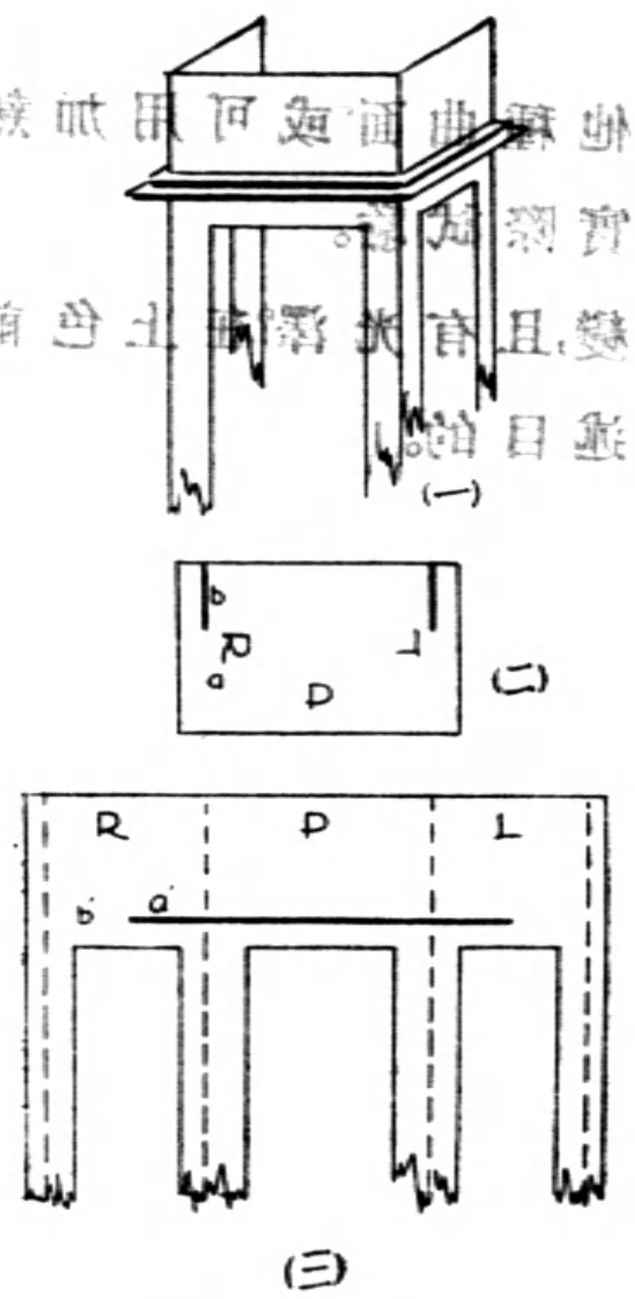
製法:此門須由三部分拼成。先用紙劃線如圖(十四)中之(a),摺疊如圖中之(b),製成門左右兩側之牆壁。然後另用一紙,劃線如圖中之(c),然後摺疊如圖中之(d),作爲凸出之牆及兩大門,貼於首紙,使AB相合,則門之形廓已成。欲使其穩定而不搖動,必須加頂及底。頂及底之製成,有如圖中之(e)(f)及(g)。圖(f)係頂狀,C向上摺,D,E向下。圖(g)係底狀,D,E向上摺,C向下,黏在前二紙之合成物上,使CDE均各相合。圖中之(h)即其頂圖。三紙既合爲一,此門即已製成,如圖中之(i)。

例(六):作一平台,如圖(十五)中之(一)。

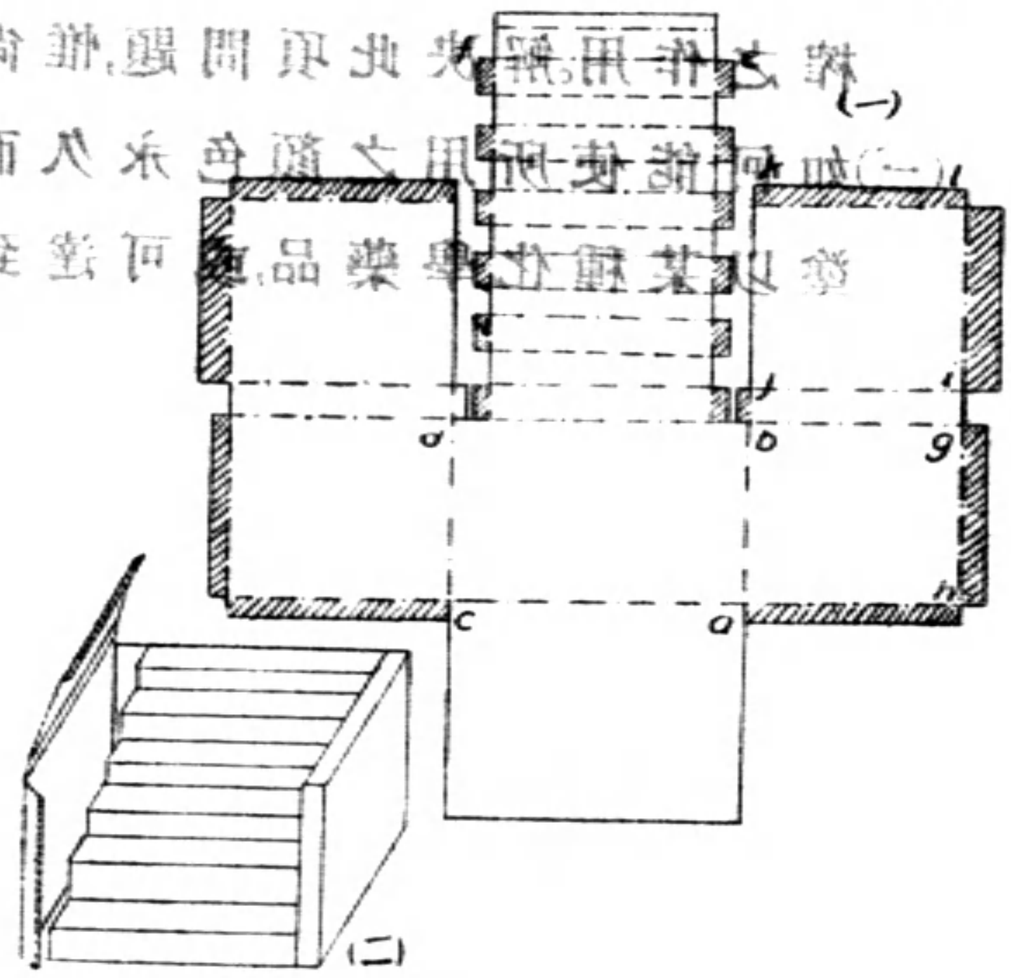
製法:將白紙繪就圖(十五)中之(二)(三)兩圖,切下,合圖(三)之LPR互相垂直,再將圖(二)插入圖(三)之縫中,使a嵌入a',b嵌入b',即成圖(一)。圖(二)不限一紙,如並用大小數張,則可分出凹凸之層次,如圖所示。

例(七):製一樓梯。

製法:繪製圖(十六)中之(一),將ab,cd,及bd向裏摺,再將bd,ef前後屈折作爲梯級,再將bg及ij向下摺黏好,即成圖中之(二)。bdef一旁之小塊,須上膠後黏於ijkl上他旁亦然,俾得固定梯級之地位。



圖(十五)



圖(十六)

(四) 紙製模型尚待改進之點

據作者經驗所得,紙製模型有下列三種缺憾:

(一)不能耐久　模型既係紙製,當然缺乏耐久性,如日曝或受濕,皆易使其損傷,尤以屋頂及牆壁之連接處,最易坍塌,故所用紙質,宜以堅韌者爲上選。至於連接處之坍塌,則可另用紙條嵌入頂住之。

(二)球形及曲面之難於製造　欲用一平面紙張製成球面或曲面形(如我國宮殿式房屋之飛檐等),殊非易易,祇得間或用他種原料如泥或木等代替之。

(三)着色不易　紙製模型之圖案較爲精細,着色用漆,甚不方便。如不用漆而用顏料則不易均勻。補救之法,可用各色等距離平行線條代替之(參觀影九及十)。

作者此後之工作,即在研究如何能改善紙型之各種疵點:

(一)如何能使其保持永久?

(二)如何能製造極平滑之球面形及他種曲面?或可用加熱壓榨之作用,解決此項問題,惟尚未實際試驗。

(三)如何能使所用之顏色永久而不變,且有光澤?在上色前後,塗以某種化學藥品,或可達到上述目的。

加固橋梁電銲法

嵇銓譯述

近代鐵路車速增高,軸重加大。尤以電氣化之鐵路爲然。因此舊有橋樑往往不勝負荷。非改建或加固不可。昔日加固之法。均用鉚合,需費甚鉅,工作亦難,故改建與加固,究以何者爲經濟須事先研究比較。方能決定。今也電銲發明,鋼質建築物之加固及修理工作上起一大革命;加以X光綫檢驗銲工之堅度非常可靠,近來用途日廣,經驗愈富,較鉚合法經濟上爲省,質地上爲優,歐洲各國,殷殷乎將以電銲爲加固橋樑之唯一辦法。英國採用此法最早,成績甚優,僅澳洲一處至一九三一年末,用此法加固之橋已有七十三座。德國採用較遲,但近年進步神速,許多工件頗有借鏡之價值,此文引用之實例,均取自德國,卽以此耳。

(一)電桿法之優點 此法之優點有七:

(甲)電銲工作進行時,並不妨礙行車,舊有鉚釘毫不牽動橋樑負荷力,無一時減少者,而隨銲工之進行增加。

(乙)工作架(脚手)可用極輕者,發電器毋須置於橋上。

(丙)設計者對於加固各件之佈置,有完全自由,例如增大桿件之惰性力率,或放大其截面,可完全照需要辦理,並無絲毫顧忌。

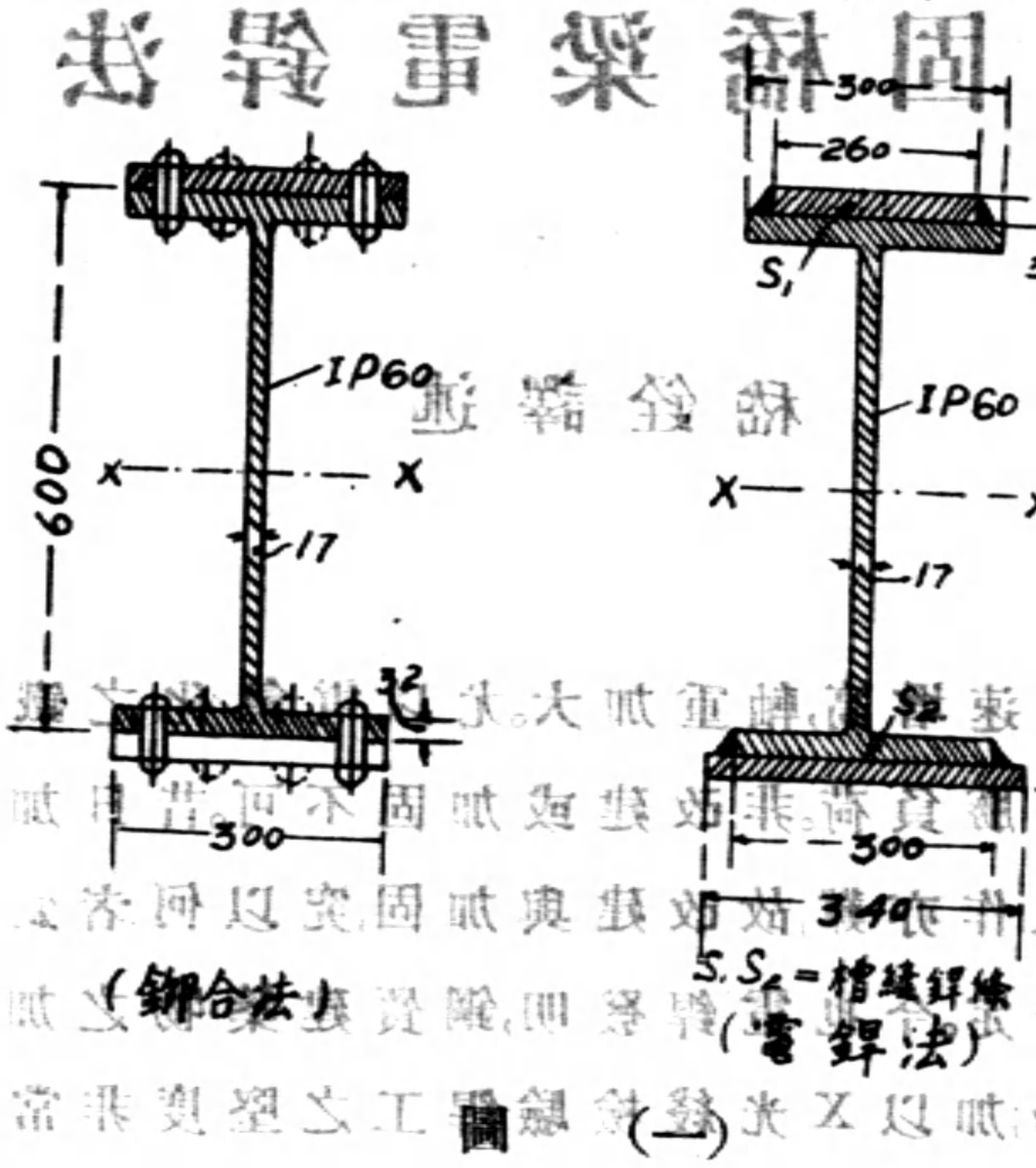
(丁)有時添設托翅(Bracket)減輕鉚釘負荷,建築物之壽命大爲增加。

(戊)此法可將接縫銲蓋,原係豁露截面可變成掩藏截面,使鋼料與空氣接觸之總面積減少,銹蝕機會自少,重油工價可以減省。

(己)電銲工價,僅佔新橋價,極少之百分數,且加固後建築物在技術

上較原來鉚合法爲優越。

(庚)電銲法較鉚合法爲絕對經濟觀圖(一)加固1600公釐工字樑,用



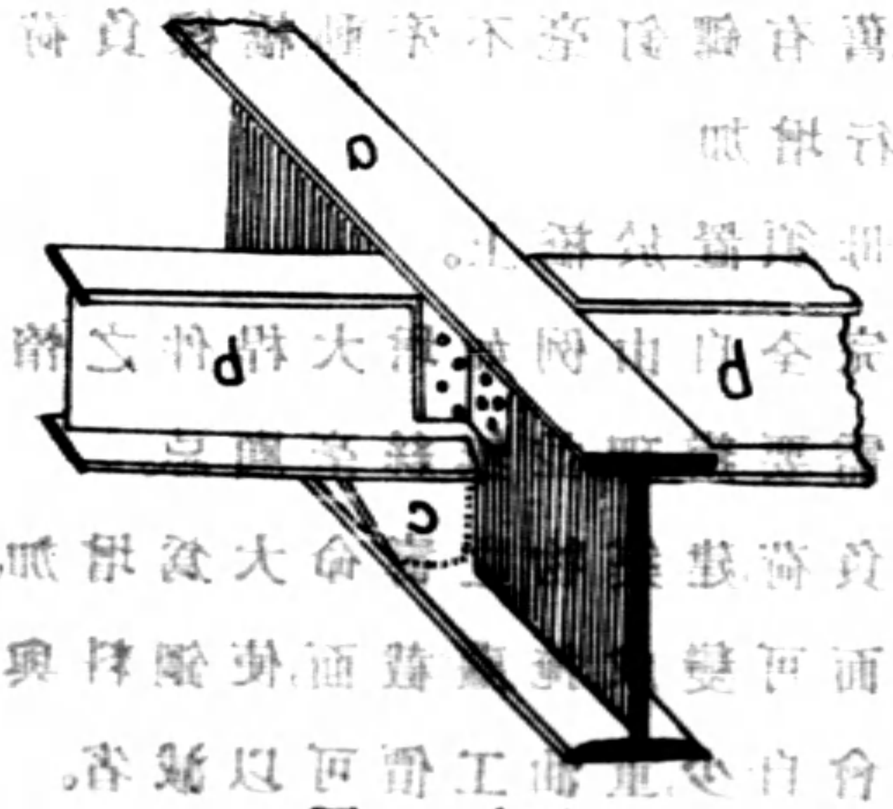
圖(一)

鉚合法與用電銲法之比較,難易立見:(一)用鉚合法須鑽成釘孔,致肢緣弱化。電銲法無此弱點。(二)用鉚合法須將上下肢緣之兩面,刷淨油漆,方可開始鉚工;用電銲法只須收拾肢緣之上面卽可。(三)銲條四條極易佈置,無仰首工作之必要,較爲省工。(四)用電銲法無鈑縫,水汽不易侵入。

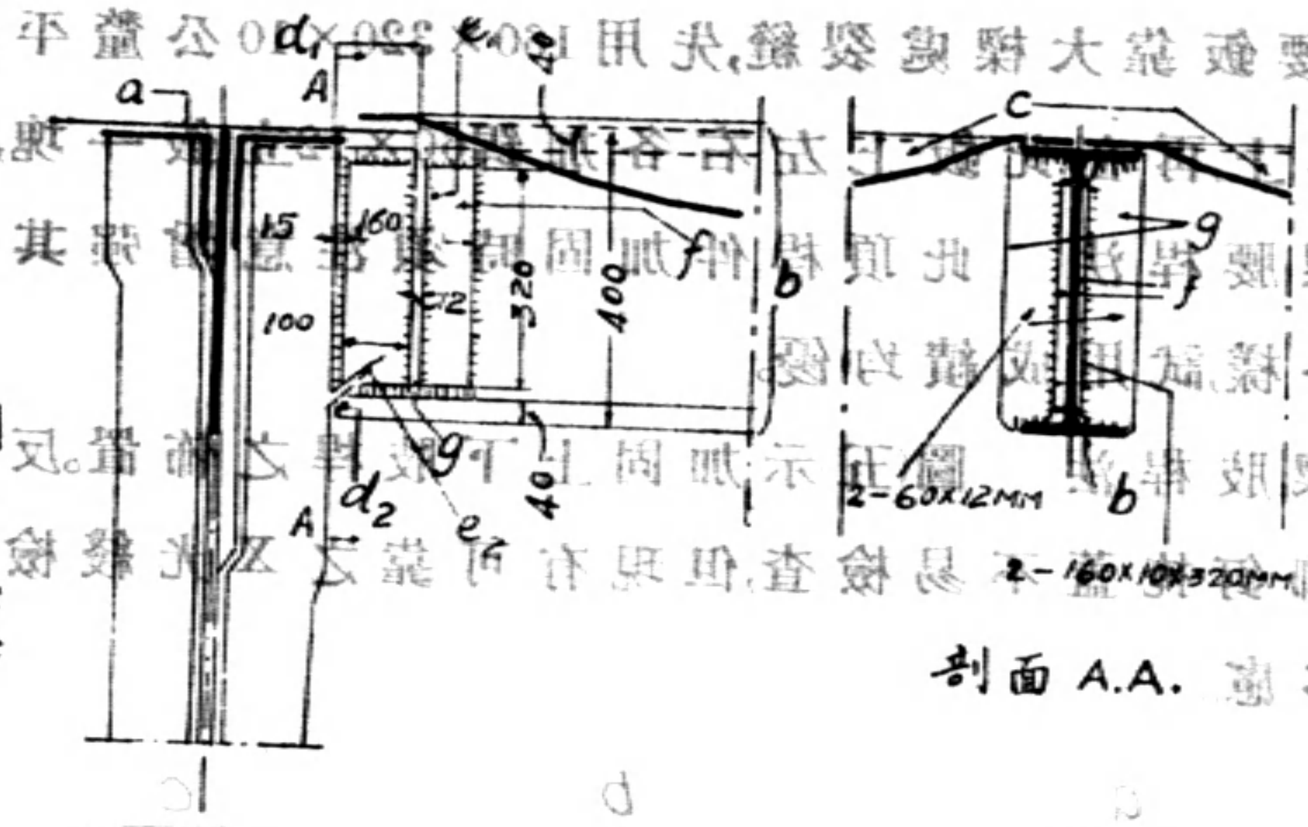
(二)加固桿枝之通常佈置 加固桿件之設計,須隨橋式,肢樣,及負荷力弱化程度而異。茲姑擇德國通常辦法略舉一二如左:

(甲)加固縱橫樑接合處 如圖(三),設橫樑(a)縱樑b間接合處鉚釘鬆活,且不勝負荷,則只須在縱樑下銲上托翅(c)一塊,所費甚微,而接合處立卽强化。

(乙)加固橫樑腰鈑裂縫法 如圖



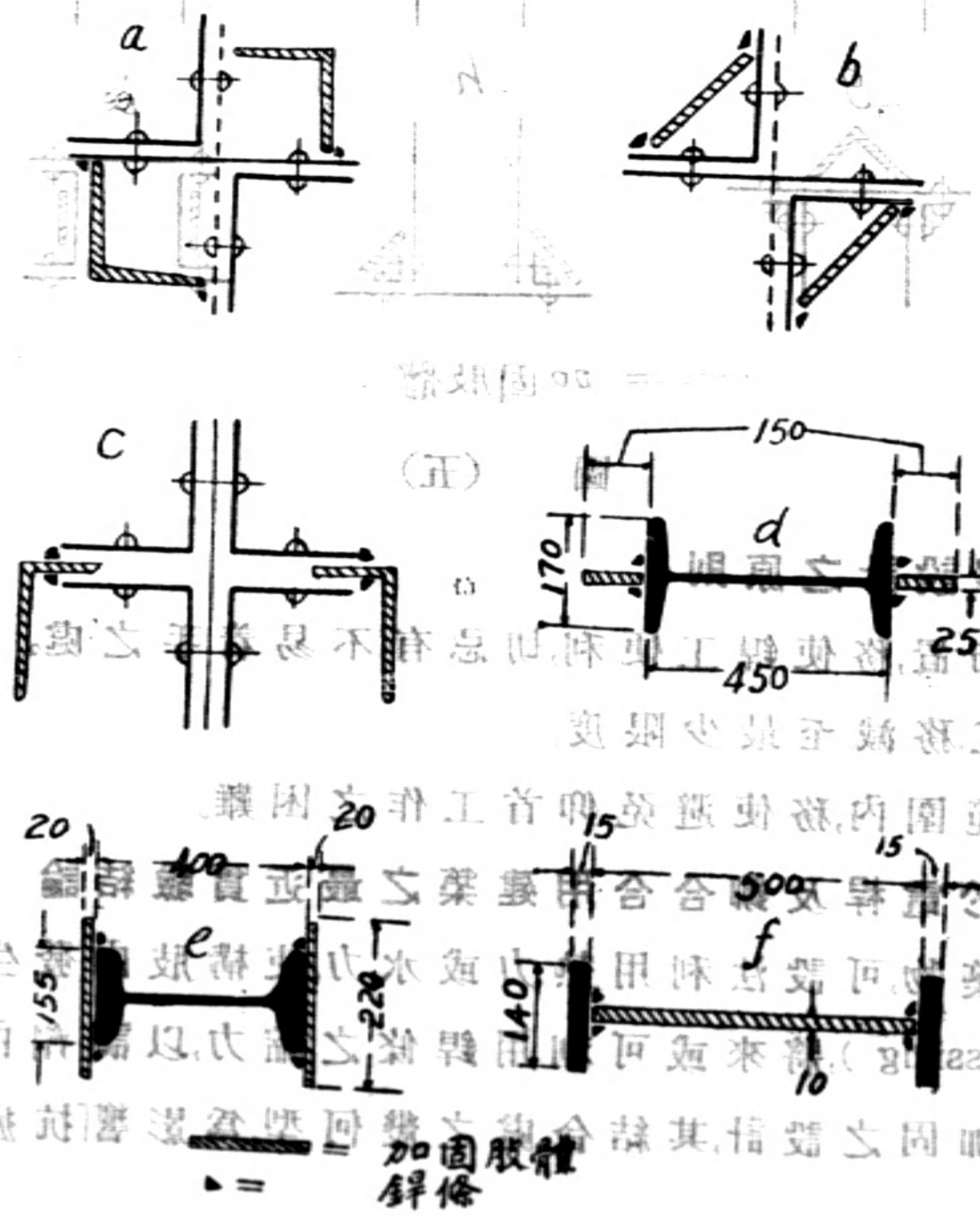
圖(二)



圖(三)

剖面 A.A.

a　＝大梁上肢
b　＝橫梁
c　＝橋面鈑
d_1, d_2 ＝橫梁割去之肢緣
e_1, e_2 ＝橋梁腰鈑裂縫
f　＝銲於腰鈑之加固鈑
g　＝加勁鈑



圖(四)

(三)橫梁腰鈑靠大樑處裂縫,先用160×320×10公釐平鈑兩塊,夾腰鈑而銲上,再在此鈑上左右各加銲60×12立鈑一塊,以作勁桿。

(丙)加固桁樑腰桿法　此頂桿件加固時,須注意增強其抗彎力。圖(四)所示各樣,試用成績均優。

(丁)加固桁樑肢桿法　圖(五)示加固上下肢桿之佈置。反對者以爲此法將鉚釘掩蓋不易檢查,但現有可靠之X光綫檢查法,此層亦毋庸多慮。

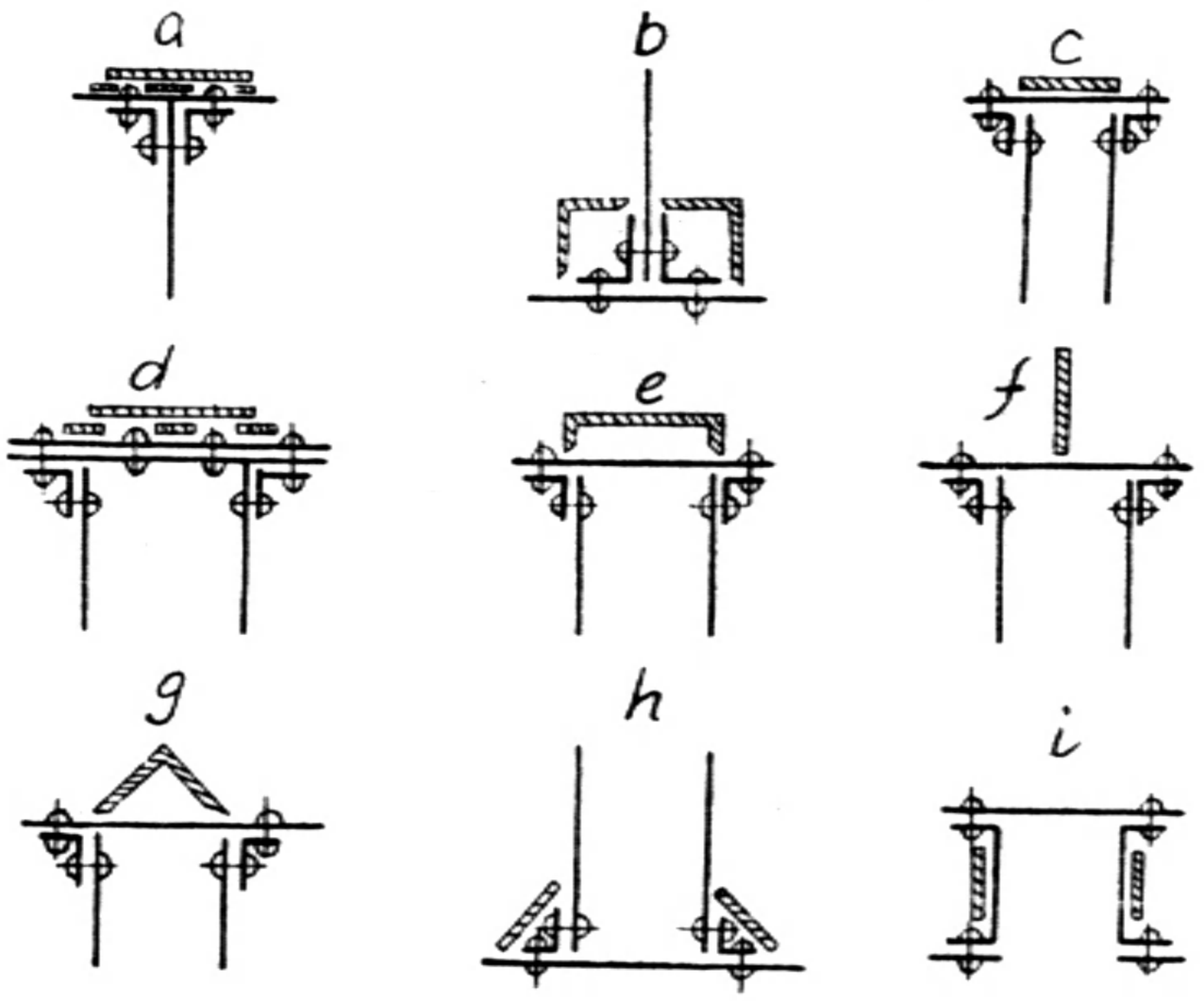


圖　(五)

(三)電銲設計之原則

(一)銲條之佈置,務使銲工便利,切忌有不易着手之處。

(二)所需銲工,務減至最少限度。

(三)在可能範圍內,務使避免仰首工作之困難。

(四)關於電桿及鉚合合用建築之最近實驗結論

(一)加固建築物,可設法利用熱力或水力,使構肢內發生「先在力」(Prestressing),將來或可利用銲條之縮力,以調劑內應抗力。

(二)凡任何加固之設計,其結合處之幾何型,爲影響「抗疲力」(Fatigue

Strngth)之主要原素。至於銲條之長向變形（Elongation),抗拉力(Tensile Strength), 抗震力(Notch Impact Value比較的尙爲次要。

(三)銲條之准許抗力,須設法利用至最大限度,以便減少銲條之長度。

(四)鉚釘准許應力,只可用至最大限度三分之二。

(五)試驗結果。銲合處往往較鉚合處先斷,因銲條長向變形較小之故。

(六)設計者須注意避免應力有局部集中之可能,以免疲乏開裂之發生。

機車駛過彎道時之力學

英國 PORTER 原著

嵇　銓譯述

(一) 緒論

機車在彎道上之動態,異常複雜,不易分析。在昔討論超高度與軌距加寬等問題時,對此略有研究,但均不甚澈底。現今機車加重,車速加高,往往發生出軌事變,而軌道及機車兩方面,均係良好狀態,不易查出其原因。於是機車駛過彎道時之動態及其受力情形之研究,乃日趨重要;非在理論上求得精確的分析機車駛過彎道之力學,不足以確定事變之原因。及防止事變之發生。

此問題包刮:(1)在機務方面研究彎道如何影響機車之設計,

(2)在工務方面研究輪緣壓力之估值,及出軌發生之原因。

問題(1)在幾何方面,係研究機車在極慢速度(Walking Speed)時所能駛過之最陡彎道,可用羅氏法(Roy's Construction)求得之,無贅述之必要。

問題(2)在力學方面,係研究機車捷駛過彎道時之實際情形,即分析各車輪之受力情形,在昔對此問題,曾擬純由幾何方面研究之,假定機車之地位,以計算各力。於是計算結果,全視假定之眞實性如何而定,比較的無甚價值,現若將此問題作爲一種力學,並無假定之必要。任何輪位之布置,在任何速度時,駛過任何彎道,均可求得第幾車輪必與軌條緊貼,並可計算此數輪之輪緣與軌頭

間壓力之數值。由此改良機車之設計。調查出軌之眞因。均有所根據。機車在彎道之動態。複雜萬狀。茲爲算式之簡化計。假定：

(1)機車對彎道圓心之旋轉爲等速旋轉運動(Uniform Rotaion About Center of Curve.)

(2)輪脚在軌頂上滾行。如圓柱在平面上滾行。輪箍與軌頂之坡面暫不計及。

(3)輪緣與軌頂間之橫壓力作用於水平方向。在軸心垂直線下。並假定無縱向阻力。有此三項簡化之假定。則計算輪緣壓力之算式。不難列出矣。

(二) 出軌時輪緣橫壓力與輪重之比例

本問題爲：輪緣橫壓力(Flange Force)之數量須大至若何程度。即發生出軌事變。參觀圖(一)。

令 W＝輪重。

Q＝水平方向的輪緣壓力。

R＝鋼軌的反力。其力向與垂直綫成β角。

μR＝輪緣與軌頭間之磨阻力。與R爲正交。

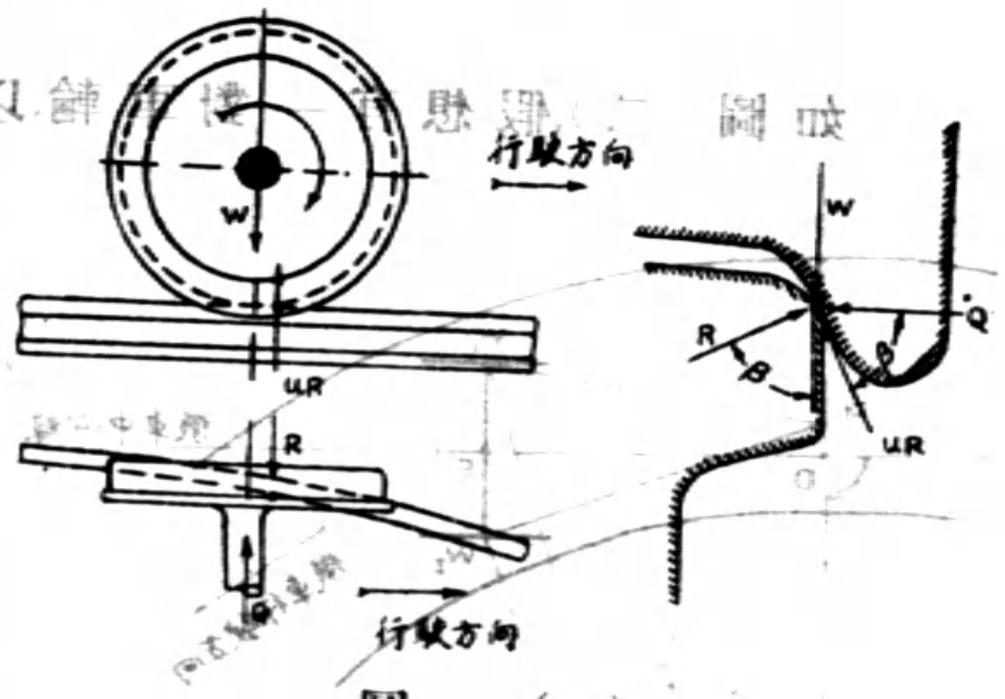


圖　(一)

假定輪緣上爬軌頂。至某種地位。如再上爬。β角亦不能增加。於是輪軌間受力情形如圖(一)。

機車駛過彎道時。其輪緣有剗去軌頭裏邊之傾向。故輪緣與軌頭裏邊之接觸點。乃在穿過軸心之垂直綫之前。且輪緣處磨阻力μR之施力方向。係向上。有拿輪出軌之傾向。

如欲車輪不出軌。其受力情形必須如以下二公式：

$$W\sin\beta - Q\cos\beta - \mu R > 0 \quad (1)$$

$$R = W\cos\beta + Q\sin\beta \quad \cdots\cdots(2)$$

以 2)代入(1)

$$W(\sin\beta - \mu\cos\beta) - Q(\cos\beta + \mu\sin\beta) > 0$$

$$\therefore\ Q < W \times \frac{\sin\beta - \mu\cos\beta}{\cos\beta + \mu\sin\beta} = W \times \frac{1 - \mu\cot\beta}{\mu + \cot\beta} \quad \cdots\cdots(3)$$

(3)式謂之 Nadal's 公式,爲德國所發明。

β 最大數爲 60°, μ = 0.27(德國通常採用者),

於是 $Q < W \times \frac{1 - 0.27(0.577)}{0.27 + 0.577} = 0.997\,W$,與 W 相差無幾。

由此觀之,如欲不出軌,輪緣壓力必須小於輪重。如大於輪重,在通常車速時,即有出軌之可能。

(三) 輪緣壓力之計算

如圖(二),假想有一對車輪,以平均速度駛過一彎道。由圓心 C 繪一垂直綫,與機車中心綫相交於 D。令 M 爲任何一點,在 $\overline{CD}$ 或 $\overline{CD}$ 之引長綫上。引 $\overline{MW_1}$ 及 $\overline{MW_2}$綫。令機車對 C 點之旋轉速度爲 ω, 則車輪在圖示地位時之一剎那間,車輪 W_1之直速與 $\overline{CW_1}$ 正交者 = $CW_1\omega$ 照速度三角形分析,此與 CW_1 正

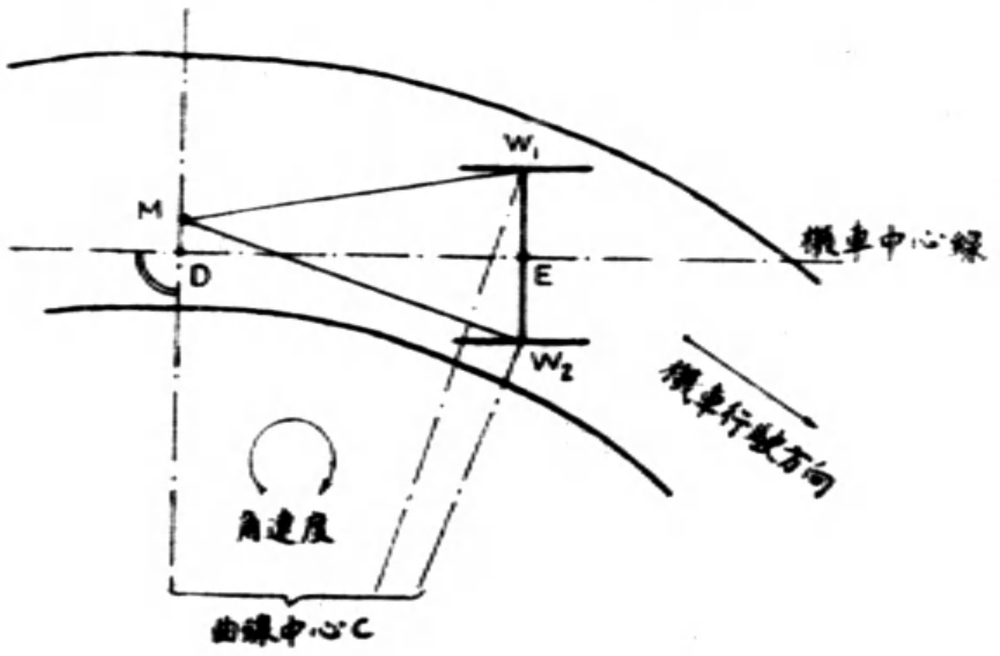


圖 (二)

交之速度,可分作兩種速度:

(1)與 $\overline{CM}$ 正交者 = $\overline{CM}\omega$

(2)與 $\overline{MW_1}$ 正交者 = $\overline{MW_1}\omega$

同一理由,車輪 W_2之直速亦可分作兩種速度 $\overline{CM}\omega$ 及 $\overline{MW_2}\omega$,

M 點如位置適宜,謂之「磨阻中心」(Centre of Friction of W_1 & W_2)

$\overline{MW_1}$ 及 $\overline{MW_2}$ 謂之斜桿 Diagnal),下文以 d 表之。

同此理由,任何數目之車輪,只要同一圓徑,相互控制在一平行構

架上,必有一共同的磨阻中心。M位在圓心落於機車縱軸綫之垂直綫上。此M點在任何車輪之佈置,均可由計算定之。

如機車兩邊輪重相等,既無引力,又無制力時,此M點必在機車縱軸綫上通常情形,MD與CD相較,爲數亦甚微,不妨令

$\overline{CM} = \overline{CD} = R$ (彎道半徑)

於是 $R\omega$ = 各輪之共同的向前直速

$d\omega$ = 各輪在軌頂上滑走之速度

任何車架以平均速度駛過彎道時,可作爲力學上之平衡(In Equilibrium)。其運動之方程式有三:(1)所有沿縱向與X軸綫平行之各力之和必等於零,(2)所有沿橫向與Y軸綫平行各力之和必等於零,(3)所有以穿過基點(Origin)之軸綫(Z軸綫)爲中心而旋轉之各力率之和必等於零。

由以上三個條件至多只可求得三個未知數。而照圖(三) $Q_1 - Q_2$ 及 $F_1 - F_{10}$ 共有十三個未知數。驟觀之,似未知數太多,無法計算,但磨阻力F之力向,力位,均依磨阻中心M而定,其力量依輪重W及磨阻系數 μ 而定。其中W及 μ 均爲已知數,所未知者不過磨阻中心M之方位距X,Y而已。故任何數目之磨阻力F,其實不過包含兩個未知數。至於未知數Q,有時爲一個至多不過兩個(詳下節),視車輪動態爲自由抑强制而定。

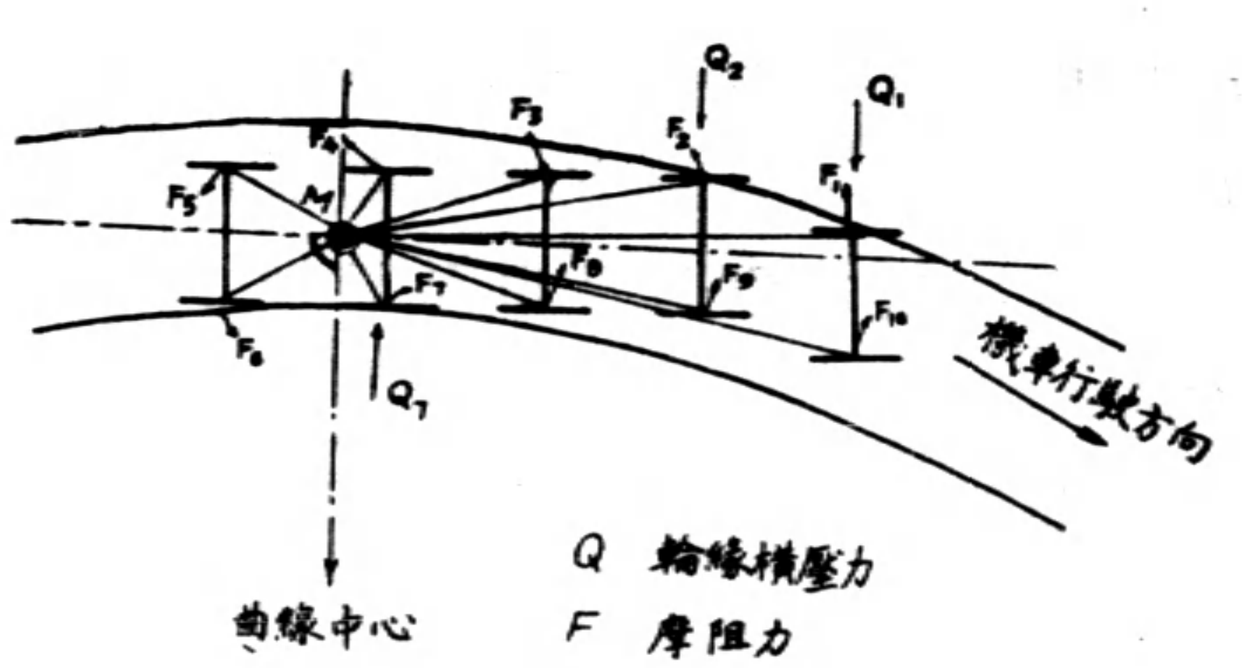


圖　(三)

(a)自由動態 (Free Curving)

如圖(四),只向前第一軸之外輪,與軌頭相切,輪架可在軌道活度內自由安置,謂之「自由動態」。此時只有未知數三個,即x,y,Q。於是用三個運動方程式 (Equation of Motion),即可求得此三個未

知數。

(b)强制動態(Constrained Curving)

圖 (四)

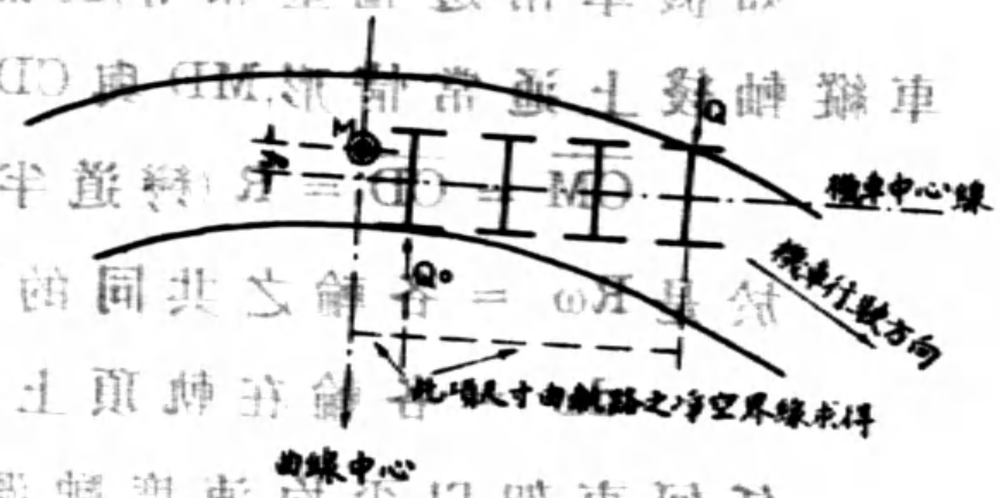


圖 (五)

如圖(五),車架之第一軸外輪,及最後一軸之內輪,同時與軌條緊貼(除有某對輪,對於車架有橫活動外,同時緊靠軌條之車輪,決無在兩個以上者)。於是車架與軌道之相互地位,完全確定,謂之「强制動態」。此時恰有四個未知數,即x, y, Q及Q_0。但x一數,照幾何學可以完全算出者,可作爲已知數。所未知者不過三個(y, Q, Q_0)而已。由三個運動方程式,即可求得此三個未知數矣。

凡一機車,究係自由動態,抑係强制動態,係確定的,毋容懷疑的,因:——

(1)如照自由動態之方程式計算,車架之地位,在軌道活度限制內,爲可能的,當然自由動態爲合理的。假如結果,有一車輪出軌外,如圖六則非强制運動不可。

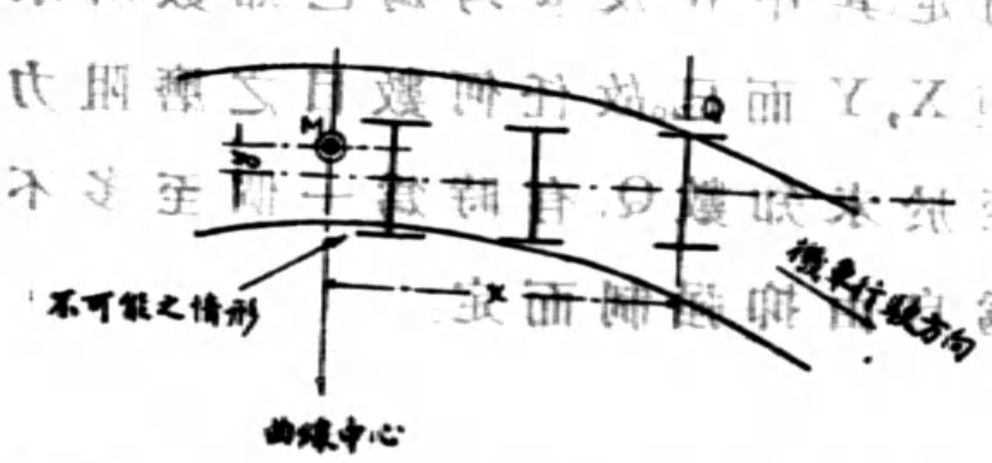


圖 (六)

(2)如照强制動態之方程式計算,而Q_0變爲負數,則因軌頭與輪緣間只可有壓力,決不能有拉力,故可決定決非「强制動態」,乃係「自由動態」。

由上所述,可知輪緣與軌頭間壓力(Q)之計算爲可能的,且係明確的。Q求得後,出軌之理由,即完全明瞭矣。

鐵路鋼橋之試驗

嵇銓譯述

鐵路鋼橋關係行車之安全,至爲重要。新橋落成後,其耐力與設計上所准許者相比若何,其安全系數與所假定者究竟若何,舊橋應用相當年限後其耐力究尙有若干,負重已否逾限,安全系數是否已至危度等等,非有精確之試驗,安全上不能謂有確實之把握,僅恃力學之理論及紙上之計算,未必可求安全之眞相也。歐洲各國爲確立鋼橋設計及修養條例之根據起見,對於鋼橋試驗盡力研究,其試驗所用之工具及方法頗堪借鏡。茲將一九二八年英國試驗鋼橋報告關於耐力試驗一章及一九三五年英國鐵路雜誌所載印度試驗鋼橋一篇擇要彙譯,草成斯篇,以供國人之參考。

(一)試驗之種類　驗橋之種類,大別之可分爲三:

(一)凡社例行檢查時,舊橋顯示弱象,或照現行載重計算應力,恐不勝負荷,或最近將來有加重機車可能,乃對於橋之各部作詳愼之試驗,以確定其安全系數者,曰「保安試驗」。

(二)凡新橋落成後,對於各件之負荷力是否能適應最大載重,在通車前,須經政府委派之高級檢查員試驗滿意後簽發證書者,曰「竣工試驗」。

(三)凡施行以下六種特殊試驗,專爲研究各種力學上理論以便改良設計規範而求用料上之經濟者,曰「研究試驗」。

(甲)用同一機車,在同一鋼橋上,照排定級數之速度駛過,乃比較在各種速度下所量得之撓度紀錄,以求發生最大顫動

(Maximum Oscillation)時錘擊力頻數(Frequency of Hammer blow)。

(乙)用各種機車,在同一鋼橋上,照同一速度駛過,比較其量得之紀錄,以察其錘擊力是否與其所生之影響爲正比例。

(丙)比較實際量得之曲線紀錄,是否與理論預測之曲綫相符。

(丁)比較鋼橋各桿之應力紀錄與中部撓度紀錄,以研究因顫動所增加之應力是否與因顫動而增加之撓度爲正比例

(戊)用已知之平均載重(Uniform Distributed Load)以量鋼橋之撓度及應力,以便將由機車駛過時之撓度及應力紀錄所得之衝擊力核成相等的平均載重(Equivalent Uniform Load),俾設計時計算較爲便利。

(己)由撓度及應力紀錄,以研究鋼橋設計之特殊部份及軌道狀況所生之影響。

(二)試驗之對象 載重所予鋼橋之影響,有兩種對象最爲明顯:(一)鋼橋各點之撓度(Deflection),(二)鋼橋各桿之變度(Strain)(再由變度算出其應力)。爲科學研究計量測以上兩種對象時,不可只量全橋之最大數或某點之最大數,最好在動重之各種地位時量測中點撓度或某桿變度之變動情形,作一連續的紀錄。

(三)試驗之儀器 此項儀器大別之可分爲四種:(一)量記撓度器(Deflectometer),(二)量記變度或應力器(Strain or Stress Recorder),(三)量記時間器(Time Marker),(四)量記輪位器(或名軌道接觸器)(Location Marker of Leading Wheel or Rail Contact)。

(一)量記撓度器

(甲)**器件組織** 此器之設計,並不十分困難,因普通撓度數量甚大,毋須放大,有時爲便利計,尙須縮給之二分一,其紀錄法分三種:

(1)**直接量記法** 用一削尖鉛筆以鉗卡與橋下肢相連,再用一硬紙以圖釘釘於一小垂直木板上,此板堅繫於固定的

直桿上鉛筆隨橋架上下移動時,即在硬紙上留一紀錄。

(2)光線量記法(Optical Deflectometer)　此器最通用者爲費來氏發明者(Feredaypalmer Optical Deflectometer)。其原理係藉光綫感應器內之照相片。光綫之啓閉,以橋肢之撓度而定。

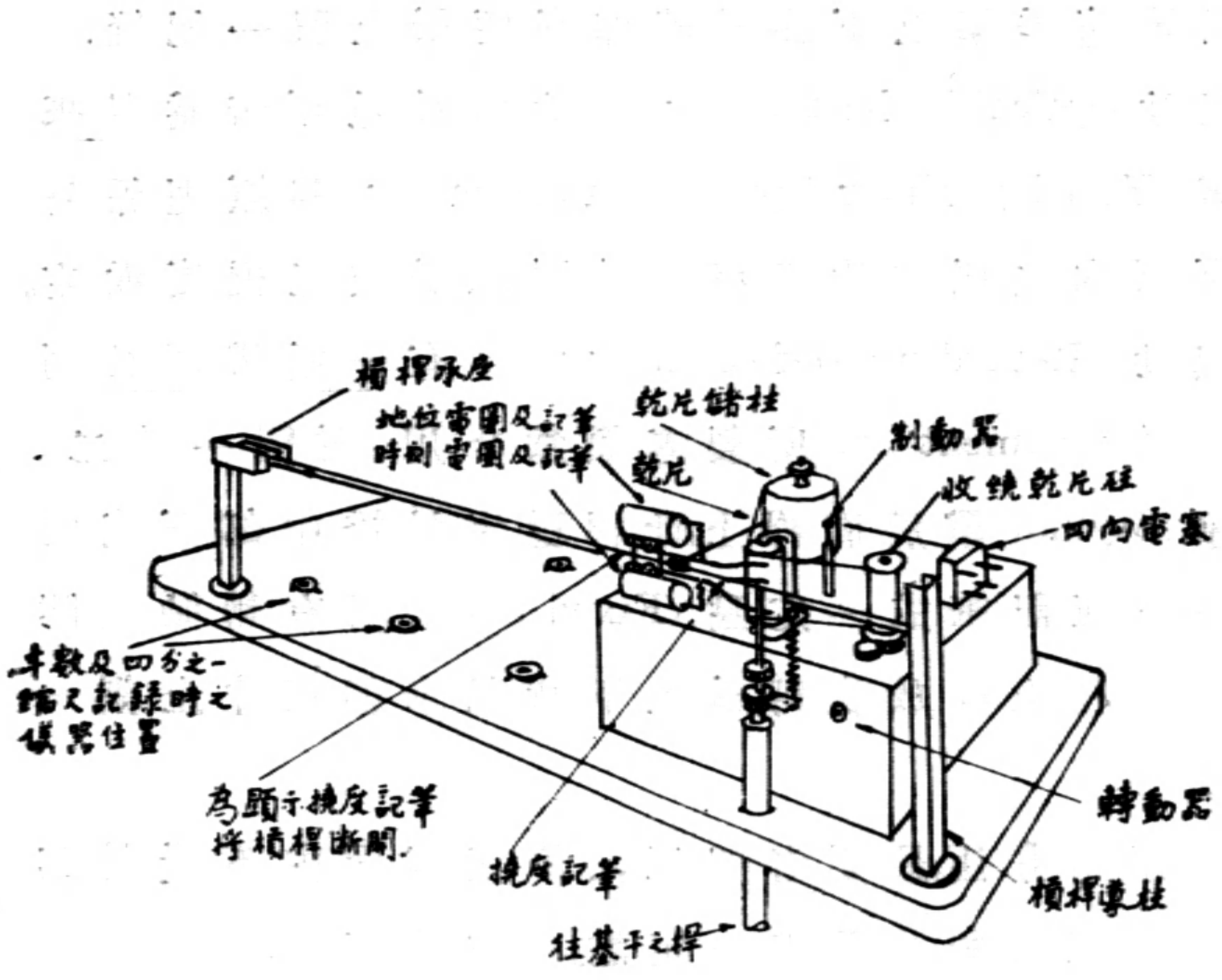
(3)機械量記法(Recarding Deflectometer)　有劍橋儀器公司(Cambridge Instrument Co.)所製者頗爲合用(附圖一及二。用一記筆(Stylus)繫於直桿上,此桿穩定於橋中部下之河床或地面上,使記筆成一定點(Fixed Point)。另有轉動之膠片,按時在片柱上收放旋轉。橋上下時,記筆即在片上劃一連續記錄。

(乙)運用方法　運用方法,最要者即使記筆在空間內不變易其位置,換言之,即使其對基點成一定點。其方法有三:

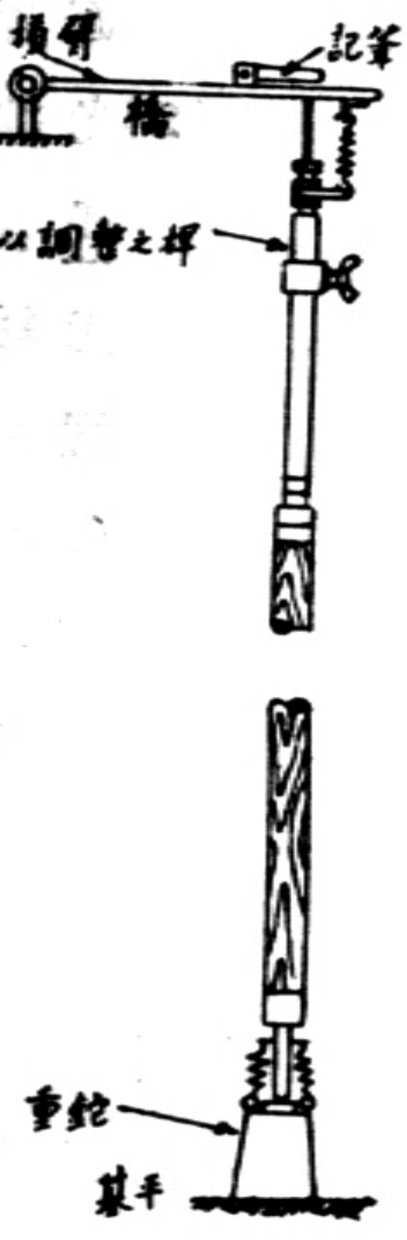
(1)用直桿與地面直接接連法　如安置儀器處橋下無水,且不甚高者,可用一短的直桿,上端繫一記筆,下端繫一垂錘,安於地上。記筆在桿上可隨意調整,以適合記片(附圖三)。

(2)緊張鐵繩法(Strain Wire Method)　此法用一長鐵繩,懸一150磅重之鐵錘,落於橋下地面或河底堅地。此繩上端聯接於橡皮彈性繩設法繫定於橋之上肢或下肢,(附圖四.五.六)。此橡片繩先令其引長4呎,將來橋上下顫動,通常不過1吋鐵繩內拉力變動極微,故繩上任何點,相對地上基點變動極微,可作爲定點論。如河流湍急,懸錘不易穩定,可在河底打一2吋鐵管,再將鐵繩繫於此管之上端。倘有量橫梁之撓度無上肢可繫鐵繩者,可照附圖七辦法,用兩根橡皮繩,分繫於左右縱梁之底,其效用與上法等。

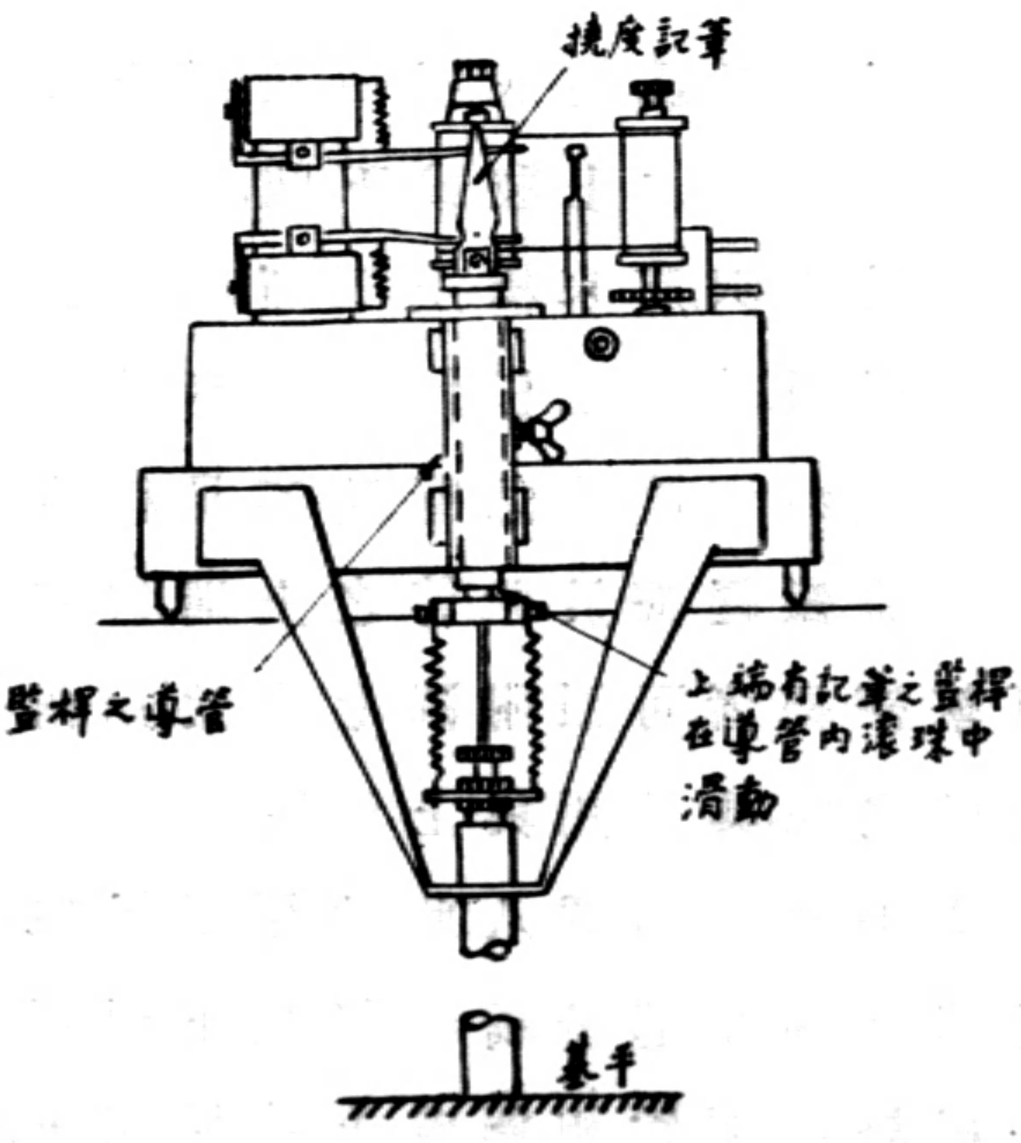
(3)繩架法(Wire Truss Method)　(附圖八)此法用兩根鐵繩,上端分繫於橋台或橋端下端,相遇於橋中部之下。兩繩相遇點繫一重錘,乃用一桿繫於繩錘相遇處,上端繫記筆,與儀器相連,此法在跨度不過100呎桿長不過15呎時效用甚好。



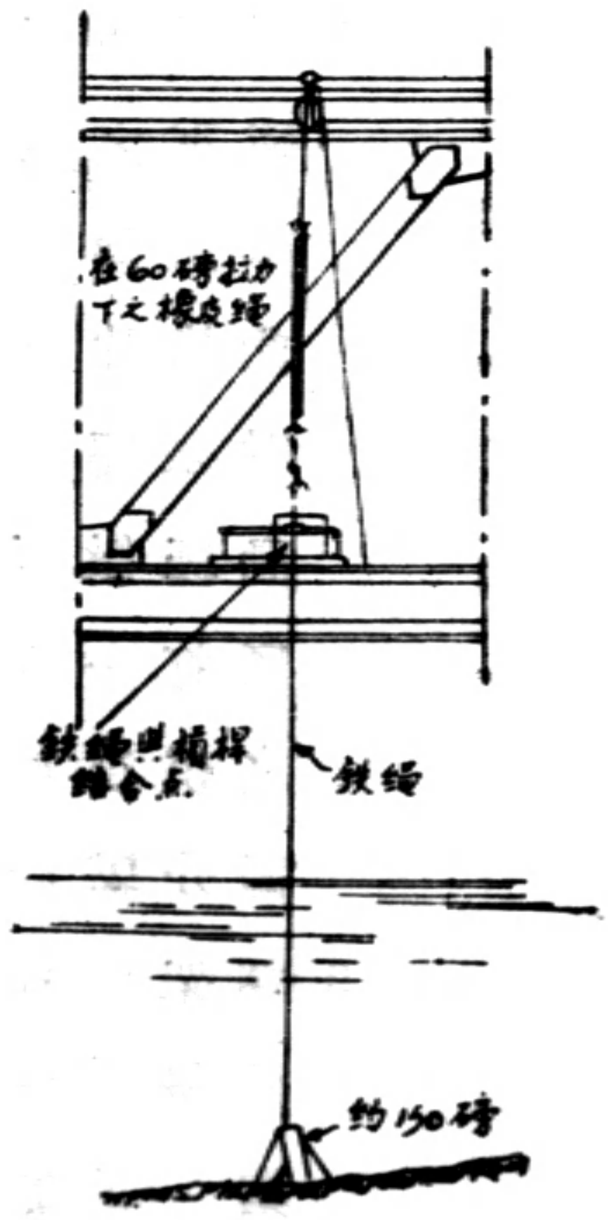
附圖一



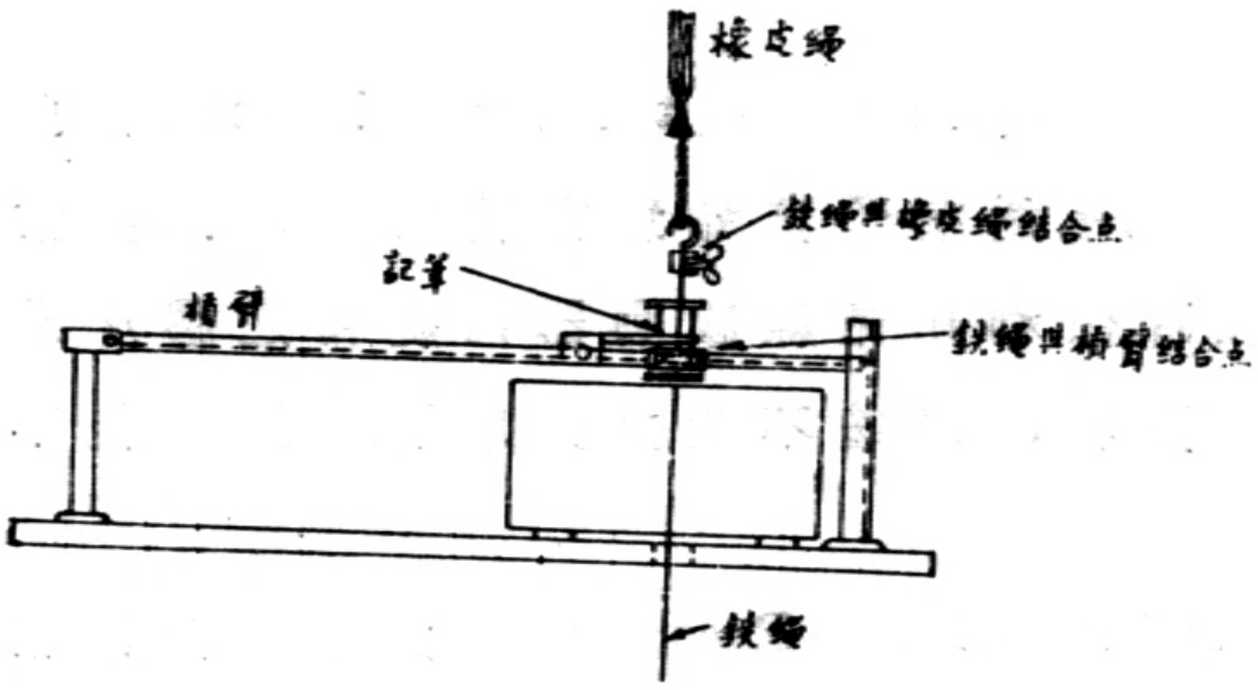
附圖三



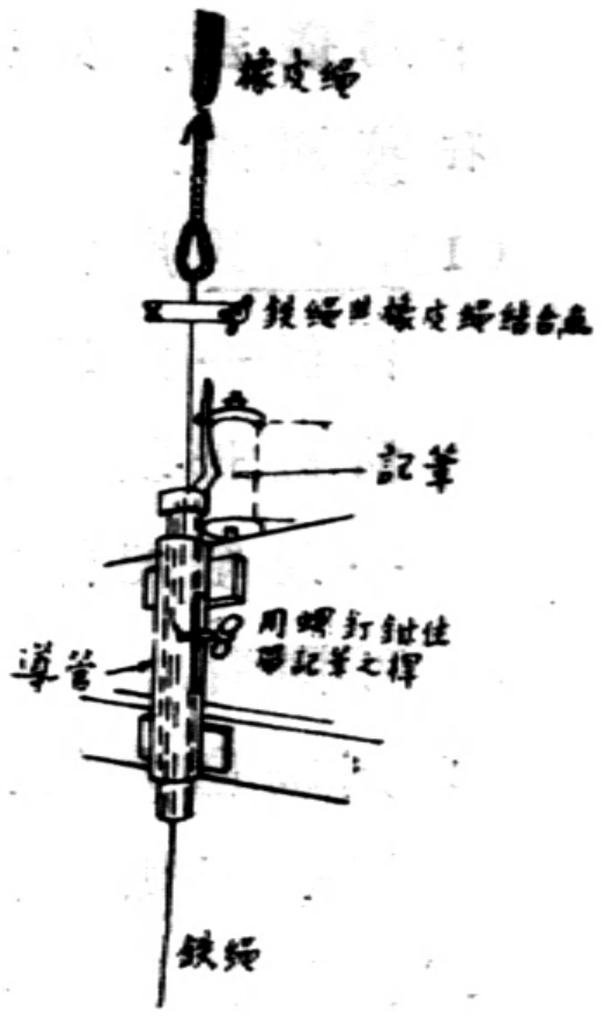
附圖二



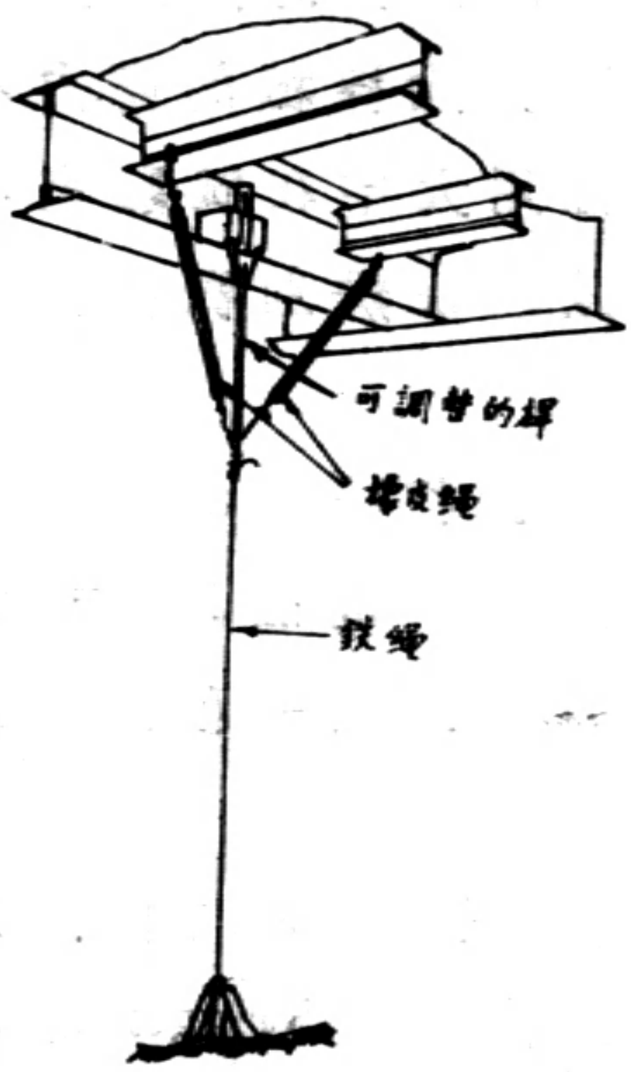
附圖四



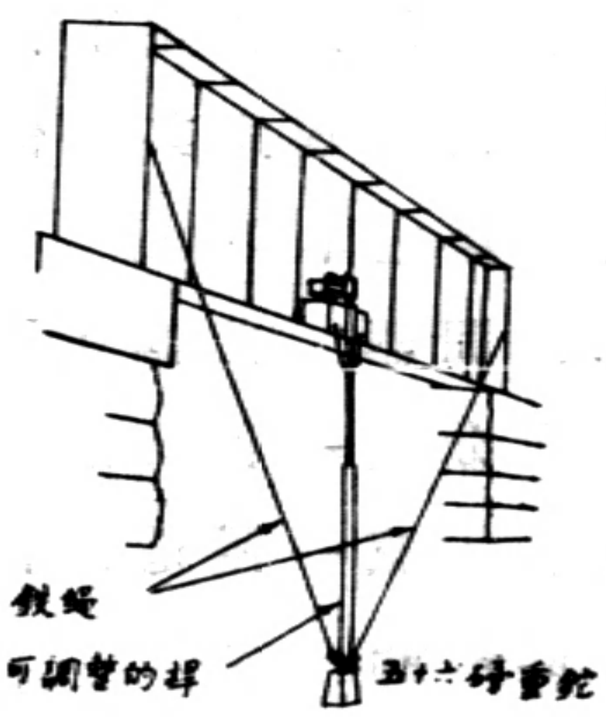
附圖五



附圖六



附圖七



附圖八

(二量記變度或應力器　此器欲得一完善之設計,非常困難。因(一)習用之規距長度(Pratical Gauge Length)頗短,桿件變度太微,不易準確;(二)橋架因速行動重所生之顫動傳至儀器,往往發生儀差(Instrument Error),於是量得之變度究係若干爲眞實變度,若

干爲儀差,非先在試驗室將此器之儀差精細檢定之不可。此器在英國通用者有兩種:

(1)費雷氏應力紀錄器(Fereday-Palmer Optical Stress Recorder) 此器係一九二〇年發明,後逐漸改良,始臻完善。所得紀錄非常清晰,毋須放大。其原理係利用光線感動器內旋轉之膠片成一連續紀錄。其不便點,在試畢後不能立刻取看,非顯影後不可閱看。

(2)劍橋應力紀錄器(Cambridge Stress Recorder) 大致與前器相同,惟紀錄係用記筆在膠片刻成,試畢卽可閱看。

以上兩器所紀紀錄,除應力曲綫外,尙有時間及輪位紀錄兩種曲紋,以便查出機車主動輪在距橋端何處時之應力。

此外尙有一種電動應力紀錄器,可免除機械的應力紀錄器之儀差,但在野外應用,不甚便利。其應用大半在試驗室中或偶在野外校對並規定其他儀器之儀差,以便辨別機械應力紀錄器所繪記錄之準確性。

(三)量記時間器 此器主要物爲一顫動桿(Vibrating Bar)其週期率爲十分之一秒。其運動原動力爲係一電磁,如普通電鈴然。此顫動桿上繫一阻電的白金條,在每十分之一秒時,與時間線圈脫離與接觸一次。

(四)量記輪位器 此器完全裝在木匣(6½"×4"×1")內,釘制在軌條內側。最前導輪駛過時,與此器伸上之旋桿(Trigger)相觸而壓倒之。此桿推轉一圓分塊,乃與兩個彈簧先接觸而後脫離,於是因電磁作用,在紀錄上記明此輪之位置。此旋桿被輪壓倒後,非用手扳動,不能恢復原位,故第一輪過去後,其第二輪並不受影響。尙有一較粗而頗有效之方法曰泥槽法(Clay Trough)。在任何主動輪之輻桿(Spoke)上縛一鐵線,使此綫在最低位置時,與泥槽內泥面接觸而留一印象。此輻桿與衡重相互角係已知數,故由此印象可以確定最大鑿擊力之時位。

工程及怎樣準備研究

趙曾珏

生產建設是復興民族的唯一要着,這是任何人都不能否認的。而無論何項生產,都離不了「工程」,現在就談談這「工程及怎樣準備研究」的問題。爲行文便利起見,分做下列四部來討論:

(一)工程之重要

(二)工程之演進

(三)工程之定義

(四)工程師之準備與修養

(一)工程之重要　現在先講「工程之重要」,我們覺得在復興民族運動中埋頭工作。如新生活教育,文化建設運動,及新經濟建設運動等等,都要以工程師的精神,努力推進來復興我們的民族。因爲我們的衣,食,住,行,都需要工程智識去解決。「食」要靠農作物,農作物所需要的肥料,就是化學工程問題。農田的灌溉,就是水利工程問題。「衣」先要有紡織,紡織就是一種工程問題。「住」要規劃市鎮建築房屋,這建築又逃不了工程問題。至「交通」即「行」,如需要鐵道,公路,水運,及電信等等建設,更無疑的是工程問題。簡括一句:「民生問題」實在是一個「工程問題」;不但民生問題如此,「民族問題」,也依工程去保障。將來國際戰爭發生,一切防禦工作,鎗炮製造,無一不是工程問題。現代新式的戰爭,是立體的戰爭,未來的第二次世界大戰,恐怕在海陸軍沒有接觸以前,雙方勝負,先在空中及毒氣中求解決,空中設備的改進,與毒氣(Wargas)之製造,都是工

程的問題,所以將來各國國防大部份的責任,還須工程師去負担!

(二)工程之演進 「工程」實在不是一樣新智識或新發明,我們可以說自有人類以來,卽有工程,我國自上古時代,因提紀之十一主有巢氏「見夫人民之無得安居也,而教民構巢」,可謂建築工程之鼻祖。黃帝時代,各種工程大備,如「命共鼓,化狐,刳木爲舟,剡木爲楫。以濟不通。邑夷作車,以行四方」,蔚然爲交通工程之開始。至於嫘祖之養蠶製絲,開紡織工程之先河。其他如「揮作弓,夷牟作矢」實爲防禦工程之嚆矢!所以古代工程,可簡分爲「軍事工程」(Military Engineering)及「民事工程」(Civil Engineering)兩種。大禹治水,在外十三年,實爲最偉大之水利工程專家。其他例如我國秦代建築長城,隋朝開掘運河,都是亘古未有的偉大工程。又如埃及的金字塔,也是古代有數的工程。但在十八世紀以前的工程,大都偏重於土木方面,祇限於築路,造橋,河海工程等。工業方面,也祇限於手工藝。所以機件質料,無非鑄鐵供用。這時代可稱爲「非動力工程時代」。十八世紀末葉工程界發現一個極大的變化,就是瓦特發明蒸汽機和高德(Cort)發明掏法鍊鋼。十九世紀開始。司梯芬生發明蒸汽火車頭,爲工程界放一異彩,實開工程界之新紀元。自此而後「動力」(Power)一字,引起工程界注意,而工程界的範圍,也因之擴大。又因建築鐵路,而有鐵路工程師。同時機械工程(Mechanical Engineering)也從土木工程中分出一支。所謂機械工程,包含動力的發生,動力的傳至皮帶,和動力的應用於機械等等。因爲無論何種現代工業都需用動力和機械的緣故,所以我們可以說從這個時期起爲「動力工程助長時代」。在這個時期裏面,各都市工業發達,一般人民都湊集在都市中謀生活,因而土木工程又添兩支;卽一爲市政工程(Municipal Engineering)專規劃建設街道及市區其他一切建設;一爲衞生工程(Sanitariny Engineering)解決市民的衞生和供應問題,如給水排洩污物及公衆衞生設備等等。同時因化學及冶金科學的改進,又有鑛冶工程(Mining Engineering and Metallurgy)的成立。

上面所講的動力，祇限於蒸汽機或水輪所發動力，用於就地或限於局部而言。「動力」既不能傳佈較遠，應用自不能普徧。但自十九世紀中葉以來，因麥克斯威爾電磁論之發明，法拉台之實驗，加以歐美多數學者之悉心研究，發明發電機（卽俗稱馬達）。十九世紀之末，世人纔明白利用熱力或水力以發生大量便宜的電力，再將電力傳輸至遠近各處。甲地所發動力，可以用於乙地，其傳輸遠者，可在七八百公里以外，打破空間之限制，工程界又闢一新紀元。故自二十世紀起，我人可稱之謂「動力工程漸趨完成時期」。電氣之應用愈廣，電機工程亦於斯時由機械工程中分曰出。今之電機工程，又可分爲若干專門：最要者大約可分爲「强電工程」與「弱電工程」兩門。强電工程，又可分爲發電，輸電，及用電等。弱電工程又可分爲電話，電報，電氣傳眞，及無綫電等。總之科學愈演進，工程之範圍亦愈廣大，而其分類愈衆多，研究亦愈專精。最近化學之製造，愈形發達，而化學工程，又自成一系，現代工程師對於結構學之研究，使橋樑等建築，有完全之把握。故結構工程（Structural Engineering）又自成一系。內燃機之發明，使機械工程開一新紀元，現代之汽車及飛機得以完成。而「汽車工程」及「飛機工程」又爲工程界之最新產兒。

(三)工程之定義　「工程」二字，昔人每稱之爲「技術」，其實不盡然。因技術注意在「做」或「行」，例如駕駛汽車，可稱爲技術，但駕駛術精之汽車夫，未必能知汽車工程之原理與夫內燃機之構造，故絕非工程師。工程師不但自己會「做」或「行」，和指揮他人去「做」或「行」，并須具有更緊要的條件就是「知」，要知其所以然，故工程師須知之而行之。孫中山先生曾說：「知難行易」。而工程師的準備工作，大部份却在求知上。「行」是技術，「知」便是科學。因爲科學是一種有系統的求知或使人知的學問。自從十八世紀以來，便有不少學者，擬定「工程」二字之定義，但都不甚妥當。最近美國哈佛大學教授史瑞（G. F. Swain）氏規定「工程」之定義爲「工程者乃以經濟之方法，利

用自然界之定律能力與材料供人類享用之科學與技術也」，闡論甚爲透澈，吾國秦代建築萬里長城，徭役人民四千餘萬，埃及在西歷紀元前二千九百年建築金字塔。據我人估計，每只金字塔之建造，用工人三十六萬，尙需時二十年。人工之浩大，可想而知，此項古代建築，與其稱之謂「工程」，不如稱之爲「奇蹟」。因其中不知浪費若干資財犧牲若干生命，虛耗若干年月！而對於人類是否需要，係一大問題。現代工程須講求經濟。所謂「經濟」兩字，乃以最少之資財，最短之時間，完成一可靠而有益人羣之事物。

(四)工程師之準備與修養 工程之定義，既如上述。吾人實不難想像工程師應有之條件，卽其所需要之準備與修養。茲分兩層陳述：一爲工程師應有之學術準備；二爲其個人應有之修養。兩者缺一不可。

(甲)學術準備 工程師既須應用自然定律能力與物質，以經濟方法爲人羣謀福利，則凡欲研究工程而爲工程師者，須具下述最重要之學術準備：(一) 對於自然科學，必須有相當之深刻研究，俾對於自然界之定律與能力得充分的瞭解與運用。此層包括物理學，數學，力學，化學，及邏輯學之研究。凡此皆爲工程師應有最基本之科學。換言之，世上一切工程，均建築於此數種科學之上。工程師非數學家，當然不必如數學家，殫精研究數理。但如算術，幾何，代數，解析幾何，微積分，及運算微積等，均應有相當之造就。至於理論力學(Theoretical Physics)實爲電磁學及應用力學之基礎，工程師隨處講「力」，不可不有深入顯出之研究。工程師不論所作何項工程，逃不了材料之選擇與運用。故關於其所學工程有用之材料，必須詳悉其性質。以最適宜之材料，用於最適合之地點，然後可以獲到最高之效率。例如飛機上之木材，須用引伸力與密度之比最高之材料，吾人現已搜求而獲得之。其他如高速度高熱度之鋼則有鎢鋼，鎗炮及高速機件上均運用之。吾人須知工程上有不少失敗，均由應用材料之不當！(二) 工程師應富有經濟常識(Economic sense)

與商業常識(Business sense)。工程師與純粹科學不同。後者爲探求眞理,不必注重經濟。工程師須求經濟與實惠。優良的工程,必須經濟;換言之,工程師必能以一塊錢完成常人所需二塊錢的事。此話似不甚合理,但事實是如此。因爲工程師建造任何工程,必須研究成本所費若干,維持費所需若干,兩項推算起來,久而久之,相差若干?多費成本抑多費維持費更合理化?凡此種種,工程師均應用其經濟常識,精細考核,務以實惠經濟爲歸。例如造橋,工程師於運用其技巧及結構學識之前,先決問題,卽須研究此橋有否經濟上或商業上之需要,在何時建築最適合環境之需要,在何地建造最爲便利最有發展。吾人要知如橋址之選擇不妥,不但不能供人羣之應用,且虛擲金錢,反有妨一地之繁榮。抑又有進者,工程師不但須知應用天然材料,並應儲藏自然界之各種材料,以防將來匱乏。故優良之工程師,決不浪費任何材料,此種經濟常識,凡學工程者,均應準備而具有之。

(乙)關於個人修養　工程師之成功,決不能專恃其學識,尤賴乎個人之修養。故學術修養兩層,實同樣重要,除耐苦,負責,堅忍,專心。自信力,有秩序,守紀律,及廉潔等應有之條件外,工程師尙應有以下之修養:(一) 組織能力。工程事業非一人或隻手所能興辦,工程之大者或須數千百人。工程師須組織有方,領導得法,偉大之工程,始克底於成。工程師之缺點,每有學識優裕,而對於人事問題,往往應付欠當,功敗垂成;或內部發生困難,使計劃不能實現!(二) 判斷力。工程師應有健全敏捷之判斷力,往往一種工程,有數種不同之計劃。工程師應自學校中卽訓練其判斷力,務使遇有此種問題,能當機立斷,無疑惑不決之狀!(三) 平心靜氣。工程師應隨時平心,靜氣,對於任何問題,務依實際情形求其解決。不存偏心,不具成見,心地常保持其平衡與坦白。諸葛武侯所謂:「吾心如秤」。工程師能學得此點,研究各種問題,當能達到最大成功之地步。(四) 創造力。優良之工程師,必不墨守成法。當隨時隨地運用其學識,創用新方法,

以適應環境,所謂不讀死書,能融會貫通而出自心裁,以興建新工程者,實爲工程師之上乘。此種工程師,吾國尚不多見,願與吾國工程界工程學生共勉之。(五) 體魄之鍛鍊。工程師須能知能行,心力並用。故決非體魄不健全者所能勝任。且工程師實爲文化之先鋒,即窮鄉僻壤,工程師應不避艱險以身赴之。如國家有事,工程師亦須躬赴前綫鎮靜工作。故工程師應於求學之時,隨時鍛鍊其體魄,務使身心俱健,始能應付日後艱難困苦之工程工作。(六) 工程師之見識不嫌其廣,而於世界著名工程師之傳略,尤應多所閱讀。前人之失敗,更應注意,可資借鏡。其他於其本身研究之工程,不嫌其精,應隨時研閱專門雜誌,務使其智識不落伍,學術更精進。如有餘暇,不妨旁採博覽,以廣見聞。從前有人說過:「我們研求學問,對於普通學問廣闊,要形成埃及金字塔的底圍;對於自己的專長,要非常高深,好像金字塔之頂」。這兩句話方可代表準備研究工程的人應有之精神!但我們雖努力讀書,不能讀死書,或死讀書。還要像上文所述,應具有十二分融會貫通的能力!

河工及鐵道工程用之濾過式石堰

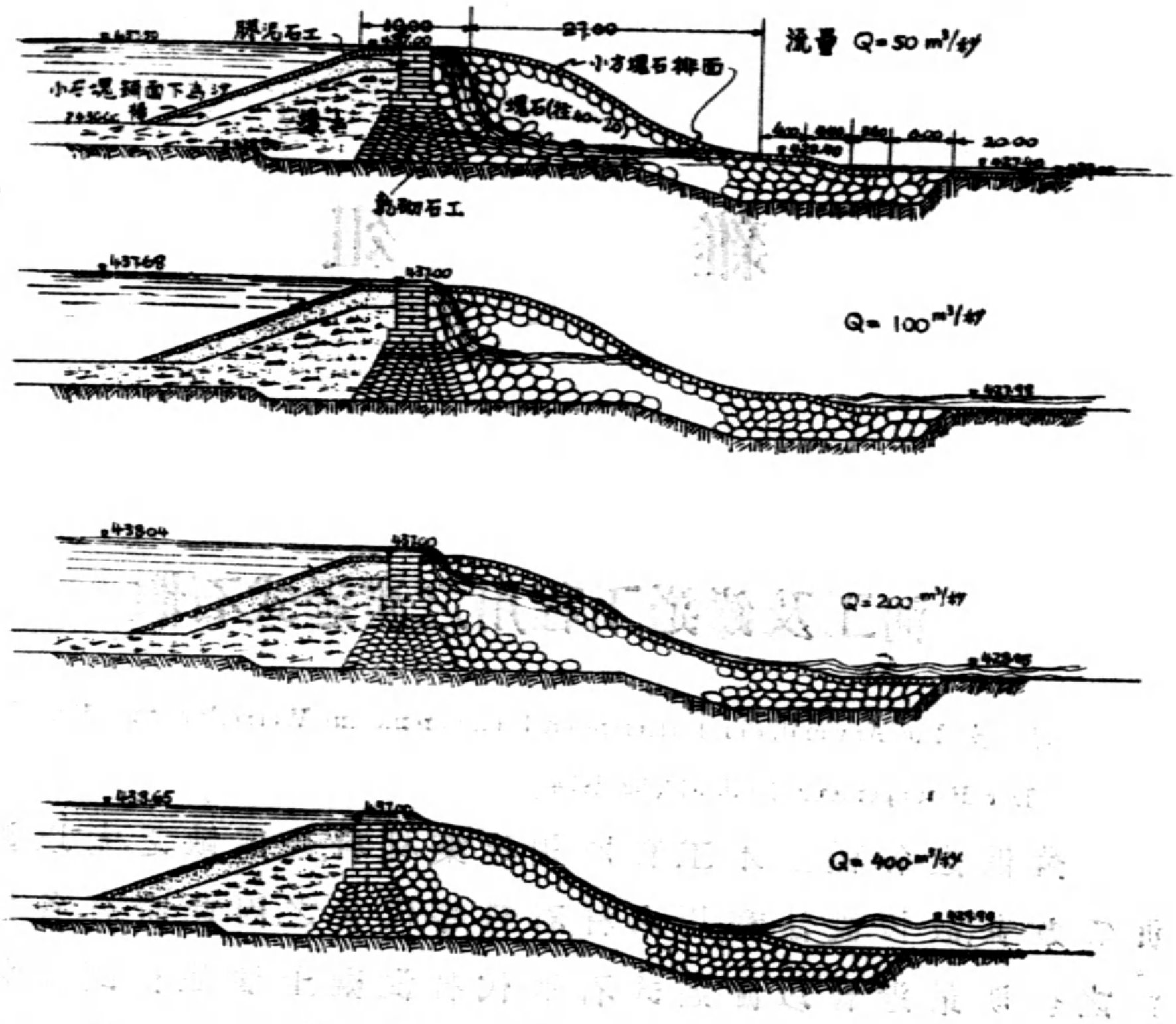
(原文:Die Anwend. der filtrierenden Steindamme im Wasserbau und Eisenbahnbau; Der Bauingenieur, Heft 51\52 1934.)

蘇俄之各種土木工程所用建築材料,甚感缺乏,尤以鋼鐵水泥等爲甚,故恆設法利用木材石料等代替之。因此時有各種新方法之發明。最近曾以濾過式石堰代替混凝土堰,並得到良好結果。

此種濾過式石堰之建築,最初在 Uliba 河發電工程中採用之。在 Tichaja 與 Gromotucha 二河合流之下游 Uliba 河附近設一水力發電所。另在 Tichaja 河上設一石堰,並用長 8.3 公里之木製壓力導水管,及長 1.4 公里之壓力隧道,以導上流之水。兩端之有效落差爲 155 公尺,常時流量每秒爲 14.2 立方公尺。共用三座 Francis 透平機,預定可得一萬三千馬力。水量之調節,則在 Gromotucha 河之上游行之。

石堰工程之大概,如第一圖所示。堰之核心爲土堰,與塊石堰所組成。堰之下游側,用 20－40 公分徑之石塊堆積作爲濾水之用。其表面另用重達 4 公斤,經 0.90—1.50 公尺之石塊或混凝土塊壓覆於其上(試驗堰係用小石塊舖面)。水位高漲時,水由堰頂溢出,經由下游側之廣大隙縫,自可從容濾出。

依模型試驗之結果。如第一圖中之 a 及 b,溢水時所起之勢



第一圖 濾過式石堰

力,流經石縫漸次消失,出石縫後,即成極平靜之水流,惟過理論上之最大洪水量,即每秒流量達 45) 立方公尺且源源不絕而來,致水位超出堰頂 1.8 公尺以上時,方始發生亂流而起漩渦,如第一圖之 d,該發電所所用之石堰完工後,所得之結果,與實驗結果相比較,僅對於下游側石縫之有效程度,及覆被工程,略有研究考慮之餘地。

濾過式石堰之方法,自一九二九年以來,在鐵道工程上仆經採用,並得相當良好之結果,鐵道工程用石堰之構造,如第二圖所

第二圖

示。工程完成後，經愼重試驗其結果與模型試驗之結果相同，水流通過石隙時，並無任何危險現象發生。結果甚爲良好。鐵道堤內部發生冰凍現象前此時有所聞，但此種石堰之內部，雖在嚴冬時，尙不致凍結，且恆可保持比較外界較高之溫度云。

Mcskau-Donezb cken 間之運貨鐵道線上曾採用此種方法不少。其成效甚佳。

（趙國華譯）

批撒塔傾陷現象在土壤力學上之解釋

（原文：K. Terzaghi, Die Ursachen der Schiefstellung des Turmes von Pisa, Der Baningenieur, 15 Jan. Heft 1—2 1934.）

「批撒」之斜塔，係載於厚 8 公尺之比較的可以透水之微砂層上。下層卽爲表面略成水平之非透水性之粘土層。至今該塔尙在沉陷傾斜之中。其傾陷之理由，往昔以爲由於此種微砂層內因地下水之流動，使土壤粒子被水洗出而致之。或以爲微砂層之膠力薄弱之故。但據土壤力學之創立者 Terzaghi 博士之學說以解釋，則該塔之沉下，全由於砂層下之粘土層漸被壓密所致。茲就其原意節譯於下。按土壤力學之研究在此十餘年內極爲風行。本篇介紹之原意不過藉此比較普通且略具興趣之文字，作爲移植此種新科學之先鋒。至於詳細之學說，容後再行介紹。

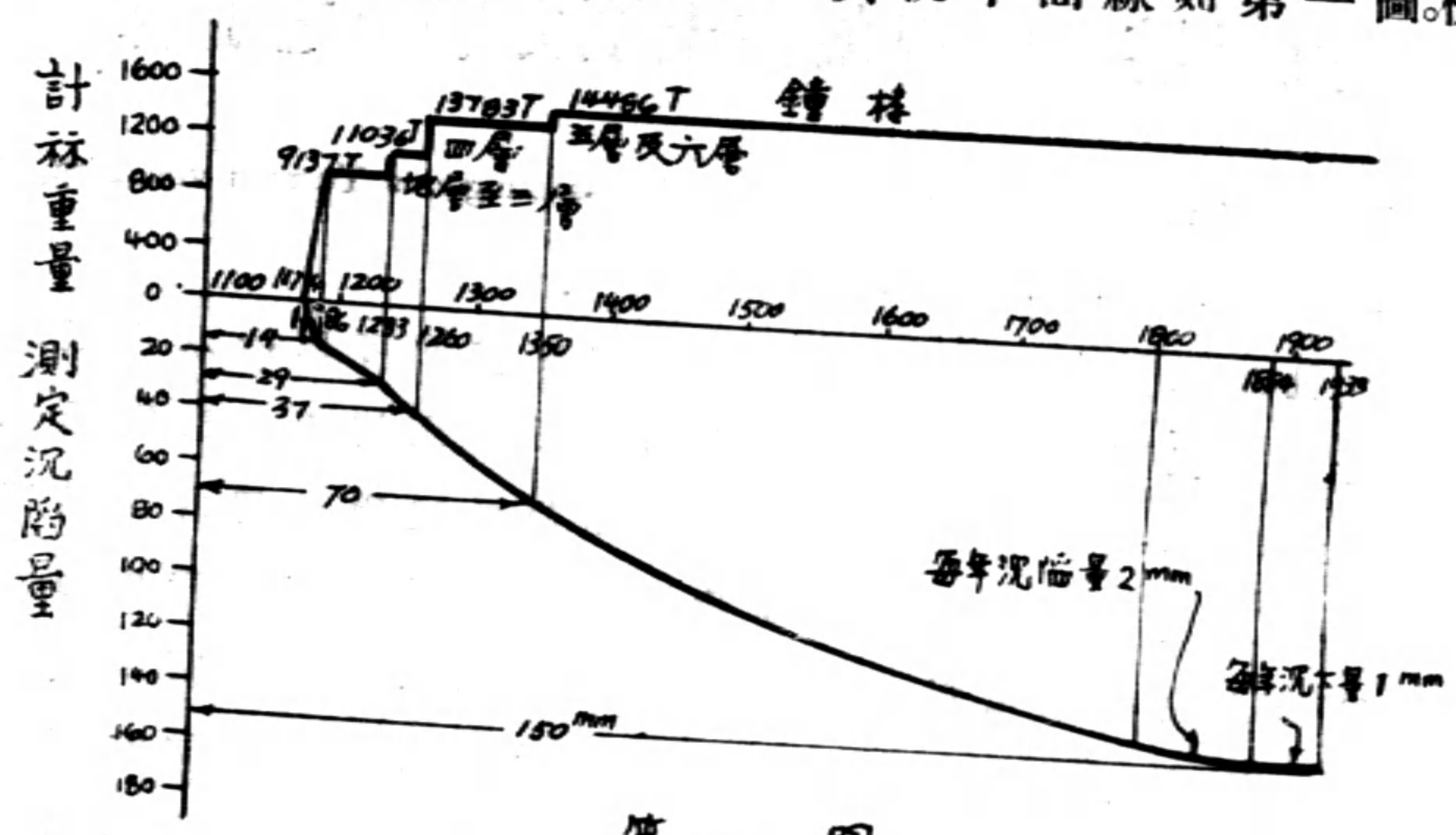
批撒之市街，位於奧納河入海口之平原。根據調查，該處附近之各種泉井地下水位之深約達 50 公尺，以下卽屬第四期之海岸堆積層。斜塔之基礎，經最近在塔旁鑽探深凡 15 公尺之結果，約在基礎下面與粘土層間之 8 公尺爲純砂層及粘土含砂等不規則之交互層。8 公尺以下，卽屬比較的不透水之均質粘土層，直達試鑽之深度爲止，尙無其他層次發見。

該塔之基礎，入土甚淺，且不打樁。該塔自一一七四年着手興工以來，塔之中央點，迄今已沉下 2.4 公尺。但假定建築時之基礎底面略與其周圍地面齊平。

根據古代記錄，該塔興工於一七一一年，在未完成高 11.151

公尺之基層時,卽開始沉下。並偏向中心線南部起傾斜。爲求雅觀及安全起見,建築時使各層樓板皆與基層平行。直至一一八六年砌至第三層時,因沉下程度甚爲顯著,工作一時中止。迄一二三三年方始着手建築第四層。其後又暫中止。直至一二六〇年建築第五層及第六層。最後至一三五〇年,方將塔項鐘樓造起。

各層施工時及一八〇〇年一八八四年間,曾測定塔之中心點之位置。根據此種記載,求出時間與沉下曲線如第一圖。橫軸表



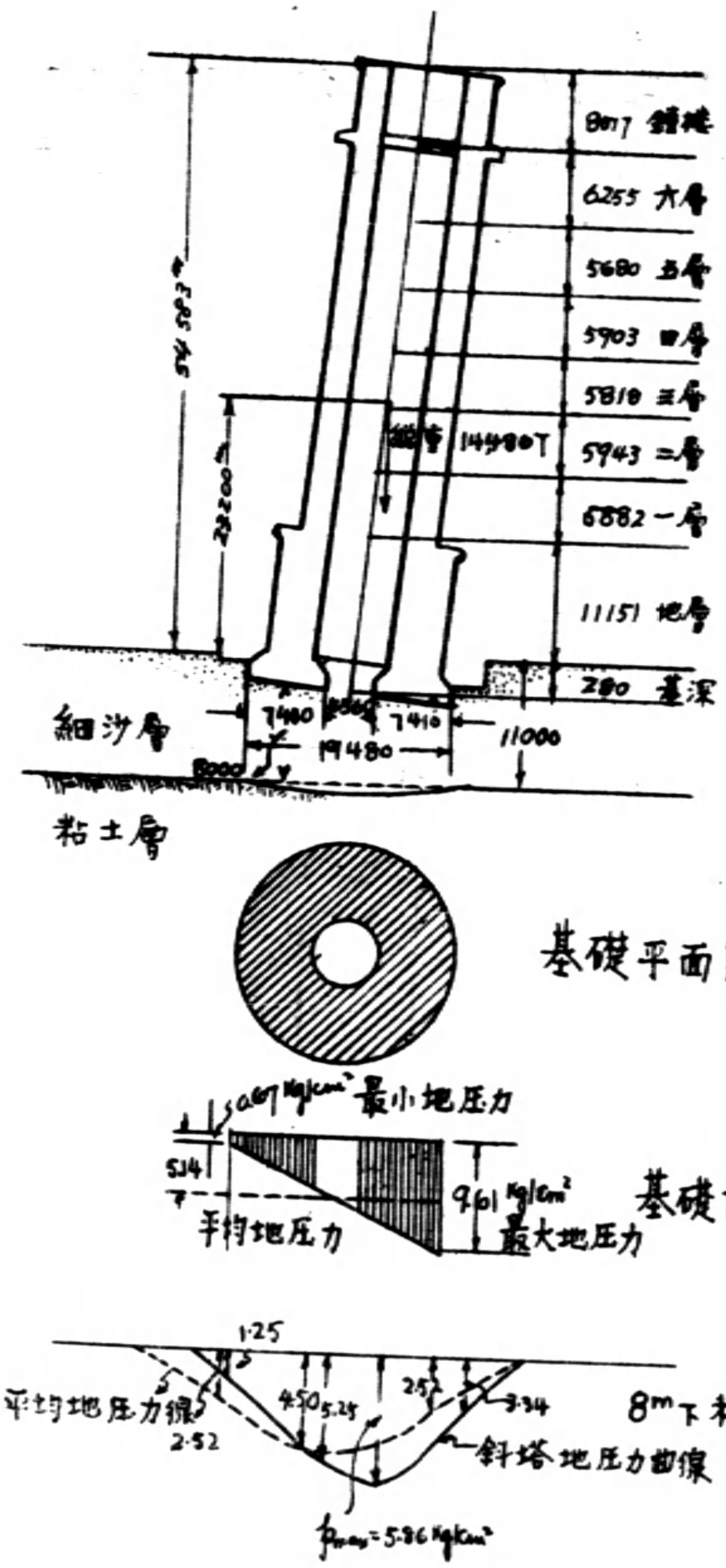
第 一 圖

"批撒"塔沉陷量與時間曲線

時間;縱軸之上部表示逐次各層增加之載重(公鐓),下部表示沉陷之最高點與最低點之差額(公分)。目下中心線之沉下量爲2.4公尺。最高部爲 1.6 公尺,最低部爲 3.2 公尺(見第二圖)。

該塔之基礎下部,假定爲環狀平面。基礎直下之反力,因載重偏斜之故,乃成梯形。最小壓力爲平方公分 0.67 公斤。最大爲 9.61 公斤。平均壓力爲 5.14 公斤。基礎下 8 公尺處之粘土層表面上所起之反力,依 Boussinesq 氏之算式,算得最大反力爲每平方公分 5.86 公斤。塔心附近爲 5.25 公斤。平均最大反力爲 4.5 公斤不甚顯著。

以前關於此種沉下原因之解釋,大致分爲二種,卽地下水之浸蝕說及靜力學說。建築家 Gheradesca 曾於一八三八年至三九



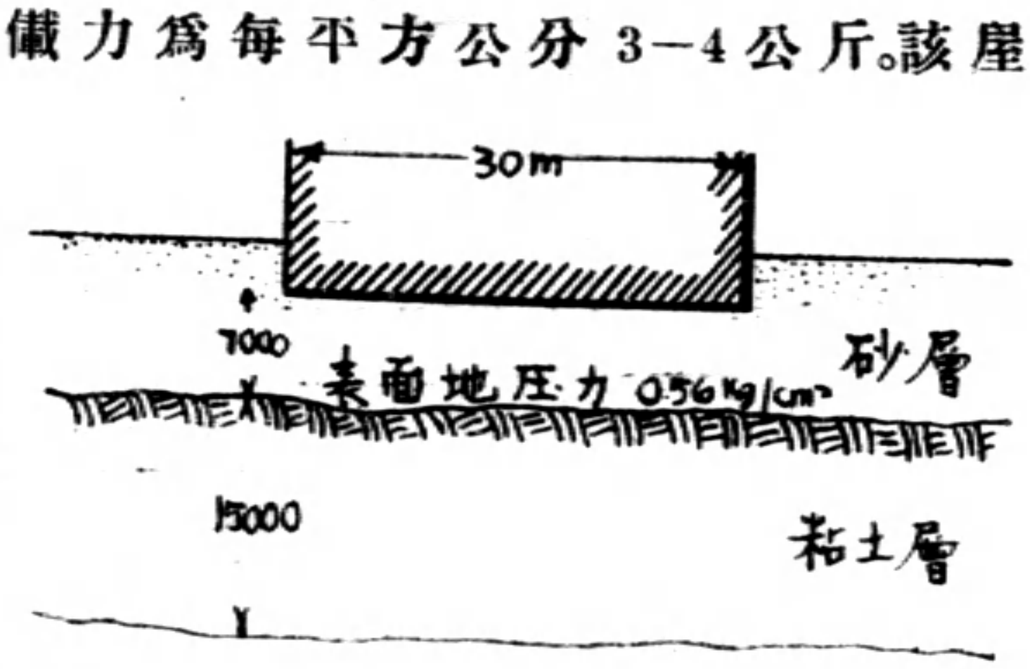
第　二　圖

年間,爲求明瞭塔之全貌起見。曾在塔之周圍掘溝一道,並作擋土牆以圍之。溝深達地下水面以下時,水卽湧出,將土內之微粒帶流而去。依此現象,作爲地下水浸蝕說之根據。但湧水量爲每秒爲 0.1 至 0.3 公升,順水帶去之微細土粒每年共計爲 0.25 公斤,不過一極小量耳。如依第一圖所示之沉下曲線上之最小沉陷量每年爲 1 公厘時計算,每年需洗去 100 公斤之乾燥土粒。與實際洗去之數相差太遠。如是用地下水浸蝕說以解釋該塔之沉陷現象卽失其根據。

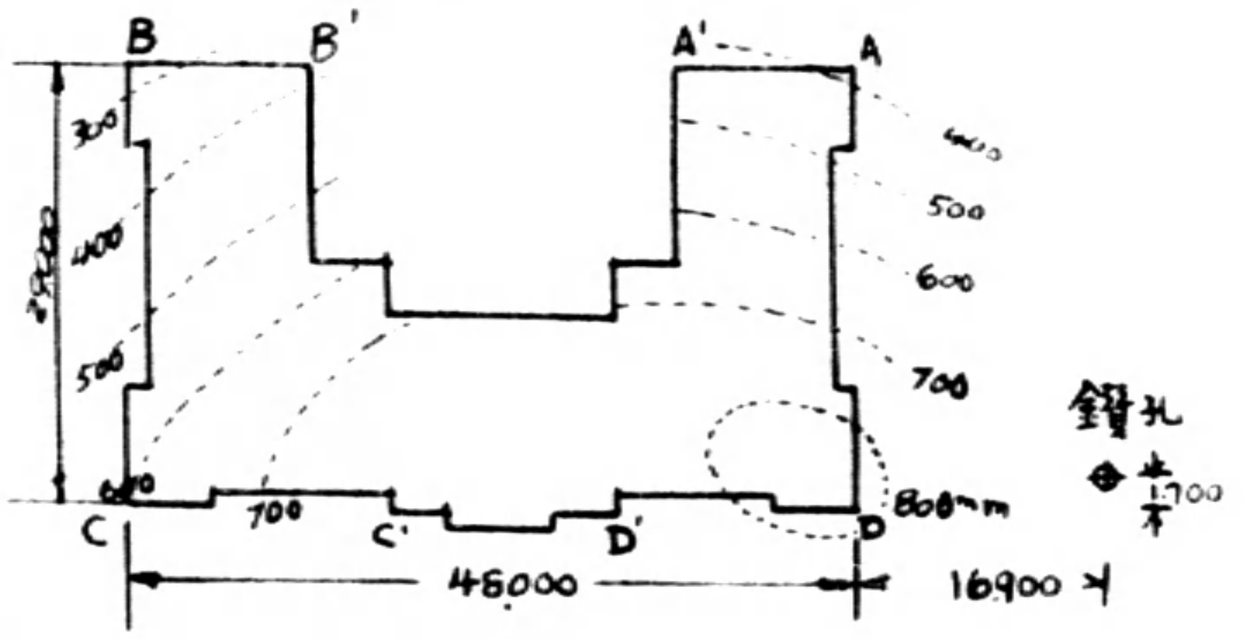
又依靜力學說,以爲塔之沉下係由粘土層之上面至基礎底面間之 8 公尺厚微砂層,其勝慴力非常薄弱所致。但此項因透水性砂層之壓實所起之沉下現象,大部分必在建築進行中發生,而依時間沉下曲線上所示,工程完成之後並無發生特異之折曲,而成略似之定數。且此種時間沉下曲線之型式,一如夾有透水層下之厚粘土層之壓密曲線。因此 Terzaghi 博士卽主張該塔之沉下乃爲粘土層壓密所

致。

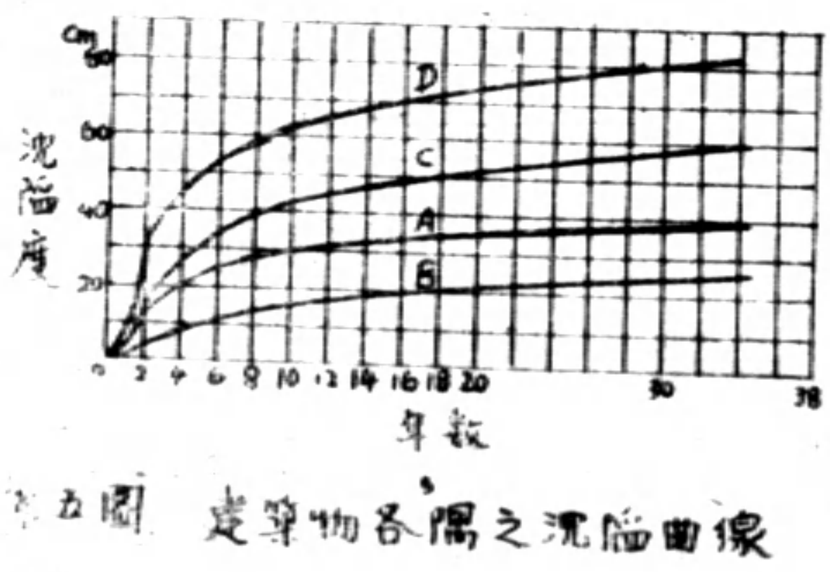
某處一屋基,係載在厚 7 公尺之純砂層上,下爲15公尺厚之粘土層(第三圖)。砂層上所負之壓力爲每平方公分 3—4公斤。該屋建造後四十年,測定B 角與D 角之沉下量爲30公分及80公分(第四圖)。各點之基礎下之時間沉下曲線如第五圖所示。爲求明瞭沉下現象起見,於基礎地基D 點附近施行鑽探,鑽時採用不擾亂其自然狀態之方法,採取粘土之標本,以試驗粘土層之壓密與沉下量間之理論的關係。結果如第六圖所示。鑽孔地位適與建築物之A 點相當,其總沉下量約爲40公分。由實際測定之曲線與第六圖所示之理論曲線相比較,非常相似。惟理論與實測間之不同部分,僅爲一具有水平漸近線,而實測曲線上則爲每年起5公厘之傾角之直線。關於此種現象博士另有詳細之說明。



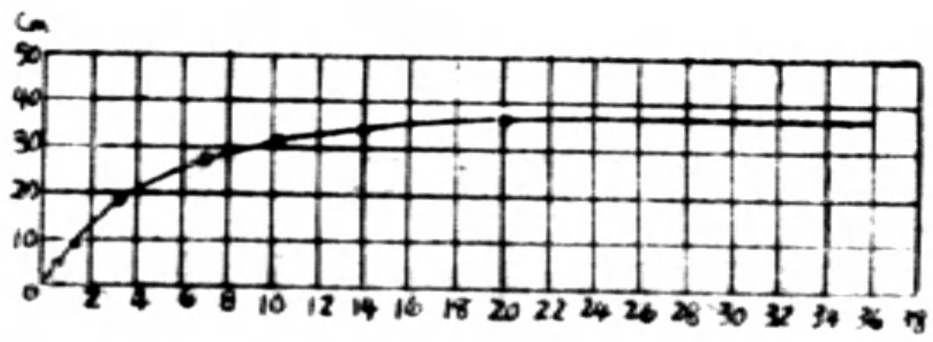
第三圖 某建築物下之地質



第四圖 建築物之沈陷量等高線



第五圖 建築物各隅之沈陷曲線



第六圖 建築物之沉陷量之計算值。

依此實例,與批撒塔相比較,同屬載於具有水平面之粘土層上,中間皆夾有砂層,且各起傾斜之沉下,惟沉下量及其速度各別不同,實由批撒塔下粘土層上所負之最大壓力每平方公分爲5.86公斤,實例爲0.56公斤,又因粘土層之厚度與透水率皆有出入之故。

粘土層之厚度與透水率對於沉下量之影響,依土壤力學之理論,凡厚度d_1,透水率k_1之地層,受強度p_1壓力所起之最大沉下量之百分之九十五時所需之時間設爲t_1。則厚d_2,透水率k_2之地層。在另一強度p_2壓力下起最大沉下量之百分之九十五時所需之時間t_2間之關係爲

$$t_2 = t_1 \frac{k_1}{k_2} \frac{d^2_1}{d^2_2}$$

應用以上之關係式,及實例中所得之結果,以證驗斜塔沉下現象。今實例中之d_1爲15公尺,t_1爲17年。透水率因粘土層中含有多量水分與細泥故較大。批撒塔下之d_2爲30公尺等於d_1之二倍。k_2爲k_1之十分之一。如是批撒塔達總沉下量百分之九十五時所經之年代爲　　$t_2 = 17 \times 10 \times 2^2 = 680$年

與實際年代非常巧合。

由以上之解釋:批撒塔之傾斜沉陷,乃由砂層下之粘土層被壓密所致。故單將上部砂層設法硬化,或將土粒防止流出等方法,皆不能制止斜塔之沉下也。　　(趙國華譯)

多性芳式地基勝儘力測定機

(原文見 Le Compressimétre Drosinfang, Pour la Measure de la resistance du sol. Le Génie Civil, 26 Jan. 1935)

比利時人多性芳(Drosinfang氏現發明一種地基勝儘力之測定機,輕便實用茲特介紹其原理與用法如下。

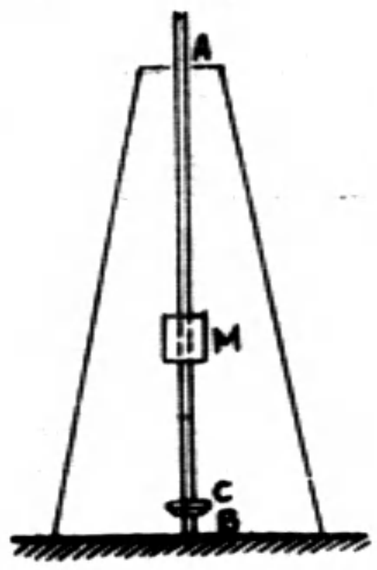
設重量P之鐵錘由H高落下,向重p之樁頂打擊。此時樁以

初速 v,受抵抗力R 向地中沉下,達深度 h 而靜止。如是必成立以下之關係式。 $$Rh = \frac{m+M}{2} v^2 = \frac{P+p}{2g} v^2$$

但 $$v = \frac{VM}{M+m} = \frac{VP}{p+P} = \frac{P}{P+p}\sqrt{2gH}$$

$$\therefore \quad Rh = \frac{P^2H}{P+p}$$

氏根據力學上之原理,造成一可搬式之機械。如附圖所示,該機有長 1.7 公尺,斷面積 1 平方公分之金屬棒,其下部C 另附受錘座。棒之上部刻有分格,另用,三脚支架。並於錘之中間對穿成孔套入棒內,可以自由上下。



多性芳式地基勝儀力測定機

用時先將測定機安置於所定之位置後。即將鐵錘M 提至最高之位置,直落至受錘座項C。由A 處讀得沉下量設爲 h。今 P,p 及H 爲製造上之常數。R與 h 之積自爲一常數。該機械值定爲 8。

如斯地基勝儀力R 與沉下量 h 成一等邊雙曲線函數。

據多氏之結論。在等邊雙曲線中央部分之沉下量2－4公分間所得之結果,甚爲可靠。如沉下量在 2 公分以下,可以該曲線之切線代替之。在 4 公分以上,則以h=0.12 公尺, R = 0.3 公斤/方公分時之雙曲線代替之。因 h =0.12 公尺時,等邊雙曲線上之 R 值爲 0.667 公斤/方公分。依實地試驗之結果,略嫌過大,爲安全計,故用 R=0.3 公斤/方公分作準。

用此種機械以測定中粒之砂層,及略近可型性之土質,所得勝儀力之結果,與用大規模之靜的勝儀試驗結果,頗相一致。而其輕便經濟則較勝遠甚。故上項發明殊堪寶貴。 (趙國華譯)