

年

卷

期

13

5

第

第

工程

月刊

第十三卷第五號

民國二十九年十月一日

目錄提要

戰後中國工業政策

長方薄板撈皺之研究及其應用於鋼板梁設計

連桿與活塞之運動及惰性效應

論電氣事業之利潤限制

鼠籠式旋轉子磁動力之分析

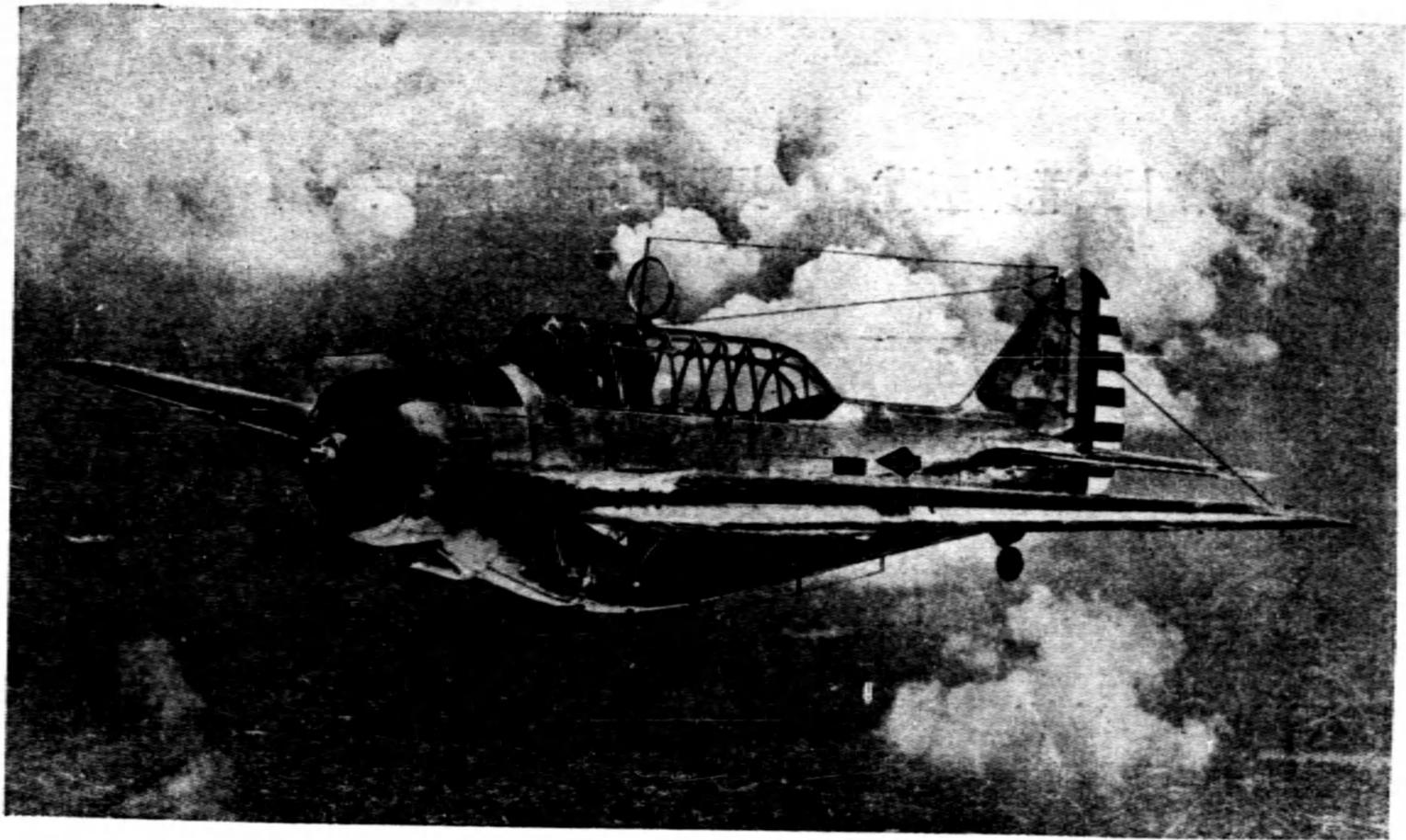
蒲河閘壩工程施工之經過

電話電纜平均之原理及其實施

中國工程師學會發行

商務印書館香港分館總經售

RCA 真空管供應全球通訊



安全雖為商業與軍事飛航最重
要之問題尤推無線電儀器為主
幹真空管是其靈魂 RCA 真空
管為最優良者 RCA 廠所出之
真空管為無線電界服務已超過
三萬萬有奇下列各項無線電用
品優點特著

- ▲環球通訊網
 - ▲軍警電機
 - ▲廣播電台
 - ▲電遞字機
 - ▲收音機器
 - ▲電影傳真
 - ▲航海電訊
 - ▲業餘電訊
 - ▲航空電訊
 - ▲有聲電影機
- 亞爾西愛勝利公司遠東分行
香港華人行九樓

RCA MANUFACTURING CO. INC.
FAR EAST BRANCH
China Building
Hong Kong



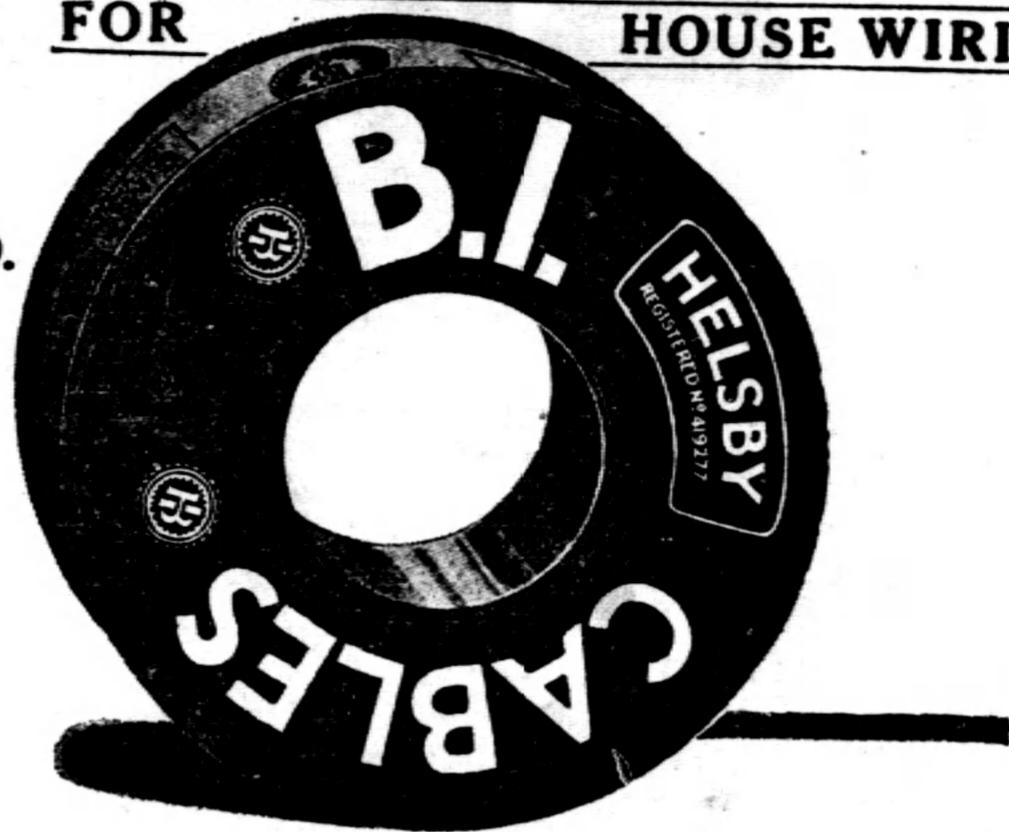
B.I.

FOR POWER DISTRIBUTION

FOR OVERHEAD TRANSMISSION

FOR HOUSE WIRING

**BRITISH
INSULATED
CABLES LTD.**



List of B. I. Products

B. I. 出品一覽

Commutator Bars	換向條
Double & Single Braided & Bare Aerial Cables	風雨綫及光銅綫
Dynamo Wires, Enamelled Cotton Covered, etc.	各類漆包紗包及絲包銅綫
Flexible Wire	軟花綫
Fuse Wire	保險絲
House Service Meters	電度表
Insulating Materials of All Kinds	絕緣材料
Insulators	絕緣器
Lead Covered Wire	鉛包綫
Paper Insulated Power Cables	電力輸電纜
Radio Condensers	無線電用儲電器
Switch & Fuse Boxes	鐵盒開關及保險盒
Telephone Cables	電話輸電纜
Tough Rubber Sheathed Wire	硬膠皮綫
Vulcanised India Rubber Wire	普通膠皮綫
Welding Machines & Equipment	電焊機及電焊用具

SOLE AGENTS
SOUTH CHINA & HONGKONG
ARNHOLD & COMPANY LTD.
HONGKONG & KUNMING

獨家經理 安利洋行
香港皇后大道中九號

THE *New* **Firestone**
HIGH SPEED TYRE
FOR TRUCKS and BUSES

招請各處分代理

- ★ GREATER NON-SKID MILEAGE
- ★ GREATER BLOWOUT PROTECTION
- ★ BUILT FOR PEAK LOADS
- ★ RUNS UP TO 28° COOLER
- ★ GUARDS AGAINST PUNCTURES
- ★ GREATER TRACTION

Here's the biggest truck tyre news in years — a new Firestone High Speed Truck and Bus Tyre that far surpasses any truck tyre ever built.

A flatter, tougher, deeper tread gives greater traction and non-skid safety. Improved load distribution reduces tread wear. Reinforced shoulders, increased strength of the cord body and all-around rugged construction give greater load capacity. The stronger Gum-Dipped cord body and tougher, thicker tread give greater strength. Special all-cord sidewall construction and double bead construction with cord "wrap-around" prevent bead and sidewall failure.

Don't wait another day. Come in at once and see this wonderful new tyre — the most sensational tyre advancement in years.

香港
 廣亞行
 總經理

美國
 發施登廠
 (火石牌) 膠輪



GREAT ASIA CO.,

Distributors for Hong Kong & China,
 360 Lockhart Road, 1st Floor,
 Hong Kong, Tel. 22790

香港路克道
 三六〇號式樓
 電話式二七九〇

▲總經理▼
廣亞行

建生磚廠機製紅磚



本廠紅磚，專家監製，
如蒙採用，保證滿意。
下列特色，希留意之！

- (1) 質地堅實
- (2) 式樣端正
- (3) 聲音響亮
- (4) 火力充足
- (5) 尺寸準確
- (6) 價格低廉

保證火力 化驗證書
價值便宜 大量供應

耐火磚 耐火泥
火沙末 大塔磚
火沙末混凝製品

石瑛火砂 火砂·火泥

工廠：新界 青山 新墟 屯門
事務所 香港 遮打道 聖佐治行四樓 電話 二五二四零

天廚味精廠

香港工廠

良優品產 大宏模規

澱粉	漂白粉	燒鹼	鹽酸	醬油精	味宗	味精
----	-----	----	----	-----	----	----

路市菜界租法——海上
街帝北龍九——香港

號三二一路亞多愛——海上
號九十五道敦士莊——香港

:廠造製

:所業營

Branch Offices

NEW YORK
LONDON
Canton
Chengtu
Chungking
Foochow
Hankow
Kunming
Peiping
Tientsin
Tsingtao

HUNT ENGINEERING CORPORATION

SUBSIDIARY OF
WILLIAM HUNT & COMPANY
HEAD OFFICES, SHANGHAI

Affiliates

Hunt Steamship Corp.
William Hunt & Co.
Wharf & Godown Admn.

GENERAL AGENTS FOR:

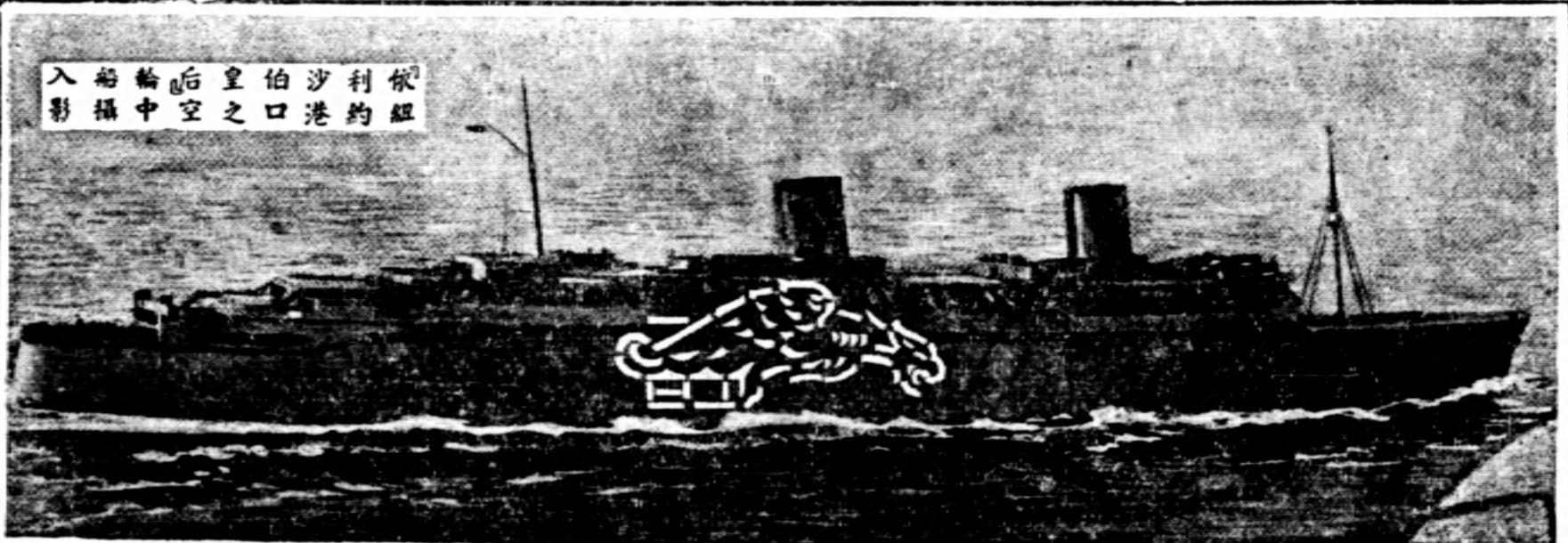
AMERICAN CHAIN & CABLE COMPANY, INC.
FAIRBANKS, MORSE & COMPANY
GILBERT GILKES & GORDON LTD.
ILLINOIS POWDER MANUFACTURING CO., INC.
OKONITE & CALLENDER COMPANY
OIL WELL SUPPLY COMPANY
PULLMAN-STANDARD CAR EXPORT CORPORATION
STROMBERG-CARLSON TELEPHONE MANUFACTURING CO.
WESTINGHOUSE ELECTRIC INTERNATIONAL COMPANY
WHITE MOTOR COMPANY

AND OTHERS

HONG KONG OFFICE

TELEPHONE: 31104, 31105 211-214 GLOUCESTER BLDG.

依利沙伯后輪船
紐約港口之空中攝影



依利沙伯后輪船已得
正當潤滑。

世界最龐大之郵船依利沙伯后號。最近舉行處女航。抵達紐約港。備受當地人士熱烈歡迎。推動依利沙伯后輪船。橫渡北大西洋之二十萬匹馬力機器乃採用美孚行滑機油作保障。美孚行專工於科學化潤滑油已有七十四年之悠久歷史。其所備用之代表俱屬富有經驗者。世界上有三百五十以上之重要商港。駐有此等代表。如有關於潤滑難題請向此等人員詢問。定能為諸君解答也。

美孚行

MARCONI

The first and foremost name in radio engineering

HIGH POWER BROADCASTING TRANSMITTERS
COMMERCIAL TELEGRAPH & TELEPHONE STATIONS
RADIO BEACONS & DIRECTION FINDERS
AIRCRAFT & AERODROME RADIO EQUIPMENT
NAVAL & MILITARY STATIONS
TELEVISION TRANSMITTERS
FACSIMILE APPARATUS
SHIP STATIONS
DEPTH SOUNDING DEVICES FOR MARINE USE
PUBLIC ADDRESS SYSTEMS
TELEPHONE TERMINAL & PRIVACY APPARATUS
COMMERCIAL TELEGRAPH & TELEPHONE RECEIVERS
CENTRAL TRAFFIC OFFICE EQUIPMENT

Standard Signal Generators: High Frequency Measuring Equipment:
Cathode Ray Oscillographs: Beat Frequency Oscillators:
Inductance Capacity & Impedance Comparators: Universal Wavemeters:
Field Strength Measuring Equipment: Variable Attenuators & Inductors:
Decade Resistances & Potentiometers: Inductance
Capacity & Impedance Bridges:
*together with a full range of
Laboratory Standard Apparatus and Precision Instruments for Communication Purposes.*

***Manufacturing & Service Facilities
at Hong Kong & Shanghai***

Affiliations in all Parts of the World

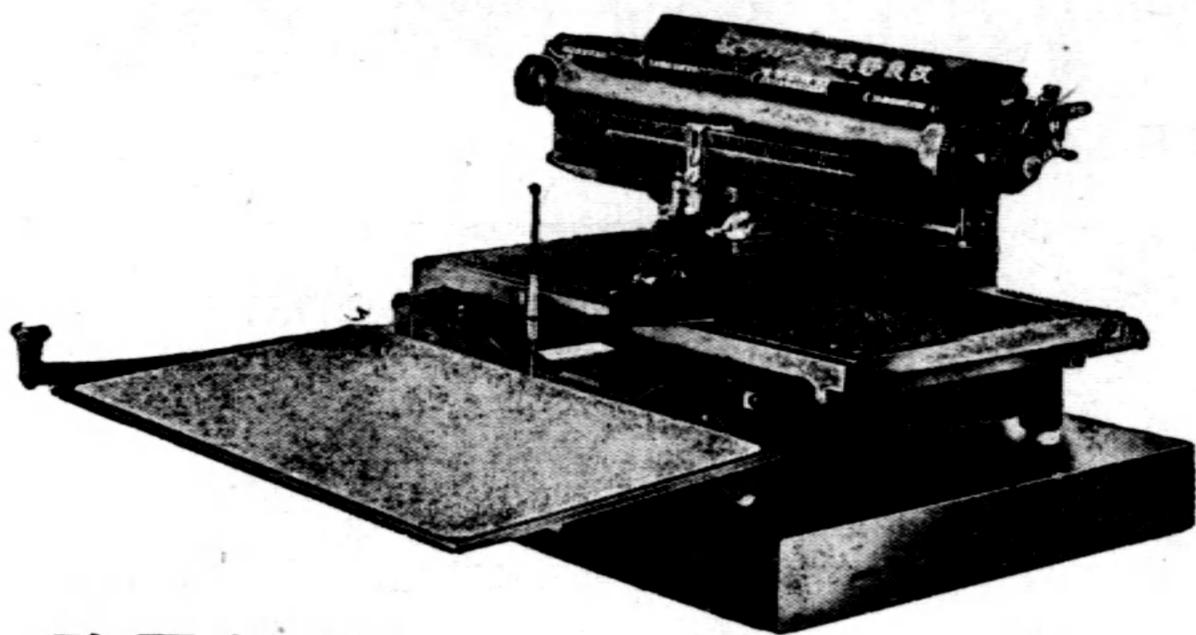
馬可尼(中國)有限公司

MARCONI (CHINA) LIMITED

(INCORPORATED UNDER THE COMPANIES ORDINANCE OF HONG KONG)

Subsidiary of MARCONI'S WIRELESS TELEGRAPH CO., LTD., London

HEAD OFFICE: ST. GEORGE'S BUILDING, HONG KONG - - - PHONE 24700.
BRANCH OFFICE: GLEN LINE BUILDING, SHANGHAI - - - PHONE 11466.



改良 舒式

華文打字機

提高文件繕寫的效率 配合現代事業的需要

本機為華文打字之利器，積二十餘年之製造經驗，與多人心力之幾度改良，其使用之便捷，已入於理想境地，歷經政府獎勵，各界倡用，在國際上亦獲得盛大之榮譽。科學的事務管理近方盛行於我國社會，本機實為新式辦公室中必不可缺之工具。本機之一般優長，已為各界所習知，茲特將最新改良式出品之改良諸點略述於次：

滾筒放長 打字橡皮滾筒增長至 35.5 公分，能適用於 37 公分以內之信紙及公文契約紙，較普通西文打字機適用之紙幅，加寬至 10 公分以上。

字距調整 加裝字距調整器，大格適用於中文，小格適用於西文，打字時可以任意調整。因此，本機除能打中文直行橫行外，並能繕打中西文兼有之文稿。

供墨新制 為增加複寫效率起見，廢除原有之色帶，改用墨水球供墨。字粒著墨後，直接與紙面接觸，毫無隔膜，故同時複印十餘份，而字仍明晰。

鋅合金字 本機容納之字粒，總計五千七百有餘，一律改用鋅合金鑄成，俗稱鋼字。其硬度遠過於普通鉛字，不僅便於複印，且能久用不損。

說明書備索

商務印書館創製

ANDERSEN, MEYER & COMPANY, LTD.

HEAD OFFICE

21, YUEN MING YUEN ROAD, SHANGHAI, CHINA.

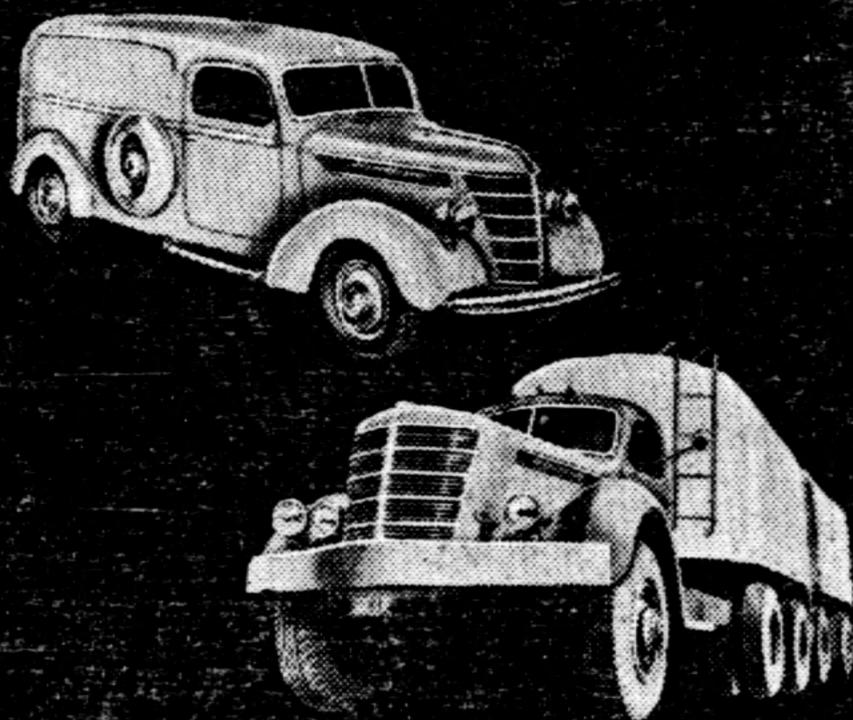
INTERNATIONAL TRUCKS

BRANCH OFFICES

London
New York
Hongkong
Tientsin
Peiping
Hankow
Canton
Tsinan

AGENTS

Kunming
Chungking



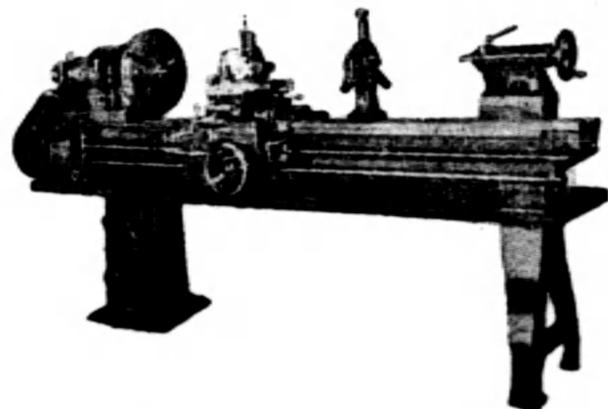
You are sure to get the
right truck when you get
an International.
42 Models and 142 wheel-
base lengths cover every
hauling need.

INTERNATIONAL

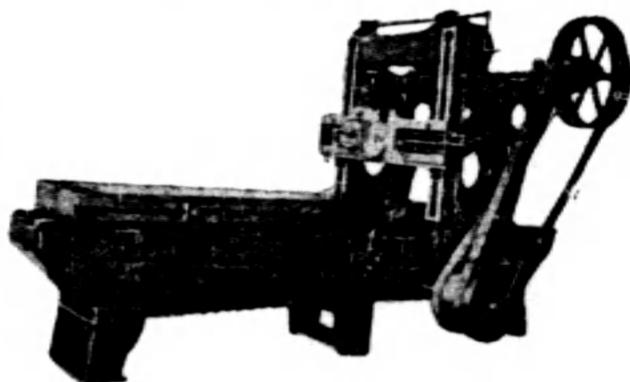
PRINCIPAL AGENCIES

Baldwin Locom. Works
Carrier Brunswick Int. Inc.
General Electric X-Ray Corp.
Ideal Radiators & Boilers
Ltd.
Independent Pneumatic Tool
Co.
International General Elec-
tric Co.
International Harvester Ex-
port Co.
Kearney & Trecker Co.,
Landis Tool Co.
Mine & Smelter Supply Co.
Parke, Davis & Co.
Republic Steel corp.
Worthington Pump & Me-
chanery Corp.
Worthington Simpson Ltd.

ANDERSEN, MEYER & CO. LTD. MFG. DIVISION



Machine Tools
Power Equipment
Buildings Supplies



AMCO FOR QUALITY



NOW GREATER SAFETY— FAR LONGER MILEAGE

FOR TRUCKS AND BUSES



IMPROVED 5 WAYS NO EXTRA COST!

If you're looking for ways to cut your tyre costs to a minimum — fit Goodyear Giants — now further improved.

- LOW STRETCH SUPERTWIST CORD
- MULTIPLE COMPOUNDING
- DOUBLE BREAKER STRIPS
- DUAL BEADS
- WAVELESS FABRIC

Yes, 5 big, important improvements — at no extra cost. And here's what they mean:

- Amazingly long, trouble-free mileage — Far longer tread wear — Greater resistance to speed heat, road shocks, abuse — Extra safety from bursts and punctures
- Extra protection for driver, passengers, loads, equipment — Protection against costly delays, repairs, idle trucks, broken schedules.

CALL US

See these better giants. Have us explain the 5 big, new improvements — show how they will cut your costs — increase your profits.

GOOD YEAR GIANTS

SOLE DISTRIBUTOR
For China & Hongkong

UNIVERSAL SALES (CHINA) INC.

Shanghai Office
51 Canton Road

Hongkong Office
36 French Bank Building

中國工程師學會會刊

工程

總編輯 沈怡

副總編輯 張延祥

第十三卷第五號目錄

第八屆昆明年會論文專號

論 著：	孫 拯 戰後中國工業政策.....	1
論 文：	王龍甫 長方薄板撓曲之研究及其應用於鋼板梁設計.....	5
	莊前鼎，王守融 連桿與活塞之運動及惰性效應.....	27
	尹國墉 論電氣事業之利潤限制.....	49
	鍾士模 鼠籠式旋轉子磁動力之分析.....	53
	邢丕緒 蒲河開壩工程施工之經過.....	61
	顧毅同 電話電纜平均之原理及其實施.....	65
工程新聞：	天廚味精港廠酸鹼工場概況.....	95
附 載：	沈 怡 全國水利建設綱領草案.....	99

中國工程師學會發行

商務印書館出版

工業·工程新書

中國的手工業 (文史叢書)

高叔康著 1册 定價 .45元

首先說明手工業的意義和種類，次述中國各地手工業的概況及手工業在國民經濟上的地位，最後討論改良手工業的技術問題，金融問題，與合作組織問題，生產統制問題等，所舉方法均切實可行。

電機工程名詞 (普通部)

國立編譯館編訂 1册 定價2.50元

本編所載，係屬電工名詞之普通部份，經於二十六年三月由教育部公布。凡關於電機工程各門所通用之名詞均在其列；至於他科名詞而在電機工程中常須徵引者，亦多列入。未附中西文名詞對照表。

電氣事業行政業務法規

國民政府經濟部編 1册 定價 .50元

是編包含民營公用事業監督條例，電氣事業條例，電氣事業註冊規則，電氣事業取締規則，……等關於電氣事業法規七種，均為民國二十二年至二十六間所公佈者。

有聲電影

蔡任尹著 1册 定價2.80元
特價8折 30年2月12日止

此書將有聲電影之原理及歷史，分別敘述。在縱的方面，自其發軔以至成功之過程；在橫的方面，自各項製片零件以至整個組織，皆闡發詳盡。

都市給水學

陳良士著 2册 定價4.00元

本書就著者在大學授課之講義，復參考美國斯科名著多種，擴充改編而成，對於工程原理，工程設計，及其最近之進展，無不詳敘。全書分二編：第一編論水質與水量，凡水源之選擇，水量之估算，水質之化驗等均屬之。第二編論水廠設計，凡取集工程，淨化工程，配運工程等均屬之；並論及給水事業之管理與財政之籌畫。

現代汽車業概況

何乃民著 1册 定價2.80元

全書包含四卷，都三十三章。第一卷論汽車工業，詳述英法美俄諸國的汽車工廠，汽車與其他工業的關係，暨今後汽車業的新趨勢。第二卷論汽車交通，注重歐美各大城市與鄉間之汽車運輸業狀況，並述及汽車交通之組織與管理。第三卷檢討與汽車有關各項問題，如汽車燃料，汽車教育，汽車保險，汽車展覽，汽車協會等。第四卷為附錄，計收集關於汽車上的統計及其他參考資料二十八種。

工業化學分析法 上册

曾瑞顯編著 1册 定價1.80元

本書包含日常用品，如肥皂、水、植物油、機器油、人造肥料、牛乳、酒精、鋼鐵、衣料、礦石、油漆、及各種食物毒質之分析。所載一切實驗手續、設備、及裝置，均屬簡而易舉。每種試驗之後，列有計算法及評論等，申述試驗之可能錯誤及其預防方法。

陰丹士林染棉法 (工學小叢書)

周天民編 1册 定價 .80元

內容凡十二章，凡陰丹士林之性狀，製法，染色用水及藥劑，染前之準備，手工及機械染法，染後整理，染用機械，堅牢度試驗，染色失敗之原因等，無不根據學理與實驗，詳加闡述。

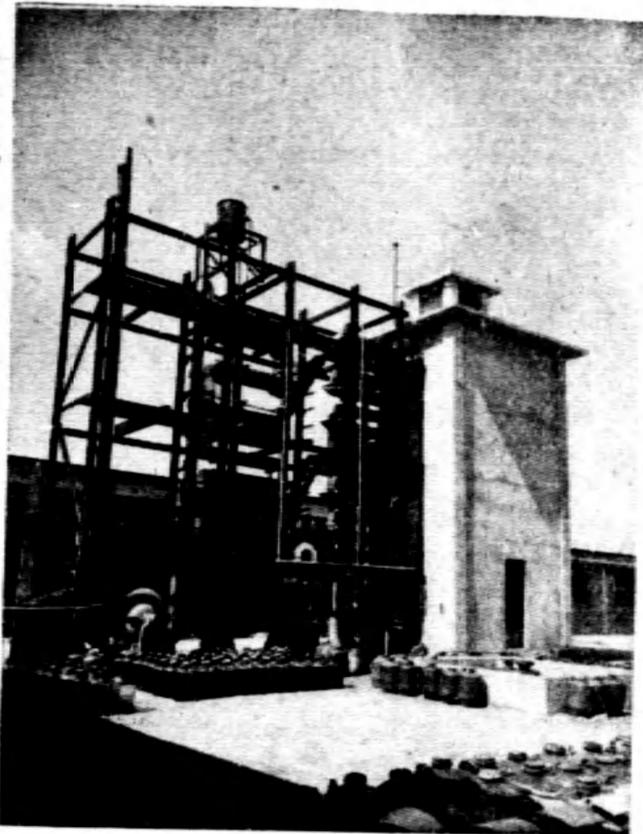
膠接劑製造法 (實用工藝叢書)

古橋進三郎著 沐箕香譯 1册 定價 .70元

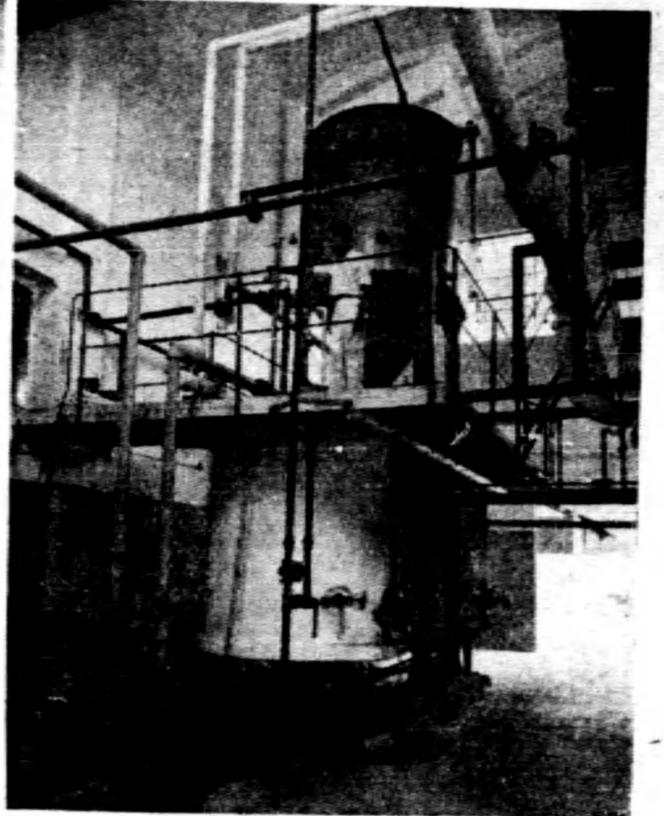
凡動物性的膠接劑如乾酪素膠、皮膠；植物性的膠接劑如澱粉、糊精、樹膠等，本書均述其性狀與製法；最後略述現代工業上所常用的膠接劑如甘油及水玻璃等。



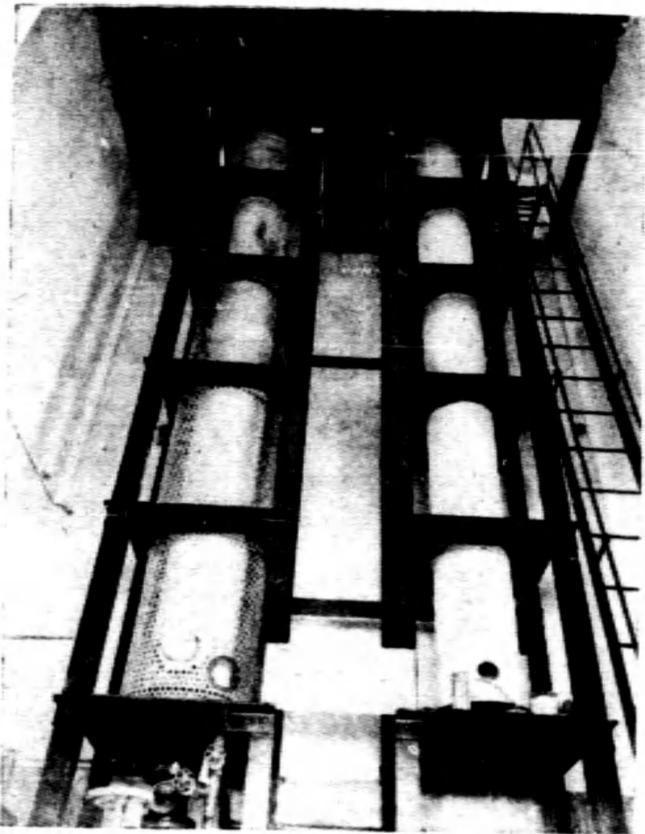
六 三效碱液提濃器



七 鹽酸吸收部



八 碱液去鹽器

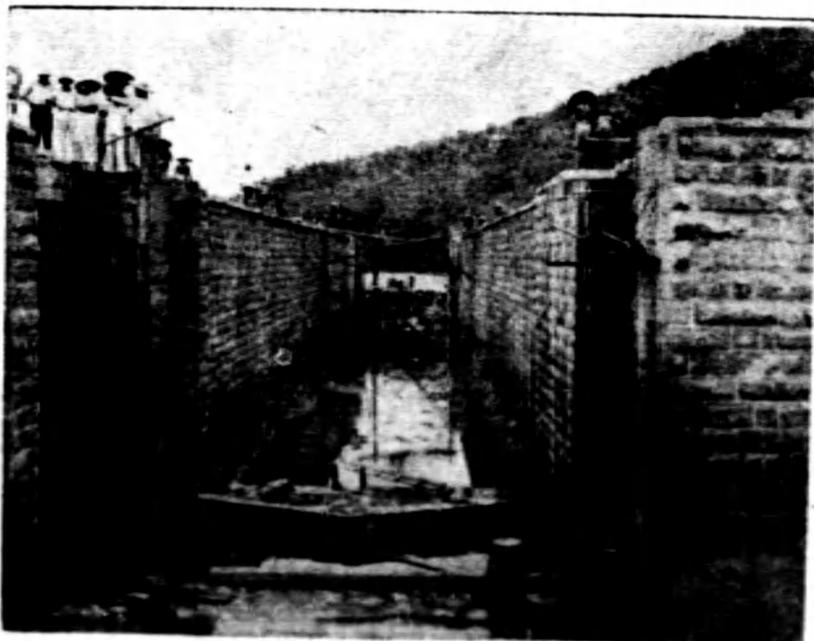


九 鹽酸合成爐

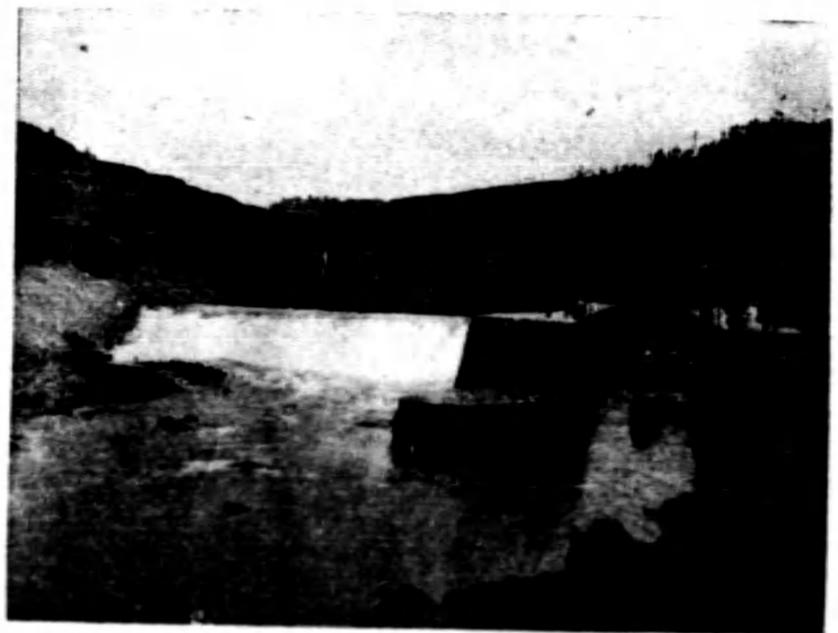
蒲河閘壩施工情形



甲 初開工時修築擋水壩及清底

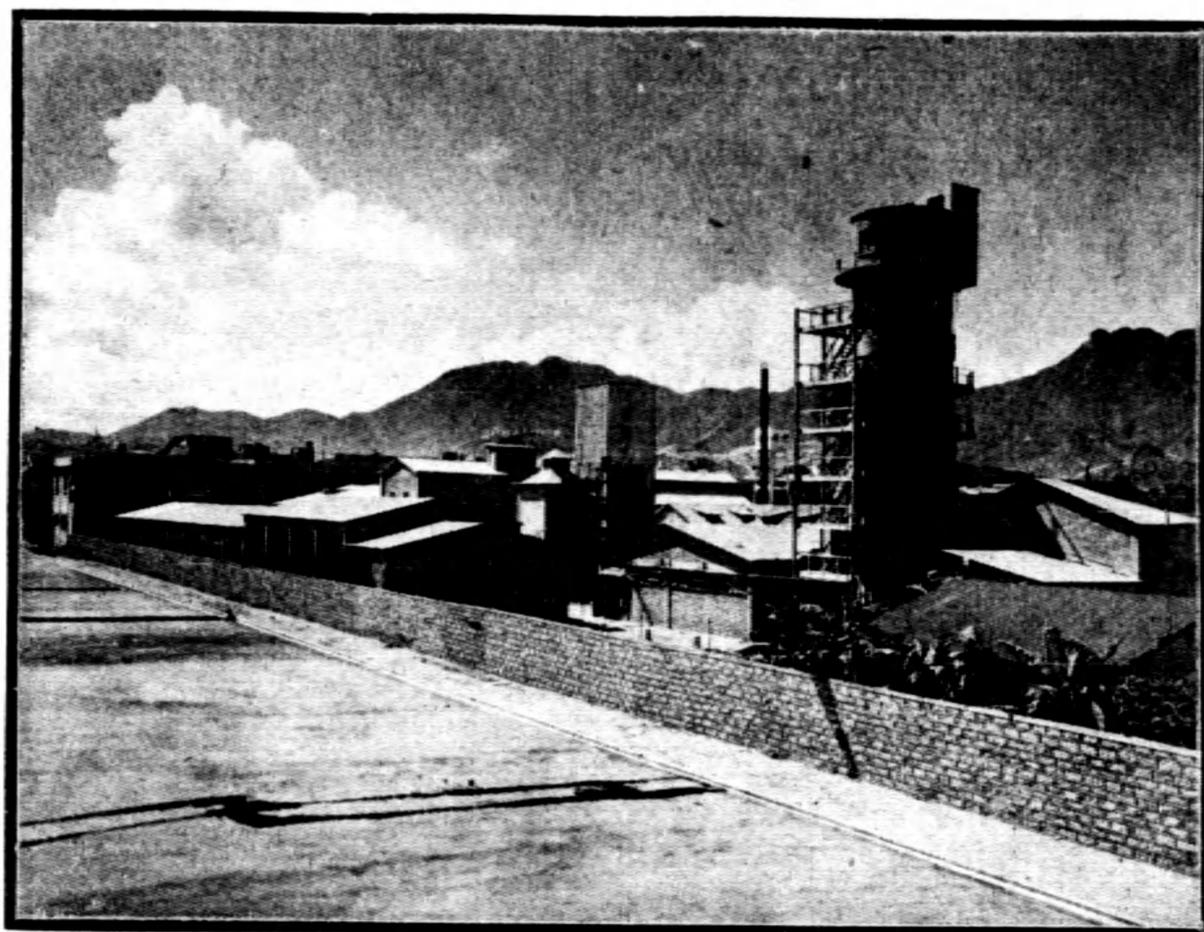


乙 工程進行中閘牆砌竣裝置閘門

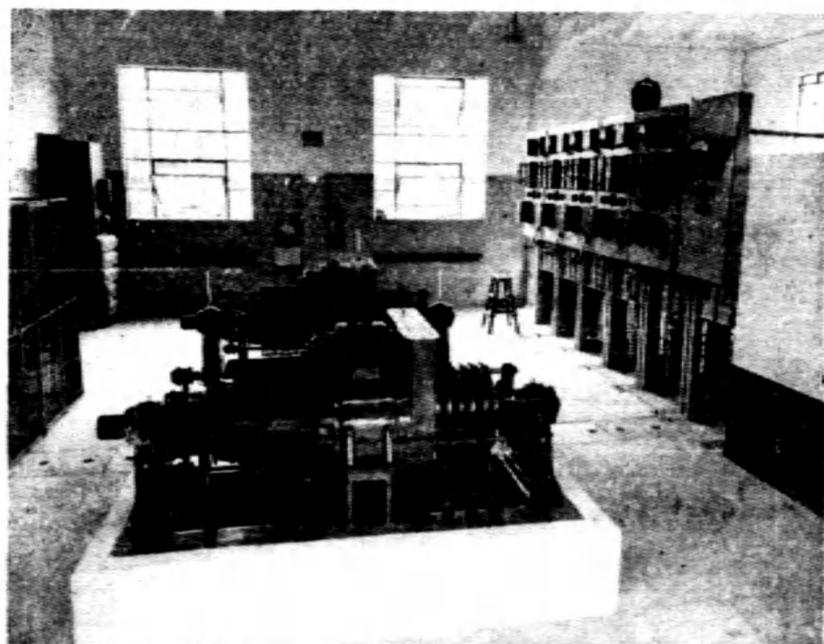


丙 完工後通航

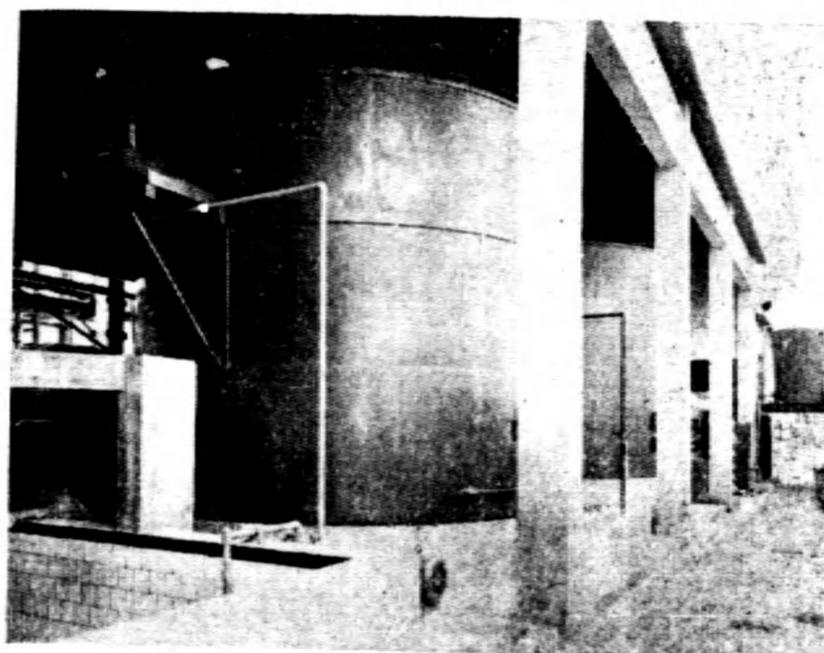
天廚味精廠港廠酸鹼部各階段景象



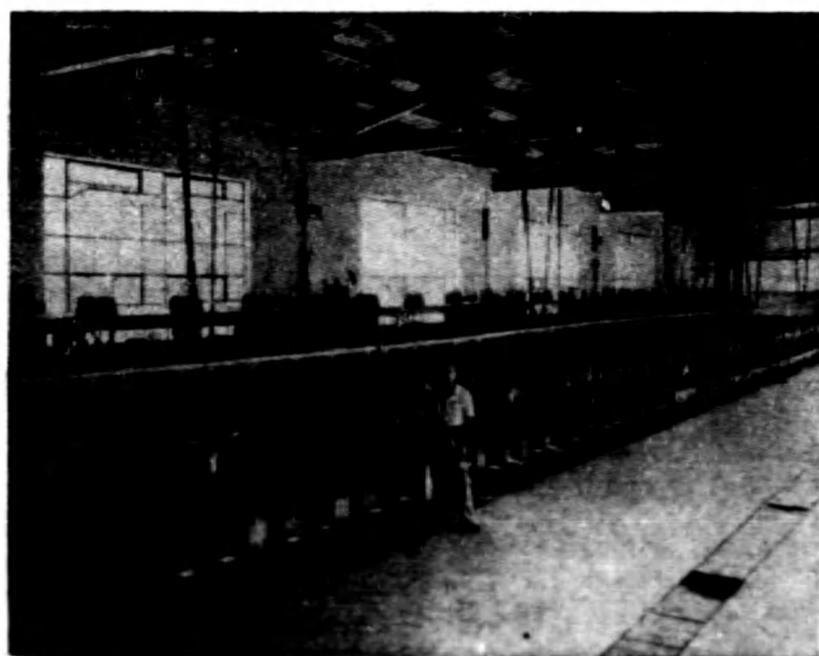
一 酸 鹼 工 場 全 景



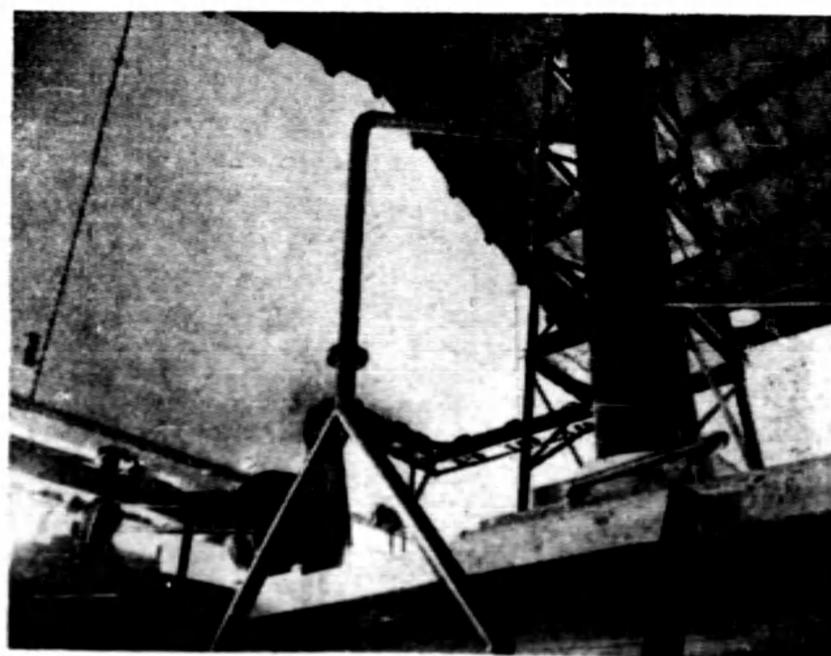
二 變 流 機 室



三 鹽 液 提 淨 室



四 電 解 室



五 尾 氣 吸 收 室

戰後中國工業政策

孫 拯

孫拯先生爲國內有數經濟學者，現任資源委員會經濟研究室主任。此文係應本會昆明分會座談會之特約而作，內容精邁，足供參考。

編者附誌

戰後工業政策問題範圍甚廣，如(一)戰後工業衰落之救濟問題，(二)殘破工業之復興問題，(三)國營民營事業之範圍及方針問題，(四)輕重工業着重之程度與其先後問題，(五)戰後工業之調整分佈及其與一般經濟發展之聯絡問題，(六)戰後工業在行政方面及事業方面之組織及機構問題，皆爲研究政策者之所不可不注意者。惟此項工業共同問題歸納之範圍，則分爲四類，其中政策一類，尤注重(一)勞資協調問題，(二)工業領袖及人才問題，(三)新興工業之濫設與粗製濫造之防止問題，(四)農礦工業之密切聯絡與調和的發展問題，研究範圍自應以此爲主，徒以戰後工業政策似有一貫性，與其就以上問題分別討論，毋寧懸想戰後之形勢而爲較整個的籌劃，其個別問題亦即附於其中，特加注意，或較適宜。

(一)論戰後工業政策問題，不能不懸想戰事終了之局勢，戰事之結束，可或爲停戰性質，苟安一時，雙方仍時存戒備之心，或爲較可長期相安之性質，在相當期間內可以休養生聚。鄙見以爲應認明之第一點，即以中國之經濟狀況，決難容休戰式之結束，假定我國對淪陷區域作相當政治上或經濟上之讓步得停戰式之媾和，而仍須時時防侵略之再起，則國家一方面仍須維持龐大之軍隊，同時又須佈置國際交通與國防工業，財政經濟上之負擔，殆幾與戰時無異，而所謂戰後工業政策，亦即不外純注重後方國防軍需工業之建設，以爾時國家有限之資源與經濟能

力，勢必異常竭蹶。對方之經濟固亦相當疲敝，然其實力及已有之基礎，究遠勝於我，爲國防準備之競爭，我必處於劣勢，而民生經濟之發展，幾無餘力，斯則國貧民敝，必有不能自支之一日，南宋往事，不難再見。我當局屢屢聲明無中途妥協之餘地者，蓋非獨由政治眼光上爲然，由經濟之眼光亦莫不然。故懸想戰後工業之局勢不能不假想有相當期間之平和，否則除繼續備戰施行戰時經濟制度外，其他無從討論，以下所述，皆以此爲出發點。

(二)戰後有兩種經濟現象勢必發生，其一爲軍需工業之衰落，其二爲一部份消費工業之急速恢復與其中間之頓挫，此徵諸歷來之戰事而皆驗者。應付此種經濟之局面，自歐戰以來，各國已積有相當經驗，大體須在財政金融等方面，施一種調劑之策，務使社會購買力及物價不致生急劇之變化，此雖爲一般經濟政策而非僅工業政策，但工業政策亦即包括其內，如對於後方及軍需工業如何維持，對於因戰時消費不足久受抑壓而勃興之消費工業（當以淪陷區爲多）如何限制，均應在計劃之內，此種統制自可利用企業許可制，及捐稅運費，進出口（原料及製品）限制，補助金等辦法，同時國內金融勢力現已相當集中，藉金融之統制以調節人民之投資，亦爲可行之道，在原擬工業組問題中，亦慮有戰後新興工業將如雨後春筍不相爲謀之現象及出品粗製濫造之危險，此種顧慮，在戰後似尤以消費工業方面爲多。防止

濫設，或可酌用上述辦法，至於防止粗製濫造之效力，似視貨品之種類及銷路而異，關係出口品者，政府自可做多數國家之例，並推廣現有制度，設置檢驗機關嚴加考核，不及標準之品絕對禁止輸出，以維持對外信用，同種內銷品亦即可連帶獲益，其純銷國內者，在大規模而可標準化之品，容檢查較易，至一般消費品，則不獨稽核困難，且各種品質乃以應各階級不同之需要，除以競爭淘汰外，似難有有效之普遍監督方法。

(三)戰後之勞資問題，亦與當時之局勢有密切之關係，假定戰後經濟無平穩安定之策，而於短期繁榮之後又墮於衰落之深淵，則失業問題，工資減低問題，皆將發生，必釀成社會上嚴重之局勢。尤其軍需交通等事業之工人戰時收入甚豐，一旦發生反動，其影響尤大。彼時政府自可延長戰時制度，對勞資爭議加以限制，然事實所在，恐非徒託法律所能解決，其最要者，似仍為預籌一安定經濟之計劃，由種種方面，防戰後反動之影響，此種反動原不可免，然苟有應付之方，亦頗可減少其嚴重性。此為戰後一般經濟問題應有一整個之策劃，不僅關係工業方面。似宜由經濟研究機關聯合技術機關，先為大勢之研究，定基本之政策，然後分門別類，就每一重要事業，每一重要經濟方面，比較其戰前戰後情形，並懸想戰後之變化預設因應之計，再加以綜合，庶期易於致用。至於各地各業工人尤其失業工人之登記，自亦為應付一般經濟局勢與勞資糾紛上所必需之準備材料，似宜在經濟部指導下由該部勞工科及各市政府社會局及各省建設廳等早作準備也。

(四)以上之研究，一方面在求戰後經濟之安定，防止其急劇變化，同時亦即可策劃各經濟事業之平衡發展，嚴格的「計劃經濟」非統制消費生產貿易及分配，不易達到，在我國制度與環境之下，恐未易行，然體察供求之大勢，固有之資源與能力，與國

防民生上之需要，設一循序進展及互助聯絡之經濟發展計劃，而大體依序前進（並隨時斟酌情勢加以變通），似尚非不可能。於是其問題有二，一為計劃如何設定，二為計劃如何執行。關於第一點，吾人以為宜先有一最小限度之國防目標，然後一面顧及此目標，一面由民生方面着眼，分區分業研究，先有局部之計劃，再綜合而成整個之計劃。現在論戰後工業發展者，大都鑒於國家人民所罹之慘禍，力求國防及重工業為重，更有謂即置國防於不論，言工業發展之順序，亦應做蘇俄之例，先重工業而後輕工業，然後工業化可以迅速者，其用意均堪嘉尚。然吾人不可不認識者即：(一)中國尤其後方腹地，並無甚豐富之重工業資源，(二)發展重工業，至少在初期不能不予財政經濟以負擔，即其形式或為國庫之損失，或為售價之高昂，而加其他經濟部門以擔負，尤其在現在各國重工業均應注重之時，不能不預期有激烈之競爭，(三)目前中國民力究屬有限。個人之意，對於國防及重工業自應重視，惟如假定本文第一節之條件（即平和可望有相當之時期）具備，則戰後之建設，似不必全注重於重工業，而對於輸出及民生工業，不能不相當培養，以厚人民負擔之力。惟同時懲前毖後，對於國防經濟不能不有相當之籌劃。其籌劃為何？即在後方區域內不能不預籌國防工業與其他經濟方面之自足。於是可作區域的研究，假定以武漢為中心，或以重慶為中心，或以晉、陝間之某地為中心，就區域之資源，籌劃國防工業之最小需要量與最大可能量，而立一建設之計劃，其他經濟方面如農礦等，亦應同時設計，以期聯絡。同時，吾人亦可離開純國防之眼光，而籌劃此等區域與其他區域之適宜的經濟發展計劃，此為一種區域的研究。各區域之計劃自宜求互相聯貫。於是可同時更作分業之研究，例如對棉業、煤業、其他重要工礦業、主要農產、以及金融、交通、水利等等作全

國分業的研究。綜地域的與分業的研究之結果，再設一綜合發展之計劃，期顧及國防上之需要，而同時注意國民經濟能力之發展，因國防最終之防線仍不外乎民力也。至於（一）國防工業之已經舉辦不能不加維持者，（二）其經濟上可以立足且與一般經濟之發展有聯絡之關係者，或（三）其本身雖未必經濟，而在計劃之一環上有相當之用，賴其他事業之力可以相當維繫者，則均不妨進行，此關於計劃者也。

至於計劃之推動，自須先有健全及強有力之政府，而同時有適宜之統制組織及人員，於是有政府之經濟機構問題，國營民營之範圍問題，民營事業之組織問題及推行政策之人員與其組織問題。凡此諸端，關係甚廣。茲不擬一一詳論，而僅簡具個人之意見。就世界之潮流與我國所奉之主義，中國自宜相當向國家資本主義發展，事實上亦必漸趨此途，當無疑義。惟以（一）我國目前政治之組織與風氣，均尙未適於完全領導經濟之發展，（二）國營事業之制度（包括地位之獨立，財政之相當自主，會計制度之改進，人員之培養與地位之保障，運用之自由而同時輔以有效之監督）至今尙未健全，（三）國內私人資本日益發展，尤以金融資本勢力發展甚盛，（四）至少就目前政治狀況與國際環境觀測政府甚難對於私人資本為充分有效之統制，因以上諸端戰後經濟之發展，或不免由國家資本勢力與金融資本勢力殊途或聯絡併進，金融機關固以政府有關之銀行占主要勢力。然（一）在目前及此後幣值跌落與商工利益增厚之過程中，政府銀行以外銀行之勢力或將相當膨脹，（二）兩者之精神究不甚相同，立腳點亦不相同。故由政府觀點言，戰後欲行有效之經濟統制，除其他設施外，應以如何增厚政府在金融方面之勢力為主眼。由國民眼光言（如本會之類）則宜注意如何聯絡政府方面與金融機關方面之設計者，使有共同之圖是與共認之經濟發展計劃，殊途

併進，庶於計劃之推進，不無裨益。

惟政府資本與金融之資本自可為經濟上重要動力，欲謀經濟上之調和的與平衡的發展，此種統制猶嫌不足。蓋農工礦各業仍不免過於散漫，且戰後中、日經濟之競爭仍不可免，日本各事業，歷來本已相當集中於少數財閥之手，自此次戰爭以後益趨組織化，中國此後欲為經濟上之對抗，亦非行各事業之組織化不可。所謂組織化者，決非同業公會之類之組織所能生效，亦非行資本之集中化不可。主要工商業等如棉紗、煤業、電業、麵粉、捲烟、火柴、洋灰、航運之類，其資本勢力原亦相當集中，惟精神殊為散漫，宜以國家資本或金融資本或其他雄厚之私本，助其伸入，得事實上之優勢，則各業之統制即較為簡易，而平衡之發展計劃，亦較易於實施。同時同業公會等之組織自亦不可少，惟較現在制度更宜求其強化。此種集中資本之辦法，在初期或為對於私人資本之讓步，其結果必為加強國家之統制無可疑也。

（五）任何經濟計劃之推進，除機構之外，必須有適當之人才，所謂人才者，可分兩方面，其一為人的團體，其二為個人之人才。個人以為人才之產生，最重要者，基於兩種條件，其一為時勢之需要，其二為社會之風氣。中國歷來政治未入正軌。國營事業大半為獨占性質亦不以效率為重，不能養成真才，民間資本復因國家財政之未健全，金融資本多為國債所吸收，利益優厚未能用之於實業之發展，以致民營事業之規模宏大者，殊不多觀，其經營方式，又往往承已往之情勢，未能澈底刷新，而經濟行政之不健全，又助長不正之競爭妨礙健全實業之發展。在此情形之下，領袖人才之無由表現，技術經濟之不能並重，固為應有之現象，在抗戰稍前，形勢已有改進，較大之事業如大銀行及少數大工廠，雖風氣未甚質樸，精神未甚淬勵，然對於人才之登用，事業之組

織，工作之規劃，固已頗有進步，抗戰之後，時勢之需要固無待言，風氣之丕變亦意中事，將來自能日臻進步。至於提攜培養之方，似不外(一)由事業本身養成，(二)在教育方面注意，現在較大之事業，組織規模，雖已粗具，然較之國外事業尚為遠遜，無可諱言，在初期大規模之事業，而國內缺少經驗者，似不妨藉才異國，或由國內有經驗人士前往國外悉心研究，不獨技術方面而已，凡組織及事務等細微方面，皆宜力求改進，並多訓練培植人才，則不獨事業本身可獲其益，並可逐漸傳播至於其他事業及社會之其他方面。教育方面，其高級者或宜做美國哈佛大學等之制，設立工商經營研究院，由大學畢業(工科或經濟科)或已在工商界積有經驗之人士入內研究更求深造，目前師資或不易求，然如能集中人才，初期取精約主義，並稍藉才異國，當亦可樹相當基礎，且此事如國內有相當負責熱心人士切實提倡，當亦易得外人之助。此外各大學之商學院，宜先擇少數加以改良，並做歐洲及日本之制，酌設商工專門學校，皆宜取精約主義，慎之於始，要之，風氣一經轉移，則應運而生之教育機關當亦不患不蓬起雲湧。欲防人才粗製

濫造之弊，宜先集注精力於少數有望之教育機關培其基礎。又就人才而論，政治與實業亦相為表裏，從前政治未入軌道，仕宦往往為求財捷徑，不獨吸收一部份實業上有用之人才，抑且風氣不純由政治而影響於實業，故政治之風氣之變化與實業人才之養成，亦有重要關係也。

以上所論，多為個人之人才問題，大部份可以自然解決，研究國家經濟建設前途所特可注重者，尤為有無適於推動之團體之問題，經濟計劃之推動，固有賴於政府機關之組織，而其背後(尤在初期)尤貴有堅貞不拔之團體，以往私人資本主義經濟之推動，多賴少數大企業家之私人的團體為主動力，最近國家資本主義經濟之推動，如俄、如義、如德、則莫不賴政黨之勢力推動。中國經濟欲為有計劃的發展，亦必有其推動之力，有高尙理想智識與強毅之政治團體，自最為相宜，否則或將如日本之初期由少數財閥與政治勢力相連結，為開明的有計劃的半私人資本主義的發展，而逐漸以國家資本主義為其嬗代，故言國家經濟建設問題，不能不涉及政治問題，而有技術學理之知識經驗者之參加政治或亦非得已也。

文史叢書編輯部出版

文史叢書

已出多種，茲擇其有關
經濟建設者介紹於次：

戰時經濟建設

高叔康著 一冊 定價五角

合作與經濟建設

章元善著 一冊 定價五角

中國工業化的途徑

吳景超著 一冊 定價二角五分

中國工業資本問題

方顯廷著 一冊 定價三角五分

中國的手工業

高叔康著 一冊 定價四角五分

中國農業政策

董時進著 一冊 定價六角

戰時農村經濟動員

高叔康著 一冊 定價二角五分

中國的畜牧

顧謙吉著 一冊 定價八角

中國之水利

鄭肇經著 一冊 定價一元二角

揚子江之水利

孫輔世著 一冊 定價五角

黃河水患之控制

張含英著 一冊 定價五角

◆商務印書館印行

長方薄板撈皺(Buckling) 之研究

及其應用於鋼板梁設計

王 龍 甫

第一節 引言

過去與現在，鋼板梁設計，腹板 (Web) 之厚度，筋角 (Stiffener) 之大小與間隔，大都採用各規範書中公式求之。此種公式，或得之經驗或由於簡單假定。S. Timoshenko 氏曾以薄板撈皺 (Buckling) 理論，研究鋼板梁腹板。^[1] 但他之研究，假定板之四邊為簡支。在實際情形，上下兩翼緣 (Flange) 在垂直於腹板之方向，剛性 (Rigidity) 甚大，不易彎曲。故腹板之兩縱邊可作為裝固 (Fixed)，而不是簡支 (Simply supported)。兩縱邊為簡支之假定，不甚切合事實，其結果必致估低腹板抵抗撈皺之能力。

要得此問題更好之解決，Timoshenko 氏曾建議，必須先有長方薄板邊緣裝固 (Fixed edges) 之撈皺理論。^[1] Southwell 與 Skan 曾研究邊緣裝固無窮長度之板，邊緣受有均佈剪力。^[4] Maubetsh 曾有邊緣裝固之長方板，受有壓力之研究。^[2]

此篇研究兩邊裝固兩邊簡支之長方薄板，受有剪力或壓力，並及板之附有筋角 (Stiffener) 者之臨界應力 (Critical stress)。以理論研究數學推演之結果，應用於鋼板梁之設計。

此篇用能量方法 (Energy method)。此法為 Rayleigh 研究振動 (Vibration) 問題所演進，Timoshenko 氏常用此法研究彈性穩度 (Elastic stability)。此篇照 Timoshenko 氏研究步驟。

第二節 撈皺 (Buckling) 時板面之偏撓度

薄板之四邊受外力時，其撈曲面之偏撓度，可用雙層級數 (Double series) 表示之如下：

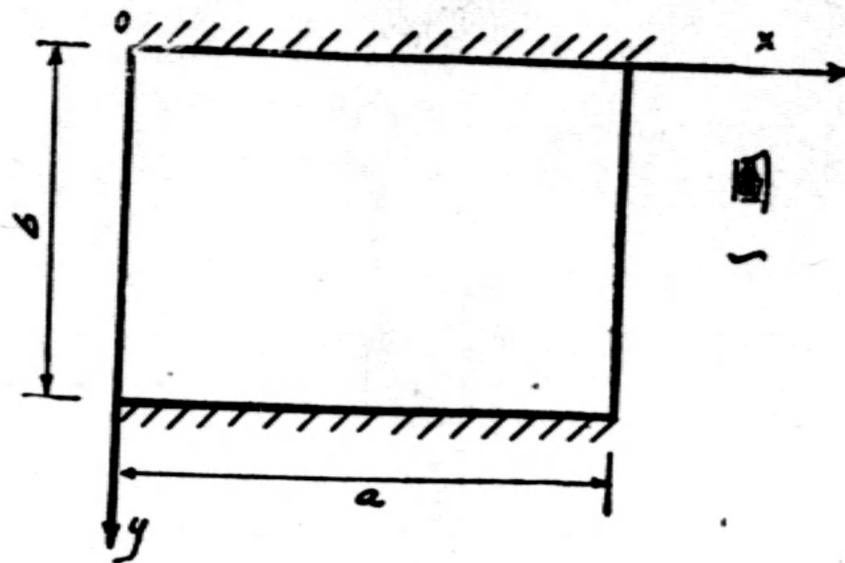
$$w = \sum_m \sum_n A_{mn} \psi_m(x) \phi_n(y) \quad (1)$$

式(1)中 $\psi_m(x)$ 與 $\phi_n(y)$ 二函數各自變，不相關連 (Independent)。此 w 之雙層級數，必須適合其邊界條件 (Boundary conditions)，並能代表其實在撈曲情形。

此篇研究之薄板如圖(一)，沿 $y=0$ 及 $y=b$ 兩邊裝固，沿 $x=0$ 及 $x=a$ 兩邊簡支。

附註一 此篇為在美時所作論文，今將原稿稍為節略，譯成中文。

附註二 [] 括弧內數字，見篇後參考書目。



沿裝固邊之邊界條件(Boundary conditions)爲：

(甲) 偏撓度等於零，就是：

在 $y=0$ 及 $y=b$ 兩邊， $w=0$ 。

(乙) 撓曲面之斜度等於零，就是：

在 $y=0$ 及 $y=b$ 兩邊， $\frac{\partial w}{\partial y}=0$ 。

沿簡支邊之邊界條件爲：

(丙) 偏撓度等於零，就是：

在 $x=0$ 及 $x=a$ 兩邊， $w=0$ 。

(丁) 沿邊力矩(Moment)等於零，就是：

在 $x=0$ 及 $x=a$ 兩邊， $M = \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = 0$

板面在 x - 方向之偏撓度，可用正弦(Sine)曲線代表之，

$$\psi_m(x) = \sin \frac{m\pi x}{a} \quad (2)$$

上式中 m 是正號整數(Positive integer)，如 $m=1, 2, 3, \dots$ ，其曲線如圖(二)。



圖二

板面在 y -方向之偏撓度，可假定如一棒，兩端裝固，在振動(Vibration)時之正方式(Normal mode)(見附錄甲)如下：

$$\phi_n(y) = \frac{Q_n}{\cosh K_n b} \left[(\cos K_n b - \cosh K_n b) (\cos K_n y - \cosh K_n y) + (\sin K_n b + \sinh K_n b) (\sin K_n y - \sinh K_n y) \right] \quad (3)$$

上式中 n 是正號整數，如 $n=1, 2, 3, \dots$ ，其曲線如圖(三)。



圖三

撓曲時板面之偏撓度，可將式(1)及(2)合成下式：

$$w = \sum_m \sum_n A_{mn} \frac{1}{\cosh K_n b} \left[(\cos K_n b - \cosh K_n b) (\cos K_n y - \cosh K_n y) + (\sin K_n b + \sinh K_n b) (\sin K_n y - \sinh K_n y) \right] \sin \frac{m\pi x}{a} \quad (4)$$

上式能適合各邊界條件，惟須有下列關係(詳見附錄甲)：

$$\cos K_n b \cosh K_n b = 1 \quad (5)$$

第三節 薄板撓曲時之位能 (Potential Energy)

薄板撓曲時之位能，包含 w 項之式如下：[3]

$$V_p = \frac{D}{2} \iint \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 - 2(1-\nu) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} dx dy \quad (1)$$

式(1)中 $2(1-\nu) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right]$ 一項，在求積分時，自會消滅，[4]不可列入，則得下式：

$$\begin{aligned} V_p &= \frac{1}{2} D \iint \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 dx dy \\ &= \frac{1}{2} D \iint \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 dx dy + \frac{1}{2} D \iint \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 dx dy + D \iint \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) dx dy \\ &= I_1 + I_2 + I_3 \end{aligned} \quad (2)$$

上式中 $I_1 = \frac{1}{2} D \iint \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 dx dy$

$$I_2 = \frac{1}{2} D \iint \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 dx dy \quad I_3 = D \iint \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) dx dy$$

板之撓曲面，已於第二節說明可用下式代表之：

$$w = \sum_m \sum_n A_{mn} \frac{1}{\cosh K_n b} \left[(\cos K_n b - \cosh K_n b) (\cos K_n y - \cosh K_n y) + (\sin K_n b + \sinh K_n b) (\sin K_n y - \sinh K_n y) \right] \sin \frac{m\pi x}{a} \quad (3)$$

上式包含 $\psi(x)$ 與 $\phi(y)$ 二函數，或可寫成：

$$w = \sum_m \sum_n A_{mn} \psi_m \phi_n$$

因 x 與 y 各自變，不相關連，在求微分或積分時，可分別處理之，求微分得

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \sum_m \sum_n A_{mn} \psi''_m \phi_n$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = \sum_m \sum_n A_{mn} \psi_m \phi''_n$$

上式中

$$\psi''_m = \frac{d^2 \psi_m}{dx^2} \quad \phi''_n = \frac{d^2 \phi_n}{dy^2}$$

式(2)中每一雙層重積分式(Double integration)，是兩個積分式之積，其一是對於 x ，其二是對於 y ，可分別求之。

在求積分前，先研究 $\psi(x)$ 與 $\phi(y)$ 兩函數之性質， ψ 與 ψ'' 是正弦函數，當為正交函數(Orthogonal function)。 ϕ 與 ϕ'' 亦可證明為正交函數(詳見附錄乙)。所以

$$\int_0^a \psi_m \psi_p dx = 0 \quad \text{若 } m \neq p$$

$$\int_0^a \psi''_m \psi''_p dx = 0 \quad \text{若 } m \neq p$$

$$\int_0^b \phi_n \phi_q dy = 0 \quad \text{若 } n \neq q$$

$$\int_0^b \phi''_n \phi''_q dy = 0 \quad \text{若 } n \neq q$$

因上述理由，在積分式 I_1 與 I_2 中，

$$I_1 = \frac{D}{2} \iint \left(\sum_{m,n} A_{mn} \psi''_m \phi_n \right)^2 dx dy$$

$$I_2 = \frac{D}{2} \iint \left(\sum_{m,n} A_{mn} \psi_m \phi''_n \right)^2 dx dy$$

僅求乘方項之積分，就是當 $m=p$ 與 $n=q$ 時求之。

積分式 I_3 則是兩個不同雙層級數之積之積分。

$$I_3 = \int_0^a \int_0^b \left(\sum_{m,n} A_{mn} \psi''_m \phi_n \right) \left(\sum_{p,q} A_{pq} \psi_p \phi''_q \right) dx dy$$

因 ψ''_m 與 ψ_p 在上式內，都是正弦函數，

$$\int_0^a \psi''_m \psi_p dx = 0 \quad \text{若 } m \neq p$$

所以僅是 $m=p$ 時，積分式 I_3 有解答。但須考慮其他二情形，就是當 $n=q$ 與 $n \neq q$ 。積分式 I_3 亦有解答。

$$I_1 = \frac{D}{2} \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 dx dy = \frac{D}{2} \sum_{m,n} A_{mn}^2 \phi_1(n) \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 \frac{a}{2} \quad (5)$$

$$I_2 = \frac{D}{2} \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 dx dy = \frac{D}{2} \sum_{m,n} A_{mn}^2 \phi_2(n) \frac{a}{2} \quad (6)$$

$$\text{若 } n=q, I_3 = D \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) dx dy = D \sum_{m,n} A_{mn}^2 \phi_3(n) \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \frac{a}{2} \quad (7)$$

$$\text{若 } n \neq q, I_3 = D \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) dx dy = \int_0^a \int_0^b \left(\sum_{m,n,p,q} A_{mn} A_{pq} \psi''_m \psi_p \phi_n \phi''_q \right) dx dy \quad (8)$$

用分部求積分法(Integration by parts)及注意其邊界條件，可證下式：

$$\int_0^b \phi_n \phi_q'' dy = \int_0^b \phi_q \phi_n'' dy = \phi_3(n, q)$$

從上式可知下指標 (Subscripts) 對調仍相等，求式(8)積分後，如兩項 (Terms) 之有常數 $A_{mn} A_{pq}$ 與 $A_{pq} A_{mn}$ 者，作為一項，則得

$$I_3 = 2 \times D \sum_{m,n} \sum_{p,q} A_{mn} A_{pq} \phi_3(n, q) \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \frac{a}{2} \quad (9)$$

式(5)，(6)，(7)，(9)中之 $\phi_1(n)$ ， $\phi_2(n)$ ， $\phi_3(n)$ 與 $\phi_3(n, q)$ ，均是代表從各 y 函數所求得之積分(因式長，未列出)

從式(5)，(6)，(7)，(9)得 V_p 之式如下：

$$V_p = \frac{D}{2} \sum_{m,n} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 \frac{a}{2} \left\{ A_{mn}^2 \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right] + \sum_q 4 A_{mn} A_{mq} \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n, q) \right\} \quad (10)$$

第四節 薄板四邊受剪力時之位能

薄板四邊受均佈剪力 (Uniform shearing force) 時，發生撓曲，其撓曲面可用雙層級數表示，已於第二節詳述之，板因受剪力而發生之位能如下式：[3]

$$V_s = -N_{xy} \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) dx dy \quad (\text{見圖四}) \quad (1)$$

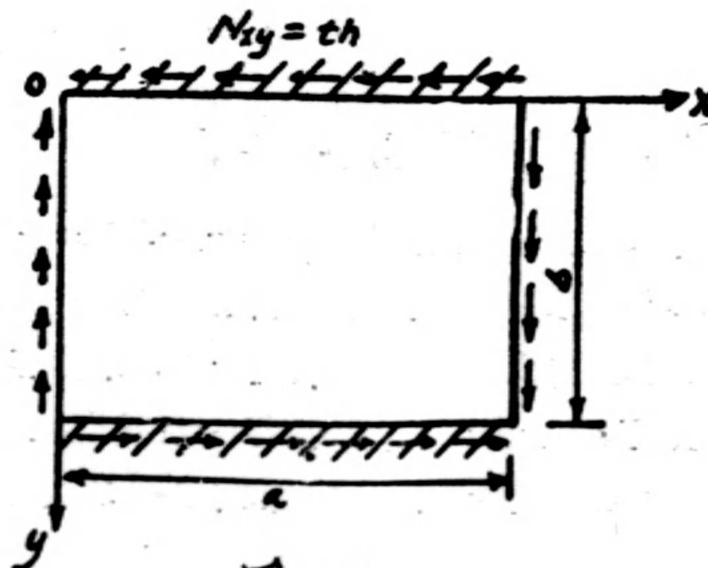
N_{xy} 是每單位長 (Unit length) 之剪力，將 w 之式代入式(1)而求積分得：

$$V_s = -N_{xy} \sum_{m,n} \sum_{p,q} 2 A_{mn} A_{pq} \phi_4(n, q) \frac{2mp}{(p^2 - m^2)} \quad (2)$$

($p \pm m$) odd.

上式內 $\phi_4(n, q)$ 代表從 y 函數所求得之積分，(因式長，未列出)。並考量下列關係：

$$\int_0^b \phi_n \phi_q' dy = \int_0^b \phi_n' \phi_q dy = \phi_4(n, q)$$



圖四

再視 $m=p$ 與 $n=q$ 兩情形，式(1)可寫成下式：

$$V_s = -N_{xy} \int_0^a \int_0^b \sum_{m,n} \sum_{p,q} A_{mn} A_{pq} (\psi'_m \psi_p \phi_n \phi'_q) dx dy \quad (3)$$

若 $n=q$ ，如注意其邊界條件，在 $y=0$ 及 $y=b$ 兩邊， $\phi=0$ ，可證明

$$\int_0^b \phi_n \phi'_q dy = \int_0^b \phi_n \phi'_n dy = \int_0^b \phi_n \frac{d\phi_n}{dy} dy = \int_0^b \frac{1}{2} \frac{d\phi_n^2}{dy} dy = \frac{1}{2} [\phi_n^2]_0^b = 0$$

與上述同一理由，若 $m=p$ ，

$$\int_0^a \psi_m \frac{d\psi_m}{dx} dx = 0$$

因此若 $m=p$ 或 $n=q$ ，

$$V_s = 0$$

第五節 臨界剪應力 (Critical Shearing Stress) 之計算

板在彎曲時之位能是 V_p (見第三節式 10)，四邊剪力所作之功(見第四節式 2)是 V_s 。 V_s 等於 V_p 時，板發生皺曲。由式 $V_s = V_p$ ，可得剪應力 τ 之式如下：

$$\tau = \frac{\frac{D}{2} \sum_m \sum_n \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 \frac{a}{2} \left\{ A_{mn}^2 \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right] + \sum_q 4 A_{mn} A_{mq} \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n, q) \right\}}{4h \sum_m \sum_n \sum_p \sum_q A_{mn} A_{pq} \frac{mp}{(p^2 - m^2)} \phi_4(n, q)} \quad (1)$$

($m \pm p$) odd.

因求使板撈皺之最小剪應力，常數 (Constants) A 必須調正使式(1)變成最小。法將式(1)對於常數 A_{mn} 之一階導式 (First derivative) 等於零，就是 $\frac{\partial \tau}{\partial A_{mn}} = 0$ ，則得

$$\frac{\lambda}{b} m^4 \left\{ \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right] A_{mn} + \sum_q 2 A_{mq} \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n, q) \right\} - \sum_p \sum_q A_{pq} \frac{mp}{(p^2 - m^2)} \phi_4(n, q) = 0 \quad (2)$$

($m \pm p$) odd.

為簡單計，上式中設 $\beta = \frac{a}{b}$ $\lambda = -\frac{\pi^2}{8\tau\beta^2} \frac{D\pi^2}{b^2h}$

式(2)為常數 A 之一齊次線方程式系 (A system of homogeneous linear equation)。此方程式能使滿足 (Satisfied)，若將常數 A 等於零，就是變成平板，此非研究者之所要得之結果，要使板面皺曲而此方程能滿足，但常數 A 並不等於零，必須此方程式中常數 A 之係數 (Coefficients) 之行列式 (Determinate) 等於零。因此行列式有無窮級，現在僅取有限項數以求近似 (Approximate) 結果。將常數 A 之係數之行列式等於零，即可得 λ 之值。

$$\text{因 } \lambda = -\frac{\pi^2}{8\tau\beta^2} \frac{D\pi^2}{b^2h}, \quad \text{所以 } \tau = K \frac{D\pi^2}{b^2h}, \quad K = \frac{\pi^2}{8\beta^2\lambda} \quad (3)$$

表 (一)

$K_1 b$	4.7300	40744	863	
$\sin K_1 b$	-.99984	42116	506	
$\cos K_1 b$	.01765	08478	221	
$\sinh K_1 b$	56.645	67627	174	
$\cosh K_1 b$	56.654	50238	315	
$K_2 b$	7.8532	04624	096	
$\sin K_2 b$	.99999	96981	278	
$\cos K_2 b$	.77700	98004	596	$\times 10^{-3}$
$\sinh K_2 b$	1286.9	84665	491	
$\cosh K_2 b$	1286.9	85053	996	
$K_3 b$	10.995	60783	800	
$\sin K_3 b$	-.99999	99994	372	
$\cos K_3 b$	.33550	43738	829	$\times 10^{-4}$
$\sinh K_3 b$	29805.	87072	126	
$\cosh K_3 b$	29805.	87073	804	

第三第四節中之 $\phi_1(n)$, $\phi_2(n)$, $\phi_3(n)$, $\phi_3(n, q)$ 與 $\phi_4(n, q)$ 之數值, 可用表 (一) 中所列數值計算之, 其計算結果, 列於表 (二)。

表 (二)

n	$\phi_1(n)$	$\phi_2(n)$	$\phi_3(n)$
1	0.999377 b	0.999377 bK_1^4	2.59933 K_1
2	0.999999 b	0.999999 bK_2^4	5.68386 K_2
3	1.000004 b	1.000018 bK_3^4	8.9948 K_3

n	q	$\phi_3(n, q)$	$\phi_4(n, q)$
1	2	0	-3.34053
2	1	0	+3.34053
1	3	$-9.72776 \frac{1}{b}$	0
3	1	$-9.72776 \frac{1}{b}$	0
2	3	0	-5.51607
3	2	0	+5.51607

若將式(2)寫出, 含有 m, n, p, q 之各值, 即見式 (2) 方程式系可分成兩組, 第一組 $(i+j)$ 成雙數, 第二組 $(i+j)$ 成單數。 $(i+j)$ 或是 $(m+n)$, 或 $(m+q)$, 或 $(p+n)$, 或

(p+q) 係數之行列式成下列普通式 (General form) :

$$\begin{vmatrix}
 \alpha_1' \dots \alpha_1^{(n)} & 0 \dots \dots \dots \\
 \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\
 \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\
 \alpha_n' \dots \alpha_n^{(n)} & 0 \dots \dots \dots \\
 0 \dots \dots \dots & \mu_1' \dots \mu_1^{(n)} \\
 \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\
 \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\
 0 \dots \dots \dots & \mu_n' \dots \mu_n^{(n)}
 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix}
 \alpha_1' \dots \alpha_1^{(n)} \\
 \dots \dots \dots \\
 \dots \dots \dots \\
 \alpha_n' \dots \alpha_n^{(n)}
 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix}
 \mu_1' \dots \mu_1^{(n)} \\
 \dots \dots \dots \\
 \dots \dots \dots \\
 \mu_n' \dots \mu_n^{(n)}
 \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

常數 A_{ij} 之係數之兩組行列式列於表(三)及表(四)

表 (三)

(i+j)成雙數之組

A_{11}	A_{22}	A_{33}	A_{13}	A_{31}	A_{42}
λ_{s11}	2.227020	0	λ_{13}	0	0.890808
2.227020	λ_{s22}	6.619284	-3.67738	-4.00864	0
0	6.619284	λ_{s33}	0	λ_{31}	-9.45612
λ_{11}	-3.67738	0	λ_{s13}	0	-1.470952
0	-4.00864	λ_{33}	0	λ_{s31}	5.72662
0.890808	0	-9.45612	-1.470952	5.72662	λ_{s42}

表 (四)

(i+j)成單數之組

A_{21}	A_{12}	A_{32}	A_{23}	A_{41}	A_{43}
λ_{s21}	-2.22702	4.008646	λ_{23}	0	0
-2.22702	λ_{s12}	0	3.67748	-0.890808	1.470952
4.008646	0	λ_{s32}	-6.61928	-5.7266	9.45612
λ_{21}	3.67738	-6.61928	λ_{s23}	0	0
0	-0.890808	-5.7266	0	λ_{s41}	λ_{43}
0	1.470952	9.45612	0	λ_{41}	λ_{s43}

上二表中 $s = \frac{m^4}{b} \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi}\right)^4 \phi_2(n) + 2\left(\frac{a}{m\pi}\right)^2 \phi_3(n) \right]$

$t = 2m^4 \frac{1}{b} \left[\frac{a}{m\pi} \right]^2 \phi_3(n \cdot q)$

表中 s_{32} 即當 $m=3, n=2$ 時 s 之值，餘類推。

t_{21} 即當 $m=2, q=1$ 時 t 之值，餘類推。

將表(三)及表(四)之第五級行列式等於零，得 λ 之二個數值，再從式(3)得 K 之值，由計算得知，用第五級行列式，已能得準確結果，從表(三)及表(四)各得一個 K 之數值，取其數值之小者，列於表(五)。

表 (五)

$$K\text{之數值}\left(\tau = K \frac{D\pi^2}{b^2h}\right)$$

β	3	2.5	2	1.5	1.2	1.0
K	10.9	10.4	10.3	9.4	11.7	12.5
β	$\frac{5}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{3}$	
K	13.9	17.4	26.3	39.6	56.9	

第六節 薄板兩邊受彎曲力時之形變能量 (Strain Energy)

薄板兩邊受彎曲力，當彎曲力達某種程度時，板即被撓皺。撓曲面之偏撓度，可用雙層級數代表之，詳見第二節。

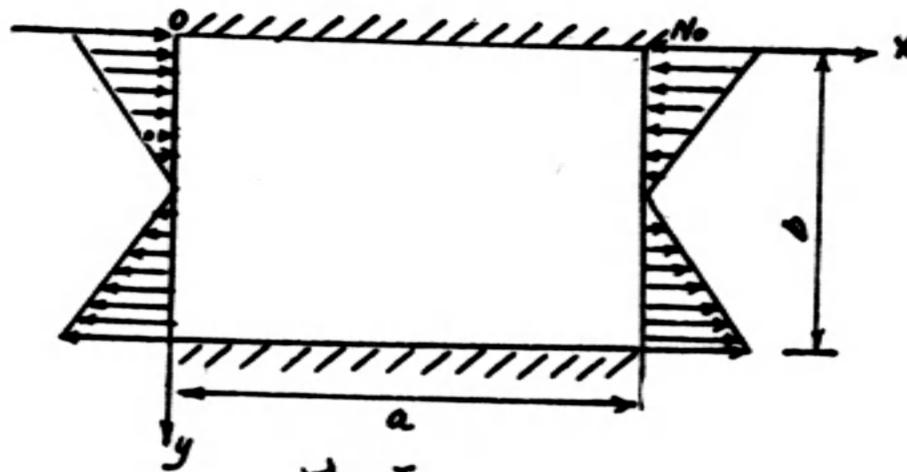


圖 五

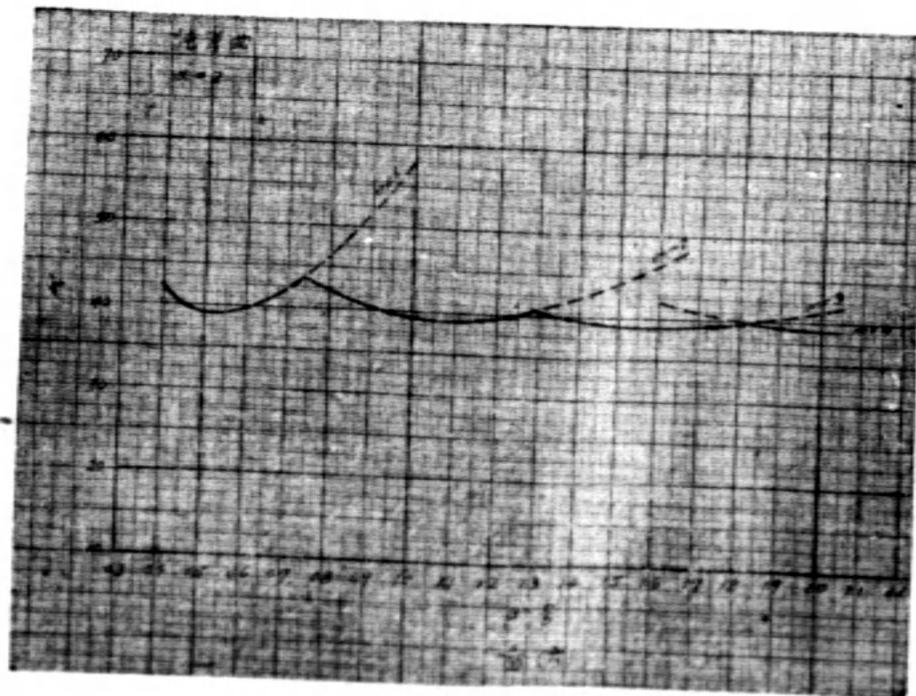


圖 六

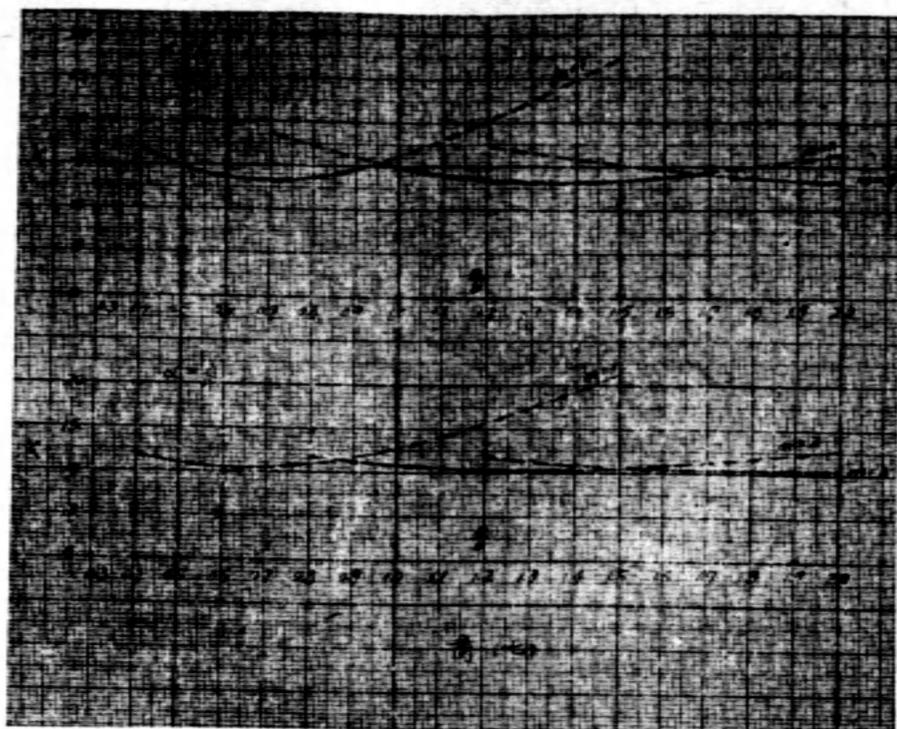


圖 七

板彎曲時之形變能量方程式如下：[3](Energy equation)

$$V_b = \frac{1}{2} \int_0^a \int_0^b N_0 \left(1 - \alpha \frac{y}{b}\right) \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx dy$$

$$= \frac{N_0}{2} \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx dy - \frac{N_0}{2} \frac{\alpha}{b} \int_0^a \int_0^b y \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx dy \quad (1)$$

上式中 α 是一因數(Factor)。若是純彎曲(Pure bending) $\alpha=2$ ，若是正壓力， $\alpha=0$ 。

式(1)中之第一積分式：

$$\frac{N_0}{2} \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx dy = \frac{N_0}{2} \int_0^a \int_0^b \left(\sum_m \sum_n A_{mn} \psi'_m(x) \phi_n(y)\right) \left(\sum_p \sum_q A_{pq} \psi'_p(x) \phi_q(y)\right) dx dy$$

因 x 與 y 之函數，均是正交函數(見附錄乙)，所以僅是考量 $m=p$ 及 $n=q$ 之情形，得下式：

$$\frac{N_0}{2} \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx dy = \frac{N_0}{2} \sum_m \sum_n A_{mn}^2 \phi_1(n) \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \frac{a}{2} \quad (2)$$

上式內 $\phi_1(n)$ 是代表從 y 函數所求得之積分，與第三節式(5)之 $\phi_1(n)$ 同。

式(2)中第二積分式有解答，僅是 $m=p$ 。但當考量其他二情形，就是 $n=q$ 與 $n \neq q$ 。

$$\text{若 } n=q, \quad -\frac{N_0}{2} \frac{\alpha}{b} \int_0^a \int_0^b y \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx dy = -\frac{N_0}{2} \frac{\alpha}{b} \sum_m \sum_n A_{mn}^2 \phi_5(n) \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \frac{a}{2} \quad (3)$$

$$\text{若 } n \neq q, \quad -\frac{N_0}{2} \frac{\alpha}{b} \int_0^a \int_0^b y \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 dx dy = -\frac{N_0}{2} \frac{\alpha}{b} \sum_m \sum_n \sum_q 2A_{mn} A_{mq} \phi_5(n, q) \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \frac{a}{2} \quad (4)$$

式(3)及式(4)內， $\phi_5(n)$ 及 $\phi_5(n, q)$ 均是代表從 y 函數所求得之積分(因式長未列出)，並在式(4)內曾注意下列關係：

$$\int_0^b y \phi_n \phi_q dy = \int_0^b y \phi_q \phi_n dy$$

從式(2)，(3)，(4)得

$$V_b = \frac{N_0}{2} \frac{a}{2} \sum_m \sum_n A_{mn}^2 \left(\frac{n\pi}{a} \right)^2 \phi_1(n) - \frac{N_0}{2} \frac{aa}{2b} \sum_m \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left[\sum_n A_{mn} \phi_5(n) + 2 \sum_q A_{mn} A_{mq} \phi_5(n, q) \right] \quad (5)$$

第七節 臨界撻曲應力之計算

當板之兩邊撻曲力所作之功 V_b (見第六節式 5) 等於板在撻曲時之位能 V_p (見第三節式 10), 板起撻曲, 就是

$$V_b = V_p \quad (1)$$

從式(1)得撻曲應力之式如下:

$$\sigma = \frac{\frac{Da}{4} \sum_m \sum_n \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 \left\{ A_{mn}^2 \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right] + \sum_q 4 A_{mn} A_{mq} \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n, q) \right\}}{\frac{ha}{4} \sum_m \sum_n A_{mn}^2 \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \phi_1(n) - \frac{haa}{4b} \sum_m \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left[\sum_n A_{mn}^2 \phi_5(n) + 2 \sum_q A_{mn} A_{mq} \phi_5(n, q) \right]} \quad (2)$$

用與第四節同一方法, 求臨界撻曲應力, 將 σ 對於常數 A_{mn} 之一階導式等於零, 得下式:

$$A_{mn} \left\{ \frac{m^2}{b} \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right] - \frac{\lambda}{b} \left[\phi_1(n) - \frac{a}{b} \phi_5(n) \right] + \left[\frac{m}{b} \sum_q 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n, q) + \lambda \frac{a}{b^2} \phi_5(n, q) \right] A_{mq} \right\} = 0 \quad (3)$$

$$\text{上式內} \quad \lambda = \frac{\sigma ha^2}{D\pi^2} \quad (4) \quad \sigma = \frac{\lambda}{\beta^2} \frac{D\pi^2}{b^2 h} = K \frac{D\pi^2}{b^2 h} \quad K = \frac{\lambda}{\beta^2} \quad (5)$$

式(3)內方程式系, 能分成 m 組, 每組有一定 m 之數值, 現在僅考慮 $m=1$, 就是板在 x - 方向曲成一半波, 將 $m=1$ 代入式 (3) 可得常數 $A_{11}, A_{12}, A_{13}, \dots$ 之一齊次線方程式系 (A system of homogeneous linear equations)。將常數 A 之係數之行列式 (Determinates) 等於零, 求入之值, 從式(5)得 K 之值。

$\phi_5(n)$ 與 $\phi_5(n, q)$ 從原式用表(一)計算, 其結果列於表(六)。

表 (六)

n	$\phi_5(n)$	n	q	$\phi_5(n, q)$
1	0.478136 b^2	1	2	-0.147778 b^2
2	0.491880 b^2	2	1	-0.147778 b^2
3	0.495884 b^2	3	1	0
		1	3	0
		2	3	-0.176316 b^2
		3	2	-0.176316 b^2

式(3)中常數 A 之係數，可從表(二)及表(六)計算得之。其為 $m=1$ 之數值，列於表(七)。

表 (七)

A_{11}	A_{12}	A_{13}
$v_1 - \lambda d_1$	$-0.147778 \lambda a$	-0.1971256
$-0.147778 \lambda a$	$v_2 - \lambda d_2$	$-0.176316 \lambda a$
-0.1971256	$-0.176316 \lambda a$	$v_3 - \lambda d_3$

上表中 $v - \lambda d = \frac{m^2}{b} \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right] - \frac{\lambda}{b} \left[\phi_1(n) - \frac{a}{b} \phi_5(n) \right]$

$$v = \frac{m^2}{b} \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right]$$

$$d = \frac{1}{b} \left[\phi_1(n) - \frac{a}{b} \phi_5(n) \right]$$

例如 v_2 與 d_2 是 v 與 d 在 $n=2$ 時之值，餘類推。

從表(七)各級行列式(Determinates)得 K 之值，列於表(八)及表(九)。

表 (八) K 之值，當 $a=1$

β	1.5	1.0	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{5}$
從第一級行列式	27.80	16.55	13.47	18.34
從第二級行列式	27.42	16.28	13.15	17.37
K 之數值，當 $a = \frac{2}{3}$				
β	1.5	1.0	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{5}$
從第一級行列式	21.29	12.67	10.32	14.04
從第二級行列式	21.21	12.62	10.25	11.75

表 (九) K 之數值，當 $a=2$

β	2.0	1.5	1.2	1.0
從第二級行列式	172.06	104.68	74.15	58.23
從第三級行列式	172.05	104.66	74.11	58.17
β	$\frac{5}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$
從第二級行列式	48.02	41.20	31.50	43.15
從第三級行列式	47.91	41.00	38.96	42.01

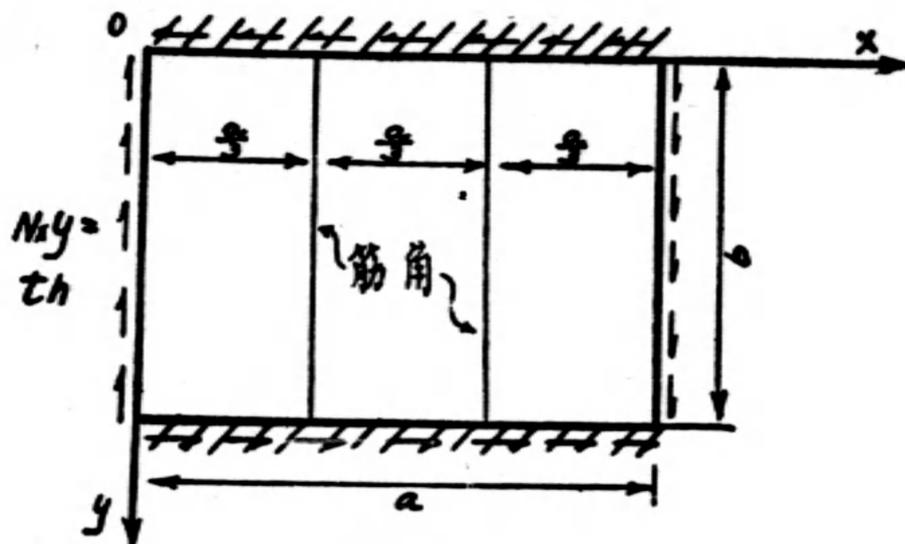
從表(八)及表(九)可知當 $a=2$ ，用第三級行列式，為較小之 a ，用第二級行列式，均可得 K 之較準確數值。

將表(八)及(九) K 之值對 β 之值，繪成曲線如圖(六)及(七) ($m=1$)。從 $m=1$ 所得之結果，可以應用於許多半波之情形。若在式(3)中，將 ma 代 a ，能求 λ 之值，再求 K 之值，所以在繪 $m=2$ 時之曲線，只須將縱坐標 K 不變而將橫坐標 $\frac{a}{b}$ 加倍，以此類推，亦能繪 m 等於他值時之曲線。

從圖(六)純彎曲之情形，一長板將曲成許多半波，而每半波長約等於 $\frac{1}{2}b$ 。式(5)中 K 之值可讀圖(六)及(七)之實線得之。

第八節 薄板附有筋角 (Stiffener) 之臨界應力

此節研究一板附有二筋角，四邊受均佈剪力，其邊界條件仍如前，二筋角置在板三分之一處，其彎曲剛性相同，筋角裝固於板上，故隨板彎曲。



圖八

板之撓曲面仍用雙層級數代表之，筋角彎曲時之形變能量^[3](Strain energy)是：

$$V_i = \frac{B_i}{2} \int_0^b \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)_{x=c_i}^2 dy \quad (1)$$

B_i 是每一筋角之彎曲剛性， c_i 從邊 $x=0$ 之距離。因二筋角均勻放置， $c_i = \frac{1}{3}a$ 及 $c_i = \frac{2}{3}a$ ，二筋角之彎曲剛性相同，故以一 L 字代之。

$$V_i = \frac{B}{2} \int_0^b \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)_{x=\frac{1}{3}a}^2 + \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)_{x=\frac{2}{3}a}^2 \right\} dy \quad (2)$$

上式內 $\int_0^b \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) dy = \int_0^b \left[\sum_m \sum_n A_{mn} \frac{d^2 \phi_n}{dy^2} \psi_m \right]^2 dy$

$$\int_0^b \frac{d^2 \phi_n}{dy^2} dy = \phi_2(n) \quad (\text{見第三節式 6})$$

因此式(2)變成：

$$V_i = \frac{B}{2} \sum_n \phi_2(n) \left\{ \left[\sum_{m,p} 2A_{mn} A_{pn} \sin \frac{\pi m}{3} \sin \frac{\pi p}{3} \right] + \left[\sum_{m,p} 2A_{mn} A_{pn} \sin \frac{2\pi m}{3} \sin \frac{2\pi p}{3} \right] \right\} \quad (3)$$

薄板在撓曲時之位能 V_p 見第三節式(10)，剪力在板之四邊所作之外功 V_i 見第四節式(2)，當剪力所作之外功，等於板與兩筋角之併合彈性能量，則板即起撓曲。就是：

$$V_p + V_i = V_s \quad (4)$$

從式(4)可得剪應力之式如下：

$$\tau = \frac{\frac{D}{2} \sum_n \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 \frac{a}{2} \left\{ A_{mn}^2 \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right] + \sum_q 4A_{mn} A_{mq} \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n, q) \right.}{4h \sum_{m,n,p,q} A_{mn} A_{pq} \frac{mp}{(p^2 - m^2)} \phi_4(n, q)} \left. + \frac{B}{2} \sum_n \phi_2(n) \left\{ \left(\sum_{m,p} 2A_{mn} A_{pn} \sin \frac{\pi m}{3} \sin \frac{\pi p}{3} \right) + \left(\sum_{m,p} 2A_{mn} A_{pn} \sin \frac{2\pi m}{3} \sin \frac{2\pi p}{3} \right) \right\} \right. \quad (5)$$

$$\left. (m \pm p) \text{ odd.} \right.$$

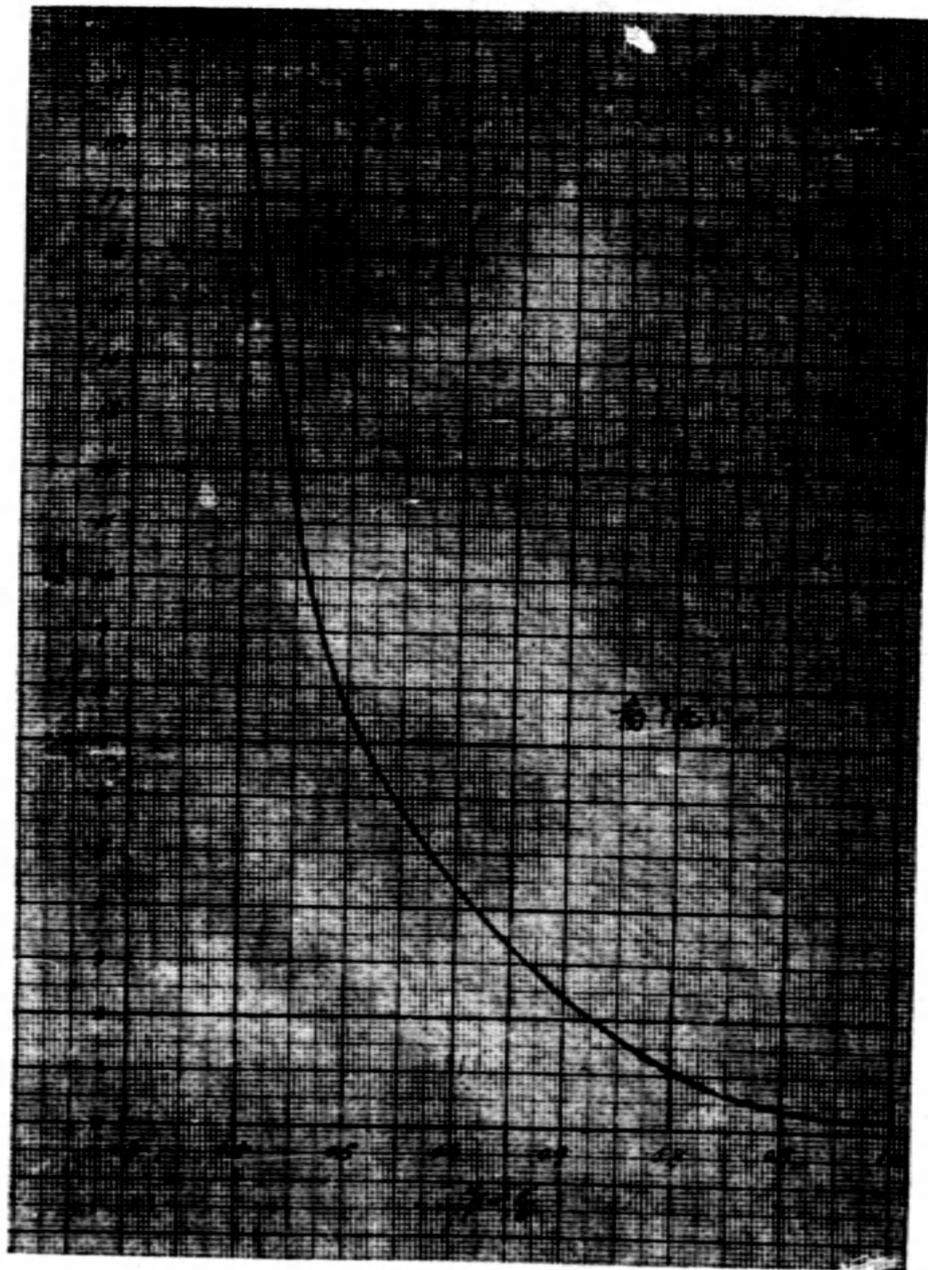


圖 九

要得臨界剪應力，將 τ 對於常數 A_{mn} 之一階導式等於零，得下式：

$$\frac{\lambda}{b} m^4 \left\{ A_{mn} \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi} \right)^4 \phi_2(n) + 2 \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n) \right] + \sum_q 2A_{mq} \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 \phi_3(n, q) \right\}$$

$$+ \gamma \lambda \left(\frac{a}{\pi} \right)^4 \frac{2}{b} \phi_2(n) \left\{ \left(\sum_p A_{pn} \sin \frac{\pi m}{3} \sin \frac{\pi p}{3} \right) + \left(\sum_p A_{pn} \sin \frac{2\pi m}{3} \sin \frac{2\pi p}{3} \right) \right\}$$

$$-\sum_p \sum_q A_{pq} \frac{mp}{(p^2 - m^2)} \phi_4(n, q) = 0 \quad (6)$$

(p ± m) odd.

式(6)內用下列標記, $\beta = \frac{a}{b}$, $\gamma = \frac{B}{aD}$, $\lambda = -\frac{\pi^2}{8\tau\beta^3} \frac{D\pi^2}{b^2h} = -\frac{\pi\sigma_c}{8\tau\beta^3}$, $\sigma_c = \frac{D\pi^2}{b^2h}$ (7)

從式(7), $\tau = -\frac{\pi^2}{8\beta^3\lambda} \frac{D\pi^2}{b^2h} = K \frac{D\pi^2}{b^2h}$ (8)

$$K = -\frac{\pi^2}{8\beta^3\lambda} \quad (9)$$

式(6)是常數 A 之一齊次線方程式系, 將常數 A 之係數之行列式等於零, 可得 λ 之值, 從式(9)求 K 之值。

式(6)中之方程式系可分成兩組, 第一組含 $(i+j)$ 成雙數之各項, 第二組含 $(i+j)$ 成單數之各項, 同樣情形發生於求板無筋角之臨界剪力時。從計算上得知自第二組中求得之 K 為較小, 式(6)中常數 A_{ij} 之係數屬於第二組者列於表(十)。

表 (十) $(i+j)$ 成單數之組

A_{21}	A_{12}	A_{32}	A_{23}	A_{41}	A_{43}
λu_{21}	-2.22702	4.008636	λt_{23}	λr_{41}	0
-2.22702	λu_{12}	0	3.67738	-0.890808	1.470952
4.008636	0	λu_{32}	-6.619284	-5.72662	9.45612
λt_{21}	3.67738	-6.619284	λu_{23}	0	λr_{43}
λr_{21}	-0.890808	-5.72662	0	λu_{41}	λt_{43}
0	1.470952	9.45612	λr_{23}	λt_{41}	λu_{43}

上表內為便利計用下列標記:

$$u = s - r \quad s = \frac{m^4}{b} \left[\phi_1(n) + \left(\frac{a}{m\pi}\right)^4 \phi_2(n) + 2\left(\frac{a}{m\pi}\right)^2 \phi_3(n) \right]$$

$$r = \gamma \left(\frac{a}{\pi}\right)^4 \frac{2}{b} \phi_2(n) \left[\left(\sum_p A_{pn} \sin \frac{\pi m}{3} \sin \frac{\pi p}{3} \right) + \left(\sum_p A_{pn} \sin \frac{2\pi m}{3} \sin \frac{2\pi p}{3} \right) \right]$$

$$t = 2 \left(\frac{a}{m\pi}\right)^2 \phi_3(n, q) \quad (s \text{ 與 } t \text{ 同第五節})$$

將表(十)中之第五級行列式等於零, 求 λ 之值, 再求 K 之值, K 之值因 β 與 γ 而不同, 茲列於表(十一)。

表 (十一) 薄板附有二筋角之 K 及 γ 之值

$$\gamma = \frac{B}{aD} \quad \tau = K \frac{D\pi^2}{b^2h}$$

$\beta = 3.0$		$\beta = 2.5$		$\beta = 2$	
γ	K	γ	K	γ	K

0	10.9	0	10.4	0	10.3
0.1	12.8	0.2	13.4	1	17.4
0.2	13.8	0.5	16.8	2	25.1
0.4	17.1	1.0	21.0	5	35.1
0.6	19.3	2.0	26.8	10	44.0
$\beta=1.5$		$\beta=1.2$		$\beta=1$	
γ	K	γ	K	γ	K
0	10.9	0	12.2	0	14.0
2	24.6	5	36.4	10	51.9
5	34.9	8	44.0	20	68.9
10	46.1	20	62.8	30	80.8
15	51.7	25	68.1	40	90.1

若筋角無足夠彎曲剛性，皺曲板面上之斜波必致橫過筋角，筋角即隨板彎曲。但可增加筋角之彎曲剛性至某種程度，筋角仍維持其原來直的狀態。而板在筋角之間，發生皺曲。此情形相當於每格(二筋角間)之兩橫邊為筋角所簡支，此處對於板之連續性則未計及，能阻止筋角隨板彎曲之最小 γ ，可以求得之。從表(五)取 $\frac{\beta}{3}$ 時 K 之值。再從表(十一)求 γ 之對比值(Corresponding value)。其結果列於表(十二)。

表 (十二) γ 之最小值

β	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
$\frac{\beta}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{6}$	1
(從表五) K	56.9	39.6	26.3	17.4	13.9	12.5
(從表十一) $\gamma_{min.}$	17.2	6.25	2.51	1.0	0.25	0.084

為便利計，不用板之總長與寬之比率，而用每格(二筋角間)長與寬之比率如下：

$$\beta' = \frac{a'}{b} \quad \gamma' = \frac{B}{a'D} \quad a' = \text{每格之長度}$$

因為 $\beta' = \frac{1}{3}\beta$ ，所以 $\gamma_{min.} = 3\gamma_{min}$ 從表(十二)得 β' 與 γ' 之值列於表(十三)

表 (十三)

β'	γ'	K
$\frac{1}{3}$	51.6	56.9
$\frac{2}{5}$	18.8	39.6
$\frac{1}{2}$	7.5	26.3

$\frac{2}{3}$	3.0	17.4
$\frac{5}{6}$	0.75	13.9
1	0.25	12.5

上表所列 β' 與 γ' 之值，繪成曲線如圖(九)。

第九節 應用於鋼板梁設計

此節以理論研究所得，應用於實際設計。鋼板梁之腹板(Web)，在兩筋角間，作為長方薄板，兩縱邊裝固，兩橫邊簡支，惟是腹板之連續性與筋角之拘束力，均未計及。在梁之跨度中部，板受純彎曲力而剪力不計，在梁之近支點處，板假定受均佈剪力。此節討論腹板之厚度，筋角之間隔與大小。

(1) 腹板之厚度……梁之中部受純彎曲，於此處求腹板之厚度，從圖(六)得第七節式(5)中 K 之最小數值為 39.0。

$$\sigma = 39.0 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \frac{h^3}{b^2}$$

從上式可得腹板淨高 (Unsupported height) 與厚度之比率。

$$\frac{b}{h} = \sqrt{39.0 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2) \sigma}}$$

結構用鋼之容許單位應力 = 18,000 #/sq, $E = 30 \times 10^6$ #/sq, $\nu = 0.3$, 若取安全因數 = 1.5, 則 $\sigma = 18,000 \times 1.5 = 27,000$ #/sq, 其比率如下:

$$\frac{b}{h} = 198$$

按 A. R. E. A. (1935) 規範書第 431 條所載，腹板厚度不得小於

$$1/170b, \text{ 就是 } \frac{b}{h} < 170$$

例如, $\frac{b}{h} = 198$ $\frac{b}{h} = 170$

$b = 85''$ $h = 0.429 \sim \frac{7''}{16}$ $h = 0.500 = \frac{1''}{2}$

$b = 60$ $h = 0.303$ $h = 0.353$

(2) 腹板之間隔……近梁之支點處，腹板在兩筋角間，作為受均佈剪力。從第五節式(3)及表(五)，得 $\frac{a}{b}$ 與 $\frac{b}{h}$ 之關係，此關係用圖(十)中曲線表示之，如腹板厚度已定而有指定淨高，從圖(十)可得筋角之間隔。

容許單位剪力是 11000 #/sq, 若取安全因數為 1.5, 則 $\tau = 11000 \times 1.5 = 16,500$ #/sq。

例如 $b = 85''$ $h = \frac{7''}{16}$ $\frac{b}{h} = 194.5$

從圖(十), $\tau = 16,500$ #/sq, 及 $\frac{b}{h} = 194.5$, 得 $\beta = \frac{a}{b} = 0.54$

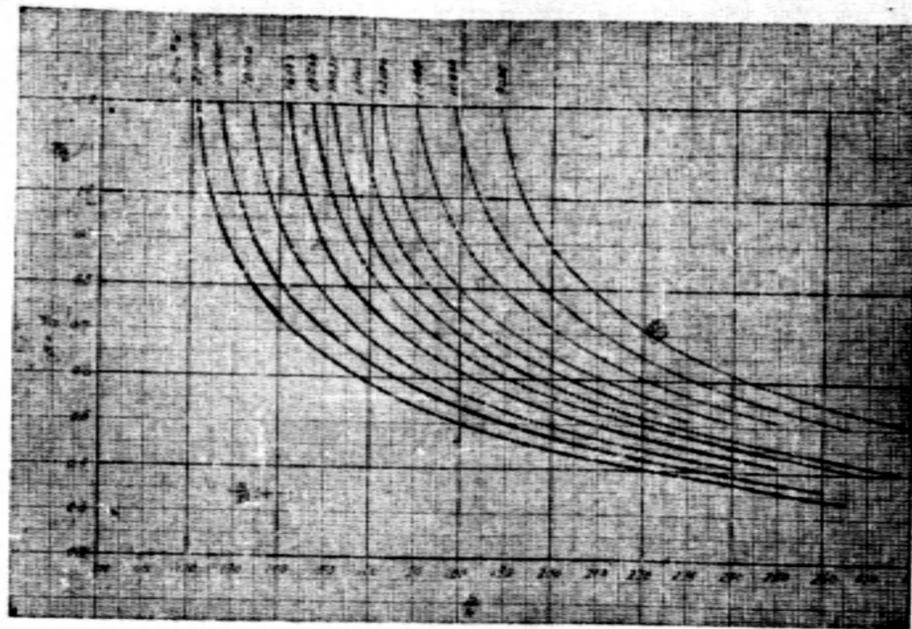


圖 十

$$a = 0.54 b = 0.54 \times 85 = 46''$$

就是筋角之間隔，應為 46 英吋。

按照 A. R. E. A. (1935) 規範書第 433 條，兩筋角之間隔，不得超過 72 英吋或由下列公式定之：

$$a = \frac{255000 h}{\tau} \sqrt[3]{\frac{\tau h}{b}} \quad (\text{用此篇標記})$$

例如 $b = 85''$ $h = \frac{1''}{2}$ (由規範書求得，見前) $\tau = 11000 \#/\text{sq}$

$$a = \frac{255000 \times \frac{1}{2}}{11000} \sqrt[3]{\frac{11000 \times \frac{1}{2}}{85}} = 46.4''$$

照規範書公式，得筋角之間隔為 46.4 英吋，與作者所得相同。蓋 1935 年規範書之間隔公式，亦基於理論。故所得結果相符也。若照 1931 年規範書公式，則得 ($\tau = 10,000 \#/\text{sq}$)

$$a = \frac{h}{40} (12000 - \tau) = \frac{1}{40} (12000 - 10000) = 25''$$

間隔僅為 25 英吋，與 1935 年規範書公式及作者所得，相差甚大，蓋此公式由於簡單假定，估低腹板抵抗撓曲之能力。故不甚可靠也。

(3) 筋角之大小……第八節中曾求板附有二筋角， $\gamma = \frac{B}{a'D}$ 之最小值。從圖(九)得筋角之最小轉動慣性(Moment of inertia)在圖(十一)表示之。如鋼板不致附二筋角(間隔同前)則每筋角須稍大。為應用於普通情形，將圖(十一)上所得轉動慣性加百分之五十。

例如 $b = 85''$ $h = \frac{7''}{16}$ $a = 46''$ $\beta = 0.54$

從圖(十一)得 $\frac{I}{a} = .05$ $I = .05 \times 46 = 2.3$

加 50% $I = 2.3 \times 1.5 = 3.45 \text{ in}^4$

實在用一個角鐵如 $5 \times 3 \times \frac{5}{16}$ $I = 6.3 \text{ in}^4$ 已夠，如為對稱起見，可用甚小二角鐵，如 $2 \angle$

$3 \frac{1}{2} \times 3 \times \frac{5}{16}$ $I = 22 \text{ in}^4$ ($h = \frac{7''}{16}$)

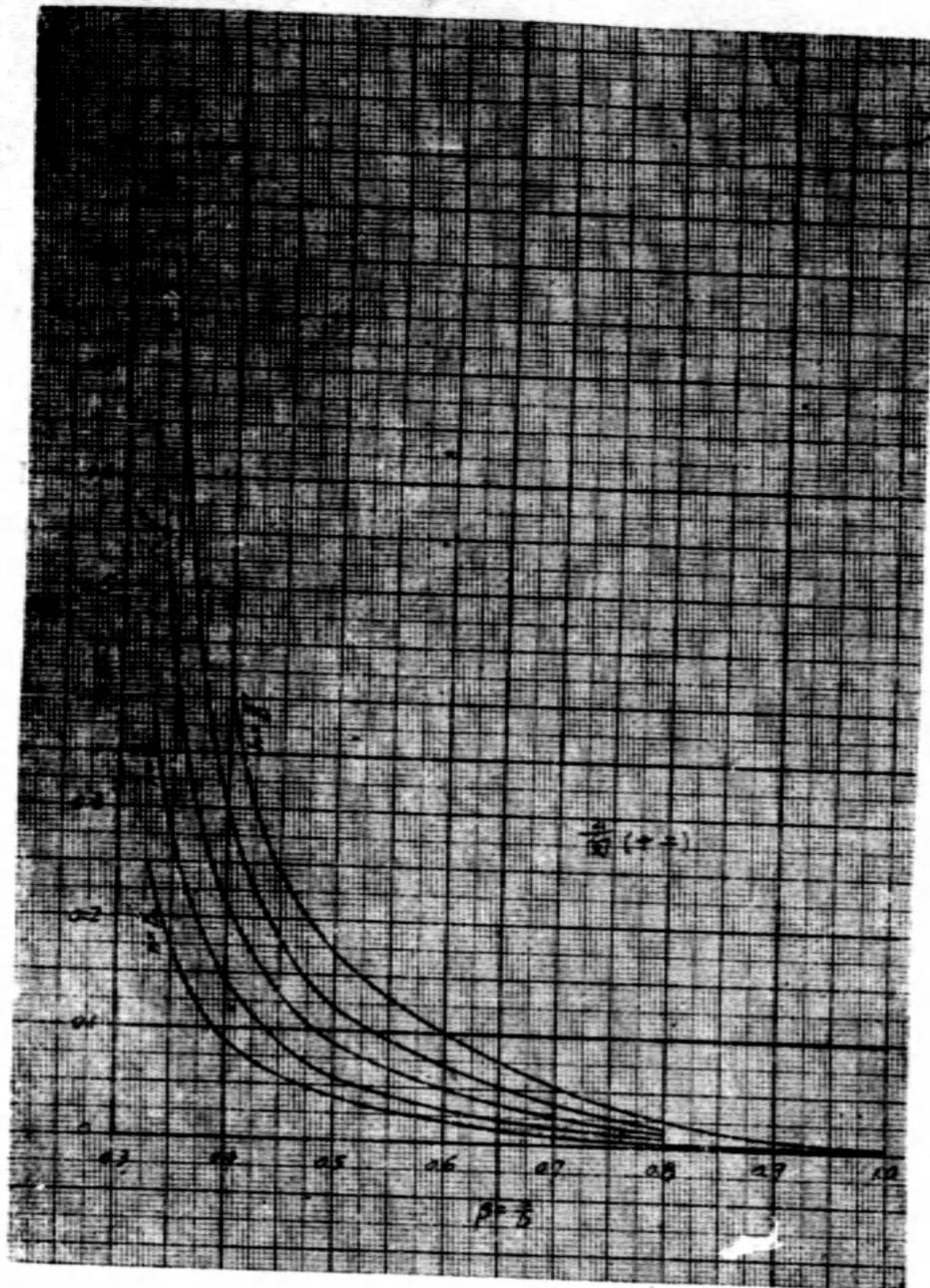


圖 十 一

按照 A. R. E. A. (1935) 規範書第 433 條所載，筋角外凸之角鐵脚，不得超過角鐵厚之十六倍，不得小於二吋加鋼板梁高度三十分之一。

例如 $b=85''$ 鋼板梁高為 $85''+16''$ (假定) $=101''$

$$2'' + \frac{1}{30} \times 101'' = 2 + 3.37 = 5.37'' \quad \text{用 } 6''$$

$$\text{用 } \frac{3''}{8} \text{ 厚} \quad \frac{3''}{8} \times 16 = 6''$$

照平常設計，用 $2 \angle 6 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ ， $I=61.7 \text{ in}^4$

作者所得與規範書所定者，相差不大。

第十節 總結

從彈性穩度上觀之，可預料縱邊裝固橫邊簡支之板，較四邊簡支之板，抵抗撓皺之能力為大，須有更大之力，以撓皺此板，上面研究結果已證實之。在公式 $\tau_w = \frac{D\pi^2}{b^2h}$ 及 $\sigma_w = \frac{D\pi^2}{b^2h}$ 中之 K 與臨界應力作正比，所以現在比較正方板之臨界應力，僅須比較 K 之值如下：

正方形板臨界應力之比較

	四邊簡支 ^[3]	縱邊裝固 橫邊簡支	縱邊裝固，臨界 應力增加百分比
剪力 $K=$	9.4	12.5	33%
彎曲力 $K=$	25.6	39.0	52%

從上表比較，可知縱邊裝固對彎曲應力較剪應力之影響為大，此點亦可意想得之。

長板受彎曲力，皺成許多半波，簡支板之半波長度為 $\frac{2}{3}b$ ，若兩縱邊裝固，半波較短，其長度為 $\frac{1}{2}b$ （見圖六）。

至理論應用於實際設計，鋼板梁腹板之厚度，較 A. R. E. A. (1935) 規範書所定為小，為 $\frac{b}{h}=198$ 與 $\frac{b}{h}=170$ 之異。筋角間隔作者所得，與(1935)規範書公式所求相同，因此公式亦由於理論，故得相符，照理論筋角尺寸，所需甚小，與規範書所規定者，相差甚大，關於此點，及 $\frac{b}{h}$ 比率，將來規範書必如筋角間隔公式，基於理論，大為修改也。

附錄(甲) 兩端裝固棒之振動(Vibration)

棒之橫振動微分方程式如下：

$$\frac{d^4\phi}{dy^4} = K^4\phi$$


圖十三

ϕ 是偏撓度。

上方程式之解答(General solution)為：

$$\phi(y) = A \cos Ky + B \sin Ky + C \cosh Ky + D \sinh Ky$$

或寫作下式：

$$\begin{aligned} \phi(y) = & c_1(\cos Ky + \cosh Ky) + c_2(\cos Ky - \cosh Ky) \\ & + c_3(\sin Ky + \sinh Ky) + c_4(\sin Ky - \sinh Ky) \end{aligned} \quad (2)$$

兩端裝固棒之邊界條件為：

$$\text{在 } y=0 \text{ 及 } y=b \text{ 兩邊， } \phi=0,$$

$$\text{在 } y=0 \text{ 及 } y=b \text{ 兩邊， } \frac{d\phi}{dy} = 0. \quad (3)$$

就是兩端之偏撓度及斜度，均等於零。

從條件在邊 $y=0$ 處， $\phi=0$ 與 $\frac{d\phi}{dy}=0$ 得 $c_1=c_2=0$

於是式(2)變成下式：

$$\phi(y) = c_2(\cos Ky - \cosh Ky) + c_4(\sin Ky - \sinh Ky) \quad (4)$$

從其他條件，在邊 $y=b$ 處， $\phi=0$ ，得下式：

$$c_2(\cos Kb - \cosh Kb) + c_4(\sin Kb - \sinh Kb) = 0 \quad (5)$$

在邊 $y=b$ 處, $\frac{d\phi}{dy} = 0$, 得下式:

$$c_2(\sin Kb + \sinh Kb) - c_4(\cos Kb - \cosh Kb) = 0 \quad (6)$$

要得一解答, c_2 與 c_4 之係數之行列式 (Determinate) 等於零, 就是: $(\cos Kb - \cosh Kb)^2 + (\sin^2 Kb - \sinh^2 Kb) = 0$

因為 $\sin^2 Kb + \cos^2 Kb = 1$, $\cosh^2 Kb - \sinh^2 Kb = 1$, 得下列關係:

$$\cos Kb \cosh Kb = 1 \quad (7)$$

上式之根如下:

$$K_1 b = 4.7300408$$

$$K_2 b = 7.8532046$$

$$K_3 b = 10.9953078$$

$$K_4 b = 14.1371655$$

$$K_5 b = 17.2787596$$

.....

從式(6), 求 c_2 , 代入式(4), 得

$$\phi(y) = \frac{c_4}{\sin Kb + \sinh Kb} \left[(\cos Kb - \cosh Kb)(\cos Ky - \cosh Ky) + (\sin Kb + \sinh Kb)(\sin Ky - \sinh Ky) \right]$$

將常數作為 $\frac{Q_i}{\cosh Kb}$, Q_i 是假定常數, 得下式:

$$\phi(y) = \frac{Q_i}{\cosh Kb} \left[(\cos Kb - \cosh Kb)(\cos Ky - \cosh Ky) + (\sin Kb + \sinh Kb)(\sin Ky - \sinh Ky) \right] \quad (8)$$

式(8)函數用於研究薄板之彈性穩度。

附錄(乙) 函數 $\phi(y)$ 與 $\phi''(y)$ 之性質

$\phi(y)$ 與 $\phi''(y)$ 是正交函數 (Orthogonal function)。可從原來振動微分方程式及邊界條件證明之。

$$\text{若 } m \neq n \quad \frac{d^4 \phi_n}{dy^4} = K_n^4 \phi_n \quad \phi_m \frac{d^4 \phi_n}{dy^4} = K_n^4 \phi_n \phi_m \quad (1)$$

$$\frac{d^4 \phi_m}{dy^4} = K_m^4 \phi_m \quad \phi_n \frac{d^4 \phi_m}{dy^4} = K_m^4 \phi_m \phi_n \quad (2)$$

從式(1)減式(2), 在限度 $0 \leq y \leq b$ 內求積分。

$$\begin{aligned} (K_n^4 - K_m^4) \int_0^b \phi_m \phi_n dy &= \int_0^b \left[\phi_m \frac{d^4 \phi_n}{dy^4} - \phi_n \frac{d^4 \phi_m}{dy^4} \right] dy \\ &= \phi_m \frac{d^3 \phi_n}{dy^3} \Big|_0^b - \phi_n \frac{d^3 \phi_m}{dy^3} \Big|_0^b \\ &\quad - \int_0^b \frac{d\phi_m}{dy} \frac{d^3 \phi_n}{dy^3} dy + \int_0^b \frac{d\phi_n}{dy} \frac{d^3 \phi_m}{dy^3} dy \end{aligned}$$

從邊界條件，在邊 $y=0$ 及 $y=b$ 處， $\phi=0$ ，上式內第一第二項變成零，再用分部求積分法(Integration by parts)得：

$$(K_n^4 - K_m^4) \int_0^b \phi_m \phi_n dy = - \left. \frac{d\phi_m}{dy} \frac{d^2\phi_n}{dy^2} \right|_0^b + \left. \frac{d\phi_n}{dy} \frac{d^2\phi_m}{dy^2} \right|_0^b \\ + \int_0^b \frac{d^2\phi_m}{dy^2} \frac{d^2\phi_n}{dy^2} dy - \int_0^b \frac{d^2\phi_n}{dy^2} \frac{d^2\phi_m}{dy^2} dy$$

再從邊界條件，在 $y=0$ 及 $y=b$ 處， $\frac{d\phi}{dy}=0$ ，其第一第二項等於零，後二項因相同而抵消，最後得下式：

$$(K_n^4 - K_m^4) \int_0^b \phi_m \phi_n dy = 0$$

若 $m \neq n$ ， $(K_n^4 - K_m^4)$ 不能等於零，於是

$$\int_0^b \phi_m \phi_n dy = 0 \quad (3)$$

如此證明 $\phi(y)$ 是正交函數。

若式(1)與式(2)相加，用分部求積分法如前，並注意邊界條件，得下式：

$$(K_n^4 + K_m^4) \int_0^b \phi_m \phi_n dy = 2 \int_0^b \frac{d^2\phi_m}{dy^2} \frac{d^2\phi_n}{dy^2} dy \quad (4)$$

因為 $\int_0^b \phi_m \phi_n dy = 0$ ，若 $m \neq n$ ，於

$$\int_0^b \frac{d^2\phi_m}{dy^2} \frac{d^2\phi_n}{dy^2} dy = 0，若 m \neq n \quad (5)$$

所以 $\phi''(y) = \frac{d^2\phi}{dy^2}$ 亦是正交函數。

若 $m = n$ ，式(4)變成下式：

$$K_n^4 \int_0^b \phi_n^2 dy = \int_0^b \left(\frac{d^2\phi}{dy^2} \right)^2 dy \quad (6)$$

參 考 書 目

1. Timoshenko, Report of International Congress of Bridges and Structures, 1932. Engineering, Vol. 138, p. 207, 1934.
2. J. L. Maulbetsh, Jour. of Applied Mechanics, A. S. M. E., June, 1937, p. A-59.
3. Timoshenko, Theory of Elastic Stability.
4. Southwell & Skan, Roy. Soc. London, Proc. Series A, 1924, Vol. CV, p. 582.
5. Timoshenko, Vibration Problem in Engineering.
6. Rayleigh, The Theory of Sound, 2nd Edition, 1894, London.
7. S. Way, Jour. of Applied Mechanics, A. S. M. E., Dec. 1936, p. A-131.

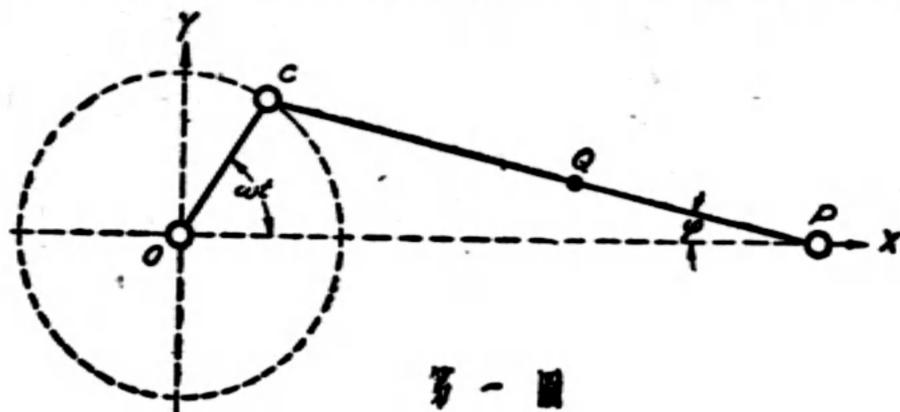
連桿與活塞之運動及其惰性效應

莊 前 鼎 王 守 融

普通連桿之運動及惰力

關於連桿(Connecting rod)及活塞(Piston)運動時之位移(Displacement), 速率(Velocity), 加速率(Acceleration), 惰力(Inertia force)及惰力矩(Inertia moment)在書籍上所見者皆屬近似之解答, 因一般人士認為此類問題既含有分數指數(Fractional index)及調和級數(Harmonic series), 其絕對準確之解答似過於繁冗, 每不採用。但此類問題若按步分析之, 其結果並不若意料中之繁冗也。

如第一圖, OC 為曲柄(Crank), 與中心線 OP 成 ωt 角, ω 為曲柄 OC 之轉速, 每



秒若干弧度(Rotating speed rad. per sec.); t 為時間, OC 與 OP 相重時為起點。 OC 之長度為 r , CP 為連桿, 其長度為 L 。 Q 為連桿 CP 上任意一點。以 O 為坐標之原點, OP 為 X 軸, 則此時曲柄軸針(Crank pin) C 之坐標應為

$$x_1 = r \cos \omega t \quad (1)$$

$$y_1 = r \sin \omega t \quad (2)$$

而活塞銷(Piston pin) P 之坐標應為

$$x_2 = r \cos \omega t + \sqrt{L^2 - r^2 \sin^2 \omega t} \quad (3)$$

$$y_2 = 0 \quad (4)$$

因 P 點常在 x 軸上。

設 Q 點至 C 點之距離為 aL , 則 Q 點之坐標可自連桿兩端 C, P 二點求得,

$$\begin{aligned} x &= x_1 + a(x_2 - x_1) \\ &= r \cos \omega t + a\sqrt{L^2 - r^2 \sin^2 \omega t} \\ &= r \cos \omega t + aL\sqrt{1 - (r/L)^2 \sin^2 \omega t} \\ y &= (1-a)r \sin \omega t \end{aligned}$$

令 $\frac{r}{L} = k, k < 1$, 因曲柄之長度恆小於連桿; 通常 k 之值在 3-4 之間。以 k 代入前

列方程式中，即得

$$x = r \cos \omega t + aL\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t} \quad (5)$$

$$y = (1 - a)r \sin \omega t \quad (6)$$

曲柄及連桿運動時，Q 點之速率即(5)·(6)二式對時間“t”之微分式(Derivative)。

$$\begin{aligned} V_x &= \frac{dx}{dt} \\ &= -r\omega \sin \omega t + aL \frac{-\omega k^2 2 \sin \omega t \cos \omega t}{2\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t}} \\ &= -r\omega \sin \omega t - \frac{aL\omega k^2}{2} \frac{\sin 2\omega t}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t}} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} V_y &= \frac{dy}{dt} \\ &= (1 - a)r\omega \cos \omega t \end{aligned} \quad (8)$$

若更求(7)·(8)二式對“t”之微分式，則得 Q 點之加速率

$$\begin{aligned} a_x &= \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ &= -r\omega^2 \cos \omega t - \frac{aL\omega k^2}{2} \left\{ \frac{2\omega \cos 2\omega t \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t} - 2\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t} \frac{-\omega k^2 \sin 2\omega t}{1 - k^2 \sin^2 \omega t}}{1 - k^2 \sin^2 \omega t} \right\} \\ &= -r\omega^2 \cos \omega t - \frac{aL\omega^2 k^2}{4(1 - k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \left\{ 4\cos 2\omega t (1 - k^2 \sin^2 \omega t) + k^2 \sin^2 2\omega t \right\} \\ &= -r\omega^2 \cos \omega t - \frac{aL\omega^2 k^2}{4(1 - k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \left\{ 2\cos 2\omega t [k^2 \cos 2\omega t + (2 - k^2)] \right. \\ &\quad \left. + k^2 (1 - \cos^2 2\omega t) \right\} \\ &= -r\omega^2 \cos \omega t - \frac{aL\omega^2 k^2}{4(1 - k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \left\{ k^2 \cos^2 2\omega t + 2(2 - k^2) \cos 2\omega t + k^2 \right\} \end{aligned}$$

爲化簡起見，令

$$k^2 \cos^2 2\omega t + 2(2 - k^2) \cos 2\omega t + k^2 = f(k, \omega t) \quad \text{簡書作 } f$$

$$1 - k^2 \sin^2 \omega t = \phi(k, \omega t) \quad \text{簡書作 } \phi$$

則

$$a_x = -r\omega^2 \cos \omega t - \frac{aL\omega^2 k^2}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \quad (9)$$

而

$$\begin{aligned} a_y &= \frac{dV_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \\ &= -(1 - a)r\omega^2 \sin \omega t \end{aligned} \quad (10)$$

今設 mL = 連桿重心(C. G.)與曲柄軸針之間距

W_c = 連桿之重量

W_p = 活塞之重量

自(9)·(10)二式，令 $a = m$ ，即得連桿重心點之加速率

$$a_{x. e. g.} = -r\omega^2 \cos \omega t - \frac{mL\omega^2 k^2}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \quad (11)$$

$$a_{y. e. g.} = -(1-m)r\omega^2 \sin \omega t \quad (12)$$

若令 $\alpha=1$ ，即得活塞 P 之加速率

$$a_{x. p.} = -r\omega^2 \cos \omega t - \frac{L\omega^2 k^2}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \quad (13)$$

$$a_{y. p.} = 0 \quad (14)$$

若令 $\alpha=0$ ，即得曲柄軸針 c 之加速率

$$a_{x. c.} = -r\omega^2 \cos \omega t \quad (15)$$

$$a_{y. c.} = -r\omega^2 \sin \omega t \quad (16)$$

自(11)，(12)二式，連桿重心之加速率可化作

$$a_{x. c. g.} = -mr\omega^2 \cos \omega t - \frac{mL\omega^2 k^2}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} - (1-m)r\omega^2 \cos \omega t$$

$$= ma_{x. p.} + (1-m)a_{x. c.}$$

$$a_{y. c. g.} = (1-m)a_{y. c.}$$

故連桿運動時之惰力應為

$$\begin{aligned} F_{x. c.} &= \frac{W_c}{g} a_{x. c. g.} \\ &= \frac{W_c}{g} [ma_{x. p.} + (1-m)a_{x. c.}] \\ &= \frac{mW_c}{g} a_{x. p.} + \frac{(1-m)W_c}{g} a_{x. c.} \end{aligned} \quad (17)$$

令 $mW_c = W_{c. p.}$ ， $(1-m)W_c = W_{c. c.}$ ，而 $W_{c. p.} + W_{c. c.} = W_c$ ，代入(17)式中，可得

$$F_{x. c.} = \frac{W_{c. p.}}{g} a_{x. p.} + \frac{W_{c. c.}}{g} a_{x. c.} \quad (18)$$

同理可得

$$F_{y. c.} = \frac{W_{c. c.}}{g} a_{y. c.} \quad (19)$$

此惰力之二部份 $\frac{W_{c. c.}}{g} a_{x. c.}$ 及 $\frac{W_{c. c.}}{g} a_{y. c.}$ 之合成效應為一與曲柄同向之離心力 (Centrifugal force)。欲平衡此惰力僅須在曲柄之對向置一均衡重 (Counter-weight)，其質量 (Mass = $\frac{W}{g}$) 及離心距 (Eccentricity) 之積為 $\frac{W_{c. c.}}{g} r$ 。此力平衡後，所餘者為 $\frac{W_{c. p.}}{g} a_{x. p.}$ 一部份及活塞之惰力 $\frac{W_p}{g} a_{x. p.}$ (因活塞無 y 軸向加速率，故 y 軸向亦無惰力)；故連桿與活塞

之惰力當為

$$\begin{aligned} F_x &= \frac{W_{c. p.}}{g} a_{x. p.} + \frac{W_p}{g} a_{x. p.} \\ &= \frac{(W_{c. p.} + W_p)}{g} a_{x. p.} \end{aligned} \quad (20)$$

此未平衡之惰力純為 x 軸向者，且與活塞之加速率成正比例；故其變化情形可自活塞

之加速率求得。

第三表及第十一圖乃各種曲柄角(Crank angle)時變數

$$E = \cos \omega t + \frac{k}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}}$$

之值及繪得之曲線。活塞之加速率與 E 之關係為

$$a_{s.p.} = -r\omega^2 E$$

由此可得各種曲柄角時連桿與活塞之惰力。

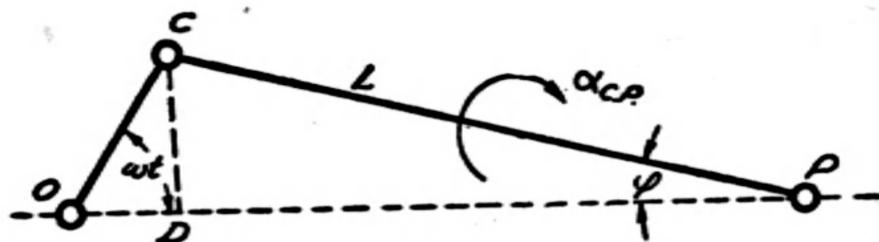
惰 力 矩

物體擺動或轉動時所生之惰力矩乃其惰率(Moment of inertia)及瞬時角加速(Instantaneous angular acceleration)之乘積

$$M = I\alpha = I \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

此處 φ 為物體中任意一直線與另一固定參考線(Fixed reference line)所交之角。

連桿擺動時，以中心線 OP 為固定參考線，連桿兩端連線 CP 與 OP 所成之角為 φ 。如第二圖所示：



第 二 圖

由圖得下列關係：

$$\begin{aligned} \tan \varphi &= \frac{CD}{PD} = \frac{r \sin \omega t}{\sqrt{L^2 - r^2 \sin^2 \omega t}} \\ &= \frac{k \sin \omega t}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t}} \\ \varphi &= \tan^{-1} \frac{k \sin \omega t}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t}} \end{aligned}$$

φ 對時間“ t ”之微分乃連桿之角速率

$$\omega_{c.p.} = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{k\omega \cos \omega t \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t} + k \sin \omega t \frac{\omega k^2 2 \sin \omega t \cos \omega t}{2\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t}}}{1 - k^2 \sin^2 \omega t} \\ &= \frac{k\omega \cos \omega t \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t} + k^2 \sin \omega t \cos \omega t}{1 - k^2 \sin^2 \omega t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \omega k \cos \omega t \sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t} + \frac{\omega k^3 \sin^2 \omega t \cos \omega t}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t}} \\
 &= \frac{\omega k \cos \omega t}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t}} \left[(1-k^2 \sin^2 \omega t) + k^2 \sin^2 \omega t \right] \\
 &= \frac{\omega k \cos \omega t}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t}} \tag{21}
 \end{aligned}$$

更微分之即得連桿 CP 之角加速

$$\begin{aligned}
 a_{c.p.} &= \frac{d\omega_{cp}}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \\
 &= \frac{-k\omega^2 \sin \omega t \sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t} + k\omega \cos \omega t \frac{\omega k^2 \sin \omega t \cos \omega t}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t}}}{1-k^2 \sin^2 \omega t} \\
 &= \frac{\omega^2 k \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \left[-(1-k^2 \sin^2 \omega t) + k^2 \cos^2 \omega t \right] \\
 &= -\frac{\omega^2 k (1-k^2) \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \tag{22}
 \end{aligned}$$

則連桿對其重心之惰力矩為

$$\begin{aligned}
 M_{c.g.} &= I a_{c.p.} \\
 &+ -I \frac{\omega^2 k (1-k^2) \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \tag{23}
 \end{aligned}$$

此處 I 乃連桿對通過其重心而垂直於其運動面 (Plane of motion) 之軸之惰率。

若以反鐘向之力矩為正值，則(23)式當改作

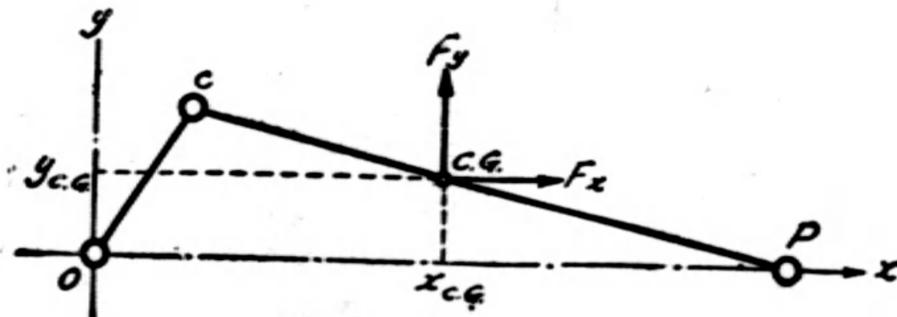
$$M_{c.g.} = I \frac{\omega^2 k (1-k^2) \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \tag{24}$$

但連桿重心之坐標隨連桿運動而變移，如欲求連桿對固定軸心 O 點之惰力矩，須在 $M_{c.g.}$ 上加以另一力矩

$$M' = -y_{c.g.} F_x + x_{c.g.} F_y \tag{25}$$

符號見第三圖所示。

前節中已得



第三圖

$$y_{c.g.} = (1-m)r \sin \omega t$$

$$x_{c.g.} = r \cos \omega t + mL \sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t}$$

$$F_x = \frac{W_c}{g} a_{x. c. g.}$$

$$F_y = \frac{W_c}{g} a_{y. c. g.}$$

代入(25)式即得

$$\begin{aligned} M' &= -(1-m)r \sin \omega t \cdot a_{x. c. g.} \frac{W_c}{g} \\ &+ \left\{ r \cos \omega t + mL\sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t} \right\} a_{y. c. g.} \frac{W_c}{g} \\ &= -(1-m)r \sin \omega t \left\{ -r\omega^2 \cos \omega t - \frac{m\omega^2 k^2 L}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right\} \frac{W_c}{g} \\ &+ \left\{ r \cos \omega t + mL\sqrt{1-k^2 \sin^2 \omega t} \right\} \left\{ -(1-m)r \omega^2 \sin \omega t \right\} \frac{W_c}{g} \\ &= -\frac{W_c}{g} \frac{m(1-m)rL\omega^2 \sin \omega t}{4(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \left\{ 4(1-k^2 \sin^2 \omega t) - k^2 f \right\} \\ &= -\frac{W_c}{g} \frac{m(1-m)rL\omega^2 \sin \omega t}{4(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \left\{ 4 - 4k^2 \right\} \\ &= -\frac{W_c}{g} \frac{m(1-m)k(1-k^2)L^2\omega^2 \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \end{aligned} \quad (26)$$

連桿運動時對軸心 O 點之惰力矩當為

$$\begin{aligned} M_0 &= M_{c. g.} + M' \\ &= \frac{I\omega^2 k(1-k^2) \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} - \frac{W_c}{g} \frac{m(1-m)k(1-k^2)L^2\omega^2 \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \end{aligned}$$

但 $I = \frac{W_c}{g} \rho^2$, ρ 為連桿對重心之環動半徑 (Radius of gyration)。令 $\rho = nL$, 則

$$I = \frac{W_c}{g} (nL)^2 = \frac{W_c}{g} n^2 L^2$$

代入前式, 則得

$$M_0 = \frac{k(1-k^2)\omega^2 L^2 \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \frac{W_c}{g} [n^2 - m(1-m)]$$

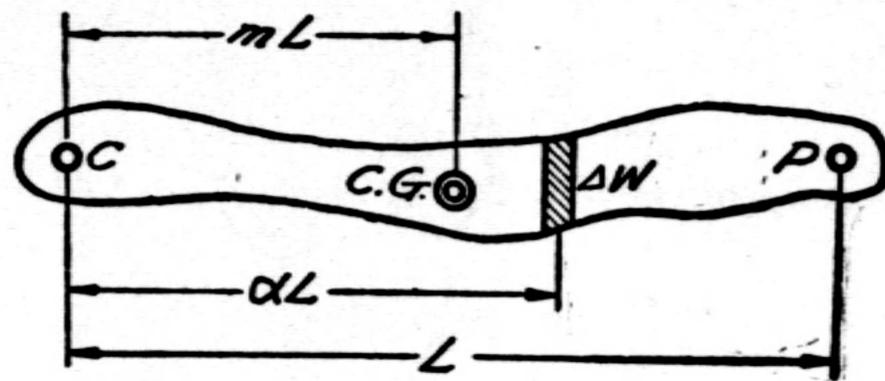
令 $F_0 = \frac{W_c}{g} \omega^2 r = \frac{W_c}{g} \omega^2 kL$, 則

$$M_0 = F_0 L (n^2 + m^2 - m) \frac{(1-k^2) \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \quad (27)$$

故知此惰力矩之變動依其因子 $\frac{(1-k^2) \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}}$ 而定。第一表及第八圖即此因子在不同曲柄角時之值及繪得之曲線。

在(27)式中, 若能使 $(n^2 + m^2 - m)$ 之值為零, 則此連桿運動時在任何曲柄角之下皆無惰

力矩。但不幸普通連桿無法適合此條件；可證明之：如第四圖所示， CP 為任何形式之連桿， C 為連曲柄之端， P 為連活塞一端。



第四圖

因

$$\begin{aligned} n^2 + m^2 &= \frac{I_{c.g.}}{\frac{W_c}{g} L^2} + m^2 \\ &= \frac{1}{\frac{W_c}{g} L^2} \left[I_{c.g.} + \frac{W_c}{g} (mL)^2 \right] \\ &= \frac{I_c}{\frac{W_c}{g} L^2} \end{aligned}$$

I_c 為連桿對 C 點之惰率

$$\begin{aligned} I_c &= \sum (\alpha L)^2 \Delta W / g \\ &= \frac{L^2}{g} \sum \alpha^2 \Delta W \end{aligned}$$

故

$$n^2 + m^2 = \frac{\sum \alpha^2 \Delta W}{W_c}$$

如欲 $n^2 + m^2 - m$ 之值為零，必須

$$n^2 + m^2 = m$$

即

$$\frac{\sum \alpha^2 \Delta W}{W_c} = \frac{\sum \alpha \Delta W}{W_c}$$

或

$$\sum \alpha^2 \Delta W = \sum \alpha \Delta W$$

但在普通情形下， α 之值恆在 0 與 1 之間。

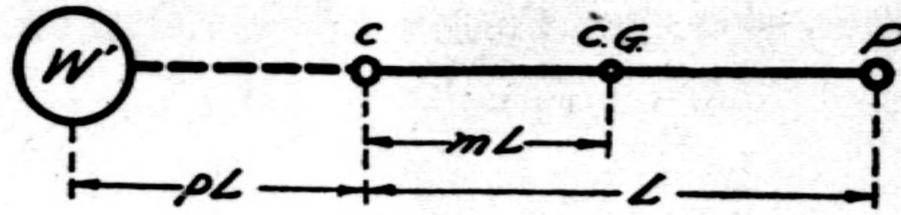
即

$$\alpha^2 \cdot \Delta W < \alpha \cdot \Delta W$$

$$\sum \alpha^2 \cdot \Delta W < \sum \alpha \cdot \Delta W$$

故無法使 $(n^2 + m^2 - m)$ 之值為零也。

但若在連桿 C 端之引長線上置一平衡重量 W' ，如第五圖所示，則 $(n^2 + m^2 - m)$ 之值或可為零。今試求 W' 之值當為若干始合此條件。



第五圖

設加平衡重量 W' 後，連桿 m 及 n 之值變為 m' 及 n' ，則

$$m' = \frac{mW_c - PW'}{W_c + W'}$$

$$n'^2 + m'^2 = \frac{(n^2 + m^2) \frac{W_c}{g} + P^2 \frac{W'}{g}}{\frac{W_c + W'}{g}}$$

$$= \frac{(n^2 + m^2)W_c + P^2W'}{W_c + W'}$$

及
$$n'^2 + m'^2 - m' = \frac{(n^2 + m^2)W_c + P^2W' - mW_c + PW'}{W_c + W'}$$

$$= \frac{(n^2 + m^2 - m)W_c + (P^2 + P)W'}{W_c + W'}$$

如欲使 $n'^2 + m'^2 - m' = 0$ ，須令

$$(n^2 + m^2 - m)W_c + (P^2 + P)W' = 0$$

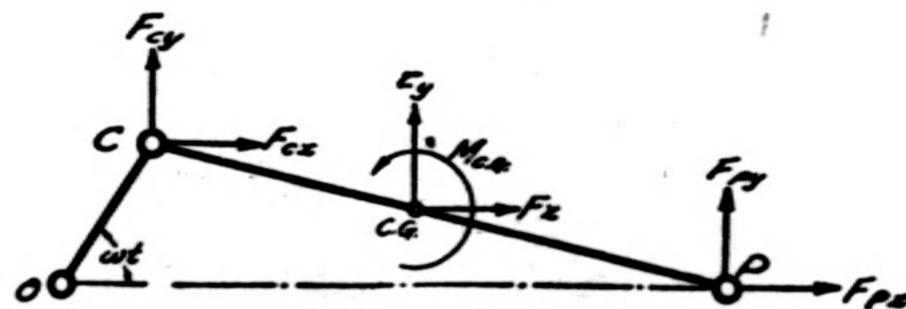
即

$$W' = \frac{m - m^2 - n^2}{P^2 + P} \tag{28}$$

可任意採取一合適之距離 PL ，即可求得所須平衡重量 W' 之大小。用此平衡重量後，連桿運動時當不生惰力矩，作者名之為“不搖連桿”(Non-rocking connecting Rod)。

曲柄軸針及汽缸壁所受壓力

連桿及活塞運動時，曲柄軸針及汽缸壁所受壓力 (Crank-pin pressure and cylinder-wall side thrust) 可自前節之結果求得。



第六圖

如第六圖所示： $F_{c.x}$ 、 $F_{c.y}$ ，為連桿施於曲柄軸針之壓力， $F_{p.y}$ 為活塞施於氣缸壁之

壓力。\$F_{p.z}\$ 爲活塞之惰力。連桿之動力平衡條件爲

$$\Sigma F_x = F_x + F_{cx} + F_{px} = 0$$

或即

$$F_{cx} = -F_x - F_{px} \quad (29)$$

$$\Sigma F_y = F_y + F_{cy} + F_{py} = 0$$

或即

$$F_{cy} + F_{py} = -F_y \quad (30)$$

及

$$\Sigma M_c = F_{py} \cdot PD + F_{pz} \cdot C + F_s \cdot m \cdot CD + F_y \cdot m \cdot PD + M_{c.g.} = 0 \quad (31)$$

將(30)(31)二式聯立解之，得

$$\begin{aligned} F_{py} &= -\frac{F_{pz} \cdot CD + F_x \cdot m \cdot CD + M_{c.g.} - mF_y}{PD} \\ &= -\frac{F_{pz} \cdot r \sin \omega t + F_x \cdot m r \sin \omega t + M_{c.g.} - mF_y}{L\sqrt{1-k^2\sin^2\omega t}} \\ F_{cy} &= -\frac{F_{pz} \cdot r \sin \omega t + F_x \cdot m r \sin \omega t + M_{c.g.} - (1-m)F_y}{L\sqrt{1-k^2\sin^2\omega t}} \end{aligned}$$

自(29)式，以前節所得結果代入，即得

$$\begin{aligned} F_{cx} &= \frac{W_c}{g} \left\{ r\omega^2 \cos \omega t + \frac{m\omega^2 k^2 L}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right\} + \frac{W_p}{g} \left\{ r\omega^2 \cos \omega t + \frac{\omega^2 k^2 L}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right\} \\ &= \frac{r\omega^2}{g} \left\{ (W_c + W_p) \cos \omega t + (mW_c + W_p) \frac{k}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right\} \quad (32) \end{aligned}$$

因

$$\begin{aligned} &F_{pz} \cdot r \sin \omega t + F_x \cdot m r \sin \omega t + M_{c.g.} \\ &= r \sin \omega t \left[\frac{W_p}{g} a_{z.p.} + \frac{mW_c}{g} a_{z.c.g.} \right] + M_{c.g.} \\ &= \frac{r \sin \omega t}{g} \left[-W_p r \omega^2 \cos \omega t - W_p \frac{\omega^2 k^2 L}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} - mW_c r \omega^2 \cos \omega t \right. \\ &\quad \left. - m^2 W_c \frac{\omega^2 k^2 L}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right] + \frac{W_c}{g} \frac{n^2 L^2 \omega^2 k (1-k^2) \sin \omega t}{(1-k^2 \sin^2 \omega t)^{\frac{3}{2}}} \\ &= \frac{r \sin \omega t}{g} \left[-(W_p + mW_c) r \omega^2 \cos \omega t - (W_p + m^2 W_c) \frac{\omega^2 k^2 L}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right. \\ &\quad \left. + n^2 W_c \frac{\omega^2 k (1-k^2)}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right] \\ &= \frac{kL^2 \omega^2 \sin \omega t}{g} \left\{ -(W_p + mW_c) k \cos \omega t - (W_p + m^2 W_c) \frac{k^2}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} + n^2 W_c \frac{(1-k^2)}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right\} \\ &= \frac{kL^2 \omega^2 \sin \omega t}{g} \left\{ -(W_p + mW_c) k \cos \omega t - (W_p + m^2 W_c) \phi^{\frac{1}{2}} + [W_p + (m^2 + n^2) W_c] \frac{(1-k^2)}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right\} \end{aligned}$$

則得

$$\begin{aligned} F_{py} &= \frac{kL\omega^2 \sin \omega t}{g} \left\{ (W_p + mW_c) \frac{k \cos \omega t}{\phi^{\frac{1}{2}}} + (W_p + m^2 W_c) - [W_p + (m^2 + n^2) W_c] \frac{(1-k^2)}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right\} \\ &\quad + m \frac{W_c}{g} (1-m) L k \omega^2 \sin \omega t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{kL\omega^2 \sin \omega t}{g} \left\{ (W_p + mW_c) \frac{k \cos \omega t}{\phi^{\frac{1}{2}}} + (W_p + mW_c) - \left[W_p + (m^2 + n^2)W_c \right] \frac{(1-k^2)}{\phi^2} \right\} \\
&= \frac{r\omega^2}{g} \left\{ (W_p + mW_c) \left[\sin \omega t + \frac{k}{2} \frac{\sin 2\omega t}{\phi^{\frac{1}{2}}} \right] - \left[W_p + (m^2 + n^2)W_c \right] \frac{(1-k^2) \sin \omega t}{\phi^2} \right\} \\
&= \frac{r\omega^2}{g} \left\{ F(W_p + mW_c) - D \left[W_p + (m^2 + n^2)W_c \right] \right\} \quad (33)
\end{aligned}$$

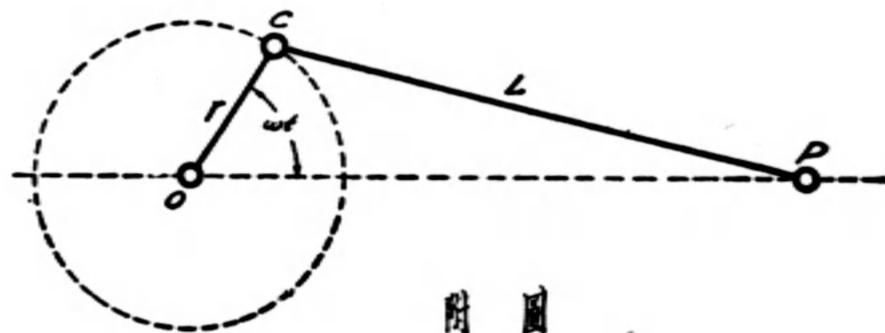
D, F 之值見第二表，第三表及第十，十二圖。同理可得

$$\begin{aligned}
F_{cy} &= \frac{r\omega^2}{g} \left\{ - (W_p + mW_c) \frac{k}{2} \frac{\sin 2\omega t}{\phi^{\frac{1}{2}}} - \left[W_p + (2m-1)W_c \right] \sin \omega t \right. \\
&\quad \left. + \left[W_p + (m^2 + n^2)W_c \right] \frac{(1-k^2) \sin \omega t}{\phi^2} \right\} \\
&= \frac{r\omega^2}{g} \left\{ -C(W_p + mW_c) - \sin \omega t \left[W_p + (2m-1)W_c \right] \right. \\
&\quad \left. + D \left[W_p + (m^2 + n^2)W_c \right] \right\} \quad (34)
\end{aligned}$$

C 之值見第二表及第九圖。

第 1—3 表及第 7—12 圖乃 A, B, C, D, E, F 各因子與曲柄角之關係；由此可得普通連桿及活塞等運動時所起惰力效應之變化情形及其影響最大時之情形。

分析結果及所用符號



r = 曲柄 OC 之長度。

L = 連桿 CP 之長度。

$k = \frac{r}{L}$ ，曲柄與連桿之長度比例。

W_c = 連桿之重量。

W_p = 活塞之重量(包括活塞銷)。

I = 連桿對其重心之惰率。

$$= \frac{W_c}{g} \rho^2$$

ρ = 連桿對其重心之環動半徑。

$$= nL$$

mL = 曲柄軸針與連桿重心間之距離。

$a_{c, x}, a_{p, x}$ = 連桿 C, P 兩端加速率之 x 軸向部份。

$a_{y.c.}, a_{y.p.}$ = 連桿 C, P 兩端加速率之 y 軸向部份。

(1) 連桿及活塞之惰力

$$F_x = \frac{mW_c + W_p}{g} a_{x.p.} + \frac{(1-m)W_c}{g} a_{x.c.}$$

$$F_y = \frac{(1-m)W_c}{g} a_{y.c.}$$

$$a_{x.p.} = -r\omega^2 E$$

$$a_{x.c.} = -r\omega^2 \cos \omega t$$

$$a_{y.c.} = -r\omega^2 \sin \omega t$$

(2) 連桿對軸心 O 點之惰力矩。

$$M_0 = \frac{W_c}{g} r\omega^2 L(n^2 + m^2 - m) B$$

(3) 氣缸壁或十字頭導板(Cross head guide)所受壓力。

$$T = \frac{r\omega^2}{g} \left\{ F[W_p + mW_c] - D[W_p + (m^2 + n^2)W_c] \right\}$$

(4) 曲柄軸針所受壓力。

$$P_x = \frac{r\omega^2}{g} \left\{ (W_p + W_c) \cos \omega t + A(W_p + mW_c) \right\}$$

$$P_y = \frac{r\omega^2}{g} \left\{ -[W_p + mW_c]C - [W_p + (2m-1)W_c] \sin \omega t + [W_p + (m^2 + n^2)W_c]D \right\}$$

式中

$$A = \frac{k}{4} \frac{f(\omega t, k)}{\phi(\omega t, k)^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = \frac{(1-k^2) \sin \omega t}{\phi(\omega t, k)^{\frac{3}{2}}}$$

$$C = \frac{k}{2} \frac{\sin 2\omega t}{\phi(\omega t, k)^{\frac{1}{2}}}$$

$$D = \frac{(1-k^2) \sin \omega t}{\phi(\omega t, k)^2}$$

$$E = \cos \omega t + \frac{k}{4} \frac{f(\omega t, k)}{\phi(\omega t, k)^{\frac{3}{2}}}$$

$$F = \sin \omega t + \frac{k}{2} \frac{\sin 2\omega t}{\phi(\omega t, k)^{\frac{1}{2}}}$$

$$f(\omega t, k) = k^2 \left[\cos^2 2\omega t + 2(2h^2 - 1) \cos 2\omega t + 1 \right], \quad h = \frac{1}{k}$$

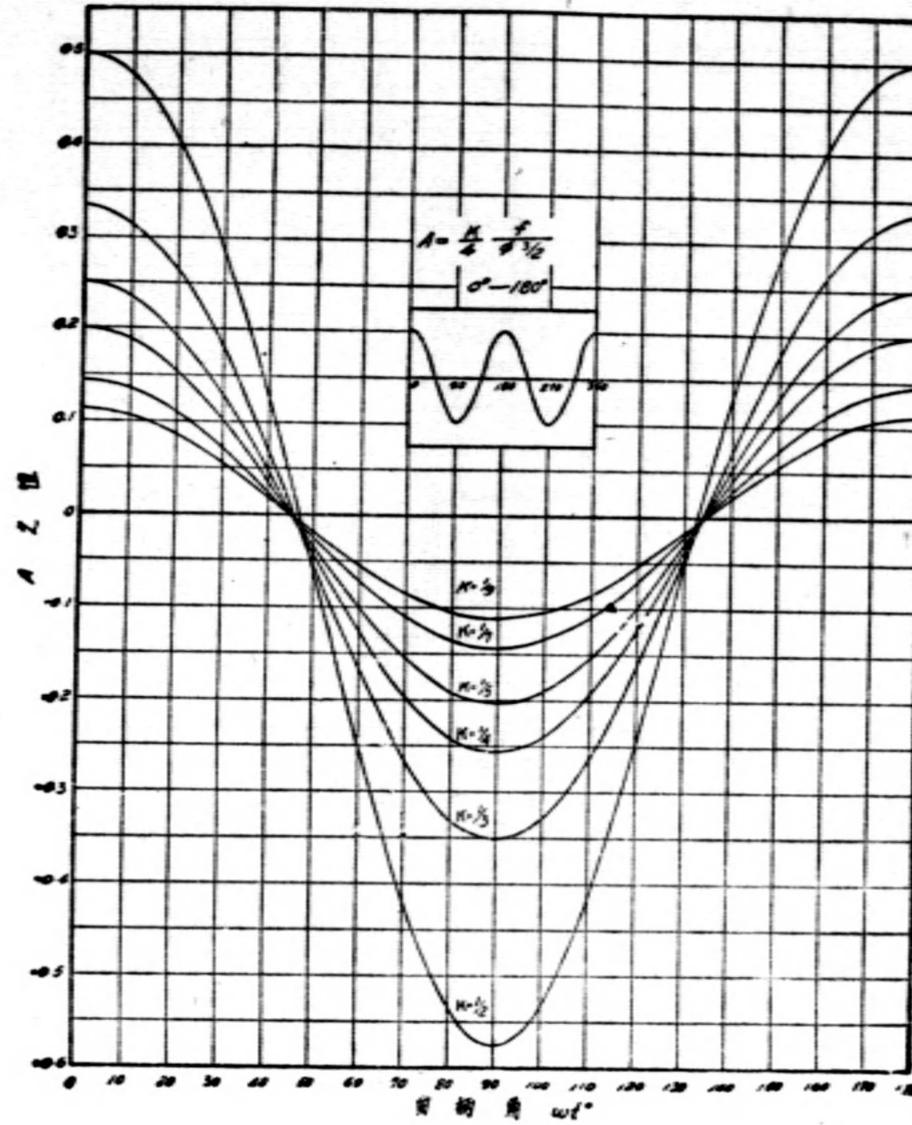
$$\phi(\omega t, k) = \frac{1}{2} \left[k^2 \cos 2\omega t + (2 - k^2) \right]$$

第 一 表

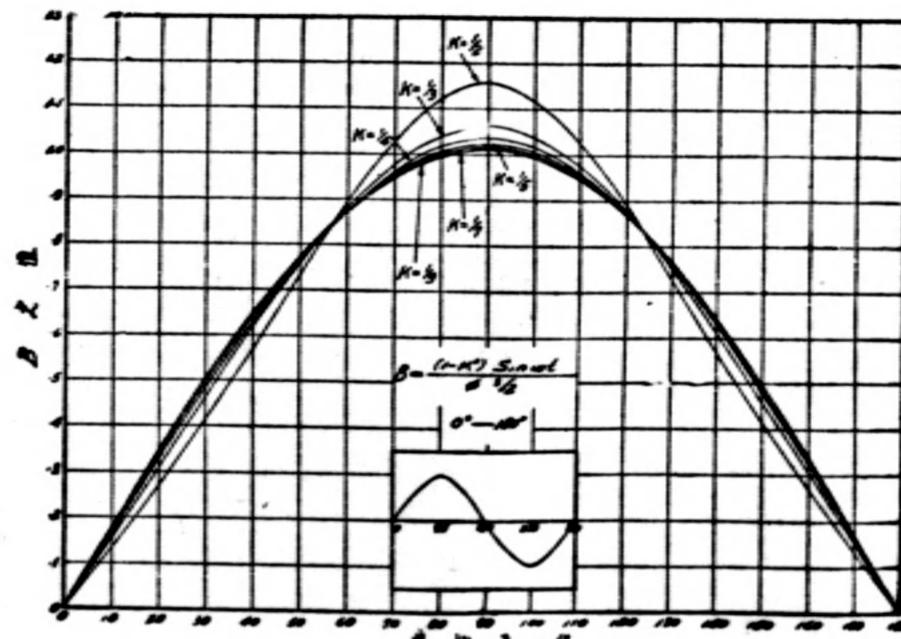
wt in deg.	$A = \frac{k}{4} \frac{f}{\phi^2}$						$B = \frac{(1-k^2)\sin \omega t}{\phi^2}$					
	$k = \frac{1}{2}$	$k = \frac{1}{3}$	$k = \frac{1}{4}$	$k = \frac{1}{5}$	$k = \frac{1}{7}$	$k = \frac{1}{9}$	$k = \frac{1}{2}$	$k = \frac{1}{3}$	$k = \frac{1}{4}$	$k = \frac{1}{5}$	$k = \frac{1}{7}$	$k = \frac{1}{9}$
	0 180	0.50000	0.33333	0.25000	0.20000	0.14285	0.11111	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2 178	0.49901	0.33261	0.24942	0.19951	0.14252	0.11085	0.02613	0.03103	0.03275	0.03351	0.03419	0.03447
4 176	0.49602	0.33038	0.24769	0.19812	0.14149	0.11004	0.05410	0.06206	0.06543	0.06699	0.06834	0.06890
6 174	0.49163	0.32664	0.24477	0.19575	0.13977	0.10870	0.07881	0.09300	0.09923	0.10041	0.10243	0.10326
8 172	0.48420	0.32206	0.24076	0.19248	0.13741	0.10685	0.10515	0.12411	0.13371	0.13376	0.13641	0.13750
10 170	0.47531	0.31485	0.23531	0.18829	0.13437	0.10447	0.13175	0.15514	0.16326	0.16700	0.17026	0.17160
12 168	0.46440	0.30677	0.22930	0.18319	0.13068	0.10158	0.15850	0.18615	0.19571	0.20011	0.20374	0.20551
14 166	0.45176	0.29732	0.22194	0.17723	0.12637	0.09835	0.18550	0.21716	0.22805	0.23307	0.23742	0.23920
16 164	0.43712	0.28651	0.21410	0.17044	0.12144	0.09436	0.21276	0.24813	0.26027	0.26585	0.27064	0.27270
18 162	0.42060	0.27441	0.20421	0.16284	0.11593	0.09006	0.24030	0.27911	0.29231	0.29836	0.30360	0.30574
20 160	0.40223	0.26091	0.19385	0.15439	0.10987	0.08531	0.26819	0.31004	0.32420	0.33066	0.33624	0.33852
22 158	0.38204	0.24622	0.18253	0.14524	0.10326	0.08016	0.29642	0.34094	0.35588	0.36168	0.36855	0.37095
24 156	0.36007	0.23037	0.17033	0.13538	0.09615	0.07461	0.32500	0.37174	0.38730	0.39438	0.40046	0.40294
26 154	0.33640	0.21340	0.15733	0.12487	0.08809	0.06871	0.35388	0.40248	0.41849	0.42574	0.43197	0.43451
28 152	0.31102	0.19541	0.14313	0.11373	0.08057	0.06445	0.38335	0.43313	0.44938	0.45673	0.46302	0.46558
30 150	0.28401	0.17627	0.12899	0.10203	0.07216	0.05590	0.41312	0.46363	0.47995	0.48728	0.49358	0.49612
32 148	0.25548	0.15621	0.11382	0.08982	0.06340	0.04908	0.44329	0.49397	0.51017	0.51741	0.52360	0.52612
34 146	0.22540	0.13548	0.09801	0.07715	0.05437	0.04200	0.47383	0.52413	0.54001	0.54706	0.55316	0.55551
36 144	0.19400	0.11392	0.08175	0.06408	0.04416	0.03472	0.50481	0.55406	0.56939	0.57617	0.58193	0.58428
38 142	0.16129	0.09168	0.06502	0.05068	0.03539	0.02727	0.53611	0.58373	0.59831	0.60473	0.61016	0.61335
40 140	0.12735	0.06887	0.04791	0.03700	0.02562	0.01967	0.56775	0.61310	0.62673	0.63270	0.63771	0.63973
42 138	0.09028	0.04563	0.03053	0.02312	0.01573	0.01193	0.59975	0.64219	0.65470	0.66003	0.66457	0.66638
44 136	0.05064	0.02100	0.01294	0.00911	0.00575	0.00424	0.63181	0.67069	0.68185	0.68667	0.69065	0.69227
46 134	0.00972	-0.00188	-0.00477	-0.00499	-0.00427	-0.00346	0.66410	0.69800	0.70847	0.71257	0.71597	0.71730
48 132	-0.01763	-0.02588	-0.02225	-0.01909	-0.01462	-0.01131	0.69650	0.72638	0.73438	0.73648	0.74047	0.74152
50 130	-0.05555	-0.04991	-0.04021	-0.03312	-0.02423	-0.01902	0.72888	0.75338	0.75958	0.76207	0.76413	0.76488
52 128	-0.09370	-0.07386	-0.05778	-0.04704	-0.03498	-0.02665	0.76188	0.77976	0.78395	0.78560	0.78683	0.78730
54 126	-0.13188	-0.09758	-0.07512	-0.06074	-0.04377	-0.03416	0.79326	0.80534	0.80750	0.80818	0.80860	0.80880
56 124	-0.17011	-0.12096	-0.08797	-0.07118	-0.05325	-0.04150	0.82500	0.83018	0.83010	0.82987	0.82950	0.82934
58 122	-0.20803	-0.14377	-0.10877	-0.08728	-0.06249	-0.04865	0.85624	0.85414	0.85184	0.85057	0.84936	0.84884
60 120	-0.24535	-0.16617	-0.12489	-0.09996	-0.07142	-0.05555	0.88688	0.87714	0.87252	0.87018	0.86820	0.86734
62 118	-0.28187	-0.18775	-0.14044	-0.11218	-0.08002	-0.06220	0.91688	0.89910	0.89218	0.88888	0.88600	0.88478
64 116	-0.31739	-0.20849	-0.15536	-0.12387	-0.08802	-0.06854	0.94556	0.91996	0.91082	0.90640	0.90268	0.90116
66 114	-0.35150	-0.22823	-0.16948	-0.13494	-0.09609	-0.07454	0.97328	0.93660	0.92814	0.92280	0.91830	0.91640
68 112	-0.38421	-0.24691	-0.18280	-0.14538	-0.10307	-0.08018	0.99965	0.95812	0.94430	0.93786	0.93272	0.93052
70 110	-0.41509	-0.26439	-0.19525	-0.15510	-0.11012	-0.08543	1.02455	0.97522	0.95927	0.95210	0.94598	0.94350
72 108	-0.44306	-0.28057	-0.20675	-0.16407	-0.11639	-0.09027	1.04778	0.99095	0.97295	0.96490	0.95805	0.95528
74 106	-0.47048	-0.29531	-0.21720	-0.17223	-0.12178	-0.09443	1.06908	1.00523	0.98528	0.97643	0.96893	0.96365
76 104	-0.49577	-0.30859	-0.22657	-0.17953	-0.12719	-0.09860	1.09113	1.01795	0.99627	0.98215	0.97856	0.97526
78 102	-0.5158	-0.32027	-0.23481	-0.18595	-0.13167	-0.10205	1.10548	1.02674	0.00586	0.99564	0.98936	0.98345
80 100	-0.53428	-0.33032	-0.24188	-0.19145	-0.13551	-0.10500	1.12023	1.03864	0.01405	1.00325	0.99410	0.99040
82 98	-0.54960	-0.33863	-0.24772	-0.19598	-0.13867	-0.10744	1.13247	1.04657	1.01867	1.00947	0.99995	0.99610
84 96	-0.56159	-0.34509	-0.25226	-0.19952	-0.14113	-0.10933	1.14210	1.05268	1.02600	1.01433	1.00448	1.00051
86 94	-0.57036	-0.34992	-0.25556	-0.20208	-0.14292	-0.11070	1.14900	1.05714	1.02976	1.01781	1.00774	1.00367
88 92	-0.57560	-0.35263	-0.25754	-0.20362	-0.14399	-0.11153	1.15326	1.05980	1.03205	1.01997	1.00974	1.00558
90 90	-0.57734	-0.35355	-0.25819	-0.20412	-0.14434	-0.11180	1.15470	1.06066	1.03281	1.02063	1.01035	1.00623

第 二 表

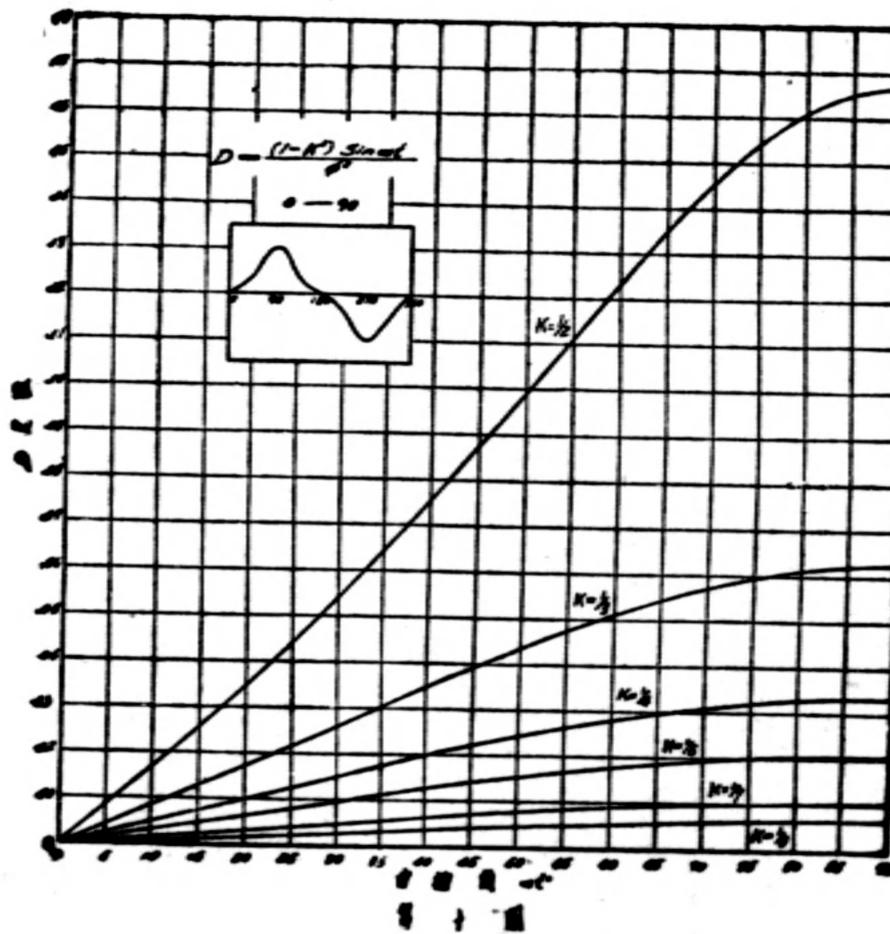
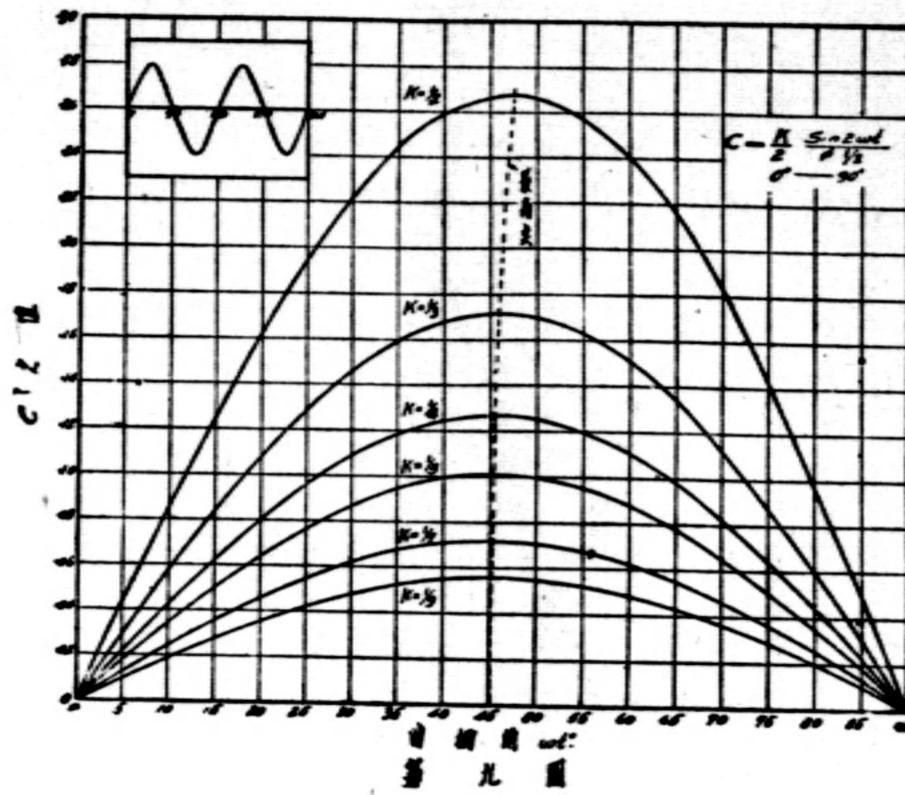
wt in deg.		$C = \frac{k}{2} \frac{\sin 2\omega t}{\phi^{\frac{1}{2}}} \left(\begin{matrix} \omega t = 90^\circ - 180^\circ \text{時,} \\ C \text{ 便爲負號} \end{matrix} \right)$						$D = \frac{(1-k^2)\sin \omega t}{\phi^2}$					
		$k = \frac{1}{2}$	$k = \frac{1}{3}$	$k = \frac{1}{4}$	$k = \frac{1}{5}$	$k = \frac{1}{7}$	$k = \frac{1}{9}$	$k = \frac{1}{2}$	$k = \frac{1}{3}$	$k = \frac{1}{4}$	$k = \frac{1}{5}$	$k = \frac{1}{7}$	$k = \frac{1}{9}$
0	180	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	178	0.01744	0.01163	0.00872	0.00698	0.00498	0.00388	0.00370	0.00172	0.00102	0.00067	0.00035	0.00022
4	176	0.03481	0.02320	0.01740	0.01392	0.00994	0.00773	0.00655	0.00345	0.00200	0.00134	0.00070	0.00043
6	174	0.05205	0.03467	0.02600	0.02089	0.01485	0.01155	0.00985	0.00517	0.00307	0.00201	0.00105	0.00064
8	172	0.06908	0.04599	0.03447	0.02757	0.01961	0.01531	0.01370	0.00790	0.00469	0.00268	0.00139	0.00085
10	170	0.08583	0.05710	0.04279	0.03422	0.02444	0.01910	0.01653	0.00863	0.00511	0.00334	0.00175	0.00106
12	168	0.10223	0.06795	0.05091	0.04071	0.02906	0.02280	0.01992	0.01037	0.00612	0.00401	0.00208	0.00127
14	166	0.11824	0.07850	0.05879	0.04709	0.03355	0.02609	0.02336	0.01210	0.00711	0.00467	0.00245	0.00148
16	164	0.13375	0.08870	0.06640	0.05307	0.03788	0.02945	0.02685	0.01385	0.00815	0.00533	0.00276	0.00168
18	162	0.14873	0.09849	0.07369	0.05889	0.04209	0.03267	0.03000	0.01559	0.00910	0.00598	0.00310	0.00189
20	160	0.16310	0.10783	0.08064	0.06443	0.04597	0.03574	0.03403	0.01724	0.01017	0.00663	0.00340	0.00209
22	158	0.17679	0.11669	0.08721	0.06966	0.04959	0.03883	0.03772	0.01900	0.01117	0.00727	0.00377	0.00229
24	156	0.18974	0.12501	0.09336	0.07456	0.05317	0.04133	0.04149	0.02081	0.01217	0.00791	0.00400	0.00249
26	154	0.20190	0.13276	0.09910	0.07910	0.05640	0.04383	0.04535	0.02260	0.01316	0.00855	0.00440	0.00269
28	152	0.21321	0.13989	0.10435	0.08327	0.05945	0.04612	0.04930	0.02436	0.01414	0.00918	0.00474	0.00288
30	150	0.22361	0.14647	0.10911	0.08704	0.06202	0.04819	0.05333	0.02612	0.01512	0.00980	0.00505	0.00307
32	148	0.23302	0.15219	0.11335	0.09039	0.06438	0.05003	0.05746	0.02788	0.01609	0.01041	0.00536	0.00325
34	146	0.24142	0.15729	0.11705	0.09330	0.06640	0.05161	0.06161	0.02966	0.01704	0.01101	0.00566	0.00344
36	144	0.24875	0.16164	0.12019	0.09577	0.06817	0.05295	0.06601	0.03139	0.01799	0.01160	0.00596	0.00362
38	142	0.25495	0.16523	0.12278	0.09777	0.06958	0.05403	0.07044	0.03313	0.01892	0.01219	0.00625	0.00379
40	140	0.25999	0.16803	0.12472	0.09930	0.07064	0.05485	0.07495	0.03487	0.01984	0.01275	0.00653	0.00396
42	138	0.26383	0.17003	0.12609	0.10035	0.07136	0.05540	0.07950	0.03659	0.02075	0.01332	0.00681	0.00412
44	136	0.26644	0.17122	0.12685	0.10108	0.07185	0.05579	0.08420	0.03830	0.02160	0.01387	0.00700	0.00429
46	134	0.26776	0.17157	0.12699	0.10115	0.07188	0.05571	0.08890	0.03999	0.02250	0.01440	0.00730	0.00444
48	132	0.26780	0.17108	0.12651	0.10057	0.07140	0.05540	0.09378	0.04165	0.02330	0.01492	0.00760	0.00459
50	130	0.26652	0.16976	0.12542	0.09966	0.07077	0.05491	0.09830	0.04329	0.02418	0.01542	0.00784	0.00474
52	128	0.26392	0.16760	0.12384	0.09826	0.06975	0.05411	0.10400	0.04490	0.02490	0.01591	0.00808	0.00488
54	126	0.25992	0.16460	0.12139	0.09637	0.06830	0.05305	0.10843	0.04660	0.02570	0.01638	0.00830	0.00501
56	124	0.25471	0.16079	0.11847	0.09402	0.06670	0.05173	0.11330	0.04799	0.02650	0.01683	0.00850	0.00514
58	122	0.24810	0.15617	0.11496	0.09120	0.06467	0.05016	0.11828	0.04947	0.02724	0.01726	0.00873	0.00526
60	120	0.24019	0.15075	0.11088	0.08795	0.06234	0.04834	0.12301	0.05090	0.02790	0.01767	0.00890	0.00538
62	118	0.23098	0.14457	0.10625	0.08422	0.05969	0.04628	0.12770	0.05227	0.02859	0.01806	0.00911	0.00549
64	116	0.22052	0.13765	0.10108	0.08010	0.05675	0.04400	0.13231	0.05357	0.02921	0.01843	0.00929	0.00559
66	114	0.20885	0.13003	0.09541	0.07558	0.05354	0.04150	0.13676	0.05481	0.02979	0.01870	0.00945	0.00569
68	112	0.19599	0.12173	0.08926	0.07069	0.05006	0.03880	0.14103	0.05597	0.03034	0.01909	0.00960	0.00578
70	110	0.18240	0.11281	0.08266	0.06544	0.04633	0.03591	0.14508	0.05707	0.03084	0.01930	0.00970	0.00586
72	108	0.16704	0.10329	0.07564	0.05987	0.04230	0.03284	0.14889	0.05805	0.03130	0.01966	0.00987	0.00593
74	106	0.15107	0.09324	0.06824	0.05400	0.03821	0.02961	0.15239	0.05896	0.03172	0.01990	0.00998	0.00600
76	104	0.13422	0.08269	0.06049	0.04786	0.03386	0.02624	0.15594	0.05976	0.03209	0.02012	0.01008	0.00608
78	102	0.11658	0.07171	0.05243	0.04147	0.02934	0.02273	0.15843	0.06048	0.03242	0.02030	0.01017	0.00611
80	100	0.09824	0.06035	0.04411	0.03489	0.02468	0.01912	0.16089	0.06109	0.03270	0.02046	0.01025	0.00615
82	98	0.07931	0.04867	0.03556	0.02812	0.01989	0.01541	0.16293	0.06160	0.03292	0.02060	0.01031	0.00619
84	96	0.05991	0.03673	0.02683	0.02121	0.01500	0.01162	0.16455	0.06200	0.03310	0.02070	0.01035	0.00621
86	94	0.04014	0.02460	0.01796	0.01420	0.01004	0.00780	0.16573	0.06227	0.03323	0.02077	0.01039	0.00623
88	92	0.02019	0.01233	0.00901	0.00712	0.00503	0.00390	0.16643	0.06245	0.03331	0.02082	0.01041	0.00625
90	90	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.16667	0.06250	0.03333	0.02083	0.01042	0.00626

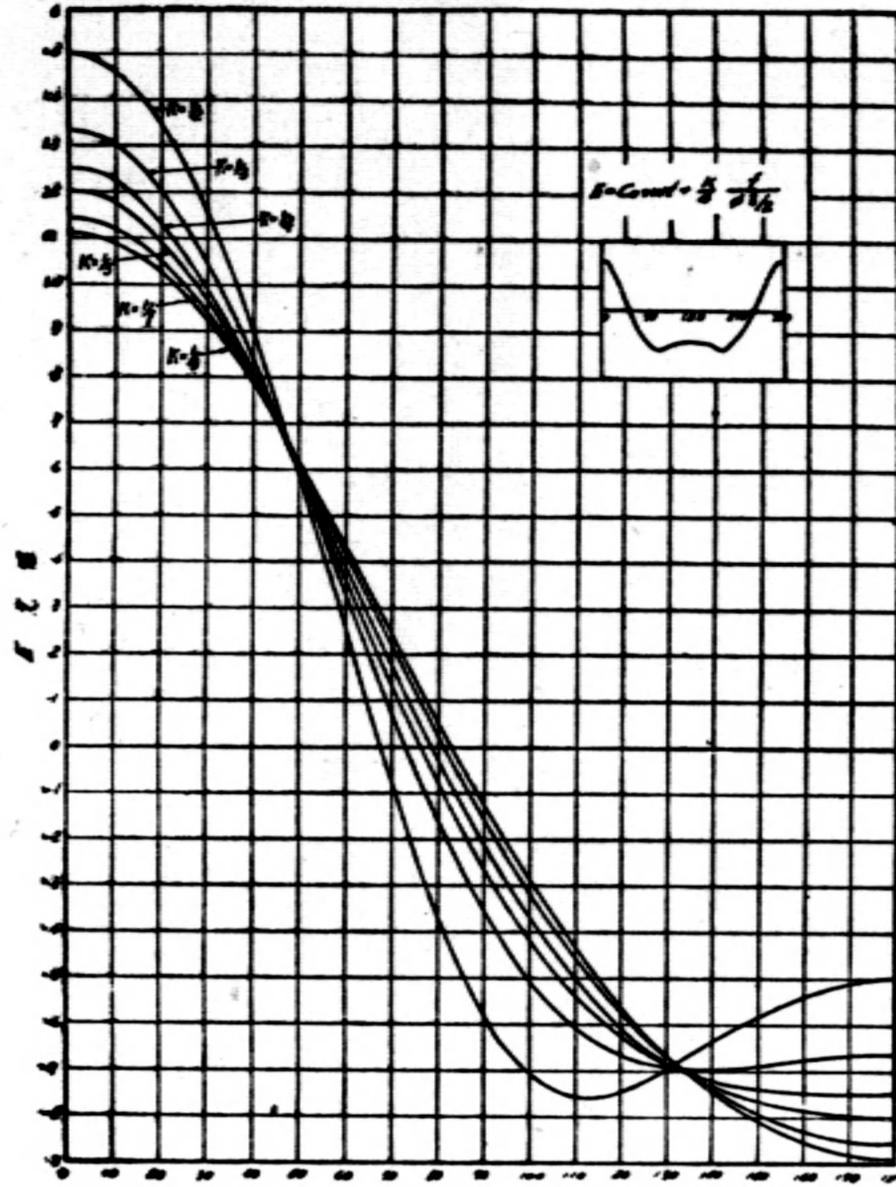


第七圖

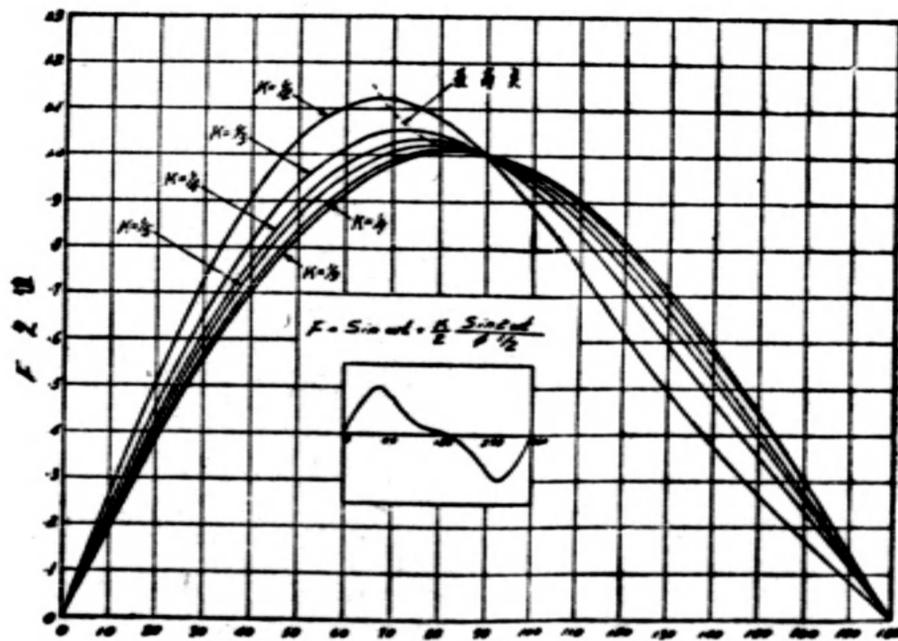


第八圖





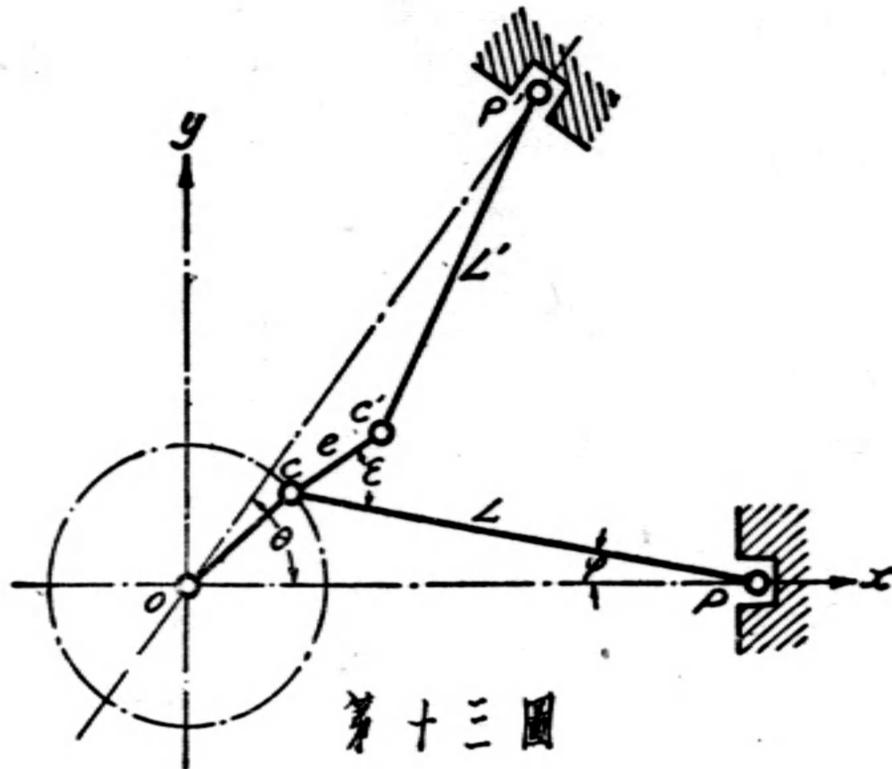
第十一圖



第十二圖

星聚式連桿之運動

星聚式連桿(Articulated system)之運動則較普通連桿尤為複雜。第十三圖為一星聚式中之二連桿， OC 為曲柄， CP 為主連桿(Master rod)， $C'P'$ 為副連桿(Articulated rod)， CC' 為偏心距(Eccentricity)， ε 為偏心角(Angle of eccentricity)， θ 為兩氣缸中心線之夾角。



第十三圖

今假設偏心角 ε 與中心線夾角相等，此乃一般實際情形。關節銷 C' (Articulated pin) 運動時之途徑可以下式表之：

$$x = r \cos \omega t + e \cos(\varepsilon - \varphi) \quad (35)$$

$$y = r \sin \omega t + e \sin(\varepsilon - \varphi) \quad (36)$$

式中 x, y 為 C' 之坐標， ωt 為曲柄角， φ 為主連桿與其中心線之夾角， e 為偏心距。(35)，(36)二式亦可化為極坐標(Polar coordinates)方程式：

$$\rho^2 = r^2 + e^2 + 2re \cdot \cos(\omega t - \varepsilon + \varphi) \quad (37)$$

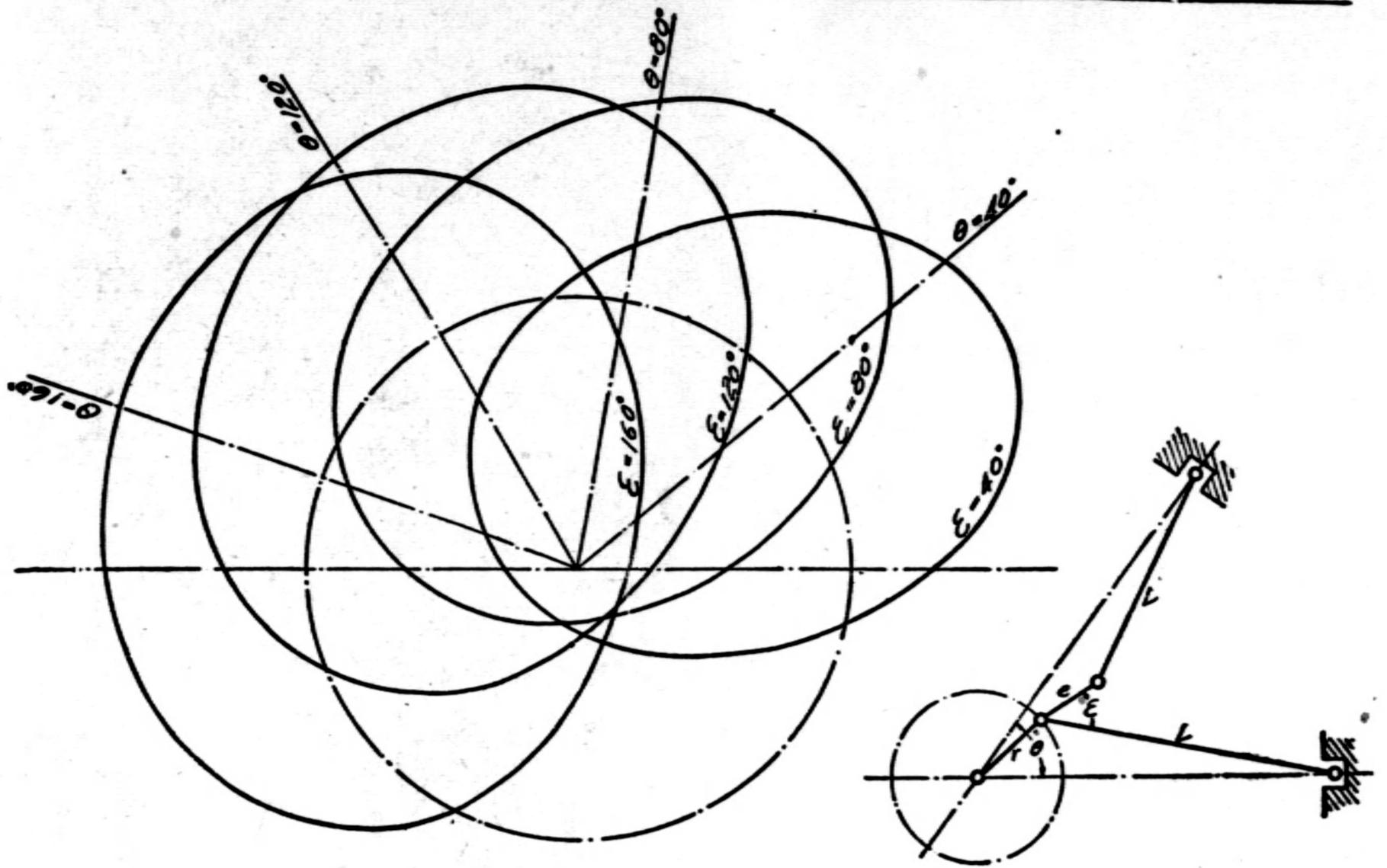
第十四，十五，十六圖為 $\frac{L}{r}$ ， $\frac{e}{r}$ 及 ε 對 C' 途徑之影響。第十四圖中，當 θ 甚小時，

C' 之途徑為一橫臥之橢圓(近似者)。 θ 漸增則此橢圓漸大且豎立。第十五圖中，當 $\frac{L}{r}$ 甚小

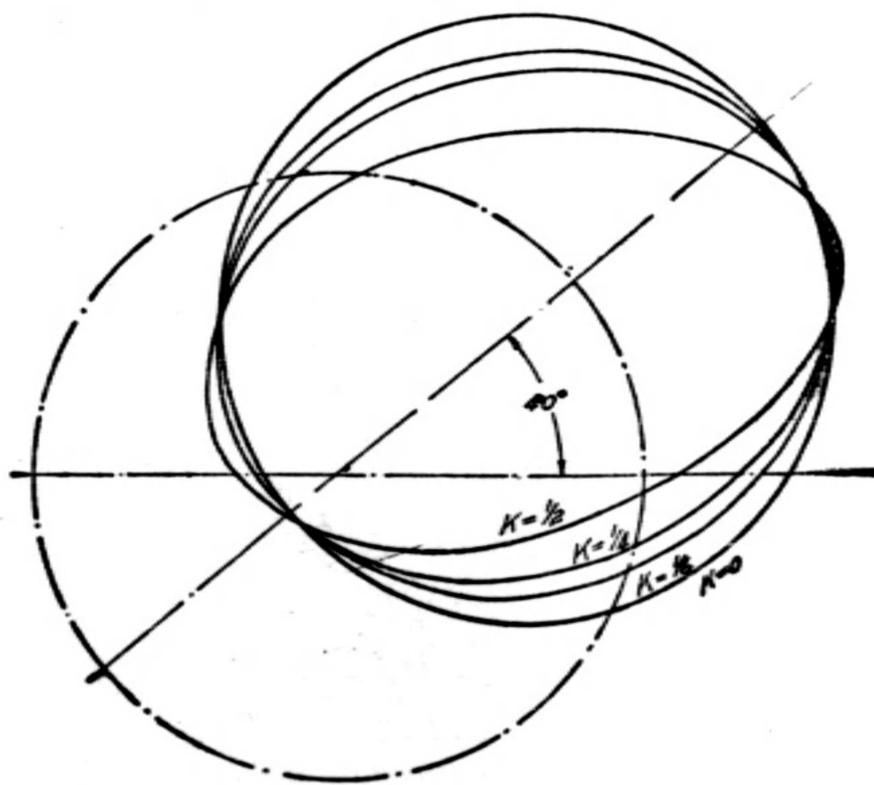
時， C' 之途徑為一偏狹之橢圓，及 $\frac{L}{r}$ 漸增至無限大時，變為一圓。 $\frac{e}{r}$ 之影響與 $\frac{L}{r}$ 相仿， $\frac{e}{r}$

漸小至零時 C' 與 C 重合，其途徑即曲柄圓(Crank circle)矣。

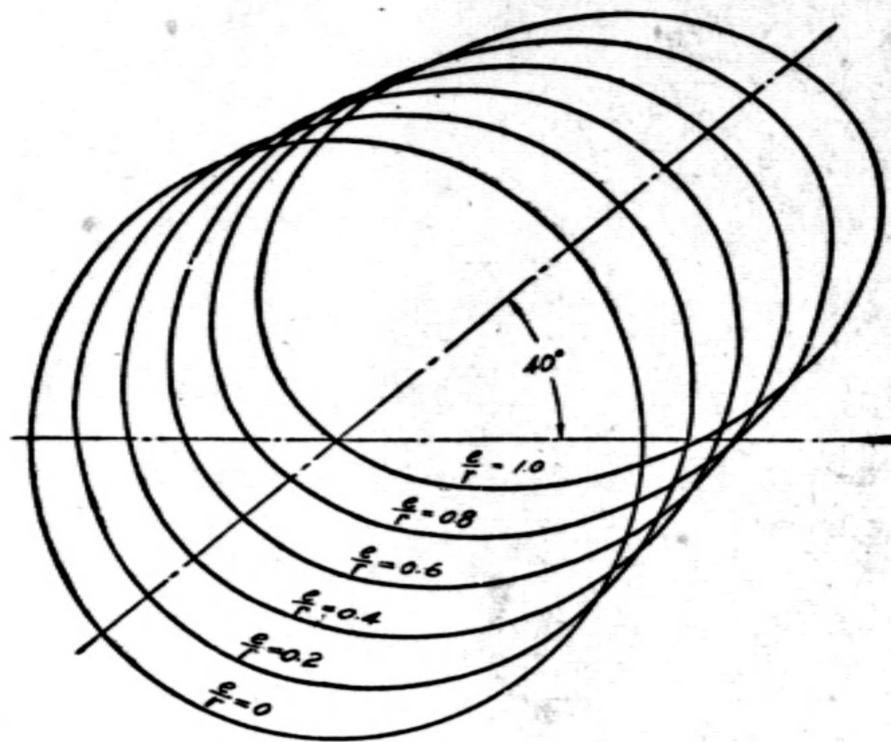
C' 離軸心 O 最遠及最近時可自(37)式求得： ρ 最大時即當



連桿針之軌跡
 $\frac{e}{r} = 0.80$
 $\frac{l}{r} = 3.50$
 ϵ 之影響
 第十四圖



$\epsilon = 40^\circ$ $\frac{e}{r} = 0.8$
 $K = \frac{l}{r}$ 之影響
 第十五圖



$$\epsilon = 40^\circ \quad \frac{L}{r} = 3.5$$

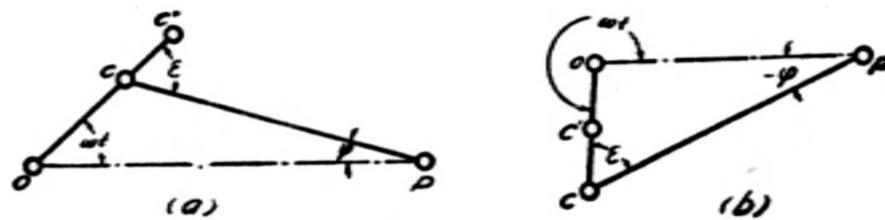
$\frac{\epsilon}{r}$ 之影響

第十六圖

$$\cos(\omega t - \epsilon + \varphi) = 1$$

$$\omega t - \epsilon + \varphi = 0^\circ$$

或



第十七圖

即如第十七圖(a)所示，圖中

$$\frac{L}{\sin \omega t} = \frac{\sqrt{L^2 + r^2 + 2Lr \cos \epsilon}}{\sin \epsilon}$$

$$\sin \omega t = \frac{L \sin \epsilon}{\sqrt{L^2 + r^2 + 2Lr \cos \epsilon}}$$

$$= \frac{\sin \epsilon}{\sqrt{1 + k^2 + 2k \cos \epsilon}}$$

(38)

又此可得曲柄角 ωt 之值。

同理， ρ 最小時即當

$$\cos(\omega t - \epsilon + \varphi) = -1$$

$$\omega t - \epsilon + \varphi = 180^\circ$$

或

即如第十七圖(b)所示，圖中

$$-\frac{L}{\sin \omega t} = \frac{\sqrt{L^2 + r^2 - 2Lr \cos \epsilon}}{\sin \epsilon}$$

$$\sin \omega t = \frac{-\sin \epsilon}{\sqrt{1 + k^2 - 2k \cos \epsilon}} \quad (39)$$

復自第十三圖，活塞 P' 之位移可以下式表之：

$$D = r \cos(\theta - \omega t) + e \cos \varphi + \sqrt{L^2 - [r \sin(\theta - \omega t) + e \sin \varphi]^2} \quad (40)$$

但
令

$$\sin \varphi = k \sin \omega t, \quad \cos \varphi = \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \omega t};$$

$$\phi(\omega t, k) = 1 - k^2 \sin^2 \omega t$$

$$\frac{d\phi}{dt} = -\omega k^2 \sin 2\omega t$$

$$\frac{d^2\phi}{dt^2} = -2\omega^2 k^2 \cos 2\omega t$$

以 k' 代 $\frac{r}{L}$ ， m' 代 $\frac{L'}{r}$ ， δ 代 $\frac{e}{r}$ ，則(40)式可化爲

$$D = r \left\{ \cos(\theta - \omega t) + \delta \cos \varphi + \sqrt{m'^2 - [\sin(\theta - \omega t) + \delta k \sin \omega t]^2} \right\} \quad (41)$$

令 $\psi(m', \theta, \delta, \omega t) = m'^2 - [\sin(\theta - \omega t) + \delta k \sin \omega t]^2$

$$\frac{d\psi}{dt} = -2\omega [\sin(\theta - \omega t) + \delta k \sin \omega t] [-\cos(\theta - \omega t) + \delta k \cos \omega t]$$

$$= 2 \left[\frac{\sin 2(\theta - \omega t)}{2} - \frac{\delta^2 k^2 \sin 2\omega t}{2} - \delta k \sin(\theta - 2\omega t) \right] \omega$$

$$= \omega [\sin 2(\theta - \omega t) - \delta^2 k^2 \sin 2\omega t - 2\delta k \sin(\theta - 2\omega t)]$$

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} = \omega^2 [-2\cos 2(\theta - \omega t) - 2\delta^2 k^2 \cos 2\omega t + 4\delta k \cos(\theta - 2\omega t)]$$

$$= -2\omega^2 [\cos 2(\theta - \omega t) - \delta^2 k^2 \cos 2\omega t + 2\delta k \cos(\theta - 2\omega t)]$$

則(41)式可化簡爲

$$D = r [\cos(\theta - \omega t) + \delta \phi^{\frac{1}{2}} + \psi^{\frac{1}{2}}] \quad (42)$$

將 D 對時間 t 微分之，即得活塞 P' 之速率

$$V = \frac{dD}{dt} = \omega r \left[\sin(\theta - \omega t) + \frac{\delta}{2\omega} \frac{d\phi}{dt} + \frac{1}{2\omega} \frac{d\psi}{dt} \right]$$

$$= \omega r \left\{ \sin(\theta - \omega t) - \frac{\delta k^2}{2\phi^{\frac{1}{2}}} \sin 2\omega t + \frac{1}{2\psi^{\frac{1}{2}}} [\sin 2(\theta - \omega t) - \delta^2 k^2 \sin 2\omega t - 2\delta k \sin(\theta - 2\omega t)] \right\} \quad (43)$$

同理，活塞 P' 之加速率爲

$$\begin{aligned}
a &= \frac{dV}{dt} = \frac{d^2D}{dt^2} \\
&= \omega^2 r \left\{ -\cos(\theta - \omega t) + \frac{\delta}{2\omega^2} \left[\frac{d^2\phi}{dt^2} - \frac{1}{2} \frac{\left(\frac{d\phi}{dt}\right)^2}{\phi^{\frac{3}{2}}} \right] \right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{2\omega^2} \left[\frac{d^2\psi}{dt^2} - \frac{1}{2} \frac{\left(\frac{d\psi}{dt}\right)^2}{\psi^{\frac{3}{2}}} \right] \right\} \\
&= \omega^2 r \left\{ -\cos(\theta - \omega t) + \frac{\delta}{2\omega^2 \phi^{\frac{3}{2}}} \left[\phi \left(\frac{d^2\phi}{dt^2} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{d\phi}{dt} \right)^2 \right] + \frac{1}{2\omega^2 \psi^{\frac{3}{2}}} \left[\psi \left(\frac{d^2\psi}{dt^2} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{d\psi}{dt} \right)^2 \right] \right\} \\
&= \omega^2 r \left\{ -\cos(\theta - \omega t) + \frac{\delta k^2}{4} \frac{f}{\phi^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{2} \frac{g}{\psi^{\frac{3}{2}}} \right\} \tag{44}
\end{aligned}$$

式中 $f = k^2 [\cos^2 2\omega t + 2(2h^2 - 1) \cos 2\omega t + 1]$, $h = \frac{1}{k}$

$$\begin{aligned}
g &= (2 + \frac{7}{2} \delta^3 k^3) \cos \theta - \frac{5}{2} \delta^2 k^2 \cos 2\theta - \delta^2 k^2 (4m^{12} - 2\delta^2 k^2 - 3) \cos 2\omega t \\
&\quad + 8k(2m^{12} - 3\delta^2 k^2 - 2) \cos(\theta - 2\omega t) - 2\delta^3 k^3 \cos(\theta + 2\omega t) \\
&\quad + \frac{3}{2} \delta^3 k^3 \cos(\theta - 4\omega t) - (2m^{12} - 2\delta^2 k^2 - 1) \cos 2(\theta - \omega t) \\
&\quad - \frac{5}{4} \delta^2 k^2 \cos(2\theta - 4\omega t) - 8k \cos(3\theta - 2\omega t) + \cos(3\theta - 4\omega t) \\
&\quad - \frac{1}{4} \cos 4(\theta - \omega t) - \left(4\delta^4 k^4 + \frac{5}{4} \delta^2 k^2 + \frac{3}{4} \right)
\end{aligned}$$

自(43)式，當 $\omega t = \theta$ 及 $\omega t = \theta + 180^\circ$ 時，

$$\begin{aligned}
V_0 &= -r\omega \left\{ \frac{\delta k^2}{2\phi^{\frac{1}{2}}} \sin 2\theta + \frac{1}{2\psi_0^{\frac{1}{2}}} [2\delta k \sin \theta - \delta^2 k^2 \sin 2\theta] \right\} \\
&= -r\omega \cdot \delta k^2 \sin \theta \left[\frac{\cos \theta}{\cos \varphi} + \frac{\delta \cos \theta - m}{\sqrt{m^{12} - \delta^2 k^2 \sin^2 \theta}} \right] \tag{45}
\end{aligned}$$

(45)式所得之 V_0 爲在二外表死點 (Apparant dead center) 時活塞 P' 之速率。實在死點 (Actual D. C.) 之位置或可以圖解法求得。數學分析亦曾試之，但其結果過繁，故棄而不錄。星聚式連桿之運動及其惰力效應之範圍甚廣，本節所述僅其中一部份，作者現正從事於解決其他各點也。

論電氣事業之利潤限制

尹 國 墉

一 導言

我國屬於公用之電氣事業，即供給電光電力電熱於公衆以資營利之事業，以其投資龐大，為免無益競爭，俾能合理經營起見，必須具有獨佔性，惟其具有獨佔性，故國家對其專營權之行使，有空間（營業區域）及時間（營業年限）之限制。且在此空間時間內，對其營業，工程，會計等，均有相當之取締。尤其對於利潤一點，因與公衆用戶之利益攸關，限制尤為嚴密，茲為列舉如次：

（一）全年純益（ P ）超過實收股本（ C ）百分之二十五時，其超過額之半數應用以擴充或改良設備，其餘半數應作為用戶公積金，以備減少收費之用（民營公用事業監督條例第十二條）：即

$$P = pc < \frac{1}{4}c \dots\dots\dots(1)$$

（二）實收股本至少應佔投資總額（ I ）百分之三十。（電氣事業條例第七條）：即

$$C = KI > 1/3 I \dots\dots\dots(2)$$

（三）投資總額至少應為每年總營業收入（ R ）之一倍（同上）：即

$$I = qR > 2 R \dots\dots\dots(3)$$

（四）發行債券額（ B ）不得超過現存資產（ A ，如無虧損 A 即等於 I ）二分之一（全上第八條）：即

$$B > \frac{1}{2} A = \frac{1}{2} I \dots\dots\dots(4)$$

茲就上述四項規定分別論之。

二 純利限制之標準

照第一項規定，純利之限制係以實收股

本為計算標準，而在歐美各國則均以投資總額為計算標準。茲以 P_1 為已除去對外債款利息後之全年純利， P_2 為未除去債款利息前之全年純益， P_1 為以實收股本為標準之純益限制率， P_2 為以投資總額為標準之純益限制率， i 為市場利率， e 為債務費用， K 為實收股本與投資總額之比率，則

$$P_1 = P_1 C = p_1 KI, \dots\dots\dots(5)$$

$$P_2 = P_2 I = p_1 + e, \dots\dots\dots(6)$$

$$e = i(I - C) = i(I - KI) = iI(1 - K), \dots\dots\dots(7)$$

$$P_2 I = p_1 KI + iI(1 - K), \dots\dots$$

故 $P_2 = p_1 K + i(1 - K), \dots\dots\dots(8)$

即 $P_1 = \frac{P_2 - i(1 - K)}{K}, \dots\dots\dots(9)$

由第(9)式，如 P_2 不變，則欲求 P_1 之大，惟在減小 K 及 i 之值。換言之，即公司之純益限制如以投資總額為標準，則欲求股息之增高，惟有取得低息之巨額債款。但市場利率自有其最低限度，借債之能力，亦自有其最高限度（即 K 亦有其最低限度），故 P_2 一經規定，則 P_1 亦有其自然之最高限制，絕不有至損公衆之利益。故純利限制如以投資總額為標準，則公司為求股息增高起見，必竭力增加其債款之數額與減低其利率。為達此目的起見，又必須改良其管理，提高其效率，以取得公衆與金融界之信用。結果則在規定範圍內，公衆與公司交蒙其利。

如純利限制，照現行規定，以實收股本為標準，則自第(8)式，吾人知 P_1 與 K 不變，則 i 愈大， P_2 愈大，而 i 在事實上又絕無高限。換言之， P_1 雖有限制，因

P_2 之不受限制，用戶利益仍無充份保障可言。蓋 P_1 既達高限後，公司既不能再增純益，對於 i 之高低自可不十分關心，因之影響公司管理之改良，此其一。照公司之情形，本可借得低利之債款，因 P_1 已達高限，每每故借高利債款（每即公司本身或股東之款），藉以從中圖利，反無從加以限制，此其二。考吾國採取此制，以為債息既作費用，則公司無法吸取低息債款之餘利，致損及用戶之利益，而不知流弊之如此也。查投資總額之利潤，只須有合理之限制，則在此範圍內如何分配此項利潤，純為公司內部事務，殊無干涉之必要，況分配時仍須受經濟律則之支配（見前），尤可不必過問也。再，第(8)式可書為

$$P_2 = (P_1 - i)K + i$$

如 P_1 大於 i ，則 K 愈大， P_2 愈大；如 P_1 小於 i ，則 K 愈小， P_2 愈大。換言之，欲 P_2 之增高，在 $P_1 > i$ 時，須增加股本與債款之比率；在 $P_1 < i$ 時，反須減少此比率，其亦背於電氣事業經營原則之甚者矣。

三 純利限制率

現行純利限制率為實收股本百分之二十五。照普通習慣，公司純利如達此數，除法定公積金百分之十，餘 22.5%；除營利所得稅千分之百，餘 20.25%；假定官利為百分之十，餘 10.25%；除董監職工酬勞百分之四十，餘 6.15%；故股東官紅利共計約為 16.15%；在此數目內再扣股息所得稅千分之五十，股東實得不過 15.34%。在我國高利狀況下，前項百分之二十五之規定尚稱公允。茲假定改以投資總額為標準，則其限制率可照第(8)式計算之，依規定 P_1 最高為百分之二十五， K 最低為 $\frac{1}{3}$ ， i 照普通情形假定為百分之十。

$$P_2 = P_1 K + i(1 - K) = \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} + \frac{1}{10}$$

$$(1 - \frac{1}{3}) = 15\%$$

即，電氣事業之利潤不得超過投資總額百分之十五也。

四 實收股本投資總額與債券

照公司法規定，公司債券額不得超過實收股本 ($B < C$)，如現有財產不及股本額，則不得超過現存財產額，故最大 $B = C$ 。照電氣事業法， $C > \frac{1}{3}I$ ，又 $B < \frac{1}{2}I$ ，則在最佳狀況下， $I = 3C = 2B$ 即 $B = 1.5C$ 。故電氣事業較普通公司發行債券之能力增加百分之五十。

以 L 為 B 以外之債款，依公司法規定，最高 $B = C$

$$I = C + B + L = 2C + L$$

$$C = \frac{I - L}{2}$$

如 L 為數較小則 $C > \frac{1}{2}I$ ，現電氣事業條例規定 $C > \frac{1}{3}I$ ，亦較之為寬。在最佳之情形下，

$$L = I - C - B = I - \frac{1}{3}I - \frac{1}{2}I = \frac{1}{6}I$$

此 $\frac{1}{6}I$ 中，尚有保證金等，故公司金融之運用可謂穩妥已極也。

五 投資總額與每年總營業收入

電氣事業經營之得當與否視其盈虧 (P)，盈虧則視每年之營業收入 (R) 與費用 (E)。收多費少則盈，反是則虧。為便利起見常以費用與收入之比數表示之，謂之營業率 ($r = \frac{E}{R}$)。 r 大於 I 則虧，小於 I 則盈，愈小則盈餘愈多。茲以 r_1 為以債息計作為費用之營業率， r_2 為以債息計入盈餘之營業率， q 為投資總額與每年總營業收入之比率 ($q = \frac{I}{R}$)。

$$r_1 = \frac{E_1}{R} = \frac{R - P_1}{R} = 1 - \frac{P_1 KI}{R} = 1 - P_1 Kq \dots\dots\dots (10)$$

$$r_1 = \frac{E_1}{R} = \frac{R - P_2}{R} = 1 - \frac{P_2 I}{R} = 1 - P_2 q \dots\dots\dots (11)$$

$$q = \frac{1 - r_1}{p_1 K} = \frac{1 - r_2}{p_2} \dots\dots\dots (12)$$

就規定 q 不得小於 2，

$$r_1 = 1 - .25 \times \frac{1}{3} \times 2 = \frac{5}{6} = 83.33\%$$

$$r_2 = 1 - .15 \times 2 = 70\%$$

由上，吾人知 $\frac{I}{R}$ 如規定為不得小於 2，則連債務費在內之營業率即高至 83.33%，其實收股份之利潤仍可達 25% 之巨。此項規定未免過寬，殊不足勉勵經營者之努力整頓其業務。且 $\frac{I}{R}$ 而能等於 2，非收費過高，即設備欠佳。凡此二者均與經營公用事業之原則相違背。茲假定 r_1 須低至 75%，始能獲 25% 之利潤，則

$$q = \frac{1 - r_1}{p_1 K} = \frac{1 - .75}{.25 \times \frac{1}{3}} = 3$$

而 $r_2 = 1 - p_2 q = 1 - .15 \times 3 = .55 = 55\%$

以上數字似較合理，而實際上， q 亦在 3 與 4 左右也。

再債務費用 (e) 與總營業費用 (E_1) 之比數亦自有其限度：

$$e = i(1 - K)I \dots\dots\dots (7)$$

$$E_1 = R - P_1 = \frac{I}{q} - p_1 KI$$

故 $\frac{e}{E_1} = \frac{(1 - K)iq}{1 - p_1 qK} \dots\dots\dots (13)$

又此項關係亦可以兩種營業率表示之：

$$r_1 = \frac{E_1}{R}$$

$$r_2 = \frac{E_2}{R} = \frac{E_1 - e}{R}$$

$$\frac{r_2}{r_1} = 1 - \frac{e}{E_1}$$

故 $\frac{e}{E_1} = 1 - \frac{r_2}{r_1} \dots\dots\dots (14)$

如 q 規定最低為三，則依第(13)式

$$\frac{e}{E_1} = \frac{(1 - \frac{1}{3}) \cdot 10 \times 3}{1 - .25 \times 3 \times \frac{1}{3}} = 26.67\%$$

或依第(14)式

$$\frac{e}{E_1} = 1 - \frac{.55}{.75} = 26.67\%$$

由上項數字，足知債務費用佔全部營業費百分率之高，籌款一事實為電氣事業最重要之問題，而借款利率之高低，影響用戶之利益甚巨，故對於利潤之限制，尤不能不採取以投資總額為標準也。

六 結 論

(一) 現定純利限制，以實收股本為標準，流弊甚多，宜改定以投資總額為標準。

(二) 現定純利限制為實收股本百分之二十五，尚屬公允。如改以投資總額為標準可定為百分之十五。

(三) 現定實收股本最低為投資總額三分之一，債券額不得超過現存資產（如無積虧即等於投資總額）二分之一，均合現狀。

(四) 現定投資總額不得低於每年總營業收入之二倍，似覺略寬，可改為三倍，或竟不加規定。

商務印書館出版

特價新書

民國29年
8—10月份發售

一律照定價加五成後八折發售

右列特價業已折實

		(特價·元)	(截止期)
景明刻本百陵學山	明王文祿輯刊 14冊	19.20	30年 1月28日
海寧王靜安先生遺書	王國維著 48冊	48.00	12月3日
中國思想對於歐洲文化之影響	朱謙之著 1冊	3.60	30年 2月5日
統計學	鄭堯梓著 2冊	6.00	12月1日
國防經濟論	董問樵著 1冊	2.88	12月24日
幣制改革之理論與實踐(經濟叢書)	Einzig著 1冊	2.40	30年 1月14日
民主政治在危機中(漢譯世界名著)	Laski著 1冊	1.44	30年 1月14日
比較教育(漢譯世界名著)	W. Kandel著 3冊	5.40	30年 1月7日
新譯童子警探	貝登堡著 1冊	1.44	30年 2月5日
愛國文選 第一冊	汪靜之選 1冊	1.80	30年 1月7日
兩千年中西曆對照表	薛仲三等編著 1冊	12.00	12月24日
普通軍用天文學(中國天文學會叢書)	陳遵媯著 1冊	2.40	30年 2月19日
航空氣象學(國立編譯館出版)	黃廈千著 1冊	4.80	30年 1月21日
霍奈二氏代數學	姚元基等譯 2冊	4.20	12月10日
電學原理(大學叢書)	Page著 2冊	4.80	30年 1月21日
農業推廣之理論與實際	廖崇真著 1冊	1.32	30年 1月14日
棉作學(大學叢書)	郝欽銘著 2冊	6.00	30年 2月26日
明清畫家印鑑(中德文對照)	王季銳合編 1冊	36.00	11月27日
有聲電影	蔡任尹著 1冊	3.36	30年 2月12日
全宋詞	唐圭璋編 20冊	36.00	30年 2月19日
國史大綱	錢穆著 2冊	5.40	12月3日
近代中國史 第一冊	郭廷以著 1冊	4.80	30年 1月28日
俄國史 上册	陳廷瑞著 1冊	2.16	12月1日
俄女皇喀德鄰二世外紀	Waliszewski著 1冊	2.40	30年 2月28日
美姐罕麗	蕭韻譯 1冊	1.68	30年 2月12日
	Coulson著 1冊	1.68	30年 2月12日
	陳雲豹譯		

鼠籠式旋轉子磁動力之分析

鍾士模

提要：一有 Z 槽之鼠籠式旋轉子，僅能產生第 $(K\frac{2Z}{p} + v)$ 次之磁動力諧波。其中 K 為任何整數， p 為靜止子之極數， v 為靜止子磁流諧波之序數。若 $v = (2K+1)\frac{Z}{p}$ ，則所生之諧波，均屬振盪式 (Oscillating)。若 $v \neq K\frac{Z}{p}$ ，則所生之諧波，均屬旋轉式 (Rotating)；其旋轉方向之正反，視 $(K\frac{2Z}{p} + v)$ 值之正負而定。

(一) 導言

若欲討論感應電動機靜止子與旋轉子間各種磁流諧波所生之力矩等等，非詳細研究其旋轉子磁動力諧波之強弱與序數不可。下文即係關於此項問題之探討。

(二) 二極電動機

因鼠籠式旋轉子所有銅條中電流之總和常為零，故若 $i_1, i_2, i_3, \dots, i_q, \dots, i_z$ 為銅條 1, 2, 3, \dots q, \dots, z 中之各個電流則：

$$i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_q + \dots + i_z = 0$$

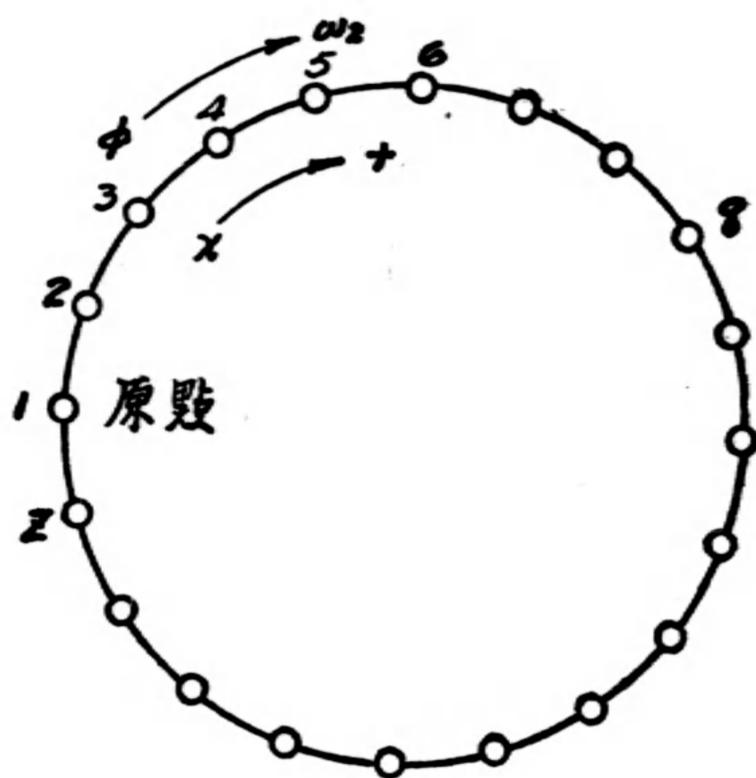
$$\text{或 } i_1 = -i_2 - i_3 - \dots - i_q - \dots - i_z$$

於是所有銅條自第二根起至第 z 根，均可認為與第一根合成線圈。其電流均經第一根銅條迴轉。則旋轉子上之磁動力，即可認為係此 $(Z-1)$ 個線圈所生磁動力之總和。茲為簡便起見，先討論二極電動機靜止子之某次磁流諧波所生之旋轉子反應。

設： v 為靜止子之某次磁流諧波之序數。

x 為從第一槽量起以基波為準之電角度。

ω_2 為第 v 次諧波所生旋轉子電流之角速度。



有 Z 槽之鼠籠旋轉子

s 為旋轉子之滑度。

f 為靜止子基波之週率。

i_{qv} 為由第 v 次諧波所生之第 q 根銅條中電流。

I_{mv} 為銅條中電流之振幅。

α 為任何初角。

Z 為銅條或槽之總數。

$F_{qv}(x)$ 為由第一根與第 q 根銅條所成線圈在距離第一槽為 x 處之磁動力。

$F_v(x)$ 為 x 處之旋轉子總磁動力。

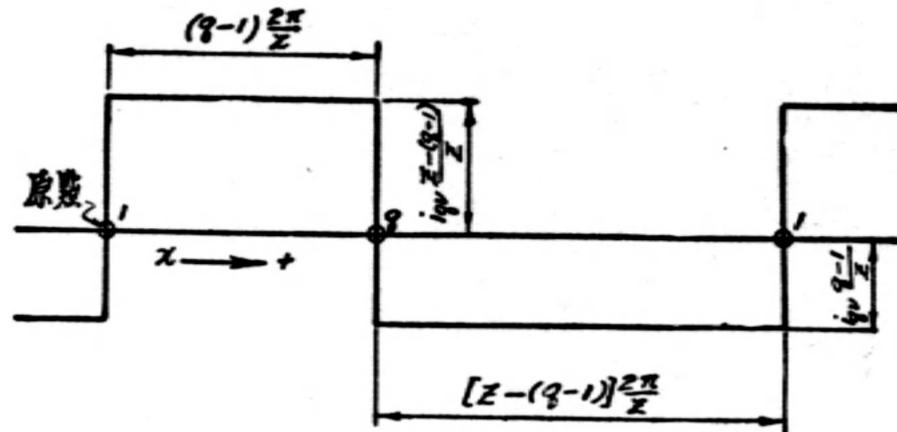
ρ 為 $\frac{v}{Z}$ 之最近小整數。

則 $\omega_2 = 2\pi f[1 - v(1-s)] \dots\dots\dots (1)$

$i_{qv} = I_{mv} \sin\left[\omega_2 t + \alpha - (q-1)v\frac{2\pi}{Z}\right] \dots\dots\dots (2)$

及 $F_v(x) = \sum_{q=2}^z F_{qv}(x) \dots\dots\dots (3)$

其 $F_{qv}(x)$ 之波形可示如下圖：



將其分析為 Fourier 級數，可得：

$$F_{qv}(x) = \frac{2}{\pi} i_{qv} \left[\sin \frac{q-1}{Z} \pi \cos \left(x - \frac{q-1}{Z} \pi\right) + \frac{1}{2} \sin 2 \frac{q-1}{Z} \pi \cos \left(2x - 2 \frac{q-1}{Z} \pi\right) \right. \\ \left. + \frac{1}{3} \sin 3 \frac{q-1}{Z} \pi \cos \left(3x - 3 \frac{q-1}{Z} \pi\right) + \dots\dots\dots \right. \\ \left. + \frac{1}{n} \sin n \frac{q-1}{Z} \pi \cos \left(nx - n \frac{q-1}{Z} \pi\right) + \dots\dots\dots \right] \\ = \frac{2}{\pi} I_{mv} \sin \left[\omega_2 t + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z}\right] \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin n \frac{q-1}{Z} \pi \cos \left(nx - n \frac{q-1}{Z} \pi\right) \dots\dots (4)$$

$\therefore \sin A \sin B \cos C = \frac{1}{4} [\cos(A-B-C) - \cos(A+B+C) + \cos(A-B+C) - \cos(A+B-C)]$

$\therefore F_{qv}(x) = \frac{I_{mv}}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left\{ \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z}\right] - \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z}\right] \right. \\ \left. + \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - (v+n)(q-1) \frac{2\pi}{Z}\right] - \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha - (v-n)(q-1) \frac{2\pi}{Z}\right] \right\}$

$F_v(x) = \sum_{q=2}^z \frac{I_{mv}}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left\{ \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z}\right] - \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z}\right] \right. \\ \left. + \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - (v+n)(q-1) \frac{2\pi}{Z}\right] - \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha - (v-n)(q-1) \frac{2\pi}{Z}\right] \right\}$

$= \frac{I_{mv}}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sum_{q=2}^z \left\{ \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z}\right] - \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z}\right] \right. \\ \left. + \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - (v+n)(q-1) \frac{2\pi}{Z}\right] - \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha - (v-n)(q-1) \frac{2\pi}{Z}\right] \right\}$

$$\begin{aligned}
& + \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - (n+v)(q-1) \frac{2\pi}{Z} \right] - \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha + (n-v)(q-1) \frac{2\pi}{Z} \right] \} \\
& = \frac{I_{mv}}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} A_{nv} \dots\dots\dots (5)
\end{aligned}$$

式中 A_{nv} 即係 $\sum_{n=1}^{\infty}$ 符號後之總和，其值因 v 與 Z 之各種關係不同而異。茲分別討論之

於次：

(甲) $v = KZ$ ， K 為任何正整數

若 $v = KZ$ ，則
$$\begin{aligned}
i_{qv} &= I_{mv} \sin \left[\omega_2 t + \alpha - (q-1) KZ \frac{2\pi}{Z} \right] \\
&= I_{mv} \sin (\omega_2 t + \alpha).
\end{aligned}$$

但
$$\sum_{q=1}^Z i_{qv} = 0, \quad \therefore Z I_{mv} \sin (\omega_2 t + \alpha) = 0.$$

於是 $I_{mv} = 0$

即不論 A_{nv} 為何數， $F_v(x) = 0 \dots\dots\dots (6)$

(乙) $v \neq KZ$ ，而 $V = (2K+1) \frac{Z}{2}$ 或 $2V = (2K+1)Z$ ， K 為任何正整數或零。

若 $2v = (2K+1)Z$ ，則因 v 須為整數， Z 必為偶數。

(I) 當 $n = K'Z + v$ 或 $n - v = K'Z$ 時， K' 為自 $(-\rho)$ 起至 ∞ 之任何整數或零。
(因若 $K' < (-\rho)$ ， n 變為負數，與公式(5)不合)。

則
$$\begin{aligned}
A_{nv} &= \frac{1}{K'Z+v} \sum_{q=2}^Z \left\{ \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha - (q-1)(2K+1) \frac{Z}{2} \cdot \frac{2\pi}{Z} \right] \right. \\
&\quad - \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha - (q-1)(2K+1) \frac{Z}{2} \cdot \frac{2\pi}{Z} \right] \\
&\quad + \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha - (K'Z + (2K+1)Z)(q-1) \frac{2\pi}{Z} \right] \\
&\quad \left. - \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha + K'Z(q+1) \frac{2\pi}{Z} \right] \right\} \\
&= \frac{1}{K'Z+v} \left\{ -\cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha \right] + \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha \right] \right. \\
&\quad \left. + (Z-1) \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha \right] - (Z-1) \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha \right] \right\} \\
&= \frac{Z}{K'Z+v} \left\{ \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha \right] - \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha \right] \right\} \\
&= \frac{-2Z}{K'Z+v} \sin (\omega_2 t + \alpha) \sin (K'Z+v)x \dots\dots\dots (7)
\end{aligned}$$

(II) 當 $n=K''Z-v$ 或 $n+v=K''Z$ 時, K'' 為自 $(\rho+1)$ 起至 ∞ 之任何整數。
 (因 $K'' < (\rho+1)$, 則 n 為負數, 與公式(5)不合)。惟由此式所得之 n , 即為 (I) 項內之 n ; 蓋如 $K''Z-v=K'Z+v$, 換言之, 即 $K'' = \frac{2v}{Z} + K' = 2\rho+1+K'$ 。當 K' 自 $(-\rho)$ 起至 ∞ 之整數即等於 K'' 自 $(\rho+1)$ 起至 ∞ 之整數, 故 A_{nv} 之值顯然已包括於 (I) 項內, 無庸另列。

(III) 當 $n \neq K'Z+v$ 或 $n \neq K''Z-v$ 時, 則

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= \frac{1}{n} \left\{ \frac{\sin(Z-1)v \frac{2\pi}{2Z}}{\sin v \frac{2\pi}{2Z}} \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha - v\pi \right] - \frac{\sin(Z-1)v \frac{2\pi}{2Z}}{\sin v \frac{2\pi}{2Z}} \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - v\pi \right] \right. \\
 &\quad + \frac{\sin(Z-1)(n+v) \frac{2\pi}{2Z}}{\sin(n+v) \frac{2\pi}{2Z}} \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha - (v+n)\pi \right] \\
 &\quad \left. - \frac{\sin(Z-1)(n-v) \frac{2\pi}{2Z}}{\sin(n-v) \frac{2\pi}{2Z}} \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha + (n-v)\pi \right] \right\} \\
 &= \frac{1}{n} \left\{ -\cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha \right] + \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha \right] - \cos \left[\omega_2 t + nx + \alpha \right] + \cos \left[\omega_2 t - nx + \alpha \right] \right\} \\
 &= 0 \dots\dots\dots (8)
 \end{aligned}$$

將(7)與(8)代入(5), 得

$$\begin{aligned}
 F_v(x) &= \frac{I_{mv}}{2\pi} \sum_{k'=-\rho}^{\infty} \left[\frac{-2Z}{K'Z+v} \sin(\omega_2 t + \alpha) \sin(K'Z+v)x \right] + 0 \\
 &= \frac{-ZI_{mv}}{\pi} \sin(\omega_2 t + \alpha) \sum_{k'=-\rho}^{\infty} \frac{1}{K'Z+v} \sin(K'Z+v)x \dots\dots\dots (9)
 \end{aligned}$$

(丙) $V \neq K \frac{Z}{2}$

(I) 當 $n=K'Z+v$ 或 $n-v=K'Z$, K' 之數值與(乙) (I) 項者同。

則:

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= \frac{1}{K'Z+v} \sum_{q=2}^z \left\{ \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z} \right] \right. \\
 &\quad - \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z} \right] \\
 &\quad + \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha - (K'Z+2v)(q-1) \frac{2\pi}{Z} \right] \\
 &\quad \left. - \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha + KZ(q-1) \frac{2\pi}{Z} \right] \right\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{K'Z+v} \left\{ \frac{\sin(Z-1)v \frac{2\pi}{2Z}}{\sin v \frac{2\pi}{2Z}} \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha - v\pi \right] \right. \\
 &\quad - \frac{\sin(Z-1)v \frac{2\pi}{2Z}}{\sin v \frac{2\pi}{2Z}} \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha - v\pi \right] \\
 &\quad + \frac{\sin(Z-1)(K'Z+2v) \frac{2\pi}{2Z}}{\sin(K'Z+2v) \frac{2\pi}{2Z}} \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha - (K'Z+2v)\pi \right] \\
 &\quad \left. - (Z-1) \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha \right] \right\} \\
 &= \frac{1}{K'Z+v} \left\{ -\cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha \right] + \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha \right] \right. \\
 &\quad \left. - \cos \left[\omega_2 t + (K'Z+v)x + \alpha \right] - (z-1) \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha \right] \right\} \\
 &= \frac{-Z}{K'Z+v} \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha \right] \dots\dots\dots (10)
 \end{aligned}$$

(II) 當 $n = K''Z - v$ 或 $(n+v) = K''Z$ 。 K'' 為從 $(\rho+1)$ 起至 ∞ 之任何正整數。則用同法得：

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= \frac{1}{K''Z-v} \sum_{q=2}^z \left\{ \cos \left[\omega_2 t - (K''Z-v)x + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z} \right] \right. \\
 &\quad - \cos \left[\omega_2 t + (K''Z-v)x + \alpha - (q-1)v \frac{2\pi}{Z} \right] \\
 &\quad + \cos \left[\omega_2 t + (K''Z-v)x + \alpha - K''Z(q-1) \frac{2\pi}{Z} \right] \\
 &\quad \left. - \cos \left[\omega_2 t - (K''Z-v)x + \alpha + (K''Z-2v)(q-1) \frac{2\pi}{Z} \right] \right\} \\
 &= \frac{Z}{K''Z-v} \cos \left[\omega_2 t + (K''Z-v)x + \alpha \right] \dots\dots\dots (11)
 \end{aligned}$$

(III) 當 n 為不包括於 (I) (II) 兩項內之任何正整數，則用(乙)(III)之方法可得 $A_{nv} = 0$ (12)

將(10)(11)及(12)代入(5)，得：

$$\begin{aligned}
 F_v(x) &= \frac{I_{mv}}{2\pi} \left\{ \sum_{k'=-\rho}^{\infty} \frac{-Z}{K'Z+v} \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v)x + \alpha \right] \right. \\
 &\quad \left. + \sum_{k''=\rho+1}^{\infty} \frac{Z}{K''Z+v} \cos \left[\omega_2 t + (K''Z-v)x + \alpha \right] + 0 \right\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{ZI_{mv}}{2\pi} \left\{ \sum_{K'=-\rho}^{\infty} \frac{1}{K'Z+v} \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v) x + \alpha \right] \right. \\
&\quad \left. + \sum_{K''=-(p+1)}^{-\infty} \frac{1}{K''Z+v} \cos \left[\omega_2 t - (K''Z+v) x + \alpha \right] \right\} \\
&= -\frac{ZI_{mv}}{2\pi} \sum_{K'=-\infty}^{\infty} \frac{1}{K'Z+v} \cos \left[\omega_2 t - (K'Z+v) x + \alpha \right] \dots\dots\dots (13)
\end{aligned}$$

(三) p 極電動機

若一電動機，有 p 極，則以基波為準所量之電角度應等於認其為二極時量得者之 $\frac{p}{2}$

倍；同時，其諧波之序數當係認其為二極時者之 $\frac{2}{p}$ 倍。故如

x' 為自第一根銅條量起以 p 極之基波為準之某點電角度。

v' 為 p 極靜止子之某次磁流之諧波序數。

則 $x' = \frac{p}{2} x \dots\dots\dots (14)$

$v' = \frac{2}{p} v \dots\dots\dots (15)$

將(14)(15)代入(6)(9)(13)，得應用於 p 極電動機之公式：

(甲) $v' = \frac{2}{p} v = \frac{2}{p} KZ = K \frac{2Z}{p}$ ，則

$F_{v'}(x') = 0 \dots\dots\dots (16)$

(乙) $v' = \frac{2}{p} v = \frac{2}{p} (2K+1) \frac{Z}{2} = (2K+1) \frac{Z}{p}$ ，則

$$\begin{aligned}
F_{v'}(x') &= -\frac{ZI_{mv'}}{\pi} \sin(\omega_2' t + \alpha') \sum_{k'=-\rho}^{\infty} \frac{1}{K'Z + \frac{pv'}{2}} \sin \left(K'Z + \frac{pv'}{2} \right) \frac{2}{p} x' \\
&= -\frac{2Z}{p} \frac{I_{mv'}}{n} \sin(\omega_2' t + \alpha') \sum_{K'=-\rho}^{\infty} \frac{1}{K' \frac{2Z}{p} + v'} \sin \left(K' \frac{2Z}{p} + v' \right) x' \dots (17)
\end{aligned}$$

式中 $\omega_2' = 2\pi f [1 - v'(1-s)]$ ， α' 為一任何初角度， ρ 為 $\frac{v'}{2Z/p}$ 之最近小整數。 $I_{mv'}$

為銅條中由 v' 次諧波所發生電流之振幅。

(丙) $v' \neq K \frac{Z}{p}$ ，則

$$F_{v'}(x') = -\frac{ZI_{m_{v'}}}{2\pi} \sum_{K'=-\infty}^{\infty} \frac{1}{K'Z + \frac{pv'}{2}} \cos \left[\omega_2 t - \left(K'Z + \frac{pv'}{2} \right) \frac{2}{p} x' + \alpha' \right]$$

$$= -\frac{\frac{2Z}{p} I_{m_{v'}}}{2\pi} \sum_{K'=-\infty}^{\infty} \frac{1}{K' \frac{2Z}{p} + v'} \cos \left[\omega_2' t - \left(K' \frac{2Z}{p} + v' \right) x' + \alpha' \right] \dots \dots \dots (18)$$

(四) 結論

由以上分析結果，可知有 Z 槽之鼠籠式旋轉子，僅能產生第 $\left(K' \frac{2Z}{p} + v' \right)$ 次之磁動力諧波，其振幅與 $\frac{I_{m_{v'}}}{K' \frac{2Z}{p} + v'}$ 成正比例；其分佈形式為振盪式或旋轉式，則依 $\frac{2Z}{p}$ 與 v' 之關係而定。

(甲) 假若靜止子之某磁流諧波序數為二極間旋轉子槽數之倍數，則銅條中由此諧波所生之電動力皆係同相，故不發生電流，其磁動力必為零。

(乙) 假若靜止子之某磁流諧波序數，不等於二極間旋轉子槽數之倍數，而等於一極間槽數之倍數，則各相鄰銅條中由此諧波所發生之電動力 E 均，皆係反相，宛如一單

相之旋轉子，其磁動力諧波均為振盪式。

(丙) 假若靜止子之某磁流諧波序數，與 (甲)(乙) 兩項所述者不同，則由此諧波所生之旋轉子磁動力諧波均為旋轉式，其旋轉方向之正反，視 $\left(K' \frac{2Z}{p} + v' \right)$ 值之正負而定。對於旋轉子之相對旋轉速度為

$$\frac{\omega_2'}{K' \frac{2Z}{p} + v'}$$

(丁) 假若 $\frac{2Z}{p}$ 不等於整數，則

$$\left(K' \frac{2Z}{p} + v' \right)$$

不能常為整數。於是其磁動力之空間分佈含有次諧波 (subharmonics)。

作者草此文時，蒙 章名濤 教授予以指導，獲益良多，特此誌謝。

電力工程

出版物

商務印書館
印行

電工原理(大學叢書)	Bush 等著	顧毓琇譯	1册	2.20
電機工程概論(工學小叢書)		陳章著	1册	.40
原動機及電機概論(工學小叢書)	內田浩等著	范致遠等譯	1册	1.00
電機設計(工學小叢書)		尤佳章著	1册	.80
直流電機原理(大學叢書)	Langsdorf 著	顧毓琇譯	1册	3.50
直流電機(工學小叢書)		尤佳章著	1册	.50
交流電機(工學小叢書)		尤佳章著	1册	.80
發電機電動機構造法	Avery 著	馬紹良譯	1册	.55
電氣事業行政業務法規		經濟部編	1册	.50
電氣裝置規則		國民政府建設委員會制定	1册	.70
用電指南(全國民營電業聯合會技術委員會叢刊)		翁為著	1册	.80
教育部公布電機工程名詞(普通部)		國立編譯館編訂	1册	2.50

蒲河閘壩工程施工之經過

邢丕緒

導淮委員會綦江工程局蒲河閘壩工務所主任工程師

本篇內容：一、引言 二、計劃概要 三、施工經過：(一)選擇閘址；(二)擋水抽水及清底；(三)閘牆及輸水道；(四)閘門與輸水道門；(五)滾水壩。 四、工程數量人工與費用 五、現在狀況 附錄：(一)石牆與木門；(二)水泥石灰之攪合；(三)箝縫。

一 引言

綦江爲長江右岸支流之一，源出於貴州之桐梓縣，入川省後，名松坎河，至趕水場附近，合羊渡藻渡二支流，始名綦江。至三溪場，復合蒲河之水，下流經綦江縣城至江津，匯入長江。全河流域盛產煤鐵，惟水小流急，淺灘甚多，航行甚感困難，其有峽峒阻隔之處，且須節節盤駁，耗力費時。鋼鐵廠遷建委員會爲便利煤鐵之運輸起見，爰商請導淮委員會規劃整理，以應需要。導淮委員會乃派人查勘，測量，根據結果擬具全河幹支各流之整治計劃，並於去年十一月成立綦江工程局主辦各項工程，蒲河閘壩工程，即該計劃中之一部分也。

蒲河源出於南川縣境內，以魯峽峒之阻隔(一公里之內比降差約爲二十公尺)，船隻僅能航行於河口附近之一段，流量甚小(本年之實測普通低水時期約爲每秒二立方公尺餘)，坡陡水淺，險灘相連，水小時涸可見底，船隻無法通行，水大時順流而下者，流急船疾，時有撞碎之事，逆流而上者，又往往需緯夫數十，盡半日之力僅能拖過一灘，日行不過數公里。爲免除此種困難起見，導淮委員會乃決定建築閘壩將本河實行渠化。

二 計劃概要

蒲河施行渠化之一段，係自河口起，上至蒲河場止，共長十五公里。在此一段內，平均比降爲千分之一。渠化之計劃係在此段內建築船閘三座，自下而上曰大智，在三溪場旁石板灘；曰大仁，在石角鎮下游大長灘；曰大勇，在蒲河場下游桃花灘。其水面升降差在大智、大勇兩閘各爲五公尺，大仁爲五·三公尺。船閘修成後可維持最淺水深一·二公尺，吃水一公尺之船可往來無阻。

各閘之設計，大致相同，均係雙門單級式。全長共一百一十五公尺，兩門相距七十三公尺。閘牆高八公尺，閘室淨長六十六公尺，寬九公尺，預計每次可容載重五噸之船十二艘，或載重十噸之船六艘；過閘時間約一小時，以每日開放上下各十次計，上下貨物均約可達六百噸。閘門孔寬爲八公尺，可容兩隻船同時出入。

船閘之旁均附設滾水壩，以維持各閘間之水位。壩長在大智爲四十五公尺，在大仁爲五十九公尺，大勇爲三十七公尺。

輸水設備共有四涵洞，上游入水與下游瀉水者各二。涵洞均高爲一·五公尺，寬爲一·二公尺。

三 施工經過

蒲河開壩工務所於去年十一月中旬成立，各閘亦即同時開工，原定六個月內完成，惟以工具材料人工均感缺乏，洪水氾濫頻仍，加以其他種種無法預防之困難，致期限不得不延長。本年六月下旬，大智、大仁兩處船閘之石工完竣，八月下旬兩閘開始正式使用，九月底及十月初，兩閘全部完成。十一月底，大勇亦全部完成，各閘施工經過情形略如下述。

(一)選擇閘址 選擇閘址時，凡河底之狀況，河身之曲直，及兩岸之情形，均為必須顧及之要件，而在目前情況之下，河底之狀況與水深變為決定本工程各閘址之首要因素。大智、大仁兩閘均未經特殊困難即行決定，惟大勇一閘屢擇屢改，當時鑽探器具缺乏，時間上又不容許預備，僅能用極簡單之方法試探，經過一個月之光陰，至十二月中旬始決定現在之位置。

(二)擋水抽水及清底 蒲河原本通航，因維持航運及其他關係爰決定施工步驟如下：(1)先修船閘使至相當高度；(2)開始築滾水壩而於中段留一缺口；(3)完成船閘使用；(4)完成滾水壩。故施工之第一步工作為築船閘之擋水堤。

擋水堤構造之材料為塊石與粘土。先將河底之沙石等挖去，然後用塊石築成兩道夾牆，中部實以粘土，遇有水較深，第一次難挖至底之處，如透水過甚，則於第一道堤築成後再由裏面貼築一道，務使粘土緊貼硬底以減少透水量。

擋水堤築成後，即開始抽水與清除河底；以河底岩層多裂縫透水且洪水時溢擋水堤頂，故抽水工作與全部工程相終始。大智、大仁兩閘抽水機運到較早，人工與機器同時工作；大勇除後期外，僅能用人工淘屏。三閘中除大仁河床略有塊石砂礫外，餘均係堅硬之岩石間以較軟之紅石，火藥轟炸有時

亦難為力，挖至規定深度，甚屬困難。至本年二月，大智、大仁兩閘始能部分開始砌牆，大勇閘因覓定閘址較遲，且係劈山坡而築，最深處有須開岩石至十公尺深以上者，故遲至三月始得部分開始砌牆，至六月中旬，船閘清底始告完畢。

(三)閘牆及輸水道 除底部因地形過於不規則會酌用一比三比六混凝土外，閘牆本部均係用三公寸見方一公尺長之條石砌成，平縫係用一比三水泥沙漿墊，直縫係用一比三比六混凝土灌澆。為節省水泥起見，大仁、大勇兩閘閘牆上部次要部分曾在水泥內攪用石灰而成一比一比六之沙漿與一比一比六比十二之混凝土。輸水道原定亦用條石砌，後以該處形狀複雜，工作不易，酌改用一比二比四混凝土。

砌牆工作，大智、大仁兩閘於二月中開始，六月底完畢。大勇閘於三月中開始，至八月中完竣。

(四)閘門與輸水道門 因鐵件缺乏，各閘閘門均用木製。門採雙扇轉閘式，以厚三十公分，寬三十五公分，長五公尺之木料用鐵夾板及螺釘聯繫而成。大勇閘因木料缺貨，門中部之木料改用厚十五公分者。

閘門開關機係用轉輪齒桿方法，齒桿一端聯於門上，一端與齒輪相聯，人在閘頂推動齒輪，閘門即可開闔。

輸水道之門係插門式，亦用木製成，有鐵輪六，貼於兩根豎立之鋼軌上，上聯開關轉輪。

木料與鐵件購買均甚困難，經包商各處搜羅始於六月後陸續運來工地，即拚做安裝，至八月初大智、大仁兩閘安裝完竣，九月中，大勇亦竣。

(五)滾水壩 滾水壩之建築係先以條石砌成數道縱橫隔牆，再將隔牆中間用大塊石填滿，塊石空隙則用碎石子等填塞。隔牆之砌法與閘牆同。壩面係用三公寸見方六公分長之條石豎直砌成。以條石供應不及，一部

改用大塊石，壩面砌成後，用石灰沙漿灌縫。

滾水壩修築之前，其擋水清底等一如船閘。為縮短工作時期起見，各壩均先由兩端築起，中段留一缺口以維持航運及水流，待

至船閘完全竣工後始行堵築。故堵口工作實為各閘最後之工作。大智閘於九月底完成，大仁閘於雙十節完成，大勇閘於十一月底完成。

四 工程數量人工與費用

各閘工程主要項目實際做成之數量如下表。(閘門與其他零星工作未列入)

項 目	大 智	大 仁	大 勇
砌條石 (立方公尺後均同)	6961.32	9484.12	5637.04
砌塊石	2241.45	3675.30	1402.19
一比二比四混凝土	141.14	223.45	63.71
一比三比六混凝土	349.71	456.69	322.49
開挖土石方	6140.75	8360.38	13581.39
砌亂石坡	400.28	342.95	—
填土	461.70	2617.00	382.45

除閘門鐵件係在重慶製造，人工無從統計外，直接參加工作之人工統計如下表。

工 人 類 別	大 智	大 仁	大 勇
石工	42,922	68,957	47,450
木工	1,782	2,079	2,566
其他工匠	550	1,209	6,777
雜項小工	60,131	67,934	43,331
總計	105,385	140,229	100,124

本工程係由馥記營造廠承包，因時間倉猝，各項詳細數量未能事先確定，僅約略估計各閘之建築費如下：

大 智 161,239.70 元
大 仁 179,054.74 元
大 勇 177,962.89 元

另外閘門費約共十二萬元(因與其他各閘合估無單獨數目)，水泥約一萬桶，由導淮委員會供給。

開工以後，變更之點甚多。因利用原來之岩石，省去砌石方不少。單大勇閘一處已省去約三千七百公方。臨時增加之項目甚多，均為原估價單所未具。此等項目之單價，現尚未議定，故決算工費尚未能確知。

約略估計，連水泥閘門等均在內，三閘約共需八十萬元。

五 現在狀況

除大勇閘下游有一段河底較規定為高，現正從事整理外，蒲河整治工作大致已告一段落；各閘均已正式使用，昔日之險灘現均深沒於水底，凡昔日所懼之水淺流急撞船及緯挽費力等事已均化為烏有，險路變為坦途，船行河中，如行靜水，往來自如，晝夜無阻；行船者但見閘門不斷開闔，而不知政府已每公里付出五萬元之代價矣。

附 錄

在本工程所包含之種種問題中，作者願在此述出三項，以供工程界同人之參考。

(一)石牆與木門 建築材料之選定，須兼顧及環境，此次導淮委員會對本工程選定用石牆與木門即係適應環境之需要。

在普通情形之下，開牆以用混凝土為較宜，願自抗戰以來各大水泥廠先後淪於敵手，僅餘重慶一廠，出品有限，難應各方面之需要，萬一供應不及，必至延誤工程。蒲河兩岸皆山，雖其石料未必全適於開採條石，但一經覓到適當石料，不過增加人工與運費，較易為力。導淮委員會有見於此，爰於計劃之初即決定開牆全用石砌，此項決定，旋即證明其確屬必要。去年與水泥廠簽定合同時，廠方惟恐會方運輸不及，今年事實證明，廠方反不能如期交貨。使本工程不用石料而用混凝土，恐明年此時亦未必便能完成也。

使用條石亦較經濟，在本工程內條石價格約當一比三比六混凝土價格二分之一。

以高八公尺兩邊水面差五公尺餘之開門，為堅固耐久計，應全部用鋼鐵製成，惟自抗戰軍興，鋼鐵異常缺乏，縱出高價，亦難購到現貨，且以鋼鐵對戰爭之需要，其他事業凡可以少用鋼鐵之處，均宜力事撙節，以供軍用，因此導淮委員會當局決計作巨大木門設計之嘗試。

木門之採用亦煞經困難，巨大之木料甚

難購買，拚合又費鐵件太多，預定厚三十公分寬三十五公分之木料已係小無可小，而經包商搜羅數月，運到者終不敷用，致大勇開不得不將一部分木料之厚度由三十公分改為十五公分。

木門之製造費約較鋼門稍廉，但壽命甚短，若以長期計仍屬不經濟，但為適應抗戰需要，固不得不如此也。

(二)水泥石灰之攪合 為節省水泥起見，在本工程次要部分，曾酌將石灰攪入水泥內使用，成份為一比一。今夏作者奉命兼對此二者之混合物，就不同之比例，作各種性質之詳細試驗，以壓力一部須借用中央大學儀器，尙未完竣，故尙未能發表，作者認為此二者攪用可予吾人以相當滿意之結果，深望其他工程使用大量水泥時能斟酌情形使用此法，對節省水泥減少工費二者或不無小補也。

(三)箝縫 因木門縫與石縫之漏水，引起作者對此問題之注意。普通箝縫，多習用造船人之舊法，即以桐油和石灰搗好攪入蔴線，再箝入縫中，搗實。據作者個人之試驗，若以水泥代替石灰，則質細而密，透水性極小，凝後堅硬異常，且收縮性極微，拌和又易，實遠勝於石灰，惜此法得之稍晚，本工程大部分木縫仍係用舊法，僅一小部得用此法。

給水工程書

商務印書館
出版

都市給水學	陳良士著	2冊	4.00元
給水工程學(大學叢書)	陶藻楷著	1冊	3.00元
給水工程學	王壽寶著	1冊	2.00元
淨水工程學(大學叢書)	顧康樂著	1冊	1.60元
自來水(工學小叢書)	朱有壽著	1冊	.30元

電話電纜平衡之原理及其實施

顧 毅 同

引言 有線電通訊，最初利用架空電纜傳遞，自負荷線圈及增音器發明，而電纜之應用乃確立基礎，蓋以其心線之細小，線路之衆多，外界感應之減少，維持之經濟，均爲架空線所不及，故歐美各國，對其應用逐漸推廣；二年前，京滬長途電話，有採用電纜之擬議，惜因戰事驟起，未能成爲事實，良可惋惜，然將來之發展，正未可限量，諸凡電報電話及訊號等之傳遞，必將利用電纜，以達最有效率之途徑，惟以電纜內線間之距離，較架空線爲小，其線間之電容特大，如有不平衡，甚易發生串音之弊；故吾國將來利用電纜時，對於其平衡實施方法，必須特加注意，而對於四股電纜爲尤其重要；本篇就四股電纜之電容平衡原理，實測方法，各種接線平衡方法，電容器平衡方法，以及股線間不平衡之處理方法，略加敘述，並將電阻不平衡之改善方法，附帶述及，或足爲將來施放電纜工程時之一助。

電纜之種類 電纜可分爲架空電纜，地下電纜及水底電纜三種；而以製造上之不同，又可分爲單心 (Single Core)，雙絞 (Twin-twisted)，星絞四股 (Star-quad)，複絞四股 (Multiple-twin)，同軸 (Coaxial) 五種。單心電纜，大都用於電報線路，雙絞電纜用於市內電話，四股電纜兼用於長途及市內電話，同軸電纜爲近年所發明，其傳遞周率約可達 500,000 至 2,000,000，適用於多次載波電話及電視，惟正在試用期，效率如何，尙未明顯。各電纜中，以四股電纜用之最廣，其製造方法，爲四線絞成一股，合股線而成電纜。在四線之中，每二線成一通話電路，而四線綜合又可成一幻象電路

(Phantom Circuit)，如再在線上加以載波電話或電報，則效用更廣，茲先將各項定義加以說明如下：

對線 (Pair) 每兩根絕緣線，成一電路，通常稱曰對線。

四股線 (Quad) 每四根絕緣線，絞成一組，稱之四股線；股線可分爲二種：一即複線四股線 (Multiple-twin Quad)，每股中二線先絞成一對，再互絞成股；一爲星絞四股線 (Star-quad)，四根線依同一軸心絞成一組，其對角線成爲一對。

邊線路 (Side Circuit) 二線之電路組成幻象線路之一邊，統稱曰邊線路。

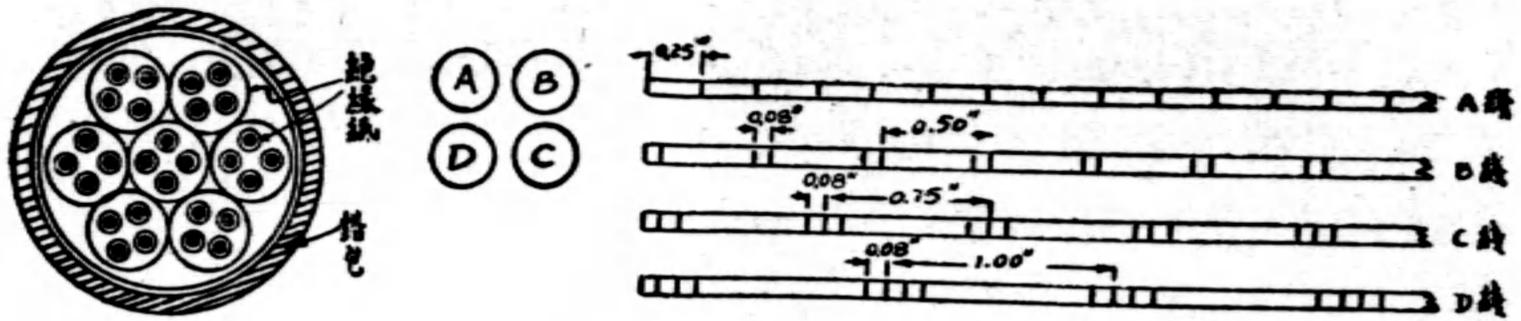
幻象線路 (Phantom Circuit) 在二個對線上，另生一通話電路，名之曰幻象電路。每對話線，組成此項線路之一邊，以兩線作一線之用，並聯通電，兩線之電流相等，故對於對線自身之通話，不受影響。

負荷段 (Loading Section) 在鄰近兩負荷線圈 (Loading Coil) 中間之電纜，或自終端站至第一負荷線圈之一段電纜，名之曰負荷段。

互感容量 (Mutual Capacity) 每對線間之互感電容量，即爲該線與電纜鉛包接通，並接地時所測得之電容量。幻象線路之互感量，即在絞線中，二對線間所測得之電容量，其他各線均與鉛包及地接通。

電纜內各線之檢視 在電纜中，各股線及各線均可隨時檢認，通常於各股線之絕緣紙上，印有不同之顏色線條，依一定順序分配，其條紋數量，依各線在股線中所占次序而定，約如下圖：

第一圖 電纜條紋及排列



其絕緣紙顏色之排列略如下表：

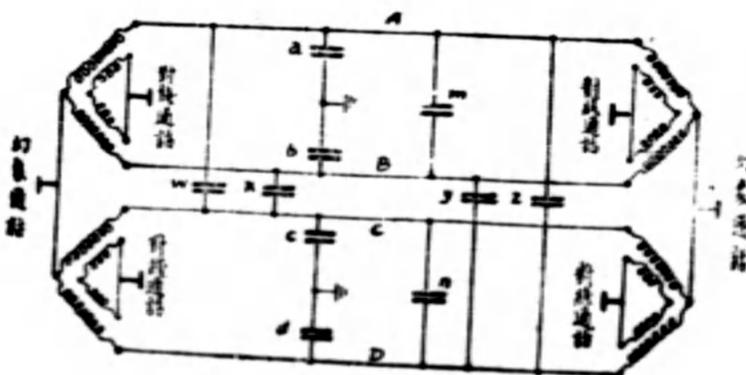
層 數	股線在該層之次序	各線絕緣紙所印線條之顏色	股線外包絕緣紙顏色	
			中心及雙層數	單層數
1	第一(起始) Marker 中間數	紅	白色加橙黃條	黑色加橙黃條
2	第二, 第四……等	藍	白	黑
3	第三, 第五……等	紅	白	黑
4	最末(Reference)	藍	白色加橙黃條	黑色加橙黃條

股線中之四線，以 A, B, C, D 代表之， AB 及 CD 各為對線，而四線之次序，以條紋指示，如第一圖；股線之號數，則自電纜中心層向外數起，但在試驗電纜時，為便利起見，往往自外層以達中心。起數時，由每層之標記股線 (Marker) 開始，依顏色之次序進行。

每種股線，必有一定之記號，通常用三位數字標名之：第一位指層數，第二位指線條之顏色，第三位則指明股線在該層中之次序，譬如 4B6，即指第四層中，第六股線，其絕緣紙上有藍色線條者。

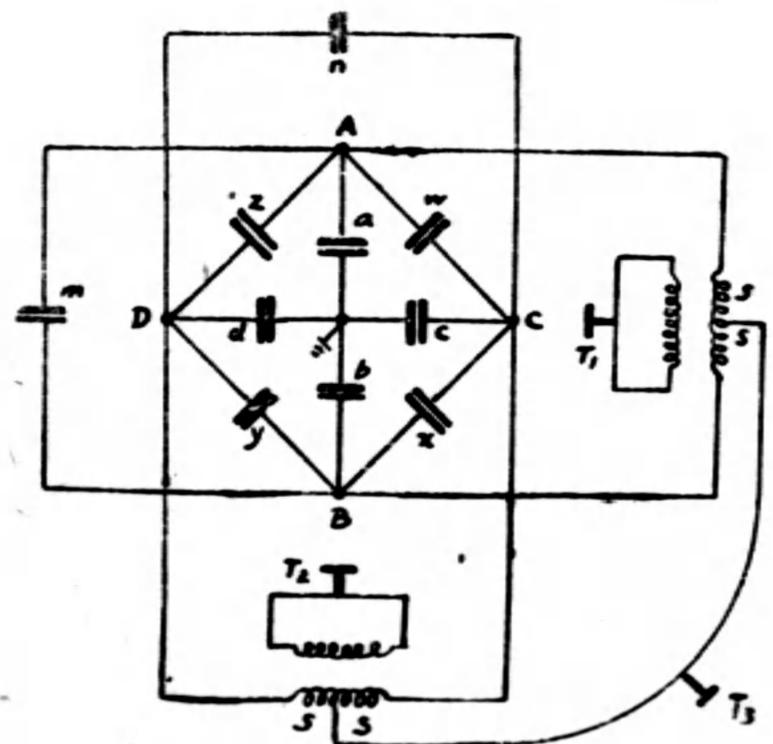
電纜平衡之理論 下圖示股線中 A, B, C, D 四線通話情形：

第二圖



圖中顯示，每線與其他各線之電容，及其與鉛包及大地之電容；如將上項關係，另行排列，作側視形，則更為明瞭，即 A, B, C, D 各線，祇見其切面， T_1, T_2 對線之通話，及 T_3 幻象通話，在圖中祇見其一部份。

第三圖



在第三圖中， W, X, Y, Z 為不同對之線間直接電容； m, n 為同對線之直接電容； a, b, c, d 為各線自身對於外界線路或鉛

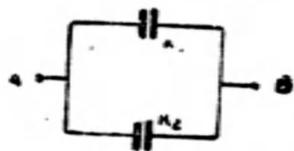
包及大地之電容，此乃指示股線間直接電容之基本方法。①

開氏電網定理 (Campbell's Network Theorem) 在任何 n 接點之電網中，直接電容之數量可以公式 $\frac{n(n-1)}{2}$ 代表之，以此項電容數，分別接於二點間，則可整個表示一相等電網，對於外界其他電網之作用亦相同 (其他電網與原有之電網之聯接，須為導電式)。

定理一：直接電容之為二個並聯電容合成者，等於二電容之和。

定理二：在二點間之直接電容，如為二個電容，分自二點接至隱藏之第三支點所合成者，等於此二電容之積，復除以在第三支點出發之各電容之和。

第四圖



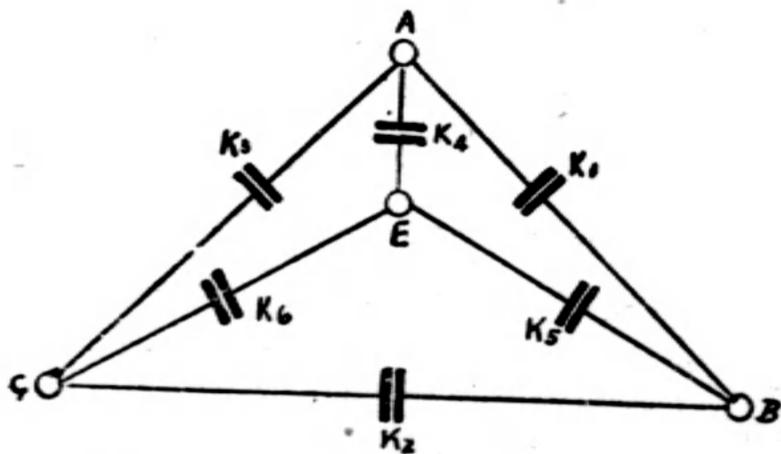
第五圖



圖四 A, B 二點間之直接電容，等於 K_1, K_2 二並聯電容之和，即 $K_1 + K_2$ ，而圖五 A, B 二點間，有 K_1 及 K_2 二串聯電容，其直接電容為 $\frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2}$ (在 K_1 及 K_2 間假定有第三支點)。

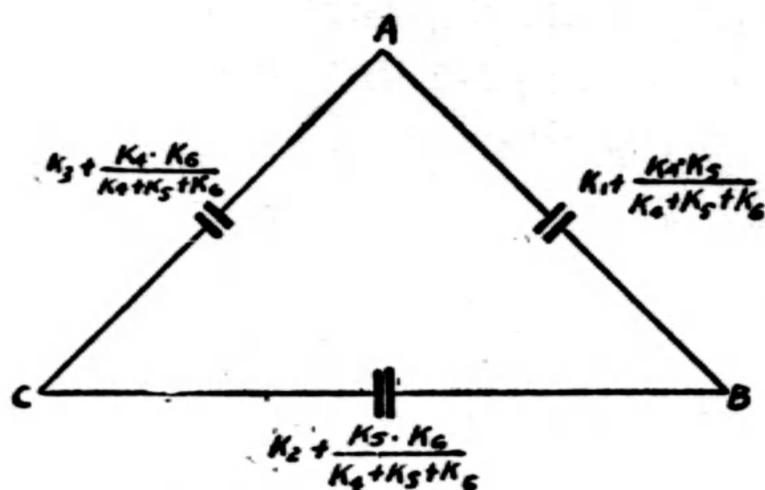
圖六為一較複雜之電網，可按第二定

第六圖



理，將 E 點併合，並按第一定理改成第七圖之相等簡單形式，即 AB 點間之直接電容

第七圖

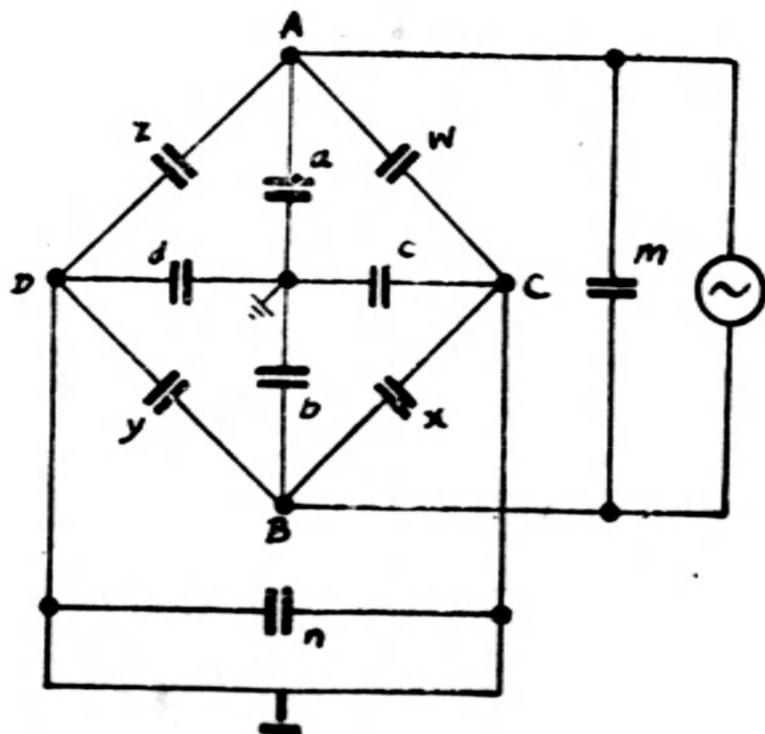


為：

$$K_1 + \frac{K_4 \cdot K_5}{K_4 + K_5 + K_6}; \text{ BC 點間之直接電容為: } K_2 + \frac{K_5 \cdot K_6}{K_4 + K_5 + K_6}; \text{ CA 間為 } K_3 + \frac{K_4 \cdot K_6}{K_4 + K_5 + K_6}。$$

邊線路通話無干擾之情形 如股線間，祇有對線通話，欲使二對線間，互不干擾，即 AB 間通話時， CD 間不受干擾，或 CD 間通話時， AB 間不受干擾，其方法如下：②

第八圖

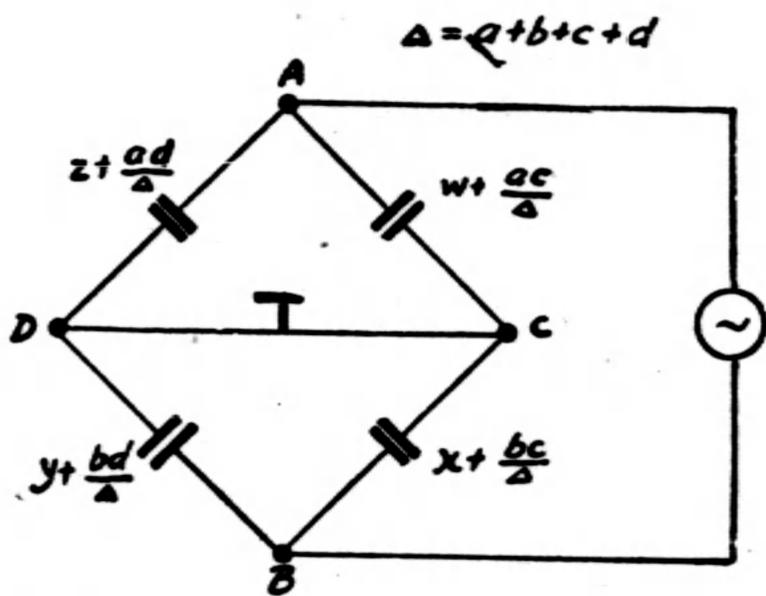


① 互感電容與直接電容並不相同，互感電容為二線間 (任何二線) 之直接電容，及二線與大地之直接電容。

② 串音之測量，通常為測量串音電流，與電源電流之比例，其單位為百萬份之一，測量範圍，約為 20-20,000 單位。

在第八圖中，如 AB 及 CD 間，相互不致干擾，則在 AB 線上，如接以電流， CD 線內應不發生電流，亦即 CD 線上，因 AB 而感生之電壓，應等於零；以開氏電網原理解之，則先將第八圖電網，簡化如第九圖，(將 E 點併合)成一威氏電橋 (Wheatstone Bridge)。

第九圖



在 AB 線間之直接電容，及 CD 間之直接電容，經簡化後各為： $m + \frac{ab}{\Delta}$ 及 $n + \frac{cd}{\Delta}$ ，可省略不計，因各與電源及電話聽筒並接，對於 A, B, C, D 四線間之平衡，並無關係也。

如
$$\frac{W + \frac{ac}{\Delta}}{X + \frac{bc}{\Delta}} = \frac{Z + \frac{ad}{\Delta}}{Y + \frac{bd}{\Delta}},$$

則 C 點與 D 點電位相等，雖 AB 間有電流通過，絕無影響；上式更可變成

$$\frac{(W + \frac{ac}{\Delta}) - (X + \frac{bc}{\Delta})}{(X + \frac{bc}{\Delta})} = \frac{(Z + \frac{ad}{\Delta}) - (Y + \frac{bd}{\Delta})}{(Y + \frac{bd}{\Delta})},$$

即
$$\left\{ (W + \frac{ac}{\Delta}) - (X + \frac{bc}{\Delta}) \right\} \left\{ Y + \frac{bd}{\Delta} \right\} - \left\{ (Z + \frac{ad}{\Delta}) - (Y + \frac{bd}{\Delta}) \right\} \left\{ X + \frac{bc}{\Delta} \right\} = 0,$$

故
$$\left\{ (W - X) + \frac{c}{\Delta}(a - b) \right\} \left\{ Y + \frac{bd}{\Delta} \right\} - \left\{ (Z - Y) + \frac{d}{\Delta}(a - b) \right\} \left\{ X + \frac{bc}{\Delta} \right\} = 0 \dots (1)$$

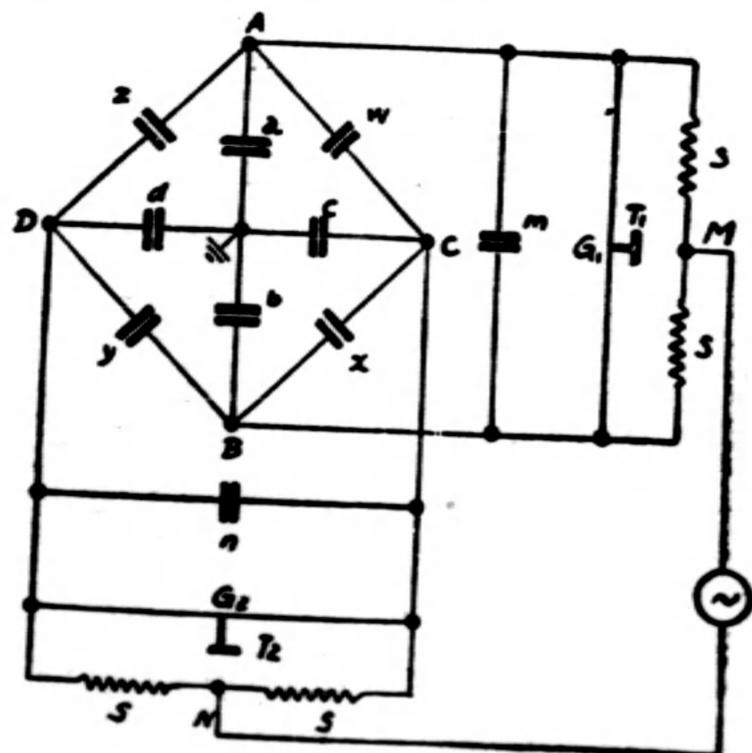
此為 AB 影響於 CD 時之平衡公式，同樣可證明，下式與上式相同：

$$\left\{ (W - Z) + \frac{a}{\Delta}(c - d) \right\} \left\{ Y + \frac{bd}{\Delta} \right\} - \left\{ (X - Y) + \frac{b}{\Delta}(c - d) \right\} \left\{ Z + \frac{ad}{\Delta} \right\} = 0$$

以上為邊線路無干擾之必要條件。

幻象線路與邊線路無干擾情形 第十圖示幻象線路，及 AB, CD 邊線路之截面，如

第十圖



二種線路間無干擾，則在 MN 加以電力， T_1 及 T_2 應無電流通過，即 T_1 或 T_2 線間之電壓均為零。

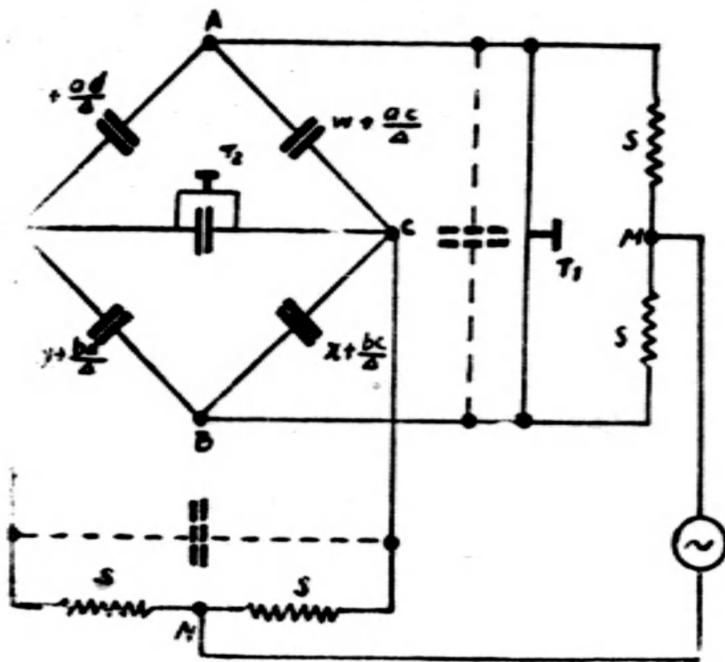
設 T_1 之導納 (Admittance) 為 G_1 ； T_2 之導納為 G_2 ；而轉電圈 (Repeating Coil) 之每一繞線之導納為 S 。按前法，將上圖改為

第十一圖之簡單式，將 E 點取消，再將第十一圖之 D 點取消，改成第十二圖，復將 C 點取消如第十三圖。

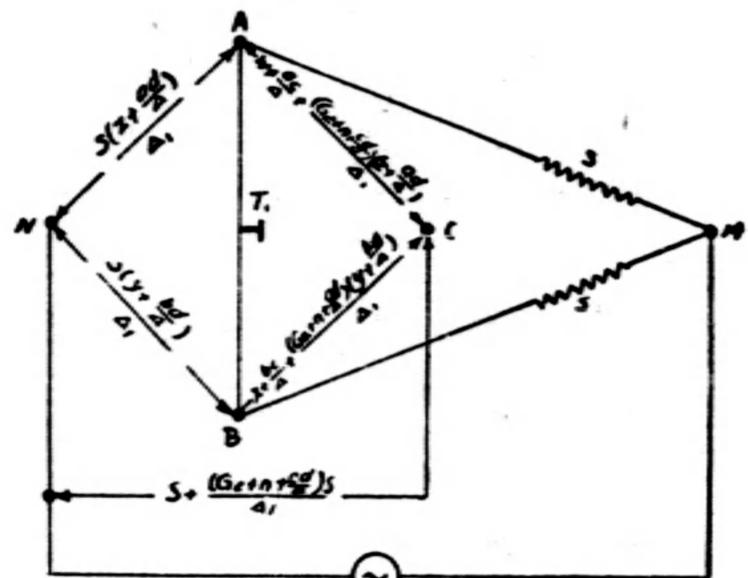
在每次變更中， AB 間及 MN 間之導納可忽視，蓋與電話 T_1 及電源，各為並聯也。由上圖可知，欲求 T_1 與電源無干擾（即 AB 邊線路與幻象線路間無干擾），應使：

第 十 一 圖

$$z = a + b + c + d$$

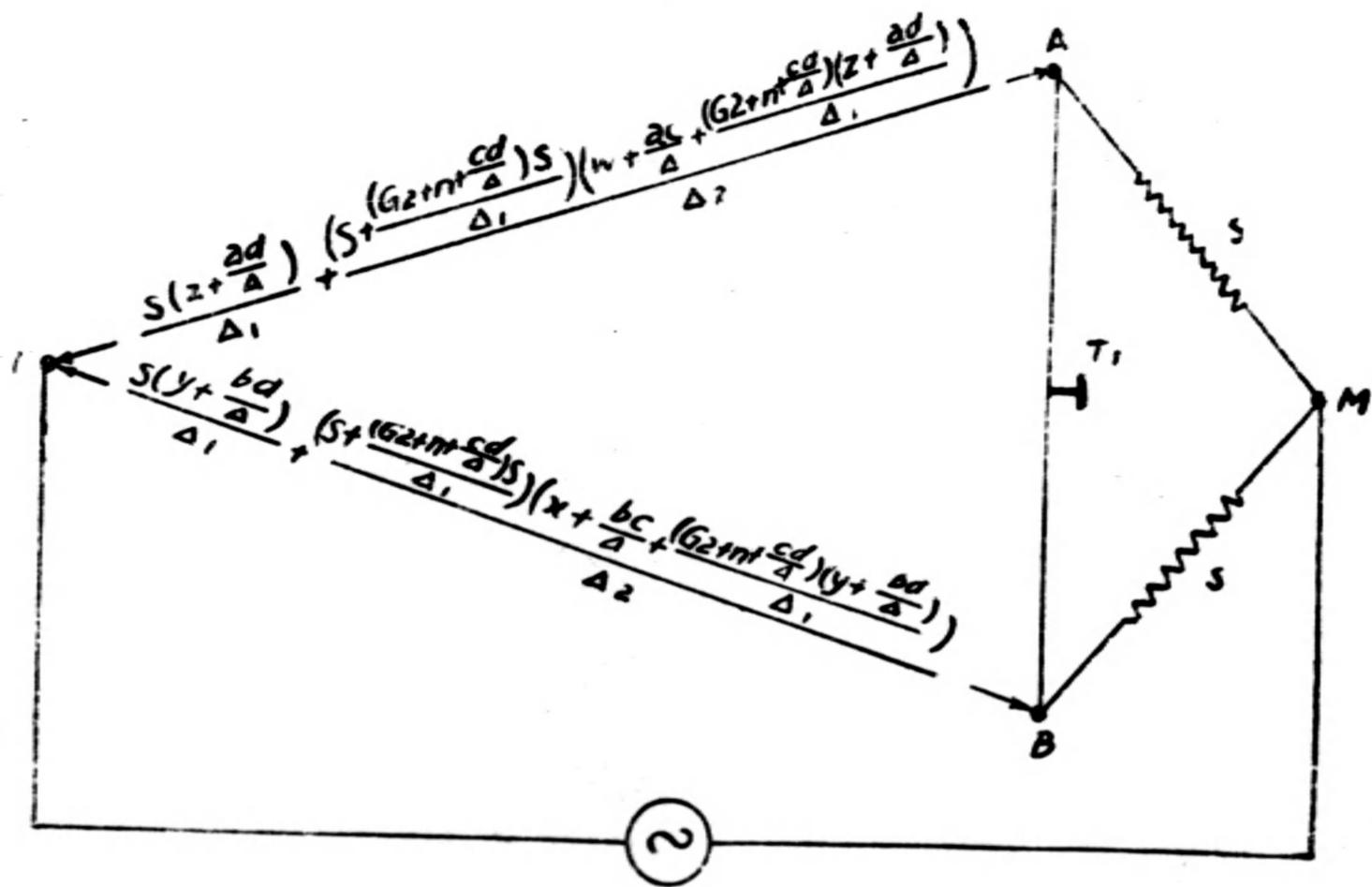


第 十 二 圖



$$\Delta_1 = (G_2 + n + \frac{S}{\Delta}) + (y + \frac{bd}{\Delta}) + (z + \frac{ad}{\Delta}) + S$$

第 十 三 圖



$$\Delta_2 = (w + \frac{ac}{\Delta} + \frac{(G_2 + n + \frac{S}{\Delta})(z + \frac{ad}{\Delta})}{\Delta_1}) + (S + \frac{(G_2 + n + \frac{S}{\Delta})S}{\Delta_1}) + (x + \frac{bc}{\Delta} + \frac{(G_2 + n + \frac{S}{\Delta})(y + \frac{bd}{\Delta})}{\Delta_1})$$

$$\frac{S(Z + \frac{ad}{\Delta})}{\Delta_1} + \left[S + \frac{(G_2 + n + \frac{cd}{\Delta})S}{\Delta_1} \right] \left[W + \frac{ac}{\Delta} + \frac{(G_2 + n + \frac{cd}{\Delta})(Z + \frac{ad}{\Delta})}{\Delta_1} \right] - \left[\frac{S(Y + \frac{bd}{\Delta})}{\Delta_1} + \left\{ S + \frac{(G_2 + n + \frac{cd}{\Delta})S}{\Delta_1} \right\} \left\{ X + \frac{bc}{\Delta} + \frac{(G_2 + n + \frac{cd}{\Delta})(Y + \frac{bd}{\Delta})}{\Delta_1} \right\} \right] = 0,$$

$$\text{即 } \frac{S}{\Delta} \left\{ (Z - Y) + \frac{d}{\Delta}(a - b) \right\} + \left\{ S + \frac{(G_2 + n + \frac{cd}{\Delta})S}{\Delta_1} \right\} \cdot \left\{ (W - X) + \frac{c}{\Delta}(a - b) + \frac{(G_2 + n + \frac{cd}{\Delta})}{\Delta_1} \left[(Z - Y) + \frac{d}{\Delta}(a - b) \right] \right\} = 0$$

在此式中，如欲其為零，則：

$$(W - X) + \frac{c}{\Delta}(a - b) = 0, \dots\dots(2)$$

$$\text{及 } (Z - Y) + \frac{d}{\Delta}(a - b) = 0. \dots\dots(3)$$

同樣可證，幻象線路與 CD 邊線路之無干擾情形為：

$$(W - Z) + \frac{a}{\Delta}(c - d) = 0, \dots\dots(4)$$

$$\text{及 } (X - Y) + \frac{b}{\Delta}(c - d) = 0. \dots\dots(5)$$

將所得公式(1),(2),(3),(4)及(5)彙視，即知欲求邊線路間，及幻象線路與邊線路間之無干擾，則必須滿足以下四式，以求電容之平衡：

$$(W - X) + \frac{c}{\Delta}(a - b) = 0,$$

$$(Z - Y) + \frac{d}{\Delta}(a - b) = 0,$$

$$(W - Z) + \frac{a}{\Delta}(c - d) = 0,$$

$$\text{及 } (X - Y) + \frac{b}{\Delta}(c - d) = 0.$$

故第八圖及第十圖電纜之平衡應為：

$$(a) \quad (W - X) = -\frac{c}{\Delta}(a - b),$$

$$(Z - Y) = -\frac{d}{\Delta}(a - b),$$

$$(W - Z) = -\frac{a}{\Delta}(c - d),$$

$$(X - Y) = -\frac{b}{\Delta}(c - d).$$

$$\text{或}(b) \quad (W - X) = 0,$$

$$(Z - Y) = 0,$$

$$(W - Z) = 0,$$

$$(X - Y) = 0,$$

$$(a - b) = 0,$$

$$\text{及 } (c - d) = 0.$$

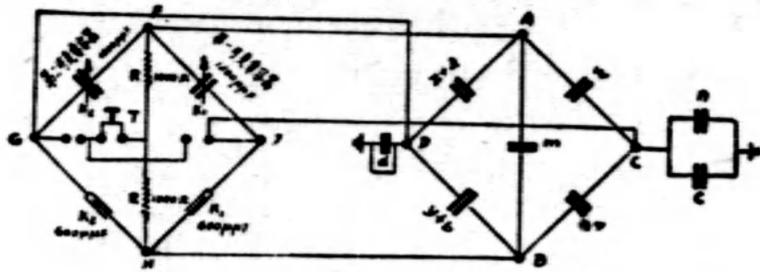
在普通電纜中，上項各數不能為零，故往往有串音發生，此項電纜電容之不平衡，可在電纜間測量而得，在裝置時，必須在各段接連處，改交叉接法，使每一負荷段中之不平衡狀態，減至極低，干擾因此亦達至最小限度。

電纜直接電容之測量

測量法 各線間之不平衡電容量，可用下列電容電橋測量器試驗之。

第一步 P 接法 第十四圖示 A, B, C, D 四線，接於電橋，D 線與大地接通，故 d 電

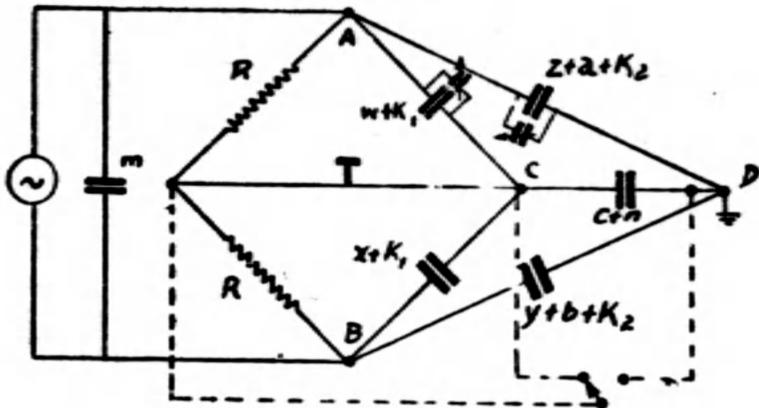
第 十 四 圖



容成短路， D 電壓與大地相等，而 AD 間之電容，成爲 Z 電容與 a 電容之和， DB 間電容成爲 Y 與 b 之和， CD 間電容亦成爲 X 與 c 之和。

電橋之聽筒 T ，可用按鍵，使接在電橋之 O 點與 D 點之間，亦可使之接在電橋之 O 點及 C 線之間，交流電壓接於電橋 F 與 H 兩點，此圖簡略之成第十五圖。

第 十 五 圖

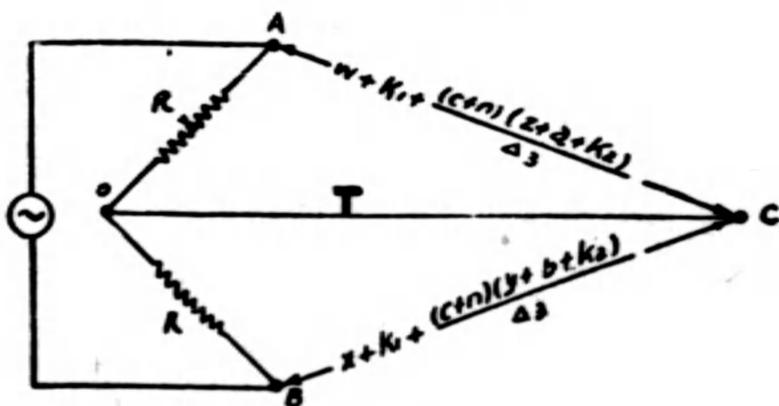


先將聽筒接於 OC 之間，將 K_1 及 K_2 可變電容交互轉動，至聽筒內無聲，然後再將聽筒轉接至 OD 之間，再行調整，務使聽筒在二種情形下，均無聲爲止，然後將 K_1 及 K_2 之電容量記錄。

此項平衡方法，可依前章方法，計算之如下：

第十五圖中，如將 D 點設法取消，可簡略如下式：（聽筒接於 OC ）

第 十 六 圖



$$\Delta_3 = (c+n)(z+a+k_2) + (y+b+k_2)$$

在聽筒接於 OC 之平衡狀態，各項電容之關係爲：

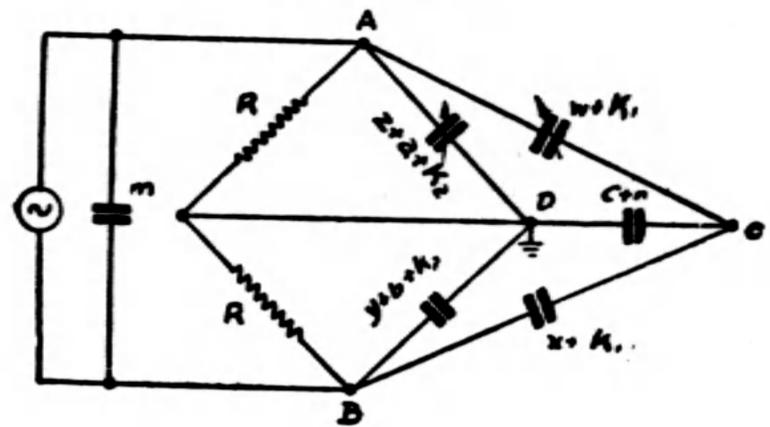
$$\left\{ W + K_1 + \frac{(c+n)(Z+a+K_2)}{\Delta_3} \right\} - \left\{ X + k_1 + \frac{(c+n)(Y+b+k_2)}{\Delta_3} \right\} = 0,$$

$$\text{即 } (W - X) + (K_1 - k_1) + \frac{c+n}{\Delta_3}$$

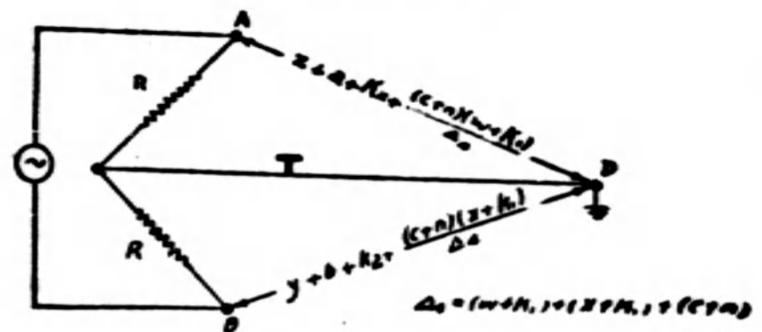
$$\left\{ (Z - Y) + (a - b) + (K_2 - k_2) \right\} = 0 \dots (6)$$

在聽筒接於 OD 之平衡狀態，各項電容之關係爲：

第 十 七 圖



第 十 八 圖



$$\Delta_4 = (w+K_1) + (z+a+K_2) + (c+n)$$

$$\left\{ Z + a + K_2 + \frac{(c+n)(W + K_1)}{\Delta_4} \right\} -$$

$$\left\{ Y + b + k_2 + \frac{(c+n)(X + k_1)}{\Delta_4} \right\} = 0,$$

$$\text{即 } \left\{ (Z - Y) + (a - b) + (K_2 - k_2) \right\} + \frac{c+n}{\Delta_4}$$

$$\left\{ (W - X) + (K_1 - k_1) \right\} = 0 \dots \dots \dots (7)$$

將(7)式改爲

$$- \frac{c+n}{\Delta_4} \left\{ (W - X) + (K_1 - k_1) \right\}$$

$$= (Z - Y) + (a - b) + (K_2 - k_2),$$

代入(6)式得：

$$(W - X) + (K_1 - k_1) - \left(\frac{c+n}{\Delta_3}\right)$$

$$\left(\frac{c+n}{\Delta_4}\right) [(W - X) + (K_1 - k_1)] = 0,$$

故 $[(W - X) + (K_1 - k_1)]$

$$\left[1 - \frac{(c+n)^2}{\Delta_3 \cdot \Delta_4}\right] = 0,$$

式中 $\left[1 - \frac{(c+n)^2}{\Delta_3 \cdot \Delta_4}\right]$ 無論為何數，

如 $[(W - X) + (K_1 - k_1)] = 0 \dots\dots (8)$

則乘積為零，故(8)式為平衡之簡單式。

以(8)式代入(6)式，可得平衡如下：

$$(K_2 - k_2) + (Z - Y) + (a - b) = 0 \dots\dots (9)$$

(8)(9)兩式為決定二項平衡之因數。

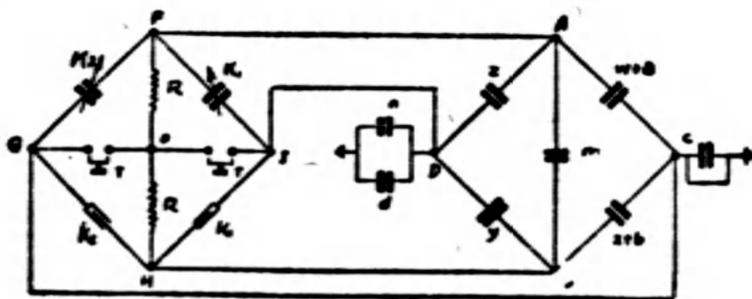
通常在測量電纜電容之電橋上， $(k_1 - K_1)$ 為第一電容器之刻定指數，常以 p 代表之； $(k_2 - K_2)$ 為第二電容器刻定之指數，以 p_0 代表之，故

(8)式可書為 $W - X = p$
(第一電容器之刻度數) $\dots\dots (10)$

(9)式可書為 $(Z - Y) + (a - b) = p_0$
(第二電容器之刻度數) $\dots\dots (11)$

第二步 Q 接法 將 C 線與大地接通，

第十九圖



將可變電容器 K_1 及 K_2 變更，先使聽筒接在 OD 之間，求得平衡，再將聽筒接在 OC 之間求得平衡，雙方更迭將 K_1 及 K_2 變動，使聽筒均無聲為止；依上法求得：

$$(Z - Y) = q$$

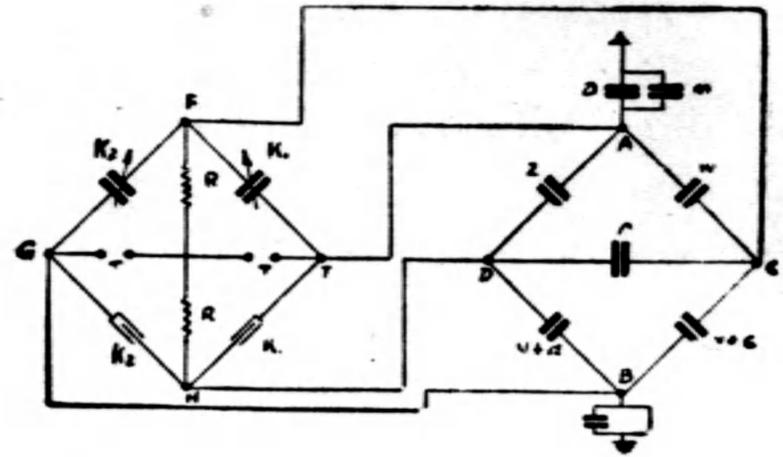
(第一電容器之刻度數) $\dots\dots (12)$

$$(W - X) + (a - b) = q_e$$

(第二電容器之刻度數) $\dots\dots (13)$

第三步 R 接法

第二十圖



同樣可得

$$W - Z = r$$

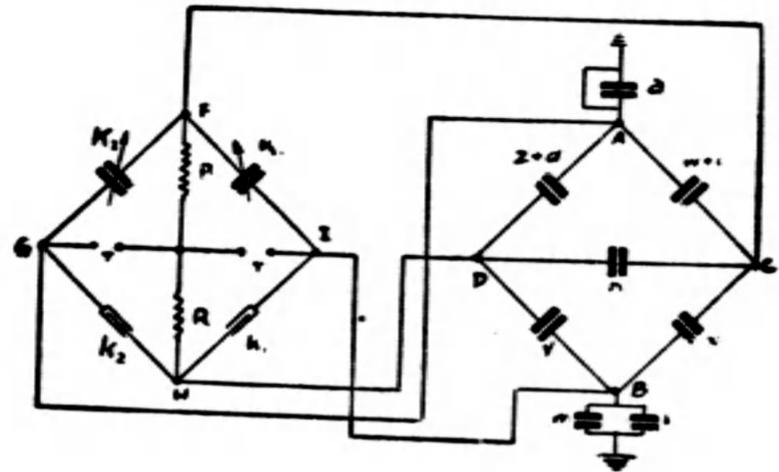
(第一電容器之刻度數) $\dots\dots (14)$

$$(X - Y) + (c - d) = r_e$$

(第二電容器之刻度數) $\dots\dots (15)$

第四步 S 接法

第二十一圖



同法可得

$$X - Y = S$$

(第一電容器之刻度數) $\dots\dots (16)$

$$(W - Z) + (c - d) = S_e$$

(第二電容器之刻度數) $\dots\dots (17)$

上述所得 p, q, r, s 通常稱之為線與線間之不平衡電容量。

如以 $(q_e - p)$ 或 $(p_e - q)$ 結果為 $(a - b)$ ，以 u 代表之，
 $(s_e - r)$ 或 $(r_e - s)$ 結果為 $(c - d)$ ，以 v 代表之，

u, v 二數，稱之為線與地之不平衡電容量。

如將 p, q, r, s, u, v 設法減至極低，則邊線路間之通話干擾，及幻象線路與邊線路間之干擾，均可避免。

在測量前，所需注意者，電橋於裝接電纜前，必先自身先謀平衡，使在 P, Q, R, S 四種接法時，聽筒接於線與地間，及線與線間二種地位，均屬平衡無聲，方可實施測量（此項初步平衡，通常另有小電容器調節之），否則所測得之結果，必致不能十分準確。

如測量電纜時，聽筒內聲音雖可減至極低，但不能絕對無聲，則必為電纜線間，及線與大地間，所有電阻，電漏 (Leakage)，及電容 (Electrostatic Capacity) 之分配不勻所致，故必須校準電壓量，及其相位，使電壓在聽筒之兩端能相同，通常可用二小電容器，各並聯於 R 及 R 上，在每一測量時加以調整。

如測量時，受外界電力干擾，難以實施，可將電橋中電源及聽筒接法互易位置，電源及聽筒接入電橋時，通常均有隔離 (Screened) 平衡變壓器連接，使外界影響，不致傳入電橋。

以上所述，為雙橋測量法 (Double-bridge Method)，蓋同時可測得線間，及線與大地之電容不平衡

各股線間之不平衡電容，亦可按上法逐一測量，在現代精製之電纜中，此種干擾，大多為各對邊線路之不平衡，故祇須擇各股間任何對邊線測量即可；如求第一股線 A, B, C, D ，與第二股線 A', B', C', D' 間，各種不平衡，不外下列數種：

邊線路與邊線路——即以二邊線路之四線，照上法測量之；

邊線路與幻象線路——幻象線路每二線併作一線，與邊線路之二線共同測量；

幻象線路與幻象線路——幻象線路中之

每二線，併為一線，二幻象線路合成四線測量之。

交叉接法及其改善平衡程度

a) 電纜之特性 電纜之二段，在連接時，欲使其不平衡減至甚低，以求干擾之免除，可將每股中，每對線不依原有之次序交互連接，使各線間之電容不平衡相互抵消，先將每股線間不平衡值 p, q, r, s, u, v ，按上法測得，用一定方法交叉接連之，其選擇方法分為二種：

(1) 選擇互接之股線：依所測得之電容值大小定之；

(2) 在股線中選擇適當之對線互接：依所測得之電容值之正負情形定之。

前章曾述及邊線路間，及邊線路與幻象線路間之平衡方法，必使下列各式均為零，即：

$$W - X + \frac{c}{a+b+c+d}(a-b) = 0, \dots (2)$$

$$Z - Y + \frac{d}{a+b+c+d}(a-b) = 0, \dots (3)$$

$$W - Z + \frac{a}{a+b+c+d}(c-d) = 0, \dots (4)$$

$$X - Y + \frac{b}{a+b+c+d}(c-d) = 0, \dots (5)$$

$$\text{令 } p = W - X, r = W - Z, s = X - Y, \\ u = a - b, v = c - d, q = Z - Y$$

則以上各式可改為

$$p + \frac{c}{a+b+c+d}(u) = 0,$$

$$q + \frac{d}{a+b+c+d}(u) = 0,$$

$$r + \frac{a}{a+b+c+d}(v) = 0,$$

$$s + \frac{b}{a+b+c+d}(v) = 0,$$

但 $\frac{c}{a+b+c+d}, \frac{d}{a+b+c+d},$
 $\frac{a}{a+b+c+d}$ 及 $\frac{b}{a+b+c+d}$ 與 $\frac{1}{4}$

數，實相差無幾，故可略為

$$p + \frac{1}{4}u = 0 \dots\dots\dots(18)$$

$$q + \frac{1}{4}u = 0 \dots\dots\dots(19)$$

$$r + \frac{1}{4}v = 0 \dots\dots\dots(20)$$

$$s + \frac{1}{4}v = 0 \dots\dots\dots(21)$$

在前章(2),(3),(4),(5)各公式下，(b)節已證明，當 p, q, r, s, u, v 為零時，公式(18),(19),(20),(21)之和，均為零，故此項平衡方法，須將 p, q, r, s, u, v 六項數量，設法減低。

但公式(18),(19),(20),(21)內如以下列代入結果亦同。

$p - q = 0$	即	$W - X - Z - Y = 0,$
$p + q = 0$	,,	$W - X + Z - Y = 0,$
$r + s = 0$	,,	$W + X - Y - Z = 0,$
$r - s = 0$	,,	$W - X + Y - Z = 0,$
$u = 0$	,,	$a - b = 0,$
$v = 0$	,,	$c - d = 0.$

($p - q$) 實與 ($r - s$) 相等，故祇須將 ($p - q$), ($p + q$), ($r + s$), u, v 五項數量減低。

如以 (18) - (19) 則 $p - q = 0,$

$$(18) + (19) \quad ,, \quad (p + q) + \frac{1}{2}u = 0,$$

$$(20) + (21) \quad ,, \quad (r + s) + \frac{1}{2}v = 0,$$

$$(20) - (21) \quad ,, \quad r - s = 0,$$

又因 $p - q = r - s,$ 則得下列三式：
 $p - q = 0,$

$$(p + q) + \frac{1}{2}u = 0, \text{ 或}$$

$$\{2(p + q) + u\} = 0,$$

$$(r + s) + \frac{1}{2}v = 0, \text{ 或}$$

$$\{2(r + s) + v\} = 0,$$

連 $u = 0$ 及 $v = 0,$ 共五式。

依此五式，在選擇對線互接時，用交叉法可使 ($p + q$) 及 $u,$ ($r + s$) 及 v 之排列，適得其當，求得平衡，即二段內，對線互接後，應使 $p + q$ 約等於 $\frac{1}{2}u,$ 但正負不同；

($r + s$) 約等於 $\frac{1}{2}v,$ 正負亦不同；此項配合，較其他配合之直接用 p, q, r, s, u, v 計算減低之者，其利便有四：

1) 互接時，計及五項而非六項之電容；

2) (18),(19),(20),(21)之公式，可同時適合，且較為容易；

3) 對線間之交叉，更可依公式辦理；

4) 干擾情形，如邊線路間，及邊線路與幻象線路間之電容不平衡，可更易測知及統馭，茲舉例明之，即：

(a) 邊線路與邊線路間之干擾，大率視為 $p - q$ 值而定。

(b) AB 邊線路與幻象線路之干擾，視 $2(p + q) + u$ 而定。

(c) CD 邊線路與幻象線路之干擾，視 $2(r + s) + v$ 而定。

自 $p - q, 2(p + q) + u, 2(r + s) + v, u, v$ 計算所得之值，名之曰四股電纜之特性 (Quad Characteristics)。

交互接法 第一步先將每段電纜，各股之電纜特性，填入表內 (見附表二)，表內依各股電纜特性排列，再將可容許之不平衡數，加以注意。現代電纜可容許之不平衡數，有如下列：

每一負荷段測量所得之容許數

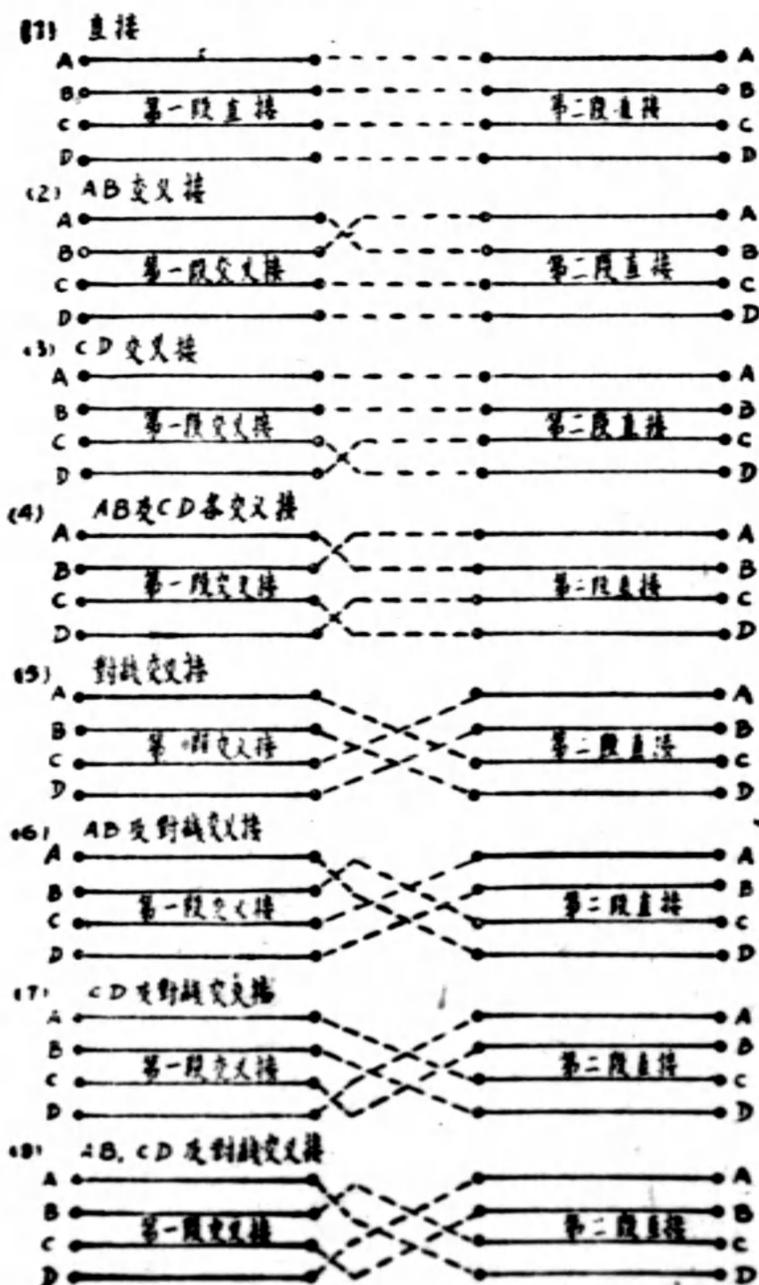
電 纜 特 性	$\mu\mu F$		
	a	b	c
$(p-q)$ 及 $(r-s)$	30	60	100
u 及 v	100	200	300
$2(p+q)+u$ 及 $2(r+s)+v$	300	600	1000

- a) 係平均數，
- b) 係 98% 之股線中最大限度，
- c) 係 2% 股線之特劣情形。

在排列電纜特性時，如特性內，其餘各數相同，而股線之一特性 $p-q = 100 \mu\mu F$ 應較其他股線 $u = \mu\mu F$ 或 $v = 100 \mu\mu F$ 者先列。

再自表內，將各股線之特性分類（分類表見後），依分類之不同，可將最適合之股線互接。

第 二 十 二 圖



b) 交叉接法 互接方法共有八種，如第二十二圖所示； AB 及 CD 各為對線，為便於說明起見，交叉均視作在左方第一段線內辦理，而非為兩段共有，或屬於第二段者，以免混淆，發生錯誤。

交叉接之記號，通常以「 \times 」代表，直接之記號，以「 $-$ 」代表之，註明上述八種方法，則以三個連接記號，其意為：第一記號為 AB 線，第二記號為 CD 線，第三記號為對線（此項記號簡稱之為運算數），如：

- (1) $ABCD(- - -) \equiv ABCD$
(在第二段起端所見第一段線號之排列)
- (2) $ABCD(\times - -) \equiv BACD$
(在第二段起端所見第一段線號之排列)
- (3) $ABCD(- \times -) \equiv ABDC$
(在第二段起端所見第一段線號之排列)
- (4) $ABCD(\times \times -) \equiv BADC$
(在第二段起端所見第一段線號之排列)
- (5) $ABCD(- - \times) \equiv CDAB$
(在第二段起端所見第一段線號之排列)
- (6) $ABCD(\times - \times) \equiv CDBA$
(在第二段起端所見第一段線號之排列)
- (7) $ABCD(- \times \times) \equiv DCAB$
(在第二段起端所見第一段線號之排列)
- (8) $ABCD(\times \times \times) \equiv DCBA$
(在第二段起端所見第一段線號之排列)

故如第一段股線 $ABCD$ ，其 AB 及對線交叉接至第二段 $A'B'C'D'$ 股線時，結果如下：

$$ABCD(\times - \times) \text{ 接 } A'B'C'D' \equiv CDBA \text{ 接 } A'B'C'D'$$

c) 電纜特性分類 照前述測量方法，

電纜線在一定地位時，

線與線間 線與地間

在 P 式接線時 $W - X = p, (Z - Y) + (a - b) = p_0$
 在 Q 式接線時 $Z - Y = q, (W - X) + (a - b) = q_0$
 在 R 式接線時 $W - Z = r, (X - Y) + (c - d) = r_0$
 在 S 式接線時 $X - Y = s, (W - Z) + (c - d) = s_0$

股線經交叉接後，因各線地位變更，不平衡值不能照上表所示之原值，必須變更，以上述八種交叉為例，原測得之 $(p - q), (p + q), 2(p + q) + u, (r + s), 2(r + s) + v$ ，其變更情形如下表：

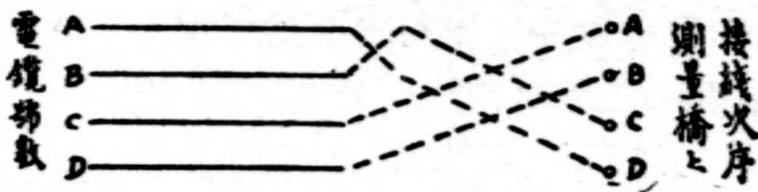
測定線間不平衡電容因交叉而發生之變更表

$p = W - X \quad q = Z - Y \quad r = W - Z$
 $s = x - y \quad u = a - b \quad v = c - d$

接 法	+p	+q	+r	+s	+(p-q)	+(p+q)	+ [2(p+q)+u]	+(r+s)	+ [2(r+s)+v]	+u	+v
直接	+p	+q	+r	+s	+(p-q)	+(p+q)	+ [2(p+q)+u]	+(r+s)	+ [2(r+s)+v]	+u	+v
AB 交叉接	-p	-q	+s	+r	-(p-q)	-(p+q)	- [2(p+q)+u]	+(r+s)	+ [2(r+s)+v]	-u	+v
CD 交叉接	+q	+p	-r	-s	-(p-q)	+(p+q)	+ [2(p+q)+u]	-(r+s)	- [2(r+s)+v]	+u	-v
AB 及 CD 交叉接	-q	-p	-s	-r	+(p-q)	-(p+q)	- [2(p+q)+u]	-(r+s)	- [2(r+s)+v]	-u	-v
對線交叉接	+r	+s	+p	+q	+(p-q)	+(r+s)	+ [2(r+s)+v]	+(p+q)	+ [2(p+q)+u]	+u	+v
AB 及對線交叉接	+s	+r	-p	-q	-(p-q)	+(r+s)	+ [2(r+s)+v]	-(p+q)	- [2(p+q)+u]	+u	-v
CD 及對線交叉接	-r	-s	+q	+p	-(p-q)	-(r+s)	- [2(r+s)+v]	+(p+q)	+ [2(p+q)+u]	-u	+v
AB 及 CD 與對線交叉接	-s	-r	-q	-p	+(p-q)	-(r+s)	- [2(r+s)+v]	-(p+q)	- [2(p+q)+u]	-u	-v

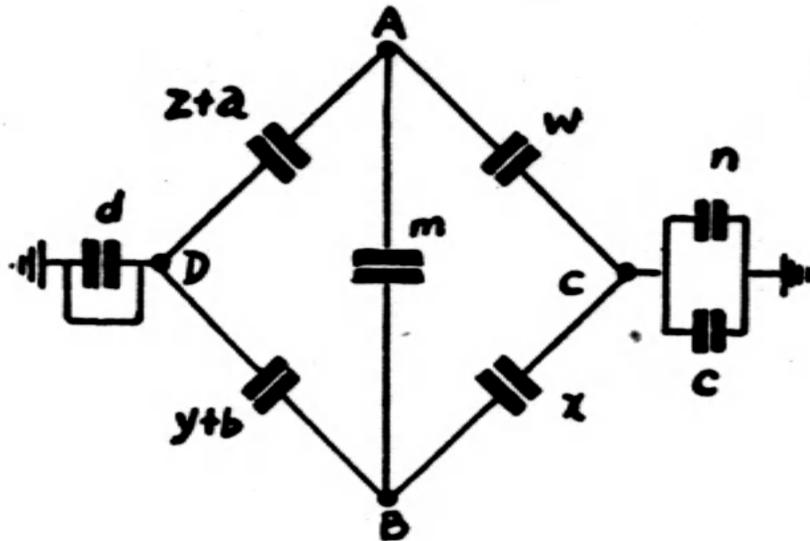
證法舉例 $ABCD(\times - \times) \equiv CDBA$

第 二 十 三 圖



依 P 式接法 ($\times - \times$)

第 二 十 四 圖



原有接法

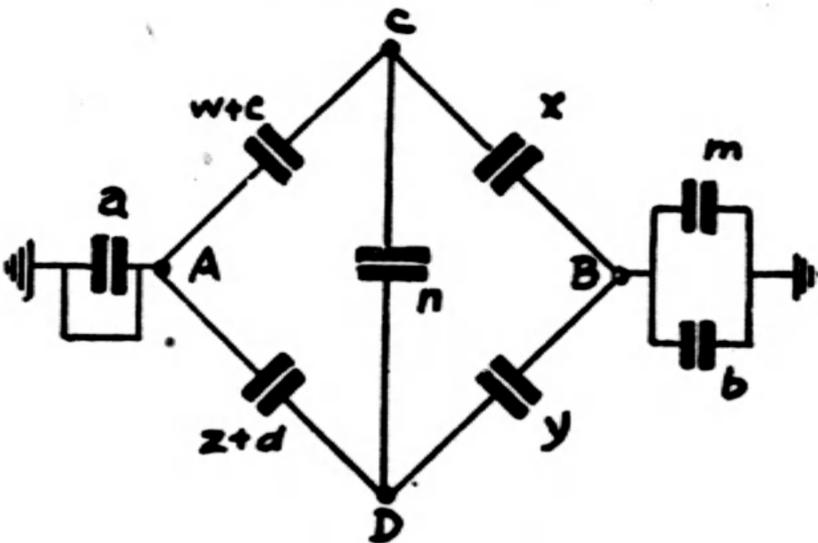
第一可變電容器指示量

$$K_1 = p = (W - X)$$

第二可變電容器指示量

$$K_2 = p_e = (Z - Y) + (a - b)$$

第 二 十 五 圖



交叉後實際接法

第一可變電容器實際指示數

$$K_1 = s = (X - Y)$$

第二可變電容器實際指示數

$$K_2 = s_e = (W - Z) + (c - d)$$

故交叉後，由新的 ABCD 排列地位而測得之 p 數及 p_e 數，實即舊有排列地位之 s 數及

s_e 數，即將舊測之 (W - X) 改為 (X - Y)，及 (Z - Y) + (a - b) 改 (W - Z) + (c - d) 即可，故 ($\times - \times$) 可視為一運算數 (Operator)，加以任何測定數上即可將該數變為另一新數。如：

$$p(\times - \times) = +s(---),$$

$$p_e(\times - \times) = +s_e(---)。$$

同理 Q 式接法

$$q = (Z - Y) \text{ 應改為 } r = (W - Z),$$

$$q_e = (W - X) + (a - b) \text{ 應改為}$$

$$r_e = (X - Y) + (c - d)。$$

例 $q(\times - \times) = +r(---),$

$$q_e(\times - \times) = +r_e(---)。$$

R 式接法

$$r = (W - Z) \text{ 應改為 } -p = -(W - X),$$

$$r_e = (X - Y) + (c - d) \text{ 應改為}$$

$$-p_e = -[(Z - Y) + (a - b)]$$

例 $r(\times - \times) = -p(---),$

$$r_e(\times - \times) = -p_e(---)。$$

S 式接法

$$s = (X - Y) \text{ 應改為 } -q = -(Z - Y)$$

$$s_e = (W - Z) + (c - d) \text{ 應改為}$$

$$-q_e = -[(W - X) + (a - b)]$$

例 $s(\times - \times) = -q(---)$

$$s_e(\times - \times) = -q_e(---)$$

自上列各式推演

$$(p - q)(\times - \times) = (s - r)(---) =$$

$$-(r - s)(---) = -(p - q)(---)$$

$$(p_e - q)(\times - \times) = +u(\times - \times) =$$

$$(s_e - r)(---) = +v(---),$$

$$(r_e - s)(\times - \times) = +v(\times - \times) =$$

$$-(p_e - q)(---) = -u(---)。$$

自上表所列各數研究，可得下列各項：

a) AB 交叉，變更 $\{2(p + q) + u\}$ ，

(p - q) 及 u 之正負號，

b) CD 交叉，變更 $\{2(r+s)+v\}$ ，

$(p-q)$ 及 v 之正負號，

c) AB 及 CD 對線交叉，使

$\{2(p+q)+u\}$ 與 $\{2(r+s)+v\}$ ，

u 與 v 互易。

以上列理由

$\{2(p+q)+u\}$ 及 u ，可視為與 AB 線聯

絡，名之曰 Relevant AB Char-

acteristics，

$\{2(r+s)+v\}$ 及 v ，與 CD 線聯絡，名

之曰 Relevant CD Characteristics。

$(p-q)$ ， $\{2(p+q)+u\}$ ， $\{2(r+s)+v\}$ ，

u ， v 五項為互接時，必須減低者，故依上法將各項交叉加入第一段，使各數或變為正數，或變為負數，以與第二段相接時總和，可減至極低。

依特性之不同纜線可分為 A 類及 B 類：

A 類 $(p-q)$ ， $\{2(p+q)+u\}$ 及

$\{2(r+s)+v\}$ ，各式之正負號乘積為

正數，

B 類 $(p-q)$ ， $\{2(p+q)+u\}$ 及

$\{2(r+s)+v\}$ ，各式之正負號乘積為負數。

A 類及 B 類中，又可各分為三類 A_1, A_2, A_3 及 B_1, B_2, B_3 。

A_1 類或 B_1 類 $\{2(p+q)+u\}$ 與 u

之正負號相同，

$\{2(r+s)+v\}$ 與 v

之正負號相同，

A_2 類或 B_2 類 $\{2(p+q)+u\}$ 與 u

之正負號相反，

$\{2(r+s)+v\}$ 與 v

之正負號相反，

A_3 類及 B_3 類 a) $\{2(p+q)+u\}$ 與 u

之正負號相同，

$\{2(r+s)+v\}$ 與 v

之正負號相反，

b) $\{2(p+q)+u\}$ 與 u

之正負號相反，

$\{2(r+s)+v\}$ 與 v

之正負號相同。

下表用實例示電纜在未交叉前之測定數及分類法

股線號數	測 定 值				計 算 值					類 別
	p	q	r	s	$\begin{Bmatrix} p-q \\ r-s \end{Bmatrix}$	$2(p+q)+u$	$2(r+s)+v$	u	v	
(1)	+35	+85	-65	-15	-50	+335	-230	+95	-70	A_1
(2)	-95	-55	-10	+30	-40	-50	+20	+250	-20	A_2
(3)	+50	+35	-30	-45	+15	-65	-20	-235	+130	A_3
(4)	0	+20	+30	+50	-20	+240	+200	+200	+40	B_1
(5)	+25	+55	+30	+60	-30	+60	+110	-100	-70	B_2
(6)	+30	+10	25	5	+20	+5	-60	-75	-120	B_3
(7)	+10	-30	+70	+30	+40	+130	+210	+170	+10	A_1
(8)	-50	-85	-85	-120	+35	-175	-240	+95	+170	A_2
(9)	+25	+5	-65	-85	+20	-195	-220	-225	+80	A_3

如第一號股線與第四號股線相接 (A_1 式與 B_1 式)，則第四號股線之各項數量，加入第一號如下：

	$p-q$	$2(p+q)+u$	$2(r+s)+v$	u	v
(1)號(---)	-50	+335	-230	+95	-70
(4)號(---)	-20	+240	+200	+200	+40
總 和	-70	+575	-30	+295	-30

由上式檢視， $(p-q)$ ， $2(p+q)+u$ ， u 均已增大，而 $2(r+s)+v$ 及 v 減小；如將 AB 先交叉，再行互接，結果可較為優良，各項特性均相抵消。

	$p-q$	$2(p+q)+u$	$2(r+s)+v$	u	v
(1)號(---)	-50	+335	-230	+95	-70
(4)號(\times ---)	+20	-240	+200	-200	+40
總 和	-30	+95	-30	-105	-30

此項總和，較各段原狀更可接近平衡之條件，如用 AB 交叉（假定一號線直接，四號線交叉）四號線之特性，必依(\times ---)將其分別變更。

各項特性相互抵消後，其剩餘之不平衡如下：

	p	q	r	s	u	v	
(1)號線	+35	+85	-65	-15	+95	-70	A_1 式
(4)號線	0	-20	+50	+30	-200	+40	B_1 式
剩 餘	+35	-20	+50	+30	-200	-40	

此項剩餘值，須在未交叉線之末端測得之，即在第一號股線之末端（假定交叉在四號線舉行）。

如第二號與第五號股線相接（即 A_2 式與 B_2 式），或第三號與第六號股線相接（即 A_3 式與 B_3 式），用同樣之交叉方式，亦可得減低結果，此為異式同類之相接。

如用異式異類相接，如第四號線與第九號線，則剩餘數值如下：

	$p-q$	$2(p+q)+u$	$2(r+s)+v$	u	v	
(5)號(---)	-30	+60	+110	-100	-70	B_2 式
(9)號(---)	+20	-195	-220	-255	+80	A_3 式
剩 餘	-10	-135	-110	-355	+10	

四項均已減小，不能用交叉方法，使四項以外之數減小。

	p	q	r	s	u	v	
又 (5)號(---)	+25	+55	+30	+60	-100	-70	B_2 式
(9)號(---)	+25	+5	-65	-85	-255	-80	A_3 式
剩 餘	+50	+60	-35	-25	-355	+10	

上項數值，均可於未交叉段測得，即在五號線之末端（假定交叉均在九號線）。

如 A_1 與 B_2 式接， A_2 與 B_1 式接，亦只能使三項減小，即 $(p-q)$ 為一項， $\{2(p+q)$

+u} 及 {2(r+s)+v}，或 u 及 v 為其餘二項；如使 (p-q) 相加，則祇 {2(p+q)+u} 及 v，或 {2(r+s)+v} 及 u 二項可以減低。

同式同類接法 如第二號與第八號相接，使交叉均在第八號線，則：

	p-q	2(p+q)+u	2(r+s)+v	u	v	
(2)號(---)	-40	-50	+20	+250	-20	A ₂ 式
(8)號(×××)	+35	+240	+175	-170	+95	A ₂ 式
剩 餘	-5	+190	+195	+80	-115	

上式祇將三項特性減低，如 (p-q) 之特性甚小，可以相加，則將 CD 及對線交叉，(-××)，可將四項特性減低，故在同式同類相接，如使 (p-q) 減低時，則同時可減低者，為 {2(p+q)+u} 及 u 或 {2(r+s)+v} 及 v 二項。

又

	p	q	r	s	u	v	
(2)號(---)	-95	-55	-10	+30	+250	-20	A ₂ 式
(8)號(×××)	+120	+85	+85	+50	-170	-95	A ₂ 式
剩 餘	+25	+30	+75	+80	+80	-115	

上項數值，均可於未交叉段測得，即在 2 號線之末端（假定交叉均在 8 號線）。

同式異類相接 如 A₁ 式與 A₃ 式，或 B₁ 式與 B₃ 式相接，則祇三項特性可以減低，(p-q) 為一項，{2(p+q)+u} 及 v，或 {2(r+s)+v} 及 u 為其餘二項；若 (p-q) 甚小，可任令相加，則祇 {2(p+q)+u} 及 {2(r+s)+v}，或 u 及 v 二項可以減小。

以上各舉例中，可知不論為 A 式或 B 式，如(1)類與(3)類接，或(2)類與(3)類接，可使四項特性減小，(p-q)為其中之一項。

依上項分類方法而言，不論接法如何，至少可使三項特性減低，如須各項特性均能相消，則以第一法，即異式同類相接為最適合，如祇須將(p-q)，及其他三項特性減低，則不論何式，可以(1)類與(3)類相接，或(2)類與(3)類相接；如同式同類者相接，則(p-q)，u，v 及 {2(p+q)+u} 與

{2(r+s)+v} 任何一項，可以減低，即同時可使四項特性低下，雖(p-q)項特性，必須相加，但(p-q)之相加，雖屬甚小，每使以後逐段電纜之展接時，選擇上發生困難，故以能避免為最佳，其餘減低三項特性者，有下列三種：

(a) 同式同類 減低(p-q)，

$$\{2(p+q)+u\}, u$$

$$\text{或 } (p-q), \{2(r+s)+v\}, v \text{ 三項}$$

(b) 同式(1)類與(2)類 減低(p-q)，

$$\{2(p+q)+u\}, v$$

$$\text{或 } (p-q), \{2(r+s)+v\}, u \text{ 三項}$$

(c) 異式(1)類與(2)類 減低(p-q)，

$$\{2(p+q)+u\}, \{2(r+s)+v\}$$

$$\text{或 } (p-q), u, v \text{ 三項}$$

附表示不同交叉可使不平衡減低之程度

股線相接種類		減低特性種類	
類	式	種 類	項數統計
同 類	異式 $\begin{cases} A_1-B_1 \\ A_2-B_2 \\ A_3-B_3 \end{cases}$	$(p-q), \{2(p+q)+u\}, \{2(r+s)+v\}, u, v$	5
(1)-(3)類 或 (2)-(3)類	同式 $\begin{cases} A_1-A_3 \\ A_2-A_3 \\ B_1-B_3 \\ B_2-B_3 \end{cases}$	$(p-q), \{2(p+q)+u\}, u, v$ 或 $(p-q), \{2(r+s)+v\}, u, v$	4 或 4
		異式 $\begin{cases} A_1-B_3 \\ A_2-B_3 \\ B_1-A_3 \\ B_2-A_3 \end{cases}$	$(p-q), \{2(p+q)+u\}, \{2(r+s)+v\}, u$ $(p-q), \{2(p+q)+u\}, \{2(r+s)+v\}, v$	4 或 4
同 類	同式 $\begin{cases} A_1-A_1 \\ B_1-B_1 \\ A_2-A_2 \\ B_2-B_2 \\ A_3-A_3 \\ B_3-B_3 \end{cases}$	$\{2(p+q)+u\}, \{2(r+s)+v\}, u, v$ 或 $(p-q), \{2(p+q)+u\}, u$ 或 $(p-q), \{2(r+s)+v\}, v$	4 或 3 或 3
(1)-(2)類	同式 $\begin{cases} A_1-A_2 \\ B_1-B_2 \end{cases}$	$(p-q), \{2(p+q)+u\}, v$ 或 $(p-q), \{2(r+s)+v\}, u$	3 或 3
(1)-(2)類	異式 $\begin{cases} A_1-B_2 \\ A_2-B_1 \end{cases}$	$(p-q), \{2(p+q)+u\}, \{2(r+s)+v\}$ 或 $(p-q), u, v$	3 或 3

依股線特性之大小，及正負號，種類，在上表中擇最適宜之連接，及交叉方法，選擇情形，務使各股均能普遍之近於平衡，不宜求一二股線之完全平衡，而使其餘之股線特性惡劣也。

交叉方法之實施 在連接電纜時，按上列方法，第一步先行將電纜測量，將各項特性如 $(p-q), (p+q), (r+s), u, v, \{2(p+q)+u\}, \{2(r+s)+v\}$ 計算，填入附表(一) (表內示四段之特性，但普通每段用一表)；第二步將各段計算而得之特性，依其大小次序，列入附表(二)，用 $A_1 B_2$ 等註

明其式樣及類別；第三步自附表(二)選定相接之電纜，另行排入附表(三)，先將各股線之直接者，依顏色次序排列，其相接之股線，經選定者列於對方；第四步交叉決定後，填入附表(四)；第五步將交叉後之剩餘特性，自各項 p, q, r, s, u, v 數值計算之，再變成不平衡電容數，如 $(p-q), \{2(p+q)+u\}, \{2(r+s)+v\}, u$ ，及 v ，此項所得數量，應與附表(三)之剩餘數相符，作為復核，如不相同則應詳細校正，此項復核工作，另填入附表(五)，在計算時，所須註意者，即 AB 或 CD 交叉，應指定為交叉

段之線（見第三步），無論其對線是否交叉；各線之交叉確定後，在此試接點 (Test-Selected Joint)，應測試其是否準確再行相接。

上項辦法，為二段電纜相接之方法，如電纜距離甚長，分為兩段以上者，亦可用上法實施：先將全部電纜之長，劃分為組，將每組用上法平衡連接，再將各組，用一四組選擇法，或三組選擇法交叉，可得一最良之平衡。近代所用之電纜，在每一負荷段中，往往可分成四組，每組中之電纜，仍照製造時之排列，依次直接，再在四分之一點，即各組點，試驗其不平衡，用交叉法選擇其最平衡之接法，此項選擇法約如下列：

下圖示電纜之四組：

第二十六圖 四組選擇法(Quadruple Selecting)

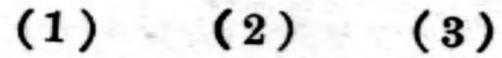


先在(1)(2)兩組，及(3)(4)兩組各擇適當之接法，使(1)(2)兩組連接後，其剩餘數，能最適合(3)(4)兩組連接後之數值，而連接(2)(3)時其平衡程度可以增加。

如電纜分成三組，則先在(1)(2)兩組

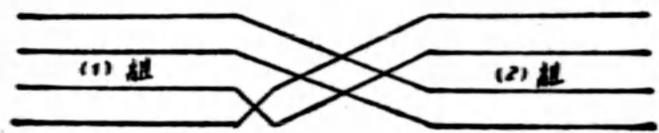
內選擇適當之接法，使其剩餘數可適合第三組之連接。

第二十七圖 三組選擇法



在實施時所需注意者，無論為四組選擇，或三組選擇，或選擇係自計算剩餘數而得，而非從試驗而得，其計算所得之剩餘，記入於附表(三)者，須以直接之一組為標準，如(1)組與(2)組相接，(2)組為直接，則一切交叉應視在(1)組，其特性應依交叉情形以變更，所得計算之剩餘數，亦以(2)組之未接末端為標準，易言之，即計算而得之剩餘數，亦應為自(2)組之未接之末端測驗所得之數值，此因測驗時，接於電橋之四線地位，並不變更；關於四線之究係何線，多不加以注意，故各項剩餘數，在(2)組末端測量時，與在(1)組之頂端測量時，必不相同，計算時不可不加以注意也。茲舉例以明之：

第二十八圖



(1)組之剩餘數假定為 p, q, r, s, u, v ,

(2)組之剩餘數假定為 P, Q, R, S, U, V .

選定(2)組為直接(1)組加以交叉在 L 測量時。

$+P$	$+Q$	$+R$	$+S$	$+U$	$+V$	\equiv (2)組直接(---)
$-r$	$-s$	$+q$	$+p$	$-v$	$+u$	\equiv (1)組交叉(-xx)

$(P-r)$	$(Q-s)$	$(R+q)$	$(S+p)$	$(U-v)$	$(V+u)$	\equiv 剩餘數(在 L 端測量即依(2)組為標準)
---------	---------	---------	---------	---------	---------	----------------------------------

如假定交叉在(2)組舉行在 K 端測量

$+p$	$+q$	$+r$	$+s$	$+u$	$+v$	\equiv (1)組(---)
$+S$	$+R$	$-P$	$-Q$	$+V$	$-U$	\equiv (2)組(x-x)

$(p+S)$	$(q+R)$	$(r-P)$	$(s-Q)$	$(u+V)$	$(v-U)$	\equiv 剩餘數(在 K 端測量依(1)組為標準)
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------------------------------

故如不依一定方法進行，必致混淆，在中間各組連接時，更須注意。

既知 K 端之剩餘數，欲推算 L 端之剩餘數，可依交叉情形，用『交叉運算數』求得之。交叉運算數，係依照 KL 中間交叉訂定，而必須以既知（即 K 組）剩餘數之一組，作為交叉標準；運算時並須注意線間交叉應先於對線之交叉。

$$\begin{aligned} & \text{既知 } K \text{ 端之剩餘數爲 } (p+S), (q+R), \\ & (r-P), (s-Q), (u+V), (v-U), \text{ 交叉以} \\ & (1) \text{ 組爲標準，則 } L \text{ 端剩餘數} = K \text{ 端剩餘數} \\ & (-\times\times) = \left\{ (p+S), (q+R), (r+P), \right. \\ & \quad \left. (s-Q), (u+V), (v-U) \right\} \\ & (-\times\times) \\ & = \left\{ (-r+P), (-s+Q), (q+R), \right. \\ & \quad \left. (p+S), (-v+U), (u+V) \right\} \\ & = (P-r), (Q-s), (R+q), \\ & \quad (S+p), (U-v), (V+u)。 \end{aligned}$$

（方法見前表）

既知 L 端之剩餘數為 $(P-r), (Q-s), (R+q), (S+p), (U-v), (V+u)$ （交叉依 (2) 組為標準）

則 K 端剩餘數 =

$$\begin{aligned} & L \text{ 端剩餘數 } (\times-\times) \\ & = \left\{ (P-r), (Q-s), (R+q), \right. \\ & \quad \left. (S+p), (U-v), (V+u) \right\} \\ & (\times-\times) \\ & \left\{ (S+p), (R+q), (-P+r), \right. \\ & \quad \left. (-Q+s), (V+u), (-U+v) \right\} \\ & = (p+S), (q+R), (r-P), \\ & \quad (s-Q), (u+V), (v-U)。 \end{aligned}$$

在實施交叉方法時，應以何組作為直接之標準，全視第二接連點在左方或右方面

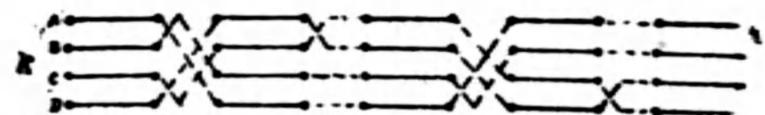
定。如上述之四組連接時，先將各組之電容測量，後以 $(1)(2)$ 連接，及 $(3)(4)$ 連接，最後為 $(2)(3)$ 連接，故 $(1)(2)$ 之剩餘數，應以 (2) 組為標準（即剩餘數應在 (2) 之末端所測數），而 $(3)(4)$ 之剩餘數，應以 (3) 組為標準（即剩餘數應為在 (3) 之末端所得數）易言之，即 (2) 組及 (3) 組，應各視為直接，如是 $(2)(3)$ 連接時，便利甚多，不必再用運算矣。此項運算剩餘數之法，雖可推廣至四組連接以上，但實施時有下列困難：

- 1) 如連接方法錯誤，在數個接點檢查困難；
- 2) 在接線時，線頭一部份割去，使原測得之電容不平衡略有變更；
- 3) 每組測量之錯誤累積，在全部之影響甚大。

最善方法，為連接一次即加以測量，以證明無誤（應在預備第二次接線之一端），如 $(1)(2)$ 相接後，即在 (2) 端測量， $(3)(4)$ 相接後，即在 (3) 端測量，即以測量之數，試求適當之選接，一方可證實運算之無誤，使錯誤減少，一方並使工作亦減為簡單。在一組中已有數個接點時，此項複核工作更見重要。

下列另示數個接點之兩端剩餘數運算關係：

第 二 十 九 圖



L 端之實在排列（依 K 方為標準）

$$\begin{aligned} & ABCD(\times\times\times)(\times--)(-\times\times) \\ & \quad (-\times-) \\ & = DCBA(\times--)(-\times\times)(-\times-) \\ & = CDBA(-\times\times)(-\times-) \\ & = ABCD(-\times-) \\ & = ABDC \end{aligned}$$

如 K 端測得之電容，不平衡為：

$$(p-q), \{2(p+q)+u\},$$

$$\{2(r+s)+v\}, u, \text{ 及 } v,$$

則 L 端測得者應可照

$$ABCD(- \times -) = ABDC \text{ 運算,}$$

$$\text{即 } -(p-q), \{2(p+q)+u\},$$

$$-\{2(r+s)+v\}, u, \text{ 及 } -v.$$

股線間不平衡之處理 以上所述，為股內各線間平衡之方法，如在股線與股線間，則鄰近各股間不平衡較大，但股線之間隔，在一股以上者，其不平衡程度已屬低微，在處理此項問題時，祇須留意鄰近之各股之不平衡度，無不規則之加入，即無論任何二股，在負荷段間，應避免連續鄰近之接法。

前項線間交叉辦法，在處理股線間之不平衡，尚屬不敷，蓋現行交叉方法，祇在每段負荷段中，擇少數適當接點舉行，並非在電纜之每個接點均加以調整也。

欲求股線間之調和，可按有順序之遞接，使在上一段鄰近之股線，不接於下一段鄰近之股線，以免增加其不平衡，在電纜接線時，凡不屬於上述之交叉接點，均須照遞接法辦理之，在標準長度之半之電纜(88 英碼)，如出局線進局線，可直接於第二段，影響甚微。

遞接舉例

7 股

第 一 段	第 二 段
中心 1	2
第一層 2	4
3	6
4	1
5	3
6	5
7	7

10 股

第 一 段	第 二 段
中心 1	6
2	9
第一層 3	7
4	1
5	3
6	8
7	4
8	2
9	5
10	10

12 股

第 一 段	第 二 段
中心 1	12
2	10
3	8
第一層 4	6
5	4
6	2
7	11
8	9
9	7
10	5
11	3
12	1

19 股

第 一 段	第 二 段
中心 1	2
第一層 2	4
3	6
4	8
5	10
6	12

7	14
第二層 8	16
9	18
10	1
11	3
12	5
13	7
14	9
15	11
16	13
17	15
18	17
19	19

27 股

第 一 段		第 二 段	
中心 1		5	
2		26	
3		7	
第一層 4		2	
5		9	
6		4	
7		11	
8		6	
9		13	

10	8
11	15
12	10
第二層 13	17
14	12
15	19
16	14
17	21
18	16
19	23
20	18
21	25
22	20
23	1
24	22
25	3
26	24
27	27

如在 37 股以上時，其餘各層之遞接如下：每層之單數股線，自標記 (Marker) 線起，應接至第二段之單數股線，依前進方向較原數升前一層；每層之雙層股線，應接至第二段之雙數股線，依較原數反向後退一數，下示其接法：

第 一 段		第 二 段	
股 數	線 號	股 數	線 號
3R1 (標記線)	1	3	3R2
3B1	2	20	3B10
3R2	3	5	3R3
3B2	4	2	3B1
3R3	5	7	3R4
3B3	6	4	3B2
3R4	7	9	3R5

3B4	8	6	3B3
3R5	9	11	3R6
3B5	10	8	3B4
3R6	11	13	3R7
3B6	12	10	3B5
3R7	13	15	3R8
3B7	14	12	3B6
3R8	15	17	3R9
3B8	16	14	3B7
3R9	17	19	3R10
3B9	18	16	3B8
3R10	19	21	3B11
3B10	20	18	3B9
3B11	21	1	3R1 (標記線)

電纜如用於二線或四線增音器者，則遞接須在每層舉行，使每層並不混合。

如電纜間，有特大之不平衡，則應將此等股線除外，另行用交叉法減小之，如用遞接，則此等不平衡，將波及其他股線，使發生甚大之不平衡，無法使之中和。

電容器平衡法 電纜電容量之不平衡，可用交叉法更變之，但亦可加用小電容器，使其平衡，其應用範圍約如下列：

a) 在已敷設之電纜間，欲求電容平衡，如用小電容器，則不致影響全體；

b) 在已交叉之電纜間，欲求更優良之平衡，使適用於載波電話；

c) 在股線中，對線之平衡纜線，並未用遞接以增高其平衡度者。

線間不平衡通常為 $(p-q)$

$$(p-q) = (W-X) - (Z-Y) \\ = (W+Y) - (X+Z)$$

欲求 $p-q=0$

a) 如 $(p-q)$ 為正數，則在 X 或 Z 中加一小電容器（即接於 AD 線或 BC 線之間）；

b) 如 $(p-q)$ 為負數，則在 W 或 Y 中加一小電容器（即接於 AC 線或 BD 線之間）。

對線與幻象線，及對線與大地之不平衡，不易用小電容器平衡之，因須將 p, q, r, s, u ，及 v 同時減小，方能生效，故加用小電容器，亦須照測量所得情形，用同樣方法加入之，為數甚多，且此項方法，在電纜接線處，須增多一地線，不甚合宜。

小電容器之種類：

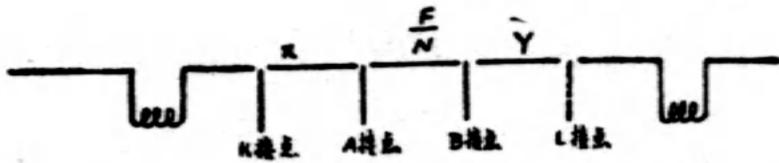
a) 甚短之 A, S, P, C 電纜（約五英尺），一端絕緣，用其對線作為電容量，不用之對線與地相接；

b) 小電容器 此項平衡，可使在接頭內舉行；

c) 繞線 (Cotopa-insulated Condenser) 用二根 SWG 23 號鍍錫漆包線，外包以醋酸化之棉花線雙股，繞於棉製圈心上，分 10 英碼及 50 碼二種，電容量約為每英尺 $100 \mu\mu F$ ，可以任意割截，以求適合之電容，所須注意者，線須保持乾潔。加入之繞線，可包藏於接頭內，而電容量，亦可任意用長短配合，故較 $(a)(b)$ 為佳。

已平衡電纜之修理

第三十圖



如在已平衡之電纜內須修理改接，如 F 段需用 N 新線替換，則在 A 及 B 點拆除時，必須將各項交叉記號，記錄其接法如下：

普通式

- a) 自 A 點及 B 點測驗新接 N 電纜。
- b) 自 A 點測驗 X 電纜，負荷線圈須先在 K 點拆除。
- c) 自 B 點測量 Y 電纜，負荷線圈在 L 點拆除。
- d) 在 X, N, Y 三組間求平衡之交叉接法。

如所得之結果，尚較預定者為次，則應在 X 間或 Y 間切斷，重分四段以求平衡之交叉。

替代式 (Substitution Method)

如能將去除電纜及新接電纜之不平衡測量，則可用下列辦法：

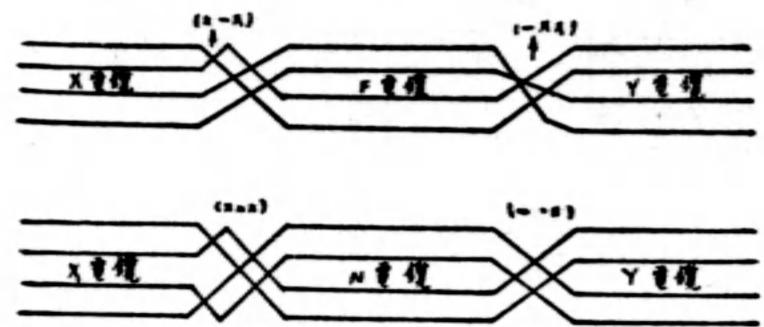
如 N 之不平衡與 F 之不平衡為同式同類，數量相彷彿，則 A 接點之接法如下：

- a) 將 X 電纜之 A, B, C, D 四線，依原有交叉，用運算數求其接於 F 時之特性。
- b) 求適當之運算數，可使 F 之不平衡特性，改為 N 之不平衡特性，即以此運算數，將 a) 節結果運算。
- c) 在 a), b) 兩項之結果，即為 X 接於 N 段應有之交叉。

B 接點之接法如下：

- a) 將 Y 電纜之 A, B, C, D 四線，依原有交叉，用運算數求其接於 F 時之特性。
- b) 求適當之運算數，可使 F 之不平衡特性，改為 N 之不平衡特性，即以此運算數，將 a) 節結果運算。
- c) 在 a), b), 兩項之結果即為 Y 接於 N 段應有之交叉。

第三十一圖

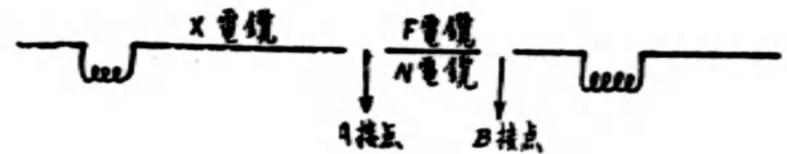


上圖 X 在接於 F 時，其交叉為 $(\times - \times)$ ， Y 在接於 F 時，交叉為 $(- \times \times)$ ，而 F 更改為 N 時，其交叉為 $(\times - -)$ ，故

$$\begin{aligned}
 A \text{ 接點} &\equiv ABCD(\times - \times)(\times - -) \\
 &\equiv CDBA(\times - -) \equiv DCBA \\
 &\equiv ABCD(\times \times \times) \text{ (在原有 } X \text{ 線上加 } (\times \times \times) \text{ 交叉)} \\
 B \text{ 接點} &\equiv ABCD(- \times \times)(\times - -) \\
 &\equiv DCAB(\times - -) \equiv CDAB \\
 &\equiv ABCD(- - \times) \text{ (在原有 } Y \text{ 線上加 } (- - \times) \text{ 交叉)}
 \end{aligned}$$

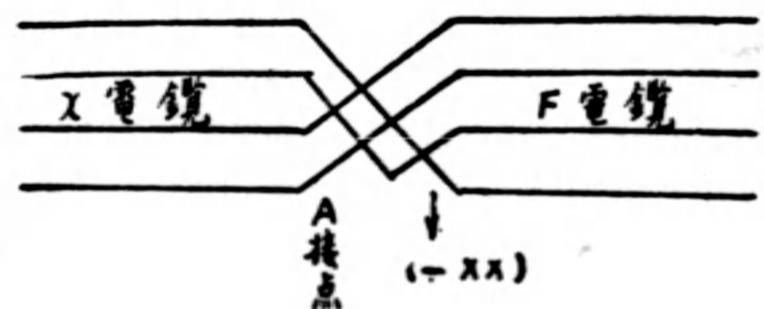
推演式 (Deduced Joint Method)

第三十二圖



- a) 如原有 X 及 F 全部電纜之剩餘不平衡為 R ，依 B 接點為標準。
- b) 如 r 為電纜 F 之不平衡數。
- c) $(R-r)$ 用原有在 F 之交叉 (接點) 運算數計算，即為在 X 上正常剩餘之不平衡。 $(R-r)$ 為算學數之差。
- d) 用 c) 節不平衡數，與 N 電纜之不平衡數，求適當之運算數，求其平衡，即為 A 接點應有之交叉。

第三十三圖



		$p-q$	$2(p+q)+u$	$2(r+s)+v$	u	v
如	$R \equiv$	+10	+30	+10	-50	-20
	$r \equiv$	+20	-70	+90	+100	-130
	$(R-r) \equiv$	-10	+100	-80	-150	+110

如 F 上原有之交叉 (A 接點) 為 $(- \times \times)$ ，則：

		$p-q$	$2(p+q)+u$	$2(r+s)+v$	u	v
	$(R-r)(- \times \times) \equiv$	+10	+80	+100	-110	-150

即為 X 電纜之正常剩餘不平衡。

如用替代式，或推演式尚不能得適當之平衡時，可在其他接點，用同法改接之，或改用普通接法。

電阻不平衡之改善 股線之應用於幻象線路者，不特須線間電容量之平衡，且必需使每線之電阻能約略相等，對線間之不平衡，為二線電阻之差，如 A 線電阻較 B 線為大，則其不平衡為正，反之則為負 (CD 線亦同)。

如兩對線相接，則其電阻不平衡之計算如下：

(1) 在直接時為二對線間不平衡之總和。

(2) 在交叉接時為二對線間不平衡之差。

令 K 為 AB 線電阻之不平衡， l 為 CD 線電阻之不平衡，則在各種各項不同之交叉接時，其特性如下表：

接 法	電阻不平衡特性		接 法	電阻不平衡特性	
$(---)$	K	l	$(--\times)$	l	K
$(\times--)$	$-K$	l	$(\times-\times)$	l	$-K$
$(-\times-)$	K	$-l$	$(-\times\times)$	$-l$	K
$(\times\times-)$	$-K$	$-l$	$(\times\times\times)$	$-l$	$-K$

在每一負荷段內，普通祇選擇一接點，用交叉方法，使電阻平衡，如選擇用中間接點相接時，應將其各半之電阻不平衡先行測量，設法交叉，使其與電容之不平衡能同時減小。每負荷段電阻不平衡可容許之限度，規定為每對線間之不平衡，應在其對線電阻之 0.25% 以下，平均不平衡應在其對線之平均電阻之 0.1% 以下。

附註 電纜之平衡除上述之數種外，尚有線路互感量之均衡 (Equalization of Mutual Electrostatic Capacity)，與避免串音之電容電阻平衡，截然兩事，此項互感量之均衡，其目的在求通話線路互感量分佈勻稱，各線約略相似，以適合增音器之應用，但對於普通應用，則不甚重要，故不贅述。

附 表 三

電 纜 選 擇 表 二

電 纜 _____

風 街 段 _____

冊 冊 冊 _____

日 期 _____

組別	橫 點 1/2				橫 點 3/4				橫 點 2/3			
	交叉接	交叉	剩餘	平衡量	交叉接	交叉	剩餘	平衡量	交叉接	交叉	剩餘	平衡量
2	交叉接	交叉	剩餘	平衡量	交叉接	交叉	剩餘	平衡量	交叉接	交叉	剩餘	平衡量
1	交叉接 股數 1 R ₁	交叉 AB - CD X	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +10 -90	平衡量 u +100 v +50	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +110 -10	平衡量 u +30 v +30	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB - CD X	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +20 +20	平衡量 u +120 v +80
2	交叉接 股數 2 R ₃	交叉 AB - CD X	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +10 -90	平衡量 u +100 v +50	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +110 -10	平衡量 u +30 v +30	交叉接 股數 2 R ₃	交叉 AB - CD X	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +20 +20	平衡量 u +120 v +80
3	交叉接 股數 1 R ₁	交叉 AB - CD X	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +10 -90	平衡量 u +100 v +50	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +110 -10	平衡量 u +30 v +30	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB - CD X	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +20 +20	平衡量 u +120 v +80
4	交叉接 股數 1 R ₃	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +10 -90	平衡量 u +100 v +50	交叉接 股數 1 R ₃	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +110 -10	平衡量 u +30 v +30	交叉接 股數 1 R ₃	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +20 +20	平衡量 u +120 v +80
5	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +10 -90	平衡量 u +100 v +50	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +110 -10	平衡量 u +30 v +30	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +20 +20	平衡量 u +120 v +80
6	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +10 -90	平衡量 u +100 v +50	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +110 -10	平衡量 u +30 v +30	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +20 +20	平衡量 u +120 v +80
7	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +10 -90	平衡量 u +100 v +50	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +110 -10	平衡量 u +30 v +30	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +20 +20	平衡量 u +120 v +80
8	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +10 -90	平衡量 u +100 v +50	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +110 -10	平衡量 u +30 v +30	交叉接 股數 1 B ₁	交叉 AB X CD -	剩餘 $\frac{2(p-q)}{+u}$ +20 +20	平衡量 u +120 v +80

商務印書館編印

各科各界專冊

小學生專冊

徐應昶編 五冊 定價(一、四、五)各八角
(二、三)一元六角

全書包含十篇，按照小學科目，分訂五冊：第一冊，公民訓練，國語；第二冊，社會；第三冊，自然，算術；第四冊，勞作，美術；第五冊，體育，遊戲，音樂及戰時常識。取材範圍從部頒標準出發，實的方面加深，量的方面加廣，可作小學生中高級兒童的補充讀物和參考資料。許多材料是專為本書撰作，在其他兒童讀物中不易見到的。

婦女專冊

張寄岫編 一冊 定價二元二角

就婦女一生過程中實際需要之知識技能，分述於下列十編：(一)教育，(二)技能，(三)職業，(四)婚姻，(五)家政，(六)保育，(七)健康，(八)法政，(九)禮儀，(十)娛樂。提綱挈領，文淺意明。對於婦女各項問題之主張及學說，復能博採衆說，力求平允。

法律專冊

徐百齊編 一冊 定價六元

內容共分六篇：(一)法規輯要，包括現行重要法規六十六種。(二)判解輯要，就司法院及最高法院之重要解釋及判例，摘取要旨，分類彙輯。(三)司法行政通令輯要，擇取通令內容要旨，依公布時日先後為序，冠以分類檢査表。(四)中外條約司法部份彙編。(五)司法統計，共三十三表。(六)法制改善方案。全書取材切要，編制有序。

工程專冊

唐凌閣編 二冊 定價各三元

全書分訂上下兩冊：上冊之第一部份羅列數學、力學、應用流體力學、熱學、電磁之各項公式原理，附加簡單之說明；第二部份搜集參考必需之數理表格；末附西文索引，一一繫以漢譯。下冊之第一部份為工程紀錄，關於全國工廠與生產之統計，工程學校工程期刊之調查等，無不儘量採錄；第二部份為關於工業、工程法規之摘要；末附四角號碼索引。

商業管理員專冊

孔士謬編 一冊 定價三元五角

本書以簡潔之文字，撮述與現代商業有關係之各種知識，計十七編，分論簿記會計，公司財政，郵政，電報，鐵路，運輸，商業算術及統計，國內外匯兌及貿易，銀行，保險，貨幣，票據，廣告，推銷，事務管理，註冊手續，商事法規等等。理論扼要，實例豐富，除介紹商業管理員應具之一般知識外，尤注重我國之商業習慣與法例。

◊ 版出續陸種多有尙 ◊

天廚味精港廠酸碱工場概況

天廚味精廠已有十八年之歷史。初設第一廠於滬南，第二廠於法租界。創始之後，因品質純潔，大受社會之歡迎，銷路之廣，遠及歐美及南洋各地，乃添設第三廠及澱粉廠於滬南，復鑒於製造原料中之麵粉，雖國產可供，然燒碱仍須仰給舶來，而鹽酸因運費關係，非取諸日本不可。爰於民國十七年創辦天原電化廠在滬西白利南路，用電解食鹽方法，專製鹽酸燒碱及漂白粉等氯化製品，既資天廚自用，更供市上各廠之用。此後覺調味品亦屬奢侈，雖能略博蠅頭，然究非辦工業之目的。故十年以來，對於本身事業，殊鮮發展，而專致力於重工業之建設。不久即有天利淡氣廠之創辦。迨抗戰軍興，從事西遷，方在漢口劉家廟奠基建築，而首都失陷，日騎西侵。此後機械精華，盡棄漢上。經一年之顛沛，貨已斷擋，市場盡失。為維持海外貿易計，設立香港工廠於九龍宋皇台畔。進行之前，本擬利用廣東省政府梳打廠出品之酸碱以供原料，且曾囤存大量；不幸廣州又遭淪陷，雖彼時歐戰尚未萌芽，原料來源未絕，然為貫徹自給給人之宗旨起見，於廿八年味精工場全部完成之日，即着手設計酸碱工場之裝置。憑其十年來辦理天原電化廠之經驗，及歷次游歐美各國考察時之心得，取精棄粕，對於機器之採購，務求其優良適用，不限於一廠或一國之所製。籌備既竣，於同年秋季，即開始建築工場，裝置機件；雖主要機件俱已到港，而此時歐戰又起，市場混亂，建築材料及五金配件，既極缺乏，且又昂貴，有礙於工程之進行匪淺；然全部工程卒能在預定期限之內告竣，則全賴夫不避艱辛，有進無退之精神

也。本年八月八日，此華南僅有之基本化學工廠，在吳蘊初氏領導之下，開始工作，為我國抗戰期內工業界增光海外，因樂為之介紹其創辦之簡史。茲更分述其內部各工場情形如後。

一 建築

天廚味精廠香港工廠，在九龍之宋皇台畔，佔地十六萬餘方尺，四週皆為馬路。其大門西向，臨北帝街，街建有闊三十六尺長三百尺鋼骨水泥之樓房，為辦公室，化驗室，味精部精製工場，包裝工場，儲藏室及職工宿舍。由大門至後門，通一闊十六尺之水泥馬路，可供二輛運輸車並行之用。路北為味精粗製工場，澱粉工場，及汽爐室等；路之南為酸碱工場，佔地約五萬方尺，建有鋼筋水泥樑柱而用青石為牆之廠屋兩列：其一為電機室、電解室、淨鹽室、溶鹽池、粗鹽堆棧等；另一列為燒碱部之液碱提濃室、儲液碱室、熬碱室，供水部之冷熱水池、抽水機室、涼水塔，鹽酸部之氫氣化合爐室、鹽酸吸水塔，以及漂粉部之石灰儲藏室、化灰室、篩灰室、空氣冷卻室、尾氣吸收室及漂粉塔等。

二 電機設備

電機室專司全廠電力變壓變流之用。室內裝有 Ferguson Pailin 裝鎧式高壓電屏五座，每座配有變電流器 (Current Transformer)，電流表 (Ammeter)，油開關 (Oil Circuit Breaker)，及電度表 (Recording Watt Hour Meter) 等。其總線進線屏上更配有功率因數表 (Power Factor Meter)，另配一屏

以供電度表 (Watt Hour Meter) 等之用，並裝有高壓電電壓表等。低壓交流電開關屏二座，為德國 A. E. G. 廠製造，每座配有三相開刀開關，單相整流開關，勵磁阻力器，直流電電壓表，電流表，指示燈等。直流電開關屏二座，配有陽極自動斷流器，及陰極單相開刀開關等。A. E. G. 261 KVA, 6600 V. —270 V. 變壓器二座，供變流機之用。又上海華通廠製造之 350 KVA, 6600 —380/220 V. 變壓器一座，供電動機及電燈設備之用。德國 A. E. G. 廠製造 HCN, 6220 式 250 K.W. 變流機二部，專供電解用之直流電者。電廠方面所供給之六千六百伏爾脫高壓電流，經高壓電屏之油開關，而至變壓器後，改為六相低壓電流，其電壓為每相約一百二十伏爾脫，以推動變流機。變成之直流電為一百六十伏爾脫，一千五百六十安培，由厚三分闊四寸之紫銅排通至直流電屏，經過開關而至電解室，以供約四十五電槽電解之用。至於室內之交流導體皆用裝鎧電纜互相連接，所有導體皆安置於有蓋之溝內以保安全。

三 溶鹽與淨鹽工作

普通食鹽首先傾入每次能溶二十噸之池內。池之四週裝有噴水管，清水由管中噴入池內，使食鹽逐漸溶解後，鹽液用抽鹽液機抽入徑十五尺高約十二尺之鐵櫃。櫃內裝有蒸汽管，使鹽液溫度加高，便於加入之化學藥品易生作用。將雜質如硫酸化合物及鎂鈣等向下沉澱，而使鹽液提淨，成為純潔之氯化鈉，再行放入淨鹽池內中和之，即可用抽鹽液機抽入一高架之儲櫃內，經管子導入電槽之旁，分注槽內，以待電流之通入，而發生電解作用。

四 電解

電解室佔地長一〇八尺，闊三十六尺，可裝置電槽二組，每組五十二只。現暫裝一

組，所裝為 K. L. M. 式者。每只分二層：上層為特種水泥所製，配有炭精陽極二十四塊；下層為鐵板所製，連一籃狀之陰極，陰極之上鋪石棉紙為隔膜 (Diphram)。電槽之一端連接一玻璃注液節制器，俾控制鹽液流入之速度；其旁另裝一玻管，以察槽內液體之高度。待鹽液達到相當之高度，即將電流通入，分解成氯與鈉。氯氣即從電槽陽極之另一端，通入陶器管內，抽至鹽酸化合爐或漂粉塔；鈉則下沉與水發生化學作用，而成液碱與氫氣二種。氫氣則自下層之一端，由鐵管通至鹽酸化合爐。液碱則由底部之 S 形膠木管，滴入陶器漏斗，經鐵管注入儲液碱池內。

五 鹽酸之合成

由電解而得之氫氣二氣，因稍含有鹽液所成之霧，於進鹽酸化合爐之前，各經一洗氣塔洗淨之，勿使因有結晶之故，而發生阻塞進氣管口之危險。

鹽酸化合爐為石英所製，徑約一英尺半，高約三丈餘。爐底有鉛質之氯氣進氣管，與陶器輸氣管相連接。又一氫氣進氣管。氫氣二氣在爐中經燃燒之後，即成氯化氫（鹽酸），通入室後之石英吸收管內，為適量之水吸收，再經冷卻，流入地上之儲酸罐內，即成 Be' 20° 之鹽酸，備罐裝矣。

六 漂粉之製造

電解室產生氯氣之另一部份，由另一陶器管輸送至漂粉塔，供製造漂粉之用。塔為鋼骨水泥所築，凡十層。其內部之牆壁與屋頂等，俱加塗特製之防氣品，以禦氯氣之侵蝕。其地板為花崗石所築，亦不受氯氣之損害者。二層之間有數寸之空隙，備冷氣之流通，以減低塔內溫度。塔之下層為漂粉出口及裝箱之處。其第二層至第八層為製造漂粉處。第九層裝有拌灰機以運動各下層內之拌灰器者。第十層為石灰注入處，石灰經化消

及篩去塊粒之後，由升降桶升至第十層之斗內。注入第八層內後，逐漸被拌灰器拌入下層。氯氣由第三層逐漸上升，成對流之動作，是以上層之石灰含氯較少，愈下則愈濃，及達第三層已達含氯百份之三十五以上。達第一層則漂粉所含之游離氯氣，遇下部吹入之冷空氣，因之吹去，俾裝箱時臭味較少。

漂粉製造部除上述之漂粉塔外，尚有化灰室。室內裝有化灰機備化石灰之用。篩灰室專為篩去灰內未經化盡之塊粒。自化灰機至篩灰機，再至石灰升降機之灰桶裝灰處，俱用石灰輸送器輸送之。

冷氣設備室內裝有液氨壓縮機，空氣抽送機，液氨揮發器，鹽液循環抽送機，鹽液管，及空氣冷卻箱等。假液氨之揮發以冷卻鹽液至攝氏零下十度。此冷卻之鹽液，經過空氣冷卻箱，將空氣冷卻，此冷卻之空氣乃抽送至漂粉塔內，作為減低塔內溫度以增高石灰與氯氣混合之功用。

漂粉塔內若有未曾吸收之氯氣，則由塔頂接出之陶器管，吸入尾氣吸收室，使之與室內吸收器內之石灰漿混合，以免散入天空，有礙四週植物之生機，與居民之健康。漂粉塔雖開始工作已有數旬，而塔後仍蕉葉蔥綠，木堇鮮紅，毫無憔悴之狀，足證吸收室之功效也。

七 液碱之提濃

電解室內之淡碱液先流入一儲液池內，然後由液碱抽送機抽送至淡碱液儲藏櫃內，積至相當數量，即抽送至 Zarembo 式三効提濃器。器凡四具，每具之間有抽送機以輸碱液。提濃方法，則採用蒸汽及真空，以增加其速度。淡碱液經此項提濃手續之後，即可達到百份之五十之濃度，適宜於當地之用。此濃碱液備有鐵櫃儲藏，以待罐裝或熬成固碱。

淡碱液內仍含有少量未經電解之鹽，則

於提濃時注入濾鹽器內，濾出洗淨溶解，再抽送至淨鹽部，復注入電槽電解之。

八 固碱之熬製

提濃後之液碱自儲濃碱液櫃內，抽送至熬碱鍋中，加火煮熬，使所有水分蒸發殆盡，以成固碱。再用片碱機削成片狀，裝入鐵桶，俾使用者無須重行擊碎，省時而更得減少工作上之危險。

九 供水設備

酸碱工場之用水量極大，港地既因地質關係，不易鑽得良好之深井，而自來水之供給有限制之時間與數量，不得不籌一安全之設備。現有者為一能容八萬餘介侖之水池，將井水及自來水灌注其中，用冷水抽送機抽送至各工場作冷卻等用；然後使之流入一熱水池內，更用抽送機抽送至冷水池中央之涼水塔上，使之化成細點，如雨流下。同時遇上升之空氣，增加其蒸發効力，而減低其溫度。熱水經此冷卻注入冷水池內時，溫度得減低攝氏十度左右，復可供各工場冷卻之用。如此循環應用，雖因蒸發等不免有所消耗，然每日須添補之數量，較諸用後即棄諸溝內者，相差甚巨也。

十 蒸汽設備

蒸汽之供給有 Babcock & Wilcox 汽爐兩座。每座每小時可供二百磅壓力之蒸汽九千餘磅。

十一 產量

酸碱工場目前每日製造能力為：

鹽酸	約三噸至六噸
燒碱	約二噸半
漂粉	約三噸

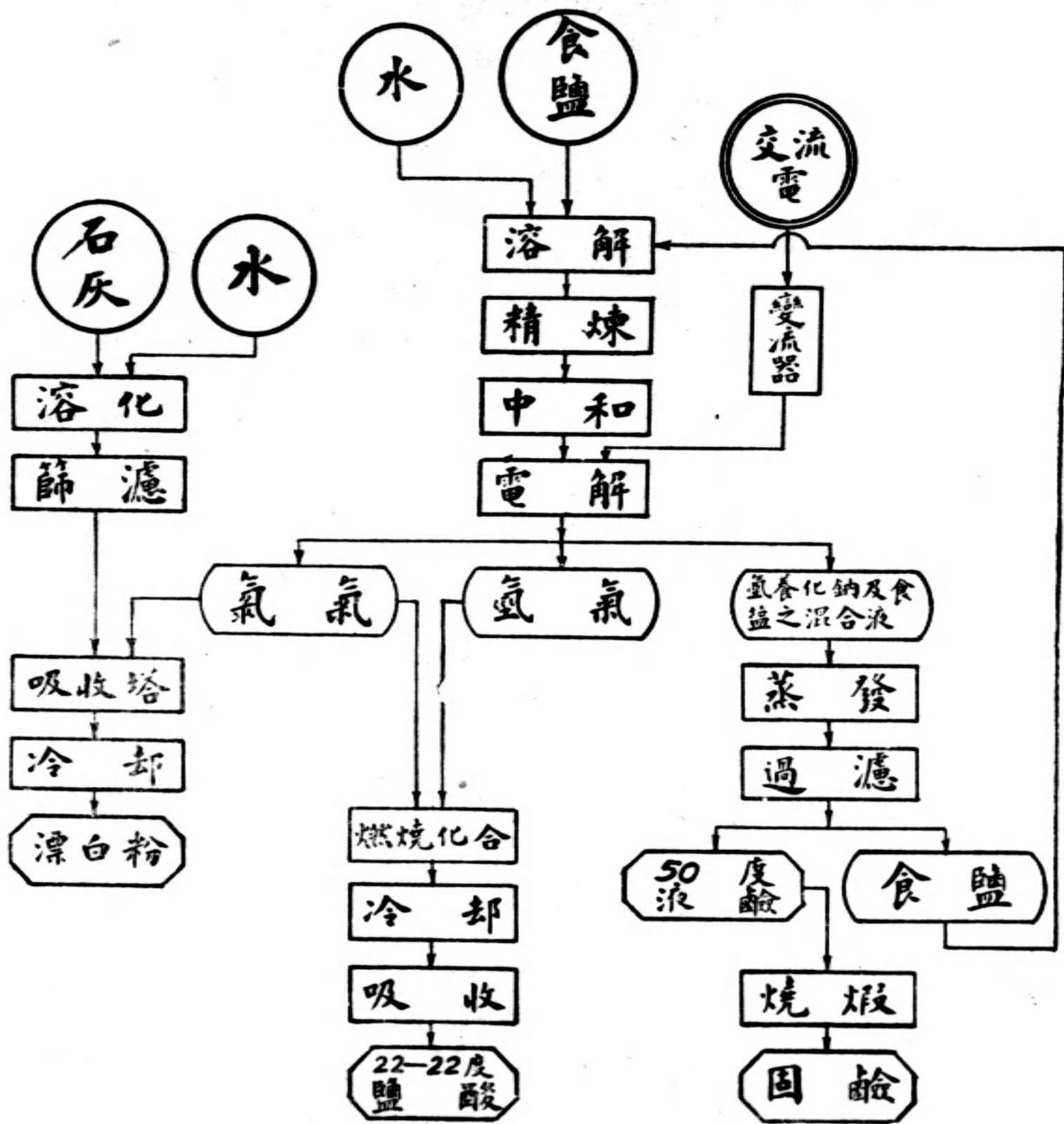
日後需要增加時可以加高一倍之數，祇須添裝電槽一組，毋須多加其他設備。

現在所產之鹽酸與燒碱除自用以製造味

精外，尚有餘多以供市場上之需用。其鹽酸因係合成氫氯二氣，不含硫酸及砒等雜質，而吸收器係全部在英製成，絕不與任何他質接觸，純淨異常，最適合於食品製造之用。燒碱則分液體固體二種，為製皂染織及其他化學工業上一重要之原料。漂粉除染織及公

共衛生上應用外，際此戰雲瀰佈之秋，為防禦芥子氣之一主要藥品。是以此酸鹼工場之成立，一方面果為解決自給自足問題，同時對於工業界，對於社會上，實具有重大之貢獻也。(麟)

酸鹼製造程序圖



圖例

○ 原料 □ 製造法 ◡ 過渡產品 ◩ 出產品

全國水利建設綱領草案

沈 怡

本草案係應經濟部復興水利建設委員會之徵求而作

作者附誌

民國肇建，國家多故，水政廢弛，幾達極點。近十餘年來，水患不絕，民生日悴，國力益疲。今欲於抗戰勝利之後，求建國之必成，固宜以促進國家之工業化爲前提，惟培養國力，增加生產，以對外換取工業化必需之資金與工具，則有賴於農村經濟之恢復，與農產品之增加。水利建設於農業之復興，具有密切關係，且可爲戰後大量失業兵民消納之途。茲爲統籌全局齊一步驟起見，特草擬全國水利建設綱領如左：

甲 總綱

(一)水利建設應力求科學化，並以免除水患，增進農產，輔助交通，促進國家工業化爲目標。

(二)爲免除水患，應注重全國各水道之根本治導；在未能普遍實施治本工程之先，應不斷努力於洪水之防範。

(三)爲增進農產，除防洪外，應注重農田水利之發展。

(四)爲輔助交通，提倡水道運輸，應參考全國交通建設計劃，注重航道之整理，運河及港灣之開闢。

(五)爲促進國家工業化，應根據全國工業建設計劃，注重水力之開發。

(六)全國各主要水道幹支流之根本治導，運河及港灣之開闢，大規模之水力發電事業，由中央政府主辦之。內河交通之開發，大規模之灌溉排水等工程，由地方政府主辦之。小範圍之農田水利工程，由地方政府獎勵及指導人民辦理之。

(七)一切水利建設，應於通盤計劃之下，衡量當前國家財力，從整個國民經濟立場，推測工程實施後可能之效果，依其影響之大小，分別先後行之。

(八)所有水利建設需要之人工，應充分利用裁遣之兵士及流亡之民衆。

乙 關於當前水利建設者

(九)搜集淪陷區域內各主要水道因水災及戰事所受損壞之資料，並擬成具體善後方案。

(十)維持戰區內各主要水道之現狀，特別注意防止黃災之擴大。

(十一)於整個計劃之下，奠定西南西北各省各主要水道之水文測量基礎。

(十二)根據戰時後方農業建設之需要，推進西南西北各省灌溉及排水等工程。

(十三)根據戰時後方交通建設之需要，推進西南西北各省航道之整理。

(十四)研究中央水利總機關與地方各級水利機關之組織，及其相互間之關係，並擬成具體改革方案。

(十五)研究如何消納戰後大量失業兵民以從事於水利建設工作，並擬成具體實施方案。

(十六)研究如何大量造就各級水利人才與技工，並擬成具體實施方案。

丙 關於善後水利建設者

(十七)於戰事結束之後，斷然堵塞黃河決口，挽水復歸故道，並在治本工程

未實施之先，不斷培修隄防，注意護岸工程，努力於險工之化除，及潰決之防止。

(十八)於戰事結束之後，立即集中力量，積極繼續導淮，並限期完成全部治本工程。

(十九)恢復揚子江通航，整理沿江內河交通，並培修隄防，注意沿江湖泊之整理。

(二十)西南西北各省在進行中之水文測量及水利工程，應繼續維持。

(二十一)獎勵，指導，並協助人民，興修淪陷區域內之農田水利工程。

(二十二)指導並協助全國各地農村，對於飲水供給問題，作因地制宜之解決，以增進農民之健康。

丁 關於根本水利建設者

(二十三)對於黃河幹支流，積極作根本治導之準備，並於國力復興之後，立即

集中全國力量，作大規模之實施。

(二十四)對於揚子江、珠江之幹支流，及其他重要水道，分別作根本治導之準備，並斟酌國力，及各該水道本身水患之輕重，以定施工之先後。

(二十五)發展西南西北各省水力發電事業之準備，及其實施。

(二十六)原有運河之整理，新運河開關之研討，準備，及其實施。

(二十七)原有港灣之改善與擴充，其他新港灣開關之研討，準備，及其實施。

(二十八)積極培植森林，以減少土壤之冲刷，特別注重各水道之上游地帶。

(二十九)於整個計劃之下，積極推進全國各流域之水文測量工作。

(三十)提倡水利學術之研究事業，並推進水工試驗所之設置。

二十九年二月八日

水利·水力·河港工程書

水利工程(職業學校教科書) 王壽寶編 1册 1.80

水利問題之研究(工業小叢書) Streck 著 王壽寶譯 1册 1.80

中國之水利(文史叢書) 鄭肇經著 1册 1.20

中國水利問題(現代問題叢書) 李書田等著 2册 3.00

中國水利史(中國文化史叢書) 鄭肇經著 1册 2.00

揚子江之水利(文史叢書) 孫輔世著 1册 .50

揚子江水利考 鍾 欽 著 1册 .70

行水金鑑 清傅澤洪輯錄 8册 } 合售
續行水金鑑 清黎世序等纂 10册 } 25.00

水力學(大學叢書) 原歌定二著 劉肇龍譯 1册 2.20

水力學(大學叢書) 張含英著 1册 2.20

水力學(職業學校教科書) 王壽寶編 1册 .65

水力機(工學小叢書) 蔡昌年著 1册 .35

河工學(大學叢書) 鄭肇經著 2册 3.20

河工(工學小叢書) 馮 雄 著 1册 .55

洪水防止法 Alford等著 馮 雄 譯 1册 1.20

黃河水患之控制(文史叢書) 張含英著 1册 .50

治河論叢 張含英著 1册 1.50
(國立編譯館出版)

商 務 印 書 館 出 版

工 程

THE JOURNAL OF THE CHINESE INSTITUTE OF ENGINEERS FOUNDED MARCH 1925—PUBLISHED BI-MONTHLY

工程雜誌投稿簡章

- (1) 本刊登載之稿，概以中文為限。原稿如係西文，應請譯成中文投寄。
- (2) 投寄之稿，或自撰，或翻譯，其文體，文言白話不拘。
- (3) 投寄之稿，望繕寫清楚，並加新式標點符號，能依本刊行格（每行 19 字，橫寫，標點佔一字地位）繕寫者尤佳。如有附圖，必須用黑墨水繪在白紙上。
- (4) 投寄譯稿，並請附寄原本。如原本不便附寄，請將原文題目，原著者姓名，出版日期及地點，詳細敘明。
- (5) 度量衡請盡量用萬國公制，如遇英美制，請加括弧，而以折合之萬國公制記於其前。
- (6) 專門名詞，請盡量用國立編譯館審定之工程及科學名詞，如遇困難，請以原文名詞，加括弧註於該譯名後。
- (7) 稿末請註明姓名，字，住址，學歷，經歷，現任職務，以便通信。如願以筆名發表者，仍請註明真姓名。
- (8) 投寄之稿，不論揭載與否，原稿概不檢還。惟長篇在五千字以上者，如未揭載，得因預先聲明，寄還原稿。
- (9) 投寄之稿，俟揭載後，酌酬現金，每頁文圖以港幣二元為標準，其尤有價值之稿，從優議酬。
- (10) 投寄之稿經揭載後，其著作權為本所所有，惟文責概由投稿人自負。在投寄之後，請勿投寄他處，以免重複刊出。
- (11) 投寄之稿，編輯部得酌量增刪之。但投稿人不願他人增刪者，可於投稿時預先聲明。
- (12) 投寄之稿，請掛號寄重慶郵政信箱 263 號，或香港郵政信箱 184 號，中國工程師學會轉工程編輯部。

中國工程師學會各地地址表

重慶總會	重慶上南區馬路 194 號之四
重慶分會	重慶川鹽銀行一樓
昆明分會	昆明北門街 71 號
香港分會	香港郵箱 184 號
桂林分會	桂林郵箱 1026 號
梧州分會	廣西梧州市電力廠龍純如先生轉
成都分會	成都慈惠堂 31 號盛紹章先生轉
貴陽分會	貴陽禹門路西南公路管理處薛次莘先生轉
平越分會	貴州平越交通大學唐山工程學院茅唐臣先生轉
遵義分會	貴州遵義浙江大學工學院李振吾先生轉
麗水分會	浙江麗水電政特派員辦事處趙曾玉先生轉
宜賓分會	四川宜賓郵箱 3000 號鮑國寶先生轉
嘉定分會	四川嘉定武漢大學工學院邵逸周先生轉
瀘縣分會	四川瀘縣兵工廠二十三廠吳欽烈先生轉
城固分會	陝西城固賴景瀾先生轉
西昌分會	西康西昌經濟部西昌辦事處胡博濶先生轉

工程雜誌 第十三卷 第五號

民國二十九年十月一日出版

內政部登記證 警字第 788 號

香港政府登記證 第 358 號

編輯人 沈 怡

發行人 中國工程師學會 張廷祥

印刷所 商務印書館香港分廠（香港英皇道）

總經理處 商務印書館香港分館（香港皇后大道）

分經售處 商務印書館分支館

重慶 成都 康定 長沙 衡陽 邵陽
貴陽 常德 桂林 柳州 昆明 開平
梅縣 韶關 金華 恩施 萬縣 鄂縣
福州 西安 蘭州 南陽 廬江 新加坡
澳門 廣州灣

本 刊 定 價 表

每兩月一冊 全年六冊 雙月一日發行

	冊數	價 目 (港幣)	郵 費 (港幣)	
			國內及本 港 澳 門	國 外
零 售	一冊	四 角	六 分	一角五分
預定全年	六冊	二元四角	三角六分	九 角

廣告價目表 ADVERTISING RATES

地 位 Position	每 期 1 issue 港幣 H.K.\$	每年 (六期) 6 issues 港幣 H.K.\$
底封面外面 Outside Backcover	二百元 200	一千元 1,000
普通地位全面 Ordinary Full Page	一百元 100	五百元 500
普通地位半面 Ordinary Half Page	六十元 60	三百元 300

繪圖製版費另加
Designs and blocks to be charged extra.

中國工程師學會現任職員名單

- 會長：陳立夫 副會長：沈怡（君怡）
- 董事：吳承洛（潤東） 憚震（蔭棠） 薩福均（少銘）
侯家源（蘇民） 趙祖康 裘維裕（次豐）
周象賢（企虞） 杜鎮遠（建助） 鮑國寶
凌鴻助（竹銘） 顏德慶（季餘） 馬君武
徐佩璜（君陶） 薛次莘（惺仲） 李書田（畊硯）
夏光宇 裘燮鈞（星遠） 胡博淵
侯德榜（致本） 黃伯樵 梅貽琦（月涵）
胡庶華（春藻） 陳體誠（子博） 顧毓琮
莊前鼎 任鴻雋（叔永） 許應期
- 基金監：章以猷（作民） 孫越崎
- 執行部：總幹事：顧毓琮 文書幹事：歐陽崙（峻峯）
事務幹事：徐名材（伯雋） 會計幹事：黃典華
- 重慶分會：會長：徐恩曾（可均） 副會長：徐名材（伯雋）
書記：歐陽崙（峻峯） 會計：楊簡初
- 成都分會：會長：凌鴻助（竹銘） 副會長：盛紹章
書記：劉澄厚 會計：洪孟孚
- 桂林分會：會長：馬君武 副會長：馮家錚（鐵聲）
書記：汪德官 會計：譚頌獻
- 昆明分會：會長：憚震（蔭棠） 副會長：金龍章
書記：莊前鼎 會計：周玉坤
- 香港分會：會長：黃伯樵 副會長：利銘澤
書記：張延祥 會計：李果能

China Electric Company

LIMITED

INCORPORATED IN U. S. A.

商 美

中國電氣股份有限公司

專 售

各式電話交換機
磁石式長途電話機
軍用皮包電話機
各種被覆線
載波電話電報設備
各種幫電設備
無線電報電話機
英國克利特報機
長短途輸送電纜
各種內外線材料
威斯東各種電表
國家牌收報機
強力廣播台設備
奧蘭引擎發電機
各種收發真空管

▲總公司

上海

麥特赫司脫路
二三〇號

電話：三四三二五

▲分公司

香港

告羅士打行
二二六號

電話：二五四三二

昆明

巡津街盤龍路
一六號

天津

法租界二十六路
中和里壹四九號

重慶

電報掛號：

各地均為
「六一一四」

中國工程師學會香港分會

社會服務部

◇集合各部門技術人才

◇為國貨製造廠家服務

業務項目

- (一) 常年顧問
- (二) 工廠設計
- (三) 機器估價
- (四) 裝置修理
- (五) 化驗材料
- (六) 機器檢查
- (七) 採購物料
- (八) 改良管理
- (九) 訓練員工
- (十) 介紹人才
- (十一) 鑒定事件
- (十二) 其他事項

▼地址 香港雪廠街十號五十四號房

▼電話 三二五八一號