

年

卷

期

15

5

第

第



KWAT 1.1944

# 工 程

## 第十五卷 第五期

中華民國三十一年十月一日出版

西北工程問題特輯二

第十一屆年會得獎論文專號(下)

### 目 錄 提 要

孔副院長	陳詞四義
陳 儀	發展西北事業
張維翰	工務行政
翁文灝	西北區域工程建設的意義
章 祐	現階段之推動農工礦業與交通問題
甘肅日報	西北經濟建設之正鵠
楊耀德	工程學與工程教育
劉恢先	連續長方板片之分析
葉 楷	含鈦鎢絲炭化度之研究
黃文熙	地基之沉陷量及地基中之應力分析
湯騰漢等	中國酒麴在近代化之新應用
李漢超	乙炔氣汽車
林士諤	真空速度表之研製與試飛結果
沙玉清	黃土及黃水之認識
陳宗善	震蕩體系之穩定度

中國工程師學會發行

重慶打銅街



陝西涇陽縣魯橋鎮

# 新記

## 西北實業公司西北金波式輪紡紗機廣告

本公司鑒於抗戰期間軍民衣着需要之迫切與紡紗機器購置之困難乃悉心研究費時年餘始發明此機造精巧運用靈活之紡紗機定名為金波式輪紡紗機茲將本紗機及附屬各機要點分別說明如左

### 甲 紡紗機

- 一、構造 此種紗機為最適合現代化之小型機器其裝置備有錠子羅拉升降及細條粗紗等部分構造極精巧輕便運用更靈活準確錠子數目配備適當經久耐用何異舶來
- 二、能力 本紗機錠子轉數每分鐘常能保持六千五至七千轉時每部十一小時可紡二十支上下之紗四斤至五斤之譜所紡之紗支數與拉力等均極標準
- 三、材料 處現在交通不便之際工業用料多感缺乏製造機器困難萬分本公司為解除是項困難起見特約專家研究經長期之試驗與調查盡量使用國產品代替故此機用料除其主要部分為鋼鐵銅料外其餘大部則為國有之堅硬木料按最近工作狀況一切用料可不必仰仗外來是則大量製造材料已不成問題
- 四、特點
  - 一、本紗機業經經濟部特許專利並頒發專字第一四七號專利證書凡使用本紗機在國內紡紗而產品優良者得依工業獎勵法呈請政府享受減除國稅等獎勵
  - 二、在本紗機上設有細條變粗紗裝置紗均勻不斷頭其功效與粗紗機相同既可代替粗紗機復可節省動力一舉兩得誠未有之創作也
  - 三、本紗機長五呎四吋寬二呎八吋高四呎二吋全體重量不過三百餘斤佔地極其有限運輸輕便異常較之印度紗機有過之而無不及
  - 四、此項機器每部十六錠因本身錠子數量配備適當舉辦最易不特數萬錠之大紗廠用之適宜即數百錠數十錠之小型紗廠用之更佳誠普及紡織業之利器舶來紡紗機之勁敵也

### 乙 附屬機器

- 一、構造 按輪紡機用之梳棉機具以鋼絲車為最相宜惟因製造此種機器之材料均須仰給舶來本公司為利用國產材料計將一般使用之小型彈花機加以改良使彈出之花由寸許厚之棉毡變為珠網狀之棉網復使經過漏斗被壓緊羅拉壓引引出成爲緊縮之棉條自動裝入棉條筒內
- 二、能力 此機每日(以十一小時計)可彈棉花六十市斤但紗機用棉條須彈兩次即爲三十市斤能供五台紗機之用
- 三、材料 完全利用國產材料及廢鋼鐵等
- 四、重量 機身長六呎寬三呎五吋高三呎七吋重約三百餘斤

### (二) 併條機

- 一、構造 此種機器裝置係以鋼製溝槽羅拉變速牙輪皮帶及重錘等合組而成棉條經過羅拉數次相併能使條幹均勻及混亂無章之棉纖維順序平行送出之棉條經過漏斗成爲均勻緊縮之細棉條自動裝入棉條筒內
- 二、能力 每台每日(以十一小時計)可供細紗機四台之用
- 三、重量 機身長五呎九吋寬二呎九吋高三呎重約八百餘斤



# 三廠革製國建州蘭

面革 底革 軍用革  
各色服用面皮

供應社會需用製造

男女各式皮鞋 皮衣

皮箱一切皮製服用品

及軍用馬鞍 礮鞍

槍套 背包等件

凡屬皮革製品無不承做如蒙

委製或需新穎式樣請與本廠總發行所

面洽自當竭誠效力代為設計

廠址：蘭州西郊王家堡 電話二五號 電報掛號四二二  
總發行所：蘭州市中正路 一三五號 電話三九六號



# 西安秦豐煙草公司概況

(一) 成立年月 本公司二十八年十月開始籌備二十九年四月開工

(二) 內部組織 本公司設經理一人經理之下分設業務工務兩部業務部分總務會計營業採運四股工務部由廠長負責廠長以下爲工程師技師工人學徒

(三) 廠址及房屋 本廠房屋計三百餘間佔地四十餘畝

(四) 機器及設備 本廠計有捲菸機十部切菸機八部壓筋機一部烤菸房一所烘菸房兩所蒸菸及炒菸鍋兩座包菸房兩所

(五) 產菸能力 以十小時工作爲準每日能產五萬枝裝二十箱

(六) 製菸程序 一、蒸潮 二、油筋 三、噴料 四、切絲 五、炒乾 六、捲製 七、烘乾 八、包盒 九、裝箱



中國工程師學會會刊

工程

總編輯 吳承洛

第十五卷第五期目錄

西北工程問題特輯二

第十一屆年會得獎論文專號(下)

(民國三十一年十月一日出版)

訓詞：	孔副院長	陳詞四義.....	1
論著：	陳儀	發展西北事業.....	3
	張維翰	工務行政.....	5
	翁文灝	西北區域工程建設的意義.....	7
	章祐	現階段之推動農工礦業與交通問題.....	11
	甘肅日報	西北經濟建設之正鵠.....	13
論文：	楊耀德	工程學與工程教育.....	17
	劉恢先	連續長方板片之分析.....	25
	葉楷	含鈦鎢絲炭化度之研究.....	53
	黃文熙	地基之沉陷量及地基中之應力分析.....	57
	湯騰漢等	中國酒麴在近代化之新應用.....	69
	李漢超	乙炔氣汽車.....	
	林士諤	真空速度表之研製與試飛結果.....	
	沙玉清	黃土及黃水之認識.....	
	陳宗善	震蕩體系之穩定度.....	
附錄：	西北工程問題參考資料：		

中國工程師學會發行



經濟部重慶商品檢驗局  
辦理檢驗業務

出口檢驗 推行政令 保證品質

植物油脂類： 桐油 花生油 茶油 亞麻油  
大麻油 荳油 菜油 草麻油  
棉子油 暨柏油

牲畜產品類： 猪鬃 腸衣 生牛皮 生羊皮  
暨各種毛皮

生絲類： 各種廠絲

委託檢驗 接受工商各界之委託代為鑒定品質

化驗類： 油脂蠟肥皂暨食用植物油參雜  
之委託化驗業已開辦其他各種  
委託化驗可隨時商洽接受

生絲類： 廠絲土絲暨柞蠶絲之品質  
及公量

接洽處 重慶南岸下龍門浩梁家崗本局



# 陳 詞 四 義

孔 祥

我國學術團體之歷史，本會實甚悠久，對於戰時建設事業之貢獻，亦甚為彰著，歷屆年會，於國家建設計劃，皆曾提供集體意見，以供政府施政之參考，本年年會，更為開發西北起見，擇定西北各省中心重鎮之蘭州為集會地點，國人對於本會之期望，益為殷切，而本會同人所負之責任，乃更為偉大，祥熙不敏，素倡科學救國之義，以為國家建設事業，必有遠大精詳之計劃，而所以實現此計劃者，更必有少數優秀之建設人才，以堅忍刻苦之努力，奮鬥不息之精神，仿效各國科學建設之成規，並發揮吾人創造發明之天才，集思廣益，取長補短，以求我國建設事業之科學化，與建設費用之經濟化，而後始可以收事半功倍兼程邁進之大効，本人對於本會工作之發展，不惟具有充分之熱忱，抑且抱有無限之企望，茲承會長翁詠霓先生之囑，向諸位同人致詞，因政務羈絆，不克親蒞蘭垣，躬與盛會，敬以會員資格，粗陳四義，與諸位同人一商榷之。

西北各省物產豐富，高山大河，峻雄壯闊，中華民國，此其始基，民族文明，導源於茲，周漢之興，根本在此，隋唐因之，以成帝業，自宋以還，日就衰圯，降及近世，竟號貧瘠，諸君集會斯區，視民生之凋敝，必有飢溺之感，思先祖之盛世，須圖復興之道，本人遠維往史，近察世變，以為河山猶昔，民族猶是，而古今異變之所以如此懸絕者，其根本原因，皆在於水利之興廢，故秦漢開渠，而關中富甲天下，充實屯田，而河西邊圉鞏固，後世水政廢弛，興修無人，遂使千里沃野，變為荒漠，漢渭流域，衣食不繼，故今日復興西北之要政，蓋莫先於水利之開發，昔在先秦，岷江本為蜀患，經李冰

熙

父子之濬治，二千年來，川西平原，遂成天府之國，至今抗戰，猶深利賴，西北各省，河流縱橫，黃渭漢洮，蜿蜒萬里，祁連水利，媲美江南，先民遺蹟，歷歷可數，弘道在人，斯賴諸君，近年陝西開渠，少試其端，已澤被億萬，苟能繼續努力，則漢唐之盛，不難重見，軍精民食，皆可充羨，至於邊地畜牧，千里相望，振興倡導，其利無疆，山地造林，各國所倡，稍加培育，是無盡藏，而其根本設施，亦在於水利之發揚，此本人所期望於諸位同人者一也。

二千年來。西北各省，實為國防之重地，得失廢興，常為國運盛衰之所關，自漢通西域，唐定天山，河西諸郡，不惟為軍事及商業交通之要道，更為東西文化溝通之津梁，故隋唐盛世，甘涼諸郡，富逾中原，宋明以來，未遑遠略，國運之降，亦遜漢唐，近世歐亞溝通，往來日繁，邊地萬里，而英俄兩大盟邦疆土相連，不惟在抗戰時期，為聯合國之樞紐，即在戰後，亦將為我國對外商務之門戶，國父手訂實業計劃，對於西北各省之工業發展，及交通建設，皆有博大詳密之規劃，本會同人，曾有「總理實業計劃研究會」之組織，且曾提供許多珍貴之意見，本屆年會，應將實業計劃有關西北建設部份，劃分研討，供實際意見，以供政府施政之參考，總裁嘗謂，「國父實業計劃實施之日，即中國經濟發展物質建設成功之時，國民之衣食住行育樂，皆可因而解決。」又謂「實業計劃實現之日，即國防計劃完成之時，」吾人因此，更可知此次年會責任之重大，與全國上下屬望之殷矣，抑本人更有進者，我國近數年來之工業建設，多在沿江沿海內地，各省未遑計及抗戰以來，下游淪陷



，軍民所需，遂感缺乏，五年以來，國家所賴以維持者，多恃西南各省，此不惟對於整個國家之發展，有偏頗之缺憾，而且不足以發揮整個之國力，以促抗戰勝利之早臨，故西北工業建設，實為抗戰時代之急務，此本人所企望於諸同人者二也。

西北各省礦產豐富，國防所需，無不具備，據各方報告，陝甘甯青蒙新各省之礦產，有金銀水銀石棉鉛銅石油煤鐵鹽硫磺及珠玉等數十種之多，而陝甘新三省之石油石棉金銀水銀鉛銅等礦，更為戰時之重要資源，但因調查未能詳確，遂致開發多費躊躇，今者諸君集會斯區，應於開會之後，仿本會前此所組四川考察團之組織，成立西北考察團，推選專家，赴各省實地調查，務求明瞭真象，草擬詳實之報告，以供開發之參考，我國數千年來皆以農立國，降及今茲，循而未改，但所謂以農立國，並非廢工礦而不講，今世國家之富強，更必求農工礦之配合發展，而後始可自給自足，成為世界經濟之一環，以卓然自立於斯世，自抗戰軍興，我國軍隊之英勇戰績，舉世驚嘆，譽為神奇，然積五年之長期奮鬥，猶未能剪除倭寇，恢復河山者，工業之不發達，實其主因，而欲求工業之發達，固必先致力於鑛產之開發也，近世戰爭，以工鑛為建軍之本，成敗之數，大半決於工廠，我國國防鑛產，西北最豐，鑛業開發，必先於此，而此無盡藏開發之責，則惟諸同人是賴，此本人所企望於同人者三也。

軍興以來，後方各省工業之發展，雖與年俱進，然衡諸歐美各國，則瞠乎其後，議者每歸咎於新式機械之缺乏，與人才之稀少，此種缺憾，自為國人所公認，然揆諸往史，則不盡然，昔禹平水土，九年而成，秦築長城，及身見功，當此之時，科學並未昌盛，器械亦未精良，然卒於頃促之數月中，完成曠古未有之工事，推而至於運河之開鑿，

城郭宮殿廟宇橋梁之興築，吾先民成就之偉大，工事之精巧，近世大科學家大工程師，皆驚為神異，嘆為奇蹟，抗戰以來，資源缺乏，政府倡導改良棉種，推廣種植，未及數年，即可自給，自緬甸淪陷，國際運輸，遭遇障礙，汽油來源，因此不暢，政府提煉桐油，以求自給，未及數月，其效亦彰，若借鑑歐美，則事例亦多，如德國資源，本極缺乏，但研究結果，炸藥原料，可自空氣中攝取，美國橡膠不足，而人造橡皮之功用，不遜南洋之天產，昔者國父曾有雙手萬能之明論，以昭告吾人，苟能手腦並用，加以研究，則指南針火藥印刷術等，為人類文明之重要因素者，吾先民皆能發明於往古之世，諸同人果能善用歐美之科學方法，體會先民之創造精神，苦心研究，挫而愈奮，則昔之奇異神蹟，未嘗不可重見於今日，苟確認識客觀環境，手腦並用，精益求精，則公輸子之技術，蔡倫之發明，將同諸惟人是賴，而不必因歐美機械之缺乏，生望洋興嘆觀念，此本人所企望於諸同人者四也。

總裁有言：「無科學即無國防，無國防，即無國家，」抗戰建國，任重道長，我先民五千年光榮歷史之保持，與吾子孫億萬年無窮生命之延續，其責任皆集於吾儕之身，而所以完成吾國之科學國防，以爭取抗戰之勝利者，工程界之責任，實較其他國民為重，諸同人學有專長，術有專精，國家所期待於諸君者，端在發展工鑛建設，完成國父實業計劃，以充實抗戰時期之軍民力量，與奠定建國大業之堅實基礎，本人不敏，敢以上述四義，就正於本會同人，而期完成西北各省之建設，更望諸君能集合全國工程界人才，及領導全國優秀青年，師法神禹之服務精神，實行全國工程界總動員，以從事於整個國家之物質建設，則全國人士，同此企盼而不僅祥熙一人之私願而已也。



# 發展西北事業

## 陳儀

蘭州係我國西北之鎖鑰，不僅在抗戰建國，為後方之重鎮，抑且將來建國，亦為西北之基地。今貴聯合年會，蒼萃於此，聚全國專家於一堂，研討百年建設之大計，自具有偉大之意義，惜儀因職務羈身，未能前往，躬與盛會，至覺歉然，謹略抒所感，藉作本人對於貴聯合年會之獻曝。

一，居今日而言建設，工礦業實為首要，西北礦藏頗豐，而工礦業尚在萌芽時代，欲求今後之發展，必先樹立基本工業，鋼鐵事業，尤以為之基，故本人希望貴會等本屆聯合年會之後，在西北適當地點，即能有一規模較大之鋼鐵廠出現，庶幾今後為發展西北交通修築鐵道，或輕便鐵道時，可以有自製之鋼軌，而其他工業，亦可因鋼鐵事業之發展，而逐步推進。

二，甘寧青土地廣闊，而農業反頹蹶不振，考其原因，一為水利之不修，一為農林墾植之不講，故改進農業與興修水利，實為今日發展西北之要圖，貴會各工程聯合年會，對此問題，能集合各專家之眼光，作實際之研究，以切合需要之貢獻，此則不時切盼

者。

三，造林為我國今後一大事業，西北各省，尤為如是。良以西北地廣人稀，年多苦旱，若不汲汲推廣造林，以調節氣候，培養水源，則若干地區，頗有逐漸變為沙漠之可能，且樹木用途日廣，今日已成為工業重要原料之一，故造林不僅為保持土壤，發展農業之要圖，亦且為農業培養基礎，甚願貴會等本屆聯合年會，能切實注意及此，廣為倡導，庶登高一呼，衆山響應，俾西北造林事業，今後得有長足之進展，則幸甚矣！

事業須有重點，力量貴於集中「備多力分」，不獨用兵所忌，建設事業，亦何莫不然，明辨本末先後，集中力量而邁進之，實為成功之首要，到會諸先生，皆一時之精英，何者為今日中國之所急需，尤其何者為今日中國西北各省之所急需，諒皆研求有素，必能發抒偉論，切磋商至當，以為政府今後從事建設之張本，以上所陳，不過供諸先生之參考而已，謹掬至誠，祝諸先生之健康，及貴會等本屆聯合年會之順利進展與成功。

### 歡迎工程師聯合年會 話劇（劇教四隊演出）

「炸藥」

一 職員表

改編：王思曾

導演：李朴園

演出者：教育部第四巡迴戲劇教育隊

舞台監督：鳳飛

劇務：王國璋

裝置：胡潛

服裝：殷宗智

照明：高念慈

大道具：辛樹華

小道具：陳平

化妝：陳啓基

司幕：葛一萍

提示：林虹

二 演員表

劇中人：飾者

高昌明：杜虹

林愛芝：鳳飛

徐千里：高念慈

黑龍王：柳泉

天勇：辛樹華

老雷：劉育齋



# 永 安 電 瓷 廠

廠 址：重慶小龍坎對江

辦 事 處：重慶陝西路二百零五號

電報掛號：重慶五零八二號

電 話：四 一 五 一 〇 號

遷川工廠聯合會會員工廠出品展覽會遷字95號超等獎憑  
經濟部中央工業試驗所15000V高壓磁瓶證明書

## 出 品

1. 各種高低壓電力磁瓶、方棚磁瓶（自500V至15000V）無線電、電報、電話絕緣子。
2. 各式保險絲具（自500V至15000V）先鈴、開關、插座、燈頭、葫蘆、閘刀、夾板、磁管、磁板、電爐盤等。
3. 定製各兵工廠、電器廠、煉油廠、化學廠、紗廠、絲廠、特種磁件照來圖或樣定製，迅速合用。



# 工 務 行 政

張 維 翰

抗戰到了今天，已歷五年，我們的工程師，在這五年之間內走遍了後方的城市和鄉村，荒山和遠水，蕁路藍縷，慘淡經營，在艱難辛苦中，負起建設大後方的責任，貢獻之大，可與前方將士媲美，幾年前深山絕漠人跡罕到的地方，現在公路暢通，航行無阻，幾年前的荒山荒地，現在變成滿山的林木，滿地的田畝，我們以前在後方所缺乏的物資，我們的工程師，一一都迅速的經營起來，電燈廠、水泥廠、鋼鐵廠、機器廠、紡織廠、火柴廠、麵粉廠、煤礦廠、油礦廠、一一都辦得成績斐然，這確是值得我們大家慶幸的，因為這是一種有意義的象徵，象徵了中國一切，都已見到了曙光，光明的前程，就在眼前。

今天本人獻詞要順便向各位報告的，是關於內務行政中的幾種工務建設問題，簡單說，就是工務行政，工務行政，在歐美各國，早成爲一個專門名詞，舉凡都市鄉村，物質環境的改造，例如公私建築，公園、廣場、道路、橋樑、溝渠、堤岸、鐵道、港灣、以及其他公用事業工程，大都包括在內，到過歐美各國的，首先使人注意者，是他們都市的整齊美觀，他們鄉村的清潔秀麗，反觀我國，則城市的建設簡陋，鄉村的穢污不堪，令人感覺十分慚愧，一國的都市，是代表一國的文化，無怪歐美人士，不能了解我們，推原其故，實由於我國對於工務行政，往往未能加以注意，對於市政工程，不能作有計劃的設施，同時這種行政，在我國又是在草創的時期，技術與財力，同樣感到困難，所以近十餘年來的成績，能令人滿意。

到抗戰已經五年的中國，可說完全改變了敵人對我們的建設，已經破壞無遺，立體

式的戰爭，使我們後方的都市城鎮，和交通要地，均同樣遭受摧毀，損失之大，固不待言，但是一切建設的障礙也同時被其消除未來的建設，差不多寫在白紙上設計，更容易達到建造理想城市的目的，當然在戰爭猛烈展開的今日，不能像平時一樣，可以撥出巨量的人力物力，從事於都市的建設，然而我們到處所見到的破瓦殘垣，不斷的提醒我們必須要努力準備戰後復興計劃，並且應該利用此次抗戰所得的寶貴教訓，去準備能夠適應未來戰爭條件的復興計劃，亦就是說具備國防條件的復興計劃，總裁在去年致中國工程師學會第十屆年會的訓講中，曾指使我們，「吾人當前努力之二大目標，於抗戰則必爭最後勝利，於建國則必須國防絕對安全」，所以一切的建設，必定以國防爲先決條件，同時在一面抗戰，一面建國的大原則之下，我們亦應當研究如何用最低限度的物力財力，去完成適應戰時需要的種種建設工程，如此方能顧到現在，準備將來，英國管理公共事業大臣里茲助爵士，不久以前曾說過「有計劃有秩序的建設觀念，是對於作戰努力的推動和鼓勵」這種高瞻遠眺的結論，確是由痛苦中，體驗出來，值得我們效法。

爲求加強工務行政的效率，爲求貫徹上述的主張，爲求業務上的開展，內政部在本年七月一日奉准增設營建司，掌管全國的建築行政，都市與鄉村的建設計劃，和一般土木與市政工程，這種事業的範圍既廣，又非短時期所可收效，所以營建司今後的中心工作，可分爲下面列舉之幾項，一、充實主管營建的機構，二、制定都市鄉村復興計劃的方案，三、實施公私建築管理，四、規定建築材料標準，五、推行有效的住宅政策，六



、改進公用事業至其他可舉的業務還很多，上面所說的不過其犖犖大者而已。

本屆工程師聯合年會，遠近各地的會員，都聚會在一堂，所以本人趁此機會，對於內政部主管的工務行政，向各位作一個簡單的報告，講到工程行政，兄弟附帶有一個感想，亦可以說是一點意見，向各位貢獻，作一種參考。

以往往往有人以為工程與行政是兩件事，專學工程的人，每每不長於行政，因之遇事常感困難，專門行政的人，對工程又是外行，因之工程行政與工程事業中的利弊得失，與種種問題能不能作一個正確判斷，結果亦是失敗，這種情形尚存在，不能否認，工程界可於抗戰建國，站在極重要地位的，今天這問題，實在值得我們注意的，並且對於這種情形，今後似應加以補救。

工程事業，當然由工程師來主持，這是天經地義，毫無疑問的，也是一般工程先進國家的慣例，因為工程是專門學識，是多年研究的心得，然而要主持工程事業，單有專門學識，覺得是不夠的，還要具有行政的能

力，行政並非一種專門學識，而是各種學問的融匯貫通，亦可以說是廣泛的常識，這種常識的求得，本人認為有兩點必須做到。

一、工程人才的教育，常識之求得，要在學校課程中先植其基，英美教育家，對於廣泛教育的重視，使研究專門學識的人，必須得到一般普通知識，就是着眼在此，所以今後大學與專科學校的必修科，對於工程以外的學科，如文科，法科，商科的課程，以及其各種有關社會科學，也要加以注重，總裁昭示我們，「必須更推宏各級工程人才之培育」，我們應當作如此的解釋。

二、工程人才的訓練工程是具系統的科學，所以工程師的頭腦，往往比較一般人清晰，工程師的毅力，也往往比一般人堅強，然而想綜覽全局，從大處着眼，則必定在事業上，求得不僅一方面，而是各方面的訓練，方能達到目的，以工程師有系統的頭腦，去自行研討更可具備豐富常識的工程師其行政能力，自必較一般人為優，這也是公認的事實。

## 歡迎工程師聯合年會

話劇——劇教四隊演出——『炸藥』 (續)

### 三、劇情介紹

徐千里，是一個研究化學的科學家，同我們一般的科學家一樣，有一種用全力幫助抗戰建國的熱情，而且表現在行動上。他發明一種製造炸藥的方法，就將呈獻給我們的軍事委員會。這個給敵人知道，派了一個間諜黑龍王，帶着他的助手天勇，緊緊追着他，想盜取這製炸藥的方法。徐千里的朋友高昌明，是在前線受了傷，回到自己家裏，請了十個看護林愛芝，在養傷的國軍旅長，敵人追得太急。徐千里一面通知了公安局幹員楊鴻剛——化名老雷，一面跑到高昌明這兒來，把記在肚子裏的方法寫在紙上，交給他，自己便準備犧牲了。

果然黑龍王同着他的助手天勇，在徐千里家裏搜不着，便到高昌明家裏來，用了許多法子，騙不出來，便把我們的科學家給打死了，他們打死人之後，明目張胆來逼迫高昌明，而我們的楊鴻剛同志，恰巧，化裝為車夫老雷，也來了，他說明了暗號，把炸藥方子藏起來，結果了敵人間諜的助手，回來把黑龍王也打死，方子交回給高昌明，呈獻到我們的軍事委員會去！

支持我們五年以上光榮的抗戰的，也許有這方子罷？



# 西北區域工程建設的意義

翁 文 灝

國父所著的建國方略，包括四大部份。第一部份是心理建設，第二部份是物質建設，第三部份是社會建設，第四部份是國家建設，前三部份都已經發表，惟第四部份原稿，在廣州因陳炯明叛變被燒，即就從遺留下來的三部份裏，我們也能夠充分看出國父十分重視建設國家的意思。就建國本身講，中國不能把各區域分開來看，因為每個區域都有它特別的意義與不同的性質，所以建設工作，亦不能不因地制宜，有所注重，今天我來說明西北區域內工程建設的意義，我們試看西北區域是什麼性質，就文化看來，西北是中華民族的文化發源地，歷代祖先都由此發展，甘肅省內有伏羲氏遺址，有大禹治水的許多遺跡（如三危積石等），列周代嬴秦，即自天水一帶逐漸推廣向東，所以單就甘肅一省說，已經是我國很重要的地方，何況我們西北，還包括陝西寧夏等省的一個極廣大區域呢，這個區域是周秦漢唐各代中國最盛旺時期的核心，至今尚有許多遺留古蹟，由此更向西去，我們還有沃美廣大的新疆和青海，面積佔全國土地五分之一，各種富源，都藏在那裏，用這種眼光去看，很容易明白西北各省在我國是佔十分重要的地位，不獨是我國古代文化的發祥地，同時亦是我們以後向西北發展的基礎，這是第一個理由。

第二個我們中國到現在，還是一個大陸國家，雖然我們有很長的海岸線，我們大宗國際貿易，多出太平洋印度洋來往，將來發展前途也很遠，但是從國防眼光看，我們中國基礎，實在廣大的陸地，所有富源資產亦全在陸地，所以保護此領土者，目前首靠強固忠勇的陸軍，亦可增加強大實力的空軍，

作為我國實力的基幹，但要造成一個強大的陸軍，能與世界第一等海軍國家比較，一時很不容易，因為就鋼鐵材料言，海軍製造所需要的數量，這比陸軍槍砲的需要加多，為時間特別快速，並早觀成效起見，國防建設的工作，我們不能不分出輕重緩急，所以中國國防上，是一個陸地的大國，不是海洋的大國。既然如此，陸地的發展，與中國前途關係，就十分重要，我們須要找距海岸較遠具有優良地理條件，創造事業比較容易的地方，來建立我們國家穩固的基礎，這種地方在那裏，就在這個西北區域，這是第二個理由。

再進一步就經濟事業的眼光來看，從這次全世界大戰，我們可以很清楚的看到，重要的經濟事業，須要放在防守容易地方穩固的地方，不但中國如此，世界各國都是如此，例如蘇聯他在第一個五年建設時期，最重要的廠礦，大家都知道是在烏克蘭，現在德國軍隊，一打進去，就覺得很不容易保守，這種重要事業，目前正在努力發揮後方的生產力量，就美國看他，決心對侵略國家作戰，所有新建立與國防有關的工廠都安放在內地，並不建立靠近海岸線的地方，這兩個國家一個是海軍最大的國家，一個是陸軍最大的國家，他們的重要建設，都不能不放在比較安全的內地，而不願意放在接近海口的區域，何況中國海軍較弱，今後所有一切主要事業，決不能放在上海天津等沿海一帶，而要安置在比較穩固安全的內地，要找這種區域，我們不能忘記面積廣大物產豐富的西北區域，所以站在國防立場上，今後要發展重要的經濟事業，我們就必須看重西北區域，這是第三個理由。



其次，可以舉出的理由還很多，我們只就這三點比較重要的理由，就也不能不承認西北區域，是中國很重要的區域。

現在我們要更進一步看看西北區域，應用什麼方法，才能真正給我們利用，而不致徒托空談，這必須更深一層，用一種專門眼光去觀察，從大體而論，西北區域的好處，是物產豐富，面積廣大，國防安全，同時又不能不感覺到西北有幾種特別的困難，第一是區域較廣，而氣候乾寒，因為缺乏適當雨量，所以農業進步的條件不如南方各省便利，人口亦因之過為稀少。第二是交通比較困難，大家都知道西北運輸工具，到現在大部份還是靠牲口，如騾馬駱駝毛牛等，我們看了大羣騾馬在遼遠的路途上運輸物資，我們不能不佩服這種利用牲口的能力，在古代也因此種運輸能力，使我們民族發展得到很大的幫助，可是這種能力要與近代運輸工具的能力比較起來，就相差很遠大，據估計要有八十隻駱駝，才能比得上一輛卡車的運輸力，又要八十輛卡車，才能抵得上一輛火車，這樣一比較，我們若真要大規模生產，自不能不靠新的運輸方法來補救，在這種情形之下，我們看得出西北有西北的前途，同時感到西北也有西北的困難與問題，因此要開發西北，一定要把西北特別的問題和困難，完全解決，惟其如此，我們開發的目標，才能達到。

如以上所說，西北誠然有價值，值得我輩努力，但西北又有困難問題，必須設法解決，才能充分利用，要解決西北困難，就必須要用工程師的眼光去研究，其解決的途徑，就工程的眼光看，西北第一個需要，在大規模的水利工程，水利工程效果之大我們相信現在的西北人士，沒有一個不明白不承認的，西北的水利工程，古代所遺留的如寧夏附近秦漢唐清的溝渠引黃河河水灌田造成全省的沃田，近代所建立的，以陝西成效最為昭著，陝西省修建的第一條渠，是涇惠渠，

涇惠渠初起工時，尚有許多人懷疑，認為是勞力傷財，不值得做的事，但是涇惠渠成功以後，就有七十萬畝農田，能受到灌溉的利益，這七十多萬畝農田所收農產品生產數量，較以前要增加三倍之多，於是就沒有人不稱贊了，以後渭惠黑惠各渠，陸續疏浚，陝西的褒惠漢惠各渠，今年亦已放水灌溉田畝，化瘠壤為富區，使陝西全省憑此增加了三百萬畝的良田，使陝西人士，不致再受以前旱災所遭受痛苦，因此麥子棉花，都能充分生產，成為陝省的富源。目前甘肅也開始進行水利工程，今年完成的新渠，有涇惠渠瓦洮惠渠，每渠都能灌田畝三萬餘，像這樣的渠，還有很多地方可以繼續建設，完成以後，能得到同樣利益，此外新疆也不能不如此，因此我們覺得很需要許多新型的大規模的引水工程，要趕快建設，加緊建設，現在我們西北區域內，原來人口太少，形成地廣人稀的現象，要趕快加多人口，便須認真增多糧食，要增加糧食生產，便須加緊建設大規模的水利工程，這是第一。

第二，要趕緊增加運輸數量，驛運貨物同一路綫上，每月運輸一千噸貨物，已很費力，如果用卡車來運輸，一條路上每月運五千噸貨物，亦頗費經營，如果換成鐵路，用火車運輸，每月運五萬噸也是極平常的事，這樣一比，用騾馬用卡車用火車他們是一倍比十倍的差度，我們以後，要能大量運輸西北的物資和產品，就不能不一步步向前進行。目下驛運的方法，固然可以利用，但是還要趕緊用卡車來增加公路運輸的力量，卡車得到以後，還要造鐵路用火車，來加強運輸的能力，有了大量的運輸能力，大規模的生產事業，才能進行，沒有大的運輸能力，各種大規模的事業，是不容易辦成的，因為大批原料不能運輸，大批成品亦不能運出，這種事實的限制足以防礙各種事業的發展，因此，我們要趕快用新的方法，提高我們西北區域的運輸數量，這是第二個方法。



第三，我們要趕快提高西北區域工業化的程度，我們說工業化，絕對不是看輕農業，相反的我們看重農業，同時亦看重工業，工業與農業兩者絕對不是彼此衝突，我們千萬不要誤會，以為工業發展，農業會吃虧，實則要工業發達，農業才能受益，工業不發達，農業必受困難，這種道理，眼前許多事實，都可以證明，比如陝西出產棉花之數量很多，陝西自用之外還有很大數量，一部份運供甘肅，更多部份運到四川，不僅到四川，還有一部份運到雲南省去，為什麼陝西棉花，搬運到如此之遠，決不是雲南四川手工紡紗，要用陝西棉花而是川滇的機器紡紗，要用品質好絨線強的棉花，陝西能有大批棉花運出，便可得到資金，便民衆生活，得到很大幫助，由這種例子看，我們可以知道，要紡紗工業發達，棉花才能興盛，加果沒有各地的新紡織業，陝西棉花，便不能運到很遠地方去銷售。

此外，中國出桐油的數量很大，桐油都是運到外國工廠去銷售，如果外國運輸一停，桐油銷路，便根本動搖，我們農民，甚至砍掉桐樹，如果內地有用途，我們轉將桐油工業建設起來，我們桐油，就能自己應用，農民就能在桐樹上，獲得許多利益，此外，如小麥須有麵粉廠磨成麥粉，羊毛須有洗毛廠織呢廠作為代品，皮革須有皮革廠製衣鞋帶袋等物，皆具有同一關係。

這種例子，充分證明工業有益於農業，確示工業化，實為西北經濟推進的途徑，另外西北有許多天然物產，例如新疆甘肅陝西，皆是藏有石油礦的區域，這種石油礦，為什麼不充分開發，充分利用，建設各種新工業，煤與鐵，是最必需的，為什麼我們自己不能冶煉成鋼，供自己需要，却去向外國購買，從很遠的地方運來，西北是天然牧畜的優良區域，為什麼不將本地的羊毛，善為洗選紡織，而亦任多數人民缺乏衣料，不易禦寒，所以現在問題，是如何開發現有富源，

用我們自己的東西來促成我們的繁榮，達到這種目的，更非充分利用新的工業不可，而且用農業方法，求得成量，所需要的時期長，用工業方法，則成功時間短，何以不用簡單迅速方法，來把西北工業化起來，以上所說，我們要建設西北，必要的方法有三類。

一、水利工程，二、運輸力量，三、充分工業化起來，這種方法，從前並沒有完全忘記，從左宗棠做山陝總督起，已經開設織呢廠機器廠，所置的東西到現在還都存在，前清末年，蘭州首先造成新型鐵橋，這個鐵橋，不僅是黃河第一條橋，亦是中國最早的鐵橋，這種工作，在很早就開始，我們不能不佩服前人的遠大眼光，和努力精神，但當時這種工作的進行，都是零碎的從事，到後來就無以為繼，雖然有很好的開始，却沒有繼續成功，他們又努力建設隴海鐵路準備從蘭州達到海州，到現在僅到寶雞，許多人都覺進行尚是太慢，但是他們的見地或魄力，實在很可佩服，我們現在的任務，不是批評前人，而是要更進一步努力前進，要比從前作得更快更好，譬如隴海鐵路向西延長，決不能以為到蘭州，就算達到目的，已經到達蘭州以後，還要更具決心向西建設，經過涼州甘州肅州，出嘉峪關，直到新疆省內，然後西北的運輸，才能完全貫通，並再造好幾條重要支路，一方面通寧夏，一方面通青海，使整個西北，得到一條真正不愧為名副其實的幹線運輸。

我們要把西北的重要物產，作為工業原料，來發揮生產，工作，不能遲慢，規模不能太小。現在西北特產，不但有棉花，而且有羊毛，羊毛是一種重要的物產，澳洲所產的羊毛，不但供澳洲用，而且供歐洲用亞洲以及美洲之用，成為澳洲人收入之大部份，我們西北能大量產羊毛，為什麼不充分利用，使西北區域，成為世界重大的產毛區，凡百事全在人為，坐視不管，則百事俱廢，積極有為，則有志竟成故事業成功，全在有志



人士努力。

由以上舉例，可以說明西北有很好的基礎，我們更加用力量來建設他發展他，然後使我們西北區域，成爲中華民國領土中第一

等重要區域，使中華民國能建立長久的鞏固基礎，成爲獨立自給的國家，占世界上重要的地位。

本廠採用新式化工機  
械以當地雜糧爲原料  
大量出產濃度  
95%以上  
動力酒精如蒙  
賜顧竭誠歡迎

• 廠 址 •  
貴州遵義運亨橋  
郵政信箱：第四十號  
電話掛號：六九七四



# 現階段之推動農工鑛業與交通問題

## 章 結

我國幅員廣闊，蘊藏豐富，惟以沙漠橫貫，山川阻隔，致風土習俗，各不相同，而交通工具，亦因地異，欲求貨貨暢流，要就我國現有交通工具，即標準鐵路、航運、驛運、公路，及輕便鐵路五種，在特具之範疇，視各地之切需，善為配合，略為擴充，使能互相為用，各盡其長。

標準鐵路，能任重致遠，確為切要工具，惟我國築路垂六十年，以工具時費材料，復多不能自給，迄今總長僅及一萬餘公里，其範圍除隴海一綫而外，餘均囿於東部及濱海之區，洎乎倭寇內犯，鐵路長度日絀，運輸能力日減，而運輸之需要日增，國人乃移其目光於公路及航運驛運後，二者一則限於河道，一則宜於短程輕載，惟公路汽車用途較廣，軍興以來，功績甚大，惜乎機件油料多須仰賴於人，致未能充分發揮其效能，近來物價騰漲，維持與擴充俱屬困難，且遇國際變動，又不能自立，故必須另覓出路，以謀解決。

至於輕便鐵路，國人尙鮮注意，惟我國西北西南，經此次戰事經驗，將來必成為我國復興之基礎，而輕便鐵路，則為適合西北西南目前與將來唯一之交通工具，以是輕便鐵路，確值得加以深切研討，爰略陳數點，以備談建國大計研究交通問題者之參考焉。

(一) 就平漢津浦北甯隴海平綏膠濟六大主要路線，總長約五千公里，計算每年平均運量，應可達二百四十餘萬萬噸公里，而實際每年只三十萬萬噸公里，僅佔總運量八分之一，再加吾國為農業國家，運量達最高限度時，只有冬季三個月，且屬單門是以工業一日不發達，交通一日不普遍，則鐵路運量，將永難達到其最高之目的，故在現

狀下之中國鐵路，雖能設備完善，恐亦不能充分利用此非標準鐵路之不適合於我國，實由於(一)農民需要太低，(二)工業不振，工廠太少，(三)人民與人民間貨物交易太少故也，欲謀解決此三者，惟有於最短期間，造成最普遍之輕便鐵路，由工商各業之發展人民生活需要之增多，逐漸提高社會經濟繁盛，貨物貿遷，因之鐵路運輸日繁，於是標準鐵路，可得充分利用，而發達此輕便鐵路，有助於修築標準鐵路者一也。

(二) 修築任何鐵路，在技術上，固有預定之標準，足以遵循，但天時與地形之限制，社會與經濟之變遷，以及人民與商業之習慣，均難詳確預測，能先修輕便鐵路，非特可試探各種變之趨向，抑且可於建修標準鐵路時，一切設備，均能適應需要，以與其目前與將來業務相配合，此則輕便鐵路之有助於標準鐵路修築前之選線完成後之生存者二也。

(三) 標準鐵路之修築，因材料不易運送，往往不能全部同時施工，致不能於短期完成，而其運輸能力，更非一二十年不能充分發達，當此科學昌明，在此期間，一切設備，均有長足之進展，國內已成之路，勢將落伍，若有輕便鐵路為之前驅，築路材料，可以分送，全線工程同時進行，工期可以縮短，社會可以提早繁榮，運輸可以提前發展，於是標準鐵路，可以採用新發明之設備，以配合當時之需要，此輕便鐵路有助於標準鐵路技術進步者三也。

(五) 吾國鋼鐵業方在萌芽，尙難責以自給自足，然以之配成製造廠，藉供初步輕便鐵路一部份之需，當可應付有輕便鐵路，而後重工業所需之重大機件。可以內運，是



以輕便鐵路，實爲重工業之出發點，因輕便鐵路之逐漸發展各種建設與製成品亦隨之而發展，運輸日增，而鐵路發展，鋼鐵需要日多，而重工業亦發展，卒由小鐵路變爲大鐵路，小工廠變爲大工廠，路有材料，廠有銷場，互相培養，產運銷存，四者遂得配合，否則有工廠，有出品，而無銷路，生產過剩，英美之前車可鑒也。

(五)由鑛鍊成鋼，由鋼製成物品，其中經過之科學程序，每一階段，均需各種技工之能力，與資力之週轉，換言之，因鑛冶工業之發達，一部份農民變成技工，一部份鄉區變成市區，社會經濟得以發展，人民生活得以解決，若仍惟外資是賴，一切坐享其成，以中國之需要，培養外國之工廠，致我國工業，永居落伍，則今日抗戰所受技工缺乏游資呆滯之教訓，勢將再見於將來、故欲造就技師工人，發展工商各業，必須迅速廣築輕便鐵路，以促成之，而後原料自給自足，人民需要提高，技術工人增多，一遇戰事，人力物力財力，俱有準備，即使有新建設，亦不患成爲惡性膨脹，而致提高生計，今日汽車司機之居奇，非由汽車之多，而爲司機之少，亦足爲人才缺乏之明證也。

(六)在高原區域，山脈縱橫，深溝削壁，如欲遍修標準鐵路，困難達於極點，至於工鉅費時，猶其餘事，而輕便鐵路，以能採用較大坡度與較小半徑之灣道，可以減少地勢之困難，尤適用於我國亟待開發交通生產文化商業之西南西北高原地帶。

(七)吾國邊疆防綫深長，尤多崇山峻嶺，標準鐵路，斷難普及，公路汽車，又限於容量，均不及輕便鐵路之有效，觀前次歐戰同盟軍隊利用輕便鐵路，由西至東，橫貫

法國，軍運得力甚大，其對於國防軍事交通之功能，於此可見。

(八)交通建設之工程期限，在平時每視爲無足輕重，殊不知工期縮短，建設提早完成，則文明進步，工業發展，社會繁榮，均得提前，尤爲重要者，國防力量，提前推動輕便鐵路，可以促成標準鐵路，已如上述，其本身具有速修退折速搬之特長，平時建設可以提前普遍發展，戰時國防，亦可以應進退咸宜之策略，而對於外洋器材之搶運，疏運儲存分送，可以指揮如意，不受時地之限制，抗戰建國，首重爭取時間，是則有賴於輕便鐵路矣。

綜上所述國家獨立生存之條件，必須有海陸空軍，必須有國防設備，有工業，有原料，有農業，有運輸，有技術員工並須能儘量自給自足，鐵路就爲達到上述目的之一種重要工具，則一切建設又須以鐵路爲先，輕便鐵路爲建設標準軌距鐵路之先鋒，既於吾國社會經濟情形適合，不至虛糜資本，且能促進地方經濟之發展國防工業之建設，又能縮短標準鐵路建築之時間，推廣各種技術員工之造就，則於簡廉快諸特點之外，所具優點甚多，故應於建設事業籌備推動時期中，儘先推廣建築，以速修速拆速搬爲主義，國人幸注意及之，又輕便鐵路建設在前，標準鐵路建設在後，或以爲輕便鐵路拆除以後，必有若干設備廢而不用，殊不知吾國幅員廣闊，所需鐵路何啻一二十萬公里，建築時期，何祇三五十年，有此設備，可隨時搬運應用，決不至廢而不用，且輕便鐵路既有其使命，有其作用，爲達到建國目的，即於任務完了之後，棄而置之，亦無不可，固不必斤斤計較，因小失大也。



# 西北經濟建設之正鵠

甘肅民國日報

日來因全國工程師，方舉行盛會於蘭垣，朝野對建設新西北問題，已成為研究討論之唯一對象，吾儕數年來服務報界，執筆為文，報道西北實況，耳聞目擊，深悉西北環境，特根據吾人對西北之認識，陳述西北經濟建設幾個根本問題，以貢獻省政府當局及工程師諸君研究。

論中國地文，前臨海岸，背負大陸，具樓臺近水之利，握高屋建瓴之勢。而此高屋建瓴的西北大陸，萬山磅礴，河流縱橫，高原，平原，山地，盆地，兼而有之。言省區，包括秦，隴，青，甯，新，綏，蒙等七省，言面積，約計五、一六六、一一二方公里，幾佔全國面積之半弱。則如何開發此諸大地區，應屬毫無疑義，但一談及經濟建設之途徑，容有紛歧，請先述其原則。

西北秦隴二省，北臨朔漠，西通青新，東屏中原，南下巴蜀，論者謂為天下的頭項，得之則興，失之則亡，關中沃野，秦函險阻，郭子儀評為「此用武之國，非天下所有」，固無論矣，即隴省亦居中國的正中，成漢回蒙藏之樞紐，東西交通的關鍵，今日北陲告警，中原板蕩，西北的繫於國防為尤重，自宜在此大後方，進行經濟建設，以增厚國力。消極方面，凡山脈河流沙漠森林沼澤等，同具經濟和國防價值者，應以不妨害後者為原則，則積極方面，則開發西北的煤鐵石油，建設機械化學等工廠，以樹立國防工業的基礎，盱衡目前形勢，上項建設無形中秦隴首居領導地位，而陝南關中隴南陝西更屬應行首先建設之地，然後逐漸展開，俾西北成為一單獨的國防區，臂指相連，形勢完整，塞北西陲，鑿於金湯，有利則出攻，無利則入守，挽銀河，洗甲兵，故西北經濟建

設應合國防經濟性質者，此其一。

西北地形錯綜，交通梗阻，人民的生活習慣因有差別，經濟形態亦多懸殊，兼以宗教種族等關係，更增加其複雜性，但不論其演變若何，宜絕對遵守一至高原則，即一視同仁，平均發展，以經濟的協調，求生活的融和。舉凡爾虞我詐，豆剖瓜分，割據式的部落狀態，與夫呈現德意志未統一前，普魯士附代那種關稅同盟的形跡，統宜化除。今日若干地區不正當不公平的經濟關係，尤宜速加改良，而多少有閉關自守，省際經濟性質的措施，亦應速加解消，際此時會，西北經濟建設工作，應按實際狀況，確立計劃，處處相謀，事前妥加籌商，事後各盡所能，協力以赴，免衝突，避重複，先造成一致建設的要求，然後求才異地，借財異國，建設西北，趕上一般水準，俾成為全國經濟建設中的一環，整個配合，全盤呼應，故西北經濟建設應合國族經濟性質，此其二。

西北半壁，高原多，氣候差，雨量少，自然環境較劣，人口分配又稀。（合秦隴青甯新綏蒙等，約計二三，三三七，五四二人，僅佔全國人口百分之五點一四強。）事實上往往竭中國之力，輸西北之邊，歷代因起陸防海防之爭，亦多耗中事西之議。即就近年論，西北荒歉，東南每有餘力，加以振濟，今日不然，西北再不能仰望東南的救濟，尤需擔負國防的重任。但返視西北民生之苦，迥非想像所及，遼荒千里，景物蕭索，村落殘破，人民疲弱。若談經濟建設，至急且切，尤應把握此特殊意義，力避點綴，首重回蘇，救濟農村，扶助邊氓，奮其求生之念，獎以求生之道，從事增產，足食足衣，生產分配，同時解決。故西北經濟建設應合國



民經濟性質者，此其三。

西北古代為東西交通的孔道，由陽關玉門關出天山南北路，可遠屆裏海，黑海，地中海，波斯灣，文化的接觸，商業的往還，均極繁榮。唐王維詩云：「九天閭闔開宮殿，萬國衣冠拜冕旒」，即可想見當時的盛況。降至近代，形勢頓變，東西交通既改趨海道，而中原與西北邊陲的聯繫，又復關山阻塞。反觀隣邦，蒙邊，西伯利亞鐵道與庫倫支線，北疆的阿爾泰鐵道與土西鐵道，南疆與印邊的縱貫鐵道，蜿蜒域外，輔以公路，交通稱便，輸出入轉增，其與內地關係，反較疏遠，以致形成一面倒的經濟尾閭，其影響之深，實非言可喻。今者海道既被封鎖，滇緬又成阻隔，大陸交通僅剩西北一線，惟西北之國際交通，無論陸空，尙待急切改善，縮短內地與邊陲距離，懋遷有無增進聯繫，更宜發展國際貿易，以求互惠，獎進技術合作，以求互利，庶幾封域無外，艱危共濟，故西北經濟建設應含國際經濟性質者，此其四。

昨就西北經濟建設問題，列舉原則四點，至於施行節目，固屬頭緒紛繁，但刪繁就簡，提綱挈領，亦可得而言者：

一、振興水利 清劉獻廷云：「西北非無水也，有水而不能用也，不為民利，乃為民害。旱則赤地千里，潦則漂沒民居，無利可居，無道可行。」旨哉斯言！西北墾荒業農，非水不可，而用水之道，鑿渠灌田，自秦漢以來，歷唐宋元明清，代有增修。寧夏後套二內陸平原，素有漠北江南塞上天府之稱；而關中隴南，亦多灌溉之利；即如林文忠公的提倡鑿井，左文襄公的製作水車，均屬有裨民生，今日宜承先啓後，繼續振興，俾西北大部可效秦人之歌曰：「田於何所，池陽谷口。鄭國在前，白渠起後。舉鍾成雲，決渠成雨。涇水一石，其泥教斗。且溉且糞，長我禾黍。衣食關中，億萬之口。」

二、兼施林牧 西北森林除阿爾泰山，

天山，岷山，祁連山，青海西南部等森林地帶，以及數處天然殘餘森林外，類皆砍伐殆盡。吾人一讀說文：「登隴山東望秦川，墟舍業蕪與雲霞一色；」以視今日的童山秃丘，滿目荒涼者，大有蕭條異代之感！但為含養水源，調節氣候，點綴風景，並求本身利益計，急宜保護天然林，培植新造林。至塞外草原，大漠環抱，固為優良的牧場，而其他高原山地，亦多宜林宜牧。林牧有時成為農墾副業，但在西北可獨立經營，而土地利用亦應有合理的分配，切忌以農墾妨礙林牧，交蒙其害，往事昭然，來者宜戒。

三、樹立工業 西北資源可供工業利用者甚多，如煤鐵鹽石油等礦產，須由國家力量調查開採提鍊，以樹立重工業的基礎、同時對於機械化學等工廠，可先作小規模的設置，以供目前急迫的需要。又如羊毛棉麻皮毛藥材肉食果蔬等，可供毛織棉織造紙製革製藥製罐頭之用，該項有關民生的輕工業，亦屬急不容緩之圖。且抗戰以還，銷路阻滯，自應獎勵私人經營，就地集中，改良製造，俾厚生利民，無慮匱乏。他若各種手工業，可用合作方式貸獎資金，促進技術，務使各個部門，分頭努力，以期達到工業建設之目的，樹國本，開邦治。

四、管理商業 戰時經濟，首重統制，西北環境特殊，運輸困難，更宜調整商業活動，嚴禁居奇壟斷，實施物品平價，流暢民食，管理煤炭，運輸日用品，妥為分配。至於滯銷特產，應設法開闢新路線，獎勵輸出；而不必要的奢侈品，以及無關民生的貨物，則可加以限制。另外組織大規模的貿易機關，對內求西北各省有無相通，供求相應，轉與西南取得密切聯繫，對外則遏止走私，嚴禁仇貨，凡綏西陝北晉南豫東各毗連地帶，嚴密檢查，無使漏網；同時開闢國際交通線，組織運輸公司，增進對俄對印貿易，爭取外匯，活動金融。

五、發展交通 西北遼闊，乏水運之利



，鐵路又僅瀘寶包綏二段，其他公路雖有增築，未臻完善，致運輸阻滯，移民困難，經濟開發既感棘手，而國防籌劃與文化溝通等項，亦成問題。美地理學者鮑曼曾云：「人民對事業的熱忱，恆視其服務中心之離為自乘的反比例，距離愈遠者，熱忱即愈淡薄。」秦中隴郡本居國家的正中，今人反以邊鄙目之，其故即在交通問題。是以除儘量利用措子皮筏馱運（包括大車駱馱）等原有運輸工具外，亟宜整理交通系統，加開中印航空線，添築西北西南公路聯絡網，增購車輛，訓練司機；復以汽油的北運東來兩感困難，宜速講究代用品，謀澈底的改造。鐵路任重致遠，先期完成寶天段，然後再下成都，與敘昆相啣接；北上皋蘭，出河西新疆以通蘇俄。庶幾如潘岳西征賦所云：「倦狹路之迫隘，軌崎嶇以低昂，蹈秦郊而始闢，豁爽塏以宏壯。撫世建國，實利賴之。」

六、改革行政 前英儒陶鼎東來考察，歸著「中國土地與勞工」一書，謂「先經濟後政治」一句話，在中國現狀下並不適用，因為經濟發展時時為政治的紊亂所阻礙，故當中的先決問題，厥為產生一個有效率的「政治」。西北政治年來進步甚速，但以之配合經濟建設，尙覺不夠。舉凡軍事財政金融各方面，足以阻礙農村發展，破壞生產建設者，自應力圖改善；尤須謀行政效率的增加，教育功能的展開，集中權力，統籌全局，消滅生產機構中的官僚主義，俾得迅赴事功，速期成效。

七、籌資資金 國內投資趨勢，本來用於商業資金者最多，用於農資金業者較少，而用於工業資金者則更少。西北金融枯澀，銀行業粗具規模，公佈不廣，投資有限，尙未步上金融和產業連合的階段，故在西北談經濟建設，首感資金籌措的困難。因此凡需巨量資本或有關國防的重工業，應由各省合力統籌，再由中央補助，一切以國營為尙，以國家資本為準則。至若輕工業規模較小，

需資亦少，國家既有竭主力以赴的中心事業中心區域，自無餘資而面顧到，必須就地利用游資，獎勵私人經營，穩紮穩打，尤須用合作方式，普遍施行農貸小本貸借，俾無孔不入，平均發展。

八、培植人才 西北教育本不發達，而所造就人才又多偏於文法方面。一旦施行經濟建設，高級技術人才，圖不易得，即中下級幹部亦成問題。當前則不得不借用外省人才，但以環境生活的差異，難期長久服務，勢須就地養成補充者以資接替，故宜趁此抗戰時期，延攬專家，從事設計，兼資訓練，同時調整教育方針改造基本課程，充實技術訓練，凡西北特別需要的學科，應設專科學校，認清環境，注重事實，務期學以致用，且西北條件欠備，缺點滋多，其事難懂，其病難治，欲期經濟建設成功，不僅恃智識技能，尤非有奮鬥到底的精神不為功，念西北本多開疆拓邊的豪傑，即氓隸之民與遷徙之徒如鄭萬福王同春等，亦能經營前套鹹湖，從事後套農墾，卓著事功，上述企業精神，亟需提倡，以養成堅貞宏毅的建設人才。

九、獎進科學 培根有云：「人類須服從自然，才足以控制自然」。近代科學昌明，技術精進，征服力量日漸開拓，在一特定時期內，或者可能實現。當作為固定任務，何者不能實現，則懸為奮鬥目標，西北人文與自然科學，鄙人注意研究，如資源的調查，經濟的統計，地質礦產的探測，生產技術的改進，一切格物致知的講求，均乏成績可言。赤手空拳，毫無依據，即欲事建設，亦覺茫無頭緒，從何談起？故後此對西北實況，以及當前發生的許多問題，似應考其成因，究其性質，澈底明瞭，細心研討，試尋出其解決方案，俾智識與行動密切聯絡，確立「知識即權力」的紀念碑。

以上敷陳四原則九節目，卑之無甚高論，值茲工程師年會舉行之日，謹以奉獻於窮理察物的學人。還祈正視現實，於紛紜繁變



之中，求頤鈞玄之道，明本末先後之辨，審緩急輕重之義，復行羣策羣力，知行相謀，憑篤實的作風，奮邁進的步伐；庶幾文理密察，足以有別，聰明睿知，足以有臨，有別有臨，則西北經濟建設問題，或能始於知而

成於勇乎？夫如是，則各方學人溥暑長征的意義為不虛，而西北民衆喁喁殷望的渴念為不空，識天時，明地理，握人和，當不僅流連周秦之墟，遐想漢唐之風而已！

## 中國興業公司

出品

高速風鋼	工具鋼釘
低炭鋼元	輕便鋼軌
方圓鋼筋	鑄鋼鍛鋼
高矽生鐵	大小鐵管
各種機器	瓷器火磚
收發報機	電訊器材

### 接洽處

重慶 中四路一三一號業務處  
 電話 二六七五號  
 江北 香國寺本公司業務處  
 電話 二一六六江北電話局轉



# 工程學與工程教育

楊 耀 德

國立浙江大學

- 一、引言
- 二、工程制作與工程學術之演進
- 三、工程教育發展之過程
- 四、工程學之定義
- 五、工程教育之一般原則
- 六、對於吾國工程教育之管見
- 七、結論

## 一、引言

中國工程師學會與各專門工程學會第十屆聯合年會在蘭州舉行，所徵集論文，尤注重者計有十類，而工程教育列為其中之一，其意義深遠可不言而喻。蓋吾國自抗戰軍興以後，各大學多遠道遷移，雖烽煙遍地，而絃歌之聲未嘗或輟。且因國家對於工程建設之需要，各工程學院科系亦屢有增加；近年全國各大學入學試驗，志願習工程者常倍蓰於其他院系，吾政府當局特添設雙班，廣事培植，以備他日抗戰勝利大規模建設展開時各項工程人才之需要。「各國科學之日進千里，吾國工業實猶瞠乎其後，繼今以往，必須推宏各級工程人才之培育。……蓋立國於當世須有堅實之國防精神，而工程科學與工程事業實為國防之真正基礎。」誦 蔣委員長對中國工程師學會第十屆年會訓詞，可知工業建設與工程教育為國家之基本政策；而工程人才之如何培育與工程學術之如何發揚，實為今後工程教育一大問題。顧工程教育範圍至廣，歐美各國體制不同，欲詳細研討，端賴鴻製巨著，非愚陋如作者所能盡其

什一也。本文之目的，在從歷史觀點以闡明工程學之要義，然後根據工程學之定義以申述工程教育之方針。作者不敏，服務於工程教育，無非本其一得之愚，貢其管窺之見，以就正於海內宏達與工程學術界同志耳。

## 二、工程制作與工程學術之演進

人類文化之進步與工程學術制作之演進有至密切之關係，此乃公認之事實也。當遠古之世，草莽初開，尙未有文字記載之歷史可資考證，博古家之所憑藉以為推考之資料者，為由廢墟古塚所發掘之古物。因古時人類所用武器工具之演進，而分作舊石器新石器銅器鐵器等時代；既有武器工具則必有工程制作殆無疑義。且文明進化之程度以當時所用之工具為標準，則工程制作意義之重大亦可想見。吾國上古時代歷史傳說所稱有巢氏構木為巢，燧人氏鑽木取火，構木為巢乃建築工程之開始，而鑽木取火者，以科學解釋之，即磨阻生熱之理也。易與尚書為古代典籍之信而足徵者，易繫辭稱神農氏斲木為耜，揉木為耒，耒耨之利以教天下；黃帝堯



舜剡木爲舟，剡木爲楫，舟楫之利以濟不通；弦木爲弧，剡木爲矢，弧矢之利以威天下；上棟下宇以待風雨。耒耨之利屬於農具，舟楫之利屬於交通，弧矢之利屬於兵工，上棟下宇屬於建築，蓋皆工程製作之演進也。尙書禹貢篇記禹敷土，隨山刊木，奠高山大川，分天下爲九州，辨土壤之性，誌物產之饒，詳考山脈之系統，江河之源流，誠爲吾國古代水利工程與地理學之傑作。遠在四千年前而有如是規模宏大之工程事業與精詳分析之記載，則吾國古時工程學術水準之高可以概見。其在西洋則埃及金字塔之遺蹟巍然猶存，非尼基之造船，巴比倫之河渠水利，亦尙有古碣遺址可尋；凡此皆足以表示古代工程制作之成績已大有可觀。顧工程制作演進之歷史雖甚久遠，但在古典籍中，關於工程方面有價值之巨著，如尙書禹貢篇，周禮考工記之類，實未多觀，在西洋則希羅氏（Hero 公元前一五〇年）所著氣流學（Pneumatica）亦爲僅有之工程古籍。蓋工程制作之創始固遠在文字記載歷史以前，而工程學術之發揚則尙待自然科學創明以後。在古簡冊中，容或有片段關於工程知識之記載，其所得結論或亦與現代工程學理相暗合，但其所憑者，大抵爲以往之經驗及心得之訣巧，究未可以稱有系統之工程學術也。溯工程制作之演進既如是久遠，而工程學術之發明又須待數理化與生物等科學基礎樹立以後，源流愈遠，憑藉愈厚，則其所發揮之成果愈見充實而精彩。當十七世紀中葉，工程學術之發展已漸露端倪，迨十八世紀以後，各項工程創作蓬勃蔚起，理論研究光彩爛然，在極短時期中而有如是豐富之收穫；所以然者，蓋學術之演進已達成熟之階段，工程技術已積有長時期之經驗，根深柢固，枝葉繁茂，已能放燦爛之花，而收成功之果也。

### 三、工程教育發展之過程

考工程教育之發展亦屬晚近期內之事。

吾國因受清季政治腐敗之影響，以致在工程教育方面，較之歐美未免落後。在歐美各邦中，發展最早者首推法國，其次爲德，而英美俄諸國稍晚。當羅馬帝國崩潰之後，法人崛起歐西，蔚成大國，羅馬人對於工程上之經驗向稱豐富，而法人承其遺緒，故其軍事與民事工程技術之高，初非歐洲其他國家所能比。但法國工程學校之創始已在十八世紀中葉，最初僅爲製圖或技術學校，且限於土木與探礦方面。德國工程學校較法國爲後起，最初亦爲建築學校之類，其創立時期則在十八世紀之末。英國則當十九世紀之初，僅有私人組織之學社，以講論科學技術爲宗旨，而正式工程學校之設立則尙在倫敦展覽會（一八五一年）之後。美國歷史最早之藍色樓工科大学（Rensselaer Polytechnic Institute）成立於一八二四年，創辦之初僅授土木工程，名稱爲藍色樓學校。大抵歐美各國之工程教育，在十九世紀初葉，尙屬技術學校之性質，以土木工程爲主，至於高等工程教育之長足進展，實開始於一八六〇年以後，迄今亦不過八十年而已。

吾國科學研究之進展，在天文醫藥數學各方面，已有久遠之歷史。論工程技術則周禮考工記分攻木攻金攻皮設色刮摩搏埴之工計三十項，觀其對於名詞尺度選料驗工之精密，足見當時工程技術已到達相當程度。文化歷史轉輾演變，迨元明之世，歐亞之交通漸繁，西方教士傳導歐洲之科學技術於中土，配合吾國固有之學術基礎，未始不可以發揚而光大。惟因明末政治不良，滿清入關，兵戎擾攘，乾嘉以降，政治紊亂，以致吾國之學術文化未能適應時代潮流而發展。及同治初年，曾李諸臣提倡西洋學術，設廣方言館與繙譯館於上海，前後出版格致化學製造各書計一百七十八種。迨光緒二十一年（一八九五年），北洋太學（初名中西學堂）首先成立，設有路礦等工程學部，二十三年（一八九七年），南洋公學成立，注重算化格



致工藝等科，是吾國之高等工程教育亦已有四十餘年之歷史。尤以民國十六年北伐完成之後，國民政府銳意推進大學教育，充實工程科學圖書設備，雖向未能與歐美負有盛名之高等工程學府媲美，但已追及其第二等大學。自抗戰以來，吾政府宏謀遠算，對於大學教育苦心維護，不遺餘力，而對於工程教育則因時勢之需要，期望更屬殷切，繼往開來，時代之使命甚重，吾國人素富於艱難創造之精神，諒必能發揮其固有之文化力量，以樹立今後學術建設之基礎也。

#### 四、工程學之定義

美國電工學家史篤德氏 (H. G. Stott) 作工程學之定義，曰「工程學為組織領導羣工，控制大自然之能力物料，以造福人類之學術」(見美國電工學會季刊一九〇八年卷)。此定義言簡而意賅，可稱允當，求之吾國古籍，與史篤德氏之定義恰相符者，有尚書大禹謨「正德利用厚生」一語。正德者領導羣工，即論語其身正不令而行之意，利用者控制自然，而厚生者造福人類也。大禹為工程師之典型，故其言之精當切要如此。觀上述定義，可知工程學為博大精深之學問，對於自然之澈底研究最關重要，庶能控制大自然之能力物料而充份利用之。若組織領導之才能，雖與個人稟賦有關，但發展而利導之者，亦端賴學識與修養，否則璞玉雖美，未加雕琢，恐向未能成珪璋之器也。

又美國麻省理工大學校長康潑登氏 (K. T. Compton) 作工程師之定義，曰「所謂工程師者，乃運用數理化與生物諸科學以及經濟學之知識，更濟之以從觀察實驗研究發明所得之結果，然後利用大自然之質料與能力以造福社會之人才」(參看傑克遜教授著美國工程教育之現狀及趨勢第一章第八頁)。故工程教育實包含自然科學與人文經濟方面，而不僅限於工程技術方面。且工程學之要旨在運用科學知識，而運用之妙則存乎一心

。善乎傑克遜 (D. C. Jackson) 教授之論工程學方法，曰「工程學為科學與藝術之調合，習之者須具精確採集數據之能力；能分析，考索與類別數據；能從數據作成案語；且能運綜合之想像力以審察數據，而利用所作案語以構成工程計劃」(參看同上)。故自然科學為研究工程學所必需之知識，但工程學則又自有其特殊之色彩與背景者也。

工程學之主要目標為利用大自然之能力與質料，其意義可得而申述之。蓋宇宙間一切活動均受能與質之支配；就人羣言之，則立國之本首重民生，而民生問題之中心則在如何開發動力，推廣生產；保國之道端賴國防，而國防問題之中心則在如何動員國力，培養資源，要之皆能與質之利用也。是故能盡能與質之用者，國家即不難日進於富強之域。惟欲盡能與質之用者，必先明能與質之理；明汽電之理，然後能創造汽機電機，而盡汽電能力之用，明鋼鐵之理，然後能冶製特種鋼鐵，而盡鋼鐵質料之用。顧欲明能與質之理，則自然科學之研究為重，而欲盡能與質之用，則工程學之研究尚矣。雖然，知其用不可不知其理，苟原理尚未通曉，則應用時感到困難將無從解決；況知其用尚未可以稱盡其用也，欲盡其用則須發揮研究創作之能力，而研究創作所需之工具乃基本科學也。科學知識為工程學之基本工具，而工程學之主要目的，則在運用科學知識以盡能與質之用。故工程學與純粹科學不同，蓋純粹科學之目的在創明能與質之理，而工程學則在盡其用，因欲盡其用乃必先明其理也。工程學又與應用科學之意義不類，蓋工程學之特色在發展分析與創作之能力，並非應用二字所能概其全，惟工程學之目的則在利用厚生耳。

各門學術均有理論與實際兩方面，固不獨工程學為然，而工程學則理論與實際間之調和尤關重要。蓋工程學所研究之問題屬於物質方面，但研究時之考索推論亦不外乎理



想之默運；又因所研究之對象為實際的，故理想須證之以實驗，而不致蹈於空泛。工程學之最大意義為務實，凡理論與實際不相符者，不能認為完滿之理論也。且工程學之要旨，在運用科學知識以盡能與質之用，而造福於社會，科學或稱格致學，故工程學之下手工夫在格物致知，而最高目的則在博施濟衆，其理想至高，而其工夫最切實。吾國以前學術似偏重於誠正修齊治平方面，而對於格物致知方面則較淡薄。工程學則發揮格致之功能，以得到治平之效果，其研究學理時之精心一志，亦有合乎誠正之義。故工程教育與吾國古代教育思想有契合之處，而其力行務實之精神，更足以祛空談玄理之失。惟理論與實際，理想與物質，貴乎能和諧調劑，庶可以培養研究之興趣而發展創作之能力也。

### 五、工程教育之一般原則

美國著名電機工程師蘭姆氏(B. G. Lamme)論工程人才之訓練(見蘭姆氏著電工論文集)，其主要原則為(一)把握基本原理，(二)明白物理觀念，(三)養成想像能力，而更總括之以(四)發展分析才能。所謂分析才能者，即從所能得到之數據與事實，加以分析研究而作正確判斷之謂也。研究工程學理所需要之工具為數學，精於工程學者，能善用數學工具以解析工程問題，而善於利用數學工具者，則能運用比較基本之數學以解決學理方面之問題，得之於心，應之於手，苟非對於工程學之基本原理確具把握，且對於所研究問題之物理現象澈底了解，更濟之以豐富之想像能力者，未易臻此也。高深數學為研究工程學之精良工具，而正確數學觀念之養成實為運用數學工具之前提，此則為習工程學者所當明瞭，而論工程教育者所宜注意者也。

且所謂工程人才者，若依其學養性質而區別之，可分作研究，設計，製造，測驗，

裝建，運用，保全等若干類。大抵研究人才需要淵博之科學工程知識，與超越之創作才能，設計人才須曉暢工程原理，且富有想像推斷之能力；製造人才須熟諳工作機械與工程技術，材料之性質，工廠管理法等；測驗人才須明曉器材器質，測驗標準等；裝建人才須具豐富之工程知識與技能；運用人才須熟習整個工程系制，與機器之特性；保全人才須精習機器之構造品質與工作技術。各項工程人才均有其特殊之學養經驗，長於研究者未必長於製造，長於設計者未必長於裝建。然就工程教育之立場言之，無論青年學子之稟賦興趣如何，而工程學理之基本訓練實為首要之圖。蓋教育之目的為培植青年之學術基礎，以為他日前進發展之所憑藉，基礎鞏固，則無論何種建築物皆可經營締造於基礎之上，而不虞傾側。故基本原理之訓練固為工程教育之要義，即專門工程學術之傳授，其主旨亦不外乎基本原理之發揮與推究也。

傑克遜教授論工程教育之趨勢，其最扼要之點為培養學生自動進修之能力(見美國工程教育之現狀及趨勢第八章第一二八頁)，此實不磨之論也。工程學術門類繁多，日新月異，既未可僅賴書本，亦未能限於教室。大學修業時期不過四年，大學教育乃畢生事業之出發點，無論何項事業之成功，端賴不斷之努力進修，苟在大學時期而未能養成自動進修之能力與習慣，則將來一出校門，機會更難，其影響於青年自身前途無量之發展，與乎社會國家之建設與進步者豈可量耶。

### 六、對於吾國工程教育之管見

無論何種制度莫不與一國之歷史背景與現實環境有密切之關係，工程教育亦然。是故美國之工程教育制度與歐洲不同，而歐洲大陸之制度又與英國異致。簡要言之，在法國則注重理論之研究，入學標準頗高，講學



者大多為工程學界知名之士，而學生課業之考績極嚴。在德國則學貴專精，學生在中學校之訓練比較嚴格，入工程學府者大多懷抱工程事業之志趣，而傾向於作工業專題之研究。在英國則認工程學府之主要使命為傳授工程基本學理，而實用技術則當在製造工廠或工程實施之場所訓練之，故英國工學院多採用學院與工廠錯綜教練之制。在美國則工學院中工場實驗室設備豐富，實習科目衆多，除基本科學及工程專門科目外頗注重經濟學；並有若干學院兼施合作科制，採取英國錯綜教練之法。在蘇聯則為完成其經濟建設計劃起見，除設工學院以培養高級工程人才外，並設各級技術學校以訓練大批工程幹部及技工人才；工學院與各工廠間之聯繫既十分密切，且每建新廠即同時成立技術學校，用能在短期之內造就多數之工程技術人員，惟學識技能之是否健全或不無疑問耳。吾國工程教育制度與美國最相近；以國情言之，吾國地大物博，需要大批工程人才作大量之開發，採取美制可稱得宜。惟每個國家各有其歷史傳統之觀念，與社會組織之特點，必須斟酌調劑，因地制宜，方能獲得最高之效益也。

吾國大學教育之歷史傳統精神為注重人格之修養。工程師為領導羣工以開物成務者，必須有開闊之胸襟，與高超之志趣，方能獲得羣工之信仰，而收臂指股肱之效。且國家大規模建設展開之後，各個工業組織勢將成為社會之重心，而工程師則為工業組織之中堅份子，又必賴平素之修養，方足以領導社會。是故存主奴之見，而抱中學為體，西學為用之觀念者，固難免思想陳腐之譏，但吾國之傳統教育精神，所以維繫社會於不墜者，亦未可一概抹煞。且注重人格修養，豈但吾國傳統教育思想如此，即英美諸國之教育趨向亦莫不然。傑克遜教授之言曰，「目下社會人士已更能認識優越之智慧為工程事業成就之因，而優秀之德性則為支持成就之

要素；又工程師視品性較知識更重要，而工程科目之傳習正所以訓練誠毅之意志」（參看美國工程教育之現狀及趨勢第八章第一四一頁）。其注重品性有如是者，故吾國大學工程教育，對於人文方面似乎亦有相當重視之需要，以期適合國情也。

工程學除以自然科學為基本外，並以力學科目（包括力學，水力學，靜電與動電力學，熱力學等）為介乎自然科學與專門工程科目間之津梁。吾國學生習工程科學須先習英文，或兼習德文，故大學工程學系科目繁重為必然之結果。大學修業期間不過四年，其中斟酌損益實煞費苦心，一國之工程教育，往往受實際環境之支配，而未可純憑理論。吾國目下最堪注意之問題，為大學工科師資之缺乏，與工程科目教材之調整。關於師資缺乏一層，則陳部長在中國工程師學會第八屆年會講中國工程教育問題（工程第十三卷第四號），亦曾慨乎言之；關於教材調整一層，則為吾國數十年來工程教育之重大問題；苟此兩大主要問題未能合理解決，則其他方面之改革更張，恐終鮮實效。吾國最早工科師資借才異域，現在則多數為留學歸國之工程學者，恐將來趨勢當為培養優秀之青年師資，其興趣在於學術研究者，待服務數年之後，在學術研究方面已具相當根柢，然後派送國外遊學以求深造，豈但為大學培養師資，亦即為國家造就才俊。又目下工科師資缺乏，與各機關迫切需求工程人才不無關係，如何設法調整，諒吾政府當局已籌之熟矣。吾國大學所用工程教本多數採取美國，一則因吾國工程教育制度近於美國，再則因美國出版事業發達之故。惟吾國社會現狀與美國不同，關於教材方面有應斟酌變通之處。吾政府當局對於此問題關心已久，念茲事體大，影響甚宏，尙有待於全國工程學者之努力與合作者也。

工程學術非但為國防建設所必需，且其內容包羅宏富，涵蘊精深，理論與實際調和



適合，是以能引起學習者之興趣；近年來多數青年之所以志願習工程者，此點亦為重要原因。惟工程學之標準頗高，而為學之道貴乎循序漸進，不可躐等。美國之大學工程教育較吾國更完備，但在彼邦亦頗有主張提高入學標準者。然彼邦出版事業發達，圖書館林立，各大工廠多設立實習訓練班，故大學工程學生卒業以後亦頗多進修之機會。吾國社會現狀，較之美國容有不同，大學教育關係更重。若能利用暑期，酌設講習班之類，以充實基本學識與必要之語文工具，則修習高深科目時，更能發生濃厚之興趣，而自動求知之力量可增強不少矣。

一國工程學術之地位，一方面既與工業建設之發展息息相關，而他方面則創作研究之重要性實堪注意。夫超卓之研究人才至不易得也。但學術之進步則有賴乎少數研究人才努力所獲之成績。當研究某種物質或現象之初，固未能預卜其所研究之結果，對於工業建設將發生若何影響，豈但未能預卜焉，或竟未甚縈懷也，所專心致志者在格物而窮其理耳。一旦研究成功，則能與質之利用更廣，工業建設隨之進步，而社會蒙其福。夫才難之嘆；自古如斯，而創作研究之長才尤屬難得，國家對於此種人才須珍惜之而培育之，此在論工程教育時所不得不鄭重提出者也。

至於工程技術人才之培育，國家正不知費去多少心血；工程學理貫通之後，又須積多年之實地經驗，技術乃能臻純熟之境，故高級工程人才之養成殊非易易。且工程技術類別頗多，門徑互異，因各人性格不同，有宜於製造，有宜於裝建，有宜於設計，有宜於保全，若職務與個性不宜，或所用非所學者，在整個建設事業言之，均屬人才之浪費，亦即社會之損失。夫工業建設之推進，端賴學識優長，經驗豐富之工程技術人才。以吾國幅員之大，各種工業均待舉辦，而工程人才如此缺乏，一方面固當廣事培植，他方

面尤應免除浪費，庶幾人盡其才，而工程技術乃能高速度進步矣。

工業建設與學術研究有互相關聯之勢，工業建設愈發展則學術研究愈需要。吾國對於學術研究方面之基礎甚形薄弱，一旦大規模建設開始後必有許多立待研究之問題；蓋各項工業均有地方性與時代性以及經濟上之種種關係，故研究工作十分重要。且工業技術進步極速，不研究即不能進步，不進步即立刻落伍，故工業建設愈發達則愈感研究工作之需要，蘇聯經濟建設計劃推行時，並成立多數之工業科學研究機關，即其明證。吾國工業落後為有識者所同慨，而研究基礎薄弱實更堪注意；且研究事業之發展較之工業建設或更難立見成效。故吾國工科大学應及早設立研究院以發展研究事業，造就研究人才，蓋非但為工業建設當務之急，抑亦為國家之百年大計也。

又 陳部長在第八屆年會講中國工程教育問題，對於建教合作之推進闡述頗詳。蓋大學工科教授所負之使命為發揚工程學術，而工程學則理論與實際間之調和極關重要。工程學府所研究之問題偏重學理方面，但理論須證之以實際而後涵義更明，工業建設所研究之問題偏重實際方面，但實際須本之於學理而後計劃更當，故建教合作實為發揚學術恢宏建設之重要因素。試觀蘇聯歷次經濟建設計劃之實行，工科教授之參與研究設計以底於成者，不在少數，可為明證。且大學工科教授負有培育建設人才之責任，若能熟知國內工業建設實在情況，則學校內學生所習能與國內建設取得聯繫，不致脫節，而愈能激發學生對於學業之興趣。美國哥倫比亞大學工學院長白克氏(J. W. Bakker)稱傑克遜教授工程教育哲學之精義，為「工程學生須令及早與新問題接觸，以激發其思索之能力。……欲達到此接觸新問題之目的，必須工科教授從事於工程顧問或研究方可」(參看美國電工雜誌一九三九年二月期第六



五頁)。可知工科教授之參加工程顧問或研究，不但合於建教合作之義；且對於工程教育之健全發展亦有莫大之裨益也。

### 七、結論

近來討論大學教育之文屢見報章雜誌，而關於工程教育方面者則未多觀，但大學工程教育之重要，固不待旁徵博引而後明也。國家工業建設之推進，有待於大批工程人才之培育，而大學工程教育則為養成高級工程人才之主要因素。況大學教育為青年畢生事業之出發點，其對於事業前途能發生蓬勃之

意興，與勇往堅毅，百折不撓之精神者，端賴健全之學識為原動力。故謂吾國現階段之大學工程教育，與今後若干年國運有關者，殆非過甚之辭也。作者不才，以茲問題之重要，尙參考文獻，欲明其究竟，明知管窺蠡測，無當大雅，然千慮必有一得，拋磚可以引玉，爰草此文，略陳鄙見，博雅君子，幸賜教焉。

本文承浙江大學工學院院長李熙謀先生供給重要資料，獲益良多，用誌數語，藉表謝忱。

著識者

**惠 利**  
**民 民**  
**印 肥**  
**刷 皂**

廠址：南岸大佛段一七〇號  
 營業處：重慶九尺坎卅四號  
 • 電 話 •  
 四一〇八七號

**股份有限公司**

零整批發價格低廉  
 去垢迅速不損衣料  
 品質優良泡沫濃多  
 機器製造科學管理  
 歷史最久品質最好的肥皂：  
 利民肥皂是銷路最廣

惠民印刷是組織最新  
 出品最精交件最速的印刷廠：  
 承印中西各式賬簿  
 銀行票據機關表冊  
 支票證券商標傳單  
 印製銅板圖畫刊物



司公限有份股業實興雍

廠織紡坡家蔡

太白棉紗	積雪牌十六支	十六支	十六支	積雪牌十六支	十六支	十六支	太白棉紗
紗棉支六十	積雪牌十六支	十六支	十六支	積雪牌十六支	十六支	十六支	紗棉支六十
太白棉紗	積雪牌十六支	十六支	十六支	積雪牌十六支	十六支	十六支	太白棉紗
紗棉支六十	積雪牌十六支	十六支	十六支	積雪牌十六支	十六支	十六支	紗棉支六十

白太  
牌雪積  
紗棉

◁ 址 廠 ▷

站車坡家蔡縣山岐省西陝

安西七六三一：號掛報電



# 連續長方板片之分析

劉 恢 先

## 第一節 題釋

本文研究之對象爲一不斷之板片(Slab)，一面受垂直板面之載重(Load)，一面有若干承梁(Supporting beams)將板片分爲若干長方格(Rectangular panels)，因稱之爲連續長板片(Continuous rectangular slab)，如圖(1)。此種板片常見於普通建築之中。

長方板片之分析曾經多人研究，並已求得固緣板片(Fixed-edge Slab)與簡支板片(Simply-supported Slab)之解答，但據作者所知，連續長方板片之理論解答則尙付缺如。在美國有兩種設計公式。一爲 Westergaard 教授於 1926 年所發表者，一爲 Di Stasio 及 Van Buren 兩氏於 1936 年所發表者，此兩種皆爲近似解答(Approximate solution)，不能令吾人滿意。前者限用於等格板片(Equal-panel slabs)，後者雖爲 American Concrete Institute 所採用，然其所根據之假定，則更爲粗率，本文之目的即在探求一精確解答，方法雖嫌繁冗，但在理論分析方面，或略有價值。

板片之作用視其厚度與跨度(Span)之比例而異，本文所討論者爲中等厚度之板片此類板片，因相當強韌，板面伸張(Surface stretching)及切變形(Shearing deformations)均極微小，吾人所須計算者僅其因彎曲(Bending)而生之形變(Deformations)及應力(Stresses)而已，在板片問題之求解時以選位移(Displacement)爲未知數(unknown)最爲簡便，因平行板面之分位移(Component displacement)極小，可以略去，吾人只須計算垂間板面之分位移，即

板之撓度(Deflection)此爲唯一之未知數，求出後，一切應力及形變均可由此推得，在已知條件下，撓度應爲板面坐標之函數(Function)，此函數之微分方程式曾經 Lagrange 求得，名爲 Lagrange 方程式，其式如下：(符號見後)

$$\Delta^2 Z = \frac{W}{N} \quad \Delta^2 = \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \dots (1)$$

設有一函數能適合此方程式，同時與板片之邊界條件(Boundary conditions)吻合，則此函數當即爲吾人所探求之解答，惟值邊界條件繁複之時，此種解法常難應用，除此法外尙有微差方程式(Difference equation)及能量(Energy)等方法，惟均頗難運用於連續板片。本篇係用 Lagrange 方程式求板片之彈性常數(Elastic constants)，用漸近法(Successive approximation)求因連續(Continuity)而生之應力及形變，再以此與簡支情形下應得之結果相加。

本文所用符號之解釋：(參閱圖 2，圖中之力矩及切力均爲正值)

$x, y$  水平面直角坐標(Horizontal rectangular coordinates)

$Z$  板片在位置  $(x, y)$  處之撓度，正值向下

$l$  板片之跨度(Span)

$t$  板片之厚度

$E$  板片質料之彈性係數(Modulus of elasticity)

$I$  板片每單位寬度之轉動慣量(Moment of inertia)

$\mu$  Poisson 比

$N$  決定板片剛度(Stiffness)之因數  
$$= \frac{EI}{1 - \mu^2} = E'I$$



P 集中載重 (Concentrated load)

W 每單之面積上之均佈載重 (Uniformly distributed load)  $V_x(x,y)$  處，垂直  $x$  一軸之截面上，每單位寬度之鉛直切力 (vertical shear)，如為正值，則在背面作用向上，在前面作用向下。

(Uniformly distributed load)

$V_y(x,y)$  處，垂直  $y$  一軸之截面上每單位寬度之鉛直切力，如為正值，則在背面作用向上在前面作用向下。

$M_x, M_y$  ( $x,y$ ) 處，沿  $x$  方向與  $y$  方向，每單位寬度之彎曲矩 (Bending moment)，如為正值，則使板片上面受壓力 (Compression) 底面受張力 (Tension)

$M_{xy} = M_{yx}$  ( $x,y$ ) 處， $Zy$  或  $zx$  平面上，每單位寬度之扭轉矩 (Twisting moment)，如為正值，則使板片上面沿直線， $x=y$  受壓力。

Lagrange 方程式導出 (Derivation)

之簡單說明：

力矩與撓度之關係可用下列三式表之：

$$M_x = \frac{EI}{1-\mu} \left( -\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \mu \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) = -N \left( \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) \dots\dots(2)$$

$$M_y = \frac{EI}{1-\mu} \left( -\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} - \mu \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right) = -N \left( \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right) \dots\dots(3)$$

$$M_{xy} = -N(1-\mu) \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \dots\dots(4)$$

圖(2)所示之微塊 (Differential element)， $dx \cdot dy$  上之各力應相平衡，由此可得下列三方程式：

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + W = 0 \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{\partial M_x}{\partial x} + \frac{\partial M_{yx}}{\partial y} = V_x \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{\partial M_y}{\partial y} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} = V_y \dots\dots\dots(7)$$

以(2),(3),(4)三式代入(6),(7)兩式再以所得新式代入(5)式，則得

$$\Delta^2 Z = -\frac{W}{N} \dots\dots\dots(1)$$

### 第二節 本題之解法—斜度調整法 (Slope Adjustment)

步驟概述 凡連續長方板片必能適合下列之條件：

- (1) 任一接界線上，一側之斜度及撓度與他側之斜度及撓度必相同之函數。
- (2) 任一接界線上，兩邊板緣 (Edge) 上之力矩與梁之扭轉矩適合該線上之平衡方程式 (Equations of equilibrium)。

對於一單獨格，上列之條件可視為邊界條件，解決連續板片之問題，即須在此兩邊界條件之下，求 Lagrange 方程式或其他相當 (Equivalent) 方程式之解答，本節先假定梁寬為零，全長之撓度亦為零，用漸近法將板片撓度函數中之係數作漸近之調整，全部步驟如下：

#### 1. 簡板 (Simple slab) (斜度差之確定)

設想圖(1)中所示之板片沿其各格邊線被切成多數單獨之簡支格 (Simply-supported panel)，然後求每一單獨格受其載重時之形變及應力，此等格邊緣上之斜度稱為簡板斜度 (Simple slab slope)，每一接界線上兩側之簡板斜度必不相等，其差異稱為簡板斜度差 (Simple-slab slope difference) 或簡稱為不平衡斜度 (Unbalanced slope)。此種斜度之存在即與第一連續條件不合，故必須移去之。

#### 2. 不平衡斜度之移去。

由形體上言，兩格接界線上之不平衡斜度即代表一裂縫之形成，但實際板片連續不



斷，絕無此項裂縫存在，故構成此假想裂縫兩邊緣上必有一彎曲矩將此裂縫閉合無跡。換言之，倘將種彎曲矩加入，則不平衡斜度可以移去。本步驟即由裂縫之大小算出應加入之彎曲矩，計算時仍假定各邊緣均係簡支。

### 3. 挈渡斜度 (Carry-over Slope) 之計算

移去兩格間之不平衡斜度，係將適當之彎曲矩加於此兩格之接界邊上，同時設想各邊均為簡支。如此，每邊必有斜度之改變，除被平衡之一邊外，其餘三邊所得之斜度改變稱為挈渡斜度，所有不平衡斜度全被移去後，每格之每邊即向其餘三邊接受挈渡斜度。求此等挈渡斜度之總和，即得每格每邊之總挈斜度，其性質與簡板斜度相同，故可用同法移去之。

4. 將 2, 3 兩步驟重複演算直至挈渡斜度之數值減為極小為止，各邊每次加入之彎曲矩之總和即為其實際存在之彎曲矩。

### 基本公式之導出

茲求一簡單問題之解答，所得之結果於後文應用。

設想一無載重之板片，其四邊均係簡支，其中之一邊有一彎曲矩作用於其上，現欲求此彎曲矩所生之形變及應力此問題可分四種情形。

1. 彎曲矩， $M = \Psi(y)$  作用於  $x = l_x$  邊上

$$\text{設 } Z = \sum_{n=1}^{\infty} k_n [A_n \sinh \beta_n x + B_n \cosh \beta_n x + C_n x \sinh \beta_n x + D_n x \cosh \beta_n x] \sin \beta_n y$$

上式每項皆為 Lagrange 方程式之解，故能完全適合此方程式。  $A_n, B_n, C_n, D_n,$

$k_n,$  及  $\beta_n$  均為常數，可由下列邊界條件決定之：

- 1) 在  $x=0$  及  $x=l_x$  兩邊，  $Z=0$
- 2) 在  $y=0$  及  $y=l_y$  兩邊，  $-Z=0$
- 3) 在  $x=0$  一邊，曲率 (Curyature)，

$$-\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0 \quad \text{即 力矩} = 0$$

在  $x=l_x$  一邊，曲率 (Curyature)，

$$-\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = \frac{M}{N}$$

- 4) 在  $y=0$  及  $y=l_y$  兩邊，曲率

$$-\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0$$

由 1) 與 3) 可得：

$$A_n = \frac{l_x \cosh \beta_n l_x}{2N \beta_n \sinh^2 \beta_n l_x}; B_n = C_n = 0,$$

$$D_n = -\frac{1}{2N \beta_n \sinh \beta_n l_x}$$

由 2) 可得  $\beta_n l_y = 0, \pi, 2\pi, \dots, n\pi,$   $n$  為一整數。

以  $\lambda_x$  代表  $l_x/l_y,$   $\lambda_y$  代表  $l_y/l_x,$  上式可寫作：

$$\beta_n = n\pi/l_y = \frac{n\pi\lambda_x}{l_x}$$

由 3),  $k_n$  之值可依下式決定之：

$$\sum_{n=1}^{\infty} k_n \sin \beta_n y = M = \Psi(y)$$

$$\text{或 } \sum_{n=1}^{\infty} k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y} = M = \Psi(y)$$

如解答能滿足條件 2) 則必自動滿足條件 4)。

根據 Fourier 級數之理論，

$$k_n = \frac{2}{l_y} \int_0^{l_y} \Psi(y) \sin \frac{n\pi y}{l_y} dy$$

將以上求得各常數之值代入  $Z$  之式中，

可得

$$Z = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{l_x^2 k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y}}{2N n \pi \lambda_x \sinh^2 n \pi \lambda_x} \left[ \text{Cosh } n \pi \lambda_x \sinh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \frac{x}{l_x} \sinh n \pi \lambda_x \cosh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) \right] \dots \dots \dots (8)$$



$$\frac{\partial z}{\partial x} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x}{2Nn\pi\lambda_x \sinh^2 n\pi\lambda_x} \operatorname{Cosh} \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \frac{x}{l_x} \frac{\sinh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right)}{2N \sinh n\pi\lambda_x} \right] l_x k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(9)$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_n l_x \cos \frac{n\pi y}{l_y}}{2N \sinh n\pi\lambda_x} \left[ \cosh n\pi\lambda_x \sinh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \frac{x}{l_x} \sinh n\pi\lambda_x \cosh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right) \right] \dots\dots\dots(10)$$

$$M_x = -N \left( \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) = \sum_{n=1}^{\infty} - \left[ \frac{(1-\mu)n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x - 2\sinh n\pi\lambda_x}{2 \sinh^2 n\pi\lambda_x} \sinh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \frac{(1-\mu)n\pi\lambda_x \left( \frac{x}{l_x} \right) \cosh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right)}{2 \sinh n\pi\lambda_x} \right] k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(11)$$

$$M_y = -N \left( \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right) = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{(1-\mu)n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x + 2\mu \sinh n\pi\lambda_x}{2 \sinh^2 n\pi\lambda_x} \sinh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \frac{(1-\mu)n\pi\lambda_x \left( \frac{x}{l_x} \right) \cosh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right)}{2 \sinh n\pi\lambda_x} \right] k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(12)$$

$$M_{xy} = -N(1-\mu) \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = \sum_{n=1}^{\infty} -(1-\mu) \left[ \frac{n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x}{2 \sinh^2 n\pi\lambda_x} \cosh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \frac{n\pi\lambda_x \left( \frac{x}{l_x} \right) \sinh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right)}{2 \sinh n\pi\lambda_x} \right] k_n \cos \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(13)$$

$$V_x = -N \frac{\partial \Delta z}{\partial x} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n\pi\lambda_x k_n}{l_x \sinh n\pi\lambda_x} \cosh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right) \sin \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(14)$$

$$V_y = -N \frac{\partial \Delta z}{\partial y} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n\pi\lambda_x k_n}{l_x \sinh n\pi\lambda_x} \sinh \left( n\pi\lambda_x \frac{x}{l_x} \right) \cos \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(15)$$

四邊爲斜度 :

$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{x=0} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x}{2Nn\pi\lambda_x \sinh^2 n\pi\lambda_x} \right] l_x k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(16)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{x=l_x} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x}{2Nn\pi\lambda_x \sinh^2 n\pi\lambda_x} \right] l_x k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(17)$$



$$\left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{y=0} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_n \lambda_x}{2N \sinh^2 n \pi \lambda_x} \left[ \cosh n \pi \lambda_x \sinh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \left( \frac{x}{l_x} \right) \sinh n \pi \lambda_x \cosh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) \right] \dots\dots\dots(18)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{y=l_y} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n k_n \lambda_x}{2N \sinh^2 n \pi \lambda_x} \left[ \cosh n \pi \lambda_x \sinh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \left( \frac{x}{l_x} \right) \sinh n \pi \lambda_x \cosh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) \right] \dots\dots\dots(19)$$

展開(18)，(19)兩式括弧中之函數，再應用 Fourier 級數之理論則得下式。

$$\left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{y=0} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_n \lambda_x}{2N} a_{n m} \right] \sin \frac{m \pi x}{l_x} \dots\dots\dots(20)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{y=l_y} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n k_n \lambda_x}{2N} a_{n m} \right] \sin \frac{m \pi x}{l_x} \dots\dots\dots(21)$$

$$a_{n m} = - \frac{4(-1)^m \lambda_x m n}{\pi^2 (m^2 + \lambda_x^2 n^2)^2} \dots\dots\dots(22)$$

四邊之力矩及切力為：

$$M_x]_{x=0} = M_x]_{y=0} = M_x]_{y=l_y} = 0 \dots\dots\dots(23)$$

$$M_x]_{x=l_x} = \sum_{n=1}^{\infty} k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(24)$$

$$M_y]_{y=0} = M_y]_{y=l_y} = M_y]_{x=0} = 0 \dots\dots\dots(25)$$

$$M_y]_{x=l_x} = \sum_{n=1}^{\infty} \mu k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(26)$$

$$M_{xy}]_{x=0} = \sum_{n=1}^{\infty} -(1-\mu) \left[ \frac{n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x}{2 \sinh^2 n \pi \lambda_x} \right] k_n \cos \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(27)$$

$$M_{xy}]_{x=l_x} = \sum_{n=1}^{\infty} -(1-\mu) \left[ \frac{n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x}{2 \sinh^2 n \pi \lambda_x} \right] k_n \cos \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(28)$$

$$M_{xy}]_{y=0} = \sum_{n=1}^{\infty} -(1-\mu) \left[ \frac{n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x}{2 \sinh^2 n \pi \lambda_x} \cosh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \frac{n \pi \lambda_x \left( \frac{x}{l_x} \right) \sinh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right)}{2 \sinh n \pi \lambda_x} \right] k_n \dots\dots\dots(29)$$

$$M_{xy}]_{y=l_y} = \sum_{n=1}^{\infty} -(-1)^n (1-\mu) \left[ \frac{n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x}{2 \sinh^2 n \pi \lambda_x} \cosh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) - \frac{n \pi \lambda_x \left( \frac{x}{l_x} \right) \sinh \left( n \pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right)}{2 \sinh n \pi \lambda_x} \right] k_n \dots\dots\dots(30)$$

$$V_x]_{x=0} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n \pi \lambda_x}{l_x \sinh n \pi \lambda_x} k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(31)$$

$$V_x]_{x=l_x} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x}{l_x \sinh n \pi \lambda_x} k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(32)$$

$$V_x]_{y=0} = V_x]_{y=l_y} = 0 \dots\dots\dots(33)$$



$$V_y ]_{y=0} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n\pi \lambda_x k_n}{l_x \sinh n\pi \lambda_x} \sinh \left( n\pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) \dots\dots\dots(34)$$

$$V_y ]_{y=l_y} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n n\pi \lambda_x k_n}{l_x \sinh n\pi \lambda_x} \sinh \left( n\pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) \dots\dots\dots(25)$$

$$V_y ]_{x=0} = 0 \dots\dots\dots(36)$$

$$V_y ]_{x=l_x} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n\pi \lambda_y}{l_x} k_n \cos \frac{n\pi y}{l_y} \dots\dots\dots(37)$$

$\sinh \left( n\pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right)$  可展開成下列級數

$$\sinh \left( n\pi \lambda_x \frac{x}{l_x} \right) = \sum_{m=1}^{\infty} - \frac{2(-1)^m m}{\pi (m^2 + n^2 \lambda_x^2)} \sinh n\pi \lambda_x \sin \frac{m\pi x}{l_x}$$

代入(34),(35)兩式,得:

$$V_y ]_{y=0} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(-1)^{m+1} nm \lambda_x}{l_x (m^2 + n^2 \lambda_x^2)} k_n \right] \sin \frac{m\pi x}{l_x} \dots\dots\dots(38)$$

$$V_y ]_{y=l_y} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(-1)^{m+n+1} nm \lambda_x}{l_x (m^2 + n^2 \lambda_x^2)} k_n \right] \sin \frac{m\pi x}{l_x} \dots\dots\dots(39)$$

爲引用便利起見,式(8)至(37)可簡寫爲

$$Z_1 = Z_1[x, y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(8)$$

$$\frac{\partial Z_1}{\partial x} = Z_{1x}[x, y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(9)$$

$$\frac{\partial Z_1}{\partial y} = Z_{1y}[x, y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(10)$$

..... (餘類推)

$$\text{又 } \frac{\partial^2 Z_1}{\partial x^2} = Z_{1xx}[x, y, \lambda_x, l_x]$$

.....

上列各式中之指標 (subscript), 1 表示在第一種情形下之數量, 以後將以 2, 3 及 4 表示在第二, 三及四種情形下之數量。

2. 彎曲矩,  $M = \Psi(y)$  作用  $x=0$  邊上。

在此情形下之撓度可將  $(l_x - x)$  代替  $Z_1$  式中之  $x$  即得, 故

$$Z_2 = Z_2[x, y, \lambda_x, l_x] = Z_1[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(40)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z_2}{\partial x} &= \frac{\partial Z_1[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x]}{\partial x} \\ &= \frac{\partial Z_1[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x]}{\partial(l_x - x)} \cdot \frac{\partial(l_x - x)}{\partial x} \end{aligned}$$

$$= - Z_{1x}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(41)$$

$$\frac{\partial Z_2}{\partial y} = Z_{1y}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(42)$$

$$M_{2x} = M_{1x}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(43)$$

$$M_{2y} = M_{1y}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(44)$$

$$M_{2xy} = -M_{1xy}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(45)$$

$$V_{2x} = -V_{1x}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(46)$$

$$V_{2y} = V_{1y}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x] \dots\dots\dots(47)$$

3. 彎曲矩,  $M = \Psi(x)$  作用於  $y = l_y$  邊上

將第一種情形下各式中之  $x, y$  互相掉換

即得第三種情形下之各相當公式。

$$Z_3 = Z_1[y, x, \lambda_y, l_y] \dots\dots\dots(48)$$

$$\frac{\partial Z_3}{\partial x} = Z_{1y}[y, x, \lambda_y, l_y] \dots\dots\dots(49)$$

$$\frac{\partial Z_3}{\partial y} = Z_{1x}[y, x, \lambda_y, l_y] \dots\dots\dots(50)$$

$$M_{3x} = M_{1y}[y, x, \lambda_y, l_y] \dots\dots\dots(51)$$

$$M_{3y} = M_{1x}[y, x, \lambda_y, l_y] \dots\dots\dots(52)$$

$$M_{3xy} = M_{1xy}[y, x, \lambda_y, l_y] \dots\dots\dots(53)$$

$$V_{3x} = V_{1y}[y, x, \lambda_y, l_y] \dots\dots\dots(54)$$

$$V_{3y} = V_{1x}[y, x, \lambda_y, l_y] \dots\dots\dots(55)$$

\* 註:  $Z_{1x}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x]$  即將



$Z'_{1x}(x, y, \lambda_x, l_x)$  中之  $x$  寫為  
 $(l_x - x)$  而成之函數，例如，倘  
 $Z'_{1x}(x, y, \lambda_x, l_x) = x$ ，則  
 $Z'_{1x}[(l_x - x), y, \lambda_x, l_x]$   
 $= l_x - x$

4. 彎曲矩， $M = \Psi(x)$  作用於  $y = c$  邊上  
 $Z_1$  對於  $x, y, \lambda_x, l_x$  及  $M$  之關係與  $Z_2$  對  
於  $(l_y - y), x, \lambda_y, l_y$  之關係相同故

$$Z_2 = Z_1[(l_y - y), x, \lambda_y, l_y] \dots \dots (56)$$

$$\frac{\partial Z_1}{\partial x} = Z'_{1y}[(l_y - y), x, \lambda_y, l_y] \dots \dots (57)$$

$$\frac{\partial Z_1}{\partial y} = -Z'_{1x}[(l_y - y), x, \lambda_y, l_y] \dots (58)$$

$$M_{1x} = M_{1y}[(l_y - y), x, \lambda_y, l_y] \dots \dots (59)$$

$$M_{1y} = M_{1x}[(l_y - y), x, \lambda_y, l_y] \dots \dots (60)$$

$$M_{1xy} = -M_{1xy}[(l_y - y), x, \lambda_y, l_y] \dots (61)$$

$$V_{1x} = V_{1y}[(l_y - y), x, \lambda_y, l_y] \dots \dots (62)$$

$$\Delta_{1y} = -V_{1x}[(l_y - y), x, \lambda_y, l_y] \dots \dots (63)$$

簡板斜度及不平衡斜度

圖 (7) 示在同一  $x$ - 軸上相鄰之二格，  
(1) 與 (2)。令  $Z_1, Z_2$  代表格 (1) 與格 (2)  
設為簡支時之撓度，又令  $x_1 = l_1, x_2 = 0$  兩  
邊上之簡板斜度為：

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= \frac{16W_1}{\pi^6 N_1} \sum_{m, n=1, 3, 5, \dots}^{\infty} \frac{1}{m n \left( \frac{m^2}{l_1^2} + \frac{n^2}{l_3^2} \right)^2} \sin \frac{m \pi x_1}{l_1} \sin \frac{n \pi y}{l_3} \\ Z_2 &= \frac{16W_2}{\pi^6 N_2} \sum_{m, n=1, 3, 5, \dots}^{\infty} \frac{1}{m n \left( \frac{m^2}{l_2^2} + \frac{n^2}{l_3^2} \right)^2} \sin \frac{m \pi x_2}{l_2} \sin \frac{n \pi y}{l_3} \end{aligned} \right\} (68)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial Z_1}{\partial x_1} &= \frac{16W_1}{\pi^6 N_1} \sum_{m, n=1, 3, 5, \dots}^{\infty} \frac{\pi}{n l_1 \left( \frac{m^2}{l_1^2} + \frac{n^2}{l_3^2} \right)^2} \cos \frac{m \pi x_1}{l_1} \sin \frac{n \pi y}{l_3} \\ \frac{\partial Z_2}{\partial x_2} &= \frac{16W_2}{\pi^6 N_2} \sum_{m, n=1, 3, 5, \dots}^{\infty} \frac{\pi}{n l_2 \left( \frac{m^2}{l_2^2} + \frac{n^2}{l_3^2} \right)^2} \cos \frac{m \pi x_2}{l_2} \sin \frac{n \pi y}{l_3} \end{aligned} \right\} (69)$$

$$\left. \begin{aligned} \left. \frac{\partial Z_1}{\partial x_1} \right|_{x_1 = l_1} &= -\frac{16W_1}{\pi^6 N_1} \sum_{m, n=1, 3, 5, \dots}^{\infty} \frac{\pi}{n l_1 \left( \frac{m^2}{l_1^2} + \frac{n^2}{l_3^2} \right)^2} \sin \frac{n \pi y}{l_3} = F_1(y) \\ \left. \frac{\partial Z_2}{\partial x_2} \right|_{x_2 = 0} &= \frac{16W_2}{\pi^6 N_2} \sum_{m, n=1, 3, 5, \dots}^{\infty} \frac{\pi}{n l_2 \left( \frac{m^2}{l_2^2} + \frac{n^2}{l_3^2} \right)^2} \sin \frac{n \pi y}{l_3} = F_2(y) \end{aligned} \right\} (70)$$

$$\left. \begin{aligned} F_1(y) &= \frac{\partial Z_1}{\partial x_1} \Big|_{x_1 = l_1} \\ \text{及 } F_2(y) &= \frac{\partial Z_2}{\partial x_2} \Big|_{x_2 = 0} \end{aligned} \right\} (64)$$

則不平衡斜度應為

$$F'(y) = F_2(y) - F_1(y) = F(y) \dots \dots (65)$$

此不平衡斜度即代表一裂縫，如  $F(y)$   
為正值，則裂縫向上，如為負值，則裂縫向  
下。通常  $F(y)$  為一連續有限函數 (Continu-  
ous and finite function)，故可展開成一  
Fourier 級數：

$$F(y) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \frac{n \pi y}{l_3}, 0 < y < l_3 (66)$$

上式中，
$$A_n = \frac{2}{l_3} \int_0^{l_3} F(y) \sin \frac{n \pi y}{l_3} dy (67)$$

$F_1(y)$  及  $F_2(y)$  之數值隨載重而異，茲  
討論兩種載重情形如後：

1. 均佈載重

令  $W_1 =$  格 (1) 上之均佈載重

$W_2 =$  格 (2) 上之均佈載重

其他數量均以指標 1 表明屬格  
(1)，指標 2 表明屬格 (2)，此問  
題前人早已獲得解答。



故得簡板斜度差：

$$F(y) = F_2(y) - F_1(y) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} A_n \frac{\sin n\pi y}{l_3} \dots\dots\dots (71)$$

上式中,  $A_n = \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} B_{mn} \dots\dots\dots (72)$

$$B_{mn} = \frac{16}{\pi^5} \left( \frac{W_2 l_2^3}{N_2 n (m^2 + \lambda_{23}^2 n^2)} + \frac{W_1 l_1^3}{N_1 n (m^2 + \lambda_{13}^2 n^2)} \right) \dots\dots\dots (73)$$

$$\lambda_{13} = \frac{l_1}{l_3}, \quad \lambda_{23} = \frac{l_2}{l_3}$$

2. 一集中載重,  $P_1$  作用於格(1)之  $(\xi_1, \eta_1)$  點, 另一集中載重作用於格(2)之  $(\xi_2, \eta_2)$  點。

此問題亦已有解答。

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{4P_1}{\pi^4 N_1} \sum_{m,n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{m\pi \xi_1}{l_1} \sin \frac{n\pi \eta_1}{l_3}}{l_1 l_3 \left( \frac{m^2}{l_1^2} + \frac{n^2}{l_3^2} \right)^2} \sin \frac{m\pi x_1}{l_1} \sin \frac{n\pi y}{l_3} \\ Z_2 &= \frac{4P_2}{\pi^4 N_2} \sum_{m,n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{m\pi \xi_2}{l_2} \sin \frac{n\pi \eta_2}{l_3}}{l_2 l_3 \left( \frac{m^2}{l_2^2} + \frac{n^2}{l_3^2} \right)^2} \sin \frac{m\pi x_2}{l_2} \sin \frac{n\pi y}{l_3} \end{aligned} \dots\dots\dots (74)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z_1}{\partial x_1} &= \frac{4P_1 l_1}{\pi^4 N_1} \sum_{m,n=1}^{\infty} \frac{m\pi \lambda_{13} \sin \frac{n\pi \xi_1}{l_1} \sin \frac{n\pi \eta_1}{l_3}}{(m^2 + \lambda_{13}^2 n^2)^2} \cos \frac{m\pi x_1}{l_1} \sin \frac{n\pi y}{l_3} \\ \frac{\partial Z_2}{\partial x_2} &= \frac{4P_2 l_2}{\pi^4 N_2} \sum_{m,n=1}^{\infty} \frac{m\pi \lambda_{23} \sin \frac{n\pi \xi_2}{l_2} \sin \frac{n\pi \eta_2}{l_3}}{(m^2 + \lambda_{23}^2 n^2)^2} \cos \frac{m\pi x_2}{l_2} \sin \frac{n\pi y}{l_3} \end{aligned} \dots\dots\dots (75)$$

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial Z_1}{\partial x_1} \right|_{x_1=l_1} &= \frac{4P_1 l_1}{\pi^4 N_1} \sum_{m,n=1}^{\infty} \frac{(-1)^m m\pi \lambda_{13} \sin \frac{n\pi \xi_1}{l_1} \sin \frac{n\pi \eta_1}{l_3}}{(m^2 + \lambda_{13}^2 n^2)^2} \sin \frac{n\pi y}{l_3} \\ \left. \frac{\partial Z_2}{\partial x_2} \right|_{x_2=0} &= \frac{4P_2 l_2}{\pi^4 N_2} \sum_{m,n=1}^{\infty} \frac{m\pi \lambda_{23} \sin \frac{n\pi \xi_2}{l_2} \sin \frac{n\pi \eta_2}{l_3}}{(m^2 + \lambda_{23}^2 n^2)^2} \sin \frac{n\pi y}{l_3} \end{aligned} \dots\dots\dots (76)$$

故得簡板斜度差：

$$F(y) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \frac{n\pi y}{l_3} \dots\dots\dots (77)$$

$$A_n = \sum_{m=1}^{\infty} B_{mn} \dots\dots\dots (78)$$

$$\begin{aligned} B_{mn} &= \left[ \frac{4P_2 l_2}{\pi^4 N_2} \frac{m\pi \lambda_{23} \sin \frac{m\pi \xi_2}{l_2} \sin \frac{m\pi \eta_2}{l_3}}{(m^2 + \lambda_{23}^2 n^2)^2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{4P_1 l_1}{\pi^4 N_1} \frac{(-1)^m m\pi \lambda_{13} \sin \frac{m\pi \xi_1}{l_1} \sin \frac{m\pi \eta_1}{l_3}}{(m^2 + \lambda_{13}^2 n^2)^2} \right] \dots\dots\dots (79) \end{aligned}$$



如相鄰之二格，(1)與(2)在同一  $y$ -軸上(圖 9)與前同理， $F(x)$ 可寫成下式：

$$F(x) = F_2(x) - F_1(x) = \sum_{m=1}^{\infty} A_m \sin \frac{m\pi x}{l_3} \dots\dots\dots(80)$$

1. 均佈載重

$$F(x) = \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} A_m \sin \frac{m\pi x}{l_3} \dots\dots\dots(81)$$

$$A_m = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} B_{mn}$$

$$B_{mn} = \frac{16}{\pi^5} \left( \frac{W_2 l_2^3}{N_2 m(n^2 + \lambda_{23}^2 m^2)} + \frac{W_1 l_1^3}{N_1 m(n^2 + \lambda_{13}^2 m^2)} \right)$$

2. 集中載重

$$F(x) = \sum_{m=1}^{\infty} A_m \sin \frac{m\pi x}{l_3} \dots\dots\dots(82)$$

$$A_m = \sum_{n=1}^{\infty} B_{nm}$$

$$B_{nm} = \left[ \frac{4P_2 l_2}{\pi^4 N_2} \frac{n\pi \lambda_{23} \sin \frac{m\pi \xi_2}{l_2} \sin \frac{n\pi \eta_2}{l_2}}{(n^2 + \lambda_{23}^2 m^2)^2} - \frac{4P_1 l_1}{\pi^4 N_1} \frac{(-1)^n n\pi \lambda_{13} \sin \frac{m\pi \xi_1}{l_1} \sin \frac{n\pi \eta_2}{l_2}}{(n^2 + \lambda_{13}^2 m^2)^2} \right]$$

不平衡斜度之移去 加一彎曲距  $M = \Psi(y) = \sum k_n \sin \frac{n\pi y}{l_3}$  於圖(7)所示二格之接界綫  $x = l_1, x_2 = 0$ ，倘此線兩邊之斜度因此彎曲矩之作用而變為相等，則不平衡斜度即被移去(即裂縫被閉合)。根據公式(17)及(41)， $x_1 = l_1, x_2 = 0$  線上之兩格因  $M$  而生之斜度差為：

$$\left. \frac{\partial z_2}{\partial x_2} \right|_{x_2=0} - \left. \frac{\partial z_1}{\partial x_1} \right|_{x_1=l_1} = \sum_{n=1}^{\infty} F_n k_n \sin \frac{n\pi y}{l_3} \dots\dots\dots(83)$$

$$\text{上式中， } F_n = - \left[ \frac{n\pi \lambda_{23} - \sinh n\pi \lambda_{23} \cosh n\pi \lambda_{23}}{2N_2 n\pi \lambda_{23} \sinh^2 n\pi \lambda_{23}} l_2 + \frac{n\pi \lambda_{13} - \sinh n\pi \lambda_{13} \cosh n\pi \lambda_{13}}{2N_1 n\pi \lambda_{13} \sinh^2 n\pi \lambda_{13}} l_1 \right] \dots\dots\dots(84)$$

$F_n$  稱為兩格之柔度 (Flexibility)

因  $M$  之作用為移去簡板斜度差， $F(y) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \frac{n\pi y}{l_3}$  故  $k_n$  必須適合下式：

$$F(y) + \sum_{n=1}^{\infty} F_n k_n \sin \frac{n\pi y}{l_3} = 0 \dots\dots\dots(85)$$

或  
故  $\sum_{n=1}^{\infty} (A_n + F_n k_n) \sin \frac{n\pi y}{l_3} = 0$   
 $A_n + F_n k_n = 0,$



$$k_n = -A_n/F_n \dots\dots\dots(83)$$

如板之彈性性質，尺寸，及載重為已知，當  $n$  為一定數值時， $A_n$  及  $F_n$  均可求出故  $k_n$  即可決定。查看  $\cosh n\pi\lambda$ ， $\sinh n\pi\lambda$  及  $n\pi\lambda$  之曲綫，可知  $F_n$  恆為正值，故  $k_n$  之號恆與不平衡斜度之號相反。

圖(9)所示二格之不平衡度亦可用同法移去之，於  $y_1=l_1$   $y_2=0$  綫上加彎曲矩。

$$M = \psi(x) = \sum_{m=1}^{\infty} k_m \sin \frac{m\pi x}{l_3}$$

根據公式(50)及(58)，在此綫上，兩格因  $M$  而得之斜度差為：

$$\left. \frac{\partial z_2}{\partial y_2} \right|_{y_2=0} - \left. \frac{\partial z_1}{\partial y_1} \right|_{y_1=l_1} = \sum_{m=1}^{\infty} F_m k_m \sin \frac{m\pi x}{l_3} \dots\dots\dots(87)$$

上式中， $F_m = - \left[ \frac{m\pi\lambda_{23} - \sinh m\pi\lambda_{23} \cosh m\pi\lambda_{23}}{2N_2 m\pi\lambda_{23} \sinh^2 m\pi\lambda_{23}} l_3 + \frac{m\pi\lambda_{13} - \sinh m\pi\lambda_{13} \cosh m\pi\lambda_{13}}{2N_1 m\pi\lambda_{13} \sinh^2 m\pi\lambda_{13}} l_1 \right] \dots\dots\dots(88)$

依前理可得與(86)相似之下式

$$k_m = - \frac{A_m}{F_m} \dots\dots\dots(89)$$

式中  $F_m$  恆為正值， $k_m$  之號恆與  $A_m$  之號相反。

圖(10)所示一多數長方格組成之板片，為本題之普通情形 (General case)，茲立一符號之系統如下：

每格以一數字代表之，以  $i, j, k$  代表任三格， $l_{i-j}$  代表  $i, j$  二格之公共邊之長， $\lambda_{i-j-k}$  代表兩邊長之比 =  $\frac{l_{i-j}}{l_{j-k}}$ ， $N_j$  代表  $i$  格之彎曲剛度 (Flexural rigidity)。

任一格， $i$  之軸綫取向方法依照下列規則：

- 1) 原點 (origin) 在此格之左下角，以  $O_i$  表之。
- 2)  $x$ - 軸之正向指右，其坐標以  $x_i$  表之。
- 3)  $y$ - 軸之正向指上 (在板面內)，其坐標以  $y_i$  表之。
- 4) 此格之撓度 ( $z$ ) 垂直於板面，正向與載重方向相同，以  $Z_i$  表之。

各格接界綫上俱有不平衡斜度，可依次用上述方法移去之。

挈渡斜度 前曾說明兩格間之不平衡斜度被移去時，其他各邊均有斜度變動，並曾名此等斜度變動為挈渡斜度，茲以接界綫 4-5 為例，沿此綫之不平衡斜度被移去時，格(4)之 1-4, 3-4, 及 7-4 三邊與格(5)之 2-5, 6-5 及 8-5 三邊均有斜度變動，即挈渡斜度。接界綫，4-5 亦從 1-4, 3-4, 7-4 三邊及 2-5, 6-5, 8-5 三邊接受挈渡斜度，此兩羣斜度未必相等，故在 4-5 綫上重新構成一斜度差，此差可稱為挈渡斜度差 (carry-over slope difference)。

茲以指標  $i-j$  表示屬於接界綫  $i-j$  之數量，例如以  $\overline{CS}_{4-5}^{2-5}$  表由綫 2-5 至綫 4-5 之挈渡斜

度，以  $\sum_{n=1}^{\infty} k_{n,4-5} \sin \frac{n\pi y_{4-5}}{l_{4-5}}$  表移去綫 4-5 上簡板斜度差之彎曲矩，又級數之項次，沿  $y$ - 軸者用  $n$  表示，沿  $x$ - 軸者用  $m$  表示，以資區別。

邊 4-5 挈渡斜度可分為下列二部份：



1)左部——即自左格挈渡者。根據公式(41)及(9)

$$\overline{CS}_{4-5}^{3-4} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{n\pi\lambda_{7-4-5} \cosh n\pi\lambda_{7-4-5} - \sinh n\pi\lambda_{7-4-5}}{2N_4 n\pi\lambda_{7-4-5} \sinh^2 n\pi\lambda_{7-4-5}} \right] \lambda_{4-7} k_{n,3-4} \sin \frac{n\pi y_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(90)$$

根據公式(49),(10)及(21),可得下式

$$\overline{CS}_{4-5}^{1-4} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2(-1)^{m+n+1} k_{m,1-4} \lambda_{4-5} \lambda_{5-4-7} mn}{N_4 \pi^2 (n^2 + \lambda_{5-4-7}^2 m^2)^2} \right] \sin \frac{n\pi y_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(91)$$

根據公式(57),(1)及(21)可得下式:

$$\overline{CS}_{4-5}^{6-5} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2(-1)^m k_{m,7-4} \lambda_{4-5} \lambda_{5-4-7} mn}{N_4 \pi^2 (n^2 + \lambda_{5-4-7}^2 m^2)^2} \right] \sin \frac{n\pi y_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(92)$$

2)右部——即自右格挈渡者。同前理可得:

$$\overline{CS}_{4-5}^{1-5} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{n\pi\lambda_{8-5-6} \cosh n\pi\lambda_{8-5-6} - \sinh n\pi\lambda_{8-5-6}}{2N_5 n\pi\lambda_{8-5-6} \sinh^2 n\pi\lambda_{8-5-6}} \right] \lambda_{5-8} k_{n,6-5} \sin \frac{n\pi y_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(93)$$

$$\overline{CS}_{4-5}^{7-5} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2(-1)^{n+1} k_{m,2-5} \lambda_{4-5} \lambda_{4-5-2} nm}{N_5 \pi^2 (n^2 + \lambda_{4-5-2}^2 m^2)^2} \right] \sin \frac{n\pi y_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(94)$$

$$\overline{CS}_{4-5}^{8-5} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2k_{m,8-5} \lambda_{4-5} \lambda_{4-5-8} mn}{N_5 \pi^2 (n^2 + \lambda_{4-5-8}^2 m^2)^2} \right] \sin \frac{n\pi y_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(95)$$

線4-5上之挈渡斜度差,可由上列諸式求得如下:

$$\overline{CSD}_{4-5} = \left( \overline{CS}_{4-5}^{1-4} + \overline{CS}_{4-5}^{3-4} + \overline{CS}_{4-5}^{7-4} \right) - \left( \overline{CS}_{4-5}^{1-5} + \overline{CS}_{4-5}^{6-5} + \overline{CS}_{4-5}^{8-5} \right) \dots\dots(96)$$

倘格(4)與格(5)係在同一y-軸上(如圖11),則接界線,4-5上之挈渡斜度如下:

1)下部——即格(4)挈渡者

$$\overline{CS}_{4-5}^{3-4} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \frac{m\pi\lambda_{7-4-5} \cosh m\pi\lambda_{7-4-5} - \sinh m\pi\lambda_{7-4-5}}{2N_4 m\pi\lambda_{7-4-5} \sinh^2 m\pi\lambda_{7-4-5}} \right] \lambda_{4-7} k_{m,3-4} \sin \frac{m\pi x_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(97)$$

$$\overline{CS}_{4-5}^{1-4} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(-1)^{n+m+1} k_{m,1-4} \lambda_{4-5} \lambda_{5-4-7} mn}{N_4 \pi^2 (m^2 + \lambda_{5-4-7}^2 n^2)^2} \right] \sin \frac{m\pi x_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(98)$$

$$\overline{CS}_{4-5}^{7-4} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(-1)^n k_{n,7-4} \lambda_{4-5} \lambda_{5-4-7} mn}{N_4 \pi^2 (m^2 + \lambda_{5-4-7}^2 n^2)^2} \right] \sin \frac{m\pi x_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(99)$$

2)上部——即自格(5)挈渡者。

$$\overline{CS}_{4-5}^{6-5} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \frac{m\pi\lambda_{8-5-6} \cosh m\pi\lambda_{8-5-6} - \sinh m\pi\lambda_{8-5-6}}{2N_5 m\pi\lambda_{8-5-6} \sinh^2 m\pi\lambda_{8-5-6}} \right] \lambda_{5-8} k_{m,6-5} \sin \frac{m\pi x_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(100)$$

$$\overline{CS}_{4-5}^{7-5} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(-1)^{m+1} k_{n,2-5} \lambda_{4-5} \lambda_{4-5-2} mn}{N_5 \pi^2 (m^2 + \lambda_{4-5-2}^2 n^2)^2} \right] \sin \frac{m\pi x_{4-5}}{\lambda_{4-5}} \dots\dots(101)$$



$$\overline{CS}_{4-5}^{9-5} = \sum_{m=1}^{\infty} \left( \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 k_n \cdot \lambda_{4-5} \cdot \lambda_{4-5} \cdot mn}{N_5 \pi^2 (m^2 + \lambda_{4-5}^2 n^2)^2} \sin \frac{m \pi x_{4-5}}{l_{4-5}} \dots \dots \dots (102) \right)$$

挈渡斜度差可由(98)求之。

公式(90)至(95)中之 n, y 如以 m, x 代之, 則得公式(97)至(102)。

最終結果之計算 挈渡斜度差之性質與簡板斜度差相同, 可用前述方法移去之。移去後復生第二次之挈渡斜度差, 將此項步驟重複演算, 至渡渡斜度之值減為極小為止, 最後每一接界線上, 可得多數之  $k_n$  或  $k_m$ , 求其總和, 即可得該線上實際之力矩。

設  $Z_0$  = 簡支情形下因載重而生之撓度,

$Z_1$  = 因邊,  $x = l_x$  上之力矩而生之撓度,

$Z_2$  = 因邊,  $x = 0$  上之力矩而生之撓度,

$Z_3$  = 因邊,  $y = l_y$  上之力矩而生之撓度,

$Z_4$  = 因邊,  $y = 0$  上之力矩而生之撓度。

則總合之撓度 (Resultant deflection) 為

$$Z = Z_0 + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 \dots \dots \dots (103)$$

$Z_0$  可由公式(68)或(74)求之,  $Z_1, Z_2, Z_3$  及  $Z_4$  則可由公式(8), (40), (48)及(56)求之

### 第三節 調正斜度之變動方法——斜度分配法

(Method of slope moment distribution)

上節所述方法, 主要點係將簡支斜度差用一無窮級數代表, 然後用漸近法計算移去此簡支斜度差所需之彎曲矩, 此彎曲矩仍為一無窮級數, 本節將此等級數分項計算, 並先將斜度調正, 然後計算彎曲矩, 如此, 計算方面, 較為簡便。

設有一彎曲矩,  $M_n = k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y}$  作用於一簡支格 (圖 12) 之  $x = l_x$  邊上, 根據公式(16), (17), (20) 及 (21), 此格四邊之斜度應為:

$$\left. \frac{\partial Z}{\partial x} \right|_{x=l_x} = \left[ \frac{n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x}{2 N n \pi \lambda_x \sinh^2 n \pi \lambda_x} l_x \right] k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots \dots \dots (104)$$

$$\left. \frac{\partial Z}{\partial x} \right|_{x=0} = \left[ \frac{n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x}{2 N n \pi \lambda_x \sinh^2 n \pi \lambda_x} l_x \right] k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots \dots \dots (105)$$

$$\left. \frac{\partial Z}{\partial y} \right|_{y=l_y} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \frac{(-1)^n a_{nm}}{2 N} l_x \right] k_n \sin \frac{m \pi x}{l_x} \dots \dots \dots (106)$$

$$\left. \frac{\partial Z}{\partial y} \right|_{y=0} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \frac{a_{nm}}{2 N} l_x \right] k_n \sin \frac{m \pi x}{l_x} \dots \dots \dots (107)$$

上式中, 
$$a_{nm} = \frac{4(-1)^{m+1} \lambda_x mn}{\pi^2 (m^2 + \lambda_x^2 n^2)^2} \dots \dots \dots (108)$$

如  $M_n$  作用於  $x = 0$  邊上, 四邊之斜度應為:

$$\left. \frac{\partial Z}{\partial x} \right|_{x=0} = \left[ \frac{\sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x - n \pi \lambda_x}{2 N n \pi \lambda_x \sinh^2 n \pi \lambda_x} l_x \right] k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots \dots \dots (109)$$

$$\left. \frac{\partial Z}{\partial y} \right|_{x=l_x} = - \left[ \frac{n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x}{2 N n \pi \lambda_x \sinh^2 n \pi \lambda_x} l_x \right] k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots \dots \dots (110)$$



$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{y=0} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \frac{(-1)^{m+1} a_{nm}}{2N} l_x \right] k_n \sin \frac{n \pi x}{l_x} \dots\dots\dots(111)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{y=l_y} = \sum_{m=1}^{\infty} \left[ \frac{(-1)^{n+m+1} a_{nm}}{2N} l_x \right] k_n \sin \frac{n \pi x}{l_x} \dots\dots\dots(112)$$

如有一彎曲矩， $M_m = k_m \sin \frac{m \pi x}{l_x}$  作用於  $y = l_y$  邊上，四邊之度斜應為：

$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{y=l_y} = \left[ \frac{m \pi \lambda_y - \sinh m \pi \lambda_y \cosh m \pi \lambda_y}{2N m \pi \lambda_y \sinh^2 m \pi \lambda_y} l_y \right] k_m \sin \frac{m \pi x}{l_x} \dots\dots\dots(113)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{y=0} = \left[ \frac{m \pi \lambda_y \cosh m \pi \lambda_y - \sinh m \pi \lambda_y}{2N m \pi \lambda_y \sinh^2 m \pi \lambda_y} l_y \right] k_m \sin \frac{m \pi x}{l_x} \dots\dots\dots(114)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{x=l_x} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{(-1)^m a_{mn}}{2N} l_y \right] k_m \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(115)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{x=0} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{a_{mn}}{2N} l_y \right] k_m \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(116)$$

上式中，

$$a_{mn} = \frac{4(-1)^{n+1} \lambda_y n m}{\pi^2 (n^2 + \lambda_x^2 m^2)} \dots\dots\dots(117)$$

如  $M_m$  作用於  $y = 0$  邊上，四邊之斜度應為：

$$\left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{y=0} = - \left[ \frac{m \pi \lambda_y - \sinh m \pi \lambda_y \cosh m \pi \lambda_y}{2N m \pi \lambda_y \sinh^2 m \pi \lambda_y} l_y \right] k_m \sin \frac{m \pi x}{l_x} \dots\dots\dots(118)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{y=l_y} = - \left[ \frac{m \pi \lambda_y \cosh m \pi \lambda_y - \sinh m \pi \lambda_y}{2N m \pi \lambda_y \sinh^2 m \pi \lambda_y} l_y \right] k_m \sin \frac{m \pi x}{l_x} \dots\dots\dots(119)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{x=0} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{(-1)^{n+1} a_{mn}}{2N} l_y \right] k_m \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(120)$$

$$\left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{x=l_x} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{(-1)^{m+n+1} a_{mn}}{2N} l_y \right] k_m \sin \frac{n \pi y}{l_y} \dots\dots\dots(121)$$

式(104)。(109)，(113)及(118)中括弧內之函數稱為邊(1)，邊(2)，邊(3)及邊(4)之柔度，因乘以作用於各邊上之彎曲矩即得各該邊之斜度，茲以  $F_{n1}$ ， $F_{n2}$ ， $F_{m3}$  及  $F_{m4}$  代表之，第一指標示其項次，第二指標示其所屬之邊。

由(104)，可知  $F_{n1} = \left[ \frac{n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x}{2n \pi \lambda_x \sinh^2 n \pi \lambda_x} \right] l_x \dots\dots\dots(122)$

由(109)，可知  $F_{n2} = - \left[ \frac{n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x}{2n \pi \lambda_x \sinh^2 n \pi \lambda_x} \right] l_x \dots\dots\dots(123)$

由(113)，可知  $F_{m3} = \left[ \frac{m \pi \lambda_y - \sinh m \pi \lambda_y \cosh m \pi \lambda_y}{2m \pi \lambda_y \sinh^2 m \pi \lambda_y} \right] l_y \dots\dots\dots(124)$

由(114)，可知  $F_{m4} = - \left[ \frac{m \pi \lambda_y - \sinh m \pi \lambda_y \cosh m \pi \lambda_y}{2m \pi \lambda_y \sinh^2 m \pi \lambda_y} \right] l_y \dots\dots\dots(115)$

上四式中，除正負號外，其餘部份完全相同，故其絕對值可寫為

$$|F_n| = \frac{\sinh n \pi \lambda \cosh n \pi \lambda - n \pi \lambda}{2n \pi \lambda \sinh^2 n \pi \lambda} l \dots\dots\dots(126)$$

但須以適當之  $\lambda$ ， $l$  及  $N$  代入。  $|F_n|$  之值可從曲線圖(31)中查出。

擊渡因數 (Carry-over Factor) 當  $M_n$  作用於邊(1)時，邊(2)之斜度為一與  $M_n$  相似



之正弦函數 (sine-function) 而邊 (3) 與邊 (4) 之斜度則為一包括各項次之正弦級數 (sine-series), 此等正弦函數成級數之係數 (coefficients) 與  $F_{n,1}$  之比, 稱為自邊(1)至各邊之挈度因數。

令  $C_n^{1-2}$  為自邊(1)至邊(3)之挈度因數,  $C_{n,m}^{1-3}$  為自邊(1)至邊(3)之挈度因數, 餘類推, 指標  $n$  表示作用於邊(1)之彎曲矩係  $M_n = k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y}$ ; 指標  $m$  表示係屬於挈度斜度中之第  $m$  項。

根據公式(104)至(121)可得:

$$C_n^{1-2} = \frac{m\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x}{n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x} \dots\dots\dots(127)$$

$$C_{nm}^{1-3} = \frac{(-1)^n a_{nm} n\pi\lambda_x \sinh^2 n\pi\lambda_x}{n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x} = (-1)^{n+m} |C_{nm}| \dots\dots\dots(128)$$

$$C_{nm}^{1-4} = \frac{a_{nm} n\pi\lambda_x \sinh^2 n\pi\lambda_x}{n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x} = (-1)^m |C_{nm}| \dots\dots\dots(129)$$

$$C_{nm}^{2-1} = \frac{n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x}{n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x} = C_n^{1-2} \dots\dots\dots(130)$$

$$C_{nm}^{2-3} = \frac{(-1)^{n+m} a_{nm} n\pi\lambda_x \sinh^2 n\pi\lambda_x}{n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x} = (-1)^n |C_{nm}| \dots\dots\dots(131)$$

$$C_{nm}^{2-4} = \frac{(-1)^m a_{nm} n\pi\lambda_x \sinh^2 n\pi\lambda_x}{n\pi\lambda_x - \sinh n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x} = |C_{nm}| \dots\dots\dots(132)$$

$$C_m^{3-4} = \frac{m\pi\lambda_y \cosh m\pi\lambda_y - \sinh m\pi\lambda_y}{m\pi\lambda_y - \sinh m\pi\lambda_y \cosh m\pi\lambda_y} \dots\dots\dots(133)$$

$$C_{mn}^{3-1} = \frac{(-1)^m a_{mn} n\pi\lambda_y \sinh^2 n\pi\lambda_y}{m\pi\lambda_y - \sinh m\pi\lambda_y \cosh m\pi\lambda_y} = (-1)^{m+n} |C_{mn}| \dots\dots\dots(134)$$

$$C_{mn}^{3-2} = \frac{a_{mn} m\pi\lambda_y \sinh^2 m\pi\lambda_y}{m\pi\lambda_y - \sinh n\pi\lambda_y \cosh n\pi\lambda_y} = (-1)^n |C_{mn}| \dots\dots\dots(135)$$

$$C_m^{4-3} = \frac{m\pi\lambda_y \cosh m\pi\lambda_y - \sinh m\pi\lambda_y}{m\pi\lambda_y - \sinh m\pi\lambda_y \cosh m\pi\lambda_y} = C_m^{3-4} \dots\dots\dots(136)$$

$$C_{mn}^{4-1} = \frac{(-1)^{m+n} a_{mn} \sinh^2 m\pi\lambda_y}{m\pi\lambda_y - \sinh m\pi\lambda_y \cosh m\pi\lambda_y} = (-1)^m |C_{mn}| \dots\dots\dots(137)$$

$$C_{mn}^{4-2} = \frac{(-1)^n a_{mn} \sinh^2 m\pi\lambda_y}{m\pi\lambda_y - \sinh m\pi\lambda_y \cosh m\pi\lambda_y} = |C_{mn}| \dots\dots\dots(138)$$

以上十二式中, 求(127), (132), (133) 及(138) 四式之絕對值, 加以適當之絕對值, 即得其餘各式之值。(見曲線圖 10 至 15)

**不平衡斜度之分配** 圖(13)示相隣之二格, (1)與(2), 設接界線,  $x_1 = l_1, x_2 = 0$  上有一平衡斜度, 移去此不平衡斜度時, 格(1)在此線上之斜度必有一定量之增加或減少, 格(2)在此線上之斜度必有另一定量之

減少或增加, 使兩格之斜度果結相等, 換言之, 即此不平衡斜度分配於此兩格之間。故兩格在此接界線上之斜度變動稱為分配斜度 (Distributed slope)。分配斜度與不平衡斜度之比稱為分配比數 (Distributing factor)。

從柔度之定義可證明分配斜度與柔度之數值成正比, 即



$$\frac{\text{格(1)之分配斜度}}{\text{格(2)之分配斜度}} = \frac{F_n'}{F_n''}$$

上式中， $F_n'$ 及 $F_n''$ 為格(1)及格(2)在其接界線上之柔度，故分配比數之絕對值為

$$\frac{|F_n'|}{|F_n'| + |F_n''|} \text{ 及 } \frac{|F_n''|}{|F_n'| + |F_n''|}$$

分配斜度加入後，格(1)及格(2)之斜度即相等，故其正負號可由此關係確定之。

**挈渡步驟** 當不平衡斜度分配於兩格時，兩格必各以其接界邊為軸，轉過一角度，其大小與分配斜度相等，因此轉動而在他邊引起之斜度變動當為挈渡斜度，其值可由分配斜度與相應之挈渡因數之乘積得之，每格之每邊向其他三邊接受挈渡斜度，此等挈渡斜度又構成不平衡斜度於各接界線之上，故演算步驟至此即開始循環。

如以挈渡因素與分配比數相乘，名其乘積為直接挈渡因數，則不平衡斜度以直接挈渡因數乘之，即得挈渡斜度。

挈渡步驟終止後，求各項次之分配斜度之總和除以相應之柔度，即得各項次之邊力矩 (Edge-moments)，然後由公式 (103) 求最後之解答。

$F_n, F_m, C_n, C_m, C_{nm}, C_{mn}$  正負號之確定

- 1)  $F_n$  在接界線右 (即  $x=l_x$ ) 恆為正值，在左 (即  $x=0$ ) 恆為負值。
- 2)  $F_m$  在接界線上 (即  $y=l_y$ ) 恆為正值，在下 (即  $y=0$ ) 恆為負值。
- 3)  $C_n$  及  $C_m$  恆為負值。
- 4)  $C_{nm}$  及  $C_{mn}$  之號參看其公式。

**對邊固定時之柔度** 以前計算柔度，均

假設各邊為簡支，現如已知邊(2)為固定，邊(1)之柔度可用下法求出。

令  $F_n$  及  $C_n$  代表各邊簡支時，邊(1)之柔度及挈渡因數。

設一力矩， $M_n = k_n \sin \frac{n\pi y}{l_y}$  作用

於邊(1)上，倘邊(2)為簡支，邊(1)之斜

度應為：

$$F_n \sin \frac{n\pi y}{l_y}$$

邊(2)之斜度應為；

$$-C_n^{1-2} F_n \sin \frac{n\pi y}{l_y}$$

但邊(2)為固定，此挈渡斜度必須移去

，故分配斜度應為  $+C_n^{1-2} F_n \sin \frac{n\pi y}{l_y}$ ；

此分配斜度復使邊(1)得一挈渡斜度，

$$-C_n^{1-2} C_n^{2-1} F_n \sin \frac{n\pi y}{l_y}$$

，故邊(1)最終之斜度為  $(F_n - C_n^{1-2} C_n^{2-1} F_n) \sin \frac{n\pi y}{l_y}$

，邊(1)之柔度為： $(F_n - C_n^{1-2} C_n^{2-1} F_n)$

$$= (1 - |C_n^{2-1}|^2) F_n \text{ (圖14)}$$

### 第四節 例題

1. 兩邊簡支兩邊固定之長方板

令邊(1)之簡板斜度為

$$F(y) = A_1 \sin \frac{\pi y}{l_y} + A_2 \sin \frac{2\pi y}{l_y} + \dots$$

令  $F_1, F_2, F_3, \dots$  為邊(1)各項次之柔度

$C_1, C_2, C_3, \dots$  為邊(1)至邊(2)或邊

(2)至邊(1)之挈渡因數。

簡板斜度之分配與挈渡步驟如圖(15)

根據上節，邊(2)固定時，邊(1)之柔度

應為  $(1 - |C_n|^2) F_n$  故邊(1)上之彎曲矩為；

$$M_1 = \frac{(1 - |C_1|) A_1}{(1 - |C_1|^2) F_1} \sin \frac{\pi y}{l_y}$$

$$+ \frac{(1 - |C_2|) A_2}{(1 - |C_2|^2) F_2} \sin \frac{2\pi y}{l_y}$$

$$+ \frac{(1 - |C_3|) A_3}{(1 - |C_3|^2) F_3} + \dots$$

$$= \frac{A_1}{(1 - |C_1|)} \sin \frac{\pi y}{l_y} + \frac{A_2}{(1 - |C_2|)}$$

$$\sin \frac{2\pi y}{l_y} + \frac{A_3}{(1 - |C_3|)} \sin \frac{\pi y 3}{l_y}$$

$$+ \dots$$

倘  $\lambda_x = 1$ ，載重為均佈載重， $W$ 則



$$A_1 = 0.01365 \frac{wl_y^2}{N} \quad A_2 = 0$$

$$A_3 = 0.000254 \frac{wl_y^2}{N} \quad A_4 = 0$$

$$A_5 = 0.0000326 \frac{wl_y^2}{N} \quad A_6 = 0$$

$$\text{故, } M_x = - \left[ \frac{0.01365}{(1+0.19) \times 0.156} \sin \frac{\pi y}{l_y} + \frac{0.000254}{0.0531} \sin \frac{3\pi y}{l_y} + \frac{0.0000326}{0.0318} \sin \frac{5\pi y}{l_y} + \dots \right] wl_y^2$$

從曲線圖(8), 可得  $F_1 = -0.156 \frac{ly}{N}$ ,

$$F_3 = -0.0531 \frac{ly}{N}, \quad F_5 = -0.0318 \frac{ly}{N}$$

從曲線圖(10) 可得  $|C_1| = 0.19$

$$|C_3| = |C_5| = 0$$

在邊(1)中點,  $y = ly/2$

$$M_x = -(0.0735 - 0.0048 + 0.0010)wl_y^2 = -0.0697 wl_y^2$$

Hencky 與 N'dai 之解法亦得相同之結果。

邊(3)之柔度及挈渡因數				邊(1)之柔度及挈渡因數			
m	1	3	5	$(1 - \frac{1}{n} C_n^{1-2/2})$	$C_{nm}^{1-4} \begin{cases} m=1 \\ m=3 \\ m=5 \end{cases}$	$C_{nm}^{1-3} \begin{cases} m=1 \\ m=3 \\ m=5 \end{cases}$	$F_n C_n^{1-2}$
$F_m$	-0.156	-0.0531	-0.0318	0.964	-0.324	+0.324	-0.156
$C_m^{3-4}$	-0.190	0	0	1.000	-0.039	+0.039	-0.0551
$C_{mn}^{3-1} \begin{cases} n=1 \\ n=3 \\ n=5 \end{cases}$	+0.324	+0.112	+0.047	1.000	+0.0093	+0.0093	0
$C_{mn}^{3-2} \begin{cases} n=1 \\ n=3 \\ n=5 \end{cases}$	-0.324	-0.112	-0.047	1.000	+0.112	+0.112	0
$(1 - \frac{1}{n} C_n^{3-4/2})$	0.964	1.000	1.000	1.000	+0.047	+0.047	0
$F_n$	+0.156	+0.0551	+0.0318	0.964	+0.324	+0.324	+0.156
$C_m^{4-3}$	-0.190	0	0	1.000	-0.039	-0.039	-0.0551
$C_{mn}^{4-1} \begin{cases} n=1 \\ n=3 \\ n=5 \end{cases}$	-0.324	-0.112	-0.047	1.000	+0.0093	+0.0093	0
$C_{mn}^{4-2} \begin{cases} n=1 \\ n=2 \\ n=3 \end{cases}$	+0.324	+0.112	+0.047	1.000	+0.112	+0.112	0
$(1 - \frac{1}{m} C_m^{4-3/2})$	0.964	1.000	1.000	1.000	+0.047	+0.047	0

邊(4) 圖(16)



2. 四邊固定之正方板片，載重為均佈載重。

此問題曾經 Nádai 用能量方法解決，Nielsen 用微差方程式解決。

由對稱之性質可知級數中之偶項必第於零，在下列計算中，作者僅取奇項之前三項，雖不準確，然所差不多。

上圖示各邊之柔度及挈渡因數，因對稱關係，各邊之計算完全相同，茲將邊(3)之計算詳如下，其餘從略。

說 明	項 次		
	1	3	5
簡板斜度 (以 $Nl^3/N$ 為單位)	-0.01365	-0.000254	-0.0000326
自邊(4)自邊(3)之挈渡斜度	$0.01365 \times 0.19$ $0.00259 \times 0.19$ $0.00049 \times 0.19$ $0.00009 \times 0.19$	0 0 0 0	0 0 0 0
合 計	-0.01148	-0.000254	-0.0000326
$2 \times 0.01148 \times 0.324, \quad \times 0.039, \quad \times 0.0093$ $2 \times 0.000254 \times 0.112, \quad \times 0.106, \quad \times 0.0425$ $2 \times 0.000033 \times 0.047, \quad \times 0.0825, \quad \times 0.0636$	+0.00744 +0.00006 0	+0.000896 +0.000054 +0.000005	+0.000218 +0.000022 +0.000004
自邊(4), 及邊(2)至邊(3)之挈渡斜度	+0.00750	-0.000953	+0.000239
自邊(4)至邊(3)之挈引斜度	-0.00142 +0.00027 -0.00005 +0.00001		
合 計	+0.00631	+0.000955	+0.000239
	-0.00409 -0.00021 -0.00002	-0.000491 -0.000202 -0.000039	+0.000117 +0.000081 +0.000030
自邊(1)及邊(2)至邊(3)之挈渡斜度	-0.00432	-0.000732	-0.000228
自邊(4)至邊(3)之挈引斜度	+0.00082 -0.00015 +0.00003 -0.00001		
合 計	-0.00363	-0.000732	-0.000228
	+0.00235 +0.00016 +0.00002	+0.000293 +0.000155 +0.000037	+0.000067 +0.000063 +0.000029
	+0.00253 -0.00048 +0.00009 -0.00002	+0.000485	+0.000159
合 計	+0.00212	+0.000485	+0.000159
	-0.00138 -0.00011 -0.00001	-0.000166 -0.000103 -0.000026	-0.000040 -0.000041 -0.000020



	-0.00150	-0.000295	-0.000101
	+0.00028		
	-0.00005		
	+0.00001		
<b>合 計</b>	-0.00126	-0.000295	-0.000101
	+0.00082	+0.000100	+0.000023
	+0.00007	+0.000063	+0.000025
	+0.00001	+0.000016	+0.000013
	+0.00090	+0.000179	+0.000061
	-0.00017		
	+0.00003		
	-0.00001		
<b>合 計</b>	+0.00075	+0.000179	+0.000061
	-0.00049	-0.000056	-0.000014
	-0.00004	-0.000038	-0.000015
	-0.00001	-0.000010	-0.000008
	-0.00054	-0.000104	-0.000037
	+0.00019		
	-0.00002		
<b>合 計</b>	-0.00046	-0.000104	-0.000037
	+0.00032	+0.000036	+0.000009
	+0.00002	+0.000022	+0.000009
		+0.000006	+0.000005
	+0.00032	+0.000064	+0.000023
	-0.00006		
	+0.00001		
<b>合 計</b>	+0.00027	+0.000064	+0.000023
	-0.00018	-0.000021	-0.000005
	-0.00001	-0.000014	-0.000006
		-0.000004	-0.000003
	-0.00019	-0.000039	-0.000014
	+0.00004		
	-0.00001		
<b>合 計</b>	-0.00016	-0.000039	-0.000014
	+0.00010	+0.000013	+0.000003
	+0.00001	+0.000008	+0.000003
		+0.000002	+0.000002
	+0.00011	+0.000023	+0.000008
	-0.00002		
<b>合 計</b>	+0.00009	+0.000023	+0.000008
	-0.00006	-0.000007	-0.000002
	-0.00001	-0.000005	-0.000002



	-0.00007 +0.00001	-0.000012	-0.000004
合 計	-0.00006	-0.000012	-0.000004
(1)簡板斜度及挈渡斜度之總和	-0.00751	+0.000270	+0.000073
(2)分配斜度之總和邊	-0.00751	+0.000270	+0.000073
(3)上之彎曲矩	-0.0481	+0.0051	+0.0023

由上列結果，邊(3)上之彎曲矩可寫為：

$$M_e = - \left[ 0.0481 \sin \frac{\pi x}{l} - 0.051 \sin \frac{3\pi x}{l} - 0.0023 \sin \frac{5\pi x}{l} + \dots \right] Wl^2$$

在該邊之中點，  $x=l/2$ ，  $M_e = -0.0509 wl^2$

茲將他人研究所得  $M_e$  之值列之於後，以資比較。

Hencky	-0.0513 $wl^2$
N <sub>a</sub> dai	-0.0487 $wl^2$
Mésenager	-0.0474 $wl^2$
Lintz	-0.0515 $wl^2$
Nielsen	-0.0511 $wl^2$

### 3. 單向連續之板片

此種板片用本篇方法解之，甚為簡捷，其步驟與連續梁之分析，大致相同，用於連續之縮簡方法亦多可引用。(圖17)

	邊(1)	邊(2)	邊(3)	邊(4)
柔度 $F_1$	+0.156( $l_y/N$ )	-0.156 +0.159	-0.159 +0.159	-0.159
$F_3$	+0.080	-0.080 +0.080	-0.080 +0.080	-0.080
$F_5$	+0.032	-0.032 +0.032	-0.032 +0.032	-0.032
挈渡因數 $C_1$	-0.190	-0.190 -0.064	-0.064 -0.025	-0.025
$C_3, C_5$	0	0 0	0 0	0
簡板斜度 $A_1$	+0.01365 ( $wl^3_y/N$ )	-0.01365 +0.01840	-0.01840 +0.01970	-0.01970
簡板斜度差		0.03205	0.03810	
分配斜度	0	+0.01587 -0.01618	+0.01905 -0.01905	0
挈渡斜度	-0.00302	-0.00122	+0.00103	+0.00048
分配斜度	0	-0.00060 +0.00062	-0.00051 +0.00051	0
挈渡斜度	+0.00011	+0.00003	-0.00004	+0.00001
分配斜度	0	+0.00001 -0.00002	+0.00002 -0.00002	0
分配斜度 總計	0	+0.01528 -0.01558	+0.01856 -0.01856	0
彎曲矩 $k_1$	0	-0.0980 -0.0980	-0.1167 -0.1167	0
$A_3$	+0.0000250	-0.000250 +0.000252	-0.000252 +0.000252	-0.000252
$k_3$	0	+0.000251 +0.000251	+0.000252 -0.000252	0
	0	-0.00314 +0.00314	-0.00315 -0.00315	0
$A_5$	+0.000326	-0.0000326 +0.0000326	-0.0000326 +0.0000326	-0.0000326
$k_5$	0	+0.0000326 -0.0000326	+0.0000326 -0.0000326	0
	0	-0.00102 -0.00102	-0.00102 -0.00102	0

故， 邊(1)及邊(4)之  $M=0$

$$\text{邊(2) } M = -0.0980 \omega l_y^2 \sin \frac{\pi y}{l_y} - 0.00314 \omega l_y^2 \sin \frac{3\pi y}{l_y}$$



$$-0.00102 \omega l_y^2 \sin \frac{5\pi y}{l_y} + \dots$$

$$\text{邊 (3) } M = -0.1167 \omega l_y^2 \sin \frac{\pi y}{l_y} - 0.00315 \omega l_y^2 \sin \frac{3\pi y}{l_y} - 0.00102 \omega l_y^2 \sin \frac{5\pi y}{l_y} + \dots$$

### 第五節 梁之影響

在普通鋼筋混凝土建築中，梁均有相當之寬度，並恆與板片連成一體，故板片彎曲必引起梁之扭轉。本節將前述方法加以變動以包括此點，梁之兩端通常與柱相接，暫假定為固定。圖(18)示本節所討論之情形。

設板片為簡支，板與梁之間必有一裂縫存在，如圖(19)所示。

圖(19)中， $\phi'$ 及 $\phi''$ 為簡板斜度，其正值表示順時針方向之轉動，負值表示逆時針方向之轉動，簡板斜度差當為 $(\phi'' - \phi')$ ，若以適當大小之彎曲矩加於裂縫之間（見圖20）則此簡板斜度差當可移去。簡板斜度差移去後，在梁兩側之板之斜度必相等，同時梁必扭轉一角度，其大小與板之斜度相等，

$$\begin{aligned} \phi' &= \sum_{n=1}^{\infty} A_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \\ \phi'' &= \sum_{n=1}^{\infty} A_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \\ \Delta \phi' &= \sum_{n=1}^{\infty} \Delta A_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \\ \Delta \phi'' &= \sum_{n=1}^{\infty} \Delta A_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \\ \Delta \phi''' &= \sum_{n=1}^{\infty} \Delta A_n''' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \end{aligned}$$

將(140)，(141)及(142)代入(139)可得：

$$A_n' + \Delta A_n' = A_n'' + \Delta A_n'' = \Delta A_n''' \dots \dots \dots (143)$$

#### 2) 平衡之條件。

圖(22)示梁之一小段，作用於其上之力及力矩為：

- T — 梁之扭轉矩
- $M', M''$  — 板之彎曲矩
- $V', V''$  — 板之鉛直鉛力

平衡之條件可寫為：

圖(21)表示在此情形下板與梁之位置。

- 圖(21)中， $\Delta \phi' = \phi'$ 之變更，
- $\Delta \phi'' = \phi''$ 之變更，
- $\Delta \phi''' =$ 梁之轉動或扭轉角度

幾何條件與平衡條件分別討論之。

#### 1) 幾何條件—即連續之條件

$$\phi' + \Delta \phi' = \phi'' + \Delta \phi'' = \Delta \phi''' \dots (139)$$

將所有之 $\phi$ 寫成 Fourier 級數：

$$\left. \begin{aligned} \phi_u' &= A_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \\ \phi_u'' &= A_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \end{aligned} \right\} \dots \dots (140)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta \phi_u' &= \Delta A_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \\ \Delta \phi_u'' &= \Delta A_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \end{aligned} \right\} \dots \dots (141)$$

$$\Delta \phi_u''' = \Delta A_n''' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \dots \dots \dots (142)$$

$$\begin{aligned} (M' - M'') dy - \frac{\partial T}{\partial y} dy + \frac{b}{2} \\ (V' + V'') dy = 0 \end{aligned}$$

$$\text{或, } (M' - M'') - \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{b}{2} (V' + V'') = 0 \dots \dots \dots (144)$$

$M'$ 及 $M''$ 可展開為正弦級數：

$$\left. \begin{aligned} M' &= \sum_{n=1}^{\infty} k_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \\ M'' &= \sum_{n=1}^{\infty} k_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \end{aligned} \right\} (145)$$



T 之值在梁之兩端為最大故適於展成餘弦級數(Cosine series).

將M', M'',  $\frac{\partial T}{\partial y} V''$  及 V' 之式代入(144)

$$T = \sum_{n=1}^{\infty} k_n'' \cos \frac{n\pi y}{l_s} \dots\dots(146)$$

則平衡之條件可化為下式:

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \sum_{n=1}^{\infty} -\frac{n\pi}{l_s} k_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \dots(147)$$

$$(1 + \frac{b}{2} \alpha_n') k_n' - (1 - \frac{b}{2} \alpha_n'') k_n''$$

$$(V_n' + V_n'') \frac{b}{2} = 0 \dots\dots\dots(154)$$

V' 可分為兩部份

不平衡斜度之分配

a)  $V_1'$  = 在簡支情形下之切力

第 n 項次之簡板斜度差可寫作:

$$= \sum_{n=1}^{\infty} V_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \dots\dots\dots(148)$$

$$\phi_n'' - \phi_n' = (A_n'' - A_n') \sin \frac{n\pi y}{l_s} \dots\dots\dots(155)$$

b)  $V_2'$  = 因 M' 而得之切力

$$= \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n' k_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \dots\dots(149)$$

設有一扭轉矩  $T = \cos \frac{n\pi y}{l_s}$  作用於梁上

由公式(32)可得

則在 (0, y) 點之扭轉角度應為:

$$\alpha_n' = \left[ \frac{n\pi \lambda_X'}{l_s} \frac{\cosh n\pi \lambda_X'}{\sinh n\pi \lambda_X'} \right] (150)$$

$$\theta_n = -\int_0^y \frac{T dy}{GJ} = -\int_0^y \frac{dy}{GJ} \cos \frac{n\pi y}{l_s}$$

$$= F_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s} \dots\dots\dots(156)$$

$$\therefore V' = V_1' + V_2' = \sum_{n=1}^{\infty} (V_n' + \alpha_n' k_n')$$

上式中,  $F_n'' = -\frac{l_s}{n\pi GJ}$ , 稱為梁之第 n 項次之扭轉柔度

$$\sin \frac{n\pi y}{l_s} \dots\dots\dots(151)$$

同理得,

G = 剛性係數 (Modulus of rigidity)

J = 扭轉剛度 (Torsional rigidity)

倘截面為長方形,  $J = fdb^3$ , b = 短邊之長度, d = 長邊之長度, f 為一依 d/b 之值而變之常數。

$$V'' = \sum_{n=1}^{\infty} (V_n'' + \alpha_n'' k_n'') \sin \frac{n\pi y}{l_s} \dots\dots\dots(152)$$

令  $F_n'$  及  $F_n''$  為格(1)與格(2)之第 n 項次之柔度, 從定義可得下式:

$$\alpha_n'' = -\frac{n\pi \lambda_X''}{l_s} \frac{\cosh n\pi \lambda_X''}{\sinh n\pi \lambda_X''} \dots\dots\dots(153)$$

$$\Delta \phi_n' = F_n' k_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s} = \Delta A_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s}$$

$$\Delta \phi_n'' = F_n'' k_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s} = \Delta A_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s}$$

$$\Delta \phi_n''' = F_n''' k_n''' \sin \frac{n\pi y}{l_s} = \Delta A_n''' \sin \frac{n\pi y}{l_s}$$

} .....(157)

$$\text{故 } \Delta A_n' = F_n' k_n'; \quad \Delta A_n'' = F_n'' k_n''; \quad \Delta A_n''' = F_n''' k_n''' \dots\dots\dots(158)$$

根據公式(143)及(158)可得:

$$k_n'' = \frac{F_n'}{F_n''} k_n' - \frac{A_n'' - A_n'}{F_n''}$$

$$k_n''' = \frac{F_n'}{F_n''} k_n' + \frac{A_n'}{F_n''}$$

} .....(159)

將(159)代入(154)可得  $k_n'$  之值, 再將此值代入(158)可得:



$$\Delta A_n' = F_n' k_n' = \frac{(A_n'' - A_n') F_n' + F_n' F_n'' \left[ \frac{2n\pi}{l_s} \frac{A_n''}{(2 - b\alpha_n'') F_n''} + \frac{b(V_n' + V_n'')}{(2 - b\alpha_n'')} \right]}{F_n' - F_n'' \left[ \frac{2 + b\alpha_n'}{2 + b\alpha_n'} + \frac{2n\pi}{l_s} \frac{F_n'}{(2 - b\alpha_n') F_n'} \right]} \dots\dots\dots(160)$$

同理得：

$$\Delta A_n'' = - \frac{(A_n'' - A_n') F_n'' + F_n'' F_n' \left[ \frac{2n\pi}{l_s} \frac{A_n''}{(2 - b\alpha_n'') F_n''} + \frac{b(V_n' + V_n'')}{(2 - b\alpha_n'')} \right]}{F_n'' - F_n' \left[ \frac{2 - b\alpha_n''}{2 + b\alpha_n'} - \frac{2n\pi}{l_s} \frac{F_n''}{(2 + b\alpha_n') F_n'} \right]} \dots\dots\dots(161)$$

$\Delta A_n'$  及  $\Delta A_n''$  即格(1)及格(2)之分配斜度。

茲討論下面四種特殊情形，以證明上式之正確。

1)  $b=0$  即第二節及第三節所討論之情形。

在此種情形， $F_n'' = \infty$ ，故公式(160)，(161)化爲：

$$\Delta A_n' = - \frac{F_n'}{F_n' - F_n''} (A_n'' - A_n')$$

$$\Delta A_n'' = \frac{F_n''}{F_n' - F_n''} (A_n'' - A_n')$$

上二式與第三節所得之結果相符合。

2) 兩格對稱

在此種情形之下，

$$A_n'' = -A_n' \quad F_n'' = -F_n'$$

$$V_n'' = -V_n' \quad \alpha_n'' = -\alpha_n'$$

$$\begin{aligned} \text{故 } \Delta A_n' &= \frac{-2A_n' F_n' - F_n'^2 \left[ \frac{2n\pi}{l_s} \frac{A_n'}{(2 - b\alpha_n') F_n'} \right]}{2F_n' + \frac{2n\pi}{l_s} \frac{F_n'^2}{(2 - b\alpha_n') F_n'}} \\ &= -A_n' \end{aligned}$$

同理， $\Delta A_n'' = -A_n''$

故  $A_n' + \Delta A_n' = A_n'' + \Delta A_n'' = 0$  此亦與事實符合。

3) 梁之高度， $d$  爲常數，寬度， $b \rightarrow \infty$ 。

$$J = f b d^3, \quad F_n'' = \frac{l_s}{n\pi G f b d^3}$$

由公式(160)及(161)可得

$$\lim_{b \rightarrow \infty} \Delta A_n' = \frac{(A_n'' - A_n') F_n' - F_n' F_n'' \left[ \frac{2n^2 \pi^2 G f d^3}{\alpha_n'' l_s^2} A_n'' + \frac{1}{\alpha_n''} (V_n' + V_n'') \right]}{F_n' - F_n'' \left[ -\frac{\alpha_n'}{\alpha_n''} - \frac{2n^2 \pi^2 G f d^3}{\alpha_n'' l_s^2} F_n' \right]}$$

$$\lim_{b \rightarrow \infty} \Delta A_n'' = \frac{-(A_n'' - A_n') F_n'' - F_n'' F_n' \left[ \frac{2n^2 \pi^2 G f d^3}{\alpha_n'' l_s^2} A_n'' + \frac{1}{\alpha_n''} (V_n' + V_n'') \right]}{F_n'' - F_n' \left[ -\frac{\alpha_n'}{\alpha_n''} - \frac{2n^2 \pi^2 G f d^3}{\alpha_n'' l_s^2} F_n'' \right]}$$

由上式可知僅增加梁之寬度，不能防止梁之扭轉。



4)  $d > b$

在此情形， $\Delta A_n'$  及  $\Delta A_n''$  可寫成下式：

$$\Delta A_n' = \frac{(A_n'' - A_n') F_n' + F_n' F_n'' \left[ \frac{2n^2 \pi^2 Gfb^3 d}{l_s^2 (2 - b\alpha_n'')} A_n' + \frac{b(v_n' + v_n'')}{(2 - b\alpha_n'')} \right]}{F_n' - F_n'' \left[ \frac{2 + b\alpha_n'}{2 - b\alpha_n'} + \frac{2n^2 \pi^2 Gfdb^3}{l_s^2 (2 - b\alpha_n'')} F_n'' \right]}$$

$$\Delta A_n'' = - \frac{(A_n'' - A_n') F_n'' + F_n' F_n'' \left[ \frac{2n^2 \pi^2 Gfdb^3 b}{l_s^2 (2 + b\alpha_n')} A_n'' + \frac{b(v_n' + v_n'')}{(2 + b\alpha_n')} \right]}{F_n'' - F_n' \left[ \frac{2 + b\alpha_n'}{2 - b\alpha_n'} + \frac{2n^2 \pi^2 Gfdb^3}{l_s^2 (2 + b\alpha_n')} F_n'' \right]}$$

倘  $d \rightarrow \infty$  即得  $\Delta A_n' = -A_n'$ ，  $\Delta A_n'' = -A_n''$

或  $A_n' + \Delta A_n' = A_n'' + \Delta A_n'' = 0$

故梁之扭轉剛度愈大，則板片愈接近固緣情形。

由公式(160)及(161)可知分配斜度  $\Delta A_n' \sin \frac{n\pi y}{l_s}$  及  $\Delta A_n'' \sin \frac{n\pi y}{l_s}$  不與柔度成比例。

將(160)及(161)重新寫為下式：

$$\Delta A_n' = \frac{[A_n'' - r_{an}' A_n' + r_{vn}'(v_n' + v_n'')] F_n'}{F_n' - r_{fn}' F_n''} \dots\dots\dots(162)$$

式中，

$$r_{an}' = \left[ 1 - \frac{2n\pi}{l_s(2 - b\alpha_n'')} \frac{F_n'}{F_n''} \right] \dots\dots\dots(163)$$

$$r_{vn}' = \frac{bF_n''}{2 - b\alpha_n''} \dots\dots\dots(164)$$

$$r_{fn}' = \left[ \frac{2 + b\alpha_n'}{2 - b\alpha_n'} + \frac{2n\pi}{l_s(2 - b\alpha_n'')} \frac{F_n'}{F_n''} \right] \dots\dots\dots(165)$$

$$\Delta A_n'' = \frac{[A_n' - r_{an}'' A_n'' + r_{vn}''(v_n' + v_n'')] F_n''}{F_n'' - r_{fn}'' F_n'} \dots\dots\dots(166)$$

式中，

$$r_{an}'' = \left[ 1 + \frac{2n\pi}{l_s(2 + \alpha_n' b)} \frac{F_n''}{F_n'} \right] \dots\dots\dots(167)$$

$$r_{vn}'' = - \frac{bF_n'}{2 + b\alpha_n'} \dots\dots\dots(168)$$

$$r_{fn}'' = \left[ \frac{2 - b\alpha_n'}{2 + b\alpha_n'} - \frac{2n\pi}{l_s(2 + b\alpha_n')} \frac{F_n''}{F_n'} \right] \dots\dots\dots(169)$$

上列諸式中， $[A_n'' - r_{an}' A_n' + r_{vn}'(v_n' + v_n'')] F_n'$  及  $[A_n' - r_{an}'' A_n'' + r_{vn}''(v_n' + v_n'')] F_n''$  可稱為變動不平衡斜度 (Modified unbalanced slope)， $\frac{F_n'}{F_n' - r_{fn}' F_n''}$  及  $\frac{F_n''}{F_n'' - r_{fn}'' F_n'}$  可稱為變動分配因數 (Mndified distributing factor)，各種  $r$  可稱為各種變動因數 (Modidying factor)。

將上列各種  $r$ ，加以研究，可知其值皆恆為正值，其式並可寫為：

$$r_{an}' = \left[ 1 + \frac{2n\pi}{l_s(2 + b|\alpha_n''|)} \left| \frac{F_n'}{F_n''} \right| \right] \dots\dots\dots(170)$$

$$r_{vn}' = \frac{b|F_n''|}{2 + b|\alpha_n''|} \dots\dots\dots(171)$$



$$r'_{fn} = \left[ \frac{2+b|\alpha'_n|}{2+b|\alpha''_n|} + \frac{2n\pi}{\lambda_s(2+b|\alpha''_n|)} \left| \frac{F'_n}{F''_n} \right| \right] \dots\dots\dots(172)$$

$$r''_{an} = \left[ 1 + \frac{2n\pi}{\lambda_s(2+|\alpha'_n|b)} \left| \frac{F'_n}{F''_n} \right| \right] \dots\dots\dots(173)$$

$$r''_{vn} = \frac{b|F'_n|}{2b+|\alpha'_n|} \dots\dots\dots(174)$$

$$r'_{fn} = \left[ \frac{2+b|\alpha'_n|}{2+b|\alpha''_n|} + \frac{2n\pi}{\lambda_s(2+b|\alpha''_n|)} \left| \frac{F'_n}{F''_n} \right| \right] \dots\dots\dots(175)$$

分配斜度 = 變動分配因數 × 變動不平衡斜度

如相隣之二格在同一 y- 軸上，可將上列各式中之 x, y 對調即得所需之公式。

挈渡斜度 挈渡斜度由分配斜度及挈渡因數之乘積求之，具步驟詳第三節。

感應切力 (Induced shear) 兩格間之不平衡斜度被移去時，兩格各邊之切力均有變動，此種變動稱為感應切力，感動切力之係數與分配斜度之係數之比，可稱感動因數 (Inducing factor)，以 I 代表之，又以  $I_n^{1-1}$  代表邊(1)至邊(1)之 I， $I_{nm}^{1-3}$  代表邊至邊(3)之 I 如挈渡因數然。

由公式 (31), (32), (38), (39), (46), (47), (54), (55), (62), (63), (104), (109), (113), (118) 可得：

$$I_n^{1-1} = \frac{2Nn^2 \pi^2 \lambda_x^2 \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x}{\lambda_x^2 (n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x)} \dots\dots\dots(176)$$

$$I_n^{1-2} = \frac{2Nn^2 \pi^2 \lambda_x^2 \sinh n \pi \lambda_x}{\lambda_x^2 (n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x)} \dots\dots\dots(177)$$

$$I_{nm}^{1-3} = \frac{(-1)^{m+n+1} 4Nn^2 m \pi \lambda_x^2 \sinh^2 n \pi \lambda_x}{\lambda_x^2 (m^2 + n^2 \lambda_x^2) (n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x)}$$

$$= (-1)^{m+n} | I_{nm} | \dots\dots\dots(178)$$

$$I_{nm}^{1-4} = (-1)^m | I_{nm} | \dots\dots\dots(179)$$

$$I_n^{2-1} = I_n^{1-2} \dots\dots\dots(180)$$

$$I_n^{2-2} = I_n^{1-1} \dots\dots\dots(181)$$

$$I_{nm}^{2-3} = (-1)^n | I_{nm} | \dots\dots\dots(182)$$

$$I_{nm}^{2-4} = | I_{nm} | \dots\dots\dots(183)$$

$$I_{mn}^{3-1} = \frac{(-1)^{n+m+1} 4Nm^2 n \pi \lambda_y^2 \sinh^2 m \pi \lambda_y}{\lambda_y^2 (m^2 + n^2 \lambda_x^2) (m \pi \lambda_y - \sinh m \pi \lambda_y \cosh m \pi \lambda_y)}$$

$$= (-1)^{n+m+1} | I_{nm} | \dots\dots\dots(184)$$

$$I_{mn}^{3-2} = (-1)^n | I_{nm} | \dots\dots\dots(185)$$



$$I_m^{3-3} = \frac{2Nm^2 \pi^2 \lambda^2 y \sinh m \pi \lambda y \cosh m \pi \lambda y}{l_y^2 (m \pi \lambda y - \sinh m \pi \lambda y \cosh m \pi \lambda y)} \dots (186)$$

$$I_m^{3-4} = \frac{2Nm^2 \pi^2 \lambda^2 y \sinh m \pi \lambda y}{l_y^2 (m \pi \lambda y - \sinh m \pi \lambda y \cosh m \pi \lambda y)} \dots (187)$$

$$I_{ma}^{4-1} = (-1)^m | I_{mn} | \dots (188)$$

$$I_{ma}^{4-2} = | I_{mn} | \dots (189)$$

$$I_m^{4-3} = I_m^{3-4} \dots (190)$$

$$I_m^{4-4} = I_m^{3-3} \dots (200)$$

感應切力之性質與簡板切力之性質相同，故在第二次分配不平衡斜度時，應以代替  $V'$  及  $V''$ 。

例題

圖(23)

設兩格之厚度均為  $l_y$ ， 梁之高度  $= 2b = 2\beta l_y$ ，

$$\lambda_{\dot{x}} = l_{\dot{x}}/l_y = 0.5 \quad \lambda_{\ddot{x}} = l_{\ddot{x}}/l_y = 1.0$$

左格之簡板斜度

$$= - \left[ 0.0043 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N} \sin \frac{\pi y}{l_y} + 0.00023 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N} \sin \frac{3\pi y}{l_y} + 0.00003 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N} \sin \frac{5\pi y}{l_y} + \dots \right]$$

右格之簡板斜度

$$= 0.0136 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N} \sin \frac{\pi y}{l_y} + 0.00025 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N} \sin \frac{3\pi y}{l_y} + 0.00003 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N} \sin \frac{5\pi y}{l_y} + \dots$$

因項次大於 1 之斜度數值甚小，吾人只須取其第一項，其餘各項可以略去。

$$A_1' = -0.0043 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N}, \quad A_1'' = +0.0136 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N}$$

由圖(31)可得

$$F_1' = -0.127 \frac{l_y}{N}, \quad F_1'' = 0.156 \frac{l_y}{N}$$

1) 倘  $\beta = 0$ ,

$$k_n = k_n'' = - \frac{A_1'' - A_1'}{F_1'' - F_1'} = - \frac{(0.0136 + 0.0043) \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{N}}{(0.156 + 0.127) \frac{l_y}{N}} = 0.0632 \frac{wl_{\ddot{x}}^3}{l_y}$$

2) 倘  $\beta = 0.05$   $t = 0.03$ .

由圖(40)可得

$$\left| \frac{F_1'}{l_y F_1''} \right| = 0.912 \frac{\beta^4}{t^3} = 0.912 \times \frac{5^4}{3^3} = 21.55$$

$$\left| \frac{F_1''}{l_y F_1'} \right| = 0.1144 \frac{\beta^4}{t^3} = 0.1144 \frac{5^4}{3^3} = 26.5$$

由圖 38)，可得  $\alpha_1' = \frac{3.7}{l_y}$ ，  $\alpha_1'' = -3.14/l_y$



由圖(26), 可得  $V' = -0.262 W l_y$ ,  $V'' = 0.368 W l_y$

$$\text{故 } r'_{a1} = 1 + \frac{2\pi}{2 + |b\alpha_1|} \left| \frac{F_1'}{l_y F_1'} \right|$$

$$= 1 + \frac{6.2832}{2 + 0.05 \times 3.14} \times 26.5 = 78.2$$

$$r'_{v1} = \frac{b|F_n'|}{2 + b|\alpha_n'|} = \frac{0.05 \times 0.156 \frac{l_y^2}{N}}{2 + 0.05 \times 3.14} = 0.00361 \frac{l_y^2}{N}$$

$$r'_{f1} = \frac{2 + |b\alpha_1'|}{2 + |b\alpha_1'|} + \frac{2\pi}{2 + b|\alpha_1'|} \left| \frac{F_1'}{l_y F_1'} \right|$$

$$= \frac{2 + 0.05 \times 3.70}{2 + 0.05 \times 3.14} + \frac{6.2832}{2 + 0.5 \times 3.14} \times 21.55 = 63.8$$

$$\Delta A_1' = \frac{[A_1' - r'_{a1} A_1' + r'_{v1} (v_1' + v_1')] F_1'}{F_1' - r'_{f1} F_1'}$$

$$= \frac{0.0136 + 0.0043 \times 78.2 + 0.00361 \times 0.106}{0.127 + 63.8 \times 0.156} \times 0.127 \frac{w l_y^2}{N}$$

$$= 0.00441 \frac{w l_y^3}{N}$$

$$k_1' = \frac{\Delta A_1'}{F_1'} = \frac{0.00441 \frac{w l_y^3}{N}}{-0.127 \frac{l_y}{N}} = -0.0347 w l_y^2$$

$$\Delta A_1'' = - (A_1'' - A_1') + \Delta A_1'$$

$$= -0.0179 + 0.00441 = -0.01349$$

$$k_1'' = \frac{-0.01349 \frac{w l_y^3}{N}}{0.156 \frac{l_y}{N}} = -0.0865 w l_y^2$$

3)  $F''' = \infty$  即固緣情形

$$k_1' = - \frac{A_1'}{F_1'} = - \frac{0.0043}{0.127} w l_y^2 = -0.0338 w l_y^2$$

$$k_1'' = - \frac{A_1''}{F_1''} = - \frac{0.0136}{0.156} w l_y^2 = -0.0872 w l_y^2$$

由此簡單之例題可知

1)  $r'_{vn} (v_n' + v_n'')$  及  $r''_{vn} (v_n' + v_n'')$  在  $\Delta A_n'$  及  $\Delta A_n''$  內之影響極小, 可以略去不計, 故得

$$\Delta A_n' = \frac{(A_n'' - r'_{an} A_n) F_n'}{F_n'' - r'_{fn} F_n'} \dots \dots \dots (201)$$

$$\Delta A_n'' = \frac{(A_n' - r''_{an} A_n) F_n''}{F_n' - r''_{fn} F_n''} \dots \dots \dots (202)$$

2) 在普通建築中,  $\frac{F_n'}{l_y F_n''}$  甚大, 故板之邊緣接近固定情形。



## 第六節 結論

- 1) 本篇之方法應用於單向連續之板片甚為簡便，對於兩向連續之板片，則甚繁複。
- 2) 梁之扭轉剛度，對於板片之影響極大，在普通情形之下，幾使板片接近固緣情形。
- 3) 在連續梁中，梁端之負彎曲矩 (Negative bending moment) 可使

梁心中之正彎曲矩減少甚多，故連用。續梁常較簡支梁經濟，此在連續板片則不然，由圖(27)及(29)可知板緣之負彎曲矩對於板心之正彎曲矩之影響隨  $\lambda_x$  之增加而減小。

- 4) 在連續梁中，柔度與梁之長度成正比，在連續板片柔度則有一極限，(見圖31)

## 附 錄

後附本篇引用各種常數之圖解，以備正

# 西南聯合工業研究社

宗旨：研究工業問題

業務：承驗各種成品及原料

代決工業上具體問題

社址：重慶南岸四川水泥廠內

電話：三〇三四







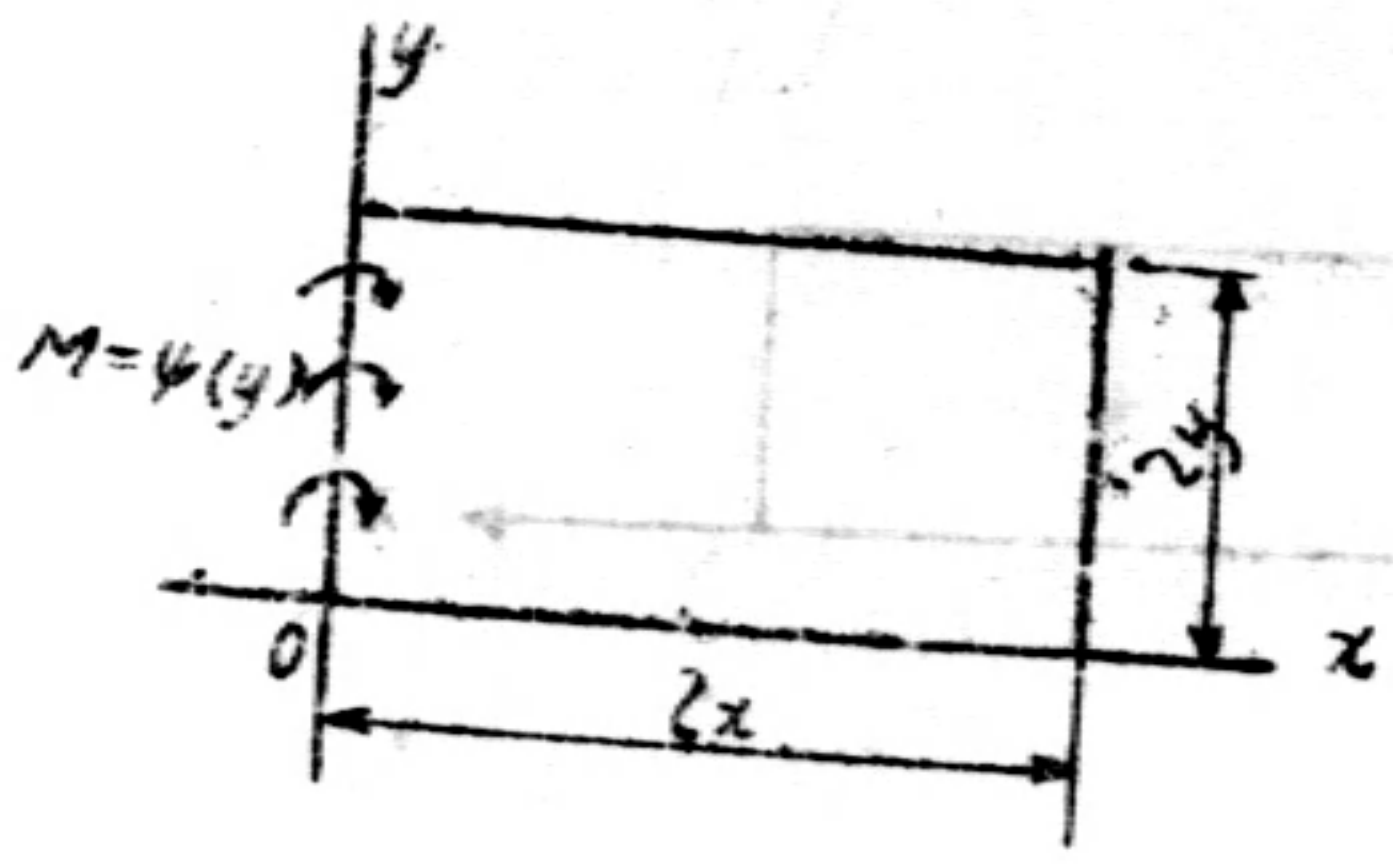


圖 (4)

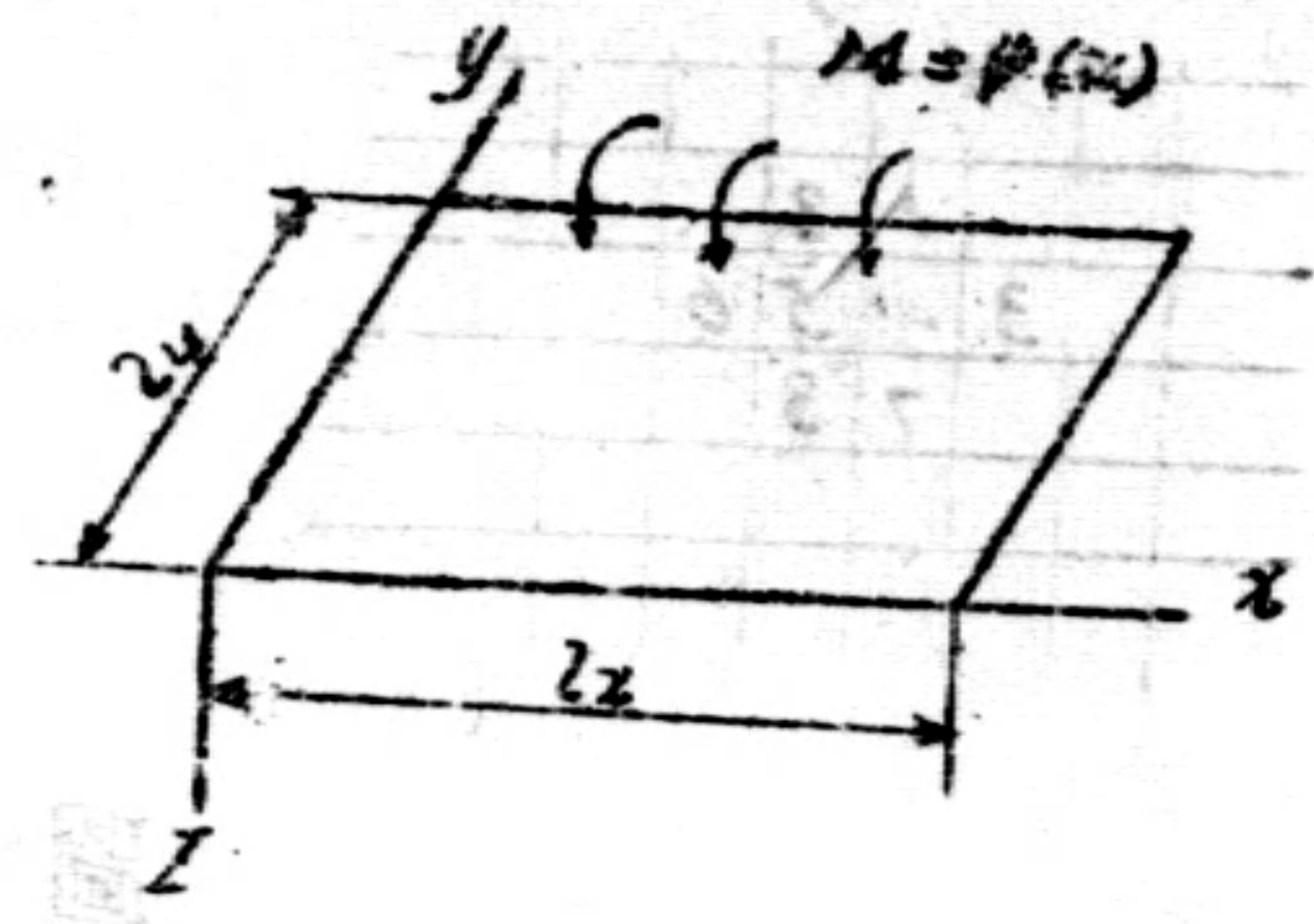


圖 (5)

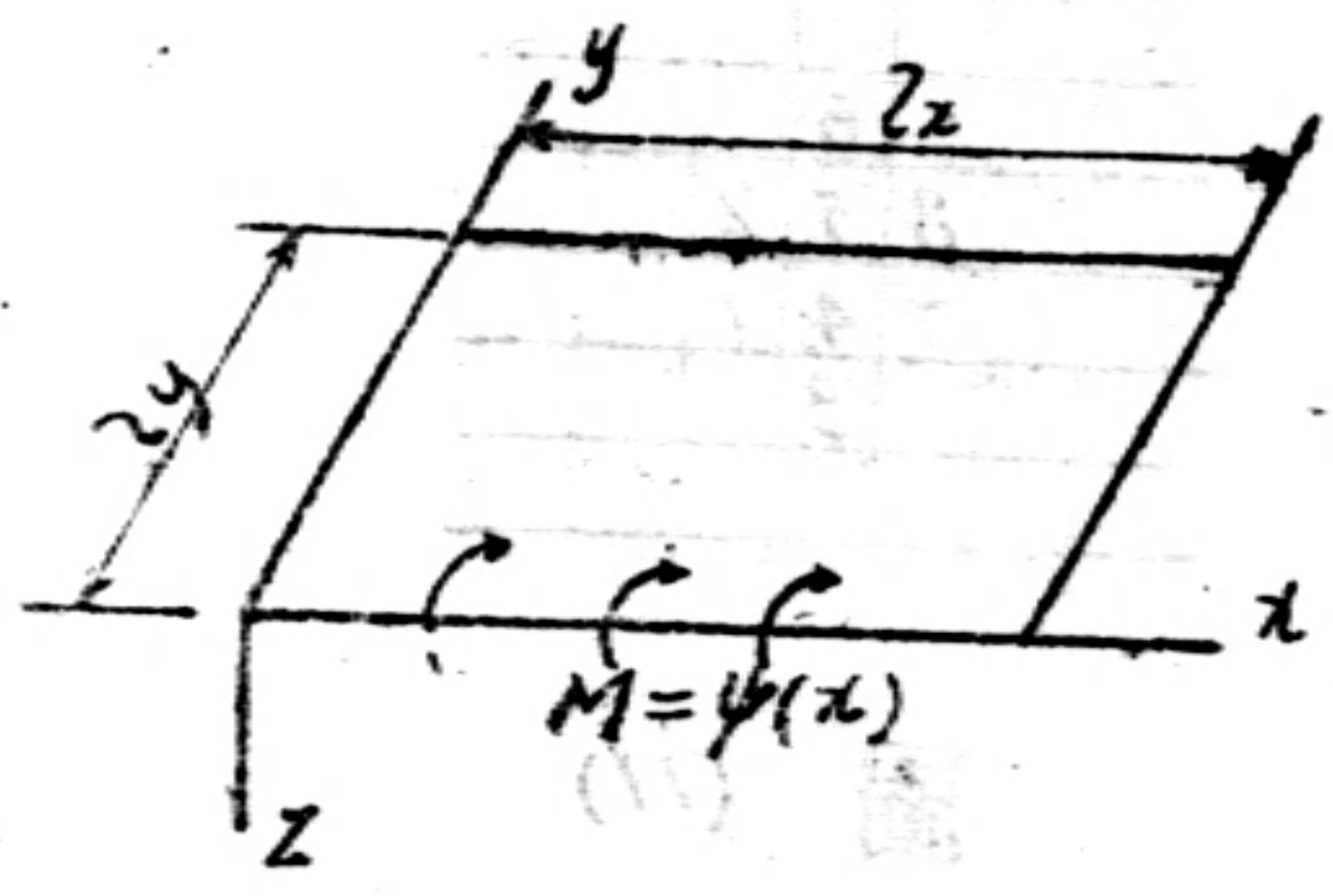


圖 (6)

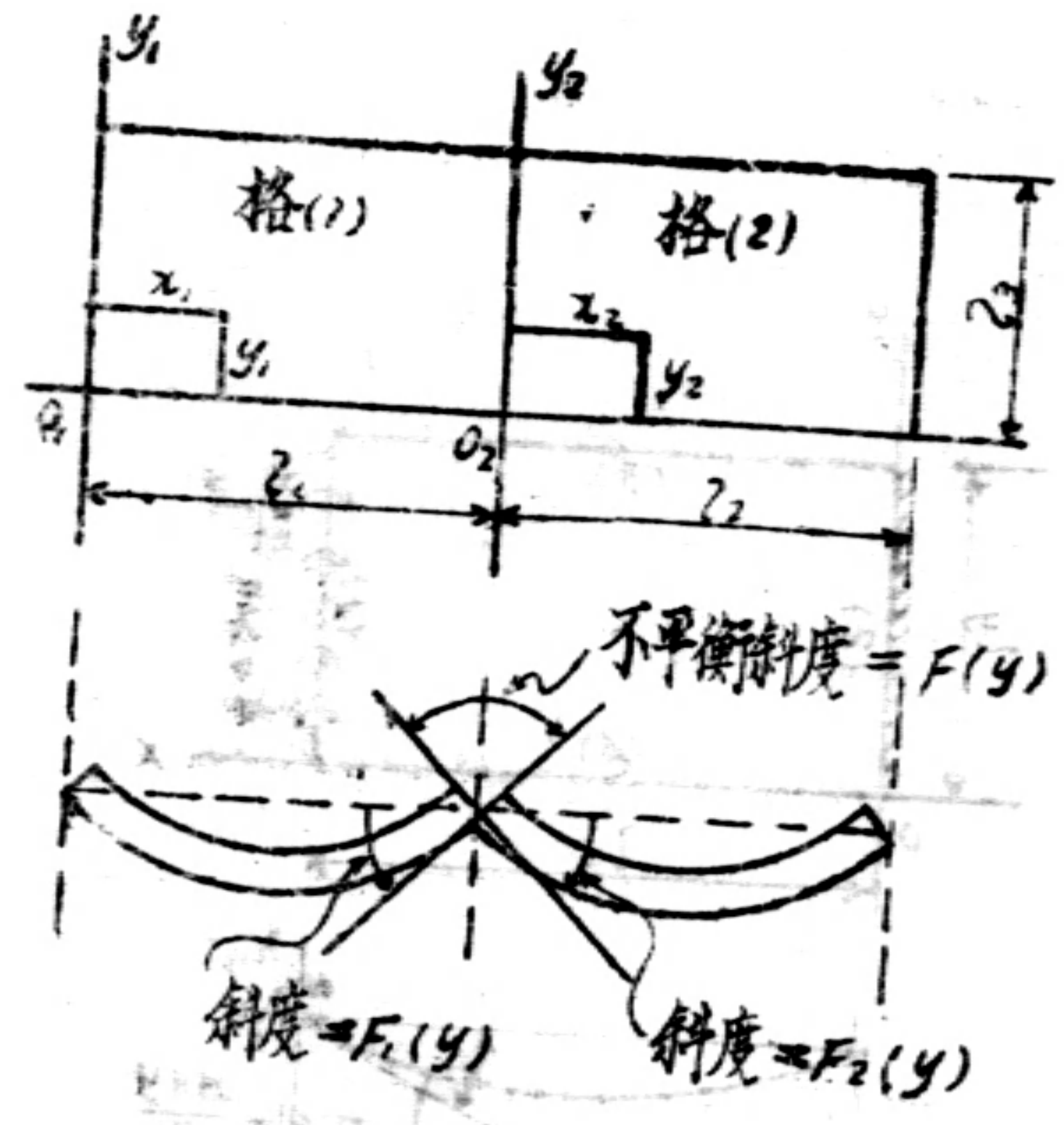


圖 (7)

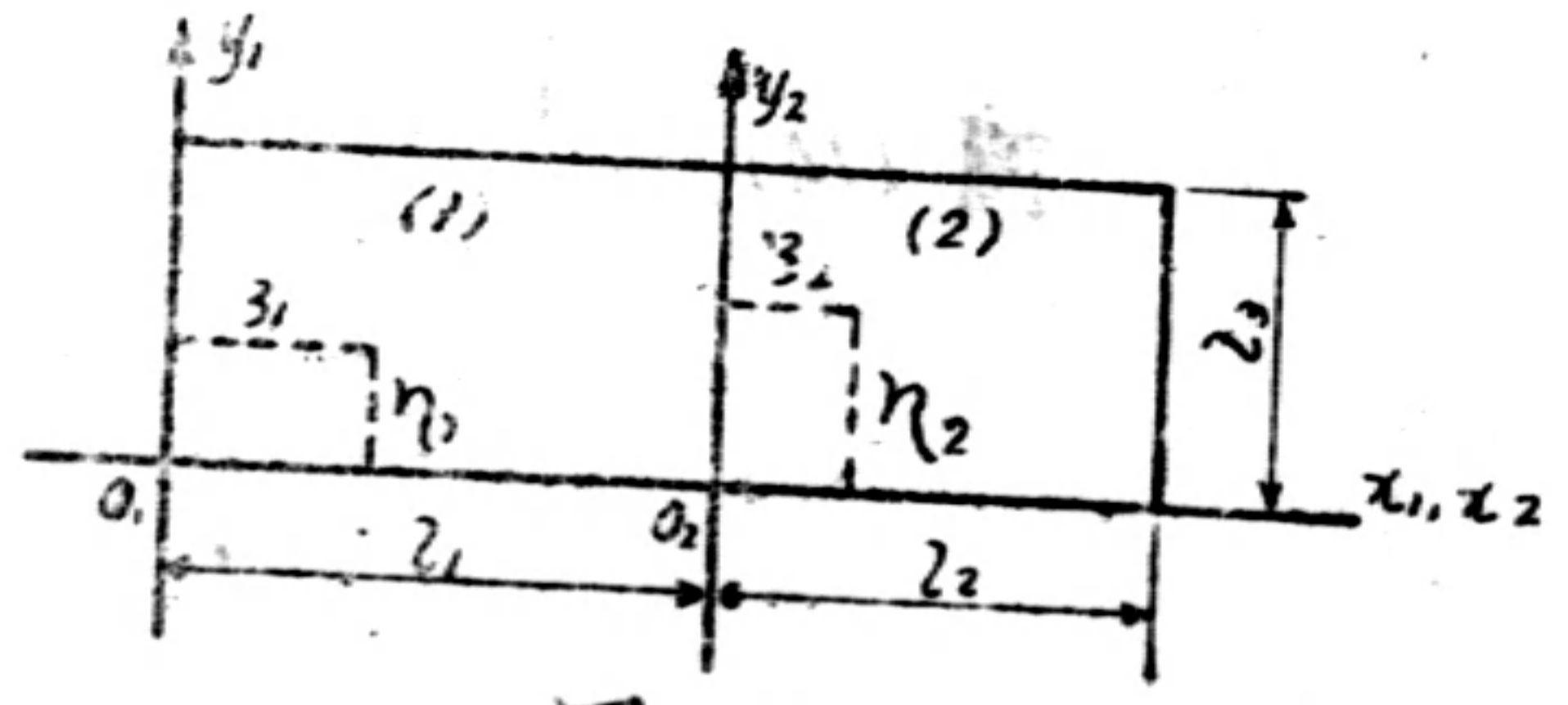
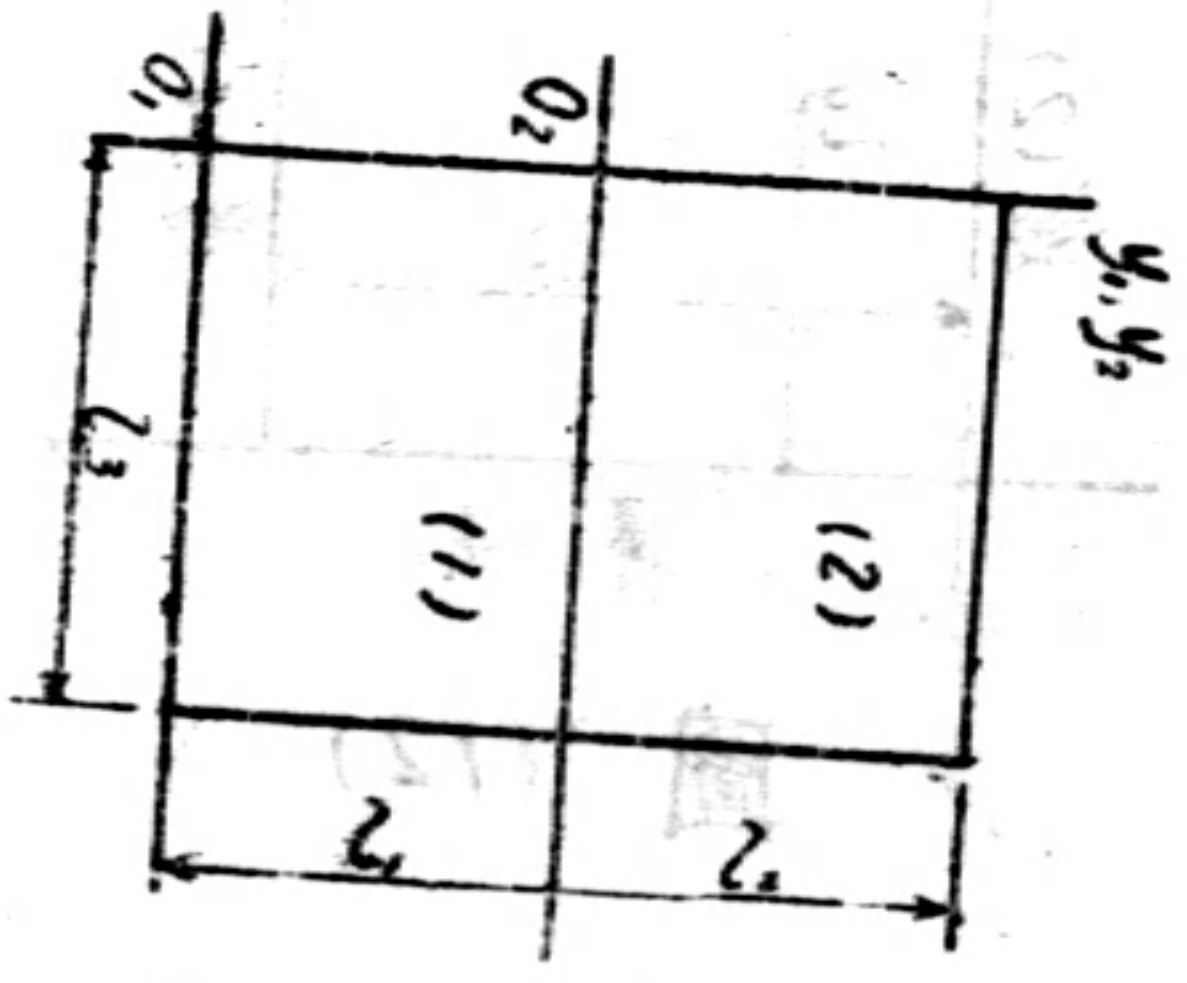


圖 (8)

(9)





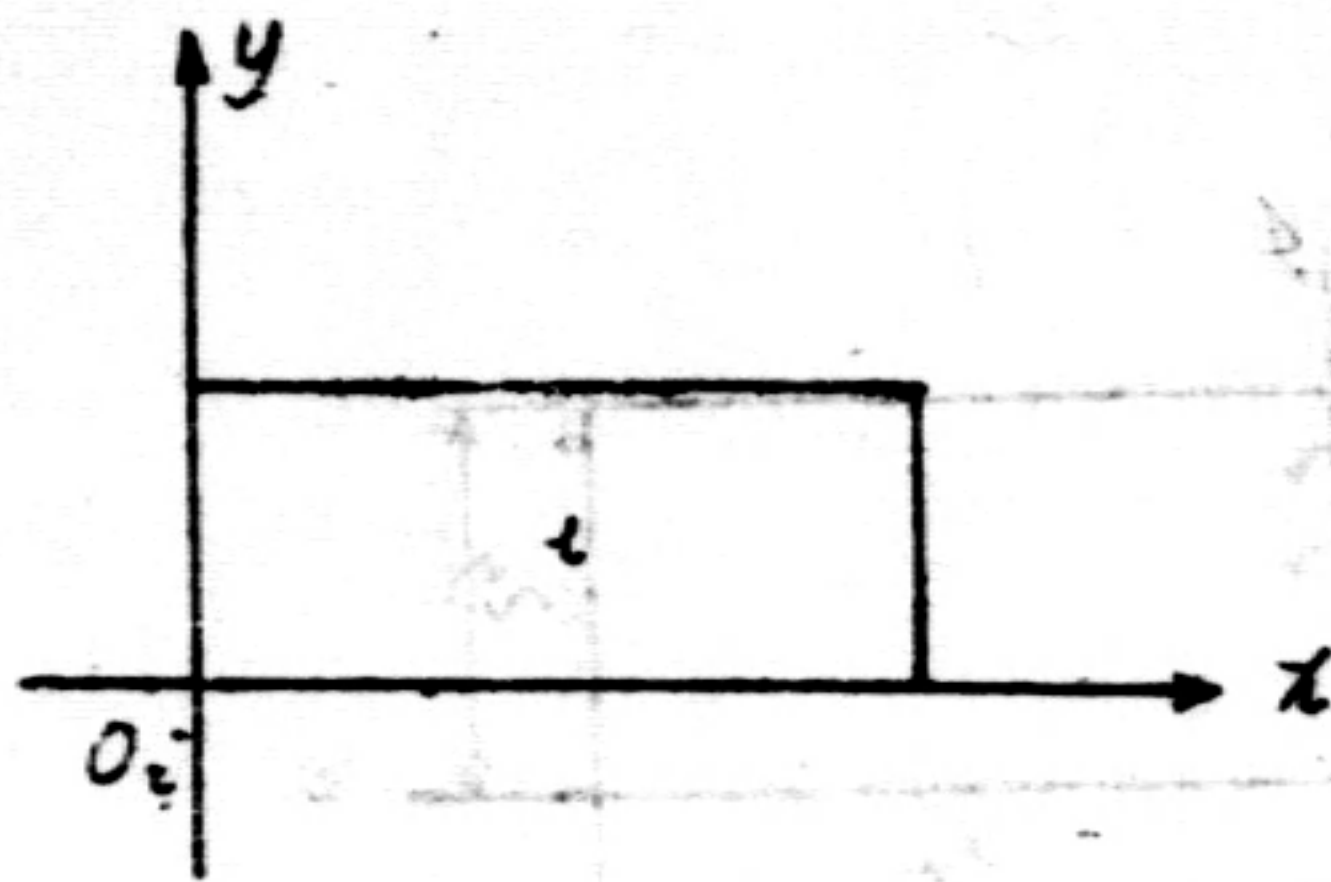
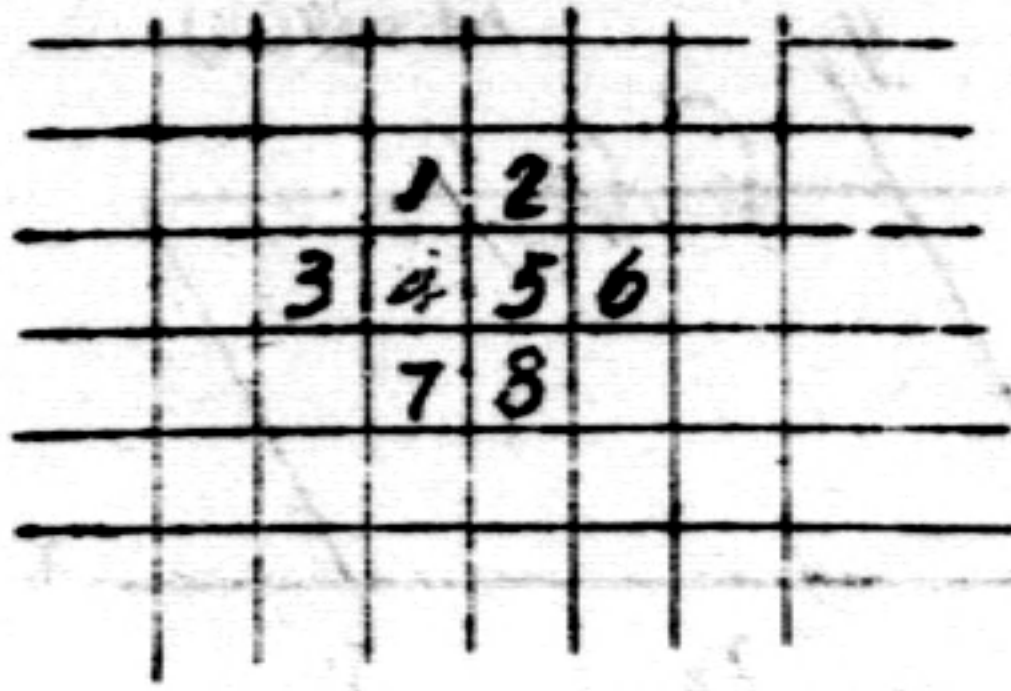


圖 (10)

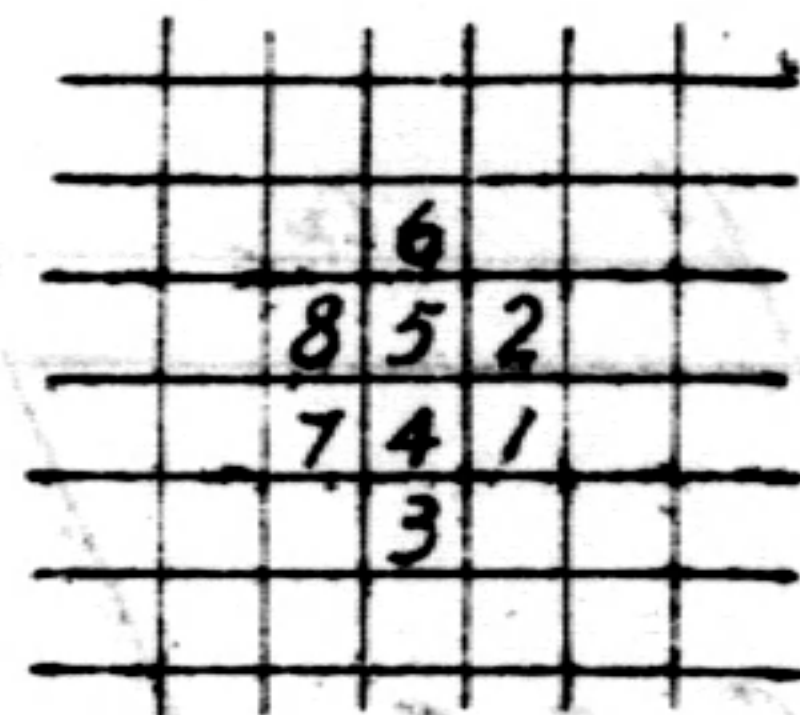


圖 (11)

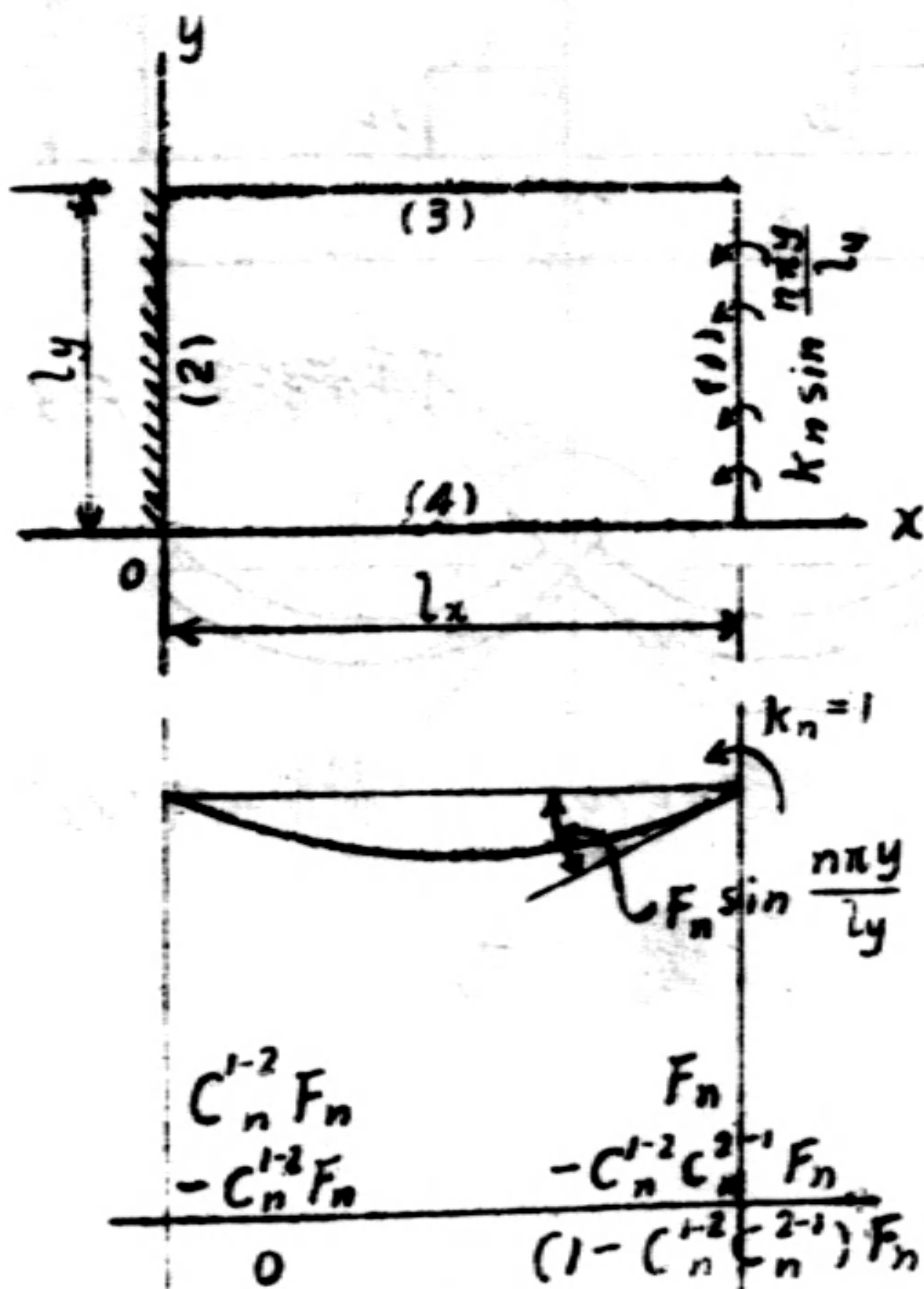


圖 (14)

柔度 (Flexibility)

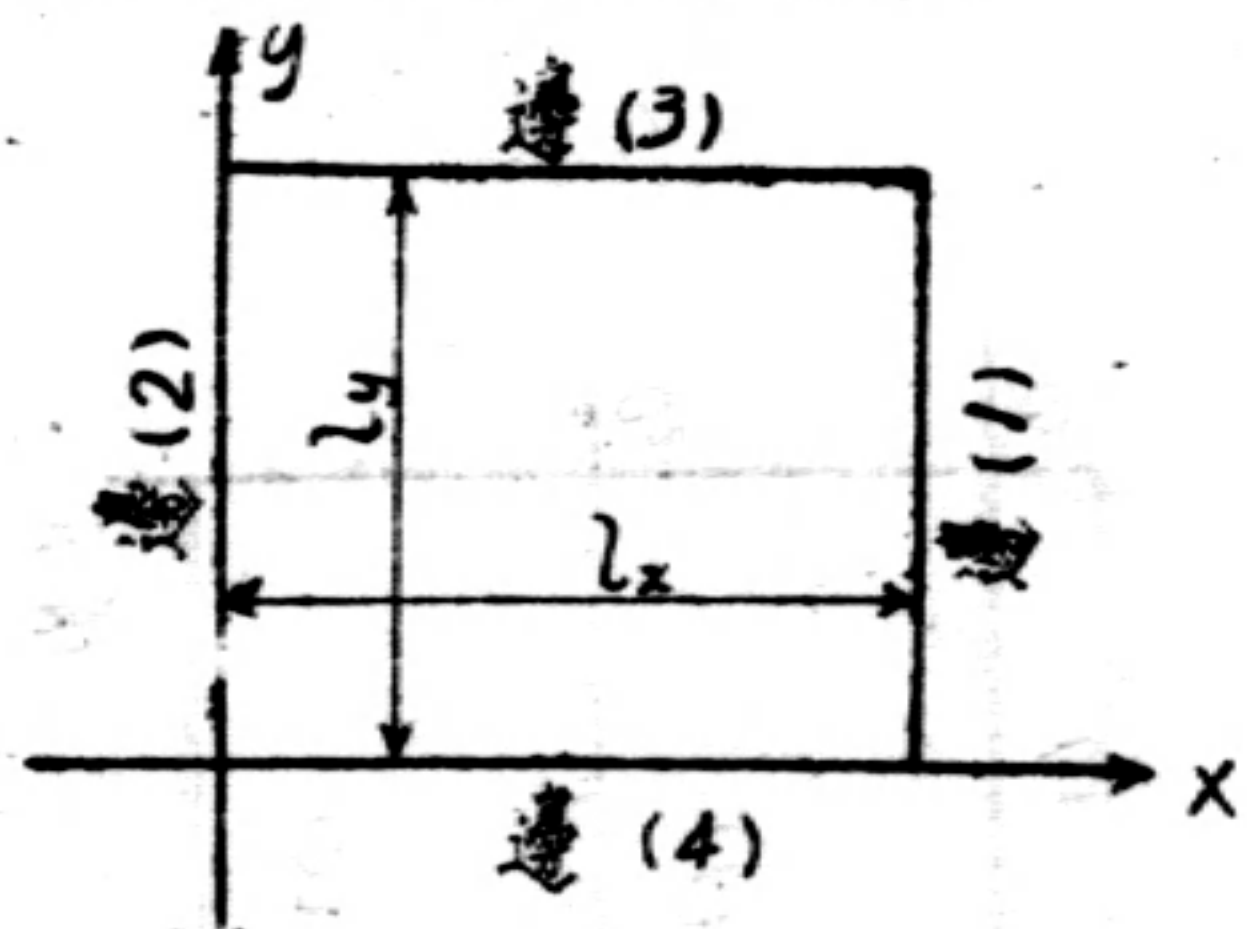


圖 (12)

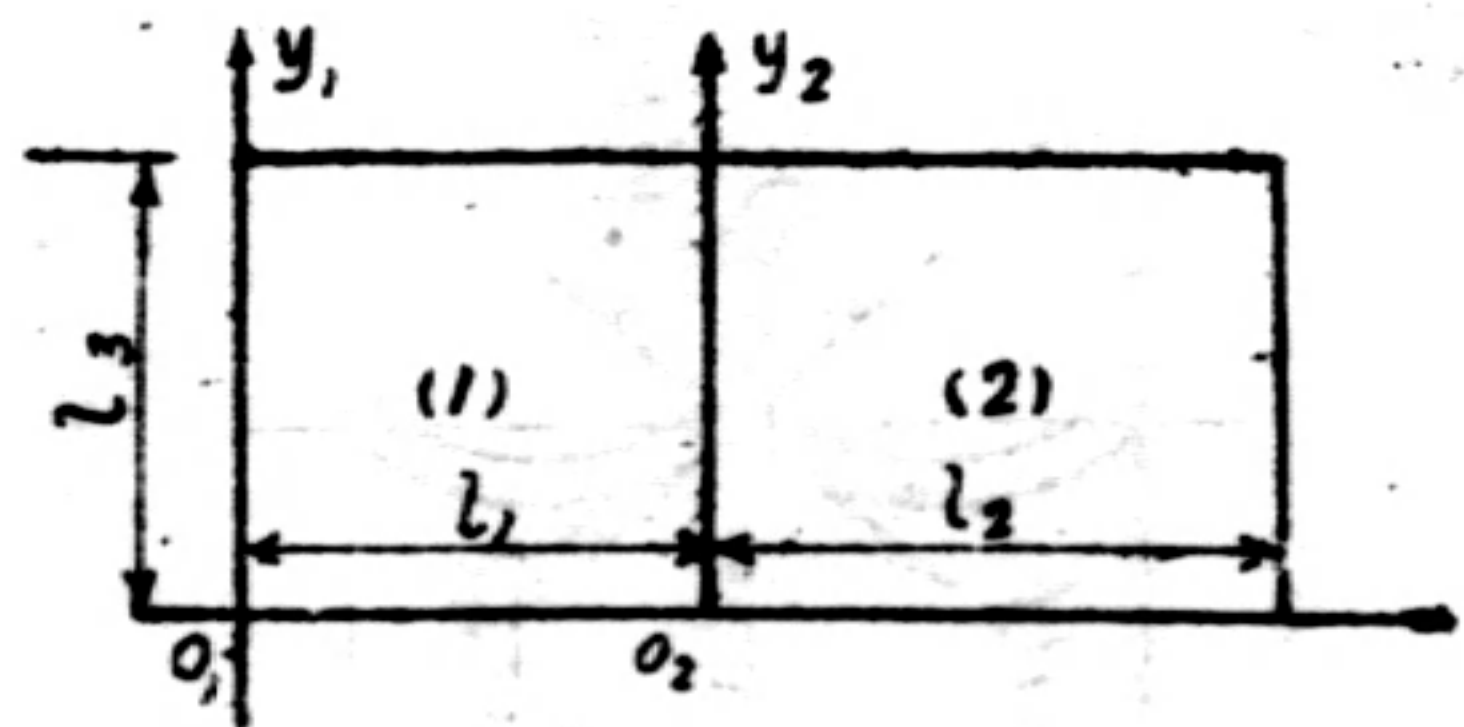
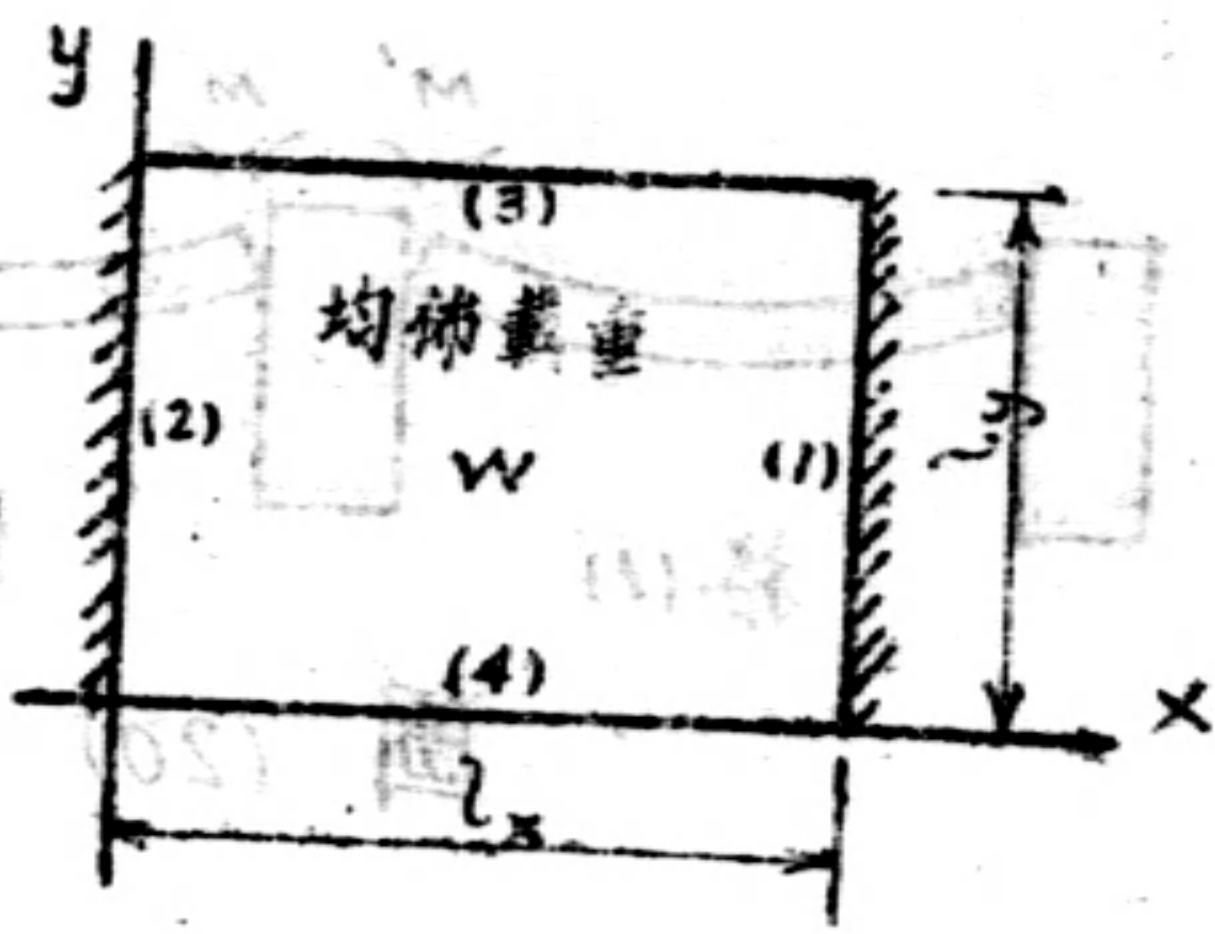
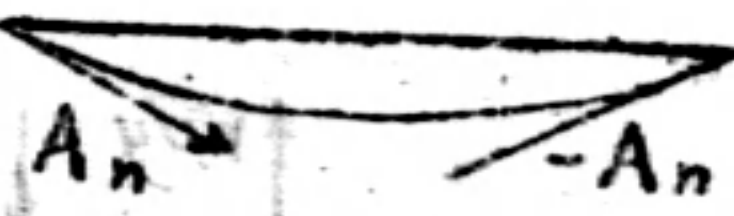


圖 (13)





簡支斜度



分配斜度

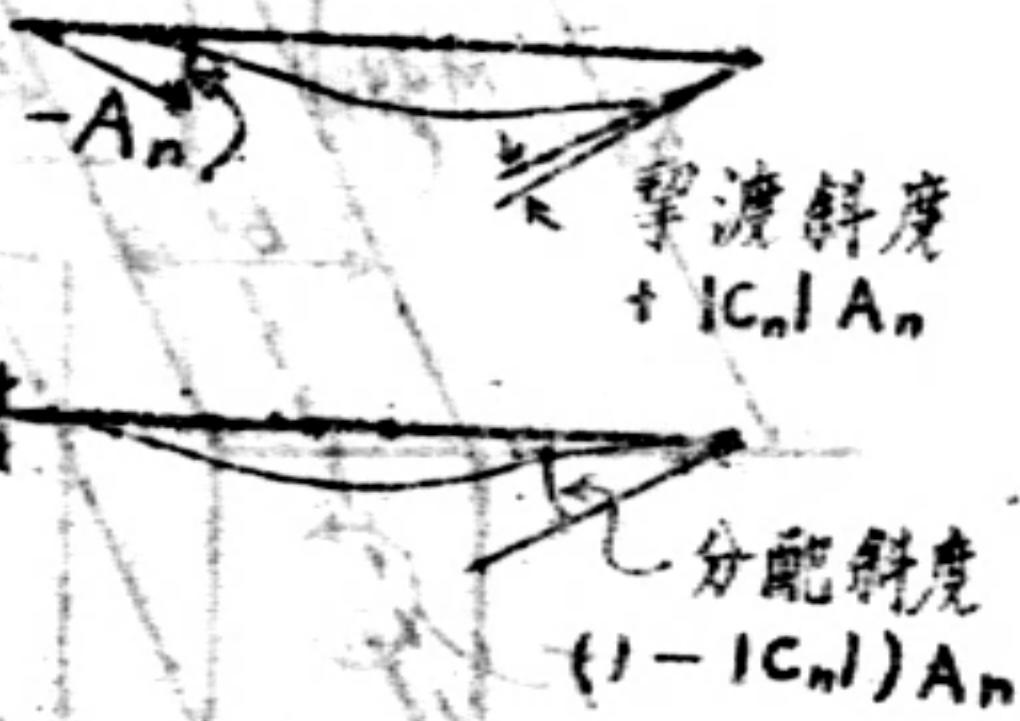


圖 (15)

圖 (17)

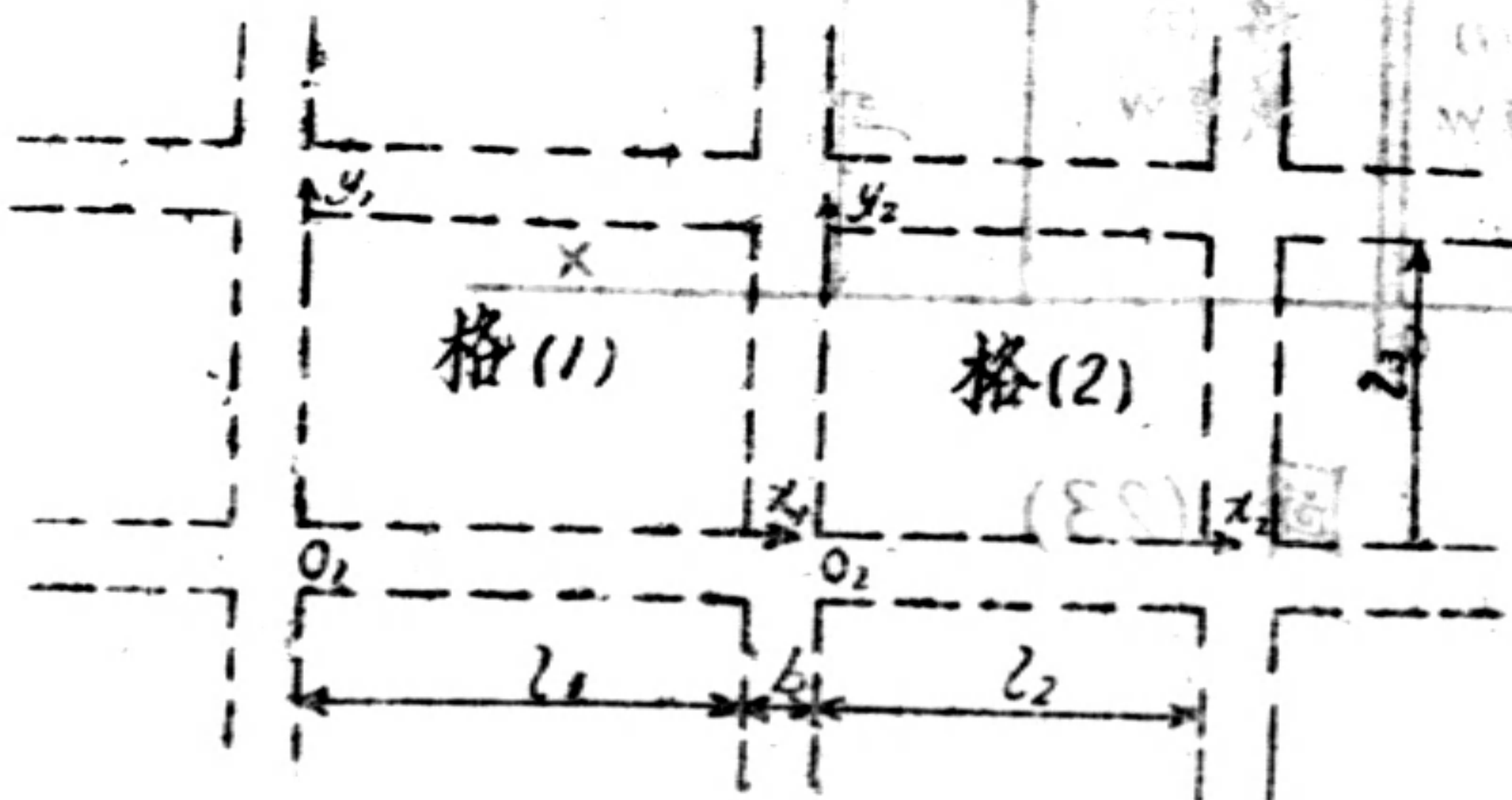
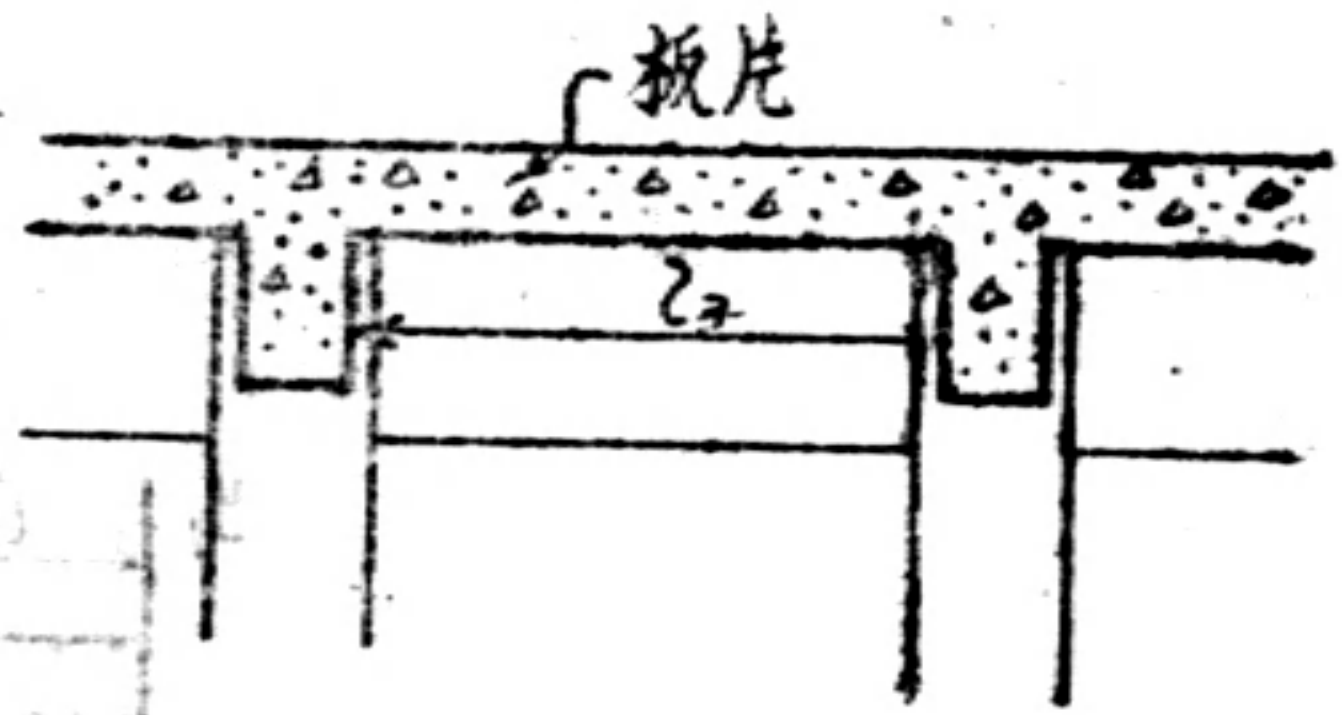
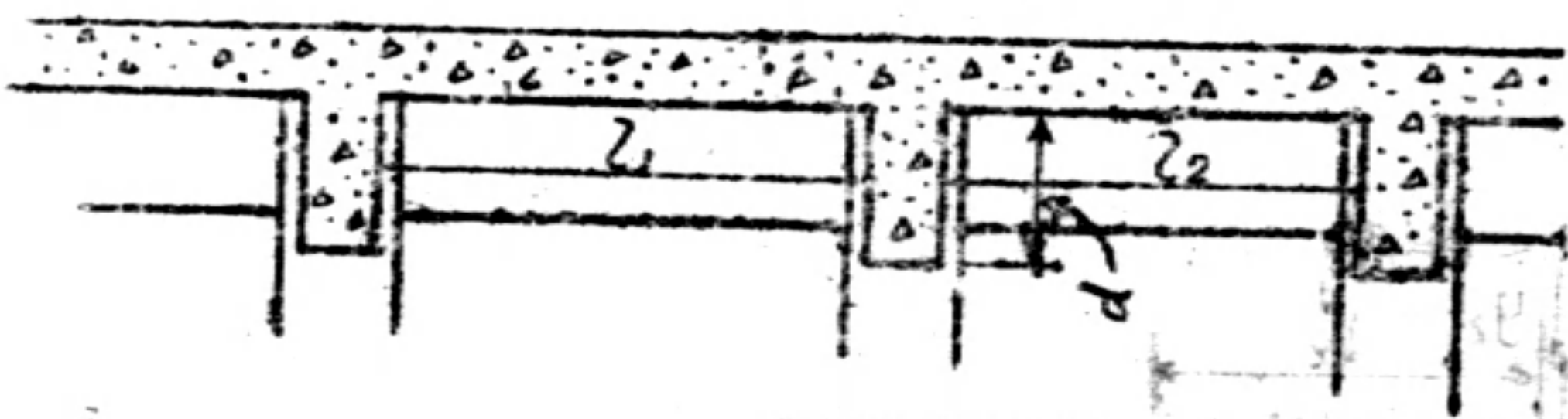
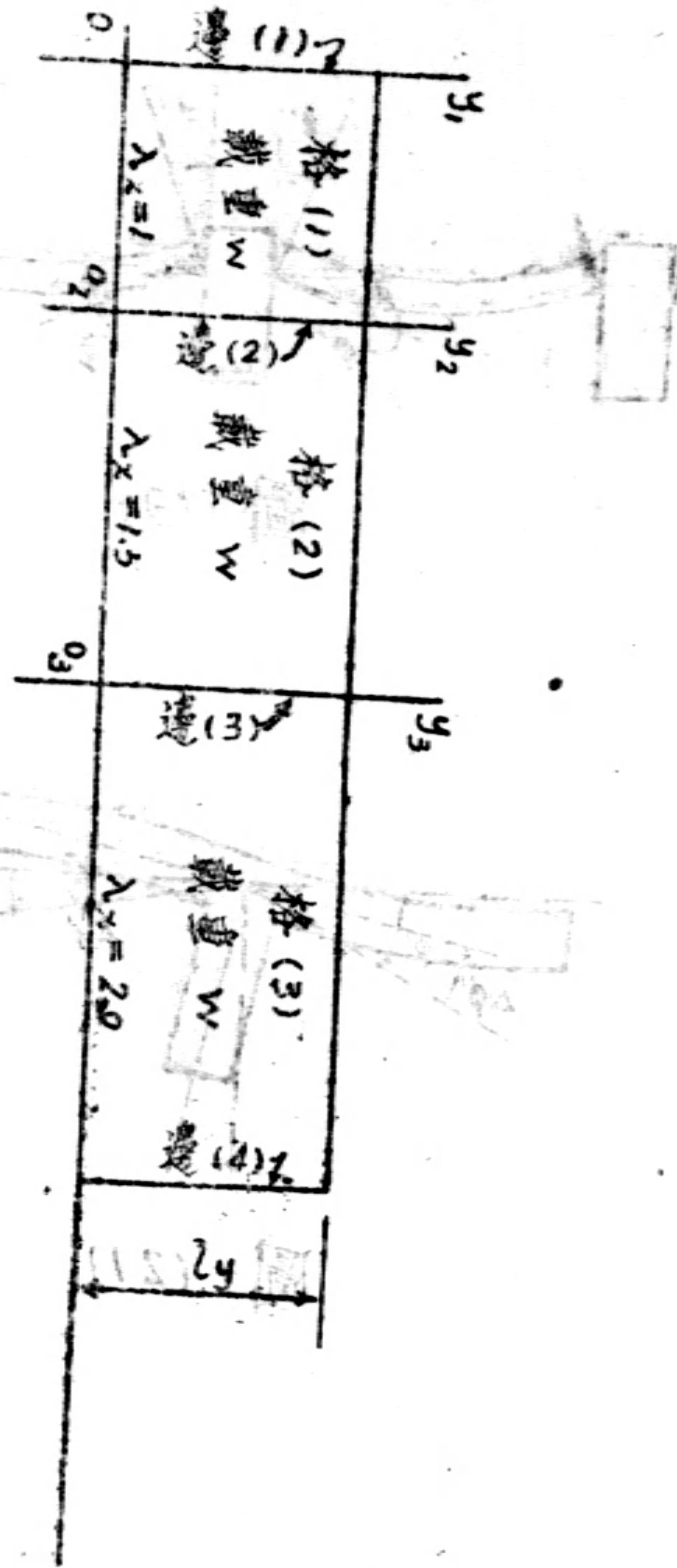
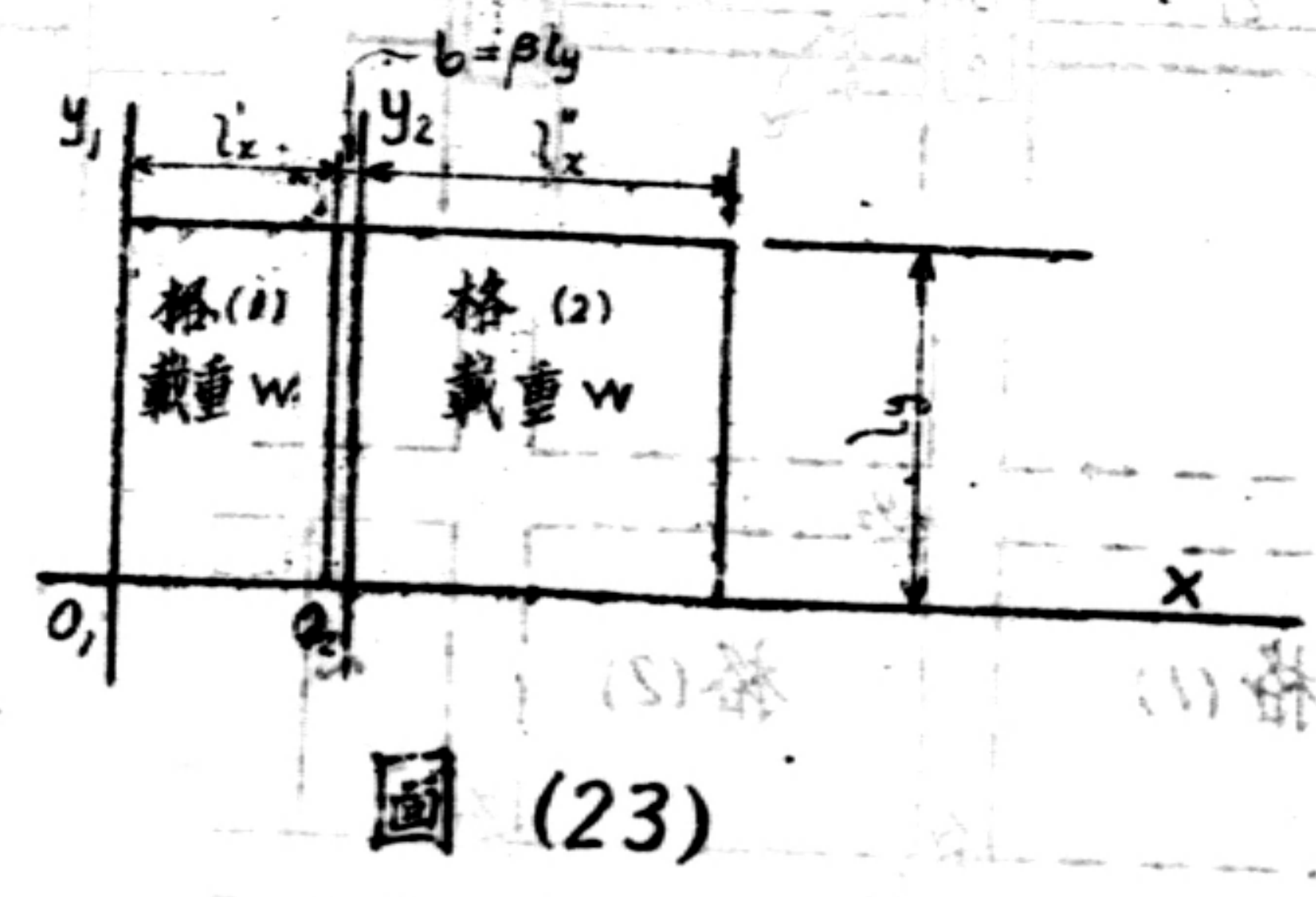
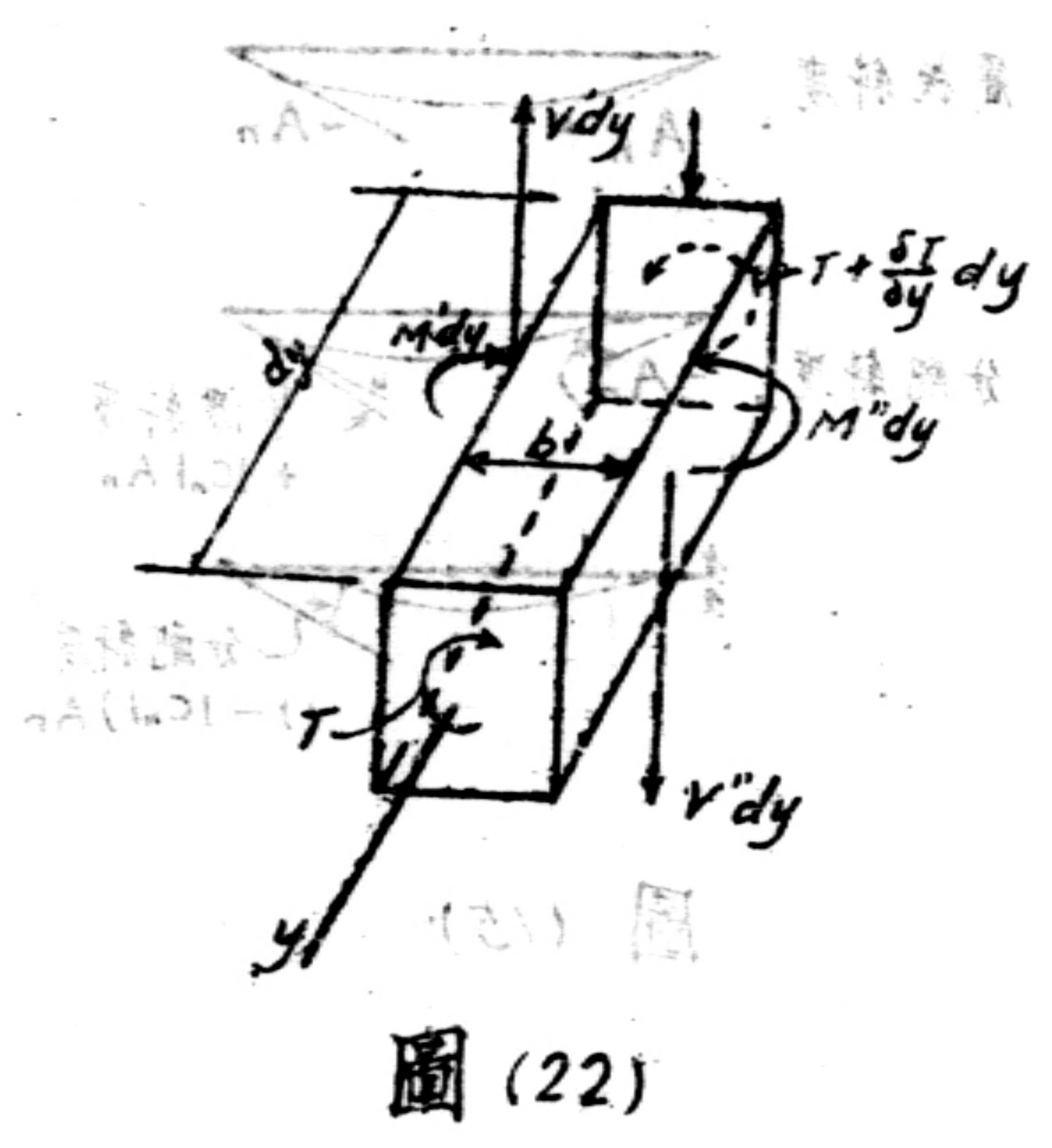
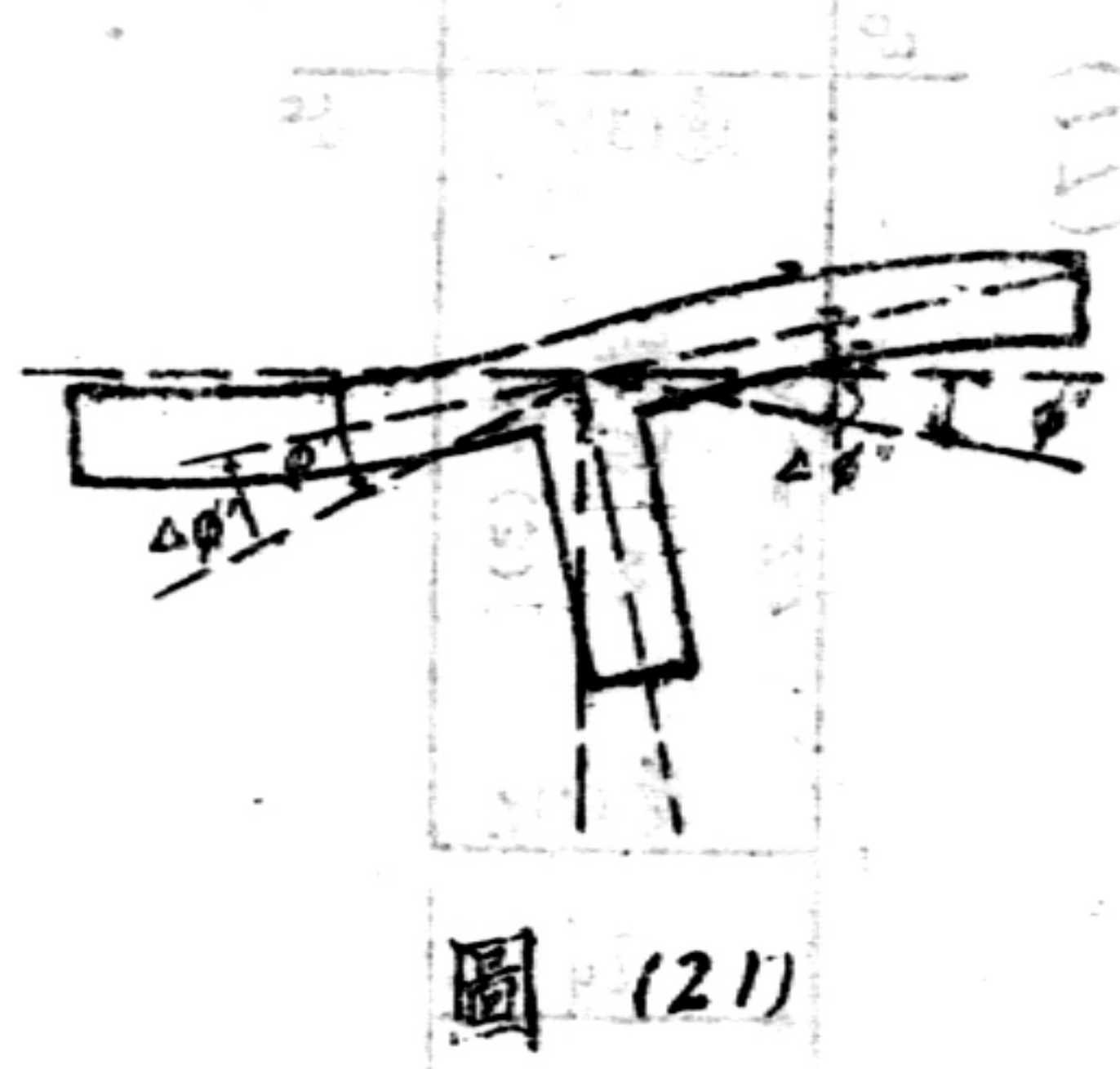
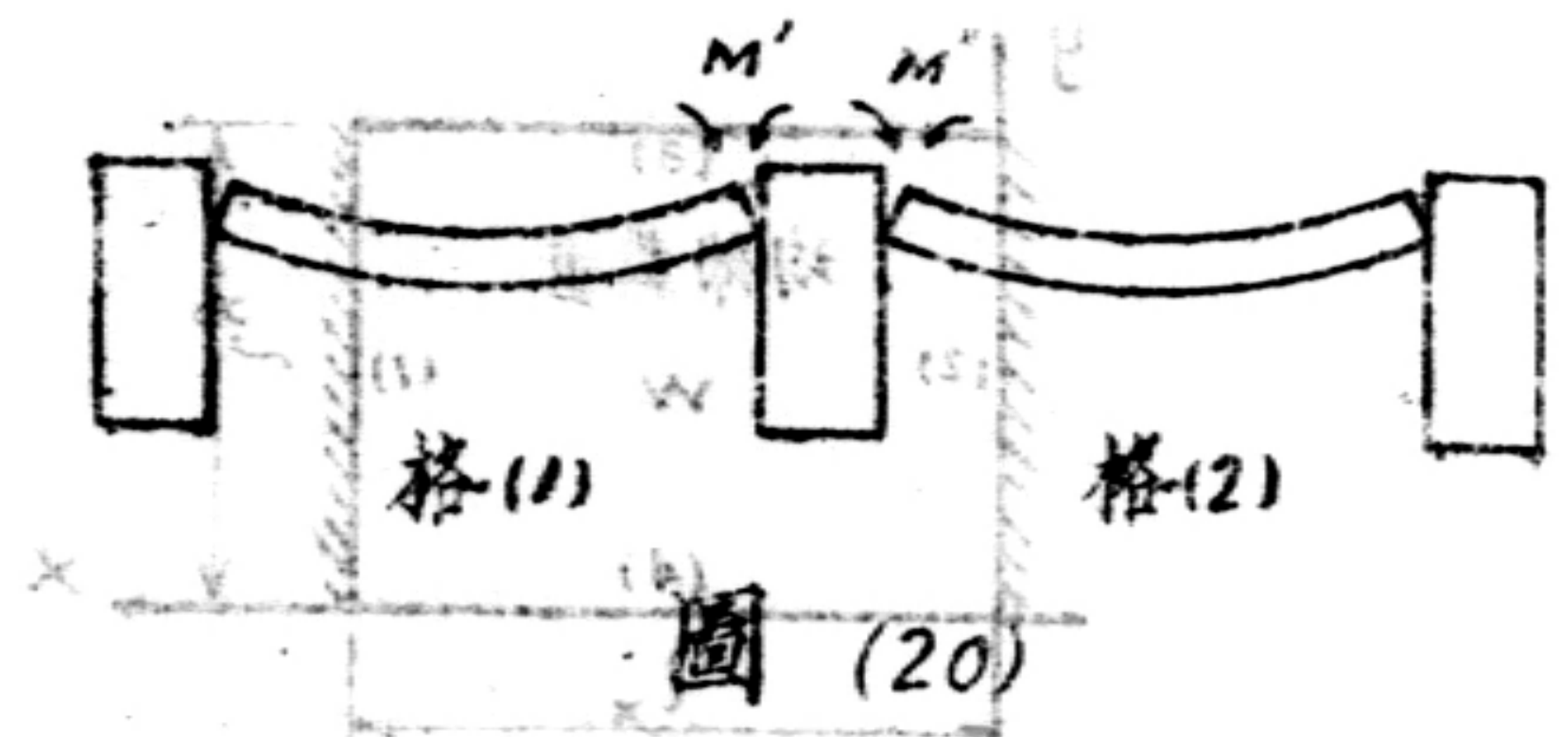
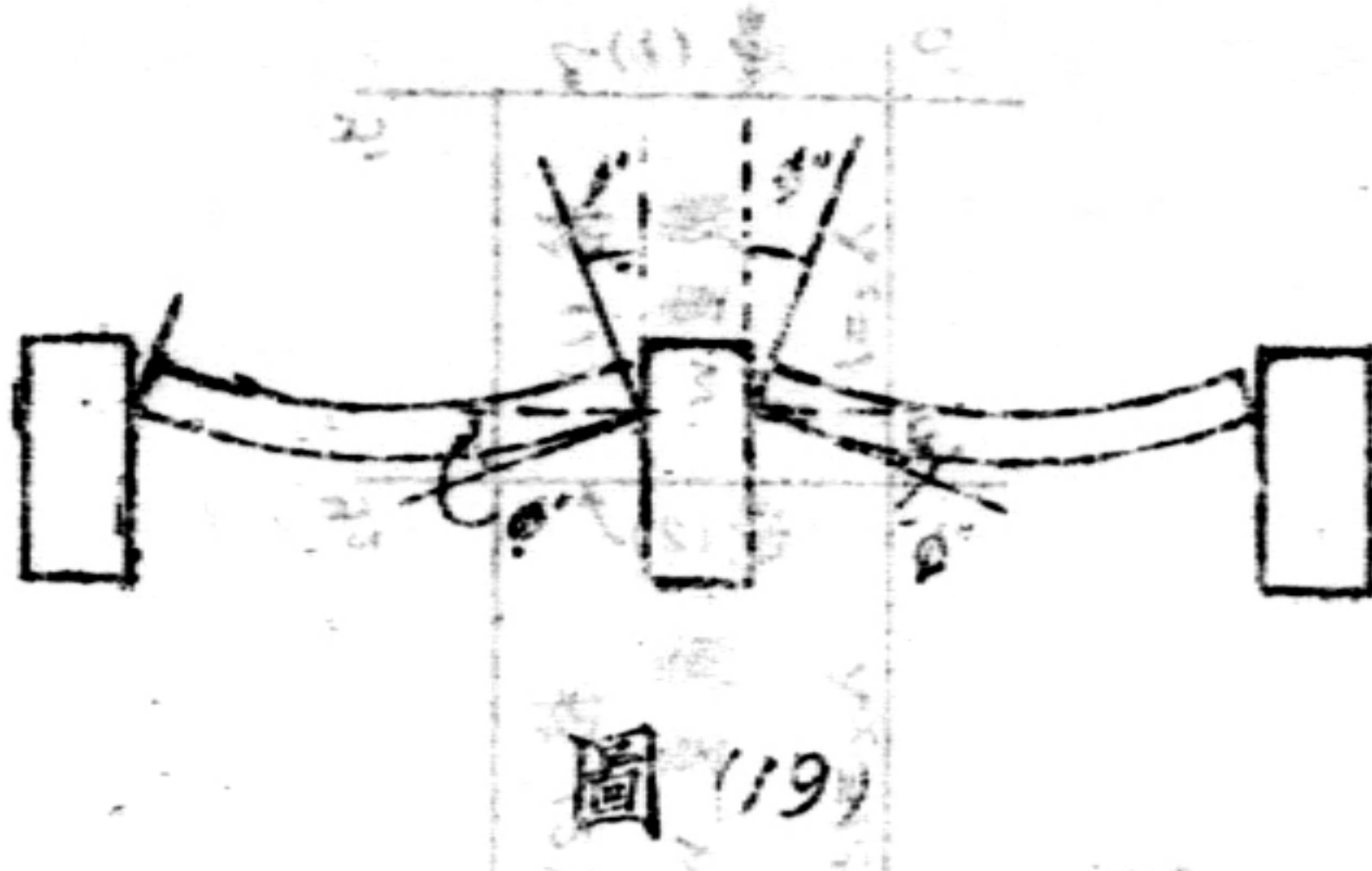
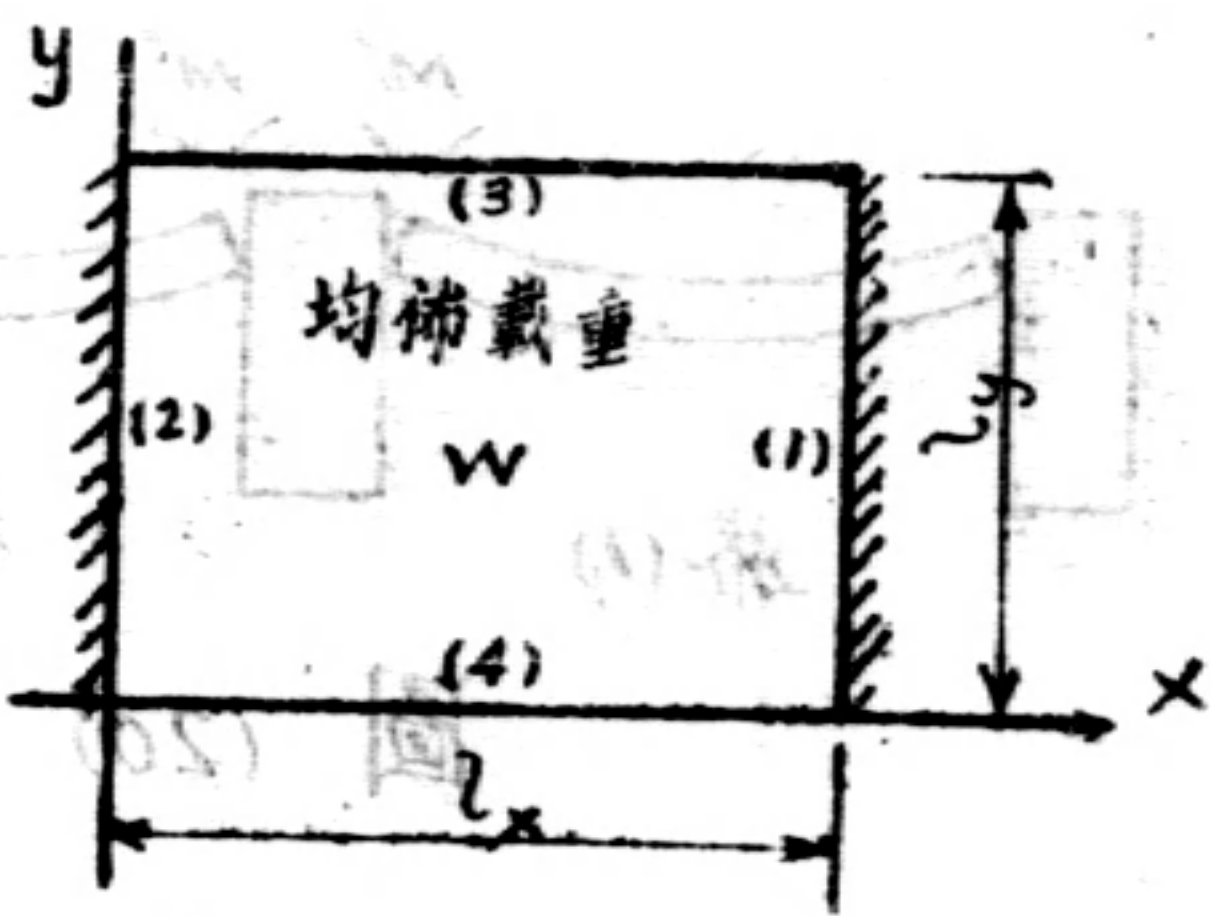


圖 (18)

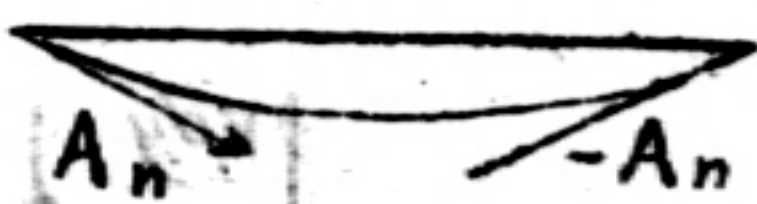








簡板斜度



分配斜度

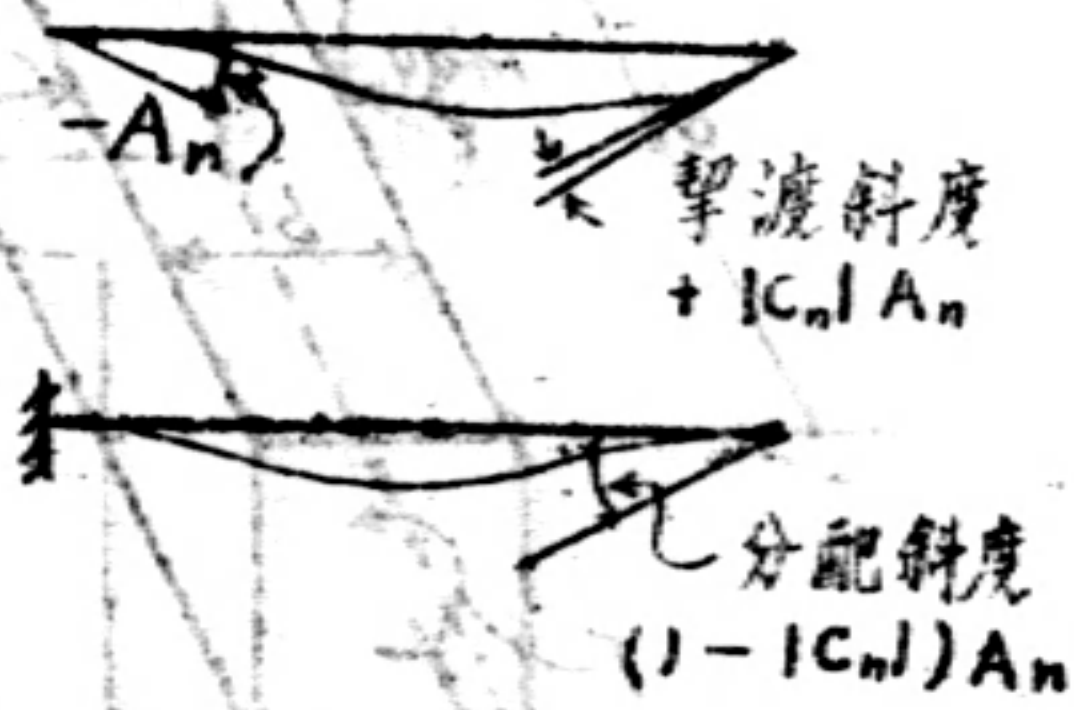


圖 (15)

圖 (17)

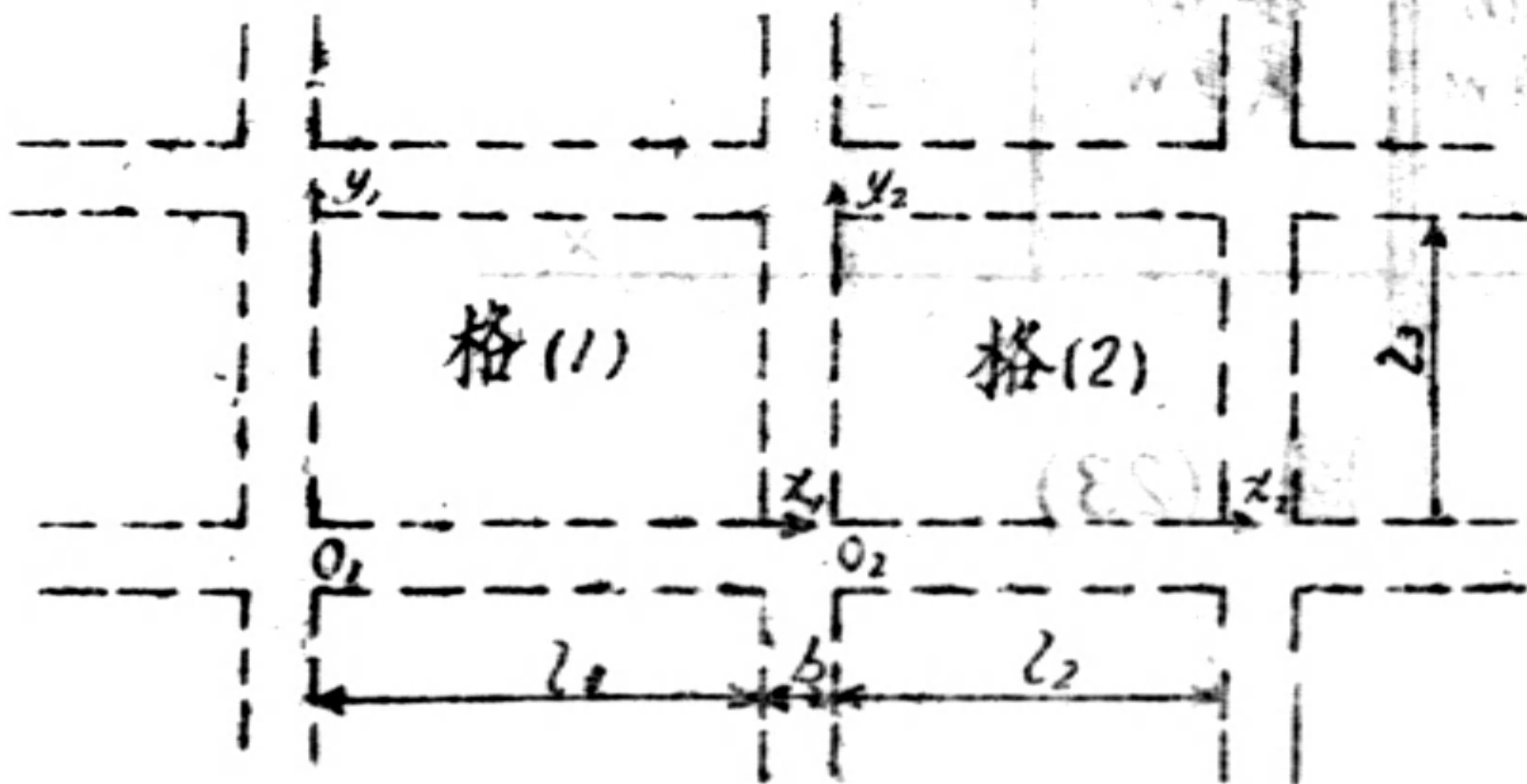
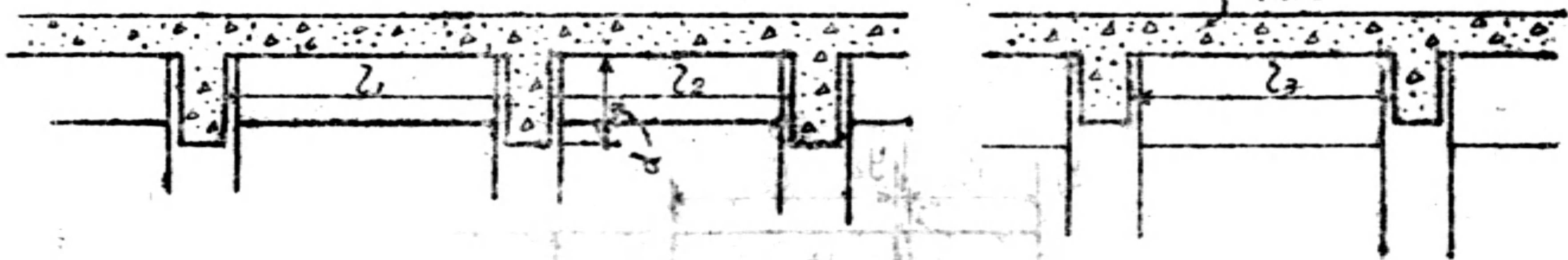
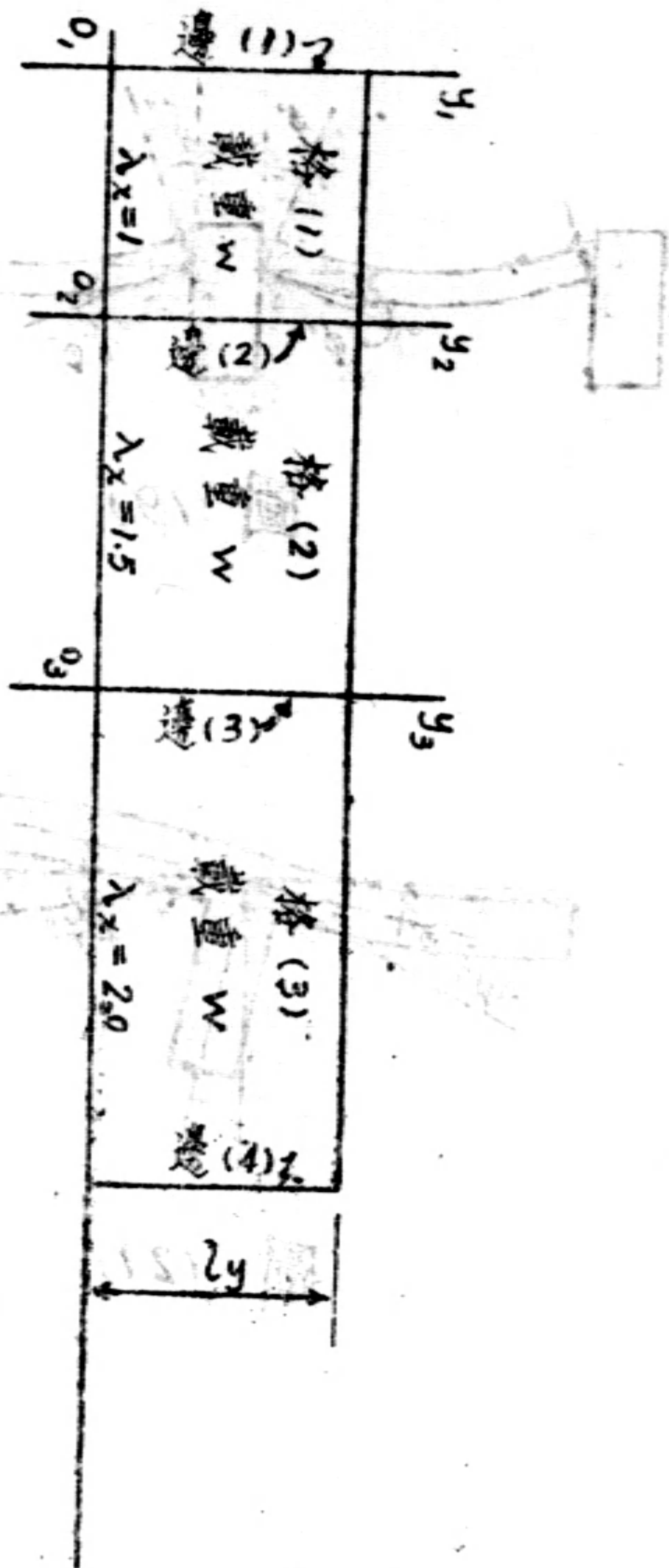


圖 (18)



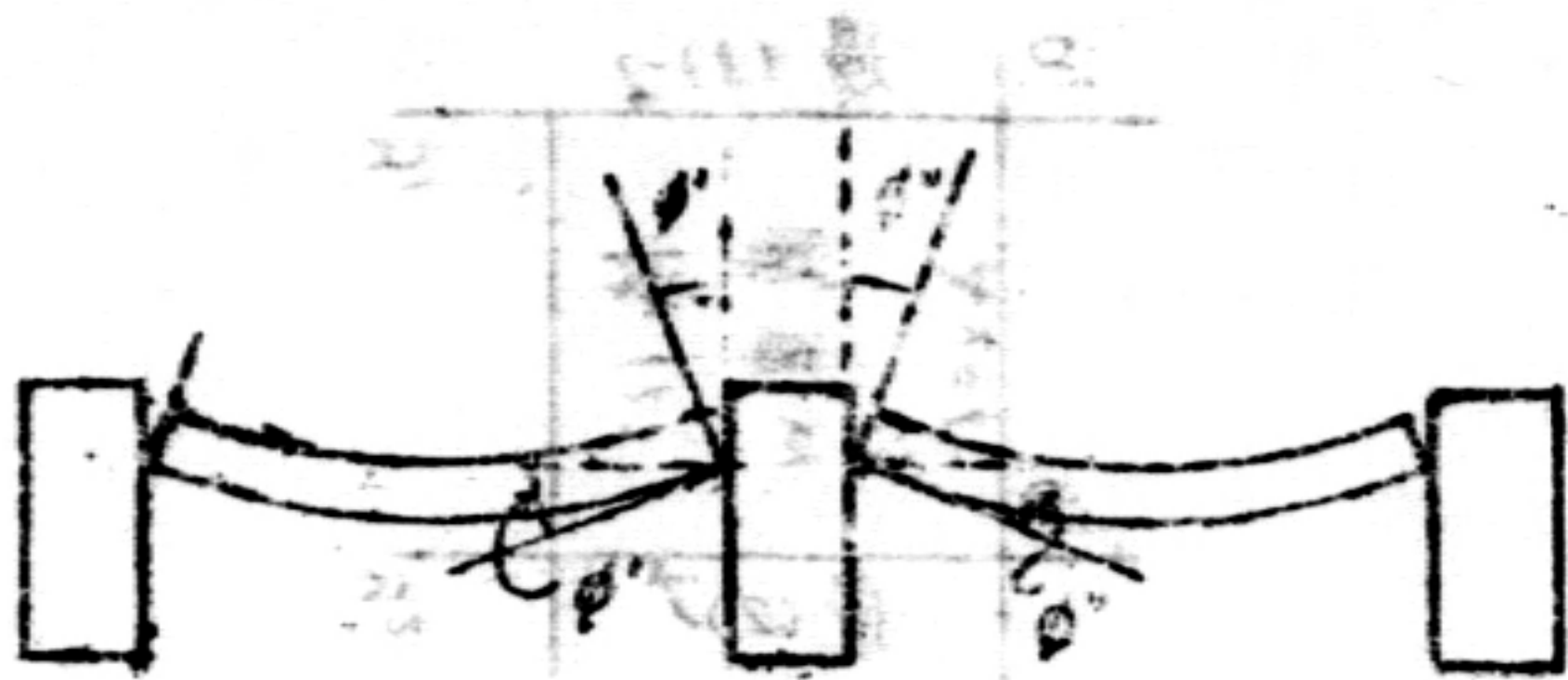


圖 (19)

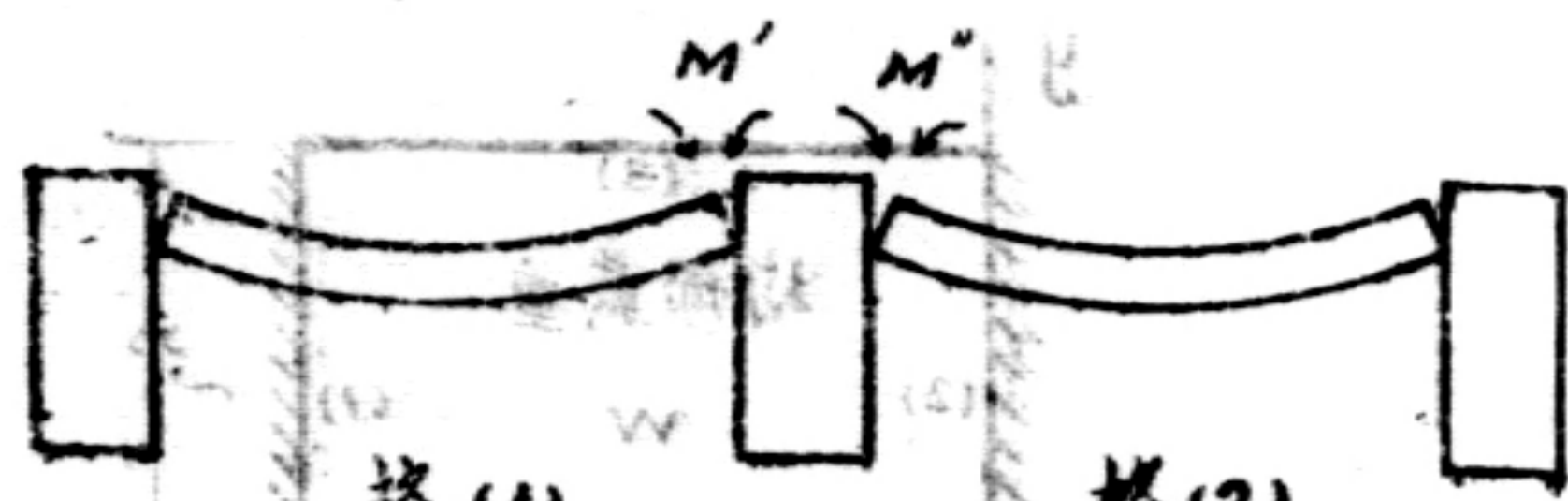


圖 (20)

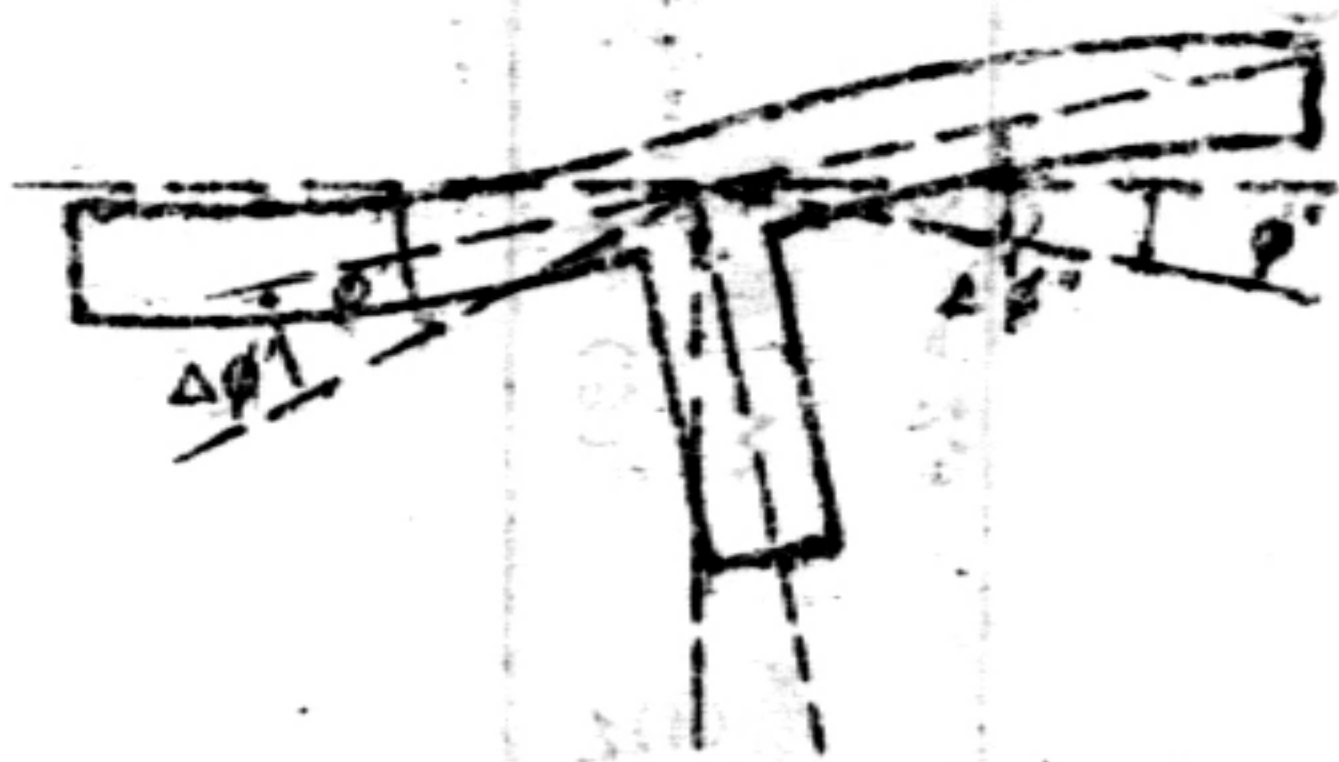


圖 (21)

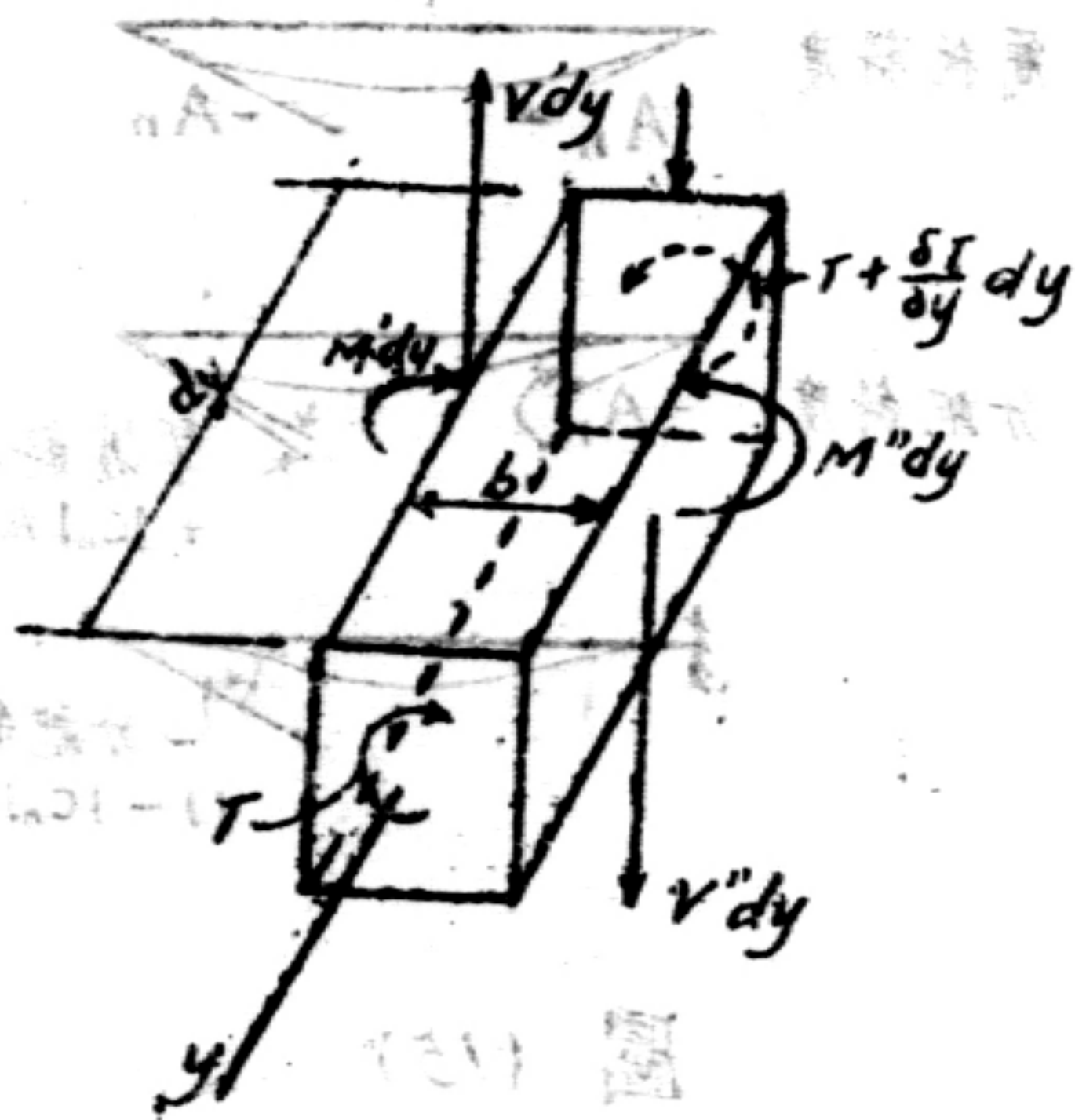


圖 (22)

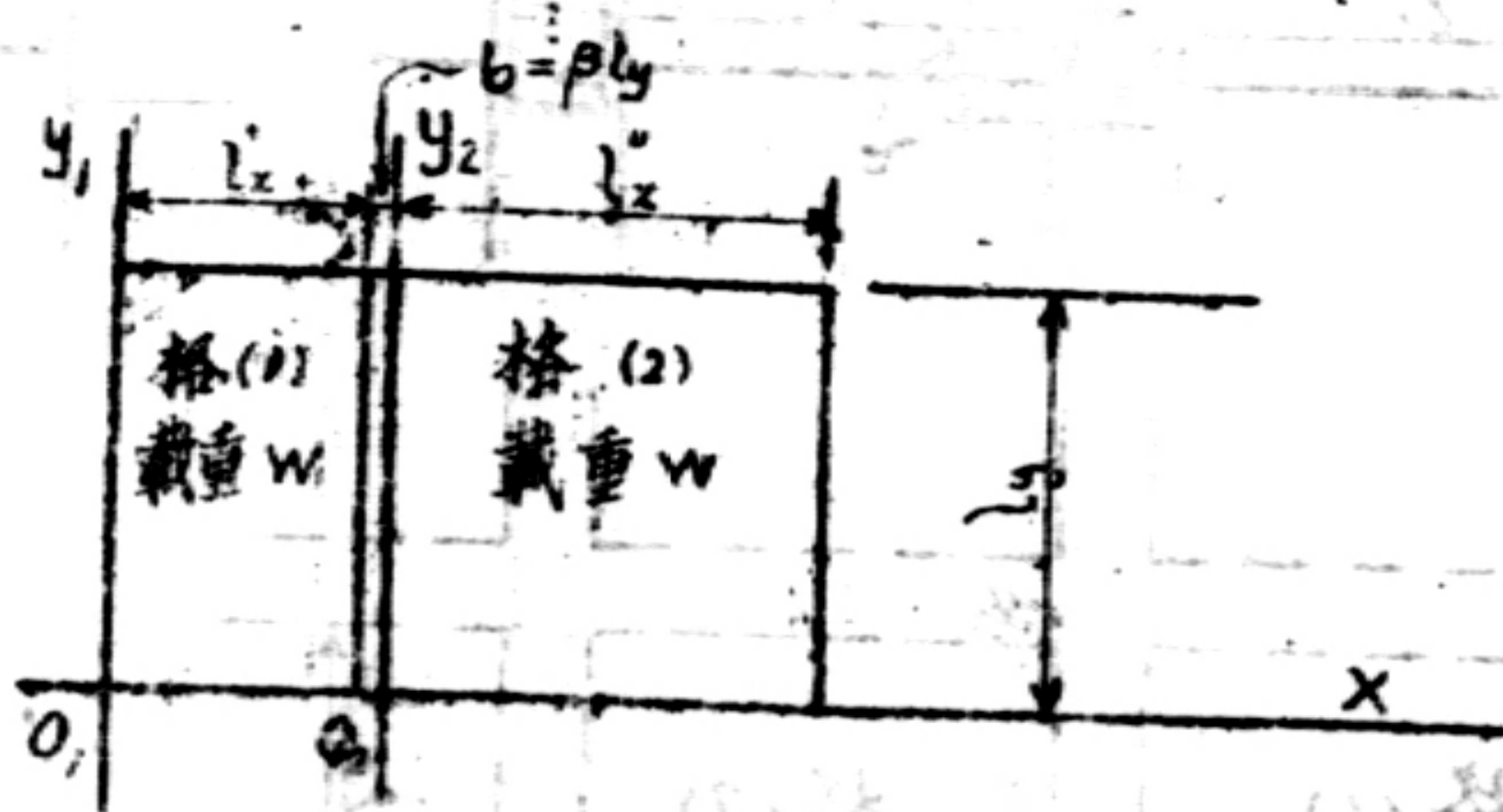
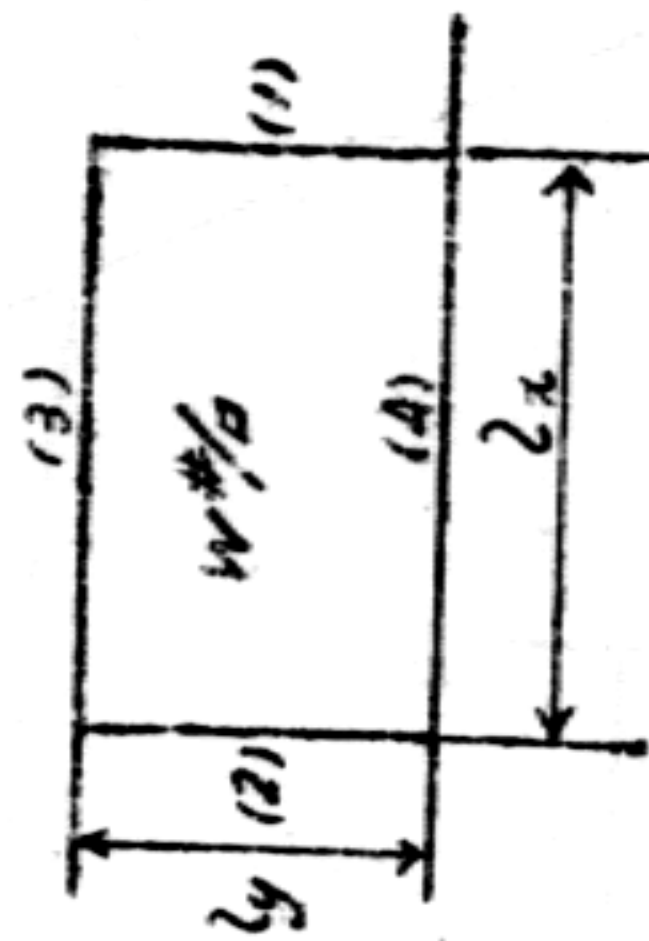


圖 (23)

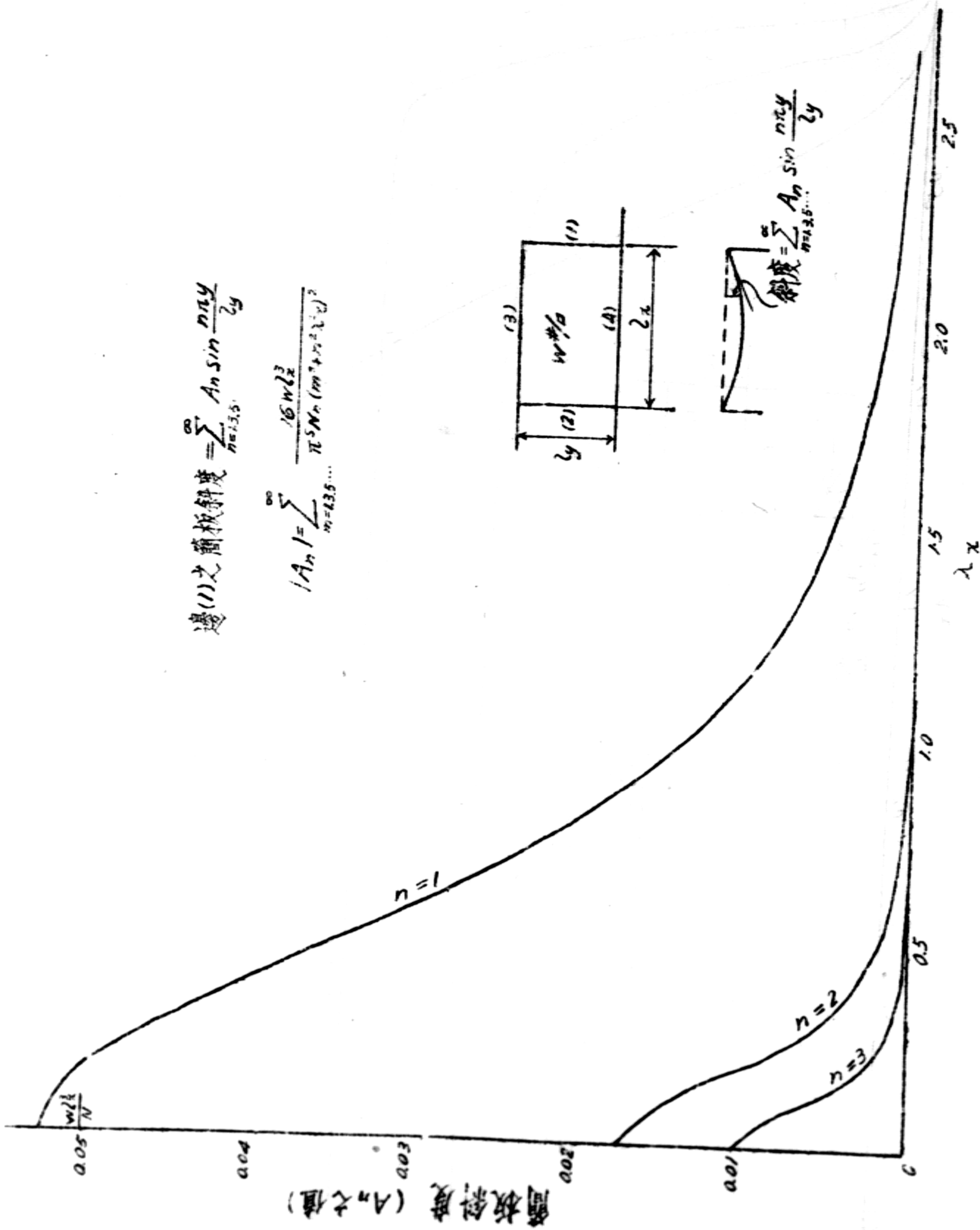


邊(1)之簡板斜度 =  $\sum_{n=1,3,5}^{\infty} A_n \sin \frac{n\pi y}{2y}$

$|A_n| = \sum_{m=1,3,5}^{\infty} \frac{16Wl^2}{\pi^5 N n (m^2 + n^2 \lambda^2)^2}$

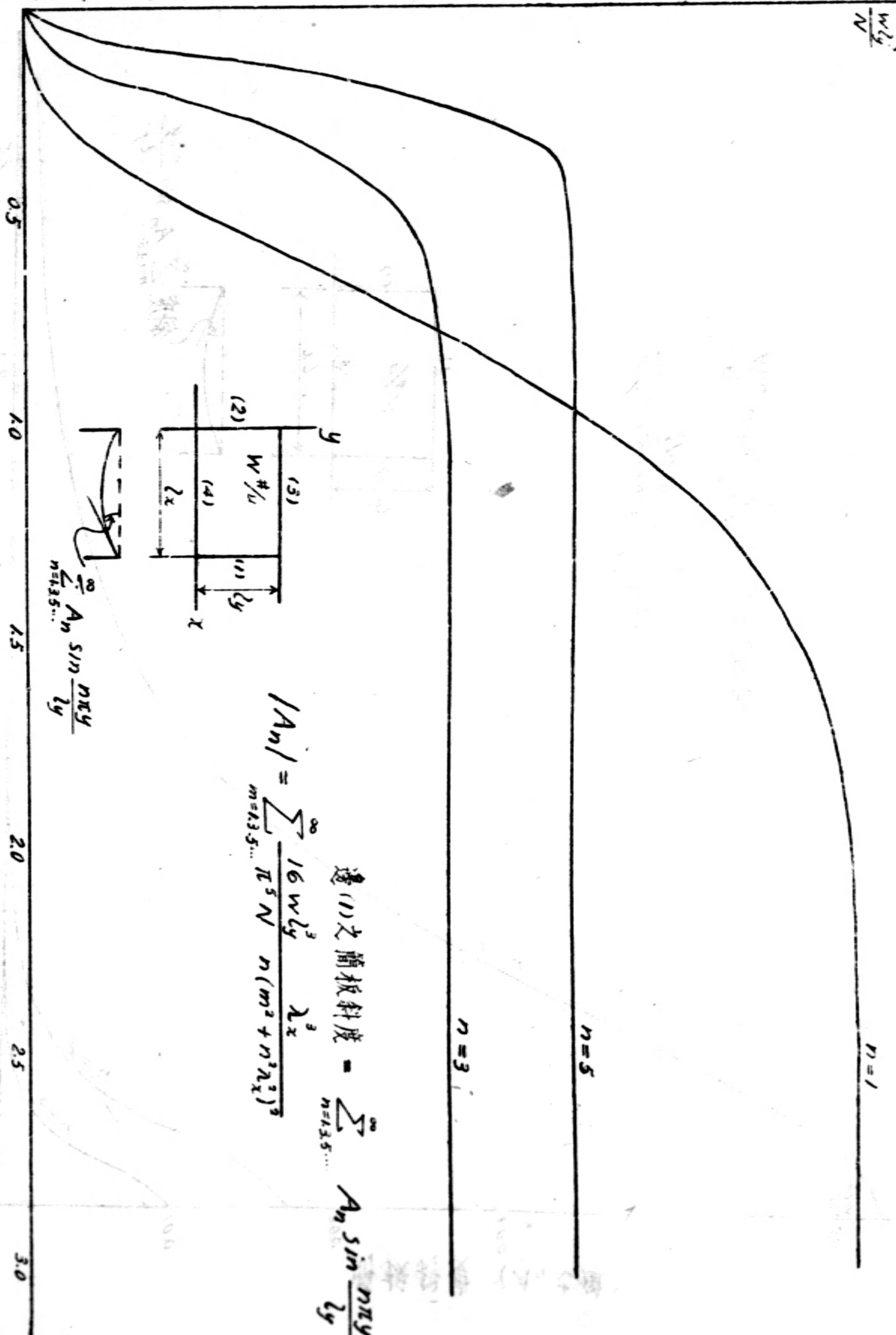
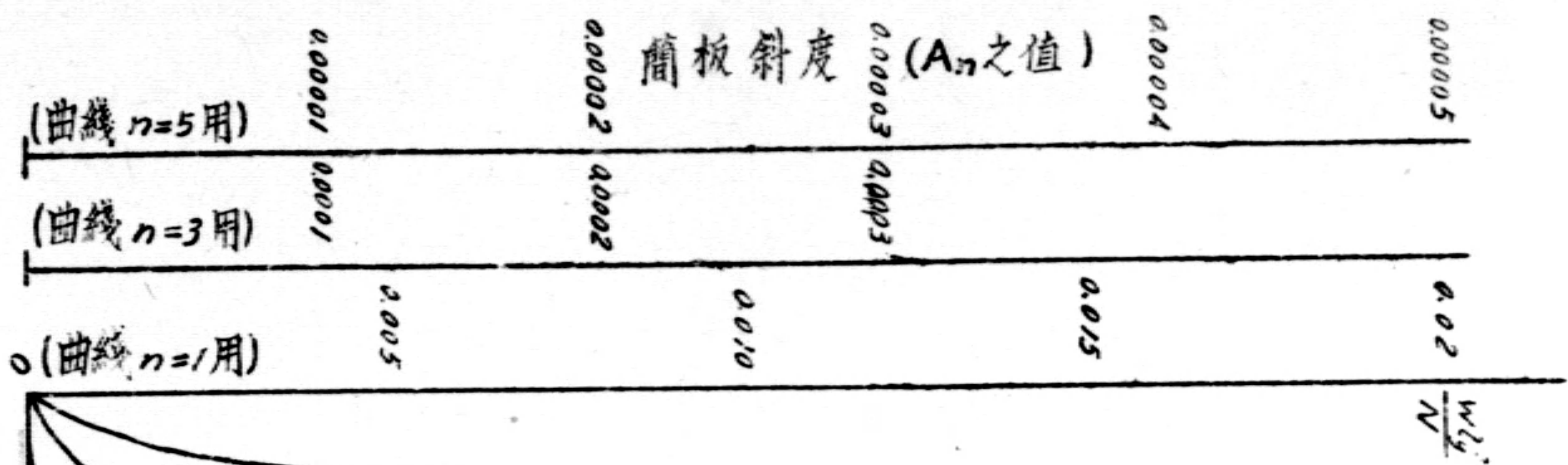


斜度 =  $\sum_{n=1,3,5}^{\infty} A_n \sin \frac{n\pi y}{2y}$



圖(24) 簡板斜度 均佈載重



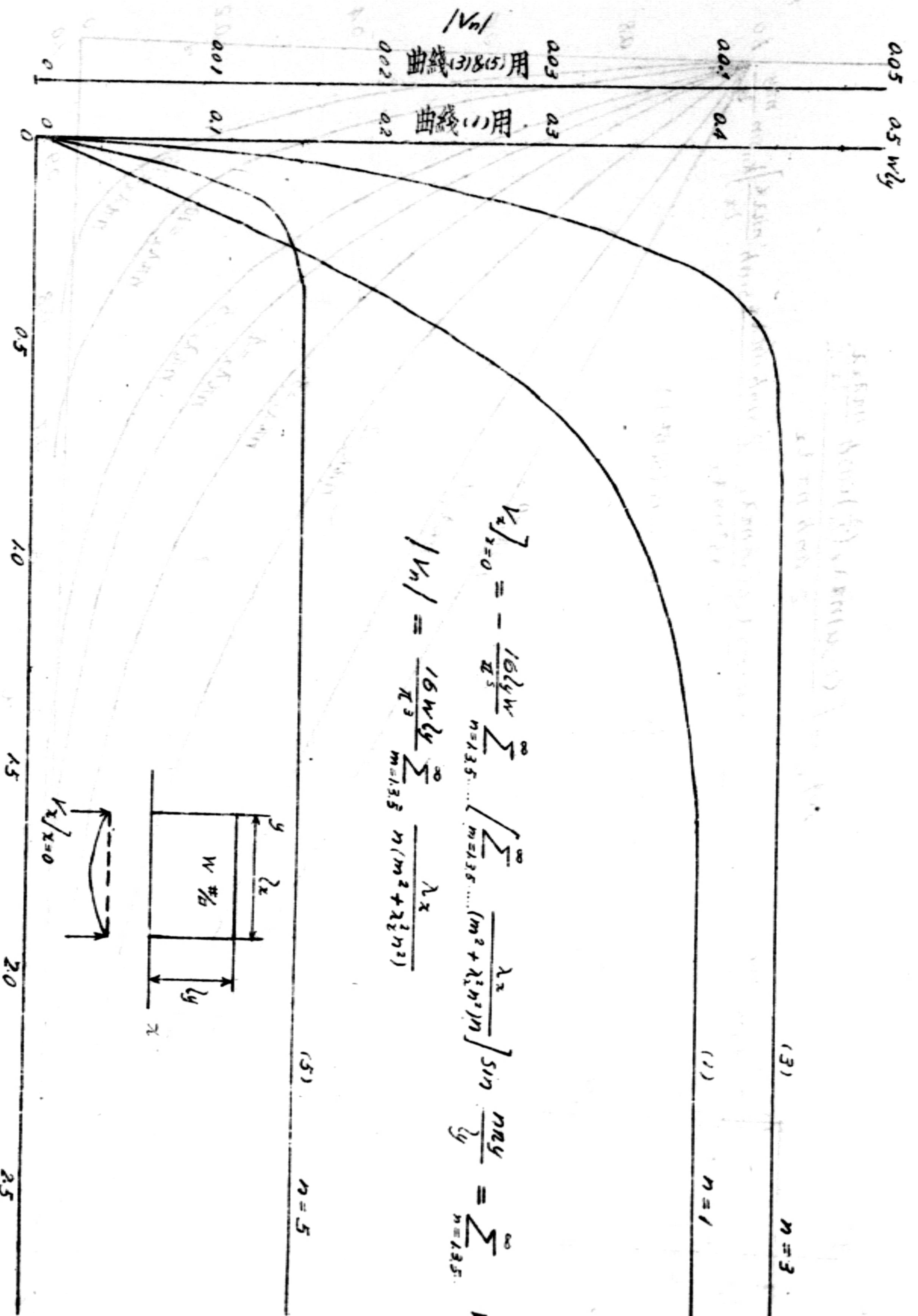


邊(1)之簡板斜度 =  $\sum_{n=1,3,5...}^{\infty} A_n \sin \frac{n\pi y}{2y}$

$$|A_n| = \sum_{m=1,3,5...}^{\infty} \frac{16 W \lambda^3}{\pi^5 N} \frac{\lambda_x^3}{n(m^2 + n^2 \lambda_x^2)^3}$$

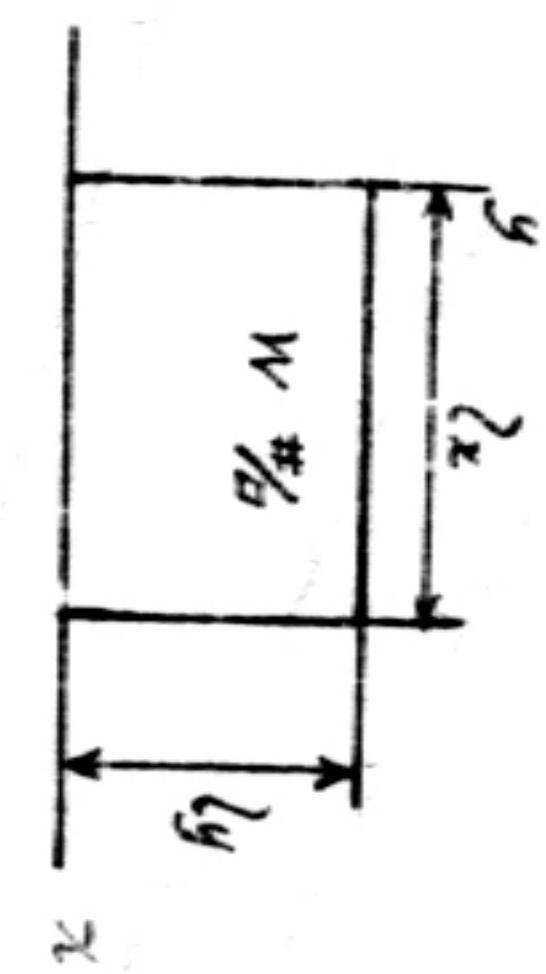
圖(25) 簡板斜度 均佈斜度





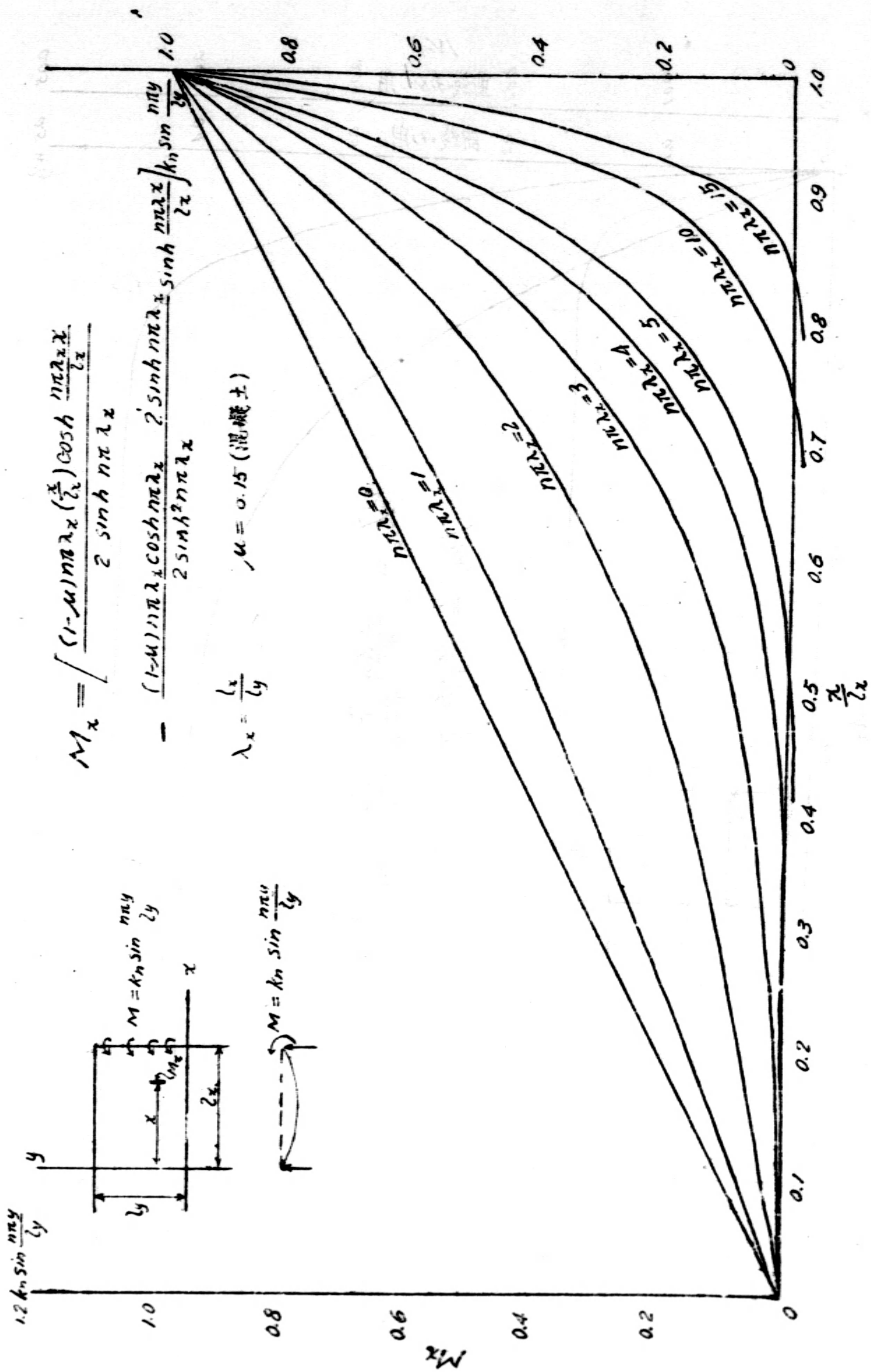
$$V_x]_{x=0} = -\frac{16lyw}{\pi^3} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \left[ \sum_{m=1,3,5}^{\infty} \frac{\lambda_x}{(m^2 + \lambda_x^2 n^2) n} \right] \sin \frac{m\pi y}{2y} = \sum_{n=1,3,5}^{\infty} V_n \sin \frac{n\pi y}{2y}$$

$$|V_n| = \frac{16wly}{\pi^3} \sum_{m=1,3,5}^{\infty} \frac{\lambda_x}{n(m^2 + \lambda_x^2 n^2)}$$



圖(26) 簡板切力





$$M_x = \frac{(1-\mu) n \pi \lambda x \left(\frac{x}{l_x}\right) \cosh \frac{n \pi \lambda x}{l_x}}{2 \sinh n \pi \lambda x}$$

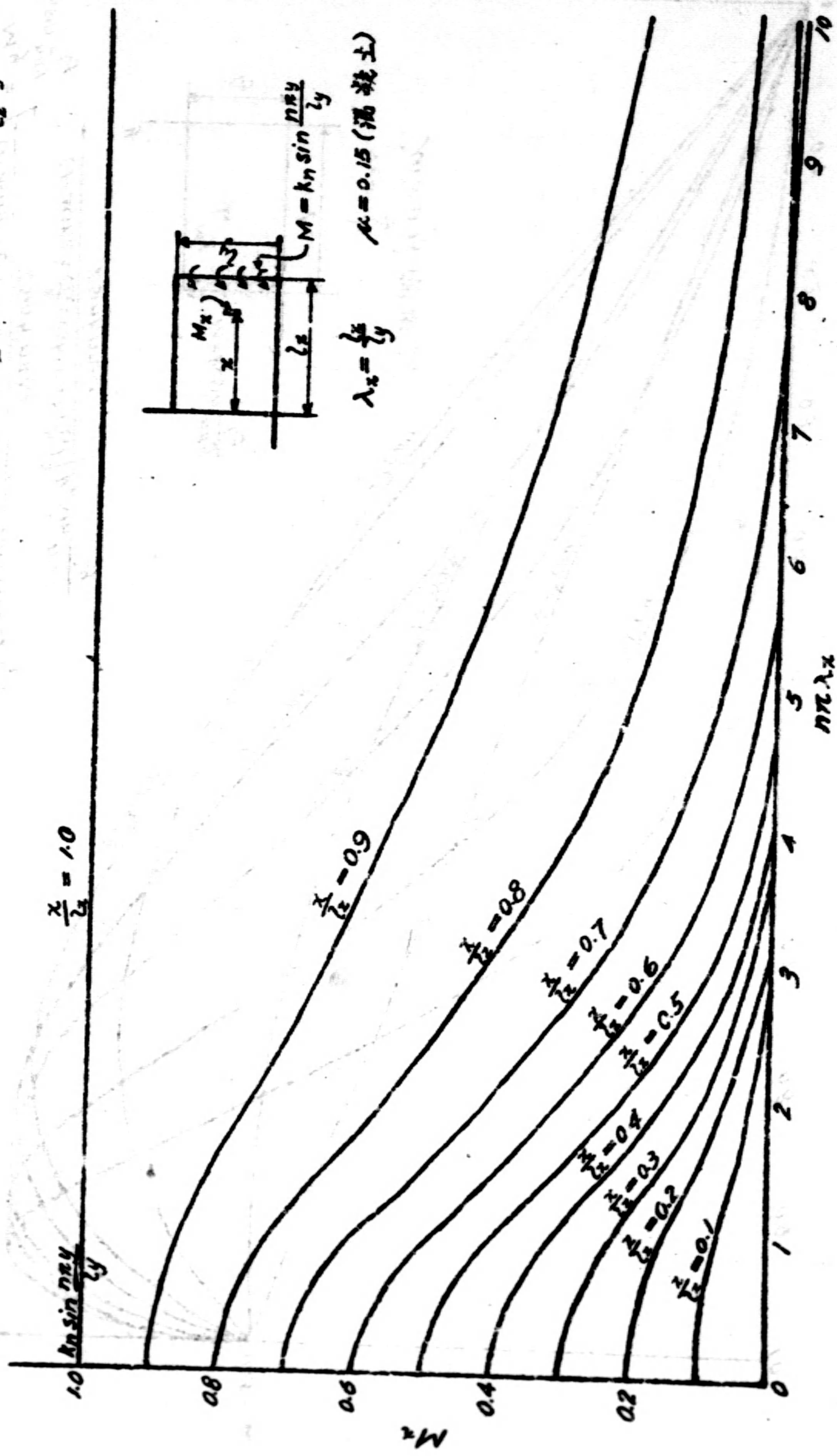
$$- \frac{(1-\mu) n \pi \lambda \cosh n \pi \lambda x}{2 \sinh^2 n \pi \lambda x} \cdot \frac{\sinh \frac{n \pi \lambda x}{l_x}}{k_n \sin \frac{n \pi y}{l_y}}$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{l_y}, \quad \mu = 0.15 \text{ (混凝土)}$$

圖(27) 因邊力矩而生之  $M_x$  (1)

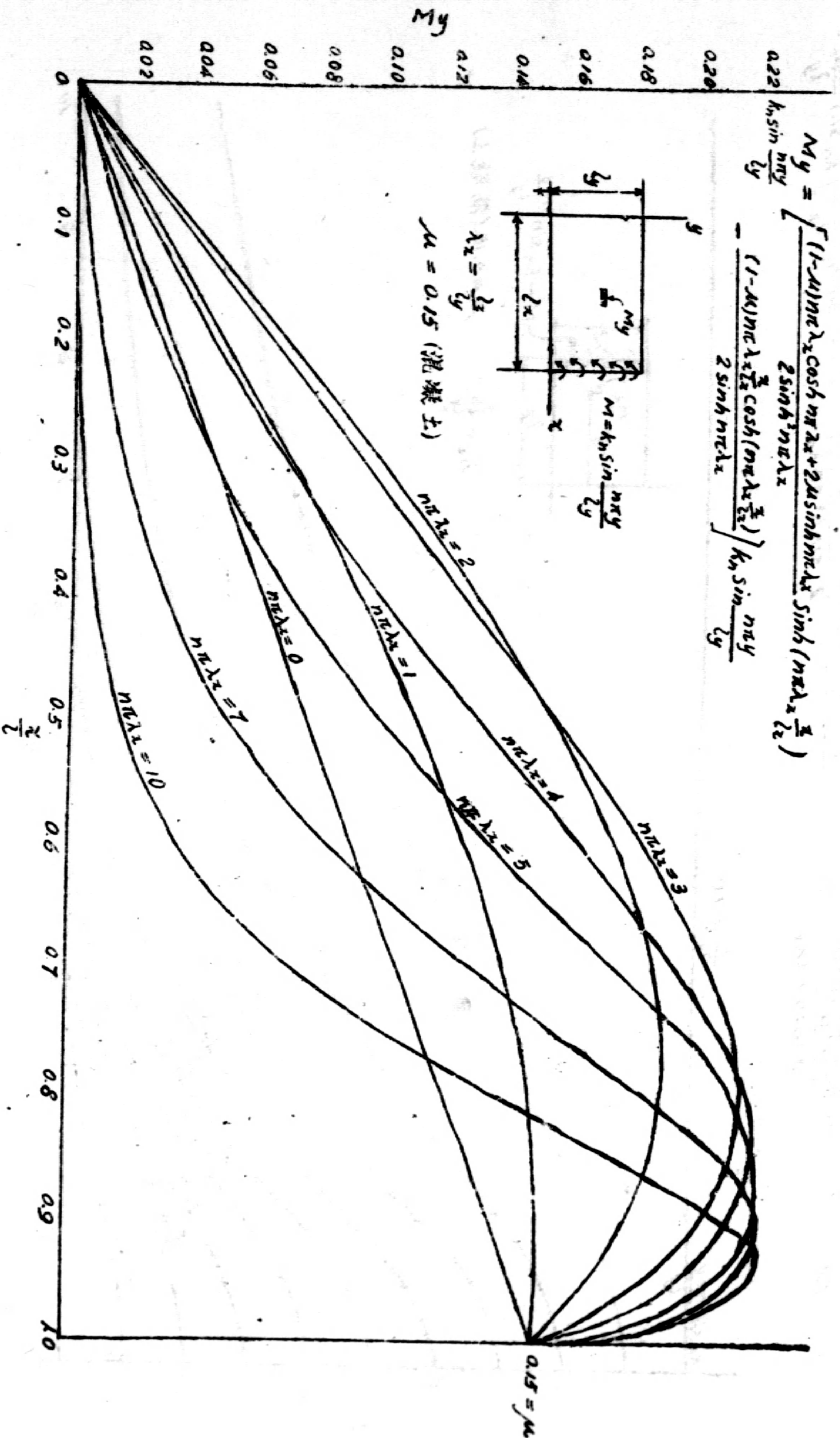


$$M_x = \left[ \frac{(1-\mu)\pi\lambda_x \left(\frac{x}{l_x}\right) \cosh \frac{\pi\lambda_x x}{l_x}}{2 \sinh \pi\lambda_x} - \frac{(1-\mu)\pi\lambda_x \cosh \pi\lambda_x - 2 \sinh \pi\lambda_x}{2 \sinh^2 \pi\lambda_x} \sinh \frac{\pi\lambda_x}{l_x} \right] k_n \sin \frac{\pi n y}{l_y}$$



圖(28) 因邊力矩而生之  $M_x$  (2)



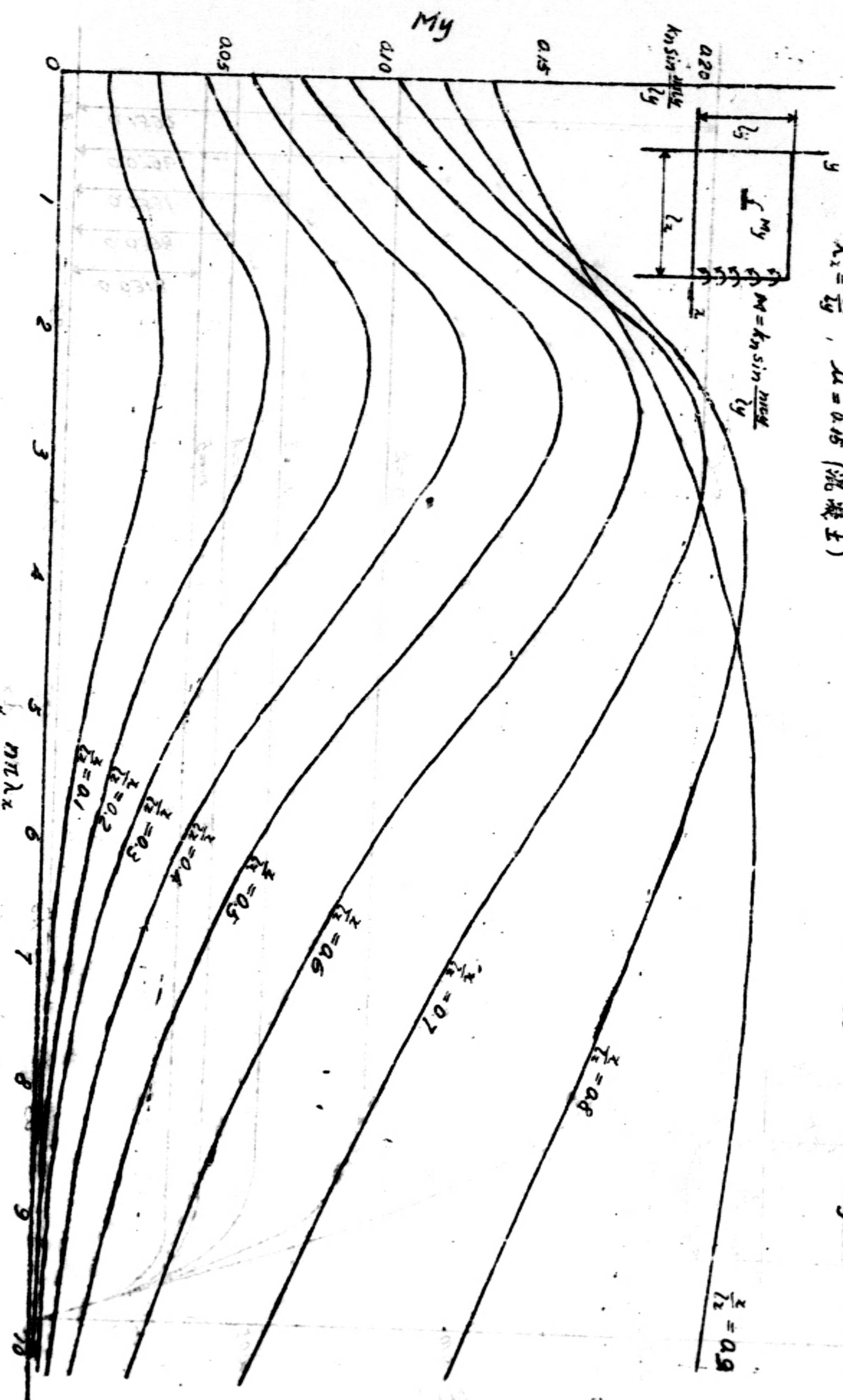
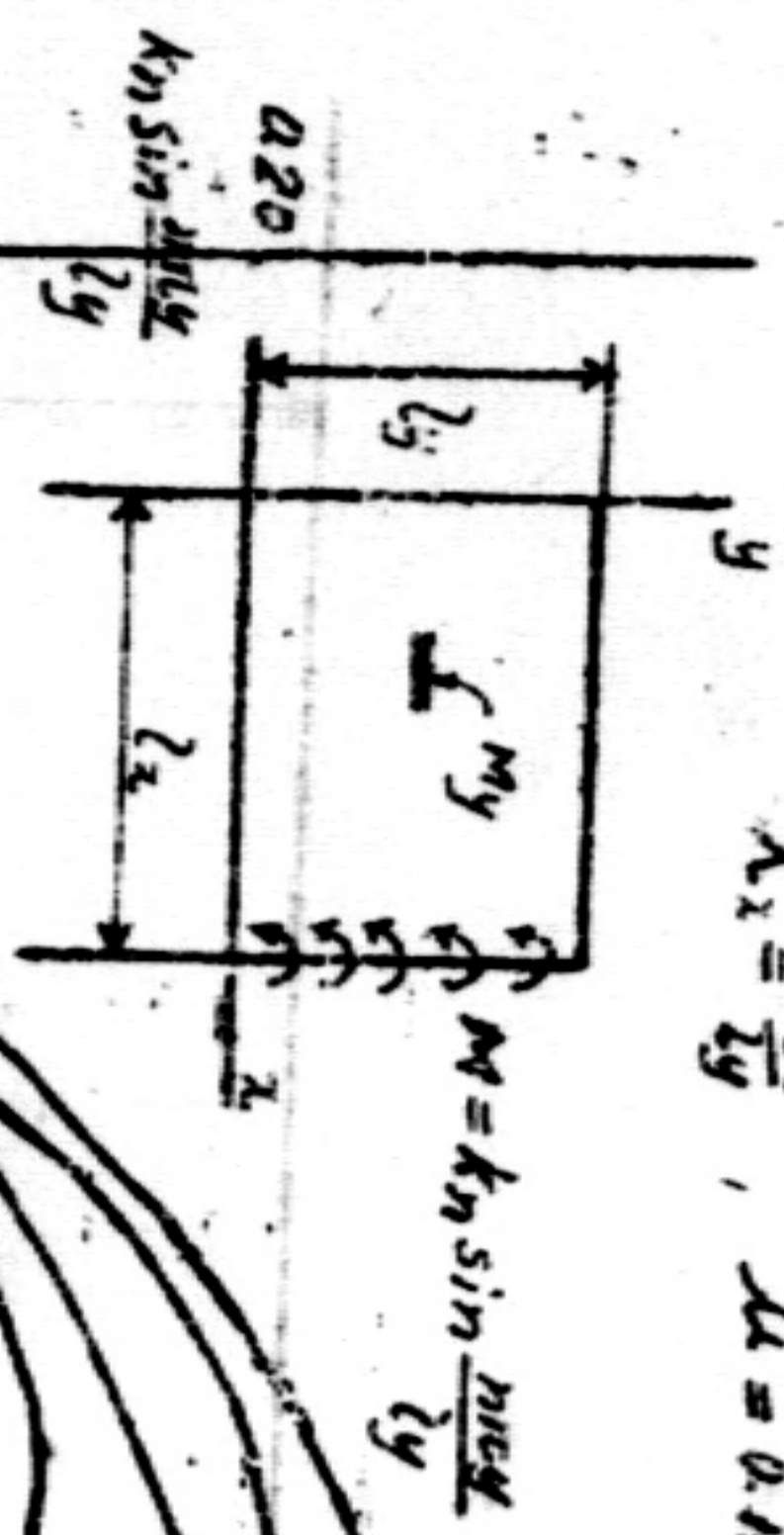


圖(29) 因邊力矩而生之  $M_y$  (1)



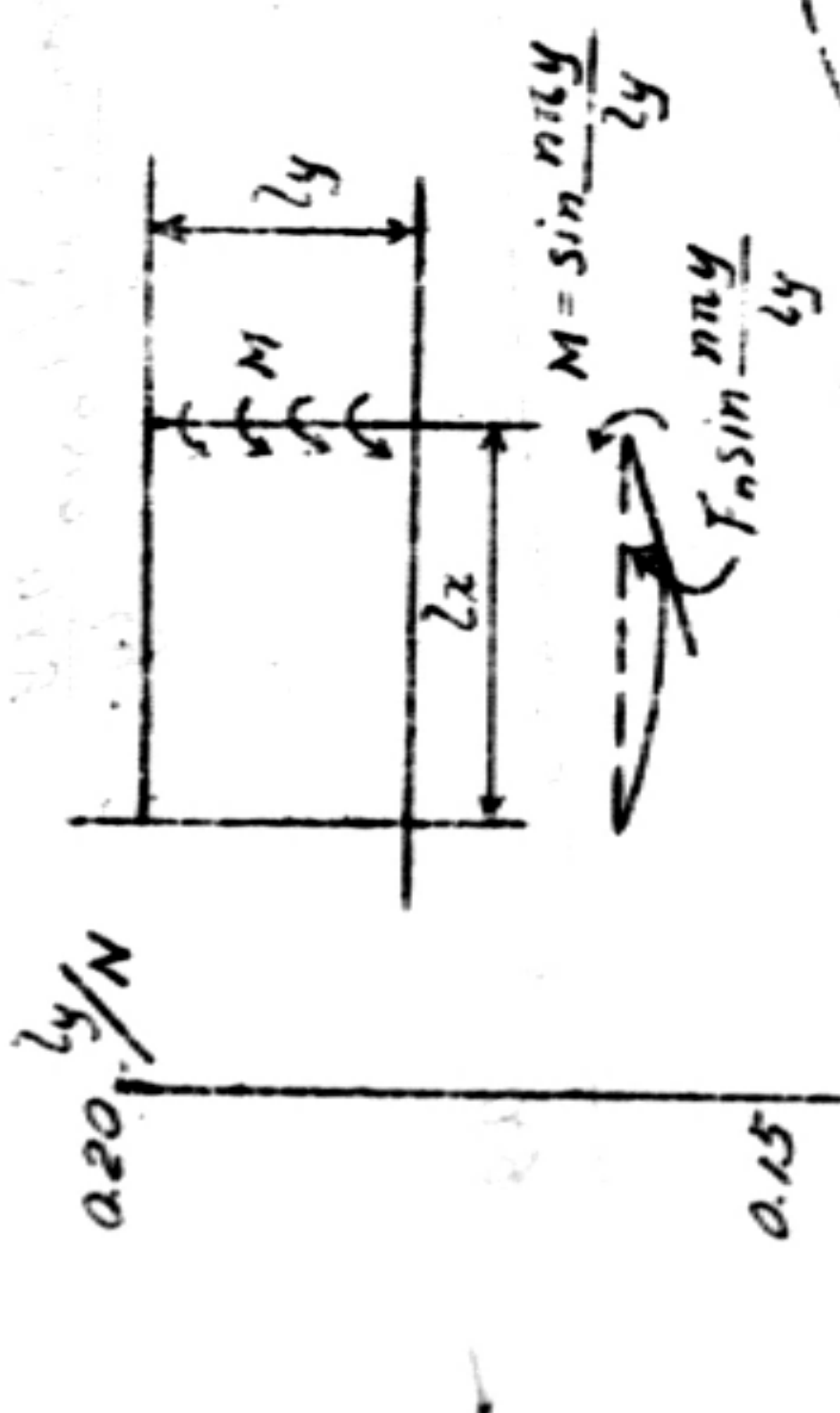
$$M_y = \left[ \frac{(1-\mu)\pi\lambda_x \cosh \pi\lambda_x + 2\mu \sinh \pi\lambda_x}{2 \sinh^2 \pi\lambda_x} \sinh \left( \pi\lambda_x \frac{x}{l_2} \right) - \frac{(1-\mu)\pi\lambda_x \frac{x}{l_2} \cosh \left( \pi\lambda_x \frac{x}{l_2} \right)}{2 \sinh \pi\lambda_x} \right] k_n \sin \frac{\pi y}{l_y}$$

$\lambda_x = \frac{l_x}{l_y}$ ,  $\mu = 0.15$  (混凝土)



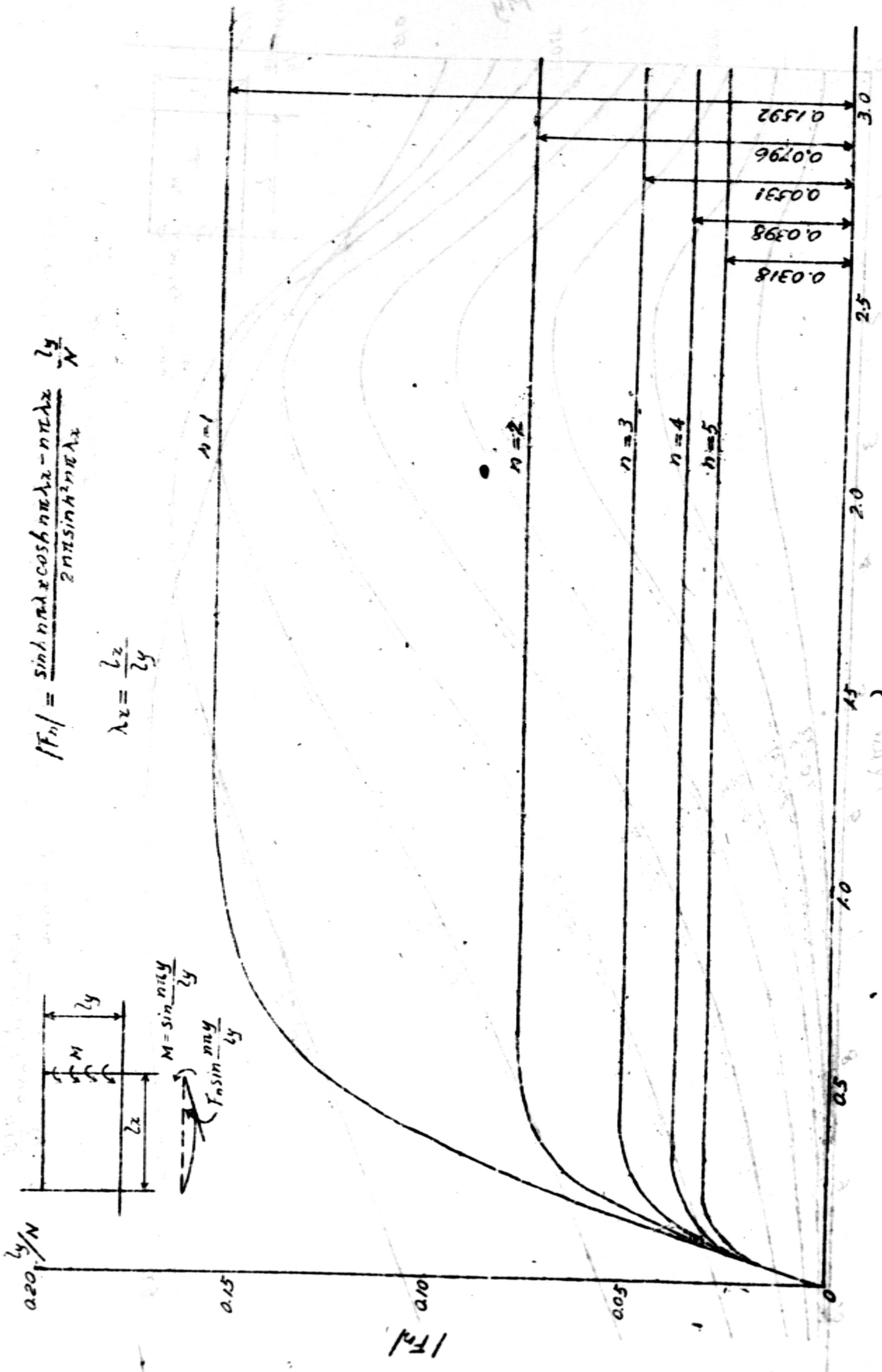
圖(30) 因邊力矩而生之  $M_y$  (2)





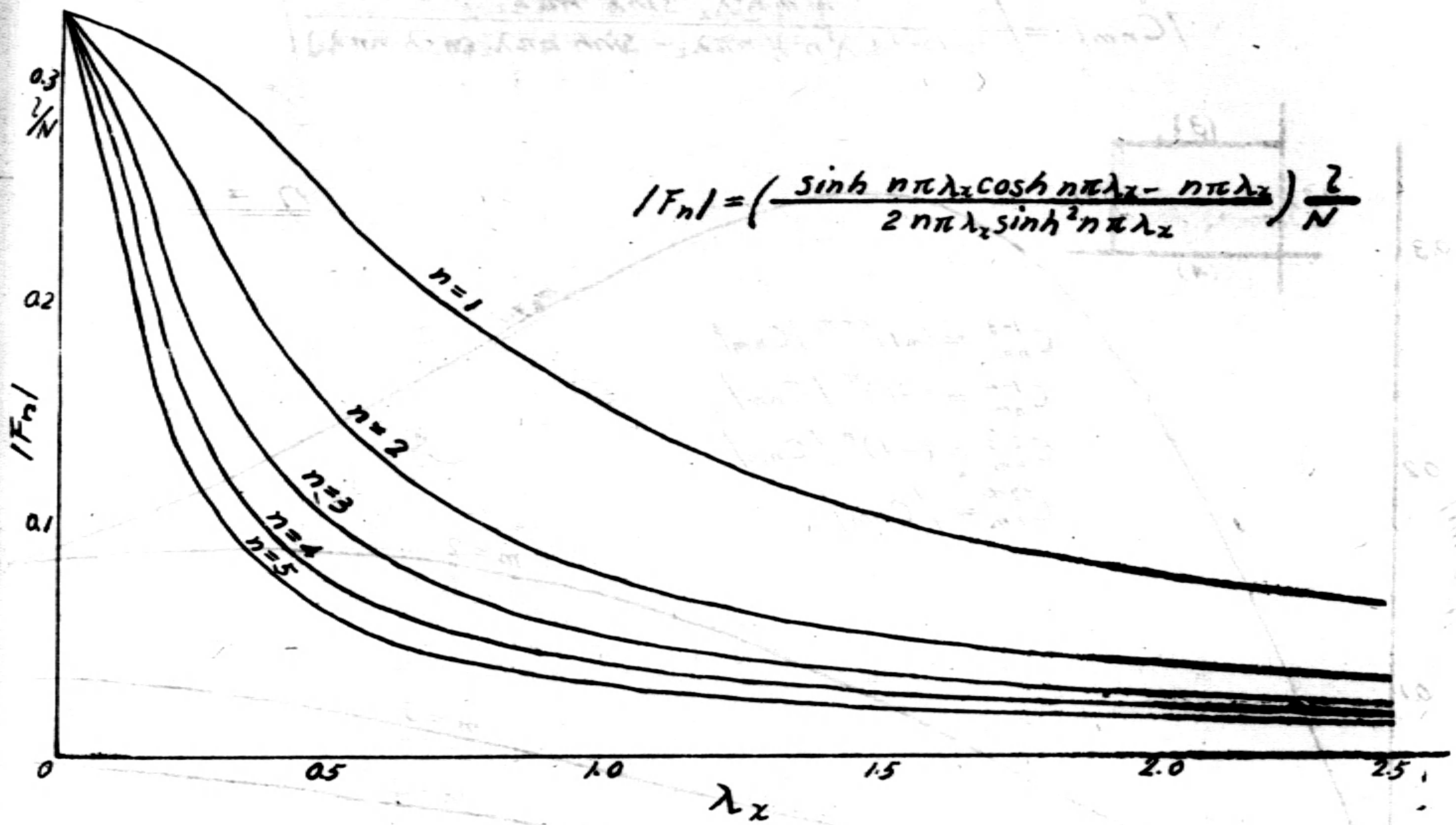
$$|F_n| = \frac{\sinh n\pi x \cosh n\pi \lambda x - n\pi \lambda x}{2n\pi \sinh^2 n\pi \lambda x} \frac{l_y}{N}$$

$$\lambda x = \frac{l_x}{l_y}$$

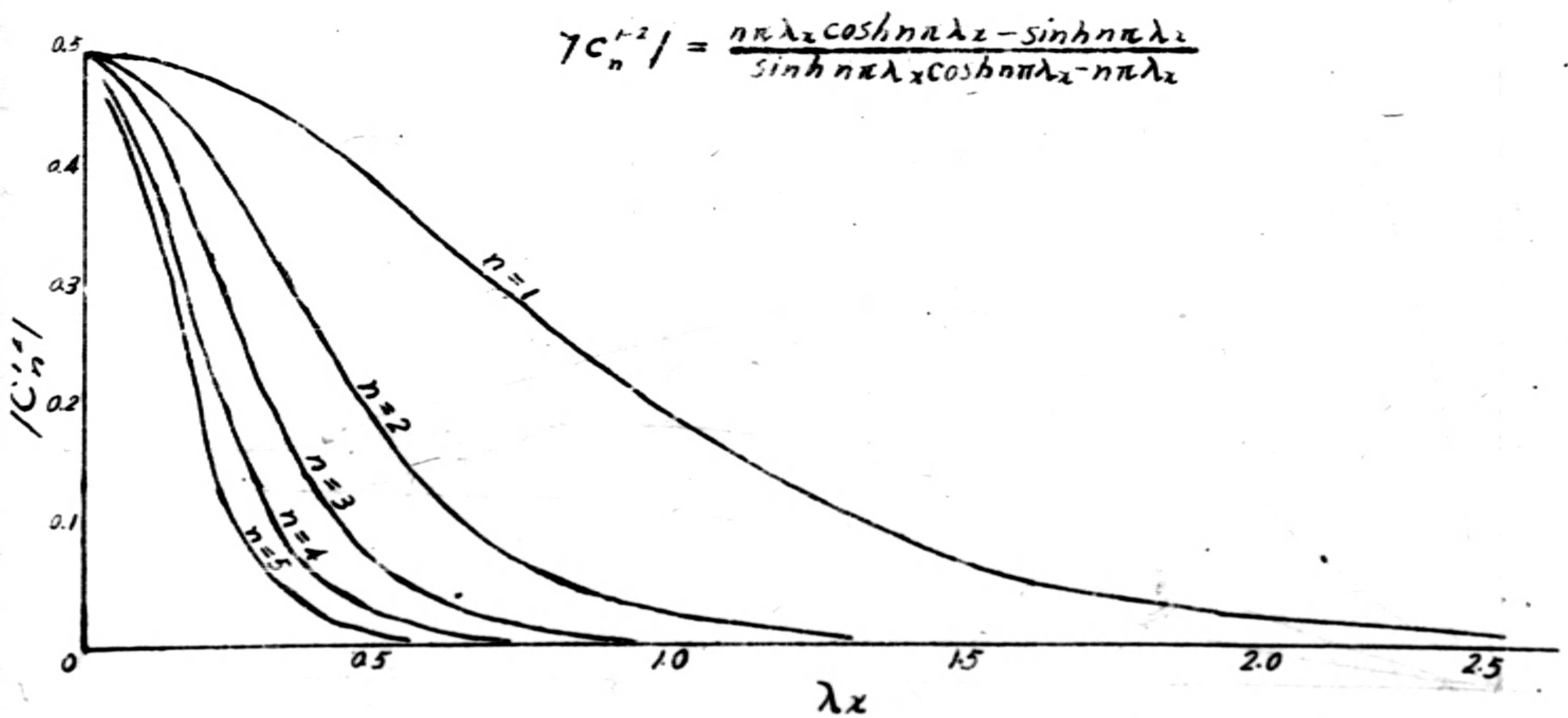


圖(31) 柔度係數 (1)





圖(32) 柔度(2)



圖(33) 挈渡因數(1)



$$|C_{nm}| = \left| \frac{4 m n^2 \lambda_x^2 \sinh^2 n \pi \lambda_x}{\pi (m^2 + \lambda_x^2 n^2) n \pi \lambda_x - \sinh n \pi \lambda_x \cosh n \pi \lambda_x} \right|$$

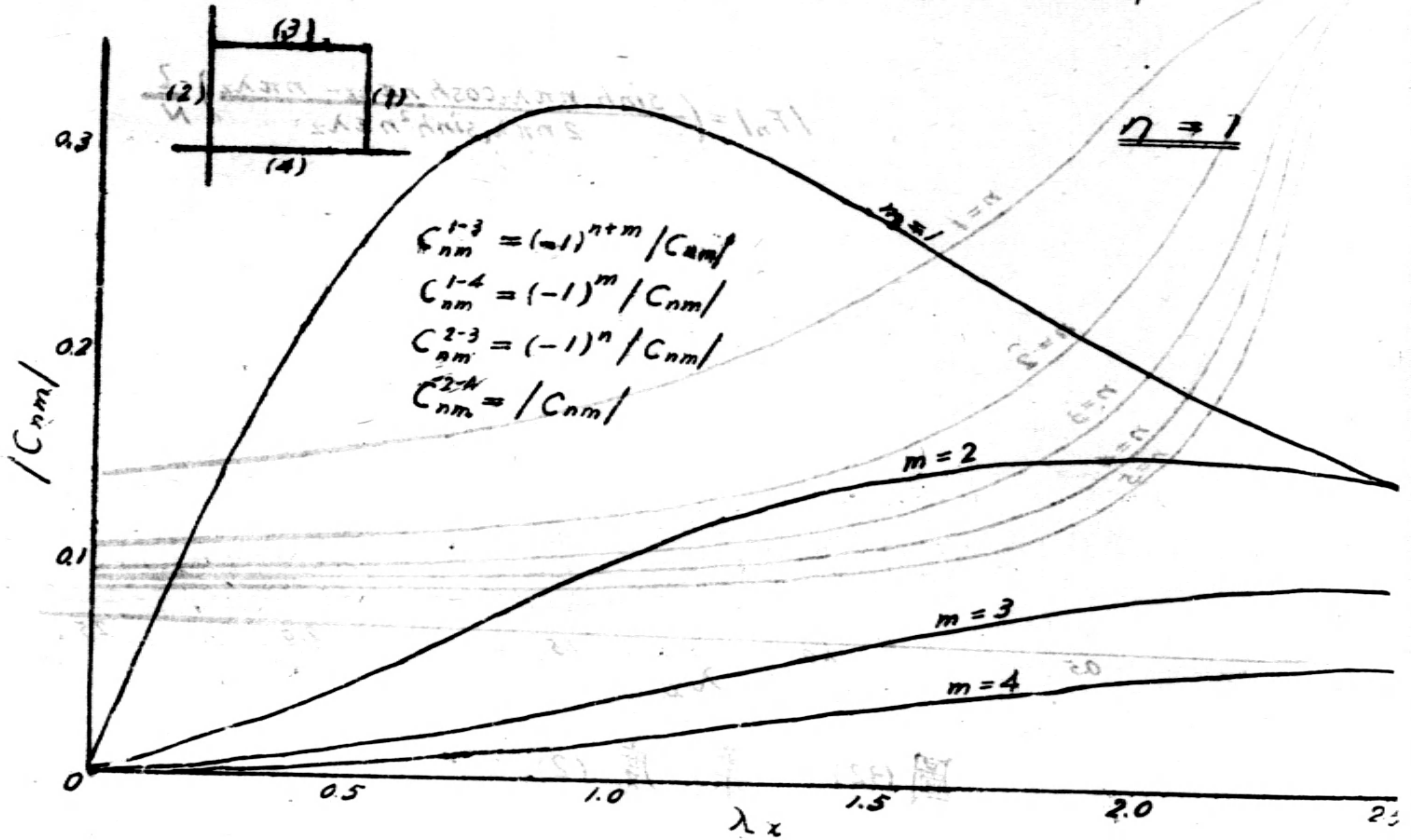


圖 (34) 挈渡因數 (2)

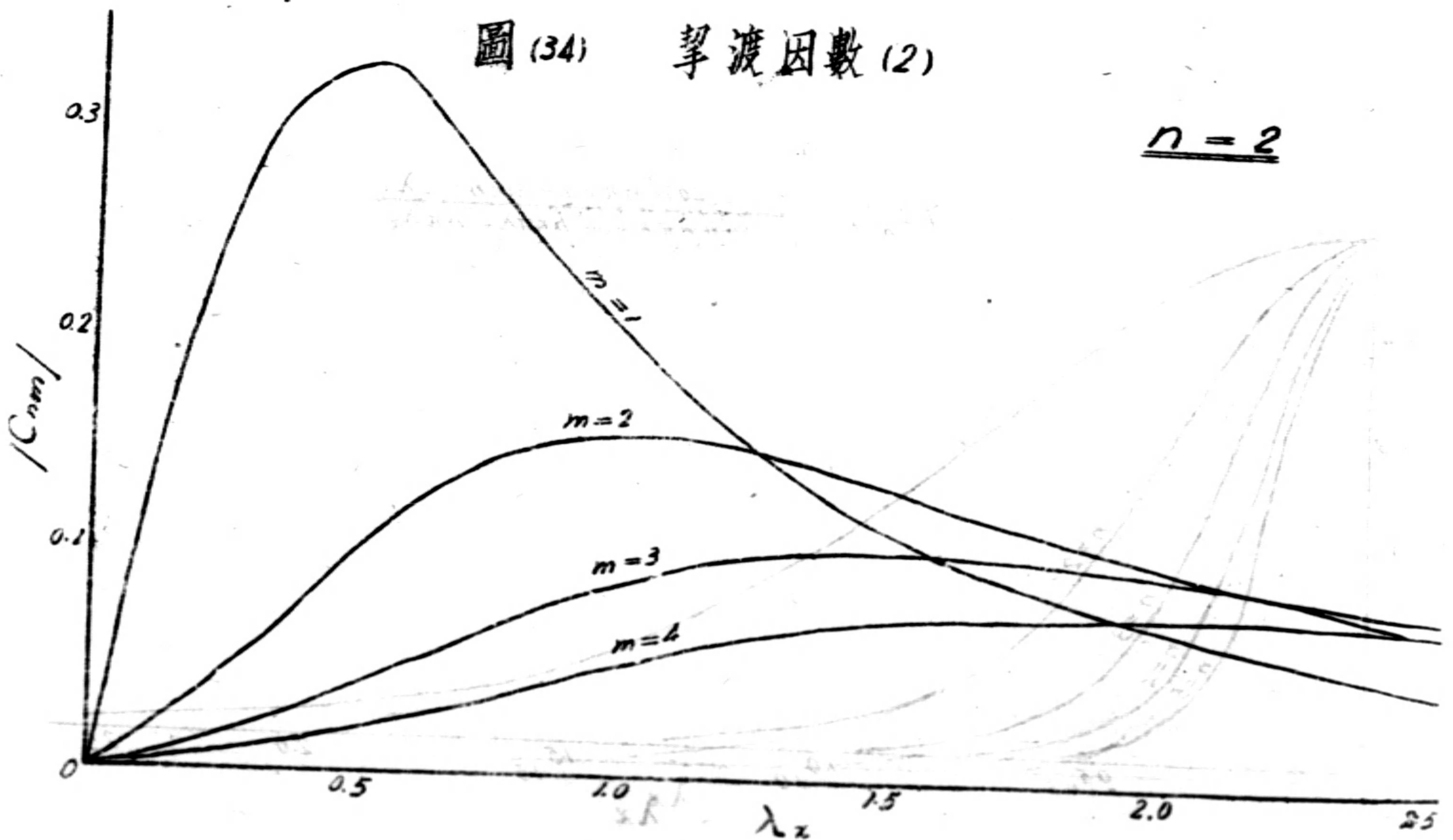
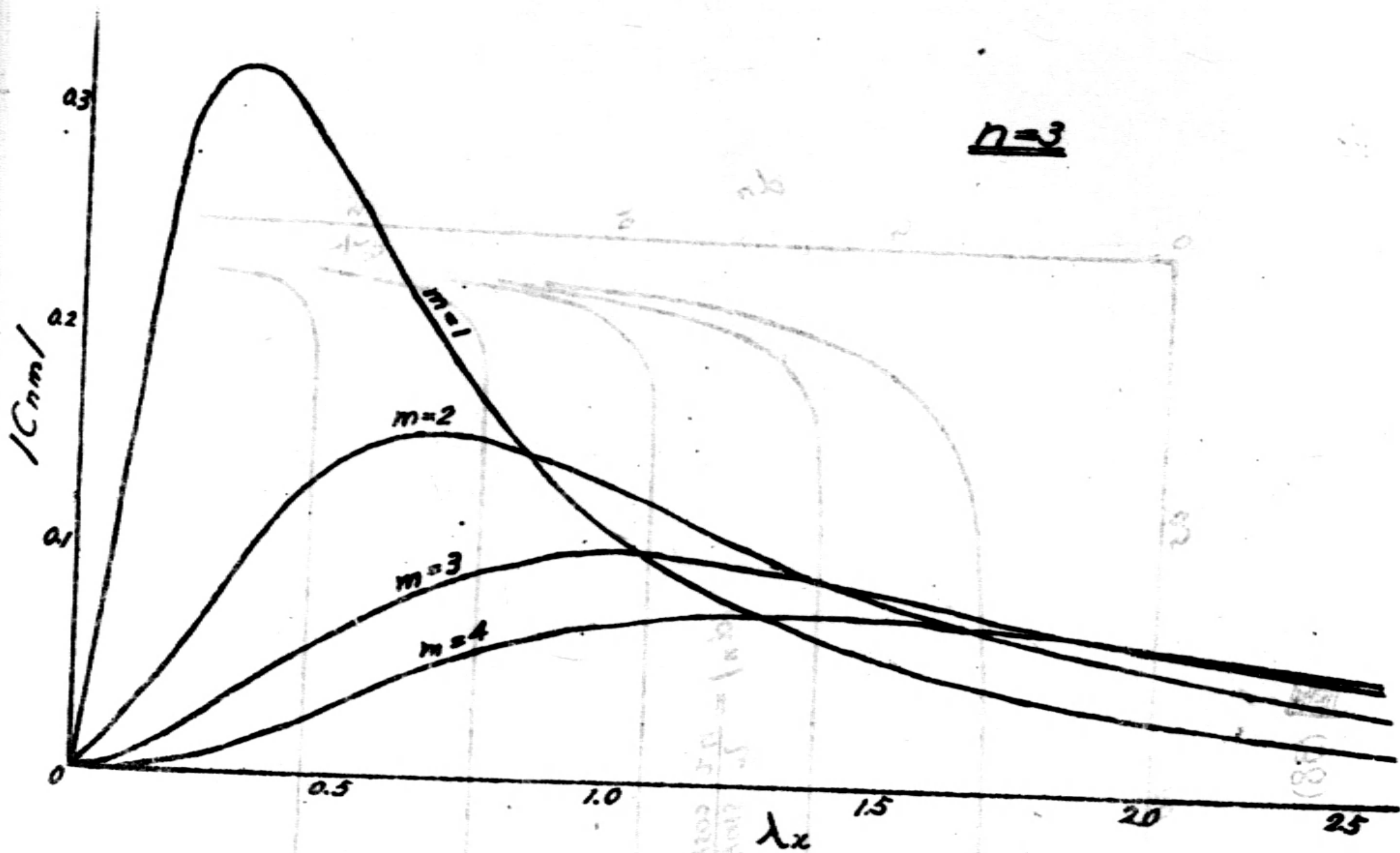
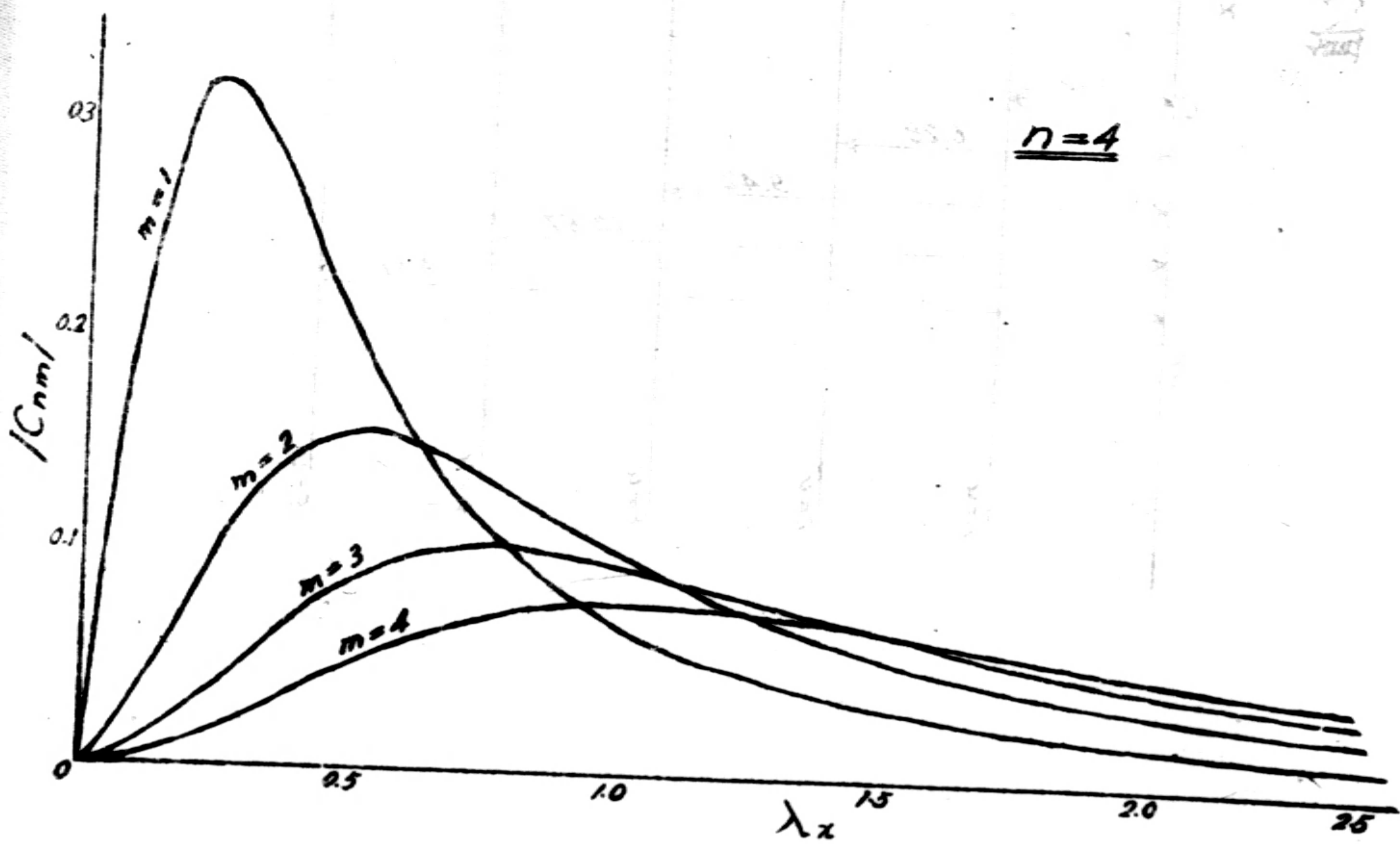


圖 (35) 因 挈渡 因 數 (3)



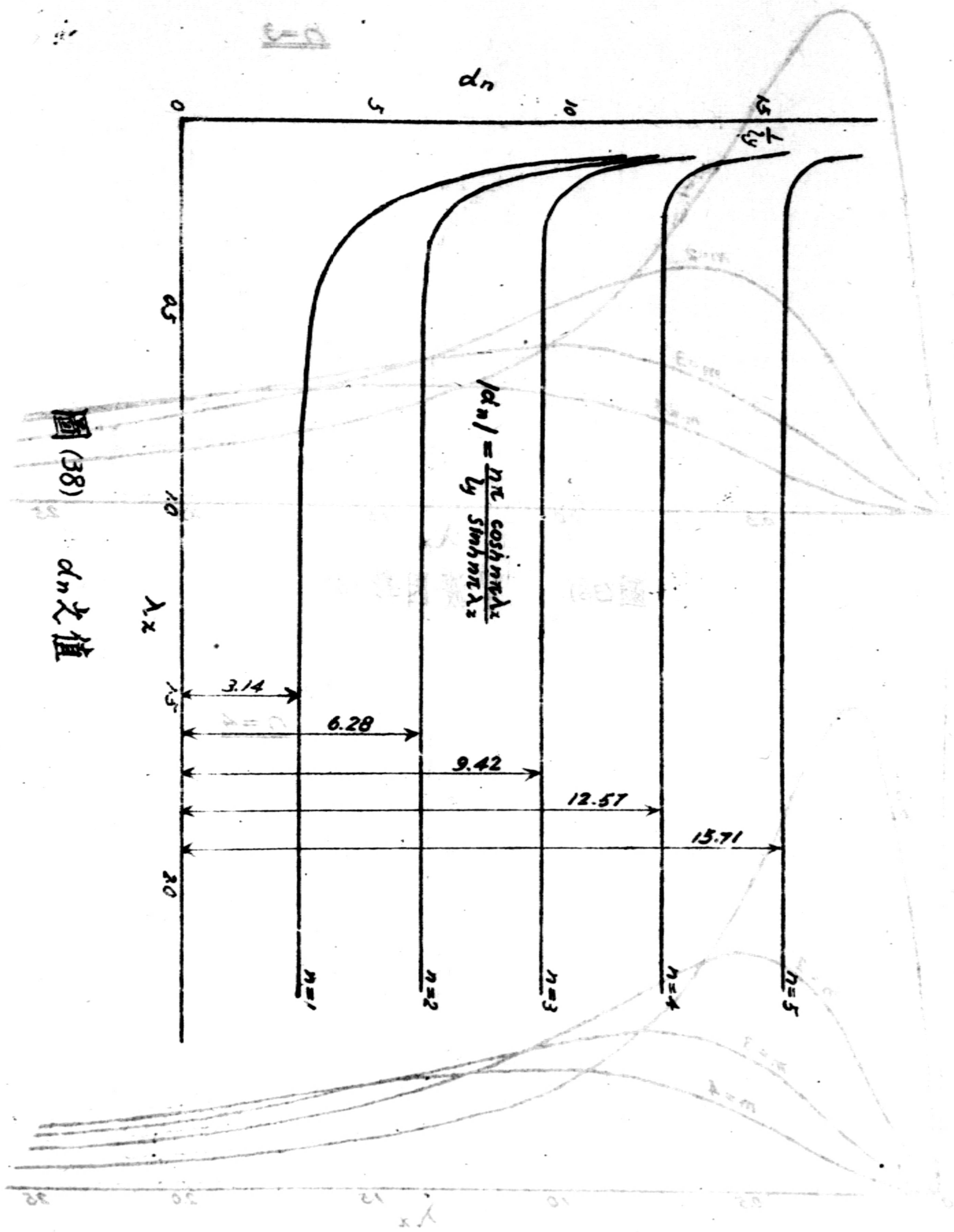


圖(36) 挈渡因數(4)



圖(37) 挈渡因數(5)





圖(38)  $d_n$ 之值



$$|F_n'''| = \frac{1}{0.6115 \gamma \beta + E^2 \gamma y}$$

$\mu = 0.15$  梁寬  $b = \beta y$  梁高  $d = 2b$

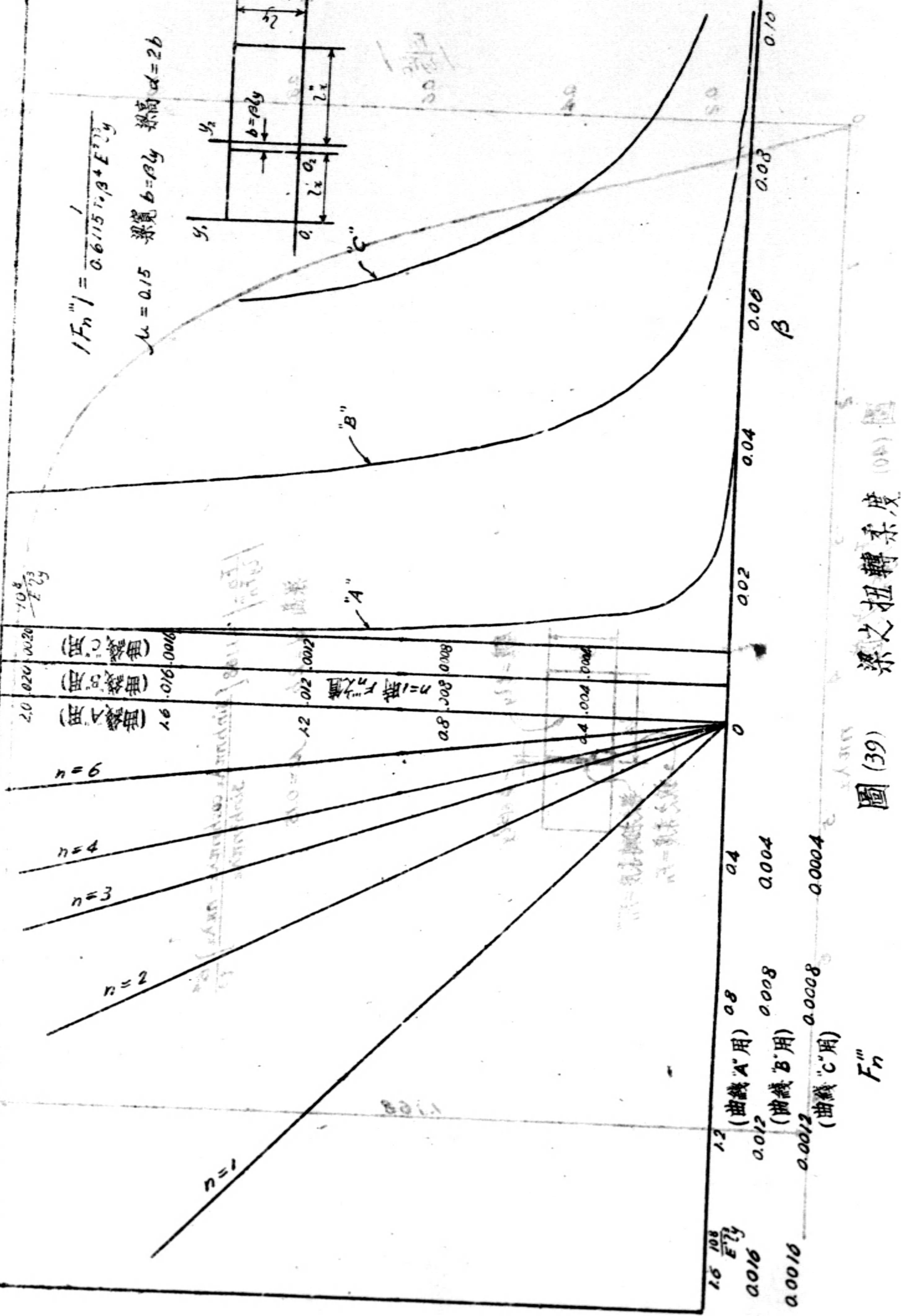
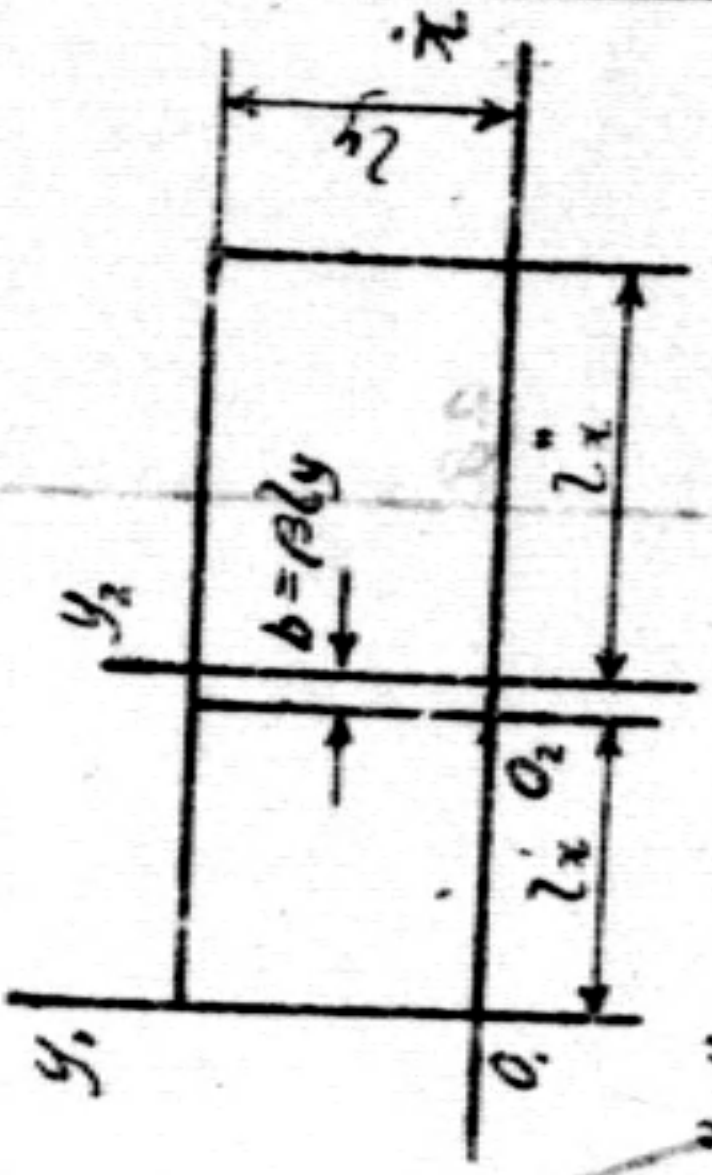
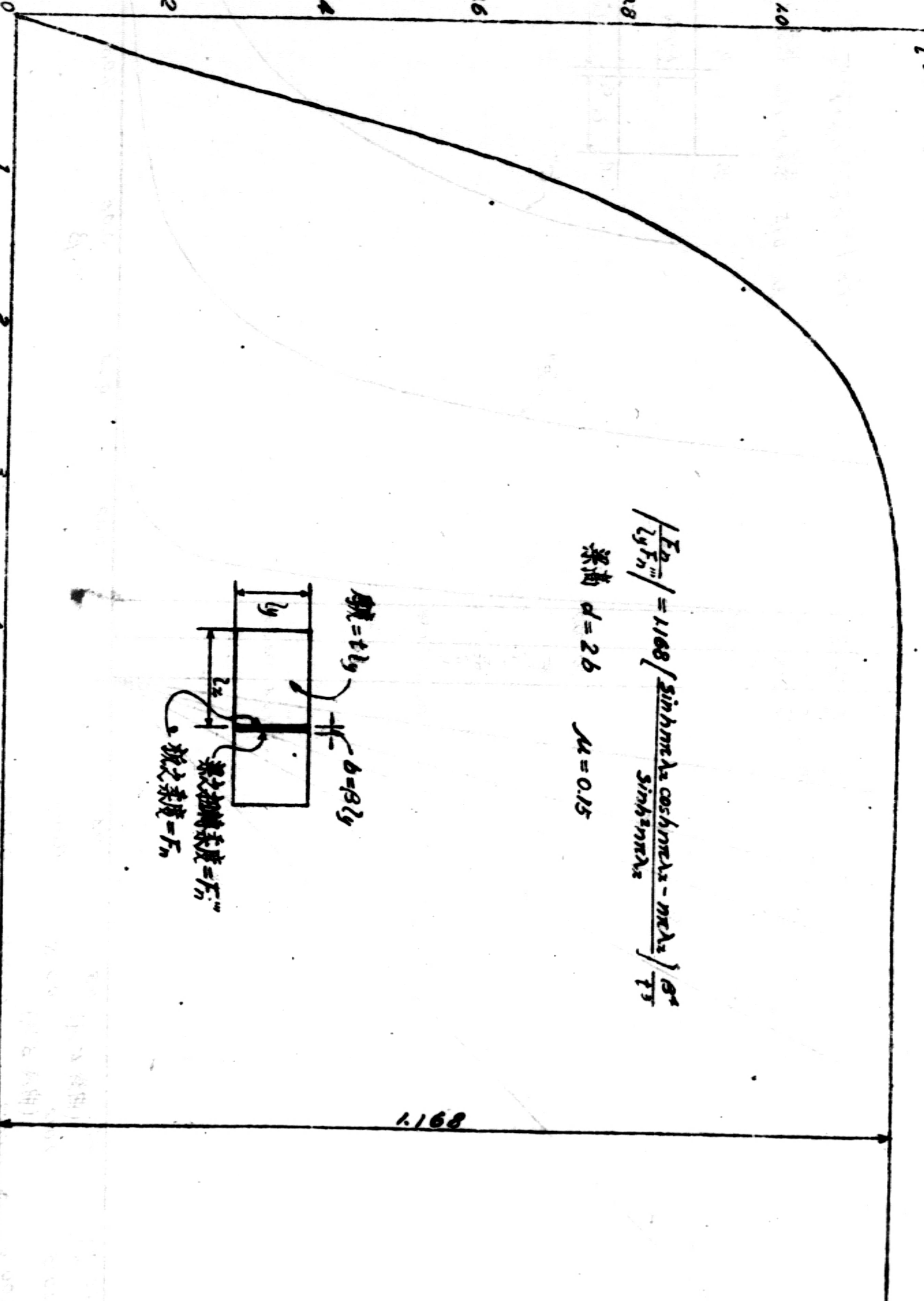


圖 (39) 梁之扭轉柔度 (104) 圖

$F_n'''$



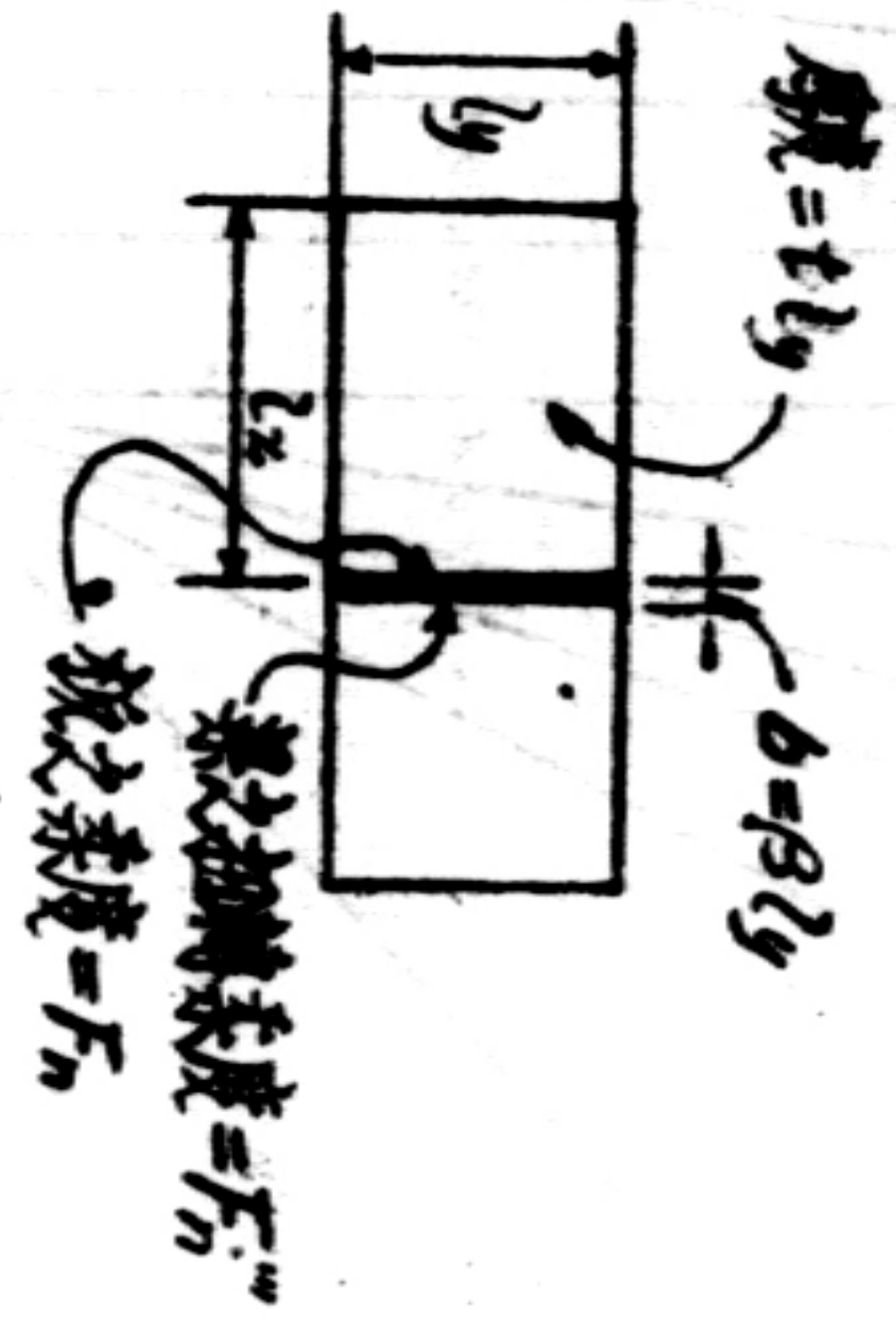
$\frac{B^4}{E^4}$



$\frac{F_n}{2yF_n}$

$$\frac{EB^4}{2yF_n} = 1.168 \frac{\sinh n\pi\lambda_x \cosh n\pi\lambda_x - n\pi\lambda_x}{\sinh^2 n\pi\lambda_x} \frac{B^4}{E^4}$$

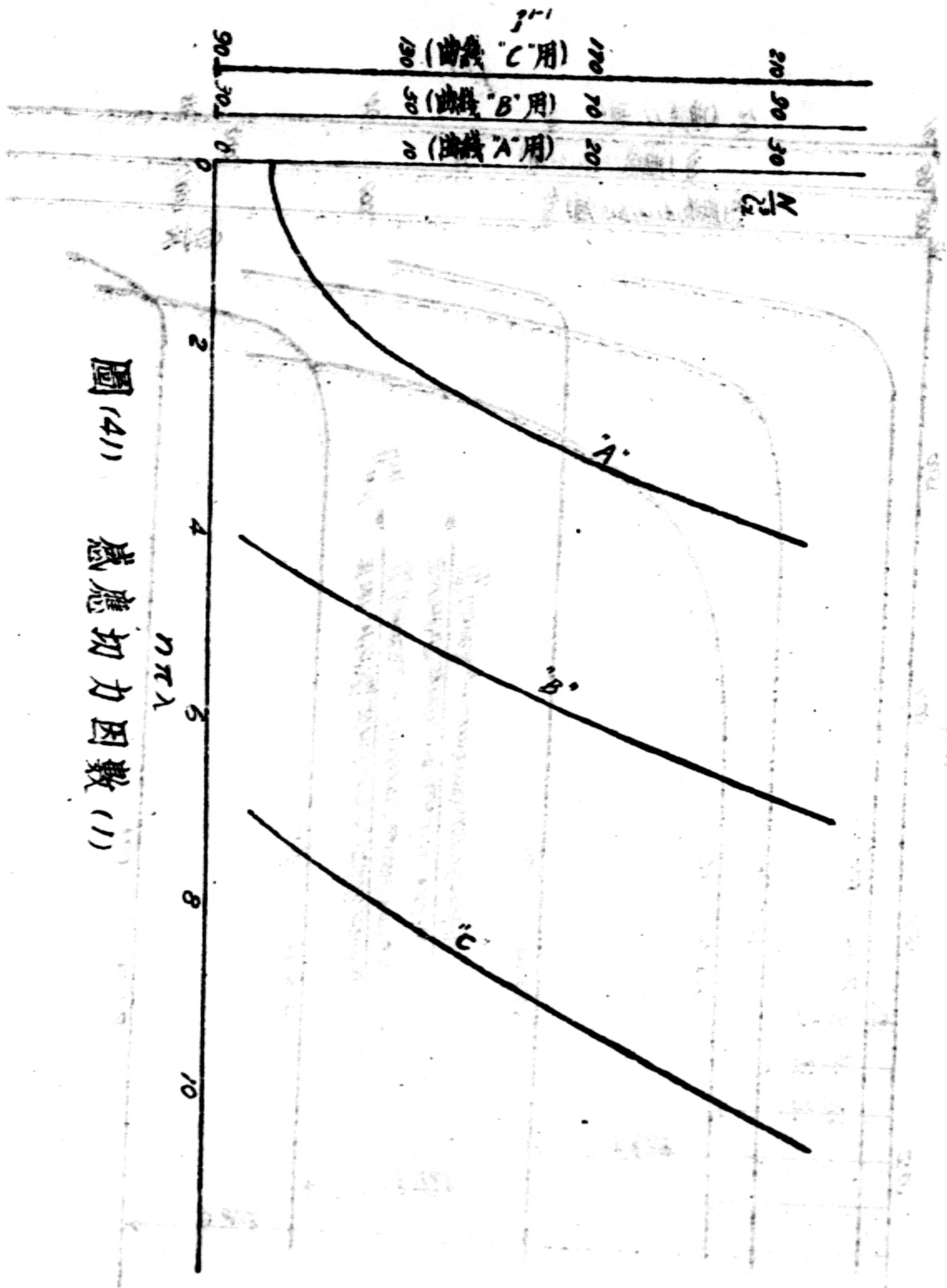
梁高  $d = 2b$       $\mu = 0.15$



1.168

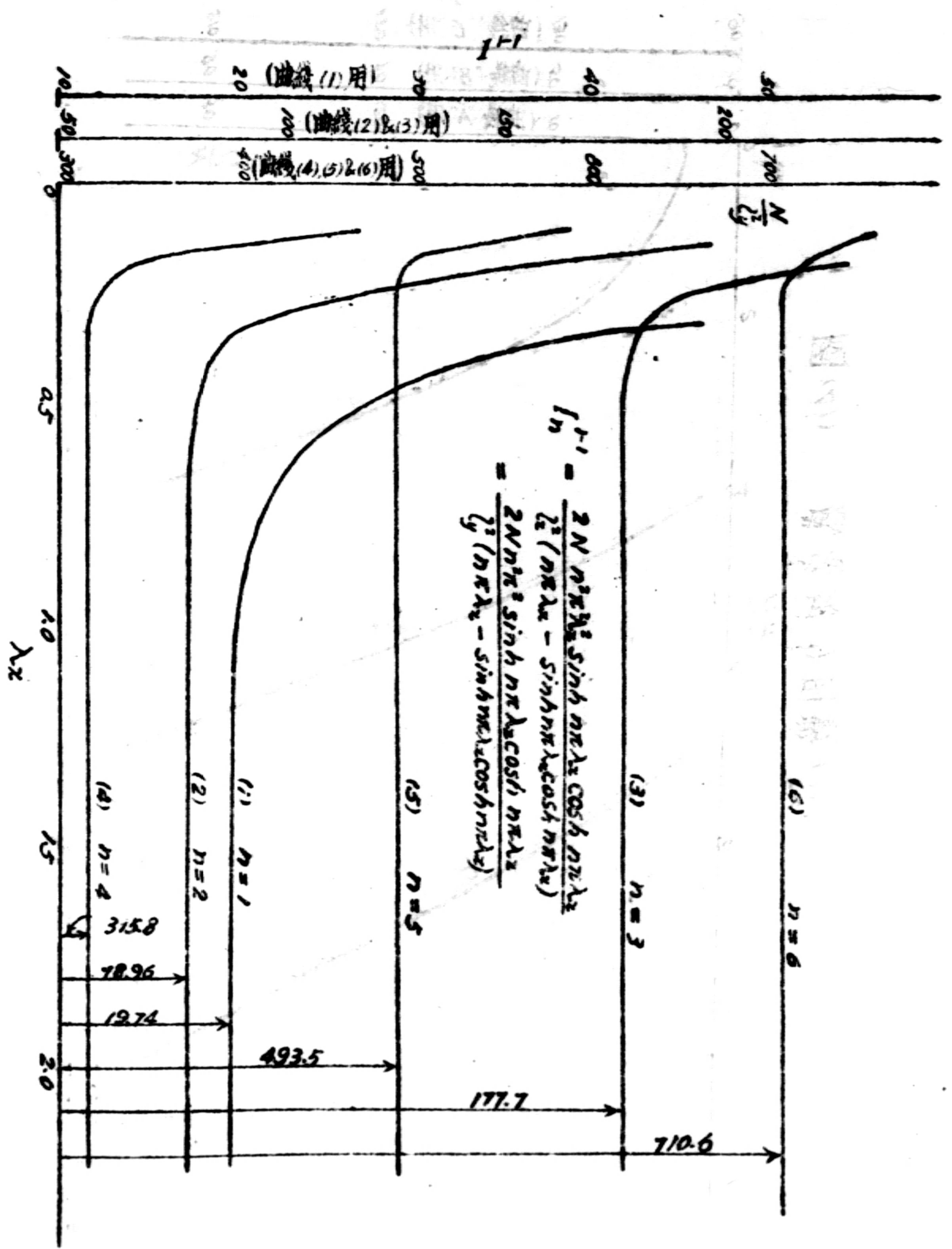
圖 (40)  $F_n / 2yF_n$  之值  $n\pi\lambda_x$





圖(41) 感應切力因數(1)





20 (曲线(1)用)

100 (曲线(2)&(3)用)

400 (曲线(4),(5)&(6)用)

$I_n^{1/2}$

$\lambda x$

(4)  $n=4$

(2)  $n=2$

(1)  $n=1$

(5)  $n=5$

(3)  $n=3$

(6)  $n=6$

315.8

18.96

12.74

493.5

177.7

710.6

2.0

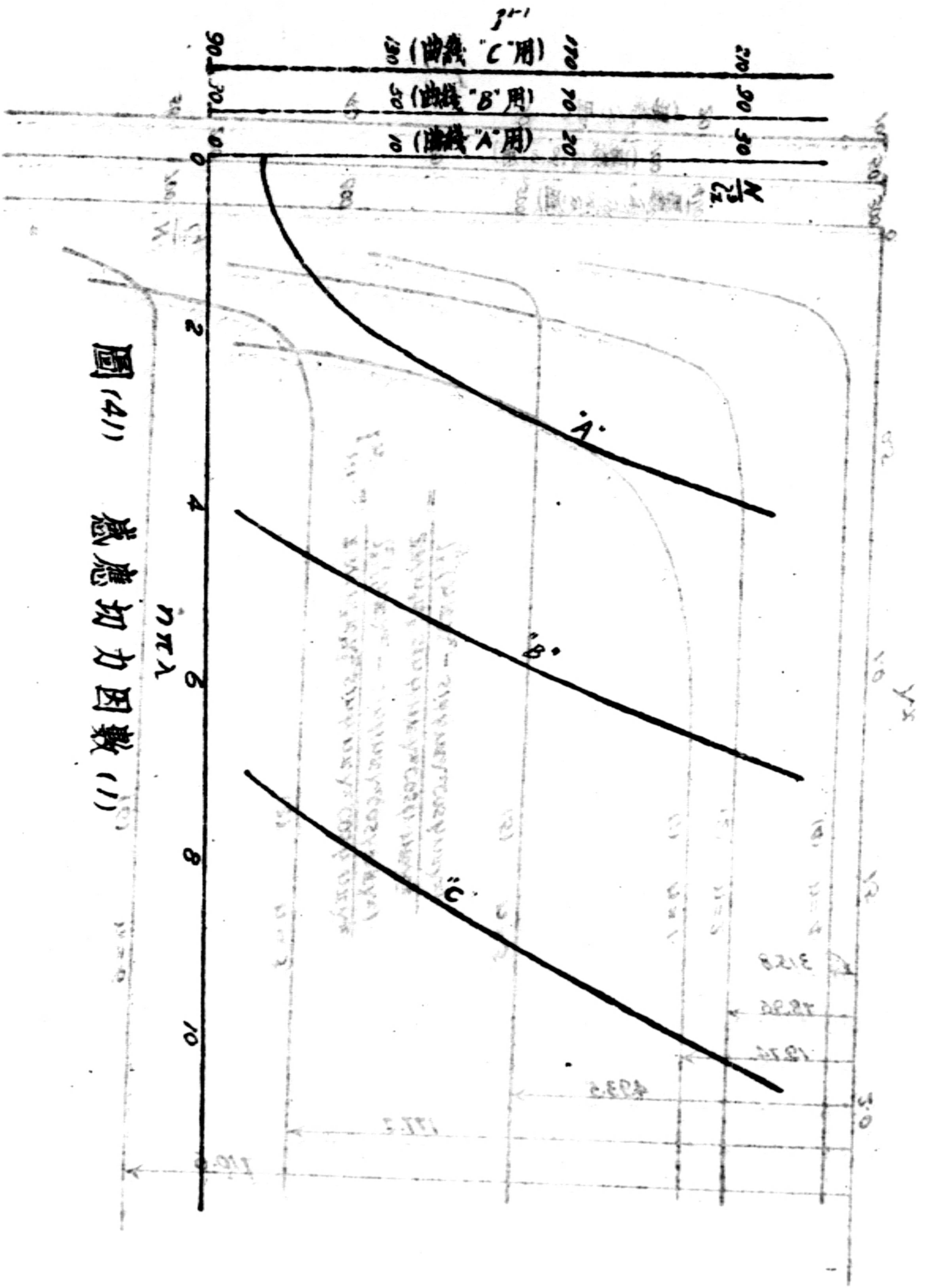
1.5

1.0

0.5

10 50 100 200 300 400 500 600 700 800

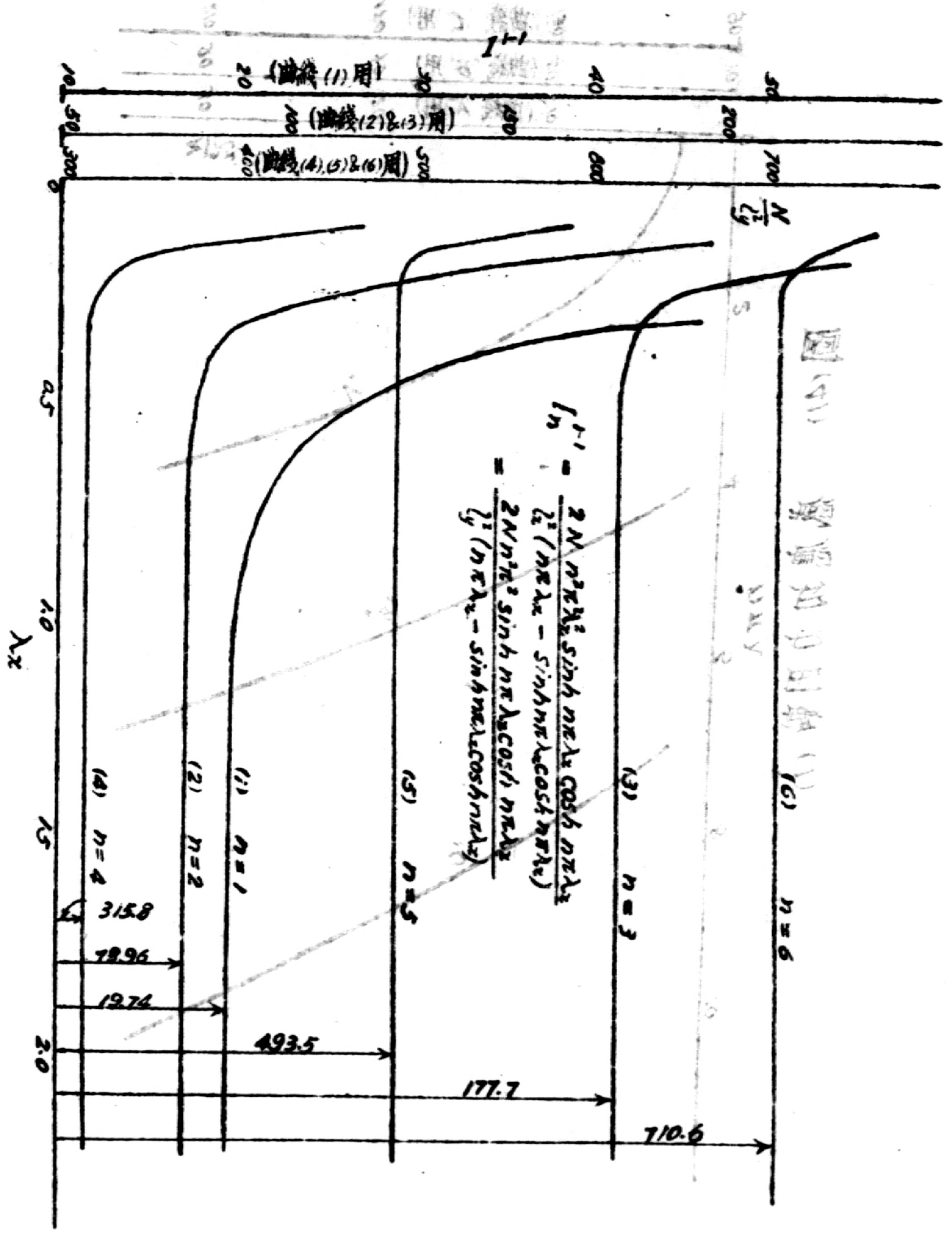




圖(41) 感應切力因數(1)



圖(41) 變壓器分調制(1)





圖(42) 感應切力因數(2)

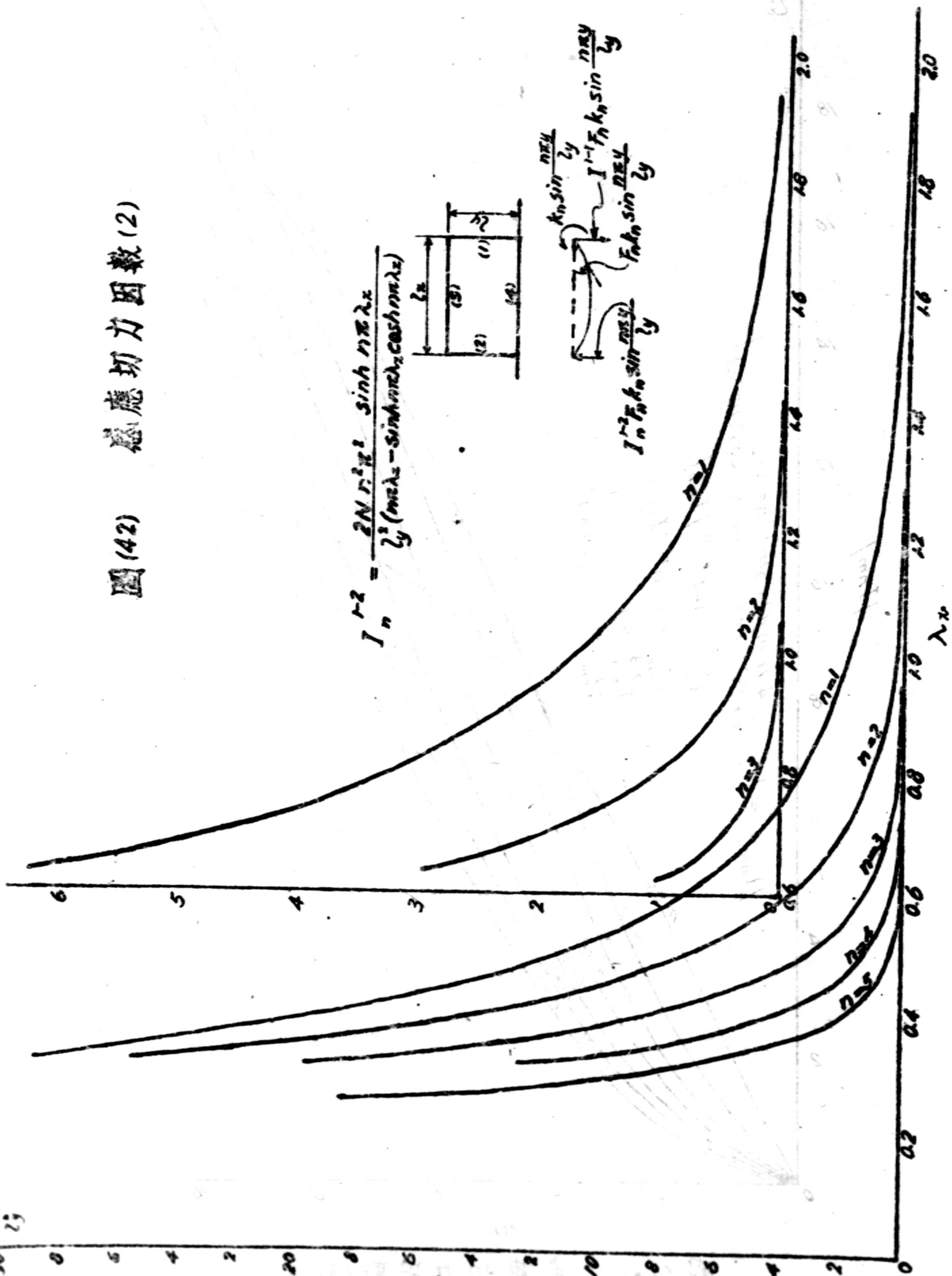
$$I_n^{-2} = \frac{2N r^2 R^2 \sinh n\pi \lambda x}{\zeta_y^2 (m\lambda_z - \sinh m\lambda_z \cosh n\pi \lambda x)}$$



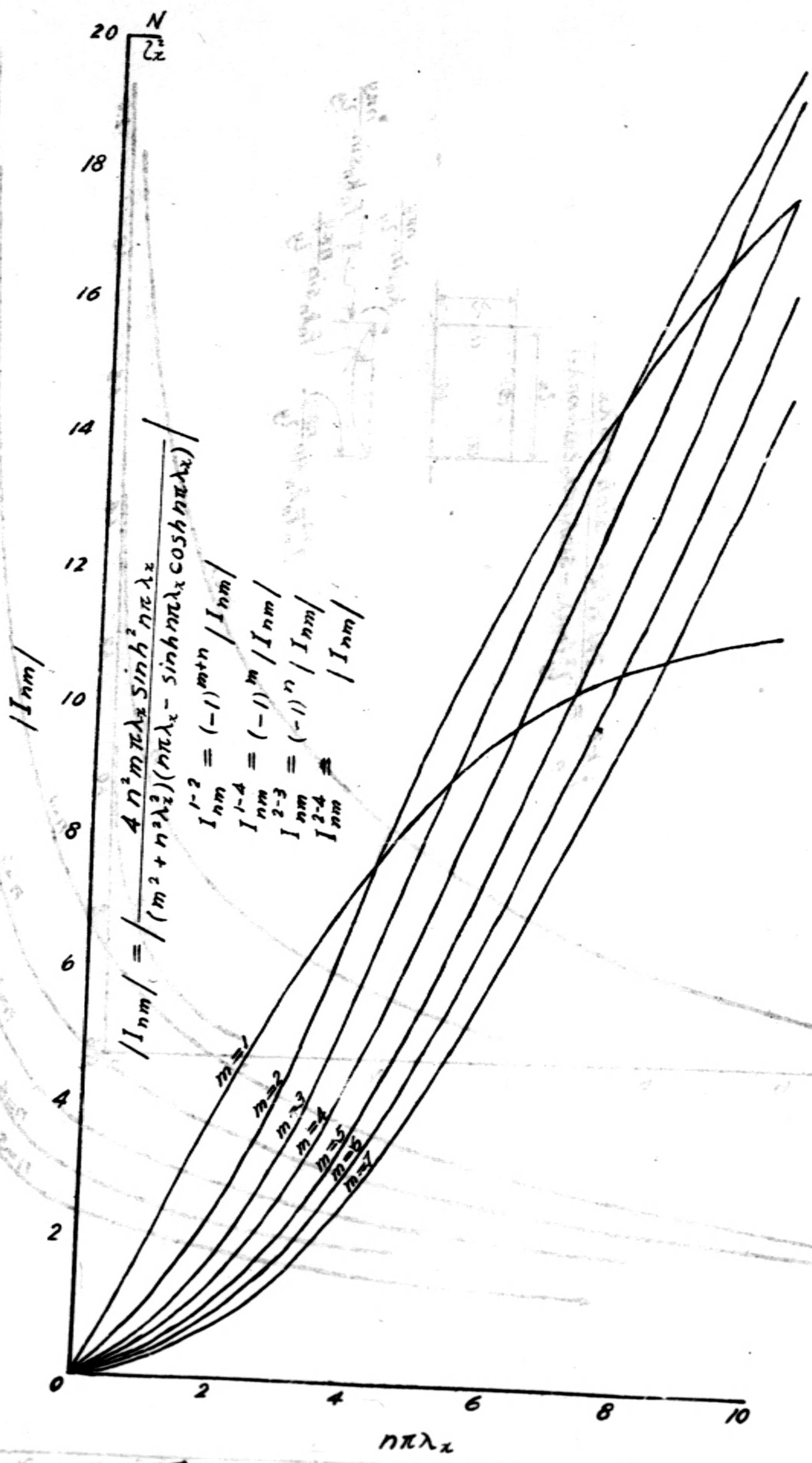
$$I_n^{-2} F_n k_n \sin \frac{n\pi y}{\zeta_y}$$

$$I_n^{-2} F_n k_n \sin \frac{n\pi y}{\zeta_y}$$

$$I_n^{-2} F_n k_n \sin \frac{n\pi y}{\zeta_y}$$







圖(43) 感應切力因數(3)



# 含鈷鎢絲炭化度之研究

葉楷

國立清華大學無線電學研究所

## 一、含鈷鎢絲之特性及炭化之目的

純鎢絲(Tungsten Wire)之特性，於受高熱後，必重復結晶，而易折斷，但若於製造鎢絲之三氧化鎢( $WO_3$ )原料中，滲入百分之一二之氧化鈷( $TaO_2$ )，則抽成之絲，於受高熱後，其重復結晶之形態改變，不易因震動而折斷，做裨益於白熾燈絲之製造甚多，含鈷鎢絲(Thoriated-Tungsten Filament)，乃由以得名，然其最大之貢獻，尚在其電子發射之效率，可以比同溫度下之純鎢絲，增加千餘倍，用以作電子管之燈絲，尤為適宜，經Langmuir氏<sup>(1)</sup>等之研究，吾人知鎢絲中所含之氧化鈷，於受高溫度處置後，還原而成金屬鈷，經過適當之加熱處置(賦能手續，Activation Process)後，金屬鈷漸漸由鎢絲之內部，向表面擴散(Diffuse)，鈷原子附着於鎢原子之上，產生極化雙層之作用(Polarized double-layer-effect)，其極向可以使功函(Work function)減低，有利電子之發射，電子發射之效率，與鎢絲表面鈷原子之分佈，有一定關係。鎢絲表面有單原子層金屬鈷散佈時，其電子發射效率最高，控制鈷原子分佈之因素，乃其擴散率(Rate of diffusion)與蒸發率(Rate of evaporation)兩者皆與燈絲之運用溫度有關，在某種適當溫度下，適得平衡，電子之發射，始得維持。

含鈷鎢絲於實際應用上，發現兩大缺點：其一為鈷原子之蒸發率，與其運用溫度(Operating temperature)成指數律之關係，

倘運用溫度稍高，蒸發率增加甚速，影響電子管之壽命，頗為嚴重；其二為單原子層易為正游子(Positive ions)之衝碰而分裂，倘電子管之真空度較差，屏壓較高時，此種現象，最易發生，燈絲之電子發射，瞬時即可退減千餘倍，設無法改良，則含鈷鎢絲之應用，將大受限制，炭化手續，蓋即用以補救此二缺點。

根據Andrews氏<sup>(2)</sup>研究之結果，含鈷鎢絲經過炭化手續後，鈷原子層在 $2200^\circ K$ 時之蒸發率，可比同溫度下未經炭化手續之含鈷鎢絲，減少六倍。同時，其對於被正游子衝碰而起之不良結果，亦可減少。若是，則經過炭化手續之含鈷鎢絲，其運用溫度可以提高，以增進電子發射之效率，而無損於其壽命，溫度提高，鈷原子向表面之擴散率亦增加，鎢絲表面之鈷原子數量，可以增加。故此種燈絲雖在不利之環境下運用，如受(1)(2)參閱篇末所列正游子之衝碰。其電子發射效率，仍不稍減。故對於真空度之要求，太不嚴格。再者，經過炭化手續之含鈷鎢絲，其氧化鈷之還原溫度，亦可減低，對於製造手續，頗覺簡便，故電子管之應用含鈷鎢絲者，例皆先經過炭化手續。

## 二、炭化之理論

炭化鎢絲之手續，尋常將鎢絲在氫炭汽(Hydrocarbon Vapor)如乙炔汽(Acetylene Vapor  $C_2H_2$ )或任何其他氫炭化合物之蒸汽中加熱，當鎢絲之溫度，在 $1600^\circ K$ 以上時，每個碰着熱燈絲表面之氫炭化合物分



子，受熱離解，附着於鎢絲表面之炭質，漸漸擴散入鎢絲，而與後者起化學反應，成炭化鎢(W<sub>2</sub>C或WC)。

鎢絲炭化之程度，與其溫度，加熱之時間，及炭分子之數量之關係，可以算式表明之：

設 T為鎢絲加熱之溫度(絕對溫度°K.)

P為氫炭汽之汽壓 (Vapor Pressure mmHg.)

(與炭分子之數量，有直接關係)

t為加熱之時間

則炭化度C之變化，可為函數如下：

$$C = f(T, P, t) \dots\dots\dots(1)$$

式(1)中C為因變數，T, P, t為自變數，此種複雜關係，最易由實驗中求得之，設三個自變數中，使任何兩個不變，而祇變其一個，則吾人可得C對於某一變數之偏微分，依此類推，由三個實驗，可以決定式(1)之關係。

欲測定燈絲之溫度，需要特種儀器，對於充氣之電子管，其燈絲溫度之計算，尤為複雜，今若以燈絲電流I代T，則上述複雜之計算，可以免除，倘I為燈絲單位散熱面積之電流，則所得之關係，亦可普遍應用，不僅限於某種直徑之燈絲也。若是，則式(1)可寫作

$$C = F(I, P, t) \dots\dots\dots(2)$$

吾人可更進一步，尋求式(1)與式(2)之關係：

式(1)之全微分，可寫作：

$$dc = \frac{\partial f}{\partial T} dT + \frac{\partial f}{\partial P} dP + \frac{\partial f}{\partial t} dt \dots\dots(3)$$

$$= SdT + Qdp + Rdt \dots\dots(3a)$$

$$\text{式(3)中 } \left. \begin{aligned} S &\equiv \left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)_{P,t} && \text{溫度係數} \\ Q &\equiv \left(\frac{\partial f}{\partial P}\right)_{T,t} && \text{壓力係數} \\ R &\equiv \left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_{I,P} && \text{炭化率} \end{aligned} \right\} \dots\dots(4)$$

試驗時，燈絲之溫度T，倘用燈絲之電

流I調整之，則

$$T = \varphi(I, P) \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{故 } dT = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial I}\right) dI + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial P}\right) dP \dots\dots(6)$$

將式(6)代入式(3)中，則

$$\begin{aligned} dc &= \frac{\partial f}{\partial T} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial I} dI + \frac{\partial \varphi}{\partial P} dP\right) + \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial F}{\partial t} dt \\ &= \frac{\partial f}{\partial T} \frac{\partial \varphi}{\partial I} dI + \left(\frac{\partial f}{\partial T} \frac{\partial \varphi}{\partial P} + \frac{\partial f}{\partial P}\right) dP + dp \frac{\partial f}{\partial t} dt \\ &\dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

但由式(2)

$$dc = \frac{\partial F}{\partial I} dI + \frac{\partial F}{\partial P} dP + \frac{\partial F}{\partial t} dt \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{故 } \frac{\partial F}{\partial I} = \frac{\partial f}{\partial T} \frac{\partial \varphi}{\partial I} = S \frac{\partial \varphi}{\partial I} \dots\dots\dots(9)$$

$$\frac{\partial F}{\partial P} = \frac{\partial f}{\partial T} \frac{\partial \varphi}{\partial P} + \frac{\partial f}{\partial P} = S \frac{\partial \varphi}{\partial P} + Q \dots\dots(10)$$

$$\frac{\partial F}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial t} = R \dots\dots\dots(11)$$

式(9), (10), (11)中等式之右列各項，可由實驗之紀錄得之，倘吾人知悉式(5)之函數，則式(4)之係數，即可由式(9), (10), (11)求得之。

吾人茲擬就炭化時之物理變化，略加申述，倘鎢絲之溫度甚高，氫炭汽之汽壓較低時，炭化度之增加，將以炭分子之數量為限。蓋該時炭分子向裏之擴散率甚高也。反之，溫度較低時，炭化度之增加，將以炭分子向裏之擴散率為度，倘汽壓較高，炭分子之數量充裕，然擴散率不足以將表面上之炭分子，全數向裏擴散，此時鎢絲之表面，有平塗一層炭質之可能，故兩者之間，相當於某一汽壓，時間，欲得某炭化度，必有一最適當之溫度，使於該一定之時接內，擴散與炭化鎢之變成(Formation of Tungsteno Carbide)適得平衡也。

鎢絲之炭化度，可以其導電性(Electrical Conductivity)減少之百分率表明之，炭化鎢之電阻，較高於鎢，設未經炭化前之鎢絲導電性為100分，經過炭化手續後，其



導電性減低至原來之80分，吾人即稱其炭化度，相當80分原來導電性，炭化度愈高，其導電性愈低。

### 三、炭化之方法

鎢絲炭化之方法，尋常先將鎢絲裝於玻璃管中，抽氣使成真空，然後灌入適度之氫炭汽，加熱使起反應，至適當之炭化度為止，最簡單之氫炭汽產生器(Producer)及灌汽設備，如第一圖，圖中G為氫炭器產生器，內貯炭化鈣( $\text{CaC}_2$ )，D為乾燥器，內貯五氧化磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )，R為儲藏器，M為裝汞氣壓表，L為裝鎢絲之玻璃管，P為抽空設備， $S_1, S_2, S_3, S_4$ 及 $S_5$ 為管塞(Stop Gocks)，施行炭化手續前，先將整個設備抽空( $S_1$ 關閉， $S_1, S_2, S_3, S_4$ 開)，然後將 $S_1$ 關閉，自 $S_4$ 處徐徐灌入蒸溜水，炭化鈣與水起化學反應，( $\text{CaC}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$ )。

養化鈣沉澱於底層，氫炭汽 $\text{C}_2\text{H}_2$ 經過乾燥器D，減除一部份水汽後，進入儲藏器R，此時，可將 $S_2, S_3$ 關閉，R內之氫炭汽，即可隨時應用，炭化鎢絲時，開 $S_1$ ，先將剩氣抽去，然後開放 $S_2$ ，至氣壓表指示適當之氣壓為度，此時，抽氣設備與玻璃管L間之管塞 $S_5$ ，必須關閉，將燈絲兩端，通電流使熱，經過一定時間後，復將剩氣抽去，測定燈絲之導電性，倘不足炭化度，此項手續，可繼續進行。

測定燈絲導電性之方法，測量熱電阻時，用安計(Ampere meter)弗計(VoHmetre)法，測量冷電阻時，用電橋法(Wheatstone Bridge)

### 四、實驗結果及討論

第二圖表示炭化度與燈絲電流之關係，此時，汽壓與加熱時間，均維持不變，當電流較小時，燈絲之溫度甚低，此時，炭分子之數量，雖極富裕，然其擴散率甚小，故炭化度亦無顯著之變化，待電流增加至適當程

度時，炭化度之增加，驟然明顯，圖中近乎垂直之曲線部份，即表示此時之變化，該段曲線之斜度，亦即式(9)中之 $\frac{\partial F}{\partial I}$ ，其數值約等於0.2%/Amp./Cm<sup>2</sup>。此時。

擴散率與炭分子接觸熱燈絲而起反應之速度，幾乎相等，倘電流續有增加，則擴散率繼續增加，炭分子遂有不敷反應之現象，炭化度之變化，必將減少，惜實驗無法求得此段曲線，蓋電流續增，燈絲即有燒斷可能，圖中三條曲線，代表三種不同汽壓時之炭化度變化，在相當處有幾乎相等之斜度，汽壓較高時，曲線即向電流較高之方向，平行移動，蓋汽壓較高，則必須增加電流，以抵消因氣體散熱所失之溫度也。

倘吾人知悉 $\frac{\partial \varphi}{\partial I}$ 之變化，則式(4)中之溫度係數S，亦可由式(9)求得之

$$S = \frac{\partial F}{\partial I} / \frac{\partial \varphi}{\partial I}$$

第三圖表示炭化度與氫炭氣壓之關係，電流與時間，均維持不變，當汽壓較低時，燈絲之溫度，實際上甚高，炭分子之數量，不足以平衡擴散率，故炭化度較低，氣壓漸增，炭化度亦漸增，(導電性降低)，此時，燈絲之溫度，亦漸降低，待炭化度最高之點，亦即導電性最低之處，燈絲之溫度，適足以使擴散率與炭化鎢變成率取得平衡，過此，汽壓太高，燈絲之溫度減低甚速，擴散率又不足以應付表面之炭分子，故炭化度復行減少，此種複雜關係，皆由於燈絲溫度，亦因汽壓變更而改變所致也，變化之情形，最易於式(10)中明之， $\frac{\partial F}{\partial p}$ 之變化，為 $S \frac{\partial \varphi}{\partial p}$ 與Q之和，其複雜之程度，亦可想見矣，然當 $\frac{\partial F}{\partial p} = 0$ 時，(此點相當炭化手續最適當之條件)，則 $Q = -S \frac{\partial \varphi}{\partial p}$ ，此時所得之Q，亦必相當於 $\left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)_{T,t}$ 曲線上最適宜炭化條件



時之斜度，故吾人倘知  $\frac{\partial \varphi}{\partial P}$ ，則  $Q$  亦即可求得，圖中三條曲線，表示三種不同環境下所得之變化，其形態皆相仿，圖上已有說明，茲不再述。

第四圖表示炭化度與加熱時間之關係。電流與氣壓均維持不變，此處，吾人可以觀察，倘電流（燈絲溫度）與汽壓適宜，則炭化度與時間，或直線關係，其斜度即表示相當於該環境下之炭化率，在兩種不同汽壓時所得之曲線，其斜度幾乎相等，此時汽壓之變化太小，不足以影響溫度甚多也。汽壓較低時，所需加熱之時間，可以減少，燈絲之溫度較高也，倘電流與汽壓之配合不適當，則炭化度甚小，其變化之直線部份，亦比較有限，其斜度亦減少。

由圖中之直線部份，可以求得炭化率  $\frac{\partial F}{\partial t}$  之數值，復由式(11)之指示，即知  $\frac{\partial F}{\partial t} = R$  相當於燈絲電流 2.2 Amps 時之數值為 1.5% / sec. 相當於 2.1 Amps 時之數值為 0.7% / 秒，故電流之相差祇 0.1 Amp，其炭化率可相差一倍之多。

第五圖表示炭化度與鎢絲電阻之關係，在實驗之範圍內，鎢絲電阻之增加，與炭化度成正比。

### 參 考 書

- (1) Langmuir, I. The Electron Emission from Thoriated Tungsten Filaments. Phys. Rev. 22, 357, 1923.  
Kingdon, K, H. Electron Emission from Adsorbed Film. Phys. Rev. 24, 511, 1942.
- (2) Andrews, M, H. Diffusion of carbon through Tungsten and Tungsten Carbide. J. chys. chem 29, 462, 1925.  
Andrews, M, R. Evaporation of Thorium from Tungsten Phys. Rev. 33, 454, 1929.  
Brüche, E. and Mahl, H. Emission Images of Thoriated Tungsten and Molybdenum. z.f. Tech. phys. 17, 81-84, 1936.

## 新 疆 歌 舞

### 歡 迎 工 程 師 聯 合 年 會

(新疆同鄉會表演)

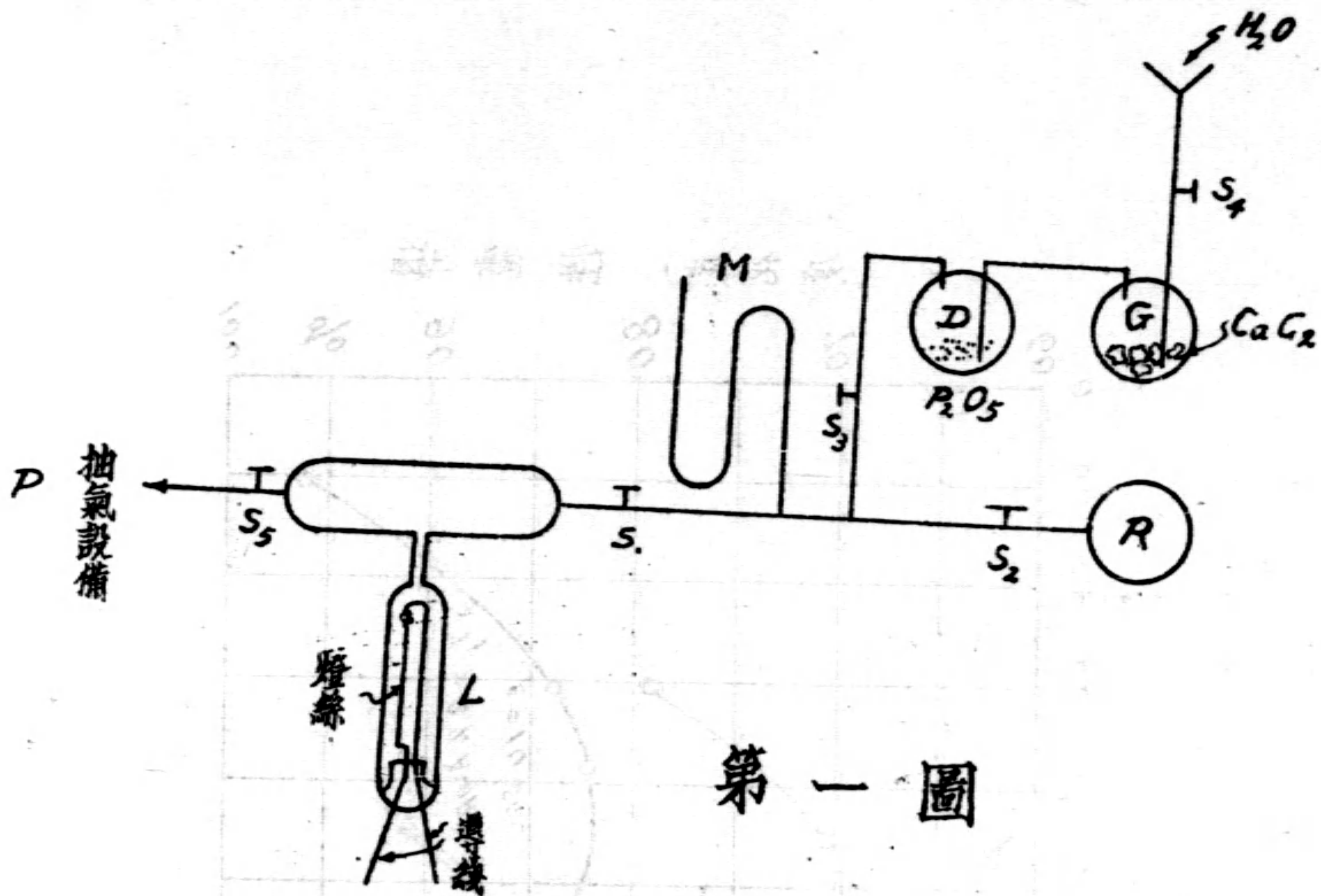
#### 1. 新疆歌曲——起來同胞們

「起來同胞們」(十五人合唱)值茲國難方殷千鈞一髮之際，國家存亡，匹夫有責，同胞宜速覺醒，為國出力，盡其天職，毋再沉迷。

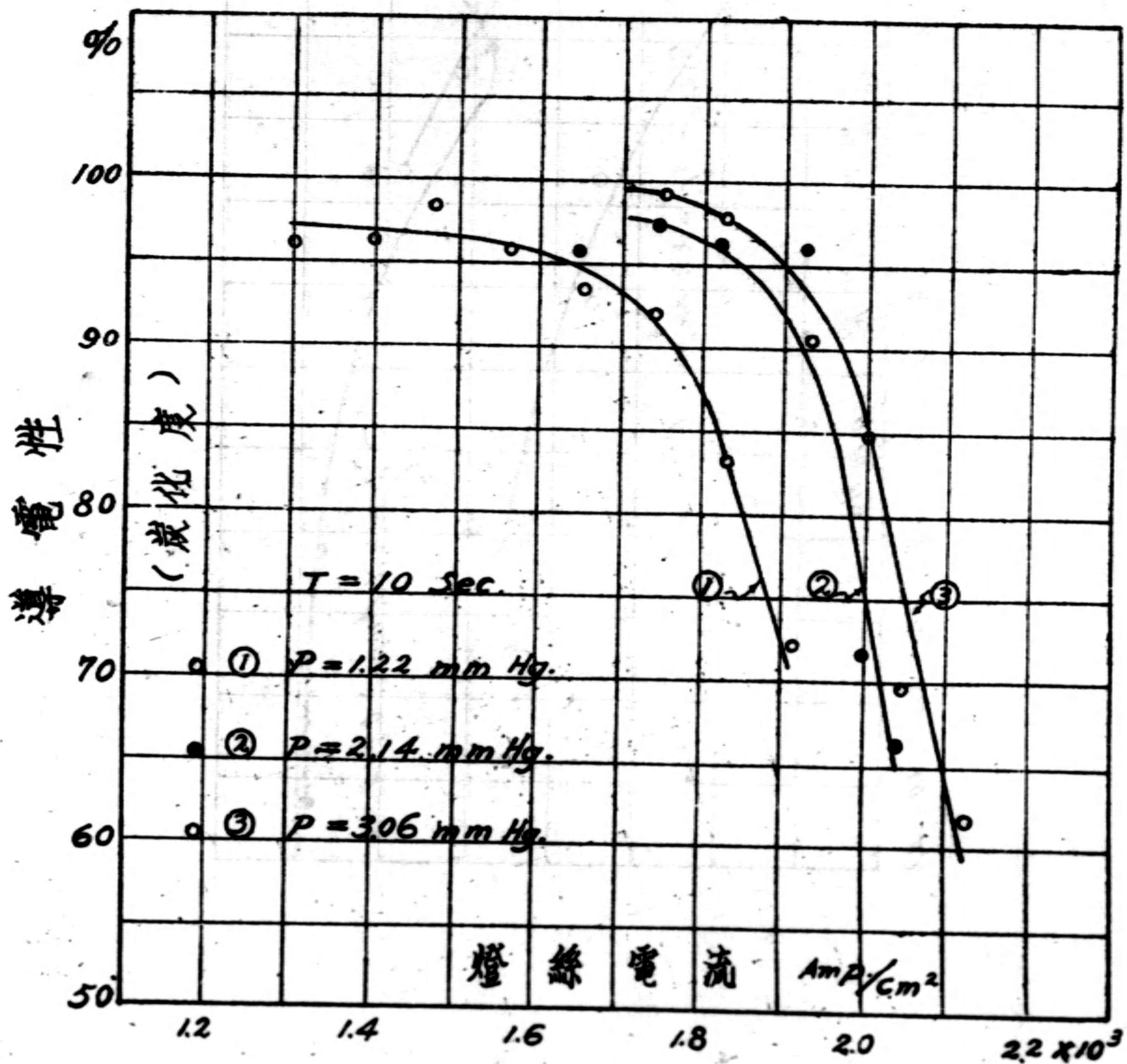
#### 2. 新疆舞——月下會情人

有男女二童，同居一村，日相嬉戲，兩小無猜，及長情愛彌篤，相約每晚必於村外小山桃樹下相會，對舞且歌，極盡纏綿之致，詎料該女經父母之命，字於他鄉某紳士之子，不能再與該男往來，晴天霹靂，悵悵無已，乃於月明之夜作訣別之遊，迨女子歸，男於舊日約會之地詠驪駒之歌，以誌傷感。





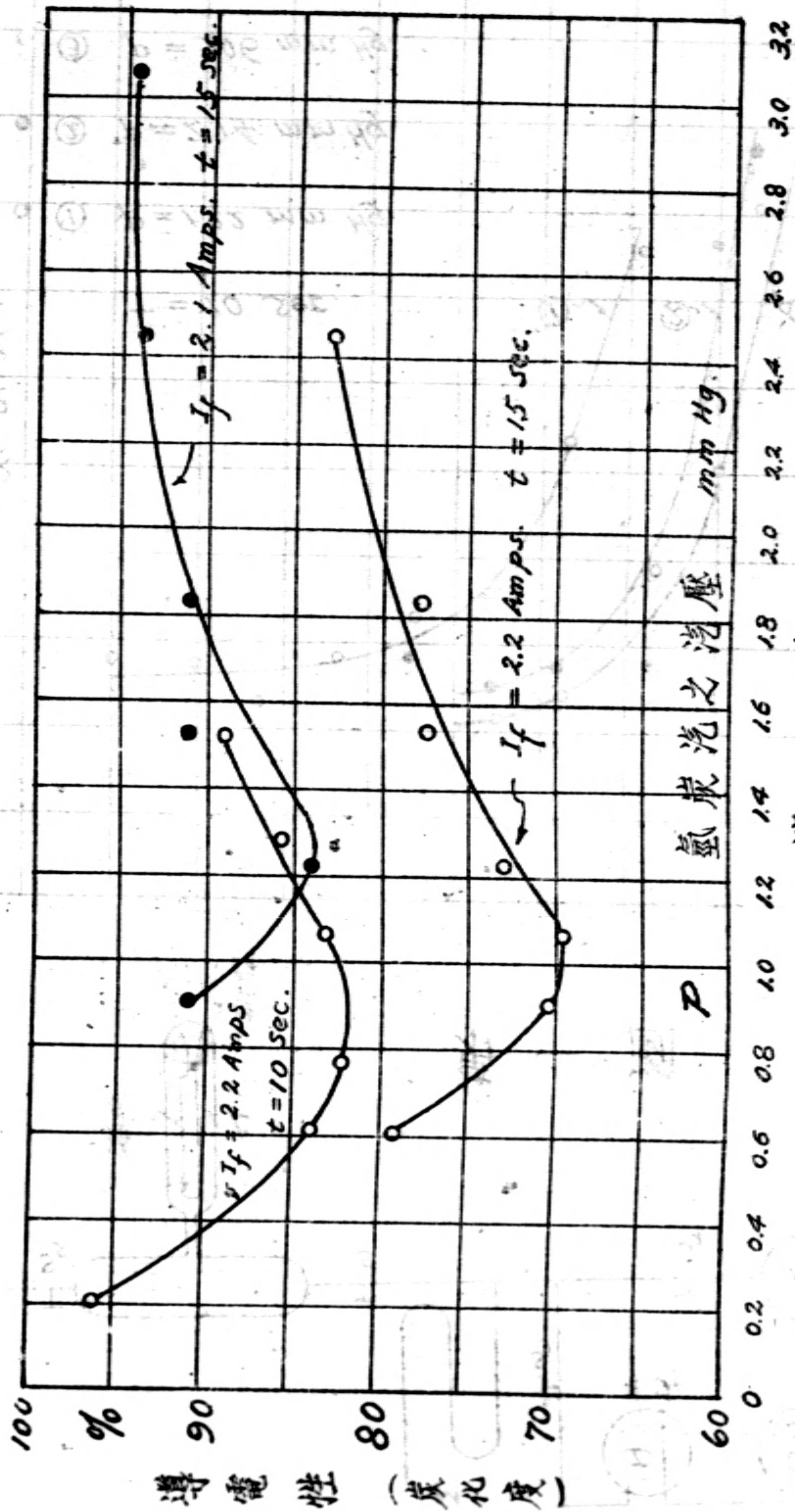
第一圖



第二圖



15 10 50 15 10

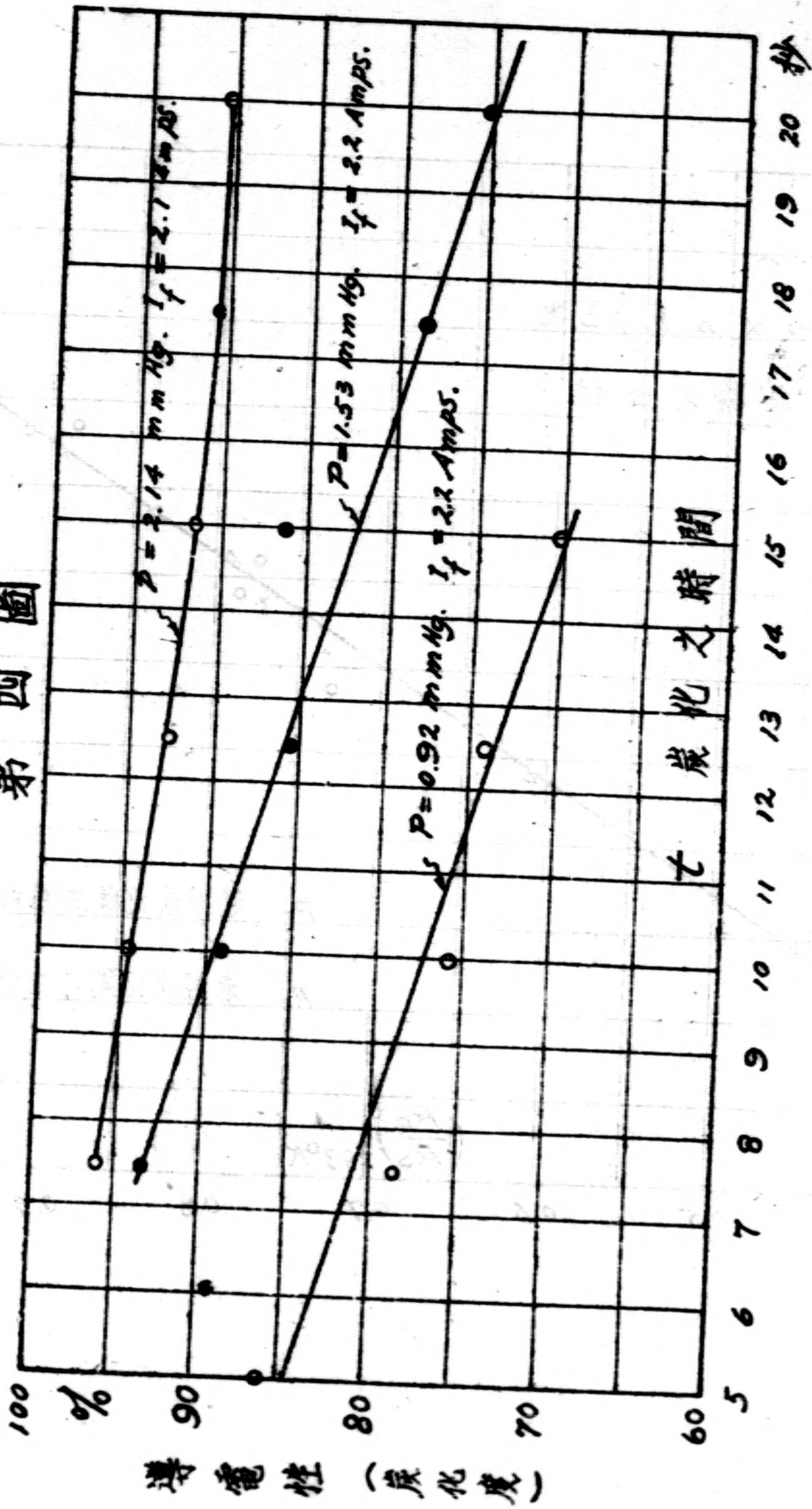


第三圖

11 11

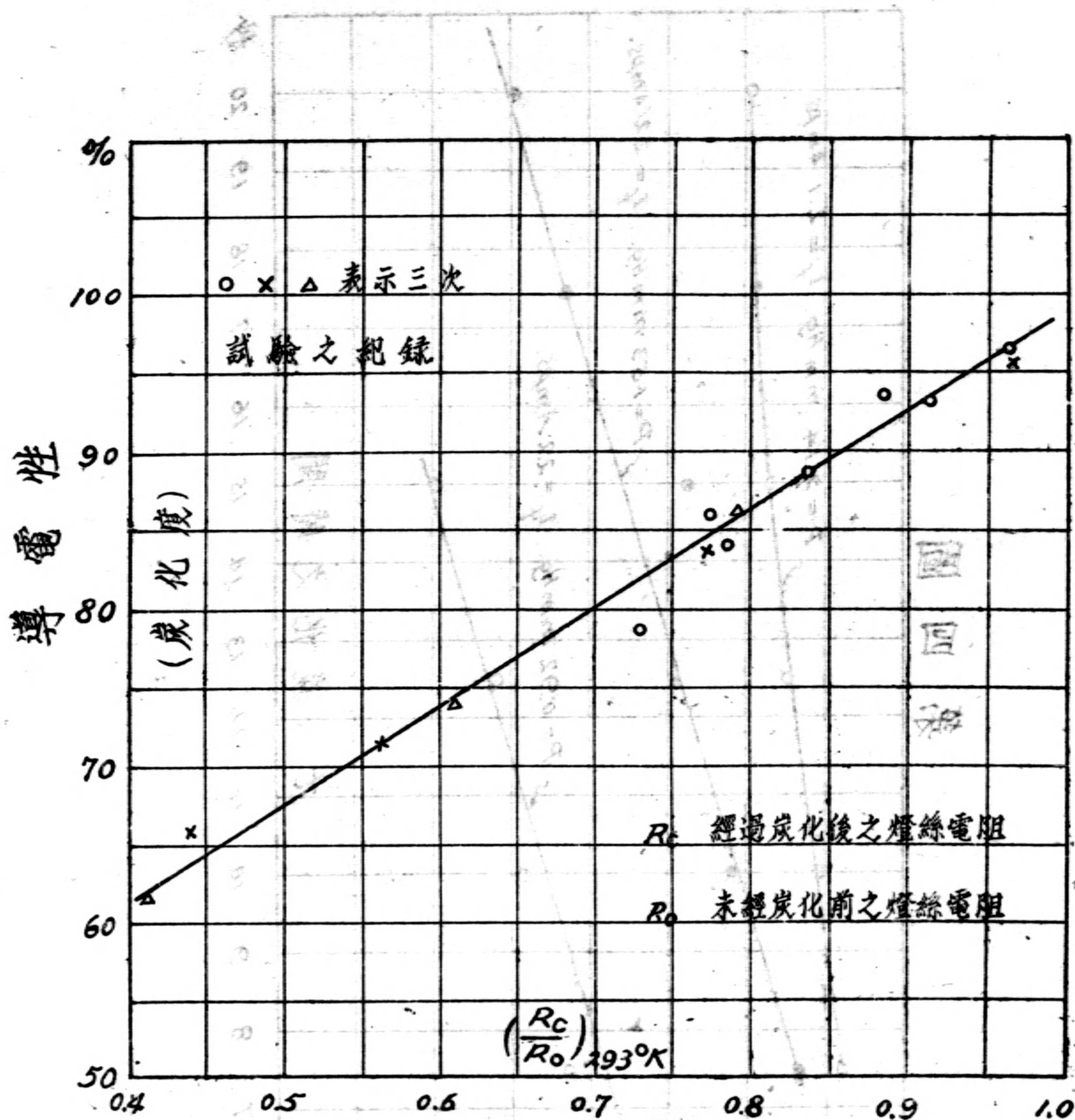


第四圖





第五圖





# 地基之沉陷量及地基中之應力分佈

88

黃文熙

國立中央大學

## 引言

本文所謂地基，係指承載建築物之地。所謂基礎，係指建築物之與地基接觸之一部份。地基可視作一半無限體 (Semi-infinite body)，其上方以地面為界，其他各方向，則均延至無限。地基之鄰近地面部份，通常為各種土壤層，間或雜以石層。各土壤層之厚度，以及各層土壤之性質及結構，往往差別極大。至地基之最深處，則可假定為堅固之岩石。

如地基全部均為同質之岩石，則可視為一均勻與各向同性的完全彈性體 (a homogeneous, isotropic, perfectly elastic body)，而應用彈性力學原理，以求取沉陷量 (Settlement)。不幸建築物之基礎，常因限於經費，必須建築在土壤層上，而土壤又非完全彈性體，故其沉陷量，不能直接用彈性力學原理計算。

Boussinesq 氏曾求得一垂直向集中力 (Vertical concentrated Force)，在完全彈性之地基中，所產生之應力分佈 (Stress distribution)。但其結果，不盡適合於土壤地基。Fröhlich 與 Griffith 二氏，後根據實驗結果，修改 Boussinesq 氏公式，俾可用於完全彈性及各種土壤地基。本文之第一部，即將二氏公式，略加普遍化，再用之以求一受均勻載重之直角三角形 (Right triangle) 基礎所產生之應力分佈。因任何形式或載重之基礎，均可視為由多數受均勻載重之直角形基礎組合而成。故本文所得之結果，可直接用以求承載任何基礎之地基中之應

力分布。

土壤地基之沉陷原因有三，即 (1) 受範性流動 (Plastic flow)，土壤孔隙 (Soil voids) 容積之縮減，(2) 土粒之彈性壓縮 (Elastic compression of Soil particles)。土粒彈性壓縮，對於沉陷量之影響，微不足道。受範性流動，則在某種情形下 (例如：基礎入地深度不足，或基礎載重過大，或基礎四周未打板樁)，可產生極大之沉陷量，目前此方面研究，尤極幼稚，尚難據以估計此類沉陷量。故本文所討論者，僅限於由土壤孔隙容積縮減而起之沉陷。水工結構基礎之四周，通常均打板樁，受範性流動，幾可全部防止，故由土壤孔隙容積縮減而起之沉陷量，可代表此類地基之全部沉陷量。

土壤之壓縮，既由於孔隙容積之減縮，故其應力與應變之關係，與完全彈性體不同。土壤之彈性係數  $E$  及 Poisson 比 (Poisson's ratio)  $\mu$  亦均非常數。本文第二部即根據土壤壓縮試驗 (Soil consolidation test) 之結果，求取  $E$  及  $\mu$  與載重及孔隙比 (Void ratio) 之關係。然後利用此項新公式與所求得之應力分佈，用積分法 (Integration method) 或圖解法 (Graphical Method) 計算沉陷量。

土壤孔隙常積有水分，欲減縮孔隙之容積，而促地基之沉陷，必先排除一部份水分。因土壤之滲透性不同，故各土壤層之沉陷速率，亦大相逕庭。本文第三部，即討論如何估計沉陷速率，俾可預測建築物在營造時，或落成後各時期之沉陷量。惟本文於此問題，僅作原則上之討論。此因該問題與熱之



流動 (heat flow) 問題相似。讀者明瞭各項原則後，自能參考熱學 (Theory of heat)，Fourier 級數，及球函數 (Spherical Harmonics) 一類書籍，求取解答也。

基礎各處沉陷量差 (Difference in Settlements) 之大小，為建築物安全之所繫，沉陷量差如過大，建築物必致發生裂縫，甚至至全部傾圮。至水工結構，裂縫之危險性更大。故沉陷量之估計，及過分沉陷量差之防止，尤屬必要。在本文第三部中，並曾說明最大之沉陷量差，可能在建築物沉陷期中發生，故為建築物安全計，並須計算各時期之沉陷量。

本文係中央水利實驗處特約作者研究工

作之一部份。該處一切技術工作悉秉承處長鄭權伯先生之指導，再本文承張漢暨蕭天鐸二君襄助繕寫及繪圖，謹此誌謝。

## 第一 部

### 地基中之應力分佈

#### (A) 承載一集中力時地基中之應力分佈

設想  $Z=0$  平面為地面， $\theta$  所用坐標系之原點 (圖 1)。今如在此原點  $O$  上，加一垂直向集中力  $P$ ，則根據 Boussinesq 氏研究 (1)，如地基為一完全彈性體，地基中任何一點  $M$  處之應力為

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= \frac{3P}{2\pi R^2} \cos^3 \theta \\ \sigma_h &= \frac{P}{2\pi R^2} \left[ 3\cos \theta \sin^2 \theta - (1-2u) \frac{1}{1+\cos \theta} \right] \\ \sigma_t &= (-)(1-2u) \frac{P}{2\pi R^2} \left[ \cos \theta - \frac{1}{1+\cos \theta} \right] \\ \tau &= \frac{3P}{2\pi R^2} \cos^2 \theta \sin \theta \end{aligned} \right\} (1)$$

註：(1) Timoshenko: Theory of Elasticity, P. 328-332。

式(1)內  $R$  與  $\theta$  為  $M$  點之極坐標

$\sigma_z$  為垂直向正應力 (vertical Normal stress)

$\sigma_h$  為沿徑向正應力 (radial normal stress)

$\sigma_t$  為沿切線向正應力 (Tangential normal stress)

$\tau$  為與  $\sigma_z$  及  $\sigma_h$  同向之切應力 (shearing stress)

$\sigma_z, \sigma_h$  與  $\sigma_t$  均以壓縮應力為正 (compressions positive)  $\tau$  之正向則如圖(1)所示。

$u$  為 Poisson 比 (Poisson's ratio)

Steiner-Kick, Enger, Goldbeck, Kögler & scheidig, Hugi 諸氏 (2) 之實驗，證明在沙 (sand) 中， $Z$  軸附近之應力遠較由

Boussinesq 氏公式所求得者為高。如將 Boussinesq 氏公式修改成 (2) (3) 式則可與實驗結果較為符合。

註(2) Fröhlich: Druckverteilung im Baugrunde, p123-129

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= \frac{np}{2\pi R^2} \cos^n \theta \\ \sigma_h &= \frac{np}{2\pi R^2} \cos^{n-2} \theta \sin^2 \theta \\ \sigma_t &= 0 \\ \tau &= \frac{np}{2\pi R^2} \cos^{n-1} \theta \sin \theta \end{aligned} \right\} (2)$$

式(2)為 Fröhlich 與 Griffith 二氏所建議，上式係假定 Poisson 比為 0.5。如  $u$  之值不等於 0.5 則可用下式。



$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= \frac{np}{2\pi R^2} \cos^n \theta \\ \sigma_h &= \frac{np}{2\pi R^2} \left( \cos^{n-2} \theta \sin^2 \theta - \frac{(1-2u)}{3(1+\cos^{n-2} \theta)} \right) \\ \sigma_t &= (-) \frac{np}{2\pi R^2} \left( \frac{1-2u}{3} \right) \left( \cos^{n-2} \theta - \frac{1}{1+\cos^{n-2} \theta} \right) \\ \zeta &= \frac{np}{2\pi R^2} \cos^{n-1} \theta \sin \theta \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \theta &= \theta \quad (1) \\ \frac{ds}{ds} &= \dots \\ \overline{BI} &= D \\ \overline{AM} &= q \\ \overline{AO} &= z \end{aligned}$$

(註3) Fröhlich: Druckverteilung im Baugrunde, P.24

式(2)及式(3)中之n名集中因數(Concentration factor)。完全彈性地基n=3。尋常土壤n之值大致3與6之間。黏土在載重時n=3。在無內聚力之土壤(non-cohesive soils)如沙n約等6。n之值與土壤之組織,成分及結構之關係,目前尚不能確定。應用此項公式時,如地基上部,土壤層種類不一,則可就3與6之間取一中值。

點與O點之距離為z。吾人之目的,在求M點處之σ<sub>z</sub>與σ<sub>m</sub>。

在OAB三角形內,取一元面積(element of area) ρ·dρ·dφ(圖2b),則此面積上之總載重為qρdρdφ。令dσ<sub>z</sub>為此載重在M點上所產生之垂直向正應力則由式(3)得

$$d\sigma_z = \frac{n(q \cdot \rho \cdot d\rho \cdot d\phi)}{2\pi R^2} \left(\frac{z}{R}\right)^n$$

內R為M點至此元面積之向徑(radius vector)。

將上式就OAB三角形之面積求取積分

即得

$$\sigma_z = \frac{npz^n}{2\pi} \int_0^\phi \int_0^{a \sec \phi} \frac{\rho d\rho}{(\rho^2 + z^2)^{\frac{n+2}{2}}}$$

$$\text{或 } \sigma_z = \frac{q}{2\pi} \left[ \phi - \int_0^\phi \frac{d\phi}{\left(1 + \left(\frac{a}{z}\right)^2 \sec^2 \phi\right)^{\frac{n}{2}}} \right] \quad (6)$$

式(6)中之積分,雖不甚難求,但手續極為繁複,今僅將其最後結果列下:

為 
$$\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_z + \sigma_x + \sigma_y) = \frac{1}{3}(\sigma_z + \sigma_h + \sigma_t) \quad (4)$$

由式(4)得 
$$\sigma_m = \frac{np(1+2u)}{9\pi R^2} \cos^{n-2} \theta \quad (5)$$

(B) 均勻載重之直角三角形基礎所產生之應力分佈

設想OAB(圖2)為一直角三角形基礎。OA=a, AB=b, BO=c, ∠ABC=φ。令q為此基礎之垂直向均勻分佈載重(vertical uniformly distributed load)。OAB三角形之O點為所用坐標系之原點,OM為Z軸,M

(甲) n=3

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \left[ \frac{abz}{a^2 D} + \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) - \frac{1}{2} \sin^{-1} \left( \frac{2abzD}{c^2 d^2} \right) \right]$$

(乙) n=4

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \left[ \frac{abz^2}{2d^2 D} + \left( \frac{a}{d} + \frac{az^2}{2d^3} \right) \cos^{-1} \left( \frac{d}{D} \right) \right]$$

(丙) n=5

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \left[ \frac{abz}{d^2 D} \left( 1 + \frac{z^2}{3D^2} + \frac{2z^2}{3d^2} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) - \frac{1}{2} \sin^{-1} \left( \frac{2abzD}{c^2 d^2} \right) \right]$$



(丁)  $n=6$

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \left[ \frac{abz^2}{2d^2D^2} \left( 1 + \frac{z^2}{2D^2} + \frac{3z^2}{4d^2} \right) + \left( \frac{a}{d} + \frac{az^2}{2d^3} + \frac{az^4}{8d^5} \right) \cos^{-1} \left( \frac{d}{D} \right) \right] \quad (10)$$

內  $D = \overline{MB} = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$

$p = \overline{MA} = \sqrt{a^2 + z^2}$

$c = \overline{OA} = \sqrt{a^2 + b^2}$

式(7), (8), (9)及(10)為求OAB三角形基礎O角下任何一點M處之 $\sigma_z$ 之公式。至求地基中任一點處之 $\sigma_z$ 法, 則將於下節詳述。

利用式(5), 並遵上述步驟得

$$d\sigma_m = \frac{n(1+u)}{9\pi R^2} (q \cdot p \cdot d\rho \cdot d\phi) \left( \frac{z}{R} \right)^{n-2}$$

$$\sigma_m = \frac{n(1+u)q}{9(n-2)\pi} \left[ \phi - \int_0^\phi \frac{d\sigma}{\left[ 1 + \left( \frac{a}{z} \right)^2 \sec^2 \phi \right]^{\frac{n-2}{2}}} \right] \quad (11)$$

由式(11)得

(甲)  $n=3$

$$\sigma_m = \frac{(1+u)q}{3\pi} \left[ \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) + \frac{1}{2} \sin^{-1} \left( \frac{2abzD}{c^2d^2} \right) \right] \quad (12)$$

(乙)  $n=4$

$$\sigma_m = \frac{2(1+u)q}{9\pi} \left[ \frac{a}{d} \cos^{-1} \left( \frac{d}{D} \right) \right] \quad (13)$$

(丙)  $n=5$

$$\sigma_m = \frac{5(1+u)q}{27\pi} \left[ \frac{adz}{d^2D} + \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) - \frac{1}{2} \sin^{-1} \left( \frac{2abzD}{c^2d^2} \right) \right] \quad (14)$$

(丁)  $n=6$

$$\sigma_m = \frac{(1+u)q}{6\pi} \left[ \frac{adz^2}{2d^2D^2} + \left( \frac{a}{d} + \frac{az^2}{2d^3} \right) \cos^{-1} \left( \frac{d}{D} \right) \right] \quad (15)$$

式(12), (13), (14), (15)為求OAB三角形基礎O角下任何一點M處之 $\sigma_m$ 之公式。至求地基中任何一點處之 $\sigma_m$ 法, 亦將於下節詳述。

(C) 承載多邊形基礎之地基中之應力分佈

設想基礎之形式為一多邊形 (Polygon), 如圖(3)之 ABCD。則地基中任何一點M'處之 $\sigma_z$ 及 $\sigma_m$ 可用下法求得。

令O'為經過M'之垂線與地面相交之一點, 由O'點作OA, BO, OC, OD諸線與多邊形之諸角點A, B, C, D, 相連接。再由O'點作

O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>, 諸線與多邊形之諸邊 AB, BC, CD, DA, 相垂直。如r為多邊形之邊數, 則不論O'點在基礎範圍以內(圖3a)或在基礎範圍以外(圖3b), 均得2r個直角三角形。圖(3)所舉例, 為一四邊形, 故得八個直角三角形, 即 $\Delta O_1A$ ,  $\Delta O_1B$ ,  $\Delta O_2B$ ,  $\Delta O_2C$ ,  $\Delta O_3C$ ,  $\Delta O_3D$ ,  $\Delta O_4D$ 與 $\Delta O_4A$ 。

因M'點即在O'點之垂直線上, 用上節所得之公式及重合定律 (Law of superposition), 可求得各該直角三角形基礎在M'處所產生之 $\sigma_z$ 與 $\sigma_m$ 。

如O'點在基礎範圍以內則因 ABCD 之面



積等於  $\Delta O_1A + \Delta O_1B + \Delta O_2B + \Delta O_2C + \Delta O_3C + \Delta O_3D + \Delta O_4D + \Delta O_4A$  之面積，故

$$\sigma_z = (\sigma_z) \Delta O_1A + (\sigma_z) \Delta O_1B + (\sigma_z) \Delta O_2B + (\sigma_z) \Delta O_2C + (\sigma_z) \Delta O_3C + (\sigma_z) \Delta O_3D + (\sigma_z) \Delta O_4D + (\sigma_z) \Delta O_4A$$

如 O 點在基礎範圍以外，則因 ABCD 之面積等於  $\Delta O_4D - \Delta O_4A + \Delta O_3D - \Delta O_3C - \Delta O_2C + \Delta O_2B - \Delta O_1A + \Delta O_1B$  之面積故

$$\sigma_z = (\sigma_z) \Delta O_4D - (\sigma_z) \Delta O_4A + (\sigma_z) \Delta O_3D - (\sigma_z) \Delta O_3C - (\sigma_z) \Delta O_2C + \Delta O_2B - (\sigma_z) \Delta O_1A + (\sigma_z) \Delta O_1B$$

$\sigma_m$  亦可用同法求取。上述步驟係假定基礎為均勻載重。如基礎某部份之載重與其他部份不等，例如圖 (4a) 所示之基礎，如 abcg 部份之載重與 cdefg 部份不同，則可分為 abcg 及 cdefg 兩個多邊形計算，然後求其和。又如基礎之一邊為一曲線(圖4b)，則求取應力時，可將此曲線代以數段直線後，再行計算。依此類推，任何形式及載重之基礎，均可視為由多數受均勻載重之直角三角形或多邊形所組成。故其地基中任何一點處之  $\sigma_z$  及  $\sigma_m$  均可用本法求取。

## 第 二 部

### 地基之沉陷量

(D) 土壤之彈性係數及 Poisson 比

如將土壤置於 Terzaghi 氏之壓縮器 (Compression device) 內(圖5)，並加垂直向壓力  $p_z$ ，則不論土壤有無內聚力 (cohesive or noncohesive)，為沙或為粘土，均在水平方向產生壓力  $p_x = p_y = p_h$ 。此水平向壓力  $p_h$  之值可由圖 (5) 所示之壓縮器上附裝之量測力設備量得。圖 (6a) 即示該水平壓力  $p_h$  與  $p_z$  之普遍關係。即在  $p_z$  極小時， $p_h/p_z$  約等於 1。若  $p_z$  漸增，則  $p_h/p_z$  漸近一常數  $k_1$ 。 $k_1$  之值隨土壤而異。

註(4) Hogentoglers; Engineering

properties of soils, p. 212 內  
令  $p_m$  為土壤所受之平均壓力，即

$$p_m = \frac{1}{3}(p_z + p_x + p_y) \quad (16)$$

則  $p_m$  與  $p_z$  之關係，即如圖 (6b) 所示。當  $p_z$  極小時  $p_m/p_z = 1$ 。若  $p_z$  漸增則  $p_m/p_z$  漸近一常數  $k_2$ 。內

$$k_2 = \frac{1}{1 + 2k_1} \quad (17)$$

$$f = \frac{dp_h}{dp_z} \quad (18)$$

則由實驗所得之圖 (6a) 及圖 (6b) 之曲線，可繪一  $f$  與  $p_m$  關係之曲線，如圖 (6c)。當  $p_m$  及  $p_z$  小時， $f$  約等於 1， $p_m$  及  $p_z$  漸增，則  $f$  漸近一常數  $k_3$ 。內

$$k_3 = k_1 \quad (19)$$

如以  $u$  代表 Poisson 比，並令  $\xi_h$  為水平向應變 (horizontal strain)，則因在壓縮器內，土壤不能旁向伸張，

$$\xi_h = 0 \quad (20)$$

$$d\xi_h = 0$$

$$\xi_h = \frac{1}{E} [p_h - u(-p_z + p_h)] \quad (21)$$

$$d\xi_h = \frac{1}{E} [dp_h - u(dp_z + dp_h)] = 0$$

由此式及式 (18) 得

$$u = \frac{f}{1+f} \quad (21)$$

式 (21) 為土壤 Poisson 比之普遍公式，因由可視為  $p_m$  之函數，故  $u$  亦可視為  $p_m$  之函數。圖 (6d) 即示  $u$  與  $p_m$  之關係。當  $p_m$  極小時， $u$  約等於 0.5。若  $p_m$  漸增，則  $u$  漸近一常數  $k_4$ 。內

$$k_4 = \frac{k_1}{1+k_1} \quad (22)$$

壓縮試驗之結果，證明土壤之孔隙比 (void ratio) 與垂直向壓力  $p_z$  之關係，可用下式表明

$$e = e'_0 - \frac{1}{A} \ln \left( 1 + \frac{p_z}{p'_0} \right) \quad (23)$$



內  $e$  = 孔隙比 = 土壤中孔隙所佔之容積：土壤中土粒所佔之容積。

$\ln$  代表自然對數

$e_0, p_0$  及  $A'$  為經驗常數 (empirical constants)，其值隨土壤而異。式(23)亦可改寫作(圖(7))

$$e = e_0 - \frac{1}{A} \ln \left( 1 + \frac{p_m}{p_0} \right) \quad (24)$$

註(5): Fröhlich, loc. cit. P. 86-88.

內  $e_0, p_0$  及  $A$  為經驗常數，其值隨土壤而異。

由(24)可知土壤所受平均壓力  $p_m$  之變化，如為  $dp_m$ ，則孔隙比  $e$  之變化，應為

$$de = \frac{(-) dp_m}{A(p_m + p_0)} \quad (25)$$

即單位體積之變化量 (unit volume change) 為

$$\Delta = \frac{(-) de}{1 + e} \quad (26)$$

由式(25)得

$$\Delta = \frac{dp_m}{A(p_m + p_0)(1 + e)} \quad (27)$$

$$\text{因(6)} \quad \Delta = \frac{3(1-2u)}{E} (dp_m) \quad (28)$$

註(6) Timoshenko, loc. Cit. P. 10-11.

$$\text{故} \quad E = 3(1-2u)A(1+e)(p_m + p_0) \quad (29)$$

由式(24)得

$$E = 3(1-2u)A \left( 1 + e_0 - \frac{1}{A} \ln \left( 1 + \frac{p_m}{p_0} \right) \right) (p_m + p_0) \quad (30)$$

式(30)可視為土壤之彈性係數之普遍公式。此式頗堪注意之點，即當  $p_m$  極小時，因  $u$  值約等於 0.5，故  $E$  約等於零。若  $p_m$  漸增，則式(29)中之  $e$  變化甚小，故  $E$  與  $p_m$  約成正比。如  $\gamma$  代表土壤之單位重量， $z$  代表地基中某點之深度， $\sigma_m$  代表該點處，由承載基礎而起之平均正應力，則

$$p_m = \gamma z + \sigma_m \quad (31)$$

故用於地基沉陷量之計算時，式(30)可寫作

$$E = 3(1-2u)A \left[ 1 + e_0 - \frac{1}{A} \ln \left( 1 + \frac{\gamma z + \sigma_m}{p_0} \right) \right] (\gamma z + \sigma_m + p_0) \quad (32)$$

在地基中， $\sigma_m$  之值，隨深度而遞減，故在離地較遠處， $E$  之值約與深度成正比。但讀者知式(32)係由式(24)推演而得，故僅能使用於  $p_m$  之值，在試驗範圍以內者，如  $p_z$  或  $p_m$  之值極大，則式(24)不能代表實際情形，此因孔隙減縮有一最大限度（例如土粒為同體積之球形，則孔隙比不能小於 0.35），當  $p_z$  或  $p_m$  過大時，土壤容積之縮減，實由於土粒之彈性壓縮，此與吾人所作壓縮係由容積縮減而起之假設完全不同，自不能一概而論焉。由圖(7)之  $e-p_m$  曲線可知地基中主要部份之應力如介乎  $p_1 = p_1$  與  $p_m = p_2$  之間，則吾人可假定  $p_1 < p_m < p_2$  之一段曲線為直線。由此得

$$de = \frac{e_2 - e_1}{p_2 - p_1} (dp_m) \quad (33)$$

$$\Delta = \frac{-de}{1 + e_m} = \frac{(e_1 - e_2) dp_m}{(p_2 - p_1)(1 + e_m)} \quad (34)$$

$$\text{內} \quad e_m = \frac{e_1 + e_2}{2}$$

$$\text{因} \quad \Delta = \frac{3(1-2u_m)}{E} (dp_m) \quad (28)$$

$$\text{故} \quad E = \frac{3(1-2u_m)(p_2 - p_1)(1 + e_m)}{(e_1 - e_2)}$$

內  $u_m$  可採用  $p_1 < p_m < p_2$  間  $u$  之平均值。如稱  $E_m$  為壓縮係數 (Modulus of compression)，並

$$\text{令} \quad E_m = \frac{(p_2 - p_1)(1 + e_m)}{e_1 - e_2} \quad (35)$$

$$\text{則得} \quad E = 3(1-2u_m)E_m \quad (36)$$

因  $E_m$  及  $u_m$  為一常數，故  $E$  亦可視為一常數。式(36)可視為土壤之彈性係數之近似值。

(E) 用積分法求沉陷量

Terzaghi 氏曾說明，地基全部沉陷量之



80%，係由於地面至深度等於基礎寬度 1.5 倍間之土壤變形而起。因此如在此界限內，土壤之性質與壓力  $P_m$  變化不大，則吾人估計沉陷量時， $E$  及  $u$  可取一平均值，而假定其為常數(式36)。如作此假定，則吾人即可用積分法求沉陷量。

今先試求受一集中力  $P$  之地基(參閱(A)節及圖(1))之地面各點之沉陷量。如令  $w_r$

$$\frac{\partial w}{\partial z} = \frac{1}{E} \cdot \frac{np}{2\pi R} \left[ \cos^n \theta - u \cos^{n-1} \theta \sin \theta + \frac{u(1-2u)}{3} \cos^{n-2} \theta \right]$$

因  $\cos \theta = \frac{z}{\sqrt{r^2+z^2}}$   
 $R = \sqrt{r^2+z^2}$

代入上式並簡化後，得

$$\frac{\partial w}{\partial z} = \frac{np(1+u)}{2\pi E} \left[ \frac{z^n}{(r^2+z^2)^{\frac{n+2}{2}}} - \frac{2u}{3} \cdot \frac{z^{n-1}}{(r^2+z^2)^{\frac{n}{2}}} \right]$$

由此得地面上任何一點(離集中力  $P$  之距離為  $r$ )，之沉陷量  $w_r$  如下式，

$$w_r = \frac{np(1+u)}{2\pi E} \int_0^\infty \left[ \frac{z^n}{(r^2+z^2)^{\frac{n+2}{2}}} - \frac{2u}{3} \cdot \frac{z^{n-1}}{(r^2+z^2)^{\frac{n}{2}}} \right] dz$$

由此得

$$w_r = K_n \left( \frac{P}{Er} \right)$$

內  $K_3 = \frac{1-u^2}{\pi}$   
 $K_4 = \frac{(1+u)(9-8u)}{24}$   
 $K_5 = \frac{2(1+u)(6-5u)}{9\pi}$   
 $K_6 = \frac{3(1+u)(5-4u)}{32}$  (38)

表(1) 式(38)中  $K_n$  之值

$u$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$
0.50	0.239	0.313	0.371	0.422
0.25	0.298	0.364	0.420	0.469
0.00	0.318	0.375	0.424	0.469

由表(1)可比較  $K_n$  在不同  $u$  時之變化。因在估計沉陷量時， $n$  及  $u$  之值，均不能十分確

代表此點之沉陷量， $\xi_z$  代表垂直向應變 (vertical strain)，則得

$$\frac{\partial w}{\partial z} = \xi_z = \frac{1}{E} \left[ \sigma_z - u(\sigma_h + \sigma_t) \right]$$

內  $w_r$  為點之垂直向移動 (vertical displacement)

由式(3)得

$$\left[ \frac{1}{E} (\sigma_z - u(\sigma_h + \sigma_t)) \right] dz = dw_r$$

定，故如採用一平均值  $K_n = 0.35$ ，則由此表可見其或是誤差 (probable error) 均為 50%。

利用式(37)可求一均勻載重之直角三角形基礎  $OAB$  (圖2)  $O$  點之沉陷量  $w_0$ 。因

$$dw_0 = K_n \frac{q \cdot d\rho \cdot \rho \cdot d\phi}{E \rho}$$

故  $w_0 = \frac{K_n q}{E} \int_0^\phi d\phi \int_0^{\rho \sec \phi} \frac{d\rho}{\rho}$

即  $w_0 = \frac{K_n q \phi}{E} \ln \left[ \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \right]$  (39)

$w_0$  既能用式(39)求得，則承載任何基礎之地面上任何一點之沉陷量  $S$ ，均可根據重合定律用(c)節求  $\sigma_z$  之法求取。

(F) 用圖解法求沉陷量

吾人在積分法中假定地基之  $E$  及  $u$  均為



常數。但若近地面之各土壤層之性質及結構大相逕庭，則E及u之值，不能假定為常數。此類地基之沉陷量，可用下法計算。因

$$\frac{\partial w}{\partial z} = \xi z = \frac{1}{E} [\sigma_z - u(\sigma_x + \sigma_y)]$$

而由式(4)  $\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_z + \sigma_x + \sigma_y)$

故 
$$\frac{\partial w}{\partial z} = \frac{1}{E} [(1+u)\sigma_z - 3u\sigma_m]$$

即 
$$S = w = \int_0^{\infty} \frac{[(1+u)\sigma_z - 3u\sigma_m] dz}{E} \quad (40)$$

應用式(40)求地面某一點O之沉陷量S可先求經O點之垂直線上數點之 $\sigma_z$ 及 $\sigma_m$ ，再用圖(6d)求u，用式(32)求E，然後再求此數點處 $\frac{1}{E} [(1+u)\sigma_z - 3u\sigma_m]$ 之值。將此項求得之結果，繪成圖(8e)所示之不連續曲線，則此圖上畫有斜線之面積即代表O點之沉陷量。而圖中abcd之面積，則代表黏土甲層之沉陷量。

(G) 土壤之前期凝縮程度 (Degree of preconsolidation) 對於沉陷量之影響。

(a) 如由土壤壓縮試驗所求得之  $e-p_m$  曲線，為AC, CD二段曲線所組成(圖9)，則此項土壤，前此必曾受壓力 $p_1$ 。此種壓力大致係由冰河期前之過載(Preglacial Overburden) 或收縮影響(Shrinkage) 等而起。AC及CD二段曲線均可用式(24)表示，惟二者之經驗常數 $e_0, p_0, A$ 不同。

當此項土壤承載時，如  $\gamma z + \sigma_m < p_1$  則計算沉陷量時，可用AC一段曲線之公式，求E及u之值。但如  $\gamma z < p_1 < \gamma z + \sigma_m$ ，則E之值應用下式計算。

$$E = 3(1 - 2u_m) E_m \quad (41)$$

內(圖9) 
$$E_m = \frac{\sigma_m}{e_1' - e_2'} \left( 1 + \frac{e_1' + e_2'}{2} \right) \quad (42)$$

(b) 在第三部中，吾人將說明，地基中黏土層之沉陷並不能於短時期完竣，此即謂

黏土承載後，不能於短時期內完全凝縮(fully consolidated)。故如黏土層本身，或其上部土壤層堆積未久，則當承載建築物時，此類黏土層在其本身或上部土壤層之重量所產生之壓力下，或尚未達100%凝縮。

此種情形可以圖(10)表明。如黏土在其本身及上部土壤之重量所引起之壓力 $\gamma z$ 下，已完全凝縮，則黏土之孔隙比應為 $e_1$ ，今如地基中該項黏土之孔隙比為 $e_1'$  ( $e_1' > e_1$ )，則即指該項黏土在 $\gamma z$ 之壓力下，尚未完全凝縮。

在此種情形下，沉陷量應分兩部計算。其一部為由孔隙比 $e_1'$ 變成 $e_1$ 時之沉陷量，此可用下式求取，

$$w_1 = \frac{e_1' - e_1}{1 + e_1} dz \quad (43)$$

內2k為黏土層之厚度

第二部沉陷量則即為建築物本身重量所引起之沉陷量，此可用上節所述之方法計算。

(H) 基礎大小對於沉陷量之影響

假定兩個形式相似(geometrically similar)而大小不同之基礎上均勻之載重(q)相等，則由式(39)可見此二基礎之沉陷與其寬度成正比。但此結論僅能用於大小適中之基礎，因式(39)係假定E為常數，若基礎過大，則勢難假定由地面至深度等於基礎寬度1.5倍間之土壤之E值相等也。

式(32)顯示，在地基深處，E之值隨深度而俱增，承載極大基礎之地基，在深處壓力縱尚可觀，但因E甚大，故應變極小，對於沉陷量即無甚影響。

由此可見形式相似，均勻載重相等之基礎，其沉陷量與基礎寬度之關係，當可用圖(11)表明。即基礎不甚大時，沉陷量與基礎寬度成正比，基礎若甚大，則沉陷量事實上與寬度無關，此項結論對於沙及黏土及其他



土壤均適用。Terzaghi氏曾謂<sup>(7)</sup>地基如為黏土，則沉陷量與基礎寬度成正比，如為沙土，則沉陷量與寬度無甚關係。工程師中亦有持與Terzaghi氏正相反之論調者。本節結論，當可解決該問題之癥結。

(I) 基礎深度對於沉陷量之影響

所謂基礎深度，係指基礎底面入地之深度，基礎入地愈深，則不獨能減少受範性流動之影響，且由孔隙縮減而起之沉陷量，亦將減小，例如圖(12)之基礎如入地 $t$ 尺，則在 $M'$ 之 $\sigma_z$ 及 $\sigma_m$ 應等於 $t=0$ 時 $M$ 點處之 $\sigma_z$ 及 $\sigma_m$ 。但在 $t=t$ 時， $M'$ 處之總平均壓力為 $P_m = \gamma(z+t) + \sigma_m$ ；而在 $t=0$ 時 $M$ 處之總壓力僅為 $P_m = \gamma z + \sigma_m$ 。後者之 $P_m$ 既較前者為小，則由式(32)可知，後者之 $E$ 亦較前者為小。換言之，即基礎入地愈深，則因 $E$ 之平均值增大，故沉陷量愈小。

註(7) Terzaghi, Science of Foundations, Trans. A.S.C.E., 1929。

基礎深度，雖能減少沉陷量，但愈深則其影響愈小。因 $e-P_m$ 曲線之坡度隨 $P_m$ 之增加而遞減。在 $P_m$ 甚大時，應漸近水平也。故除非下層土壤較為堅實，且離地面尚近，能將基礎建築在該層土壤上，否則基礎深度，可不必過大。

基樁(piles)之所以能減小沉陷量，一部份之原因，亦與上同。因基樁一部份之作用，即在將基礎上之載重，傳至離地面較遠之土壤也。

(丁) 沉陷量差與沉陷量之關係

用積分法或圖解法，可求得基礎下任何一點之沉陷量。將任何二點之沉陷量相減，即可求得此二點之沉陷量差(Difference of settlements)。故沉陷量差與沉陷量成正比。沉陷量差，為建築物安全所繫。其值如過大，則建築物內將產極大之次應力，而使建築物發生裂縫，甚或至崩坍。以往工程師常希望能於設計時妥慎處置，使建築物各部不致發生沉陷量差。然欲使地面二點之沉陷量

相等，必須經此二點之垂直線上各點之 $\sigma_z$ ， $\sigma_m$ ， $u$ ， $E$ 均各相等始可，而此乃絕不可能之事，故吾人僅能設法減小沉陷量，俾沉陷量差不致過大，藉免危及建築物之安全。

第三部

地基之沉陷量速率

(K) 凝縮理論

地基載重後必沉陷，但全部沉陷量未必能於短期內達100%。土壤孔隙常貯有空氣或水分，欲使孔隙容積減縮，而促土壤沉陷，必先排除與容積減縮量相等之空氣或水分。空氣外洩極易，故乾土之沉陷量，於承載後，即達100%，水分飽和之土壤(saturated soil)之沉陷速率，視土壤之滲透性而定。沙及沙礫滲透係數(Coefficient of permeability)極大，孔隙容積減縮甚速，故承載後，幾亦立即達100%而無須估計其沉陷速率。黏土則因滲透係數極小，沉陷極緩，須研究其沉陷速率，俾能預測建築物在營建期及落成後各時期之沉陷量。至未飽和之黏土，則在承載後，必先排除空氣，次及水分，故其沉陷量一部份立即完成，一部份則須經常時期，始能完成。

飽和土壤之沉陷速率，可用Terzaghi氏之凝縮理論(Theory of Consolidation)估計。Terzaghi氏之根本假設為，飽和之土壤承載時，其全部負重最初均由孔隙中之水分負荷。當水分外洩，土壤凝縮時，此項負重，即漸由水分移至土粒，至凝縮完成時，土粒即負荷全部負重。今如令 $p_w$ 為 $t$ 時間地基中 $(x,y,z)$ 點處水分所受之壓力，或稱水應力(hydrodynamic stress)，則在此點處 $X$ 軸向之水力坡度(hydraulic gradient)為

$$i_x = \frac{1}{\gamma_0} \frac{\partial p_w}{\partial x}$$

內 $\gamma_0$ 為水之單位重量。

根據Darcy定律，在 $X$ 軸向之水流速度為



$$V_x = kv_x = \frac{k}{\gamma_0} \frac{\partial p_w}{\partial x}$$

內  $k$  為滲透係數 (Coefficient of permeability.)

在  $(x, y, z)$  點處取一無限小容積  $dx, dy, dz$  (圖 13) 則在  $dt$  時間中，經  $x = x$  平面而流入此小立方體內之水量為

$$v_x \cdot dy \cdot dz \cdot dt = \frac{k}{\gamma_0} \frac{\partial p_w}{\partial x} dy \cdot dz \cdot dt \quad (a)$$

同時經  $x = x + dx$  平面，由此小立方體流出之水量為

$$\begin{aligned} & \left( v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} dx \right) dy \cdot dz \cdot dt \\ &= \frac{k}{\gamma_0} \left[ \frac{\partial p_w}{\partial x} + \frac{\partial^2 p_w}{\partial x^2} dx \right] dy \cdot dz \cdot dt \quad (b) \end{aligned}$$

以 (b) 式減 (a) 式，得此小立方體在  $dt$  時間內在  $X$  軸方向流出之水量，

$$\frac{k}{\gamma_0} \frac{\partial^2 p_w}{\partial x^2} dx \cdot dy \cdot dz \cdot dt$$

加以  $Y$  軸及  $Z$  軸方向在同時間內流出之水量，則得此小立方體在  $dt$  時間失去之水量  $dV$

$$dV = \frac{k}{\gamma_0} \left( \frac{\partial^2 p_w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p_w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p_w}{\partial z^2} \right) dx dy dz \quad (c)$$

在  $dt$  時間內，水應力之一部份即  $dp_w = -\frac{\partial p_w}{\partial t} dt$  將移交土粒負荷，故土壤之孔隙比亦隨之而起變化。如孔隙變化量為  $de$ ，則容積之減縮量為

$$dV = \frac{de}{1+e} dx dy dz = \frac{1}{E_m} \frac{\partial p_w}{\partial t} dx dy dz \quad (d)$$

因容積之減縮量等於失去之水量，即 (c) = (d)

$$\text{故 } \frac{\partial p_w}{\partial t} = c \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) p_w \quad (44)$$

內  $C = \frac{kE_m}{\gamma_0}$  = 凝縮係數 (coefficient of consolidation)

式 (44) 為水應力  $p_w$  所須滿足之普遍微分方

程式。此式中  $p_w$  如代表溫度，即成熟之流動 (heat flow) 之基本微分方程式。故凝縮理論與熱之流動理論完全相似。熱之流動理論在熱學及 Fourier 級數或球函數 (Spherical Harmonics) 一類書籍<sup>(8)</sup> 中討論極詳，式 (44) 之解，亦可依類似方法求取。目前所須討論者，即為此式之邊界條件，

註 (8) Byerly, *Fouriers series & spherical Harmonics*; 或 McRoberts, *spherical Harmonics*.

最重要之邊界條件，即前述 Terzaghi 之基本假定，即在  $t = 0$  時，水分負荷全部負重 (或壓力)。所謂地基中某點之全部負重，可利用黏性流體力學原理 (Hydro dynamics of viscous fluid) 假定為等於一單位半徑之球體上所受正應力之平均值<sup>(9)</sup>。故此邊界條件即為

$$t = 0, \quad p_w = \sigma_m = \frac{1}{3} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \quad (45)$$

其次土壤在地基中常作層狀堆積，黏土層如與沙層或沙礫層相接，則因沙層濾水極易，故相接之處  $p_w = 0$ ；如黏土層與岩石層或硬盤 (hardpan) 層相連，則因此類地層全不透水，故其邊界條件應為  $\frac{\partial p_w}{\partial z} = 0$ 。

凝縮問題在 Terzaghi 與 Erlich 合著之 "Theorie der Setzung von Tonschichten" 一書中討論甚詳，但二氏係假定水分僅作垂直向之流動，故其基本微分方程式為

$$\frac{\partial p_w}{\partial t} = c \frac{\partial^2 p_w}{\partial z^2}$$

註 (9) Prandtl & Tietjens, *Fundamentals of Hydro-and-Aerodynamics* P. 256

此項假定僅能利用於離地面較遠之黏土層，因離地面較遠，則  $p_w$  及  $\sigma_m$  之  $X$  及  $Y$  軸向之變化較小，故假定水流全在  $Z$  軸向，尚無大誤，其次黏土層愈厚，則差誤愈大，因  $\frac{\partial p_w}{\partial x}$



$\frac{\partial p_w}{\partial z}$  及  $\frac{\partial p_w}{\partial y}$  :  $\frac{\partial p_w}{\partial z}$  之值隨厚度而遞增也。

$p_w$ 求得後，即可用下法估計沉陷量  $S$  與時間  $t$  之關係，假定在  $t=0$  至  $t$  時期中土壤孔隙比之變化量為  $\Delta e$  則

$$\Delta e = \int_{t=0}^{t=i} (-) de = \int_{t=0}^{t=i} (-) \frac{1+e_m}{E_m} \frac{\partial p_w}{\partial t} dt$$

即  $\Delta e = \frac{1+e_m}{E_m} (\sigma_m - p_w)$

因  $\Delta s = \frac{\Delta e}{1+e_m} \Delta z = \frac{\sigma_m - p_w}{E_m} \Delta z$

故在  $t$  時間之沉陷量為

$$S_t = \int \frac{\sigma_m - p_w}{E_m} \Delta z$$

故在  $t$  時間內，所完成之沉陷量之百分比  $Q$  為

$$Q = \frac{S_t}{S} = 1 - \frac{\int p_w dz}{\int \sigma_m dz} \quad (46)$$

內  $S$  為凝縮達 100% 時之沉陷量。

式(46)為時間與沉陷量百分比之普遍關係，亦即代表沉陷速度之普遍公式。

### (L) 營建期久暫對於沉陷速率之影響

設想設建築物在營建時期 ( $t=0$  至  $t=T$ ) 地基之負重由零漸增至  $q$ ，即在營建時期負重在  $dt_x$  時間之增加量如為

$$dq = \frac{q}{T} dt_x$$

則可用下法求地基在營建期中或建築物落成後各時期之沉陷量。

假定  $p_w = q[f(x,y,z,t)]$  (47) 代表  $T=0$  (即等於假定  $q$  立時達全值) 時水應力與時間及各點坐標之關係。則在  $t=t_x$  時地基之載重如增  $dq$ ， $t=T$  時之水應力應增

$$dp_w = dq[f(x,y,z,T-t_x)]$$

即  $\alpha q_w = \frac{q}{T} dt_x [f(x,y,z,T-t_x)]$

故由  $t_x=0$  至  $t_x=T$  時， $p_w$  之總增加量應為

$$p_w = \frac{q}{T} \int_0^T f(x,y,z,T-t_x) dt_x$$

因  $t_x=0$  時  $p_w=0$ ，故上式即代表  $t=T$  時各點之水應力。

同理，如  $t \leq T$  則其時各點之水應力應為

$$p_w = \frac{q}{T} \int_0^t f(x,y,z,t-t_x) dt_x \quad (48)$$

如  $t \geq T$  則

$$(sa) \quad p_w = \frac{q}{T} \int_0^T f(x,y,z,t-t_x) dt_x \quad (49)$$

沉陷量之百分比  $Q$  則為

$$t \leq T, \quad Q = 1 - \frac{\int p_w dz}{\int \sigma_m dz} \quad (50)$$

$$t \geq T, \quad Q = 1 - \frac{\int p_w dz}{\int \sigma_m dz} \quad (51)$$

由式(48)及(50)可求營建期地基之沉陷量，由式(49)及(51)可求建築物落成後地基之沉陷量。

### (M) 不均勻的黏土層之沉陷速率

如黏土層中包含數層性質及結構不甚相同之黏土，例如圖(15)之黏土層 A, B, C, 三層黏土之凝縮係數如各為  $C_1, C_2$  及  $C_3$ ，則求取此層黏土之沉陷速率時，可代以凝縮係為  $C_0$  之均勻的 (homogeneous) 黏土層。其法如下。

由式(44)可知 A, B, C, 三層黏土因係數不同故水應力  $p_w$  所應滿足之微分方程式，亦不同，即

$$\text{黏土 A 層} \quad \frac{\partial p_w}{\partial t} = C_1 \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) p_w$$

$$\text{黏土 B 層} \quad \frac{\partial p_w}{\partial t} = C_2 \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) p_w$$

$$\text{黏土 C 層} \quad \frac{\partial p_w}{\partial t} = C_3 \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) p_w$$

今如將黏土 A 層之長度乘 (length scale)

收縮  $\sqrt{\frac{c_0}{c_1}}$  倍，黏土 B 層收縮  $\sqrt{\frac{c_0}{c_2}}$  倍，黏

土 C 層收縮  $\sqrt{\frac{c_0}{c_3}}$  倍，則此三層黏土所同須

滿足之微分方程式為

$$\frac{\partial p_w}{\partial t} = C_0 \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) p_w$$



換言之，即原來之不均勻的黏土層，可代以一凝縮係數為 $C_0$ 之均勻的黏土層，祇須將變換原來黏土層之長度標即可。

圖(15)舊有之不均勻黏土層可代以一總厚 $2h$ 之新均勻黏土層，

$$\text{內 } 2h = \sqrt{\frac{c_0}{c_1}} H_1 + \sqrt{\frac{c_0}{c_2}} H_2 + \sqrt{\frac{c_0}{c_3}} H_3 \quad (52)$$

求新黏土層內之  $p_w$  時，所須注意之點即  $t=0$  時， $p_w = \sigma_m$  式中之  $\sigma_m$  為一不連續之函數。因新黏土層內各點上之  $\sigma_m$  應與舊黏土層內相對稱之點上之  $\sigma_m$  相等故也。

將所求得之新黏土層內各點處之  $p_w$ ，移至舊黏土層內各對稱之點後，即可用式(46)求時間與沉陷量百分比之關係。

(N) 土壤之前期凝縮程度對於沉陷速率之影響

(a) 凡土壤因曾受壓力  $p_1$  (參閱(G)節) 而起前期凝縮者，則因  $e-p_m$  曲線分二段，此二段  $E_m$  之值不同，故此二段之凝縮係數  $C$  亦不同。如  $\gamma z + \sigma_m < p_1$  則可用 AG 段(圖9)之曲線求  $E_m$ 。如  $\gamma z < p_1 < \gamma z + \sigma_m$ ，則  $E_m$  之值可用式(42)計算。

(b) 黏土在承載基礎時如尚未達完全凝縮程度(參閱(G)節)，則  $t=0$  時前黏土內

尚有水應力  $p_w'$ ，其值視凝縮程度即沉陷量百分比而定。故當  $t=0$  時，式(45)所示之邊界條件應改作

$$t=0, \quad p_w = p_w' + \sigma_m \quad (53)$$

其時間與沉陷百分比之關係則為

$$Q = 1 - \frac{\int p_w dz}{\int (p_w' + \sigma_m) dz} \quad (54)$$

(O) 時間—沉陷量曲線與沉陷量差

欲求地面上某點之時間  $t$  與沉陷量  $s$  關係之線，可先將該點在承載時立時完成之沉陷量(參閱(K)節第一段)，如沙層之沉陷量等，繪成曲線  $a$  (圖16)，再利用式(46)，(50)，(51)等之結果，將黏土層之沉陷量與時間之關係，繪成曲線  $b$ ，取  $a, b$  二曲綫之和，可得曲線  $c$ ，此曲線即為該點之  $t-s$  曲綫。類此可求得  $A, B$  二點(圖17)之  $t-s$  曲綫(圖17)。圖中之  $\Delta$  代表土壤達完全凝縮時  $A, B$  二點之沉陷量差。所須注意之點，即土壤之堆積，若如圖(17)所示，則  $B$  點之最後沉陷量，雖較  $A$  點為大，但因  $B$  點凝縮較速，在較短時期沉陷幾已全部完成，故  $A, B$  二點之最大沉陷量差  $\Delta_{max}$  (亦即建築物安全所繫者)，係在沉陷期內發生。由此可見， $t-s$  曲綫不特為預測各時期之沉陷量所必須，並可用以估計最大沉陷量差。

## 拉卜楞藏民歌舞隊歌舞節目

歡迎工程師聯合年會全體會員

### 新體歌

1. 建國必成
2. 抗戰必勝
3. 擁護國民政府，擁護最高領袖。
4. 中華民族團結起來！打倒日本帝國主義！



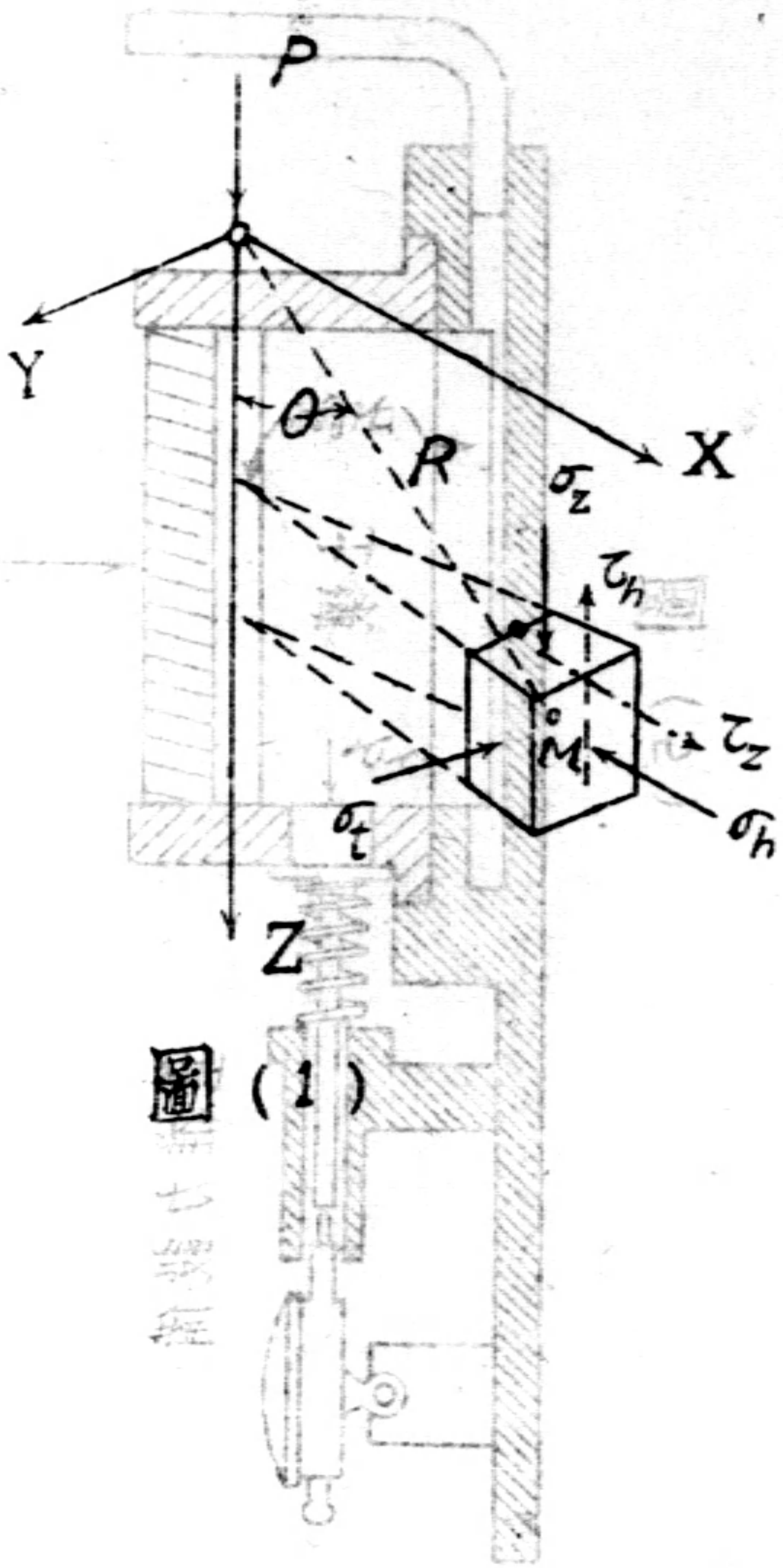


圖 (1)

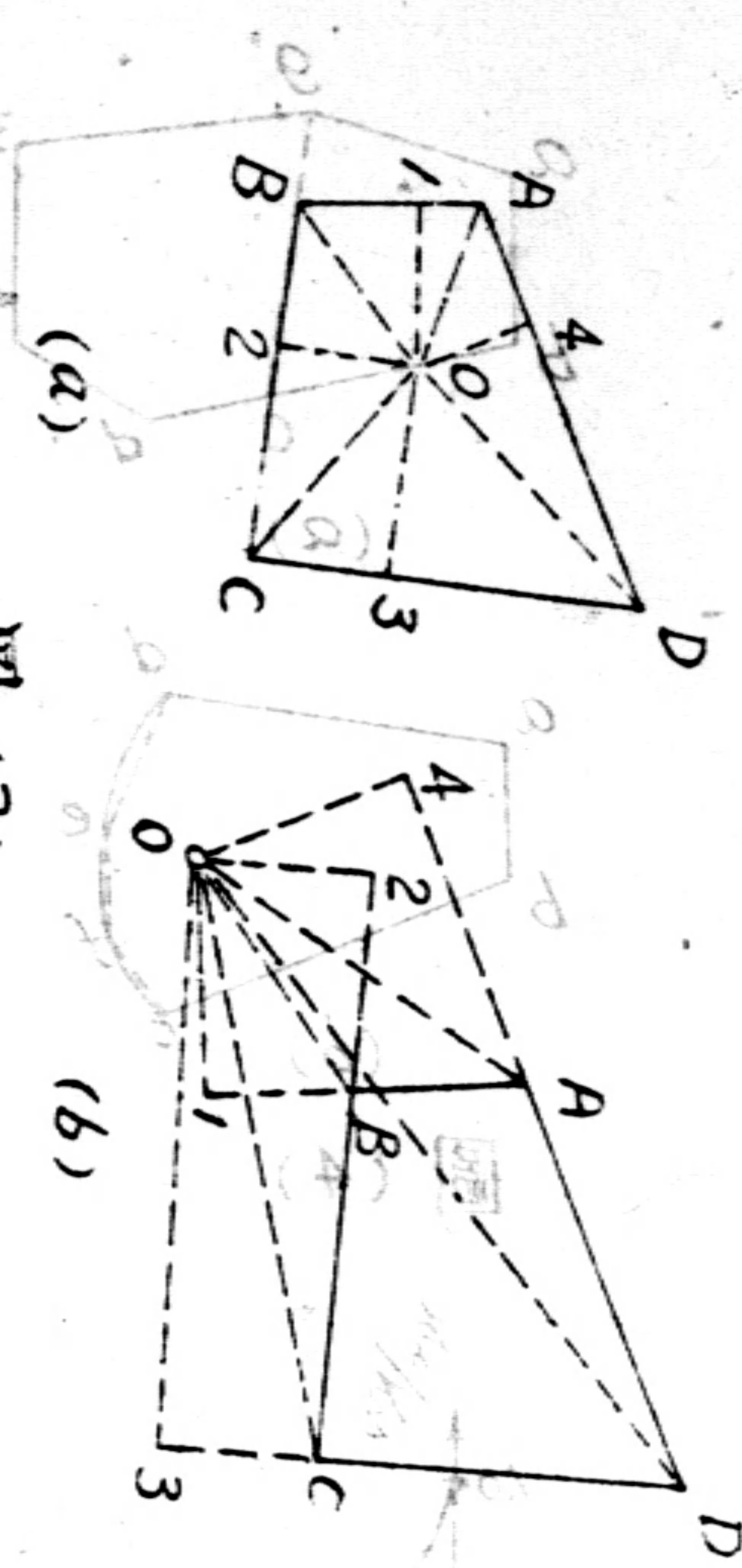


圖 (3)

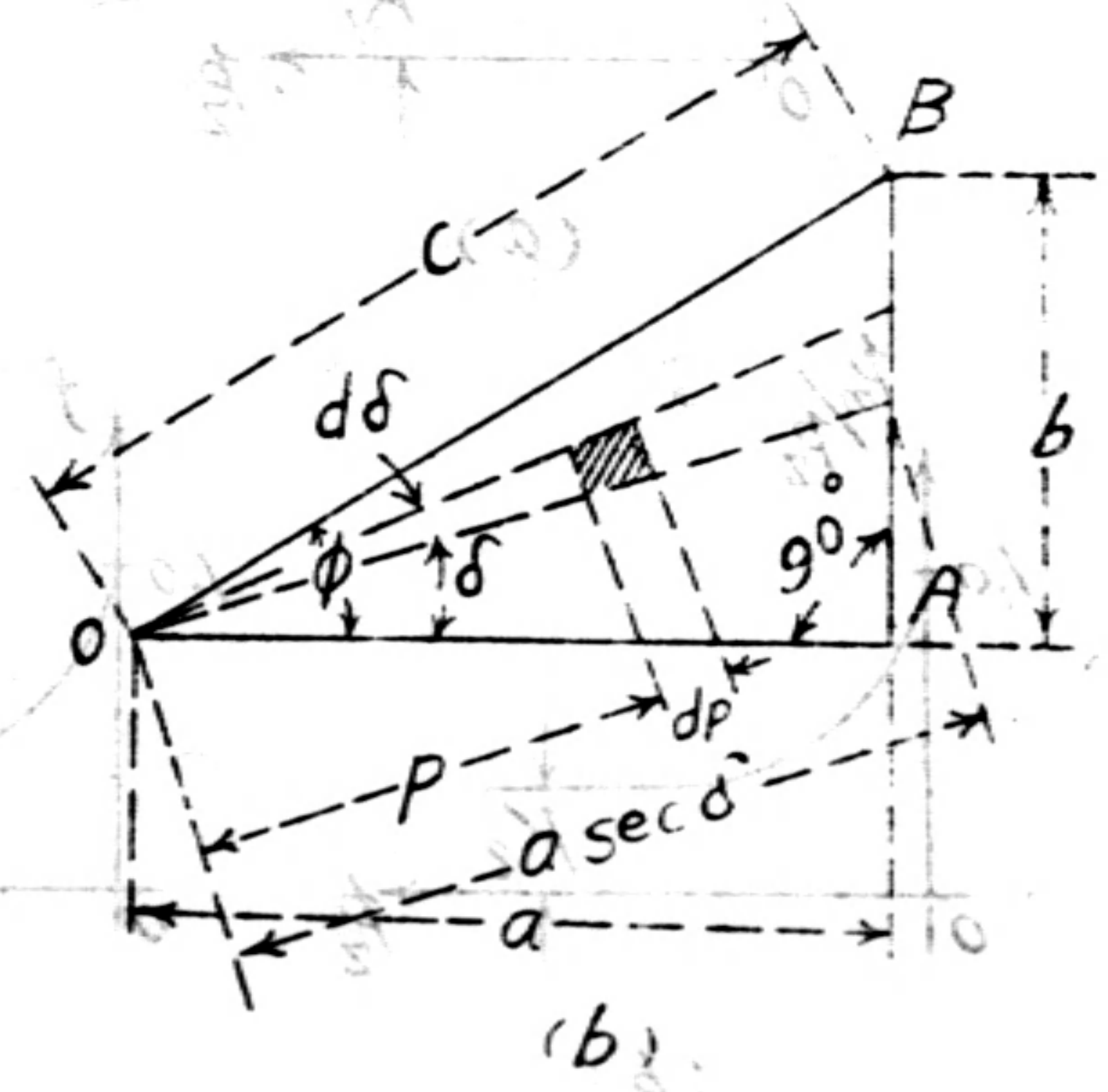
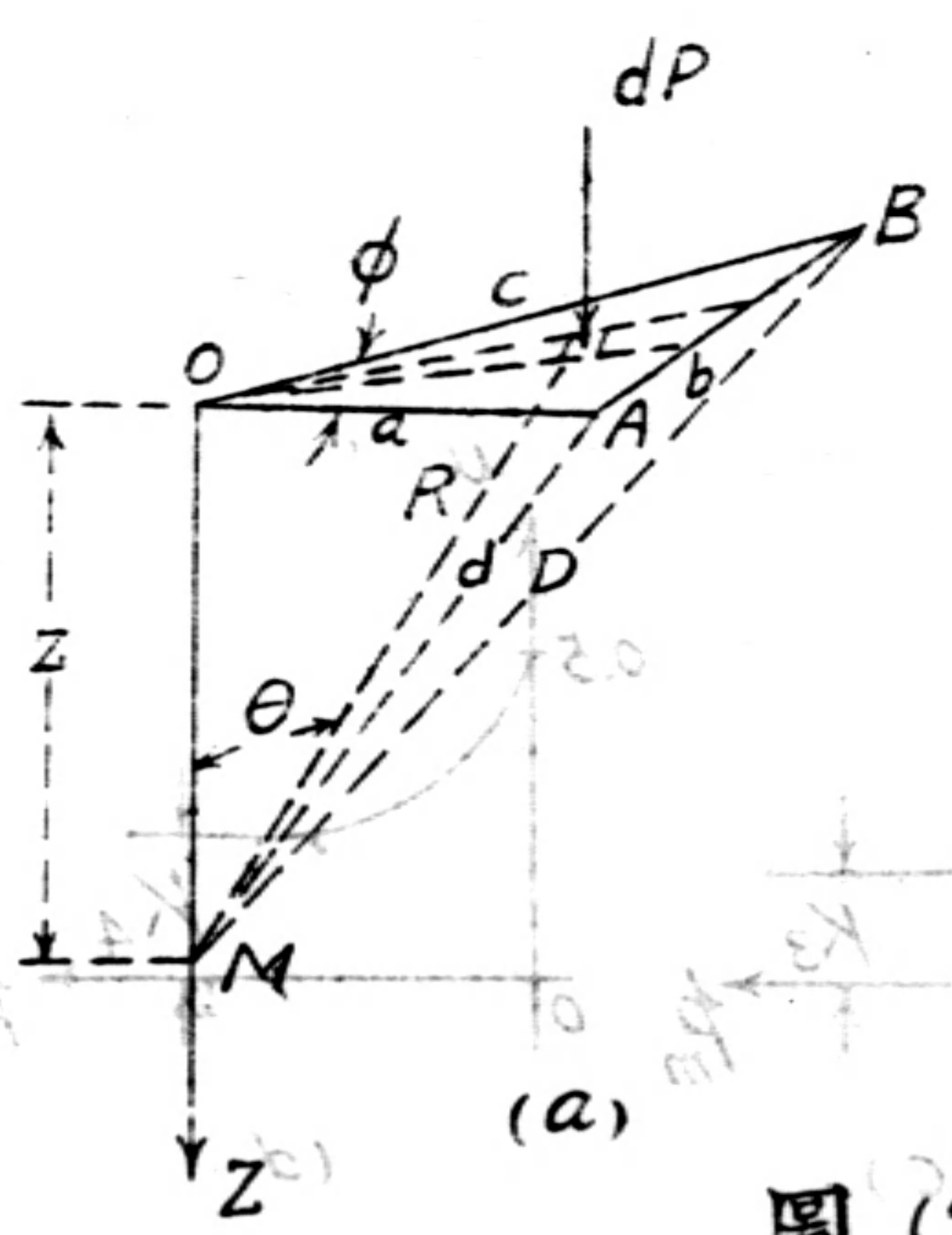


圖 (2)



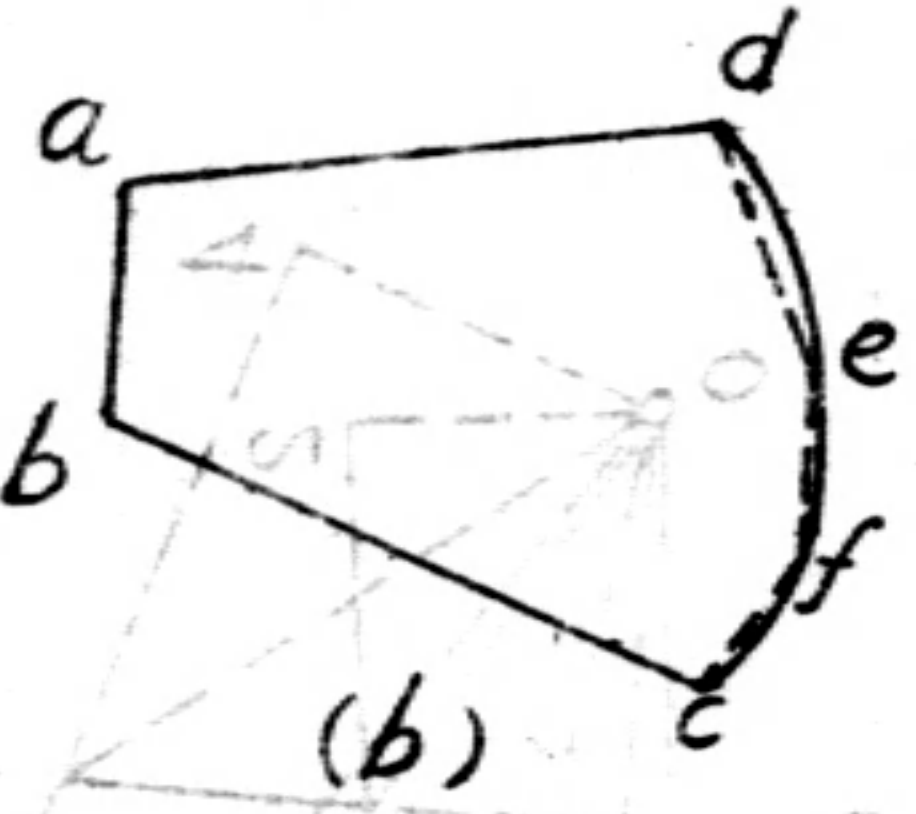
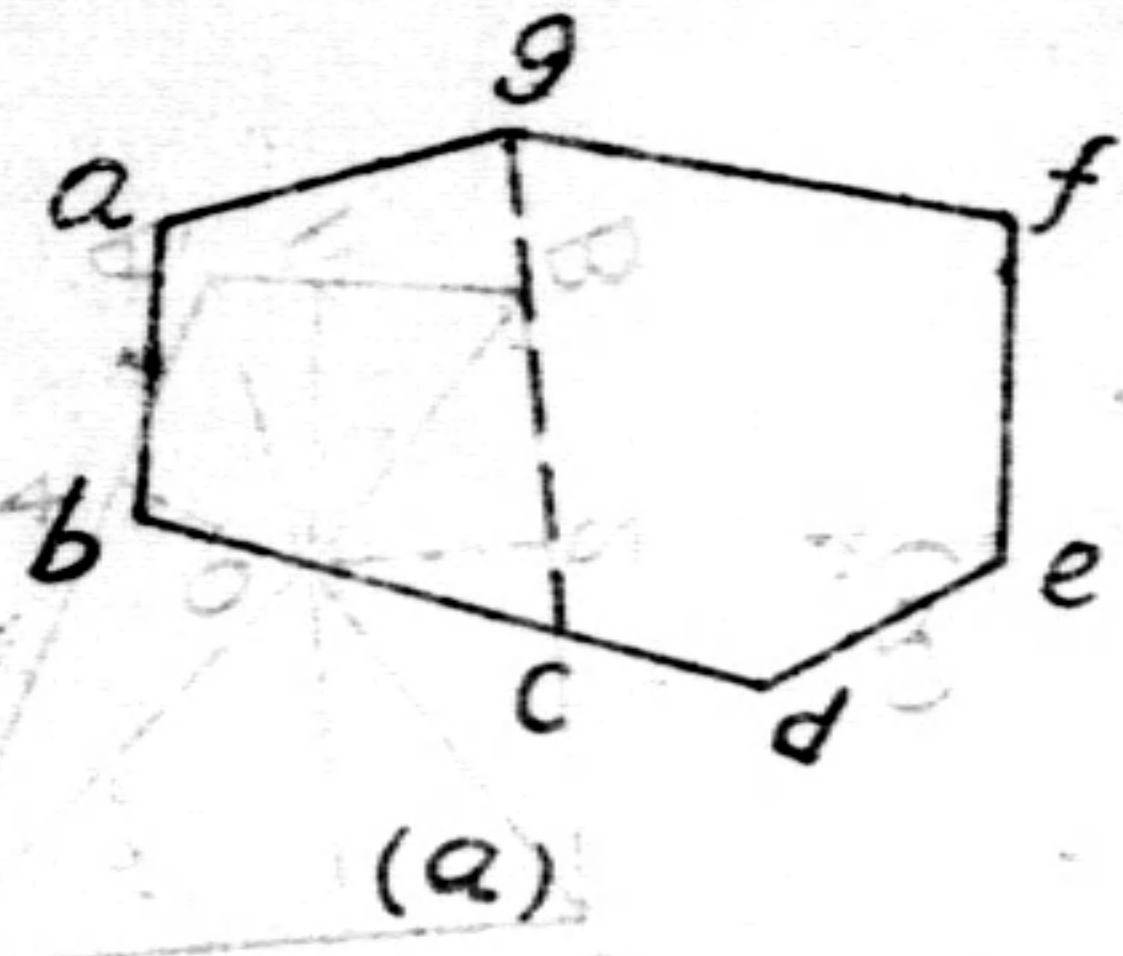


圖 (4)

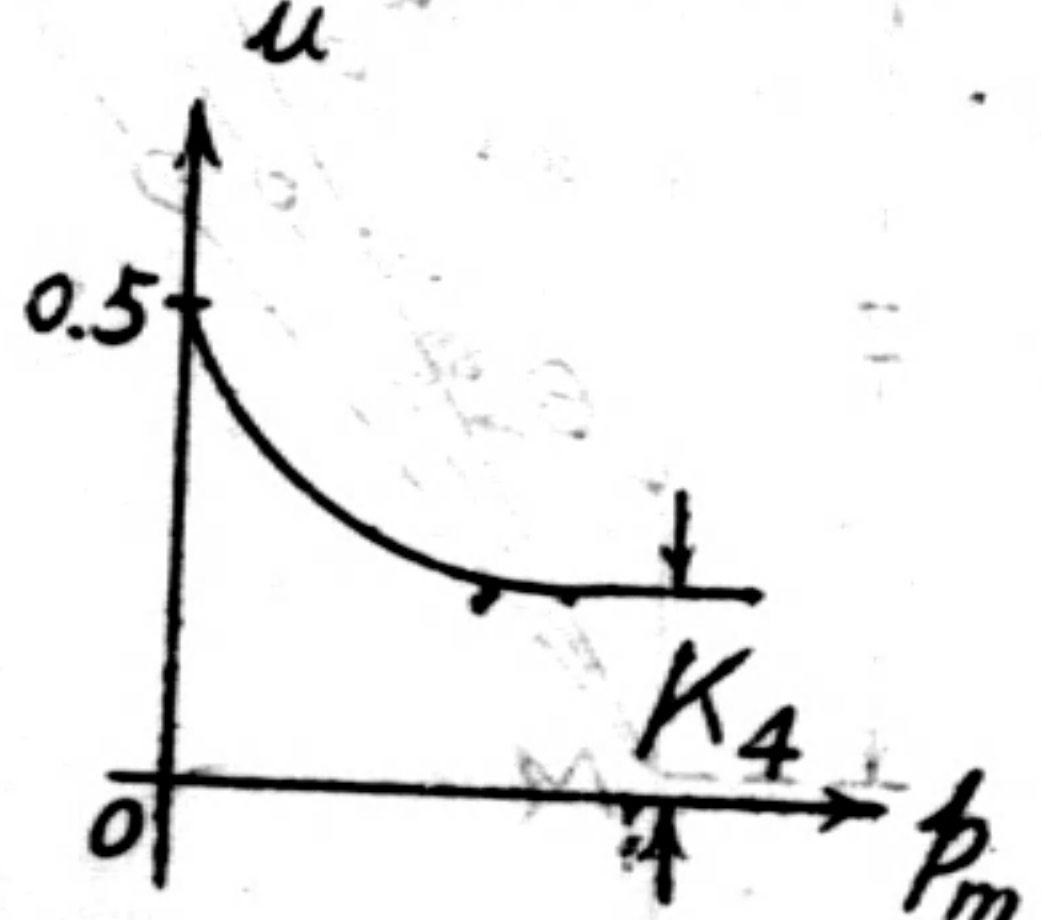
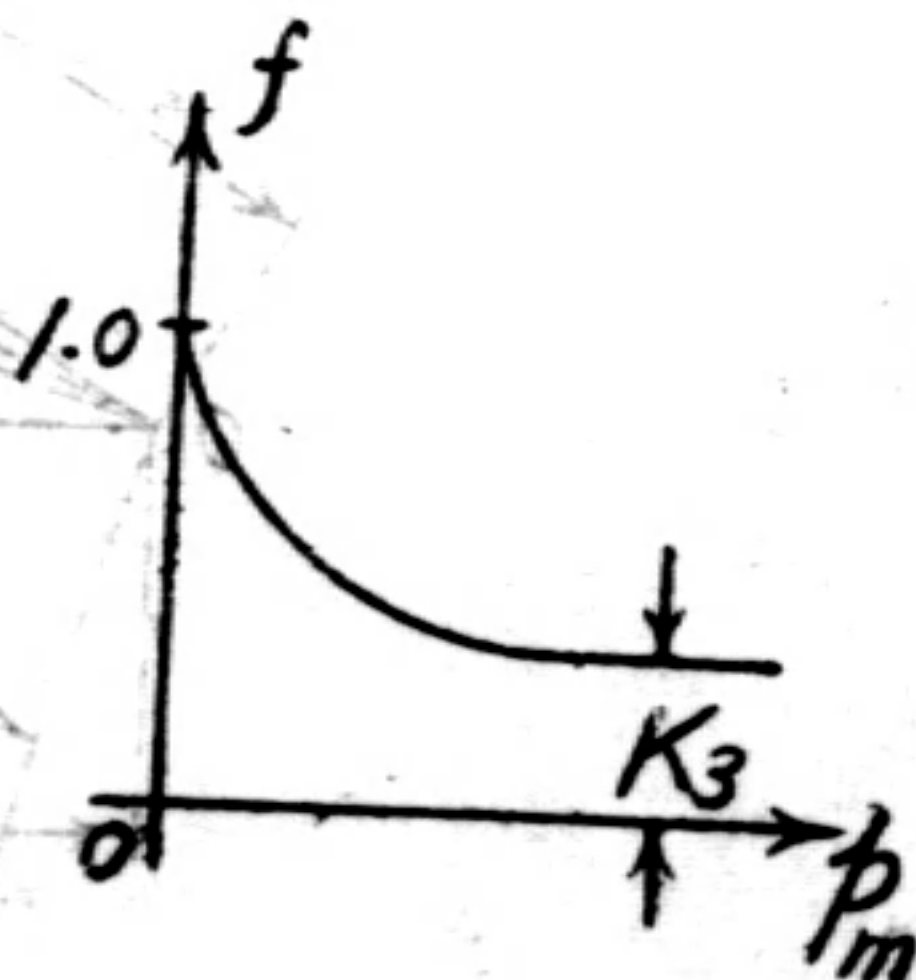
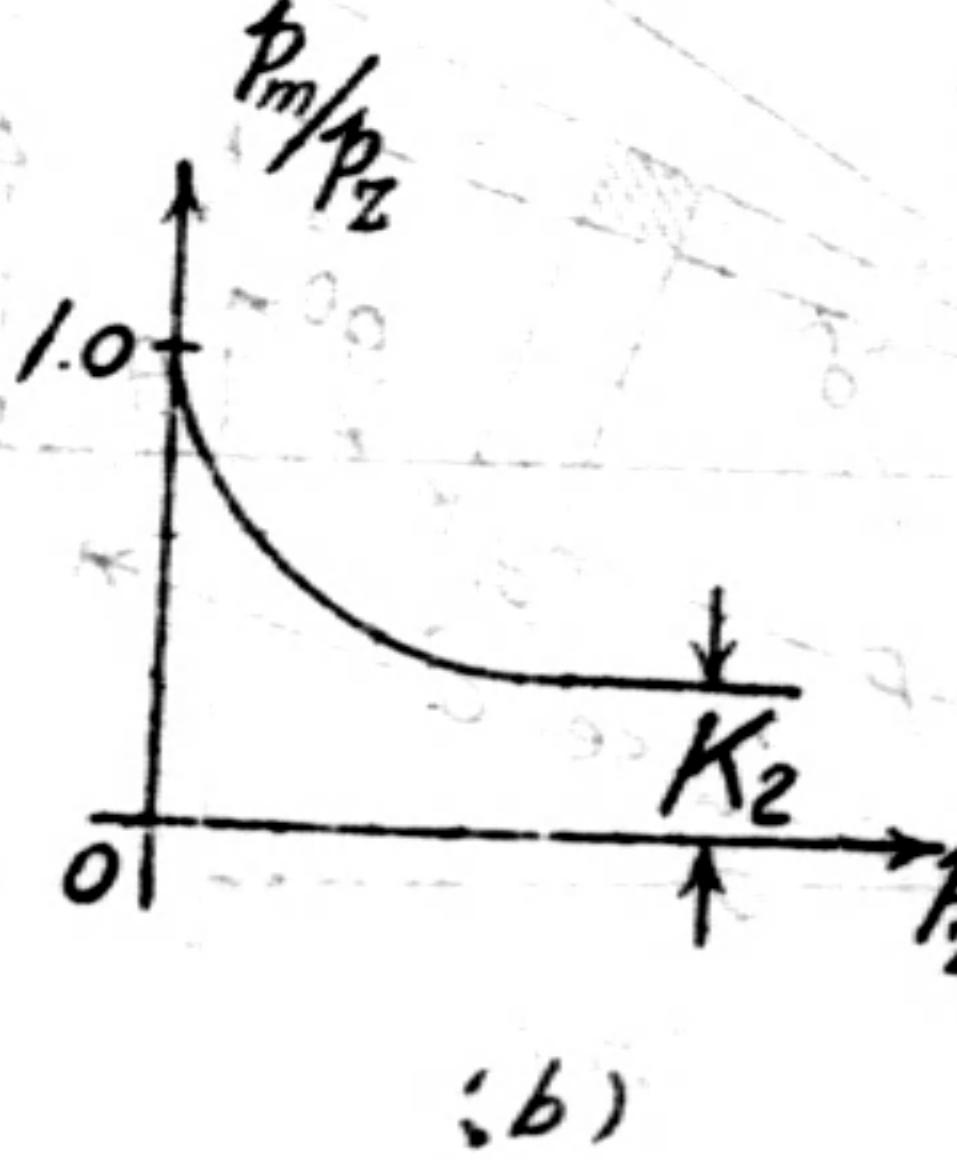
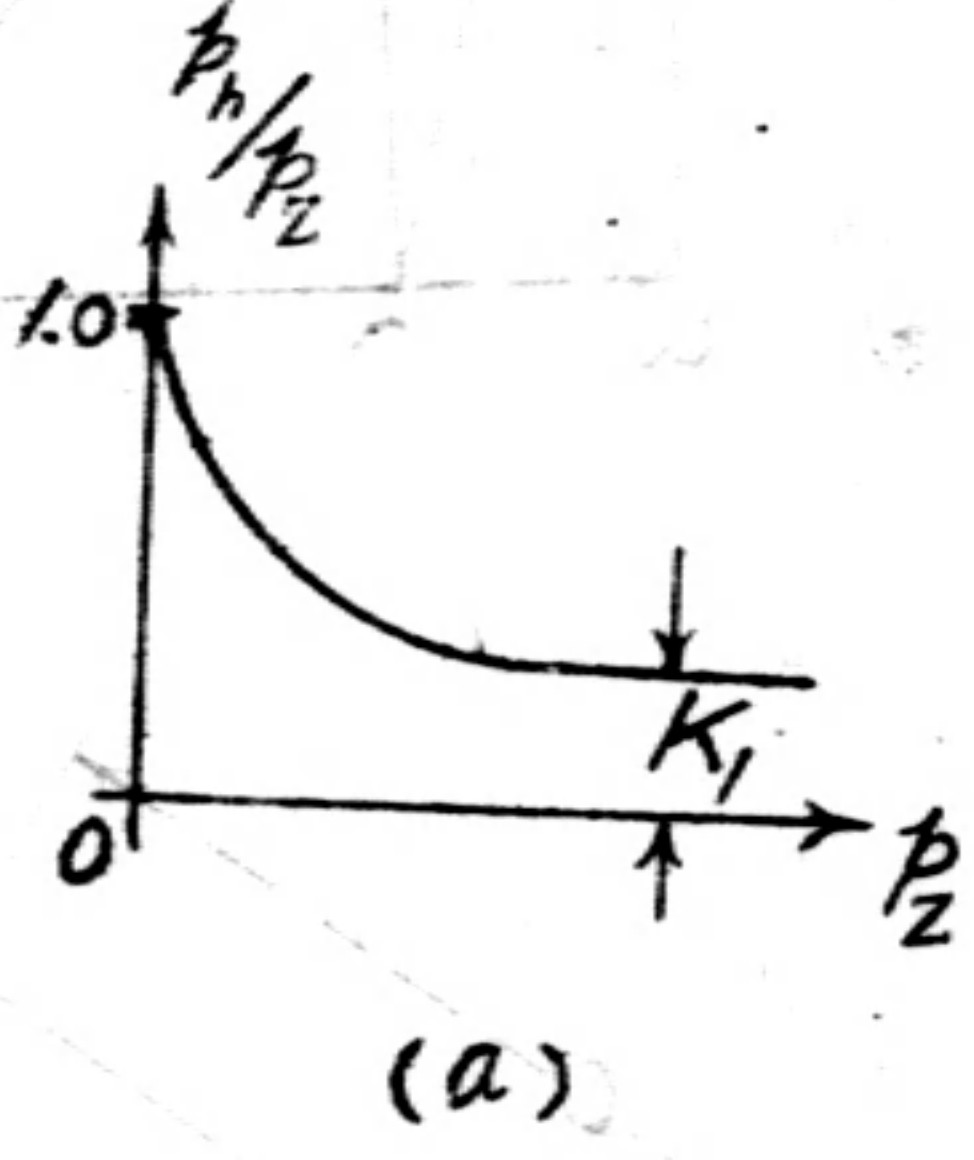
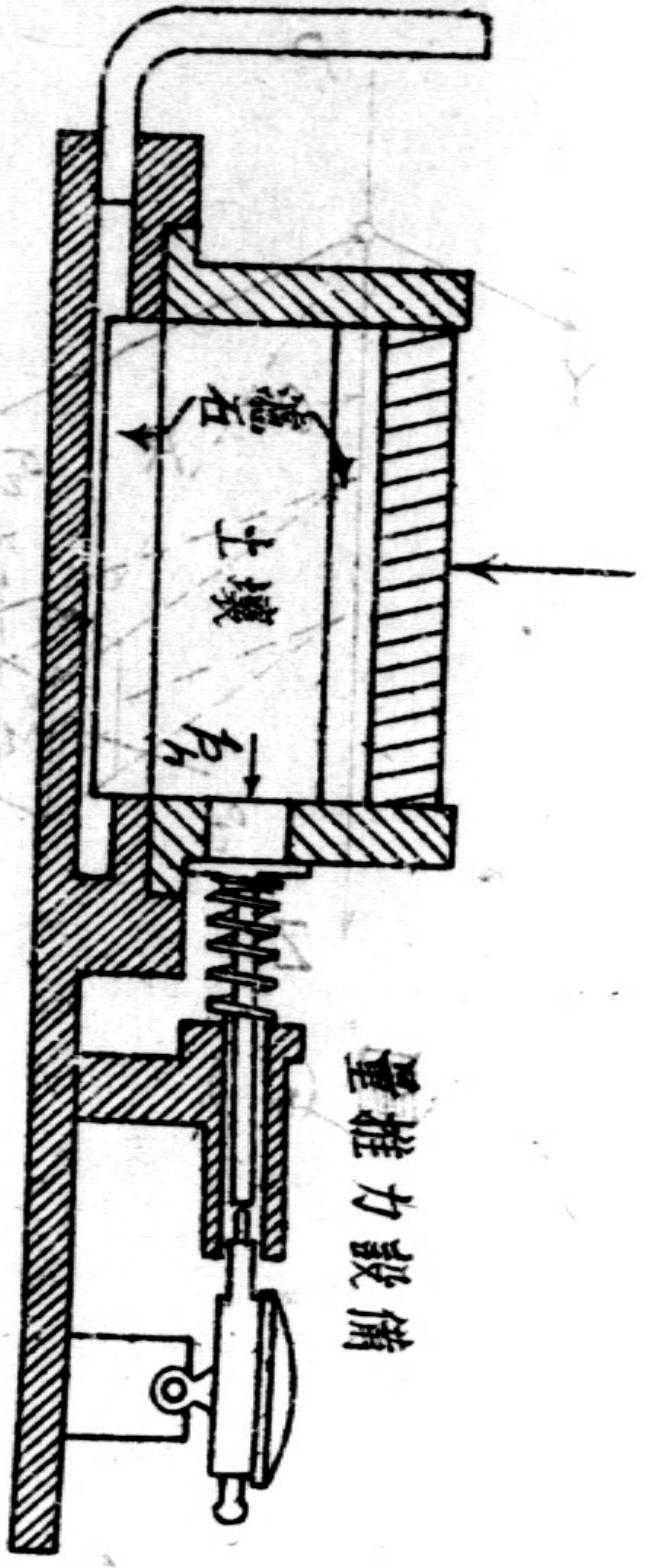


圖 (6)

圖 (5)





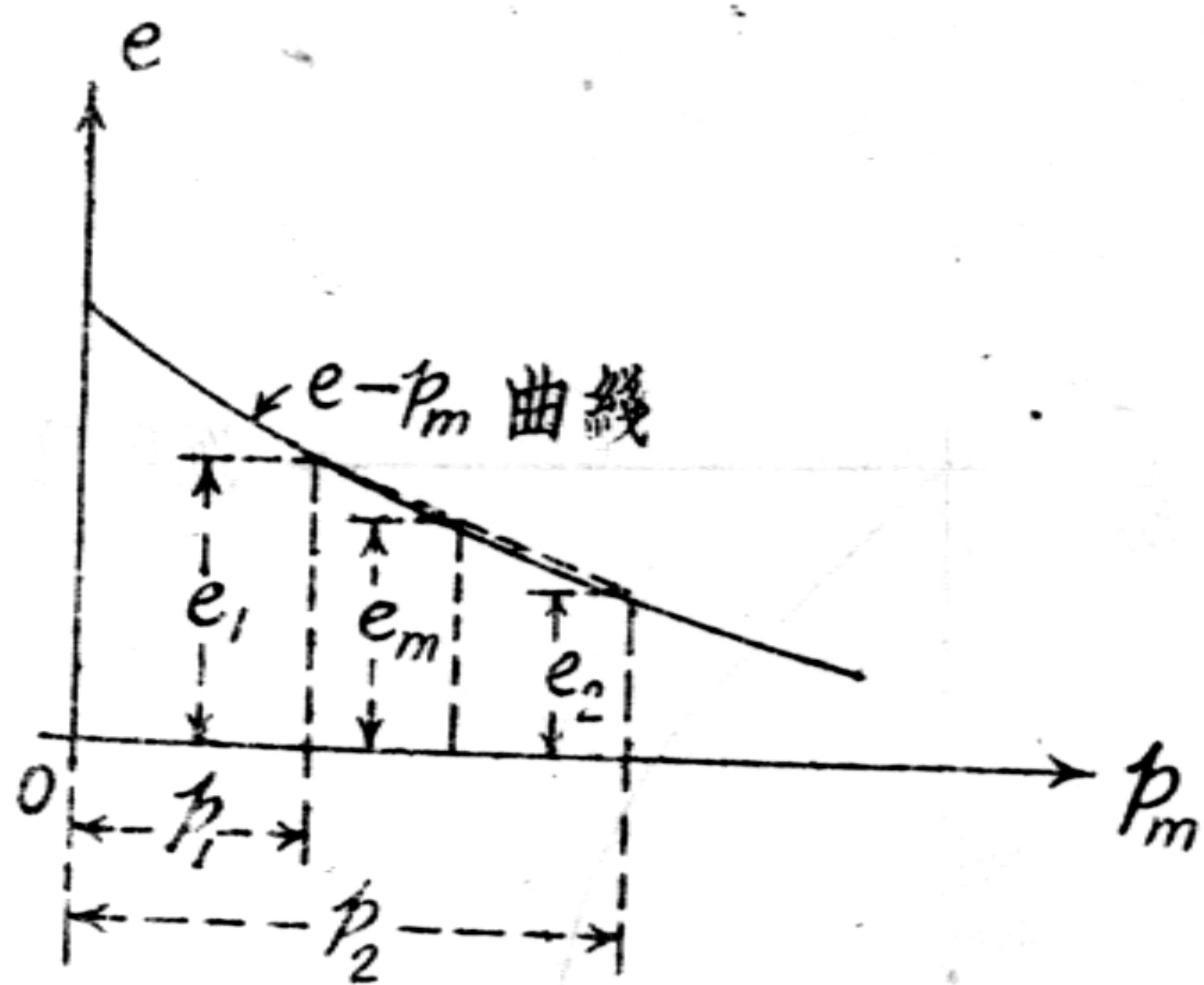


圖 (7)

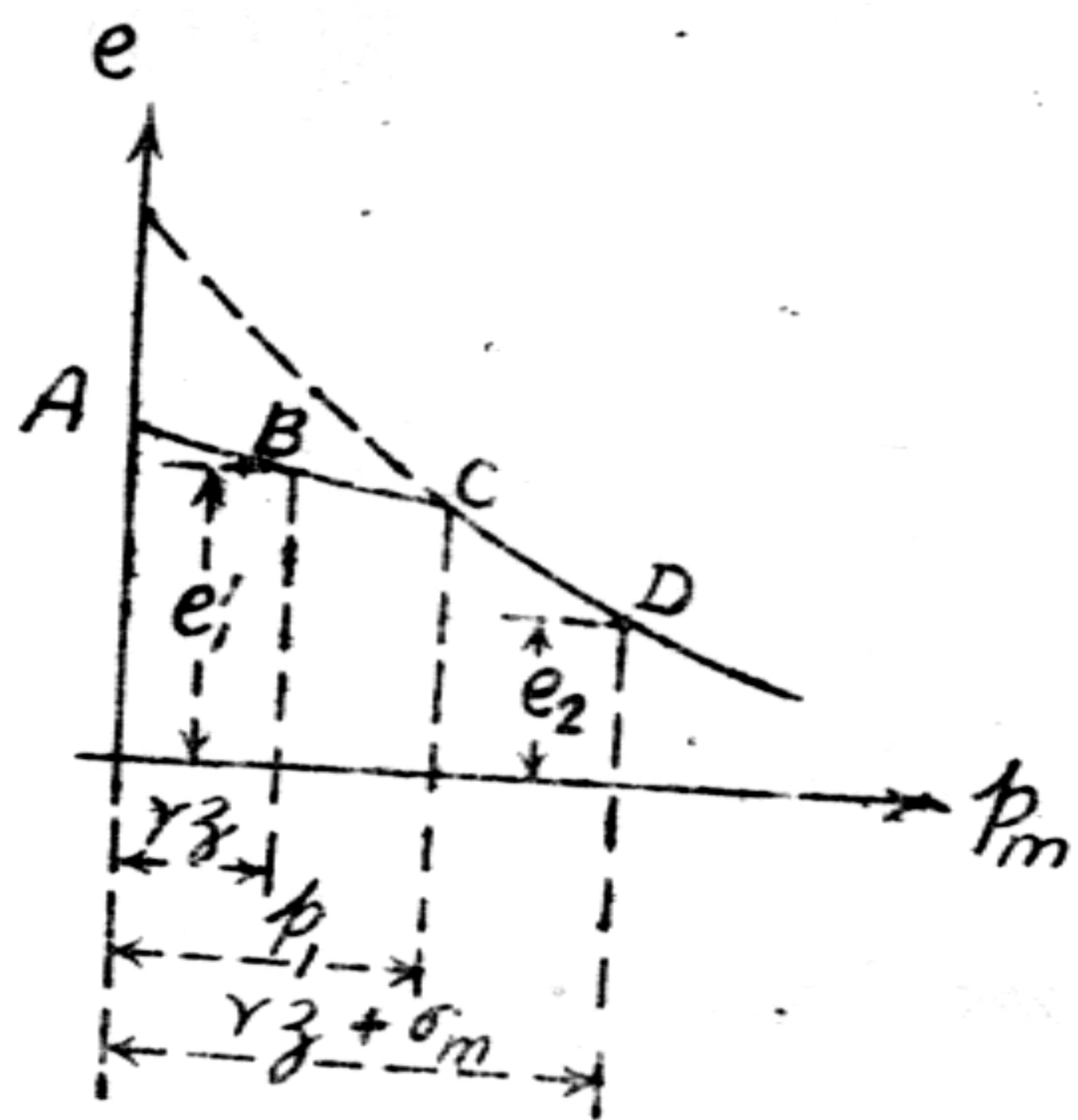


圖 (9)

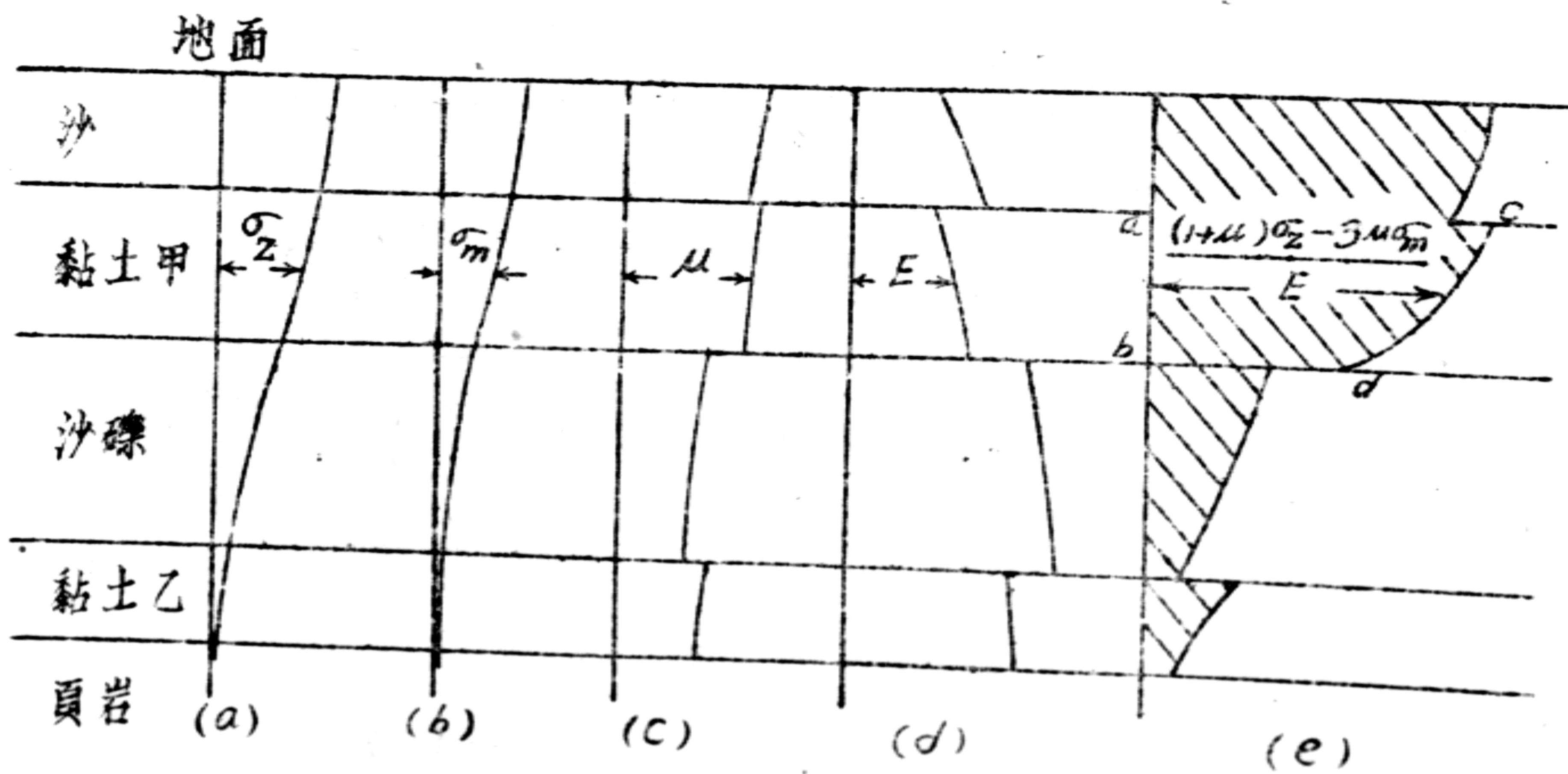


圖 (8)



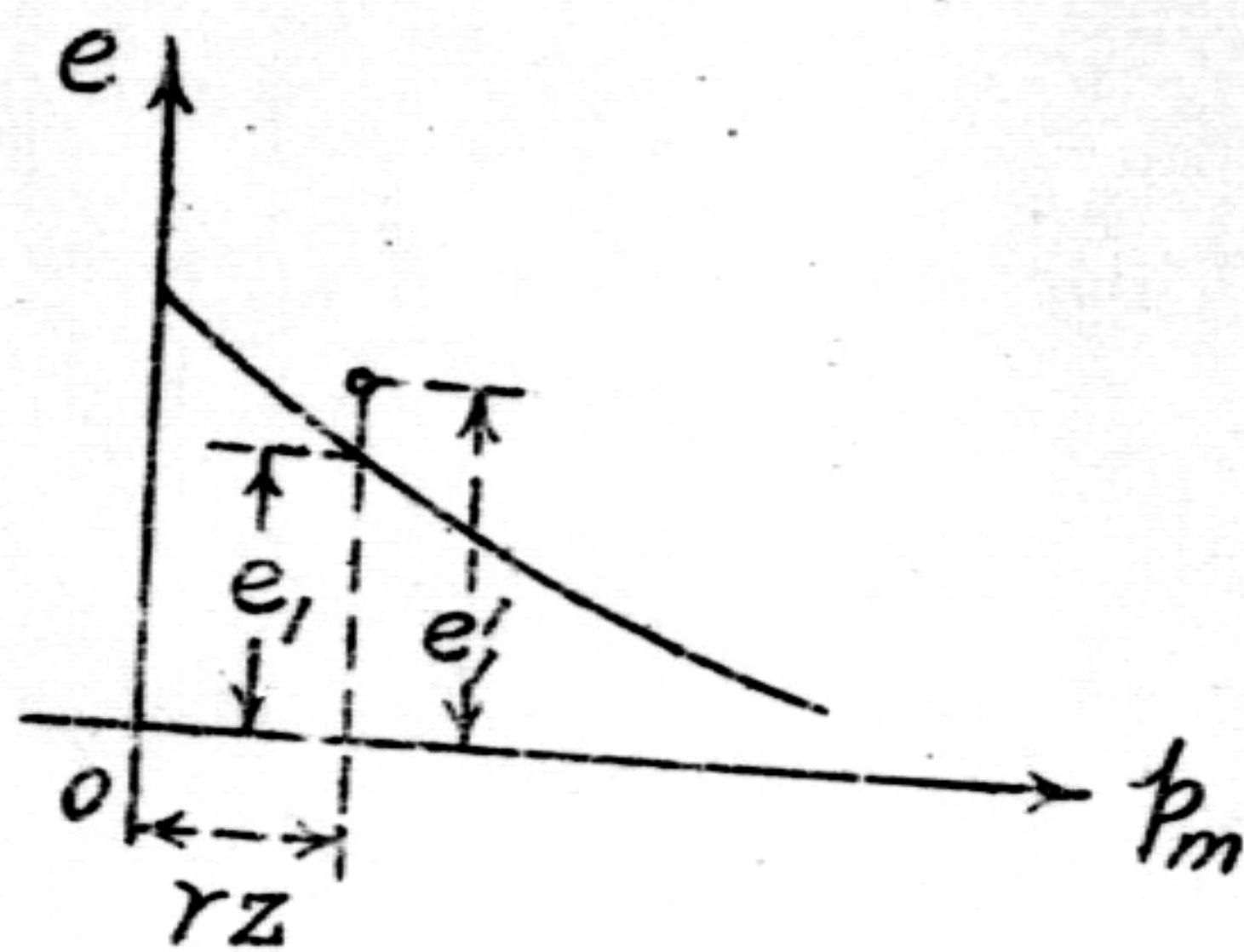


圖 (10)

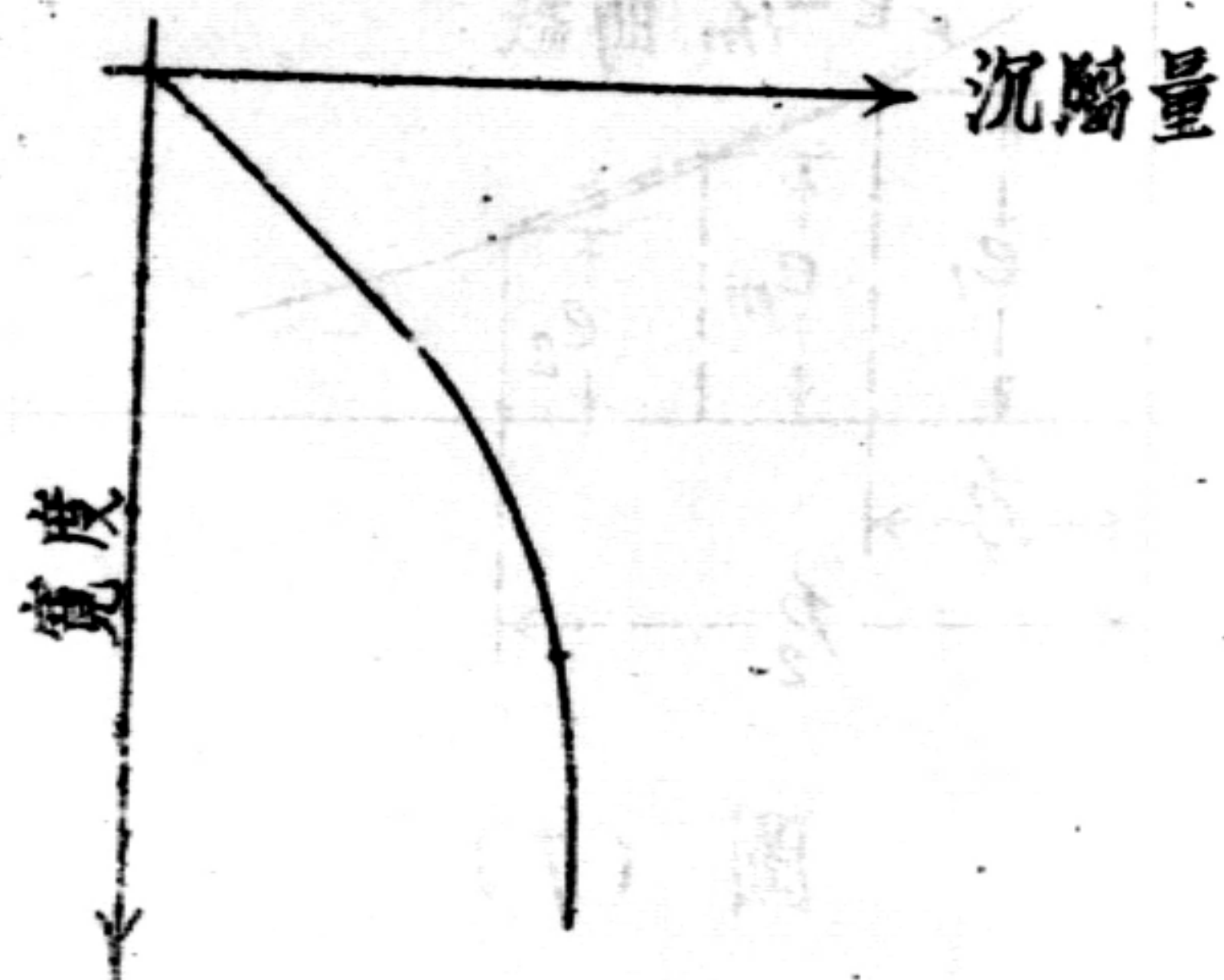


圖 (11)

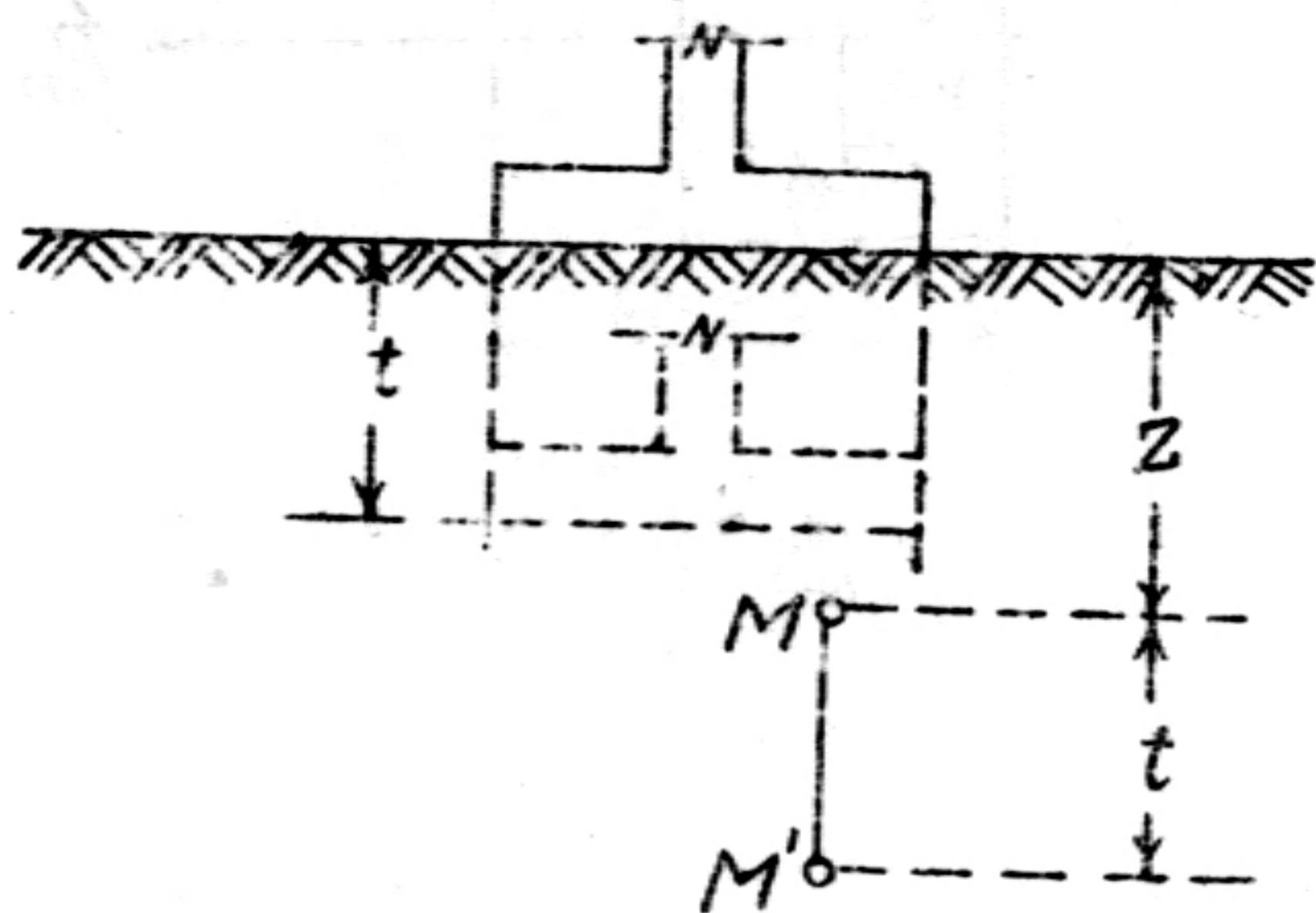


圖 (12)

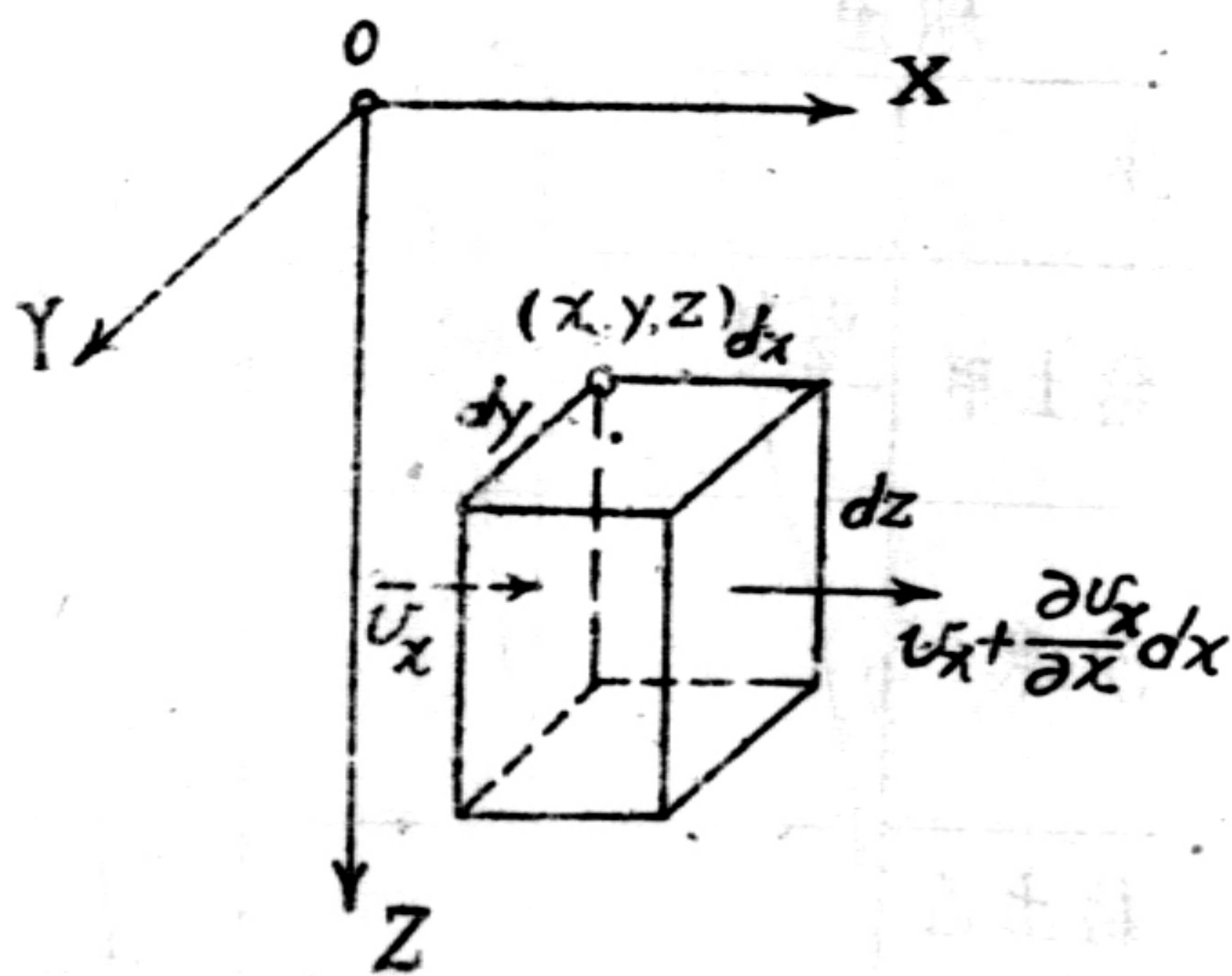
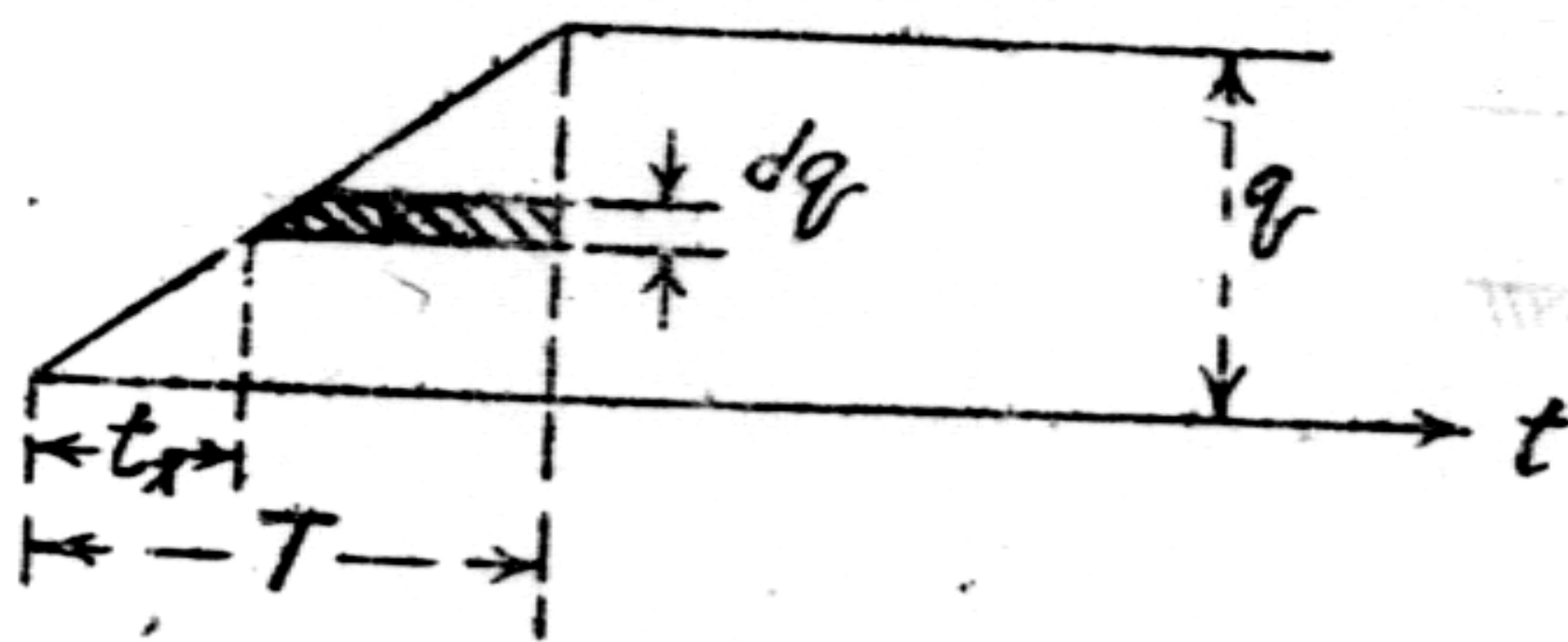


圖 (13)





圖(14)



沙土

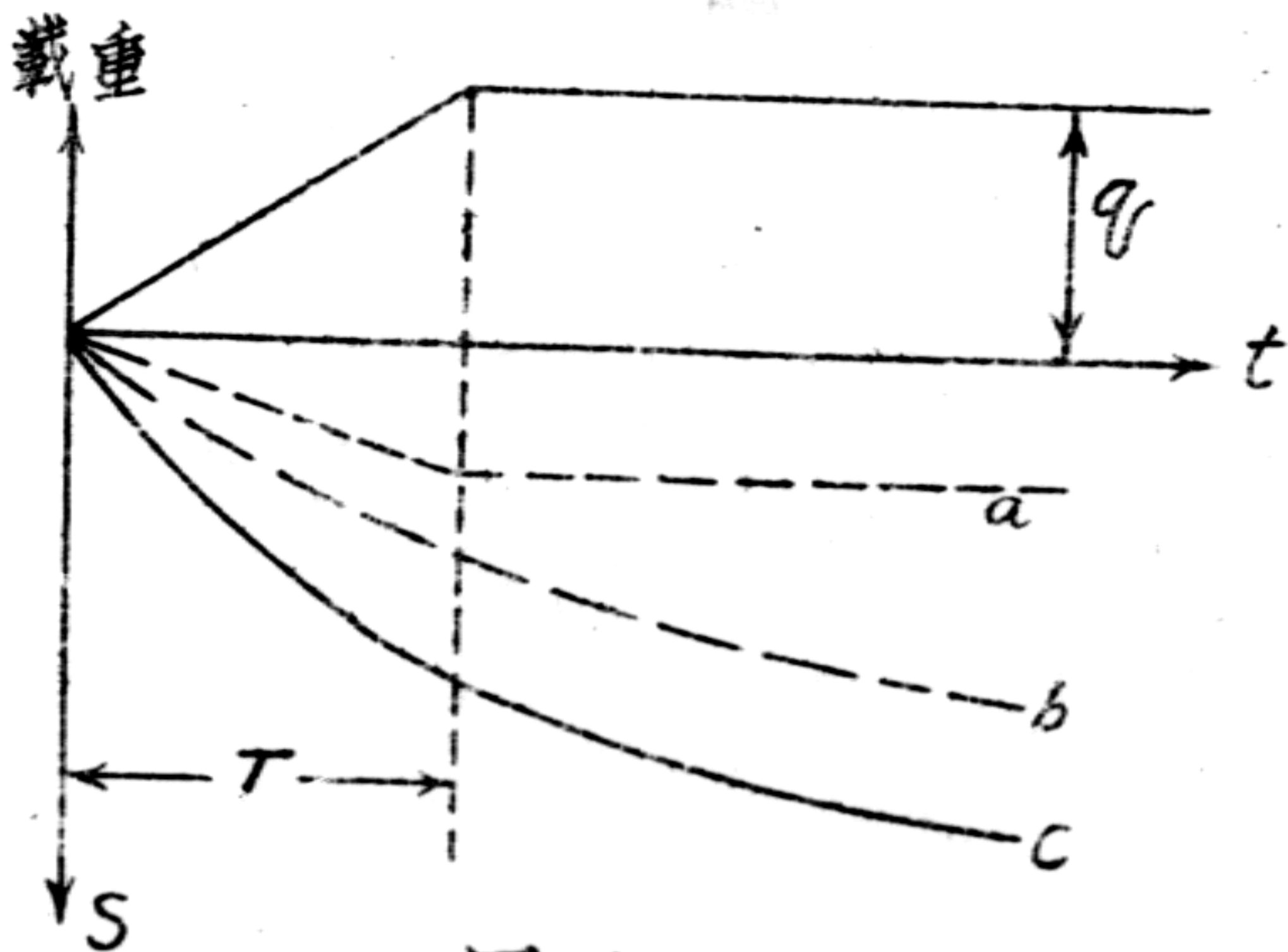
黏土 A  $C_1$   $H_1$

黏土 B  $C_2$   $H_2$

黏土 C  $C_3$   $H_3$

沙土

圖(15)



圖(16)



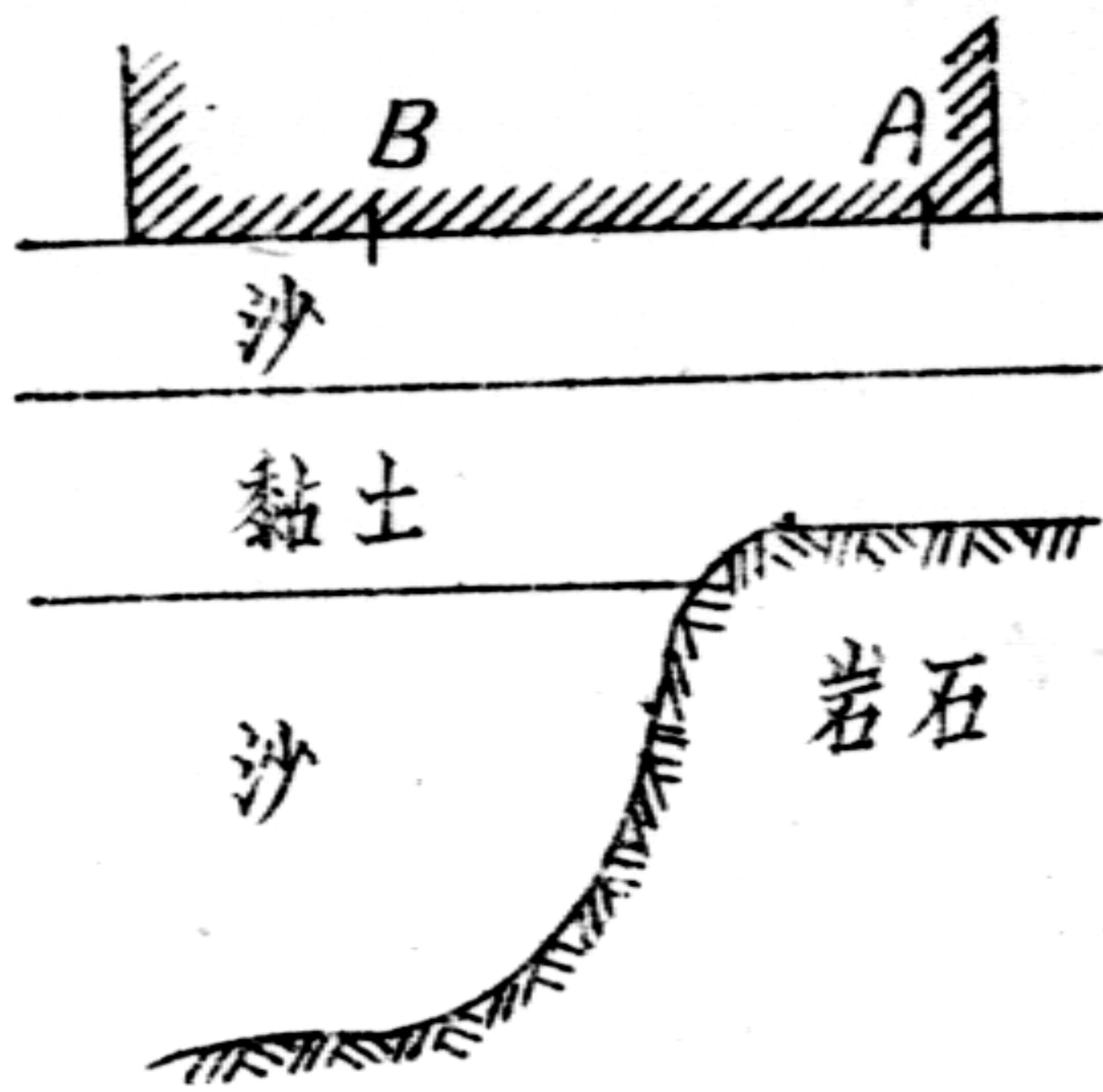


圖 (17)

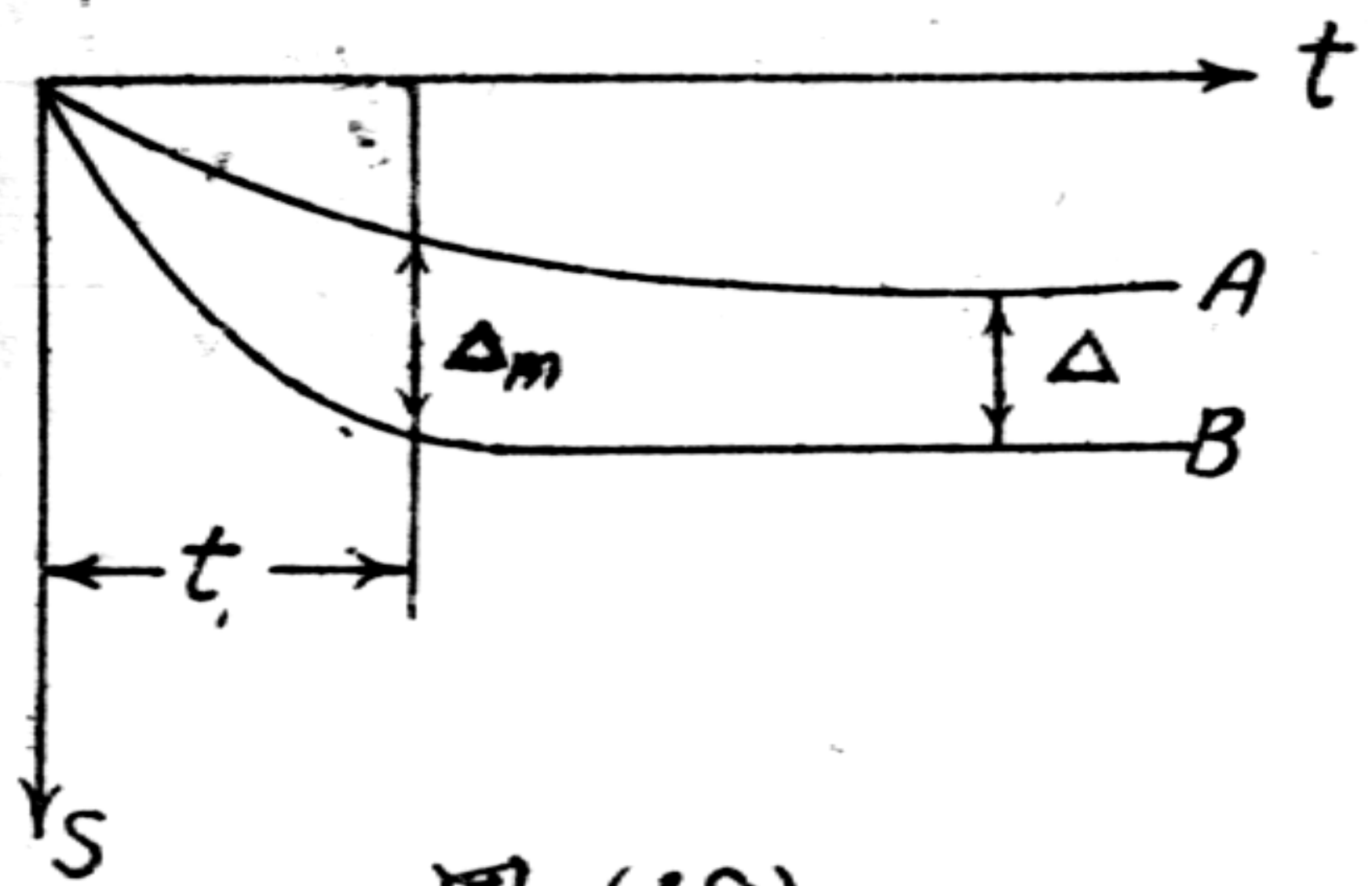


圖 (18)



# 中國酒麴在近代化工之新應用

湯騰漢

郭質良

華西大學

酒麴在我國用為酵母代用品，由來已久，釀造工業中之糖化與醱酵兩項重要工作，皆賴酒麴之力，故酒麴品質之良否，能影響產品之優劣，關係釀造業之發展頗大，惟我國製酒麴者，率皆於秋夏之間，憑多年之經驗，配製原料，利用天然之醱酵，以期醱酵菌之偶然附育，既乏學理之研求，復少科學之根據，製造技術非但墨守陳法，且千百年來迄無改善，宜也其出品成分低而質劣，銷路日促，以致國內名產，如高粱酒黃酒等，漸為淘汰，故國產酒麴實有整理之必要，前國立山東大學化學系有鑒於斯，特指定作者等專司其事，並從事收集全國產酒麴，以資研究，惟以國內酒麴，各省皆產，短時徵集，頗屬不易，故暫先就山東一省着手，爰於民國二十二年秋，函請山東民政廳，代徵各縣酒麴，先後收到達八十餘縣，工作二年完成，而發表者計臨淄、文登、博興、鄆城、定陶、費縣、曹縣、金鄉、鄆城、荷澤、濟陽、(1)諸城、單縣、臨清、臨朐、蓬萊、昌樂、商河、清平、膠縣、高密、長山、陽信、昌邑、堂邑、濰化、禹城等二十八縣。(2)就中由金鄉縣酒麴中所分得之酵母種，曾被上海中國酒精廠採用，結果甚佳。(3)旋受中華教育文化基金董事會之補助，工作經年又完成一部，(已有報告送呈中華基金事)計安邱、肥城、濟寧、陽穀、汶上、鄒平、滋陽、無棣、益都、蒲台、萊蕪、齊河、桓台、博平、棲霞、恩縣、臨邑、平原、廣饒、泰安、即墨、博山、朝城、及萊陽等二十四縣。(4.5)前後共完成計五十二縣酒麴。

正擬繼續工作，而「七七」事變，全面抗戰烽起，學校奉命內遷，一遷於安慶，再遷於萬縣，工作遂告中止，所幸此次由五十二縣酒麴中所分離之各種菌種，計酵母106種，黴菌128種，細菌20種，共計254種，均先後隨校產內遷，滯湘派，學校在萬奉命停辦，個人為研究工作前途計，遂接受管理中庚庚款董事會之科學協助，繼續醱酵研究工作，惟以山東未經整理之各縣酒麴，已陷失敵方，不能繼續進行，復鑒於各種菌類，各有其特性，如酵母之用於酒精工業，已着成效用，於甘油(6,7)，各國尚守秘密，黴菌之用於檸檬酸(8,9)，葡萄糖酸(10,11)，草酸(12,13)，乳酸(14)，以及細菌廣用於乳酸(15,16)，醋酸(17)，丙酮丁醇(18,19,20,21)等。各國均在密切研究中(22,23)此等醱酵產物，在我國之抗建期中，均為近代國防上之重要物料，遂就已分離之菌種，從事研究，以醱酵方法，試製國防上之重要藥品，因將滯湘之各項菌種，設法運川，先分別鑑定其性能，再分別試驗其效果，以期在近代化工上能有所應用。

工作經二年後，復蒙中華教育文化基金董事會之補助，又二年，始將各項工作次第完成，大部由此次研究結果，在近代化工上略能應用者，如乳酸菌，被中央製藥廠採用，大量製造乳酸鈣，行銷市面，代用舶來，已歷年餘矣，葡萄糖酸醱酵之黴菌，亦被該廠採用。正在大規模試釀中，最近之將來可有出品應市。

溯此項研究前後工作，幾近十年，(民國二十二年秋起至三十一年夏)先受前國立



山東大學化學系之鼓勵與指導，中華教育文化基金董事之補助，再受管理中英庚款董事會之協助，及中華教育文化基金董事會之再度補助，加以五通橋黃海化學工業研究社，及成都華西大學藥學系研究室先後賜予工作上之便利，研究工作，始能廣綫進行，迄未中斷，實深慶幸並致謝忱。

其餘未完之工作，現又蒙管理中英庚款董事會之再度協助，正加緊繼續進行中，其結果尚請俟之異日，茲將已完成之部分，編

輯報告如下所述。

### 試 驗

#### (一) 酒麴之整理

##### (1) 酒麴之化學分析

取原酒麴研成粉末，秤取定量，按德美各國公佈成法(21.22)，測定其中之水分，灰分，粗脂肪，還元糖，轉化糖，澱粉，粗纖維全氮量，以及蛋白質氮及胺氮等含量結果如第一表：

第一表 酒 麴 之 化 學 成 分

縣別	水 分 %	灰 分 %	粗脂肪 %	還元糖 %	轉化糖 %	澱 粉 %	粗纖維 %	全氮量 %	蛋白質 氮 %	胺 氮 %
臨淄	2.51	2.68	3.67	5.51	7.33	40.09	4.91	2.22	1.89	0.23
文登	12.07	7.38	1.92	3.57	9.07	32.71	3.18	1.96	1.78	0.26
博興	9.88	2.66	1.65	2.45	3.04	40.10	3.44	2.43	1.43	1.00
鄆城	10.88	4.05	2.30	3.04	8.69	51.76	4.60	2.42	1.24	1.18
定陶	9.48	2.21	0.57	2.95	8.11	43.43	3.51	3.62	1.29	2.33
費縣	12.11	4.42	4.08	2.79	3.55	69.27	2.85	2.10	1.37	0.72
曹縣	8.03	4.92	1.54	2.53	2.42	63.94	3.41	2.29	1.81	0.68
金鄉	8.96	4.49	2.45	5.70	5.44	52.32	2.35	2.30	1.37	0.93
鄆城	8.24	2.21	2.80	1.93	16.94	38.49	12.69	2.90	1.07	0.93
荷澤	6.37	7.79	6.59	7.71	5.85	60.11	2.91	1.79	1.77	0.02
濟陽	7.51	2.77	1.58	8.43	16.21	49.12	4.87	2.19	1.48	0.71
濟寧	9.78	3.56	2.49	2.94	6.65	54.31	6.89	2.67	1.47	1.20
單縣	10.94	3.90	2.69	4.99	6.13	65.22	3.90	1.82	1.32	0.50
臨清	10.98	3.42	2.15	5.84	15.56	51.52	6.53	2.25	1.44	0.81
臨朐	12.13	2.86	1.12	1.81	8.69	53.31	6.09	2.45	1.08	1.37
蓬萊	11.43	2.83	1.89	1.69	9.49	62.84	5.22	1.97	1.44	0.83
昌樂	12.61	2.37	1.23	2.90	6.01	55.31	5.52	2.35	1.32	1.03
商河	11.03	3.29	1.56	4.30	8.30	69.02	6.91	2.94	1.61	1.33
濟平	15.78	2.03	1.71	2.16	6.91	65.29	8.87	2.15	1.59	0.65
膠縣	12.59	3.20	1.37	3.76	10.00	42.30	6.13	3.11	1.51	1.60
高密	16.50	2.56	1.32	1.76	5.39	32.88	3.11	1.84	1.47	0.37
長山	10.29	2.62	1.82	4.50	8.33	31.79	3.90	2.42	1.66	0.73
牟平	10.70	4.10	1.52	2.02	6.06	31.77	4.63	2.34	1.20	1.14
立陽信	8.09	3.65	2.10	2.10	2.85	42.74	4.28	2.88	1.65	1.23
昌邑	11.71	3.59	1.93	3.16	3.27	40.01	3.83	2.00	1.72	0.28



堂邑	11.11	1.04	4.78	6.12	7.32	42.03	12.73	3.08	1.88	1.2
濰化	14.4	3.9	1.56	2.95	9.02	60.58	4.63	3.73	1.52	2.21
禹城	8.40	3.2	4.93	5.68	6.82	51.37	14.39	2.48	82.4	0.08
安邱	12.1	7.3	2.1	3.5	9.4	40.5	3.1	2.1	1.5	0.6
肥城	11.5	8.4	2.5	3.0	10.5	30.8	4.2	1.0	1.7	0.2
濟甯	8.7	3.2	2.3	2.0	10.0	45.7	3.4	2.3	1.9	0.4
陽穀	7.3	1.8	3.2	2.5	16.5	40.7	4.5	3.2	2.1	1.1
汶上	5.5	3.0	2.5	2.3	7.5	60.5	3.2	2.5	1.4	1.1
鄒平	6.3	2.4	2.1	2.45	4.02	40.5	3.44	2.22	1.89	0.33
滋陽	12.57	2.68	1.92	3.57	7.33	50.52	2.85	2.1	1.37	0.73
無棣	10.94	2.77	2.49	2.94	4.99	69.22	5.41	1.82	1.32	0.5
益都	11.43	2.88	1.80	1.69	8.69	56.31	3.87	2.25	1.44	0.81
蒲台	12.13	2.83	1.12	1.71	3.42	32.85	14.5	2.15	1.08	1.07
萊蕪	16.8	7.2	1.5	2.5	9.4	44.4	13.5	3.25	2.3	0.95
齊河	12.61	2.37	1.9	2.3	8.5	54.3	2.3	1.9	1.2	0.7
桓台	10.20	2.26	1.82	9.2	4.23	42.32	2.5	1.66	1.23	0.43
博平	12.5	3.25	4.37	6.13	3.44	52.52	6.4	3.0	2.55	0.45
棲霞	6.78	11.33	1.88	2.36	9.30	46.24	4.6	2.44	1.48	0.96
恩縣	5.89	6.43	2.54	1.42	7.27	72.59	3.67	2.16	1.49	0.87
臨邑	6.64	3.6	3.22	2.8	4.0	46.7	4.36	2.68	1.26	1.42
平原	7.3	2.7	3.55	1.74	12.96	36.96	7.85	2.38	1.2	1.18
廣饒	6.85	2.85	1.71	1.49	1.61	52.48	4.38	2.21	1.58	1.06
泰安	9.82	5.75	2.07	4.17	6.94	61.61	4.77	2.67	1.18	1.49
即墨	10.78	4.35	4.97	2.62	9.27	53.19	3.17	1.95	1.15	0.80
朝城	8.56	4.03	2.68	4.93	14.42	56.41	3.68	4.65	1.74	2.94
博山	9.39	4.22	1.56	4.07	12.3	63.03	3.75	2.31	0.96	1.34
萊陽	12.09	4.03	2.98	6.25	17.25	47.01	4.73	2.65	1.43	1.25

## (2) 酒麴之糖化力

按 Lintner 氏方法(26)

取五克酒麴粉末，在室溫內以 100cc. 蒸水浸之，約經六小時，過濾所得澄清濾液，即為酒麴中糖化酵素之原液，以移液管吸取 0.1cc. 0.2cc. 0.3cc. .... 0.9cc 1cc. 此種濾液，移入十個乾而淨之試管中，每試管中加入 5cc. 2% 之澱粉添液，保持 21°C. 約經一小時後，每試管中加入 5cc. Fehling 氏混合試液，置於水浴上熱之約十分鐘，取出序列於試管架上其後面，遮以白色紙，在此一羣試管中有鄰接之三管，很明顯的看出一管

，表示還原作用不及，而上浮液體，尚呈藍色，一管表示還原作用太過，上浮液體呈黃色，其中之一管，表示還元作用剛好，上浮液體呈無色，或微黃色，按 hintner 氏之規定 0.1cc 之 5% 酵素液所糖化之澱粉剛好，把 5cc Fehling 氏混合試劑完全還原，則稱此糖化力為 100. 按此方法計算之公式如下：

$$D : 0.1 = 100 : X$$

D 為試驗酵素液終點之 cc. 數 X 為試驗酵素液之糖化力



如原酒麴尚有水分M%則其原酒麴之真正糖化力F,應用如下式算出

$$F = \frac{XX100}{(100-M)}$$

茲將由此試驗所得之結果列如第二表

第二表 酒麴之糖化力

縣 別	糖 化 力
臨 淄	16.7
文 登	14.3
博 興	9.1
鄒 城	50
定 陶	4
費 縣	6.67
曹 縣	6
金 鄉	25
鄆 城	10
荷 澤	50
濟 陽	20
諸 城	16.6
單 縣	16.6
臨 清	23
臨 朐	20
蓬 萊	16.6
昌 樂	16.6
商 河	25
清 平	20
膠 縣	20
高 密	15.3
長 山	12.3
牟 平	16.7
陽 信	16.7
昌 邑	25
堂 邑	33.3
濰 化	40
禹 城	25
安 邱	30
肥 城	25
濟 甯	6.7
陽 穀	12.3

汶 上	15.5
鄒 平	42.5
滋 陽	9.8
無 隸	7.7
益 都	17.5
蒲 台	23.2
萊 蕪	35
齊 河	47
桓 台	30
博 平	4.3
棲 霞	15.81
恩 縣	11.3
臨 邑	47.3
平 原	10.5
廣 饒	7.74
泰 安	33.2
卽 墨	35
朝 城	50
博 山	30.5
萊 陽	5.7

(3) 酒麴之醱酵力

按 Meissl 氏方法(27.28)

取五克酒麴粉末混於下列已滅菌之醱酵液中

純甘蔗糖	4.00克
磷酸銨	0.25克
磷酸一鉀	0.25克
井水	50.00克

置於燒瓶中,瓶口連以氯化鈣之L形管,保持溫度30°C經36小時醱酵終了,由燒瓶所失之重量,算知二氧化碳氣逸出若干,依 Meissl 氏之規定,一克純酵母能發生1.75克之二氧化碳者,稱為規定酵母,其醱酵力定為100.今作者以一克酒麴,能逸出1.75克CO<sub>2</sub>者,則其醱酵力亦定為100而計算之.其公式如下

$$1.75 : n = 100 : X \quad n = \text{二氧化碳逸出量(已知數)}$$

由上述方法及計算公式本試驗之結果列如第



三表

第三表 酒麴之醱酵力

縣 別	醱 酵 力
臨 淄	10.04
文 登	6.22
博 興	7.25
鄒 城	19.98
定 陶	8.2
費 縣	24.5
曹 縣	10.97
金 鄉	20.12
鄧 城	15.03
荷 澤	11.66
濟 陽	7.45
諸 城	17.8
單 縣	16
臨 清	18.1
臨 朐	23.21
蓬 萊	11.61
昌 樂	15.30
商 河	10.3
清 平	17.28
膠 縣	14.5
高 密	7.3
長 山	14.9
牟 平	15.3
陽 信	17.4
昌 邑	27.4
堂 邑	18.6
濰 化	14.7
禹 城	27
邱 城	23.8
肥 城	10.5
濟 甯	4.5
陽 穀	2.4
汶 上	6.8
鄒 平	7.6
滋 陽	9.8
無 棣	12.5

益 都	7.8
濰 台	5.4
萊 蕪	20.5
齊 河	22.3
桓 台	24.5
博 平	18.3
棲 霞	7.43
恩 縣	7.43
臨 邑	6.86
平 原	15.57
廣 饒	2.29
濰 安	4.7
即 星	2.3
朝 城	2.5
博 山	3.8
萊 陽	3.8

(二) 酒麴中醱酵菌之分離

(1) 酵母之分離

酒麴之種類，因產地而異，為工作便利起見，特按下列之次序，給以羅馬楷字簡代之，如 I, II, III, 等，在各縣酒麴中，所分出之酵母種，以英文 y 代之，其在同一縣酒麴中分得酵母有二種以上時，則以 1, 2, 3 等字附於 y 字之後，以示區別，茲將所分離之各縣酒麴及其簡號，序列如下

I 臨淄	II 文登	III 博興
IV 鄒城	V 定陶	VI 費縣
VII 曹縣	VIII 金鄉	IX 鄧城
X 荷澤	XI 濟陽	XII 諸城
XIII 單縣	XIV 臨清	XV 臨朐
XVI 蓬萊	XVII 昌樂	XVIII 商河
XIX 清平	XX 膠縣	XXI 高密
XXII 長山	XXIII 牟平	XXIV 陽信
XXV 昌邑	XXVI 堂邑	XXVII 濰化
XXVIII 禹城	XXIX 安邱	XXX 肥城
XXXI 濟甯	XXXII 陽穀	XXXIII 汶上
XXXIV 鄒平	XXXV 滋陽	XXXVI 無棣
XXXVII 益都	XXXVIII 濰台	XXXIX 萊蕪
IV X 齊河	IV XI 桓台	IV XII 博平



IV 廬 樓 霞    IV 恩 縣    IV 臨 邑  
 IV 平 原    IV 廣 饒    IV 泰 安  
 IV 卽 墨    V 朝 城    V 博 山  
 V 萊 陽

XX	黃白	黑	深黃
XX I	淺黃	灰黃	暗黃
XX II	黃白	棕黃	紅黃
XX III	，	，	，
XX IV	，	黃	暗黃
XX V	，	，	黃
XX VI	暗黃	灰黃	暗黃
XX VII	黃白	，	黃
XX VIII	，	棕黃	棕黃
XX IX	，	黃	黃
XX X	，	白	，
XX XI	紅黃	白黃	金黃
XX XII	黃白	，	，
XX XIII	，	，	紅黃
XX XIV	，	紅黃	金黃
XX XV	灰白	黃	，
XX XVI	黃	，	，
XX XVII	白	黃白	，
XX XVIII	黃白	金黃	黃白
XX XIX	，	黃白	，
XX XX	，	，	，
IV XI	，	，	，
IV XII	，	金黃	紅黃
IV XIII	紅黃	，	，
IV XIV	，	白黃	，
IV XV	黃白	黃白	暗黃
IV XVI	紅黃	紅黃	紅黃
IV XVII	灰白	白黃	，
IV XVIII	黃白	黃白	暗黃
IV XIX	灰白	黃白	紅黃
V X	黃白	，	，
V XI	，	紅黃	，
V XII	，	，	。

A. 酵母原液之配製

按陳駒聲先生方法(29)

a) 取容積 120cc. 之伊氏燒瓶十個，洗淨烘乾，每個加入 0.8% 生理食鹽水 30cc. 並置入少許小塊或碎形之玻璃塊，瓶口塞以棉花，置於蒸汽潔菌釜內蒸氣一小時，連續滅菌三日取出。

b) 復取 120cc. 容積之伊氏燒瓶十個，乾淨後每個加入 4% 麥芽糖之水溶液 30cc. 瓶口塞以棉花，如上述法施行滅菌。

c) 剖取各縣酒麴中心之一部分研成粉末，分別置於上述 a), b) 已滅菌之燒瓶內，微振盪之，靜浸三日後是為酵母原液。

茲將各縣酒麴粉末之外觀及浸後酵母液之色變列表於下：

縣 別	粉末色澤	水浸液色澤	糖浸液色澤
I	土黃	淺紅黃	深土紅
II	紅黃	黃棕	紅黃
III	灰白	灰黃	黃
IV	草黃	黃色	，
V	暗黃	灰黃	暗黃
VI	灰白	，	黃
VII	草黃	，	，
VIII	黃白	棕黃	紅黃
IX	黃白	，	黃
X	黃白	，	，
XI	黃	黃褐	黃棕
XII	土黃	深黃	深黃
XIII	灰黃	灰黃	灰黃
XIV	草黃	黃褐	黃褐
XV	黃白	深黃	黃
XVI	黃	紅黃	黃紅
XVII	黃紅	深褐	黃褐
XVIII	棕黃	紅黃	棕黃
XIX	黃白	黃白	，

B. 酵母之離純

a) 固體培養基之製造

i) mayer氏培養基(30)

蒸溜水	1000 cc.
蔗 糖	150 克
硝酸銨	10 克



磷酸鉀	5 克
硫酸鎂	2.5 克
磷酸鈣	0.5 克
瓊 脂	20.0 克

## ii) Sabouraud 氏培養基(31)

井 水	1000 cc.
麥 芽 糖	40 克
胃液蛋白	10 克
瓊 脂	20 克

取上述任一種培養基，置於一立升容積之平底燒瓶中，於蒸汽滅菌釜中，連續滅菌三日，每次經一小時之久，最後趁熱取出，傾入培養管中約 10d，管上塞以棉花，復如法滅菌三次，復趁熱取出，斜置於盤中，待冷凝固，隨成固體斜面培養基，以備應用。

## b) 酵母之分離(32)

取直徑約 20 cm 大的二重皿 petridish 數十個，洗淨烘乾，外以棉紙包裹，置於乾熱殺菌箱中，乾熱殺菌溫度約達 160-180°C 時間歷 1½ 小時之久連續三次，取出每個微掀，一邊傾入上述 A 之滅菌，復燻液 5cc. 水平式微微搖動，使液體平舖二重皿之底面上，待冷凝成薄片，透視之如無物焉，後以滅菌之鉑絲鈎，取每縣酵母原液少許，劃線種植於此等二重皿中每縣種植三個，復以棉花紙包裹，移植於保溫箱中，溫度 25-28°C 經二日後，每日視察一次，至現有菌叢，則以滅菌之鉑絲取下，於顯微鏡下檢之，如係酵母，即移植於 B 之斜面培養基內，復置於保溫箱中任其繁殖。

## c) 酵母之純粹培養(33)

取上述所分離之酵母，每種於顯微鏡下檢視之，察其是否純粹，其不純者以 Hincdner 氏懸滴法(34)培養之法，以無菌鉑絲鈎，取酵母少許，置於無菌水(此無菌水係以蒸溜水連續滅菌三次所製得)振盪之，使其菌叢分離，後再以無菌水稀釋之，直至每滴酵母液約合一個酵母細胞時為止，以滅菌小型移液管移取數滴，滴於二重皿內，(此內

培養基為 B 之滅菌復燻液所製者)經 24 小時，每個細胞，生長成一個個體菌，將後之滅菌鉑絲移植於 B 之斜面培養基內，俟其生長再檢查之，其獲不純者，再反覆如上述操作，直至純時為止。

## 所用之染色液

## i) 碱性色素用以染細胞體及細胞核者

Fuchsin	0.3 克
純酒精	5 cc.

## ii) 酸性色素用以染細胞體之各部者

Eosin	0.3 克
純酒精	5 cc.

取無菌鉑絲鈎，取少許酵母菌苔，置於已揩拭清潔之載玻璃片上，復加一滴無菌水，徐徐塗抹，使之平舖後，置於空氣中，經十數分鐘待乾，滴一滴木精，使之固定後，分別滴加上述 i) ii) 色素液，經時以水輕洗之，再以酒精洗之，復以水洗之，以蓋玻璃蓋上施行鏡檢，檢後一部分須加以保存者，以水洗之，置於空氣中，俟其自然乾燥，同時在此載玻璃之中央，滴 Balsamum Canadense Naturale 一滴，復以蓋玻璃蓋之，後稍鎮之，使膠平勻，其不須保留者，經記錄後，將其蓋玻璃與載玻璃，分別剝開，各浸於千倍昇汞水中，過三日後取出，以清水洗之待用。

## 經檢查結果得酵母種如下

縣 別	酵 母 種 別
I	Iy <sub>1</sub> Iy <sub>2</sub> Iy <sub>3</sub>
II	IIy <sub>1</sub>
III	IIIy <sub>6</sub>
IV	IVy <sub>3</sub>
V	Vy <sub>2</sub> Vy <sub>8</sub>
VI	VIy <sub>1</sub> VIy <sub>2</sub> VIy <sub>7</sub>
VII	VIIy <sub>7</sub> VIIy <sub>8</sub>
VIII	VIIIy <sub>3</sub> VIIIy <sub>5</sub>
IX	IXy <sub>9</sub>
X	Xy <sub>4</sub>
XI	XIy <sub>1</sub> XIy <sub>2</sub> XIy <sub>3</sub>



XII XIIy<sub>1</sub>  
 XIII XIIIy<sub>1</sub>  
 XIV XIVy<sub>1</sub>  
 XV XVy<sub>1</sub> XVy<sub>2</sub>  
 XVI XVIy<sub>1</sub> XVIy<sub>2</sub>  
 XVII XVIIy<sub>1</sub> XVIIy<sub>2</sub>  
 XVIII XVIIIy<sub>1</sub> XVIIIy<sub>2</sub> XVIIIy<sub>3</sub>  
 XIX XIXy<sub>1</sub> XIXy<sub>2</sub> XIXy<sub>3</sub> XIXy<sub>4</sub> XIXy<sub>5</sub>  
 XX XXy<sub>1</sub> XXy<sub>2</sub>  
 XXI XXIy<sub>1</sub> XXIy<sub>2</sub> XXIy<sub>3</sub>  
 XXII XXIIy<sub>1</sub> XXIIy<sub>2</sub>  
 XXIII XXIIIy<sub>1</sub> XXIIIy<sub>2</sub>  
 XXIV XXIVy<sub>1</sub>  
 XXV XXVy<sub>1</sub> XXVy<sub>2</sub> XXVy<sub>3</sub> XXVy<sub>4</sub>  
 XXVI XXVIy<sub>1</sub>  
 XXVII XXVIIy<sub>1</sub>  
 XXVIII XXVIIIy<sub>1</sub>  
 XXIX XXIXy<sub>1</sub> XXIXy<sub>2</sub>  
 XXX XXXy<sub>1</sub>  
 XXXI XXXIy<sub>1</sub> XXXIy<sub>2</sub>  
 XXXII XXXIIy<sub>1</sub>  
 XXXIII XXXIIIy<sub>1</sub> XXXIIIy<sub>2</sub> XXXIIIy<sub>3</sub>  
 XXXIV XXXIVy<sub>1</sub> XXXIVy<sub>2</sub> XXXIVy<sub>3</sub> XXXIVy<sub>4</sub>  
 XXXV XXXVy<sub>1</sub>  
 XXXVI XXXVIy<sub>1</sub>  
 XXXVII XXXVIIy<sub>1</sub>  
 XXXVIII XXXVIIIy<sub>1</sub>  
 XXXIX XXXIXy<sub>1</sub> XXXIXy<sub>2</sub> XXXIXy<sub>3</sub> XXXIXy<sub>4</sub>  
 XL XLy<sub>1</sub> XLy<sub>2</sub> XLy<sub>3</sub> XLy<sub>4</sub>  
 XLI XLIy<sub>1</sub> XLIy<sub>2</sub>  
 XLII XLIIy<sub>1</sub>  
 XLIII XLIIIy<sub>1</sub>  
 XLIV XLIVy<sub>1</sub>  
 XLV XLVy<sub>1</sub> XLVy<sub>2</sub> XLVy<sub>3</sub> XLVy<sub>4</sub>  
 XLVI XLVIy<sub>1</sub> XLVIy<sub>2</sub>  
 XLVII XLVIIy<sub>1</sub> XLVIIy<sub>2</sub>  
 XLVIII XLVIIIy<sub>1</sub> XLVIIIy<sub>2</sub> XLVIIIy<sub>3</sub>  
 XLIX XLIXy<sub>1</sub> XLIXy<sub>2</sub>  
 L LY<sub>1</sub> LY<sub>2</sub>

VXI VXIy<sub>1</sub>  
 VXL VXLy<sub>1</sub> VXLy<sub>2</sub> VXLy<sub>3</sub> VXLy<sub>4</sub>

(2) 微菌之分離

酒麴因產地而種別，為工作便利起見，代以簡號，詳見前項，今由此類酒麴中所分離之微菌種，以英文字M表示之，其同一縣之酒麴，分有兩種，以上微菌時則於M字之右側，記以1,2等字以示區別。

A. 微菌原液之配製

a) 取容積 250cc 平底燒瓶數十個，洗淨烘乾，每個加入 5% 麥芽糖 1%，清化蛋白 2%，葡萄糖及 5% 酒石酸等之水溶液 100cc，測其 PH 值至 2.8，瓶口塞以棉花，如法滅菌。

b) 復取容積 250cc，平底燒瓶數十個，乾淨後每個加入 2%，酒石酸水溶液 100cc，測其 PH 值至 4.0，瓶口塞以棉花，殺菌如前。

c) 割取各縣酒麴之一部，研成粉末，分別置於上述 a) b) 已滅菌之原液內，振勻後，靜培三日，溫度 18°C 後檢視之。

B. 微菌之分離

a) 固體培養基之製備(35,36)

甲基	麥芽糖	50克
	消化蛋白	1克
	瓊脂	20克
	井水	1000克
乙基	葡萄糖	50克
	酒石酸	50克
	井水	100克

取上述甲乙兩基溶液，分別如法滅菌，後以滅菌移液管，移取甲基 10cc. 傾入已滅菌之培養管中，復移入 1cc. 之乙基液微振盪之，使勻後斜置於盤中，待冷凝固，隨成固體斜面酸性培養基，其 PH 值為 3.0

b) 分離操作

操作方法與分離酵母者相似茲不復述

c) 微菌之純粹培養

取前述所分離之微菌種，先以肉眼檢視



之，查其是否雜生，如不雜生，復於顯微鏡下視之，檢其是否純粹，其不純者以鉑絲鈎取少許種植於二種皿中，由此二重皿中所生之微菌，再精細檢查，取其純者，移植於培養基內，如是反復操作，直至純時為止。

經檢查結果得微菌種如下

縣 別 微 菌 種 別

- I I M<sub>1</sub>, I M<sub>2</sub>, I M<sub>3</sub>
- II II M<sub>1</sub>, II M<sub>2</sub>, II M<sub>3</sub>, II M<sub>4</sub>, II M<sub>5</sub>
- III III M<sub>1</sub>, III M<sub>2</sub>
- IV IV M<sub>1</sub>, IV M<sub>2</sub>, IV M<sub>3</sub>, IV M<sub>4</sub>
- V V M<sub>1</sub>, V M<sub>2</sub>, V M<sub>3</sub>, V M<sub>4</sub>
- VI VI M<sub>1</sub>, VI M<sub>2</sub>
- VII VII M<sub>1</sub>, VII M<sub>2</sub>, VII M<sub>3</sub>, VII M<sub>4</sub>
- VIII VIII M<sub>1</sub>
- IX IX M<sub>1</sub>, IX M<sub>2</sub>, IX M<sub>3</sub>, IX M<sub>4</sub>, IX M<sub>5</sub>
- X X M<sub>1</sub>, X M<sub>2</sub>
- XI XI M<sub>1</sub>, XI M<sub>2</sub>, XI M<sub>3</sub>
- XII XII M<sub>1</sub>, XII M<sub>2</sub>, XII M<sub>3</sub>
- XIII XIII M<sub>1</sub>, XIII M<sub>2</sub>, XIII M<sub>3</sub>, XIII M<sub>4</sub>
- XIV XIV M<sub>1</sub>, XIV M<sub>2</sub>
- XV XV M<sub>1</sub>, XV M<sub>2</sub>
- XVI XVI M<sub>1</sub>, XVI M<sub>2</sub>, XVI M<sub>3</sub>
- XVII XVII M<sub>1</sub>, XVII M<sub>2</sub>
- XVIII XVIII M<sub>1</sub>, XVIII M<sub>2</sub>
- XIX XIX M<sub>1</sub>, XIX M<sub>2</sub>, XIX M<sub>3</sub>, XIX M<sub>4</sub>
- XX XX M<sub>1</sub>, XX M<sub>2</sub>
- XX I XX I M<sub>1</sub>, XX I M<sub>2</sub>, XX I M<sub>3</sub>, XX I M<sub>4</sub>
- XX II XX II M<sub>1</sub>
- XX III XX III M<sub>1</sub>, XX III M<sub>2</sub>, XX III M<sub>3</sub>
- XX IV XX IV M<sub>1</sub>
- XX V XX V M<sub>1</sub>
- XX VI XX VI M<sub>1</sub>, XX VI M<sub>2</sub>, XX VI M<sub>3</sub>
- XX VII XX VII M<sub>1</sub>
- XX VIII XX VIII M<sub>1</sub>, XX VIII M<sub>2</sub>
- XX IX XX IX M<sub>1</sub>, XX IX M<sub>2</sub>
- XXX XXX M<sub>1</sub>
- XXX I XXX I M<sub>1</sub>, XXX I M<sub>2</sub>
- XXX II XXX II M<sub>1</sub>

- XXX III XXX III M<sub>1</sub>, XXX III M<sub>2</sub>, XXX III M<sub>3</sub>, XXX III M<sub>4</sub>, XXX III M<sub>5</sub>
- XXX IV XXX IV M<sub>1</sub>, XXX IV M<sub>2</sub>
- XXX V XXX V M<sub>1</sub>, XXX V M<sub>2</sub>
- XXX VI XXX VI M<sub>1</sub>, XXX VI M<sub>2</sub>, XXX VI M<sub>3</sub>, XXX VI M<sub>4</sub>, XXX VI M<sub>5</sub>
- XXX VII XXX VII M<sub>1</sub>
- XXX VIII XXX VIII M<sub>1</sub>
- XXX IX XXX IX M<sub>1</sub>, XXX IX M<sub>2</sub>, XXX IX M<sub>3</sub>
- XXX X XXX X M<sub>1</sub>, XXX X M<sub>2</sub>, XXX X M<sub>3</sub>, XXX X M<sub>4</sub>
- XXX XI XXX XI M<sub>1</sub>, XXX XI M<sub>2</sub>, XXX XI M<sub>3</sub>, XXX XI M<sub>4</sub>
- XXX XII XXX XII M<sub>1</sub>
- XXX XIII XXX XIII M<sub>1</sub>
- XXX XIV XXX XIV M<sub>1</sub>, XXX XIV M<sub>2</sub>, XXX XIV M<sub>3</sub>
- XXX XV XXX XV M<sub>1</sub>, XXX XV M<sub>2</sub>, XXX XV M<sub>3</sub>, XXX XV M<sub>4</sub>
- XXX XVI XXX XVI M<sub>1</sub>, XXX XVI M<sub>2</sub>
- XXX XVII XXX XVII M<sub>1</sub>
- XXX XVIII XXX XVIII M<sub>1</sub>, XXX XVIII M<sub>2</sub>, XXX XVIII M<sub>3</sub>, XXX XVIII M<sub>4</sub>
- XXX XIX XXX XIX M<sub>1</sub>, XXX XIX M<sub>2</sub>, XXX XIX M<sub>3</sub>, XXX XIX M<sub>4</sub>
- XXX XX XXX XX M<sub>1</sub>
- XXX XXI XXX XXI M<sub>1</sub>
- XXX XX II XXX XX II M<sub>1</sub>
- XXX XX III XXX XX III M<sub>1</sub>, XXX XX III M<sub>2</sub>, XXX XX III M<sub>3</sub>
- XXX XX IV XXX XX IV M<sub>1</sub>, XXX XX IV M<sub>2</sub>, XXX XX IV M<sub>3</sub>, XXX XX IV M<sub>4</sub>
- XXX XX V XXX XX V M<sub>1</sub>, XXX XX V M<sub>2</sub>, XXX XX V M<sub>3</sub>, XXX XX V M<sub>4</sub>
- XXX XX VI XXX XX VI M<sub>1</sub>
- XXX XX VII XXX XX VII M<sub>1</sub>
- XXX XX VIII XXX XX VIII M<sub>1</sub>, XXX XX VIII M<sub>2</sub>, XXX XX VIII M<sub>3</sub>, XXX XX VIII M<sub>4</sub>
- XXX XX IX XXX XX IX M<sub>1</sub>, XXX XX IX M<sub>2</sub>
- XXX XX X XXX XX X M<sub>1</sub>
- XXX XX XI XXX XX XI M<sub>1</sub>, XXX XX XI M<sub>2</sub>
- XXX XX XII XXX XX XII M<sub>1</sub>

(3) 細菌之分離

酒麴因產地而異，代以簡號，詳見前項，今由此類酒麴中所分離之細菌種，以英文字 B 表示之，其由一縣酒麴中分有兩種以上細菌時，則於 B 字之右側，記以 1, 2 等數字，以示區別。

A 細菌原液之配製

a) 取容積 120cc. 之伊氏燒瓶數十個，洗淨烘乾，每個加入 Dunham 氏消化蛋白溶液(37)，即消化蛋白 1% 鹽 0.5% 約 30cc. 並置入少許碎形玻璃塊，瓶口塞以棉花，置於蒸汽滅菌釜內，煮蒸一小時，連續滅菌三次。

b) 取容積 120cc. 之伊氏燒瓶數十個，乾淨後，每個加入稀釋二倍之(38)新鮮牛乳 30cc. 瓶口塞以棉花，如上述法滅菌。

c) 剖取各縣酒麴之一部，置於滅菌乳鉢



中在無菌室內，研成細末，分別加入上述 a,b, 二種原液中，振盪後，培養三日，即可應用。

B 細菌之分離

a) 固體培養基之配製

按 Cohn 氏處方另加 4% 明膠(39)

酒石酸銨	1 克
硫酸鎂	0.5 克
磷酸鈣	0.05 克
磷酸鉀	0.5 克
水	100 克

依上述處方，將各成分配好，置於容積約 200 之平底燒瓶中，在蒸汽釜中溶化之，分貯 5cc. 於已淨乾之培養管中，加棉塞滅菌三次。

b) 分離操作

方法與分離酵母操作相似茲不贅述

c) 細菌之純粹培養

方法與培養酵母操作相似茲不復述  
經培養結果細菌種如下

酒麴種別	細菌種別
VI	VI B <sub>1</sub> VI B <sub>2</sub>
IX	IX B <sub>1</sub>
X	X B <sub>1</sub>

XII	XII B <sub>1</sub>
XIII	XIII B <sub>1</sub>
XIV	XIV B <sub>1</sub> XIV B <sub>2</sub>
XV	XV B <sub>1</sub>
XX	XX B <sub>1</sub>
XXV	XXV B <sub>1</sub>
XXVII	XXVII B <sub>1</sub>
XXIX	XXIX B <sub>1</sub>
XXVII	XXVII B <sub>1</sub>
XXIX	XXIX B <sub>1</sub>
IV X	IV X B <sub>1</sub>
IV XI	IV XI B <sub>1</sub>
IV XII	IV XII B <sub>1</sub>
IV XIII	IV XIII B <sub>1</sub>
IV XV	IV XV B <sub>1</sub>

(三) 酒麴中各種菌類之生理性質  
I 酵母之生理性質試驗(40, 41, 42, 43)

(1) 生理試驗

A 畫線培養

移植純酵母於斜面培養基內，以鉗絲劃一直線，溫度 25-28°C，培養三日後，檢視之結果如下：

酵母種	生長狀態	色澤	邊緣	光澤	潤澤	突起程度	發育速度
Iy <sub>1</sub>	彌散全部	乳白	+	+	++	++	+++
Iy <sub>2</sub>	→	微紅乳白	+	+	++	+	++
Iy <sub>3</sub>	沿劃線生長上部較下部為狹	乳白	+	+	+	++	++
Ily <sub>1</sub>	沿畫線生長下部彌散	粉紅	+	+	++	++	+++
IIly <sub>2</sub>	彌散全部	乳白	+	+	+	+	++
IIly <sub>3</sub>	，，	，，	-	+	+	+	++
IIIy <sub>2</sub>	沿畫線生長	珊瑚紅	+	+	+	+	++
IIIy <sub>3</sub>	沿畫線生長面附有皺紋	乳白	+	+	+	+	+++
IVly <sub>1</sub>	彌散全部	，，	-	+	++	+	++
IVly <sub>2</sub>	沿畫線生長呈串珠狀連生	，，	+	+	+	++	+++
IVly <sub>3</sub>	呈串珠狀連生面附有氣孔	，，	-	+	+	+	+++
Vly <sub>1</sub>	彌散全部下部較寬	，，	+	+	+	+++	+++
Vly <sub>2</sub>	，，	，，	+	+	++	++	+++



VIIIy <sub>3</sub>	彌散全部	++	++	+	乳白	+	+	+	+	++
VIIy <sub>5</sub>	沿畫線呈葫蘆形面附有皺紋				,,	-	+	+	+	++
IXy <sub>9</sub>	沿畫線生長				,,	+	+	++	+++	+++
Xy <sub>4</sub>	,,	+	+		,,	+	+	++	++	++
XIy <sub>1</sub>	線形無紋				淺黃	+	+	++	+++	+++
XIy <sub>2</sub>	綫形有小點如雀紋				淺紅	-	-	+	+	+++
XIy <sub>3</sub>	線形				黃灰	-	-	+	+	+
XIIy <sub>1</sub>	,,	+	+	+	黃白	-	+	++	+	+++
XIIIy <sub>1</sub>	,,	+	+	+	淺紅	-	+	++	+	+++
XIIIy <sub>2</sub>	,,	+	+		淺紅	-	-	+	+	+++
XIVy <sub>1</sub>	,,	+	+		淺黃	+	+	++	++	+++
XIVy <sub>2</sub>	,,	+	+		黃白	-	+	++	+++	+++
XIVy <sub>3</sub>	,,				,,	-	-	+	+++	+++
XIVy <sub>4</sub>	,,				桃紅	+	+	++	++	+++
XVY <sub>1</sub>	葫蘆形				黃白	+	+	++	++	+++
XVIy <sub>2</sub>	綫形				米黃	+	-	+	+++	+++
XVIy <sub>3</sub>	,,				淺黃	+	+	++	++	+++
XVIy <sub>4</sub>	,,				珊瑚紅	+	+	++	++	+++
XVIy <sub>5</sub>	,,				淺紅	+	+	++	++	+++
XVIIy <sub>1</sub>	,,				米黃	+	+	++	+	+++
XVIIy <sub>2</sub>	,,				淺紅	-	+	++	++	++
XVIIy <sub>3</sub>	,,				珊瑚紅	-	+	++	++	+++
XVIIy <sub>4</sub>	,,				,,	-	+	++	+++	+++
XVIIy <sub>5</sub>	,,				乳白	-	+	++	+++	+++
XVIIIy <sub>1</sub>	,,				,,	+	+	+	+	+
XVIIIy <sub>2</sub>	彌散全部	+	+		,,	+	+	+	+	+
XIXy <sub>1</sub>	線形	++	++		,,	+	+	++	++	++
XIXy <sub>2</sub>	,,	+	+		紅	++	++	++	+	++
XIXy <sub>3</sub>	,,				乳白	++	++	++	++	++
XXy <sub>1</sub>	,,	+	+		白	++	++	+++	++	+++
XXy <sub>2</sub>	,,				紅	+	+	++	++	++
XXy <sub>3</sub>	,,				白黃	+	+	++	++	++
XXy <sub>4</sub>	,,				粉紅	+	+	++	++	++
XXy <sub>5</sub>	,,				,,	++	++	+	+	+
XXIy <sub>1</sub>	,,				乳白	++	+	+	++	+
XXIy <sub>2</sub>	,,				紅	++	+	+	+	+
XXIy <sub>3</sub>	,,	+	+	+	淺黃	++	+	+	+	+
XXIy <sub>4</sub>	,,	+			白黃	++	++	++	+	++
XXIy <sub>5</sub>	,,	+	+	+	紅	++	+	++	++	++



XXV <sub>1</sub>	線形	乳白	+	++	++	+	++
XXV <sub>2</sub>	,,	,,	++	++	+	+	++
XXV <sub>3</sub>	線形下部呈球形	潤白	-	-	-	+	++
XXV <sub>4</sub>	畫綫生長下部呈球形	乳白	-	+	+	++	++
XXV <sub>5</sub>	,,	,,	-	+	-	+	++
XXVI <sub>1</sub>	彌散	,,	+	+	+	+	+
XXVI <sub>2</sub>	曲綫生長	暗白	-	-	-	+	++
XXVI <sub>3</sub>	直綫生長下部膨大	乳白	+	++	+	++	+
XXVI <sub>4</sub>	,,	紅	+	++	+	++	++
XXVI <sub>5</sub>	彌散	乳白	-	+	++	+	++
XXVI <sub>6</sub>	直綫生長下部膨大	,,	+	+	+	+	++
XXVI <sub>7</sub>	直綫生長下部彌散	,,	+	+	+	+	++
XXVI <sub>8</sub>	壘綫形葫蘆形下部膨大有花紋	潤白	-	+	-	+	++
XXVI <sub>9</sub>	曲綫膨大狀	白	-	-	-	+	++
XXVI <sub>10</sub>	彌散呈葉形	暗白	-	-	-	+	+
XXVI <sub>11</sub>	線形呈乾葉狀	乾白	-	-	-	+	++
XXVI <sub>12</sub>	壘形生長	潤白	-	-	-	+	++
XXVI <sub>13</sub>	綫形面有花紋	,,	-	-	-	+	++
XXVI <sub>14</sub>	綫形面有裂隙	乳紅	+	+	+	++	++
XXVI <sub>15</sub>	串珠連生	,,	+	+	+	++	++
XXVI <sub>16</sub>	線形	,,	+	+	+	++	++
XXVI <sub>17</sub>	線形	,,	-	-	+	++	++
XXVI <sub>18</sub>	線形	,,	+	+	+	++	++
IVX <sub>1</sub>	線形下部膨大	,,	+	++	+	+	+
IVX <sub>2</sub>	線形	,,	+	+	+	++	++
IVX <sub>3</sub>	彌散培基有裂隙	,,	+	++	++	+	++
IVX <sub>4</sub>	綫形下部曲綫	,,	+	-	++	+	++
IVX <sub>5</sub>	,,	紅	+	+	+	+	+
IVX <sub>6</sub>	線形呈蛆背形之節	潤白	-	-	-	++	++
IVX <sub>7</sub>	線形呈下部橢圓形	乳白	-	+	+	++	++
IVX <sub>8</sub>	,,	紅	+	+	+	+	++
IVX <sub>9</sub>	線形	粉紅	+	+	+	+	+
IVX <sub>10</sub>	彌散	濁白	-	+	+	-	++
IVX <sub>11</sub>	壘係葫蘆狀	乳白	-	+	-	+	++
IVX <sub>12</sub>	壘係生長	潤白	-	+	-	+	+
IVX <sub>13</sub>	,,	暗白	-	-	-	+	+
IVX <sub>14</sub>	綫形	黃	+	+	+	+	+
IVX <sub>15</sub>	,,	,,	-	-	+	+	+
IVX <sub>16</sub>	,,	乳白	+	+	+	-	++



IVXIIy <sub>2</sub>	線形	++	乳白	-	+	+	+	+	+
IVXIIIy <sub>3</sub>	彌散	++	,,	-	+	+	+	+	+
IVXIIIy <sub>1</sub>	線形下部彌散	++	紅色	-	+	+	+	+	+
IVXIIIy <sub>2</sub>	,,	++	乳白	-	+	+	+	+	+
IVXIIIy <sub>1</sub>	線形	++	,,	-	+	-	-	+	+
IVXIIIy <sub>2</sub>	串珠狀連生	+++	,,	-	+	+	+	+	+
VXy <sub>1</sub>	線形	++	,,	-	+	+	+	+	+
VXy <sub>2</sub>	串珠狀連生	++	潤白	-	-	-	+	+	+
VXy <sub>3</sub>	線形	++	乳白	-	+	+	+	+	+
VXy <sub>4</sub>	,,	++	黃白	-	+	+	+	+	+
VXIy <sub>1</sub>	,,	++	乳白	+	+	+	+	+	+
VXIy <sub>1</sub>	,,	++	潤白	-	+	-	+	+	+
VXIy <sub>2</sub>	,,	++	乳白	-	+	+	+	+	+
VXIy <sub>3</sub>	,,	++	,,	-	+	+	+	+	+
VXIy <sub>4</sub>	線形下部呈葉狀膨大	++	潤白	-	+	-	+	+	+

註： 邊 緣 + 齊整 - 不整齊（有皺紋）  
 光 澤 ++ 反光 + 暗光 - 不反光  
 潤 澤 ++ 溼 + 潤 - 乾  
 突起程度 ++ 高 + 低 - 無（平鋪）  
 發育速度 +++ 快 ++ 稍快 + 慢

B 穿刺培養

取已溶之培養基傾入 10cc，於培養管中滅菌後，直立待冷則凝成柱形，以無菌絲移取酵母菌苔少許，於此柱狀培養基面之中央穿刺入內，約達全柱體四分之三，後置於保溫箱中，溫度 30°C，任其發育四十日後，取出檢視之結果如下：

酵母種	表面生長	中間生長	氣體
Iy <sub>1</sub>	+++	+++	-
Iy <sub>3</sub>	+++	+	-
Iy <sub>5</sub>	+++	++	-
IIy <sub>1</sub>	+++	+	-
IIIy <sub>6</sub>	+++	+	-
IVy <sub>4</sub>	+++	+	-
Vy <sub>2</sub>	++	+	-
Vy <sub>8</sub>	+++	++	+
VIy <sub>1</sub>	++	+	-
VIy <sub>2</sub>	+++	+	-
VIy <sub>7</sub>	++	+	-

VIIy <sub>7</sub>	+++	++	-
VIIy <sub>8</sub>	++	+	-
VIIIy <sub>3</sub>	+++	+++	+
VIIIy <sub>5</sub>	++	++	-
IXy <sub>9</sub>	++	+	-
Xy <sub>4</sub>	++	+	-
XIy <sub>1</sub>	+++	+	-
XIy <sub>2</sub>	+++	+	-
XIy <sub>3</sub>	+++	+	+
XIIy <sub>1</sub>	+++	++	-
XIIy <sub>1</sub>	+++	+	-
XIIy <sub>1</sub>	+++	+	-
XIIy <sub>1</sub>	+++	+	-
XIIy <sub>1</sub>	+++	++	-
XIIy <sub>1</sub>	+++	+	-
XIIy <sub>2</sub>	+++	+	-
XIIy <sub>1</sub>	+++	+	-
XIIy <sub>2</sub>	+++	+	-
XIIy <sub>1</sub>	+++	+	-
XIIy <sub>1</sub>	+++	+	-



IIIy <sub>2</sub>	+++	+	-	-	XXIIIy <sub>1</sub>	++	+	-
IIIy <sub>3</sub>	+++	+	+	-	XXIIIy <sub>2</sub>	++	+++	+
IIIy <sub>4</sub>	+++	+	+	-	XXIIIy <sub>3</sub>	++	+	-
IIIy <sub>5</sub>	+++	+	+	-	XXIIIy <sub>4</sub>	++	+++	+
IIIy <sub>1</sub>	+++	+	+	-	XXIIIy <sub>5</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	+	-	-	IVXy <sub>1</sub>	++	++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	IVXIy <sub>1</sub>	++	+++	+
IIIy <sub>4</sub>	++	++	+	+	IVXIy <sub>2</sub>	++	+++	+
IIIy <sub>5</sub>	++	++	+	+	IVXIy <sub>3</sub>	++	++	+
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	IVXIy <sub>4</sub>	++	+++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	IVXIy <sub>5</sub>	++	+++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	IVXIIy <sub>1</sub>	+++	+	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	IVXIIy <sub>2</sub>	+++	+	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	IVXIIy <sub>3</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	IVXIIy <sub>4</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	IVXIIy <sub>5</sub>	+++	+	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	IVXIIIy <sub>1</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	IVXIIIy <sub>2</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	IVXIIIy <sub>3</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	IVXIIIy <sub>4</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	IVXIIIy <sub>5</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	IVXIVy <sub>1</sub>	+++	+++	+
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	IVXIVy <sub>2</sub>	+++	+	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	IVXIVy <sub>3</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	IVXIVy <sub>4</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	IVXIVy <sub>5</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	IVXVYy <sub>1</sub>	+++	+++	+
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	IVXVYy <sub>2</sub>	+++	+	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	IVXVYy <sub>3</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	IVXVYy <sub>4</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	IVXVYy <sub>5</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	IVXVIy <sub>1</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	IVXVIy <sub>2</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	IVXVIy <sub>3</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	IVXVIy <sub>4</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	IVXVIy <sub>5</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	IVXVIIy <sub>1</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	IVXVIIy <sub>2</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	IVXVIIy <sub>3</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	IVXVIIy <sub>4</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	IVXVIIy <sub>5</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	IVXVIIIy <sub>1</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	IVXVIIIy <sub>2</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	IVXVIIIy <sub>3</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	IVXVIIIy <sub>4</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	IVXVIIIy <sub>5</sub>	+++	++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	VXy <sub>1</sub>	+++	+	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	VXy <sub>2</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	VXy <sub>3</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	VXy <sub>4</sub>	+++	+++	+
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	VXIy <sub>1</sub>	+++	+++	+
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	VXIy <sub>2</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	VXIy <sub>3</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	VXIy <sub>4</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	VXIy <sub>5</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	VXIIy <sub>1</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	VXIIy <sub>2</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	VXIIy <sub>3</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	VXIIy <sub>4</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	VXIIy <sub>5</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>1</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>2</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>3</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>4</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>5</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>1</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>2</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>3</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>4</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>5</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>1</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>2</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>3</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>4</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>5</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>2</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>1</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>3</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>2</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>4</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>3</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>5</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>4</sub>	+++	+++	-
IIIy <sub>1</sub>	++	++	-	-	VXIIIy <sub>5</sub>	+++	+++	-

註： 表面生長及中間生長  
 +++(很多) ++(多)



+(少) 氣 +(有) -(無)  
C 液體培養

取純酵母菌苔移植液於液體培養基內經  
二日後檢視結果如下

酵母種	薄 膜	產 生	混 濁	工 程	結 果
Iy <sub>1</sub>			±	IXy <sub>3</sub>	±
Iy <sub>3</sub>			-	IXy <sub>4</sub>	±
Iy <sub>5</sub>			±	IXy <sub>5</sub>	+
IIy <sub>1</sub>			+	XIy <sub>1</sub> 三日後生白膜	+
IIIy <sub>6</sub>			-	XIy <sub>2</sub>	+
IVy <sub>4</sub>			+	XIy <sub>3</sub>	-
Vy <sub>2</sub>			±	XIIy <sub>1</sub>	±
Vy <sub>3</sub>			-	XIIy <sub>2</sub>	+
VIy <sub>1</sub>			+	XIIIy <sub>1</sub> 三日後生薄膜	-
VIy <sub>2</sub> 五日後微有白色薄膜產生			-	XIIIy <sub>2</sub>	±
VIy <sub>7</sub>			+	XIVy <sub>1</sub> 有膜產生	±
VIIy <sub>7</sub>			+	XIVy <sub>2</sub>	-
VIIy <sub>8</sub>			-	XVYy <sub>2</sub> 有膜	±
VIIIy <sub>3</sub>			+	XVYy <sub>3</sub> 有膜	±
VIIIy <sub>5</sub>			+	XVYy <sub>4</sub> 有膜	±
IXy <sub>9</sub> 八日後呈白色薄膜而有氣泡			-	XVIIy <sub>1</sub> 有膜	-
Xy <sub>4</sub>			±	XVIIy <sub>2</sub> 有膜	-
XIy <sub>1</sub>			-	XVIIIy <sub>1</sub>	±
XIy <sub>2</sub>			+	XX XIy <sub>1</sub>	-
XIy <sub>3</sub>			-	XX XIy <sub>2</sub>	-
XIIy <sub>1</sub>			+	XX XIIy <sub>1</sub>	-
XIIIy <sub>1</sub>			+	XX XIIy <sub>2</sub>	±
XIIIy <sub>2</sub>			+	XX XIIy <sub>3</sub>	±
XIVy <sub>1</sub>			-	XX XIIy <sub>4</sub>	-
XVYy <sub>2</sub>			+	XX XIIy <sub>5</sub>	±
XVIy <sub>1</sub> 五日後微有白膜			-	XX XIIy <sub>6</sub>	-
XVIy <sub>2</sub> 六日後有白膜			-	XX XIIy <sub>7</sub>	±
XVIIy <sub>1</sub>			±	XX XIIy <sub>8</sub>	±
XVIIy <sub>3</sub>			-	XX XIIy <sub>9</sub>	±
XVIIIy <sub>1</sub>			+	XX XIIy <sub>10</sub>	±
XVIIIy <sub>3</sub>			-	XX XIIy <sub>11</sub>	-
XVIIIy <sub>5</sub>			+	XX XIIy <sub>12</sub>	±
XIXy <sub>1</sub>			+	XX XIIy <sub>13</sub>	±
XIXy <sub>3</sub>			+	XX XIIy <sub>14</sub>	±



XXIIIy <sub>4</sub>	-	IVIIIy <sub>2</sub>	-
IVXIIy <sub>1</sub>	-	VXIIy <sub>1</sub> 有膜	-
IVXIy <sub>1</sub>	±	VXIIy <sub>2</sub>	---
IVXIy <sub>1</sub>	+	VXIy <sub>1</sub>	±
IVXIy <sub>2</sub>	+	VXIy <sub>2</sub>	-
IVXIy <sub>3</sub>	±	VXIy <sub>3</sub>	---
IVXIy <sub>4</sub>	-	VXIy <sub>4</sub>	---
IVXIIy <sub>1</sub>	±	VXIy <sub>1</sub>	-
IVXIIy <sub>2</sub> 有膜	±	VXIIy <sub>1</sub> 有膜	±
IVXIIy <sub>1</sub>	-	VXIIy <sub>2</sub>	±
IVXIIy <sub>1</sub>	-	VXIIy <sub>3</sub>	-
IVXIIy <sub>1</sub>	---	VXIIy <sub>4</sub>	-
IVXIIy <sub>2</sub>	---		
IVXIIy <sub>3</sub>	---		
IVXIIy <sub>4</sub>	---		
IVXIIy <sub>1</sub>	---		
IVXIIy <sub>2</sub>	---		
IVXIIy <sub>1</sub> 有膜	-		
IVXIIy <sub>2</sub>	±		
IVXIIy <sub>3</sub>	±		
IVXIIy <sub>1</sub>	---		

註： 混濁 + 二日後清  
 ± 三日後清  
 - 四日後清  
 -- 六七日後清  
 --- 八日後猶混

D 大羣落Giant Colonies培養

以無菌鉗絲尖端，挑取少許酵母菌苔點，植於培養基面之中央，於常溫下，任其繁殖，三十日後檢視之，結果如下：

酵母種	色 澤	形	直 徑 大 小	突 起 程 度
Iy <sub>1</sub>	乳白	橢圓形面平滑光潤	mm. 16	++
Iy <sub>3</sub>	''	'' ''	15	+
Iy <sub>5</sub>	''	'' ''	16	+
IIy <sub>1</sub>	粉紅	呈海星形而平滑邊緣整齊	17	+++
IIIy <sub>6</sub>	乳白	呈圓形面平滑	13	+
IVy <sub>4</sub>	''	''	16	+
Vy <sub>2</sub>	珊瑚紅	''	17	++
Vy <sub>8</sub>	暗白	卵圓形面有皺紋有暗磁錦狀光澤突起呈帽形	21-16	+++
VIy <sub>1</sub>	乳白	圓形面有皺紋	19	++
VIy <sub>2</sub>	暗白	圓形面粗糙大氣孔邊緣有刺紋	16	++
VIy <sub>7</sub>	乳白	橢丹形邊緣有皺紋	18-19	++
VIIy <sub>7</sub>	''	圓形面平滑	18	++
VIIy <sub>8</sub>	''	''	16	++
VIIIy <sub>8</sub>	''	圓形面粗糙有輪紋	16	++
VIIIy <sub>5</sub>	''	圓形面粗糙有氣孔邊緣有皺紋	19	++
IXy <sub>9</sub>	''	圓形面平滑	16	++



Xy <sub>4</sub>	乳白	圓形面平滑邊緣有皺紋	14	+++
XIy <sub>1</sub>	淺黃	圓形面平滑	20	++
XIy <sub>2</sub>	淺紅	,, ,,	16	+++
XIy <sub>3</sub>	灰暗	圓形面粗糙	23	++
XIIy <sub>1</sub>	黃白	卵圓形面粗糙	20	+++
XIIy <sub>1</sub>	淺紅	卵圓形面有皺紋	15	+++
XIIy <sub>1</sub>	,,	圓形平滑	20	+++
XIy <sub>1</sub>	淺黃	,,	25	++
XIy <sub>2</sub>	,,	卵圓形面有波紋	24	++
XIIy <sub>1</sub>	黃白	卵圓形面平滑	21	+++
XIIy <sub>2</sub>	桃紅	圓形面有皺紋	21	+++
XIIy <sub>1</sub>	黃白	圓形平滑	25	+++
XIIy <sub>2</sub>	,,	,,	22	+++
XIIy <sub>1</sub>	淺紅	,,	18	+++
XIIy <sub>2</sub>	珊瑚淺	,,	17	+++
XIIy <sub>3</sub>	淺紅	,,	19	+++
XIIy <sub>1</sub>	黃白	,,	22	++
XIIy <sub>2</sub>	淺紅	,,	22	+++
XIIy <sub>3</sub>	珊瑚紅	,,	19	+++
XIIy <sub>4</sub>	,,	,,	22	++
XIIy <sub>5</sub>	黃白	,,	23	+++
XIIy <sub>1</sub>	乳白	,,	22	+
XIIy <sub>2</sub>	黃白	,,	25	+
XIIIy <sub>1</sub>	乳白	,,	25	+++
XIIIy <sub>2</sub>	紅	,,	22	++
XIIIy <sub>3</sub>	黃白	,,	25	++
XIIIy <sub>1</sub>	乳白	,,	25	+++
XIIIy <sub>2</sub>	深紅	,,	24	++
XIIIy <sub>1</sub>	黃白	,,	20	+++
XIIIy <sub>2</sub>	粉紅	,,	30	+++
XIIIy <sub>1</sub>	,,	,,	23	++
XIIIy <sub>1</sub>	乳白	,,	30	+++
XIIIy <sub>2</sub>	紅	,,	24	++
XIIIy <sub>3</sub>	粉紅	,,	28	++
XIIIy <sub>4</sub>	黃白	,,	25	++
XIIIy <sub>1</sub>	紅	,,	29	++
XIIIy <sub>1</sub>	黃白	,,	30	++
XIIIy <sub>1</sub>	乳白	,,	28	++
XIIIy <sub>1</sub>	潤白	長圓形面粗糙邊有花紋	30	++



XXxy <sub>2</sub>	乳白	長圓形面粗糙邊有花紋	25	++
XXxy <sub>1</sub>	，	圓形面粗糙邊有裂隙	16	++
XXxy <sub>1</sub>	，	，	18	++
XXxy <sub>2</sub>	暗白	圓形面平滑	20	++
XXxy <sub>1</sub>	乳白	，	7	+++
XXxy <sub>1</sub>	紅	圓形面平滑	17	++
XXxy <sub>2</sub>	潤白	，	15	++
XXxy <sub>3</sub>	乳白	卵圓形面粗糙有花紋	16	++
XXxy <sub>1</sub>	，	卵圓形面平滑	12	++
XXxy <sub>2</sub>	潤白	橢圓形面呈壘線形	6	++
XXxy <sub>3</sub>	白	橢圓形面粗糙有花紋	25	++
XXxy <sub>4</sub>	暗白	，	20	++
XXxy <sub>1</sub>	乾白	，	18	++
XXxy <sub>1</sub>	潤白	，	16	++
XXxy <sub>1</sub>	，	，	20	++
XXxy <sub>1</sub>	乳白	圓形面潤滑有皺紋中間隆起	13	+++
XXxy <sub>2</sub>	，	，	16	++
XXxy <sub>3</sub>	，	，	14	++
XXxy <sub>4</sub>	，	，	13	+++
XXxy <sub>1</sub>	，	圓形面平滑中間呈點狀突起	16	+++
IVxy <sub>1</sub>	，	，	15	+++
IVxy <sub>1</sub>	，	，	14	+++
IVxy <sub>2</sub>	，	，	14	+++
IVxy <sub>3</sub>	，	，	13	+++
IVxy <sub>4</sub>	紅	，	18	++
IVxy <sub>1</sub>	潤白	卵圓形面平滑	14	+++
IVxy <sub>2</sub>	乳白	，	15	++
IVxy <sub>1</sub>	紅	，	19	++
IVxy <sub>1</sub>	粉紅	，	20	++
IVxy <sub>1</sub>	濁白	，	16	++
IVxy <sub>2</sub>	乳白	，	16	++
IVxy <sub>3</sub>	潤白	，	18	++
IVxy <sub>4</sub>	暗白	，	16	++
IVxy <sub>1</sub>	黃	，	20	++
IVxy <sub>2</sub>	黃	，	20	++
IVxy <sub>1</sub>	乳白	卵圓形面粗糙邊呈花瓣樣	16	++
IVxy <sub>2</sub>	，	圓形面平滑	18	++
IVxy <sub>3</sub>	，	，	15	+++
IVxy <sub>1</sub>	紅	，	14	+++







XXIy <sub>2</sub>		+++	++
XXIy <sub>3</sub>	+	+++	
XXIy <sub>4</sub>	++	+++	
XXIIy <sub>1</sub>		+++	
XXIIy <sub>2</sub>			+++
XXIIy <sub>3</sub>	+	+++	
XXIIy <sub>4</sub>	+++	++	+
XXIIy <sub>5</sub>	++	+++	+
XXIIy <sub>6</sub>	+++	++	
XXIIIy <sub>1</sub>	++	+++	
XXIIIy <sub>2</sub>	+++	+	
XXIIIy <sub>3</sub>	+++	+	
XXIIIy <sub>4</sub>	+++	+	
XXIIIy <sub>5</sub>	+++	+	
XXIIIy <sub>6</sub>	+	+	+++
XXIIIy <sub>7</sub>	+++		
XXIIIy <sub>8</sub>	+++	+	+++
XXIIIy <sub>9</sub>	+	+	+++
XXIIIy <sub>10</sub>	+++	++	
XXIIIy <sub>11</sub>	++	+++	
XXIIIy <sub>12</sub>		+	+++
XXIIIy <sub>13</sub>		++	+++
XXIIIy <sub>14</sub>	+++	+	
XXIIIy <sub>15</sub>	+++	+	
XXIIIy <sub>16</sub>		+++	++
XXIIIy <sub>17</sub>	++	++	+++
XXIIIy <sub>18</sub>	++	+++	
XXIIIy <sub>19</sub>	+++	++	
XXIIIy <sub>20</sub>	+++	++	

IVXXIy <sub>1</sub>		++	+++
IVXXIy <sub>2</sub>	+	+++	
IVXXIy <sub>3</sub>	+	+++	
IVXXIy <sub>4</sub>	+++	+	
IVXXIy <sub>5</sub>	+++	+	
IVXXIy <sub>6</sub>	++	+++	
IVXXIy <sub>7</sub>	++	+++	
IVXXIy <sub>8</sub>	+++	+	
IVXXIy <sub>9</sub>	++	+++	
IVXXIy <sub>10</sub>	++	+++	
IVXXIy <sub>11</sub>	+++	+	
IVXXIy <sub>12</sub>		+	+++
IVXXIy <sub>13</sub>	+++	+	+++
IVXXIy <sub>14</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>15</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>16</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>17</sub>		+++	++
IVXXIy <sub>18</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>19</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>20</sub>		++	+++
IVXXIy <sub>21</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>22</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>23</sub>		++	+++
IVXXIy <sub>24</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>25</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>26</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>27</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>28</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>29</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>30</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>31</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>32</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>33</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>34</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>35</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>36</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>37</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>38</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>39</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>40</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>41</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>42</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>43</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>44</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>45</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>46</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>47</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>48</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>49</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>50</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>51</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>52</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>53</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>54</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>55</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>56</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>57</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>58</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>59</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>60</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>61</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>62</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>63</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>64</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>65</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>66</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>67</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>68</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>69</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>70</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>71</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>72</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>73</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>74</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>75</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>76</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>77</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>78</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>79</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>80</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>81</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>82</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>83</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>84</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>85</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>86</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>87</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>88</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>89</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>90</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>91</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>92</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>93</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>94</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>95</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>96</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>97</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>98</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>99</sub>	+++	++	
IVXXIy <sub>100</sub>	+++	++	

註 +++(極多) ++(多) +(少)

b 薄膜

酵母種	球形	卵圓形	橢圓形	臘腸形
Iy <sub>1</sub>				
Iy <sub>5</sub>				
Iy <sub>5</sub>				
IIy <sub>1</sub>				
IIIy <sub>6</sub>				
IVy <sub>4</sub>				
Vy <sub>2</sub>				
Vy <sub>5</sub>				
VIy <sub>1</sub>				
VIy <sub>2</sub>	+	+++		
VIy <sub>7</sub>				
VIIy <sub>7</sub>				
VIIy <sub>8</sub>				
VIIIy <sub>5</sub>				
VIIIy <sub>5</sub>				
IXy <sub>9</sub>	+++	+		
Xy <sub>4</sub>	+++			



5 期			工	程			89
XIy <sub>1</sub>				XXXy <sub>1</sub>	+++		00
XIy <sub>2</sub>	+	+		XXXIy <sub>1</sub>	+++		
XIy <sub>3</sub>				XXXIy <sub>2</sub>	+++	+++	
XIIy <sub>1</sub>			+++	XXXIy <sub>3</sub>	+++	++	
XIIy <sub>2</sub>			+++	XXXIy <sub>4</sub>			
XIIy <sub>3</sub>		+		XXXIy <sub>5</sub>	+++		
XIIIy <sub>1</sub>			+++	XXXIy <sub>6</sub>	+++		
XIIIy <sub>2</sub>	+++	+		XXXIy <sub>7</sub>			
XIIIy <sub>3</sub>			+	XXXIy <sub>8</sub>			
XIIIy <sub>4</sub>				XXXIy <sub>9</sub>			
XIIIy <sub>5</sub>		+++		XXXIy <sub>10</sub>			
XIIIy <sub>6</sub>				XXXIy <sub>11</sub>			
XIIIy <sub>7</sub>				XXXIy <sub>12</sub>			
XIIIy <sub>8</sub>				XXXIy <sub>13</sub>			
XIIIy <sub>9</sub>				XXXIy <sub>14</sub>			
XIIIy <sub>10</sub>				XXXIy <sub>15</sub>			
XIIIy <sub>11</sub>				XXXIy <sub>16</sub>			
XIIIy <sub>12</sub>				XXXIy <sub>17</sub>			
XIIIy <sub>13</sub>				XXXIy <sub>18</sub>			
XIIIy <sub>14</sub>				XXXIy <sub>19</sub>			
XIIIy <sub>15</sub>				XXXIy <sub>20</sub>			
XIIIy <sub>16</sub>				XXXIy <sub>21</sub>			
XIIIy <sub>17</sub>				XXXIy <sub>22</sub>			
XIIIy <sub>18</sub>				XXXIy <sub>23</sub>			
XIIIy <sub>19</sub>				XXXIy <sub>24</sub>			
XIIIy <sub>20</sub>				XXXIy <sub>25</sub>			
XIIIy <sub>21</sub>				XXXIy <sub>26</sub>			
XIIIy <sub>22</sub>				XXXIy <sub>27</sub>			
XIIIy <sub>23</sub>				XXXIy <sub>28</sub>			
XIIIy <sub>24</sub>				XXXIy <sub>29</sub>			
XIIIy <sub>25</sub>				XXXIy <sub>30</sub>			
XIIIy <sub>26</sub>				XXXIy <sub>31</sub>			
XIIIy <sub>27</sub>				XXXIy <sub>32</sub>			
XIIIy <sub>28</sub>				XXXIy <sub>33</sub>			
XIIIy <sub>29</sub>				XXXIy <sub>34</sub>			
XIIIy <sub>30</sub>				XXXIy <sub>35</sub>			
XIIIy <sub>31</sub>				XXXIy <sub>36</sub>			
XIIIy <sub>32</sub>				XXXIy <sub>37</sub>			
XIIIy <sub>33</sub>				XXXIy <sub>38</sub>			
XIIIy <sub>34</sub>				XXXIy <sub>39</sub>			
XIIIy <sub>35</sub>				XXXIy <sub>40</sub>			
XIIIy <sub>36</sub>				XXXIy <sub>41</sub>			
XIIIy <sub>37</sub>				XXXIy <sub>42</sub>			
XIIIy <sub>38</sub>				XXXIy <sub>43</sub>			
XIIIy <sub>39</sub>				XXXIy <sub>44</sub>			
XIIIy <sub>40</sub>				XXXIy <sub>45</sub>			
XIIIy <sub>41</sub>				XXXIy <sub>46</sub>			
XIIIy <sub>42</sub>				XXXIy <sub>47</sub>			
XIIIy <sub>43</sub>				XXXIy <sub>48</sub>			
XIIIy <sub>44</sub>				XXXIy <sub>49</sub>			
XIIIy <sub>45</sub>				XXXIy <sub>50</sub>			
XIIIy <sub>46</sub>				XXXIy <sub>51</sub>			
XIIIy <sub>47</sub>				XXXIy <sub>52</sub>			
XIIIy <sub>48</sub>				XXXIy <sub>53</sub>			
XIIIy <sub>49</sub>				XXXIy <sub>54</sub>			
XIIIy <sub>50</sub>				XXXIy <sub>55</sub>			
XIIIy <sub>51</sub>				XXXIy <sub>56</sub>			
XIIIy <sub>52</sub>				XXXIy <sub>57</sub>			
XIIIy <sub>53</sub>				XXXIy <sub>58</sub>			
XIIIy <sub>54</sub>				XXXIy <sub>59</sub>			
XIIIy <sub>55</sub>				XXXIy <sub>60</sub>			
XIIIy <sub>56</sub>				XXXIy <sub>61</sub>			
XIIIy <sub>57</sub>				XXXIy <sub>62</sub>			
XIIIy <sub>58</sub>				XXXIy <sub>63</sub>			
XIIIy <sub>59</sub>				XXXIy <sub>64</sub>			
XIIIy <sub>60</sub>				XXXIy <sub>65</sub>			
XIIIy <sub>61</sub>				XXXIy <sub>66</sub>			
XIIIy <sub>62</sub>				XXXIy <sub>67</sub>			
XIIIy <sub>63</sub>				XXXIy <sub>68</sub>			
XIIIy <sub>64</sub>				XXXIy <sub>69</sub>			
XIIIy <sub>65</sub>				XXXIy <sub>70</sub>			
XIIIy <sub>66</sub>				XXXIy <sub>71</sub>			
XIIIy <sub>67</sub>				XXXIy <sub>72</sub>			
XIIIy <sub>68</sub>				XXXIy <sub>73</sub>			
XIIIy <sub>69</sub>				XXXIy <sub>74</sub>			
XIIIy <sub>70</sub>				XXXIy <sub>75</sub>			
XIIIy <sub>71</sub>				XXXIy <sub>76</sub>			
XIIIy <sub>72</sub>				XXXIy <sub>77</sub>			
XIIIy <sub>73</sub>				XXXIy <sub>78</sub>			
XIIIy <sub>74</sub>				XXXIy <sub>79</sub>			
XIIIy <sub>75</sub>				XXXIy <sub>80</sub>			
XIIIy <sub>76</sub>				XXXIy <sub>81</sub>			
XIIIy <sub>77</sub>				XXXIy <sub>82</sub>			
XIIIy <sub>78</sub>				XXXIy <sub>83</sub>			
XIIIy <sub>79</sub>				XXXIy <sub>84</sub>			
XIIIy <sub>80</sub>				XXXIy <sub>85</sub>			
XIIIy <sub>81</sub>				XXXIy <sub>86</sub>			
XIIIy <sub>82</sub>				XXXIy <sub>87</sub>			
XIIIy <sub>83</sub>				XXXIy <sub>88</sub>			
XIIIy <sub>84</sub>				XXXIy <sub>89</sub>			
XIIIy <sub>85</sub>				XXXIy <sub>90</sub>			
XIIIy <sub>86</sub>				XXXIy <sub>91</sub>			
XIIIy <sub>87</sub>				XXXIy <sub>92</sub>			
XIIIy <sub>88</sub>				XXXIy <sub>93</sub>			
XIIIy <sub>89</sub>				XXXIy <sub>94</sub>			
XIIIy <sub>90</sub>				XXXIy <sub>95</sub>			
XIIIy <sub>91</sub>				XXXIy <sub>96</sub>			
XIIIy <sub>92</sub>				XXXIy <sub>97</sub>			
XIIIy <sub>93</sub>				XXXIy <sub>98</sub>			
XIIIy <sub>94</sub>				XXXIy <sub>99</sub>			
XIIIy <sub>95</sub>				XXXIy <sub>100</sub>			



IVXy<sub>1</sub> + + +  
 IVXy<sub>2</sub>  
 VXy<sub>1</sub> + + + + + + +  
 VXy<sub>2</sub>  
 VXy<sub>3</sub>

(2)細胞之大小

酵母種

長軸直徑

短軸直徑

丹形直徑

Iy<sub>1</sub>

Iy<sub>3</sub>

Iy<sub>5</sub>

IIy<sub>1</sub>

IIIy<sub>6</sub>

IVy<sub>4</sub>

Vy<sub>2</sub>

Vy<sub>3</sub>

VIy<sub>1</sub>

VIy<sub>2</sub>

VIy<sub>7</sub>

VIIy<sub>7</sub>

VIIy<sub>8</sub>

VIIIy<sub>3</sub>

VIIIy<sub>5</sub>

IXy<sub>9</sub>

Xy<sub>4</sub>

XIy<sub>1</sub>

XIy<sub>2</sub>

XIy<sub>3</sub>

XIIy<sub>1</sub>

XIIy<sub>1</sub>

XIIy<sub>1</sub>

XIy<sub>1</sub>

XIy<sub>2</sub>

XIIy<sub>1</sub>

XIIy<sub>2</sub>

XIIy<sub>1</sub>

XIIy<sub>2</sub>

XIIy<sub>1</sub>

XIIy<sub>2</sub>

XIIy<sub>3</sub>

7.2-12.6M

6M

3.6-5.4M

5.4M

7.2M

5M

8M

5.4M

3-7.5M

4-10.25M

3.75-5.25M

5-8M

5-5.75M

3-7.5M

5.75-6.25M

5-6.25M

3.6-5.4M

5.4M

1.8-3.6M

3.6M

3.6M

3.6M

3.4M

3M

2-2.5M

2-3.5M

2.5M

5.75-6.55M

2.5-5M

2-2.5M

3.35-5M

3-3.25M

2.7-5.4M

3.6-7M

3.6-5.4M

2.7-5.2M

5.4-7.2M

3.6-5.4M

3.6-5.4M

3-7M

3-6.5M

4.2-7.5M

4.5-6.25M

3-8.25M

5-8.75M

2.75-5.75M

5-8.75M

3.5-8.35M



58

XXY <sub>1</sub>	4-5M	2-2.5M	
XXY <sub>2</sub>			5-8.75M
XXY <sub>3</sub>	5-5.75M	2.5-3.5M	
XXY <sub>4</sub>	5-5.75M	2.5-4M	
XXY <sub>5</sub>			4.25-7.25M
XXY <sub>1T.S</sub>	5-8.75M	3.75-6.25M	
XXY <sub>2T.S</sub>			4-6.25M
XXIy <sub>1</sub>			5-6.25M
XXIy <sub>2T.S</sub>	6.25-9.5M	3.75-5M	
XXIy <sub>3</sub>	5-6.25M	4.55M	
XVIIy <sub>1T.S</sub>			6.25-9.5M
XVIIy <sub>2T.S</sub>	7.5-11.25M	5-6.25M	
XXIIy <sub>1</sub>			5-6.25M
XXIIy <sub>1</sub>			5-6.25M
XXIIy <sub>1</sub>	5-9.5M	4.25M	
XXV <sub>1</sub>			5-6.25M
XXV <sub>2</sub>	6.25-8.95M	5-6.25M	
XXV <sub>3</sub>	6.25-9.5M	5-6.25M	
XXV <sub>4</sub>	5-10M	5-6.25M	
XXIIy <sub>1</sub>	6.25-9.5M	5-6.25M	
XXIIIy <sub>1T.S</sub>	9.5-11.25M	5-6.25M	
XVIIIy <sub>1</sub>	5.75-6.25M	3.95-5M	
XXXy <sub>1</sub>			2.86-7.71M
XXXy <sub>2</sub>	5.14M	2.57M	
XXXy <sub>1</sub>			2.57-5.14M
XXXIy <sub>1T.S</sub>			2.57-6.93M
XXXIy <sub>2</sub>			2.57-7.71M
XXIIy <sub>1</sub>	2.57-5.14M	2.57-4.36M	
XXIIy <sub>1</sub>	5.56M	2.78M	
XXIIy <sub>2</sub>			4.17M
XXIIy <sub>3</sub>			2.78-4.17M
XXIVy <sub>1</sub>			2.78M
XXIVy <sub>2</sub>			4.17M
XXIVy <sub>3</sub>			2.78-8.34M
XXIVy <sub>4</sub>	9.73M	1.39M	
XXIVy <sub>4T.S</sub>	4.17M	2.78M	
XXIVy <sub>1</sub>	10.28M	5.14M	
XXIIIy <sub>1T.S</sub>			6.95-8.34M
XXXVIIIy <sub>1</sub>			



XXXVIIy <sub>2</sub>	10.28M	7.71M	
XXXVIIy <sub>3</sub>	10.28—5.14M		
XXXVIIy <sub>4</sub>	12.85M	5.14M	
XXXy <sub>1</sub>	5.14M	2.57M	2.57M
IVXy <sub>1</sub>			2.78—6.95M
IVXIy <sub>1</sub>			2.78—5.56M
IVXIy <sub>2</sub>	5.56M	2.78M	
IVXIy <sub>3</sub>			2.78—8.34M
IVXIy <sub>4</sub>	7.71M	1.29M	
IVXIIy <sub>1</sub>			2.78—8.34M
IVXIIy <sub>2</sub>			2.78—8.34M
IVXIIIy <sub>1</sub>	4.17M	2.78M	
IVXIIIy <sub>2</sub>	7.77M	1.29M	
IVXIVy <sub>1</sub>	5.56M	2.78M	
IVXIVy <sub>2</sub>			2.78M
IVXIVy <sub>3</sub>			2.78M
IVXIVy <sub>4</sub>	5.56M	2.78M	
IVXIIIy <sub>1</sub>	4.17M	2.78M	
IVXIIIy <sub>2</sub>	5.14M	2.57M	
IVXIIIy <sub>3</sub>			2.78—8.34M
IVXIIIy <sub>4</sub>	4.17M	1.39M	
IVXIIIy <sub>5</sub>			8.34M
IVXIIy <sub>1</sub>	5.56M	2.78M	
IVXIIy <sub>2</sub>	5.56M	2.78M	
IVXIIy <sub>3</sub>			2.78—6.95M
IVXIIy <sub>4</sub>	12.85M	2.57M	
VXy <sub>1</sub>	5.36M	2.57M	
VXy <sub>2</sub>			2.57M
VXy <sub>3</sub>			2.57M
VXy <sub>4</sub>			7.71M
VXIy <sub>1</sub>	4.36M	2.57M	
VXIIy <sub>1</sub>			5.56—8.34M
VXIIy <sub>2</sub>			2.78—6.75M
VXIIy <sub>3</sub>	9.73M	1.39M	
VXIIy <sub>4</sub>			5.56—8.34M

(3) 細胞之組織

取培養約 24 小時之酵母檢其細胞組織再取培養 5.6 日之酵母檢其光粒等結果如下：

酵母種	空胞	顆粒	動粒	肝澱粉	光粒
	Vacuole	graunles	Mobihty ofG	glycozen	Refractioe grains



Iy <sub>1</sub>	++(+)	±	-	+	+	一個在中央
Iy <sub>3</sub>	+(+)	±	-	±	-	
Iy <sub>5</sub>	±	±	-	±	-	
IIy <sub>1</sub>	+	±	-	+	+	
IIIy <sub>6</sub>	+	±	-	+	+	
IVy <sub>4</sub>	+	±	-	++	+	
Vy <sub>2</sub>	+	±	-	+	+	一二不等分布兩端
Vy <sub>8</sub>	+(++)	±	-	±	-	
VIy <sub>1</sub>	+	±	-	+	+	二個在兩端
VIy <sub>2</sub>	±	±	-	+	+	
VIy <sub>7</sub>	++	±	-	±	+	
VIIy <sub>7</sub>	+	±	-	±	+	一個在中央
VIIy <sub>8</sub>	+(-)	±	-	+	+	
VIIIy <sub>3</sub>	++(+)	±	-	±	+	
VIIIy <sub>5</sub>	-(±)	±	-	+	+	
IXy <sub>9</sub>	±	±	-	+	+	
Xy <sub>4</sub>	+	±	-	+	+	
XIy <sub>1</sub>	±	±	-	+	+	
XIy <sub>2</sub>	+(-)	++	+	+	+	
XIy <sub>3</sub>	±	+	-	+	+	一二不等
XIIy <sub>1</sub>	+(++)	+	+	±	+	
XIIIy <sub>1</sub>	+	++	+	+	+	
XIVy <sub>1</sub>	±(++)	+	+	±	+	
XVY <sub>1</sub>	±	+	-	±	+	
XVy <sub>2</sub>	+	++	+	+	+	
XVIY <sub>1</sub>	+	±	-	++	+	一或二個
XVIY <sub>2</sub>	±	+	+	+	+	一或二個
XVIIy <sub>1</sub>	+	±	-	+	+	
XVIIy <sub>2</sub>	+(+)	++	+	+	+	
XVIIIy <sub>1</sub>	+(-)	++	+	+	+	
XVIIIy <sub>2</sub>	±	+	-	++	++	一或二個
XVIIIy <sub>3</sub>	+	++	+	+	+	
XIXy <sub>1</sub>	-	+	-	+	+	
XIXy <sub>2</sub>	±(++)	++	+	+	+	
XIXy <sub>3</sub>	±	+	-	++	++	多數不等
XXy <sub>4</sub>	±	+	-	+	+	
XXy <sub>5</sub>	+	++	+	++	++	
XXy <sub>1</sub>	±	+	+	+	+	
XXy <sub>2</sub>	-	-	-	+	+	



XXIy <sub>1</sub>	+	±	-	±	
XXIy <sub>2</sub>	-	-	-	++	(+)++
XXIy <sub>3</sub>	-	-	+	±	(+)+
XXIIy <sub>1</sub>	+	-	-	+	有兩個
XXIIy <sub>2</sub>	±	-	-	++	+
XXIIy <sub>3</sub>	±	-	-	+	”
XXIIIy <sub>1</sub>	±	-	-	++	+
XXIIIy <sub>2</sub>	±	-	-	++	+
XXIIIy <sub>3</sub>	-	+	-	+	+
XXIVy <sub>1</sub>	±	-	-	+	(+)++
XXIVy <sub>2</sub>	+	-	-	±	+
XXIVy <sub>3</sub>	±	-	+	++	有兩個
XXIVy <sub>4</sub>	+	+	-	±	++
XXVYy <sub>1</sub>	±	-	-	++	+
XXVIy <sub>1</sub>	-	-	-	++	(-)+
XXVIy <sub>2</sub>	-	-	-	+	(+)++
XXVIy <sub>3</sub>	+	+	-	+	(-)-
XXVIy <sub>4</sub>	+	±	-	±	一個在中央
XXVIIy <sub>1</sub>	+	+	-	±	+
XXVIIy <sub>2</sub>	++	±	-	±	一個在中央
XXVIIy <sub>3</sub>	+	++	-	±	+
XXVIIy <sub>4</sub>	-	+	-	+	+
XXVIIIy <sub>1</sub>	±	±	-	++	++ 二個在兩端
XXVIIIy <sub>2</sub>	±	±	-	±	+
XXVIIIy <sub>3</sub>	+	++	-	++	+
XXVIIIy <sub>4</sub>	±	±	-	+	+
XXIXy <sub>1</sub>	+	+	+	+	+
XXIXy <sub>2</sub>	+	+	-	+	+
XXIXy <sub>3</sub>	+	++	+	+	一二不等
XXIXy <sub>4</sub>	-	±	-	±	±
XXXy <sub>1</sub>	+	+	-	±	±
XXXy <sub>2</sub>	-	±	-	±	±
XXXy <sub>3</sub>	+	++	-	±	±
XXXy <sub>4</sub>	++	++	-	+	+
XXXIy <sub>1</sub>	+(++)	++	-	++	+
XXXIy <sub>2</sub>	-	++	-	+	-
XXXIy <sub>3</sub>	±+	+	-	++	++ 一個在中央
XXXIy <sub>4</sub>	+	±	-	+	+
XXXIIy <sub>1</sub>	+	+	-	+	+
XXXIIy <sub>2</sub>	+	++	-	±	±
XXXIIy <sub>3</sub>	+	+	-	±	±



IVXIy <sub>3</sub>	+	++	-	±	
IVXIy <sub>4</sub>	-	±	-	±	
IVXIIy <sub>1</sub>	+	++	+	++	
IVXIIy <sub>2</sub>	+	++	+	+	一二不等
IVXIIIy <sub>1</sub>	+	±	-	±	
IVXIIIy <sub>1</sub>	-	±	-	+	一二不等
IVXIVy <sub>1</sub>	++	±	-	±	
IVXIVy <sub>2</sub>	++	±	-	+	
IVXIVy <sub>3</sub>	+	±	-	±	二在兩端
IVXIVy <sub>4</sub>	++	±	-	+	
IVXVY <sub>1</sub>	-	±	-	+	
IVXVY <sub>2</sub>	-	±	-	+	
IVXVY <sub>1</sub>	+	++	-	+	
IVXVY <sub>2</sub>	-	+	-	+	
IVXVY <sub>3</sub>	+	++	-	+	二個分在兩端
IVXVY <sub>1</sub>	+	±	-	++	二個
IVXVY <sub>2</sub>	-	±	-	±	
IVXVY <sub>1</sub>	+	++	-	±	
IVXVY <sub>2</sub>	±	±	-	±	一二不等
VXY <sub>1</sub>	±	±	-	+	
VXY <sub>2</sub>	++	-	-	+	
VXY <sub>3</sub>	+	±	-	±	
VXY <sub>4</sub>	-	++	-	±	兩個分在兩端
VXIy <sub>1</sub>	±	-	-	+	
VXIIy <sub>1</sub>	+	+	-	+	
VXIIy <sub>2</sub>	+	+	-	++	
VXIIy <sub>3</sub>	±	-	-	+	
VXIIy <sub>4</sub>	+	+	-	++	二個分在兩端

註：空胞 ++ 一個以上者  
 + 一個大者  
 ± 一個小者  
 - 平勻者

( ) 內有少數

顆粒及動粒 ++(多) +(中)

±(少) -(無)

肝液素 ++棕色 +淺棕  
 ±微棕

(4) 孢子之生成

取純潔硫酸鈣之粉末，乾炒一小時，溫

度 115°C，冷後以適當之水，攪成糊狀，傾入模型中，製出直徑 2cm. 厚 1cm. 中有 0.5cm. 深坑之石膏皿，置於二重皿中，於 115°C 殺菌三次後，加入約至石膏皿一半高之水，以鉑絲移種酵母於此坑中，保溫 30°C，經一周後檢查，結果如下：

酵母種 孢子之形狀 孢子直徑 一車中孢子數

Iy <sub>1</sub>	-	-	-
Iy <sub>3</sub>	-	-	-
Iy <sub>5</sub>	圓形	2.7-3.3M	1-2
IIy <sub>1</sub>	球形	2.5-2.9M	1-2







IV.XIy <sub>1</sub>			
IV.XIy <sub>2</sub>			
IV.XIy <sub>3</sub>	卵形	2.1-2.9M	1-4
IV.XIy <sub>4</sub>			
IV.XIy <sub>5</sub>			
IV.XIy <sub>6</sub>			
IV.XIy <sub>7</sub>	球形	2.5M	2
IV.XIy <sub>8</sub>	”	2.5-2.9M	1-3
IV.XIy <sub>9</sub>			
IV.XIy <sub>10</sub>			
IV.XIy <sub>11</sub>	球形	2.1M	2
IV.XIy <sub>12</sub>	”	1.6-2.1M	1-2
IV.XIy <sub>13</sub>	”	1.6-2.1M	1-2
IV.XIy <sub>14</sub>	卵圓形	2.1-2.7M	1-3
V.Xy <sub>1</sub>	球形	1.6-2.5M	1-2
V.Xy <sub>2</sub>	”	1.8-2.7M	1-2
V.Xy <sub>3</sub>			
V.Xy <sub>4</sub>			
V.XIy <sub>1</sub>	球形	2.1M	2
V.XIy <sub>2</sub>			
V.XIy <sub>3</sub>	卵形	2.5-2.7M	2-3
V.XIy <sub>4</sub>			

(2) 酵母之性質試驗

a) 生長之適溫

採取新培養之酵母液，充分振盪後於酵母未沉着之前，連以小滴管吸取 1cc. 與 1cc 1% 硫酸相混合，復由此混合液中取一滴，滴於湯馬斯氏血球計算器上 (Thans-Haemacytome) 其上每一大格，合十六小格，

f 結果

酵母種	適 溫	死 溫
Iy <sub>1</sub>	30 °C	45°C以上
Iy <sub>3</sub>	30	55
Iy <sub>5</sub>	27.7	50
IIy <sub>1</sub>	30	45
IIIy <sub>6</sub>	30	45
IVy <sub>4</sub>	30	55

每小格之邊長 0.05mm. 深 0.1mm. 故每一小格之容積為 0.00025mm<sup>3</sup>) 之凹處，以蓋玻璃蓋之微振後，靜待二分鐘檢查之，計算五大格中，酵母細胞數細胞在格綫上者，僅計算其二邊上之細胞數，其他二邊則不計入出芽尚附於母體者，作一個計，如此計算三次，取其平均值，此種酵母在各種溫度下培養，經 24 小時後，如上述法檢數其細胞增殖多寡，而定生長之適溫，即生長最多之溫度也。

b) 死滅之溫度

將酵母培養於各種較高溫度下，經 24 小時，如上述法檢視其結果。

c) 適宜之 pH 值

取 8% 麥芽糖及 2% 葡萄糖溶液，加入酒石酸溶液配製各種不同 pH 值之培養液，如法滅菌後移植新幼酵母，經三日後檢視之。

d) 酒精抵抗力

取新培養之酵母移植於內含有不同濃度酒精之 6% 麥芽糖及 2% 葡萄糖之培養液內，在其適溫下培養三日，檢查其醱酵情形。

e) 酵母之醱酵力

集取定量之酵母菌苔置於下列之培養基內。

純蔗糖	4克
磷酸銨	0.25克
磷酸鉀	0.25克
井 水	59cc.

秤知重量後培養三日，再秤之由此二次所得之差計算 CO<sub>2</sub> 逸出量按 Meissel 氏規定，發生 1.75 克之 CO<sub>2</sub> 其醱酵為 100。

適 pH 值	酒精抗力	醱酵力
5.0-6.0	8%	63.1
5.0-6.0	16	74.2
5.5-6.5	13	72
5.5-6.5	15	75.5
5.0-6.0	13	73.2
5.0-6.0	8	73



Vy <sub>2</sub>	30	50	5.5-6.5	13	74.5
Vy <sub>3</sub>	30	55	5.0-5.5	13	73.6
VIy <sub>1</sub>	30	55	5.0-6.5	8	60
VIy <sub>2</sub>	30	55	5.0-6.5	15	72.4
VIy <sub>7</sub>	30	50	5.0-6.0	16	74.3
VIIy <sub>7</sub>	30	50	5.5-6.3	16	75.6
VIIy <sub>8</sub>	30	55	5.0-6.0	8	73.7
VIIIy <sub>3</sub>	30	55	5.0-6.0	16	80.2
VIIIy <sub>5</sub>	30	55	5.5-7.0	15	72
IXy <sub>9</sub>	30	60	5.0-6.5	13	20
Xy <sub>4</sub>	30	55	5.5-6.5	8	75
XIy <sub>1</sub>	33	55	6.0-7.5	5	5.79
XIy <sub>2</sub>	28	60	5.5-7.0	15	29.20
XIy <sub>3</sub>	33	45	5.5-7.0	5	10.03
XIIy <sub>1</sub>	28	50	5.5-6.5	16	67.3
XIIIy <sub>1</sub>	28	60	5.5-6.5	12	33.6
XIIIy <sub>1</sub>	28	55	5.5-7.0	15	33.2
XIVy <sub>1</sub>	33	55	6.5-7.5	5	6.4
XIVy <sub>2</sub>	28	65	5.5-7.0	12	36.5
XIVy <sub>1</sub>	28	55	5.5-7.0	12	42.2
XIVy <sub>2</sub>	28	50	5.0-7.0	8	30
XVY <sub>1</sub>	33	60	5.5-6.5	8	57.3
XVY <sub>2</sub>	33	60	5.5-7.0	15	37.9
XVIy <sub>1</sub>	28	55	5.5-6.5	12	34.4
XVIy <sub>2</sub>	33	50	5.0-6.5	8	30.5
XVIy <sub>3</sub>	28	60	5.5-6.5	12	38.8
XVIIy <sub>1</sub>	33	55	6.0-7.5	12	9.4
XVIIy <sub>2</sub>	33	65	5.5-7.0	12	42
XVIIy <sub>3</sub>	28	60	5.5-6.5	8	40
XVIIy <sub>4</sub>	33	65	5.0-6.5	12	32.4
XVIIy <sub>5</sub>	33	60	5.5-6.5	16	44.3
XVIIIy <sub>1</sub>	30	50	5.0-7.0	12	80
XVIIIy <sub>2</sub>	30	55	5.0-6.0	8	20
XIXIy <sub>1</sub>	30	55	5.5-7.0	12	72
XIXIy <sub>2</sub>	30	50	5.5-7.0	12	42.5
XIXIy <sub>3</sub>	30	45	5.0-6.0	8	11.7
XXIIy <sub>1</sub>	30	60	5.5-6.0	12	40
XXIIy <sub>2</sub>	30	50	5.0-7.0	12	80
XXIIy <sub>1</sub>	30	50	5.5-6.0	12	50



XXV <sub>2</sub>	30	45	5.0-7.0	12	55
XXV <sub>1</sub>	30	55	6.0	12	26
XXV <sub>1</sub>	30	50	5.0-7.0	12	50
XXV <sub>2</sub>	25	55	5.5-7.0	8	60
XXV <sub>3</sub>	30	50	5.5-7.0	12	30
XXV <sub>4</sub>	30	45	5.5-6.0	12	10
XXVI <sub>1</sub>	30	50	5.5-6.0	12	45
XXVI <sub>1</sub>	30	55	5.5-7.0	12	30
XXVI <sub>1</sub>	30	50	5.5-6.0	12	40
XXVI <sub>1</sub>	30	55	5.0-5.5	8	60
XXVI <sub>2</sub>	25	45	5.5-6.0	13	75
XXVI <sub>1</sub>	30	60	5.5-6.0	15	60
XXVII <sub>1</sub>	25	50	5.0-6.0	13	70
XXVII <sub>2</sub>	27.5	50	5.0-6.0	13	60
XXVII <sub>1</sub>	27.5	50	5.5-6.3	5	50
XXVII <sub>1</sub>	30	50	5.5-6.5	6	65
XXVIII <sub>2</sub>	30	45	5.0-5.5	8	60
XXVIII <sub>3</sub>	27.5	45	5.0-5.5	8	65
XXVIII <sub>1</sub>	25	60	5.5	8	75
XXVIII <sub>2</sub>	27.5	45	5.0-5.5	13	70
XXVIII <sub>3</sub>	30	50	5.0-6.0	8	60
XXVIII <sub>4</sub>	30	50	5.5-6.5	8	65
XXIX <sub>1</sub>	30	55	5.0-6.5	13	70
XXIX <sub>1</sub>	35	50	5.0-6.0	8	60
XXIX <sub>1</sub>	27.5	50	5.5-6.0	13	60
XXIX <sub>1</sub>	32.5	55	5.5-6.5	8	70
XXIX <sub>2</sub>	27.5	55	5.0-6.0	13	75
XXIX <sub>3</sub>	30	55	5.0-6.0	13	75
XXIX <sub>4</sub>	27.5	55	5.5-6.5	13	70
XXIX <sub>1</sub>	27.5	60	6.0-6.5	8	65
IVX <sub>1</sub>	27.5	60	5.5-6.5	15	65
IVXI <sub>1</sub>	25	55	5.5-6.0	15	75
IVXI <sub>2</sub>	25	55	5.0-6.0	13	80
IVVI <sub>3</sub>	27.5	55	5.5-6.0	13	75
IVXI <sub>4</sub>	25	45	6.0-7.0	5	75
IVXI <sub>1</sub>	30	55	6.0-7.0	5	75
IVXI <sub>2</sub>	27.5	55	5.0-6.0	13	70
IVXI <sub>1</sub>	30	45	5.0-6.5	5	60
IVXI <sub>1</sub>	30	45	5.5-6.5	8	60



IVXV <sub>1</sub>	30	55	5.5-6.0	8	70
IVXV <sub>2</sub>	27.5	45	6.0-6.5	8	65
IVXV <sub>3</sub>	27.5	45	6.0-6.5	8	65
IVXV <sub>4</sub>	25	45	6.0-6.5	8	60
IVXVI <sub>1</sub>	25	45	6.0-6.5	8	70
IVXVI <sub>2</sub>	25	45	5.0-6.0	5	70
IVXVI <sub>3</sub>	25	50	5.0-5.5	13	60
IVXVI <sub>4</sub>	25	45	5.5-6.0	5	65
IVXVII <sub>1</sub>	27.5	55	5.5-6.0	13	60
IVXVII <sub>2</sub>	30	50	5.5-6.0	5	70
IVXVII <sub>3</sub>	27.5	45	5.0	5	75
IVXVIII <sub>1</sub>	27.5	55	5.0-6.0	8	70
IVXVIII <sub>2</sub>	25	45	5.0-5.5	5	75
VX <sub>1</sub>	25	55	5.5-6.5	8	75
VX <sub>2</sub>	30	55	5.5-6.5	8	75
VX <sub>3</sub>	30	55	5.0-6.5	8	60
VX <sub>4</sub>	25	45	5.0	13	65
VXI <sub>1</sub>	25	45	5.0-6.0	5	70
VXII <sub>1</sub>	30	55	5.5-6.0	8	70
VXII <sub>2</sub>	30	55	5.5-6.0	13	60
VXII <sub>3</sub>	25	55	5.0	8	75
VXII <sub>4</sub>	25	50	5.0	8	50

H 微菌之生理性質試驗 ( 44, 45, 46, 47, 48 )

A 生理試驗

1) 畫綫培養

移植純微菌種於斜面培養基內溫度25-28°C 三日後檢視結果如下：

微菌種	菌叢色澤	聚 落 形 狀	孢子囊及孢子	培基色變	教育速度
IM <sub>1</sub>	鼠灰	菌絲短而呈白色絨狀	黑色	-	+++
IM <sub>2</sub>	暗綠	菌絲最短平鋪培基面上	粉狀	-	++
IM <sub>3</sub>	白灰	菌絲很長呈粗毛狀直立	大而黑	-	+++
II M <sub>1</sub>	鉛灰	菌絲很長呈細毛狀蔓延	灰	紫灰色	++
II M <sub>2</sub>	乾綠	聚絡分離	粉狀	黃色	++
II M <sub>3</sub>	白黃	絨狀聚絡分離	黃色	-	+
II M <sub>4</sub>	黃綠	” ”	綠	-	++
II M <sub>5</sub>	灰	菌絲長呈粗毛狀	黑	-	+++
III M <sub>1</sub>	白灰	菌絲長呈亂蕨狀	”	-	+++
III M <sub>2</sub>	黑灰	菌絲很長直立狀	灰	-	+++
IV M <sub>1</sub>	暗綠	聚絡毗連菌絲很短	粉狀	-	++
IV M <sub>2</sub>	雪白	菌絲短呈鵝絨狀	-	-	++



++	IVM <sub>3</sub>	白灰	菌絲短而直立呈溼絨毛狀	—	—	++
++	IVM <sub>4</sub>	灰黃	菌絲短聚絡各立	灰黃	—	+
+	IVM <sub>6</sub>	鼠灰	很短呈塵埃狀菌絲胞弱	灰	—	++
+	VM <sub>1</sub>	紅白	菌絲較短呈棉花狀	—	紅色	++
+	VM <sub>2</sub>	白灰	菌絲較長而脆弱呈舊棉花狀	黑色	—	+++
+	VM <sub>3</sub>	灰綠	聚絡叢生	粉狀	—	++
+	VM <sub>4</sub>	黃	聚絡分離	白黃	—	++
+	VIM <sub>1</sub>	銀灰	菌絲很長呈亂毛狀	黑	—	+++
—	VIM <sub>2</sub>	塵灰	菌絲很長而脆弱呈直立狀	灰	—	+++
+	VIM <sub>3</sub>	灰	菌絲很長呈絨狀	黑	—	++
+	VIM <sub>4</sub>	白	” ”	黑	—	+++
+	VIM <sub>1</sub>	鮮黃	菌絲很短聚絡分離觸立呈水樣	—	—	++
+	VIM <sub>2</sub>	白灰	菌絲短呈溼絨毛狀	—	—	++
+	VIM <sub>6</sub>	白	菌絲長呈嫩絨狀	—	—	++
+	VIM <sub>7</sub>	黑灰	菌絲很長呈亂蕨狀	黑色	—	++
++	VIM <sub>4</sub>	鼠灰	菌絲長呈直立狀而脆弱	灰色	有裂隙	+++
+	IXM <sub>1</sub>	青綠	菌絲很短呈絨狀	—	—	++
+	IXM <sub>2</sub>	灰綠	菌絲呈平鋪狀	粉狀	黃色	++
+	IXM <sub>3</sub>	灰	菌絲長呈絨狀	—	—	+++
+	IXM <sub>4</sub>	黑綠	菌絲短	—	—	++
+	IXM <sub>5</sub>	黃灰	菌絲長呈亂蕨狀	黑色	—	+++
+	XM <sub>1</sub>	深黃綠	菌絲短	綠色	—	++
+	XM <sub>2</sub>	”	”	”	—	++
+	XM <sub>3</sub>	黃綠	”	黃色	—	+++
+	XM <sub>4</sub>	鉛灰	菌絲長呈棉絨狀脆弱	—	—	++
+	XM <sub>4</sub>	黃綠	菌絲短呈毛刷狀	綠色	—	+++
+	XIM <sub>2</sub>	鉛灰	菌絲很長呈亂蕨狀	黑	—	+++
+	XIM <sub>3</sub>	灰	” ”	”	—	++
+	XIM <sub>4</sub>	鼠灰	” ”	”	—	++
+	XIM <sub>1</sub>	鉛灰	” ”	”	—	+++
+	XIM <sub>2</sub>	”	” ”	”	—	+++
+	XIM <sub>4</sub>	黃灰	菌絲很長呈纖毛狀	”	—	+
+	XIM <sub>1</sub>	灰白	菌絲很長呈鵝絨狀	”	—	+
+	XIM <sub>2</sub>	灰	菌絲很長呈亂蕨狀	”	—	++
+	XIM <sub>3</sub>	白	菌絲很長呈鵝絨狀	”	—	+
+	XIM <sub>4</sub>	綠色	菌絲很短呈平鋪狀	粉狀	—	++
+	XIM <sub>1</sub>	白灰	菌絲很長呈纖毛狀	灰	—	+
+	XIM <sub>2</sub>	”	” ”	灰	—	++
+	XIM <sub>1</sub>	鼠灰	” ”	黑	微紅色	++



+ XVM <sub>3</sub>	鼠灰	菌絲很長呈纖毛狀	黑	-	MVI++
+ XVM <sub>1</sub>	，，	菌絲很短平鋪	，，	-	MVI++
+ XVM <sub>2</sub>	灰	菌絲很長呈亂蕨狀	，，	-	MVI++
+ XVM <sub>3</sub>	黃灰	，，	，，	-	MVI++
+ XVM <sub>1</sub>	灰黃	，，	，，	-	MVI++
+ XVM <sub>2</sub>	灰	，，	，，	-	MVI++
+ XVM <sub>1</sub>	綠白	菌絲很長呈絲狀光澤	，，	-	MVI++
+ XVM <sub>2</sub>	白灰	菌絲很長呈纖呈狀	灰	-	MVI++
+ XVM <sub>3</sub>	綠	菌絲很短呈平鋪狀	粉狀	-	MVI++
+ XVM <sub>1</sub>	黑綠	菌絲很長呈亂毛狀	，，	-	MVI+
+ XVM <sub>1</sub>	灰	，，	，，	-	MVI+++
+ XVM <sub>3</sub>	，，	菌絲很長呈纖毛狀	，，	-	MVI+++
+ XVM <sub>1</sub>	鼠灰	，，	，，	-	MVI++
+ XVM <sub>2</sub>	，，	，，	，，	-	MVI++
+ XXIM <sub>1</sub>	白灰	菌絲很長呈纖毛狀	灰	-	MVI++
+ XXIM <sub>2</sub>	黃灰	菌絲很短呈絨毛狀	黑	-	MVI+++
+ XXIM <sub>3</sub>	乾綠	菌絲很短平鋪狀	粉狀	-	MVI++
+ XXIM <sub>1</sub>	灰	菌絲很長呈纖毛狀	灰	-	MVI++
+ XXIM <sub>1</sub>	鼠灰	菌絲很長呈絨毛狀	，，	-	MVI++
+ XXIM <sub>1</sub>	白灰	，，	，，	-	MVI++
+ XXIM <sub>2</sub>	暗綠	菌絲很短呈平鋪狀	粉狀	-	MVI++
+ XXIM <sub>3</sub>	藍綠	，，	，，	-	MVI++
+ XXIM <sub>1</sub>	鉛灰	菌絲很長呈亂蕨狀	黑色	-	MVI+++
+ XXIM <sub>1</sub>	黃灰	菌絲很長呈絨毛狀	灰	-	MVI+
+ XXIM <sub>1</sub>	灰	，，	，，	-	MVI++
+ XXIM <sub>2</sub>	黃白	菌絲很長呈鵝絨狀	白色	紅色	MVI+
+ XXIM <sub>3</sub>	暗綠	菌絲很短呈平鋪狀	粉狀	-	MVI++
+ XXIM <sub>1</sub>	黃灰	菌絲很長呈絨毛狀	灰色	-	MVI+
+ XXIM <sub>1</sub>	灰	菌絲很長呈亂絲狀存光澤	，，	-	MVI++
+ XXIM <sub>2</sub>	綠	菌絲很短平鋪狀	粉狀	-	MVI++
+ XXIM <sub>1</sub>	灰白	菌絲很長呈亂蕨狀	黑	-	MVI+++
+ XXIM <sub>2</sub>	白灰	，，	，，	-	MVI+++
+ XXIM <sub>1</sub>	，，	，，	，，	-	MVI+++
+ XXIM <sub>1</sub>	，，	纖毛狀直立	，，	-	MVI+++
+ XXIM <sub>2</sub>	灰綠	，，	，，	-	MVI++
+ XXIM <sub>1</sub>	綠	鵝絨狀	黃	-	MVI+++
+ XXIM <sub>1</sub>	綠綠	纖毛狀直立	，，	-	MVI+++
+ XXIM <sub>2</sub>	暗綠	平鋪如地毯狀	黑	-	MVI++
+ XXIM <sub>3</sub>	乾綠	，，	，，	-	MVI++



XXVIII M <sub>4</sub>	鉛黑	亂蕨狀	黑	-	+++
XXVIII M <sub>5</sub>	白灰	，，	灰	-	+++
XXIX M <sub>1</sub>	灰黑	纖毛狀	-	黃紅	+++
XXIX M <sub>2</sub>	鼠灰	，，	-	-	+++
XXIX M <sub>1</sub>	鉛灰	亂毛狀	黑	-	+++
XXIX M <sub>2</sub>	灰	，，	-	-	+++
XXVII M <sub>1</sub>	鉛灰	，，	黑	-	+++
XXVII M <sub>2</sub>	，，	，，	，，	-	+++
XXVII M <sub>3</sub>	鼠灰	絨毛狀	，，	-	+++
XXVII M <sub>4</sub>	灰黑	絨狀短毛	，，	-	++
XXVII M <sub>5</sub>	鉛灰	，，	，，	-	++
XXVIII M <sub>1</sub>	灰	亂蕨狀	，，	-	++
XXVIII M <sub>1</sub>	，，	，，	，，	-	++
XXIX M <sub>1</sub>	白灰	菌絲很長呈亂蕨狀	黑	-	+++
XXIX M <sub>2</sub>	，，	，，	，，	-	+++
XXIX M <sub>3</sub>	黑綠	短亂毛狀	藍綠	藍綠	++
IV X M <sub>1</sub>	白	鵝絨狀	-	隙裂	+++
IV X M <sub>2</sub>	灰	，，	-	-	++
IV X M <sub>3</sub>	灰黑	長亂蕨狀	灰	黃色	++
IV X M <sub>4</sub>	綠黃	短絨狀	綠黃	-	++
IV XI M <sub>1</sub>	灰黑	，，	黑	-	++
IV XI M <sub>2</sub>	白灰	，，	，，	-	+++
IV XI M <sub>3</sub>	鉛灰	亂長毛狀	，，	-	+++
IV XI M <sub>4</sub>	灰白	，，	，，	-	+++
IV XII M <sub>1</sub>	鉛黑	，，	，，	-	++
IV XIII M <sub>1</sub>	灰黑	短鋪狀	-	-	++
IV XIV M <sub>1</sub>	灰	纖毛直立	-	亮黃	+++
IV XV M <sub>1</sub>	黃綠	短	綠粉	，，	+++
IV XV M <sub>2</sub>	綠	平鋪狀	，，	，，	++
IV XV M <sub>3</sub>	暗綠	，，	，，	黃色	+++
IV XV M <sub>4</sub>	青綠	，，	黃色	-	++
IV XVI M <sub>1</sub>	黃白	纖毛狀	-	隙裂	++
IV XVI M <sub>2</sub>	灰	絨毛狀	-	，，	++
IV XVI M <sub>1</sub>	灰	，，	黑	-	++
IV XVII M <sub>1</sub>	灰白	棉花狀	，，	-	+++
IV XVIII M <sub>2</sub>	鉛灰	亂毛狀	，，	紫色	+++
IV XVIII M <sub>3</sub>	白灰	，，	，，	-	+++
IV XIX M <sub>1</sub>	灰白	，，	-	-	+++
IV XIX M <sub>2</sub>	白	短毛狀	-	-	++



IVXM <sub>3</sub>	綠	平鋪基面	-	-	++
VXM <sub>1</sub>	藍綠	''	-	-	++
VXM <sub>2</sub>	暗綠	''	-	-	++
VXM <sub>3</sub>	紅	''	-	-	++
VXIM <sub>1</sub>	白	舌苔狀	-	-	++
VXIM <sub>2</sub>	綠	''	-	-	++
VXIM <sub>3</sub>	''	地毯狀	粉狀	黃色	++

2) 微菌種之形態

取前述之微菌種菌絲少許，置於已揩拭清淨之載玻璃片上復加一滴無菌水，徐徐塗

抹，使之平鋪後覆以覆玻璃片微振之，移於顯微鏡下檢之結果如下：

a 生成孢子者

(1) 形態

微菌種	胞 子	囊 柄	胞 子 囊 中	軸 胞 子	接合胞子
IM <sub>1</sub>	平滑帶狀分枝		黑球形	淺橢圓形	橢圓形
IM <sub>2</sub>	棕黃色帶狀分枝		''	''	卵圓形
II M <sub>1</sub>	棕色帶狀分枝		''	''	球形 黑球形有刺
II M <sub>2</sub>	淺棕色帶狀不分枝		''	棕色梨形	'' 黑球形
III M <sub>1</sub>	淺棕色帶狀內有花紋分枝假根		棕球形	棕色蘋果形	''
III M <sub>2</sub>	淺棕色帶狀分枝		褐橢圓形	棕色橢圓形	卵圓形
IV M <sub>2</sub>	條狀帶淺褐色有橢圓形結節有隔				
V M <sub>2</sub>	花紋帶狀分枝				
VIM <sub>1</sub>	帶狀有結節分枝			柿狀	球形圓球形
VIM <sub>2</sub>	帶狀分枝			''	橢圓形 兩球相接
VIM <sub>3</sub>	''		黑球形	柿狀	球形
VIM <sub>4</sub>	棕色有刺狀帶具假根		''	''	''
VIM <sub>5</sub>	帶狀分枝有結節		黑色扁球形	球形	''
VIM <sub>7</sub>	深褐色具假根		黑球形	覆杯狀	''
VIM <sub>8</sub>	帶狀分枝		褐球形	褐檸檬形	''
IX M <sub>2</sub>	褐色管狀體有花紋有節分枝		''	褐球形	''
X M <sub>2</sub>	淺褐綠色管狀有節		褐綠球	淺褐色形	''
X M <sub>3</sub>	''		黑褐球	灰褐色梨形	''
X M <sub>4</sub>	無色管狀分枝		褐球	褐色球形	''
X M <sub>5</sub>	赤褐色分枝		黑球	''	''
XIM <sub>2</sub>	棕色管狀分枝有隔		棕黑球	棕形球	''
XIM <sub>3</sub>	棕色管狀分枝		''	帽狀	''
XIM <sub>4</sub>	棕色管狀分枝有結節		''	梨形	''
XIM <sub>1</sub>	''		''	檸檬形	''
XIM <sub>2</sub>	棕色管狀		''	球形	''
XIM <sub>3</sub>	無色管狀分枝有橢圓形結節		''	棕色杯形	''
XIM <sub>1</sub>	棕色管狀分枝有結節		''	球形	''



XII M <sub>2</sub>	棕色花紋帶狀分枝	棕黑球	球形	球形	
XII M <sub>3</sub>	棕色帶狀	，，	，，	，，	
XII M <sub>1</sub>	微棕色帶狀分枝有圓形結節	黑棕球	球形	球形	
XII M <sub>2</sub>	，，	，，	檸檬形	，，	
XII M <sub>1</sub>	無色管狀分枝有圓形結節	棕形	球形	，，	
XII M <sub>2</sub>	，，	，，	，，	，，	
XII M <sub>1</sub>	棕色管狀分枝	棕黑球	，，	，，	
XII M <sub>2</sub>	，，	，，	柿形	，，	
XII M <sub>3</sub>	棕色管狀有長圓形結節	褐球	洋梨形	，，	
XIII M <sub>1</sub>	無色管狀有長圓形結節分枝	黑球	球形	，，	
XIII M <sub>2</sub>	棕色管狀分枝	，，	，，	，，	
XIII M <sub>1</sub>	棕色管狀有橢圓形結節	棕色球	檸檬形	，，	
XIII M <sub>2</sub>	無色管狀分枝有圓形結節有隔	，，	球形	，，	
XIII M <sub>1</sub>	棕色管狀分枝	，，	杯形	，，	
XIII M <sub>3</sub>	棕色帶狀有長圓形結	，，	，，	，，	
XX M <sub>1</sub>	節棕色帶狀分枝有橢圓形結節	棕黑球	球形	，，	
XX M <sub>2</sub>	無色管狀分枝有圓形結節	黃綠形	，，	，，	
XXI M <sub>1</sub>	無色管狀分枝	棕球	，，	，，	
XXI M <sub>2</sub>	棕色管狀有橢圓形結節	，，	梨形	，，	
XXI M <sub>4</sub>	棕色管狀分枝有假根	，，	杯形	，，	
XXII M <sub>1</sub>	棕色帶狀有圓形結節	，，	，，	，，	
XXIII M <sub>1</sub>	棕色管狀有斑點	棕球	棕球	長圓形	
XXIV M <sub>1</sub>	棕色管狀面平滑分枝有結節	黑綠形	帽狀	球形	
XXV M <sub>1</sub>	無色管狀分枝有長圓形結節	黑球	球形	，，	
XXVI M <sub>1</sub>	棕色帶狀分枝有花紋	黑棕形球	帽形	，，	
XXVII M <sub>1</sub>	棕色管狀平滑圓形結節	棕球	球形	，，	
XXVIII M <sub>1</sub>	平滑帶狀有長圓形結節	，，	饅頭形	，，	
XXIX M <sub>1</sub>	棕色管狀分枝	黑球	帽形	，，	
XXIX M <sub>2</sub>	棕色管狀	，，	球形	，，	
XXX M <sub>1</sub>	，，	，，	，，	，，	
XXVII M <sub>1</sub>	棕色管狀分枝	，，	檸檬形	長圓形	
XXVIII M <sub>4</sub>	棕色管狀分枝有節	棕球	帽形	球形	
XXIX M <sub>1</sub>	棕色管狀分枝	，，	，，	，，	
XXVII M <sub>1</sub>	棕色管狀分枝	，，	，，	，，	
XXVII M <sub>2</sub>	，，	，，	，，	橢圓形	
XXVII M <sub>3</sub>	，，	，，	，，	，，	
XXVII M <sub>4</sub>	棕色管狀不分枝	，，	球形	，，	
XXVII M <sub>5</sub>	棕色管狀不分枝	，，	，，	，，	
XXVIII M <sub>1</sub>	，，	，，	，，	，，	



XXIII M <sub>1</sub>	棕色管狀不分枝	棕球	球形	橢圓形
XXIII M <sub>1</sub>	棕色管狀分枝有節	黑球	饅頭形	球形
XXIII M <sub>2</sub>	棕色管狀不分枝	''	蘋果形	''
IV XI M <sub>1</sub>	棕色管狀分枝	''	''	''
IV XI M <sub>2</sub>	''	''	''	''
IV XI M <sub>3</sub>	''	''	''	''
IV XI M <sub>4</sub>	''	''	''	''
IV XI M <sub>1</sub>	''	''	球形	''
IV XII M <sub>1</sub>	''	''	覆杯形	''
IV XII M <sub>1</sub>	''	''	''	''
IV XII M <sub>2</sub>	棕色帶狀分枝有節	''	''	長圓形
IV XII M <sub>3</sub>	''	''	''	球形
IV XII M <sub>1</sub>	''	''	''	''

(2)大小

微菌種	孢子囊柄(寬)	胞 子 囊	中 軸	胞 子	接合孢子
I M <sub>1</sub>	257-10.28M	129.36-254M	23.1M	2.57M	
I M <sub>5</sub>	13.86M	129.36M	55.44	4.62	
II M <sub>1</sub>	23.1M	92.4	46.2	4.62	55.44M
II M <sub>5</sub>	9.24	18.48	32.34	6.93	147.84
III M <sub>1</sub>	18.48	50.82	32.34	4.62	
III M <sub>2</sub>	9.24		36.96	6.93	
IV M <sub>6</sub>	13.86			9.24	
V M <sub>3</sub>	7.71	59.11	17.99	5.14	
VI M <sub>1</sub>	13.86		27.72	6.93	18.48
VI M <sub>2</sub>	9.24		27.72	9.24	13.86
VI M <sub>3</sub>	4.62	55.44	27.72	2.57	
VI M <sub>4</sub>	13.86	147.84	41.58	4.62	
VII M <sub>5</sub>	6.93	46.2	13.86	2.31	
VII M <sub>7</sub>	16.17	152.46	69.3	4.62	
VIII M <sub>4</sub>	13.86	69.3	46.2	9.24	
IX M <sub>5</sub>	23.10	143.22	64.68	6.93	
X M <sub>3</sub>	4.62	50.82	23.1	4.62	
X M <sub>5</sub>	13.86	46.2	18.48	2.31	
X M <sub>4</sub>	4.62-6.93	27.72	18.48	2.31	
X M <sub>7</sub>	11.55	69.3	36.76	2.31	
XI M <sub>2</sub>	13.68	104.34	59.1	6.93	
XI M <sub>3</sub>	9.24	157.08	81.24	6.93	
XI M <sub>4</sub>	13.68M	69.3	46.2	4.62	
XII M <sub>1</sub>	9.24	161.7	69.3	4.62	



XII M <sub>2</sub>	18.48	207.9	23.16	4.62	M IV XX
XII M <sub>1</sub>	13.68	69.3	46.2	6.93	M IV XX
XIII M <sub>1</sub>	13.68	138.6	27.72	6.62	M III XX
XIII M <sub>2</sub>	18.48	124.74	101.64	4.92	M III XX
XIII M <sub>3</sub>	11.55	184.6	55.44	4.93	M III XX
XIV M <sub>1</sub>	13.86	69.3	46.2	6.62	M III XX
XIV M <sub>2</sub>	13.86	69.3	323.4	6.93	M IX VI
XV M <sub>1</sub>	9.24	69.3	27.72	6.93	M IX VI
XV M <sub>2</sub>	13.86	83.16	27.72	9.24	M IV VI
XVI M <sub>1</sub>	4.62	27.72	13.86	4.62	M IX VI
XVI M <sub>2</sub>	13.56	138.6	73.92	9.24	M IX VI
XVI M <sub>3</sub>	9.24	92.4	32.74	4.92	M IX VI
XVII M <sub>1</sub>	9.24	4.62	23.1	4.62	M IX VI
XVII M <sub>2</sub>	13.86	175.56	92.4	9.24	M IX VI
XVII M <sub>3</sub>	13.86	69.3	46.2	7.85	M IX VI
XVIII M <sub>2</sub>	4.62	32.34	23.1	4.62	M IX VI
XIX M <sub>1</sub>	13.86	212.52	73.92	4.62	
XIX M <sub>3</sub>	9.24	55.44	23.1	6.93	
XX M <sub>1</sub>	9.24	60.06	32.34	6.93	
XX M <sub>2</sub>	4.62	46.2	27.72	6.93	M I
XXI M <sub>1</sub>	4.62	69.3	23.10	4.62	M II
XXI M <sub>2</sub>	9.24	73.92	32.34	5.54	M II
XXI M <sub>3</sub>	9.24	46.2	23.10	2.31	M VI
XXII M <sub>1</sub>	11.55	73.92	23.10	6.00	M VI
XXIII M <sub>1</sub>	9.24	46.2	27.72	4.62	M VI
XXIV M <sub>1</sub>	9.24	115.5	55.44	6.93	M V
XXV M <sub>1</sub>	6.93	69.3	23.10	4.62	M IV
XXVI M <sub>1</sub>	9.24	101.64	55.44	6.93	M IV
XXVII M <sub>1</sub>	6.93	50.06	23.10	6.93	M IV
XXVIII M <sub>1</sub>	4.62	50.06	32.34	6.93	M XI
XXIX M <sub>1</sub>	13.9	139.0	55.6	4.67	M X
XXIX M <sub>2</sub>	13.9	139.0	55.6	5.56	M IX
XXX M <sub>1</sub>	13.9	139.0	55.6	5.56	M IV
XX XIII M <sub>1</sub>	13.9	139.0	55.6	5.56	M III
XX XIII M <sub>2</sub>	11.12	166.8	125.1	4.67	M IX Y
XX XV M <sub>1</sub>	8.34	11.12	83.4	2.78	M IX Y
XX XVII M <sub>1</sub>	5.56	83.4	69.5	5.56	M IX Y
XX XVI M <sub>2</sub>	13.9	111.2	83.4	2.78	M IX Y
XX XVII M <sub>3</sub>	5.56	55.6	27.8	2.78	M IX Y



XXIII M <sub>4</sub>	11.12	166.8	139.0	5.56
XXIII M <sub>5</sub>	11.12	166.8	139.0	5.56
XXIII M <sub>1</sub>	8.34	139.0	83.4	4.67
XXIII M <sub>1</sub>	8.34	139.0	83.4	4.67
XXIII M <sub>1</sub>	13.9	152.9	77.84	5.56
XXIII M <sub>2</sub>	11.12	139.0	83.4	4.67
IV XI M <sub>1</sub>	11.12	139.0	83.4	4.67
IV XI M <sub>2</sub>	8.34	111.2	69.5	2.78
IV XI M <sub>3</sub>	5.56	83.4	55.6	2.78
IV XI M <sub>4</sub>	11.12	77.84	69.5	4.67
IV XI M <sub>1</sub>	8.34	83.4	55.6	2.78
IV XII M <sub>1</sub>	2.78	69.5	55.6	2.78
IV XII M <sub>1</sub>	8.34	41.7	27.8	2.78
IV XII M <sub>2</sub>	8.34	41.7	27.8	2.78
IV XII M <sub>3</sub>	4.17	83.4	69.5	5.56
IV XII M <sub>1</sub>	13.9	125.1	69.5	5.56

h 生成分生芽胞者

(1) 形態

微菌種	分 生 芽 胞 柄	頂 囊	梗 子	分生芽胞
I M <sub>4</sub>	平滑帶狀分枝			圓形
II M <sub>2</sub>	分枝			橢圓形
II M <sub>4</sub>	淺棕色分枝	黑球形	淺黃色梨形	球形
IV M <sub>1</sub>	“ ”		對稱體短棒	“ ”
IV M <sub>2</sub>	棕色帶狀附有刺狀斑點分枝	黑球形	短棒形	“ ”
IV M <sub>3</sub>	爲節生之帶狀每節生有小疣			圓形
V M <sub>3</sub>	淺棕色不分枝	黑綠球形	棕色對稱體	“ ”
VII M <sub>1</sub>	呈珊瑚狀分枝有節支體有花紋			球形
VII M <sub>2</sub>	呈亂枝狀有節			橢圓形
VII M <sub>4</sub>	淺褐色有厚膜	球形	分枝	球形
IX M <sub>2</sub>	淺褐色		多生體短棒形	“ ”
X M <sub>1</sub>	褐綠色管狀不分枝	褐綠色球		“ ”
XII M <sub>4</sub>	分枝		對稱	橢圓形
III M <sub>3</sub>	爲節生之帶狀分枝			圓形
III M <sub>4</sub>	淺棕色不分枝	黑綠色	對稱	“ ”
XI M <sub>3</sub>	棕色管狀分枝有隔	球形		長圓形
XIII M <sub>2</sub>	棕色管狀不分枝有隔	“ ”	長柄形	球形
XIII M <sub>3</sub>	棕色管狀分枝有隔		短柄形	“ ”
XVII M <sub>2</sub>	管狀分枝	球形	長柄形	“ ”
XVII M <sub>3</sub>	分枝	“ ”	短柄形	“ ”
XIII M <sub>2</sub>	管狀分枝有隔	“ ”	“ ”	“ ”



XX XI M <sub>1</sub>	平滑帶狀分枝	棕色球	球形
XX XI M <sub>2</sub>	'' ''	''	''
XX XII M <sub>1</sub>	棕色管狀不分枝	''	''
XX XII M <sub>2</sub>	'' ''	短棒形	''
XX XII M <sub>3</sub>	'' ''	多生體短棒形	''
XX XII M <sub>4</sub>	棕色管狀分枝	'' ''	''
XX XII M <sub>5</sub>	'' ''	黑球	''
XX XII M <sub>6</sub>	'' ''	''	''
XX XII M <sub>7</sub>	棕色帶狀不分枝	''	''
XX XII M <sub>8</sub>	'' ''	''	''
IV X M <sub>1</sub>	'' ''	''	''
IV X M <sub>2</sub>	'' ''	棕球	''
IV X M <sub>3</sub>	'' ''	''	''
IV X M <sub>4</sub>	平滑帶狀分枝	對稱體短棒	''
IV XII M <sub>1</sub>	平滑帶狀不分枝	棕球	''
IV XII M <sub>2</sub>	'' ''	''	不對稱體棒
IV XII M <sub>3</sub>	棕色管狀分枝	''	''
IV XII M <sub>4</sub>	'' ''	''	''
IV XII M <sub>5</sub>	'' ''	''	''
IV XII M <sub>6</sub>	黃棕色管狀分枝	黃綠球	''
IV XII M <sub>7</sub>	棕色管狀不分枝	''	''
IV XII M <sub>8</sub>	'' ''	''	多生體短棒形
IV XII M <sub>9</sub>	棕色管狀分枝	''	''
IV XII M <sub>10</sub>	'' ''	對稱體短棒	''
V X M <sub>1</sub>	'' ''	''	''
V X M <sub>2</sub>	'' ''	''	''
V X M <sub>3</sub>	'' ''	''	''
V XI M <sub>1</sub>	棕色管狀不分枝	''	''
V XI M <sub>2</sub>	棕色管狀分枝	對稱體短棒	''
V XII M <sub>1</sub>	棕色管狀不分枝	''	''

(2)大小

微菌種	分生芽胞柄	頂囊	梗子	分生芽胞
I M <sub>1</sub>	2.57M			2.57M
II M <sub>2</sub>	2.57M		7.71M	2.57
III M <sub>4</sub>	7.71M	33.41M		5.14
IV M <sub>1</sub>	4.62M		6.93	4.62
IV M <sub>2</sub>	7.21	64.25		2.57
IV M <sub>3</sub>	12.85		3.85	2.57
V M <sub>3</sub>	2.57		17.99	2.57
VI M <sub>1</sub>	7.71			6.43
VII M <sub>2</sub>	7.71			2.57
VII M <sub>3</sub>	5.14	8.99		4.39
IX M <sub>2</sub>	3.85			5.14
X M <sub>1</sub>	5.14			2.57



XI M <sub>1</sub>	4.62		6.93	4.62
XII M <sub>3</sub>	2.57		7.71	2.57
XIII M <sub>1</sub>	2.57	8.99	2.57	2.57
XXI M <sub>3</sub>	4.62	8.99		4.62
XXIII M <sub>2</sub>	3.96	23.10	18.48	4.62
XXIII M <sub>3</sub>	4.62		2.31	4.62
XXVII M <sub>2</sub>	13.86		23.10	6.93
XXVII M <sub>3</sub>	4.62	46.2	2.31	3.43
XXVIII M <sub>2</sub>	4.62	12.56	2.31	3.42
XXXI M <sub>1</sub>	2.78	55.6		2.78
XXXI M <sub>2</sub>	5.56	55.6		2.78
XXXII M <sub>1</sub>	4.17	83.7		2.78
XXXIII M <sub>2</sub>	2.78		5.56	1.89
XXXIII M <sub>3</sub>	2.78		5.56	1.89
XXXIII M <sub>4</sub>	2.57		8.34	1.89
XXXIV M <sub>1</sub>	5.56	69.5		1.89
XXXIV M <sub>2</sub>	5.56	83.4		1.89
XXXV M <sub>2</sub>	4.17	55.6		2.78
XXXIX M <sub>3</sub>	4.17	55.6		2.78
IV X M <sub>1</sub>	5.56	69.5		5.56
IV X M <sub>2</sub>	4.17	69.5		2.78
IV X M <sub>3</sub>	8.34	77.84		5.56
IV X M <sub>4</sub>	2.78		4.67	2.78
IV XIV M <sub>1</sub>	8.34	46.7		2.78
IV XIV M <sub>2</sub>	8.34	56.7		2.78
IV XIV M <sub>3</sub>	2.78		4.67	1.89
IV XIV M <sub>4</sub>	2.78		5.56	1.89
IV XIX M <sub>1</sub>	2.78		4.67	1.89
IV XVII M <sub>1</sub>	5.56	23.4		4.67
IV XVII M <sub>2</sub>	2.78	23.4		2.78
IV XVII M <sub>3</sub>	8.34	23.4	4.67	4.67
IV XIX M <sub>2</sub>	2.78			1.89
IV XIX M <sub>3</sub>	1.89		5.56	1.89
V X M <sub>1</sub>	1.89		8.34	1.89
V X M <sub>2</sub>	1.89		6.95	2.78
V X M <sub>3</sub>	2.78			5.56
V XI M <sub>1</sub>	8.34			2.78
V XI M <sub>2</sub>	6.95		4.67	2.78
V XII M <sub>1</sub>	6.95			2.78

3) 微菌之酸產量

用液體培養基培養已純之微菌種，經三日後溫度 25-28°C 取出以銜濾器過濾，取此濾液以 Phenolphthalein 為指示劑以  $\frac{1}{10}$  N NaoH 液滴定之至微現紅色時止所用  $\frac{1}{10}$  N NaoH 之 cc. 數乘以 0.007 之因素而計算檸檬酸之含量結果如下：

微菌種	$\frac{1}{10}$ N NaoH 用量 cc/100cc.	檸檬酸計算量 gm/100cc.
I M <sub>1</sub>	42	0.29
I M <sub>4</sub>	21	0.15
I M <sub>5</sub>	64.95	0.45
II M <sub>1</sub>	13.37	0.09
II M <sub>2</sub>	22.91	0.16
II M <sub>4</sub>	21.01	0.15
II M <sub>5</sub>	42	0.29
III M <sub>1</sub>	47.76	0.33
III M <sub>2</sub>	43.94	0.30
IV M <sub>1</sub>	11.46	0.08
IV M <sub>2</sub>	13.37	0.09
IV M <sub>3</sub>	47.76	0.33
IV M <sub>6</sub>	30.57	0.21
V M <sub>1</sub>	43.94	0.31
V M <sub>2</sub>	24.83	0.17
V M <sub>3</sub>	15.29	0.10
V M <sub>4</sub>	13.37	0.09
VI M <sub>2</sub>	24.38	0.24
VI M <sub>4</sub>	4.2	0.29
VII M <sub>2</sub>	19.1	0.13
VII M <sub>4</sub>	11.46	0.08
VII M <sub>5</sub>	26.75	0.18
VII M <sub>7</sub>	45.85	0.32
VIII M <sub>4</sub>	43.94	0.31
IX M <sub>1</sub>	9.8	0.01
IX M <sub>2</sub>	36.3	0.25
IX M <sub>4</sub>	26.75	0.18
IX M <sub>7</sub>	28.65	0.22
X M <sub>1</sub>	30.57	0.21



X M <sub>1</sub>	11.46	0.08	XXVI M <sub>2</sub>	42	0.29
XI M <sub>2</sub>	30.57	0.21	XXVI M <sub>3</sub>	43.94	0.30
XI M <sub>3</sub>	28.65	0.22	XXVII M <sub>1</sub>	9.8	0.09
XI M <sub>1</sub>	26.75	0.19	XXVII M <sub>2</sub>	11.46	0.08
VII M <sub>1</sub>	21.01	0.15	XXVII M <sub>3</sub>	22.75	0.19
VII M <sub>2</sub>	22.91	0.16	XXVIII M <sub>1</sub>	33.3	0.23
VII M <sub>3</sub>	21.01	0.15	XXVIII M <sub>2</sub>	35.6	0.25
XII M <sub>1</sub>	11.46	0.08	XXIX M <sub>1</sub>	43.7	0.31
XII M <sub>2</sub>	13.37	0.09	XXIX M <sub>2</sub>	43.7	0.31
XII M <sub>3</sub>	15.29	0.11	XX XI M <sub>1</sub>	93.2	0.65
XIII M <sub>1</sub>	9.8	0.07	XX XI M <sub>2</sub>	87.5	0.61
XIV M <sub>1</sub>	64.95	0.45	XX XII M <sub>1</sub>	60.3	0.42
XIV M <sub>2</sub>	42	0.29	XX XII M <sub>2</sub>	60.3	0.42
XV M <sub>1</sub>	34.38	0.24	XX XIII M <sub>1</sub>	53.4	0.37
XV M <sub>2</sub>	30.57	0.21	XX XIII M <sub>2</sub>	53.4	0.37
XVI M <sub>1</sub>	24.83	0.17	XX XIII M <sub>3</sub>	72.3	0.51
XVI M <sub>2</sub>	22.91	0.16	XX XIV M <sub>1</sub>	45.0	0.32
XVI M <sub>3</sub>	28.65	0.22	XX XIV M <sub>2</sub>	37.8	0.26
XVII M <sub>1</sub>	19.1	0.13	XX XIV M <sub>3</sub>	43.4	0.3
XVII M <sub>2</sub>	21.01	0.15	XX XV M <sub>1</sub>	90.5	0.63
XVIII M <sub>1</sub>	43.94	0.31	XX XV M <sub>2</sub>	93.4	0.65
XVIII M <sub>2</sub>	42	0.29	XX XV M <sub>3</sub>	70.3	0.49
XVIII M <sub>3</sub>	11.46	0.08	XX XVI M <sub>1</sub>	43.3	0.3
XIX M <sub>1</sub>	13.37	0.09	XX XVI M <sub>2</sub>	42	0.29
XIX M <sub>2</sub>	21.01	0.15	XX XVII M <sub>1</sub>	38.7	0.27
XIX M <sub>3</sub>	22.91	0.16	XX XVII M <sub>2</sub>	37.5	0.26
XX M <sub>1</sub>	21.01	0.15	XX XVII M <sub>3</sub>	45.4	0.31
XX M <sub>2</sub>	22.91	0.16	XX XVIII M <sub>1</sub>	38.6	0.27
XXI M <sub>1</sub>	24.83	0.17	XX XVIII M <sub>2</sub>	53.3	0.37
XXI M <sub>2</sub>	30.57	0.21	XX XVIII M <sub>3</sub>	51.2	0.36
XXI M <sub>3</sub>	11.47	0.08	XX XIX M <sub>1</sub>	52.7	0.37
XXII M <sub>1</sub>	13.37	0.09	XX XIX M <sub>2</sub>	48.3	0.34
XXIII M <sub>1</sub>	19.1	0.13	XX XIX M <sub>3</sub>	48.3	0.34
XXIII M <sub>2</sub>	36.3	0.25	IV X M <sub>1</sub>	44.3	0.31
XXIII M <sub>3</sub>	26.75	0.18	IV X M <sub>2</sub>	29.3	0.22
XXIV M <sub>1</sub>	11.46	0.08	IV X M <sub>3</sub>	29.3	0.55
XXIV M <sub>2</sub>	30.57	0.21	IV X M <sub>4</sub>	78.9	0.55
XXIV M <sub>3</sub>	28.65	0.22	IV XI M <sub>1</sub>	33.7	0.4
XXVII M <sub>1</sub>	34.38	0.24	IV XI M <sub>2</sub>	22.3	0.17
			IV XI M <sub>3</sub>	25.4	0.18
			IV XI M <sub>4</sub>	25.4	0.18
			IV XI M <sub>5</sub>	22.3	0.17



IVXIII M <sub>1</sub>	29.3	0.22
IVXIV M <sub>1</sub>	12.5	0.09
IVXV M <sub>1</sub>	21.7	0.15
IVXV M <sub>2</sub>	53.6	0.38
IVXV M <sub>3</sub>	68.3	0.49
IVXV M <sub>4</sub>	73.8	0.52
IVXVI M <sub>1</sub>	89.4	0.63
IVXVI M <sub>2</sub>	13.6	0.10
IVXVI M <sub>3</sub>	11.1	0.08
IVXVII M <sub>1</sub>	23.8	0.17
IVXVII M <sub>2</sub>	33.4	0.23
IVXVII M <sub>3</sub>	31.7	0.22
IVXVIII M <sub>1</sub>	31.7	0.22
IVXVIII M <sub>2</sub>	42.3	0.3
IVXVIII M <sub>3</sub>	70.3	0.49
VX M <sub>1</sub>	75.3	0.53
VX M <sub>2</sub>	73.5	0.51
VX M <sub>3</sub>	78.4	0.55
VXI M <sub>1</sub>	39.3	0.21
VXI M <sub>2</sub>	67.3	0.47
VXI M <sub>3</sub>	23.1	0.16

B) 微菌之性質試驗

a) 適溫

培養基之成分	麥芽糖	4%
	葡萄糖	4%
	胃液蛋白	0.1%
	瓊脂	2.0%
	井水	

移植微菌後置於各種不同之溫度內培養，經三日檢其生長情形，其在某一溫度下生長最快者，即視為該微菌之適溫。

b) 適宜pH值

取同前之培養基，以酒石酸及氫水配製各種不同 pH 值之培養液如法培養微菌檢視其生長最佳之 pH 值。

c) 糖化力(49)

將大米淘淨潤溼，於 20lb 磅壓力下蒸 1½ 小時，取出拌以少許木灰後以等量之體積，約五克分置於已滅菌之二重皿內後如

法移植微菌絲少許，置於保溫箱內，溫度 23-28°C，培養三天後，以 25°C 之溫水 50cc. 浸約三小時，過濾取其濾液以之糖化澱粉而測其力之大小。

d) 酒精抵抗力

以酒精配製各種不同之濃度培養液如法移植微菌培養三日，溫度 25-28°C 取出檢其生長如何，其酒精含量較高，而猶生長者，或已不生長者，取其猶生長而濃度較高者。

e) 蛋白質分解力(50)

i) 酵素液之製取

將大黃豆淘淨以水浸約十二小時，豆皮膨脹無皺紋時，取出於 20lbs 壓力下蒸一小時，取出以等量之體積，約 5 克分置於已滅菌之二重皿中後，如法移植微菌培養於 23-28°C 下，經三日取出以 50cc. 常溫水浸約三小時過濾用此濾液。

ii) 0.1% 乾酪素溶液之配製

取純乾酪素一克置於燒杯中加入 50cc. 之 1/10 N NaOH，溶液復加蒸溜水 30cc. 於水浴上煮沸使溶約經十五分鐘即冷却之，復以 1/10 N HCl 中和之，以 Phenolphthalein 為指示劑僅呈微碱性後配製一立升，

iii) 濃硝酸 25cc. 如飽和硫酸鎂溶液 100 cc. 之混合液

iv) 方法

取試管十支各置 ii) 溶液 5cc. 置於 40°C 之水浴中，約 10 分鐘後於各管中加 i) 濾液 0.1cc 0.2cc...0.1cc，仍保持 40°C 溫度，時間約經 1 小時，加入 iii) 混合液 0.5cc. 於各管中同時觀察之，其乾酪素已全為酵素分解者，依然透明，而有未分解之乾酪素存在時則生白色沉澱

v) 計算

1cc. 或 1 克之酵素試料於 40°C 下一小時內，能分解 1 克之乾酪素者，其蛋白質分解力為 100 單位。

F) 結果



微菌種	適温 °C	適宜 pH 值	糖化力	酒精抗力	蛋白質分解力
I M <sub>1</sub>	30-40	6.5-7.0	18.1-2.0	3 %	25 M IX
I M <sub>2</sub>	20-30	7.5-8.5	20.5-2.0	3	20 M IX
I M <sub>3</sub>	30-50	8.0-8.5	20.5-2.0	1	33.33
II M <sub>1</sub>	30-50	8.0-8.5	20.8-0.5	3	25 M IX
II M <sub>2</sub>	20-30	7.5-8.5	20.5-2.8	1	16.7
II M <sub>3</sub>	20-30	7.5-8.0	25.5-8.0	1	33.33
II M <sub>4</sub>	30-50	8.0-8.5	20.5-7.0	1	50 M IX
III M <sub>1</sub>	30-50	8.0-8.5	33.33-2.0	3	50 M IX
III M <sub>2</sub>	30	6.0-7.0	20.5-2.0	1	50 M IX
IV M <sub>1</sub>	20-30	7.0-8.0	22.5-2.0	1	50 M IX
IV M <sub>2</sub>	20-30	6.5-7.5	22.5-0.5	1	25 M IX
IV M <sub>3</sub>	30	8.0-8.5	26.5-0.5	1	12.5
IV M <sub>4</sub>	30-40	8.0-8.5	25.8-0.5	3	12.5
V M <sub>1</sub>	30	6.0-7.5	33.33-0.5	1	20 M IX
V M <sub>2</sub>	30	8.0-8.5	26.5-2.0	3	14.3
V M <sub>3</sub>	30	6.5-7.5	33.5-2.0	1	25 M IX
V M <sub>4</sub>	30	7.0-8.0	26.5-0.5	1	20 M IX
VI M <sub>1</sub>	30	8.0	22.5-0.5	3	25 M IX
VI M <sub>2</sub>	30	8.0-9.0	25.5-0.5	3	14.3
VII M <sub>1</sub>	20-30	7.5-8.5	22.8-0.5	3	25 M IX
VII M <sub>2</sub>	30-50	8.0-8.5	25.5-0.5	0.5	25 M IX
VII M <sub>3</sub>	30	8.0	25.5-0.5	3	50 M IX
VII M <sub>4</sub>	30-40	7.0-8.0	26.5-0.5	1	33 M IX
VIII M <sub>1</sub>	20-40	8.0-8.5	20.5-0.5	0.5	33 M IX
IX M <sub>1</sub>	30	8.0-8.0	33.5-0.5	0.5	50 M IX
IX M <sub>2</sub>	30	6.5-7.0	23.0-0.5	0.5	33 M IX
IX M <sub>3</sub>	30	7.0-7.5	22.5-0.5	-	25 M IX
IX M <sub>4</sub>	30	8.0-8.5	26.5-0.5	1	33 M IX
X M <sub>1</sub>	30-60	7.5-8.5	50.5-2.0	3	20 M IX
X M <sub>2</sub>	30	7.5-8.5	26.5-0.5	3	14.3 M IX
XI M <sub>1</sub>	30	6.0-6.5	25.5-0.5	3	20 M IX
XI M <sub>2</sub>	30-40	6.5-7.5	20.5-0.5	1	16.7 M IX
XI M <sub>3</sub>	40	6.0-7.0	18.5-0.5	1	25 M IX
XII M <sub>1</sub>	30	6.5-7.0	20.5-0.5	1	16.7 M IX
XII M <sub>2</sub>	50	6.5-7.0	20.8-0.5	0.5	14.8 M IX
XII M <sub>3</sub>	20-30	6.5-7.5	18.8-0.5	0.5	25 M IX
XIII M <sub>1</sub>	50	6.5-7.5	20.5-0.5	1	16.7 M IX
XIII M <sub>2</sub>	20-30	7.0-8.5	20.8-0.5	3	12.5 M IX



XIM <sub>1</sub>	30	6.0-7.0	18	0.5	12.3
XIM <sub>2</sub>	20	6.5-7.5	18	0.5	14.3
XIM <sub>3</sub>	30-40	6.5-7.5	25	1	16.7
XIM <sub>4</sub>	40	6.5-7.5	20	0.5	20
XIM <sub>5</sub>	20-30	7.0-8.0	20	1	20
XIM <sub>6</sub>	30	6.5-7.5	18	1	16.7
XIM <sub>7</sub>	40	6.5-7.0	18	1	14.4
XIM <sub>8</sub>	30	6.5-7.0	25	1	20
XIM <sub>9</sub>	20-40	6.5-7.5	20	0.5	20
XIM <sub>10</sub>	20-30	6.5-7.5	20	3	16.7
XIM <sub>11</sub>	30	6.5-7.0	20	1	14.4
XIM <sub>12</sub>	40	7.0-8.5	25	3	20
XIM <sub>13</sub>	30	6.5-7.5	25	1	20
XIM <sub>14</sub>	20-30	7.0-8.0	20	1	20
XIM <sub>15</sub>	20	6.0-7.0	18	0.5	25
XIM <sub>16</sub>	30	6.5-7.5	25	0.5	20
XIM <sub>17</sub>	30	6.5-7.5	20	0.5	20
XIM <sub>18</sub>	30-40	6.5-7.5	20	3	16.6
XIM <sub>19</sub>	30-40	6.0-7.0	25	1	20
XIM <sub>20</sub>	20-30	6.5-7.5	25	3	20
XIM <sub>21</sub>	30-40	7.0-8.0	20	3	20
XIM <sub>22</sub>	30	6.0-7.5	16.6	0.5	25
XIM <sub>23</sub>	40	7.0-7.5	20	1	16.6
XIM <sub>24</sub>	20-30	6.5-7.0	25	3	20
XIM <sub>25</sub>	40-50	6.5-7.0	25	3	20
XIM <sub>26</sub>	20-40	6.0-7.0	16.6	3	25
XIM <sub>27</sub>	30	6.0-6.5	20	1	25
XIM <sub>28</sub>	40	6.5-7.0	25	3	25
XIM <sub>29</sub>	30-40	6.0-7.5	25	0.5	20
XIM <sub>30</sub>	40-50	6.5-7.0	25	0.5	20
XIM <sub>31</sub>	20-30	6.0-6.5	20	1	25
XIM <sub>32</sub>	30	6.0-6.5	16.6	0.5	25
XIM <sub>33</sub>	40	6.5-7.5	25	3	16.6
XIM <sub>34</sub>	40	6.5-7.5	20	1	16.6
XIM <sub>35</sub>	30	6.5-7.0	16.6	0.5	20
XIM <sub>36</sub>	40-50	7.0-8.0	50	3	25
XIM <sub>37</sub>	40	7.0-8.0	33	3	20
XIM <sub>38</sub>	20-40	6.0-7.5	33	6	20
XIM <sub>39</sub>	40	7.5-8.0	20	1	50



XX XI M <sub>2</sub>	40	7.5-8.0	25	3	33	MMVI
XX XII M <sub>1</sub>	40	6.0-7.5	20	1	50	MMVI
XX XII M <sub>1</sub>	20-40	6.0-7.5	50	6	33	MMVI
XX XII M <sub>2</sub>	20-40	6.0-7.5	18	6	50	MMVI
XX XII M <sub>3</sub>	20-40	6.0-7.5	20	1	33	MMVI
XX XII M <sub>4</sub>	30-50	7.0-7.5	33	3	33	MMVI
XX XII M <sub>5</sub>	50-50	7.0-7.5	26	1	33	MXV
XX XII M <sub>6</sub>	40	7.0-7.5	25	1	33	MXV
XX XII M <sub>7</sub>	40-50	6.5-7.5	20	1	33	MXV
XX XII M <sub>8</sub>	40	6.5-7.5	50	4.5	25	MXV
XX XII M <sub>9</sub>	30-40	7.0-8.0	20	1	25	MXV
XX XII M <sub>10</sub>	30-40	6.0-7.5	50	6	25	MXV
XX XII M <sub>11</sub>	40-60	7.0-7.5	50	6	33	MXV
XX XII M <sub>12</sub>	20-40	6.0-7.5	33	3	50	MXV
XX XII M <sub>13</sub>	20-40	7.0-7.5	40	4.5	50	MXV
XX XII M <sub>14</sub>	30-40	7.0-7.5	40	4.5	33	MXV
XX XII M <sub>15</sub>	30-60	6.5-7.5	40	4.5	25	MXV
XX XII M <sub>16</sub>	30-60	7.0-7.5	50	6	20	MXV
XX XII M <sub>17</sub>	30-60	7.0-7.5	50	6	25	MXV
XX XII M <sub>18</sub>	30-60	7.5-8.0	33	3	33	MXV
XX XII M <sub>19</sub>	20-40	6.0-7.5	20	1	50	MXV
IV X M <sub>1</sub>	40	7.0-7.5	25	4.5	50	MXV
IV X M <sub>2</sub>	30-40	7.5	26	4.5	50	MXV
IV X M <sub>3</sub>	30-40	7.5	33	3	33	MXV
IV X M <sub>4</sub>	20-50	7.0-8.0	20	1	25	MXV
IV XI M <sub>1</sub>	30-40	6.5-7.5	33	3	20	MXV
IV XI M <sub>2</sub>	30-50	7.0-7.5	33	3	20	MXV
IV XI M <sub>3</sub>	40-50	7.5-8.0	33	3	25	MXV
IV XI M <sub>4</sub>	40-50	7.5-8.0	25	2	33	MXV
IV XII M <sub>1</sub>	40	7.5	25	2	33	MXV
IV XII M <sub>2</sub>	40	7.5-8.0	26	2	50	MXV
IV XII M <sub>3</sub>	40	7.0-7.5	25	2	33	MXV
IV XII M <sub>4</sub>	20-40	6.0-7.5	26	2	33	MXV
IV XII M <sub>5</sub>	20-40	7.0-7.5	25	2	20	MXV
IV XII M <sub>6</sub>	20-40	7.0-7.5	18	2	50	MXV
IV XII M <sub>7</sub>	20-40	7.5	25	2	33	MXV
IV XII M <sub>8</sub>	30-40	6.0-7.5	25	2	20	MXV
IV XII M <sub>9</sub>	30-40	7.5	18	2	50	MXV
IV XII M <sub>10</sub>	40-50	7.0-7.5	20	2	50	MXV



IVMM <sub>1</sub>	40-50	8	6.5-7.5	33	0.8-0.7	2	01	33	MIXV
IVMM <sub>2</sub>	40-50	1	7.5-8.0	33	0.7-0.9	2.5	01	25	MIXV
IVMM <sub>3</sub>	40	0	7.5-8.0	33	0.7-0.9	3	01-02	25	MIXV
IVMM <sub>4</sub>	40-50	0	6.0-7.5	33	0.7-0.9	3	01-02	18	MIXV
IVMM <sub>5</sub>	40	1	7.0-8.0	26	0.7-0.9	2	01-02	18	MIXV
IVMM <sub>6</sub>	60	8	7.0-8.0	25	0.7-0.7	2	02-02	20	MIXV
VXM <sub>1</sub>	60	1	7.5-8.5	20	0.7-0.7	1	02-02	50	MIXV
VXM <sub>2</sub>	60	1	7.0-8.0	18	0.7-0.7	1	01	50	MIXV
VXM <sub>3</sub>	60	1	7.0-7.5	20	0.7-0.9	1	02-04	50	MIXV
VXIM <sub>1</sub>	20	2.4	7.5-8.0	26	0.7-0.9	1	01	33	MIXV
VXIM <sub>2</sub>	20	1	7.5	40	0.8-0.7	4.5	01-02	25	MIXV
VXIM <sub>3</sub>	20	0	7.5	26	0.7-0.9	3	01-02	50	MIXV

III 細菌之生理性質試驗

A 細菌之生理試驗

1) 發育狀態(51,52,53,54,55,56,57)

細菌種	直線培養	色澤	穿刺培養	液化性	液體培養	皮膜生成	氣體生成
YIB <sub>1</sub>	不佳	乳白	表面發育良	-	一日後混	-	MIX+
YIB <sub>2</sub>	不佳	乳黃	中間發育良	-	一日後混	-	MIX+
IXB <sub>1</sub>	佳良	灰白	表面佳良	-	一日後混	斑紋形	MIX-
XB <sub>1</sub>	佳良	灰白	表面佳良	-	一日後混	薄非而脆	MIX-
XIB <sub>1</sub>	不良	黃色	中間佳良	+	粘狀混	-	MIX+
XIVB <sub>1</sub>	不良	黃色	中間佳良	+	粘狀混	-	MIX+
XVB <sub>1</sub>	微佳	乳黃	樹枝狀	-	絮狀混	-	MIX+
XVB <sub>2</sub>	微佳	白色	樹枝狀	-	絮狀混	-	MIX+
XVB <sub>3</sub>	佳良	黃褐	表面佳良	-	二日後混	稠厚粘性	MIX+
XXB <sub>1</sub>	佳良	黃褐	表面佳良	+	混	稠厚粘性	MIX+
XXVB <sub>1</sub>	不良	黃白	底部佳良	+	粘性混	粘性薄	MIX+
XXVB <sub>2</sub>	粘液狀	白	中間佳良	+	粘性混	粘性薄	MIX+
XXVB <sub>3</sub>	非薄不正形	黃白色	中間佳良	-	二日後混	-	MIX+
XXVB <sub>4</sub>	流動線形	白色	中間佳良	+	二日後混	鮮黃蠟形	MIX+
XXVB <sub>5</sub>	蠶線狀	白色	中間佳良	+	二日後混	-	MIX+
IVXB <sub>1</sub>	不良	乳白	中間佳良	+	二日後混	-	MIX+
IVXIB <sub>1</sub>	非薄不正形	黃白色	中間佳良	-	二日後混	-	MIX+
IVXIB <sub>2</sub>	流性線	黃色	中間佳良	-	二日後混	-	MIX+
IVXIB <sub>3</sub>	佳良	白色	表面佳良	-	二日後混	垢狀	MIX-
IVXIB <sub>4</sub>	佳良	灰白	表面佳良	+	二日後混	脆薄瓶壁上	MIX+

註 液化性 - 不液化性 + 液化

2) 細胞形態(58)

取培養已純之細菌於顯微鏡下檢視之

移植純細菌於Cohn氏瓊脂斜面，或精膠柱狀培養基內，或液體培養液內，溫度25-28°C。三日後檢查之結果如下：

並測其大小結果如下：



細菌種	細胞形態	細胞大小
VI B <sub>1</sub>	圓形單生	0.5M - 0.8M
VI B <sub>2</sub>	圓形雙生	0.8 - 1.1M
IX B <sub>1</sub>	桿狀或球狀單生	0.8 - 1.3M
X B <sub>1</sub>	桿狀或球狀雙生	1.2 - 2.3M
XII B <sub>1</sub>	長桿狀	7 - 10M
XIV B <sub>1</sub>	桿狀	3 - 8M
XVI B <sub>1</sub>	桿狀雙生	2.8 - 5M
XVII B <sub>2</sub>	桿狀雙生	3 - 7M
XVIII B <sub>1</sub>	桿狀雙生	1 - 1.2M
XX B <sub>1</sub>	桿狀雙生	1 - 1.2M
XXV B <sub>1</sub>	長桿狀	5 - 8M
XXVII B <sub>1</sub>	長桿狀	3 - 10M
XXIX B <sub>1</sub>	球形單生或雙生	0.5 - 1M

XXII B <sub>1</sub>	短桿形	1.2 - 1.5M
XXIII B <sub>1</sub>	球形單生	0.5 - 0.8M
IV X B <sub>1</sub>	桿形單生	3 - 6M
IV XI B <sub>1</sub>	球形雙生	0.8 - 1.2M
IV XII B <sub>1</sub>	桿形雙生	1.2 - 1.5M
IV XIII B <sub>1</sub>	桿形雙生	2.1 - 2.8M
IV XIV B <sub>1</sub>	桿形連生	1 - M

B 細菌之性質試驗

先將已純之細菌培於液體中置於各種溫度下檢其生長之適溫，再培於糖或纖維質之培基內檢其醱酵後之產物，並定其生酸力之大小(59,60)最後再於適宜培基中加入各種濃度之酒精抵抗力之大小結果如下：

細菌種	生長溫度	醋酸產	產乳酸	產尿酸	產酒精	其他產物	生酸力	醇抗力
VI B <sub>1</sub>	35 - 45	-	+	-	+	-	1.1%	3 %
VI B <sub>2</sub>	35 - 45	-	+	-	+	-	0.7%	3 %
IX B <sub>1</sub>	25 - 35	+	-	-	-	-	4.0%	6 %
X B <sub>1</sub>	25 - 35	+	-	-	-	-	5.5%	8 %
XII B <sub>1</sub>	35 - 45	-	-	+	-	+	0.1%	3 %
XIV B <sub>1</sub>	35 - 45	-	-	+	-	+	0.2%	1 %
XVI B <sub>1</sub>	35 - 45	-	+	-	+	-	0.5%	2 %
XVII B <sub>2</sub>	35 - 45	-	+	-	+	-	0.4%	2 %
XVIII B <sub>3</sub>	25 - 35	+	-	-	-	-	6.0%	9 %
XX B <sub>1</sub>	25 - 35	+	-	-	-	-	5.0%	8 %
XXV B <sub>1</sub>	35 - 45	-	-	+	-	+	0.1%	1 %
XXVII B <sub>1</sub>	35 - 45	-	-	+	-	+	0.1%	1 %
XXIX B <sub>1</sub>	50 - 60	+	-	-	+	+	3.0%	5.0%
XX XII B <sub>1</sub>	25 - 35	+	-	-	-	-	3.0%	5.4%
XX XIII B <sub>1</sub>	40 - 50	+	-	+	-	-	5.5%	6.0%
IV X B <sub>1</sub>	50 - 60	+	-	-	+	+	4.0%	5.5%
IV XI B <sub>1</sub>	35 - 45	-	+	-	-	-	1.0%	1 %
IV XII B <sub>1</sub>	25 - 35	+	-	-	-	-	3.5%	5.5%
IV XIII B <sub>1</sub>	25 - 35	+	-	-	-	-	4.5%	6.0%
IV XIV B <sub>1</sub>	40 - 50	+	-	+	-	-	3.2%	6.0%

註 +生長 -不生

(四)有效菌種之工業應用

A 酒精工業

酒精為化學工業所必需，亦液體燃料之

一種，代用汽油，銷路突增，故如何製造大



量之廉價酒精，實為一重要問題，現國內雖有利用糖蜜及馬鈴薯，以製造酒精之工廠數家，究屬原料有限，成本過高，我國高粱，俗稱紅糧，以其種植容易，性質強健，對土壤氣候昆虫害等，抵抗力較大，故遍植東北，年產極豐，其所含可醱酵性糖分或澱粉很多，用為製造酒精原料，頗較合宜，如能移植於西北後方荒蕪之地，亦救濟農村之一途，高粱在吾國北方釀造高粱酒，久已馳名，(61)以之製造酒精，因其生產率較低，未能有大規模之製造，(62)此後有人應用我國舊式之「固態醱酵」法，以高粱半工業化試製酒精，結果最高產率達 80% (63)本工作之目的，即係利用由山東酒麴中，所分得優良

酵母種，*VIIIy*，(曾被上海中國酒精廠採用)及微菌種 *XM<sub>1</sub>*，用高粱為原料，在各種壓力下，使之糊化，在各種時間內，使之糖化，及在各種溫度下，使之醱酵等，以求酒精產量最高，及合乎經濟之條件。

(1) 糊化與壓力之關係(64)

取高粱(按Rask氏方法(65)分析結果平均含澱粉55%)若干，篩去其雜質，以粉碎機破碎之，每粒高粱使成四五塊，秤取一公斤高粱粉，加2倍量之0.2%鹽酸水溶液，浸漬達十小時淘出，加入加壓糊化鍋內，在各種壓力下蒸煮三小時取出，定其經糊化之澱粉量，結果如下表：

試驗號數	壓力	溫度	澱粉計算值	澱粉實驗值	糊化率
	磅	°C	克	克	%
1	20	110.7	550	452	82.18
2	30	119.5	550	481.3	87.51
3	40	126.7	550	509.5	92.64
4	50	135.6	550	530	96.36
5	60	142.8	550	530	96.36
6	70	147.	550	530	96.36

(2) 糖化與時間之關係(66)

a) 製種麴

取淘淨之大米，浸漬三小時，置於加壓蒸餾器內，蒸煮時間達一小時取出，將此蒸餾已熟之大米，移入種麴室內，攤於殺菌過的種麴盤內，移種微菌種加蓋放置八小時後，溫度上昇，表面已生白毛，第二日觀察種麴室內之溫度為 30°C，品溫 40°C，米粒上生黃綠色菌叢，是為種麴之成熟。

b) 製麩麴(67,68)

取麩皮若干噴水使溼，噴水之程度，以將麩皮壓於掌中後，不至散開為度，噴水後，蒸熟約經二小時後取出，舖於石灰床上，

冷下到溫度達 35°C 時，加種麴適量攪拌均勻，攤置於已消毒之麴盤中，層疊架置於麴室內，加蓋第二日視查麩麴品溫 35°C，室溫 33°C 去蓋密集堆疊之，約經半天，溫度上昇至 39°C 後，將盤散開錯置之，第三天麩麴呈綠色。

c) 糖化工作

取一公斤高粱粉，浸後經50磅壓力，糊化之加水配製比重 1:11 之漿醪，熱至 80°C，經半小時，以資殺菌，俟冷至 55°C，加入麩麴 100 克，時時攪拌，保持至不同時間，取出定量，測其糖分多寡，以計算其糖化程度如何結果如下：

試驗號數	糖化時間	澱粉含量	糖分計算量	糖分實驗量	糖化率
	小時	克	克	克	%
1	2	530	447.56	353.3	78.94
2	3	530	447.56	397.2	88.74







2	0.50	4.34	21.7
3	0.75	3.056	15.28
4	1.00	1.923	9.6

法測其酒精而計算，每百種醱酵液中酒精之副產量結果如下：

試驗號數 酒精副產率 % 甘油產率 %

1	10.18	12.65
2	15.27	19.45
3	19.11	20.65
4	20.32	21.65
5	25.07	18.75
6	33.73	13.35
7	36.05	12.3
8	42.5	6.9

(2) 碳酸鈉添加總量之測定

取同前述之醱酵液，如法接種醱酵後，每次添加 0.5 克碳酸鈉，每日添加數次，至醱酵液中含有各種不同之碳酸鈉量之時止，醱酵經八日取出測其甘油產量結果如下；

試驗號數	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 總量 克	甘油產量 克	甘油產率 %
1	5.0	4.25	21.3
2	10.0	4.027	20.14
3	15.0	3.056	15.28
4	20.0	1.563	7.81

(3) 醱酵液中鹼度之影響

取同前之醱酵液，如法醱酵，加入碳酸鈉不同量，至發酵完畢取出，以規定鹽酸滴定之計算，每百種醱酵液中碳酸鈉之克數稱為鹼度並如法測其甘油產量結果如下：

試驗號數	鹼度 克	甘油產量 克	甘油產率 %
1	2.3	2.53	12.65
2	4.59	4.25	21.3
3	6.6	3.78	18.9
4	8.37	1.67	8.35

(4) 醱酵液中酸度之影響

取定量同前已醱酵之液中和後微呈酸性而蒸溜之後以規定苛性鈉滴定之計算，每百種醱酵液中苛性鈉之克數，稱為酸度，並測其甘油結果如下：

試驗號數	酸 度 克	甘油產量 克	甘油產率 %
1	0.0311	2.53	12.65
2	0.0416	4.25	21.3
3	0.0388	3.78	18.9
4	0.0208	1.67	8.35

(5) 酒精之生產

取定量醱酵液中和後使呈微酸性，而蒸溜之，於此蒸溜液中，依 Nielaux 氏 (91)

II 亞硫酸鈉之添加(92)

(1) 亞硫酸鈉添加量之測定

取 20% 蔗糖醱酵液，加入少許無機營養鹽滅菌後，分成等量於若干醱酵瓶中，種入酵母於 30-35°C 下培養，經 24 小時，每瓶加入各種不同量之亞硫酸鈉，任其醱酵，經一周後取出，測其甘油產量結果如下：

試驗號數	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量 克	甘油產量 克	甘油產率 %
1	5.0	1.56	7.8
2	7.5	3.86	19.3
3	10.0	4.11	20.55
4	12.5	4.46	22.3
5	15.0	2.42	12.1

(2) 鹼度之影響

取同前之醱酵液如前法醱酵之，俟其醱酵完畢，測其鹼度法取定量醱酵液，以規定鹽酸滴定之，而計算每百種醱酵液中相當規定苛性鈉之 cc 數，稱為總鹼度，另取定量醱酵液，加入過量中性氯化銀過濾，再如法滴定之，而如法計算，由總鹼度減去，由此次滴定所得之鹼度，其所餘之數，稱為遊離鹼度結果如下：

試驗號數	總鹼度	遊離鹼度	甘油產率 %
1	65.12	18.28	7.8
2	89.11	20.57	19.3
3	180.5	57.13	20.55



4 267.3 107.4 22.3

(3) 副產品之生成

醱酵方法同前所述除測其酒精外，並依 Rogurs 法(93)測其乙醛產量結果如下：

試驗號數	酒精產率 %	乙醛產率 %	甘油產率 %
1	46.37	4.4	7.8
2	36.03	4.7	19.3
3	28.57	7.9	20.55
4	28.37	9.9	22.3

(4) 時間之關係

方法同前結果如下：

試驗號數	時間 小時	乙醛產率 %	甘油產率 %
1	24	0.52	-
2	48	0.94	2.25
3	72	2.43	9.5
4	96	4.02	14.7
5	120	6.93	18.7
6	144	8.75	20.5
7	168	9.86	21.6
8	192	9.86	21.5

III 碳酸氫鈉添加

(1) 碳酸氫鈉添加量之測定

取 20% 蔗糖醱酵液 100cc. 若干份，移種酵母種於 20-30°C 下，培養 24 小時，添加各種不同量之碳酸氫鈉，任其發酵，經八日後取出，測其甘油產量結果如下：

試驗號數	NaHCO <sub>3</sub> 量 克	甘油產量 克	甘油產率 %
1	1.0	1.86	9.3
2	2.0	2.57	12.85
3	4.0	2.36	13.80
4	8.0	2.28	11.40
5	16.0	2.1	10.5

(2) 城度之影響

取同前法所得之醱酵液以規定鹽酸滴定之計算，每百 cc. 醱酵液中碳酸氫鈉之克數，並測其甘油結果如下：

試驗號數 城度 甘油產量 甘油產率  
克 %

1	0.86	1.86	9.3
2	1.38	2.2	11.00
3	1.85	2.57	12.85
4	2.35	2.65	13.25
5	2.75	2.45	12.25
6	3.3	2.40	12.00
7	3.76	2.36	11.00

(3) 酸度之關係

方法同前結果如下：

試驗號數	酸度	甘油產率
1	0.019	9.3
2	0.023	11.00
3	0.028	12.85
4	0.031	13.25
5	0.026	12.25
6	0.024	12.00
7	0.022	11.80

(4) 酒精之副產

取同前之醱酵液如前法醱酵後中和之微呈酸性而蒸溜之，取此定量之蒸溜液，以 Harries 氏(94,95)法，測其酒精含量而計算之結果如下：

試驗號數	酒精產率 %	甘油產率 %
1	19.40	9.3
2	25.95	11.00
3	31.15	12.85
4	35.75	13.25
5	39.5	12.25
6	43.0	12.00
7	45.5	11.80

IV 碳酸銨之添加

(1) 碳酸銨添加量之測定

試驗號數	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 量 克	甘油產量 克	甘油產率 %
1	0.5	1.28	6.4
2	1.0	2.16	10.8



3	2.0	2.81	14.05
4	4.0	2.77	13.85
5	8.0	2.29	11.15

(2) 碱度之影響

試驗號數	碱度	甘油產量 克	甘油產率 %
1	0.7	2.16	10.80
2	1.24	2.89	14.45
3	1.53	2.81	14.95
4	1.95	2.79	13.95
5	2.21	2.79	13.95
6	2.85	2.78	13.90
7	3.36	2.77	13.85

(3) 酸度之關係

試驗號數	酸度	甘油產率
1	0.035	10.80
2	0.039	14.45
3	0.038	14.95
4	0.036	13.95
5	0.035	13.95
6	0.034	13.90
7	0.031	13.85

(4) 酒精之副產

乙 複合固定劑之添加對於甘油醱酵之影響

I 亞硫酸鈉與亞硫酸氫鈉之複合添加

(1) 亞硫酸氫鈉添加量一定

試驗號數	NaHSO <sub>3</sub> 量 克	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量 克	乙醇之生成		甘油之產量	
			克	%	克	%
1	8.0	7.5	8.18	40.9	3.296	16.48
2	8.0	10.0	5.72	29.6	4.13	20.65
3	8.0	12.5	7.14	35.7	3.764	19.82

(2) 亞硫酸鈉添加量一定

試驗號數	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量 克	NaHSO <sub>3</sub> 量 克	乙醇之生成		甘油之產量	
			克	%	克	%
1	10.0	2.0	4.1	20.5	4.72	23.6
2	10.0	4.0	5.28	26.4	4.55	22.75
3	10.0	8.0	5.92	29.6	4.13	20.65

II 亞硫酸鈉與碳酸鈉之複合添加

(1) 亞硫酸鈉添加量一定

試驗號數 酒精產率 甘油產率

1	24.70	10.80
2	28.00	14.45
3	32.65	14.05
4	37.40	13.95
5	37.60	13.95
6	42.25	13.90
7	44.00	13.85

V 亞硫酸氫鈉之添加

(1) 亞硫酸氫鈉之添加量之測定

試驗號數	NaHSO <sub>3</sub> 量 克	甘油產量 克	甘油產率 %
2	4.0	3.69	18.45
3	8.0	3.97	19.85
4	12.0	3.51	17.55
5	16.0	3.26	16.30

(2) 副產品之生成

試驗號數	乙醇產率	乙醛產率	甘油產率
1	28.60	4.3	14.76
2	13.30	5.7	18.20
3	15.00	5.1	16.52
4	30.50	3.4	13.04



試驗號數	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量		Xla-CO <sub>3</sub> 量		乙醇之生成		甘油之產量	
	克	克	克	克	克	%	克	%
1	10.0	10.0	4.0		2.92	14.6	4.106	20.53
2	10.0	10.0	8.0		4.336	21.68	3.706	18.53
3	10.0	10.0	12.0		5.374	26.87	2.864	14.32

## (2) 碳酸鈉添加量一定

試驗號數	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 量		Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量		乙醇之生成		甘油之產量	
	克	克	克	克	克	%	克	%
1	4.0	4.0	7.5		5.508	27.54	2.245	11.09
2	4.0	4.0	10.0		2.92	14.6	4.106	20.53
3	4.0	4.0	12.5		2.492	12.46	4.254	21.27

## III 亞硫酸鈉與碳酸鈉之複合添加

## (1) 亞硫酸鈉添加量一定

試驗號數	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量		NaHCO <sub>3</sub> 量		乙醇之生成		甘油之產量	
	克	克	克	克	克	%	克	%
1	10.0	10.0	5.0		4.308	21.54	3.26	16.3
2	10.0	10.0	10.0		4.89	24.45	2.452	12.26
3	10.0	10.0	15.0		6.312	31.56	1.724	8.62

## (2) 碳酸鈉添加量一定

試驗號數	NaHCO <sub>3</sub> 量		Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量		乙醇之生成		甘油之產量	
	克	克	克	克	克	%	克	%
1	5.0	5.0	7.5		6.464	32.32	1.304	6.52
2	5.0	5.0	10.0		4.308	21.54	3.26	16.3
3	5.0	5.0	12.5		4.244	21.22	3.56	17.8

## IV 亞硫酸鈉與碳酸銨之複合添加

## (1) 亞硫酸鈉添加量一定

試驗號數	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 量		乙醇之生成		甘油之產量	
	克	克	克	克	克	%	克	%
1	10.0	10.0	3.0		4.964	24.82	1.48	7.4
2	10.0	10.0	6.0		3.94	19.7	3.48	17.4
3	10.0	10.0	9.0		6.1	30.5	1.164	5.82

## (2) 碳酸銨添加量一定

試驗號數	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 量		Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量		乙醇之生成		甘油之產量	
	克	克	克	克	克	%	克	%
1	6.0	6.0	7.5		4.46	22.3	2.16	10.8
2	6.0	6.0	10.0		3.94	19.7	3.48	17.4
3	6.0	6.0	12.5		3.56	17.8	3.8	19.0

## V 亞硫酸鈉與碳酸鈉之複合添加

## (1) 亞硫酸鈉添加量一定



試驗號數	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量 克	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 量 克	乙醇之生成		甘油之產量	
			克	%	克	%
88-1	10.0	5.0	5.738	28.69	3.62	15.1
88-2	10.0	10.0	4.204	21.02	4.56	22.8
88-3	10.0	15.0	4.72	23.6	3.7	18.5

## (2) 磷酸二鈉添加量一定

試驗號數	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 量 克	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 量 克	乙醇之生成		甘油之產量	
			克	%	克	%
89-1	10.0	7.5	6.228	31.14	2.74	13.7
89-2	10.0	10.0	4.204	21.02	4.56	22.8
89-3	10.0	12.5	3.52	17.6	4.84	24.2

## C 有機酸工業

有機酸中。如醋酸、乳酸、檸檬酸，及葡萄糖酸等，在工業及醫藥上之應用，向占重要地位，如醋酸之用於人造絲，橡皮及染色，乳酸之用於製革，檸檬酸之用於調味，葡萄糖酸之用於醫治貧血等，可由天然原料，或用化學方法，或用醱酵方法製出，抗建期中，舶來絕路，而此等有機酸之需要，反有增無已，不得不自謀解決方法，惟以國內環境關係，如儀器之昂貴，試藥之奇缺，如以化學方法製取，此等有機酸，勢難進行，乃就現狀試用醱酵方法，以求能工業應用，過去歐美學者，曾用各種微生物，如細菌、黴菌等，在各別環境中，使之作用已告成功，即同一種之微生物，如使之作用於各種不同之環境下，其所產之有機酸量亦不同，(96, 97, 98, 99, 100) 本工作即係利用由國產酒麴中所分離之微生物，以國產碳水化合物，如糖類為原料，以醱酵方法試製各種有機酸，求其能產生大量之適宜條件。

## a) 醋酸醱酵

關於醋酸醱酵之研究，首推 1837 年 Friedrich Kiihling 氏 (101) 所發表之理論，謂醋酸醱酵，由於微生物作用，於含酒精性物質氧化而成，其後 L. Pasteur (102) 氏復證明空氣中氧氣之供給，為進行醋酸醱酵之必要條件，此後研究醋酸醱酵，多注重醋酸菌種之問題，除研究醋酸菌分類學 (103) 之

維質廢物，為數頗多除一部分普通用為燃料外，最近尚有注意於能分解纖維，以生產醋酸之菌種，因在農產發達之國家，農場中纖維外，其餘對於處理上，常發生很大的問題。

Langwell 氏 (104) 首用玉蜀黍心做培養基在 60°C pH 值，調整至 6.0 時，以醱酵菌醱酵之能得，醋酸 40%，此法在美國現很盛行，特別以穀類穗軸為原料者，關於此種醱酵所產之酸量，Mag 和 Herrick 二氏 (105) 首有相當之研究。

Smieszko 氏 (106) 採用一，認為純種之醱酵菌，使之醱酵百克纖維質，結果能得 50% 之醋酸，友田 (Tomocla) 氏 (107, 108,) 由 2% 濾紙之培養基，得醋酸量約為 21-26%。

本研究之進行作者，係由國產酒麴中所分離之醋酸菌，以之醱酵穀莖纖維質廢物在各種條件下，測其醋酸產量以求能工業利用之。

## (1) 培養基之訓練 (109, 110)

應用此種醱酵的醱酵菌，XIB<sub>2</sub> 因培養基之訓練不同，用以醱酵纖維結果，對於醋酸之產量，亦因之而異，變更培養基內之成分可以使醋酸之產量有所增減今用培養基之成分為 3 克纖維質物，加入 0.25 克碱性磷酸鉀，及各種不同量之氯化銨，用井水配製成 100cc. 此氯化銨之用量，對於纖維之醋酸醱酵，很有關係，用此等培養基培養在 55°C



下，經八日取出，以普通方法蒸溜後，而測定其醋酸產量，並定其纖維質殘留量，而計

算因醱酵而消耗之量結果如下：

試驗號數	NH <sub>4</sub> CO 用量 克	纖維消耗量 %	每 100 克纖維	每消耗 100 克纖維
			之醋酸產量 克	之醋酸產量 %
1	0.05	18.00	6.52	36.22
2	0.10	40.50	11.71	28.91
3	0.15	65.30	12.53	18.88
4	0.20	70.70	15.40	21.78
5	0.25	72.30	16.70	23.09
6	0.30	77.50	17.95	23.3
7	0.40	77.70	18.42	23.84
8	0.50	75.40	17.20	22.81
9	0.60	69.80	16.50	23.65

除以上述適宜條件，即每100cc. 井水中，含 0.25 克碱性磷酸鉀，3 克纖維質物料，及 0.4 克氯化銨培養訓練，能生醋酸，達 3.84% 之高量外，如於此等培養液中，加

入各種不同分量之消化蛋白質，復能增加醱酵產量 (111) 其增加量，亦因消化蛋白質之用量不同而異。

試驗號數	消化蛋白質用量 %	纖維消耗量 %	每百克纖維之	每消耗百克纖維
			醋酸產量 克	之醋酸產量 克
1	0.00	77.7	18.42	23.84
2	0.25	78.0	20.20	25.89
3	0.50	85.3	22.40	26.25
4	1.00	87.0	23.70	27.24

(2) pH 值之影響 (112)

將前述之適宜培養基加入 1% 消化蛋白質後，仍在 55°C 培養八日，每日以碳酸鈉或鹽酸調整此培養基之 pH 值二次，結果知將 pH 值，如調整僅至 7.50-7.75 時，醋酸產量最高，且其纖維消耗率，亦稍保持一定但 pH 值如增加時，即有顯著之降低。

試驗號數	pH 值	纖維消耗量 %	每百克纖維 之醱酵產量 %
1	5.00	4.85	0.52
2	5.50	5.21	1.23
3	6.00	14.42	1.95
4	6.50	14.35	2.12
5	6.75	22.75	4.85

6	7.00	44.80	7.53
7	7.25	76.70	16.67
8	7.50	89.32	23.80
9	7.75	88.45	23.67
10	8.00	87.50	22.50
11	8.50	70.10	—
12	9.00	15.34	1.50

(3) 溫度之影響

溫度對於醱酵作用影響殊大，在高溫下能增加醱酵速度但超過一定限度時，則反能減退，茲將用最適宜之培養基及 pH 值調整在 7.5-8.0 之間在各種溫度下，經醱酵八日後之結果如下：

試驗號數	溫度	纖維消耗量	每百克纖維 醱酵產量
------	----	-------	---------------



	°C	成率%	成率%
1	50	87.70	22.70
2	55	89.32	23.80
3	60	92.00	31.55
4	65	91.67	29.85

b) 乳 酸 醱 酵

許多工業中乳酸常占重要地位，特於鞣酸工業，皮革工業，及染色工業，猶較重要，水解澱粉，即能生乳酸，(113)在商業上多利用廢牛乳，經細菌醱酵製得，(114)後來因各種工業發達，需量突增，遂多改用澱粉等廉價原料，以醱酵方法，(115,116,117,118,119,120)大規模製造，最近又發現利用微菌醱酵糖類(121)能生產品質更佳之乳酸。

本工作係利用川產土糖為原料，以由國產酒麴中所分得之數種乳酸菌，使行乳酸醱酵試製乳酸鈣，結果尚佳，此菌種及製造方法，已被中央製藥廠採用大規模製造，行銷市面，代用舶來已年餘矣。

試驗號數	碳酸鈣添加量 %	乳酸鈣產量 克	乳酸鈣產率 %
1	0	0.25	5
2	1	0.95	19
3	2	2.50	50
4	3	4.00	80
5	4	4.00	80
6	5	4.00	80

(3) 醱酵液適宜濃度之測定

取定量含糖濃度不同之醱酵液，如法加

試驗號數	含糖濃度 %	乳酸鈣之產量 克	乳酸鈣產率 %
1	5	4.0	80
2	10	8.4	84
3	15	13.0	89.1
4	20	16.8	84

(4) 數種氮素營養品之比較

取定量 15% 蔗糖醱酵液，加入各種氮素營養品，如法醱酵，結果如下：

(1) 數種乳酸菌之比較(122)

取 100cc. 5% 蔗糖醱酵液若干份，加入適量營養鹽，滅菌後分別種入乳酸菌於 40-50°C 下，任其繁殖，經兩周後取出定量醱酵液，以規定苛性鈉液滴定之，用 Pheuol Phthaleiu 為指示劑計算每百 cc. 醱酵液中相當 N/10 苛性鈉之 cc. 數，以定其酸度之大小結果如下：

試驗號數	乳酸菌種別	酸度
1	VI B <sub>1</sub>	125
2	VI B <sub>2</sub>	75
3	XII B <sub>1</sub>	50
4	XII B <sub>2</sub>	40
5	IX XI B <sub>1</sub>	120

(?) 碳酸鈣添加量之測定

取 5% 蔗糖醱酵液，如前法加入營養鹽並加入各種量之碳酸鈣，種入乳酸菌 IX X B<sub>1</sub> 於 40-50°C 下醱酵，經兩周取出，如前法製得乳酸鈣結果如下：

入營養鹽，並加入 3% 碳酸鈣種入乳酸菌如法醱酵結果如下：



試驗號數	氮素(營養品)類別	添加量%
1	消化蛋白質	0.4
2	硫酸銨	0.4
3	碳酸銨	0.4
4	氯化銨	0.4
5	硝酸銨	0.4
6	—	0.0

乳酸鈣之生成	
產量克	產率%
12.5	83.75
9.5	63.65
8.0	53.6
7.0	46.9
2.0	13.4
0.5	3.35

(5) 氮素營養品供給量之測定

取定量 15% 含糖醱酵液，加入不同分量之消化蛋白質，以為氮素之供給源如法醱酵，結果如下：

試驗號數	氮素品量%	乳酸鈣之生成克	產率%
1	0.0	0.5	3.35
2	0.1	4.0	26.8
3	0.5	13.0	87.1
4	1.0	13.0	87.1

(6) 其他無機營養鹽之影響

取定量 15% 蔗糖醱酵液加入 0.5% 消化蛋白質，復加入適量其他無機鹽類，如法醱酵結果如下：

試驗號數	氮素品量%	乳酸鈣之生成克	產率%
1	0.0	0.5	3.35

乳酸鈣之生成	
產量克	產率%
9	60.3
10	66.7
11	73.4
13	87.1

試驗號數	無機營養鹽添加量%	
	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>
1	—	—
2	0.1	—
3	—	0.1
4	0.1	0.1

試驗號數	產量克	產率%
2	24	—
3	48	—
4	72	0.5 3.35
5	96	4.5 30.15
6	120	7.0 46.9
7	144	8.5 56.95
8	168	9.0 60.3
9	192	—
10	216	10.0 66.66
11	240	12.0 80.4
12	264	13.2 88.44
13	288	13.0 87.1
14	312	13.0 87.1
15	336	13.0 87.1

(7) 溫度之影響

取定量 15% 蔗糖醱酵液，加入各種適量營養鹽，置於各種溫度下，任其醱酵結果如下：

試驗號數	醱酵溫度 °C	乳醱鈣之生成克	產率%
1	25-30	9.0	60.3
2	30-35	12.0	80.4
3	35-40	13.0	87.1
4	40-50	13.0	87.1

(8) 醱酵時間與產量之關係

取 2 立升 15% 蔗糖醱酵液，加入各種適量營養鹽，置於 35-40°C 下，任其醱酵每日取出定量之醱酵液，測其乳醱鈣之生成量結果如下：

試驗號數	醱酵時間 小時	乳醱鈣之生成 克	產率%
1	0	—	—

(9) 醱酵液之分析

取 2 立升 15% 蔗糖液加入 3.0% 碳酸鈣，0.5% 消化蛋白質 0.1% 酸性磷酸鈣 0.1% 硫酸鎂，置於 35-40°C 下任其醱酵，經 12



天取出，按常法分析之結果如下：

試驗號數	成 分	分 析 結 果	
		克	%
1	遊離乳酸	0.162	
2	$C_aCO_3$ 添辭量	0.598	
3	$C_aCO_3$ 消失量	4.54	50.44
4	$C_aCO_1$ 殘餘量	3.86	42.88
5	* 揮發酸產量	0.953	6.38
6	酒精生成量	0,531	3.56
7	蔗糖殘餘量	1.489	9.98
8	蔗糖消耗量	13.5	90
9	** 乳酸鈣產量	13.2	97.78

\* 以醋酸計算之

\*\* 按消耗之糖量計算之

### (C) 檸檬醱酵

檸檬酸過去全由檸檬柑橘果實類製成榨汁以石灰中和製得鈣鹽，再以硫酸分解(125)，以意大利出產最多。行銷全世界，後來美國利用醱酵方法(126)製取檸檬酸，因為原料便宜，手續簡便，產量大增，其醱酵產量占其國之全產量約近三分之二。(127)

檸檬酸醱有兩種方法，一種使菌體滋生於醱酵液體裏面(128)另一種使菌體繁殖於固體(129)或液體培養基之表面上(130)參與此種醱酵的菌種概為青黴黑黴或黃黴，1892年Wehmei氏首先用青黴醱酵製得檸檬酸，(131)歐戰後，Currie, Herrick, may等氏研究仍以黑黴生產力為較大(132, 133, 134)但日本高橋用黃黴醱酵，亦得相當成績，(135, 136)

至於利用酒麴中所分離之黑黴以醱酵糖類而製檸檬酸者，首推日人善田猶藏氏(137)，高橋偵造氏亦曾用酒麴中黑黴接種於澱粉糖化液中，以製取之，並均經日本政府特許專利，設廠製造。

本工作亦係選用由國產酒麴中所得之黑黴及青黴二屬菌以之醱酵川產蔗糖採用菌體繁殖於液體培養基表面之上一法其他各法正在繼續工作中。

### (1) 微菌之選擇

取15%蔗糖醱液，加入少許無機營養鹽滅菌後，分盛等量於若干醱瓶瓶中，復經滅菌後，分別種入各種微菌，置於30°C下，培養之經十日後取出，定量醱液以Phenolphthalein為指示劑，以規定苛性鈉液滴定之計算，每100<sup>cc</sup>醱液中相當N/10苛性鈉之cc.數，以定其酸度之大小。

試驗號數	微菌種別	酸 度
1	XXXIM <sub>1</sub>	93.2
2	XXXIM <sub>2</sub>	87.5
3	XXXIM <sub>1</sub>	90.5
4	XXXIM <sub>2</sub>	93.4
5	IVX M <sub>4</sub>	78.9
6	IXI M <sub>1</sub>	89.4
7	VXI M <sub>1</sub>	78.4

### (2) 糖濃度之影響

取濃度不相同之糖溶液，加入同量之無機營養鹽，滅菌後，種入微菌 XXXI<sub>1</sub> 於30°C下，任其醱酵，經十日後取出，定量以標準液滴定其酸度，並以碳酸鈣先去其中之草酸，再加熱煮沸沉澱之過渡乾後稱其重量結果如下。

試驗號數	糖濃度%	酸度	檸檬酸鈣量
1	10	50.55	12 克
2	15	70.77	20 克
3	20	90.99	20 克

### (3) 氮質之影響

所用之醱液成分如下

蒸溜水	100 cc.
蔗糖	15 克
磷酸二氫鈉	0.1克
硫酸鎂	0.025克
氯化鉀	0.025克
鹽酸(2N)	1 cc
硝酸銨	各種量

如法移植微菌醱於30°C下，經十日取出，測其產量結果如下。

試驗號數	硝酸銨量	酸度	檸檬酸鈣量
------	------	----	-------



	克/100cc	cc.	克/100cc
1	0.1	156.1	2.5
2	0.2	150.3	2.3
3	0.3	107.8	1.8

(4) 硫酸鎂之影響

所用之醱酵液成分如下

蒸溜水	100 cc.
蔗糖	15 克
磷酸二氫鈉	0.1 克
氯化鉀	0.025 克
硝酸銨	0.1 克
鹽酸(2N)	1cc
硫酸鎂	各種量

如法移植微菌醱酵於 30°C 下，經十日後取出測其結果如下。

試驗號數	硫酸鎂量 克/100cc	酸度 cc.	檸檬酸鈣量 克/100cc
1	0.01	103.5	1.5
2	0.02	100.3	1.7
3	0.03	94.8	1.3

(5) 碳酸鈣之影響

所用之醱酵液成分如下

蒸溜水	100 cc.					
蔗糖	15 克					
試驗號數	醱酵時間 日	酸 度 cc.	殘餘糖量 %	消耗糖量 %	檸 檬 酸 鈣 量 克	檸 檬 酸 鈣 量 %
1	5	97.06	11.8	3.2	0.2	6.25
2	10	133.45	8.12	6.88	1.0	14.53
3	15	145.58	4.4	10.6	3.0	28.3
4	20	145.58	4.4	10.6	3.0	28.3

a 葡萄糖酸醱酵

葡萄糖酸，在五十年前，始有人試用醋酸菌醱酵糖類製得(141)、後來 Brown, Bertrand, Seifert 諸先生，先後用醋酸菌醱酵糖類亦告成功，(142) Hermaun 復分離一種能產葡萄糖酸的細菌，特名之為葡萄糖酸菌，(142)最近 Molliard, Herrick 諸氏改用微菌醱酵澱粉，(143, 144, 145, 146) 能由百斤大米變生六七十斤之葡萄糖酸，現

磷酸二氫鈉	0.1 克
氯化鉀	0.025
硝酸銨	0.1
硫酸鎂	0.02
鹽酸(2N)	1cc
碳酸鈣	各種量

如前法醱酵結果如下

試驗號數	碳酸鈣用量 克/100cc.	檸檬鈣用量 克/100cc.
1	0.0	2.4
2	3.0	2.8
3	6.0	3.0
4	9.0	3.0

(6) 醱酵時間之測定

醱酵液之成分如下

蔗糖	150 克
磷酸二氫鈉	1 克
氯化鉀	0.25
硫酸鎂	0.2
硝酸銨	1.0
鹽酸(2N)	10cc
蒸溜水	1000cc

如法醱酵後每隔五日取出量醱酵液分析

結果如之下

試驗號數	醱酵時間 日	酸 度 cc.	殘餘糖量 %	消耗糖量 %	檸 檬 酸 鈣 量 克	檸 檬 酸 鈣 量 %
1	5	97.06	11.8	3.2	0.2	6.25
2	10	133.45	8.12	6.88	1.0	14.53
3	15	145.58	4.4	10.6	3.0	28.3
4	20	145.58	4.4	10.6	3.0	28.3

在還是時髦的新興的醱酵工業，多注重微菌醱酵之技術問題，(147, 184, 149)在工業上多用以製成葡萄糖酸鈣出售，此種鹽是鈣質不足病，最易吸收之藥品，銷路極廣。

本工作係採用微菌醱酵法，利用國產酒麴中所分得之微菌種，以之醱酵，川產蔗糖麥芽糖試製葡萄糖酸鈣，此項工程，現在正被中央製藥廠採用，大規模製造中，最近之將來，可望有出品應市



(1) 微菌之選擇(150, 151, 152)

選由國產酒麴中所分離之微菌九種，使培養於定量卡氏醱酵液中(153)，經一周後取出，定量以規定苛性鈉溶液滴定之結果如下：

試驗號數	微菌種別	生酸量*
1	XXXIM <sub>1</sub>	93.2
2	XXXIM <sub>2</sub>	87.5
3	XXXIM <sub>3</sub>	72.3
4	XXXVM <sub>1</sub>	90.5
5	XXXM <sub>2</sub>	93.2
6	IXM <sub>2</sub>	78.9

試驗號數	糖消耗量	糖之濃度
	%	%
1	70	5
2	60	10
3	63.3	15
4	50	20
5	40	25

(3) 碳酸鈣之影響

取前述之配製15%蔗糖醱酵液，如法移種微菌，置於40°C下，任其繁殖，經三日後取出，加入不同量之碳酸鈣復置原處於，任其醱酵經兩周後取出，如法製得葡萄糖酸鈣結果如下：

試驗號數	CaCO <sub>3</sub> 量 克/100cc.	糖之消耗量		葡萄糖酸鈣產量		葡萄糖酸計算量	
		克	%	克	%	克	%
1	0.0	9.5	63.3	3.5	36.84	3.1	32.63
2	1.0	10.35	69	4.5	43.48	4.1	39.61
3	2.0	11.25	75	6.0	53.33	5.47	48.58
4	4.0	12.3	82	7.0	56.91	6.38	51.85
5	5.0	12.45	83	7.0	56.22	6.38	51.25
6	8.0	12.45	83	6.5	52.21	3.92	47.56

(4) 氮素營養量之測定

取用之醱酵液成分如下：

蔗糖	15 克
硫酸鎂	0.025 ,,
磷酸氫鈉	0.1 ,,
氯化鉀	0.005 ,,
蒸溜水	100 cc.
硫酸銨	各種量

移植微菌後置於 40°C 下任其繁殖經三日後取出加入碳酸鈣四克復經兩周取出滅菌

7	IXIM <sub>1</sub>	89.4
8	VXM <sub>1</sub>	75.3
9	VXM <sub>2</sub>	78.4

\* 每 100cc. 醱酵液相當規定苛性鈉 (N/10) 之 cc. 數。

(2) 糖濃度之影響

取同前之醱酵液，加入各種不同之糖量，滅菌後如法移植微菌種，醱酵終了滅菌過濾去其菌體以碳酸鈣中和其濾液加熱使再過濾，將濾液蒸濃，置於冷處，經 24 小時，則葡萄糖酸鈣結晶，析出過濾，再溶於水精製之乾燥後，稱其重量果果如下。

葡萄糖酸鈣量 克	葡萄糖酸計算量 %	葡萄糖酸鈣量 克	葡萄糖酸計算量 %
2.0	33.33	1.82	30.36
3.5	27.80	3.19	34.52
3.5	31.25	3.19	28.46
3.0	29.12	2.73	25.52

過濾其濾液蒸濃如前法製得葡萄糖酸鈣結果如下：

試驗號數	氮 養 營養量 克/100cc.	葡萄糖 鈣量 克/100cc.	葡萄糖 計算量 克/100cc.
1	0.01	2.0	1.82
2	0.05	4.0	3.64
3	0.10	5.5	5.01
4	0.50	6.5	5.92
5	1.00	5.0	4.56



(5) 溫度之影響

醱酵液之成分如下：

蔗糖	15 克
硫酸銨	0.5 ”
硫酸鎂	0.025 ”
氯化鉀	0.005 ”
磷酸氫鈉	0.1 ”
蒸水	100cc.

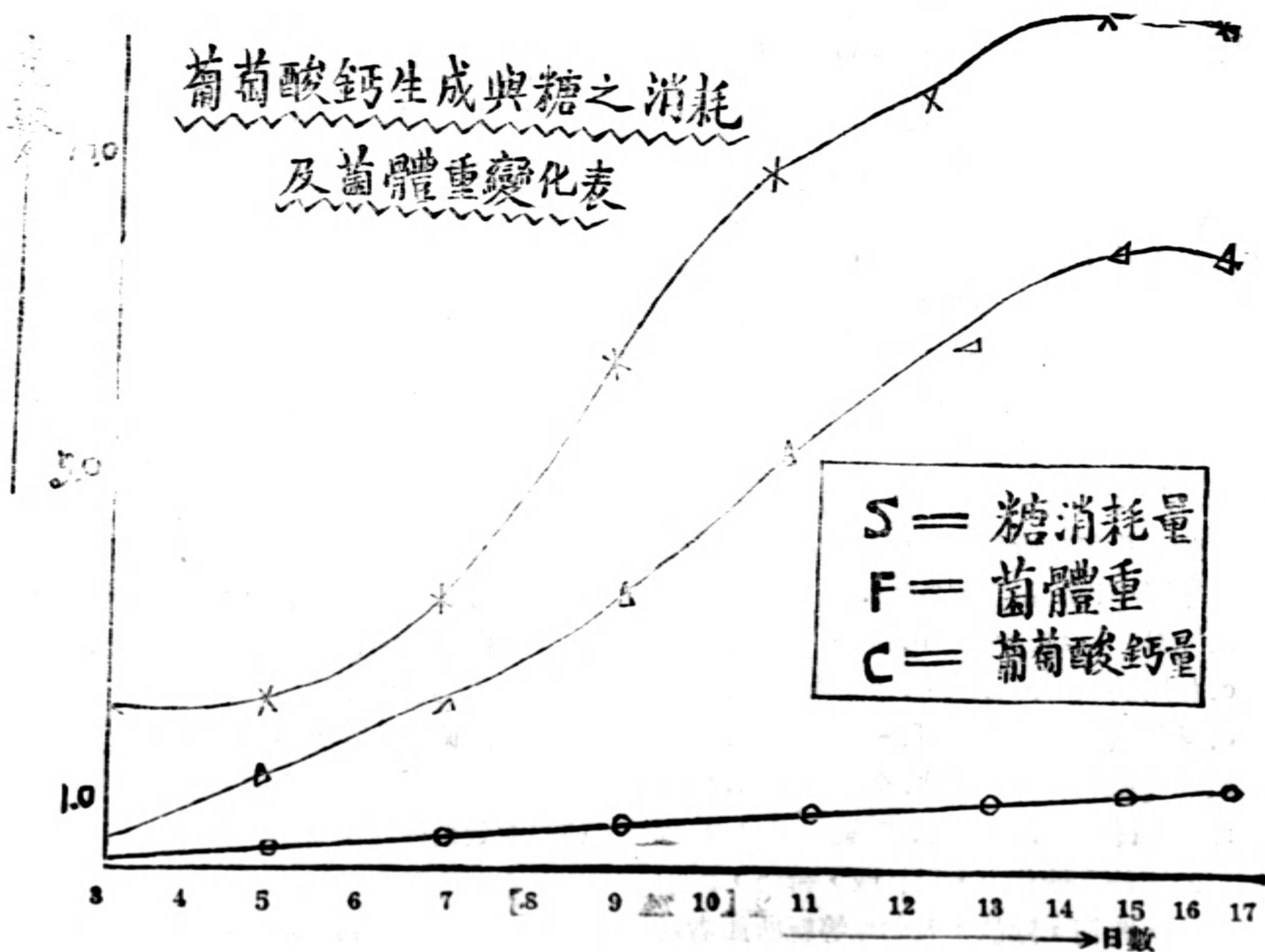
法同前結果如下

試驗號數	醱酵溫度 °C	葡萄糖 量 克	葡萄糖 計算量 克
1	20	4.2	3.83
2	20-30	5.8	5.28
3	30-40	6.3	5.74
4	40-50	4.5	4.1

(6) 醱酵時日之測定

取前述之醱酵液 110cc. 若干份，分別種入微菌及碳酸鈣於 30-40°C 下，任其醱酵每隔二日取出一份醱酵液，定其中之糖分菌每重量及其生成物量結果如下：

試驗號數	醱酵日數 日	糖消耗量 克	菌體重 克	葡萄糖生成 量 克	葡萄糖生成 % %	葡萄糖計算量 克	葡萄糖計算量 % %
1	3	2.62	0.2	0.5	19.08	0.46	17.56
2	5	2.62	0.5	1.5	57.75	1.36	52.15
3	7	4.17	0.75	2.2	52.75	2.00	48.06
4	9	7.5	0.95	3.5	46.67	3.9	42.52
5	11	9.35	1.15	4.8	51.33	4.37	46.76
6	13	10.47	1.30	5.5	52.53	5.01	47.85
7	15	12.37	1.45	6.7	54.16	6.1	49.34
8	17	12.37	1.50	6.5	52.54	5.92	47.86
9	19	12.37	1.52	6.3	50.93	5.74	46.4
10	21	12.37	1.52	6.3	58.93	5.74	46.4





## (7) 醱酵液之分析(154)

取前述醱酵液如前法醱酵經15日後取出分析之結果如下：

醱酵開始三日後		
成 分	克/100cc.	%
蔗糖含量	12.5	83.33
葡萄糖量	0.6	24
菌體重	0.3	12
醱酵終時		
糖殘餘量	2.8	18.67
糖消耗量	12.2	81.33
葡萄糖量	6.2	50.82
游離葡萄糖	0.3	2.46
菌體重	0.8	5.56

## (8) 葡萄糖鈣純度之檢定(155,156)

秤取重量乾燥已精製之葡萄糖鈣粉末置於坩堝中，以微火烘後灼熱半小時待冷秤知CaO重量，因而計算此鹽中之鈣之百分率如下。

試驗號數	葡萄糖鈣量	灼後殘盡量	CaO %	Ca %
1	0.1745克	0.0237克	13.58	9.88
2	0.128	0.017	13.35	9.79
按Ca C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>7</sub> 計算			Ca應佔9.3%	
今由試驗找出平均值			Ca應佔9.83%	

故由此製得葡萄糖鈣之純度x如下：

$$9.3 : 9.83 = x : 100$$

$$\therefore x = 94.61\%$$

## (五) 總結論

(一) 酒麴之化學分析 先後完成五十二縣酒麴之化學分析其化學成分各因其產地而不同平均約得下列各數：

a. 水分	10.22%	b. 灰分	3.82%
c. 粗脂肪	2.38%	d. 還元糖	3.4%
e. 轉化糖	7.99%	f. 澱粉	49.25%
g. 粗纖維	5.17%	h. 全氮量	2.42%
i. 蛋白質	1.52%	j. 銨氮	0.9%

2) 酒麴之糖化力，以鄆城，荷澤，鄒平，齊河，臨邑，及朝城等縣所產者為

最大。

3) 酒麴之醱酵力，以費縣，臨縣，昌邑，禹城，安邱，及桓台等縣所產者為最大。

## (二) 酒麴中醱酵菌之分離，

1) 酵母之分離 五十二縣酒麴共分離得有酵母106種，屬於Saccharomyces者共63種，屬於Tovula者共43種。

2) 微菌之分離 五十二縣酒麴共分離得有微菌128種，屬於mucor者共17種，屬於Rhizopus者共39種，屬於Aspicillus者共10種，屬於Penicillium者共22種，屬於菌種不明者共38種。

3) 細菌之分離 五十二縣酒麴共分離得有細菌20種，屬於乳酸菌者共5種，屬於醋酸菌者共7種，屬於酪酸菌者共2種，屬於纖維分解菌者共2種，其他菌種共2種。

## (三) 酒麴中各種菌種之生理性質。

1) 酒精醱酵力以由奎鄉，膠縣，長山，及桓台等縣酒麴中所得之酵母種為最大。

2) 澱粉糖化力，以由荷澤，安邱汶上滋陽，無棣，蒲台，萊蕪等酒麴中所得之縣菌種為最大，蛋白質分解力，以由文登，博興，曹縣，鄆城，濟甯，陽穀汶上無棣萊蕪，齊河，棲霞，平原，廣饒，朝城，及萊陽等縣酒麴中所得之縣菌種為最大。

3) 乳酸生產力，以由費縣桓台酒麴中所得之乳酸菌為最大，醋酸生產力，以由荷澤商河萊蕪等縣者所得之醋酸菌為最大酪酸菌以，由臨清酒麴所得之菌種生酸力較大，纖維質分解菌以齊河酒麴所分得者為較大。

## (四) 有效菌種之工業應用。

## A. 酒精工業。

以高粱為原料，在50噸壓力下糊



化澱粉在 5-6 小時之間，糖化之後，在 30°C 下醱酵之酒精之最高產量達 81%。

### B. 甘油工業

I) 單純固定劑之添加對於甘油醱酵之影響。

1. 碳酸鈉之添加，以百克糖中，應加 5 克，其甘油之最高產量達 21.7%。

2. 亞硫酸鈉之添加，應為 62.5%，甘油產量為 22.3%。

3. 碳酸氫鈉之添加應為 11.75%，甘油產量為 13.25%。

4. 碳酸銨之添加，應為 6.2%，甘油產量為 14.45%。

5. 亞硫酸氫鈉之添加，應為 40%，甘油產量為 19.85%。

II) 混合固定劑之添加對於甘油醱酵之影響。

1. 亞硫酸鈉與亞硫酸氫鈉之複合，固定其添加比例，應為 5:1，甘油產量達 23.6%。

2. 亞硫酸鈉與碳酸鈉之複合，固定其添加比例，應為 5:2 甘油產量 20.53%。

3. 亞硫酸鈉與碳酸氫鈉之複合，固定其添加比例，應為 3:1 甘油產量 17.8%。

4. 亞硫酸鈉與碳酸銨之複合，固定其添加比例，應為 5:2 甘油產量 19%。

5. 亞硫酸鈉與磷酸二鈉之複合，固定其添加其比例，應為 3:2 甘油產量達 24.2%。

### C 有機酸工業

#### I. 醋酸醱酵

在適宜培基內 PH 7.5-7.75，溫度 60°C 醋酸最高產量為 31.55%

#### II. 乳酸醱酵

15% 糖液內含有 0.5% 消化蛋白質及其他無機鹽類，少量溫度 35-40°C 經 11 天乳酸鈣產量 88.44%。

#### III. 檸檬酸醱酵

15% 糖液內含有 0.2% 硝酸銨及其他少量無機鹽類，溫度 30°C 經 15 天檸檬酸鈣產量 28.3%。

#### IV. 葡萄糖酸醱酵

15% 糖液內含有 0.5% 硫酸銨及其他少量無機鹽類溫度 30-40°C 經 10 天葡萄糖酸鈣產量 42.21%

## 西 文 撮 要

### NEW APPLICATION OF "CHIU-CH'U" IN MODERN CHEMICAL INDUSTRY

In China, "Chiu-Ch'u" has long been used for the preparation of Kaoliang and Old wine instead of pure yeasts. The purpose of the present investigations is how to make use of "Chiu-Ch'u" in modern chemical industry. In the course of investigation during last about ten years, samples have been collected from 52 hsiens out of the total number 108 hsiens in Shantung province. The results obtained are summarized bellow:

I) The chemical constituents, diastatic power and fermenting power of the original "Chiu-Ch'u" have been determined.

II) 106 types of yeast, 128 types of mould and 20 types of bacteria have been



圖·合群 isolated.

III: Cultural, morphological and physiological characteristics of the isolated types of yeasts, mould and bacteria were thoroughly investigated.

IV) Industrial experiments using the isolated micro-organisms:

A. Alcoholic fermentation,-

Using sorghum grain as raw material, yield of alcohol 81.7%.

B. Glycerol fermentation,-

Using  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  as fixing agent, yield of glycerol 22.3%;

using mixture fixing agent ( $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), 24.2%

C. Organic acid fermentation,-

1. Acetic acid: Raw material cellulose fermenting solution, containing 0.4%  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 0.25%  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 1% peptone, pH value 7.5-8.0, fermented at 60°C. for 8 days, yield: 31.55% (Acetic acid).

2. Lactic acid: Cane sugar solution containing 0.2%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0.05%  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.01%  $\text{NaCl}$  and 0.5% peptone, fermented at 35-40°C. for 11 days, yield: 88.44% (Casalt).

3. Citric acid: Cane sugar solution containing 0.1%  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 0.025%  $\text{KCl}$ , 0.02%  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.2%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  and 1cc. 2N  $\text{HCl}$ , fermented at 30°C. for 15 days, yield: 28.3% (Casalt).

4. Gluconic acid: Cane sugar solution containing 0.5%  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 0.1%  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 0.025%  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , and 0.005%  $\text{KCl}$ , fermented at 30-40°C. for 10 days, yield: 42.21% (Casalt).

## 參 考 書 誌

1. 西文發表於中國化學工程雜誌第三卷第一期, 15-29, 1934.

2. 國立山東大學化學系試驗室研究報告第五年, 1935.

3. 大公報科學副刊 1936.

4. 中華教育文化基金會董事會特約研究

論文。科學中國科學社 第二十五卷第一

二期 62, 1941.

5. Allen P. W.: Industrial Fermentation 110-111, 1926.

6. Smyth H. F. & Obold W. L.:

Industrial Microbiology 105, 1930.

7. Ibid: 23, 1930.

8. Allen P. W.: Industrial Fermentation 105, 1926.

9. Thom C: The Penicilla 72 1930.

10. Smyth H. F. & Obold W. L.: Industrial Microbiology 23 1930.

11. Thom C. & Church B.: The Rspergilli 123, 1923.

12. Smyth H. F. & Obold W. L.: Industrial Microbiology 23, 1930.

13. Ward, Lockwood, Tabenkin & Wells: Ind. Eng. Chem. 30, 1233, 1938.

14. Allen P. W.: Industrial Fermentation 104-5, 1926.

15. Smyth H. F. & Obold W. L.: Ind-



- ustrial Microbiology 39, 1930.
17. Allem P. W.: Industrial Fermentation 296-310, 1926.
  18. Ibid: 106-1926.
  19. Underkofler L. A., Christensen L. M., Fulmer E. I.: Ind. Eng Chem. 28, 350, 1936.
  20. Underkofler L. A., Eulmer E. T. & Rayman M. M. M.: Ind. Eng. Chem. 29, 1290, 137.
  21. Underkofler L. A., & Hunter J. E.: Ind. Eng. Chem. 30, 480, 1938.
  22. Gallowan & Burgess: Applied Mycology & Bacteriology 110-125, 1940.
  23. Smith G: An Introduction to Industrial Mycology 275-282, 1930.
  24. Skinner & Leclerc: A. O. A. C. 1930.
  25. Konig J; Chemie der Menschlichen Nahrungs und Genussmittel 1910.
  26. Waksman S. A. & Davison W. C: Enzymes 162-65, 1926.
  27. Eoth G: Handbuch der Spiritus Fabrikation 611, 1929.
  28. Allen: Commercial Organic & Inorganic Analysis I, 290, 1923.
  29. Chen T. S: Microbiological Studies of Chinese Fermentation Products (Unblished) 1930.
  30. 齊藤賢道: 醱酵菌類檢索便覽。 1933.
  31. 高松豐吉: 化學工業全書第十冊 1925.
  32. Jorgensen A: Micro-organisms and Fermentation 42-44, 1925.
  33. 古在由直: 醱酵化學研究法 38, 1930.
  34. Giltner W: Laboratory Manual in General Microbiology 82, 1926.
  35. Henrici A. T: Moulds, Yeasts and Actinomycetes 25-29 1930.
  36. 宮路憲二: 應用微菌學 164, 1938
  37. Giltner W: Laboratory Manual in General Microbiology 42, 1926.
  38. Lohnis F. & Fred E. B: Text book of Agricultural Bacteriology 69, 1923.
  39. Lutman B. F: Microbiology 36 1929.
  40. Guilliermond A: The Yeasts 1930.
  41. Jorgensen A: Micro-organisms 211-389, 1925.
  42. Lutman B. F: Microbiology 121-144, 1929.
  43. Henrici A. T: Moulds, Yeasts & Actinomycetes 182-208, 1930.
  44. Jorgensen A: Micro, organisms 158-210, 1925.
  45. Lutman B. F: Microbiology 72-104, 1929.
  46. Henrici A. T: Molds Yeasts and Actinomycetes 41-86, 1930.
  47. Thom C: The Penicillia 1930.
  48. Thom C. & Church B: The Aspergilli 1923.
  49. Rona P: Praktikum der physiologischen Chemie I, Fermentmethoden 180, 1931.
  50. Waksman S. A. & Davison W. C: Enzymes 204, 1926.
  51. Buchan E. D: Bacterilog 127-38, 1930.
  52. Lutman B. F: Microbiology 165-171, 1929.



53. Lohnis F. & Fred E. B: Text book of Agricultural Bacteriology 86-138, 1923.
54. Eyre W. H: Bacteriological Techniquo 1930.
55. Kolmer J. A. & Boerner F: Approved Laboratory Technic 380-533, 1941.
56. Henrici A. T: The Biology of Bateria 211-219, 1934.
57. Sharp W. B: Practical Microbiology and Public Health 18-78, 1938.
58. Jorgensen A: Micro-organisms 65-157, 1925.
59. 田中芳雄: 有機化學製造工業化學中卷 509, 1935.
60. 田所哲太郎: 微生物化學概論 148-160, 1935.
61. 黃海化學工業研究社: 高粱酒之研究 1930,
62. 南開大學應用化學研究所報告書: 第一卷 1930
63. K. C. Chang & T. T. Kang: J. Chem. Eng. China II, i, 102-5 1933.
64. Monier-Williams: Power Aloohol 40-42, 1922.
65. Mangels C. E: Cereal Laboratory Methods 40-41, 1935.
66. 黑野勘六: 釀造學各論要義 279, 1930.
67. Underkofler L. A., Fulmer E. I., & Schone L: Ind. Eng. Chem. 31, 734, 1939.
68. Ibid: Ind, Eng. Chem. 32, 544, 1940,
69. Plimmer R. H. A: The Chemical Charges and Products Resulting from Fermentations 19, 1903.
70. Martin G: Industrial and Manufacturing Chemistry I, 291, 1922
71. Underkofler L. A, Mcpherson W. K. & Fulmer E. I: Ind. Eng. Chem. 29, 1160, 1937.
72. Harden A: Alcoholic Fermentation 109-146, 1932.
73. Nowak C. A: Modern Brewing 139-151, 1934.
74. Wilfert A: Presshefefabrikation 30, 1905.
75. Mintosh J. G: Industrial Alcohol 31-47, 1923.
76. Wright F. B: Distillation of Alcohol 33-81, 1933.
77. Foth G: Handbuch der Spiritusfabrikation 477-87, 1929.
78. Niclaux: Annales des Fermentations tl, 449-461, 1936.
79. Smith G: An Introduction to Industrial Mycology 279, 1938.
80. Neuberg & Reinfurth: Biochem. Z. 92,234, 1918.
81. Ioid: Biochem. Z. 106. 281, 1920.
82. Neuberg & Kobel: Biochem. Z. 188, 211, 1927.
83. Connstein W. & Ludeck K: Ber. b. deut. Chem. Ges. 52B 1385 - 1391, 1919.
84. Eoff J. R, Linder W. V. & Beyer G. F: J. Ind. Eng. Chem. 11, 838, 1919.
85. Klein & Fuchs: Biochem. Z. 213, 40, 1929.
86. Guillauden A: Ind. Eng. Chem 297, 729-733, 1937.
87. Klein: Hdb. d. Pflanzeuanalyse IV Bd. 1263, 1933.



88. Moldenhauer W: *Chemisch-technisches Praktikum* 182-3, 1925.
89. Jamieson G. S: *Vegetable Fats and Oils* 375-3, 1932.
90. Fulmer E. I, Hickey R. J & Uderkofler L. A: *Ind. Eng. Chem.* 12, 729, 1940.
91. Niclaux: *Anuales des Fermentations* 449-461, 1936.
92. Bernhauer: *Garungchemisches Praktikum* 92-98, 1936.
93. Allen's: *Commercial Organic Analysis I*, 334, 1923.
94. Harries E. J: *Analyst* 62, 2729, 1937.
95. Ibid: *Quarterly J. Phar. & Pharmac.* 11, 2, 276, 1938.
96. Molliard M: *C. r.* 174, 881, 1922.
97. Bernhauer: *Biochem. Z.* 172, 324, 1926.
98. Ibid: *Biochem. Z.* 197, 287, 1928.
99. Schobber: *Jahrb. Wiss. Bot.* 72 1, 1930.
100. Smith G: *An Introduction to Industrial Mycology* 278-9, 1938.
101. Kuzing F: *J. Pr. Chem.* 11, 385 - 409, 1837.
102. Pasteur L: *Etudes sur la vinaigre*, Paris, 72, 1838.
103. 日本醸造協會雜誌
104. Langwell H: *J. Soc. Chem. Ind.* 51, 988, 1932.
105. May O. E. & Herrick H. T: *U. S. Dept. Agr. Circ.* 216, 1932.
106. Smieszko S: *Zentbl. Bakt. Parasiten K.* II, 88, 403, 1933.
107. Tomoda Y: *J. Soc. chem. Ind. Japan*, Suppl 35, 554B, 1932.
108. Ibid: 36, 436, 1933.
109. Nowak C. A: *Modern Brewing* 98, 1934.
110. Sherwood F. F. & Fulmer E. I: *J. Phys. Chem.* 30, 738, 1926.
111. Veldhuis M, K, Christensen L. M. & Fulmer E. I: *Ind. Eng. Chem.* 28, 430, 1936.
112. Jorgensen H. & Sorensen S. P. L: *Wasseustoffionenkonzentration* 1935.
113. Martin: *Industrial and manufacturing chemistry* 318, 1922.
114. Chon: *Practical Organic Chemistry* 305, 1930.
115. Talum E. L, Peterson W. H: *Ind. Eng Chem.* 27, 1493-4, 1935.
116. Cori C. F. & Cori G. T: *J. Biol. Chem.* 81, 389, 1929.
117. Gabriel C. B. & Gawford F. M: *Ind Eng. Chem.* 22, 1163, 1930.
118. Pederson C. S. Peterson W. H. & Fred E. B: *J. Biol. Chem.* 68, 160. 1926.
119. Talum E. L, & Peterson W. H. & Fred E. B: *Biochem. J.* 26 846, 193.
120. Friedemann T. E. & Graeger J. B: *J. Biol. Chem.* 100, 291, 1933.
121. Ward, Lockwood, Tabenkin & Wells: *Ind. Eng. Chem.* 30, 30, 11, 1233, 1938.
122. Bernhauer: *Garungchemisches Praktikum* 125-130, 1936.
123. Smyth H. F. & Obold Wl L: *Praktikum* 125-130, 1936.
124. Klein: *Hdb. d. Pflanzenanalyse* IV Bd. 1233, 1933.
125. Martin: *Industrial and Manufac-*



- uring Chemistry 374, 1922.
126. Thom C. & Church B: The Aspergilli 1923.
127. Challengr F: J. Ind. Chem. 5, 181, 1929.
128. Charles & Thom: The Penicillia 1930.
129. Cahn F. J: Ind Eng. Chem. 27, 201-204, 1935.
130. Doelger W. P. & Prescott S. C: Ind Chem. Eng. 26, 1142-9, 1934.
131. Wehmer: Beitrage zur Kenntnis ein heimischer Pilze 1893.
132. Currie J. N : J. Biol. Chem. 31, 15-37, 1917.
133. Wells P. A! & Herrick H. T: Ind. Eng. Chem. 30, 255, 1938.
134. Wells P. A, Moyer A. J. & May O. E: Am. Chem. Soc. 58, 555, 1936.
135. 宮路憲二: 應用微菌學 339, 1938.
136. Takamine Jokichi: Ind. Eng Chem. 6, 824-838, 1914.
137. 越智主一郎: 最新化學工業大全 (商務) 13, 464, 1935.
138. Bernhauer: Garungschemisches Praktium 199-202, 1936.
139. Smyth H. F. & Obold W. L: Industrial Microbiology 23, 1930.
140. Klein: Hdb. d. Pflanzeuanalyse IV Bd. 1385, 1933.
141. 宮路憲二: 應用微菌學 277, 1938,
142. 田所哲太郎: 微生物化學概論 136—7, 1935.
143. Molliard M: C. r. 174, 881, 1922.
144. May O. E. Herrick H. T? Thom C! & Church M. B: J. Biol. Chem. 16, 417-422, 1927.
145. May O. E, Herrick H. T, Moyer A. J! & Hellbach E: Ind. Eng. Chem. 21. 1198, 1929.
146. May O. E. Herrick H. T, Moyer. A. J. & Wells P. A: Ind. Eng Cem. 26, 575, 1934.
147. Herrick H. T, Hellbach R, & May O. E: Ind. Eng. Chem. 9, 27, 681-3, 1935.
148. Wells P. A, Moyer A. J, Stubbs J. J, Herrick H. T. & M ay O. E: Ind. Eng. Chom. 29, 653-6, 1937.
149. Wells P. A., Moyer A. J, Saubbs J. J, Herrick H. T, & May O. E: Ind. Eng. Chem. 29. 776-781, 1937.
150. Bernhauer: Garungschemisches Praktium 195-7 1936.
151. Smyth H. F. & Obold W. L: Industrial Microbiology 45, 1930.
152. Klien: Hbd. d. Pflanzeuanalyse IV Bd. 1538, 1933.
153. Gastrack E. A, Porges N, Wells N, Wells P. A. & Moyer A. J: Ind. Eng. Chem. 30, 782-789, 1938.
154. Porges N. Clark T. F. & Gastrock E. A: Ind. Eng. Chem. 32, 1, 1940.
155. New & Nonofficial Remedies 158-159, 1938.
156. Remington's Practice of Pharm-acy 705-707, 1936.



# 乙炔氣汽車

011

李漢超

經濟部中央工業試驗所

## 一、前言

抗戰以來，液體燃料之問題日趨嚴重，現國防路線均已斷絕，非自力更生實無以自給，根據經濟部液體燃料管理委員會之統計吾國每年需要之汽油量為60,000,000加侖，現時除少量之汽油可由甘肅油礦供給外，主要須依賴他種代替品，在目前不外下列三種：

1. 動力酒精（從糖精及高粱製造）
2. 裂化植物油（如桐油棉籽油等）
3. 發生爐煤氣（用木炭或白煤等作燃料）

近據經濟部中央工業試驗所之統計，則由上列三種之汽油代替油，每年約可替代汽油37,500,000加侖即從。

1. 動力酒精10,000,000加侖
2. 裂化植物油20,000,000加侖
3. 發生爐煤氣（以2000輛改裝計 7,500,000加侖

所能代替之數量為總需要量之62.5%每年尚不足37.5%即22,500,000加侖，此不足之數量，極宜自增加上述三種替代品之產量及另覓新替代品二方面着手。

乙炔氣（ $C_2H_2$ ）用之于氣焊及點燈，在我國已屢見不鮮，此乙炔之熱力值頗高，堪作一汽車動力燃料之用，而製造乙炔之原料為石灰（Quicklime）及焦煤（Coke）在四川產量亦豐製造之方法亦簡，實戰時一良好之替代品也。

## 二、乙炔氣發生器之構造概要

因乙炔氣之發生乃電石（ $CaC_2$ ）與水起作用而成  $CaC_2 + H_2O \rightarrow CaO + C_2H_2$  故水量之多寡即影響乙炔氣量多少，本設計用原有之汽油箱為水箱，以原有之汽油唧筒用以作打水唧筒，隨引擎轉速之快慢自動增減打水量之多少，而入發生爐，另有調節器及化氣器，以自動調節乙炔氣與空氣之混合比例，視需要而定，再有減壓器以維持進入汽缸之乙炔氣壓力一定，並附有儲氣袋以儲存車停後之餘氣，且作第二次發動時之用。

本乙炔氣發生器，計有發生爐，濾清及冷却器，減壓器，煤氣化氣器，調節器，儲氣袋，水箱等七部份組成茲分述之如下：

1. 乙炔氣發生爐：見附圖一爐身為圓筒形，以半分鐵皮捲成。

A為進水口，B為出氣口，C為爐蓋，D為盛乙炔籃，E為水管，F為安全凡爾，G為出灰門，全爐重100磅，全長為五呎六吋，直徑為15吋，每次可裝300磅乙炔，每爐乙炔相當15加侖汽油，可行駛200公里左右，爐裝於車身後部車架下面，不佔車上有效地位，裝乙炔時，將爐蓋揭開將盛電石籃抽出裝入再放入爐內即可，手續甚簡。

2. 濾清及冷却器：構造見附圖二，此濾清及冷却器，亦為鐵皮製成。

A為內套係鐵皮製成，上鑽許多大孔，套外裝一層紗布，套內可裝木炭屑G蓋開時此套可隨時取出清理，B為進氣管，煤氣爐內所生之煤氣由B入經A套濾清前再進D管與外界冷空氣接觸而冷却，再由C出



以達減壓器，冷却管D內凝結之水份，可由放水考克F放出，E為除灰蓋相當，時期開放，以除積灰。

3. 減壓器見附圖三 A為氣瓣，B為彈簧，C為薄膜，D為進氣口，E為出氣口，高壓煤氣由D進入，如超過一定壓力，則頂動薄膜（可由上彈簧調節至所需壓力）使A氣瓣向上，將門關住，使煤氣不進，當壓力降低至所需之壓力時則薄膜恢復原狀，A氣瓣又開，如此高壓煤氣降至一定低壓方由E氣口出。

4. 調節器見附圖四 A為進氣口，B為出氣口，F為活瓣，D及E為控制接頭E之另一端連於化氣器之Venturi部份利用所生之部分真空管理混合氣體之強度比例，引擎速率增至甚高時，則E之作用過剩，氣體過濃此時由D以管制之，D之另一端為一Pilot管亦置化氣器中，引擎速率增高時D管壓力加大適得E之反作用是以可將過濃之混合氣體變淡此為調節器之大概。

5. 化氣器見附圖五 A為煤氣進口，與調節器連，B為出氣口與引擎之進氣歧管相連，C為氣油進口，D為針瓣，此瓣開時可用氣油行駛，關時則全用煤氣行駛。

6. 儲氣袋：係橡皮製成，儲存一部份煤氣，以作車發動時之用，車行駛時則水由水箱用唧筒打入發生爐內以生煤氣可不經此袋而徑往引擎但停車後，水雖不加入爐，但作用尚未完成仍有一部份煤氣發生則可儲入此袋以作下次開車發動時之用。

7. 水箱：利用原有之汽油箱，裝水入內，即可再用原打汽油之唧筒將此水打至發生爐不須另行添製也。

8. 全車之裝置：見附圖六。由水箱將水用唧筒打入爐內，經作用後發生乙炔氣出經濾清及冷却器，經過濾清及冷却後水份及灰份均已除去再經減壓器使壓力降低至一定數目後即送至調節器，化氣器與空氣作適當之混合後而入引擎此煤氣行經路線之大概也。

### 三、乙炔氣行駛汽車特點

1. 動力問題：每磅汽油完全燃燒需要空氣15磅，即 $15 \times 13 = 195$ 立方呎每磅汽油之熱值為20500 B.T.U. 故每立方呎汽油混合氣體強度，含 $20500/195 = 105$  B.T.U. 熱值每立方呎乙炔氣完全燃燒需要空氣11.93立方呎每立方呎乙炔氣之熱力值為1437 B.T.U. 故每立方呎乙炔氣混合氣體強度含 $1437/(11.93+1) = 110$  B.T.U. 熱量致其他容積效率比較效率機械效率均相差甚微，故用乙炔氣與用汽油作汽車燃料所生之動力相仿。

2. 起動：起動迅速，較用汽油無遜色。

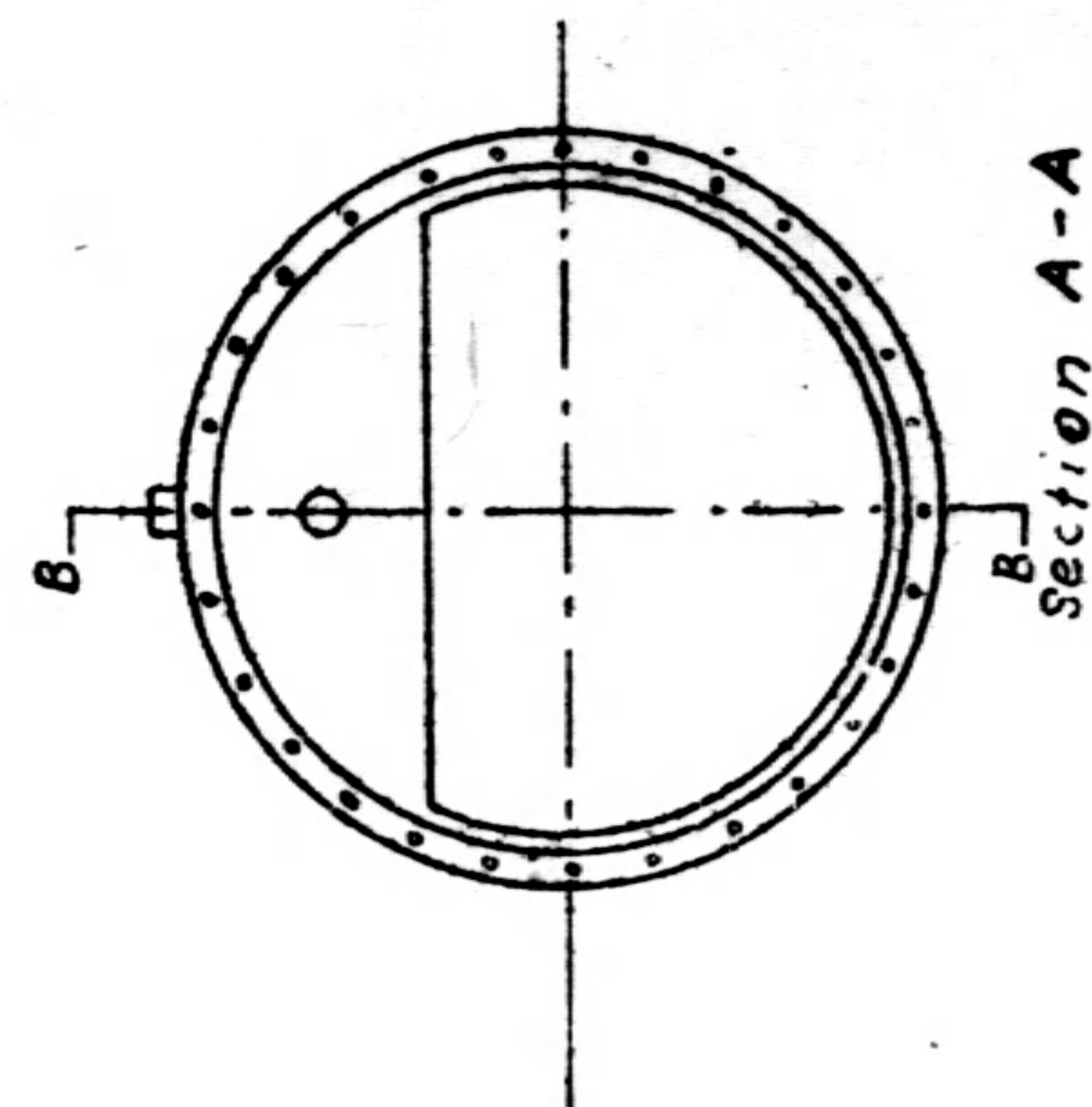
3. 清潔：所生煤氣經過濾清器後，即甚清潔較發生爐煤氣車及植物油車均為清潔。

4. 改裝簡單價廉：改裝手續較用木炭或白煤為燃料之煤氣爐為簡便不佔車上之有效地位每套之價格在大量製造時根據目前市價僅在一萬五千元左右。

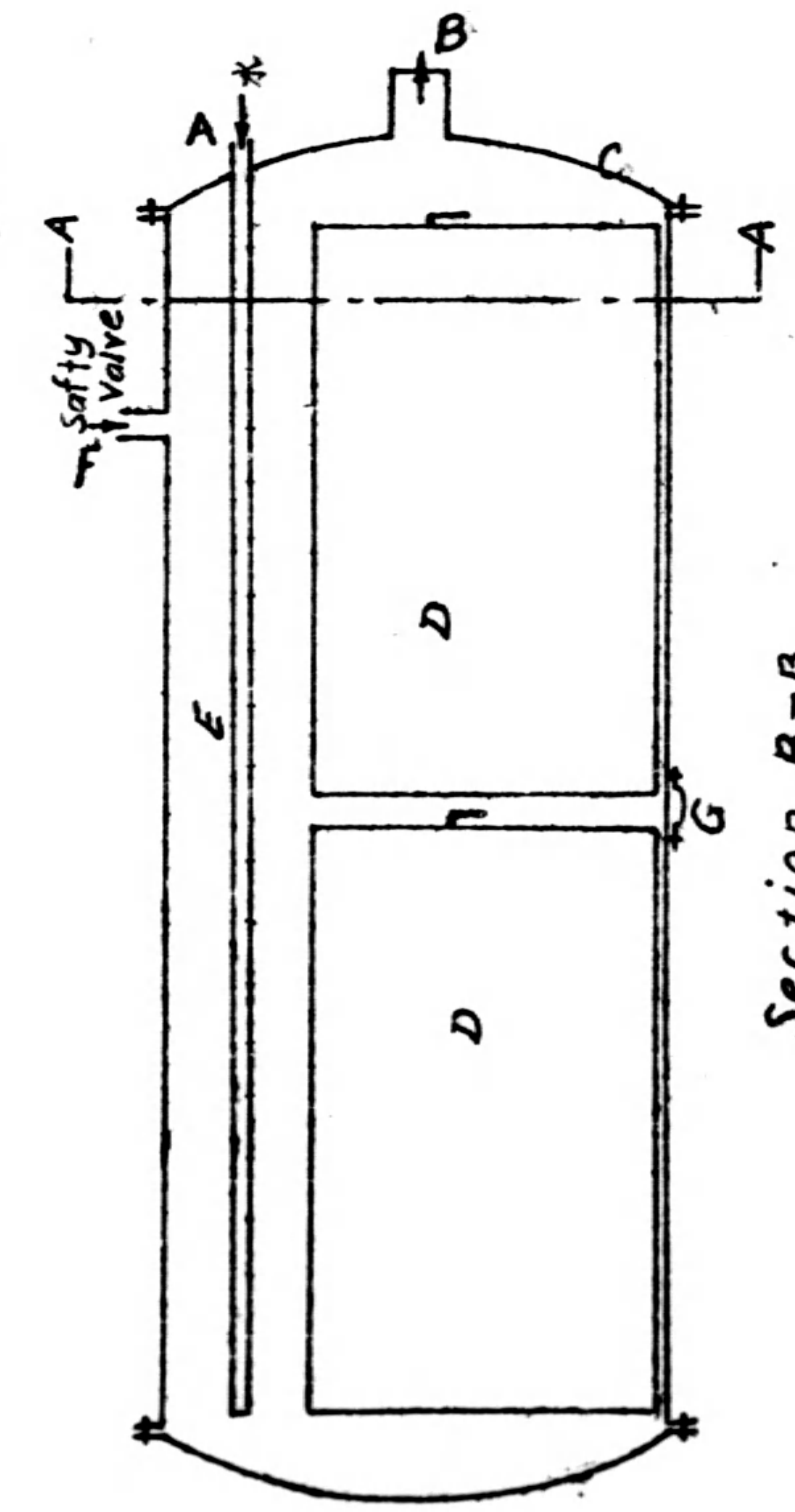
### 四、電石 $\text{CaC}_2$ 與汽油之價格比較

出口由一磅電石之製成需用電2度（每度\$0.60）電費為 $2 \times 0.6 = \$1.20$   
石灰1磅（每磅\$0.16） 0.16



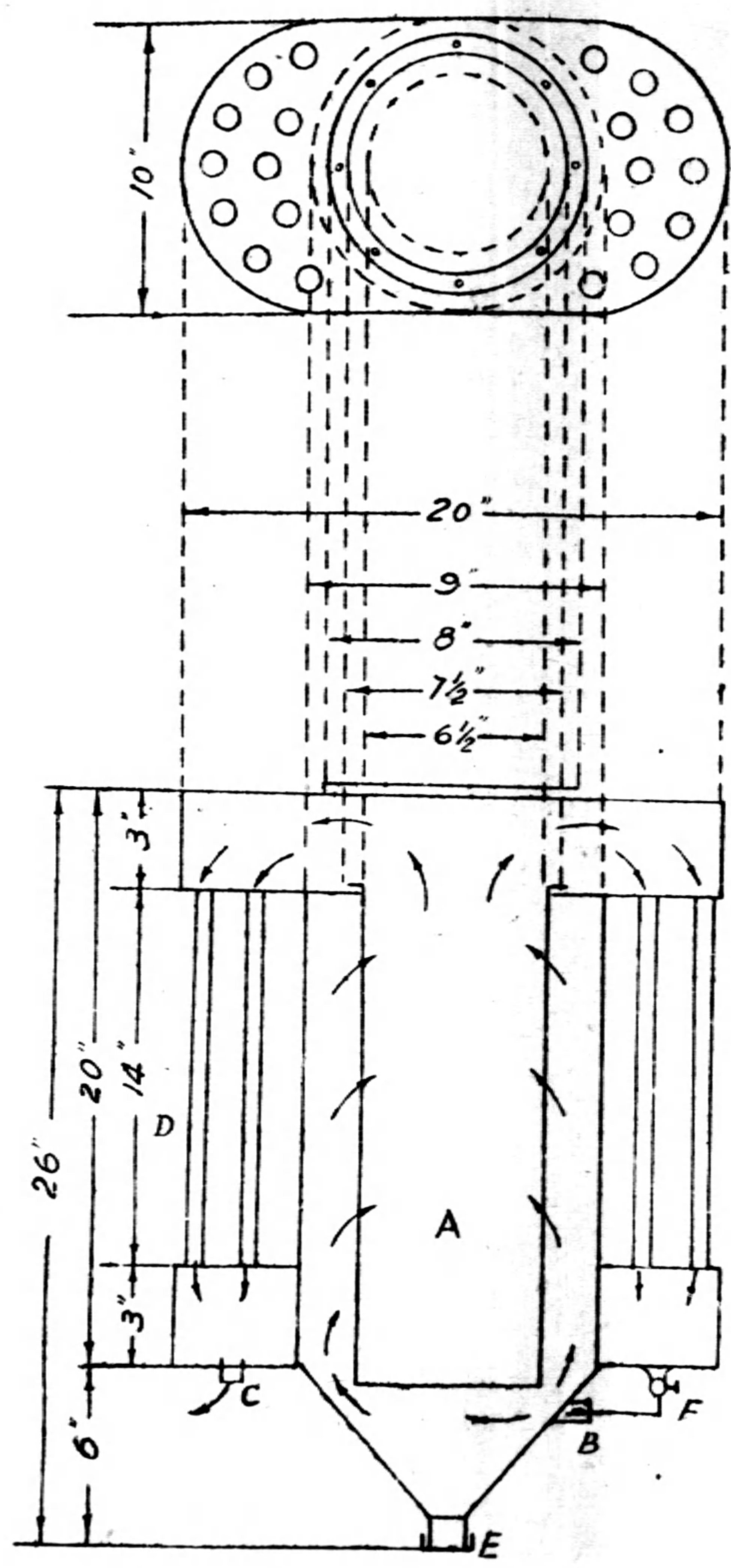


Section A-A

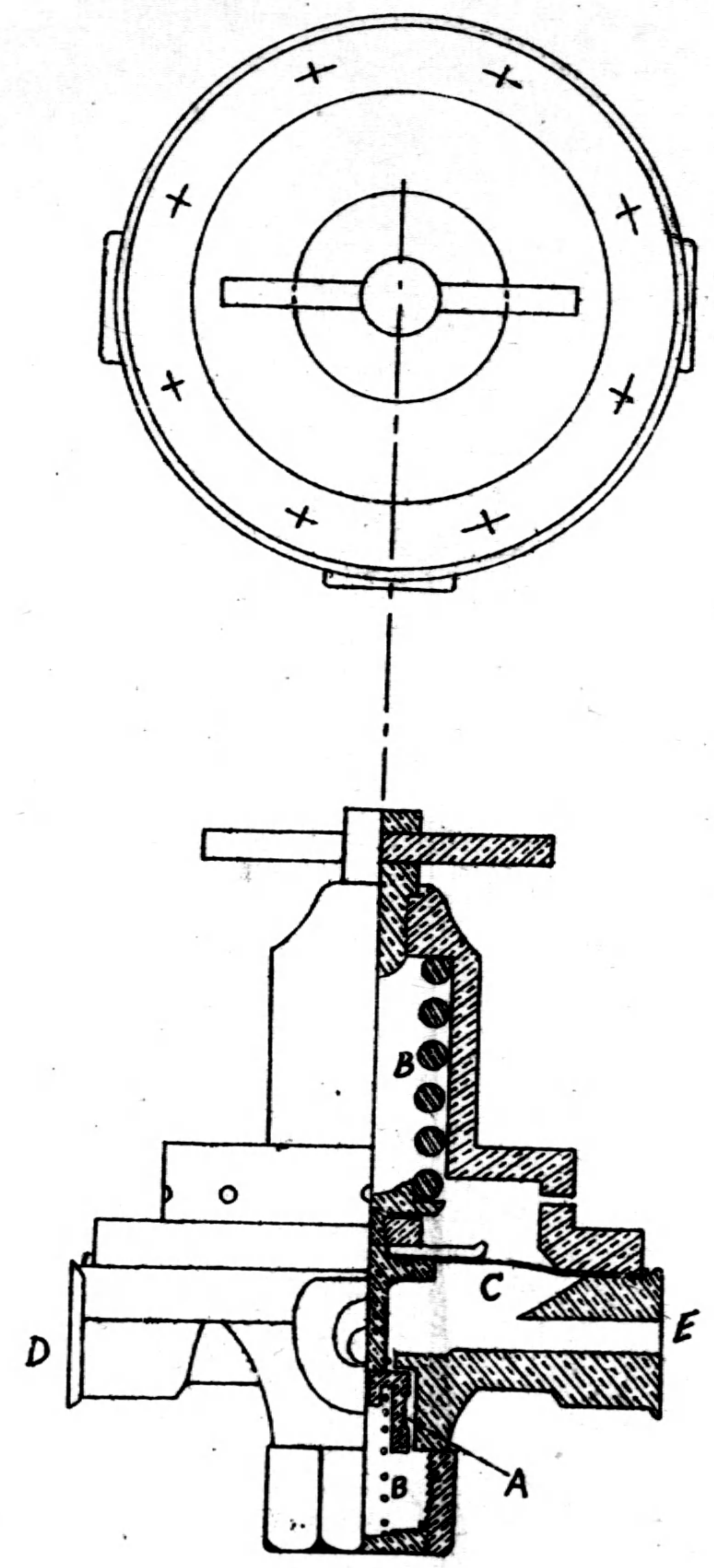


Section B-B

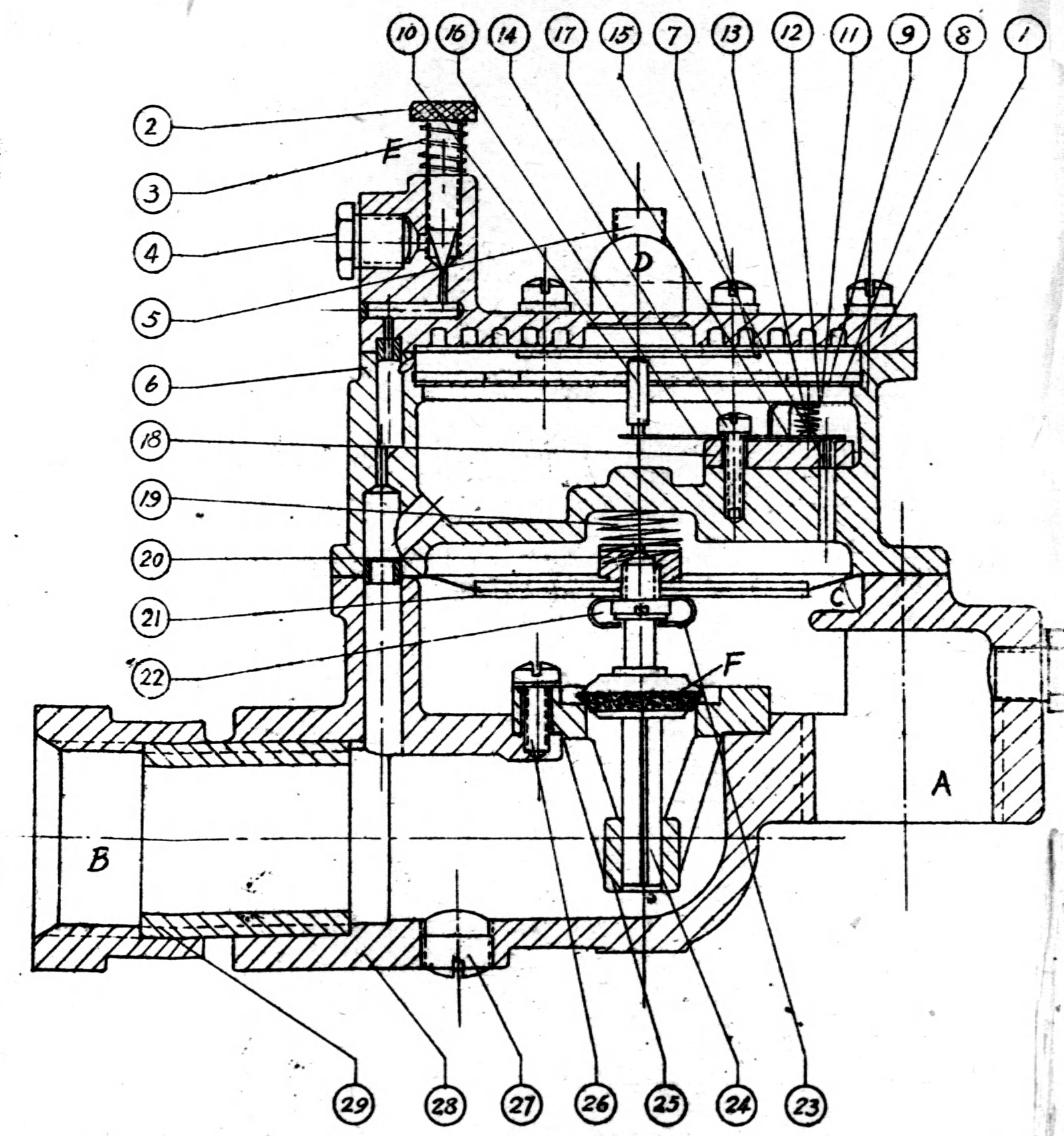
第一圖  
乙炔氣發生爐



濾過器  
第二圖

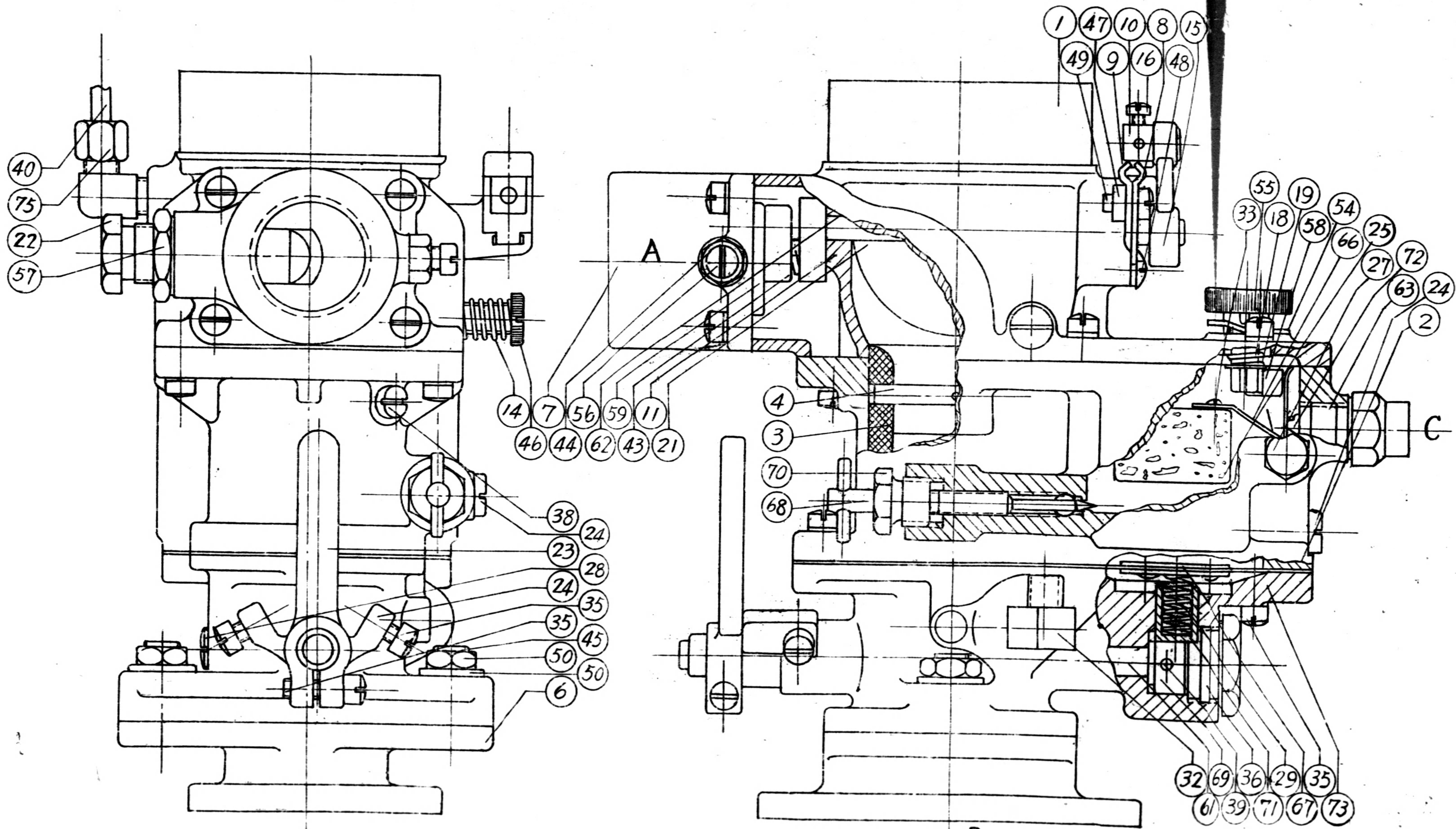


減壓器  
第三圖

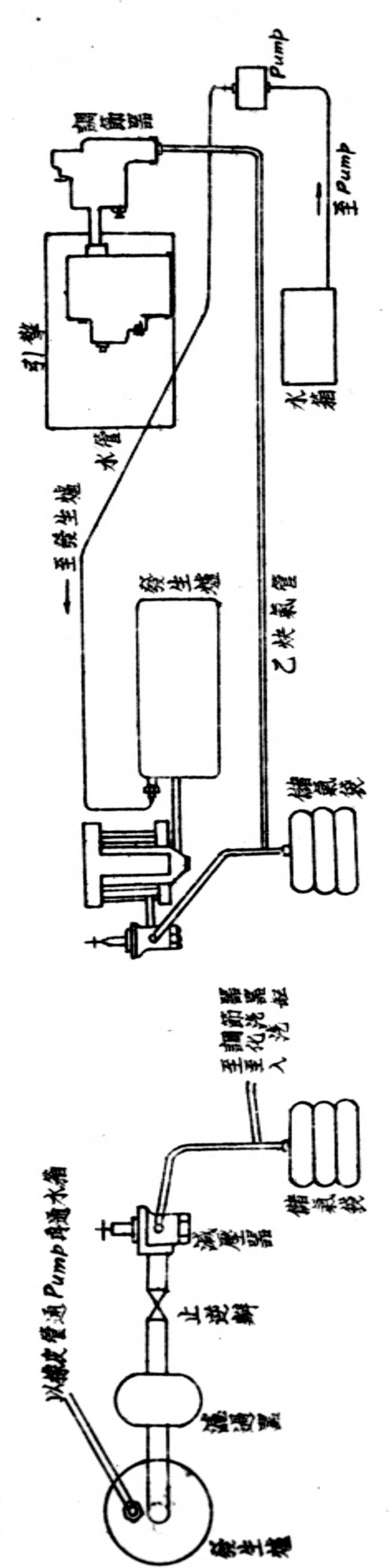


第四圖





第五圖 B



第六圖



焦煤0.8磅 (每磅\$.50)	0.40
(外貨)炭精棒).035磅 (每磅\$120.00)	4.25
(自製)炭精棒).035磅 (每磅 46.00)	1.40

則一磅電石製造之成本炭精棒用外貨者為 \$ 6.00

自製者為 \$ 3.10

目前之市價一磅乙炔為 \$ 8.00

根據計算及試車結果20磅電石所生之乙炔氣量行駛汽車相當於一加侖油

一加侖汽油之目前市價為 \$ 95.00..... (1)

20磅電石目前市價為 \$160.00..... (2)

20磅電石之實際成本(用外炭精) \$ 120.00 (每磅以\$6.00計)..... (3)

20磅電石之實際成本(用自製炭精) \$ 60.99 (每磅以\$3.00計)..... (4)

依目前市價用電石行駛汽車約為用汽油之1.68倍

但如利用自製炭精利用水力大量製造，價格再加以限制則每磅電石價格三元足矣，如此則用電石約為用汽油之63.2%左右。

石可供 600 輛小汽車，平均每車每日行30哩，相當於每日代替1300加侖汽油，即每年替代1300×360=466000加侖汽油，如在各地增設數廠，利用非最高時負荷電量，而不致影響其他工業用電，照目前之產量增加十餘倍，當非難事，若以增加15倍計則年可代替汽油 7,020,000 加侖如此又可代替不足之汽油數總之11.7%當屬易事也，現後方各省石灰到處均有，焦煤產量亦豐，製造原料，固是問題，將來西南各省之水力如均經利用發電，則利用此種電力以造電石，既屬合理亦屬可能，值茲戰時，各省固可以用作代替一部份汽油，即戰後內地諸省，液體燃料運送不便之地，仍可大量採用也。

### 五、電石之產量及推廣之可能性

重慶現有三廠製造電石，平均每廠每日出產五噸即每日總產量為15噸亦即每小時產量為15×2000/24=1250磅，每磅電石之製造完成需電2度(2KWH)故其需電為1250×2=2500瓩小時(度)此2500度之電，利用渝市非最高負荷電量已足每日所產15噸電

### 西 藏 歌 舞

- 1 藏文歌詞涵義高深節律嚴謹其歌詞分佛教歌詞(如頌、唱、贊、歌等)及民間情歌(如漢人小曲小調，多係六言四句韻文)兩大類抗戰軍興為增強藏民抗戰情緒起見復仿照漢人流行抗戰歌曲編有新體歌詞以供僧民歌詠
- 2 藏民舞蹈向以拉薩舞式為標準又其沿革係西藏舞蹈與印度舞蹈參合而成今表演八種每種姿態不同情節溫柔表情細膩象徵佛教慈悲之旨
- 3 藏舞為佛教儀式之一平時使用樂器甚多茲因運輸困難僅攜來笙笛笛三種



# 真空速表之研製與試飛結果

林士諤

航委會儀器修造廠

## 摘要

最近飛機上所用之空速表，使之指示飛機經過空氣中之速度，係利用皮特管原理 (Pitot-static Tube) 使空氣經過飛機之速度變為動壓 (Dynamic Pressure) 然後用儀器測量此壓力，使之間接指示空速，惟因此動壓與空氣密度成正比例，致高空飛行時，因空氣密度較海平面為低，故通常所用之空速表，其指示空速，在高空時較真空速為低，高度愈增，其差誤亦愈大，在兩萬呎高度時，此誤差可多至百分之四十，在三萬呎誤差可

達百分之六十。

本文所論之「真空速表」係將普通空速表上指示動壓儀器內，增加一高度表上所用之「抽真空感壓盒」(Evacuated Aneroid) 該盒在高空時，自動膨脹，調整指針度數，使之在任何高度均能指示真正之空速，該表之外觀及使用法與通常空速表無異，重量亦無增加。經地面及空中(一萬五千呎)試驗結果，誤差亦未超過普通空速表所允可之限度，對航行及轟炸均增加甚多之便利也。

## 西藏佛教歌舞

### 佛教歌詞：

#### 歡迎中國工程師學會聯合年會

(一) 偉大的佛教頌歌

(二) 佛教對人類的貢獻

(三) 佛教對國家的忠貞

(四) 佛教與人生的歸宿



# 黃土及黃水之認識

沙 玉 清

國立西北農學院

## 引 言

語云：「水爲萬物之源，土爲萬物之母。飲資於水，食資於土，飲食者人之命脈也，而營衛賴之，」故曰「水去則營竭，穀去則衛亡。」水土二事，於民族生存關係之重要，於此可見。

黃土爲我國西北最普遍之土壤。「禹貢」分天下爲九州，其述雍州之言曰，「厥土惟黃壤，厥田惟上上。」所謂雍州，即今之秦嶺以北，陝甘兩省之地，黃壤者，即今之黃土也。科學上黃土之定義曰「黃土者，乃一種壤質泥灰土，多孔隙，無層次，含石灰質而乏可塑性，當其崩裂時，每成垂直之牆壁。」

吾人在此區域內，致力農功水利建設，欲求地盡其利，物盡其用，事功垂諸永久，對於營衛是賴，生息相關之一水一土，必先知其性能，辨其宜忌，而得明確之認識，著者不敏，謹將數年來研究一得，概述如後，至希當世賢達有以教之。文中所有圖表公式，因篇幅所限，僅能列其最後結果。至於各公式推演來源，計算方法，以及試驗經過，另有專篇報告，暫從略。

## 第一章 黃土之地質及地理

### (一) 黃土之分佈

1. 世界的分佈 黃土在世界上分佈極廣，據 V.Tillo (一八九三) 之估計，世界黃

土面積，約佔地球陸地面積百分之四，但 Keilhack (一九二〇) 估計則爲百分之九。三。V.Tillo 並計算各洲黃土分佈之比例，佔各洲面積之百分數：在亞洲爲百分之三，歐洲爲百分之七，北美爲百分之五，南美爲百分之十。此種百分率，含有極深刻之意義，蓋黃土爲最肥沃之土壤，凡大陸黃土覆蓋之區，皆有「世界倉庫」之稱，而人口亦因之較爲稠密。

2. 中國的分佈 中國黃土之面積，自北緯三〇度至四〇度，包括黃河流域之全部，約二十萬方公里。(見第一圖)

3. 厚度及高度 黃土層之厚度及高度，以甘肅、山西、陝西爲最，約六〇至八〇公尺，最厚處亦不能超過三〇〇公尺，前人估計厚至八〇〇公尺，殊非事實，歐洲與北美黃土層厚約一五至二〇公尺，而多腦河下游，最厚處爲八〇公尺，密士失必河下游爲三〇公尺。至於黃土分佈之高度，各地差異至鉅，在歐洲常發現於海拔三〇〇至六〇〇公尺之間，而中國則自海拔五〇至七八〇〇公尺間，最近據周昌芸先生調查，在西康尙有黃土之遺跡，其海拔三六〇〇公尺左右。

亞歐美三洲黃土之總量，其平均厚度，以一〇公尺計，則有一三萬立方公里，若以鋪蓋中國全境，平均厚度，可達一三公尺，掩蓋全球平均厚約一公尺。

### (二) 黃土區域之地貌

1. 分類 黃土區域之地貌極爲特殊，就大體言概可分爲「丘陵」、「狹谷」、「台階」、「河谷」四種。



2. 丘陵 丘陵爲介於兩山之間緩坡寬展之小盆地。蓋黃土以深厚之土層，覆蓋昔日之山嶽，使崎嶇地形，變爲平坦丘陵，自高處望之，地貌殊屬簡單，而成起伏之波形。黃土丘陵之平坦地面常不甚廣闊，然亦有達一〇至二〇公里者（見第二圖）

3. 狹谷 黃土層內常有深狹之谷，寬約一至一·五公尺而深在一〇至一五公尺間，兩側壁立，不倒不塌，此種狹谷概係受地面雨水侵蝕而成。

4. 台階 黃土區域之地形，概作台階狀，地面自河谷低處，昇至兩岸高地必經若干台階，而每一台階，則均甚平坦。蓋高台地與低台地之間，每有天然土壁爲界，高低相通之道，多利用狹谷，通稱「夾道」。吾人行經其中，兩旁黃土壁立，僅見頭上天光一線而已；及出夾道，則豁然開朗，平坦如前。每一台階，寬約數公里至數十公里，台階相差之高度，自十數公尺至百數十公尺，而一台階之中，又往往有小型之台階，大部爲農民因地制宜人力造成之梯田。

5. 河谷 河流行經黃土區域，輒造成台階狀之「河谷」，在黃河汾河上游，最爲顯著，兩岸黃土壁立，沖積面積殊小，下游則沖積地面逐漸寬展，而壁立之黃土層，距河床亦漸遠，自下而上，形成若干台階，如渭河中下游之頭、二、三道原然。

6. 特殊地形 黃土堆面受雨水侵蝕，常成各種特殊地形，如「黃土井」「黃土岩脈」「黃土塔」等。

### （三）黃土之生成

1. 生成之假說 黃土之生成，久經世界各國地質學家之討論，惟其中一部，迄今猶爲爭論之資料，顧從前研究黃土，所以難有成就者，其主要原因，在於多數地質學家研究範圍，僅限於地球一隅，次則黃土易受雨水之淋洗，而完全喪失其原有特性，且若干區域黃土，其生成與冰期之沈積有密切關係

，因而涉及許多未解決之冰期問題。

黃土生成之假說，先後共有二十餘種之多，如海成、河成、湖成、溪成、原地生成、風成、霜霧作用、冰成、宇宙成因、火山成因、河冰成因、風與冰成、風與河成、溪河成因、原地風化與溪成、變質作用、湖與溪成、有機成因、漂雪成因等是，可謂五花八門盡人類思想之能事矣。惟一般見解以風成之說較爲合理。

2. 著者之假說 自一九一〇年奧人霍畢克 (Hoerbiger) 創「宇冰學說」(Welteislehre) 使吾人對於宇宙之觀念得一深遠之認識。著者乃就世界各國學者對於黃土之性質及地質氣候情形，重新加以探討。堅信今日覆蓋地面深厚之黃土，即係第三月球併入地球時，月體泥土及岩屑之遺跡，其理由如下：

一、黃土之顆粒有極多圓角之微細顆粒，必經巨大之機械力作用始能造成，決非自然風化或沖積而成者。

二、全地球黃土之理化性質及成份均各相同，可見必出於同一來源。

三、黃土之分佈不受海拔高度限制，無論山巔深谷，均可發現其遺跡。

四、黃土生成時普遍覆蓋地球表面，惟黃土最易受雨水沖蝕，故現時地球上所留之黃土，概在雨水缺乏之區。

五、黃土成於洪積期（冰期及最新期）故與冰期有密切關係。Soegel 曾稱每一冰期有一層黃土，冰期發達最盛時，亦即黃土生成最盛時。冰期共有三期之多，故黃土層數亦應與其相當。（第四圖）

六、中國北方之地文期，經維理士 B. Willis 安特生 Andersson, T.G. 德日進 P. Teilhard de Chardin 巴爾博 Barbour G.B. 諸先生之研究發明極多，巴爾博解釋中國北方地文期之經過如下表：



第一表 中國北方之地文期

地文期	地 質 作 用	地 質 時 代	化 石 及 氣 候
北台期	長時期之剝蝕造成剝蝕平原。	中 新 統	
南嶺期	玄武岩噴發及斷裂上掀諸作用。	中 新 統	
唐縣期	經南嶺期上掀之後，復剝蝕成一中年地形。	上 新 統	
保德明	沉積作用其岩層覆於唐縣期浸蝕面上。	上 新 統	三趾馬及其他化石產紅土中其近山堆屑之沉積則係礫石化石甚少。
汾河期	地盤復上昇，剝蝕復新，造成新溝偉谷。	上 新 統	氣候潮溼
三門期	沉積作用其沉積物（礫石紅土或砂泥土等）常位于汾河期所成之河谷中。	洪 積 統	有介殼及其他化石多種，俱產于湖沉積中。
清水期	因水量變遷之關係，至剝蝕復新將已成之三門沉積多少切割同時又有玄武岩流之噴展	洪 積 統	氣候溫濕
馬蘭月	即黃土冰積期	洪 積 統	氣候乾風力勁有駝鳥蛋等化石
板橋期	黃土冰積後之剝蝕	自榮四紀末以至現代界限不易分	

據上表華北地文期與「宇冰學說」所擬想之第三月球併入地球時，地質上所生之變動，完全符合。（第五圖）

3. 生成年齡 黃土生成迄今約五萬餘年。

#### （四）西北旱災週期

1. 旱災週期 西北黃土區域之旱災，相傳有一定週期，俗謂「十年一大旱，五年一小旱。」茲統計關中最近六十年間之旱災，平均每十二年一次，如下表：

第二表 西北旱災之週期

旱 災 時 期	經 歷 年 數	相 隔 年 數
光 緒 三 年（一八七七）	—	
光 緒 十 八 年（一八九二）	—	十五
光 緒 二 十 七 年（一九〇一）	—	九
民 國 二 年（一九一三）	—	十一
民 國 十 七 年（一九二八）	—	十五
民 國 二 十 五 年（一九三六）	—	八



2. 太陽黑子與旱災週期 按「宇冰學說」，地球雨水之補償一由於天河之「蘊冰」，一由於太陽輻射之「細冰」，而細冰之多寡復視太陽中黑子之數量而定，蓋黑子者，乃天河中之蘊冰，投入太陽，燃燒而化為細冰，隨光壓輻射於宇空之中，補給地球雨澤之源也。西北居大陸內地，雨澤來源，受海洋濕氣之影響較小，得自宇冰者必多。著者本此理想，研究太陽黑子數量與西北旱災之關係，發見太陽黑子之週期，最長者為一七·一年，最短者為七·三年，平均為一一·一三年。（約十二年）而西北旱災發生之時期，適逢黑子最少之年。（見第六圖，圖中虛線因抗戰時間，不易收得該項材料，由著者按其平均週期，推算而得者。）

3. 長期預報 近代氣象學家，常依據太陽黑子，作天氣之長期預報，如預測來年之水旱，每多失敗，考其原因，實由於預測地區逼近海洋，（如預測南京之雨量）受海洋濕氣（颱風雨）之影響至鉅，氣象因素複雜，難期有一定規則。至於我國內地如陝西、甘肅、寧夏、青海、四川、新疆、蒙古等省，氣象因素簡單，以太陽黑子數量，作水旱長期預測之根據，定準確可靠。

#### （五）黃土與人類歷史

1. 史前發現 黃土易於耕作，且極肥沃，有史以前，即有人類居住其上，最初當為草原之游牧民族，其後乃進化而為農耕民族。

原始人類，發現於第三紀後期，故在黃土生成之全部時期中，均有人類之遺跡，例如黃土區域挑掘渠井，往往發現原人所用之器具，及居住或舉火地點，所有世界各黃土區域中獲得之種種史前遺物，皆為研究先史之有力證據。

瑞典地質學家安特生（Dr. J. G. Anderson）氏，於民國初年（一九一八至一九二

一）在我國西北黃土區域內，搜集若干有價值之古生物及考古材料。又一九二三年居留天津之法國教士德日進神父（Pere Teilhard de chardin）及桑志華神父（Pere E. Licent）亦曾在寧夏河套之黃土層下，發現許多舊石器時代之石器，安氏根據此種材料，證明我國在先史以前，即有人類（震旦人或稱北京人）居住於西北黃土區域。

2. 黃土與農業 黃土草原，雖遠在石器時代，農業已漸發軔，蓋其物理性質優良，雖原始農具，亦易耕作，且極肥美，利於作物滋長，我先民早已知之。所謂「地肥饒，可都以霸」，「沃土千里，帝王萬世之業。」故世界黃土區域，皆為農業之發源地，亦即人類文化之母也。相傳我國農業，始於后稷教民稼穡，其教稼台即在今之武功。關中為標準真黃土區，是則我國農業，與世界各古國同發軔於黃土區域，可無疑也。

我國南部土壤，需充分施肥，方可豐收；而北方有時雖不施肥，若雨水調潤，亦可豐收。所謂「一年收而足三年食。」且有數處黃土區域，農民竟謂施肥，或非必要（例如西康）者，蓋黃土不特本身肥沃，具具相當之自然施肥能力。農作物每年由表土所吸去之礦物成份，或可由下層土壤經毛細管作用補充之。

山西北部，黃土高原耕地，擴展至海拔二，〇〇〇公尺，且有少數地點，達二，四〇〇公尺者，甘肅黃土耕地，可達二，八〇〇公尺，而西康竟有達三，六〇〇公尺者，但海拔過高，則氣候嚴寒，農作物生長時期短促，故作物之質量，皆遜於汾渭平原。

3. 黃土與人口 黃土肥沃，故能給養大量人口，我國各省耕地面積內之人口密度，將雨澤豐沛之水稻區域除外，則真黃土區域之人口較沖積黃土區為密，如下表：



第三表 黃土與人口之關係

土 質	地 點	每半方公里之人數
真黃土	陝西關中	三二〇
真黃土	山西武鄉	二二五
真黃土	河南開封	二二五
沖積黃土	河北鹽山	一五〇
山坡黃土	安徽來安	一五〇
水稻區	江蘇武進	四三〇
水稻區	浙江鎮海	四一〇

4. 黃土與獨立文化 黃土區域，為發展獨立文化之基礎，尤以我國及波斯土耳其斯坦諸邦為最著。上古文化與肥美之黃土及水利灌溉，有密切關係，據多數學者研究結果，謂我國上古文化，初由帕米爾東移至甘肅西部之安西，然後始蔓延於東部黃土區域。當今漢學家(Sinologist)亦多以西北黃土區域為我國文化之搖籃地，尤以甘肅為甚，此種見解，與我國古籍所載完全相同；至於吾華文化是否曾受西來印度，日耳曼文化之影響，則不甚可考。總之：黃土區域之特性，與我國文化有莫大關係，尤以純粹之水利稼穡文化（或稱灌溉農業文化）而缺少畜牧事業，為可注意。

我國名都古邑，概在黃土區域，如山西南部、河南中部、陝西渭河平原，其中尤以長安洛陽開封三城之歷史為最悠久；而漢唐之燦爛文化，莫不由黃土區域所產生也。

5. 黃土區域之交通政策 黃土區域，溝谷縱橫，地形特殊，交通阻梗，雖有道路，必穿經深狹之夾口，車馬行走其間，異感困難，故防禦險隘要口，即足阻止敵人前進；反之若關隘一旦為敵人所佔，亦不易將其驅逐，且可從此蔓延滋擾，為害無窮。故廣火黃土一帶之關隘建築，始終為我國歷代帝王之政策。蓋此種關隘，不特利於防守，且亦

便於進攻，如關中古有四塞，號稱天府，即其明例。

6. 黃土與民族崇尚 人類與黃土發生最關切之關係者，莫若我國，我國為黃帝子孫、黃種國家、黃河攜黃土而入黃海，「黃」為我國最神聖之色彩。君主時代，凡地上一切，皆為帝王所有，所謂「普天之下，莫非黃土；率土之濱，莫非王臣。」古稱「天玄地黃」「黃」即大地之表記。

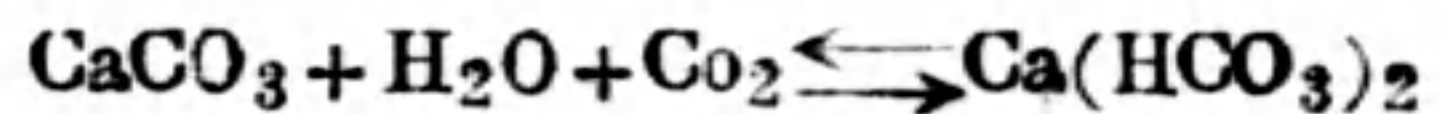
昔日宮殿廟宇，所蓋之琉璃瓦，亦皆黃色；而天子出宮時，所經之道路，亦滿鋪黃土；甚至冬季，黃土降落於屋宇器皿之上，有引以為瑞者。凡此均足以表示民族崇尚與黃土之密切關係。蓋先民生於斯，長於斯，老於斯，葬於斯，凡衣食住行，一切皆不能離開黃土；而吾華數千年來之燦爛文化，亦莫不孕育於此。

## 第二章 黃土之理化性

### (一) 黃土之成分

1. 成份 黃土係石英、長石、石灰質（碳酸鈣）及其他物質混合而成。中以石英為主，約佔百分之六十至七十。黃土顆粒之形狀如第七圖。

2. 粘質及石灰質 長石在黃土中，約佔百分之一〇至二〇，為風化而成細微粘質之主要成分。至於土內石灰質，因雨水內含有二氧化碳，易於溶解，而成酸性碳酸鈣，如下式：



酸性碳酸鈣易在土粒孔隙內移動，或集於一處，俟水份蒸發，復化為石灰質，常包裹於石英小粒上成一薄膜，間亦膠結而成塊粒者，或則填包纖細根管，在蒸發強烈之處，石灰質每聚疊而成塊狀結核。俗名「土蠶」，更多則成「石蠶層」。武功農學院頭道原之黃土層內鑽探結果，計有石蠶層九層，平均每七、八公尺一層。（見第24圖）

石灰質有增加黃土結合之能力，黃土壁



可直立數十公尺，不倒不塌者，即此故也。

3. 肥分 黃土之化學成分，除氮素含量較低，磷酸成分中平外，其餘各種營養要素，均極豐富，尤以鉀及石灰質為高，鉀之成

分約在百分之二、三之間，石灰質含量，在百分之十左右，茲將西北山西、陝西、甘肅三省黃土成分，列表如次：

第四表 中國西北部黃土之化學成分

成 地 分 點	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	PH
會寧	59.30	11.45	3.87	0.60	0.20	14.90	4.58	1.80	2.17	0.20	0.96	8.12
武功	60.63	11.86	4.86	0.48	0.17	9.23	3.26	1.79	2.22	0.21	1.36	8.68
太原	61.23	11.35	4.70	0.70	0.18	13.40	3.95	1.65	2.10	0.20	0.64	8.52

4. 酸度 黃土因含有大量之石灰質，故皆呈鹼性，其PH值（酸度），概在八至八·五之間，極宜棉、麥、豆、黍以及其他旱糧之生長，故我國西北黃土區域之農業問題，不在土壤，而在水利，苟水量充足，灌溉得宜，即可豐收，如寧夏關中各渠，即其良

證。

### （二）黃土之物理性

1. 粒配度 黃土顆粒大小分配之程度曰「粒配度」。世界各地黃土，均無顯著區別。如下表：

第五表 黃土之粒配度

砂	直徑大於0·五公厘	百分之0—0·五
中 砂	0·五—0·二公厘	百分之0·五—三·0
細 砂	0·二—0·一公厘	百分之一·0—七·0
粗 埤	0·一—0·0五公厘	百分之八·0—四0·
細 埤	0·0五—0·0二公厘	百分之五0—六0
粉粒與粘粒	直徑小於0·0二公厘	百分之一六一三六·

黃土之粒配度，可用累積曲線（積分曲線）法或分級曲線（微分曲線）法表示之。第八圖為武功真黃土之粒配度，以上列兩種曲線表示之。

黃土之顆粒，直徑概在0·五公厘至0·0—公厘之間，不沙不粘，宜耕宜植，在農業上為最理想之土壤。

2. 結構 黃土之結構，極為鬆散多孔，常呈「團粒」狀，倘經雨水淋洗，其中之石灰質漸被溶去，乃變為「單粒」結構。其性較原來緊密，不易透水，型性隨之增大。

黃土中常存有細微孔管（俗稱根管），管徑每在0·二公厘以上。肉眼即能辨之，管壁常蒙石灰質薄膜一層，此種根管，概成



垂直方向，但亦有兩旁分枝者；其深度可下達十餘公尺。

黃土層內，常有垂直之裂隙，近地面處，每因腐植質而稍變黑，且常為石灰質所塗包。

3. 黃土分類 黃土可分一、真黃土，二、壤質黃土，三、沙質黃土（次生黃土）。「禹貢」所指之「黃壤」，即「真黃土」也。

真黃土係第三月球併入地球解體之遺骸，沉積於地球之後，迄今仍未改變其原形及位置。真黃土具有石灰膠結質，故富有「真粘着力」。此種粘着力雖在潤溼狀態下，亦不消失。與堅硬粘土之「假粘着力」相反。

蓋「假粘着力」，由於毛管水之表面壓力而產生，水分充溢時，即行消失。

壤質黃土則係真黃土沉積水中，或由雨水沖洗之淤積，或由耕作之踐踏而成者，其粒配度雖與真黃土無異，但其物理性質則大受改變，迥然不同矣。

黃土之性質，隨土內之「土粒」、「水份」、「膠質」、「空氣」四要素而變，故可稱為「四相土質」。

4. 黃河之土質 我國舊河工，對於黃河土質概分一、黃土，二、膠土，三、素土，三種。著者分析各種土質之性質，列表如下：

第六表 黃河之土質

土 類	土 名	土粒直徑(公厘)	水 分	石 灰 質	粘 土 質	空 氣
一、黃土	真黃土	0.05—0.01	二〇—四〇%	八—一〇%	一·五%	—
二、膠土 (淤土)	新 淤	0.02—0.05	三〇—六〇%	〇	五—一〇%	〇
	老 淤	0.02—0.05	三〇—五〇%	〇	一〇—三〇%	—
	硬 淤	0.02—0.05	一〇—二〇%	〇	一〇—三〇%	—
	稀 淤	0.02—0.05	六〇—七〇%	〇	一〇—三〇%	〇
三、素土	沙 土	0.5—1.0	一〇—二〇%	〇	〇	—
	流 沙	0.5—1.0	三〇—四〇%	〇	〇	—
	淖 沙	0.5—1.0	四〇—六〇%	〇	〇	〇
	螞蟻沙	2.0—1.5	三〇—四〇%	〇	〇	—
四、沙膠	沙 膠	0.1—0.05	二〇—三〇%	〇	〇	—

5. 比重 黃土之主要成分為石英、長石、碳酸鈣、故其比重亦與三者相近，平均為二·五七。

6. 容重 乾燥黃土之單位容積重量曰「容重」，約為一·五（即一立方公尺黃土重一·五公噸）壤質黃土約為二·〇。

7. 孔隙率及孔隙係數 黃土內孔隙之容

積與該土總容積之比率，曰「孔隙率」。常以  $n$  示之。如下式：

$$n = \left( 1 - \frac{r}{s} \right) \cdot 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中  $n$  為孔隙率， $r$  為容重， $s$  為比重。黃土內之孔隙容積與其乾燥固體容積之比，曰「孔隙係數」。常以  $e$  示之。孔隙率



與孔隙係數之關係，如下式：

$$E = \frac{n}{1-n} \dots\dots\dots(2)$$

8.含水量 土內孔隙，苟全為水份填滿曰「飽和」。飽和時所需之水量，曰「飽和水量」。常以W示之，如下式：

$$W = \frac{E}{r} \cdot 100\% \dots\dots\dots(3)$$

設土內所含水量，僅佔孔隙之一部，餘為空氣所佔者，則將該土之含水量除以孔隙之容量，而稱之曰「濕度」，常以G示之，如下式：

$$G = \frac{W \cdot r(1-n)}{n} \dots\dots\dots(4)$$

土內所有孔隙，全為水分填充時，則G等於一。

9.夯壓之影響 普通黃土堤工，或用潮溼之真黃土，或用壤質黃土，經滾壓夯實後，孔隙容積隨之減少。普通約自百分之五〇，縮至百分之四〇，隄岸因之堅密鞏固。

真黃土上，漸加壓力，達三·二方公斤時，孔隙率可自百分之五十五縮至百分

之四十七，壤質黃土則自百分之四十三減至百分之三十七。平均減少百分之十。但黃土一經受壓縮小，即不易恢復膨大。蓋土質之膨大性，視其所含之粘質量而定。與土中所含粘質部分，常極微少，是以黃土膨脹性愈微，則其粘化程度愈弱，愈近真黃土也。

(三) 黃土內水分之循環

1.吸水力及保水力 黃土富孔隙性，狀如海綿，故能吸收多量水分，而由土粒孔隙之毛管力固持之。然後再由蒸發作用，逐漸散失。

著者曾取武功乾燥真黃土一塊，長寬高各為十公分，置於水面，在十二分鐘內，水即由毛管迅速上昇至土頂（十公分），吸收之水分，相當於四公分之雨量。但黃土內水分之蒸發極緩，此四公分之雨量，約需經一星期後，始能完全蒸乾。著者曾將武功附近之土壤，各置於直徑六公分，高約二十七公分之圓筒內，先加水至飽和，然後逐漸測定其蒸發損失量，結果如下表：

第七表 黃 土 之 蒸 發 量

土 類	二十天後損失之水量 (公厘)	與水面蒸發之比率
清 水	88	1
稻 田 土	75	0.85
渭 惠 渠 沙	65	0.74
真 黃 土	62	0.71
真黃土 (土面括毛)	59	0.67
壤 質 黃 土	44	0.59
壤質黃土 (土面括毛)	31	0.35

由此可見黃土吸水及保水之能力，較任何土壤為大，對於植物根部水分之供給，最為適宜，而合理想之條件也。

2.水分循環 黃土層內之垂直裂隙，以

及微細根管對於土內水分之循環，居極重要地位，雨水由裂隙迅速滲入土層深處，達不透水層而止。故黃土高原，無生成水塘湖泊之可能。而此滲下之水，日後復由土粒間之



毛管作用，蠕緩上昇，輸送至植物根部，而行蒸發。(第九圖)

陝諺：「黃蓋壩，力量大似牛。」蓋壩為不易透水之土質，黃土層水分保蓄其上，於農業最利。

(四) 黃土於水內之崩解

1. 崩解係數 今取黃土一塊，切成每邊

長一公分之立方土塊，投於蒸餾水內，初見微脹，結成泥殼。土內空氣，暫不發出，迨集積至一定程度，乃衝出泥殼，發生微細爆裂現象，如是重復多次，土塊乃崩解而成一泥錐。其經過之時間，可定名曰：「崩解係數」。如下表：

第八表 黃土之崩解係數

黃 土 類	原 狀 風 乾	捏 和 風 乾	捏 和 潮 溼
真 黃 土	0.5分鐘	4分鐘	約 1 小時
壤 質 黃 土	1.5—2分鐘	6—10分鐘	>24小時
渭 愈 渠 淤 土	8—10分鐘	50—60分鐘	—
夯 實 土 壤	5.0分鐘	15—18分鐘	—

此種「崩解係數」，可用以研究各種黃土，對於抵抗水流沖蝕之能力。

2. 沙性與粘性 黃土土質，粘份缺乏，概屬「沙性土質」。於沙質黃土尤為顯著；倘該土質已經強裂之石灰化作用，發生真粘着力，或則已得充分之粘土化作用，漸變為「粘性土質」。

3. 流水沖解 黃土遇流動之水，最為危險，著者曾將黃土加水捏成直徑一公分之泥丸，置於極緩之水流內，經八分鐘即現沖刷，至二十分鐘，則全部沖解。

(五) 黃土之透水性

1. 透水率 黃土層內透水之速率，視土質之結構及水壓比降而定，如下式：

$V = KS \dots\dots\dots(5)$

式中 V 為流速 (m/sec)，S 為比降，K 為透水率 (m/sec)。

原生之真黃土，其透水率，較既經捏壓者，常可大至百餘倍，具有根管之真黃土，其透水率，可大於緊密之壤質黃土者，約百倍。

2. 透水率與孔隙率 透水之方向，與根

管平行者，其透水率，較與根管正交者，常大二·三倍。普通各種黃土之 K 值，相差極鉅，蓋黃土透水之難易，每視根管之多寡而定，而與黃土之孔隙率，無一定之比例也。

著者測驗武功真黃土之透水率 (Cm./min.)，平均在頭道原為  $K = 4.99 \cdot 10^{-4}$ ，二道原為  $K = 4.67 \cdot 10^{-4}$ ，三道原為  $K = 4.35 \times 10^{-4}$ ，可見愈近渭河灘地，透水率愈減。

3. 試驗技術 測定黃土之透水率，苟用較小之水壓 (即 S 小)，每因土質膨脹，堵塞孔隙，透水率有逐漸減小之現象。反之，在較高之水壓時，土內細粒易被水帶去。透水率逐漸增大，終至全部破壞。

(六) 黃土之塑性

1. 阿太伯稠性限度 近代研究土壤之塑性，常以阿太伯 (A Herberg) 氏之稠性限度為標準。分為下列四種：

一、糜性限度 土質含水過多，則稀爛如糜，達此限度，始得捏和成形。

二、粘性限度 此時土質，可直接粘於其上。

三、塑性限度 此時土質經充分搗捏，



即可燃成徑約小於四公厘之線條，但荷將泥條稍曲，則折成小段。

四、縮性限度 此時容積，已不復因乾收縮。

2. 塑性與粘性限度 黃土之塑性限度，視土內所含沙質之成分而定。沙質愈高，則「塑性限度」與「塑性係數」（即糜性限度與塑性限度之差）愈小，而其糜性與塑性限度愈相接近）直至合而為一），反之，黃土之壤化與粘化程度愈高，則其塑性亦愈大，

若者測驗定武功黃土之塑性，平均得糜性限度為百分之二七·二，塑性限度為百分之二二·五，縮性限度為百分之一七，塑性係數為百分之四·七。

3. 塑性與土類 各種黃土之塑性限度，均極相近，故用以區別黃土之種類，殊不適宜、但用以鑒別黃土、沙土、粘土及壤質黃土之性質，手續極為迅捷可靠。

(七) 摩擦力與粘着力

1. 摩擦試驗 測定土之內摩擦角，極為不易，輒受試驗條件，切機性能之影響，致獲完全錯誤之結果，不可不慎。試驗時，應密切注意土質之勻和，並防止蒸發，及土質之擠出，而所加之剪力，應正在切面，且須分配平均。此外對於土探內之進水出水，亦須注意。

試驗用土樣在某項垂直載重下，應有充分時間，使得完全沉定，（即無再行壓縮之可能）。倘此種沉定尚未充分，則一部分載重，由孔隙內水分承受之，所有土顆粒，即不能完全相接，摩擦力亦因之無法完全產生。而所測得之摩擦係數，每介乎零與最大摩擦（在完全沉定時）之間。近代因最新式切機之創製，此種理想之條件，已可完成一部。

2. 可倫布理論 據可倫布（Coulomb）氏理論，凡粘質土壤之抗剪力強度，可用下式計算得之。

$$S = C + P + an\theta \dots\dots\dots(8)$$

式中 S 為抗剪力強度，C 為單位面積之

粘着力，P 為垂直壓力， $\theta$  為內摩擦角（摩擦係數  $f = +an\theta$ ）。

3. 實測結果 黃土為「四相土質」已如前述，故性質極為複雜，應採取工程實地之土樣，個別測定之。黃河下游沖積黃土（沙性）之內摩擦角約為十七度，粘着力約為每平方公分 0.04 公斤。故得該黃土之抗剪力公式為。

$$S = 0.04 + P + an 17^\circ \dots\dots\dots(7)$$

美國 Marshall 壩，建於厚約十五公尺之真黃土層上（見第十圖）。築成後，發生滑動破壞。經詳細測定，知該黃土地基之摩擦角僅為六度，粘着力為每平方公分 0.175 公斤，滑面上之平均壓力為每平方公分 3.32 公斤，故抗剪力強度為每平方公分 0.51 公斤，而實際之剪力為每平方公分 0.6 公斤，故得該壩之安全率，僅為 0.84。

4. 粘着力 普通粘性土質受壓後，常有一部分摩擦阻力，在壓力除去之後，不能恢復，而發生粘着力現象。此種粘着力可視為土粒受壓經久擴大之接觸面，在還原被阻時，所生之摩擦阻力也。此種理解，對於壤質黃土之力學性極為適合。真黃土因有石灰質膠結而生「真粘着力」，故其性質與固結體相似，而抗剪力強度變化之原因，較為複雜。在加壓之初，其力學性則依從固體定律而變，但石灰膠結逐漸破壞以後，則改從「一相土質」定律（如沙）。反之，若該黃而質潤溼已有一部分壤化者，則依從「二相土質」定律（如壤土）。後者即在除去壓力後發生一種「接觸粘着力」，而原有之「膠結粘着力」即形消失。

備作試驗既經擾動之黃土樣以及夯壓築堤之黃土，常無起始粘着力。抗剪曲線，輒通過零點。原生真黃土之粘着力，視其石灰質成分顆粒勻度，以及加壓之經過而定。

(八) 黃土之載重力

1. 試驗方法 測定黃土地基之載重力，



可直接挖一土坑，深及建築物底層，舉行之。近代更有在鑽探孔內完成者，黃土區域之潛水位，常極低下，挖坑毫無困難，可實地觀察土質情形，並採取試驗土樣。

2. 載重係數 載重試驗，以測定載重  $P$  與陷量  $S$  之關係，而定  $P-S$  曲線，試驗時載重之重量逐漸增加，達陷量急增，破壞而止，此時載重限度，曰「陷量限度」。在此限度以前，載重與陷量常成正比，而為一直線。「陷量限度」又稱「彈性限度」。將彈性限度之載重  $P$ ，除以陷量  $y$ ，即得「載重係數」 $C$ 。即  $C = \frac{P}{y}$ ，地基土質之載重係數，以及陷量限度，彈性限度，每視載重受壓之面積而定。苟面積改變，所得之數值亦異，極應注意。載重係數測定後，即可推算地基土質之力學性。

3. 試驗時間 載重之時間，對於透水困難，粘結緊密之土質，關係至鉅，每次載重增加，須俟陷量沉定後舉行。蓋孔隙內水份擠出，需要相當時間，苟不及時，則所得之陷量較小，載重係數，因較適當者為高，真黃土之透水性大，故於時間之影響，不易覺察，但於緊密之壤質黃土，此數因子，必加注意。

4. 受壓面積 載重試驗用大壓面者，（如  $1 \times 1 \text{ m}$ ，）與小壓面（如  $70 \times 10 \text{ cm}$ ）者，所得之結果迥異，設二者之單位壓力相等，則大面積之陷量，較小面積為鉅。故吾人根據試驗結果，推斷一重要建築物之陷量，必先作兩三種大小不同面積之試驗，以明瞭面積大小與陷量之關係，但此種關係，隨土性而異，難得一律，僅能定其大綱而已。

5. 面積定律 由載重試驗，所得之「面積陷量曲線」，及  $P=cy$  之關係，即可求得「載重係數——面積」曲線，但此種載重係數，由平均壓力  $P$ ，及堅硬之承壓板之陷量所測得者，對於計算鉄軌道渣等基礎問題，常不適用。

6. 溼度與載重力 黃土受雨水浸潤，倘

過度潮溼，則一部分石灰質溶解。「真粘着力」因之消失，但黃土本身之重量，仍未減小，因此下層黃土之構造，逐漸損毀根管塞閉，而生緊密作用，因此在潮溼部分之黃土壓力局部加重，呈不平衡狀態。此種不平衡之程度，每與溼度成正比。故吾人試驗黃土地基之載重，應就各種不同溼度，分別研究之。（見第十一圖）

7. 壓力方向 黃土受壓，垂直方向（順根管）之陷量，常較橫向（垂直根管）者為小，倘地基有承受水平力之可能者，則載重試驗，須在兩種不同之方向舉行之。

8. 震動試驗 黃土受震動性之載重，其陷量常較靜止之載重為大，欲決定此種影響，則在作靜力試驗外，並應作動力載重試驗。

### （九）黃土受冰凍作用

1. 冰凍作用 土壤生成之過程中，受冰凍作用影響至鉅。孔隙內水份，因冰凍使液體變為固體，體積陡增百分之九。一，所生之壓力，可達二，五〇〇氣壓，故土壤之構造，每經一次冰凍，即有顯著之破壞或變更。

2. 增加粘性 真黃土之黏性、較低，常不能直接用作土壩壩心。補救之法。可先將黃土翻倒成堆，略加水份，經嚴冬冰凍，粘性稍增後，再行使用，惟此種凍過壤質黃土吸水頗多，幾全成可塑狀態。因之，施工時，常以水分過高，粘着工具，大感困難。但新挖之原生壤質黃土，則無此現象，極便工作。

3. 增加含水量 冰凍有使土質疏鬆之作用；孔隙量增加，含水量亦隨之變大，此種情形，對於工程實施殊為不利，應注加意。

## 第三章 黃水之水理

### （一）黃水之物理性

1. 含泥量 黃土區域河渠之水流，常含



黃土而呈黃色，名曰「黃水」。黃水內所含之泥量曰「含泥量」。含泥量常以黃水內含泥之重量，佔黃水總重量之百分數示之。如下式：

$$P = \frac{W_s}{W_w} \times 100 \dots\dots\dots(8)$$

式中 P 為含泥量， $W_s$  為含泥之重量， $W_w$  為黃水之重量。

2. 比重 黃水之比重，隨含泥量多寡而增減。如下式：

$$W = \frac{100 + P}{100 + P/S} \dots\dots\dots(9)$$

式中 W 為黃水之比重，S 為黃土之真比重（約為二·六〇）P 為含泥量。

3. 滯性率及動滯性率 黃水含泥，其「滯性率」較清水者大。黃水之「滯性率」除以「比重」，則得「動滯性率」。對於黃水流速之計算，關係至切，茲將普通溫度下（攝氏十八度至二十度）黃水之「比重」，「滯性率」，及「動滯性率」三者列表如下：

第九表 黃水之含泥量，比重，滯性率及滯率表

含泥量 P	比 重	滯性率 T/sec.m.	動滯性率 m <sup>2</sup> /sec
0 (清水)	1	0.00000103	0.00000103
5	1.03	0.00000122	0.00000118
10	1.05	0.00000140	0.00000134
20	1.12	0.00000181	0.00000162
30	1.17	0.00000220	0.00000191
40	1.22	0.00000265	0.00000218
50	1.26	0.00000314	0.00000249

4. 冲刷量及淤積量 真黃土之容重常較冲積黃土者為小。（前者約為一·四五，後者約為二）故同一土重，在河流上游冲刷之土容量，應較淤積之土容量為大。例如黃河每年平均流量為一·二一〇每秒立方公尺，含泥量為三·三，即每秒輸泥量重為

$$1.210 \times 1.02 \times 0.033 = 40.6 \text{ 公噸。}$$

相當上游冲刷之真黃土量三四·四（四〇·六除以一·四五）立方公尺，下游淤積土量二〇·三（四〇·六除以二）立方公尺。

（二）黃土之流速公式

1. 滿寧公式 近代計算河渠流速，以滿寧（Manning）公式為最簡便，且亦相當準確，其式如下：

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(10)$$

式中 V 為流速 (m/sec)，R 為徑深 (m.)，

S 為比降，n 向稱「糙率」。但 n 之值，不僅視河床粗糙之程度而定，且與斷面形式、水流渦動情形，含泥量、多寡有關。其間關係頗為複雜，僅稱「糙率」殊欠適當，著者取其倒數  $(\frac{1}{n})$  命名曰「暢率」M（其因次為  $m^{\frac{1}{3}} \text{sec}^{-1}$ ）河床「暢率」愈大，則流水愈覺暢也，如下式：

$$V = MR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(11)$$

2. 黃土河渠之「暢率」 河渠之「暢率」，與流速成正比，選擇適當之「暢率」，向極困難。蓋「暢率」差十之一，則流速隨之差十之一，匪特影響工程經濟，甚且發生



不良後果，（如選定M過大，則生淤積；反之，則冲刷渠床。）不可不慎，關於黃土河渠之「暢率」，著者規定如下：

$$\text{黃河 } M = 64 - \frac{467}{\sqrt{Q}} \dots\dots\dots(12)$$

$$\text{渠道 } M = 70 - \frac{2.75}{\sqrt{Q}} \dots\dots\dots(13)$$

3. 滿寧式之缺點 滿寧流速公式，因便於計算，故取 S 之指數為  $\frac{1}{2}$ ，R 之指數為  $\frac{2}{3}$ ，但實際不止此數，且非一定值，對於選擇「暢率」，乏一定標準，該式未計及含泥量。在含泥量較大之處，應加校正。

4. 著者公式 按河渠之流速，得以後列之指數公式求之。

$$V = MR^b S^c \dots\dots\dots(14)$$

式中 M 為「暢率」，其值隨河床每單位面積之摩擦力「F」，及水流渦動之程度，（包括含泥量）而定。渦動之程度，可稱「渦率」，以「 $R_e$ 」（Reynolds, Number）表之，單位面積摩擦力「F」，及「渦率」 $R_e$ ，得以下列二式示之：

$$F = \frac{SR}{V} \times 2g \dots\dots\dots(15)$$

$$R_e = VR/K \dots\dots\dots(16)$$

式中 S 為比降，R 為徑深，V 為流速，g 為重力加速率，K 為黃水之「動滯性率」（隨含泥量而變，見第九表）。因得「暢率」M 之公式如下。

$$M = \left( \frac{2g}{AK^m} \right)^{\frac{1}{2-m}} \dots\dots\dots(17)$$

式中 b、c、各為 R 及 S 之指數，常隨比降 S 而變，如下：

$$b = \frac{1+m}{2-m} \dots\dots\dots(18)$$

$$c = \frac{1}{2-m} \dots\dots\dots(19)$$

上列三式中之 A，及 M 值，如下表：

第十表 河渠之 m 及 A 值表

河渠	m	A
黃河	$0.2 \text{Log} S + 1.043$	$10^{13} m^{-4}$
渠道	$0.13 \text{Log} S + 0.561$	$10^{20} m^{-4}$
木槽	$0.01 \text{Log} S + 0.636$	$10^{50} m^{-4}$

本式形式上，似較滿寧式為複雜，但精密程度則遠過之（差率約為百分之二），且決定「暢率」，有一定法則，不若滿寧式對於暢率之選定，全憑經驗，有是可招致極端差誤。（如設計渭惠渠所選之暢率為五十五，而實際為七十一，其差率為百分之二十五。）

5 著者簡式 普通河渠之水力要素如流速 V，比降 S，徑深 R，含泥量 P 等，常在一定之範圍內變更，茲就其實用上之平均值，定簡式如下：

$$\text{河流: } V = \frac{102}{1+9.0025P} R^{0.686} S^{0.572} \dots\dots\dots(20)$$

$$\text{渠道: } V = \frac{78}{1+0.002P} R^{0.60} S^{0.535} \dots\dots\dots(21)$$

$$\text{渡槽: } V = \frac{100}{1+0.001P} R^{0.535} S^{0.51} \dots\dots\dots(22)$$

黃土河渠，河床概為淤泥細沙，頗為潤滑，且乏水草，故其「暢率」常較清水河渠者為大，黃水含泥量增加，水流凝滯，「暢率」隨之減低但其影響殊小，例如第20式黃河之含泥量，增百分之四，始影響流速百分之一，含泥量至百分之四十，始影響流速百分之十。

（三）黃水含泥量

1. 飽和量 黃土河渠，含泥量之多寡，每視流水本身含泥之能力，及上游供給之泥量而定。黃水含泥量達最高點，曰「飽和點」。該時之含泥量曰「飽和量」 $P_s$ 。倘黃水之含泥量，低於飽和量，則尚有餘力，



攝取泥土，而生冲刷；反之，則生部份淤積。

2. 著者含泥量公式 著者研究黃水「飽和含泥量」 $P_s$ ，得公式如下：

$$P_s = 6500S \frac{4}{\sqrt{V^3}} - \frac{0.074}{\sqrt[3]{P_e}} \dots\dots(23)$$

式中  $S$  為比降， $R$  為徑深， $V$  為流速， $R_e$  為渦率。假定渠道之平均流速，得以滿寧式示之，代入第23式，則得如下：

$$P_s = \frac{6500S \frac{5}{8}}{\frac{8}{M^{\frac{3}{4}}} R^{\frac{1}{4}}} - \frac{0.074}{\sqrt[3]{R_e}} \dots\dots(24)$$

由上式，研究流水含泥之能力可得結論如下：

一、含泥之能力，與比降  $S^{\frac{5}{8}}$  成正比，蓋  $S$  愈大，則流水所具之能力愈大，挾運之泥土，亦愈多。

二、含泥能力與「暢率」四分之三方  $M^{\frac{3}{4}}$  成反比。蓋暢率  $M$  愈大，則河床愈光，其因黃水擦過床面，所激起之向上分力愈微，渦動愈減，故含泥能力愈弱。

三、含泥能力與徑深  $R^{\frac{1}{4}}$  成反比。蓋徑深愈大，則黃水愈深，水壓愈大，黃水擦過床面所激起之向上分力愈微，其所影響之範圍亦愈小，含泥能力隨之愈減。

四、含泥能力與「渦率」 $R_e^{\frac{1}{3}}$  成正比，蓋渦動程度愈高，則黃水內部之激動愈烈，含泥能力愈增，但其影響較上列三者為微。

3. 含泥量之分佈 黃土河渠斷面內之含泥量，各點不同，隨水深而異。普通「水面含泥量。」 $P_o$ ，常較水底者 $P_b$ 為小，設水深為 $H$ ，則平均含泥量 $P_m$ 之位置，以及 $P_m$ 與水面含泥量 $P_o$ 之關係，可規定如下式：

$$P_m\text{之位置} = KH(\text{自水面量起}) \dots(25)$$

$$P_m = Cp_o \dots\dots\dots(26)$$

上式 $K, C$ 二值，均為常數，視水深 $H$ 而定，如下表：

第十一表 含泥量公式係數表

H 公尺	K	C
0.6	0.60	1.8
0.6-0.8	0.55	1.6
0.8-1.2	0.50	1.4
1.2-1.4	0.45	1.2
>1.4	0.40	1.1

4. 含泥量之測定 黃土河渠之含泥量，隨含泥能力及上游供給之泥量而變，已如前述。在一定斷面內，各點之含泥量，固不相同，即在斷面內之某一定點，其含泥量亦因流水脈動之作用，時刻變化，最大時可差至百分之五十。故採取水樣，僅用普通玻璃瓶，在頃刻間即灌滿者，殊不適宜，應改用「球胆採泥袋」採泥。灌水時間，於水面能在二十五分鐘以上，水底在二百二十分鐘以上，則無差誤。（即所得之值，始為該點之平均含泥量）如下表：

第十二表 採泥時間與差率之關係

採泥地點	採泥灌水時間 (分鐘)									
	5	10	20	40	60	50	100	150	200	220
水 底	±50	±47	±40	±31	±24	±18	±14	±7	±2	0
水 面	±7	±3	±1	0	0	0	0	0	0	0



「球胆採泥袋」之構造，殊為簡單，即用一足球橡皮胆，去其皮管而換裝一銅管，管徑約六公厘，長約十五公分，該管附設於一測桿上，以便採取某一定點之含泥量，「採泥袋」下水時，管口須側向下游，至某一定點後，始急轉管口，使正對上游，以便黃水流入。俟袋內灌滿後，即行倒轉管口而提出水面。（見第十二圖）

「球胆採泥袋」不僅為採取黃水樣之利器，且可同時測定該點水流之流速如下式：

$$V = \frac{Q}{c \cdot a \cdot t} \dots\dots\dots(27)$$

式中 V 為流速，t 為灌水時間，Q 為 t 時間內灌入袋內之黃水總量，a 為銅管之斷面積，C 為銅管流速係數。流速係數 C 值須經事先「率定」。如農院水利系所用之採泥袋之流速係數如下：

$$C = 0.905 \quad V > 0.55 \text{m/sec}$$

$$C = 0.680 \quad V \leq 0.55 \text{m/sec}$$

#### (四) 黃土河流之逕流率

1. 逕流率 在某一定時間內，河流流出之水量，與該流域所受雨量之比曰「逕流率」。真黃土區域，氣候乾燥，（雨量四〇〇公厘）相對溼度極低，降水之由蒸發損失者頗大，且黃土高原，概呈台階狀，土質疏鬆，吸收大量水份，至原土容積之百分之五十至六十。故黃土河流之逕流率，常較他種土質流域為小，如我國黃河逕流率為一九·八，沽河為七·三，屬世界河流中之最小者，（楊子江為三九·一）

在潮溼區域，（雨量六〇〇公厘）黃土層上，常蓋壤質黃土一層，其逕流率較真黃土為高，如我國淮河為百分之二十，德國萊因河為四四·二%，歐爾貝河為二七·八%

2. 逕流率試驗 河流之逕流率，與降雨強度（以每小時公厘計）及地面坡度，關係最切，茲就武功張家崗真黃土地面，用人工雨淋法，測得降雨強度，地面坡度，對於逕流率之關係如下表。

第十三表 黃土之逕流率

降雨強度 mm/hr	60	120	180	240	
地 面	0°	1	17	48	62
坡 度	10°	8	35	54	53
	20°	11	37	56	53
	30°	14	40	66	52

由上表可見：地坡平，雨量強度小者，全部雨量，均可為黃土吸收。故逕流率極小，降雨強度及地坡增大，則逕流率隨之增大。最高時可達六六%。但降雨強度至 240mm/hr，逕流率反漸見縮小，此種現象，殊為奇特。蓋降雨強度大，則地面土粒，制蝕迅速，土層之垂直根管，以及微細裂隙，均不及為細泥閉塞，滲透反較易也。

西北降雨強度鮮有超過 120mm/hr 者。普通暴雨約在 60mm/hr 左右，故逕流率最高以二〇%為限。

3. 逕流率與冲刷量試驗 黃土地面，受雨水冲刷之程度，與降雨強度，關係最切。茲用人工雨淋法，在武功張家崗真黃土地面，詳作試驗，發見降雨強度在 60mm/hr 以下，冲刷殊小，但增至 150-180mm/hr 左右，則冲刷土量特增，逕流黃水之含泥量，可至五四%。

茲將不同地面坡度，在各種不同之降雨強度下，經十分鐘內，每平方公尺所冲刷之泥量，如十四表：

可見在普通降雨，黃土受雨水之冲刷，殊為微小，但遇暴雨，降雨強度增至（120mm/hr，）每小時一百二十公厘，則含泥量可突增至二七%。但此後雨強雖再行增高，而含泥量不隨之增高，至五〇%為最大限度。

本試驗所用之地面，係鏟平之原生真黃土面。實際上黃河上游之地面，經冬冰凍，或由人畜踐踏，表土疏鬆異常，驟遇暴雨（降雨強度及八〇mm/hr，）傾注而下，加之兩岸崩坍，含泥量，可常較試驗者為高。寧



夏青銅峽二十九年七月一日測得黃河含泥量為三三·九六%，涇河含泥量春漲為三〇%，夏漲為五〇%，龍門於二十三年八月八日測得含泥量為三八%，均其著例也，

第十四表 降雨強度與冲刷率

降雨強度 mm/hr,	冲刷泥量 Kg/m <sup>2</sup>			含 泥 量 %		
	0 %	20 %	60 %	0 %	20 %	60 %
地面坡度						
60	0.8	0.4	0.53	0.8	20	25.1
120	0.12	5.0	5.0	2.2	27	27.7
150	0.71	5.4	9.5	5.3	27	47.3
180	0.20	7.4	19.1	3.1	28	34.7

(五) 黃土區域之侵蝕

1. 黃土面積 我國黃土區域河流，真黃土之面積及其所佔總流域面積之百分率，據翁文灝先生曾有下列之估計。

第十五表 中國黃土之面積

流 域	黃 土 區 域	黃土面積(平方公里)	佔總面積之百分率(%)
潮 白 河	密雲及其附近區域	一, 〇〇〇	五
永 定 河	桑乾河及洋河區域	七, 五〇〇	
	大 同 西 北	二, 〇〇〇	
	大 同 之 南	五〇〇	
	總 計	一〇, 〇〇〇	二一
大 清 河	臨 城 盆 地	八〇〇	
	太 行 山 東 麓	一, 二〇〇	
	總 計	二, 〇〇〇	九
滹 沱 河	山 西 北 部 盆 地	三, 六〇〇	
	太 行 山 東 麓	八〇〇	
	總 計	四, 四〇〇	一八
滏 陽 河	沿 太 行 山	九〇〇	九
衛 河	漳 河 地 盆	二, 五〇〇	
	其 他 而 積	一〇〇	
	總 計	三, 五〇〇	一三



黃 河	蘭州以上高原	六〇,〇〇〇	
	蘭州至寧夏	五五,〇〇〇	
	渭水流域	二六,〇〇〇	
	清水流域	二,〇〇〇	
	洛水流域	一六,〇〇〇	
	汾河流域	二,〇〇〇	
	西安至觀音堂	一,〇〇〇	
	洛水流域	二,〇〇〇	
	其他面積	一五,〇〇〇	
	總 計	一八八,〇〇〇	一九
中國北部	黃土總面積	二〇九,〇〇〇	一〇〇

黃土所佔面積，自地質圖上量得者，當較事實上之面積為少。以在比例尺較小之圖上，必面積較大者，始能於圖上繪出，黃土掩蓋稍薄者，尤時加棄置。但河流所經之黃土面積愈廣，侵蝕速度愈增，含泥量隨之愈

大。

2. 侵蝕速率 自各河流之各該流域，黃土地面侵蝕之速率，據翁文灝先生估計如下表：

第十六表 黃土地面之侵蝕率

河 名	一年之侵蝕(公厘)	侵蝕一公尺所需年數
潮白河	〇・〇三六	二七・八〇〇
永定河	〇・三六四	二・七五〇
大清河	〇・〇三四	二九・四〇〇
滹沱河	〇・〇四五	二二・二〇〇
滏陽河	〇・〇四五	二二・二〇〇
衛 河	〇・〇七〇	一四・三〇〇
黃 河	〇・三二六	三〇六〇

按我國西北黃土之厚度，設以三十公尺計算，而每年之侵蝕速度，平均以〇・三三公厘計，則約需九萬年後，方可侵蝕殆盡，但此種估計，僅能定其概觀，事實上河流年

齡愈老，則比降愈小，侵蝕力亦隨之減弱。

#### 第四章 黃土之地基

##### (一) 載重力



1. 許可載重力 乾燥之真黃土層(含水率在百分之十以下)，對於普通建築，可視為中上等地基，載重在每平方公分二至三公斤左右，常不生顯著之陷量。惟建築物既成之後，苟有雨水或溝渠之水，侵入基底，當石灰質被溶，而生空隙，則於上部建築，最為危險，不可不嚴加注意。

2. 陷量 黃土容積之縮小，苟由土內孔管之收縮，約有百分之二、三。故於十公尺厚之黃土層，即可生陷量二十至三十公分。此種陷量，於重要建築常不允許，故為防止日後過度之陷量，必須採用平基，或則改用較深之基礎。

### (二) 黃土平基

1. 平基載重力 壤質黃土之平基，與微軟沖積土相似，苟壤質黃土，由沖積而成者，則土質緊密，常為良好地基。其堆積緊密之程度，則可採取原土樣，在實驗室內測定之。或由鑽孔管內，試驗之。

2. 實測結果 導淮委員會對於蔣壩土質(廢黃河淤土即壤質黃土)，曾作實地測驗，測得該土壤之彈性限度為每方公分七·三公斤，陷量 $y$ 為〇·五公分。故載重係數，

$$C = \frac{P}{y} = \frac{7.3}{0.5} = 14.6 \text{ Kg/cm.}^2. \text{ 測驗所用}$$

之載重面積為 $30 \times 30 \text{ cm.}$ 並決定安全載重，為每方公分四公斤。

津浦路黃河鐵橋第二橋墩，用沉函法造成。沉函底深至二公尺時曾用一八千平方公分之平板試之。壓力昇至每方公分十六公斤，則板之陷量為一一·五公厘，故得載重係數

$$C = \frac{16}{11.5} = 1.4 \text{ Kg/cm}^2, \text{ 而該橋墩實際之}$$

壓力為每方公分六公斤，故對於陷量極為安全。

### (三) 黃土樁基

1. 樁基載重力 黃土層內樁基，對於含水較少之真黃土，夯樁不易穿入。惟在潮濕之黃土層，或潤濕之壤質黃土，夯樁穿入極

易。

普通樁基之載重，概由樁之皮面摩擦力承受之，平均每方公尺二·三至二·七公噸，如下表。

細壤泥	1.8-2 t/m <sup>2</sup>
沙性粘質河床沖積土	3 t/m <sup>2</sup>
軟壤土	3-4 t/m <sup>2</sup>

上列樁之載重力，僅指一樁而言。至於結合若干樁，而成一「樁組」，其載重總力，當非各樁載力之總和。

2. 實測結果 一九一一年建築津浦路之黃河鐵橋，曾作樁載試驗，得每樁約可載重一五〇公噸。而現時每樁之實際載重，平均為六〇至七〇公噸，故其安全率為二·〇至二·五。

導淮委員會在邵伯淮陰劉澗三處，建築船閘，對於樁基載力，曾作詳細之試驗，該閘基土質，係廢黃河淤沙，地下水位極高，用靜載重試驗，測得樁之皮面摩擦力為每方公尺二公噸。倘用錘擊公式計算，所得之值，僅為靜載重試驗值之50%。

## 第五節 黃土土工

### (一) 黃土土工

1. 挖土及擊土 真黃土挖掘極易，屬頭二級土質，挖時先用尖頭鎬使土掘鬆，繼用鍬裝筐，載車，在黃土內工作較鬆沙尤為省力。

壤質黃土苟經較強之風化與粘化者，則屬第三級土質。可用闊口鎬鬆土，再用大鍬裝土。

黃土久經乾燥，常堅結成塊，挖掘不易；但過溼之黃土，常粘着挖土工具，出土困難，其於壤質黃土，尤為顯著，施工大受影響，故在久旱或雨天施工，極為不利。

2. 土工與雨量 著者分析西北黃土土工每人平均工作能力，與各該月平均月雨量之關係如下表。



第十七表 黃土土工與雨量之關係

平均月雨量(公厘)	每人土工能力(公方)
○	三·五——四
五〇	五·五 六·〇
一〇〇	六·五 — 七·〇
一五〇	七·五——七·八
二〇〇	七·八 — 八·〇
二五〇	六·二 — 六·五
三〇〇	三·〇 —— 三·五

可見工作能力最大之月雨量，在二〇〇公厘左右，過此則驟低落。普通工人，每人工作能力，平均為四·五公方，挖土與填土之單價，約為二比一。

3. 運土 取運土料，近宜用籃，遠宜用手推小車，苟用敷軌之手推鐵斗更屬迅捷。

4 鐵斗經驗公式 導淮委員會據雷鴻基君研究淮陰船閘工程，得一輕便鐵道斗車運土之經驗公式，如下：

$$T_1 = 1.1 + L \dots\dots\dots(28)$$

$$T_2 = 1.1 + 0.8L \dots\dots\dots(29)$$

式中  $T_1$  為上行坡道運土每一公方（立方公尺）所需之工時（每一工人一小時之工作）； $T_2$  為下行坡道運土每一公方所需之工時。 $L$  為推運距離，以百公尺計，該公式測驗範圍，上行坡度最大為百分之三·五，下行車坡度，最大為百分之八。運土距離在一，〇〇〇公尺以內。

5. 矗立能力 黃土具有「真粘着力」，且能保持溼度，故其矗立能力，較任何土質為大。我國黃土壁立，有超過一〇〇公尺者，設乾燥黃土之重量以每一立方公尺一·三公噸計，則立壁之底面壓力，則立壁之底面壓力，可至每一方公尺一三〇公噸。按土壁矗立之能力，全視土質之「抗拉力」及「抗剪力」而定。苟黃土內石灰質之「真粘着力

」，一旦消失，而粘化作用逐漸增強，則立壁必將傾坍，蓋由黃土內之長石，粘化而成粘質土時，不特其體積驟形膨大，滑動性亦因之加重故也。

6. 垂直根管成因 黃土壁之崩塌常沿根管，而呈垂直之分裂，黃土層內垂直根管之成因，說者不一，今試以「宇冰學說」解之。蓋黃土自第三月球解體，裂為碎片，擊成微塵，徐徐降至地面，溼則膨脹，燥則龜裂。土中石灰質溶而後結，結而後溶，年復一年，土層愈積愈厚，垂直壓力與之俱增，而橫向壓力無有也。土層內之空氣及水分，均由抵抗力最小之上下方向進出，經長期冷熱乾溼之變遷而演成今日之垂直根管。此種現象不難在試驗室內重演證明之。

7. 土壁崩塌 黃土崩塌，概呈垂直裂面，是以黃土區域之天然地形，莫不呈階台狀態。苟台壁日久坍塌則堆成一比一之側坡，我國農夫，將此種坍塌之土，移至田間，以減地而坡度，兼作肥料，經數千年之經營，而演成今日黃土高原觸目皆是之梯田。

8. 土壁冲刷 黃土受雨水潤溼，矗立之能力大為減低，惟平常雨水以及冰凍，為害殊微，蓋黃土易吸雨水，繼則蒸發，碳酸鈣結於壁面成一硬皮，但遇過量之雨，則易刷成深溝，或沖為「陷穴」（第三圖），故在梯田內之排水系統，應十分講求。有時在急坡之黃土路面，或兩側水溝，雨後發生橫溝深穴，亦宜注意。

9. 土層滑動 黃土區域，土地崩坍現象，由於黃土本身者鮮，而由於下部之第三系粘土，或已壤化層之收縮滑動者多。黃土直壁因之向後倒仰。（第十五圖）

10 地震崩裂 我國西北甘寧等省受賀蘭山斷裂帶，涇源斷裂帶，武都折斷帶，武威折斷帶，之關係，地震時起，深厚之黃土山隨之崩裂釀成巨災者史不絕書。如民國九年十二月，隴西地震，死二十餘萬人，民國十六年五月，武威地震，死二百五十萬人，牛



羊二十二萬頭，倒坍村莊一萬九千餘座，房舍四十一萬八千餘間。

11側坡 黃土層內挖溝，作埋管排水等臨時用者，雖深至八公尺或十公尺時，兩壁仍可直立，無需側坡，至於建築灌溉渠道，或鐵道與路堤，常予以二比一（橫一豎二）之側坡，黃土坡面，或道路側溝易為雨水冲刷者，則應種植艸皮保護之。

涇惠渠引水渠之側坡規定，切土為一比十（橫一豎十），填土為一比一。

隴海路規定路堤兩旁坡度，概為三比二，路塹坡度，則視土質情形而定，斜者為一比一，陡者為一比十，凡高深路塹，大抵分作數台級。最下一層，多為一比十；最上一層，則為一比一或一比二，分級處另留一公尺之平台。

12側坡崩塌 黃土側坡之崩塌，常由於底層不固，而非由土之本身，已如前述。如坡脚土質鬆散不堅者，則應施防護工程。

### （二） 黃土隧洞

1. 涵洞挖工 黃土矗立能力強大，故在土內挖掘隧洞，毫無困難。如洛惠渠及隴海路之隧洞，除少數特殊情形外，均極順利。

2. 涵洞鋪工 黃土涵洞內，略加鋪面，即可保持永久，惟渠道之隧洞，遇有水分穿入洞基，則基土陷落，鋪工毀損就極為危險。

3. 挖洞程序 隴海路挖洞工程進行順序：先開導坑（1），次及兩旁（2），而後砌拱，每四公尺留一接縫。迨砌拱完畢，始挖下面（3）。砌側牆，最後砌底。（第十六圖）

### （三） 房屋建築

1. 屋基陷落 黃土層內常有「空穴」，故在黃土層上，建築房屋，輒易遭災害，例如昔日所建之房屋，近因交通工具震動加劇，而生陷落者，屢見不鮮。

2. 窯洞 我國西北晉甘陝諸省，人民窯居者甚多，擇壁立土崖，鑿成窯洞。每洞進深約八公尺至十公尺，洞頂高約四公尺至五

公尺，洞寬視黃土之強弱而定，含石灰質較高者，可至四·五公尺以上，石灰質少者，約三公尺。平均為三·五公尺至四公尺。洞之側牆直高二公尺，其上則為半圓或橢圓之拱。

掘洞時期，以適在雨後，土尚未乾亦不過溼之時為佳。挖掘既易，且可將挖出之土，堆築廣場或打圍牆，亦最堅固。有時將土崖削去一部，作門字形，則三面挖窯，可得窯洞七孔至九孔。前面築一圍牆及大門，即成一四合院，極形簡單，有時由全部挖下而成者。曰「地窯」（第十七圖）窯洞在雨少之區，保護得宜，可維持至百年以上。

### （三） 黃土路工

1. 土路現狀 築路工程向憑經驗，而由土工原理，加以處理者尚鮮；惟近代則漸用科學方法，研究此種重要問題。

我國黃土區域之道路，向無特設之路面，屢經馱獸殘踏，大車狹輪輾壓，路面無時不受破壞，風起塵揚，路基漸向下降，經長久之磨蝕，而成極深之溝，名曰「銜銜」。雨時路面，經車輛捏壓，變為壤性黃土，泥濘沒脛，馬蹄不前，或兩崖崩坍，車輛即無法通行。

2. 土路改良 舊有土路之缺點，概言之，一為排水不良，二為大車之輪太狹，改良之法，惟有另定路線，昇高路基，使排水通暢，基土堅實，雨後即行修理，乾時稍將路面鏟平，並加滾壓。至於路基本身，則可由車輛行駛，而自行壓實之。至於民間大車，除解裝膠輪者外，悉禁在公路上行駛，只准在路旁廣闊之排水溝內行駛。此種黃土路面，苟保養得宜，極有價值。

3. 車輛陷入路面 黃土層潛水面較高之區，如寧夏及河灘附近，道路每屆春令，車輛常有陷入之現象，交通困難，此種陷入之原因，由於入冬路面積雪，或潛水上昇，在路面逐漸凍結，至來年春暖，雪化冰融，路面漸溼，因蒸發極強，路面乾燥，但在凍冰



層上，常有積水。(第十八圖)此種狀態，最屬危險，普通載重車輛，極易陷入。我國夏寧大車，車輪特高，雖陷入路面，仍能在冰層上行駛也。

4.凍害防止 道路受凍害之防止，可將路面凍層(約深五〇公分)以上之壤質黃土，全部挖去，而填以沙礫，或碎石，並鋪適當之路面；或則在路面黃土之下，鋪沙礫一層，以阻滯上昇毛管水份，兼利排水。但黃土區域，砂礫缺乏，此種改良方法，欲普遍推行，殊為困難。

(四) 黃土層下礦工

我國西北各省，重要礦層，每為黃土所覆蓋。開採時對於上層黃土之下陷，應加注意。(第十九圖)例如洛惠渠第五號洞，因流沙過多，洞頂黃土層隨之下陷。普通黃土地面下陷後常形成窪坑，雨水匯集，沿垂直之裂隙下注，成帶有水壓之泥漿，甚屬危險。

第六章 黃土水工

(一) 黃土堤工

1.黃土密材 真黃土經充分滾壓碾打，即不易透水；壤質黃土，透水更難，故水工上常可用作隔水「密材」。但土面不可逕與流水接觸，(即用作「護材」)以免洗蝕。此種「密材」，應置於不受凍害之處，且前水位下降之時，不致乾燥，而生龜裂。黃土之毛管力較高，故用作「密材」，次於粘土，真黃土內，缺乏膠性粘質，故屬「不完全密材」，但壤質黃土，則屬「完全密材」。

2.運渠 運渠經過沙層滲漏鉅大者，可於渠床鋪厚約四〇公分之壤質黃土一層防止之，其上並覆沙礫一層，厚約六〇公分，藉資保護。

黃河下游，沙多淤少，沙土堤以膠泥包之，名曰「包淤」，以防漏水。

3.土壩 建築土壩可以壤質黃土作隔水壁，(第二十圖)或全用壤質黃土造成者。

在黃土區域，其他材料缺乏，故以人工夯實之壤質黃土造成者，較為得計。如我國洪澤湖之明堤，長五十公里，乃世界最著名之黃土堤工。

4.護堤 黃土固為堤土極好之材料，但易受雨淋冰澌、冲刷之害，保護之法，惟有種植草皮、堆砌河磚碎石、或其他薪木護岸工程。在黃土區域，石材缺乏，於堤坡內外兩脚，最宜多種柳樹防護之。

5.含水率 築堤所用黃土之含水率，以百分之二十為最佳。

6.水中取土 黃河下游，築堤無土，常用水中取土之法，先定堤基，隨用船載土，築成圍埂，出水二尺，用草料防護，俟淤土停積，隨將埂內水撒乾，然後起土。

7.五宜二忌 在河旁築堤，俗有五宜二忌。地勢宜審，取土宜遠，壤頭宜薄，磯工宜密，驗收宜嚴。一忌隆冬，恐土凍結難融，重夯亦難夯實。二忌盛夏，恐水漫灘，無土可取也。故興修大工，多在春秋二季。

(二) 黃土渠工

1.斷面形 黃土渠道之斷面，兩側垂直，漸向渠床平坦，常呈半橢圓形，水面印在橢圓形之長軸。設水面寬度為b，水深為d，斷面積為A，則斷面積與水面寬乘水深之比，曰「形率」F，如下式：

$$F = \frac{A}{B \cdot d} \dots\dots\dots(30)$$

黃土渠斷面之「形率」，約在〇・八五至〇・九八之間。「形率」愈大，則渠愈寬淺，愈近天然安定式河流，普通安定黃土灌溉渠，水深d與水寬B之關係，如下式：

$$B = 7.85d^{1.61} \dots\dots\dots(31)$$

2.側坡及頂寬 渠道側坡，施工時常用者，為一比一至一比一・五。放水以後，兩側冲刷而成垂直，或二比一之坡。堤根單薄每有滑坍之慮，故在填土部份，或堤頂兼作道路者，用較坦之坡度(一比一・五)為宜。(見第二十一圖)



堤頂出水高，幹渠爲一·〇至一·五公尺，支渠爲〇·五公尺，堤頂寬度，不得小於一·五公尺。

3. 流速 黃土渠之流速，最小須能保持在〇·七秒公尺，最大以不超過一·二秒公尺爲宜。

黃土渠「臨界流速」 $V_0$ ，視徑深及含泥量而定，著者規定公式如下：

$$V_0 = (0.45 - 0.34 \text{Log} P_s) \sqrt{R} \dots\dots (32)$$

式中 $V_0$ 爲臨界流速， $P_s$ 爲含泥量， $R$ 爲徑深。

4. 比降 黃土渠之比降，視流量與含泥量而定。通常以二·〇〇〇分之一至二，五〇〇分之一爲宜。概如下表：

第十八表 黃土渠之比降

渠類	流量 C.m.S.	含泥量	比	降
大渠	10-100	2-1	$\frac{1}{3,000}$	$\frac{1}{5,000}$
中渠	2-10	8-2	$\frac{1}{1,000}$	$\frac{1}{3,000}$
小渠	0.1-2	25-8	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{1,000}$

5. 含泥量 黃土渠道含泥之能力，視比降 $S$ ，徑深 $R$ ，及流速 $V$ 而定，已如前述，可由著者含泥量公式，（第24式）計算得之，茲不復贅。

6. 滲渠損失 渠道之滲漏損失，視渠水面與地下水位之距離而定。黃土高原之地下水位，常極深下，故對於滲漏損失，不可忽視。滲漏量大小與渠道斷面形，及渠床土質有密切關係，（如第二十二圖）圖中a，滲漏量值爲 $V$ ，與透水係數 $K$ 相等。圖中b渠道之滲漏量爲一·五至二 $K$ 。在較寬之渠道，通可自動變爲一·〇至一·四 $K$ （如圖中c）設地下水位降低，則滲漏量仍大於 $K$ 。至於地下水位較淺者，（如d）則 $V$ 值漸縮小於 $K$ ，例如 $V$ 僅爲〇·一 $K$ 。苟地下水位

高於渠水位，則潛水滲入渠內，故欲研究渠床之漏水量，應視其平衡狀態，以及渠床至潛水面間土質之滲水能力，潛水之傾度，潛水之流速而定。是以滲漏損失量，在水位較高之處如(d)，由渠道形式，及渠床 $K$ 值公式，推論計算者，常無價值，且易引入差誤，應深加注意。

7. 挖方與填方 黃土區域內，舉辦渠工，應就自然地形，極力避免填方，而以挖方爲主，蓋以挖方工易而費省，將來管理方面極易，人工挖土，可深至十公尺，過此則人力不逮，且出土亦艱。

（三）黃土河工

1. 黃土河流 地球上行經黃土區域之河流，以我國黃河爲最著。餘則流域內黃土之壤化程度已高，或黃土所蓋地面，僅屬支流之一部分，故黃土河流之特性，較不顯著。茲將各國黃土河流列舉如下。

- 中國：黃河，淮河，沽河等
- 北美 Mississippi, Missouri等。
- 南美 Parana, Pampas等。
- 德國 Rhein, Main, Neckar, Elbe, Glotzer, Gverlitzer, Neisse, 等。
- 奧國 Donau, Thaya, March, Theiss, Pruth等。
- 蘇聯 Djnestr, Bug, Dnjepr, Don, Oka等。
- 中央亞細亞 Syr-Darja, Amu-Darja 等。

2. 黃河問題 按著者含泥量公式（24式），黃水含泥之能力，與比降成正比例。河流上游比降較大，含泥量亦大，至下游比降漸緩，含泥能力減弱，故必有一部分之黃土淤積，於中下游河床內，如黃河，在陝州（比降爲〇·〇〇〇八一）每年輸泥量爲七八七，三六五，〇〇〇公噸，於灤口（比降爲〇·〇〇〇一一）則爲四九三，〇四五，〇〇〇公噸，故每年淤積於陝灤間河床內者爲



二九四，三二〇，〇〇〇公頃。

河床淤高，則河槽之斷面積縮小，遇異漲洪水，槽不能容，勢將漫決成災，此為黃河為患主因，故黃河問題應分為三：

- (1)如何防止地面黃土之冲刷。
- (2)如何減低上游之含泥能力。
- (3)如何促進下游之含泥能力。

3.防止地面冲刷 防止黃河上游地面冲刷，應平治階田，開挾溝洫，種植苜蓿。此種方策，固為治本清源之計，但需時極長，將來成效，亦難預測，故僅可視為長期治河之補助工程。

4.減低上游含泥能力 按著者公式，黃水之含泥能力，與比降成正比。故減低上游河道之比降，即可減低其含泥能力，減低比降之法，應擇適當地點，建設谷坊。此種谷坊，可兼作引水之攔河大壩，以灌溉兩岸農

田。黃河上游各支流，均可用此法整治之。

5.促進下游含泥能力 黃河下游之比降，受海面水位及地形之限制，最愈近河口愈弱，故欲增加比降以促進河水含泥能力，殆為不可能之事。故著者含泥量公式（第24式），假定黃水之比降不變，則其含泥能力，復與徑深「R」成反比例，與暢率「M」亦成反比例。故欲促進黃河下游含泥能力，惟有減小徑深「R」及減小暢率「M」二策，茲分述如下：

(1)減小徑深，即採用寬大堤距，使成淺廣之河槽。例如黃河下游，假定洪水量為八〇〇〇秒立方公尺，比降平均為〇・〇〇〇一一，（洪水峯前可增三倍約為〇・〇〇〇三三），水深，堤寬，流速，含泥量，四者之關係如下表。

第十九表 水深，流速，堤寬與含泥量之關係

水深 (m)	流速 (m/sec)	堤寬 (m)	含泥量 (%)
0.2	0.16	250.000	1.88
0.5	0.35	47.000	1.33
1.0	0.58	13.800	1.08
2.0	0.93	4.450	0.90
4.0	1.50	1.330	0.75
6.0	1.98	674	0.67
8.0	2.42	495	0.62

可見徑深愈小，水深愈淺，流速亦減，故寬堤內之流速，應以一・〇秒公尺為最小限制，蓋過此限度，含泥量雖仍可增大，但洪水峯過後，水位下落，灘上流速，驟降為零，所含泥沙，必將淤積而下矣。

明潘季馴鑒於黃河下游，堤渠太寬，流速過小，河床日仰，乃倡「以堤束水，以水攻沙」之說，惟此種理論，有一定限制，後世不察，以為隄愈束狹，則攻沙之力愈大，

上游泥沙，必可由下游築堤，輸之入海，終達水田地中之境地，但事實上適得其反，蓋隄愈狹，則河水愈深，水深則徑深增大，按著者公式，（第24式）徑深增大，則含泥能力反形減小。故黃河上游泥沙，大部淤積於河槽，由寬束狹之處，（即冀魯豫交界之區）溢決之災，遂亦集中於是。

(2)減小「暢率」。按黃河暢率，與流量成正比例，見第12式，故減小流量（即將



黃河分疏為若干支河入海。)即可減小「暢率」，而增黃水之含泥能力。

大禹治水，斷二渠，北播九河，同為逆河以入海。賈讓中策，主多開漕渠於冀州地，使民得以溉田，分殺水怒。王景修汴梁隄，自滎陽東至千乘海口千餘里，十里立一水門，令更相洞注，無復潰漏之患，均暗合此減小暢率；促進含泥能力之原理，而河得以大治者也。

關於黃河根本治導之方策，本文因篇幅所限，僅能提其大綱，至於詳細規劃，當另著專文討論之。〔見拙著大禹治水之科學精神（黃河治本探討）〕

#### （四）農田水利

1. 灌溉排水 黃土物性優良，且極肥沃，為最理想之土壤，已如前述。惟黃土區域雨澤缺乏，分佈不勻，故灌溉水利成為農業

之基礎。語云「國之本在農，農之本在水利。」故我國農業，為「灌溉農業」。

氣候潮溼之平原區域內，黃土經粘化而成壤質黃土，或在黃土沖積層內，排水漸見重要。惟黃土內含有細母（直徑等於 $0.05$ 至 $0.01$ 公厘）成份頗高，透水不易，故於排水實施，較為困難。

黃土層內，富石灰層，故黃土區域內之水性，常屬「硬性」，水份蒸發而城質集積地面。如寧夏黃河兩岸，遍地白色，號稱「銀川」。

2. 土壤水份 每次灌溉水份之多寡，視該田土能保留之水量而定，所謂田間毛管水量，即灌溉一日後，（重力水已盡滲入下部）保留在土粒之毛管水量。黃土之田間毛管水量平均如下表：

第二十表 黃土之田間平均毛管水量表

土 類	萎凋水量 mm/m.	急需灌溉水量 mm/m.	田間毛管水量 mm/m.	作物可利用之水量 mm/m.
真黃土	170	230	320	90
壤質黃土	100	180	280	100

可見黃土之田間毛管水量，平均在 300 mm/m. 左右，苟農作物之根深為一公尺（棉花），則每次灌水以不超過 $100 \times 1.0 = 100$  mm. 為原則。否則過多之水份，不能保留在土粒之間，而成重力水滲入地下，作物不能利用。

溼惠渠棉田灌溉後，每次規定澆水 76 mm. 頗為合理。

黃土經灌溉後，水份之運動。見第二十三圖

3. 黃水肥力 黃水含有細泥，能增厚田土，改良沙碱，且具有肥田作用，漢人之歌曰：「涇水一石，其泥數斗，且溉且糞，長我禾黍」，可見黃水灌田之肥力，久為農民所認識。

黃水灌田，其含泥顆粒，應以小於 $0.05$

一公厘者為限，較粗部份，須設法攔阻或排除之。

黃水內除所含之泥質固體成份外，尚有化學成分，其平均值如下表）

第二十一表 黃土之化學成分

成 分	含量 P.P.m. (百萬分之一)
硫酸基 ( $SO_4$ )	60
氯 ( $Cl$ )	35
碱質 ( $Na_2CO_3$ )	80

可見黃水灌田，其化學成分，雖無害作物，但水分蒸失後，碱質集積地面，肥田變瘠，故黃土區域沖積平原，以及河灘附近，潛水位，離地而僅在二·五公尺以內者，對



於灌溉系統之排水問題，應深加注意。

4. 蓄水 黃土區域，屬「半乾燥帶」，雨量缺乏，（約六〇〇公厘）且分配不勻（百分之八十於夏季），故蓄水工作，極為重要，但黃水含泥，建築水庫堰塘，輒易淤塞，成效難期，惟有廣開溝洫，使雨水滲入黃土層內，蓄於地下，供作物吸收，或鑿井汲出，或泌泉流出，以資農用。

5. 溝洫制度 溝洫為黃土區域農業之特有制度，我國古代「井田制」之遺意也。其制在田面沿等高線方向開溝，使夏季雨水，匯集於溝，而滲入地下，供明春棉麥發育生長之用；倘遇澇年雨水過多，或潛水位過高之處，則由溝洫排洩之。皖北阜陽蒙城一帶，地極低窪，號稱「湖地」，農民於田之四周開溝，深一·二公尺，寬三至六公尺，以挖出之土，均置田上，增其高度。溝之面積，平均佔地面十分之三。計其收穫，無溝者，每畝收麥五十斤，有溝者百五十斤，耕作良好者，可達三百斤。且溝之岸坡，可植箕柳茅草之屬，溝底可種水稻荸薺等，實際上地面并無廢棄也。

6. 放淤 黃河下游，屢經改道，黃水落淤，粗者為佳壤，細者則為沙田。且因黃河水而，常高出隄外田地，河水外滲，潛水上昇，土變鹼性，是以沿黃河一帶，沙鹼之田，所佔面積極大。即以山東而論，已有近十萬頃之數，其他若河南河北兩省亦甚夥。

改良沙鹼地之法，惟有引用黃水放淤，既可肥田，且可冲鹼。著者主張，黃河自孟津以下，即應擇適當地點，分疏為若干支河，由支河分為幹渠，更分為無數支渠農渠，如人體血絡，黃河其大動脈也。使上游每年流出黃水黃土，平均分佈於魯豫冀廣大之三角洲上，宜灌宜溉，田園錦綉，不讓江南專美矣。（詳細規劃，見拙著黃河治本探討）

#### （五）黃土層潛水之利用

1. 潛水量 真黃土之孔隙率，約為土總容積百分之四十五，故全溼之飽和黃土，其

含水率亦如上數，壤質黃土之孔隙較小，其飽和含水率約為百分之四十二，凡受壓力之飽和黃土，或壤質黃土層，其含水率常較未經受壓者為大，黃土層內潛水面，與地面間之含水率，各處變化甚大，有時且雜有厚約一至二公尺極溼之土層，例如張家崗之黃土層內，在土深二十二公尺處，含水率幾達飽和，其下漸復形減少（第二十四圖）。

2. 潛水運動 真黃土較壤質黃土，易於透水，二者透水比率約為一比四。黃土內潛水之運動，視潛水面坡度，及土質之透水率而定。普通潛水面坡度為百分之七時，潛水流速，約為〇·〇〇九秒公厘。坡度為百分之六十時，流速增至〇·五六秒公厘。可見黃土內潛水之行動，極為蠕緩。潛水面坡度，達百分之五十以上，始能發現較顯明之潛流。

3. 丘形潛水面 降雨之時，潛水上游水量增大，潛水坡度亦即隨之加急。蓋需較大之流速，以增加流量也。此種潛水面坡度，在黃土層內，常成「丘」形。潛水向丘之四周流散，其坡度有時可達百分之十。例如洛惠渠第五號洞，鉄鑛山之丘形潛水面坡度約為百分之三，（第二十五圖）在透水較易之土壤，則無此種丘形潛水面。

4. 鑿井 黃土層內鑿井，其作用僅為一蓄水窖，且其集水區域微小有限，大旱之年，輒易乾涸。倘欲吸取大量潛水，則非開鑿數個深井，互相設管聯絡而汲取之。

黃土層久經乾燥，暴雨驟降，僅能潤溼土面一至二公尺，大部雨水，流入溝谷，影響井泉之水量殊微。

5. 涵洞 乾燥黃土層內，邱陵起伏，建築隧洞，對於丘形潛水面，最應注意，須沿洞線，作有系統之鑽探，詳測其潛水位而定之。

在飽和之黃土內（即在潛水面下）穿鑿隧洞，因黃土透水不易，排除尚無甚困難，惟黃土層上常雜有沙層，該沙層或逕由土層



裂隙，與地面相通，雨時水灌沙層，遇之即為帶有水壓之「流沙」「淤泥」，於洞工進行，至為不利。洛惠渠第五洞，即為此種流沙所阻。

6. 坎穿 「坎穿」傳為道光年間，林則徐所創制，而傳至中央亞細亞，波斯，土耳其斯坦，阿富汗，西印度俾路芝一帶之黃土高原內，為用至廣。德名Karis, 英名Karee, 均為「坎」字之譯音。

坎穿之制，自黃土原脚，穿一隧洞，或分為數枝，深入黃土層原內，遠及十數里，達透水層，集其滲透之水，導出洞外，引入渠道，灌溉田疇。(第二十六圖)「坎穿」無蒸發損失，是其最大利點，即在大旱之年，亦無慮枯澀，且流量恆一，四季不變，我國西北各省黃土高原內，宜擇地大量推行，以拯荒旱。

7. 潤澤排水 黃土區域內，施行墾澤，因黃水富於浮質，且難透水，故欲使潛水面下降，或令沼澤乾涸，極為不易。

黃土層下有透水沙礫者，則在黃土層內，常無潛水。土層內僅含有少量之重力水與毛管水。此種水份，排除甚易，對於涵洞工事，毫無困難。例如武功張家崗黃土層下，昔為黃河沖積沙礫，潛水面與渭河水面相平，終年鮮有變更。(第二十七圖)

## 第七章 黃土之利用

### (一) 土牆及土坯

1. 土牆 真黃土為築牆最佳之材料，將半乾半溼之土，堆於夾板內，用木(石鐵等)砧夯實之，可成極堅固之牆，如黃河流域重要都市之城牆兩側加磚鑲面，更為堅固，至於鄉村各寨子之圍牆，聞常有建於二百年以前者，牆基因近地面，雨時潮溼，剝蝕較易，牆根兩側，雖剝蝕極深，上部仍屹立不倒。凡建築住宅之圍牆，牆面苟塗麥草黃泥一層，則風雨淋蝕，大可防止。

2. 土坯 土坯視製坯時土內水分，分乾

坯溼坯二種，乾坯之含水率，均在塑性限度左右，即以半乾半溼之真黃土，夯實而成。製坯夯錘，常為石製，重約十公斤，每夯二十四次，則成一坯。溼坯，含水率常在塑性限度以上，常加水製坯，陰乾而成者，甘肅多用之。寧夏製坯，常引黃河泥水，灌於地面，候淤稍乾，則以鏟劃分成坯塊，名曰「堡壘」

土坯乾三星期後，抗壓力可至每平方公分五公斤。抗拉力可至每平方公分一至二公斤，視製坯時之含水率及夯實之程度而異。普通製坯時之含水率，以百分之二十為最適宜。

土坯之尺度，各地不同，河南河北為 $6 \times 2 \times 12$ 寸，陝西為 $8 \times 2 \times 12$ 寸甘肅為 $5 \times 15 \times 30$ 公分。

土坯牆最忌潮溼，牆脚應砌磚牆保護，常以麥草黃泥，及麥穀黃泥，磨平壓平之，或用石灰泥更好，而上再以灰漿粉刷一薄層。(在黃土上粉刷灰漿，漿內應加牛皮膠，否則易於剝脫。)倘坯內攪和多莖物質，如草莖棉花，則更固實，即在半乾時運送鋪砌，亦不致破碎。

鋪砌坯牆，常分露側式露頭式兩種，前者砌坯易於平整，且較結實，後者則工作較速，坯數減少。

麥草黃泥粉刷房屋，常用於石灰缺乏之地，黃泥粉刷之房屋，乾燥較石灰膠泥為速，利於提早居住。有時在木材上塗泥一層，即可防火災。

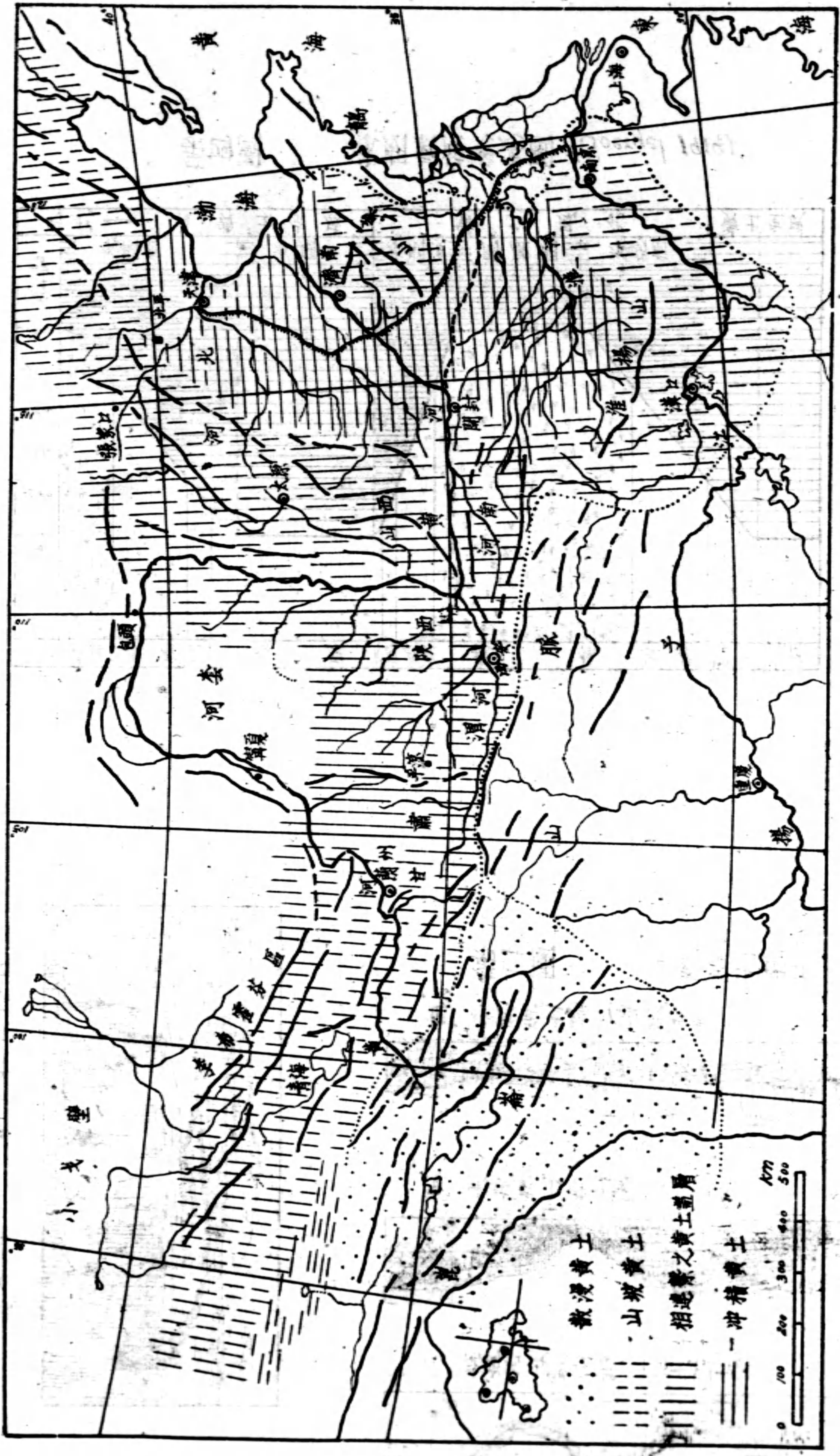
### (二) 窯業

真黃土及壤質黃土，均為燒磚瓦之原料，如我國黃土區域之城牆及住宅，內係坯砌，外則鑲磚一層，成極堅固耐久之牆，此外各種陶器如水缸排水管，均可由黃土燒製成之。

### (三) 洋灰業

黃土可作洋灰之原料，如土耳其斯坦，烏羅加(Urugays)等地洋灰廠，均以黃土





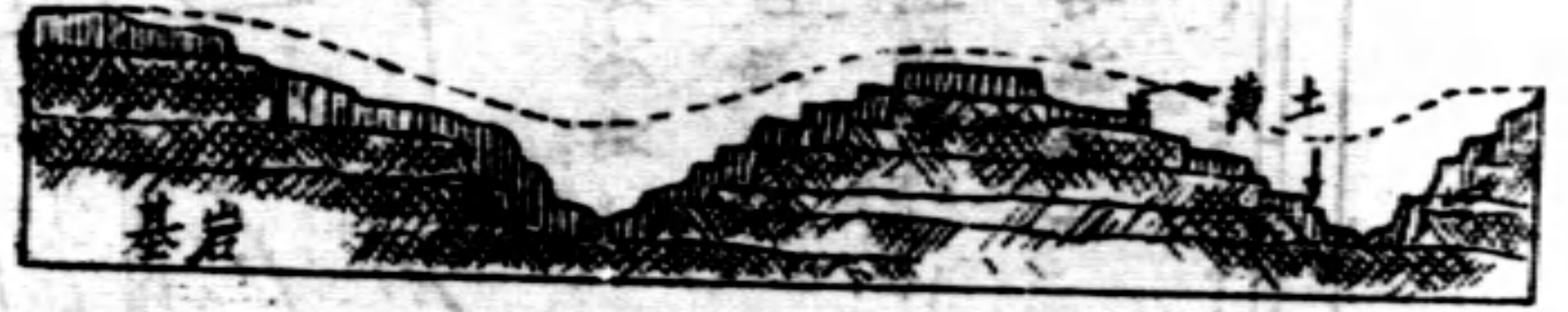
第一圖 中國黃土之分佈



第三圖 黃土特殊地形



I. 花崗石山黃土層 (河北山西)

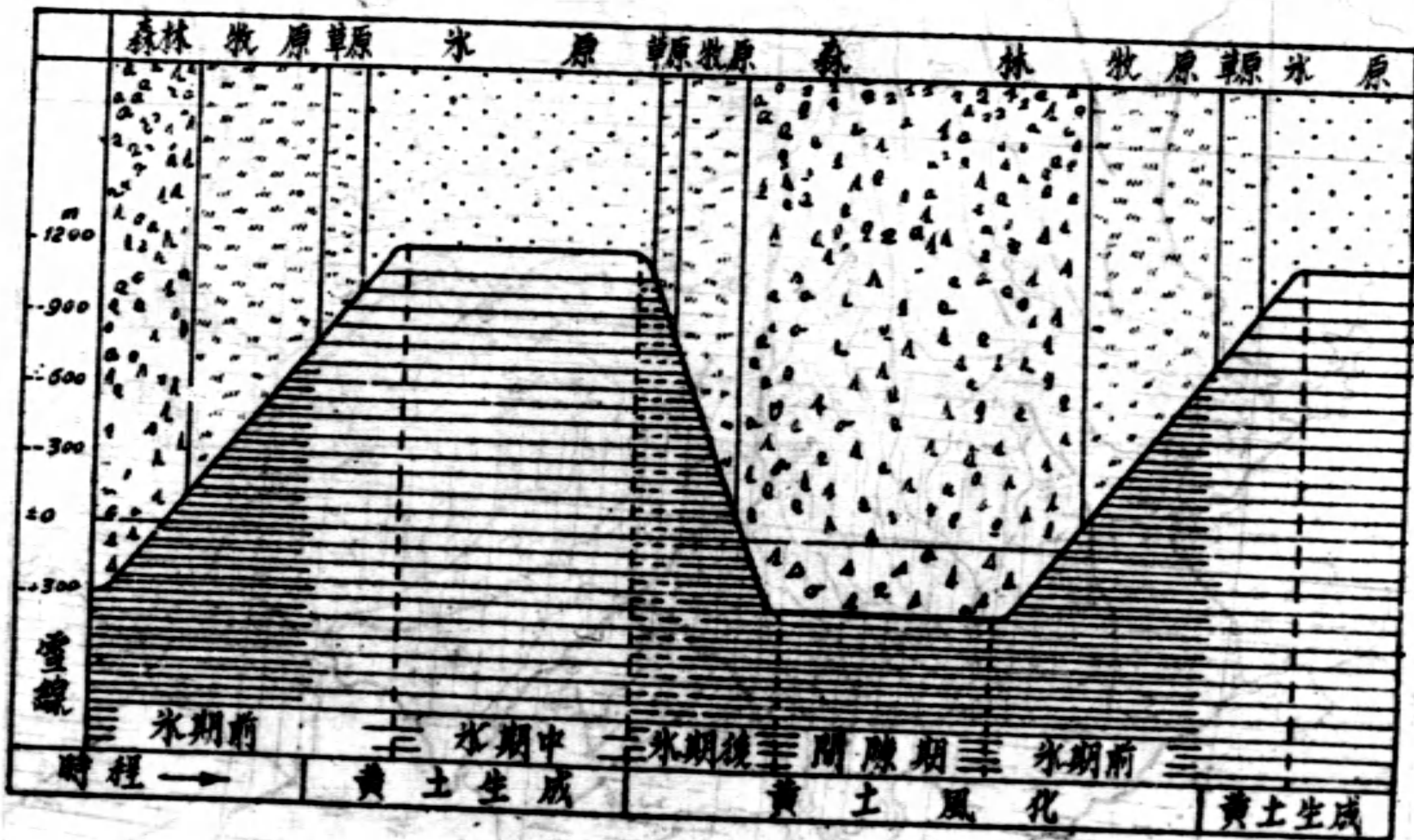


II. 水成岩山黃土層 (山西等)



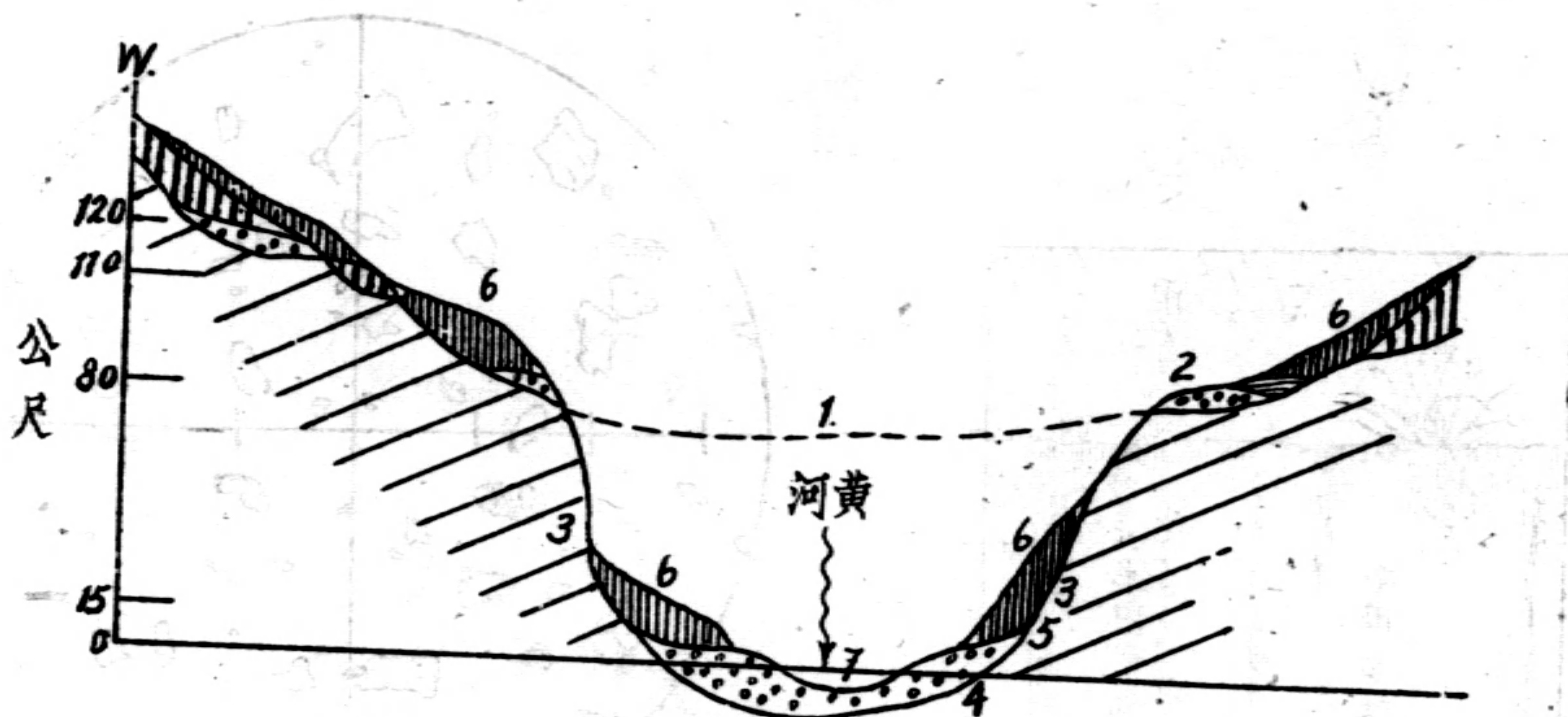
III. 平原黃土層 (山西甘肅)

第二圖 中國黃土地形



第四圖 冰期氣候變遷圖 (Soergel 1919)

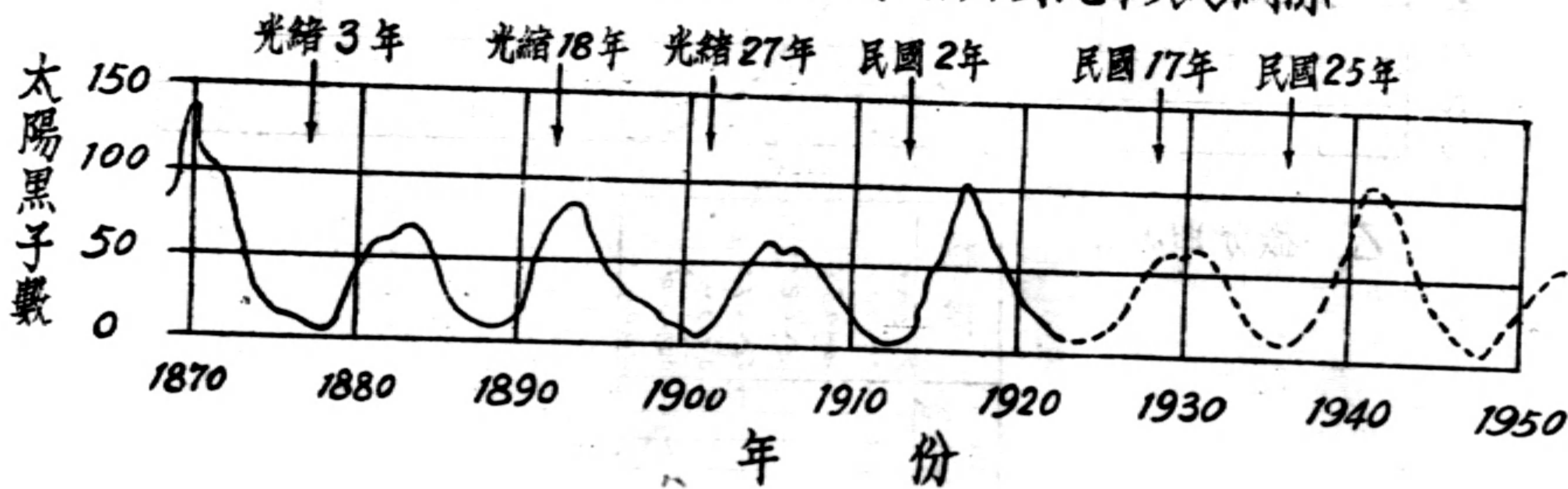




第五圖 吳堡附近黃河之剖面

- |    |     |        |
|----|-----|--------|
| 1. | 唐縣期 | (剝蝕面)  |
| 2. | 保德期 | (礫石沉積) |
| 3. | 汾河期 | (剝蝕面)  |
| 4. | 三門期 | (礫石沉積) |
| 5. | 清水期 | (剝蝕面)  |
| 6. | 馬蘭期 | (黃土沉積) |
| 7. | 板橋期 | (剝蝕面)  |

第六圖 太陽黑子週期與西北旱災之關係





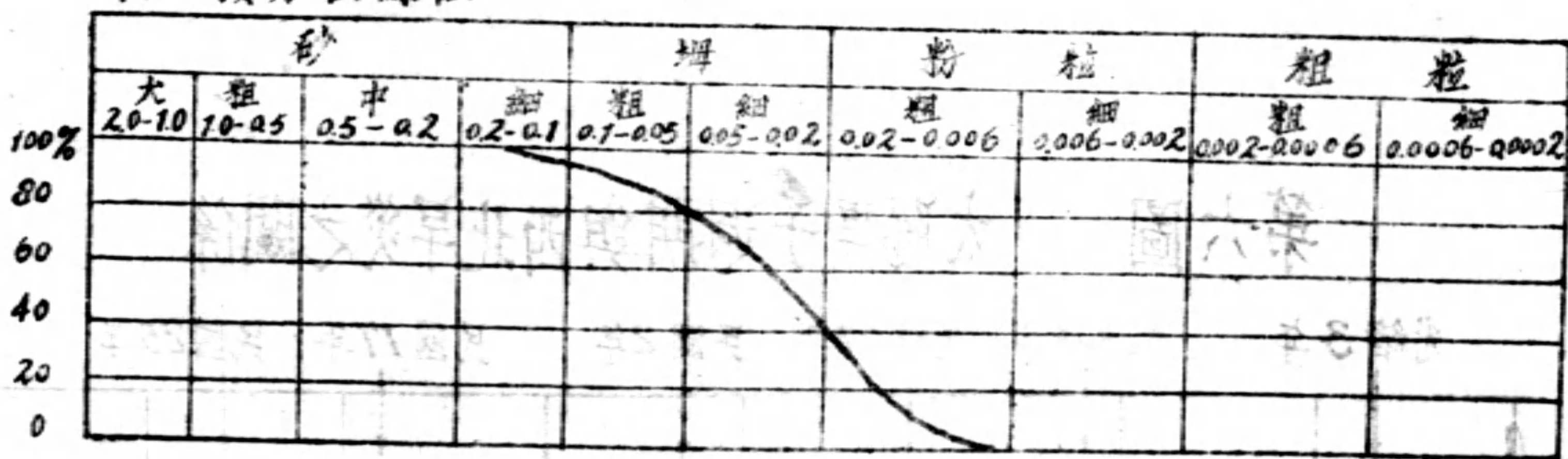


第九圖 黄土層內水分循環

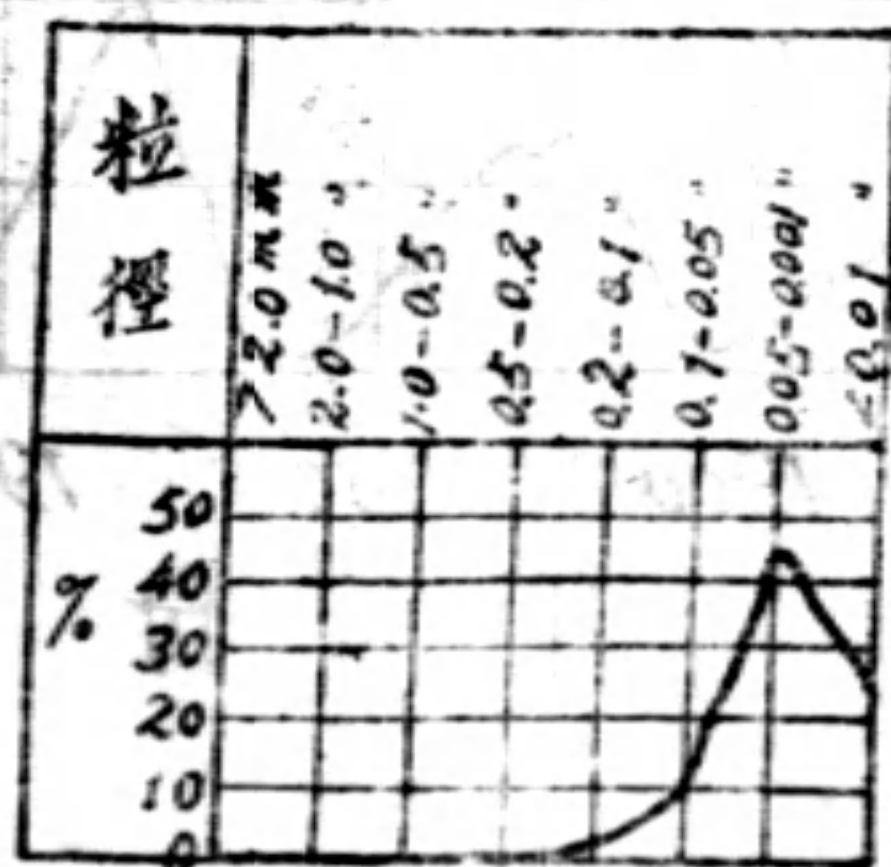


第七圖 中國黃土顆粒放大圖  
(每格等於0.1mm.)

甲. 積分曲線法

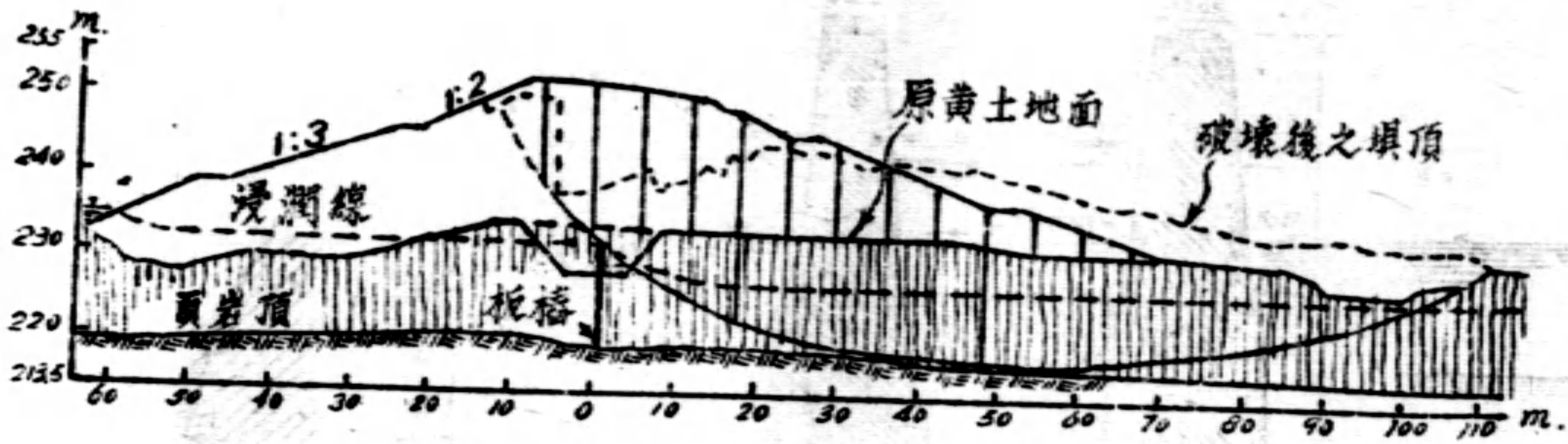


乙. 微分曲線法

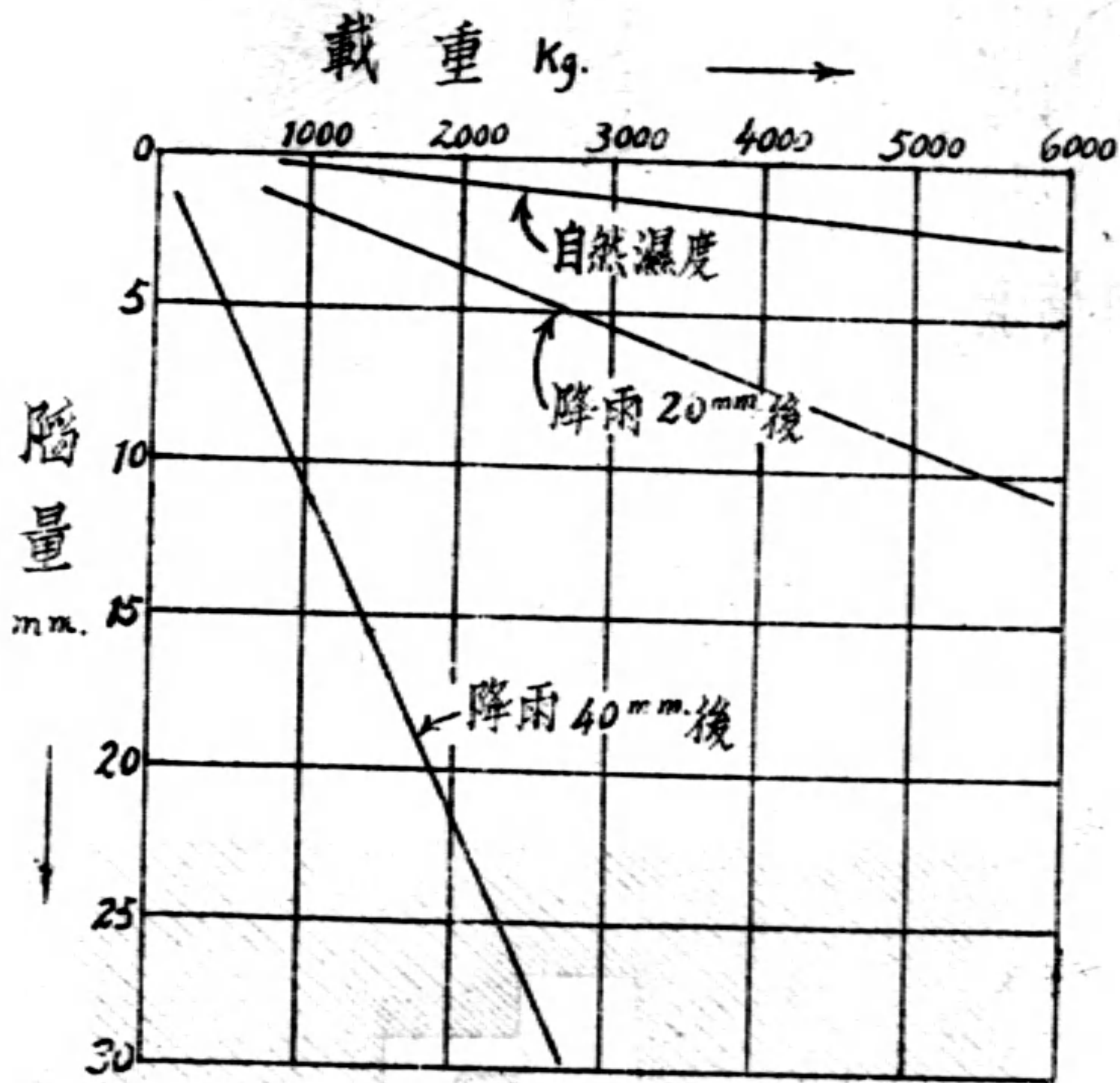


第八圖 黃土粒配度表示法

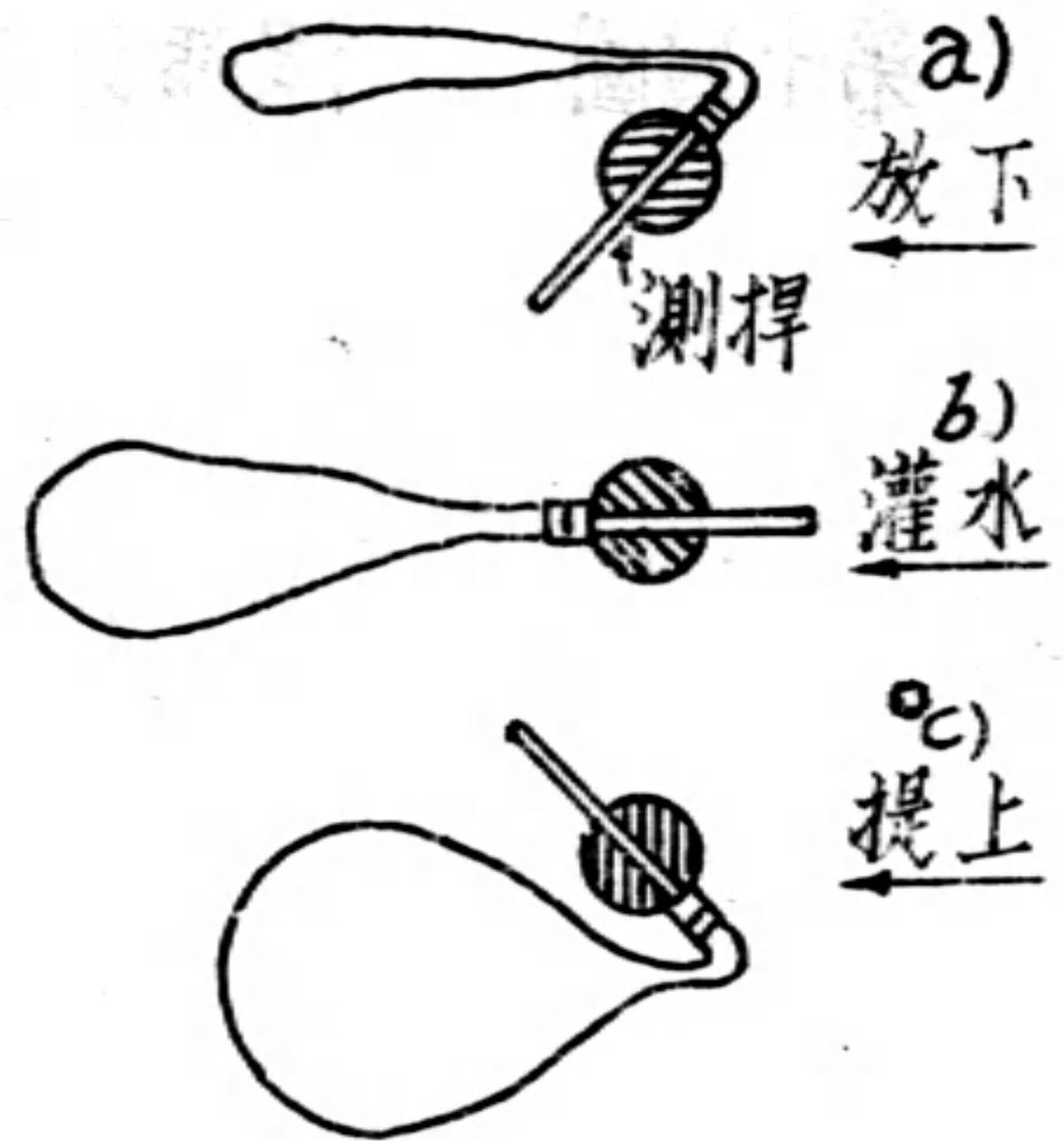




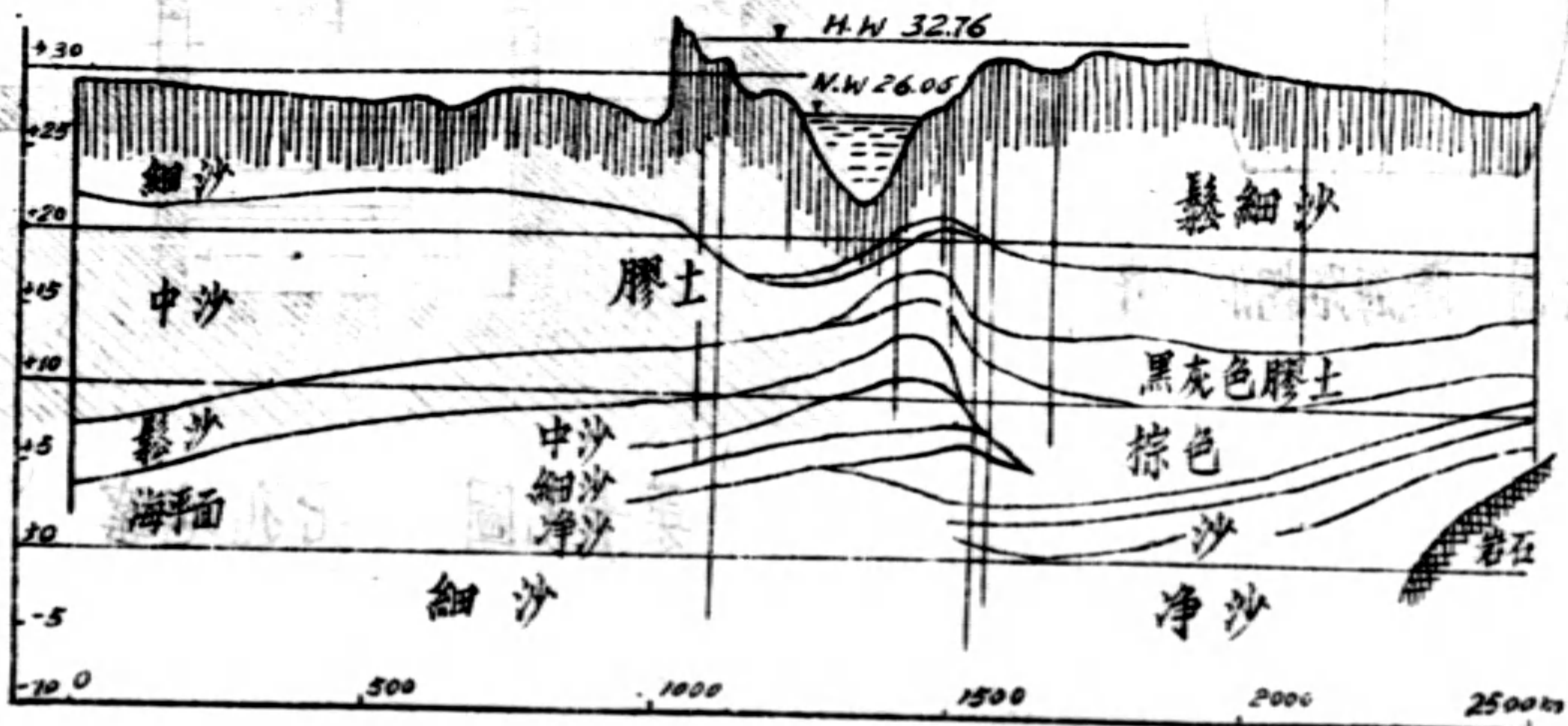
第十圖 Marshall 填破壞圖



第十一圖 地基載重與濕度之關係

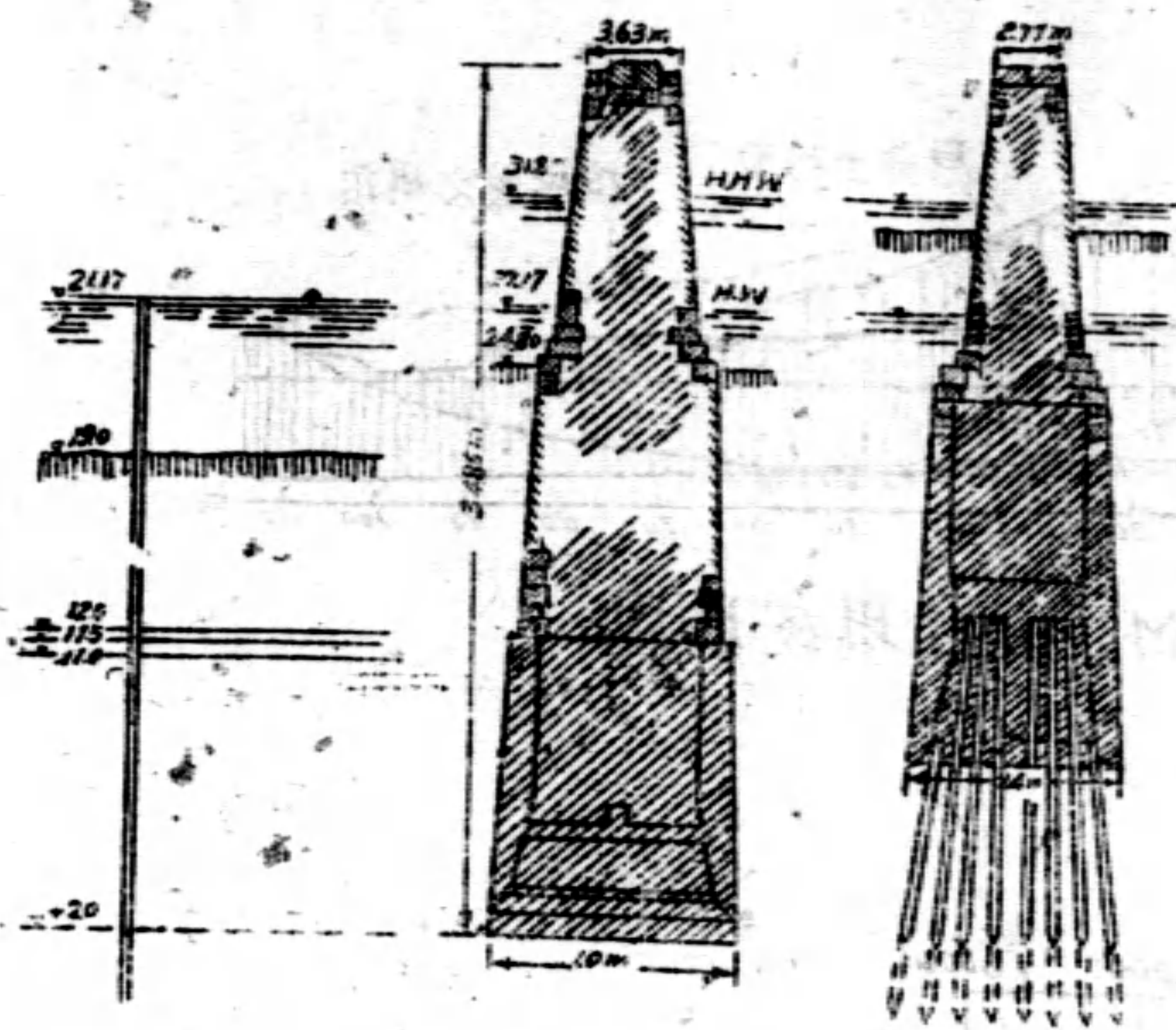


第十二圖 球胆採泥袋



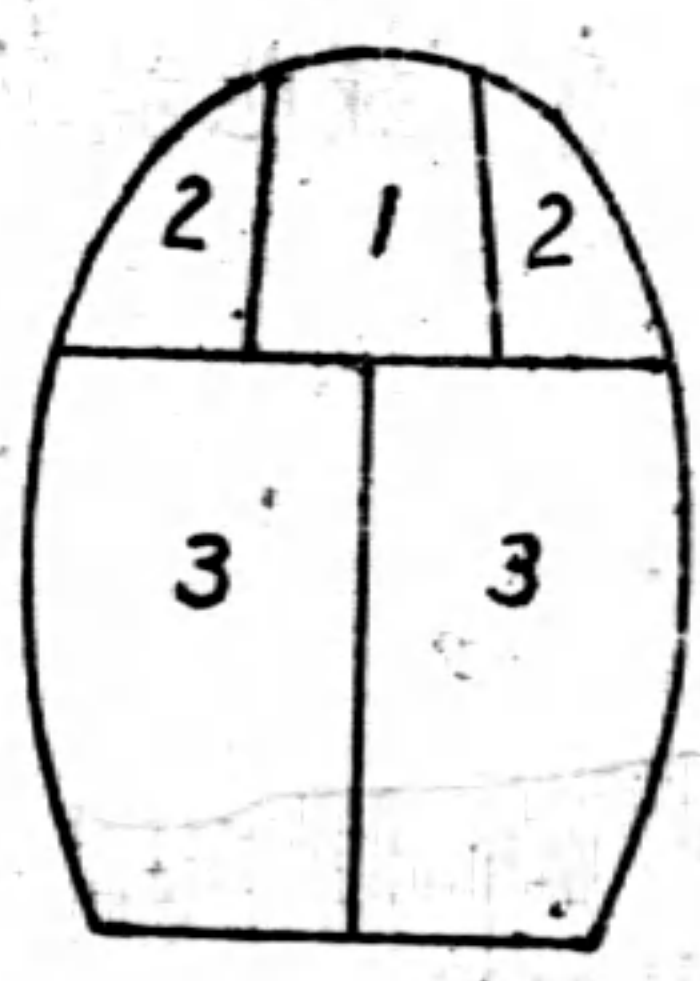
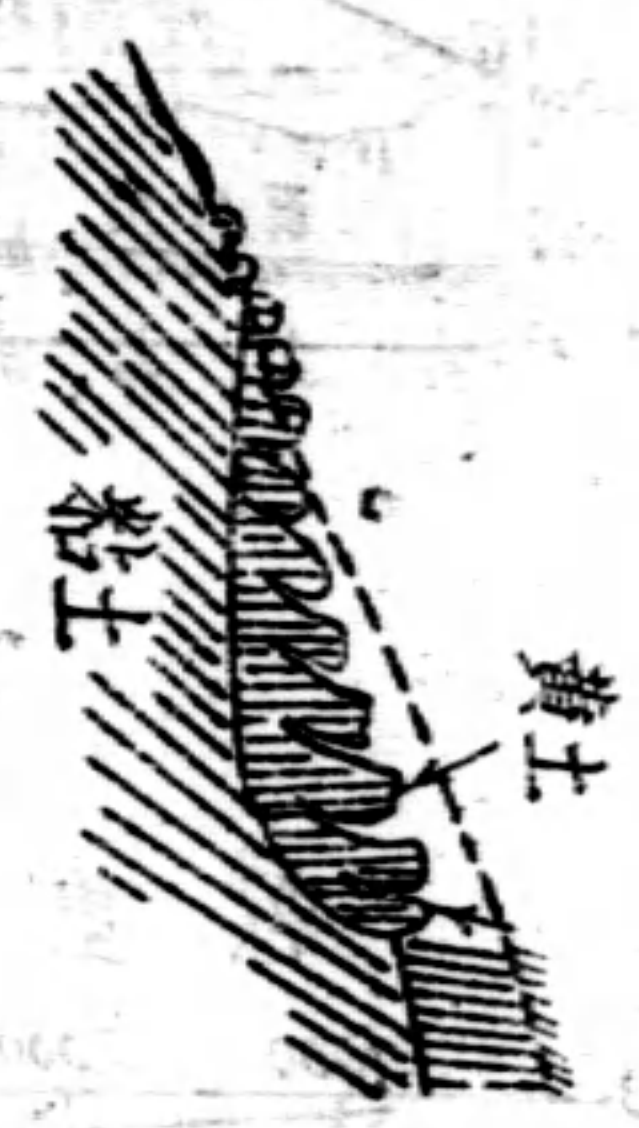
第十三圖 津浦路黃河鐵橋地基圖



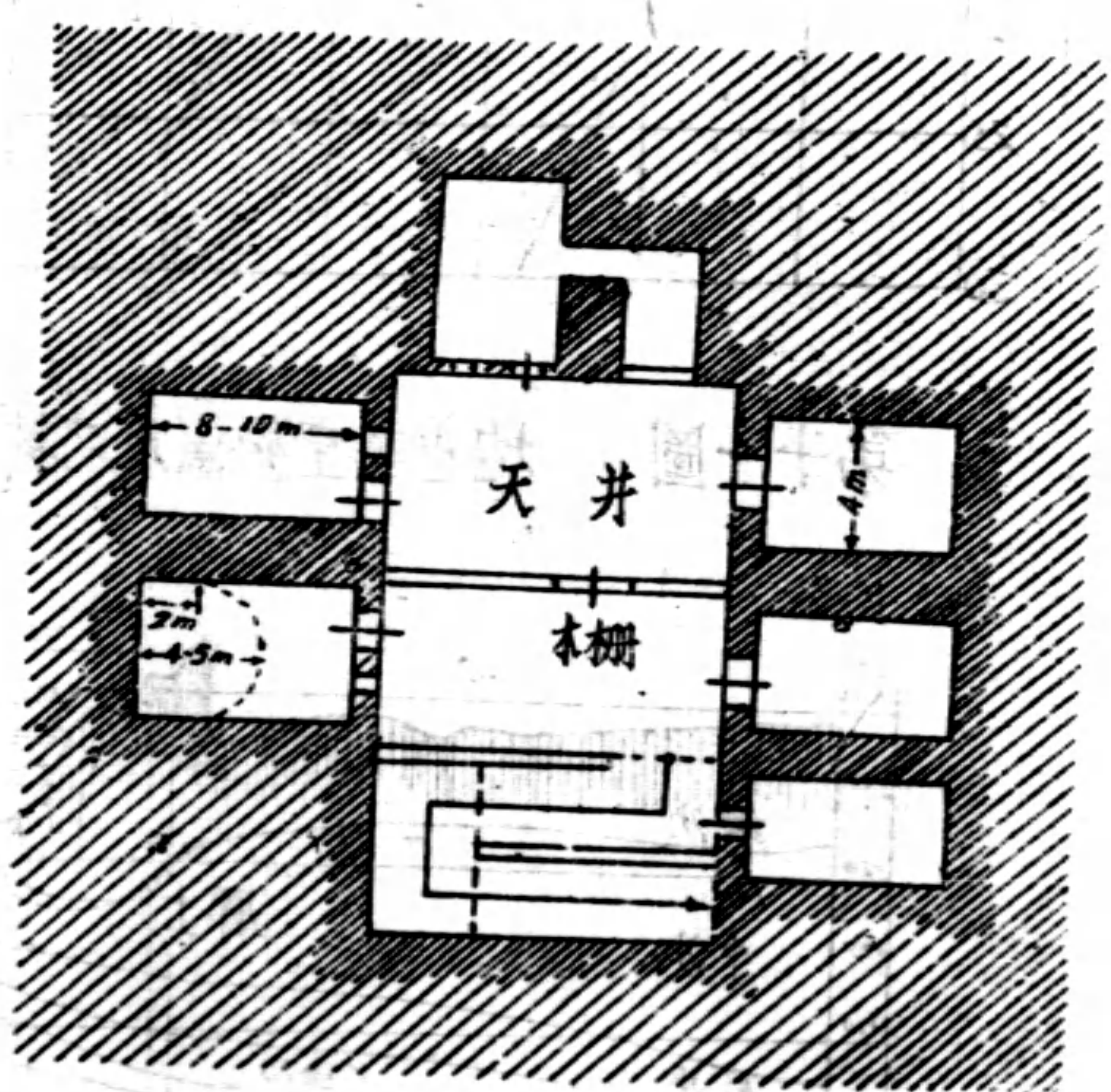


第十四圖 津浦路黄河桥墩

第十五圖 土層滑動

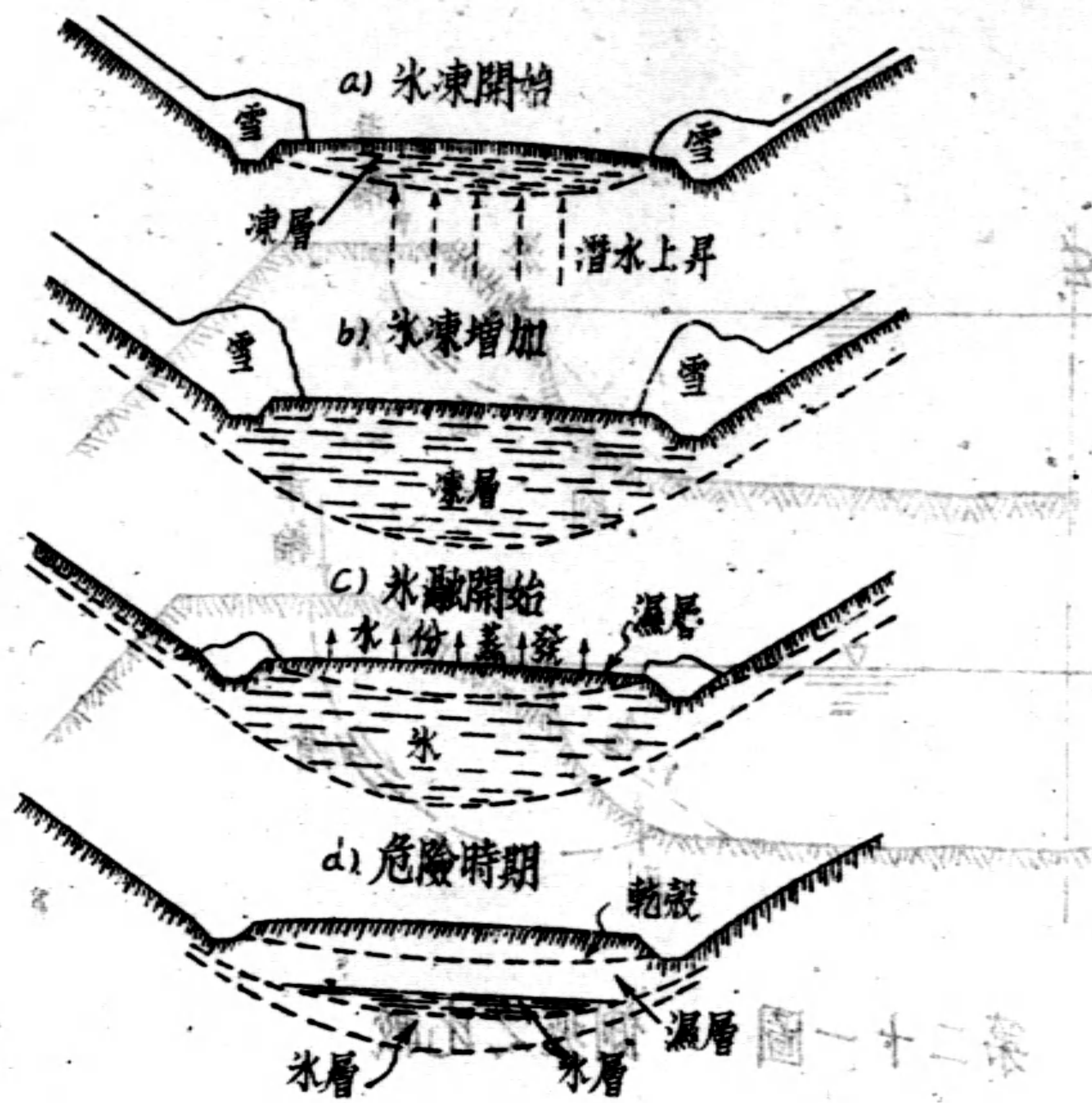


第十六圖 隴海路挖洞順序

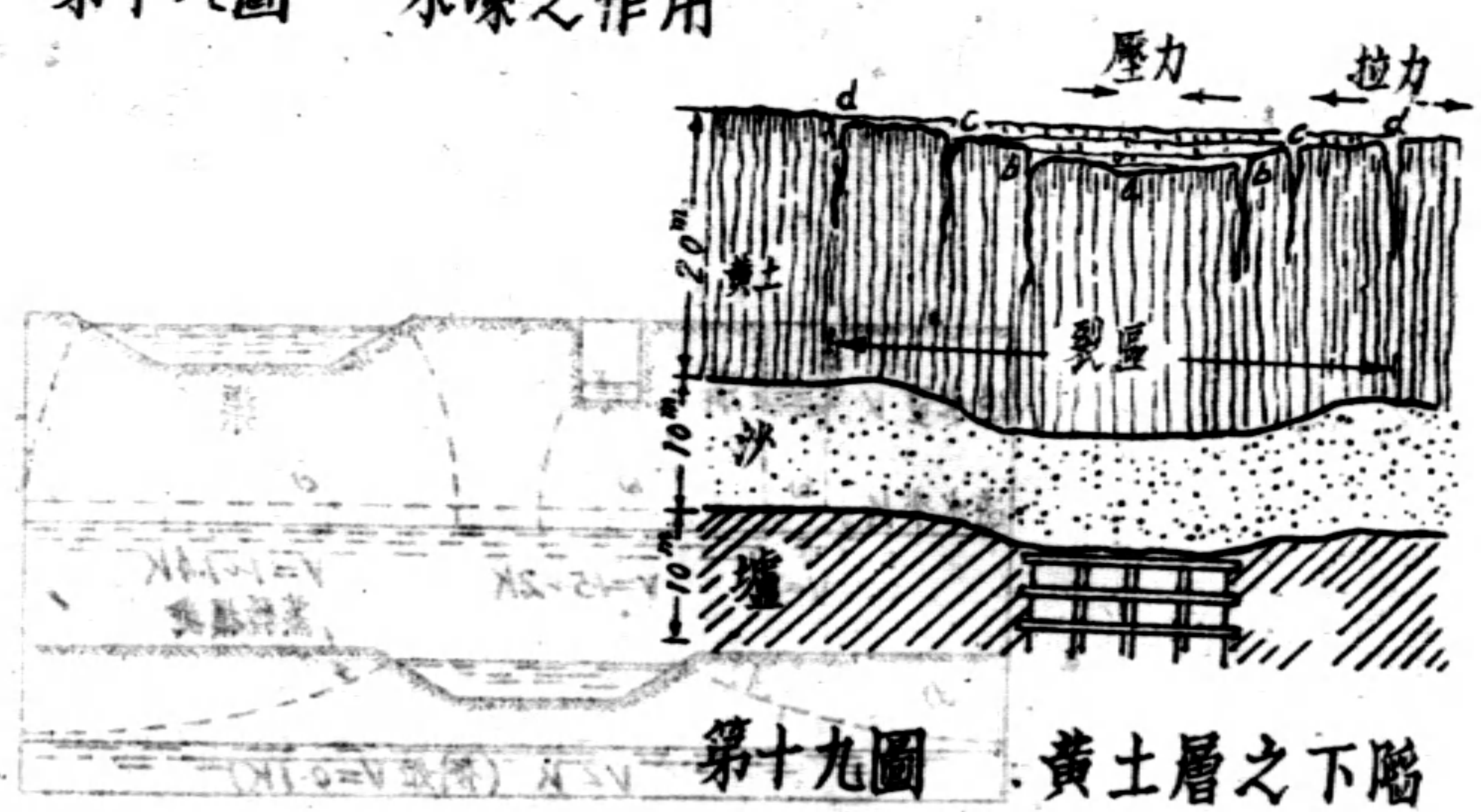


第十七圖 七孔地窰

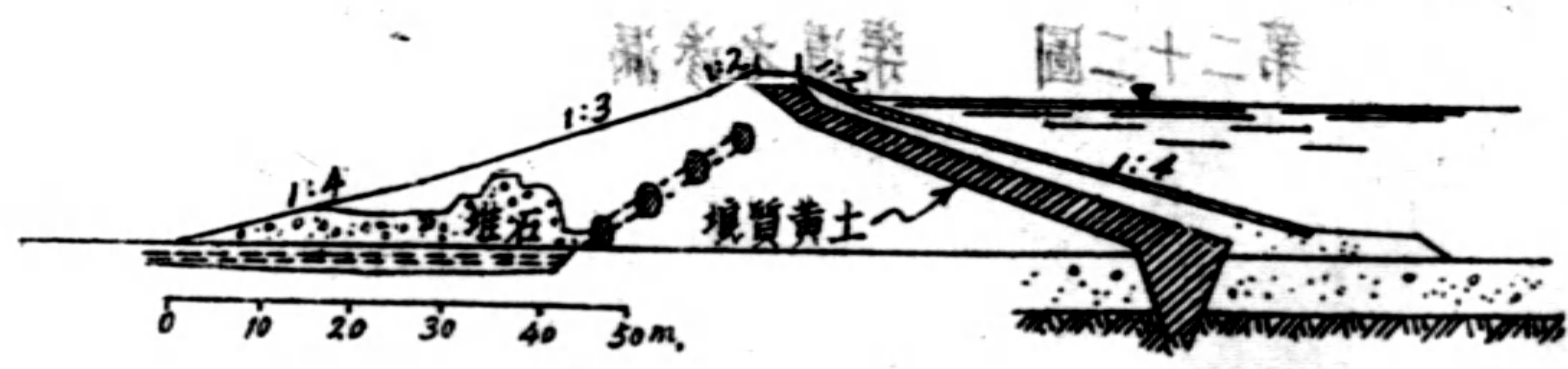




第十八圖 冰凍之作用

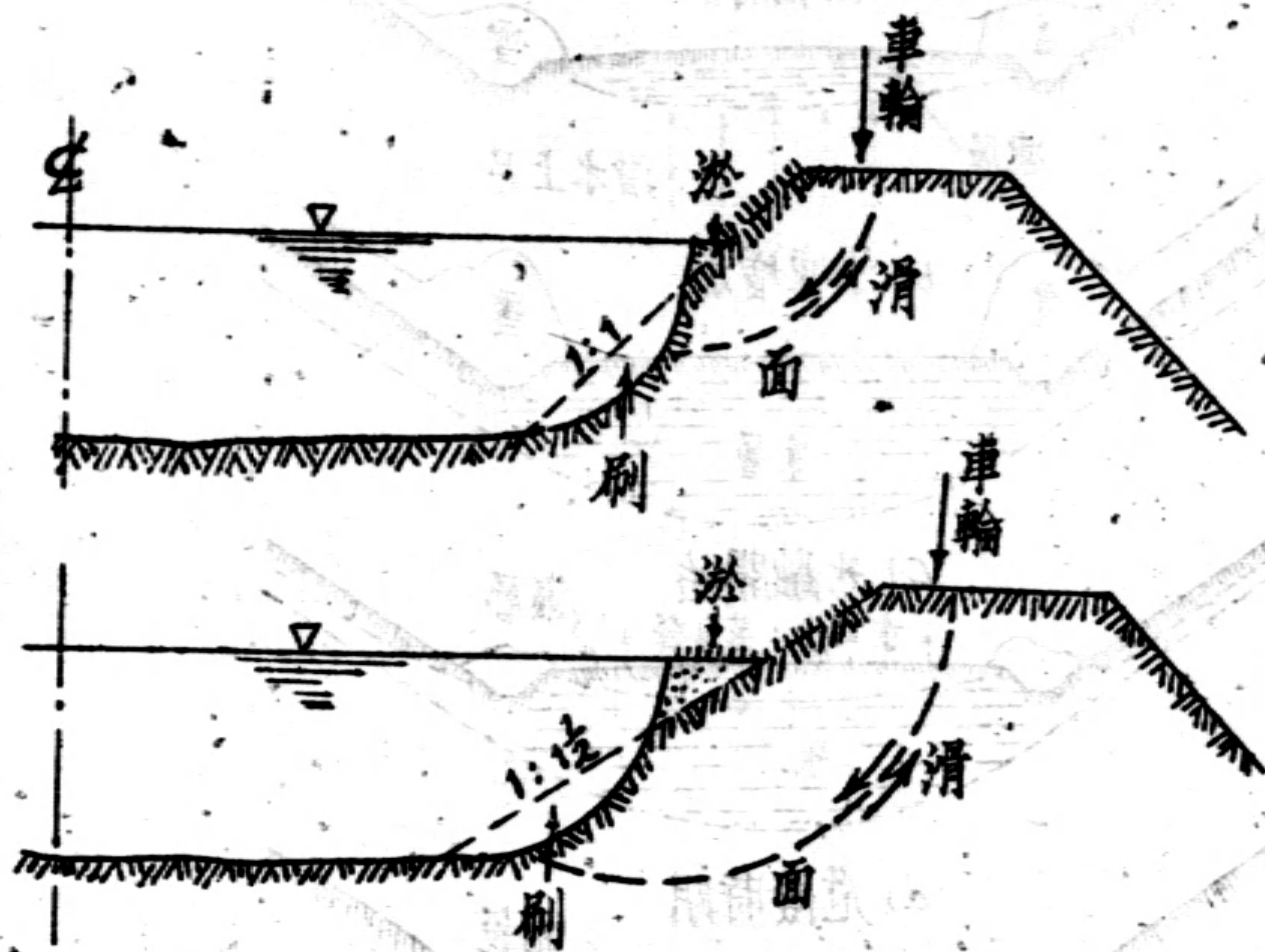


第十九圖 黃土層之下陷

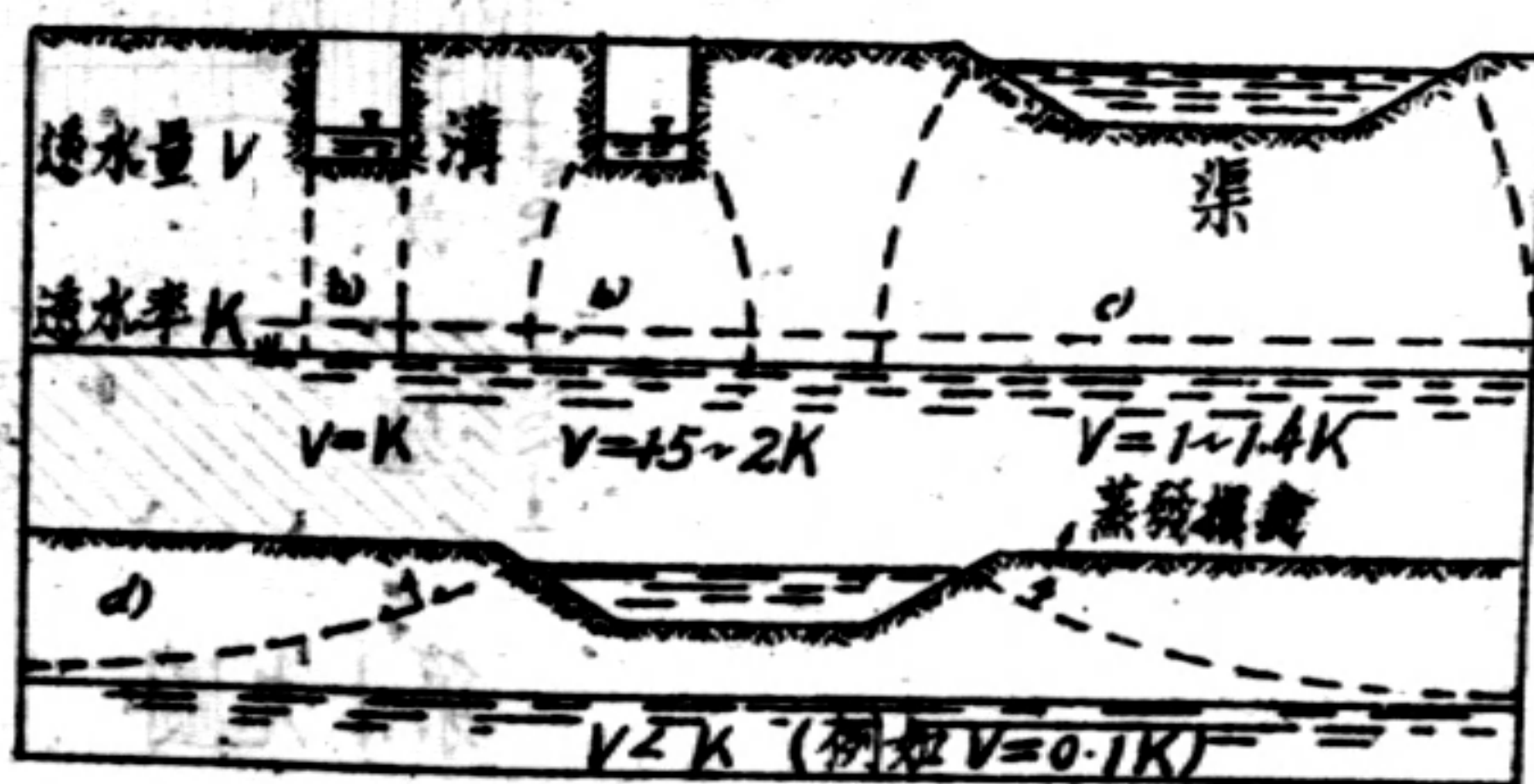


第二十圖 德國 Koberbach 堤



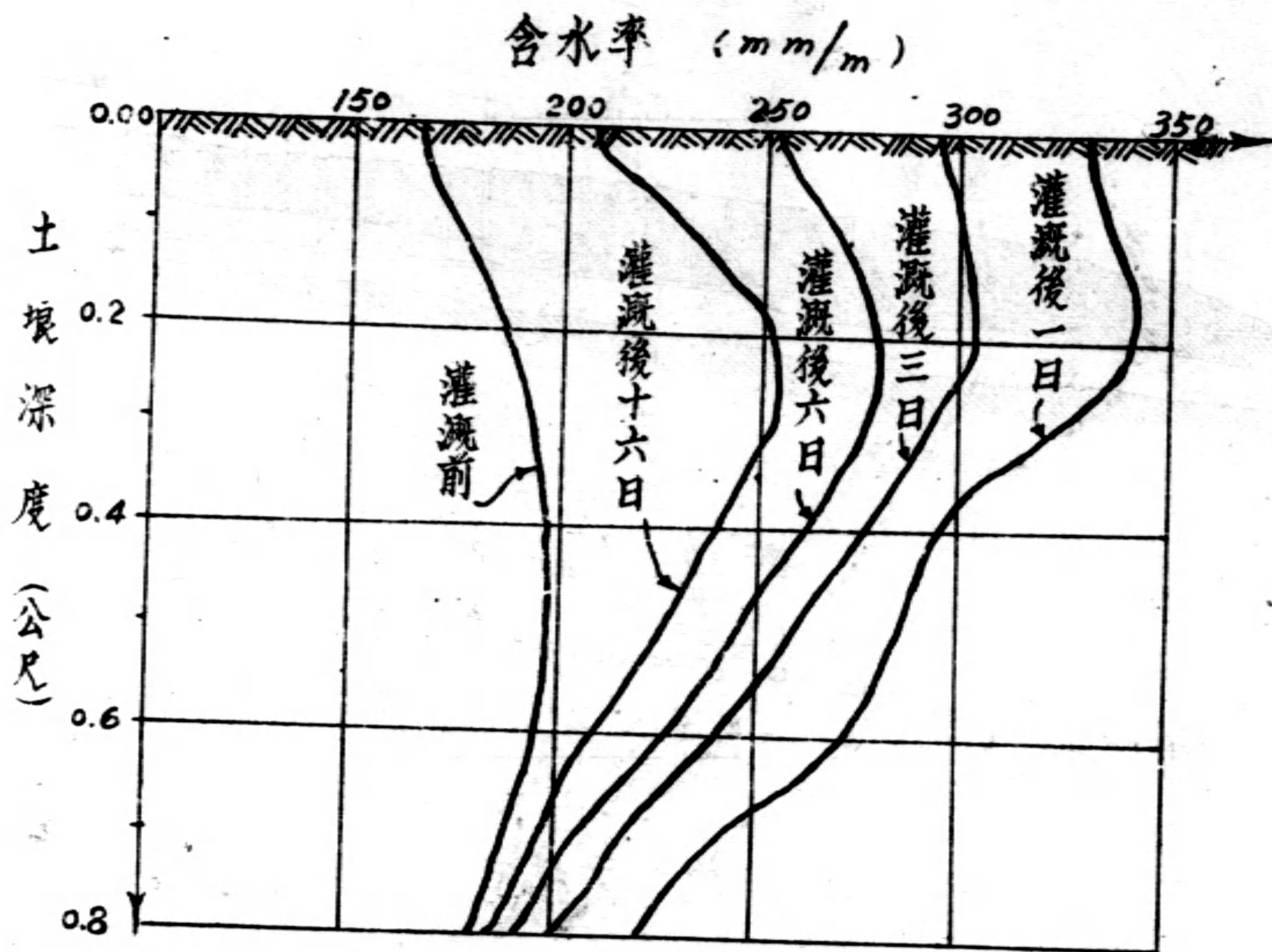


第二十一圖 側坡之比較

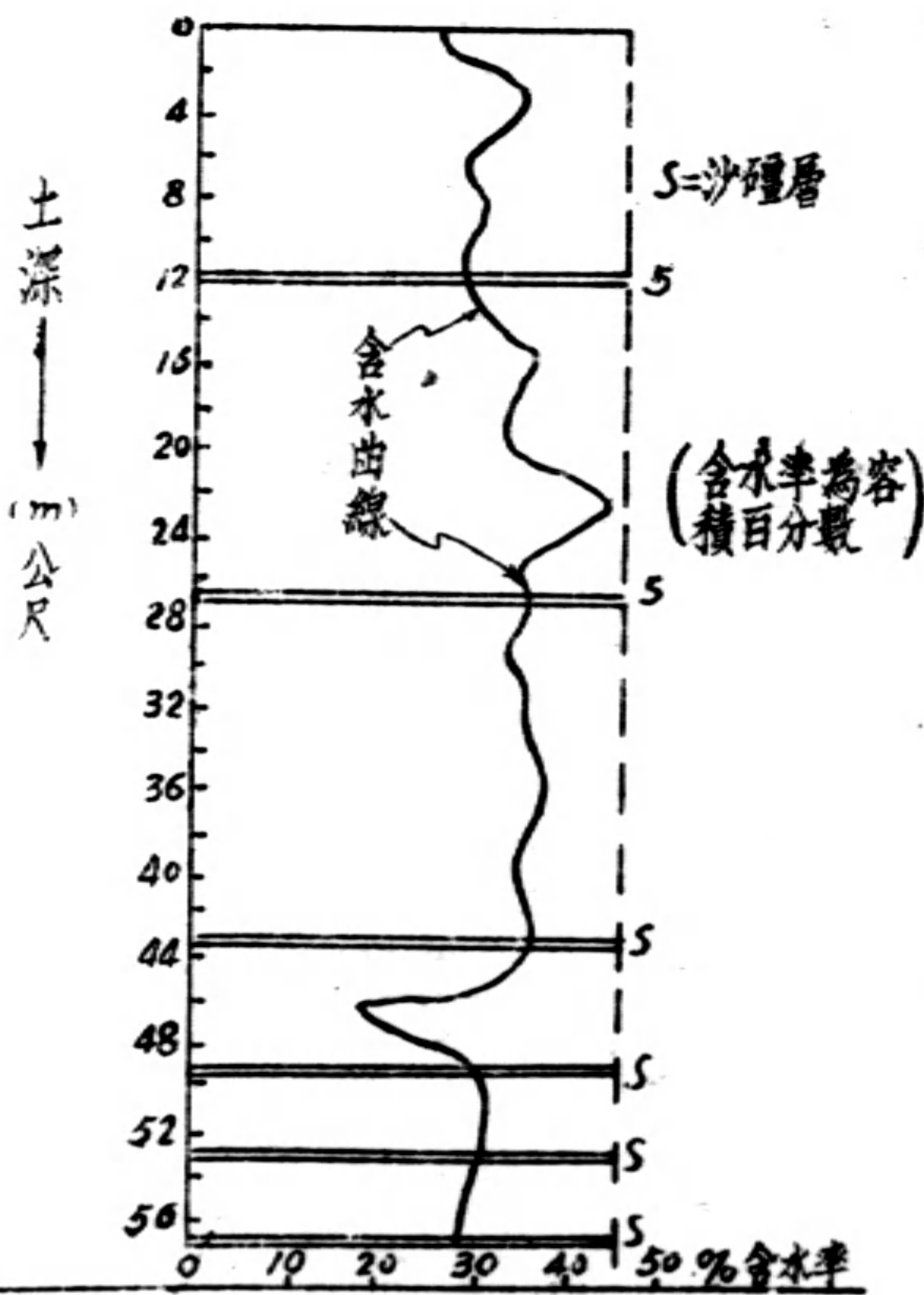


第二十二圖 渠道之滲漏

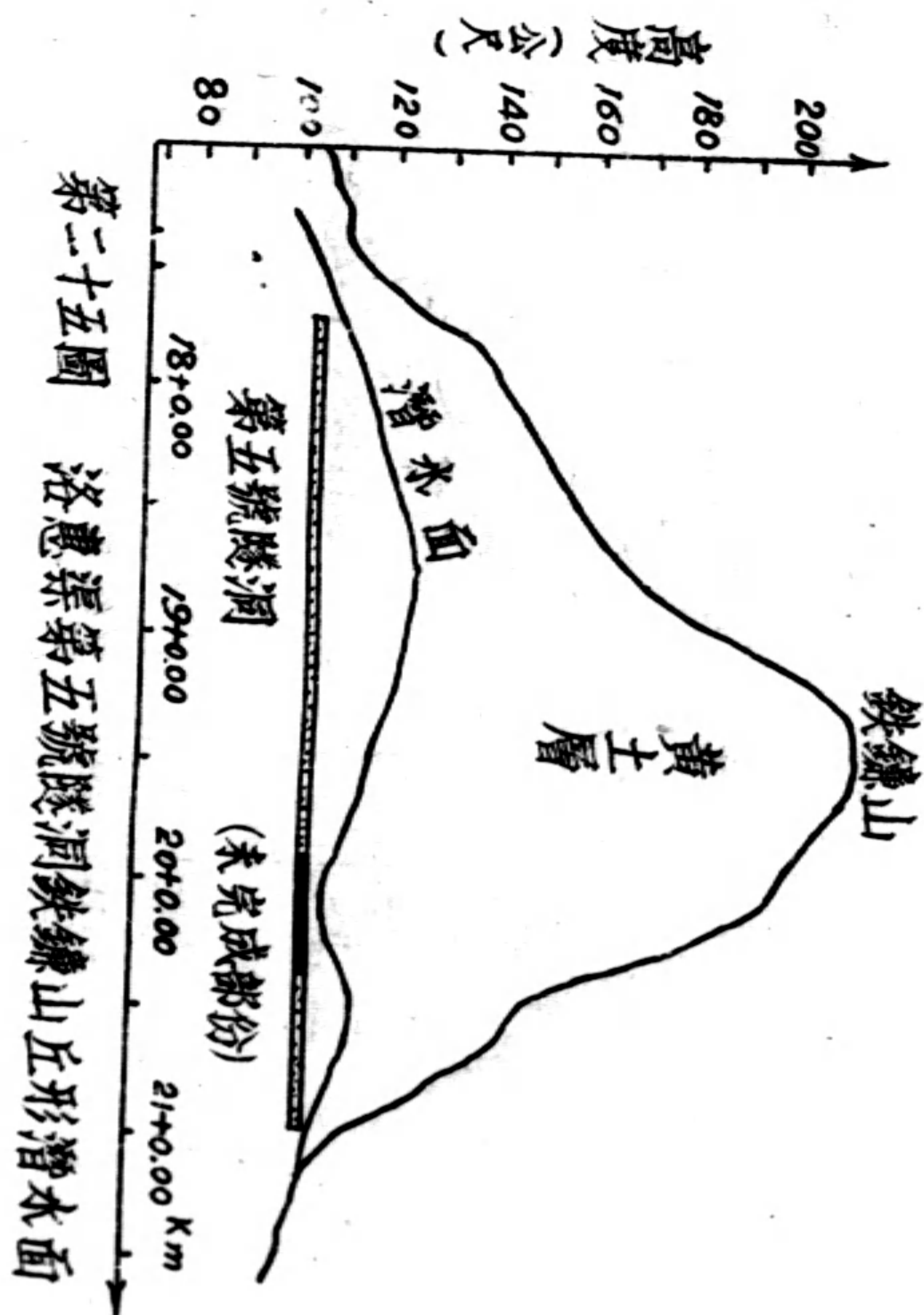




第二十三圖 黃土田灌溉後水份之變化

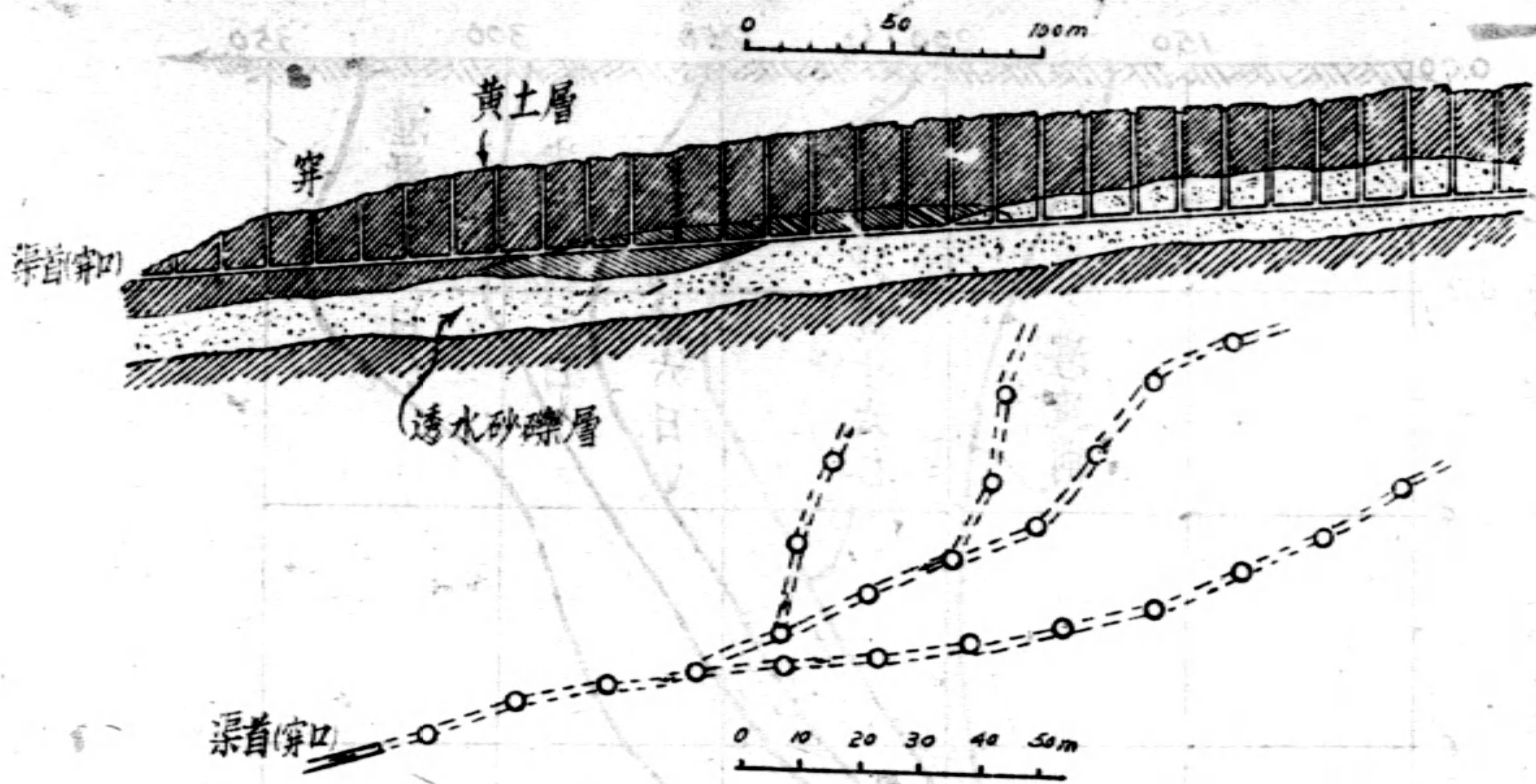


第二十四圖 張家山黃土層含水量

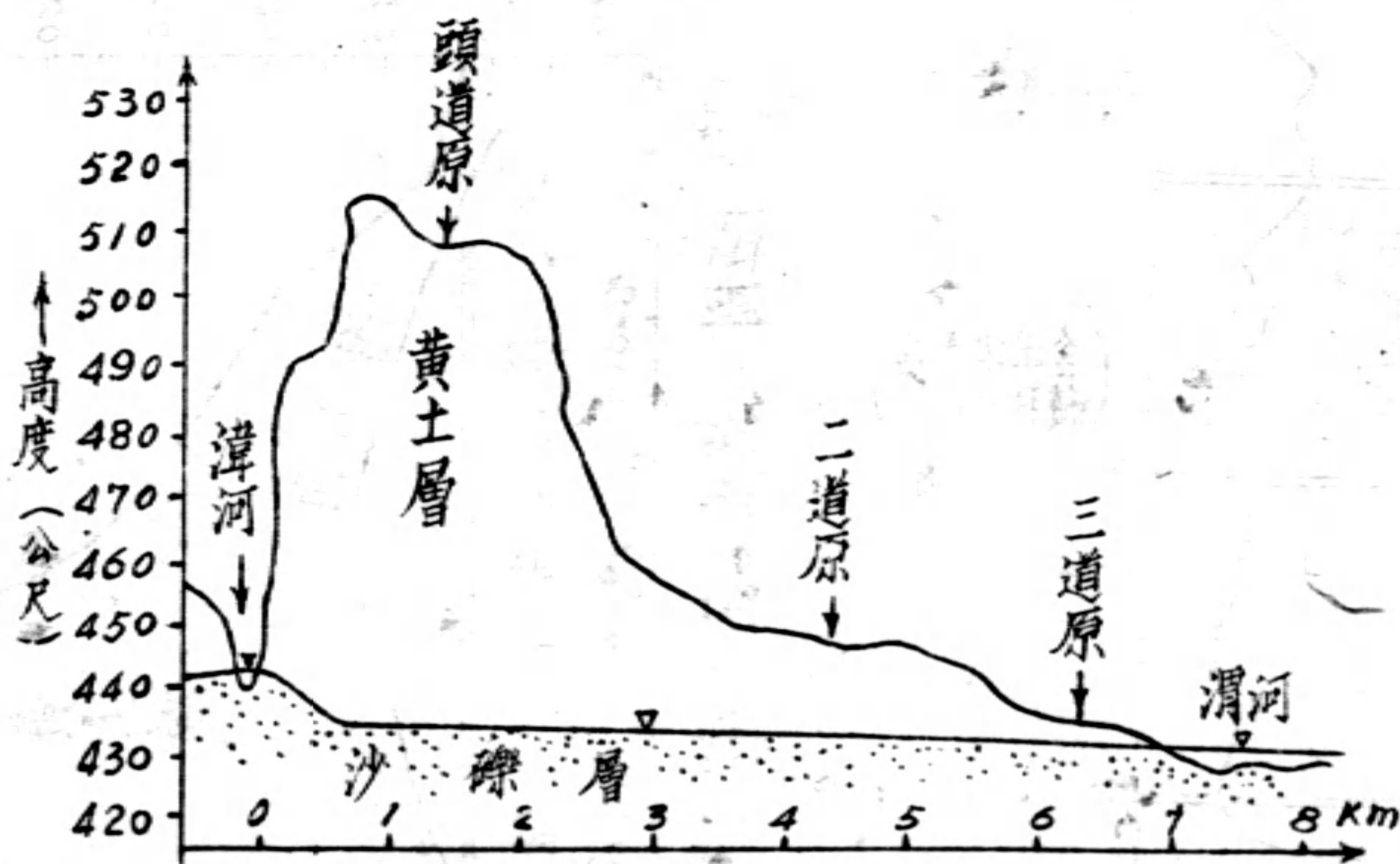


第二十五圖 洛惠渠第五號隧洞鐵鑛山丘形潛水面





第二十六圖 坎穿之構造



第二十七圖 張家崗潛水面



爲原料，用乾法製造之。

#### (四) 鑄工

黃土顆粒細勻，可作鑄工模型沙，對於精細金工，尤爲適宜。

#### (五) 醫藥

黃土可作藥用，以因其具有吸收之特性，在人體內可作「清瀉劑」，作用與骨炭粉相似，有時亦可用作塗劑，如皮膚遇有傷口，則以黃土塗之，在黃土區域舉辦工程，遇有工人患腸胃瘡傷等病者，可逕以黃土調治之。

本草綱目，載黃土主治痢冷，熱赤白，腹內熱毒，絞結痛下血，取乾土水煮三五沸，絞去滓服一二升，又解諸藥毒中內毒，合口椒毒、野菌毒、杖毒傷未破，湯火傷灼，蜈蚣螫傷，均可用乾黃土末調醋塗之即愈。

### 結 言

黃土黃水之性質，及其對於工學上之種種問題，已如上述，吾人在此廣大黃土區域內，從事農功水利之建設，對茲基本學理及設計數字，向極缺乏，且漫無標準。蓋黃土土質，隨含水量而變，黃水水性，隨含泥量而變。其間關係，至爲微妙複雜，一般工程師常難加以判斷，昧然進行，輒易陷入錯誤，一旦困難發生，再行探討其理由，則過遲矣。

黃土黃水之性能，其對於農功水利之關係，尚有極多問題，應急待解決者。國立西北農學院農業水利學系及武功水工試驗室，刻正集中精力對此問題，作有系統之研究，並整理過去之經驗，加以學理之證實，深望各界賜予匡助指導，俾黃土及黃水工學之基本學理，得逐步闡明，而謀切實貢獻於我國學術界也。

### 中國工程師學會 徵求永久會員

凡本會會員，依會章第三十三條，一次繳足永久會費國幣一百元，以後得免繳常年會費。此項永久會費，其半數儲存爲本會總會基金，請直接匯交重慶上南區馬路194號之4，本會總辦事處，或交各地分會會計代收轉匯均可。



# 震蕩體系之穩定度

陳宗善

(原係英文送登中國電機工程學會出版之電工雜誌)

## 中國化學工業社重慶分廠

### 主 要 出 品 一 覽

三星蚊香	三星香皂 (出)	牡丹香皂 (即)	三星消毒藥皂	瓶裝勝利牙粉 (出即)	三星紙裝牙粉	三星固體牙膏 (出即)	炭酸鈣
------	-------------	-------------	--------	----------------	--------	----------------	-----

廠址：巴縣李家沱工業區 辦事處：重慶臨江路十九號

◆ 本廠出品各埠百貨商店均有經售 ◆



# 西北工程問題參考資料

## (第二) 論文索引 地質土壤水文氣象

### 參考期刊一覽表

期刊名稱(簡名)	出版處所	起訖卷數
力行月刊 貳: 畫	第七軍分校力行月刊社	4:6
山東建設月刊(山東建設) 參: 畫	山東省建設廳	1:4
工商半月刊(工商)	工商訪問局	2:13至7:11
工商學誌	工商學院	8:1
工程	中國工程師學會	7:1至9:4
工程週刊	中國工程師學會	1:9至5:13
大路週刊(大路)	大路週刊社	:19
工藝季刊(工藝)	工藝季刊社	1:1至6:2
土壤季刊	地質調查所	1:4
土壤特刊(乙種)	地質調查所	:1至2
土壤專報	地質調查所	:1至19
天山月刊(天山) 肆: 畫	天山月刊社	1:1至3
中央大學農學週刊(中大農學)	中央大學	1:2
文化建設月刊(文化建設)	文化建設月刊社	1:6:7
中央銀行月報	中央銀行	4:6
中行農訊	中國銀行總管理處	:1至6
方志月刊(方志)	中國人地學會	6:11至8:10
水利月刊(水利)	中國水利工程學會	1:3至12
水利特刊	中國水利工程學會	3:6
水利週刊	陝西水利局	:21至45
支那礦業時報		:76至78
內政消息	內政部	:10
中國地質學會誌	中國地質學會	4:1至13:4
中國科學美術雜誌		19:3
中國建設	中國建設協會	1:5至8:3
中國商業循環錄	中國經濟調查所	:11
中國經濟	中國經濟研究會	3:8
中國經濟週刊		21:7
中華農學會會報	中華農學會	140至141



中華實業季刊	中華實業協會	1:1至2
中華實業雜誌	中華實業雜誌社	1:5
中農月刊	中國農民銀行經濟研究所	2:7至12
公路季刊	全國經濟委員會公路處	1:3至2:?
<b>伍 畫</b>		
四川經濟月刊(四川經濟)	四川省銀行經濟調查組	(4:3至5:4)
生存月刊	中國生存學社	共4:10
史地社會論文摘要月刊	大夏大學史地社會研究室	1:3
市政評論半月刊(市政評論)	市政問題研究會	共3:10
甘肅建設	甘肅省建設廳	(建社東山):1至3
甘肅建設年刊	甘肅省建設廳	(商工)四
正論	正論社	:11
<b>陸 畫</b>		
西北水利		3:5
西北公路半月刊(西北公路)	西北公路運輸管理局	(1:1至5:9)
西北公論	西北公論社	(5:5至16)
西北水聲	國立西北農學院農業水利學會	1:4至2:7
西北生活旬刊	西北生活旬刊社	(2:7)
西北角月刊(西北角)	西北角月刊社	3:5至4:2
西北研究	西北研究社	1:1至3:9
西北春秋	西北春秋社	(:16至18)
西北問題(西北)	西北問題報社	(2:4至10)
西北問題季刊(西北季刊)	西北問題研究會	(1:1至4)
西北問題研究會會刊(西北問題)	西北問題研究會蘭州分會	1:1
西北問題論叢	西幹團西北問題研究室	:1
西北評論半月刊(西北評論)	西北評論社	(1:6至2:4)
西北農林	國立西北農林專科學校	(:1至4)
西北資源月刊(西北資源)	西北文化學社	1:1至2:2
西北經濟通訊	西北經濟研究所蘭州辦事處	1:4-6
西北論衡	西北論衡社	:8至10:3
西北導報	西北導報社	:1至2:3
西北導報	西北嚮導社	:1至17
西北雜誌	西北協進會	1:1至3
地理	中國地理研究所	1:2
行健月刊	東北行健學會	6:4
交通職工月刊(交通職工)	交通部職工事務委員會	2:3至6
地理學報	中國地理學會	1:2
自然	地質調查所	:65至199
地質彙報	地質調查所	1:33



地質論評	地質調查所	4:1至2
地學雜誌	中國地學會	2:10至9:1
捌 畫		
東方雜誌	商務印書館	10:11至15:11
河北建設公報(河北建設)	河北省建設廳	2:11至5:5
河南地質調查所彙刊	河南地質調查所	:2
長城季刊	長城書局	1:4
東省經濟月刊	東省鐵路經濟調查局	5:6
青島工商季刊	青島工商學會	3:1
拓荒月刊(拓荒)	拓荒雜誌社	1:2至2:7
玖 畫		
禹貢半月刊(禹貢)	禹貢學會	2:12至3:3
建國月刊(建國)	建國月刊社	14:2至15:1
建設評論		1:5
科學月刊(科學)	中國科學社	14:3至19:10
科學的中國	中國科學化運動協會	5:2
科學畫報半月刊	中國科學儀器公司	2:14
拾 畫		
師大月刊	北平師大月刊編輯委員會	:19
陝西水利月刊(陝西水利)	陝西水利局	1:1至6:6
陝西水利季刊	陝西水利局	1:1至6:6
陝西建設月刊(陝西建設)	陝西省建設廳	1:1至2:2
浙江建設月刊(浙江建設)	浙江省建設廳	8:10
陝行彙刊	陝西省銀行	3:6至4:6
海事月刊	海事編輯局	8:6
時事月報	時事月報社	8:4至10:6
氣象季刊	河北省立農學院氣象觀測所	2:4
氣象雜誌	中國氣象學會	11:1至6
拾壹畫		
國立北平研究院院務彙報	國立北平研究院	6:1
國防論壇	國防論壇社	:37至2:10
清華週報(清華)	清華大學週刊社	41:1至2
清華月報	清華大學	2:8
國際貿易導報(國際貿易)	國際貿易局	6:11
拾貳畫		
華北水利月刊(華北水利)	華北水利委員會	2:7至9:6
焦作工學院週刊	焦作工學院	3:7
黃河水利月刊(黃河水利)	黃河水利委員會	1:1至3:9
湖南省國貨陳列館月刊	湖南省國貨陳列館	:22



寒園	綏遠農業學會	:1至18
開發西北	開發西北協會	1:1至4:4
拾叁畫		
塞外人語	塞聲社	1:7
新北辰	光啓學會	:12
新西北	新西北社	1:1至5:2
新亞細亞月刊(新亞細亞)	新亞細亞月刊社	1:5至10:6
新青海月刊(新青海)	新青海月刊社	1:2至3:12
農林週刊	農業週刊社	:30至35
新陝西月刊(新陝西)	新陝西月刊編輯委員會	(1:5至2:9)
農報	中央農業實驗所	2:26至5:39
道路月刊(道路)	道路月刊社	(42:1至50:2)
資源委員會月刊	資源委員會	(1:3至3:3)
農業週報(農業)	農業週報社	2:16至4:34
綏遠建設季刊(綏遠建設)	綏遠建設廳	:3至25
農業推廣通訊	農業促進委員會	3:8
新經濟半月刊(新經濟)	新經濟半月刊社	1:10至6:5
拾肆畫		
寧夏省建設彙刊	寧夏省建設廳	:1
廣播週報	中央廣播無線電台管理處	:104
蒙藏月報	蒙藏委員會	2:6至5:3
蒙藏旬刊	中央宣傳委員會	:33至108
拾伍畫		
實業雜誌	湖南實業雜誌社	:164
拾陸畫		
學生之友	中華學藝社	1:2至3
學藝		6:2至12:5
拾捌畫		
隴海鐵路西段工程局兩月刊	隴海鐵路西段工程局	:1至3
隴鐸	甘肅旅渝同鄉會	1:4至2:2
拾玖畫		
邊事研究	邊事研究社	1:2至3:4
邊政公論	邊政公論社	1:2至6
邊鐸半月刊	邊鐸月刊社	(1:2至3)
貳拾壹畫		
鐵路雜誌(鐵路)	中華全國鐵路協會	(1:3至2:2)
貳拾壹畫		
鑛冶	中國鑛冶工程學會	(2:7至6:19)
鑛冶半月刊	鑛冶研究所	2:13至14



鑛冶資料  
鑛業週報

中華鑛業促進社  
中華鑛學會

1:3至6  
:84至377

### 地 質

一、總 載 二、新疆省 三、青海省  
四、甘肅省 五、綏遠省 六、陝西省

#### 一、總裁(地質)

黃河上游地質與人生 侯德封 孫建初 地  
理學報 1:2 (23.12)

內蒙古之地形及地質構造概要 張席禔 方  
志 7:2 (23)

甘新公路地質調查報告 林文英 公路季刊  
1:3 (24.12)

西北公路地質區域概論 林文英 方志 8:  
9-10 (24)

西北公路地質調查報告 林文英 公路季刊  
2:1 (25.6)

黃河上游及南山之地層 孫建初 中國地質  
學會誌 15:1 (25)

中國較新火成岩分佈圖說 德日進 地質彙  
報:30 (26.9) 綏、寧、甘、新、  
陝、青。

#### 二、新疆省(地質)

新疆地震 李善邦 國立北平研究院務彙報  
6:1

#### 三、青海省(地質)

青海之地文 陳秉淵 地質 新西北 1:5  
-6 (28.7.)

#### 四、甘肅省(地質)

甘肅地震考 翁文灝 地質彙報 :3 (1  
0)

甘肅平涼奧陶紀筆石化石層 袁復禮 中國  
地質學會誌 4:1 (14.3.)

甘肅地質紀略 安特生 中國地質學會誌  
4:1 (14.3.)

甘肅東部地紀略 袁復禮 中國地質學會誌  
4.1 (14.3.)

甘肅西北石炭紀地層 袁復禮 中國地質  
學會誌4:1 (14.3.)

甘川公路第一幹線華家嶺至天水地質調查  
報告 林文英 甘肅建設 :2 (23.  
12.)

蘭州臨洮隴西天水地形地質概況  
鳳縣兩當徽縣成縣間地形地質概況 甘肅建  
設 :3 (24.12.)

蘭州西北之地質 侯德封 孫健初 中國地  
質學會誌 14:1 (24)

甘肅皋蘭永登區新生代地質 楊鍾健 卞美  
學 中國地質學會誌 16: (25)2:2

甘肅經濟建設之商榷 梁好仁 隴鐸  
(30.1.) 設立地質調查所

隴西地方誌 陳宗周 西北論衡 10:1  
(31.1.)

#### 地勢與地質

#### 五、綏遠省(地質)

綏遠地質鑛產報告 翁文灝 曹樹聲 地質  
彙報 :1 8.

綏遠大青山藍晶結晶之研究 王紹文 科學  
15:21

綏遠大青山煤田地質 王竹泉 地質彙報  
:10 (17)

綏遠白雲鄂博鐵鑛報告 丁道衡 地質彙報  
:23 (22.12.) 地層 地形及構造

晉綏地層概略與鑛產 侯德封 鑛冶資料  
1:6 (26.6)

後套地理概況 張鵬舉 西北論衡 9:7  
(30.7)

#### 地質

#### 六、陝西省(地質)

陝西省黃土之地形 劉仲仁 地學雜誌 5  
:3 (.4.1)

陝西地層記 王竹泉 中國地質學會誌 4:  
1 (14.3)

秦嶺以南之新生時代地質及地文 楊鍾健



## 科學 19:9

- 陝北地質概要 馮景蘭 礦業週報 : 215  
(21.11) 礦冶6:19(22.2)
- 陝北盆地地文 謝家榮 中國地質學會誌  
12:2 (22.3)
- 陝北油田地質 王竹泉 潘鍾祥 地質彙報  
: 20 (22.3)
- 渭河下游之地文研究 李連捷 中國地質學  
會誌 12:3 (22)
- 洛陽西安間之新生時代地質 楊鍾健 裴文  
中 中國地質學會誌 13:1 (22)
- 陝北油母頁岩地質 潘鍾祥 地質彙報 :  
24 (23.9) 沿途觀察 地層系統 油  
母頁岩 附煤及鹽
- 陝西太白山一瞥 白士侗 自然 : 98 (2  
3 10) 地質
- 陝西盆地和四川盆地 謝家榮 地理學報  
1:2 (23.12)
- 陝西考察日記 王海波 學藝 12:1-5
- 秦嶺山及四川之地質研究 趙亞曾 黃汲清  
黃河水利 2:11(24.10)
- 勘查渭河報告書 高鈞德 黃河水利 3:8  
(25 8)
- 渭河流域之地層及特性
- 陝西韓城煤田地質 王竹泉 地質彙報  
: 30 (26.9)
- 豫陝間垣曲盆地之第三紀初期沉積 李悅言  
中國地質學會誌 18:3-4 (27.1  
2)
- 陝西鳳縣地質礦產初勘報告 張通駿 魏壽  
崑 地質評論 4:2 (28.4)
- 鳳縣地質礦產初勘報告 張通駿 魏壽崑  
礦冶半月刊 2:13-14 (28.8)
- 經濟地質 亮池寺煤炭之採及採煉焦問題  
冶鐵及耐大材料問題

## 土 壤

- 一、總載 二、青海省 三、甘肅省  
四、綏遠省 五、陝西省

## 一、總載(土壤)

- 中國之土壤概況 蕭查理 邵德馨 土壤專  
報 : 1 (19)
- 中國北部土壤內 pH 值研究 王正 土壤專  
報 : 3 (21.10)
- 土壤之採集(甲陝西省土壤)試驗所用之方  
法 pH 試驗之結果 中部北部土壤應採  
取之改良 方法結論
- 開墾山地應有之限制 陳靖 陝西水利 1:  
2 (22.1)
- 黃河流域之土壤及其沖積 張含英 水利  
6:1-2(23.2)
- 江河之分水脊 秦嶺山以北土壤之發達史  
渭水流域
- 綏遠薩拉齊區之土
- 中國之黃土與其近似各層土區別 李慶遠  
清華 41:1 (23.3)
- 中國黃土之成因及其各種性質 李慶遠 清  
華 41:2 (23.4)
- 黃河流域土壤沖刷之制止 安立森 李燕南  
黃河水利 1:4 (23.4)
- 沙荒之進展 蘇蘭生 黃河水利 1:9 (2  
3:9)
- 西蘭公路築路材料及路基土壤調查報告 林  
文英 甘肅建設 : 2 (23,12)
- 中國北部及西北部之土壤 梭頗 侯光炯  
土壤專報 : 12 (24.7)
- 調查區域概述(陝、甘、寧、綏)土壤及農  
作物 土壤及其釋義
- 農業 鹽漬土之灌溉與排水 一般建議  
土壤侵蝕及其防止方法
- 黃河流域之土壤及其沖積 張含英 黃河水  
利 2:11 (24.11)
- 甘青公過築路材料及路基土壤調查報告 林  
文英 甘肅建設 : 3 (24.12)
- 中國土壤的酸度和石炭酸鈣含量 李慶遠  
鹿篤伊 土壤專報 : 15 (25.9)  
(陝、甘、綏、寧、青、新)
- 中國鹽漬土之初步研究 熊毅 土壤專報



- : 15 (25.13)  
(綏遠青海)
- 西北的土質 楊鍾健 自然 : 197-199  
(25.9)
- 中國之土壤 梭頗 李慶遠 李連捷 土壤  
特刊乙種 : 1 (25.12)
- 中國鹽漬土之分類及概性 熊毅 土壤特刊  
乙種 : 2 (27.4)
- 西北之鹼地 趙雲夢 新西北 2:6 (29.  
7)
- 甘青砂地概況 任永憲 農報 5:19-20  
(29)
- 西北之重要性 黎博文 西北資源 1:6  
(30.3)
- 本區土壤  
黃土物理性之初步研究 陳春庭 西北水聲  
2:5 (30.4)
- 中國土壤分類方法之商榷 陳恩鳳 地理  
1:2 (30.6)
- 西北農業概觀 李叢泌 新西北 4:5 (3  
0.7)
- 土壤  
防沙與防旱 楊弱水 邊政公論 1:3-4  
(30.11)
- 沙的來源和性狀 沙中可能生長的植物  
流沙的南侵 流沙的防止法 防旱的辦法  
西北土壤保存問題 施之元 新經濟 6:5  
(30.12)
- 沙漠與西北 王志梁 西北問題論 : 1  
(30.12)
- 沙漠之成因 沙漠之分類 沙漠與人類  
分佈在西北之沙漠 西北之沙漠 邊緣沃  
地帶 如何利用自然環境改善西北  
青海北部及甘肅河西之土壤與農 周昌龔  
土壤季刊 1:4 (30)
- 中國西北部之土壤與移墾 陳恩鳳 邊政公  
論 1:5-6 (31.1)
- 土壤概性 分佈及利用 土壤管理與移墾  
可能 土壤侵蝕防止防法
- 二青海省(土壤)  
青海省地理誌 孟昭藩 新西北 2:6 (2  
9.7)
- 土壤 耕地  
西寧與都蘭之間 新西北 3:1 (29.8)
- 水利 土壤
- 三、甘肅省(土壤)  
論農田壓沙之利 張鶴年 甘肅建設 : 3  
(24.12)
- 甘肅西北部之土壤 馬溶之 土壤專報 :  
19 (27.4)
- 本區概述 旅途描寫 土壤之成因及分類  
土壤專論  
移墾問題  
皋蘭石田 吉雲 西北研究 2:1 (29.2)
- 甘肅水土保持問題之研究 任承統 農報  
5:38-39 (29)
- 四、綏遠土(土壤)  
綏遠薩拉齊區土壤報告 潘德頓 常隆慶  
陳偉 侯光燭 土壤專報 : 4 (21.  
5)
- 本區概述 土壤圖及報告 土壤通論 本  
區土壤 土壤各論 農業土壤中鹽質之  
過剩 氣候 摘要  
綏遠之土地 孫健初 自然 : 65-66 (2  
3.2)
- 土 壤  
綏遠薩拉齊縣土鹼化驗報告 華葆圻 中大  
農學 1:2 (23.6)
- 綏察之農業 袁勃 開發四北 3:1-2  
(24.1)
- 土壤 農民與耕地  
綏遠西部鹼土鹽基交換性之研究與改善方法  
之商榷 郭世士 寒圃 : 17-18 (2  
4.7)
- 綏遠土壤中之鹼的問題 李樹茂 開發西北  
4:3-4 長城季刊 1:1(24.10)
- 幾種綏遠土壤吸收養分性質之研究 政雲  
長城季刊 1:4 (25.4)



綏遠土壤鹼性之初步的研究 李樹茂 農業  
4:33-34

綏遠土壤鹼性之初步研究 李樹茂 西北論  
衡 9:4 (30.4)

五、陝西省(土壤)

陝西渭水流域採集土壤標本報告 常隆慶  
土壤專報 :2 (20.3)

附渭水流域之泉水 土壤區 土壤標本及  
分析表

涇洛渭三水之鳥瞰 張嘉瑞 陝西水利  
1:1 (21.12)

各流域土壤情形 岸地鹼沙情形

陝西黃土高原天然情形之研究及改進可能  
齊敬鑫 中華農學會誌 :140-141

渭河流域土壤調查報告 周昌龔 張乃風  
侯光炯 陳偉 李連捷 土壤專報  
:9(24.4)

調專方法 本區概況 土壤 摘要

陝西省初步土壤之研究 趙雲夢 農林 :3  
0-3 (24.11)

本校附近十四縣農業調查報告 翁德齊 沈  
學辛 西北農林 :1 (25.7)

土 壤

黃龍山之土壤 周昌龔 西北農林 :3  
(27.7)

涇渠之惠及其應有之努力 孫紹宗 陝西水  
利季報 3:3-4 (28.12)

鹼地的改良

陝西省土地利用問題 崔平子 西北資源  
1:6(30.2)

土 壤

武扶鄜沿渭夾灘紀要 高家驥 西北論衡  
10:2 (31.2)

土壤 防鹼工作 墾殖之途徑

水 文

- 一、總裁
- 二、青海省
- 三、寧夏省
- 四、綏遠省
- 五、陝西省
- 一、總裁(水文)

民國二十二年黃河之洪水量 安立森 張度  
黃河水利 1:6 (23.6)

黃河水文之研究 黃河水利 2:1 (24.1)

中國西北部降雨及流量與氣象之關係 流  
域之性質 流量之情狀 低水時流量  
漲水時流量 含沙問題 洪漲時間河槽  
之冲刷及淤澱 黃河創造冲積平原之速  
率 水文研究之估計

黃河二十三年水文記載之研究 張含英 黃  
河水利 2:5 (24.5)

流量 輸沙量及含沙量 糙率

黃河流域之土壤及其冲積 張含英 黃河水  
利 2:11 (24.11)

黃河水流之含沙量 河流之速度與冲積

經濟建設中之西北水利問題 黎小蘇 西北  
資源 2:1 (30.4)

水文

二、青海省(水文)

青海之研究 陶懋立 地學雜誌 5:3  
水理

青海省地理誌 孟 昭 新西北 2:6  
水理

三、寧夏省(水文)

河工 寧夏建設 :1 (25.12)

設立水文站

四、綏遠省(水文)

後套地理概況 張鵬舉 西北論衡 9:7  
(30.7)

河流及水漲季節

五、陝西省(水文)

龍門與壺口 李儀祉 水利 1:5 (20.11)

壺口之水量及降度

陝西涇惠渠工程報告 李儀祉 華北水利  
5:7-8 (21.8)

水利 1:1-2 (21.8)

水文

涇洛渭三水之鳥瞰 張嘉瑞 陝西水利 1:  
1 (21.12)

含水之最大流量與最小流量之時期及情況



- 含沙百分數及來源  
測水站組織及地點之規定 陝西水利 1:6  
(22.5)
- 龍門潼關間之黃河 趙國賓 張嘉瑞 陝西  
水利 1:7 (22.7)
- 水文  
陝西省各河流測水站設置經費估計書 陝西  
水利 1:9 (22.9)
- 洛河海域民國22年水文記載圖表  
涇河流域21-22年水文記載圖表  
渭河水位曲線 21-22 年變遷圖  
陝西全省重要河流已設立水標站及雨量站圖  
陝西水利 2:1 (23.2)
- 陝西水利局各縣水文水標等站工作近況及擴  
充預算 陝西水利 2:3 (23.4)
- 咸陽水文站水文記載 陝西水利 2:5 (2  
3.6) 水利 6.6 (23.6)
- 陝西水利局水文測量統計表 陝西水利 2:  
8 (23.3)
- 民國 23 年 1 月至 6 月份陝省各站水文測量  
統計表
- 涇惠渠文幹支渠降度與含沙量之關係 劉鍾  
瑞 陝西水利 2:9 (23.10)
- 陝西省二十三年份主要河流水文測驗記載  
統計表 陝西水利 2:12 (24.1)
- 洛惠渠工程計劃 孫紹宗 水利 8:2 (2  
4.2)
- 水文研究  
河西潼關間黃河幹支各流概述 顧乾貞 黃  
河水利 3:1 (25.1)
- 水文情形  
澧河流量之研究 梁柱枋 陝西水利 4:6  
(25.7)
- 查勘渭河報告書 高鈞德 黃河水利 3:9  
(25.9)
- 水文  
漢惠渠工程計劃 陝西水利季報 3:3-4  
(28.12)
- 水文研究  
陝西水利概況 孫紹宗 西北資源 2:1  
(30.4)
- 水文測驗

## 蘭州：工程師聯合年會音樂會

### 歌 詞 一 班

#### 青天白日滿地紅

山川壯麗，物產豐隆，炎黃世胄，東亞稱雄；毋自暴自棄，毋故步自封，光我民族，促進大同，創業維艱，緬懷諸先烈，守成不易，莫圖務近功，同心同德，貫澈始終，青天白日滿地紅。

#### 同 唱 中 華

吳樹蔭詞

同唱中華，中華偉大，山河壯麗聞天下，禮樂詩書，文物光華，固有文化須啓發，光我民族，振我華夏，世界和平維護它；同唱中華，中華偉大，願我中華兒女齊奮發。

#### 凱 旋 歌

高聲唱，高聲唱，高聲唱凱旋之歌；高聲唱，高聲唱，高聲唱凱旋之歌！四海同唱凱旋歌，高聲唱，高聲唱，高聲唱凱旋之歌，歌聲雄壯震山河！高聲唱，高聲唱，高聲唱凱旋之歌，四海同唱凱旋歌，大旗舞處動歌聲，勇士成功寧捨身，鐵馬金戈仇盡退，熙熙四海慶昇平！中華萬歲，中華萬歲，中華萬歲萬萬歲！

#### 旗 正 飄 飄

章濤章詞

旗正飄飄，馬正蕭蕭，槍在肩，刀在腰，熱血似狂潮，旗正飄飄，馬正蕭蕭，好男兒，好男兒，報國在今朝，快奮起，莫作老病夫；快團結，莫貽散沙嘲，快團結，快奮起，團結奮起，奮起團結。旗正飄飄，馬正蕭蕭，槍在肩，刀在腰，熱血似狂潮，旗正飄飄，馬正蕭蕭，好男兒，好男兒，報國在今朝，國危家破，禍在眉梢，求生存，須把頭顱拋，戴天仇怎不報？不殺敵人恨不消，快團結，快奮起，團結奮起，奮起團結，旗正飄飄，馬正蕭蕭，槍在肩，刀在腰，熱血似狂潮，旗正飄飄，馬正蕭蕭，好男兒，好男兒，報國在今朝。



勝利歡唱

吳越蔭詞

抗戰了五年，愈戰而愈強，勝利歌聲，激昂雄壯，抗戰五年，愈戰而愈強，日本軍閥，從此滅亡，浩蕩的黃河在歌唱，太陽在天空也喜氣洋洋，勝利的的光芒，放射在疆場，今天我來高聲歌唱，La,La,La,La, 中華民族，自由解放。

玉門出塞

羅家倫詞

左公柳拂玉門曉，塞上春光好，天山溶雪灌田疇，大漠飛沙旋落照，沙中水草堆，好似仙人島，過瓜田碧玉叢叢，望馬羣白浪滔滔，想乘蹇張騫定遠班超，漢唐先烈經營早，當年是匈奴右臂，將來是歐亞孔道，經營趁早，經營趁早，莫讓木枝兒射西域盤鴨！

將來的中國(為中國工程師第十一屆聯合年會而作) 吳越蔭詞

我們大家高聲的齊聲歡唱，祖國已脫去了破舊的衣裳，抗戰了五年半，勝利旗在飄蕩！將來的中國是那樣輝煌，大家變得強壯，太陽也暖洋洋；從焦土中廢墟上建起那摩天的廈，和那寬敞的工場，繁華的鄧市和那整齊的農莊，電氣要像血液，使祖國要流暢，機械要像骨節，把祖國來支撐，馬達要像歌喉，使和諧的歌唱，祖國永遠是堅強！我們一面要勞動，一面再來歡唱，要建築在中華兒女的血汗上，要建築在日本兵的火葬場，祖國變成了現實世界的燦爛偉大，偉大燦爛的天堂！

# 中國建設工程股份有限公司

## 附 設

## 中 建 電 機 製 造 廠

商 標



註 冊

### 出 品 要 目

- 本公司係國內著名電機機械  
土木化學工程師組織而成附設電  
機製造廠創辦迄今歷有年所下列  
各種出品均經國內外電機專家設  
計選材精良品質優越行銷全國早  
為各界所稱許如蒙賜顧竭誠歡迎
- 一、配電盤
  - 二、馬達起動器
  - 三、各式油開關
  - 四、低壓力開關
  - 五、保險絲盒
  - 六、高壓斷電開關
  - 七、電力變壓器及佈電變壓器
  - 八、變流器
  - 九、表用變壓器
  - 十、電焊方棚
  - 十一、無線電附件
  - 十二、充電器
  - 十三、各種避雷器
  - 十四、各種鐵壳安全開關
  - 十五、各種電動機
  - 十六、其他電機之設計與修造

重慶小龍坎正街二九七號(地址)

電話掛號一〇三〇



# 工程雜誌第十五卷第五期

民國三十一年十月一日出版

內政部登記證

警字第 788 號

編輯人 吳承洛

發行人 中國工程師學會 羅英

印刷所 中新印務公司 (桂林太平路)

經售處 各大書局

## 本刊定價表

每兩月一期 全年一卷共六期 逢雙月一日發行	
零售每期國幣二十五元 預定全年國幣一百五十元	
會員零售每期國幣十元 會員預訂全年國幣六十元	訂購時須有本總會或分會證明
機關預定全年國幣一百元	訂購時須有正式關章

## 廣告價目表

地 位	每 期	國 幣
外 底 封 面		2 0 0 0 元
內 封 裏		1 5 0 0 元
內 封 裏 對 面		1 2 0 0 元
普 通 全 面		1 0 0 0 元
普 通 半 面		6 0 0 元
繪 圖 製 版 費 另 加		







# 東林鑛業股份有限公司

出 產

大 河 嵐 炭

一號洗焦 二號洗焦  
塊 煤 屑 煤

◀ 火力強大 ▶

◀ 訂價低廉 ▶

總 公 司

重慶林森路二三四號 電話四一〇五八 電報掛號三八一〇

鑛廠辦事處

南川萬盛鎮腰子口 電報掛號叢林溝三八一〇

營 運 處

綦江蒲河鎮 電報掛號叢林溝三八一〇



# 雍興實業股份有限公司

利用國產原料 增加後方生產

廠鑛共計三十處

蔡家坡紡織廠	業精紡織廠	蘭州毛織廠	蔡家坡西北機器廠	蘭州機器廠	蘭州製葯廠	蔡家坡酒精廠	廣元酒精廠	長安製革廠	蘭州麵粉廠	隴縣煤鑛	長安印刷廠	泰安毛織實驗廠
--------	-------	-------	----------	-------	-------	--------	-------	-------	-------	------	-------	---------

產 品

太白積雪牌棉紗	三花牌色布床單	吉祥牌毛呢毛毯	紅正確牌各種機器	藍正確牌各種機器	吉星牌藥品肥皂玻璃	紅風車牌動力酒精	綠風車牌動力酒精	牛星牌各種皮革	天山牌機製麵粉	各號煙煤	承印書報表冊	各種棉毛織品
---------	---------	---------	----------	----------	-----------	----------	----------	---------	---------	------	--------	--------

總公司西安臨時辦事處：西安尚仁路三十號