

科學圖書大庫

灌 溉 設 施

譯者 林 龍 海

徐氏基金會出版

施 設 溉 灌

譯者 林 龍 海

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年二月十九日初版

灌 溉 設 施

基本定價 2.80

譯者 林龍海 省立屏東農專副教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧銓氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

原 序

本書是農業水利演習 4 分冊中之第 3 冊「灌溉設施」。農業水利演習是彙集有關計劃灌溉排水事業及設計其設施之有用演習問題編成。連同以前已出版之第 1 冊「農業水文」，第 2 冊「灌溉」，第 4 冊「農地排水」，到此全部完成。

農業水利演習 4 分冊之編輯內容，經 4 人協商結果，其深度便能適合於農業土木初級及中級技術人員，高農及專科、大學學生，農業改良及推廣人員等之參考，並由 4 人分擔各項目或委任適當之有關人員執筆，然後再綜合編輯。

因為在關係上，各篇之內容彼此間有密切的關聯，所以撰述時有留意其相關性，並互相引用其有關內容，使得 4 分冊成為連貫。

灌溉設施，雖然被分為：取入用水之水源設施，以及輸送用水至農田之輸水設施。但是，計劃與設計這些設施時，必須要有調整水運動之水工學上的檢討，以及為着謀求構造物安定之結構力學上的檢討。於此，因為是站在農業水利學的立場，所以將在水工學之範圍內研討之。

本書在水源設施方面，記述着有：渠首工、蓄水庫、地下水工、抽水設施；輸水設施則有：用水路、量分水設施、跌水工、陡槽、調整池。這些最重要的是應根據所給予之現場條件，設計便能成為最相稱的構造物，惟各種構造物可謂大致均不一樣。為此，必需具備有高度的技術。本書期望能幫助讀者理解水工學之基礎而獲得應用上的技巧，並經由勤加多量的演習而熟練實際的數值計算，以達成能負擔灌溉設施的計劃與設計工作。

亦即，本書是將有關之灌溉設施作有系統的整理，提出其要點，並彙集各重要事項與重要公式便易於理解。然後，選擇基礎上以及應用上有用之實際例題，解剖其思考法與解法，並提出各類似演習問題以供讀者自己演習。至於演習問題是分為 A 與 B 。其中之 A 部份，是收集有關讀完本書就已夠程度解出之題目； B 部份則需稍具程度之題目。

再者，為了考慮完整地歸納每一種設施之內容，難免有些相互有關聯之

IV

部分發生重複。除此之外，其他也許還有些欠佳之處，尚請諸先進不吝指教，使日後再版時內容能更加充實，是爲所至盼。

本書之有關術語，主要是根據農業土木學會編印之農業土木標準用語事典（昭和41年版）。

昭和49年9月

編者之一，石橋 豊

譯者序

「灌溉設施」為現代化農業經營很重要的一環。「看天田」這個名詞，在耕地面積有限的「農業現代化」國家裡，已成為歷史的陳跡。自從世界產油國家，以「石油」當作「政治武器」之後，我國之「糧食」亦已逐漸地被有識者認識了其「身價」。

「台灣的農業」，曾在全國一片「發展外銷工業」浪潮聲中，發生過最低潮。經過最近幾年來，由於農業被「重視」，灌溉方面在不斷地編製預算支持下，試驗研究之基礎資料，已從「寥若晨星」而逐漸地充實中。關於這一點，在此可告慰曾於病危彌留中還念念不忘關心台灣農業灌溉的已故張師建勛。然而，由於灌溉人才少，且又集中於試驗研究工作上，使得原本已為枯燥乏味的著譯作，更加無人問津，而形成了今日之「灌溉書荒」。

筆者任教於邊疆區的屏東農專，曾在國科會之資助下，赴日作研究工作，有機會瞭解日本培育灌溉人才之一般。返國後，每當看到學子們抱著錯字百出，油印不清的講義苦讀之情形，就感慨無以致之。日本學生是幸福的。他們有豐富而印刷精美的各種參考書，以及文部省（教育部）為他們編印且年年再版加入新資料的廉價教科書。想到此，什麼是「發展台灣農業」「注重農業教育」「培養農業人才」，不由得會使人迷惑而陷入深思。

「發展台灣農業」既然被認為重要，長期而整體性的規劃是有其必要的。灌溉工程之設施與維護管理，必須靠有源源不斷的優秀人才方可達到目的，而教科書與參考書是培育人才不可缺者。然而，出版這類冷門書籍，可以預期必「穩賠錢」。所以，除非公家機構拿出魄力，私人出版商決不會有興趣。也就是由於如此，當徐氏基金會同意出版這本書時，筆者內心之感觸頗深，因以一個私人財團法人，有此腳踏實地，一切為國家科學之發展，以及一心一意要國家富強的精神，實在令人衷心欽佩。筆者於此謹代表農田水利界致十二萬分的謝忱與祝福。

譯者 林龍海 謹識

中華民國六十六年七月五日

目 錄

原 序

譯 序

例 題 81

演 習 90

第一章 渠首工

1.1	位置之選定	11
1.2	一般設計方針	1
1.3	壅昇水位	4
1.4	固定堰	9
1.5	堰 體	9
1.6	堰體上下游部	21
1.7	活動堰	30
1.8	冲砂道	30
1.9	防洪閘	31
1.10	進水口以及附屬設備	32
1.11	進水口	32
1.12	魚 梯	36
1.13	流木路，筏道，船道	36
1.14	沉砂池	37
	例 題	41
	演習 A	64
	演習 B	66

第二章 蓄水庫

2.1	位置之選定	69
2.2	蓄水容量	71
2.3	溢流型溢洪道之斷面	77

第三章 地下水工

3.1	採水方式	92
3.2	滲透係數	92
3.3	影響圈	95
3.4	水 井	96
3.5	集水暗渠	104
	例 題	108
	演習 A	126
	演習 B	127

第四章 抽水設施

4.1	抽水量	129
4.2	揚 程	129
4.3	動力容量	130
4.4	抽水機	131
4.5	原動機	133
4.6	深井用抽水機	134
	例 題	134
	演習 A	136
	演習 B	136

第五章 用水路

5.1	水路之坡降分配	137
-----	---------	-----

5.2	水路之容許流速·····	139
5.3	平均流速公式·····	140
5.4	明渠之斷面·····	142
5.5	明渠斷面計算法·····	143
5.6	水路之各種損失水頭	146
5.7	倒虹吸管以及管路·····	154
5.8	水路之漸變段·····	156
5.9	水路之出水高度·····	157
5.10	常流與射流，臨界水 深以及水躍·····	158
5.11	變速流水路·····	163
	例題·····	165
	演習A·····	187
	演習B·····	188

第六章 量分水設施

6.1	潛孔口·····	190
6.2	量水堰·····	192
6.3	臨界水流量水計·····	194
6.4	巴歇爾量水槽·····	197
6.5	文托利水錶·····	204
6.6	閘門分水工·····	204
6.7	縱隔分水工·····	207
6.8	射流分水工·····	207
6.9	圓形分水工·····	209
	例題·····	210
	演習·····	219

第七章 跌水工，陡槽

7.1	垂直跌水工·····	222
7.2	傾斜跌水工·····	233
7.3	陡槽·····	237
7.4	階段跌水工，阻壁跌	

水工，圓筒跌水工·····	239
例題·····	240
演習A·····	252
演習B·····	253

第八章 調整池

8.1	蓄水庫之調整作用·····	254
8.2	池塘·····	255
	例題·····	256
	演習·····	258
	演習答案·····	258

第一章 渠首工

〔要點〕 於農業水利中，爲著將河川之水導入於用水路而所設置之工程，謂之渠首工（head works）。首先應就河川狀況，工程費等選擇位置；決定截堵方式、堰頂標高、固定堰與活動堰之比率；施行計劃灌水時之迴水計算；檢討因築造堰後之上游水位之上升。其次，施行設計固定堰本體與其上游部；以及施行設計可當作爲活動堰之冲砂道與防洪閘，予以決定其斷面與墊高等。又應從取水機能之確保以及維持管理等檢討進水口、魚梯、筏道、沉砂池之形狀。至於有關固定堰、活動堰、進水口、附屬設備等之設計，若能施行水力模型試驗，則更爲理想。

1-1 位置之選定

渠首工之位置選定，應考慮以下各點之基本事項。

- (1) 必須要能確保灌溉受益地爲了導水而所需之取水位，並且爲了減少導水工程費以及方便維持管理，應儘可能接近受益地。
- (2) 流心應安定，且接近取入河岸；同時河床不會因洪水而發生大變化之處。
- (3) 構造上安定且工程費便宜。
- (4) 壅昇迴水對上下游之影響應小。
- (5) 工程施工便利之處。

1-2 一般設計方針

a. 型式之選定 應考慮岩盤之深淺，完全止水之要否，以及冲刷之狀況，作爲選定固定型（fixed type）或浮動型（floating type）之依據。

固定型：係爲岩盤距離河床之位置甚淺，堰體可以直接構築於岩盤上之場合。

浮驗型：係爲岩盤在很深之位置或根本沒有岩盤，因此堰體必須設置於

土砂、砂礫等之自然河床上之場合。

b. 截堵方式 原則上係取與河川成直角，一直線地截堵。此方式雖可分為將整個河床之寬度均截堵之場合；與僅將複斷面河川之深槽（低水鋪墊）全面截堵之場合。但應從治水、利水諸條件等考慮決定使用以下各種方法。(1)全面可動；(2)部分可動（一部分固定，一部分可動）；(3)全面固定。

c. 堰頂標高 堰頂標高可依據次式決定之。

堰頂標高 = 計劃取水水位 - { (枯水量 - 取水量之溢流水深) } + 餘裕高

但，計劃取水水位 = 導水路起點之計劃水位 + 進水口至導水路起點為止之總損失水頭。餘裕高可假定為 10~15 cm。

通常，忽視式中右邊第 2 項之情形較多。

d. 固定堰與活動堰之比率 固定堰與活動堰之比率，在計劃洪水時之壅昇迴水容許範圍內，應儘量讓固定堰所佔之比率大些。亦即當輸送計劃洪水流量（以往最大或依計算所求得之流量。若河川有修改計劃時，則為其最大洪水流量）時，若可以判斷即使僅用固定堰也不致於發生毛病時，則僅將沖砂道所必要之寬度作為活動堰即可。否則若僅用固定堰會使得上游帶來壞影響時，則除了沖砂道之活動堰外，尚應設置其他之活動堰。

首先，假定計算之已知條件為：計劃洪水流量 Q (m^3/s)，如圖 1-1，1-2 所示，河床至固定堰頂以及至活動堰鋪墊之高度分別為 D_f ， D_m ；固定堰頂至下游水面之高度以及活動堰之鋪墊至下游水面之高度分別為 h_{f2} ， h_{m2} 。

今，假定固定堰以及活動堰之長度為 L_f ， L_m ，而上游溢流水深分別為 h_{f1} ， h_{m1} ，並推算從固定堰以及活動堰流下之流量 Q_f ， Q_m 。由試算求得滿足條件式 $Q = Q_m + Q_f$ 之上游溢流水深。

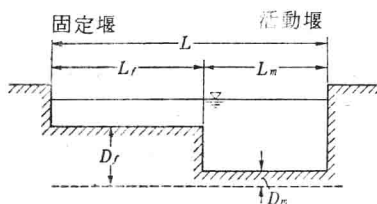


圖 1-1 試算模式圖

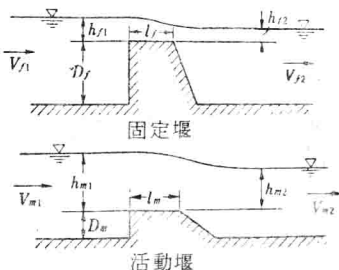


圖 1-2 試算模式圖

其次，檢討對上游之迴水影響，決定 h_1 是否適當。若 h_1 過大，可變大活動堰之長度 L_m ，再度反覆試算之。試算雖然分爲①堰高與溢流水深比較之，顯爲相當高之場合，②極低之堰，和有堰柱之場合。但於此將僅就①之場合敘述其計算方法。

圖 1-2 之固定堰之情形（有關活動堰亦同）

(1) 若 $h_{r2} \leq \frac{2}{3} h_{r1}$ 則爲完全溢流

$$Q_r = CL_r h_{r1} \sqrt{2gh_{r1}} = kL_r h_{r1}^{\frac{3}{2}} \quad (1-1)$$

Q_r ：從固定堰流下之流量（ m^3/s ）。

C ：完全溢流係數（表 1-1）。

L_r ：固定堰之長度（ m ）。

h_{r1} ：上游側溢流水深（ m ）。

若 $h_{r1} > \frac{1}{2} D_r$ ，應加以接近流速水頭 $\frac{V_{r1}^2}{2g}$

$$\left[\text{但 } V_{r1} = \frac{Q_r}{L_r (h_{r1} + D_r)} \right]$$

h_{r2} ：固定堰堰頂至下游水面之高度（ m ）。

$k = C\sqrt{2g}$ （概算之場合， $k \div 2.0$ ）

(2) 若 $h_{r2} > \frac{2}{3} h_{r1}$ ，則爲潛堰

$$Q_r = C' L_r h_{r2} \sqrt{2g(h_{r1} - h_{r2})} \quad (1-2)$$

C' ：潛堰之係數（表 1-1）。

(1-1)，(1-2)式中之 L_r 若爲可動堰，則應修正橋墩以及堰柱之邊束縮，而假定爲 $L_m - 0.04 nh_{m1}$ （ n 爲邊束縮之處數）。 C 與 C' 值，若有與堰形狀或其他條件相近似之實驗值，則逕使用其值。溢流部因有稍加修成圓形，故可考慮爲接近溢流形之流量係數。當堰頂寬 l_r 比溢流水深爲大時（ $l_r > h_{r1}$ ）或淤砂至堰頂之場合，則應用下式較爲安全。

$$h_{r2} \leq \frac{2}{3} h_{r1} \quad \text{時} \quad Q_r = 1.70 L_r h_{r1}^{\frac{3}{2}} \quad (1-3)$$

$$h_{r2} > \frac{2}{3} h_{r1} \quad \text{時} \quad Q_r = 0.95 L_r h_{r2} \sqrt{2g(h_{r1} - h_{r2})} \quad (1-4)$$

表 1-1 完全溢流與潛堰之係數

斷 面 形 狀	完全溢流係數 C	潛堰之係數 C'
下游面坡度 3 / 5 以下 (上游面為垂直 ~ 3 / 4)。	$0.31 + 0.23 \frac{h_1}{D}$	2.6C
下游面坡度 1 / 1 左右 (上游面為垂直 ~ 3 / 2)。	$0.29 + 0.32 \frac{h_1}{D}$	2.6C
下游面坡度 3 / 2 左右 (上游面為垂直 ~ 3 / 1)。	$0.28 + 0.37 \frac{h_1}{D}$	2.6C
矩形斷面 $h_1 / l < 1/2$	0.35	2.6C

表 1-1 為本間氏從實驗所求得之流量係數之值，適用於 $h_1 < \frac{2}{3} D$ 之範圍。

1-3 壅昇水位

於河川築造引水堰時，上游水位將被壅昇而形成迴水曲線。計算此迴水曲線所使用之方法甚多，此處將敘述有關(a)布里斯 (Bresse) 之方法，(b)伊斯科非—雷珍—查第蘭 (Escoffier - Raytchine - Chatelain) 之方法，(c)逐步計算法。

a. 布里斯之方法 壅昇迴水曲線之情形，希里斯式係用 (1-5) 式表示。

$$l = \frac{h_b - h}{i} + \frac{h_o}{i} \left\{ 1 - \left(\frac{h_o}{h_b} \right)^3 \right\} \left\{ B \left(\frac{h_o}{h} \right) - B \left(\frac{h_o}{h_b} \right) \right\} \quad (1-5)$$

$$h_o = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 C_o^2 i}} = \left(\frac{nQ}{b i^{1/2}} \right)^{5/3} \quad (1-6)$$

$$C_o = \frac{R^{1/6}}{n} = \frac{h_o^{1/6}}{n}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g b^2}} \quad (1-7)$$

i ：河床坡降， l ：引水堰至上游任意地點之水平距離(m)，

h_o ：等速流水深(m)， h ：引水堰至上游 l (m) 之水深(m)，

h_c ：臨界水深(m)， h_b ：引水堰地點之水深(m)，

b ：河川之寬度(m)， Q ：河川流量 (m^3/s)，

C_o ：希蔡 (Chezy) 式之係數，

n ：曼寧 (Manning) 式之糙率，

R ：水力半徑(m)， α ：常數 (1.0 ~ 1.1)，

又，(1-5) 式右邊之 B 函數，示於表 1-2。

b. 伊斯克非-雷珍-查第蘭之方法 此法係將逐步計算法用作為圖解法者。

圖 1-3 中，於斷面 i ， $i+1$ 之 2 斷面間，應用柏諾利 (Bernoulli) 定理，導出 (1-8) 式。

$$(Z_{i+1} + h_{i+1}) - (Z_i + h_i) = -Q^2 \left\{ \left(\frac{\alpha}{2gA_{i+1}^2} - \frac{\Delta x n^2}{2R_{i+1}^{4/3} A_{i+1}^2} \right) \right. \\ \left. \left(\frac{\alpha}{2gA_i^2} + \frac{\Delta x n^2}{2R_i^{4/3} A_i^2} \right) \right\} \quad (1-8)$$

表 1-2 布里斯之B 函數表

$\frac{h_0}{h}$	$B(\frac{h_0}{h})$	$\frac{h_0}{h}$	$B(\frac{h_0}{h})$	$\frac{h_0}{h}$	$B(\frac{h_0}{h})$	$\frac{h_0}{h}$	$B(\frac{h_0}{h})$
0.999	3.0903	0.938	1.7148	0.770	1.2810	0.390	0.9848
0.998	2.8592	0.936	1.7042	0.765	1.2740	0.380	0.9807
0.997	2.7241	0.934	1.6940	0.760	1.2672	0.370	0.9768
0.996	2.6282	0.932	1.6841	0.755	1.2605	0.360	0.9729
0.995	2.5538	0.930	1.6744	0.750	1.2539	0.350	0.9692
0.994	2.4930	0.928	1.6650	0.745	1.2475	0.340	0.9656
0.993	2.4417	0.926	1.6559	0.740	1.2412	0.330	0.9622
0.992	2.3971	0.924	1.6470	0.735	1.2351	0.320	0.9588
0.991	2.3579	0.922	1.6384	0.730	1.2290	0.310	0.9555
0.990	2.3228	0.920	1.6300	0.725	1.2231	0.300	0.9524
0.989	2.2910	0.918	1.6218	0.720	1.2173	0.290	0.9494
0.988	2.2620	0.916	1.6138	0.715	1.2116	0.280	0.9464
0.987	2.2353	0.914	1.6059	0.710	1.2060	0.270	0.9436
0.986	2.2106	0.912	1.5983	0.705	1.2006	0.260	0.9409
0.985	2.1876	0.910	1.5908	0.700	1.1952	0.250	0.9383
0.984	2.1661	0.908	1.5835	0.690	1.1847	0.240	0.9359
0.983	2.1459	0.906	1.5764	0.680	1.1746	0.230	0.9335
0.982	2.1268	0.904	1.5694	0.670	1.1649	0.220	0.9312
0.981	2.1088	0.902	1.5625	0.660	1.1555	0.210	0.9290
0.980	2.0917	0.900	1.5558	0.650	1.1464	0.200	0.9270
0.979	2.0755	0.895	1.5396	0.640	1.1375	0.180	0.9231
0.978	2.0600	0.890	1.5242	0.630	1.1290	0.160	0.9197
0.977	2.0452	0.885	1.5094	0.620	1.1207	0.140	0.9167
0.976	2.0310	0.880	1.4953	0.610	1.1127	0.120	0.9141
0.975	2.0174	0.875	1.4818	0.600	1.1049	0.100	0.9119
0.974	2.0043	0.870	1.4688	0.590	1.0974	0.080	0.9101
0.973	1.9917	0.865	1.4563	0.580	1.0901		
0.972	1.9796	0.860	1.4443	0.570	1.0830		
0.971	1.9679	0.855	1.4327	0.560	1.0761		
0.970	1.9566	0.850	1.4215	0.550	1.0694		
0.968	1.9351	0.845	1.4106	0.540	1.0629		
0.966	1.9149	0.840	1.4001	0.530	1.0566		
0.964	1.8959	0.835	1.3900	0.520	1.0504		
0.962	1.8778	0.830	1.3802	0.510	1.0445		
0.960	1.8608	0.825	1.3706	0.500	1.0387		
0.958	1.8445	0.820	1.3613	0.490	1.0331		
0.956	1.8290	0.815	1.3523	0.480	1.0276		
0.954	1.8142	0.810	1.3436	0.470	1.0223		
0.952	1.8000	0.805	1.3350	0.460	1.0171		
0.950	1.7864	0.800	1.3267	0.450	1.0121		
0.948	1.7734	0.795	1.3186	0.440	1.0072		
0.946	1.7608	0.790	1.3108	0.430	1.0024		
0.944	1.7487	0.785	1.3031	0.420	0.9978		
0.942	1.7370	0.780	1.2955	0.410	0.9934		
0.940	1.7257	0.775	1.2882	0.400	0.9890		

式中，令：

$$F_i = \frac{\alpha}{2gA_i^2} + \frac{\Delta x n^2}{2R_i^{4/3} A_i^2}$$

$$G_{i+1} = \frac{\alpha}{2gA_{i+1}^2} - \frac{\Delta x n^2}{2R_{i+1}^{4/3} A_{i+1}^2}$$

則 (1-8) 式爲：

$$(Z_{i+1} + h_{i+1}) - (Z_i + h_i) = -Q^2 (G_{i+1} - F_i) \quad (1-9)$$

$$\frac{(Z_{i+1} + h_{i+1}) - (Z_i + h_i)}{(F_i - G_{i+1})} = Q^2 \quad (1-10)$$

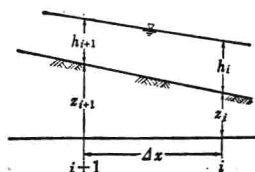


圖 1-3 圖解法之模式圖

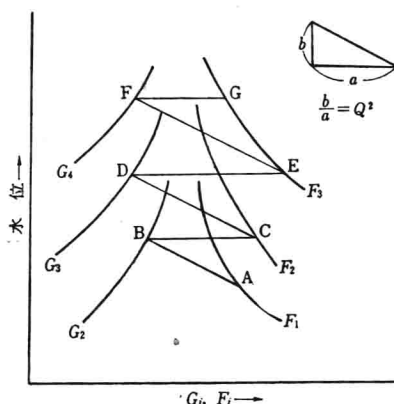


圖 1-4 水位與 F_i, G_i 之關係模式圖

(1-9) 式右邊之 G_{i+1} , F_i 均爲水位之函數，故在各斷面實測或計算求水位 ($h_i + Z_i$) 所對應之斷面積 (A_i)，水力半徑 (R_i)，然後計算 F_i ， G_i 即可描繪如圖 1-4 所示之圖形。

首先於斷面 1，由所給予之條件，在圖 1-4 所示之 F_1 曲線上繪 A 點。通過 A 點用 $-Q^2$ 之坡度畫一直線，若其與 G_2 曲線之交點爲 B，則 B 點之水位表示斷面 2 之水位。其次，由 B 點畫水平線，求其與 F_2 曲線之交點 C，由 C 點用 $-Q^2$ 之坡度畫一直線，求其與 G_3 之交點 D，則 D 點之水位表