

科學圖書大庫

水資源開發與河川水文學

編著者 張玉田

徐氏基金會出版

01194
T699.1.1

科學圖書大庫

水資源開發與河川水文學

編著者 張玉田

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 呂幻非

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十四年一月廿三日初版

水資源開發與河川水文學

基本定價 2.80

編著者 張玉田 國立成功大學教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，發發「刷掛」書回調換。 謝發惠顧

局版台業字第3033號

出版者 財團 徐氏基金會出版部 臺北市郵政信箱 13-306 發

發行者 財團 徐氏基金會出版部 郵政劃換帳戶 00157952 發

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 9221763號
9271575號
9271576號
9286842號

電話 9719739號

自序

近世，由於文明進步，物質發展，百年銳於千載。於是乎各標的用水之需求驟增，對水資源開發，重覆利用與水量合理分配等論題，遂成為當前經濟發展之重要環節。本書係針對水資源工程實務與研究之需要，分別探討水資源開發與河川文學之相關問題。全書共分三篇十四章。

第一篇係綜論水資源開發，其中第一章係闡釋水資源之定義、水文循環、水資源利用之歷史淵源以及水資源涵養等課題，並以台灣地區以及世界各地之水資源狀況作量化描述。第二章係闡述水資源開發之技術內容以及河流計畫趨勢等課題，並就台灣地區水資源長期開發之一般準則與規劃方向作具體研析。第三章係闡明集水區經理與規劃時之相關注意事項以及經濟問題考慮。

第二篇係針對水資源開發時由降水量推算逕流量或係由逕流量推算未來時刻某特定地點逕流量之各種河川水文逕流模式作詳細推衍、解析與實測演算，其中包括第四章之單位歷線法、第五章之逕流函數法、第六章之蓄蓄函數法、第七章之特性曲線法、第八章之特性曲線圖解法、第九章之水筒模式法以及第十章之Muskingum法等。

第三篇係著重在與河川水文學有關之時間數列分析，其中包括第十一章之機率過程解析與預測，第十二章之月流量時間數列解析及預測、第十三章之Kalman Filter 估計理論及應用以及第十四章之Monte Carlo 機率模式及應用。

本書內容涵蓋目前所有水資源開發與河川水文學之論題及常用模式，且各有關模式之推衍書中各章節均作詳細推證與述明，尤其對於各模式之解析過程，書中均警舉國內外實例演算與說明，俾利讀者作全盤瞭解與參照推廣應用。

編寫本書期間，承蒙成功大學工學博士徐享崑先生協助編排，成功大學工學碩士詹明勇君、工學碩士葉陳尊君協助整理與校對，研究助理陳清田君、徐享權君、洪集欽先生等協助謄寫，林國琛先生協助繪圖，謹此致謝。又

本書部份模式之解析過程，曾蒙日本京都大學岩垣雄一教授及法政大學西谷隆亘教授之指正，在此一併申謝。

本人不揣謏陋，編寫此書，尚希學者專家，勿吝賜正，俾作再版時之參考，實感幸甚。

國立成功大學教授 張玉田
日本國立京都大學工學博士
序於中華民國七十三年八月一日

目 錄

自 序	I
第一篇 水資源開發	1
第一章 水資源	3
1-1 水資源之定義	3
1-2 水之循環	3
1-3 水資源利用之歷史	5
1-4 水資源之來源	6
第二章 水資源之開發	23
2-1 水資源之調查	23
2-2 水資源之有效率	24
2-3 需水量之調查	26
2-4 河流計畫之趨勢	27
2-5 台灣地區水資源長期開發之一般準則	28
2-6 台灣地區水資源開發利用規劃方向	28
第三章 集水區之經理	30
3-1 集水區經理之定義	30
3-2 集水區經理與森林	31
3-3 集水區經理與農地之水土保持	32
3-4 集水區經理規劃	33

第二篇 河川水文學：逕流解析	37
第四章 單位歷線法	39
4-1 概 述	39
4-2 流量過程線成分之分離	41
4-3 單位歷線之繪製法	42
4-4 計算例	44
第五章 逕流函數法	48
5-1 概 述	48
5-2 逕流函數	49
5-3 逕流函數之性質	50
5-4 計算例	53
第六章 滯蓄函數法	58
6-1 概 述	58
6-2 滯蓄函數法之理論	60
6-3 流域滯蓄函數及其特徵	64
6-4 一次逕流率，飽和逕流率及飽和雨量	66
6-5 遲延時間	67
6-6 滯蓄函數洪水演算方式	67
6-7 計算例	70
第七章 特性曲線法	114
7-1 概 述	114
7-2 基本方程式	114
7-3 以特性曲線法作逕流解析	119
7-4 斜面計算法	123
7-5 河道計算法	125
7-6 計算例	127

第八章 特性曲線圖解法	131
8-1 概 述	131
8-2 計算例	132
第九章 水筒模式法	149
9-1 概 述	149
9-2 水筒流出量、滲透量之計算說明	151
9-3 水筒流出之特徵	151
9-4 水筒模式之特徵	153
9-5 計算例	154
第十章 Muskingum法	156
10-1 概 述	156
10-2 計算例	157
第三篇 河川水文學：時間數列	161
第十一章 機率過程之解析及預測	163
11-1 定常機率過程概述	163
11-2 自回歸過程中之係數與數列相關係數之關係	168
11-3 自回歸過程係數之決定	169
11-4 移動平均過程之加權係數與時間數列相關係數之關係	172
11-5 移動平均過程之解析	174
11-6 移動平均過程係數之決定	175
11-7 過程次數之決定（偏自相關係數）	177
11-8 非定常機率過程概述	178
11-9 時間數列之預測	182
第十二章 月流量時間數列之解析及預測	184
12-1 以相關數圖分離週期成份	184
12-2 蘭陽溪月流量時間數列之機率變動成份之解析	190
12-3 計算例	201

第十三章 Kalman Filter之理論及應用	208
13-1 概 述	208
13-2 Kalman 之 Filtering 理論及公式之誘導	209
13-3 計算例	216
第十四章 Monte Carlo法之理論及應用	222
14-1 概 述	222
14-2 機率模式之公式	222
14-3 Markov 過程中參數之推定	223
14-4 推定隨機成分之機率分配	224
14-5 隨機號碼之發生與Monte Carlo 法	225
14-6 計算例	230
14-7 回歸線之檢定	241
14-8 χ^2 檢定	242
參考文獻	243
索 引	245

第一篇 水資源開發

第一章 水資源

1-1 水資源之定義

人類於生活需要上，產生各項物質之源泉，稱為資源。在資源中，主要者有水資源、土地資源、礦產資源等三種。

任何重要之資源，如其產量豐富而不需要資力即可輕易獲致者，則無需考慮資源開發之問題。惟需付代價方可獲致者，始有資源開發之問題發生。譬如空氣在人類生存需要上，是不可或缺之要素之一，但在一般意識中，不被稱為資源；如一旦在大氣圈中之空氣遭受污染，人類生活受到威脅，必須付出代價予以淨化，則此淨化之空氣即成為資源。水資源問題亦然，如可自由獲得，即不構成資源開發之種種問題，惟因近世文化進步，物質發展，百年銳於千載，於是乎需水量驟增，故水資源開發，利用及合理分配等論題，乃當前經濟發展重要之課題。

1-2 水之循環

自天空降下之雨、雪流集河川，再注入於海。自海之表面及地表面蒸發昇入大氣中液化成雲，再成雨、雪降於地上。這一連串之現象，稱為大氣中水之循環。

這些現象雖一言稱為循環，但其過程頗為複雜。雖在雨雪不降之期間，各地之河川仍有流水自上而下。推其原因，係曾經降在地面上之雨及雪，一度滲入土壤中，成為地下水，後再湧出流入河中所致。

雨及雪降下時，其中一部份流入河中，餘者滲入地中成為地下水，或積存於地面窪地，或被生長在地面上之植物短暫遮住。如雨繼續降下，植物則無能再繼續遮住雨水，地面窪地亦無能再繼續蓄存雨水，而地下水亦逐漸飽和。如雨仍繼續不停再降下時，則所降之雨水幾乎全部流入河中。

如降雨停止，則自植物之表面、窪地、濕地開始蒸發，河川則因地下水之湧出，而維持流水狀態。

如地面之溫度在零度C以上時，則其上部雪及冰之一部份融化，融化之水，則增加窪地之水量，或成爲地下水，或流入河中。如地面之溫度在零度C以下時，雪及冰均不能融化，故在冬季期間，河川之流量依氣溫之變化會有所增減。

海洋面積佔地球表面積之71%，故自海面之蒸發量遠大於陸地。圖1-1所示者爲海洋與陸地間水文循環概要。圖中所示，自海面之蒸發量（383 兆 m^3 ）爲落於海洋中之降水量（346 兆 m^3 ）與自陸地流入海洋中之河溪逕流及地下逕流量（37 兆 m^3 ）之和。落於陸地上之雨雪降水量（99 兆 m^3 ）爲自海洋中吹到陸地之水汽量（37 兆 m^3 ）與自陸地之蒸發量（62 兆 m^3 ）之和。由此可知，降落於陸地之水量（99 兆 m^3 ）爲自陸地之蒸發量（62 兆 m^3 ）與自陸地之河溪及地下逕流流入海洋中之水量（37 兆 m^3 ）之和。圖1-1所示者僅係水之循環概要圖。降落於陸地之水量（99 兆 m^3 ），其一部份流行於河溪中，可供吾人利用者稱之爲可用水量（Available water），可用水量包括公共給水、工業用水、農業用水及水力發電用水等，對於人類生存活動係一種不可或缺之資源之一。重視水文循環之機制，增加可用水量，乃係當前重要之課題。

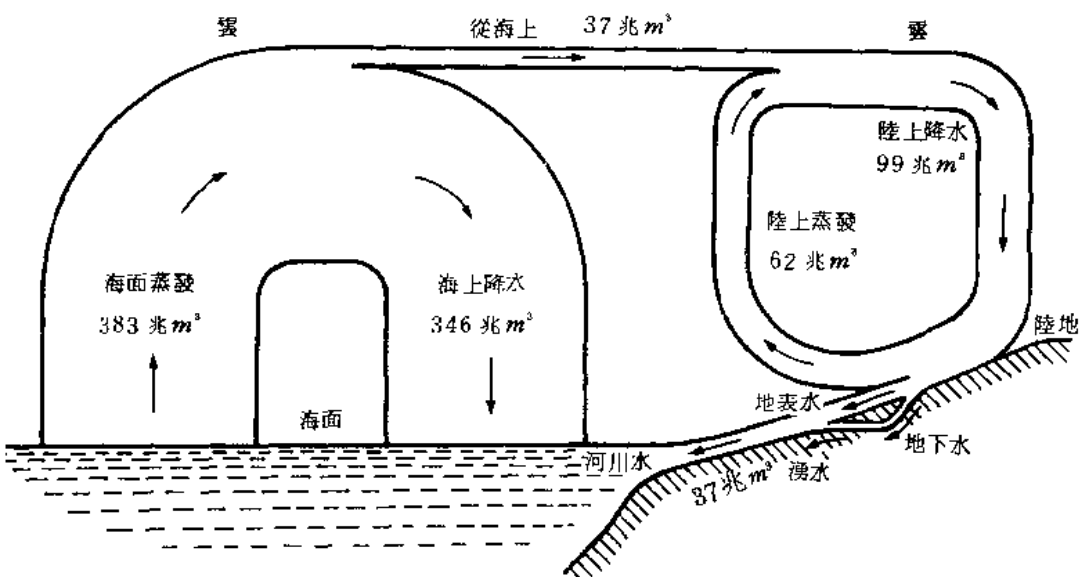


圖 1-1 海洋與陸地間水文循環概要

1-3 水資源利用之歷史

1. 水資源與農業

我國以農立國，自伏羲氏教民畜牧，神農氏發明農耕，黃帝帝妃嫫祖植桑養蠶，凡此皆為以農建國之史實。惟農業之發展，首賴水資源之利用。故大禹疏水，變荒田為沃土，中原因而大定，社會繁榮進步，足見水資源不僅對農業之興衰關係密切，在促進社會文明方面，亦有其重大之功能。綜觀歷史上，因水資源之缺乏，因而影響文明之發展，甚至衰弱者，其列比比皆是，不勝枚舉。就地理分佈之情形而言，古之埃及，以及我國之西北地帶，往昔為古文明之發源地，較之其他地區遠為進步，蓋因其有大河流而水資源可互為調配之故，據歷史記載，埃及金字塔及樓蘭城廢墟內，仍可發現高等農作物之遺跡，迨後，或許由於水源匱乏，氣候異常；或許由於人為之破壞自然生態，乃至衰微而荒落。延至近世，復因新地區資源之開發，原漸衰落之處，益形顯得落後不堪矣，綜上所述，足徵水資源重要性之一般。

2. 水資源與都市

都市之形成與集中，為社會經濟發展之必然結果，惟都市形成後，人口集中，水資源之重要性益見增加。在農村，人民多濱水而居，形成小聚落，農業用水，及民生飲用水均不虞缺乏。即使不近江河，亦可掘井汲水，或引泉水使用，用水不致有何問題。尤以游牧民族，逐水草而居，因其本身問題簡單，較易解決。惟都市人口密集，而水又為民生不可缺少之資源，大量人口，需要大量水資源供應，方足以使民生安定，故初期之都市多近水發展，近代都市建設，均以開發足夠之水源引為首要之務，足見水資源與都市之形成及發展，其間關係之密切。即以都市之能否形成，端視水資源之是否能充分供應而定，此說亦不為過。

3. 工業革命後之水資源利用

雖然工業革命並非因水而起，惟水資源利用之刺激亦同時對工業革命產生莫大之影響，則為事實。首先，機械力之需要，水藉煤炭之熱能而轉變為機械能，經發電機而轉變為電力能，輸送至各地，無遠弗屆；再經馬達轉回為機械能，或直接變為熱能，給予工業生產帶來諸多方便與動力，使原不產石油及煤炭之地區，得因而建立各有關工業。促進工業發達與經濟繁榮，水

資源提供了重大之貢獻，較之初期，只能用水車之情形實不啻天壤。尤以近代之都市形成後，工廠用水量為增加，工業用水與公共給水之重要性益形顯著。

4. 水資源之價值及其利用趨勢

由於歷史、文化、工業之發展，水資源所擔負之責任，亦愈為重要，其原因如下：

- (1) 水資源為一循環之資產，可取之不盡、用之不竭。誠非如煤炭石油等，雖亦可產生能源，然其終有一日窮其源而竭之情形可比。
- (2) 水資源為動植物維繫生命不可或缺之物，同時亦無他物可以替代，而且實際上，動植物個體之構成，亦以水為其主要部份，故其重要性誠難以筆墨予以羅述。職是之故，水資源之用途，依其不可替代性之程度，而決定其用途之優先次序如下：（根據水利法第 18 條規定）

- a 家用及公共給水
- b 農業用水
- c 水力用水
- d 工業用水
- e 水運
- f 其他用途

1-4 水資源之來源

1. 水之涵養

由 1-2 節水循環現象，吾人得知，水由大氣層以降水之方式回返地球表面，其中回到陸地之部份，最初為地表覆蓋植物截留，其一部份直接由葉面蒸發而昇入大氣中；如降水繼續增加，則雨水必落至地面為土壤吸收，滲入地下。且若降水再增加，超過土壤之吸收能力（入滲率）時，超滲雨量即沿地面坡度流動而形成地表逕流。蓋因大雨時，葉面蒸發量與地面蒸發量其量甚微，且入滲量與降水量相較為少，故地表逕流量佔降雨量之比例甚大。而人類所能使用者為地表逕流與地下水流兩種。因此一般所謂水資源之開發亦僅就此兩種水流而言。其中尤以地表逕流為重要，茲逐項說明其狀態如后：

(1) 地表逕流

地表逕流為人眼可見之地面水流，降水之大部份均經此過程而注入於

河海。在地球表面上因地球引力之作用，水必由高處向低處移動，而人類則在其流動過程中，利用其量與位能，得其所需，達其欲能。

a 地表逕流量

地表逕流量之多寡，因降雨強度、時間及地表面之狀態而變化。一般係以逕流率表示之。即逕流量與降水量之比稱為逕流率。通常降雨強度愈大，降雨時間愈短，地表面覆蓋物愈少，則逕流率愈大。此值對集水區之開發及水資源區域規劃具有實值之意義。

b 比流量

比流量為在某一流域面積內，平均單位面積之最高逕流流量。通常集流時間愈短，或降雨強度及一次降水量愈大，則比流量亦愈大。此值對洪水量之估計甚為重要。

c 逕流之時間變化

因各區域之水收支未必隨時均能平衡，故產生之逕流量，其大小亦隨時變化。但無論如何，於雨季時其逕流量必大，旱季時必少甚至於枯竭。而逕流之變化愈大，則表示該地區之水資源利用或調配愈為困難，愈需要以人工作季節性之調節。

(2) 地下水流

對一個水系流域而言，除湖沼之外，其水收支可作濟緩之作用者，僅地下水而已。而後者之功能較前者尤大。地下水流雖有一部份以湧泉之形式轉變為地表逕流，但仍有大部份靜靜地經過地下而注入海洋。對此不再露出地表之地下水流，因其毫不損失地保持水源所供給之水量，所以在離河流較遠或河川流量經常枯竭之地區，地下水流可說是最重要之水資源。近些年來，由於科技發展，電子計算機之高度應用，精密之探測儀器及有限元素法 (Finite Element Method) 之普遍應用，使地下水流之研究已逐漸形成一專門學問，對於水資源之開發深具影響。

2. 台灣地區之水資源

(1) 降水量

台灣位於亞熱帶，又正位於颱風通過頻繁之地帶，故降水量極豐富，潤濕程度很高。台灣地區土地總面積為 36,002 平方公里，平均年降水量為 2510 公厘，相當於 904 億立方公尺之水量，其中約 75 % 成為河川逕流，約合 675 億立方公尺，21 % 為蒸發量，約合 189 億立方公尺，如圖 1-2 所示。因台灣本島有中央山脈縱貫其間，致使台灣各地區氣候條件有所變異，降水

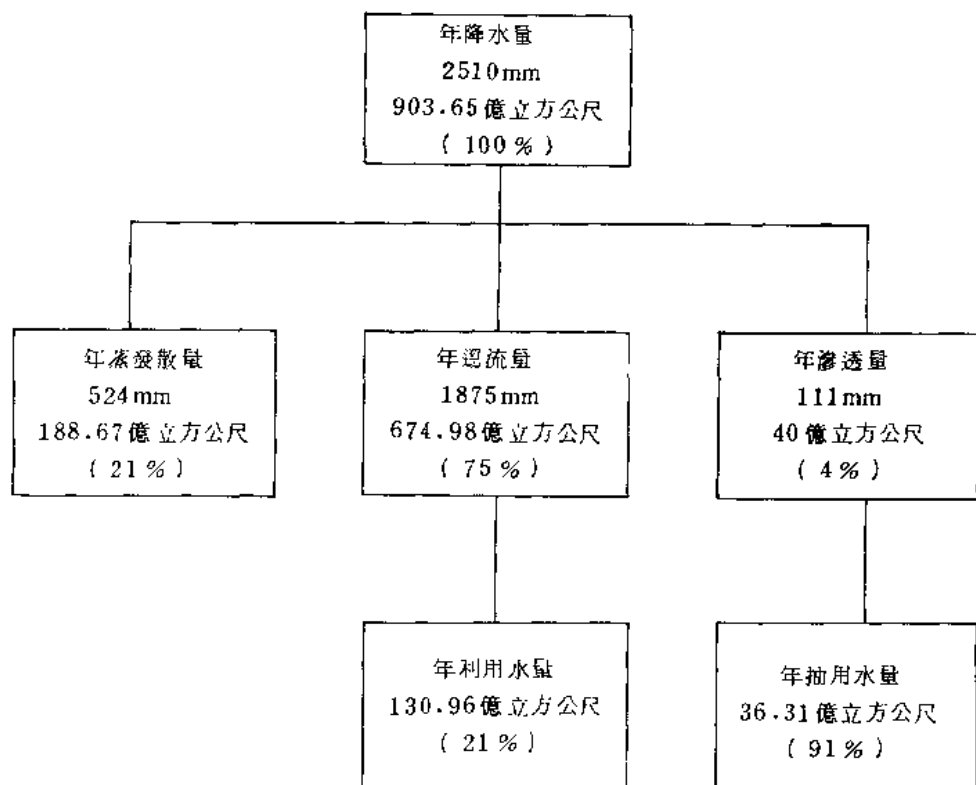


圖 1-2 台灣地區水平衡示意圖

量之時空分佈亦極不均稱。

影響台灣地區雨季之因素有四：

a 颱風雨

係屬非鋒面型熱帶氣旋雨，對本省之水資源影響甚鉅。進襲台灣之颱風多發生於北緯 5 度至 10 度之間，一在馬紹爾群島附近，一在南中國海。該地區由於太陽終年直射，且水分充足，蒸發量巨大，水汽昇高時，隨海面空氣而挾帶上升，致使海洋空氣稀薄，北面之冷空氣隨即楔入。上升速度愈大，則楔入速度愈大，移動速度因而加劇，造成氣流之極端擾動，乃形成颱風