

721622

實用水文學

5112

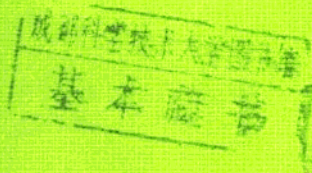
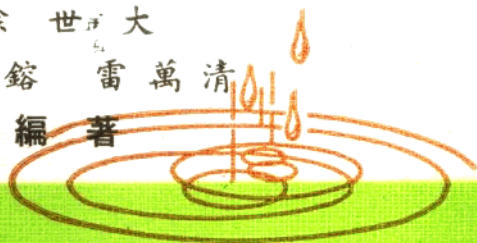
2844

358

主編 徐世大

朱紹鎔 雷萬清

編著



東華書局印行

實用水文學

PRACTICAL HYDROLOGY

徐世大
朱紹鎔 雷萬清
編著

東華書局印行



版權所有・翻印必究

中華民國五十九年六月初版

中華民國七十二年六月十五版

大專
用書

實用水文學 (全一冊)

定價 新臺幣一百五十元整

(外埠酌加運費滙費)

編著者	徐世大	朱紹銘	雷萬清
發行人	卓	鑫	森
出版者	臺灣東華書局股份有限公司		
	臺北市博愛路一〇五號		
	電話：3819470 郵撥：6481		
印刷者	合	興	印 刷 廠

行政院新聞局登記證 局版臺業字第零柒貳伍號
(58023)

序

個人在水資源建設事業的服務和水資源工程學的講授已經四五十年，即水文學一科，在國立台灣大學講授的時間也有十五年之久，所以在翻譯聯合國亞洲暨遠東經濟委員會出版的“水文語彙”之後，即開始寫一本水文學，不料寫稿不久，裝稿紙的公事包被人認為有貴重文件在內而竊去不還，嗣後即以他事未能繼續。朱君紹鎔繼余授水文學於臺大，去歲與雷君萬清共同編著本書，而請益於余，喜宿願得酬，遂以個人的編著意見告知，即本書分為三篇的緣起而有異於一般水文學教科書之處。兩君又請以余名冠編著人之首，鑒於國外博士論文發表於刊物時，時常以其指導教授為共同著作人，也不敢堅辭。不過水文學的發展，從第二次世界大戰以來，可稱一日千里，浸淫乎將從應用科學踏入純科學的領域；尤其從聯合國國際文教組織發起國際水文十年以來，世界各國的學人在水文學方面的貢獻，更在加速發展。本書的編者雖已博採最近資料和理論，以急於問世，錯誤與遺漏在所難免，極盼講授者和讀者隨時摘告，以便再版時得以修改。

本書雖為供教學之用，但亦可供參考。在土木工程學方面固屬基本智識的一部分；在其他工程及實業建設方面，凡與水有關的部分，都須有水文學的相當認識，才可順利完成任務而不致發生意外。所以，尤其第一篇，也可供一般讀物之用。水文學範圍的廣泛和目前人類對這門科學所知的淺薄，而人類對水資源的開發又日益感覺其需要，有志於科學研究而思迎頭趕上其他各國的成就者，這是最有前途的科學之一。我想讀這部書的學生們，如有不滿足的感想，正可再作深入的研究。又由於國內各大專院校，授此科的時間不盡相同，採用本書作教科書的教授們也不妨加以刪略或補充；尤其習題，除極少數理論方面的演繹，多應從實有的資料推算，希望教授們另加搜集以供學生們的練習。

最後，個人特別感謝兩位實際編著者的辛勤和東華書局的贊助，使本書得以早日問世。

中華民國五十八年九月

徐世大序於台北市國立台灣大學

編 者 的 話

地球上一切生命皆基於水，無水則死。然而經濟的利用水却是近百年來的事，以流域整體開發水資源則是新近才有的觀念。可是要達到“水旱從人”的境地，就非作全球性的水文研討不可。因此，聯合國國際文教組織爲了向此一目標推進，於1965年發起組織國際間有關研究水文的學術機構，稱爲“國際水文十年”，以屬該組織的世界各國爲會員國，一直延續至1974年。我國亦爲該學術機構的一員。

我國歷史有很多偉大的水利工程，但是從事水文研究者很少，論及水文知識的書籍更少。成爲世界水文網中一環的我國，爲了本身的經濟繁榮，爲了對世界性研水文機構供給資料，在在都需要能供給國內土木，水利工程人員使用及激發有志青年從事水文研究興趣的書籍。“實用水文學”即本此要旨，以編者歷年在台灣大學土木工程系講授水文學的經驗，再參和近代的觀念和方法編著而成。

本書爲適合教學及工程人員使用方便，分三主要部分編撰。第一篇：水文現象；第二篇：水文觀測；及第三篇：水文資料分析及應用。本書所使用的專門名詞，完全依照聯合國亞洲暨遠東經濟委員會防洪及水資源開發局所出版，由我國經濟部水利專刊編譯小組所譯的“水文語彙”。

大學土木、水利、農工及水土保持等系科採用本書，可於每週三小時一學期授完第一篇及第三篇。（若時間充裕，可再選第二篇第十二章講授）。專科學校的土木，水利及農科採用本書，可於每週三小時一學期授完第一篇及第二篇，（若時間不夠，可略去第一篇第七及第八兩章）。大學理學院地理系，地質系採用本書，可於每週兩小時一學期授完第一篇，（若時間充裕可選第三篇第十五，十六及十七章講授）。正在土木、衛生、水利及農林等機構服務的工程人員，可參考第三篇，以求出水工結構物設計時所需的數據。

最後編者對陳增壽，吳大生兩君在抄寫部分協助，深爲感謝。

編者識

目 次

序

編者的話

第一篇 水文現象

第一章 緒 論	1
1—1 水文學之定義與範圍	1
1—2 水文循環	1
1—3 水文學的歷史	5
1—4 水文學的應用	5
1—5 水文學與有關科學	9
1—6 水文學之發展	9
第二章 質 雲	12
2—1 大氣水分	12
2—2 質雲之形成	16
2—3 質雲之類型	16
2—4 颱風雨	20
2—5 質雲之種類	25
2—6 影响質雲因素	26
2—7 雨量之時間變化	29
2—8 雨量之地理分佈	31
2—9 雨量記錄	34
第三章 晞嘆與葉蒸	39
3—1 晞嘆之意義	39

3—2	晞噴之重要性	40
3—3	影响水面晞噴因素	41
3—4	土壤晞噴	45
3—5	葉蒸	49
3—6	晞蒸	53
3—7	晞勢的意義及其在流域水平衡中的重要性	55

第四章 土壤水分與入滲 61

4—1	土壤水分之意義及其分佈	61
4—2	土壤水分與流域內水平衡	63
4—3	土粒與水分產生之物理現象	64
4—4	土壤水分之流動	69
4—5	土壤水分與地域旱濕之關係	71
4—6	入滲	72
4—7	影响入滲之因素	73
4—8	入滲容量之理論	78

第五章 地 水 81

5—1	地水之發生	81
5—2	含水層	82
5—3	比保水量與比出水量	85
5—4	地水滲蓄的變化	87
5—5	地水補注	88
5—6	地水流出	89
5—7	地水流	92
5—8	地水的耗竭	95
5—9	地水之重要性及其將來之發展	96

第六章 逕 流..... 98

- 6—1 截留..... 98
- 6—2 窪蓄..... 102
- 6—3 逕流及逕流中所用單位..... 105
- 6—4 逕流發生的過程..... 106
- 6—5 降雨期間水文現象之時間變化..... 109
- 6—6 影响逕流之因素..... 111
- 6—7 地表流之水力學..... 128

第七章 沉 滓..... 132

- 7—1 沉滓發生的原因及其與水土保持之關係..... 132
- 7—2 水銷蝕土壤之過程..... 133
- 7—3 沉滓之分類..... 135
- 7—4 浮懸載之移動..... 136
- 7—5 河床載之移動..... 138
- 7—6 每年沉滓之移動..... 140
- 7—7 水庫之沉滓..... 141

第八章 水資源之開發..... 144

- 8—1 水平衡觀念..... 144
- 8—2 可用水量..... 146
- 8—3 水資源的保持及控制..... 147
- 8—4 水資源的利用..... 149
- 8—5 水資源利用之經濟分析..... 152

第二篇 水文觀測

第九章 質客量觀測..... 159

- 9—1 概論..... 159

9—2	非自記雨量計	159
9—3	非自記雨量計測讀應注意事項	161
9—4	自記雨量計	162
9—5	雨量計按裝注意事項	166
9—6	雪之觀測	167
9—7	露之觀測	168

第十章 晞量之觀測 170

10—1	概說	170
10—2	自由水面晞量之觀測	170
10—3	晞血係數	175
10—4	土壤晞量之觀測	175
10—5	葉蒸量之觀測	176
10—6	晞蒸量之觀測	177

第十一章 截留量及入滲量觀測 180

11—1	截留量觀測	180
11—2	入滲量觀測之概說	181
11—3	使用儀器作入滲量觀測	182
11—4	利用模雨計作入滲量觀測	184

第十二章 河川水流觀測 185

12—1	概說	185
12—2	測站位置	186
12—3	水位觀測	187
12—4	斷面觀測	182
12—5	流速觀測	196
12—6	流量觀測	203
12—7	水面坡降面積法	216

12—8	水工結構物觀測流量	220
12—9	控制斷面觀測流量法	222
12—10	冰凍期間流量觀測	222
12—11	溶劑觀測流量	222
12—12	觀測流量須知	224
12—13	水位與流量之關係	226
第十三章	地水觀測	228
13—1	概說	228
13—2	地水水位之觀測	228
13—3	出水量觀測	230
13—4	水溫觀測	232
13—5	地水鹽分觀測	232
第十四章	沉滓觀測	233
14—1	概說	233
14—2	浮懸載之觀測	233
14—3	河床載之觀測	238
 第三篇 水文資料分析及應用		
第十五章	雨量記錄	243
15—1	雨量歷線	243
15—2	雨量記錄補遺	244
15—3	雨量記錄校正	245
15—4	流域平均雨量計算法	247
15—5	降雨強度—延時曲線	251
15—6	最大深度—面積—延時曲線	254

第十六章 晞嘆與晞蒸的估算	260
16—1 晞嘆之經驗公式	260
16—2 氣象記錄與晞嘆	262
16—3 晞蒸之經驗公式	263
16—4 晞勢估算	264
第十七章 入滲理論及其推演	269
17—1 入滲容量估計方法	269
17—2 入滲曲線分析	272
17—3 入滲與逕流之關係	275
17—4 入滲指數	276
17—5 入滲曲線在水文學上的意義	278
第十八章 地水記錄的處理及探討	280
18—1 井之平衡公式及意義	280
18—2 井之非平衡公式及意義	282
18—3 比出水量之估計	285
18—4 安全出水量之決定	288
18—5 地水流動方向的測定	289
第十九章 流量歷線分析及應用	292
19—1 流量歷線的意義	292
19—2 率定曲線的繪製及其修正	294
19—3 流量累積曲線的繪製及其應用	300
19—4 逕流量與雨量的關係	302
19—5 歷線分離	305
19—6 單位歷線之意義及其假定	310
19—7 單位歷線之演繹	311
19—8 單位歷線之應用及其限制	315

19—9	S—曲線的意義及其演繹	320
19—10	S—曲線的應用	322
19—11	合成單位歷線	325
19—12	合成單位歷線之置換	326
19—13	分佈歷線	328
19—14	無因次單位歷線	330
19—15	瞬時單位歷線	335
第二十章	洪流演算	336
20—1	洪流演算的意義	337
20—2	蓄水方程式	338
20—3	水庫之洪流演算方法	340
20—4	河流之洪水演算法	347
第二十一章	水文資料之統計分析	350
21—1	概論	351
21—2	水文頻率分析	352
21—3	相關分析	360
21—4	統計量顯著測驗	365
第二十二章	電子計算機在水文資料處理上的效能及其應用	370
22—1	概述	370
22—2	電子計算機的簡介	371
22—3	程序製作	372
22—4	雨量—流量的相關研究	375
22—5	晞勢之估算	378
22—6	流量延時曲線之繪製	381
22—7	水文觀測數據之整理	382

第一章 緒 論

1-1 水文學之定義與範圍

水文學最廣泛的解釋乃為研究水的科學。水文語彙中之定義為論及水在地球存在之科學；其物理的與化學的性質、轉變、混合及運動，尤其在質零之際，順水之勢降至地上直至其流洩至海或回至大氣。依此兩種解釋，則蒸汽機內水之循環，人體內水之循環等均屬之。研究範圍太大，故一般均採取較狹之定義。改寫為水文學乃研究水在地表上下之性質、發生、分佈與流動之現象，進而依其現象推求定律。因之，依此定義水在天空中、地層中及湖泊海洋中之變化現象，將不屬水文學較狹義說明之範圍。

水文學研究之對象既為陸地之水，乃為地球上除了空氣以外之最大物質，屬地球物理學之一支。地面上所有山谷、河流、海洋之形成，均為水所造成。並由於水之活動調節氣溫因此水對人類活動影響甚大。

本書所包含內容分為三部分：

- (1) 水之各種狀態循環變化現象，如質零、晞嘆、入滲、逕流、流量等。
- (2) 各種水文資料之觀測方法，如觀測站之設置、水文現象觀測方法等。
- (3) 水文資料之整理與統計，藉分析或圖解方法推求水之各種現象及其變化定律。

1-2 水文循環

地球面上之水受日光所晒，化為水汽上昇於天空中，遇冷而以液體或固體形態下降，存於地面，再遇熱而上昇。太陽不停供給能量，水因而活動循環不息，此種現象乃謂之水文循環。由於此種循環，水

之調節氣溫及再分配，因之使得地球上生物方能生存。

圖 1-1 示水文循環示意圖

水在地面與空中以(1)液體、(2)氣體、(3)固體三態而存在，隨當時氣象條件而定。水面受日光照射，水即唏嘆為氣體而上升，名謂水汽。在大氣中飄浮，遇冷部分凝結成細小水珠，名曰雲。水珠重量如為空氣浮力不能承擔，即落下稱為霽害 (Precipitation)。部分水汽受風之吹拂，移向陸地上空，因陸地地形高程關係，水汽被迫上升，在適宜情形下遇冷凝結為霽害而落於地表上，形如液體者為雨露，成固體者為雪、霰、雹等。霽害降落途中，如穿過濕度較低之氣層，即被唏嘆轉變為水汽，直接回返於大氣中謂之空中唏嘆。亦即時間最短途程

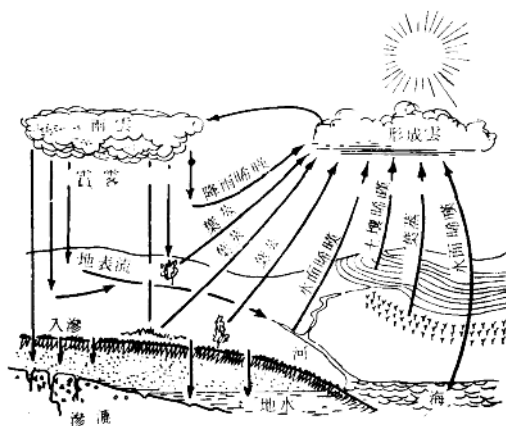


圖 1-1 水文循環示意圖

最短之循環。霽害落於地面前，有部分落於樹葉上或房屋等結構物之表面上這部分水將不落於地面，而將唏嘆轉變為水汽直接回返大氣謂

之截留 (Interception)。實零降於地面後，一部分入滲 (Infiltration)，一部分存於地面窪地中，謂之窪蓄 (Depression)。窪蓄之水分入滲，大部晞曬為水汽。超過入滲及窪蓄之水即轉為逕流。逕流係地表水由高處向低處流動，部份流入湖泊窪蓄，再晞曬入大氣。部分集流入溪，再集流入河，而匯注入海。水在溪河江海流動及滯蓄時，受日光照射，即能晞曬成水汽升入天空，遇冷再凝結落下而完成另一循環。

實零降於地表，除部分變為逕流已如上述，另部分即入滲於地下。水首先充滿土壤孔隙，然後餘量再往下滲，一部受日光照射直接化為氣體返回大氣，一部分溶解土壤中有機物為植物根系所吸收，蓄存於植物體內，逐漸在植物體內流動而行光合作用，由葉面細孔逸出化為氣體發散於大氣中，是謂葉蒸 Transpiration。除此外另剩餘部分繼續向下滲透而滯蓄於地下。地下滯蓄水之最高水面謂地下水面。滯蓄於地下之水，一部永久積於地下，需經長久時間方能有機會流出；一部分因地形之構造，如地下水面高於某處地面，地水即由該處流出，稱之為泉水 (Spring)。流出之泉水即轉為逕流而流入湖泊、江海再化為水汽而返回大氣中而完成水之循環。

圖 1-2 乃為水文循環圖，圖上方表示大氣，下方表陸地，左為實零，右為晞曬。循環系按反時鐘方向流轉，由圖可見不同之循環途徑。內圈周長短表循環快速，外圈周長表時間長久。圖 1-3 為循環水量分配圖，該圖係將地球上每年平均實零量 $85.7 \text{ g/cm}^2/\text{yr}$ 或 857 mm (33.8 in) 化為 100 單位 (100%) 而表出。⁽¹⁾

水文循環現象，如用量來計算，則可用水文方程式 (Hydrologic Equation) 來表示，即 $I + O = \Delta S$

I ：表流入某區域之水量，包括由其他流域由地表或地下流入量及實零量。

O ：表流出某區域之水量，包括由本流域由地表或地下流出量及晞蒸量。

ΔS ：表滯蓄之變量，包括地表保持，窪蓄與截留。

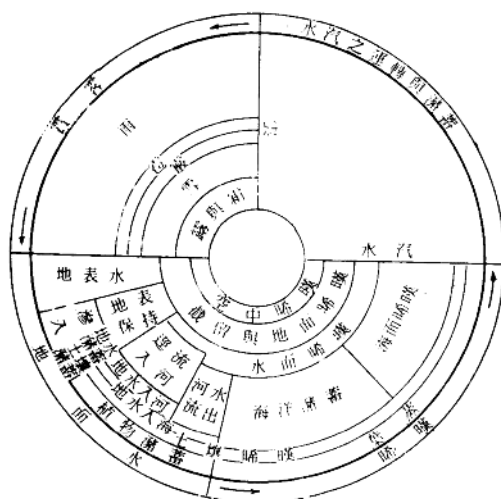
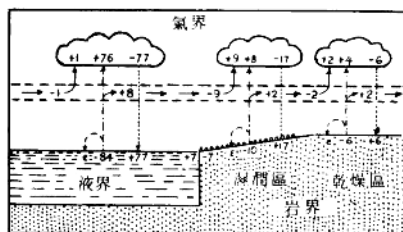


圖 1-2 水文循環圖



- 蒸 發
- 凝 露
- 運 流
- 表示本流水汽的流入與流出

圖 1-3 水量分配圖

1-3 水文學的歷史

水文發展成爲一獨立科學，乃最近四五十年事。以前水文學之知識僅分散於各種土木、水利工程學及個人從事水利工程者之記載中。

吾國古代亦有若干傑出之水文創造，如大禹之治水，周朝之灌溉排水制度，秦時關中開鄭渠，及李冰父子之都江堰，隋時之開鑿大運河以及歷朝整治黃河，近代李儀祉之發展西北灌溉水利，這些偉大水利工程都已完成，惜乎此種知識未能發揚，殊屬可惜。

西方初期亦有很多偉大水利工程，初則尼羅河（Nile）及底格里斯河（Tigris Euphrates）之灌溉工程，羅馬之給水工程及印度之灌溉工程，都缺乏對水文現象的說明，後來歐美學者才對於水文現象由觀察、測量實驗進展至經驗之階段，更進而推展至純理論之研究。

水文學獨立成書初見一九〇四年D. W. Mead 著水文學論文（Notes on Hydrology），及一九一七年C. F. Meyer著水文學要素（Elements of Hydrology），迨二次大戰前後，水文學之理論更爲發揚，至現代已能由過去之少數記錄推演更長期之記錄其結果頗佳。

1-4 水文學之應用

一般土木及水利工程，若與水接觸，其一般設計步驟可分爲三步：①水文計算、②水力計算、③結構設計，此三步次序不能顛倒。可見水文計算爲與水接觸土木工程之最初計算。如開始無準確之水文計算爲依據，則以後之水力計算及結構設計均使用不準確之數據作爲計算依據，其結果自必不準。如再貿然從事構築，及至完成，甫知欠妥，雖欲加以改良，當已無能爲力。如水文計算準確，則水力及結構計算依據正確，未來工程之成功，當爲意料中事。由此可知水文學對土木及水利工程之重要。從事水文計算者實不可不謹慎也。