

氣象與水文

Meteorology And Hydrology

曲克恭

一九六四年，世界氣象組織開會決定從一九六五年起，定為「國際水文十年」(International Hydrology Decade)，一方面擬定防洪計劃，一方面却要開發水資源，想來真是一件矛盾的事情。事實上，水文的問題大多數牽涉到氣象的問題，而且並不單純為降水的因素。雨量分佈在時間與空間方面的不均，蒸發量的差別形成了今日的水文問題，而降水與蒸發却是全部氣象要素影響的結果。

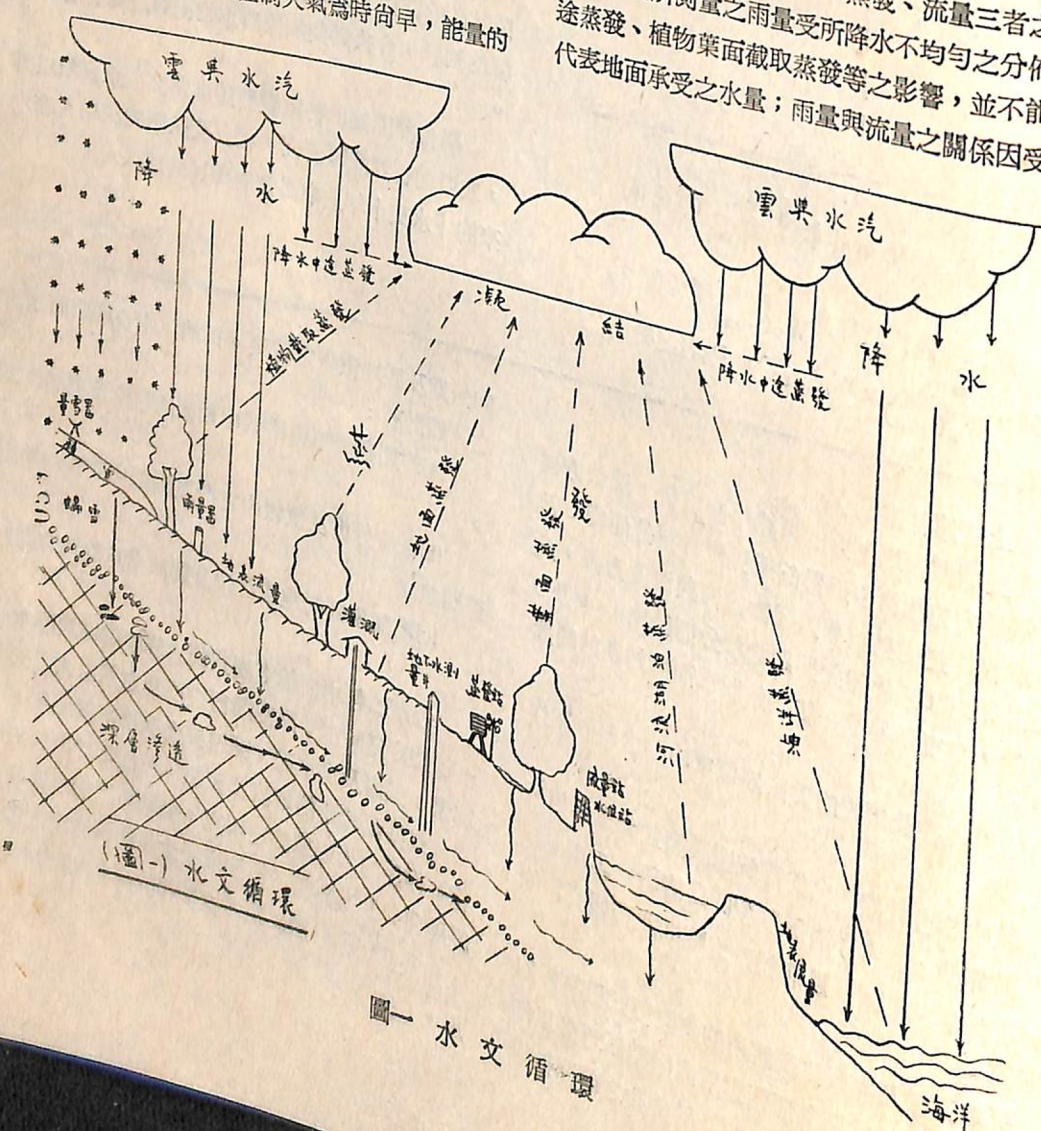
地球上的水有百分之九十七存在於海洋中百分之三為不含鹽份的淨水，而這少量的淨水中有四分之二為永久性的冰塊，另有一部份存在於地下。湖泊和河流只保存地球上水量的萬分之三十三，大氣約含有千分之一的水量，而造成今日水的問題却是這少量的淨水。

時至今日，我們談控制天氣為時尚早，能量的

差異太過懸殊。某種異常現象如乾旱，水災等人力尚不可消除其根本成因，只有設計各種水利工程予以防止或消滅。因之，水利、水文與氣象三者具有非常密切的關係，尤其水文與氣象很難有明確的劃分。水汽三種形態的循環，由凝結而至降水，大致屬於氣象的範圍，至於蒸發，地面水流，地下水等之測量與研究則多屬水文的範圍，謹以此短文簡介氣象與水文的關係。

一、水文循環

欲明瞭氣象與水文的關係，以水文循環解釋較為明晰，由圖一可知降水，蒸發、流量三者之關係；雨量站所測量之雨量受所降水不均勻之分佈、中途蒸發、植物葉面截取蒸發等之影響，並不能直接代表地面承受之水量；雨量與流量之關係因受截取



圖一 水文循環

降雨、窪地積水、土壤吸水、地下水、地內流量、地表流量、河道降雨等不同性質之限制，二者亦難有一定不變的關係存在。

水文循環並且指出預測洪水量可能的三個步驟：

(一) 降水量的估計。

(二) 估計可消耗的雨量，如土壤吸水，地面積水，蒸發量等。

(三) 估計流量及水位。

以上三步驟僅是理論上原則性的考慮，實際作業却非易事，如果欲達到定量而較準確的洪水預報，尚待解決很多細節的問題。

流量不在本文中討論，即以屬於氣象部份之降水量一項討論之，其代表性與準確性亦受多種因素的限制。

二、降水量

降水的形式對水文人員並無甚大的重要性，他們只需要知道降水量的多少。研究水文以及許多水利工程的设计，其主要的工具之一為水文圖，所謂水文圖為流量或水位隨時間的變化圖，所以對一條河流，必須經常有流量或水位的測量，水位與流量的關係大致成拋物線，如果將二者填入全對數座標圖中成直線的關係。

$$\log Q = K + b \log G$$

Q—流量 G—水位 Kb為常數。

但是因為種種因素的限制，每一個國家只有很少的河流有流量及水位的測量，所以雨量的紀錄，測量以及如何利用雨量而獲得水文圖成為很重要的工作，至於一次風暴流量的估計直接關係於防洪的措施，降雨強度與降雨時間的預測，以及流域土地的吸水量為風暴流量大小的主要因素。

降雨強度與降雨時間可由氣象學理，經驗與統計綜合等方法估計或計算，至於土壤吸水量却與風暴發生降雨以前之土壤潮濕程度有密切的關係，一般言之，土壤之含水量在無雨期間成對數關係隨時間減少。

$$I_t = I_0 K^t$$

I₀—前期降水指數

I_t—t日以後之指數

K—消滅因子，約在0.85—0.95之間。

據估計，土壤最大可能之缺水量為四吋，經一長時期之乾旱，一旦發生降水，我們必須考慮土壤

最大之吸水量，然後始可決定一次風暴的最大可能洪水流量。如果僅以降水量計算洪水流量常今發生嚴重之錯。

都市地區的洪水可以忽略土壤的吸水因素，但應該考慮窪地積水，以及可能發生最大降水量與地表流量之關係而設計排水系統，而我們甚感遺憾的是我們的排水系統只是幾條水溝，是否測量過地表流量，是否研究過經濟與安全的問題。

雖然，降雨量的觀測與統計目前尚不能合於理想，降雨量的誤差因儀器裝置位置，受風向風速之影響，觀測之誤差等，都會影響降水量的代表性與準確性；尤其雨量站之分佈密度過小，不可能正確的代表一地之降水量。我的除過使用沿習的雨量定義以外，似乎應該給予雨量的代表性一定範圍的限制，譬如設在公園路的雨量紀錄，不可以代表臺北市的雨量，我們必須合理的分佈另外一些雨量站，應用數種已有的平均法，計算其平均值；或者僅以一定範圍限制公園路的雨量代表性。今天，因為供應對象要求之嚴格，此種小範圍的氣象概念非常重要。

其次，利用降水關係設計的民生建設必須盡可能的獲得足夠的資料，而這些資料非一朝一夕可以得到，同時，水文研究仍以統計原理為主要工具，長期而有代表性之正確雨量紀錄，我們應該妥善的研究，而且增設雨量站是刻不容緩的事情。

三、蒸發問題

蒸發為水文研究中很複雜的問題，而其影響與降水具有同等的重要性，水庫的設計，灌溉工程的修建，其經濟效果與蒸發關係甚大，譬如蘇丹一年的蒸發量為3.1公尺，任何水庫的設計如果不計算如此龐大的蒸發量，必遭受經濟上的失敗。

影響蒸發的氣象因子，大致可分為：

(1) 氣溫——氣溫增加，蒸發量增加。

(2) 水汽壓——水面之水汽壓與空氣之水汽壓，二者之差越大，蒸發量越大。

(3) 風速——風速之大小與蒸發量成正比。

(4) 大氣壓——大氣壓減小導致蒸發量有微小的增加，但是在通常情況下可忽略之。

直接測量蒸發使用蒸發盤，但是由於受地面間接熱的影響，蒸發盤本身的受熱，以及蒸發盤不易置於水面上等因素，蒸發盤所測得之數值必須經蒸發盤係數之修正。

美國氣象局及其他農業機構所使用的蒸發盤，

其蒸發盤係數雖較接近，但不完全一致，氣象局所用的A級蒸發盤較為普遍。

(表一) 蒸發盤係數

名稱	蒸發盤係數範圍	設計係數
A級蒸發盤	0.60—0.82	0.70
卡羅里多蒸發盤	0.75—0.86	0.78
小面漂浮盤	0.70—0.82	0.80

蒸發盤係數對年平均蒸發量言為一常數，A級蒸發盤為0.7，但隨月份而異。

此外，對湖面或蓄水庫之蒸發尚可用水量收支平衡法，能量平衡法與質量輸送公式等方法測量及計算，所根據之原理為連續方程，但是由於每一項因子測量時之誤差使計算結果出入很大，目前測量蒸發仍以蒸發盤最為普通。

四、水庫工程設計

水庫之設計必先有水文之測量紀錄，如果沒有流域內之水文紀錄，如流量，水位及蒸發，至少應有降水量之紀錄，而且紀錄年限之長短關係於水庫之安全因素甚鉅。

水庫設計有二必要的因素，即安全與經濟，根據最大可能發生最大降水量設計水庫，由於經濟價值之考慮，不可能達到百分之一百的安全要求，在這裡筆者願意略介迴歸週期的計算法。

$$T_r = \frac{n+1}{m}$$

T_r —迴歸週期

n —紀錄年數

m —按由大而小排列之順序， $m=1$ 為最大值之迴歸週期

$m=n$ 為最小值之迴歸週期。

(例)(表二) T_r 計算舉例

年代	24小時最降雨量	m	T_r
1960	4.18	3	1.67
1959	2.54	4	1.25
1958	4.63	2	2.50
1957	5.13	1	5.00

由以上方法所求得者僅為平均之迴歸週期，我們必須應用或然率之計算以求一水庫在可能生存的

年代中，此假定之週期出現之機會，一般應用以下之公式。

$$J = 1 - P^n$$

J —出現之或效率。

P —不出現之或效率

n — n 年週期(或稱工程預期生存之年數)

如果我們根據以上四年之雨量紀錄設計一水庫，決定冒百分之五十的危險遭遇五年週期之最大24小時雨量，則

$$0.5 = 1 - P^5$$

$$P = 0.869$$

$$\text{同時, } T_r = \frac{1}{1-P} = 7.6 \text{ 年}$$

若假定 $n=100$ 年，不發生最大降雨之機會為百分之一，則需要根據10,000年之迴歸週期予以設計，當然為絕不可能的事實。

所謂迴歸週期乃為一種平均狀況，並不代表一定不變之時距。譬如五年週期之最大降雨量之發生可以連續發生二次，而在未來之其他八年中不發生，而不表示每隔五年發生一次最大降水量，此觀念之具有甚為重要。

由於觀測紀錄的限制，關於設計水庫最大暴雨量之計算尚有使用風暴位移法，連續方程計算法等，各具優缺點，不在此討論。

據過去之統計研究，由探空報告實際計算之最大可降雨量與地面最大露點溫度間有良好之相關，大致成直線相關。其相關係數高達0.92，標準誤差為0.07吋，二者的關係為

$$W_p(\text{obs}) = 0.02 + 0.99 W_p(\text{est})$$

$W_p(\text{obs})$ —實際觀測者

$W_p(\text{est})$ —由露點溫度計算者

同時，

$$\frac{24\text{小時實測最大降水量}}{\text{實測可降水量}} = \frac{P_{\max}}{W_p(\text{obs})} = \text{Const.}$$

又且，

$$\frac{P_{\max}}{W_p(\text{obs})}$$

與降雨時數成直線關係，我可以製成一圖如下，(圖二)

如果欲求得六小時之最大降雨量，可先在圖中求得 $\frac{P_{\max}}{W_p(\text{obs})}$ 之值，再用估計之 $W_p(\text{est})$ 值乘之。

(下接第三頁)