



中等專業學校教學用書

水文学和水文測驗学基礎

苏联 Б.И. 約根森 Б.Е. 約根森 著

電力工業出版社

中 等 專 業 学 校 教 学 用 书

水文学和水文測驗学基础

苏联Е.И.約根森 В.Е.約根森著

Е.И.約根森主編

陈光莉 黄河譯

中 等 專 業 学 校 教 材

电 力 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本書敘述河流水文学和水文測驗学的基本原理。本書共分兩編，第一編为水文学部分，內容有河流的起源及補給；河川逕流；泥沙；冬季河流情况等。第二編为水文測驗学部分，內容有水位的研究；有關測定流量的工作，泥沙的研究，冬季河流情况的研究等。

本書可供有關中等專業學校的師生之用。

Е. И. ИОГАНСОН В. Е. ИОГАНСОН

ОСНОВЫ ГИДРОЛОГИИ И ГИДРОМЕТРИИ

根据苏联國立動力出版社1947年莫斯科版翻譯

書号 284

水文学和水文測驗学基礎

陈光莉 黄河譯

電力工業出版社出版(北京前右街26号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第082号

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯:孟慶沫 校对:趙桂芬

850×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 6印張 * 132千字 * 定價(第8類)1.00元

一九五六年二月北京第一版第一次印刷(1—2, 100冊)

目 錄

緒 言	4
-----	---

第一編 水文学

第一章 河流的起源及補給	8
--------------	---

第 1 節 气候對於水分循环的影响	8
第 2 節 水量平衡	14
第 3 節 河系	16
第 4 節 水位的情况	23
第 5 節 流量情况	25
第 6 節 河流的功与能	26
第 7 節 河流按補給方式的分類	26

第二章 河川逕流	28
----------	----

第 8 節 影响逕流的自然地理因素	28
第 9 節 河流情况中的各特徵期	29
第 10 節 水文年度	30
第 11 節 逕流的基本特性	30
第 12 節 正常逕流曲綫圖	32
第 13 節 观测次數足够時，逕流的推算	33
第 14 節 观测次數不足時，逕流的推算	42
第 15 節 冰雪融水形成的最大流量	46
第 16 節 暴雨逕流	47

第三章 泥沙	50
--------	----

第 17 節 河流泥沙的種類和各种河流輸沙量的數據	50
第 18 節 含沙量和輸沙率的概念	51
第 19 節 水库的淤積	53

第四章 河流冬季情况	53
------------	----

第 20 節 冬季河流情况的特點	53
------------------	----

第 21 節	典型的結冰現象	54
第 22 節	水內冰的形成及其對水工建築物的作用	55

第二編 水文測驗學

第五章

第 23 節	總論	58
第 24 節	水文測驗工作的計劃。水文站的類型和測站位置的選擇	58
第 25 節	水文站和水位站的分級	60
第 26 節	水文站和水位站的組織與設備	61

第六章 水位的研究

第 27 節	水位站的類型	64
第 28 節	水位站的水準測量和水準基點之安置	67
第 29 節	水位站技術性記錄的編製	70
第 30 節	水位站觀測工作的組織。水位站的設備。觀測期限	71
第 31 節	水位站受到可能損壞後的修復	73
第 32 節	用自記水位計作水位連續記錄	73
第 33 節	水位觀測資料的初步整編。測站零點	74

第七章 有關測定流量的工作

第 34 節	水文站的設置	77
第 35 節	水文站附近河床測量，過水断面圖的繪製	79
第 36 節	用浮標測量流速。浮標測量流量的計算	85
第 37 節	用流速儀測量流速。流速儀的裝置	89
第 38 節	流速儀的種類	92
第 39 節	流速儀之運用。用流速儀時的設備和工具	96
第 40 節	流速儀檢定。流速儀檢定曲綫及流速計算表	100
第 41 節	流速儀的維護	105
第 42 節	水文站的設備	105
第 43 節	用流速儀測量流速的組織	107
第 44 節	測流速的垂綫數目及各垂綫上點數的規定	108
第 45 節	流速之脈動現象	110

第 43 節	冰蓋下的流速測量	111
第 47 節	流速分佈圖的繪製	112
第 48 節	洪水時之流速測量	114
第 49 節	流速儀測流速時的野外記錄	116
第 50 節	流量的推算	118
第 51 節	水位流量關係曲綫。過水断面与平均流速曲綫	127
第 52 節	容積測流法和混合測流法的簡要說明	131
第八章	泥沙的研究	132
第 53 節	泥沙採樣器	132
第 54 節	幾種採樣的基本方法，樣品的過濾和稱重	134
第 55 節	推算懸移質輸沙率的方法	137
第 56 節	推移質輸沙率的計算与其採取器	138
第 57 節	泥沙的顆粒分析	142
第 58 節	推移質輸沙率的推算	142
第 59 節	關於確定溶解質泥沙量的概念	144
第九章	冬季河流情況的研究	144
第 60 節	冬季河流情況各種因素的研究	145
附 錄		148
參考文獻		171
中俄地名對照表		173

緒 言

水文学是一門很丰富而深淵的科学，它研究地面、地層和空中的水情，以及水从空中降於地面，从地面注入地層，又从地層返回地面的流動过程。水文学內包括着一系列的科学：河川水文学，即研究河流的科学；海洋水文学，即研究大洋和海的科学；湖泊水文学，即研究湖泊的科学；水文地質学，即研究地下水的科学；水文气象学，即研究大气中的水分的科学及其他若干科学。本書簡短地叙述河流水文学和水文測驗学基礎，水文測驗学是和河川水文学有關的，它是研究測水方法的一門科学。

虽然，包括在水文学內的科学各有其特徵，但彼此是相联系着的。因为，它們研究自然界水分循环的各个阶段。实际上这项關係在水分运动的循环中是不难發現的。

陽光熱乃是補充地面水分的經常因素。它使大洋和海以及陸地上的大量水分蒸發，並且，由此促成了水分循环的開端。水蒸汽被气流帶至上空，在大气的高空層中冷却，凝固成雲。一般地講，高空層的特點是温度低。雲被風帶向全球，隨時变成固体或液体降水落到地面，即雨、雪或者雹。

液体降水以及融解後的固体降水，一部分蒸發，一部分沿坡地流走；另一部分水滲入地中，如果注入低地，則形成河流，再經河流把水帶入海与大洋以補充海洋的蒸發損失。水从海中蒸發出去，又返回海來，这一整个过程就是所謂的水在自然界中的大循环。

除水的大循环外还有水的小循环。水的小循环就是局限在地面某一部分內的水分循环。在水的大小循环过程中，降水落於其河流注入死海和內陸湖的地區，普通我們称它为閉流地區或閉流

區。例如鹹海，巴尔喀什湖，依塞克湖。注入海和湖的河水从內陸海面或湖面蒸發，然後，又成降水重新落於其內。但是在水的小循环过程中，一部分水越出閉流地區範圍變成雲或者滲入地下，这样，它就参加了水的大循环。

由上可見，自然界中水的循环普及於海洋、陸地、大气与地層等处，而海洋、陸地、大气与地層就好比是整个鎖鏈的環節。同時，每一个環節中水按不同的形式運動：海水進行蒸發，水在空气中變成雲与降水，陸地上的水沿地面流動並滲透入地等等。因此，研究水文，水文气象及其他各种現象的方法，各有其不同的性質。地面降水和地下蓄水流入河道的过程称为河流補給。河流補給的性質，流入河中的水量，各期水量分配和流入的方法取決於气候，土壤性質、地質条件，植物性質和影响河流情况的其他各种自然地理条件。河流情况的研究便是水文研究範圍內的一项任务。沒有可靠的水文資料，就不能設計水力發電廠和其他水利工程建築物，就不可能修建城市和工廠的供水，就不可能灌溉田地，組織航运，建築防洪建築物。在歐洲和美國的水利工程建築物實踐中有过这样的情形，例如，根据不正確的流量資料設計和建築的壩和桥被洪水冲毀了。沒有可靠的輸沙量資料，即土壤的坚硬顆粒，例如卵石、沙子等運動方面的資料，就不可能有根据地確定築壩後形成的所需庫容。同時河流輸沙量計算中的誤差会造成水庫容量的不足，使水庫迅速地淤滿以致毀坏。

由於上述，必須从數量方面研究水文現象，这项工作可通过水文測驗的方法來進行，即使用專門的工具和儀器。水文測驗研究結果所得的資料，能够在河流開發的各种情況下运用，不論是日前發生的情况或在遙远的將來解决各种問題時可能產生的情况。因此，应当尽量擴大研究問題的範圍。

根据測量和觀測所得的水文研究和水文測驗資料，乃是非常可貴的，所以應該仔細地保存。

我國(苏联)水文測量，即人們常称为水文觀測的工作是交通部首先開始的。當時設立了为數頗多的水位站(水位站網)，在各条河流上和人工水道(运河)上進行觀測，其目的在於保證內河航运的要求。某些水位站还在 1852 年時就已設立了，例如，在洛茨曼斯卡雅·卡明卡村附近的第聶伯河上，1875 年末開始了比較正規的觀測。水位站網的觀測記錄開始有系統的以彙集的形式出版了，名为「俄罗斯內河水道水位站的觀測資料」。資料包括从 1881 年至 1935 年期間下列海洋流域的觀測：1. 波罗的海与白海，2. 裏海，3. 黑海和亞速海，4. 北冰洋，5. 太平洋。从 1881 年到 1910 年的資料由交通部印行，近年來的資料由國家水文研究所印發。此外，交通部刊印了「俄國各条河流的記述与改善其航运条件的資料」，其中除了水位觀測外，尚有流量測量的資料。

1917 年以前，研究河流只是从改善航运条件的觀點出發的。十月革命以後，研究河流这件事起了很大的轉變。在國內战争時期被破坏了的水位站都很快的修復了，同時數量亦增加了。在 1917 年已有 1019 个水位站，到 1934 年時，水位站已經增加到 4000 个，並且河流研究的性質也已改变。主要着重研究河流總的含水量，流量大小，水文情况和水力資源的大小。正如大家所說，調查是帶有綜合性質的，也就是說開發河流不僅为了航运，並且也为了水能利用，供水，灌溉以及滿足國民經濟的其他需要，因此，進行水利調查的專門机关也增多了。河流上所有的水文觀測站，即所有的水位站網与水文站網都轉交給中央水文气象統一管理局(ЦУЕГМС)。大部分的組織工作和科学研究工作由 1919 年成立的國立水文研究所來進行。在 1935 年，國立水文研究所出版了「苏联水利資源手冊」，全面地闡述了苏联歐洲和亞洲部分的大河流及其流域。以後从 1938 年起國立水文研究所刊印水冊，其中有 1935 年前研究过的水力工程的水文特性。这些水文特性業已整理。此外，水文气象局的地方組織从 1936 年起

刊印了「年報」形式的擴大項目報導。

依据先後收集的資料在沃尔霍夫、第聶伯、斯維爾、庫尔、里昂等河上設計並建築了水力發電廠，在伏尔加河上兴建了依凡柯夫壩，烏格里奇壩，磊賓壩，在許多鐵路和公路上修起了橋樑，同時修建了航运船閘系統：馬林斯克、季赫文、北德文等及其他建築物。可以指出，經常需要水文觀測資料的是進行水力發電廠勘测和設計工作的电站部，內河航运部，交通部及其他機關。

第一編 水 文 学

第一章 河流的起源及補給

第 1 節 气候對於水分循环的影响

1. 土壤与空气的温度 温度情况，即温度随时间的变化情况，决定着水分循环的一种基本因素的变化过程，即蒸发随时间的变化过程。同一个降水量降入温度条件不同的区域内，所产生的沿河流流动的水量完全不同。例如，在列寧格勒和基輔的平均年降水量约为 550 公厘，但其中在列寧格勒区内入河水量佔百分之五十以上。而基輔區僅佔百分之十五。此時，列寧格勒的年平均温度为 4.1°C ，而在基輔則为 6.9°C 。

毫無疑問，还有其他的自然条件影响着逕流量，下面將談到这个問題，但是在目前的情况下，基輔的蒸发量比列寧格勒的大，是有着重大意义的。土壤表面直接受到日照，因此地下深層和周围的空气也就变热，以致土壤表面温度無論在一晝夜內或者更長的時間內都在剧烈的变化着。隨着熱度深入地球的程度，温度变化逐漸減緩，而在某一深度处我們可以發現年温不变的地層。中緯地區，这种地層位於深度为 15—20 公尺的地方。在極北方常出現温度全年都在零度以下的地層。这就是所謂永久凍結層。苏联歐洲部分土壤冬季冰凍的深度不超过 2 公尺。

凍透了的土壤是不透水的，因此，大大地影响了融雪時流出的水量，不讓水滲漏，因而增加河川逕流。

冰盖層的出現和消失的時間，以及河流封凍時期的總歷時（持續時間）均決定於气温条件。

气温隨当地緯度而变化。在苏联歐洲部分的領土內，年平均温度增加的方向係由东北向西南。气温观测由一級和二級气象台來進行。根据这些观测資料推算日平均温度，月平均温度和年平均温度。对水文学來說，大多是根据在某一流域內气象台的資料來計算該流域的平均温度。

2. 空气濕度 影响陸面蒸發和海面蒸發的第二个因素，就是与温度密切相關的空气濕度。空气濕度可用 1 公方空气內所含的水蒸汽重量來測定(一般以克計)，或者以水銀柱高度公厘數度量的蒸汽压力來測定。空气中以公厘計的蒸汽压力，称为絕對濕度，用字母 a 來表示。

空气中的蒸汽的压力与气温有關。温度越高，則空气中可以包含的水蒸汽越多。一般空气中的蒸汽量比在同一温度下使空气完全飽和所需要的蒸汽量要小。在同一温度下，空气中实际所含的蒸汽压力 a 与使完全飽和所需要的蒸汽压力 e 之比称为相对濕度。相对濕度以 e_1 表示。因此，

$$e_1 = \frac{a}{e}. \quad (1)$$

通常相对濕度以百分比表示：

$$e_1 = \frac{a}{e} 100\%. \quad (2)$$

假設相对濕度等於 80%，那麼，这就是說在同温度下空气所含蒸汽量为完全飽和時所需蒸汽量的 80%。空气中在某一温度下的水蒸汽重量(以克/公方計)，在數值上相近於同温度下的蒸汽压力(以公厘計)。从表 1 可以看出這一點。

隨着温度的上昇，在水分丰沛的条件下，蒸發增大。因此，絕對濕度 a 加大，飽和蒸汽的压力 e 亦同样增大，而且 e 比 a 增加得快。因此，相对濕度幾乎永远是隨着温度的上昇而減小。温度和相对濕度变化之間的这种關係，普通發生於晝夜过程中，在

表 1

温 度, °C	蒸汽压力(公厘)	蒸 汽 量(克/公方)
-10	2.15	2.36
- 5	3.16	3.40
0	4.57	4.83
5	6.51	6.76
10	9.14	9.33
15	12.67	12.71

温度的年变情况下很少發現此种關係，但是整个說來，相对湿度
的日变程和年变程与温度的变程是相背的。

在地方因素的影响之下，可能出现与上述相对湿度变程不同的
現象。例如，在海參威，其最大相对湿度經常發生於夏天，而
不在冬天。因为，当地在夏季颳着潮湿的海風。

绝对湿度的年变程，在頗大程度上是隨温度的年较差而產生
的，也就是說，最小的绝对湿度出現於一月，最大的在七月出
現。只有大陸和沙漠內部則是例外，那裏，由於缺乏水分，在夏
季绝对湿度可能下降。

在苏联歐洲北部，年平均绝对湿度很低，如在麥晋 $a=4.3$
公厘，而相对湿度很高： $e_1=84\%$ 。向南則年平均绝对湿度增
長，而相对湿度下降，如：克拉斯諾達爾绝对湿度为 8.1 公厘，
而相对湿度为 62%。

同時，可根据飽和差來斷定空气的水分飽和程度，濕度差即
是空气含水不够飽和的差額。所謂濕度差就是該温度下为了充分
飽和空气所需要的水汽压力与这时候空气中的蒸汽压力之差。

$$d=e-a, \quad (3)$$

式中 d ——濕度差；

e ——該温度下之蒸汽極限压力；

a ——同温度時的绝对湿度。

這裏所有的數值都用公厘表示。

为了求得温度 t 時的 a 和 e ，可採用称为「~~濕度查算表~~」的專用數字表。

3. 蒸發 蒸發乃是水由液体状态或固体状态轉为气体状态的過程。大自然中可發現下列各种蒸發：1) 水面蒸發，雪的蒸發或者冰的蒸發；2) 無植物之土壤表面蒸發；3) 由葉面散發結果而致的植物覆盖蒸發，即在植物生長期水經過植物毛孔化成水蒸汽。通常第二類的蒸發与第三類蒸發合在一起研究，因为，把它們劃分開是很难的。

(1) 水面蒸發 取決於空气濕度，蒸發水面的温度，周圍的气温，風速，水中溶解鹽的含量，發生蒸發的水池或器皿的大小和形狀。水的温度，空气濕度差和風速乃是蒸發最主要的因素。但亦可能，在气温上昇而缺乏水分時絕對濕度不增加，結果濕度差增加，並促進了蒸發。颶風時蒸發量急劇增長，例如，風速从零增到 0.25 秒公尺時，蒸發量增大 3 倍。水的化学成分 同样影响着蒸發量，例如，海水蒸發量平均比淡水蒸發量小 5%。

水面蒸發用蒸發器即蒸發皿觀測。它浮置水池中或安置於河岸上。測量水的蒸發量採用下列方法：即把水注入蒸發皿，一直到蒸發皿上表示的記号为止。欲近似的估計蒸發量，可以利用米也尔-吉霍米洛夫公式：

$$E = d(15 + 3w) \quad (4)$$

式中 E ——月平均蒸發深度，以公厘計；

d ——月平均濕度差，以公厘計；

w ——風信旗高度处的月平均風速，以秒公尺計。

在苏联的歐洲領土上，年平均水面蒸發量由西北向东南增加——从一年 300 公厘增加至 1000 公厘（依据 B. K. 達尔道夫圖）。

冬季雪面与冰面蒸發並不顯著，月蒸發量約为 1—2 公厘。

假如，蒸發面比周圍空气更冷，則出現負的蒸發，也就是

說，空氣中的水蒸汽凝結成滴並降至地面。這種現象稱為凝固。夏季夜裏，露水的形成便是空氣中水蒸汽凝固的例子。

(2)土壤蒸發 除了一般的气候因素影響於土壤蒸發外，它還取決於：1.土壤濕度；2.土壤含水量；3.土壤粒徑配度（粒徑）；4.植物覆蓋；5.地形。土壤蒸發大部分發生在地表面和土壤上層。蒸發量隨土壤濕度而增加，但是，地面蒸發量仍然比水面蒸發量小。由於壤中水順着土壤顆粒間的細管（毛細管）上昇，所以緊密土壤蒸發量較鬆土蒸發量大。把鬆土壤會破壞毛細管，並可防止土壤的迅速乾涸。植物覆蓋能大大地增加土壤蒸發。由於植物的葉子有着很大的蒸發面，所以在其成長的過程中散發着，因此，依據伏爾寧資料，植物要形成一克重的乾物質，必需蒸發出下列水量。以克為單位。

豌豆.....	416 克
大麥.....	744 克
燕麥.....	665 克

這些數字依土壤濕度和植物本質而起巨大的變化。森林能蒸發到這種程度，即森林下面的壤中水位低於四周的曠野。

土壤蒸發皿係供觀測土壤蒸發之用，土壤蒸發皿乃是金屬器皿，其內部插着一整塊自然層理未被損壞的土壤。蒸發皿安置時其面需在土的水平面上。每天稱一下它，同時，根據前後幾晝夜的重量差推求蒸發掉的水量。

4.降水 從水面和陸地蒸發出來的水蒸汽被氣流帶到了大氣上層，於是，在那裏水蒸汽急劇地冷卻，同時空氣的相對濕度增大，開始進入飽和界，而多餘的蒸汽就變成水或雪的結晶體，即蒸汽凝結。

在各段時間內（年、月，以此類推），降落於某地的降水量用降水深度來測量，以公厘計。降水乃是由很多複雜的因素決定的。下列因素可使降水量加大：1.臨近海；2.山岳地勢；3.位於

潮濕的風的主風方向上。任何一個地方的降水量，其逐年逐月的變化極大，但是，多年平均降水量却相當穩定。蘇聯歐洲部分，夏季降水量最大，而最小降水量則出現於冬季。降水同樣是隨地區的不同而變化的。在蘇聯歐洲部分東南部和北部邊區，降水量最小。例如，裏海沿岸年降水量等於 160—170 公厘，在麥晉——290 公厘。最大降水出現在黑海東岸。如在巴統，年降水量約為 2500 公厘。

欲說明水文情況，主要的不僅是降水量，而且還有由降水歷時和降水形狀（液體降水、固體降水）所決定的降水性質。一分鐘內水深大於 0.5 公厘之降雨稱為暴雨。一分鐘內降落以公厘計的降水量稱為降水強度。

暴雨強度大，歷時短，而霪雨則相反，時間長，強度小。一般暴雨的降雨面積不大，而霪雨能籠罩極大的面積。一般的規律是這樣的，暴雨強度越大，其歷時越短，降雨面積也越小。

為了測量固態和液態降水量，用雨量計收集它們，雨量計乃是一只筒，其中間安置着有洞和溢水孔的隔板。隔板的作用在於防止降水在雨量計內蒸發。然後把雨量計內的水倒入帶有刻度的量杯。根據刻度推算降水深度，以公厘計。固態降水的測量係在室內溫度下融解後進行。有時採用自記雨量計。自記雨量計自動錄下降水量及降水時間。

冬季降雪對於蘇聯平原河流補給來說，是特別重要的，因為這種雪在春季迅速融化時就給予大量的水。在中緯地區固態降水總是比年降水量少一半。但是，河川內流動的大部水分是靠固態降水的融化而形成的。蘇聯歐洲部分，積雪最大厚度發生於西北邊區，一年內其厚度為 80—90 公分。在南方地區積雪厚度極小，一年內平均約 30—40 公分。

气象台①設有專用的量雪尺，根據此尺來測定積雪厚度。有

① 气象台乃是備有觀測降水，溫度，風和其他氣象要素的儀器的測站。

時为了闡明流域內的貯雪量，進行雪的測量的專門調查工作。这种工作通称雪的測量。为了知道化雪後所獲水量，除了知道積雪厚度以外，还必須知道雪的密度。雪的密度用雪的密度計來測定。

第2節 水 量 平 衡

1. 地球上的水量平衡 地球上所有的水都参加水的大循环。从一个地方蒸發的水，以降水方式降於他地。在水的循环过程中，可以推算出水的收入和支出部分，並可列成水量平衡方程式。方程式所包含的这些數值均以公厘或公方計。採用下列符号表示方程式(5)与(6)內的多年平均值：

Z_M ——海洋年蒸發量；

Z_C ——陸地表面年蒸發量；

X_C ——陸地年降水量；

X_M ——海洋面上的年降水量；

Y ——匯入海洋的河川年逕流。

海的水量平衡方程式的形式如下：

$$Z_M = X_M + Y, \quad (5)$$

陸地水量平衡方程式如下：

$$Z_C = X_C - Y. \quad (6)$$

式中並未包括考慮壤中水貯蓄量变化的一項，因为在这种情况下，逕流是看作从陸地上多年裏流出的總量，也就是說，壤中水量已包括在河川逕流內。

从方程式(5)可見，从海中蒸發的水量是靠降水及河川逕流來補充的。方程式(6)說明，在陸地上的降水量消耗於河川逕流及蒸發。而河川逕流又流入海中，將兩方程式相加，則得：

$$Z_M + Z_C = X_M + X_C. \quad (7)$$