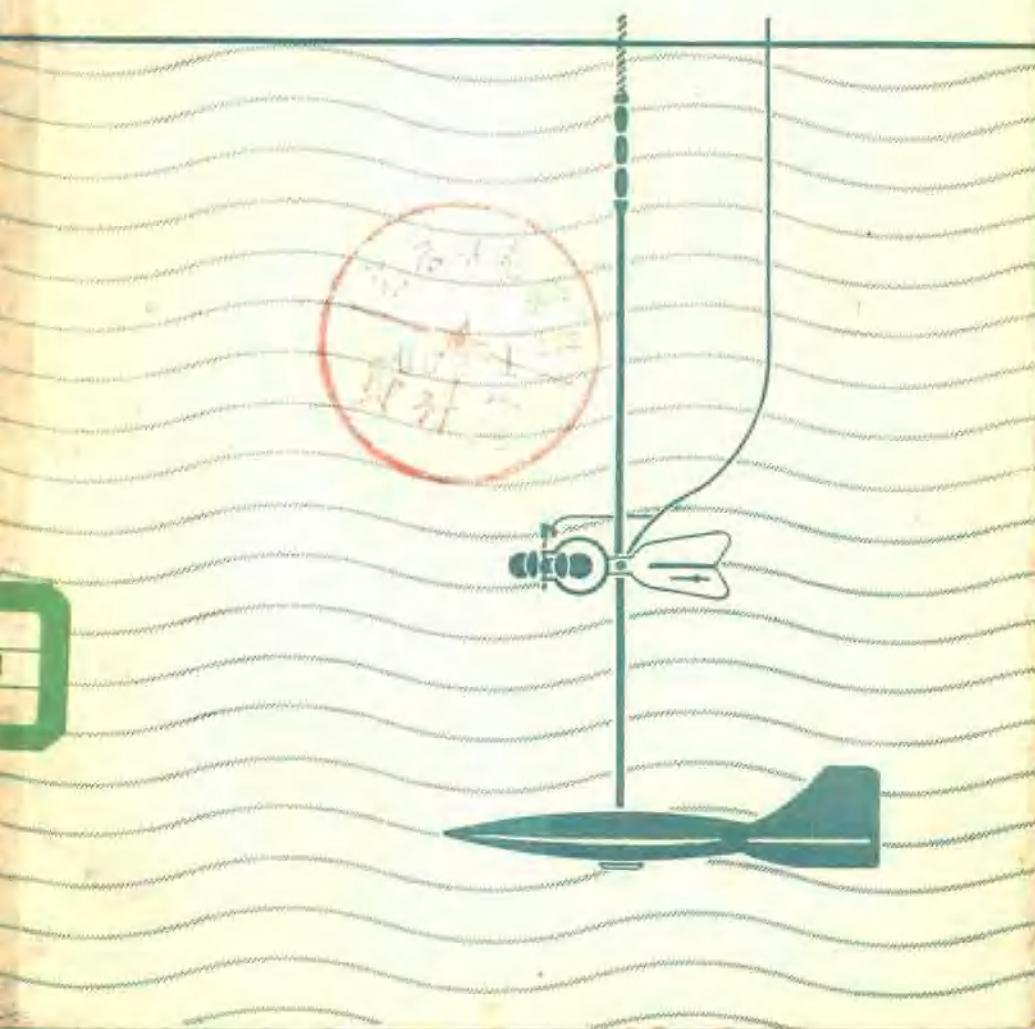


水文观测

李久昌等编著



水文观测

李久昌等编著

北京市书刊出版业营业登记证出字第2号

人民教育出版社出版(北京沙滩后街)

新华书店北京发行所发行

全国新华书店经售

人民教育印刷厂印装

统一书号：12012·5 字数：142 千

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：6 $\frac{3}{4}$

1964 年 5 月第一版

1966 年 3 月第一次印刷

北京：1—5,300 册

定价 0.60 元

目 录

第一章 緒論	1
§ 1 水文学与水文測驗学	1
1. 水文学研究的对象	1
2. 水文現象的基本特点	5
§ 2 水文測驗的性质、内容和組織	9
第二章 河流的水位观测	11
§ 3 河流水位的情势	11
§ 4 观测水位的目的和作用	13
§ 5 观测水位的設備和方法	14
1. 观测基面	14
2. 水位观测設備	15
3. 水尺零点高程的測量	19
4. 水位的观测和記載	24
§ 6 水位資料的整理	27
第三章 河流的流量測量	36
§ 7 河川徑流的一般知識	36
1. 徑流的集中和河流的流量測量	36
2. 河流的徑流情势及其特征值	37
§ 8 流量測量的目的和作用	41
§ 9 測流方法概述	44
§ 10 流速仪測流	46
1. 工作内容	46
2. 水深測量	46
3. 流速測量	61
4. 測流工作的水力机械化	70

5. 实测流量的計算.....	72
§ 11 浮标測流.....	75
1. 浮标法与流速仪法的主要区别.....	75
2. 浮标的类型和制法.....	75
3. 用水面浮标測流.....	77
4. 用深水浮标或浮杆測流.....	86
§ 12 流速仪浮标測流注意事項.....	88
1. 測流河段的选择.....	89
2. 測流断面的布設.....	91
§ 13 人工建筑物和体积法測流.....	92
1. 水工建筑物測流.....	92
2. 量水建筑物測流.....	100
§ 14 逐日流量的推算.....	110
1. 推算逐日流量方法的概述.....	110
2. 水位与流量的关系.....	111
3. 特殊情况下的水位流量关系及逐日流量的推算.....	114
§ 15 几种主要徑流特征值的推算.....	126
第四章 河流泥沙測驗.....	128
§ 16 河流泥沙的来源及分类.....	128
§ 17 河流的輸沙量和侵蝕模数.....	130
§ 18 泥沙測驗的目的.....	131
§ 19 浮沙測驗.....	134
1. 含沙量和輸沙率.....	134
2. 測驗工作的組織.....	134
3. 浮沙采样器.....	136
4. 水样的采取.....	138
5. 水样的处理.....	142
6. 实测含沙量和輸沙率的計算.....	144
7. 逐日輸沙率和月、年輸沙量的推算.....	147
§ 20 底沙測驗概說.....	149
§ 21 泥沙顆粒分析概說.....	150
第五章 灌区水文測驗.....	152
§ 22 灌区水文測驗的目的和任务.....	152

§ 23	渠道测水网的布設	155
§ 24	渠道流量測量	156
1.	量水噴嘴測流	157
2.	抽水机出水量的估算	159
3.	量水資料的整理和使用	161
§ 25	灌区其他水文測驗	163
1.	土壤含水量的簡便观测方法	164
2.	土壤含水量資料的整理和应用	165
第六章	湖泊、水庫的水文測驗	167
§ 26	湖泊、水庫的水文情况	167
§ 27	湖泊、水庫水文測驗的目的和任务	170
§ 28	湖泊、水庫水文測驗工作的內容	172
§ 29	湖泊、水庫的地形測量	174
第七章	地下水的观测	180
§ 30	地下水及其起源	180
§ 31	地下水的分类概述	181
§ 32	地下水对生产及生活的意义	183
§ 33	我国地下水的分布	186
§ 34	地下水观测站网的布置	187
§ 35	地下水的观测工作	189
§ 36	观测資料的整理和分析	192

第一章 緒論

§ 1 水文学与水文測驗学

1. 水文学研究的对象

在研究水文測驗学的时候，不能不先了解一下水文学，因为水文測驗学是水文学的一个組成部分。水文測驗是研究水的情况（即水文）的一种手段，而不是目的。所以要全面而正确地理解水文測驗学这门科学的意义和作用，必须先了解水文学研究的对象是什么。

水文学研究的对象是水。顾名思义，它应该研究存在于大自然中的各种水体及其一切方面，正如天文学是研究天体及其一切方面一样。

凡是有生物和人类存在的地方都有水，任何一个角落存在的水都有一定的数量、性质（物理的、化学的）和活动范围，同时水以不同的形态（液态、汽态、固态）不停地变换着。所有这些现象，都可称为“水文现象”。水文学不仅研究这些水文现象，而且研究它们的特点、前因后果，以及各种现象之间的联系，以便为人类开发水和利用水，并有效地控制水，使它造福人类而提供科学的依据。

水在自然界中的分布极其广泛，而且在不同时间和不同空间

里有很大的变化。地球上的水在太阳辐射的影响下，蒸发变成水汽上升到空中。随后水汽凝結成水，在地心引力的作用下，降落到地面，产生降水现象。降落的水，可能降到海洋中，也可能降到陆地上。降落在陆地上的水，一部分在地面向溪、澗、河、川流动，形成徑流，流到海洋中。另一部分渗入地表土壤层内，形成表层徑流，或继续渗入地下深层部分，形成地下徑流，逐渐回归海洋。还有一部分降到地面上的水或者直接蒸发至空中，或者經植物吸收后散发至空中，或者在渗入土层中后沒有来得及流走，就又蒸发到空中，成为以后发生降水现象的泉源之一。总之，降水、蒸发的现象，以及降水、徑流、蒸发三者周而复始的现象同时存在，形成特别复杂的循环过程。这种循环統称为水循环。

由此可見，水在自然界中有它广闊的活动場所，水循环的复杂性，使它与气象、地理、地质各方面有了不可分割的联系。因此水文学的范围，更全面地來說，应该包括空中的水汽，以及海洋、河流、湖泊、沼澤、冰川等地表各部分的水体，还有存在于地下的水。

不过在水文学中研究水文气象，仅仅把它看作是联系地表水文学与气象学的一个环节，而不需要包括气象学的全部。同样，在水文学中研究水文地质，也仅仅把它看作是联系地表水文学与地质学的一个环节，而不需要包括地质学的全部。

除了水文气象学和水文地质学这两門水文学科以外，水文学中只剩下研究地表水的地表水文学了。平常所謂的水文学，实际上就是地表水文学。它包括海洋学、河流学、湖泊学、沼澤学、冰川学。此外，最近发展的情况表明，介乎海洋与河流之間的河口学，也成为一門独立的学科。

在地表水文学中，如果把海洋学除外，那么研究河流、湖泊、沼澤、冰川、河口水文现象的科学，都属于陆地水文学的范畴。

然而陆地水文学在发展上是不平衡的。河流、湖泊、沼澤、冰川都是水利对象，而人类开发河流最早，与河流的关系也最密切。如我国的黄河，埃及的尼罗河，印度的恒河，古代巴比倫的幼发拉底河等都是古代政治、經濟、文化中心的发源地。黄河造就了我們祖国的文化，哺育了中华民族的优秀儿女，不过在历史上也閹了不少大禍。我們祖先与黄河洪水作了无数次的斗争。河流蘊藏着丰富的水利资源，但河流洪水的泛濫也会給人类带来重大的灾难。因此，以河流为研究中心的陆地水文学发展不平衡的现象，也是很自然的。

水文測驗学也是一样，目前人們对于河流水文測驗积累的經驗最为丰富，理論研究最多，它的用途也最为广泛。因此，本书介紹的内容主要是河流水文測驗学，其次簡略介紹一些湖泊、水庫(人工湖)、灌溉渠道(人工河道)的水文測驗知識。沼澤、冰川的水文測驗，目前还没有成熟的經驗，本书就不介紹了。

水文学除了包括水文測驗学以外，还有水文地理学、水文实验学、水文計算学、水文預报学。不管关于河流、湖泊、沼澤或任何其他水利对象的水文学，都可以包括这几方面的内容。

水文測驗学是水文学的基础。它研究如何在实际的水利对象上作現場观测，或現場收集样品而进行室內分析，以了解各种水文现象(物理的和化学的)表现在量和质的情况如何，以及它們的变化規律。同时研究把取得的資料如何加以系統化，提供进一步分析使用。水文測驗学是水文学的基础，正像水文測驗工作是水文工作的基础一样。

水文地理学研究各种水体的位置，大小以及地理分布，時間上的变化，并描述形成这些情况的地理条件。水文现象的形成与地理环境有密切关系，所以水文地理学对于全面研究水利资源和形

成各种水文現象的客观原因很有帮助。

水文实验学是一门新的学科。它研究如何利用野外小型观测場或实验室內的水文模型,布置典型的观测。这种观测的特点是:范围小而项目齐全,互相联系密切,容易找到明显的因果关系。如果典型的水文实验成果能代表大面积流域的水文現象,并能正确說明产生这些現象的原因的話,那么水文实验就可以解决水文測驗所不能解决的問題。特别是在沒有水文測站和水文測驗資料的地区,可以广泛引用水文实验和水文地理調查的綜合成果,来填补空白。

水文預报学研究如何根据过去观测到的水文現象,預測未来的水文現象,保证在事先就能知道它发生的程度、性质、危害性等,以便作出預报,采取必要的措施。例如洪水預报,根据以往暴雨量和洪水量的关系,在将来降了新的暴雨而洪水还没有来到以前,就預报出流域內某一重要地点,将出现多大的洪水,洪水在何时出現,堤防是否安全,等等。

水文計算学主要为水利工程的规划設計服务。它研究在修建水利工程的地区,水賬如何計算。因为通过水賬的計算,可以决定工程的布局 and 具体設計。例如,水庫修在哪里好,要修多大,能发多少电,灌溉面积多少,是否合乎經濟原則,抗御洪水的能力够不够等。要解决这些問題,首先必須算清水賬,然后通过进一步的水利經濟計算,得出答案。水文計算学同时也服务于交通、厂矿等方面的工程設計。但是,如果沒有水文測驗資料,水文計算学就无用武之地。

由上述可見,水文学包括的内容非常广泛。它既是自然学科,也是技术学科。其中水文測驗学、水文地理学、水文实验学研究水文現象的自然規律和摸索这些規律的手段,而水文計算学和水文

預報學則研究如何直接利用這些規律為人類服務，為工程建設服務。它給水文學從研究和認識自然到利用、改造自然二者之間，搭上了橋梁。所以，人們又稱後兩門學科為工程水文學。

2. 水文現象的基本特點

水文現象的發生和變化規律很複雜，但非不可知的。大體說來，水文現象特點是它的偶然性，同時它有一定的周期性、地理性和地方性。

水文現象的偶然性與周期性，表明了它在同一個地點隨着時間的轉移而變化的性質。地理性與地方性又表明在同一個時期，它在不同空間內發生的情況和差異。

一、水文現象的偶然性和周期性

所謂偶然性又可叫做不重複性。比如說，今年發生過的某種現象，明年不一定重複發生，即使發生了，也在時間、大小或特征上，不可能完全相同。洪水就是這樣。歷史上釀成水災的大洪水，並非年年發生。若干年前和若干年後都發生過洪水，但這次洪水和那次洪水的大小往往不完全相同。河流中的水量在一年中有大有小。大大小小的交替變化過程可以構成一條變化曲線，但是這一年的變化曲線和下一年的變化曲線不可能互相重合，這說明了水文現象的偶然性掩蓋了必然性。

從數理統計的觀點來看，水文現象的這種偶然性好像在受着或然率的支配。我們不能斷定任何一種水文現象在什麼時候必然發生，但是可以根據它在以往若干年內發生的次數，來推斷其未來發生的可能性。好比從口袋中摸球一樣，假設在口袋中裝有六個不同顏色的球，伸手進去摸出一球，究竟什麼顏色，完全是偶然的，不可預料的，但是可以知道摸出某一種顏色的球的或然率是 $\frac{1}{6}$ 。

水文現象的发生与口袋中摸球的不同之点是：各种現象出現的机会并不均等，因为它受到了自然条件的控制。河流中极大的洪水和极小的枯水出現机会都非常少，而水量居中者总是比較常見的。这就注定了，研究水文現象的規律时，必須用复杂的数理統計法。

應該知道，水文現象的偶然性里面包含着一定的周期性。这种周期性不过由于被偶然性所掩盖而表現得不够明显罢了。水文工作者有句話，說“河流是气候的产物”。这表明支配河流水文現象的因素几乎以气候为唯一因素了。这話很有道理。因为河川徑流，来自地表徑流，地表徑流来自降水，同时它的大小又受到蒸发的影响。然而降水、蒸发是靠吸收太阳热能而发生作用的。这些气象条件的变化跟太阳的位置和季节有关。太阳的位置因地球繞着它公轉而呈周期性的变化，这首先注定了气候变化的周期性。例如，我国北方春旱秋潦，冬寒夏热，都表明了气候的周期性

水文現象的周期性可以用許多实际例子來說明：河流、湖泊的結冰、封冻和解冻，在冬季气温降至 0° 以下的地区年年总会出现。依靠冰雪补給的河流春季漲水，造成每年一度的春汛，这是由于流域內降雪、結冰和气温变化的周期性而产生的。河流在春旱季节出現枯水，在夏秋多雨季节出現洪水，因而枯水期和伏汛期交替地存在于有关季节，几乎也成了一种周期性的常規。虽然洪水和枯水的水量并不一定，但是这种偶然性并不能完全抹煞它的周期性。

某些地方在一日內的水文現象也包含有一定的周期性。例如，河口和海洋的潮汐現象，是由于地球的自轉造成的。潮汐大小和月亮的引潮力有关，但是在河口地区和海洋中一天两次潮，总是天經地义的事情。除此以外，在內陆，河流漲落水也有日周期变化。这种变化是由太阳的輻射和大陆性气候的周期性日变化而決定的。我国青海、新疆、甘肃等西北地区，冬天地面的冰雪，到春天

融成水注入某些河流中。可是春天正午以后气温最高时，冰雪融水最多，至夜间随着气温的降低，融水逐渐减少，甚至停止。在一个长时期内，日日夜夜如此，这就使补给于冰雪的内陆河流中的水量形成了周期性的日变化。

水文现象也还有多年性的周期变化，水文工作者认为这种变化与太阳黑子的变化有关。其多年周期可达七年或十一年。

水文现象的周期性和偶然性之所以同时存在，是由于它本身受到许多极其复杂的自然现象所支配。各自然现象之间，又有不同程度的互相联系或互相制约作用。地球的自转和公转等对它的支配，是产生周期性的直接原因，但这不过是第一个环节。由第一个环节转到其他环节以后，支配它的周期性因素逐渐被冲淡，而偶然性因素逐渐浓厚起来。拿气象因素来说，它已经失去严格的周期性的影响。降雨本身就受到气流变化、地形因素等许多复杂的偶然性的影响。

二、水文现象的地理性和地方性

水文现象的地理性和地方性也是同时存在的，这首先表现在地表径流方面。

降水到地面以后，一部分立刻渗入地下，一部分蓄在洼地中，逐渐蒸发或渗入地下流走，或者长期贮存起来。只有来不及渗透的那部分水，由高而低流动起来，流入河湖，形成地面径流。可见，地面径流才是河川径流的主要的直接来源，而它的大小与气象因素，以及地形、地质结构、土壤、湖泊和沼泽的面积、植被等自然地理因素都有关系。这些因素——或称之为气候与地理景观，既影响到径流形成过程的长短与缓急，又影响到径流量的大小。但是，气候与地理景观是因地而变化的。热带、亚热带、温带、寒带各处于不同的地理位置，靠近河口和海洋的地区与远离海洋的内陆地

区也各处于不同的地理位置，因而它們的气候和地理景观显然各有特点，这就决定了不同地区的水文现象的不同。但是一般說来，气候和地理景观是逐渐变化的，因而水文现象的地理性也有逐渐变化的趋势。

我国地表径流分布的一般趋势是：东南沿海地区径流特别丰富，由此向西北内陆逐渐递减。秦岭淮河以北，径流显著减少，西北干旱地区径流减至最少，甚至完全没有地表径流，而出现許多沙漠。这种水文现象的地理性首先与气候的地理性完全适应。我国降水量由东南沿海向西北内陆递减，但蒸发却从西北内陆向东南沿海递减。这就使得愈是多雨的地区，蒸发量反而愈小，愈加促使径流增多；愈是缺雨的地区，蒸发量反而愈大，愈加促使径流减少。总之，气候的地理性决定了径流的地理性。

但是以上所述，仅仅是径流地理分布的一般趋势而已。由于降水与径流形成还受其他許多复杂的影响，所以某个具体地区内，又可能有复杂的变化。这就同时表现了水文现象的地方性。在地形影响下，这一点是非常明显的。例如，山区的雨量 and 径流，在一定条件下，随着山地的高度而增大；同一个山区迎风面的雨量和径流要比背风面大。

我国山区面积所占比重很大，这就造成了径流的变化，随着地形不同而有許多不均匀的分布现象。淮南大别山区径流显著大于淮北平原。华北太行山区径流显著大于华北平原。四川西部高山峡谷区、大巴山区径流都比較集中，四川盆地、汉中盆地、江汉平原的径流都有显著减少的趋势，都是很明显的例子。此外，在喀斯特地形的影响下，径流的局部地方性变化也很明显。云贵高原，广西的西北部石灰岩地区，喀斯特溶洞比較发育，地表径流要比邻近的其他地区少得多。

所有以上情况，都说明了径流现象的地方性是與地理性同时存在的。无论径流的地理性也好，地方性也好，都会引起一系列其他水文现象的同样特性。

§ 2 水文測驗的性质、内容和組織

水文測驗是要通过观测、測量或輔以室内試驗工作，来了解和記載水文現象的变化。它是水文科学研究和一切水文工作的基础。前面已經提到，水文現象的偶然性，要求有固定地点的、长期的、連續的水文測驗資料，以便应用数理統計方法来寻求水文規律。属于这一类的水文測驗，可以叫做长期定位測驗或基本水文測驗。它的任务是全面滿足国民經济建設各部門的当前和长远的需要。

还有一种临时或短期的水文測驗，任务是滿足工程設計或其他方面某一种专门的需要。它所提供的資料，当然不一定是长期的連續的。这种水文測驗可以叫做专用水文測驗。

水文測驗的内容必須从滿足生产需要出发，并與水文科学研究的内容相适应。一般河流的水文測驗項目如下：

一、水位。水位是沿地心引力方向上量出的水面高度，代表河道水深、通航能力和河槽中被水流注滿的程度。水位观测将在第二章詳述。

二、流量。流量是河流在每秒钟内流过的水流体积。流量測量是最主要的水文測驗項目，将在第三章詳述。

三、泥沙。在河水中悬浮和沿河底滚动的泥沙形成固体径流，它是径流侵蝕流域表面的产物。通常所說的泥沙測驗包括范围很广，主要有下面几項。(1)輸沙率——每秒钟流过河流的泥沙重

量。(2)含沙量——悬浮在水中的泥沙的濃度,也就是每立方米的水中含有多少泥沙。(3)泥沙顆粒級配——粗沙和細沙配合的情況,也就是說,在每克泥沙中,某種粗沙直徑多大,它占总沙重的百分比,某種細沙直徑有多大,它占总沙重的百分比。泥沙測驗將在第四章介紹。

四、冰凌。其中有結冰、融冰过程中冰的現象的观测,結冰厚度的測量,冰流量(每秒钟流过多少立方米的冰)測量等。各种冰凌观测可参考有关的水文书籍,本书不作介紹。

湖泊、水庫水文測驗的內容比河流要复杂一些。不过其中大部分仍然是河流水文測驗的那些項目,將在第六章略予介紹。

河流水文測驗的方法,往往也适用于人工渠道中。但这属于专用性质,詳見第五章的介紹。地下水的观测,詳見第七章的介紹。

为了全面地开展水文測驗工作,必須組織各种类型的基本水文站网。我国的基本水文站网,属于河流测站的有基本流量站网,基本水位站网,基本泥沙站网等。

第二章 河流的水位观测

§ 3 河流水位的情势

河流水位的高低是流量大小的主要标志。影响水位变化的主要因素是由降水、融雪、融冰等产生的径流。此外，河道的冲刷和淤积、风、潮汐、水生植物、结冰和融冰，也都影响水位的变化。河流某一地点的水位变化，往往受到下游另一地点的支流或湖泊涨落水向上顶托的影响。这种影响称为回水影响。

水利工程建筑物，当然可以影响到水位的变化，但这是一种人为的干涉，与天然的影响有所区别。

河流水位的变化有以下几种。

1. 水位多年的变化。主要有两个原因。(1)气象的多年周期性变化，即降水、蒸发等的变化，引起了水位的多年变化。(2)地形的多年变化，如山区河流的侵蚀(冲刷)作用，使河槽下切的深度逐年加大，河底逐渐降低；泥沙被水流携带到河流中、下游平原地区，又淤积下来，使河底逐年升高。这种地形的多年变化，无疑会引起水位的多年变化。永定河、黄河下游的水位，就有这种情况。

2. 水位年内的变化。决定水位年内变化的主要因素是气候的年变化，其次是河流的补给形式(雨水补给、冰雪融水补给或地下水补给)。河流水位的年内变化是流量的年变化的直接后果。它与

多年变化的不同点在于趋势显著,并带有同气候变化的规律性,河床的冲刷和淤积并不起决定性作用。换句话说,水位的年内变化代表着径流年内分配的一般规律,可以反映出河流的汛期、平水期和枯水期。

我国淮河以南的长江、珠江以及台湾各河流均由雨水补给。这些河流的特点是径流和水位变化与降雨相适应。雨季河水特别高涨,降雨一停,地面径流终止,河流转为受地下水补给,水位即稳定下来。这类河流的汛期,以珠江的北江、东江为最早,台湾的河流则全年都有暴雨洪水。一般说来,各河水位从三、四月开始上涨,汛期来到,一直延续至八月、九月,甚至十月。最大洪水多在六至八月。汛期后水位下降,枯水期出现于十二月或次年一至三月。

黄河,和北方其他地区的河流,由雨水和积雪融水补给。特点是一年内有不同的洪水来源造成的两种汛期。冬季地面积雪,河流结冰,到春季积雪融化,河水上漲,发生明显的春汛。此时正值桃花盛开,所以又称为桃汛。桃汛后,水位下降,出现平水期或枯水期。再以后,雨季来到形成很大的径流,使河水再度上涨。这时的暴雨才是真正大洪水的来源,所以水位往往更高于桃汛期。为区别于桃汛起见,称此一时期为伏汛或夏汛。可见,春汛与夏汛不但出现的时期不同,而且洪水来源也不同。

新疆南部发源于天山、昆仑山等地的河流,主要由高山积雪和冰川融化后的水来补给。水位、流量的变化与夏季气温和冬季降雪量有密切关系。枯水期长而汛期短,每年十月或十一月至次年五月或六月,水位都很低。只有六月下旬至七月和八月上旬因山地温度上升,冰雪融化很快而发生洪水。

附带指出,河流水位的年内变化,有时也带有局部性、特殊性,与降雨、积雪无关。在同一条河流上不同的地理位置,会有不同的