

129071

基本馆藏

水文学及水文测验学

华东水利学院

1957

說 明

本講義的內容未經仔細審查，且因時間及印刷等條件的限制，錯誤在所難免，因此，本講義僅供各單位內部參考，我們希望各院校教師及各單位同志指正，並多多提出寶貴意見，幫助我們改進今後工作。

華東水利學院

511.45127;1 水文学及水文测验学纲要

K3 目 录

第一章	绪论 -----	1
§1—1	水文学的内容与分类-----	1
§1—2	水文学对于农业、林业、运输业以及国防上的意义-----	2
§1—3	水文学研究的特点-----	4
§1—4	我国水文学事业发展概述-----	6
第二章	地球上的水分循环与水量平衡 -----	10
§2—1	地球上的水陆分布-----	10
§2—2	地球上水分循环-----	10
§2—3	水量平衡方程式-----	12
第三章	河流 -----	16
§3—1	河系-----	16
§3—2	流域-----	17
§3—3	河谷与河槽-----	25
§3—4	河流横断面-----	28
§3—5	河段及其特徵-----	32
§3—6	流速、流量-----	36
§3—7	冰凌-----	39
§3—8	冰川冬季情况-----	43
第四章	影响径流的气候因素 -----	47
§4—1	气候、地温、水湿-----	47
§4—2	气压、风-----	50
§4—3	湿度-----	55
第五章	降水 -----	57
§5—1	降水的主要成因-----	57
§5—2	降水的观测-----	59

§5—3	降水的分佈	60
§5—4	降水記錄之整理	65
§5—5	流域平均降水量之推求	68
§5—6	暴雨	71

第六章	蒸發	77
§6—1	水面蒸發、雪面蒸發與冰面蒸發	77
§6—2	土壤蒸發與植物被覆蒸發	80

第七章	逕流	84
§7—1	概說	84
§7—2	逕流特級值系列的移用與延長	87
§7—3	正常逕流量 (多年平均逕流量)	92
§7—4	年逕流量的變化	101
§7—5	一年內逕流的分配	106—1 (106頁的補頁)

第八章	河川最大流量	109
§8—1	前言	109
§8—2	最大流量的推求方法	111
§8—3	春汛及雨季最大流量的間接計算法—— 徐公式	113
§8—4	洪水過程線線形的計求	118
§8—5	自暴雨推求洪水流量及洪水過程線	123
	(I) 單位過程線法	123
	(II) 等流時線法	134

第九章	河川最小流量	139
§9—1	前言	139
§9—2	最小流量的計算法	140
§9—3	最小流量設計值的選擇	141

第十章	泥沙	
§10—1	前言	

“水文学及水文测验学”纲要

第一章 绪 论

§ 1-1 水文学的内容与分类

{ I } 水文学的内容

水文学是研究地球上与人类生活和活动密切相关的水体的科学。人们分析和归纳水在地球自然界中的各种现象和动态，探明其规律。

水文学是自然地理——研究在地球表面上发生的各种现象，它们的形成，规律性，相互关系以及它们的发展动态的科学——的组成部分，属于理论科学。同时，水文学的最终任务是对于水文现象和动态能用数量表示，直接为工程建设服务；水文学者必须为有关的工程建设提供足够的水文数字资料，作为设计，施工的依据之一。就此角度来说，水文学属于技术科学。

因而，水文学可以认为是一门特殊的自然技术科学，它沟通了理论科学和技术科学。

{ II } 水文学的分类

地球上的水，一部分存在于地球表面江、河、湖、海、沼泽、冰川之中，一部分化为水汽，浮游空中，另一部分渗入地下，在地下内流动。而它们彼此间密切地相互联系着，相互制约着和相互影响着。例如陆地上河流的水文情况与海洋之间水汽的运行与流域内降水、蒸发等气候因素，与流域的一般自然地理情况，与湖泊、沼泽、冰川、与地下水等都有息息相关的联系。

因此，有各门科学研究各别的不同存在状态下水的水文过程：

水在地球表面以各种不同的形式存在着，包括有河流、湖泊、沼泽、冰川、海洋等，统称为水体，或称水道。

1) 水文气象学——研究下层大气中水汽的水文现象和动态。

2) 陆地水文学——研究地球表面大陆上水的水文现象和动态。

3) 海洋水文学——研究地球表面海洋中水的水文现象和动态。

4) 水文地质学——研究地球表层中水的水文现象和动态。

由于陆地上河流、湖泊、沼泽和冰川各种水体有其各别的特点，其水文过程不同，人类对它们的利用亦有差别。因之，陆地水文学有必要按照不同的水体，分为：

i) 河川水文学（河流学）——主要研究河床形成河中水流各种现象和运动变化的规律。

ii) 湖泊水文学（湖泊学）——主要研究湖泊的形态、湖水运动以及湖泊对于河中水流的调节作用。

iii) 沼泽水文学（沼泽学）——主要研究沼泽的形成及其水文现象。

iv) 冰川水文学（冰川学）——主要研究冰川的成因和动态等。

上列这些学科所研究的对象，虽各不同，但有密切的联系，相互影响着，且研究方法，有着很多共同之点。

如果从研究的方法和目的出发，那么陆地水文学可以认为由下列互相有机联系着的各部分组成：

i) 水文测验学——水体各种数值的测验方法和测验资料的整理研究方法。由测验得到的水文资料，经过归纳、分析，可以引导出关于水文现象和动态的结论及普遍性的原则。

ii) 水文地理学——水体及其位置、大小情况和地区条件的特征的一般描述。对于各水体就其水文情况而分区作系统的叙述和综合报导。

iii) 普通水文学——水文现象的典型类型、水文过程自然本质的研究，因果关系的阐明及概括。

iv) 工程水文学——为了恰当地利用或改造水体的自然情况和为了河流的流域规划及水利建设所必需的水文计算。

以及供应施工期间和运用期间的建设事业所需的水文预报。

由于水在地球自然界中的现象和动态异常复杂，我们的研究水文学必需同时研究气象学、气候学、地貌学、地质学、土壤学、水力学、统计学等直接相关的科学。

§ 1—2 水文学对于工业、农业、运输业以及国防上的意义

水向来是人类生活和经济活动必需的要害。天然水利资源包括江、河、湖、海以及地下水等常为人们广泛利用，诸如灌溉、水力、航运、工业给水、渔业等，以提高人类物质生活水平。

但是天然水重未必与人们需要相适应，河水时涨时落，洪水时水量过多，甚至泛滥成灾，枯水时水量特少，有些河流也会断流。因此，人类对天然水利资源必须加以调节、治导和利用，水利工程即为达到上述目的之技术措施。

工程水文学研究的成果为水利工程规划设计提供必要的水文数据。没有水文计算，就不可能建筑任何水工建筑物。另一方面，对于大型水工建筑物的施工，对于已成的水工建筑物如水电站，水闸的运转和管理，对于计划航运和防洪措施等，水文预报有其特殊的意义。

如果我们忽视水文计算的重要性，缺乏充分而且可靠的水文资料，就盲目设计、施工，那末，必将遭受损失。

1) 工程设计不安全。例如设计洪水量估计过低，可能来临的实际洪水超过设计洪水，则水工建筑物可能为洪水冲毁，引起重大灾害。

2) 工程设计不经济。例如设计洪水量估计过高，可能来临的实际洪水大大低于设计水位，则水工建筑物未能充分利用，大量浪费了国家的投资。

3) 工程施工过程中，特别是水下工程的施工过程中，由于对水情估计错误，可能发生意外遭受损失，延缓工程的施工进度。

4) 工程虽已竣工，而在运转、管理时不能预测水的变化规律，难于发挥工程的最大效益，甚至发生事故。

工程水文学不仅限于为水利工程服务，对于工业和民用运

筑、铁路公路交通、都市给水、工业用水、木材浮运以至国防工程、军事作战等方面，都需要丰富的水文知识。

§ 1—3 水文学研究的特点

水文学作为独立的科学来看，这是一门新兴的学科。过去水利学者兼作水文研究，但在现代科学水平上，由于人类经济活动——生产的需要，水利科学技术有着很大的发展，而水文学的发展尤为迅速。因此，水文学就脱离了水利工程而逐渐成为一门复杂的专门科学。

和别门自然科学相同，水文学的基本任务是确定所研究的领域中那些自然现象的规律。仅仅认识现象，还不足以了解本质。所以，科学的任务在于深入到现象中去，发现其真实的联系，即发现其规律。

依据辩证法，应当把所有各种水文因素和水文过程看作为有机的统一体，这整体的所有部分是互相联系的，而且不是永远保持不变的。研究水文过程的一般途径，必须是各种具体现象的详细观察，更进一步的分析与综合、演绎与归纳的方法，揭示那些本质现象外表的内在联系，同时阐明水文现象的运动过程。

现代水文学还处于科学发展的“幼年”时期（经验阶段），统计学的方法，在现代的水文学里，特别在工程水文学里得到了广泛的应用。通常应用由观测的实际资料归纳得来的近似的经验公式，来说明水文现象中各个因素的大概关系和水文过程的近似规律。

这里，需要指出经验公式的特点：

1) 经验公式只能适用于和导出这个公式时相似的情况，应用时要极度审慎。

2) 经验公式只能近似地反映自然现象。就是说，无论如何也不能把它当作百分之百的绝对准确。他的适用范围和价值，视结果的误差大小而定。

因而，水文学的研究，很大程度上不同于比较成熟的某些自然科学部门，特说明其主要特点如下：

1) 有关因素的复杂性——水文现象与水文过程的影响因

系。其数据量，而且都是程度各异。其中有不少因素的变动规律，以及其对于水文过程的影响程度，尚不明。进行水文研究时，常常难以作详尽的分析，而只能顾及在表面上显得最主要的少数因素，求得近似规律。这样，不可避免地掺入了主观成分，在某些情况下，引用这些近似规律会产生较高的误差，甚至具有错误的结果。

2) 水文过程的地域性——水文现象与水文过程的影响因素，特别是自然地理因素，因地而异，因时而变。因而某些水文研究的结论，带有很大程度的地域局限性，故水文研究的成果，不能普遍适用。适合于某地的水文规律，未必适用于他处。

在甲地研究取得的成果，非就有关因素作充分比较与验证，认为合理，并加以恰当的修正后，绝对不得盲目移用于乙地。

3) 水文过程的不重复性——长期的连续观测，指出水文过程经常变化，永不完全同样地重复出现。例如河中水位与流量的变化过程，在任何一年里，从来也不合与以前或以后的另外一年完全一样。水文记录一经遗漏，即无法补测。

4) 水文过程的周期性趋势性——影响水文过程的因素，虽然十分复杂，但一般均属比较稳定的自然现象。如观测记录时间尚不甚久，常可以发现有水文过程的某些周期趋势。即使观测时间尚不够长，不能推论周期的变化趋势，而有时亦可以推论短期内的平均趋势。

5) 水文资料的一致性——水文资料的取得，必须有统一的规范，观测时间，观测精度必须一致，以便互相印证校核，便于检核。对水文资料亦必须有统一的处理方法，才可能得出正确的推断。

6) 水文资料的代表性——水文过程的变动规律，系从充分长期的观测资料归纳分析而得。短期观测资料，不易概括极端情况，代表性甚低，据以推断的结论，易致谬误。断断续续的水文资料的代表性，亦不可以连续资料等量齐观，价值亦不甚高。

由于上述特点的影响所及，水文研究成果的精度，常为不高。甚至误差甚低。因此，水文工作者在研究过程中，必须：①需要对各种水文现象长期观测，②广泛地利用统计方法和经验公式，③常从市、求得比较合理的结果。

§ 1-4 我国水文学事业发展概述

我国对江、河、湖、海的研究与利用，具有悠久的历史。

约在公元前400余年（春秋时代）我们的祖先已具备了初步的水文知识，懂得了水文变化规律。礼记月令篇内载：“季春之月，命司空曰，时雨将降，下水上腾，循行国邑，周视原野，修利隄防，道达沟渎，开通道路，毋有障塞。季夏之月，土润溽暑，大雨时行。孟秋之月，命百官始收敛，完隄防，谨壅塞，以备水潦”。同一篇里，亦有河流冬季状况的记述：“孟冬之月，水始冰，地始冻。仲冬之月，冰益坚，地始坼。季冬之月，冻解，水泽腹坚，命取水，冰以入。孟春之月，东风解冻，蛰虫始振，鱼上冰”。

公元前316年（秦孝公时代）巴蜀太守李冰造都江堰（在今四川灌县），在上游立石人测验水量，铭曰，“乾母及尺，毋母及有，斗中水量，以此为度”。石人改建为水则，每隔一尺刻画，春水涨入画，洪水不可过二十二画。已瞭解河川水位与流量之间具有一定的关系。石人测地灌溉，航运和江河修防等工程，也都安设水则，测验水位，作为间谋察问，河堤防汛的标淮。

都江堰亦筑有鱼嘴与离堆，调节内外江的流量。

东汉王景（公元69年）治汴渠，十里立一水门，与黄河水互相灌注，黄河以治，历千年而水大徙。其后元代贾鲁，明代潘季驯，清代靳辅等对治河都有很大的功绩，这些古代的水利学者和工程师，都是深明河性，因而能在治河方面获得了极大的成就。潘季驯倡议的“筑堤束水，以水攻沙”已符合于近代河流动力学的原理。

清康熙时，河道总督靳辅的著卷陈潢，有测水法，谓“水流速，则如急行人，日可行二百里，水流徐，则如缓行人，日可行七八十里。即用土方法，以水纵横一丈，高一丈为一方，计此河能行水几方”。近乎现代测流方法的意义。

水文预报方面，宋史河渠志内载：“立春之后，春风解冻，河边人候水初至，如涨一寸，至夏秋大汛定涨一尺，颇为信验，谓之信水。”作为黄河水位涨落的预测，可见前人对于水文预报的注意了。

关于雨量与雪量的观测和记录，在宋时（1247年）已有记载（秦九韶“数书九章”）。明永乐末年（1424）各地普遍设置了雨量器，并传至朝鲜使用；比西洋各国到十七世纪开始使用雨量器约早200多年。

北京故宫档案中藏有北京、江宁、苏州、杭州等地的雨量记载，其中北京的晴雨记录，从清雍正二年（1724年）起到光绪29年（1903年）凡180年之久，每次下雨雪，都记载日月、时辰，但没有尺寸。

至于近代的水文事业，始于清末，其时帝国主义侵略我国，内河航行权，海关管理权等被帝国主义霸佔，为了便利外轮航行内河，各地海关，常立尺观测水位，用以推算航行水深。

最先进行水文观测的水利机关为江淮水利测量局，自1912年起观测淮河水系各河道的水位和流量，但多系间断进行。华北各河流的水文测验工作自1915年开始。黄河流域的水文测验自1915年开始。

当时顺直水利委员会于河南陕县，山东海口设站观测水位，推流量测量，为期甚短，含沙量记载，更时有中断，1933年以后，流域水利机构成立，添设测站渐多。

长江流域的水文测验工作先由海关于1868年即在汉口观测水位。至1920年流域水利机构成立，添设了很多测站，各站的水位记录虽较长，但连续的流量和含沙量记录都很短。太湖流域的水文测验工作于1920年开始，因水系复杂，并受潮汐影响，设站较多。

珠江流域的水文记载，最早为广西梧州站，自1900年开始。1915年流域水利机构成立，添设水位站多处，1933年以后，才有流量记载。

东北各水系的水文观测工作，始于1933年。西南各河流自1933年起陆续设立水文站，施行观测。

台湾的水文测验工作，原由日人台湾电力公社就二三河川断续进行。于1935年，增设水位观测所及测水所，进行水位和流量的测量，而含沙量并未施测。

我国水文事业开始很早，对于防洪、灌溉、航运等水利事业亦有巨大的贡献。但由于长期的封建统治，阻碍了生产发展，因而也阻碍了水文事业的发展。

近代以来，我国水文测验工作，由于受战争影响，发展极为缓慢。解放以前，我国水文测验工作，基本上处于停滞状态。解放以后，随着国家建设的需要，水文测验工作得到了迅速发展。特别是1955年，国务院颁布了《水文测验工作条例》，明确规定了水文测验工作的任务、方针和原则，使水文测验工作有了明确的法律依据。这一条例的颁布，标志着我国水文测验工作进入了一个新的历史时期。

解放以后，我国水文测验工作取得了长足的进步。首先，在管理体制上，实行了统一领导、分级管理的原则。其次，在技术装备上，广泛采用了新技术、新设备，提高了测验的精度和效率。第三，在队伍建设上，培养和造就了一大批水文测验技术人才。第四，在科学研究上，开展了大量的水文测验理论和技术研究，为水文测验工作的实践提供了有力的理论支持。第五，在成果应用上，水文测验数据广泛应用于国民经济各部门，为防洪、抗旱、供水、发电等提供了重要的数据支持。

随着国民经济的发展，水文测验工作的重要性日益突出。特别是在1955年，我国第一个五年计划开始实施，大规模的水利建设拉开了序幕。水文测验作为水利建设的基础性工作，其地位更加重要。为了适应大规模水利建设的需要，水文测验工作必须进一步深化改革，提高技术水平，扩大服务范围。同时，也要加强水文测验的科学研究，提高水文测验的理论水平。只有这样，才能为国民经济的发展提供高质量的水文测验服务。

1955年，国务院颁布了《水文测验工作条例》，这是我国第一部关于水文测验工作的行政法规。它的颁布，对于规范水文测验工作，提高水文测验工作的水平，具有重大的意义。根据这一条例，各级人民政府和有关部门应当加强对水文测验工作的领导，保障水文测验工作的正常开展。同时，水文测验单位也要严格遵守这一条例，不断提高水文测验工作的质量和效率。此外，还要加强水文测验的科学研究，推动水文测验技术的进步，为国民经济的发展做出更大的贡献。

1956年开始，按照各地情况，在七年或者十二年内基本上建成水文的气象的台站网。”（第三十二条）。我们瞻望将来，水文事业必将随祖国社会主义经济建设的需要而突飞猛进。

第二章

地球上的水分循环

与水量的平衡

§ 2-1 地球上的水陆分布

地球总的表面积为 510×10^6 平方公里，其中陆地佔 29.2% (149×10^6 平方公里)，海洋佔 70.8% (361×10^6 平方公里)。

表 2-1 地球上大陆与大洋的面积

大 陆	面 积		大 洋	面 积	
	10^6 km^2	%		10^6 km^2	%
欧亚大陆	50.7	34	太平洋	179.6	50
菲 洲	19.2	20	大西洋	92.4	25
北美洲	20.0	13	印度洋	74.9	21
南美洲	17.6	12	北冰洋	14.1	4
南極洲	14.0	9			
澳 洲	7.6	5			
島 嶼	9.9	7			
	149	100		361	100

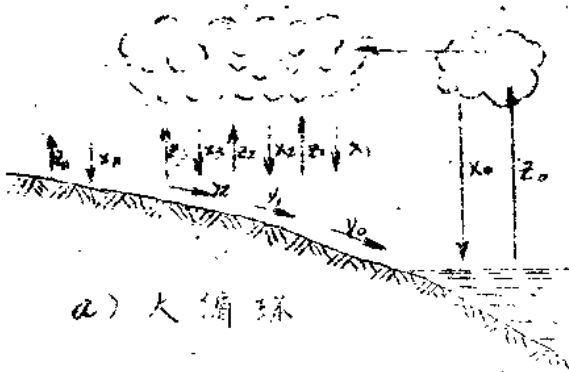
在 149×10^6 平方公里的大陆中，有 117×10^6 平方公里 (78.5%) 的地区，其河流注入海洋，称为海洋流域 (或称外流域)；所余 32×10^6 平方公里与海洋隔绝的地区，河中水流注入内陆湖泊或有因分治地区蒸发作用特别旺盛而消大于内陆，逐流并不注入海洋，称为内陆流域 (或称内流区)。

地球上水的总量，据估计有 1364×10^6 立方公里，所有河流的河槽中的总储水量仅 00012×10^6 立方公里。

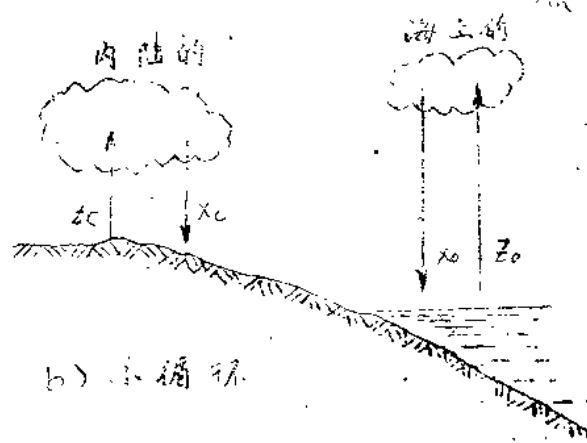
§ 2-2 地球上水分循环

地球上的水在太阳的辐射的作用下，变成水汽，从地面升

到空中，然后在适当条件下，空中水汽凝结成水滴，由于地心吸引力的作用，又回到地面上。



a) 大循环



b) 小循环

海洋中的水蒸发成水汽，被气流从海洋带运到大陆，降水于大陆内地，然后经过河流和地下而流回海洋。这样地周而复始，循环不息，称为全球性的水分循环；又称大循环。（图2-1 a）。

海洋中的水，蒸发成水汽；在空中凝结后，直接就降落在海面上，或者大陆表面蒸发的水分，直接降落在陆地上，这样地周而复始，循环不已，称为局部的海洋或内陆水分循环，又称小循环。（图2-1 b）。

图2-1 地球上的水分循环

起）水的旱年（少水年）。反之，来自海洋的水汽多，陆地上的水分循环加强，降水量多，引起多水的湿年（丰水年）。

如果来自海洋的水汽少，陆地上的水分循环即为之减弱，降水量少，引起旱年的湿年（丰水年）。

决定地球上水分循环的三个要素

1) 太阳辐射和地心引力——水分循环的基本动力。由于太阳辐射，使水蒸发，冰岩融化，空气流动。由于地心引力，使空中凝结的水分，下降到地面来。

2) 水的物理性质——水有固体、液体、气体三种存在状态，使水循环成为可能。

3) 水分循环的途径——水在大气中、地面上与岩层中反复循环。空气的流动情况（气候因素），地面的形状和性质（自然地理因素）决定了水分循环的地理分布。

前二种要素稳定，后一种要素十分复杂；尤以地面情况为甚，此即为水文现象和动态之所以非常复杂的主因。

§ 2-3 水量平衡方程式

水量平衡这一概念是自然界中水文变动过程中的具体化。任取一闭合表面所包围的孤立体，则进入该孤立体之水量与自该孤立体流出之水量的差值，等于孤立体内蓄水的变量，或为增量，或为减量。

水分循环和水量平衡的概念是研究水文现象和变化动态的指导思想和基本方法。也可以说水分循环和水量平衡是水文科学的核心。

(一) 通用的水量平衡方程式

今任意划定地面的某一部分，假定这部分地面上纵横交错着无数的水道可供流过，有的水渠，穿过各划分的边缘想像地钻直截取一柱水体，并延此柱体的侧高划一封闭的水平面，而低于此水平面的水量，不参与我们所探讨的水量平衡。

在某一时段内，该体积内全部可能的收入和支出水量有：

1) 水量平衡的收入部分有：

- i) 直接降落在该孤立体表面的降水量—— X
- ii) 孤立体表面和内部的水分凝结量—— Z_1
- iii) 流入的地面径流量—— Y_1
- iv) 流入的地下径流量—— W_1

2) 水量平衡的支出部分有：

- i) 孤立体表面的蒸发量—— Z_2
- ii) 流出的地面径流量—— Y_2
- iii) 流出的地下径流量—— W_2

这样，对于任何地面形状的孤立体，在任意时段内，通用的水量平衡方程式为：

$$(X + Z_1 + Y_1 + W_1) - (Z_2 + Y_2 + W_2) = \pm \Delta U \dots \dots (2-1)$$

上式中 ΔU 表示孤立体内蓄水总量的变量。当收入部分大于支出部分，取用“+”号（为增量），反之，取用“-”号（为减量）。

水量平衡方程式内各组成部分，都取用相当于平均在流域各点水面的水深深度，单位用 mm 。

(II) 河川流域的水量平衡方程式

现在我们研究了河川流域通用的水量平衡方程式。假定该流域的地面分水线与地下分水线重合，沿周界处没有径流注入，除了流域出口处河川外流外，别处也无径流溢出。则其流入的地面径流量 $Y_1=0$ ，自相邻流域流入的地下径流量 $W_1=0$ 。地下水灌注河流，与地面径流一同流出，即 $Y_2+W_2=Y$ ，称为总径流量。蒸发量 Z_2 去除凝结量 Z_1 ，可视为总的净蒸发量 $Z=Z_2-Z_1$ 。

此系河川流域在任意时段内，水量平衡方程式为：

$$X - (Y + Z) = \pm \Delta U$$

$$X = Y + Z \pm \Delta U \quad (2-2)$$

式中 X 和 Y 永为正值，又差不多所有的流域，蒸发量 Z_2 总是大于凝结量 Z_1 ，所以 Z 亦为正值。而 ΔU 需视多水年或少水年来决定取用“+”或“-”号。

实用上，我们常取一个水文年度为对象。也就是说上式中 X ， Y ， Z 分别为年降水量，年径流量和年蒸发量，而 ΔU 为在一年期间蓄水量的变量。

当河川流域的地面分水线与地下分水线不一致时，则需考虑到由此而引起的地下水的流入径流量和流出径流量，即 $W_1 \neq 0$ ， W_2 不能归入 Y 中，而要单独计量。不过， W_1 ， W_2 实际上很难予以测定和估计，并与 X ， Y ， Z 比较起来，为值极微，可以略而不计。

如果我们具有多年资料，而取其平均情况为研究，因为多年期间既有旱年，也有湿年， $\pm \Delta U$ 的平均值近于“0”，即

$$\frac{\sum \Delta U}{n} \approx 0 \quad (\text{而当观测年数 } n \text{ 趋向无限大时，则 } \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum \Delta U}{n}$$

$= 0$) 於是 对于多年期间的河川流域的水量平衡方程式为：

$$X_0 = Y_0 + Z_0 \quad (2-3)$$