

基本馆藏

121128

• 121158

工程水文学

上册

黄万里著

电力工业出版社

內 容 提 要

本書敘述工程水文学的原理，內容分为普通水文学、水文測驗学、水文資料統計法、河流动力学、水文分析和水文預报等五部分。全書分上下册出版，上册包括前兩部分，下册包括后三部分。

本書系根据清华大学水利系工程水文課程的教学大綱撰写的，也可作为土木系給水排水專業及鉄道学院給水工程水文課的参考教材。对从事水利工程规划、設計和研究工作的学者、工程师，本書也有参考价值。

工 程 水 文 学 上 册

黃 万 里 著

*

545S82

电力工業出版社出版(北京府右街25号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

780×1092 $\frac{1}{8}$ 开本 * 13 $\frac{1}{2}$ 印張 * 282千字 * 定价(第10类)2.00元

1957年5月北京第1版

1957年5月北京第1次印刷(0001—6,100册)

前 言

我国偉大的發展国民經济的第一个五年計划的实施，对于工程水文学提出了重大的任务。黄河淮河等除害兴利的建設、長江流域水利的全面规划、农業合作化运动中的农田水利建設、鐵道公路及其桥梁的建設、偉大友邦苏联所帮助我国的 211 項工厂的基本建設、城鎮給水排水工程的建設都莫不需要分析水文資料，以为规划設計的憑据。目前，在我国水文观测資料非常缺乏的情况下，特別要求工程水文学提供正确的理論和方法，使从少量的資料可能分析計算出合理的数据。

本書全部內容系根据清华大学水利系工程水文学課程的教学大綱所編写，而这一教学大綱是根据近代工程水文学的理論系統和我国水文情况的特性，参考了苏联高教部批准的工程水文学課程的三种教学大綱而訂定的。書中內容系作者依据 1950—56 年中历次在唐山鐵道学院和清华大学的講稿所編成的。根据原来的目的，本書拟按大学教科書的性質編写；但是由于各專 業对于本課程的要求不一样，而同一專 業各校的教学大綱也不一致，而且年年有所改变，所以决定把本書写成教学参考書的性質。为了照顧到原来的目的，書中文字分大小兩号字排印。大号字的各节各段可以采用为学生必讀的教材，这里面的科学系統是比較明确的。小号字的各节各段是教学参考材料，其中有些部分比較詳細，有些比較簡略，由于受到現有水文資料的具体限制，不强求一致。这样，本書若作为教学用，在取材方面使講員可以有灵活运用之余地；而对于从事于水利工程规划、設計和研究工作的学者、水文工作者和水利工程师們，参考材料的內容和范围也就比較广泛而充实。

工程水文学的最終目的是运用水文計算的方法、推求所需要的資料，以为各种规划設計的憑据；本書下册第六篇水文分析与水文預报 就是討論这方面的內容。支持水文計算方法的基础学术是多方面的：首先在第二篇里叙述普通水文学的知識，其次在第三篇里叙述水文測驗学的基本理論及国内通行的測驗方法，下册第四篇討論水文資料的統計法，第五篇討論河流动力学。此外，第一篇緒論对工程水文学本身作了一般的討論。水文分析就是在普通水文学的基础上，利用水文測驗所得的資料，加以統計，或从事于动力学的演算。这些是作者理解近代工程水文学內容的总的科学系統。

本書在水文地理、水文測驗、水文計算等各方面，利用本国的資料对于本国情况作了若干分析。为了慎重起見，本書內容曾分請各部門專家校审（見目录），承他們提出了有价值的意見，有些部分曾經过不少修改。对这几位專家，作者表示衷心的感謝。

黃 万 里

1956年10月清华大学

目 录

前 言

第一篇 緒論 (铁道部铁道科学研究所副院長唐振緒校)

第一章 自然界中水份的循环运动	1
第一节 自然界的水文循环	1
第二节 运动水量的平衡方程	6
第一章 习题	11
第一章 参考文献	11
第二章 工程水文学的范围与应用	11
第一节 关于水文学的内容	12
第二节 关于工程水文学的内容	14
第三节 工程水文学的基础	15
第四节 工程水文学的应用	15
第五节 工程设计与流域水利规划对于水文资料的一般要求	20
第二章 参考文献	24
第三章 水文学及水文事业的发展简史	25
第一节 中国水文学及水文测验的发展简史	25
第二节 苏联水文学及水文事业的简史及概况	27
第三节 资本主义国家内水文学发展简史	32
第三章 参考文献	35

第二篇 普通水文学 (中国科学院地理研究所研究员罗开富校)

第四章 降水	36
第一节 有关降水的气象要素	37
第二节 地球上的大气环流	42
第三节 天气与天气预报	52
第四节 降水按冷却方式的分类	60
第五节 降水量的分佈	62
第六节 降水资料的分析途径	67
第七节 降水资料按照工程设计所要求的整编和分析法	69
第八节 积雪的春季溶解	83
第四章 习题	84
第四章 参考文献	85
第五章 蒸发	85
第一节 蒸发的现象与理论	86
第二节 水面蒸发	88
第三节 地面蒸发	93
第四节 叶孔蒸发	95
第五节 截留蒸发	96

第六节	蒸發总量	96
第五章	習題	100
第五章	参考文献	101
第六章	地下滲流	102
第一节	地下水的来源和类别	102
第二节	入滲及滲漏	107
第三节	潛流	103
第六章	習題	112
第六章	参考文献	113
第七章	逕流	114
第一节	河谷的形成与發展	114
第二节	河系与流域	118
第三节	河道与河槽	126
第四节	湖泊、水庫及沼澤	128
第五节	槽流	131
第七章	習題	145
第七章	参考文献	145
第三篇 水文測驗学(水利部水文局工程师兼測驗科科长陈道宏校)		
第八章	水文測驗的目的、方法与組織	143
第一节	水文測驗的目的与对象	143
第二节	測站位置的选择——控制断面的理論	143
第三节	測站概要	157
第八章	参考文献	160
第九章	水流的測驗	161
第一节	水位的观测	161
第二节	橫断面的測量	167
第三节	流速的測量	172
第四节	流向的观测	182
第五节	流率的計算	183
第六节	各种測量流率的方法	192
第七节	水位和流率关系綫的繪制	200
第八节	水位流率关系綫的延長	205
第九章	習題	203
第九章	参考文献	210
第十章	沙流的測驗	211
第一节	总述	211
第二节	悬沙运动的測驗	214
第三节	底沙运动的測驗	225
第四节	河床質的采样	230
第五节	水样处理	232
第十章	参考文献	236

第一篇 緒 論

第一章 自然界中水份的循环运动

§ 1.00 总 述

地球上的水受了太陽輻射和地力吸引的兩種作用而运动的現象称为水象。水象或水的运动現象可以分为四类方式：降水、蒸發、滲流和逕流，其中对于人类生活具有最密切的关系者乃是逕流(§1.11)。

兩类或几类水象依次和联地进行構成一个水文循环。自然界里水文循环的主要途徑可以归納为五类，其中陆海型水文循环乃是最長远的一环，要較其他內陆型各环更为重要(§1.12)。

运动着的水份不論那个时候在地球上所佔的位置可以归納为四种水層：空中含汽層、地面水層、地內含湿層和地下飽和水層，其中以后者同时儲存着的水量最多(§1.13)。

在一个流域內每年在水文循环中按各种不同方式运动的水量相互間存在着一定的关系，这种关系可用平衡方程来表示：年流量等于年雨量減去年蒸發量。計算这三种年水量宜按水文年度划分时期，水文年度的始終日期应取流域上地面和地下存水最少的时候(§ 1.21)。流域年运动水量的平衡方程反映出某些綜合性的流域水文特性，并供給了一种估算平均年流量的方法，因此是水文学中一个重要的課題。在我国，对于黄河和長江，或永定河和錢塘江，它們的流域年运动水量平衡方程显示出鮮明的对比：前者雨量既少，流量又少，大部分水蒸發掉；后者雨量既多，流量又多，較小部分水蒸發掉(§ 1.22)。

关于陆海間运动水量的平衡，大致每年有 36 300 方公里的水汽自海洋空中輸入大陆，而以同量的水自大陆逕流入海(§ 1.23)。

水文循环中每年运动的水量是可以且應該設法增进的。这是一种改造自然的措施，是国民經济的一种重要工作，在我国和苏联都正在进行着(§ 1.24)。

第一节 自然界的水文循环

§ 1.11 自然界中水的四类运动現象

地球上的水受了太陽的輻射和物質的分子吸力(一般以地心吸力为主)兩種作用，不断地运动着。这种在自然界里水的物理性的运动現象称为水象(Гидрологический явление, 或直譯为水文現象，实际上“水文”如同“天文”“地文”一般，其

“文”字原已含有現象的意义)。研究水象的科学是水文学 (Гидрология, hydrology)。

自然界中的水象或水的运动方式可以分为四类：降水、蒸發、滲流和逕流。这四类里对于人类生活具有最密切的关系、产生最直接的影响者乃是逕流，它就是工程水文学研究的主要对象。

下面簡單地說明这四类水象的意义，接着第二篇普通水文学將詳細叙述各类水象。

(1) 降水 降水的形式有雨、雪、霰、雹、霜、露六种，另外，土壤受到空中水汽的湿润也是降水形式之一。总之，凡水以任何形式降落在地層上面都屬降水。这类水象將于第四章內叙述。

(2) 蒸發 地層表面的水向空中蒸發有水面蒸發、地面蒸發、叶孔蒸發及截留蒸發四种。所謂叶孔蒸發，即农業家所称的蒸騰，是从植物叶孔中發出水汽的現象。所謂截留蒸發是指那些沒有到达地面而被植物等截留了的降水重新蒸發掉的現象。对于生活在地面上的人类來說，蒸發和降水相反，是失水的現象。这类現象將于第五章中叙述。

(3) 滲流 滲流是水脱离地面、滲入地內、以及在地內的各种运动現象。它可以分为三种現象：入滲是地面上的水脱离地面而滲入地內的現象；滲漏是水到达地下水面以前的下滲現象；潛流是地下水面以下饱和水的流动現象。这类現象將于第六章內叙述。

(4) 逕流 逕流是水在地層表面上流动的現象。它可以分为两种：在广大地面上降雨或冰雪融解后的水流叫做地面流；匯集于水溝或河槽里的水流叫做槽流。这些現象將于本書第七章內叙述。

逕流中的槽流乃是自然界里集中了的水流，它便于人类利用，所以是工程水文学的主要研究对象。本書先在第二篇第七章內簡述槽流的一般現象，次在第三篇水文測驗学內討論測驗槽流的理論与方法，在第四篇水文資料統計法和相关法內討論槽流資料的統計等方法，在第五篇河流动力学里从动力学的观点分析槽流的現象，最后，在第六篇水文計算里討論計算槽流的各种理論与方法，以应工程設計的要求。

§ 1.12 自然界里的五类水文循环途径

前述四类自然水象各表示水在一定阶段內的运动方式。兩类或几类这些运动方式依次相联地进行可以構成一个循环。例如水降地面产生逕流，逕流中的水一部分蒸發为水汽，这些水汽冷却后再度凝結成为降水，这样就構成水份运动的一个循环。这种水份运动的循环叫做水文循环(hydrological cycle)。自然界里的水文循环，也就是自然水的循环运动的途径，主要的大致可以归納为五类；在每一

途徑中，水份运动周而复始，循环不已。

圖 1-1 表示地球表層上一个順着水流方向所切的縱断面。这里画着水在循环运动过程中的位置和途徑。注意圖中水的任一質点并不是限制在某一固定的途徑中循环地运动的，它可以到处錯綜地自某一途徑轉入另一途徑。圖 1-2 所示水文循环的表解(根据郝登 Horton, R. E. 原圖[1]第 2 頁圖 1-2 系經過修改了的)可以更清楚地揭示各种可能有的循环途徑。

从这两圖里可以看出自然界五种水文循环的途徑：(1)水在降落过程中一部分被植物截留在簇叶上，随即蒸發掉，形成一个简短的循环。(2)被植物截留了的水一部分沿着树干跌落到地面，和直接降落地面的水在地面临时积聚着并流动着，其中一部分水蒸發到空中，形成另一循环。(3)到达地面的水一部分渗入地內，一部分被植物根鬚吸收了从叶孔蒸騰，構成一种水文循环。(4)渗入地內的水一部分从地面蒸發掉，于是構成另一水文循环。(5)在地下潛流的水一部分可能流到海洋里；一部分可能挤出地面而加入于逕流中，逕流由溪溝而入支流，再由支流匯集江河干流，浩浩蕩蕩，直奔大海；最后，这些水从海洋蒸發到空中，構成自然界中最長远而最重要的一环。

上述五类主要的水份循环途徑虽未必是齐全的，但可以說确已概括了所有可能有的运动途徑。例如雪、霰、或雹等固体的降水中有一部分未經溶化而直接昇华为水汽，这一現象似乎并没有包括在五类之內；但可以說，它們是通过了地面临时积水和水面蒸發的一环的，所不同的不过是水的形式为固体罢了。又例如疏

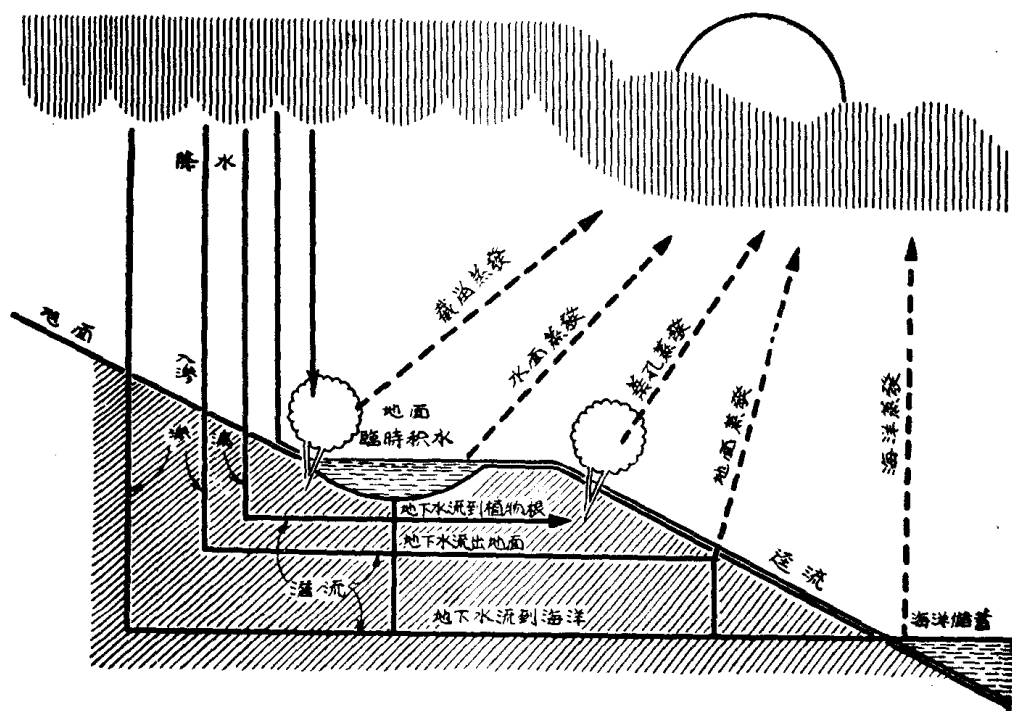


圖 1-1 自然界中各种水文循环的途徑

松的沙子里的地下水是通过沙粒隙縫而直接蒸發到大气里的，这一現象似乎也沒有包括在五环之内；但可以說，这种現象应屬於地面蒸發的范畴之内，已列在第四种水文循环里了。

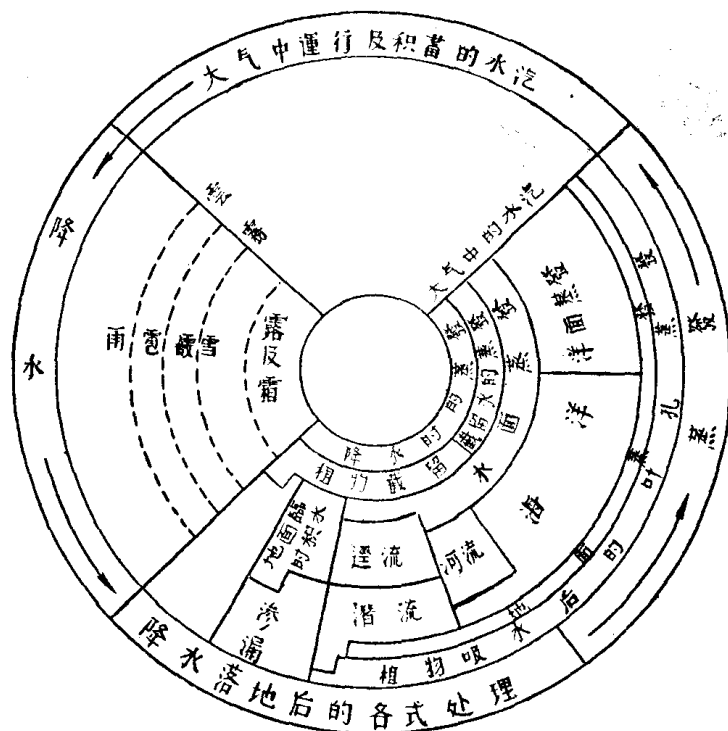


圖 1-2 水文循环的表解(根据郝登原圖經過修改)

註：水份运动途徑不得横穿过圖中的弧綫

可以看到，上述各种水文循环都曾通过降水和蒸發这两类水象；至于其他水象則在水文循环里可有可無、可多可少，并無限制。所以，構成一种水文循环必須至少有降水和蒸發。那些局部的往复流动不得称为循环：例如雨水滲入地內后潛流若干路程，重新滲出为逕流，这样虽往复几次，仍不能說已構成了一个完全的水文循环。

水文循环供給了建立水文学的基地。水文学研討各种水文循环里的各式水象，工程水文学則以其中逕流为主要研究对象。

§ 1.13 自然界中的四种水層

运动的水份在任何时候必然在地球上佔据着一定的位置。这种位置可以归納为四种水層：空中含汽層、地面水層、地內含湿層和地下飽和水層。在海洋上面也可以分成同样的四种水層，所不同的不过是海水層替代了地面水層；但因海水味鹹，对于生活在陆地上的人类的关系不如陆地水为直接，所以水文学中把关于海洋的水文分別开来另外討論。

地球表面的总水量經約估为 1.304×10^9 立方公里，地球表面的面积为 $5.10 \times$

10⁸平方公里。假使所有水份平均地鋪在全球表面上，則水深將達 2.56 公里。但实际上絕大部分的水儲存在海洋里，海洋的面积為 3.61×10^8 平方公里，佔全球地表的 70.8%；而陆地面积为 1.49×10^8 方公里，佔 29.2%；再者陆地上的水深又远較海洋水为淺薄，所以陆地上同时儲存着的水量总是較少的。

下面我們概略地敘述一些关于四种水層的儲水情形。

(1) 空中含汽層 地表上的空气厚約 11 公里，里面含有不断运动着的水汽，其量經估計為 12 300 立方公里，約当全球年雨量的 1/41。假使这些水汽的全部同时凝結成液体，而平均地鋪在全球地表上，則約厚 25 公厘 (0.025 公尺)。这說明空中同时存儲着的水量，从总量看来，并不算大，好多地方的暴雨在一小时内就可下这么多。所以降水必須依靠地表水不断地蒸發来接济的。但是地表上水的蒸發大部分是从海洋上起来的，陆地上的蒸發为量較少；所以，在五类水文循环途徑中 (§ 1.12)，第 5 类陆海水文大循环乃是自然界中最重要的一环。

(2) 地面水層 除掉海洋以外，水在陆地表面以上存在着的形式有江河、湖泊、人工蓄水库、冰雪、露霜、以及其他各种留滯在地面上的水。不算冰山的水量，有人估計大陆地面水層的儲量約為 751 200 方公里 (見 [2] 21 頁)，这些水量如果平鋪在全球陆地面上 (面积 1.49×10^8 方公里)，則將達 5 公尺之厚，显然这一估計是夸大了的。

(3) 地内含湿層 在地表以下、地下水位以上的土層內，水份存留在土粒的空隙間，但並沒有充滿所有空隙，这一地層叫做地内含湿層。这些空隙既未飽滿着水，就有空气流动着，所以又称为通气土層 (Aëration zone)。这一層內存水的情況人們知道得很少：在这一層的上部 1.5 公尺土層里，植物根鬚吸取着土壤里的水以生存，因此为农学家們所注意。地下水位以下的潛流对于人类是一种重要的水源，因此为水利学家們所注意。只有那一層位于植物根鬚以下和毛細管水以上之間的广大的土壤，却很少有人加以研究，因此孟寿 (Meinzer, O.E. [3], 394 頁) 称之为水文学的荒区。

(4) 地下饱和水層 在地下水位以下，水充滿着所有土粒的空隙，向低下的方向潛流。这一水層是陆地上無比的广大而深厚的水庫，有人估計其藏量，若平鋪于全球地表，可达 60 至 180 公尺水深，远較其他三种水層为多。

地球物理学家对于地球上水層的分类則采取另外不同的看法。他們把地球上的水分为三層：A——空气層 (Атмосфера, atmosphere), Г——地表水層 (Наземная гидросфера, hydrosphere), 及 Л——岩石水層 (Литосфера, lithosphere)。三种水層的儲水量比例大致如下：

$$A:Г:Л = 1:100\,000:10,$$

第二节 运动水量的平衡方程

§ 1.21 水文循环中年运动水量的平衡方程与水文年

水份的循环运动过程很复杂，各种水象中运动的速率随地点和时候变化着。但是，如果我们把地点扩大为某一流域的地理范围，又把时候增长为一相当长久的时段，譬如说某一年，要在这么大的地域上和这么长的时间内去研究各种综合了的水份运动总量之间的关系，那就未必复杂了。我们可以按照自然界中物质不生不灭的定律，估计这流域上这期间水份的分解为氢氧或氢氧之化合为水份不至于使各种形式的年运动量有多少增减，而得出下列方程：

$$R_1 = P_1 - E_1 \pm V_1, \quad (1-1)$$

式中 R_1 ——年迳流量，即这一年内流出流域出口的总水量， P_1 ——年降水量，即这一年内降落在该流域上的总水量， E_1 ——年蒸发量，即这一年内以各种形式从流域上蒸发掉的总水量，及 V_1 ——流域内地面和地下储蓄着的水量在这年的年终较年初的减少值(+号)或增多值(-号)。

如果我们把上述某一年的时间再放长为几十年甚至几百年，令 R, P, E 为相应于许多 R_1, P_1, E_1 值的多年平均数；那么，各年流域储水量之增减有正有负，在相当长的时期内其综合自应互相抵销而成为零， $\Delta V_1 = 0$ ；因此，

$$R = P - E. \quad (1-2)$$

这就是水文循环中水的各种方式的运动总量的平衡方程。

对于一定年内的水量，假如储水量的增减值 V_1 很小，则式(1-2)也可约略地应用于这一年的运动水量平衡。在一年里凡当流域储水最少的时候，也就是降水等各种水象活动最少的时候，其各年间的增减值也比较最小。所以通常选定流域储水一年内最少的日期作为计算流域水文循环中各种运动方式的年水量的始期或终期，而以每一年的这一日期至下一年的同一日期作为单位年份，称做“水文年度”。按照水文年度来划分单位时期的意思是，每一水文年内的储水量增减值 V_1 很小，在这样划分了的单位时期内所降于流域上的全部雨水体积不是于同期同域内蒸发掉了，就是从这流域的出口排洩掉了。对于我国的水文地理特性来说，这个水文年度的始终日期大致都在每年二月间，那时的河中水位和地下水位最低；为了方便起见，作者认为可即采用一月底二月初作为终始日期。

§ 1.22 流域内年运动水量的平衡方程

关于某一流域内的年运动水量的平衡方程在水文学中是一个重要的课题。在自然科学方面，对于水文地理而言，这种平衡方程反映出一些主要的综合性的流域水文特性；它指出某一流域上每年有多少水量从空中降落下来(P)，有多少借

蒸發回到空中去(E), 又有多少流出流域的出口(R); 这三数值相互間的对比关系及各別对于地球上其他流域的相应数值的大小比較都反映出該流域的某些重要水文特性。在工程应用方面, 对于工程水文学而言, 这种平衡方程供給了一个推算平均年流量(R)的方法, 尤其在測流的資料缺少的情形下, 这种推算法的效用最为显著(詳見第五章——蒸發)。

年雨量 P 和年蒸發量 E 通常用深度(以公厘/年計)表示, 意思是, 在全流域面积 A (以方公里計)上降落或蒸發掉这么多深度的水。所以, 一年內所有雨水的体积 P_v (以立方公尺計)应为

$$P_v = \frac{P}{1000} \times (A \times 1\,000\,000) = 1000PA;$$

同样, 一年內全部蒸發水的体积 E_v (以立方公尺計)应为

$$E_v = 1000EA.$$

至于年流量 R , 虽其原来形式(R_v)是以立方公尺計的, 但为了符合式(1-2)中因次的平衡, 我們必須也把它像 P 和 E 那样用深度 R 来表示, 也同样以公厘計。年逕流深度 R (公厘/年)的意思是, 在全流域面积 A 上到处每年流掉这么多深度的水。当然,

$$R = \frac{10^9 \times R_v}{10^{12} \times A} = \frac{1}{1000} \times \frac{R_v}{A}.$$

但年流量通常不以 R_v (立方公尺/年)計, 而以其年內平均流率 Q_y (расход, discharge)的每秒立方公尺数計, 因为 R_v 为数普通很大, 应用不方便。按

$$Q_y = \frac{R}{365 \times 24 \times 3600} = \frac{R}{31\,536\,000},$$

$$\text{因此, } R_h(\text{公厘/年}) = 31\,536 \frac{Q_y(\text{公方/秒})}{A(\text{方公里})}. \quad (1-3)$$

表 1-1 示我国几个主要流域的水量平衡方程中的各因素(根据郭敬輝的整編, 参考[4]389頁)。例如三家店以上永定河流域的水量平衡方程为:

$$(R) - (P) - (E)$$

$$28 = 420 - 392, \text{ 單位: 公厘/年,}$$

而年逕流系数即年流量佔年雨量的百分数为

$$R/P = 6.66\%.$$

这个例子說明, 永定河流域的年雨量 420 公厘原是很稀少的, 再加以那个区域里蒸發的剧烈, 結果只剩下了绝对值相对值都極小的年流量——每年 28 公厘, 佔年雨量只 6.66%。

可以和永定河作鮮明的对照的例子是蘆次埠以上的錢塘江流域, 其水量平衡方程如下:

$$(R) - (P) - (E)$$

$$817 = 1600 - 783, \text{ 單位: 公厘/年,}$$

$$R/P = 51.06\%.$$

表 1-1

中国重要流域的年水量平衡

(郭敬輝整理)

流域	河名	水文站	年流量 R (公厘)	年雨量 P (公厘)	年蒸发量 E (公厘)	年逕流系数 R/P %	流域	河名	水文站	年流量 R (公厘)	年雨量 P (公厘)	年蒸发量 E (公厘)	年逕流系数 R/P %
东北各流域	黑龙江	力理	168	600	432	28.00	长江流域	长江	宜昌	525	1 004	479	52.29
	松花江	伯都讷	127	420	293	30.23		嘉陵江	重庆	602	1 103	501	54.58
	嫩江	全新	120	520	400	23.08		汉江	汉口	693	1 100	407	62.73
华北各河流域	永定河	巨流	330	640	310	51.56	黄河流域	黄河	兰州	372	1 050	678	35.43
	大清河	深泽	524	950	326	58.22		渭河	宝鸡	328	1 000	672	32.80
	海河	新猷	61	500	439	12.20		泾河	泾阳	352	600	248	58.67
黄河流域	汾河	刘家峡	363	900	537	40.33	淮河流域	淮河	蚌埠	134	550	416	24.36
	沁河	沁阳	290	900	610	32.22		颍河	颍上	593	1 050	457	56.43
	卫河	卫辉	91	580	489	15.70		涡河	蒙城	522	850	328	61.41
淮河流域	沂河	临沂	28	420	392	6.66	珠江及浙闽各河流域	钱塘江	杭州	819	1 400	581	58.50
	沭河	沭阳	33	480	447	6.88		甬江	宁波	863	1 650	787	52.30
	沂沭泗	洪泽湖	25	450	425	5.56		闽江	福州	1 030	1 600	570	64.38
淮河流域	淮河	蚌埠	161	340	279	47.35	珠江及浙闽各河流域	西江	梧州	512	1 200	788	42.67
	洛河	洛阳	65	280	215	23.21		北江	广州	751	1 250	499	60.08
	伊洛洛	伊洛洛	58	405	347	14.32		南江	南宁	927	1 350	423	68.67
淮河流域	淮河	蚌埠	63	415	352	15.18	珠江及浙闽各河流域	韩江	汕头	412	800	388	51.50
	洛河	洛阳	91	430	339	21.16		梅江	梅州	515	750	235	68.67
	伊洛洛	伊洛洛	21	380	359	5.53		汀江	龙岩	1 022	1 750	728	58.40
淮河流域	淮河	蚌埠	43	410	367	10.49	珠江及浙闽各河流域	韩江	汕头	1 086	1 650	564	65.82
	洛河	洛阳	58	410	352	14.15		韩江	汕头	817	1 600	783	51.06
	伊洛洛	伊洛洛	170	550	380	30.91		韩江	汕头	1 090	2 000	910	54.50
淮河流域	淮河	蚌埠	243	854	611	28.45	珠江及浙闽各河流域	韩江	汕头	1 186	2 000	910	54.50
	洛河	洛阳	162	793	631	20.43		韩江	汕头	1 076	2 000	910	54.50
	伊洛洛	伊洛洛	258	808	550	31.93		韩江	汕头	1 186	2 000	910	54.50
淮河流域	淮河	蚌埠	217	797	580	27.23	珠江及浙闽各河流域	韩江	汕头	979	1 800	821	53.89
	洛河	洛阳	72	624	552	11.54		韩江	汕头	1 011	1 750	739	57.77
	伊洛洛	伊洛洛	146	707	561	20.65		韩江	汕头	1 028	1 650	622	62.30
淮河流域	淮河	蚌埠	142	710	568	20.00	珠江及浙闽各河流域	韩江	汕头	647	1 450	803	44.62
	洛河	洛阳	200	450	250	44.44		韩江	汕头	539	1 450	911	37.17
	伊洛洛	伊洛洛	401	762	351	52.62		韩江	汕头	791	1 500	821	51.93
淮河流域	淮河	蚌埠	421	885	464	48.70	珠江及浙闽各河流域	韩江	汕头	817	1 550	809	51.03
	洛河	洛阳	498	910	402	54.73		韩江	汕头	817	1 550	809	51.03
	伊洛洛	伊洛洛	498	910	402	54.73		韩江	汕头	817	1 550	809	51.03

这个例子说明，钱塘江位居南方，雨量既大（约为永定河的四倍），而逕流又佔其中一半以上的部分，乃致年逕流深度高达每年817公厘，約当永定河的30倍之鉅。

介乎这两極端情形之間的有水文特性接近永定河的黃河流域及接近钱塘江的長江流域，其水量平衡方程如下：

$$\begin{aligned} \text{陝县以上的黃河流域: } (R) (P) (E) \\ 58 = 405 - 347, R/P = 14.32\% \\ \text{汉口以上的長江流域: } 525 = 1004 - 479, R/P = 52.29\% \end{aligned}$$

它們兩者的对照也是很鮮明的。

§ 1.23 全球陆海水份循环的平衡

对于大陆来说，特别重要的情形是，从海洋表面蒸发起来的水分运行到大陆腹地后，在许多流域中降水和蒸发，形成普及整个大陆的许多水文循环。这种过程的研讨是很重要的，因为陆海水份循环对于降水的形成和分佈起着控制的作用，因而对于气候和植物被复面等的形成都有重大的影响；最后，所有这些又是形成逕流的主要因素。

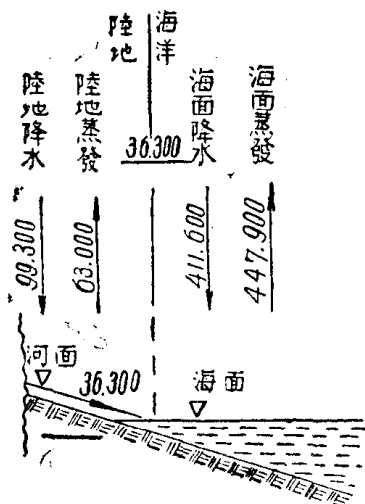


圖 1-3 全球陆海水份循环的平衡 (圖中数字單位为立方公里/年)

現在讓我們討論这种全球陆海間水分循环的平衡。圖1-3表示大陆上和海洋上每年的降水量和蒸發量。經估計大陆上每年降水99,300，而蒸發只63,000立方公里，其余数每年36,300立方公里必然是由江河入海的年流量。在海面上每年蒸發447,900立方公里，而降水只411,600立方公里，其差額每年36,300立方公里必然輸入陆地。当然陆地上也有机会水汽入海，但总结起来每年終要較进来的少这么多水量。

由此可见，每年全球陆海总蒸發量510,900立方公里必然等于全球的年降水总量；而每年由海輸入陆地的净蒸發量36,300立方公里也必然等于每年由陆地入海的总流量。

各种运动的水量，在大陆內，在海洋內，以及在陆海之間，就是这样平衡了的（本节数字系自参考文献[5]中采取的。）

§ 1.24 水份循环平衡方程的人工的改变——人类改造自然的途径

从上世纪起始，人类为了灌溉农田或利用水能，建筑了攔河蓄水坝，以調节水流并增加水位落差。这样做后，人类不自觉地改变了水份循环的平衡方程：增加了坝上游的年蒸發量，減少了坝下游的年逕流量；出坝的調节水流如果用于灌溉，則还要增加坝下游的年蒸發量并減少入海的年逕流量。但是，減少了入海年逕流量，未必因此对于每年自海入陆的蒸發水汽純輸送量有多少影响；因此，筑坝蓄水改变了有关流域的陆海型水份循环的平衡方程，具体地增加了大陆上存在的水量和运动着的年水量。另外，由于流域上坝上下游年蒸發量的增加，气候

变为較前潮湿，年降水量因而有所增加，于是大陆內小型水文循环中的运动水量就增加了。这样，筑堤蓄水也改变了流域內陆型水份循环的平衡方程，具体地增加了流域內运动着的年水量。

筑堤蓄水的这些后果，既非人类修庫的初衷，亦非人們始料之所及；但它們使人类認識到，水份循环平衡方程是可以人工改变的，人們可以加强循环中的年运动量，使每年有更多运动着的水份为人类服务，这就是人类改造自然的一种途徑。

人工有效地改造自然需要建造大規模而有計劃的工程与工業，它們必須是为了全体有关的劳动人民服务的。这些要求在資本主义社会里受到严格的限制，以致大工程大工業的經濟不可能暢行無阻地發展。唯有到了社会主义社会里，生产力的不斷發展不再为生产关系所束縛，从而为大規模有計劃的工程与工業建設創造了有利的条件。关于人工改造自然的問題，辯証唯物主义是把自然規律、科学法則了解为不以人們意志为轉移的客观过程的反映的；当人們認識了这些法則，就能駕御它們来改变自然界的現象，以滿足人們在生活中不斷增長着的需求。

必須強調，增进水分循环中的每年运动水量这样一种改造自然的措施，無異更多地發掘了自然界的蘊藏以增加人民的財富，乃是国民經濟的一种重要工作。

在我国，正在通过一系列的这类工作走向着社会主义社会的前夕：淮河流域，永定河流域的水利工程之次第完成，黄河流域，長江流域除害兴利的規劃工作之进行，引用長江流域水灌溉黄河流域农田的設計等等，都将減少每年入海的流量，增进水分循环中每年运动的水量，为人民增加水資源的利用率。

在苏联，正在通过一系列的这类工作从社会主义社会走向着共产主义社会。1951年苏联政府作出了一系列的决定，要在五年到七年以内，完成改造自然的計劃，改造灌溉系統，建造古比雪夫水力發電站、建造斯大林格勒水力發電站、开鑿土庫曼大运河、建設第聶伯河卡霍夫卡水力發電站及南烏克蘭、北克里米亞兩条运河、完成伏尔加-頓运河及有关水利工程。所有这些事業总合起来称为“苏联共产主义建設計劃”。

这些事業都是在伏尔加河流域或里海的区域之內。按苏联境內共有三大流域，其水量既丰，可能發展的經濟利益又大：(1)伏尔加河流域，共拥有每年256立方公里的年流量，这里已經發展成为苏联的谷倉了；(2)咸海流域，拥有每年91立方公里的年流量；(3)西西伯利亞方面的奥比河、叶尼塞河、連那河三流域，共拥有每年2390立方公里的流量，靜悄悄地流到北冰洋里去。

经过精密的計算，伏尔加河与咸海南流域的水量根本不够供应本身地区今后国民經濟發展的需要，于是人們想到調撥奥比河和叶尼塞河向西南流入咸海和里海区域来接济这两流域。这就是达維多夫改造自然的建議，这个建議，苏联政府已指定專家研究，可能就是第二个共产主义建設計劃的草案。圖1-4示这个建議的示意圖(参考[6])。

达維多夫的建議大致是这样的：在奥比河上伊尔德什河口地方要兴建一座大攔河坝，造成一个面积250方公里、容积4460立方公里的水庫，这里被淹沒的土地因屬沼澤地帶不

会有好多损失。抬高后的水位将一直影响到西西伯利亚，咸海、里海低地之间的分水岭——土尔盖门户，但水位仍将比门户地面低 26 公尺。为了使西伯利亚的河水能够流到咸海和里海中去，这里必须开凿一条长约 930 公里的运河，沿着伊尔蒂斯河的旧道而行。

为了灌溉中亚细亚与哥萨克斯坦的 2500 万公顷良田并维持里海海水的必需水位，每年要从西伯利亚移来 320 立方公里的水量，平均流率约合 20 000 秒公方。奥比河只能供给一半，其他一半须再靠叶尼塞河供应。因此，在叶尼塞河上铜古斯克河入口处，要兴建一座巨大的拦河坝，并要在奥比河和叶尼塞河之间修造一条运河，它要能排洩 80 000 秒公方的流率。

在奥比河及叶尼塞河的拦河坝旁都可设水力发电站发出大量的电能，不仅可用来开发西伯利亚的各种工业，而且可以补助伏尔加区域动能之不足。

这一计划实施后，每年从西伯利亚流到咸海和里海低地的水量共 320 立方公里，将从水库水面、运河水面以及地面和叶孔蒸发掉。蒸发了的水份被气流带到中亚细亚，阿尔泰以及乌拉尔等山丘地区，然后以雨或雪的形态降落下来。这样可以使现有的河流以及枯竭了的河道充满了流水，而使 5 至 6 百万立方公里的土地复活。

由此可见，人们是能以用水利工程的方法来改变流域的自然情况的。水文学者应有责任精密地考查各种不同的水工措施实行后可能发生的流域水文情况的改变，使这些改变都有利而不为害于国民经济。

第一章 习 题

题 1-1. 地面临时积水的直接去路有几条？叶孔蒸发是否也是其中一条？

题 1-2. 设某流域中有 7 个水文循环的途径，各环所需历时是恒定的，各为 1、3、5、7、8、90 及 173 天。问若要合理地应用式 (1-2) 以推算年流量，应规定始终日期的相隔时间多少天？

题 1-3. 筑坝蓄水后，上游空气的湿度是年年不断增加，还是增加了几年就不增加了？最后平衡方程变成怎样？

第一章 参考文献

- [1] Wisler, C. O. and Brater, E. F., Hydrology, 1949.
- [2] Овчинников А. М., Общая гидрогеология, 1955.
- [3] Meinzer, O. E., Hydrology, 1949.
- [4] 郭敬辉, 中国的地表逕流, 地理学报第 21 卷第 4 期, 1955 年 2 月.
- [5] Великанов М. А., Гидрология суши, 1948.
- [6] 柴凌等編譯, 偉大的苏联共产主义建设工程, 科学技术出版社, 1951.

第二章 工程水文学的范围与应用

§ 2.00 概 說

水文学或陆地水文学研究水在地球陆地表面上的运动现象及其对于其他物质

所發生的作用(第一节)。工程水文学研究陆地上从降水到逕流或潛流入海那一段落間的水象及其作用之应用于工程上的一般知識,其任务包括水文測驗、水文計算及水文預报,其主要內容有水文測驗学、普通水文学及河流动力学等(第二节)。工程水文学的基础科学包括气象学和地理学中的几門有关科学,它的基础应用学术則有平面測量学、水下地形測量学、水力学及統計数学等(第三节)。

工程水文学的理論指导水文測驗及資料整編分析的工作方法,借以获得可靠的結果,用来作为工程建設或流域规划之依据。第四节列述工程水文学在各种工程建設上的应用;第五节列述工程設計与规划对于水文資料的要求。

第一节 关于水文学的內容

§ 2.11 水文学的定义

顧名思义,水文学(Гидрология, hydrology)应是关于水的一切知識之科学,但是这个广义的解釋并不符合現代水文学的实际內容。近代对于水文学的解釋是比較狭义的;它是地球物理学的一部門,研究水在地球表層上的运动現象及其对于其他物質所發生的作用。在水份循环途徑中、除掉空中含气層的水象属于水文气象学(气象学中的一門)的範圍外,其他水在地球表層的运动現象都是水文学研究的对象。水文学并不研究作为一种物質的水的物理性質或化学性質,而只研究水在地表上的运动現象与作用。

水文学也像地質学一样,建立在許多純粹科学的基础上,但是在發展的过程中,內容逐漸充实,迨至近代,本身已成長为一門独立的基础科学了。

§ 2.12 与水文学銜接的关于水象的科学

按照水沿着地球上橫的方向出現的位置来分类,水文学可分为陆地水文学(Гидрология суши)与海洋水文学。但后者与海洋学(Океанология, oceanology)关系密切,它研究海底地形、海流和潮汐現象、海水蒸發現象等,因此已成為一門独立的水文学。

如按照水沿着地球上縱的方向出現的位置来分类,水文学原可分为陆地水文学、水文气象学(Гидрометеорология, hydrometeorology)与水文地質学(Гидрогеология)。但水文气象学属于气象学的一部門,研究空中水汽的运动現象;水文地質学属于地質学的一部門,研究地下各种形态的水的运动現象;因此都不能說是水文学中的一部門。

这样,只有陆地水文学为水文学的唯一部門,所以通常所說的水文学就是指陆地水文学。圖2-1示关于現代陆地水文学的范疇的概念。

在陆地上,有些水的現象具有特殊的性質,經過長期的观察和研究后,業已