

高等学校試用教科书

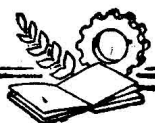
工程水文学

华东水利学院
陕西工业大学 合編
成都工学院



中国工业出版社

高等学校試用教科书



工 程 水 文 学

华东水利学院
陕西工业大学 合編
成都工学院



中国工业出版社

本书内容分为十三章，第一章为陆地水文基本原理，着重叙述河川径流形成过程。第二章从水文计算的应用上介绍有关机率、频率分析及误差的基本知识。第三章到第九章按照水文特征的性质分章介绍我国现行计算方法和原理，连同第十章水文预报，是本书的中心部分。

第十一章叙述湖泊水库的水文现象，第十二章叙述潮水河水文特性及有关潮水河的水文计算方法。最后一章说明水文资料的来源与搜集方法。

本书力图联系我国生产实际，反映我国水文学及水文计算的特点，内容以我国生产上现行的方法为主，也注意了国外，特别是苏联先进经验的介绍。

本书可作为高等学校河川枢纽及水电站建筑专业、农田水利工程专业的教科书，亦可供水力动力装置专业及港口水工建筑和其他专业水文教学的参考。此外从事水文实际工作的同志也可作参考之用。

工 程 水 文 学

华东水利学院
陕西工业大学 合编
成都工学院

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张15 $\frac{3}{8}$ ·字数364,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001—5,033·定价(10-6)1.85元

统一书号: 15165·542 (水电-76)

序 言

近三年多来，在党的教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相结合的教育方针指导下，在学习苏联先进水文经验的基础上，高等院校的水文教学结合我国生产实际，师生实地参加了许多水利工程的水文分析与计算工作，进行了水文专题研究，对水文学中存在的问题开展了一些讨论；从工程水文学的课程内容、教学方法上试行了教学改革，各校都取得了一定的成绩和经验。今年三月，水利电力部在武汉召开的高等学校水利电力类教材工作会议，讨论了教材编选工作，确定“工程水文学”一书由华东水利学院主编，陕西工业大学及成都工学院参加，合作编选。四月初，在华东水利学院党委及水文系党总支的具体领导和陕西工业大学、成都工学院党组织的关怀与支持下，三院校组成“工程水文学”编选组，开始了编选工作，历时一月，胜利地完成了编选工作。

这次编选教材是在原有讲义的基础上进行的，内容以适用于河川枢纽及水电站建筑专业和农田水利工程专业为主，照顾到水力动力装置和水道及港口水工建筑专业的需要（农田水利工程专业的径流调节部分、水道及港口水工建筑专业的海洋水文部分另行编写，不在本书的范围以内）。编排上从教学需要出发，按照1959年拟订的指导性教学计划草案规定的学时，参考华东水利学院工程水文教研组1960年初修订的教学大纲，经过讨论修订后作为编选的依据。我们搜集了华东水利学院、陕西工业大学、成都工学院、武汉水利电力学院、北京水利水电学院等院校的讲义。编选时，大部分以华东水利学院的讲义为基础，小部分以陕西工业大学的讲义为基础，并参考其他院校讲义的某些内容，逐章讨论，进行修订改编工作，部分章节还重新作了改写。

在编写时，我们尽量争取做到使本书能阐明水文基本原理，紧密结合我国生产实际，反映我国水文学和水文计算的特点，采用我国生产上现行的方法，注意国外经验，特别是苏联先进经验的介绍，并力图符合教与学两方面的要求。但限于我们的水平及编选时间仓促，缺点和错误还是不少的，各章内容及文字叙述未能仔细研究琢磨，分析计算的实际论证也很不够，这均有待于再版时修订。我们希望使用本书的同志和同学随时提出宝贵意见和批评。来函请寄南京华东水利学院工程水文教研组。

编选过程中，得到华东水利学院陆地水文、水文勘察和海洋水文等教研组的支援，以及水文系同学帮助抄写绘图，特附此致谢。

“工程水文学”编选组

1961.4.30.

目 录

緒論.....	5
§ 0-1 水文工作在国民經济中的地位与作用	5
§ 0-2 水利建設在实施过程中的三个阶段及其对水文工作的要求 ——工程水文学的任务和内容	5
§ 0-3 工程水文学的对象及研究方法	6
§ 0-4 我国水文工作的發展簡史	7
第 一 章 河川流域及其水文情势	8
§ 1-1 河系	8
§ 1-2 流域	10
§ 1-3 河川徑流形成的基本概念	16
§ 1-4 河川徑流的影响因素	19
§ 1-5 河川徑流情势	24
§ 1-6 流域水量平衡方程	30
§ 1-7 徑流計算的几种常用单位	32
第 二 章 水文計算中数理統計方法的基本知識	34
§ 2-1 概述	34
§ 2-2 机率的基本概念和基本定理	34
§ 2-3 随机变量的机率分配	37
§ 2-4 經驗累积頻率曲綫	39
§ 2-5 統計特征值	44
§ 2-6 理論頻率分配曲綫	48
§ 2-7 抽样誤差	53
§ 2-8 現行頻率計算法(适綫法)	56
§ 2-9 相关分析	59
第 三 章 正常徑流量	65
§ 3-1 概述	65
§ 3-2 影响正常徑流量的因素	65
§ 3-3 具有充分資料条件下正常徑流量的推求	68
§ 3-4 資料不足情况下推算正常徑流量	69
§ 3-5 缺乏实测資料情况下正常徑流量的估算	74
第 四 章 徑流年际变化	76
§ 4-1 概述	76
§ 4-2 具有实测資料时年徑流变化的計算	81
§ 4-3 缺乏实测資料时年徑流变化的計算	84
第 五 章 河川徑流的年內分配与枯水徑流	85
§ 5-1 概述	85
§ 5-2 影响徑流年內分配的因素	86
§ 5-3 徑流年內分配的計算	89

§ 5-4	日流量历时曲线的绘制与应用	92
§ 5-5	枯水	93
第六章	由流量资料推求设计洪水	95
§ 6-1	概述	95
§ 6-2	设计洪峰流量及设计洪水总量的推求	97
§ 6-3	设计洪水过程线	103
§ 6-4	设计洪水的组成与遭遇问题	105
§ 6-5	洪水演算	106
§ 6-6	计算步骤小结	112
§ 6-7	施工设计洪水	112
第七章	由暴雨资料推求设计洪水	113
§ 7-1	概述	113
§ 7-2	大流域设计暴雨的推求	113
§ 7-3	雨洪径流的形成过程和影响因素	118
§ 7-4	损失总量和损失过程的推求	120
§ 7-5	洪水流量过程线的推求	125
§ 7-6	大面积上由暴雨资料推求设计洪水的例题	134
§ 7-7	小流域设计暴雨和设计洪水的推求	135
第八章	固体径流	145
§ 8-1	概述	145
§ 8-2	河川泥沙的来源及其影响因素	146
§ 8-3	悬移质输沙量的计算	148
§ 8-4	推移质输沙量的计算	151
§ 8-5	泥石流	152
§ 8-6	河川径流的溶解质	154
第九章	水利化措施对径流的影响	154
§ 9-1	人类改造自然的活动	154
§ 9-2	水利化措施对径流的影响	155
§ 9-3	水利化对径流影响的定性分析	159
§ 9-4	水利化措施对洪水影响的计算方法	160
§ 9-5	水利化措施对径流年内分配影响的计算	164
§ 9-6	水利化对年径流影响的计算	165
§ 9-7	水利化对固体径流影响的估算方法	166
第十章	水文预报	168
§ 10-1	概述	168
§ 10-2	短期洪水预报	169
§ 10-3	枯水预报	176
§ 10-4	冰情预报	180
§ 10-5	中长期预报的概念	183
§ 10-6	施工期的水文预报	184
第十一章	湖泊、水库水文情势	185
§ 11-1	概述	185
§ 11-2	湖泊、水库的水量平衡	186

§11-3	湖泊、水庫的水位情勢	193
§11-4	湖泊、水庫的动力現象	189
§11-5	湖泊、水庫中水的热量情勢	193
§11-6	湖泊、水庫中水的化学情勢	194
§11-7	湖泊、水庫的淤积	195
第十二章	感潮河口的水文情勢	201
§12-1	概述	200
§12-2	潮汐	200
§12-3	感潮河口的水文特性	203
§12-4	潮水位的計算与潮型选择	203
第十三章	水文資料的来源与搜集	210
水文測驗		
§13-1	測站	211
§13-2	水位觀測	212
§13-3	断面測量	213
§13-4	大河測流	216
§13-5	河流泥沙測驗	220
§13-6	水文資料整編	223
洪水調查与枯水調查		231
§13-7	洪水調查	230
§13-8	枯水調查	234
水文手冊应用		235
§13-9	水文手冊的内容及其应用	235
附表		237
附表 1	$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$ 表	238
附表 2	皮尔逊Ⅲ型曲綫离均系数 Φ 值表 ($0 < C_s < 3$)	239
附表 3	皮Ⅲ型曲綫离均系数 Φ 值表 ($C_s > 3$)	240
附表 4	皮Ⅲ型累积頻率曲綫 K_p 值表 ($C_s = 2C_v$)	240
附表 5	皮Ⅲ型累积頻率曲綫 K_p 值表 ($C_s = 3C_v$)	241
附表 6	皮Ⅲ型累积頻率曲綫 K_p 值表 ($C_s = 4C_v$)	241
附表 7	柯閣二氏累积頻率曲綫 K_p 值表	242

緒 論

§0-1 水文工作在国民經济中的地位与作用

我国水利資源(包括江、河、湖、海及地下水等水体)极为丰富,正在被广泛地利用以加速社会主义建設和提高人民物质生活水平。在优越的社会主义制度之下,我国水利資源的利用,无疑的将会得到更为巨大的发展。

国民經济的許多部門諸如水利、农业、交通運輸、城市和工矿建設,都需要了解水体的变化規律——水文情势。例如防洪、水力发电、灌溉、排澇、水道及港口等工程,只有摸清楚了它所需要控制利用的水体的水文情势之后,才能制定合乎国民經济要求的规划与既經济又安全的工程設計。工程建成之后,其調度运营与管理也同样需要掌握水情,才能發揮其最大的效益。其他的建設部門如鐵路公路的桥涵設計,城市給水排水、工矿供水也都需要一定的水文知識。因此,水文情势的研究在国民經济中具有重大的意义,而水文工作的任务也就是解决这个問題,即研究水体的水文情势,从而为各种建設事业提供可靠的依据,这說明水文工作在国民經济建設中是具有重要的地位的。

§0-2 水利建設在实施过程中的三个阶段及其对水文工作的要求——工程水文学的任务和內容

每一項水利建設,在实施过程中,都可以划分为三个不同的阶段,即规划設計阶段,施工阶段以及运营管理阶段。

水利工程实施的各个阶段,都需要提供关于水文情势的报告。由于各阶段的任务不同,水文情势报告的内容和特点也有所不同。

一、规划設計阶段

这一阶段的主要任务是合理地确定工程措施的規模或“标准”。規模定得过大,标准定得过高,就造成投資上的浪費;定得过小过低,又会使水利資源得不到充分的利用;对于洪水估計过低还可能使工程失事,造成人民生命财产的重大損失。因此确定工程的規模标准,是一件大事,必須認真进行,以求做到經济与安全。另外,由于工程一經建成,就不易改变,在规划設計时,必須从工程的整个使用期間来考虑問題,也就是說首先必須知道工程所在的水体在工程运营期間的水文情势。水利工程的使用期限一般都在几年以至几十、甚至二、三百年以上,要預知这样长时期内的水文情势,是一个需要專門研究的問題。“水文分析与計算”就是为这一問題服务的学科。

二、施工阶段

这一阶段的任务是要把拟定的规划設計建筑物加以实施。由于水利施工的期限一般較长,往往需要一个季度甚至于几年。这一阶段对水文情势的了解需要包括两个方面:一方面,为了确定一些临时性建筑物的尺寸,如圍堰、引水隧洞或渠道等等,必須知道整个施工期間的来水情况,而通常的水文和气象預报,往往不能提供这样长时期的預告。因此仍需要“水文分析与計算”这門学科来解决这一問題。另一方面,为了安排施工

的日常工作，还必須了解近期的更为确切的水情，这就需要水文工作提供短时期內（如几天之內）更为确切的水情預报。水文工作中的另一专门学科——水文預报就是为解决这一类問題服务的。

三、运营管理阶段

这一阶段的主要任务，在于充分发挥已經建成的水利設施的作用，为此，也必需知道未来一定时期內的来水情况，以便确定最为合理的調度运营方案。随着工程的規模、性质不同，所需求預見期的长短也不相同。因此这一阶段对水文工作的要求，主要是提供各种不同預見期的水情預报（以及气象預报）。

由以上所述各点可以看出，水利建設在实施过程中的三个阶段，向水文工作提出了两方面的要求：即（一）預估未来长时期內（包括整个工程运营期間）的水文情势，这一任务是由“水文分析与計算”来担任的。（二）提供各种不同預見期的水情預报，这一任务，是由“水文預报”来解决的。

綜上所述，可見工程水文学的任务就是研究自然界水运动的規律，并为水利建設和其他有关部門提供水文依据。由此也就决定了它的基本內容，應該包括“水文分析与計算”与“水文預报”两个方面。

§0-3 工程水文学的对象及研究方法

工程水文学的任务与內容，已如上节所述，它的研究对象就是自然界各种水体不断变化发展着的水文情势。

关于工程水文学的研究方法，总的說来，包括两种不同的方法，即通过物理成因的分析，以探求水文現象动态規律的“成因分析法”；通过統計分析，以探求水文現象統計規律的“数理統計法”。其所以采用这两种方法，是由于水文現象的客观性质决定的。大家知道动态規律性与統計規律性是自然現象中客观存在的两种基本規律性，在每一种現象之中，都有着这两种規律的交互作用，工程水文学所研究的水文現象也是如此。工程水文学中水文預报和水文計算所研究的都是同一現象，因此它們的方法就有着共同之点，即都包含了以上所說的两种方法。但是，由于它們的任务不同，水文預报要求对于短时期內的未来水文情势（水情）給予确切的預报，因而在水文預报中主要是以成因分析的方法为主，同时也广泛的运用“相关分析”的方法以揭露大量因素中的必然性联系。水文計算則要对未来长时期內的水文情势給出預估，因而在水文計算中主要是应用数理統計的方法，以寻求水文現象的統計規律性，同时也使用成因分析的方法来处理有关必然性起主导作用的那些問題，例如由設計暴雨推求相应的設計洪水等等。

具体來說，水文計算中，主要是解决三方面的問題：即各种水文特征值的数量大小、地区上的分布和時間上的过程（时空分布）。在实际工作中，解决以上問題又会碰到两种不同情况，即具有实测資料和缺乏实测資料两种情况。在具有实测資料的情况下，解决数量問題主要是采用頻率計算的方法；解决时空分布的問題則利用組合机率的概念以及成因分析的方法。在缺乏实测資料的情况下，主要采用水文比拟法或叫地理綜合法，以探求水文情势的地区分布規律，从而解决上述的三方面問題。在水文預报中，則主要是运用物理成因分析的方法，同时以相关分析为一种主要手段。

§0-4 我国水文工作的发展簡史

我国的河流湖泊为数众多，蕴藏着极为丰富的水利资源。可是，解放前在长期的封建制度和国民党反动统治下，人民却长期遭受着水旱灾害。历史上，我国劳动人民与大自然不断的进行除水害、兴水利的英勇斗争，终究由于封建枷锁和国民党反动统治的束缚，而受到一定的限制，但是在斗争过程中也积累了一定的经验。

約在紀元前 400 年，我們的祖先已具备了初步的水文知識，专门記載水道的水經注一书，記載黄河，淮河，长江三条水系的情况。紀元前 316 年，在李冰父子的主持下，岷江流域修建了巨大的灌溉系統，在此灌溉系統內，水位測驗的設置已非常巧妙，既保證了进入灌溉渠道的水量，又保證了洪水时期过剩水量的排泄。

十九世紀末叶，我国淪为半殖民地半封建社会，英、美、德、日等帝国主义者相继入侵，在各大城市設气象台(上海徐家匯天文台，自 1873 年起已有记录)，河流的水文測驗亦为滿足帝国主义夺取我国海关及內河航运权的需要而設立。滿清政府 1905 年設立黃浦河道局，1912 年又成立江淮水利測量局，开始观测淮河干流的水位，流量。黄河流域的水文工作，自 1919 年开始，当时順直水利委员会在陝县、滎口設站。长江的水文工作先由海关开始，1865 年在汉口开始水位观测。

国民党反动统治时期，曾研究过少数流域的治理计划：如永定河治本计划，黄河治本探討，导淮计划等，这些计划只进行过极粗略的水文分析計算。

解放之后，我国的水利建設进入了一个全新的历史时期，十多年来，各方面都取得了辉煌的胜利和巨大的发展，在水文工作方面，也取得了很大的成就。

首先是建立了一个庞大而完整的国家基本站网。到 1958 年底，全国各級測站总数已为解放时測站总数的 27 倍以上。这个站网为水利建設和防汛抗旱工作提供了科学的依据。

其次是完成了历年积压下来的水文資料整編工作。在全国解放后的第一年，即在南京成立了水文資料整理委员会，其后在各大流域水利机关及各省水利部門，相继整編完成了这件工作，現在基本上做到了当年資料次年整編完成。十年来共收集积累了 11.9 万多站年的水文資料。在整編技术上，創造和发展了许多实用的方法，編写了整編技术文件，統一了标准。

第三是制定了測驗规范。解放前水文測站根本没有什么技术标准，大都是在英、美教科书上抄一些測驗方法。解放后，学习了苏联的測驗规范，并結合我国河流的特点及国内一些先进經驗，制定了我国的水文測驗规范，并在 1956 年贯彻执行，統一了技术标准，提高了测量的质量。

第四是普遍的开展了水文情报、水文預报及水文計算工作，为防汛和工程設計作出了貢獻。在水文計算方面，由于水利建設的飞跃发展，必須在各种情况下为大、中、小型各种工程提供水文計算的数据。在前几年，主要是对大、中型工程进行了較多的工作，积累了一定的經驗。其后由于中、小型工程的广泛开展，特別是 1957 年的水利化高潮及 1958 年以来的持續跃进，对于缺乏資料条件下进行中、小型工程的水文計算，提出了迫切的要求。为了适应这种需要，1958 年以后各省、区都先后編制了水文手册和水文图集。在水文預报方面，从 1952 年起絡續开展了洪水、枯水、冰凌等項預报，为防汛斗争爭取了主动。

几年来,水文計算和水文預报工作对于生产的发展作出了一定的贡献,但是我們必須看到,这两方面的工作,由于生产的飞跃发展,要求不断地提高,因而都还赶不上形势的需要。因此,水文工作必須面向生产,从实际出发,以創造性的不断革命精神,进行頑强的工作,以解决生产上不断提出的新課題。

第五是广泛开展和加强了水文科学研究工作。根据我国生产上的需要,开展了大型水利工程水文水利計算方法的研究;洪、枯水、冰凌长短期預报方法的研究;长江、黄河、永定河河床演变的研究;水利化及水工保持措施对徑流变化的影响的研究;建立了水庫实验站和徑流实验場。另一方面是广泛地开展了羣众性的水文观测研究工作,积累了大量資料,并初步由水文主管部門与研究单位进行了分析。在水文研究的规划方面,也制定了我国十二年的科研规划的水文部分,其中也包括河流与海洋两方面的人文研究专题。

第六是在水文战綫上开展了技术革命运动。解放以来仪器測具和操作方法有了不少的創造和改进。

十多年来,水文工作发展的历史,有力地說明了科学发展的根本原因,在于生产的需要和推动。党的领导保证了我国水文科学事业得以沿着正确的道路前进。科学技术必須从社会主义的生产建設出发,必須广泛开展羣众性的水文研究运动,这是高速度发展水文科学以便在最短期內赶上世界先进水平的根本条件。

第一章 河川流域及其水文情势

§1-1 河 系

降水到达地面以后,除了損失外,余下的水量,由于重力的作用,沿着陆地的坡面,汇成小沟和小溪澗,再汇合成江河,流入海洋。

河流的干河及其支流,以及支流的支流、溪澗、小沟和湖泊等等統称为河系(或名水系,河网。)直接流入海洋或內陆湖泊的河流称为干流,汇入干流的称为一級支流,汇入一級支流的称为二級支流,其余类推。

1.河系根据干、支流排列的形状,可分为下列四种主要类型:

- (1)扇型河系 各支流如手指状的分布。如图1-1(A)。
- (2)羽型河系 沿途納入許多支流,形如羽毛。如图1-1(B)。
- (3)平行河系 几条支流并行排列,合成为一独立水系,至入海相近处,始行会合。如图1-1(C)。

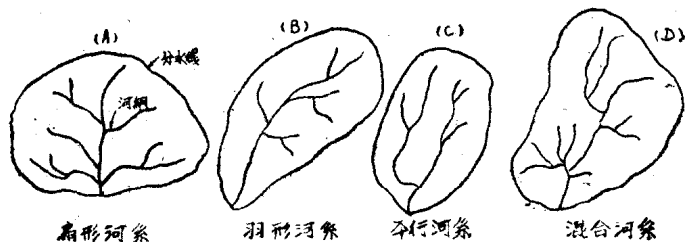


图 1-1 河网示意图

(4)混合河系 一般大的河流，大多是包括上述二、三种形式的混合排列。如图1-1(D)。

2. 河流的长度

从河源到河口的距离，称为河长。

量计河长的方法，一般可在精密的地图上画出河流的中线，然后用两脚规逐段计量。地图的比例尺愈大，量得河长的精度也愈高。河流的曲折度和两脚规的开距大小，同样也影响河长测量结果的精度。

粗略地估算河长，可用不易伸缩的细线顺着河流中线量出图上距离，乘以图幅的比例尺，即得河长。

知道了水系中各河的河长，可绘制水道图，以表明干支流的分布情形。绘制时以水平直线按比例尺表示干流长度，在支流汇入处，画一倾斜直线表示支流，长度亦按比例尺定出。如图1-2为钱塘江水系水道图。

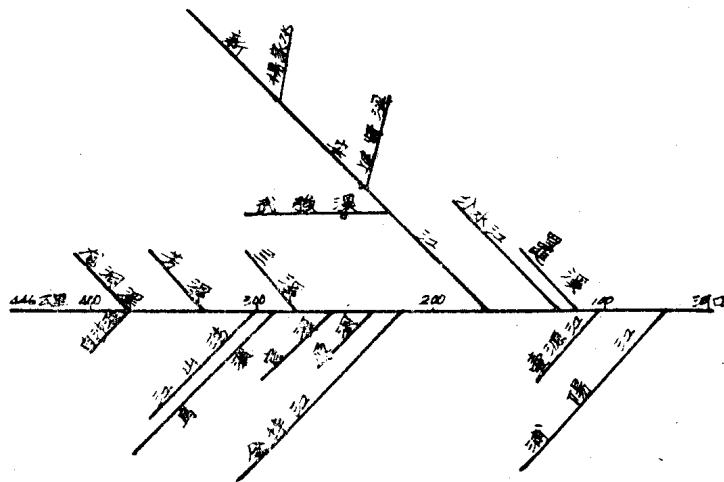


图 1-2 钱塘江水系水道图

3. 河流的弯曲系数

河流的弯曲系数 φ 为河道河口至河源的曲线长度 l 与连接此两点的直线长度 L 之比，即：

$$\varphi = \frac{l}{L}. \quad (1-1)$$

根据这个定义，任何河段的弯曲系数也可求出。弯曲系数说明河流弯曲的程度。应注意，由于地图的比例尺不同，则计算成果的精度不同。一般比例尺愈小，则图形愈简化，因此求得弯曲系数也愈小，故在比较不同河流的弯曲程度时，应采用接近的比例尺地图上所得到的弯曲系数。弯曲系数永远大于1.0。河流的弯曲程度能说明河流流经地区的地质地貌等特点，如一般流经冲积地区的河流，弯曲程度都较大。

4. 河网密度

河网密度为该河系所有河道的总长度与其流域面积之比。

$$D = \frac{\sum L}{F}. \quad (1-2)$$

式中 D ——河流网密度, 以公里/平方公里计;

ΣL ——流域内所有干支流总长, 以公里计;

F ——流域面积, 以平方公里计。

在计算河网密度时, 流域内的人工河道也应包括在内。流域的河网密度在一般情况下, 如降水量大与地形坡度陡则愈发达, 如地面透水性愈强及植物复被愈好则愈小。此外人类活动因素对河网密度有很大的影响, 我国某些地区, 由于河网化的发展致河网密度变大。与弯曲系数相同, 在小比例尺图上, 由于小的支流不能很好表示, 故得到偏低的数值。因此, 在相互比较时, 最好采用比例尺相同的地图所得的成果。

§1-2 流 域

河川的流域是指大陆的一部分, 在这一部分面积上的水都沿着陆地坡面直接流入该河的干支流, 流域就是河流的集水区域。

1. 流域的分水线(分水岭)

流域的周界称为分水线(或名分水岭)。每个流域的分水线就是流域四周最高点的连线, 通常就是流域四周的山脉脊线, 自行闭塞。降落在分水线两侧的水量, 分别自两侧的坡面流向相邻的河流。我国秦岭便是长江和黄河的分水岭。

平坦地区, 地面上没有显著的脊线, 划定分水线较为困难, 必须依据水准测量来确定。沼泽地区以相反的水流方向来判断分水线。

含沙特多河流的下游, 河床逐渐淤积, 甚至高出两岸平原, 则河床本身即为分水线。例如黄河下游在京汉线以东河南省境内这部分, 北岸为海河流域, 南岸为淮河流域。

流域分水线所包围的面积就是流域面积。工程上往往要求出水工建筑物断面以上

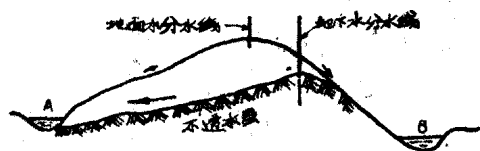


图 1-3 地面分水线与地下分水线的不一致

的流域面积, 此时的分水线只需包括建筑物所在断面以上的那部分面积, 实际上河流的流域面积根据需要可以计算到河流中任意一个断面、坝址或支流的汇入处。

流域的地面分水线和地下分水线, 常因地质构造的原因而不一致。如图1-3表示。

由于地面分水线与地下分水线不一致, 而地下分水线又很难测定, 所以在实际工作中, 以地面分水线作为流域的分水线。

2. 流域的几何特性

流域的几何特性, 可以用流域的面积、流域长度、流域平均宽度、流域的完整系数、流域的延伸系数及流域的对称性来表示。

(1) 流域面积的大小及分布 如果河流分水线已经划定, 便很容易确定流域面积。通常可在五万分之一或十万分之一地形图上, 用求积仪来量求流域面积。量计所得结果的精度, 需视所用地图的精度, 比例尺的大小, 划定分水线的准确程度以及选用的测定方法而定。

河川流域的分布, 可用图示形式, 使人们对于流域中干支流的面积, 有一直观的概念。流域面积增长图是表示面积分布常用的一种图(如图1-4及图1-5所示)。这种图的纵轴表示按一定比例尺画出来的干流长度, 横轴表示流域面积。从河源O点开始在各支流汇入干流之处(如a, b, c点)延长横轴, 其延长的长度表示支流流域面积(如 f_1, f_2, f_3, f_4 等)并作垂线(如de)将支流左右岸的面积分开, 垂

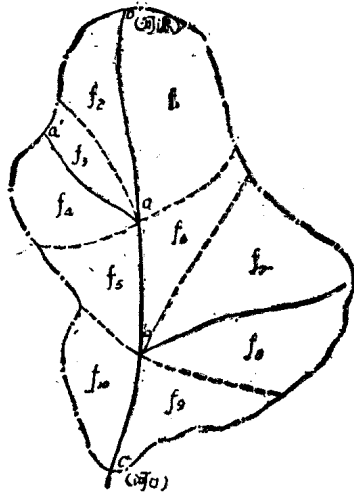


图 1-4 河流面积区分图

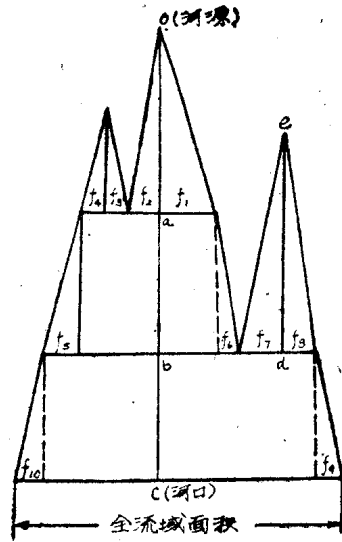


图 1-5 流域面积增长图

线的长度表示支流的河长。通过该图，对于流域面积增长情况可以一目了然。

(2) 流域长度 从河口起通过横断流域的若干割线的中点而达流域最远点的联线称为流域长度，用 L_1 来表示，也称流域的轴长。这个数值通常就用干河的长度来代替它。

(3) 流域平均宽度 B 可用下式计算，

$$B = \frac{F}{L_1} \quad (1-3)$$

式中 B ——流域平均宽度，以公里计，

F ——流域面积，以平方公里计，

L_1 ——流域长度，以公里计。

(4) 流域的完整系数或称形状因素，表示流域发展的程度，可用下式计算，

$$K_\pi = \frac{F}{L_1^2} = \frac{L_1 B}{L_1^2} = \frac{B}{L_1} \quad (1-4)$$

式中 k_π ——流域的完整系数

k_π 值不能大于 1.0，流域愈接近于方形，则 k_π 值愈大，反之如愈狭长 k_π 值愈小。 k_π 值愈大，则河流洪水愈易集中而形成较大的洪水。

(5) 流域的延伸系数 k_e 为流域分水线长度与等面积圆的圆周长之比。

$$K_e = \frac{l}{l_1} = 0.28 \frac{l}{\sqrt{F}} \quad (1-5)$$

式中 k_e ——流域的延伸系数，

l ——流域分水线长度，以公里计，

l_1 ——等面积圆的圆周长，以公里计，

F ——流域面积，以平方公里计。

k_e 值不能小于 1.0，形状愈接近于圆形，则 k_e 愈小，相反如愈不规则，则 k_e 愈大。 k_e 愈小，则洪水愈易集中，形成较大的洪水。

(6) 流域的对称性，可以用流域的不对称系数 k_a 来表示。

$$K_a = \frac{F_{左} - F_{右}}{F_{左} + F_{右}} = \frac{2(F_{左} - F_{右})}{F} \quad (1-6)$$

式中 k_a ——流域的不对称系数;

$F_{左}$, $F_{右}$ ——河流左岸及右岸的流域面积。

流域的不对称系数 k_a 值愈小, 表示流域愈对称, 河流的位置近乎流域的中間。

流域的对称性也可以用分別計算河流左岸流域及右岸流域的平均寬度 $B_{左}$ 和 $B_{右}$ 的方法来推求:

$$B_{左} = \frac{F_{左}}{L}, \quad B_{右} = \frac{F_{右}}{L}.$$

$B_{左}$ 及 $B_{右}$ 愈相近, 表示流域愈对称。

3. 河谷与河床

延伸的地形低洼处, 可以排泄流水的地方称为河谷。一条河的全部流域就是許多河谷的总和。河谷的横断面形状由于地质构造的不同而各有差异, 一般可分为: 峡谷、宽广与台地河谷三种类型。如图1-6所示。谷底被水占住的部分称为河床, 或称河槽。在枯水时期被水流占据的部分叫作基本河床或枯水河床。在洪水时期被水流占据的河河谷部分, 称为洪水河床。



图1-6 河谷示意图

一条河流一般都分为河源、上游、中游、下游、河口五个分段。

河源是河流开始的地方, 大江、大河一般都发源在深山里。泉水、沼泽、湖泊往往是河流的源头。例如松花江就发源于一个火山口造成的天池。

上游: 直接連着河源, 在河流的上段, 它的特征是落差大, 水流急, 下切强, 經常出現階級和瀑布。

中游: 在上游以下, 河槽的坡度被水流冲得逐漸緩和, 河流中已无階級和瀑布的現象, 纵断面形成一平滑的曲綫, 河里的水流下切力已衰退但轉向两旁进行侵蚀。因此河面一天比一天加寬和曲折。上游移来的泥沙可以轉輸于下游。

下游: 在河流的最下一段, 它的特点是河槽坡度平緩, 流速很小, 泥沙的沉积超过冲刷。因之河槽內沙洲很多弯曲特別显著。

河口: 是河流的終点也是河水流入海洋、湖泊或其它流域的处所。有的河流消失在沙漠里那就没有河口了。一般河口比河源明显, 因此河流的长度都可以从河口算起。

4. 河道的基本特征

河槽的形态包括河槽的平面形态, 纵断面及横断面的形态。

(1) 河槽的平面形态

1) 河流的弯曲 平原河流在平面上具有弯曲的形态, 这是因为弯曲的河槽形状对于容易受冲刷的平原河流来说, 是比较稳定的。这种弯曲的形成可作如下解释: 假定均质土壤中用人工开挖了一条順直的渠道, 渠道中的水流因受某种原因的影响, 在某些地方发生偏斜, 最初于岸边冲刷了一很小的陷穴, 久而久之, 陷穴逐渐扩大, 河岸发生崩塌, 变成凹岸。冲刷的产物由水流搬运至被冲刷处的下游沉积下来, 形成凸岸。水流在最初于冲刷处受到河岸的抵抗, 于是水流轉向对岸, 同样地向对岸进行冲刷, 旁蝕愈

久，弯曲日渐发展，河床在平面上的弯曲度，亦日渐增大，水流冲刷的力量也随之增加，这种作用，将不断的持续着，辗转相因，造成蜿蜒的河曲和河曲带。

2) 河流的截弯取直 河流的弯曲程度，一天一天在增大，河曲的终点，在洪水泛滥的时候，水流会自己冲破最狭的地段，截弯取直，如图1-8。此后，水流运动的偏向减小，不再流入原有河道。因此原有弯曲段两端淤塞与新河道隔绝而成死河道式如月形的湖泊。



图 1-7 河流弯曲形成图

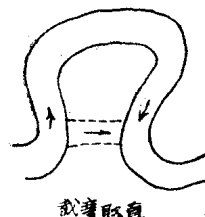


图 1-8 截弯取直

3) 平面形态的变化 水流的冲刷作用使凸岸形成浅滩，凹岸形成深槽，深槽与浅滩间，存在过渡的直段，称为过渡段，河槽中各横断面上最大水深点的联线称谿线，（谿线即一般的航线）。在一般平原河流，深槽与浅滩相互交替，具有一定的规律性，且谿线变化也比较和缓。

河槽平面形态、深槽、浅滩及过渡段见1-9图。

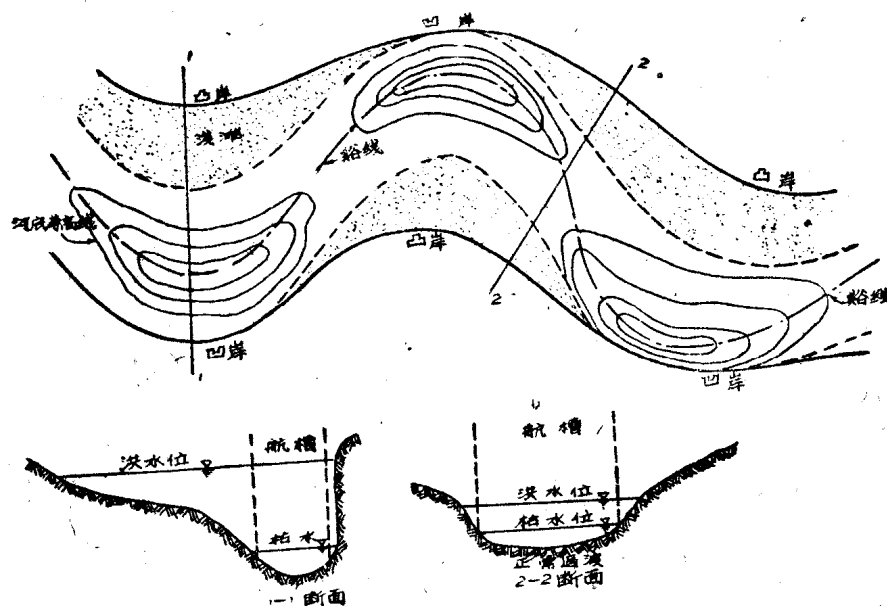


图 1-9

(2) 河流的断面

河流的断面分纵断面及横断面，一般纵断面是指沿河流的中线或谿线的断面，测量的方法可测出线上河底若干地形变化转折点的高程，以横标为河长，纵标为高程，即可得河槽的纵断面图，河流的纵断面可用以表示河流的纵坡及落差的沿程分布。

河流纵断面是推算水流特性及估计水能蕴藏量的主要依据。

横断面一般是指与水流方向相垂直的断面，当水位变化时，则断面随着变化，通常把经常过水的断面称过水断面，不经常过水而只在洪水时才有水流的部分叫大断面。横断面根据形状的不同又可分为单式与复式两类。河流横断面是计算流量的重要因素。

河流的纵横断面都是随着时间在变化的，由于泥沙淤积，纵断面的下游一般在不断淤高，上游刷深，横断面则经常处于冲淤交替的过程中，河流断面变化的发展主要决定于水流情况、河槽地质以及河槽组成物质等情况。

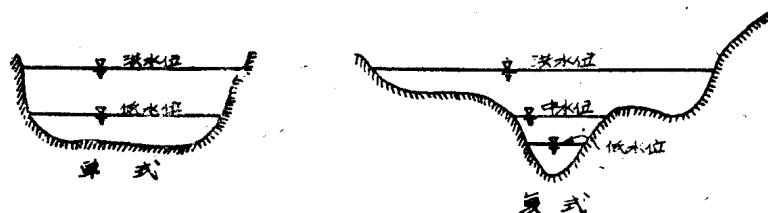


图 1-10 河槽横断面

(3) 河流的比降

1) 河流的纵比降

河流的纵向坡度称为纵比降，是指沿河流方向，水面落差 ΔH 与距离 L 之比即：

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{\Delta H}{L} \quad (1-7)$$

河流比降自河流的河口逐渐减小。而小河的比降往往较大河为陡，支流的比降陡于干流。

河槽因受河水的侵蚀，不停地向下刷深，比降随之愈变愈缓，但其终限不能低于海平面，海平面即为河流的侵蚀基准面。支流的侵蚀基准面是支流流入干河口处的干流水面。

河流比降因河而异，同一河流各段比降亦不规则。情况如下：

I) 特殊地质条件的影响使河流比降因河谷之不同及地形情况而异。

II) 支流入汇处，支流泥沙之多寡影响干流之比降。如支流含沙量大于主流，汇合处必生淤积，因此增加干流在汇合点下游段的比降。反之如支流的含沙量小于干流，则汇合点下游段必发生冲刷，干流的比降也因之变缓。

III) 水位升降的影响，河流深槽与浅滩相间。如遇河川断流，则纵断面成为一系列的水塘如 $aaaa$ 线，当流量增加时，纵断面所受河底影响较小，水面就变得平展起来如 $TTTT$ 线。如流量大为增加时，河道平面形状的影响超过河底起伏的影响，因为深槽相当于平面上的河湾，在弯曲处水的运动受到额外的阻力，流速愈大时，受到的阻力也越大，这额外的抵抗引起水头的损失，比降增大，因此在某些高水位时纵断面得到与低水位时相反的关系，即在深槽处比降大，而在浅滩处比降小，如 AA 线。

由上分析可知，河流的河底一般比较稳定，而河流的水面比降则在不同水位时，有很大的变化。

河口受海洋潮汐影响，比降变化更大，有时会出现负值，发生海水倒灌现象。

2) 河流的横比降

河流横断面的水面通常不是绝对水平，而有横比降存在。