



普通高等教育“十二五”规划教材

桥涵水文

主 编 任庆新 刘艳华
副主编 黄 虎 王 勇
赵红来 张春宇



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

桥涵水文

主 编 任庆新 刘艳华
副主编 黄 虎 王 勇
赵红来 张春宇



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

“桥涵水文”是土木工程学科道路与桥梁工程专业及水利工程学科相关专业本科生的主要专业课之一。本书在广泛吸收其他经典教材部分教学内容的基础上，重点阐述河流及径流形成、河床演变、水文统计基本原理、设计洪水流量、大中桥孔径计算、桥梁墩台冲刷计算、小桥和涵洞孔径计算、桥位勘测与桥位选择及调治构造物等方面的内容，并给出了相关实例，从而使该书的系统性、科学性和实用性融为一体。

本书可作为高等学校土木工程学科道路与桥梁工程专业“桥涵水文”课程的本科教材，也可供水文及水资源工程、给水排水、水工结构工程等专业使用，并可用于成人专科学校以及普通本科院校的高等职业技术学院同类专业教学，还可供水利水电工程技术人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

桥涵水文 / 任庆新, 刘艳华主编. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2014. 5
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-1998-5

I. ①桥… II. ①任… ②刘… III. ①桥涵工程—工程水文学—高等学校—教材 IV. ①U442.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第096343号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 桥涵水文
作 者	主编 任庆新 刘艳华 副主编 黄虎 王勇 赵红来 张春宇
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.25印张 290千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	25.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

“桥涵水文”是高等学校土木工程类专业的一门专业技术课。本书是在土木工程专业调整与课程体系改革基础上，根据土木类人才培养目标和专业指导委员会对课程设置及教学大纲的要求进行编写。本书根据前期课程知识学习，结合本专业需要，注重加强基本理论和基本概念，并适当介绍了常用的计算方法。

本书在编写过程中，力求在内容上体现“重基础，宽专业，新技术，讲实用”。考虑到教材的系统性、科学性和实用性，在内容的编排上既保持本课程的主要内容，同时对各章节进行了合理的安排，强调实用性。全书共分10章，内容包括：绪论、河流及径流形成、河床演变、水文统计基本原理、设计洪水流量、大中桥孔径计算、桥梁墩台冲刷计算、小桥和涵洞孔径计算、桥位勘测与桥位选择和调治构造物。全书概念清晰，语言流畅，图文并茂，便于学生对理论知识的掌握和理解。

本书由沈阳建筑大学任庆新、沈阳农业大学刘艳华任主编，华北水利水电大学黄虎、甘肃交通职业技术学院王勇、中国中铁一局集团桥梁工程有限公司赵红来、大连市市政设计研究院有限责任公司张春宇任副主编。本书第1章和第3章由任庆新编写，第2章和第5章由刘艳华编写，第4章和第6章由黄虎编写，第7章由王勇编写，第8章由赵红来编写，第9章由张春宇编写，第10章由俞家欢编写。全书由任庆新、刘艳华负责统稿。

《桥涵水文》可以作为土木工程、水利工程、交通工程等专业的教学用书，同时也可作为有关工程技术人员、科研人员参考用书。

本书在编写过程中，参考了相关规范和书籍，若有不妥之处，望谅解，并深表感谢。同时，任庆新的研究生高磊、吕天文、李林、刘绍鹏、刘明哲、于万卿、刘雪峰、董建胜、关永彬、李爽、敦文栋、陈晓友、王亮等进行了部分文字处理和插图绘制等工作，在此表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间较为仓促，书中一定会存在不足和疏漏之处，恳请读者给予批评指正。

编 者

2013年12月30日

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 桥涵水文	1
1.2 桥涵水文学的基本内容	2
1.3 水文学的发展历史	2
1.4 水文现象的特点	3
1.5 桥涵水文的研究方法	4
习题 1	5
第 2 章 河流及径流形成	6
2.1 自然界的水循环	6
2.2 河流和流域	8
2.3 河川径流的形成	13
2.4 水文测验	17
2.5 水文资料的搜集和整理	22
习题 2	25
第 3 章 河床演变	27
3.1 河床演变概述	27
3.2 河床演变原理	28
3.3 河型及河相关系	29
3.4 山区河流的河床演变	32
3.5 平原河流的河床演变	34
习题 3	38
第 4 章 水文统计基本原理	39
4.1 随机事件和随机变量	39
4.2 频率分布	41
4.3 水文经验频率曲线	45
4.4 统计参数	47
4.5 水文理论频率曲线线型	52

4.6 抽样误差及相关分析	60
习题 4	72
第 5 章 设计洪水流量	73
5.1 设计洪水与设计流量	73
5.2 根据实测流量资料推求设计洪水	74
5.3 按洪水调查资料推求设计洪水	80
5.4 根据暴雨资料推求设计洪水	84
5.5 小流域设计洪水	87
5.6 设计洪水位的推求	88
5.7 年径流量及枯水径流量推算	89
习题 5	94
第 6 章 大中桥孔径计算	95
6.1 桥位河段水流图式和桥孔布设	95
6.2 桥孔长度	98
6.3 桥面高程	103
习题 6	111
第 7 章 桥梁墩台冲刷计算	112
7.1 概述	112
7.2 自然演变冲刷计算断面的选取	113
7.3 桥下一般冲刷计算	114
7.4 桥墩的局部冲刷计算	120
7.5 桥台冲刷计算	125
7.6 桥梁墩台基底最小埋深	129
习题 7	131
第 8 章 小桥和涵洞孔径计算	132
8.1 小桥涵的类型与特点	132
8.2 小桥涵勘测	135
8.3 小桥涵位置确定	136
8.4 小桥孔径计算	138
8.5 涵洞孔径计算	142
8.6 小桥涵洞口处理及水力计算	146
习题 8	153
第 9 章 桥位勘测与桥位选择	154
9.1 桥位勘测	154
9.2 桥位选择	157
9.3 桥位方案实例	162

习题 9	166
第 10 章 调治构造物	167
10.1 调治构造物的分类与布设	167
10.2 导流堤	169
10.3 丁坝	174
习题 10	176
附录 1 皮尔逊Ⅲ型曲线的离均系数 Φ_P 值表	177
附录 2 皮尔逊Ⅲ型曲线三点适线法的 S 与 C_s 关系表	180
附录 3 植物(或洼地)滞留的径流深度 z 值	182
附录 4 折减系数 β 值	183
附录 5 折减系数 γ 值	184
附录 6 地貌系数 Ψ_0 值	185
附录 7 湖泊或小水库调节作用影响的折减系数 δ 值	186
参考文献	187

第 1 章 绪 论

1.1 桥 涵 水 文

1.1.1 水文学的定义

水文或水文现象是自然界中水的变化、运动等现象的总称。例如某区域的降雨、蒸发、入渗、径流，某河流断面的水位、流量、含沙量，某湖泊的风浪等都是常见的水文现象。水文学，就是研究地球上各种水体的存在、分布、运动、形态、结构、化学性质、物理性质及其起源和演化规律，并应用于水资源开发利用与保护、水灾害（例如洪水、干旱、水污染、水土流失）防治、水与环境相互作用、水与生命活动过程等关系的一门技术科学。水文学分类的方法多种多样，按照水体存在的形式，可以分为水文气象学、地表水文学和水文地质学。地表水文学又可分为河川水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学和海洋水文学等。河川水文学可细分为研究河流泥沙运动和河床演变的河流动力学；研究存取、整编、调查水文资料的水文测验学；用实验方法和数值方法研究水文现象的确定性物理过程、预报水文情势的水文预报学；用数理统计方法研究水文现象的统计规律的水文统计学；研究河川内、外环境变化过程的环境水文学。目前，水文学的应用范围很广，其中，工程水文学就是将河流动力学、水文测验学、水文预报学、水文统计学、环境水文学等方法应用于土木工程、水利工程、交通工程、农业工程的一门技术科学，主要包括控制水和使用水的工程设计与管理运行等方面的内容。

1.1.2 桥涵水文的研究意义

水文分析与计算在桥涵的设计、施工、运行等各个阶段都具有相当重要的意义。

1. 规划设计阶段

在桥梁规划设计阶段，设计者应根据桥涵工程在使用期限内河流可能发生的流量、水位和流速进行分析和计算，从而确定桥涵工程的位置、规模和基本尺寸，为整个桥涵工程的后期技术设计和施工当好先行。如果河流水量估算过小，就会使桥涵工程规模过小，导致不安全；反之，就会使桥涵工程规模过大，导致不经济。

2. 施工阶段

在施工阶段，桥涵水文设计主要是为了保障桥涵施工的安全性与经济性，估算施工期设计洪水，从而为桥涵的设计提供必要的的数据计算依据。

3. 运行阶段

在桥涵的运行阶段，桥涵水文设计主要是根据实际的河流水情编制相应的桥涵日常管理计划和制度，复核和修改规划设计阶段的水文分析计算结果，确定是否需要桥涵工程进行相应的维修与改造，河床是否需要整治等。

大量的工程实践表明，桥涵工程的毁损大多是由洪水灾害所致，洪水冲毁桥涵、路

基,破坏桥涵工程的正常运行,导致重大的社会损失、经济损失和生态环境损失。因此对重要的桥涵工程和已经运行较长时间的桥涵工程,如果规划设计时的水文资料短缺或者当前运行的河流水文情势已与规划设计时有显著变化,需对其进行水文分析计算的复核算,判别原先的孔径和基础埋深是否恰当,桥涵布置与调治构造物设计是否合理,河滩路堤是否安全,是否具有足够的抗洪能力,从而作出综合评价,以确定是否需要维修、加固或者改建。如需要,则要提出相应的设计方案与措施。

1.2 桥涵水文学的基本内容

桥涵是跨越河渠、排泄洪水、沟通渠道两侧灌溉水路以及保障道路正常运行的泄水建筑物。

桥涵水文就是应用工程水文学、特别是水文统计学的方法,为桥涵规划、设计、施工和管理提供水文分析与计算科学依据的一门科学。其主要研究内容为桥涵所在河段的类别、河床演变、设计洪水的流量与水位等,桥涵的位置选择和类型确定,大中桥孔径、桥高和基础埋深计算,桥梁墩台冲刷计算,调治构造物设计,小桥和涵洞勘测设计和水工模型试验等。

桥涵水文学课程的内容,主要叙述水文循环运动中,从降水到径流入海这一过程中,关于地表径流的运动规律、量测方法及在工程上的应用等问题。包括河川及径流的基本概念,河川水文要素量测方法,水文分析中常用的数理统计的基本原理,河川径流的年际变化与年内分配,枯水径流与洪水径流的调查分析与计算,降雨资料的整理与暴雨公式的推求,小流域暴雨洪水流量的计算,城市降雨径流的特点等。

通过本课程的学习,要求能了解河川水文现象的基本规律,掌握水文统计的基本原理与方法,能够独立地进行一般水文资料的收集、整理工作;具备一定的水文分析计算技能。

应该指出的是,由于水文现象所具有的特点,一般在处理上多引用数理统计方法进行分析,这种统计分析是依据实测的水文资料。因此,实测(或调查)得到的水文资料则是水文计算的基础。由此可见,只有取得一定数量的可靠资料,水文计算结果才比较可靠。而对于缺乏资料情况下的水文计算结果,则需要多作调查对比,并适当地考虑到安全因素,以确定最后的结果。

1.3 水文学的发展历史

水文学是随着社会经济发展和水利工程建设需要,从萌芽到成熟、由经验到理论逐步发展起来的。今后的发展仍将遵循这一规律。水文学的发展,大体可分为以下几个阶段。

1. 萌芽时期(1400年以前)

这一时期中国的水文理论居于世界领先地位,如公元前239年成书的《吕氏春秋》最先提出水文循环的概念;2000年前建成的都江堰,至今仍在发挥巨大效益;又如527年

成书的《水经注》，是早于欧洲 1000 多年的水文地理巨著。

2. 奠基时期（1400~1900 年）

这一时期，西欧的产业革命促进了水利事业的发展，在水文观测方面，发明制造了雨量器、蒸发器、流速仪等，系统的水文测验为水文定量计算及预报奠定了坚实基础。

3. 应用水文学的形成时期（1900~1950 年）

进入 20 世纪，水利水电建设蓬勃发展，使应用水文学迅速发展起来。1900 年美国的 J. A. 塞登提出著名的塞登定律；1932 年 L. R. K. 谢尔曼提出单位线法；1935 年 G. T. 麦卡锡建立了马斯京根河道洪水演算法；1924 年 H. A. 福斯特完整地建立了 P-Ⅲ型水文频率曲线计算方法等，象征应用水文学的形成，而这一时期我国则比较落后。

4. 现代水文学时期（1950 年后）

随着计算机、3S 系统等高新技术的应用，使水文学发展进入了一个新时代。流域数学模型、水资源学、水环境学、随机水文学等相继建立，为水文学理论奠定了坚实的基础，使其研究方法逐渐理论化和系统化。

1.4 水文现象的特点

系统地观测、收集水文资料，不断地归纳、推断水文现象的特点和变化规律，为桥涵工程预估未来运用期间可能面临的水文情势，为工程设计和管理工作提供科学依据，这是桥涵水文的基本任务。

水文现象在各种自然因素和人类活动的影响下，其水量、水质及其空间分布和时间变化都显得极为复杂。尽管如此，人们在长期观测和实验中逐步认识了水文现象的一些重要特点，包括以下方面。

1. 在时间变化上存在着准周期性和随机性

地球公转和自转，地球与月球的相对运动，以及太阳黑子等太阳活动的周期性变化，导致太阳辐射的变化呈现一定的周期性，使得水文现象的变化也表现出相应的周期性特征。例如，潮汐河口的水位存在以半个或一个太阴日（24h50min）为周期的日变化；河流每年出现水量相对丰沛的汛期和水量相对较少的枯季，表现出以一年为周期的变化；经长期观测发现，河川的水量存在着连续丰水年与连续枯水年的交替变化，呈现出以多年为周期的变化。水文现象的这些周期性变化又具有不重复性，所以一般称之为准周期性，反映了水文现象随时间变化的确定性一面。水文现象随时间变化的不确定性即为它的随机性，这主要是因为水文现象主要是由降水引起的，而降水本身是一种受大气环流、气候变化等影响的典型随机过程，此外，影响水文现象的下垫面因素、人类活动因素也具有随机性，这些因素的相互作用以及组合作用在时空上的变化也呈现出明显的随机性。

2. 在空间分布上存在着地带性和特殊性

地带性主要反映了水文现象随空间变化存在确定性的一面。例如，东亚地区的年降水量和年径流量都存在着随纬度和离海洋距离的增大而自东南向西北逐渐减少的趋势，这主要是各地的气候因素和其他自然条件随地理位置呈现规律性变化的缘故。水文现象随空间变化的不确定性是它的特殊性，这主要是各地的下垫面因素和人类活动因素呈现明显的局

部性变化的缘故。例如，岩溶地区的降雨径流特征与它周围的非岩溶地区的降雨径流特征往往具有明显的差异，人类活动较强烈地区（例如城市）的降雨径流特征与它周围人类活动较轻地区（例如自然保护区）的降雨径流特征也往往具有明显的差异。

3. 在时间变化和空间分布上存在着关联性和相似性

水文现象的关联性是指同一水文现象的自相关性，不同水文现象之间的相关性，以及水文现象与其他现象之间的相关性。例如：不同时段的水文时间序列一般具有各自的自相关结构，同一河流的上、下游水文现象一般存在着显著的相关性，同一流域上的暴雨与洪水则存在着确定性因果关系。水文现象的相似性是指地理位置相近、气候因素与地理条件相似的河流或河段，其水文现象特性亦相似。例如，中国流域的降水量和径流量多为南方大，北方小；沿海大，内陆小；山区大，平原小。其相对变化幅度也存在北方大，南方小；内陆大，沿海小；山区大，平原小。湿润地区的河流，其水量丰富，年内分配（年内流量变化过程）也比较均匀，干旱地区的河流，其水量均不足，年内分配亦不均匀；同一地区的不同河流，其汛期与枯水期都十分相近，径流变化过程也十分相似。水文现象的这些相似性是缺乏实测资料地区移用相似地区实测资料的理论依据，水文学中称之为相似比照法或水文比拟法。

4. 在时间变化和空间分布上存在着尺度性

不同时间尺度或空间尺度的水文现象之间，呈现显著不同的特性，不同时间尺度或空间尺度的水文现象之间的相互转换至今仍十分困难。

1.5 桥涵水文的研究方法

1. 水文信息、数学方法与水文物理相结合的方法

桥涵水文的研究基础是基于对所研究问题的认识程度和对与之关联的水文信息资料的掌握程度，选择适当的数学方法以解决所研究的桥涵水文问题。从系统观点看，桥涵水文研究可视为一种系统，系统输入就是对水文问题的认识和有关水文信息的掌握，系统转换就是合适的数学方法，系统输出就是桥涵水文研究的结果和结论。桥涵水文研究方法必须立足于该系统输入这一物理基础并与之相互适应，必须注意所用研究方法本身的适用条件是否满足。桥涵水文研究的最终目的是提高对所研究桥涵水文问题物理背景的认识，为桥涵工程实际需要服务。例如，本书第 4 章中，针对设计洪水与设计水位的推算，分别采用 3 种方法进行研究，即根据流量观测资料进行推算、根据洪水调查资料进行推算和根据暴雨资料进行推算。

2. 水文数理统计法

水文数理统计法主要根据河流流量、水位等水文现象特征值的统计特性，利用概率、统计方法，随机过程理论，时间序列分析方法等应用数学方法挖掘水文观测、试验和调查资料中的信息而得出水文现象的统计规律，然后用于桥涵工程设计中。它的立足点在于对水文现象的“试验”或“观测”。观测的年代越长，收集的资料越丰富，统计规律越能反映实际情况，这样分析计算的结论就越可靠。

3. 水文成因分析法

水文成因分析法就是从地球上各种水文循环与水量平衡, 流域上的产流过程、产沙过程、汇流过程、汇沙过程以及人类活动对水文循环的影响等物理成因出发, 根据实测资料、试验资料、调查资料研究水文现象的形成过程, 探讨水文现象的物理实质和定量关系, 建立水文要素(如水位、流量等)和有关因素之间的数学物理模型, 作为桥涵水文计算的依据并用以推求未来的水文情势。水量平衡原理就是指地球上任一区域在任一时段内, 该区域的输入水量 Q 与输出水量 q 之差, 等于时段末该区域的蓄水量 S_2 与时段初该区域的蓄水量 S_1 之差这样的平衡方程, 它是质量守恒定律在水文循环过程中的特定数学表达形式。其中研究的区域可以是某流域、湖泊、沼泽、海洋或某个地区, 也可以是整个地球, 研究时段可以是日、月、年、数年或更长的时间。

影响水文现象的因素相当复杂, 其形成机理还难以完全清楚, 定量上仍有很大困难, 因此还需结合其他一些方法以弥补其不足。

4. 定性到定量综合集成的方法

钱学森等提出的定性到定量综合集成的方法, 通常是根据现有科学理论和专家的经验知识和判断力, 提出经验性假设, 再根据所研究问题的信息资料, 建立相应的系统模型, 进行模拟、实验和计算, 获得定量结果, 并进行判断, 通过反复修正经验性假设, 直到获得满意的经验性假设为止。桥涵水文中众多的实验、经验公式、水工模拟试验、水文频率计算适线法等, 正是该类集成方法的体现, 它集成了大量水文专业人员的实践经验和所得的水文信息资料, 并对此不断加以完善。水文现象错综复杂, 影响因素众多, 桥涵水文也是如此。任何一种研究方法都不能完全描述其水文现象, 应当利用各种方法的优势进行互补, 以满足实际工程水文上的需要。随着数字技术、模糊集理论、人工神经网络理论、遗传算法等智能科学方法应用于水文学的研究中, 必将开创与完善水文学的研究方法, 这些方法同样可应用于桥涵水文学的研究。

习 题 1

1. 什么是水文循环? 影响水文循环的主要因素有哪些?
2. 什么是水文现象? 水文现象的主要特点有哪些?
3. 试述桥涵水文的研究意义。
4. 桥涵水文的主要研究方法有哪些?

第2章 河流及径流形成

2.1 自然界的水循环

大气中的水汽，地面上的河流、湖泊、沼泽、海洋、冰川中的水，地面下的土壤水和地下水，在太阳辐射和地球引力等作用下可以不断地相互转化，形成了全球水文循环。根据水体的不同过程而有不同称谓，气态水可因冷凝而成液态或固态，并以雨、雪、雹、霰、露等形式下降于大陆或海洋，称为降水；江、河、湖、海及地表以下的液态水或固态水，因太阳的热力作用而成气态水升入天空，称为蒸发；地表水在土壤颗粒分子引力、毛管力和重力作用下，进入土壤或岩层，称为入渗；沿地表及在土壤孔隙流动的水流，称为径流。其中沿地表流动的水流，称为地表径流；在土壤或岩石裂缝中流动的水流，称为地下径流，又称为基流；沿河川流动的水流，称为河川径流。降水、蒸发、入渗、径流等水文现象与市政工程、交通工程、环境工程以及水利工程等关系密切。

地球上的水因吸热而蒸发。蒸发的水汽随大气运动进入上空，然后凝结形成降水，产生径流，汇入河川、湖泊，再流入海洋，这种在太阳能和重力作用下循环往复的水循环称为水文循环，如图 2.1 所示。

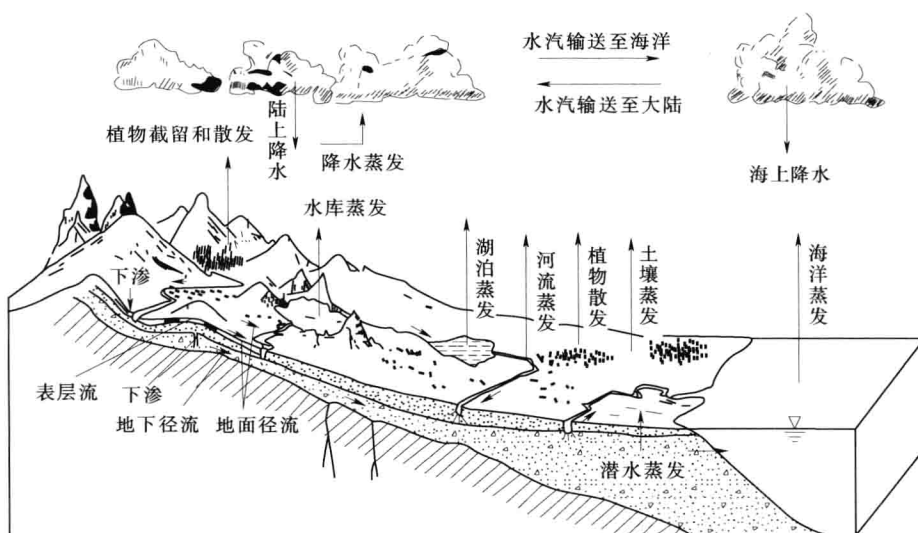


图 2.1 水文循环示意图

水文循环有水文大循环与水文小循环之分。

只发生在海洋上或陆地上的水文循环，称为水文小循环，即海洋上蒸发的水汽直接降落在海洋上，或者陆地上水分蒸发后又直接降落在陆地上。

发生在海洋与大陆之间的水文循环，称为水文大循环。

水文循环的运动空间是在地面以上平均高约 11km 的大气对流层顶至地面以下平均约 1~2km 深处的广大空间。全球不同纬度带的大气环流中，蒸发大于降水的区域称为水汽源区，在北纬 10°~35°和南纬 10°~40°的地区；蒸发小于降水的区域称为水汽汇区，在北纬 10°至南纬 10°左右之间的地区，以及北纬 35°以北和南纬 40°以南的地区；蒸发等于降水的区域称为水汽平衡区，在北纬 10°、北纬 35°附近以及南纬 10°、南纬 40°附近的地区。

水文循环是水文现象变化规律的基本描述。据统计，全球海洋上的多年平均蒸发量 $z_1=1400\text{mm}$ ，多年平均降水量 $x_1=1270\text{mm}$ ，可见 $z_1>x_1$ ，多余的水汽随大气运动进入大陆；而全球陆上的多年平均蒸发量 $z_2=485\text{mm}$ ，多年平均降水量 $x_2=800\text{mm}$ ，可见 $z_2<x_2$ ，多余的降水量则以径流形式流回大海。径流对陆地水系统而言是输出，对海洋水系统而言是输入。据估算，地球上每年参加水文循环的总水量（折合水深）为 1130mm，大气对流层中的水分总量（折合水深）为 25mm。这些水分通过蒸发和降水每年平均更换约 45 次，即更新周期约 8d。河川径流的更新周期约 16d，土壤水的更新周期约 1 年。

水文循环是地球上最重要的物质循环之一，它的主要作用有：形成各种不同的天气，调节气候变化，营造丰富的自然景观；参与陆地和海洋动植物的新陈代谢；影响各类生物的活动；向人类提供可再生的水资源和水能资源；可分散、悬移、溶解各种固体颗粒、气体、离子以及生物原生质等，形成水质的本底状态，对污染的水体有自净功效。例如，在水文循环的蒸发过程中，除极少数物质外，水中的杂质将不会转输入下一轮水文循环，因而使宝贵的淡水资源再生并有再利用的价值。同样产生的洪水与干旱会给人类和生物带来灾难。

影响水文循环的因素主要有以下三类。

1. 气候因素

气压、气温、风向、风力等统称气候因素，它受大气环流、气团运动和海洋环流等多种运动机制的控制和支配，从而影响着水文循环。

大气环流的形成可来自高低纬度地区太阳辐射热量差，也可来自海陆吸热的不同。夏季大陆强烈高热可造成热低压，使气流由海洋向大陆运动；冬季则相反，气流由大陆向海洋运动，并形成一年中，风向随季节变换的“季风”。此外，受地球自转的影响，还形成了几个气压带和风带。

2. 下垫面因素

水文循环所处的各种自然地理条件，称为下垫面因素。例如地形、地貌、土壤、地质构造、岩层性质、植被情况、水系组成、湖泊沼泽分布情况、道路、城市建造等对水文循环都有不可忽视的影响。

3. 人类活动因素

随着人类改造自然活动的不断增强，人类活动因素对水文循环过程的影响日益明显。人类活动既可以通过兴修水利工程等供水活动和排水活动直接影响水文循环过程，也可以通过封山育林、水土保持、城市化进程等改变下垫面因素活动来影响水文循环过程，还可以通过排放温室气体等改变气候因素活动来影响水文循环过程。

2.2 河流和流域

河流是一种天然水体，是由一定区域内的地表水和地下水所补给，并经常或间歇地沿着由其自身所造成的连续延伸凹地流动着。把地面水和地下水补给河流的区域，即河流的地面集水区和地下集水区，合称为流域。下面简述河流和流域的一般知识。

2.2.1 河流

1. 基本概念

降落到地面上的水，除掉损失一部分以外，在重力作用下沿着一定的方向和路径流动，这种水流称为地面径流。地面径流长期侵蚀地面，冲成沟壑，形成溪流，最后汇集而成河流。河流流经的谷地称为河谷，河谷底部有水流的部分称为河床。受重力作用沿河床流动的水流，称为河川径流。

流域里大大小小的水流路线，构成脉络相通的系统，称为水系，又称河系或河网。水系由干流及其支流组成。一般把直接流入海洋或内陆湖泊的河流称为干流，汇入干流的称为一级支流、汇入一级支流的称为二级支流，依次类推。水系一般以它的干流或以注入的湖泊、海洋名称命名，如长江水系、太湖水系、太平洋水系等。图 2.2 为黄河水系略图，其中虚线所围部分为黄河水系的范围，图中渭河是黄河的一级支流，泾河是黄河的二级支流，马连河是黄河的三级支流。不过所谓干流和支流是一个相对的概念。如对长江水系而言，汉江是它的一级支流，丹江、南河是长江的二级支流，但对汉江而言，丹江、南河又是它的一级支流。

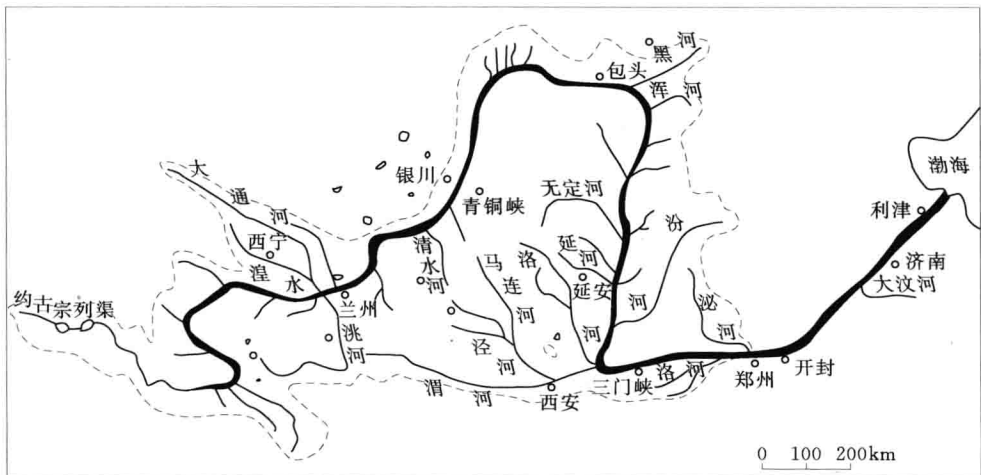


图 2.2 黄河水系略图

2. 水系类型

水系的形式多种多样，不同的形式将影响流域水文过程线的形状。按照干支流平面组成的形态差异可将水系分为以下几种类型。

(1) 扇形水系。水系如手指状分布，即来自不同方向的支流较集中的汇入干流。

(2) 羽状水系。支流从左右两岸相间汇入干流，如羽毛形状。

(3) 格状水系。干支流分布呈格子状，这是由河流沿着互相垂直的两组构造线发育而成。

(4) 平行水系。几条支流近于平行排列，至下游或河口附近始行汇合。

(5) 树状水系。干支流的分布呈树枝状。大多数河流属此类型。

一般较大河流，难以用一种类型概括，而是由两种或两种以上水系类型组成。水系类型直接影响洪水水情变化。如扇形水系和平行水系，支流洪水几乎同时汇入干流，易造成干流出现较大洪水，而羽形水系因支流洪水是先后汇入干流，洪水对干流威胁较小。

3. 河流分段

一条河流通常可分为河源、上游、中游、下游和河口五段。

河源是指河流的发源地，在河流的干流上开始具有表面水流的地方，它可能是溪涧、泉水、冰川、湖泊或沼泽等。

上游是河流的最上段，紧接河源，多处于深山峡谷中，坡陡流急，河谷下切强烈，流量小而水位变化大，常有急滩或瀑布，河床纵断面多呈阶梯形。

中游是河流的中间段，两岸多为丘陵，河床比降较平缓，流速减小，流量加大，冲淤变化不明显，但侧蚀力量增强，河槽逐渐拓宽和曲折，两岸常有滩地。

下游是河流的最下段，一般多处于平原区，河槽宽阔，流量较大，流速和底坡都较小，淤积作用明显，浅滩和河湾较多。

河口是河流的终点，即河流注入海洋，湖泊或其他河流的处所。河口处泥沙淤积严重。入海河流的河口段水情还受潮汐巨大影响。

4. 河流的基本特征

河流的基本特征一般用河流断面、河流长度及河流比降来表示。

(1) 河流断面。河流断面主要包括河流横断面和河流纵断面，可以用来表示河床的形态特征。由于水流与河床的相互作用，断面形状将时刻不停地发展变化着。

河流横断面是指垂直于水流方向的断面，其一般形状如图 2.3 所示。横断面内，自由水面高出某一水准基面的高程，称为水位。高水位以下的河床，由河槽与河滩两部分组成。河槽是河流宣泄洪水和输送泥沙的主要通道，往往是常年流水，底沙处于运动状态，植物不易生长；河槽中沿两岸较高的、可移动的泥沙堆称为边滩，其余的部分称为主槽。河滩则只在汛期才有水流，无明显的底沙运动，通常生有草、树木等植物，有的还种植农作物。只有河槽而无河滩的横断面称为单式断面，有河槽又有河滩的横断面称为复式断面。河流横断面能表明河床的横向变化。横断面内通过水流的部分称为过水断面，过水断面面积的大小随断面形状和水位而变化。

河流的纵断面是指河流沿水流方向各横断面最大水深点的连线（也称为深泓线）或河流中线的断面。沿河流深泓线的断面称为源流纵断面。河流纵断面能表明河床的沿程变化，如图 2.4 所示。一般而言河流纵断面的坡度从上游往下游逐渐变缓。

(2) 河流长度。一般天然河流，从河源到河口的距离，称为河流长度。近似的河流长度可用曲线计、两脚规或其他方法直接在地形图上沿河流的深泓线量得，但往往比实际长度偏小，需要进行修正。

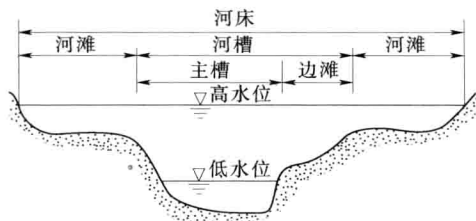


图 2.3 河流横断面的一般形状

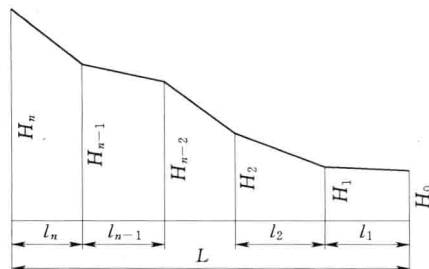


图 2.4 河流纵断面图

(3) 河流比降。任意河段两端（水面或河底）的高差称为落差，深泓线上单位长度内的平均落差称为比降。河流比降有水面比降及河底比降。某一河段的比降，可按下列式计算：

$$i = \frac{H_2 - H_1}{l} = \frac{\Delta H}{l} \quad (2.1)$$

式中 i ——一定河段的比降，可用小数、百分数（%）或千分数（‰）表示；

H_1 、 H_2 ——河段下游端和上游端的高程（水面的或河底的高程），m；

l ——河段长度，m；

ΔH ——水面或河底的落差，m，以水面落差计算的 i 为水面比降，以河底落差计算的为河底比降。

河流比降受很多因素的影响，变化很大。河口附近的比降受泥沙淤积、潮汐倒灌或大河顶托的影响，变化更大。河底比降相对于水面比降来说比较稳定，水面比降还将随不同的水位而变化。河流比降一般自河源向河口逐渐减小，沿程各河段的比降都不相同。河底比降的沿程变化，其任意断面间的平均比降 \bar{i} （‰）可按下列式计算：

$$\bar{i} = \frac{(H_0 + H_1)l_1 + (H_1 + H_2)l_2 + \dots + (H_{n-1} + H_n)l_n - 2H_0L}{L^2} \quad (2.2)$$

$$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n \quad (2.3)$$

式中 H_0 、 H_1 、 \dots 、 H_n ——自出口断面起沿程各特征点的河底高程，m；

l_1 、 l_2 、 \dots 、 l_n ——各特征点之间沿深泓线的距离，km；

L ——河流长度，km。

2.2.2 流域

流域是河流的集水域，降落到地面上的水被高地、山岭分隔而汇集到不同的河流中，这些汇集水流的区域，就是流域（或汇水区）。有时我们称河流某一过水断面的流域，是指该断面以上的集水区域，即此集水区域的地面水和地下水，汇集到河流以后，通过该断面流出本区域。

分隔水流的高地、山岭的山脊线，就是相邻流域的分界线，称为分水线（或分水岭）。分水线就是流域四周最高点的连线，在山区是流域四周的山脉脊线；平原地区是四周地面最高点的连线。如秦岭是黄河和长江的分水线，而黄河和淮河的分水线则是黄河南岸大堤。流域分水线所包围的平面面积，称为流域面积或汇水面积，单位为 km^2 。如某水文测站的流域面积是指该水文站断面以上的集水区域面积。流域面积是河流流量的主要影响因素之一。汇入河流的地面水和地下水往往具有不同的分水线，但地下水的分水线不易确