



普通高等教育“十一·五”国家级规划教材

高等学校水利类教材

江河



防洪概论

(第二版)

熊治平 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校水利类教材

江河防洪概论

熊治平 编著

(第二版)



定价: 30.00 元

ISBN 978-7-307-06952-1 · 35

版权所有，侵权必究。本书内容仅供参考，不作为法律依据。



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

江河防洪概论/熊治平编著. —2 版. —武汉:武汉大学出版社,2009.4
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校水利类教材
ISBN 978-7-307-06925-1

I. 江… II. 熊… III. 防洪工程—高等学校—教材 IV. TV87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 033043 号

责任编辑:李汉保 责任校对:黄添生 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北金海印务公司

开本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:459千字

版次:2005年6月第1版 2009年4月第2版

2009年4月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-307-06925-1/TV·32 定价:30.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

内 容 简 介

本书系统地介绍了河流、水系与流域的基本知识;我国的河流水系与流域概况;洪水与洪水灾害的基本特性,我国江河的洪水特点与洪水灾害情况;江河防洪减灾系统及其规划与调度运用;常见的四种工程防洪措施,即河道整治工程、河道堤防工程、水库防洪工程和蓄滞洪工程的规划设计、管理与调度运用;非工程防洪措施的思想方法与基本内容;江河防汛基本知识与堤防抢险技术等。

本书注重基本概念、基本知识和基本技术的归纳性介绍。在介绍传统的、常规的、惯用的防洪治水方法与技术的同时,注意凸显近些年来国内外在这方面的新思想、新方法、新技术和新产品,力求言简意赅,通俗易懂,简明实用。本书可以作为在校大学生、研究生的教材和防洪部门的技术培训教材,同时也是水利系统中从事防洪工作的领导干部和工程技术人员的重要参考书。

再版说明

在高校课堂讲授江河防洪减灾知识,以帮助学生树立水患意识和增强防洪观念,并能自觉运用所学知识为我国的防洪减灾事业服务,意义十分重要。为此,作者自2001年以来,在武汉大学全校范围内开设了《中国江河防洪》这门公共选修课,选课学生来源于各个学院众多专业。课堂教学运用多媒体教学方式,在讲授基本知识的同时,配合大量明晰直观图片和影像资料,学生坐在教室、足不出校,即可以饱睹洪水的自然现象与洪水灾害的危害性,并可以与天然河流和防汛抗洪现场零距离接触,从而在有限的课时内,快速获取江河洪水与防洪的基本知识和大量相关信息,受到广大学生的欢迎与好评。

《江河防洪概论》一书,正是为满足上述教学目的与要求而编写出版的。该书自2005年6月正式出版以来,已先后12次用作武汉大学、清华大学、台湾逢甲大学等大学在校大学生、研究生的学习教材,此外,还多次在国家水利部黄河水利委员会、山东省黄河河务局、湖北省水利厅等单位的专业技术干部培训班中使用。

本书出版以后,受到国家水利部、国家防汛抗旱总指挥部、大专院校、科研院所和流域机构等许多部门和单位的领导、专家学者、水利同行的高度肯定和广大读者的好评。国家水利部关业祥教授,清华大学张洪武教授、方红卫教授,武汉大学赵英林教授,长江科学院梁中贤教授级高工,湖北省水利厅梅金焕总工、姚黑字高工,湖北省荆州市长江河道管理局张生鹏局长(高工),湖北省咸宁市水利局漆昌银局长(高工)等知名专家学者曾写出书面评价意见,均认为本书不仅是一部很好的在校大学生、研究生教材,同时也是当前我国防洪部门难得的技术培训教材。2008年,本书被国家教育部评审为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

通过数年来的教学实践应用,特别是随着经济社会与科学技术的发展与进步,近年来在江河防洪领域,新思想、新方法、新技术、新产品、新材料层出不穷,日新月异。有鉴于此,原版教材需要与时俱进,重新修订再版。

本书在修订再版时,保持原版章节结构基本不变,修改的重点突出一个“新”字,即突出反映在江河防洪领域近年来涌现出来的新技术、新材料和新产品,诸如:堤防工程除险加固新技术,堤防工程隐患探测新技术、新仪器,特别是河道生态护岸技术,以及江河防汛抢险新技术、新产品,等等。

由于受书稿篇幅限制,这次增补介绍的这些新内容,不可能搜索、统纳江河防洪领域的新技术、新成果的全部,而只可能有选择地引用其中一部分,其中有些新技术、新产品,还可能因其研发时间较短而存在这样或那样的技术问题,需要今后在实践中进一步完善与改进。因此,本书所介绍的新技术内容部分,仅供读者阅悉知晓与各地防洪部门在应用时参考。

熊治平

2009年5月1日

前 言

我国幅员辽阔,江河众多,洪水灾害频繁。全国约有 35% 的耕地、40% 的人口和 70% 的工农业生产受到江河洪水的威胁。全国每年的洪灾直接经济损失,少则数百亿元,多则数千亿元。1998 年长江、松花江大洪水,触目惊心、国人难忘。在党中央、国务院的直接领导下,数百万军民与洪水搏斗了 60 多个日日夜夜,才最终取得抗洪抢险的全面胜利。是年全国洪灾直接经济损失 2 551 亿元,占当年自然灾害总损失的 85%。洪水灾害损失在各类自然灾害中位居首位。洪水是中华民族的心腹大患,不仅严重威胁着人民的生命财产安全,而且影响到社会安定和国家经济建设的可持续发展。因此,防洪治水历来是各级政府的为政之首、安民之策和发展之要。

长期以来,我国人民为了求生存、求发展,与洪水进行了艰苦卓绝的斗争,取得了可歌可泣的成就。自 1949 年中华人民共和国成立以来,我国主要江河进行了大规模的防洪工程建设,共修建堤防 27 万 km,水库 8 万多座,水闸 2.5 万座,疏浚河道 10 万 km,开辟蓄滞洪区 97 处,治理水土流失面积 86 万 km²,在全国范围内初步形成了科学合理的防洪工程布局 and 较完整的防洪体系。所有这些防洪措施,有效地减少了洪水的酿灾机会及其致灾损失。但是,我们应当清醒地看到,洪水是一种不以人的意志为转移的自然现象,彻底根除洪水和期望洪灾不再发生的想法都是不现实的。因此,经济社会愈是发展与进步,防洪治水工作愈是要加强,防洪减灾将是一项长期而艰巨的任务。

防洪的目的在于减灾。防洪减灾是一项社会公益性事业,需要全社会的参与和支持。防汛抗洪是每个公民的法定义务。为此,我们以在校大学生、研究生为主要读者对象编写、出版本书并开设这门选修课程。通过介绍我国的河流与河流工程概况,河流、水系与流域的基本知识,洪水与洪水灾害的基本特性,我国河流的洪水与洪水灾害,江河防洪减灾系统,防洪减灾措施,防汛抢险技术,以及防洪治水的思想方法、方针政策和法律、法规等知识,目的在于让学生拓宽知识面,了解有关水利常识和防洪知识,树立水患意识,增强防洪观念,并自觉服务于我国的防洪减灾事业,把自己培养成为既有本专业知识,又有防洪理念的新时代高素质人才。

河流是输水输沙的通道,水系是河流的集合,流域是河流的集水区域,河流、水系与流域是一个密不可分的有机整体,共同影响着河流洪水的形成过程及其产、汇、泄规律。本书第一、二章介绍了河流、水系与流域的基本知识以及我国的河流水系与流域概况;第三章讲述了各类型洪水的特征,暴雨洪水的基本特性,我国江河洪水的特点以及近代洪水监测与预报技术;第四章讲述了洪水灾害的分类,洪水灾害的基本特性,洪水灾害的成因、对策、影响及其损失的有关概念,以及我国主要江河的洪水灾害情况;第五章讲述了江河防洪减灾系统的基本组成,包括各类工程与非工程防洪措施的功能、特点、利弊及其优化组合,防洪减灾系统的规划与调度运用;第六章~第九章分别介绍了常见的四大工程防洪措施,即河道整治工

程、河道堤防工程、水库防洪工程和蓄滞洪工程的规划设计、管理与调度运用,其中包括我国已建重要防洪工程的简介;非工程防洪措施是一种全新的减灾思想与方法,专设第十章介绍;第十一章介绍了江河防汛的基本知识与堤防抢险技术。全书内容涉及范围较广,信息量较大,以飨各类专业学生与广大读者。

从选课学生的生源特点及广大读者对象考虑,教材内容注重科普性、通识性、实用性、时新性和可读性,着力于基本概念、基本知识和基本技术的归纳性介绍,力求避免专业理论的刻意阐述、数学公式的推演和严格意义的工程设计技术内容。在介绍传统的、常规的、惯用的防洪治水方法与技术的同时,注意凸显近些年来在这方面的新思想、新方法和新技术,使本教材既继承传统,保留科学合理和行之有效的技术与经验,又与时俱进,注意吸纳国内、外新潮的思想与方法,做到言简意赅、通俗易懂、简明实用。

本书除可以作为在校大学生、研究生的教材之外,也可以作为各级防洪部门进行技术培训的教材。同时还是水利系统从事防洪工作的领导干部和工程技术人员的重要参考书。

本书初稿完成之后,承蒙国家防汛抗旱总指挥部办公室刘玉忠教授级高级工程师和赵会强高级工程师,湖北省水利厅梅金焕高级工程师,湖北省水利水电勘测设计院翁朝晖高级工程师,武汉大学梅亚东、谢平教授的悉心指正,特别是武汉大学王运辉教授对全书内容进行了认真细致的审阅与修正。在编写期间,长江水利委员会水文局石国钰教授级高级工程师、许全喜高级工程师,江务局陈敏高级工程师,湖北省水利厅王煌高级工程师,荆州市长江河道堤防管理局张生鹏高级工程师等专家、学者曾提供过有关参考资料。在此一并致以衷心的感谢!此外,还要感谢武汉大学出版社对本书出版的支持,特别是李汉保等编审同志的辛勤工作。

在本书编写过程中,作者参阅、援引了大量的科技书籍、论文和相关资料。尽管如此,由于江河防洪是一项涉及面极广和影响因素错综复杂的系统工程,我国人民在与洪水的长期斗争中,创造、积累了极其丰富的技术经验,现代科学技术在防洪减灾领域的发展日新月异,因此,本教材不可能包罗当代中国江河防洪的全部知识内容和技术经验。

由于书中所引用的文献资料和相关网站信息较多,凡在参考文献中漏注或误注者,敬请谅解!限于作者水平,不妥之处,亦请读者批评指正!

熊治平

2005年元旦于武昌珞珈山

目 录

再版说明	1
前言	1
第一章 河流	1
§ 1.1 河流的相关概念	1
§ 1.2 河道水流	6
§ 1.3 河流泥沙	13
§ 1.4 河道演变	28
第二章 水系与流域	49
§ 2.1 水系	49
§ 2.2 流域	55
§ 2.3 我国的河流水系与流域	61
第三章 洪水	72
§ 3.1 洪水的类型	72
§ 3.2 洪水的基本特性	80
§ 3.3 我国江河洪水的特点	87
§ 3.4 洪水监测与预报	91
第四章 洪水灾害	102
§ 4.1 洪水灾害的分类	102
§ 4.2 洪水灾害的基本特性	105
§ 4.3 洪水灾害的成因	108
§ 4.4 洪水灾害的对策	113
§ 4.5 洪水灾害的影响	116
§ 4.6 洪水灾害的损失	119
§ 4.7 我国主要江河的洪水灾害	124
第五章 江河防洪减灾系统	130
§ 5.1 防洪减灾措施	130
§ 5.2 防洪减灾规划	134

§ 5.3 防洪减灾系统的调度运用	139
第六章 河道防洪整治	144
§ 6.1 河道防洪整治规划	144
§ 6.2 典型河段的防洪整治	149
§ 6.3 河道裁弯工程	154
§ 6.4 平顺护岸工程	158
§ 6.5 丁坝、顺坝工程	170
§ 6.6 黄河埽工	177
§ 6.7 河道生态护岸技术	178
第七章 河道堤防工程	187
§ 7.1 堤防的种类与作用	187
§ 7.2 河道堤防工程规划设计	188
§ 7.3 堤防工程施工与管理	197
§ 7.4 堤防工程除险加固新技术	200
§ 7.5 堤防工程隐患探测新技术新仪器	202
第八章 水库防洪工程	206
§ 8.1 概述	206
§ 8.2 水库调洪计算	211
§ 8.3 水库防洪调度	214
§ 8.4 水库防洪管理	219
§ 8.5 我国几座大型防洪水库简介	222
第九章 蓄滞洪工程	225
§ 9.1 概述	225
§ 9.2 蓄滞洪工程的规划与建设	229
§ 9.3 蓄滞洪区的调度运用与管理	232
§ 9.4 蓄滞洪区的洪水风险图	234
第十章 非工程防洪措施	239
§ 10.1 防洪区科学管理	239
§ 10.2 防洪法制建设与公民防洪防灾教育	240
§ 10.3 洪水预报、警报与防汛通信	241
§ 10.4 防洪减灾信息技术	242
§ 10.5 洪水保险	245
§ 10.6 防洪基金	247
§ 10.7 善后救灾与灾后重建	249

第十一章 江河防汛与堤防抢险.....	252
§ 11.1 江河防汛工作.....	252
§ 11.2 堤防抢险技术.....	258
§ 11.3 防汛抢险新技术新产品.....	281
参考文献.....	292

第一章 河 流

河流是在一定气候和地质条件下形成的天然泄水通道，是河槽与水流的总称。大气降水为河流提供了充足的水源，而由地壳运动形成的线形槽状凹地则为河流提供了行水的场所。我国的河流有江、河、水、川、溪等称谓，如长江、黄河、汉水、四川大金川、湖北香溪，等等。

雨水降落地面以后，在重力作用下自高处向低处流动，侵蚀地表，形成沟壑，进而发展为小溪，小溪汇集成小河，若干小河又汇合成为大的江河，最后流入海洋或内陆湖泊。河水流经的谷地称为河谷，河谷底部有水流的部分称为河床。河水在汇流而下的过程中，不断切割、拓展河槽，使河槽断面沿程扩大，以致河流尺度及其泄流能力愈往下游愈大。

河流是自然景观中的重要组成部分，河流的形成和发展引起自然景观的改变。河流也是自然物质循环的重要通道，全世界河流每年向海洋输送数万立方千米水量，数十亿吨泥沙和化学物质。河流对人类生存环境有重大意义，人类通过对河流的开发和利用，不断改善生存环境条件，提高社会生活质量。河流也不时逞凶作恶、危害人类，如有时河水泛滥、决口成灾，有时淤滩碍航、隔断交通，严重时甚至出现断流，威胁人类社会经济发展和生态平衡。人类面对自然界的河流，一方面要研究河流的自然规律，设法让河流造福于人类；另一方面要顺其河性，注意善待河流，与河为友，与河长期和谐共存。

关于河流的话题很多。限于本书范围，本章主要介绍与河流动力学有关的内容，首先简述河流的一些基本概念，再介绍河道水流、河流泥沙及河道演变等相关基本知识。

§ 1.1 河流的相关概念

1.1.1 河流的功能

河流的功能是多方面的，只是在不同的时空条件和社会需求前提下，强调的侧面不同。一般说来，河流除具有行洪、排涝、航运和蓄水发电、供水灌溉等基本功能外，还有生态、环保、景观、亲水、休闲、旅游和辅线交通等其他扩展功能。

但长期以来，人们一般只看到其基本功能，而忽视其扩展功能，致使河流的功利不能很好地被人类所利用，甚至造成人与河流的不相和谐。在传统的河道治理规划中，通常也往往是基于水利工程建设的考虑，局限于防洪、排涝、引水、航运等基本功利要求，而很少去考虑河道的生态环境等其他扩展功利要求。这是在今后的河道规划设计与治理工作中需要高度重视的。

1.1.2 河流的分类

河流的分类方法很多。按河流的归宿不同，可以分为外流河和内流河（内陆河）。外流河最终流入海洋，内流河则注入封闭的湖沼或消失于沙漠而不与海洋相通。

按河流所在地理位置，我国的河流有南方河流与北方河流之分。南方河流水量大丰沛，四季常流水；而北方河流，则水量相对贫乏，年际间、季际间水量相差悬殊，有些河流在每年的枯水季节可能断流，而成为季节性河流。

按河水含沙量大小，可以分为少沙河流与多沙河流。少沙河流河水“清澈”，每立方米水中的泥沙含量常在数公斤甚至不足1公斤；而多沙河流，每立方米水中的泥沙含量常在数十公斤、数百公斤甚至千余公斤。

按河流是否受到人为干扰，可以分为天然河流与非天然河流。天然河流，其形态特征和演变过程完全处于自由发展之中；而非天然河流或称半天然河流，其形态和演变受限于人工干扰或约束，如在河道中修建的丁坝、矶头、护岸工程、港口码头、桥梁、取水口和人工裁弯等。然而，自然界的河流，完全不受人为干扰影响的并不多见。

在河流动力学中，常将河流分为山区河流与平原河流两大类。山区河流流经地势高峻、地形复杂的山区，在漫长的历史过程中，由水流不断地切割和拓宽而逐步发展形成；平原河流则流经地势平坦、土质疏松的冲积平原，河床演变剧烈而复杂。

1.1.3 河流的分段

发育成熟的天然河流，一般可以分为河源、上游、中游、下游和河口五段。河源是河流的发源地，河源可能是溪涧、泉水、冰川、湖泊或沼泽等。

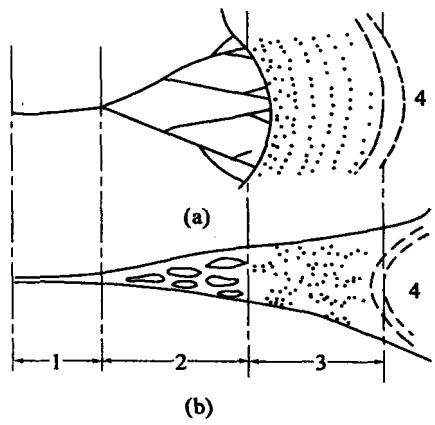
上游是紧接河源的河流上段，多位于深山峡谷，河槽窄深，流量小，落差大，水位变幅大，河谷下切强烈，多急流险滩和瀑布。

中游即河流的中段，两岸多丘陵岗地，或部分处平原地带，河谷较开阔，两岸见滩，河床纵坡降较平缓，流量较大，水位涨落幅度相对较小，河床善冲善淤。

下游即指河流的下段，位处冲积平原，河槽宽浅，流量大，流速、比降小，水位涨落幅度小，洲滩众多，河床易冲易淤，河势易发生变化。

河口是河流的终点，即河流流入海洋、湖泊或水库的地方。入海河流的河口，又称感潮河口，受径流、潮流和盐度三重影响。一般把潮汐影响所及之地称为河口区。河口区可以分为河流近口段、河口段和口外海滨三段，如图1-1所示。河流近口段又称为河流段，水流始终向海洋方向流动；河口段，径流与潮流相互消长，流路突然扩大，流速锐减，泥沙大量沉积，形成河口三角洲或三角港，其水流流动方向取决于河道径流与海洋潮流的强弱关系。因而可以把河流近口段与河口段的分界处视为河流真正意义上的终点。

以长江、黄河为例，长江发源于青藏高原唐古拉山脉主峰格拉丹冬雪山西南侧，河源至宜昌为上游，宜昌至湖口为中游，湖口以下为下游。黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地，河源至内蒙古自治区托克托（河口镇）为上游，从托克托至河南省桃花峪为中游，桃花峪至黄河河口为下游。



(a) 三角洲；(b) 三角港

1—河流近口段；2—河口段；3—口外海滨；4—前缓急滩

图 1-1 河口区分段图

1.1.4 河流的分级

流域水系中各种大小不等的沟道与河流，可以用河流的级别来表示。河流分级的方法主要有两类：一是传统分级方法，即把流域内的干流作为一级河流，汇入干流的大支流作为二级河流，汇入大支流的小支流作为三级河流，如此依次类推；二是现代分级方法，即从河流水系的研究分析方便考虑，把最靠近河源的细沟作为一级河流，最接近河口的干流作为最高级别的河流。然而，这在具体划分上又存在不同的做法，图 1-2 便是其中常见的一种。

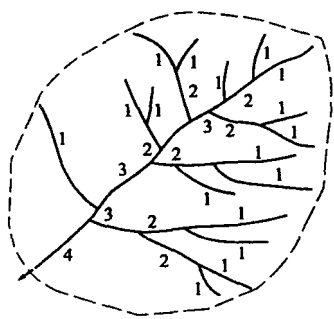


图 1-2 河流分级示意图

1.1.5 河流的落差与比降

河段两端的高程差称为落差。河流比降一般是指河流纵比降，即单位河长的落差，也称为坡度。河流比降有水面比降与河床比降之分，因河床地形起伏变化较大，故多以水面比降代表河流比降。

设某河段 i 的比降为 J_i , 则

$$J_i = \frac{Z_i - Z_{i-1}}{L_i} \quad (1-1)$$

式中: J_i ——河段 i 的水面比降, 常用百分率 (%) 或千分率 (‰) 表示;

Z_i 、 Z_{i-1} ——分别为河段 i 的上、下游断面的水面或高程 (m);

L_i ——河段 i 的长度 (m)。

因河流比降沿程各处可能不同, 为了说明较长距离的河流比降情况, 通常需求其平均比降 J , 其计算公式为

$$J = \frac{(Z_0 + Z_1)L_1 + (Z_1 + Z_2)L_2 + \cdots + (Z_{n-1} + Z_n)L_n - 2Z_0L}{L^2} \quad (1-2)$$

式中: n ——河段数; L ——各河段长度之和, $L = \sum L_i$ 。

1.1.6 河流的长度、宽度与深度

从河源到河口的长度称为河流的总长度。河流长度可以沿河道中轴线在河道地形图上量取。河道中轴线是指河流沿程各断面中点的平面连线。任意两断面间的河流长度称为河段长度。

河流的宽度是指河槽两岸间的距离, 河流宽度随水位变化而变化。水位常有洪水、中水、枯水之分, 因而河槽宽度相应应有洪水河宽、中水河宽和枯水河宽。通常意义下的河宽多指中水河槽宽度, 即河道两侧河漫滩滩唇间的距离, 如图 1-3 所示。

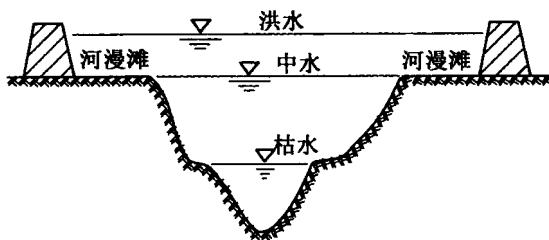


图 1-3 洪水、中水、枯水河槽示意图

河流的深度在河道中不同地点是不同的, 且随水位变化而变化。通常所指的河深, 多是指中水河槽以下的平均深度。

1.1.7 河流的深泓线与主流线

河流的深泓线 (或称谿线) 是指沿流程各断面河床最深点的平面平顺连接线。在通航河道中, 深泓线的位置往往就是航道的平面所在位置。

主流线为沿流程各断面最大垂线平均流速 $U_{\max}$ 处的平面平顺连接线。主流线两侧一定宽度内流速较大的水流流带, 称为主流带。主流带在洪水期往往呈现出浪花翻滚、水流湍急的现象, 肉眼可以看得很清楚。主流线通常也称为水流动力轴线, 具有“大水趋直, 小水走弯”的倾向。主流线与深泓线, 两者在河段中的平面位置通常相近而不一定重合。

1.1.8 河流的纵剖面与横断面

河流的纵剖面可以分为河床纵剖面和水流纵剖面两类。河床纵剖面是沿河床深泓线切取数据绘制的河床剖面，反映的是河床高程的沿程变化。水流纵剖面代表水面高程的沿程变化。

河流的横断面是指垂直于水流方向的剖面，可以据实测河道地形高程数据绘出横断面图。水面与河床之间的面积为过水断面面积，水位不同，过水断面面积随之不同。对应于洪水、中水、枯水水位的河槽，分别称为洪水河槽、中水河槽与枯水河槽。

河流纵、横剖面的形态，不同河流、不同河段差异较大，即使同一河流同一河段，也会因时而变，其影响因素主要决定于河槽所在地区的地质构造，河床、河岸物质组成以及上游来水、来沙等情况。

1.1.9 河流的侵蚀基准面与侵蚀基点

河流在冲刷下切过程中其侵蚀深度，往往受某一基面所控制，河流下切到这一基面后侵蚀下切即停止，该基面称为河流侵蚀基准面。河流侵蚀基准面可以是能控制河流出口水面高程的各种水面，如海面、湖面、河面等，也可以是能限制河流向纵深方向发展的抗冲岩层的相应水面。这些水面与河流水面的交点称为河流的侵蚀基点，如图 1-4 所示。河流的冲刷下切幅度受制于侵蚀基点。应该说明，所谓侵蚀基点并不是说，在此点之上的河床床面不可能侵蚀到低于此点，而只是说，在此点之上的河流水面和河床床面都要受到此点高程的制约，在特定的来水、来沙条件下，侵蚀基点的情况不同，河流纵剖面的形态及其变化过程会出现明显的差异。

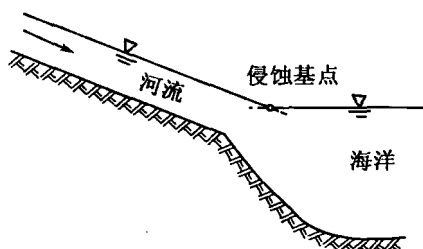


图 1-4 河流侵蚀基准面示意图

更进一步地，上述侵蚀基准面，可以分为终极侵蚀基准面和局部侵蚀基准面两类。地球上绝大多数的河流注入海洋，海平面是这些河流的共同侵蚀基准面，故海平面可以认为是终极侵蚀基准面。河流注入大的湖泊，湖面也可以视为河流的终极侵蚀基准面。其他如支流汇入干流，汇合点处干流河床形成的侵蚀基准面，以及以内流河中出现的如河流壅塞，山体崩塌，人工筑堤，坚硬的岩石等形成的侵蚀基准面等，都可以视之为局部侵蚀基准面。

§ 1.2 河道水流

1.2.1 河流径流的形成过程

径流是指流域内的降水，经由地面和地下汇入河流后向流域出口断面汇集的水流。其中沿着地表流动的水流称为地面径流；渗入地表土壤在含水层内流动的水流称为地下径流。沿着河槽流动的水流，称为河流径流。由降水开始到水流流经流域出口断面的全部过程，称为河流径流形成过程。流域径流形成的物理过程十分复杂，大致可以分为四个阶段，即降水过程、流域蓄渗过程、坡面漫流过程与河槽集流过程。其中流域蓄渗过程又称为产流过程；坡面漫流与河槽集流过程统称为汇流过程。图 1-5 为河流径流形成过程示意图。

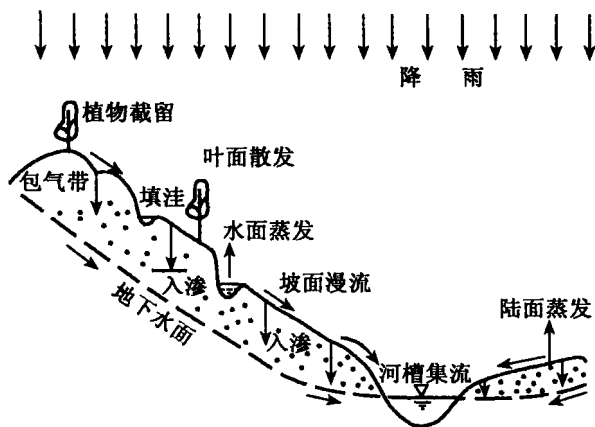


图 1-5 河流径流形成过程示意图

1. 降水过程

降水是降雨、降雪、降雹的统称。因我国大部分地区年降水总量的绝大部分是降雨，故常把降水狭义地看做降雨。

降水过程的特征，主要以降水量、降水强度、降水历时、暴雨中心位置和暴雨移动路径等物理量描述。其中降水量、降水强度及降水历时，习称为降水三要素。降水三要素常由实测求得。

2. 流域蓄渗过程

降雨开始时，除部分降落于河槽水面上的雨水外，绝大部分落在流域地表，并不立即形成径流。雨水首先被流域地表生长的树木、杂草及农作物的茎叶截留一部分，称植物截留。其次，落到地面上的部分雨水，渗入土壤，称为入渗。单位时间内的人渗量称为入渗强度。降雨开始时入渗较快，若降雨强度大于入渗强度，超过入渗强度的雨，称为超渗雨，超渗雨将产生地面径流；随着降雨量的不断增加，土壤中的含水量逐渐趋于饱和，入渗强度减小，达到某个稳定值时，称为稳定入渗。此外，还有一部分雨水被蓄留在坡面的坑洼里，称为填注。

植物截留、入渗和填洼的整个过程，称为流域蓄渗过程。对降雨径流而言，这部分雨水不产生地面径流而称为损失，扣除损失后剩余的雨量称为净雨。所谓产流过程，就是由降雨扣除损失得到净雨的过程。

3. 坡面漫流过程

除去流域蓄渗过程的雨水损失以后，剩余雨水沿着坡面流动，称为坡面漫流。流域内各处坡面漫流的起始时间并非同步，而往往是从局部区域开始，逐渐增多形成全流域性的坡面漫流。若降雨历时短，或暴雨范围仅限局部，则很难形成全流域的坡面漫流。实际上，坡面漫流的过程也伴随着入渗、降雨和蒸发的过程，因而坡面漫流过程是一个复杂的过程。

4. 河槽汇流过程

坡面漫流的雨水汇入沟道，顺着沟道流入支流，由支流到干流，最后达到流域出口断面的过程，称为河槽汇流过程。在河槽汇流过程中，沿途不断有坡面漫流和地下水流入其中。因而对于较大的流域，河槽汇流时间较长，河槽调蓄能力较大，在降雨和坡面漫流停止后，所产生的径流还会延长很长的时间。所谓汇流过程，就是净雨经坡面、地下流动和河槽调蓄的再分配过程。

河流洪水的成因及其特性，与其径流形成过程和规律有重要关系。因此，要认识江河洪水，首先需对其所在流域的产、汇流过程与规律有充分的了解。

1.2.2 河流径流的度量方法

河道径流常用下列度量单位：

1. 流量 Q 。是指单位时间内流过河流某断面的水量，常用单位为 m^3/s 。如有瞬时流量、日平均流量、月平均流量、年平均流量和多年平均流量等。

2. 径流量 W 。是指在时段 T 内流过河流某断面的总水量，常用单位为 m^3 、万 m^3 或亿 m^3 。如日径流量、月径流量、年径流量和多年平均径流量等。其计算式为

$$W = QT \quad (1-3)$$

3. 径流深度 y 。即设想将径流总量平铺在整个流域面上所得的平均水层深度，常用单位为 mm 。其计算式为

$$y = \frac{W}{1000F} \quad (1-4)$$

式中： W ——径流量 (m^3)； F ——流域面积 (km^2)。

4. 径流模数 M 。即单位流域面积上产生的流量，常用单位为 $\text{L}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ， L 为升 (0.001m^3)。其计算式为

$$M = 1000 \frac{Q}{F} \quad (1-5)$$

式中： Q ——流量 (m^3/s)； F ——流域面积 (km^2)。

5. 径流系数 α 。指某一时段内流域上的径流深度 y (mm) 与降水量 x (mm) 之比。即

$$\alpha = \frac{y}{x} \quad (1-6)$$