

安徽省水利厅 河海大学组织编写

水利工程管理运行丛书

吴存荣 纪冰 主编

河道堤防管理与维护

HEDAO DIFANG GUANLI YU WEIHU

本书主编 张肖

河道堤防基本知识

河道堤防的监测与维护

河道管理范围内建设项目管理

河道采砂管理、害堤动物防治

河道堤防的险情处理



● 河海大学出版社

江苏省“十一五”重点图书出版规划项目

水利工程管理运行丛书

河道堤防管理与维护

丛书主编 吴存荣 纪 冰

本书主编 张 肖

河海大学出版社

内 容 提 要

《河道堤防管理与维护》是《水利工程管理运行丛书》之一,由安徽省水利厅和河海大学组织编写,主要介绍河道管理、堤防管理、险情管理、管理考核和实例分析等内容,是基层水管单位职工培训教材,也可作为大中专院校水利类专业的选修教材。

图书在版编目(CIP)数据

河道堤防管理与维护 / 张肖主编. —南京:河海大学出版社,2006. 12

(水利工程管理运行丛书/吴存荣,纪冰主编)

ISBN 7-5630-2216-3

I. 河... II. 张... III. ①河道—堤防—管理
②河道—堤防—维护 IV. TV871.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 147654 号

书 名/河道堤防管理与维护

书 号/ISBN 7-5630-2216-3/TV·271

责任编辑/吴劭文

封面设计/黄 炜

出 版/河海大学出版社

地 址/南京市西康路 1 号(邮编:210098)

电 话/(025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)

网 址/www.hhup.com

电子信箱/hhup@hhu.edu.cn

经 销/江苏省新华书店

印 刷/合肥学苑印务有限公司

开 本/787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张/11.5

字 数/284 千字

版 次/2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

定 价/30.00 元

《水利工程管理运行丛书》

编审委员会

主 编：吴存荣 纪 冰

副主编：徐 辉 李兴旺

编 委：仇 力 张 肖 张德利 於华平 龙 斌 马 民
吴劭文 朱 辉 诸一骅 陈毓陵 朱成立 高杏根

秘 书 长：张 肖

副秘书长：朱 辉 肖承宏 吴永林

《河道堤防管理与维护》编写组

主 编：张 肖

审 稿：郝朝德

成 员：陈光远 徐新华 武元耀 李同岳 吴永林 奚立平

序 言

解勇

水是基础性的自然资源和战略性的经济资源。党中央、国务院历来高度重视水利工作,尤其是1998年大水后,国家大幅度增加了对水利的投入,“十五”期间,国家对水利的投入达3 625亿元。水利工程建设呈现规模大、数量多的特点,水利发展进入了历史的最好时期。我们不仅建设了黄河小浪底、嫩江尼尔基、右江百色、湖南江垭、淮河临淮岗等防洪控制性骨干工程和长江干堤、黄河标准化堤防、治淮等大江大河整治工程,也已建成或正在建设南水北调东中线一期工程、辽宁大伙房水库输水工程、黄河万家寨引黄工程、甘肃省引洮供水工程等水资源工程;不仅有病险水库除险加固和大型灌区节水改造这样涉及到全国的水利工程,也有涉及千家万户的农村饮水安全的小型工程。水利工程体系得到进一步完善,防洪减灾和水资源调控能力显著提高,为经济社会发展提供了可靠的防洪安全、供水安全和生态安全保障。而如何保护好、管理好、运用好已建水利工程,充分发挥其效益,则是摆在水利工作者面前的一项重要任务。

党的十六届三中全会确立了坚持以科学发展观统领经济社会发展全局的指导思想,强调坚持以人为本,推进经济社会全面、协调和可持续发展。十六届六中全会又提出了构建社会主义和谐社会的战略任务。新的形势对水利管理工作提出了新的更高要求。为加强水利工程的管理,水利部在大力推进水管体制改革的同时,积极推进水利工程规范化管理,逐步提高工程管理水平,保障公共社会和人民群众的安全。要提高管理水平就必须加强水利工程管理职工自身的能力建设,提高管理队伍素质,建立起一支适应新形势要求、有事业心、懂业务、能吃苦、肯干事的管理队伍。要通过教育、培训,不断提高管理队伍的业务素质,不断提高队伍的执法能力和管理水平。

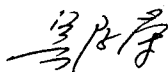
安徽省水利厅和河海大学组织编写的《水利工程管理运行丛书》,包括河道堤防、水库、水闸、灌区、泵站和水电站等六个分册,基本涵盖了水利工程的主要类型,介绍了水利工程的基本知识,工程的检查、观测、养护修理、控制运用,以及工程管理

的相关法律、法规、规范和技术要求等,内容全面具体,语言深入浅出、通俗易懂。它是多年来水利管理工作经验的一个结晶,书中既有理论知识,又列举了很多工程管理的实例,是一套比较全面、系统、实用的水利工程管理丛书。

相信该丛书的出版,将在提高水管单位人员素质、促进水利工程规范化管理等方面发挥积极作用。借此我亦向为编辑出版此书付出辛勤劳动的同志们表示衷心感谢!

2006 年 12 月

序 言



浩荡的巨川,湍急的河水,柔美的溪流,富饶的湖泊,源远流长。水是生命之源,也是宝贵的经济和战略资源。自古人们择水而居、傍水而生,人类的文明史深深打上了水文化的印记。千百年来,中华民族兴衰与水利息息相关。从大禹治水于涂山、春秋时期孙叔敖建芍坡于寿春,至新中国成立以来,大别山区水库群,淠史杭灌区,江淮大地蜿蜒千里的堤防,星罗棋布的闸坝,灿若星辰的水库,是安徽水利史上的巍峨丰碑,记载着数千年来江淮儿女兴修水利的光辉历程。

进入新世纪以来,在水利部、省委、省政府的坚强领导下,安徽水利基于可持续发展的治水思路,正在实践着从工程水利向资源水利、从传统水利向现代水利转变,按照人水和谐的治水理念,以水资源的可持续利用,支撑经济、社会和环境的可持续发展。管好用好水利工程,充分发挥建设效益,为供水安全、防洪安全、粮食安全、生态安全提供可靠保障,促进经济社会快速健康发展,是水利管理单位的重要职责。

为了使水利管理工作在高起点、规范化的基础上快速推进,必须加强制度化建设,进一步规范运行管理方式;加强专业队伍建设,造就一批胜任水工程管理工作的人才;指导各基层水利管理工作的工作,帮助解决实际工作中遇到的问题。我们编辑出版《水利工程管理运行丛书》,作为指导实践工作的重要措施之一,其目的是要结合工程概况,总结实践经验,帮助基层管理单位抓住工程管理运行的关键环节;使基层单位的管理人员全面熟悉掌握有关技术规程和要求,从而更有效地推动水利管理工作向更高目标前进。

丛书编写过程历时两年。安徽省水利厅与河海大学联合,汇集一批长期从事工程管理的技术人员和经验丰富的老专家,参与收集资料、编写书稿。丛书成稿后,河海大学相关领域的专家进行了认真细致的审稿。该书可以作为基层水利管理单位职工培训教材和管理手册,也可用作大中专院校水利类专业的选修教材。

《水利工程管理运行丛书》的出版是水利建设管理的一项新成果,也是一件具有现实意义的大事。该书既是对水利工程管理工作的概括和浓缩,也包含着对水利工作者的激励和鞭策。让我们励精图治、团结拼搏、开拓创新,共同书写水利工程管理的新篇章!

2006年11月

吴存荣:安徽省水利厅原厅长。

目 录

第一章 河道堤防概述	1
第一节 河道的定义及分类	1
第二节 河道水流特性	6
第三节 河道泥沙特性及运动	10
第四节 河床演变	17
第五节 堤防工程	26
第二章 河道管理	32
第一节 河道管理的基本要求	32
第二节 河道监测与维护	35
第三节 河道管理范围内建设项目的管理	41
第四节 河道管理范围内建设项目影响分析及审查要求	51
第五节 防洪评价报告审查要点	55
第六节 河道采砂管理	66
第七节 蓄滞洪区的管理	71
第三章 堤防管理	74
第一节 堤防管理的基本要求	74
第二节 堤身的管理与维护	77
第三节 穿堤建筑物的管理与维护	84
第四节 堤防护坡的管理与维修	90
第五节 害堤动物防治	92
第六节 防浪林的管理与维护	96
第七节 堤顶道路的管理与维护	100
第八节 堤防监测	102
第九节 护堤地的管理与利用	107
第四章 河道堤防的险情处理	109
第一节 巡堤查险的一般要求	109
第二节 影响河道堤防安全的主要因素	110
第三节 堤防的除险加固	111
第四节 险情的分类及处理	121

第五章 河道堤防管理新技术的应用	135
第一节 护岸及查险新技术	135
第二节 土工合成材料在河道堤防管理中的应用	141
第三节 河道堤防信息化管理	144
第六章 河道堤防管理的考核	149
第一节 考核的目的和要求	149
第二节 考核的内容和标准	151
第七章 实例分析	160
第一节 堤防及建筑物管理维护的实例	160
第二节 河势控制实例	161
第三节 堤防抢险实例	164
第四节 穿堤建筑物抢险实例	166
第五节 河道管理范围内建设项目管理实例	168
参考文献	172
后 记	174

第一章 河道堤防概述

第一节 河道的定义及分类

一、河道的定义

河道是指陆地上经常汇集地面径流和地下径流的容泄水流的水道,天然河道是地质构造作用和流水侵蚀、堆积作用的产物。河道是由水流和河床两方面构成的,水流作用着河床,河床约束着水流,水流和河床形成了一对矛盾的两个方面,它们以泥沙作为联系纽带相互依赖、相互影响、相互斗争,推动着河道的发展,维持着河道自身的活力。从河道管理的角度来讲,河道包括两岸堤防间的水域、河槽、滩地、沙洲、行洪区、堤防、两堤外的护堤地及与河道相通的湖泊等,如图 1-1 所示。河道所流经的凹陷谷地称为河谷。河谷被水流占据的部分称为河床,或称为河槽。在枯水、中水、洪水时期被水流占据的部分,分别称为枯水、中水、洪水河床。中水河床又称为主槽,或称为基本河槽。沿河床各横断面中高程最低点的平顺连线称为深泓线,或称为溪线。

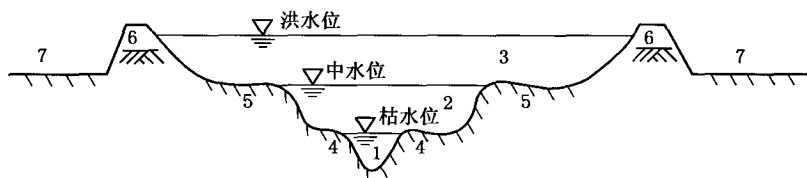


图 1-1 河道横剖面示意图

1—枯水河床; 2—中水河床; 3—洪水河床; 4—边滩; 5—河漫滩; 6—堤防; 7—护堤地

自然状态下的河道往往不能满足人们生活和生产的需要,因此为了开发水利,防治水害,必须在河道范围内修建河道工程。它主要包括:堤防工程、河道整治工程和其他水利工程。另外,河道范围内还经常修建如桥梁、穿越河道的输油气管道、缆线等非水利用途的建筑物及设施。必须指出,水资源的开发利用以及河道管理范围内水域和土地的使用,应符合《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国防洪法》和《中华人民共和国河道管理条例》等法规的相关规定。

二、河道的分类及特性

河道根据地理位置、地形特点,可分为山区河道和平原河道两大类型。由于所处的地理、地质、地貌和气象条件的差异,其形成过程也显然不同,各具有自己的一般特性。

(一) 山区河道特性

流经地势高峻、地质构造复杂的山区的河道称为山区河道。它的形成主要与地壳构造运动和水流侵蚀作用有关,即水流在由地质构造运动所形成的原始地形上不断侵蚀,使河谷不断纵向切割和横向拓宽而逐步发展形成的。

一般来讲,山区河道的发育过程就是由水流侵蚀而致河床不断下切的过程,因此河谷断面往往呈“V”字形或“U”字形,宽深比一般较小,两岸谷坡成直线或曲线,河床和谷坡之间无明显的界线,在岩石抗冲能力显著不同的条件下,形成阶地,如图 1-2 所示。

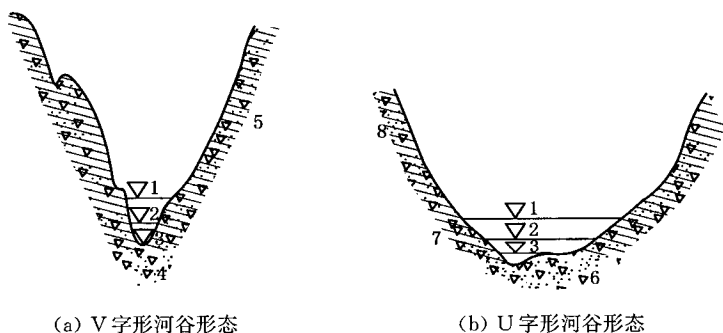


图 1-2 山区河道河谷横剖面形态图

1—洪水位; 2—中水位; 3—枯水位; 4—沙卵石层; 5—崩塌岩石堆积区;
6—沙卵石层; 7—页岩露头; 8—坡面覆盖层

山区河道的平面形态十分复杂,河道曲折多变,沿程宽窄相间,急弯卡口比比皆是,两岸与河心常有巨石突出,岸线和床面都极不规则,仅在宽段才有比较规律的卵石边滩或心滩出现。

山区河道的河床纵剖面十分陡峻,急滩深潭上下交替,床面起伏甚大,常呈阶梯形,如图 1-3 所示。

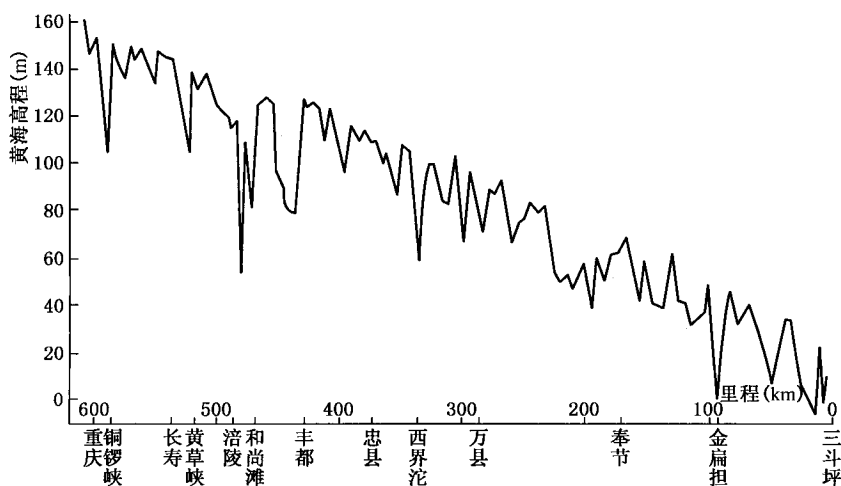


图 1-3 川江重庆至三斗坪河床深泓纵剖面

山区河道重要的水文特点是洪水猛涨猛落,流量与水位变幅极大。这是由于山区坡面陡峻,岩石裸露,汇流时间短,径流系数大,加之气温变化大,降雨强度也大所致。山区河道在降雨后,常常时间很短即出现洪峰,雨过天晴,洪水又迅速消落。年内洪峰变幅很大,一般洪水持续时间短,无明显的中水期,而且洪水期与枯水期有时难以截然划分。洪水期久晴不雨,可能出现枯水;枯水期如遇大雨,也可能出现洪水。图 1-4 为某山区河道的水位过程线图。

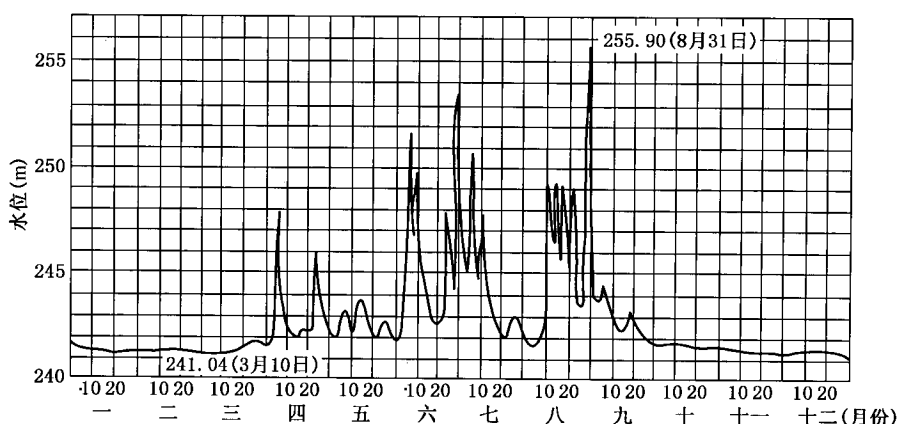


图 1-4 山区河道水位过程线

山区河道的水面比降一般都较大,而且受河床形态影响,沿程分配极不均匀,绝大部分落差集中于局部河段。此外,河床上存在的急弯、石梁、卡口等,造成很大的横比降,对航行威胁很大。同时,这些滩险由于在不同水位下壅水情况不同,比降的因时变化也十分突出。比降大、河槽窄,流速势必很大,在一些险滩上形成急流。

山区河道的流态,由于受极不规则的河床形态的影响,十分紊乱,常有回流、旋涡、跌水、水跃、泡水、横流等出现,流象极为险恶。

山区河道的河床多由原生基岩、乱石或卵石组成。卵石粒经常呈沿程递减趋势;河道泥沙中悬移质大都是中细沙和粘土,含沙量视地区而异,一般与岩石风化程度和植被覆盖率有关,由于山区河道比降及流速大,河道中的泥沙多数集中在河底运动,粒径粗,组成比较均匀。

山区河道由于比降陡,流速大,含沙量不饱和,有利于河床向冲刷变形方面发展,但河床多系基岩或卵石组成,抗冲性能强,冲刷受到抑制。因此,山区河道变形十分缓慢。但在某些河段,由于特殊的边界、水流条件,可能发生大幅度的暂时性的淤积和冲刷。例如峡口滩,汛期受峡谷壅水影响,大量沙卵石落淤,枯季壅水消失,落淤的沙卵石被水流冲走,局部地区的冲淤幅度相当可观。另外,在遭受突然而强烈的外界因素影响时,如地震、山崩、大滑坡、山洪暴发等,也会使河床发生显著变形。

(二) 平原河道特性

流经地势平坦、地质疏松的平原地区的河道称为平原河道。与山区河道不同,平原河道的形成过程主要表现为水流的堆积作用。在这一作用下,平原上淤积成广阔的冲积扇,具有深厚的冲积层;河口淤积成庞大的三角洲,我国黄河下游的华北平原和长江口三角洲便是这

样形成的。

平原河道的冲积层一般都比较深厚,往往深达数十米甚至数百米以上。由于河道发育过程中的水选作用,冲积层的组成具有分层现象,最深处多为卵石层,其上为夹沙卵石层,再上为粗沙、中沙以至细沙,在枯水位以上的河漫滩表层部分则有粘土和粘壤土存在,某些局部地区也可能存在深厚的粘土棱体。

平原河道的河谷横剖面宽深比大,具有宽阔的河漫滩,如图1-5所示。河漫滩是位于中水河槽两侧,在洪水时能被淹没,中、枯水位时露出水面以上的高滩。当洪水漫滩后,由于过水断面增大,流速降低,泥沙首先沿主槽(中水河槽)岸边落淤,随着水流向下游及河漫滩侧向漫流,淤积的泥沙数量便逐渐减少,粒径也逐渐变细,经过漫长的时间演进,沿主槽两岸泥沙淤成较高的自然堤,河漫滩边缘地带则形成一些湖泊洼地,使河漫滩具有明显的横比降。同时,河漫滩的纵比降也较主槽水流的平均比降为大,这与河漫滩上的沿程落淤有关。

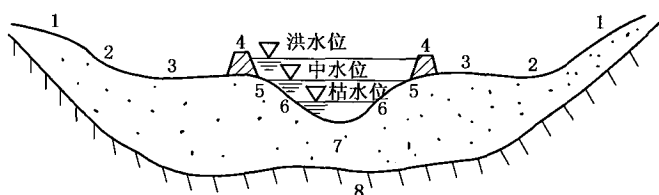


图 1-5 平原河道的河谷形态

1—谷坡; 2—谷坡坡脚; 3—河漫滩; 4—堤防; 5—滩唇;
6—边滩; 7—冲积层; 8—原生基岩

在平原河道的主槽中,由于水流与河床不断的相互作用,往往形成一系列的泥沙成型堆积体。与河岸相接、枯水时露出水面的沙滩称为边滩(岸滩)。上下两边滩之间的部分称为沙埂,沙埂上水深较浅。当沙埂上水深不能满足通航要求时,沙埂又称为浅滩。边滩不断向下游延伸,伸入河中的狭长部分称为沙嘴。位于河心的低于中水位以下的沙滩称为江心滩,高于中水位以上的沙滩称为江心洲。这些泥沙成型堆积体的分布情况大体上如图1-6所示。在天然河道上,由于各种影响因素十分复杂,成型堆积体的结构形式和分布情况往往千差万别,具有强烈个性,但共性仍然是鲜明的,成型堆积体经常处于发展变化之中,是平原河道河床演变中最活跃的因素。

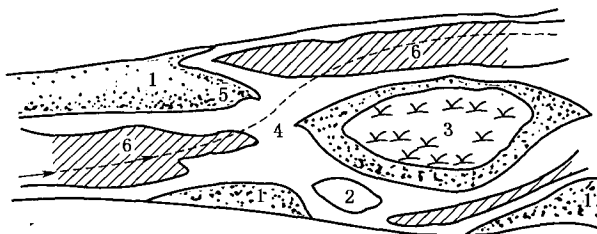


图 1-6 平原河流中的泥沙成型堆积体

1—边滩; 2—江心滩; 3—江心洲; 4—沙埂; 5—沙嘴; 6—深槽

平原河道按其平面形态可分为微弯顺直型、弯曲型、分汉型和游荡型四种基本类型。微弯顺直型河道的中水河槽较顺直,两岸常依附有犬牙交错的边滩;弯曲型河道的中水河槽弯曲,弯道段一岸是深槽,另一岸有边滩;分汉型河道的中水河槽分汉;游荡型河道的中水河槽宽浅,沙滩密布。四种基本类型河道的横断面可分别概括为抛物线形、不对称三角形、马鞍形和多汉形等四类,如图 1-7 所示。

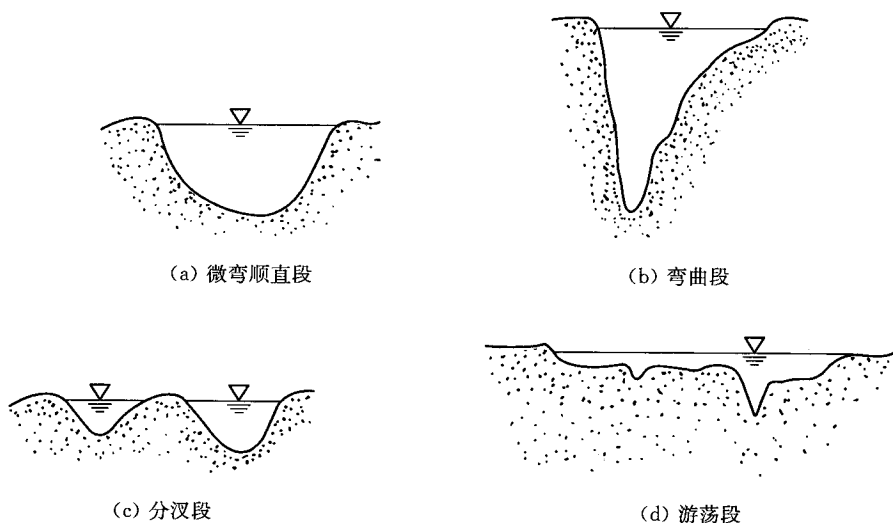


图 1-7 平原河道不同河段的横剖面图

平原河道的河床因系沙质组成,其河床纵剖面与山区河道纵剖面不同,无明显的阶梯状变化。但是,由于深槽浅滩交替,所以河床纵剖面是有起伏的平缓曲线,其平均纵向坡降比较平缓。

平原河道的水文特性与山区河道有很大的差别。由于集雨面积大,流经地区多为坡度平缓,土壤疏松的地带,因而汇流历时长。另外,因大面积上降雨分配不均匀,支流汇入时间次序有先有后,所以,洪水无猛涨猛落现象,持续的历时相对较长,流量变化与水位变幅较小。图 1-8 为 1998 年长江荆州市站水位过程线。

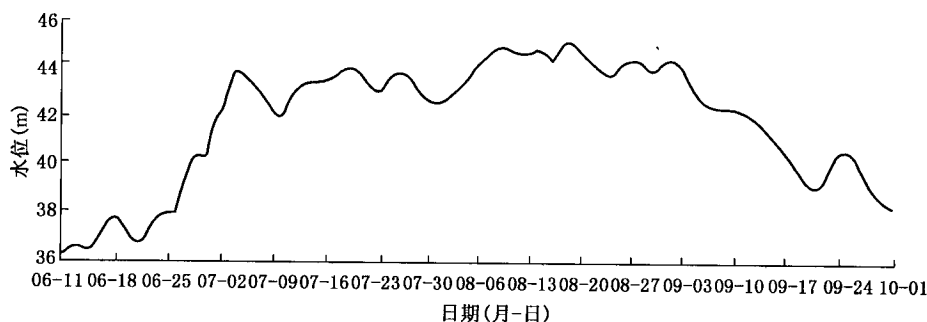


图 1-8 平原河道水位过程线

平原河道由于河床纵坡平缓,所以水面比降一般较小,沿程分布变化也小,流速也相应较小,一般都在 $2\sim 3\text{ m/s}$ 以下。此外,平原河道的水流流态也较平缓,没有山区河道的跌

水、横流、泡水、急流、水跃等险恶现象。

平原河道中的泥沙多悬浮在水中,泥沙粗细差别极大,并且泥沙含量多少及粒径粗细与流域特点和气象条件有关,河底运动的泥沙量只占少部分。

平原河道的河床演变与河型关系甚大,不同的河型具有不同的演变规律。但总体来说,平原河道的变形比山区河道更复杂、剧烈,强度更大。

三、河流的分段

一条河流按河谷比降、地形特点、地质构造和冲淤特点可分为河源、上游、中游、下游及河口五段。河源是指河流的发源地,可以是小溪、沼泽或湖泊,一般河流多发源于山地或高原。紧接河源河流的上段称为上游,上游一般流经山地或高原,具有山区河流的特性。在上游以下的河流中段,称为中游,一般流经丘陵或平原地区,具有山区河流和平原河流的共同特性,是山区河流与平原河流的过渡段。河流的中游以下至河口以上的河段称为下游,下游多流经冲积平原地区,具有平原河流的特性。河流汇入海洋、湖泊或其它河流的地方称为河口,大的河流多汇入海洋,称为入海河口,较小的河流大都汇入湖泊或其它河流,则分别称为入湖河口、入河河口。多泥沙河流注入海洋,在入海河口经常出现大量泥沙淤积,形成了多叉的河口,俗称三角洲。例如长江发源于“世界屋脊”——青藏高原的唐古拉山脉各拉丹冬峰西南侧,河源至宜昌为上游,宜昌至湖口为中游,湖口以下为下游,于崇明岛以东注入东海,其挟带的泥沙堆积在长江口形成长江三角洲。

第二节 河道水流特性

一、河道水流的一般特性

(一) 二相性

河道水流一般挟带泥沙,其中水是具有粘滞性和微弱的压缩性,可以视为连续介质的液体,属于液相;泥沙比水的容重大,为疏散颗粒群体,除特殊情况外,不能视为连续介质,属于固相。因此,挟带泥沙的河道水流属于液相和固相混合的二相流,与普通水力学中所研讨的仅以水为对象的一相流比较起来,要复杂得多,并具有其本质的特点。

(二) 非恒定、非均匀性

河道水流的非恒定性是指河道水流流场中任何空间点上的运动要素和含沙情况随时间而变化的特性。它是由河道来水来沙条件和河床形态两方面非恒定性综合形成的,一方面,我国绝大数河流的水沙来量和沙质,主要受制于降水,而降水在年内和年际间变化很大,因此,各河流的来水来沙情况是随时间的推移而变异的;另一方面,河床和水流是相互依存、相互制约、相互促使变化发展的关系,因此前述来水来沙情况的非恒定性必然要引起河床演变,呈现出与水沙情况相应而滞后的非恒定性。河道水流的非恒定性是河道不断演进发展的动力。

因为河道水流一般是非恒定的,且河床不可能是棱柱体,床面往往存在着起伏不平的沙波,致使过水断面、流速等物理量沿程发生变化,所以河道水流又是非均匀流。但在某些具体情况下,可将非均匀流分割成若干个可以基本上视为均匀流的短河段,这种处理方式也是

经常采用的。

(三) 三维性

河道水流的第三个特性是其流动具有三维性。在水力学中,明渠水流通常简化成一维水流来讨论,其成果可满足工程上的要求。对于过水断面不规则的河道,水流流速和含沙量不但沿纵向流程改变,而且沿横向过水断面的分布也不均匀,其水流和泥沙运动均呈现十分明显的三维运动特性。由于三维水流的分析计算十分复杂,因而在进行河道水沙分析计算时,不得不依据具体情况将它简化为二维或一维水流来讨论处理。

二、河道水流的紊动特性

流体运动分为层流和紊流两种流态。河道水流普遍具有较大的雷诺数,一般属于紊流中的阻力平方区。

紊流运动是由大小不同的涡体所组成的无规则的随机运动,其运动要素具有脉动性。流场中任一点的流速和压强等运动要素随着时间呈十分不规则的随机变化,通常采用紊流时均运动要素(如时均流速)来描述紊流的运动。紊流又具有扩散性。由于存在涡体的紊动,紊流具有在流层之间不断传递动量、热量和质量的扩散性,使得紊流过水断面上这些物理量的分布比层流更均匀,其流速沿断面上的分布也远比层流情况下均匀得多。正是由于紊流这种紊动扩散作用,才使河道水流能挟带比水重的泥沙,形成挟沙水流运动。

三、河道水流的流态及环流结构

河道水流的流态要比简单的棱柱体明槽流的流态复杂得多,但也因时因地不同,繁简各异。

正流也叫元生流,它是河道水流中的主体部分。它的流向与河道纵比降总的倾斜趋势相一致,主要决定于河谷地貌和地质条件。在正流中,包含主流带及主流线。后者为各河段水流平面中最大单宽流量所在处的平顺连接线;前者为围绕主流线两侧一定宽度(宽度大小可视情况选取)内平均单宽流量较大的流带。主流线及主流带对全河段总的状态及发展趋势有决定性作用,是对一个河流进行河流水力学分析的主要对象之一。在主流带以外的两侧或一侧,有平均单宽流量较小的、近岸的边流带。另外,某些河段的深泓线位置,可能在同一时段与主流相近或相重合,但也可能相差很远。

在河道水流中,与正流或元生流相对应的,有副流或次生流。它与正流或元生流不同,不是由河床纵比降的总趋势决定的,而是由纵比降以外的其它因素所促成的。这种次生流,有的具有复归性,或者基本上与正流脱离,在一个区域内呈循环式的封闭流动;或者与正流或其它副流结合在一起,呈螺旋式的非封闭的复归性流动。对于这类具有复归性的次生流,我们称之为环流。环流结构对河段中各部位的泥沙输移及冲淤强度的影响很大。

就环流产生原因而言,可分为以下几种:

1. 因离心惯性力而产生的弯道环流

弯道水流作曲线运动时,在离心惯性力和重力共同作用下,沿外法线方向的水面增高,形成横比降,表层水流流向凹岸,底层水流流向凸岸,水流在横断面上形成环流运动,结合水流纵向运动构成螺旋前进的水流,称为弯道环流,如图 1-9 所示。在弯道环流作用下,将引起泥沙横向输移,使凹岸受到冲刷,凸岸产生淤积。

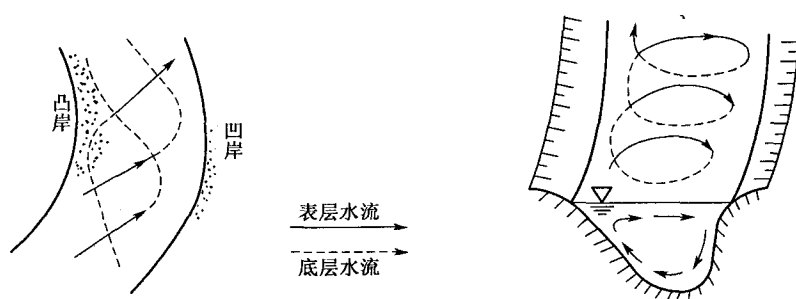


图 1-9 弯道环流

2. 因水流与固体边界分离而产生的环流

水流与固体边界发生分离会产生立轴环流、横轴环流和斜轴环流。例如图 1-10 所示,在河槽的两侧突然放宽处,水流发生分离现象,产生立轴环流。如图 1-11 所示,流速较大的水流在越过坝下护坦后,产生横轴环流并发生淘刷。如图 1-12 所示,水流越过下游面过陡的滩脊或沙波时,滩脊或沙波与正流斜交,则除了一部分正流垂直滩脊或沙波波峰流动外,还有另一部分正流顺滩脊或沙波波峰的方向流动,产生斜轴环流。

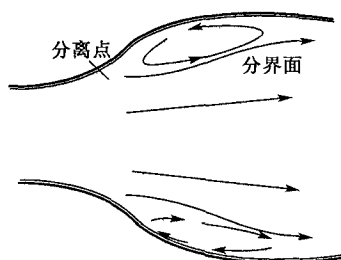


图 1-10 突然放宽产生的立轴环流

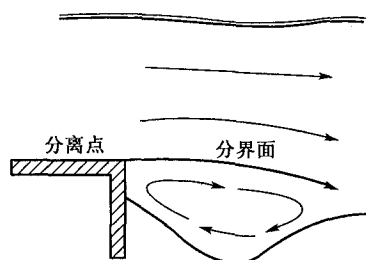


图 1-11 突然加深产生的横轴环流

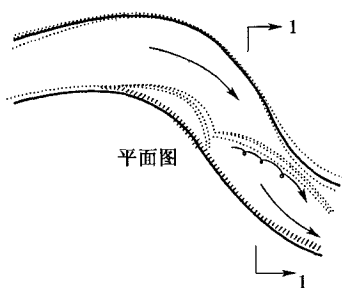


图 1-12 滩脊或沙波下游的斜轴环流

3. 因上游来水流量或下游壅水作用急剧变化而产生的环流

当涨水时,流量增加首先集中在主流带,形成中间水位高、两岸水位低,在河底产生由中间向两岸分流的环流,这时河底冲刷、两岸淤积,如图 1-13(a)所示;当退水时,流量减少也首先集中在主流带,形成中间水位低、两岸水位高,在河底产生由两岸向中间流动的环流,这时两岸冲刷、中间淤积,如图 1-13(b)所示。当河段承受来自下游江湖水体壅水作用时,如