

防洪

技术培训丛书

FANGHONG JISHU
PEIXUN CONGSHU

洪

郑邦民 槐文信 齐鄂荣 编著

水

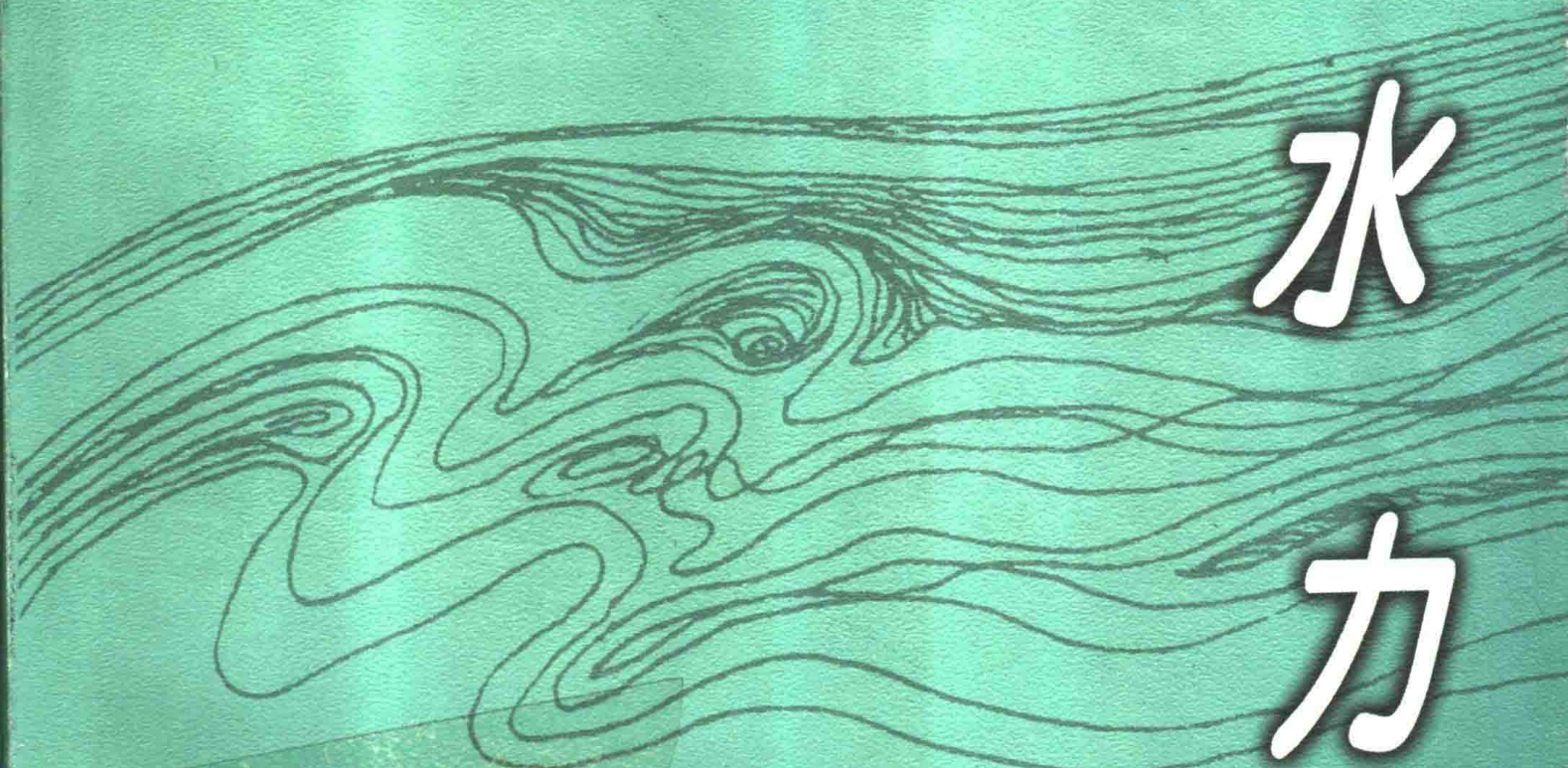
HONGSHUI SHUILIXUE

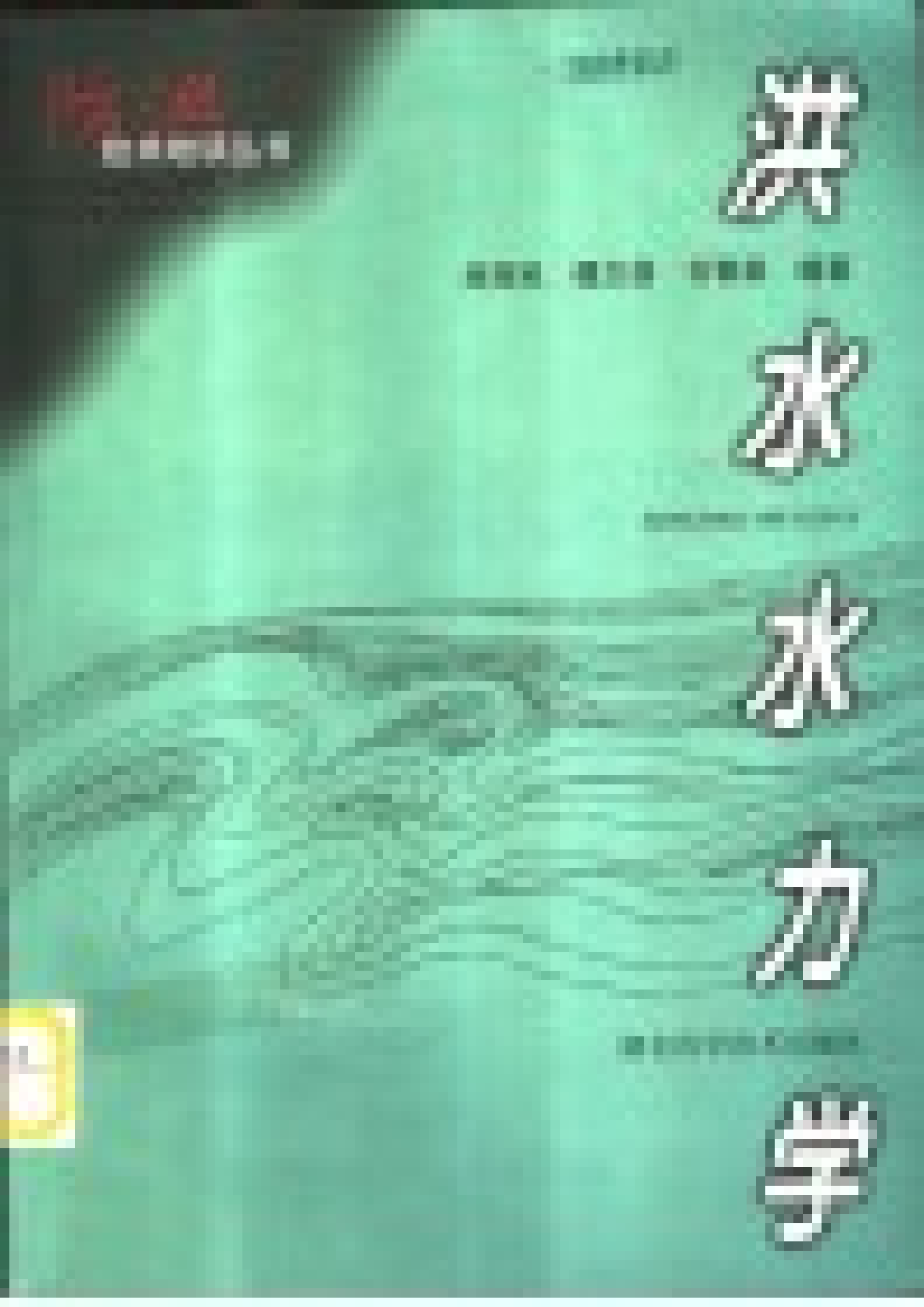
水

力

湖北科学技术出版社

学





防洪技术培训丛书

FANGHONG JISHU

PEIXUN CONGSHU

洪水水力学

HONGSHUI SHUILIXUE

郑邦民 槐文信 齐鄂荣 编著

湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

洪水水力学/郑邦民等编著. —武汉:湖北科学技术出版社, 2000.5

(防洪技术培训丛书)

ISBN 7-5352-2317-6

I. 洪… II. 郑… III. 洪水-水力学 IV. TV13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(99)第 35984 号

防洪技术培训丛书

洪水水力学

© 郑邦民 槐文信 齐鄂荣 编著

责任编辑:王连弟

封面设计:秦滋宣

出版发行:湖北科学技术出版社

电话:86782508

地 址:武汉市武昌黄鹤路 75 号

邮编: 430077

印 刷:武汉第二印刷厂

邮编: 430100

督 印:李 平 刘春尧

787mm×1092mm

16 开

12 印张

1 插页

300 千字

2000 年 5 月第 1 版

2000 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5352-2317-6/TV·31

定价:24.00 元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

内 容 提 要

本书简明扼要地叙述了洪水水力学的基本原理,广泛并有重点地讨论了它在各方面的应用。全书包括绪论;第一章河道恒定流,讲述河道水流特点,急流、缓流,明槽均匀流与非均匀流水面曲线,天然河道水力计算;第二章河道非恒定流,讲述洪水波特性分析及计算机数值解法的原理、算法与应用实例;第三章为分洪与溃口水力计算有关的专门问题;第四章为堤坝与基础渗流问题及渗透变形,管涌、流土的防止。本书附有计算程序,可供应用与参考。

《防洪技术培训丛书》编辑委员会

主 任 李代鑫

副主任 万汉华 赵守富 谈广鸣

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 灿	王国兵	文 剑	甘明辉	丘传忻
朱太顺	刘玉忠	齐鄂荣	纪昌明	李 明
宋星原	邹履泰	林进胜	郑邦民	董汉生
段文忠	赵英林	郭宗楼	梅亚东	雷声隆
雒文生	槐文信	魏文秋		



郑邦民 1931年生，安徽霍丘人。武汉水利电力大学教授，国际水力学会会员。长期从事水力学教学科研工作。编写专著多本，论文60多篇，较早地开拓计算水力学新的分支。



槐文信 1963年生，陕西省乾县人。武汉水利电力大学教授、博士生导师，国家级有突出贡献的中青年专家，国务院政府特殊津贴获得者。现为国际水利研究协会(IAHR)会员，教育部工科本科力学教学指导委员会委员，《水动力学研究与进展》等8种学术刊物编委，中国博士联谊会理事，中国水利学会环境水力学学组委员兼秘书。从事水力学和流体力学的教学和研究工作，出版著作4部，发表论文60余篇。



齐鄂荣 1955年10月出生，祖籍江西。硕士学位，武汉水利电力大学副教授，硕士生导师。担任湖北省力学学会理事、副秘书长。多年来从事水力学及流体力学方面的教学和科研工作，在洪水水力学、水流流动的计算机显示、钉螺运动研究、水库电站洪水预报及数据库管理软件研制等方面发表论文10余篇。

序

我国地处欧亚大陆东南部,地势西高、东低。大部分地区位于世界上著名的季风气候区,夏季风是我国降水主要水汽来源。夏秋多暴雨,雨季在年内高度集中,降水的时空变化很大,易形成大范围洪涝灾害。我国幅员辽阔,江河众多。全国1/2的人口,1/3的耕地,70%的工农业总产值集中在七大江河中下游地区,这一地区恰恰是受洪水威胁最严重的地区,历史上洪涝灾害频繁。进入20世纪90年代以来,我国夏季呈现丰水期特征,洪水频次高,灾害损失严重。1991年淮河、太湖发生大洪水;1994年珠江发生了特大洪水;1995年第二松花江和辽河发生了特大洪水;1996年长江中游、海河南系大水,都造成了严重的经济损失。1998年长江发生建国以来第二位全流域性大洪水,嫩江、松花江发生历史最大洪水,西江、闽江发生百年一遇大洪水,在党中央、国务院的坚强领导下,广大军民奋力抗洪抢险,夺取了抗洪斗争的最后胜利。

随着我国经济的发展,人口的不断增长,对防洪的要求越来越高,我们面临的防洪任务更加艰巨。在加强防洪工程建设的同时,我们必须加强洪水成因和发生规律的研究,对洪涝灾害趋势进行分析预测,加强洪水的监测和预报,优化防洪调度,建立灾害评估系统,提高防洪决策水平,由于我国防洪战线长,洪水突发性强,风险大,防洪工作时效性强,技术要求高,因此,急需实现防洪工作科学化、正规化、规范化,加强防洪减灾科学技术的普及、推广工作,提高广大基层水利技术干部的查险、抢险技术水平。《防洪技术培训丛书》正是适应这一形势需要而编写的。

本套丛书包括《洪水水力学》、《洪水预报与调度》、《水文气象与遥感》、《河道治理与防洪工程》、《堤防建设抢险技术》、《排涝工程》和《洪灾风险分析》等7本书,总计200余万字。编写本丛书的武汉水利电力大学,1991年以来已前后举办了20余期防洪技术培训班。该丛书作为基本教材已多次使用,在使用中不断听取防洪技术人员和专家的意见,作过多次修改,力求内容丰富、实例翔实,通俗易懂,紧密结合我国的防洪实际,注重理论与实践的结合。在本套丛书出版之际,又进行了全面修订,增加了近年来的防洪实例。

本套丛书具有系统性、实用性和可读性的优点,是一套适合于从事防洪工作的各级领导干部和技术人员的实用丛书,它的出版发行必将促进我国防洪技术的普及和推广,促进防洪工作的规范化和科学化。

又 112
1999.7.19

(国家防汛总指挥部办公室副主任)

前 言

中国是一个水利大国,继承和发扬国内外前人的治水经验,探索并掌握洪水运动规律,在现代科学技术的基础上,防止洪水灾害,利用水资源为国民经济与社会发展服务,是我们水利工作者应尽的义务。

江河洪水水力学涉及到河川水力学范畴所有主要问题,从恒定流到非恒定流,从渐变流到急变流,从一维到二、三维,到水沙两相,冲、淤变形及渗漏。天然河道中洪水演变,实际情况非常复杂,水位、流量呈“绳套”关系,具有多峰性与非单值性。如果再有江湖关系,分流、入汇、河网、潮汐等因素,分析起来就更加困难。江河的综合治理是多方面的,要兼顾到防洪、航运、水环境、水资源等诸多方面,因而一般通过实验、实际观测与数值分析密切配合、相辅相成,才能获得较为满意的成效。

本书写作过程中接触到这些问题,有关论述的原理与方法,在近一二十年的实际工程应用中经受过一定的检验。希望本书对洪水水力学方面的工作人员、研究工作者及青年学子们有所助益。

本书包括绪论,第一章河道恒定流,第二章河道非恒定流,第三章溃决与分洪的水力计算,第四章堤与基础渗流及管涌防止。编写分工如下:绪论、第三章郑邦民,第一章、第四章槐文信,第二章齐鄂荣。

我国主要江河的治理工作,任重而道远;洪水水力学理论深刻而丰富,本书力求适应治河方面的迫切需求和应用方面的复杂困难。欢迎读者不断提出批评与建议。

编著者

1999.5

目 录

绪 论	(1)
一、我国洪水概况	(1)
二、洪水水力学的内容与范围	(2)
三、1998 年长江洪水的启示	(3)
第一章 河道恒定流	(8)
第一节 河槽中的水流特点	(8)
一、河槽	(8)
二、明槽中水流的特点	(9)
第二节 明槽流基础	(13)
一、连续性方程、能量方程	(13)
二、比能、临界水深、急流和缓流	(17)
第三节 明槽均匀流、明槽非均匀流水面曲线	(21)
一、明槽均匀流	(21)
二、明槽非均匀流水面曲线	(29)
三、明槽恒定渐变流水面曲线计算的计算机方法与程序	(39)
第四节 天然河道水流	(43)
一、河道水流特点	(43)
二、糙率分析及确定、水流阻力公式	(44)
三、天然河道水面曲线推求	(44)
第五节 复式断面河道和分汊河道水力计算	(52)
第六节 分洪闸的水力特性	(54)
一、宽顶堰上的闸孔	(54)
二、实用堰上的闸孔	(57)
第二章 河道非恒定流	(59)
第一节 概述	(59)
一、河渠非恒定流的特性	(59)
二、河渠非恒定流波动的分类	(61)
第二节 河渠非恒定渐变流基本方程	(62)
一、连续性方程	(62)

二、运动方程	(64)
三、河渠非恒定渐变流圣维南方程	(68)
四、圣维南方程组解法综述	(69)
第三节 圣维南方程的简化分析	(69)
一、运动波	(70)
二、扩散波	(72)
三、准恒定动力波	(73)
四、惯性波	(73)
五、动力波	(73)
第四节 河渠非恒定流的特征线法	(73)
一、特征线法的基本思想	(74)
二、建立圣维南方程组的特征线方程和特征方程	(74)
三、圣维南方程组的特征线解法	(76)
第五节 河渠非恒定流的直接差分法	(82)
一、显式差分格式	(84)
二、隐式差分格式	(87)
第六节 一维洪水演进的数值计算	(90)
一、河渠断面划分	(90)
二、初始、边界条件的选取	(91)
三、阻力参数的确定	(91)
四、代数方程组的迭代求解	(91)
第七节 数值计算实例	(91)
一、基本方程	(92)
二、计算准备	(92)
三、库朗格式	(93)
四、扩散格式	(95)
五、计算成果	(98)
第三章 溃决与分洪的水力计算	(100)
第一节 溃坝间断波特性及其计算	(100)
一、溃坝坝址处流量水位分析的理论解	(100)
二、瞬间全溃溃坝坝址处最大流量的经验公式	(102)
三、溃坝间断波数值解法	(103)
第二节 平面二维非恒定流计算(分滞洪区)	(112)
一、流场中适体坐标变换与网格生成	(112)

二、二维明渠非恒定流坐标变换隐式差分	(113)
三、小结	(125)
第三节 河网及一、二维江湖、河口连接计算	(126)
一、河网计算	(126)
二、网河非恒定流隐式方程组和稀疏矩阵解法的程序说明	(138)
三、用控制体法进行河道二维洪水数值模拟	(141)
第四节 浑水洪水演进特点	(146)
一、基本方程的建立	(146)
二、悬移质不平衡输沙	(148)
三、计算实例与计算结果	(149)
第五节 桥墩等建筑物阻碍行洪壅水及局部冲刷的分析研究	(150)
一、建筑物附近水流特点	(150)
二、计算数学模型	(151)
三、数值计算方法与步骤	(152)
四、丁坝局部绕流分析计算	(156)
五、小结	(165)
第四章 堤与基础渗流及管涌防止	(166)
第一节 渗流的基本微分方程	(167)
第二节 土堤(坝)堤身及基础渗流计算	(169)
一、土堤(坝)的分段解法	(169)
二、土堤(坝)的有限元解法	(171)
第三节 闸基及边墩绕流渗流计算	(177)
一、渗流计算的坐标变换方法	(178)
二、渗流计算的随机游动方法	(179)
第四节 渗透变形分析与防止	(180)
一、关于渗透力	(180)
二、渗透变形的形式	(181)
三、流土与管涌的判别及渗流稳定的控制	(181)
参考文献	(183)

绪 论

一、我国洪水概况

中国是一个水利大国,也是一个水利古国,中华民族与洪水斗争的传统源远流长,从大禹治水到近代,治水害、兴水利,历来是治国兴邦的大事。

新中国成立以来,党和政府一直十分重视水利建设,水利在中国有如此重要的地位是由我国国情决定的。我国所处的独特的地理、气象、水文条件易遭受洪水灾害的侵袭,这给中华民族的生存和发展带来严峻的挑战,特别是大江大河的洪水灾害始终是中华民族的心腹之患,在长期与洪水的斗争中,前人积累了丰富的经验,如都江堰“深淘滩、低作堰”六字真言,“四六分水”的经验直到现在仍具有宝贵的现实意义。继承和发扬前人的治水经验,探索和掌握洪水运动规律,防止洪水为灾,利用水资源为国民经济与社会发展服务,这是我们水利工作者的义务。

公元前 206 ~ 1949 年 2 155 年间,我国发生较大洪水灾害 1 092 次,较严重的水灾主要发生在黄河、长江、淮河、海河、珠江、辽河和松花江等大河流的中下游地区。我国地处亚欧大陆东南部,东南临太平洋,地势西北高、东南低,大部分地处世界上著名季风气候区,夏秋多暴雨,且降水时空变化、年季变化都很大,极易造成洪涝灾害。

黄河,历史上洪水频繁成灾,从公元前 602 ~ 1938 年 2 540 年间,决口 1 593 次,改道 26 次,黄河泛滥范围,北至天津,南至长江下游,总计 25 万 km^2 ,黄河中游多局部性大暴雨,易形成严重洪涝灾害。

长江自唐初至清末 1 300 年间,发生水灾 223 次,唐代平均 18 年一次,宋元时 5 ~ 6 年一次,明清 4 年一次。长江洪水类型有:①全流域上、中、下游地区普遍发生大洪水,干支流并涨,洪水量大历时长,如 1931 年,1954 年洪水;②上游型,洪水主要来自长江上游,如 1860 年,1870 年洪水;③中、下游型,洪水来自中、下游支流,灾情一般限于某些支流或干流某一河段,如 1935 年洪水。

1860 ~ 1870 年,长江洪水先后冲开并形成了南岸藕池口和松滋口,洞庭湖遭受毁灭性灾害。北岸监利以下决口,淹没江汉平原,损失惨重,其中 1870 年洪水是长江有资料记载以来的最大洪水,洪水超过长江多年平均流量近 4 倍,相当于黄河多年平均流量 70 多倍。

本世纪以来,长江流域先后发生了几次大洪水。1931 年全江型大洪水,平原湖区全部受灾,淹没耕地 333 万 hm^2 ,灾民 2 800 万人,死亡 4.5 万人,灾害损失 13.5 亿银元;1935 年汉水、澧水发生特大洪水,长江中下游地区 6 省受灾,受灾面积 2.9 万 hm^2 ,淹没农田 147 万 hm^2 ,受灾人口 1 000 多万人,死亡 14 万余人;1954 年全流域性特大洪水,长江干流及主要湖区洪水位绝大部分达到了历史最高纪录,淹没农田 317 万 hm^2 ,受灾人口 1 880 万人,死亡 3.3 万人,京广铁路不能正常通车达 100 天,国民经济发展受到严重影响。

淮河是一条河性独特的重要河流,公元 1194 ~ 1885 年黄河夺淮,使淮河水系和河流地貌

发生了剧烈变化,造成淮河入海无路,入江不畅,排涝泄洪条件恶化,灾害加重。据统计,自公元前 185~1194 年的 1 379 年间,发生洪涝灾害有 119 年是淮河水系造成的,有 175 年是黄河造成的。1194~1855 年的 600 多年里,有 128 年发生洪涝灾害,大部分由黄河造成,其中全流域性洪水主要有 1931 年和 1954 年洪水,1931 年洪水,淮河干支流普遍溃决泛滥,淮北平原和里下河地区一片汪洋,513 万 hm^2 耕地受淹,死亡 20 余万人,1954 年治淮工程初见成效,广大平原免除了洪灾,但上、中游灾情仍然十分严重,成灾农田 427 万 hm^2 ,受灾人口达 2 000 多万人。1991 年中等洪水造成震惊中外的巨大损失,说明治淮任务的艰难程度。

据历史资料记载,海河 1368~1948 年的 581 年间,发生水灾 387 次,其中北京被淹 12 次,天津被淹 13 次。1939 年大洪水,下游主要河道决口 79 处,扒口分洪 7 处,淹没面积 4.94 万 hm^2 ,受灾农田 347 万 hm^2 ,灾民近 900 万人,死伤人口 1.3 万人,经济损失 11 亿银元,天津城被淹达一个半月。1963 年大洪水,虽然各支流上游水库发挥了一定的拦蓄作用,也有 104 县市受灾,耕地被淹 353 万 hm^2 ,受灾人口达 2 200 万人,粮食减产 25 亿 hg ,直接经济损失达数十亿元。

辽河流域洪灾水害主要在辽河干流和浑河、太子河中下游平原地区。自 1801 年以来,辽河发生 20 多次较大洪水,1951 年灾情严重,33 个县受灾,被淹农田 41 万 hm^2 ,受灾人口 87.6 万人。

松花江洪水多为暴雨洪水,1794 年松花江北源嫩江发生大水,齐齐哈尔城全部被淹,1932 年特大洪水,哈尔滨站最大流量 16 200 m^3/s 。松花江流域 64 个县受灾,200 万 hm^2 耕地被淹,哈尔滨市被淹一个月,最大水深达 5m 以上,全市 30 万居民中 23.8 万人受灾,2 万多人死亡。

珠江三角洲地区是个冲积平原,由于受江河洪水和海岸风暴潮的双重影响,洪涝灾害频繁。自 15 世纪至 19 世纪 500 年间,珠江三角洲 3 个县以上成灾或受灾超过 3.3 万 hm^2 以上的洪灾共发生了 128 次,20 世纪以来,水灾更频繁,以 1915 年为最大,西江、北江洪水遭遇,相当于 200 年一遇的洪水,受灾农田 30 万 hm^2 ,受灾人口 365 万人,广州市被淹 7 天。

根据全国 6 000 多个河段历史洪水调查分析,近代主要江河发生的大洪水,历史上都类似地出现过并非常相似,如表 0-1 所示。

表 0-1

江河洪水重现情况

江河洪水	原发时间	出现时间
海河洪水	1668 年	与 1963 年 8 月洪水
松花江	1932 年	与 1957 年洪水
黄河上游	1904 年	与 1981 年 9 月洪水
黄河中游	1843 年	与 1933 年洪水
四 川	1840 年	与 1981 年 7 月洪水
江 淮	1931 年	与 1954 年洪水

因此,暴雨洪水有大体重复的规律性可供人们借鉴参照并利用之。

二、洪水水力学的内容与范围

江河洪水涉及到明渠水力学范畴的有关水力学所有问题,包括明渠恒定流与非恒定流,恒定流中有均匀流与非均匀流、渐变流与急变流。明渠流分析主要研究水深、流量、流速的变化,也涉及过流能力与断面形态之关系。

明渠流中有急流(超临界流)与缓流(亚临界流)之分,它们在能量特性与干扰波传播方面,具有不同的特点。这在分析水面曲线时需要注意。

天然河道水流由于断面不规则,平面上的摆动、分汊带来计算的复杂性,洪水期原来在主槽中的水流可能漫滩,引起滩槽变化及槽蓄问题。

在计算水流阻力时,表面阻力与沿程水头损失和渐变流往往是联系在一起的,而形体阻力与局部水头损失和急变流往往是联系在一起的。明渠与天然河道计算分析中既需要计算长渠,也需要计算短渠,在有闸、堰、分流、取水处,桥渡、丁坝、港口、建筑物附近,还要进行堰、闸等急变流及水流衔接(可能也有水跃衔接)的分析与计算。

江河中的水流,尤其是洪水期实质上是一种波动现象,因此,洪水波的传播特性是洪水水力学的中心和主要内容,恒定流情况只是它的简单近似。洪水波是位移波,具有流量的迁移、增减的特性。

天然河道中洪水演进,波的传播,并不像水槽中那样简单只是单调的增减。洪水在实际的江河中,水位流量关系呈“绳套”关系,同一个水位,涨水与落水时流量不同;反之,同一个流量,涨水与落水时水位不一样,流量与水位为多值对应关系。实际洪水又往往具有多峰性质,如果再加上分流与支流入汇,则会变得更为复杂。浅水干河问题也很麻烦。

洪水演进的分析与计算,首先基于一维非恒定流基本方程圣维南方程,即使是一维问题,不同边界条件,计算也有不同的特点,对于分汊河道,网河的计算,即使按一维非恒定流计算,目前也未完全解决,如珠江三角洲那样复杂河网的计算更远未达到完善并普遍适用的地步。

洪水水力学对于分滞洪区,江湖关系,河口水库等仅仅一维分析,就显然不够了,必须采用二维中的平面二维或垂向二维模型。一维计算常用特征线法或差分法(少数也用有限元法)。二维计算多用差分法和有限元法,也有用控制体积法,对于不规则区域形状,采用坐标变换技术与差分结合,二维洪水计算,已成为洪水演进分析计算的一个主攻方向。

洪水演进多指河渠渐变非恒定流,它指的是圣维南方程所适用的范畴,而洪水水力学问题不仅包含有渐变非恒定流问题,它也包括溃坝洪水,间断波急变非恒定情形。溃坝洪水往往发生突然溃决,流量、水位在极短时间内急剧增加,洪水波波形传播过程中发生间断,其分析计算,往往要采取特殊的方法做特殊的处理,目前国内外已有成功的算例。

洪水发生时往往也引起坡面泥石流、河床变形、多泥沙浑水流动,这就涉及到两相流动问题。

河口洪水受风暴潮影响、顶托,需要联合计算,围区范围的排涝与洪水遭遇问题也需考虑。

暴雨洪水对城镇生产经济影响巨大,1995年深圳暴雨,1998年武汉暴雨洪涝经济损失几十亿,因此城市防洪也是需要认真对待的,遗憾的是城市洪水水力学问题,我国认识较晚,目前经验与理论研究还不多。

总之,洪水水力学既牵涉到水力学本身,也涉及到气象、地理等学科,并与水文产汇流密切相关。

要治理洪水,涉及到国民经济、生产发展、政策规划各个方面,洪水水力学本身不仅要考虑洪水期高水大流量,也必须兼顾到洪、枯水期航运、水环境等各方面的综合治理。治水问题是国家重大措施,应统筹规划安排,方可收到最大效益。

三、1998年长江洪水的启示

1998年长江经历了自1954年以来最大洪水,防汛苦战警戒水位以上83天(武汉),洪峰流量超过 $5\text{万 m}^3/\text{s}$ 以上有8次,人们付出了代价,经受住考验,取得了经验,并得到以下启示。

(一) 长江洪水

长江流域 180 万 km^2 , 拥有全国 1/3 人口, 是政治、经济、文化、交通发展所系, 长江是一条雨洪河, 水量大, 年径流量 9 000 ~ 11 000 亿 m^3 , 黄河只有 580 亿 m^3 。

尼罗河	413 ~ 1 340 亿 m^3 (900 亿 m^3)
密西西比河	5 640 亿 m^3
亚马逊河	57 200 亿 m^3
布特马特拉河	3 850 亿 m^3 (上游为雅鲁藏布江)
恒 河	3 710 亿 m^3
伊洛瓦底江	4 290 亿 m^3

长江在世界上算得上水量丰沛的河流, 仅次于亚马逊河。长江宜昌以上来水量就有 4 500 亿 m^3 , 汉口以上 7 400 亿 m^3 , 接近密西西比河(全河), 而多于其他河流。因此, 长江之水如何利用并利用好, 防治洪水为害, 保护水环境水质, 实在是一个重大课题。

长江为一条水量大的雨洪河, 中下游 80 万 km^2 , 洪灾频繁, 其特点有:

1. 洪水基流(base flow)流量大

若长江基流洪水为 4 万 ~ 5 万 m^3/s , 则一个月有水量 1 000 亿 ~ 1 300 亿 m^3 , 不可蓄只有泄(目前没有一个水库的防洪库容, 能容纳下这样大的洪水)。所以, 长江防洪方针“以泄为主, 蓄泄兼筹”, 以堤防为主要手段, 确保干堤, 使洪水安全下泄是非常正确的。

由于干、支流控制性工程未建成, 堤防由 20 年一遇要达到百年一遇标准, 长江干堤有大量工程量, 宜昌至湖口约 1 千 km (955 km), 湖口以下 850 km , 堤防工程必需按标准设计施工, 保证质量。

2. 长江大洪量与河道安全泄量 6 万 m^3/s 不平衡

江洪除泄之外, 超洪要蓄, 随着洪峰大小, 形式不同, 采取不同的分蓄调控方式。对长江而言, 调蓄量很大, 几百亿 m^3 至上千亿 m^3 。

历史上 1860 年宜昌 9.25 万 m^3/s , 藕池口溃, 1870 年宜昌 10.5 万 m^3/s , 至荆江 11 万 m^3/s , 松滋口决口直达洞庭, 四口是溃出来的。1954 年分蓄 1 023 亿 m^3 。

1998 年葛洲坝、清江隔河岩, 一次调蓄 2 亿 m^3 , 在关键时刻起了些作用, 使下游水位降低了几厘米 ~ 十几厘米, 对这一点不能过分乐观, 因这远不能满足大洪水防洪的要求。

1998 年洪水频率为 44 年一遇, 今后如出现 8 万 ~ 11 万 m^3/s , 百年一遇或者千年一遇之大洪水(或 1860 年, 1870 年量级的洪水), 应该如何对待, 是摆在我们面前的严峻课题。1981 年重庆寸滩流量 85 700 m^3/s , 经峡中传播洪峰变形, 至宜昌出现 71 000 m^3/s , 1996 年 7 月宜昌出现 75 000 m^3/s , 1998 年 66 800 m^3/s 。10 年之间来两次大洪水的概率是存在的, 应该认真对待, 防患于未然。

大量调蓄功能用水库、湖泊、分洪区。

水库进流是不可调的, 出流有闸门控制可人为调节; 湖泊如洞庭、鄱阳进出均为自然流动, 不可人为调节; 分洪区如荆江分洪区, 进流有闸控制, 而出流虽有闸但受下游江水顶托而变化, 不能由人任意调节。

换句话说, 水库蓄洪是来多少装多少, 但可泄去(空)重装。葛洲坝、隔河岩第六次洪水吃饱之后, 第七次洪水不泄去不能再装了。洞庭湖面积 2 000 km^2 , 并非其所有容积都能调洪, 最高洪水位以下 1 m , 可能是有效容积, 每 1 000 km^2 的湖面可获 10 亿 m^3 水, 平均水位涨 3 m , 充其

量也只蓄 60 亿 m^3 , 分洪区一旦分洪, 作一次运用之后, 只能视下游江水位降落, 作再次调蓄了。这种情况视它们所起的作用各异而需配合使用。

长江洪水蓄水方案(长江水利委员会)为: 三峡建成水位 $\nabla 175\text{m}$, 可蓄防洪库容 220 亿 m^3 , 荆江河段 100 亿 m^3 (包括荆江分区 54 亿 m^3 , 垌区分洪, 人民大垌及洲滩民垌)。城陵矶附近 320 亿 m^3 , 即洞庭湖区 160 亿 m^3 , 分布在 24 个分洪垌, 洪湖 160 亿 m^3 , 武汉近 60 亿 m^3 , 湖口附近 50 亿 m^3 (鄱阳湖 25 亿 m^3)。三峡以下总共约 530 亿 m^3 , 为 1954 年决口分洪的一半, 为 1998 年 100 亿 m^3 之 5 倍。如遇 1954 年级的洪水尚有 500 亿 m^3 未有出路。原来历史上的云梦大泽即今之江汉平原分蓄过 500 亿 m^3 , 现在运作起来很难或不可能。这也是长江洪水量大而形成的棘手问题。

分流? 如设法引走分流流量 2 000 m^3/s , 80 天可分 140 亿 m^3 , 如分 6 000 m^3/s , 可分 500 亿 m^3 , 可见分流量要大。按南水北调方案, 东、中线之和也不足 1 500 m^3/s , 加上沿江用水也不过 2 000 m^3/s 。

多泄? 堤高有限, 荆江大堤平均高 12 m, 最高 16 m, 高水堤后水头差 10 余 m, 决堤则流速可达 10 m/s , 一泻千里直冲武汉, 且沙市段已有“悬河”趋势。堤高加高 0.5 ~ 0.8 m, 经过计算流量可增多 5 000 m^3/s , 可多泄 100 亿 ~ 200 亿 m^3 , 但增加堤高, 加大断面, 洪水期长时浸泡水, 亦有不利用一面, 所蓄也有限, 仍要蓄泄兼筹。

长江宜昌高水时水位约为 50 m, 其中下游地面高程多为 50 m 以下, 不像黄河小浪底以下多为 100 m 以下, 因此, 长江干流上不可能再有梯级, 它不像黄河、尼罗河下游有梯级可以补充。中、下游包括洞庭湖、鄱阳湖在大洪水时, 也没有再分蓄几百亿立方米 (300 亿 ~ 500 亿 m^3) 这样大的分蓄洪区。因此, 问题仍集中于一点——三峡工程, 调蓄大洪水的希望在三峡。

(二) 三峡防洪

三峡是举世瞩目的重大工程, 有重大综合效益, 对长江中下游防洪的作用是不可代替的。

中国只有一条这样多水的长江。长江只有一个三峡。三峡保持现有库水位 $\nabla 145 \sim \nabla 175\text{m}$, 作经常性防洪、发电综合运用。坝体如按蓄水位 $\nabla 200\text{m}$ 建筑, 将增加 300 亿 ~ 500 亿 m^3 库容, 调蓄防特大洪水。具体作法可先作基础坝基处理, 其他可留待以后, 再不断总结经验, 并留有扩充发展的余地。

(三) 1998 年洪水位高的原因分析

1998 年洪水位高的原因分析, 有各种不同说法。

(1) 分洪量小, 只有 1954 年的 1/10。

(2) 螺山未缺口, 1954 年缺口, $Q = 6\text{万} \sim 8\text{万} \text{ m}^3/\text{s}$, $Z = 33.17\text{m}$;

1996 年 $Q = 6.41\text{万} \text{ m}^3/\text{s}$, $Z = 34.17\text{m}$ 。

涨水与 1996 年相似, 1998 年, 无缺堤, $Q = 6.85\text{万} \text{ m}^3/\text{s}$, $z = 34.95\text{m}$;

如果不缺口, 情况是危险的, $Q = 7.99\text{万} \text{ m}^3/\text{s}$, $z = 37.00\text{m}$ 。

洪水资料见 0-2 表。

(3) 河床淤积。据资料记载, 1954 年以来, 淤 6 亿 t 泥沙。河长 $L = 25\text{km}$, 宽 $B = 1\,600\text{m}$, 平均淤厚 1.59 m, 有两种估计。

淤厚 1m, 水位抬高 $\Delta z = 0.5\text{m}$, 估计水位抬高 0.8 m;

淤厚 1m, 水位抬高 $\Delta z = 0.33\text{m}$, 估计水位抬高 0.5 m。

但有矛盾: 1998 年比 1954 年溃口少很多, 为何 1998 年洪峰流量比 1954 年小? 洪水量还少

300 亿 m^3 ?

表 0-2

洪水资料表

地 点	1998 年	1954 年	差 值
监 利 z/m	38.31 >		
$Q/\text{m}^3\text{s}^{-1}$	45 200	36.57	1.74
城陵矶 z/m	35.79 >	33.95	1.85
$Q/\text{m}^3\text{s}^{-1}$			
螺 山 z/m	34.95 >	33.17	1.78
$Q/\text{m}^3\text{s}^{-1}$	68 000		
汉 口 z/m	29.43 $\leq$	29.73	-0.30
$Q/\text{m}^3\text{s}^{-1}$	72 300 $\leq$	76 100	-3 800

也有人认为有冲淤,但影响不大,长江多年冲淤基本稳定。主要原因是 1998 年洪水峰型特殊,呈现多峰性,下游阻水频繁加大。

也有人认为同流量、水位抬高的分析不足以说明问题,关键在于江湖关系改变。

对洪水认识分析的原因如上列一些,而对今后治理建议有以下几点。

(1)湖区,特大水控制蓄洪,比自然蓄洪更能有效地削减洪峰。湖南对蓄洪垸“空垸待蓄,低水种,高水蓄”。退田还湖,还渔。要健全补偿机制。

(2)洲滩上平垸行洪。清障,裁弯应慎重。

(3)堤防标准要适当,长江堤分段达标利用两岸洪泛区。按照标准加固,而不是加高。

(4)水库:支流沅江、嘉陵江、赣江、抚河工程应上马。

(5)科技:建立科学的预测预报、险情测量系统,研究江洪机制、水沙关系。

(6)江、黄、淮、海、松花江,综合统一治理。

按照我们的分析与看法:

(1)治“黄”的关键在于“沙”,治“江”的重心在于“水”。江河虽同源於昆仑,但南北分流,特征各异。长江水量大,洪量大,如何很好抓住特点,很好利用,保护水质,防止洪害,至为重要。

(2)对洪水认识不应停留在简单洪水过程线的初级阶段,应用多峰特点分析,1998 年第四至第六、第七次洪峰,洪水水位流量呈“绳套”关系。同一水位涨水, $Q_{\text{大}}$, 比降 $J_{\text{大}}$; 落水, $Q_{\text{小}}$, $J_{\text{小}}$ 。

反过来,同一流量,涨水 $Z_{\text{小}}$, 落水 $Z_{\text{大}}$ 。多峰受下游影响, $Q_{\text{下}}$ 虽去, Z 未落, $Q_{\text{上}}$ 又来,而形成高水位久久不下的局面。

高水位,顺波向下传虽然快,逆波向上顶托,却传得慢,顶托时间持续很长!

对江湖关系变化,各口分流,破垸等复杂洪水系,应用数学模型细致分析,做到心中有数。8 月初下游洪峰未去,上游洪峰再来洪波壅高。

(3)河槽淤积,各段不同,应全面、精细地收集这方面的资料。应该用水沙模型严格分析、论证淤积与水位的关系,资料要细,有的意见是淤三抬一,淤二抬一,而不是淤 1m 水位抬高 1m。到底是淤几抬一,是通过以往资料、经验估计分析的,并未经过严格的具体的细算。

(4)现代先进仪器与技术的引用。水文观测仪,长办已有两条较先进的水文观测船,一百万美元一条,一在三峡局,一在河口局。三峡测流效果很好,6 分钟测一个断面,超声测三维流速、水位、流量。射线探测仪能否用于测管涌、堤防质量? 推移质采样器应设法改进。