

《江河防汛》丛书

江河防洪工程

姚乐人 主编

武汉水利电力大学出版社

系(群)

江河防汛丛书

江河防洪工程

姚乐人 主编

武汉水利电力大学出版社

·武汉·

(鄂) 新登字 15 号

图书在版编目 (CIP) 数据

江河防洪工程 / 姚乐人主编. — 武汉: 武汉水利电力大学出版社, 1999.6

(江河防汛丛书; 2)

ISBN 7 - 81063 - 030 - X

I. 防… II. 姚… III. 防洪工程 IV. TV87

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 14088 号

责任编辑: 瞿扬清 陶洪蕴 封面设计: 涂驰

武汉水利电力大学出版社出版发行

(武汉市武昌东湖南路 8 号, 邮编: 430072)

湖北省京山金美印刷有限责任公司印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.375 字数: 251 千字

1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷 印数: 0 001 — 5 500 册

ISBN 7 - 81063-030 - X/TV·4 定价: 20.00 元

《江河防汛丛书》编辑委员会

顾问：叶守泽 肖焕雄 李宪文

编辑委员会：

主任 杨国录

副主任 李代鑫 胡一三 王 俊

委员 (按姓氏笔画排列)

马继业	邓进标	王运辉	王丽萍	王银山
孙广生	刘祖德	刘克兴	陈惠源	姚乐人
郭志高	赵英林	聂芳容	谈广鸣	陶洪蕴
梅金焕	谢兴保	谢葆玲	潘荣舟	瞿扬清

序

我国处于季风气候区，暴雨洪水十分频繁，洪涝灾害造成的损失和影响十分严重；自古以来，洪涝灾害就是中华民族的心腹之患。自西汉至中华人民共和国成立的二千多年中，我国发生可考证的洪水灾害有 1 092 次，黄河决溢 1 000 余次，重大改道 26 次，长江较大洪灾平均 10 年一次。一旦洪水泛滥，几乎都带来“人为鱼鳖”、“赤地千里”、“灾民遍野”的惨剧。因此，历代都将防治洪水作为治国安邦的大事。中华人民共和国成立后，对主要江河进行了大规模的治理，逐步形成了拦、蓄、分、泄相结合的防洪工程体系，以及通过法令、政策、经济等相结合的防洪非工程措施，构成了我国较完整的现代防洪系统。

尽管我国在水利建设方面取得了很大的成就，防洪减灾成效显著，但是由于气候的异常变化，人类活动的频繁和环境的影响，我国防洪形势仍十分严峻，洪水灾害仍时有发生，如 1954 年长江、1963 年海河、1975 年淮河、1991 年江、淮、1994 年珠江、1995~1996 年湘、资、沅水及赣江、1998 年长江及松花江等相继发生大洪水，经济损失均以千亿计。特别是 1998 年的特大洪水，全国人民在党中央坚强领导下，进行了气壮山河的抗洪斗争，振奋了国威，锻炼了人民，取得了伟大胜利。这场洪水也造成了巨大损失，受淹面积 $6\,610\text{ km}^2$ ，受灾人口 2.3 亿，直接经济损失达 2 600 多亿元。由此可见，防洪减灾仍是我国一项长期而艰巨的任务。广大水利技术干部和基层领导都迫切需要提高防汛抢险技能和防洪理论知识水平，以利今后更有效地从事防洪工作。

为适应这一形势，1998 年汛后，武汉水利电力大学组织校内防洪有关学科的专家教授，在总结前人研究成果与工程实际经验的基础上，吸取了大量国内、外先进的新技术和新方法，及时编写了“江河防汛丛书”。该丛书共分六册，包含气象和洪水、江河防洪工程、

抢险技术、防洪调度与决策、洪灾风险与经济分析及灾后重建等六个方面，内容丰富新颖，图文并茂，深入浅出，既保持了理论系统的完整性，先进性，又密切联系我国当前实际，突出实用性和可读性。此书可作为各级防洪部门进行技术培训的教材，也可供从事防洪工程的技术人员和各级管理人员业务参考，以及满足大专院校有关专业的教学需要。可以相信，此丛书的出版，对提高防治洪水的科技水平和增强防洪减灾能力，将起到积极促进作用。

刘吉臻

1999.6.5.

前 言

河流两岸历来是人类繁衍生息的主要场所。一方面人们要依赖江河、湖泊、滩地维持其生产生活；另一方面又饱受其洪水灾害。据史料统计^[1]，自公元前 206 年至 1949 年的 2 155 年中，我国共发生较大洪水灾害 1 029 次，平均每两年发生一次。其中洪水灾害特别严重的黄河下游，自公元前 602 年至 1938 年的 2 540 年间，决口泛滥的年份有 543 年，决溢次数达 1 590 余次，重要改道 26 次。长江流域自唐代至清末（公元 618~1911 年）1 293 年内，共发生较大洪灾 223 次^[2]。20 世纪 50 年代前的 40 年中，发生洪灾 8 次，其中 1931 年、1935 年、1949 年和 1954 年 4 次最为严重，受灾农田共 988 万 hm^2 ，受灾人口 6 549 万人，死亡人数达 32.6 万。洪灾随时间推移而日趋频繁，从古代的 20 年左右一遇，演变到 10~5 年一遇。本世纪 90 年代以来，长江中下游已经相继在 1991 年、1996 年、1998 年发生了三次严重洪涝灾害。其它江河如淮河、海河、辽河、松花江、珠江等，也频繁发生洪灾。洪水灾害是我国历史上和当代最严重的自然灾害之一。

新中国成立以来，进行了大规模的防洪建设，以防洪为主，先后对七大江河进行了综合治理，共修建堤防 24 万 km ，水闸 2.5 万座，水库 8 万多座，开辟主要蓄滞洪区 86 处，疏浚河道 10 万 km ，在全国范围内初步形成了科学合理的防洪布局和较为完整的防洪体系。同时，为了加强防洪工作，1950 年中央人民政府成立了中央防汛总指挥部；主要江河和省、市、地、县都相应成立了流域和地区的防汛指挥机构，实行各级行政首长负责制。1988 年以来，我国先后颁布了中华人民共和国水法、中华人民共和国防汛条例、中华人民共和国河道管理条例、中华人民共和国水库大坝安全管理条例、

关于蓄滞洪区安全与建设指导纲要等一系列重要法规,进一步将防洪纳入法制化轨道。通过上述工程措施和非工程措施,我国江河防洪能力有了很大的提高,可以有效地控制中、小洪水,减小了大洪水造成的灾害。曾先后战胜了长江 1954 年特大洪水,黄河 1958 年本世纪以来最大洪水,海河 1963 年特大洪水,以及 1991 年淮河、太湖、长江中下游和松花江发生的大洪水,1994 年珠江水系的西江、北江和长江水系的湘江建国以来的最大洪水,为国民经济建设和人民生命财产的安全,提供了必要的保障条件。尤为世人瞩目并将载入史册的是 1998 年百万军民严防死守,战胜了长江流域继 1954 年以来的第二次全流域特大洪水,以及松花江、嫩江特大洪水。

洪水是一种自然现象,完全控制是不可能的。一个防洪工程的设计标准,为下一次大洪水所超过的机遇是始终存在的,人类能做到的一切努力,只能是采取各种措施,把洪水所造成的灾害损失减小至最低程度。因此,在我国每年仍有一定程度的水灾发生。据统计^[1],全国多年平均每年受水灾面积约 813.67 万 hm^2 ; 其中成灾 448.07 万 hm^2 。历次洪水,也曾付出了巨大代价,尤以上述几次大洪水最为突出。可以预料,随着社会经济的进一步发展,今后若再重现上述洪水,洪灾损失将会更加严重。我国防洪问题十分复杂,防治水灾,特别是大江大河的防洪,任重道远,极为艰巨。国外情况也不例外,据文献介绍^[3],1961~1970 年的 10 年间,亚太经社地区的洪灾损失共计约 98.85 亿美元,超过同期世界银行对世界的累计贷款约 4.69 亿美元。此外,约有 2.24 亿人口受灾,9 600 万 hm^2 土地被淹,1 400 万所房屋及其他建筑物遭到破坏。洪水造成的损失不一定总是比其他自然灾害(如火灾、地震)大,但由于它发生的比较频繁、突然,且危害面相对集中,故直接威胁着人民的生命财产安全。即使在具有多年防洪经验、工程技术高度发展、通讯设备及监测手段十分先进的今天,洪水依然在世界许多地方肆意泛滥,造成巨大损失。洪水灾害仍然是困扰人类生活的主要自然灾害之一。“治国必须治水”已成为古今中外各国共同确认的基本国策之一。

这里需要特别指出的是我国城市防洪态势尤为严峻,据统计,目前全国共有 570 个城市,其中有防洪任务的 472 个城市防洪标准普遍不高,防洪标准达到或超过 100 年一遇的只有北京、上海、哈尔滨、长春等少数城市;达到 50 年一遇标准的仅 93 个城市,约占 1/5;达到 20 年一遇标准的 248 个城市,占城市总数的一半,还有 1/5 的城市小于 10 年一遇的标准。城市是国家和地区的政治、经济、文化中心,人口稠密、固定资产集中,随着改革开放步伐的加快,城市在现代化建设中的地位将越来越重要,而现有的城市防洪标准与城市的地位极不相称,城市防洪工作还不能适应社会经济发展的要求,抗洪能力还很低,薄弱环节很多。如果遇到大的洪水,一些城市将要面临严重的洪水威胁,后果不堪设想。同时由于城市的扩大,人口的增加,经济的发展,同样洪水造成的损失将几倍甚至几十倍地增加。我国经济比较发达的城市和新开发区大多处于江河湖畔和海滨,特别是处于七大江河中下游的城市和大量新兴集镇,地面高程又大多在江河洪水位以下,依靠沿河堤防保护其安全,所以这也构成了我国特有的城市防洪问题,对此,我们必须要有个清醒的认识。另外,在有防洪任务的城市中,大约还有一半的城市没有制订防洪规划。有些中小城市和经济开发区在搞建设时,不考虑防洪问题,不进行防洪评价;有的甚至打乱了原有的防洪排涝系统,人为设障,一遇暴雨洪水,就造成严重损失。在管理体制、资金投入等方面所存在的问题,也亟待解决。因此要从实战出发,制订和完善防御特大洪水的方案,做到预筹对策,有备无患。

防洪体系是由各种旨在减少灾害的工程措施和非工程措施组合而成的。它们互相配合,达到防洪的目的。工程防洪措施包括一切防洪的工程建筑,它们可以单独承担或与其他工程配合共同承担防洪任务。它是通过改变自然环境来改变洪泛和淹没程度,一般包括有河道整治、堤防工程、蓄洪水库、分蓄洪区以及上游水土保持等几种基本方法。非工程防洪措施是近二三十年来开始倡导和重视的,这一减缓洪灾的新方法立足于通过有计划的开发和管理,从法律和

行政两方面对洪泛区进行控制。特别是对易淹地区的土地利用和建设事业的及时指导和限制,达到减少洪灾损失的目的。实践证明,在防御洪水,减缓洪灾损失方面,工程措施与非工程措施各有利弊,只有相互结合,才能取长补短,充分发挥整体效益。为此,本书除对防洪措施中最有效和最普遍的河道整治、堤防工程的规划设计作了较为详细的介绍外,还对水库防洪、蓄滞洪工程以及非工程防洪措施的思想、内容等方面结合我国实际情况,在有关章节中进行了简要论述。关于防洪规划、洪水调度、洪灾风险分析,以及防洪工程的防汛抢险技术等,因另有丛书专门介绍,本书不再赘述。

为了更有效地治理江河,必须对河流特性和演变规律以及与此密切相关的泥沙运动有较为深刻的了解和认识。在此基础上,才能制定出切合实际,符合江河客观规律的整治规划和相应的河工技术措施。考虑到本丛书读者对象的实际情况,在第一章专门简要介绍了江河水沙运动特性,内容包括了河流水力学特性、河流泥沙运动基本规律、河床演变等基础知识,以期对后面所要介绍的有关内容在理论上能有较为深刻的理解。另外,本书以较大篇幅介绍了河势规划这一重要课题。可以说河势规划是江河整治的核心,起着提纲挈领的重要作用。当地河流的特性和演变规律,以及国民经济各部门对河道的基本要求,都是通过河势及河势规划得以体现。河势规划的好坏优劣,不仅仅与工程效益的大小有关,而且直接关系到整治工程的成败,国内外不乏这方面的教训。为此,结合我国主要江河的工程实践,对不同河型的河势规划中应遵循的主要原则和基本内容,以及成功经验,进行了较详细论述。众所周知,河势规划必须通过一系列河工建筑物去控制河势,实现规划意图。因此,运用近代科学技术,设计和修建费省效宏的河道整治建筑物就显得十分重要。本书在论述一些传统河工建筑物的主要型式、作用及设计要点的同时,还对近几十年发展起来的一些运用了新材料、新工艺的新型河工建筑物也进行了专门介绍。可以预料,随着科学技术的发展,各种新的河工建筑物还会不断出现。

世界上所有大小河流，在河道特性和演变规律方面，存在着一定的普遍性，但也表现出更多的特殊性。在进行河道治理中，河流的特殊性则显得更为重要。一条河道的治理，必须从分析研究本河道的具体情况入手，把握住基本原则，通盘考虑，制订出切合当地实际的规划方案和工程设计。工程结构型式，材料使用，施工方法也都必须因地制宜，切忌生搬硬套。一条河道整治的成功措施，在别的河道并不一定可行或者同样能取得成功。其次，由于目前人们对河流特性及变化规律的内在机理的认识还不十分透彻，流域特性及河床边界条件又千差万别。所以我们在治河工程的规划设计中，既要注意运用现代科学技术，对河流运动特征和河工建筑物受力状况等进行必要的分析计算，又要十分重视沿河群众在长期实践中积累的宝贵经验，这对于治河策略的正确抉择以及具体工程的设计施工都具有重要意义。重大河道整治工程，事先尚需进行河工模型试验，利用试验成果去推断实际情况，预测治理效果，这对于治理方案的确定与实施很有帮助。另外，河工建筑物本身结构并不十分复杂，但因为影响因素很多，且经常变化，同时工程量大面广，在没有充分把握的情况下，不宜全线铺开，以免造成人力、物力的巨大浪费，甚至带来河势的恶化。一般多采取重点试办，逐步推广的渐进施工方法。施工中还要密切监视河势变化，以便及时做出调整。治河工程也不同于其他建筑物，很难做到一劳永逸，随着河床冲淤及上游河势的改变，修建后的经常性维修加固及汛期抢险也就显得更为重要。以上特点，在防洪工程的学习与实践中，应当有一个明确的认识。

本书是《江河防汛丛书》之二，系在 1997 年中国水利水电出版社出版的高等学校教材《防洪工程》一书（姚乐人主编）的基础上，按照丛书的要求和分工，进行了较大的修订和补充。全书共分六章，内容包括：江河水沙运动特性、河道整治、堤防工程、水库防洪、蓄滞洪工程、国内外河工新技术简介。在内容上既尽量保持理论体系的完整性，又密切联系我国实际，突出实用性。本书除可

作为各级防汛部门进行技术培训的教材外，还可作为从事防洪工作的科技人员和领导干部的业务参考书。

由于编者水平有限，书中如有疏漏、差错之外，敬请批评指正。

编 者

1999年4月

目 录

序

前 言

第一章 江河水沙运动特性.....(1)

第一节 河流的水力学特性.....(1)

第二节 河流泥沙运动的基本规律..... (18)

第三节 河床演变..... (48)

第二章 河道整治..... (71)

第一节 河势规划..... (72)

第二节 不同河型的河势规划要点..... (78)

第三节 护岸工程.....(102)

第四节 丁坝工程.....(125)

第五节 顺坝、锁坝工程及黄河埽工..... (145)

第三章 堤防工程.....(151)

第一节 概述.....(151)

第二节 堤防工程防洪标准.....(154)

第三节 堤防工程的规划设计.....(160)

第四节 堤防工程的施工与岁修管理.....(182)

第四章 水库防洪.....(186)

第一节 概述.....(187)

第二节 水库防洪能力.....(198)

第三节 库区防护.....(202)

第五章 蓄滞洪工程..... (211)

第一节 蓄滞洪工程的由来和发展.....(211)

第二节 蓄滞洪工程的主要内容.....(215)

第三节 我国蓄滞洪区运用实例·····	(221)
第四节 国外非工程防洪措施发展简介·····	(229)
第六章 国内外河工新技术简介·····	(235)
第一节 轻型河工建筑物·····	(235)
第二节 混凝土类河工建筑物·····	(237)
第三节 土工织物类护岸·····	(249)
第四节 其他型式的河工建筑物·····	(275)
参考文献·····	(282)

第一章 江河水沙运动特性

第一节 河流的水力学特性

在论述河道水流特性之前，先对水流的基本特性作一简要的介绍。

一、水流特性^[4]

1. 水的基本物理特性

水的基本特征是具有易流动性和不易压缩性，并能形成自由表面。从力学角度，由此特性所引起的主要作用力有：

(1) 惯性力

惯性是物体所具有的反抗改变原有运动状态的物理性质。按照牛顿定律，当一个物体受到另一个物体的作用力而改变其运动状态时，该物体为反抗改变原有的运动状态，而作用于另一物体上的反作用力，称为惯性力。惯性力的度量是质量，质量越大，惯性力也越大。若物体的质量为 M ，加速度为 a ，则惯性力 F 为

$$F = -Ma \quad (1.1)$$

负号表示惯性力的方向与物体加速度方向相反。

单位体积所具有的质量称为密度 ρ

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.2)$$

式中 V ——水的体积。

关于力学单位，应根据中华人民共和国法定计量单位而定。我

们可使用国际单位制 (SI) 和工程单位制 (Mkgfs) 两种。力在工程单位制中为基本量, 量纲为 $[F]$, 单位为 kgf (千克力或公斤力); 在国际单位制中为导出量, 量纲为 $[ML/T^2]$, 单位为 N (牛顿)。

式 (1.1) 中的 M , 其国际单位为 kg (千克或公斤), 工程单位为 $\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}$ (公斤力·秒²/米); a 的单位, 两种单位制均为 m/s^2 (米/秒²); 惯性力 F 的国际单位为 N (牛顿), 工程单位为 kgf (公斤力)。式 (1.2) 中的密度 ρ 所相应的两个单位为 kg/m^3 (公斤/米³) 及 $\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$ (公斤力·秒²/米⁴)。当温度为 4°C 时, 一个大气压强下水的密度为 $1\,000\text{ kg/m}^3$ 。

(2) 重力

在液体运动中, 地球对液体的引力称为重力, 用重量表示, 即

$$G = Mg \quad (1.3)$$

重量 G 的单位为力的单位, g 为重力加速度, 取 9.8 m/s^2 。

单位体积所具有的重量为容重 γ , 即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.4)$$

容重的国际单位为 N/m^3 (牛/米³), 工程单位为 kgf/m^3 (公斤力/米³)。水的容重为 9.8 kN/m^3 或 $1\,000\text{ kgf/m}^3$ (一个大气压强下, 温度为 4°C 时)。

(3) 粘滞性

液体具有抵抗剪切变形的能力, 这种性质称为粘滞性。在剪切变形的过程中, 粘滞性使液体内部出现成对的切力 (又称内摩擦力), 其作用是抗拒液体内部的相对运动, 从而影响其运动状态。

内摩擦力的大小与液体的性质有关, 并与流速梯度 $\frac{du}{dy}$ 和接触面积 ω 成正比。若以 τ 代表单位面积上的内摩擦力 (切应力), 则

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1.5)$$

式中 u ——距槽底 y 处的流速, m/s ;

μ ——粘滞性系数， μ 愈大，粘滞作用愈强。

μ 单位为 $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ ；也可用运动粘滞系数 ν 表示

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.6)$$

ν 的单位为 m^2/s 。切应力 τ 的单位为 N/m^2 或 kgf/m^2 。

水的 μ 和 ν 的数值随温度的升高而降低，在一般水力学手册中均可查到。

以上三项水的重要物理特性，对水流运动起重要作用，其它特性如压缩性、表面张力等，从工程角度一般都可忽略不计。

2. 水流的运动特性

(1) 水流的运动状态

河道中的水流运动，属明渠水流运动。反映水流运动趋势的空间几何线称为流线。流线是一条光滑曲线，在同一瞬时内，流线彼此不可能相交；垂直于流线的横断面称为过水断面。

当我们取一断面均一的长河段观测其水力要素时，就会发现，其水深 h 、断面平均流速及流速分布沿流程不变，如图 1.1，这种水流称为均匀流；反之，称为非均匀流。均匀流的流线为直线。在实际河道中，不可能有真正的均匀流，我们将流线接近于直线的水流称为渐变流，这样便可近似地运用许多均匀流公式了。

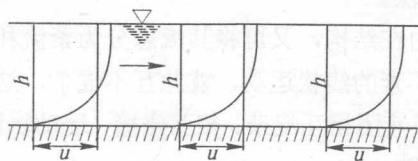


图1.1 均匀流

当水流运动过程中各点的流速不随时间而变，流动具有恒定性质，这种流动称恒定流动，或称稳定流动；反之，称非恒定流动，或非稳定流动。显然，均匀流必须是恒定流。