

高等学校教材

防洪工程

武汉水利电力大学 姚乐人 主编



内 容 提 要

本教材是为河流泥沙及治河工程专业编写的选修课教材。全书共分七章,包括防洪系统、河道整治、堤防工程、水库防洪、蓄滞洪工程、防汛抢险技术、国内外河工新技术简介。在内容上既保持理论系统的完整性,又密切联系我国实际,以较大篇幅介绍了我国在战胜洪水灾害斗争中积累的宝贵经验,并有选择地收入了一些国外新成果。

本书除供水利院校有关专业师生使用外,还可供从事防洪工作的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

防洪工程/姚乐人主编. —北京:中国水利水电出版社, 1996

高等学校教材

ISBN 7-80124-337-4

I. 防… I. 姚… 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(96)第25021号

书 名	高等学校教材 防洪工程
作 者	武汉水利电力大学 姚乐人 主编
出 版	中国水利水电出版社 (北京市三里河路6号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 11.5印张 262千字
版 次	1997年10月第一版 1997年10月北京第一次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	11.40元

前 言

本教材系根据 1990~1995 年高等学校水利水电类专业本科、研究生教材选题和编审出版规划,为河流泥沙及治河工程专业本科生而编写的选修课教材。全书共分七章,内容包括防洪系统、河道整治、堤防工程、水库防洪、蓄滞洪工程、防汛抢险技术、国内外河工新技术简介。在内容上除适应本专业教学需要外,还考虑了广大水利工程技术人员在防洪工作中参考。

本书由武汉水利电力大学姚乐人主编。姚乐人编写绪论、第一、二、四、五章,本校崔承章编写第三、六、七章。编写中引用了一些科研、生产单位的技术成果,文中未一一列出,编者在此致谢。

全书由清华大学惠遇甲教授主审,审稿中提出了许多宝贵意见和建议,编者在此深表感谢。

由于编者水平所限,书中如有疏漏之处,敬请批评指正。

编 者

1996 年 4 月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 防洪系统	5
第一节 概述	5
第二节 防洪系统规划	8
第三节 防洪系统的近代洪水预报	12
第二章 河道整治	20
第一节 河势规划	20
第二节 不同河型的河势规划要点	24
第三节 护岸工程	39
第四节 丁坝工程	53
第五节 顺坝、锁坝工程及黄河埝工	63
第三章 堤防工程	67
第一节 概述	67
第二节 堤防工程防洪标准	68
第三节 堤防工程的规划设计	73
第四节 堤防工程的施工与岁修管理	84
第四章 水库防洪	87
第一节 概述	87
第二节 水库防洪调度	94
第三节 水库防洪能力	98
第四节 库区防护	100
第五章 蓄滞洪工程	106
第一节 蓄滞洪工程的由来和发展	106
第二节 蓄滞洪工程的主要内容	108
第三节 蓄滞洪工程的洪水演算	112
第四节 我国蓄滞洪区运用实例	120
第五节 国外非工程防洪措施发展简介	125
第六章 防汛抢险技术	129
第一节 险情类型及产生原因	129
第二节 堤防抢险	130
第三节 治河工程及穿堤建筑物抢险	141
第四节 堵口技术	148

第七章 国内外河工新技术简介.....	154
第一节 轻型河工建筑物	154
第二节 混凝土类河工建筑物	155
第三节 土工织物类护岸	159
第四节 其他型式的河工建筑物	169
参考文献.....	175

绪 论

自古以来,河流两岸就是人类繁衍生息的主要场所。河流对人类活动的影响十分深远,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 2155 年中,我国共发生较大洪水灾害 1029 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 2540 年间,决口泛滥的年份有 543 年,决溢次数达 1590 余次,重要改道 26 次。长江中下游自公元前 185 年至 1911 年的 2096 年中,共发生洪灾 214 次,平均约 10 年一次。20 世纪 50 年代前的 40 年中,发生洪灾 8 次,其中 1931、1935、1949、1954 年 4 次尤为严重,受灾农田共 988 万 hm^2 ,受灾人口 6549 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^[2]。其他江河如淮河、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最严重的自然灾害之一。

建国 40 多年来,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完整的防洪体系^[3]。同时,为了加强防洪工作,1950 年中央人民政府即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,实行各级政府行政首长负责制。1988 年以来,我国先后颁布了中华人民共和国水法^[4]、中华人民共和国防汛条例^[5]、中华人民共和国河道管理条例^[6]、中华人民共和国水库大坝安全管理条例^[7]、关于蓄滞洪区安全与建设指导纲要^①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等,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。

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,人类能尽的一切努力,只是采取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 12205 万亩;其中成灾 6721 万亩。历次洪水,也曾付出了巨大代价,例如 1958 年黄河洪水,虽经 200 万军民奋战 10 天,转危为安,使洪水安全下泄入海,但也淹没耕地 304 万亩,受灾 74 万人。长江 1954 年特大洪水,因干流堤防溃口及临时分洪 1023 亿 m^3 ,才得以保住荆江大堤及武汉市,此次洪水受淹农田 4755 万亩,受灾人口 1888 万人,死亡 3 万余人,京广铁路有 100 天不能正常通车。1975 年 8 月,受台风影响,淮河

① 水利部《关于蓄滞洪区安全与建设指导纲要》,1988 年。

支流洪河、汝河、沙颍河降特大暴雨，板桥、石漫滩水库溃坝，老王坡、泥河洼蓄洪区漫决，河道堤防决口，淹地 1700 万亩，冲毁京广铁路 100 km，死亡 8.56 万人。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。国外情况也不例外，据文献介绍^[8]，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，9600 万 h m^2 土地被淹，1400 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，洪水继续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^[9]，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。例如辽河，1951 年和 1953 年发生 10000 多 m^3/s 的洪水，从铁岭以下一直淹没到入海口，损失才 1 亿多元，而 1985 年不到 3000 m^3/s 的洪水，损失就达 47 亿元。1993 年 6 月和 9 月深圳市两次暴雨洪水就造成 14 亿元的严重经济损失。1994 年 6 月柳州市洪水与 1988 年相比，稍大一点，但损失增加 10 倍。诸如此类情况，在全国也普遍存在。其次，我国经济比较发达的城市和新开发区也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，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。以及在管理体制、资金投入等方面所存在的问题，都亟待解决。同时还要从实战出发，制订和完善防御特大洪水的方案，做到运筹对策，有备无患。

防洪体系就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，互相配合，达到防洪之目的。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，本书在论述了防洪系统的组成、规划原则和近代洪水预报中的水文遥测系统及防洪决策支持系统之后，专门介绍了有关蓄滞洪工程的主要内容及我国在黄河、长江、海河、淮河、汉江等主要江河中的运用实例。

江河整治在当代已突破了历史上以防洪除害为目标的修堤筑坝和以灌溉兴利为目的建闸引水的范畴，赋予了更为广泛的内容，成为国土整治的一个重要组成部分。但就我国和世界上大多数国家的具体情况来看，仍以防洪安全为其前提。因此，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，有必要作详细的介绍。其次对水库工程的防洪能力、防洪调度，以及非工程防洪措施的思想、内容也结合我国实际情况，在有关章节中进行了简要论述。

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深刻的了解和认识。在此基础上，才能制定出切合实际、符合河流客观规律的规划和相应的河工技术措施。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。另外，对防洪斗争中的防汛抢险技术，在总结各地宝贵实践经验的基础上，也作了系统介绍。

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，逐步推广的渐近施工方法。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，在学习防洪工程课程中应当有一个明确的认识。

第一章 防 洪 系 统

第一节 概 述

一、洪水与防洪

洪水是一种自然现象,从水文学的观点看,历时长、面积广的暴雨所形成的峰高量大而稀遇的水流,谓之洪水。从产生的后果看,凡属超过容水体(江河、湖泊、水库、海洋等)承受能力而造成灾害的水流,通常称为洪水。国际灌排委员会(ICID)在《灌排术语词典》中,对洪水的定义是:“河中的水流较大或水位较高,明显地高过平常水位,低地可能因此受淹。水体上升、上涨,淹及平时无水的土地。亦称大水、汛”。不论如何定义,世界上所有河流的洪水成因,都可大致归纳为:①因径流和暴雨集中,干、支流水量大大超过本身的过水能力;②支流在河口处受干流回水顶托,渲泄不畅,水位壅高;③干、支流洪峰同步出现;④融雪洪水;⑤下游冰壅紧接上游解冻,造成凌汛漫溢;⑥陆地洪水与河口海潮相遇;⑦台风、海啸;⑧低洼、平坦地区排水不畅,形成内涝;⑨局部特大暴雨形成山洪、泥石流;⑩溃坝洪水^[8]。洪水给受淹地区带来巨大损失,严重毁坏城镇建筑、交通线路、工矿企业、农田庄稼,破坏人类活动,造成人身重大伤亡,并很容易触发和演变出一系列次生、衍生灾害。目前世界上大多数国家,仍然没有摆脱洪水灾害的困扰。

防洪是“专门预防洪水的措施”(《灌排术语词典》),也是人类与洪水灾害斗争的控制手段。其目的在于设法防治或减轻洪灾损失,保障人民生命财产的安全,促进工农业生产的发展,取得生态环境和社会经济的良好循环。获取防洪效益的措施主要有两类:一是防洪工程措施,二是防洪非工程措施。两类措施的合理配置,相互协调,就构成了近代完整的防洪体系。

二、防洪系统

防洪系统是指特定范围(流域或地区)内,具有控制或减缓某一标准洪水泛滥成灾和减轻洪水损失的工程、非工程措施的统一系统。在工程措施中,依据其性能又可分为可控的和不可控的两种;非工程措施则基本上属于防洪管理措施。

(一) 工程防洪措施

工程防洪措施,就其性质来说,可概括为拦、蓄、分、泄四个方面。

1. 拦

又称土地处理措施。适用较小流域,通过在流域内的水土保持工作,使土地在中、小暴雨期间能多吸收一部分降水或拦截部分径流,延缓集流时间,削减河道洪峰。其内容包括坡面治理,如农田轮作制、整修梯田、植树造林等,和沟壑治理,如修筑淤地坝、谷坊、堰塘等。上述措施单独使用对减少大洪水的洪灾损失效果不大,但若与其他防洪措施相配合或互相补充,则有助于减轻洪水。

2. 蓄

在防护区的上中游筑坝建库,拦蓄洪水,削减洪峰,减轻防洪负担,是当前流域防洪

系统中的重要组成部分。水库有专门用于防洪的，也有将防洪列为目标之一的综合利用水库。水库的防洪作用包括蓄洪和滞洪两种。水库拦洪蓄水，一方面可削减下游洪峰流量，免除洪水威胁；另一方面可蓄洪补枯，增加水资源综合利用水平，发挥除害兴利的双重作用。水库的防洪作用可以通过其设施进行人为的调度，因此是可控的。水库调节洪水的效益，随着下游防护区与水库距离的增大而减小。同时，一般来讲，梯级水库要比单独一个大型水库的调洪效果好。当然，修建水库解决防洪问题也存在着一些缺点，例如工程一次性投资较大，淹没上游土地，迁移人口等。水库对洪水的调蓄，还将造成下游正常流量的减少，有可能导致河道的恶化，以及影响原来的生态环境。尤其在多沙河流上，水库泥沙淤积是造成有效防洪库容减少、库区淹没灾害扩大的主要原因。所有这些，在水库规划中都应该有足够的重视，在水库水位设计时加以关注。

3. 分

在河道适当地点，修建进洪闸、行洪道等工程设施，将超过河道安全泄量的洪峰流量，分入预先开辟的分蓄洪区，经调蓄后，再有计划、有控制地泄出，这类一般叫分蓄洪工程。其次，是利用分（减）流河渠，在主河道超过某一特定水位下，分减部分水量，通过人工河渠将其直接排入湖泊、海洋或其他河道，也可以绕过防护区泄入本河道的下游河段，这类一般称分洪工程。另外，还有临时扒口的民垸、生产堤，可以起到一定的滞洪错峰作用。分蓄洪工程，通常用于高度发达的城市或工业区上游，因为这些地方既不能展宽河槽，也无大量土地修筑堤防，或者已建堤防、防洪墙不宜再行加高。

4. 泄

即充分利用河道本身的宣泄能力，使洪水安全下泄。按其工程类别又可分为河道整治和修筑堤防两种。

河道整治的目的是为了增加过水能力，以减少洪水泛滥的程度和机率。河道整治包括拓宽和浚深河槽、人工裁弯取直、除去妨碍过水的卡口和障碍物，以增加有效比降和流速，使一定流量得以在较低水位下通过。整治措施需认真规划，以保证所设计的工程不致将洪水问题转移，或造成新的冲刷崩岸。一般来说，河道整治后，过流断面增大，泄洪变得顺畅，对于提高局部河段的泄量或平衡上下游河段的泄流能力作用较大。例如对局部河段的清障可解除洪水对上游的威胁，裁弯取直可有效地降低裁弯点以上河段的洪水位和增大河槽泄洪能力。但是在较长的河段范围内，单靠整治河道以提高全河段的泄洪能力，常常效果不甚明显。尤其在河口高程不能降低的情况下，加深河槽，效果不大。另外，加宽河槽一般用于中小河流，大河挖宽费用昂贵，常不能与其防洪效益相抵。

堤防是在河道一侧或两侧连续堆筑的土堤，通常以不等距离与天然河道相平行，大水时在河道内形成一人为约束的行洪道，防止洪水漫溢。堤防是世界各国迄今最常用的一种防洪技术措施，它适用于两岸有广阔平原的河流中下游，否则，堤防工程费用不能与其防护面积相适应。在城市河段多采用混凝土防洪墙或石砌挡水墙，以减少占压土地。任何堤防工程均应结构安全，维修工作量小，具有排水设施，以解决防护区内涝渍灾害问题。堤防尽管是保证河道宣泄洪水的有力措施，但筑堤后也会带来一些新的问题，如河道槽蓄能力下降，同频率洪水位可能有所抬高；有的河段筑堤后，河床淤积加快，致使洪水位抬升，为此，需隔一阶段加高培厚堤防。

河道整治与修筑堤防，其功能旨在增加河道排泄洪水能力，而无法控制洪量，所以它是非控性的防洪措施。

上述各种防洪工程措施，彼此之间是相辅相成的，若单独使用，对减少大洪水的洪灾损失效果可能不大，甚至没有效果，但若相互配合，联合运用，或互为补充，则可获得较大的防洪效益。

（二）非工程防洪措施

非工程防洪措施是近二三十年才开始形成的一种新的防洪观念，它是通过法令、政策和工程防洪措施以外的技术手段，达到减少洪灾损失的目的，其内容主要包括以下几个方面：

（1）对洪泛区进行科学的规划与管理。根据自然地理条件，对行洪区或低洼易淹地区的生态、土地、生产、产业结构、人民生活居住条件等进行全面规划，合理布局，适度开发，并从法令条例或经济手段上给予及时指导和限制，减轻洪泛后果。

（2）建立洪水预报与警报系统。洪水到来之前，利用水文气象遥测系统，将所收集到的数据，进行综合处理，准确作出洪峰流量、洪水总量、洪水位、流速、洪水到达时间等洪水特征值预报，及时对洪泛区发出警报，并组织人口、财物的疏散撤离，作好抗洪抢险准备，以避免或减少重大的洪灾损失。

（3）通过救灾、恢复、以及洪水保险来分担洪水损失。依靠社会筹措资金、国家拨款或国际援助，对洪泛区灾后进行及时救济。洪泛区内的单位和个人，参加洪水保险，通过平时保险金的积累，补偿洪水灾害所造成的损失，使灾后迅速恢复生产，重建家园，从而避免因洪灾而引起的经济波动和社会不安。

（4）制订洪灾损失预防计划。非工程防洪措施与工程防洪措施的区别，就在于它虽不能控制洪水，改变洪水的天然特性，但可以通过对洪泛区的合理开发及科学管理，适应洪泛区的自然特性，从而达到减少洪水灾害损失的同一目的。任何防洪工程措施的防御洪水的能力总是有限的，一个防洪工程的设计标准为下一次大洪水所超过的机率始终存在。因此，对于可能出现的特大洪水，在采用工程防洪措施的同时，结合非工程防洪措施是十分必要的，也是经济上合算的，两者联合运用，可以使洪灾损失减至最低限度。图 1-1 为工程防洪措施与非工程防洪措施所组成的近代防洪系统示意图^[10]。

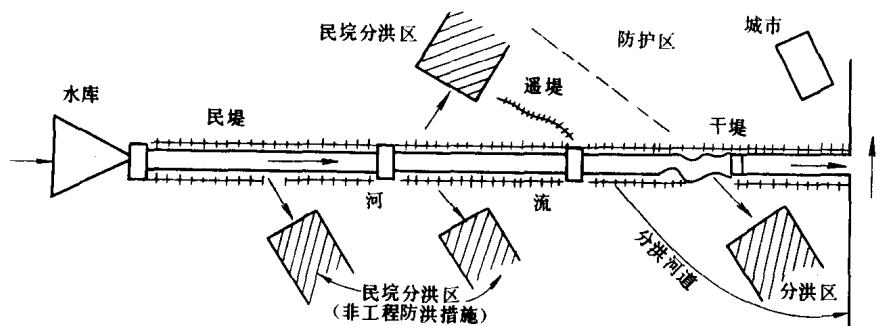


图 1-1 防洪系统结构示意图

第二节 防洪系统规划

防洪系统规划是指对某一流域或地区所制定和选择的整体防洪治理方案。根据国家或地区社会经济发展需要,结合本流域或地区的自然地理条件,特别是洪水特性及其危害程度,制定和选择防洪整体方案(包括工程措施和非工程措施)和治理程序,以便取得较佳的防洪经济效益和社会效果;同时也为防洪系统设计和流域综合开发提供有力的依据。

一、防洪系统规划的原则

根据我国经济社会状况和各大水系的具体情况,流域防洪规划一般要考虑蓄泄兼施,因地制宜的原则。同时要正确处理整体与局部,需要与可能,近期与远期,防洪与兴利等各方面的关系。据此分析研究各种可能的防洪措施的利弊和效能,进行综合安排和全面规划,以达到防洪兴利的目的。具体原则为:

(1) 充分发挥堤防工程的防洪作用,同时考虑蓄滞洪工程、水库工程、河道整治工程等措施的合理配置与运用。对蓄滞洪工程和水库应尽可能地考虑综合利用。

(2) 根据防护对象的重要性选定防洪标准。防洪标准既要考虑其必要性,又要考虑现实可能性。对大江大河的防洪,可分别选定近期和远景的不同防洪标准。

(3) 平原湖泊水网地区,联圩并圩应与河道整治和简化河系相结合。围湖蓄洪垦殖时,要慎重研究对国民经济其他部门和生态环境的影响。

(4) 除对设计洪水作出规划方案外,还需对可能最大洪水制定出应急措施,以保障重要防护对象和人民生命财产的安全。

二、防洪系统规划的基本作法与步骤

(1) 搜集基本资料。包括本流域或地区的历史、自然和社会经济资料,研究流域洪水特性,历史洪水灾害及成因,分析干、支流现有的防洪能力及其提高途径,明确本流域防洪的基本特性和防洪规划的基本任务。

(2) 选定防洪标准。确定相应的设计洪水,以及有关防洪工程的设计标准。其中设计洪水的确定尤为重要和复杂,规划中应采用不同的方法,分析论证后慎重选定。

(3) 拟定不同的防洪规划设计方案,并根据防洪标准所推求的设计洪水,以及不同防洪工程(如水库、堤防、分洪工程等)和非工程防洪措施所拟定的运用规划,进行各个方案的调洪演算和洪水演进计算,确定各方案的防洪工程规模与有关参数,通过技术经济综合分析,选定合理优化方案。

近年来,随着系统科学的迅速发展,已将系统分析的方法,成功地运用到防洪系统的规划和管理中,不少学者建立了防洪流域规划模型,工程措施与非工程措施规划的结合模型,水库群防洪系统的网格调度模型等。在方案优选中,也从传统的效益费用分析法、经典优化法及线性规划,发展为非线性、整数规划、动态规划等。这方面的内容,可参考系统工程^[10]的有关专著。

三、防洪工程效益分析

防洪工程效益与其他水利工程的兴利效益不同,具有下述特点:

(1) 防洪工程不能直接产生社会财富,而是把消除或减少灾害损失和洪灾机率视为其

效益。因此,防洪效益多以有无防洪措施前后的期望损失差值来表示,具有非增值性。

(2) 洪灾损失的随机性,使得防洪工程效益在年际间变化很大。风调雨顺的年份,几乎不见效益,但遇到大洪水时,又显示出很大效益。所以,通常不能按年计算,同时如果多年不发生大洪水,则按多年平均来计算其效益,可能偏低。

(3) 洪灾损失的计量十分复杂,它既包含有洪灾所造成的工农业生产、国家、个人的财产直接损失,还包括有因洪灾带来的公共事业中断、防汛抢险费用、修复水毁工程等增加的间接损失,以及人口死亡、疾病流行、社会动荡等无形损失。这些损失,有的可用实物、货币来表示,有的无法用货币来衡量。因此,对防洪工程的效益评价,除了采用计算效益外,还应该阐明效益,即对无形效益作出客观的说明。

(4) 随着社会经济的发展,防护区或蓄滞洪区内的经济也会随之发展,所以不同年代的同频率洪水,其洪灾损失也是不同的,防洪效益则是随着经济的发展而增长,具有明显的递增性。

因此,防洪效益的分析与评价是一个涉及政治、经济、社会和技术等方面的复杂问题,世界各国评价防洪工程的准则均与该国的财政政策相一致,而后者又以国家兴建此项工程的目的以及国家政治制度为基础。在美国和其他一些国家,防洪工程的设计,要求效益与费用相当。效益—费用分析主要包括对年平均的经济费用(器材物资和劳务)及对年平均收益的估价,并以有、无工程情况进行对比分析。年平均费用包括:工程投资、施工期间的投资利息,以及年运行费用(折旧、运行、维修、大型部件更新费,以及因土地收归政府后减少的税收损失等)。年平均效益(有形财物和服务)是指毛估的年平均防洪灾效益,并根据有、无防洪措施两个方案分别计算。费用与效益均以同一时期为基础,以便比较工程经济寿命期间的价值。工程的无形效益在报告内作客观说明。防洪工程通常是多目标开发中的一个组成部分,整个投资费用应在各部门间分摊。根据效益—费用比例,菲律宾的经济可行性的界限是1:1;我国台湾省在单项工程估算时,效益费用比通常只考虑直接洪灾损失,年费用中包括折旧、付息、运行、维修等项,其中年利息在总费用中占重要比例,要求年利率不得超过6%;印度的年费用粗略定为总费用的11%,如效益—费用比大于1,表明经济上是可行的。在前苏联和埃及等国家,将防洪工程视为公共设施,不征税,也毋需作详细的经济论证^[8]。在我国大陆为了论证各种防洪工程措施及不同方案的比较选择,以往常采用还本年限法,即工程总投资与多年平均年效益减去年费用之比,表示收回全部投资的年限。该方法存在的主要问题:一是防洪效益不可能全部用货币表示;二是没考虑资金的时间价值,因此是静态分析;三是如以一次大洪水计算,效益很大,如以多年平均方法计算,其数值又很小,还本年限往往很长,不甚合理。但作为相同条件下的一个比较指标,仍是可以的。

近年来,防洪工程经济分析有了迅速的发展,已采用动态经济计算和概率统计的方法,具体计算可参照1985年颁布的《水利经济计算规范》(试行稿)^①及有关论著^[11]。

四、防洪系统规划实例

现以汉江中下游近期防洪规划为例,说明防洪系统的方案选定及其防洪效益。

① 水利电力部中国水利经济研究会水利经济编辑部《水利经济计算规范(SD139—85)》,1985年。

汉江中下游几乎全属平川地带，为抗御洪水的侵袭，远在公元 2 世纪就开始筑堤防洪。由于历史的原因，钟祥皇庄以下两岸堤距越往下游越窄，从新城的 3500 m，减至汉川以下的 360~250 m，故造成河道泄量沿程递减的状况（见表 1-1）。而汉江洪水频繁且主要来自丹江口以上，自 1583 年以来丹江口大于 3.8 万 m³/s 的洪峰流量有过 7 次，丹江口、碾盘山不同频率的洪水分析成果如表 1-2 所列^[2]；可见新城及以下河段的安全泄量尚不及上游 5 年一遇的洪水来量。

表 1-1 汉江下游河道安全泄量

河 段	本站保证水位 (m)	汉口水位 (m)	计算条件 (m ³ /s)	安全泄量 (m ³ /s)
碾 盘 山				27000~30000
新 城	44.20			18400
泽 口 ~ 仙 桃	杜家台闸前水位 34.45	25.00 29.73	杜家台闸分洪 600	15000 11300
干流杜家台以下		25.00 27.50 29.73		9150 8150 5250

表 1-2 汉江洪水分析成果

频 率		0.01%	0.1%	1%	5%	20%	记录中的最大流量
洪峰流量 (m ³ /s)	丹江口	82300	64900	47000	34200	22300	50000
	碾盘山	82700	65600	48000	35200	23500	45000

汉江中下游的保护对象是江汉平原 23 个市县，1286 万人和 1860 万亩耕地，其中包括重要城市武汉市。因此，在“汉江流域规划报告”中，也明确了近期以中下游防洪为主，同时发展灌溉，开发水力资源，改善航运的目标。

在进行防洪系统研究中，着重考虑了扩大河道泄量和水库蓄洪方案。

扩大河道泄量方面，曾进行了加高堤防，展宽堤距，分洪等各种措施的研究。加高堤防和展宽堤距方案，因堤身质量差和堤内地形低洼，均未采用，故平衡各河段泄量的主要办法是依靠分洪旁泄，这包括民垸破堤滞洪和兴建杜家台分洪区。

在水库蓄洪方面，主要研究了以下几个水库库容较大和防洪控制性能较好的方案，即：

- (1) 丹江口（库容较大，但坝址以下还有一定的区间面积）；
- (2) 碾盘山（防洪性能较好，但受水库上游淹没限制，库容相对较小）；
- (3) 丹江口十支流水库（南河、唐白河等支流水库以控制区间洪水）；
- (4) 丹江口十碾盘山（丹江口以上及区间洪水均得以控制，但其投资及淹没均较大）。

根据以上四个方案的比较研究，丹江口一个枢纽的方案，可以基本上解除汉江中下游频繁而严重的洪水灾害，同时还可获得巨大的灌溉、发电、航运效益，故选择为近期开发方案。

最后选定的汉江中下游防洪方案是：通过丹江口枢纽调节洪水，新城以上民垸分洪，同

时运用杜家台分洪区，以及 1250 km 长的堤防，组成一个分、蓄、泄的防洪系统（见图 1-2），联合运用，以保证汉江中下游河段在近期可初步防御 1935 年型洪水（大约 100 年一遇）。

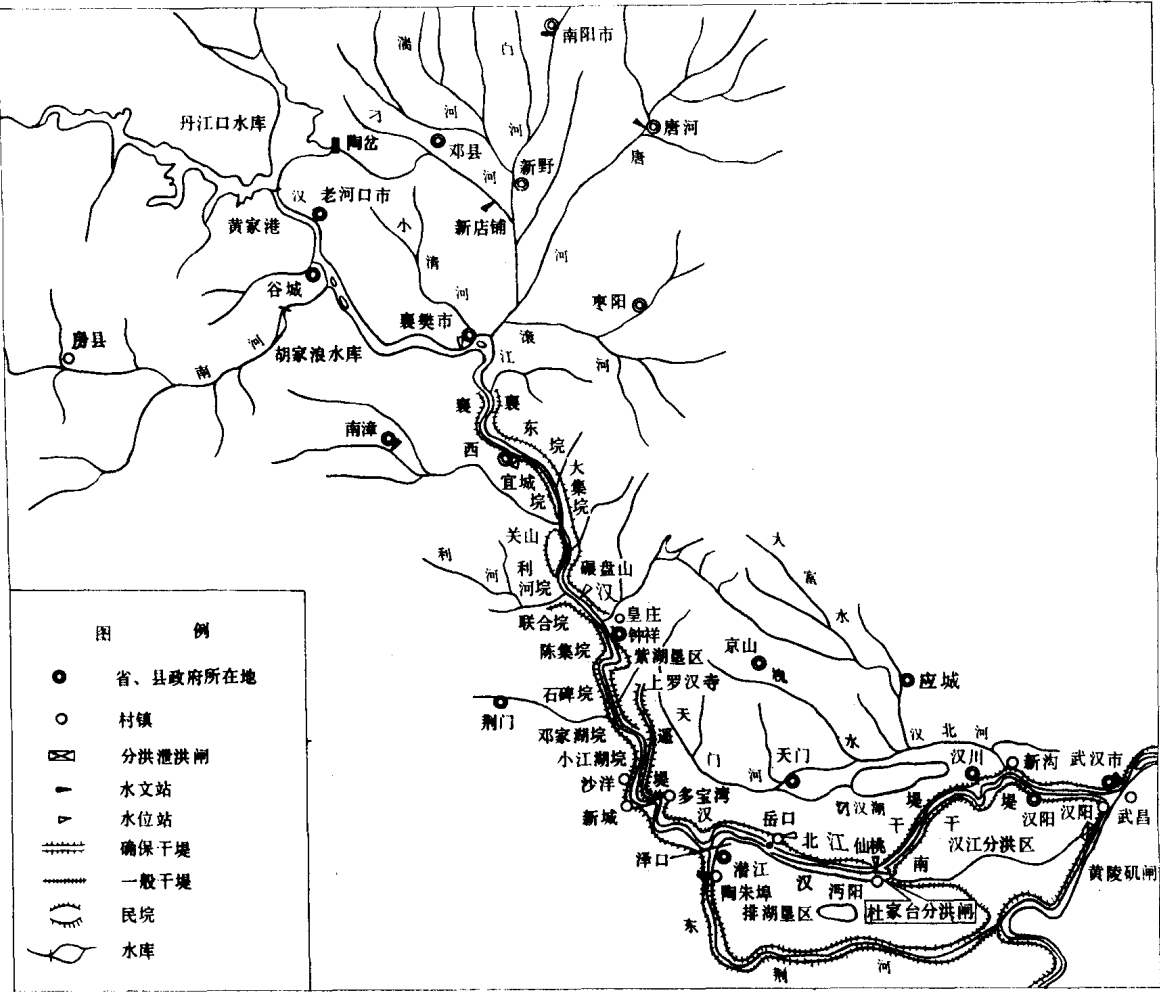


图 1-2 汉江中下游防洪系统示意图

丹江口水库 1958 年开工，1968 年建成，正常高水位 157 m，总库容 174.5 亿 m³，其中防洪库容 55~77 亿 m³。杜家台分洪区 1956 年建成，分蓄洪容积 16 亿 m³。这些骨干工程的建成运用，使汉江中下游防洪状况有了根本改观，分洪区与丹江口水库配合，可使 1935 年型洪水减缓为 20 年一遇洪水。例如 1975、1983 年汉江大水，如未建丹江口水库，碾盘山洪峰流量均将达 30000 m³/s 以上，即使利用中游全部民垸分洪，也难保遥堤安全。但由于防洪系统的合理运用，两次洪水均调蓄在控制泄量之内，使遥堤安全渡汛。另外，也大大减少了民垸分洪的机遇，减少了洪灾损失，若按以往当碾盘山流量超过 21000 m³/s 时，就要动用民垸分洪的标准计算，1968~1975 年共需用民垸分洪 7 次，估计淹没农田约 200 万亩次。但由于防洪系统的建立，其间只在 1983 年 10 月运用民垸分洪 1 次，仅淹没耕地 14 万亩，损失约 1.2 亿元，保障了汉江平原 75 万亩土地和 55 万人口的安全。

第三节 防洪系统的近代洪水预报

洪水预报是一项重要的非工程防洪措施,由于它具有投资少、见效快和效益高等优点,已越来越受到国内外防洪部门的重视。特别是近十多年来,计算机的广泛应用和电子工业的发展,在水情信息收集、传输、处理,以及预报技术和预报方法上都有新的突破,明显地提高了预报精度,增长了有效预见期,为防洪决策部门掌握防洪斗争主动权和进行防洪系统的科学调度发挥了重要作用。当前,一批水文自动测报系统已在我国某些流域的重要河段和大中型水利枢纽陆续建成运用,这是近代防洪技术在我国的重要应用和发展。本节将简要介绍水文遥测系统和防洪决策支持系统的基本内容。

一、水文遥测系统

水文遥测系统是一种先进的水文气象参数实时收集、传输、处理系统,也是一种数字式遥测系统。它应用遥测、电子计算机和通讯等技术,完成江河、水库流域内降雨量、水位、流量、含沙量、闸门开度等水文气象参数的实时自动采集、传输和处理,以实现防洪、供水、发电等优化调度,提高防洪能力和水资源利用的社会经济效益。

(一) 系统的结构、工作方式及工作原理

1. 系统结构

水文遥测系统的基本结构如图 1-3 所示。

一个遥测系统由若干个水、雨情遥测站和中心站组成,当受地形等条件影响,信息传输遇到困难时,还需在遥测站和中心站之间增设中继站。遥测站是数据采集和发送站,中心站则是数据接收和处理站,中继站是在信道不理想情况下为改善信息的传输而设置的数据中转站。对于规模较大的系统,需要时还可设立若干个分中心站。各站间的信息传输一般采用无线信道。

在实际应用的水文遥测系统中,根据各个系统不同的任务和功能要求,其系统组成也不尽相同。现将各组成部分的功能分述如下:

(1) 传感器:完成水文参数的原始测量。传感器输出的信号可以为电量,也可以为机械状态的变动或接点的动作等。水文遥测系统中的传感器,其主要作用是用来采集降雨量、水位、流量、含沙量、蒸发量、土壤含水量、气温、气压、温度、风向、风速等水文气象参数。由于参数不同和测报要求不同,必须使用不同类型、不同感量的传感器。在水、雨情遥测系统中,常用的传感器有翻斗式雨量计、浮子式水位计和压力式水位计等。

(2) 编码:包括信源编码和信道编码。

信源编码器的功能是,在一定保真度的条件下,将水文参数变换为数字信号,并且解除信号之间的内在关联,以压缩传输原始信息所需的数据速率。

信道编码器的功能是提高传输可靠性。它将信源编码器输出的数字信号加工处理成一定规则的编码,以达到能自动发现或纠正传输中的错误。

(3) 解码:解码器进行编码的反演。信源解码器将信源编码信息复原成水文参数。根据信道编码规则,信道解码器可发现和纠正数据传输中的某些差错。

(4) 调制和解调:编码器输出的数字信号,一般不适合于在信道中直接传输,必须对