

“十二五”
规划重点图书

水利工程除险加固
技术丛书



洪水设计与 防洪减灾

李继业 林洪孝 范世香 编著

HONGSHUI SHEJI YU
FANGHONG JIANZAI



化学工业出版社

“十二五”
规划重点图书

水利工程除险加固
技术丛书



洪水设计与 防洪减灾

HONGSHUI SHEJI YU
FANGHONG JIANZAI

李继业 林洪孝 范世香 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据我国最新规范、标准和方法,比较系统地介绍了洪水设计与防洪基本知识、流域产流与汇流计算、洪水设计的统计学方法、用流量资料直接推求设计洪水、用暴雨资料间接推求设计洪水、小流域洪水设计的基本方法、水库防洪的计算方法、可能最大洪水的估算、水利防洪工程、我国防洪减灾体系等内容,并有针对性地列举很多相关工程实例。

本书具有突出的针对性、通俗性、实用性和应用性,不仅可以供河道和水库管理工作参考,也可作为水利工程相关专业的高等学校师生辅助教材,还可供防汛、桥涵、渡河工程及给排水等相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

洪水设计与防洪减灾/李继业,林洪孝,范世香编著.
北京:化学工业出版社,2013.1
(水利工程除险加固技术丛书)
ISBN 978-7-122-15625-9

I. ①洪… II. ①李…②林…③范… III. ①防洪工程-设计 IV. ①TV87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 246288 号

责任编辑:刘兴春
责任校对:洪雅姝

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21 字数 516 千字 2013 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:85.00 元

版权所有 违者必究

水利工程除险加固技术丛书

编 委 会

主 任：吴中如

副主任：李继业 张宪省

编 委：（以姓氏笔画为序）

刁 锋	马安堂	王玉峰	王淑伟
刘经强	刘福臣	刘福胜	苏永刚
李 勇	李怀森	李树枫	邱秀梅
邱春华	张庆华	范世香	林洪孝
周翠玲	赵晋升	胡化坤	段绪胜
郝忠梅	葛兆生	董 洁	翟爱良

河流是水资源的主要载体，是水与自然、人类关系的联系界面。河流与人类社会关系密切。河流把上游山地土壤侵蚀形成的泥沙输送到下游，形成冲积平原，河口的泥沙淤积在入海口形成三角洲，都是最适合人类居住的地方，也往往是经济发展最迅速的地方。许多民族和国家都把河流比做自己的母亲，如中国的黄河和长江、印度的恒河和俄罗斯的伏尔加河。

古代的四大文明古国都发源于大河流域，黄河流域是中国古代文明的发祥地，尼罗河孕育了古埃及文明，印度文明起源于恒河流域和印度河流域，古代巴比伦也是在幼发拉底河和底格里斯河形成的两河流域发展繁衍的。到了近现代，世界上主要的大城市也基本上是傍水而建，河流中下游地区成为经济相对发达的地区。

河流哺育着人类，为人类的文明做出了无私的奉献，但是河流造成的洪灾也常常给人类带来巨大的痛苦和灾难。我国是自然灾害较为严重的国家，气象灾害带来的损失占各种自然损失的70%以上。由于江河纵横、沿河人口密集，洪涝历来是对生命财产危害最为严重的灾害之一。据不完全统计，我国从公元前206年至1949年的两千多年间，共发生可考查的洪灾1092次，平均每两年发生一次。新中国成立60多年来，年均洪涝受灾面积1.34亿亩，成灾面积0.76亿亩，直接经济损失上百亿元。

洪涝灾害是我国最主要的自然灾害，是中华民族的心腹大患。每年到了汛期，从中央到地方都要进行全面动员，做好人力、物资的准备，一旦发生特大洪水，抗洪救灾常常成为全国人民的头等大事。我国七大江河目前抗御洪水能力多数只有50年一遇，再加上缺乏有效的调控能力，势必造成洪涝灾害。根据目前的国力情况，这种状况一时还难以彻底解决。因此，这就决定了我国的防洪抢险是长期而艰巨的任务。

新中国成立以来，全国共建成了各类大坝约8.7万余座，水库的总库容达到7064亿立方米，相当于全国河流年均径流量的1/6。我国水库大多建于20世纪50~70年代，由于受当时经济、技术、资料等的限制，各类水库普遍存在工程标准偏低、建设质量较差、老化失修严重、配套设施不全等问题，致使水库安全隐患严重。水库蓄水多，水位较高，如遇洪水垮坝失事，会有很高的水头和大量的洪水，在很短时间内居高临下倾泻下来，洪水波浪所到之处，必将对下游造成摧毁性的破坏和毁灭性的灾难，因此，水库安危事关大局。

在长期的工程实践中，国内外水利工作者在抗洪抢险方面积累了丰富的经验，在防洪涝灾害方面起到了巨大作用。由山东农业大学李继业教授策划，并组织有关专家共同编著了《水利工程除险加固技术丛书》，该丛书系统地介绍河道堤防防渗加固实用技术、河道堤防工程监测实用技术、河道堤防工程抢险实用技术、河流与河道工程维护及管理、水库坝体滑坡与防治措施、水库除险加固工程设计实例、水闸工程除险加固技术和洪水设计与防洪减灾等知识，是对河道堤防、水库等水利工程除险加固技术的总结和推广，也是国内外水利工作者多年理论研究和实践经验的结晶，可供使用者因地制宜地选用和参考。

我深信，该丛书的出版将对我国水利工程的除险加固技术起到积极的促进作用。

中国工程院院士 吴中如

2012年12月

暴雨洪水是一种自然现象，常造成江河沿岸的河谷、冲积平原以及河口三角洲、海岸地带的淹没。洪水灾害是伴随着人类的出现以及人类的经济和社会活动而产生的，因此，洪水灾害不仅仅表现为一种自然灾害，它具有自然属性与社会属性的双重属性，其中洪水灾害的自然属性强调洪灾的自然破坏力对人类社会造成的危害与损失；洪水灾害的社会属性则强调由于人类社会的主客观原因和社会行为的失调而导致和加剧洪水灾害的形成。

由于特殊的地理位置、地形特性和气候条件，使我国的洪水发生频繁，成为世界上洪水灾害出现频次最高的国家之一，频繁的洪水灾害每年都给社会和人民的生命财产造成巨大损失。由此可见，我国目前面临的防洪任务仍然十分艰巨。面对洪水产生的灾害，世界各国政府和人民采取了各种防洪措施来减少或避免洪灾造成的损失。因此，对洪水、洪水灾害及洪灾的防治研究有着特别重要的意义。

在学习前人和当代专家、学者经验的基础上，根据我们在教学、科研和洪水防治方面的经验与体会，编著了这本《洪水设计与防洪减灾》。在本书编著过程中，部分章节加入了作者近年来的研究成果，绝大部分章节内容引用了许多专家、学者已有的研究成果，并力求在参考文献中详尽地列出，但也可能有所遗漏，在此向他们表示特别的谢意。本书将洪水的设计与防治融为一体，体裁新颖，涉及的内容甚广，既有洪水设计的统计和计算方法，也有防洪的各种措施，还有我国防洪减灾体系。

本书主要包括洪水设计与防洪基本知识、流域产流与汇流计算、洪水设计的统计学方法、用流量资料直接推求设计洪水、用暴雨资料间接推求设计洪水、小流域洪水设计的基本方法、水库防洪的计算方法、可能最大洪水的估算、水利防洪工程、我国防洪减灾体系，并列举很多工程实例等内容，为具有“针对性”、体现“通俗性”、突出“实用性”和提高“应用性”的技术专业书，不仅可供河道和水库管理工作参考，也可作为水利工程相关专业的高等学校师生辅助教材，还可供防汛、桥涵、渡河工程及给排水等相关专业的工程技术人员参考。

本书由李继业、林洪孝、范世香编著，程银才、高雁、左欣参加了部分内容的编著；全书最后由李继业统稿。编著的具体分工：李继业编著第九章；林洪孝编著第二章、第十章；范世香编著第四章、第五章；程银才编著第三章、第七章；高雁编著第一章；左欣编著第六章、第八章。

由于时间仓促，加之编著者水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以便再版时进行修改。

编著者
2012年10月

第一章 洪水设计与防洪绪论	1
第一节 洪水概念及影响因素	1
一、洪水的基本概念	1
二、影响洪水的因素	3
第二节 防洪标准及标准选择	5
一、防洪安全问题	6
二、防洪标准的选择	7
第三节 洪水设计的理论基础	8
一、洪水设计的理论基础	8
二、洪水存在的基本规律	9
三、洪水设计的基本性质	9
第四节 水利工程的防洪措施	10
一、水利工程措施	10
二、水土保持措施	12
三、水土保持治水的重要性	13
参考文献	13
第二章 流域产流与汇流计算	14
第一节 流域产流与汇流概述	14
一、径流与流域的基本概念	14
二、流域产流与汇流的基本概念	14
第二节 流域降雨径流要素计算	15
一、流域降雨量	15
二、径流量	17
三、土壤含水量计算	19
第三节 蓄满产流的计算	21
一、蓄满产流模式	21
二、降雨径流相关图	22
三、蓄满产流模型	24
四、水源的具体划分	25
第四节 “超渗产流”的计算	26
一、“超渗产流”模式	27
二、下渗曲线法	27
三、“初损后损法”	28
第五节 流域汇流的计算	30
一、“等流时线法”	30
二、时段单位线法	31
三、瞬时单位线法	37
四、线性水库法	40

参考文献	42
第三章 洪水设计的统计学方法	43
第一节 水文统计的基本知识	43
第二节 随机变量的概率分布	44
一、事件、概率和频率	44
二、随机变量及其概率分布	45
三、随机变量的统计参数	48
四、随机变量的正态分布	50
第三节 洪水特征值的频率分布线型	51
一、经验频率曲线	51
二、理论频率曲线	53
三、频率与重现期的关系	56
第四节 皮尔逊Ⅲ型分布的参数估计	56
一、矩法	56
二、三点法	58
第五节 抽样误差的基本知识	58
第六节 洪水设计的配线法	60
一、目估配线法	60
二、优化配线法	61
三、分布参数对频率曲线的影响	61
四、配线法实例	62
五、其他常用方法	65
六、相关分析的基本知识	66
参考文献	75
第四章 用流量资料直接推求设计洪水	76
第一节 设计洪水的概述	76
一、洪水设计的标准	76
二、洪水设计的含义	78
第二节 洪水资料的分析处理	78
一、洪水样本的选取	79
二、历史洪水的调查和考证	79
第三节 洪水过程线与洪量计算	81
一、洪水过程线分析	81
二、洪水过程线的分割	82
三、径流成分的划分	83
四、洪量的计算	84
第四节 设计洪水特征值的推求	85
一、洪水资料审查和分析	85
二、特大洪水的处理	86
三、理论频率曲线的选择	88
四、频率曲线统计参数的确定	89

五、统计参数确定实例	89
第五节 设计值合理性分析与安全修正	91
一、设计值的合理性分析	91
二、成果安全修正问题	92
第六节 设计洪水过程线的拟定	93
一、典型洪水过程线的选择	94
二、典型洪水过程线放大方法	94
第七节 设计洪水的地区组成	97
一、设计洪水地区组成概念	97
二、洪水地区组成特性分析	98
三、设计洪水地区组成计算方法	99
第八节 汛期分期与施工设计洪水	100
一、汛期分期与施工设计洪水的概念	101
二、设计洪水的分期及选择	101
第九节 古代洪水在洪水设计中的作用	102
一、现行频率计算方法存在的问题	103
二、“古洪水”的研究	103
参考文献	108
第五章 用暴雨资料间接推求设计洪水	109
第一节 降雨的基本知识	109
一、降雨的形成与分类	109
二、降雨特征表示法	111
三、与降水有关的气象因素	112
四、我国降水量时空分布及规律	116
五、面雨量的计算	117
第二节 暴雨资料的整理	118
一、暴雨特性分析	118
二、暴雨资料的整理	119
第三节 设计面的暴雨量	121
一、直接法推求设计面的暴雨量	121
二、间接法推求设计面的暴雨量	123
第四节 设计暴雨时空分配的计算	125
一、设计“面暴雨”的时程分配	125
二、设计“面暴雨”的地区分布	127
第五节 “等流时线法”汇流计算	127
一、“等流时线法”汇流的基本概念	128
二、“等流时线法”汇流的计算方法	129
第六节 经验单位线法汇流计算	130
一、经验单位线的概念	130
二、经验单位线的推求	131

三、经验单位线不同时段转换	134
四、经验单位线法存在问题及处理方法	135
第七节 瞬时单位线法汇流计算	137
一、瞬时单位线的推求	138
二、参数 n 、 K 的确定	139
三、瞬时单位线转换为实用单位线	141
第八节 地下的净雨量汇流计算	143
一、“概化三角形法”	143
二、线性水库演算法	144
第九节 设计洪水计算中相关问题	145
一、计算方法的外延	145
二、计算方法的移用	146
三、设计土壤含水量	146
参考文献	149
第六章 小流域洪水设计的基本方法	150
第一节 小流域洪水设计的概述	150
一、小流域洪水设计特点与要求	150
二、小流域洪水设计的主要方法	151
第二节 暴雨公式与设计暴雨的推求	151
一、暴雨公式的建立与应用	152
二、无暴雨资料地区参数确定与设计雨量的计算	154
三、设计暴雨时程分配	154
四、设计净雨量的计算	154
第三节 推理公式法设计洪峰流量	155
一、推理公式的基本形式	155
二、我国水科院公式	156
第四节 洪峰流量设计的地区经验公式法	162
一、单因素公式	162
二、多因素公式	163
第五节 设计洪水过程线的推求	164
一、“概化过程线法”	164
二、综合经验单位线法	164
三、瞬时综合单位线法	166
参考文献	167
第七章 水库防洪的计算方法	168
第一节 水库防洪概述	168
一、水库的调洪作用	168
二、水库调洪方式	170
三、水库调洪计算的任务	171
第二节 水库调洪计算	171
一、水库泄流建筑物的泄流能力	172

二、水库调洪计算原理	172
三、水库调洪计算方法	173
第三节 水库防洪计算	180
一、水库防洪计算的主要任务	180
二、溢洪道无闸门控制水库的防洪计算	180
三、溢洪道有闸门控制水库的防洪计算	182
第四节 泄洪水库防洪计算	185
一、水库的非常泄洪设施	185
二、非常泄洪设施的启用标准	186
三、启用非常泄洪设施时的调洪计算	186
四、方案比较和选择	187
第五节 入库洪水计算	187
一、入库洪水计算概述	188
二、入库洪水计算方法	189
三、入库设计洪水计算	193
参考文献	193
第八章 可能最大洪水的估算	194
第一节 可能最大洪水概述	194
第二节 大气中的可降水量	195
一、大气中的可降水量 W	195
二、可降水量 W 计算方法	196
第三节 可能最大暴雨计算方法	197
一、形成暴雨的物理条件和降水量公式	197
二、PMP 计算方法分类	199
第四节 当地暴雨放大法	199
一、典型暴雨的选择	200
二、典型暴雨可降水量的计算	200
三、最大可降水量的计算	201
四、计算水汽放大倍比	201
五、估算效率放大倍比	202
第五节 暴雨移置法	202
一、移置的条件	202
二、移置的具体步骤	203
三、移置改正	204
第六节 暴雨组合法	205
一、暴雨组合法概念	205
二、组合暴雨的方法	206
三、组合暴雨的极大化	206
四、暴雨时空放大	207
第七节 可能最大暴雨等值线图集的应用	207
一、可能最大暴雨等值线图	207

二、暴雨三要素的关系	207
三、暴雨时程分配	208
第八节 可能最大洪水的推求	209
一、净雨量过程的计算	209
二、洪水过程线的计算	209
参考文献	210
第九章 水利防洪工程	211
第一节 水利防洪工程的措施	211
一、防洪工程措施	212
二、非工程措施	213
第二节 水土保持防洪工程	217
一、水土流失的基本概念	218
二、我国水土流失的概况	219
三、水土保持的主要措施	221
四、水土保持的发展途径	224
五、我国的“十二五”水土保持工作	224
第三节 河道堤防防洪工程	226
一、我国的堤防及其类型	226
二、堤防工程设计方法与步骤	228
三、堤防的护坡工程	234
四、堤防的管理养护	235
第四节 河道分洪防洪工程	236
一、分洪工程的作用与组成	236
二、分洪道工程设计	238
三、蓄（滞）洪区	239
四、分洪闸工程	240
五、泄洪水闸工程	245
第五节 水库防洪工程	246
一、水库防洪调度的主要方式	247
二、不考虑预报的防洪调度方式	247
三、考虑短期水文预报的防洪调度方式	248
四、防洪补偿调节方式	249
五、分期洪水防洪调度	250
六、防洪系统的联合调度	251
七、水库非常运用防洪调度中的问题	251
八、拟定防洪调度方式时应考虑的问题	252
第六节 河道整治防洪工程	253
一、河道整治任务、要求及原则	254
二、平原河道的整治措施	255
三、河道整治建筑物	263
参考文献	269

第十章 我国防洪减灾体系	270
第一节 我国洪涝灾害及其特点	270
一、洪水及其种类	271
二、洪水灾害影响因素	272
三、我国洪水灾害的特点	273
第二节 我国防洪减灾体系	275
一、我国防洪减灾体系的历史	275
二、我国防洪减灾体系建设与发展	276
三、我国现代防洪减灾体系	277
第三节 防洪工程与非工程体系	278
一、防洪工程体系	279
二、防洪的非工程措施	281
第四节 我国防洪组织与管理体系	294
一、行政首长防汛责任制为核心的防汛责任制体系	295
二、各级防汛指挥部及其办事机构	295
三、防汛抗洪指挥支持体系	295
四、国外防洪组织体系	296
第五节 防洪应急响应体系	296
第六节 “3S” 技术在防洪减灾中的作用	297
一、空间信息技术	297
二、防洪减灾的现代化	302
三、空间信息技术在防洪减灾中的作用	303
四、空间信息技术在防洪减灾中的应用趋势	305
参考文献	306
附录	307
附录 1 频率格纸样式	307
附录 2 皮尔逊Ⅲ型频率曲线的离均系数 Φ_p 值表	308
附录 3 皮尔逊Ⅲ型频率曲线的模比系数 K_p 值表	309
附录 4 三点适线法 S 与 C_s 关系表	311
附录 5 三点适线法 C_s 与有关 Φ 值的关系表	312
附录 6 瞬时单位线法 S 曲线查用表	314
附录 7 1000hPa 地面到指定高度 (高出地面米数) 间饱和假绝热大气中的可降水量 (mm) 与 1000hPa 地面露点 ($^{\circ}\text{C}$) 函数关系表	320
附录 8 1000hPa 地面到指定压力 (hPa) 间饱和假绝热大气中的可降水量 (mm) 与 1000hPa 地面露点 ($^{\circ}\text{C}$) 函数关系表	322

第一章

洪水设计与防洪绪论

暴雨洪水是由较大强度的降雨而形成的，在我国它是最主要的洪水。暴雨洪水也是暴雨引起的江河水量迅速增加并伴随水位急剧上升的一种自然现象。它常造成江河沿岸的河谷、冲积平原及河口三角洲、海岸地带的淹没，从而形成一定程度的灾害。

洪水灾害是伴随着人类的出现以及人类的经济和社会活动而产生的。因此，洪水灾害不仅仅表现为一种自然灾害，而且具有自然属性与社会属性的双重性。洪水灾害的自然属性强调洪水灾害的自然破坏力对人类社会造成的危害与损失；洪水灾害的社会属性则强调由于人类社会的主客观原因和社会行为的失调导致和加剧洪水灾害的形成。

第一节

洪水概念及影响因素

水是地球上最有利用的资源之一，是包括人类在内所有生命生存的重要资源，也是生物体最重要的组成部分。水在生命演化中起到了重要的作用。人类很早就开始对水产生了认识，东西方古代朴素的物质观中都把水视为一种基本的组成元素。大部分时间，水是非常温和友善的，但是，如果水量过大则会成灾，就会冲翻汽车、毁坏房屋，甚至造成巨大伤亡。据有关资料报道，仅仅在最近一百年中，洪水就夺去了人类数百万条生命，超过了其他任何天气现象。

一、洪水的基本概念

水灾泛指洪水泛滥、暴雨积水和土壤水分过多对人类社会造成的灾害而言。一般所指的水灾，以洪涝灾害为主。水灾威胁人民生命安全，造成巨大财产损失，并对社会经济发展产生深远的不良影响。防治洪水灾害已成为世界各国保证社会安定和经济发展的重要公共安全保障事业。但是，要想根除洪水灾害是困难的，至今世界上洪水灾害仍是一种影响最大的自然灾害。

洪水是指在江河断面发生的历时较短、流量较大、水位陡涨陡落的一种水流运动，它往来势凶猛，具有很强的破坏力，一旦江河的堤坝出现漫溢或溃决，便会造成洪水灾害。洪水灾害是人类最可怕的自然灾害之一。由于我国特殊的地理位置、地形特性和气候条件，使我国的洪水发生频繁，成为世界上洪水灾害出现频次最高的国家之一，频繁的洪水灾害每年都给社会和人民的生命财产造成巨大损失。由此可见，我国目前面临的防洪任务仍然十分艰巨。

根据我们现在所具备的能力，自然灾害在一般情况下还是不可抗拒的，尤其是暴雨洪水

是不受人们支配而随机发生的客观现象。但是,现代水利科技也告诉我们,水资源具有利害两重性,水利工作者的主要任务就是要趋利避害,在经济、技术和力量条件允许的情况下,应尽最大可能减少或避免洪水灾害,确保防护目标安全是防洪防汛工作的第一要务。

洪水灾害的形成受气候、下垫面等自然因素与人类活动因素的影响。对于洪水的分类,从洪水发生的地区不同,可分为河流洪水、湖泊洪水、潮汐洪水等;从形成洪水的原因不同,可分为暴雨洪水、融雪洪水、冰凌洪水、山丘洪水、溃坝洪水等。

暴雨洪水是最常见威胁最大的洪水。它是由较大强度的降雨形成的,简称雨洪。我国受暴雨洪水威胁的主要地区有 73.8 万平方千米,耕地面积 3333 万余平方千米,分布在长江、黄河、淮河、海河、珠江、松花江、辽河等 7 大江河下游和东南沿海地区。河流洪水的主要特点是峰高量大,持续时间长,灾害波及范围广。近代的几次大型水灾,如长江 1931 年和 1954 年大水、珠江 1915 年大水、海河 1963 年大水、淮河 1975 年大水等,都是这种类型的洪水。

山丘洪水是山区或丘陵溪沟中发生的暴涨暴落的洪水。由于山区地面和河床坡降都较陡,降雨后产流和汇流都较快,形成急剧涨落的洪峰。所以山洪具有突发性、水量集中、破坏力强等特点,但一股灾害波及范围较小。这种洪水如形成固体径流,则称作泥石流,也是对人类危害较大的一种洪水。

融雪洪水主要发生在高纬度积雪地区或高山积雪地区。融雪洪水是由积雪融化形成的洪水,简称为雪洪。融雪洪水在春、夏两季常发生在中高纬度地区和高山地区。影响雪洪大小和过程的主要因素是:积雪的面积、积雪深度、积雪密度、持水能力和雪面冻结深度,融雪的热量,积雪场地的地形、地貌、方位、气候和土地使用情况。这些因素彼此之间有交叉影响。

冰凌洪水是指河流中因冰凌阻塞和河道内蓄冰、蓄水量的突然释放,而引起的显著涨水现象。它是热力、动力、河道形态等因素综合作用的结果。冰凌洪水在我国主要发生在黄河、松花江等北方江河上。由于某些河段由低纬度流向高纬度,在气温上升,河流开冻时,低纬度的上游河段先行开冻,而高纬度的下游处仍然在封冻,上游河水和冰块堆积在下游河床,从而形成冰坝,也容易造成灾害。在河流封冻时也有可能产生冰凌洪水。

溃坝洪水是大坝或其他挡水建筑物发生瞬时溃决,水体突然涌出,造成下游地区灾害。这种溃坝洪水虽然范围不太大,但破坏力很大。此外,在山区河流上,在地震发生时,有时山体崩滑,阻塞河中流水,形成堰塞湖。一旦堰塞湖溃决,也形成类似的洪水。这种堰塞湖溃决形成的地震次生水灾的损失,往往比地震本身所造成的损失还要大。

在通常情况下,江河暴雨洪水是危害最大、也是最常见的洪水类型,因此,洪水设计与防治主要涉及江河暴雨洪水。我国幅员辽阔,除沙漠、戈壁和极端干旱区及高寒山区外,大约 2/3 的国土面积存在着不同类型和不同危害程度的洪水灾害。如果沿着 400mm 降雨等值线从东北向西南划一条斜线,可以将国土分为东西两部分,那么东部地区是我国防洪水灾害的重点地区。

洪水的大小通常用洪峰流量、洪水历时及洪量来定量表述,称为“洪水三要素”。洪峰流量是指洪水通过某一江河断面时所产生的最大流量,通常用 m^3/s 表示;洪水历时是指洪水通过江河某一断面从起涨到消退的行洪时间,通常用 d 或 h 表示;洪量是指一次洪水的总水量,通常用 m^3 表示,也可以折算成流域的平均水深,用 mm 表示。在同一条河流上,洪水越大其破坏力也越强。

为了更具体地描述洪水特征和满足防洪工程设计的需要,通常采用洪水过程线进行定量描述。当流域上发生暴雨时,在流域各处所形成的地面径流都依其远近先后汇入河道,当近处的地面径流汇入时,河水流量开始增加,水位相应上涨,这就是洪水起涨之时,随着远处的地表径流陆续流到河水流量和水位继续上涨,及至大部分高强度的地表径流汇入时,河水流量增至最大值,称为洪峰流量,其相应的最高水位,称为洪峰水位。此后,洪峰流量和水位逐渐下降,到暴雨停止后的一段时间,河水流量及水位即回落。如在方格纸上以时间为横坐标,以江河的水位或流量为纵坐标,可以绘出从起涨到峰顶到落尽的整个过程曲线,称为洪水过程线。这条曲线表示在行洪的过程中洪水流量随时间的变化过程。

二、影响洪水的因素

影响江河洪水的因素是多方面的,洪水的产生及洪水的大小,也是多种因素综合的结果。通过实际观测证明,对洪水影响较大的因素大体上可分为两大类:一类是自然降雨因素;另一类是下垫面因素。了解洪水的影响因素,对洪水设计与防治是有益的,也是不可缺少的^[1]。

(一) 自然降雨因素

自然降雨是影响洪水的主要因素,也是构成江河洪水的主要来源。大气降雨与气象条件有关,气象条件又受到大气环流、太阳辐射及天体运动所制约,往往会产生不同的天气过程而致雨,如气旋雨、对流雨、锋面雨和台风雨等。随着气旋或低压过境而产生的降雨,称为气旋雨,它是我国各季降雨的重要天气系统之一。近地面层空气受热或高层空气强烈降温,促使低层空气上升,水汽冷却凝结,就会形成对流雨。锋面活动时,暖湿气流在上升过程中,由于气温不断降低,水汽就会冷却凝结,成云致雨,这种雨则称为锋面雨。热带海洋上的风暴带来的降雨,称为台风雨。

气象条件决定了降雨特性,降雨特性一般用降水“三要素”表示。所谓降水“三要素”,是指在一次天气过程中,所产生的降水总量(mm)、降雨历时(h)及降雨强度(mm/h或mm/min)。降雨特性是形成洪水的主导原因,雨量大、强度大的暴雨,自然要比雨量少、强度小的暴雨产生的洪水概率和程度大。另外,暴雨的时空分布对洪水也有重要影响,如先小后大的降雨过程,要比先大后小的降雨过程产生的洪水要大;暴雨中心发生在流域中下游形成的洪水,必然要比发生在中上游时形成的洪水大;暴雨中心从上游向下游移动时,要比从下游向上游移动时所产生的洪水大。

降雨特性受控于降雨形成机制的两个主要气象要素:一是产生空气上升冷却的动力因子;二是空气中水汽的含量及补给来源。我国绝大多数江河的汛期主要是伏汛和秋汛,称为主汛期。这因为在夏季和秋季大气活动十分活跃,形成动力上升的天气系统频发,同时也是空气中水汽含量最高的季节,所以也是暴雨多发的季节。

在我国虽然各大江河的主汛期不完全同步,但多数都在每年5~9月降雨期的范围内,并且多集中在夏季6~8月的3个月中,有时候1~2个月的降水量可达全年降水量的25%~55%,甚至1个月的降水量几乎由几次大的降水过程所决定。所以,洪水的发生一般与暴雨的发生在季节上基本上是同步的,这种现象在北方地区尤其明显。如1963年海河流域大面积降雨,最大一天的降雨量达到865mm,超过了地当多年平均年降水量,造成了十分罕见的洪涝灾害。

我国东南沿海地区,降水与台风有密切关系。江淮一带的梅雨季节,常常会出现台风暴雨或特大暴雨。如1954年长江流域的梅雨季节,出现大范围持续性降雨,同时遇淮河河水上涨,致使江淮地区遭受重大洪灾。1975年8月,强台风在我国登陆,深入到河南省驻马店地区的林区一带,出现了24h降雨量达到1060mm的特大暴雨,导致多个水库溃坝,洪水泛滥成灾,造成巨大损失。2006年,台风在浙江、福建沿海一带多次登陆,出现多次特大暴雨而形成洪灾,也造成了很大的损失。

(二) 下垫面因素

下垫面是指与大气下层直接接触的地球表面。大气圈以地球的水陆表面为其下界,称为大气层的下垫面,它是影响气候的重要因素之一。下垫层因素包括地质、地貌、植被、土壤水分、湖泊及流域面积等。另外,人类活动对下垫层条件产生一定程度的扰动,也会间接地对洪水产生影响。

1. 地质条件

地质条件主要包括土壤的发育厚度、层次分布、颗粒组成、结构及岩层的水理性质等,以上这些方面都直接影响土壤的空隙性、透水性、持水性和给水性。地质条件关系到流域的产汇流机制,对于洪水径流成分的组成比例有重要的影响和作用。透水性好、持水性差的土壤,能够产生较大的地下径流;反之,透水性差、持水性好的土壤,产生的地下径流就少。由于地下水汇流十分缓慢,所以当地下径流较大时,河道中的洪水往往历时较长、洪峰较小,有利于形成“肥胖形”的洪水过程。

2. 地貌条件

地貌条件主要指流域内的地形起伏变化和流域的平均坡度,它对流域汇流有着重要影响。如果地形起伏变化大并且流域坡度也大,地表径流和地下径流速度较快,有利于形成“尖瘦形”的洪水过程。另外,高大的山脉对迎面而来的暖湿气流产生抬升作用,导致成为地形雨,增加当地的降雨量。

在坡度较大的山区,遭遇暴雨时还容易发生地质灾害,如泥石流、山洪暴发、崩塌、滑坡、地裂缝、水土流失等,同时还会增加固体径流和洪流,更加剧了洪水的破坏力。

3. 植被条件

植被是覆盖地表的植物群落的总称,它是一个植物学、生态学、农学或地球科学的名词。植被条件是指植物的现存状况,包括乔木、灌木、草本植物及农作物等。对洪水影响作用的实际效果而言,植被主要是指森林植被。森林植被在地上,水在河湖中,而森林植被覆盖率下降,会导致河水减少甚至断流,这是因为森林植被和地下水有关,地下水又和河湖径流有关,当森林植被覆盖率下降的时候,地下水水位就要下降,这样一来河湖的水就要去补给地下水,从而造成河湖水位下降,甚至造成河流断流^[2]。

森林植被的好坏,可用森林的数量和质量指标进行定量描述。森林的数量指标通常采用覆盖率表示,即一个流域内或一个地区森林面积与总面积的比值,它反映了一个流域内或一个地区森林化程度的高低;森林的质量指标通常采用单位面积的林木蓄积量表示,它反映了森林植被的优劣状况和不同的林龄。如森林的覆盖率相同,发育良好的成熟林,其蓄积量较大,生长发育不好或中幼林的蓄积量较小。

洪水监测证明,森林植被如何不仅影响流域产流(洪量),而且影响流域汇流(洪水的峰值和洪水历时),特别是对洪水的调蓄作用比较明显。在森林植被数量多、质量好的流域