



普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

城镇防洪与雨洪利用

张 智 主编
吴济华 主审

中国建筑工业出版社

CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材

高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

城镇防洪与雨洪利用

张 智 主编

吴济华 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城镇防洪与雨洪利用/张智主编. —北京: 中国建筑工程出版社, 2008

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材
ISBN 978-7-112-10538-0

I. 城… II. 张… III. 城镇—防洪工程—高等学校—教材 IV. TU998.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 189753 号

**普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材**

城镇防洪与雨洪利用

张 智 主编

吴济华 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787 × 960 毫米 1/16 印张: 20 1/4 字数: 408 千字

2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-10538-0

(17463)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书是普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材，共分8章，主要内容有城镇防洪概论，设计洪水流量，城镇防洪总体规划，防洪工程措施，防洪工程管理，防洪工程评价，防洪非工程措施，雨洪利用。本书针对给水排水工程专业的特点，结合实例系统地阐述了基本理论与基本原理，使学生更易理解和掌握。

本书可作为给水排水工程、环境工程、城市交通和水利工程等相关专业的教材，也可作为工程技术人员的参考书。

* * *

责任编辑：王美玲

责任设计：郑秋菊

责任校对：梁珊珊 王雪竹

前 言

我国幅员辽阔，江河众多，洪水灾害频繁。全国约有35%的耕地、40%的人口和70%的工农业生产受到江河洪水的威胁。全国每年的洪灾造成直接经济损失，少则数百亿元，多则数千亿元。1998年，长江、松花江、闽江、珠江水系的西江均发生了特大洪水，触目惊心，当年洪灾造成直接经济损失2551亿元，占当年自然灾害总损失的85%。洪水灾害作为威胁人类生命财产的主要自然灾害之一，其发生频率之高、灾害范围之广及其对社会影响之大，在人类遭受的十五种自然灾害中均居首位。因此，防洪治水历来是各级政府的为政之首、安民之策和发展之要。

自1949年中华人民共和国成立以来，我国主要江河进行了大规模的防洪工程建设，共修建江河堤防27.8万km；建成水库8.5万座，总库容5184亿m³；水闸2.5万座；疏浚河道10万km；开辟蓄滞洪区97处，总面积达3.4万km²，总蓄洪容量近1000亿m³；治理水土流失面积86万km²。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，初步控制了大江大河的常遇洪水。所有这些防洪措施，有效地减少了洪水的酿灾机会及其致灾损失，为国家经济发展、人民安居乐业、社会稳定和生态环境改善提供了基本保障。但是，我们应当清醒地看到，洪水是一种不以人的意志为转移的自然现象，彻底根除洪水和期望洪灾不再发生的想法都是不现实的。因此，经济社会愈是发展与进步，防洪治水工作愈是要加强，防洪减灾将是一项长期而艰巨的任务。

近些年来，随着社会经济的发展，生产力水平的提高，社会财富和人口不断向城市集中，城市洪水灾害的损失呈不断增长的趋势。城市是国家和地区的政治、文化、经济中心和重要的交通枢纽，在整个国民经济中具有举足轻重的地位，其影响自然比一般地区重要，因此城镇的防洪历来是防洪的重点。搞好城镇防洪，不仅对于城镇具有重要意义，而且对于地区和国家经济发展具有重要作用。城镇的特点决定了一旦发生洪灾，可能造成的经济财产等损失要远远超过非城镇地区。历次较大的洪水灾害，城市的灾害损失都占有相当大的比例。因此，进行城镇防洪建设具有重要意义。

我国绝大多数城市都是分布在沿江河、滨湖滨海地区，经常受到洪水的威胁。历史上经常遭受洪水灾害。到2000年，中国有城市668座，其中有防洪任

务的城市 620 座。1949 年以来,我国在进行江河治理的同时,对一些沿江河湖海的重要城市进行了防洪工程建设和大规模的河道整治。20 世纪 80 年代起,全面开展城市防洪规划,把城市防洪规划逐步纳入江河治理规划和城市建设总体规划,1990 年制定了《城市防洪规划编制大纲》在全国各地试行。目前已有 80% 的城市完成了城市防洪规划。目前已建成城市防洪堤 1.6 万余 km,已有 236 座城市达到国家规定的防洪标准,还有很多城市没有达标,依然需要加强对防洪工程的建设。2006 年 11 月 20 日,“水利部关于加强城市水利工作的若干意见”(水政法[2006]510 号)指出长期以来由于对城市发展中的城市水问题认识滞后和重视不够,涉水规划与水利建设滞后于城市发展,综合功能提升滞后于规模发展,环境改善滞后于经济增长,出现了很多城市水利问题,迫切需要加强城市水利工作。城镇防洪是城市水利工作的重要组成部分,任重道远。

由于城镇防洪与一般的水利工程有共性,但其针对主题不同,两者存在一定的差异。水资源的短缺已成为共识,雨洪的资源化利用是节约水资源的发展趋势。目前还缺乏这类专门针对城镇防洪与雨洪利用的教材,该方向作为构成给排水工程(给排水科学与工程)专业完整课程体系的一部分,教材的缺失不利于给排水科学与工程专业的发展。因此,亟需一本系统性、专业性的教材来指导实践,以满足社会的发展对人才培养的需要。

因此,《城镇防洪与雨洪利用》被列入全国高等学校给排水工程专业指导委员会规划教材、普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材。在对国内外相关教材全面调研,并参阅了大量的文献资料以及工程实例的基础上完成了该教材的编著工作。教材内容注重理论性和实用性相结合,着力于基本概念、基本知识和基本技术的归纳性介绍。在介绍传统的、常规的、惯用的防洪治水方法与技术的同时,注意凸显近些年来在这方面的新思想、新方法和新技术,使本教材既继承传统,保留科学合理和行之有效的技术与经验,又与时俱进,注意吸纳国内外最新的思想与方法,做到言简意赅、通俗易懂、简明实用。较全面地概括了我国城镇防洪的现状和特点以及防洪的意义;全面系统地介绍了设计洪水流量的推求、城镇防洪的总体规划、防洪的工程措施和非工程措施、以及防洪工程的评价和管理;最后结合工程实际介绍了城市雨洪利用方面的内容。

本书由重庆大学张智担任主编,与华中科技大学陶涛、湖南科技大学任伯帜、重庆大学阳春、曾晓岚和北京建筑工程学院许萍共同编写完成。其中:第 1 章由张智、阳春编写,第 2、7 章由任伯帜编写,第 3、5 章由陶涛编写,第 4 章由曾晓岚编写,第 6 章由阳春、张智编写,第 8 章由许萍编写。书中部分资料的收集以及文字、图表编辑工作由陈杰云完成。全书由张智统稿。

中国市政工程西南设计研究院吴济华教授级高工担任本书主审。

本教材得到了重庆大学教材建设资金资助。

在教材编写过程中，许多专家给予了极大的帮助，对教材中的主要章节的内容提出很多宝贵的意见和建议。教材编写中参考了众多的文献资料，因疏漏可能未一一列全，对此深表歉意。对为教材编写提供帮助和支持的所有人员和所有参考文献的作者表示诚挚的谢意，教材编写的顺利完成，与他们的贡献与支持是分不开的。

由于本教材内容涉及学科多，内容广泛，并限于编者的水平，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正，以促不断完善。

目 录

第1章 城镇防洪概论	1
1.1 洪灾及其防治	1
1.2 城镇防洪的重要意义	18
思考题	23
第2章 设计洪水流量	24
2.1 水文频率计算基本方法	24
2.2 利用实测流量资料推求设计洪水流量	32
2.3 洪水调查与推算设计洪水流量	47
2.4 由暴雨资料推求设计洪水流量	52
2.5 推算小流域面积设计洪水流量	61
思考题	76
第3章 城镇防洪总体规划	77
3.1 城镇防洪总体规划概述	77
3.2 城镇防洪总体规划设计的基础资料	85
3.3 城镇防洪能力	86
3.4 城镇防洪设计防洪标准	88
思考题	104
第4章 防洪工程措施	105
4.1 堤防	105
4.2 护岸与河道整治	126
4.3 城镇山洪防治与排涝	142
4.4 防洪闸与交叉构筑物	155
4.5 泥石流防治	162
思考题	175
第5章 防洪工程管理	176
5.1 防洪工程管理原则及内容	176
5.2 防洪工程管理组织与措施	177
思考题	190

第6章 防洪工程评价	191
6.1 环境影响评价	191
6.2 防洪工程经济评价	197
6.3 防洪工程综合评价	211
思考题	220
第7章 防洪非工程措施	221
7.1 概述	221
7.2 洪泛区管理	225
7.3 洪水保险	228
7.4 洪水预警系统	230
7.5 洪水抢险	233
思考题	238
第8章 雨洪利用	239
8.1 概述	239
8.2 雨洪利用规划设计与管理	248
8.3 工程实例	291
思考题	297
附 录	
全国各省(市、自治区)设计流量 $Q_m - F$ 外包线	298
主要参考文献	312

第 1 章 城镇防洪概论

据有关部门研究,我国到 21 世纪中叶人口将达到零增长,届时人口总数可达 16 亿左右,经济发展将达到中等发达国家的水平,城市人口占全国人口的 70% 左右,国内生产总值的 90% 可能集中于城市。因此,城市的安全将是整个社会经济持续稳定发展的关键因素。我国大中城市约 90% 濒临江河海洋,都受到一定程度洪水的威胁,可能造成巨大的经济损失。随着城市化进程的加快,大批中小城镇蓬勃兴起,其中大多数城镇在进行城市规划建设时没有充分考虑防洪要求,存在很大的洪灾风险。“十一五”全国水利规划计划中,明确将涉及人民群众生命财产安全领域的研究作为工作的重心。在这样的背景下,有关城镇防洪减灾方面课题的研究已经成为我国 21 世纪可持续发展的重大课题,越来越引起人们的重视。

1.1 洪灾及其防治

洪水是指河湖在较短时间内发生的流量急剧增加、水位明显上升的水流现象。洪水有时来势凶猛,具有很大的自然破坏力,淹没河中滩地,漫溢两岸堤防。因此,研究洪水特性,掌握其发生与发展规律,积极采取防治措施,是研究洪水的主要目的。

洪水最主要的特性有:涨落变化、汛期、年内与年际变化等。

涨落变化:一次洪水过程,一般有起涨、洪峰出现和落平 3 个阶段。山区内陆河流河道坡度陡、流速大,洪水涨落迅猛;平原河流坡度缓、流速小,涨落相对缓慢。大江大河由于流域面积大,接纳众多支流洪水往往出现多峰,而中小流域,则多单峰;持续降雨往往出现多峰,孤独降雨多出现单峰。冰雪融化补给的河流,由于热融解过程缓慢,形成的洪水也缓涨缓落,有时一次洪水延续整个汛期。冰凌洪水,由于冰冻融解或冰坝溃决,水流相应呈现缓慢或突然泄放。溃坝洪水和山洪,具有猝发性,大量水体有时伴以沙石,以很高的水头奔腾而下,破坏力极大。

汛期:汛期即发生洪水的季节,有春汛、伏汛、秋汛和凌汛之分。中国幅员辽阔,气候的地区差异很大,因此各地汛期很不相同,但有明显规律。

年内与年际变化:每年发生的最大洪水流量与年平均流量的比值,可作为表示洪水年内大小的一个指标。该比值在中国各地有很大的差异。从大范围来看,

最大比值出现在江淮地区,一般达20~100,有的可达300~400。这是由于该地区正处于南北暴雨天气变化的过渡地带。其次是黄河、辽河部分地区,比值一般在40~150。最小的比值发生在青藏融雪补给区,仅为7~9。洪水的年际变化也很大,对比河流多年最大流量的最大值与最小值的比值,可以看出洪水年际变化状况。以海滦河流域为例,滦河潘家口,流域面积33700km²,比值为63;潮白河密云,流域面积15780km²,比值为146;清漳河匡门口,流域面积5090km²,比值为129;子牙河朱庄,流域面积1220km²,比值高达856。小流域的年际变化更大。南方河流一般小于北方河流。

1.1.1 城镇洪水分类

洪水分类方法很多。如按洪水发生季节分:春季洪水(春汛)、夏季洪水(伏汛)、秋季洪水(秋汛)、冬季洪水(凌汛);按洪水发生地区,分为山地洪水(山洪、泥石流)、河流洪水、湖泊洪水和海滨洪水(如风暴潮、天文潮、海啸等);按洪水的流域范围,分为区域性洪水与流域性洪水;按防洪设计要求,分为标准洪水与超标准洪水,或设计洪水与校核洪水;按洪水重现期,分为常遇洪水(小于20年一遇)、较大洪水(20~50年一遇)、大洪水(50~100年一遇)与特大洪水(大于100年一遇);按洪水成因和地理位置的不同,常分为暴雨洪水、融雪洪水、冰凌洪水、山洪以及溃坝洪水、海啸、风暴潮等。

在上述分类方法中,最为常用的是按洪水成因所划分。现就各类洪水情况分别介绍如下。

(1) 暴雨洪水

由暴雨通过产流、汇流在河道中形成的洪水。中国是多暴雨的国家,暴雨洪水的发生很频繁,造成的灾害也很严重。因此,研究暴雨洪水的特性及其规律,采取有效的防洪措施,最大限度地缩小洪水灾害,是研究暴雨洪水最主要的目的。

成因:集中地降落在流域上的暴雨形成的洪水,暴雨结束,并不随之终止,而要继续一段时间,历时长短视流域大小、下垫面情况与河道坡降等因素而定。洪水大小不仅同暴雨量关系密切,且与流域面积、土壤干湿程度、植被、河网密度、河道坡降以及水利工程设施有关。在相同的暴雨条件下,流域面积愈大,承受的雨水愈多,洪水愈大;在相同暴雨和相同流域面积条件下,河道坡度愈陡、河网愈密,雨水汇流愈快,洪水愈大。此外,还有影响暴雨洪水的其他因素,洪水也不一定相同。例如,暴雨发生前土壤干旱,吸水较多,形成的洪水就小,在久旱得雨的北方干旱与半干旱地区这种现象尤为突出。海河流域太行山麓山前地带,因多年干旱,大量超采,地下水水位大幅度下降,土壤含水量很小,偶遇200mm的暴雨亦难产生大量径流。水库工程和水土保持工程可以拦蓄部分暴雨洪

水,而开挖河道则可使水流通畅,增加沿河洪峰流量,减少洪涝灾害。

暴雨洪水的影响因素如下:

1) 天气过程:大流域的大洪水,一般由长历时的天气过程所造成,中小流域的大洪水,则往往由短历时或局地强暴雨所造成。

2) 暴雨中心的位置:暴雨中心偏于流域上游时,洪峰流量较小;暴雨中心偏于下游时,洪峰流量较大。

3) 暴雨中心移动的方向:暴雨中心移动方向沿河而上时,洪峰流量较小,反之较大。1983年7月底至8月初,汉水上游发生了大暴雨,其量级与1974年9月暴雨相当,但因暴雨中心移动方向系顺河而下,致使各支流洪水在安康一带遭遇,形成特大洪水,洪峰流量高达 $11000\text{m}^3/\text{s}$,较1974年洪峰高出 $7600\text{m}^3/\text{s}$,造成安康城毁灭性灾害。

4) 流域下垫面条件:在植被较好的地区,特别是林区的河流,洪水涨落平缓,洪峰模数(单位面积产生的洪峰流量)明显减少;而在植被较差地区的河流,如黄土流失地区,一遇暴雨,水沙俱下,洪峰模数很大。在岩石裸露或土层很薄的地区,下垫面的吸水能力很差,易于形成暴雨洪水。1977年8月,在内蒙古与陕西交界处发生了特大暴雨,调查的12d暴雨量高达世界纪录的外包线,但由于降落在沙漠边缘,并未形成特大洪水。

(2) 融雪洪水

流域内积雪(冰)融化形成的洪水。高寒积雪地区,当气温回升至 0°C 以上,积雪融化,形成融雪洪水。若此时有降雨发生,则形成雨雪混合洪水。融雪洪水主要发生在大量积雪或冰川发育的地区。

从物理观点来看,融雪是热动力过程,可用能量平衡方法进行研究。融雪热来自辐射,以及大气、土壤、雨水和水汽凝结释放的热量。来自太阳的辐射热量,一部分被雪面反射到天空或被风吹散,剩余部分热量耗于蒸发和促使积雪融化。除了净辐射外,影响融雪的因素还有气温、湿度、风速与降水等。

在高纬度寒冷地带,气温转暖后,白天气温超过 0°C ,积雪融化促使河水上涨,晚间气温下降至 0°C 下,积雪停止消融,洪水渐退。次日又重复出现上述过程。洪水每日的涨落很有规律,形成锯齿形洪水过程。由于积雪融化有一个较长的过程,因此,融雪洪水并不与积雪融化同时发生,而要滞后一段时间,且洪水过程亦较长。在此期间,若发生降雨,雨水将使雪的热容量与毛管持水容量降低,从而促使积雪急速消融和软化。例如,对于深为 30cm 、雪温为 -3°C 、密度为 $0.24\text{g}/\text{cm}^3$ 的积雪,当遇温度为 0°C 、强度为 $1\text{mm}/\text{h}$ 的降雨时,雨水将以每小时 0.6°C 的幅度提高积雪的温度,这对于积雪的软化具有明显的效用。因此,在积雪融化季节又遇暴雨,往往会在同量级的融雪洪水上增加暴雨洪水,形成更大的雨雪混合洪水。

中国新疆与黑龙江等地区往往发生融雪洪水。美国、加拿大、俄罗斯的一些地区,春季积雪大量融化,如在这时遇到暴雨,则在量大、历时长的融雪径流之上,又增加高峰的暴雨洪水,可以酿成更大的融雪洪水。

(3) 冰凌洪水

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。按洪水成因,可分为冰塞洪水、冰坝洪水和融冰洪水三种。

冰塞洪水:河流封冻后,冰盖下冰花、碎冰大量堆积,堵塞部分过水断面,造成上游河段水位显著壅高。当冰塞融解时,蓄水下泄形成洪水过程。冰塞常发生在水面比降由陡变缓的河段。大量的冰花碎冰向下游流动,当冰盖前缘处的流速大于冰花下潜流速时,冰花碎冰下潜并堆积于冰盖下面形成冰塞。冰塞洪水往往淹没两岸滩区的土地村庄,甚至决溢大堤。例如,1982年1月,中国黄河中游龙口——河曲河段发生大型冰塞,冰塞体长30km,最大冰花厚度9.3m,壅高水位超过历史最高洪水位2m多,局部河段高出4m以上,给当地工农业生产造成重大损失。

冰坝洪水:冰坝一般发生在开河期,大量流冰在河道内受阻,冰块上爬下插,堆积成横跨断面的坝状冰体,严重堵塞过水断面,使坝的上游水位显著壅高,当冰坝突然破坏时,原来的蓄冰和槽蓄水量迅速下泄,形成凌峰向下游推进。

在北半球,冰坝洪水多发生在由南向北流的河段内,由于下游河段纬度高,封冻早、解冻晚、封冻历时长、冰盖厚;而上游河段因纬度低,封冻晚、解冻早、封冻历时短、冰盖薄。当河段气温突然升高,或上游流量突然增大,迫使冰盖破裂形成开河,上游来水加上区间槽蓄水量,携带大量冰块向下游流动,但下游河段往往处于固封状态,阻止冰水下泄,形成冰坝,使坝的上游水位迅速壅高。当冰坝发展到一定规模,承受不了上游的冰、水压力时,便突然破坏,同时沿程又汇集更多的水量冰量,向下游流动,在下游的弯曲、狭窄及固封河段又会形成冰坝。冰坝的形成和破坏阶段常造成灾害,轻则流冰撞毁水工建筑物,淹没滩区土地、村庄,重则大堤决溢。

冰坝洪水形成的主要条件:

- 1) 上游河段有足够数量和强度的冰量。
- 2) 具有输送大量冰块的水流条件。
- 3) 下游河道有阻止大量流冰的边界条件,如河道比降由陡变缓处,水库回水末端,河流入湖、入海地区,河流急弯段,稳定封冻河段及有冰塞的河段等。

冰坝洪水的特点:

- 1) 流量不大、水位高。

2) 凌峰流量沿程递增。

3) 冰塞冰坝壅水段水位涨率快、幅度大。

融冰洪水：封冻河流或河段主要因热力作用，使冰盖逐渐融解，河槽蓄水缓慢下泄而形成的洪水。融冰洪水水势较平稳，凌峰流量亦较小。

(4) 山洪

流速大，过程短暂，往往夹带大量泥沙、石块，突然爆发的破坏力很大的小面积山区洪水。山洪主要由强度很大的暴雨、融雪在一定的地形、地质、地貌条件下形成。在相同暴雨、融雪的条件下，地面坡度愈陡，表层物质愈疏松，植被条件愈差，愈易于形成。由于其突发性，发生的时间短促并有很大的破坏力，山洪的防治已成为许多国家防灾的一项重要内容。

山洪的分类：山洪按径流物质和运动形态，可分为普通山洪和泥石流山洪两大类。普通山洪以水文气象为发生条件。在遇到暴雨或急剧升温情况下，易于形成暴雨山洪、融雪山洪或雨雪混合山洪。这种山洪的泥石含量相对较少，其密度一般小于 1.3t/m^3 （稀性泥石流），流速很大，有时高达 $5\sim 10\text{m/s}$ ，甚至更高。它对河槽的冲蚀作用很强，基本上不发生河槽沉积。在以裸露基岩为主的石山区，最易于发生这种山洪。泥石流山洪是山洪的一种特殊形态，除水文气象因素外，还需要表层地质疏松为条件。从力学观点区分，泥石流有重力类和水动力类两种主要类型。重力类泥石流是坡面上松散的土石堆积物发生失稳和突然滑动的现象。雨水侵入虽为重要原因，但它不一定与洪水同步发生，其运动范围亦较小。水动力类泥石流发生于暴雨期间，与洪水同步发生，称泥石流山洪。泥石流山洪的泥石含量很高，密度一般为 1.3t/m^3 （稀性泥石流） $\sim 1.5\text{t/m}^3$ （稠性泥石流），甚至超过 2t/m^3 。山洪尤其是泥石流山洪，冲毁村镇、农田、林木、铁路、桥梁、并淤堵河川，能造成极严重的灾害。

山洪的分布：山洪多发生在温带和半干旱地带的山区。那里往往暴雨集中，表层地质疏松且植被稀疏，具备易于形成山洪的条件。在湿润地区，由于植被较密，岩石风化较弱，一般不易发生山洪。在干旱地区，暴雨条件不足，亦难发生山洪。中国的山洪分布很广，除干旱地区以外的山区均有发生，尤以淮河、海河和辽河流域的山区最为强烈。泥石流山洪主要分布在西南、西北和华北地区，其他地区也有零星分布。

山洪的防治：山洪的破坏力极强，可以采取工程措施与非工程措施防治山洪。但是，诸如排洪道、谷坊、丁坝、防护堤、水土保持等只能在一定程度上抵御或缓解山洪。许多国家比较倾向于在采取适当工程措施的同时，采取非工程措施，防御山洪，避开山洪。非工程措施主要包括编制山洪风险图表，超短期山洪预警预报以及撤退、救灾等。特别是山洪风险图表，它根据山洪的量级、致灾的严重程度划分成不同的风险度，勾绘出具有不同风险度的风险地区和范围，向受

山洪威胁地区的政府部门与居民提供土地利用、工程防护措施规划、居民搬迁等重要信息。

(5) 溃坝洪水

水坝、堤防等挡水构筑物或挡水物体突然溃决造成的洪水。溃坝洪水具有突发性和来势汹涌的特点，对下游工农业生产、交通运输及人民生命财产威胁很大。工程设计和运行时，需要预估大坝万一失事对下游的影响，以便采取必要的措施。

溃坝原因及溃坝类型：

溃坝原因：

- 1) 自然力的破坏，如超标准特大洪水、强烈地震及坝岸大滑坡；
- 2) 大坝设计标准偏低，泄洪设备不足；
- 3) 坝基处理和施工质量差；
- 4) 运行管理不当，盲目蓄水或电源、通信故障等；
- 5) 军事破坏。

其中超标准洪水及基础处理问题是溃坝的主要原因。

坝的溃决，按溃决范围分为全溃和局部溃两类，按溃坝过程分为瞬间溃（溃坝时间很短）与逐渐溃。具体一个坝的可能溃决情况与坝型、库容、壅水高度原因有关。混凝土坝溃决时间很短，可认为是瞬间溃。土石坝溃决有个冲刷过程，有的长达数小时，为逐渐溃。拱坝溃决一般为全溃或某高程以上溃决，如法国马尔帕塞（Malpassant）拱坝。重力坝失事为一个坝段或几个坝段向下游滑动，如美国圣弗朗西斯（SanFrancis）重力坝。峡谷中的土石坝可以全溃，如中国石漫滩水库大坝；丘陵区河谷较宽，土坝较长，多为局部溃，如美国的蒂顿（Teton）坝和中国的板桥水库大坝。

溃坝初瞬，坝上游水位陡落，随时间推移，波形逐渐展平，相应水量下泄。溃坝后坝下游水位陡涨，高于常年洪水位几米甚至数十米，常出现立波，如一道水墙，汹涌澎湃向下游推进，流速可达到或超过 10m/s ，并引起强烈泥沙运动，对沿河桥梁及两岸房屋建筑破坏极大。经过较长的槽蓄及河道阻力作用，立波逐渐衰减，最终消失。

(6) 风暴潮

由气压、大风等气象因素急剧变化造成的沿海海面或河口水位的异常升降现象。风暴潮是一种气象潮，由此引起的水位异常升高称为增水，水位降低称为减水。风暴潮可分为两类：一类是由热带气旋（包括台风、飓风、热带低压等）引起的；另一类是由温带气旋及寒潮（或冷空气）大风引起的。热带气旋引起的风暴潮大多数发生在夏、秋两季，称为台风风暴潮。温带气旋引起的风暴潮主要发生在冬、春两季。这两类风暴潮的差异是：前者的特点是水位变化急剧，而后者

是水位变化较为缓慢,但持续时间较长。这是由于热带气旋较温带气旋移动得快,而且风和气压的变化也往往急剧的缘故。

风暴潮是一种长波的水体运动,其周期约为 $1\sim 100\text{h}$,介于低频天文潮与海啸周期之间。

世界上有许多国家受到风暴潮的影响,中国是频受风暴潮侵袭的国家之一。在南方沿海,夏、秋季节受热带气旋影响,多台风登陆;在北方沿海,冬、春季节,冷暖空气活动频繁,北方强冷空气与江淮气旋组合影响,常易引起风暴潮。由风暴潮引起的最大增水值一般为 $1\sim 3\text{m}$,最大可达 6.0m 左右。风暴潮可造成严重的自然灾害,毁坏沿海堤坝、农田、水闸及港口设施,使人民的生命财产遭受巨大损失。中国从20世纪60年代开始开展风暴潮预报研究,并在国家气象、海洋部门的组织领导下建立了风暴潮预报网。

(7) 海啸

由于海底地震(包括海底地壳的变动、火山爆发、海中核爆炸)造成的沿海地区水面突发性巨大涨落现象。在海岸地带因山崩、滑坡等使大量的泥沙、岩砾倾泻入海,也会引起海啸。这种海底地形短暂而剧烈的变化,使得邻近海面 and 海水压力相应发生变化而导致海啸。当海底地壳因地震而坍塌时,海水显示向坍塌处集中,之后在惯性力作用下使该处的海面形成高度不大、但范围很广的水面隆起。在重力作用下,该水面隆起部分就成为海面波动的动力因素,并发展成为海啸。当海底因地震而产生隆起时,则在该处的海面亦随之发生隆起,形成海面波动向四周传播。海底火山爆发时,喷出的大量岩浆抬高了海面,产生了从火山发源地向四周传播的巨大波动。水下核爆炸引起的海啸与其类似。

海啸为长波,在大洋中海啸震源的水面升高幅度大致在 $1\sim 2\text{m}$ 之间,但波长可达几十至几百千米,周期为 $2\sim 200\text{min}$,最常见的是 $2\sim 40\text{min}$,传播速度可达几百千米每小时。海水运动几乎可以从海面传播到海底附近,具有很大的能量。海啸在向大陆沿岸方向传播时,由于水深逐渐变浅,传播速度虽有所减缓,但因能量集中,使波高急剧增大而成为海啸巨浪,高度可达 $10\sim 15\text{m}$ 以上,给沿海工程建设和人民生命财产造成巨大的灾害。2004年发生在印度洋的海啸给多个沿海国家造成了毁灭性的灾难。

1.1.2 洪水来源

洪水的形成是某个地域在短时间内有大量的水进入,而暴雨、融雪、冰凌、山洪、溃坝、海啸、风暴潮等则是造成洪水的主要原因。不同的地域洪水的来源则各有不同,如山地山洪和暴雨是主要来源,而滨海地区风暴潮、海啸以及暴雨均为洪水的可能来源。各类洪水的发生与发展都具有明显的季节性与地区性。

中国大部分地区以暴雨洪水和山洪为主。

1.1.3 城市洪灾成因

城市洪灾的成因是多方面的,既受到地理地形、气候条件等许多自然因素的影响,也受到人类活动等人为因素的影响。

(1) 自然因素

1) 太阳辐射变化

火山爆发、日食、太阳黑子活动等都会引起太阳辐射的变化,从而导致大气环流出现异常变化,最终导致洪水的发生。有研究认为,在太阳黑子活动峰年,一方面太阳给大气输入的能量增多,以致大气热机功能加强;另一方面,在此时期,地壳因磁致伸缩效应和磁卡效应易产生形变和松动,地壳内的携热水汽易于泄出,并与大气过程配合,在此情况下易发生洪水。在太阳黑子活动谷年,磁暴减弱,地壳内居里点附近的生热效应降低,此时居里点附近的岩石就会因磁致伸缩效应而产生形变,它可触发地壳内一些不稳定地段发生变动,从而有利于发生大地震,使地下热气逸出,并与大气环流配合,形成洪水。

2) 自然地理位置

我国地处亚洲东部、太平洋西岸,地域辽阔,自然环境差异大,具有产生严重自然灾害的自然地理条件。地势西高东低,这使我国大多数河流向东或向南注入海洋。独特的地理位置和地形条件,使全国约有60%的国土存在着不同类型和不同程度的洪水灾害。东部地区城市洪灾主要由暴雨、台风和风暴潮形成,西部地区城市洪灾主要由融水和局部暴雨形成。

3) 气候水文因素

我国是典型的大陆性季风气候,受东南、西南季风的影响,降雨在时空分布上极不均匀,雨热同期,易旱易涝。洪涝灾害与各地雨季的早晚、降雨集中时段以及台风活动等密切相关。华南地区雨季来得早且长,夏、秋又易受到台风侵袭,因此是我国受涝时间最长、次数最多的地区。从季节来看,夏涝最多,春涝和春夏涝其次,秋涝再次,夏秋涝最少。长江中下游自4月出现雨涝,5月开始明显增强且主要集中于江南,6月为梅雨季节;黄淮海地区春季雨水稀少,一般无雨涝现象,7、8月雨涝范围较大,次数增加,占全年的70%~90%左右;东北地区雨涝几乎全部集中于夏季;西南地区由于地形复杂,洪涝出现的迟早和集中期不一样;西北地区终年雨雪稀少,很少出现大范围雨涝现象。

(2) 人为因素

我国城市洪灾的加重,其原因除了自然因素外,与人口的剧增、人类对自然界无止境的索取、掠夺,使环境恶化、灾害丛生有关,也与城市的规划、建设、管理等许多方面的失误有关。主要来自以下两个方面:一是城市洪灾承载体(不动产、动产、资源)迅速增多、价值迅猛提高;二是城市化速度的加快导致城市