

ZHONGXIAOXINGSHUIKU
FANGHONG
JIANZAI

中小型水库防洪减灾

庞毅 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中小型水库防洪减灾

庞毅 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目（C I P）数据

中小型水库防洪减灾 / 庞毅等编著. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-5170-1722-6

I. ①中… II. ①庞… III. ①中型水库—防洪②小型水库—防洪 IV. ①TV62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第019350号

书 名	中小型水库防洪减灾
作 者	庞毅 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 12. 75 印张 302 千字
版 次	2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—1200 册
定 价	46. 00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

《中小型水库防洪减灾》

编写委员会

主任委员：王殿武

副主任委员：朱志闯 李 趋 杨万志

委 员：冯东昕 侯俊华 汪玉君 侯 凯
许海军 刘玉珍

主 编：庞 毅

副 主 编：于梅艳 马传波 王玉成

编写人员：马 涛 郭晓亮 刘 恒 彭凯忠
周大鹏 赵 琳 赫永服 田作佳
张春哲 王 嵩 陈 爽 李学辉
赵 越 刘仔旭 高 峰 褚志臻
修传毫 倪娜娜

序

我国是世界上已建水库最多的国家，众多水库中，中小型水库居多。根据《第一次全国水利普查公报》，截至 2011 年年底，全国共有水库 98002 座，其中中小型水库 97246 座。中小型水库是拦蓄和调节天然水流的控制性工程，对所在地区的社会经济发展具有十分重要的作用；其防洪安全对人民生命财产安全和社会经济持续发展有重大影响。

本书作者围绕中小型水库非工程性防洪开展了大量研究工作，先后完成了“中小型水库防洪减灾预报预警系统”、“中小型水库防洪复核”等国家和部省级科研项目。在中小型水库防洪减灾的长期实践工作中，积累了丰富的实践经验，建立了具有通用框架的中小型水库防洪减灾预报预警系统，并在多座中小型水库洪水预报调度系统的建设中成功应用，“中小型水库防洪减灾自动化管理系统”等多项成果获奖，为我国众多中小型水库的防洪减灾提供了技术参考。

作者正是在总结这些科研成果和实践经验的基础上，结合前人所做的相关研究，编著了本书。从中小型水库的主要特点、当前防洪减灾技术及进展起篇，本书涵盖了水库信息测量与计算、中小型水库流量预报、调洪演算、设计洪水计算、防洪复核等内容，并详细介绍了以辽宁省中小型水库为示范的防洪减灾预警预报系统。本书的编写结合了具体科研成果，具有较强的实用性，相信可对从事中小型水库防洪减灾研究的科研人员、专家提供参考和借鉴，并有助于相关领域的从业者了解中小型水库防洪减灾的实际工作。

国际大坝委员会主席
中国大坝协会秘书长
中国水利水电科学研究院副院长



2013 年 9 月

目 录

序

1 绪论	1
1.1 水利工程建设	1
1.2 水库工程	1
1.3 中小型水库特点	7
1.4 防洪研究内容与进展	9
1.5 中小型水库防洪问题	13
1.6 中小型水库防洪当前研究目标	14
2 基本概念	15
2.1 水文基本术语	15
2.2 水库基本概念	16
3 资料测算与数据处理	26
3.1 雨量测算	26
3.2 水位测算	28
3.3 流量测算	31
3.4 水库泄量计算	36
3.5 水文调查与水文遥感	39
3.6 数据处理	42
4 入库洪水量预报	46
4.1 入库洪水总量预报	46
4.2 入库洪峰流量预报	56
5 入库流量过程预报	58
5.1 概化三角形法	58
5.2 经验单位线法	59
6 水库调洪计算	68
6.1 水库调洪原理	68

6.2	水库调洪计算	69
6.3	中小型水库调洪演算方法	70
6.4	水库溢流时间与最高水位出现时间预报	77
6.5	中小型水库综合洪水预报图（四象限图）	79
6.6	水库抗洪能力预报	82
7	设计洪水计算	85
7.1	设计洪水计算概述	85
7.2	由流量资料推求设计洪水	89
7.3	由暴雨资料推求设计洪水	97
7.4	小流域设计洪水	103
8	中小型水库防洪复核	108
8.1	复核的必要性	108
8.2	复核的主要内容	108
8.3	辽宁省小型水库防洪复核实例	110
9	中小型水库预报预警系统	127
9.1	项目概况	127
9.2	总体设计	132
9.3	模型选取与建立	136
9.4	功能设计	146
9.5	成果发布系统	172
9.6	数据库设计	188
	参考文献	194

1 绪 论

1.1 水利工程建设

水是生命之源，是大自然赋予人类的宝贵财富，是关系到人类生存和社会发展的基本物质条件。自古以来人们都将河流作为是自身赖以生存和发展的最重要物质资源之一。在地球上，哪里有水，哪里就有生命。然而，由于季风气候的影响，全球降水分布极其不均匀，导致水资源的季节分配和地区分布也不均匀，洪涝灾害、干旱灾害等频繁发生。据报道，全世界每年自然灾害损失中洪灾损失约占 40%，其经济损失和人员伤亡均居首位；旱灾造成的农业损失相当于各种气象致灾总和的 60%。就我国而言，在空间上，东南沿海雨水充沛，水资源丰富，而西北地区干旱少雨，水资源严重匮乏；从时间分配上，降水集中在夏季，占降水总量的 70%~80%，形成汛期抗洪，非汛期抗旱的局面。可见，水的自然存在状态并不完全符合人类的需要。为了对自然界的水资源进行有效的控制和合理的调配，达到兴利除害的目的，满足人民生活和生产对水资源的要求，必须大兴水利。

水利一词首见于《史记·河渠书》，也就是武帝时塞瓠子决口之后，在上位者才争相谈论水利。《河渠书》上曾引用《夏书·禹抑鸿水》所叙述禹引洪沟，通达汉云梦，三江五湖以及菑济，往下到凿离堆，泾水再到汉代时候的穿漕渠，阻塞河堤溃决等。也就是一切如防洪、灌溉、漕运等事业，对水的控制以及水的利用已经完全包含了，与今日水利工程专家有着相同的目标与理想。中华民族 5000 年的文明史也是一部治水史。在几千年文明发展过程中，我国的水利工程建设积累了丰富的经验，取得了一系列瞩目的成就。如京杭大运河、都江堰、秦渠、汉渠、郑国渠，给我国社会的发展带来深远意义和广泛影响。新中国成立后，特别是改革开放以来，开展了大规模的水利建设，通过跨流域和跨区域引调水工程，解决水资源空间分布不均问题；通过兴建水库等蓄水工程，解决水资源时间分布不均问题，水库从新中国成立前的 1200 多座增加到 9 万多座。水资源配置格局逐步完善，初步形成了蓄引提调相结合的水资源配置体系。2011 年中央 1 号文件中指出水利是现代农业建设不可或缺的首要条件，是经济社会发展不可替代的基础支撑，是生态环境改善不可分割的保障系统，不仅关系到防洪安全、供水安全、粮食安全而且关系到经济安全、生态安全、国家安全。水利工程的重要性提高到了国家安全的高度。

1.2 水 库 工 程

水库工程作为最重要的蓄水水利工程，是我国优化水资源配置，解决或缓解水资源供

需矛盾的重要基础设施，也是我国防洪广泛采用的工程措施之一。它是指在山谷、河道或低洼地区用挡水和泄水等水工建筑物形成的人工水域（湖）。由于水库以上流域的洪水受到控制，泄流量可以小于下游安全流量，从而使下游城市和耕地免受洪水灾害的威胁。水库也能够把汛期内所蓄的洪水在枯水期内按计划泄放以用于灌溉、发电、航运和城乡供水等方面。

水库历史悠久，公元前 2650 年前后，埃及在杰顿维干河上修建异教徒坝，形成防洪水库；我国也于公元前 598～前 591 年在安徽省寿县南修建了芍陂灌溉水库。截至目前，世界上最大的水库是俄罗斯的布拉茨克水库，总库容 1694 亿 m^3 ；我国最大水库为三峡水库，总库容 393 亿 m^3 ，发电装机 34 台，总装机容量 22500MW，多年平均发电量 882 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。1949 年以前，我国只有少数河流上修建了有防洪功能的水库，如东辽河二龙山水库、柳河闹德海水库和第二松花江丰满水库，如今，我国建成各类共有水库 98002 座（2011 年底的统计数据）。

1.2.1 水库作用

水库作为一种重要的蓄水枢纽，主要有以下两个方面的作用。

（1）防洪作用。在防洪区上游河道适当位置兴建水库，利用水库库容拦蓄洪水，削减进入下游河道的洪峰流量，能够达到减免洪水灾害的目的。水库对洪水的调节作用有两种不同方式：一种起滞洪作用；另一种起蓄洪作用。①滞洪作用：滞洪指仅仅利用大坝抬高水位，增大库区调蓄能力，当入库洪水流量超过水库泄流设备下泄能力时，将部分洪水暂时拦蓄在水库内，削减洪峰，待洪峰过后，所拦蓄的洪水，再逐渐泄入河道。当水库的溢洪道上无闸门控制，水库蓄水位与溢洪道堰顶高程平齐时，则水库只能起到暂时滞留洪水的作用。②蓄洪作用：在溢洪道未设闸门情况下，在水库管理运用阶段，如果能在汛期前用水，将水库水位降到水库限制水位，且水库限制水位低于溢洪道堰顶高程，则限制水位至溢洪道堰顶高程之间的库容，就能起到蓄洪作用。当溢洪道设有闸门时，水库就能在更大程度上起到蓄洪作用，水库可以通过改变闸门开启度来调节下泄流量的大小。由于有闸门控制，所以这类水库防洪限制水位可以高出溢洪道堰顶，并在泄洪过程中随时调节闸门开启度来控制下泄流量，具有滞洪和蓄洪双重作用。

（2）兴利作用。降落在流域地面上的降水（部分渗入地下），由地面及地下按不同途径汇入河槽后的水流，称为河川径流。由于河川径流具有多变性和不重复性，在年与年、季与季以及地区之间来水都不同，且变化很大。大多数用水部门（例如灌溉、发电、供水、航运等）都要求比较固定的用水数量和时间，它们的要求经常不能与天然来水情况完全相适应。人们为了解决径流在时间上和空间上的重新分配问题，充分开发利用水资源，使之适应用水部门的要求，往往在江河上修建一些水库工程。水库的兴利作用就是进行径流调节，蓄洪补枯，使天然来水能在时间上和空间上较好地满足用水部门的要求。

对防洪与兴利相结合的综合利用水库来说，当入库洪水为中小洪水时，一般以蓄洪为主，以便为兴利之用；而在大洪水年份，则兼有蓄洪滞洪的作用。入库洪水经水库调蓄后，其泄流量的变化情况与水库的容积特性，泄洪建筑物形式，尺寸以及下游防洪标准，

水库运行方式等有关。

兴利与防洪是水库的两个冲突的作用，既要确保水库防洪安全，又要尽可能地拦蓄洪水，增加水库有效蓄水量，提高当地水资源和水环境承载能力，是新时期对水库运用的要求。在我国，水资源相对短缺，人均水资源占有量仅为 2350m^3 ，在世界 149 个国家中排第 110 位。面对不断增长的水资源需求和日益严重的水环境污染问题，如何充分合理的开发利用有限的水资源，已经成为关系到国民经济是否能够实现可持续发展的一个紧迫任务。随着我国经济社会的发展，水资源问题将会变得更加紧张。在我国许多已建水库的地区，也常常因水库在运行管理中出现的一些问题而使水资源得不到充分利用，主要是为防洪安全，汛期不敢蓄水，以至于汛期之后库水位常常达不到正常蓄水位，影响了水库的供水。充分利用天然洪水是缓解水资源供需矛盾、水生态环境恶化等问题中的一个有效途径。在不影响水库防洪目标的前提下，在利用水文预报技术的基础上，通过调整水库汛限水位等手段来实现对洪水的资源化利用。以现有水库工程为点，以水库控制流域的上下游河道为线，以水库控制流域为面，根据水库上游控制流域的汛期降水状况和上游河道的来水情况，利用水库工程调控洪水的能力，有针对性的合理调节天然来水，充分利用下游河道的作用，调节水库下游控制流域的地表水、地下水水资源状况，实现天然洪水的资源化利用，最终实现水库控制流域内的天然洪水与控制流域内社会经济的协调发展的目标。洪水资源化是人与洪水、人与自然和谐共处、协调发展的重要体现。科学合理的实现洪水资源化可以为流域社会经济的可持续发展提供有力支撑。

1.2.2 水库分类

根据水库库容大小可以分为以下四类：①大型水库：总库容在 1亿 m^3 以上；②中型水库：总库容在 1000万 m^3 以上；③小（1）型水库：总库容在 100万 m^3 以上；④小（2）型水库：总库容在 10万 m^3 以上。

根据水库的位置与形态，其类型一般可分为以下几种：①山谷水库：用拦河坝横断河谷，拦截天然河道径流，抬高水位而成，绝大部分水库属于这一类型。②平原水库：在平原地区的河道、湖泊、洼淀的出口处修建闸、坝，抬高水位形成，必要时还在库周围圈筑围堤，如当地水源不足还可以从邻近的河流引水入库。通常水面开阔，岸线较平直，库湾少，底部平坦，岸线斜缓，水深一般在 10m 以内，通常无温跃层。③地下水库：在潜流丰富的季节性河流河床下修建截流墙等水工建筑物形成的潜流汇集区域称为地下水库。

根据水库调节性能可分为日调节、周调节、年调节和多年调节水库；按水库用途可分为单一用途水库和综合利用水库。

1.2.3 水库建筑物分类

水库组成建筑物中包括挡水、泄水、引水及其他专门建筑物等，这些建筑物称为水工建筑物，按功能可将其分为通用性水工建筑物和专门性水工建筑物两大类。

通用性水工建筑物主要有：①挡水建筑物，如各种坝、水闸、堤和海塘；②泄水建筑物，如各种溢流坝、岸边溢洪道、泄水隧洞、分洪闸；③进水建筑物，又称取水建筑物，

如进水闸、深式进水口、泵站；④输水建筑物，如引（供）水隧洞、渡槽、输水管道、渠道。

专门性水工建筑物主要有：①水电站建筑物，如前池、调压室、压力水管、水电站厂房；②渠系建筑物，如节制闸、分水闸、渡槽、沉沙池、冲沙闸；③过坝设施，如船闸、升船机、放木道、筏道及鱼道等。

有些水工建筑物的功能并非单一，难以严格区分其类型，如各种溢流坝，既是挡水建筑物，又是泄水建筑物；闸门既能挡水和泄水，又是水力发电、灌溉、供水和航运等工程的重要组成部分。施工导流隧洞也可以与泄水或引水隧洞等结合。

1.2.3.1 挡水建筑物

挡水建筑物是指横控河道的拦水建筑物，用以拦蓄水量，抬高水位。水库的挡水建筑物称挡水坝或拦河坝，一般简称为坝。

大坝的类型很多，一般按筑坝材料、结构性质、施工方法、防渗体形式进行划分，但也有按工作状况和使用目的划分的。此外，还可以由两种或多种坝构成混合坝型。大坝分类如图 1.1 所示。

土石坝历史悠久，利用当地土、石料铸成的一种坝型，是现代世界各国所普遍采用的一种坝型。据统计，至 20 世纪末，我国坝高 15m 以上的大坝中，85% 以上为土石坝。

土石坝是传统的坝型，具有以下特点：①筑坝材料就地取材。可节省大量钢材、水泥、木材等建筑材料。②适应地基变形能力强。土石坝散粒体结构具有适应地基变形的良好条件，对地基的要求比混凝土坝低。③施工方法选择灵活性大。能适应不同的施工方法，从简单的人工填筑到高度机械化施工都可以；且工序简单、施工速度快，质量也易保证。④结构简单、造价低廉、运行管理方便、工作可靠，便于维修加高。

由于土石坝是由松散颗粒土石料填筑碾压而成的，土石料颗粒间的联结力较低，水力、自重及其他外力对散粒结构的稳定性影响很大，所以土石坝剖面构造形式的要求不同于其他坝型，在设计时应考虑稳定、渗流、冲刷、沉降等几个方面的问题。而其安全运行也需要以下条件：

1) 绝对不允许水流漫顶。由于对洪水估计偏低，坝顶高程不足，溢洪道尺寸偏小，或水库控制运用不当等，都会造成土石坝漫顶溃坝的严重事故。因此，要充分估计水库风浪及坝的沉陷值，预留足够的超高；库区内岸坡的滑坡体在水库内坍滑产生的涌浪对土石坝极为不利；对于可能发生的特殊洪水，也应有应急的泄洪保坝措施。据国外对土石坝失事资料的分析，由于水流漫顶而失事的占 30%。

2) 满足渗流控制要求。渗流量过大，影响水库效益；坝体和坝基产生危害性渗透变形，导致大坝失事。如美国高 93m 的提堂坝（1975 年建成）建成不足一年，由于坝基透水性大，防渗帷幕施工质量不佳而导致溃坝；浸润线过高，也会降低坝的稳定性。

3) 坝体坝基稳定可靠。土石坝为散粒体结构，局部范围内土体的抗剪强度不足时，土体开始滑动。边坡稳定是坝安全的基本保证。据统计，过去失事的土石坝中 1/4 是由于滑坡破坏造成的。

4) 能抵抗其他自然界的破坏作用：库水风浪将淘刷坝坡；雨水冲刷坝体；冬季冰冻膨胀影响产生裂缝；夏季日晒龟裂裂缝；还有白蚁危害等，都应采取防护措施。

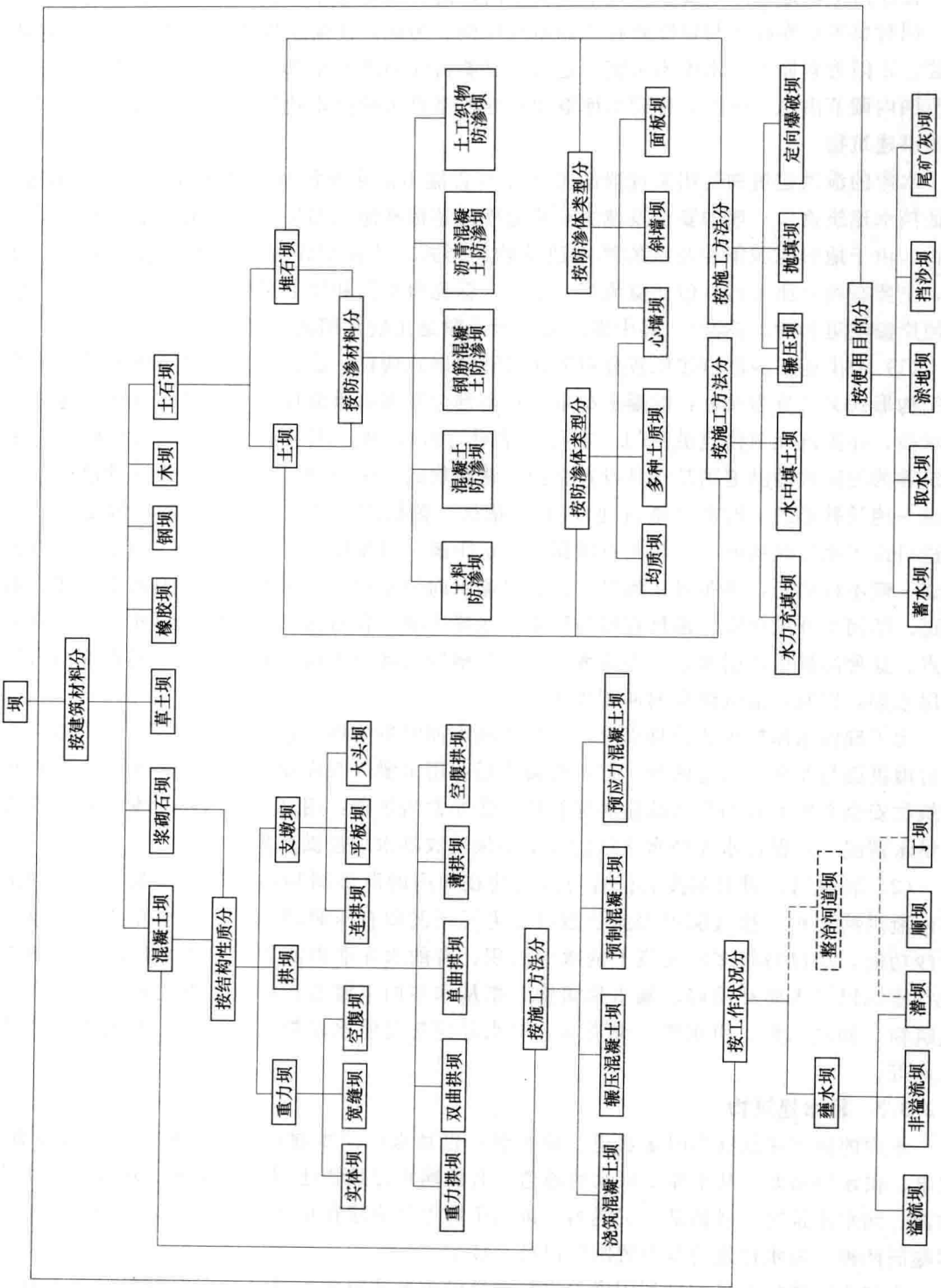


图 1.1 大坝分类图

1.2.3.2 泄水建筑物

在江河上修建水库，要求经过水库调节的江河径流与建库取得的各种效益得到最佳适应，同时要求建库投入与建库效益达到最佳比例，为此，任何水库都只能按照一定的标准修建。正因为有标准，水库不可能，也没有必要将江河洪水全部拦蓄，而只能在一定标准的范围内调节洪水，所以，修建水库既要修建拦蓄洪水的挡水建筑物，又要修建宣泄洪水的泄洪建筑物。

水库的泄洪建筑物是用来宣泄超过水库调蓄能力洪水及泥沙、冰凌等的水工建筑物，保证挡水建筑物——坝的安全及减少和避免库区超标准淹没损失，减少水库淤积的水工建筑物。由于地形地貌条件及水库挡水建筑物的形式，水库泄洪建筑物的形式是多种多样的，主要有坝身泄水道（包括溢流坝、中孔、深孔泄水孔和坝下涵管）和河岸泄水道（包括河岸溢洪道和泄洪隧洞）。其中溢洪道与泄洪洞是比较常用的形式。

（1）溢洪道，溢洪道按位置分有河床式和河岸式两种。①河床式溢洪道按照挡水建筑物结构形式又可分为两种：混凝土型重力坝和部分浆砌石溢流坝，可以将部分坝段建成溢流坝段，在溢流坝顶建泄洪闸门（也有不建闸门的），通过坝顶泄洪。其他结构形式挡水建筑物的河床式溢洪道则是将其设置在挡水建筑物的一端与坝相连。河岸式溢洪道一般在河道一侧马鞍形的山凹部（垭口处），有正槽式、侧槽式、井式和虹吸式等四种形式。一般进口位于水流顺畅处，且与土石坝保持一定距离，避免横流对坝的冲刷。小型水库的溢洪道一般不设闸门，多布置在河岸，且其泄流水面通常都是开敞的，故称为河岸开敞式溢洪道。②河岸开敞式溢洪道具有结构简单，水流平顺，容易施工，管理方便和安全可靠的特点。这种溢洪道由引水渠、溢流堰和泄水陡槽等几部分组成，陡槽后一般还设置消力池和尾水渠，以减轻溢流洪水的冲刷作用。

为了确保水库挡水建筑物安全，避免因洪水而发生溃坝，造成巨大灾害，溢洪道又有正常溢洪道与非常溢洪道两种。①正常溢洪道：用来泄放水库设施标准内，保证水库挡水建筑物安全必须泄放的洪水的泄洪建筑物。②非常溢洪道：用来泄放水库在发生超标准特大洪水情况下，保证水库挡水建筑物安全必须泄放洪水的泄洪建筑物。

（2）泄洪洞。泄洪洞按其位置可分为建在坝内的泄洪洞和建在挡水建筑物一侧的山体内泄洪洞两种；按其洞内水流状态可分为无压洞和有压洞两种。有的水库泄洪洞兼有排沙功能，用以减轻多沙河流上的水库淤积；有的水库泄洪洞兼有放空水库功能，用以放空库水以利人防和检修。输水建筑物是指从水库向下游输送灌溉、发电或工业用水的建筑物，如输水洞、引水管、渠道等。取水建筑物是输水建筑物的首部，如进水闸和抽水站等。

1.2.3.3 输水建筑物

水库的输水建筑物亦叫输水道、输水洞，也是水库泄水建筑物的一种，是满足灌溉、发电、供水等需要，从水库中取水的通道，有的输水建筑物还同时具有排沙或放空水库的功能。输水建筑物一般都是水工隧洞，按其位置可分为建在坝体内或在坝端两侧山岩中开凿隧洞两种。输水建筑物都设置闸门以控制放水。

小型水库的放水涵洞是利用库水进行灌溉的重要建筑物，通过它把库内水引入下游灌溉渠道，以保证农田的灌溉，一般都埋在土坝底部，要求建在坚实的土质或石质基础上，

以避免折裂。另外，由于其应用频繁，故要求其启闭设备灵活可靠，防止损坏或冻坏。

小型水库放水设施主要由进水口建筑物和出水口建筑物组成。进水口建筑物主要有三种结构型式。①分级卧管式。这种进口形式广泛地应用于小型水库引水灌溉工程中，进口建筑物结构由进水卧管、卧管下部的消力井组成。这种形式的进口建筑物结构简单，施工方便，引取水库表层水，对农作物生长有利。但不如闸门控制方便，引水流量不易准确控制。②塔式。塔竖立于输水涵洞的进口处，塔底部设有闸门，塔顶设操纵千台和启闭机，用工作桥与岸相连。这种形式布置比较紧凑，闸门开启比较方便可靠；缺点是工程造价较高。③斜拉闸门式。这种形式是沿库区山坡或上游坝面斜坡布置，在斜坡上设置闸门轨道，进水口在斜坡底部，启闭机安装在山坡平台上或坝顶。这种布置方式结构简单、操作方便、造价小、启闭力小；缺点是闸门不易关闭、检修困难。

1.3 中小型水库特点

我国是世界上拥有水库数量最多的国家，其中，中小型水库又占绝对多数。中小型水库是拦蓄和调节天然水流的控制性水利工程，大多数具有灌溉、水产养殖等综合效益，对所在地区的社会经济发展有十分重要的作用，特别是在那些水资源匮乏的地区。

1.3.1 水库数量与库容

根据 2013 年 4 月发布的《第一次全国水利普查公报》，截至 2011 年年底，全国共有水库 98002 座，总库容 9323.12（亿 m^3 ）（见表 1.1），其中已建成 97246 座，在建 756 座。根据表 1.1 可以看出，小型水库占水库总数的 95.21%，中型水库占水库总数的 4.02%，中小型水库占水库总数的比例达到 99.23%，而中小型水库库容则占到总库容的 17.51%。

表 1.1 水库数量与总库容汇总表

水库规模	合计	大型			中型	小型		
		小计	大（1）	大（2）		小计	小（1）	小（2）
数量（座）	98002	756	127	629	3938	93308	17949	75359
总库容（亿 m^3 ）	9232.12	7499.85	5665.07	1834.78	1119.76	703.51	496.38	207.13

小型水库一般分布于经济和文化基础相对薄弱的山丘区，而且分布分散、地处偏僻、交通不便。

1.3.2 大坝安全状态

中小型水库的安全状况是水库工程最为重要的方面之一。按照《水库大坝安全鉴定办法》（水利部水建管〔2003〕271 号）的规定，水库大坝的安全状况分为三类，分类标准如下：

一类坝：实际抗御洪水标准达到《防洪标准》（GB 50201—94）的规定，大坝工作状态正常；工程无重大质量问题，能按设计正常运行的大坝。

二类坝：实际抗御洪水标准不低于部颁水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标

准,但达不到《防洪标准》(GB 50201—94)的规定;大坝工作状态基本正常,在一定控制运用条件下能安全运行的大坝。

三类坝:实际抗御洪水标准低于部颁水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标准,或者工程存在较严重安全隐患,不能按设计正常运行的大坝。

由于我国按库容来划分水库类别,因而坝高特征在国内不太受到关注。事实上,坝高是反映水库潜在洪水危险的一个很重要特征参数。我国小型水库大坝绝大部分坝高低于15m,达不到国际上“大坝”的一般标准。因此小型水库的大坝,实际上大多属“小坝”。

1.3.3 水文特征

中小型水库集水面积一般都很小。一般的小流域都有一条明显的干流,流域汇流包括坡面汇流与河道汇流,特小流域则可能是完全的坡面汇流。有一些中型水库则可能具有多条干流。小型水库集水区域的另一个特点是对某一水库来说下垫面条件比较单一,而即使在同一地区,不同的小型水库的下垫面条件也可能有较大差别。这些特点决定了小型水库集水流域的产汇流规律不同于一般的大流域。

由于中小型水库集水流域坡面汇流占主导地位,因此汇流时间相对较短。又因为下垫面条件比较单一,因此其汇流时间又明显取决于下垫面条件。有关研究表明,影响特小流域汇流参数的因素首推下垫面条件,然后是流域的面积、干流长和干流比降等特征参数。

1.3.4 中小型水库的功能

小型水库兴利功能比较单一,其中多数以灌溉为主要兴利功能。在兴利调节方式上,大型水库多为多年调节,而小型水库大多数是年调节。小型水库的抗旱天数一般只达50~70d,抵御干旱能力远低于大型水库。另外,不同小型水库在灌溉功能上的差异很大,小型水库建库的目的—般只是兴利,而不是防洪,因此小型水库一般不具有防洪效益。相反,由于兴建了水库,给下游的村落或城镇带来了洪灾风险。随着我国社会经济的发展,许多小型水库下游风险区人口、经济等都较当年建库时有较大幅度的增长,一旦溃坝,会造成重大损失。

小型水库的溢洪道一般不设闸门控制,难以人为调控,因此大坝的安全主要依赖于大坝及溢洪道本身抵御洪水的能力。再加上小型水库的防洪标准本来就低于大型水库,因此,小型水库发生溃坝的概率远大于大型水库。

中型水库除了兴利功能之外,通常承担一定的防洪任务。溢洪道分为闸门控制和无闸门控制两种形式。

水库安全事关人民群众生命财产安全和社会稳定,庞大的中小型水库群已成为水利基础设施和防洪工程体系的重要组成部分,这些水库对于保障我国粮食安全和饮水安全,发展农村经济,改善农民生产生活条件和生态环境,稳定社会秩序等都起到了巨大的作用,特别是对粮食主产区的发展和建设社会主义新农村具有不可替代的重要作用。

1.4 防洪研究内容与进展

新中国成立以来,我国防洪指导思想经历了两个阶段,即工程防洪阶段和洪水管理阶段。“文化大革命”以前,强调“人定胜天”的思想,重点采用工程措施控制洪水。工程防洪取得了很大成就,但也带来了若干问题。特别是1998年长江大洪水,使人们认识到,工程措施虽然能够带来防洪效益,也在某种程度上加大了洪灾量级和破坏程度。1990年以来,国际上对江河整治由单纯以防洪为主,逐渐转变为防御洪水、水资源保障、改善生态环境等多目标综合治理。对防洪的思路转变为在可持续发展前提下,协调人与水的关系,由“控制洪水”转向“洪水管理”。

1.4.1 洪水监测

清光绪二十八年(1902年)山东省黄河上最早采用电话报汛。1919年在河南省陕县和山东省深日两处设水文站,开始实行水情观测。到1998年,全国水利系统共有8600多个河道、水库和闸坝的水文报讯站,主要报雨情、水情和部分工情(闸门启闭等)。这些信息的收集,主要靠人工观测的资料以专用电报的方式或口述的形式通过邮电系统的通信设施传递到各级防汛部门,一般收集时间要花2~3h甚至更长的时间。国外的汛情信息、收集系统多为自动化采集,基层测站一般无人值守。如美国有5000多个自动报讯站,通过数据采集平台(DCP)自动经由地球同步环境卫星(GOES)传递信息,仅少数几个接收地面站接收信息,然后通过地面专用通信网路传到各使用部门。对骤发洪水的地区则采用超短波的遥测系统。如日本厚生省1963年完成了50万km长的专用960路微波通信网主干线;全国有1000多个水情、雨情遥测站通过超短波与微波网络连接。全国109条一级河流的信息在10min内就可自动汇集到东京总站。值得指出的是,1990年,美国研究出了利用卫星云图、测雨雷达和地面遥测的信息合成后,定量估算出每个时段(1h~1d)雨量等值线,全过程由计算机快速完成,已达到了实用阶段。

1975年8月我国淮河大洪水以后,特别是改革开放以来,针对我国信息采集系统存在的问题,大力推广采用无线通信传递水情。先后建立了170多个超短波遥测系统,共有1700多个遥测站点。但这些系统相互独立,没有形成网络,还无法取代常规报讯系统。一些测站配备了超短波或短波(单边带)的无线报话机;例如在大宁河进行了利用日本GMS同步卫星和在渔子溪利用法国ARGOS极轨卫星传递信息的试点;在黄河、淮河流域和江苏省试用远程网络(通过水电专用微波网或邮电公用数据网)传递信息,使信息流程更为合理;为改变雨量站密度不足,进行了利用测雨雷达定量估算雨量的研究。

1.4.2 洪水预报

准确及时的洪水预报可以为防洪调度提供正确的决策依据。目前国内外的洪水预报方法,主要是依据上游已经出现的水情和地面实测雨量,采用流域水量平衡和河道水力学原理,借助土壤、植被、地貌、河网的特征进行产流和汇流演算,来预测下游断面的水位、流量过程(包括洪峰、洪量)。主要有基于河道洪水波运动原理的相应水位(流量)关系

法,河道流量演算法(如马斯京根法),基于径流形成原理的降雨径流模型法(如产流方面的蓄满产流模型、超渗产流模型、综合产流模型等,汇流方面的时段单位线、瞬时单位线、综合单位线等),以及通过对水文现象进行模拟而建立的水文数学模型,典型模型有我国的新安江流域模型、丹江口洪水预报模型、陕北模型等,国外有 API、Tank、Saeramento、CLS、SHE 模型等。1977 年以来,电子技术、遥感遥测技术、水文模拟技术以及信息论、系统论、控制论等新技术和新理论的发展改变了水文预报技术的面貌。随着暴雨洪水理论研究深入开展,计算机技术不断进步,数学理论的创新等,水文预报现代化进展,是以自动测报网络系统所提供的水雨情为基础,迅速得到准确的洪水峰、量预测值。在不断吸取当前先进的科学技术与设备的前进道路上,我国水文情报预报技术(特别是洪水预报技术)的质量和水平正发生着重大的变化。20 世纪 90 年代,我国已初步建立起洪水预报系统,其特点在于:功能齐全,既能进行模型率定,又能进行实时预报,还可以进行实时校正;适应性较强,系统中包括了很多预报模型,可适用于任何流域、任何地区;自动化程度较高,能进行信息(历史或实时)的处理、插补、纠错等,以及预报模型的连接,率定参数与实时预报模型的连接等,都可以自动完成,不需要人工干预;通用性较强,各种模型的输入输出文件格式、资料输入形式以及统计参数等都比较统一,便于模型的比较和改进;运算速度较快,能与实时信息接收和处理系统及调度计算系统相适应,在较短的时间内(几分钟或十几分钟)提出预报结果。

1.4.3 洪水风险分析

洪水风险分析是指在防洪措施中引进概率的概念,定量地估计某地出现某种类型洪水的可能性,也可视作超长期洪水预报(概率预报)。这是防洪问题的一种战略评价,又是一项防洪非工程措施。

洪水风险分析可使洪泛区居民了解自己所处位置的洪灾风险概率和受灾的严重程度,提高防洪意识,也能够提高洪泛区管理水平;洪水风险分析是洪泛区规划方案及项目设计的重要基础,是洪泛区内进行建设开发可行性论证的依据,也是防汛调度运用和防洪决策的科学依据之一。因为任何防洪设施要获得防洪效益,同时也存在一定的失败风险,效益与风险是并存的。为取得防洪减灾的最好效益,必须要进行洪水的风险分析。以各种频率洪水(或历史上发生过的大洪水)造成或可能造成洪泛区的不同淹没范围和受灾的程度绘制出的地区分布图,称为“洪水风险图”,是洪水风险分析的一种直观的表达形式。它一般包括洪水频率分析、洪泛区的地形图、洪水演进计算、绘图、洪水风险分类等。现行洪水分析计算的主要方法为设计洪水过程线法,这一方法已列入我国的洪水计算规范,计算存在着两种不同的处理方法:一种方法是將洪水作为确定性水文现象进行处理,通过洪水频率计算分析洪水的统计特性,探讨频率与洪水峰、量之间的定量关系,其存在的基本问题是样本抽样、线型选择、统计参数的估计和经验频率计算;另一种方法是將洪水作为不确定性水文现象进行处理,采用随机模拟技术、模糊数学理论、灰色系统理论和非线性理论进行洪水分析。

洪水风险图的绘制,以往以人工为主。近年来,随着计算机的广泛应用,已先后开发出许多绘图软件及输入输出设备,使洪水风险图的绘制逐步智能化。其所采用地形图多为