

“十二五”
规划重点图书

水利工程除险加固
技术丛书



水闸工程除险 加固技术

李继业 李 勇 邱秀梅 等编著

SHUIZHA GONGCHENG CHUXIAN
JIAGU JISHU



化学工业出版社

「规划重点图书」

水利工程除险加固
技术丛书



水闸工程除险 加固技术

SHUIZHA GONGCHENG CHUXIAN
JIAGU JISHU

李继业 李 勇 邱秀梅 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书具有突出的针对性、通俗性、实用性和应用性，不仅可供水闸工程安全鉴定的组织单位、承担单位和审定单位的技术人员参考，也可作为水闸除险加固设计、施工、管理和维修人员参考，还可作为高等学校水利水电工程及相关专业的辅助教材。

水闸工程除险加固技术/李继业, 李勇, 邱秀梅等编著. —北京:
化学工业出版社, 2012. 10
(水利工程除险加固技术丛书)
ISBN 978-7-122-15296-1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 210907 号

文字编辑：颜克俭
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 装：北京云浩印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张19¼ 字数473千字 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。

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

水闸是一种利用闸门挡水、泄水和调水的低水头水工建筑物。水闸的类型很多,按其作用可分为进水闸、节制闸、分水闸、泄水闸、分洪闸、排水闸、冲沙闸、防潮闸等;按闸室的结构形式可分为开敞式水闸、胸墙式水闸和涵洞式水闸。

我国地处欧亚大陆的东南部,东南临太平洋,西南西北深入欧亚大陆腹地,地势西北高、东南低,地理条件和气候条件十分复杂,大部分地区位于世界上著名的季风气候区,降水与河川的时空变化很大,洪旱灾害频繁,从而形成了干旱缺水与洪涝灾害并存的特点。水闸工程作为水资源优化配置的基础和防洪体系的重要组成部分,在水资源利用与防洪减灾中有着特殊的地位,在防洪、灌溉、供水、发电、养殖、航运、生态保护与改善环境等方面发挥着重大作用。

据有关统计资料报道,我国目前已建成各类水闸 5 万多座,其中大型水闸 877 座,中型水闸 6018 座,小型水闸 4 万多座,水闸数量为世界之最。这些水闸是国民经济和社会发展的重要基础设施,为当地防洪除涝、灌溉供水等水资源开发利用方面发挥了巨大作用,促进了当地国民经济的发展和生态环境的改善。

但是,在已建成的水闸中,有的由于设计标准偏低、施工质量较差、设施不配备等,存在“先天不足”;有的由于修建年代已久、材料性能和受力状态发生变化,再加上管理运用不当,工程老化失修,致使水闸病害险情不断发生,使用功能明显下降;有的为满足现代经济发展的需要,随意增设各种功能,造成水闸工程的病险更加严重。这些均应引起我们的高度重视,要尽快全面开展水闸工程除险加固工作。

党和政府非常重视水闸安全与病险水闸除险加固工作,将水闸除险加固写入《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国防洪法》,水利部于 1998 年就发布了《水闸安全鉴定规定》。由于我国的水闸量大面广、形式多样、病险严重、情况复杂,水闸除险加固的任务仍然非常艰巨,这是继水库除险加固后的水利重点工程建设。

我们在学习前人和专家、学者经验的基础上,根据我们在水闸加固和管理中的经验和体会,编著了这本《水闸工程除险加固技术》,主要包括水闸工程除险加固概述、水闸工程的安全鉴定、水闸工程除险加固设计、水闸除险加固常用技术、水闸现场检测技术及方法和某节制闸的加固改造实例等。

本书是一本力求具有“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,不仅可供水闸工程安全鉴定的组织单元、承担单位和审定单位的技术人员参考,也可供水闸除险加固设计、施工、管理和维修人员参考,还可作为高等学校水利工程相关专业的高校师生辅助教材。

本书由李继业、李勇、邱秀梅等编著,李怀森、马安堂、程金明参加了编著;全书最后由李继业统稿。编写的具体分工:李继业编著第一章;李勇编著第三章;邱秀梅编著第二章;李怀森编著第五章;马安堂编著第六章;程金明编著第四章。

在本书编著过程中,我们参考了很多专家和学者的成果,在此我们表示衷心的感谢。由于编著者水平有限,不当和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者
2012 年 10 月

第一章 水闸工程除险加固概述 1

第一节 水闸工程基本情况 1

一、水闸的基本知识 1

二、水闸等级划分及洪水标准 4

三、我国水闸工程基本情况 6

四、病险水闸除险加固的必要性和迫切性 7

第二节 水闸安全管理现状 8

一、水闸安全管理基本情况 8

二、水闸的安全隐患及危害 9

第三节 水闸除险加固改造的特点 10

一、水闸除险加固工程设计的原则 10

二、水闸除险加固工程设计的特点 10

第四节 病险水闸存在的主要问题 11

一、病险水闸存在的问题 11

二、病险水闸成因分析 12

第五节 水闸除险加固改造措施 13

一、水闸除险加固改造的主要措施 13

二、水闸除险加固改造的具体措施 14

参考文献 23

第二章 水闸工程的安全鉴定 24

第一节 水闸安全鉴定规定简介 24

一、安全鉴定的适用范围 24

二、安全鉴定的鉴定周期 25

三、安全鉴定的监督管理 25

四、水闸安全鉴定的单位及其职责 25

五、水闸安全鉴定基本程序 26

第二节 水闸工程现状初步调查 27

一、技术资料的收集 27

二、水闸工程现状全面检查 28

三、缺陷或损伤成因定性分析 32

四、水闸安全状况初步分析 33

五、水闸工程补充调查 34

第三节 水闸现场安全检测工作 34

一、现场安全检测的一般规定 35

二、现场安全检测方案的编制 38

三、现场安全检测项目和方法 39

四、现场安全检测报告的编写 45

第四节 水闸工程复核计算工作	47
一、复核计算的一般规定	47
二、复核计算的主要内容	48
三、水闸防洪标准的复核	49
四、水闸过流能力的复核	50
五、水闸消能防冲的复核	51
六、水闸防渗排水的复核	53
七、水闸结构稳定的复核	54
八、结构强度和变形复核	59
九、钢闸门强度和变形复核	61
十、工程复核计算评价报告	65
第五节 水闸工程的安全评价	66
一、水闸安全评价成果的审查	67
二、水闸安全鉴定报告书编写	69
参考文献	69
第三章 水闸工程除险加固设计	70
第一节 除险加固设计依据和原则	70
一、水闸除险加固的设计依据	70
二、水闸除险加固的设计原则	72
第二节 水闸除险加固的工程勘察	72
一、补充工程勘察的原则	73
二、工程勘察的一般要求	73
三、工程勘察的手段方法	74
四、工程勘察报告的编制	75
第三节 水闸除险工程任务和规模	76
一、水闸除险加固的内容	76
二、水闸等级划分及洪水标准	77
三、水闸工程的特征水位	77
四、水闸工程的设计规模	78
第四节 水闸主要建筑物加固设计	78
一、水闸工程布置	78
二、水闸水力设计	78
三、防渗排水设计	85
四、闸室结构设计	94
五、水闸结构设计	99
六、地基处理设计	107
七、水闸抗震设计	113
第五节 闸门及启闭机的加固设计	117
一、闸门	117
二、启闭机	118
第六节 水闸观测设备的加固设计	120

一、水闸工程观测目的	120
二、水闸工程观测项目	120
三、水闸的水平位移观测	123
四、水闸的垂直位移观测	124
五、渗流与“扬压力”观测	125
六、土压力的观测	127
七、滩岸变形的观测	127
八、建筑物两岸堤坝安全监测	128
九、观测资料的整编分析	129
第七节 水闸除险加固施工组织设计	130
一、施工组织设计编制原则	130
二、工程施工应具备的条件	130
三、水闸工程施工导流问题	131
四、除险加固工程的施工	132
五、工程施工总布置	133
六、工程施工总进度	134
第八节 水闸工程其他方面的设计	135
一、环境保护设计	135
二、水土保持设计	136
三、工程管理设计	137
四、工程经济评价	138
五、进行经济综合评价	139
参考文献	139
第四章 水闸除险加固常用技术	140
第一节 防渗排水设施修复技术	140
一、水平防渗设施的修复	140
二、垂直防渗设施的修复	143
三、排水设施的修复	144
四、绕水闸渗流修复	144
第二节 水闸地基处理技术	145
一、地基处理技术	146
二、地基纠偏措施	153
第三节 水闸混凝土结构补强修复技术	155
一、混凝土渗漏修复技术	155
二、增大截面加固技术	161
三、置换混凝土加固技术	165
四、外加预应力加固技术	166
五、粘贴钢板加固技术	172
六、粘贴纤维复合材料加固技术	177
七、植筋和锚栓锚固技术	180
八、混凝土表层损伤处理技术	186

第四节 水闸金属结构补强修复技术	190
一、加固构件的连接	192
二、裂纹的修复与加固问题	193
三、点焊（铆接）灌注粘贴钢加固法	194
第五节 水闸闸门止水修复技术	195
一、混凝土闸门止水的更换	195
二、钢质材料闸门止水更换	195
参考文献	197
第五章 水闸现场检测技术及方法	198
第一节 水闸工程现场常用检测技术	198
一、回弹法检测混凝土抗压强度	198
二、超声回弹综合法检测混凝土强度	202
三、“钻芯法”检测混凝土强度	204
四、超声法检测混凝土缺陷	207
第二节 水闸工程现场专项检测技术	212
一、混凝土冻伤的检测方法	212
二、混凝土氯离子含量测定	213
三、混凝土中钢筋配置检测	214
四、混凝土中钢筋锈蚀检测	215
五、水闸金属结构焊缝检测	217
第三节 水闸工程现场检测新技术	221
一、冲击回波法检测混凝土缺陷	221
二、探地雷达法检测混凝土缺陷	222
三、声波 CT 法检测混凝土缺陷	222
四、红外热成像检测混凝土技术	223
参考文献	223
第六章 某节制闸的加固改造实例	225
第一节 节制闸的原工程概况	225
一、工程概况	225
二、气象情况	225
三、工程地质	226
第二节 工程存在的主要问题	226
第三节 工程检测与工程复核计算	227
一、工程质量检测	227
二、工程安全复核	228
第四节 节制闸的加固改造方案选择	236
一、闸室加固改造设计方案	236
二、闸室方案技术经济比较	237
第五节 水工结构加固改造设计	238
一、加固改造工程的布置	238
二、水闸工程的水力设计	239

三、消能防冲刷设施计算 239

四、闸室稳定计算 241

五、防渗排水的设计 241

六、基础防液化处理 242

七、机架桥的设计 243

八、水闸岸边墙设计 250

九、上下游护坡设计 252

十、水闸桥头堡设计 252

第六节 节制闸的施工组织设计 253

一、水闸结构加固改造主要内容 253

二、水闸加固施工中的施工导流 253

三、节制闸施工需要拆除的工程 254

四、水闸加固改造中的土方工程 254

五、水闸加固改造中的砌筑工程 255

六、混凝土及钢筋混凝土的施工 257

第七节 水工结构加固改造施工 259

一、节制闸施工总体规划 259

二、基坑降排水方案 263

三、高压喷射灌浆施工方案 265

四、底板和闸墩的施工方案 269

五、水闸预制构件施工方案 274

六、启闭机梁的吊装方案 276

七、钻孔灌注桩施工方案 279

八、启闭机及桥头堡施工方案 285

九、卷材防水屋面施工方案 290

第八节 节制闸的加固改造后效果 291

一、工程施工质量管理 291

二、完成工程的质量情况 293

三、施工过程的质量检测 293

四、工程观感质量评分情况 293

五、工程存在质量问题及处理 294

六、节制闸主体工程移交验收 294

参考文献 296

第一章

水闸工程除险加固概述

水闸是指修建在河道、渠道或湖、海口，利用闸门控制流量和调节水位的水工建筑物。当关闭闸门时，可以拦洪、挡潮、蓄水抬高上游水位，以满足上游取水或通航的需要；当开启闸门时，可以泄洪、排涝、冲沙、取水或根据下游用水的需要调节流量。水闸在水利工程中的应用十分广泛，多建于河道、渠系、水库、湖泊及滨海地区。

第一节

水闸工程基本情况

水闸按其所承担的主要任务，可分为节制闸、进水闸、冲沙闸、分洪闸、挡潮闸、排水闸等。按闸室的结构形式，可分为开敞式水闸、胸墙式水闸和涵洞式水闸。

一、水闸的基本知识

(一) 水闸的基本组成^[1]

水闸一般是由闸室段、上游连接段和下游连接段三部分组成，如图 1-1 所示。

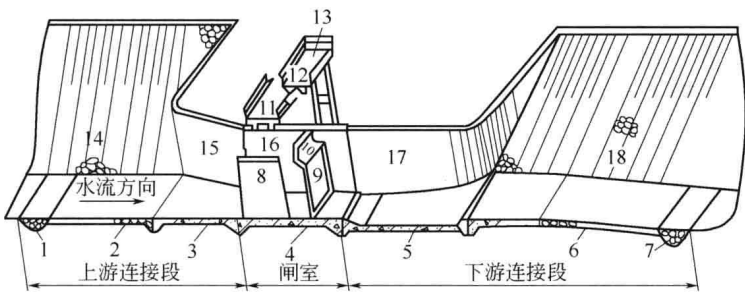


图 1-1 水闸组成示意

- 1—上游防冲槽；2—上游护底；3—铺盖；4—底板；5—护坦（消力池）；
- 6—海漫；7—下游防冲槽；8—闸墩；9—闸门；10—胸墙；11—交通桥；
- 12—工作桥；13—启闭机；14—上游护坡；15—上游翼墙；16—边墩；
- 17—下游翼墙；18—下游护坡

1. 闸室段

闸室是水闸的主体部分，起着挡水和调节水流的作用，主要包括闸门、闸墩、边墩（岸墙）、底板、胸墙、工作桥、交通桥、启闭机等。底板是闸室的基础，承受闸室全部荷载并比较均匀地传给地基，还可利用底板与地基之间的抗滑力来维持闸室的稳定；同时又具有防

冲和防渗等作用。闸墩的作用主要是分隔闸孔以及支承闸门、工作桥及交通桥。

2. 上游连接段

上游连接段主要包括上游翼墙、铺盖、护底、上游防冲槽及上游护坡等五个部分。上游翼墙能使水流平顺地进入闸孔，保护闸前河岸不受冲刷，另外还有侧向防渗的作用。铺盖主要起防渗作用，其表面也应满足防冲的要求。水闸上游的护底，是水闸上游连接段的组成之一，应当设置在闸室的上游，主要起着保护河床的作用，并应设置在铺盖的上游。上游防冲槽可以防止河床冲刷，保护上游连接段起点不致遭受破坏。上游护坡主要是防止水流冲刷上游坡面。

3. 下游连接段

下游连接段主要包括下游翼墙、消力池、海漫、下游防冲槽及下游护坡五个部分。下游翼墙能使闸室水流均匀扩散，并具有防冲和防渗作用。消力池是消除过闸水流动能的主要设施，同时还具有防冲等作用。“海漫”是一种消能防冲设施，主要作用就是要消除水流的余能，调整流速分布，均匀地扩散出池水流，使之与天然河道的水流状态接近，以确保河床避免受到冲刷。下游的防冲槽则是水闸下游的主要防冲措施。下游护坡的作用主要是防止水流冲刷下游坡面。

(二) 水闸的工作特点和设计要求

水闸关门挡水时，闸室将承受上下游水位差所产生的水平推力，使闸室有可能向下游滑动。闸室的设计，必须保证有足够的抗滑稳定性。同时在上下游水位差的作用下，水将从上游沿闸基和绕过两岸连接建筑物向下游渗透，产生渗透压力，对水闸基础和两岸连接建筑物的稳定不利，尤其是对建于土基上的水闸，由于土的抗渗稳定性差，有可能产生渗透变形，危及工程的安全，所以应当综合考虑建闸位置的地质条件、上下游水位差、闸室和两岸连接建筑物布置等因素，分别在闸室上下游设置完整的防渗和排水系统，确保水闸基础和两岸的抗渗稳定性。

水闸开门泄水时，闸室的总净宽度必须保证能通过设计流量。闸的孔径，需按使用要求、闸门形式及考虑工程投资等因素选定。由于过闸水流形态复杂、流速较大，两岸及河床易遭水流冲刷，需采取有效的消能防冲措施。对两岸连接建筑物的布置需使水流进出闸孔有良好的收缩与扩散条件。

建于平原地区的水闸地基多为较松软的土基，承载力小，压缩性大，在水闸自重与外荷载作用下，将会产生沉陷或不均匀沉陷，导致闸室或翼墙等下沉、倾斜，甚至引起结构断裂而不能正常工作。

为此，对闸室和翼墙等的结构形式、布置和基础尺寸的设计，需要与地基条件相适应，尽量使地基受力均匀，并控制地基承载力在允许范围以内，必要时应对地基进行妥善处理。对结构的强度和刚度需考虑地基不均匀沉陷的影响，并尽量减少相邻建筑物的不均匀沉陷。此外，对水闸的设计还要求做到结构简单、经济合理、造型美观、便于施工和管理，以及有利于环境绿化等。

(三) 水闸设计的主要内容

1. 水闸位置和闸槛高程选择

根据水闸所负担的任务和运用要求，综合考虑地形、地质、水流、泥沙、施工、管理和其他方面等因素，经过技术经济比较选定。水闸位置一般设于水流平顺、河床及岸坡稳定、

地基坚硬密实、抗渗稳定性好、场地开阔的河段。闸槛高程的选定，应与过闸的单宽流量相适应。在水利枢纽中，应根据枢纽工程的性质及综合利用要求，统一考虑水闸与枢纽其他建筑物的合理布置，确定水闸位置和闸槛高程。

2. 水闸的水力设计

根据水闸运用方式和过闸水流形态，按水力学公式计算过流能力，确定闸孔总净宽度。结合闸下水位及河床地质条件，选定消能方式。水闸多用水跃消能，通过水力学计算，确定消能防冲刷设施的尺度和布置。估算判断水闸投入运用后，由于闸上下游河床可能发生冲刷变化，引起上下游水位变动，从而对过水能力和消能防冲刷设施产生不利影响。大型水闸的水力设计应做水力模型试验验证。

3. 水闸防渗排水设计

根据闸上下游最大水位差和地基条件，并参考工程实践经验，确定地下轮廓线（即由防渗设施与不透水底板共同组成渗流区域的上部不透水边界）布置，须满足沿地下轮廓线的渗流平均坡降和渗流“出逸坡降”在允许范围以内，并进行渗透水压力和抗渗稳定性计算。在渗流“出逸”面上应铺设反滤层和设置排水沟槽（或减压井），尽快、安全地将渗水排至下游。两岸的防渗排水设计与水闸基础的基本相同。

4. 水闸的结构设计

根据运行要求和地质条件，选定闸室结构和闸门形式，妥善布置闸室上部结构。分析作用于水闸上的荷载及其组合，进行闸室和翼墙等的抗滑稳定计算、地基应力和沉陷计算，必要时，应结合地质条件和结构特点研究确定地基处理方案。对组成水闸的各部建筑物（包括闸门），根据其工作特点，进行结构计算。

5. 闸孔形式和孔口尺寸的确定

闸孔设计的主要任务是确定水闸的闸孔形式、孔口尺寸和水闸堰顶高程。闸孔形式是指水闸底板的形式（堰型）和是否设置胸墙。孔口尺寸包括孔口的净宽、孔数和孔高。不设胸墙的孔高是指闸门的高度；设置胸墙的孔高为胸墙底缘到闸底板顶面的高度。

（1）闸孔形式 闸孔形式一般有“宽顶堰”孔口、低实用堰孔口以及胸墙孔口等三种。一般情况下采用不设胸墙的孔口，其优点是结构简单、施工方便，也有利于排泄冰块等漂浮物。当上游水位变化较大，且又必须限制过闸单宽流量时，可采用低胸墙孔口。

水闸底板的形式中，以“宽顶堰”底板应用较广泛，其不仅有利于泄洪、冲沙、排污、排冰、通航，且泄流能力比较稳定，结构简单，施工方便；但自由泄流时流量系数较小，容易产生波状水跃。低实用堰底板是在底板上设置曲线或折线形式的低堰，其中曲线型包括实用堰和驼峰堰，这种堰的流量系数较大，但其泄流能力受下游水位变化的影响比较显著。对于抬高上水位影响不大的山区河道，通常采用这种形式来抬高堰顶高程，以减小闸门高度。

（2）堰顶高程 如何正确确定堰顶高程，是水闸闸孔设计的关键。如果将水闸堰顶高程定得低些，可以加大过闸的水深，从而加大过水闸的单宽流量，闸室的总宽度可以减小，但是水闸的高度有所增加；如果将水闸堰顶高程定得高些，则情况相反。因此，堰顶高程的确定应综合考虑，以求经济合理。

根据工程实践经验，小型水闸的总宽度较小，两岸连接建筑物的工程量在整个水闸中所占的比例较大，如果底板比较高，虽然闸的宽度增加，但闸室和两岸连接物的高度却减小，水闸的总投资可能比较经济。

在实际工程中，进水闸一般都采用“宽顶堰”形式的底板，堰顶高程与下游渠底齐平或稍高。对于多泥沙的河流，为了减少泥沙进入渠道，堰顶部至少高出河底 0.5~1.5m。对于拦河闸，特别是在平原地区上下游水位差较小的情况下，堰顶高程尽可能定得低些，以便获得较大的过闸单宽流量。一般情况下，堰顶高程比河底高程略高些，如果比河底高程低得多，则有可能产生淤积现象。

(3) 闸孔总宽度和孔数的确定 闸孔总宽度应根据初步选定的闸孔形式、堰顶高程等条件进行确定。工程实践证明，为了使水流平顺、稳定，闸室总宽度应与上下游河道或渠道宽度相适应，一般应大于或等于河道宽度的 0.60~0.85 倍。闸孔总宽度可以与河道等宽，这样不改变原河道的河势，更有利于水流的稳定。

闸室单孔宽度应根据闸的地基条件、运用要求、闸门结构型式、启闭机容量，以及闸门的制作、运输、安装等因素，进行综合分析后确定。农田水利工程中的水闸多为小型闸，单孔宽度一般为 2~4m，可根据闸门的材料而确定。也可采用厂家设计的定型产品，由厂家提供设计尺寸直接施工。

闸孔孔数 n 等于闸孔总宽度与闸孔单孔宽度的比值， n 值应取略大于计算要求值的整数。闸孔孔数少于 8 孔时，宜采用单数孔，这样利于对称开启闸门，改善下游水流条件。

6. 水闸管护设施确定^[2]

水闸工程的管护设施，包括水闸工程的管理范围和保护范围、工程观测项目及设施、交通设施、通信设施、生产生活设施等。

水闸工程的管理范围是管理单位直接管理和使用的范围，包括各建筑物覆盖范围、加固维修及美化环境所需范围、管理及运行所必需的其他设施占地。水闸工程建筑物覆盖范围以外的管理范围见表 1-1。保护范围是管理范围以外，禁止危害工程安全活动的范围。

表 1-1 水闸工程建筑物覆盖范围以外的管理范围 单位：m

项目	建筑物等级				
	1	2	3	4	5
上、下游宽度	100~500	500~300	300~100	100~50	100~50
两侧的宽度	200~100	100~50	50~30	50~30	50~30

一般性观测项目及设施，包括水位、流量、沉降、扬压力、水流形态、冲刷及淤积等项目及设施；专门性观测项目及设施，包括水平位移、永久缝、裂缝、结构应力、地基反力、墙后土压力、混凝土碳化和冰凌等项目及设施。交通设施包括对外交通、内部交通及交通工具等。通信设施包括内、外通信设施，机房及辅助设施等。生产生活设施包括办公设施、生产及辅助生产设施、闸区管护标志、职工的生活及文化福利设施。生产生活区的附属设施包括供排水、供电及备用电源、供热取暖、绿化美化等设施。

二、水闸等级划分及洪水标准

(一) 水闸的等级划分

平原区水闸枢纽工程的等别和规模，应按《水闸设计规范》(SL 265—2001) 确定(表 1-2)，即按照水闸的最大过闸流量和保护对象的重要性确定。水闸的级别以水闸建筑物的等别确定，水闸枢纽建筑物级别见表 1-3。

表 1-2 平原区水闸枢纽工程的等别和规模

项目	工程等别				
	I	II	III	IV	V
工程规模	大(1)型	大(2)型	中型	小(1)型	小(2)型
最大过闸流量/(m³/s)	≥5000	5000~1000	1000~100	100~20	<20
保护对象的重要性	特别重要	重要	中等	一般	—

注：按水闸最大过闸流量和保护对象重要性确定水闸等别时，应综合分析确定。

表 1-3 水闸枢纽建筑物级别

工程 等别	永久建筑物级别		临时性建 筑物级别	工程 等别	永久建筑物级别		临时性建 筑物级别
	主要建筑物	次要建筑物			主要建筑物	次要建筑物	
I	1	3	4	IV	4	5	5
II	2	3	4	V	5	5	—
III	3	4	5				

山丘区水利水电枢纽工程中水闸的级别，可根据所属枢纽工程的等别及水闸自身的重要性按表 1-3 确定。山丘区水利水电枢纽工程级别，应按《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252—2000）的规定确定。灌排渠系上的水闸一般没有泄洪要求，其级别按《灌溉与排水工程设计规范》（GB 50288—1999）的规定确定，灌排渠系建筑物分级指标见表 1-4。位于防洪（挡潮）堤上的水闸级别，不得低于防洪（挡潮）堤的级别。

表 1-4 灌排渠系建筑物分级指标

项目	工程级别				
	1	2	3	4	5
过水流量/(m³/s)	≥300	300~100	100~20	20~5	≤5

（二）水闸的洪水标准^[3]

水闸工程的洪水标准以水闸建筑物的级别来确定。水闸工程的设计和校核洪水位、闸顶超高及抗滑安全系数由洪水标准（即设计和校核洪水重现期）确定。

平原区水闸的洪水标准要求可按表 1-5 确定。挡潮闸的设计潮水标准见表 1-6。山丘区水利水电枢纽水闸的洪水标准与枢纽中永久建筑物一致，按《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252—2000）的规定确定。灌排渠系上水闸的洪水标准见表 1-7。防洪（挡潮）堤上的水闸的洪水标准，不得低于防洪（挡潮）堤的洪水标准。

表 1-5 平原区水闸的洪水标准

项目		水闸级别				
		1	2	3	4	5
洪水重现期/年	设计	100~50	50~30	30~20	20~10	10
	校核	300~200	200~100	100~50	50~30	30~20

表 1-6 挡潮闸的设计潮水标准

项目	挡潮闸的级别				
	1	2	3	4	5
设计洪水重现期/年	≥100	100~50	50~20	20~10	10

表 1-7 灌排渠系上水闸的洪水标准

项目	灌排渠系上水闸的级别				
	1	2	3	4	5
设计洪水重现期/年	100~50	50~30	30~20	20~10	10

平原区水闸消能防冲刷设施的洪水标准与水闸一致。山区水利水电枢纽水闸消能防冲刷设施的洪水标准见表 1-8。

表 1-8 山区水利水电枢纽水闸消能防冲刷设施的洪水标准

项目	山区水利水电枢纽水闸的级别				
	1	2	3	4	5
设计洪水重现期/年	100	50	30	20	10

三、我国水闸工程基本情况

（一）各类水闸数量多

新中国成立以前，我国的水闸数量非常少，规模也很小，一般多用于灌溉引水，用于防洪、分洪等方面的水闸极少。新中国成立以后，党和政府非常重视水利建设事业，特别是 20 世纪 50~70 年代，在兴修水利的建设高潮中，全国各地兴建了大量的水闸。据有关资料报道，我国已建成各类水闸 50000 多座，其中大型水闸 1000 多座、中型水闸 6700 多座、小型水闸 33000 多座。水闸的数量可称为世界之最。这些水闸，为当地防洪除涝、灌溉供水等水资源开发利用发挥了巨大作用，但也给管理和维修带来很大的工作量。

（二）在经济发展中作用重大

水闸工程是一种典型的水工建筑物，属于水利基础设施，是江河湖海防洪除涝体系的重要组成部分。近些年来，在水行政主管部门和水闸管理单位的共同努力下，水闸工程在防洪、排涝、灌溉、供水、养殖、发电、航运等方面，发挥了显著的经济效益和社会效益，今后在国民经济发展中将会发挥更加重要的作用。

江苏省是我国的水闸大省，已建成水闸约 3000 多座，不仅保护着 44 座大中小城市、津沪和陇海铁路、沪宁和连霍高速公路的防洪安全，还保护耕地 $581.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，另外还担负着排涝面积 $443.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，有效灌溉面积 $385.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，水电站装机容量达 $1.1 \times 10^4 \text{ kW}$ ，养鱼水面面积 $0.43 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，初步形成了遇洪能泄、遇涝能排、遇旱能灌、遇潮能挡的工程体系，从而确保了江苏省国民经济协调健康发展。内蒙古自治区兴建的水闸，防洪保护人口 630 万人，保护耕地 183 km^2 ，仅黄河三盛公水利枢纽的平均防洪效益就超过 2700 万元。

（三）工程结构形式复杂多样

水闸是利用闸门挡水和泄水的中低水头水工建筑物，由于挡水或泄水条件、运行要求及地形地质情况的不同，我国水闸工程的结构形式复杂多样。按照水闸的功能不同，可分为节制闸、进水闸、冲沙闸、分洪闸、挡潮闸、排水闸；按照闸室的结构形式不同，可分为开敞式水闸、胸墙式水闸、涵洞式水闸和双层式水闸。水闸工程结构形式越复杂，其设计、施