

水工建筑物除险加固技术丛书

SHUIZHA CHUXIAN JIAGU  
GONGCHENG SHEJI

# 水闸除险加固工程设计

和桂玲 贾乃波 张启海 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

水工建筑物除险加固技术丛书

SHUIZHA CHUXIAN JIAGU  
GONGCHENG SHEJI

# 水闸除险加固工程设计

和桂玲 贾乃波 张启海 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书内容共四章：第一章概述，包括我国水闸工程现状分析，水闸加固改造工程的特点，水闸安全鉴定规定简介，水闸加固改造措施等；第二章某分洪闸加固改造实例；第三章某泄洪闸加固改造实例；第四章某节制闸加固改造实例。第二章至第四章结合三个典型实例水闸重点总结归纳了水工结构加固改造的设计理论、方法、技术和工程实施的效果。本书提供的设计理论方法和加固技术具有很强的实用性，并经工程实践证明，具有很高的参考价值。

本书可供水利水电专业的工程设计、施工、管理等人员使用，也可供有关专业的科研人员 and 高等院校的师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

水闸除险加固工程设计/和桂玲, 贾乃波, 张启海编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

(水工建筑物除险加固技术丛书)

ISBN 978-7-5084-5079-7

I. 水… II. ①和…②贾…③张… III. 水闸—加固—设计 IV. TV66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 182801 号

书 名	水工建筑物除险加固技术丛书 <b>水闸除险加固工程设计</b>
作 者	和桂玲 贾乃波 张启海 编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 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	787mm×1092mm 16 开本 13 印张 308 千字
版 次	2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	<b>35.00 元</b>

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言

水闸是一种利用闸门挡水和泄水的低水头建筑物，在水利水电工程中应用十分广泛。水闸类型很多，按其作用可以分为进水闸、分水闸、节制闸、泄水闸、排水闸、分洪闸、冲沙闸、防潮闸等，有些水闸兼有多种作用。

我国已建成各类水闸 5 万多座，其中大型 480 余座，中型 3280 余座，小型 4.6 万余座，数量为世界之最。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的作用，促进了当地工农业生产的不断发展和生态环境的改善。但是在已建成的水闸中，有的设计标准低，施工质量差，设施不配套，存在“先天不足”；有的经多年运用，在复杂的自然条件和外力作用下，其材料性能和受力状态不断变化，再加上管理运用不当，工程老化失修，致使工程病害险情不断发生、发展，功能下降；有的为满足增大灌溉或泄洪流量、增设交通桥或增加交通能力、增设工作桥或启闭设备、提高抗震能力、改变结构形式等要求而需要增加或改变水闸原有功能。这些方面都使得我们必须面对水闸除险加固改造的工程建设任务。

除险加固改造水闸比新建水闸更具复杂性和特殊性，主要表现在以下方面：

(1) 除险加固工程设计较新建工程项目受原工程现状的制约较大，特别是在原工程竣工资料不完整的情况下，将给设计与施工带来更多的困难。因此，必须对加固改造的建筑物进行全面系统的调查、勘测、检测和评价，为除险加固改造设计与施工提供可靠依据。

(2) 除险加固改造设计时要充分利用原有结构，对原有结构要进行全面检测、核算，清查原有结构材料特性、力学性能及结构缺陷，做到既能充分利用其现有承载能力，节省投资，又不损害原有结构。

(3) 经加固改造后的结构属于二次受力的组合结构，受力性能与未加固的普通结构有较大差异，存在新增加部分应力应变滞后现象和新旧结构两部分共同作用的问题。所以，加固改造结构在构造和施工中都有一些特殊要求。

(4) 除险加固改造工程施工有时需在工程运行情况下实施，施工应以少影响或不影响工程运用和效益发挥为原则，这使得材料选用和施工组织设计等的难度加大。

(5) 除险加固改造工程的施工受到原有工程条件的限制，应不影响、损坏原有建筑物或相邻设施。这就要求在加固改造设计和施工中必须紧密结合工程特点，充分考虑利用切实可行的特殊施工技术和方案，如灌浆、托换、纠偏、喷射混凝土、水下混凝土、预应力补强、粘贴、控制爆破等。

本书编著的目的在于适应水闸除险加固改造实践的需要，针对水闸除险加固改造工程的特点，结合水闸除险加固改造工程典型实例，介绍除险加固改造的实施方案、方法和技术，为水闸除险加固改造设计和施工提供有价值的参考，促进设计水平和工程质量的提高。

全书由山东省水利勘测设计院和桂玲统稿。第一章由山东大学张启海执笔；第二章至第四章由山东省水利勘测设计院和桂玲、贾乃波执笔。参加本书编著工作的还有山东省水利勘测设计院曹先玉、戚英、宋文军、苏丽娟，沂沭泗河水利工程管理局宋心同、王海川、王伯龙，山东大学研究生韩超等。

本书由山东省水利厅副总工程师、研究员刘长余主审。

鉴于编者水平有限，书中难免有不足及错误之处，敬请读者批评指正。

**编著者**

2007年9月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 我国病险水闸隐患及其分析 .....	1
第二节 水闸除险加固改造工程的特点 .....	3
第三节 水闸安全鉴定规定简介 .....	3
第四节 水闸除险加固改造措施 .....	8
<b>第二章 某分洪闸加固改造实例</b> .....	18
第一节 原工程概况 .....	18
第二节 工程存在的主要问题 .....	19
第三节 工程检测 .....	20
第四节 加固改造方案选择 .....	22
第五节 水工结构加固改造设计 .....	24
第六节 启闭机房和桥头堡设计 .....	37
第七节 水工结构加固改造施工 .....	37
第八节 工程实施效果 .....	40
<b>第三章 某泄洪闸加固改造实例</b> .....	42
第一节 原工程概况 .....	42
第二节 工程存在的主要问题 .....	42
第三节 工程检测 .....	43
第四节 加固改造主要内容 .....	47
第五节 基本资料 .....	48
第六节 工程安全复核 .....	57
第七节 加固改造方案比选 .....	72
第八节 水工结构加固改造设计 .....	80
第九节 水工结构加固改造施工 .....	84
第十节 工程实施效果 .....	100
<b>第四章 某节制闸加固改造实例</b> .....	127
第一节 原工程概况 .....	127

第二节	工程存在的主要问题	128
第三节	工程检测与工程复核计算	128
第四节	加固改造方案选择	138
第五节	水工结构加固改造设计	139
第六节	施工组织设计	155
第七节	水工结构加固改造施工	160
第八节	工程实施效果	186
附图		190
参考文献		199

# 第一章 概 述

## 第一节 我国病险水闸隐患及其分析

### 一、我国水闸工程现状分析

#### (一) 水闸的概念及其应用

水闸是一种利用闸门挡水和泄水的低水头建筑物，多建于河道、渠系及水库、湖泊岸边。其主要作用是控制流量和调节水位，还可担负防止潮水倒灌以及汛期排泄洪（涝）水的功能。水闸按其作用可分为进水闸、分水闸、节制闸、泄水闸、排水闸、分洪闸、冲沙闸、退水闸、防潮闸等；按其结构形式可分为开敞式和涵管式两种，且有单孔、多孔之分；按其校核过闸流量（无校核过闸流量则以设计过闸流量为准）大小可划分为大型水闸（过闸流量不小于  $1000\text{m}^3/\text{s}$ ）、中型水闸（过闸流量在  $100\sim 1000\text{m}^3/\text{s}$  之间）、小型水闸（过闸流量小于  $100\text{m}^3/\text{s}$ ）。

在工程实践中，水闸除单独使用外，还经常与其他水工建筑物组成水利枢纽，共同发挥作用。例如，与泵站组成抽水站枢纽，与水电站组成发电站枢纽，与大坝、输水洞等共同组成水库枢纽，与灌区其他水工建筑物组成渠首枢纽和渠系建筑物系统等。因此，水闸广泛应用于水利水电工程中，是重要的水利工程类别之一。

#### (二) 我国水闸工程现状及其分析

由于水闸的应用十分广泛，我国已建成各类水闸 5 万多座，其中大型 480 余座，中型 3280 余座，小型 4.6 万余座，数量为世界之最。水闸在防洪除涝、农业灌溉、拦潮蓄淡、火力发电、城乡供水、景观旅游、生态环境等方面发挥了巨大的作用，取得了显著的经济效益、社会效益和生态环境效益。

尽管如此，在已建的水闸中，有的由于缺乏合理规划、设计标准低、施工质量差、设施不配套等原因而存在“先天不足”；有的经多年运用，在复杂的自然条件和外力作用下，其材料性能和受力状态不断变化，加上管理水平不高，维修保养不够，导致病害的发生、发展，功能下降；有的由于灾害性的因素（如地震、火灾、超标准的特大洪水等）造成超载，使结构或构件造成损坏或损伤。上述种种原因，给水闸的安全运用留下了隐患，影响了工程效益的发挥。

另外，由于国民经济和社会发展，要求增大灌溉或泄洪流量、增设交通桥或增加交通能力、增设工作桥或启闭设备、提高抗震能力、改变结构形式等，需要增加或改变工程功能。

根据有关统计资料，我国有大型病险水闸 248 座，占大型水闸总数的 51%；中型病险水闸 1505 座，占中型水闸总数的 46%。估计小型水闸的病险率更高。病险水闸大量存在，病险工程的安全状况已成为政府和社会的心腹之患。





### 二、我国水闸的安全隐患问题及其危害

#### (一) 病险水闸的概念

根据水利行业标准 SL 214—98《水闸安全鉴定规定》，将水闸的安全状况分为 4 类，其中被鉴定为三类和四类的水闸统称为病险水闸，至此，病险水闸概念得到科学的界定。即：

三类闸：运用指标达不到设计标准，工程存在严重损坏，经除险加固后，才能达到正常运行。

四类闸：运用指标无法达到设计标准，工程存在严重安全问题，需降低标准运用或报废重建。

按照上述规定，我国现有三类、四类大中型水闸的数量见前所述。

#### (二) 病险水闸的主要问题

经综合分析，我国病险水闸主要存在以下方面的问题：

- (1) 防洪标准低，造成超标准泄流、闸前水位超高甚至洪水漫溢。
- (2) 闸室稳定性能（抗滑、抗倾、抗浮）不满足规范规定要求。
- (3) 闸基渗流和两侧绕渗不稳定，出现塌坑、冒水、滑坡等现象。
- (4) 处于地震设防区的水闸，原设计未考虑地震设防或设计烈度偏低，结构不满足抗震要求。
- (5) 水闸混凝土结构老化，存在严重损坏，如大量的混凝土裂缝、剥蚀、脱落、碳化、疏松，钢筋锈蚀等。
- (6) 闸下游消能防冲设施损坏严重。
- (7) 枢纽范围上、下游河道淤积，造成泄水能力下降。
- (8) 闸门、启闭设施和电气设备损坏，或者老化、年久失修、运转不灵。
- (9) 无观测设施或者损坏失效。
- (10) 其他方面的问题，如枢纽布置不合理，容易造成河道淤积堤岸冲刷；防渗铺盖、翼墙、堤岸护坡损坏，管理房屋失修或不够用，防汛道路损坏，缺少备用电源、交通车辆和通信设施等。

#### (三) 病险水闸隐患问题的危害

我国病险水闸数量多，水闸病险率高，其危害表现在：①危及城镇、主要交通干线等基础设施以及广大人民群众的生命财产安全；②导致工程效益减退，制约着经济社会的可持续发展。例如，1998 年 6 月，安徽省长江干堤上杨墩站闸发生整体沉陷 3.5m 的险情，水闸全部报废，并造成几十万亩农田和 16 万人口受灾，直接损失 3000 万余元；1998 年洪水期间，仅长江、松花江、嫩江就有 291 座水闸相继出现险情。水闸往往是与水库大坝、江河堤防联合运用，实现兴利除害的目标。可是，由于病险，水闸不能安全可靠地运行，影响合理调度，致使工程应有的蓄洪、拦洪、滞洪、分洪等设计功能无法实现。例如，许多病险水闸只能采取降低水位运行、减少蓄水等措施，造成调控防洪能力下降，抗旱除涝、供水能力减小等，这使得防洪体系的整体抵御洪涝灾害的能力大打折扣，严重影响了水闸对江河径流调节、水资源优化合理配置等重要作用的发挥。



## 第二节 水闸除险加固改造工程的特点

### 一、除险加固工程设计的原则

除险加固工程设计的原则是“原标准、原规模、原功能”。“原标准”即在满足设计规程要求的前提下，除险加固工程设计标准尽可能的维持原工程的设计标准；“原规模”即在工程除险加固后仍保持原工程的设计规模，不能随意增大或减小；“原功能”即在工程除险加固后不改变工程的原有功能。

### 二、除险加固工程设计的特点

对水闸进行除险加固改造的目的在于消除其存在的安全隐患。加固和改造老水闸与新建水闸工程相比具有复杂性和特殊性。如果没有做到“对症下药”或除险加固改造不彻底，将会导致二次除险加固改造，造成除险加固改造资金的浪费，延缓除险加固改造的进程。水闸加固改造设计的复杂性和特殊性主要表现在以下几个方面：

(1) 除险加固工程设计较新建工程项目受原工程现状的制约较大，特别是在原工程竣工资料不完整的情况下，将给设计与施工带来更多的困难。因此，要对加固改造建筑物进行历史与现状调查、安全检测与复核计算，在此基础上进行安全评价，诊断出存在的隐患，做到“对症下药”。加固改造设计应是既能充分利用其现有承载能力，节省投资，又能确保原有结构不受损害。

(2) 工程结构经加固改造后属于二次受力的组合结构，受力性能与未加固的普通结构有较大差异，存在新增加部分应力应变滞后现象和新旧结构两部分共同作用的问题。所以，加固改造结构在构造和施工中都有一些特殊要求。

(3) 除险加固改造工程施工一般都在工程运行情况下实施，加固改造施工应以少影响或不影响工程运用和效益发挥为原则，这使得材料选用和施工组织设计等的难度加大。

(4) 除险加固改造工程的施工受到原有工程条件的限制，应不影响和损坏原有建筑物或相邻设施。这就要求除险加固改造设计中，必须紧密结合工程特点，充分考虑利用切实可行的特殊施工技术。

由于水闸除险加固改造工程具有上述特点，设计工作中必须重视水闸安全鉴定结论及安全评价所依据的相关资料的收集、分析，明确工程隐患的部位、产生的原因，结合工程质量情况、工程地质和水文地质特点等，研究水闸除险加固改造的技术措施。在研究除险加固改造技术措施时，应重视采用新技术、新方法、新材料、新工艺，努力提高科技含量，使水闸除险加固改造工作更加科学、经济、合理。

## 第三节 水闸安全鉴定规定简介

水闸安全鉴定工作是水闸安全管理最基础的工作，也是水闸除险加固工程前期规划工作十分重要的内容。只有通过安全鉴定才能全面准确地找出水闸存在的问题，确定水闸的安全类别，除险加固才有可能有的放矢。

为保证水闸运行安全，规范地开展水闸安全鉴定工作，水利部颁布了水利行业标准



SL 214—98《水闸安全鉴定规定》。该标准自1998年7月1日起实施，包括总则、鉴定程序、现状调查、复核计算、安全检测、安全评价等6章48条，对水闸安全鉴定的范围和周期、安全鉴定工作程序、水闸现状调查分析、现场安全检测与成果分析、工程复核计算与计算成果、水闸安全评定标准和鉴定报告书等提出要求。《水闸安全鉴定规定》的主要内容如下。

### 一、水闸安全鉴定的范围、周期及工作程序

#### (一) 水闸安全鉴定的范围和周期

《水闸安全鉴定规定》总则1.0.3条、1.0.4条对水闸安全鉴定的范围和周期作了如下规定：

(1) 水闸安全鉴定范围包括闸室，上、下游连接段，闸门，启闭机，电气设备和管理范围内的上、下游河道。

(2) 水闸安全鉴定周期：水闸投入运用后每隔15~20年，应进行一次全面安全鉴定；单项工程达到折旧年限，应进行安全鉴定；对影响水闸安全运行的单项工程，必须及时地进行安全鉴定。

#### (二) 水闸安全鉴定程序

《水闸安全鉴定规定》中2.0.1~2.0.9条对水闸安全鉴定程序作了如下明确规定：

(1) 水闸的安全鉴定工作程序为：工程现状的调查分析；现场安全检测；工程复核计算；水闸安全评价；水闸安全鉴定工作总结。

(2) 水闸管理单位应承担工程现状的调查分析工作，在申请安全鉴定时，必须将工程现状调查分析报告报上级主管部门。

(3) 水闸上级主管部门组织实施水闸安全鉴定时，应承担下列各项工作：

- 1) 审批水闸管理单位的安全鉴定申请报告，下达安全鉴定任务。
- 2) 聘请有关专家，组建水闸安全鉴定专家组。
- 3) 编制水闸安全鉴定工作计划。
- 4) 委托或组织有关单位进行现场安全检测和工程复核计算。
- 5) 组织编写安全鉴定工作总结。

(6) 水闸安全鉴定专家组应审查工程现状调查分析报告、现场安全检测报告和工程复核计算分析报告；主持召开鉴定会议，进行水闸安全分析评价，评定水闸安全类别，提出水闸安全鉴定结论，编写水闸安全鉴定报告书。

(7) 技术鉴定工作结束后，水闸上级主管部门应组织编写安全鉴定工作总结。安全鉴定工作总结和水闸安全鉴定报告书应报上一级主管部门备案，1、2级水闸的鉴定资料还应报水利部和有关流域机构。安全鉴定资料应归档长期保存。

### 二、水闸现状调查分析的内容与报告

#### (一) 水闸工程现状调查分析的内容

《水闸安全鉴定规定》中3.1.1~3.1.4条对水闸工程现状调查分析的内容和一般要求作了规定，包括技术资料收集、工程现状全面检查和对工程存在的问题进行初步分析。收集的技术资料（包括设计资料、施工资料、技术管理资料）应真实、完整，力求满足安全



鉴定需要；工程现状全面检查应在原有检查观测成果基础上进行，应特别注意检查工程的薄弱部位和隐蔽部位；对检查中发现的工程存在的问题和缺陷，应初步分析其成因和对工程安全运用的影响。

## （二）工程现状调查分析报告

《水闸安全鉴定规定》中 3.3.1 条对工程现状调查分析报告的内容作了规定。工程现状调查分析报告的内容一般应包括下列内容。

### 1. 基本情况

（1）工程概况：包括水闸建成时间，工程规模，主要结构和闸门、启闭机形式，工程设计效益及实际效益。

（2）设计、施工情况：包括建筑物级别，设计的工程特征值，地基情况及处理措施，施工中发生的主要问题及处理措施等。

（3）技术管理情况：包括技术管理制度执行情况，控制运用情况和运行期间遭遇洪水、风暴潮、强烈地震及重大工程事故造成的工程损坏情况及处理措施等。

### 2. 工程安全状态初步分析

应对水闸的土石方工程、混凝土结构、闸门等工程设施的安全状态和启闭机、电气设备等的完好程度以及观测设施的有效性等逐项详细描述，并对工程存在问题和缺陷的产生原因，进行逐步分析。

### 3. 建议

根据初步分析结果，提出需进行现场安全检测和工程复核计算的项目及对工程大修或加固的建议。

## 三、水闸安全检测与报告

### （一）工程安全检测项目

《水闸安全鉴定规定》中 4.1.1 条规定，水闸现状安全检测项目应根据工程情况、管理运用中存在的问题和具体条件等因素综合研究确定。一般包括：

- （1）地基土、填料土的基本工程性质。
- （2）防渗、导渗和消能防冲设施的有效性和完整性。
- （3）混凝土结构的强度、变形和耐久性。
- （4）闸门、启闭机的安全性。
- （5）电气设备的安全性。
- （6）观测设施的有效性。
- （7）其他有关专项测试。

### （二）水闸现场安全检测的规定

《水闸安全鉴定规定》中 4.1.2 条对水闸现场安全检测作了如下规定：

- （1）现场的检查观测资料已能满足安全鉴定分析要求的，不再监测。
- （2）检测项目应与工程复核计算相协调。
- （3）监测工作应选在对检测条件有利和对水闸运行干扰较小的时期进行。
- （4）检测点应选择能较好地反映工程实际安全状态的部位上。
- （5）现场检测宜采用无破损检测方法。如必须采用破损检测时，应尽量减少测点。检



测结束后,应及时予以恢复。

(三) 多孔闸抽样检测的抽样比例

《水闸安全鉴定规定》中 4.1.3 条对多孔闸抽样检测的抽样比例作了如下规定:

多孔闸应在普查基础上,选取能较全面反映整个工程实际安全状态的闸孔进行抽样检测。抽样比例,应结合闸孔数量、运行情况、检测内容和条件等因素确定,一般应符合下列规定:

10 孔以内的水闸为 100%~30%;

11~20 孔的水闸为 30%~15%;

21~70 孔的水闸为 15%~10%;

超过 70 孔的水闸可酌量减小抽样比例。

(四) 安全检测的内容

《水闸安全鉴定规定》中 4.2.1~4.2.7 条对水闸安全检测的内容作了如下规定:

(1) 水闸地基渗流异常或过闸水流流态异常的,应重点监测水下部位有无止水失效、结构断裂、基土流失、冲坑和塌陷等异常现象。

(2) 闸室或岸墙、翼墙发生异常沉降、倾斜、滑移等情况,除应检测水下部位结构外,还应检测地基土和填料土的基本工程性质指标。

(3) 混凝土结构的监测应包括以下内容:

1) 主要结构构件或有防渗要求的结构,出现破坏结构整体或影响工程安全运用的裂缝,应检测裂缝的分布、宽度、长度和深度。必要时应检测钢筋的锈蚀程度,分析裂缝产生的原因。

2) 承重结构荷载超过原设计荷载标准而产生明显变形的应检测结构的应力和变形值。

3) 主要结构构件表面发生锈胀裂缝或剥蚀、磨损、保护层破坏较严重的,应检测钢筋的锈蚀程度。必要时应检测混凝土的碳化程度和钢筋保护层厚度。

4) 结构因受侵蚀性介质作用而发生腐蚀的,应检测侵蚀性介质的成分、含量、检测结构的腐蚀程度。

(4) 闸门和启闭机的安全检测:

1) 钢闸门、启闭机的监测应按 SL 101—94《水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程》的规定执行。

2) 混凝土闸门除了应检测构件的裂缝和钢筋(或钢丝网)锈蚀程度外,还应检测零部件和埋件的锈损程度和可靠性。

3) 电气设备的安全检测,可参照 GB 50150—91《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》等有关规定执行。

4) 观测设施有效性检查,应按 SL 75—94 及其他相应的现行标准中有关规定执行。

5) 复核计算或安全鉴定所需要的其他专项测试,应按相应的现行标准中有关标准规定执行。

(五) 现场安全检测报告

《水闸安全鉴定规定》中 4.3.1 条规定,现场安全检测报告一般应包括以下内容:

(1) 基本情况。



- (2) 原有检查观测资料的成果摘要。
- (3) 检测内容和方法。
- (4) 检测资料成果分析。
- (5) 对检测结构安全状态的评价和建议。

#### 四、复核计算的内容与报告

水闸复核计算应以最新的规划数据、检查观测资料和安全检测成果为主要依据,按照 SL 265—2001《水闸设计规范》及其他有关标准进行。

##### (一) 复核计算内容

《水闸安全鉴定规定》中 5.2.1~5.2.8 条对水闸复核计算的内容作了如下规定:

(1) 水闸因规划数据的改变而影响安全运行的,应区别不同情况,进行闸室、岸墙和翼墙的整体稳定性、抗渗稳定性、水闸过流能力、消能防冲或结构强度等复核计算。

(2) 水闸结构因荷载标准的提高而影响工程安全的,应符合其结构强度和变形。

(3) 闸室、岸墙和翼墙发生异常沉降、倾斜、滑移,应以新测定的地基土和填料的基本工程性质指标,核算闸室或岸墙、翼墙的稳定性与地基整体稳定性。

(4) 闸室、岸墙和翼墙的地基出现异常渗流,应进行抗渗稳定性验算。

(5) 混凝土结构的复核计算应符合下列规定:

1) 需要限制裂缝宽度的结构构件,出现超过允许值的裂缝,应复核其结构强度和裂缝宽度。

2) 需要控制变形值的结构构件,出现超过允许值的变形,应进行结构强度和变形验算。

3) 对主要结构构件发生锈胀裂缝或表面裂缝、磨损而导致钢筋保护层破坏和钢筋锈蚀的,应按实际截面进行结构构件强度复核。

(6) 闸门复核计算应遵守下列规定:

1) 钢闸门结构发生严重锈蚀而导致截面削弱的,应进行结构强度、刚度和稳定性验算。

2) 混凝土闸门的梁、面板等受力构件发生严重腐蚀、剥蚀、裂缝致使钢筋(或钢丝网)锈蚀的,应按实际截面进行结构构件强度、刚度和稳定验算。

3) 闸门的零部件和埋件等发生严重锈蚀或磨损的,应按实际截面进行结构构件强度复核。

(7) 水闸上、下游河道发生严重淤积或冲刷而引起上、下游水位发生变化的,应进行水闸过流能力或消能防冲核算。

(8) 地震设防区的水闸,原设计未考虑抗震设防或设计烈度偏低的,应按 SL 203—97《水工建筑物抗震设计规范》和 SL 265—2001《水闸设计规范》等有关规定进行复核计算。

##### (二) 工程复核分析计算报告

《水闸安全鉴定规定》中 5.3.1 条规定,工程复核分析计算报告一般应包括以下内容:

(1) 工程概况。

(2) 基本资料包括建筑物级别,设计标准,地基情况,地震设防烈度和安全检测中的



有关资料等。

(3) 复核计算成果及分析评价。

(4) 水闸安全状态综合评价和建议。

### 五、水闸安全评定标准和鉴定报告书

水闸安全鉴定时，对工程现状调查分析报告、现场安全检测报告和工程复核计算分析计算报告等三项成果，应着重审查报告中所列资料的来源和可靠性，检测和核算方法是否符合现行有关标准的规定，论证及分析评价是否准确合理。

#### (一) 水闸安全类别评定标准

《水闸安全鉴定规定》中 6.0.2 条规定的水闸安全类别评定标准如下：

一类闸：运用指标能达到设计标准，无影响正常运行的缺陷，按常规维修养护即可保证正常运行。

二类闸：运用基本指标达到设计标准，工程存在一定的损坏，经大修后，可达到正常运行。

三类闸：运用指标达不到设计标准，工程存在严重损坏，经除险加固后，才能达到正常运行。

四类闸：运用指标无法达到设计标准，工程存在严重安全问题，需降低指标运用或报废重建。

#### (二) 水闸安全鉴定报告书

《水闸安全鉴定规定》中附录 A 规定了水闸安全鉴定报告书的样式。水闸安全鉴定报告书的各项安全分析评价内容，水闸安全鉴定专家组应根据对调查分析、安全检测和复核计算三项成果的审查结果，按规定内容逐项填列，在综合分析各项安全分析评价内容基础上，提出水闸安全鉴定结论。并按上述标准的规定，评定水闸的安全类别。对工程存在的主要问题，应提出加固或改善运用意见。

水闸上级主管部门及管理单位应根据水闸安全鉴定结论，采取相应的措施：对三类闸，应尽快进行除险加固；对四类闸，应逐级上报，申请降低标准运用或报废重建。在未除险加固或报废重建前，必须采取应急措施，确保工程安全。

## 第四节 水闸除险加固改造措施

水闸除险加固改造的内容，按部位分一般有地基与基础加固、防参与排水设施加固、消能与防护设施加固、岸墙与翼墙加固、闸室加固、电器、闸门及启闭机改造等。具体水闸的加固改造措施，应根据水闸产生病害的部位、原因、工程地质特点等，经综合分析后采用。工程实践表明：某种技术措施，对于有的水闸除险加固改造是成功的，而对于另外的水闸除险加固改造的效果则较差。这说明水闸的除险加固改造措施的选择必须综合考虑工程的特殊性和技术措施的局限性及其适用范围。下面按水闸除险加固改造的部位，就一般情况下水闸除险加固改造所经常采用的一些技术措施进行综述，旨在为设计人员提供一些水闸除险加固改造的基本思路。



## 一、地基与基础

水闸闸室基础是闸底板。它的功能是承受闸室上部结构的重量和水压力，并将其较均匀地传给地基；同时还依靠它与地基之间的摩擦力来保持闸室稳定；闸底板还兼有保护闸室地基免受冲刷及防渗等功能。闸底板的形式一般有平底板、桩基底板、反拱底板和空箱式底板等，但最常见的为平底板。闸底板的材料多采用混凝土、钢筋混凝土。

水闸地基与基础常见病害与除险加固改造措施归纳如下：

(1) 地基的沉降和不均匀沉降是水闸最常见的缺陷，危害最大的是不均匀沉降，它是由地基不均匀沉降或荷载不均匀引起。当水闸不均匀沉降过大时，就会造成一系列缺陷，如裂缝张开、闸室或边墙倾斜、止水撕裂失效、铺盖和护坦裂缝、闸室上部结构变位或裂缝等。当沉降已经稳定而水闸尚未因沉降而影响正常运用时，可不对沉降进行处理，只对因沉降而产生的缺陷进行加固；当沉降继续发展影响到水闸正常运用，或急于处理沉降产生的缺陷时，则需对水闸基础或地基进行处理，以控制沉降。

(2) 水闸因地基不均匀沉降而导致闸室倾斜，在这种倾斜已影响到水闸正常运用，或不允许其继续发展时，可采用适当的基础纠偏措施，使水闸恢复正常状态。

(3) 水闸因设计缺陷（如设计规范版本的改变常引起设计参数的改变、标准的提高）或施工质量缺陷（如闸底板混凝土浇筑时振捣不密实，存在蜂窝、孔洞，达不到设计强度等）、增加或改变功能、水文地质条件变化使水闸地基承载力已不能满足要求等情况，要求对水闸地基和基础进行加固。

对水闸基础和地基进行加固改造的方法归纳起来主要有3类：地基处理、基础托换和结构措施。

## 二、防渗透与排水设施

水闸防渗有水平防渗和垂直防渗两类。水平防渗设施即铺盖，常用于黏性地基，布置在闸底板上游。铺盖材料有黏土、黏壤土、混凝土、钢筋混凝土、沥青混凝土、防渗土工织物等，黏土、黏壤土铺盖、防渗土工织物表面常铺以砂性土层和块石保护。垂直防渗设施种类有板桩、灌浆帷幕、截水槽、防渗墙等，一般布置在闸底前端的齿槽下，常和铺盖结合用于砂性地基的防渗。

水闸排水也有水平排水和垂直排水两种布置形式。水平排水是常见的排水形式，布置在闸底板下，或紧接闸底板后的消力池底部。垂直排水仅用于地基内有承压水时。为防止颗粒被渗流带入排水而发生管涌，排水和土体接触面处设有反滤层。

水闸防渗和排水设施不满足要求是水闸比较普遍的病害，因防渗、排水设施失效而导致失事的水闸常有所见。水闸防渗和排水设施常见病害及加固改造措施如下：

(1) 铺盖、帷幕、板墙等因长度、厚度不够，或已遭受破坏，导致闸基渗透变形。这类病害加固改造常采用加长、加厚铺盖，补做或增设防渗帷幕等措施。

(2) 岸墙、翼墙布置不满足侧向防渗要求，或对两岸地下水向河槽渗透补给情况估计不足，导致闸两侧绕渗破坏。这种情况可在岸墙后增设防渗刺墙或垂直防渗设施，如构筑防渗墙、高压喷射灌浆建造防渗帷幕、垂直铺塑等。

(3) 排水设置布置不合理，如布置在消力池斜坡段末端的急流低压区，出逸坡降过大；排水沟管堵塞；反滤层级配不良，层间系数过大，层厚过小或已被淤塞；止水撕裂或





漏水等，使闸基扬压力过大，影响闸室稳定，或导致闸基渗透破坏。对于这类病害，应分析原因，提出改进措施，进行修复、完善或重新设置。

### 三、消能与防护设施

水闸消能设施有消力池、消力槛和各种形式的辅助消能工。消力池最为常见，消力槛是较简单的消能形式。当消力池过深时，常采用在消力池末端设尾槛的结合形式。辅助消能工有小槛、消力墩、差动齿槛等，常加设在消力池中，以提高消能效果。由于消能设施承受紊乱水流的冲击作用，一般采用混凝土或钢筋混凝土结构。

上游连接段河床防护多采用浆砌石接干砌石再接防冲槽，下游连接段河床防护由于要结合消除水流剩余能量，常布置有海漫和较深的防冲槽。海漫多为干砌石和堆石结构，紧接消力段也有做成浆砌石的。防冲槽常为简单的挖槽抛石。河岸的防护多采用浆砌石接框格干砌石护坡，也有用混凝土块的，护坡下常铺设一层或两层碎石、砾石或粗砂，以防止渗流变形。

消能与防护设施的破坏或冲毁是水闸较为普遍的现象。不同的破坏情况应采用不同的加固改造措施。

(1) 未设消力池，或消力池过浅的水闸，常因下游河床过低，下游水深不能保证下泄水流在护坦内形成水跃，河床受到较大流速冲刷不断下降，使尾水愈来愈低，导致护坦末端被掏空，消力池遭破坏，海漫和护坡被冲毁。针对这类病害情况，需要增设消力池或对现有不符合要求消力池进行改造，使水跃发生在消力池内。同时修复下游冲毁的海漫和护坡。还可以在护坦（消力池）末端增设钢筋混凝土防冲齿墙，以保护护坦基础不被掏空。

(2) 护坦、消力池受高速水流作用而破损、裂缝、空蚀、磨损和剥蚀；海漫、防冲槽常因水流流速过大，或本身长度、厚度不够，垫层、反滤层被掏空等原因而被破坏。这时，应分析破坏原因，提出完善、改进方案，进行改造和修复。

(3) 护坡因垫层掏空，地基沉陷、冲刷、排水不畅、管理不善等原因而塌陷、破损极为普遍。这类病害加固改造的关键是改进设计，严格施工，加强管理。

### 四、岸墙与翼墙

水闸的岸墙和翼墙是水闸与两岸的连接建筑物，主要起挡土、引导水流和防渗的作用。当岸墙兼作边墩时，还起支撑闸门的作用。

#### 1. 岸墙的布置形式

(1) 岸墙与边墩结合形式，边墩直接挡土，适用于闸室高度低，地基承载力较大的情况。

(2) 岸墙与边墩分开形式，由岸墙挡土，边墩不挡土，适用于闸室较高和地基承载力较低的情况。

(3) 边墩连接斜坡堤岸形式，这种形式用在两岸填土较高时，可以有效地减小地基不均匀沉降和边荷载的影响，但必须在边墩后设置垂直于边墩的挡水刺墙。

#### 2. 翼墙的布置形式

翼墙是岸墙向上、下游延长部分，与岸墙用缝分开，延伸距离一般与铺盖、消力池同长或稍长。翼墙布置形式一般有反翼墙、扭曲式、圆弧形等。