

Handbook of Hydraulic
Structure Design

水工设计手册

6

泄水与过坝建筑物

水利电力出版社

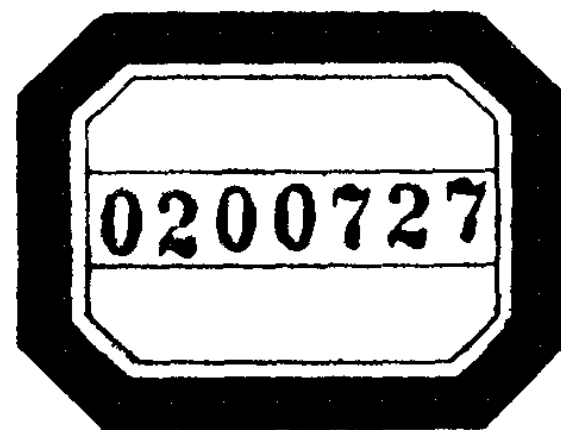


006288 水利部信息所

Handbook
of
Hydraulic
Structure
Design

6

Barrages, Spillways
and
Control Works



水 工 设 计 手 册

第六卷 泄水与过坝建筑物

华东水利学院 主编

水 利 电 力 出 版 社

水工设计手册
第六卷 泄水与过坝建筑物
华东水利学院 主编

*

水利电力出版社出版
(北京三里河路6号)
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力出版社印刷厂印刷

•

787×1092毫米 16开本 35印张 1065千字 2插页
1987年12月第一版 1987年12月北京第一次印刷
印数00001—11590册 平装 定价8.40元
书号15143·6193

本书是《水工设计手册》的第六卷，内容包括第二十五章至第三十章：水闸，门、阀与启闭设备，泄水建筑物，消能与防冲，过坝建筑物，观测设备与观测设计。

本书主要供从事大中型水利水电工程设计的技术人员使用，同时也可供地县农田水利工程技术人员和从事水利水电工程施工、管理、科研的技术人员，以及有关高校、中专师生参考使用。

责任编辑

张丙申

袁耀海

金 炎

ZW35/31
~P

《水工设计手册》组织和主编单位及有关人员

组织单位 水利电力部水利水电规划设计院

主 持 人 张昌龄 **奚景岳** 潘家铮

（工作人员有李浩钧、郑顺炜、沈义生）

主编单位 华东水利学院

主 编 人 左东启 顾兆勋 王文修

（工作人员有商学政、高渭文、刘曙光）

《水工设计手册》第六卷编写人和审订人

章 目	编写人	审订人
第二十五章 水 闸	张世儒 潘贤德	方福均
	沈潜民 孙尔超	孔庆义
	屠 本	胡文昆
第二十六章 门、阀 与启闭 设备	夏念凌	傅南山 俞良正
第二十七章 泄水建 筑物	陈肇和 韩 立	陈椿庭
第二十八章 消能与 防冲	陈椿庭	顾兆勋
第二十九章 过坝建 筑物	宋维邦 刘党一	王文修 呼延如琳
	王俊生 陈文洪	王麟璠 涂德威
	张尚信 王亚平	
第三十章 观测设 备与观 测设计	储海宁 朱思哲	经萱禄

前 言

我国幅员辽阔，河流众多，流域面积在1000平方公里以上的河流就有1500多条。全国多年平均径流量达27000多亿立方米，水能蕴藏量约6.8亿千瓦，水利水电资源十分丰富。

众多的江河，使中华民族得以生息繁衍。至少在二千多年前，我们的祖先就在江河上修建水利工程。著名的四川灌县都江堰水利工程，建于公元前256年，至今仍在沿用。由此可见，我国人民建设水利工程有悠久的历史和丰富的知识。

中华人民共和国成立，揭开了我国水利水电建设的新篇章。三十余年来，在党和人民政府的领导下，兴修水利，发展水电，取得了伟大成就。根据1981年统计（台湾省暂未包括在内），我国已有各类水库86000余座（其中库容大于1亿立方米的大型水库有329座），总库容4000余亿立方米，30万亩以上的大灌区137处，水电站总装机容量已超过2000万千瓦（其中25万千瓦以上的大型水电站有17座）。此外，还修建了许多堤防、闸坝等。这些工程不仅使大江大河的洪涝灾害受到控制，而且提供的水源、电力，在工农业生产和人民生活中发挥了十分重要的作用。

随着我国水利水电资源的开发利用，工程建设实践大大促进了水工技术的发展。为了提高设计水平和加快设计速度，促进水利水电事业的发展，编写一部反映我国建设经验和科研成果的水工设计手册，作为水利水电工程技术人员的工具书，是大家长期以来的迫切愿望。

早在六十年代初期，汪胡桢同志就倡导并着手编写我国自己的水工设计手册，后因十年动乱，被迫中断。粉碎“四人帮”以后不久，为适应我国四化建设的需要，由水利电力部规划设计管理局和水利电力出版社共同发起，重新组织编写水工设计手册。一九七七年十一月在青岛召开了手册的编写工作会议，到会的有水利水电系统设计、施工、科研和高等学校共26个单位、53名代表，手册编写工作得到与会单位和代表的热情支持。这次会议讨论了手册编写的指导思想和原则，全书的内容体系，任务分工，计划进度和要求，以及编写体例等方面的问题，并作出了相应的决定。会后，又委托华东水利学院为主编单位，具体担负手册的编审任务。随着编写单位和编写人员的逐步落实，各章的初稿也陆续写出。一九八〇年四月，由组织、主编和出版三个单位在南京召开了第一卷审稿会。同年八月，三个单位又在北京召开了与坝工有关各章内容协调会。根据议定的程序，手册各章写出以后，一般均打印分发有关单位，采用多种形式广泛征求意见，有的编写单位还召开了范围较广的审稿会。初稿经编写单位自审修改后，又经专门聘请的审订人详细审阅修订，最后由主编单位定稿。在各协作单位大力支持下，经过编写、审订和主编同志们的辛勤劳动，现在，《水工设计手册》终于与读者见面了，这是一件值得庆贺的事。

本手册共有42章，拟分8卷陆续出版，预计到一九八五年全书出齐，还将出版合订本。

本书主要供从事大中型水利水电工程设计的技术人员使用，同时也可供地县农田水利工程技术人员和从事水利水电工程施工、管理、科研的人员，以及有关高校、中专师生参考使用。本书立足于我国的水工设计经验和科研成果，内容以水工设计中经常使用的具体设计计算方法、公式、图表、数据为主，对于不常遇的某些专门问题，比较笼统的设计原则，尽量从简；力求与我国颁布的现行规范相一致，同时还收入了可供参考的有关规程、规范。

这是我国第一部大型综合性水工设计工具书，它具有如下特色：1.内容比较完整。本书不仅包括了水利水电工程中所有常见的水工建筑物，而且还包括了基础理论知识和与水工专业有关的

各专业知识。2.内容比较实用。各章中除给出常用的基本计算方法、公式和设计步骤外，还有较多的工程实例。3.选编的资料较新。对一些较成熟的科研成果和技术革新成果尽量吸收，对国外先进的技术经验和有关规定，凡认为可资参考或应用的，也多作了扼要介绍。4.叙述简明扼要。在表达方式上多采用公式、图表，文字叙述也力求精练，查阅方便。我们相信，这部手册问世将对我国从事水利水电工作的同志有一定的帮助。

本手册编成之后，我们感到仍有许多不足之处，例如：个别章的设置和顺序安排不尽恰当；有的章字数偏多，内容上难免存在某些重复；对现代化的设计方法如系统工程、优化设计等，介绍得不够；在文字、体例、繁简程度等方面也不尽一致。所有这些，都有待于再版时加以改进。

本手册自筹备编写至今，历时已近五年，前后参加编写、审订工作的约有三十多个单位一百多位同志。接受编写任务的单位和执笔同志都肩负繁重的设计、科研、教学等工作，他们克服种种困难，完成了手册编写任务，为手册的顺利出版作出了贡献。在此，我们向所有参加手册工作的单位、编写人、审订人表示衷心的感谢，并致以诚挚的慰问。已故水力发电建设总局副总工程师奚景岳同志和水利出版社社长林晓同志，他们生前参加手册发起并作了大量工作，谨在此表示深切的怀念。

最后，我们诚恳地欢迎读者对手册中的疏漏和错误给予批评指正。

水利电力部水利水电规划设计院

华东水利学院

一九八二年五月

目 录

前 言

第二十五章 水 闸

第一节 概述	6-3
一、基本资料	6-4
二、闸的常用型式	6-4
三、闸址选择	6-4
四、总体布置	6-7
第二节 泄流能力与轮廓尺寸	6-8
一、开敞式水闸的泄流能力及 孔口尺寸	6-8
二、挡潮闸水力计算要点	6-11
三、闸室的轮廓尺寸	6-14
四、上、下游连接段的轮廓尺寸	6-16
第三节 消能与防冲	6-16
一、设计条件	6-16
二、消能设计	6-18
三、辅助消能设备	6-20
四、海漫	6-23
五、防冲槽	6-24
第四节 防渗设计	6-25
一、闸基渗流	6-26
二、地下轮廓布置	6-27
三、防渗设备	6-27
四、排水体与反滤层	6-30
五、止水	6-31
六、侧向绕流	6-32
第五节 闸室及地基的稳定分析	6-34
一、荷载及其组合	6-34
二、闸室稳定计算	6-34
三、抗剪强度指标的选用	6-38
四、地基整体稳定计算	6-39
五、天然地基的沉降计算	6-49
第六节 松软地基的处理	6-49
一、概述	6-49
二、换土垫层法	6-49

三、砂井预压	6-51
四、挤密砂(石)桩	6-54
五、桩基	6-55
六、沉井	6-55
七、强夯	6-56
第七节 闸室底板的应力分析	6-57
一、概述	6-57
二、平底板	6-57
三、反拱底板	6-64
四、配筋及构造	6-64
第八节 闸墩的应力分析	6-65
一、概述	6-65
二、平面闸门的闸墩	6-66
三、弧形闸门的闸墩	6-67
第九节 闸室附属结构及两岸连 接建筑物	6-69
一、闸室的附属结构	6-69
二、两岸连接建筑物	6-74
第十节 其它闸型	6-78
一、灌注桩基水闸	6-78
二、装配式水闸	6-81
三、浮运式水闸	6-86
四、自动翻板闸	6-87
五、橡胶坝	6-92
主要参考文献	6-96

第二十六章 门、阀与启闭设备

第一节 概述	6-99
一、闸门的组成、分类和设计 基本资料	6-99
二、孔口尺寸和设计水头系列	6-101
三、闸门的类型和选择	6-101
第二节 闸门在水利枢纽中的布置	6-108
一、泄水系统	6-108
二、引水系统	6-110
三、通航系统	6-111

第三节 水力设计	6-112	四、过渡段的水力设计	6-205
一、泄流能力	6-112	五、陡槽段的水力设计	6-207
二、作用在闸门上的水压力	6-113	六、末端消能段的水力设计	6-212
三、空蚀、通气和振动	6-118	七、尾渠段的水力设计	6-212
第四节 闸门的构造布置	6-124	八、加墩陡槽	6-213
一、平面闸门	6-124	第四节 侧槽溢洪道	6-216
二、弧形闸门	6-125	一、概述	6-216
三、人字闸门	6-127	二、水力设计准则	6-216
四、横拉闸门	6-129	三、水力设计的一般步骤	6-217
五、三角闸门	6-130	四、非棱柱体侧槽的水力设计	6-217
第五节 结构设计	6-130	五、棱柱体侧槽的水力设计	6-220
一、荷载计算	6-130	六、溢流堰	6-222
二、材料和容许应力	6-130	七、泄水道及下游消能	6-222
三、计算方法	6-136	八、侧槽计算实例	6-222
四、结构设计中的若干规定	6-146	第五节 竖井溢洪道	6-225
第六节 机械零部件设计与埋		一、概述	6-225
固件设计	6-146	二、溢流堰与井口导流防涡设施	6-228
一、设计原则	6-146	三、过渡段与喉道断面	6-238
二、零件的接触应力计算	6-146	四、竖井段、弯管段和退水隧洞段	6-240
三、支承行走装置	6-149	第六节 虹吸溢洪道	6-242
四、止水装置	6-155	一、概述	6-242
五、其它	6-157	二、水力设计	6-242
第七节 启闭力计算与启闭设备	6-161	第七节 泄洪洞与坝身泄水孔	6-251
一、摩擦系数和摩阻力	6-161	一、概述	6-251
二、启闭力计算	6-163	二、基本考虑	6-256
三、启闭设备的分类、构造和选型	6-165	三、进口段	6-262
四、闸门的自动控制	6-168	四、闸门段	6-269
主要参考文献	6-169	五、渐变段	6-280
		六、出口段	6-282
		七、洞身段	6-283
		八、泄流能力	6-286
		九、尾水渠	6-290
		第八节 泄水建筑物空蚀及其	
		防止措施	6-293
		一、概述	6-293
		二、令 $\sigma > \sigma_K$	6-293
		三、控制泄水道表面的施工	
		不平整度	6-301
		四、水流底部掺气	6-303
		五、采用抗空蚀性能较高的材料	6-309

第二十七章 泄水建筑物

第一节 概述	6-173
第二节 溢流坝	6-173
一、无胸墙的溢流坝	6-173
二、有胸墙的溢流坝	6-189
三、溢流拱坝	6-198
第三节 陡槽溢洪道	6-198
一、概述	6-198
二、引渠段的水力设计	6-202
三、首部控制段的水力设计	6-203

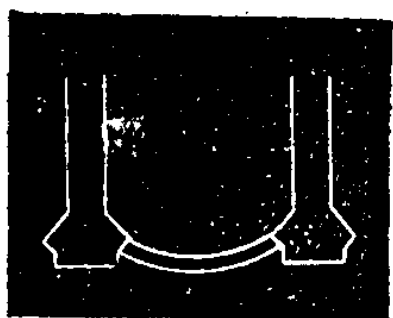
主要参考文献	6-312	四、在水利枢纽中的布置	6-393
第二十八章 消能与防冲		五、运转指标的估算	6-395
第一节 概述	6-317	第二节 船闸	9-396
一、泄洪功率与消能任务	6-317	一、船闸的总体布置	6-396
二、消能要求	6-317	二、船闸的输水系统	6-402
三、消能途径	6-317	三、船闸的结构设计	6-408
四、消能方式与消能工类别	6-319	四、船闸的设备	6-413
五、下游局部冲刷和防冲措施	6-321	第三节 升船机	6-420
第二节 水跃消能	6-321	一、基本类型、组成和布置特点	6-420
一、水跃的基本流态	6-321	二、垂直升船机	6-420
二、矩形断面平底塘的水跃计算	6-322	三、斜面升船机	6-423
三、梯形和抛物线形断面的平底 塘水跃计算	6-327	第四节 木材过坝概述	6-427
四、圆形管道内的水跃计算	6-330	一、任务及组成	6-427
五、矩形断面斜坡塘的水跃计算	6-332	二、基本类型及其选择	6-427
六、水跃发生位置的控制	6-335	三、设计的基本资料	6-428
七、辅助消能工	6-337	四、木材过坝能力	6-428
八、水跃消能塘的水力设计	6-339	五、经济指标	6-428
九、水跃消能塘工程实例及 几种塘型	6-341	第五节 木材水力过坝	6-429
十、下游局部冲刷和防冲措施	6-345	一、概述	6-429
第三节 挑流消能	6-348	二、水力过木道在水利枢纽 中的布置	6-429
一、概述	6-348	三、水力过木道的主要参数	6-430
二、水力计算	6-348	四、进口	6-432
三、挑流消能工	6-354	五、陡槽	6-436
四、下游局部冲刷及防冲措施	6-360	六、出口	6-441
五、工程实例	6-363	七、施工期木材水力过坝	6-444
第四节 面流消能	6-370	第六节 木材机械过坝	6-445
一、概述	6-370	一、传送机	6-445
二、库斗面流	6-371	二、升排机	6-454
三、跌坎面流	6-377	三、起重机	6-457
四、下游冲刷问题和防冲措施	6-381	四、索道	6-459
主要参考文献	6-384	五、汽车	6-461
第二十九章 过坝建筑物		六、铁路	6-461
第一节 船只过坝建筑物总论	6-389	第七节 鱼道	6-461
一、船只过坝建筑物的基本类型	6-389	一、概述	6-461
二、设计依据	6-389	二、基本设计资料	6-462
三、基本尺度	6-390	三、鱼道规划和设计	6-463
		四、鱼道主要结构尺度	6-474
		五、鱼道的细部	6-475
		六、鱼道的运行和管理	6-478

第八节 其他过鱼和孵鱼设施	6-480
一、概述	6-480
二、开闸纳苗	6-480
三、鱼闸	6-480
四、机械升鱼	6-481
五、人工孵化场及产卵槽	6-482
六、集运鱼船	6-483
主要参考文献	6-484

第三十章 观测设备与观测设计

第一节 概述	6-487
一、观测工作的重要性	6-487
二、观测工作的发展	6-487
三、观测布置范围和观测项目	6-488
第二节 水工建筑物外部观测方法	
和仪器设备	6-488
一、垂直位移观测	6-489
二、水平位移观测	6-492
三、挠度观测和倾斜观测	6-497
四、表面接缝和表面裂缝观测	6-500
五、扬压力和渗透水位观测	6-501

六、渗流量观测	6-503
第三节 水工建筑物内部观测仪器	
和观测方法	6-505
一、内部观测仪器的类型和原理	6-505
二、差动电阻式仪器特性	6-507
三、差动电阻式仪器系列	6-508
四、内部观测方法	6-514
第四节 混凝土坝观测设计	6-519
一、重力坝观测设计	6-519
二、拱坝观测设计	6-523
三、其他坝型的观测设计	6-529
第五节 土石坝观测设计	6-531
一、土石坝专用观测仪器	6-532
二、土石坝观测设计	6-536
第六节 坝内孔口、管道和地下建筑物	
的观测	6-540
一、坝内孔口和管道的观测设计	6-540
二、埋藏式压力管道	6-542
三、地下厂房观测	6-543
第七节 观测仪器设备的图形符号	6-544
主要参考文献	6-546



第二十五章 水 闸

编 写 人

张世儒 潘贤德 沈潜民 (江苏省水利厅)

孙尔超 屠 本 (河北省水利水电勘测设计院)

审 订 人

方福均 (江苏省水利厅)

孔庆义、胡文昆(河北省水利水电勘测设计院)

第二十五章 水 闸*

第一节 概 述

水闸是一种低水头的挡水、泄水建筑物，其作用是调节水位和控制泄流。它常与其他建筑物（如堤坝、船闸、鱼道、筏道、水电站、扬电站或其他水闸等）组成水利枢纽。

水闸按其任务可分为拦河闸、进水闸、排水闸、分洪闸和挡潮闸等（见图25-1-1）。闸室的构造有开敞式和涵洞式两种（见图25-1-2及图25-1-3），后者一般建在深挖方河道中或较高的堤坝下。

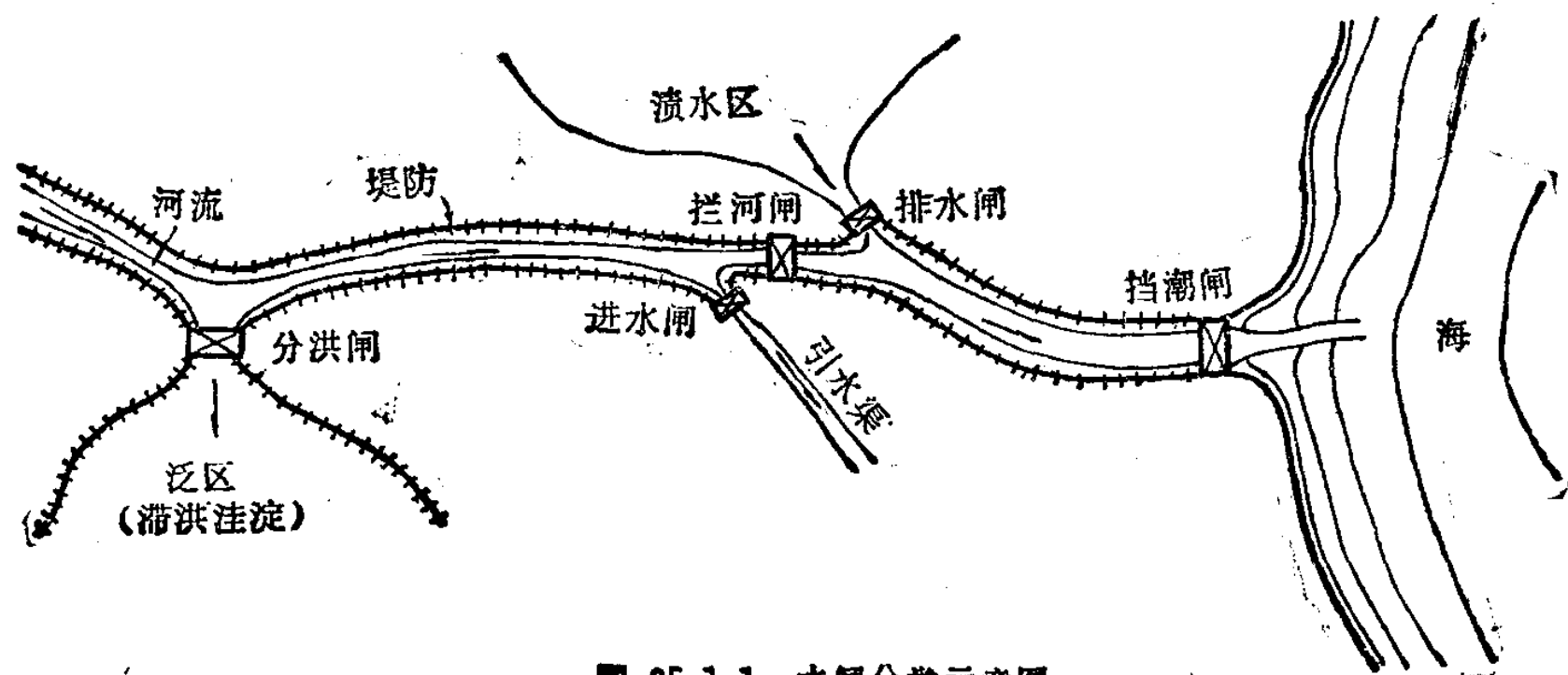


图 25-1-1 水闸分类示意图

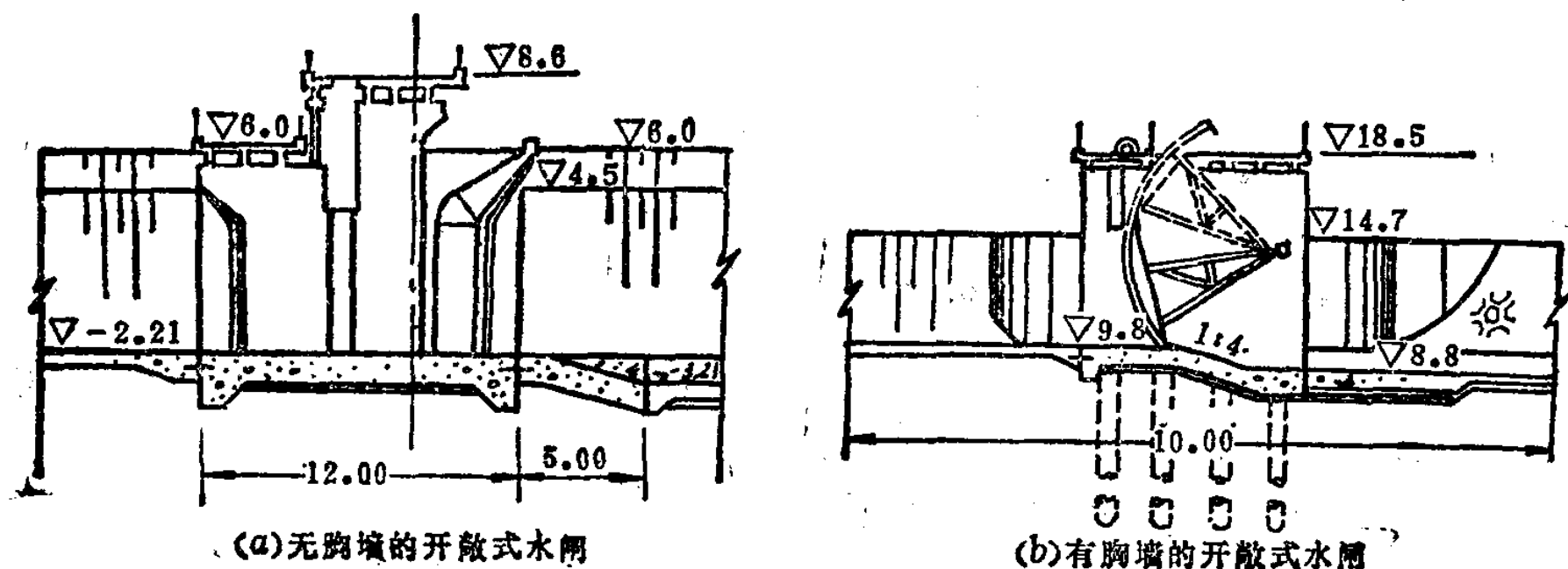


图 25-1-2 开敞式水闸剖面图
(a)无胸墙开敞式水闸；(b)有胸墙开敞式水闸

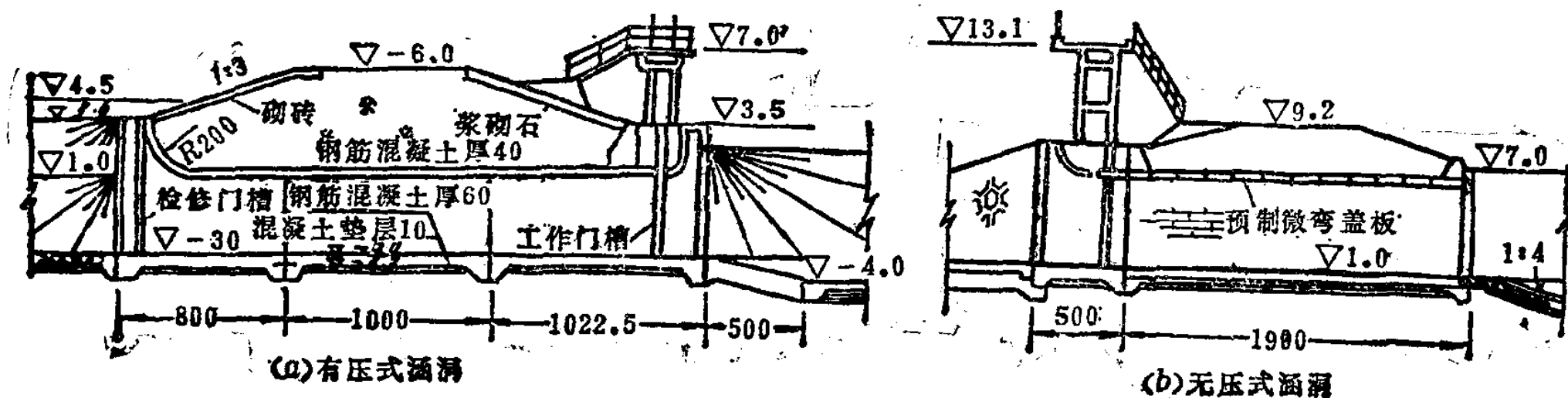


图 25-1-3 涵洞式水闸剖面图

* 程美中、管毓哲、陈登毅、尹秀琴、唐宝珍同志参加了部分编写工作。

水闸一般由闸室和上、下游连接段所组成(见图25-1-4及图25-1-5)。闸室是水闸的主体,起着控制水流和连接两岸的作用。上游连接段的主要作用是防渗、护岸和引导水流均匀过闸。下游连接段的主要作用是消能、防冲和安全排出闸基及两岸的渗流。

一、基本资料

设计前应搜集有关的勘测、试验和调查资料,基本数据应力求全面、准确。内容包括下列方面。

(1) 社会经济资料。

(2) 测量资料: 1/10000~1/50000比例尺的河道平面图, 1/1000~1/5000比例尺的闸址地形图, 以及较大比例尺的工程地段河道纵、横断面图。

(3) 水文气象资料: 主要包括各种重现期的洪涝、潮汐资料; 泥沙、冲淤资料; 各种运用条件下的水位、流量指标; 河道的断面尺寸和糙率; 以及工程范围内的降雨、蒸发、气温、风力、冰冻等资料。

(4) 地质资料: 包括工程地质勘察报告, 地质剖面图、地基土的物理力学指标, 水文地质各项指标, 以及工程地点的地震烈度等资料。

(5) 建筑材料、施工机械、动力和交通运输等资料。

(6) 试验资料: 根据设计要求提供地基试验(如拖板试验、桩基试验等)、材料试验、水工模型试验以及结构应力试验等资料。

(7) 有关综合利用、环境保护及生态平衡等方面的资料。

二、闸的常用型式

水闸常用型式有开敞式水闸、涵洞式水闸、装配式水闸、浮运式水闸、自动翻板闸和尼龙橡胶坝等, 其中开敞式水闸是应用最广泛的一种, 这里作重点介绍。涵洞式水闸, 参见本手册第四十章其他型式水闸, 见本章第十一节。

(一) 闸室的型式

1. 整体式闸室 在垂直水流方向将闸墩和底板组成的闸孔分成若干闸段, 每个闸段一般由二至四个完整的闸孔组成。沉陷缝设在闸墩中间(如图25-1-5)。这种结构适用于土质较差、可能有不均匀沉陷的地基。闸室底板常采用钢筋混凝土平底板或桩基底板; 地基较均匀时, 也可采用反拱底板(见图25-1-6)。

2. 分离式闸室 在垂直水流方向将闸室分成若干闸段, 沉陷缝设在底板上, 一般采用钢筋混凝土平底板, 同闸墩构成上、中、下等结构型式, 适用于土质

均匀, 承载力较大的地基(沉陷缝多布置在底板中间, 如图25-1-7)。地基较差时, 可采用桩基础(沉陷缝多布置在闸墩两侧, 如图25-1-4)。

(二) 两岸的连接型式

1. 岸墙式(参见图25-1-5) 利用岸墙(或边墩)和上、下游翼墙将闸室同两岸连接成一挡水整体, 结构布置紧凑, 防渗和消能效果较好, 这种型式使用较广泛, 最适用于挖深较小的单式河槽。当岸(翼)墙高度过大时(如超过10米)。结构稳定和应力不易满足要求, 需采取减载措施或选用桩基和轻型结构。

2. 河床式(参见图25-1-7) 闸室以阶梯式或斜升式边孔同两岸连成一体, 边孔可以过水。在水深较大的复式河槽上建多孔闸, 采用这种型式较为有利。它可以免除高大的岸、翼墙, 减少水闸边载, 而且水流条件好, 泄流能力大。其缺点是抗绕渗能力低和边孔轴线不在消力池内, 因此需加设板桩、刺墙和控制边孔闸门的运用。

三、闸址选择

(一) 水流条件

闸址应选在河床稳定, 河岸坚固的河段上, 同时应尽量使进、出闸水流平顺均匀, 避免发生偏流, 防止有害的冲刷和淤积。

1. 拦河闸 闸址一般均应设置在河道直线段上。闸址处上、下游河道直线段长度均不短于5~10倍水面宽度, 且不宜小于300米。

2. 进水闸 闸址宜选在河流直线段或弯道凹岸顶部略偏下游处。弯道引水口的具体位置可大致按下式估算:

$$l = KB \sqrt{\frac{4R}{B} + 1} \quad (25-1-1)$$

式中: 系数K一般为0.6~1.0, 其他符号见图25-1-8。

3. 排水闸 闸址应置于使渍水中心低洼地带通往河流距离最短的较低地区, 并尽可能使上、下游渠道平顺。

4. 分洪闸 闸址应选在河道凹岸或直线段上, 还应避开险工地段, 以免加重险工防护的困难。

5. 挡潮闸 选择闸址时应注意河口淤积, 风浪冲刷和海涂变化等因素, 并应考虑建闸后对航道、渔港、码头等工程的影响, 有条件时, 可以设置“调度河”冲淤(河道经常有径流下泄时可用机船拖淤)。一般情况下, 闸址以接近河口为宜。

(二) 地质条件

应选择土质密实、均匀、承载力大, 压缩性小和

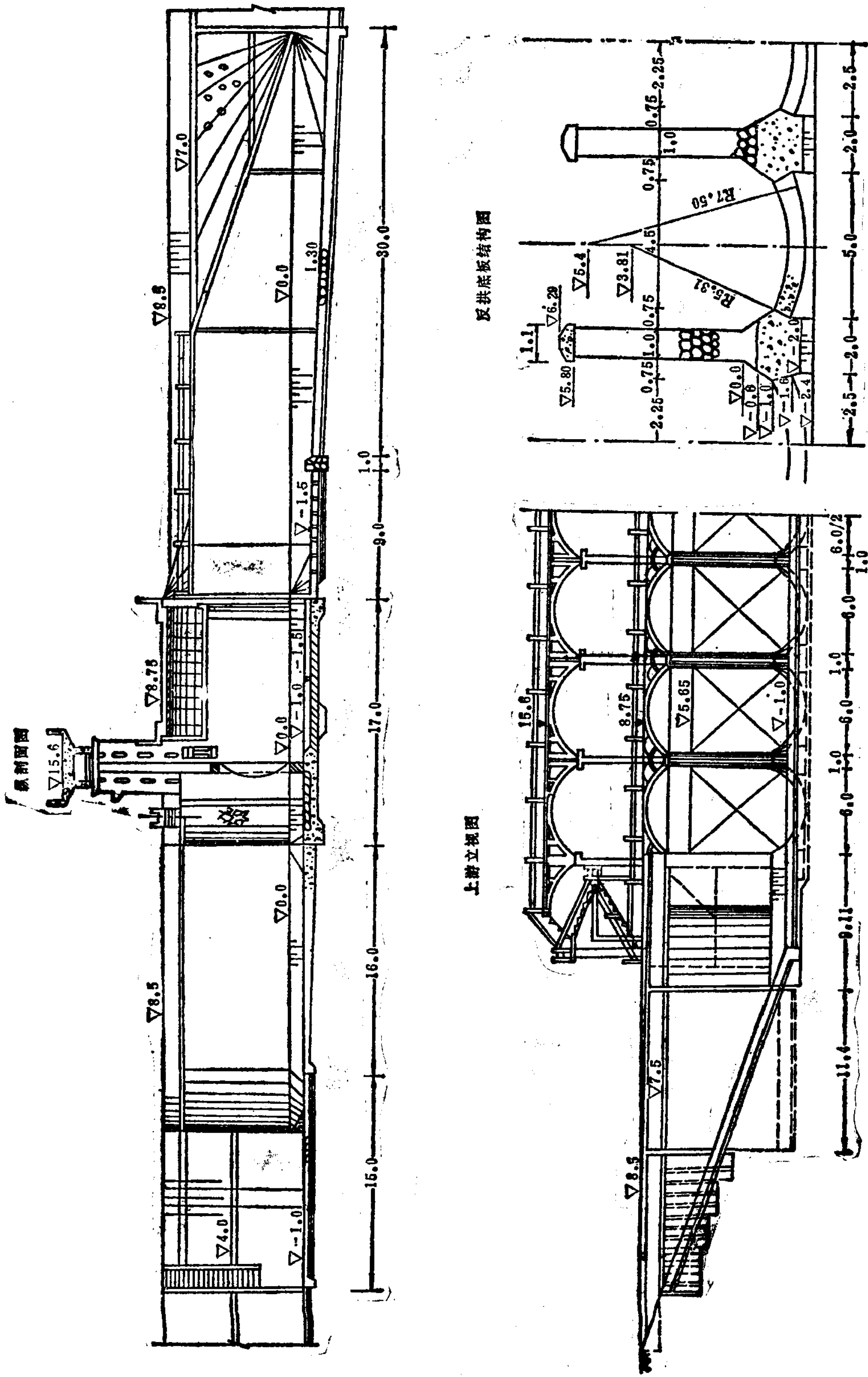


图 25-1-6 反拱底板水闸结构布置图