

清华大学水利工程系列教材

Hydraulic Structures

水工建筑物

麦家焯 编著

Mai Jiaxuan



清华大学出版社

清华大学水利工程系列教材

Hydraulic Structures

水工建筑物

麦家焯 编著

Mai Jiaxuan



清华大学出版社

北京

内容简介

本书是水利水电工程水工结构专业的教科书。全书共分9章,第1章“绪论”,第2章至第8章分别为各类水工建筑物,第9章为水利枢纽设计与管理概述,属综合性内容。与同类教材相比,本书介绍了具有较大优越性的新坝型或新的水工建筑物、新的设计方法和筑坝技术以及新规范所肯定的一些主要新规定,并适当编入带有研究性质和设计理论思想方面的内容。

本书除了适合水工结构或河川枢纽专业的大学本科生学习以外,还适合从事水利水电工程设计、施工和管理工作的人员以及水工结构专业的研究生阅读参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

水工建筑物/麦家焯编著. —北京:清华大学出版社,2005.6

ISBN 7-302-10468-9

I. 水… II. 麦… III. 水工建筑物—高等学校—教材 IV. TV6

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第011096号

出版者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社总机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:曹旭

文稿编辑:梁广平

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:203×253 印张:26.5 字数:631千字

版 次:2005年6月第1版 2005年6月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-10468-9/TV·43

印 数:1~3000

定 价:42.00元

前 言

水工建筑物这本专业教科书离不开前人对水利水电工程实践经验的总结,当然也离不开前人应用数学、力学和其他学科理论来解决水利水电工程实践问题所积累的知识和技能。所以,《水工建筑物》是既有理论性更具实践性内容的专业教科书。随着科学技术的快速发展和我国水利水电工程的大力建设,《水工建筑物》这本专业教科书需要不断更新和补充新的内容,才能适应并指导和促进我国今后许多大中型水利水电工程更好、更快地开发和建设。本书增加了经 20 多年建坝实践证明具有较大优越性的新坝型或新的水工建筑物、新的设计方法和筑坝技术等方面的内容,删去了经实践证明有误的或不切合实际的繁琐的理论和计算式,增加了新规范所肯定的一些主要新规定。为适应教学和研究工作的需要,本书还增加了较为接近于实际的、带有研究性质和设计理论思想方面的内容,其中有些是作者从事设计和研究工作的体会和成果。

为适应教学需要,减轻学生的负担,对于较小的建筑物或在将来实践中较容易学习的设计内容不再编入本书或只略加提及,仅保留一些主要和常用的水工建筑物的关键性设计内容;对于我国最近 20 多年来很少采用的支墩坝,本书将其内容压缩成一节,放在拱坝一章中;至于有限元方法中的具体内容和公式,在一般的有限元书籍中已做了详细的介绍,这里不再重复;至于近年来提出的可靠度设计和优化设计等理论以及水工建筑物荷载设计规范、水工建筑物抗震设计规范等内容,考虑到其理论性较强,内容繁多而且有些抽象,学生难以接受,宜分散到各章结合水工建筑物具体讲述,而不集中放在第 1 章或第 2 章中;关于地震荷载,因其偶然性、复杂性和不定性,只将水工建筑物抗震设计规范规定的拟静力荷载编入相应结构有关荷载的章节,而有关动力法的内容,因其带有很强的研究性,未来的震源及其传至建筑物地基的加速度记录都是很不确定的,加之本课程学时减少,故结构动力计算内容不再编入本书。

本书内容力求深入浅出。有些高等院校水工专业课时较少,书中许多内容可安排学生课外自学,或者由学生在毕业后边工作边学习。本书除了适合水工结构或河川枢纽专业的大学本科学生学习以外,还适合从事水利水电工程设计、施工和管理工作的工程技术人员以及水工结构专业的研究生阅读参考。

本书在编写过程中得到清华大学河川枢纽研究所的领导和老师们的关心和支持,得到王光纶教授、金峰教授和李庆斌教授等老师宝贵的修改意见和建议,在此一并表示由衷的感谢。

由于笔者水平有限,本书难免会有错误或不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 12 月于清华园

主要符号表

(注:括号内的数字表示所在的页码)

1. 英文字符

- a_h —地面水平向地震加速度(138);
 a_k —结构几何参数的标准值(15);
 A_c —压力孔出口断面积(121);
 A_d —下游气温年变幅(136,137);
 A_i —压力孔各分段的断面积(121);
 A_u —上游水温年变幅(136,137);
 b_i —土条宽度(224);
 B —坝基截面处的顺河向坝厚(28,50);溢流孔口总净宽(97);
 c', c'_R —单位面积坝基面抗剪断凝聚力设计值(28~33,36~39,64);
 c'_k, c'_{Rk} —单位面积坝基面抗剪断凝聚力标准值(29,39,64);
 D —吹程(21);水温变化比气温变化滞后的时间(136,137);
 e_i —土条水平地震惯性力至滑弧圆心的距离或力臂(225,249);
 E_i —土条间的法向力(225);
 F_i —第 i 质点的水平地震惯性力(24,138);
 Fr —佛汝德数(107,120,267~269,304);
 f —坝基面抗剪摩擦系数或纯摩擦系数(36,162);闸室底板与地基摩擦系数(351);
 f', f'_R —坝基面抗剪断摩擦系数设计值(28~33,36~39,64);
 f'_k, f'_{Rk} —坝基面抗剪断摩擦系数标准值(29,39,64);
 g —重力加速度(97);
 $g(\cdot)$ —结构功能函数(14);
 G_{Ei} —集中在质点 i 的重力作用标准值(24,138);
 G_k —永久作用的标准值(14,15);
 h —水面以下至某点的水深(19);掺气前水舌厚度(108~110);动水压力作用点的水深(138);防渗体下游坝壳浸润线起点高度(215~218);
 h_a —掺气后水舌厚度(108);
 h_c —坝顶或防浪墙顶的安全加高(33,34);水跃前收缩断面的水深(112,113);
 h_d —计算断面处的时均动水压力水头(102);
 h_i —土条高度(224);

- h_f —波浪高(21, 349);
 h_p —波列累计频率为 p 的波高(349);
 h_q —大气压力水头(102);
 h_v —水的汽化压力水头(102);
 h'' —水跃后的共轭水深(112, 113);
 h_s, H_s —坝前泥沙淤积厚度或高度(23, 31);
 h_z —波浪中心线至静水位的高度(21, 33, 349);
 H —上游总水深(21, 31);坝高(30~33);库水位与压力孔出口断面中心的高差(122);闸室水平荷载(356);
 H_0 —堰上水头(97, 110, 111, 330, 331);库水总深(138);
 H_1 —上游总水深(19, 20, 214);
 H_2 —下游总水深(19, 20, 214);
 H_c —上游坝坡折点至坝底高度(30~32);
 H_d —下游总水深(30~32);溢流堰定型设计水头(97, 106);
 H_w —孔口中心水头(98);
 K —抗滑稳定安全系数(161, 162, 249);坝壳渗透系数(213~219);
 K_0 —坝基渗透系数(217~218);
 K_c —防渗体渗透系数(213~218);土石坝滑弧体抗滑稳定安全系数(223~226);闸室抗滑稳定安全系数(356);
 K_H —水平向地震系数(24, 138, 350);
 K_x, K_y — x 向和 y 向的渗透系数(213);
 K' —按抗剪断强度计算的抗滑稳定安全系数(28~32, 64);
 l_i —土条底弧长(223);
 L —波浪长(21);水股理论挑距(110);消力池长度(113);
 L_0 —溢流前缘总长(97);闸孔总净宽(330, 331);
 L_2 —水股外缘在下游岩基面上的射程(110);
 L_i —各有压段长度(121);
 L_m —平均波浪长(22, 349);
 m —下游坝坡系数(30~32, 51, 52);流量系数(97, 330);
 $\sum M$ —单宽坝基面形心的合力矩(28~30, 50);
 n —上游坝坡系数(30~32, 51, 52);
 N_i —土条底部的总法向力(225);
 P —总静水压力的水平分力(19, 28);溢流堰高(110, 111);
 P_i —单宽波浪压力(22, 349);

- P_s —泥沙压力(23);
 $\sum P$ —坝基面上全部切向作用之和(28);
 q —单宽流量(97, 109~111);单宽渗流量(214~222, 334~335);
 Q —泄水孔压力段孔口流量(121, 330, 331);
 Q_i —土条水平地震力(225, 249);
 Q_k —可变作用的标准值(15);
 $Q_{溢}$ —溢流坝段总下泄流量(97);
 R —溢流坝反弧半径(107);滑弧半径(225, 249);
 R_i —各有压段水力半径(121);
 $R(\cdot)$ —结构抗力函数(15, 29);
 $S(\cdot)$ —荷载作用效应函数(15, 29);
 t_1 —旬平均气温年变化(136);
 t_2 —日平均气温旬变化(136);
 t_3 —日气温变化(136);
 t_d —拱坝温度变化的等效线性温差(136, 137);
 t_m —拱坝均匀温度变化(136, 137);
 T —自水面算至坑底的冲坑深度(111);拱坝坝厚(136, 137);
 T_i —土条底部的总切向力(225, 226);
 u_i —土条底部渗透压力(225, 226);
 V_i —土条竖向地震力(225, 226, 249);
 v_x, v_y — x 向和 y 向的渗流流速(213);
 V_0 —计算风速(21);
 W —重力或竖向力(28~31, 50, 249, 350~352);
 W_i —土条自重(223~226, 249);集中在质点 i 的重量(350);
 $\sum W$ —作用于单宽坝基面上的所有竖向分力(包括扬压力)的总和(28~31, 50);
 X_i —土条间的切向力(225);
 z —挑坎与下游基岩面的高差(110);
 Δz —上游水面至溢流坝水舌中心的高差(109);
 Z —功能函数(13);

2. 希腊文字符

- α —渗透压力强度系数(20);
 α_1, α_2 —主、副排水孔扬压力强度系数(20);
 α_i —质点 i 的动态分布系数(24, 138, 350);第 i 土条底滑裂面的坡角(223~226);

- δ —拱圈平均温度滞后于气温变化的相位差(137);
 ϵ —闸墩侧收缩系数(97,330,331);
 ϕ —流速系数(106,109,110);
 ϕ_s —淤沙的内摩擦角(23);
 γ —水的容重(19,31);
 γ_0 —结构重要性系数(14,28~31,41~43,64,69);
 γ_c —坝体混凝土的容重(30,31);
 γ_d —结构系数(14,28~31,41~43,64);
 γ_{d1} —承载能力极限状态基本组合的结构系数(14,30);
 γ_{d2} —承载能力极限状态偶然组合的结构系数(15,30);
 γ_{d3} —正常使用极限状态短期组合的结构系数(15,69);
 γ_{d4} —正常使用极限状态长期组合的结构系数(15);
 γ_G —永久作用的分项系数(14,15);
 γ_m —材料性能分项系数(14,15,29,38);
 γ_Q —可变作用的分项系数(14,15);
 γ_{sb} 、 γ_s —淤沙的浮容重(23,30~33);
 η —主排水孔至坝踵的距离与坝底总厚度 B 的比值(30~33);
 λ —上游坝坡水平投影与坝底总厚度 B 的比值(30~33);
 λ_i —各有压段沿程水头损失系数(121);
 μ —孔口流速系数(98,121,331);
 θ —挑坎的挑射角(110);
 θ_d —下游年平均气温(136,137);
 θ_u —上游年平均水温(136,137);
 σ —水流空化数(102);淹没系数(330);
 σ' —淹没系数(331);
 σ_{yd} —下游坝面竖向应力(50);
 σ_{yu} —上游坝面竖向应力(28,50);
 τ_d —坝体水平截面下游边缘剪应力(51,52);
 τ_u —坝体水平截面上游边缘剪应力(51,52);
 ξ —地震作用的效应折减系数(24,138,350);
 ψ —设计状况系数(14,28~31,41~43,64);
 ζ_i —各有压段局部水头损失系数(121);渗流段阻力系数(334,335)。

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 水工建筑物和水利枢纽工程	(1)
1.2 水利枢纽工程的重要作用、意义和对周围环境的影响	(4)
1.3 我国水利工程的发展概况以及面临的主要任务	(6)
1.4 水利枢纽分等和水工建筑物分级	(10)
1.5 水工建筑物的安全性与设计安全判别准则	(11)
思考题	(15)
第 2 章 重力坝	(16)
2.1 概述	(16)
2.2 重力坝的荷载及荷载组合	(18)
2.3 重力坝的断面设计	(27)
2.4 重力坝的抗滑稳定分析	(34)
2.5 重力坝的应力分析	(48)
2.6 重力坝的优化设计	(61)
2.7 重力坝的温度应力与温控设计	(66)
2.8 混凝土重力坝的材料、分区、分缝及构造	(71)
2.9 碾压混凝土筑坝技术和碾压混凝土重力坝	(82)
2.10 重力坝的地基处理	(87)
2.11 重力坝的泄水建筑物	(94)
2.12 其他类型重力坝	(122)
思考题	(128)
第 3 章 拱坝	(130)
3.1 概述	(130)
3.2 拱坝的荷载及其组合	(135)
3.3 拱坝的体形和布置	(140)
3.4 拱坝的应力分析	(146)
3.5 坝肩岩体稳定分析	(157)

IV 水工建筑物

3.6	拱坝体形的优化设计	(165)
3.7	拱坝的材料和构造	(169)
3.8	拱坝的地基处理	(176)
3.9	拱坝的坝身泄水建筑物	(180)
3.10	连拱坝及其他形式支墩坝	(189)
	思考题	(193)
第4章	土石坝	(194)
4.1	概述	(194)
4.2	土石坝的基本剖面、构造及筑坝土石料	(198)
4.3	土石坝的渗流分析	(212)
4.4	土石坝的稳定分析	(222)
4.5	土石坝的应力应变分析	(232)
4.6	土石坝的沉降与裂缝分析	(235)
4.7	土石坝的地基处理	(239)
4.8	土石坝的抗震设计	(246)
4.9	堆石坝	(251)
4.10	土石坝的坝型选择	(259)
	思考题	(261)
第5章	岸边溢洪道	(262)
5.1	正槽式溢洪道	(262)
5.2	其他形式的溢洪道	(276)
5.3	非常泄洪设施	(281)
5.4	岸边溢洪道的布置和形式选择	(283)
	思考题	(284)
第6章	水工隧洞	(285)
6.1	概述	(285)
6.2	水工隧洞的布置及线路选择	(287)
6.3	进口段	(292)
6.4	洞身段	(298)
6.5	出口段及消能设施	(302)
6.6	高流速泄水隧洞的空蚀及减蚀措施	(306)

6.7	洞室围岩的应力和稳定分析	(311)
6.8	隧洞衬砌计算	(314)
6.9	隧洞的锚喷支护	(318)
	思考题.....	(323)
第7章	水闸	(324)
7.1	概述	(324)
7.2	闸址选择和闸孔初步设计	(328)
7.3	水闸的防渗、排水设计.....	(331)
7.4	水闸的消能、防冲设计.....	(341)
7.5	闸室的布置和构造	(346)
7.6	闸室稳定分析、沉降校核和地基处理.....	(348)
7.7	闸室的结构计算	(355)
7.8	水闸与两岸的连接建筑物	(362)
7.9	其他闸型	(366)
	思考题.....	(369)
第8章	闸门	(370)
8.1	概述	(370)
8.2	平面闸门	(372)
8.3	弧形闸门	(382)
8.4	阀门	(386)
	思考题.....	(389)
第9章	水利工程设计与 管理.....	(390)
9.1	水利枢纽设计概述	(390)
9.2	水利工程管理概述	(394)
	思考题.....	(405)
	中英文专业词汇索引	(406)
	参考文献	(409)

第 1 章

绪 论

1.1 水工建筑物和水利枢纽工程

1.1.1 水工建筑物的分类及其作用

水工建筑物按其功能可分为两大类：服务于多目标的通用性水工建筑物和服务于单一目标的专门性水工建筑物。在 1992 年国家技术监督局发布的学科分类中，前者称为一般水工建筑物，后者称为专门水工建筑物。

一般水工建筑物主要有以下五类：

(1) 挡水建筑物，用于拦截水流、抬高水位、调蓄水量等，如大坝、堤防、海塘、水闸（关下闸门也可当作挡水建筑物）、围堰等等。它们可以拦蓄洪水或暂时不用的河水以备后用，可以提高上游水位，既可加大发电出力或自流灌溉高地，又可淹没急流险滩大大改善航运条件。河堤、海塘还可用来抵挡洪水或海潮的袭击，保护人民的生命财产。

(2) 泄水建筑物，用于宣泄水库、湖泊、涝区、河道、渠道等的多余水量或排放冰凌，以免漫顶危及水工建筑物和下游的安全；也可在汛前放水降低上游水位，以便检修、排沙或起到增加防洪库容等作用。这种建筑物主要有：溢洪道、泄水孔、泄水隧洞、分洪闸、排水泵站等。

(3) 输水建筑物，是指为灌溉、发电和供水等用途需要从上游向下游输水的水工建筑物，如引水隧洞、引水涵管、坝内输水孔或输水管、渠道、渡槽、倒虹吸管等等。

(4) 取水建筑物，是输水建筑物的首部结构，如坝身输水孔或引水隧洞的进口段（包括进水口、进水塔）、灌溉渠首、进水闸、扬水站等等。

(5) 整治建筑物，是用来改善河道的水流条件，调整水流对河床及河岸的作用，改善或减少水流的冲刷和淘刷而做的结构，如丁坝、顺坝、导流堤、护坡、护岸等等。

专门水工建筑物主要有以下四类：

(1) 水电站建筑物，专门用于水力发电，主要有水电站厂房、压力前池、压力管道、调压室等。

(2) 通航建筑物，专门用于航运，如船闸、升船机、码头、防波堤等。

(3) 给排水建筑物，专用于城镇供水和排水，如沉淀池、污水处理厂等。

(4) 其他过坝建筑物,如用于运输木材的过木道、用于过鱼的鱼道等。

以上大部分建筑物是永久使用的,又称为永久性水工建筑物;有些是临时用的,属于临时性水工建筑物,如围堰、导流洞、导流明渠等。

以上有些水工建筑物是相互通用的,功能有多种,并非单一,难以严格区分其类型。例如:各种溢流坝既是挡水建筑物,又是泄水建筑物;水闸既能挡水,又能泄水,有时还可作为灌溉渠首或供水工程的取水建筑物;有些围堰还可设计成永久大坝的一部分;有些导流洞还可利用它的一部分或全部设计成永久用的泄水或输水隧洞;很多坝的底孔还可兼作导流底孔、排沙底孔;等等。

水工建筑物还可按不同的特点分类。例如挡水建筑物中的大坝,可从以下几方面来分类。

(1) 按筑坝材料可分为:土石坝、混凝土坝、浆砌石坝、钢筋混凝土坝、橡胶坝、木坝等等。

(2) 按结构受力特点可分为:重力坝、拱坝、支墩坝等。

(3) 按溢流与否可分为:溢流坝和非溢流坝等等。

1.1.2 水利枢纽

为了综合利用水利资源,达到防洪、蓄水、发电、灌溉、给水、航运等目的,需要建造几种不同类型的水工建筑物(例如挡水、泄水、输水以及电站等其他专门建筑物),它们的综合体称为水利枢纽。

例如:举世瞩目的三峡水利枢纽工程主要任务和效益是防洪、发电和航运,所以,泄水坝段、水电站厂房和船闸是三峡水利枢纽不可缺少的三项主要建筑物(其平面位置如图 1-1 所示),其中泄洪坝设置表孔、中孔和导流底孔等建筑物,厂房坝段设置坝后式厂房、发电引水管及其进口取水建筑物等。

水利枢纽的布置应考虑到建筑物运行的安全和管理方便,枢纽总造价低、工期短、便于施工等原则。这些原则大都与坝型的选择有关,而坝型的选择往往需要考虑水文、地形、地质和筑坝材料等条

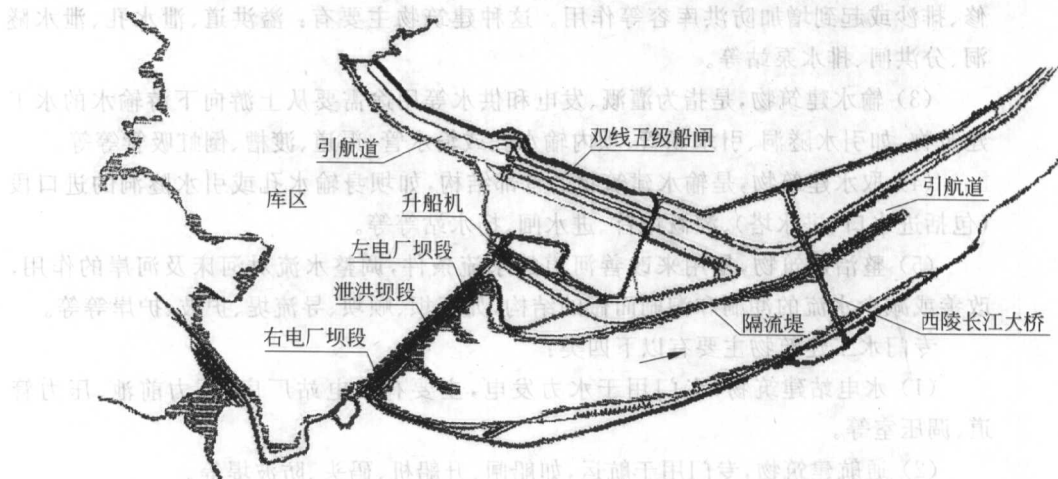


图 1-1 三峡水利枢纽平面布置简图

件。如果河流流量大,导流工程较难或导流风险较大,两岸较高,建造岸边溢洪道较困难,坝址覆盖层较薄,而且岩基较好,那么宜选用混凝土坝型,溢洪道一般布置在大坝的中部,使洪水下泄至下游河床的中间部位,流向与下游主河道方向一致,避免回流和岸边淘刷;但如果上述条件相反,而筑坝所需的当地土石材料充足,那么宜选用土石坝,溢洪道则布置在岸边,泄水段较长,使下泄洪水远离下游坝脚,并使其流向与下游主河道的夹角尽量减小,以避免下泄洪水回流对坝体的淘刷。上述这些都是水利枢纽布置一般需要考虑的一些原则。

有些坝址选择在河谷较窄、岩基较好、覆盖层较薄的位置,因为这样选择使建坝工程量较小,一般造价较低、工期较短。但有少数工程,因枢纽布置需要或地质条件所限,故意将大坝选择在河谷最宽之处。如葛洲坝和三峡大坝,尽量选在河谷很宽且地质条件较好的位置,以满足泄洪坝段、电站坝段和船闸的布置,而不是一般人们所想像的选在狭窄的河谷。因为长江水量充沛,通过这两坝址处的年径流量和洪峰流量都是国内最大的,需要足够大的泄洪坝段;如果将大坝选在河谷窄而陡的位置,泄洪坝段较短,可能满足不了泄洪的要求,也难以布置船闸和电站厂房,效益将会很差;如果在峡谷两岸的高山上开凿建造船闸,把每台70万kW的26台机组都布置在地下,这在技术上难度很大,工期也将延长很多,总造价反而贵很多,都不符合枢纽布置的原则。

二滩水电站枢纽则远在三峡上游的一条支流雅砻江上,其水量比三峡小得多,为了获得大的水能或电能,需要抬高上游水位,选择地质条件好的、河谷很窄的坝址来修建高拱坝。由于河谷很窄,又要泄洪,很难布置坝后式电站,只好在左岸岩基里布置地下厂房(见图1-2)。这是二滩水电站与三峡水电站从坝型到厂房都很不相同的一些特点。

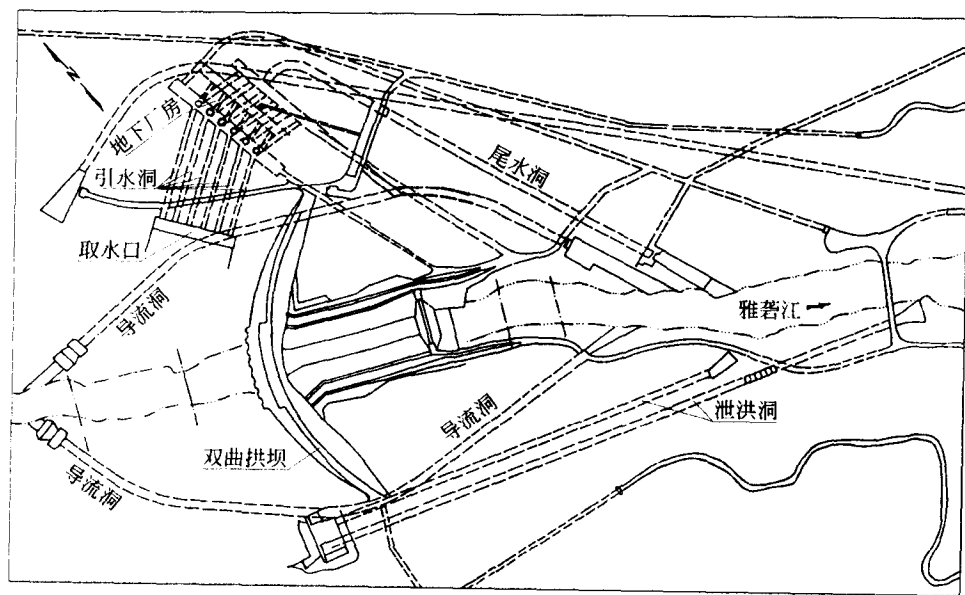


图 1-2 二滩水电站枢纽平面布置图

黄河小浪底水利枢纽则由于地质条件和当地材料特点,挡水建筑物采用粘土斜心墙堆石坝。从安全运行考虑,土石坝本身不该布置泄洪建筑物和输水建筑物。对比两岸的地形地质条件,选择在左岸布置导流洞以及泄洪、输水和地下厂房等建筑物。

水利枢纽不同于房屋结构,它受水文、地形、地质等条件的制约,各建筑物的种类、数量、大小以及它们的布置等等,对于各项枢纽工程来说,都是千差万别的,需做大量的研究工作,需将枢纽布置的一般原则与每项枢纽工程的具体条件结合起来,作综合分析和研究,不能作生搬硬套的拷贝。

1.2 水利枢纽工程的重要作用、意义和对周围环境的影响

1.2.1 水利枢纽工程的重要作用和意义

水既是自然界一切生命赖以生存的不可缺少的物质,又是人类社会向前发展的非常重要的资源。但是大自然并非按照人类的愿望降雨,无论时间还是空间降雨量都很不均匀,甚至相差很大。人们希望某一地区在某一时间下雨,但却偏偏无雨,致使土地干裂、颗粒不收;而有些地区却雨水过多,甚至暴雨成灾,洪水泛滥,给人类带来很大的灾难和损失。目前人类的科学技术还未完全达到自动控制降雨的水平,大力兴建水利工程是解决这类问题、避免或尽量减小这些损失的主要途径之一。人们通过修筑大坝水库,拦蓄洪水,避免或减轻其下游地区的洪水灾害;然后在需要用水的时候,放水发电、灌溉或给城市和工业供水,做到除害兴利、一举几得。

建造大坝蓄水,可以抬高水头多发电,这是水利枢纽工程又一个很重要的效益。虽然建造水电站比建造同样出力的火电站工期长、投资大,且有时发电受水量和灌溉等因素制约,但水力发电比火力发电具有以下两个明显的优点。

第一,水力发电是可再生的、可重复利用的和持续发展的能源。因为太阳把浩瀚的海洋水蒸发飘流至大陆降落,然后又流入大海,这样不断地反复循环,只要在合适的位置建造一些水电站,甚至有可能将同样的水流经多级电站多次发电。尽管在不同的地点、不同的年份有所差异,但太阳将使地球的这种水循环延续漫长的时间。而火力发电所烧的煤、石油等燃料的开采速度远远超过其生成速度,总有一天会开采殆尽的。经这一比较,可以说水电是取之不尽的廉价的能源。

第二,水力发电是高质量的能源,主要体现在以下三点:(1)它不像火力发电那样有污染问题,水电属于干净的能源,是对环境保护的一大贡献,如2004年全国水电年发电量逾3000亿kW·h,可减少1.5亿吨煤燃烧排放的污染;(2)它比火电具有更灵活的调峰调频能力,高峰时从打开阀门到并网供电或低峰时关机所用的时间远远短于火力发电;(3)水力发电损耗少,一般可将80%以上的水能转变为电能,效率远高于火力发电,在正常运行发电时,水电站的损耗和维修费用也远远低于火电站。

正因为水力发电具有上述那么多优越性,发达国家早就把注意力放在开发水力发电方面,至今基本上完成了开发任务。为满足现代化建设和西部大开发的用电需要,我国水力资源非常丰富的西南部正在和将要兴建更多高坝和大型水电站,可望将节省下来的煤和石油等燃料,去生产价值高得多的化工产品。

随着工业的发展以及城市人口的增加,工业和城市的用水量也增加。如果地下水开采太多,会造成地面下沉,危及城市本身的安全。故修建水库和引渠等水工建筑物为工业和城市供水有很重要的意义。

如果在有条件的河道上修建水库,可以使水库上、下游的一段河道保持一定的水位和较小的流速,可以大大地改善这段河道的航运条件。例如,三峡水利枢纽建成后,在正常蓄水位 175m 时,过去川江航道的陡坡急流和 139 处险滩将全部被淹没,航道增宽加深,大型客轮可昼夜安全舒适地航行;三峡发电放水通过葛洲坝调节,可控制三峡大坝至葛洲坝河道的水位和流速,还可使宜昌下游的长江航道即使在枯水季节也平均加深 0.5~0.7m,再结合少量的疏浚整治,即可保持 3.5m 以上的水深,供万吨级船队由上海直达重庆,每年长江航运能力将从建坝前的 1 000 万吨增至 5 000 万吨,航运成本降低 35%~37%。由此可见,水利枢纽对改善河道航运、发展交通也起着重要的作用。

利用水库这些人工湖泊发展养殖业,可以弥补水库占用耕地带来的损失。水库养鱼比平原池塘养鱼有很多优越性:集雨面积大,水量充沛;随径流带入溶氧和外源性营养物质多,不断补充天然饵料,养鱼成本低;随着水库的调度运用,水体经常作垂直的和水平方向运动,各层水温、溶氧和营养物质分布较为稳定,有利于鱼类增殖、提高鱼货质量,商品鱼可集中上市,一般情况下,每投放 1kg 鱼苗,3~4 年后即可产成鱼 5~7kg,养殖资金的投入产出比为 1:(1.3~1.7)。我国已建水库约 8.7 万座,库水面积达 3 000 多万亩,水产养殖的潜力很大,如果得到充分利用,也将对我国水产养殖业和人民的身体健康发挥巨大的作用。

由于库水对空气的热量交换、对周围气温有调节作用,水库周围冬暖夏凉,再加上植树造林,造成优美的环境,可发展旅游业,建疗养院,等等。

总之,水利枢纽工程有防洪、灌溉、发电、向城市和工业供水、航运、养殖、建疗养院和旅游景点等作用 and 效益,一般是多种作用综合在一起的,很少单一作用。

1.2.2 水利枢纽工程对周围环境的影响

前面已叙述了水利枢纽工程对国民经济的发展及人类的生活和健康具有重要的作用和显著的效益,水力发电减少烧煤排放的污染,本身就是对环境的一大保护。一般说来,水库拦蓄洪水,可保护下游两岸人民的生命以及房屋、耕地、作物、树木和周围的动物,免受洪水灾害;在枯水季节从水库放水使下游山清水秀、生机勃勃,有利于生态发展;水库蓄水形成面积很大的水面有利于水上生物的活动和生长;我们可利用这些有利的影 响大力开发水产养殖业,在水库周围建造疗养院和旅游景点。这些都是水利枢纽对保护环境的正面影响。当然,我们还要分析和重视它对周围环境的负面影响,充分地利用它有利的方面,研究和设法解决对周围环境不利的一些问题。

水利枢纽工程对周围环境的不利影响主要有以下一些方面:

(1) 淹没村庄、耕地和树木等,需要移民造地。若新的库水面周围树木很少,很多动物尤其是鸟类和两栖动物只好迁移或死去,这样就破坏了该地区及其周围地区的生态平衡。

(2) 建坝拦截河流,阻挡鱼类游向上游产卵繁殖后代。

(3) 由于大坝基础作了防渗处理,下游河道水流及其周围的地下水位受到水库放水的控制。在

不放水时,下游河床及其附近地下水位降低很多,用水紧缺。

(4) 建坝蓄水后,提高了库区两岸的地下水位,容易使土地盐碱化,使浸泡的断层、破碎带的摩擦系数大为降低,使山坡向库外滑动,或向库内滑下引起巨大的水浪冲击力,库水可能漫坝,危及大坝和下游人民生命财产安全。

(5) 库水渗流到深处大断层,大大地降低断层的摩擦系数,再加上水的重力作用,尤其是高坝库水压力大,容易诱发地震造成破坏损失。

(6) 水流进入库区后,流速变缓,泥沙粗颗粒容易沉积在库区上游末端处。我国西北部地区水库的泥沙淤积问题尤为严重,需大力研究和解决。另外,水库平时下泄清水或在排洪排沙时只下泄悬移质混水,改变了下游河床原来的泥沙成分。

(7) 有些水库蓄水淹没古迹文物和峡谷奇观。

(8) 个别地区因库水面扩大,疟蚊、钉螺和血吸虫等对人类有害的生物容易滋长。

以上这些都是水利枢纽工程对周围环境带来不利影响的主要问题,还有其他一些小的问题,不在此一一列举。

一般说来,水利枢纽工程如果设计和运用得当,给国民经济的发展及人类生活和健康带来的好处远远超过它对周围环境不利的影 响。当然,我们要认真地设法研究和解决这些问题,使它们带来的损失减到最小。例如:尽快地在正常蓄水位以上的山坡上植树造林,使原来河道两岸的动物尽快有栖息之地;在水库修建鱼道或在其下游修建养殖场,让鱼游到上游或养殖场产卵;增建输水管道或渠道给下游因地下水位降低而缺水的地区供水;对于滑坡体或容易诱发地震的断层要采取措施或加强观测和预报,让人们提前撤离到安全地带;对于泥沙淤积问题,可以采用多种办法,如在上游植树造林、修整梯田、水土保持,防止泥沙流入河流和水库,在洪水或含泥沙多的混水入库时,尽量降低库水位,使它们顺利地排放到下游,减少在库区的淤积,待入库河水变清时才下闸蓄水,一旦库区淤积了,可采用挖泥船、气力泵、虹吸管等装置清淤;把库区将要被淹没的文物古迹迁移到高处;对于疟蚊、钉螺和血吸虫较多的个别地区,可采取措施预防和阻止它们的生长。多年来,我国为解决这些问题做了很多工作,并在某些方面已积累了很多成功的经验。我们还需继续努力,认真对待、解决各种难题,使我国水利水电工程更好、更快地发展,为子孙后代造福消灾。

1.3 我国水利工程的发展概况以及面临的主要任务

1.3.1 我国水利工程的发展概况

中国和古埃及等文明古国一样,水利工程也起源较早。从春秋时期开始,在黄河下游沿岸修建堤防,经历代整修加固至今,已形成近 1 600km 的黄河大堤。最早有文字记载的水利工程是安徽寿县的安丰塘(古称芍陂)堤坝,建于公元前 598 至公元前 591 年。公元前 485 年开始兴建、公元 1293 年全线通航的京杭大运河,全长 1 794km,是世界上最长的人工运河,对便利我国南北交通,发挥了重要