



水工设计的理论和方法

王世夏 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



水工设计的理论和方法

王世夏 编著

水利部科技专著出版基金资助项目



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是在水利部科技专著出版基金资助下面世并衔接《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》和各现行规范的水工设计新著。全书共八章,包括水工结构可靠度设计原理、分项系数极限状态设计方法、水工建筑物的优化设计、水工结构上的作用荷载、水工水力学问题和水力设计、各类型水工建筑物的结构设计与计算、水工建筑材料的选用与地基处理。这些内容涉及国内外大量水工实践经验和最新科技进步。

本书可供广大水工设计、施工和科研人员及高等院校有关专业的教师、研究生和大学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水工设计的理论和方法/王世夏编著. —北京:中国水利水电出版社, 2000

ISBN 7-5084-0295-2

I. 水… II. 王… III. 水利工程-设计 IV. TV222

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 04565 号

书 名	水工设计的理论和方法
作 者	王世夏 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: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	水利电力出版社印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 29 印张 682 千字
版 次	2000 年 7 月第一版 2000 年 7 月北京第一次印刷
印 数	0001—3100 册
定 价	78.00 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

出 版 说 明

书籍是人类进步的阶梯。科技图书集聚着科学研究和发明创造的成果,凝结着人们生产活动、科学实验的实践经验和聪明才智。当今,在振兴中华的“四化”建设中,要把科学技术转化为现实的生产力,科技图书的出版是一个重要的环节。它担负着传播科技信息、扩大科技交流、推广科技成果、普及科技知识、培养科技人才、积累科学文化、提高全民族科技意识和劳动者素质的重任,是科技事业的一个重要组成部分。

改革开放以来,我国的科技出版事业取得了飞速的发展。但在还很很不完善的社会主义市场经济中,科技图书出版的合理经营机制尚未形成,“出书难、买书难、卖书难”一直困扰着许多科技人员和出版工作者。特别是一些专业性很强的科学专著,发行范围有限,出版更为困难,影响了科学技术的发展。广大知识分子在不断呼吁,出版界也竭力探索解决这一问题的途径。1985年以来,中央领导同志和中宣部曾多次指示,要求国家和各主管部门筹款,为专家学者撰写学术专著建立出版基金。其后,从中央到地方各类出版基金陆续建立,有力地推动了学术专著的出版。

水利在我国具有悠久的历史,对治国安邦起着重要的作用。新中国建立40多年来,水利建设事业取得了举世瞩目的成就,已成为我国国民经济的基础设施和基础产业,是发展工农业生产的命脉。为了支持水利科技专著的出版,以适应我国水利科研、设计、建设、管理、教学的需要,水利部于1991年9月5日向全国发布了《水利部科技专著出版基金试行条例》,拨出专款用于资助科技专著的出版,并相应地建立了出版基金评审委员会和办公室。

本出版基金主要用于资助有明显社会效益而印数较少的水利优秀科技著作的出版,包括:学术水平高、内容有创见、在学科上居领先地位的水利基础学科理论专著;反映水利重大科研成果或填补我国水利科技某个空白领域的学术专著;在水利工程技术和经济管理方面有重大科学和实用价值的专著;对我国水利科技发展有重要参考价值的国外水利科技著作的中译本。申请者在已有详细编写提纲和部分样稿时,即可向本基金办公室提出申请。

本出版基金申请项目的评审,坚持“专家评议,公平竞争,择优

支持”的原则，其做法是：对所有申请项目，先由基金办送请三名同行专家评议，然后再提交评审委员会讨论、评选。对被通过的申请项目，即转入中国水利水电出版社的计划，由基金赞助出版。

我们希望本出版基金的实施对推动水利科技的进步和人才培养，对促进水利建设事业的发展，会起到积极的作用。为此，我们热切地希望水利界的学者、专家，能潜心将自己的创见和经验撰写成专著，踊跃向本出版基金提出申请出版，为繁荣我国的水利科技事业添砖加瓦，奉献自己的才智和力量。

水利部科技专著出版基金委员会

1997年11月

前 言

本书是在水利部科技专著出版基金资助下,由中国水利水电出版社负责出版的。在本书选题申报和出版基金申请过程中,先后得到河海大学左东启、周氏、顾淦臣三位教授以及中国科学院、中国工程院潘家铮院士的热情推荐,作者谨在此表示由衷的谢意。

长江三峡、黄河小浪底等一批跨世纪巨型水利枢纽工程的兴建标志着我国水利工程建设实践,无论在工程规模上还是建筑技术上都达到了世界一流的新水平,因而本书力求反映这种新水平所涵盖的广大水工科技人员的经验、智慧和创造性劳动,同时适当反映同期国外可以借鉴的一些水工新技术。

考虑到 GB 50199—94《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》已于 1994 年发布并实施,与之相配套的一系列水工建筑物设计新规范也将逐步批准施行,故本书在论述水工结构设计理论和方法时,将尽可能使其衔接基于结构可靠度分析原理的国家新标准和新规范。不过有些类型的水工建筑物设计新规范编制的难度相当大,专家意见又不尽一致,这意味着各种水工建筑物设计新规范完整成套地发布实施将是缓慢的渐进过程。在此过程中,不少水工建筑物的具体设计还得按现行规范的有关规定进行。因此,本书在介绍某些建筑物结构设计中如何运用基于可靠度理论的分项系数极限状态设计式时,同时顾及了长期习惯使用的统一安全系数法设计式,并设法在形式上使两者沟通,以便于读者参阅。

本书在章节内容安排上,尝试突破以往同类书常用的对多种水工建筑物分别逐一论述的传统框架,而以水工设计工作中较具普遍性的设计理论和设计方法问题为主要对象,按问题出现的大致顺序依次讨论。本书共分八章:第一章为水工总论;第二章为水工结构上的作用;第三章为水工水力学问题和水力设计;第四~七章则依次论述岩基上混凝土坝、土基上水闸、土石坝、水工地下洞室的结构设计与计算;第八章综合介绍水工建筑材料选用与地基处理。本书的特色在于各章节分别讨论的问题是按其科技属性提出的,避免了不必要的重复;讨论问题既大致符合水工设计工作中“先设后计”的顺序,也较符合人们从宏观考察到细节深入的认识规律。

本书在撰写过程中得到了河海大学水工教研室林益才、沈长松等

教师们的热情支持与帮助；左东启教授承担了全书的审稿任务。在此向他们深致谢意。

本书既可供广大水工设计、施工和科研人员阅读，也可供高等院校有关专业的教师、研究生、大学生参考。

受作者水平和篇幅所限，本书谬误、缺点和疏漏一定不少，诚恳地欢迎读者批评指正。

王世夏

1999年2月于河海大学

目 录

出版说明

前 言

第一章 水工总论	1
第一节 水资源与水利建设	1
第二节 水利枢纽和水工建筑物	2
第三节 河川水利枢纽对环境的影响	10
第四节 水利枢纽与水工建筑物的等级划分	11
第五节 水利枢纽设计阶段	12
第六节 水工结构可靠度设计原理	15
第七节 分项系数极限状态设计方法	27
第八节 水工建筑物的优化设计	31
第九节 水工科技问题的研究途径	41
第二章 水工结构上的作用	43
第一节 作用分类和作用效应组合	43
第二节 重力和水压力	43
第三节 扬压力	48
第四节 土压力和淤沙压力	52
第五节 波浪与浪压力	57
第六节 冰压力	63
第七节 混凝土结构所受的温度作用	65
第八节 地震作用	71
第三章 水工水力学问题和水力设计	77
第一节 堰坝水流和堰型选择	77
第二节 急流冲击波问题和陡槽水力设计	97
第三节 深式泄水孔洞的水力设计	107
第四节 高速水流边壁的蚀损和防蚀设计	117
第五节 高速水流掺气和掺气减蚀抗磨	135
第六节 泄水建筑物下游消能防冲	159
第四章 岩基上混凝土坝的结构设计与计算	214
第一节 重力坝的结构设计与计算	214
第二节 拱坝的结构设计与计算	235
第三节 支墩坝的结构计算	270

第四节	混凝土坝局部结构设计与计算	288
第五章	土基上水闸的结构设计与计算	307
第一节	水闸结构设计原则与作用荷载	307
第二节	水闸的渗流分析	308
第三节	水闸的稳定分析和沉降计算	318
第四节	闸室结构计算	326
第五节	水闸两岸连接结构设计与计算	337
第六章	土石坝的结构设计与计算	343
第一节	土石坝结构特点与计算内容	343
第二节	土石坝的渗流分析	343
第三节	土石坝的稳定验算	362
第四节	土石坝的应力和变形计算	374
第七章	水工地下洞室的结构设计与计算	384
第一节	地下洞室围岩应力分布和稳定性判别	384
第二节	水工隧洞衬砌受力分析	392
第三节	水工隧洞衬砌结构计算	395
第四节	无衬砌洞室和围岩的喷锚支护	412
第八章	水工建筑材料选用与地基处理	420
第一节	水工大体积混凝土	420
第二节	碾压混凝土筑坝	427
第三节	土石坝筑坝材料及其填筑标准	435
第四节	岩石坝基处理	440
第五节	闸坝软基处理和桩基	445
参考文献		452

第一章 水 工 总 论

第一节 水 资 源 与 水 利 建 设

一、水资源

存在于大自然中的水是一种重要的资源，因为它是生命和工农业生产必需的物质，不可须臾或缺；它是发展航运交通以及水产事业必要的介质；它在自然循环过程中是一种可利用的和可再生的重要能源；它也是改善环境和发展旅游事业的必要条件。

地球上的总水量很大，约为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，但绝大部分是海洋中的咸水，其中通过大气循环，以降水、径流方式在陆地运行的淡水，相对就很少了，只占 2.5%。全球年径流总量为 4.7×10^5 亿 m^3 ，按全球人口计，人均约为 9000 m^3 ，这是最重要的一部分水，但这部分水在时间和空间上的分布极不均匀。我国幅员辽阔，河流也不少（流域面积超过 1000 km^2 的大河有 1598 条），年径流总量约 2.78×10^4 亿 m^3 ，而按人口平均，仅约相当于全球平均数的 1/4。所以，从人均意义上说，我国的水资源并不丰富。而降水、径流在时间和地域上的分布也很不均衡。不同地区之间，南方一日雨量可远超过西北全年降水量；同一地区，一次暴雨可超过多年平均年降水量，这就导致我国各地历史上洪、涝、旱灾频仍。由此可见，大力治水，根除水旱灾害，进而充分开发利用珍贵的水资源是何等重要！

如果说我国水的人均拥有量不算多的话，而由于从青藏高原到海平面之间的巨大落差，我国可用于发电的水能资源却十分丰富。全国水能理论蕴藏量达 $6.8 \times 10^8 \text{ kW}$ ，其中可开发的达 $3.78 \times 10^8 \text{ kW}$ ，年发电量可达 $19100 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 以上，这些数字均居世界首位，因此，利用我国这一优势，大搞水力发电，对解决能源问题具有决定性意义。

二、水利建设

远古以来，我国人民曾为治理水患、开发水利，进行过长期的英勇奋斗，取得了辉煌的业绩。至今还有一些纪元前修建的水利工程在为我们服务。如秦代李冰主持修建的岷江都江堰分洪灌溉工程，一直是成都平原农业稳产高产的保证，堪称中华民族的骄傲之一。但由于长期封建统治，特别是 19 世纪中叶以来半封建半殖民地的社会形态，人民群众的力量与智慧受到压抑，生产力低下，科学技术落后，水利设施失修，灾患频仍，水利事业处于停滞状态。例如 1928 年遍及全国的旱灾，灾民人数占当时全国人口的 1/4；1931 年、1933 年、1935 年、1939 年，江、淮、黄、汉及海河的洪灾，也都使人民生命财产蒙受了极大的损失。

中华人民共和国成立后，我国的水利建设才有了较大的发展。经过近 50 年的努力，全国整修和兴建了约 26 万 km 的堤防；普遍疏浚整治了排水河道，开辟了海河和淮河的排洪

通道;兴建了 86000 多座水库,面积 10000 亩以上的灌区 2500 多处;水电站装机容量从 1949 年的 16.3 万 kW 发展到目前的 6000 万 kW;灌溉面积从 2.4 亿亩增至 7 亿亩以上,3.4 亿亩的易涝耕地中有 2/3 得到了初步治理,1.1 亿亩盐碱地已改良 1/2 以上;为城市、工业供水及农牧区人、畜饮水提供了相当数量的水源;为工农业生产和人民生活提供了电能及其他综合利用效益。

尽管如此,水利建设的差距还很大。首先,我国大江大河的防洪问题还没有真正解决,许多中小河流也未根治,随着河流两岸经济建设的发展,一旦发生洪灾,造成的损失将越来越大。第二,我国农业目前仍在很大程度上受制于自然地理和气候条件,如不进一步大修水利以提高抗御自然灾害的能力,很难实现逐年增产。第三,工业和城市用水增长速度比农业更快,有些沿海城市已出现淡水供应困难,水利建设不加快,水源紧缺将日益成为限制我国生产和生活提高的重大障碍。第四,我国丰富的水能资源已开发量占可开发量的比例还相当低,与世界上一些发达国家相比,差距更为突出。由于水能资源是一种清洁的可再生能源,且未开发前又是不可蓄积的能源,故世界各工业化国家都优先开发水电,我国也理当如此。

值得指出的是,目前在某些水利大国出现了一些妨碍和阻止加强水利建设的非常片面的观点与论调,最突出的是以保护水环境为由来反对开发利用水资源。这种论点的片面和荒谬之处是把水利建设和环境保护完全对立起来。实际上,水环境保护应是水利建设的组成部分,国内外由于水利建设事业的进展,合理开发利用水资源的同时大大改善了当地水环境的工程实例比比皆是。当然,大型水利工程的兴建确也会对水环境产生不利影响(参见本章第三节),但对此应取正确的态度,将保护和改善水环境问题作为水利科学技术问题之一进行研究。

第二节 水利枢纽和水利建筑物

一、基本概念

水利建筑物就是在水的静力或动力作用下工作,并与水发生相互影响的各种建筑物。对于开发河川水资源来说,常须在河流适当地段集中修建几种不同类型与功能的水工建筑物,以控制水流,并便于协调运行和管理,这一多种水利建筑物组成的综合体就称为水利枢纽。

水利枢纽的规划、设计、施工和运行管理应尽量遵循综合利用水资源的原则。为实现多种目标而兴建的水利枢纽,建成后能满足国民经济不同部门的需要,称为综合利用水利枢纽;以某一单项目标为主而兴建的水利枢纽,虽同时可能还有其他综合利用效益,则常冠以主要目标之名,例如防洪枢纽、水力发电枢纽、航运枢纽、取水枢纽等等。水利枢纽随修建地点的地理条件不同,有山区、丘陵区水利枢纽和平原、滨海地区水利枢纽之分;随枢纽上下游水位差的不同,有高、中、低水头之分,一般以水头 70 m 以上者为高水头枢纽,30~70 m 者为中水头枢纽,30 m 以下者为低水头枢纽。

因自然因素、开发目标的不同,水利枢纽的组成建筑物可以是各式各样的。图 1-1 为黄河干流上以发电为主,兼有防洪、灌溉等综合利用效益的龙羊峡水力发电枢纽平面布置图。其主要建筑物包括:

(1) 拦河坝。由重力拱坝(主坝)、左右重力墩(即重力坝)以及左右岸副坝组成,主

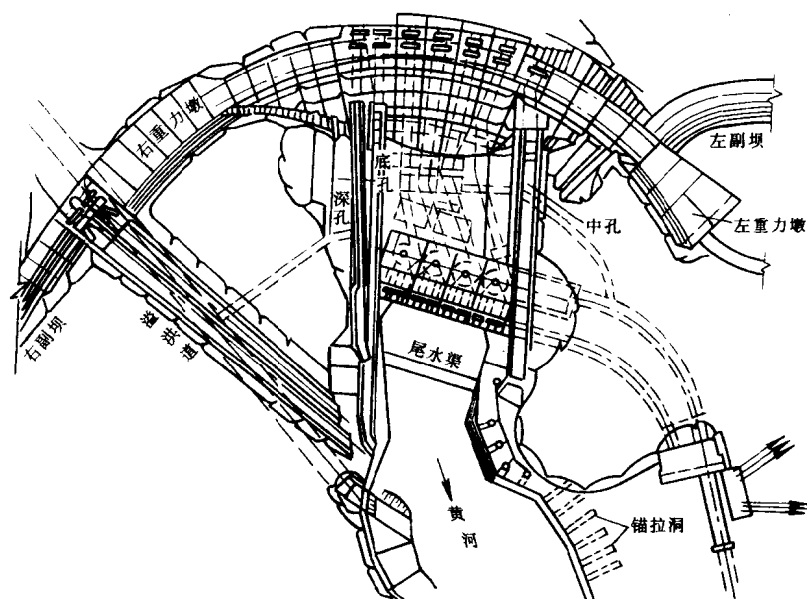


图 1-1 龙羊峡水电站平面布置图

坝从坝基最低开挖高程 2432 m 至坝顶高程 2610 m, 最大坝高 178 m, 从而使上游可形成一个总库容达 247 亿 m^3 的水库。

(2) 溢洪道。位于右岸, 溢流堰顶高程为 2585.5 m, 设 2 孔, 每孔净宽 12 m, 弧形闸门控制。

(3) 左泄水中孔。穿过主坝 6 号坝段, 进口底部高程 2540 m, 出口设 8 m $\times$ 9 m 弧形闸门控制, 与溢洪道共同承担主要泄洪任务。

(4) 右泄水深孔和底孔。分别穿过主坝 12 号和 11 号坝段, 进口底部高程分别为 2505 m 和 2480 m, 主要用于枢纽初期蓄水时向下游供水、泄洪以及后期必要时放空水库和排沙。

(5) 坝后式水电站。4 台单机容量 32 万 kW 的水轮发电机组, 总装机容量 128 万 kW。

图 1-2 为甘肃省白龙江碧口水电站, 其组成建筑物包括:

(1) 心墙土石坝。最大坝高 101 m, 用以拦河壅水、蓄水, 形成库容 5.16 亿 m^3 的水库。

(2) 溢洪道。用以宣泄水库多余洪水。

(3) 泄洪隧洞。左右岸各有一条, 可与溢洪道共同承担泄洪任务, 而且可在库水位较低时提前泄洪, 其中右岸泄洪洞施工期兼作导流洞。

(4) 排沙隧洞。用以排除部分水库泥沙, 延长水库寿命。

(5) 水电站引水建筑物。包括引水隧洞、调压井和压力钢管等。

(6) 水电站厂房。内装单机容量 10 万 kW 的水轮发电机组 3 台, 总装机容量 30 万 kW。此外, 还有供木材过坝的过木道以及供右岸农田灌溉的引水管道(图 1-2 中未示出)等。以上两例都是山区、丘陵区高水头枢纽, 但拦河坝及相应各组成建筑物差别很大。

图 1-3 为长江干流上著名的葛洲坝水利枢纽平面布置图。这是一座低水头大流量的枢纽, 兼有径流发电、航运和为上游三峡枢纽进行反调节的综合效益。其主要建筑物包括:

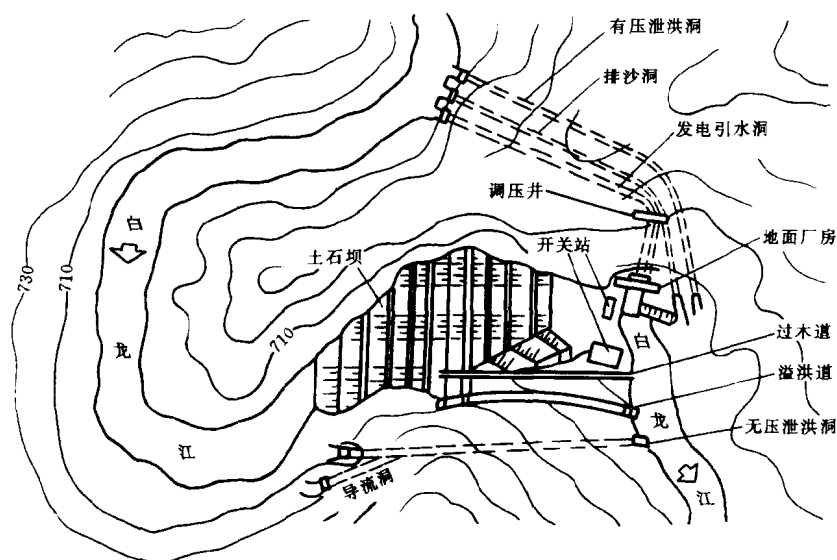


图 1-2 碧口水电站平面布置图

(1) 二江泄水闸。是枢纽控制水流的主要建筑物，共 27 孔，每孔净宽 12 m，高 24 m，弧形闸门控制，闭门时拦截江流，稳定上游水位（库容 15.8 亿 m^3 ，无调洪性能），开门时泄水，排沙防淤，满足河势要求，最大泄流量为 $83900 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

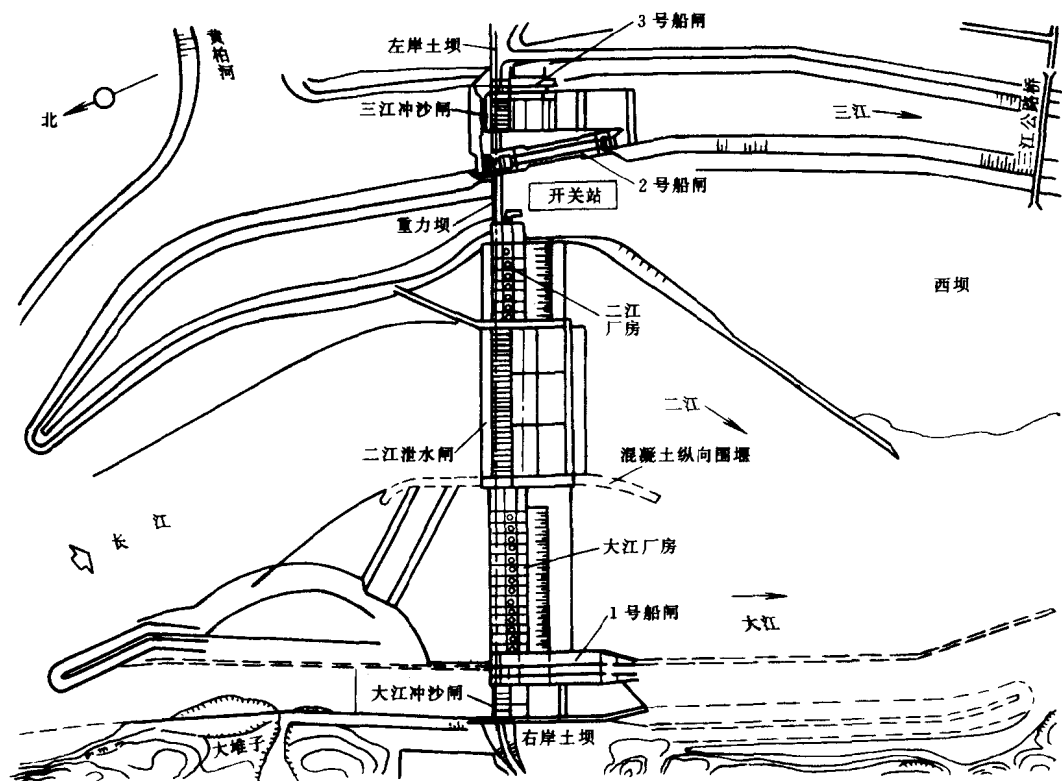


图 1-3 葛洲坝水利枢纽平面布置图

(2) 船闸。共有 3 座, 以保证长江航运, 1 号船闸位于大江, 2、3 号船闸位于三江。1、2 号船闸的闸室有效长度均为 280 m, 净宽 34 m, 槛上最小水深 5 m, 是我国目前最大的船闸。3 号船闸闸室有效长度为 120 m, 净宽 18 m, 槛上最小水深 3.5 m。1、2 号船闸可通过 1.2 万~1.6 万 t 船队, 一次过闸时间 51~57 min; 3 号船闸可通过 3000 t 以下船队, 一次过闸时间 40 min。

(3) 河床式水电站。设计水头 18.6 m, 分设于泄水闸两侧, 其中二江电厂装有单机容量 17 万 kW 的水轮发电机组 2 台和单机容量 12.5 万 kW 的机组 5 台, 大江电厂装有单机容量 12.5 万 kW 的机组 14 台, 水电站总装机容量 271.5 万 kW, 目前是我国最大的水电站。厂房兼起挡水作用。

(4) 冲沙闸。分设于与主流分开后的两条独立人工航道上, 其中三江航道设 6 孔, 大江航道设 9 孔, 采用“静水通航, 动水冲沙”的运行方式, 防止航道淤积。具体运行条件是: 通航期间, 航道内为静水; 汛期、汛末及低水期根据实际航道淤积情况, 开闸拉沙、冲沙。实践表明效果良好。此外, 在两个电厂的进水口前均设置了导沙坎, 在厂房底部还设置了排沙底孔, 进一步加强了防沙、排沙效果。

下面介绍我国正在建造中的、当今世界最大的水利枢纽工程——长江三峡工程。该工程具有防洪、发电、航运等综合效益, 工程的技术经济指标见表 1-1, 枢纽布置如图 1-4 所示。

三峡工程坝址位于宜昌市三斗坪, 在已建成的葛洲坝水利枢纽上游约 40 km。坝址基岩为坚硬完整的花岗岩, 适于建高坝。坝址处河谷较开阔, 岸坡较平缓, 江中有中堡岛顺江分布, 这些条件有利于大流量泄洪坝段、大容量电站坝段

表 1-1 三峡水利枢纽主要指标

项 目 名 称		单 位	指 标	备 注
水库	正常蓄水位	m	175	初期 156
	防洪限制水位	m	145	初期 135
	枯季消落低水位	m	155	初期 140
	设计洪水位	m	175	
	校核洪水位	m	180.4	
	总库容	亿 m ³	393	
	防洪库容	亿 m ³	221.5	
大坝	水库库面面积	km ²	1084	
	型式		混凝土重力坝	
	坝顶高程	m	185	
	最大坝高	m	175	
电站	轴线全长	m	2309.47	
	型 式		坝后式	
	装机容量	MW	18200	初期 3600
	保证出力	MW	4990	初期 700
	平均发电量	亿 kW·h	846.8	
	单机容量	MW	700	
船闸	装机台数	台	26	
	型 式		双线五级连续梯级	
升船机	闸室尺寸	m	280×34×5	
	型式		单线单级垂直提升式	
水库淹没	承船厢尺寸	m	120×18×3.5	
	耕地 (含果园)	10 ³ hm ²	27.82	1992 年调查
工程施工	淹没区人口	万人	84.41	1992 年调查
	土石方开挖	万 m ³	10259	
	土石方填筑	万 m ³	2933	
	混凝土浇筑	万 m ³	2715	
	钢材	万 t	28.08	
	钢筋	万 t	35.43	
	施工总工期	年	17	
静态总投资	第一批机组发电	年	11	
	其中: 枢纽工程	亿元	900.9	1993 年 5 月价格
	水库淹没补偿	亿元	500.9	1993 年 5 月价格
		亿元	400	1993 年 5 月价格

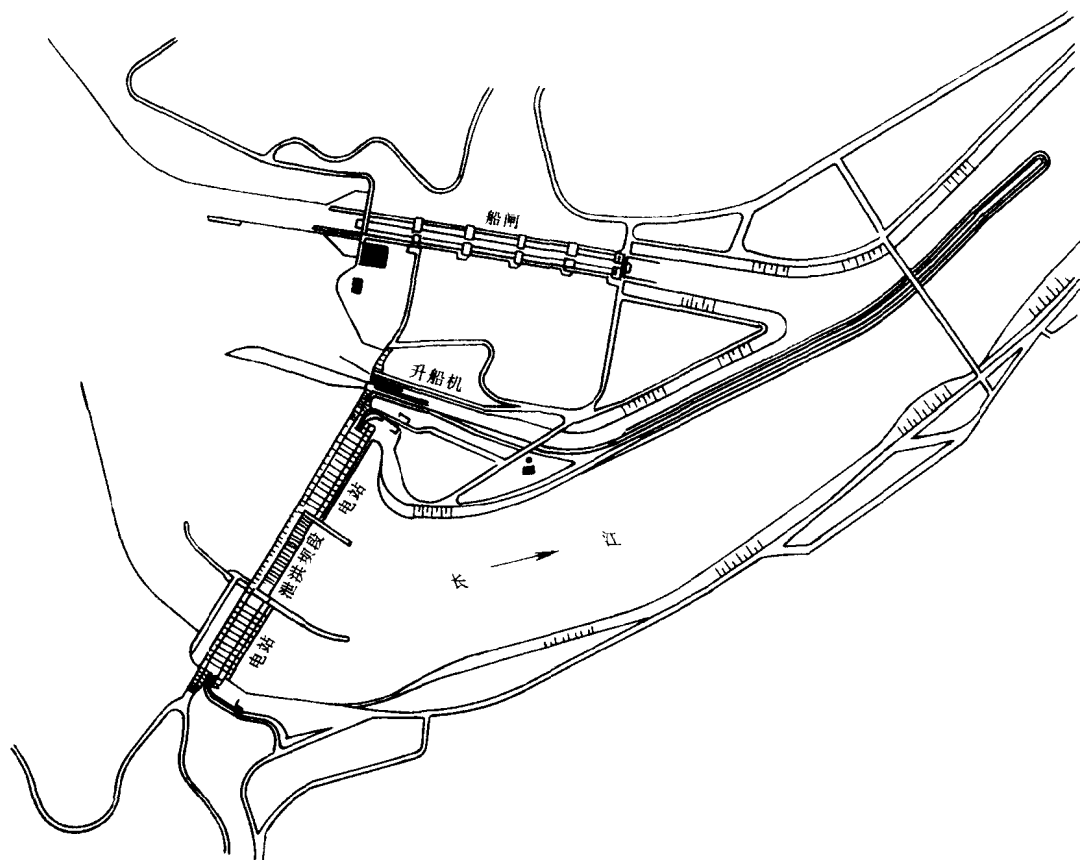


图 1-4 三峡工程枢纽布置图

和大尺寸通航建筑物沿坝轴线并列布置与运行，且便于施工和分期导流。事实上，对施工有利成了选用三斗坪坝址（而非选用地质条件亦佳但有陡岸峡谷的其他坝址，如同坝段的太平溪坝址）的最主要因素。不过也有专家认为，三斗坪这样的枢纽布置使大坝挡水前缘较其上、下游天然河谷还宽，可能导致以后运行中泥沙问题的复杂化。

三峡枢纽的主要建筑物由大坝、水电站、通航建筑物三大部分组成。拦河大坝为混凝土重力坝，坝轴线全长 2309.47 m，坝顶高程 185 m，最大坝高 175 m。大坝的泄洪坝段居河床中部，前缘总长 483 m，共设有 23 个深孔和 22 个表孔。深孔每孔净宽 7 m，高 9 m，进口孔底高程 90 m；表孔每孔净宽 8 m，堰顶高程 158 m，即总净宽 176 m 的溢流重力坝，溢流坝的闸墩厚达 13 m，因为深孔在其下部穿过。深孔在进口闸门控制段下游通过断面突扩成为无压孔，表孔和深孔都采用鼻坎挑流消能，全坝最大泄洪能力为 $11.6 \text{ 万 m}^3/\text{s}$ 。

水电站采用坝后式，分设左、右两组厂房。左岸厂房全长 643.6 m，安装 14 台水轮发电机组；右岸厂房全长 584.2 m，安装 12 台水轮发电机组。全电站 26 台机组均为单机容量 70 万 kW 的混流式水轮发电机，总装机容量为 1820 万 kW，年平均发电量为 846.8 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。电站以 500 kV 交流输电线向华中、川东送电，以 $\pm 600 \text{ kV}$ 直流输电线向华东送

电,出线共15回。在右岸还留有为后期扩机6台(420万kW)的地下厂房位置,其进水口与工程同步建成。

通航建筑物包括船闸和升船机。船闸为双线五级连续梯级船闸,单级闸室的有效尺寸为 $280\text{m}\times 34\text{m}\times 5\text{m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 坎上水深),可通过万吨级船队。升船机为单线一级垂直提升式,承船厢有效尺寸为 $120\text{m}\times 18\text{m}\times 3.5\text{m}$,一次可通过一条3000t级的客货轮。施工期设一级临时船闸通航,闸室有效尺寸为 $240\text{m}\times 24\text{m}\times 4\text{m}$ 。

三峡枢纽建成后将有巨大效益。首先是防洪。由于其地理位置优越,控制流域面积可达100万 km^2 ;水库防洪库容为221.5亿 m^3 ,可使荆江河段防洪标准从10年一遇提高到百年一遇;遇千年一遇或更大洪水,配合分洪、蓄洪工程的运用,可防止荆江大堤溃决,减轻中下游洪灾损失和对武汉市的洪水威胁,并为洞庭湖区的根治创造条件。

三峡水电站提供的可靠、廉价、清洁和可再生的能源,每年约可替代原煤4000万~5000万t,对其供电地区的经济发展和减少环境污染可起重大作用。

三峡水库将显著改善宜昌至重庆的660km航道,万吨级船队可上达重庆港,航道单向通过能力可由1000万t提高到5000万t。经水库调节,宜昌下游枯水季最小流量可从3000 m^3/s 提高到5000 m^3/s 以上,显著改善了通航条件。

三峡水库也确有对环境、生态等不利影响和移民、淹没损失等问题。但权衡利弊,还是利远大于弊。

二、水工建筑物的分类

上面介绍的水利枢纽实例中,我们虽已提到了多种水工建筑物,但并未包括水工建筑物的全部。事实上,水利工程并不总是以集中兴建于一处的若干建筑物组成的水利枢纽来体现的,有时仅指一个单项水工建筑物,有时又可包括沿一条河流很长范围内或甚至很大面积区域内的许多水工建筑物。即使就河川水利枢纽而言,在不同河流以及河流不同部位所建的枢纽,其组成建筑物也千差万别。按功用通常可分为以下几类。

1. 挡水建筑物

拦截或约束水流,并可承受一定水头作用的建筑物。如蓄水或壅水的各种拦河坝,修筑于江河两岸以抗洪的堤防、施工围堰等。

2. 泄水建筑物

排泄水库、湖泊、河渠等多余水量,以保证挡水建筑物和其他建筑物安全,或为必要时降低库水位乃至放空水库而设置的建筑物。如设于河床的溢流坝、泄水闸、泄水孔,设于河岸的溢洪道、泄水隧洞等。

3. 输水建筑物

为灌溉、发电、城市或工业给水等需要,将水自水源或某处送至另一处或用户的建筑物。其中直接自水源输水的也称引水建筑物。如引水隧洞、引水涵管、渠道、渡槽、倒虹吸管、输水涵洞等。

4. 取水建筑物

引水建筑物的上游首部建筑物。如取水口、进水闸、扬水站等。

5. 整治建筑物

改善河道水流条件、调整河势、稳定河槽、维护航道和保护河岸的各种建筑物，如丁坝、顺坝、潜坝、导流堤、防波堤、护岸等。

6. 专门性水工建筑物

为水利工程中某些特定的单项任务而设置的建筑物，如专用于水电站的前池、调压室、压力管道、厂房，专用于通航过坝的船闸、升船机、鱼道、筏道；专用于给水防沙的沉沙池等。相对专门性水工建筑物而言，前面5类建筑物也可统称为一般性水工建筑物。

实际上，不少水工建筑物的功用并非单一的，如溢流坝、泄水闸都兼具挡水与泄水功能；又如作为专门性水工建筑物的河床式水电站厂房也是挡水建筑物。

水工建筑物按使用期限还可分为永久性建筑物和临时性建筑物。永久性建筑物是指工程运行期间长期使用的建筑物，根据其重要性又分为主要建筑物和次要建筑物。前者指失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物，如拦河坝、溢洪道、引水建筑物、水电站厂房等；后者指失事后不致造成下游灾害，对工程效益影响不大并易于修复的建筑物，如挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等。临时性建筑物是指工程施工期间使用的建筑物，如施工围堰等。

三、水工建筑物的特点

水工建筑物，特别是河川水利枢纽的主要水工建筑物，往往是效益大、工程量和造价大、对国民经济的影响也大。与一般土木工程建筑物不同，水工建筑物具有下列特点。

1. 工作条件的复杂性

水工建筑物工作条件的复杂性主要是由于水的作用。水对挡水建筑物有静水压力，其值随建筑物挡水高度的加大而剧增，为此建筑物必须有足够的水平抵抗力和稳定性。此外，水面有波浪，将给建筑物附加波浪压力；水面结冰时，将附加冰压力；发生地震时，将附加水的地震激荡力；水流经建筑物时，也会产生各种动水压力，都必须计及。

建筑物上下游的水头差，会导致建筑物及其地基内的渗流。渗流会引起对建筑物稳定不利的渗透压力；渗流也可能引起建筑物及地基的渗透变形破坏；过大的渗流量会造成水库的严重漏水。为此建造水工建筑物要妥善解决防渗和渗流控制问题。

高速水流通过泄水建筑物时可能出现自掺气、负压、空化、空蚀和冲击波等现象；强烈的紊流脉动会引起轻型结构的振动；挟沙水流对建筑物边壁还有磨蚀作用；挑射水流在空中会导致对周围建筑物有严重影响的雾化；通过建筑物的水流多余动能对下游河床有冲刷作用，甚至影响建筑物本身的安全。为此，兴建泄水建筑物，特别是高水头泄水建筑物时，要注意解决高速水流可能带来的一系列问题，并做好消能防冲设计。

除上述主要作用外，还要注意水的其他可能作用。例如，当水具有侵蚀性时，会使混凝土结构中的石灰质溶解，破坏材料的强度和耐久性；与水接触的水工钢结构易发生严重锈蚀；在寒冷地区的建筑物及地基将有一系列冰冻问题要解决。

2. 设计选型的独特性

水工建筑物的型式、构造和尺寸，与建筑物所在地的地形、地质、水文等条件密切相关。例如，规模和效益大致相仿的两座坝，由于地质条件优劣的不同，两者的型式、尺寸和造价都会迥然不同。由于自然条件千差万别，因而水工建筑物设计选型总是只能按各自