

中等职业学校项目化教学改革教材

水 工 建 筑 物

主编 刘幼凡



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中等职业学校项目化教学改革教材

水 工 建 筑 物

主编 刘幼凡



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是为中等职业学校水利水电工程建筑类专业水工建筑物课程编写的教学用书，全书共有水利枢纽及水工建筑物认知、重力坝、拱坝、土石坝、水闸、河岸溢洪道、水工隧洞、渠系建筑物、过坝建筑物和水利枢纽设计阶段及布置 10 个学习项目。本书也可作为基层水利工程工作者培训教材或参考书。

本书配有电子教案，读者可以从中国水利水电出版社网站免费下载，网址为 [http: //www. waterpub. com. cn/softdown/](http://www.waterpub.com.cn/softdown/)。

图书在版编目（C I P）数据

水工建筑物 / 刘幼凡主编. -- 北京：中国水利水电出版社，2015. 1
中等职业学校项目化教学改革教材
ISBN 978-7-5170-2919-9

I. ①水… II. ①刘… III. ①水工建筑物—中等专业学校—教材 IV. ①TV6

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第023011号

书 名	中等职业学校项目化教学改革教材 水工建筑物
作 者	刘幼凡 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 13.75 印张 343 千字
版 次	2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	32.00 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



前言

PREFACE

为完成除水害、兴水利的任务，往往需要修建众多的水利工程，而水利工程是由各种水工建筑物所组成的。因此，从事水利工程设计、工程建设和运行管理的同志，都必须学习掌握水工建筑物的基本知识。

《水工建筑物》是水利水电工程类专业的必修专业核心课，是一门专业性、实用性、综合性较强的课程。本书以最新的水利水电工程类专业职业标准和相关规程规范为依据，结合编者“水利水电工程技术”专业教学实践经验，以培养面向水利行业生产一线、从事水利水电工程建设和运行管理岗位的高素质技术技能型人才为目标，在充分吸收行业、企业和水利院校领导、专家和师生意见的基础上进行编写，在内容上力求做到“因材施教，学以致用”。

本书由贵州省水利电力学校刘幼凡任主编。参加本书编写的有：贵州省水利电力学校刘幼凡（项目一、项目九、项目十），陈林（项目二、项目六），周安东（项目三），贵州省道真县水利局工程师刘成（项目五、项目七），贵州省毕节市水利水电勘察设计院工程师钱莉莉（项目四、项目八）。刘幼凡负责全书的统稿和校对。

本书在编写过程中引用了相关规程规范、专业文献和资料，学习参考了一些兄弟院校教材，在此谨向有关作者表示衷心的感谢，并对所有支持和帮助本书编写工作的同志表示感谢。

对书中存在的缺点和疏漏，恳请广大读者批评指正。

编者

2014年12月

目 录

CONTENTS

前言

项目一 水利枢纽及水工建筑物认知	1
学习提示	1
任务一 了解我国水资源及水利工程建设情况	1
任务二 理解水利枢纽和水工建筑物的概念	5
任务三 了解水利枢纽对环境的影响	8
任务四 掌握水利枢纽与水工建筑物等级的划分	8
任务五 熟悉本课程的内容、性质和学习方法	11
课后任务	11
项目二 重力坝	13
学习提示	13
任务一 掌握重力坝工作原理、特点、类型、适用条件及布置	13
任务二 了解非溢流重力坝剖面确定方法	16
任务三 了解重力坝的荷载及其组合	18
任务四 了解重力坝的抗滑稳定及应力分析	21
任务五 了解溢流重力坝和重力坝泄水孔	25
任务六 掌握重力坝的材料及构造要求	32
任务七 掌握重力坝的地基处理	39
任务八 了解其他型式重力坝	43
课后任务	44
项目三 拱坝	46
学习提示	46
任务一 掌握拱坝工作原理、特点、类型、适用情况	46
任务二 了解拱坝剖面确定方法	53
任务三 了解拱坝的荷载及其组合	54
任务四 了解拱坝的稳定分析	55
任务五 了解拱坝的应力分析	57
任务六 了解拱坝的坝身泄水及消能方式	59
任务七 了解拱坝的材料及构造要求	63
任务八 了解拱坝的地基处理方法	67
任务九 砌石拱坝	68
课后任务	71

项目四 土石坝	72
学习提示	72
任务一 掌握土石坝的特点及枢纽布置	72
任务二 了解土石坝剖面设计	76
任务三 了解土石坝渗流分析	84
任务四 了解土石坝的稳定分析	87
任务五 掌握土石坝的地基处理	90
任务六 了解面板堆石坝的构造与设计	93
课后任务	96
项目五 水闸	98
学习提示	98
任务一 了解水闸的类型、组成	98
任务二 理解水闸的设计内容	102
任务三 理解水闸的防渗、排水	106
任务四 了解水闸闸室的布置与构造	113
任务五 了解水闸消能防冲	123
任务六 了解闸室的稳定分析及地基处理	127
任务七 理解水闸上、下游连接段的布置及两岸连接建筑物	134
任务八 了解其他闸型	138
课后任务	142
项目六 河岸溢洪道	143
学习提示	143
任务一 掌握河岸溢洪道类型、特点、适用及设置条件	143
任务二 了解河岸溢洪道的位置和型式选择	147
任务三 掌握正槽式溢洪道各组成部分的作用、布置及构造	148
课后任务	153
项目七 水工隧洞	154
学习提示	154
任务一 了解水工隧洞的特点、类型及洞线选择	154
任务二 了解水工隧洞进出口段并理解其构造	161
任务三 理解洞身段构造	163
课后任务	172
项目八 渠系建筑物	174
学习提示	174
任务一 认识渠系建筑物	174
任务二 掌握渠道的布置与设计	175
任务三 理解渡槽的布置与设计	177

任务四 理解倒虹吸管的布置与设计 181

任务五 了解其他渠系建筑物的构造 186

课后任务 192

项目九 过坝建筑物..... 193

 学习提示 193

 任务一 熟悉通航建筑物 193

 任务二 了解过木建筑物 199

 任务三 了解过鱼建筑物 201

 课后任务 201

项目十 水利枢纽设计阶段及布置..... 202

 学习提示 202

 任务一 了解水利枢纽设计阶段 202

 任务二 了解水利枢纽布置 204

 课后任务 211

参考文献 212

项目一 水利枢纽及水工建筑物认知

学习提示

内容：介绍我国的水资源及水利工程建设情况，水利枢纽和水工建筑物的概念，水利枢纽对环境的影响，水利枢纽与水工建筑物的等级划分，本课程的内容、性质和学习方法。

重点：水利工程和水工建筑物的分类、特点和应用情况，水利工程分等及水工建筑物分级的目的、依据、方法和意义。

要求：了解水利工程和水工建筑物的类型、特点和水利事业发展情况，了解水利枢纽对环境的影响，掌握水利工程分等及水工建筑物分级的方法，理解本课程的性质，明确本课程的任务。

任务一 了解我国水资源及水利工程建设情况

一、我国的水资源

水是“生命之源，生产之要，生态之基”，是人类生存和社会发展必不可少的自然资源。水能够循环，并能逐年得到补充和恢复，因此，水资源不同于土地、矿藏等自然资源，是一种不仅可以再生而且可以重复利用的自然资源。水在工农业生产以及国民经济建设中占有重要地位，所以，各国都把水当作一种宝贵的资源去开发、研究、利用和保护。

地球上水的总量很大，约为 13.86 亿 km^3 ，但绝大部分是海洋中的咸水，占地球总储水量的 96.5% 。以降水、径流方式在陆地运行的淡水，全球年径流总量为 0.48 亿 km^3 ，这是最重要的一部分水，但只占地球总储水量的 3.5% ，且大部分在北半球。真正便于人类利用的水只是其中一小部分，主要分布在湖泊、河流、土壤中以及 600m 深度以内的含水层，由此可见；地球上的淡水资源数量极为有限，需要人类珍惜，任何无节制的开发、利用都可能对人类的生存环境造成破坏。

世界各国和地区因所处的地理环境不同，拥有水资源的数量差别很大。按拥有水资源量多少排列，排在前几名的国家依次是巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚、中国、印度。我国的水资源有以下特点。

1. 总量较大，人均值低

我国流域面积在 50km^2 及以上的河流有 45203 条，流域面积在 100km^2 及以上的河流有 22909 条，水资源总量居世界第六位。但由于我国人口众多，按人均占有量我国的水资源并不丰富，人均水资源占有量仅为 2200m^3 左右，是世界平均水平的 $1/4$ ，列世界第 125 位，已经被联合国列为 13 个贫水国家之一。

2. 水资源在地域上分布不均

我国国土面积较大，降水、径流在地域上分布不均衡，总的特点是“南丰北贫”：秦岭、



淮河以南地区年降水量一般在 800mm 以上,属于湿润和十分湿润地区;秦岭、淮河以北地区年降水量一般小于 800mm,属于干旱和半干旱地区,其中新疆南部塔里木盆地和青海西部柴达木盆地年降水量不足 25mm,是我国降水量最少的地区。我国降水总趋势是由东南沿海向西北内陆递减,南方水多地少,北方地多水少。长江及其以南地区,耕地面积占全国的 38%,而河川径流量占全国的 83%;黄、淮、海、辽四河流域内耕地面积占全国的 42%,但河川径流量只占全国的 8%,水资源总量只占全国的 9%。所以,国家正实施“南水北调”工程,以缓解“南丰北贫”的状况。

3. 水资源在时间上分布不均

我国受季风气候的影响,降水量年际变化很大,年内分配也很不均匀,总的特点是“夏丰冬枯”:枯水季节或枯水年,雨量很小,往往不能满足用水要求,而丰水季节或丰水年,雨量又很大,可能泛滥成灾。我国南部地区最大年降水量一般是最小年降水量的 2~4 倍,北部地区一般是 3~6 倍,且常有连续丰水年和连续枯水年出现。我国多数地区的雨季为 4 个月,南部地区在 5—8 月,4 个月的降水量占年降水量的 50%~60%;北部地区雨季多为 6—9 月,4 个月的降水量占年降水量的 70%~80%。同一地区,一次暴雨降水量可超过多年平均年降水量,这就导致我国各地历史上洪、涝、旱灾频发。因此,在国民经济发展规划、城市规划和工农业生产布局调整中,都应充分考虑水资源的现状和开发的可能性,同时兴建蓄水工程,调节径流,防洪兴利。

4. 水能资源丰富

我国河流大部分从西部青藏高原流到东部东海,其间巨大的落差形成了巨大的水能资源。据 2005 年统计,我国水能资源理论蕴藏量达 6.94 亿 kW,其中技术可开发量达 5.42 亿 kW,年发电量 24740 亿 kW·h,经济可开发容量 4.02 亿 kW·h,均居世界首位。

水能与风能、太阳能一样,属非矿石清洁能源,具有可持续性,应优先开发。水力发电技术最为成熟,具有取之不尽、用之不竭、成本低廉、运行灵活的优点。因此,大力开发我国丰富的水能资源,对解决我国的能源问题,使国民经济健康、可持续发展具有重要的战略意义。

二、我国的水利工程建设

我国劳动人民在治理水患、开发水利方面进行了长期的英勇奋斗,积累了许多宝贵经验,取得了辉煌的业绩,至今还有一些古代的水利工程在为我们服务。特别值得一提的是,秦代李冰主持修建的四川都江堰水利工程,堪为中华民族的骄傲。都江堰水利工程是中国古代建设并使用至今的大型水利工程,被誉为“世界水利文化的鼻祖”,为世界文化遗产,亦是四川省著名的旅游胜地。该工程于公元前 256 年左右修建,是“当今世界年代久远、唯一留存、以无坝引水为特征的宏大水利工程”,灌溉面积达 1004 万亩,是我国目前灌溉面积最大的水利工程,如图 1-1 所示。

根据 2013 年水利发展统计公报,截至 2013 年年底,全国已建成各类水库 97721 座,水库总库容 8298 亿 m^3 。全国已建成五级以上江河堤防 27.68 万 km;已建成流量为 $5\text{m}^3/\text{s}$ 及以上的水闸 98192 座;已累计建成日取水大于等于 20m^3 的供水机电井或内径大于 200mm 的灌溉机电井共 458.4 万眼;已建成各类装机流量 $1\text{m}^3/\text{s}$ 或装机功率 50kW 以上的泵站 90650 处;共建成农村水电站 46849 座,装机容量 7119 万 kW,占全国水电装机容量的

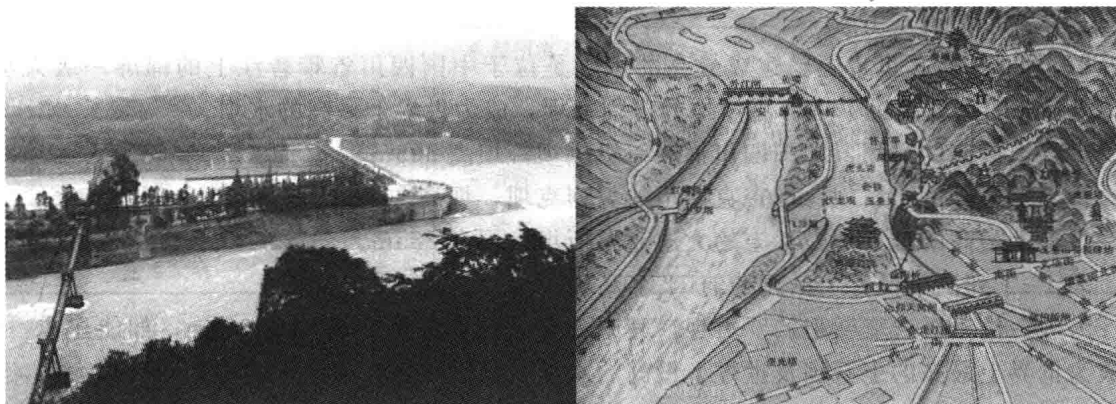


图 1-1 都江堰水利工程

25.4%；全国水土流失综合治理面积达 106.89 万 km^2 ；全国共有各类水文测站 86554 处，其中：国家基本水文站 3195 处，专用水文站 816 处。

众多的工程实践促进了水利科学技术的发展。在坝工建筑、坝基处理、高速水流泄洪消能、地下工程开挖、大流量的截流和施工导流，以及大型闸门与水轮发电机组的设计、制造、安装等方面，我国都取得了成功的经验，有些方面已达到世界先进水平。例如，目前世界上规模最大的水利工程——三峡水利枢纽工程，总装机容量达 2250 万 kW，远超过原世界上装机容量最大的水电站——装机容量为 1260 万 kW 的伊泰普水电站，三峡工程还拥有世界上规模最大的双线五级永久船闸，三峡水利枢纽工程如图 1-2 所示。

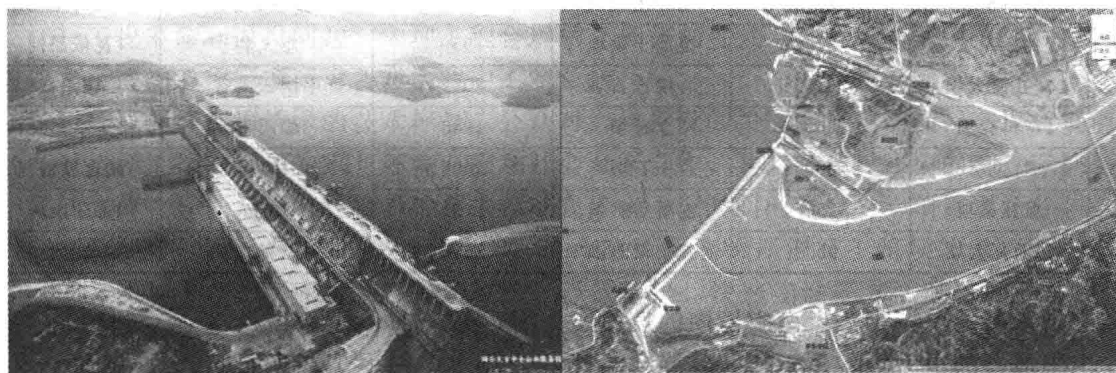


图 1-2 三峡水利枢纽工程

我国水利发展取得了巨大成就，基本形成了覆盖城市乡村、功能较为齐全、惠及亿万群众的水利基础设施体系。

但由于我国经济社会快速发展和人民群众生活水平的不断提高，对水的需求日益增大，加之历史欠账较多，我国水利建设仍不能满足社会的需要，存在很多薄弱环节。全国有防洪任务的河段中，已治理的只占 33%，已治理且达标的仅占 17%，尤其是中小河流治理率低；全国水库总库容占河川径流量的 34%，兴利库容仅占 16.8%，对江河水资源的调控能力不强；全国以供水和灌溉为主的水库虽然有 9.3 万多座，但兴利库容只有 1700 多亿 m^3 ，供水保障能力较弱；全国灌溉渠道衬砌长度不到 30%，中小灌区的灌溉效率较低。



三、大坝建设与发展

截至 2013 年，世界上已建成最高的水坝是位于中国四川省雅砻江上的锦屏一级大坝，它以 305m 的高度超过了塔吉克斯坦的努列克坝，成为世界上最高的水坝。

世界上最高的拱坝：中国四川锦屏一级拱坝，坝高 305m。

世界上最高的土石坝：塔吉克斯坦的努列克坝，坝高 304m。

世界上最高的重力坝：瑞士的大迪克桑斯坝，坝高 285m。

表 1-1 列出了世界上已建的前 12 名高坝。

另外，位于塔吉克斯坦的罗贡坝，其中一个设计方案的高度达到 335m，如能建成，将成为世界上最高的土石坝及世界上最高的水坝；其次，正在建设中的中国双江口大坝，坝高将达到 314m。

世界上最高的天然水坝——乌索伊坝，位于塔吉克斯坦南部，是 1911 年地震诱发滑坡形成，高达 567m，超过地球上任何一座人工建造的水坝。

表 1-1 世界上已建高坝（截至 2013 年年底）

序号	名 称	高度/m	类型	建成年份	国家	所在河流
1	锦屏一级大坝	305	混凝土拱坝	2013	中国四川省	雅砻江
2	努列克坝	304	土石坝	1980	塔吉克斯坦	瓦赫什河
3	小湾大坝	294.5	混凝土拱坝	2010	中国云南省	澜沧江
4	溪洛渡大坝	285.5	混凝土拱坝	2013	中国四川省、云南省	金沙江
5	大迪克桑斯坝	285	混凝土重力坝	1964	瑞士	迪克桑斯河
6	英古里坝	271.5	混凝土拱坝	1987	格鲁吉亚	英古里河
7	瓦依昂坝	261.6	混凝土拱坝	1959	意大利	瓦依昂河
8	糯扎渡大坝	261.5	心墙堆石坝	2012	中国云南省	澜沧江
9	奇科森坝	261	土石坝	1980	墨西哥	格里哈尔瓦河
10	特里坝	260	土石坝	2006	印度	帕吉勒提河
11	莫瓦桑坝	250	混凝土拱坝	1991	瑞士	德朗斯河
12	拉西瓦大坝	250	混凝土双曲拱坝	2009	中国青海省	黄河

中国最高的土石坝是云南省境内的糯扎渡大坝，高 261m。

中国最高的重力坝是位于广西壮族自治区的龙滩水电站大坝，高 216.2m。湖北省境内还拥有世界上最高的混凝土面板堆石坝——高 233m 的水布垭水电站大坝。目前，四川省境内正在建设的双江口大坝预计高达将达到 312m，建成后将成为新的世界第一高坝。表 1-2 中列出了我国已建高度超过 200m 的大坝。

表 1-2 我国已建高度超过 200m 的大坝（截至 2013 年年底）

序号	名 称	省（自治区）	跨越河流	高度/m	类型	建成年份
1	锦屏一级水电站大坝	四川	雅砻江	305.0	拱坝	2013
2	小湾大坝	云南	湄公河	292.0	拱坝	2010
3	溪洛渡大坝	云南	金沙江	285.5	拱坝	2013
4	糯扎渡大坝	云南	湄公河	261.5	土石坝	2013
5	拉西瓦大坝	青海	黄河	250.0	拱坝	2009



续表

序号	名 称	省（自治区）	跨越河流	高度/m	类型	建成年份
6	二滩大坝	四川	雅砻江	240.0	拱坝	1999
7	水布垭水电站大坝	湖北	清江	233.0	混凝土面板堆石坝	2008
8	构皮滩大坝	贵州	乌江	232.5	拱坝	2009
9	江坪河大坝	湖北	溇水	221.0	混凝土面板堆石坝	2012
10	龙滩大坝	广西	红水河	216.0	重力坝	2009

在中国的大坝建设和管理过程中，面临着很多挑战性的技术困难与问题，主要有以下 10 个方面：

（1）大坝与生态。大坝建设，需要在保护生态的基础上进行有序和适当的开发，如何维护河流健康，实现水资源的可持续利用，支持经济社会的可持续发展是值得关注的问题，如量化河流健康的标准、量化大坝的影响并确定可接受的影响程度，科学确定水沙关系、河湖关系等。

（2）河流生态的修复与建设，即如何通过人工干预改善河流生态。

（3）大坝生态调度问题。水利水电枢纽工程在发挥防洪、发电、供水、航运等功能的同时，还要考虑到河流生态的影响，使之能保持最佳生态状态。

（4）特高坝建设的技术问题。中国在建的坝很多是历史上最高、最复杂、最难的，有一些也是世界最高的，如何保障安全、如何做到技术上可靠将是比较突出的问题。如高压水劈裂、地基承载能力、大坝的力学基本原理等都是值得探究的基本问题。

（5）病险坝除险加固问题。随着大坝数量的增加和运行年限的增加，大坝的运行维护和查险、除险也将是重要的问题。

（6）工程寿命和退役问题。大坝工程合理的、经济的使用年限确定是一个复杂的问题，如何建立合适的退役制度尚需要在实践中不断总结。

（7）环境友好筑坝技术的技术标准。公众对大坝建设的关注度日益增加，在提高筑坝技术的同时，坝工技术工程专家与环境专家和社会专家合作，共同寻求对环境的有效保护是非常必要的。研究环境友好筑坝技术的技术标准在未来一段时间内将成为一项重要任务。

（8）筑坝新材料、施工新工艺研究。近 20 年来，由于碾压混凝土筑坝技术、面板堆石坝技术的发展和推广，水库大坝在提高质量、降低造价、快速建设等方面取得了显著成就。展望未来，在新的筑坝材料、新的施工工艺的突破等方面仍有迫切的需求，需要加速发展。

（9）可视化技术、隐患探测技术与并行计算分析技术。大坝的运行性态以及安全运行的保障，有赖于可视化技术、隐患探测技术的进步，除此之外，还需依赖于计算机分析技术的发展，并行计算技术有望得到进一步的发展。

（10）进一步提升大坝安全的研究。大洪水、大地震以及大坝的长期运行等因素不断将大坝的可靠性、安全性提到更为重要的地位，如何结合这些因素探索提升大坝的安全性成为重要的研究方向之一。

任务二 理解水利枢纽和水工建筑物的概念

一、基本概念

为完成防洪、发电、灌溉、供水和治涝等任务，用来控制和支配水流的建筑物，称为水



工建筑物。为完成除水害、兴水利任务,将若干不同类型的水工建筑修建在一起所构成的建筑综合体,称为水利枢纽或水利工程。

水利工程按其承担的任务可分为防洪工程、水力发电工程、城市供水及排水工程、航道及港口工程和环境水利工程等,按其对水的作用可分为蓄水工程、取水工程、输水工程、排水工程、提水工程、水质净化和污水处理工程等。

例如,长江干流上的三峡水利枢纽工程,1992年获得全国人民代表大会批准建设,1994年12月正式动工兴建,2003年开始蓄水发电,2009年全部完工。三峡水库总库容393亿 m^3 ,其中防洪库容221.5亿 m^3 ,可使荆江河段防洪标准由10年一遇提高到100年一遇。三峡水电站总装机容量2250万kW,年发电量约1000亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。三峡水库将显著改善宜昌至重庆660km的长江航道,航道单向年通过能力由1000万t提高到5000万t,运输成本降低35%~37%。三峡水利枢纽工程由高181m的混凝土重力坝、泄水孔、电站厂房、双线五级船闸、升船机等水工建筑物组成,如图1-3所示。

二、水工建筑物的类型

1. 按功能分类

水工建筑物按功能可分为挡水建筑物、泄水建筑物、输水建筑物、取水建筑物、整治建筑物和专门性水工建筑物等。

(1) 挡水建筑物。挡水建筑物是指用以拦截江河,形成水库或壅高水位的建筑物,如各种类型的拦河坝和水闸,修筑于江河两岸的堤防、施工围堰等。

(2) 泄水建筑物。泄水建筑物是指排泄水库、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,设于河岸的溢洪道和泄水隧洞等。

(3) 输水建筑物。输水建筑物是指为灌溉、发电、城市或工业给水等需要,将水输送至用水处的建筑物。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。取水建筑物是指引水建筑物的上游首部建筑物,如取水口、进水闸、泵站等。

(5) 整治建筑物。整治建筑物是指用以改善河道水流条件,调整河势,稳定河槽,维护航道和保护河岸的各种建筑物,如丁顺坝、潜坝、导流堤、防波堤、护岸等。

(6) 专门水工建筑物。专门水工建筑物是指为完成水利工程中某些单项任务而修建的建筑物,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。与专门水工建筑物相对应,前面五类建筑物也可统称为一般水工建筑物。

2. 按使用时间分类

水工建筑物按使用的时间长短,可分为永久性建筑物和临时性建筑物两类。

(1) 永久性建筑物。永久性建筑物指工程长期使用的建筑物,根据其在工程中的重要性又分为主要建筑物和次要建筑物。主要建筑物是指该建筑物失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物,如闸、坝、泄水建筑物、输水建筑物及水电站厂房等;次要建筑物系指失事后不致造成下游灾害和对工程效益影响不大,且易于检修的建筑物,如挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等。

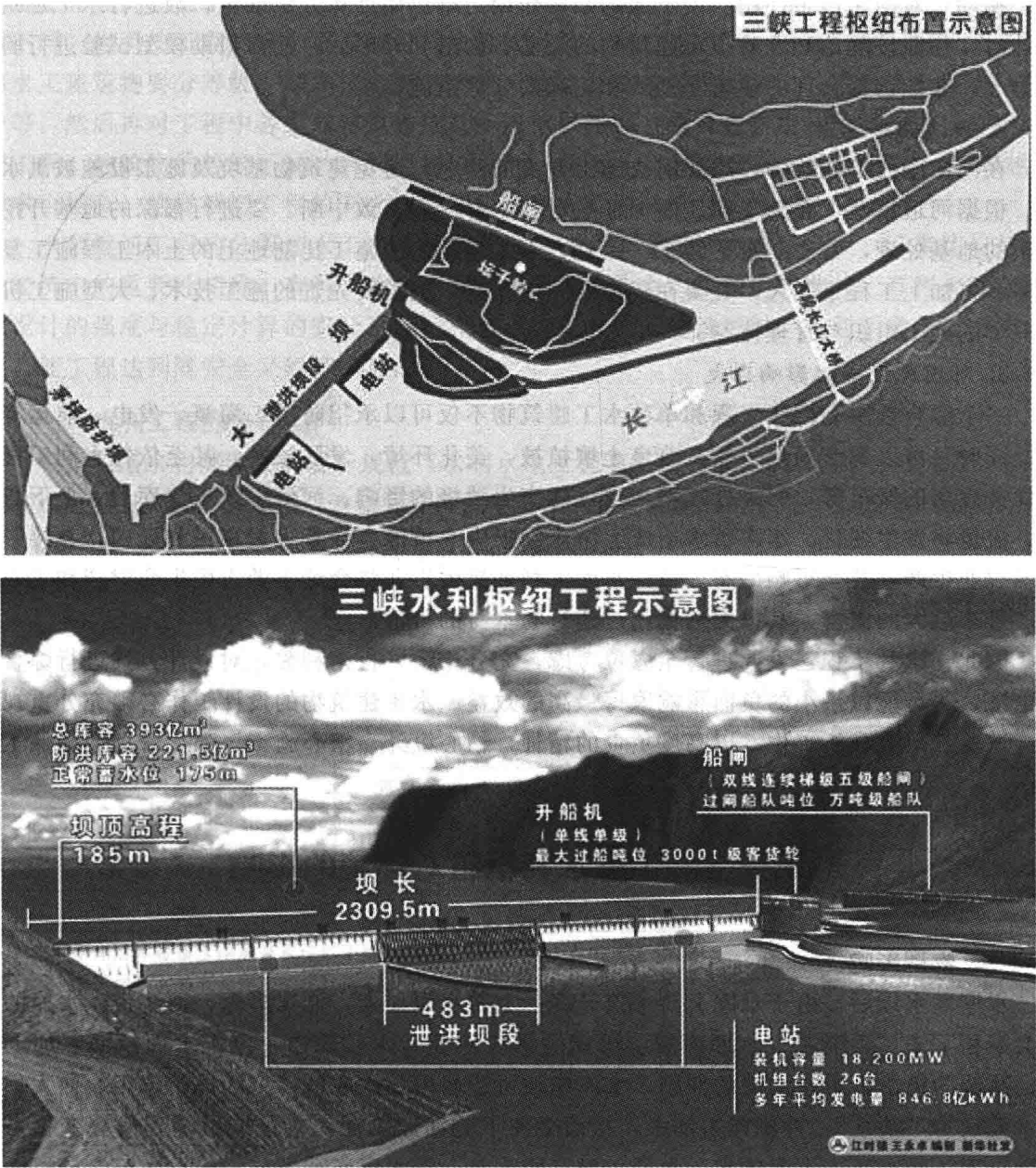


图 1-3 三峡水利枢纽工程布置示意图

(2) 临时性建筑物。临时性建筑物指仅在工程施工期临时使用的建筑物，如围堰、导流建筑物等。

三、水工建筑物的特点

1. 工作条件复杂

水工建筑物经常承受着水的作用，产生各种作用力，对其工作条件不利。挡水建筑物承受着一定的静水压力、风浪压力、地震动水压力、冰压力、浮力及渗流产生的渗透压力，对建筑物的稳定性影响极大；水流渗入建筑物内部及地基中，还可能产生侵蚀和渗透破坏；泄水建筑物的过水部分还承受着水流的动水压力及磨蚀作用，高速水流还可能对建筑物产生空



蚀、振动，对河床产生冲刷。由于水的某些作用力难以用计算方法确定，故进行水工建筑物设计时，往往按理论和经验拟定建筑物的尺寸、构造和外形后，还需借助模型试验进行验证和修改，才能选择合适的建筑物型式和正确的处理措施。

2. 施工条件复杂

在河床中修筑建筑物，需要解决施工导流的问题，避免建筑物基坑及施工设施被洪水淹没。根据河道情况，在施工期还要保证航运和木材浮运不致中断。要进行很深的地基开挖和复杂的地基处理，常需要水下施工。因此，水工建筑物的施工比陆地上的土木工程施工复杂得多。再加上工程量庞大，且要在较短时间内完成，故需要先进的施工技术、大型施工机械和科学的施工组织与管理体制。

3. 对国民经济的影响巨大

一个综合性水利枢纽工程和单项水工建筑物不仅可以承担防洪、灌溉、发电、航运等任务，同时又可以调节当地气候，改良土壤植被，美化环境，发展旅游，甚至依托水利工程建成优美宜居的城市等，但是处理不当也可能产生消极的影响。河流中筑坝建库后，上下游水位、流量将发生变化。水库蓄水造成上游淹没损失，可能会导致大量移民和迁建，直接影响到工农业生产，甚至影响生态环境；水库大坝如果失事，将会给下游人民生命财产和工农业生产带来巨大的灾害，其损失远远超过建筑物本身的价值。

因此，水利工程建设要进行全方位考虑，充分论证，权衡利弊，对设计方案进行综合优化论证，尽可能以最小的负面影响取得最高的效益。水工建筑物的设计工作必须充分重视勘测、试验和研究分析工作，以高度负责的精神，精心设计、精心施工、强化管理，确保工程安全。

任务三 了解水利枢纽对环境的影响

一、物理影响

水库蓄水以后，由于水库上游水位升高，上游水深加大，流速降低，河流带入水库的泥沙会淤积下来，逐渐减少水库库容，可能会诱发地震。库区周边，由于水面浸润，加上风浪、冰凌的撞击，沿岸水流的冲刷，水库岸坡可能坍塌。水库的“沉沙池”作用，使大坝下游水流成为“清水”，冲刷能力加大，从而会使下游河床刷深，也可能影响到河势变化乃至河岸稳定。经水库再下泄的水，水质一般有所改善。深水库底孔下放的水，水温会较原天然状态下的有所变化。

二、生态影响

修建水库虽然较天然河流大大增加了水库面积与容积，有利于渔业生产，但坝对原河鱼的洄游构成障碍，任何过鱼设施均难以替代原状，某些鱼类品种因此消失。所以许多水利水电工程采用建专门的鱼道或鱼类养殖站，以解决此问题。

任务四 掌握水利枢纽与水工建筑物等级的划分

一个成功的水利工程，必须满足安全、适用、经济、美观四个方面的要求，往往工程的



安全性和经济性是矛盾的。不同的水利工程，在国民经济中的重要性和对国民经济的影响程度不同。为了使工程的安全可靠性与其造价的经济合理性适当统一起来，水利枢纽及其组成的水工建筑物要分等级，即先按工程的规模、效益及其在国民经济中的重要性，将水利枢纽分等，然后再对工程中各组成建筑物按其所属枢纽等别、建筑物作用及重要性进行分级，枢纽工程、建筑物的等级不同，对其规划、设计、施工、运行管理的要求也不同，等级越高，要求也越高，这样就把工程的安全性、经济性和重要性科学合理地结合起来。

水利枢纽工程的分等和水工建筑物的分级，有利于使建筑物的安全性、可靠性与其在社会经济中的重要性相称；有利于确定工程抗御灾害的能力，如洪水标准等；有利于确定建筑物设计的强度与稳定计算的安全系数；有利于选取合适的建筑材料；有利于确定运行的可靠性，使工程达到既安全又经济的目的。

一、水利工程的分等

根据我国水利部颁发的现行规范《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252—2000），水利水电枢纽工程按其规模、效益和在国民经济中的重要性划分为五等，如表 1－3 所示。

表 1－3 水利水电工程等别划分

工程 等别	工程规模	水库总库容 /亿 m ³	防 洪		治涝	灌溉	供水	发电
			保护城镇及 工矿企业的 重要性	保护农田 /万亩	治涝面积 /万亩	灌溉面积 /万亩	供水对象 重要性	装机容量 /万 kW
I	大（1）型	≥10	特别重要	≥500	≥200	≥150	特别重要	≥120
II	大（2）型	10～1	重要	500～100	200～60	150～50	重要	120～30
III	中型	1～0.1	中等	100～30	60～15	50～5	中等	30～5
IV	小（1）型	0.1～0.01	一般	30～5	15～3	5～0.5	一般	5～1
V	小（2）型	0.01～0.001		<5	<3	<0.5		<1

- 注 1. 水库总库容指水库最高水位以下的静库容。
2. 治涝面积和灌溉面积均指设计面积。
3. 灌溉面积系指设计灌溉面积。

对综合利用的水利水电工程，当按各综合利用项目的分等指标确定的等别不同时，其工程等别应按其中最高等别确定。

二、水工建筑物的分级

水利水电工程的永久性水工建筑物的级别，应根据其所在的工程等别和建筑物的重要性分为五级，如表 1－4 所示。

表 1－4 永久性水工建筑物级别

工程等别	主要建筑物	次要建筑物
I	1	3
II	2	3
III	3	4
IV	4	5
V	5	5



永久性水工建筑物级别确定时，对于下述情况可提高或降低其主要建筑物级别：

(1) 对于失事后损失巨大或影响十分严重的水利水电工程的 2~5 级主要永久性水工建筑物，经论证后可提高一级；对于失事后损失不大的水利水电工程的 1~4 级主要永久性水工建筑物，经论证后可降低一级。

(2) 对于永久性水工建筑物的工程地质条件特别复杂，或采用缺少实践经验的新坝型、新结构时，对 2~5 级水工建筑物可提高一级，但洪水标准可不提高。

(3) 对于水库大坝按表 1-4 规定为 2 级、3 级的永久性水工建筑物，如坝高超过表 1-5 中数值者可提高一级，但洪水标准不予提高。

表 1-5 水库大坝提级指标

级 别	坝 型	坝高/m
2	土石坝	90
	混凝土坝、浆砌石坝	130
3	土石坝	70
	混凝土坝、浆砌石坝	100

水利水电工程施工期使用的临时性挡水和泄水建筑物的级别，应根据保护对象的重要性、失事后果、使用年限和临时性建筑物规模，按表 1-6 确定。

表 1-6 临时性水工建筑物级别

级别	保护对象	失 事 后 果	使用 年限 /年	临时性水工建筑物规模	
				高度/m	库容/亿 m ³
3	有特殊要求的 1 级永久性水工建筑物	淹没重要城镇、工矿企业、交通干线或推迟总工期及第一台（批）机组发电，造成重大灾害和损失	>3	>50	>1.0
4	1、2 级永久性水工建筑物	淹没一般城镇、工矿企业，或影响工程总工期及第一台（批）机组发电而造成较大经济损失	3~1.5	50~15	1.0~0.1
5	3、4 级永久性水工建筑物	淹没基坑，但对总工期及第一台（批）机组发电影响不大，经济损失较小	<1.5	<15	<0.1

当临时性水工建筑物根据表 1-6 指标分属不同级别时，其级别应按其中最高级别确定。但对于 3 级临时性水工建筑物，符合该级别规定的指标不得少于两项。

利用临时性水工建筑物挡水发电、通航时，经过技术经济论证，3 级以下临时性水工建筑物的级别可提高一级。

不同级别的水工建筑物在以下 4 个方面有不同的要求：

- (1) 抵御灾害的能力。如防洪标准、抗震标准、坝顶超高等。
- (2) 安全性。如建筑物的强度和稳定安全系数，限制变形的要求等。
- (3) 运行可靠性。建筑物的供水、供电、通航的保证率，闸门等设备的工作可靠性等。
- (4) 建筑材料。如使用材料的品种、质量和耐久性等。