



普通高等教育“十二五”规划教材

全国水利行业规划教材（高职高专适用）

# 水利水电工程 建筑物

主 编 田明武

副主编 张 磊 由金玉 潘 妮

主 审 刘建明



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)



普通高等教育“十二五”规划教材

全国水利行业规划教材（高职高专适用）

# 水利水电工程 建筑物

主 编 田明武

副主编 张 磊 由金玉 潘 妮

主 审 刘建明



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是根据国家“十二五”教育发展规划纲要及《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》(2011 中央 1 号文件)、《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010~2020 年)、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006] 16 号)等文件的精神,为适应现代高职教育培养应用型、技能型人才需求而编制的。本书共分 10 章,包括:绪论、岩基上的重力坝、土石坝与堤防、其他坝型及过坝建筑物、水闸、河岸溢洪道、进水建筑物、引水建筑物、水电站厂房、水利水电工程枢纽布置等。

本书为高职高专水利水电建筑工程、水利工程、水利工程监理、水利工程施工等专业的通用教材,也可作为其他专业教材或教学参考书,同时也可作为水利工程技术人员学习参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程建筑物 / 田明武主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2012. 2  
普通高等教育“十二五”规划教材 全国水利行业规划教材. 高职高专适用  
ISBN 978-7-5084-9458-6

I. ①水… II. ①田… III. ①水工建筑物—高等职业教育—教材 IV. ①TV6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第019284号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 全国水利行业规划教材(高职高专适用) <b>水利水电工程建筑物</b>
作 者	主编 田明武 副主编 张磊 由金玉 潘妮 主审 刘建明
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 23.25 印张 551 千字
版 次	2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	<b>42.00 元</b>

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

本书是根据国家“十二五”教育发展规划纲要及《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》(2011 中央 1 号文件)、《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010~2020 年)、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006] 16 号)等文件精神,和现代水利职业教育要求,在总结水利类高等教育多年教学改革的基础上,本着理论够用,实践突出,体现现代水利新技术、新材料、新理念的原则,对水利、水电、防洪工程等在知识体系上进行有机结合,将原来的水工建筑物,水电站等有机整合为一门课程——水利水电工程建筑物,使专业课程内容结合更紧密、系统更完整,调整以后的理论课时比原来大为减少,同时更加突出实践性教学环节,在教材中尽可能地插入部分典型工程图片,能更好地培养学生识读图能力、培养学习兴趣,体现了教育教学改革教学做一体化培养高素质、技能型人才的要求。

本书在编写过程中,对进水建筑物、引水建筑物等作了较大的调整,将以前教材的无压引水建筑物、有压引水建筑物整合成进水口建筑物与引水建筑物,对水电站部分与水机相关内容删除,在厂房部分结合厂房布置作简明介绍,水电站的水力过渡过程理论上过于专业,也予以删减,合并到调压室部分简要介绍。整合以后新编的本教材,力求最好地满足我国现代高职教育教学改革与发展、现代水利发展与水利教育的需要。

本书主要编写人员如下:四川水利职业技术学院田明武(绪论、进水建筑物、引水建筑物),张磊(土石坝与堤防、水闸、水利水电工程枢纽布置),由金玉(其他坝型及过坝建筑物、河岸溢洪道),潘妮(岩基上的重力坝、水电站厂房),本书由田明武主编,张磊、由金玉、潘妮担任副主编,四川水利职业技术学院刘建明担任主审。

本书在编写过程中,学习和借鉴了很多参考书,同时得到相关兄弟院校的大力支持,在此,对相关作者表示衷心的感谢。对书中存在的不足之处,恳请所有读者批评指正,多提宝贵意见。

编 者

2012 年 1 月

# 目 录

## 前言

绪论	1
0.1 我国的水资源及水利水电工程建设	1
0.2 水利水电工程枢纽	4
0.3 水利水电工程建筑物的类型	6
思考题	9
第1章 岩基上的重力坝	10
1.1 非溢流重力坝	10
1.2 溢流重力坝	14
1.3 重力坝的荷载及其组合	23
1.4 重力坝的稳定分析	33
1.5 重力坝的应力分析	36
1.6 重力坝的泄水孔	40
1.7 重力坝的材料及构造	43
1.8 重力坝的地基处理	47
思考题	50
第2章 土石坝与堤防	52
2.1 概述	52
2.2 土石坝剖面设计	59
2.3 细部构造与坝体材料	62
2.4 渗流分析	70
2.5 土石坝稳定分析	77
2.6 土石坝的坝基处理	82
2.7 堤防与河道整治建筑物	88
思考题	99
第3章 其他坝型及过坝建筑物	100
3.1 拱坝	100
3.2 橡胶坝	116
3.3 支墩坝	126

3.4 过坝建筑物 .....	129
思考题 .....	140
<b>第4章 水闸</b> .....	<b>141</b>
4.1 概述 .....	141
4.2 水闸的孔口尺寸确定 .....	145
4.3 水闸的消能防冲设计 .....	148
4.4 水闸的防渗排水设计 .....	157
4.5 闸室的布置与构造 .....	170
4.6 闸室稳定验算及地基处理 .....	174
4.7 闸室结构计算 .....	181
4.8 两岸连接建筑物 .....	186
4.9 闸门与启闭机 .....	191
思考题 .....	193
<b>第5章 河岸溢洪道</b> .....	<b>195</b>
5.1 概述 .....	195
5.2 正槽溢洪道 .....	196
5.3 侧槽溢洪道 .....	206
5.4 井式溢洪道与虹吸式溢洪道 .....	210
5.5 非常溢洪设施 .....	212
思考题 .....	214
<b>第6章 进水建筑物</b> .....	<b>215</b>
6.1 概述 .....	215
6.2 无压进水口 .....	216
6.3 有压进水口 .....	219
思考题 .....	225
<b>第7章 引水建筑物</b> .....	<b>226</b>
7.1 渠道工程 .....	226
7.2 水工隧洞 .....	233
7.3 压力前池及调压室 .....	245
7.4 压力管道 .....	255
7.5 渡槽 .....	266
7.6 倒虹吸管 .....	277
7.7 坝下涵管 .....	283
7.8 涵洞 .....	286
7.9 其他渠系建筑物 .....	291
思考题 .....	297

<b>第 8 章 水电站厂房</b> .....	298
8.1 概述 .....	298
8.2 立式机组地面厂房横剖面布置 .....	304
8.3 立式机组厂房布置 .....	320
8.4 卧式机组厂房布置 .....	327
8.5 水电站厂房的类型和布置 .....	332
思考题 .....	339
<b>第 9 章 水利水电工程枢纽布置</b> .....	340
9.1 水利水电枢纽设计的任务及阶段 .....	340
9.2 拦河坝水利枢纽的布置 .....	342
9.3 取水枢纽布置 .....	351
9.4 厂区布置 .....	358
思考题 .....	364
<b>参考文献</b> .....	366

# 绪 论

**学习要求：**掌握水利水电工程的基本任务、水利水电枢纽的工程分等及主要建筑物的分级方法；熟悉水利水电工程建筑物的组成与分类；了解我国水利水电工程建设与发展情况。

## 0.1 我国的水资源及水利水电工程建设

### 0.1.1 水资源

水是生命之源、生产之要、生态之基。兴水利、除水害，事关人类生存、经济发展、社会进步，历来是治国安邦的大事。地球上的总水量约为 13.86 亿  $\text{km}^3$ ，其中 97.5% 的地球水是海洋中的咸水。通过太阳作功、大气循环，而以降水、径流方式在陆地运行的淡水，相对就很少了，淡水资源只占总水量的 2.5%，在这 2.5% 中又有 87% 是人类难以利用的两极冰盖、高山冰川和永冻地带的冰雪，人类能够利用的只是江河湖泊及地下水的一部分，仅仅占地球总水量的 0.26%。就是这些水支撑着人类的生存、繁衍和发展，支撑着地球上万事万物的运动。

全球年径流总量为 470000 亿  $\text{m}^3$ ，按 50 亿人口计，平均每人拥有 9400  $\text{m}^3$ ，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  $\text{km}^2$  的大河有 1598 条），年径流总量约 27800 亿  $\text{m}^3$ ，而按人口平均则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相对更不均衡，南方一日雨量可远超过西北地区全年降水量，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、旱灾频发。

我国的水资源虽然不丰富，但是由于从青藏高原到海平面之间的巨大落差，使得我国可用于发电的水能资源十分丰富。全国水能理论蕴藏量达 6.8 亿  $\text{kW}$ ，其中可开发的也达 3.78 亿  $\text{kW}$ ，年发电量可达 19100 亿  $\text{kW} \cdot \text{h}$  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，对解决我国建设中的能源问题具有决定性意义。

随着近年来世界范围内环境问题日趋严重，以及能源问题的日趋严峻，全世界对水这一基本无污染、可循环利用的资源的认可度越来越高。基于我国的现状，国家出台了 2011 年中央 1 号文件《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》，从战略高度明确了新时期水利发展的地位，对我国经济发展、社会稳定、资源保护、环境保护具有重要意义，对推动循环经济、低碳经济的发展，也具有重要的战略意义。因此，大力发展治河防洪、水利、水电事业，是历史发展的必然趋势。

### 0.1.2 水利工程

水利工程是指以除害兴利为目的，兴建的对自然界地表水和地下水进行控制和调配的





工程。

按水利工程对水的作用可分为：蓄水工程、排水工程、取水工程、输水工程、提水工程、水质净化和污水处理工程等。

按水利工程承担任务主要分为：防洪工程、农田水利工程、水力发电工程、供水和排水工程、航运工程、环境水利工程等。

#### 0.1.2.1 防洪工程

防洪工程是指建立“上蓄下排”的防洪工程体系。

“上蓄”就是拦蓄水流，调节进入下游河道流量。主要措施有：①在山地丘陵地区进行水土保持，拦截水土，有效地减少地面径流。②在干、支流的中上游兴建水库拦蓄洪水，调节下泄流量不超过下游河道的安全过流能力。由于拦蓄水流，使水库水位抬高，可以用来满足灌溉、发电、供水、航运和淡水养殖的需要。

“下排”就是疏浚河道，修筑堤防，提高河道泄洪能力，减轻洪水威胁。筑堤防洪是一种重要有效的工程措施，同时也需要加强汛期的防护、管理、监督等非工程措施，以确保安全。

此外，还可以采用“两岸分滞”的措施，在河道两岸适当位置，修建分洪闸、引洪道、滞洪区等，将超过河道安全泄量的洪峰流量通过泄洪建筑物分流到该河道下游或其他水系，或者蓄于低洼地区（滞洪区），以保证河道两岸保护区的安全。滞洪区的规划与兴建，应根据当地经济发展情况、人口因素、地理情况和国家的需要，由国家统一安排。

#### 0.1.2.2 农田水利工程

农田水利工程是通过修闸建渠等工程措施，构建灌、排系统，调节和改变农田水分状态和地区水利条件，使之符合农业生产发展的需要。

农田水利工程一般包括：①取水工程。从河流、湖泊、水库、地下水等水源适时适量地引取水量的工程称之为取水工程。河流取水工程一般包括拦河坝（闸）、进水闸、冲砂闸、沉砂池等建筑物。当河流流量较大、水位较高能满足引水灌溉要求时，可以不修建拦河坝（闸），直接引水灌溉。当水源水位较低时，可建提灌站，提水灌溉。②输水配水工程。将一定流量的水流输送并配置到田间的建筑物的综合体称为输水配水工程。如各级固定渠道系统及渠道上的涵洞、渡槽、交通桥、分水闸等。③农田排水工程。将暴雨或农田内多余水分排泄到一定范围之外，使农田水分保持适宜状态，以适应农作物的正常生长的工程，包括各级排水渠及渠系建筑物。农田排水工程也需要考虑化肥农药残渣的污染问题。

#### 0.1.2.3 水力发电工程

将有巨大能量的水流通过水轮机转换为机械能，并通过发电机将机械能转换为电能的工程称为水力发电工程。

落差、流量是水力发电的基本要素。为了能够利用天然河道的水能，需要采用工程措施集中落差，输送水量，使水流符合水力发电工程的要求。在山区常用的水能开发方式是拦河筑坝，形成水库，它既可以调节径流又可以集中落差。在坡度很陡或有瀑布、急滩、弯道的河段，可以沿河岸修建引水建筑物（渠道、水洞）来集中落差。有条件的可以同时采用拦河坝和引水建筑物方式来开发水能。



#### 0.1.2.4 供水和排水工程

供水工程是指从天然水源中取水，经过净化、加压和输送管网供给城市、工矿企业等用水部门的工程。城市供水对水质、水量及供水可靠性的要求很高。

城市排水工程是指与工矿企业及城市排出的废水、污水和地面雨水相关的工程。排水必须符合国家规定的污水排放标准。

#### 0.1.2.5 航运工程

航运包括船运与筏运（木、竹浮运）。发展航运对物质交流、繁荣市场、促进经济和文化发展是很重要的。它运费低廉，运输量大。内河航运有天然水道（河流、湖泊等）和人工水道（运河、河网、水库、渠化河流等）两种。

利用天然河道通航，必须进行疏浚、河床整治、改善河道的弯曲情况，设立航道标志，以建立稳定的航道。当河道航运深度不足时，可以通过拦河建闸、坝的措施抬高河道水位；或利用水库进行径流调节，改善水库下游的通航条件。

在航道上如建水闸、坝等拦河建筑物时，应同时修建通航建筑物。通航建筑物主要有：升船机、船闸、过木道等。

#### 0.1.2.6 环境水利工程

环境水利工程包括：①水资源保护。可分为水质和水量两个方面。前者包括水质监测、水质调查与评价、水质管理、水质规划、水质预测等；后者包括节约用水和污水重新利用等；②水利工程的环境影响评价；③流域（区域）、城市环境水利。包括流域（区域）、城市环境水利规划，水污染综合防治和环境水利经济等。

### 0.1.3 我国水利工程建设的发展

我国是水利大国，特殊的自然地理条件，决定了除水害、兴水利历来是我国治国安邦的大事。水利兴则天下定，百业兴。历代善治国者均以治水为重。1949年中华人民共和国成立前，水利基础设施非常薄弱，水旱灾害十分频繁。中华人民共和国成立后，党和政府对水利高度重视，领导全国各族人民，进行了大规模水利建设，取得了举世瞩目的成就。从1949年到2010年，水利事业得到了前所未有的发展，取得了辉煌的成就。

中华人民共和国成立后，按照“蓄泄兼筹”和“除害与兴利相结合”的方针，对大江大河进行了大规模的治理。全国已建成江河堤防29.14万km，累计达标堤防11.67万km，全国已建成各类水库87000余座，水库总库容7064亿m<sup>3</sup>。其中，大型水库544座，总库容5506亿m<sup>3</sup>，全国主要江河初步形成了以堤防、河道整治、水库、蓄滞洪区等为主的工程防洪体系，以及预测预报、防汛调度、洪泛区管理、抢险救灾等非工程防护体系，使我国主要江河的防洪能力有了明显的提高。

在农田水利事业方面，我国共兴建万亩以上灌区5844个，总面积4.43亿亩。累计打机井529万眼，井灌区面积2.12亿亩；在干旱区兴修小水塘、小水窖771万个。全国有效灌溉面积由解放前的2.4亿亩，增加到目前的8.86亿亩，机电排灌总动力由7万kW发展到18130万kW，全国除涝面积累计达到3亿亩，占易涝面积的82%；盐碱地改良面积8000多万亩，占盐碱地71%；治理渍害低产田4950万亩，占渍害低产田的33%。节水灌溉从无到有，目前节水灌溉面积已达3.86亿亩，其中，喷灌、滴灌和微灌等现代化节水灌溉面积0.69亿亩，管道输水灌溉面积7800万亩，渠道防渗面积1.67亿亩。



水力发电已成为我国日益重要的能源供应。我国水能资源丰富，理论蕴藏量为 6.76 亿 kW，可开发资源为 3.78 亿 kW，均占世界第一位。经过 60 年的开发建设，一大批举世闻名的水利水电枢纽工程已经建成或正在建设。

1910 年 8 月，中国内地第一座水电站——石龙坝水电站在昆明开工建设。中华人民共和国建国初，全国水电装机容量仅为 36 万 kW，年发电量 12 亿 kW·h。到 2009 年底，全国已建水电站装机容量 1.96 亿 kW，年发电量 5717 亿 kW·h，在建规模约 4600 万 kW。全国水电装机和发电量已占全国电力总装机和发电量的 23.4% 和 17.8%。在水电建设中，农村水电已经成为一支重要力量。2009 年年末，全国共建成农村水电站 44804 座，装机容量 5512 万 kW，占全国水电装机容量的 28%。全国农村水电年发电量达到 1567 亿 kW·h，占全国水电总发电量的 31%。

“十二五”期间，我国计划新增水电装机容量 1.0 亿 kW。到 2020 年，我国水电装机总规模将达到 3.5 亿 kW。

## 0.2 水利水电工程枢纽

### 0.2.1 水利水电工程枢纽

为防洪、灌溉、发电、供水和航运等多个目的，需要组合兴建多种不同类型的建筑物，形成一个相互联系的整体，共同控制和分配水流，满足国民经济发展的需要，由此构成的综合体称为水利枢纽，其组成建筑物称为水利水电工程建筑物。例如三峡水利枢纽工程，见图 0.1，其主要建筑物自右岸往左岸依次是：电站、溢流重力坝、电站、升船机、双线五级船闸。葛洲坝水利枢纽见图 0.2。

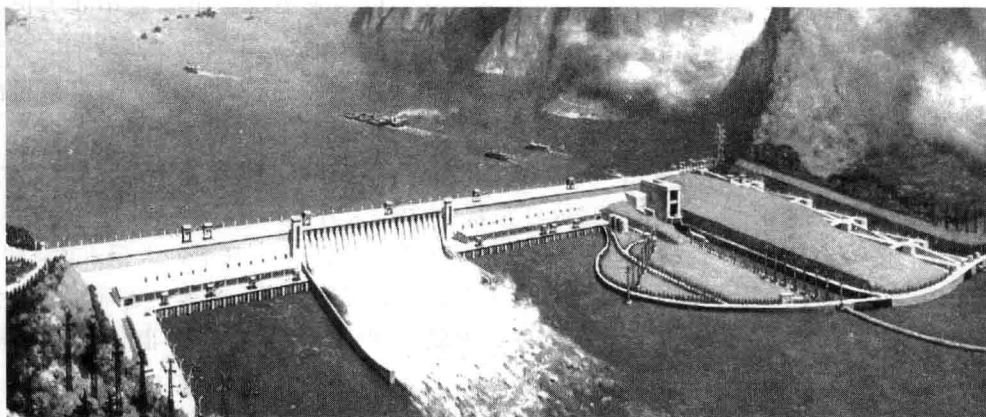


图 0.1 三峡水利枢纽工程

### 0.2.2 水利水电工程分等和水工建筑物的分级

为了科学合理地确定水利水电工程建设标准，应根据水利水电工程的类型、规模、重要性、效益和国民经济发展水平等因素，制定水利工程枢纽和建筑物的建设标准。水利水电工程建设标准包括水利水电工程的等别、水工建筑物的级别和其他技术指标的分级。

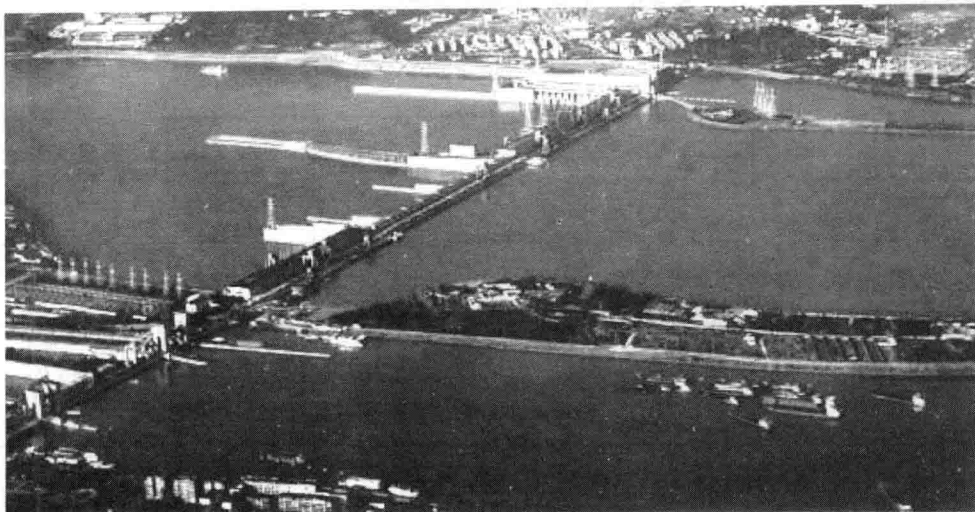


图 0.2 葛洲坝水利枢纽

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)、《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》(DLT 5180—2003) 水利水电工程等级见表 0.1。工程等别按工程规模、水库总库容、保护城市的重要性 3 个方面来确定。

表 0.1 水利水电枢纽工程等别

工程等别	工程规模	水库总库容 (亿 m <sup>3</sup> )	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(I)型	≥10	特别重要	≥500	≥200	≥150	特别重要	≥120
II	大(II)型	10~1	重要	500~100	200~60	150~50	重要	120~30
III	中型	1.0~0.10	中等	100~30	60~15	50~5	中等	30~5
IV	小(I)型	0.10~0.01	一般	30~5	15~3	5~0.5	一般	5~1
V	小(II)型	0.01~0.001		<5	<3	<0.5		<1

注 总库容是指水库最高水位以下的静库容；治涝面积和灌溉面积均指设计面积。

水工建筑物的级别，要根据其所在工程的等级及其重要性来确定，见表 0.2。

表 0.2 水利水电工程永久性建筑物级别

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

部分水工建筑物，由于失事后造成的损失较大，有必要提高其设计等别，凡符合表 0.3 提级指标的水工建筑物，经论证并报主管部门批准，可以提高一级设计。



表 0.3 水利水电枢纽工程挡水建筑物提级指标

坝 型	坝 的 原 级 别	
	2	3
	坝 高 (m)	
土石坝	90	70
混凝土坝、浆砌石坝	130	100

### 0.2.3 水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准

永久性水工建筑物所采用的洪水标准分为正常运用（设计情况）和非常运用（校核情况）洪水标准。洪水标准是根据建筑物类型、级别来选定，具体见表 0.4 和表 0.5。

表 0.4 山区、丘陵区水利水电枢纽工程水工建筑物洪水标准

项 目			水 工 建 筑 物 级 别				
			1	2	3	4	5
洪水重 现期 (年)	设计情况		1000~500	500~100	100~50	50~30	30~20
	校核情况	土石坝	可能最大洪水 (PME) 1000~5000	5000~2000	2000~1000	1000~300	300~100
		混凝土坝、 浆砌石坝	5000~2000	2000~1000	1000~500	500~200	200~100

表 0.5 平原地区水利水电工程永久性建筑物洪水标准

项 目		永 久 性 水 工 建 筑 物 级 别				
		1	2	3	4	5
		洪 水 重 现 期 (年)				
设计情况	水库工程	300~100	100~50	50~20	20~10	10
	拦河工程	100~50	50~30	30~20	20~10	10
校核情况	水库工程	2000~1000	1000~300	300~100	100~50	50~20
	拦河工程	300~200	200~100	100~50	50~20	20

在山区、丘陵区，土石坝失事将会造成特别重大灾害时，1级建筑物的校核洪水标准应取可能最大的洪水或万年一遇洪水。2~4级建筑物可提高一级设计。

对于混凝土和浆砌石坝，如果洪水漫顶时将造成严重损失的1级建筑物，校核洪水标准需经过专门论证并报主管部门批准，应取可能最大的洪水或万年一遇洪水。

## 0.3 水利水电工程建筑物的类型

### 0.3.1 一般水工建筑物的类型

#### 0.3.1.1 按建筑物用途分类

(1) 挡水建筑物。用以拦截江河，形成水库或壅高水位、调蓄水量的建筑物。如各种坝和闸，以及为防御洪水或挡潮，沿江河海岸修建的堤防等。



(2) 泄水建筑物。用于排泄水库、湖泊、河渠等的多余水量,或为人防、检修等而放空水库,以保证枢纽安全的建筑物。如溢流坝、溢洪道、泄水隧洞等。

(3) 输水建筑物。输送河水或库水以满足灌溉、发电或工业用水等需要的水工建筑物。如输水洞、引水管、渠道、渡槽等。输水建筑物还分为有压输水(引水)和无压输水(引水)建筑物两类。

(4) 取(进)水建筑物。直接从河、库中取水的建筑物。输水建筑物的首部建筑物如进水闸、扬水站等。

(5) 整治建筑物。用于加固河堤、整治河道、改善河道水流条件的水工建筑物。如丁坝、顺坝、导流堤、护岸等。

(6) 专门水工建筑物。专门为灌溉、发电、供水、过坝等需要而修建的建筑物。如水电站厂房、沉砂池、船闸、升船机、鱼道、筏道等。

同一种水工建筑其功能并非单一,有时也兼有多种功用,所以难于严格区分其类型。如溢流坝和泄洪闸都有挡水和泄水功能。

### 0.3.1.2 按建筑物使用期限分类

水工建筑物按使用时间的长短分为永久性建筑物和临时性建筑物两类。

(1) 永久性建筑物。在枢纽运行期间使用的建筑物。根据其在整体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,如闸、坝、泄水建筑物、输水建筑物及水电站厂房等;次要建筑物是指失事后不致造成下游灾害或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。

(2) 临时性建筑物。仅在工程施工期间使用的建筑物,如围堰、导流建筑物等。有些水工建筑物在枢纽中的作用并不是单一的,如溢流坝既可挡水,又能泄水;水闸既可挡水,又能泄水,还可作为取水之用。

### 0.3.2 水电站的类型

在开发河流中的水能资源时,按集中落差形成水头的方式不同,将水电站分为坝式、引水式和混合式三种。

#### 0.3.2.1 坝式水电站

主要依靠拦河筑坝(或闸)抬高水位、集中落差形成水头的水电站,称为坝式水电站。坝式水电站有河床式(图0.3)、坝后式(图0.4)和河岸式等类型。

当水头不大时,水电站厂房本身能承受上游水压力,成为挡水建筑物上的一个组成部分,这种坝式水电站称为河床式水电站。河床式水电站多建于河流的中、下游,且水头较低, $H < 30 \sim 40\text{m}$ 。

当水头较大时,水电站厂房难于独立承担上游水压力,因此厂房不能起挡水作用。水电站厂房一般布置在挡水坝下游,这种坝式水电站的厂房称为坝后式厂房。坝后式水电站多建于河流的中、上游,并具有一定的水库库容,对水量进行重新分配。

#### 0.3.2.2 引水式水电站

引水式水电站是在河段上游筑闸或低坝(无坝)取水,经引水道引水至河段下游来集中落差形成水头的水电站,见图0.5,图0.6。

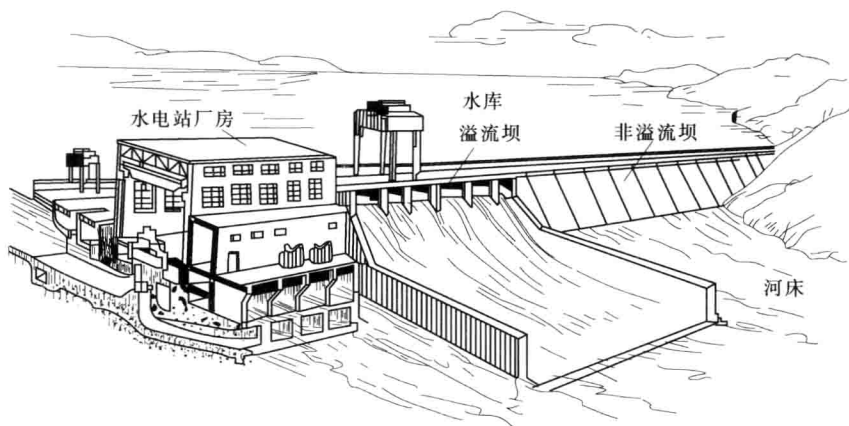


图 0.3 河床式水电站

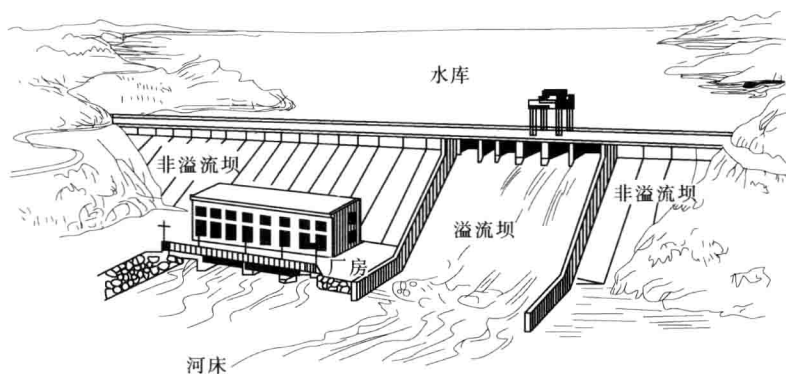


图 0.4 坝后式水电站

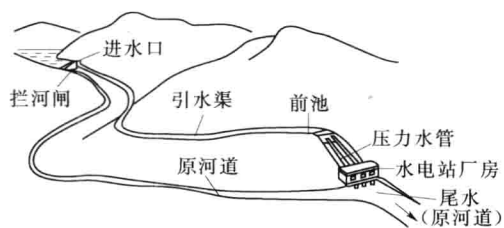


图 0.5 无压引水式水电站

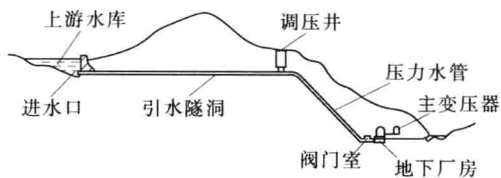


图 0.6 有压引水式水电站

这类水电站的水头主要依靠引水道来形成，多建于河流的中、上游，河道坡陡流急或有跌水，有时也修建于河流中、下游有大弯段的河段，利用裁弯取直集中水头。

引水道可以是无压的（如明渠、明流隧洞等），也可以是有压的（如有压隧洞、压力水管等）。

### 0.3.2.3 混合式水电站

通过拦河筑坝集中部分落差，再通过有压引水道集中另一部分落差而形成总水头的水电站，称为混合式水电站，见图 0.7。



当上游河段有良好筑坝建库条件，且下游河段坡降大时，适于建混合式水电站。混合式水电站大多为中大型水电站。

还有抽水蓄能电站、潮汐电站等。

### 0.3.3 水电站建筑物的组成

水电站建筑物的组成一般包括挡水建筑物、泄水建筑物、进水口、引水建筑物、平压建筑物、冲沉沙建筑物、压力管道、厂区枢纽建筑物（厂房、变电站、开关站等）等。

发电建筑物是发电专用，但其中的进水口和引水道，有时也可以和其他用途（给水、灌溉）共用。

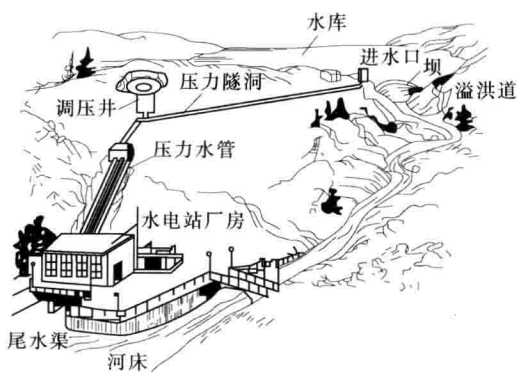


图 0.7 混合式水电站

### 思 考 题

1. 防洪工程体系有哪些类型？包括哪些建筑物？
2. 灌溉工程组成建筑物主要有哪些？
3. 水利水电工程洪水标准的确定主要依据哪些因素？
4. 水力发电工程有哪些类型？组成建筑物有哪些？
5. 查阅有关资料，了解一般水工建筑物的其他类型。
6. 专门水工建筑物与一般水工建筑物相比较主要有何区别？
7. 水电站有哪些类型？
8. 水利水电工程枢纽等别划分主要依据哪些因素？



# 第1章 岩基上的重力坝

**学习要求：**掌握重力坝的工作原理和工作特点；了解重力坝的分类；掌握作用在重力坝上荷载的种类和计算方法（特别是自重、水压力、扬压力、浪压力）；掌握重力坝的荷载组合类型和方法；掌握坝体稳定及强度分析方法和控制标准；掌握非溢流重力坝剖面拟定方法；掌握溢流重力坝剖面设计、孔口拟定、消能设计方法；掌握岩石地基的处理措施；了解重力坝材料、构造和混凝土分区的依据。

## 1.1 非溢流重力坝

重力坝是一种古老而又应用广泛的坝型，它因主要依靠坝体自重产生的抗滑力维持稳定而得名。通常修建在岩基上，用混凝土或浆砌石筑成。坝轴线一般为直线，垂直坝轴线方向设有永久性横缝，将坝体分为若干个独立坝段，以适应温度变化和地基不均匀沉降，坝的横剖面基本上是上游近于铅直的三角形（图 1.1）。

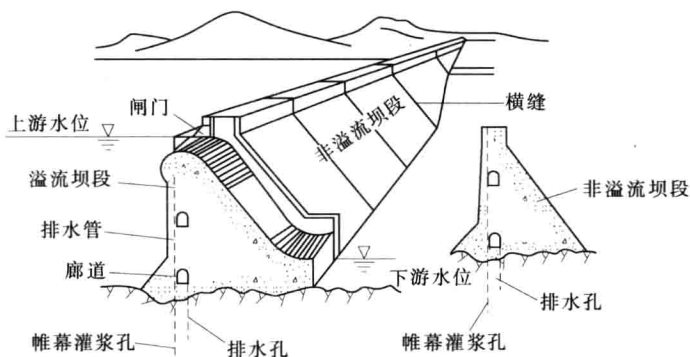


图 1.1 混凝土重力坝示意图

### 1.1.1 重力坝的工作原理及特点

重力坝的工作原理是在水压力及其他荷载的作用下，主要依靠坝体自身重量在滑动面上产生的抗滑力来满足稳定要求；同时也依靠坝体自重水平截面上产生的压应力来抵消由于水压力所引起的拉应力，以满足强度要求。重力坝之所以得到广泛应用，是因为具有以下几个方面的优点。

(1) 结构作用明确，设计方法简便。重力坝沿坝轴线用横缝将坝体分成若干个坝段，各坝段独立工作，结构作用明确，稳定和应力计算都比较简单。

(2) 泄洪和施工导流比较容易解决。重力坝的断面大，筑坝材料抗冲刷能力强，适用于在坝顶溢流和坝身设置泄水孔。在施工期可以利用坝体或底孔导流。枢纽布置方便紧凑，一般不需要另设河岸溢洪道或泄洪隧洞。在特殊的情况下，即使从坝顶少量过水，一