



高等学校函授教材

● 王德蜀 李步娟 主编

水工建筑物

SHUIGONGJIANZHUWUSHUIGON

GAODENGXUEXIAOHANSHOUJIAOCAIGAODENGXUEXIAOHANS

● 湖北科学技术出版社 ● 湖北科学技术出版社

高等学校函授教材

● 王德蜀 李步娟 主编

水工建筑物

● 湖北科学技术出版社

内 容 提 要

本书由绪论、岩基上的重力坝、拱坝、支墩坝、土石坝、土基上的水闸、河岸溢洪道、水工隧洞及坝下涵管、过坝建筑物及渠系建筑物、水利枢纽、水工建筑物管理等十一章组成。主要讲述岩基上的重力坝、拱坝、土石坝、土基上的水闸及水工隧洞的设计、构造和地基处理等基本内容；简要介绍了溢洪道和水利枢纽设计内容；而对支墩坝、过坝建筑物及渠系建筑物和水工建筑物的管理等只作一般性叙述。本书内容中以适当的篇幅介绍了一些新学科领域在水工建筑物设计及管理中的应用和发展状况。

本书可作为水利水电工程建筑专业大学函授教学用书，也可作为该专业大学本科和其它相近专业教学用书，还可供水利水电工程技术人员参考。

水 工 建 筑 物

王德蜀 李步娟 主编

湖北科学技术出版社出版发行 新华书店湖北发行所经销

湖北科学技术出版社黄冈印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 29.5印张 1插页 726千字

1991年2月第1版 1991年3月第1次印刷

ISBN7-5352-0677-8/TV·6

印数：1—1 000 定价：11.90元

前 言

本书是根据现行高等学校《水工建筑物》课程函授教学大纲编写的。

在本书编写过程中，力求做到理论联系实际，尽量反映一些新学科领域在水工建筑物设计及管理中的应用和发展，注意吸收国内外的先进经验与技术。在内容组织上尽力体现出函授教学以自学为主的特点。书中每章开始有学习指导，指导学习本章的目的、要求、内容的重点、难点。各章后附有小结和自学检查题。有的章内还配有设计计算的例题和习题，有助于读者自学和提高自学效果。

本书由武汉水利电力学院编写，王德蜀任主编，李步娟任副主编。第一、三章由王德蜀编写，李珍照、李步娟负责初审；第二章由李步娟编写，王开治负责初审；第四、六、九、十章由王开治编写，曹学德、朱诗鳌负责初审；第五章由丁汉涛编写，朱诗鳌负责初审；第七、八章由廖孟扬编写，丁汉涛负责初审；第十一章由李珍照、薛桂玉编写，李步娟负责初审。

本书由胡诚义教授担任主审，他为本书付出了辛勤劳动，提出了许多指导性和具体修改意见。燕在华、卢国荣全面、仔细地编辑了全书文稿，李萍承担本书全部绘图工作，何承伟参加了部分校对工作，他们对提高本书质量均作出了积极贡献。此外，在编写过程中，还得到了武汉水利电力学院水工教研室、函授部等单位的积极支持和热情帮助，在此一并表示感谢。

限于编者水平，加之编写时间较紧，对于书中的错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

1989. 7

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
学习指导	(1)
第一节 水资源和水利工程建设	(1)
第二节 水利枢纽和水工建筑物	(3)
第三节 水利枢纽分等、水工建筑物分级和水利工程建设程序	(7)
第四节 本课程的性质、任务及学习本课程的基本要求	(9)
小 结	(10)
自学检查题	(10)
第二章 岩基上的重力坝	(11)
学习指导	(11)
第一节 概 述	(11)
第二节 重力坝的荷载及组合	(14)
第三节 重力坝的稳定分析	(27)
第四节 重力坝的应力分析	(37)
第五节 非溢流重力坝的剖面设计	(52)
第六节 有限元法在重力坝中的应用	(56)
第七节 溢流重力坝	(65)
第八节 重力坝的地基处理	(83)
第九节 重力坝的材料及构造	(88)
第十节 其它型式重力坝	(97)
第十一节 碾压混凝土重力坝	(102)
小 结	(108)
自学检查题	(109)
习 题	(110)
第三章 拱 坝	(111)
学习指导	(111)
第一节 概 述	(111)
第二节 拱坝的布置	(115)
第三节 拱坝的荷载及其组合	(124)

第四节 拱坝的应力分析	(130)
第五节 拱坝坝座稳定分析	(150)
第六节 拱坝的优化设计	(158)
第七节 拱坝泄水	(165)
第八节 拱坝的构造和地基处理	(171)
第九节 浆砌石拱坝	(176)
小 结	(177)
自学检查题	(178)
习 题	(178)
第四章 支墩坝	(181)
学习指导	(181)
第一节 概 述	(181)
第二节 大头坝	(182)
第三节 平板坝	(190)
第四节 连拱坝	(194)
小 结	(197)
自学检查题	(198)
第五章 土石坝	(199)
学习指导	(199)
第一节 概 述	(199)
第二节 土石坝剖面的基本尺寸	(203)
第三节 筑坝材料及其填筑标准设计	(205)
第四节 土坝的渗流计算	(210)
第五节 土石坝的稳定分析	(224)
第六节 土石坝的构造	(236)
第七节 土石坝的地基处理	(244)
第八节 土石坝的裂缝及其防治措施	(251)
第九节 堆石坝	(258)
第十节 其它类型的土石坝	(264)
第十一节 土石坝的坝型选择	(268)
小 结	(269)
自学检查题	(270)
习 题	(270)
第六章 土基上的水闸	(272)
学习指导	(272)
第一节 概 述	(272)

第二节	水闸的孔口设计	(275)
第三节	水闸的消能和防冲设计	(277)
第四节	水闸的防渗、排水设计	(287)
第五节	闸室的结构布置	(300)
第六节	闸室稳定验算和地基处理	(307)
第七节	闸室结构设计	(319)
第八节	水闸与两岸的联接建筑物	(327)
第九节	闸门及启闭机	(330)
小 结	.....	(339)
自学检查题	.....	(340)
习 题	.....	(341)
第七章	河岸溢洪道	(343)
学习指导	.....	(343)
第一节	概 述	(343)
第二节	河岸溢洪道的布置	(347)
第三节	正槽溢洪道	(348)
第四节	侧槽溢洪道	(357)
第五节	非常溢洪道	(362)
小 结	.....	(364)
自学检查题	.....	(365)
第八章	水工隧洞及坝下涵管	(366)
学习指导	.....	(366)
第一节	概 述	(366)
第二节	泄水隧洞的布置	(369)
第三节	进口建筑物的型式和构造	(376)
第四节	泄水隧洞中的深孔闸门	(381)
第五节	泄水隧洞的洞身及出口建筑物	(385)
第六节	隧洞衬砌的荷载计算	(393)
第七节	圆形有压隧洞单层衬砌静力计算	(399)
第八节	圆拱直墙式隧洞衬砌的静力计算	(408)
第九节	水工隧洞的喷锚支护和衬砌	(409)
第十节	坝下涵管	(414)
小 结	.....	(418)
自学检查题	.....	(419)
第九章	过坝建筑物和渠系建筑物	(420)
学习指导	.....	(420)

第一节 通航建筑物	(420)
第二节 过木建筑物	(426)
第三节 过鱼建筑物	(428)
第四节 渠系建筑物	(431)
小 结	(437)
自学检查题	(438)
第十章 水利枢纽	(439)
学习指导	(439)
第一节 水利枢纽设计的任务与内容	(439)
第二节 水利枢纽布置	(441)
小 结	(448)
自学检查题	(448)
第十一章 水工建筑物的管理及原型观测	(449)
学习指导	(449)
第一节 水工建筑物的可靠性及安全管理任务	(449)
第二节 水工建筑物的安全监测	(451)
第三节 水工建筑物的维护与修理	(460)
小 结	(463)
自学检查题	(463)
主要参考文献	(465)

第一章 绪 论

学 习 指 导

学习本章的目的是：对水利工程中的枢纽及水工建筑物的概念和特点有一些基本的了解，便于深入学习和掌握各具体水工建筑物的设计理论、施工和运行管理知识。

通过本章的学习，要求：

1. 了解水资源在国民经济中的地位及我国水利工程建设概况。
2. 理解并掌握水利枢纽及水工建筑物的基本特点。
3. 理解并掌握水利枢纽及水工建筑物分等分级的意义及划分等级的标准。
4. 了解水利工程建设程序。
5. 了解本门课程与其它课程的不同特点。

本章的重点内容是水利枢纽及水工建筑物的作用、特点、分等、分级的意义及其划分标准。

学习水利枢纽及水工建筑物部分时，要着重理解水工建筑物的工作特点，进行水工建筑物设计是以这些特点为依据的。学习水利枢纽分等和水工建筑物分级时，要理解等级划分的意义、依据及其划分标准。

第一节 水资源和水利工程建设

一、水资源及其在国民经济中的重要作用

水资源和空气、阳光类似，是人类赖以生存和发展的一项基本因素，是人类生活和生产中的最宝贵资源之一。随着生产的发展和水平的提高，人们对水资源的开发利用程度也日益提高。据统计，全世界的年径流总量约有48万亿 m^3 ，理论水能资源为44.28万 $\text{kw} \cdot \text{h/a}$ ，可能开发的水能资源为9.8万 $\text{kw} \cdot \text{h/a}$ ，可能的总装机容量为22.6亿 kw 。我国幅员辽阔，河流较多，大小河流总长度约42万 km ，流域面积在100 km^2 以上的河流有5000余条，其中流域面积在1000 km^2 以上者有1600余条，年径流总量达2.78万亿 m^3 ，居世界第6位，水能蕴藏量5.92万 $\text{kw} \cdot \text{h/a}$ ，理论出力为6.76亿 kw ，可开发的水能资源为1.92万 $\text{kw} \cdot \text{h/a}$ ，装机容量可达3.78亿 kw ，居世界首位。但是由于我国人口多，人均的水资源却远低于世界的平均水平。另外，水资源在时间上和地区上分布不均匀，往往造成来水和用水不相适应，枯水季节，容易出现干旱，而丰水季节又常由于水量过多而发生洪涝灾害。为了充分、合理地利用水资源，防止洪涝灾害，必须兴建水利工程，对自然界的水进行有效的控制与合理的调配。

水利工程的根本任务是：除水害、兴水利。最常修建的水利工程有防洪工程、农田水利工程、水力发电工程、航道港口工程、给水排水工程、环境水利工程以及综合利用的水利工程等。

二、我国水利工程建设概况

水利工程建设的发展有着悠久的历史，早在公元前4400年左右，在古埃及就曾开渠引水灌溉尼罗河平原，以后在巴比伦、波斯、希腊、罗马和印度等地，水利工程建设都有所发展。我国也是最早修建水利工程的国家之一。历史典籍记载了公元前2280年左右大禹治水的业绩。春秋战国时期（公元前770～前221年）是我国古代水利工程兴建的极盛时期。安徽的芍坡、山西的智伯渠、河北的引漳十二渠、陕西的郑国渠和驰名世界的四川都江堰等灌溉工程，以及沟通湘江和漓江的灵渠，连通长江与淮河的江苏邳沟、连通淮河与黄河的河南鸿沟等航道工程，都是当时水利工程的典型代表。纵贯祖国南北，全长1794km的京杭大运河也始建于这个时期，这条运河联系了海河、黄河、淮河、长江、太湖和钱塘江水系，是世界上最早、最长的大运河，是古代南北交通的大动脉。直至今日还在使用的长达1800km的黄河大堤，是我国历代劳动人民和洪水斗争所取得的伟大成就的记录。

在水力利用方面，早在汉、晋时代，我国就开始利用水力推动水车、水碓、水碾和水磨以提水灌田、舂米、磨粉或作其它动力之用。

我国最早的水利工程记载始于西汉年间（公元前一世纪左右）的《史记·河渠书》中，它记载了从大禹治水至西汉间主要水利工程的实践，开创了水利史著作的典范。而后历代均有大量有关水利工程建设著作，为我们留下了许多宝贵的经验。

后来，我国由于封建统治时期较长，解放前近百年又处于帝国主义、封建主义和官僚资本主义的剥削和压迫下，因而水利工程建设发展十分缓慢。全国解放以后，社会主义制度为水利工程建设提供了极为优越的发展条件。50年代初就开始对淮河和黄河进行全流域规划和治理，随后，开展了对我国最大流域——长江流域的规划工作，同时对我国其它流域亦开展了规划工作。第一个五年计划期间，初步完成了对全国各主要河流的普查，并对几条主要河流进行了治理，如黄河、淮河等。随后开展了大规模的水利工程建设。到1979年底，全国已建成水库8.6万座，塘坝620万座，总库容4000多亿 m^3 ，其中大型水库319座，总库容2900亿 m^3 ，中型水库2200余座，总库容600亿 m^3 。机电排灌动力由解放初的6.7万kw发展到5147万kw。灌溉面积由解放初的2.2亿亩，增至1980年的7.2亿亩，占耕地面积的48%。水电装机1949年仅16.3万kw，至1987年底已达3010万kw，其中小水电装机1126万kw，2.5～25万kw的中型电站装机640万kw，大于25万kw的大型电站装机1244万kw。

我国在高坝、大水电站建设方面也已取得很大成就。目前拟建造的二滩水电站大坝为240m的高拱坝；已建成的龙羊峡工程是水库容积最大的，总库容247亿 m^3 坝高178m；最高的重力拱坝是乌江渡拱形重力坝，坝高165m；最高的土石坝是石头河心墙土石坝，坝高114m；最大的水电站是葛洲坝电站，装机容量271.5万kw。

随着水利工程建设的发展，我国水利科学技术水平也迅速提高。在水利工程勘测，水文、水利规划，水力计算，结构设计和计算，地基处理，施工技术，工程材料，管理运行及科学研究等方面都运用和发展了不少新的理论、新的方法和新的手段。我国已经有能力进行许多大型水利工程的勘测，设计和施工。自50年代以来，我国已修建了一批大型骨干工程，

其中有新安江、新丰江、龙羊峡、刘家峡、盐锅峡、丹江口、龚咀、乌江渡、柘溪、风滩、碧口、白山、葛洲坝、东江、安康、大化等工程。能根据地形、地质及水文等自然条件，因地制宜地修造各种不同类型的大坝，有通常的重力坝、拱坝、支墩坝、砌石坝和土石坝，也有具有我国特色的大宽缝重力坝、空腹坝、梯型坝、水坠坝和土石溢流坝等。成功地在岩溶发育地区建造了高165m的乌江渡大坝。在举世闻名的多泥沙的黄河干流上，先后建造了三门峡、刘家峡、盐锅峡、八盘峡、青铜峡、天桥和龙羊峡等水电工程，使库区淤积得到控制。对水库地震开展了大量的科学研究及监测工作，完成了新丰江大坝的改造，保证了大坝安全蓄水发电。在高拱坝建设中，首创了坝体内力平衡分析法，对双曲拱坝进行优化设计、坝座稳定的分析也有了提高和完善。在深厚砂砾石层上修建土石坝时，普遍推广了防渗墙技术，最大墙深达65.4m。此外对水泥粘土灌浆，细砂和复杂岩基的化学灌浆、振冲法加固地基和排水减压并控制渗流等，也都有了成功经验。还开展了碾压混凝土筑坝及刚性面板土石坝的研究，已成功地建造了第一座碾压混凝土坝，并在一些工程中进一步推广。我国许多河流的洪水，洪峰高、洪量大，最大泄量达 $110000\text{m}^3/\text{s}$ 的长江干流葛洲坝工程及总泄量达 $32600\text{m}^3/\text{s}$ 的风滩空腹拱坝工程均居世界同类工程的前列。在峡谷中修建的坝内式和厂顶溢流式厂房已经经受了洪水考验。高坝高速水流的泄洪消能和气蚀等问题的研究发展很快，新的布置方式，新型消能工，掺气防蚀等得到了应用，宽尾墩消能工是我国首创的消能型式。

同时，我国在水电建设的施工技术方面也得到相应发展。施工机械化程度逐步提高，建设队伍不断壮大，而且加快了建设速度。

但是，我国的水电建设与世界先进国家相比，仍有一定差距。目前全世界水能资源开发利用程度平均为20%左右，其中发达国家大都在40%以上，不发达国家的开发程度平均约为8%，而我国仅7%左右。从人均占有的年用水量来看，我国也是较低的。这种状况对于我们这样一个水能资源丰富、人口众多的国家是极不相称的。另一方面从高坝、大水库及大电站建设的情况看，我国水电建设也还有待进一步发展。目前世界上库容在1000亿 m^3 以上的大水库已有7座，其中最大的是乌干达的欧文瀑布，总库容为2048亿 m^3 。最高的土石坝是苏联的罗贡（Рогун）坝，高325m；最高的重力坝是瑞士的大狄克桑斯坝（Grand Dixence），高285m；最高的拱坝是苏联的英古里坝（Ингури），高272m；最高的薄拱坝是意大利的瓦依昂坝（Vajont），高262m；最高的堆石坝是哥斯达黎加的博鲁卡坝（Boruca），高267m；最高的支墩坝是加拿大的马尼克五级（Manic-5）连拱坝，高213m。大电站设计装机容量在500万kw以上的有8座，其中最大的是巴西和巴拉圭合建的伊泰普（Itaipu）水电站，设计装机容量为1260万kw。

第二节 水利枢纽和水利建筑物

一、水利枢纽

为了开发一条河流或发展一个地区的水利建设事业，需要兴建若干项水利工程来实现。一项水利工程，根据该地区国民经济各部门提出的要求不同，兴建的目的也不同，可以是防洪、灌溉、发电、供水、航运、养殖、旅游或改善环境等，也可以是其中几项的综合。兴建

水利工程要根据河流自然条件，综合利用水资源的原则，结合国民经济近期和远期发展的需要，统筹安排，尽可能满足国民经济各个部门的需要。

图 1-1 是刘家峡水利枢纽工程，该工程位于黄河上游干流，在甘肃省永靖县境内。是一项以发电为主，兼有灌溉、防洪、防凌、航运及养殖等综合效益的水利枢纽工程。

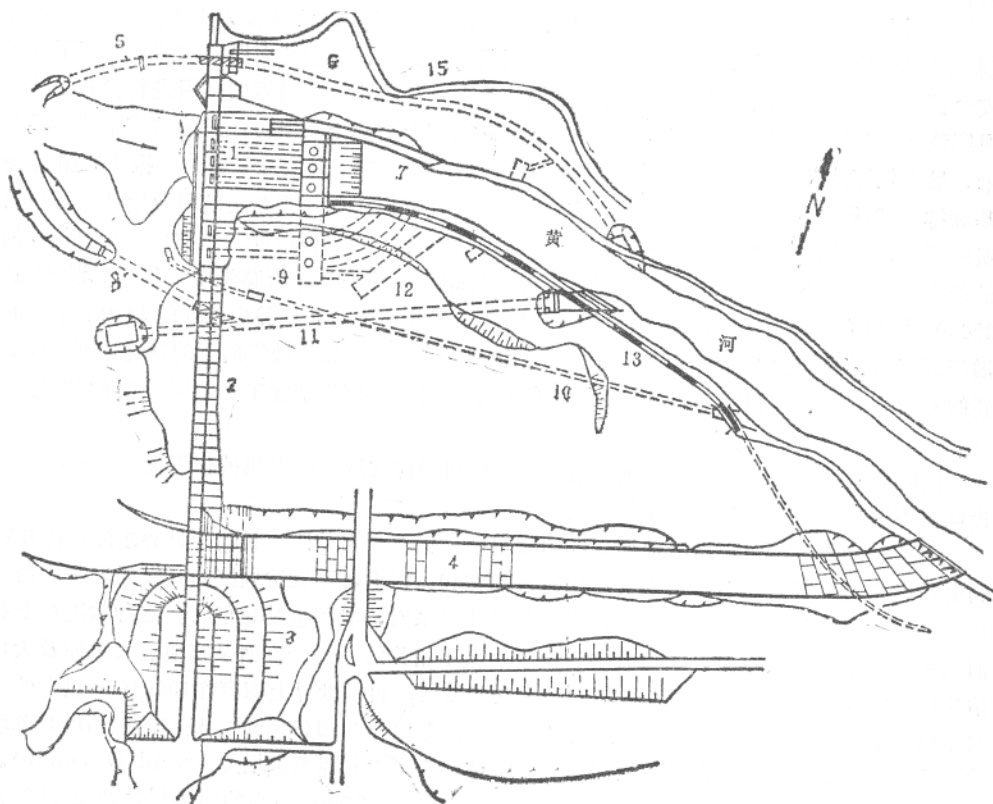


图 1-1 刘家峡水利枢纽工程布置图

1-主坝；2-副坝；3-土坝；4-溢洪道；5-左导流洞；6-330kV地下开关站；7-泄水道；8-右导流洞；9-排沙洞闸门；10-排沙洞；11-泄洪洞；12-220kV地下开关站；13-进厂铁路；14-铁路隧洞；15-上坝公路

工程中的主要建筑物有：

拦河坝 混凝土重力坝（主坝），长204m，最大高度147m；左、右岸各有副坝联结，高12~46m，长636m；大坝总长840m。用以拦断黄河干流，挡水蓄水，形成水库。

泄洪建筑物 设有堰口溢洪道，3孔 $10 \times 8.5\text{m}$ ；坝体泄水底孔，2孔 $3 \times 8\text{m}$ ；右岸泄洪隧洞，1孔 $8 \times 9.5\text{m}$ 。设计泄洪能力共 $7413\text{m}^3/\text{s}$ 。用以渲泄多余洪水，保证大坝及其它建筑物的安全。

水电站取水系统及厂房 由于坝址河谷狭窄，发电厂房采用地面和地下混合式布置，地

下厂房紧靠岸边，与地面厂房相连，共长169.8m，安装30万kw和25万kw水轮发电机组各一台及22.5万kw水轮发电机组3台，装机共122.5万kw。电站取水口设在混凝土重力坝的上游面，引水管穿过坝身，将水引至水轮发电机组，构成电站的取水系统。

该工程总库容为57亿 m^3 ，有效库容41.5亿 m^3 ，最大水头114m，设计年发电量55.8亿kw·h。通过蓄洪补枯的调节，可提高刘家峡电站本身及其下游已建的盐锅峡、八盘峡、青铜峡各级电站的枯水期出力；改善甘肃、宁夏、内蒙等省（区）1580万亩农田灌溉条件；可解除兰州市百年一遇的洪水灾害；在解冻期控制下泄流量，可防止内蒙河段的冰凌危害；库区内的航运及养殖业得到相应发展，综合利用效益显著。水库尾端有炳灵寺石佛古迹，经筑堤保护，是游览胜地。

从上述工程实例可以看出，为了满足国民经济各部门的需要，实现发电、灌溉、防洪、航运等多方面效益，需要在河流的适宜地段，修建不同类型的建筑物，用以控制和支配水流，这些建筑物通称为水工建筑物，而由不同类型水工建筑物构成的综合体称为水利枢纽。

二、水工建筑物及其特点

（一）水工建筑物的分类

水工建筑物的种类繁多，按其作用可以区分为如下类型：

1. 挡水建筑物

用以拦截江河，挡水、蓄水，形成水库或壅高水位。如各种坝、闸以及抗御洪水、防止洪水泛滥的堤防等。

2. 泄水建筑物

用以渲泄设计所确定库容不能容纳的洪水或为检修、人防而放空水库，以保证坝和其它建筑物安全。泄水建筑物可以与坝体结合，如各种溢流坝、坝身泄水孔；也可以设在坝体以外，如各式岸边溢洪道和泄水隧洞等。

3. 取水、输水建筑物

为灌溉、发电、供水的需要，从供水源处向用水处输水的建筑物，如进水闸、引水隧洞、涵管、渠道、渡槽、倒虹吸等。

4. 整治建筑物

用以改善河流的水流条件，开辟水流通道，限制水流范围，调整水流对河床和河岸的作用以及为防护水库、湖泊中的波浪和水流对岸坡的冲刷等，如分洪道、分洪闸、堤防护岸、护底、丁坝、顺坝、导流堤等。

5. 专门建筑物

为灌溉、发电、航运、过坝等需要而兴建的建筑物，如为发电专修的引水管道、压力前池、调压室、电站厂房；专为灌溉用的沉沙池、冲砂闸、渠系及其中的建筑物；专门为航运设的水道、港口、码头；以及专为过坝设的船闸、升船机、筏道、鱼道等。

应当指出，有些水工建筑物的功能并不是单一的。如水闸，它既是挡水建筑物，又是泄水建筑物，有时还作为灌溉或供水的取水建筑物；各种溢流坝也既是挡水，又是泄水建筑物等等。

（二）水工建筑物的特点

水工建筑物与其它建筑物不同的根本特点是它一般都修建在天然或人工的河流、渠道、湖岸、海岸上，其施工或运行期间都要承受水的作用。具有如下一些特点：

1. 受自然条件约束，工作条件复杂

建筑物所在地点的地形、地质、水文、施工等条件，对坝址选择、枢纽布置和水工建筑物型式选择的关系极大。

首先，水利工程和水工建筑物的规划、设计、施工和运行都必须与客观存在的水文条件相适应。如果对河道的水资源及洪水（洪峰、洪量、洪水位等）估计过高，建筑物修建过大，可能造成浪费；如果估计不足，就不能充分利用水资源，甚至造成坝顶溢水乃至溃坝而造成人为的洪水灾害。水文现象本身的复杂性，就成为水利工程和水工建筑物工作条件复杂性的一个重要因素。

其次，水工建筑物的基础比较复杂。兴建水工建筑物的特定位置，可能座落在不同类型的基础上。在高山峡谷地区，可能遇到节理、裂隙、溶洞、断层、破碎带、软弱夹层等复杂的基岩；在滨湖沿海地区，可能遇到粉沙、细沙、淤泥等构成复杂地基；还可能在湿陷性黄土上修筑建筑物。在这些复杂地基上修建水工建筑物，必须对地基的结构和其物理力学特性进行周密的勘测和试验研究，据以进行妥善的处理。

第三，水对建筑物的特殊作用。对具有挡水作用的建筑物，除承受一般作用力外，还承受很大的水压力、浪压力、冰压力、地震动水压力等作用。通过水工建筑物和地基的渗流，对建筑物和地基产生渗透力，将恶化建筑物和地基的稳定及应力状况；土石建筑物或基础可能因产生过大的渗透变形而失稳。当水流通过水工建筑物下泄时，可能引起建筑物的空蚀、冲蚀、振动以及对下游河床、河岸的冲刷，严重时可能影响建筑物的正常工作，甚至导致建筑物的破坏。

2. 施工条件复杂

修建在河流、湖泊、海岸上的水工建筑物，施工时需将水排开，用围堰把施工现场保护起来；修建在河流上的建筑物，必须将原河道水流截断（截流），并另开辟水流通道（称为导流），导流建筑物必须在截流前完成，而截流一般只能在枯水季节进行，并要求在导截流后洪水到来之前完成围堰的填筑和防渗处理工程，以抵御洪水。前期施工受季节性水文条件的影响很大，如果对枯水流量估计不足，可能导致截流失败，不仅造成浪费，而且贻误工期；若对洪水估计不足，又可能使基坑受淹没，造成经济损失，并给下一步施工带来困难；如果对这些流量估计过高，又会出现临时建筑物过高过大，造成浪费。

水工建筑物的施工受气候的影响较大。大体积混凝土建筑物需要进行温度控制，防止出现裂缝，夏季和冬季施工均需采取专门的温控措施。土工建筑物对土料要求具有一定的含水量和压实密度，雨季施工会带来不利的影响。

许多水工建筑物的施工技术复杂，如复杂地质条件下隧洞施工，深覆盖层的防渗处理，复杂岩基和软弱土基的加固处理等等。此外，水工建筑物的工程量大，工期较长，施工项目繁多，施工机械、机电设备和建筑材料的供应，施工进度计划和组织管理等均较其它工程的要求要高。

3. 对国民经济的影响大

一项水利工程，特别是大型水利枢纽工程的兴建，对发展国民经济，有着重要意义。除前述刘家峡工程外，如葛洲坝水利枢纽，它是目前我国最大的水电站枢纽，装机271.5万kw，

约相当于目前我国水电装机的 $1/10$, 年发电量 141 亿 kw·h, 它对中南、华东各能源不足的省提供动力, 并建有 500kV 直流输电线路送电至上海, 对促进这些地区的经济发展提供了充足的能源, 同时, 它的库区回水 110~180km, 改善了葛洲坝以上三峡区内的川江航道。一个综合性的水利工程可以使水资源为灌溉、发电、航运、供水、养殖等多方面服务。著名的都江堰工程, 几千年以来为川西平原提供了可靠的灌溉保证, 为四川成为“天府之国”起了重要作用, 同时还兼有防洪、航运、漂木等作用。

水利工程不仅以它承担的防洪、灌溉、发电、航运等任务对人类社会具有较大影响, 同时还改变了河流、湖泊、海岸的自然面貌, 对生态环境、自然景观、甚至区域气候都有可能产生较大的影响, 这些影响一般来说是积极的, 例如, 绿化环境, 改良土壤的植被, 形成旅游和休养场所, 甚至发展为优美的新兴城市等。但也有其消极方面, 如由于水库水位抬高, 库区内造成淹没、移民, 还可能对库区内的矿山、房屋、铁路、道路、农田产生不利影响, 甚至影响某些水生生物和陆上生物的繁殖和生长; 库尾的泥沙淤积, 可能使航道恶化; 库内清水下泄, 又可能使下游河道遭受冲刷。

另外, 大型蓄水工程, 一般水库容量大, 坝高, 万一失事, 将会给下游人民的生命财产和国家建设带来巨大灾害。因此, 处理好水利工程的安全和经济关系, 发挥工程的积极作用, 防止消极作用, 尤其要防止工程出现严重事故, 是水利工作者必须妥善解决的突出问题, 它要求水利工作者必须具备严格的科学态度和对事业高度负责的精神。

第三节 水利枢纽分等、水工建筑物分级和 水利工程的建设程序

一、水利枢纽分等和水工建筑物分级

为了达到既安全又经济地建设水利工程, 为国民经济各部门服务, 应该对水利枢纽工程按其规模、效益及其在国民经济中的重要性进行分等; 对枢纽中的不同建筑物, 应根据其所在枢纽的等别及其在工程中的作用和重要性分级。分等分级的目的在于对不同等级的建筑物规定不同的要求及相应的设计标准。等级高的, 防洪标准、强度和稳定安全系数等要求高; 反之, 则应适当降低。因此, 工程的等级划分及设计标准的确定关系到工程及下游人民生命财产的安全, 也关系到工程造价和建筑速度等, 这是体现国家经济政策和技术政策的一个重要方面。

目前我国水利水电枢纽工程分等对山区、丘陵区部分和平原、滨海地区部分是有区别的。根据原水利电力部《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》的规定, 水利水电枢纽工程, 根据其规模、效益和在国民经济中的重要性分为五等, 如表 1-1 所示。

综合利用的水利枢纽工程, 当分等指标分属几个不同的等别时, 整个枢纽工程的等别应以其中的最高等别为准。

枢纽工程中的水工建筑物, 根据其所属工程等别及其在工程中的作用和重要性分为五级, 如表 1-2 所示。

同时具有几种用途的水工建筑物, 应根据其中所属最高等别确定其级别。仅有一种用途的水工建筑物, 应根据该项用途所属等别确定其级别。

表1-1

水利水电工程的分等指标

工程 等 别	工程 规 模	分 等 指 标						
		水库总 库 容 (亿 m ³)	防 洪		灌 溉	•排涝	•供水	水电站
			保护城镇 及工矿区	保护农田面 积 (万亩)	灌溉面积 (万亩)	排涝面积 (万亩)	供给城镇 及工矿区	装机容量 (万kw)
一	大(1)型	>10	特别重要城市, 工矿区	>500	>150	>200	特别重要	>75
二	大(2)型	10~1.0	重要城市, 工矿区	500~100	150~50	200~60	重要	75~25
三	中 型	1.0~0.1	中等城市, 工矿区	100~30	50~5	60~15	中等	25~2.5
四	小(1)型	0.1~0.01	一般城镇, 工矿区	<30, *30 ~5	5~0.5	15~3	一般	2.5~0.05
五	小(2)型	0.01~0.001		* <5	<0.5	<3		<0.05

注: • 所示系平原、滨海地区部分分等指标所规定的内容。

表1-2

水工建筑物级别的划分

工 程 等 别	永久性建筑物级别		临时性建筑物级别
	主要建筑物	次要建筑物	
一	1	3	4
二	2	3	4
三	3	4	5
四	4	5	5
五	5	5	

表中的永久性建筑物: 系指枢纽工程运行期间使用的建筑物, 根据其重要性分为:

主要建筑物: 系指失事后造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物。如: 坝、泄洪建筑物、输水建筑物、水闸、泵站及电站厂房等;

次要建筑物: 系指失事后不致造成下游灾害或对工程效益影响不大, 易于恢复的建筑物。例如: 失事后不影响主要建筑物和设备运行的挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等;

临时性建筑物: 系指枢纽工程施工期间使用的建筑物。例如: 导流建筑物、施工围堰等。

对不同级别的水工建筑物, 为使建筑物的安全可靠性与其在国民经济中的作用相一致, 在以下方面的要求应有所不同。

1. 抗御洪水能力: 如洪水标准、坝顶安全超高等。

2. 强度和稳定性: 如建筑物的强度和抗滑稳定安全系数、防止裂缝发生或限制裂缝开展及限制变形的要求等。

3. 建筑材料: 如选用建筑材料的品种、质量、标号及耐久性要求等。

4. 运行可靠性: 如建筑物各部分尺寸裕度大小和是否设置专门设备等。

在遇到下述情况, 经过论证, 可以适当提高水工建筑物级别, 如当水库的大坝高度超过一定限度; 建筑物的工程地质条件特别复杂; 采用实践经验较少的新坝型、新结构; 综合利用的主要水工建筑物, 其所属的各项分等指标中有两项接近同一等级的上限时或工程位置特别重要, 失事后造成重大灾害者等。

低水头或失事后损失不大的水利水电枢纽工程，经过论证，其水工建筑物亦可适当降低级别。

二、水利工程建设程序

重要的水利工程，可以对国民经济的发展起重要作用，可要建设它却需投入大量的资金、人力及物力，而且还可能出现对上游一定范围内的淹没，对下游河道的冲刷、阻断航运及对生态环境的影响等。一项水利工程是否兴建，必须全面地权衡其利弊，这就提出了水利工程建设程序问题。

水利工程建设必须严格遵照基本建设程序进行。需要经过社会经济调查、勘测、规划、设计和施工等阶段才能最后建成。

社会经济调查，要对河流地区社会经济发展的现状、远景规划，各部门对水利工程的要求、供电对象等进行调查，同时对工程建设所需的交通、动力、机械设备及劳力的来源，工程建成后对上、下游的影响（如淹没范围内移民、交通设施、古迹名胜，下游河道防护等），以及航运、过木及过鱼等要求均需进行调查。

勘测工作应对河流自然地理条件（地形、水文、气象）、水文地质及工程地质条件（岩层分布、地质构造、地震、岩石及土壤物理力学指标等）等通过观测和勘探进行。对勘测工作，在工程的规划、设计及施工各不同阶段，要求的深入程度各不相同。

规划是在社会经济调查和充分掌握勘测资料的基础上进行，为了充分合理地利用河流的水利资源，按照综合利用的原则，对流域开发作出各种开发方案的综合分析，以确定河流梯级开发方案。然后根据规划所确定的枢纽任务、规模、建设先后，分别进行水利枢纽工程设计。

水利枢纽工程设计，通常分为初步设计和施工图二个阶段进行，对于规模大，技术复杂的工程分为三个阶段进行，即：（1）可行性研究阶段，主要论证该工程技术上的可能性，经济上的合理性。对工程规模、经济效益、投资总额、资金来源及技术力量等问题给以论证。可行性研究经审查批准后方可列入国家计划。（2）初步设计阶段，是水利枢纽设计的决定性阶段。要提出枢纽经论证选定的枢纽设计布置方案，实施该方案的施工总体设计（包括导流、施工方法、施工总平面布置、总进度及总概算等）及工程效益的技术经济指标。初步设计经批准后，工程才能进行施工。（3）技术设计及施工图阶段，要对建筑物进行结构设计和细部设计，并对一些专门性问题进行深入研究，提交最后施工图。

水利枢纽工程的施工是按照施工总体设计方案，组织施工队伍，建造所设计的枢纽工程。

上述各阶段的具体内容和深度要求，可以根据不同工程的规模 and 作用，适当地调整或增减。

第四节 本课程的性质、任务及学习

本课程的基本要求

本课程是水利水电工程建筑专业的一门主要专业基础课。它的任务是使学生在已学过的基础课和技术基础课的基础上，学习一般性水工建筑物的设计及运行管理的基本方法和设计计算的基本理论，培养学生能从实际的自然条件及经济条件出发，分析和解决水工建筑物的总体