

21世纪

高职高专教育统编教材

水工建筑物

主 编 杨邦柱 焦爱萍
副主编 郑万勇 王 卫



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21世纪

高职高专教育统编教材

水工建筑物

主 编 杨邦柱 焦爱萍

副主编 郑万勇 王 卫



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

水工建筑物/杨邦柱, 焦爱萍主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2005

21 世纪高职高专教育统编教材

ISBN 7 - 5084 - 2685 - 1

I. 水... II. ①杨... ②焦... III. 水工建筑物—高等学校: 技术学校—教材 IV. TV6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 008228 号

书 名	21 世纪高职高专教育统编教材 水工建筑物
作 者	主编 杨邦柱 焦爱萍 副主编 郑万勇 王卫
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: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 25.25 印张 599 千字
版 次	2005 年 2 月第 1 版 2006 年 3 月第 2 次印刷
印 数	4501—7500 册
定 价	38.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

内 容 提 要

本书为高职、高专和成人高校“水利水电工程”、“工程建设监理”、“农业水利技术”和“水利工程”专业通用教材。全书共分九章，包括绪论、重力坝、拱坝、土石坝、水闸、河岸溢洪道、水工隧洞与坝下涵管、渠系建筑物、水利枢纽布置等。

本书也可供其他相近专业作为教学参考书和有关工程技术人员参考。

前 言

本书是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》等文件精神，结合高职高专教学改革的实践经验编写的。

针对高等职业技术教育的特点，本书在编写过程中，按照突出实用性、突出理论知识的应用和有利于实践能力培养的原则，对水工建筑物、水利工程管理进行重组和调整，并全部采用新标准、新规范。为使本书有较强的实用性，编写时力求做到：基本概念准确；设计方法步骤清楚；各部分内容紧扣培养目标，相互协调，减少不必要的重复；文字简练，通俗易懂，不强调理论的系统性，努力避免贪多求全和高度浓缩的现象，以利于读者学习、实践和解决工程问题。为了开拓读者的思路，培养读者的创新能力，在阐述比较成熟的科学技术的同时，适当介绍水工建筑物和管理技术发展的最新成果、存在问题和今后发展的方向。该书每章后都附有本章小结和复习思考题，有利于读者理解、掌握和巩固专业知识。

本书的第一章、第四章由杨邦柱、张俊霞（黄河水利科学研究院）编写；第二章由郑万勇、温国利编写；第三章由焦爱萍编写；第五章由焦爱萍、王智阳编写；第六章、第七章由王卫、李梅华编写；第八章、第九章由郭振宇、陈诚编写。本书由杨邦柱、焦爱萍任主编，郑万勇、王卫任副主编。全书由刘宪亮主审。

对书中存在的缺点和疏漏，恳请广大读者批评指正。

编 者

2005年1月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 我国的水资源及水利工程建设	1
第二节 水利枢纽和水工建筑物	5
第三节 水利工程管理	9
第四节 本课程的内容和学习方法	10
复习思考题	11
第二章 重力坝	13
第一节 概述	13
第二节 非溢流坝的剖面设计	15
第三节 重力坝的荷载及组合	18
第四节 重力坝的抗滑稳定分析	30
第五节 重力坝的应力分析	34
第六节 溢流重力坝	47
第七节 重力坝的深式泄水孔	59
第八节 重力坝的材料及构造	66
第九节 重力坝的地基处理	73
第十节 其他类型的重力坝	78
第十一节 混凝土重力坝的运用管理	82
本章小结	85
复习思考题	86
第三章 拱坝	87
第一节 概述	87
第二节 拱坝的荷载及组合	92
第三节 拱坝的布置	95
第四节 拱坝的应力分析	103
第五节 拱坝坝肩稳定分析	107
第六节 拱坝的泄流和消能	111
第七节 拱坝的构造及地基处理	115
本章小结	117

复习思考题	118
第四章 土石坝	119
第一节 概述	119
第二节 土石坝的基本剖面	123
第三节 土石坝的渗流分析	126
第四节 土石坝的稳定分析	136
第五节 筑坝材料选择与填筑标准	148
第六节 土石坝的构造	152
第七节 土石坝的地基处理	159
第八节 土石坝与坝基、岸坡及其他建筑物的连接	167
第九节 面板堆石坝	170
第十节 土石坝的运用管理	174
本章小结	179
复习思考题	180
第五章 水闸	181
第一节 概述	181
第二节 闸址选择和闸孔设计	184
第三节 水闸的消能防冲设计	190
第四节 水闸的防渗排水设计	197
第五节 闸室的布置和构造	211
第六节 闸门与启闭机	216
第七节 水闸的稳定分析及地基处理	219
第八节 闸室的结构设计	229
第九节 水闸的两岸连接建筑物	239
第十节 水闸的运用管理	244
本章小结	247
复习思考题	248
第六章 河岸溢洪道	250
第一节 概述	250
第二节 正槽溢洪道	252
第三节 侧槽溢洪道	269
第四节 非常溢洪道	272
第五节 溢洪道的运用管理	273
本章小结	276
复习思考题	277
第七章 水工隧洞与坝下涵管	278
第一节 水工隧洞概述	278

第二节 水工隧洞的布置和构造	279
第三节 作用在水工隧洞衬砌上的荷载	301
第四节 圆形有压隧洞的结构计算	306
第五节 坝下涵管	313
第六节 隧洞的运用管理	316
本章小结	320
复习思考题	320
第八章 渠系建筑物	321
第一节 渠道与渠首工程	321
第二节 渡槽	328
第三节 桥梁	351
第四节 倒虹吸管	365
第五节 跌水与陡坡	375
第六节 渠系建筑物的运用管理	381
本章小结	384
复习思考题	384
第九章 水利枢纽布置	386
第一节 水利枢纽布置	386
第二节 水利枢纽布置实例	388
本章小结	394
复习思考题	394
参考文献	395

第一章 绪 论

第一节 我国的水资源及水利工程建设

一、我国的水资源

水是自然界一切生命赖以生存不可替代的物质，又是社会发展不可缺少的重要资源。据统计，地球上水的总量为 13.86 亿 km^3 ，但大部分是不能直接用于生活、工业及农田灌溉的海水，占总量的 96.54% 。和人类生活息息相关的淡水量仅为 0.047 亿 km^3 ，占总水量的 0.34% ，它包括地表水和浅层地下水，我们称这部分淡水为水资源。然而随着社会的发展，水资源不同程度地受到污染，造成水质恶化；同时由于社会生产力的局限及地理因素使某些水资源在目前条件下还得不到充分开发和利用。由此可见，水资源是极其珍贵的。

（一）我国水资源的分布

我国多年平均水资源总量为 28124.4 亿 m^3 ，其中河川多年平均年径流量 27115.3 亿 m^3 ，居世界第六位。由于我国人口多，人均水资源量为 2163.4 m^3 ，仅为世界人均水资源占有量的 $1/4$ ，列世界第 121 位，是世界上水资源贫乏的国家。

我国幅员辽阔，自然条件相差悬殊，使水资源在时间、空间上分布不合理。东南沿海七省区（上海、江苏、福建、广东、广西、海南、台湾）年均水资源量占全国水资源量的 25.2% ，雨水充沛。而西北五省区年均水资源仅为全国年均水资源量的 7.9% ，地区内干旱少雨。同时，不同地区和同一地区年际及年内汛期和枯水期的水量相差很大。在汛期（北方 6~9 月为汛期，南方为 5~8 月）内可集中全年雨量的 $60\% \sim 80\%$ ，而枯水季节或枯水年雨量又很小，雨量的偏多或偏少往往造成洪涝或干旱等自然灾害。如黄河流域 1877~1879 年连续 3 年大旱，使晋、冀、鲁、豫四省因饥饿而死者达 1300 万人。1931 年夏，湖北沙市出现 $63600 \text{ m}^3/\text{s}$ 的洪峰，水灾遍及湘、鄂、浙、赣、豫、皖、苏 7 省 206 县，淹没农田 5000 余万亩，800 多万人受灾，被洪水夺去性命者达 14.5 万人，死于饥饿、瘟疫者不计其数。1998 年长江、松花江流域特大洪水使国家遭受 2000 多亿元的经济损失。

水资源分布与人口、耕地布局不相适应。长江流域及以南地区水资源总量占全国总量的 81% ，人口占全国的 54.7% ，人均水资源量 4170 m^3 ，为全国平均值的 1.5 倍，亩均水资源量 4134 m^3 ，为全国平均值的 2.3 倍；北方地区水资源总量占全国水资源总量的 14.4% ，人口占全国总人口的 43.2% ，人均水资源量只有 938 m^3 ，为全国平均值的 35% ，耕地占全国耕地的 8.3% ，亩均水资源量仅 454 m^3 ，为全国平均值的 26% 。由于水土资源

和人口组合极不合理造成北方用水过分紧张。

(二) 我国水资源的开发利用

水资源的开发应首先考虑水资源的现状和开发的可能性,做到统筹兼顾、综合治理、综合经营,为整个国民经济的发展服务。发电、灌溉、航运、供水、工业生产等用水部门,要制定合理方案,尽量统一各方矛盾,使水资源得到最有效利用。

中华人民共和国成立以后,我国水资源的开发利用以七大水系开发为中心取得了举世瞩目的成绩。其中黄、淮、海、辽四流域水资源利用率达到 40%,2000 年全国可供水量为 6678 亿 m^3 ,与 1980 年相比,净增供水量 1943 亿 m^3 。作为农业的基础保证,实现了粮食的自给自足;为我国工业的发展、城镇人民生活水平的提高提供了水源;干旱地区植树种草、蔬菜果树及畜牧业等基本用水逐渐得到保障。但是我国人均水资源量及现有的农业、工业用水的利用率还远低于世界发达国家相应水平。随着国民经济的高速发展和水体污染程度的日趋严重,现有的水资源开发利用状况已不适应我国生产力的发展,虽然黄、淮、海、辽四流域水资源利用率较高,但缺水 267 亿 m^3 ,占缺水总数的 64%,而一些出境河流及黄河上游、长江上游、长江中下游两岸、珠江三角洲等地区则属于余水地区。因此,为达到水资源的合理配置和有效利用,必须充分发挥现有工程的作用,提高工程效益;节约用水、合理用水;严格执行国家环保法规,控制污水排放量和排污标准;修建蓄水工程,增加供水能力;对自然缺水地区,按国家总体经济布局的要求,修建跨流域调水工程,在较大范围内解决水资源不平衡问题。

二、水利工程

水利工程是指对自然界的地表水和地下水进行控制和调配,以达到除害兴利的目的而修建的工程。在时间上重新分配水资源,做到防洪补枯,以防止洪涝灾害和发展灌溉、发电、供水、航运等事业。

水利工程按其所承担的任务叙述如下。

(一) 河道整治与防洪工程

河道整治主要是通过整治建筑物和其他措施,防止河道冲蚀、改道和淤积,使河流的外形和演变过程都能满足防洪与兴利等各方面的要求。一般防治洪水的措施是建立“上拦下排,两岸分滞”的工程体系。

“上拦”是防洪的根本措施,不仅可以有效防治洪水,而且可以综合地开发利用水土资源。“上拦”就是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;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过流能力。

水库作为一种蓄水工程,在汛期可以拦蓄洪水,削减洪峰,保护下游地区安全,拦蓄的水流由于下游水位抬高可以用来满足灌溉、发电、航运、供水和淡水养殖的需要。

水库的形成造成库区淹没,村镇、居民、工厂及交通等设施需要迁移重建;水库水位的升降可能引起岸坡大范围滑坡,影响拦河坝的安全;在地震多发区,还有可能诱发地震;水库水质、水温的变化使库区附近的生态平衡发生变化。

水库改变了河道的径流状态,下游河道流量发生了变化。在枯水期,如果电站运行和灌溉用水,对航运、河道水质改善、维持生态平衡等方面均有利。如不放水,将使河道干涸,过流能力下降,两岸地下水位降低,影响生态。另外,下泄的清水易冲刷河床,将影

响下游桥梁、护岸等工程的安全。

某些水库上游河道的入库处，由于流速降低，容易发生淤积，使下游河水下泄不畅，库上游河道容易发生泛滥。

因此，应认真研究和正确解决这些问题，充分利用有利条件，使水库发挥最大效益。

“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。这是治标的办法，不是从根本上防治洪水。但是，在“上拦”工程没有完全控制洪水之前，筑堤防洪仍是一种重要有效的措施，而且要加强汛期的防护、管理、监察等工作，确保安全。

“两岸分滞”是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实际经济发展情况、人口因素、地理情况和国家的需要，由国家统筹安排。为了减少滞洪区的损失，必须做好通信、交通和安全措施等工作；并做好水文预报，只有万不得已时才运用分洪措施。

（二）农田水利工程

农业是国民经济的基础，通过建闸修渠等工程措施，形成良好的灌、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，用于农田灌溉的工程称之为取水工程。在河流中引水灌溉时，取水工程一般包括抬高水位的拦河坝（闸）、控制引水的进水闸、排沙用的冲沙闸、沉沙池等。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）。当河流水位较低又不宜修建坝（闸）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）排水工程。各级排水沟及沟道上的建筑物。其作用是将农田内多余水分排泄到一定范围以外，使农田水分保持适宜状态，满足通气、养料和热状况的要求，以适应农作物的正常生长。如排水沟、排水闸等。

（三）水力发电工程

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

落差和流量是水力发电的两个基本要素。为了有效地利用天然河道的水能，常采用工程措施，修建能集中落差和流量的水工建筑物，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，而上游又不许淹没时，可以沿河岸修建引水建筑物（渠道、隧洞）来集中落差和流量，开发水能。

（四）供水和排水工程

供水是将水从天然水源中取出，经过净化、加压、用管网供给城市、工矿企业等用水部门；排水是排除工矿企业及城市废水、污水和地面雨水。城市供水对水质、水量及供水可靠性上要求很高；排水必须符合国家规定的污水排放标准。

我国水源不足, 现有供、排水能力与科技和生产发展以及人民物质文化生活水平的不断提高不相适应, 特别是城市供水与排水的要求愈来愈高; 水质污染问题也加剧了水资源的供需矛盾, 而且恶化环境, 破坏生态。

(五) 航运工程

航运包括船运与筏运(木、竹浮运)。发展航运对物资交流、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、闸化河流等)两种。

利用天然河道通航, 必须进行疏浚、河床整治、改善河流的弯曲情况, 设立航道标志, 以建立稳定的航道。当河道通航深度不足时, 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。人工水道是人们为了改善航运条件, 开挖人工运河、河网及渠化河流, 以节省航程, 节约人力、物力、财力。人工水道除可以通航外, 还有综合利用的效益。例如, 运河可以作为水电站的引水道、灌溉干渠、供水的输水道等。

在航道上如建有闸、坝等拦水建筑物时, 应同时修建通航建筑物。如果船舶不多、货运量不大时, 可以设中转码头; 如果航线较为重要, 运输任务较大时, 则宜采用升船机、船闸、过木道等建筑物, 使船只、木排直接通过。例如, 在葛洲坝水利枢纽中布置了三个船闸来满足长江的通航需要。

三、我国水利工程建设的发展

几千年来, 勤劳勇敢的中国人民为兴水利、除水害进行着坚持不懈的努力, 做出了突出的成绩, 并积累了宝贵的经验。例如: ①从春秋时期开始, 在黄河下游沿岸修建的堤防, 经历代整修加固, 已形成 1800 多 km 的黄河大堤, 为治河防洪、堤防工程的建设与管理提供了丰富的经验; ②公元前 485 年开始兴建到 1293 年全线通航的京杭大运河, 全长 1794km, 是世界上最长的运河, 为当时及今后的南北交通、发展航运等发挥了重要作用; ③目前灌溉面积达 1000 多万亩的四川都江堰工程已有 2250 多年的历史, 仍为我国的农业发展发挥着巨大的效益。水利工程建设的成就是我国劳动人民智慧的结晶, 在繁荣我国经济, 发展祖国文化等方面都起到了很好的作用。

新中国成立以来, 我国的水利事业建设得到了较快的发展。20 世纪 50 年代初, 开始对黄河和淮河进行全流域的规划和治理, 根据“统一规划, 蓄泄兼顾”的原则, 修建了许多山区水库和洼地蓄洪工程, 改变了淮河“大雨大灾, 小雨小灾, 无雨旱灾”的悲惨景象; 人民治黄功绩卓著, 保证了黄河“伏秋大汛不决口, 大河上下保安澜”; 1963 年开始根治海河, 现在全流域已初步形成了防洪除涝体系。到 1991 年, 全国整修、新建各类江河堤防、海塘 22 万 km; 水库 8.38 万座, 总库容 4677.5 亿 m^3 , 其中, 大型水库 367 座, 库容 3400 亿 m^3 ; 水闸 2.9 万多座, 其中, 大型水闸 320 座; 建设蓄洪、滞洪区 100 多处, 总面积约 3 万 km^2 ; 水电装机由 1949 年的 16 万 kW 增加到 3788.35 万 kW; 灌溉面积由 1949 年的 2.4 亿亩增加到 7.3 亿亩, 其中 50 万亩以上灌区 73 处。此外, 还完成了引滦入津、引黄济青、引碧入大等供水工程。这些水利工程, 在历次的洪涝灾害中尤其是 1991 年及 1998 年的特大洪水灾害中发挥了重要作用, 大大减轻了灾害程度。但 1991 年及 1998 年洪涝灾害的教训, 说明了大江大河的防洪问题还未彻底根治。因此, 要进一步

加强对大江大河的治理,从根本上解决水患。

水利工程建设的发展,使水利水电科学技术水平也迅速发展和提高。

在坝型方面,由于土石坝设计理论和施工技术的不断发展以及施工机械的改进,高土石坝越来越多。全世界 100m 以上的高坝中,土石坝的数量接近混凝土重力坝和拱坝的总和。我国土石坝占挡水建筑物总数的 95% 以上。

在渠系建筑物方面,新中国成立后不仅修建的数量多,还涌现了不少新的结构型式和新技术。如双曲拱、桁架拱渡槽;各种拱形、薄壳型及预应力板式上部结构的农桥;预应力钢筋混凝土高压倒虹吸管等。建闸技术上向着结构轻型化和施工预制装配化方向发展。

施工技术方面,将土石坝施工中的碾压技术应用于混凝土坝的碾压混凝土筑坝新技术不仅成功用于重力坝,而且已开始在拱坝上采用。随着大型碾压机械的出现,混凝土面板堆石坝已在许多国家广泛采用。我国在建设中的天生桥面板堆石坝,最大坝高 178m;设计中的龙滩碾压混凝土重力坝,第一期工程最大坝高 192m,均居世界前列。

在堤防工程的建设中,我国在 20 世纪 70 年代末开始将土工织物应用于防洪固堤工程,为堤防工程的建设提供了经验。

混凝土防渗墙技术运用于深厚度覆盖层上的地基防渗处理。我国渔子溪、密云、碧口等工程采用的防渗墙深度为 32~68.5m,防渗效果很好,而且施工速度较快。小浪底水利枢纽工程防渗墙深度达 80 多 m。此外,利用水泥或水泥粘土进行帷幕灌浆也运用于深厚度覆盖层的地基处理技术中。其中,乌江渡水电站帷幕灌浆深度达 200m,20 世纪 70 年代初出现的利用水气射流切割掺搅地层,同时将胶凝材料灌注到被掺搅的地层中去的高压喷射灌浆技术,也成功地应用于地基防渗和加固处理。

为了处理坝基软弱夹层或加固大坝,以提高坝体稳定性,在国外广泛采用预应力锚固技术。我国从 1964 年开始,也先后在梅山、丰满、陈村、双版、小浪底等工程中采用了预应力锚索、锚杆加固坝肩、坝基或岩石,并收到了良好效果。

我国近年来已经或将要兴建的二滩、小湾、构皮滩和溪洛渡等高拱坝工程,坝高为 230~300m,下泄射流的人水流速约 50~60m/s,下泄流量达 2 万~6 万 m^3/s ,下泄功率达数千万至数亿千瓦,居世界前列。

高速度、大容量的电子计算机和有限元法也广泛应用于水利工程设计与施工中。水工结构、水工水力学和水利施工的许多复杂问题都可以通过电算得到解决。如:在计算中可以很方便地通过计算机改变参数,因而可以迅速地进行方案比较和选择建筑物的最优方案。

第二节 水利枢纽和水利建筑物

一、水利枢纽

为了综合利用水资源,达到防洪、灌溉、发电、供水、航运等目的,需要修建几种不同类型的建筑物,以控制和支配水流,满足国民经济发展的需要,这些建筑物通称为水工建筑物;由不同水工建筑物组成的综合体称为水利枢纽。

如图 1-1 是丹江口水利枢纽布置图。它是南水北调中线渠首蓄水工程,是具有防洪、

灌溉、发电、航运、渔业等综合效益的水利枢纽。

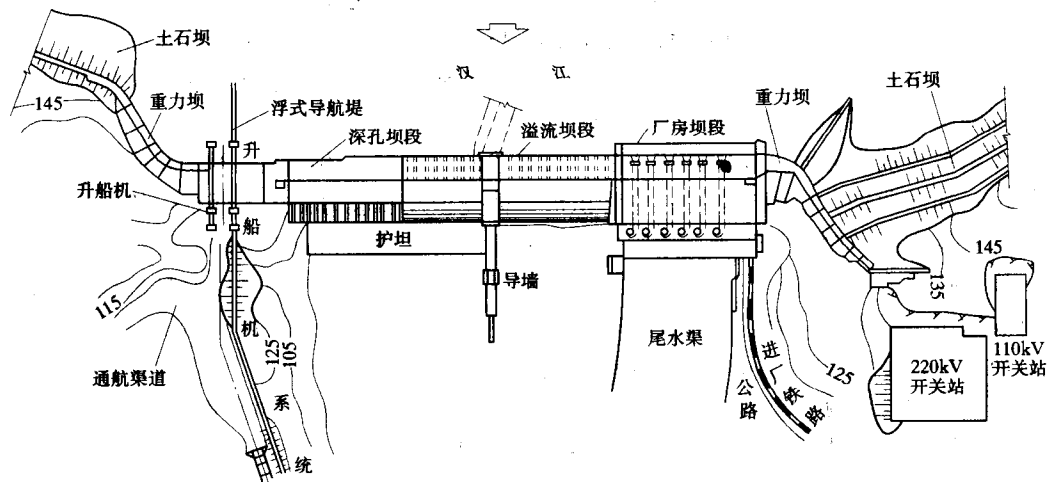


图 1-1 丹江口水利枢纽布置图

该枢纽主要组成有：

(1) 拦河坝。为宽缝重力坝（副坝为粘土斜墙堆石坝），用以截断水流、挡水蓄水、形成水库。总库容 209 亿 m^3 ，水电站装机容量 90 万 kW。

(2) 深孔坝段、溢流坝段。用以宣泄洪水期河道入库洪量超过水库调蓄能力的多余洪水，以保证大坝及有关建筑物安全。

(3) 水电站建筑物。用以将水能转变为电能。

(4) 升船机。其作用是向上、下游运送过坝船只。

水利枢纽的作用可以是单一的，但多数是综合利用的。枢纽正常运行中各部门之间对水的要求有所不同。如防洪部门希望汛前降低水位加大防洪库容，而兴利部门则希望扩大兴利库容而不愿汛前过多降低水位；水力发电只是利用水的能量而不消耗水量，发电后的水仍可用于农业灌溉或工业供水，但发电、灌溉和供水的用水时间不一定一致。因此在进行水利枢纽设计时，应使上述矛盾能得到合理解决，以做到降低工程造价，满足国民经济各部门的需要。

二、水工建筑物的分类

（一）按建筑物的用途分类

(1) 挡水建筑物。用以拦截江河，形成水库或壅高水位。如各种坝和闸；以及为抗御洪水或挡潮，沿江河海岸修建的堤防、海塘等。

(2) 泄水建筑物。用以宣泄在各种情况下，特别是洪水期的多余入库水量，以确保大坝和其他建筑物的安全。如溢流坝、溢洪道、泄洪洞等。

(3) 输水建筑物。为灌溉、发电和供水的需要从上游向下游输水用的建筑物，如输水洞、引水管、渠道、渡槽等。

(4) 取水建筑物。是输水建筑物的首部建筑，如进水闸、扬水站等。

(5) 整治建筑物。用以整治河道，改善河道的水流条件，如丁坝、顺坝、导流堤、护

岸等。

(6) 专门建筑物。专门为灌溉、发电、供水、过坝需要而修建的建筑物，如电站厂房、沉沙池、船闸、升船机、鱼道、筏道等。

(二) 按建筑物使用时间分类

水工建筑物按使用的时间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。这种建筑物在运用中长期使用，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。

(2) 临时性建筑物。这种建筑物仅在工程施工期间使用，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，如溢流坝既能挡水，又能泄水；水闸既可挡水，又能泄水，还可作取水之用。

三、水工建筑物的特点

水工建筑物与其他土木建筑物相比，除了工程量大、投资多、工期较长之外，还具有以下几方面的特点。

(一) 工作条件复杂

由于水的作用形成了水工建筑物特殊的工作条件：挡水建筑物蓄水以后，除承受一般的地震力和风压力等水平推力外，还承受很大的水压力、浪压力、冰压力、地震动水压力等水平推力，对建筑物的稳定性影响极大；通过水工建筑物和地基的渗流，对建筑物和地基产生渗透压力，还可能产生侵蚀和渗透破坏；当水流通过水工建筑物下泄时，高速水流可能引起建筑物的空蚀、振动以及对下游河床和两岸的冲刷；对于特定的地质条件，水库蓄水后可能诱发地震，进一步恶化建筑物的工作条件。

水工建筑物的地基是多种多样的。在岩基中经常遇到节理、裂隙、断层、破碎带及软弱夹层等地质构造；在土基中，可能遇到粉细沙、淤泥等构成的复杂土基。为此，在设计以前必须进行周密的勘测，作出正确的判断，为建筑物的选型和地基处理提供可靠的依据。

(二) 施工条件复杂

水工建筑物的兴建，需要解决好施工导流问题，要求在施工期间，在保证建筑物安全的前提下，河水应能顺利下泄，必要的通航、过木要求应能满足，这是水利工程设计和施工中的一个重要课题；其次，工程进度紧迫，工期也比较长，截流、度汛需要抢时间、争进度，否则将导致拖延工期；第三，施工技术复杂，水工建筑物的施工受气候影响较大，如：大体积混凝土的温度控制和复杂的地基较难以处理，填土工程要求一定的含水量和一定的压实度，雨季施工有很大的困难；第四，地下、水下工程多，排水施工难度比较大；第五，交通运输比较困难，高山峡谷地区更为突出等。

(三) 对国民经济的影响巨大

水利枢纽工程和单项的水工建筑物可以承担防洪、灌溉、发电、航运等任务，同时又可以绿化环境，改良土壤植被，发展旅游，甚至建成优美的城市等，但是，如果处理不当

也可能产生消极的影响。如：水库蓄水越多，则效益越高，淹没损失也越大，不仅导致大量移民和迁建，还可能引起库区周围地下水位的变化，直接影响到工农业生产，甚至影响生态环境；库尾的泥沙淤积，可能会使航道恶化。堤坝等挡水建筑物万一失事或决口，将会给下游人民的生命财产和国家建设带来灾难性的损失。1975 年 8 月，我国河南省遭遇特大洪水，加之板桥、石漫滩两座水库垮坝，使下游 1100 万亩农田受淹，京广铁路中断，死亡达 9 万人。

四、水利水电工程的分等和水工建筑物的分级

为了贯彻执行国家的经济和技术政策，达到既安全又经济的目的，应把水利水电枢纽工程按其规模、效益及其在国民经济中的重要性分等，再将枢纽中的不同建筑物按其所属工程的等别和重要性分级。级别高的建筑物，对设计及施工的要求也高，级别低的建筑物则可以适当降低。

根据 SL252—2000《水利水电工程等级划分及洪水标准》规定，水利水电枢纽工程的等别按表 1-1 确定。综合利用的水利水电枢纽工程，当按其各项用途分别确定的等别不同时，应按其中的最高等别确定整个工程的等别。

表 1-1 水利水电枢纽工程等别

工程等别	工程规模	水库总库容 (10 ⁸ 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	1.0~0.10	中等	100~30	60~15	50~5	中等	30~5
IV	小(1)型	0.10~0.01	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. 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。

单项用途的永久性水工建筑物，应根据其用途相应的等别和其本身的重要性按表 1-2 确定级别。多用途的水工建筑物，应根据其各用途相应的等别中最高者和其本身的重要性按表 1-2 确定级别。

表 1-2 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			

失事后损失巨大或影响十分严重的水利水电枢纽工程，经论证并报主管部门批准，其 2~4 级主要建筑物可提高一级设计，并按可提高后的级别确定洪水标准；失事后造成损失不大的水利水电枢纽工程，经论证并报主管部门批准，其 1~4 级主要水工建筑物可降

低一级设计，并可按降低后的级别确定洪水标准。水利水电枢纽工程挡水建筑物高度超过表 1-3 数值者，2、3 级建筑物可提高一级设计，但洪水标准不予提高。

当水工建筑物基础的工程地质条件复杂或实践经验较少的新型结构时，2~5 级建筑物可提高一级设计，但洪水标准不予提高。

五、水利水电工程永久性水工建筑物洪水标准

设计永久性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）两种情况。应根据工程规模、重要性和基本资料等情况，按山区、丘陵区，平原、滨海区分别确定。详见表 1-4、表 1-5。

表 1-3 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

表 1-4 山区、丘陵区水利水电枢纽工程水工建筑物洪水标准

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

表 1-5 平原地区水利水电枢纽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
	拦河水闸	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
	拦河水闸	300~200	200~100	100~50	50~20	20

在山区、丘陵区，土石坝一旦失事将对下游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洪水（PME）或万年一遇洪水。2~4 级建筑物可提高一级设计，并按提高后的级别确定洪水标准。对混凝土坝、浆砌石坝，如果洪水漫顶将造成严重的损失时，1 级建筑物的校核洪水标准经过专门论证并报主管部门批准，可取可能最大洪水（PME）或万年一遇洪水。

第三节 水利工程管理

水利工程的建设，为工农业发展创造了有利条件，除水害、兴水利，是一件治国安民的大事。为了确保工程的安全和完整，充分发挥水利工程的经济效益，必须加强管理工作。对于水利工程，建设是基础，管理是关键，使用是目的。