

中等专业学校教材



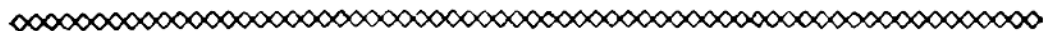
水工建筑物

(第二版)

辽宁省水利学校 郭宗闵 主编



中等专业学校教材



水 工 建 筑 物

(第二版)

辽宁省水利学校 郭宗闵 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为全国中等专业学校“水利水电工程建筑”、“农田水利工程”和“水利工程”专业的通用教材。全书包括绪论、岩基上的重力坝、拱坝、土石坝、水闸、河岸溢洪道、水工隧洞与坝下涵管、渠道与渠系建筑物、水利枢纽布置等内容。

本书也可供水利工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水工建筑物/郭宗闵主编. —2 版. —北京: 中国水利水电出版社, 2007

中等专业学校教材

ISBN 978-7-80124-520-5

I. 水… II. 郭… III. 水工建筑物—专业学校—教材
IV. TV6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 013785 号

中等专业学校教材

水 工 建 筑 物

(第二版)

辽宁省水利学校 郭宗闵 主编

*

中国水利水电出版社 出版
(原水利电力出版社)

(北京市三里河路 6 号 100044)

北京科水图书销售中心 (零售)

电话: (010) 88383994、63202643

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

北京市兴怀印刷厂印刷

*

787mm×1092mm 16 开本 29 印张 660 千字

1987 年 6 月第 1 版

1995 年 8 月第 2 版 2007 年 1 月第 11 次印刷

印数 118881—121880 册

ISBN 978-7-80124-520-5

(原 ISBN 7-120-02235-0)

定价 40.60 元

第二版前言

本书是根据水利部《1990~1995年中等专业学校水利水电类专业教材选题和编审出版规划》及1988年4月修订的中专水利水电工程建筑、农田水利、水利工程等专业的《水工建筑物》教学大纲，对1987年出版的《水工建筑物》进行修订而成。全书由原来的十章改为八章，删去了“过坝建筑物”与“水工建筑物的技术管理”两章。

本书在修订编写过程中，按着“理论要下来，实践要上去”的精神，减少了理论推导，加强了常规的生产实践内容。为了满足三个专业的教学大纲要求并与现行有关设计规范相结合，对原版内容作了较大的变动和增减，力求体现中专教材的特色，适当反映本学科的新成就。

第二版仍由辽宁省水利学校郭宗闵主编，具体分工如下：辽宁省水利学校陶国安（第三、五章）、云南省水利水电学校江震球（第二章）、湖南省水利水电学校潘斌生（第四章）、郭宗闵（绪论、第一、六、七、八章）。

本书由黄河水利学校胡无畏副教授主审，提出了许多指导性和具体的修改意见。

本书在编写过程中参考引用了一些院校的教材和资料，在此一并致谢。

对于本书存在的错误和不足之处，恳请读者提出批评指正。

编者

1995年2月

第一版前言

本书是根据水利电力部“1983~1987年中等专业学校水利电力类专业教材编审出版规划”以及“水利水电工程建筑”和“农田水利工程”两专业的《水工建筑物》教学大纲编写的。

《水工建筑物》是一门专业课，要求学生掌握一般水工建筑物的工作特点、型式、构造、设计原理和计算方法、掌握水利枢纽中各种水工建筑物的布置原则和水工建筑物的技术管理等方面的知识。它内容多、涉及面广、实践性强。因此，在编写过程中力求做到：贯彻理论联系实际、“少而精”和循序渐进的原则，体现中专教材的特色；力求避免庞杂和贪多求深，着重讲清概念、理论和方法；注意与有关课程教材的密切配合，避免相互脱节和不必要的重复。目的是培养学生分析和解决问题的能力，为从事水利水电的设计、施工、管理工作打下基础。

参加本教材编写的有江苏水利工程专科学校张世儒同志（第四章）、陕西省水利学校王宝山同志（第八章）、辽宁省水利学校郭宗闵同志（绪论、第一、二、三、五、六、七、九、十章）。全书由郭宗闵同志主编，黄河水利学校唐正乾同志主审。

本书在编写过程中，得到了天津大学水利系、水利电力部中南勘测设计院教育处、水利水电科学研究院结构材料研究所、辽宁省水利勘测设计院、水利电力部水工与农水专业教学研究会水工课程组及兄弟学校老师们的热情支持和帮助，在此一并表示感谢。

编者

1986年5月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
第一章 岩基上的重力坝	12
第一节 重力坝的特点和类型	12
第二节 重力坝的荷载及其组合	14
第三节 坝体抗滑稳定计算	24
第四节 重力坝的应力分析	27
第五节 非溢流重力坝剖面设计	32
第六节 溢流坝的剖面设计和水力计算	41
第七节 重力坝的泄水孔	50
第八节 重力坝的材料	55
第九节 重力坝的构造	57
第十节 重力坝的地基处理	63
第十一节 浆砌石重力坝	67
第十二节 其他型式重力坝	70
第二章 拱坝	74
第一节 拱坝特点与适用条件	74
第二节 拱坝布置	77
第三节 拱坝应力计算	88
第四节 拱座稳定分析	121
第五节 拱坝泄洪	126
第六节 拱坝构造及不利地形地质条件的处理	129
第七节 浆砌石拱坝的特点	133
第三章 土石坝	137
第一节 土石坝的特点和类型	137
第二节 土石坝的剖面尺寸与构造	140
第三节 土石坝的渗流计算	150
第四节 土石坝的稳定计算	162
第五节 筑坝材料的选择与填筑标准的确定	172
第六节 土石坝的地基处理	175
第七节 土石坝与坝基、岸坡及其他建筑物的连接	181
第四章 水闸	185
第一节 水闸的类型和工作特点	185
第二节 闸孔尺寸的确定	188
第三节 水闸的消能防冲	193

第四节	水闸的防渗设计·····	200
第五节	闸室的布置和构造·····	212
第六节	闸室的稳定计算·····	218
第七节	闸室结构计算·····	225
第八节	两岸连接建筑物·····	235
第九节	闸门和启闭机简介·····	241
第五章	河岸溢洪道·····	252
第一节	河岸溢洪道的类型·····	252
第二节	正槽式溢洪道·····	254
第三节	侧槽式溢洪道·····	265
第六章	水工隧洞与坝下涵管·····	271
第一节	水工隧洞的类型和特点·····	271
第二节	水工隧洞的选线与总体布置·····	274
第三节	水工隧洞各组成部分的型式与构造·····	278
第四节	隧洞衬砌上的荷载及其组合·····	287
第五节	圆形有压隧洞衬砌的结构计算·····	294
第六节	无压隧洞衬砌的结构计算·····	306
第七节	坝下涵管·····	316
第七章	渠道与渠系建筑物·····	325
第一节	渠道·····	325
第二节	渡槽的型式和总体布置·····	332
第三节	渡槽的水力计算·····	337
第四节	梁式渡槽结构设计·····	339
第五节	拱式渡槽设计·····	377
第六节	渠道上的桥梁·····	394
第七节	倒虹吸管·····	418
第八节	涵洞、跌水与陡坡·····	431
第八章	水利枢纽布置·····	441
第一节	水利枢纽布置的任务和设计阶段·····	441
第二节	枢纽布置的一般原则与方案选定·····	442
第三节	蓄水枢纽布置·····	443
第四节	取水枢纽布置·····	448

绪 论

一、我国的水资源

水是生命的源泉,是生态环境中最活跃、影响最广泛的因素,它是工农业生产过程中不可替代的重要资源。水作为一种资源,主要表现在水量、水质和水能三个方面。自然界的水虽然很多,但大部分是不能直接用于生活、工业及农田灌溉的海水。从保护自然环境和维持生态平衡的角度看,一般不宜动用静态储量,而只能取用逐年可以得到恢复和更新的动态水量,即参加水循环的水量,它们是河川径流、浅层地下水和土壤水。全球陆地上的循环水量平均每年只有 $1.19 \times 10^{14} \text{m}^3$,人类各种耗水量只有不超过这个数量,水才能成为取之不尽,用之不竭的自然资源。随着人口的增长,经济的发展和人民生活的不提高,水的问题日益为世界各国所重视。为了更好地满足人民生活和经济发展的需要,我国于1988年1月21日公布了《中华人民共和国水法》,以法律手段切实保障水资源的开发、利用、保护和管理。

我国多年平均水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,其中河川多年平均年径流总量 $2.7 \times 10^{12} \text{m}^3$,居世界第六位。全国河流的水能理论蕴藏量总计出力为 $6.76 \times 10^8 \text{kW}$,居世界第一位,其中便于开发的为 $3.78 \times 10^8 \text{kW}$,年发电量可达 $1.9 \times 10^{12} \text{kW} \cdot \text{h}$ 。

由于我国人口众多,按人口平均计算,我国水资源并不丰富。按1990年7月1日普查人口数为11.6亿计算,我国人均年占有水量为 2414m^3 ,仅相当于世界人均占有水量的 $1/5$ 。低于多数国家,约居第88位。总之,我国是一个贫水的国家。

我国幅员辽阔,自然条件相差悬殊,水资源在地区上和时间上的分配也很不均匀,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。例如,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%。降水及河川径流在季节和年际上分布不均匀的情况,北方甚于南方,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。例如,清光绪三年到五年(1877~1879年)晋、冀、鲁、豫连续三年大旱,仅饥饿而死者达1300万人。1931年夏,长江流域普降暴雨,水灾遍及湘、鄂、浙、赣、豫、皖、苏7省206县,淹没农田5000余万亩,灾民800多万,其中被洪水夺去生命的即达14.5万人,死于饥饿、瘟疫者不计其数。历史的经验和1991年的大水告诉我们,在我国不搞水利或少搞水利,靠天吃饭是没有出路的。

由于我国的水利资源并不丰富,因此,无论是发展农业、工业,还是进行城市规划,都应首先考虑水资源的现状和开发的可能性,不能不顾水资源条件盲目发展。水资源是国家的财富,属全民所有,不受行政区划和部门的干扰。对水资源的开发,一定要统一规划、综合治理、综合利用、综合经营,为整个国民经济的发展服务,这是兴办水利事业的基本

原则。对发电、防洪、灌溉、水运、给水等方面要统筹规划,全面安排,按照各部门的需要,制定最优开发方案,尽量统一它们之间的矛盾,最大限度地照顾各方要求,使水利资源得到最有效的利用,使国民经济所得到的总效益为最大。

二、河流、水库

(一) 河流的形成与演变

河流是流水侵蚀和地质构造作用的产物。陆地从露出海面的时候起,便接受降水形成的地表径流的冲刷,起伏不平的地形提供了地表径流集中的条件。径流越集中,冲刷力越强,久而久之,小沟变大沟,不断向长、深、宽方向发展。如果冲沟一旦切入到潜水层,得到地下水的补给时,便成了终年有水的河流。继续发展,小河变大河,接受两旁的支流,形成一个大河系。河流把泥砂带到下游,沉积在河口,随着泥砂越积越多,使海洋变成陆地,形成广大的冲积平原。我国黄河入海口淤积的泥砂呈40km宽的扇形面积向前推进,1949~1951年的三年推进了10km。

水流具有挟带泥砂的能力,流速愈大,挟砂力愈大。如果来砂量等于水流挟砂能力,河床不产生冲淤变化。否则,河床将产生冲刷或淤积。由于河道水量、泥砂的变化以及各河段的地形、地质情况不同,所以,不冲不淤的平衡状态是相对的、暂时的,冲淤变形是绝对的、长期的,即河道的演变是无止境的。河流的变形甚至改道影响着河流的开发利用。

(二) 山区河流与平原河流的特点

河流一般可分为山区河流与平原河流两大类型。对于较大的河流,其上游段多为山区河流,而下游段多为平原河流,位于上下游之间的中游段则往往兼有山区河流与平原河流的特性。

山区河流流经地势高峻、地形复杂的山区,所以岸线极不规则,宽度变化很大,水流急,多险滩瀑布、洪水猛涨猛落。河谷断面多为V字形或U字形。河床由岩石组成,水流的切削作用进行缓慢,河道基本上是稳定的。但在岩石风化严重,植被很差的地区,暴雨时可能发生危险很大的泥石流。山区河流水力资源丰富,但对航运不利。

平原河流地形平缓,泥砂容易沉积,在两岸形成自然堤。堤岸较高,使地表径流不易流入河中,低洼地容易形成内涝。河谷较宽,水量比较丰富,对航运和灌溉提供了有利条件。但平原河流的河床土质抗冲能力小,极易产生变形、弯曲、浅滩等,使深槽位置变化不定,需要采取整治措施来稳定河床。

(三) 水库

水库是一种蓄水工程。它由拦河坝截断河流,形成一定容积的水库。在汛期可以拦蓄洪水,消减洪峰,减轻下游洪水灾害,蓄于水库的水量可以用来满足灌溉、发电、航运、城市给水和养鱼的需要。所以,修建水库是解决来水和用水在时间上的矛盾,并能综合利用水资源的有效措施。水库的总库容由死库容、兴利库容和调洪库容三部分组成。死库容是根据发电最小水头或灌溉引水的最低水位确定的,同时考虑泥砂淤积、养殖及环境卫生等要求;兴利库容是根据灌溉、发电等需要确定的,它是确定水库效益和投资的重要依据;调洪库容是根据防洪标准由调洪演算确定的。如果能利用一部分兴利库容兼作调洪库容,

则可减小水库总库容，降低工程造价。

水库的形成，使库区内造成淹没，村镇、居民、工厂及交通等设施需要迁移重建；水库水位的升降变化可能引起岸坡大范围滑坡，影响拦河大坝的安全；在地震多发区，有可能引起诱发地震；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，水库下游河道的流量产生了变化。在枯水期，如果电站和灌溉用水，下游流量增加，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，两岸地下水位降低，生态平衡受到影响。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，容易发生淤积，使河水下泄不畅，库上游河道容易发生泛滥。

水利工作者在进行水利规划和水库设计时，应认真研究和解决这些问题，充分利用有利条件，避免或减轻不利影响。

三、水利工程简介

为了控制和利用天然水利资源，达到兴利除害的目的，就必须采取各种措施，包括工程措施和非工程措施，而各种措施的综合就形成了国民经济中一项十分重要的事业——水利事业。水利事业的范围很广，若按其目的和采用的工程措施，可分为以下几项。

（一）河道整治与防洪工程

河流是水利的源泉，也是洪水泛滥的来源。要兴水利、除水害，首要的任务就是治河防洪。

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、水流形态和演变过程都能满足防洪、航运、工农业用水等方面的要求。一般防治洪水的措施是，采用“上拦下排，两岸分滞”的工程体系。

“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，调节径流，控制下泄流量不超过下游河道的过流能力。上拦是一种防治洪水的治本措施，不仅有效地防治洪水，而且可以综合地开发利用水土资源。

“下排”就是疏浚河道，修筑堤防，提高河道的泄洪能力，减轻洪水威胁。这是治标的办法，不是“长治久安”之道。但是，在上游拦蓄工程没有完全控制洪水之前，筑堤防洪仍是一种重要措施，而且要加强汛期的防护工作，确保安全。

“两岸分滞”是在沿河两岸适当地点，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，经分洪闸、引洪道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。为了减少滞洪区的损失，必须做好通讯、交通、安全措施等工作，并且做好水文预报，只有万不得已时才运用分洪措施。

（二）农田水利工程

水利是农业的命脉。为使农业稳产高产，可以通过建闸修渠，形成良好的灌、排系统，使农田旱可灌，涝可排，实现农田水利化。农田水利工程一般包括以下几部分。

1. 取水工程 灌溉水源主要有河流、湖泊、水库和地下水等。为了从水源适时适量地

取水灌溉，就需要修筑取水工程。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），控制引水量的进水闸和防止泥沙入渠的冲沙闸、沉沙池等建筑物。河中流量大、水位高，能满足引水要求时，也可不建拦河坝。当河水位很低又不宜建坝时，可建机电排灌站提水灌溉。

2. 输水配水工程 为了将水输送并分配到每个地块，就需要修筑各级固定渠道及渠道系统上的各种建筑物，如涵洞、渡槽、交通桥、分水闸等等。

3. 排水工程 包括各级排水沟（渠）及沟道上的建筑物。排水工程的作用是将田间多余水量排往容泄区（河流、湖泊、洼地等）。当容泄区的水位高于排水干沟出口的水位时，还应在干沟出口建排水闸控制河水倒灌或建抽水站用机械排水。

（三）水力发电工程

水能是一种最理想的永续能源。油、气、煤源有时尽，水能绵绵无尽期。它不消耗水量，也不污染环境，所以水力发电是我国能源建设的长远战略方针。

水能利用的基本原理，是将获得巨大能量的水流通过高压管道去推动水轮机，使水能转变为机械能，水轮机再带动发电机，将机械能又转变为电能。

开发利用水能，必须对天然河流的不均匀径流和分散的落差进行调节和集中。常用的水能开发方式是拦河筑坝形成水库，它既可调节径流又能集中落差，但有一定的淹没损失，故多用于山区河段。在坡度很陡或有瀑布、急滩、河湾的河段，而其上游又不允许淹没时，可以沿河岸修建纵坡很缓的引水建筑物（渠道、隧洞等）来集中落差开发该河段的水能。

（四）给水与排水工程

随着工业的发展和人民生活水平的提高，城市供水与排水日益紧迫，现在不少城市由于缺水影响生产和人民生活；水质污染问题也很严重，它不仅加剧了水资源的供需矛盾，而且恶化了环境。

城市给水对水质、水量以及供水可靠性上都有较高的要求。因此，必须将由水源引取的水量，经过沉沙、净化设施处理后，再由输水、配水管道将水送至用水部门。

排水是排除废水，污水及可能的暴雨积水。工矿企业排出的污水常含有毒的化学物质，必须通过排水沟道将污水、废水集中处理后，再回收利用或由排水闸、抽水站排至容泄区（河道），以免引起水质污染。

（五）航运工程

航运包括船运与筏运（木、竹浮运）。河流是人类历史上最早的交通要道。它运费低，运量大，今后必将大力发展。内河航运有天然水道（河流、湖泊等）和人工水道（运河、河网、水库及渠化河流等）两种。

利用天然河流通航时，往往需要对河流进行疏浚和整治，以改善航运条件，建立稳定的航道。如果河道枯水期水深太小不能满足航运要求时，可建拦河闸坝以抬高天然河道的水位，这叫河流渠化；或者修建水库调节径流，改善水库下游的航行条件。

运河是人工开挖的渠道，如果运河两端水位差较大，则需要用船闸等建筑物把运河分成若干个航段，使每个航段里的水位是平的。

由于航运是利用水的浮力而不消耗水量，航运事业通常是结合其他水利事业的需要，

综合利用水利资源。例如，利用灌溉渠道通行船只和利用运河供给两岸农田城镇用水。

在通航的河道或渠道上建造闸坝等挡水建筑物时，应同时修建过船建筑物。如船舶不多，货运量不大时，可建立码头转运货物；如来往船舶较多，货运量较大时，则宜采用升船机、船闸、筏道等建筑物，使船只、木排直接通过。在葛洲坝水利枢纽中布置了三个船闸来满足长江航运的需要。

船闸的工作原理如图0-1所示。

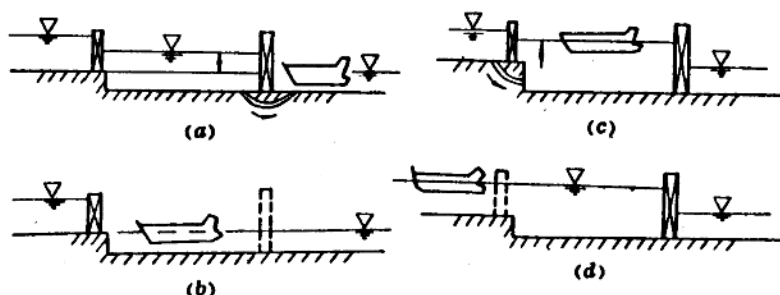


图 0-1 船闸工作原理图

四、水工建筑物与水利枢纽

(一) 水工建筑物

在水利事业中采取的工程措施称为水利工程。工程中的建筑物称为水利工程建筑物，简称水工建筑物。按照建筑物的用途，可分为一般水工建筑物和专门水工建筑物两大类。

一般水工建筑物有：

- (1) 挡水建筑物：用以拦截水流、壅高水位或形成水库，如各种闸、坝和堤防等。
- (2) 泄水建筑物：用以从水库或渠道中泄出多余的水量，以保证工程安全，如各种溢洪道、泄洪隧洞和泄水闸等。
- (3) 输水建筑物：从水源向用水地点输送水流的建筑物，如渠道、隧洞、管道等。
- (4) 取水建筑物：它是输水建筑物的首部，如深式取水口、各种进水闸等。
- (5) 河道整治建筑物：为调整河道改善水流状态，防止水流对河床产生破坏作用所修建的建筑物，如护岸工程、导流堤、丁坝、顺坝等。

专门水工建筑物有：

- (1) 水力发电建筑物：如水电站厂房、压力前池、调压井等。
- (2) 水运建筑物：如船闸、升船机、过木道等。
- (3) 农田水利建筑物：如专为农田灌溉用的沉沙池、量水设备、渠系及渠系建筑物等。
- (4) 给水、排水建筑物：如专门的进水闸、抽水站、滤水池等。
- (5) 渔业建筑物：如鱼道、升鱼机、鱼闸、鱼池等。

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：这种建筑物在运用期长期使用，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。主要建筑物系指该建筑物在失事以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。

(2) 临时建筑物：这种建筑物仅在工程施工期间使用，如围堰、导流建筑物等。

(二) 水利枢纽

水利工程往往是由几种不同类型的水工建筑物集合一起，构成一个完整的综合体，用来控制和支配水流，这些建筑物的综合体称为水利枢纽。图0-2为一水库枢纽(蓄水枢纽)布置图，其中除有挡水建筑物、泄水建筑物和取水建筑物外，还有水电站和水运等专门建筑物。水库的作用如前面所述，它是综合利用水资源的有效措施。但是，各用水部门之间也有矛盾。例如：防洪部门要求尽量加大防洪库容以便增加调节洪水的能力，所以希望汛前尽量降低水库水位，而兴利部门则希望扩大兴利库容，不愿过多降低水位，以免汛后不能蓄满水库；城市供水和航运要求均匀供水，而发电和灌溉则要求按指定时间放水。所以，设计水库枢纽时，应使上述矛盾能够得到合理解决，做到降低工程造价、缩短建设周期、选择最优方案。

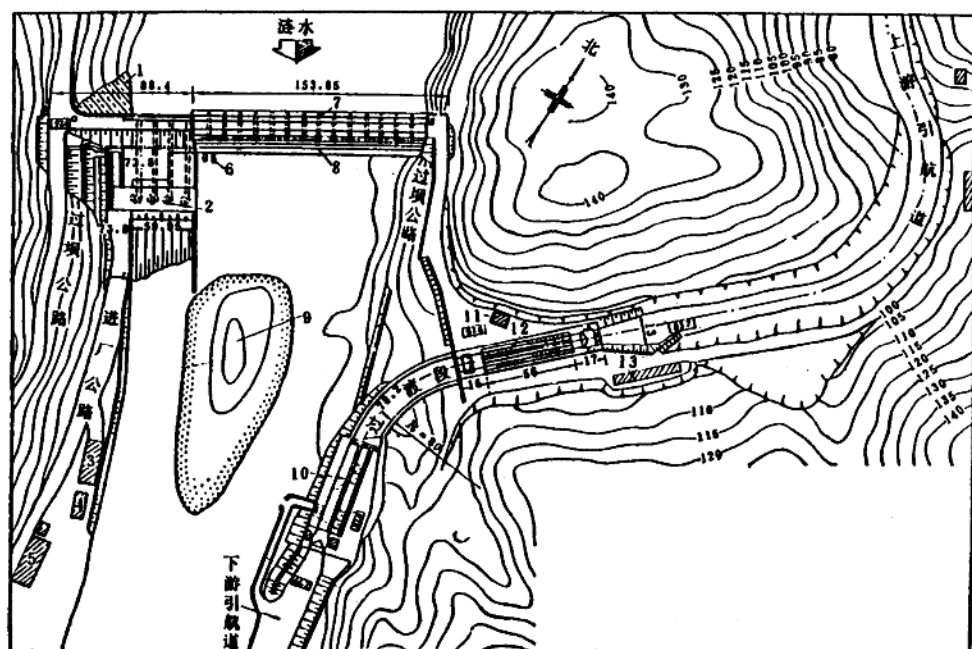


图 0-2 水库枢纽布置示例

1—黄土护坡；2—电站；3—机修间；4—值班室；5—修配间；6—泄水底孔；7—工作桥；8—溢流坝；9—沙滩；10—下闸室；11—船闸管理所；12—上闸室；13—宿舍

图0-3为一种有坝取水枢纽的布置示意图。其主要建筑物为溢流坝(闸)、进水闸、冲沙闸。溢流坝一般较低，不起调节流量的作用，仅解决天然来水与用水在高程上的矛盾。

图0-4所示为近两千三百年前秦朝李冰父子领导当地劳动人民修建的都江堰(四川灌

县)取水枢纽。灌溉渠道的进水口位于宝瓶口,系开山而成;金刚堤是用竹笼内填卵石及木桩建筑而成,起分水导流作用,将岷江分为内江和外江。洪水期,内江的多余水量由飞沙堰泄走;枯水期,由外江闸(原为“杓槎”截流,1974年建闸)控制,保证内江引进灌溉所需水量;百丈堤的作用是引导水流,保护河岸。由于全部工程布置合理,一直延用至今,这充分表

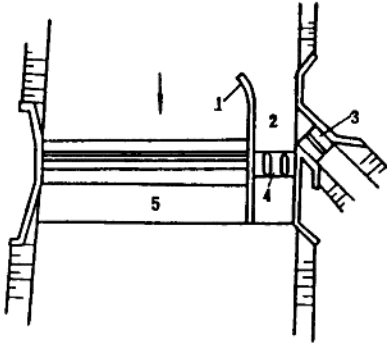


图 0-3 有坝取水枢纽布置示意图
1—导水墙；2—沉沙槽；3—进水闸；
4—冲沙闸；5—溢流坝

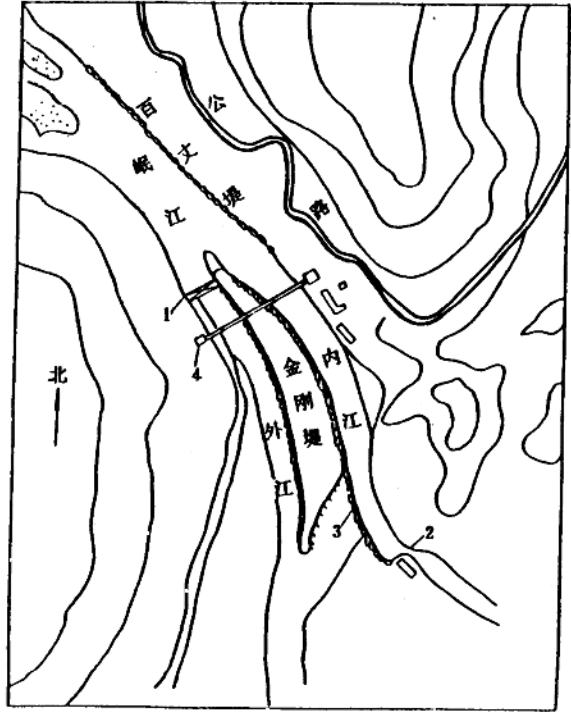


图 0-4 都江堰取水枢纽布置示意图
1—外江闸；2—宝瓶口；3—飞沙堰；4—索桥

明了我国古代人民具有很高的智慧和科学技术水平。

五、水工建筑物的特点

由于水的作用和影响,与其他建筑物相比,水工建筑物有以下特点。

(一) 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、浮力以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、振动以及对河床产生冲刷。由于水的某些作用力难以用计算方法确定,所以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,还须借助模型试验进行验证和修改,并在实际工程上进行观测研究,以提高设计理论和控制工程运用。

(二) 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，常需水下施工。因此，水工建筑物的施工比陆地上的土木工程复杂得多。再加上工程量庞大，要在较短时间内完成，故需要采用先进的施工技术、大型施工机械和科学的施工组织与管理体制。

(三) 对国民经济的影响巨大

一个综合性的大型蓄水枢纽，不仅可以免除洪水灾害，还可以发电、改良航道、变沙漠为良田、调节当地气候、美化周围环境。举世闻名的长江三峡工程建成后，将使三峡下游五省一市免受洪水灾害，将充足的电力输送到华中、华东、华北的城市和农村，并获得灌溉航运之利。但是，拦蓄巨大水量的挡水建筑物如果失事，将会给下游带来巨大的灾害，其损失远远超过建筑物本身的价值，并使以该水利枢纽为基础而建立起来的经济事业处于瘫痪状态。因此，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、加强管理，确保工程安全。

六、水利枢纽的分等和水工建筑物的分级

安全和经济是水利工程建设中必须妥善解决的矛盾。为使工程的安全性与其造价的经济合理性适当地统一起来，应将水利工程及其所属建筑物按工程规模、效益大小及其在国民经济中的重要性划分成不同的等级。不同的等级规定不同的设计标准，等级高的设计标准高，等级低的设计标准相应地降低。这种分等分级区别对待的方法，是国家经济政策和技术政策在设计中的重要体现。

我国《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》规定，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0-1所示；枢纽中的建筑物则根据所属工程的等级及其在工程中的作用和重要性分为五级，如表0-2所示。

表 0-1

工程 等级	工程规模	分 等 指 标				
		水库总库容 (亿m ³)	防 洪		灌溉面积 (万亩)	水电站装机容量 (万kW)
			保护城镇及工矿区	保护农田面积 (万亩)		
一	大(1)型	>10	特别重要城市、工矿区	>500	>150	>75
二	大(2)型	10~1	重要城市、工矿区	500~100	150~50	75~25
三	中 型	1~0.1	中等城市、工矿区	100~30	50~5	25~2.5
四	小(1)型	0.1~0.01	一般城镇、工矿区	<30	5~0.5	2.5~0.05
五	小(2)型	0.01~0.001			<0.5	<0.05

- 注 1. 总库容指校核洪水位以下的水库库容。
2. 分等指标中有关防洪、灌溉两项系指防洪或灌溉工程系统中的重要骨干工程。
3. 灌溉面积系指设计灌溉面积。

对于综合利用的水利枢纽工程，根据表0-1分等指标分属几个不同的等别时，整个枢纽工程的等别应按其中最高的等别确定。

按表0-2确定水工建筑物的级别时，如该建筑物同时具有几种用途，应按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，应按该项用途所属等别确定其级别。

表 0-2

工 程 等 级	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	

不同级别的水工建筑物，在以下四个方面应有不同的要求。

(1) 抗御洪水能力：如洪水标准、坝顶安全超高等。

(2) 强度和稳定安全度：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的要求及限制变形的要求等。

(3) 建筑材料：如选用的品种、质量、标号及耐久性等。

(4) 运行可靠性：如建筑物各部分尺寸的裕度大小和是否设置专门设备等。

在同一级别的水工建筑物中，当采用不同型式时，其要求也有所不同。

对于二至五等工程，在下述情况，经过论证可提高其主要建筑物的级别。

1) 水库的大坝，其高度超过表0-3中数值者，可提高一级，但洪水标准不予提高。

表 0-3

坝 的 原 级 别		2	3	4	5
坝 高 (m)	土坝、堆石坝、干砌石坝	90	70	50	30
	混凝土坝、浆砌石坝	130	100	70	40

2) 当水工建筑物的地质条件特别复杂或采用实践较少的新坝型、新结构时，可提高一级，但洪水标准不予提高。

3) 综合利用的水利枢纽工程，如按库容和不同用途的分等指标，其中有两项接近同一级别的上限时，其共用的主要建筑物可提高一级。

当临时性建筑物失事，将使下游城镇、工矿或其他国民经济部门造成严重灾害或严重影响工程施工时，视其重要性或影响程度，应提高一级或两级。对于低水头或失事后损失不大的水利水电枢纽工程，经过论证，其水工建筑物可适当降低级别。

设计永久性水工建筑物所采用的洪水标准，分为正常运用（设计）和非常运用（校核）两种情况。正常运用洪水标准，应根据工程规模、重要性和基本资料等情况，在表0-4规定的幅度内分析确定，非常运用洪水标准，一般按不低于表0-5规定的数值分析确定。但对于失事后对下游将造成较大灾害的大型水库、重要的中型水库以及特别重要的小型水库的大坝，当采用土石坝时，应以可能最大洪水作为非常运用洪水标准；当采用混凝土坝、浆砌石坝时，根据工程特性、结构型式、地质条件等，其非常运用洪水标准较土石坝可适当降低。

表 0-4

建筑物级别	1	2	3	4	5
洪水重现期 (年)	2000~500	500~100	100~50	50~30	30~20

表 0-5

不同坝型的枢纽工程	建 筑 物 级 别				
	1	2	3	4	5
	洪 水 重 现 期 (年)				
土坝、堆石坝、干砌石坝	10000	2000	1000	500	300
混凝土坝、浆砌石坝和其他水工建筑物	5000	1000	500	300	200

七、我国水利工程建设的发展

几千年来,我国劳动人民在防止水害和兴修水利上作出了卓越的贡献。长达1800km的黄河大堤,纵贯南北全长1700km的京杭大运河,四川都江堰分洪灌溉工程等,规模宏伟,蔚为壮观,体现了中国人民的勤劳和智慧。但是,由于长期封建制度的束缚和反动统治,解放前,水资源不仅未能很好地用来为人民造福,相反,劳动人民还经常遭受水旱灾害之苦。

建国后,在共产党和毛主席的领导下,我国的水利事业有了巨大的发展,建成了大批的水利工程。目前全国已有各类水库8万多座,总库容 $4.617 \times 10^{11} \text{m}^3$,灌溉面积已达7亿多亩,灌溉面积提供的粮食产量约占全国粮食总产量的三分之二;修建和加固堤防20多万km,主要江河的洪水得到了初步控制,几千年为患的黄河未再泛滥;水力发电装机容量已达 $3.458 \times 10^7 \text{kW}$,年发电量达 $1.184 \times 10^{11} \text{kW} \cdot \text{h}$,分别为解放初期的212倍和167倍;内河通航里程达10万多km。水利水电事业取得的成就,对国民经济的发展和保证人民的生活安全发挥了重要的作用。

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,都取得了成功的经验,有些方面已接近世界水平。例如,修筑在岩溶地区的乌江渡水电站,坝型为拱形重力坝,最大坝高165m,帷幕灌浆最大深度达200m;碧口水电站,拦河坝为壤土心墙土石坝,最大坝高101m,坝基处理采用混凝土防渗墙,最大深度为65.5m;陕西石头河水库,拦河坝为粘土心墙土石坝,最大坝高105m,已实现全面机械化施工;目前国内坝高库容均最大的龙羊峡水电站,坝型为重力拱坝,最大坝高177m,最大库容247亿 m^3 ,装机容量为128万kW,单机容量为32万kW;葛洲坝水电站是目前我国在长江上兴建的最大水电站,总装机容量为271.5万kW,年平均发电量141亿度,成功地进行了大江截流,设计截流流量为7300~5200 m^3/s 。