

职工大学教材



水工建筑物

安徽水利职工大学 刘家麟 主编



TV6-43
7

安徽水利职工大学 刘家麟 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书为水利职工大学“农田水利工程”专业的适用教材。全书除绪论外,共分三篇十三章。基本内容是蓄水、取水枢纽和渠系建筑物。主要讲述重力坝、拱坝、土石坝、溢洪道、水工隧洞与涵管、水闸,以及渠系建筑物中的渡槽、倒虹吸管等。对闸门、桥梁、过坝建筑物、陡坡、跌水等仅作简要介绍。

本书除适用于水利职大和专科做教材外,也可供水利类其它专业的师生和水利工程技术人员参考。

职工大学教材

水 工 建 筑 物

安徽水利职工大学 刘家麟 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 27.25印张 621千字

1991年12月第一版 1991年12月北京第一次印刷

印数 0001—1890册

ISBN 7-120-01282-7/TV·441

定价12.00元

前 言

本教材是根据能源部《一九八八—一九八九年水利、电力系统成人高校教材规划》以及水利类职工大学“农田水利工程”专业的《水工建筑物》教学大纲组织编写的。

《水工建筑物》是农田水利工程专业的的主要专业课之一。教材分三篇，以蓄水、取水水利枢纽及渠系建筑物为基本内容。根据对水利职大和大专层次学员要加强实践能力培养的要求，内容由浅入深循序渐进，注意联系实际并遵照新规范编写，着重基本概念、基本理论和基本知识的阐述；文字力求简练易读，照顾到教材的系统与全面性，不过分探求高深理论，对主要内容一一交待清楚，次要和较深的内容则指出出处，引导学员自己去探讨；为加强直观性，书中有大量插图；为便于应用也附有必要的图表；为扩大眼界、开拓思路、对当前一些新的科技成就及发展动态，也适当做一些介绍；考虑到我国幅员辽阔、各地区自然条件差异较大，对可选学的内容则排成小字体或用页下注处理，各校可根据地区特点自行取舍。

参加本教材编写的有江苏水利职工大学胡乃一（第七章），山东水利职工大学姜锡强（第十二章），颜宏亮（第八、十、十一、十三章），安徽水利职工大学姚宝成（第一章），李柏生（第三、四章），刘家麟（绪论、第二、五、六、九章）。全书由刘家麟主编，松辽水利水电职工大学陈浩主审。

本书在编写过程中，得到江苏、山东、松辽和安徽等水利职工大学各校领导和同志们的支持与关心，在此一并表示感谢。

由于我们的水平有限，书中内容不免有缺点和不妥之处，恳请同志们给予批评指正。

编 者

1990年6月

目 录

前 言

绪论	i
第一节 我国的水利资源和水利建设概况	1
第二节 水利工程、水利枢纽和水利建筑物	2
第三节 水利枢纽的分等和水利建筑物的分级	5
第四节 课程内容, 学习本课程的方法	6

第一篇 蓄水枢纽的水工建筑物

第一章 重力坝	8
第一节 概述	8
第二节 重力坝的荷载及其组合	10
第三节 重力坝的稳定分析	21
第四节 重力坝的应力分析	26
第五节 非溢流重力坝的剖面设计	35
第六节 溢流重力坝	39
第七节 重力坝的材料及构造	45
第八节 地基处理	53
第九节 宽缝重力坝简介	56
第二章 拱坝	58
第一节 概述	58
第二节 拱坝的布置	60
第三节 拱坝的应力计算	67
第四节 拱坝的坝头稳定、重力墩	89
第五节 拱坝的泄流、材料及构造	92
第三章 土石坝	97
第一节 概述	97
第二节 土坝的类型及工作特点	97
第三节 土坝的构造及尺寸	100
第四节 筑坝土料选择及其填筑标准	119
第五节 土坝的渗透计算	122
第六节 土坝的稳定计算	131
第七节 堆石坝、土石混合坝及过水土石坝	140
第四章 河岸溢洪道	148
第一节 概述	148
第二节 开敞式正槽溢洪道	148
第三节 侧槽式溢洪道	159
第四节 非常溢洪道	164

第五章 隧洞与涵管	167
第一节 概述	167
第二节 隧洞与涵管的类型和工作特点	167
第三节 隧洞与涵管的进出口建筑物	169
第四节 隧洞与涵管的线路选择与工程布置	178
第五节 隧洞和涵管的型式、尺寸与构造	181
第六节 作用在隧洞衬砌和涵管管身上的荷载	188
第七节 隧洞和涵管的结构计算	201
第八节 隧洞喷锚支护简介	226
第六章 蓄水枢纽	228
第一节 概述	228
第二节 坝址和坝型选择	228
第三节 蓄水枢纽的布置	230

第二篇 取水枢纽的水工建筑物

第七章 水闸	234
第一节 概述	234
第二节 水闸的孔口尺寸及消能防冲设计	237
第三节 水闸闸基的防渗与排水	249
第四节 闸室的布置和构造	258
第五节 闸室的稳定计算	263
第六节 闸室的结构计算	269
第七节 水闸与两岸的连接建筑物	275
第八节 闸门与启闭机	279
第八章 取水枢纽布置	285
第一节 概述	285
第二节 无坝取水枢纽	287
第三节 有坝取水枢纽	293
第九章 通航、过木、过鱼建筑物	305
第一节 通航建筑物	305
第二节 过木建筑物	312
第三节 过鱼建筑物	315

第三篇 渠系中的水工建筑物

第十章 渡槽	319
第一节 渡槽的组成及类型	320
第二节 梁式渡槽的槽身及支承结构	320
第三节 拱式渡槽的槽身及支承结构	325
第四节 桁架拱式渡槽的槽身及支承结构	341
第五节 斜拉渡槽的槽身及支承结构	343
第六节 渡槽的基础	348
第七节 渡槽的细部构造	352
第八节 渡槽的总体布置与设计步骤	355

第九节	槽身结构计算.....	368
第十节	主拱圈结构计算.....	373
第十一节	槽墩及槽台结构计算.....	383
第十一章	渠道上的桥梁	385
第一节	概述.....	385
第二节	渠道桥梁的型式与构造.....	385
第三节	桥梁的下部结构.....	392
第四节	桥梁的细部构造.....	394
第五节	渠道桥梁的设计荷载.....	395
第十二章	倒虹吸管及涵洞	402
第一节	倒虹吸管.....	402
第二节	涵洞.....	416
第十三章	跌水和陡坡	422
第一节	跌水.....	422
第二节	陡坡.....	424
第三节	其他型式的陡坡和跌水.....	426
主要参考文献		429

绪 论

第一节 我国的水利资源和水利建设概况

一、我国的水利资源

水是生命的源泉，是生态环境中最活跃的基本要素，是人类生存和社会发展所不可缺少的一项极宝贵的自然资源。

由于生产的发展和生活水平的不断提高，人们对水的需求也在日益增长，但因气候等自然因素的影响，水量在地区和年际、年内分布极不均匀，常造成来水与用水之间的矛盾。枯水时会出现干旱，洪水期又会泛滥成灾。为了控制和调节地面及地下水，达到兴利除害的目的，就需兴建各种综合利用工程，包括：防洪、发电、灌溉、航运、给排水、养殖、旅游、跨流域调水以及改善自然环境等。

我国地域辽阔，河流纵横，湖泊众多。水资源总量达2.8万多亿 m^3 。全国河流水能蕴藏量总计出力为6.8亿kW，其中可开发的为3.78亿kW。我国水资源总量居世界第六位，是水利资源丰富的国家之一。但按人均占有量计算，每人仅有2700 m^3 ，相当于全球平均水平的四分之一，列世界第88位。加之人口众多，水量分布又极不均衡，南方水多，北方水少。北方有些地区，人均占有水量只相当于世界上最干旱的国家。所以如何合理开发利用水利资源，爱惜水、节约水，是一项重要的任务。

二、我国水利事业发展概况

我国是世界上文明古国之一，早期的历史文献中就记载了公元前2280年大禹治水的事迹。到春秋战国，又是古代兴修水利的极盛时期，当时兴建了大量的农田水利工程。如公元前600年左右修建的芍陂，公元前246年修建的郑国渠，公元前256~251年修建的四川都江堰等灌溉工程。又如从公元前五世纪至1293年，到隋朝才基本完成的长1794 km的京杭大运河，都是历代劳动人民兴修水利的辉煌业绩。

然而，长期受到封建主义统治的旧中国，解放前近百年来又处在封建主义、帝国主义、官僚资本主义的剥削和压迫之下，生产力遭到极大摧残，寥寥无几的一点水利设施，多数已年久失修破坏严重，广大劳动人民饱受水旱灾害的严重威胁。

解放后，优越的社会主义制度，促使水利建设取得了巨大的成就。主要有：①防洪方面，50年代初开始对淮河、黄河等进行全面的规划和治理，以后又陆续对长江、海河等骨干河道，进行了综合整治，至80年代初已整修各类堤防17万多km，并修建了众多的水库、湖、洼、沟塘等蓄洪工程，提高了防洪能力，初步保证了各主要河道中、下游的安全；②农田水利工程方面，全国灌溉面积已由1949年的2.4亿亩增加到7.2亿亩，建成万亩以上灌区6000多处，其中100万亩以上的大型灌区20余处，如安徽淠、史、杭灌区等，排灌站装机5810万kW，机井240多万眼，为农业的持续稳产、高产提供了可靠的保证；③水力发电工

程方面,全国水电总装机容量已达3000万kW,年发电量超过1000亿度,已建成云南以礼河等梯级水电站、葛洲坝(装机271.5万kW)等多座大型水电站;④其他方面,全国现有河道通航里程达10.9万km,城镇日供水能力超过1亿m³,水库塘坝养殖渔业发展迅速,全国淡水鱼年产量已达200多万t,已治理水土流失面积达40多万km²,占总水土流失面积的30%。

近年来,随着国民经济的飞速发展,人民生活的不断改善,对水利建设的要求也日益提高,同时还有一些水利问题仍急待解决。如大江大河的防洪问题、一些地区的缺水问题、农田灌溉面积的萎缩、水利资源的综合开发利用、爱惜节约用水和环境保护问题等。所以今后仍需大力抓好水利工程建设,以适应国民经济发展的需要。还应充分发挥已建工程的作用,实行一条“加强经营管理、讲究经济效益”的改革方针,认真贯彻《水法》精神,促使水利工作开创一个崭新的局面。

第二节 水利工程、水利枢纽和水工建筑物

为了开发利用水利资源,兴水利除水害所修建的工程统称为水利工程。组成水利工程的建筑物则称为水工建筑物。为满足综合利用的要求,往往把多种水工建筑物布置在一起,形成一个综合体,这类综合体则称为水利枢纽。

一、水利枢纽

农田水利工程中常见的有蓄水水利枢纽,如图0-1所示大伙房水库枢纽。该枢纽可防洪、发电、灌溉,并兼有航运、给水、养鱼、旅游等综合效益。另一类是取水枢纽,见图0-2、0-3。图0-2是陕西渭惠渠渠首有坝取水枢纽;图0-3是前述两千多年前,秦朝李冰父子依靠当地劳动人民所建造的四川灌县都江堰取水枢纽,系由百丈堤、金刚堤等分水导流堤、飞沙堰泄水槽及宝瓶口取水口等建筑物所组成,位置合理,布局紧凑,相互调节,起到分水、泄洪、引水和防沙作用。

二、水工建筑物的分类

水工建筑物功能多样,型式各异,种类繁多。为了解其工作特点,正确选择设计标准,常根据水工建筑物的作用、重要性及使用期限等进行分类。

1. 按水工建筑物的作用分类

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,用以拦截河流,形成水库或壅高水位,如各种坝、闸和堤防等;
- (2) 泄水建筑物,用以从水库或渠系中宣泄多余的水量,以确保工程安全,如各种溢洪道、泄洪隧洞、涵管和泄水闸等;
- (3) 输水建筑物,从水源向用水地点输送水流的建筑物,如渠系中的隧洞、涵洞、渠道、渡槽等;
- (4) 取水建筑物,是输水建筑物的首部,如进水闸、抽水站、各类深式取水口等;
- (5) 河道整治建筑物,为整治河道改善水流状态,防止水流对河床产生破坏作用所修建的各种丁坝、顺坝、导流堤、防浪堤、护岸、护底等。

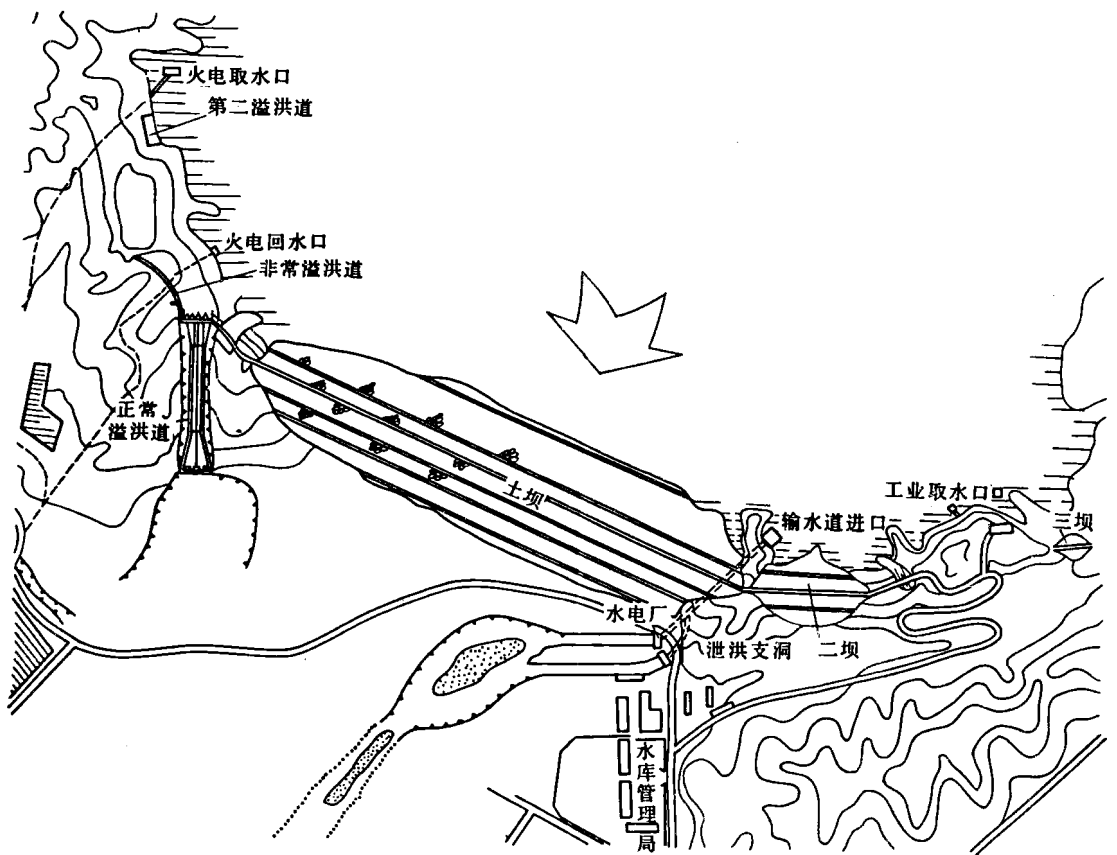


图 0-1 大伙房水库枢纽

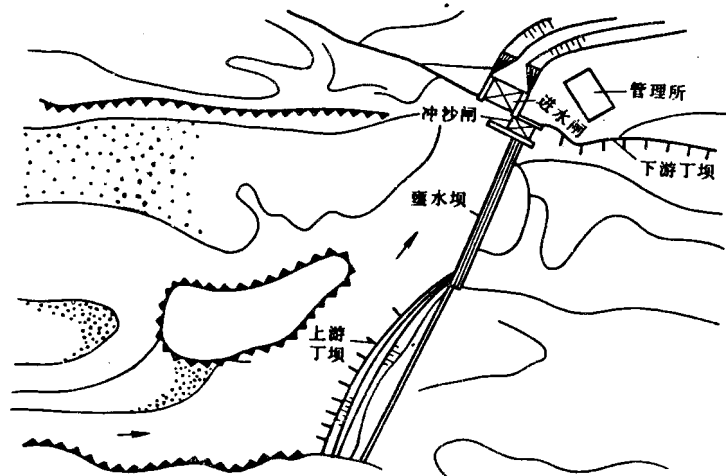


图 0-2 渭惠渠渠首平面布置图

专门建筑物有：用于农田水利、排灌方面的渠系建筑物；用于水力发电的厂房、调压井（塔）；用于航运的船闸、升船机；漂木、过鱼用的筏道、鱼道；进行泥沙处理的沉沙池；进行环境水处理的净化池；城市的给排水建筑物等。

2. 按建筑物的使用期限分类

(1) 永久性建筑物,是指工程运用中长期使用的建筑物。根据其在枢纽中的重要性可分为:

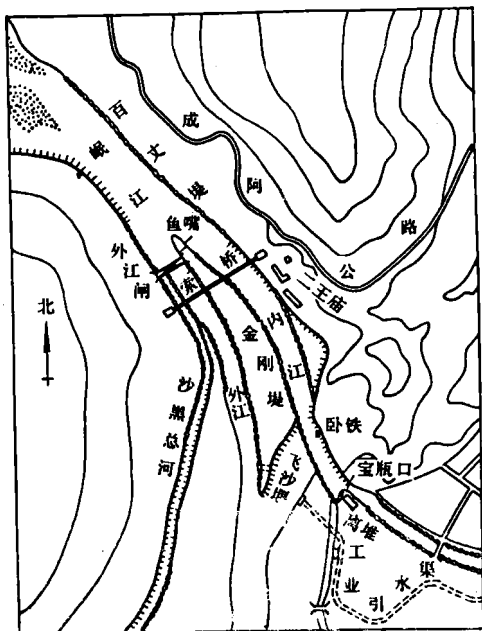


图 0-3 都江堰取水工程平面布置图

入建筑物内部和地基中的渗流,还会产生侵蚀和渗透破坏。泄水建筑物承受水流的动水压力,高速水流还可能产生气蚀、掺气、脉动和振动等影响,同时对河床产生冲刷。由于有些作用力尚难以精确计算,故进行水工建筑物设计时,除根据理论和经验拟定建筑物的轮廓、尺寸和构造外,还须参照已建类似工程和借助模型试验进行验证和修改,并在可能条件下开展原型观测研究,以改进和提高设计水平。

2. 施工条件复杂

在河流上修建水利枢纽，施工关键问题之一是导流，要求施工期间既要保证建筑物安全渡汛，又要采取措施使原河流顺利改道安全下泄。施工期有时还要保证航运和竹、木浮运等不致中断。而且工期较短、工程量大，又受气象、水文等多种自然条件的制约，还常需水下施工。所以与陆地上建筑物相比，具有施工强度大、难度高、技术复杂、条件艰苦等特点，故要求采用先进的施工技术、严密的施工组织和科学的管理体制。

3. 对国民经济及附近地区自然条件的影响大

大型水利枢纽的建设,对改变自然面貌,促进国民经济的发展会有重大影响。如长江中游拦断三江的葛洲坝水利枢纽,发电装机容量271.5万kW,库容15.8亿 m^3 ,对开发能源、调节径流、改善航运条件等发挥了巨大作用。但一般水库蓄水后对附近地区会产生淹没和浸没等影响,还可能破坏库区原有的生态平衡,尤其工程一旦失事,将会对下游人民的生命财产和国家建设带来巨大的灾难和损失。

1) 主要建筑物, 是枢纽中的主体, 它的失事将给下游造成灾害或严重影响工程效益, 如坝、泄洪建筑物、取水建筑物及电站厂房等;

2) 次要建筑物, 是指其失事后不致造成下游成灾或对工程效益影响不大、易于修复的建筑物, 如挡土墙、分流墩及护岸等。

(2) 临时性建筑物, 一般指枢纽工程施工期间所修建的施工围堰、导流建筑物等。

三、水工建筑物的特点

1. 工作条件复杂

主要由于水的作用所产生的各种作用力,使水工建筑物的工作条件变得复杂。如挡水建筑物,承受着水的巨大推力和风浪压力、地震动水压力、冰压力、浮托力、渗透压力等,这些力对建筑物的稳定性影响极大。渗

四、水利枢纽的基本建设程序

一般包括：勘测、规划、设计（初步设计、技术设计、施工详图）、施工、管理等。各程序之间存在着有机联系，应统筹兼顾，综合考虑。

针对上述特点，在进行水工建筑物的建设过程中，应严格按照国家规定的基本建设程序办事，并需搜集可靠的基本资料，通过充分的技术经济论证，配合必要的科学实验，采用先进的技术和手段，选择最优的设计方案。精心设计，精心施工，加强管理，扩大经济效益，确保工程安全。特别对美化、绿化、综合利用和环境保护等问题，应予以足够的重视。

第三节 水利枢纽的分等和水利
建筑物的分级

水利水电枢纽工程的等级划分及设计标准，关系到工程效益和下游人民生命财产的安全，对工程造价和建设速度等各方面也会产生巨大影响，是一项重要的技术标准。

根据《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准（山区、丘陵区部分）SDJ12-78(试行)》的规定，水利水电枢纽工程根据其工程规模、效益和在国民经济中的重要性划分为五等，如表0-1所示。

表 0-1 水利水电枢纽工程的分等指标

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.总库容系指校核洪水位以下的水库静库容；
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。

水利水电枢纽工程中的水工建筑物，根据其所属工程等级及其在工程中的作用、使用期限和重要性划分为5级，级别可按表0-2确定。

考虑安全可靠及其在国民经济中的重要性，对不同级别的建筑物，在下述几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）强度和稳定性，如建筑物的强度、抗滑稳定安全系数、防裂或限裂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裕度大小和是否设置各种专门的安全设备等。

确定建筑物级别的主要依据是表0-1和表0-2。在特殊情况下,经过充分论证,可适当提高或降低建筑物的级别。对水库大坝,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。对工程地质条件特别复杂或新坝型、新结构、综合利用的水利枢纽,如按库容和不同用途的分等指标,其中有两项接近同一等别上限时,其共用的主要建筑物可提高一级。对临时性水工建筑物,若其失事将导致下游城镇、工矿区或其它国民经济部门造成严重灾害和影响时,可提高一级或两级。对水头低、工作条件好、失事后不会造成重大损失的建筑物,通过论证,可适当降低级别。

平原、滨海地区枢纽工程等级划分及设计标准,可参见部标SDJ217-87(试行)。

表 0-2 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 0-3 水库大坝提级的指标

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

第四节 课程内容,学习本门课程的方法

一、课程的主要内容

本教材考虑了水利职大和专科的特点,是根据农田水利工程专业《水工建筑物》教学大纲组织编写的。

全书共分三篇:第一篇是蓄水枢纽的水工建筑物,着重介绍坝、溢洪道、隧洞等主要建筑物及枢纽布置;第二篇是取水枢纽的水工建筑物,着重介绍水闸等取水建筑物,枢纽中的过船、过鱼、过木等建筑物作为选学内容,本篇详细介绍了取水枢纽的布置,对防沙措施、沉沙池等仅作简略讲述;第三篇是渠系上的水工建筑物,重点是渠系中常见的渡槽、桥梁、倒虹吸管等,对涵洞、陡坡、跌水等建筑物仅作简单介绍。对水工建筑物的管理、养护和检查、观测等内容,考虑另有专课,书中不再介绍。

本教材的基本内容是:建筑物的工程布置、特点和型式,适用范围与工作条件,基本尺寸和构造、材料;作用于建筑物上的基本和特殊荷载及其组合;设计条件的选择;水力、

水工计算和建筑物的强度、稳定、配筋等问题。应重点掌握的是：建筑物的特点、型式，工作条件和工程布置，基本尺寸的拟定，设计的方法步骤等。

二、本课程与其它有关课程的联系

《水工建筑物》是一门综合性很强的专业课，涉及知识面相当广，与一系列基础和专业基础课有关，又和《农田水利》、《水利工程施工》、《抽水站》等专业课有密切联系。学习过程中，要综合利用基础理论，融汇贯通各种专业基础知识，再通过习题、课程设计、实验、实习和毕业设计等实践性环节，加强理论联系实际，培养分析问题和解决问题的能力。

三、研究本门课程的方法

水工建筑物种类繁多、型式多样，教学中要注意到职大学员有实践经验的特点，加强理论联系实际，着重掌握基本概念和原始资料的分析。要善于应用参考书和资料、手册及规范。对复杂的边界条件和荷载组合，在进行规划设计时，可做一些必要的简化，然后运用已有理论去分析解决问题。由于水利工程既有其特殊性和个别性，又有其复杂性，所以在解决规划设计等问题时，还常采用类比与方案比较法。可参照条件相似而且运转良好的已成建筑物的规划、设计等经验，将其转用于新建工程中；对同一水利工程或水工建筑物，可拟定多种不同方案，通过技经比较和优化，选定最优方案。目前理论上尚难以解决的问题，还可借助于模型试验和原型观测等手段，去寻求解决问题的合理答案，并藉以验证和发展现有的规划设计理论和方法。因目前多种水工建筑物的计算，都已有现成的电算程序，为节省篇幅不再列入，可参阅有关专著。部分选讲内容用小字体排列。

第一篇 蓄水枢纽的水工建筑物

蓄水枢纽是以挡水建筑物（拦河坝）为主体的水工建筑物的综合体。拦河坝的作用是拦截河道来水，抬高上游水位以形成水库。蓄水枢纽除挡水建筑物——拦河坝以外，还包括泄水及放水建筑物——溢洪道、隧洞与涵管等。挡水、泄水及放水建筑物，是蓄水枢纽中的一般建筑物。修建蓄水枢纽，是综合开发水利资源的有力措施，所以，除一般建筑物外，蓄水枢纽中还可能有为各个用水部门服务的专门建筑物，如通航、过木、过鱼建筑物和水电站等。本章将重点讲述蓄水枢纽中的一般建筑物和蓄水枢纽的布置。

坝是蓄水枢纽中的主体建筑物，按照筑坝材料与坝型的不同，拦河坝有：用当地土、石料修建的土坝和堆石坝，用浆砌石、混凝土修建的重力坝和拱坝，用浆砌石、混凝土以及钢筋混凝土修建的大头坝和轻型支墩坝等。根据本专业的性质和目前蓄水枢纽中使用的坝型情况与发展趋势，本篇主要介绍浆砌石与混凝土重力坝和拱坝，以及使用比较普遍的土石坝。

泄水建筑物分河岸式与河床式两类，河岸溢洪道在第四章中讲述。浆砌石及混凝土坝可以是溢流的，溢流重力坝和溢流拱坝便是河床式溢洪道。泄水及放水建筑物除隧洞与涵管外，还有修建在浆砌石及混凝土坝中的泄水及放水孔（管），这些泄水和放水建筑物均在本篇中讲述。

第一章 重 力 坝

人类修建堰、坝已有数千年历史，重力坝是出现最早的一种坝型。早在公元前2900年，埃及便在尼罗河上修建了一座高15m、顶长240m的挡水坝。重力坝结构简单、工作可靠，至今仍是一种被广泛采用的坝型。

我国目前正在施工以及近期拟建的大、中型水利水电工程中，有半数采用混凝土重力坝。

第一节 概 述

一、重力坝的工作特点

重力坝大多修建在岩基上，它的基本剖面呈三角形，通常上游面为铅直或稍有倾斜，坝底与基岩固结。

重力坝在水压力作用下，主要依靠坝体自重产生的抗滑力维持稳定。由于混凝土或浆砌石能承受水流的冲刷作用，所以重力坝既可以做成非溢流的，也可以做成溢流的，见图1-1。

重力坝之所以得到广泛采用，是因为它具有以下几方面的优点：

(1) 安全可靠。重力坝剖面尺寸大，应力较低，筑坝材料强度高，耐久性好，因而抵抗水的渗漏、洪水漫顶、地震和战争破坏的能力都比较强。据统计，重力坝在各种坝型中，失事率是较低的。

(2) 对地形、地质条件适应性强。任何形状的河谷都可以修建重力坝。因为坝体作用于地基面上的压力不高，所以对地质条件的要求也较低。当坝的高度不大时甚至可以修建在土基上。

(3) 枢纽泄洪问题容易解决。

重力坝可以做成溢流的，也可以在坝内设置泄水孔，一般不需要另设溢洪道或泄水隧洞，枢纽布置紧凑。

(4) 便于施工导流。在施工期可以利用坝体导流，一般不需要另设导流隧洞。

(5) 施工方便。大体积混凝土，可以采用机械化施工，在放样、立模和混凝土浇筑方面都比较简便。

(6) 结构作用明确。重力坝沿坝轴线用横缝分成若干坝段，各坝段独立工作，结构作用明确，应力分析和稳定计算都比较简单。

重力坝也存在下面一些缺点：

(1) 坝体剖面尺寸大，水泥用量多；

(2) 坝体应力较低，材料强度不能充分发挥；

(3) 坝体与地基接触面积大，因而坝底的扬压力较大，对稳定不利；

(4) 坝体体积大，施工期混凝土的温度应力和收缩应力较大，在施工期对混凝土温度控制的要求较高。

二、重力坝的类型

重力坝通常根据坝的高度、筑坝材料、泄水条件和断面的结构型式进行分类。

(1) 按坝的高度分类。重力坝按坝的高度，分为低坝、中坝、高坝三类。坝高小于30m的为低坝，坝高30~70m的为中坝，坝高大于70m的为高坝。

(2) 按筑坝材料分类。根据坝体的填筑材料，分为混凝土重力坝和砌石重力坝。对于重要的和较高的重力坝，大都用混凝土建造，而在中小型工程中砌石重力坝被广泛采用。

(3) 按泄水条件分类。按重力坝顶部是否溢流，分为溢流重力坝与非溢流重力坝。一座重力坝往往是一段坝顶溢流，其余坝段不溢流。其中溢流部分称为溢流坝段，不溢流部分则称为非溢流坝段。重力坝的断面大，创造了坝顶溢流的条件，也有利于坝内设置泄水管道，从而可以减少整个枢纽工程量和造价。因此，不利用坝身泄水而另作溢洪道或放水设备的做法是少见的。如果坝身的过水能力不足时，则可以设置其它的泄水设备来辅助泄放洪水。

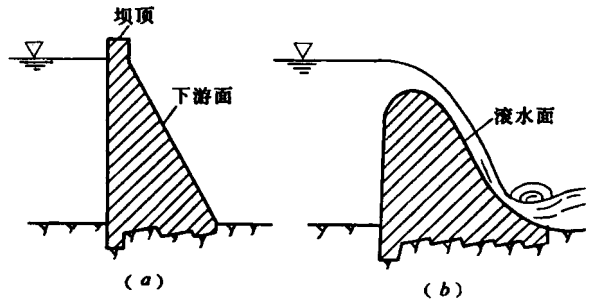


图 1-1 重力坝剖面型式
(a)非溢流坝剖面；(b)溢流坝剖面

(4) 按坝的结构型式分类。有实体重力坝、空腹重力坝和宽缝重力坝等之分。实体重力坝构造简单, 对地形、地质条件适应性强; 空腹和宽缝重力坝, 也称非实体重力坝, 见图1-2, 它们能有效地减少扬压力, 较好地利用材料强度, 并可节省工程量。

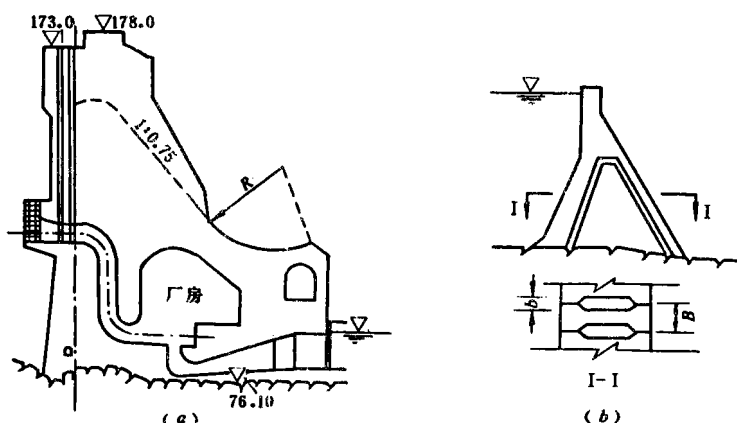


图 1-2 非实体重力坝
(a)空腹重力坝; (b)宽缝重力坝

国内一些地区还发展了硬壳坝、填碴坝等坝型, 前者是用干砌石或堆石代替实体重力坝内低应力部分的坝体, 外包以浆砌块石或条石或混凝土的硬壳; 后者的作用原理与前者相同, 在坝内留有空格或宽缝供填碴之用。

第二节 重力坝的荷载及其组合

作用在重力坝上的荷载主要有: 坝体及其上永久设备的自重、水压力、扬压力、泥沙压力、浪压力、地震荷载、冰压力及土压力等。这些荷载按其性质可分为基本荷载和特殊荷载两种。设计时要考虑不同的荷载情况, 验算坝体的稳定条件和应力分布。

一、作用在坝体上的荷载

1. 自重

坝体自重是维持坝身稳定的重要因素, 一般按单宽计算, 其重力与筑坝材料的重度有关, 一般混凝土重度为 24 kN/m^3 , 浆砌石重度为 $22 \sim 24 \text{ kN/m}^3$ 。坝上设备只计入固定设备的重力, 非固定设备的重力不予计算。

2. 水压力

(1) 静水压力。静水压力是作用在坝面上的主要荷载, 可按静水力学原理计算 (图1-3)。如水中含有泥沙较多, 应按含沙浑水重度计算。

(2) 动水压力。溢流重力坝泄水时, 溢流坝面上将有动水压力 (图1-4)。坝顶段 ab 需做成非真空或稍带真空的剖面堰形状, 正或负的动水压力一般不大, 直线段 bc 上的动水压力也很小, 都可以忽略不计。

根据动量方程推导的结果, 并忽略某些次要因素, 可得反弧段 cd 上的铅直向动水压力