

电力工业学校重点教材

水电工程概论

葛洲坝水电工程学校 王朝政 主编

中国水利水电出版社

序

近年来,电力职业技术教育在结构改革过程中,创建了将中专和技校融为一体的新型办学模式——形成统一的电力工业学校。与此同时,进行了专业设置、教学计划、课程体系等一系列教学改革。教材作为教与学双边活动过程中不可缺少的信息载体,它的改革和建设必然是教学改革的重要组成部分。为了巩固教育、教学改革已经取得的成果,推动改革持续深入发展,满足电力工业学校教学工作的急需,并促进教学质量不断提高,从1996年底开始,便着手组织力量进行教材改革的研究探索和教材建设的安排部署,先后成立了电力工业学校教材建设研究课题组,制订了《关于电力工业学校教材建设的若干意见》和《电力工业学校教材出版、推荐、评优暂行办法》,组建了电力工业学校教材编审委员会,并于1997年末在电力职业技术教育委员会各教学研究会和网、省电力公司教育部门推荐的基础上,经过审议,遴选确定了电力工业学校第一批(23种)重点教材编审出版计划。

为了加快教材建设步伐和繁荣教材创作局面,电力工业学校教材建设采取点面结合、统分结合的方法,以重点教材带动一般教材。重点教材的建设旨在对教材改革起重点研究、典型引路、以点带面的龙头作用。这批重点教材力求根据职业技术教育的特点和培养应用型人才的教育目标,突出教材的定向性或针对性,以电力行业工作岗位需要的综合职业能力和素质要求作为界定教材内容的依据,不片面追求学科体系的完整性,而强调贴近生产实际和工作实际,使理论同实践紧密结合,传授知识同培训技能紧密结合;精选教材内容,删繁就简,返璞归真,充实技术性、工艺性、实用性的内容,而且体现先进性和科学性的原则;注重定性分析,阐明物理意义和应用方法,简化某些论证,减少不必要的数学推导。在内容的编排、组合上,一是最大限度地做到模块化,增强教材使用的灵活性,便于不同教学阶段、不同专业采用;二是使理论阐述同实践指导有机结合,便于在教学过程中贯穿能力培养这一主线,采用以实际训练为轴心的把讲授、实验、实习融于一体的教学方式,适应各校功能延伸的新要求,兼顾各种职业培训对教材的需要。

这批教材的出版只是整个教材改革和建设的阶段性成果,仍需再接再厉,继续深化教材改革,推进教材建设。预期经过几年的努力,形成一套具有电力职业技术教育特色、以职业能力培养为主线、门类比较齐全、形式比较多样,并能与其他教育相衔接、兼顾职工培训需要的教材体系。

中国电力企业联合会教育培训部

电力工业学校教材编审委员会

1998年9月

前 言

《水电工程概论》是电力工业学校水电工程建筑与施工专业（三、四年制）的一门主干课程；是按照中国电力企业联合会教育培训部 1998 年 9 月颁发的教学计划（试行）和水电类专业教研会组织审定的教学大纲为依据进行编写的。

本教材是电力工业学校教材编审委员会确定的重点教材，遵照电力职业技术教育课程改革的原则和基本思路，力求贯彻以能力为本位的思想。本书由综述和几种主要的水工建筑物、水利水电工程施工两篇（相当于三个教学模块）组成；两篇又划分为 12 章，形成有机的教学单元。在教材的结构上具有一定的弹性和模块特征。教材力求反映当前水电施工建设的新特点和成果，尽量避免教材中与专业培养目标不相适应的偏深、偏难的内容。在每一个教学单元进行小结以后，增加了实训课题、思考题、参考资料等内容。总之，该教材在教材结构形式、内容选取与编排组合上，以及在便于组织教学上，尽可能体现出创新的特点。

本书由葛洲坝水电工程学校王朝政主编，顾志刚、丁晓杰、王兰香、程晓丰、刘川平、柴文学、张桂荣、荣凡参加了本教材的撰写及工程现场材料的搜集工作；最后由王朝政、顾志刚、丁晓杰修改定稿，由葛洲坝职教中心邵建华主审。

在本书的编写过程中，得到了中电联教育培训部、葛洲坝集团公司各施工单位的指导和支持，谨表谢意。

对本书存在的缺点和不足之处，恳切希望读者批评指正。

编 者

1998 年 9 月

目 录

序	
前 言	
综 述	1
第一节 水资源	1
第二节 水能资源	3
第三节 水工建筑物和水利枢纽	7
第四节 水工建筑物及其施工特点	9
第五节 水利水电工程对环境的影响及保护措施	10
小结	16
实训课题	17
思考题	17
参考资料	18

第一篇 几种主要的水工建筑物

第一章 重力坝	19
第一节 概述	19
第二节 重力坝的工作原理	21
第三节 重力坝的剖面型式	24
第四节 重力坝的深式泄水孔	28
第五节 泄水重力坝的下游消能措施	30
第六节 重力坝的材料和构造	33
第七节 碾压混凝土重力坝	38
小结	41
实训课题	42
思考题	42
参考资料	43
第二章 拱坝	44
第一节 概述	44
第二节 拱坝的平面布置	48
第三节 拱坝的泄洪	51
第四节 拱坝的材料和构造	53
第五节 碾压混凝土拱坝	55

小结	57
实训课题	57
思考题	57
参考资料	58
第三章 土坝	59
第一节 概述	59
第二节 土坝的剖面尺寸及构造	62
第三节 土坝的渗流	68
第四节 土坝的稳定	70
第五节 土坝的筑坝材料及填筑标准	72
小结	74
实训课题	75
思考题	75
参考资料	75
第四章 堆石坝	77
第一节 概述	77
第二节 堆石坝的基本剖面和筑坝材料	80
第三节 混凝土面板堆石坝的构造	82
第四节 沥青混凝土防渗体堆石坝的构造	87
小结	89
实训课题	90
思考题	90
参考资料	90
第五章 泄水与通航建筑物	92
第一节 水闸	92
第二节 溢洪道	99
第三节 水工隧洞	103
第四节 通航建筑物	110
小结	116
实训课题	117
思考题	117
参考资料	118
第六章 水电站厂房	119
第一节 水电站厂房的功用和组成	119
第二节 水电站厂房的工作特点和结构型式	120
第三节 水电站厂房的类型	123
小结	125

实训课题	126
思考题	126
参考资料	126

第二篇 水利水电工程施工

第七章 施工导流与截流	127
第一节 施工导流的方法	127
第二节 围堰	131
第三节 截流工程	135
第四节 基坑排水	138
小结	142
实训课题	142
思考题	143
参考资料	143
第八章 地基处理施工	145
第一节 概述	145
第二节 岩基开挖	147
第三节 岩基处理	151
第四节 软基处理	156
小结	162
实训课题	162
思考题	162
参考资料	163
第九章 混凝土工程施工	165
第一节 砂石骨料生产	165
第二节 混凝土生产	169
第三节 混凝土运输	171
第四节 混凝土浇筑与养护	177
第五节 混凝土坝温度控制措施与分缝分块	181
第六节 坝体接缝灌浆	184
第七节 水闸和厂房混凝土施工	185
小结	189
实训课题	189
思考题	190
参考资料	190
第十章 碾压混凝土施工	192
第一节 概述	192

第二节 碾压混凝土的运输	193
第三节 碾压混凝土的摊铺和压实	196
第四节 碾压混凝土结构缝与施工缝	197
第五节 碾压混凝土养护与防护	198
小结	199
实训课题	200
思考题	200
参考资料	200
第十一章 土坝和混凝土面板堆石坝施工	202
第一节 土坝料场选择与坝料运输	202
第二节 土坝坝体施工方法	205
第三节 混凝土面板堆石坝施工	212
小结	217
实训课题	217
思考题	218
参考资料	218
第十二章 地下工程施工	220
第一节 概述	220
第二节 隧洞施工	221
第三节 地下厂房施工	232
小结	235
实训课题	235
思考题	236
参考资料	236
主要参考文献	237

综 述

【提示】 水是万物之源,是人类赖以生存和社会发展必不可少的物质基础,具有多方面的利用价值。兴建水利水电工程的主要目的之一,就是把蕴藏在河川水流和沿海潮汐中的天然水能加以开发利用,生产出造福于社会的电能。在开发水能资源的同时,不能忽视水利水电工程对环境的影响。

第一节 水 资 源

广义上讲,自然界所有的水,包括气态、固态和液态三种形式存在的水,统称为水资源;而通常所说的水资源是狭义的概念,是指可供人们取用的、在一定时间内能够得到恢复和更新的地面和地下淡水,如河流和湖泊中的水、土壤水和地下水等。

一、我国的水资源

我国水资源总的补给来源是大气降水。全国多年平均降水总量约 6 万亿 m^3 ,折合平均降水深 628mm,低于全球陆面(834mm)和亚洲陆面(740mm)的多年平均降水深。

在我国 960 万 km^2 的辽阔土地上,流域面积在 100 km^2 以上的河流约 5800 条,大小河流总计河川多年平均径流量约 2.64 万亿 m^3 ,多年平均地下水补给量约 0.77 万亿 m^3 。两者之合约 3.41 万亿 m^3 。由于地表水和地下水同源与降水,密切联系又相互转化,扣除重复部分的水量约 0.69 万亿 m^3 ,统计得全国年水资源总量 27209 亿 m^3 。与世界各国相比,仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国和印尼,居世界第六位。但以 12 亿人口分摊,人均年占有水资源量仅为 2267 m^3 ,只相当于世界人均年水资源占有量的 1/4,如果按将来 15 亿人口计,人均年占有水资源量将下降到 1814 m^3 ,可见我国的水资源并不丰富。

由于气象和地理条件的限制,我国水资源有两大特点:一是地区分布不均,长江流域和长江以南,水资源占全国总量的 80%,而黄、淮、海三大流域水资源仅占总量的 8%,华北和西北地区人均水资源占有量约为全国人均占有量的 1/5~1/4,仅为世界人均占有量的 1/20~1/16,如表 0-1 所示。二是降水在年内分布不均,降雨多集中在每年的 7、8、9 月份,此时易造成河川洪水和土地涝渍,洪涝灾害较多。

二、水资源的综合利用

水资源具有多方面的利用价值,不同的国民经济用水部门,以不同的方式利用水资源。如农业灌溉、工业民用给水,都消耗一定的水量;水力发电只利用水能;航运和渔业则主要是利用水体的存在。这些用水部门之间在用水量和用水时间上往往存在着矛盾。因此,有必要使同一河流或同一地区的水资源同时满足几个用水部门的需要,做到“一库多用”或“一水多用”,并且将除水害和兴水利结合起来,这种开发利用水资源的方式就称为水资源的综合利用。

表 0-1

我国各流域年均水资源总量(1956~1979 年统计平均数)

单位:亿 m³

各片名称	河川径流量 (1)	地下水补给量 (2)	河川及地下水合计 (3)=(1)+(2)	重复水量 (4)	水资源总量 (3)-(4)
全国总计	26379	7718	34097	6888	27209
黑龙江流域片	1192	552	1744	355	1389
辽河流域片	486	229	715	134	581
海滦河流域片	292	277	569	163	406
黄河流域片	688	422	1110	348	762
淮河流域片	766	454	1220	196	1024
长江流域片	9600	2130	11730	2130	9600
珠江流域片	4738	960	5698	960	4738
浙闽台诸河片	2714	575	3289	575	2714
西南诸河片	4684	1115	5799	1115	4684
内陆诸河片	1116	945	2061	854	1207
额尔齐河流域片	103	59	162	58	104

1. 水力发电

水力发电是开发利用水资源的重要行业。一方面,水力发电可提供大量廉价的电力,有力地促进本地区和其他地区工农业生产及科学技术的发展。另一方面,从用水的特点看,水力发电只是利用了水流所具有的能量,它本身不是水的消耗者,也不会对水产生污染,发电后的水仍可供下游其他部门使用,使之发挥综合利用效益。

水力发电通常要修筑挡水坝,用以集中河段的落差取得水头和调节径流取得流量,引导水流通过厂房中安装的水轮发电机组将水能转变为机械能和电能。

2. 防洪

在多雨地区的河流,如发生暴雨洪水超过河床的汇流能力或安全水位,会导致河流泛滥或堤防决口,酿成洪灾,使工农业生产遭受损失,威胁人民生命财产的安全。防洪的主要措施如下:

(1)分洪、滞洪和蓄洪:分洪是在泄流能力不足河段的上游修建分洪闸,将超过河段安全泄量的部分洪水引走以保证该河段的安全。滞洪是利用水库、湖泊和洼地等,暂时滞留一部分洪水,以削减洪峰流量,等洪峰过去以后,再将滞留的洪水放回原河下泄。蓄洪是修建水库蓄留一部或全部洪水,削减洪峰流量。

(2)提高河流泄流能力:修建堤防、疏浚与整治河流,提高河流的过水能力。

(3)水土保持:水土保持是利用造林、种草等生物措施和修筑梯田、治理沟壑等工程措施,拦蓄雨水,保护地面土壤少受冲刷。土壤中的孔隙也能积蓄一定的水量,使暴雨洪水变成涓涓细流。水土保持还可以减少入河的泥沙量,维护河槽的泄水能力,对于泥沙淤积严重的河流(如黄河)两岸,水土保持就更为重要。

3. 农田水利

农作物的生长与气象条件(温度、日照、湿度、风速等)和农田土壤水分状况有关。为保持

最适于农作物生长的农田土壤水分状况,向农田输水、配水或排水,称为农田水利。

实现农田水利化,通常是建闸、修渠、挖沟,形成良好的灌溉排水系统,使农田旱则可灌,涝则能排。一般由天然河、湖或人工水库引水,由渠道输水至灌区进行自流或提水灌溉。在缺乏地面水源的地区可打井抽引地下水。

4. 供水和排水

供水是供给城市人民生活和工矿企业生产的用水;排水是排除废水、污水及暴雨积水。

5. 航运

内河航运是利用水的浮载能力,以河流、湖泊、水库和人工运河为航道的客货运输。

发展航运的工程措施是疏浚天然河道,开挖人工运河及修建码头、航标和护岸等设施。内河水道有时为了获得足够的航深和平稳的流速,需修建一系列的节制闸和船闸等建筑物。当航道通过水库时,需修建过坝建筑物如船闸或升船机、筏道等。

其他还有渔业、竹木浮运、旅游和环境保护等,也是综合利用水资源相关的部门。

水资源综合利用的原则是以最少的投资,充分地开发利用天然的水资源,来满足各有关国民经济部门目前和长远的需要,并获得最大效益。例如:水库防洪与兴利库容的结合使用;一定的水量既用于发电或航运,又用于灌溉或工业和居民给水。因此,综合利用不是简单的相加,而是有机的结合,综合地满足多方面的需要。

第二节 水 能 资 源

在天然河流和沿海潮汐中蕴藏着丰富的水能资源。构成河流水能资源的基本要素有两个:一是河中的水量或流量,二是河段落差。河流的水能资源通常用装机容量(kW)和年发电量(kW·h)表示。工程上对某河段装机容量的简单计算公式为

$$N = kQH \quad (0-1)$$

式中 N ——河段的装机容量,kW;

Q ——河段流量, m^3/s ;

H ——河段落差,m;

k ——出力系数。

一般大型水电机组, $k=8.0\sim 8.5$;中型 $k=7.0\sim 7.5$;小型 $k=6.0\sim 6.5$ 。

由上式知,河中通过的水量愈大,河段落差愈大,河段所蕴藏的水能就愈多。

一、我国的水能资源

我国幅员辽阔,河流众多,总长度达42万多km,流域面积在 $100km^2$ 以上的河流就有5800多条,还有星罗棋布的湖泊及沿海潮汐等,水能蕴藏量极为丰富。我国仅河川水能资源估算约为6.8亿kW,可开发利用的装机容量约为3.79亿kW,年发电量约为1.92万亿kW·h,均居世界首位。如能全部开发,每年所提供的能量约相当于10亿t标准煤。全国水能资源分布概况可参看表0-2。

由表0-2可以看出,我国水能资源的分布对于能源的开发极为有利。例如,西南地区缺煤而水能资源丰富;华北内蒙古地区水能资源较少,但煤炭丰富;沿海地区河川水能资源不

多,却有大量的潮汐能源。此外,从全国水资源储量及环境保护要求来看,这对我国大力发展廉价、洁净、无污染的水电也十分有利。同时,加快水电开发还可以改善我国能源结构,缓解电力供需矛盾。

表 0-2 全国各地区水能蕴藏量及可能开发的水能资源

地 区	水 能 蕴 藏 量			可能开发的水能资源		
	出 力 (万 kW)	发 电 量 (亿 kW·h/a)	占全国的比重 (%)	装 机 容 量 (万 kW)	年发电量 (亿 kW·h/a)	占全国的比重 (%)
全 国	67604.71	59221.8	100	37853.24	19233.04	100
华北地区	1229.93	1077.4	1.8	691.98	232.25	1.2
东北地区	1212.66	1062.3	1.8	1199.45	383.91	2.0
华东地区	3004.88	2632.3	4.4	1790.22	687.94	3.6
中南地区	6408.37	5613.8	9.5	6743.49	2973.65	15.5
西南地区	47331.18	41462.1	70.0	23234.33	13050.36	67.8
西北地区	8417.69	7373.9	12.5	4193.77	1904.93	9.9

从 1910 年我国第一座水电站开工兴建以来,我国的水电建设事业经历了漫长的、由慢到快的发展过程。旧中国水电建设的速度十分缓慢,到 1949 年,全国仅有水电装机 16 万 kW。建国以来,我国的水电事业发展迅速,截止到 1979 年,全国水电装机已达 1605 万 kW,是 1949 年的 100 倍。而从 1980 年到 1996 年的 10 多年时间里,全国水电装机比 1979 年又增加近 2.5 倍,达到 5558 万 kW。近几年来,我国已建成一批装机在百万千瓦以上的大型水电工程。我国正在建设的三峡水利枢纽工程,在规模上超过巴西的伊泰普工程,装机容量达 1820 万 kW,将成为世界上最大的巨型水电站。目前,我国有关决策部门已把加快水电开发列为我国电力工业发展的首要任务,力争在下一世纪的头 10 年把我国水电装机容量占全国电力装机总容量的比重提高到 30%。即到 2010 年,我国的水电装机容量要比现在净增 1 亿 kW,达到 1.6 亿 kW 左右。这将是我国水电建设工作者面临的光荣而又艰巨的任务。

二、水能资源的开发方式

要开发利用一个河段蕴藏的水能,首先要把沿河的落差集中起来,形成可以利用的水头。其次,由于河中天然流量变化甚大,需要建造水库来调节流量。所以,开发利用水能的方式就表现为集中落差和引用流量的方式。而集中落差是主要的。根据被开发河段的水文、地形、地质等条件的不同,集中落差主要有以下几种基本方式。

1. 坝式开发

在河流狭窄处,拦河筑坝或闸,坝前壅水,在坝址处形成集中落差,这种水能开发方式称为坝式开发。用坝集中水头的水电站称为坝式水电站(见图 0-1)。

坝式水电站的水头取决于坝高,显然坝愈高,水电站的水头也愈大。目前,世界上坝式水电站的最大水头已接近 300m。

水头较高的坝式水电站,其厂房常布置在坝的下游面,不挡水,故称坝后式水电站。坝后式水电站的一般特点是水头较高,厂房本身不承受上游水压,与挡水坝分开。目前我国正在兴建的最大的水利枢纽——三峡水电站是典型的坝后式水电站,其最大坝高 175m,设计水

头为 113m。

在平原河段上,或在其他地区因地形、地质及淹没损失等条件不允许建高坝时,则可建低坝或闸坝等坝式水电站。由于水头不高,厂房本身能承受上游水压力,起挡水作用,通常将厂房和坝或闸坝一起建筑在河床中,成为挡水建筑物的一个组成部分,故称河床式水电站(见图 0-2)。

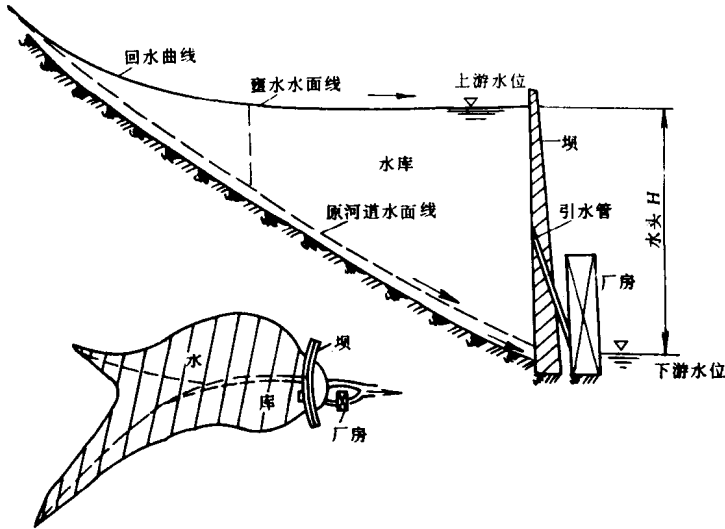


图 0-1 坝式水电站示意图

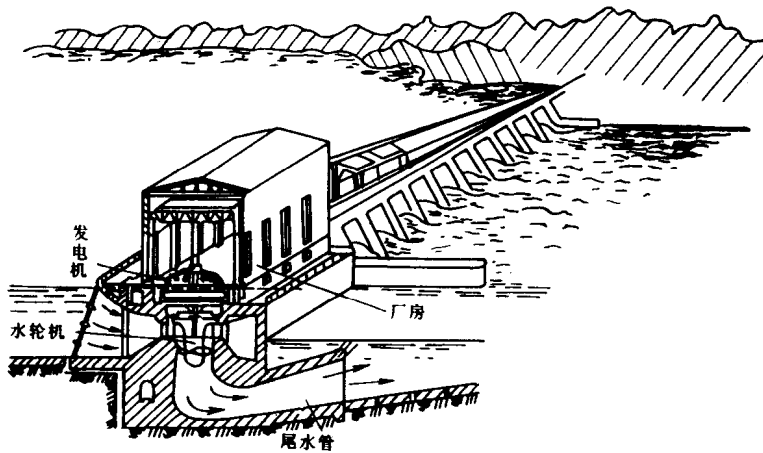


图 0-2 河床式水电站布置示意图

我国已建成不少河床式水电站,如浙江富春江、广西西津、甘肃八盘峡,在长江上的葛洲坝水电站是个巨型河床式水电站。

坝式开发的显著优点是由于形成蓄水库,可用以调节流量,故坝式水电站引用流量大,电站规模也大,水能的利用程度较充分。目前,世界上装机规模超过 200 万 kW 的巨型水电站大都是坝式水电站。

但是,由于筑坝的工程量较大,尤其是形成蓄水库会带来淹没问题,造成库区土地、森林、矿产等的淹没损失和城镇居民搬迁安置工作的困难。所以,坝式水电站一般投资大,工期

长,造价高。

坝式开发适用于河道坡降较缓,流量较大,有筑坝建库条件的河段。

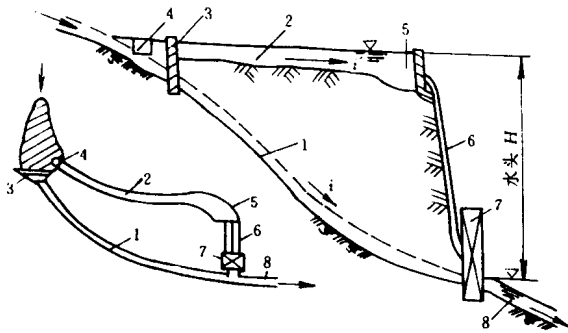


图 0-3 无压引水道式水电站

- 1—原河道;2—明渠;3—取水坝;4—进水口;
5—前池;6—压力水管;7—水电站厂房;8—尾水渠

的坡降 i' , 小于原河道的坡降 i , 因而随着引水道的增长, 逐渐集中水头。

与坝式水电站相比, 引水式水电站的水头相对较高。目前世界上引水式电站最大水头为 2030m (意大利劳累斯引水式电站)。但由于引水式电站引用流量较小, 又无蓄水库调节流量, 水量利用率较低, 综合利用价值较低, 电站规模相对较小 (最大装机容量为几十万千瓦)。然而, 因无水库淹没损失, 工程量又较小, 所以单位造价也往往较低。

引水道式开发适用于河道坡降较陡, 流量较小的山区性河段。

3. 混合式开发

在一个河段上, 同时用坝和有压引水道结合起来共同集中落差的开发方式, 叫混合式开发。坝集中一部分落差 H_1 后, 再通过有压引水道 (隧洞) 集中坝后河段的另一部分落差 H_2 , 形成电站总水头 H 。这种开发方式的水电站称为混合式水电站, 其布置如图 0-4 所示。混合式开发兼有坝式开发和引水道式开发的优点, 但必须具备合适的条件。一般来说, 河段上游有筑坝建库的条件, 下部坡降较大, 宜用混合式开发。

一个河段究竟采用何种开发方式, 决定于当地地形、地质、水文和技术经济等条件。一般情况下, 应通过不同开发方式的多种方案的技术经济比较来决定。

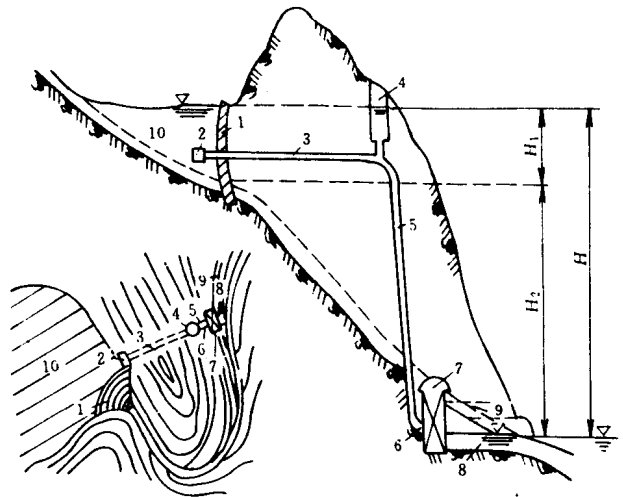


图 0-4 混合式水电站

- 1—坝;2—进水口;3—隧洞;4—调压井;5—斜井;
6—钢管;7—地下厂房;8—尾水洞;9—交通洞;10—蓄水库

第三节 水工建筑物和水利枢纽

一、水工建筑物

为了实现开发利用水资源的目的,通常需要修建不同类型的建筑物,用来挡水、泄水、输水、排沙等。这些建筑物都可称为水工建筑物。

按照水工建筑物用途,可分为一般水工建筑物和专门水工建筑物两类。

一般水工建筑物:

(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排泄多余的水量,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,如深式进水口、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、导流坝、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:如用于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:如专用的进水闸、抽水站、滤水池等。

(5)渔业建筑物:如鱼道、举鱼机、鱼闸、鱼池等。

按照水工建筑物使用的时间的长短,可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间长期使用,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失事后将造成下游灾害或严重地影响工程效益,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修复的建筑物,如挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等。

(2)临时性水工建筑物:这种建筑物仅在施工期间使用,如围堰、导流建筑物等。

二、水利枢纽

水利水电工程往往是由几种不同类型的水工建筑物集合在一起,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。如水运枢纽的作用是抬高上游水位,增加航运水深,减少河道的流速,以改善内河航运条件。它是以水运建筑物为主体的水工建筑物的综合体。水电站枢纽的作用是集中河流的落差,将水的势能通过水轮发电机转化为机械能和电能。它是以挡水、泄水、进水、引水等建筑物及水力发电建筑物为主体的水工建筑物的综合体。为了实现水资源的综合开发利用,一个水利枢纽往往同时有多种功能,这就是我们常说的大型水利枢纽。例如我国正在兴建的三峡水利枢纽,它是一座以防洪、发电为主,结合水运、供水、灌溉等综合利用的大型水利枢纽(见图0-5)。该枢纽中的主要建筑

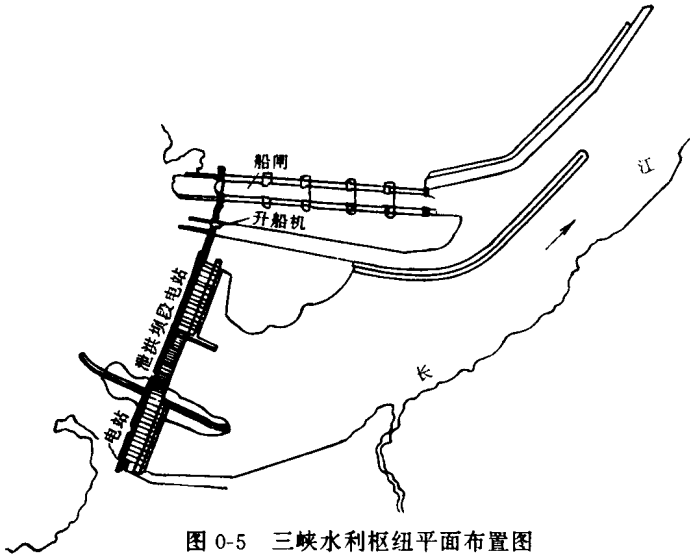


图 0-5 三峡水利枢纽平面布置图

物有：

(1)挡水泄洪建筑物：为混凝土重力坝，左右两侧为挡水坝段，中间为泄洪坝段，其挡水坝段用以挡水蓄水，形成水库，而泄洪坝段用以宣泄水库内多余洪水，保证工程安全。

(2)坝后式水电站厂房：在挡水坝段下游，紧接坝脚布置。左、右两侧厂房的安装场下，共设有 7 个排沙孔(用以排泄部分泥沙至下游，保证电站的正常运行)。

(3)通航建筑物：布置在左岸，由双线连续式五级船闸和垂直升船机组成。

三、水利枢纽工程的分等和水工建筑物的分级

为了使工程的安全性和工程造价合理地统一起来，应先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分等；然后，再将枢纽中的不同建筑物按其作用和重要性分级。建筑物的分级不同，对它们的设计和施工要求也各异，级别高的，要求高，级别低的则可适当降低要求。

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、效益及在国民经济中的重要性划分为五等，等别按表 0-3 确定。

表 0-3 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)	水电装量 (万 kW)
			保护城镇及工矿区	保护农田面积 (万亩)		
一	大(一)型	>10	特别重要城市、工矿区	>500	>150	>75
二	大(二)型	10~1	重要城市、工矿区	500~100	150~100	75~25
三	中 型	1~0.1	中等城市、工矿区	100~30	50~5	25~2.5
四	小(一)型	0.1~0.01	一般城镇、工矿区	<30	5~0.5	2.5~0.05
五	小(二)型	0.01~0.001			<0.5	<0.05

- 注 1. 总库容指校核洪水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。

枢纽中的水工建筑物，按其所属水利枢纽工程的等别及其在工程中的作用和重要性划分为五级，级别按表 0-4 确定。

对于综合利用的水利枢纽工程，根据表 0-3 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。

显然,级别高的水工建筑物应要求有较高的安全度,具体表现在以下几个方面。

(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裕度大小和是否设置专门设备等。

确定建筑物级别的主要依据是表 0-3 和表 0-4,但遇下列情况,经过论证,可以提高建筑物的级别:

(1)坝高超过一定限度。

(2)建筑物的工程地质条件特别复杂或采用实践经验较少的新坝型、新型结构时。

(3)综合利用的枢纽工程,如按库容和不同用途的分等指标,其中有两项接近同一等别的上限时,其共同的主要建筑物可提高一级。

(4)当临时性水工建筑物失事,将使下游、工矿区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,可提高一级或两级。

而对水头较低,其他条件较好,失事后不致造成重大损失的建筑物,则可适当降低级别。

表 0-4 水工建筑物级别的划分

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	

第四节 水工建筑物及其施工特点

由于水工建筑物与水的关系密切,这就决定了水工建筑物及其施工的特殊性和复杂性。

一、水工建筑物的特点

水工建筑物与其他建筑物相比,具有以下特点。

1. 水的作用使水工建筑物工作条件复杂化

(1)各种水压力的影响:水对挡水建筑物有静水压力,其大小随建筑物上下游水位差的加大而剧增;水面有波浪时,水将对建筑物产生附加波浪压力;发生地震时,水将对建筑物产生附加地震动水压力;此外,水流经建筑物时,也会产生各种动水压力。这些水压力对坝体的稳定会产生很不利的影响。

(2)渗流的影响:水工建筑物上下游有水位差的存在,使得建筑物及其地基内会产生渗流。渗流导致对建筑物稳定不利的浮托力和渗透压力,也可能引起地基的渗透变形后破坏;过大的渗流还会造成水库所不容许的严重漏水。

(3)高速水流的影响:高速水流通过泄水建筑物时有强烈的冲刷作用,甚至会引起轻型水工结构的振动,通过建筑物后的高速水流余能对其下游河床也会产生强烈的冲刷作用。

除上述影响外,当水具有侵蚀性时,还会使混凝土或浆砌石结构中的石灰质溶解,破坏材料强度和耐久性;在水中的钢结构则很容易发生严重锈蚀;在寒冷地区的水工建筑物往往

受到冰压力的作用。因此,水工建筑物正常工作的前提条件就是要解决好稳定、防渗、防冲、抗侵蚀和防冻等问题。

2. 水工建筑物型式和材料的多样性

前面介绍了水工建筑按照用途和使用时间的分类,但对同一水工建筑物来说,其型式、构造和尺寸的确定与建筑物所在地区的地形、地质及水文条件密切相关。往往有多种方案供选择。

与其他建筑物相比,水工建筑物使用建筑材料的种类繁多,特别是与水有关的材料如防水材料、止水材料等。且新材料的开发和应用层出不穷。

3. 水工建筑物失事导致后果的严重性

水工建筑物是利用水资源为人民造福的有益设施,但不能忽视由于建筑物失事带来的严重后果。特别是较高的挡水坝如失事溃决,会给下游造成灾难性的后果。统计资料表明,溃坝灾害一般在 15min 以内造成,洪水巨浪所到之处,摧毁能力极强。在这方面国内外都有惨重的教训。1963 年意大利的瓦依昂拱坝,由于库岸发生大滑坡,在 30~60s 时间内滑下 2.7~3 亿 m^3 的土石方,使库中 5000 万 m^3 的水被挤向下游,最大飞溅高度达 250m 以上,倾泻而下的水体以 150m 的浪高通过拱坝坝顶冲向下游,从滑坡开始到下游地区被冲毁,总共只经历了 7min,毁灭了一座城市和几个小镇,死亡 3000 人。

因此,对水工建筑物的安全问题应引起高度重视。

二、水工建筑物施工的特点

任何水工建筑物的兴建都要通过施工来完成,水工建筑物施工主要有以下特点:

(1)首先要考虑水流(包括地下水和洪水)对施工的影响。在河床上修建水工建筑物需采取施工导流、基坑排水和渡汛等措施,以确保施工能顺利地进行。

(2)水工建筑物施工受气候影响大,冬季气温过低,夏季气温过高或雨季过长,都会给施工带来不利影响。

(3)施工中经常会遇到地质问题,如渗漏、软弱地基、断层、破碎带及滑坡等,因而需要进行地基处理。

(4)修建水工建筑物的工程量较大,工期也较长,在施工中应尽量采用先进的施工技术、施工设备以及新工艺、新材料等,争取提高工效,缩短工期。

第五节 水利水电工程对环境的影响及保护措施

一、水利水电工程与环境的关系

环境一般包括两个部分:一是自然环境,指的是大气圈,水圈,岩石圈和地球表面生物圈;二是社会环境,即人类社会为了不断提高自己的物质和文化生活水平而创造的环境,如工业、城市、房屋建筑、交通、娱乐场所、文物古迹以及风景区等,都是人类社会的经济活动和文化活动创造的环境。所以,环境与人类是息息相关的。

从古到今,人们为了利用自然界水资源,保护和改善环境,促进生产发展,更好地为人类造福,达到兴利除害的目的,兴建了各种类型的水利工程,包括众多的水库、大中型水电站以