

水利水电系统干部培训教材

水工建筑物

华东水利学院

56

水利出版社

内 容 提 要

本书是“水利水电系统干部培训教材”的一个分册，书中以水利水电建设中常见的水工建筑物以及河川水利枢纽为讨论对象，深入浅出地介绍各种典型建筑物的结构型式、工作原理、技术经济特点和适用场合，水利枢纽的勘测设计程序、建造和运行中可能出现的问题及其解决途径等方面的专业知识。全部内容分八章阐述，尽量注意了科学性、系统性、通俗性和先进性的结合，便于阅读。

本书除作水利水电系统干部培训教材外，也可供从事水利水电建设的其他同志阅读参考。

水利水电系统干部培训教材

水工建筑物

华东水利学院

*

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

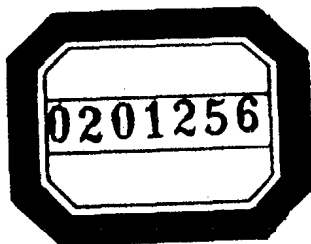
*

787×1092毫米 32开本 8¹/₂印张 194千字

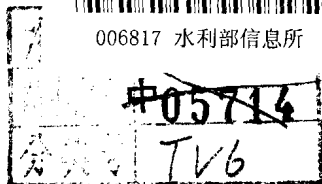
1982年8月第一版 1982年8月北京第一次印刷

印数 00001—20610册 定价 0.90元

书号 15047·4209



006817 水利部信息所



编 与 说 明

为了实现水利水电系统干部队伍的革命化、年青化、知识化和专业化，以适应四个现代化建设的需要，有关水利单位正大力组织在职干部的培训。为此，水利部组织一些有经验的同志编写这套“水利水电系统干部培训教材”，共分13个分册：《水利工程识图》，《水利工程测量》，《建筑材料》，《工程地质及水文地质》，《土工知识》，《水力学》，《工程水文》，《灌溉与排水》，《中小河流规划》，《水工建筑物》，《水电站》，《抽水站》，《水利工程施工》。这套培训教材的编写大纲由华东水利学院拟定，并在1980年12月举行的，由水利部教育司、水利出版社和陕西省水利学校、黄河水利学校、山东省水利学校、东北水利水电学校、扬州水利学校、四川省水利电力学校等参加的编写大纲讨论会上修改定稿。

当前培训干部的主要对象是省、地、县水利水电部门的行政领导干部。培训的目的，要求他们尽快地熟悉本部门的业务知识，逐步成为内行。因此，这套教材主要面向省、地、县水利水电建设的领导干部，面向中小型水利水电工程。为此，教材涉及面较广，但内容力求简明扼要，尽可能介绍一些现代的先进技术。

近期培训干部，一般以五至六个月为一期，讲课400至500学时。故本教材的总教学时数控制在400学时左右，多余的学时各地可灵活使用，例如可用于补习文化基础课，或讲

2036/01

授本地区特点的某些专题。各地举办培训班时，可根据实际需要选用教材中的部分分册或全部分册。本教材也可供其他有初中以上文化程度的干部自学使用。

这套培训教材中的《水利工程测量分册》，采用陕西省水利学校编写、由农业出版社出版的《简易工程测量》一书；《水力学》（借用“水文职工培训教材”中的《水力学基础》）和《抽水站》这两个分册系由扬州水利学校编写，其余各分册均由华东水利学院编写。为了将这套教材编写好，华东水利学院受水利部教育司委托成立了“水利水电系统干部培训教材编审委员会”，负责全部编审工作，该院副院长左东启为主任委员，教务处处长解启庚和王世泽教授、戴寿椿讲师为副主任委员。

在培训教材编审过程中，得到了各有关部门及兄弟院校的大力协助，谨表示衷心的感谢。

由于我们经验不足，水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正（意见请寄：南京市华东水利学院教务处）。

水利水电系统干部培训教材编审委员会

1981年6月

前 言

本书是根据1980年12月“水利水电系统干部培训教材”编写大纲讨论会通过的《水工建筑物》分册编写大纲编写的。在编写过程中，征得该教材编审委员会同意，对个别章节作了小的调整。

本书以水利水电建设中常见的一般性水工建筑物以及河川水利枢纽为论述对象，内容着重于各种建筑物的结构型式、工作原理、技术经济特点和适用场合，水利枢纽的勘测设计程序、建造和运行中可能出现的问题及其解决途径等方面。编写时注意了科学性、系统性、通俗性和先进性的要求，并力求深入浅出，便于阅读。

本书是培训水利水电系统各级领导干部的一门专业性教材，编写的深度和广度，是以适应这一目的的要求为主，按讲课50学时考虑安排的。全书分8章，并以第二、三、四、五章为重点。各章的讲课学时分配，建议：第一章2学时，第二章12学时，第三章10学时，第四章8学时，第五章10学时，第六章2学时，第七章4学时，第八章2学时。组织干部培训工作的各单位和教员使用本书时，如视需要能补充一些工程力学和工程结构方面的基本知识，还可进一步提高教学效果。

本书由华东水利学院王世夏副教授执笔编写。书稿写成后先由陈国荣副教授进行了初审，后经左东启教授进行了复

审，王世夏同志根据审稿意见进行了修改并最后定稿。

由于编者水平所限，内容取舍未必得当，诚恳希望使用和阅读本书的同志们批评指正。

编 者

1981年11月

目 录

编写说明

前 言

第一章 总论	1
第一节 我国的水利水电工程.....	1
第二节 水利枢纽和水工建筑物.....	3
第三节 水利水电工程分等和水工建筑物分级.....	9
第二章 岩基上的混凝土坝和浆砌石坝	13
第一节 概述.....	13
第二节 岩基上的重力坝.....	21
第三节 宽缝重力坝、大头坝、空腹重力坝.....	56
第四节 拱坝.....	59
第三章 土石坝	81
第一节 概述.....	81
第二节 土坝.....	85
第三节 堆石坝.....	121
第四节 特种施工方法建造的土石坝.....	128
第四章 土基上的水闸	133
第一节 概述.....	133
第二节 水闸的基本轮廓尺寸.....	137
第三节 闸室的布置和构造.....	155
第四节 闸室稳定验算和闸基处理.....	164
第五节 水闸与两岸的联接.....	168

第六节	特种型式的水闸	172
第五章	坝外泄水建筑物	175
第一节	概述	175
第二节	正槽溢洪道	180
第三节	侧槽溢洪道	193
第四节	泄水隧洞	199
第六章	取水和输水建筑物	227
第一节	取水建筑物	227
第二节	输水建筑物	234
第七章	通航过坝建筑物	240
第一节	通航建筑物	240
第二节	过木建筑物	254
第三节	过鱼建筑物	257
第八章	河川水利枢纽	261
第一节	河川水利枢纽设计的任务与内容	261
第二节	河川水利枢纽对当地自然条件的影响	264
第三节	河川水利枢纽布置	266

第一章 总 论

第一节 我国的水利水电工程

我国幅员辽阔，河流众多，水资源丰富。据统计，全国流域面积在1000平方公里以上的大河就有1598条，中小河流更多，正常年总径流量约261000亿立方米；水能总蕴藏量达6.8亿千瓦，其中便于开发利用的有3.7亿千瓦，均居世界首位。但我国降水和径流在地区、季节和年际之间分布极不均衡，如不采取人工治水措施，则不但丰富的资源无从开发，而且极易出现影响国计民生的洪旱灾害。

历史上我国人民曾为治理水患，开发水利，进行过长期的英勇斗争，取得了光辉业绩，至今还有一些纪元前修建的水利工程在为我们服务。比如秦代建成的四川都江堰分洪灌溉工程，一直是成都平原农业稳产高产的保证，堪称中华民族的骄傲之一。但由于长期的封建统治，特别是近百年来一直处于半封建半殖民地的社会状态，人民群众的力量与智慧受到压抑，社会生产力低下，以致造成水利失修，水患频仍。解放前有文字记载的几千年中几乎平均每年有一次较大的水灾或旱灾。1928年有遍及全国的旱灾，灾民占当时总人口的1/4。1931、1933、1935、1939年，江、淮、黄、汉及海河都曾有很大的洪灾。

解放后，我国水利事业有了巨大的发展。三十年来，全国整修和兴建了16.5万公里的堤防；普遍疏浚整治了排水河

道，开辟了海河和淮河的排洪出路；兴建水库 86000 多座，万亩以上灌区 5200 多处，机井 220 万眼，机电排灌动力近 7000 万马力，水电站装机 1900 万千瓦。这些水利水电工程的效益表现为：一些主要河流的洪水问题得到初步控制，黄河已有三十一年未决口，长江、淮河、海河、辽河、松花江、珠江等也多次战胜洪水威胁；农田水利的发展为农业增产创造了条件，灌溉面积从 2.4 亿亩增加到 7.1 亿亩，3.4 亿亩的易涝面积中有 2/3 得到初步治理，1.1 亿亩的盐碱地已改良 1/2 以上；为城市、工业给水提供了几百亿立方米的水源，为农村和牧区解决了 4000 多万人口以及 2500 多万头牲畜的饮水问题；为工农业生产和人民生活提供了电能以及其它综合利用效益。

我们尽管已取得上述一些成就，但从建成现代化社会主义强国的要求来说，我们的成就还远远不够。第一，我国一些大江大河的防洪问题还没有真正解决，许多中小河流也未根治，随着经济建设的发展，一旦发生洪灾，所造成的损失将越来越大。如果长江今天再遇像 1954 年型的洪水，虽淹地可比 1954 年少约 1000 万亩，但经济损失却要比 1954 年大得多；黄河若决口，将南乱淮北，北乱海河，其后果不堪设想。第二，农业是国民经济的基础，而我国农业目前仍在很大程度上受自然气候条件的影响，如不进一步大修水利，提高抗御自然灾害的能力，要实现逐年增产计划是很难的。还要特别注意的是，工业和城市用水增长速度比农业要快得多，如北京市工业用水，近三十年约增长 45 倍，天津、大连、青岛等城市已经出现水源困难，有些地方工农业争水的矛盾也很尖锐。我国目前工农业供水约 4000 亿立方米，到本世纪末将要大大超过这一数字，若水利上不去，则将会在不小地方出现

水源危机。第三，我国最丰富的水能资源目前已开发的还不到4%，为解决工农业用电的问题，显然也应加快水利水电建设。此外，部分山区、牧区和沿海地区的人、畜饮水问题还未很好解决；发展航运、水产，造林、种草也都要有水。凡此种种表明，无论是防洪、农田水利、城市工业给水、水力发电以及其它综合利用等各个方面，都有许多伟大而艰巨的水利水电工程建设任务等待着我们去完成。

第二节 水利枢纽和水工建筑物

一、水利枢纽

开发河川水利资源时，要想调节流量，抬高水位，形成水库，就必须在河流的适当地点建筑拦河坝，把一时用不了的河水存蓄起来。但在运行过程中还可能遇到水库容纳不下的洪水，这就要建造一个排泄洪水的通道，叫做溢洪道。当用拦河坝的一段兼作溢洪道时称溢流坝。为引用库中蓄水以兴利，例如进行水力发电，则要建造水电站建筑物等等。通常把类似这种为开发水利而在河川适当部位修建的多种水工建筑物的综合体，称为水利枢纽。

图1-1为一个以发电为主的低水头水利枢纽立体示意图。它由河床式水电站厂房、混凝土溢流坝和非溢流土坝等建筑物组成。在溢流坝上有闸门，它在关闭状态时与非溢流坝共同挡水，水流通过水电站厂房的进水口进入水轮发电机组而发电。当然，通过水轮机做过功的水在下游还可供灌溉、给水等部门之用。当上游发生洪水，来水量远远超过水轮机过水能力时，溢流坝闸门可打开以泄洪。

图1-1示出的可说是一种很简单的水利枢纽布置。实际

上为满足国民经济各部门的要求，根据工程规模和自然条件的差异，枢纽布置及其建筑物组成十分多样。下面再看两个我国已建成的水利枢纽实例。

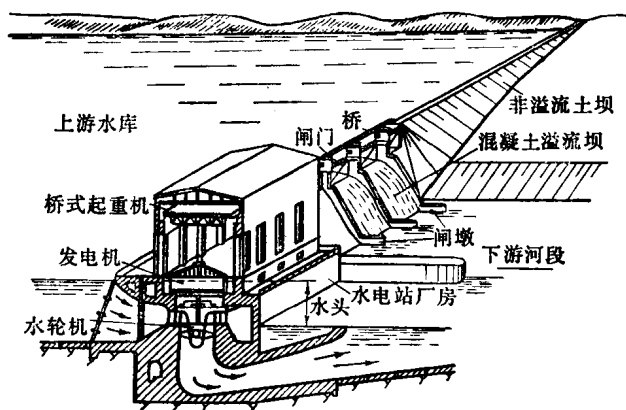


图 1-1 水利枢纽示意图

图 1-2 所示为中低水头的富春江七里垅综合利用水利枢纽。其组成建筑物包括：混凝土溢流坝，其上有17个净宽14米的溢流孔，每孔均有弧形钢闸门控制，闸墩顶设有公路桥、门机桥和闸门启闭机工作桥；河床式水电站厂房，总装机容量近30万千瓦；船闸，为船、筏过坝而设的通航建筑物，可通过300吨级船队；灌溉渠进水口（该图中未示），左岸设有直径为1.2米的涵管，引流量1.5立方米/秒，灌左岸农田，右岸设有侧堰进水口，引流量5立方米/秒，灌右岸农田；鱼道（即鱼梯），为解决鱼类过坝而设的过鱼建筑物。

图 1-3 所示为高水头的白龙江碧口综合利用水利枢纽。其组成建筑物包括：最大坝高达101米的心墙土石坝，用以

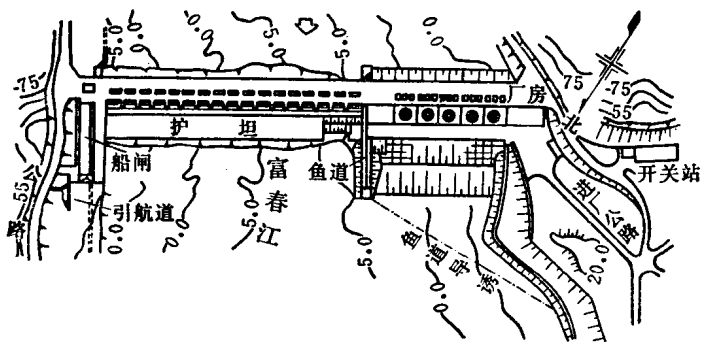


图 1-2 富春江七里垄水利枢纽

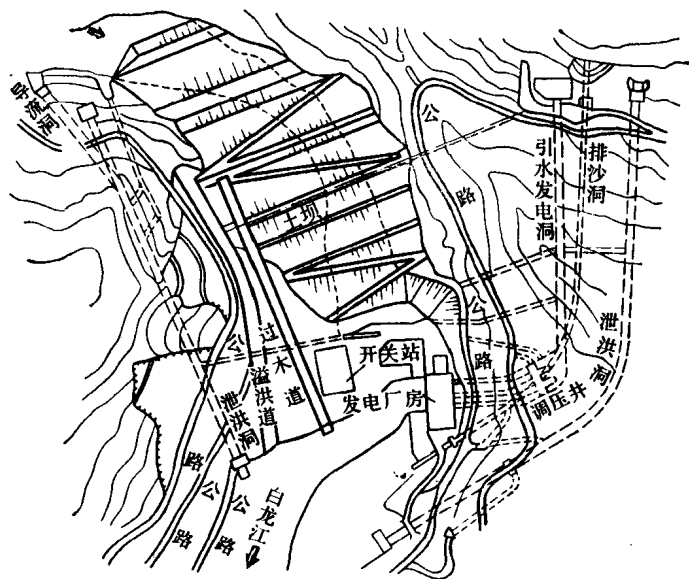


图 1-3 白龙江碧口水利枢纽

拦河挡水，形成5.16亿立方米的库容；右坝肩溢洪道和左、右岸泄洪隧洞，共同担任泄洪，其中右岸泄洪洞在施工期兼作导流洞；左岸排沙隧洞，在枢纽运行时用以排除库内部分淤沙，延长水库寿命；水电站引水建筑物，包括引水隧洞、调压井和压力钢管；水电站厂房，内装水轮发电机组3台，总容量共30万千瓦；过木道，解决上游所产木材的过坝下运问题；灌溉引水管道，供右岸农田用水（该图中未示）。

二、水工建筑物分类

在上面介绍的水利枢纽实例中，我们虽已提到了多种水工建筑物，但远未包括水工建筑物的全部。事实上，水利工程并不总是以集中兴建于一处的若干建筑物组成的水利枢纽来体现的。有时水利工程仅指一座单项水工建筑物，有时水利工程又可包括沿一条河流很长范围内或甚至很大面积区域内的许多水工建筑物。而即使就河川水利枢纽而言，在不同河流以及河流不同部位所建的枢纽，其组成建筑物也千差万别。但通常我们可按水工建筑物的作用、用途和使用期限分类：

按作用分，有挡水或壅水建筑物（如坝、闸、堤防以及各种拦截河川水流并承受一定水头的建筑物），泄水建筑物（如溢洪道、泄洪隧洞、泄水孔等），取水建筑物（如进水闸、取水塔等），输水建筑物（如输水渠、输水隧洞、输水涵管等）和整治建筑物（如护岸护底建筑物、导流堤、防浪堤、拦沙建筑物等）。

按用途分，有一般性水工建筑物和专门性水工建筑物。前者应用于各种水利工程，后者应用于某些水利工程中实现其特定的专门任务。专门性水工建筑物有水电站建筑物（如厂房、压力前池、调压井或调压塔等），水运建筑物（如船

闸、升船机、港口码头等），农田水利建筑物（如灌区的渠系建筑物和量水设备等），给水排水建筑物（如给水排水管道、扬水站等）和过鱼建筑物（如鱼道、举鱼机等）。

按使用时间分，有永久性建筑物和临时性建筑物。永久性建筑物是指工程运行期间长期使用的建筑物，根据其重要性又分为主要建筑物和次要建筑物。前者指失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物，如坝、闸、泄洪建筑物、输水建筑物及水电站厂房等；后者指失事后不致造成下游灾害和对工程效益影响不大并易于修复的建筑物，如挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等。临时性建筑物指工程施工期间使用的建筑物，如围堰和导流建筑物等。

三、水工建筑物特点

水工建筑物与一般土木工程建筑物相比，有如下特点。

（一）在水作用下工作条件的复杂性

水对挡水建筑物有静水压力，其大小随建筑物上下游水头差加大而剧增。为此，建筑物必须有相应足够的水平抵抗力。此外，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激荡力；水流经建筑物时，也会产生各种动水压力，都须计及。

建筑物上下游有水头差的情况下，在建筑物及其地基内还会产生渗流。渗流导致对建筑物稳定不利的渗透压力，渗流也可能引起地基的渗透变形破坏，过大的渗流还会造成水库所不容许的严重漏水。为此，水工建筑物一般都要解决防渗问题。

高速水流通过泄水建筑物时有强烈的冲蚀作用，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有强烈的冲刷作用。为此，在建造泄水建筑物

时常须妥善解决防冲消能等问题。

除上述主要作用外，还要注意水的其它可能作用。比如当水具有浸蚀性时，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；在水中的钢结构很易发生严重锈蚀；在寒冷地区的水工建筑物要能抵抗静冰或动冰压力，还要解决冰冻带来的其它问题。

（二）设计选型的独特性

水工建筑物的型式、构造和尺寸与建筑物所在的地形、地质、水文等条件密切相关。比如规模和效益大致相仿的两座坝，由于地质条件的优劣不同，二者的型式、尺寸和造价都会相差很大。由于自然条件千差万别，因而水工建筑物设计选型也各具特点，除非建筑规模特别小，一般不能采用定型设计。当然，水工建筑物中某些结构部件的标准化，则是可能而且必须的。

（三）施工建造的艰巨性

在河川上建造水工建筑物，比之陆地上的土木工程，施工条件要困难得多。主要困难是解决施工导流问题，亦即必须设法迫使河川水流按特定通道下泄，以创造并维持建筑空间。要进行很深的地基开挖和复杂的地基处理，常须水下施工，施工进度往往要和洪水“赛跑”，在特定的期间内完成庞大的工程量，将建筑物修筑到拦洪高程。

（四）失事后果的严重性

我们了解水工建筑物能为人民造福的同时，一定不要忘记它如失事将会带来的严重后果。特别是较高的挡水坝如失事溃决，会给下游造成灾难性乃至毁灭性的后果。在这方面国内外都有惨重的实例。据国际大坝委员会截至1965年的统计资料，本世纪来，高于15米的大坝失事约有290起，其中

至少90起是溃坝事故。据分析，大坝失事最主要的原因，一是由于洪水漫顶，二是由于坝的基础或结构存在问题，两者各占失事总数的1/3左右。这里应当指出，有些水工建筑物的失事固然与某些难以预见的自然因素或人们有限的认识能力和技术水平有关，但也有些是因不重视勘测、试验和分析研究工作或施工中忽视质量所致。对于后者特别要引起高度注意。

第三节 水利水电工程分等 和水工建筑物分级

一项水利水电工程的成败对国计民生有直接影响。但不同的工程影响程度并不一样。为了使工程安全性与其造价经济合理性适当统一起来，应先按工程的规模、效益及其在国民经济中的重要性分等，然后再对各组成建筑物按其作用和重要性分级。工程、建筑物的等、级不同，对它们的设计和施工要求也各异，等级高的要求高，等级低的要求也就适当低些。这种分等分级、区别对待的方法，也是国家经济政策和技术政策的一种重要体现。

按照我国现行《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分五等，如表1-1所示；枢纽中的水工建筑物则据其所属工程等别及其在工程中的作用和重要性分五级，如表1-2所列。

表1-1中总库容系指校核洪水位以下的水库库容，灌溉面积系指设计灌溉面积。对于综合利用的工程，如据表1-1的指标分属几个不同等别时，整个枢纽工程的等别应以其中的最高等别为准。按表1-2确定水工建筑物级别时，如该建