

水电厂生产人员岗位技能培训教材

水工建筑物 维护

全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会 组编
龙羊峡水电厂 余立平 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

水电厂生产人员岗位技能培训教材

水工建筑物维护

全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会 组编

龙羊峡水电厂 余立平 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



内 容 提 要

为加强职工岗位技能培训工作,提高水电厂生产人员的技术业务素质,以适应电业发展的需要,全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会组织一些水电厂的技术骨干,根据新的《电力工人技术等级标准》及《中华人民共和国职业技能鉴定规范电力行业》,结合现场工作实际,编写了本套水电厂生产人员岗位技能培训教材。本套教材是按照成人培训考核特点和规律建立的新教材体系,打破了传统教材的框架,强调实用性,融基础知识和专业知识和技能操作于一体,克服了以前教材存在的偏多、偏深、偏难及重理论轻技能的问题,具有重点突出、内容全面、针对性强、深入浅出、图文并茂的特点。

全套教材共八册,本教材是《水工建筑物维护》分册。本教材全面叙述了水电厂的各种水工建筑物;简要讲述了水电工程识绘图知识;从工程地质学的角度介绍了不同地质结构及其对水工建筑物的影响;重点讲述了各种水工建筑物维护、维修、补强、加固,各种水工混凝土在水工建筑物维护中的选用、施工及其缺陷处理方法,水工建筑物维护、维修施工机械等。

本教材适用于各大、中、小水电厂水工建筑物检修、维护人员及运行人员培训和自学,也可供相关专业人员及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水工建筑物维护/余立平主编. -北京:中国电力出版社, 2003
水电厂生产人员岗位技能培训教材
ISBN 7-5083-1766-1

I. 水… II. 余… III. 水工建筑物-维修-技术培训-教材
IV. TV698.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 108180 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 http://www.cepp.com.cn)

冶金印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 6 月第一版 2004 年 6 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 12.25 印张 324 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

水电厂生产人员岗位技能培训教材

编委会名单

(按姓氏笔划为序)

于 震	云峰水电厂培训专责
尤 建	白山水电厂培训专责
文家来	辽宁恒仁水电厂总工
王洪祥	新安江水电厂教育科长
王育康	陕西安康水电厂培训专责
白青平	李家峡水电厂人资部主任
兰福军	龙羊峡水电厂副厂长
师桂霞	隔河岩水电厂培训专责
刘 军	刘家峡水电厂厂长
刘庆芝	牡丹江水电总厂教育科长
刘晓萍	丰满水电厂培训专责
杨 军	西藏满拉水电厂厂长
杨 勇	佛子岭水电厂教育科长
李利华	三峡水电厂安全主管
吴兆旗	海南大广坝水电开发公司副总经理
吴洪林	江西柘林水电厂培训专责
汪国良	葛洲坝水电厂培训主任
张元领	甘肃小三峡水电开发公司总经理
张鹏骞	黄龙滩水电厂培训主任
陈绍群	广东新丰江水电厂副厂长、总工

陈建勋	东江水电厂教育科长
赵眼川	以礼河水电厂人事部主任
贺兴云	丹江口水电厂培训专责
项洪高	乌溪江水电厂培训主任
侯 伟	贵州乌江渡水电厂总工
郭占祥	青铜峡水电厂教育科长
姚志明	柘溪水电厂教育科长
涂复礼	五强溪水电厂副总工
郭凤英	盐锅峡水电厂培训专责
梁超英	柘溪水电厂总工（“总前言”执笔者）
黄忠生	广西岩滩水电厂人资部主任
黄治均	丹江口水电厂安教科科长
谢 成	天生桥一级水电厂培训专责
谭诗念	天生桥水电总厂人事部主任
谭建中	凤滩水电厂培训主任

前 言

在市场经济条件下,企业无法回避竞争。为了今后的生存和发展,企业必须参与竞争。

我国加入 WTO 后,各行各业的竞争已日趋激烈,企业在竞争中发展,人才是关键。培训是提高员工素质的主要途径,通过培训一方面使员工学会使用新技术、更新旧技术,另一方面使员工接受了一些时代的新信息、新观念。

水力发电委员会为了提高水电厂企业员工的人员素质和技术素质,以求在改革中求生存、求发展、永立于不败之地,特组织一批曾长期在水电生产一线从事技术工作的同志编写了一套水电厂主要专业九个工种的培训教材,即由柘溪水电厂主编的《水库调度》、刘家峡水电厂主编的《水轮发电机组值班》、新安江水电厂主编的《水电自动装置检修》、丹江口水电厂主编的《水轮发电机机械检修》、葛洲坝水电厂主编的《水轮机调速机械检修》和《水工机械检修》、龙羊峡水电厂主编的《水工建筑物维护》、五强溪水电厂主编的《水轮机检修》。

本教材的策划、编写、审查直至出版发行,首先要感谢中国电力企业联合会教培中心、中国电力出版社水电室的领导和同志们的悉心关怀、热情指导;其次感谢水力发电委员会各会员厂许多人倾注的大量心血,尤其是第一任主任委员厂葛洲坝水电厂、第二任主任委员厂丹江口水电厂、第三任主任委员厂柘溪水电厂的领导和同志们,他们本着高度负责的态度,做了大量的组织工作和事务工作;各教材的主编、主审、参审人员的辛勤劳动,更是功不可没;各会员厂给予了大力的支持,才使本套教材顺利问世。

由于时间仓促，水平有限，本套教材中的错误和遗漏之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见。

全国电力工人技术教育

水 力 发 电 委 员 会

二〇〇二年十二月

前 言

为提高水电厂员工的岗位综合技能,以适应水电建设飞速发展的形势,全国电力生产人员培训委员会水力发电委员会决定由各委员厂共同编撰一套与实际紧密结合且通俗易懂的培训教材,其中《水工建筑物维护》一书由龙羊峡水电厂负责编写。

本教材是按照成人培训考核特点和规律建立的新教材体系,打破了传统教材的框架,强调实用性,融基础知识、专业知识和技能操作于一体,克服了以前教材存在的偏多、偏深、偏难及重理论轻技能的问题,具有重点突出、内容全面、针对性强、深入浅出、图文并茂的特点。

本教材全面叙述了水电厂的各种水工建筑物;简要讲述了水电工程识绘图知识;从工程地质的角度介绍了不同地质结构及其对水工建筑物的影响;重点讲述了各种水工建筑物维护、维修、补强、加固,各种水工混凝土在水工建筑物维护中的选用、施工及其缺陷处理方法,水工建筑物维护、维修施工机械。

本教材初稿由余立平、赵常明、赵寿昌三位同志共同编写,由余立平统稿并最终负责修改。初审及复审均由柘溪水电厂的高级工程师朱康海和教授级高工李发旭两位同志负责。根据审阅意见,作者对全书的部分内容和结构进行了修改和调整,使之在形式和内容上更符合培训之用。

限于编者水平,书中难免有疏漏和不足,恳望读者提出宝贵意见。

编者

2003年5月

目 录

总前言

前言

第一章 水工建筑物	1
第一节 概述	1
第二节 基岩上的重力坝	8
第三节 拱坝	19
第四节 土石坝	26
第五节 水闸	37
第六节 岸边溢洪道	49
第七节 水工隧洞	59
第二章 水电工程识图与绘图	71
第一节 制图的一般规定	71
第二节 水电工程图	87
第三节 水电工程图的阅读	89
第三章 工程地质概论	91
第一节 地质构造的基本知识	91
第二节 不同地质构造对水工建筑物的影响	98
第四章 水工建筑物维护管理	115
第一节 概述	115
第二节 混凝土坝的维修和加固	121
第三节 土石坝的维修和加固	145
第四节 泄水排沙引水建筑物的维修和加固	168
第五节 发电厂房的维修与加固	178
第六节 边坡处理与加固	182
第七节 爆破工程	211

第五章 水工混凝土	235
第一节 概述	235
第二节 水工混凝土的主要技术性质及特征	236
第三节 混凝土原材料选择	248
第四节 混凝土配合比设计	272
第五节 水下混凝土施工	283
第六节 喷射混凝土施工	299
第六章 水工建筑物维修施工机械	315
第一节 概述	315
第二节 混凝土机械	316
第三节 凿岩钻孔机械	327
第四节 其他机械	340
第七章 混凝土缺陷处理方法	348
第一节 混凝土坝渗漏处理施工方法	348
第二节 混凝土裂缝修补和加固方法	353
第三节 混凝土内部欠密实和局部架空处理方法	365
第四节 混凝土表面不平整缺陷处理施工工艺	372
复习题	377
参考文献	382

第一章 水工建筑物

第一节 概 述

一、水电工程

水电工程一般有以下几种综合利用目的：

(1) 防洪。防止洪水泛滥，保障人民生活及工业生产的正常进行。人们常用筑坝建库以拦蓄洪水与挖河修堤以渲泄洪水相结合的措施，达到防洪目的。应当指出，我国有些河流的洪水问题常和泥沙问题密切关联，特别是黄河，由于流经黄土高原，水流挟沙量极为惊人，洪水携带的大量泥沙不断淤积于中下游河床，减低其泄水能力，致使历史上黄河改道决口造成的洪灾十分频繁、严重，因此对这样的河流，防洪措施必须密切结合水土保持与河道整治。

(2) 农田水利。调节农田水分，为作物的稳产高产创造必要的条件。通过田间修渠，形成良好灌、排系统，使农田旱可灌，涝可排，实现农田水利化。

(3) 水力发电。利用水能发电，以水代油，以水代煤，是我国能源建设长远的战略方针，加快水电建设，使能源建设的增长适应人民生活及工农业生产发展的需要。

(4) 水运。疏浚天然河道、开挖人工运河以及修建船闸、升船机、筏道等建筑物，以发展水运事业。

(5) 给水与养鱼。建库修渠向城市供水，满足城市生活、工业用水，改善环境和满足文化娱乐的需要，并可发展渔业。

(6) 卫生。结合水利工程，治理沼泽地带，除蚊、灭螺，改善人民的生活和卫生条件。

应当指出兴建一项水电工程，通常都不只是仅仅满足上述几项中的某一项要求，而应遵循综合利用的原则。所谓综合利用，就是根据河流的自然条件，结合近期与远期国民经济发展的需要统筹安排，做到以最少的投资，最合理地利用资源，尽可能满足国民经济各部门的需要，从而获得国民经济的最大效益。比如兴建一座水库，一般都要综合考虑防洪、灌溉、发电、航运、给水、渔业、卫生等各方面的要求。

为了达到防洪、灌溉、发电、供水、航运等目的，通常需要修建各种不同类型的建筑物，用来挡水、泄水、输水、排沙等，这些用来实现各种水利水电事业而建造的建筑物，叫做水工建筑物。

二、水工建筑物的种类及等级

（一）水工建筑物的类别

水工建筑物按其枢纽中所起的主要作用，可以区分为以下几类：

（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、水闸及堤防等。

（2）泄水建筑物。用以渲泄水库（或渠道）在洪水期间或其他情况下水库（或渠道）的多余水量，以保证坝（或渠道）的安全，如各种溢流坝、河岸溢洪道、泄洪隧洞和泄水涵管等。

（3）引水建筑物。用以从水库（或河道）向库外（或下游）引水，以满足灌溉、发电和供水要求，如引水隧洞、引水涵管、渠道和渡槽等。

（4）整治建筑物。用以改善河流的水流条件，调整水流对河床及河岸的作用，以及防止水库、湖泊中的波浪和水流对岸坡的冲刷，如厂坝、顺坝、导流堤、护岸和护坡等。

（5）专门性的水工建筑物。这类建筑物是专门为实现某一种水利水电利用目的而修建的，如电站厂房、通航的船闸、鱼道和木材过坝设备等。

应当指出，有些水工建筑物在枢纽中所起的作用并不是单一

的，如各种溢流坝，既是挡水建筑物，又是泄水建筑物；水闸既可挡水，又能泄水，还能作为灌溉、发电及供水用的取水建筑物等。

作为水电工程，不论其任务和性质如何，一般均包括挡水、泄水和引水三类建筑物。

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；次要建筑物等失事后不致造成下游灾害和对工程的效益影响不大且易于检修的建筑物，如导流堤、工作桥及护岩等。

(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。

(二) 水电工程的分等和水工建筑物的分级

安全和经济是水电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性合理性适当地统一起来，一般将水电工程及其所属水工建筑物按其在国民经济中的重要性、工程规模和效益划分成不同的等级，并按此确定相应的勘测工作精度和广度、工程的设计标准、结构设计中应采用的强度和稳定安全系数、挡水建筑物应有的超高及应采用的建筑材料等，以达到既安全又经济的目的。

水电工程的等别根据其在国民经济建设中的重要性，按照其水库总库容和装机容量划分为五等，见表 1-1。水工建筑物级别，根据工程等别及其在工程中的作用和重要性划分为五级，见表 1-2。

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

表 1-1

水电工程的分等指标表

工程等别	工程规模	水库总库容量 (亿 m ³)	装机容量 (MW)
一	大 (1) 型	≥ 10	≥ 1200
二	大 (2) 型	< 10	< 1200 ≥ 300
三	中 型	< 1.0	< 300 ≥ 50
四	小 (1) 型	< 0.1 ≥ 0.01	< 50 ≥ 10
五	小 (2) 型	< 0.01	< 10

注 总库容指校核洪水水位以下的水库库容。

表 1-2

水工建筑物级别的划分

工程等别	永久性水工建筑物		临时性水工建筑物
	主要建筑物	次要建筑物	
一	1	3	3 或 4
二	2	3	4
三	3	4	5
四	4	5	5
五	5	5	

按表 1-2 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。

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。
- (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。在对于二至五等工程, 在下述情况下, 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 1-3 中数值者, 可提高一级, 但洪水标准不予提高。

表 1-3 坝高与坝的级别划分

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组型、新结构时, 可提高一级, 但洪水标准不予提高。

3) 综合利用的水电工程, 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。

当临时性水工建筑物失事, 将使下游城镇、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, 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电工程, 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, 按表 1-4 确定; 非常运用洪水标准, 一般按表 1-5 确定。当土坝、堆石坝及其泄水建筑物失事将导致下游特别重大的灾害时, 1 级永久性壅水、泄水建筑物, 应以可能最大洪水或重现期为 10000 年的洪水作为非常运用洪水标准; 混凝土坝、浆砌石坝, 如洪水漫顶将造成极严重的损失时, 1 级永久性壅水、泄水建筑物的非常运用洪水, 经专门论证并报主管部门审批, 可采用重现期 10000 年的洪水。

表 1-4 山区、丘陵区水电工程永久性壅水、泄水建筑物

正常运用洪水重现期

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 1-5 山区、丘陵区水电工程永久性壅水、泄水建筑物

的非常运用洪水重现期

建筑物级别	1	2	3	4	5
土坝、堆石坝	PMF 或 10000 ~ 5000	5000 ~ 2000	2000 ~ 1000	1000 ~ 300	300 ~ 200
混凝土坝、浆砌石坝	5000 ~ 2000	2000 ~ 1000	1000 ~ 500	500 ~ 200	200 ~ 100

注 PMF 为可能最大洪水。

三、水电厂的组成

由于各水电厂的总体布局及其水工建筑物的组成、类型、规模、构造和建筑材料等都和水电厂的任务及当地的水文、地质、地形等条件有关，因而各水电厂的水工建筑物不相同。但一般说来，水电厂由以下几种建筑物组成：①挡水建筑物——坝；②泄水建筑物——溢洪道、泄水孔；③闸门；④用水建筑物——进水引水建筑物和厂房。

此外，还可能有为某些专门的水利部门服务的建筑物，如通航建筑物、筏运建筑物、过鱼建筑物和排沙建筑物等。

四、典型的挡水建筑物介绍

最常见的挡水建筑物是坝，又称拦河坝。坝的作用是拦截水流，雍高水位，形成水库，造成上下游之间的水位差，使其具备水力发电的基本条件。坝的式样很多，在设计时，应力求所选的坝型和结构能适应当地的条件，同时要保证大坝的坚固稳定、经济、施工方便和工期短等，基本类型如下：

(1) 按筑坝的材料分为土坝、堆石坝、混凝土坝、浆砌石坝等。

1) 土坝。其主要材料是用黏土、砂质黏土、砂土和其他土料填筑而成。当现场附近有足够数量的不透水性的良好土壤时，可筑成均质土坝。如土壤透水性很强，在坝体内应修筑专门的透水性小的防渗层，其形式可以是心墙或斜墙。

2) 堆石坝。在石多土少的山区，可以石料为主建造堆石坝，目前世界上已建有 200 多米高的堆石坝。堆石坝也需设防渗层，防渗体两边用反滤层过渡。

3) 混凝土坝。它是由混凝土浇筑而成，是应用最广泛的坝型之一。

(2) 按坝的受力情况和结构特点分为重力坝、拱坝和支墩坝三种类型。

1) 重力坝。它是依靠坝体自身重量所产生的摩擦力来抵抗外力的作用而维持稳定的。在岩石地基上的重力坝，由于岩石摩擦系数比较大，承载能力高，故坝身断面较窄，其上游面几乎是垂直的。在非岩石地基上的重力坝，由于地基承载能力小，为了减少坝底的应力，防止地基产生较大的沉陷，坝的断面常常做的较为宽大。混凝土重力坝，因坝体较大，混凝土散热困难，这时将结构缝做得很宽，称宽缝重力坝。有的重力坝在受力比较小的坝腹内留空腔做成空腹坝或腹孔坝，如广东枫树坝水电厂就是这种坝型。

2) 拱坝。在河谷狭窄岩基良好的地点，为节省混凝土量可建拱坝。由于拱坝在平面上呈凸向上游的曲拱形，两端支承在河岸两侧的岩基上，因而它是靠拱坝的作用将大部分水推力经拱座传到两岸岩基上以维持坝的稳定。拱坝多用混凝土建造，也有用石料浆砌的。当河谷的口宽与坝高比达 $3.5 \sim 4.0$ 时可建重力式拱坝；当宽高比小于 $1.5 \sim 2.0$ 时，可建薄拱坝。拱的作用越显著，坝的厚度可越薄，因此薄拱坝比同等高度的重力坝工程量可省 $1/3 \sim 2/3$ 。有的拱坝不仅在水平方向呈拱形，在垂直方向呈半拱形，将一部分水推力传给坝体岩石基础，这种两个方向呈曲拱形的坝又叫双曲拱坝，如湖南东江水电站就是这种坝型。拱坝主要是利用了拱形结构的特点，获得安全经济的效果，拱的作用愈大，拱坝的优越性愈大。拱的作用发挥得是否充分，在很大程度上取决于地形和地质条件。坝址处的地形、地质条件是决定是否适宜修建拱坝的主要因素。