

水电建设工程质量监督工程师培训教材

SHUIDIANJIANSHENGONGCHENG

ZHILIANG JIANDU

GONGCHENGSHI PEIXUN JIAOCAI

水电工程设计基础

国家电力公司水电建设工程质量监督总站 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

水电建设工程质量监督工程师培训教材

水电工程设计基础

国家电力公司水电建设工程质量监督总站 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是水电建设工程质量监督的设计基础部分,内容包括:水电工程设计概论、混凝土重力坝设计、混凝土拱坝设计、土石坝设计、水工隧洞及调压设施设计、水电站压力钢管设计、水电站厂房设计、通航建筑物设计、金属结构设计、机电设计、消防设计、劳动安全与工业卫生设计、工程边坡设计等方面水电工程设计质量要点。

本书是水电建设工程质量监督工程师培训教材和工作手册,也可作为水电建设行政主管部门及建设、设计、施工、监理等单位有关专业人员和大专院校水电水利工程有关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

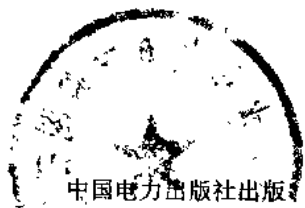
水电工程设计基础/国家电力公司水电建设工程质量监督总站编. - 北京:中国电力出版社, 2002

水电建设工程质量监督工程师培训教材

ISBN 7-5083-1267-8

I. 水… II. 国… III. 水力发电工程-设计-技术培训-教材 IV. TV7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 084652 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>)

北京通天印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003年1月第一版 2003年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 28.75印张 705千字

印数 0001—3000册 定价 60.00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)

水电建设工程质量监督工程师培训教材

审 定 委 员 会

主任委员：石成梁

副主任委员：程念高 李菊根 吴远海 许世辉 徐 扬

委 员：王 辉 武全社 段喜民 蔡鹤鸣 刘文雪 童显武
聂容亮 陈祖安 史毓珍 刘效黎 王华阳 岳立夫

水电建设工程质量监督工程师培训教材

编 写 委 员 会

主任委员：陈东平

副主任委员：晏志勇 王民浩 王柏乐 丁永生 刘宗宪 王 宁

委 员：徐树铨 安盛勳 张春生 李玲龙 邱彬如 胡 斌
冯峻林 兰春杰 杨多根 郭义华 李定中 周建平

《水电工程设计基础》

编 写 委 员 会

主 编：安盛勳

副 主 编：周汉军 陈维栋

编写人员：郑建波 韩祖恒 蒋效忠 雷 曙 张伯纳 丁满堂
吴三顶 庆祖荫 黄天润 徐国授 蒋琐红 沈得胜
姚栓喜 胡赛华 扈晓雯 杨小琬



国务院《建设工程质量管理条例》(以下简称《条例》)已于2000年1月30日发布实施。《条例》明确规定了建设项目法人、设计、施工、监理等建设各方的质量责任和义务,确定了建设工程质量保修、工程质量监督管理制度等内容,这对于强化政府质量监督,规范建设各方的质量行为,维护建筑市场秩序,全面提高工程质量具有重要意义。

党和国家对建设工程质量极为重视,质量责任重于泰山,建立符合社会主义市场经济要求的工程质量监督制度是贯彻《条例》的重要手段,也是深化工程建设管理体制改革的重要内容。广大工程质量监督工作者肩负重大责任,履行好质量监督职责,不仅需要高度的政治责任感、强烈的工作责任心和务实的工作作风,还需要熟悉国家有关政策、法规、技术标准,掌握工程建设质量监督的工作内容、程序和方法。为了不断地提高工程质量监督工作水平,改进质量监督手段和方法,增强质量监督工作的规范性、科学性和准确性,提高工程质量监督队伍素质和监督工作的水平,确保建设工程质量和安全,建设部提出实行建设工程质量监督工程师制度,以质量监督工程师为主开展工程项目的质量监督,并组织编写了“全国建设工程质量监督工程师培训教材”,包括《工程质量监督概论》、《工程质量管理与控制》、《工程结构设计基础》、《建筑工程施工质量监督》和《建筑工程施工试验与检测》共五册,作为全国建设工程质量监督工程师培训的指定教材。

由于水电建设工程具有投资多、规模大、周期长、施工环节多、影响质量因素多等特点,为适应水电专业质量监督工程师培训的需要,国家电力公司水电建设工程质量监督总站委托中国水电顾问有限公司编写《水电工程设计基础》、《水电工程施工质量监督》和《水电工程施工试验与检验》三册培训教材,作为全国水电建设工程质量监督工程师培训的指定教材。

这三册教材是在总结以往水电建设和质量监督经验的基础上,结合当前水电建设形势要求而编写的,目的旨在通过培训,使工程质量监督人员的素质得到提高,确保建设工程监督管理质量。本教材是水电建设工程质量监督工程师指定培训教材和工作手册,也可作为水电建设行政主管部门、建设、设计、施工、监理等单位专业人员以及大、中专院校水电水利工程有关专业师生的教学参考书。

本培训教材编写始终得到了中国水电顾问有限公司所属北京、华东、中南、成都、贵阳、昆明和西北勘测设计研究院的大力支持,在此一并表示感谢。

AP17/23

本教材共三册，其中《水电工程设计基础》由国家电力公司西北勘测设计研究院和国家电力公司华东勘测设计研究院负责编写；《水电工程施工质量监督》由国家电力公司中南勘测设计研究院和国家电力公司北京勘测设计研究院负责编写；《水电工程施工试验与检验》由国家电力公司成都勘测设计研究院、昆明勘测设计研究院和贵阳勘测设计研究院负责编写。国家电力公司水电建设工程质量监督总站会同中国水电顾问有限公司对本培训教材进行了审定。

由于编写时间较紧，又是首次编写，错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

本书编写委员会

2002.10



前言

第一章 水电工程设计概论 1

第一节	水电工程的特点	1
第二节	水电工程设计的基本任务和目标要求	4
第三节	水工建筑物及其分类	5
第四节	水电工程建筑物设计原则和方法	6
第五节	水电工程建筑物的分级	7
第六节	金属结构设计原则和方法	9
第七节	机电设计原则和方法	11
第八节	设计阶段	13

第二章 混凝土重力坝设计 15

第一节	概述	15
第二节	重力坝在水电枢纽工程中的布置	16
第三节	坝体断面设计	20
第四节	基础处理设计	30
第五节	坝体构造	36
第六节	坝体防裂及温度控制	42
第七节	消能防冲设施	45
第八节	观测设计	48

第三章 混凝土拱坝设计 50

第一节	概述	50
第二节	荷载与荷载组合	54
第三节	拱坝布置	66
第四节	拱坝的应力分析	71
第五节	拱坝抗滑稳定分析	75
第六节	拱坝基础处理	77
第七节	拱坝的构造设计	81
第八节	坝体混凝土和温度控制	85
第九节	观测设计	89

第四章 土石坝设计 91

第一节 概述	91
第二节 黏土心墙坝、黏土斜墙坝、均质土坝设计	93
第三节 面板堆石坝设计	117
第四节 刚性心墙坝设计	131
第五节 泄洪建筑物设计	136

第五章 水工隧洞及调压设施设计 156

第一节 概述	156
第二节 隧洞布置和洞型选择	157
第三节 水力设计	167
第四节 隧洞结构设计	181
第五节 水电站有压引水系统中的调压设施	204
第六节 水电站无压引水系统中的调压设施	216

第六章 水电站压力钢管设计 221

第一节 概述	221
第二节 材料	224
第三节 设计基本原则与观测设计	230
第四节 明管	243
第五节 地下埋管	244
第六节 坝内埋管	248
第七节 坝后背管	250
第八节 岔管	252
第九节 防腐蚀	255

第七章 水电站厂房设计 259

第一节 概述	259
第二节 水电站厂房设计标准	263
第三节 水电站地面厂房布置	263
第四节 地面厂房整体稳定分析及地基应力计算	278
第五节 地面厂房结构设计	281
第六节 水电站地下厂房布置	295
第七节 水电站厂房观测设计	311

第八章 通航建筑物设计 313

第一节 概述	313
--------------	-----

第二节 船闸建筑物	313
第三节 升船机建筑物	329

第九章 金属结构设计 338

第一节 概述	338
第二节 结构设计	342
第三节 防腐设计	352
第四节 设计质量要点	352

第十章 机电设计 354

第一节 机电设计的主要内容和质量要求	354
第二节 水力机械	355
第三节 电气一次	365
第四节 电气二次	380
第五节 通信	392
第六节 机电设备布置及对土建的要求	394
第七节 辅助设施	401

第十一章 消防设计 402

第一节 概述	402
第二节 生产的火灾危险性分类和耐火等级	403
第三节 厂区规划	405
第四节 厂房(泵房)	407
第五节 屋外电气设备	409
第六节 屋内电气设备	410
第七节 电缆	411
第八节 绝缘油和透平油系统	412
第九节 消防给水	413
第十节 采暖与通风	416
第十一节 消防电气	417

第十二章 劳动安全与工业卫生设计 418

第一节 概述	418
第二节 枢纽总体布置与劳动安全卫生设计	419
第三节 劳动安全	420
第四节 工业卫生	426
第五节 安全卫生设施	430

第十三章 工程边坡设计 432

第一节	概述	432
第二节	水工建筑物边坡	435
第三节	泄洪消能区边坡	438
第四节	近坝库岸边坡	440



水电工程设计概论

根据 1977—1980 年第三次全国水力资源普查成果,我国水能资源理论蕴藏量(未包括台湾省)达 6.76 亿 kW,可开发容量约 3.78 亿 kW,相应年发电量 1.92 亿 kW·h,居世界第一。随着国民经济和电力工业的发展,我国水电建设取得了巨大成就。据初步统计,全国已建、在建大中型水电站 220 座,其中 100 万 kW 以上的大型水电站就有 20 座。三峡水电站总装机 1820 万 kW,是世界上最大的水电站。截至 2000 年底全国水电总装机容量达 7935 万 kW,水电年发电量达 2431 亿 kW·h,分别居世界第 2 位和第 4 位。大量水电站的建设,使我国水电工程技术达到国际水平。目前我国正在修建和将要修建一大批大型、特大型水电站,将会空前地提高我国水电工程技术水平。

第一节 水电工程的特点

水电工程由于自身处的环境、客观自然条件以及它所承担的作用均不同于一般建筑工程。因此,与其他建筑工程相比,具有以下显著特点。

一、水电工程的综合效益和社会效益

水能开发具有综合利用效益。所以,水电站除可满足电力系统的用电要求外,一般还具有防洪、灌溉、航运、供水、水产养殖和旅游等综合利用功能,它对于改善环境,促进地区经济和社会发展起着十分重要的作用,其综合利用效益和社会效益非常大。

(一) 防洪效益

全国大型、特大型水电站水库,是我国防洪的骨干力量。

黄河上游的龙羊峡水电站(总库容 247 亿 m^3 ,具多年调节)和刘家峡水电站(总库容 49.88 亿 m^3)梯级电站的建成,对黄河流域的防洪安全起了决定性的作用。它们使兰州市百年一遇洪峰流量由 $8080\text{m}^3/\text{s}$ 削减到 $6500\text{m}^3/\text{s}$ 以下。1981 年 9 月,黄河上游发生实测最大洪水(相当于百年一遇),经两库调节,兰州市洪峰流量减小到 $5600\text{m}^3/\text{s}$,并使最大下泄流量滞后 5~6h,为下游防洪抢险赢得了时间,确保了包兰铁路畅通无阻。大大减少了宁、蒙沿河两岸人民生命财产损失。

新安江水电站(总库容 216 亿 m^3),自 1960 年建成以来,拦蓄和调节洪水达一百多次。基本上免除了洪水对下游城镇及农田的威胁。

松花江上的白山、丰满梯级水电站,对确保吉林市到哈尔滨市河段两岸 2 市,11 县,1000 多万人口的汛期安全起着决定性作用。

如 1998 年长江中上游连降大暴雨。1998 年 8 月 20 日,施工中的白龙江宝珠寺水电站也遭遇到历史特大洪水,入库洪峰流量达 $16470\text{m}^3/\text{s}$,相当于 234 年一遇,经调度,控制下泄



最大流量为 $6800\text{m}^3/\text{s}$, 削峰近 $10000\text{m}^3/\text{s}$ 。宝珠寺等水电站发挥水库调蓄作用, 削峰滞洪, 对减轻当年长江抗洪抢险的压力起了很大作用。

(二) 灌溉效益

大部分大中型水电站都有灌溉农田的效益。如龙羊峡、刘家峡水电站, 灌溉甘肃、宁夏、内蒙古灌区农田 1600 万亩; 佛子岭、梅山、响洪甸等水电站, 灌溉淠史杭灌区有 945 万亩; 丹江口水库共灌溉湖北及河南灌区 360 万亩等。这些灌区均已成为我国重要的商品粮基地。

(三) 供水效益

我国一些水电站承担着市、县工农业生产和居民生活用水的供水任务。据 10 个水电站的统计, 它们的年供水量达 26 亿 m^3 。如新安江水电站向杭州市年供水 2.56 亿 m^3 ; 刘家峡水电站每年向兰州市供水 2.56 亿 m^3 ; 丰满水电站向吉林市长年放基流 $120\text{m}^3/\text{s}$, 年供水达 15.8 亿 m^3 。

(四) 航运效益

水电站修建后, 由于水库蓄水, 大多开辟了上游航道。在通航期泄放一定的流量, 又改善了下游河道的通航条件。有船闸或升船机的大坝, 则将上下游河道连接起来。总的来说, 修建水库以后航运条件大为改善。如葛洲坝船闸每年过坝货运量 950 万 t, 客运量 415 万人·次。

(五) 旅游效益

随着水电站的建成, 很多电站水库都已开发为旅游区, 从而创造了很大的旅游效益。如最著名的国家级旅游点千岛湖, 就是由新安江水库开辟而成, 每年接待海内外游客达 200 万人·次。再如刘家峡水库的炳灵寺, 池潭水电站水库的金湖国家级风景区等, 都成为有名的旅游景点。

(六) 促进地区经济发展

一座水电站的建设和运行, 对地方经济的发展起到了巨大的推动作用, 很多水电站周边或附近形成了新的城市。如刘家峡水电站所在地永靖县、三门峡水电站所在地三门峡市、丹江口水电站的丹江口市等, 都是在该水电站建成后随之而形成的城、镇。依托这些城镇的辐射作用, 又带动了周围地区经济的发展。

二、水电工程技术和施工条件的复杂性

水电工程特别是大型水电站, 多修建在深山峡谷、大江大河上。每一项工程所处的地形、地质条件以及洪水、径流、泥沙特点千差万别, 使得工程技术问题十分复杂。

水电工程从勘探、设计、科研和施工等都还会不断地面对新的复杂技术难题需要解决。面对 300m 级高混凝土拱坝、200m 级高碾压混凝土重力坝、100m 级高碾压混凝土拱坝、200m 级高混凝土面板堆石坝的坝工建设和大容量水轮发电机组选择等, 需要很好地解决枢纽布置、坝型选择、拱坝体型优化、大坝抗震、高水头大流量泄洪消能和高速水流、大型地下洞室群合理布置及围岩稳定、岩质边坡稳定性的地质评价及勘测技术、施工总布置及合理施工程序、施工技术等一系列复杂工程技术问题。同时也涉及到建筑材料、设计理论和计算方法等。通过工程实践, 应不断总结水电工程的新技术、新理论、新成果, 以便适应我国今后水电建设发展的要求。

三、水电工程对社会和公众安全的影响

水电工程的综合利用效益和社会效益是巨大的, 尤其是大型、特大型水电站更是如此。大坝是水电枢纽工程中的最重要的建筑物, 它在正常运用时, 不但可为水电站发挥巨大效益

起到保证作用,而且可以起到减灾免灾的作用。但是,万一失事,也将会给下游人民生命财产安全和国民经济建设带来巨大的风险,造成灾难性后果。

因此,对水电工程的安全,其中最重要的是保证大坝的安全,这是水电建设管理中的头等大事,应将大坝的安全贯穿于大坝生命期的全过程,在建设和运行中的每一个环节都应得到保证。我国对水电建设工程的安全是十分重视的,先后制定了一系列行政法规。如1991年3月22日国务院令第77号《水库大坝安全管理条例》,1997年1月原电力工业部发布《水电站大坝安全管理办法》,1998年原电力工业部发布《水电建设工程安全鉴定规定》,1997年原电力工业部发布《水电站大坝安全监测工作管理规定》,1997年原电力工业部发布《水电建设工程质量管理暂行办法》,1999年国家经贸委发布《水电工程验收管理暂行规定》,2000年国家电力公司发布《国家电力公司水电建设工程质量管理办法(试行)》等等。

对于从事水电工程的建设者,无论是勘测设计、施工及运行管理都必须以高度负责的精神,科学求实的态度,做好工作,以确保工程安全,造福于人民。

四、水电工程对环境的影响

环境保护是我国的一项基本国策,并且实行经济建设和环境建设同步发展,使环境保护和经济建设相协调,坚持可持续发展的战略。

(一) 水电工程对环境的有利影响

水电是开发条件最好的可再生能源,同时又是清洁能源。因此,各国都十分重视水力资源的开发利用。发展水电、减少燃煤,可以大大减少对大气和水质的污染;同时又因水能不产生 CO_2 ,因此,开发水电也是减轻温室效应、减缓地球变暖的措施之一。

大中型水电站,特别是调节性能极强的大型龙头水库,由于其调蓄性能,改变了河道天然径流在时空的随机分布,根据需要进行调度,可以有效地提高水资源的利用程度,同时又可起到蓄洪削峰,减轻或避免电站下游产生洪涝灾害,保障人民群众生命和财产的安全。

随着电站水库的兴建,伴随而来的就是一座人工湖的形成,尤其是大型水库,由于局部气候效应,既可调节当地的气候条件,美化周围环境,又可发展水产养殖、水上运输、旅游及特色经济;我国水电建设实践证明,一座水电站的建设,同时也形成了一座新的城镇,成为当地经济文化的交流中心,并且发挥其辐射作用,带动和促进当地区域经济的发展。

水电站的建设,由于财力物力的投入,同时促进了当地交通、建筑材料、基础设施、第三产业和商品经济的发展。水电站建成之后,为当地,特别是原来经济比较落后的山区家用电器的广泛应用,实现电视、广播村村通创造了条件。这样就可以丰富文化生活,学习科学技术知识,促进当地两个文明的建设。

(二) 水电工程对环境的不利影响

水电开发对环境带来巨大有利影响的同时,水电开发也会对环境带来一些不利影响。

由于水库的形成,造成水库淹没损失和移民,对土地资源、森林资源、动植物及铁路、公路或文物古迹等专项设施带来不利影响;由于水库抬高水位,可能会产生水库库岸滑坡塌岸、水库诱发地震等灾害;由于大坝的拦截,对一些鱼类的繁衍产生影响;水库径流调节,对下游生态环境特别是河道脱水段产生影响。

水电站在施工中对环境也会造成一些影响。如开挖弃渣、料场开采占用土地及对地貌植被的破坏,或造成局部水土流失;施工粉尘对周围环境和人群健康的影响;施工废水排放对水质的影响;大量施工人员的聚集引起传染性疾病的发生,可能对人群健康的影响等。



水电工程的环境保护,就是要充分发挥水电开发对环境的有利影响。对环境的不利影响,应科学分析,认真区分,根据不同情况采取措施,加以预防、减免或降至最低限度,使水电站与环境相融合、相协调;使水电建设与区域经济持续发展,做到资源永续利用,生态良性循环。

五、水电工程所处自然条件复杂

我国地域辽阔,幅员广大,地形地貌复杂,各地区自然地理条件差异很大。而水电工程修建于深山峡谷之中的江河之上,有的位于高海拔地区,有的在高纬度地区,有的在高原地震区。相应伴生着如高原缺氧、严寒冰冻、暴雨洪灾、滑坡泥石流、地震灾害、交通不便等等。这样,使得水电工程所处的自然条件和环境更加复杂,甚或是相当恶劣。

这些复杂恶劣的自然条件,不仅对水电工程的建设施工造成巨大的困难,而且也增加了工程技术的复杂程度,这就需要勘察、设计和科研等方面投入更多的人力、物力、资金和时间,深入研究加以解决,才能使工程设计达到安全适用、技术先进、经济合理的要求。

六、工程地质勘察是设计工作最基本的基础工作

国内外水电工程的实践证明,一项成功的工程设计,离不开良好的工程地质勘察。从一定意义上讲,设计工作的首要问题是勘察。

水电工程所处地形地质条件千差万别。在西部大开发中正在建设和将要建设的水电工程规模巨大,建筑物种类繁多,水电开发面临的地质条件也更为复杂,如河床深厚覆盖层、活断层和高地震烈度、大跨度地下洞室群、泥石流、喀斯特渗漏等。以上复杂地质条件,有时对选址、选厂和建筑物的安全、稳定会产生较大的影响,甚至是重大影响。因此,必须做好地质勘察,查明工程地质条件、岩石物理力学特性,使设计建立在一个可靠的基础之上。在前期的各设计阶段中和施工过程中,重视和做好相应的工程地质勘察是十分重要的。

第二节 水电工程设计的基本任务和目标要求

一、基本任务

水电工程设计的基本任务是,在江河流域综合利用规划或河流(河段)水电规划的基础上,设计满足发电和其他综合利用功能要求的枢纽工程,使其在规定的条件下,做到安全适用、技术先进、经济合理。

二、目标要求

(一) 结构安全性要求

水电站建筑物在正常施工和正常使用条件下,能承受可能出现的各种作用;在出现预定的偶然作用时,主体结构仍能保持必需的稳定性。

(二) 结构适用性要求

指在正常使用条件下,具有设计规定的工作性能。换句话说,在正常使用过程中,水工结构或构件产生的变形、震动或裂缝等都应有限值,以保证结构不失去设计功能的要求。

(三) 结构耐久性要求

指在正常维护下,具有设计规定的耐久性。

(四) 结构经济性要求

指在保证安全的前提下,应力求减少投资。



第三节 水工建筑物及其分类

为了综合利用水利资源,以达到发电、防洪、供水、灌溉、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、输水等,这些建筑物称为水工建筑物。

水工建筑物按其在水电枢纽工程中所起的主要作用,可以区分为以下几类:

一、挡水建筑物

用以拦截河流,形成水库或壅高水位,如各种拦河坝和水闸等。拦河坝型式很多,一般在大中型工程中,尤其是大型、特大型工程中较多选用混凝土重力坝、混凝土拱坝、碾压式土石坝(包括混凝土面板堆石坝)等基本坝型。

二、泄水建筑物

用以宣泄水库在洪水期间或在其他情况下多余的水量,以保证拦河坝(挡水建筑物)的安全。如各种溢流坝、坝身泄水孔口、溢洪道、泄洪隧洞等。

三、引水建筑物

为发电或灌溉、供水等目的,从水库(或河道)向库外(或向下游)引水用的建筑物。如发电引水隧洞、压力钢管道、引水渠道等。

四、电站厂房及开关站

水电站按其发电水头形成的主要方式划分为坝式水电站和引水式水电站。

坝式水电站其水头主要由拦河坝抬高水位而形成。此类水电站的厂房,根据其拦河坝的相对位置不同可分为河床式厂房、坝后式厂房、坝内式厂房、窑洞式及坝下岸边式厂房。

引水式水电站其利用水头主要是由引水道集中河道天然落差而形成。引水式水电站的厂房可分为岸边地面式和地下式两种。

总之,厂房的型式与河流开发方式、枢纽总布置、地形地质条件、施工交通条件等有关,应综合分析比较确定。

开关站是水电厂接入电力系统的升压开关站。它和枢纽总布置、出线走廊、送电方向、出线回路数、出线电压等级及相关电器设备有关。按布置一般分为户外式和户内式。按所选电器设备又可分为敞开式和封闭式。

由于抽水蓄能电站兼具有发电和抽水的功能,因此其开关站不仅是水电厂向外送电的升压开关站,同时又是水泵站电动机的输电变电站。

五、通航建筑物

在通航的河道上或河流渠化规划的河道上修建拦河坝(闸)后,需要修建通航建筑物。对远景需要的则预留通航建筑物位置,以便船只过坝。

通航建筑物分为船闸和升船机两类。

船闸是通过水力将船只浮送过坝,通航能力大,应用较多。特别是在河道水运量大或拦河坝(闸)上下游水位差小的枢纽中,船闸应用较为普遍。如嘉陵江渠化梯级规划中,多采用船闸。

船闸按闸室的数目可分为单级船闸和多级船闸两类。当水头低时,采用单级船闸;当水头较高,采用单级船闸在技术上有困难时,则采用多级船闸。如长江三峡水利枢纽工程永久船闸,为双线5级连续梯级船闸,总水头为113m,可过万吨大型船队,目前属世界之最。



另外,在布置和结构型式上还有竖井式船闸等一些较特殊型式的船闸。

升船机是利用机械力将船只升送过坝,耗水量少,一次提升高度大。升船机有垂直升船机和斜面升船机之分。

垂直升船机按其升降设备可分为提升式、平衡重式、水压式等类型。

斜面升船机按其运行方式的不同,分为牵引式和自行式;按其运送方向与船只行驶方向的关系,又可分为纵向行驶和横向行驶,其中牵引式纵向行驶最为普遍。

我国岩滩水电站垂直升船机已投入运行,该升船机可通过 250t 级驳船,年货运能力达 180 万 t。

第四节 水电工程建筑物设计原则和方法

水电工程建筑物结构设计经历了允许应力设计法、破损阶段设计法、多系数和单一系数极限状态设计法。

以 GB 50199—1994《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》(简称《水工统标》)为标志,我国水电工程结构设计统一采用以概率理论为基础的概率极限状态设计原则,以分项系数极限状态设计方法进行设计。

对水工建筑物结构分别按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行计算和验算。承载能力极限状态是反映了结构的安全性,正常使用极限状态则反映了结构应满足功能要求的适用性、耐久性。在 GB 50199—1994《水工统标》中规定:

(1) 水工结构应按承载能力极限状态及正常使用极限状态设计。

(2) 水工结构设计应对结构的各种极限状态规定明确的标志及限值。结构按正常使用极限状态设计的功能限值,应由各类水工结构设计规范根据各种功能要求提出。

(3) 当结构或结构构件出现下列状态之一时,应认为超过了承载能力极限状态:

1) 整个结构或结构的一部分失去刚体平衡。

2) 结构构件因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏),或因过度的塑性变形而不适于继续承载。

3) 结构或结构构件丧失弹性稳定。

4) 整个结构或结构的一部分转变为机动体系。

5) 土、石结构或地基、围岩产生渗透失稳等。

(4) 结构或结构构件达到影响正常使用或耐久性的限值,且结构出现下列状态之一时,应认为超过了正常使用极限状态:

1) 影响结构正常使用或外观的变形。

2) 对运行人员或设备、仪表等有不良影响的振动。

3) 对结构外形、耐久性以及防渗结构抗渗能力有不良影响的局部损坏。

4) 影响正常使用的其他特定状态。

以 GB 50199—1994《水工统标》为依据,我国水电工程各类水工结构设计规范已经和正在进行修订编制。规范体现了国家技术经济政策,是水电工程设计实现安全适用、技术先进、经济合理的保证。规范具有法令性或强制性,严格执行规范才能保证设计质量并取得良好的综合效益。

第五节 水电工程建筑物的分级

水电工程的等级划分,关系到工程本身及下游人民生命财产和经济建设的安全,也关系到工程造价及正常效益的发挥,是设计中体现经济政策和技术政策的重要环节。因此,应根据有关规定认真分析确定。

一、水电工程等别

水电枢纽工程的等别,在 SDJ 12—1978《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准(山区、丘陵区部分)(试行)》做了详细规定。

SDJ 12—1978 第 4 条规定: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,见表 1-5-1。

表 1-5-1 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 ^②				
		水库总库容 ^① (亿 m ³)	防 洪		灌溉面积 ^③ (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。

二、水工建筑物分级

(1) 水电工程水工建筑物的分级,在 SDJ 12—1978 第 5 条中规定:水利水电枢纽工程的水工建筑物,根据其所属工程等别及在工程中的作用和重要性划分为五级,见表 1-5-2。

表 1-5-2 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	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			主要建筑物	次要建筑物	
一	1	3	4	四	4	5	5
二	2	3	4	五	5	5	
三	3	4	5				

注 1. 永久性建筑物系指枢纽工程运行期间使用的建筑物,根据其重要性分为主要、次要建筑物两种。

主要建筑物系指失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物。例如:坝、泄洪建筑物、输水建筑物及电站厂房等。

次要建筑物系指失事后不致造成下游灾害或对工程效益影响不大并易于修复的建筑物。例如:失事后不影响主要建筑物和设备运行的挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等。

2. 临时性建筑物系指枢纽工程施工期间所使用的建筑物。例如:导流建筑物等。临时性建筑物的洪水标准与永久性建筑物有所不同,详见表 1-5-7。

(2) SDJ 12—1978 第 6 条规定:综合利用的水利水电枢纽工程,根据表 1-5-1 分等指标分属几个不同的等别时,整个枢纽工程的等别应以其中的最高等别为准。但枢纽中各个水工