

全国高职高专水利水电类专业规划教材

水利水电工程概论

王长运 叶舟 主编
杨邦柱 主审



黄河水利出版社

全国高职高专水利水电类专业规划教材

水利水电工程概论

主 编 王长运 叶 舟
副主编 郝红科 张海文 李俊杰
主 审 杨邦柱

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书为全国高职高专水利水电类专业规划教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的水利水电工程概论课程教学大纲编写完成的。本书主要介绍常见的水利水电工程的类型、基本组成、构造以及相关的一些水利水电工程技术等有关知识。全书共分为十章,分别讲述水资源与水利水电工程建设概况、水利枢纽、挡水建筑物、泄水建筑物、取水建筑物、水电站、治河防洪工程、灌排工程、水利水电工程施工以及水利工程管理等相关内容。

本书是为适应国家高等职业技术教育的发展而编写的,突出了水利水电工程的基本知识以及水利水电工程新技术的应用,可作为高等职业技术学院、高等专科学校等城市水利、水利水电工程管理、工业与民用建筑、给水排水工程、工程测量、道路与桥梁工程等专业的通用教材。本书也可作为水利工程管理一线人员的培训教材和参考书,或作为水利类专业人员的入门教材。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程概论/王长运,叶舟主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.8

全国高职高专水利水电类专业规划教材
ISBN 978 - 7 - 80734 - 694 - 4

I. 水… II. ①王…②叶… III. ①水利工程 - 高等学校:技术学校 - 教材②水力发电工程 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TV

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 141978 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhslwlp@163.com
马 翀 66026749 machong2006@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371 - 66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:13.75

字数:320 千字

印数:1—4 100

版次:2009 年 8 月第 1 版

印次:2009 年 8 月第 1 次印刷

定价:25.00 元

前 言

本书是根据《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划 加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)等文件精神,由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,在中国水利教育协会指导下,由全国水利水电高职教研会组织编写的第二轮水利水电类专业规划教材。第二轮教材以学生能力培养为主线,具有鲜明的时代特点,体现出实用性、实践性、创新性的教材特色,是一套理论联系实际、教学面向生产的高职高专教育精品规划教材。

本书重点讲述水利水电工程的基本特点、作用、类型、构造和布置方式,并尽量反映水利水电工程设计、施工与管理等方面的新技术、新材料、新方法的应用以及最新的水利水电工程建设成就,使学生较为全面地、有针对性地获取水利水电工程方面的知识。

本书编写人员及编写分工如下:山西水利职业技术学院王长运(第一、二、九章)、北京农业职业学院张海文(第三章)、广西水利电力职业技术学院刘惠娟(第四章)、浙江同济科技职业学院叶舟(第五、一章)、杨凌职业技术学院郝红科(第六章)、四川水利职业技术学院张磊(第七、五章)、华北水利水电学院水利职业学院李俊杰(第八、十章)。本书由王长运、叶舟担任主编,王长运负责全书统稿,由郝红科、张海文、李俊杰担任副主编。

黄河水利职业技术学院杨邦柱教授担任本书主审,对本教材提出了许多建设性意见,使本书质量大为提高,在此表示衷心感谢。

在编写过程中,参阅和借鉴了有关教材和科技文献,除部分已在本书参考文献中列出外,其余未能一一注明,编者在此一并表示感谢。

由于本次编写时间仓促,书中难免会出现缺点、错误及不妥之处,欢迎广大师生及读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 水资源与水利工程	(1)
第二节 水利水电工程建设成就与发展	(5)
第三节 水利水电工程建设程序	(7)
思考题	(9)
第二章 水利枢纽	(10)
第一节 水利枢纽及水工建筑物	(10)
第二节 水利枢纽的分等与水工建筑物的分级	(15)
第三节 水 库	(17)
思考题	(19)
第三章 挡水建筑物	(20)
第一节 重力坝	(20)
第二节 土石坝	(27)
第三节 拱 坝	(36)
第四节 支墩坝与面板坝	(50)
思考题	(54)
第四章 泄水建筑物	(55)
第一节 泄水建筑物的分类与作用	(55)
第二节 溢流坝与坝身泄水孔	(56)
第三节 河岸溢洪道	(63)
第四节 水工隧洞	(69)
思考题	(79)
第五章 取水建筑物	(80)
第一节 无坝取水与有坝取水	(80)
第二节 水 闸	(82)
第三节 其他型式的闸坝	(98)
第四节 水泵与泵站	(102)
思考题	(111)
第六章 水电站	(112)
第一节 水电站类型	(112)
第二节 水电站建筑物	(117)
第三节 水电站厂区工程	(131)

第四节	水电站的主要机电设备	(140)
思考题	.....	(141)
第七章	治河防洪工程	(142)
第一节	治河工程	(142)
第二节	防洪工程	(150)
思考题	.....	(155)
第八章	灌排工程	(156)
第一节	灌溉制度与灌排技术	(156)
第二节	灌排渠系布置	(162)
第三节	渠道及渠系建筑物	(167)
第四节	节水灌溉	(173)
思考题	.....	(178)
第九章	水利水电工程施工	(179)
第一节	水利水电工程施工的特点及内容	(179)
第二节	施工导流与截流	(180)
第三节	施工技术	(186)
第四节	施工组织设计	(197)
思考题	.....	(199)
第十章	水利工程管理	(201)
第一节	水利工程管理任务与工作内容	(201)
第二节	水利工程的检查与观测	(202)
第三节	水利工程的养护与修理	(208)
思考题	.....	(212)
参考文献	.....	(213)

第一章 绪 论

第一节 水资源与水利工程

一、水资源

(一) 水资源定义

水资源作为地球自然资源的一种,是指地球所属范围内的、可作为资源的水,包括地球表面、地层中和围绕地球的大气中的水分。1988年由联合国教科文组织和世界气象组织给出的水资源定义为:作为资源的水应当是可供利用或有可能被利用,具有足够数量和可用质量,并可适合某地对水的需求而能长期供应的水源。因此,水资源可以理解为人类长期生存、生活和生产过程中所需要的各种水,既包括了它的数量和质量,又包括了它的使用价值和经济价值。许多国家在谈到水资源时,常常把通过全球水文循环而可不断获得补充的淡水作为水资源。

综上所述,水资源作为维持人类社会存在及发展的重要资源之一,应当具有以下功能:

- (1) 可以按照社会的需要提供或有可能提供的水量。
- (2) 水量有可靠的来源,且来源可以通过自然界水文循环不断得到更新或补充。
- (3) 水量可以由人工加以控制。
- (4) 水量及水质能够适应人类用水的需求。

(二) 我国水资源状况

1. 我国的水资源特点

(1) 人均水资源占有量偏少。我国水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ,居世界第六位。根据 1997 年人口统计,全国人均水资源量为 2 220 m^3 。按联合国可持续发展委员会等 7 个有关组织 1997 年对全世界 153 个国家和地区所做的统计,我国人均水资源量排在第 121 位,约为世界人均水资源占有量的 1/4。

(2) 水、土资源的区域分布条件不相匹配。将全国 10 个流域分区合并成南方、北方与西北内陆 3 个明显不同类型区。其中,南方片水资源总量占全国的 80.4%,耕地占全国的 35.2%,人口占全国的 53.6%;北方片水资源总量占全国的 14.7%,耕地占全国的 59.2%,人口占全国的 44.3%;内陆河片水资源总量占全国的 4.9%,耕地占全国的 5.6%,人口占全国的 2.1%。

(3) 年际和季节变化大,水旱灾害频繁。我国大部分地区受季风影响显著,降水量、径流量的年际和季节变化很大,而且干旱地区的变化一般大于湿润地区。降水量和径流量年际间的悬殊差别和年内高度集中的特点,不仅给开发利用水资源带来了困难,也是水旱灾害频繁的根本原因。

(4) 地下水分布广泛,是北方地区重要的供水水源。由于地下水分布相对地表水均

匀且相对稳定、年际与季节变化较小、水质较好、不易污染,在北方地表水资源相对贫乏的地区,地下水对工业、农业和城镇供水有着重要的意义,东北诸河、海河、淮河和山东半岛、内陆诸河等地区的地下水开采量,约占总供水量的1/4。其中,海河地下水开采量占全流域供水量的53%。

(5)水质变化大,污染严重。我国河流的天然水质相当好。水量较多的地区,河水矿化度和总硬度都较低。由于人口的不断增长和工业的迅速发展,废污水的排放量增加很快,水体污染日趋严重。北方地区水体污染比南方严重,西部比东部严重。在我国大城市的工业区和人口密集区附近的水体污染较严重。全国的江河水质,中小河流污染状况重于各大水系干流。由于排入河道的废水总量没有得到有效控制,河流水污染继续呈上升趋势和扩散状态。

(6)水土流失严重,河流泥沙含量大。由于自然条件和长期以来人类活动的结果,我国森林覆盖率很低,水土流失严重。我国平均每年被河流带走的泥沙约为35亿t,其中直接入海的泥沙约18.5亿t,占全国河流输沙量的53%;其余泥沙大都淤积在流域中,包括下游平原河道、湖泊、水库或引入灌区、分蓄洪区等。黄河是中国泥沙最多的河流,也是世界罕见的多沙河流,年平均含沙量和年输沙总量均居世界大河的首位,多年平均含沙量为35 kg/m³,多年平均输沙量达到16.1亿t。

2. 我国的水资源总量

我国地域辽阔,河流、湖泊众多,水资源总量丰富。我国有河流4.2万条,河流总长度达40万km以上,其中流域面积在1000 km²以上的河流有1600多条。我国还是一个多湖泊的国家,湖水面积在1 km²以上的湖泊有2300多个,湖泊总面积为71790 km²,储水总量为7088亿m³,其中淡水储量为2261亿m³。

我国水资源总量由地表水、地下水、湖泊、冰川等几部分组成,其中地表水资源占96%左右。全国分区多年平均降水量及水资源总量见表1-1。

表1-1 全国分区多年平均降水量及水资源总量(1956~1979年)

项目	计算面积 (km ²)	降水情况		径流总量 (亿 m ³)	地下水量 (亿 m ³)	水资源量 (亿 m ³)
		降水深 (mm)	降水量 (亿 m ³)			
黑龙江	903 418	496	4 476	1 166	431	1 352
辽河及其他流域	345 027	551	1 901	487	194	577
海滦河流域	318 161	560	1 781	288	265	421
黄河	794 712	464	3 691	661	406	744
淮河及山东诸河	329 211	860	2 830	741	393	961
长江	1 808 500	1 071	19 360	9 513	2 464	9 613
东南沿海诸河	239 803	1 758	4 216	2 557	613	2 592
珠江及华南诸河	580 641	1 544	8 967	4 685	1 116	4 708
西南诸河	851 406	1 089	9 346	5 853	1 544	5 853
内陆河	3 374 443	158	5 321	1 164	862	1 303
全国	9 545 322	648	61 889	27 115	8 288	28 124

二、水利工程

人类需要适时适量的水,水量偏多或偏少往往造成洪涝或干旱等灾害,旱、涝灾害一直是世界自然灾害中损失较大的两种灾害。水资源受气候影响,在时间、空间上分布不均匀,因而出现了来水与用水之间的不相适应。国民经济各用水部门为了解决这一矛盾,实现水资源在时间上、地区上的重新分布,做到蓄洪补枯、以丰补缺,消除水旱灾害,发展灌溉、发电、供水、航运、养殖、旅游和维护生态环境等事业,都需要因地制宜地修建必要的蓄水、引水、提水或跨流域调水工程,以使水资源得到合理开发、利用和保护。对自然界的地表水和地下水进行控制和调配,以达到除害兴利目的而修建的各项工程,总称为水利工程。

水利工程按其承担的任务可分为防洪工程、农田水利工程、水力发电工程、给排水工程、航道及港口工程、环境水利工程等。一项工程同时兼有几种任务的,称为综合利用水利工程。现代水利工程多是综合利用的工程。水资源开发利用由原始的单一目标,向现代的多目标、整体优化转变,是人类文明进步的体现。

按水利工程对水的作用可分为蓄水工程、排水工程、取水工程、输水工程、提水工程、水质净化和污水处理工程。

(一) 防洪工程

洪水泛滥可使农业大量减产,工业、交通、电力等正常生产遭到破坏,严重时,则会造成农业绝收、工业停产、人员伤亡等。如1931年长江宜昌站出现 $63\ 600\ \text{m}^3/\text{s}$ 的洪峰,上自沙市,下至上海,沿江城市全部被水淹没,南京也未幸免,武汉一片汪洋,受淹百日之久。鄂、湘、皖、赣、苏、浙、豫等七省205个县、5 000多万亩(1亩=1/15公顷)农田、2 855万人口受灾,死亡14.5万人,损失惨重。

防洪措施是防止或减轻洪水灾害损失的各种手段和对策。现代防洪措施包括工程防洪措施和非工程防洪措施。

工程防洪措施主要通过控制洪水、改变洪水特性来达到防洪减灾的目的,其内容包括水土保持工程、水库工程、堤防工程、分蓄洪工程、河道整治工程等。从性质上来说,可概括为“拦、蓄、分、泄”四个方面。

非工程防洪措施是20世纪50年代以来逐步研究形成的防洪减灾的一种新概念。它是通过行政、法律、经济和现代化技术等手段,调整洪水威胁地区的开发利用方式,加强防洪管理,以适应洪水的天然特性,减轻洪灾损失,节省防洪基建投资和工程维护管理费用。

(二) 农田水利工程

农业是国民经济的基础,党和国家把发展“三农”作为当前经济的首要问题。农田水利工程就是通过工程措施来改变地区水情和调节农田水分状况,使之符合发展农业生产的需要,促进农业生产的发展。

改变地区水情是一项巨大而复杂的工程,不仅要考虑农业生产,还应考虑其他用水部门的要求,即对水资源进行全面规划、综合利用。因此,改变地区水情必须在当地区域规划的基础上进行。

改变和调节农田水分状况是农田水利的基本任务,其措施一般有下列两种:

(1)灌溉措施。按照作物的需要有计划地将水量输送和分配到田间,以补充农田水分的不足,改变土壤中养料、通气、热状况等,达到提高土壤肥力和改良土壤的目的。

(2)排水措施。修建排水系统将农田内多余的水分排至一定范围之外,使农田水分保持适宜状态,满足通气、养料和热状况的要求,以适应农作物的正常生长。

(三)水力发电工程

水能资源是一种洁净能源,具有运行成本低、不消耗水量、环保生态、可循环再生等特点,是其他能源不可比拟的。水力发电是利用水能资源来进行发电。

水力发电通常是在河流上筑坝或修引水道,集中河段落差取得水头,并通过水库调节径流取得流量,引导水流通过电站厂房中安装的水轮发电机组,将水能转换为机械能和电能,然后通过输变电路,把电能输入电网或送到用户。

(四)给排水工程

给水是指供给城镇居民生活和工矿企业生产的用水,排水是指排除工矿企业及城市废水、污水和地面雨水。给水必须满足用水水质标准,排水必须符合国家规定的污水排放标准。

给排水工程的目的就是通过工程措施来满足城镇的给水与排水需求。给、排水措施,应在流域规划和地区规划统一指导下,统一调配水量。必要时采取蓄水、调水措施,如修建水库、开运河、南水北调等。

(五)航道及港口工程

航道及港口工程是为发展水上运输而兴建的各种工程设施。水运具有运量大、运费低、能耗少、占地少等突出优点。因此,水运是水资源综合利用的重要方面,又是交通运输的重要组成部分。

航道是船舶航行的通路,分天然航道和人工运河两大类。天然航道包括内河航道和近海入港航道。港口是供船舶安全停泊、完成装卸并实行补给的水陆运输枢纽。港口按使用特点可分为商港、工业港、军港、渔港和避风港等。港口按所处地理位置可分为内河港、河口港和海岸港。内河港位于天然河流、人工运河、湖泊或水库内;河口港和海岸港统称海港。

(六)环境水利工程

环境水利工程是为保护和改善水环境而修建的工程设施。主要包括:①在保护和改善生态环境方面,如过鱼建筑物、人工孵育场和人工产卵场、为改善水生物环境的蓄水或排水工程、改善鱼类洄游和河口环境的人海河口排沙防淤工程、防止坝下溶解氮过饱和的工程、改善坝下低温的建筑物、提高水温的工程措施等;②在防治水污染方面,通过修建闸坝等工程,保证环境要求的水位和流量,提高河流自净能力,建设氧化塘处理工程系统、土地处理工程系统、污水深水排放工程等;③改善景观方面,应用水利美学原理设计形式优美的水工建筑物,与景观协调一致;④通过水利工程防治疾病和流行病的发生以及防治病虫害。

第二节 水利水电工程建设成就与发展

一、我国水利水电工程建设成就

几千年来,我国劳动人民在与洪水作斗争和开发利用水资源方面,取得了突出的成就,积累了很多宝贵的经验。例如,从春秋时期开始,在黄河下游沿岸修建的堤防,经历代整修加固至今,已形成近 1 600 km 的黄河大堤,为江河治理、堤坝建设与养护提供了丰富的经验;从公元前 485 年开始兴建到 1293 年全线通航,纵贯我国南北,全长 1 794 km 的京杭大运河,是世界上最长的运河,对便利我国南北交通发挥了重要作用;公元前 256 年,在四川省灌县建成的都江堰工程,利用鱼嘴分洪、飞沙堰泄洪排沙、宝瓶口引水,是世界上现存历史最长的无坝引水工程,至今仍在发挥巨大的效益。

中华人民共和国成立以来,特别是改革开放以来,我国水利水电工程建设发展很快。根据 1997 年的统计资料,全国整修、新建各类江河堤防、海塘 25 万多千米;水库 8.48 万座,总库容 4 583 亿 m^3 ,其中大型水库 397 座,库容 3 267 亿 m^3 ;水闸 3.16 万多座,其中大型水闸 340 座;建设重要分蓄洪区 98 处,总蓄洪容量达 1 000 亿 m^3 ;灌溉面积 8.39 亿亩,其中 30 万亩以上灌区 145 处。

过去的黄河,曾在 3 000 年内决口 1 500 次以上,而经治理后,在 1958 年尽管遭遇遇到与 1933 年大灾之年同样大的洪水(22 300 m^3/s),却未出现决口,经受住了考验,并出现了 60 年黄河岁岁安澜的前所未有的新局面。淮河经过治理也改变了“大雨大灾,小雨小灾,无雨旱灾”的悲惨景象。1963 年开始根治海河,在海河中、下游初步建立起防洪除涝系统,尾间不畅的情况也有所改善。

我国建坝数量居世界之首,且不同型式的高坝在逐年增多。例如,长江三峡水利枢纽是当今世界最大的水利工程,其中水电装机达 1 820 万 kW,双线五级船闸总水头 113 m,可通过万吨级船队,垂直升船机提升总重量为 11 800 t、过船吨位 3 000 t 以及坝体混凝土总方量等均为世界之首;二滩混凝土双曲拱坝坝高 240 m,在同类坝型中列世界第 4 位;江垭碾压混凝土重力坝坝高 131 m,列世界第 3 位;龙滩碾压混凝土重力坝坝高初期达 192 m,后期达 216.5 m,将成为世界最高的碾压混凝土重力坝;沙牌碾压混凝土拱坝坝高 132 m,列世界第 1 位;黄河小浪底斜心墙堆石坝坝高 154 m,是我国同类坝型最高、最大的坝;天生桥一级混凝土面板堆石坝坝高 178 m,已进入世界高面板堆石坝之列。水电建设飞速发展,从 1949 年的装机容量 36 万 kW、年发电量 12 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,迅猛增到 2004 年的装机容量 1 亿 kW;水电站设备的制造、安装技术明显提高,单机容量由几万千瓦,发展到李家峡水电站单机容量 40 万 kW,二滩水电站单机容量 55 万 kW,三峡水电站单机容量达 70 万 kW,为世界单机容量最大的水轮发动机。

为解决城市供水,优化水资源配置,跨流域调水方兴未艾,完成了引滦入津、引黄济青、引碧入连、东圳引水、引黄入晋等供水工程,规模更大、更具有战略意义的南水北调工程正在兴建。

随着水利水电工程建设的发展,制定并完善了水利水电建设法律、法规、规程、规范和

建设规划,促进了水利水电科学技术的普及与提高。在实践中培养并建成了一只勘测、设计、施工、管理和水利科研队伍,完成了许多大型水利水电工程的勘测、设计、施工以及设备制造与安装。与此同时,在大规模的水利水电建设中,积累了很多改造自然的宝贵经验,并提出了水利水电建设的新思路、新任务。

二、现代水利水电工程建设的发展

随着国民经济的不断发展和人口的增长,水和电的需求量都在逐年增加,而科学技术和设计理论的提高,又为水利水电工程特别是大型水利水电工程的发展提供了有利条件。现代水利水电工程建设的发展主要表现在以下几方面:

(1)大水库、大水电站和高坝建设逐年增多。据统计,全世界库容在1 000亿 m^3 以上的大水库有7座,其中最大的是乌干达的欧文瀑布,总库容为2 048亿 m^3 ;已建成的设计装机在450万kW以上的水电站有11座,其中最大的是巴西与乌拉圭合建的伊泰普水电站,设计装机容量为1 260万kW,我国三峡水电站设计装机容量为1 820万kW,将于2009年建成;100 m以上的高坝,1950年前仅42座,现已建和在建的有400多座。在100 m以上的高坝中,土石坝的数量接近混凝土重力坝和拱坝的总和。

目前,世界上最高的土石坝是塔吉克斯坦的罗贡坝,坝高335 m;最高的重力坝是瑞士的大狄克桑斯坝,坝高285 m;最高的拱坝是格鲁吉亚的英古力坝,坝高272 m;最高的堆石坝是印度的特里坝,坝高261 m。在我国,龙羊峡水电站的库容为274亿 m^3 ,是目前国内最大的已建成水库;二滩拱坝坝高240 m,是我国目前最高的坝。

(2)新坝型、新材料研究取得可喜成果。将土石坝施工中的碾压技术应用于混凝土坝的碾压混凝土筑坝新技术,不仅成功地用于重力坝,而且已开始拱坝中采用。随着大型碾压施工机械的出现,混凝土面板堆石坝已在许多国家广为采用。超贫胶结材料坝试验研究在国内外已经展开,并开始建筑了一些试验坝,预计在中、低坝建设中有广阔的发展前景。

(3)泄洪建筑物泄洪总量大,单宽流量也在不断提高。葛洲坝水利枢纽泄洪总量达11万 m^3/s ;凤滩水电站泄洪总量为32 600 m^3/s ,是目前世界上拱坝枢纽中最大的;我国拟建的高拱坝总泄量有的超过50 000 m^3/s 大关。国内外泄洪最大的单宽流量已超过300 $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。葡萄牙卡斯特罗·让·博得拱坝泄槽为364 $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$,伊朗瑞萨·夏·卡比尔岸边溢洪道为355 $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$;我国三峡水利枢纽的深孔达312 $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$,五强溪溢流坝达295 $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。峡谷区建高坝采用大流量是很少见的,而溪洛渡、龙滩等工程施工期2%~1%频率的导流流量均达到10 000 m^3/s 左右。

(4)高度机械化的隧洞掘进机(TBM)技术的应用,为大型地下工程和特长深埋隧洞工程的顺利完成提供了广阔前景。TBM技术在国外应用已相当广泛,如澳大利亚雪山水利工程(工程包括137 km的引水隧洞、80 km的高架渠、7个水力发电站、2个抽水站以及库容为85亿 m^3 的水库)、长50 km的英吉利海峡隧道以及长90 km以上的瑞士洛克伯格和哥特哈德隧道都应用了TBM技术。我国在水工隧洞和城市地铁隧道建设中也开始应用盾构施工;南水北调西线工程,将修建长深埋隧洞,TBM技术将大有用武之地。

(5)地基处理和加固技术不断发展,使得处理效果更加可靠,造价进一步降低。例如

深覆盖层地基防渗处理,广泛采用混凝土防渗墙技术。加拿大马尼克三级坝的混凝土防渗墙深达 131 m,是目前世界上最深的防渗墙。我国渔子溪、密云、碧口水库等工程采用的混凝土防渗墙,深度为 32 ~ 68.5 m,防渗效果好。此外,利用水泥或水泥黏土进行帷幕灌浆也是处理深层覆盖层的一项有效措施,如法国的谢尔蓬松坝,高 129 m,帷幕深 110 m,从蓄水后的观测资料看,阻水效果较好。20 世纪 70 年代初出现的利用水气射流切割掺搅地层,同时将胶结材料(如水泥浆)灌注到被掺搅的地层中去的高压喷射灌浆,也已成功地应用于地基防渗和加固处理。

(6) 计算机在水利水电建设中得以广泛使用。随着高速度、大容量计算机的出现,水工结构、水工水力学和水利施工中的许多复杂问题都可以通过计算机得到解决。由于在计算中可以很方便地变更参数,因而可以迅速地进行方案比较和选择建筑物的最优方案。

(7) 由于大型试验设备和现场量测设备的发展,使得水工建筑物的模型试验和原型观测也得到相应的发展,并且与电算分析方法相结合,互相校核、互相验证,还可以通过反演分析进行安全评价和安全预测。这些研究成果反馈到工程设计中,使得设计更加安全、可靠,也更加经济合理。

第三节 水利水电工程建设程序

水利工程一般投资多,建设工期长,影响范围广,牵涉因素多,受自然条件影响大。因此,水利工程建设必须严格按照科学的基本建设程序进行。基本建设程序是指基本建设项目从决策、设计、施工到竣工验收、投产使用整个过程中,各项工作必须遵循的先后次序。水利工程建设程序,一般可分为项目建议书、可行性研究报告、初步设计、施工准备(包括招标设计)、建设实施、生产准备、竣工验收、后评价等 8 个工作阶段。

一、项目建议书阶段

项目建议书是对拟建项目有了初步设想后,向国家提出的建设该项目的建议性文件。其主要作用是通过论述拟建项目的建设必要性、可行性,以及获利、获益的可能性,向国家推荐建设项目,供国家选择并确定是否进行下一步工作。

项目建议书的编制一般由政府委托具有相应资格的设计单位承担,并需按国家规定的审批权限向主管部门申报审批。项目建议书一经批准,该项目即被列入国家或地方中长期发展规划,政府可组建项目筹备机构,进行可行性研究工作。

二、可行性研究报告阶段

可行性研究是指在工程项目决策之前,通过调查、研究等手段,对拟建项目在技术上是否可行、经济上是否合理等进行科学地分析论证,并提出可行性研究报告和设计任务书,作为项目决策、筹措资金、初步设计等工作的基础和依据。

可行性研究报告一般由项目法人或项目筹备机构组织编制,并应按国家规定的审批权限报批。可行性研究报告经有关部门审批通过后,拟建项目正式立项,可进入初步设计阶段。

三、初步设计阶段

一般工程进行两阶段设计,即初步设计和施工图设计,有些工程还根据实际情况需要增加技术设计阶段。

初步设计阶段是在可行性研究报告批准后,项目法人选择具备相应资质的勘测设计单位,以批准的设计任务书为依据,进行工程项目勘测,并对主要建筑物和设备的布置、结构形式、控制性尺寸、施工方案、移民安置及工程量计算等作初步设计,提出相应的设计文件,并编制项目的总概算。

技术设计是针对初步设计中的重大技术问题而进一步开展的设计工作。它是在进行科学研究、设备试制后取得可靠数据和资料的基础上,具体地确定初步设计中所采用的工艺、土建方面的主要技术问题,并编制修正概算。

施工图设计是按初步设计或技术设计的设计原则、结构方案和控制尺寸,根据建筑安装工作的需要,分期分批地编制施工详图的设计,使设计达到施工安装的要求。

四、施工准备阶段

施工准备工作是在初步设计的基础上进行结构及地基的详细设计,定出所有建筑物的详细构造与尺寸,提出施工、安装的技术要求,绘制详细的施工图,进行施工组织设计。同时,要进行施工场地的施工、设备采购、主体工程招标投标等施工准备工作。

建设项目在主体工程开工之前,必须完成各项施工准备工作,其主要内容包括:①施工现场的征地、拆迁;②完成施工用水、电、通信、路和场地平整等工程;③必需的生产、生活临时建筑工程;④组织招标设计、咨询、设备和物资采购等服务;⑤组织建设监理单位和主体工程招标投标,并择优选定建设监理单位和施工承包队伍。

水利工程项目在进行施工准备前,必须满足如下条件:①初步设计已经批准;②项目法人已经确立;③项目已列入国家或地方水利建设投资计划,筹资方案已经确定;④有关土地使用权已经批准;⑤已办理报建手续。

五、建设实施阶段

在施工准备工作完成,建设工程具备了开工条件并取得施工许可证后,主体工程方可正式开工,随即进入建设实施阶段。建设实施阶段是指项目建设单位按照批准的建设文件组织工程建设,保证项目建设目标实现的全过程。水利工程建设必须按照有关规定认真执行项目法人负责制、招标投标制、工程监理制等管理制度,确保工程质量。

六、生产准备阶段

生产准备是工程项目投产前的一项重要工作,是建设阶段转入生产经营的必要条件。生产准备的具体内容根据不同类型的工程要求确定,一般包括组建生产运行管理机构、制定有关制度和规定、招收和培训生产管理人员等。

七、竣工验收阶段

竣工验收是工程建设过程的最后一个环节,是全面考核基本建设成果、检验设计和工程质量的重要步骤,也是基本建设转入生产或使用的标志。工程在投入使用前必须通过竣工验收。竣工验收合格后,建设工程方可办理移交手续,交付使用。

八、后评价阶段

在建设项目竣工投产、运营1~2年后,要进行一次系统的项目后评价,通过对项目前期工作、项目实施、项目运营情况的综合研究,分析项目的实际情况与其预测情况的差距,从项目完成过程中吸取经验教训。其评价内容包括影响评价、经济效益评价、过程评价等。

上述水利工程建设程序的一般性工作阶段,对于规模较小、重要性较低的工程,可减少或合并一部分工作阶段。例如,对小型水利工程,可将可行性研究报告与初步设计阶段合并,相应内容也可从简。

水利工程建设必须严格按照基本建设程序进行,凡违反工程建设程序管理规定的,要按照有关法律、法规、规章等的规定,由项目行业主管部门,根据情节轻重对责任者进行处理。

思考题

- 1-1 水资源的概念以及我国水资源的特点是什么?
- 1-2 什么是水利工程?水利工程的类型有哪些?
- 1-3 简要介绍我国水利水电工程建设成就。
- 1-4 现代水利水电工程建设的发展主要表现在哪些方面?
- 1-5 水利工程建设一般要经历哪些阶段?各阶段主要的工作内容是什么?
- 1-6 在水利水电工程建设进入施工阶段前应做哪些工作?

第二章 水利枢纽

第一节 水利枢纽及水工建筑物

一、水利枢纽

为了满足防洪要求,获得灌溉、发电、供水等方面的效益,需要在河流的适宜地段修建不同类型的建筑物,用来控制和支配水流,这些建筑物统称水工建筑物。不同类型的水工建筑物组成的综合体称为水利枢纽。

一个水利枢纽的功能可能是单一的,如防洪、发电、灌溉、引水等,但多数是兼有几种功能的,称为综合利用水利枢纽。水利枢纽按其所在地区的地貌形态分为平原地区水利枢纽和山区(包括丘陵区)水利枢纽;也可按承受水头的大小分为高、中、低水头水利枢纽。有些水利枢纽常以其主体工程(坝或水电站)或形成的水库名称来命名,如埃及的阿斯旺高坝、中国的新安江水电站及官厅水库等。

低水头水利枢纽多建在河道下游的平原地区或河道开阔地段。由于河床坡度平缓、地形开阔,枢纽中的挡水建筑物多为较低的拦河闸或溢流坝,因而壅水不高、库容较小、调蓄能力不大,在岩基或软基上均可修建。

高、中水头水利枢纽位于山区或丘陵区,通常是坝高、洪水流量大,地基多为岩基。

(一) 韶山灌区洋潭引水枢纽

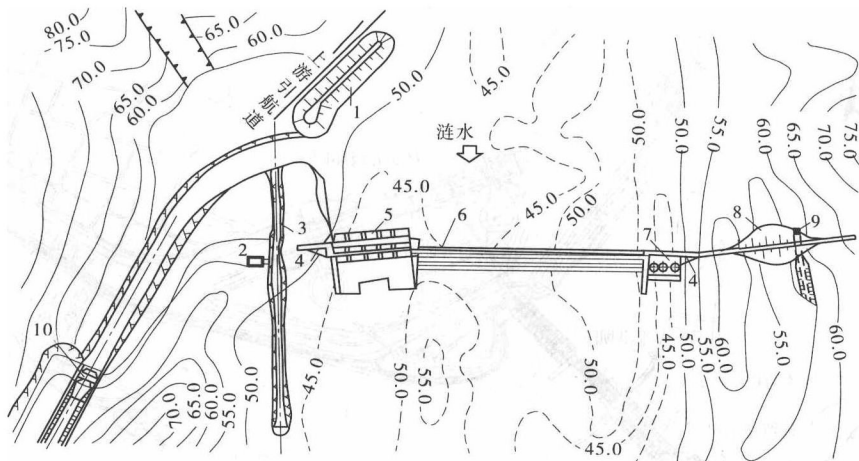
韶山灌区洋潭引水枢纽位于湘江支流涟水的中游,上距水府庙水库 18 km,是一座以灌溉为主,兼有防洪、发电、航运和供水等效益的综合利用水利枢纽,见图 2-1。

枢纽工程壅高水位为 10 m,在正常引水位和 200 年一遇洪水位时的库容分别为 2 100 万 m^3 和 5 300 万 m^3 。由于地形开阔、壅水不高,而洪水流量又较大,工程主体采用混凝土溢流坝及河床式电站。溢流坝段长 170 m,高 14.6 m,布置在河床中部,坝顶不设闸门,平时用来挡水,大水时可以溢流。因泄放水需要,在溢流坝右侧建有泄洪闸,长 59 m,分为 5 孔,每孔装 10 m \times 9.3 m 弧形闸门。为防止泄洪时冲刷右侧岸坡和不影响升船机下游的通航条件,将闸轴线偏转 7° 。水电站厂房位于溢流坝左侧,长 26 m。为了避免与水电站厂房互相干扰,将升船机布置在右岸。左、右坝端均为混凝土重力坝,共长 52 m。在左岸山坳冲沟处,建有均质土坝,长 80 m。左、右岸灌区分别由土坝坝内埋管和进水闸供水。

(二) 三峡水利枢纽

三峡水利枢纽位于长江三峡西陵峡中,坝址在三斗坪,控制流域面积 100 万 km^2 ,年平均径流量 4 510 亿 m^3 ,年平均输沙量 5.3 亿 t;下游距宜昌市约 40 km;坝址河谷开阔,坝基为坚硬完整的花岗岩。

三峡水利枢纽是一座具有防洪、发电、航运等综合效益的多目标开发工程,主要由拦



1—导流堤;2—机房;3—斜面升船机;4—重力坝;5—泄洪闸;6—溢流坝;
7—水电站;8—土坝;9—洋潭支渠进水口;10—进水闸

图 2-1 韶山灌区洋潭引水枢纽平面布置图 (高程:m)

河坝、水电站厂房、通航建筑物三大部分组成。泄洪坝段位于河床主河槽部位,两侧为电站坝段和非溢流坝段,另在右岸留有后期扩机的地下厂房位置,通航建筑物位于左岸,见图 2-2。主要建筑物按千年一遇洪水设计,万年一遇洪水加 1% 校核。

拦河坝为混凝土重力坝,全长 2 309.47 m,坝顶高程 185 m,最大坝高 181 m,水库正常蓄水位为 175 m,总库容为 393 亿 m^3 ,防洪库容为 221.5 亿 m^3 ,可使荆江河段的防洪标准由建坝前的十年一遇提高到百年一遇。

泄水坝段位于河床主河槽部位,总前长 483 m,分为 23 个坝段,每个坝段长 21 m,共设 23 个深孔和 22 个表孔。深孔布置在每个坝段的中部,尺寸为 7 m × 9 m (宽 × 高),进水口高程为 90 m。表孔跨两个坝段间的横缝布置,净宽 8 m,堰顶高程 158 m。采用鼻坎挑流消能,最大泄洪能力 11.9 万 m^3/s 。

水电站厂房为坝后式。布置在泄洪坝段的左、右两侧,分别安装 14 台和 12 台 70 万 kW 机组,共计 26 台,总装机 1 820 万 kW,年平均发电量 846.8 亿 kW · h。另在右岸留有为后期扩机的 6 台地下厂房位置。主要向华东、华中地区供电,少部分向川东供电,每年可节约原煤 4 000 万 ~ 5 000 万 t。

通航建筑物包括船闸和垂直升船机,均布置在左岸。船闸为双线五级船闸,总水头 113 m,闸室有效尺寸为 280 m × 34 m × 5 m (长 × 宽 × 槛上水深),可通过万吨船队,单向年通过能力自目前的 1 000 万 t 提高到 5 000 万 t。升船机为垂直均衡重式,乘船箱尺寸为 120 m × 18 m × 3.5 m (长 × 宽 × 厢内水深),可通过 3 000 t 级客货轮。

(三) 小浪底水利枢纽

小浪底水利枢纽位于河南省洛阳市以北约 40 km 的黄河干流上,控制流域面积 69.42 万 km^2 ,占黄河总流域面积的 92.3%,控制径流的 91.2% 和近 100% 的泥沙。

小浪底水利枢纽包括壤土斜心墙堆石坝、泄洪排沙建筑物和引水发电建筑物三大部分。由于地质原因,后二者均布置在左岸,见图 2-3。