



大学生毕业设计指南丛书

水利水电工程专业毕业设计指南

索丽生 任旭华 胡 明 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

大学生毕业设计指南丛书

水利水电工程专业

毕业设计指南

索丽生 任旭华 胡 明 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系《大学生毕业设计指南丛书》之一,是专门为水利水电工程专业应届毕业生进行毕业设计而编写的,同时兼顾了在职的工程技术人员实际需要。

本书共3章。主要介绍了水工建筑物设计的基本理论及发展趋势、水工毕业设计的方法和典型毕业设计,并附录了毕业设计中的常用工具性资料。通过本书的学习,力图引导学生把在课堂上学到的专业知识很好地应用到工程实践中去。

本书主要供水利水电工程专业应届毕业生、已工作的水工设计师、大专生及“五大”学生使用,也可供水利水电工程设计和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程专业毕业设计指南/索丽生,任旭华,胡明编著. —北京:中国水利水电出版社,2001.1

(大学生毕业设计指南丛书)

ISBN 7-5084-0525-0

I. 水… II. ①索…②任…③胡… III. 水工建筑物-建筑设计-高等学校-毕业实践-指南 IV. TV6-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第79454号

书 名	大学生毕业设计指南丛书 水利水电工程专业毕业设计指南
作 者	索丽生 任旭华 胡明 编著
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	水利电力出版社印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 15印张 356千字
版 次	2001年1月第一版 2001年1月北京第一次印刷
印 数	0001—3600册
定 价	25.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序

50年代我国高等教育的教学体制学习了前苏联的专业教育模式,设置了诸多专业性很强的专业。在水利方面设有“水道与港口建筑”、“河川结构与水电站建筑”、“水利动力装置”、“水利土壤改良”、“陆地水文”、“海洋工程水文”、“水资源规划及利用”、“河流泥沙与治河工程”等专业,多年来为我国的水利事业培养了大量的高级建设人才。80年代以来,随着改革开放和社会主义经济体制的转变,在学科建设上也相应地进行了必要的专业调整,以适应新的经济发展形势。经过1989年和1999年两次较大的全国普通高校本科专业的调整、归并和重组,水利类设置“水利水电工程”、“港口航道与海岸工程”、“水文与水资源工程”三个专业,拓宽了专业口径,增强了适应性,使专业设置更趋合理。

毕业设计(论文)是大学本科教学中最重要的实践性教学环节,做好毕业设计(论文)可以使 学生所学基础理论和专业知识更加系统、巩固、延伸和拓展。对工科院校而言,可使 学生受到工程技术和科学技术的基本训练以及工程技术人员所必需的综合训练,提高学生调查研究、理论分析、计算、绘图和外语等各方面的能力,特别是综合运用所学基本理论知识分析、解决工程实际问题的能力。在自己多年的教学实践中,深感毕业设计(论文)指导书在引导教师和学生更好地进行毕业设计(论文)、提高质量方面所发挥的重要作用。这次水利水电出版社组织编写《毕业设计指南》系列丛书,旨在对各专业编写比较实用的毕业设计指南,引导学生重视并做好毕业设计(论文),也帮助教师做好毕业设计(论文)的指导工作,对提高教学质量具有重要意义,相信在毕业设计(论文)指导工作中定将发挥应有的作用。

阅读了水利类三个专业的《毕业设计指南》书稿，深感许多有丰富教学经验的老师们为此投付了很大精力，编写的书稿都是他（她）们多年来教学实践的结晶，老师们为我国高等学校的水利类专业教学做出了贡献。为此，在本书付梓之日，我乐于应约表达我的感受，并祝贺本书的出版，权以此为序。

严 恺

1999 年 11 月于河海大学

严恺，中国科学院院士、中国工程院院士，河海大学教授、名誉校长。

前 言

毕业设计是高等工科学校教学中一个不可缺少的实践性环节。由中国水利水电出版社组织编写出版的《大学生毕业设计指南丛书》之《水利水电工程专业毕业设计指南》，是为高等学校水利水电工程专业毕业设计所编写的一本指导书。它既可作为该专业本、专科学生毕业设计的参考书，也可供从事该专业教学工作的高校教师以及新近从事该专业设计工作的技术人员参考。

本书共分三章。第一章为水工建筑物设计的基本理论和发展趋势，简要地介绍了规划设计、枢纽布置、水工建筑物的设计理论、施工组织设计以及水工设计理论及技术的发展。第二章为毕业设计方法，分别介绍了毕业设计的目的、作用和要求，毕业设计的选题、准备和实施，毕业设计文件，毕业设计的评阅和答辩以及计算机在毕业设计中的应用。第三章为典型毕业设计，介绍了水利水电规划、混凝土拱坝设计、混凝土宽缝重力坝设计、土石坝和坝外泄洪建筑物设计、水电站建筑物设计、渠系建筑物设计等六个专题的毕业设计实例。

本书由河海大学水电系索丽生、任旭华、胡明编著。第一章第七节由索丽生、任旭华编写，第二章第五节由索丽生、胡明编写；第一章第一、三、六节，第二章第一、二、四节，第三章第四节由任旭华编写；第一章第四节、第三章第五节由胡明编写；第一章第二节由顾圣平和任旭华编写，第三章第一节由顾圣平编写；第一章第五节，第三章第六节由赵坚编写；第三章第二、三节由沈长松和任旭华编写；第二章第三节由蔡付林编写。全书由索丽生修改定稿，河海大学林益才教授审阅了全稿，并提出了建设性的修改意见，在此表示衷心的感谢。

本书大量引用了有关专业文献和资料，未在书中一一注明出处，在此一并感谢。

本书如有错误和不妥之处，请读者予以指正。意见请寄南京河海大学水电系（邮政编码 210098）。

编者

2000 年 12 月

目 录

序

前言

第一章 水工建筑物设计基本理论及发展趋势	1
第一节 水工设计的程序、依据和标准	1
一、水利工程基本建设程序	1
二、设计阶段及其任务	1
三、设计依据和设计标准	3
第二节 工程规划及枢纽布置	5
一、水文、水利计算	5
二、工程参数选择	8
三、环境评价	12
四、经济评价	13
五、枢纽布置	14
第三节 挡水建筑物及泄水建筑物	16
一、挡水建筑物	16
二、泄水建筑物	23
第四节 水电站建筑物	29
一、水电站的典型布置及组成建筑物	29
二、输水建筑物	29
三、水击与调压室	33
四、水电站机电设备	35
五、水电站厂房	36
六、地面厂房构造和结构设计	38
第五节 渠道和渠系建筑物	39
一、渠道	39
二、渠系建筑物	41
第六节 施工组织设计	47
一、施工组织设计的内容和要求	47
二、施工导流	47
三、施工总平面布置	49
四、施工进度计划	50
第七节 水工设计理论及技术的发展	51
一、水资源的开发利用	51

二、水利水电建设技术及设计理论的发展·····	52
第二章 水工毕业设计方法 ·····	61
第一节 毕业设计的目的、作用和要求 ·····	61
一、毕业设计的目的和作用 ·····	61
二、毕业设计的总体原则和要求 ·····	61
第二节 毕业设计的选题、准备和实施 ·····	62
一、毕业设计的基本内容·····	62
二、毕业设计的选题和进行方式 ·····	63
三、毕业设计的准备 ·····	65
四、毕业设计的实施 ·····	66
第三节 计算机在毕业设计中的应用 ·····	71
一、计算机解题的一般步骤和注意事项 ·····	72
二、数值计算 ·····	74
三、Auto CAD 在水利水电工程绘图中的应用 ·····	77
四、文字处理 ·····	78
五、数据库应用 ·····	79
第四节 毕业设计文件 ·····	79
一、设计说明书 ·····	79
二、设计计算书 ·····	81
三、设计图纸 ·····	82
第五节 毕业设计的评阅和答辩 ·····	82
一、毕业设计评阅 ·····	82
二、答辩的目的和作用 ·····	83
三、答辩的准备和程序 ·····	84
四、毕业设计的评分及标准 ·····	84
第三章 典型毕业设计 ·····	86
第一节 水利水电规划 ·····	86
一、水文资料分析 ·····	86
二、水利、动能计算 ·····	88
三、工程参数选择 ·····	94
四、枢纽布置与投资估算·····	98
五、经济评价 ·····	98
六、环境评价 ·····	99
七、点评 ·····	100
第二节 混凝土拱坝设计·····	102
一、设计基本资料·····	102
二、洪水调节计算·····	106
三、坝型选择及枢纽布置 ·····	108

四、混凝土拱坝设计	110
五、坝内泄水孔设计	117
六、点评	122
第三节 混凝土宽缝重力坝设计	124
一、设计基本资料	124
二、洪水调节计算	127
三、坝型选择及枢纽布置	128
四、宽缝重力坝非溢流坝段设计	128
五、宽缝重力坝溢流坝段设计	132
六、大坝细部构造	132
七、地基处理	133
八、点评	134
第四节 土石坝和坝外泄洪建筑物设计	135
一、设计基本资料	135
二、工程等别及建筑物级别	137
三、洪水调节计算	137
四、坝型选择及枢纽布置	139
五、大坝设计	140
六、泄水建筑物设计	148
七、施工组织设计	152
八、点评	156
第五节 水电站建筑物设计	158
一、水电站总体布置及厂区布置	158
二、输水系统设计	163
三、水电站厂房布置设计	176
四、水电站厂房结构设计	185
五、点评	194
第六节 渠系建筑物设计	196
一、渠首布置	196
二、渠系规划	200
三、水闸设计	201
四、渡槽设计	212
附录一 毕业设计中的常用参考资料	216
附录二 分块积分法求拱坝梁的变位系数 a_{ij}	219

第一章 水工建筑物设计基本理论及发展趋势

第一节 水工设计的程序、依据和标准

一、水利工程基本建设程序

水利工程修建在河流、湖泊、海岸等水域中,既控制水又承受水的作用。与一般的土木工程相比,具有工作条件复杂、效益显著、施工建造艰难、失事后果严重等特点。相对于其他工程而言规模都较大,牵涉因素较多,因此工程建设须严格遵守基本建设程序和规程规范。根据国家基本建设管理规定,水利工程建设大体可分为前后两个阶段,即工程开工建设前的规划、勘测、设计为主的前期阶段;工程开工建设以后至竣工投产的施工阶段。具体来说,首先是对一条河流或地区的自然和社会状况进行勘查和调查研究,获取必要的资料,编制流域规划或地区水利工程的总体布局,确定合理的开发顺序以及每一项工程的任务和技术经济指标。其次,对确定兴建的某一水利工程,按规范要求分阶段进行勘测、规划、设计和施工。在工程施工过程中,设计单位根据工作需要派驻工地设计代表,配合施工,负责说明设计意图,解释设计文件,并监督工程质量。工程建成后要组织竣工验收,验收合格后移交管理部门即投入运行。运行时要对各种水工建筑物进行经常的定期的和临时的检查和观测,及时进行养护、维护和加固,保证工程安全,同时须做好水库的调度工作,合理利用水资源。

世界各国水利工程建设的基本程序与我国大体相似,具体的建设过程大都经过工程招标、工程施工、竣工验收和正式投产等阶段。

二、设计阶段及其任务

(一) 设计阶段的划分

工程设计是水利工程建设过程中的一项非常重要的工作,设计工作应遵循分阶段循序渐进、逐步深入的原则进行。我国以往大中型水利枢纽工程设计常按四个阶段进行,即可行性研究、初步设计、技术设计和施工详图设计。20世纪80年代后,我国水利水电建设体制开始发生变化,为与国际接轨,适应招标投标合同管理体制的需要,并与国家基本建设项目审批程序相协调,缩短设计周期,加快水利水电事业发展,对水电工程设计阶段的划分调整为:预可行性研究、可行性研究、招标设计、施工详图设计(水利工程为项目建议书、可行性研究、初步设计、施工详图设计)。

世界各国都非常重视可行性研究,美国规定先进行预可行性研究和可行性研究,然后进行方案设计和详细设计;前苏联规定在技术经济调查报告中选定的工程,分期进行初步设计、技术设计和施工图设计;日本则分为初步调查、编制计划、可行性研究和施工图设计等几个阶段。

(二) 设计阶段的深度和任务

1. 预可行性研究

预可行性研究是在江河流域综合利用规划或河流(河段)水电规划以及电网电源规划

基础上进行的设计阶段。其任务是论证拟建工程在国民经济发展中的必要性、技术可行性、经济合理性。本阶段的主要内容包括：河流概况及水文气象等基本资料的分析；工程地质与建筑材料的评价；工程规模、综合利用及环境影响的论证；初拟坝址、厂址和引水系统线路；初步选择坝型、电站、泄洪、通航等主要建筑物的基本形式与枢纽布置方案；初拟主体工程的施工方法，进行施工总体布置、估算工程总投资，工程效益的分析和经济评价等。具体内容和深度可参阅《水电工程预可行性研究报告编制暂行规定》。预可行性研究阶段的成果，为国家和有关部门作出投资决策及筹措资金提供基本依据。

2. 可行性研究

可行性研究阶段的设计任务在于进一步论证拟建工程在技术上的可行性和经济上的合理性，并要解决工程建设中重要的技术经济问题。主要设计内容包括：对水文、气象、工程地质以及天然建筑材料等基本资料作进一步分析与评价；论证本工程及主要建筑物的等级；进行水文水利计算，确定水库的各种特征水位及流量，选择电站的装机容量、机组机型和电气主结线以及主要机电设备；论证并选定坝址、坝轴线、坝型、枢纽总体布置及其他主要建筑物的型式和控制性尺寸；选择施工导流方案，进行施工方法、施工进度和总体布置的设计，提出主要建筑材料、施工机械设备、劳动力、供水、供电的数量和供应计划；提出水库移民安置规划及环境评价；提出工程总概算，进行技术经济分析，阐明工程效益。最后提交可行性研究性报告文件，包括文字说明和设计图纸及有关附件。

3. 招标设计

招标设计是在批准的可行性研究报告的基础上，将确定的工程设计方案进一步具体化，详细定出总体布置和各建筑物的轮廓尺寸、材料类型、工艺要求和技术要求等。其设计深度要求做到可以根据招标设计图较准确地计算出各种建筑材料的规格、品种和数量，混凝土浇筑、土石方填筑和各类开挖、回填的工程量，各类机械、电气和永久设备的安装工程量等。根据招标设计图所确定的各类工程量和技术要求，以及施工进度计划，可以进行施工规划并编制出工程概算，作为编制标底的依据。编标单位则可以据此编制招标文件，包括合同的一般条款、特殊条款、技术规程和各项工程的工程量表，满足以固定单位合同形式进行招标的需要。施工投标单位，也可据此进行投标报价和编制施工方案和技术保证措施。

4. 施工详图设计

施工详图设计是在招标设计的基础上，对各建筑物（含机电、金属结构）进行结构和细部构造设计；最后确定地基处理方案，进行处理措施设计；确定施工总体布置及施工方法，编制施工进度计划和施工预算等；提出整个工程分项分部的施工、制造、安装详图。施工详图是工程施工的依据，也是工程承包或工程结算的依据。

（三）设计基本资料

在进行上述各阶段的设计中，必须有与设计精度相适应的勘测调查资料。主要资料有：

（1）社会、经济、环境资料。枢纽建成后对环境生态的影响、库区的淹没范围及移民、房屋拆迁等；枢纽上下游的工业、农业、交通运输等方面的社会经济情况；供电对象的分布及用电要求；灌区分布及用水要求；通航、过木、过鱼等方面的要求；施工过程中的交通运输、劳动力、施工机械、动力等方面的供应情况。

（2）勘测资料。水库和坝区地形图、水库范围内的河道纵断面图、拟建建筑物地段的

横断面图等；河道的水位、流量、洪水、泥沙等水文资料；库区及坝区的气温、降雨、蒸发、风向、风速等气象资料；岩层分布、地质构造、岩石及土壤性质、地震、天然建筑材料等的工程地质资料；地基透水层与不透水层的分布情况、地下水情况、地基的渗透系数等水文地质资料。

（四）科学研究

科学研究是大中型水利枢纽设计的重要组成部分。枢纽中许多重大技术问题常需通过现场或室内试验以及数值模拟和分析来论证。比如对枢纽布置方案、坝下消能方式以及施工导流方法等往往要进行水工水力学模型试验；多沙河流上的库区淤积和河床演变也要借助试验分析研究；建筑物地基的岩体或土壤的物理力学性质如抗剪强度、渗透特性、弹性模量等要由现场勘探和室内试验配合提供设计数据；大坝、水电站厂房、地下洞室等主要建筑物的结构强度和稳定性有时也要由静、动态的结构模型试验和数值计算来加以分析论证。

三、设计依据和设计标准

（一）设计依据

我国规定，大中型水利工程项目必须纳入国家经济计划，遵守先勘测，再设计，后施工的 necessary 程序。工程设计需要有以下资料或设计依据：

（1）工程建设单位的设计委托书及工程勘察设计合同，说明工程设计的范围、标准和要求。

（2）经国家或行业主管部门批准的设计任务书。

（3）规划部门、国土部门划准的建设用地红线图。

（4）地质部门提供的地质勘察资料，对工程建设地区的地质构造、岩土介质的物理力学特性等加以描述与说明。

（5）其他自然条件资料，如工程所在地的水文、气象条件和地理条件等。

（6）工程建设单位提供的有关使用要求和生产工艺等资料。

（7）国家或行业的有关设计规范和标准。

根据国民经济发展计划要求，参照流域或区域水利规划可建设的水利工程项目及其开发程序，按照建设项目的隶属关系，由主管部门提出某一水利工程的基本建设项目建议书，经审查批准后，委托设计单位进行预可行性研究、可行性研究，编制可行性研究报告。按照批准的可行性研究报告，编制设计任务书，确定建设项目和建设方案（包括建设依据、规模、布置、主要技术经济要求）。设计任务书的内容一般包括：建设的目的和依据；建设规模；水文、气象和工程地质条件；水资源开发利用的规划、水资源配置和环境保护；工程总体布置；水库淹没、建设用地及移民；建设周期；投资总额；劳动安全；经济效益等。任务书是设计依据的基本文件，可按建设项目的隶属关系，由主管部门或省、直辖市、自治区审查批准；大型水利工程或重要的技术复杂的水利工程，则由国家计划部门或国务院批准。有些国家不编制设计任务书，而在投资前，可行性研究后，有一个项目评价和决策阶段，对拟建工程提出评价报告，作为决策，以此作为设计依据。

（二）设计标准

为使工程的安全可靠性与其造价的经济合理性有机地统一起来，水利枢纽及其组成建

筑物要分等分级，即按工程的规模、效益及其在国民经济中的重要性，将水利枢纽分等，而后将枢纽中的建筑物按其作用和重要性进行分级。设计水工建筑物均需根据规范规定，按建筑物的重要性、级别、结构类型、运用条件等，采用一定的洪水标准，保证遇设计标准以内的洪水时建筑物的安全。水工建筑物的运用条件一般分为正常和非常两种，正常运用采用设计洪水标准，非常运用情况采用校核洪水标准。

我国 SDJ12—78《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准（山区、丘陵部分）》、SDJ217—87《水利水电工程等级划分及设计标准（平原、滨海部分）》的规范中将水利枢纽工程分成 5 等，水工建筑物分为 5 级，详见表 1-1、表 1-2、表 1-3。

表 1-1 山区、丘陵区水利水电枢纽工程分等指标表

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)	水电站装机容量 (万 kW)
			保护城镇、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	10~1.0	重要城市、工矿区	500~100	150~50	75~25
三	中型	1.0~0.1	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

表 1-2 平原、滨海地区水利水电枢纽工程分等指标表

工程等别	工程规模	分 等 指 标						
		水库总库容 (亿 m ³)	防 洪		排 涝	灌 溉	供 水	水电站
			保护城镇 及工矿区	保护农田面积 (万亩)	排涝面积 (万亩)	灌溉面积 (万亩)	供给城镇 及矿区	装机容量 (万 kW)
一	大(1)型	>10	特别重要	>500	>200	>150	特别重要	
二	大(2)型	10~1.0	重 要	500~100	200~60	150~50	重 要	
三	中型	1.0~0.1	中 等	100~30	60~15	50~5	中 等	25~2.5
四	小(1)型	0.1~0.01	一 般	30<5	15<5	30<5	一 般	2.5<0.05
五	小(2)型	0.01~0.001		<5	<3	<5		<0.05

表 1-3 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
	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	

对于综合利用的工程，如按表中指标分属几个不同等别时，整个枢纽的等别应以其中的最高等别为准。按表 1-3 确定水工建筑物级别时，如该建筑物同时具有几种用途，应按最高级别考虑，仅有一种用途时则按该项用途所属级别考虑。

对于二至五等工程，在下述情况下经过论证可考虑提高其主要建筑物级别：一是水

库大坝高度较高时提高一级；二是建筑物的工程地质条件特别复杂，或采用缺少实践经验的新坝型、新结构时提高一级；三是综合利用工程如按库容和不同用途的分等指标有两项接近同一等别的上限时，其共用的主要建筑物提高一级。对于临时性水工建筑物，如其失事后果将使下游城镇、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。对于低水头工程或失事损失不大的工程，其水工建筑物级别论证可适当降低。

不同级别水工建筑物的不同要求主要体现在以下几方面：

- (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、稳定安全系数，抗裂要求及限制变形要求等。
- (3) 建筑材料。如选用材料的品种、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和是否设置专门设备等。

第二节 工程规划及枢纽布置

一、水文、水利计算

(一) 水文分析与计算

进行水工设计时，必须通过对工程所在河流水文资料的分析，掌握该河流的暴雨、洪水、径流、泥沙等水文要素的特性，并计算符合设计要求的各水文特征参数及水文过程，为工程的规划设计提供水文依据。

1. 设计年径流的分析与计算

年径流分析计算的主要任务是分析研究年径流量的年际变化和年内分配规律，提供符合工程规划设计要求的来水资料，包括反映年径流变化特性的统计参数、设计年径流量以及设计年径流的年内分配过程。

首先，对实测径流资料进行审查，确认其满足可靠性、一致性、代表性要求。然后，划分水文年度，计算各年平均流量。再按适线法对年平均流量系列进行频率分析，确定年平均流量的频率曲线及相应的均值、离散系数、偏态系数等统计参数。经对频率分析成果的综合分析并确认其合理性后，即可根据给定的设计枯水年、平水年、丰水年等设计频率，从年平均流量频率曲线上查算相应的设计年径流量。

设计年径流的年内分配过程，可采用典型年法推求，即先按年径流量接近、年内分配对工程不利等原则，从实测年份中选出设计枯、平、丰水年的典型年，并计算典型年各月径流量占全年径流量的百分数；再将已求得的设计年径流量乘以典型年各月的百分数，即得设计年各月径流量的分配过程。

2. 设计洪水的分析计算

设计洪水是水利工程防洪设计的依据。设计洪水的推求分两大部分，即先推求设计洪峰、洪量，再推求设计洪水过程线。

首先，对实测洪水资料进行可靠性、一致性、代表性的审查，使其满足分析计算的要求。再按年最大值法进行“选样”，即从同类型洪水资料中，每年分别选取最大洪峰流量值和不同时段（1天、3天、5天……）的最大洪量值，组成频率计算的样本系列。然后，对

洪峰流量系列及不同时段洪量系列分别用适线法绘制洪峰流量及不同时段洪量的频率曲线。最后,根据设计洪水的设计频率,由这些频率曲线查得相应的设计洪峰流量和不同时段的设计洪量。若洪水资料中包含特大洪水,初估统计参数时,可采用矩法、三点法、绘线读点法等进行计算,但最后仍应根据配线成果选定统计参数。

工程上一般采用同倍比放大法或同频率放大法推求设计洪水过程线。先根据设计要求,选择峰高量大,在发生季节、地区组成、洪峰次数、历时长短、峰量关系等方面能代表大洪水的一般特性,且峰型较集中、主洪峰靠后,对工程不利的洪水过程线作为典型洪水过程线。同倍比放大法是用同一个放大系数(“以峰控制”时取设计洪峰流量与典型洪水洪峰流量之比,“以量控制”时取设计时段洪水总量与典型洪水的时段洪水总量之比),将典型洪水过程线放大成设计洪水过程线;同频率放大法是指对典型洪水过程线的洪峰流量和不同时段内的流量采用不同的放大系数进行放大,使放大后洪水过程线的洪峰流量及各计算时段的洪量同时符合设计频率的要求。

有关设计暴雨及设计泥沙的资料,一般也采用频率分析的方法进行分析计算。

(二) 水利计算

1. 兴利调节计算

兴利调节计算的主要任务是确定水库兴利库容、保证率及水库的供水水平(调节流量)之间的关系,以及相应的水库运用过程,从而为规划设计工程规模及进行工程效益分析提供依据。兴利调节计算依据的基本原理是水库水量平衡原理,计算方法通常采用时历法。

依据水量平衡原理,水库供水期调节流量(各用水部门平均综合用水流量)计算公式为

$$Q_d = (W_d - W_{dl} + V_r) / T_d \quad (1-1)$$

式中: W_d 表示供水期来水总量 (m^3); W_{dl} 表示供水期水库蒸发、渗漏等损失水量 (m^3); V_r 表示水库兴利库容 (m^3); T_d 表示供水期总历时 (s); Q_d 表示供水期调节流量 (m^3/s)。

在 V_r 给定的前提下,可采用试算法或图解法确定水库调节流量,并可通过逐时段的水量平衡计算,得到相应的水库运用过程。

工程规划设计时,如果具有长期径流资料,可逐年对供水期进行调节计算求得调节流量;再通过频率计算,绘制调节流量与相应频率之间的关系曲线。利用该曲线,即可查得符合设计保证率的调节流量。简化计算时,可只对设计枯水年供水期进行调节计算,求得 Q_d 。

水库非供水期调节计算的基本原理与供水期相同。在理想情况下,蓄水期及不蓄不供期的调节流量 Q_w 及 Q_m 计算公式分别为

$$Q_w = (W_w - W_{wl} - V_r) / T_w \quad (1-2)$$

$$Q_m = (W_m - W_{ml}) / T_m \quad (1-3)$$

式中: W_w 、 W_m 分别表示蓄水期及不蓄不供期来水总量 (m^3); W_{wl} 、 W_{ml} 分别表示蓄水期及不蓄不供期损失水量 (m^3); T_w 、 T_m 分别表示蓄水期及不蓄不供期总历时 (s)。

2. 水电站水能计算

水电站水能计算的主要内容是要计算水电站的出力和发电量。水电站出力及发电量计

算公式为

$$N = AQH \quad (1-4)$$

$$E = NT \quad (1-5)$$

式中: N 为水电站的时段平均出力 (kW); A 为水电站出力系数, 大型水电站取 8.5, 中型水电站取 8~8.5, 小型水电站取 6~8.0; Q 为水电站引用流量 (m^3/s); H 为水电站时段平均水头 (m); E 为水电站发电量 (kW·h); T 为计算时段的小时数 (h)。

水电站水能计算可以在兴利调节计算的基础上进行, 即根据调节计算确定的各时段水电站发电流量 (调节流量) 及时段末水库蓄水量, 进一步计算确定时段平均水库水位、水电站下游水位及平均水头, 并将水电站发电流量及时段平均水头代入水电站出力方程, 即可求得时段平均发电出力。

(1) 水电站保证出力计算。水电站保证出力是指水电站在长期工作中, 符合水电站设计保证率要求的枯水期 (供水期) 内的平均出力。以年调节水电站为例, 其保证出力计算方法如下:

在给定水库正常蓄水位和死水位的条件下, 根据长期径流资料, 逐年进行兴利调节和水能计算, 求出水电站每年供水期各时段平均出力及各供水期的平均出力, 在此基础上, 绘制供水期平均出力的保证率曲线, 该曲线上相应于设计保证率的供水期平均出力值, 即作为年调节水电站的保证出力。

在规划设计阶段进行大量方案比较时, 为节省计算工作量, 可仅对水电站设计枯水年的供水期进行水能计算, 并以该供水期的平均出力作为水电站保证出力。

对无调节及日调节水电站, 须根据逐日平均流量值及其相应水头, 计算日平均出力, 并绘制其保证率曲线。曲线上与设计保证率对应的日平均出力, 即为水电站保证出力。

对多年调节水电站, 应在对长系列中各枯水系列进行兴利调节和水能计算的基础上, 确定枯水系列平均出力与保证率的关系, 再根据设计保证率确定其保证出力。简化计算时, 可采用设计枯水系列的平均出力作为保证出力。

(2) 水电站多年平均年发电量计算。水电站多年平均年发电量计算是指水电站在多年工作时期内, 平均每年所能生产的电能量。由此定义, 可根据水电站长系列径流资料, 按照水库调度图, 逐时段进行水能计算, 求出每年的出力变化过程及年发电量, 再取全部年发电量数据的平均值, 作为水电站多年平均年发电量。

在规划设计阶段, 当比较方案较多时, 只要不影响方案比较的结果, 可采用较为简化的方法进行计算, 如设计中水年法、三个代表年 (设计丰水年、平水年、枯水年) 法、设计平水系列法 (适用于多年调节水电站) 等。即对设计代表期逐时段进行水能计算, 求出水电站在这些年份的年发电量, 并取其平均值作为水电站多年平均年发电量。计算过程中, 若时段平均出力值大于水电站装机容量, 则以装机容量值作为该时段平均出力值。

3. 水库洪水调节计算

水库洪水调节计算是水库防洪设计的重要工作内容。调洪计算时, 入库洪水的大小须根据防洪标准及水工建筑物的设计标准来选定。水库调洪计算的基本原理是描述明渠非恒定流运动规律的圣维南方程组。实际工作中, 常采用简化了的近似解法, 如瞬态法等。瞬态法用于水库调洪计算的实用公式为

$$\left(\frac{Q_1 + Q_2}{2} - \frac{q_1 + q_2}{2} \right) \Delta t = \Delta V = V_2 - V_1 \quad (1-6)$$

$$q = f(V) \quad (1-7)$$

式中: Q_1 、 Q_2 分别为时段初、末的入库洪水流量 (m^3/s); q_1 、 q_2 分别为水库下泄流量 (m^3/s); Δt 为计算时段长度 (s); V_1 、 V_2 分别为时段初、末水库蓄水量 (m^3)。

根据调洪计算的初始条件, 从第一时段起, 逐时段联立求解上述二式, 即可由各时段的 V_1 、 q_1 求出 V_2 、 q_2 两个未知数。具体计算可采用试算法或半图解法。

二、工程参数选择

工程主要参数的选择是水利水电工程规划设计的重要任务。这些参数包括水电站的装机容量以及水库的特征水位。

(一) 水电站装机容量的选择

水电站装机容量 (N_{hi}) 由其最大工作容量 (N''_{hiz})、备用容量 (N_{hs}) 及重复容量 (N_{st}) 等部分组成。

1. 水电站最大工作容量的确定

水电站最大工作容量是指设计水平年电力系统负荷最高时, 水电站所能担负的最大发电容量。水电站最大工作容量的大小, 与设计水平年电力系统的负荷图、系统内已建成电站在系统负荷图上的工作位置以及拟建水电站的天然来水情况、水库调节性能、经济指标等有关, 一般须通过系统电力电量平衡的方法来确定。

对年调节水电站, 一般按在枯水年供水期担任系统峰荷的运行方式, 进行设计枯水年供水期的电力电量平衡计算, 并根据水电站供水期保证电能值, 确定其最大工作容量。对多年调节水电站, 则按在枯水年全年担任系统峰荷的运行方式, 进行枯水年全年的电力电量平衡, 并根据多年调节水电站的年保证电能值, 确定其最大工作容量。日调节水电站在枯水期一般承担电力系统峰荷, 据此可根据其保证出力及相应的日保证电能, 直接通过电力系统设计水平年冬季典型日的电力电量平衡确定其最大工作容量。无调节水电站由于没有径流调节能力, 一般只能担任电力系统的基荷, 因此, 无调节水电站最大工作容量即等于按历时保证率所求出的保证出力。

2. 水电站备用容量的确定

为保证电力系统的供电质量和供电可靠性, 系统中各电站除最大工作容量以外, 还须设置一定的备用容量, 包括负荷备用容量、事故备用容量和检修备用容量。水电站备用容量是整个电力系统备用容量的一部分。通常, 水电站备用容量的确定方法是, 先定出电力系统所需的备用容量, 再按一定的原则在各电站之间进行合理分配, 从而定出水电站承担的备用容量值。通常, 无调节水电站不承担系统备用容量。

(1) 负荷备用容量。负荷备用容量是指用来维持电力系统标准频率和负担计划以外的短时负荷或超过正常最大负荷以外的脉动负荷所需要的容量。根据水利动能设计规范的规定, 电力系统的负荷备用容量, 可采用系统最大负荷的 5% 左右, 大型电力系统可采用较小值。

担任电力系统负荷备用容量的电站, 通常称之为调频电站。当系统负荷波动的变幅不大时, 可由某一电站担任调频任务, 当负荷波动的变幅较大时, 尤其是电力系统范围较广、