

水利水电类高职高专教材

水工建筑物设计与习题

王长运 白继中 编著



西安地图出版社

水利水电类高职高专教材

水工建筑物设计与习题

王长运 白继中 编著

西安地图出版社

内 容 提 要

本书是全国水利水电类高职高专统编教材《水工建筑物》的配套教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的《水工建筑物》课程教学大纲编写而成。全书内容共分四章,包括水工建筑物设计总论、水工建筑物毕业设计、水工建筑物设计实例、水工建筑物试题库等。本书针对高职高专教育的特点,突出实用性,注重理论知识的应用和学生实践能力的培养,设计实例均为已建和在建的实际工程。

本书可供高等职业技术学院、普通高等专科学校水利水电工程、水利工程、城市水利和工程监理等专业教学使用,也可作为其他相近专业的教学参考书,还可供新近从事水利水电工程设计的技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水工建筑物设计与习题/王长运编. —西安:西安地图出版社, 2006.5
ISBN 7-80670-926-6

I.水... II.王... III.水工建筑物—高等学校: 技术学校—教学参考资料 IV.TV6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 036431 号

水工建筑物设计与习题

王长运 白继中 编著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码: 710054)

新华书店经销 小学生拼音报社印刷有限公司印刷

787mm×1092mm 1/16 开本 印张 13.75 字数: 310 千字

2006 年 5 月第一版 2006 年 5 月第一次印刷

印数: 1-1500

ISBN 7-80670-926-6/TU·23

定价: 28.50 元

前 言

设计是高等工科院校教学中一个不可缺少的实践性环节。《水工建筑物设计与习题》是专门为高职高专水利类专业水工建筑物设计所编写的一本指导书。本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,按照高职高专《水工建筑物》教学大纲要求编写而成。它既可作为水利水电工程专业学生毕业设计和水利类其它专业课程设计的参考书,也可供从事该专业教学工作的教师以及新近从事该专业设计工作的技术人员参考。

本书共分四章。第一章为水工建筑物设计总论,简要介绍了水工设计的程序、依据和标准,工程规划、枢纽布置,主要水工建筑物的设计理论,施工组织设计以及水工设计方案优化与技术的发展。第二章为水工建筑物毕业设计,介绍了毕业设计的目的和原则,毕业设计的选题、准备和实施,计算机在毕业设计中的应用,毕业设计文件,毕业设计的评阅和答辩以及主要水工建筑物毕业设计任务书与指导书。第三章为水工建筑物设计实例,介绍了重力坝、土石坝和坝外泄洪建筑物、有坝(闸)取水枢纽、渡槽等四个专题的毕业设计实例,这些实例皆为实际已建和正在建设的工程。第四章为水工建筑物试题库,与全国水利水电类高职高专统编教材《水工建筑物》相配套,附录一为试题库参考答案。

全书由王长运、白继中编著。本书的第一章、第三章第一节、第四章、附录一由白继中编著;第二章、第三章第二、三、四节、附录二由王长运编著。王自忠副教授审阅了全稿,并提出了建设性的修改意见。全书由王长运修改统稿。在编著过程中得到了山西省水利勘测设计研究院的大力帮助,史晓红绘制了部分插图,在此一并表示衷心的感谢。

本书引用了大量的规范、专业文献和资料,未在书中一一标明出处,在此对有关作者表示感谢。

对书中存在的缺点和疏漏,恳请广大读者批评指正。

作 者

2005 年 12 月

目 录

第一章 水工建筑物设计总论	1
第一节 水工设计的程序、依据和标准	1
第二节 工程规划及枢纽布置	6
第三节 挡水建筑物	15
第四节 泄水建筑物	22
第五节 渠道和渠系建筑物	29
第六节 施工组织设计	36
第七节 水工设计方案优化及理论与技术的发展	41
第二章 水工建筑物毕业设计	49
第一节 毕业设计的目的和原则	49
第二节 毕业设计的选题、准备和实施	51
第三节 计算机在毕业设计中的应用	59
第四节 毕业设计文件	62
第五节 毕业设计的评阅和答辩	67
第六节 毕业设计任务书和指导书	70
第三章 水工建筑物设计实例	78
第一节 重力坝典型毕业设计	78
第二节 土石坝和坝外泄洪建筑物设计	102
第三节 有坝(闸)取水枢纽设计	123
第四节 渡槽设计(肋拱渡槽)	143
第四章 水工建筑物试题库	168
第一节 绪论自测题	168
第二节 重力坝自测题	169
第三节 土石坝自测题	173
第四节 水闸自测题	177
第五节 河岸溢洪道自测题	179
第六节 水工隧洞与坝下涵管自测题	180
第七节 渠系建筑物自测题	182
附录一 试题库参考答案	187
第一节 绪论答案	187
第二节 重力坝答案	188

第四节	土石坝答案.....	195
第五节	水闸答案.....	201
第六节	河岸溢洪道答案.....	204
第七节	水工隧洞与坝下涵管答案.....	206
第八节	渠系建筑物答案.....	208
附录二	毕业设计中的常用参考资料.....	213

第一章 水工建筑物设计总论

第一节 水工设计的程序、依据和标准

一、水利工程与水利技术工作

(一) 水利工程的特点

水利工程是应用现代科学技术与手段,为满足人类生存与发展的需要,对水资源进行充分开发、综合利用与有效保护而采取的工程措施。现代水利工程具有以下特点:

- (1)受自然条件制约,工作条件复杂多变。
- (2)施工难度大,对环境和自然的影响也大。
- (3)社会效益高,与经济系统联系密切。
- (4)工程失事的后果严重等。

水利工程技术人员必须广泛深入地掌握科学技术知识,在工程设计中以高度的责任心,深入实际,多方借鉴,力图创新,反复比较,全面论证,才能圆满地做好设计工作。

(二) 水利技术工作的主要任务

勘测、规划、设计、施工、管理、科技开发;涉及的主要工作涵盖基本信息收集与分析、开发任务与政策的确定、工程项目可行性评价、投、融资与经济评价、社会效益与移民评价、环境与生态评价、工程设计、工程建设、工程运行与管理等。

(三) 水利工程设计特点

- (1)个性突出。几乎每个工程都有其自身独特的特点,设计具有一定的创造性。
- (2)工程规模一般较大,风险也大。不允许采用在原模型上做实验的方法来选择决定最理想的结构。
- (3)重视规程规范的指导作用。
- (4)在施工过程中,不能以避让的方式摆脱外界的影响。因此水工建筑物经常会在未竣工之前,已建成的部分结构已开始承担各种外部作用。
- (5)涉及问题较多且复杂,需要综合考虑多种自然与人为因素的影响。

二、水利工程建设基本程序

水利工程投资大,建设周期长,影响范围广,涉及因素多,受自然条件影响大,因此,必须严格按一定程序并分阶段进行。水利工程基本建设程序,一般划分为流域规划、可行性研究报告、初步设计、技术施工设计和施工几个工作阶段。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察和调查研究，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。

三、水工设计阶段的划分及任务

(一) 水工设计阶段的划分

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）。上述设计阶段，对于规模较小、重要性较低的工程，可减少、合并一部分设计内容。例如，对小型工程，可将可行性研究报告与初步设计阶段合并，内容也可从简。

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) 水工设计阶段的任务

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

可行性研究阶段的主要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、土石方建筑和各类开挖、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

在进行上述各水工设计阶段的设计中，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

- (1) 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。
- (2) 枢纽上下游的工业、农业、交通运输等方面的社会经济情况。
- (3) 供电对象的分布及用电要求。
- (4) 灌区分布及用水要求。
- (5) 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。
- (6) 通航、过木、过鱼等方面的要求。

2. 勘测资料

- (1) 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。
- (2) 河道的水位、流量、洪水、泥沙等水文资料。

(3)库区及坝区的气温、降雨、蒸发、风向、风速等气象资料。

(4)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。

(5)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) 试验与研究

试验与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。

四、设计依据和设计标准

(一) 设计依据

我国规定，大中型水利工程建设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)经国家行业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。

(二) 水利枢纽与水工建筑物的等级划分

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 SL252-2000《水利水电工程等级划分及洪水标准》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 1-4。

对于综合利用的水利水电工程，当按各综合利用项目的分等指标确定的等别不同时，其工程等别应按其中的最高等别确定。

表 1-1

水利水电工程分等指标

工程 等别	工程规模	水库总库容 (亿 m ³)	防 洪		治 涝	灌 溉	供 水	发 电
			保护城镇及工 矿区的重要性	保护农田 (万亩)	治涝面积 (万亩)	灌溉面积 (万亩)	供水对象 重要性	装机容量 (万 kW)
I	大 (1) 型	≥10	特别重要	≥500	≥200	≥150	特别重要	≥120
II	大 (2) 型	10~1.0	重要	500~100	200~60	150~50	重要	120~30
III	中 型	1.0~0.1	中等	100~30	60~15	50~5	中等	30~5
IV	小 (1) 型	0.1~0.01	一般	30~5	15~3	5~0.5	一般	5~1
V	小 (2) 型	0.01~0.001		<5	<3	<0.5		<1

注：1. 水库总库容指水库最高水位以下的静库容；

2. 治涝面积和灌溉面积均指设计面积。

表 1-2 永久性水工建筑物级别

工程等别	主要建筑物	次要建筑物
I	1	3
II	2	3
III	3	4
IV	4	5
V	5	5

表 1-3 水库大坝提级指标

级别	坝 型	坝高(m)
2	土石坝	90
	混凝土坝、浆砌石坝	130
3	土石坝	70
	混凝土坝、浆砌石坝	100

表 1-4

临时性水工建筑物级别

级 别	保护对象	失事后果	使用 年限 (年)	临时性水工建筑物规模	
				高度 (m)	库容 (10 ⁸ m ³)
3	有特殊要求的 1 级永久性水工建筑物	淹没重要城镇、工矿企业、交通干线或推迟总工期及第一台(批)机组发电,造成重大灾害和损失	>3	>50	>1.0
4	1、2 级永久性水工建筑物	淹没一般城镇、工矿企业、或影响工程总工期及第一台(批)机组发电而造成较大经济损失	3~1.5	50~15	1.0~0.1
5	3、4 级永久性水工建筑物	淹没基坑、但对总工期及第一台(批)机组发电影响不大,经济损失较小	<1.5	<15	<0.1

对于二至五级永久性水工建筑物,在下述情况下经过论证可考虑提高一级主要建筑物级别:一是失事后损失巨大或影响十分严重的工程;二是水库大坝高度超过表 1-3 指标;

三是建筑物的工程地质条件特别复杂,或采用新型结构时。对于临时性水工建筑物,如利用其挡水发电、通航时,经过技术经济论证,3级以下的级别可提高一级。对于失事后造成损失不大的水利水电工程的1~4级主要永久性建筑物,经论证并报主管部门批准,可降低一级。

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富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征,并计算符合设计要求的各种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征的统计参数、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。经过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、流量,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”，即从同类型的洪水资料中，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或设计洪水过程线；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，使放大后的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

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

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_v 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_v 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，得到相应的水库运行过程。

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

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

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

式中： Q_w 、 Q_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

$$\left(\frac{Q_1 + Q_2}{2} - \frac{q_1 + q_2}{2} \right) \Delta t = \Delta V = V_2 - V_1 \quad (1-4)$$

$$q = f(V) \quad (1-5)$$

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 ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$); 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首要任务。以发电为主的水库特征水位的选择如下。

(一) 水库正常蓄水位的选择

水库正常蓄水位是指水库在正常运用的情况下, 为满足设计兴利要求, 在开始供水前应蓄到的最高水位。进行水电站水库工程规划设计时, 必须通过全面的技术经济比较和综合的分析评价, 选出合理的正常蓄水位方案。大致步骤如下

1. 根据设计任务书的要求, 在河流规划的基础上, 综合分析水库库区的淹没、浸没损失, 坝址及库区的地形、地质条件, 河流梯级开发规划方案, 水库的蒸发、渗漏损失, 工程建设所需的人力、物力、财力方面的具体条件, 以及各水利部门的最低兴利要求等因素, 确定正常蓄水位的上下限, 并在此范围内拟定几个比较方案。

2. 对所拟定的每个比较方案, 拟定水库的消落深度, 进行径流调节计算和水能计算, 求出各方案的水电站保证出力、多年平均年发电量、装机容量以及其他水利动能指标 (如灌溉面积、城镇供水量等)。

3. 计算各个方案之间水利动能指标的差值, 并选择合适的替代方案来补充。

4. 计算各个方案水利枢纽各部分的工程量、建筑材料消耗量以及所需机电设备情况。

5. 计算各方案的淹没、浸没的实物指标和移民人数, 并逐项估算所需费用。

6. 进行水利动能经济计算。计算各方案相应的工程投资和年运行费用, 并在各水利部门之间进行投资费用的分摊。根据各水利部门的效益指标及其应分摊的投资费用, 计算水电站的造价及其在施工期内各年的分配。相应地, 计算各替代方案的造价、年运行费和燃料费。在此基础上, 计算各个方案的水电站年费用、相应替代方案的补充年费用和电力系统的年费用。

7. 根据各方案系统年费用的大小, 选出经济上最有利的正常蓄水位。最后, 从政治、经济、技术、社会、环境等方面进行综合评价, 保证所选出的水库规模符合地区经济发展

的要求，而且是技术上正确的、经济上合理的、财务上可行的方案。

(二)死水位的选择

死水位是指水库在正常运行情况下允许消落的最低水位。一般情况下，水库水位将在正常蓄水位与死水位之间变动，其变幅即为水库消落深度。在正常蓄水位与死水位之间的库容即为水库的兴利调节库容。在正常蓄水位一定的前提下，死水位的选择，除应考虑各有关经济部门的综合效益外，还要考虑泥沙淤积的影响、水轮机运行情况、闸门制造及启闭机能力等因素，经综合比较后确定。对以发电为主的水库，死水位选择的大致步骤如下：

1. 在已定的正常蓄水位条件下，根据水库库容特性、综合利用要求、地形地质条件、水工、施工、机电设备等要求，确定死水位的上、下限，并在上下限之间拟定几个死水位方案进行比较。

2. 对各个死水位方案，求出相应的兴利库容和水库消落深度，并对每个方案用设计枯水年或枯水年系列进行径流调节，得出各方案的调节流量及平均水头。

3. 计算各方案的保证出力、多年平均年发电量，并通过系统电力电量平衡，求出各方案水电站的最大工作容量、必需容量和装机容量。

4. 计算各个方案的水工建筑物和机电设备的投资、年运行费以及各方案的年费用。

5. 为使各个死水位方案同等程度地满足系统对电力、电量的要求，计算各方案替代电站补充的必需容量及补充的年电量，从而求出不同死水位方案替代电站的补充年费用。

6. 根据年费用最小准则，并考虑符合利用要求以及其他因素，最终选出合理的死水位方案。

(三)水库防洪特征水位的选择

水库防洪特征水位包括防洪限制水位、防洪高水位、设计洪水位及校核洪水位。

1. 防洪限制水位的选择

防洪限制水位是指水库在汛期允许兴利蓄水的上限水位，它是水库汛期防洪运用时的起调水位。一般可根据河流的水文特性及汛后来水、供水情况，并结合溢洪道的型式、尺寸比较，确定水库的汛期防洪限制水位。

- (1)防洪限制水位与正常蓄水位重合。如果在整个汛期内，大洪水随时都可能出现，任何时刻都应预留一定防洪库容；汛期一过，入库来水量又小于水库供水量，水库水位开始消落，这样汛末的防洪限制水位，就是汛后的正常蓄水位。这种情况下，防洪库容与兴利库容完全不结合。

- (2)设计洪水位与正常蓄水位重合。如果汛期洪水变化规律较为稳定，或者洪水出现时期虽不稳定，但所需防洪库容较小，则在汛期初，水库只允许蓄到防洪限制水位，到汛末水库再继续蓄到正常蓄水位。这时，可根据汛后蓄水时期内各时段的入库水量及出库水量，逆时序反求汛期的防洪限制水位。这是防洪库容与兴利库容完全结合的情况，水库这部分容积将得到充分的综合利用。

- (3)防洪库容与兴利库容部分结合。这是介于上述两种情况之间的情况。此时，防洪限制水位低于正常蓄水位，设计洪水位比正常蓄水位高。可通过必要的方案比较确定防洪限制水位。

此外，实际工作中，还常根据河流洪水发生规律及工程规划设计的要求，研究采用分

期防洪限制水位的合理性。

2. 防洪高水位的选择

防洪高水位是指当遇下游防护对象的设计标准洪水时，水库为控制下泄流量而拦蓄洪水，这时在坝前达到的最高水位。防洪高水位的选择可通过方案比较法进行。具体来说，先假设若干个下游安全泄流量方案，通过水库调洪计算，求出各方案所需的防洪库容及相应的防洪高水位；然后分别计算各方案由于设置防洪库容所需增加的坝体和泄洪工程的投资、年运行费和年费用，以及各方案相应堤防工程的年费用；再求出总的年费用；最后，根据总的年费用最小的原则，并征求有关部门对堤防工程等方面的意见，经综合分析比较后定出合理的防洪高水位、相应的下游安全泄流量以及相应的水库下游堤防高程。

3. 设计洪水位及校核洪水位的选择

设计洪水位是指水库遇大坝设计洪水时，在坝前达到的最高水位。校核洪水位是指水库遇大坝校核洪水时，在坝前达到的最高水位。在防洪限制水位、下游安全泄流量以及溢洪道型式、尺寸均一定的情况下，分别对水库的设计洪水及校核洪水进行调洪计算，即可求出水库的设计洪水位及校核洪水位。

必须指出，水库的防洪限制水位、下游安全泄流量、溢洪道型式、尺寸以及设计洪水位、校核洪水位之间都有着密切的关系，有时需反复调整，反复修改，直至符合各方面的要求。

三、环境评价

在水利水电工程的规划设计阶段，必须研究工程建设对环境的影响问题，作出正确的环境影响评价，以便进行方案比选及采取相关对策措施。

水利水电工程的环境影响包括对自然环境和社会环境的影响两个方面。其中，对自然环境的影响主要有水文、气象、土壤、地貌、地质、地震、河道、水质、植物群、动物群的影响等；对社会环境的影响包括对人口、土地利用、交通、风景区、文物古迹的影响以及对人类健康的影响等。

水利水电工程环境影响评价的主要内容包括环境状况调查、环境影响识别、环境影响预测和综合评价等。其中，环境状况调查是指对拟建工程影响地区的自然环境和社会环境状况进行调查了解，为分析环境现状和进行环境影响预测、评价提供基础资料和依据。

环境影响识别是指在环境状况调查的基础上，选择进行评价的环境组成和环境因子，确定环境组成和环境因子在环境总体中的相对重要程度。即从各个环境因子中，通过影响性质和影响程度的识别，筛选出主要环境因子及其组成的各主要环境问题，水利水电工程的环境影响因子很多，对具体工程，应根据工程的功能和特性，结合工程影响地区的环境特点，并参考类似工程环评经验，从众多因子中初选出一部分因子，进行环境影响性质和重要程度的识别。工程对环境的影响性质是多方面的，有有利影响和不利影响、可逆影响与不可逆影响、短期影响与长期影响、直接影响与间接影响等。环境因子的重要程度用环境因子权重来表示确定环境因子权重，可采用专家评估法、层次分析法、灰色统计法等方法。

环境影响预测是指对已确定评价的环境因子，由于工程实施的结果可能产生的变化进行预测。环境影响预测的方法很多，可分为定性分析法和定量计算法两类，应根据环境因子的不同特性，选用不同的方法进行预测。如在水利水电工程建设中，对地貌、地质、土壤、文物古迹等环境因子，往往不可能或不完全可能用定量衡量或描述其变化，只能用定性分析法，对它的未来环境或可能变化情况作趋势性的或非定量的描述。常用的定性分析法有类比法、机理分析法、生态习性分析法及专家评估法等。而对有些环境因子，如降水、气温、水温、水质等，其性能或技术指标可以定量化描述，因此可用定量计算法来预估它们受工程建设影响造成数量上的变化。定量计算法有数学模型法、物理模型法、图解模型法等。实际工作中，常常采用定性分析与定量计算相结合，以提高预测的可靠性。

综合评价是在环境因子预测、评价的基础上，将工程建设对各环境因子产生的影响和改变状况，从总体上进行分析和评价，为方案比选提供科学依据。环境影响综合评价的方法也分为定性分析和定量分析两类，其中，常用的定性分析方法有判别法、清单法、矩阵法、叠图法、网络法等，定量分析方法有分级加权一览表法、矩阵分析法、环境质量指标法、模糊评判法以及灰色关联分析法等。此外，扩大的投资—效益分析法也是发展中国家进行环境评价时应用较广的方法之一。采用该法时需对工程建设的各种环境影响深入分析并进行货币化，再进行经济的益本比较。但应注意，分析过程中，对一些不能量化或货币化的因子，如人的生命、人群健康等因素，必须保留，最后评价和决策时一并考虑。

四、经济评价

经济评价是水利水电建设项目规划设计工作中的重要内容，也是项目优选与科学决策的重要依据，主要包括国民经济评价和财务评价两大部分。

(一) 国民经济评价

国民经济评价是指从全社会国民经济的角度出发，分析用影子价格计算项目所需投入的费用和可以获得的效益，评价建设项目的经济合理性。为此，经济评价时，不仅应计及项目的直接费用和直接效益，而且还应计及其明显的间接费用和间接效益，以全面准确地反映项目的实际效果。

项目的费用应包括项目的固定资产投资、流动资金和年运行费。其中，固定资产投资应包括项目达到设计规模所需由国家、企业和个人以各种方式投入的主体工程和相应配套工程的全部建设费用。流动资金应包括维护项目正常运行所需购买燃料、材料、备品、备件和支付职工工资等的周转资金。年运行费应包括项目运行初期和正常运行期每年所需支出的全部运行费用。项目的效益，按其功能可划分为防洪效益、灌溉效益、城镇供水效益、水力发电效益、航运效益等。其中，水力发电效益应包括水电站容量效益和电量效益。

进行项目的国民经济评价时，应按有关规范规定的原则和方法计算项目的效益和费用，以项目的经济效益费用流程报表反映其在各年的效益、费用和净效益的流程，并据以计算其经济内部收益率、经济净现值、经济效益费用比等评价指标，分析其经济合理性。

(二) 财务评价

财务评价是指从项目财务核算单位的角度出发，分析用财务价格计算项目所需的支出