

水工建筑物 学习指导

韩瑜 田嘉宁 编著
戴振霖 校审

陕西科学技术出版社

内 容 简 介

本书共分十二章,主要包括:绪论、水工建筑物设计综述、岩基上的重力坝、拱坝、土石坝、水闸、岸边溢洪道、水工隧洞、闸门、过坝建筑物、渠首及渠系建筑物、水利枢纽、水工建筑物的管理及原型观测等。书中还编写了水工建筑物课程设计任务及指导、毕业设计任务书。

本书与现行《水工建筑物》全国通用教材密切配合,相互补充。将众多内容归纳总结,力求深入浅出,通俗易懂。各章的编排顺序为:主要内容、复习思考题、作业练习题。

本书可作为水利类本(专)科专业的教学参考书和水工结构学科方向研究生水工建筑物入学考试指南,也可供电视大学、函授大学、职工大学及自学考试人员参考使用。

前 言

《水工建筑物》是一门专业性很强的课程。我国已出版的各层次、各专业所使用的《水工建筑物》教材,主要讲述各种水工建筑物的布置、设计、构造原理以及主要的计算方法等,内容涉及蓄水工程、取水工程、泄洪工程、渠系工程和管理工程等。教材包括的内容多,知识面宽,实践性很强。到目前为止,还没有一本配合《水工建筑物》教材学习的辅助性参考书籍。同学们在学习的过程中,普遍反映,感性知识少,很难抓住每章的重点,做到学以致用。

为配合《水工建筑物》教学工作,帮助同学们深入地掌握该课程的基本内容及方法,顺利地完《水工建筑物》课程设计任务,以及以水利枢纽布置与设计为主要内容的毕业设计等,我们特编写了《水工建筑物学习指导》,供水利水电工程建筑专业、水利水电施工专业及农田水利工程专业的同学,配合各类《水工建筑物》教材使用,也可供中专及自学考试等不同层次的学员参考。

《水工建筑物学习指导》以天津大学主编的《水工建筑物》第二、三版为主要参考教材,并参考武汉水利电力学院主编的《水工建筑物》教材,在内容和次序的编排上尽可能和参考教材相配合,分别对各章的主要内容和重点进行了归纳,配编了大量的思考题和必要的作业练习题。根据《水工建筑物》教学大纲,结合土坝枢纽设计,还编纂了《水工建筑物课程设计任务书(土石坝水利枢纽设计)》、《水工建筑物课程设计指导书(土石坝水利枢纽设计)》以及《毕业设计任务书》等内容。

《水工建筑物课程设计任务书(土石坝水利枢纽设计)》中的部分空格,供指导教师根据每个学生的具体情况填入内容,使学生能够独立完成各自的设计任务。

《水工建筑物学习指导》经过几年的使用,深受同学们欢迎,特别是对自学考试的学员来说,是一本必不可少的参考书。《水工建筑物学习指导》在使用过程中,许多老师和学生提出了很宝贵的意见和建议,对我们的修改工作帮助很大,在此谨致衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足和谬误之处难免,恳请广大读者批评指正。

编者

1998年4月

目 录

第 I 部分 课程内容及复习练习题

第一章 绪论

- 一、主要内容 (1)
- 二、复习思考题 (3)

第二章 水工建筑物设计综述

- 复习思考题..... (5)

第三章 岩基上的重力坝

- 一、重力坝的主要内容 (6)
- 二、重力坝复习思考题..... (12)
- 三、重力坝作业练习题..... (15)
- 四、支墩坝的主要内容..... (18)
- 五、支墩坝复习思考题..... (20)
- 六、支墩坝作业练习题..... (20)

第四章 拱坝

- 一、主要内容..... (22)
- 二、复习思考题..... (29)
- 三、作业练习题..... (30)

第五章 土石坝

- 一、主要内容..... (32)
- 二、复习思考题..... (37)
- 三、作业练习题..... (39)

第六章 水闸

- 一、主要内容..... (42)

二、复习思考题·····	(46)
三、作业练习题·····	(48)
第七章 岸边溢洪道	
一、主要内容·····	(51)
二、复习思考题·····	(53)
三、作业练习题·····	(54)
第八章 水工隧洞	
一、主要内容·····	(56)
二、复习思考题·····	(62)
三、作业练习题·····	(63)
第九章 闸门	
一、主要内容·····	(66)
二、复习思考题·····	(68)
第十章 过坝建筑物、渠首及渠系建筑物	
一、主要内容·····	(70)
二、复习思考题·····	(82)
三、作业练习题·····	(84)
第十一章 水利枢纽	
一、主要内容·····	(87)
二、枢纽布置实例·····	(90)
三、枢纽布置方案的确定·····	(93)
四、复习思考题·····	(94)
第十二章 水工建筑物的管理及原型观测	
一、主要内容·····	(107)
二、复习思考题·····	(109)

第Ⅰ部分 课程设计任务及指导

水工建筑物课程设计任务书(土石坝水利枢纽设计)	
.....	(110)
水工建筑物课程设计指导书(土石坝水利枢纽设计)	
.....	(114)

第Ⅲ部分 毕业设计任务

毕业设计任务书.....	(122)
--------------	-------

第 I 部分 课程内容及复习练习题

第一章 绪 论

一、主要内容

绪论除介绍了我国的水资源及水利工程建设成就以外,还着重从水利枢纽、水工建筑物的定义分类,以及水工建筑物的工作特点等方面进行了阐述,学员通过绪论的学习应当掌握以下几个方面的问题。

1. 水利枢纽

为了某一目的或者为了某几个方面的综合目的,在河流的某一位置修建的一系列不同类型,起到不同作用的水工建筑物,这些必不可少的水工建筑物的综合体称之为水利枢纽。

一个水利枢纽的功能可能是单一的,即只为某一个目的而修建,但更多的水利枢纽则兼有几个功能,即多目的开发利用的水利枢纽则称为综合利用枢纽。例如:陕西省二龙山水库枢纽兼有灌溉、防洪、发电、养殖等功能的综合利用的水利枢纽。该枢纽由浆砌石重力坝,发电引水隧洞,灌溉放水管涵,泄洪排沙底孔及电站厂房等水工建筑物组成。

2. 水工建筑物的类型

按照水工建筑物在水利枢纽中所起的作用,可以分为以下几种类型:

(1)挡水建筑物,在水利枢纽中起到挡水、阻水抬高水位的作用,属主要建筑物。

(2)泄水建筑物,在水利枢纽中起到宣泄多余水量、或者为检

修、放空水库等目的而宣泄库内水量的建筑物。它对整个水利枢纽免受洪水灾害,对工程的安全及正常运行起到保证作用,是水利枢纽中的“太平门”。

(3)取水或进水建筑物,主要指输水建筑物的首部建筑物,例如从河道取水,从水库取水等枢纽的取水口。

(4)输水建筑物,主要指输送水体的建筑物,如灌溉和城镇供水的输水渠系建筑物、管网等。

(5)整治建筑物,主要指河道治理工程、河岸、河床以及海岸等防护工程中的建筑物。

(6)专门建筑物。

3. 水利工程的特点

水利工程属于土建工程类,与工业与民用建筑、铁路、公路交通工程等属同一大类,与工业与民用建筑等一般土建工程相比,除工程量大、工期长、投资大等共同点以外,还具有一些独特的特点,如:

(1)工作条件复杂

水利工程不仅受各处相异的地形、地质、水文等条件的制约,而且在整个全过程中是在水的作用下进行工作。例如水的压力、水的溶蚀作用,水的冲刷力等均恶化了水利工程施工条件和施工条件,使水利工程的兴建及运行复杂化。

(2)水利工程施工难度大

水利工程一般是在河道上修建,在施工中必须解决原河道水流的正常下泄问题,即施工导流问题;受河道洪水的限制,往往工期非常紧迫,必须在某一时段完成某些工作量,否则将会造成重大损失或前功尽弃;施工技术复杂,施工难度大,交通运输不便也构成施工中的一个特点。

(3)水利工程的效益高,但对环境的影响也大

一个水利工程,尤其是一个大型水利枢纽工程的成功,对国民经济的发展,对人民生活水平的提高会起到举足轻重的作用,但是

如果不成功,或万一造成失事,其对国民经济的影响和人民生命财产的危害也是不可估计的。同时水利枢纽的兴建将会对枢纽附近、上游、下游的自然环境也产生不同程度的影响。

4. 当前水利建设的水平

(1)目前世界上已建成的装机最大的水电站是巴西与巴拉圭合建的“伊泰普”水电站,设计装机 1260 万 kW,我国三峡工程建成后将跃居世界第一。

(2)世界最高的土石坝是塔吉克斯坦(前苏联)的“罗贡”土坝,最大坝高 335m;我国大陆最高的土石坝为陕西省的“石头河”土石坝,最大坝高 114m。

(3)世界最高的拱坝是兰格鲁吉亚(前苏联)的“英古力”拱坝,最大坝高 272m;即将竣工位于四川省境内的“龙滩”水电站的拱坝在我国属最高,最大坝高 240m。

(4)我国在面板堆石坝、碾压式混凝土重力坝的建设方面,近几年也取得了长足的发展,如我国的“天生桥”面板堆石坝、最大坝高 178m,设计中的“龙滩”碾压式混凝土重力坝,第一期最大坝高 192m,均居世界前列。

除上述装机、坝高等方面的情况以外,在库容、泄洪、地下洞室的跨度,地基处理等方面都取得了引人注目的成就,但还有许多水力资源急待开发,建设中的难题需要解决,这就要求我们刻苦学习,永攀高峰,为我国的水利水电事业做贡献。

二、复习思考题

1. 举例说明水利工程在国民经济中起到哪些重要的作用?
2. 什么叫水资源?我国的水资源状况如何?
3. 与其它的土木工程相比,水利工程有哪些特点?
4. 什么叫水利枢纽,举例说明水利枢纽的功能及所包括的主要水工建筑物。
5. 按在水利枢纽中所起的作用,水工建筑物可以分成哪些类

型?

6. 举例说明水利工程一旦失事,将会对社会、人民造成什么样的危害?

7. 我国水利建设的主要目标是什么?

8. 我国在水利建设中的主要成就表现在什么地方?

第二章 水工建筑物设计综述

复习思考题

1. 要做好水利工程的设计,水利技术人员应做到哪几点?
2. 在水利工程的兴建过程中,水利技术员的主要工作任务有哪些?
3. 《水工建筑物》课程的主要任务是什么?
4. 水利工程的设计步骤有哪些?
5. 水利工程设计的特点有哪些?
6. 水利工程的设计类型有哪些?
7. 水利工程的建设的程序有几个主要阶段?
8. 水利工程为什么要分等,水工建筑物为什么要分级?
9. 按照规范规定,水利工程可以根据什么指标分成几个等别?
10. 水工建筑物分级的依据是什么? 分成几个级别?
11. 什么叫永久性建筑物? 什么叫临时性建筑物? 在设计上如何区别对待?
12. 什么叫主要建筑物? 什么叫次要建筑物?
13. 对个别建筑物提高级别或降低级别的依据有哪些?
14. 水工建筑物的设计中考虑的作用力有哪些? 如何计算?
15. 什么叫永久性作用荷载? 什么叫可变性作用荷载? 什么叫偶然性作用荷载?

第三章 岩基上的重力坝

一、重力坝的主要内容

本章首先以岩基上的非溢流坝为主要依据结合溢流坝,分别介绍了:①作用在重力坝上的荷载;②重力坝的剖面拟定,坝顶、坝坡及坝内部廊道的构造;③重力坝剖面的稳定验算;④重力坝剖面的应力计算;⑤重力坝的分缝、材料选用和地基处理等有关内容。

本章还介绍了:①溢流重力坝的剖面设计;②溢流重力坝的下消能形式及消能、防护措施的设计等;③在重力坝坝身设深式泄水孔的设计问题;④浆砌石重力坝、宽缝重力坝、空腹重力坝以及碾压式混凝土重力坝等坝型的剖面设计问题。

岩基上的重力坝是比较重要的一章,主要内容分述如下。

1. 作用在重力坝上的荷载

作用在重力坝上的荷载,按照其性质可以分为基本荷载和特殊荷载两大类,其中基本荷载包括:

- (1)坝体及安装在坝体上永久建筑物的自重;
- (2)正常高水位或设计洪水位时的静水压力;
- (3)相应于正常高水位或设计洪水位时的扬压力;
- (4)泥沙压力;
- (5)相应于正常高水位或设计洪水位时的浪压力;
- (6)冰压力;
- (7)土压力;
- (8)相应于设计洪水位时的动水压力;

作用在坝体上的特殊荷载包括:

- (1)校核洪水位时的静水压力;
- (2)相应于校核洪水位时的扬压力;

- (3)相应于校核洪水位时的浪压力；
- (4)相应于校核洪水位时的动水压力；
- (5)地震荷载，包括地震惯性力、地震动水压力及地震动土压力。

同样，荷载组合也可分为基本组合和特殊组合两种情况。其中基本组合可以分为：

- (1)正常蓄水位设计情况；
- (2)设计洪水位即宣泄设计洪水的设计情况；
- (3)冰冻情况。

特殊组合可以分为：

- (1)校核洪水位即宣泄校核洪水的情况；
- (2)地震情况，即正常蓄水位情况下遭遇地震的校核情况。

2. 重力坝的剖面拟定

重力坝剖面设计的基本原则是：①满足稳定、强度的要求，保证大坝的运行安全；②工程量最小，最经济；③便于施工；④运用管理方便。

重力坝实用剖面的拟定，应首先确定下述几个数据与参数：①坝顶高程；②坝顶宽度及坝顶的形式；③上、下游坝坡等。如果拟定溢流重力坝剖面，通常要选定溢流面的曲线等。最终剖面通过优化设计确定。

3. 重力坝的稳定验算

从理论上说，重力坝的失稳形式可以有：①滑动破坏；②浮动破坏；③倾倒破坏。由于规范规定一般坝体不产生主拉应力，因此重力坝的浮动破坏和倾倒破坏就不可能发生。坝体沿坝基的抗滑稳定性及坝体连同部分坝基沿某一夹层的抗滑稳定性必须经过验算予以论证。

重力坝抗滑稳定的计算公式有：①纯摩擦计算公式；②抗剪断计算公式；③剪摩计算公式。根据我国制定的《混凝土重力坝设计规范 SDJ21-78(试行)补充规定》中的规定，对坝基内不存在可能

导致深层滑动的软弱面时,按“抗剪断”公式进行计算。

4. 重力坝的计算

重力坝应力分析的方法可以归纳为以下几种:

(1)物理方法,即结构模型试验方法。

(2)理论计算——材料力学方法;

——弹性理论的解析方法;

——弹性理论的差分方法;

——弹性理论的有限元方法。

本章主要介绍了材料力学方法计算重力坝应力的步骤和方法。用材料力学法计算重力坝应力是基于下述三个假定的基础上进行的:

(1)坝体材料为均质、连续且各向同性的弹性体。

(2)计算的坝段被认为是固结于地基上变截面的悬臂梁;且不考虑地基变形对坝体应力的影响;横缝不传力、各坝段之间互不影响;计算坝段按平面问题处理。

(3)假定坝体水平截面上的铅直正应力按直线分布,即 $\sigma_y = a + bx$ 。

根据上述假定,重力坝坝体应力计算可以归纳为以下几步:

(1)计算作用在坝体上的荷载及其对截面形心产生的力矩、剪力、铅直力;

(2)采用材料力学公式计算坝体的边缘应力 σ_{yu} 、 σ_{yd} 、 τ_u 、 τ_d 、 σ_{xu} 、 σ_{xd} 等。

(3)重力坝坝体应力的求解可以采用的计算公式为:

$$\sigma_y = a + bx$$

$$\tau = a_1 + b_1x + c_1x^2$$

$$\sigma_x = a_2 + b_2x + c_2x^2 + d_2x^3$$

式中的待定常数 a 、 b 、 a_1 、 b_1 、 c_1 、 a_2 、 b_2 、 c_2 、 d_2 利用坝体的边缘应力值作为边界条件求出,然后代入坝体应力表达式中,即可求得该截面上任意一点的应力值。

(4)当求出重力坝的应力以后,即可比照规范的规定,选择筑坝材料的标号或者分析判断坝体的强度安全性。

5. 重力坝的地基处理

重力坝是座落在地基上的大体积挡水建筑物,地基基础的安全运行是坝体安全的前提,因此在重力坝的设计中,地基处理是一项十分重要的设计内容。

(1)地基开挖

重力坝,尤其是比较高的重力坝,最好座落在岩基上,以确保运行中的安全。重力坝对岩基的新鲜程度,随着坝的高度不同要求也不尽相同。对坝高小于 30m 的低坝,重力坝可以座落在弱风化的上部;对坝高在 30~70m 之间的中等高度的坝,可以座落在微风化至弱风化上部的岩基上;而对坝高超过 70m 的高坝,则坝基应开挖到新鲜岩石、微风化或弱风化的下部岩基上。

(2)地基加固

为了提高坝基的整体性,提高坝基的抗压强度等,对地基中裂隙发育、软弱夹层以及断层破碎带等应当进行加固处理。

固结灌浆是处理岩基中裂隙的主要手段之一,它是通过向岩石裂隙灌注水泥浆,从而使被裂隙切割的岩石重新胶接在一起的方法来实现的。固结灌浆孔应当主要布置在应力值较大的坝踵和坝趾处;灌浆孔一般按梅花型布置,孔、排距大致为 3~4m,孔深 5~8m。为了使灌浆的效果更佳,钻孔应尽量与裂隙面垂直。

当地基存在软弱夹层、断层破碎带等不利的地质构造时,由于夹层、破碎带的强度低,弹性模量小,可能在荷载作用下产生不均匀沉陷以及发生渗透破坏,工程上常采用混凝土塞、开挖平洞回填混凝土、设置齿槽及混凝土抗滑桩等措施予以处理。

(3)帷幕灌浆

为了防止渗漏,减小水量损失,减小作用在坝基上的扬压力,防止地基产生化学管涌和机械管涌,对地基一般要采取防渗措施。对于岩石地基,工程上常采用帷幕灌浆以防渗,即在地基中钻孔,

灌入水泥浆、封闭渗水的通道——裂隙，在坝下形成一道阻水的隔墙，连同坝体一起，达到阻水的目的。

帷幕灌浆的深度取决于坝基透水层的深度即相对不透水层的埋深以及渗透水头的大小。一般情况如果坝基的透水层埋深不大，帷幕孔应插入到不透水层中，如果很深，则可以按照允许的坝基渗透坡降来确定帷幕的深度。

帷幕灌浆孔的孔距可以用逐步加密的办法来确定，一般情况可取 $1.5 \sim 4.0\text{m}$ ，排距可以比孔距略小。

(4) 坝基排水

为了进一步降低坝基面的渗透水压力，通常在帷幕后面即防冲帷幕的下游侧设置主排水孔一道，有时在坝基面还设置其它排水孔若干道。

主排水孔深大约为帷幕深度的 $0.4 \sim 0.6$ 倍，孔距 $2 \sim 3\text{m}$ ；坝基排水孔孔距 $3 \sim 5\text{m}$ ，孔深一般为 $6 \sim 12\text{m}$ 。

6. 重力坝的构造

重力坝的构造设计涉及到以下几个方面：

(1) 重力坝的廊道系统，包括灌浆廊道，交通观察廊道以及坝基排水廊道等。

(2) 重力坝的分缝，包括临时施工缝、永久缝及永久缝上的止水设施等。

(3) 坝体混凝土分区，对于高度较高、体积较大的混凝土重力坝，可以根据坝体各部位的应力大小和工作条件不同，选择不同标号的混凝土，以达到减小投资和合理运用水泥的目的。

7. 溢流重力坝及坝下消能

既是挡水建筑物又是泄水建筑物，兼双重作用于一身重力坝为溢流重力坝或叫溢流坝。溢流重力坝除同样必须满足稳定和强度的要求外，还应当满足下泄水流对坝面的体型要求，即过水部分的坝体表面要符合泄流的形状。

溢流重力坝的溢流曲线设计原则是：