

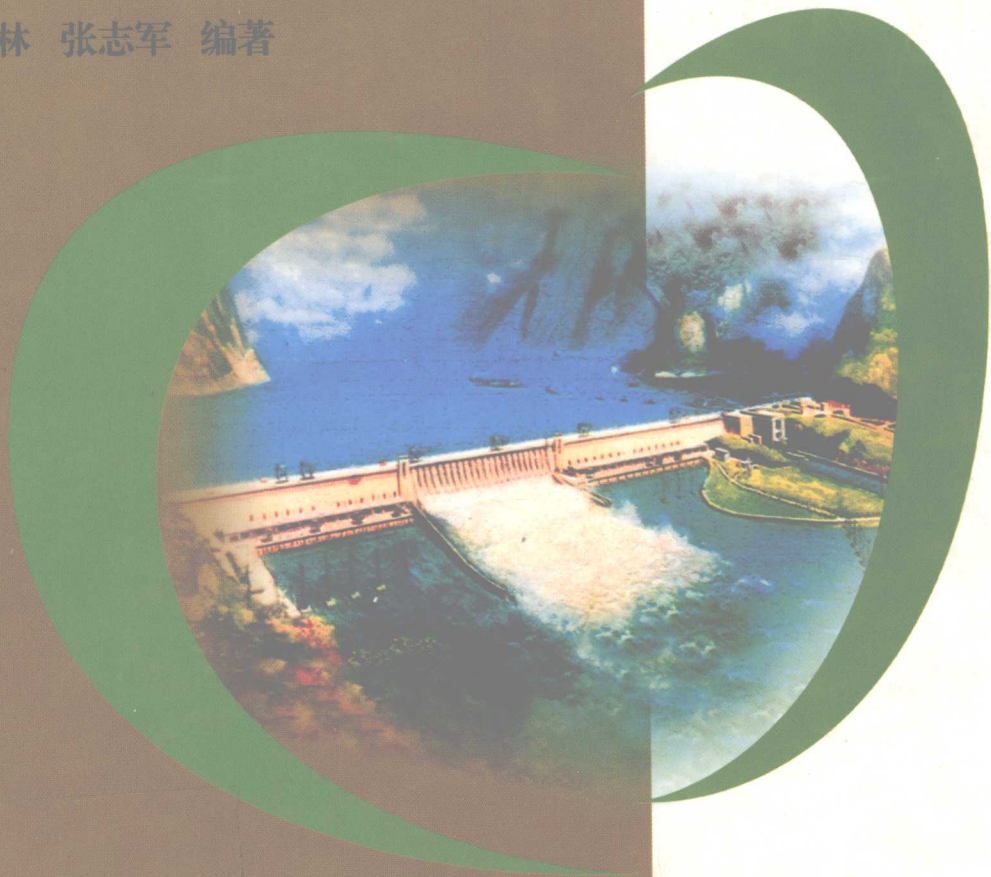
■ 21世纪成人高等教育特色专业教材

水工建筑物

(修订版)

HYDRAULIC STRUCTURES

■ 任德林 张志军 编著



■ 河海大学出版社

(修订版)

任德林 张志军 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

河海大学出版社

内 容 提 要

本书主要阐述水工建筑物设计的基本理论和方法,同时还介绍水工建筑物规划、施工及管理等方面的基本知识。书中主要章节中均给出一些典型例题。

本书可供各类成人教育(函授、职工大学及夜大学的本科、专科)使用,并可供全日制高校本、专科教学使用。本书除适用于“水利水电工程建筑”和“农田水利工程”专业教学外,同样可供农业、施工及管理等相关专业选用,也可供上述各类专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水工建筑物/任德林,张志军编著. —南京:河海大学出版社,2001.8(2004.6 修订)

成人教育教材

ISBN 7-5630-1650-3

I. 水... II. ①任... ②张... III. 水工建筑物-高等教育:成人教育-教材 IV. TV6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 053237 号

书 名 / 水工建筑物(修订版)

书 号 / ISBN 7-5630-1650-3/TV·209

责任编辑 / 魏 连

封面设计 / 张世立

出 版 / 河海大学出版社

地 址 / 南京市西康路 1 号(邮编:210098)

电 话 / (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)

经 销 / 江苏省新华书店

印 刷 / 南京捷迅印务有限公司

开 本 / 787×1092 毫米 1/16 印张 25.5 字数 586 千字

版 次 / 2004 年 6 月第 2 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1~3000 册

定 价 / 36.00 元

前言

本书是根据“水利水电工程建筑”专业和“农田水利工程”专业的教学大纲,由河海大学继续教育学院组织编写,并在2001年第一版的基础上进行了充实与提高。书中吸取了国内外先进技术知识;强调了重点突出、简明扼要、深入浅出和通俗易懂的原则,以符合自学要求;体现了现有的各种技术设计规范,包括本世纪颁布的新规范,如混凝土重力坝设计规范(2000年实施)、混凝土拱坝设计规范(2003年实施)、碾压式土石坝设计规范(2002年实施)、溢洪道设计规范(2000年实施)、水工隧洞设计规范(2003年实施)、水闸设计规范(2001年实施),以及其他新编规范的精神和要求,做到理论联系实际,符合设计准则。对于混凝土重力坝设计规范,目前国内执行的共有两个版本,第一个版本是原水利电力部颁发的水利和电力两行业的标准(SDJ21—78),第二个版本是国家经济贸易委员会发布的电力行业标准(DL5108—1999)。现在电力行业使用的是第二个版本,而水利行业仍使用第一个版本(新规范正在编写),因此,本书体现了上述两个版本规范的精神和要求,便于读者在电力和水利两行业内使用。另外,在书中主要章内均有例题,有利于读者进一步理解水工设计理论和便于演算习题;同时各章内附有思考题和习题,供读者加深自修之用。

本书除绪论外共有十章,张志军编写第一、三、四、七章,任德林编写绪论、第二、五、六、八、九、十章,最后由任德林负责统编,全书请河海大学陈国启教授主审。在本书的编审过程中曾得到各方面的大力支持和真诚帮助,在此一并表示衷心的感谢。

对于书中存在的缺点和错误,恳请读者批评指正,以便再版时更正。

编著者

2004年3月

目录

思考题与习题	84
--------------	----

◆ 第2章 拱 坝

2.1 概 述	87
2.2 拱坝的布置	89
2.3 拱坝的应力分析	94
2.4 拱座稳定分析	111
2.5 拱坝的泄流、构造及地基处理	114
学习指导与小结	119
思考题与习题	120

◆ 第3章 土石坝

3.1 概 述	121
3.2 土石坝的剖面设计与构造	124
3.3 筑坝土料设计	132
3.4 土石坝的渗流分析	137
3.5 土石坝的稳定分析	150
3.6 土石坝的地基处理与裂缝控制	161
3.7 混凝土面板堆石坝	167
学习指导与小结	176
思考题与习题	177

◆ 第4章 河岸溢洪道

4.1 概 述	180
4.2 正槽式溢洪道	182
4.3 侧槽式溢洪道	193
4.4 非常溢洪道	196
学习指导与小结	198
思考题与习题	198

◆ 第5章 水工隧洞及坝下涵管

5.1 概 述	200
5.2 隧洞的总体布置	202
5.3 隧洞的进出口结构物	204
5.4 隧洞洞身的形式和构造	208
5.5 隧洞衬砌的结构计算	216
5.6 坝下涵管	233
学习指导与小结	237
思考题与习题	238

◆ 第 6 章 水 闸

6.1 概 述	240
6.2 水闸的孔口设计	243
6.3 水闸的消能防冲	246
6.4 闸基的防渗排水	253
6.5 闸室的布置和构造	267
6.6 闸室的稳定、沉降和地基处理	273
6.7 闸室的结构计算	281
6.8 两岸连接结构物	291
6.9 闸门及启闭机	300
6.10 其他形式水闸	304
学习指导与小结	306
思考题与习题	307

◆ 第 7 章 过坝建筑物

7.1 船 闸	310
7.2 升船机	315
7.3 过木建筑物	318
7.4 过鱼建筑物	319
学习指导与小结	322
思考题	322

◆ 第 8 章 渠系建筑物

8.1 渡 槽	323
8.2 倒虹吸管	353
8.3 涵 洞	356
8.4 跌 水	358
8.5 陡 坡	362
学习指导与小结	363
思考题与习题	365

◆ 第 9 章 水利枢纽

9.1 水利枢纽设计阶段和设计要求	366
9.2 蓄水枢纽布置	368
9.3 引水枢纽布置	373
学习指导与小结	383
思考题	384

第 10 章 水工建筑物管理

385

10.1 概 述	385
10.2 水工建筑物的监测及安全评价	386
10.3 水工建筑物的养护与修理	391
学习指导与小结	394
思考题	394

主要参考文献

396

1.1 水工建筑物的分类	1.1
1.2 水工建筑物的作用	1.2
1.3 水工建筑物的设计原则	1.3
1.4 水工建筑物的设计程序	1.4
1.5 水工建筑物的设计方法	1.5
1.6 水工建筑物的设计实例	1.6
1.7 水工建筑物的设计总结	1.7
1.8 水工建筑物的设计展望	1.8
1.9 水工建筑物的设计参考文献	1.9
1.10 水工建筑物的设计思考题	1.10
1.11 水工建筑物的设计小结	1.11
1.12 水工建筑物的设计附录	1.12
1.13 水工建筑物的设计参考文献	1.13
1.14 水工建筑物的设计思考题	1.14
1.15 水工建筑物的设计小结	1.15
1.16 水工建筑物的设计附录	1.16
1.17 水工建筑物的设计参考文献	1.17
1.18 水工建筑物的设计思考题	1.18
1.19 水工建筑物的设计小结	1.19
1.20 水工建筑物的设计附录	1.20
1.21 水工建筑物的设计参考文献	1.21
1.22 水工建筑物的设计思考题	1.22
1.23 水工建筑物的设计小结	1.23
1.24 水工建筑物的设计附录	1.24
1.25 水工建筑物的设计参考文献	1.25
1.26 水工建筑物的设计思考题	1.26
1.27 水工建筑物的设计小结	1.27
1.28 水工建筑物的设计附录	1.28
1.29 水工建筑物的设计参考文献	1.29
1.30 水工建筑物的设计思考题	1.30
1.31 水工建筑物的设计小结	1.31
1.32 水工建筑物的设计附录	1.32
1.33 水工建筑物的设计参考文献	1.33
1.34 水工建筑物的设计思考题	1.34
1.35 水工建筑物的设计小结	1.35
1.36 水工建筑物的设计附录	1.36
1.37 水工建筑物的设计参考文献	1.37
1.38 水工建筑物的设计思考题	1.38
1.39 水工建筑物的设计小结	1.39
1.40 水工建筑物的设计附录	1.40
1.41 水工建筑物的设计参考文献	1.41
1.42 水工建筑物的设计思考题	1.42
1.43 水工建筑物的设计小结	1.43
1.44 水工建筑物的设计附录	1.44
1.45 水工建筑物的设计参考文献	1.45
1.46 水工建筑物的设计思考题	1.46
1.47 水工建筑物的设计小结	1.47
1.48 水工建筑物的设计附录	1.48
1.49 水工建筑物的设计参考文献	1.49
1.50 水工建筑物的设计思考题	1.50
1.51 水工建筑物的设计小结	1.51
1.52 水工建筑物的设计附录	1.52
1.53 水工建筑物的设计参考文献	1.53
1.54 水工建筑物的设计思考题	1.54
1.55 水工建筑物的设计小结	1.55
1.56 水工建筑物的设计附录	1.56
1.57 水工建筑物的设计参考文献	1.57
1.58 水工建筑物的设计思考题	1.58
1.59 水工建筑物的设计小结	1.59
1.60 水工建筑物的设计附录	1.60
1.61 水工建筑物的设计参考文献	1.61
1.62 水工建筑物的设计思考题	1.62
1.63 水工建筑物的设计小结	1.63
1.64 水工建筑物的设计附录	1.64
1.65 水工建筑物的设计参考文献	1.65
1.66 水工建筑物的设计思考题	1.66
1.67 水工建筑物的设计小结	1.67
1.68 水工建筑物的设计附录	1.68
1.69 水工建筑物的设计参考文献	1.69
1.70 水工建筑物的设计思考题	1.70
1.71 水工建筑物的设计小结	1.71
1.72 水工建筑物的设计附录	1.72
1.73 水工建筑物的设计参考文献	1.73
1.74 水工建筑物的设计思考题	1.74
1.75 水工建筑物的设计小结	1.75
1.76 水工建筑物的设计附录	1.76
1.77 水工建筑物的设计参考文献	1.77
1.78 水工建筑物的设计思考题	1.78
1.79 水工建筑物的设计小结	1.79
1.80 水工建筑物的设计附录	1.80
1.81 水工建筑物的设计参考文献	1.81
1.82 水工建筑物的设计思考题	1.82
1.83 水工建筑物的设计小结	1.83
1.84 水工建筑物的设计附录	1.84
1.85 水工建筑物的设计参考文献	1.85
1.86 水工建筑物的设计思考题	1.86
1.87 水工建筑物的设计小结	1.87
1.88 水工建筑物的设计附录	1.88
1.89 水工建筑物的设计参考文献	1.89
1.90 水工建筑物的设计思考题	1.90
1.91 水工建筑物的设计小结	1.91
1.92 水工建筑物的设计附录	1.92
1.93 水工建筑物的设计参考文献	1.93
1.94 水工建筑物的设计思考题	1.94
1.95 水工建筑物的设计小结	1.95
1.96 水工建筑物的设计附录	1.96
1.97 水工建筑物的设计参考文献	1.97
1.98 水工建筑物的设计思考题	1.98
1.99 水工建筑物的设计小结	1.99
1.100 水工建筑物的设计附录	1.100

绪论

0.1 水利工程建设

世界上自然资源很多,而水是最宝贵的资源之一。我国水资源年均总量为 28 124 亿 m^3 ,其中河川年均径流量为 27 115 亿 m^3 ,居世界第六位。水能总蕴藏量达 6.8 亿 kW,其中可开发利用的约为 3.78 亿 kW,两者均居世界首位。以上资源虽然在总量上名列世界前茅,但人均水资源量都远低于世界水平。1988 年全国人均占有径流量 2 474 m^3 ,仅为世界人均的 1/4。所以,从人均意义上说,我国的水资源是十分短缺的。水资源虽然可以再生,也可重复利用,但受气候影响,在时间、空间上分布不均匀,不同地区之间,可能相差很大,就在同一地区,汛期和枯水期往往相差也很大。这种水量的偏多或偏少容易造成洪涝或干旱等自然灾害,因此,必须充分认识水资源的变化规律,并根据天然水资源的时、空分布特点及国民经济各部门的需水要求,修建蓄水、引水、提水或跨流域调水工程,以使水资源得到合理的开发利用和保护,达到兴利除害的目的。可以说,水利已不仅是农业的命脉、国民经济的命脉,而且还将是人类生存和发展的命脉。

为了对自然界的地表水和地下水进行有效的控制和合理的调配,达到兴利除害的目的而修建的各项工程措施,统称为水利工程。水利工程按其承担的任务可分为:治河防洪工程、农田水利工程(或称灌溉排水工程)、水力发电工程、供水和排水工程、航道及港口工程、环境水利工程等。若一项水利工程同时兼有几种任务的,称为综合利用水利工程。水利工程如按其対水的作用又可分为:蓄水工程、排水工程、引水工程、输水工程、提水工程及水质净化工程等。

几千年来我国劳动人民一直与洪水作斗争,并积极开发利用水资源,积累了丰富的经验。早在四千年前大禹治水开始修筑,迄今仍在正常使用的黄河大堤,就是防治洪水的生动纪录。公元前 256~前 251 年又建成了都江堰工程,这是世界上历史最悠久的无坝引水工程,至今仍发挥着巨大的效益,实为中华民族的骄傲。

建国以来,我国水利工程建设取得了较快的发展。到 1991 年全国整修、新修各类江河堤防及海塘 22 万多 km;修建水库 8.38 万座,总库容达 4 677.5 亿 m^3 ,其中大型

水库 367 座、库容达 3 400 亿 m^3 ；兴修水闸 2.9 万多座，其中，大型水闸 320 座；建设蓄洪、滞洪区 100 多处；水电站装机容量从 1949 年的 16.3 万 kW 发展到 1993 年的 4 500 万 kW，灌溉面积已从建国初期的 1 600 万 hm^2 ^① 发展到 4 866.7 万 hm^2 ；此外，还建成了引滦入津、引黄济青、引碧入连等供水工程。

举世瞩目的长江三峡水利工程，正在兴建，令人振奋。这项规模宏伟的工程，水电装机容量为 1 820 万 kW；双线五级船闸，总水头 113 m，可通过万吨级船队；垂直升船机总重 11 800 t，过船吨位 3 000 t，均居世界之首。

水利工程建设促进了水工建筑物的科技发展。近些年来，在坝型革新、高坝复杂地基处理、高坝泄洪消能、水工结构抗震设计的理论和实验模型、结构优化、结构可靠性分析、渠系建筑物新型结构和运用管理等方面均取得了可喜的成就。未来的水利建设任务更艰巨，更伟大，更需要我们付出毕生的精力去完成。

0.2 水利枢纽与水工建筑物

0.2.1 水工建筑物

(一) 水工建筑物的分类

为了防洪、发电、灌溉、航运等要求，通常需要修建不同类型的建筑物，以控制水位、调节水流、兴利除害，这些建筑物统称为水工建筑物。

水工建筑物按其主要功用可分为以下六类：

(1) 挡水建筑物。是拦截或约束水流、抬高水位及调蓄水量的水工建筑物。如拦河坝、堤防及水闸等。坝高 $H > 70$ m，称为高坝； $H = 30 \sim 70$ m，称为中坝； $H < 30$ m，称为低坝。

(2) 泄水建筑物。是宣泄水库、湖泊及河渠等多余水量，以保证枢纽安全的水工建筑物。如溢洪道、溢流坝、泄洪隧洞及水闸等。

(3) 输水建筑物。是输送库水或河水，以满足灌溉、发电或工业用水等需要的水工建筑物。如输水隧洞、涵管或渡槽等。

(4) 引水建筑物。是从水库或河流取水，满足各种用水要求的水工建筑物。如灌溉渠首和供水用的水闸、扬水站等。

(5) 整治建筑物。是改善河道水流条件、调整河势、稳定河槽、维护航道及保护河岸的水工建筑物。如丁坝、顺坝、导流堤、护底和护岸等。

(6) 专门建筑物。是专门为发电、航运、过鱼及过木等单一目标而设置的水工建筑物。如水电站厂房、船闸、鱼道及筏道等。

有些水工建筑物的功能并非单一的，难以严格区分其类型。如溢洪坝，既是泄水建筑物，又是挡水建筑物；水闸既可挡水，又能泄水，有时还作为灌溉渠首或供水工程的引水建筑物。

水工建筑物又可按使用期限分为永久性建筑物和临时性建筑物。永久性建筑物是

① 1hm^2 (公顷) = 15 亩。

指工程长期使用的建筑物;临时性建筑物是指工程施工期间使用的建筑物,如施工围堰等。

(二) 水工建筑物的特点

水工建筑物主要在水中工作,承受水的各种作用,与一般土建工程的建筑物相比,有以下四个特点。

(1) 复杂性。水工建筑物工作条件的复杂性主要在于水的作用。在上下游水位差的作用下可能使水工建筑物产生滑动或倾覆,同时会在建筑物及其地基内产生渗透水流,这种渗流不利于建筑物的稳定,也可能引起建筑物及地基产生渗流变形而遭到破坏。除上述静水作用的影响外,还有动力影响,如高速水流可能会产生空蚀等破坏作用,强烈的紊流脉动会引起轻型结构的振动,消能设备后面可能产生冲刷破坏。另外,库区泥沙淤积,又会减少水库寿命等。

(2) 艰巨性。水工建筑物的施工条件要比陆地上其他建筑物复杂得多,远非一座摩天大楼所能比拟。首先在水中施工需修建围堰,对河道还要截流,并采取导流措施,将上游来水安全地导向下游。这些工作非常艰巨,处理不好甚至还会贻误工期。其次,施工受自然条件影响大,受季节性制约强,可变因素多,施工很困难,如地下或水下施工、复杂地基的处理、大体积混凝土施工的温度控制等。另外,对于挡水建筑物,还要求在有限的时间内抢修到拦洪高程,往往要和洪水“赛跑”,以确保汛期拦洪,这些都给工程带来紧迫性和艰巨性。

(3) 个别性。水工建筑物的形式和尺寸,与地形、地质和水文等条件密切相关,尤其是地质条件的影响更大。由于各个地区情况不同,加上自然条件千差万别,因而水工建筑物具有较大的个别性,除非特别小的建筑物,一般不能采用定型设计。

(4) 显著性。水工建筑物建成后会给国民经济及人民生活带来显著的效益。它不仅消除洪水灾害,还能发电、改善航运条件、改良农田灌溉与排水,同时对周围的自然环境和社会环境也将产生良好影响。可是,水工建筑物一旦失事,又会带来显著的灾害,特别是较高的拦河坝一旦溃决,会给两岸或下游造成灾难性乃至毁灭性的后果。1975年8月河南省遭遇特大洪水,板桥及石漫滩两座水库垮坝,使下游 73.3 万 hm^2 农田受淹,死亡达 9 万人,损失惨重。因此,在勘测、规划、设计、施工及管理等方面都要慎重对待,务必妥善解决安全与经济的矛盾。

0.2.2 水利枢纽

兴建一座水利工程往往需要几个不同类型的水工建筑物相互配合,才能正常发挥作用。这种由几个作用不同的水工建筑物所组成的综合体,称为水利枢纽。

水利枢纽的功能可以是单一的,如防洪、灌溉、发电或引水等,但多数是有几种功能的,这种枢纽称为综合利用水利枢纽。以某一单项目标为主而兴建的水利枢纽,则常冠以主要目标之名,如防洪枢纽、水力发电枢纽(或水利水电枢纽)、航运枢纽及引水枢纽等。水利枢纽按其所在地区的地貌形态,分为山区、丘陵区水利枢纽和平原、滨海地区水利枢纽。又可按承受水头的大小分为高、中、低水头水利枢纽,一般以水头 70 m 以上者为高水头枢纽(图 9-1),30~70 m 者为中水头枢纽(图 9-2),30 m 以下者为低水头枢纽(图 9-3、图 9-4)。

水利枢纽建成后,对其周围的自然环境和社会环境将产生很大的影响。在自然环

环境影响方面:包括对水文、水温、水质和泥沙的影响,对局部地区气候的影响,对环境地质(如诱发地震、库岸稳定等)和土壤环境的影响,对陆生生物和水生生物的影响,特别是对鱼类的影响等。在社会环境影响方面:包括库区淹没和工程占地所引起的人口迁移及工程施工,对人民生活的影响、对景观的影响及对文物古迹的影响等。水利枢纽对环境的影响既有有利的一面,也存在着不利的一面,两者之间互为影响。因此,既要考虑枢纽兴建后引起环境改变,又要研究环境对枢纽的设计与运行管理的制约与要求。在规划、设计和建设水利枢纽时,均要注意枢纽对环境的正负两方面的作用,特别是不利影响方面,并力争扩大有利的影响,而缩小不利的影响。

0.3 水利枢纽与水工建筑物的等级划分

在水利工程建设中,如欲增加工程的安全性,而把设计标准定得很高,将会造成不必要的浪费。因此,为了妥善地解决上述安全性和经济性的矛盾,首先要对水利枢纽进行分等,对水工建筑物进行分级,等级越高者,在规划、设计、施工和管理等方面的要求也越高。根据原水利电力部等部门颁发的现行规范——《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》(试行)规定,水利水电枢纽工程按其规模、效益和在国民经济中的重要性分为五等,其中山区、丘陵区枢纽分等指标见表0-1,平原、滨海地区枢纽分等指标见表0-2。

表0-1 山区、丘陵区水利水电枢纽工程分等指标

工程 等别	工程 规模	分 等 指 标				
		水库总库容 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	防 洪		灌溉面积 ($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	水电站 装机容量 ($1 \times 10^4 \text{ kW}$)
			保护城镇及工矿区	保护农田面积 ($\times 10^4 \text{ hm}^2$)		
一	大(1)型	> 10	特别重要城市、工矿区	> 33.33	> 10	> 75
二	大(2)型	$1.0 \sim 10$	重要城市、工矿区	$33.33 \sim 6.67$	$10 \sim 3.33$	$75 \sim 25$
三	中 型	$1.0 \sim 0.1$	中等城市、工矿区	$6.67 \sim 2$	$3.33 \sim 0.33$	$25 \sim 2.5$
四	小(1)型	$0.1 \sim 0.01$	一般城镇、工矿区	< 2	$0.33 \sim 0.03$	$2.5 \sim 0.05$
五	小(2)型	$0.01 \sim 0.001$		< 0.03	< 0.03	< 0.05

表0-2 平原、滨海地区水利水电枢纽工程分等指标^[42]

工程 等别	工程 规模	分 等 指 标						
		水库总库容 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	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 ($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	排涝面积 ($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	灌溉面积 ($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	供给城镇 及矿区	装机容量 ($\times 10^4 \text{ kW}$)
一	大(1)型	> 10	特别重要	> 33.33	> 13.33	> 10	特别重要	
二	大(2)型	$10 \sim 1.0$	重 要	$33.33 \sim 6.67$	$13.33 \sim 4.0$	$10 \sim 3.33$	重 要	
三	中 型	$1.0 \sim 0.1$	中 等	$6.67 \sim 2.0$	$4.0 \sim 1.0$	$3.33 \sim 0.33$	中 等	$25 \sim 2.5$
四	小(1)型	$0.1 \sim 0.01$	一 般	$2.0 \sim 0.33$	$1.0 \sim 0.2$	$0.33 \sim 0.03$	一 般	$2.5 \sim 0.05$
五	小(2)型	$0.01 \sim 0.001$		< 0.33	< 0.2	< 0.03		< 0.05

山区、丘陵区与平原、滨海区的界限,尚无严格的规定。通常认为:平原、滨海区的适用范围系指枢纽的挡水建筑物高度一般不大于 15 m,上下游水位差一般不大于 10 m 的地区。具体到某一工程,可参照上述范围,结合当地的地形和水文等具体情况分析确定。

表 0-1 及表 0-2 中的总库容系指校核水位以下的水库静库容;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;灌溉面积和排涝面积均系指设计面积;挡潮工程的等别参照防洪工程规定划分,在潮灾特别严重地区,其工程等别可适当提高;供水工程的重要性应根据城市及工矿区的工业和生活供水规模,经济效益和社会效益分析确定;具有综合利用效益的水利水电枢纽,各个效益指标分属表 0-1 及表 0-2 中几个不同等别时,整个枢纽的等别应按其中最高的等别确定。

引水枢纽工程等别应根据引水流量的大小,按表 0-3 确定。

表 0-3 引水枢纽工程分等指标表^[57]

工程等别	一	二	三	四	五
工程规模	大(1)型	大(2)型	中型	小(1)型	小(2)型
引水流量(m^3/s)	>200	200~50	50~10	10~2	<2

枢纽中的水工建筑物级别,应根据上述所确定的枢纽等别,按表 0-4 和以下三项原则确定:①仅有单一用途的水工建筑物,只根据该项用途所属的等别确定其级别;②同时具有几种用途的水工建筑物,应根据其中所属的最高等别确定其级别,例如,对于河床式厂房,应按库容和装机容量,根据所属最高的等别确定其级别;③位于江河大堤上的水工建筑物级别,应不低于该大堤级别。

表 0-4 水工建筑物的级别表^[41]

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	

注:1. 永久性建筑物系指枢纽运行期间使用的建筑物。根据其重要性,又分为:①主要建筑物,系指失事后造成下游灾害或严重影响工程效益发挥的建筑物,例如:坝、泄水建筑物、输水建筑物等;②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。

2. 临时性建筑物系指枢纽施工期间使用的建筑物,如导流建筑物。

对于水闸、渡槽、隧洞、涵洞、倒虹吸、跌水及陡坡等灌排建筑物的级别,应根据过水流量的大小,按表 0-5 确定。

表 0-5 灌排建筑物分级指标表^[57]

建筑物级别	1	2	3	4	5
过水流量(m^3/s)	>300	300~100	100~20	20~5	<5

在确定级别时,对于2~5级永久性水工建筑物,符合下列情况并经过论证者,可提高主要建筑物级别:

(1) 坝高超过表0-6所列数值者,可提高一级,但洪水标准不予提高;

表0-6 坝的提级标准^[41]

坝的原级别		2	3	4	5
坝高 (m)	土坝、堆石坝、干砌石坝	90	70	50	30
	混凝土坝、浆砌石坝	130	100	70	40

(2) 建筑物的工程地质条件特别复杂或采用实践经验较少的新坝型或新结构时,可提高一级,但洪水标准不予提高;

(3) 对于综合利用工程,如库容和不同用途分等的指标中有两项接近同一等别的上限时,可将其共同的主要建筑物提高一级。

在确定级别时,对于临时性水工建筑物,如失事后将使下游城镇、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,应视其重要性或影响程度,提高一级或两级。

另外,对于低水头或失事后损失不大的水利枢纽,经过论证可将其水工建筑物的级别适当降低。

现举例说明,如何利用上述各表来确定枢纽等别和水工建筑物级别。

例:某水利水电枢纽,其功用是灌溉、防洪和发电,而以灌溉、防洪为主。水库总库容2亿 m^3 ,保护农田面积0.67万 hm^2 ,设计灌溉面积2.4万 hm^2 ,水电站装机容量1.2万kW。该枢纽中的水工建筑物有土坝(坝高50m)、溢洪道、泄洪隧洞、引水隧洞及水电站。试确定该枢纽等别和各水工建筑物级别。

解:① 确定枢纽等别。查表0-1知:按总库容分,该枢纽为二等;按防洪分,为四等;按灌溉面积分,为三等;按装机容量分,为四等。应以其中最高等别为标准,故该枢纽定为二等。

② 确定水工建筑物级别。对同时保证几种用途的水工建筑物,应根据最高的枢纽等别确定建筑物级别,查表0-4,二等工程的主要建筑物为2级。因此,该枢纽中的土坝、溢洪道、泄洪隧洞、引水隧洞均定为2级,其中土坝高度未超过90m,查表0-6可知,土坝不必提级。水电站装机容量虽小,但其尾水供灌溉之用,所以其级别应与引水隧洞相同,亦为2级。

0.4 本课程的学习方法

《水工建筑物》是一门综合性和实践性很强的专业课,其学习方法与基础课或基础技术课相比,虽有相同之处,但还有某些差异。过去学习水工课时曾存在着“一听就懂,一看就会,一问就呆,一做就错”的现象,这是需要克服的。现提出以下四点学习方法:

(1) 由表及里。水工课叙述性内容较多,从文字看不难接受。但是,不要轻易地相信自己已接受了书中内容,要不时地向自己提出问题,多问几个为什么,要透过字里行

间看到其实质内容。

(2) 加强理解。向自己提出问题后,要进行分析与理解。对书中的观点,必要时可提出相反的看法,然后分析这种相反的看法有什么问题,这样可以对书中的内容进一步理解,也容易发现其中错误或不妥之处。对类似的内容要进行对比分析,例如,在学到拱坝破坏形式时,可与重力坝破坏形式进行对比,分析其相同处与不同处,这样,可以对这两种坝的破坏形式加深理解。

(3) 勤于实践。学习时如果仅停留在表面上理解,那是远远不够的。可以对书中内容加以归纳,使得所学的知识更加系统化;可以动手推导书中某些简单的公式,以了解该公式的来龙去脉。要注意独立地完成作业与习题,运算时不仅要保证计算成果的正确性,还要加深对理论的理解。

(4) 温故知新。学习水工课时经常要联系到基础课及基础技术课中的内容,如对其印象不深,甚至忘掉,则需及时复习,千万不能囫圇吞枣,要温故而知新。

学习指导与小结

绪论是专、本科生都必须掌握的内容。对于水利枢纽和水工建筑物的分等分级等重要问题,要了解透彻,概念清晰。水利枢纽建成后,对周围环境的影响有利有弊,要全面分析,力争扩大有利的影响,缩小不利的影响。

本课程是一门综合性和实践性很强的专业课,它与基础课(和基础技术课)相比,学习方法也有所不同,要注意掌握“由表及里、加强理解、勤于实践、温故知新”的学习方法。

思考题

(1) 水工建筑物是挡水、泄水、输水和发电,水利枢纽是由一个或几个具有不同功能的建筑物组成的综合体

(2) 水工建筑物按其主要功用可分为六类,即:

(3) 水工建筑物与一般土建工程的建筑物相比,其特点是

(4) 对水利枢纽及水工建筑物,为何要分等级?其根据是什么?

(5) 水利枢纽建成后,对周围环境的影响有何利弊?具体讲如何对待?

第 章

1

重力坝

1.1 概 述

重力坝是用混凝土或砌石等材料修筑而成的,主要依靠坝体重力维持自身稳定的挡水建筑物。重力坝是出现最早的一种坝型,其历史可以追溯到近五千年以前。19世纪以前,重力坝基本上都是浆砌毛石坝,到19世纪后期,逐渐开始采用混凝土筑坝。20世纪以来,由于重力坝设计理论和施工技术的不断改进和提高,重力坝的建设得到迅速发展。到20世纪60年代初期,世界上高度在30 m以上的各种大坝中,重力坝所占比例达50%左右。60年代以后,由于土石坝及拱坝的大量兴建,重力坝在数量上的相对比例有所减少,但在筑坝技术上仍有很大进展。继30~40年代美国建成高168 m的大苦力坝等大型重力坝工程之后,在60~70年代,世界各国又修建了一批高重力坝。如世界最高的重力坝大狄克逊坝(瑞士,坝高285 m),以及巴克拉坝(印度,坝高236 m)、德沃夏克坝(美国,坝高219 m)等。70年代以后,碾压混凝土技术开始应用于重力坝建设,由于在施工中采用大型振动碾来压实混凝土,故可用于硬性混凝土代替常态混凝土,使水泥用量大幅度降低,进一步降低了重力坝的造价,并缩短了工期,使重力坝在各种坝型中所占比重又有所回升。

我国自50年代以后,重力坝的建设得到了长足发展。1949~1985年建成的坝高30 m以上的113座混凝土坝中,重力坝就有58座。我国已建成的著名重力坝有:新安江(宽缝重力坝,高105 m)、刘家峡(坝高147 m)、漫湾(坝高132 m)、三门峡(坝高106 m)、乌江渡(拱形重力坝,高165 m)等。另外,在建工程中举世瞩目的长江三峡大坝也采用了重力坝形式(坝高181 m)。

除上述混凝土重力坝外,我国还建造了300余座坝高在15 m以上的浆砌石重力坝,1962年建成的群英坝最大坝高达101 m。80年代以来,碾压混凝土重力坝在我国也发展很快,在湖南娄水上已建成的江垭碾压混凝土重力坝,坝高已达131 m。已开工建设的坝高220 m的红水河龙滩坝(一期坝高192 m),建成后将成为世界上最高的碾压混凝土重力坝。

1.1.1 重力坝的工作原理和特点

重力坝在水压力和其他荷载作用下,主要依靠坝体自重产生的抗滑力满足稳定要求;同时依靠坝体自重产生的压应力来抵消由于水压力所引起的拉应力以满足强度要求。

重力坝的基本剖面一般为上游坝面近于铅直的三角形剖面,坝轴线通常呈直线,且垂直坝轴线方向常设有永久伸缩缝,从而将坝体分隔成若干个独立工作的坝段,如图1-1所示。

重力坝与其他坝型相比较,具有以下特点:

(1) 重力坝断面尺寸较大,与地基接触面积较广,坝内应力较低且分布较均匀;耐久性好,抵抗水的渗漏、特大洪水漫顶、地震和战争破坏的能力都较强。因此重力坝是一种安全可靠较高的坝型。

当然,断面尺寸大又造成水泥用量多,混凝土材料强度不能充分发挥,混凝土凝固时水化热高,散热条件差,容易形成裂缝等问题;与地基接触面广也造成扬压力较大,对坝的稳定和应力产生不利影响等一系列问题。这就要求在设计中对坝体进行材料分区,以充分利用混凝土材料的强度;设置各种有效的防渗、排水设施以削减扬压力;在施工期采取严格有效的温度控制措施以防止产生温度裂缝等。

(2) 重力坝结构简单,各坝段独立工作,结构受力状态明确,设计方法较简便。施工技术比较容易掌握,便于采用机械化施工。

(3) 对地形和地质条件适应性较好,几乎在任何形状的峡谷中均可修建。对地基条件的要求仅高于土石坝,而低于拱坝和支墩坝。在高坝建设中,重力坝常因受地形、地质条件的限制较少而被优先采用。

(4) 重力坝基本断面适于在坝顶布置溢洪道和在坝身设置泄水孔,一般不需要另外设置河岸溢洪道或泄洪隧洞。在施工期可利用较低坝块或底孔进行导流。因此,与土石坝相比,重力坝的施工导流和永久性泄洪问题更容易解决。

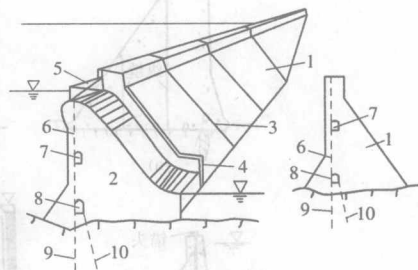


图1-1 重力坝示意图

1—非溢流重力坝; 2—溢流重力坝; 3—横缝;
4—导墙; 5—闸门; 6—坝体排水管; 7—交通
检查和坝体排水廊道; 8—坝基灌浆、排水廊道;
9—防渗帷幕; 10—坝基排水孔幕

1.1.2 重力坝的分类

(1) 按坝体结构形式分类。可分为实体重力坝、宽缝重力坝、空腹重力坝、预应力重力坝和装配式重力坝等,如图1-2所示。

实体重力坝结构简单,设计和施工均较方便,但是扬压力较大,材料强度不能充分发挥,工程量较大。宽缝重力坝和空腹重力坝均为改善实体重力坝的这些缺点而发展起来的坝型。它们均具有显著降低坝底渗透压力,减小扬压力作用面积,节省混凝土方量等优点。空腹重力坝还可在坝内布置发电厂房,以解决在大洪量狭窄河谷建坝时泄洪与厂房布置的矛盾。但宽缝重力坝施工较复杂,模板用量多;空腹重力坝腹孔附近需配置较多钢筋,应力分析和施工工艺都较复杂。预应力重力坝和装配式重力坝目前国内应用较少,且仅限于中小型工程。