

高等学校教材

水工建筑物

（供农田水利工程专业用）

（第二版）

武汉水利电力学院 赵文华 主编

水利电力出版社

高等学校教材

水 工 建 筑 物

（供农田水利工程专业用）

（第二版）

武汉水利电力学院 赵文华 主编

水利电力出版社

高等学校教材
水 工 建 筑 物
(供农田水利工程专业用)
(第 二 版)

武汉水利电力学院 赵文华 主编

*

水利电力出版社出版
(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 21.5印张 487千字
1980年11月第一版 1984年6月新一版
1987年11月第二版 1987年11月北京第三次印刷
印数7111—17811册

ISBN 7-120-00051-9/TV·38
15143·6486 定价3.60元

内 容 提 要

本书为高等学校“农田水利工程”专业的通用教材(修订版),基本内容是灌溉水利工程及其建筑物的设计与管理。全书除绪论外共十五章,包括蓄水枢纽、取水枢纽、渠系水工建筑物及各类水工建筑物的管理。

本书除适用于“农田水利工程”专业教学外,也可供水利类其他专业师生及农田水利工程技术人员参考。

修 订 版 前 言

本书是根据《1983—1987年高等学校水利电力类专业教材编审出版规划》组织修订的。修订时，按教学计划要求，以原版内容为基础，删去了“渠道上的桥梁”、缩减了“渡槽”，并删减了各建筑物中与现行规范重复的结构计算内容；考虑到农田水利工程水工建筑物的系统性与完整性，并照顾有关地区的特点，增编了取水枢纽中的“壅水、引水及取水河段的整治建筑物”及“渠系中的量水、调节、防护建筑物”等内容。

本教材由清华大学、河海大学、武汉水利电力学院三校合编，武汉水利电力学院为主编单位。全书除绪论外共十五章，编写分工如下：清华大学何成沛编写第一、二、三、六章，武汉水利电力学院陈德亮编写第四、十三、十四、十五章，河海大学宋祖诏编写第七、八、九、十二章，武汉水利电力学院赵文华编写绪论及第五、十、十一章。

本书由成都科学技术大学李国润主审。

编 者

一九八六年十二月

目 录

修订版前言

绪 论	1
-----	---

第一篇 蓄水枢纽的水工建筑物

第一章 重力坝	7
第一节 概 述	7
第二节 重力坝的稳定及应力分析	17
第三节 非溢流重力坝的剖面设计	22
第四节 溢流重力坝	25
第五节 重力坝的坝体构造	29
第六节 重力坝的地基处理	39
第七节 其他型式重力坝及轻型坝	41
第二章 拱坝	45
第一节 拱坝的型式、特点及对地形、地质的要求	45
第二节 拱坝的应力分析与坝肩稳定分析	49
第三节 拱坝的布置	64
第四节 拱坝的构造及地基处理	69
第三章 土石坝	74
第一节 概 述	74
第二节 土坝的剖面布置与构造	77
第三节 土坝的渗流计算	92
第四节 土坝的稳定分析	98
第五节 土料选择与填土标准的确定	106
第六节 堆石坝与土石混合坝	109
第四章 河岸溢洪道	112
第一节 泄水建筑物的作用和类型	112
第二节 开敞式正槽溢洪道	113
第三节 侧槽溢洪道及非常泄洪设施	123
第五章 水工隧洞与坝下涵管	128
第一节 隧洞与涵管的类型、特点及工程布置	129
第二节 隧洞与涵管的进出口建筑物	132
第三节 隧洞洞身的型式、构造与计算	150
第四节 坝下涵管	158
第六章 蓄水枢纽的布置	162

第一节	坝址及坝型的选择	162
第二节	枢纽布置的一般原则与要求	163
第三节	枢纽建筑物的布置	164

第二篇 取水枢纽的水工建筑物

第七章	水闸	170
第一节	概述	170
第二节	闸室的布置和构造	172
第三节	水闸的消能防冲	182
第四节	闸基渗流及防渗排水设施	189
第五节	闸室的稳定、沉陷和地基处理	196
第六节	闸室结构计算	201
第七节	水闸的两岸连接建筑物	210
第八节	其他型式水闸	215
第九节	水闸的闸门	223
第八章	取水枢纽的壅水、引水、通航、过木等建筑物	228
第一节	壅水、引水及取水河段的整治建筑物	228
第二节	取水枢纽中的专门建筑物	235
第九章	取水枢纽的布置	241
第一节	概述	241
第二节	无坝取水枢纽的布置	244
第三节	有坝取水枢纽的布置	248
第四节	沉沙池	255

第三篇 渠道系统中的水工建筑物

第十章	渡槽	260
第一节	概述	260
第二节	梁式渡槽	264
第三节	拱式渡槽	274
第四节	渡槽的进出口建筑物及总体布置	284
第十一章	倒虹吸管及涵洞	287
第一节	倒虹吸管	287
第二节	涵洞	294
第十二章	跌水及陡坡	298
第一节	跌水及陡坡的型式和布置	300
第二节	跌水及陡坡的消能防冲设施	306
第十三章	渠系中的量水、调节、防护建筑物	310
第一节	量水建筑物	310

第二节 调节建筑物	317
第三节 防护建筑物	321

第四篇 水工建筑物的管理

第十四章 水工建筑物的观测	328
第十五章 水工建筑物的养护与修理	333

绪 论

一、我国农田水利工程建设的发展

我国水利资源十分宝贵。几千年来,我国劳动人民在防治水害、兴修水利的斗争中作出了卓越的贡献,创建于秦代初期的著名的水利工程都江堰,就是劳动人民高度智慧的结晶,在规划、设计和施工等方面都充分体现了我国劳动人民高度的创造性和严密的科学性。东汉时期,我国就已经创造了比较完整的蓄水枢纽工程,浙江绍兴的鉴湖就是一例。鉴湖是一个灌溉面积九十公顷的灌溉水库,用大坝拦水,“纳三十六源之水,蓄(储)以溉田”,水库上还有带闸门的溢洪道,“水多则闭湖泄田中水入海”,“水少则泄湖溉田”[●]。这个水库一直到宋朝都在发挥效益。在渠系建筑物方面,我国在宋初就有了大型木渡槽,解决了金、索河水过汴河的问题。三国时期,在现在的河北省南部造天井堰,引漳水灌田,“一源分为十二流,皆悬水门”[●],在渠系上较早地采用了控制流量的建筑物。

然而,旧中国长期处在封建主义的统治之下,近代又处在封建主义、帝国主义、官僚资本主义的压迫之下,社会生产力很低,水利建设发展缓慢,已有的一些水利设施,大多因年久失修,遭到严重破坏,广大劳动人民饱受旱涝灾害之苦。

中国革命的胜利,为社会主义革命和社会主义建设开辟了广阔的前景,为全国人民向生产的广度和深度进军创造了条件。在中国共产党的领导下,我国农田水利建设得到了迅速发展。建国以来,陆续对淮河、黄河、海河、长江等河流进行了综合治理和流域性的开发利用,兴建了一批大型水利枢纽工程,不仅使洪水得到初步控制,而且发展了灌溉、水电、航运和水产等事业。同时,随着广大农村经济力量的逐步提高,中小型水利建设也得到了迅速发展。目前,已建成十万立方米以上的水库就达八万余座,此外还有许多有坝与无坝取水工程,实行大、中、小结合,建成了许多大中型灌区,万亩以上的灌区达六千多处,全国灌溉面积已由解放前的2.4亿亩发展到7亿多亩,为农业的稳产、高产提供了重要保证。

我国农田水利工程建设的迅速发展,促进了农田水利科学技术水平的迅速提高。目前,在当地材料筑坝的技术方面,浆砌石坝有了巨大发展,已建的浆砌石坝坝型不仅有重力坝(包括各种空腹重力坝、宽缝重力坝、隔墙填碴坝),而且有拱坝和支墩坝,并积累了筑坝的丰富经验。此外,如水中填土坝、水坠坝、定向爆破筑坝等都有新的创造,土石混合坝、碾压式土坝、堆石坝等施工技术,也有新的发展。在综合利用方面、工程管理方面,均创造了不少新的经验。在建闸技术方面,广东省先后创造性地使用和发展了装配式水闸和整体预制浮运安装的水闸;江苏省在多年使用轻型水闸结构的基础上,又在闸底

● 《通典》卷二、《太平御览》卷六十六。

● 《水经·浊漳水注》。

板、两岸连接结构等多方面，广泛采用了拱形结构（如反拱底板、连拱挡土墙等）；一些地方，近年来还修建了一些不需用闸墩、边墩的“橡皮坝”。在闸基处理技术上，广泛采用了预压、震密、换砂、砂桩、灌注桩等措施。在渠系建筑物方面，各种装配式建筑物的广泛采用，反映了我国渠系配套工程技术已进展到一个新水平，构件型式与使用范围越来越广；在渡槽、桥涵、倒虹吸管、隧洞、水闸、船闸、闸门、跌水、挡土墙、护坡等许多渠系建筑物和田间配套建筑物上，广泛采用了装配式结构；吊装技术不断发展，起吊构件最重已达200吨；滑升模板的采用，为浇筑高墩柱开拓了新途径，显示了巨大的优越性；此外，还采用了各种轻型渡槽、钢丝网水泥结构、素混凝土倒虹吸管、预应力钢筋混凝土高压水管等结构。近年来，农田水利现代化的发展较快，水力自动控制的新型建筑物正不断出现，遥测、通讯、遥控、电子计算技术等已逐步用于农田水利工程的规划、设计、管理及科学研究上。一些复杂的理论计算问题和建筑物的选型以及对可能出现的某些问题进行预估，均可借助电算技术解决。水工模型及原型更多地使用了新型仪器进行量测，并利用计算机进行日常测试和资料分析，使测试和分析工作更为准确和可靠。

二、水工建筑物与水利枢纽

为防治水旱灾害、开发利用水利资源，解决水量在地区和时间上分布不均的自然状况，以满足各用水部门的要求，常需采取各种水利工程措施；水利工程措施中采用的各种建筑物称为水工建筑物。集中布置的若干个水工建筑物，各自发挥不同作用并互相配合，构成一个有机的综合体，这种综合体称为水利枢纽。水工建筑物也可以单独修建，来完成某种任务，如分洪闸、排水闸等；也可以修建成一个系列，而用渠道系统联系起来，这种渠道系统中的水工建筑物统称为渠系建筑物。还应注意，一种水工建筑物既可单独存在，也可修建在渠道系统及枢纽工程中，如水闸、船闸等。

由于自然条件与水利资源的开发利用要求不同，因而所采取的措施也就不同。当河流天然流量及水位在各年间及一年内均有较大变化因而不能满足用水要求时，常需在河道上修建拦河坝以形成水库并抬高上游水位，利用水库的库容调节来水流量，达到防治水害、兴办水利的各项目的。一座水库，除必须有拦河坝外，为保证工程安全，还需修建溢洪道，以宣泄多余洪水；并修建水工隧洞、坝下涵管或坝身引水孔、管等引水建筑物，用来从水库引水以满足各项用水要求。水库工程中的挡水建筑物、泄水建筑物和放水建筑物一起组成一个综合体，称为蓄水枢纽。如果拦河挡水建筑物是混凝土或浆砌石坝，则可将挡水、泄水和引水三者结合起来，在坝顶溢流，在坝身留设引水孔、管。蓄水枢纽除一般性建筑物外，根据开发目标的不同，还要设置专门性建筑物，如水电站和通航船闸等。一个蓄水枢纽除了挡水、泄水、引水和专门性建筑物外还可能有放空、导流等其他建筑物。如果河道天然流量能满足用水要求，但水位较低，或河水水位虽较高但从河道取水的相对引水流量较大，或小水期需从河道引取大部或全部来水时，则需修建拦断河道的壅水坝或拦河闸，以适当壅高上游水位和宣泄多余来水，并修建取水防沙建筑物以及发电、通航、过木、过鱼等专门建筑物。这些建筑物组成的综合体称为取（或引）水枢纽。设有拦河壅水与泄水建筑物的取水枢纽称为有坝取水枢纽，不设拦河建筑物者称为无坝取水枢纽或无坝取水。有坝取水枢纽与蓄水枢纽不同，前者的拦河建筑物常较低，形成的水库容积不大，

常很快为泥沙淤满，一般不起调节来水的作用，故称此拦河建筑物为壅水建筑物，且常兼作泄水建筑物用。取水枢纽中，视河水含沙情况及用水要求决定是否设置取水防沙建筑物，如进水闸和各种型式的沉沙、导沙、冲沙等防沙建筑物与设施，其作用是按需要取水并防止有害泥沙入渠，既可服务于灌溉引水，也可用于工业、牧业以及城镇供水，属一般性建筑物。枢纽中设置何种专门建筑物或是否设置专门建筑物，则由工程任务而定。通常所说的水利枢纽，一般是指修建在河道上的上述蓄水枢纽及取水枢纽。另外，在平原滨湖地区及近海地区，还可修建由水闸、船闸、泵站及围堤等建筑物组成的枢纽工程，称为闸站枢纽或闸枢纽。

渠道系统中的水工建筑物，有调节并控制流量与水位的调节建筑物和量水设施，有为保证渠道安全和正常运行的防护建筑物，有渠道与河流、溪沟、山冲、谷口、道路以及山梁等相交的交叉建筑物，有渠道通过陡坡、陡坎的落差建筑物等，这些建筑物是渠道系统中的一般建筑物；此外，还有利用集中落差发电和加工的水电站和水力加工站，为船只、竹木等通过的船闸、筏道等建筑物。

本课程主要介绍一般性水工建筑物，为照顾系统性和便于论述，在内容上安排为蓄水枢纽的水工建筑物、取水枢纽的水工建筑物和渠道系统中的水工建筑物三篇，最后再简要介绍水工建筑物的管理。

研究水工建筑物，应当了解水利工程与自然条件的关系及其对环境的影响。水利工程的自然条件包括水文、气象、地形、地质等各个方面，这些条件是水利工程规划设计的依据，是水工建筑物的具体工作条件的“原始”因素，它们影响建筑物的型式、布置和构造。水利工程建成并投入运行后将对附近地区的生产发展和生活改善创造有利条件，这是工程建设应达到的目标，但也有可能给附近地区的环境带来一些不利影响，这就应在工程规划设计中加以分析研究，并采取 措施消除或限制其产生与发展。水库工程常常具有综合效益，常常是休养、旅游的好地方。一般地讲，对上游地区，可能造成各种淹没、浸没损失、卫生条件恶化和库岸崩塌；对下游地区，可能因河床变化、水位降低、流量减小甚至无水等而产生各种不利影响。在水库工程的规划设计中，应对这些影响预作估计，进行分析研究，采取合理措施，提出解决问题的方案。同时还需注意，对于库容较大（相对于来水量而言）而库水平均流速又较小的水库，库中水体因长期处于停滞状态而使各项水质因素如水温、浑浊度、溶解氧及二氧化碳含量、水的生物化学成分和浮游生物等呈现成层分布的特点，这种水库称为成层型水库，我国多数水库基本上属于成层型。水温是水质的一项重要指标，水库的面层水温随气温变化而产生相应变化，中层水温的变化幅度随水深增加而迅速减小，如果库水深度很大，底层水温基本不变，常年保持在 4°C 左右。这种水温成层分布的特点，不仅改变了原河道水流的热平衡关系，而且形成各项水质因素也呈成层分布状态。这些特点直接影响水中微生物、浮游生物的生长和溶解氧等的变化，利于鱼类生长的水温及溶氧量、浮游生物等都是表层大于底层，而对鱼类有害的二氧化碳等则是底层高于表层。因此，对于成层型水库，从不同水深处取水（分层取水），取出水的水质是不同的；同时，用不同方式引水和泄水，对库水的水质将产生不同影响。规划设计时，应利用库水成层分布的有利方面，采用分层取水以满足各用水部门对水质的要求并发

展养鱼、休养、旅游等事业，避免或限制水库出现不良的水质变化，如浊水长期化、库水污染及富营养化等。浊水长期化是洪水期由上游带来的细微粒子以浊水形式滞留在库内不沉淀，行洪后还长时间地排向下游。库水污染主要是由于存在各种污染源而造成的，严重时各种有害物质不仅会飘浮水面形成团团水花，发出恶臭，而且下沉污染整个库水，使鱼类死亡、腐烂，最终导致生态平衡遭到破坏。富营养化是库水中的营养盐类及有机物质含量增加，使浮游生物及藻类大量繁殖，死骸下沉而成有机污染质，消耗深层水中的溶解氧使嫌气性细菌增殖，金属离子游离，产生恶臭，最终也导致与库水污染相似的结果。在没有人影响（污染源）的水库中，富营养化的进程是非常缓慢的，但一旦出现这种危害，克服它是非常困难的。总的来说，水库提供的水量、能量和广阔水域，对库区及下游的农业、工业、渔业及水产养殖、旅游业、景观以及休养与卫生等事业的发展均是十分有利的，但如出现不良的水质变化，则会造成不同程度的有害影响。

三、水利工程标准及建设阶段

1. 水利工程标准 在水利工程建设中，一般是根据工程规模、效益和该工程在国民经济中的重要性，而将枢纽工程划分为若干等；工程中的水工建筑物，则根据所属工程的等级及其在工程中的作用和重要性，而划分为若干级，并据此规定各项设计标准和要求，如洪水标准、超高要求、各种安全系数、防裂或限裂和限制变形的要求、材料的品种质量与标号、耐久性与抗渗性等要求、以及运用可靠性等等，以达到既安全又经济的目的。有关水利工程标准的各种规定和要求等，在《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》（山区、丘陵区部分）SDJ12—78（试行）（水利电力出版社，1979年1月，第1版）、《水工钢筋混凝土结构设计规范》SDJ20—78（试行）（水利电力出版社1979年5月第1版）以及各种水工建筑物的设计规范等文件中有详细规定。

2. 水利工程建设阶段 水利工程建设一般划分为规划、设计及施工三个大阶段。水利工程设计也称技术经济报告或流域规划报告，它是在勘测调查与分析研究的基础上制定的计划；其基本任务是通过技术经济比较定出全流域的水资源综合开发方案，确定各级水利枢纽的各项指标、参数和效益，选取最有利的梯级作为第一期工程；初选比较坝址并布置水利枢纽，选择主要建筑物的类型，估算工程量、造价和淹没损失等。水利工程及其建筑物的设计，是在规划基础上，根据设计阶段的查勘资料、施工条件以及运用要求等，制定具体的设计方案与施工方案。水利工程的施工则是工程设计的具体实施。本课程主要是介绍水利工程枢纽及其建筑物设计方面的各种有关问题。

水利工程及其建筑物的设计，一般又划分为初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段。施工图设计的内容、方法和要求等在施工图设计中介绍。对于蓄水枢纽的初步设计，应根据经过审批的规划报告和设计任务书所确定的要求和原则进行，其任务是：选定工程的等和建筑物的级；比较和选定合适的坝址、枢纽布置、主要建筑物型式和控制性尺寸及高程、水库的调节方式和各种特征水位；灌溉、发电、工业、城镇供水等的取水方式和引用流量；水库的泄水方式和泄水流量；水电站机组、机型、装机容量和主要机电设备；选定施工导流方案、主要建筑物的施工方法、施工总进度和总布置、对外交通方式及主要施工设备并提出建筑材料、劳力、动力设备、施工机械、供水、供电等的分期需要量和工程总概算；

阐明工程的经济效益,提出库区移民与淹没处理措施规划;另外,还应论证在选定地点和预期的施工期内修建本工程在技术上的可能性、经济上的合理性和运用上的可靠性;对于某些特别重要、工程技术复杂的问题,还应提出并制定试验研究计划;对于重要的工程布置方案,还须进行水工模型试验。技术设计阶段的工作主要是在初步设计的基础上进行详细的水力、应力等项计算,对于钢筋混凝土结构,还应进行配筋计算、防裂或限裂计算,最后定出所有建筑物的详细尺寸与构造,提出设计说明书、计算书、布置图和构造图以及各项工程量计算表和材料表。

上列设计阶段的划分及其任务,可根据工程的规模和重要性等具体情况适当补充内容,或减少、合并一部分设计内容。但任何水利工程的建设都必须严格遵照国家规定的基本建设程序进行设计和施工。上述蓄水枢纽的规划设计阶段及其任务,也可用于取水枢纽工程。对于单项工程如分洪闸工程、排水闸工程及渠道系统中的水工建筑物等,可以根据具体情况参照制定出规划设计的内容和步骤。最后还须指出,为使规划设计成果符合客观实际,做到技术上可能、经济上合理、运用时可靠,必须进行与各阶段相应的勘测工作,取得必要的资料,工程愈重要,规模愈大,技术要求也愈复杂,原始资料就愈要充分、可靠。特别是工程地质和水文地质、水文、气象以及建筑材料和施工条件等资料是作好规划设计的关键,应给以足够重视。水库地区的查勘任务,主要是对渗漏、淹没、浸没以及库岸坍塌情况等作出论证并提出相应措施;坝址及枢纽各建筑物附近地区的查勘任务,主要是对建筑物地基与岸坡的稳定、沉陷、渗透、地质构造和水文地质条件等问题作出论证,经过分析比较提出处理意见;另外,还须对建筑材料情况、原河道的水位、流量、泥沙情况和工程所在地区的风力、风向、气温以及地震情况等提出详细资料。勘测调查的具体内容及其所要求的深度和广度,与建筑物的类型、级别、自然条件及规划设计与施工的阶段有关,可参考有关规范的规定。

四、《水工建筑物》课程的任务和学习方法

本课程的任务,是使学生能够运用已经学过的各种基础课和有关课程的知识,掌握水工建筑物设计的基本理论和设计方法,能针对建筑物所在地区的具体条件运用这些理论和方法,并善于参考规范、手册以及有关专著和资料,培养水工建筑物设计的能力。根据这一要求,本教材阐述的基本内容是:建筑物的型式、构造和特点,基本尺寸和工程布置;建筑物的工作条件、作用荷载与设计条件的选择;水力、渗流计算和建筑物的稳定与强度分析。学习时应着重掌握建筑物的型式、构造和特点,工作条件和工程布置以及基本尺寸的拟定等;对于计算问题,在了解计算原理和计算方法的基础上,应着重了解建筑物的计算项目、内容、要求、计算条件的选择与计算图形的拟定。这些内容涉及的学科范围很广,因此应分清本课程与其他课程的区别和联系,着重掌握基本概念,明确各种水工建筑物设计的前提条件、依据、内容、步骤和方法,了解所引用的其他学科成果及有关理论,并善于参阅有关书刊和资料,做到深入了解、融会贯通。同时,还须注意,由于水工建筑物的复杂性,解决设计问题时常采用工程类比法和方案比较法,比照条件相似而工作良好的已建工程的设计,选择其有用部分作为借鉴而应用于新建工程的设计中;并对同一水利枢纽或水工建筑物拟定若干方案,进行技术经济比较,以选定最优方案。这些都是水工建筑物设计

常采用的方法，应在学习中深入了解，力求在设计实践中能掌握应用。另外，水工建筑物的边界条件、荷载与结构特点常较复杂，设计时除合理简化某些边界条件，运用设计理论以确定建筑物的型式、构造和布置尺寸外，对某些在理论上尚难解决的问题，常须借助模型试验及实地观测的方法，以求问题的解决，并且，实验方法还可检验理论计算的正确性，或进而探索并建立某些新的理论和设计方法，以及为以后的设计积累新的依据等。这些也是研究水工建筑物的重要方法。总之，研究水工建筑物的方法是多种多样的，但根本之点是理论与实践的统一。

第一篇 蓄水枢纽的水工建筑物

蓄水枢纽是以挡水建筑物——拦河坝为主体的水利枢纽。拦河坝的作用是拦截河道水流以积蓄来水，抬高上游水位以形成具有一定库容的水库。蓄水枢纽除拦河坝之外，还包括泄水和引水建筑物。挡水、泄水及放水建筑物是任何一个蓄水枢纽所不可缺的三部分，是蓄水枢纽中的一般建筑物。修建蓄水枢纽，是综合开发利用水资源的有力措施，所以，除一般建筑物外，蓄水枢纽中还可能有为某一用水部门服务的专门建筑物，如水电站、通航、过鱼和过木等建筑物。本篇将重点讲述蓄水枢纽中的一般建筑物和蓄水枢纽的布置。

坝是蓄水枢纽中的主要建筑物。根据不同的筑坝材料与坝型，可将坝分为：用当地土、石料修建的土坝和堆石坝，用浆砌石、混凝土修建的重力坝和拱坝，用浆砌石、混凝土以及钢筋混凝土修建的大头坝和轻型支墩坝等。在我国已建成的8300余座大中小型水库中，拦河坝采用土石坝是最多的，其次是砌石及混凝土重力坝和拱坝、堆石坝，其他坝型采用得较少。根据本专业的性质和目前蓄水枢纽中使用的坝型情况与发展趋势，本篇主要讲述浆砌石及混凝土重力坝、拱坝和使用最普遍的土石坝，对大头坝及轻型支墩坝只作一般介绍。

泄水建筑物分河岸式（其中河岸溢洪道在第四章专章讲述）与河床式两类。由于浆砌石及混凝土坝是可以溢流的，所以溢流重力坝和拱坝便可作为河床式溢洪道；泄水及放水建筑物除隧洞与涵管外，还有设在浆砌石及混凝土坝体内的泄水及放水孔或管，一并放入重力坝及拱坝两章介绍。

水工隧洞除在蓄水枢纽中作泄水及放水之用外，也可在渠道系统中作输水之用；渠道系统中的无压输水隧洞与蓄水枢纽中的无压隧洞洞身在型式和设计等方面基本上是相同的，所以在本篇的隧洞与涵管一章（第五章）中，将兼顾渠道系统中的无压输水隧洞。

第一章 重力坝

第一节 概 述

一、重力坝的型式和特点

重力坝是用混凝土或浆砌石修筑的大体积挡水建筑物（图1-1），它的特点主要是在上下游水压力作用下依靠坝体自身的重力来维持坝身的稳定。

重力坝常建造于岩基上，因为一般在非岩基上修筑当地材料坝比较经济合理，但当坝高较低时，也可以修建在非岩基上。重力坝最适合于从坝顶溢流，因而修建重力坝就不必另行布置河岸溢洪道等泄水建筑物，并在施工时可以通过较低的坝段或底孔宣泄洪水，故比土石坝等坝型更易于解决导流问题。重力坝对气候、地形、地质等条件的适应性较强，

除承载能力低的软基和有难于处理的断层、破碎带等的岩基外，均可修建重力坝。只要设计和施工是正确的，重力坝是一种维修工作量较小的永久性建筑物。重力坝有一定的抗震能力，可以修建在地震区。由于重力坝有以上特点，所以得到了比较广泛的应用。

重力坝可以是用水泥砂浆或细石混凝土等做胶结材料砌筑的浆砌石坝，也可以是用混凝土浇筑成的大体积混凝土坝。山区修建浆砌石坝，能就地取材采用当地石料，以节省水泥及木材，故浆砌石重力坝在我国得到了较大的发展。

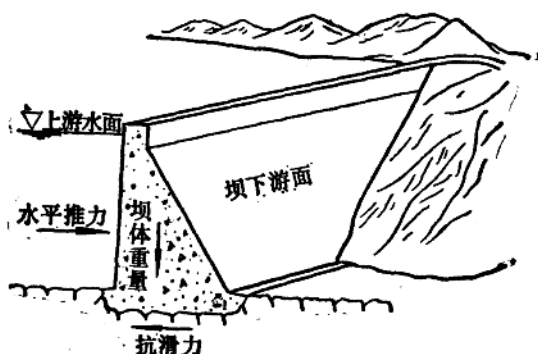


图 1-1 重力坝示意图

重力坝按构造来分有：①实体重力坝[图1-1、1-2(a)]；②宽缝重力坝[图1-2(b)]；③空腹重力坝[图1-2(c)]。本章主要讲述混凝土及浆砌石实体重力坝。浆砌石重力坝的设计计算方法与混凝土重力坝基本相同，故按混凝土重力坝论述，对浆砌石重力坝坝体构造将着重给予介绍。宽缝重力坝和空腹重力坝以及支墩坝在本章第七节仅作一般介绍。

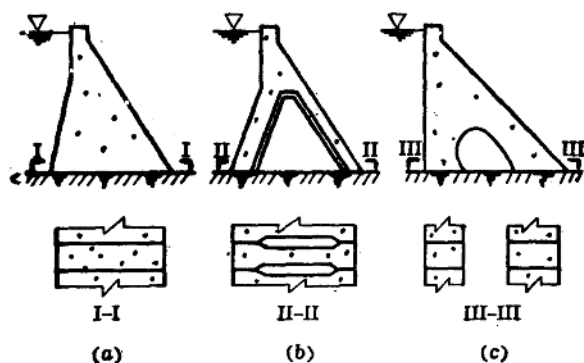


图 1-2 重力坝的型式

(a)实体重力坝；(b)宽缝重力坝；(c)空腹重力坝

二、重力坝的工作条件及对地质、材料等的要求

重力坝是在对坝体正常运行产生影响的各种条件下，依靠本身的重力和材料强度以及地基的支承作用而进行工作的。在此条件下，作用在坝体上的水压力、浪压力、泥沙压力、地震力和坝体及坝上固定设备的重力等荷载，使坝体材料产生很大的应力。同时，坝上

游的水将经过坝体和坝基向下游渗透, 不仅引起漏水, 还会产生各种不利影响: 经过坝体的渗透水, 不仅会产生渗透压力而恶化坝体应力状态, 还会对坝体材料产生侵蚀作用而降低其强度; 经过坝基的渗透水, 除产生渗透压力减小坝的有效重力, 从而降低坝的稳定性外, 还会对地基产生破坏作用, 影响坝的安全。并且, 水面以上坝面因大气影响, 要受到风化、冰冻等的作用; 库水位变化范围内的坝面, 材料受到湿胀、干缩和温度变化的影响; 溢流坝面则又受到高速水流及所挟带杂物的冲击、气蚀、磨损等的作用。这种工作条件对坝地质和坝体材料提出了各种要求。

作用在坝体上的各种荷载, 不仅使坝体材料产生很大的应力, 还会通过坝体传给地基, 使地基受到很大的压力和剪力作用, 并且坝基渗透水还对地基产生各种破坏作用。因此, 重力坝的地基应有足够的强度、抗压缩性、不透水性和耐水浸蚀的性能, 岩基应完整且没有难以处理的断层、破碎带等。但是, 对于地质条件较差的坝址, 只要做好地基处理, 还是可以修建重力坝的, 如我国黄坛口、丹江口、青铜峡等重力坝, 坝基内均有较宽的破碎带, 经过处理后, 坝对地基的要求得到了满足。

根据上述工作条件及其对坝体的各种影响, 为了保证工程的安全运行和持久地正常工作, 要求重力坝的内部材料, 除应具有必要的强度外, 还应具有抗水浸蚀的性能; 上游水位以下的坝面材料, 除应具有必要的强度和抗水浸蚀的能力外, 还须具有较高的抗渗性能, 以降低坝内的渗透压力并防止漏水; 长期露天的坝面, 则应具有抗冰冻、抗风化的性能; 库水位变化范围内的坝面, 则需兼具以上两方面的性能和抗湿胀、干缩等的能力; 对于溢流坝面, 特别是坝趾附近, 则采用强度较高且耐磨性能良好的材料。

重力坝布置时, 必须详细了解当地情况, 周密研究和预计各种具体的工作条件, 进行合理设计; 坝体各个部位的施工及地基处理, 必须保证质量, 以确保坝的安全。

三、重力坝的荷载及荷载组合

(一) 重力坝的荷载

作用在重力坝上的荷载主要有以下几种: ①坝体及坝上永久设备的重力; ②上、下游坝面上的静水压力; ③溢流坝溢流面上的动水压力; ④扬压力; ⑤冰压力; ⑥土压力及淤积于坝前的泥沙压力; ⑦地震力, 包括地震惯性力, 地震动水压力和地震动土压力; ⑧其它荷载。下面将分别介绍重力、水压力、扬压力、泥沙压力、地震力以及浪压力的计算方法。

1. 重力 坝体重力与筑坝材料的重度有关, 一般混凝土的重度为 24kN/m^3 , 浆砌块石为 $22\sim 24\text{kN/m}^3$ 。坝上设备只计入固定设备的重力, 非固定设备, 如坝上车辆, 活动启闭机等重量不予计算。

2. 水压力

(1) 静水压力 可按静水力学原理计算, 作用于坝体表面的静水压力强度为:

$$p = \gamma_0 y \quad (1-1)$$

式中 y ——计算点的水深;

γ_0 ——水(或含沙水)的重度。

(2) 动水压力 溢流重力坝泄水时, 溢流面上反弧段动水压力的水平分力 P_x 与竖直