

第一章 小型水利工程的基础知识

【学习指导】 本章介绍了我国水资源分布状况以及水利工程建设概况、水利水电工程项目建设程序及管理体制；重点学习水利工程建设、水利枢纽及水工建筑物的基本概念，水利工程分等，水工建筑物分级的目的和意义；掌握水利水电工程分等及相应水工建筑物分级规范标准。

第一节 我国水利工程发展概述

一、我国水资源分布概况

我国幅员辽阔，但水资源总量并不丰富，人均拥有量仅相当于全球平均数的 $1/4$ 左右。受气候影响，降水量在时间、空间上分布不均匀，不同地区之间、同一地区年际间及年内汛期和枯水期的水量可能相差很大，水量偏多或偏少往往造成洪涝或干旱等自然灾害。因此，必须认识水资源的变化规律，根据水资源时空分布特点，国民经济各用水部门的用水需求，修建必要的蓄水、引水、提水或跨流域调水工程，以使水资源得到合理开发、综合利用和有效保护。

我国虽然水资源人均拥有量不算多，但从青藏高原到海平面的落差巨大，使得我国可用于发电的水能资源十分丰富。全国水能理论蕴藏量达 $6.8 \times 10^8 \text{ kW}$ ，其中可开发的有 $3.78 \times 10^8 \text{ kW}$ ，年发电量可达 $1.91 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$ 以上，这些数字均居世界首位。因此，利用我国这一能源优势，大力开发水电资源，对解决我国经济发展中的能源问题以及带动区域经济的快速发展具有决定性意义。

我国水资源现状主要表现在三个方面：①水资源短缺，可利用的水资源越来越少，而需水量逐年增加，人均水资源量少；②水资源在地区间分布不均匀，黄河、淮河、海河、辽河四流域水资源量小，长江、珠江、松花江流域水量大，西北内陆干旱区水量缺少，西南地区水量丰富，水能资源储备量丰富；③废水排放量逐年增加，水资源污染严重，而废水的处理量又少，水资源利用率及废水重复使用率低。

二、我国水利工程简介

（一）我国古代水利工程

水利在中国有着重要的地位和悠久的历史。历代有为的统治者，都把兴修水利作为治国安邦的大计，至春秋战国时期，我国已先后建成一批相当规模的水利工程。

1. 芍陂工程（图 1-1-1）

春秋时期楚庄王十六年至二十三年（公元前 598—前 591 年）由孙叔敖创建（另一说



为战国时楚子思所建)，与都江堰、漳河渠、郑国渠并称为我国古代四大水利工程，迄今2500多年一直发挥不同程度的灌溉效益。芍陂工程在安丰城（今安徽省寿县境内）附近，位于大别山的北麓余脉，东、南、西三面地势较高，北面地势低洼，向淮河倾斜。每逢夏秋雨季，山洪暴发，形成涝灾；雨少时又常常出现旱灾。孙叔敖根据当地的地形特点，组织民众将东面的积石山、东南面龙池山和西面六安龙穴山流下来的溪水汇集于低洼的芍陂之中。修建五个水门，以石质闸门控制水量，“水涨则开门以疏之，水消则闭门以蓄之”，不仅天旱有水灌田，又可避免水多成灾。后来又在西南开了一道子午渠，上通淠河，扩大芍陂的灌溉水源，使芍陂达到“灌田万顷”的规模。

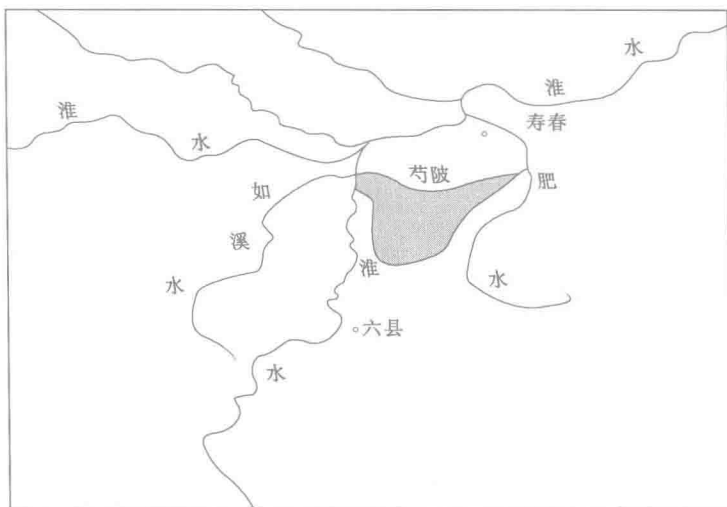


图 1-1-1 芍陂工程水系示意图

2. 郑国渠（图 1-1-2）

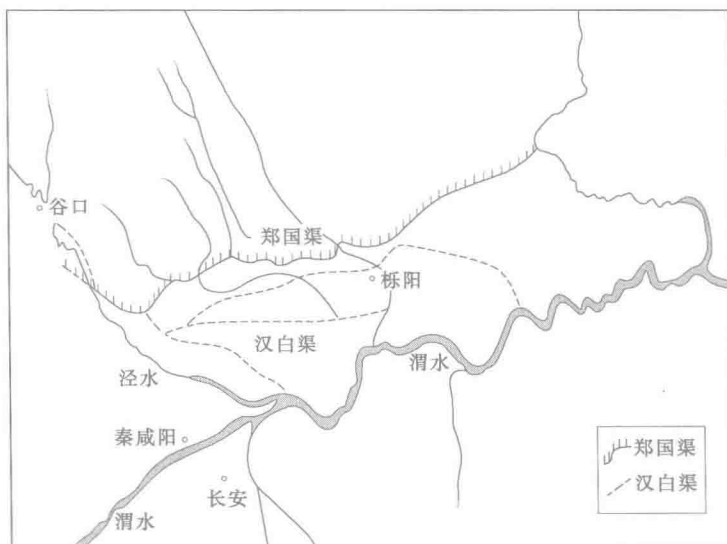


图 1-1-2 郑国渠与汉白渠示意图



郑国渠是最早在陕西省关中地区建设的大型水利工程，战国末年由秦国穿凿，公元前246年由韩国水工郑国主持兴建，约10年后完工。工程位于现在的泾阳县西北25km的泾河北岸。它西引泾水东注洛水，长达150余km（灌溉面积号称4万km²）。

3. 都江堰水利工程（图1-1-3）

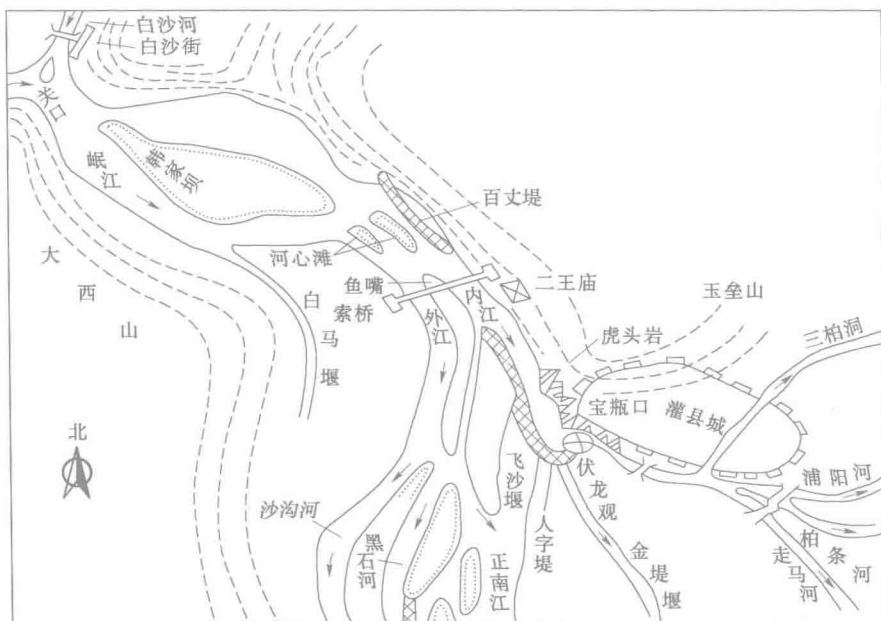


图1-1-3 都江堰引水枢纽布置图

都江堰位于四川省境内岷江进入成都平原的始段，是一座灌溉成都平原的大型古代水利工程。晋代称都安大堰、湔堋，唐代又名犍尾堰，宋代始称都江堰。都江堰相沿2200多年，是现存世界上历史最长的无坝引水水利工程。主要建筑物组成中，鱼嘴是都江堰的分水工程，因其形如鱼嘴而得名，位于岷江江心，把岷江分成内外两江。西边叫外江，俗称“金马河”，是岷江正流，主要用于排洪；东边沿山脚的叫内江，是人工引水渠道，主要用于灌溉。飞沙堰具有泄洪排沙的显著功能，当内江的水量超过宝瓶口流量上限时，多余的水便从飞沙堰自行溢出。如遇特大洪水的非常情况，它还会自行溃堤，让大量江水回归岷江正流，并且在泄洪的同时起到清淤的作用。宝瓶口起着“节制闸”作用，能自动控制内江进水量，是前山（今名灌口山、玉垒山）伸向岷江的长脊上凿开的一个口子，是人工凿成控制内江进水的咽喉。

4. 坎儿井（图1-1-4）

利用若干竖井的地下渠道引用地下水、实

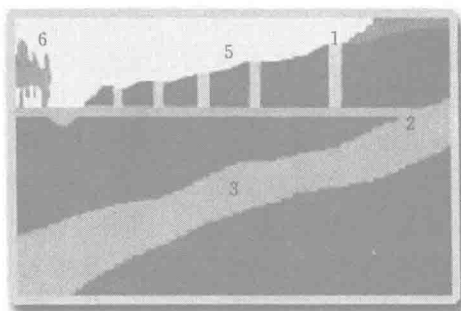


图1-1-4 坎儿井示意图

1—立井；2—暗渠；3—含水层；
4—明渠；5—地面；6—绿洲



现自流灌溉的一种水利设施,简称坎儿井。坎儿井的做法:先凿竖井探明水脉(含水层),然后沿水脉上游和下游挖掘一长排竖井。竖井间距一般在上游为80~100m,下游每隔10~20m一个。竖井的深度,向下游逐渐减小。各个竖井之间的地层挖通成为高约2m、宽约1m的卵形暗渠,暗渠长度不一,最长可达30km。新疆吐鲁番盆地各县和哈密一带采用较多。坎儿井在吐鲁番、哈密等地的形成具备了三个基本条件:①有丰富的地下水源;②形成一定的坡降;③有防渗透和防坍塌的土质。

近年来,吐鲁番的坎儿井呈衰减之势,目前仅存725条左右。减少的首要原因是吐鲁番地区绿洲外围生态系统的严重破坏。水资源日渐短缺,地下水位不断下降,坎儿井水流量也逐年减少。

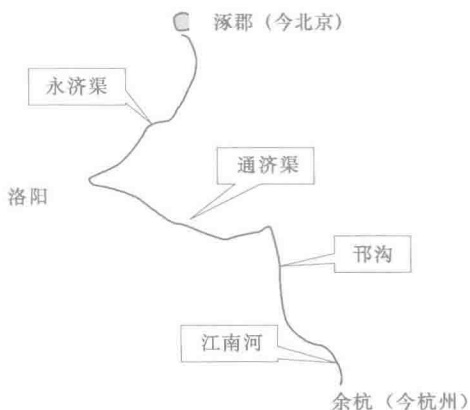


图 1-1-5 京杭大运河路线示意图

5. 京杭大运河(图 1-1-5)

京杭大运河是世界上里程最长、工程最大、最古老的人工运河之一。北起涿郡(今北京),南至余杭(今杭州),经北京、天津两市及河北、山东、江苏、浙江四省,贯通海河、黄河、淮河、长江、钱塘江五大水系,全长约1794km,开凿到现在已有2500多年的历史。由人工河道和部分河流、湖泊共同组成,全程可分为七段。京杭大运河是我国仅次于长江的第二条“黄金水道”,价值堪比长城,为历代漕运要道,对南北经济和文化交流发挥着重要作用,成为南水北调的输水通道。

(二) 我国现代水利工程

1. 三峡工程

三峡工程全称为长江三峡水利枢纽工程。坝址位于湖北省宜昌市三斗坪,在已建成的葛洲坝水利枢纽上游约40km。三峡工程建筑物由大坝、水电站厂房和通航建筑物三大部分组成。整个工程包括一座混凝土重力式大坝、泄水闸、一座坝后式水电站、一座永久性通航船闸和一架升船机。三峡工程枢纽平面布置如图1-1-6所示。

坝轴线全长2308m,最大坝高185m,正常蓄水位175m。水电站左岸厂房全长643.6m,安装14台水轮发电机组;右岸厂房全长584.2m,安装12台水轮发电机组,右岸白云山体内安装6台发电机组。全电站32台机组均为单机容量70万kW的混流式水轮发电机组,总装机容量为2240万kW,年平均发电量846.8亿kW·h。通航建筑物位于左岸,永久通航建筑物为双线五级连续梯级船闸,单级闸室的有效尺寸为280m×34m×5m(长×宽×坎上水深),可通过万吨级船队。升船机为单线一级垂直提升式,承船厢有效尺寸120m×18m×3.5m,一次可通过3000t级的客货轮。

三峡工程总工期17年,共分三期。一期工程5年(1993—1997年),除准备工程外,主要进行一期围堰填筑,导流明渠开挖。修筑混凝土纵向围堰,以及修建左岸临时船闸(120m高),并开始修建左岸永久船闸、升船机及左岸部分土石坝段的施工。二期工程6年(1998—2003年),工程主要任务是修筑二期围堰,左岸大坝的电站设施建设及机组安

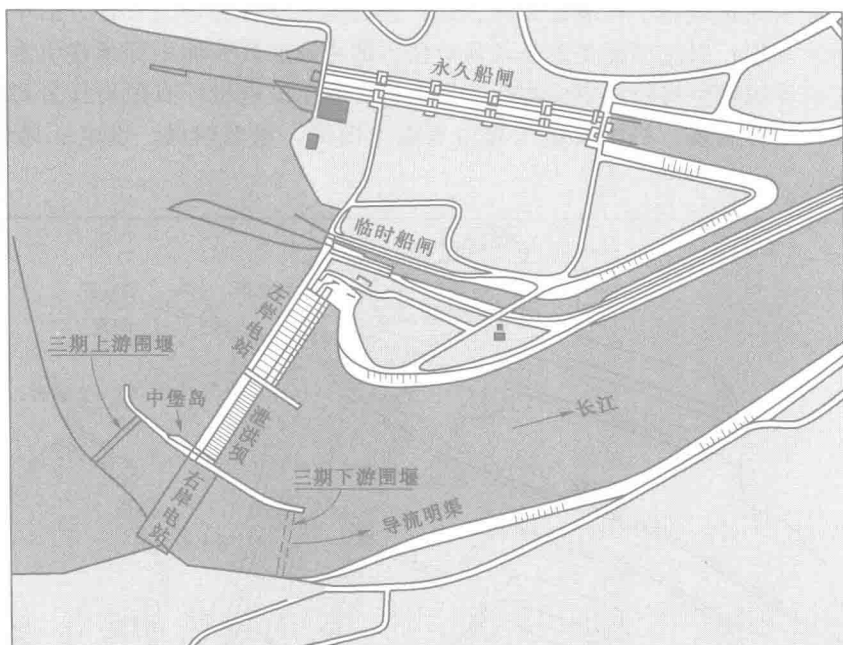


图 1-1-6 三峡工程枢纽平面布置图

装，同时继续进行并完成永久船闸、升船机的施工，2003 年 11 月左岸第一批机组发电。三期工程 6 年（2003—2009 年），本期进行右岸大坝和电站的施工，并继续完成全部机组安装。三峡工程是当今世界最大的水利水电枢纽工程，在防洪、发电、航运等方面具有巨大的综合效益。

2. 小浪底水利枢纽工程

小浪底水利枢纽工程位于河南省洛阳市以北，黄河中游最后一段峡谷的出口处，上距三门峡水利枢纽 130km，下距郑州花园口 128km，控制流域面积 69.42 万 km^2 ，占黄河流域面积的 92.3%，是黄河中下游的控制性骨干工程。其开发目标以防洪、防凌、减淤为主，兼顾供水、灌溉和发电。

小浪底水利枢纽工程由拦河大坝、泄洪排沙系统和引水发电系统三部分组成，枢纽平面布置如图 1-1-7 所示。拦河大坝为壤土斜心墙堆石坝，最大坝高 154m，坝顶长 1667m，坝顶宽 15m，最大坝底宽 864m。坝体总填筑量 5185 万 m^3 ，其混凝土防渗墙是国内最深、最厚的防渗墙（墙宽 1.2m，最深 80m）。泄洪排沙系统分进水口、洞群和出口三个部分。引水发电系统由 6 条引水发电洞、1 座地下厂房、1 座主变室、1 座尾闸室和 3 条尾水洞组成。主厂房最大开挖高度 61.44m、宽 26.2m、长 251.5m，是目前国内最大的地下厂房之一。

小浪底水利枢纽工程于 1991 年 9 月开始前期准备工作，1994 年 9 月主体工程开工，1997 年 10 月 28 日大河截流，1999 年底首台机组发电，2001 年 12 月 31 日全部竣工，总工期 11 年。

小浪底水利枢纽工程建设全面推选了业主责任制、招标投标制、建设监理制，与国际工程管理实现了全方位的接轨。该枢纽主体工程建设采用国际招标，以意大利英波基洛公



司为责任方的黄河承包商中标承建大坝工程；以德国旭普林公司为责任方的中德意联营体中标承建泄洪工程；以法国杜美兹公司为责任方的小浪底联营体中标承建引水发电设施工程；水轮机由美国福伊特公司中标制造，发电机由哈尔滨电机厂有限责任公司和东方电机股份有限公司联合制造；机电安装工程由水电十四局、水电四局、水电三局组成的 FFT 联营体中标。

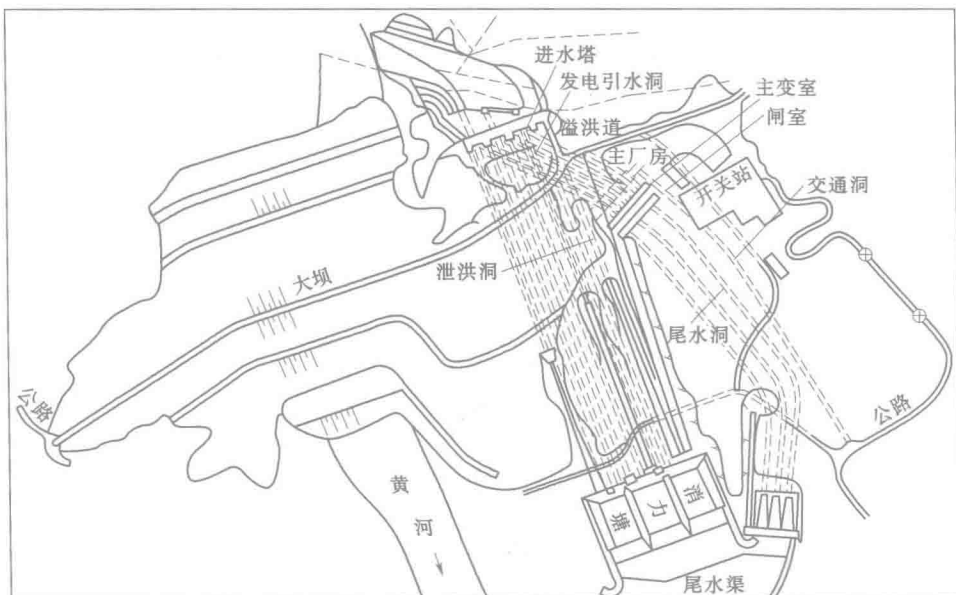


图 1-1-7 小浪底水利枢纽平面布置图

3. 南水北调工程

南水北调是缓解中国北方水资源严重短缺局面的重大战略性工程。我国南涝北旱，南水北调工程通过跨流域的水资源合理配置，大大缓解了我国北方水资源严重短缺问题，促进了南北方经济、社会与人口、资源、环境的协调发展，分东线、中线、西线三条调水线。西线工程在最高一级的青藏高原上，地形上可以控制整个西北和华北，因长江上游水量有限，只能为黄河上中游的西北地区和华北部分地区补水；中线工程从长江支流汉江中上游湖北丹江口水库引水，可自流供水（由水电站自然水头来保证供水系统水压的供水方式）给黄淮海平原大部分地区；东线工程位于最东部，因地势低需抽水北送。

(1) 东线工程。南水北调东线工程的起点在长江下游的江苏江都区，终点在天津。东线工程供水范围涉及江苏、安徽、山东、河北、天津五省（直辖市），目的是缓解五个省市水资源短缺的状况。东线主体工程由输水工程、蓄水工程、供电工程三部分组成。利用江苏省已有的江水北调工程，逐步扩大调水规模并延长输水线路。东线工程从长江下游扬州抽引长江水，利用京杭大运河及与其平行的河道逐级提水北送，并连接起调蓄作用的洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖。出东平湖后分两路输水：一路向北，在位山附近经隧洞穿过黄河；另一路向东，通过胶东地区输水干线经济南输水到烟台、威海。东线工程开工最早，并且有现成输水道。如图 1-1-8 (a) 所示。

(2) 中线工程。南水北调中线的源头位于河南省西南部和湖北省西北部交界处，从湖

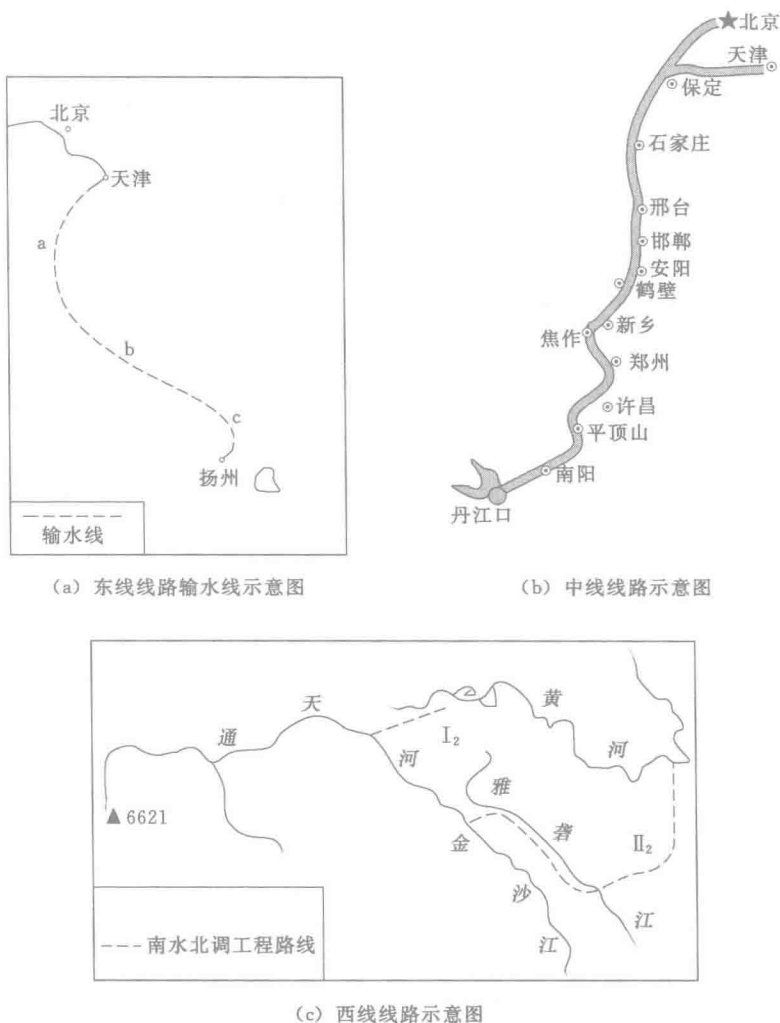


图 1-1-8 南水北调路线图

北丹江口大坝加高扩容后的汉江丹江口水库调水，经陶岔渠首（位于引水渠道之首，陶岔被称为中国第一渠首），沿豫西南唐白河流域西侧过长江流域与淮河流域的分水岭方城垭口后，经黄淮海平原西部边缘，在郑州以西孤柏嘴处穿过黄河，继续沿京广铁路西侧北上，可基本自流到终点北京。中线工程主要向河南、河北、天津、北京四省（直辖市）沿线的 20 余座城市供水。中线工程已于 2003 年 12 月 30 日开工，2014 年 12 月正式通水。如图 1-1-8 (b) 所示。

(3) 西线工程。在长江上游通天河、支流雅砻江和大渡河上游筑坝建库，开凿穿过长江与黄河的分水岭巴颜喀拉山的输水隧洞，调长江水入黄河上游。西线工程的供水目标主要是解决涉及青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西六省（自治区）黄河上中游地区和渭河关中平原的缺水问题。该线工程地处青藏高原，海拔高，地质构造复杂，地震烈度大，且要修建 200m 左右的高坝和长达 100km 以上的隧洞，工程技术复杂，耗资巨大，现仍处于可行性研究阶段，还未开工建设。如图 1-1-8 (c) 所示。



第二节 水利工程基本概念

一、水利工程、水工建筑物及水利枢纽

(一) 水利工程

水利工程是指为了控制和利用自然界的地面水和地下水，以达到除害兴利目的而兴建的各项工程的总称。按其承担的任务可分为防洪工程、灌溉排水工程或农田灌溉工程、水力发电工程、供水和排水工程、水质净化和污水处理工程等；按其对水的作用可分为蓄水工程、排水工程、取水工程、输水工程、提水工程、水质净化和污水处理工程。

(二) 水工建筑物及水利枢纽

1. 水工建筑物

水工建筑物是为兴水利除水害而修建的建筑物。为了满足防洪要求，获得发电、灌溉、供水等方面的效益，需要在河流的适宜地段修建不同类型的建筑物，用来控制和分配水流。

2. 水利枢纽

由不同类型水工建筑物组成的综合体称为水利枢纽。以某一单项为主而兴建的水利枢纽，虽同时可能还有其他综合利用效益，则常冠以主要目标名称，如防洪枢纽、水力发电枢纽、航运枢纽、取水枢纽等。

3. 水工建筑物的类型及特点

(1) 水工建筑物的分类。

水工建筑物一般按其作用、用途和使用时期等来进行分类。

水工建筑物按其作用可分为挡水建筑物、泄水建筑物、输水建筑物、取（进）水建筑物、整治建筑物以及专门建筑物。

1) 挡水建筑物。是用来拦截江河、形成水库或壅高水位的建筑物，如各种坝、水闸以及沿江河海岸修建的堤防、海塘等。

2) 泄水建筑物。是用于宣泄多余洪水量、排放泥沙和冰凌，以及为了人防、检修而放空水库、渠道等，以保证大坝和其他建筑物安全的建筑物，如各种溢流坝、坝身泄水孔、岸边溢洪道和泄水隧洞等。

3) 输水建筑物。是为了发电、灌溉和供水，从上游向下游输水用的建筑物，如引水隧洞、引水涵洞、渠道、渡槽、倒虹吸等。

4) 取（进）水建筑物。是输水建筑物的首部建筑物，如引水隧洞的进水口段、灌溉渠首和供水用的进水闸、扬水站等。

5) 整治建筑物。是用以改善河流的水流条件，调整河流水流对河床及河岸的作用以及为防护水库、湖泊中的波浪和水流对岸坡冲刷的建筑物，如丁坝、顺坝、导流堤、护堤和护岸等。

6) 专门建筑物。如专为灌溉用的沉沙池、冲沙闸；专为发电用的引水管道、压力前池、调压室、电站厂房；专为过坝用的升船机、船闸、鱼道、过木道等。



水工建筑物按其用途可分为一般性建筑物和专门性建筑物。

1) 一般性建筑物。具有通用性,如挡水坝、水闸等。

2) 专门性建筑物。仅用于某一个水利工程,只实现其特定的用途。专门性水工建筑物又分为水电站建筑物、水运建筑物、农田水利建筑物、给水排水建筑物、过鱼建筑物等。

水工建筑物按使用时间可分为永久性建筑物和临时性建筑物。

1) 永久性建筑物。是指工程运行期间长期使用的水工建筑物。根据其重要性又分为主要建筑物和次要建筑物。主要水工建筑物是指失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物,如大坝、水闸、泄洪建筑物、输水建筑物及电站厂房等;次要水工建筑物是指失事后将不致造成下游灾害,或者对工程效益影响不大并易于修复的建筑物,如挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等。

2) 临时性建筑物。是指工程施工期间使用的建筑物,如围堰、导流明渠等。

(2) 水工建筑物的特点。

1) 工作条件复杂。水工建筑物的地基有岩基,也有土基,情况往往比较复杂。在岩基中,经常会遇到节理、裂隙、断层、破碎带、软弱夹层等地质构造;在土基中,可能会遇到压缩性大的土层,也可能会遇到流动性较大的细砂层。这些地质条件必须认真进行地基处理。

受地形、地质、水文、施工等条件的影响,每座水工建筑物都有其自身的特定条件,都具有一定的个别性。

由于上、下游存在水位差,水工建筑物一般要承受相当大的水压力作用,因此水工建筑物及其地基必须具有足够的强度、稳定性。高水头的泄水在做好消能防冲工作的同时,还应防止高速水流产生的气蚀、磨损等破坏;此外,渗流不仅增加了建筑物荷载,也可能造成建筑物失事。

在多泥沙河流中,水工建筑物将长期受泥沙淤积产生的淤沙压力作用,同时在泄洪或发电时,还会受到泥沙的磨损作用,严重时将影响建筑物的正常工作甚至降低其寿命。

2) 施工难度大。在河道中修建的水工建筑物,需要首先解决好施工导流和截流工作,施工技术复杂、难度大。截流、导流、度汛需要抢时间,争进度,而且往往是在水中施工,施工程度、施工强度和施工组织出现丝毫疏漏,将延误工期,并造成损失。

水工建筑物的工程量一般都比较,建筑物往往需要开挖一定深度的基坑,还要做一些相当复杂的基础处理。另外,水工建筑物中的大体积混凝土结构,面临必须解决混凝土施工及大体积混凝土温度控制措施问题。水工建筑物多为水下工程、地下工程,施工条件差,施工干扰多,施工期限长,施工场地狭窄,交通运输困难,施工难度相当大。

3) 环境影响大。水工建筑物,尤其是大型水利枢纽,具有显著的经济效益、社会效益和环境效益,但也会对环境造成负面影响,如蓄水区的土地淹没、移民、水生生态系统的破坏、建筑物上游泥沙淤积、下游河道冲刷、诱发地震等问题,需要进行严格的环境影响评价,并采取有效措施,保护环境。

4) 失事后果严重。作为蓄水、挡水的水工建筑物,其破坏和失事,往往会给国家和



社会造成巨大灾害和损失。例如 1975 年 8 月,河南驻马店地区的板桥水库决口,导致全地区大小 26 座水库相继崩堤垮坝,9 县 1 镇东西 150km、南北 75km 范围内一片汪洋,400 多万群众被洪水围困,10 多万群众死亡,30 多万头大牲畜漂没,300 多万间房屋倒塌,直接经济损失 34.97 亿元,被列为“全球科技灾害第一名”。

二、水库中的特征水位与特征库容

水库中的特征水位与特征库容如图 1-2-1 所示。

(一) 水库特征水位

(1) 校核洪水位。水库遇大坝的校核洪水时在坝前达到的最高水位。

(2) 设计洪水位。水库遇大坝的设计洪水时在坝前达到的最高水位。

(3) 防洪高水位。水库遇下游保护对象的设计洪水时在坝前达到的最高水位。

(4) 防洪限制水位(汛前限制水位)。水库在汛期允许兴利的上限水位,也是水库汛期防洪运用时的起调水位。

(5) 正常蓄水位(正常高水位、设计蓄水位、兴利水位)。水库在正常运用的情况下,为满足设计的兴利要求在供水期开始时应蓄到的最高水位。

(6) 死水位。水库在正常运用的情况下,允许消落到的最低水位。

(二) 水库特征库容

(1) 静库容。坝前某一特征水位水平面以下的水库容积。

(2) 总库容。校核洪水位以下的水库静库容。

(3) 防洪库容。防洪高水位至防洪限制水位之间的水库容积。

(4) 调洪库容。校核洪水位至防洪限制水位之间的水库容积。

(5) 兴利库容(有效库容、调节库容)。正常蓄水位至死水位之间的水库容积。

(6) 共用库容(重复利用库容、结合库容)。正常蓄水位至防洪限制水位之间汛期用于蓄洪、非汛期用于兴利的水库容积。

(7) 死库容。死水位以下的水库容积。

三、水利枢纽的分等与水工建筑物的分级

为使工程的安全可靠性与其造价的经济合理性适当统一起来,水利枢纽及其组成建筑物要分等分级,即先按工程的规模、效益及其在国民经济中的重要性,将水利枢纽分等,而后再对各组成建筑物按其所属枢纽等别、建筑物作用及重要性进行分级。枢纽工程、建筑物的等级不同,对其规划、设计、施工、运行管理的要求也不同,等级越高者要求也越高。这种分等分级区别对待的方法,也是国家经济政策和技术政策的一种重要体现。

(一) 水利枢纽的分等

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)的规定,水利水电工程根据其工程规模、效益以及在国民经济中的重要性,划分为五等,适用于不同地区、不同条件下建设的防洪、灌溉、发电、供水和治涝等水利水电工程。水利水电枢纽工程分等指标见表 1-2-1,拦河闸分等指标见表 1-2-2,灌溉、排水泵站分等指标见表 1-2-3。

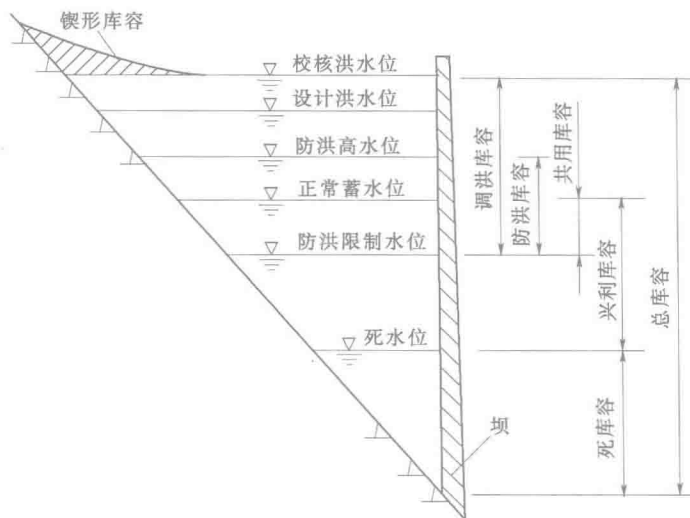


图 1-2-1 水库特征水位与特征库容示意图

表 1-2-1

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 /10 ⁸ m ³	防 洪		灌溉面积 /10 ⁴ 亩	水电站装机容量 /10 ⁴ kW
			保护城镇及工矿区	保护农田/10 ⁴ 亩		
I	大(1)型	>10	特别重要城市、工矿区	>500	>150	>75
II	大(2)型	10~1.0	重要城市、工矿区	500~100	150~50	75~25
III	中型	1.0~0.1	中等城市、工矿区	100~30	50~5	25~2.5
IV	小(1)型	0.1~0.01	一般城市、工矿区	<30	5~0.5	2.5~0.05
V	小(2)型	0.01~0.001			<0.5	<0.05

注 表中的总库容系指校核洪水位以下的水库库容，灌溉面积等则均指设计值。对于综合利用的工程，如按表中指标分数有几个不同等别时，整个枢纽的等别应以其中的最高等别为准。

表 1-2-2

拦河闸分等指标

工程等别	工程规模	过闸流量/(m ³ /s)
I	大(1)型	≥5000
II	大(2)型	5000 ~ 1000
III	中型	1000 ~ 100
IV	小(1)型	100 ~ 20
V	小(2)型	<20

表 1-2-3

灌溉、排水泵站分等指标

工程等别	工程规模	分 等 指 标	
		装机流量/(m ³ /s)	装机功率/10 ⁴ kW
I	大(1)型	≥200	≥3
II	大(2)型	200 ~ 50	3 ~ 1



续表

工程等别	工程规模	分 等 指 标	
		装机流量/(m^3/s)	装机功率/ 10^4 kW
Ⅲ	中型	50 ~ 10	1 ~ 0.1
Ⅳ	小(1)型	10 ~ 2	0.1 ~ 0.01
Ⅴ	小(2)型	<2	<0.01

(二) 水工建筑物的分级

水利水电工程中水工建筑物的级别,反映了工程对水工建筑物的技术要求和安全要求,应根据所属工程的等别及其在工程中的作用和重要性分析确定。

1. 永久性水工建筑物级别

水利水电工程的永久性水工建筑物的级别应该根据建筑物所在工程的等别以及建筑物的重要性确定为五级,见表 1-2-4。

表 1-2-4 永久性水工建筑物级别

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

对于Ⅱ~Ⅴ等工程,在下述情况下经过论证可提高其主要建筑物级别:①水库大坝高度超过表 1-2-5 中数值者提高一级,但洪水标准不予提高;②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;③综合利用工程,如按库容和不同用途分等指标有两项接近同一等别的上线时,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,其水工建筑物级别经论证可适当降低。

表 1-2-5 挡水建筑物提级指标

坝 型	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

不同级别的水工建筑物在以下几个方面应有不同的要求:

(1) 抵御洪水能力。如建筑物的设计洪水标准、坝(闸)顶安全超高等。



(2) 稳定性及控制强度。如建筑物的抗滑稳定强度安全系数,混凝土材料的变形及裂缝的控制要求等。

(3) 建筑材料的选用。如不同级别的水工建筑物中选用材料的品种、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及是否专门设备等。

2. 临时性水工建筑物级别

对于水利水电工程施工期使用的临时性挡水和泄水建筑物的级别,应根据保护对象的重要性、失事造成的后果、使用年限和临时建筑物的规模,按表 1-2-6 确定。对于同时分属于不同级别的临时性水工建筑物,其级别应按照其中最高级别确定。但对于 3 级临时性水工建筑物,符合该级规定的指标不得少于两项。

表 1-2-6 临时性水工建筑物级别

建筑物级别	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、交通干线或影响总工期及第一台(批)机组发电,造成较大经济损失	$3 \sim 1.5$	$50 \sim 15$	$1.0 \sim 0.1$
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	<1.0

(三) 洪水标准

在水利水电工程设计中不同等级的建筑物所采用的按某种频率或重现期表示的洪水称为洪水标准,包括洪峰流量和洪水总量。

永久性水工建筑物所采用的洪水标准,分为设计洪水标准和校核洪水标准两种情况。临时性水工建筑物的洪水标准,应根据建筑物的结构类型和级别,结合风险度综合分析,合理选择,对失事后果严重的,应考虑超标准洪水的应急措施。各类水利水电工程的洪水标准应按 SL 252—2000《水利水电工程等级划分及洪水标准》确定。

1. 永久性水工建筑物的洪水标准

水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准,应按山区、丘陵地区和平原、滨海地区分别确定。江河采取梯级开发方式,在确定各梯级永久性水工建筑物的洪水标准时,还应结合江河治理和开发利用规划,统筹研究,相互协调。

(1) 山区、丘陵地区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准,应按表 1-2-7 确定。



表 1-2-7 山区、丘陵地区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准

项目			永久性水工建筑物级别				
			1	2	3	4	5
洪水重现期/年	设计情况		1000~500	500~100	100~50	50~30	30~20
	校核情况	土石坝	可能最大洪水 (PMF) 10000~5000	5000~2000	2000~1000	2000~1000	300~200
		混凝土坝、浆砌石坝	5000~2000	2000~1000	1000~500	500~200	200~100

(2) 平原地区水利水电工程永久性水工建筑物洪水标准, 应按表 1-2-8 确定。

表 1-2-8 平原地区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准

项目		永久性水工建筑物级别				
		1	2	3	4	5
		洪水重现期/年				
水库工程	设计	300~100	100~50	50~20	20~10	10
	校核	2000~1000	1000~300	300~100	100~50	50~20
拦河工程	设计	100~50	50~30	30~20	20~10	10
	校核	300~200	200~100	100~50	50~30	30~20

(3) 潮汐河口段和滨海地区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准, 应按表 1-2-9 确定。

表 1-2-9 潮汐河口段和滨海地区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准

永久性水工建筑物级别	1	2	3	4、5
设计潮水位重现期/年	≥ 100	100~50	50~20	20~10

当山区、丘陵地区的水利水电工程永久性水工建筑物的挡水高度低于 15m, 且上下游最大水头差小于 10m 时, 其洪水标准宜按平原、滨海地区标准确定。当平原、滨海地区的水利水电工程永久性水工建筑物的挡水高度高于 15m, 且上下游最大水头差大于 10m 时, 其洪水标准宜按山区、丘陵地区标准确定。

2. 临时性水工建筑物的洪水标准

临时性水工建筑物的洪水标准见表 1-2-10, 应考虑风险度综合分析, 合理选用。

表 1-2-10 临时性水工建筑物洪水标准 [重现期 (年)]

临时性建筑物类型	临时性水工建筑物级别		
	3	4	5
土石结构	50~20	20~10	10~5
混凝土坝、浆砌石结构	20~10	10~5	5~3



本章小结

本章主要讲述了我国水资源分布状况及特点以及我国古代、现代水利工程建设概况；水利枢纽及水工建筑物的基本概念；水利工程及水工建筑物如何分等分级，相应的洪水标准如何选择；水库特征水位和相应特征库容的概念。

自测练习题

一、名词解释

水利枢纽、水工建筑物、永久性建筑物、临时性建筑物、次要建筑物、主要建筑物。

二、填空题

1. 水利工程的任务是_____和_____。
2. 蓄水枢纽中应包含的基本建筑物有_____、_____和_____三种。
3. 水工建筑物按作用分有_____、_____、_____、_____、_____、_____六大类。
4. 水工建筑物按使用期限分有_____和_____两大类。
5. 为了解决_____和_____之间的矛盾，将水利枢纽工程按其_____、_____及其_____划分为不同等别。
6. 对水利枢纽中的水工建筑物，按其_____和_____进行分级。
7. 等别是对_____而言的，级别是对_____而言的。
8. 规范中规定水利水电枢纽工程划分为_____等，而临时性水工建筑物划分为_____级。

三、判断题

1. 临时性水工建筑物不作为长期使用，所以不用进行级别划分。()
2. 工程等别确定后不再改变，建筑物级别则根据具体情况，经过论证，可适当提高或降低。()
3. 水利枢纽按其规模、效益及重要性分等，而水工建筑物则按其作用和重要性分级。()

四、简答题

1. 为什么要对水利水电枢纽工程分等和对水工建筑物分级？
2. 分等分级的原则是什么？

第二章 蓄水枢纽工程

【学习指导】 本章通过学习重力坝、土石坝、拱坝等挡水建筑物及隧洞、河岸溢洪道等泄水建筑物的工作原理、特点、类型，作用于挡水建筑物上的常见作用（荷载），能够根据工作任务和具体条件，选择挡水、泄水建筑物的形式和初拟断面基本尺寸；能够根据各类挡水、泄水建筑物的工作特点和具体条件，拟定其主要细部构造。

第一节 蓄水枢纽工程概述

综合利用的水库，常需具有防洪和几种兴利作用的多目的调节作用。一座水库，除必须有拦河坝外，为了保证工程安全，还需修建溢洪道等泄水建筑物，以宣泄多余洪水；同时修建水工隧洞、坝下涵管和坝身引水孔、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、泄水建筑物和引水建筑物组成一个综合体，形成蓄水枢纽工程。

一、蓄水枢纽的分类

蓄水枢纽的作用可以是单一的，但多数是综合利用的。枢纽正常运行中各部门对水的要求有所不同。如防洪部门希望汛前降低水位加大防洪库容，而兴利部门则扩大兴利库容而不愿汛前过多降低水位；水力发电只是利用水的能量而不消耗水能，发电后的尾水仍可用于农业灌溉或工业供水，但发电、灌溉、供水的用水时间不一致，造成一定的矛盾。所以在规划设计蓄水枢纽时，尽量考虑各方需求，解决矛盾，降低工程造价，满足国民经济各部门的需要。

蓄水枢纽随修建地点的地理条件不同，有山区、丘陵地区水利枢纽和平原、滨海地区水利枢纽之分；随枢纽上下游水位差的不同，有高、中、低水头之分，一般以 70m 以上者为高水头枢纽，30~70m 者为中水头水利枢纽，30m 以下者为低水头水利枢纽。

二、蓄水枢纽的建筑物组成

蓄水枢纽一般由挡水建筑物、泄水建筑物和引水建筑物组成。

挡水建筑物用以拦截江河水流，抬高上游水位以形成水库，如各种拦河坝、拦河闸等。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 8.6 万余座大、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。

泄水建筑物是指用以宣泄河道入库水量超过水库调蓄能力的多余洪水，以确保大坝及



有关建筑物的安全,如河岸溢洪道、泄洪洞、重力坝溢流坝段、坝身泄水孔等。泄水建筑物分河岸式与河床式两类,前者位置远离挡水建筑物,泄流时对坝体安全影响较小;后者枢纽建筑物布置紧凑,运行管理较方便。水工隧洞除在蓄水枢纽中作泄水及引水建筑物外,也可在渠道系统中用作输水之用。

第二节 挡水类建筑物

一、重力坝

(一) 概述

1. 重力坝的工作原理及特点

重力坝是由混凝土或浆砌石修筑的大体积挡水建筑物,其基本剖面是直角三角形,整体由若干坝段组成。其工作原理是在水压力及其他荷载作用下,主要依靠坝体自重产生的抗滑力来满足稳定要求;同时依靠坝体自重产生的压应力来抵消由于水压力等所引起的拉应力以满足强度要求。混凝土重力坝结构如图 2-2-1 所示。

重力坝之所以被广泛采用,主要因为它具有以下优点:

(1) 工作安全,运用可靠。重力坝剖面尺寸大,坝内应力较小,筑坝应力较小,筑坝材料强度较高,耐久性好,抵抗洪水漫顶、渗漏、地震及战争破坏能力比较强,安全性较高。

(2) 对地形、地质条件适应性较强。任何形状的河谷都可以修建重力坝。地质上除承载力低的软基和难以处理的断层、破碎带等构造的岩基外,均可建重力坝,甚至在土基上也可修建高度不大的重力坝。

(3) 枢纽泄洪及导流问题容易解决。由于筑坝材料的抗冲能力强,所以施工期可以利用较低坝块或预留底孔导流,坝体可以做成溢流式,也可以在坝内不同高程设置排水孔,重力坝一般不需另设溢洪道或泄水涵洞。

(4) 施工方便。大体积混凝土可以采用机械化施工,在放样、立模和混凝土浇筑等环节都比较方便。在后期维护、扩建、修复等方面也比较简单。

(5) 传力系统明确,便于分析与设计;运行期间的维护及检修工作量较少。但需采用防渗排水设施及温控措施。

但是,重力坝也存在以下缺点:

(1) 重力坝剖面尺寸大,材料用量多,材料的强度得不到充分发挥。

(2) 坝底扬压力较大。由于重力坝坝体与地基的接触面积大,相应的坝底扬压力大,对坝体稳定不利。

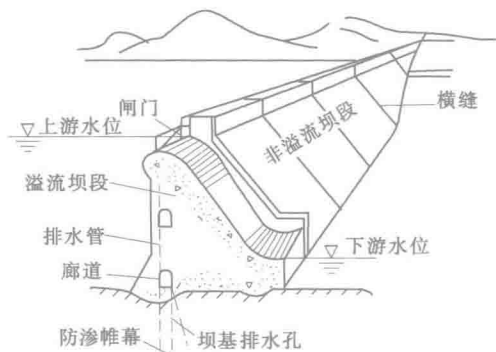


图 2-2-1 混凝土重力坝示意图