



水利造价信息网

2020

全国一级造价工程师
职业资格考试

—— 水利工程施工技术与计量 精讲班

主讲老师：吕桂军



第三章：水工建筑物



PART 01

水工建筑物概述

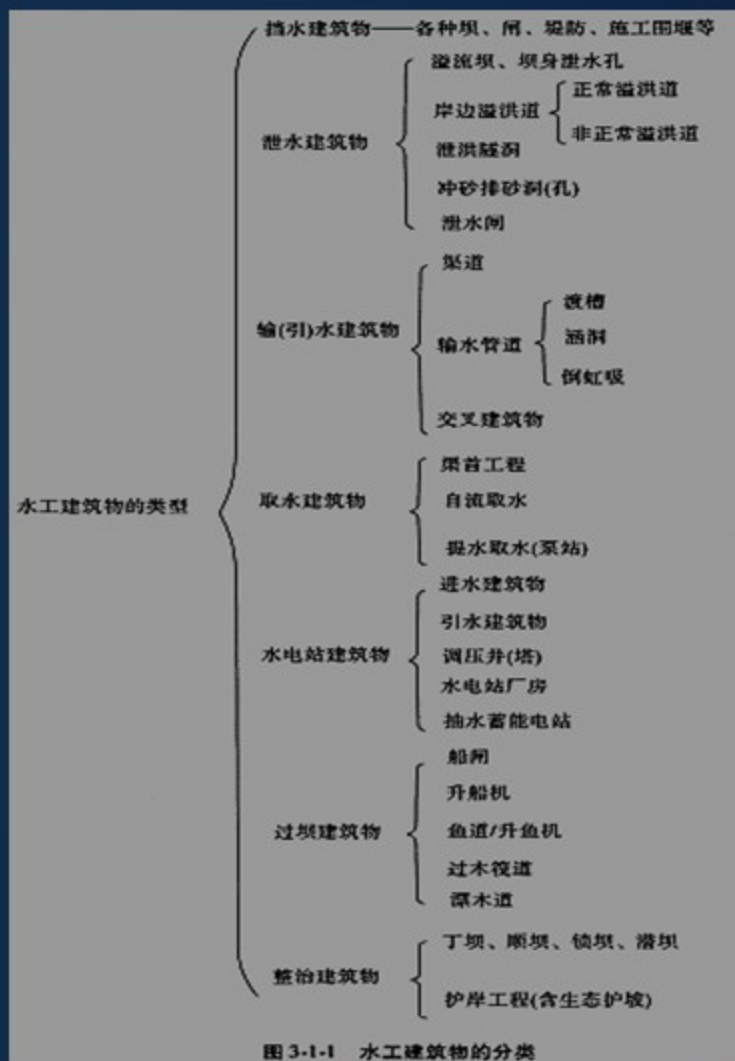


水工建筑物的分类和特点

◆(一)、水工建筑物的分类

1、按功能分类。

根据功能水工建筑物可分为挡水建筑物、泄水建筑物、输(引)水建筑物、取水建筑物、水电站建筑物、过坝建筑物和整治建筑物等。



易投软件



水工建筑物的分类和特点

【多选题】水利工程按功能分类可分为（ ）河道及港航整治工程等

。

- A、挡水建筑物
- B、泄水建筑物
- C、输(引)水建筑物
- D、取水建筑物
- E、调水建筑物

答案：ABCD

解析：根据功能水工建筑物可分为挡水建筑物、泄水建筑物、输(引)水建筑物、取水建筑物、水电站建筑物、过坝建筑物和整治建筑物等。



易投软件



水工建筑物的分类和特点

【多选题】挡水建筑物的功能是拦截江河、雍高水位、形成水库或约束水流、阻挡潮汐等,下来属于挡水建筑物的有()。

- A、溢流坝
- B、顺坝
- C、施工围堰
- D、堤防
- E、挡潮闸

答案: ACDE



易投软件



水工建筑物的分类和特点

2、按使用期限分类

水工建筑物按使用期限还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。主要建筑物指失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物，如拦河坝、溢洪道、引水建筑物、水电站厂房等。次要建筑物指失事后不致造成下游灾害，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，如施工围堰等。



易投软件



水工建筑物的分类和特点

【例-单选题】以下属于临时水工建筑物的是（ ）。

- A、导流墙
- B、挡水大坝
- C、电站厂房
- D、围堰

答案： D



易投软件



PART 02

工程等别及水工建筑物级别



一、水利工程的等别划分

表 3-2-1 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
			保护区 当量经济 规模 (万人)	保护 人口 (万人)	保护 农田 (万亩)	治涝 面积 (万亩)	灌溉 面积 (万亩)	年引 水量 (亿 m ³)	供水 对象 重要性	装机 容量 (MW)
I	大(1)型	≥10	≥300	≥150	≥500	≥200	≥150	≥10	特别 重要	≥1 200
II	大(2)型	<10, ≥1.0	<300, ≥100	<150, ≥50	<500, ≥100	<200, ≥60	<150, ≥50	<10, ≥3	重要	<1 200, ≥300
III	中型	<1.0, ≥0.1	<100, ≥40	<50, ≥20	<100, ≥30	<60, ≥15	<50, ≥5	<3, ≥1	比较 重要	<300, ≥50
VI	小(1)型	<0.1, ≥0.01	<40, ≥10	<20, ≥5	<30, ≥5	<15, ≥3	<5, ≥0.5	<1, ≥0.3	一般	<50, ≥10
V	小(2)型	<0.01, ≥0.001	<10	<5	<5	<3	<0.5	<0.3		<10



易投软件



二、水工建筑物的等别划分

水工建筑物级别划分的一般规定为：

- ①水利水电工程永久性水工建筑物的级别，应根据工程的等别或永久性水工建筑物的分级指标综合分析确定；
- ②综合利用水利水电工程中承担单一功能的单项建筑物的级别，应按其功能、规模确定；承担多项功能的建筑物级别，应按规模指标较高的确定；
- ③如其失事损失十分严重的水利水电工程的2~5级主要永久性水工建筑物，经论证并报主管部门批准，建筑物等级可提高一级；水头低、失事后造成损失不大的水利水电工程的1~4级主要永久性水工建筑物，经论证后建筑物级别可降低一级；



易投软件



二、水工建筑物的等别划分

- ④对2~5级的高填方渠道、大跨度或高排架渡槽、高水头倒虹吸等永久性水工建筑物，经论证后建筑物级别可提高一级，但洪水标准不予提高；
- ⑤当永久性水工建筑物采用新型结构或其基础的工程地质条件特别复杂时，对2~5级建筑物可提高一级设计，但洪水标准不予提高；
- ⑥穿越堤防、渠道的永久性水工建筑物的级别，不应低于相应堤防、渠道级别。





二、水工建筑物的等别划分

【多选题】对于以下()永久性水工建筑物,经论证后建筑物级别可提高一级,但洪水标准不予提高。

- A、高填方渠道
- B、高边坡挡土墙
- C、大跨度或高排架渡槽
- D、高水头倒虹吸
- E、软基上的力池

答案: ACD

解析: 对2~5级的高填方渠道、大跨度或高排架渡槽、高水头倒虹吸等永久性水工建筑物, 经论证后建筑物级别可提高一级, 但洪水标准不予提高。



易投软件



二、水工建筑物的等别划分

◆(一)、水库及水电站工程永久性水工建筑物级别

表 3-2-2 永久性水工建筑物级别

工程等别	永久性水工建筑物	
	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





二、水工建筑物的等别划分

【单选题】水利水电工程永久性水工建筑物级别，根据工程等别或永久性水工建筑物的分级指标，划分为()级

。

A、六

B、五

C、四

D、二

答案：B



易投软件



二、水工建筑物的等别划分

水库大坝按表3-2-2规定为2级、3级，当坝高超过表3-2-3规定的指标时，其级别可提高一级，但洪水标准可不提高。水库工程中最大高度超过200 m的大坝建筑物，其级别应为1级，其设计标准应专门研究论证，并报上级主管部门审查批准。

表 3-2-3 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





二、水工建筑物的等别划分

【单选题】根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252-2017)，水库土石坝级别确定为2级，当坝高超过（ ）时，其级别可提高一级。

- A、70m
- B、80m
- C、90m
- D、100m

答案：C



易投软件



二、水工建筑物的等别划分

当水电站厂房永久性水工建筑物与水库工程挡水建筑物共同挡水时，其建筑物级别与挡水建筑物的级别一致，按表3-2-2确定。当水电站厂房永久性水工建筑物不承担挡水任务、失事后不影响挡水建筑物安全时，其建筑物级别应根据水电站装机容量按表3-2-4确定。

表 3-2-4 水电站厂房永久性水工建筑物级别

发电装机容量(MW)	主要建筑物	次要建筑物
$\geq 1\,200$	1	3
$< 1\,200, \geq 300$	2	3
$< 300, \geq 50$	3	4
$< 50, \geq 10$	4	5
< 10	5	5





二、水工建筑物的等别划分

◆(二)、拦河闸永久性水工建筑物级别

拦河闸永久性水工建筑物的级别，应根据其所属的工程等别按表3-2-2确定。拦河闸永久性水工建筑物按表3-2-2规定为2级、3级，其校核洪水过闸流量分别大于 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 时，其建筑物级别可调高一级，但洪水标准可不提高。

◆(三)、防洪工程永久性水工建筑物级别

防洪工程中堤防永久性水工建筑物的级别应根据其保护对象的防洪标准按表3-2-5确定。

表 3-2-5 堤防永久性水工建筑物级别

防洪标准 [重现期(年)]	≥ 100	$< 100, \geq 50$	$< 50, \geq 30$	$< 30, \geq 20$	$< 20, \geq 10$
堤防级别	1	2	3	4	4



易投软件



二、水工建筑物的等别划分

【单选题】防洪工程保护对象的防洪标准为50年一遇，其堤防永久性水工建筑物的级别应为()。

- A、1级
- B、2级
- C、3级
- D、4级

答案：B

解析：如下表。

表 3-2-5 堤防永久性水工建筑物级别

防洪标准 [重现期(年)]	≥ 100	$< 100, \geq 50$	$< 50, \geq 30$	$< 30, \geq 20$	$< 20, \geq 10$
堤防级别	1	2	3	4	4



易投软件



二、水工建筑物的等别划分

◆(四)、泵站永久性水工建筑物级别

泵站永久性水工建筑物级别，应根据设计流量及装机功率按表3-2-6确定。

表 3-2-6 泵站永久性水工建筑物级别

设计流量(m^3/s)	装机功率(MW)	主要建筑物	次要建筑物
≥ 200	≥ 30	1	3
$< 200, \geq 50$	$< 30, \geq 10$	2	3
$< 50, \geq 10$	$< 10, \geq 1$	3	4
$< 10, \geq 2$	$< 1, \geq 0.1$	4	5
< 2	< 0.1	5	5



二、水工建筑物的等别划分

◆(五)、供水工程永久性水工建筑物级别

表 3-2-7 供水工程永久性水工建筑物级别

设计流量(m^3/s)	装机容量(MW)	主要建筑物	次要建筑物
≥ 50	≥ 30	1	3
$< 50, \geq 10$	$< 30, \geq 10$	2	3
$< 10, \geq 3$	$< 10, \geq 1$	3	4
$< 3, \geq 1$	$< 1, \geq 0.1$	4	5
< 1	< 0.1	5	5



PART 03

枢纽工程建筑物分类 及基本型式



一、重力坝

◆(一)、重力坝的基本原理及特点

1、重力坝基本原理。岩基上的重力坝是主要依靠自身重量在地基上产生的摩擦力和坝与地基之间的凝聚力来抵抗坝前的水推力以保持抗滑稳定，所以重力坝的工作原理可以概括为两点：第一是依靠坝体自重产生摩阻力来抵抗水平水压力以达到稳定的要求；第二是利用坝体自重产生的压应力来抵消水压力所引起的拉应力以满足强度的要求。

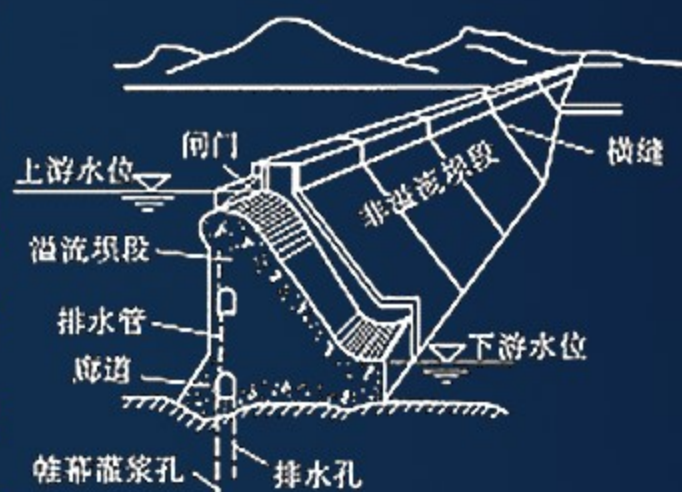


图 3-3-1 混凝土重力坝示意图



一、重力坝

【单选题】岩基上的重力压力和其他荷载的作用下，主要依靠自身重量在地基上产生的()来满足抗滑稳定要求。

- A、压应力
- B、扬压力
- C、凝聚力
- D、抗滑力

答案：D

解析：岩基上的重力坝是主要依靠自身重量在地基上产生的摩擦力和坝与地基之间的凝聚力来抵抗坝前的水推力以保持抗滑稳定。



一、重力坝

◆(二)、重力坝的分类及布置

1、重力坝的分类

重力坝按结构型式可分为实体重力坝、宽缝重力坝、空腹重力坝、预应力锚固重力坝等。按筑坝材料还可分为混凝土重力坝、碾压混凝土重力坝和浆砌石重力坝。前两者常用于重要的和较高的重力坝；后者可就地取材，节省水泥用量，且筑石技术易于掌握，在中小型工程中被广泛采用。

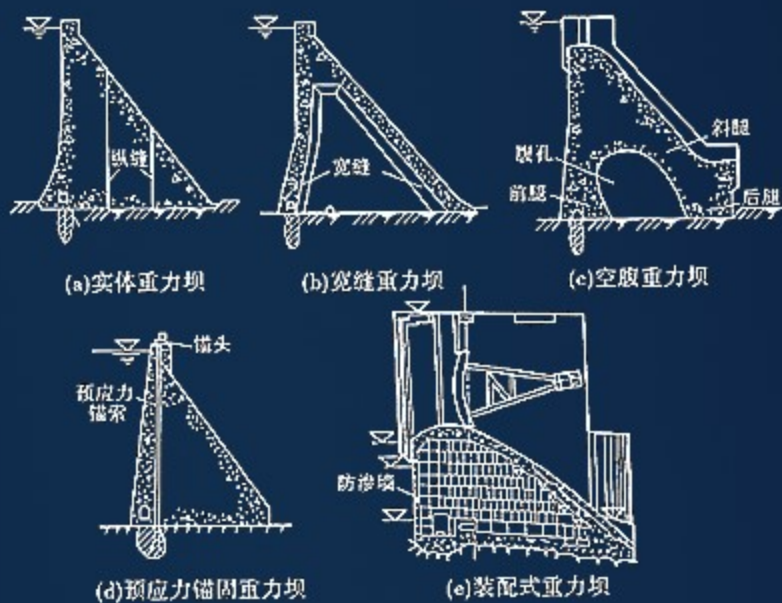


图 3-3-2 重力坝的型式



一、重力坝

2、重力坝的布置

重力坝通常由溢流坝段、非溢流坝段和两者之间的连接边墩、导墙及坝顶建筑物等组成。它包括左、右岸非溢流的挡水坝段和河床中部的溢流坝段。左岸挡水坝段还布置了坝后式水电站及坝内输水管道。重力坝坝轴线一般布置成直线，地形和地质条件不允许的，也可布置成折线或曲线。



一、重力坝

◆(三)、重力坝的材料、分区及温度裂缝

①强度。

坝体混凝土抗压设计龄期一般采用90d，最多不宜超过180d。同时规定相应28d龄期的强度，作为早期强度的控制。规定混凝土28d龄期的抗压强度不得低于7.5MPa。抗拉强度一般不用后期强度，而采用28d龄期的强度。大坝常态混凝土90d龄期保证率80%的强度标准值，按表3-3-1采用。

表 3-3-1 大坝常态混凝土强度标准值

强度种类	符号	大坝常态混凝土强度标准值					
		C7.5	C10	C15	C20	C25	C30
轴心抗压 (MPa)	f_{ck}	7.6	9.8	14.3	18.5	22.4	26.2



一、重力坝

②抗渗性。

大坝防渗部位如上游面、基础层和下游水位以下的坝面，其混凝土应具有抵抗压力水渗透的能力。抗渗性的指标通常用抗渗等级来表示。

③抗冻性。

混凝土的抗冻性是指在饱和状态下能经受多次冻融循环作用而不破坏、不严重降低强度的性能。通常以抗冻等级表示，根据混凝土试件在28d龄期所能承受的最大冻融循环次数分为F50,F100,F150,F200,F250及F300六种等级。大坝混凝土的抗冻等级应根据气候分区、冻融循环次数、表面局部小气候条件、水分饱和程度、结构构件重要性和检修的难易程度等因素来确定。



一、重力坝

④抗磨性。

是指混凝土抵抗高速水流或挟沙水流的冲刷和磨损的性能，以抗冲磨强度或损失率表示。前者指每平方米试件表面被磨损1kg所需小时数；后者为试件每平方米受磨面积上，每小时被磨损的量(以kg计)。

根据经验，对于有抗磨要求的混凝土，采用高强度等级硅酸盐水泥或硅酸盐大坝水泥所拌制的混凝土，其抗压强度等级不应低于C20，且要求骨料质地坚硬，施工振捣密实，以提高混凝土的耐磨性能。



一、重力坝

⑤抗侵蚀性。

有抗侵蚀性要求时，应选择恰当的水泥品种，并尽量提高混凝土的密实性。

此外，水泥硬化过程所产生的水化热是引起温度裂缝的一个重要原因，所以大坝混凝土应具有低热性。可采用发热量较低的水泥，如大坝水泥、矿渣水泥等，并尽量减少水泥用量，为使混凝土具有小干缩性，避免收缩应力引起的裂缝，除尽量减少水量外，还应加强混凝土的养护。

为节约水泥用量，改善混凝土性能，加快施工速度，降低工程造价，在混凝土中可适当掺入粉煤灰或外加剂。



易投软件



一、重力坝

2、坝体混凝土的分区

坝体各部位的工作条件不同，对上述混凝土材料性能指标的要求也不同。为满足坝体各部分的要求，节省水泥用量及工程费用，通常将坝体混凝土按不同工作条件分区。分区厚度尺寸一般不小于2~3 m。

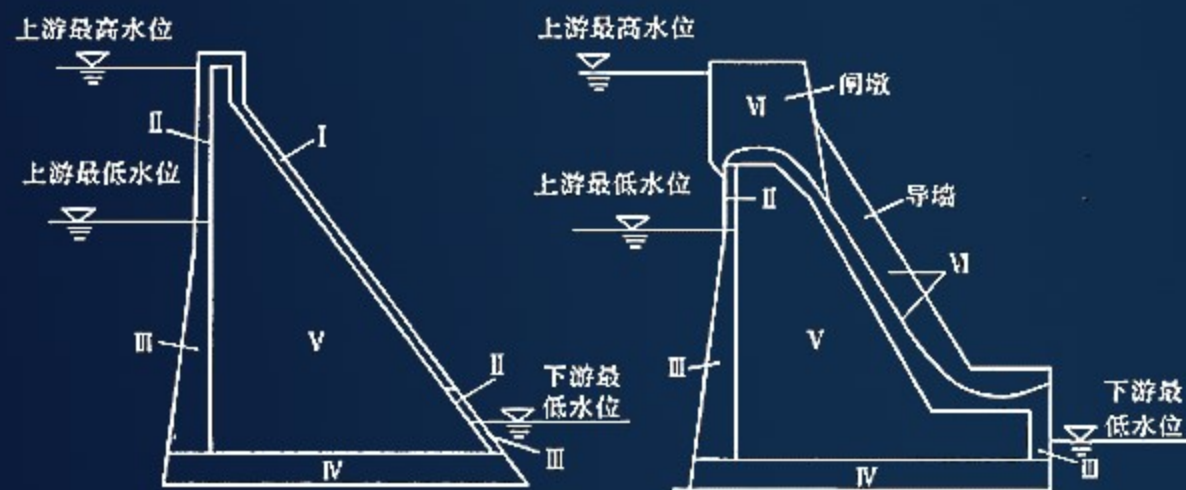


图 3-3-4 坝体混凝土分区图



易投软件



一、重力坝

【单选题】混凝土重力坝通常将坝体混凝土按不同工作条件分区，合理划定不同混凝土的特性指标，如上下游最低水位以下坝体外部表面混凝土等级的主要控制因素是强度和()。

- A、抗渗
- B、抗冻
- C、低热
- D、抗冲刷

答案：A



易投软件



一、重力坝

3、混凝土的温度裂缝及防裂措施

(1) 坝体混凝土的温度变化

混凝土入仓后由于水泥硬化，产生水化热，水化热主要发生在混凝土28d龄期以内。此后，温度呈下降趋势，这一段时间称为冷却期，冷却到最后，即达稳定温度，此时温度仅随外界气温而变化，呈平缓 and 微小的波动，称为稳定期。常以各点的年平均温度作为稳定温度，实质上相当于坝体边界温度均为年平均温度(气温、水温、地温)所形成的稳定温度场。坝体混凝土的稳定温度是温度控制的重要依据。





一、重力坝

(2) 温度裂缝的成因

混凝土温度发生变化，其体积亦随温度的升降而胀缩，即所谓温度变形。当混凝土块体不能自由伸缩而受到约束时，就要产生温度应力，而当拉应力超过混凝土的抗裂能力时，则要产生温度裂缝。

施工期浇筑块温差，应力和裂缝的产生，一般分为以下两类。

- ① 基础温差引起的应力及裂缝，这种裂缝通常从基岩接触面开始，向上延伸，可能贯穿整个坝块，成为贯穿性裂缝，危害性较大；
- ② 坝块内外温差引起的应力和裂缝，这种裂缝一般发生在混凝土块体的表层，成为表面裂缝。这类裂缝若不与其他裂缝贯通，其危害性不及贯穿性裂缝严重。





一、重力坝

(3) 防止温度裂缝的措施

防止坝体温度裂缝的措施，主要有加强温度控制、提高混凝土的抗裂强度、保证混凝土的施工质量和采用合理的分缝、分块等方面。国内外学者在总结筑坝的实践经验中得出结论，认为在混凝土抗裂性能和块体约束条件已定的情况下，严格控制混凝土坝在施工期的温度变幅，正确规定温差标准，从而控制温度应力，是防止大坝温度裂缝的重要途径。

温度控制措施主要有减少混凝土的发热量、降低混凝土的入仓温度、加速混凝土热量散发、防止气温不利影响、进行混凝土块表面保护等。



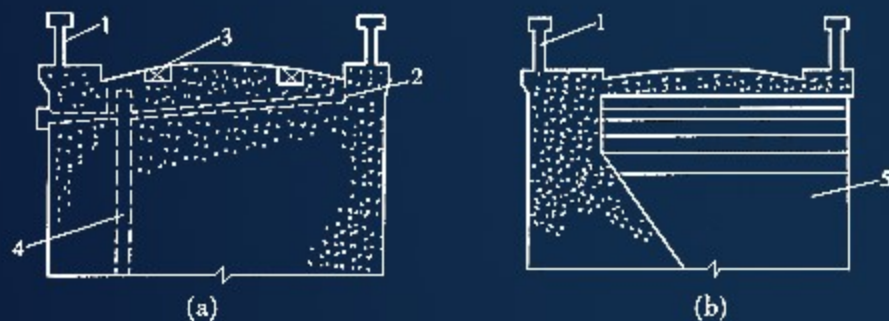


一、重力坝

◆(四)、重力坝的基本构造

重力坝的构造设计包括坝顶结构、坝体分缝、止水、排水、廊道布置等内容。

1、坝顶结构。坝顶的宽度和高程根据已定的尺寸，一般采用实体结构(见图3-3-5 (a))，顶面按路面设计，在坝顶上布置排水系统和照明设备。少数情况下，也可采用某种轻型结构(见图3-3-5(b))，后者较适用于地震地区。



1—挡浪墙;2—坝顶排水管;3—起重机轨道;4—坝身排水;5—拱桥结构

图 3-3-5 坝顶结构布置



易投软件



一、重力坝

2、坝体分缝

混凝土重力坝为防止在运用期由于温度变化发生伸缩变形和地基可能产生不均匀沉陷而引起裂缝，以及为了适应施工期混凝土的浇筑能力和温度控制等，常需设置垂直于坝轴线的横缝和平行于坝轴线的纵缝。横缝一般是永久缝，纵缝则属于临时缝。此外，坝体混凝土分层浇筑的层面也是一种临时性的水平施工缝。重力坝的分缝如图3-3-6所示。

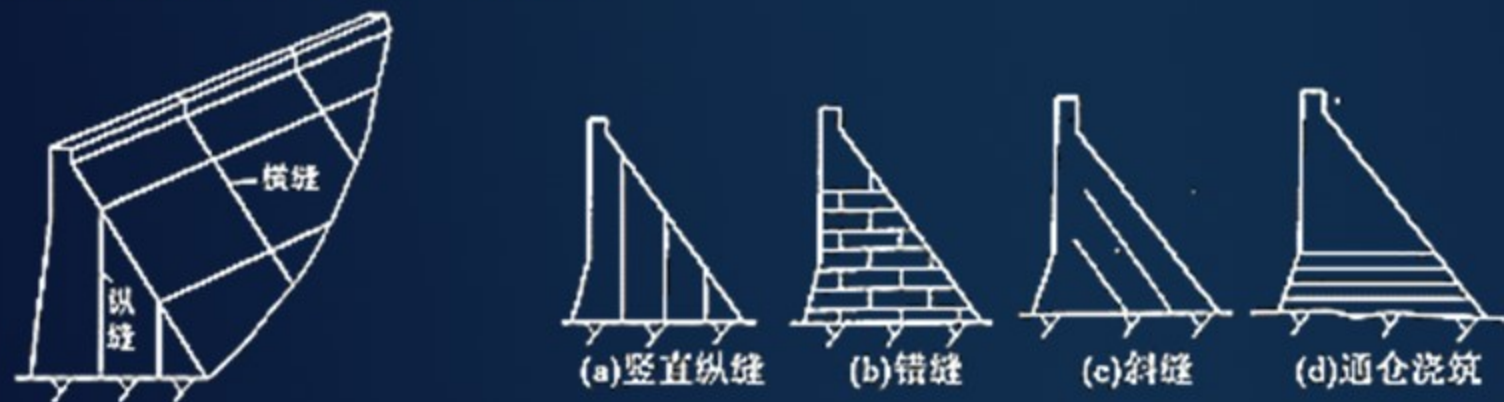


图 3-3-6 重力坝的横缝及纵缝





一、重力坝

◆ (五)、碾压混凝土重力坝

常态混凝土重力坝是采用拌和机拌制，吊罐运输入仓，然后按平仓、振捣的方式施工。碾压混凝土坝是改革常态混凝土坝传统的施工技术，采用无坍落度的干硬性贫混凝土，用土石坝施工机械运输、摊铺和碾压的方法分层填筑压实成坝。

1、碾压混凝土的原材料

(1) 混合材料

内部碾压混凝土混合材料掺量一般小于胶凝材料总量的65%，外部碾压混凝土混合材料掺量一般小于胶凝材料总量的55%。研究表明，增加掺量不但能更好地填充骨料间的空隙，降低水化热，同时粉煤灰能与水泥的游离石灰起化学反应，还可在某种程度上提高混凝土的后期强度。



易投软件



一、重力坝

(2) 粗骨科

石子最大粒径和级配，对碾压混凝土的分离、压实和胶凝材料用量，以及水化热温升都有显著的影响，必须选择适当。通常采用连续级配，最大粒径一般为80 mm，也有采用150mm的，这主要取决于建筑物的结构形式、施工工艺与设备，以及管理水平等。目前一般选用最大粒径为80mm，当最大粒径小于80 mm时，拌和物的分离现象变少，但含砂率将增大，水泥用量也随之增加，对大坝混凝土的温控不利。





一、重力坝

(3) 配合比

一般坝工碾压混凝土的水胶比在0.42~0.65较适宜。关于胶凝材料的用量，我国规定一般不宜低于 140k/m^3 ，包括水泥、粉煤灰及其他活性混合材料总量。

2、碾压混凝土坝分区

碾压混凝土坝的基础垫层在河床部位常采用常态混凝土，在岸坡部位一般采用变态混凝土。变态混凝土在碾压混凝土坝的上、下游坝面模板、廊道等孔洞周围，大坝岸边基础层、止水片、管道、布设钢筋区等部位已得到广泛应用，并取得了良好的效果。变态混凝土较好地解决了异种混凝土之间的结合问题，进一步发挥了碾压混凝土快速施工的特点。



一、重力坝

3、碾压混凝土的特点

- ① 单位体积胶凝材料用量少。降低单位体积水泥用量不仅涉及工程造价，更重要的
- ② 是可以减少水化热温升，降低施工期温度应力，简化温控措施。
- ③ 单位体积用水量少。一般比常态混凝土少40%左右，以便于振动碾通过混凝土表面碾压密实。碾压混凝土的单价一般比常态混凝土降低15%~30%。
- ④ 抗冻、抗冲、抗磨和抗渗等耐久性能比常态混凝土差。很多碾压混凝土坝在坝基、上下游坝面2~3m的范围内及坝顶部位都另浇常态混凝土或用预制板加以保护。



二、土石坝

土石坝是土坝、堆石坝和土石混合坝的总称，由于土石坝是利用坝址附近土料、石料及砂砾料填筑而成，筑坝材料基本来源于当地，故又称为“当地材料坝”。

土石坝根据坝高(从清基后的基面算起)可分为低坝、中坝和高坝，低坝的高度为30 m以下，中坝的高度为30 ~70 m，高坝的高度为70 m以上。



二、土石坝

【单选题】土石坝根据坝高可分为低坝、中坝和高坝，坝高()以上为高坝。

- A、30m
- B、50m
- C、70m
- D、90m

答案：C

解析：土石坝根据坝高(从清基后的基面算起)可分为低坝、中坝和高坝，低坝的高度为30 m以下，中坝的高度为30 ~70 m，高坝的高度为70 m以上。



二、土石坝

◆ (一)、土石坝的特点及工作条件

1、土石坝的特点

- (1)坝材料能就地取材，材料运输成本低，还能节省大量钢材、水泥、木材。
- (2)适应地基变形的能力强。
- (3)构造简单，施工技术容易掌握，便于机械化施工。
- (4)运用管理方便，工作可靠，寿命长，维修加固和扩建均较容易。
- 同其他坝型类似，土石坝也有不足的地方。
- (5)施工导流不如混凝土坝方便，因而相应地增加了工程造价。
- (6)坝顶不能溢流。需要在坝外单独设置泄水建筑物。
- (7)坝体填筑量大，土料填筑质量受气候条件的影响较大。



二、土石坝

2、土石坝的工作条件

①渗流影响。在渗流影响下，浸润线以下土体全部处于饱和状态，使得土体有效重量降低，且内摩擦角和凝聚力减小；同时，渗透水流也对坝体颗粒产生拖曳力，增加了坝坡滑动的可能性，进而对坝体稳定造成不利影响。

②冲刷影响。降雨时，雨水自坡面流至坡脚，会对坝坡造成冲刷，甚至发生坍塌现象，雨水还可能渗入坝身内部，降低坝体的稳定性。另外，库内风浪对坝面也将产生冲击和淘刷作用，易使坝坡面造成破坏。



二、土石坝

③沉陷影响。

由于坝体孔隙率较大，在自重和外荷载作用下，坝体和坝基因压缩产生一定量的沉陷。如沉陷量过大会造成坝顶高程不足而影响大坝的正常工作，同时过大的不均匀沉陷会导致坝体开裂或使防渗体结构遭到破坏，形成坝内渗水通道而威胁大坝的安全。



二、土石坝

④其他影响。

除上面提及的影响外，还有其他一些不利因素危及土石坝的安全运行。例如，在严寒地区，当气温低于零度时库水结冰形成冰盖，对坝坡产生较大的冰压力，易破坏护坡结构；位于水位以上的黏土，在反复冻融作用下会造成裂缝；在夏季高温作用下，坝体土料也可能干裂引起集中渗流。

对于修建在地震区的大坝，在地震动作用下也会增加坝坡滑动的可能性；对于粉砂地基，在强地震动作用下还容易引起液化破坏。

另外，动物（如白蚁、獾等）在坝身内筑造洞穴，形成集中渗流通道，也严重威胁大坝的安全，需采取积极有效的防御措施。



二、土石坝

◆(二)、土石坝的分类及布置

按施工方法的不同，土石坝可分为碾压式土石坝、抛填式堆石坝、定向爆破坝、水力冲填坝和水中倒土坝，其中应用最广的是碾压式土石坝。

1、碾压式土石坝

碾压式土石坝按坝体横断面的防渗材料及其结构，可以划分为以下几种主要类型：

- (1) 均质坝。高坝中一般不采用此种类型。
- (2) 土质防渗体分区坝。在坝体中设置专门起防渗作用的防渗体，采用透水性较大的砂石料做坝壳，防渗体多采用防渗性能好的黏性土。由于心墙料与坝壳料的固结速度不同(砂砾石比黏土固结快)，心墙内易产生“拱效应”而形成裂缝。



二、土石坝

(3) 非土质防渗体坝。

防渗体采用混凝土、沥青混凝土、钢筋混凝土、土工膜或其他人工材料制成，其余部分用土石料填筑而成。防渗体设在上游面的称为斜墙坝(或面板坝)，防渗体设在坝体中央的称为心墙坝。

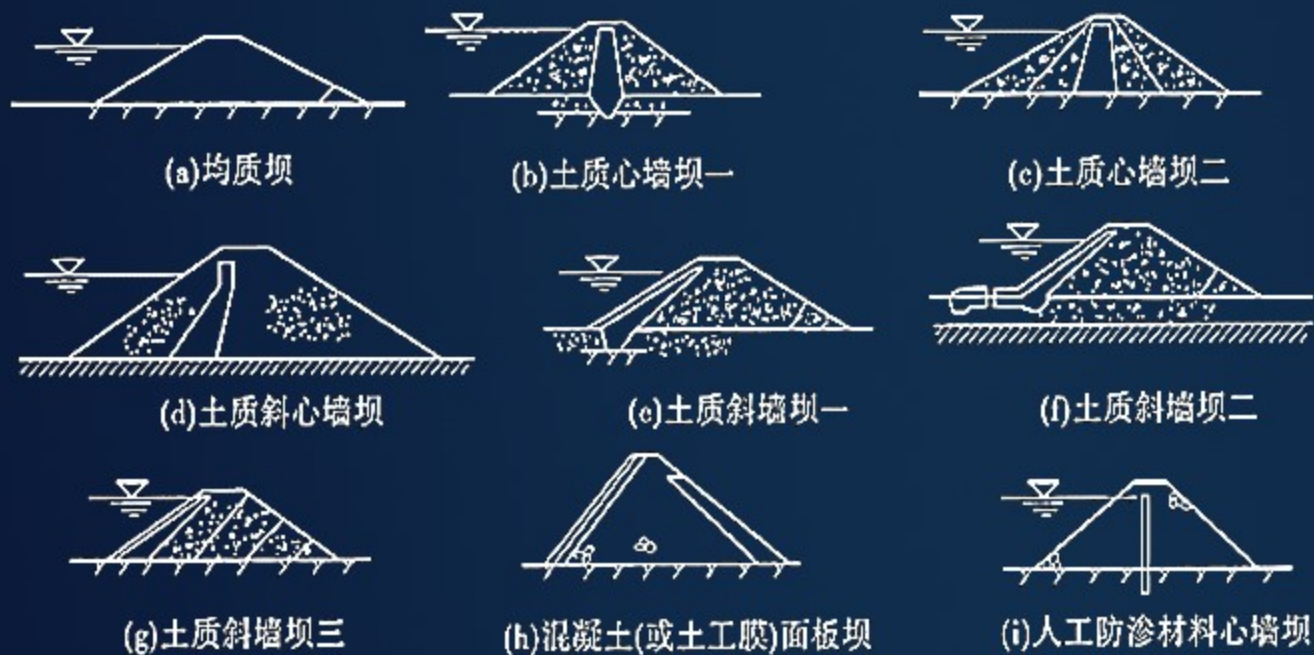


图 3-3-12 碾压式土石坝的类型



二、土石坝

2、土石坝其他坝型

主要有抛填式堆石坝、水力充填坝、水中倒坝、定向爆破坝等。

- (1) 抛填式堆石坝施工时一般先建栈桥，将石块从栈桥上距离填筑面10~30 m高处抛掷下来，靠石块的自重将石料压实，同时用高压水枪喷射，把细颗粒碎石充填到块石间空隙中去。
- (2) 水力冲填坝是借助水力完成土料的开采、运输和填筑全部工序而建成的坝。分层淤填，经排水固结成为密实的坝体。
- (3) 水中倒土坝施工时一般在填土面修筑围埂分成畦格，在畦格内灌水并分层填土，依靠土的自重和运输工具压实及排水固结而成的坝。
- (4) 定向爆破坝是在河谷两岸或一岸对岩体进行定向爆破，将石块抛掷到河谷坝址，填筑起大部分坝体，然后修正坝坡，并在抛填堆石体上加高碾压堆石体，直至坝顶，最后在上游坝坡填筑反滤层、斜墙防渗体、保护层和护坡等，故得名定向爆破坝。



二、土石坝

◆ (三)、土石坝的基本构造

1、防渗体

■ 1)土质防渗体

(1)土质心墙

心墙顶部高程应高于正常运用情况下的静水位0.3~0.6m, 且不低于非常运用情况下的静水位。

为了防止心墙冻裂, 顶部应设砂性土保护层, 厚度按冰冻深度确定, 且不小于1.0m。



二、土石坝

心墙两侧边坡一般在 $1:0.30 \sim 1:0.15$ ，顶部厚度按构造和施工要求常不小于 2.0 m ，底部厚度根据土料的允许渗透坡降来定，应不小于 3 m 。心墙与上下游坝体之间应设置反滤层，以起反滤和排水作用。

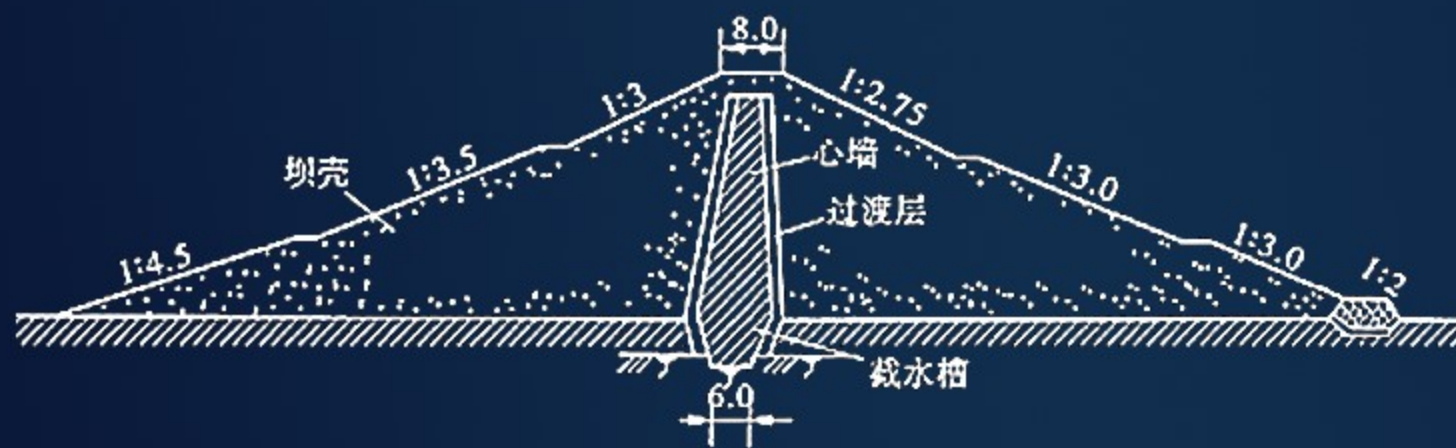


图 3-3-13 黏土心墙坝 (单位:m)



二、土石坝

【单选题】堤坝宽度应根据防汛，管理、施工、构造及其他要求确定，1级堤防堤顶宽度不宜小于()。

- A、5m
- B、6m
- C、8m
- D、10

答案：C



二、土石坝

(2) 土质斜墙

斜墙位于坝体上游面。斜墙顶部高程应高于正常运用情况下静水位0.6~0.8 m，且不低于非常运用情况下的静水位。斜墙底部的水平厚度应满足抗渗稳定的要求，一般不宜小于水头的1/5。斜墙上游坡应满足稳定要求，其内坡一般不陡于1:2。上游面应设置保护层，保护层可采用砂砾、卵石或块石，其厚度应不小于冰冻深度且不小于1.0 m，一般取1.5~2.5 m。斜墙下游面应设置反滤层。



二、土石坝

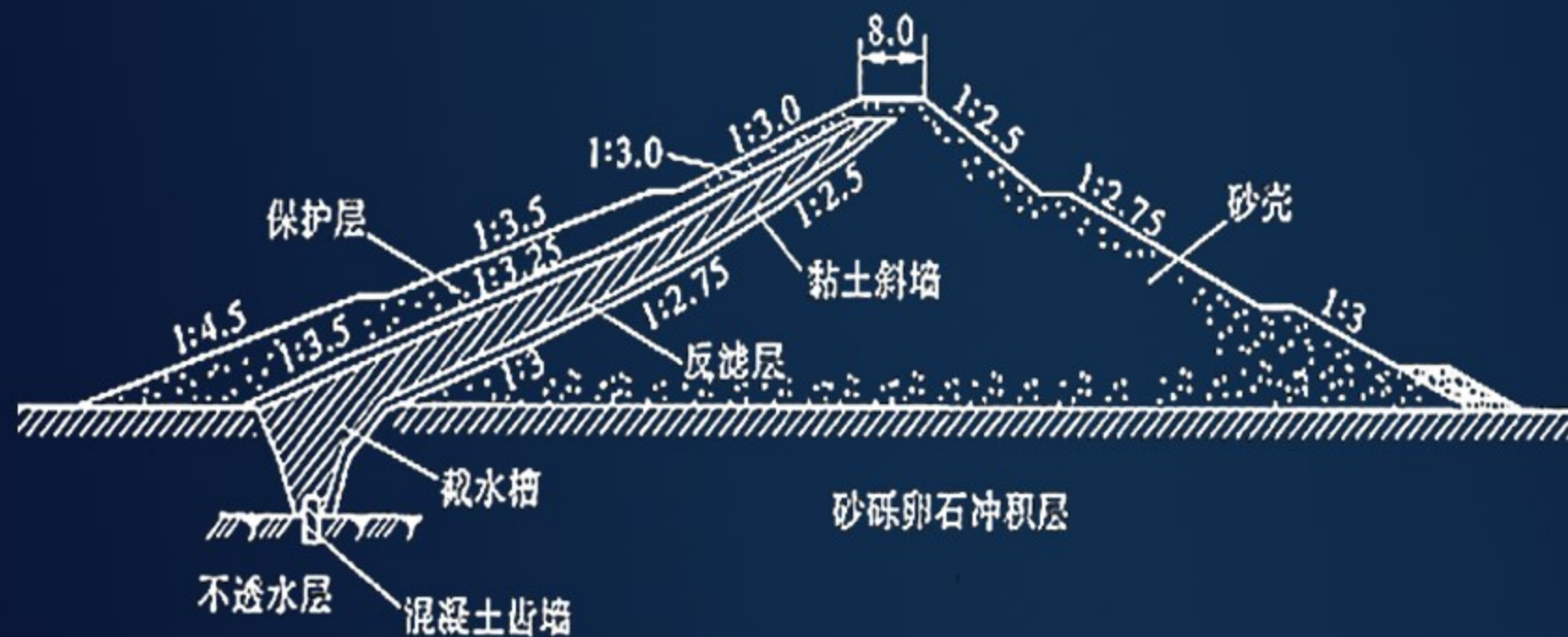


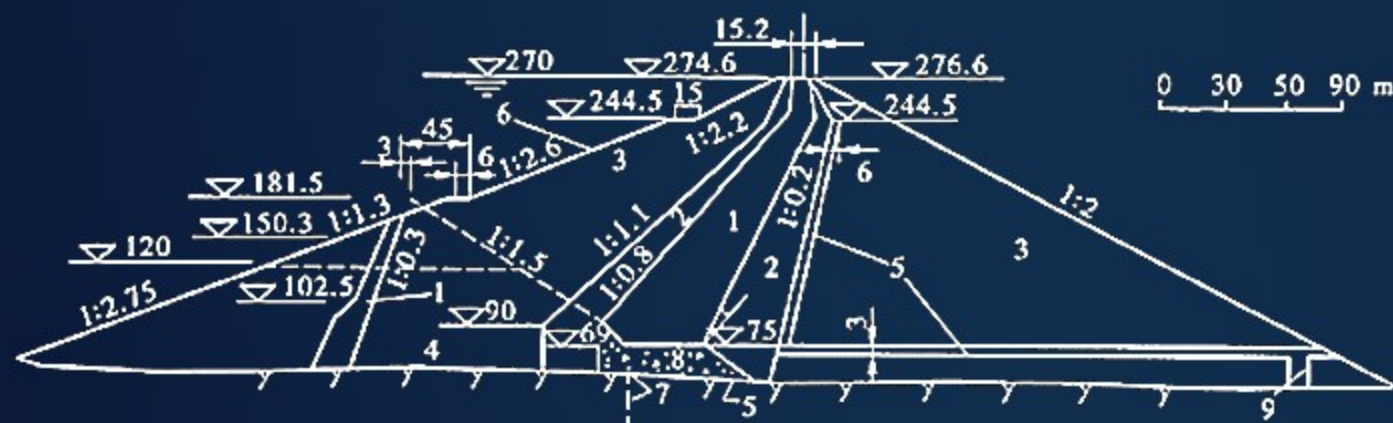
图 3-3-14 黏土斜墙坝 (单位:m)



二、土石坝

(3)土质斜心墙

为了克服心墙坝可能产生的拱效应和斜墙坝对变形敏感等问题，有时将心墙设在坝体中央偏上游的位置，成为斜心墙，如图3-3-15所示。



1—斜心墙;2—过渡段;3—透水坝壳;4—围堰;5—透水料做排水用;6—抛石护坡;

7—灌浆帷幕;8—混凝土垫块;9—渗漏量测堰;10—坝轴线

图 3-3-15 黏土斜心墙坝 (单位:m)



二、土石坝

■ 2)人工材料防渗体

(1)复合土工膜。

土工膜是土工合成材料的一种，包括聚乙烯、聚氯乙烯、氯化聚乙烯等。土工膜具有很好的物理、力学和水力学特性，具有很好的防渗性。

(2)沥青混凝土。

沥青混凝土具有较好的塑性和柔性，防渗和适应变形的能力均较好，产生裂缝时，有一定的自行愈合的功能，而且施工受气候的影响也小，故适于用作土石坝的防渗材料。



二、土石坝

2、反滤层

反滤层的作用是滤土排水，防止土工建筑物在渗流逸出处遭受管涌、流土等渗流变形的破坏以及不同土层界面处的接触冲刷。对下游侧具有承压水的土层，还可起压重的作用。在分区坝的防渗体与坝壳之间，根据需要与土料情况可以只设置反滤层，也可同时设置反滤层和过渡层。



二、土石坝

【单选题】土质防渗体与坝壳料之间，根据需要与土料情况可以只设反滤层，也可以同时高为反滤层和（ ）。

- A、垫层
- B、过渡层
- C、排水层
- D、防渗层

答案：B

解析：在分区坝的防渗体与坝壳之间，根据需要与土料情况可以只设置反滤层，也可同时设置反滤层和过渡层。



二、土石坝

3、排水设施

1)设排水设施的目的

土石坝设置坝身排水的目的主要是:

- (1)降低坝体浸润线及孔隙压力，改变渗流方向，增加坝体稳定。
- (2)防止渗流逸出处的渗透变形，保护坝坡和坝基。
- (3)防止下游波浪对坝坡的冲刷及冻胀破坏，起到保护下游坝坡的作用。





二、土石坝

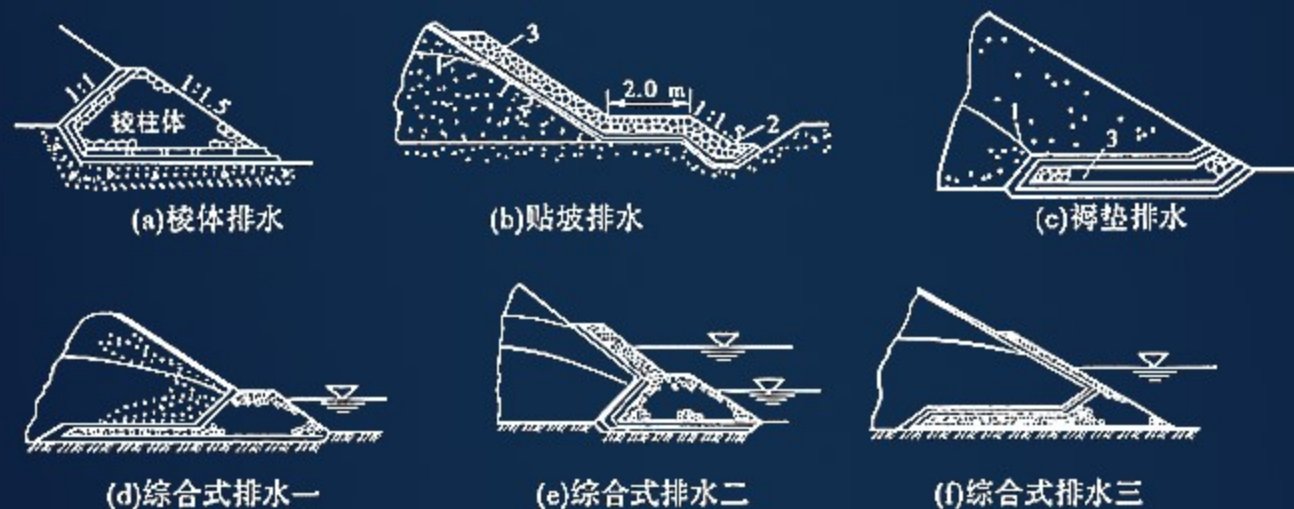
2)排水型式分类

(1)棱体排水。

(2)贴坡排水。 贴坡排水的厚度(包括反滤层)应大于冰冻深度。顶部应高于浸润线的逸出点 $0.5\sim 1.0\text{m}$ ，并高于下游最高水位 $1.5\sim 2.0\text{m}$ 。

(3)褥垫排水。

(4)组合式排水。



1—浸润线;2—排水沟;3—反滤层

图 3-3-19 土石坝坝体排水设施主要型式



易投软件



二、土石坝

4、坝面护坡

为保护土石坝坝坡免受波浪、降雨冲刷以及冰层和漂浮物的损害，防止坝体土料发生冻结、膨胀和收缩以及人畜破坏等，需设置护坡结构。上游护坡常采用堆石、干砌石或浆砌石、混凝土或钢筋混凝土、沥青混凝土等型式。下游护坡要求略低，可采用草皮、干砌石、堆石等型式。

护坡的范围，对上游面应由坝顶至最低水位以下2.5 m左右；对下游面应自坝顶护至排水设备，无排水设备或采用褥垫式排水时则需护至坡脚。





二、土石坝

5、坝顶构造

为便于排除坝顶雨水，坝顶路面常设直线或折线形横坡，坡度宜采用2%~3%。坝顶设防浪墙可降低坝顶路面高程，防浪墙高度为1.2m左右，可用浆砌石或混凝土筑成。防浪墙必须与防渗体结合紧密，还应满足稳定和强度要求，并设置伸缩缝。

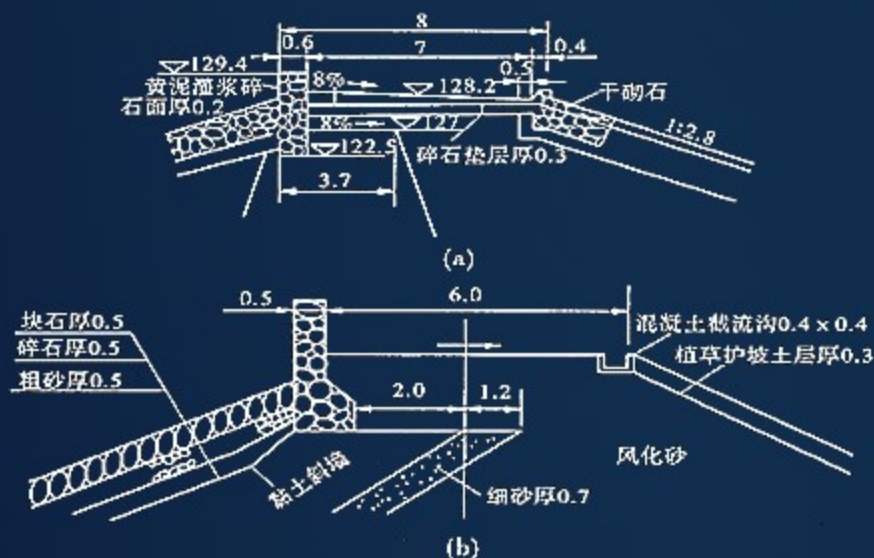


图 3-3-20 典型坝顶构造图 (单位:m)



易投软件



二、土石坝

◆(四)、混凝土面板堆石坝

1、面板堆石坝的特点

与一般土石坝相比，现代混凝土面板堆石坝具有如下几个显著特点：

①良好的抗滑稳定性。② 抗渗稳定性。③防渗面板与堆石施工没有干扰，且不受雨季影响。④由于坝坡陡，坝底宽度小于其他土石坝，故导流洞、泄洪洞、溢洪道、发电引水洞或尾水洞均比其他土石坝的短。⑤施工速度快，造价省，工期短。⑥面板堆石坝在面板浇筑前对堆石坝坡进行适当保护后，可宣泄部分施工期的洪水。

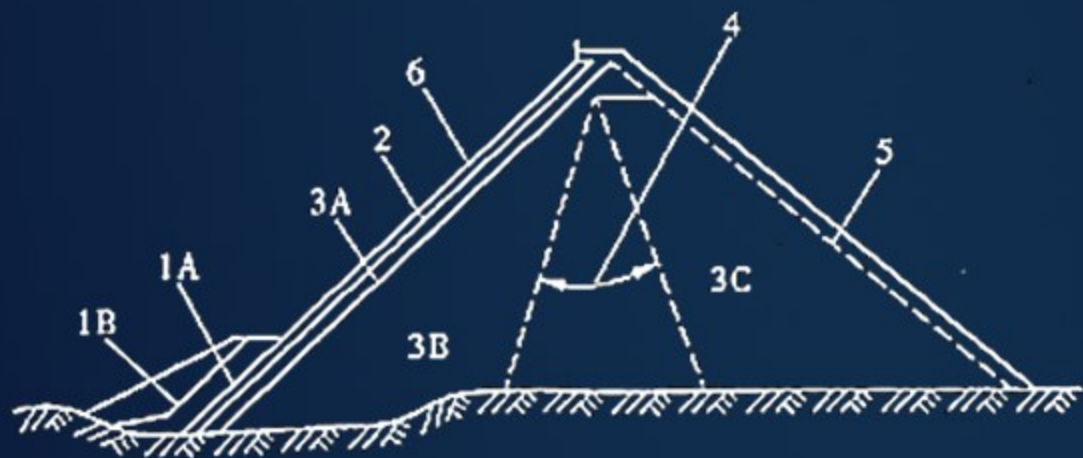
2、混凝土面板堆石坝的构造

混凝土面板堆石坝由防渗系统、垫层、过渡层、主堆石体、次堆石体等组成。





二、土石坝



1A—上游铺盖区;1B—压重区;2—垫层区;3A—过渡区;3B—主堆石区;3C—下游堆石区;
4—主堆石区和下游堆石区的可变界限;5—下游护坡;6—混凝土面板

图 3-3-22 混凝土面板堆石坝堆石体通用分区示意图



易投软件



二、土石坝

【单选题】面板堆石坝体填筑时，对堆石区填筑料的质量、级配、压实标准等要求最高的()。

- A、垫层区
- B、过渡区
- C、主堆石区
- D、下游堆石区

答案：A



易投软件



三、拱坝

◆(一)、拱坝的基本原理及特点

1、拱坝的基本原理

坝体结构既有拱作用又有梁作用，其承受的荷载一部分通过拱的作用压向两岸，另一部分通过竖直梁的作用传到坝底基岩。拱坝是平面上凸向上游三向固定的空间高次超静定结构。地形、地质条件较好时它是一种经济性和安全性相对优越的坝型。

2、拱坝的特点

与其他坝型相比较，拱坝具有如下一些特点：

- ①利用拱坝的结构特点，充分发挥利用材料强度。
- ②利用两岸岩体维持稳定。
- ③超载能力强，安全度高。
- ④抗震性能好。
- ⑤荷载特点。
- ⑥坝身泄流布置复杂。





三、拱坝

【单选题】拱坝坝体稳定主要依靠（）。

- A、坝体自重
- B、基础及两岸凝聚力
- C、两岸拱端反力
- D、两岸基础摩擦力

答案：C

解析：拱坝具有如下一些特点：①利用拱坝的结构特点，充分发挥利用材料强度。②利用两岸岩体维持稳定。③超载能力强，安全度高。④抗震性能好。⑤荷载特点。⑥坝身泄流布置复杂。



易投软件



三、拱坝

◆(三)、拱坝的材料及构造

为了保证混凝土的材料性能，必须严格控制水灰比。坝体混凝土的水灰比应限制在0.45~0.55的范围内，水灰比大于0.55的混凝土，抗冲刷的性能常不能满足要求。

拱坝坝顶，当无交通要求时，非溢流坝顶宽度一般应不小于3m。

当坝体混凝土冷却到稳定温度或低于稳定温度2~3℃以后，再用水泥浆将伸缩缝封填，以保证坝体的整体性。





四、溢洪道工程

河岸溢洪道在布置和运用上分为正常溢洪道和非常溢洪道两大类，非常溢洪道的作用是宣泄超过设计标准的洪水，分为自溃式和爆破引溃式。



易投软件



四、溢洪道工程

正常溢洪道可分为以下较常用的几类：

- (1) 正槽溢洪道。过堰水流方向与堰下泄槽纵轴线方向一致的应用最普遍的形式。
- (2) 侧槽溢洪道。水流过堰后急转约 90° ，再经泄槽或斜井、隧洞下泄的一种形式。
- (3) 井式溢洪道。水流从平面呈环形的溢流堰四周向心汇入，再经竖井、隧洞泄往下游的一种形式。
- (4) 虹吸溢洪道。利用虹吸作用，使水流翻越堰顶的虹吸管，再经泄槽下泄的一种形式，较小的堰顶水头可得较大的泄流能力。



易投软件



六、水电站厂房

水电站厂房是将水能转化为电能的综合工程设施。水电站厂房中安装有水轮机、发电机和各种辅助设备，从而将水能转化为电能。水轮发电机发出的电能，经变压器和开关站等输入电网送往用户。

水电站厂房按结构特征及布置特点划分为坝后式厂房、河床式厂房、地下式厂房、岸边式厂房、坝内式厂房和溢流式厂房等类型。





七、通航建筑物及鱼道

(一)、船闸

1、船闸规模

船闸级别按通航最大船舶吨级划分为7级。

表 3-3-3 船闸分级

航道等级	I	II	III	IV	V	VI	VII
船舶吨级(t)	3 000	2 000	1 000	500	300	100	50

注:

- 1、船舶吨级按船舶设计载重吨位确定;
- 2、通航3000 t级以上船舶的航道列入1级航道。



易投软件



七、通航建筑物及鱼道

【单选题】根据《内河通航标准》(GB50139-2014), 船闸级别按同行最大船舶吨级划分为()级。

- A、五
- B、六
- C、七
- D、八

答案：C

解析：船闸级别按通航最大船舶吨级划分为7级。



易投软件



七、通航建筑物及鱼道

(二)、升船机

升船机是通过机械装置升降船舶以克服航道上集中水位落差的通航建筑物。升船机的级别按设计最大通航船舶吨位分为6级，见表3-3-4。

表 3-3-4 升船机分级指标

升船机级别	I	II	III	IV	V	VI
设计最大通航船舶吨级(t)	3 000	2 000	1 000	500	300	100

升船机按承船厢或承船车装载船舶总吨级大小分为大型升船机(1000t级及以上)、小型升船机(100t级及以下)和中型升船机(100~1000t级之间)。





PART 04

引水工程建筑物分类 及基本型式



一、渠道

渠道是输水建筑物，用以输运水流，其流态一般为无压明流。渠道断面形态一般为梯形，岩石中开凿的渠道则可接近矩形。渠道设计的任务是选定渠道线路和确定断面尺寸。



易投软件



二、管道

水管可分金属管(铸铁管和钢管等)和非金属管(预应力钢筋混凝土管、玻璃钢管、塑料管等)。水管材料的选择,取决于承受的水压、外部荷载、埋管条件、供应情况等。





二、管道

【单选题】在事故闸门关闭时，防止压力管道内产生过大负压的是()。

- A、伸缩节
- B、充水阀
- C、通气孔
- D、排水阀

答案：C



易投软件



三、水闸工程

(一)、概述

1、水闸按结构分类

按闸室的结构分类，水闸可分为开敞式、胸墙式和封闭式。

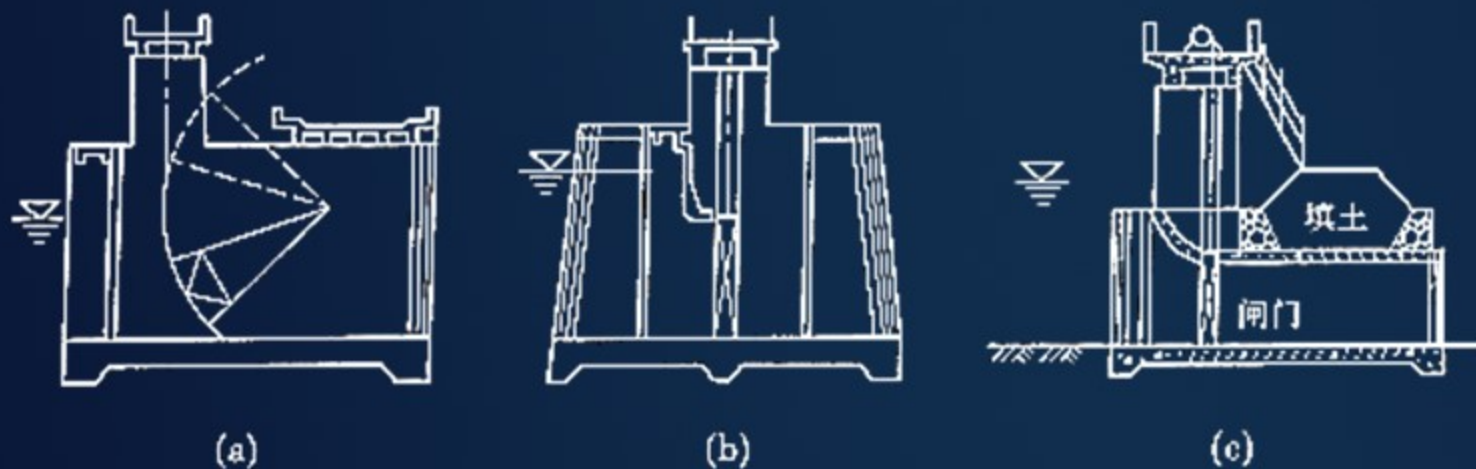


图 3-4-3 水闸的结构型式



三、水闸工程

【单选题】按闸室结构分类，水闸可分为（ ）。

- A、挡潮用、分洪闸、排水闸
- B、挡潮闸、开敞式水闸，胸墙式水闸
- C、开敞式水闸、胸墙式水闸、封闭式(涵洞式)水闸
- D、开敞式水闸、胸墙式水闸、分洪闸

答案：C

解析：按闸室的结构分类，水闸可分为开敞式、胸墙式和封闭式。

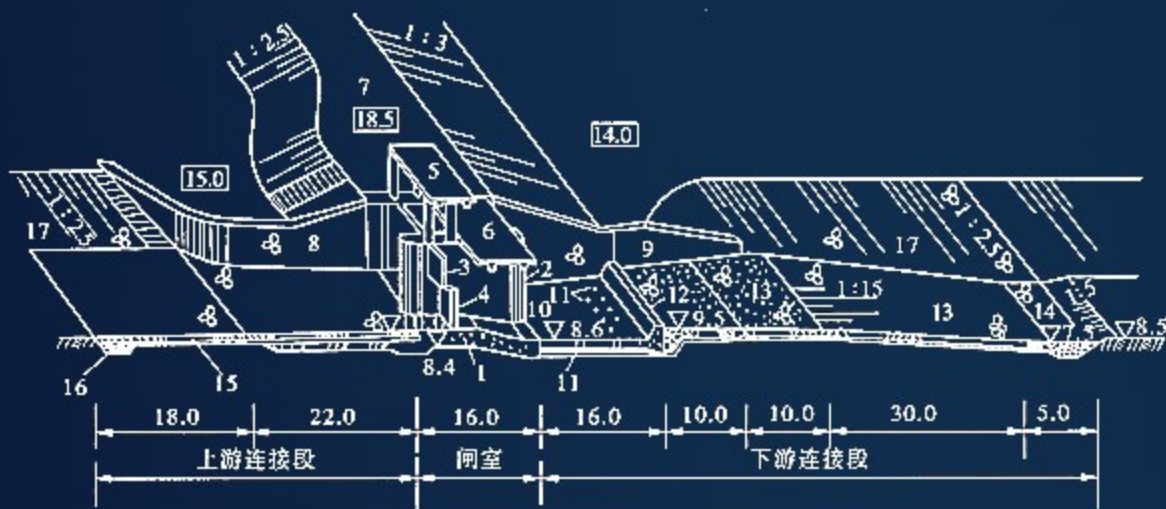


三、水闸工程

(二)、水闸的主要组成及闸室构造

1、水闸的主要组成

水闸由上游连接段、闸室和下游连接段三部分组成。



1—闸室底板;2—闸墩;3—胸墙;4—闸门;5—工作桥;6—交通桥;7—堤顶;8—上游翼墙;
9—下游翼墙;10—护坦;11—排水孔;12—消力坎;13—海漫;14—防冲槽;15—铺盖;16—上游防冲槽;17—护坡

图 3-4-4 水闸立体示意图 (单位:m)



三、水闸工程

2、闸室构造

(1) 开敞式闸室结构的底板按照闸墩与底板的连接方式又可分为整体式和分离式两种。

(2) 分缝及止水。

- ①分缝。闸室沿轴线每隔一定距离应设一永久缝(包括沉降缝、伸缩缝)，以免闸室因地基不均匀沉陷或温度变化而产生裂缝。缝的间距不宜大于30m，缝宽一般为2~2.5 cm。
- ②止水。按位置不同止水可分为铅直止水及水平止水两种。交叉止水片的连接方式有柔性连接和刚性连接两种。实际工程中一般铅直交叉常用柔性连接，而水平交叉多用刚性连接。



三、水闸工程

【单选题】水闸闸室两侧兼有挡土、减少水平边荷载及延长侧向防渗长度的建筑物为()。

- A、翼墙
- B、岸墙
- C、防渗刺墙
- D、齿墙

答案：B

解析：闸墩主要是分隔闸孔、支承闸门、工作桥及交通桥。边孔靠岸一侧的闸墩，称为边墩。在一般情况下，边墩除具有闸墩作用外，还具有挡土及侧向防渗作用。



四、泵站

(一)、泵站的主要建筑物

- (1)进水建筑物。包括引水渠道、前池、进水池等。
- (2)出水建筑物。有出水池和压力水箱两种主要形式。
- (3)泵房。安装水泵、动力机和辅助设备的建筑物，是泵站的主体工程，其主要作用是为主机组和运行人员提供良好的工作条件。泵房结构形式较多，常用的有固定式和移动式两种，下面分别介绍。



七、涵洞

- 涵洞由进口、洞身和出口三部分组成，一般不设闸门。
- 涵洞内水流形态可以设计成无压的、有压的或半有压的。
- 用于输送渠水的涵洞上下游水位差较小，常用无压涵洞，洞内设计流速一般取2 m/s左右。



七、涵洞

【单选题】涵洞构造中能够防止洞壁外围产生集中渗流的是（ ）。

- A、基础下部
- B、沉降缝
- C、截水环
- D、洞壁上部

答案：C



PART 05

河道工程建筑物分类 及基本形式



河道工程建筑物分类及基本形式

一、堤防

堤防工程按结构型式主要分为三类:土堤、混凝土或钢筋混凝土堤、土石混合堤。

二、堤岸防护

(一)护岸分类

堤岸防护工程一般可分为坝式护岸、墙式护岸、坡式护岸(平顺护岸)等几种。

(二)护坡与护脚

堤防护岸工程通常包括水上护坡和水下护脚两部分。水上与水下之分均对枯水施工期而言,护岸工程的施工原则是先护脚后护坡。



水利造价信息网

THANKS