



水利造价信息网

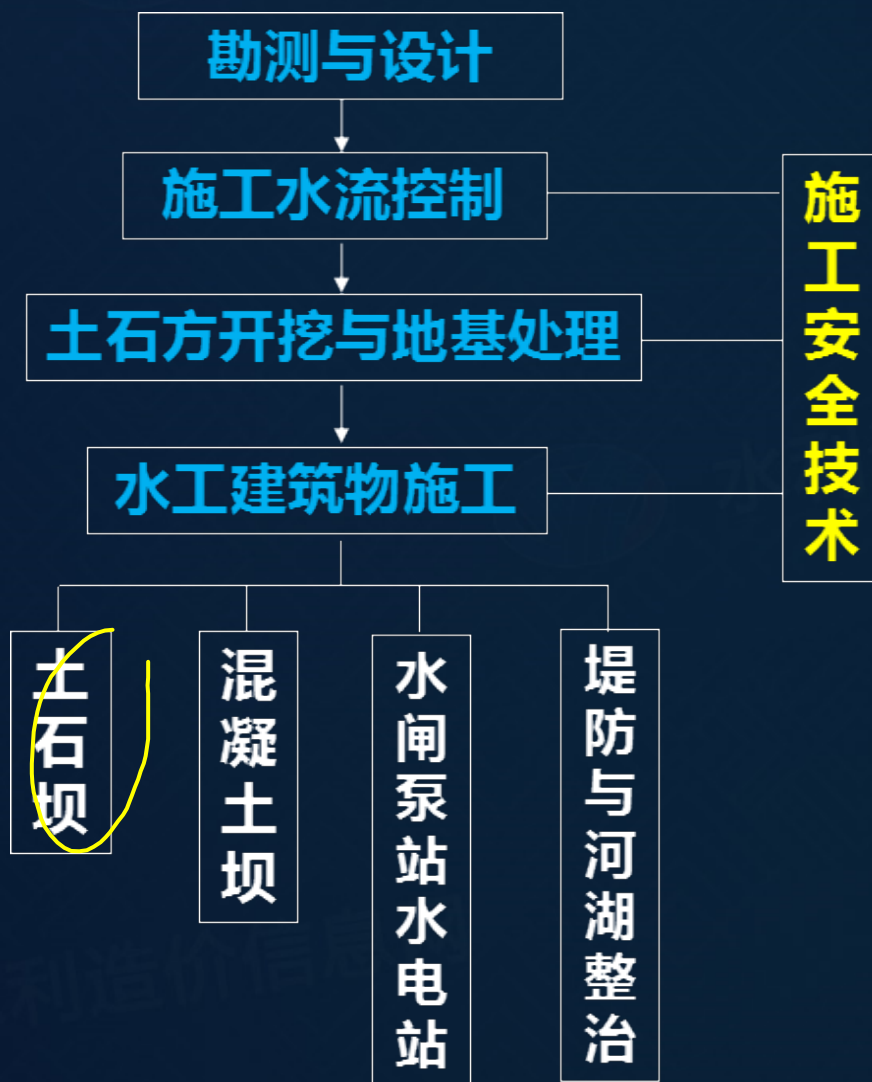
2022—一级建造师

《水利水电工程施工管理》精讲

主讲老师：王飞寒



1F410000 水利水电工程技术



1F411000 水利水电工程勘测与设计 (15-20分)

1F411010 水利水电工程勘测

1F411011 测量仪器的使用

一、常用测量仪器及其作用

水准仪



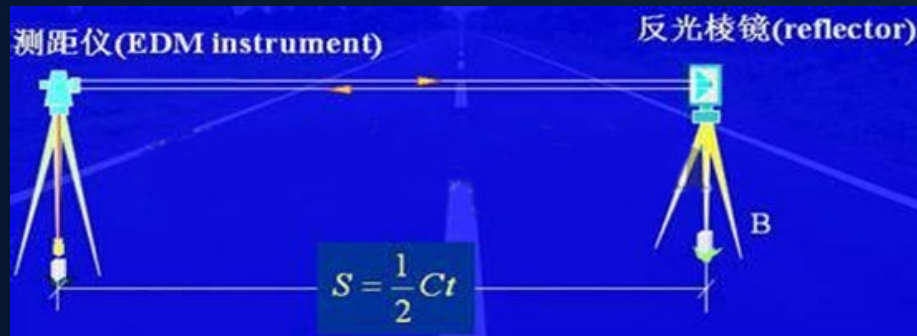
经纬仪



全站仪



GPS

电磁波测距
仪



1F411010 水利水电工程勘测

1.水准仪分类及作用

分类：

按精度：普通水准仪（DS3、DS10）和精密水准仪（DS05、DS1）；前者用于国家三、四等水准及普通水准测量，后者用于指国家一、二等精密水准测量。
D为“大地测量”，S“水准仪”，3表示每公里往返测量高差中数的偶然中误差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

作用：用于水准测量。

1F411010 水利水电工程勘测

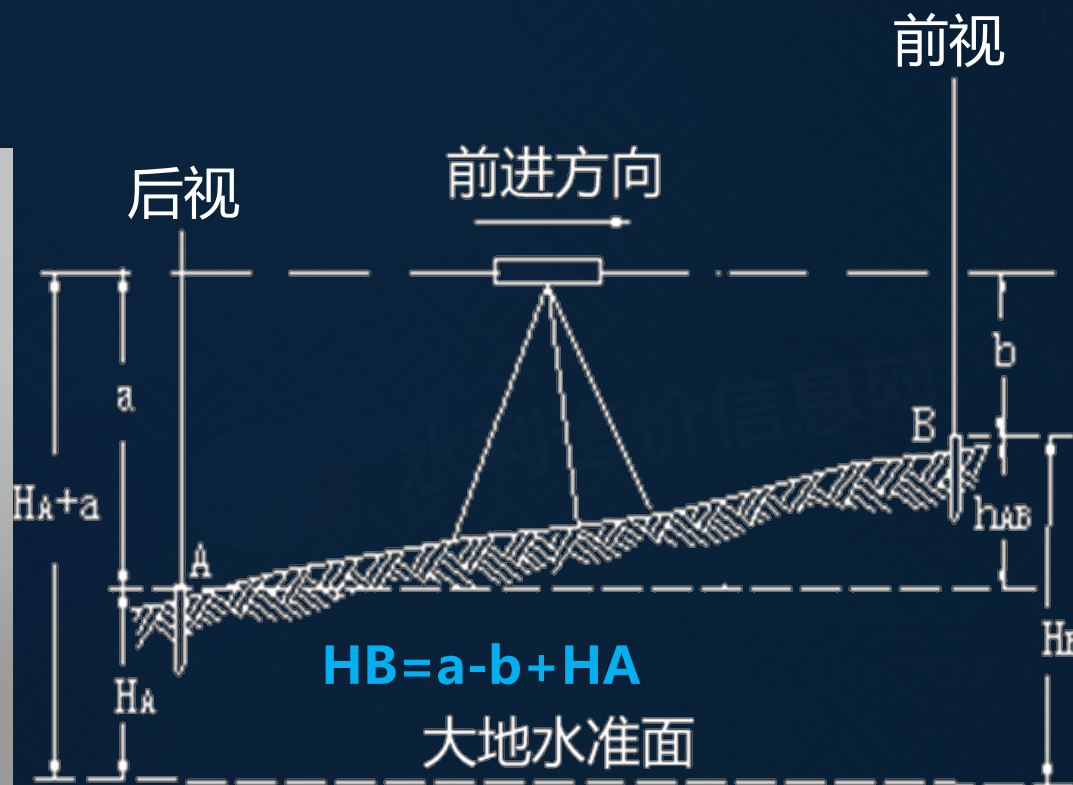


图2.1



1F411010 水利水电工程勘测

2.经纬仪分类及作用

分类：

按精度：DJ05、DJ1等，D为“大地测量”，J为“经纬仪”，数字表示该仪器精度。如“05”表示一测回方向观测中误差不超过 $\pm 0.5''$ 。有游标、光学、电子经纬仪。

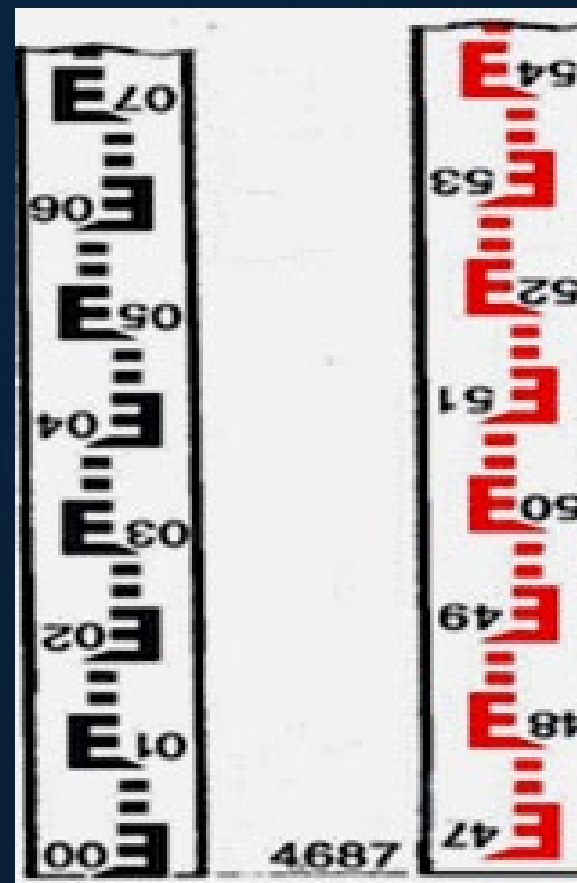
作用：角度测量，包括水平角和竖直角。另外，经纬仪也可用于低精度测量中的视距测量。

1F411010 水利水电工程勘测

6.水准尺

二等水准测量使用因瓦水准尺。

三、四等水准测量采用的尺长为3m，黑面叫主尺，红面尺叫辅助尺。黑面分划的起始数字为“0”，红面起始数一般为4687或4787mm。水准尺侧面一般装圆水准器。





1F411010 水利水电工程勘测

二、常用测量仪器的使用

(一) 水准仪的使用

1. 使用步骤：安置仪器和粗略整平（简称粗平）、调焦和照准、精确整平（简称精平）和读数。

(1) 安置水准仪和粗平。使圆水准气泡居中。



1F411010 水利水电工程勘测

(2) 调焦和照准。调焦（目镜）使十字丝清晰，照准成像（物镜）

消除视差（目标影像与十字丝分划板不重合，影响读数的正确性）：先调目镜看清十字丝，再转动物镜调焦螺旋，直至尺像与十字丝平面重合。

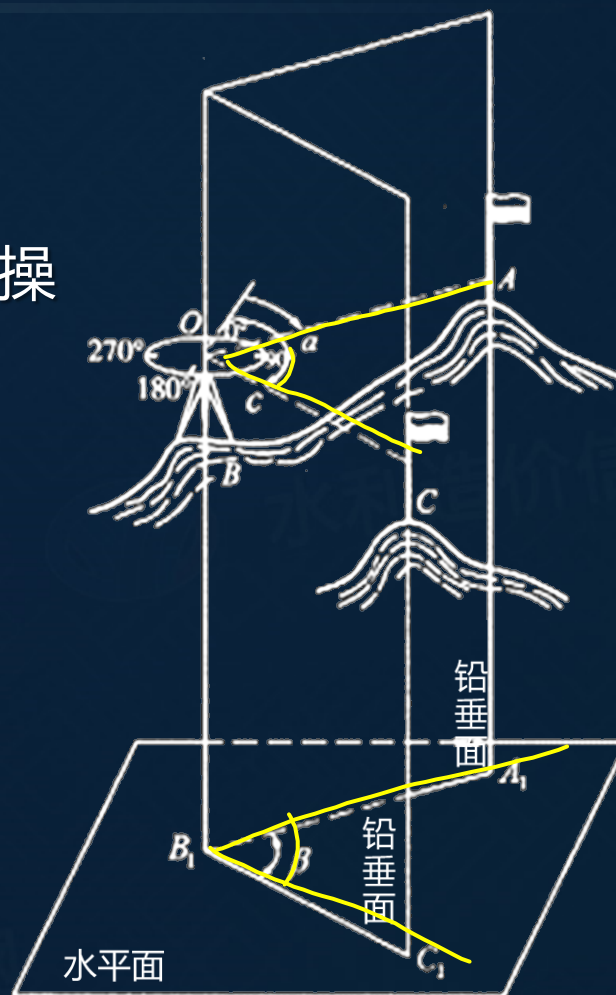
(3) 精平。当符合水准管气泡成像吻合时，表明已精确整平。（2014考点）

(4) 读数。由小的一端向大的一端读出。通常读数保留四位数。

1F411010 水利水电工程勘测

(二) 经纬仪的使用

对中、整平、照准和读数四个操作步骤。(2017考点)



水平角测量原理



1F411010 水利水电工程勘测

例题：

1.使用经纬仪进行照准操作时，正确的步骤是（ ）。

A. 目镜调焦→粗瞄目标→物镜调焦→准确瞄准目标 ✓

B. 目镜调焦→物镜调焦→粗瞄目标→准确瞄准目标

C. 物镜调焦→粗瞄目标→目镜调焦→准确瞄准目标

D. 粗瞄目标→目镜调焦→物镜调焦→准确瞄准目标

答案：A



1F411010 水利水电工程勘测

例题：

2.双面水准尺常数K为（ ）。

A.4587

B.4687 ✓

C.4787 ✓

D.4887

E.4987

答案：BC



1F411010 水利水电工程勘测

1F411012 水利水电工程施工测量的要求

一、基础知识

(一) 高程

我国采用黄海平均海面为高程基准面。称“1985国家高程基准”。（1988年1月1日起开始采用）

(二) 地图的比例尺及比例尺精度

比例尺表示形式有两种：数字比例尺和图示比例尺。

地形图比例尺分为三类：大比例尺（1万以内）；中比例尺（10万以内）；小比例尺（100万以内）。2021考点



1F411010 水利水电工程勘测

三、开挖工程测量

(一) 开挖工程测量的内容

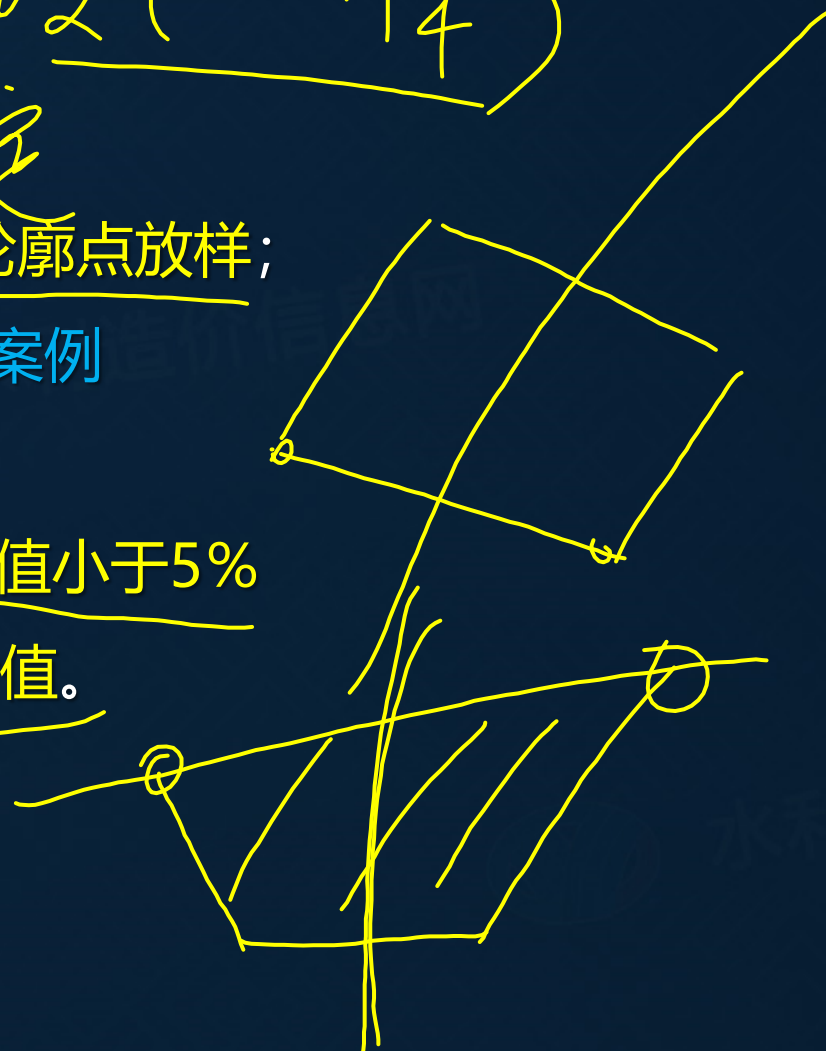
开挖区原始地形图和原始断面图测量；开挖轮廓点放样；开挖竣工地形、断面测量和工程量测算。2016案例

(三) 断面测量和工程量计算

6. 两次独立测量同一区域的开挖工程量其差值小于5%
(岩石) 和 7% (土方) 时，可取中数作为最后值。

测设(放样)

定



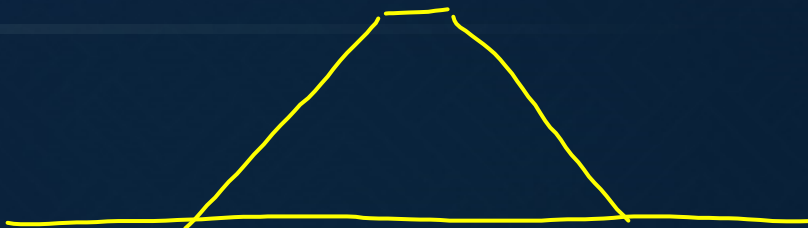


1F411010 水利水电工程勘测

四、立模与填筑放样

(四) 填筑工程量测算

4. 两次独立测量同一工程，其测算体积之差，在小于该体积的3%时，可取中数作为最后值。





1F411010 水利水电工程勘测

五、施工期间的外部变形监测

(二) 选点与埋设

1. 工作基点的选择与埋设，应注意以下几点：

(1) 基点必须建立在变形区以外稳固的基岩上。精度应不低于四等网的标准。 (2013考点)

(3) 垂直位移的基点，至少要布设一组，每组不少于三个固定点。

2. 测点的选择与埋设，应符合下列要求 (2013考点)

(1) 测点应与变形体牢固结合，并选在变形幅度、变形速率大的部位，且能控制变形体的范围。

1F411010 水利水电工程勘测

(三) 观测方法的选择 (2011、2014年考点)

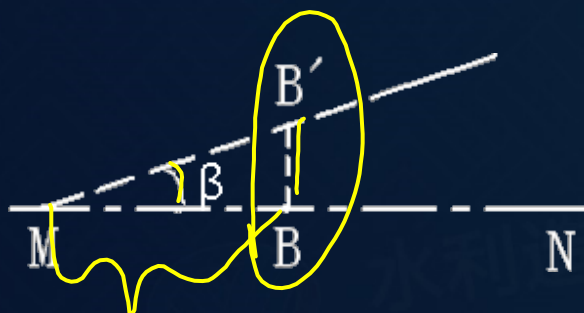
一般情况下，滑坡、高边坡稳定监测采用交会法； (2019

考点) 水平位移监测采用视准线法 (活动觇牌法和小角度

法)；垂直位移观测，宜采用水准观测法，也可采用满足精度

要求的光电测距三角高程法； (2018考点) 地基回弹宜采用

水准仪与悬挂钢尺相配合的观测方法。



视准线法: $BB' = \beta MB$





1F411010 水利水电工程勘测

六、竣工测量

(二) 开挖竣工测量 (比例尺一般为1: 200)

(五) 测量误差

1. 误差产生的原因

(1) 人的原因;

(2) 仪器的原因;

(3) 外界环境的影响。

2. 误差的分类与处理原则 (2010年考点)

(1) 系统误差: 按一定的规律变化。

(2) 偶然误差: 没有任何规律性。

(3) 粗差: 观测者粗心或者受到干扰造成的错误。



1F411010 水利水电工程勘测

例题：

1.石方开挖工程量测算时，独立两次对同一工程量测算体积之差，在小于该体积的（ ）%时，可取中数作为最后值。

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 6

答案：C



1F411010 水利水电工程勘测

例题：

2.关于水利工程施工期间外部变形监测的说法，正确的是
()。

- A. 监测控制点的精度应不低于四等网的标准 ✓
- B. 基点必须建立在~~变形区~~以内稳固的基岩上
- C. 测点应与变形件牢固结合。 ✓
- D. 滑坡测点宜设在滑动量小的~~部位~~。
- E. 山体裂缝观测点应埋设在裂缝两侧。 ✓

答案：ACE





1F411010 水利水电工程勘测

1F411013 水利水电工程地质与水文地质条件分析

一、地质构造与地震

地质构造按构造形态：倾斜、褶皱、断裂三种。断裂分为劈理、节理、断层主类。（2019考点）

地震分为：天然地震、人工地震。天然地震：构造、火山、陷落；人工：爆破、陨石坠落、水库蓄水等。



1F411010 水利水电工程勘测

二、边坡的工程地质条件分析

1. 边坡变形破坏的类型和特征

有松弛张裂、蠕变、崩塌、滑坡四种类型。另外泥石流也是一种边坡破坏的类型。 (2020考点)

滑坡：是指边坡岩（土）体主要在重力作用下沿贯通的剪切破坏面发生滑动破坏的现象，称为滑坡。分布最广、危害最大。

1F411010 水利水电工程勘测





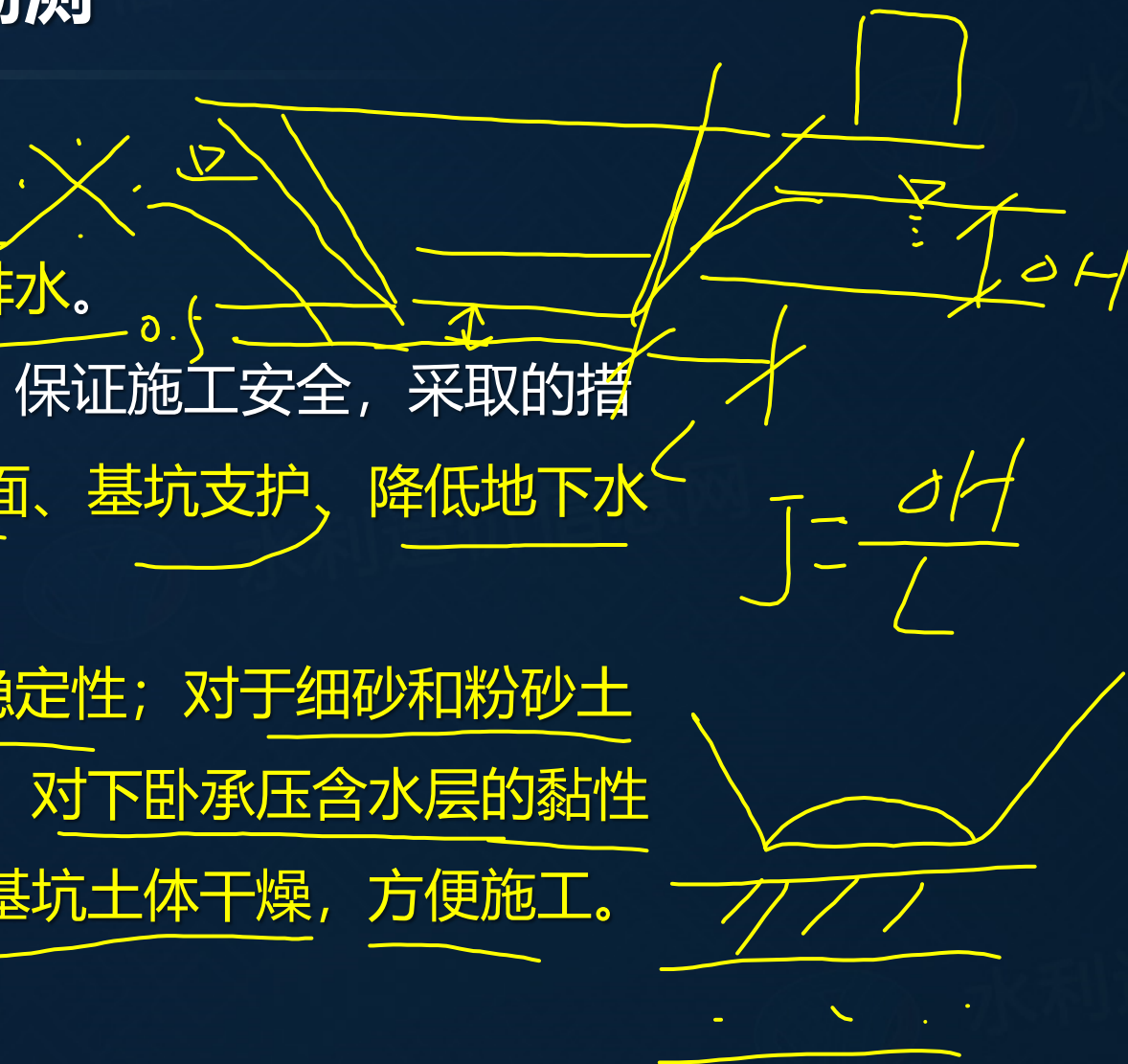
1F411010 水利水电工程勘测

三、土质基坑工程地质问题分析

1.地质问题：边坡稳定和基坑降排水。

2.基坑施工中，为防止边坡失稳，保证施工安全，采取的措施有：设置合理坡度、设置边坡护面、基坑支护、降低地下水位等。（2014、2021案例）

3.降排水的目的有：增加边坡的稳定性；对于细砂和粉砂土层的边坡，防止流砂和管涌的发生；对下卧承压含水层的黏性土基坑，防止基坑底部隆起；保持基坑土体干燥，方便施工。（2010案例）





1F411010 水利水电工程勘测

4. 降排水途径：明排法和人工降水。其中，人工降水经常采用轻型井点或管井井点降水方式。（2015案例）

（1）明排法的适用条件：

不易产生流砂、流土、潜蚀、管涌、淘空、塌陷等现象
的黏性土、砂土、碎石土的地层；

基坑地下水位超出基础底板或洞底标高不大于2.0m。



1F411010 水利水电工程勘测

(2) 轻型井点降水的适用条件:

黏土、粉质黏土、粉土的地层;

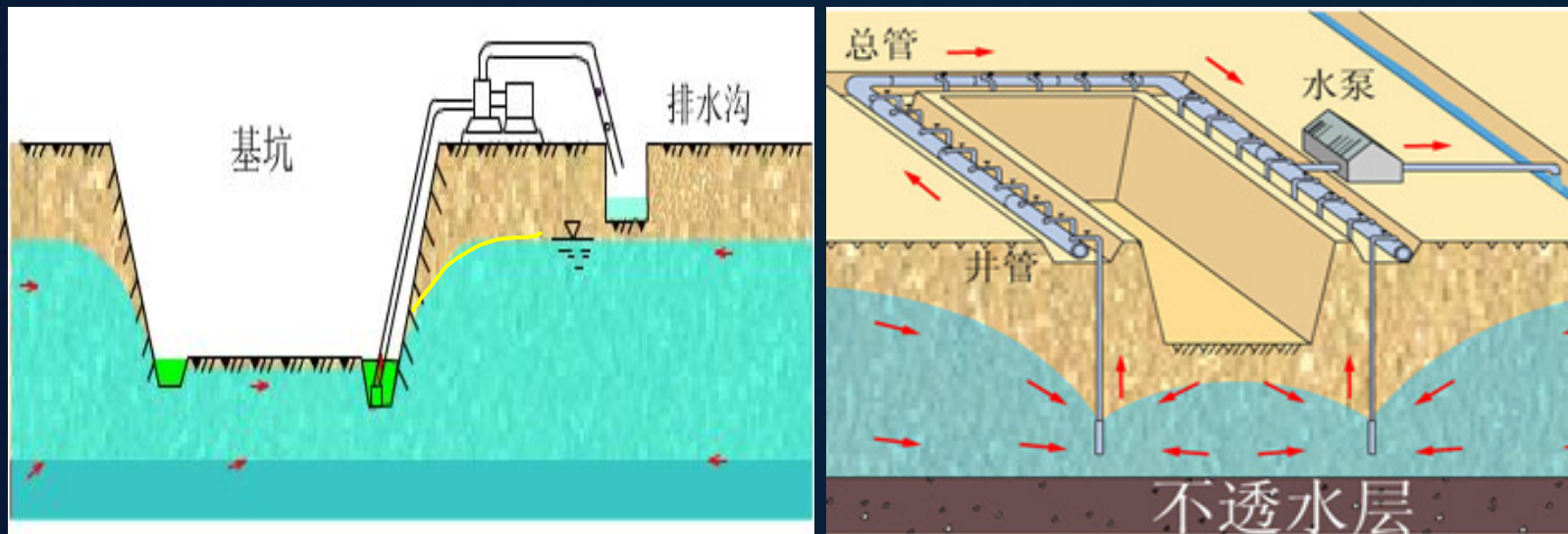
基坑边坡不稳, 易产生流土、流砂、管涌等现象;

地下水位埋藏小于6.0m, 宜用单级真空点井; 当大于6.0m时, 场地条件有限宜用喷射点井、接力点井; 场地条件允许宜用多级点井。

(3) 管井降水适用条件 (2013考点)

第四系含水层厚度大于5.0m; 含水层渗透系数 k 宜大于1.0m/d。 (2010、2021案例)

1F411010 水利水电工程勘测





1F411010 水利水电工程勘测

例题：

1.在野外常见的边坡变形破坏类型中，边坡岩体主要在重力作用下向临空方向发生长期缓慢的塑性变形现象，称为（ ）。

- A. 松弛张裂
- B. 滑坡
- C. 崩塌
- D. 蠕动变形

答案：D



1F411010 水利水电工程勘测

案例：背景资料

某平原区枢纽工程建筑物地基地层结构从上至下依次为
淤泥质黏土、中粉质壤土、重粉质壤土、粉细砂、中粗砂
等，其中粉细砂和中粗砂层为承压含水层，承压水位高于
建筑物底板高程。建筑物基础采用换填水泥土处理。施工
单位计划在基坑四周布置单排真空井点进行基坑降水。



问题：基坑降水方案是否可行，为什么？你认为合适的降水方案是什么？



1F411010 水利水电工程勘测

答案：不可行。因为粉细砂和中粗砂层渗透系数较大，地基承压含水层水头较高（承压水位高于建筑物底板高程），因此不宜采用单排真空井点降水。宜采用管井降水。



1F411020 水利水电工程设计

1F411021 水利水电工程等级划分及工程特征水位

一、水利水电工程等别划分

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252—2017）的规定，水利水电工程的等别根据其工程规模、效益和在经济社会中的重要性，划分为五等。



水利水电工程分等指标 (2016、2017、2018案例)

工程 等 别	工程 规模	水库 总库容 /10 ⁸ m ³	防 洪			治涝	灌溉	供水		发电
			保护人口 /10 ⁴ 人	保护农田 /10 ⁴ 亩	保护区当 量经济规 模/10 ⁴ 人	治涝面 积 /10 ⁴ 亩	灌溉面积 /10 ⁴ 亩	供水对象 重要性	年引水量 /10 ⁸ m ³	装机容量 /MW
I	大 (1) 型	≥10	≥150	≥500	≥300	≥200	≥150	特别重要	≥10	≥1200
II	大 (2) 型	<10, ≥1.0	<150, ≥50	<500, ≥100	<300, ≥100	<200, ≥60	<150, ≥50	重 要	<10, ≥3	<1200, ≥300
III	中 型	<1.0, ≥0.10	<50, ≥20	<100, ≥30	<100, ≥40	<60, ≥15	<50, ≥5	比较重要	<3, ≥1	<300, ≥50
IV	小 (1) 型	<0.1, ≥0.01	<20, ≥5	<30, ≥5	<40, ≥10	<15, ≥3	<5, ≥0.5	一 般	<1, ≥0.3	<50, ≥10
V	小 (2) 型	<0.01, ≥0.001	<5	<5	<10	<3	<0.5		<0.3	<10

注：就高不就低。如：按防洪是 I 等，按发电是 II 等，则该工程的等别是 I 等。



1F411020 水利水电工程设计

二、水工建筑物级别划分

1.永久性水工建筑物级别

1) 水库及水电站工程的永久性水工建筑物级别

根据所在工程的等别和永久性水工建筑物的重要性划分为五级。2021考点, 2014、2015、2018案例

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			



1F411020 水利水电工程勘测

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

注：水库大坝按上述规定为2级、3级的永久性水工建筑物，如坝高超过表中指标，其级别可提高一级，但洪水指标可不提高。

水库工程中最大高度超过200m的大坝建筑物，级别应为1级。

2) 拦河闸永久性水工建筑物级别

按上述规定为2级、3级的永久性水工建筑物。当校核洪水过闸流量分别大于5000m³/s、1000m³/s时，建筑物级别提高一级。



1F411020 水利水电工程设计

2.堤防工程级别 (2014考点)

堤防工程的级别应根据保护对象的防洪标准确定。

防洪标准 【重现期 (年)】	≥ 100	$< 100,$ 且 ≥ 50	$< 50,$ 且 ≥ 30	$< 30,$ 且 ≥ 20	$< 20,$ 且 ≥ 10
堤防工程级别	1	2	3	4	5

注：分洪道、分洪与退洪水闸永久建筑物级别，不低于堤防级别。比如堤防为2级，分洪水闸低于2级时按2级设计，水闸是1级时按1级设计。



1F411020 水利水电工程设计

3.临时性水工建筑物级别

1) 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确定。2017、2020考点

2) 当临时性水工建筑物同时分属于不同级别时，其级别应按照其中最高级别确定。对于3级临时性水工建筑物，符合该级别规定的指标不得少于两项。



1F411020 水利水电工程设计

临时性水工建筑物级别2014、2015、2019案例考点 (124,345)

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1级永久性水工建筑物	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,造成重大的灾害和损失	> 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、交通干线或推迟总工期及第一台(批)机组发电,造成较大经济损失	3~1.5 (包括该数字)	50~15	1.0~0.1
5	3、4级永久性水工建筑物	淹没坑基,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	< 0.1

1F411020 水利水电工程设计

三、水利水电工程洪水标准

1.一般规定

(1) 洪水标准，分为设计洪水标准和校核洪水标准两种情况。

(2) 水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准，应按山区、丘陵区和平原、滨海区两类分别确定。

工程地区	挡水高度	水位差	洪水标准
山区、丘陵	低于15m	小于10m	平原、滨海
平原、滨海	高于15m	大于10m	山区、丘陵

1F411020 水利水电工程设计

3.临时性水工建筑物

应根据建筑物的**结构类型**和**级别**，合理选用。对失事后果严重的，应考虑遇超标准洪水的应急措施。

(2011年考点、2015、2019案例)

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、浆砌石结构	20~10	10~5	5~3



1F411020 水利水电工程设计

4. 水库大坝施工期（度汛）洪水标准 **2018考点, 2019案例**

坝型	拦洪库容 (10^8 m^3)			
	≥ 10	$< 10, \geq 1.0$	$< 1.0, \geq 0.1$	< 0.1
土石坝 [重现期(年)]	≥ 200	$200 \sim 100$	$100 \sim 50$	$50 \sim 20$
混凝土坝、浆砌石坝 [重现期(年)]	≥ 100	$100 \sim 50$	$50 \sim 20$	$20 \sim 10$



1F411020 水利水电工程设计

四、水利水电工程抗震设防标准

水工建筑物的工程抗震设防类别，应根据其重要性和工程场地基本烈度确定。2014考点

工程抗震设防类别	建筑物级别	场地基本烈度
甲	1 (壅水)	≥6
乙	1 (非壅水) , 2 (壅水)	
丙	2 (非壅水) , 3	≥7
丁	4、5	

注：1. 一般采用基本烈度作为设计烈度。

2. 为甲类的水工建筑物，可根据其遭受强震影响的危害性，在基本烈度基础上提高1度作为设计烈度。



1F411020 水利水电工程设计

五、水库特征水位及水库特征库容

(一) 水库特征水位

1. 校核洪水位。水库遇大坝的校核洪水时（非常运用），在坝前达到的最高水位。确定大坝顶高程及进行大坝安全校核的主要依据。

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。挡水建筑物稳定计算的主要依据。



1F411020 水利水电工程设计

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。只有水库承担下游防洪任务时，才需确定这一水位。

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。



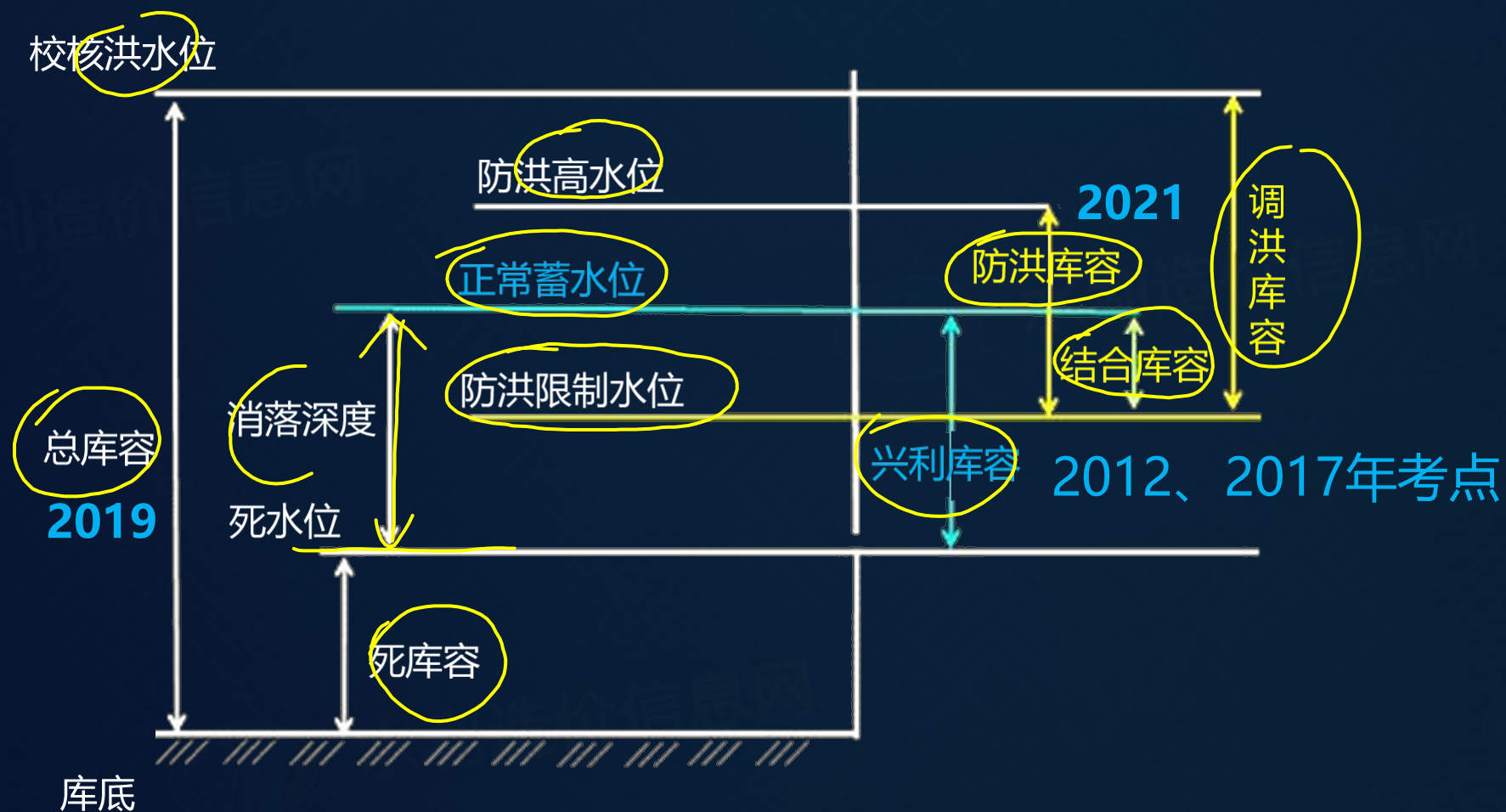
1F411020 水利水电工程设计

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。是水库最重要的一项特征参数，
也是挡水建筑物稳定计算的主要依据。

6. **死水位** (设计低水位)。水库在正常运用的情况下，允
许消落到的最低水位。

1F411020 水利水电工程设计

(二) 水库特征库容





1F411020 水利水电工程设计

例题：水库在非常运用校核情况下允许临时达到的
最高洪水位称为（ ）。

- A. 校核洪水位
- B. 设计洪水位
- C. 防洪高水位
- D. 防洪限制水位

答案：A



1F411020 水利水电工程设计

例题：水利水电工程中工程等别应根据（ ）确定。

- A. 效益 ✓
- B. 失事造成的后果
- C. 作用
- D. 在经济社会中的重要性 ✓
- E. 工程规模 ✓

答案：ADE



1F411020 水利水电工程设计

中 1-0.1

案例：某水库枢纽工程有主坝、副坝、溢洪道、电站及灌溉引水隧洞等建筑物组成，水库总库容 $5.84 \times 10^8 \text{m}^3$ ，电站装机容量6.0MW，主坝为粘土心墙土石坝最大坝高90.3米，灌溉引水洞引水流量 $45 \text{m}^3/\text{s}$ ，溢洪道控制段共5孔，每孔净宽15米。

太(2) → II

2 → 1 2

问题：指出本水库枢纽工程的等别？大坝、电站主要建筑物和临时建筑物的级别？

解答：工程等别II等，大坝为1级，电站主要建筑物为2级，临时建筑物4级。

1 2 4

1F411020 水利水电工程设计

1F411022 水利水电工程合理使用年限及耐久性

一、工程合理使用年限

在正常运行使用和规定的维修条件下，能按设计功能安全使用
的最低要求年限。

工程等别	工程类别					
	水库	防洪	治涝	灌溉	供水	发电
I	150	100	50	50	100	100
II	100	50	50	50	100	100
III	50	50	50	50	50	50
IV	50	30	30	30	30	30
V	50	30	30	30	30	30



永久水工建筑物合理使用年限 (2019、2020考点)

建筑物类别	建筑物级别				
	1	2	3	4	5
水库壅水建筑物	150	100	50	50	50
水库泄洪建筑物	150	100	50	50	50
输水建筑物	100	100	50	30	30
发电建筑物	100	100	50	30	30
防洪、供水水闸	100	100	50	30	30
供水泵站	100	100	50	30	30
堤防	100	50	50	30	20
灌排建筑物	50	50	50	30	20
灌溉渠道	50	50	50	30	20

注：1级、2级永久建筑物中闸门合理使用年限为50年，其他永久建筑物中闸门为30年。2018考点



1F411020 水利水电工程设计

二、耐久性设计要求

建筑物在合理使用年限内保持其适用性和安全性的能力。

2020考点

2.混凝土保护层厚度的要求

混凝土保护厚度应满足钢筋防锈、耐火以及与混凝土之间粘结力传递的要求，且混凝土保护层厚度设计值不应小于钢筋的公称直径，同时也不应小于粗集料最大粒径的1.25倍。

4.有关材料要求

水利水电工程材料应根据其所处的环境条件和合理使用年限确定。



1F411020 水利水电工程勘测

大体积混凝土材料应满足下列要求：

- (1)应优先选用中热硅酸盐水泥或发热量较低的硅酸盐水泥。
- (2)碾压混凝土的水胶比应小于0.70。
- (3)基础混凝土强度等级不应低于C15，过流表面混凝土强度等级不应低于C30。



1F411020 水利水电工程设计

例题：环境类别为三类的水闸闸墩混凝土保护层最小厚度为（ ）。

A.30

B.35

C.45

D.55

答案：C



1F411020 水利水电工程设计

解析：合理使用年限为50年的水工结构钢筋的混凝土保护层厚度不应小于下表（单位：mm）

项次	构件类别	环境类别				
		一	二	三	四	五
1	板、墙	20	25	30	45	50
2	梁、柱、墩	30	35	45	55	60
3	截面厚度不小于2.5m的底板及墩墙	—	40	50	60	65

1F411020 水利水电工程设计

1F411023 水工建筑物结构受力状况及主要设计方法

一、水工建筑物的分类

1. 通用性水工建筑物



注意：水利枢纽和水工建筑物的区分

1F411020 水利水电工程设计





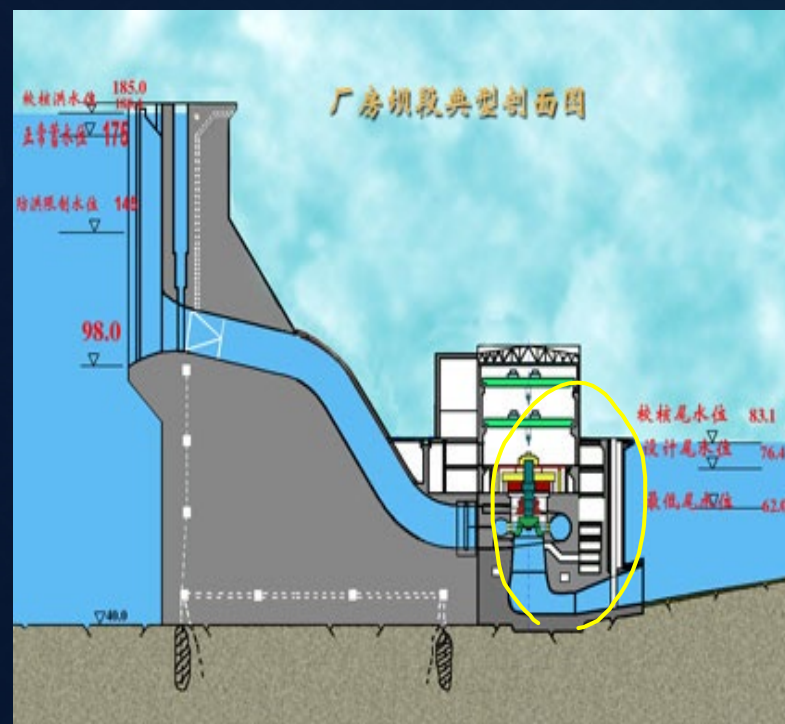
1F411020 水利水电工程设计



河道整治建筑物

1F411020 水利水电工程设计

专门性水工建筑物：水电站建筑物、渠系建筑物、港口水工建筑物、过坝建筑物等。



水电站建筑物



通航建筑物



1F411020 水利水电工程设计

2.按重要性分类

主要建筑物：是指失事后造成下游灾害或严重影响工程效益的水工建筑物。例如：坝、泄水建筑物、输水建筑物及电站厂房等。

次要建筑物：如：失事后不影响主要建筑物和设备运行的挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等。

1F411020 水利水电工程设计

3.按使用时间分类
分为永久性建筑物和
临时性建筑物。





1F411020 水利水电工程设计

例题：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称为（ ）。

- A. 泄水建筑物
- B. 输水建筑物
- C. 整治建筑物
- D. 取水建筑物

答案：C



1F411020 水利水电工程设计

二、水工建筑物结构荷载

1. 永久作用荷载。
2. 可变作用荷载。与水、风、雪等（周期性有规律变化）
3. 偶然作用荷载。地震作用、校核洪水位

四、水工建筑物结构设计的基本方法

1. 单一安全系数法

大于1.0的系数，是建筑物、结构或构件的安全储备的指标。

2. 分项系数极限状态设计法

分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两类。

1F411020 水利水电工程设计

五、典型水工建筑物结构受力分析

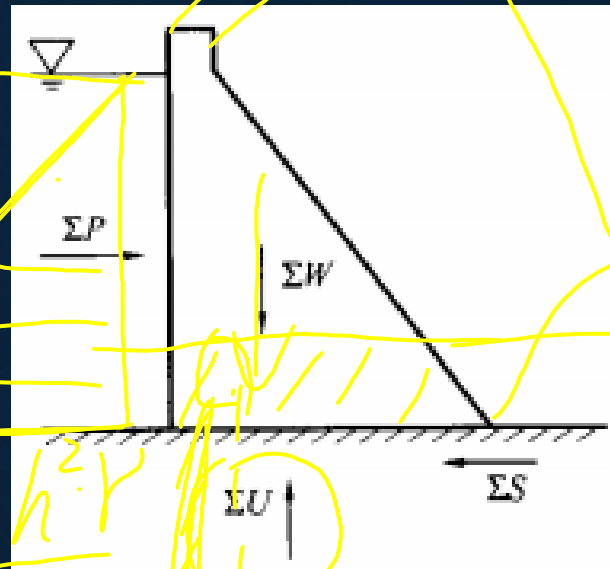
1. 自重
2. 静水压力
3. 扬压力 (浮托力、渗透压力)

六、水工建筑物抗滑稳定分析

$$K = f(\Sigma W - U) / \Sigma P$$

式中 K ——抗滑稳定安全系数;

f ——接触面间的摩擦系数。



ΣP —水压力; ΣW —自重;
 ΣU —扬压力; ΣS —摩擦力

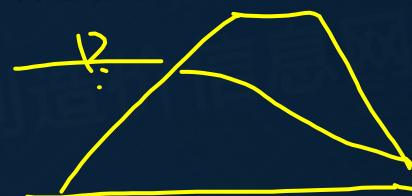
2021考点, 2019案例



1F411020 水利水电工程设计

七、水工建筑物应力分析

重力坝应力分析的方法可归纳为理论分析法和模型试验两大类。拱坝应力分析的方法有理论分析法、结构模型试验和原型观测三类



八、渗流分析

内容：确定渗透压力；确定渗透坡降（或流速）；确定渗流量。对土石坝，还应确定浸润线的位置。（2013、2015考点）

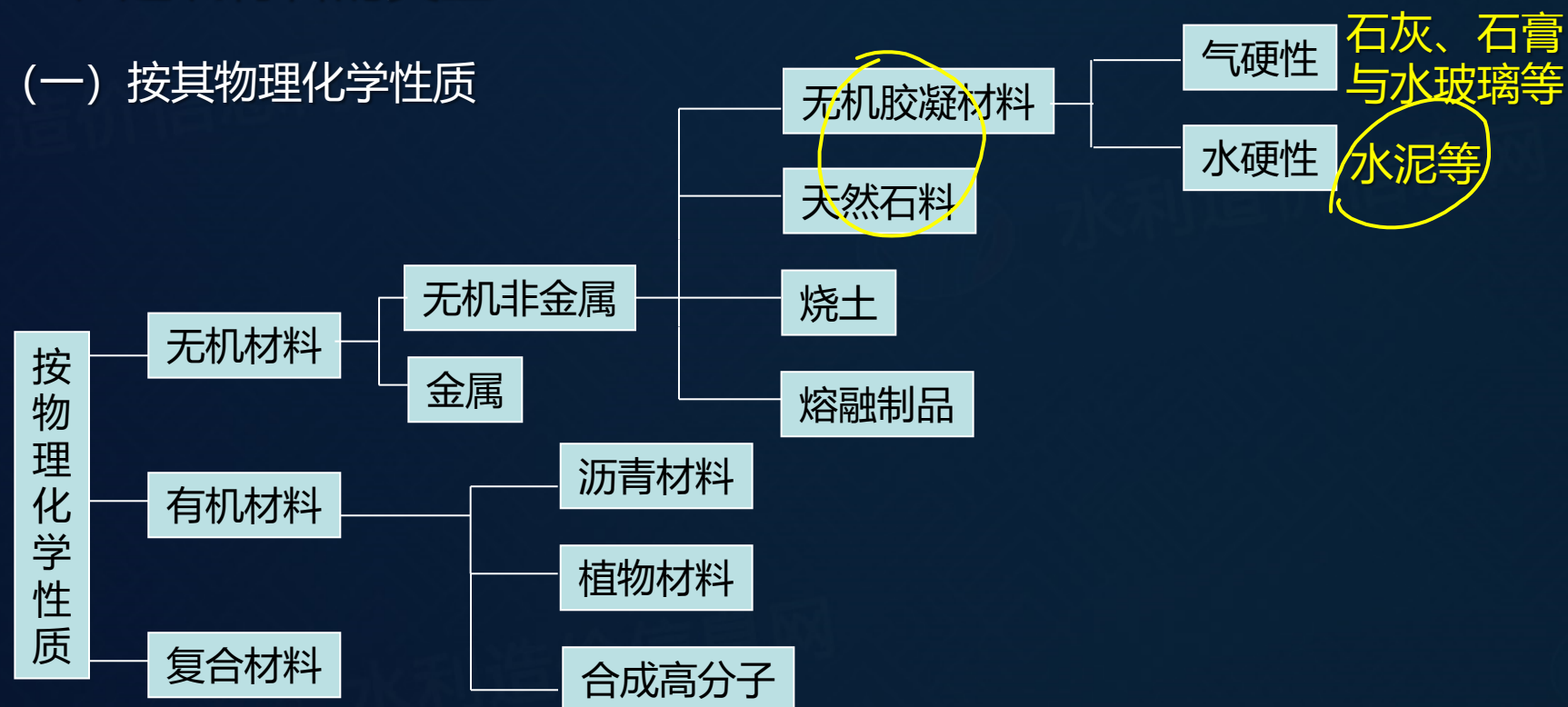


1F411020 水利水电工程设计

1F411024 水利水电工程建筑材料的应用

一、建筑材料的类型

(一) 按其物理化学性质



1F411020 水利水电工程设计

二、建筑材料的应用条件

(二) 土工合成材料

包括土工织物、土工膜、土工复合材料、土工特殊材料四大类。土工合成材料在水利水电工程中的应用包括：

1. 防渗。土工膜或复合土工膜，土坝等工程的防渗。
2. 反滤、排水。
3. 防护工程。
4. 加筋土工程。提高土地稳定性，如土工格栅、织物、格室等。





1F411020 水利水电工程设计

(三) 建筑石材 (耐水性、抗冻性、耐久性)

1. 火成岩：闪长岩、辉长岩 (良好的水工建筑石料)
2. 水成岩：石灰岩、砂岩 (不宜水中建筑物)
3. 变质岩：片麻岩、大理岩、石英岩



1F411020 水利水电工程设计

(四) 水泥

1. 水泥的品种及主要性能

通用水泥（6种硅酸盐水泥）：初凝时间不得早于45min，终凝时间不得迟于600min；

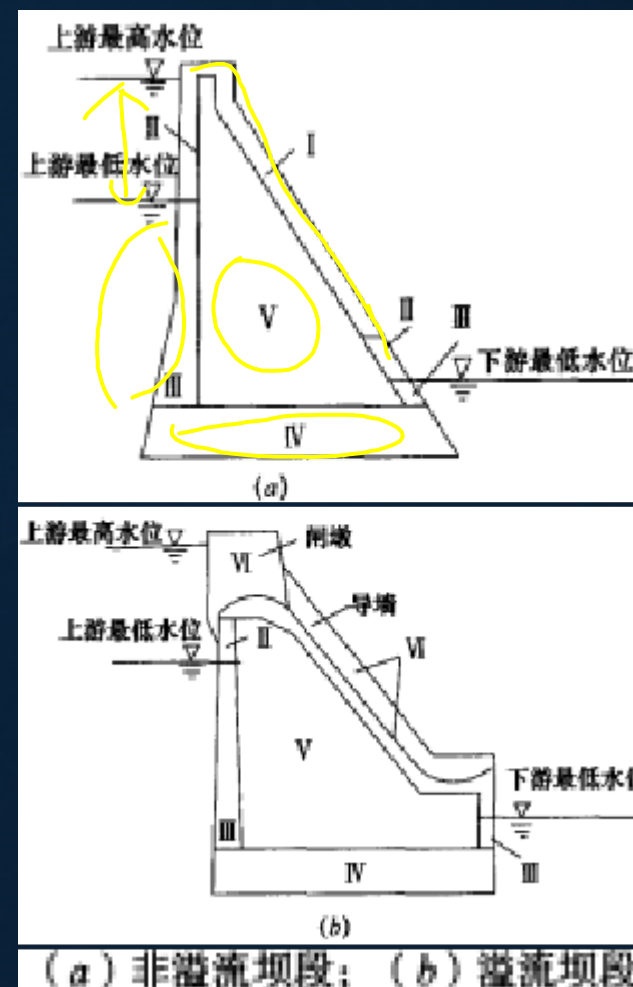
专用水泥：如中、低热水泥，大坝水泥，道路水泥等；

特性水泥：如快硬硅酸盐水泥、抗硫酸盐水泥、膨胀水泥等。

1F411020 水利水电工程设计

2. 水泥的适应范围 (2012考点)

部 位	优先使用	注意事项
水位变化区、溢流面	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、硅酸盐大坝水泥	避免采用火山灰质硅酸盐水泥。
有抗冻要求		掺用引气剂或塑化剂
大体积建筑物内部	矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐大坝水泥，满足低热
水中和地下部位		/





1F411020 水利水电工程设计

3. 水泥检验的要求

有生产厂家的出厂质量证明书（包括厂名、品种、强度等级、出厂日期、抗压强度、安定性等代表该产品质量的内容）以及28d强度证明书。

下列情况须按复试结果使用：用于承重结构，无出厂证明；存储超过3个月（快硬水泥1个月）；对厂名等不明或对质量有怀疑；进口水泥。2017考点

1F411020 水利水电工程设计

(五) 水泥砂浆

1. 流动性：常用沉入度表示。沉入度大的砂浆，流动性好。

2. 保水性（2015考点）：用泌水率表示。工程上采用分层度。用上下层砂浆沉入度的差值来表示。分层度大于2cm的砂浆易泌水，不宜使用，分层度以1~2cm为宜。





1F411020 水利水电工程设计

(六) 水泥混凝土 ~~✕~~

质量指标有：和易性、强度及耐久性。（2014考点）

1. 和易性

包括流动性、黏聚性、保水性三个方面。

影响和易性因素：水泥浆的用量、水泥浆的稠度、砂率、

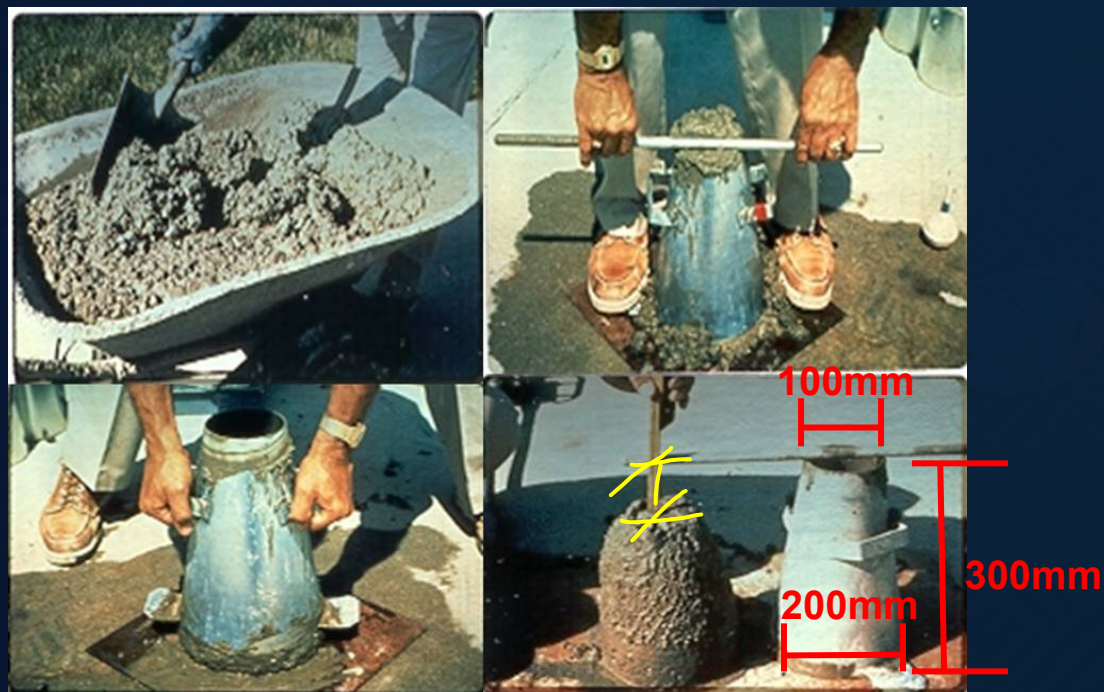
水泥的品种、水泥细度、外加剂的掺入、时间和温度等。坍

落度的大小反映了混凝土拌合物的和易性。



1F411020 水利水电工程设计

塌落度桶 测定方法





1F411020 水利水电工程设计

2. 混凝土的强度

有抗压、抗拉、抗弯及抗剪强度等。

(1) 混凝土的抗压强度

150×150×150

15cm的标准立方体试件，在标准养护条件（温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度95%以上）下，养护到28d龄期，按照标准的测定方法测定的混凝土立方体试件抗压强度（以MPa计）。

影响混凝土强度的因素有：施工方法、施工质量、水泥强度、水胶比、集料种类及级配、养护条件及龄期等。



1F411020 水利水电工程设计

3. 混凝土的耐久性

混凝土的耐久性包括抗渗性、抗冻性、抗冲磨性、抗侵蚀性、抗碳化性等。

(1) 抗渗等级分为：W2、W4、W6等，即表示混凝土能抵抗0.2、0.4MPa的水压力而不渗水。

(2) 抗冻性：经多次冻融循环作用，抗压强度下降不超过25%，质量损失不超过5%的性能。抗冻等级分为：F50、F100等。

1F411020 水利水电工程设计

4. 水工建筑物不同部位混凝土的要求

I 区，最高水位以上表层：抗冻性要求。

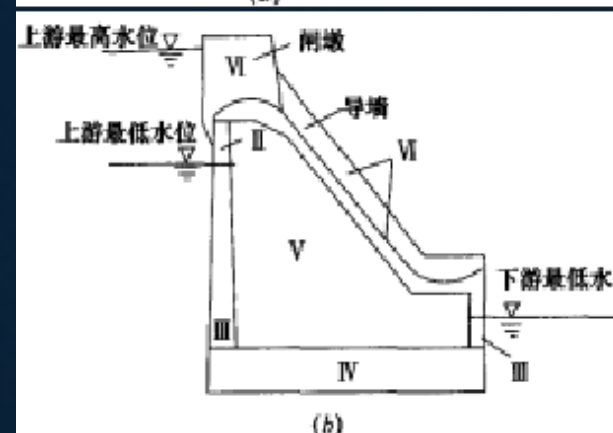
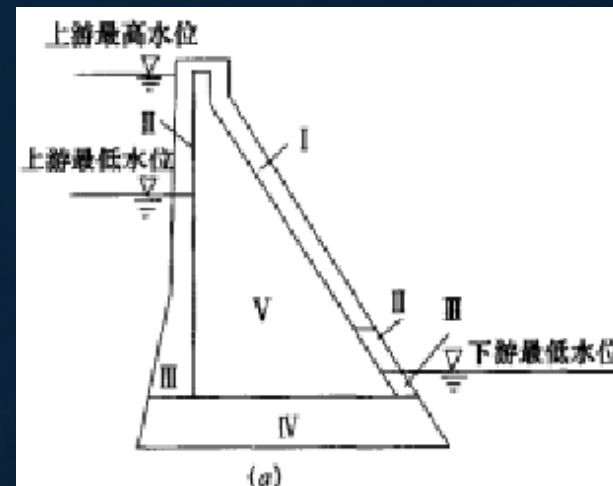
II 区，水位变化表层：除抗冻性要求外，还有强度、抗渗性、抗侵蚀性要求。

III 区，最低水位以下的表层：除对抗渗性、强度要求较高外，对低热、抗侵蚀性也有一定要求。

IV 区，坝基部位：强度和低热要求较高。

V 区，坝体内部：低热、低强度混凝土。

VI 区，水流通过的部位：抗冲磨性、抗侵蚀性和抗冻性要求高。



(a) 非溢流坝段；(b) 溢流坝段



1F411020 水利水电工程设计

5. 混凝土的配合比

常采用的方法有：单位用量表示法、相对用量表示法
(重量比表示) (2010年考点)

混凝土配合比的设计：确定水胶比、砂率、浆骨比。

2016、2018、2019考点

0.6

6. 集料

(1) 细集料：粒径在0.16~5mm之间的集料。按形成条件分为天然砂、人工砂；按细度模数FM分为粗砂

(3.7~3.1)、中砂 (3.0~2.3)、细砂 (2.2~1.6)、特细砂 (1.5~0.7)。(3、2、1)

1F411020 水利水电工程设计

细集料（砂）的质量技术要求

项目	指标	
天然砂中含泥量	$\leq 3\%$	
人工砂中石粉含量	$6\% \sim 18\%$	
坚固性	$\leq 8\%$	
	$\leq 10\%$	
云母含量	$\leq 2\%$	
表观密度 (kg/m^3)	≥ 2550	
轻物质含量	$\leq 1\%$	
硫化物及硫酸盐含量	$\leq 1\%$	
有机质含量	浅于标准色	特细-细-中-粗砂

1F411020 水利水电工程设计

(2) 粗集料：粒径大于5mm的集料。分为四级。常用卵石和碎石作粗集料。

特大石 (150 ~ 80mm或120 ~ 80mm)

大石 (80 ~ 40mm)

中石 (40 ~ 20mm)

小石 (20 ~ 5mm)

粗集料最大粒径：不超钢筋净距2/3、构件断面最小边长1/4、素混凝土板厚1/2。2019考点



碎石

卵石

构件断面最小边

↓
1/4



1F411020 水利水电工程设计

7. 混凝土的外加剂

提高混凝土的性能、节约水泥、加快施工进度、降低工程造价。分为四类：

(1) 改善和易性：减水剂、引气剂、泵送剂等。

(2) 调节凝结时间、硬化性能：速凝剂、早强剂、缓凝剂。

(3) 改善耐久性：引气剂、防水剂、阻锈剂、养护剂等。

(4) 改善混凝土其他性能：膨胀剂、防冻剂、防水剂和泵送剂等。

8. 粉煤灰 (减少水化热) I级、II级、III级。I级粉煤灰细颗粒含量更多。



1F411020 水利水电工程设计

9. 混凝土施工质量控制

(1) 原材料的质量检测和控制。

(2) 拌合混凝土质量的检测和控制。未凝固混凝土质量，强度试件。

(3) 浇筑过程中的混凝土检测和控制。仓面塌落度检测，每班至少2次，检查已浇筑混凝土是否初凝。检测混凝土温度。



1F411020 水利水电工程设计

(4) 硬化混凝土的检测。①物理方法(超声波等)检测裂缝、孔隙和弹模系数等。②钻孔压水，并对芯样进行抗压、抗拉、抗渗等各种试验。③钻孔取样，对芯样加工后进行试验。④埋设仪器(温度计、测缝计等)观测建筑物各种性状的变化。

(5) 混凝土施工质量评定。一般统一以抗压强度为主要指标。施工质量评定的标准主要有两个：一是设计强度是否有足够的保证率；二是强度的均匀性是否良好。



1F411020 水利水电工程设计

(七) 建筑钢材

工程所用的钢筋有热轧光圆钢筋、热轧带肋钢筋、冷拉热轧钢筋、冷轧带肋钢筋、余热处理钢筋及冷轧扭钢筋、钢丝等。

1F411020 水利水电工程设计

1. 钢筋的应力—应变曲线

2014考点

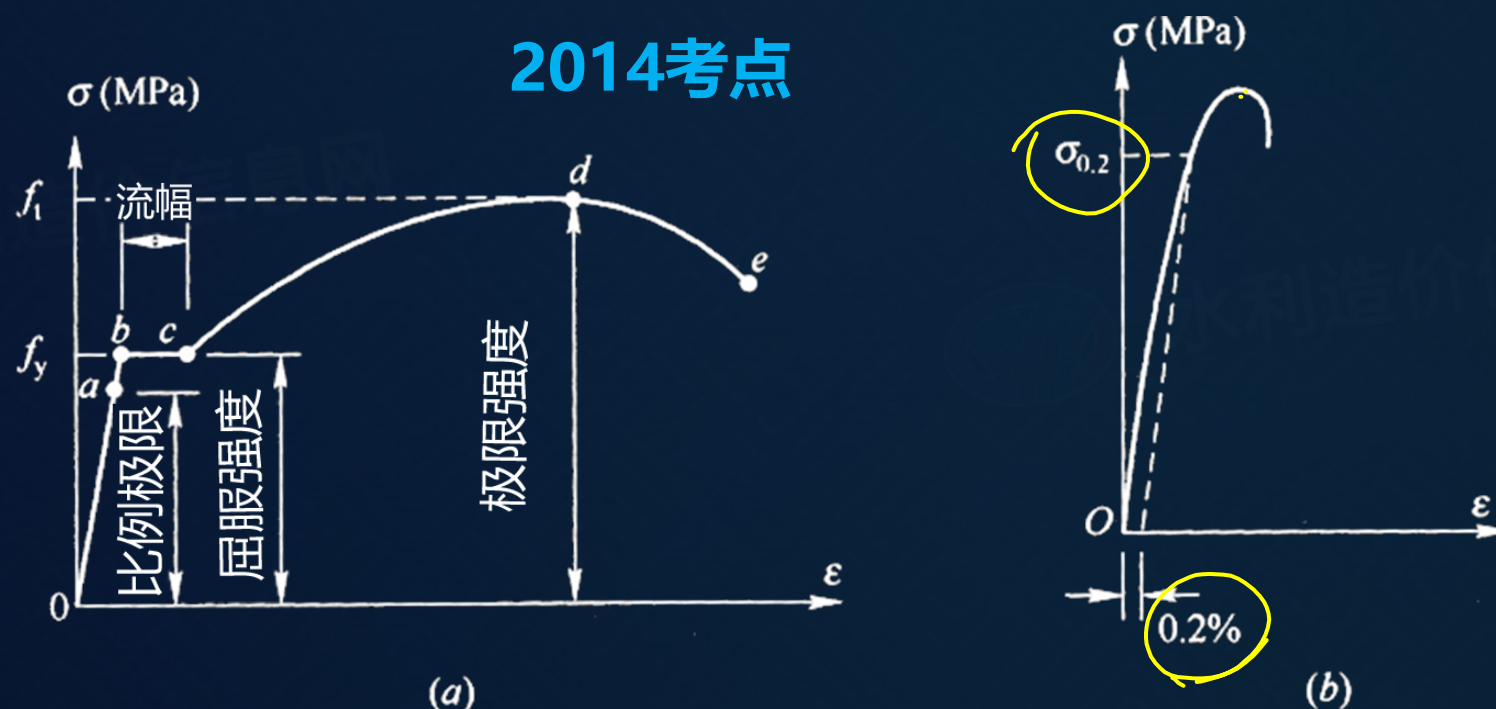


图 1F411026 钢筋的应力—应变曲线

(a) 有物理屈服点钢筋的 σ - ϵ 图； (b) 无物理屈服点钢筋的 σ - ϵ 图



1F411020 水利水电工程设计

2. 钢筋的强度和变形指标

屈服强度、极限强度、伸长率和冷弯性能是有物理屈服点钢筋进行质量检验的四项主要指标，而对无物理屈服点的钢筋则只测定后三项。

钢材的力学性能主要有抗拉性能（抗拉屈服强度、抗拉极限强度、伸长率）、硬度和冲击韧性等；工艺性能有焊接性能及冷弯性能。

3. 钢筋检验

运入加工现场的钢筋，必须具有出厂质量证明书或试验报告单，每捆（盘）钢筋均应挂上标牌，标牌上应注有厂标、钢号、产品批号、规格、尺寸等项目。



1F411020 水利水电工程设计

外观质量：分批检查裂缝等，并应测量钢筋的直径。

以60t同一炉（批）号、同一规格尺寸的钢筋为一批。随机选取2根外部质量合格的钢筋，各截取一个抗拉试件和一个冷弯试件进行检验，不得在同一根钢筋上取两个或两个以上同用途的试件。钢筋取样时，钢筋端部要先截去500mm再取试样。检验时抽取的试件不得少于6组。

三、绿色建材

可循环可利用建材、高强度高耐久建材、绿色部品部件、绿色装饰装修材料、节水节能建材等。



1F411020 水利水电工程设计

四、水工纤维混凝土（《水工纤维混凝土应用技术规范》
SL/T805—2020）（钢纤维或合成纤维）

1.水工纤维混凝土拌合（宜采用无碱速凝剂）

宜采用强制式拌合机，先干拌后湿拌，延长拌合时间。一
次拌合量不大于拌合设备额定量的80%。纤维称量偏差 $\pm 1\%$ 。

2.水工纤维混凝土浇筑与养护

采用喷射工艺时，应采用湿喷法。宜延长养护时间。



1F411020 水利水电工程设计

3. 水工纤维混凝土质量检验

(1) 原材料质量检验。用于同一工程的同品种、同规格钢纤维，应按每20t（合成纤维10t）为一个检验批，不足20t按一个检验批计。钢纤维抽检项目应包括：纤维外观、尺寸、抗拉强度、弯折性能和杂质含量。合成纤维：纤维外观、尺寸、断裂强度、初始模量、断裂伸长率和耐碱性能。

(2) 拌合物及浇筑质量检验

水工纤维混凝土应进行纤维含量检验，应在浇筑地点取样，每班次或每8h检验1次。

(3) 混凝土质量检验

以设计龄期抗压强度为主；以机口取样为主。



1F411020 水利水电工程设计

检验混凝土试件取样数量应符合下列规定：

项目	28d龄期抗压 强度检验	设计龄期抗压 强度检验
结构混凝土	100m ³ 取样一组	200m ³ 取样一组
大体积混凝土	500m ³ 取样一组	1000m ³ 取样一组
喷射混凝土	——	每 50~100m ³ 取样一组
混凝土方量不足以上规定量时， 取样一组		



1F411020 水利水电工程设计

例题：

1. 混凝土立方体抗压强度试件的标准养护温度为（ ）。

A. $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

B. $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$

C. $20^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$

D. $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

答案：A



1F411020 水利水电工程设计

例题：

2.水位变动区域的外部混凝土、溢流面受水流冲刷部位的混凝土，避免采用（ ）。

- A. 普通硅酸盐水泥
- B. 硅酸盐大坝水泥
- C. 抗硫酸盐硅酸盐水泥
- D. 火山灰质硅酸盐水泥

答案：D



1F411020 水利水电工程设计

例题：

3.混凝土细集料粗细程度用（ ）表示。

A.含砂率

B.级配

C.细度模数

D.粒径

答案：C

1F411020 水利水电工程设计

1F411025 水力荷载

一、静水压力

(一) 一般规定

垂直作用于建筑物表面某点的静水压强：

$$p = \gamma h$$

式中 p —计算点处的静水压强 (kN/m^2) ;

h —计算点处的作用水头 (m) , 按计算水位与计算点之间的高差确定。

γ —水的重度 (kN/m^3) , 一般采用 9.81kN/m^3 , 对于多泥砂河流应根据实际情况确定。



1F411020 水利水电工程设计

水深为H时，单位宽度上水平静水压力P按下列计

算：

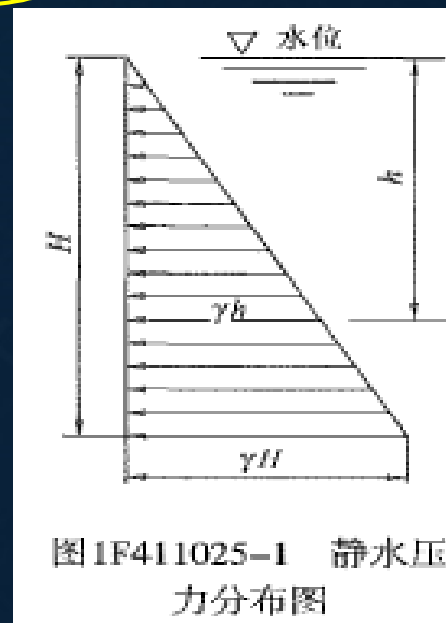
$$P = \frac{1}{2} \gamma H^2$$

式中P—单位宽度作用面上的水平静水压力 (kN) ；

H—水深 (m) ；

γ —水的重度 (kN/m³) ， 一般采用

9.81kN/m³，对于多泥砂河流应根据实际情况确定。





1F411020 水利水电工程设计

二、扬压力（包括渗透压力和浮托力）

扬压力：包括上浮力及渗流压力。上浮力是由坝体下游水深产生的浮托力；渗流压力是在上、下游水位差作用下，产生的向上静水压力。（2018考点）

（三）水闸的扬压力

一般情况下，渗压力可采用改进阻力系数法或流网法计算。

三、动水压力

四、浪压力

五、冰压力

冰压力包括静冰压力和动冰压力。



1F411020 水利水电工程设计

例题：

1. 以下属于水工建筑物可变作用荷载的是（ ）。

A. 结构自重

B. 地应力

C. 预应力

D. 扬压力

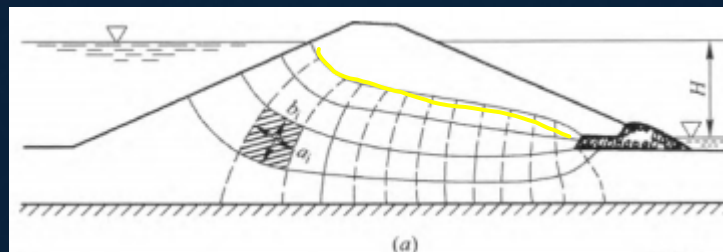
答案：D

1F411020 水利水电工程设计

1F411026 渗流分析

一、土石坝的渗流分析

包括：(2013、2015、2020考点)



① 确定浸润线的位置;

② 确定渗流的主要参数——渗流流速与坡降;

③ 确定渗流量。

$$j = \frac{\Delta H}{L}$$

分析方法：水力学法和流网法



1F411020 水利水电工程设计

二、闸基的渗流分析

计算水闸闸基地下轮廓线各点的渗透压力、渗透坡降、渗透流速及渗流量。

较为常用的方法有直线比例法、流网法和改进阻力系数法。2020考点



1F411020 水利水电工程设计

三、渗透系数

渗透系数是反映土的渗流特性的一个综合指标。

$$k = \frac{QL}{AH}$$

式中Q—实测的流量 (m³/s) ;

A—通过渗流的土样横断面面积 (m²) ;

L—通过渗流的土样高度 (m) ;

H—实测的水头损失 (m)

1F411020 水利水电工程设计

四、渗透变形

1.管涌2017考点

小颗粒沿着粗大颗粒间的孔隙通道移动或被渗流带出。

管涌一般发生在无黏性砂土、砂砾土的下游坡面和地基渗流的逸出处。





1F411020 水利水电工程设计

2.流土 (2013、2014考点)

非黏性土土体内的颗粒群同时发生移动的现象，或者黏性土土体发生隆起、断裂和浮动等现象，都称为流土。主要发生在渗流出口处（此处渗透坡降大）。

3.接触冲刷

当渗流沿着两种渗透系数不同的土层接触面或建筑物与地基的接触面流动时，在接触面处的土壤颗粒被冲动而产生的冲刷现象称为接触冲刷。



1F411020 水利水电工程设计

4.接触流失

在层次分明、渗透系数相差悬殊的两层土中，当渗流垂直于层面时，将渗透系数小的一层中的细颗粒带到渗透系数大的一层中的现象称为接触流失。（小穿大）



1F411020 水利水电工程设计

5.防止渗透变形的工程措施

两大类措施：一类是改善岩土体的结构特性；另一类是截断岩（土）体中的渗透水流或减小岩（土）体中渗透水流渗透比降。

第一类措施通常只用在岩体中。可采用水泥灌浆、化学灌浆、混凝土防渗墙、局部置换等方法。



1F411020 水利水电工程设计

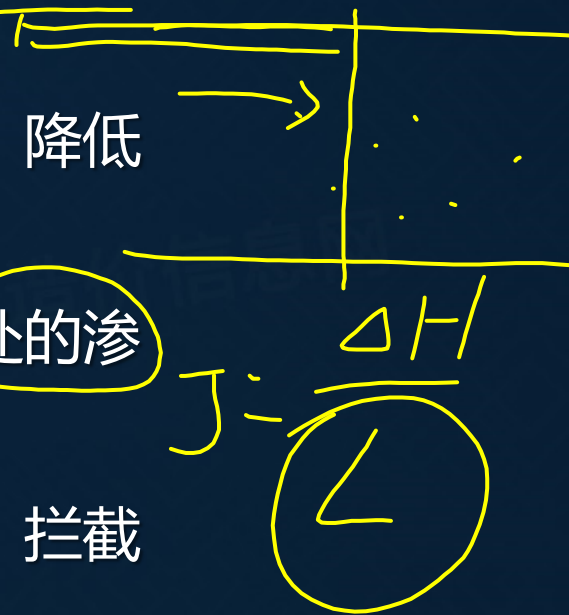
第二类处理措施中，最可靠的方法是在渗透土层中興建防渗墙。

(1) 设置水平与垂直防渗体，增加渗径的长度，降低渗透坡降或截阻渗流。

(2) 设置排水沟或减压井，以降低下游渗流口处的渗透压力，并且有计划地排除渗水。

(3) 对有可能发生管涌的地段，应铺设反滤层，拦截可能被渗流带走的细小颗粒。

(4) 可能产生流土的地段，则应增加渗流出口处的盖重。盖重与保护层之间也应铺设反滤层。



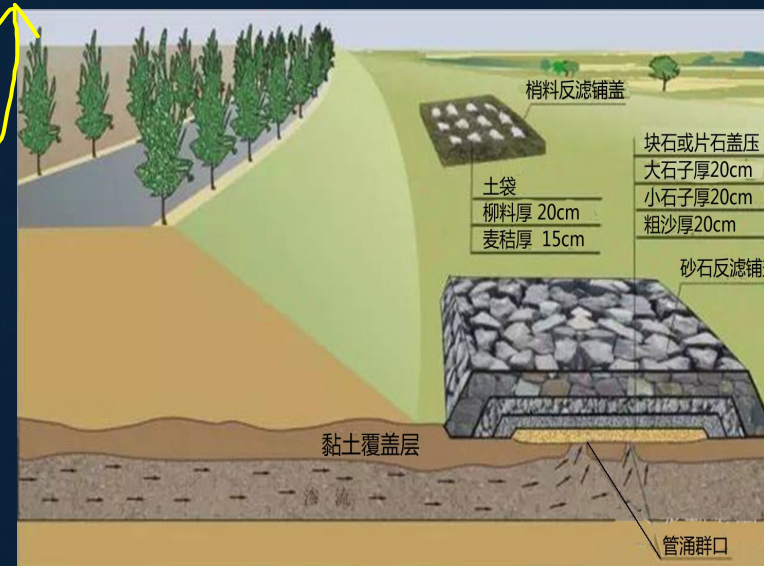
1F411020 水利水电工程设计

6.反滤层和过渡层

作用：滤土排水。反滤层的要求是：

- (1) 相邻两层间，颗粒较小的一层的土体颗粒不能穿过较粗的一层土体颗粒的孔隙；(2) 各层内的土体颗粒不能发生移动，相对要稳定；(3) 被保护土壤的颗粒不能够穿过反滤层；(4) 反滤层不能够被淤塞而失效；

0.5	0
0.6	
0.7	





1F411020 水利水电工程设计

(5) 耐久、稳定，在使用期间不会随着时间的推移和环境的影响而发生性质的变化。

过渡层的作用是避免在刚度相差较大的两种土料之间产生急剧变化的变形和应力。反滤层可以起过渡层的作用，而过渡层却不一定能满足反滤要求。坝的反滤层必须符合下列要求：

- ① 使被保护的土不发生渗透变形；
- ② 渗透性大于被保护土，能通畅地排出渗透水流；
- ③ 不致被细粒土淤塞失效。



1F411020 水利水电工程设计

例题：

渗透变形一般可分为（ ）等类型。

A. 流土 ✓

B. 滑坡

C. 管涌 ✓

D. 接触流失 ✓

E. 接触冲刷 ✓

答案：ACDE



1F411020 水利水电工程设计

1F411027 水流形态及消能方式

一、水流形态

从描述水流的不同角度出发，水流形态主要包括：恒定流与非恒定流、均匀流与非均匀流、层流与紊流、急流与缓流。

1F411020 水利水电工程设计

1. 恒定流与非恒定流

(1) 恒定流。运动要素(时均流速、时均压力、密度等)不随时间而改变。判断方式：某一过水断面不随时间改变。

2020考点

(2) 非恒定流。流场中任何空间上有任何一个运动要素随时间而改变的水流称为非恒定流。

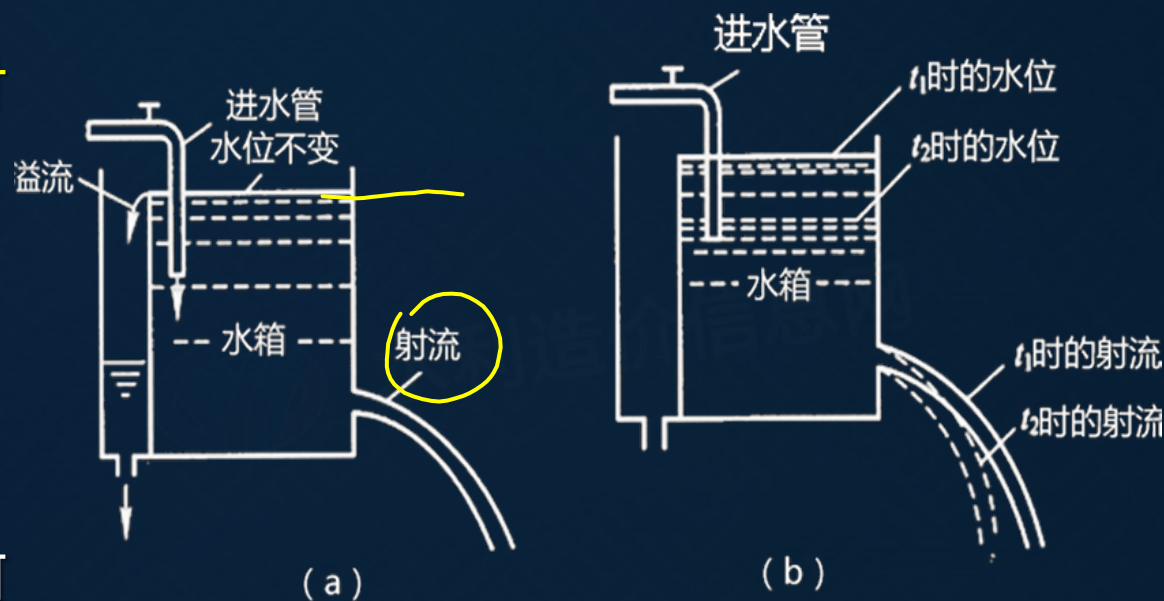


图 1F411029-1 恒定流与非恒定流示意图

(a) 恒定流；(b) 非恒定流



1F411020 水利水电工程设计

2. 均匀流与非均匀流

(1) 均匀流。水流的流线为相互平行的直线。

判断：水面线为一直线，且与渠底坡线平行。

特点：均匀流的过水断面为平面，且过水断面的形状和尺寸沿程不变；各过水断面上的流速分布相同，断面平均流速相等；均匀流在同一过水断面上各点测压管水头为一常数。

(2) 非均匀流。可将非均匀流分为渐变流和急变流两种类型。

V P

1F411020 水利水电工程设计

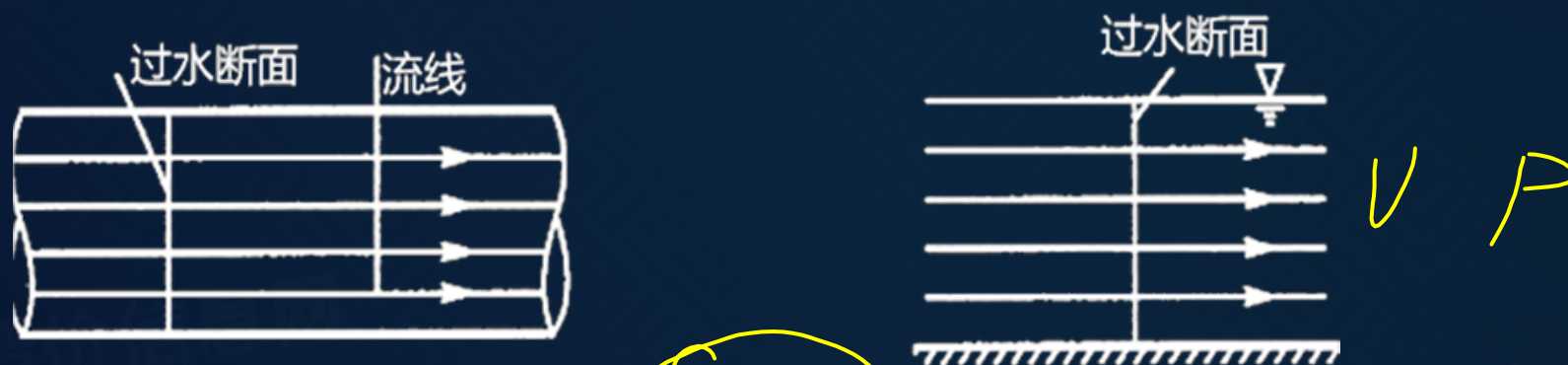


图 1F411029-2 均匀流示意图

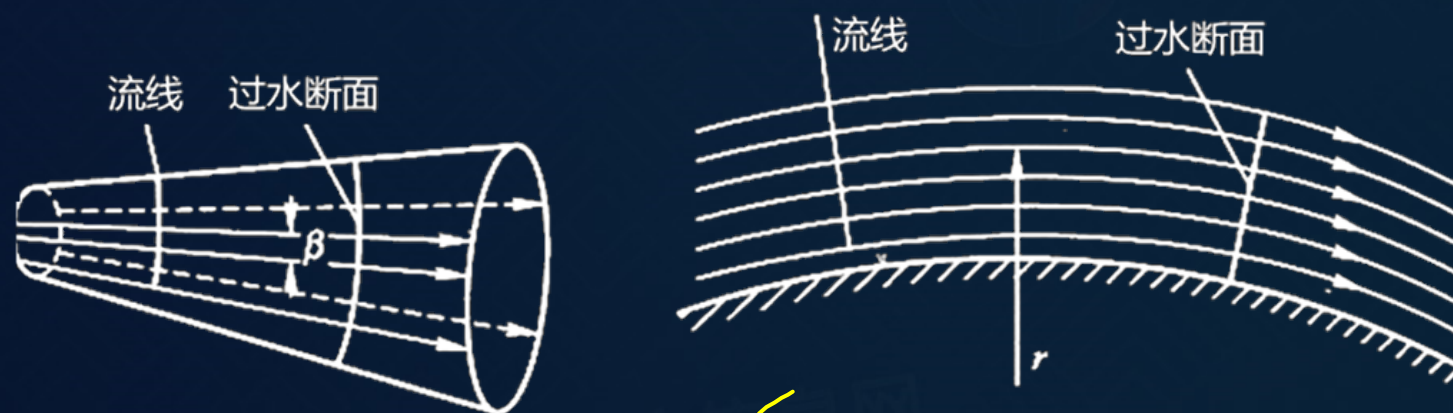


图 1F411029-3 非均匀流示意图

1F411020 水利水电工程设计

3.层流与紊流

(1) 层流：当流速较小，各流层的液体质点有条不紊地运动，互不混掺。

(2) 紊流：最为常见。



图 1F411029-4 层流与紊流示意图

(a) 层流；(b) 紊流

1F411020 水利水电工程设计

4.急流与缓流（流速与干扰波波速对比）

(1) 急流：水深小于临界水深，佛汝德数大于1的水流。

(2) 缓流：水流遇到障碍物时，障碍物对水流的干扰可向上游传播，表现为上游的水位壅高。



图 1F411029-5 急流与缓流示意图

(a) 急流；(b) 缓流

1—障碍物；2—涌浪

1F411020 水利水电工程设计

二、消能与防冲方式

1.底流消能

高流速的主流在底部。多用于低水头、大流量、地质条件较差的泄水建筑物。既适用于坚硬岩基，也适用于较软弱或节理裂隙较为发育的岩基。2018

考点

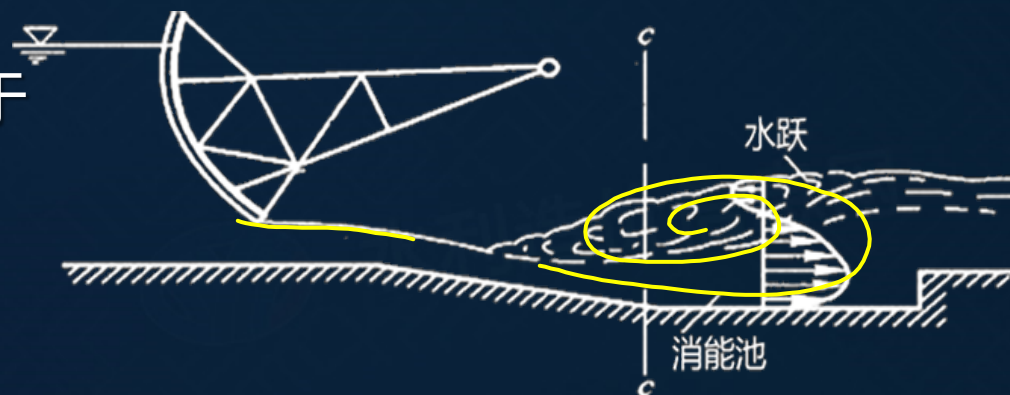


图 1F411029-6 底流消能

1F411020 水利水电工程设计

2.挑流消能

适用于坚硬岩基上的高、中坝。

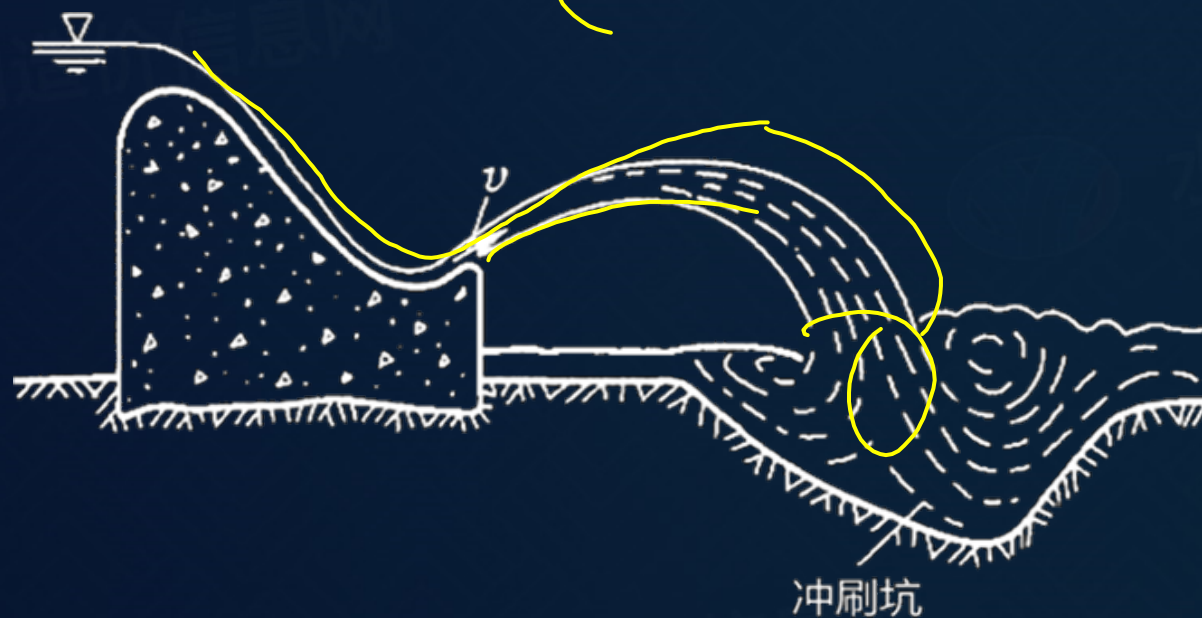


图 1F411029-7 挑流消能

1F411020 水利水电工程设计

3.面流消能

高流速的主流位于表层。适用于中、低水头工程尾水较深，流量变化范围较小，水位变幅较小，或有排冰、漂木要求的情况。一般不需要作护坦。

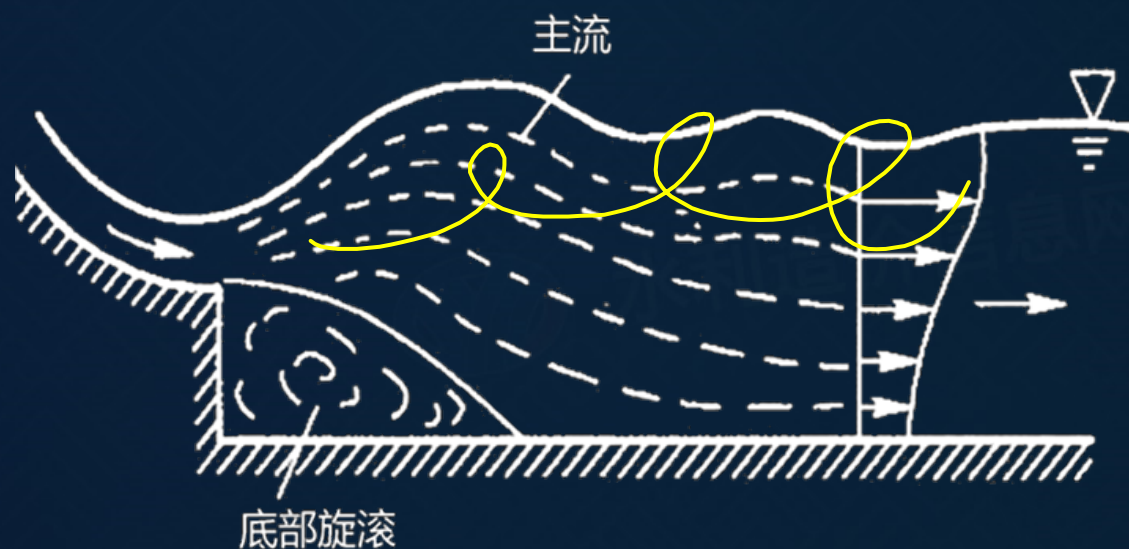


图 1F411029-8 面流消能

1F411020 水利水电工程设计

4.消力戽消能

适用于尾水较深，流量变化范围较小，水位变幅较小，或有排冰、漂木要求的情况。一般不需要作护坦。



图 1F411029-9 消力戽消能

1F411020 水利水电工程设计

5.水垫消能

拱坝泄流采用坝顶泄流或孔口泄流方式时，利用下游水深形成的水垫来消耗水流能量。

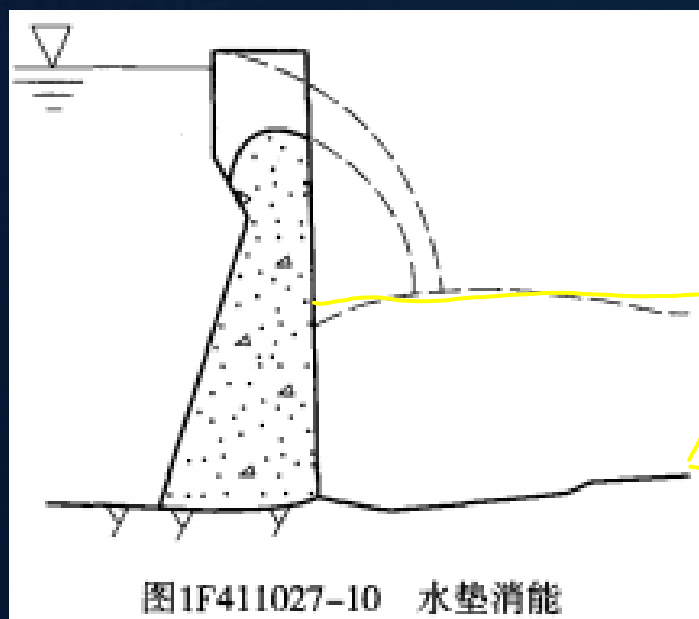


图1F411027-10 水垫消能



1F411020 水利水电工程设计

6.空中对冲消能

在狭窄河谷修建拱坝时，利用拱冠两侧对称设置溢流表孔或泄水孔，使两侧挑射水流在空中形成对冲，消耗能量，称为空中对冲消能。





1F411020 水利水电工程设计

例题：

1.在明渠均匀流中，由于克服阻力，产生沿程水头损失，
()。

- A. 压能、动能、位能均不变 ✓
- B. 压能、动能不变，位能逐渐减小
- C. 压能、位能不变，动能逐渐减小
- D. 压能、位能、动能均逐渐减小

答案：B



1F411020 水利水电工程设计

例题：

2. 低水头、大流量、地质条件较差的泄水建筑物宜
采用（ ）。

- A. 底流消能
- B. 挑流消能
- C. 面流消能
- D. 消力戽消能

答案：A



水利造价信息网

谢谢收看!