

第一天

精神抖擞

1F410000 水利水电工程技术

1F411000 水利水电工程勘测与设计

考试目的

本章主要提出应试者应具备的水利水电工程勘测与设计基础技术知识，包括水利水电工程勘测、设计技术。在学习过程中，要先理解再记忆。

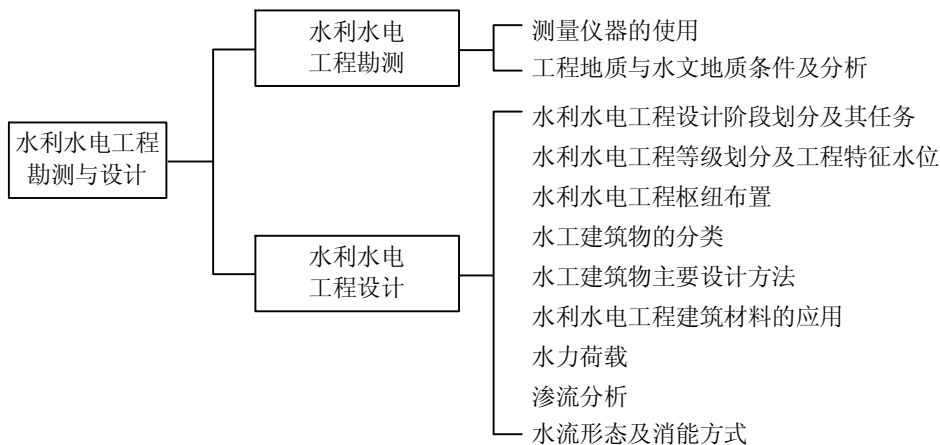
主要考点

| 考点 | 学时数（共计 6 学时） |
|--------------|--------------|
| 水利水电工程勘测（熟悉） | 2 |
| 水利水电工程设计（掌握） | 4 |

考情分析

本章主要出单项选择题和多项选择题，占卷面 3 分左右。

学习导览图



1F411010 水利水电工程勘测（熟悉）（2学时）

1F411011 测量仪器的使用

（一）常用测量仪器及其作用

水利水电工程施工常用的测量仪器有水准仪、经纬仪、电磁波测距仪、全站仪、全球定位系统（GPS）、水准尺。

1. 水准仪分类及作用

水准仪按精度不同，可分为普通水准仪和精密水准仪；按读数原理的不同，可分为光学水准仪与电子水准仪（数字水准仪）；按视准轴调平的原理不同，可分为微倾式水准仪和自动安平式水准仪。国产水准仪按精度分有 DS05、DS1、DS3、DS10 等。工程测量中，一般根据精度要求使用不低于相应标准的水准仪，且应满足相应的视距要求。D、S 分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音第一个字母，数字 3 表示该仪器精度，DS3 即表示每公里往返测量高差中数的偶然中误差为±3mm。

水准仪用于水准测量，水准测量是利用水准仪提供的一条水平视线，借助于带有分划的尺子，测量出两地面点之间的高差，然后根据测得的高差和已知点的高程，推算出另一个点的高程。

2. 经纬仪分类及作用

经纬仪按精度不同可分为 DJ07、DJ1、DJ2、DJ6 和 DJ10 等，D、J 分别为“大地测量”和“经纬仪”的汉语拼音第一个字母，数字 07、1、2、6、10 表示该仪器精度。按读数装置不同可分为两类：测微尺读数装置和单平板玻璃测微器读数装置。

经纬仪是进行角度测量的主要仪器，包括水平角测量和竖直角测量。另外，经纬仪也可用于低精度测量中的视距测量。

3. 电磁波测距仪分类及作用



专家点拨：电磁波测距仪按其所采用的载波可分为：用微波段的无线电波作为载波的微波测距仪、用激光作为载波的激光测距仪、用红外光作为载波的红外测距仪。后两者又统称为光电测距仪。

电磁波测距仪是用电磁波（光波或微波）作为载波传输测距信号，以测量两点间距离的，一般用于小地区控制测量、地形测量、地籍测量和工程测量等。

4. 全站仪及其作用

全站仪是一种集自动测距、测角、计算和数据自动记录及传输功能于一体的自动化、数字化及智能化的三维坐标测量与定位系统。

全站仪的功能是测量水平角、天顶距（竖直角）和斜距，借助于机内固化的软件，可以组成多种测量功能，如可以计算并显示平距、高差以及镜站点的三维坐标，进行偏心测量、悬高测量、对边测量、面积计算等。

5. 全球定位系统（GPS）

全球定位系统（Global Positioning System, GPS）是拥有海、陆、空全方位实时三维导航与定位能力的卫星导航与定位系统。GPS 具有全天候、高精度、自动化、高效率等显著特点。在大地测量、城市和矿山测量、建筑物变形测量、水下地形测量等方面得到广泛的应用。

6. 水准尺

精密水准测量一般指国家一、二等水准测量，国家三、四等水准测量为普通水准测量。

（二）常用测量仪器的使用

1. 水准仪的使用

（1）微倾水准仪的使用步骤包括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。

（2）精密水准仪的操作程序。与一般 DS3 水准仪基本相同，不同之处是精密水准仪是采用光学测微器测出不足一个分格的数值。作业时，先转动微倾螺旋，使望远镜视场左侧的符合水准管气泡两端的影像符合，保证视线水平。再转动测微轮，使十字丝上楔形丝精确地夹住整分划，读取该分划线读数。

（3）自动安平水准仪操作程序：粗平—照准—读数。

（4）数字水准仪操作程序，与自动安平水准仪基本一样，但数字式水准仪能自动观测和记录，并将测量结果以数字的形式显示出来。

2. 经纬仪的使用

经纬仪的使用包括对中、整平、照准和读数四个操作步骤。



考情提醒：经纬仪的使用可能会出多项选择题，一般占卷面 3 分。

(1) 对中和整平

分为用垂球对中及经纬仪整平的方法，以及用光学对中器对中及经纬仪整平的方法。

(2) 照准


1) 目镜调焦：将望远镜对向明亮的背景，转动目镜调焦螺旋，使十字丝清晰。

2) 粗瞄目标：松开望远镜水平、竖直制动螺旋，通过望远镜上的粗瞄器对准目标，然后拧紧制动螺旋。

3) 物镜调焦：转动望远镜物镜调焦螺旋，使目标成像清晰。注意消除视差现象。

4) 准确瞄准目标：转动水平微动及竖直微动螺旋，使十字丝竖丝与目标成像单线平分或双丝夹准，并且使十字丝交点部分对准目标的底部。

(3) 读数

 **专家点拨：**打开反光镜，调整其位置，使读数窗内进光明亮均匀，然后进行读数显微镜调焦，使读数窗内分划清晰，进行读数。电子经纬仪可在屏幕上直接读数。

3. 电磁波测距仪的使用

(1) 测量 A、B 两点的距离 D ，先在 A 点安置经纬仪，对中整平，然后将测距仪安置在经纬仪望远镜的上方。在 B 点安置反射器，瞄准反射器。在需要的位置设置单位、棱镜类型和比例改正开关。

(2) 距离测量。运用键盘除可以实现上述测距外，还可通过输入有关数据计算平距、高差和坐标增量。

4. 全站仪的使用

全站仪放样模式有两个功能，即测定放样点和利用内存中的已知坐标数据设置新点，如果坐标数据未被存入内存，也可从键盘输入坐标。放样步骤如下：

(1) 选择数据采集文件，使其所采集数据存储在文件中。

(2) 选择坐标数据文件，可进行测站坐标数据及后视坐标数据的调用。

(3) 在测站点上架设全站仪，在后视点上架设棱镜，分别对中整平，量取仪器高于棱镜高。

(4) 设置测站点与定向点，操作仪器瞄准棱镜，进行仪器定向需输入仪器高与棱镜高，定向后应测量定向点坐标进行校核并避免相差。

(5) 调用内存中放样坐标或手工输入放样坐标，开始放样。

1F411012 水利水电工程施工测量的要求

(一) 基础知识

1. 高程

地面点到高度起算面的垂直距离称为高程。高度起算面又称高程基准面。某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离，称为该点的绝对高程或海拔，简称高程，用 H 表示。通常采用平均海平面代替大地水准面作为高程基准面。假定一个水准面作为高程基准面，地面点至假定水准面的铅垂距离，

称为相对高程或假定高程。两点高程之差称为高差。

2. 地图的比例尺及比例尺精度

地图上任一线段的长度与地面上相应线段水平距离之比,称为地图的比例尺。常见比例尺表示形式有两种:数字比例尺和图示比例尺。

(二) 施工放样的基本工作


1. 放样数据准备

放样前应根据设计图纸和有关数据及使用的控制点成果,计算放样数据,绘制放样草图,所有数据、草图均应经两人独立计算与校核。

应将施工区域内的平面控制点、高程控制点、轴线点、测站点等测量成果,以及设计图纸中工程部位的各种坐标(桩号)、方位、尺寸等几何数据编制成放样数据手册,供放样人员使用。

现场放样所取得的测量数据,应记录在规定的放样手簿中。

2. 平面位置放样方法的选择

 **专家点拨:** 平面位置放样应根据放样点位的精度要求、现场作业条件和拥有的仪器设备,选择适用的放样方法。平面位置放样的基本方法有直角交会法、极坐标法、角度交会法、距离交会法等几种。

3. 高程放样方法的选择

(1) 高程放样方法的选择,主要根据放样点高程精度要求和现场的作业条件。可分别采用水准测量法、光电测距三角高程法、解析三角高程法和视距法等。

(2) 对于高程放样中误差要求不大于 $\pm 10\text{mm}$ 的部位,应采用水准测量法。

(3) 采用经纬仪代替水准仪进行工程放样时,应注意以下两点:

- 1) 放样点离高程控制点不得大于 50m ;
- 2) 必须用正倒镜置平法读数,并取正倒镜读数的平均值进行计算。

(4) 采用光电测距三角高程测设高程放样控制点时,注意加入地球曲率的改正,并校核相邻点的高程。

4. 仪器、工具的检验

(1) 施工放样使用的仪器,应定期按下列项目进行检验和校正

- 1) 经纬仪的三轴误差、指标差、光学对中误差,以及水准仪的*i*角,应经常检验和校正。
- 2) 光电测距仪的照准误差(相位不均匀误差)、偏调误差(三轴平行性)及加常数、乘常数,一般每年进行一次检验。

(2) 施工放样使用的工具应按下列项目进行检验

- 1) 钢带尺应通过鉴定,建立尺长方程式。
- 2) 水准标尺应测定红黑面常数差和标尺零点差。标尺标称常数差与实测常数差超过 1mm 时,应采用实测常数差;标尺的零点差超过 0.5mm 时,应进行尺底面的修理或在高差中改正。
- 3) 塔尺应检查底面及结合处误差。

4) 垂球应检查垂球尖与吊线是否同轴。

(三) 开挖工程测量

1. 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。



考情提醒：这里可能会出多项选择题，需要加强记忆。

2. 开挖工程细部放样

(1) 开挖工程细部放样，需在实地放出控制开挖轮廓的坡顶点、转角点或坡脚点，并用醒目的标志加以标定。

(2) 开挖工程细部放样方法有极坐标法、测角前方交会法、后方交会法等，但基本的方法主要是极坐标法和前方交会法。直接用后方交会法放样开挖轮廓点的情况很少。采用测角前方交会法，宜用三个交会方向，以“半测回”标定即可。用极坐标法放样开挖轮廓点，测站点必须靠近放样点。

(3) 距离丈量可根据条件和精度要求从下列方法中选择

1) 用钢尺或经过比长的皮尺丈量，以不超过一尺段为宜。在高差较大地区，可丈量斜距加倾斜改正。

2) 用视距法测定，其视距长度不应大于 50m。预裂爆破放样不宜采用视距法。

3) 用视差法测定，端点法线长度不应大于 70m。

4) 细部点的高程放样可采用支线水准，光电测距三角高程或经纬仪置平测高法。

3. 断面测量和工程量计算

(1) 开挖工程动工前，必须实测开挖区的原始断面图或地形图开挖过程中，应定期测量收方断面图或地形图；开挖工程结束后，必须实测竣工断面图或竣工地形图，作为工程量结算的依据。

(2) 断面间距可根据用途、工程部位和地形复杂程度在 5~20m 范围内选择。设计有特殊要求的部位，按设计要求执行。

(3) 断面图和地形图比例尺，可根据用途、工程部位范围大小在 1:200~1:1000 之间选择，主要建筑物的开挖竣工地形图或断面图应选用 1:200；收方图以 1:500 或 1:200 为宜；大范围的土石覆盖层开挖收方可选用 1:1000。


(4) 断面点间距应以能正确反映断面形状，满足面积计算精度要求为原则。一般为图上 1~3cm 施测一点。地形变化处应加密测点。断面宽度应超出开挖边线 3~10m。

(5) 开挖施工过程中，应定期测算开挖完成量和工程剩余量。开挖工程量的结算应以测量收方的成果为依据。开挖工程量的计算中面积计算方法可采用解析法或图解法（求积仪）。

(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。

(四) 立模与填筑放样

1. 立模和填筑放样的内容

 **专家点拨：**立模和填筑放样应包括下列内容：测设各种建筑物的立模或填筑轮廓点；对已架立的模板、预制（埋）件进行形体和位置的检查；测算填筑工程量等。

2. 建筑物的细部放样

混凝土建筑物立模细部轮廓点的放样位置，以距设计线 0.2~0.5m 为宜。土石坝填筑点可按设计位置测设。

3. 建筑物立模放样点的检查

(1) 放样工作开始前，应认真阅读设计图纸，验证设计坐标或其几何尺寸。

(2) 对于放样的轮廓点，必须进行检核，检核方法可根据不同情况而不同。检核结果应记入放样资料中，外业检核以自检为主，放样与检核尽量同时进行。必要时，也可另派小组进行检查。

(3) 选择放样方法时，应考虑检核条件。没有检核条件的方法（如极坐标法、两点前方交会法、三方向后交法等），必须在放样后采用其他方法进行检查。

(4) 建筑物基础块（第一层）轮廓点的放样，必须全部采用相互独立的方法进行检核。

(5) 放样和检核点位之差不应大于 m (m 为轮廓点的测量放样中误差)。

4. 填筑工程量测算

(1) 混凝土浇筑和土石料填筑工程量，必须从实测的断面（或平面）图上计算求得。

(2) 混凝土浇筑块体收方，基础部位应根据基础开挖竣工图计算；基础以上部位，可直接根据水工设计图纸的几何尺寸及实测部位的平均高程进行计算。

(3) 土石料填筑量收方，应根据实测的各种填料分界线，分别计算各类填料方量。

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

(五) 施工期间的外部变形监测

1. 施工期间外部变形监测的内容

(1) 施工区的滑坡观测；高边坡开挖稳定性监测；围堰的水平位移和沉陷观测；临时性的基础沉陷（回弹）和裂缝监测等。

(2) 变形观测的基点，应尽量利用施工控制网中较为稳固可靠的控制点，也可建立独立的、相对的控制点，其精度应不低于四等网的标准。

2. 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。在土质和地质不稳定地区设置基点时，应进行加固处理。基点应尽量靠近变形区，其位置的选择应注意使它们对测点构成有利的作业条件。

2) 工作基点一般应建造具有强制归心的混凝土观测墩。

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

- 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。
- 2) 滑坡测点宜设在滑动量大、滑动速度快的轴线方向和滑坡前沿区等部位。
- 3) 高边坡稳定监测点, 宜呈断面形式布置在不同的高程面上, 其标志应明显可见, 尽量做到无人立标。

4) 采用视准线监测的围堰变形点, 其偏离视准线的距离不应大于 20mm。垂直位移测点宜与水平位移测点合用。围堰变形观测点的密度, 应根据变形特点确定: 险要地段 20~30m 布设一个测点; 一般地段 50~80m 布设一个测点。

5) 山体或建筑物裂缝观测点, 应埋设在裂缝的两侧。标志的形式应专门设计。

3. 观测方法的选择

 **专家点拨:** 一般情况下, 滑坡、高边坡稳定监测采用交会法; 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; 地基回弹宜采用水准仪与悬挂钢尺相配合的观测方法。

4. 资料整理

(1) 观测资料整理的内容

- 1) 外业观测资料的检查, 测站平差和平均值的计算。
- 2) 平差计算, 求得未知数的量或是值。
- 3) 位移量计算, 编制累计位移量一览表。
- 4) 绘制位移量与相关因素的关系曲线图。

(2) 成果分析的内容

- 1) 评定观测精度。
- 2) 分析观测成果是否符合正常变化规律。
- 3) 对异常观测值和异常变化, 应认真分析原因, 辨别真伪。
- 4) 重点部位应与其他观测资料综合分析。
- 5) 寻找影响位移的相关因素。

(六) 竣工测量

1. 竣工测量的内容和方法

(1) 竣工测量的主要项目

- 1) 主要水工建筑物基础开挖建基面的 1:200~1:500 地形图 (高程平面图) 或纵、横断面图。
- 2) 建筑物过流部位或隐蔽部位形体测量。
- 3) 外部变形监测设备埋设安装竣工图。
- 4) 建筑物的各种重要孔、洞的形体测量 (如电梯井、倒垂孔等)。
- 5) 视需要测绘施工区竣工平面图。

(2) 竣工测量作业方法

- 1) 随着施工的进程,按竣工测量的要求,逐渐积累竣工资料。
- 2) 待单项工程完工后,进行一次性的测量。
- 3) 对于隐蔽工程、水下工程以及垂直临空面的竣工测量,宜采用第一种作业方法。

2. 开挖竣工测量

主体工程开挖到建基面时,应及时实测建基面地形图,亦可测绘高程平面图,比例尺一般为1:200。图上应标有建筑物开挖设计边线。

3. 填筑竣工测量

(1) 单项填筑工程竣工时,应测绘建筑物的高程平面图或纵横断面图,其比例尺不应小于施工详图。

(2) 土、石坝在心墙、斜墙、坝壳填筑过程中,每上料两层,须进行一次边线测量并绘成图表为竣工时备用。

4. 过流部位的形体测量

(1) 需要进行形体测量的部位有:溢洪道、泄水坝段的溢流面、机组的进水口、蜗壳锥管、扩散段;闸孔的门槽附近,闸墩尾部,护坦曲线段、斜坡段、闸室底板及闸墩(岸墙)等。

(2) 过流部位的形体测量,除断面测量外,也可采用光电测距极坐标法,测量散点的三维坐标。散点的密度可根据建筑物的形体特征确定,水平段可以稀一些,曲线段、斜坡段宜加密。

(3) 竣工测量的成果,除了整理绘制成果表外,还必须按解析法的要求计算各测点的三维坐标值。在提供成果时,除提供图纸外,还应提供坐标实测值。

5. 测量误差

(1) 误差产生的原因

在实际工作中真值不易测定,一般把某一量的准确值与其近似值之差也称为误差。

(2) 误差的分类与处理原则

1) 误差按其产生的原因和对观测结果影响性质的不同,可以分为系统误差、偶然误差和粗差。

①系统误差:在相同的观测条件下,对某一量进行一系列的观测,如果出现的误差在符号和数值上都相同,或按一定的规律变化,这种误差称为“系统误差”。

②偶然误差:在相同的观测条件下,对某一量进行一系列的观测,如果误差出现的符号和数值大小都不相同,从表面上看没有任何规律性,这种误差称为“偶然误差”。

③粗差:由于观测者粗心或者受到干扰造成的错误。

2) 误差处理原则:粗差是大于限差的误差,是由观测者的粗心大意或受到干扰所造成的错误。错误应该可以避免,有错误的观测值应该舍弃,并重新进行观测。

6. 资料整编

(1) 竣工图的编绘应与设计平面布置图相对应,图表应按竣工管理部门的统一图幅规格选用,分类装订成册,并附必要的文字说明。

(2) 竣工地形图应该注明图幅的坐标系统、高程系统、测图方法、比例尺、制图日期等基本数据。对于竣工纵、横断面图,必须注明断面桩号、断面中心桩坐标、断面方向、比例尺,并附有

断面位置示意图。

1F411013 工程地质与水文地质条件及分析

(一) 工程地质和水文地质条件

专家点拨：工程地质和水文地质条件，可理解为与工程建筑物有关的各种地质因素的综合，主要包括：地形地貌；地层及岩性；地质构造及地震；水文地质；物理地质现象；岩（土）体物理力学性质；天然建筑材料等方面。

1. 地形地貌

地形是地貌和地物的总称，可分为五种基本地形：山地、高原、盆地、平原、丘陵。**地貌**是指陆地表面高低起伏的状态，侧重于地表形态的成因、类型以及发育程度等，如河流地貌、冰川地貌、岩溶地貌、海岸地貌等；**地物**指地表面自然形成和人工建造的固定物体。不同的地貌和地物结合形成不同的地形，常以地形图予以综合反映。


2. 地层及岩性

在地球表面由于各种沉积作用形成了多种不同的沉积物，这些沉积物经成岩作用在一定的地质年代内形成的岩层称地层。在一个地区内，如果未经过强烈的构造变动，地层顺序总是上新下老。**岩石**指天然形成具有一定结构构造的由一种或多种矿物组成的集合体，岩石种类很多，按其成因可分为岩浆岩、沉降岩、变质岩。**土体**指各种成因类型的第四纪松散物质沉积后，未经受固结成岩作用，逐渐形成具有一定强度和稳定性的土层结构。土体一般是由厚薄不等、性质各异的若干土层，以特定的上、下次序组合在一起，通常具有典型的成层特征、岩相变化和空间分布规律。

岩石和土（简称岩土）是水工建筑物的地基、建筑材料或建筑介质（如地下建筑物的围岩）。它们的类型和性质对建筑物的稳定性、安全性、技术上的可行性、经济上的合理性都有着极为重要的影响。如坝基基本分为两大类：岩基（硬基）和土基（软基）。在岩基上，往往可以修建高坝、混凝土坝，枢纽多采用集中布置方案；而在土基上，则往往只能修建低坝（或闸）、土石坝，枢纽多采用较分散的布置方案。此外，在岩基和土基中，都可能存在不同类型和规模的软弱岩层或土层，在工程建设中都必须进行专门的研究和处理，才能保证建筑物的稳定和安全。

3. 地质构造及地震

地质构造指由于地球内部动力，引起组成岩石圈物质机械运动而遗留下来的形态，是构造运动在岩石圈中留下的行迹。地质构造按构造形态可分为倾斜构造、褶皱构造和断裂构造三种类型。经构造变动，水平状态岩层与水平面成一定角度的倾斜岩层，称为倾斜构造。当这种变形极微弱时，岩层往往保留了原始的水平状态，也称为水平构造，一般发育于地壳运动影响轻微、大面积均匀隆起或凹陷的地区。**褶皱构造**指组成地壳的岩层受构造应力作用，使岩层形成一系列波状弯曲而未丧失其连续性的构造，其基本类型包括背斜和向斜两种。**断裂构造**指岩层在构造应力作用下，岩层沿着一定方向产生机械破裂，失去连续性和完整性，可分为节理、劈理、断层三类。

 **专家点拨：**地震一般可分为天然地震和人工地震两类。对于天然地震按成因可分为构造地震、火山地震、陷落地震；人工地震指由人类活动诱发的地面震动，如爆破、陨石坠落、水库蓄水等。

据目前统计，全世界因蓄水诱发地震的水库有 110 多座。因此在工程的可行性研究阶段预测可能发生水库诱发地震时，应对可能性较大的地段进行工程地质和地震地质论证，校核可能发震库段的诱震条件，预测发震地段、类型和发震强度，并对工程建筑物影响作出评价。

4. 水文地质

水文地质研究地下水变化和运动的规律。水文地质条件一般包括以下内容：

- (1) 地下水类型，分为包气带水、潜水、承压水等。
- (2) 含水层与相对隔水层的埋藏深度、厚度、组合关系、空间分布规律及特征。
- (3) 岩（土）层的水理性质，包括容水性、给水性、透水性等。
- (4) 地下水的运动特征，包括流向、流速、流量、补排关系等。
- (5) 地下水的动态特征，包括水位、水温、水质随时间的变化规律。
- (6) 地下水的水质，包括水的物理性质、化学性质、水质评价标准等。
- (7) 水文地质条件直接关系着水库渗漏、坝基稳定、地下水资源评价准确性等一系列工程建设问题。

5. 物理地质现象


物理地质现象是内外地质动力对地壳表层岩（土）体综合作用的产物，主要包括风化、卸荷、崩塌、滑坡、泥石流等。在工程建设中，应注意避开或采取措施处理不良的物理地质现象，以确保工程施工及运行的安全。

6. 岩（土）体物理力学性质

岩（土）体物理力学性质以数值指标表示岩（土）体的工程特性。**岩体**指一定地质环境中包括各种结构面和结构体的原位岩石的综合体，岩体结构特征实际上就是结构面和结构体的性状及组合特征的反映，它决定着岩体的物理力学性质和稳定性。

常用的岩石物理性质指标有相对密度、密度、孔隙率、含水率、吸水性、透水性、膨胀性等；常用的岩石（体）力学性质有变形模量、弹性模量、泊松比、单轴抗压强度、抗剪强度等。土的基本物理性质指标主要有两类：颗粒级配组成和土所处的基本物理状态指标，包括密度、含水率、相对密度、孔隙比和饱和度等；土的水理性质指黏性土的液性指数、塑性指数等；常用的土的力学性质指标有压缩系数、压缩模量、泊松比、抗剪强度、渗透系数、膨胀率等。

7. 天然建筑材料

 **专家点拨：**建筑材料指工程建设所需要的天然砂砾料、石料、土料。天然建筑材料的勘察应查明工程所需天然建筑材料料场的分布、位置、储量、质量、开采和运输条件等，为工程设计和施工提供依据。

天然建筑材料的勘察级别划分为普查、初查、详查三个阶段。关于料场储量，在初查阶段（对应于工程的可行性研究阶段），勘察储量一般不少于设计需要量的 2.5~3 倍，勘察储量与实际储量

误差应不超过 40%；详查阶段（对应于工程的初步设计阶段），勘察储量一般不少于设计需要量的 1.5~2 倍，并应满足施工可开采储量的要求。

（二）水利水电工程地质问题分析

1. 坝基工程地质条件分析

不同的坝型，其工作特点不同，所以对地质条件的要求也就不同。因此，除了对各类坝型的工作特点应有所了解外，特别要了解不同坝型对地质条件的适应性和对工程地质条件的要求。如岩基中由于坝区岩体存在的某些地质缺陷，可能导致产生的工程地质问题主要有坝基稳定问题（包括渗透稳定、沉降稳定和抗滑稳定）和坝区渗漏问题（包括坝基渗漏和绕坝渗漏）。

2. 边坡的工程地质条件分析

（1）边坡变形破坏的类型和特征

常见的边坡变形破坏主要有松弛张裂、蠕变、崩塌、滑坡四种类型。此外还有塌滑、错落、倾倒等过渡类型，另外泥石流也是一种边坡破坏的类型。

1) **松弛张裂**：是指由于临谷部位的岩体被冲刷侵蚀或人工开挖，使边坡岩体失去约束，应力重新调整分布，从而使岸坡岩体发生向临空面方向的回弹变形及产生近平行于边坡的拉张裂隙，一般称为边坡卸荷裂隙。

2) **蠕变**：是指边坡岩（土）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的现象，有表层蠕变和深层蠕变两种类型。

3) **崩塌**：是指较陡边坡上的岩（土）体在重力作用下突然脱离母体崩落、滚动堆积于坡脚的地质现象。在坚硬岩体中发生的崩塌也称岩崩，而在土体中发生的则称土崩。

4) **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。在边坡的破坏形式中，滑坡是分布最广、危害最大的一种。它在坚硬或松软岩层、陡倾或缓倾岩层以及陡坡或缓坡地形中均可发生。

（2）影响边坡稳定的因素

地形地貌条件的影响；岩土类型和性质的影响；地质构造和岩体结构的影响；水的影响；其他因素的影响，包括风化因素、人工挖掘、振动、地震等。

3. 地下洞室围岩稳定性分析

地下工程位置选择的工程地质评价。理想的建洞山体应具备的条件：建洞区地质构造简单，上覆岩层厚，节理组数少，间距大，无影响整个山体稳定的断裂带；岩体坚硬完整；地形完整，没有滑坡、崩塌等早期埋藏和近期破坏的地形；无岩溶或岩溶很不发育；无采空区或采空区影响范围小；地下水影响小；无有害气体和异常地热。

地下洞室围岩的变形与破坏。围岩变形破坏的几种类型：脆性破裂；块体滑动和塌方；层状弯折和拱曲；塑性变形和膨胀。

4. 水库工程地质问题分析

水库有两类：一类是筑坝拦水所形成的人工湖泊，即地面水库；另一类是利用地下蓄水构造，

经人工控制形成的地下水库。水库蓄水后,水文条件、库周的水文地质条件都会发生比较剧烈的变化,以致影响库区及邻近地段的地质环境。例如库水升高浸润库岸、风浪作用冲蚀库岸、地下水位上升浸没洼地等。因此产生了各种工程地质问题,诸如水库渗漏、水库浸没、水库塌岸、水库淤积、水库诱发地震等问题。

5. 土质基坑工程地质问题分析

(1) 土质基坑工程地质问题主要包括两个方面:边坡稳定和基坑降排水。

(2) 在基坑施工中,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。

(3) 基坑降排水的目的主要有:增加边坡的稳定性;对于细砂和粉砂土层的边坡,防止流沙和管涌的发生;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。

(4) 基坑开挖的降排水一般有两种途径: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。

1F411020 水利水电工程设计(掌握)(4学时)

1F411021 水利水电工程设计阶段划分及其任务

(一) 水利工程项目设计阶段的划分和任务

水利工程设计阶段一般可分为项目建议书、可行性研究、初步设计、招标设计及施工图设计阶段。对于重大项目和技术复杂项目,可根据需要增加技术设计阶段。



考情提醒: 水利工程项目设计阶段的划分和任务是重要考点,考生需加强记忆。

1. 技术设计

技术设计是针对初步设计中的重大技术问题而进一步开展的设计工作。它在进行科学研究、设备试制后取得可靠数据和资料的基础上,具体明确初步设计中所采用的工艺、土建结构等方面的主要技术问题,并编制修正概算。诸如:特殊工艺流程方面的试验、研究及确定;大型建筑物、构筑物某些关键部位的结构形式、工程措施等的试验研究和确定;新型设备的试验、制作和确定等。

2. 招标设计

招标设计是在批准的初步设计或可行性研究报告的基础上,将确定的工程设计方案进一步具体化,详细定出总体布置和各建筑物的轮廓尺寸、标高、材料类型、工艺要求和技术要求等。其设计深度要求做到可以根据招标设计图较准确地计算出各种建筑材料(如水泥、砂石料、木材、钢材等)的规格、品种和数量,混凝土浇筑、土石方填筑和各类开挖、回填的工程量,各类机械、电气和永久设备的安装工程量等,以满足招标及签订合同的需要。

3. 施工图设计

施工图设计是按初步设计或技术设计所确定的设计原则、结构方案和控制尺寸,完成对各建筑

物进行结构和细部构造设计；最后确定地基处理方案，进行处理措施设计；确定施工总体布置及施工方法，编制施工进度计划和施工预算等；提出整个工程分部分项的施工、制造、安装详图。

(二) 水电工程项目设计阶段的划分

大、中型水电枢纽工程设计曾经按四个阶段进行，即可行性研究阶段、初步设计阶段、技术设计阶段和施工详图设计阶段。为了与国际接轨，适应招标投标合同管理体制的需要，并与国家基本建设项目审批程序相协调，原电力工业部将水电工程设计阶段以《关于调整水电工程设计阶段的通知》（电计〔1993〕567号文）调整如下：

- (1) 增加预可行性研究阶段，在江河流域综合利用规划及河流（或河段）水电规划选定的开发方案的基础上，根据国家与地区电力规划的要求，编制水电工程预可行性研究报告，预可行性研究报告经主管部门审批后，即可编报项目建议书。
- (2) 预可行性研究报告编制依据为《水电工程预可行性研究报告编制规程》DL/T5206—2005。
- (3) 将原有可行性研究与初步设计两阶段合并，统称为可行性研究阶段。
- (4) 可行性研究报告编制依据为《水电工程可行性研究报告编制规程》（DL/T5020—2007）。
- (5) 招标设计阶段。暂按原技术设计要求进行勘测设计工作，在此基础上编制招标文件。招标文件分三类：主体工程、永久设备和业主委托的其他工程的招标文件。
- (6) 施工图设计阶段。配合工程进度编制施工详图。

1F411022 水利水电工程等级划分及工程特征水位



考情提醒：水利水电工程等级划分及工程特征水位可能出现在选择题中，需加强记忆。

(1) 根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252—2000 的规定，水利水电工程的等级根据其工程规模、效益及在国民经济中的重要性，划分为 I、II、III、IV、V 五等，适用于不同地区、不同条件下建设的防洪、治涝、灌溉、供水和发电等水利水电工程，按表 1F411022-1 确定。

表 1F411022-1 水利水电工程分等指标

| 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 |
|----------|----------|--|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|------------------------------|
| | | | 保护城镇及工 矿企业的重要 性 | 保护农田 (10 ⁴ 亩) | 治涝面积 (10 ⁴ 亩) | 灌溉面积 (10 ⁴ 亩) | 供水对象 重要性 | 装机容量 (10 ⁴ kW) |
| I | 大(1)型 | >10 | 特别重要 | >500 | >200 | >150 | 特别重要 | >120 |
| II | 大(2)型 | 10~1.0 | 重要 | 500~100 | 200~60 | 150~50 | 重要 | 120~30 |
| III | 中型 | 1.0~0.1 | 中等 | 100~30 | 60~15 | 50~5 | 中等 | 30~5 |
| IV | 小(1)型 | 0.1~0.01 | 一般 | 30~5 | 15~3 | 5~0.5 | 一般 | 5~1 |
| V | 小(2)型 | 0.01~0.001 | | <5 | <3 | <0.5 | | <1 |

注：1. 水库总库容指水库最高洪水水位以下的静库容；
2. 治涝面积和灌溉面积均指设计面积。

(2) 水利水电工程等级的划分主要依据水库总库容、防洪、治涝、供水、发电等指标确定。对于综合利用的水利水电工程,如按各综合利用项目的分等指标确定的等级不同时,其工程等级应按其中的最高等级确定。

(3) 平原区拦河水闸工程的等级,应根据其过闸流量的大小进行分等,按表 1F411022-2 确定。

表 1F411022-2 平原区拦河水闸工程分等指标

| 工程等级 | 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 |

(4) 灌溉、排水泵站的等级,应根据其装机流量与装机功率,按表 1F411022-3 确定。工业、城镇供水泵站的等级,应根据其供水对象的重要性,按表 1F411022-1 确定。

表 1F411022-3 灌溉、排水泵站分等指标

| 工程等级 | 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 |
| 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 |

(5) 引水枢纽工程等级应根据引水流量的大小,按表 1F411022-4 确定。

表 1F411022-4 引水枢纽工程分等指标表

| 工程等级 | I | II | III | IV | V |
|--------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 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 |

(一) 水工建筑物级别划分



考情提醒: 水工建筑物级别划分是案例分析题常考题,考生需重点记忆。

1. 永久性水工建筑物级别

(1) 水利水电工程永久性水工建筑物的级别，根据建筑物所在工程的等别和建筑物的重要性划分为五级，按表 1F411022-5 确定。

表 1F411022-5 永久性水工建筑物的级别

| 工程等级 | 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 |

(2) 失事后损失巨大或影响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，经过论证并报主管部门批准，可提高一级；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，经过论证并报主管部门批准，可降低一级。

(3) 水利枢纽工程水库大坝按上表规定为 2 级、3 级的永久性水工建筑物，如坝高超过表 1F411022-6 的指标，其级别可提高一级，但洪水标准可不提高。

表 1F411022-5 水利枢纽工程水库大坝的级别

| 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 |

(4) 水利枢纽工程 2 级土石坝坝高超过 100m、混凝土坝或浆砌石坝坝高超过 150m，3 级土石坝坝高超过 80m、混凝土坝或浆砌石坝坝高超过 120m 时，大坝的级别相应提高 1 级，洪水标准宜相应提高，但抗震设计标准不提高。

(5) 当永久性水工建筑物基础的工程地质条件复杂或采用新型结构时，对 2~5 级建筑物可提高一级设计，但洪水标准不予提高。

2. 堤防工程级别

(1) 根据《堤防工程设计规范》GB50286—2013 规定，堤防工程的级别应根据确定的保护对象的防洪标准，按表 1F411022-7 确定。

(2) 穿堤水工建筑物的级别，按其所在堤防工程的级别和与建筑物规模相应级别中的最高级别确定。

表 1F411022-7 堤防工程的级别

| | | | | | |
|--------------|------|-----------|----------|----------|----------|
| 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 |

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，按表 1F411022-8 确定。

表 1F411022-8 临时性水工建筑物的级别

| 级别 | 保护对象 | 失事后果 | 使用年限 | 临时性水工建筑物规模 | |
|----|--------------------|---|-------|------------|------------------------|
| | | | | 高度（m） | 库容（ 10^8m^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 | 3~1.5 | 50~15 | 1.0~0.1 |
| 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 | <0.1 |

（2）当临时性水工建筑物根据上表指标同时分属于不同级别时，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，符合该级别规定的指标不得少于两项。

（3）利用临时性水工建筑物挡水发电、通航时，经过技术经济论证，3 级以下临时性水工建筑物的级别可提高一级。

（二）水利水电工程等别划分

（三）水利水电工程洪水标准



考情提醒：水利水电工程洪水标准是重要考点，需加强记忆。

1. 一般规定

（1）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。

（2）永久性水工建筑物采用的洪水标准，分为设计洪水标准和校核洪水标准两种情况。

（3）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按《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252—2000 确定。

（4）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。

(5) 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、丘陵区标准确定。

(6) 江河采取梯级开发方式，在确定各梯级水利水电工程永久性水工建筑物的设计洪水与校核洪水标准时，还应结合江河治理和开发利用规划，统筹研究，相互协调。

2. 山区、丘陵区水利水电工程永久性水工建筑物

(1) 山区、丘陵区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准，按表 1F411022-9 确定。

表 1F411022-9 山区、丘陵区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准（重现期（年））

| 项目 | | 水工建筑物级别 | | | | |
|----|---------------|----------------------------|-----------|-----------|----------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 设计 | | 1000~500 | 500~100 | 100~50 | 50~30 | 30~20 |
| 校核 | 土石坝 | 可能最大洪水（PMF）或 10000~5000 | 5000~2000 | 2000~1000 | 1000~300 | 300~200 |
| | 混凝土坝、 浆砌石坝 | 5000~2000 | 2000~1000 | 1000~500 | 500~200 | 200~100 |

(2) 对土石坝，如失事下游将造成特别重大灾害时，1 级建筑物的校核洪水标准，应取可能最大洪水（PMF）或重现期 10000 年标准；2~4 级建筑物的校核洪水标准可提高。

(3) 对混凝土坝、浆砌石坝，如洪水漫顶将造成极严重的损失时，1 级建筑物的校核洪水标准，经过专门论证并报主管部门批准，可取可能最大洪水（PMF）或重现期 10000 年标准。

(4) 山区、丘陵区水利水电工程的永久性泄水建筑物消能防冲设计的洪水标准，可低于泄水建筑物的洪水标准，根据泄水建筑物的级别按表 1F411022-10 确定，并应考虑在低于消能防冲设计洪水标准时可能出现的不利情况，对超过消能设计标准的洪水，容许消能防冲建筑物出现局部破坏，但必须不危及挡水建筑物及其他主要建筑物的安全，且易于修复，不致长期影响工程运行。

表 1F411022-10 山区、丘陵区水利水电工程消能防冲建筑物洪水标准

| 永久性水工建筑物级别 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------|-----|----|----|----|----|
| 洪水重现期（年） | 100 | 50 | 30 | 20 | 10 |

(5) 河床式水电站厂房挡水部分的洪水标准，应与工程的主要挡水建筑物的洪水标准相同。

3. 平原、滨海区水利水电工程永久性水工建筑物

(1) 平原区永久性水工建筑物洪水标准，按表 1F411022-11 确定。

表 1F411022-11 平原区永久性水工建筑物的洪水标准（重现期（年））

| 项目 | | 永久性水工建筑物级别 | | | | |
|------|----|------------|----------|---------|--------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 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 |
| 拦河水闸 | 设计 | 100~50 | 50~30 | 30~20 | 20~10 | 10 |
| | 校核 | 300~200 | 200~100 | 100~50 | 50~30 | 30~20 |

(2) 潮汐河口和滨海地区永久性水工建筑物的洪水标准，按表 1F411022-12 确定。

表 1F411022-12 潮汐河口段和滨海地区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 |
|------------|------|--------|-------|-------|
| 设计洪水重现期（年） | >100 | 100~50 | 50~20 | 20~10 |

4. 临时性水工建筑物


 **专家点拨：**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，在表 1F411022-13 的幅度内，结合风险度综合分析，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。

表 1F411022-13 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、浆砌石结构 | 20~10 | 10~5 | 5~3 |

(四) 水利水电工程抗震设防标准

(1) 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，按表 1F411022-14 确定。

表 1F411022-14 工程抗震设防类别

| 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 | |

(2) 各类水工建筑物抗震设计的设计烈度应按下列规定确定

1) 一般采用基本烈度作为设计烈度。


2) 工程抗震设防类别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。

3) 基本烈度为6度或6度以上地区的坝高超过200m或库容大于100亿 m^3 的大型工程，以及基本烈度为7度及7度以上地区坝高超过150m的大(1)型工程，需要做专门的地震危害性分析。

(五) 水库特征水位及特征库容

1. 水库特征水位

(1) **校核洪水位**：指水库遇大坝的校核洪水时，在坝前达到的最高水位。

 **专家点拨**：校核洪水位是水库在非常运用校核情况下，允许临时达到的最高洪水位，是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**：指水库遇大坝的设计洪水时，在坝前达到的最高水位。它是水库在正常运用设计情况下允许达到的最高洪水位，也是挡水建筑物稳定计算的主要依据。

(3) **防洪高水位**：指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）：指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**）：指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。它决定水库的规模、效益和调节方式，在很大程度上决定水工建筑物的尺寸、形式和水库的淹没损失，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**）：指水库在正常运用的情况下，允许消落到的最低水位。水库正常蓄水位与死水位之间的变幅称为**水库消落深度**。

2. 水库特征库容

(1) **静库容**：指坝前某一特征水位水平面以下的水库容积。

(2) **总库容**：指最高洪水位以下的水库静库容。它是一项表示水库工程规模的代表性指标，可作为划分水库工程等别及建筑物级别，确定工程安全标准的重要依据。

(3) **防洪库容**：指防洪高水位至防洪限制水位之间的水库容积。用以控制洪水，满足水库下游防护对象的防护要求。

(4) **调洪库容**：指校核洪水位至防洪限制水位之间的水库容积。用于保证下游防洪安全（指其中的防洪库容部分）及对校核洪水调洪削峰，保证大坝安全。

(5) **兴利库容** (**有效库容**、**调节库容**): 指正常蓄水位至死水位之间的水库容积。用以调节径流, 按兴利要求提供水库的供水量或水电站的流量。

(6) **重叠库容** (**共用库容**、**结合库容**): 指防洪库容与兴利库容重叠部分的库容, 是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** (**垫底库容**): 指死水位以下的水库容积。一般用于容纳水库淤沙、抬高坝前水位和库区水深。在正常运用中不调节径流, 也不放空。

1F411023 水利水电工程枢纽布置



考情提醒: 水利水电工程枢纽布置是重要考点, 会出选择题, 案例分析题有时也有, 考生应重点掌握。

(一) 工程坝址(闸址、厂址)选择

1. 坝址选择

在预定的河段上选择良好的坝址是水利水电工程建设的重要决策步骤之一, 坝址选择应根据河段的地形地质条件及开发利用要求, 首先拟定可能成立的各比选坝址, 并通过研究比较确定各坝址的代表坝线、坝型及枢纽布置, 经过同等深度的技术经济综合比较后, 选定工程坝址。

(1) 地形条件

地形条件很大程度上制约坝型选择和枢纽建筑物, 特别是泄洪消能建筑物以及施工导流工程的布置, 最终反映到坝址的经济性上。河谷狭窄, 地质条件良好, 适宜修建拱坝; 河谷宽阔, 地质条件较好, 可以选用重力坝或支墩坝; 河谷宽阔、河床覆盖层深厚或地质条件较差, 且土石、砂砾等当地材料储量丰富, 适于修建土石坝。

(2) 地质条件

良好的工程地质与水文地质条件是选择坝址及坝轴线的必要条件, 有些情况下甚至起决定性作用。重力坝坝址, 首先要求岩石有足够的强度及完整性、均匀性; 混凝土拱坝坝址, 对岩体的强度及完整性比重力坝要求更高, 同时坝肩要具有良好的稳定性。土石坝坝址应查清坝基覆盖层厚度, 并注意坝基是否存在可能液化的土层。

(3) 施工条件

施工条件也是坝址优先考虑的重要因素之一。坝址选择要便于施工导流, 特别是坝址附近应有较开阔的地形, 以便于布置施工场地, 同时应注意施工总布置和运行管理条件的差别, 使枢纽运行管理方便。坝址选择还应注意外部交通条件, 有时交通条件往往也是坝址取舍的重要条件之一。

(4) 建筑材料条件

坝址的建筑材料分布情况也对坝址比选存在重要影响, 不同建筑材料的种类、储量、质量、数量、分布及运距情况, 会影响到坝址及相应坝型的选择。

(5) 其他条件


1) 水库区的淹没大小和移民搬迁安置的难度,是坝址优先考虑的重要因素之一。随着社会环境的变化,有时候甚至会制约坝址的选择。应尽量选择淹没少、征地少、人口迁移少的优良坝址。

2) 水库对铁路等重要设施的淹没等不利影响制约正常蓄水位选择,同时也会影响坝址的比选。

3) 坝址比选时,还要考虑对环境的影响,尽量避开敏感对象。

4) 工程量、工程总投资及动态经济指标,是坝址比选时应考虑的重要经济条件。应选择技术可靠、经济合理的坝址作为工程的选定坝址。

2. 闸址选择

 **专家点拨:** 闸址选择应根据水闸的功能、特点和运用要求,综合考虑地形、地质、水流、潮汐、泥沙、冻土、冰情、施工、管理、周围环境等因素,经技术经济比较后选定。

3. 水电站厂房(泵站)厂址选择

厂址应根据地形、地质、环境条件,结合枢纽工程整体布局等因素,经技术经济比较后选定。

(二) 枢纽布置的原则

(1) 应满足各个建筑物在布置上的要求,保证其在任何工作条件下都能正常工作。

(2) 枢纽中各建筑物应尽可能紧凑布置,在满足功能要求前提下,减少工程投资,方便运行管理。

(3) 尽量使一个建筑物发挥多种用途或临时建筑物和永久建筑物相结合布置,充分发挥综合效益。

(4) 在满足建筑物强度和稳定的条件下,枢纽布置应考虑降低枢纽总造价和年运行费用。

(5) 枢纽布置要做到施工方便、工期短、造价低。

(6) 尽可能使枢纽中的部分建筑物早期投产,提前发挥效益(如提前蓄水,早期发电或灌溉)。

(7) 枢纽的外观应与周围环境相协调,在可能条件下注意美观。

1F411024 水工建筑物的分类

(一) 水工建筑物按功能分类

通用性水工建筑物可分为挡水建筑物、泄水建筑物、输水建筑物、取(进)水建筑物、河道整治建筑物;专门性水工建筑物可分为水电站建筑物、渠系建筑物、港口水工建筑物、过坝建筑物等。

(二) 水工建筑物按使用期限分类


1. 永久性建筑物

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。

(1) **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。如坝、泄水

建筑物、输水建筑物及电站厂房等。

(2) **次要建筑物**：是指失事后不致造成下游灾害，或工程效益影响不大，易于恢复的水工建筑物。

 **专家点拨**：失事后不影响主要建筑物和设备运行的挡土墙、导流墙、工作桥及护岸等都属于次要建筑物。

2. 临时性建筑物

临时性建筑物是指工程施工期间使用的建筑物，如围堰、导流隧洞、导流明渠等。

1F411025 水工建筑物主要设计方法

(一) 安全系数法与可靠度法

1. 安全系数法

安全系数是考虑设计中有关因素的微小变动，为保证水工建筑物、结构或构件的安全，引入大于1.0的系数，它是水工建筑物、结构或构件的抗破坏强度与设计荷载效应组合的比值，是建筑物、结构或构件的安全储备的指标。

2. 可靠度法

结构可靠度是结构在规定的时间内、规定的条件下具有预定功能的概率。将影响结构可靠度的因素视为随机变量，即形成以概率理论为基础的概率极限状态设计法。**结构的极限状态**是指结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求，此特定状态称为该功能的极限状态。水工混凝土结构的极限状态分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两类。


(二) 主要荷载

根据《水工建筑物荷载设计规范》DL5077—1997，水工建筑物的荷载按作用随时间的变异性，可分为永久作用荷载、可变作用荷载和偶然作用荷载。

(1) **永久作用荷载**：包括结构自重和永久设备自重、土压力、淤沙压力、地应力、围岩压力、预应力。

(2) **可变作用荷载**：包括静水压力、扬压力、动水压力、水锤压力、浪压力、外水压力、风荷载、雪荷载、冰压力、冻胀力、温度荷载、土壤孔隙水压力、灌浆压力等。


(3) **偶然作用荷载**：包括地震作用、校核洪水位时的静水压力、扬压力、浪压力及水重等。

 **专家点拨**：水工建筑物设计时，首先要计算建筑物上所承受的荷载，然后再进行荷载组合，以及进行抗滑稳定分析、应力分析、渗流计算、沉降计算、应力应变计算和抗震设计等。

(三) 抗滑稳定分析

在各种荷载组合情况下，水工建筑物都应保持其稳定。稳定分析是水工建筑物设计的一项重要内容。目前水工建筑物的稳定分析采用整体宏观的半经验法。

(四) 应力分析

 **专家点拨:** 重力坝应力分析的方法可归纳为理论计算和模型试验两大类。目前常用的模型试验方法有偏光弹性试验、激光全息试验和脆性材料试验。


强度和稳定性是表示建筑物安全的两个重要方面。强度问题的研究,通常包括对内力、应力、变形、位移和裂缝的研究。当应力不超过材料的强度,变形和位移不超过建筑物正常工作状态的允许值,以及在混凝土内不出现裂缝或限制裂缝在允许范围以内时,就认为建筑物处于正常运行状态。因此,应力分析是校核强度和稳定的前提。

(五) 渗流分析

导致大坝灾难性破坏的原因及基本模式有五种:①溢洪道的泄洪能力不足,洪水漫过原来漫不过水坝设计的坝顶,溢流而下;②坝体连同部分地基沿软弱面发生滑坡破坏;③坝体因扬压力过大而沿坝基面滑动;④坝体或坝基因管涌或流土而破坏;⑤坝的上、下边坡发生滑坡破坏。渗流在后四种模式中起着重要的作用。此外,水库水的过量渗漏、水库岸坡的稳定性、水库诱发地震等,也都与渗流的作用密切相关。

(六) 沉降计算

土石坝设计时要确定坝体和坝基在自重作用下的沉降量与时间的关系及完工后的总沉降量。据此计算竣工后为抵消沉降而预留的坝顶超填,预测不均匀沉降量,判断坝体产生裂缝的可能性和预防措施。

 **专家点拨:** 沉降计算常用分层总和法计算,即将坝体坝基分为若干层,根据坝体和坝基土的压缩曲线计算时刻 t 各层中心所受竖向总应力、孔隙压力、有效应力及相应沉降量;将各层沉降量叠加,得到时刻 t 及完工后坝体和坝基的沉降量。

(七) 应力应变计算

高土石坝一般要用有限单元法计算坝体坝基及岸坡接头在填土自重及其他荷载作用下的填土应力应变,以判断是否发生剪切破坏、有无过量的变形、是否存在拉力区和裂缝、防渗土体是否发生水力劈裂,为坝体稳定分析和与土坝连接建筑物设计提供依据。

(八) 抗震设计

强烈的地震往往造成极大的破坏,水库的修建往往可以诱发地震。**水库诱发地震**主要是指由于水库蓄水后,库水渗透到岩石中,使岩体孔隙压力增大,导致断层面的有效应力减小、抗剪强度降低,以致产生滑动。通过抗震计算使水工建筑物满足稳定要求和强度要求。

地震震级是表示地震时释放能量大小的尺度。**地震烈度**是指某一地区地面和各类建筑物遭受一次地震影响的强弱程度。一次地震只有一个震级,然而随震中距离的远近,却可以有不同的烈度。

地震荷载是大坝遭受地震时所承受的荷载,包括地震惯性力、水平向地震动水压力和地震动土压力等,其大小与建筑物所在区的地震烈度有关。地震荷载计算方法有动力法和拟静力法两种。

抗震设计时常用到基本烈度和设计烈度。**基本烈度**是指建筑物所在地区在今后一定时期内可能

遭遇的最大地震烈度。作为抗震设计中实际采用的烈度，称为设计烈度。对于重要建筑物的设计烈度可在基本烈度的基础上提高1度。

1F411026 水利水电工程建筑材料的应用



考情提醒：水利水电工程建筑材料的应用一般会在多项选择题中出现，考生应理解记忆。

（一）建筑材料的类型

1. 建筑材料按其物理化学性质分类

建筑材料按其物理化学性质，可分为无机材料、有机材料、复合材料三大类。

2. 建筑材料按材料来源分类

建筑材料按材料来源，可分为天然建筑材料和人工材料两类。

3. 建筑材料按其功能分类

建筑材料按其功能，可分为结构材料、防水材料、胶凝材料、装饰材料、防护材料、隔热保温材料等。

（二）建筑材料的应用条件

1. 筑坝用土石料

主要包括土坝（体）壳用土石料、防渗体用土石料、排水设施和砌石护坡用石料。

2. 土工合成材料

土工合成材料在水利水电工程中的应用包括：防渗、反滤、排水、护岸护底工程、防汛抢险方面。

3. 建筑石材



专家点拨：工建筑物对石料的要求是有较好的耐水性、抗冻性、耐久性。

4. 水泥

（1）水泥是水硬性胶凝材料。

（2）水泥按其矿物成分组成，可分为硅酸盐系列、铝酸盐系列、硫铝酸盐系列、铁铝酸盐系列、氟铝酸盐系列等；按其用途和特性，可分为通用水泥、专用水泥和特性水泥。

5. 水泥砂浆

新拌砂浆的和易性是指其是否便于施工并保证质量的综合性质。具体技术指标包括流动性和保水性两个方面。

6. 水泥混凝土

反映水泥混凝土质量的主要技术指标有和易性、强度及耐久性。

7. 建筑钢材

建筑钢材分为钢结构用钢材和钢筋混凝土用钢筋及钢丝。水工钢结构主要有钢闸门及压力钢管等。工程所用的钢筋有热轧钢筋、冷拉钢筋、冷轧带肋钢筋及热处理钢筋四种。钢丝主要有不同规

格的预应力混凝土用钢丝及钢绞线。

1F411027 水力荷载

根据《水工建筑物荷载设计规范》DL5077—1997，水工建筑物的荷载按作用随时间的变异性，可分为永久作用荷载、可变作用荷载和偶然作用荷载。其中可变作用荷载包括：静水压力、扬压力、动水压力、水锤压力、浪压力、外水压力、风荷载、雪荷载、冰压力、冻胀力、温度荷载、土壤孔隙水压力、灌浆压力等；偶然作用荷载包括：地震作用、校核洪水位时的静水压力。

其中，静水压力、扬压力、动水压力、浪压力和冰压力是水工建筑物上所承受的主要水力荷载。

1F411028 渗流分析



考情提醒：案例分析题中可能会出现渗流分析的相关知识点，考生应加强记忆。

（一）土石坝的渗流分析

渗流分析的内容包括：确定浸润线的位置；确定渗流的主要参数——渗流流速与坡降；确定渗流量。进行渗流分析的方法较简单的有水力学法和流网法。

（二）闸基的渗流分析

闸基渗流计算的目的是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。进行渗流分析的近似方法有直线比例法（又称渗径系数法）、直线展开法、加权直线法、柯斯拉独立变数法、巴普洛夫斯基分段法、丘加也夫阻力系数法、改进阻力系数法、流网法等，其中较为常用的方法有直线比例法、流网法和改进阻力系数法。

（三）渗透系数

$$k=QL/AH$$

式中： Q ——实测的流量（ m^3/s ）； A ——通过渗流的土样横断面面积（ m^2 ）； L ——通过渗流的土样高度（ m ）； H ——实测的水头损失（ m ）。

（四）渗透变形

一般可分为管涌、流土、接触冲刷、接触流失四种基本形式。渗透变形可以单一形式出现，也可以多种形式出现于工程不同部位。

1F411029 水流形态及消能方式



考情提醒：水流形态及消能方式一般会在多项选择题中出现，考生应理解记忆。

（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。

(二) 能量转换

根据能量守恒原理，恒定水流的能量方程为：

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_w$$

上式代表 1、2 两个断面之间水流的能量守恒，其中 h_w 表示两个断面之间的能量损失，其余三项代表单位质量水体的机械能，分别为位能、压能和动能，它们在水体流动过程中是可以互相转化的。

明渠均匀流中，压能、动能不变，而位能逐渐减小，是由于克服阻力，产生沿程水头损失。

水库（水闸等）泄水，水流从泄水口喷射而出，位能转化为动能。

(三) 消能方式

修建闸、坝等泄水建筑物后，下泄的水流往往具有很高的流速，动能比较大。为了减小对下游河道的冲刷，采取的消能方式有底流消能、挑流消能、面流消能、消力戽消能。

1. 底流消能

如图 1F411029-1 所示，是利用水跃消能，将泄水建筑物泄出的急流转变为缓流，以消除多余动能的消能方式。它主要是靠水跃产生的表面旋滚与底部主流间的强烈紊动、剪切和掺混作用。高流速的主流在底部。该法具有流态稳定、消能效果较好，对地质条件和尾水变幅适应性强以及水流雾化很小等优点，多用于低水头、大流量、地质条件较差的泄水建筑物。但护坦较长，土石方开挖量和混凝土方量较大，工程造价较高。该法对地质条件的要求较低，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。

2. 挑流消能

如图 1F411029-2 所示，利用溢流坝下游设置挑流坎，把高速水流挑射到下游空中，然后扩散的掺气水流跌落到坝下游河道内，在尾水水深中发生漩涡、冲击、掺搅、紊动、扩散、剪切，以消除能量。但跌落的水流仍将冲刷河床，形成冲刷坑，在冲刷坑中水流继续消能。适用于坚硬岩基上的禽、中坝。

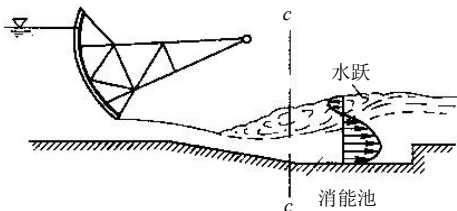


图 1F411029-1 底流消能

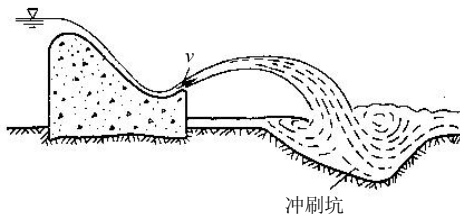


图 1F411029-2 挑流消能

3. 面流消能

如图 1F411029-3 所示，当下游水深较大且比较稳定时，利用鼻坎将下泄的高速水流的主流挑至下游水面，在主流与河床之间形成巨大的底部旋滚，滚流速较低，避免高速水流对河床的冲刷。

余能主要通过水舌扩散、流速分布调整及底部旋滚与主流相互作用而消除。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。

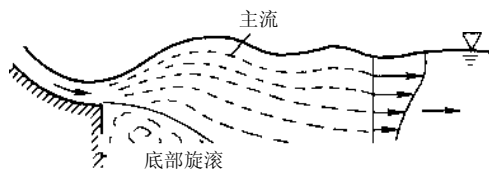


图 1F411029-3 面流消能

4. 消力库消能

如图 1F411029-4 所示，是利用泄水建筑物的出流部分造成具有一定反弧半径和较大挑角所形成的戽斗，在下游尾水淹没挑坎的条件下，形不成自由水舌，高速水流在戽斗内产生激烈的表面旋滚，后经鼻坎将高速的主流挑至水面。并通过戽后的涌浪及底部旋滚而获得较大的消能效果。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。

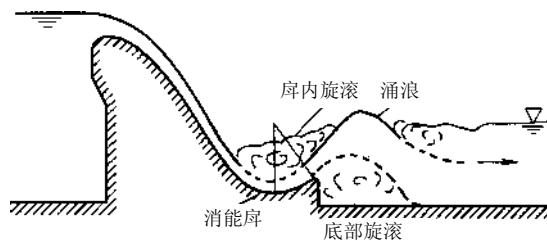


图 1F411029-4 消力库消能

重要习题

一、单项选择题

- 在相同的观测条件下，对某一量进行一系列的观测，如果出现的误差在符号和数值上都相同，或按一定的规律变化，这种误差称为（ ）。
 - 系统误差
 - 偶然误差
 - 粗差
 - 正志误差
- 混凝土抗压强度标准立方体试件的标准养护条件为（ ）。
 - 温度 $20^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 95%以上
 - 温度 $20^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 98%以上
 - 温度 $20^{\circ}\text{C}+3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 95%以上
 - 温度 $20^{\circ}\text{C}+3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 98%以上
- 石灰岩属于（ ）。
 - 火成岩
 - 变质岩
 - 水成岩
 - 玄武岩

4. 变形观测的基点, 应尽量利用施工控制网中较为稳固可靠的控制点, 也可建立独立的、相对的控制点, 其精度应不低于 () 等网的标准。
- A. 一 B. 二 C. 三 D. 四
5. 按地形图比例尺分类, 1:10000 地形图属于 () 比例尺地形图。
- A. 大 B. 较大 C. 中 D. 小
6. 防洪库容指 () 至防洪限制水位之间的水库容积。
- A. 防洪高水位 B. 校核洪水位 C. 正常蓄水位 D. 设计洪水位
7. 下列关于水闸施工的说法, 错误的是 ()。
- A. 相邻两部位建基面深浅不一时, 应先施工建基面较深的结构
B. 为减轻对邻接部位混凝土产生的不良影响, 应先施工较轻的结构
C. 平底板水闸的底板施工应先于闸墩
D. 反拱底板水闸的施工一般是先浇墩墙, 待沉降稳定后再浇反拱底板
8. 经纬仪照准操作的正确步骤是 ()。
- A. 目镜调焦→粗瞄目标→物镜调焦→准确瞄准目标
B. 粗瞄目标→物镜调焦→目镜调焦→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
9. 工程测量中, 使经纬仪水准管气泡居中的操作步骤是 ()。
- A. 对中 B. 照准 C. 调焦 D. 整平
10. 双面水准尺的主尺是 ()。
- A. 红面尺 B. 黑面尺 C. 蓝面尺 D. 白面尺
11. 在相同的观测条件下, 对某一量进行一系列的观测, 如果出现的误差在符号和数值上都不相同, 从表面上看没有任何规律性, 这种误差称为 ()。
- A. 随机误差 B. 偶然误差 C. 粗差 D. 变态误差
12. 竣工测量的成果, 除了整理绘制成果表外, 还必须按解析法的要求计算各测点的三维坐标值。在提供成果时, 除提供图纸外, 还应提供 ()。
- A. 坐标实测值 B. 设计高程 C. 设计坐标 D. 设计尺寸
13. 土、石坝在心墙、斜墙、坝壳填筑过程中, 每上料两层, 须进行一次边线测量并绘成图表为 () 时备用。
- A. 竣工 B. 验收 C. 检查 D. 施工
14. 主体工程开挖到建基面时, 应及时实测建基面地形图, 亦可测绘高程平面图, 比例尺一般为 ()。
- A. 1:200 B. 1:300 C. 1:400 D. 1:500
15. 对于隐蔽工程、水下工程以及垂直临空面的竣工测量, 宜采用 () 竣工测量作业方法。
- A. 随工程的进展, 逐渐积累竣工资料 B. 竣工后一次测量

C. 平面图法

D. 边施工边测量

16. 某建筑物基坑开挖深度为 7m, 建基面下 2~10m 范围内为承压水层, 承压水头 8m, 该基坑降水宜采用 ()。

A. 明排

B. 管井

C. 真空井点

D. 喷射井点

17. 对于渗透系数大、地下水丰富的软土地基, 人工降低地下水水位宜采用 ()。

A. 管井法

B. 真空井点法

C. 喷射井点法

D. 电渗井点法

18. 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

19. 在天然建筑材料的详查阶段, 勘察储量一般不小于设计需要量的 () 倍。

A. 1.5~2

B. 2.5~3

C. 3.5~4

D. 4.5~5

二、多选选择题

1. 兴建水库可能产生的工程地质问题有 ()。

A. 渗漏

B. 塌岸

C. 淤积

D. 岩石风化

E. 诱发地震

2. 影响边坡稳定的因素主要有 ()。

A. 地形地貌

B. 岩土类型和性质

C. 地质构造

D. 水

E. 有害气体

3. 在野外常见到的边坡变形破坏主要有 () 等几种类型。

A. 松弛张裂

B. 管涌破坏

C. 蠕动变形

D. 崩塌

E. 滑坡

4. 测量误差按其产生的原因和对测量结果影响性质的不同可分为 ()。

A. 人为误差

B. 仪器误差

C. 系统误差

D. 偶然误差

E. 粗差

5. 下列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. 测点应与变形体牢固结合

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

6. 下列关于测量仪器作用的说法, 正确的是 ()。

A. 水准仪是用于角度测量的仪器

B. 经纬仪是用于地面高程测量的仪器

C. 电磁波测距仪是用于测量两点间距离的仪器

- D. 全站仪可用于测量高差
E. 全球定位系统可用于水下地形测量
7. 下列关于测量仪器作用的说法, 正确的是 ()。
- A. 水准仪是用于角度测量的仪器
B. 经纬仪是用于地面高程测量的仪器
C. 电磁波测距仪是用于测量两点间距离的仪器
D. 全站仪可用于测量高差
E. 全球定位系统可用于水下地形测量

三、案例分析题

【背景资料】

某平原地区水库除险加固工程由大坝、泄洪闸、灌溉涵洞、溢洪道等建筑物组成, 大坝为均质土坝, 长 1100m, 最大坝高 18m。其除险加固主要内容有: ①培厚背水坡土方及加高坝顶; ②拆除重建坝顶道路; ③新建坝顶混凝土防浪墙; ④加固泄洪闸; ⑤拆除重建灌溉涵洞; ⑥拆除背水坡砌石护坡, 重建混凝土框格草皮护坡; ⑦拆除迎水面砌石护坡, 重建混凝土预制块护坡; ⑧新建安全监测设施等。工程所在地区 6、7、8 三个月为汛期, 非汛期施工导流标准为 5 年一遇, 泄洪闸及灌溉涵洞均可满足非汛期导流要求。本工程于 2009 年 10 月开工, 2011 年 4 月底结束。灌溉涵洞由 6 节洞身组成, 断面尺寸均为 $12\text{m} \times 4\text{m} \times 3\text{m}$ (长 \times 宽 \times 高), 洞内四角设有 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 的贴角, 洞身编号从迎侧至背水侧依次为 a~f。

工程施工中发生了如下事件:

事件一: 施工单位根据总体进度目标编制了本工程施工进度计划横道图, 如下图所示。

事件二: 为确保工期, 施工单位在灌溉涵洞洞身施工时配备了 3 套模板, 并制定了混凝土施工措施计划。

事件三: 为保证混凝土的质量, 施工组织设计方案对混凝土质量控制提出了具体要求, 列出了混凝土拌合物可能出现不合格料的情况。

事件四: 当洞身混凝土强度达到设计要求后, 监理单位组织进行涵洞两侧基坑的隐蔽单元工程验收, 施工单位即开始进行土方回填。

事件五: 灌溉涵洞项目划分为一个单位工程, 涵洞洞身为其中一个分部工程。该分部工程共有 24 单元工程, 质量全部合格; 18 个单元工程质量等级为优良; 主要单元、重要隐蔽单元工程共 12 个, 单元工程质量等级达到优良的为 10 个; 该分部工程共取混凝土试件 26 组, 试件质量合格; 机电产品质量合格, 中间产品质量全部合格, 原材料、金属结构及启闭机制造质量合格; 该分部工程施工中未发生过质量事故。

| 项目 代号 | 项目名称 | 施工进度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------------------|------|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|
| | | 2009 | | | 2010 | | | | | | | | | | | | 2011 | | | |
| | | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ① | 背水坡坝坡土方培厚及坝顶加高 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ② | 坝顶道路拆除重建 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ③ | 坝顶混凝土防滚墙拆除重建 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ④ | 泄洪闸加固 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⑤ | 灌溉涵洞拆除重建 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⑥ | 背水坡砌石护坡拆除,重建混凝土框格草皮护坡 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⑦ | 迎水面砌石护坡拆除,重建混凝土预制块护坡 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⑧ | 安全监测设施新建 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

图 工程施工进度计划横道图

【问题】

1. 根据事件一, 指出横道图中施工进度计划不妥之处(不考虑工作持续时间), 并简要说明理由。
2. 根据事件二, 为了确保工期, 指出6节涵洞洞身适宜的工顺序(用编号表示); 说明浇筑止水部位混凝土的注意事项。
3. 根据事件二, 指出每节涵洞洞身适宜的混凝土浇筑仓数及相应部位。
4. 根据《水工混凝土施工规范》(DL/T, 5144-2001), 分析本工程混凝土拌合物可能出现不合格料的情况有哪些。

5. 根据《碾压式土石坝施工规范》(DL, 5129—2001), 指出事件四中涵洞两侧回填土的施工技术要求。

重要习题答案与解析

一、单项选择题

1. 【答案】A

【解析】系统误差: 在相同的观测条件下, 对某一量进行一系列的观测, 如果出现的误差在符号和数值上都相同, 或按一定的规律变化, 这种误差称为“系统误差”。

2. 【答案】A

【解析】混凝土抗压强度是把混凝土拌合物做成边长为 150mm 的标准立方体试件, 在标准养护条件(温度 20℃±2℃, 相对湿度 95%以上)下, 养护到 28 天龄期, 按照标准方法测定的混凝土立方体试件抗压强度(以 MPa 计)。

3. 【答案】C

【解析】水工建筑物对石料的要求是有较好的耐水性、抗冻性、耐久性。

(1) 火成岩

1) 花岗岩: 具有较高的抗冻性, 凿平、磨光性也较好。质地均匀、坚固, 颜色美观, 是良好的建筑装饰材料。

2) 闪长岩: 吸水低, 韧性高, 抗风化能力强, 良好的水工建筑材料。

3) 辉长岩: 具有很高强度及抗风化性, 良好的水工建筑石料。

4) 辉绿岩: 硬度中等, 磨光性较好, 多用于桥墩、基础、路面及石灰、粉刷材料、原料等。

5) 玄武岩: 强度、耐久性高, 脆性大不易成大块, 主要用作筑路材料、堤岸的扩坡材料等。

(2) 水成岩

1) 石灰岩: 致密的石灰岩加工成板状, 可用来砌墙、堤坝扩坡, 碎石可用来作混凝土骨料等。但由于它易溶于含有游离二氧化碳较多的水中, 因此当用于水工建筑物时, 应考虑它的溶解性及抗冻性。

2) 砂岩: 多用于基础、衬面和人行道等, 但黏土砂岩遇水软化, 不能用于水中建筑物。

(3) 变质岩

1) 片麻岩: 用途与花岗岩基本相同, 但因呈片状而受到限制, 可作成板材, 用于渠道和堤岸衬砌等。

2) 大理岩: 用于地面、墙面、柱面、栏杆及电气绝缘板等。

3) 石英岩: 均匀致密, 耐久性很高, 硬度大, 开采加工很困难。

4. 【答案】D

【解析】根据教材相关内容, 施工期间的变形观测基点, 应尽量利用施工控制网中较为稳固可靠的控制点, 也可建立独立的、相对的控制点, 其精度应不低于四等网的标准。

5. 【答案】A

【解析】地形图比例尺分为三类：1:500、1:1000、1:2000、1:5000、1:10000 为大比例尺地形图；1:25000、1:50000、1:100000 为中比例尺地形图；1:250000、1:500000、1:1000000 为小比例尺地形图。

6. 【答案】A

【解析】防洪库容，指防洪高水位至防洪限制水位之间的水库容积。用以控制洪水，满足水库下游防护对象的防护要求。

7. 【答案】B

【解析】水闸底板有平底板与反拱底板两种，平底板为常用底板。平底板的施工总是底板先于墩墙，而反拱底板的施工一般是先浇墩墙，预留联结钢筋，待沉降稳定后再浇反拱底板；相邻两部位建基面深浅不一时，应先施工建基面较深的结构；为减轻对邻接部位混凝土产生的不良影响，应先施工较重的结构，预沉降后再施工较轻的相邻结构。故本题应选 B。

8. 【答案】A。

【解析】经纬仪照准的步骤为：①目镜调焦；②粗瞄目标；③物镜调焦；④准确瞄准目标。

9. 【答案】D

【解析】经纬仪整平。先转动仪器照准部，使水准管平行于任意两个脚螺旋连线，转动这两个脚螺旋使气泡居中；然后将仪器照准部旋转 90°，旋转第三个脚螺旋，使气泡居中。

10. 【答案】B

【解析】双面水准尺的一面分划黑白相间称为黑面尺（也叫主尺），另一面分划红白相间称为红面尺（也叫辅助尺）。

11. 【答案】B

【解析】偶然误差：在相同的观测条件下，对某一量进行一系列的观测，如果误差出现的符号和数值大小都不相同，从表面上看没有任何规律性，这种误差称为“偶然误差”。

12. 【答案】A

【解析】本题主要考过流部位的形体测量的相关内容：竣工测量的成果，除了整理绘制成果表外，还必须按解析法的要求计算各测点的三维坐标值。在提供成果时，除提供图纸外，还应提供坐标实测值。

13. 【答案】A

【解析】本题主要考填筑竣工测量的内容：土、石坝在心墙、斜墙、坝壳填筑过程中，每上料两层，须进行一次边线测量并绘成图表为竣工时备用。

14. 【答案】A

【解析】开挖竣工测量：主体工程开挖到建基面时，应及时实测建基面地形图，亦可测绘高程平面图，比例尺一般为 1:200。图上应标有建筑物开挖设计边线。

15. 【答案】A

【解析】竣工测量的内容和方法：对于隐蔽工程、水下工程以及垂直临空面的竣工测量，

宜采用随着施工的进程,按竣工测量的要求,逐渐积累竣工资料的方法。

16. 【答案】B

【解析】管井排水法适用于渗透系数较大、地下水埋藏较浅(基坑低于地下水水位)、颗粒较粗的砂砾及岩石裂隙发育的地层。

17. 【答案】A

【解析】管井排水法适用于渗透系数较大、地下水埋藏较浅(基坑低于地下水水位)、颗粒较粗的砂砾及岩石裂隙发育的地层。

18. 【答案】D

【解析】蠕变:是指边坡岩(土)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的现象,有表层蠕动和深层蠕动两种类型。

19. 【答案】A

【解析】天然建筑材料:天然建筑材料的勘察级别划分为普查、初查、详查三个阶段。关于料场储量,在初查阶段(对应于工程的可行性研究阶段),勘察储量一般不少于设计需要量的2.5~3倍,勘察储量与实际储量误差,应不超过40%;详查阶段(对应于工程的初步设计阶段)勘察储量一般不少于设计需要量的1.5~2倍,并应满足施工可开采储量的要求。

二、多项选择题

1. 【答案】ABCE

【解析】水库蓄水后,水文条件、库周的水文地质条件都会发生比较剧烈的变化,以致影响库区及邻近地段的地质环境。产生了各种工程地质问题,诸如水库渗漏、水库浸没、水库塌岸等。

2. 【答案】ABCD

【解析】影响边坡稳定的因素:地形地貌条件的影响;岩土类型和性质的影响;地质构造和岩体结构的影响;水的影响;其他因素的影响,包括风化因素、人工挖掘、振动、地震等。

3. 【答案】ACDE

【解析】常见的边坡变形破坏主要有松弛张裂、蠕变、崩塌、滑坡四种类型。

4. 【答案】CDE

【解析】误差按其产生的原因和对观测结果影响性质的不同,可以分为系统误差、偶然误差和粗差三类。

5. 【答案】ACE

【解析】变形观测的基点,应尽量利用施工控制网中较为稳固可靠的控制点,也可建立独立的、相对的控制点,其精度应不低于四等网的标准。基点必须建立在变形区以外稳固的基岩上。对于土质和地质不稳定地区设置基点时应进行加固处理。基点应尽量靠近变形区,其位置的选择应注意使它们对测点构成有利的作业条件。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。滑坡测点宜设在滑动量大、滑动速度快的轴线方向和滑坡前沿区等部位。山体或建筑物裂缝观测点,应埋设在裂缝的两侧。标志的形式应专门设计。

6. 【答案】CD

【解析】选项 A 与 B 恰好说反了。

7. 【答案】CDE

【解析】选项 A 与 B 恰好说反了。

三、案例分析题

【答案】

1. (1) ④与⑤同时施工不妥，因④与⑤在非汛期施工中要互为导流。
 (2) ②比①提前完工不妥，因②中的道路重建完工时间必须在①完成之后。
 (3) ⑥比①开工迟不妥，应先开工⑥中的拆除部分后再开工①。
2. 先 a、c、e，再 b、d、f (或先 b、d、f，再 a、c、e)；
 (1) 止水片高程处不得设置施工缝。
 (2) 混凝土浇筑时，不得冲撞止水片。
 (3) 振捣器不得触及止水片。
 (4) 嵌固止水片的模板应当推迟拆模时间。
3. 洞身分两仓浇筑，底板及侧墙下部 (贴角部位) 侧墙上部及顶板。
4. (1) 错用配料单，质量不满足要求。
 (2) 配料时任一种材料计量失控或漏配。
 (3) 拌合不均匀 (或夹生料)。
 (4) 出机口混凝土坍落度超过最大允许值。
5. (1) 填筑前，混凝土表面乳皮、粉尘及其上附着物必须清除干净。
 (2) 应先洒水湿润混凝土表面，并边涂浓泥浆、边铺土、边压实。
 (3) 泥浆土与水的质量比宜为 1:2.5~1:3。
 (4) 泥浆涂刷高度必须与铺土厚度一致，并应与下部涂层相衔接，严禁泥浆干涸后铺土和压实。
 (5) 压实机具应采用振动夯、蛙夯或小型振动碾等。
 (6) 填土面与涵洞侧壁混凝土表面脱开时必须予以清除重填。
 (7) 涵洞两侧填土应保持均衡上升。
6. 合格。主要单元、重要隐蔽单元工程质量优良率 $10/12=83.3\%<90\%$ 。