

2024 环球网校一级建造师《水利水电工程管理与实务》新考纲精讲班

本讲义对应视频第 5-7 讲

第 2 章水利水电工程施工水流控制与基础处理

知识框架

| 第 2 章水利水电工程施工水流控制与基础处理 | 节              | 主要内容                                                          |
|------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|
|                        | 2.1 施工导流与截流    | 2.1.1 施工导流标准<br>2.1.2 施工导流方式<br>2.1.3 截流方法                    |
|                        | 2.2 导流建筑物及基坑排水 | 2.2.1 围堰的类型<br>2.2.2 围堰布置与设计<br>2.2.3 基坑排水技术<br>2.2.4 导流泄水建筑物 |
|                        | 2.3 地基处理工程     | 2.3.1 地基基础的要求及地基处理的方法<br>2.3.2 灌浆施工技术<br>2.3.3 防渗墙施工技术        |

2.1 施工导流与截流

2.1.1 施工导流标准

导流建筑物系指枢纽工程施工期所使用的临时性挡水建筑物和泄水建筑物。导流建筑物级别根据其**保护对象、失事后果、使用年限和导流建筑物规模**等指标划分为Ⅲ～Ⅴ级。

2.1.2 施工导流方式

施工导流的基本方式可分为一次拦断河床围堰导流（又称全段围堰导流）和分期围堰导流。

1. 分期围堰导流

一般适用于下列情况：

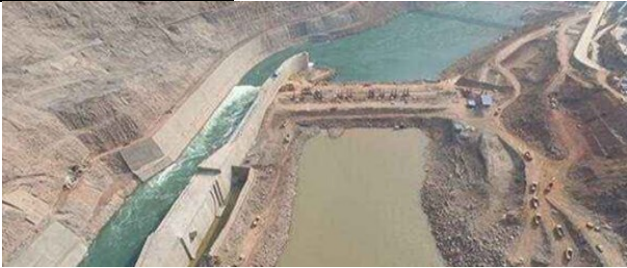
- 1) 导流**流量大，河床宽**，有条件布置纵向围堰；
- 2) 河床中永久建筑物便于布置导流泄水建筑物；
- 3) 河床覆盖层不厚；
- 4) 有通航要求或冰凌严重的河道。

分期围堰导流，前期利用被**束窄河床导流**，后期利用**已建或在建的永久建筑物导流**。



2. 一次拦断河床围堰导流

一般适用于枯水期**流量不大且河道狭窄**的河流。



对大坝施工而言，根据施工期挡、泄水建筑物的不同，一次拦断河床围堰导流程序可分为**初期、中期和后期**导流三个时段。

- 1) 初期导流为围堰挡水阶段，水流由导流泄水建筑物下泄。



2) 中期导流为坝体临时挡水阶段, 坝体填筑高度超过围堰堰顶高程, 洪水由导流泄水建筑物下泄, 坝体满足安全度汛条件。

3) 后期导流为坝体挡水阶段导流泄水建筑物下闸封堵, 水库开始蓄水。

### 3. 辅助导流方式

#### 1) 明渠导流

一般适用于岸坡平缓或有一岸具有较宽的**台地、垭口或古河道**的地形。

#### 2) 隧洞导流

适用于**河谷狭窄、两岸地形陡峻、山岩坚实**的山区河流。

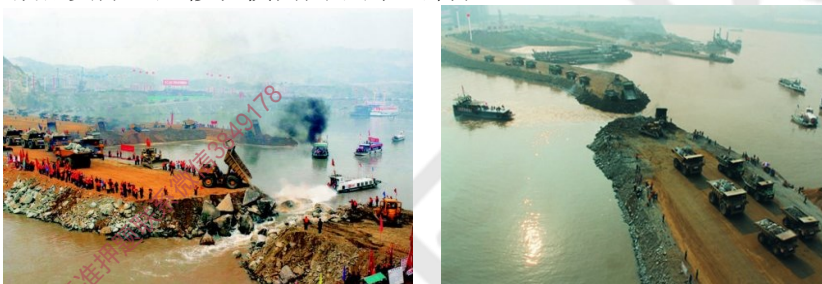
#### 3) 涵管导流

适用于导流**流量较小**的河流或只用来担负**枯水期**的导流。

## 2.1.3 截流方法

### 1. 截流方式

截流过程包括截流**戗堤的进占形成龙口、龙口范围的加固、合龙和闭气**等工作。截流戗堤一般与围堰结合, 因此, 截流实际上是修筑横向围堰的一部分。



截流水力学计算应确定截流过程中的**落差、单宽流量、单宽能量、流速**等水力学参数及其变化规律, 确定截流抛投材料的尺寸和重量。

### 2. 减小截流难度的技术措施

1) 加大分流量, 改善分流条件

2) 改善龙口水力条件: 双戗截流、三戗截流、宽戗截流、平抛垫底。

3) 增大抛投料的稳定性, 减少块料流失

4) 加大截流施工强度等。

5) 合理选择截流时段



## 2.2 导流建筑物及基坑排水

### 2.2.1 围堰的类型

#### 1. 围堰的作用及类型

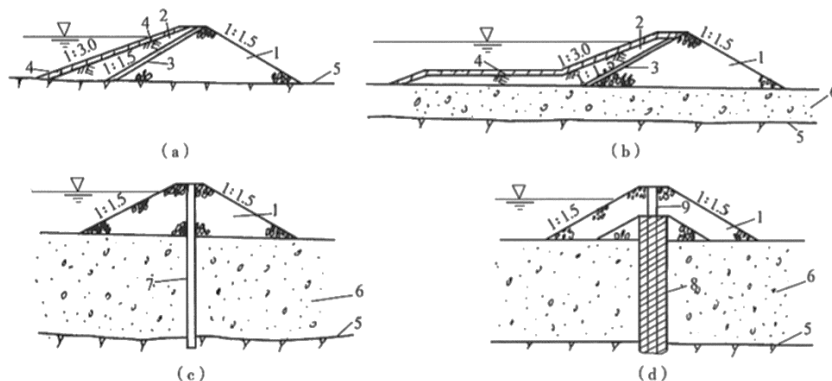
围堰是导流工程中的临时性挡水建筑物, 用来围护施工基坑, 保证永久性建筑物能在**干地施工**。在导流任务完成后, 若围堰不能与主体工程结合成为永久工程的一部分, 应予以拆除。

围堰按其所使用的材料形式可分为土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰、草土围堰、袋装土围堰等。

#### 2. 围堰的施工

1) 土石围堰的防渗结构形式有**斜墙式、斜墙带水平铺盖式、垂直防渗墙式及灌浆帷幕式**等, 如图 2.2-1 所示。





(a) 斜墙式；(b) 斜墙带水平铺盖式；(c) 垂直防渗墙式；(d) 灌浆帷幕式

2) 混凝土围堰是用常态混凝土或碾压混凝土建筑而成。混凝土围堰宜建在岩石地基上。混凝土围堰的特点是**挡水水头高，底宽小，抗冲能力大，堰顶可溢流**。

3) 钢板桩格形围堰是由一系列彼此相连的格体形成外壳，然后在内填以土料或砂料构成。

装配式钢板桩格形围堰适用于在岩石地基或混凝土基座上建造，其最大挡水水头**不宜大于 30m**；打入式钢板桩围堰适用于细砂砾石层地基，其最大挡水水头**不宜大于 20m**。



### 2.2.2 围堰布置与设计

#### 1. 围堰的平面布置

上、下游横向围堰的布置取决于永久性建筑物的轮廓。一般情况下，围堰背水坡脚距永久性建筑物基坑开挖轮廓线**不宜小于 10m**，同时满足布置排水设施、道路交通以及堆放建筑材料和模板以及安放其他设备等需要。

当纵向围堰不作为永久性建筑物的一部分时，基坑纵向坡脚距永久性建筑物轮廓距离应满足布置排水设施和堆放模板的需要。如无此需要时，**一般只留 0.4~0.6m**。

分期围堰法导流时，上、下游横向围堰**一般不与河床中心线垂直**。其平面布置通常为**梯形**。既有利于水流顺畅，也便于道路交通的布置和衔接。采用全段围堰导流时，**围堰尽量与河床中心线垂直**。

#### 2. 土石围堰填筑材料选择

1) 均质土围堰填筑材料渗透系数**不宜大于  $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$** ；

防渗体土料渗透系数**不宜大于  $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$** 。

2) 心墙或斜墙土石围堰堰壳填筑料渗透系数**宜大于  $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$** ，可采用天然砂卵石或石渣。

3) 围堰堆石体水下部分宜采用软化系数值**大于 0.7**的石料。

#### 3. 围堰的接头和防冲

土石围堰与岸坡的接头，主要通过**扩大接触面和嵌入岸坡**的方法防止集中绕渗破坏。

土石围堰与混凝土纵向围堰的接头，通常采用**刺墙**形式插入土石围堰的塑性防渗体中，也可以利用**土工膜**进行横向围堰与纵向围堰防渗搭接。

围堰的防冲是指为防止局部淘刷导致围堰溃决等后果而采取的保护措施。一般采用**抛石护底、铅丝笼护底、柴排护底**等措施。在围堰转角处设置导流墙，也可以解决冲刷问题。

#### 4. 围堰稳定及堰顶高程【P190 法规部分强制性标准】

##### 1) 土石围堰边坡稳定安全系数

| 围堰级别    | 计算方法        |             |
|---------|-------------|-------------|
|         | 瑞典圆弧法       | 简化毕肖普法      |
| 3 级     | $\geq 1.20$ | $\geq 1.30$ |
| 4 级、5 级 | $\geq 1.05$ | $\geq 1.15$ |





2) 不过水围堰堰顶高程和堰顶安全加高值应符合下列规定：

(1) 堰顶高程应不低于设计洪水静水位与波浪高度及堰顶安全加高值之和，其堰顶安全加高应不低于下表的规定值。

(2) 土石围堰防渗体顶部在设计洪水静水位以上的加高值：斜墙式防渗体为 0.8~0.6m；心墙式防渗体为 0.6~0.3m。

| 围堰型式        | 围堰级别 |     |
|-------------|------|-----|
|             | 3    | 4~5 |
| 土石围堰        | 0.7  | 0.5 |
| 混凝土围堰、浆砌石围堰 | 0.4  | 0.3 |

### 2.2.3 基坑排水技术

#### 1. 初期排水

##### 1) 排水量的组成及计算

初期排水总量应按围堰闭气后的基坑积水量、抽水过程中围堰及地基渗水量、堰身及基坑覆盖层中的含水量、以及可能的降水量等组成计算。

##### 2) 水位降落速度及排水时间

对于土质围堰或覆盖层边坡，其基坑水位下降速度必须控制在允许范围内。开始排水降速以 0.5~0.8m/d 为宜，接近排干时可允许达 1.0~1.5m/d。

一般情况下，大型基坑可采用 5~7d，中型基坑可采用 3~5d。

#### 2. 经常性排水

经常性排水应分别计算围堰和地基在设计水头的渗流量、覆盖层中的含水量、排水时降水量及施工弃水量。

### 2.3 地基处理工程

#### 2.3.1 地基基础的要求及地基处理的方法

##### 1. 地基基础的要求

##### 1) 水工建筑物的地基分类

| 地基       |               |                                            |
|----------|---------------|--------------------------------------------|
| 岩基       | 软基            |                                            |
|          | 砂砾石地基         | 软土地基                                       |
| 由岩石构成的地基 | 空隙大，孔隙率高，渗透性强 | 孔隙率大、压缩性大、含水量大、渗透系数小、水分不易排出、承载能力差、沉陷大、触变性强 |

##### 2. 地基处理的方法

水利水电工程地基处理的基本方法主要有开挖、灌浆、防渗墙、桩基础、锚固，还有置换法、排水法以及挤实法等。

#### 2.3.2 灌浆施工技术

##### 1. 灌浆分类

##### 1) 按灌浆目的分类

(1) 帷幕灌浆。帷幕灌浆是用浆液灌入岩体或土层的裂隙、孔隙，形成防水幕，以减小渗流量或降低扬压力的灌浆。

(2) 固结灌浆。用浆液灌入岩体裂隙或破碎带，以提高岩体的整体性和抗变形能力的灌浆。

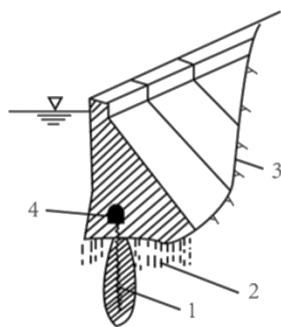
(3) 接触灌浆。通过浆液灌入混凝土与基岩或混凝土与钢板之间的缝隙，以增加接触面结合能力的灌浆。

(4) 接缝灌浆。通过埋设管路或其他方式将浆液灌入混凝土坝体的接缝，以改善传力条件增强坝体整体性的灌浆。

(5) 回填灌浆。用浆液填充混凝土与围岩或混凝土与钢板之间的空隙和孔洞，以增强围岩或结构的密实性的灌浆。

岩基灌浆时，一般先进行固结灌浆，后进行帷幕灌浆，可以抑制帷幕灌浆时地表抬动和冒浆。





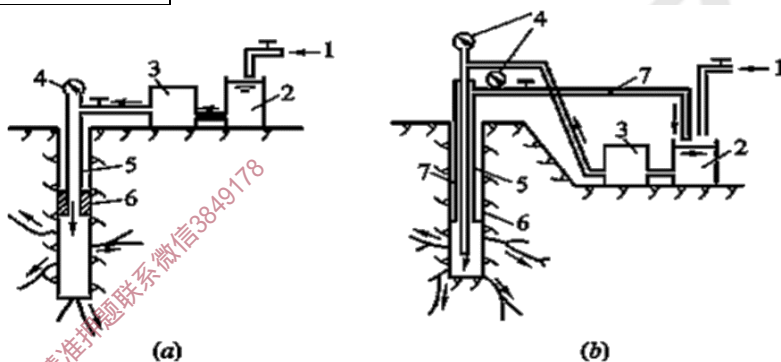
岩石灌浆示意图

1——帷幕灌浆；2——固结灌浆  
3——接触灌浆；4——灌浆廊道

## 2. 灌浆方式和灌浆方法

### 1) 灌浆方式

灌浆方式有**纯压式和循环式**两种。



(a) 纯压式；(b) 循环式

1—水；2—拌浆筒；3—灌浆泵；4—压力表；5—灌浆管；6—灌浆塞；7—回浆管

#### (1) 纯压式

这种方式设备简单，操作方便；但浆液流动速度较慢，容易沉淀，堵塞岩层缝隙和管路，**多用于吸浆量大，并有大裂隙存在和孔深不超过 15m**的情况。

#### (2) 循环式

这种方式一方面使浆液保持流动状态，可防止水泥沉淀，灌浆效果好；另一方面可以根据进浆和回浆液相对密度的差值，判断岩层吸收水泥的情况，并作为判定灌浆结束的一个条件。**对于帷幕灌浆，优先采用。**

### 2) 灌浆方法

灌浆方法按同一钻孔内的钻灌顺序分为**全孔一次灌浆法和分段钻灌法**。

分段钻灌法又可分为**自上而下分段灌浆法、自下而上分段灌浆法、综合灌浆法和孔口封闭灌浆法**。

#### 3) 适用条件

混凝土防渗墙下基岩帷幕灌浆宜采用**自上而下分段灌浆法或自下而上分段灌浆法**。

灌浆孔的基岩段长小于 **6m** 时，可采用全孔一次灌浆法；大于 **6m** 时，可采用自上而下分段灌浆法、自下而上分段灌浆法、综合灌浆法或孔口封闭灌浆法。

### 3. 帷幕灌浆

1) 帷幕灌浆施工工艺主要包括：**钻孔、钻孔（裂隙）冲洗、压水试验、灌浆和灌浆的质量检查**等。

#### (1) 钻孔

灌浆孔位与设计孔位的偏差**不应大于 10cm**，帷幕灌浆中各类钻孔的孔径应根据**地质条件、钻孔深度、钻孔方法、钻孔要求和灌浆方法**确定。灌浆孔以较小直径为宜，但终孔孔径**不宜小于 56mm**。

#### (2) 钻孔（裂隙）冲洗

钻孔后，进入冲洗阶段，冲洗工作分为**钻孔冲洗和裂隙冲洗**。

① 钻孔冲洗。将钻杆下到孔底，从钻杆通入压力水进行冲洗，冲洗时流量要大。冲孔一直要进行到回水澄清 **5~10min** 才结束。



②裂隙冲洗。裂隙冲洗方法分为单孔冲洗和群孔冲洗两种。一般在岩层比较完整，裂隙比较少的部位，采用单孔冲洗。岩层破碎，节理裂隙比较发育的地层中，适用群孔冲洗。方法有高压压水冲洗、脉动冲洗等。

裂隙冲洗宜采用压力水冲洗，冲洗压力可为灌浆压力的80%，并不大于1MPa。冲洗时间至回水澄清时止，并不大于20min。

### (3) 压水试验

压水试验的目的是测定地层的透水特性，为岩基的灌浆施工提供基本技术资料。也是检查灌浆实际效果的主要方法。

压水试验的压力通常为通段灌浆压力的80%，一般不大于1MPa。

### 3) 灌浆方式和灌浆方法

帷幕灌浆应按分序加密的原则进行。

由三排孔组成的帷幕，应先灌注下游排孔，再灌注上游排孔，后灌注中间排孔，每排孔可分为二序。

由两排孔组成的帷幕应先灌注下游排孔，后灌注上游排孔，每排孔可分为二序或三序。

单排孔帷幕应分为三序灌浆，如图2.3-4所示。

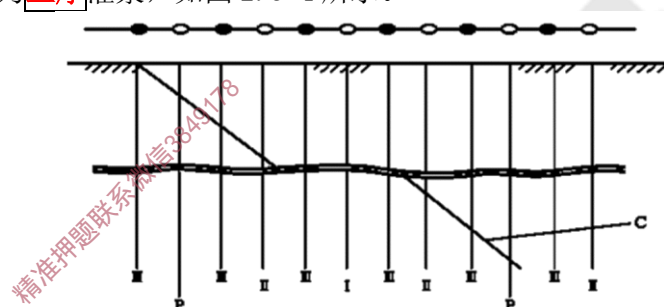


图 2.3-4 帷幕灌浆孔的施工序

P—先导孔；I、II、III—第一、二、三次序孔；C—检查孔

### 4) 灌浆压力和浆液变换

#### (1) 灌浆压力

灌浆压力宜通过灌浆试验确定，也可通过公式计算或根据经验先行拟定，而后在灌浆施工过程中调整确定。

普通水泥浆液水胶比可采用5、3、2、1、0.7、0.5六级，细水泥浆液水胶比可采用3、2、1、0.5四级，灌注时由稀至浓逐级变换。

#### 5) 灌浆结束标准和封孔方法

各灌浆段灌浆的结束条件应根据地层和地下水条件、浆液性能、灌浆压力、浆液注入量和灌浆段长度等综合确定。应符合下列原则：

(1) 当灌浆段在最大设计压力下，注入率不大于1L/min后，继续灌注30min，可结束灌浆。

(2) 当地质条件复杂、地下水流速大、注入量较大、灌浆压力较低时，持续灌注的时间应适当延长。

#### 6) 特殊情况处理

灌浆段注入量大而难以结束时，应首先结合地勘或先导孔资料查明原因，根据具体情况，可选用下列措施处理：

(1) 低压，浓浆，限流，限量，间歇灌浆。

(2) 灌注速凝浆液。

(3) 灌注混合浆液或膏状浆液。

#### 7) 质量检查

帷幕灌浆检查孔数量可按灌浆孔数的一定比例确定。单排孔帷幕时，检查孔数量可为灌浆孔总数的10%左右，多排孔帷幕时，检查孔的数量可按主排孔数10%左右。

帷幕灌浆的检查孔压水试验应在该部位灌浆结束14d后进行，检查孔应自上而下分段钻进，分段阻塞，分段压水试验，宜采用单孔法。

### 4. 固结灌浆

#### 1) 一般规定



固结灌浆宜在盖重混凝土的条件下进行。对于混凝土坝，盖重混凝土厚度可为 1.5m 以上，盖重混凝土应达到 **50%** 设计强度后方可进行钻灌。

固结灌浆应按 **分序加密** 的原则进行。

2) 钻孔、裂隙冲洗和压水试验

灌浆孔孔径 **不宜小于 56mm**。

灌浆孔位与设计位置的偏差 **不宜大于 10cm**。

灌浆孔或灌浆段钻进完成后，应使用大水流或压缩空气冲洗钻孔，清除孔内岩粉、渣屑，冲洗后孔底残留物厚度不应大于 **20cm**。

灌浆孔或灌浆段在灌浆前应采用压力水进行裂隙冲洗，冲洗压力采用灌浆压力的 **80% 且不大于 1MPa**，冲洗时间为 **20min 或** 至回水清净时止。

可在各序孔中选取不少于 **5%** 的灌浆孔（段）在灌浆前进行简易压水试验。

3) 灌浆和封孔

固结灌浆的浆液水胶比可采用 3、2、1、0.5 **四级**。

当灌浆段在最大设计压力下，**注入率不大于 1L/min 时，继续灌注 30min 后**，可结束灌浆。

灌浆孔灌浆结束后，可采用 **导管注浆法封孔**，孔口涌水的灌浆孔应采用 **全孔灌浆法封孔**。

4) 质量检查

固结灌浆工程的质量检查宜采用检测岩体 **弹性波波速** 的方法，检测可在灌浆结束 **14d** 后进行。

固结灌浆工程的质量检查也可采用 **钻孔压水试验** 的方法，检测时间可在灌浆结束 **7d 或 3d 后** 进行。

检查孔的数量不宜少于灌浆孔总数的 **5%**，压水试验应采用单点法。

5. 高压喷射灌浆

1) 高压喷射灌浆的适用范围

高压喷射灌浆防渗和加固技术适用于 **淤泥质土、粉质黏土、粉土、砂土、砾石、卵（碎）石等** 松散透水地基或填筑体内的防渗工程。

对含有较多 **漂石或块石** 的地层，应进行现场高压喷射 **灌浆试验**，以确定其适用性。

2) 高压喷射灌浆的基本方法

高压喷射灌浆的基本方法有：单管法、二管法、三管法和新三管法等。

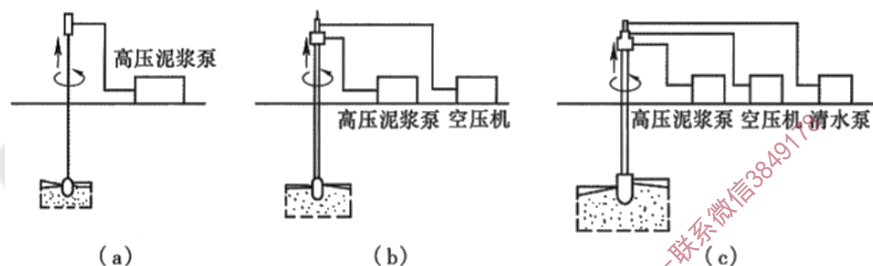


图 2.3-5 高压喷射灌浆法施工方法

(a) 单管法；(b) 二管法；(c) 三管法

3) 高压喷射灌浆的喷射形式

根据工程需要和地质条件，高压喷射灌浆可采用 **旋喷、摆喷、定喷** 三种形式。

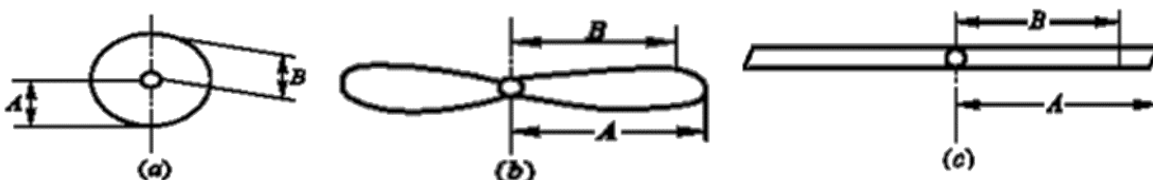


图 2.3-6 高喷凝结体的形式

(a) 旋喷体（桩）；(b) 摆喷体（板墙）；(c) 定喷体（薄板墙）

5) 高压喷射灌浆的施工程序

高喷灌浆应 **分排分序** 进行。

在坝、堤基或围堰中，由多排孔组成的高喷墙应先施工 **下** 游排孔，后施工 **上** 游排孔，最后施工 **中** 间排孔。





在同一排内如采用钻、喷分别进行的程序施工时，应先施工 I 序孔，后施工 II 序孔。先导孔应最先施工。

施工程序为**钻孔、地面试喷、下喷射管、喷射提升（先进行原位喷射）、成桩成板或成墙**等。



#### 6) 质量检查

**围井检查法**适用于所有结构形式的高喷墙。围井检查宜在围井的高喷灌浆结束 **7d** 后进行，如需**开挖或取样**，宜在 **14d** 后进行；厚度较大的和深度较小的高喷墙可选用钻孔检查法。

**钻孔检查**宜在该部位高喷灌浆结束 **28d** 后进行。

### 2.3.3 防渗墙施工技术

#### 1. 防渗墙的类型

##### 1) 按墙体结构形式分类

按墙体结构形式分，主要有**桩柱型**防渗墙、**槽孔型**防渗墙和**混合型**防渗墙三类。

##### 2) 按成槽方法分类

可采用的成槽方法有**钻劈法、钻抓法、抓取法、铣削法**等。薄防渗墙的成槽可根据地质条件选用薄型抓斗成槽、冲击钻成槽、射水法成槽和锯槽机成槽等方法。

##### 3) 按布置方式分类

主要有**嵌固式**防渗墙、**悬挂式**防渗墙和**组合式**防渗墙。

#### 2. 成槽机械及施工工序

槽孔型防渗墙的施工程序包括**平整场地、挖导槽、做导墙、安装挖槽机械设备、制备泥浆注入导槽、成槽、混凝土浇筑成墙**等。

#### 3. 质量检查

防渗墙质量检查程序应包括**工序**质量检查和**墙体**质量检查。

墙体质量检查应在成墙 28d 后进行，检查内容为必要的墙体物理力学性能指标、墙段接缝和可能存在的缺陷。检查可采用**钻孔取芯、注水试验或其他检测**等方法。

#### 【本章知识总结及对应练习】

|                                  | 节              | 主要内容                                                                 |
|----------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------|
| 第2章水利<br>水电工程施<br>工水流控制<br>与基础处理 | 2.1 施工导流与截流    | 2.1.1 施工导流标准<br><b>2.1.2 施工导流方式</b><br>2.1.3 截流方法                    |
|                                  | 2.2 导流建筑物及基坑排水 | 2.2.1 围堰的类型<br><b>2.2.2 围堰布置与设计</b><br>2.2.3 基坑排水技术<br>2.2.4 导流泄水建筑物 |
|                                  | 2.3 地基处理工程     | 2.3.1 地基基础的要求及地基处理的方法<br><b>2.3.2 灌浆施工技术</b><br>2.3.3 防渗墙施工技术        |

【例题·多选】截流工程施工时，可改善龙口水力条件的措施有（ ）。

- A. 单戗截流
- B. 双戗截流
- C. 三戗截流
- D. 宽戗截流
- E. 平抛垫底





【答案】BCDE

【解析】改善龙口水力条件：双戗截流、三戗截流、宽戗截流、平抛垫底。

【例题·单选】某4级均质土石围堰，设计洪水的静水位22.3m，波浪爬高1.2m，则该围堰顶高程最小为（ ）m。

- A. 23.5
- B. 24.0
- C. 24.5
- D. 25.0

【答案】B

【解析】堰顶高程应不低于设计洪水的静水位与波浪高度及堰顶安全加高值之和， $22.3+1.2+0.5=24$ （m）

【例题·多选】水利工程施工中，基坑经常性排水量的组成包括（ ）等。

- A. 围堰渗流量
- B. 覆盖层含水量
- C. 基坑初期积水量
- D. 排水时段降雨量
- E. 施工弃水量

【答案】ABDE

【解析】经常性排水应分别计算围堰和地基在设计水头的渗流量、覆盖层中的含水量、排水时降水量及施工弃水量。

【例题·单选】采用钻孔法检查高喷墙的防渗性能时，钻孔检查宜在相应部位高喷灌浆结束（ ）后进行。

- A. 7d
- B. 14d
- C. 28d
- D. 56d

【答案】C

【解析】钻孔检查宜在该部位高喷灌浆结束28d后进行。

【例题·多选】混凝土防渗墙的检测方法包括（ ）。

- A. 开挖检验
- B. 取芯试验
- C. 注水试验
- D. 光照检验
- E. 无损检测

【答案】BC

【解析】防渗墙检查可采用钻孔取芯、注水试验或其他检测等方法。

