

# 港口航道及海岸工程专业

---



## 水工建筑物

## Hydraulic Structures

武汉大学水利工程系

李典庆、曹子君、冯晓波



## 第三章

## 土石坝

Earth-rockfill dam





# 水工建筑物 土石坝

---

第一节 土石坝的类型、工作特点及设计要求

第二节 土石坝的剖面尺寸与构造

第三节 土石坝的渗流分析

第四节 土石坝的稳定分析

第五节 筑坝土料的选择与填筑要求

第六节 坝基处理

第七节 混凝土面板堆石坝



# 本节主要内容

---

一、概述

二、土石坝的工作特点及设计要求

三、土石坝的类型



# 一、概述

土石坝是以土、石等当地材料填筑的坝，又称为当地材料坝



小浪底大坝



瀑布沟大坝

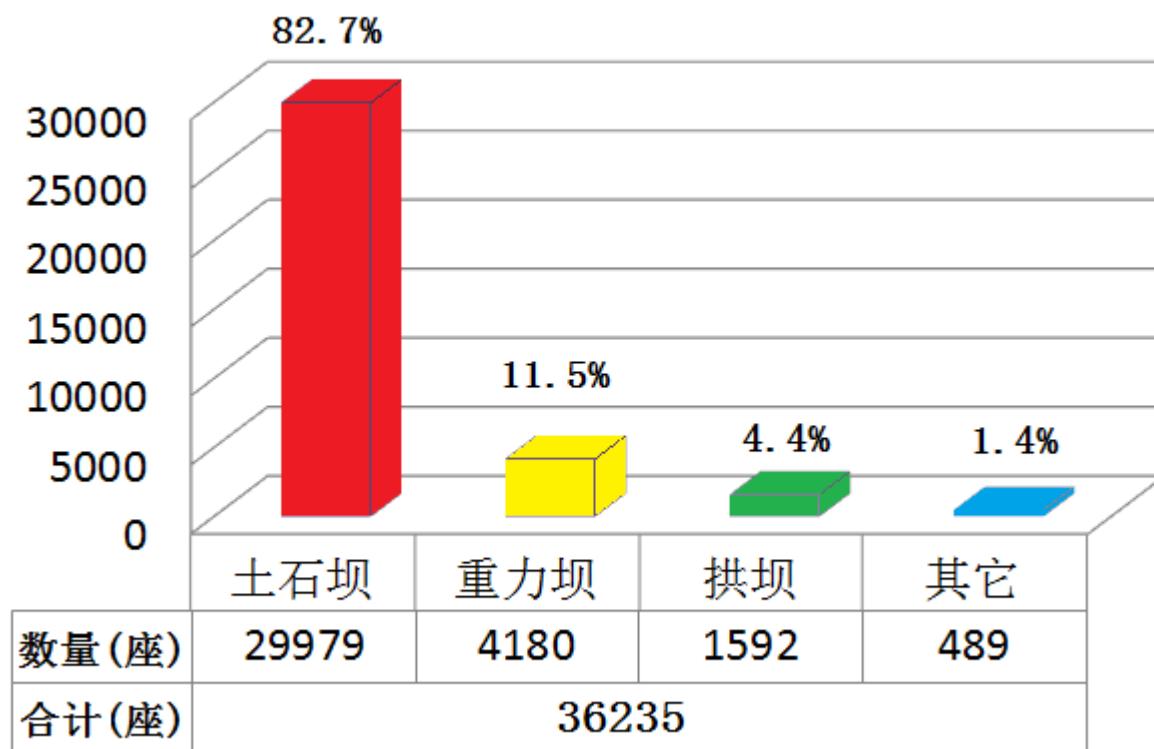




# 一、概述

## 1、世界上应用最广泛的坝型

世界大坝按坝型分类统计（2000年）





# 一、概述

---

## 1、世界上应用最广泛的坝型

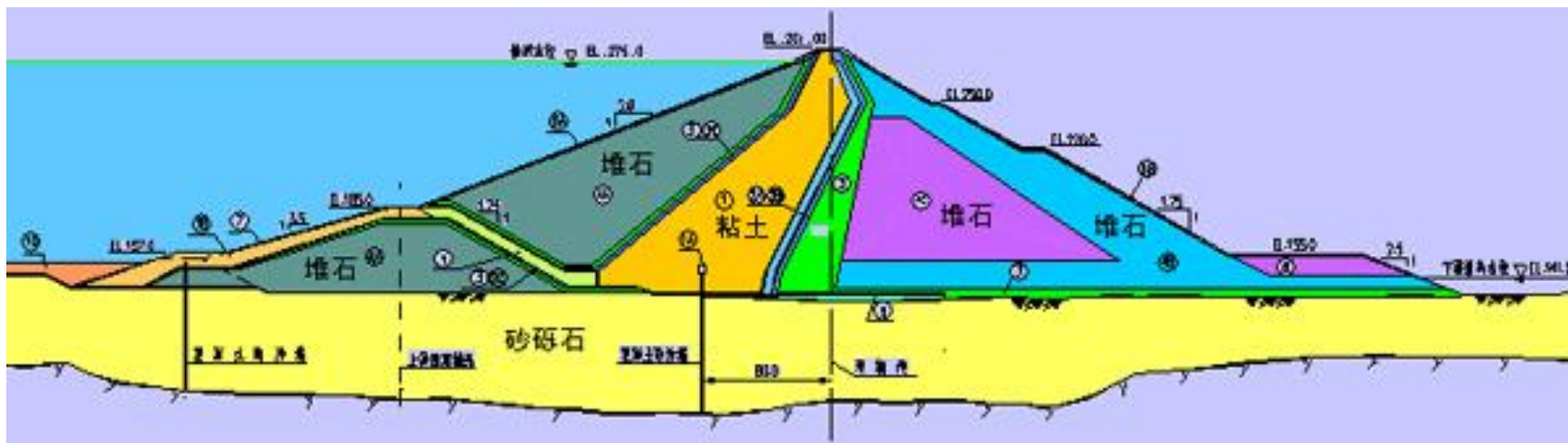
土石坝的优点：

地形地质条件适应性好



# 一、概述

## 1、世界上应用最广泛的坝型



小浪底大坝位于70余m的覆盖层上



# 一、概述

---

## 1、世界上应用最广泛的坝型

土石坝的优点：

地形地质条件适应性好  
可就地取材



# 一、概述





# 一、概述

---

## 1、世界上应用最广泛的坝型

### 土石坝的优点：

地形地质条件适应性好

可就地取材

施工方法具有灵活性

造价低

### 土石坝的缺点：

坝顶不能溢流，需另设溢洪道



An aerial photograph of a large dam and spillway structure. The dam is a long, straight concrete wall with a series of buttresses, situated in a deep valley. To the left of the dam is a large spillway with multiple concrete piers. The surrounding area is lush green with trees and some buildings. A red arrow points from the label '大坝' to the dam wall, and another red arrow points from the label '溢洪道' to the spillway structure.

大坝

溢洪道



# 一、概述

---

## 1、世界上应用最广泛的坝型

### 土石坝的优点：

地形地质条件适应性好  
可就地取材  
施工方法具有灵活性  
造价低

### 土石坝的缺点：

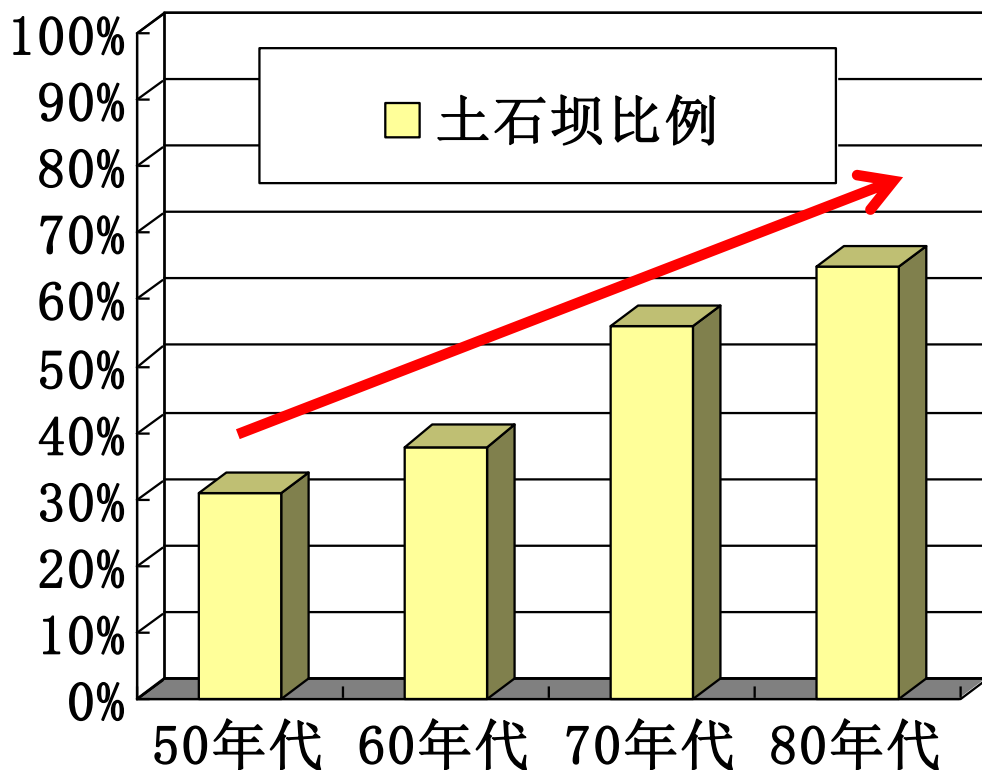
坝顶不能溢流，需另设溢洪道  
施工导流困难



# 一、概述

## 2、世界上目前发展最快的坝型

全世界高坝( $H>100\text{m}$ )中土石坝比例变化





# 一、概述

## 2、世界上目前发展最快的坝型



罗贡（Rogun）坝（335m）



# 一、概述

---

## 2、世界上目前发展最快的坝型

经验（筑坝实践）

理论（岩土力学、渗流计算）

技术（岩土试验、坝基防渗处理）

施工（高效机械）



# 一、概述

## 3、我国土石坝建设情况

1949年-1986年

16853座 (占90%)  
14679座 (<30m高87%)  
石头河 (114m)  
碧口 (102m)  
鲁布革 (104m)

1990年以来

小浪底 (154m)  
紫坪铺 (156m)  
天生桥I级 (178m)  
瀑布沟 (186m)  
水布垭 (233m)



# 一、概述

---

## 3、我国土石坝建设情况



清江水布垭（233m）



# 一、概述

## 3、我国土石坝建设情况

1949年-1980年

16853座  
14679座 (<30m)  
石头河 (114m)  
碧口 (102m)  
鲁布革 (104m)

机遇，挑战！

瀑布 (136m)  
水布垭 (233m)

近年已建和拟建

糯扎渡 (262m)  
两河口 (293m)  
双江口 (314m)

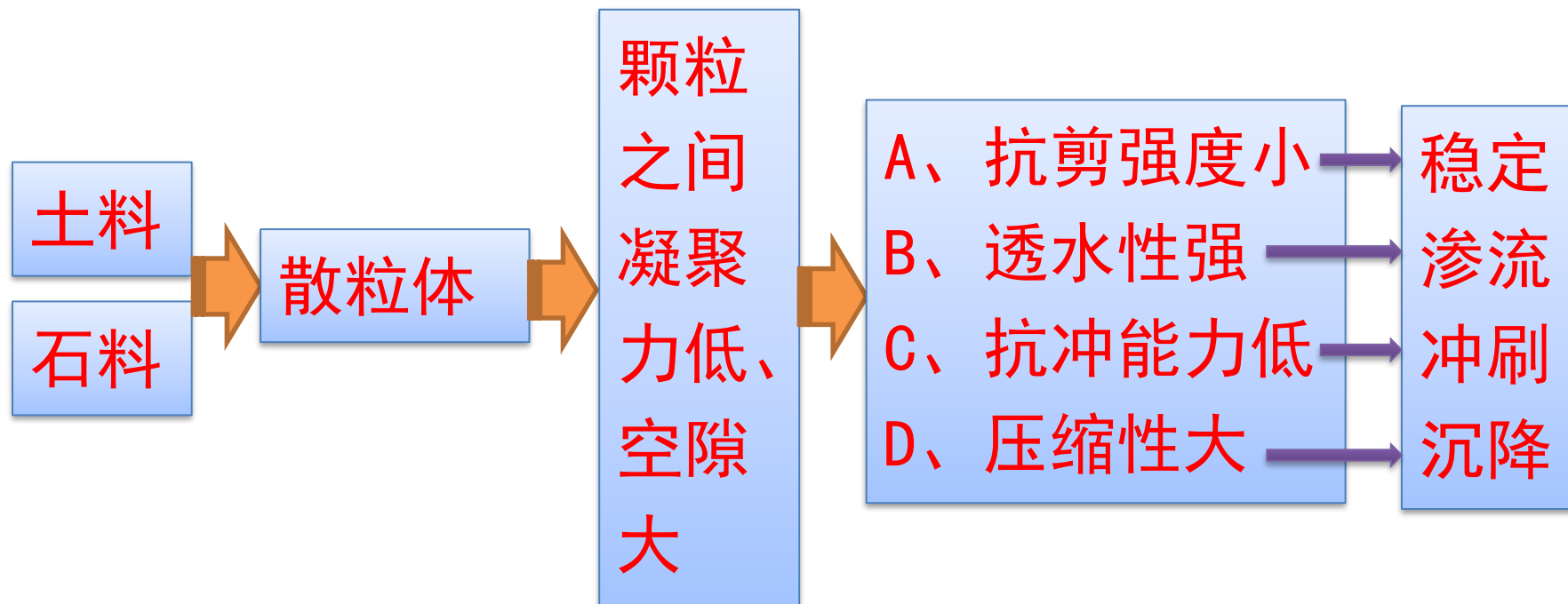
西部山区、地质复杂、环境恶劣  
坝的高度都比较高 (260m)  
坝基覆盖层最深 (70m)  
地震设计烈度高 (8-9度)



## 二、土石坝的工作特点及设计要求



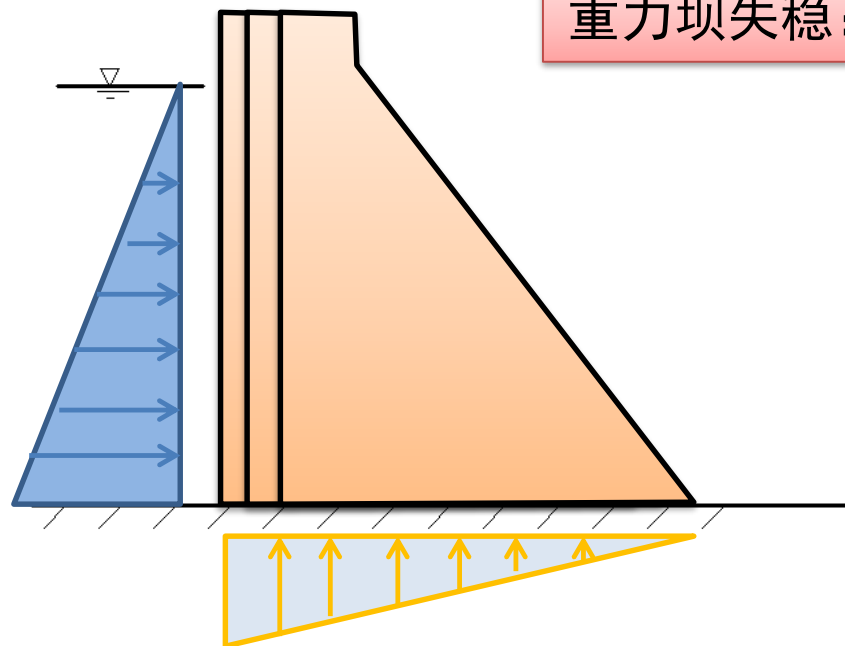
## 二、土石坝的工作特点及设计要求





## 二、土石坝的工作特点及设计要求

### 1、稳定→工作特点（失稳形式）



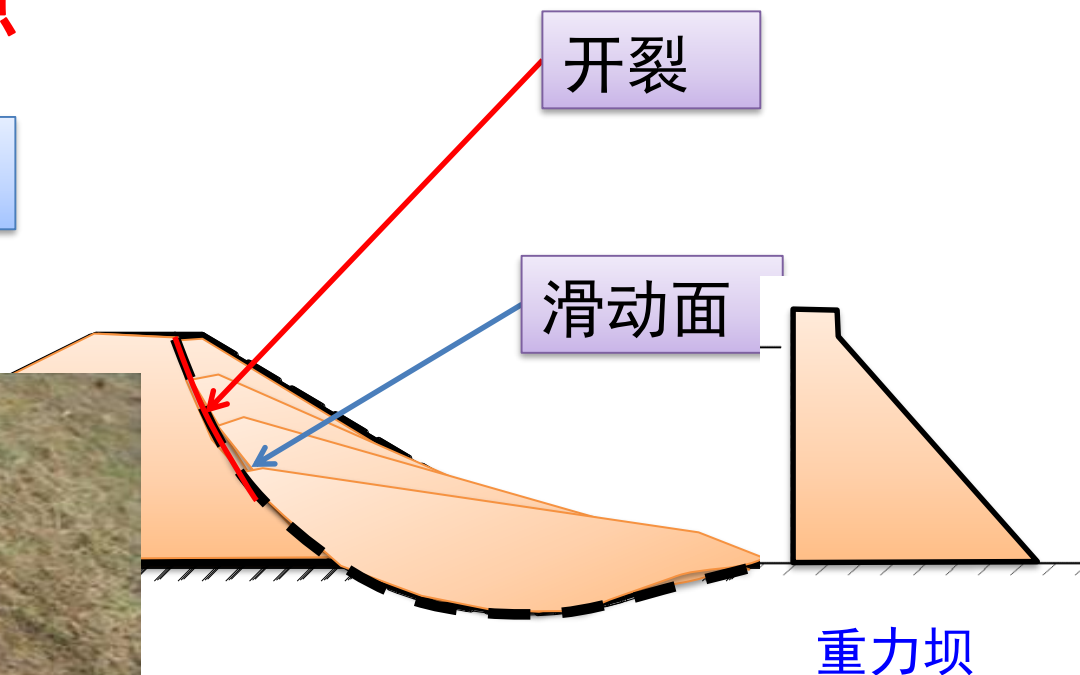
重力坝失稳：沿建基面的滑动



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

### 1、稳定→工作特点

A、抗剪强度小

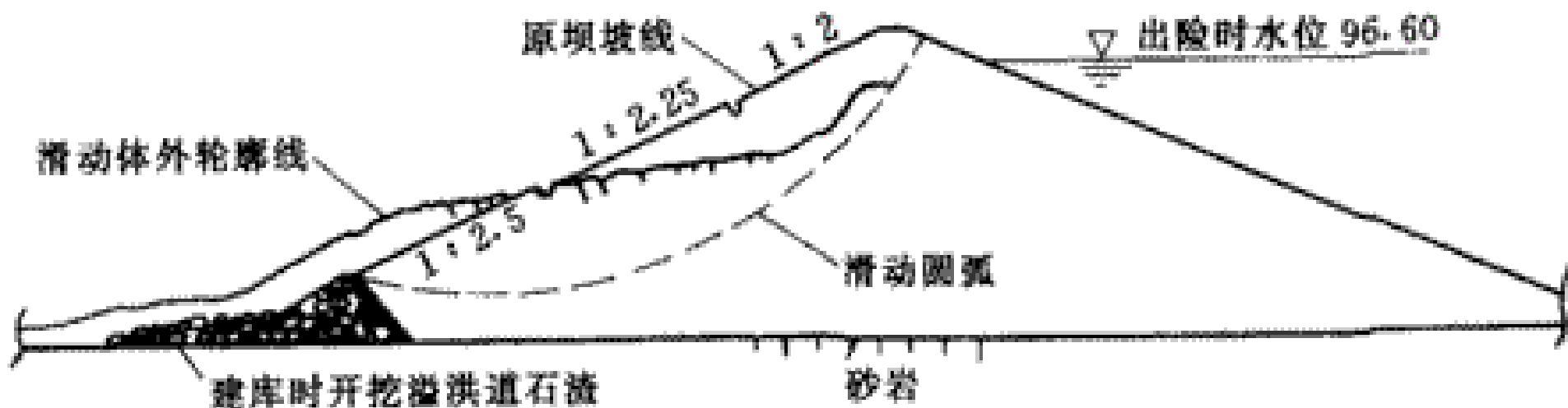


边坡失稳破坏（滑坡）



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

### 1、稳定→工作特点



广东新坑水库大坝滑坡剖面示意图



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

---

### 1、稳定→设计要求

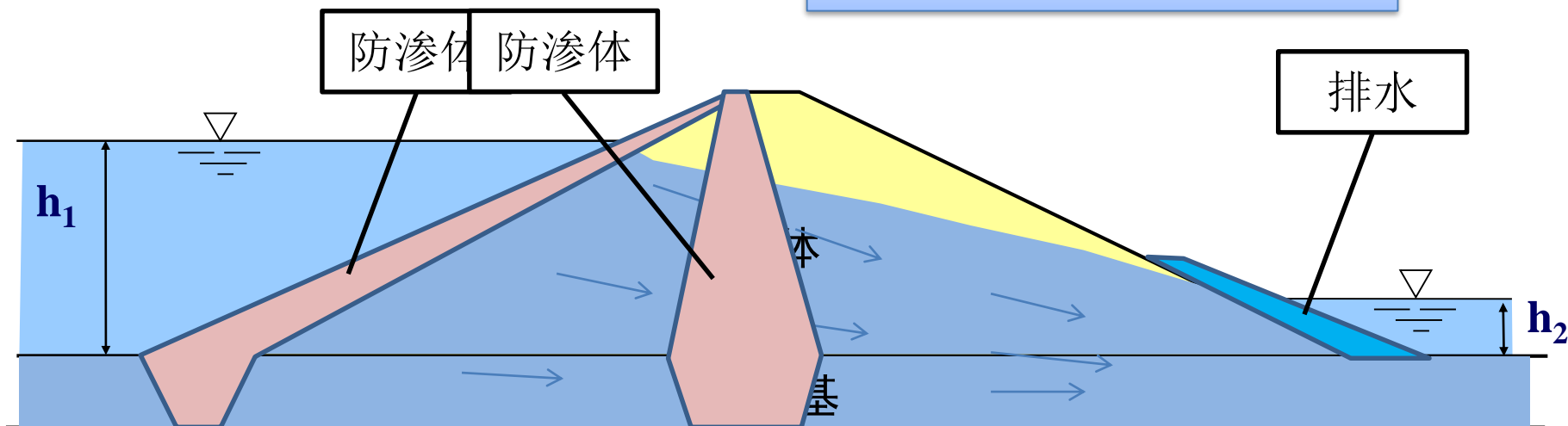
合理选择土料  
合理的坝坡  
控制施工质量



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

### 2、渗流→工作特点

B、透水性强



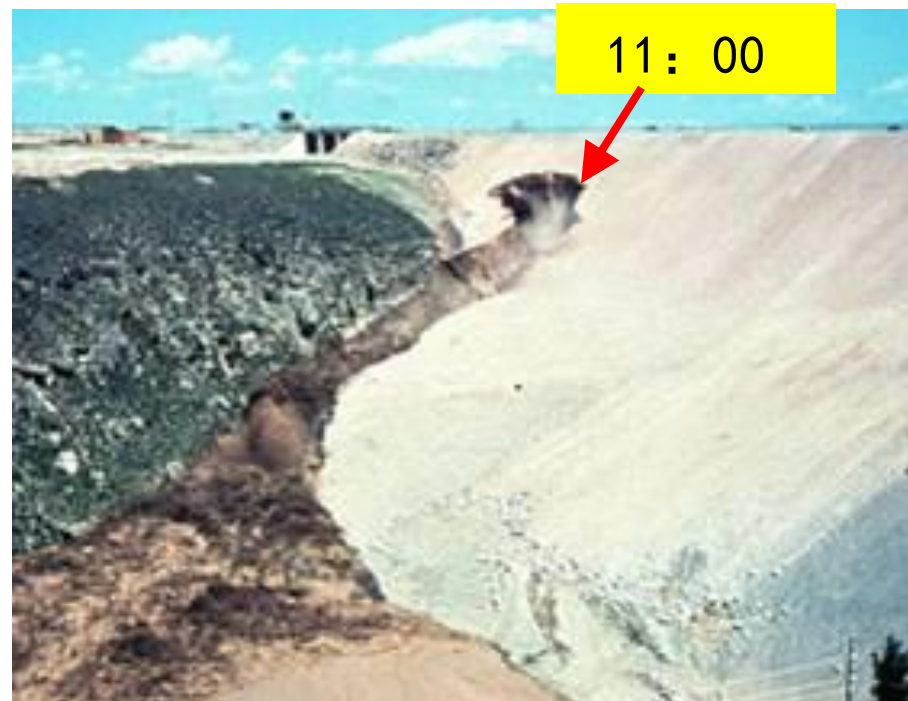
坝体或坝基产生渗透变形，导致溃坝事故



1976年6月5日上午10:30



11: 00



11:30



12: 00



**Teton坝渗流破坏过程**

**起因：坝肩发生渗透破坏**



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

### 2、渗流→工作特点

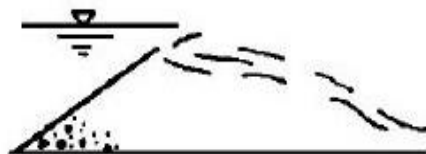
渗漏管涌(内部冲蚀)阶段



27日18~21时,共3h。

背水坡在3260m以下漏水,并携出砂粒,随着流速加大,砂砾架空并恶化发展为逆向扩展的通道,较大量砂砾管涌流失。

塌陷初溃(漫溢冲蚀)阶段



27日21~22时30分,共1.5h。

大量砂砾随水流冲失,混凝土面板悬臂临空,随之折断由洪水冲走,过水断面或洪水流量逐渐增大,最终使大量砂砾冲失,使更大面积的混凝土面板悬臂临空。

面流冲蚀溃决阶段



27日22时30分开始,不到半小时。

随着过水断面积猛增,洪水流量猛增为 $3000\text{ m}^3/\text{s}$ ,使更大量砂砾冲失,但为时甚短,很快即逐渐减小。

## 渗透破坏:青海沟后水库溃口

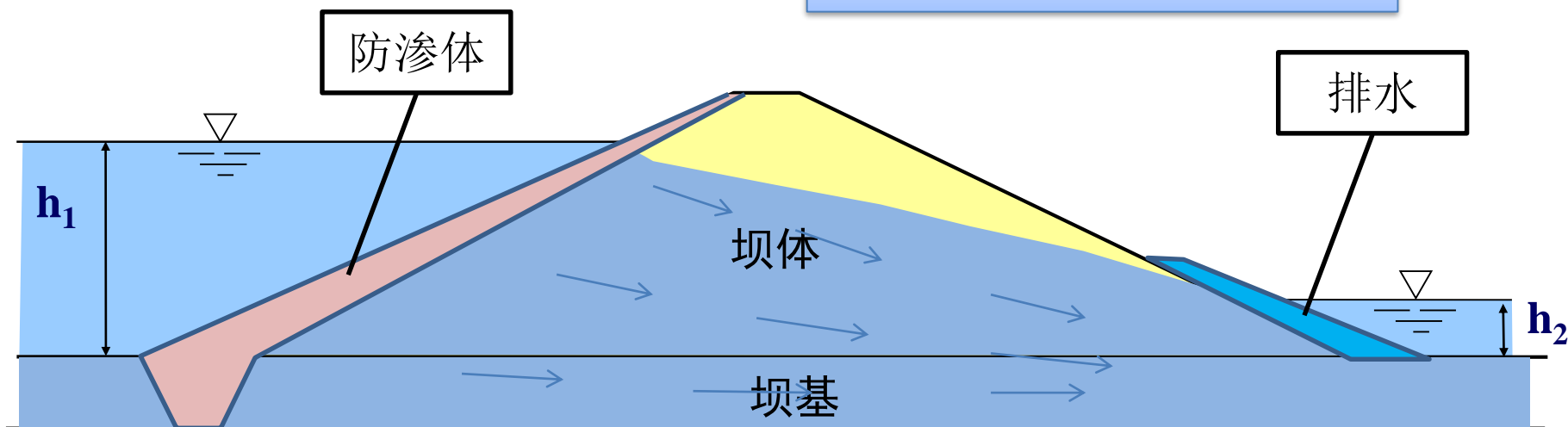
### 起因: 钢筋混凝土面板漏水



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

### 2、渗流→工作特点

B、透水性强



**坝体或坝基产生渗透变形，导致溃坝事故**

**饱和土体的抗剪强度指标下降，影响坝坡的稳定**

**渗透流量过大影响水库蓄水**



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

---

### 2、渗流→设计要求

可靠的防渗排水设施

防渗设施与岸坡、坝基的连接稳妥可靠



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

---

### 3、冲刷→工作特点

C、抗冲能力低

风浪淘刷、坝面降雨  
坝顶不能发生洪水漫顶



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

---

### 3、冲刷→工作特点



漫顶溃坝—板桥水库



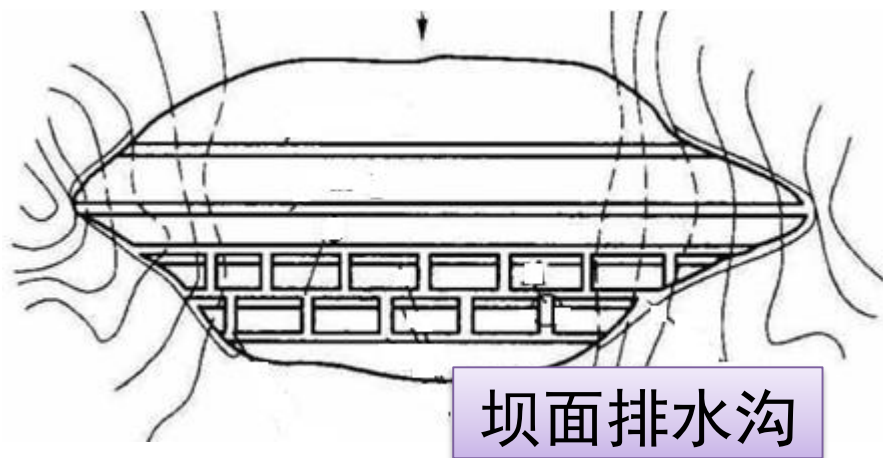
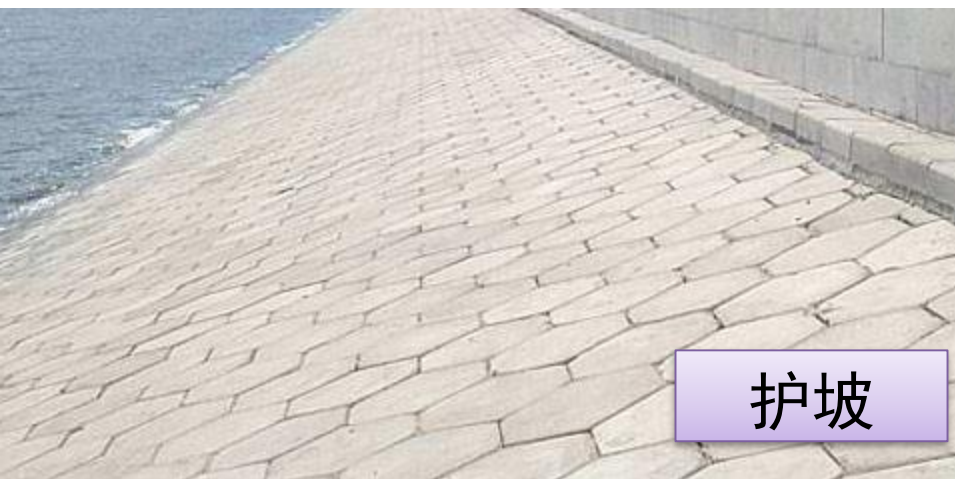
## 二、土石坝的工作特点及设计要求

### 3、冲刷→设计要求

上、下游采取有效的防冲保护及坝面排水设施

坝顶有一定的超高

枢纽应足够的泄洪能力





## 二、土石坝的工作特点及设计要求

---

### 4、沉降→工作特点

D、压缩性大

**坝体沉降**

**坝基沉降(土基)**

- **过大的沉陷→坝顶高程不足**
- **不均匀的沉陷→坝体开裂，危及坝身安全**



## 二、土石坝的工作特点及设计要求

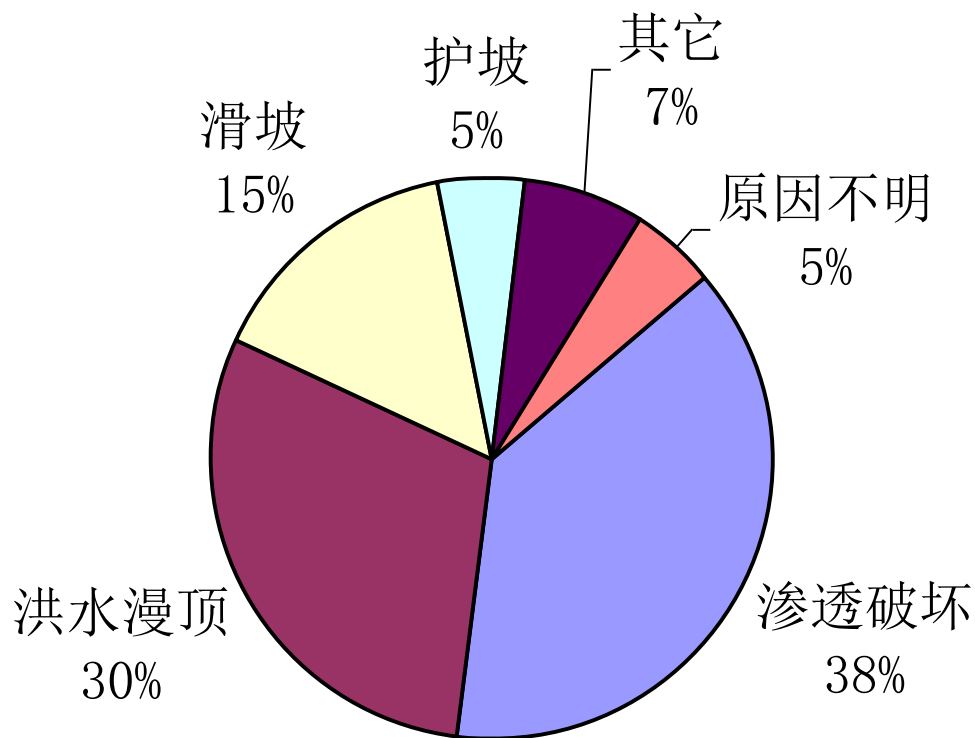
---

### 4、沉降→设计要求

- 施工时要留有足够的沉降值
- 合理选择坝体土料
- 施工时土料压实，质量均一



## 二、土石坝的工作特点及设计要求



206座土石坝事故原因统计



### 三、土石坝的类型



# 三、土石坝的类型

---

**按坝体材料：**土坝、堆石坝、土石混合坝

**按施工方法：**碾压式土石坝、水力冲填坝、水中填土坝、定向爆破堆石坝





运输设备



碾压设备



碾压式土石施工照片（水布垭 233m）



# 三、土石坝的类型

---

按坝体材料：土坝、堆石坝、土石混合坝

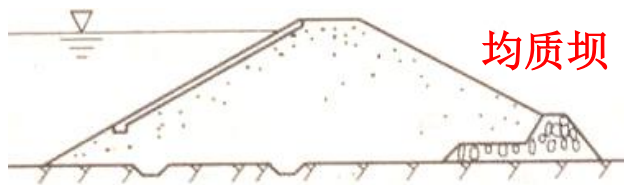
按施工方法：碾压式土石坝、水力冲填坝、水中填土坝、定向爆破堆石坝

按防渗体材料：均质坝、粘土防渗体分区坝、非土质材料防渗体坝

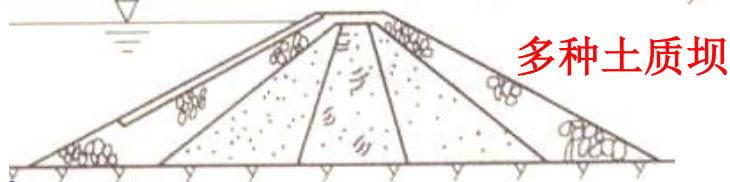
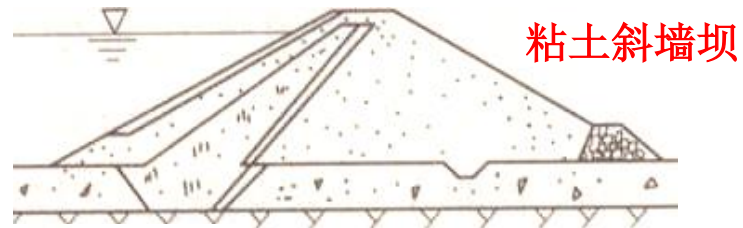


# 三、土石坝的类型

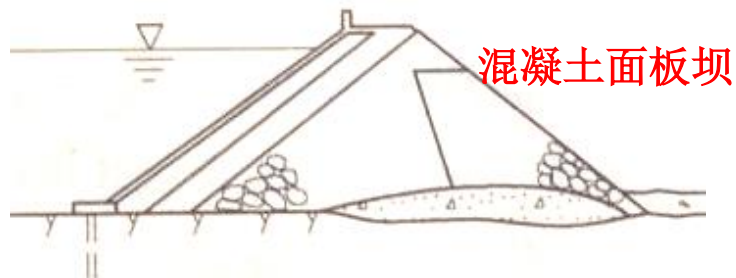
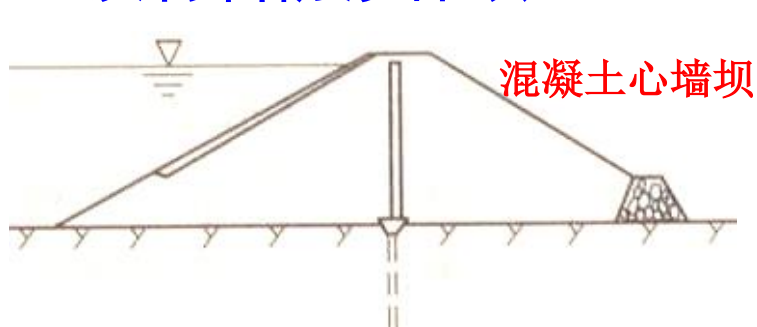
均质坝



粘土防渗体分区坝



非土质材料防渗体坝





## 本节小结

**筑坝材料就地找**

**地形地质适应好**

**防渗排水是关键**

**边坡稳定很重要**

- **重点：土石坝的工作特点及设计要求**
- **课后任务：预习土坝的布置及细部尺寸**