

# 水击的类型与计算

主讲老师

曹明伟

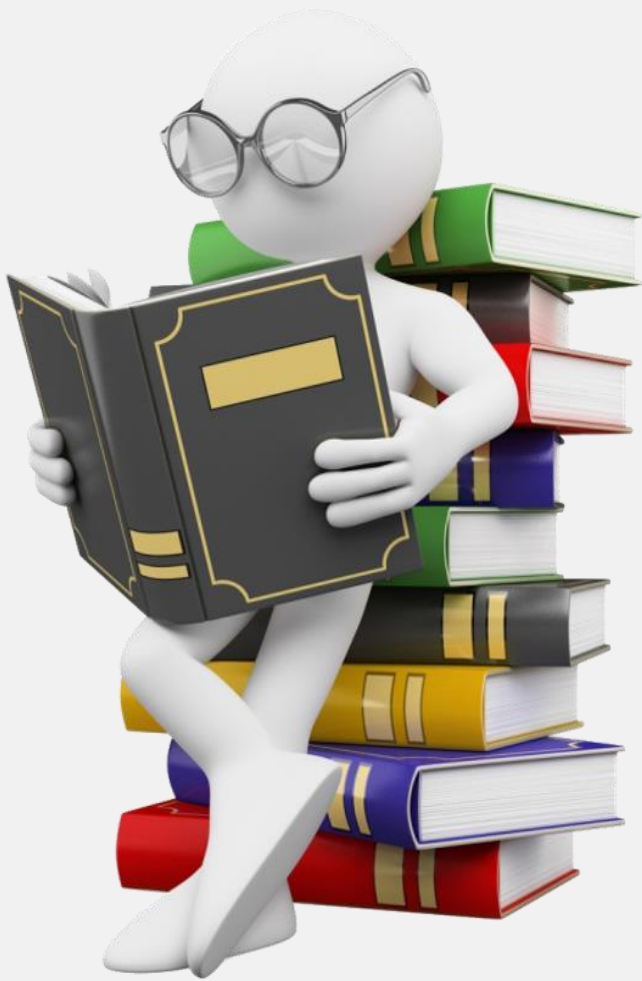
黄河水利职业技术学院





小浪底水利枢纽与已建的三门峡、陆浑、故县水库联合运用，并利用东平湖分洪，可使黄河下游防洪标准提高到千年一遇。千年一遇以下洪水不再使用北金堤滞洪区，减轻常遇洪水的防洪负担。与三门峡水库联合运用，共同调蓄凌汛期水量，可基本解除黄河下游凌汛威胁。小浪底水利枢纽开发任务**以防洪、防凌、减淤为主，兼顾供水、灌溉、发电，除害兴利，综合利用。**其中水力发电效益也非常巨大，但水轮发电机组运行中的水击会影响电站的稳定运行，了解水击，学会计算方法，有助于我们解决该问题。

**科学、求实、忠诚的新水利精神，职业道德和责任感。**



**水击的类型**



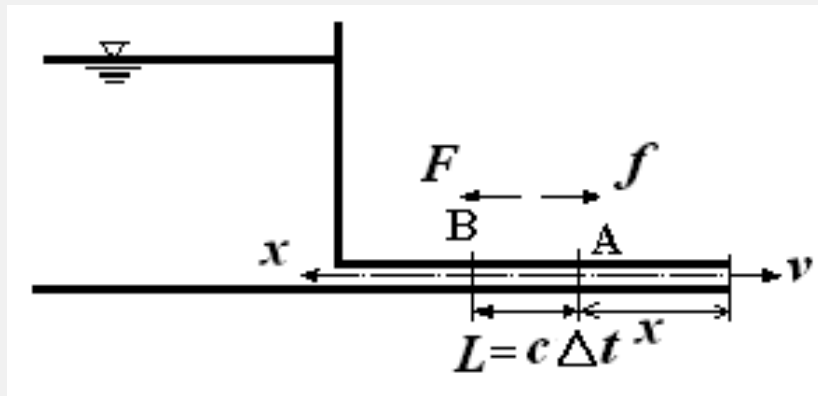
**水击的计算**



# 水击的类型

# 水击类型

## 一、直接水击



如果水轮机调节时间  $T_s \leq 2L/a$ ，则水库反射波回到阀门之前开度变化已经结束，阀门处只受**开度变化直接引起**的水击波的影响——称为**直接水击**。

## 二、间接水击

如果水轮机调节时间  $T_s > 2L/a$ ，则开度变化结束之前水库反射波已经回到阀门处，阀门处的水击压力由向上游传播的波和向下游传播的波相叠加而成——称为**间接水击**。

- 间接水击的计算比直接水击复杂得多。
- 间接水击是电站常发生的现象，也是我们的主要研究对象。

工程中最关心的是**最大水击压力**。



# 水击的计算

## 一、直接水击

$$\Delta H = H - H_0 = -\frac{a}{g}(V - V_0)$$

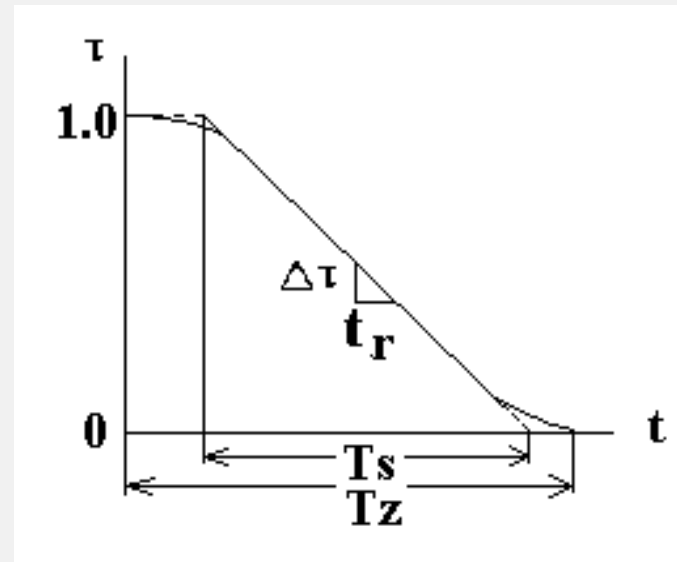
- (1) 当阀门关闭时，管内流速减小， $V - V_0 < 0$ 为负值， $\Delta H$ 为正，产生正水击；反之当开启阀门时，即 $V - V_0 > 0$ ， $\Delta H$ 为负，产生负水击。
  - (2) 直接水击压力值的大小只与流速变化 $(V - V_0)$ 的绝对值和水管的水击波速 $a$ 有关，而与开度变化的速度、变化规律和水管长度无关。
- **算例**：设 $V_0 = 5\text{m/s}$ ， $a = 1000\text{m/s}$ ，则丢弃全负荷时 $\Delta H = 510\text{m}$ 。可见直接水击要绝对避免。



### 开度依直线变化的水击

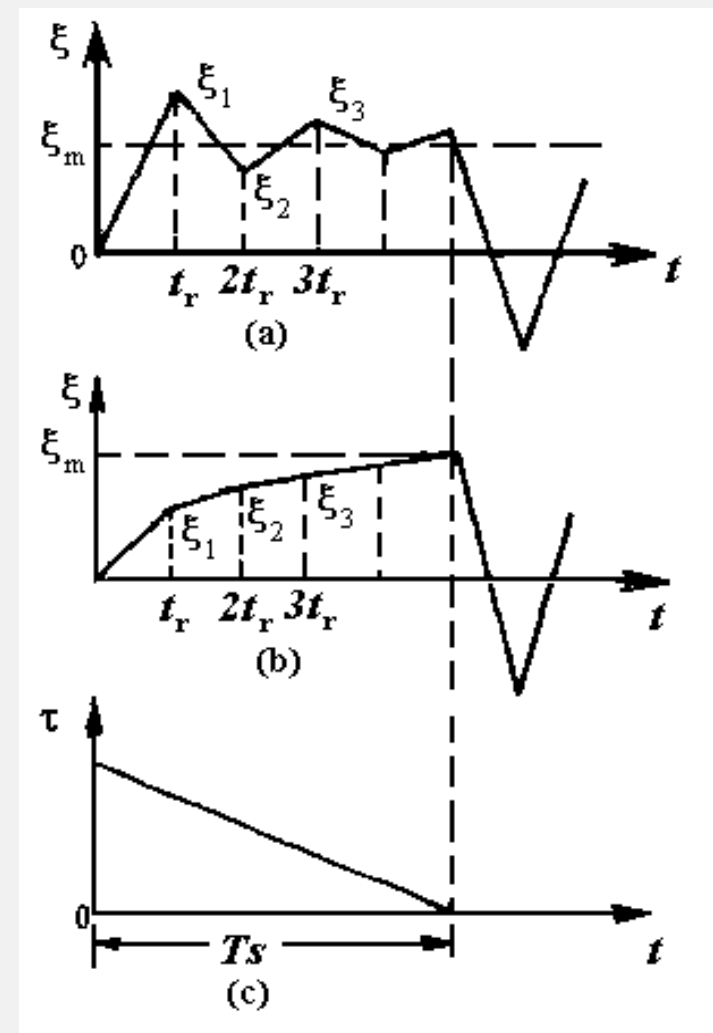
#### 1、有效关闭时间

- 总关闭时间为  $T_z$ 。
- 将阀门关闭过程的直线段适当延长，作为有效关闭时间  $T_s$ 。
- 缺乏资料时，可取  $T_s=0.7T_z$ 。
- 在开度依直线规律变化时，不必用连锁方程求出各相末水击，可用简化方法直接求出。



### 2、间接水击的两种类型

- 第一类：当  $\rho\tau_0 < 1$  时，最大水击压力出现在第一相末， $\xi_{\max}^A = \xi_1^A$  称第一相水击。
- 第二类：当  $\rho\tau_0 > 1$  时，最大水击压力出现在第一相以后的某一相，其特点是最大水击压力接近极限值  $\xi_m$ ，即  $\xi_m > \xi_1$ ，称为极限水击。
- 注：第一相水击是高水头电站的特征；极限水击常发生在低水头水电站上。



### 3. 开度依直线变化的水击简化计算

(1) 第一相水击计算的简化公式

- 关闭阀门时

$$\xi_1^A = \frac{2\sigma}{1 + \rho\tau_0 - \sigma}$$

- 开启阀门时

$$y_1^A = \frac{2\sigma}{1 + \rho\tau_0 + \sigma}$$

$$\sigma = -\rho\Delta\tau = \pm \frac{LV_{\max}}{gH_0T_s}$$

### (2) 极限水击计算简化公式

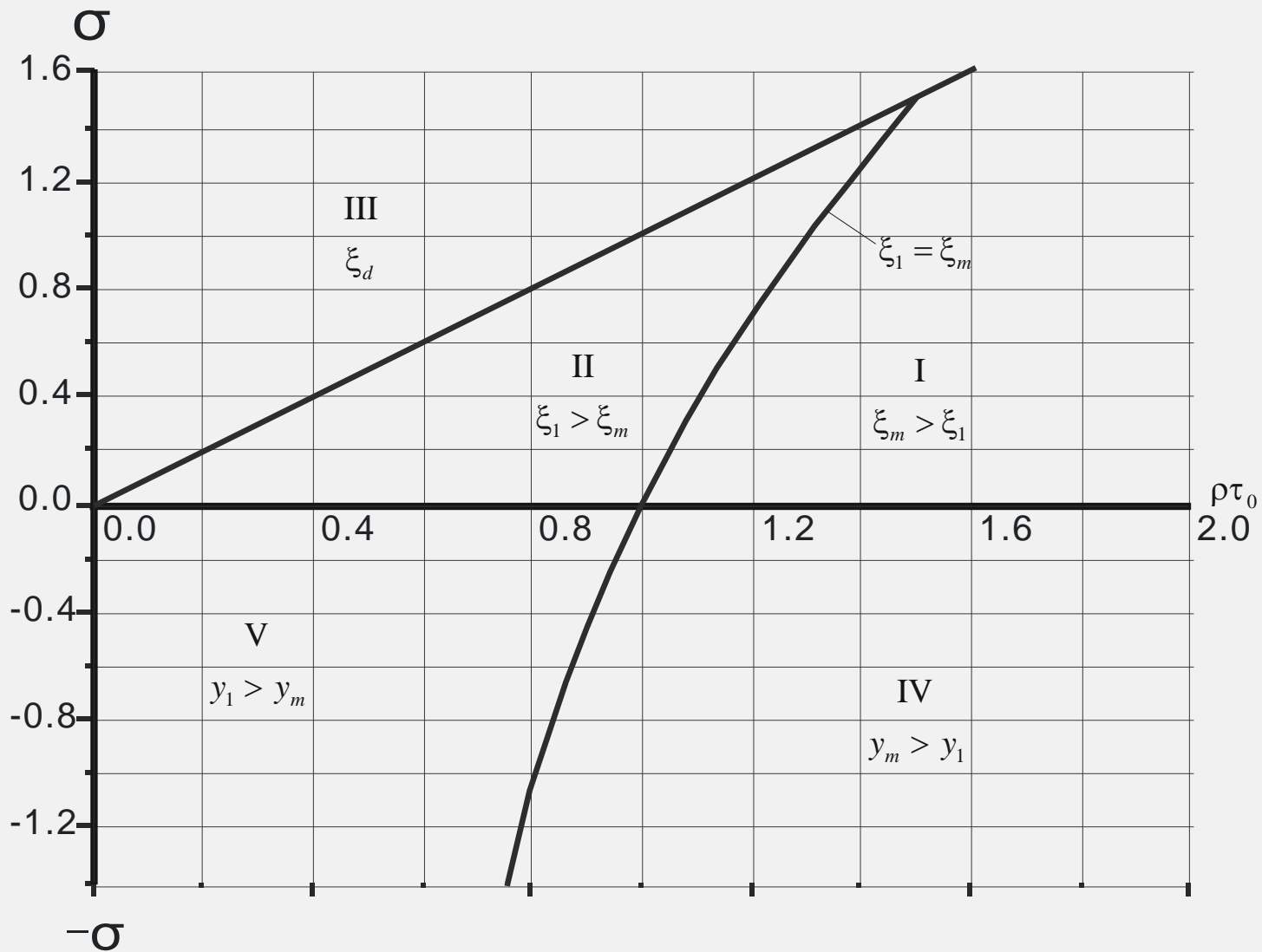
$$\xi_m^A = \frac{\sigma}{2} \left( \sigma \pm \sqrt{\sigma^2 + 4} \right)$$

- 当水击压强 $\leq 0.5$ 时，可得到更为简化的近似公式：

$$\xi_m^A = \frac{2\sigma}{2 - \sigma} \quad y_m^A = \frac{2\sigma}{2 + \sigma}$$



### 水击类型的判别条件



- ❖ I区为极限正水击；II为第一相正水击；III为直接水击；IV为极限负水击；V为第一相负水击；
- ❖ 简单判别方法：
  - ❖  $\rho\tau_0 < 1.0$ 时，常发生第一相水击；
  - ❖  $\rho\tau_0 > 1.5$ 时，常发生极限水击；
  - ❖  $1.0 < \rho\tau_0 < 1.5$ 时，则随 $\sigma$ 值的不同而发生第一相或极限水击，个别情况下发生直接水击。按图判别。
  - ❖ 仅用 $\rho\tau_0$ 大于还是小于1作为判别水击类型的条件是近似的。水击类型除与 $\rho\tau_0$ 有关，还与 $\sigma$ 有关。

# 祝您学习愉快

主讲老师

曹明伟

黄河水利职业技术学院

