



# 机组调节保证计算



主讲教师 周志琦

黄河水利职业技术学院

# 课前回顾

## 水轮机调节

◆ 丢弃负荷

- ◆ 转速上升
- ◆ 水击压力增大

◆ 调节流量

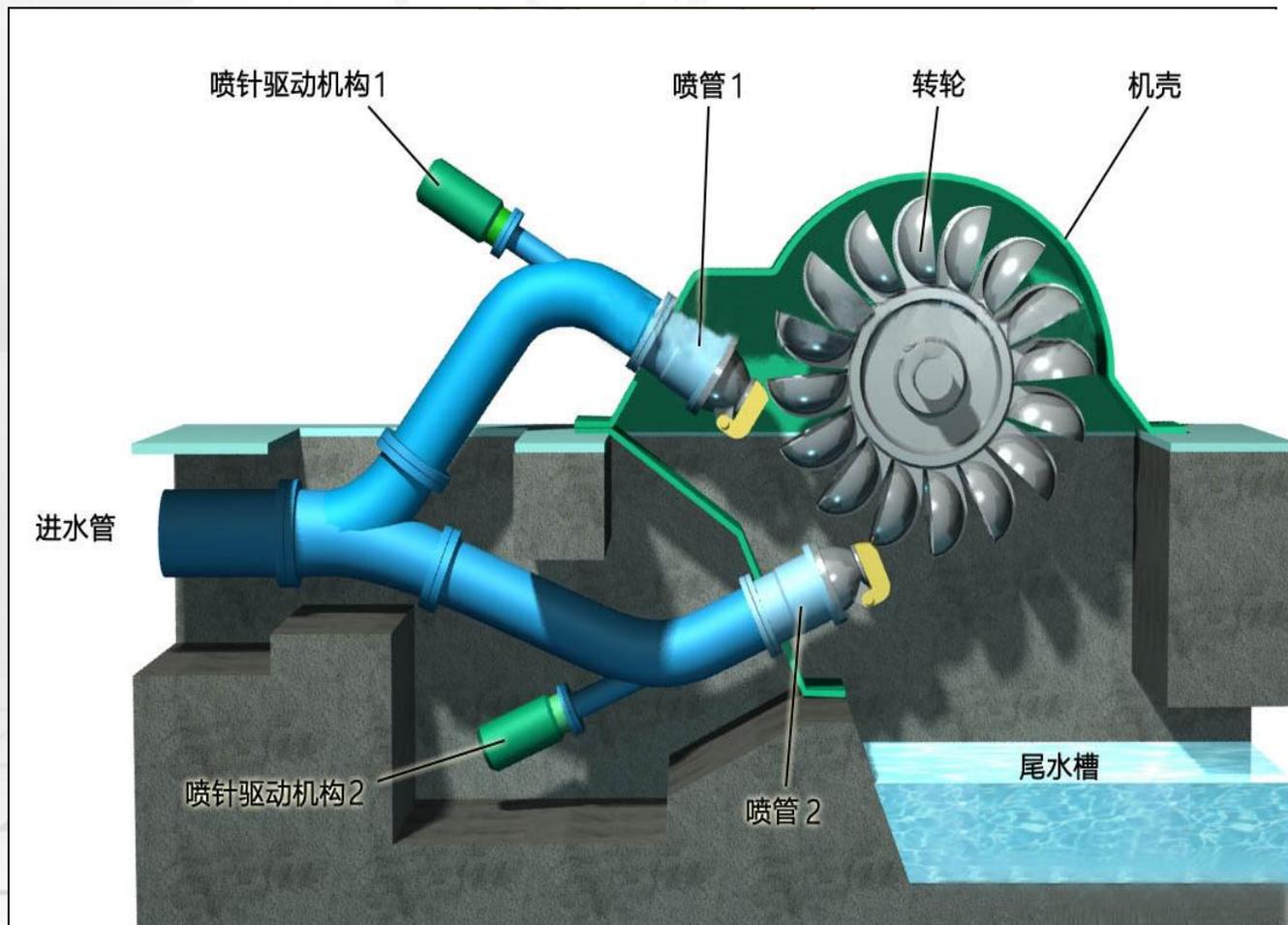
- ◆ 调节导叶开度
- ◆ 调节针阀行程

◆ 增加负荷

- ◆ 转速下降
- ◆ 水击压力降低

# 课前回顾

## 水轮机调节



- ◆ 调节导叶开度
- ◆ 调节针阀行程

# 内容

01



调节保证计  
算的任务

02



调节保证计算的  
内容和标准

03



机组转速变  
化率计算



# 调节保证计算的任务

PART 01

# 调节保证计算的任务

调保计算

机组最大转速上升和最大水压变化的计算

任务

合理选择导叶或针阀关闭时间和关闭规律  
水击压强及机组转速变化率控制在允许范围内



# 调节保证计算 的内容和标准

PART 02



# 调节保证计算的内容和标准



## 最大水头

可能产生最大内水压力



## 设计水头

机组上升速率可能最大，  
可能产生最大内水压力



## 最小水头

增加负荷可能产生最大负水击

## 调节保证计算的内容

### 精益求精、方法论

甩负荷时

最大水击  
压力上升率

$$\varepsilon = \frac{H_{\max} - H_0}{H_0} \times 100\%$$

最大转速  
上升率

$$\beta = \frac{n_{\max} - n_0}{n_0} \times 100\%$$

# 调保计算的标准

01

甩全负荷时，允许的最大水击压力上升率受限

电站设计水头 (m)	< 40	40~100	> 100
------------	------	--------	-------

蜗壳末端允许最大水击压力上升率 (%)	70~50	50~30	< 30
---------------------	-------	-------	------

大转速上升率

比重较大且担任调频， < 45%；不大或担任基荷， < 55%；独立运行 ≤ 30%；冲击式水轮机， < 30%。

不超过  
允许值

02

03

尾水管内最大真空度不宜大于8m水柱

04

突增全负荷时，不出现负压且2m水柱高压强余度



# 机组转速变化率计算

PART 03



## 机组转速变化率

丢弃负荷

$$\beta = \frac{n_{\max} - n_0}{n_0} \times 100\%$$

增加负荷

$$\beta = \frac{n_0 - n_{\min}}{n_0} \times 100\%$$

# 机组转速变化率

丢弃负荷时

$$\beta = \sqrt{1 + \frac{3573.18 N_0 T_{s1} f}{n_0 \sum GD^2}} - 1$$

“苏联列宁  
格勒金属  
工厂”公式

增加负荷时

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - \frac{3573.18 N_0 T_{s2} f}{n_0 \sum GD^2}}$$

## “苏联”公式

### 丢弃负荷时

$$\beta = \sqrt{1 + \frac{3573.18 N_0 T_{s1} f}{n_0 \sum GD^2}} - 1$$

$N_0$  ——机组额定出力，kW；

$n_0$  ——机组额定转速，r/min；

$T_{s1}$  ——导叶由全开关至空转开度的历时，s；

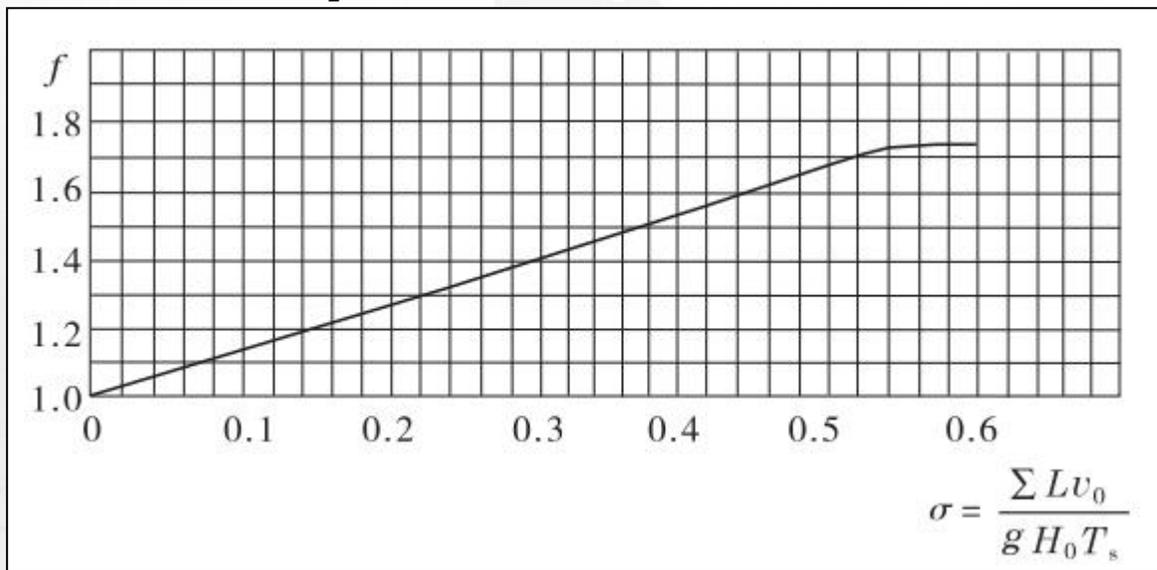
$T_{s2}$  ——导叶由空转开度开至全开的历时，s；

# “苏联”公式

丢弃负荷时

$$\beta = \sqrt{1 + \frac{3573.18 N_0 T_{s1} f}{n_0 \sum GD^2}} - 1$$

$f$  ——水击影响修正系数，可按式  $f=1 + 1.2\sigma$  计算，  
当  $\sigma < 0.6$  及  $\beta < 0.5$  时， $f$  值可查图。



水击影响修正系数  $f$  与  $\sigma$  关系曲线

## “苏联”公式

丢弃负荷时

$$\beta = \sqrt{1 + \frac{3573.18 N_0 T_{s1} f}{n_0 \sum GD^2}} - 1$$

$\sum GD^2$  —— 机组转动惯量， $\text{kN} \cdot \text{m}^2$ ，一般由制造厂家提供，若缺乏资料，由下式估算；

$$GD^2 = (5 \sim 7.5) \left( \frac{60}{n} \right)^2 N_0 / \cos \phi$$

$N_0$  —— 发电机的额定容量， $\text{kW}$ ；

$\cos \phi$  —— 功率因数。

## “长江流域办公室”公式

$$\beta = \sqrt{1 + \frac{3573.18N_0}{n_0^2 \sum GD^2} (2T_C + T_n f_h) - 1}$$

$$T_C = T_A + 0.5\delta T_a \quad T_a = n_0^2 GD^2 / 365 N_0 \quad T_n = (0.9 - 0.00063n_s) T_s$$

$T_C$  ——调速系统迟滞时间，s；

$T_A$  ——导叶动作迟滞时间，电调调速器取0.1s，机调调速器取0.2s；

$\delta$  ——调速器的残留不均衡度，一般取0.02~0.06；

## “长江流域办公室”公式

$$\beta = \sqrt{1 + \frac{3573.18 N_0}{n_0^2 \sum GD^2} (2T_C + T_n f_h) - 1}$$

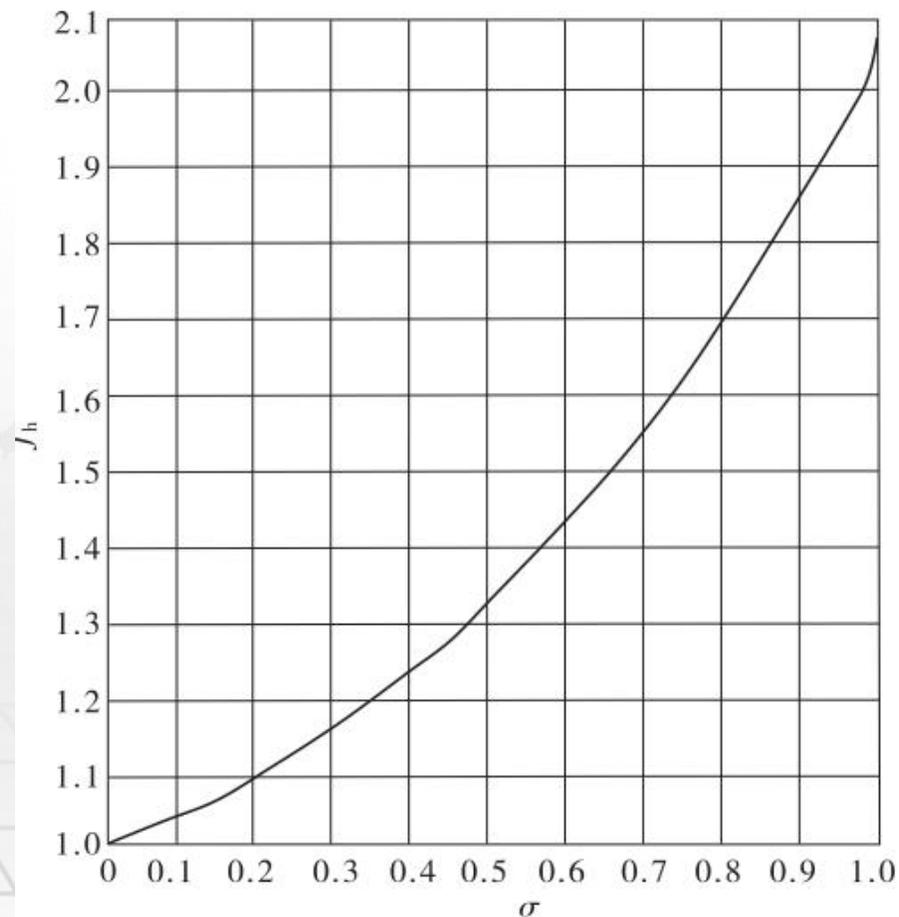
$T_a$  —— 机组的时间常数, s;

$T_n$  —— 升速时间, s;

$n_s$  —— 水轮机比转速,  $n_s = n_0 \sqrt{N_0} / H^{1.25}$

$T_s$  —— 导叶 (或阀门) 的有效调节时间, s;

$f_h$  —— 水击影响系数, 根据管道特性常数由右图查得。



水击影响修正系数  $f_h$  与  $\sigma$  关系曲线



# 祝您学习愉快!

主讲教师 周志琦

黄河水利职业技术学院