



# 改善调节保证措施



主讲教师 曹明伟

黄河水利职业技术学院



国之重器——白鹤滩水电站，创造了多项世界第一。

如地下洞室群规模世界第一。电站各类洞室总长度达217km，洞室开挖量达2500万 $m^3$ ，是国内外水电工程中规模最大的地下洞室群。这就需要践行“科学、求实、创新”的新时代水利精神。

## 本节重点



◆ 减小水击压强的措施？



# 内容

01



缩短压力  
管道长度

02



减小压力管  
道中的流速

03



延长机组的有  
效关闭时间

04



选择合理的  
调节规律



# 缩短压力管道长度

PART 01

## 缩短压力管道长度

- 缩短压力管道长度，使从进水口反射回来的水锤波能够较早地回到压力管道末端，从而减小水锤值。
- 从管道特性系数 $\sigma = LV_{\max}/gH_0T_s$ 中可看出，减小 $L$ 可以减小 $\sigma$ ，在较长的引水系统中，设置调压室，是缩短压力管道的常用措施。



# 减小压力管道中的流速

PART 02

## 减小压力管道中的流速

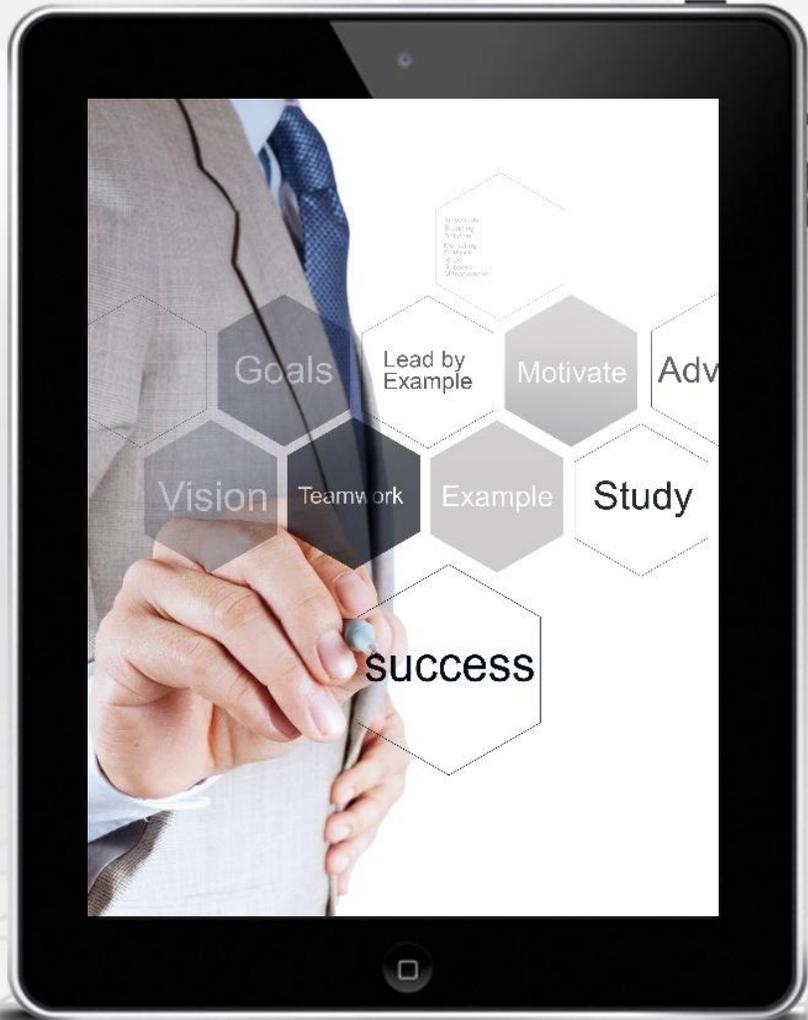
- 减小流速可减小压力管道中单位水体的动量，从而减小水锤压力。
- 但是水电站在运行中要求流量是一定的，要减低流速势必要加大管径，增加管道造价。因此用加大管径办法降低水锤压强，往往不经济。
- 但在一定条件下，如果适当加大管径后便可不设调压室，还是比较合理的。



# 延长机组的有效关闭时间

PART 03

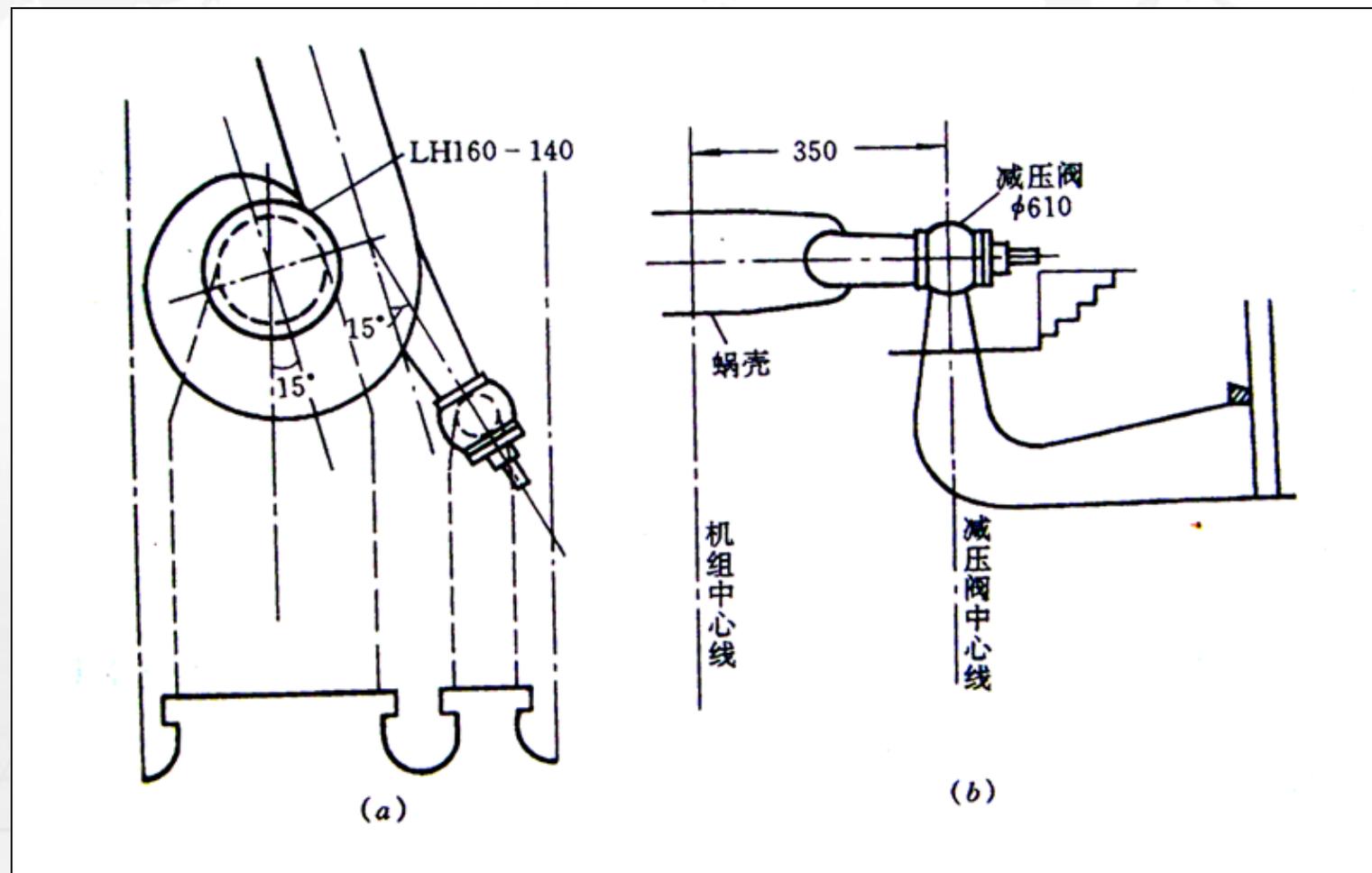
## 延长机组的有效关闭时间



延长有效的关闭时间 $T_s$ ，可降低水锤压力，但使机组转速变化率 $\beta$ 值增加，甚至超过允许值，要解决这个矛盾，可采取以下措施：

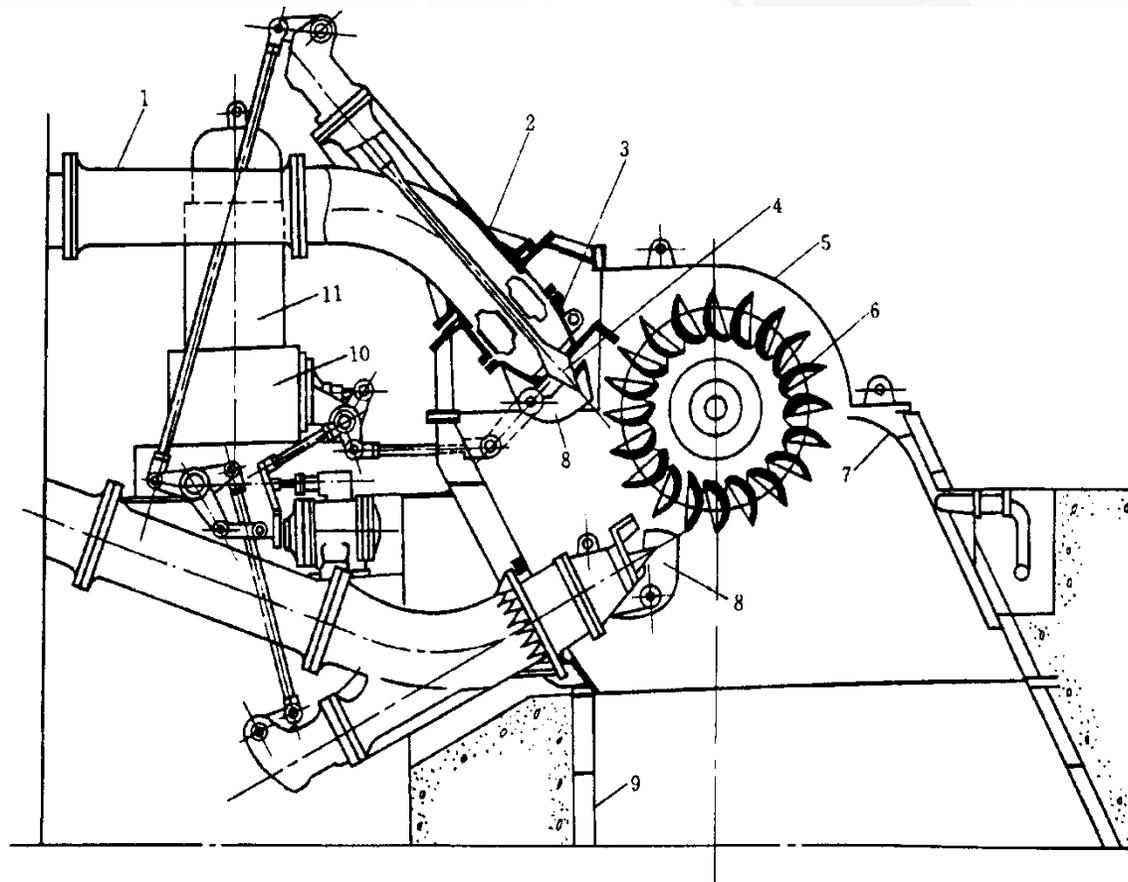
## 延长机组的有效关闭时间

反击式水轮机设置减压阀(空放阀):  
在蜗壳的进口附近装设减压阀。但:  
减压阀在机组增加负荷时不起作用。



## 延长机组的有效关闭时间

冲击式水轮机的机组装置偏流器(折流器)。偏流器构造简单，造价便宜，且无需增加厂房的尺寸，在水斗式水轮机的机组经常采用。**注：偏流器在增荷时不起作用。**



水斗式水轮机结构图

1—压力钢管；2—喷嘴管；3—喷嘴；4—喷针；5—机壳；6—转轮；  
7—导流板；8—折流板；9—尾水槽；10—接力器；11—调速器

## ◆ 延长机组的有效关闭时间

设置水阻器(水电阻)。机组丢弃负荷时，调速器使水阻器投入运行，使机组原来输入系统中的功率消耗于水阻之中，即用水阻代替原有负荷。**注：水阻器对于增加负荷时不起作用。**

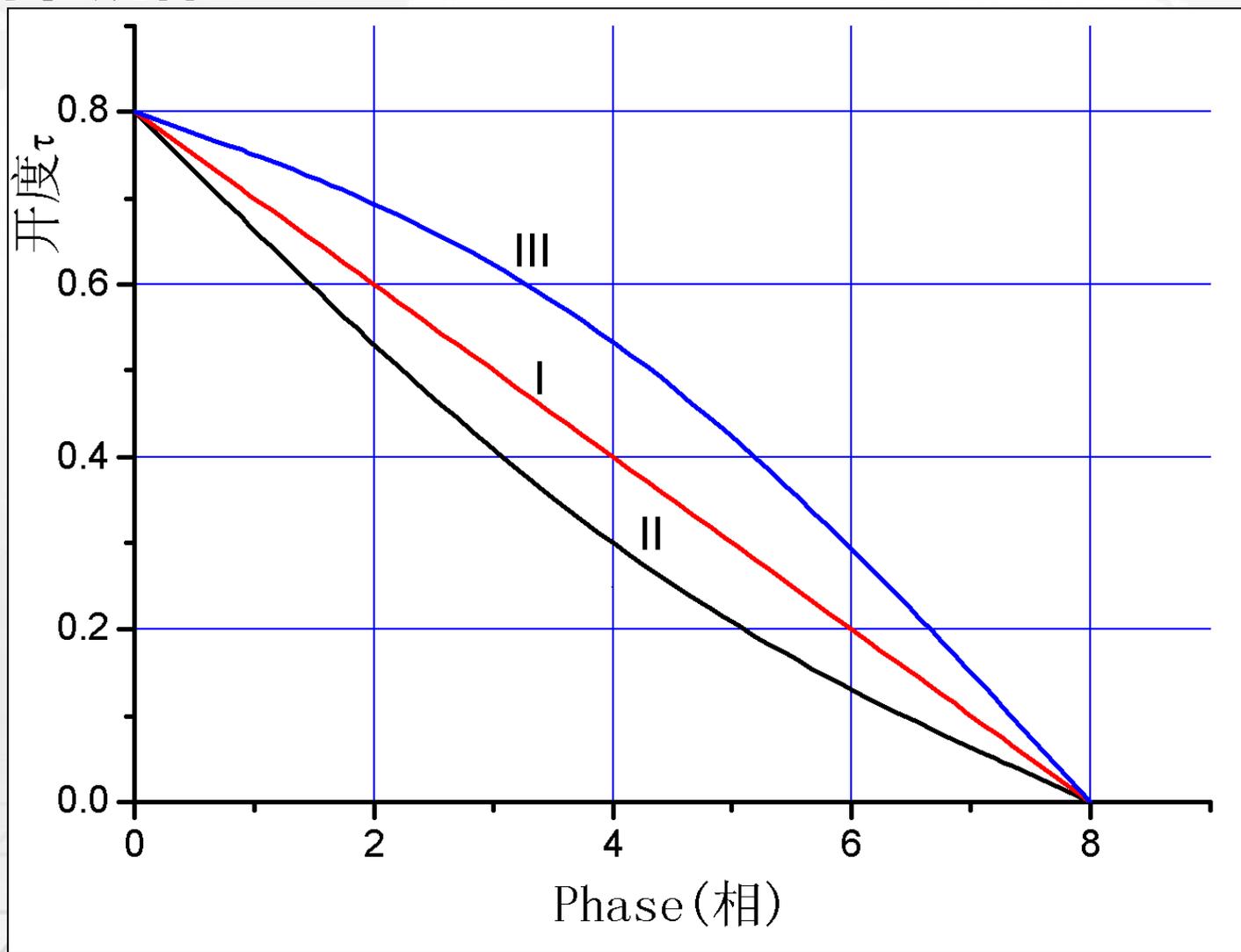


# 选择合理的调节规律

PART 04



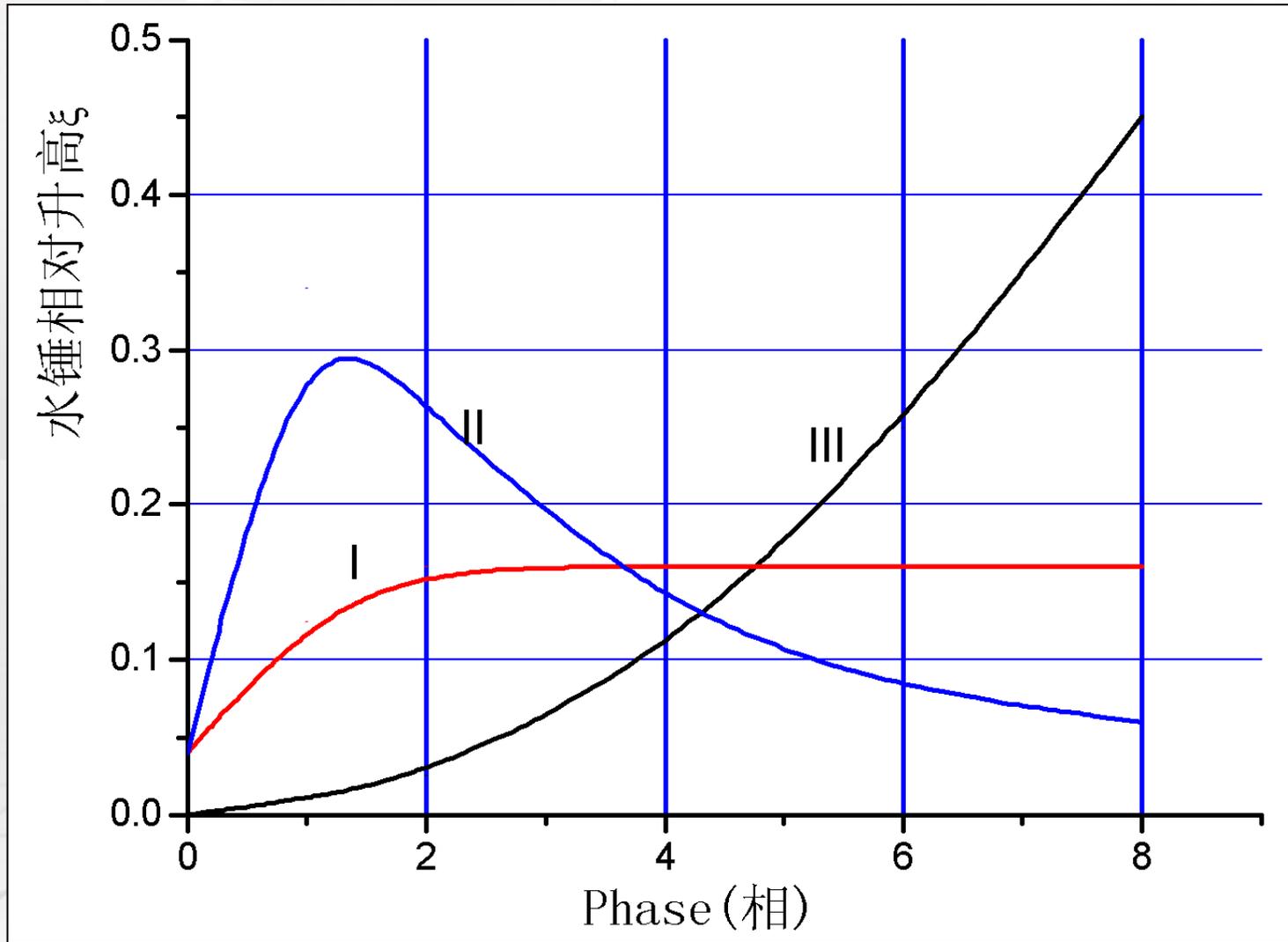
# 选择合理的调节规律



导叶的关闭规律



# 选择合理的调节规律



不同导叶关闭规律对水锤压力的影响

## 选择合理的调节规律

- 采用合理的关闭规律能有效地降低水锤压力值。
- **中低水头电站**：最大水锤压强常出现在调节过程终了，水轮机导叶可采取**先快后慢**的关闭规律，以提高开始阶段的水锤压强，降低终了阶段的水锤值；
- **高水头电站**：最大水锤压强通常出现在调节过程开始阶段，可采用**先慢后快**的调节规律。
- **注**：采用合理的关闭规律减小水锤压强，简单易行，又比较经济，应优先考虑。



# 祝您学习愉快！

主讲教师 曹明伟

黄河水利职业技术学院