

# 水电站自动化

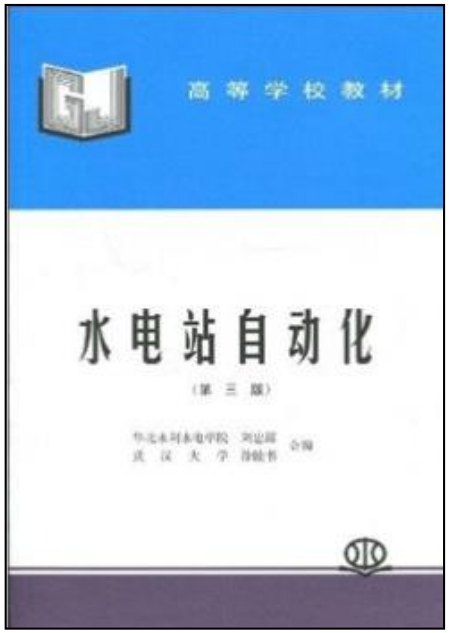
蒋志强

Email: zqjzq@hust.edu.cn

电话：

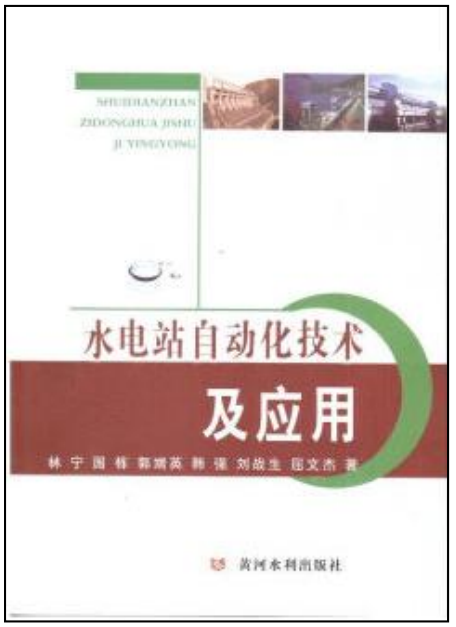
# 教材及参考资料

- **刘忠源、徐睦书. 水电站自动化. 中国水利水电出版社. 1998-5**
- 林宁、国栋等编. 水电站自动化技术及应用.黄河水利出版社. 2014-11
- 崔明. 变电站与水电站综合自动化. 水利水电出版社.2005-05
- 徐建安. 水电站自动化技术. 中国水利水电出版社. 2006-1



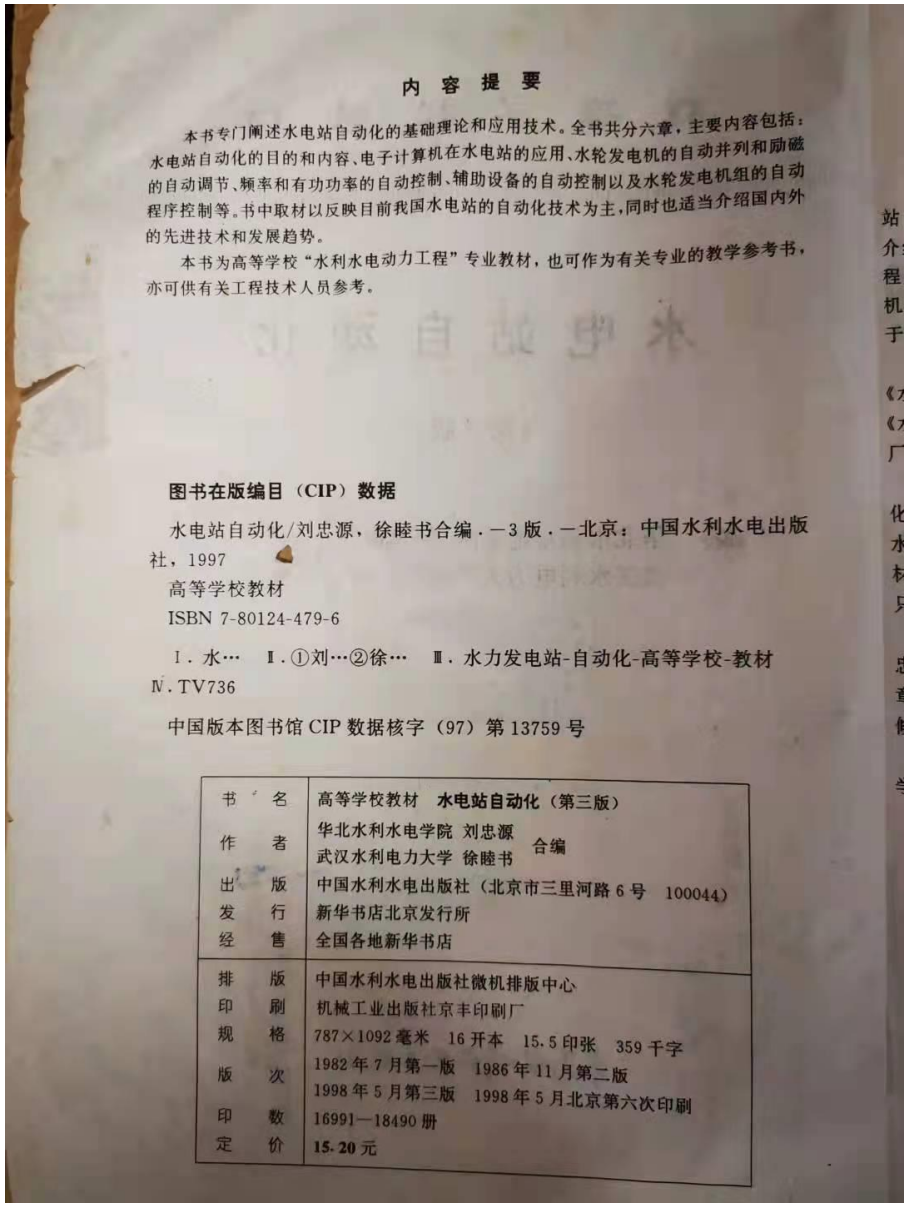






# 教材及参考资料



**内容提要**

本书专门阐述水电站自动化的基础理论和应用技术。全书共分六章，主要内容包括：水电站自动化的目的和内容、电子计算机在水电站的应用、水轮发电机的自动并列和励磁的自动调节、频率和有功功率的自动控制、辅助设备的自动控制以及水轮发电机组的自动程序控制等。书中取材以反映目前我国水电站的自动化技术为主，同时也适当介绍国内外的先进技术和发展趋势。

本书为高等学校“水利水电动力工程”专业教材，也可作为有关专业的教学参考书，亦可供有关工程技术人员参考。

**图书在版编目（CIP）数据**

水电站自动化/刘忠源，徐睦书合编．—3版．—北京：中国水利水电出版社，1997

高等学校教材

ISBN 7-80124-479-6

Ⅰ．水… Ⅱ．①刘…②徐… Ⅲ．水力发电站-自动化-高等学校-教材 Ⅳ．TV736

中国版本图书馆 CIP 数据核字（97）第 13759 号

| | |
|---|---|
| 书名 | 高等学校教材 **水电站自动化**（第三版） |
| 作者 | 华北水利水电学院 刘忠源<br>武汉水利电力大学 徐睦书 合编 |
| 出版<br>发行<br>经售 | 中国水利水电出版社（北京市三里河路 6 号 100044）<br>新华书店北京发行所<br>全国各地新华书店 |
| 排版<br>印刷<br>规格<br>版次<br>印数<br>定价 | 中国水利水电出版社微机排版中心<br>机械工业出版社京丰印刷厂<br>787×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 359 千字<br>1982 年 7 月第一版 1986 年 11 月第二版<br>1998 年 5 月第三版 1998 年 5 月北京第六次印刷<br>16991—18490 册<br>**15.20** 元 |

# 课程教学内容及学时安排

一. 水电站自动化概述(3学时)

二. 水轮发电机的自动并列(4学时)

三. 水轮发电机励磁的自动调节(3学时)

四. 机组频率和功率的自动控制(4学时)

五. 辅助设备的自动控制(6学时)

六. 水轮发电机组的自动程序控制(6学时)

七. 可逆式机组及其自动控制(8学时)

复习课(4学时)

答疑课(2学时)

# 课程考核

- 考试成绩 80%（闭卷）
- 平时成绩 20%（考勤+作业）
  - **考勤**（5次，每次10分）
  - **作业**（共50分，每章节习题，最后一节课上交，写在A4纸上，包括题目与答案，手写）

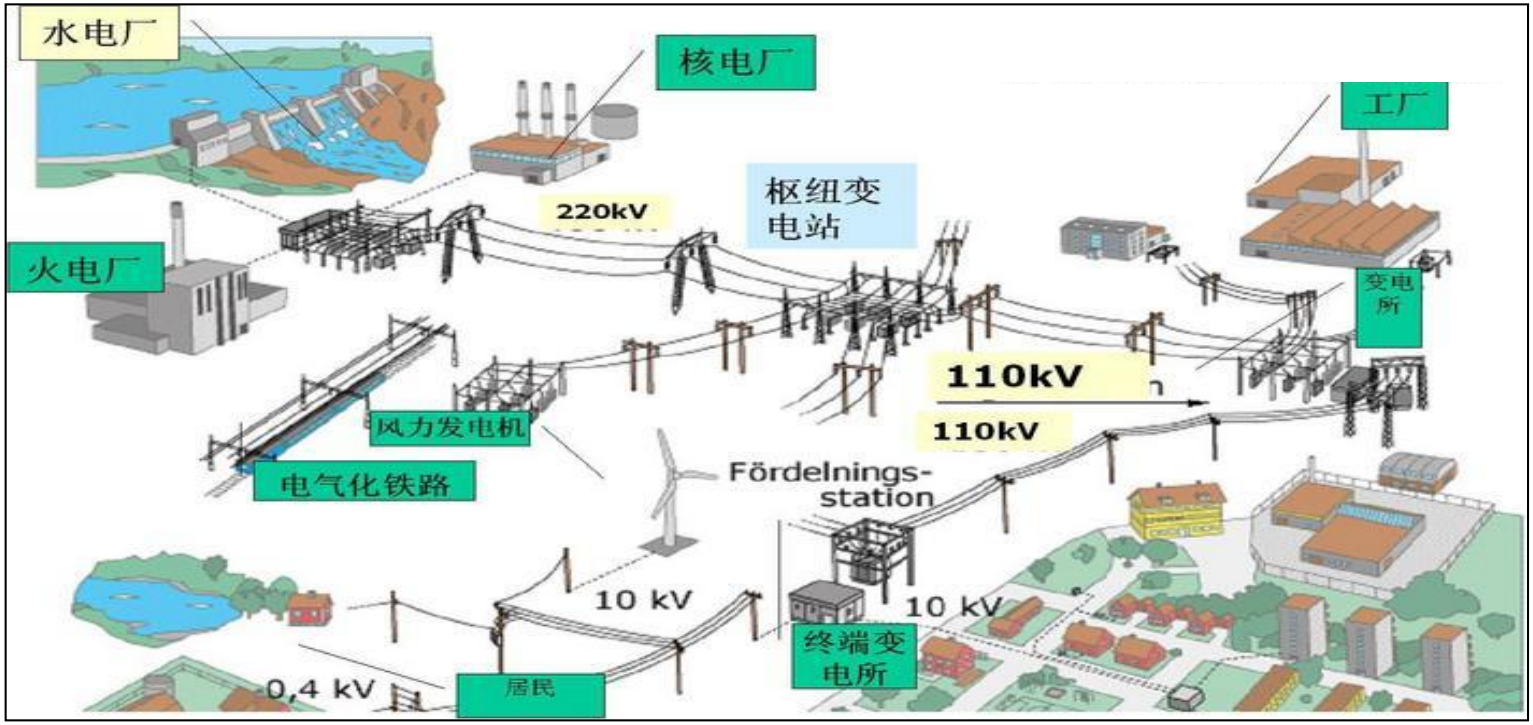
# 第1章　水电站自动化概述

1. 水电站在电力系统中的作用
2. 水电站自动化的目的和内容
3. 水电站自动化技术的发展情况
4. 计算机技术在水电生产过程中的应用

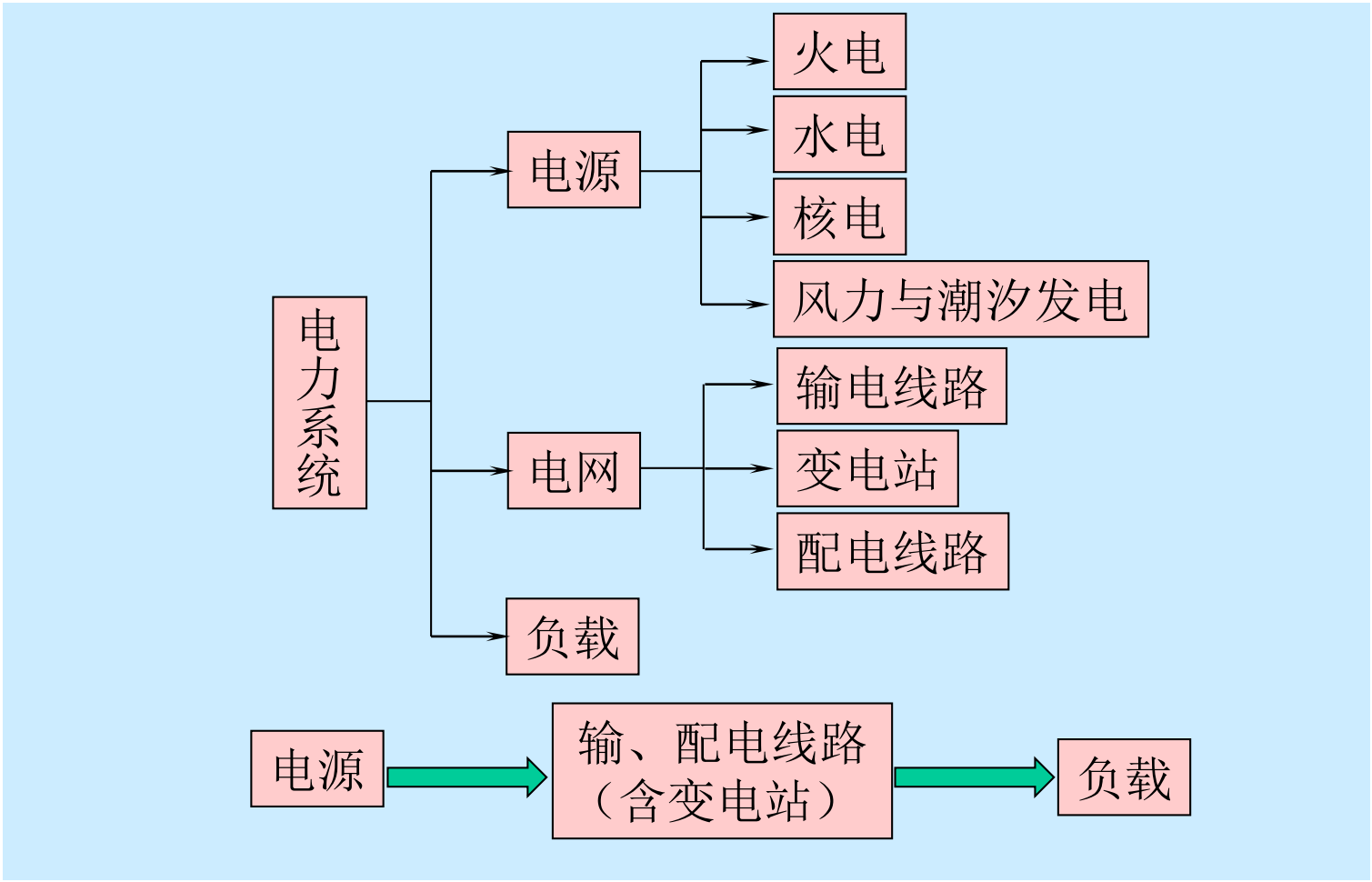
# 1 水电站在电力系统中的作用

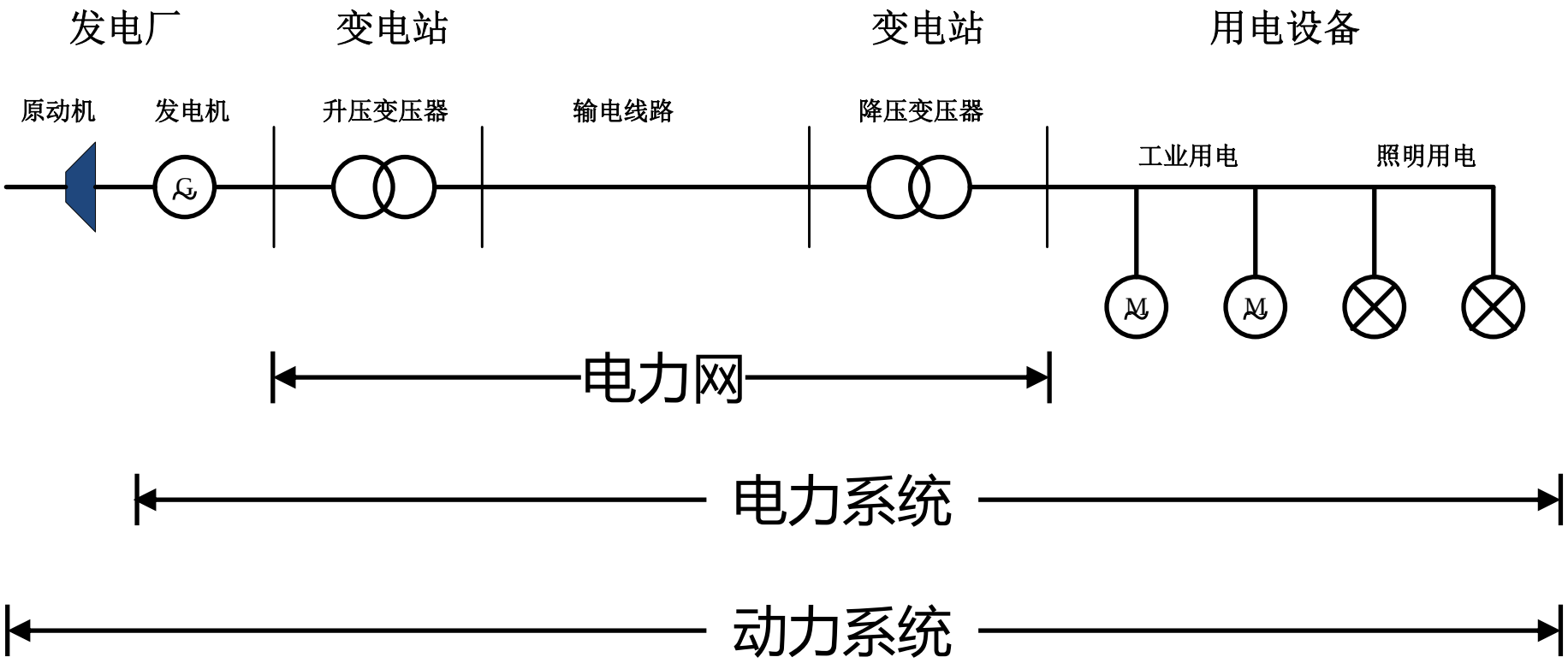
## （1）电力系统的组成

电力系统是由发电、输电、变电、配电和用电等环节组成的电能生产与消费系统。它的功能是将自然界的一次能源通过发电动力装置转化成电能(二次能源)，再经输电、变电和配电将电能供应到各用户。



## 电力系统的组成结构图：






**电力网**：输送电能的网络，包括变电站和输电线路

**电力系统**：电力网+发电机+用电设备

**动力系统**：电力系统+发电能源

## （2）水电生产的特点

- **水能是一种非常优越的能源**

水能是一种再生能源；水能是一种清净能源；水资源可以综合利用。











## ➢ 水电能源可以存储

发电与用电必须保持平衡，而电能又无法大量直接储存。为协调发电与用电的矛盾，利用水库对河川的径流进行调节，即利用水库先把输入的水能储蓄起来，然后按照系统需要，供水电站使用。另外，抽水蓄能电站可以把水能转换成为电能，还可以把电能转换成为水能。

电能不能大量存储，生产和消费过程同时完成，供需不平衡就会产生系统稳定的破坏：

- 有功需求不平衡导致频率波动
- 无功需求不平衡导致电压波动

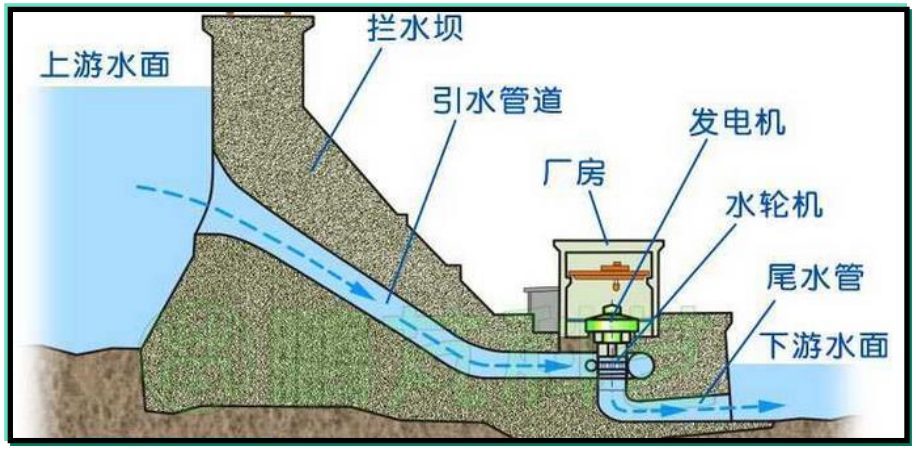




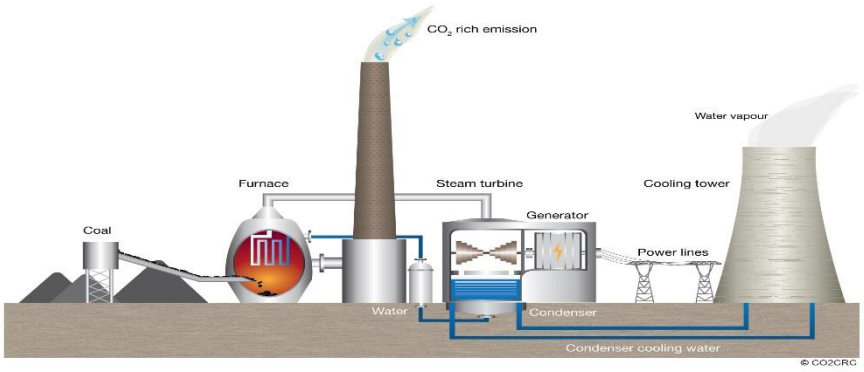


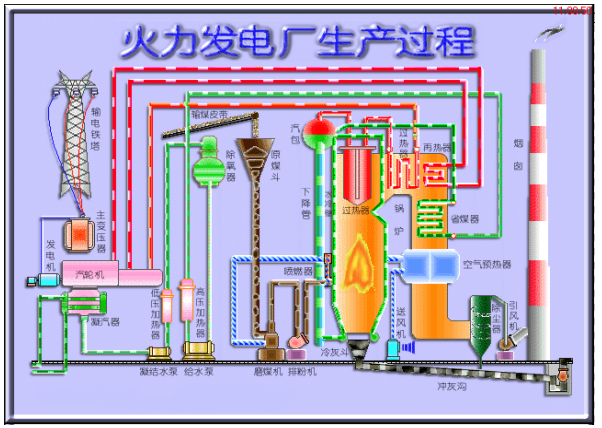
➢ **水电站生产过程比较简单**

水轮发电机组**启动快，开停机迅速，操作简便**，并**可迅速改变其发出的功率**。例如一台完全自动化的水轮发电机组，从停机状态启动到发出额定功率，一般只需要1min左右（火电：几小时~十几小时）的时间。此外，水轮发电机组的频繁启动和停机，不会消耗过多的能量，而且在较大的负荷变化范围内仍能保持较高的效率。





# 水电发电过程


当闸门开启，大型蓄水池开了个小口
As the gates are opened, a small opening up a large reservoir,

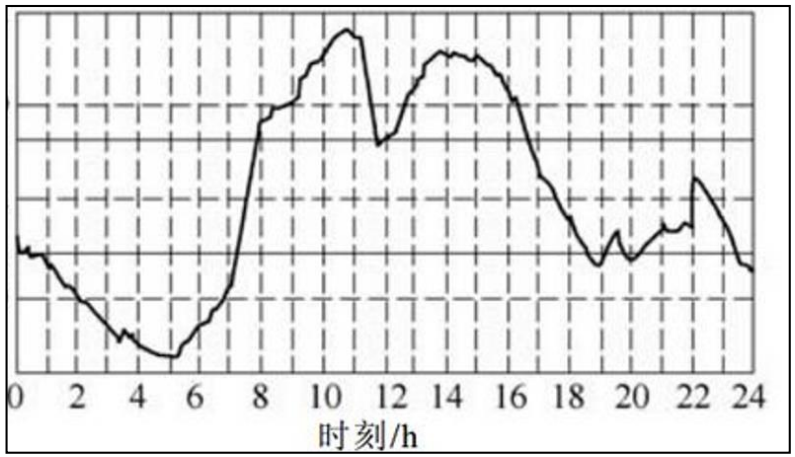
# 火电发电过程

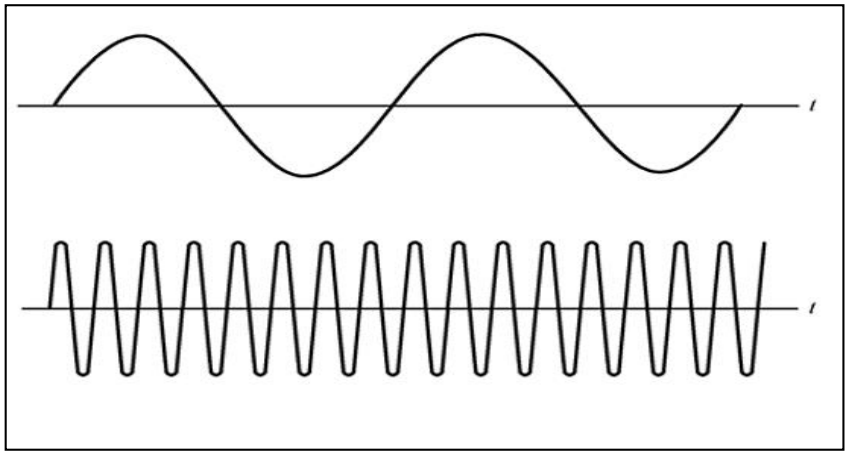


## （3）水电在电力系统中的作用

- **担负电力系统的调峰、调频任务**

电力系统的发电和用电必须保持平衡，但用电在一天内的波动很大，因此系统中应有一部分机组担任调峰、调频的任务。由于水电机组启动、停机快，高效率区域宽，且操作方便，宜担任电力系统的调峰、调频任务。



- **担负电力系统的事故备用**

由于水电机组具有启动、停机快的特点，故宜于承担电力系统的事故备用容量。

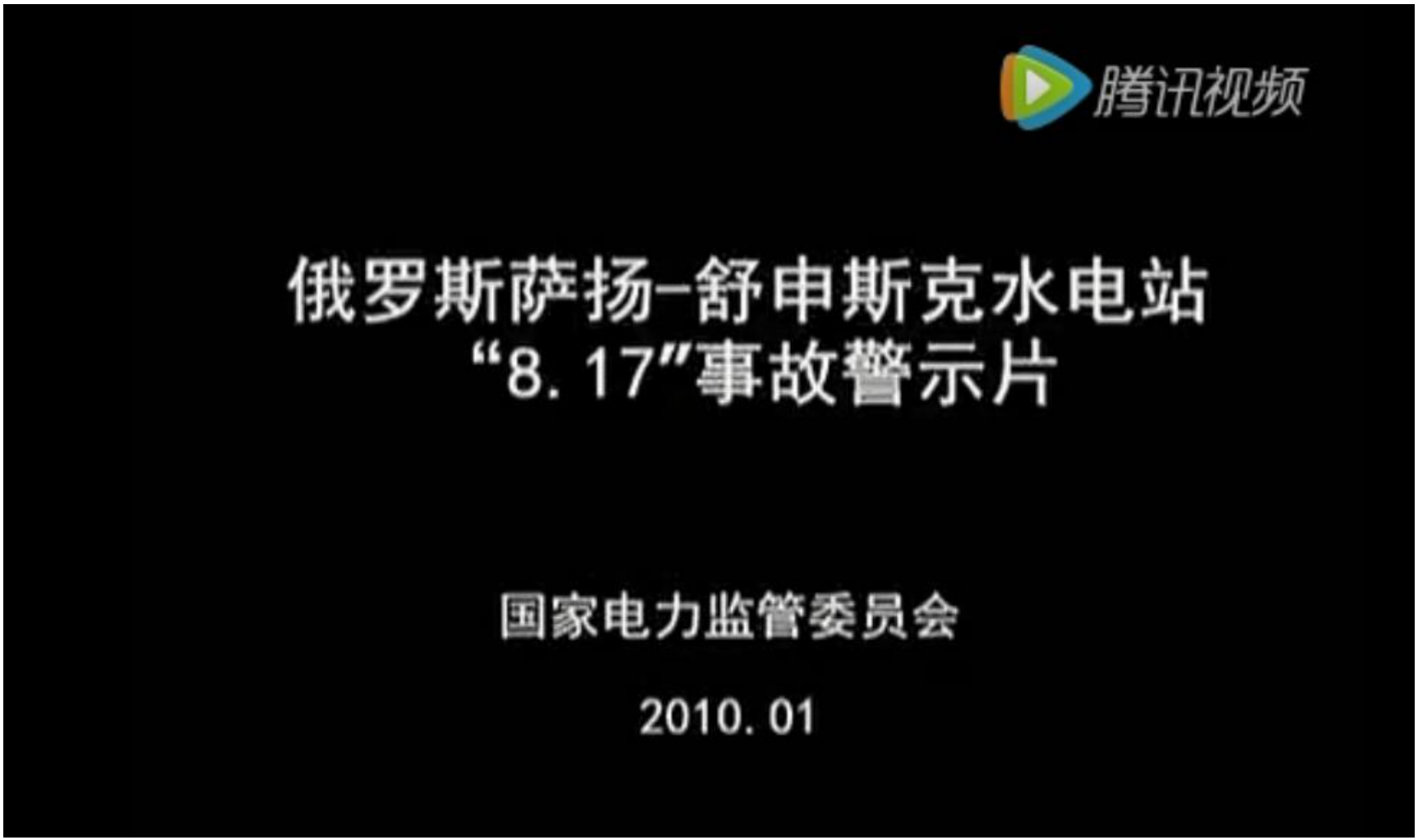









# 俄罗斯萨扬水电站事故警示片



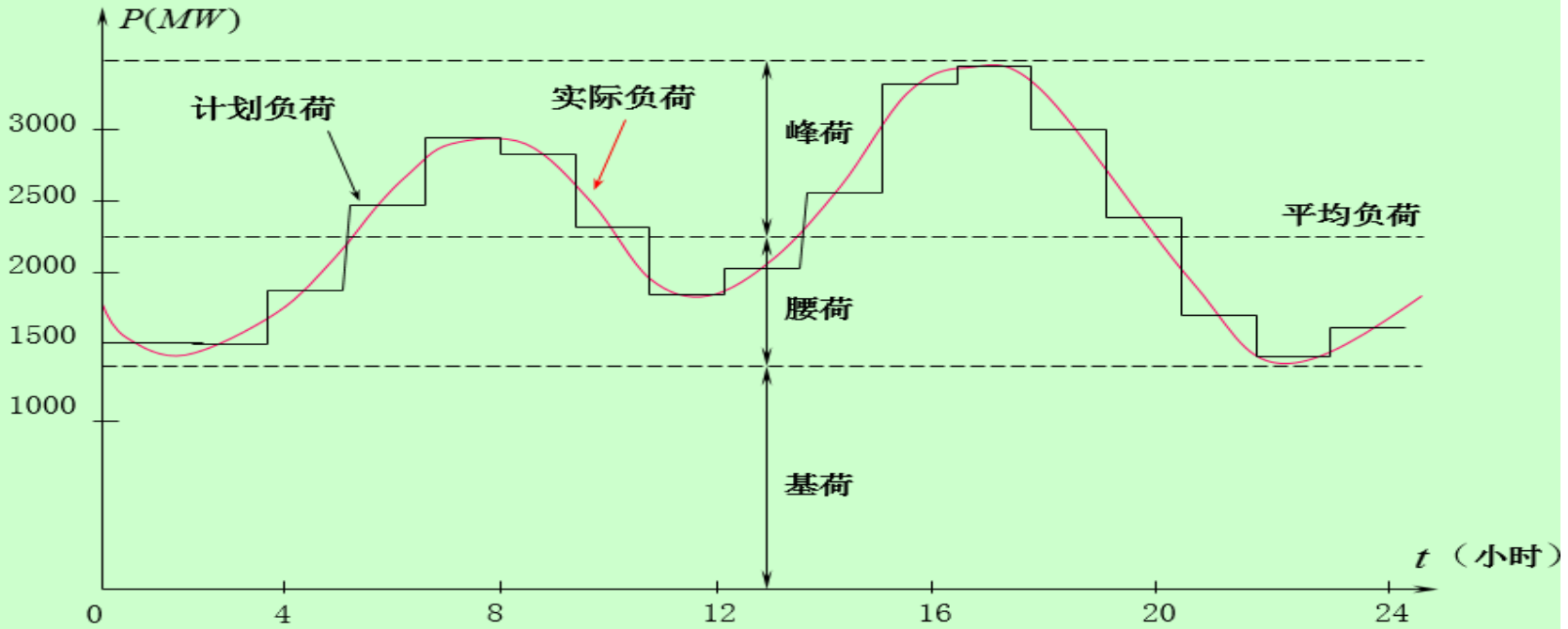
## （4）电力系统的备用容量

系统的备用容量=系统可用电源容量-发电负荷；

备用容量主要包括负荷备用、事故备用和检修备用：

- 负荷备用

用于调整系统中短时的负荷波动，并满足计划外负荷增加的需要，一般为系统最大负荷的2~5%。



## ➢ 事故备用

用于代替系统中发生事故和故障的发电设备的工作，以便维持系统的正常供电，一般为系统最大负荷的5~10%。（俄罗斯萨扬电站事故警示片）



## ➢ 检修备用

为定期检修发电设备而设置的，与负荷性质、机组台数、检修时间长短及设备新旧程度有关。（年检、春冬季检等）




## ➢ 国民经济备用

为满足负荷超计划增长而设置的备用。

- **国民经济备用**

  为满足负荷超计划增长而设置的备用。

9月中旬以来，江苏、广东、云南、广西、浙江、辽宁、吉林、黑龙江等20多个省份相继启动有序用电，多地工业企业被要求错峰用电。在东北地区，受限电影响的范围甚至超出了工商业用电，波及到城市正常运行和居民日常用电。

- 上游煤炭价格上涨（进口煤炭减少、内蒙煤炭产量减少、夏季用电需求大）、下游供电价格上调空间受限的背景下，火电企业发电意愿低迷，直接导致电力紧缺。

- 天气导致风电骤减、新能源发电出力不够等原因，电力供应缺口进一步增加至严重级别。

- 南方本轮电力供应不足，除省内机组发电能力有限之外，还有以下原因：一是广东、长三角等地**订单增长、经济复苏势头强劲，社会经济发展平稳快速态势带动电力电量均高速增长。**

- **热备用**

指运行中发电机组可发出的最大功率与发电负荷之差。也叫运转备用或旋转备用。

- 由于电力系统的负荷是不断变化的，从保证供电可靠性和电能质量出发，系统的热备用应该大些为好，但是从系统经济运行的角度考虑，热备用不宜太大。

- **冷备用**

指未运行发电机组可能发出的最大功率，需要注意的是，检修机组不属于冷备用，因为它们**不能随时供调度使用**。

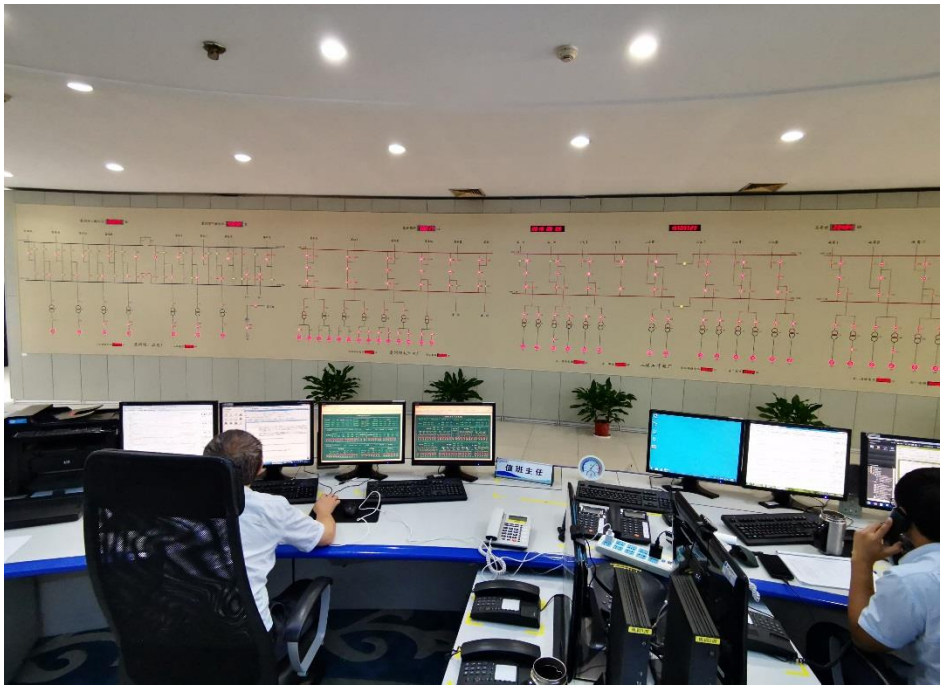
## 2 水电站自动化的目的和内容

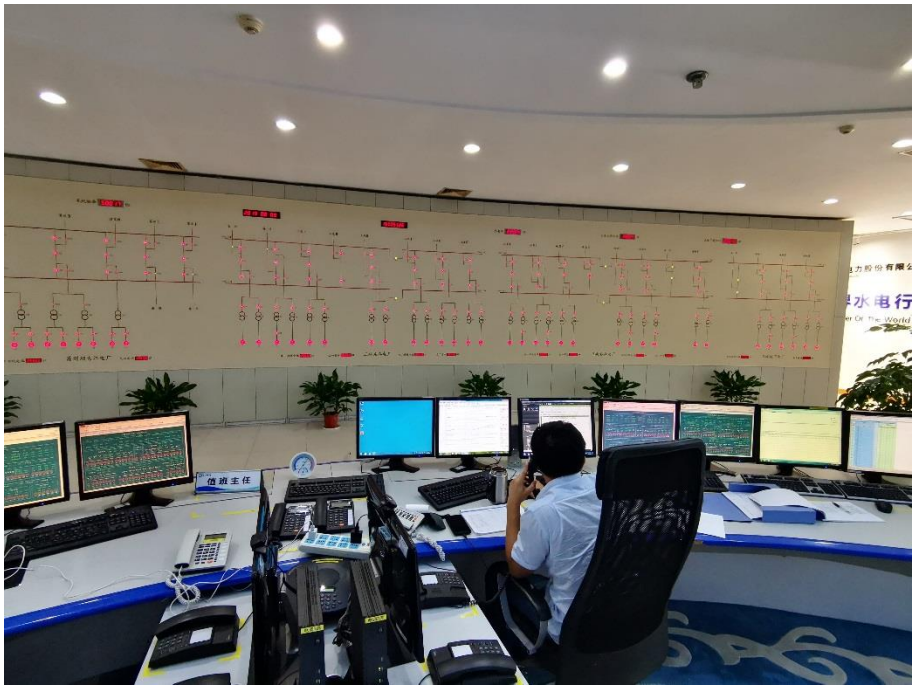
自动化程度是水电站现代化水平的重要标志之一，同时自动化技术又是水电站安全经济运行必不可少的技术手段。随着机组容量的不断增大，自动化技术对水电站安全经济运行起着越来越重要的作用。

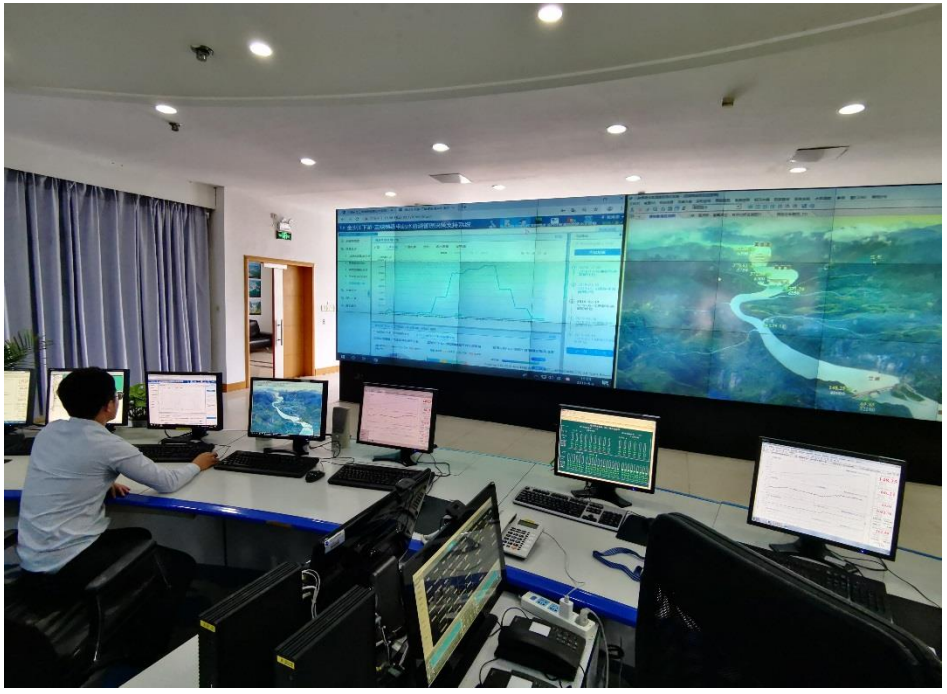
**水电站自动化是指**：应用先进的**控制技术、计算机技术、通讯技术**和**优化技术**等，使水电站生产过程的**操作**、**控制**和**监视**能够在无人和少人参与的情况下，按照预定的计划或程序自动的进行。



两个人





三峡梯调中心 调度台

## （1）实现水电站自动化的目的

- **提高水电站运行的可靠性**

实现水电站自动化以后，通过各种自动装置能够快速准确和及时地进行检测、记录和报警。当出现**不正常工作状态时**，发出相应的告警信号，通知运行人员及时地加以处理；当**发生事故时**，能够自动紧急停机或断开发生事故的设备，并可自动投入备用机组或设备。







小型水电厂低压机组一体化系统结构示意图

## ➢ 保证电能质量

电能质量的两个最主要的指标是电压和频率：

$$\Delta U \leq \pm 5\% U_r \; ; \quad \Delta f \leq \pm (0.2\text{-}0.5)\% f_r$$

由于电力系统的负荷是随时在变化的，要维持电压和频率在规定的范围内，可以通过自动装置快速而准确地调整机组的有功（测频率→控转速）和无功（测电压→控励磁），来保证高质量的电能供应。特别是在事故情况下，通过自动装置快速的调节和控制对迅速恢复电能质量具有决定性的意义。

◆ 谐波质量指标：谐波是一个周期电气量的正弦波分量，其频率为基波频率的整数倍。电流和电压的谐波畸变会产生无功功率，降低功率因数，增大系统损耗并影响电气设备的正常运行。

| 电网标称电压 kV | 电压总谐波畸变率 % | 各次谐波电压含有率，% | |
|---|---|---|---|
| | | 奇 次 | 偶 次 |
| 0.38 | 5.0 | 4.0 | 2.0 |
| 6 | 4.0 | 3.2 | 1.6 |
| 10 | | | |
| 35 | 3.0 | 2.4 | 1.2 |
| 66 | | | |
| 110 | 2.0 | 1.6 | 0.8 |

## ➢ 提高水电站运行的经济性

水电站的经济运行是指：通过自动化装置或系统合理地制定水电站的运行计划，在保证水电站发电设备安全运行的前提下，满足电网调度需要，获取最大的发电效益，并最大限度地延长设备的使用寿命。

- ➢ 以水定电模型（制定计划）
- ➢ 以电定水模型（执行计划）

**目标函数：**

$$E=\max\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}N_t^i\cdot\Delta t=\max\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}K_i\cdot q_t^i\cdot H_t^i\cdot\Delta t$$

$$E=\max\sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{i=1}^{n}N_t^i-\sigma_t A\left(TN-\sum_{i=1}^{n}N_t^i\right)^{\theta}\right]\cdot\Delta t$$

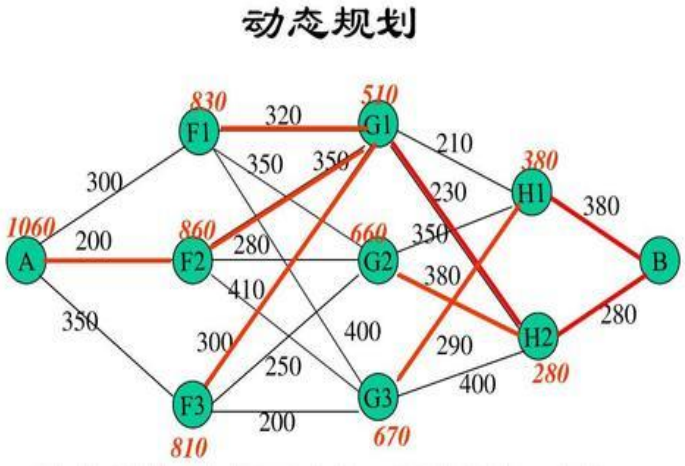
**约束条件：**

水量平衡约束：$q_t^i=\left(V_{t-1}^i-V_t^i\right)/\Delta t+I_t^i+Q_t^{i-1}-W_t^i$

水库库容约束：$V_{t,\min}^i\le V_t^i\le V_{t,\max}^i$

下泄流量约束：$Q_{t,\min}^i\le Q_t^i\le Q_{t,\max}^i$

电站出力约束：$N_{t,\min}^i\le N_t^i\le N_{t,\max}^i$




| i | $x_i$ | j=0 | 1 (B) | 2 (D) | 3 (C) | 4 (A) | 5 (B) | 6 (A) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $y_j$ | | B | D | C | A | B | A |
| 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | A | 0 | ↑0 | ↑0 | ↑0 | ↖1 | ←1 | ↖1 |
| 2 | B | 0 | ↖1 | ←1 | ←1 | ↑1 | ↖2 | ←2 |
| 3 | C | 0 | ↑1 | ↑1 | 2 | ←2 | ↑2 | ↑2 |
| 4 | B | 0 | ↖1 | ↑1 | ↑2 | ↑2 | ↖3 | ←3 |
| 5 | D | 0 | ↑1 | ↖2 | ↑2 | ↑2 | ↑3 | ↑3 |
| 6 | A | 0 | ↑1 | ↑2 | ↑2 | ↖3 | ↑3 | ↖4 |
| 7 | B | 0 | ↖1 | ↑2 | ↑2 | ↑3 | ↖4 | ↑4 |

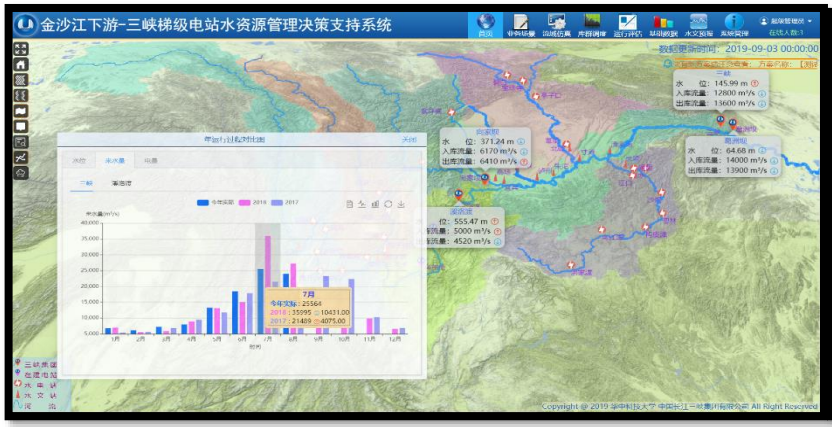
- **提高劳动生产率**

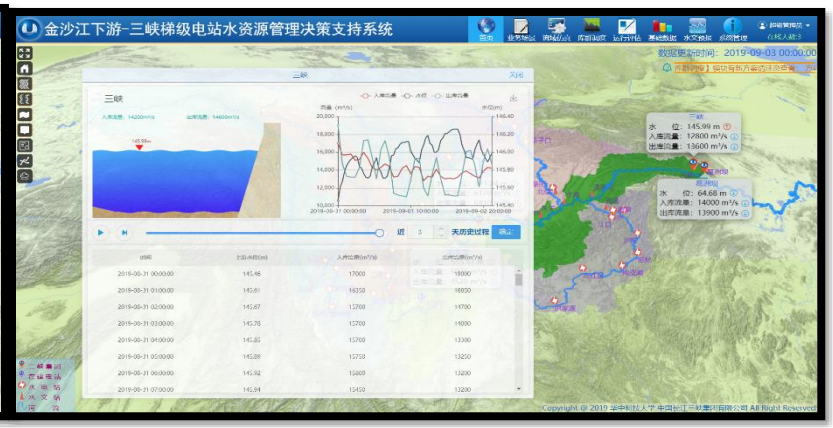
应用自动装置和系统来完成水电站运行中的各项任务，减少运行人员直接参与**操作**、**控制**、**监视**、**检查**和**记录**等工作，改善了劳动条件，减轻了劳动强度，减少出错概率，提高了运行管理水平。

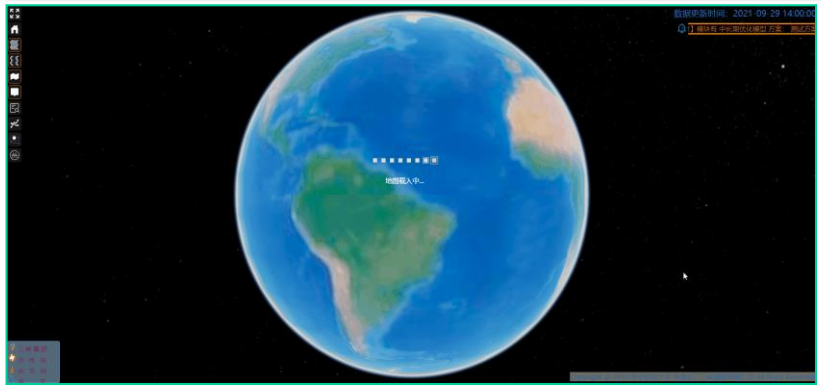


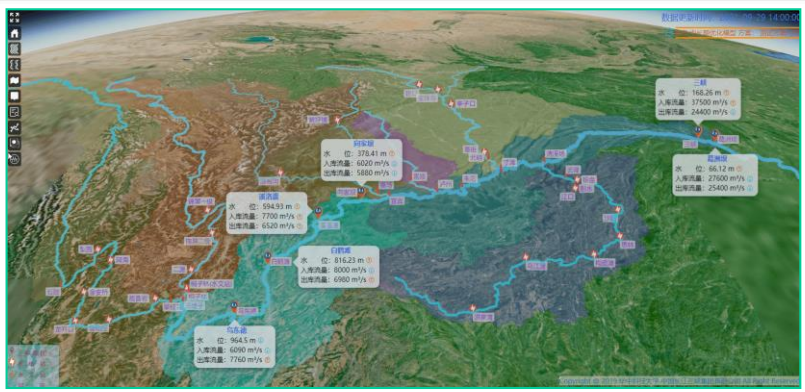
# 金沙江下游-三峡梯级电站水资源管理决策支持系统：

**实现了径流预报，调度模拟计算，调度计划制作及方案结果分析、展示的自动化。**



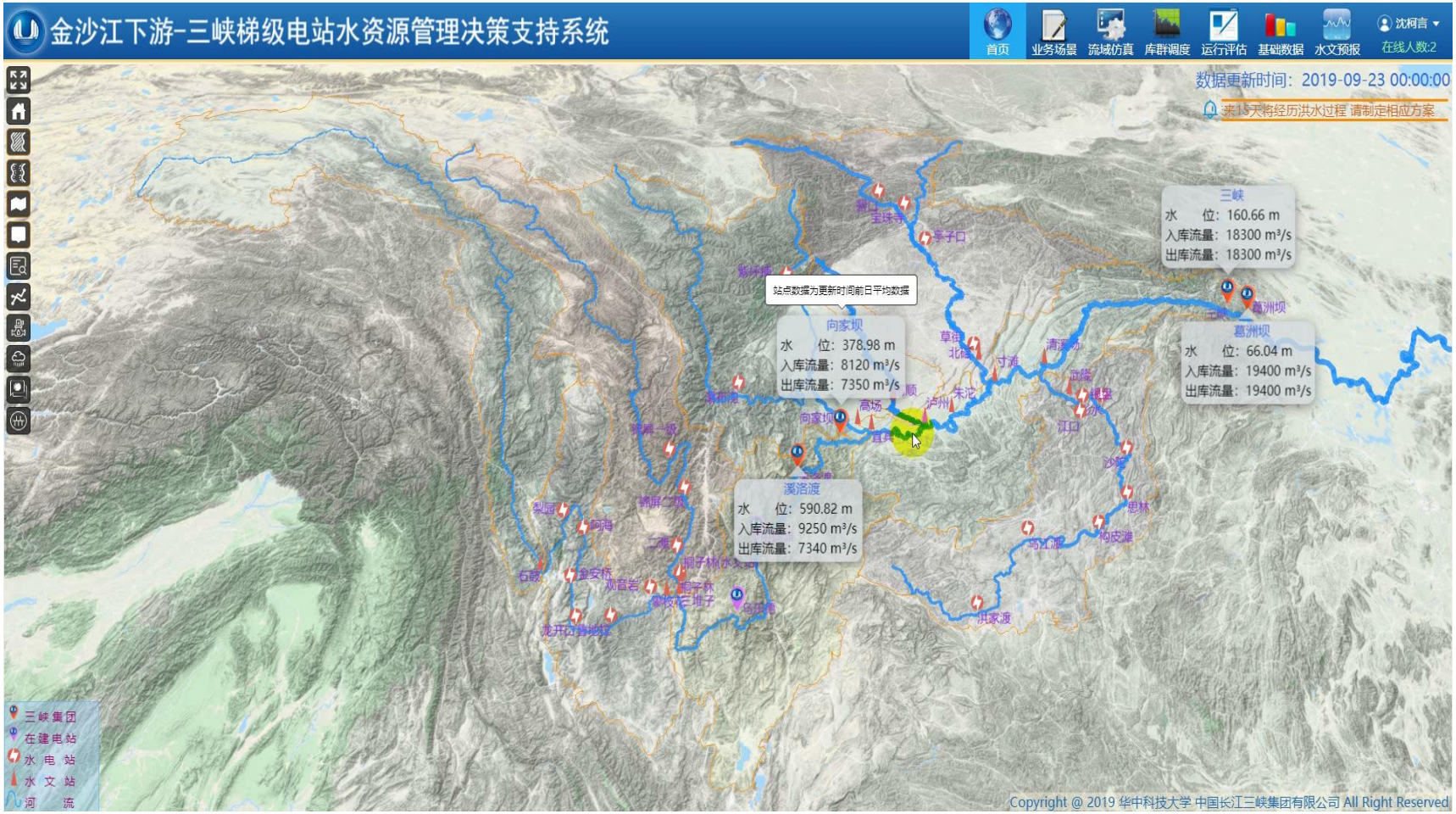






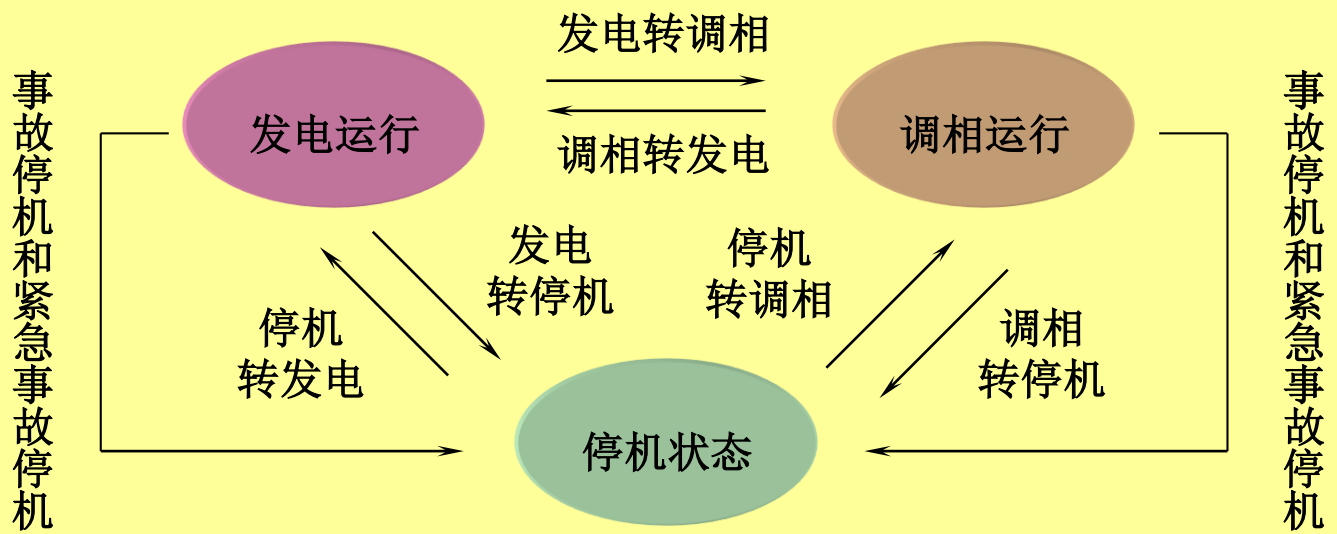
金沙江下游-三峡梯级电站水资源管理决策支持系统：

**实现了径流预报，调度模拟计算，调度计划制作及方案结果分析、展示的自动化。**



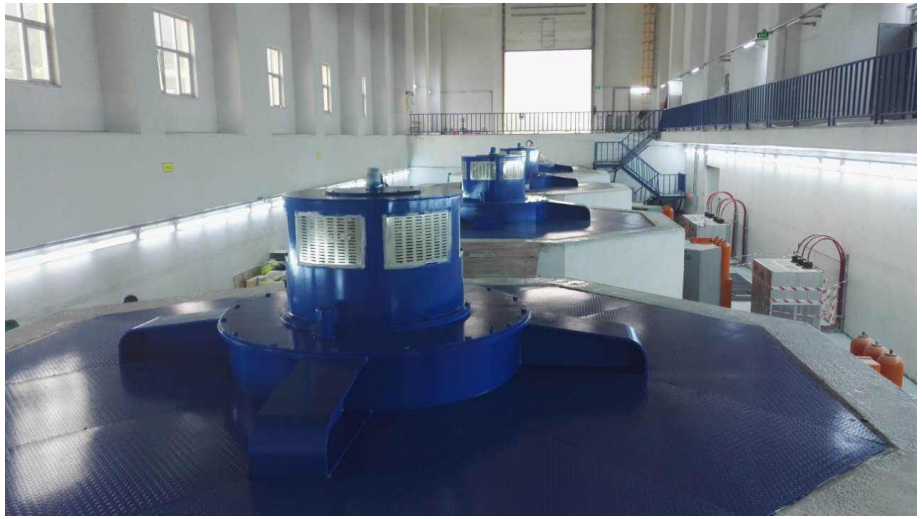
## （2）实现水电站自动化的内容

- **自动控制水电机组的运行方式，实现开、停机和并网、发电转调相或调相转发电等过程的自动化。**通常只要发出一个脉冲，上述各项操作便可自动完成。




另外，工作机组发生事故或系统频率降低时，可自动启动并投入备用机组；系统频率过高时，则可自动切除部分机组。

- **实现水电机组的安全经济运行。**如根据系统要求自动调节机组的有功或无功功率，按系统要求和电站具体条件自动选择最佳运行机组台数，在机组间实现负荷（有功、无功）的经济分配等。



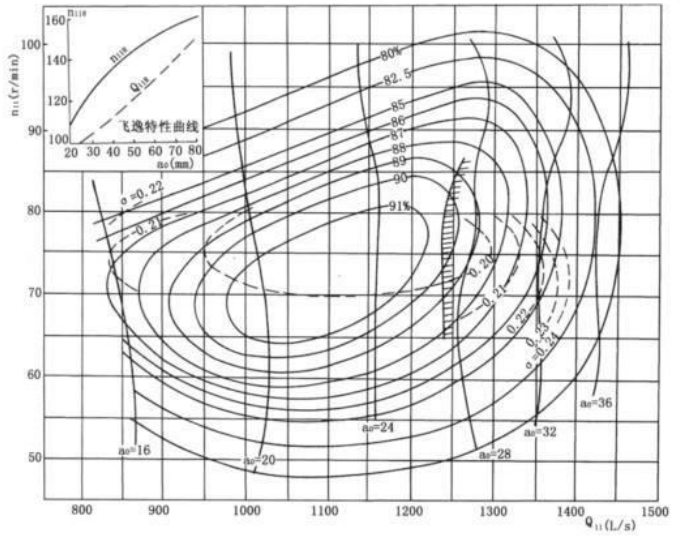
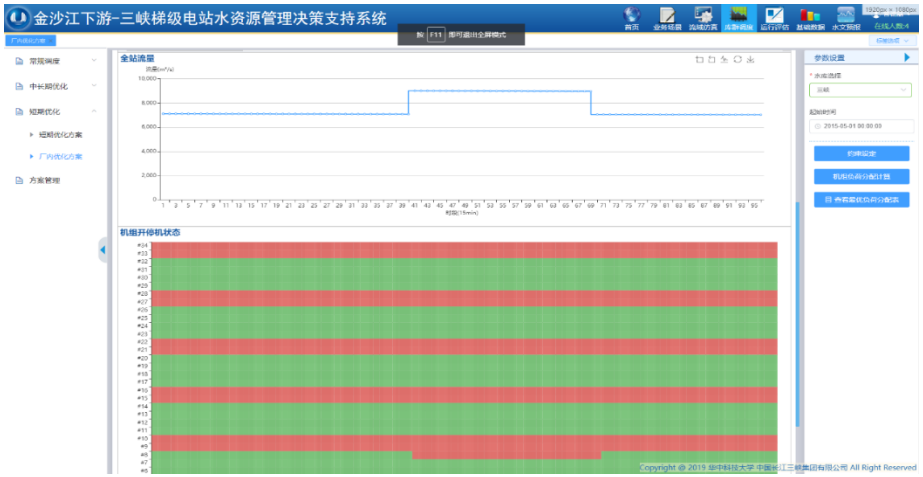
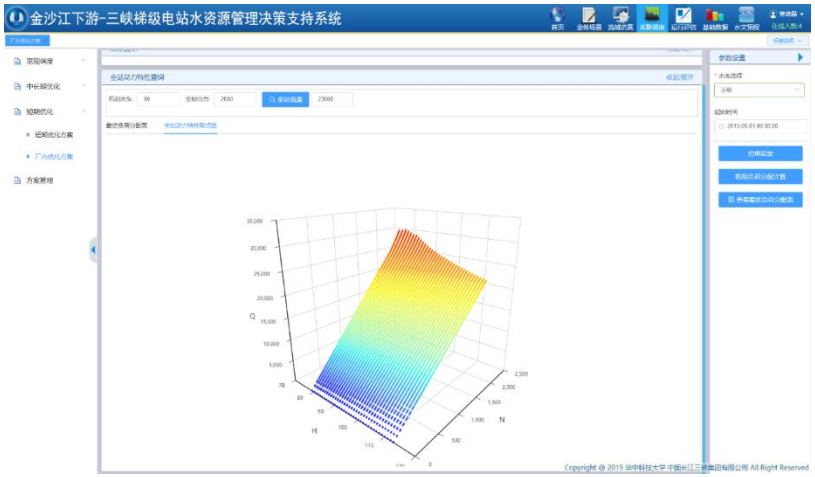
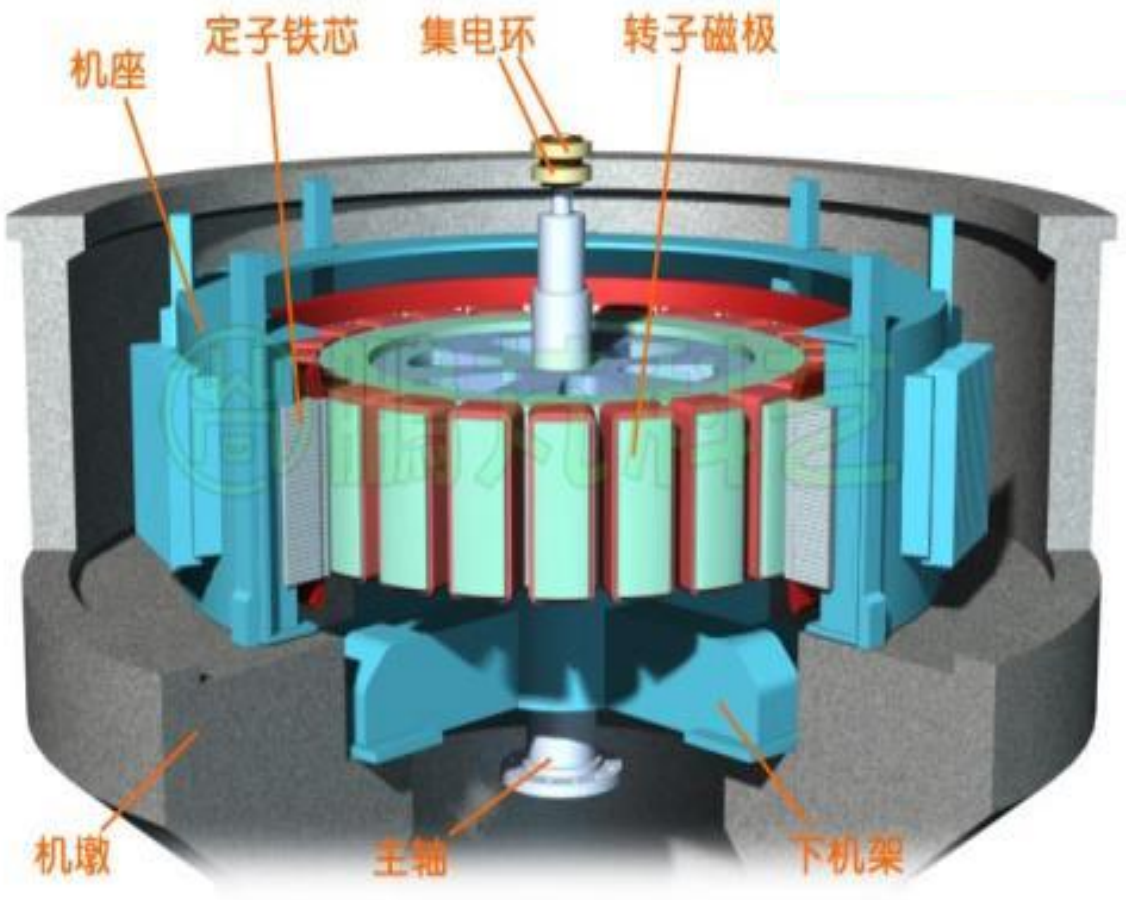



图8-6 混流式水轮机模型综合特性曲线



- **完成对水轮发电机组及其辅助设备运行工况的监视和对辅助设备的自动控制。**如对发电机定子和转子回路各电量的监视，对发电机定子绕组和铁芯以及各部轴承温度的监视等。



- 实现对包括主变、母线和线路等主要电气设备的控制、监视和保护。










- **完成对水工建筑物运行工况的监视与控制。**如闸门工作状态的控制和监视，拦污栅是否堵塞的监视，水位测量监视等。










## （3）完成水电站自动化的各种自动化装置和系统

- **基础自动装置（或系统）**

用于完成对发电设备进行某项**特定控制或检测任务**的装置（或系统）。如：**水轮机调速器、自动励磁调节器、温度巡检装置**等。



水轮机调速器



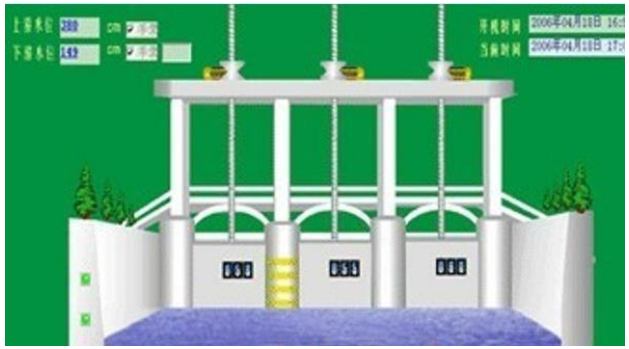
自动励磁调节器



温度巡检装置

- **综合自动装置（或系统）**

用于实现对水电站（或发电设备）进行某项**综合控制**的装置（或系统）。如：电压－无功成组调节装置、闸门控制系统等。

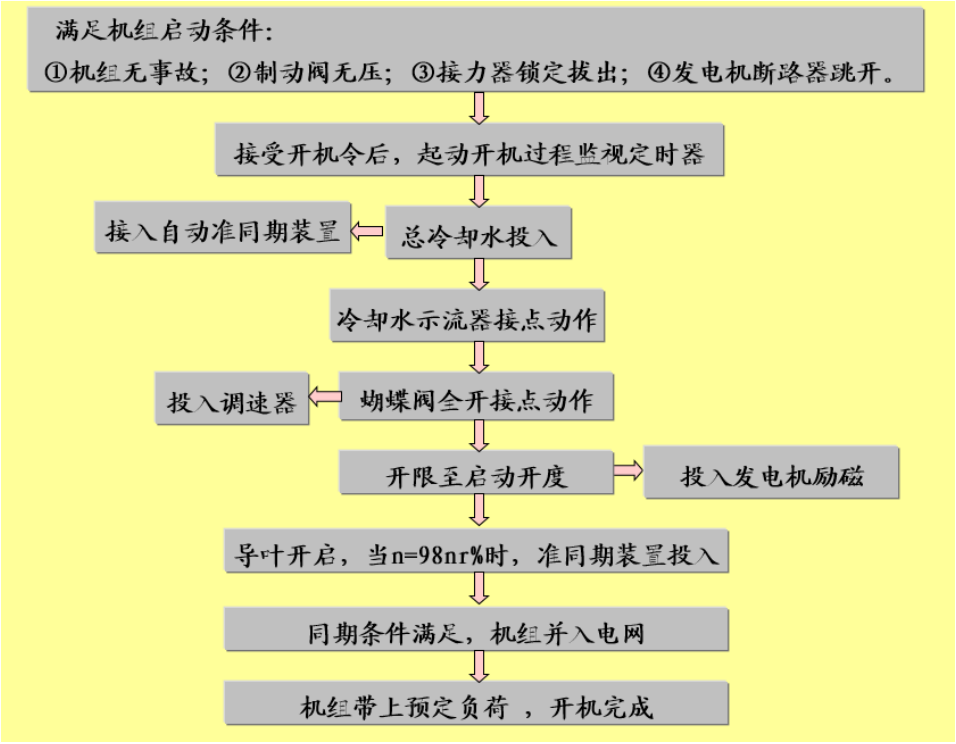


## 从控制论的角度看水电站的自动控制装置（或系统）可分为：

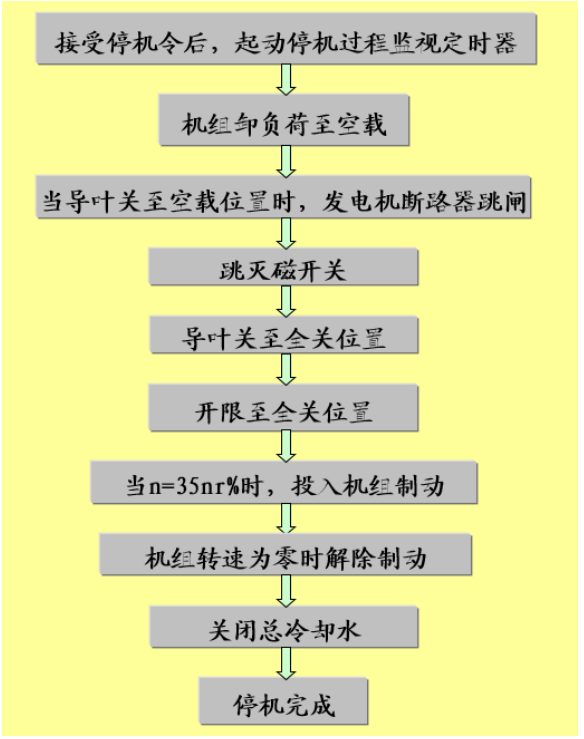
- **顺序控制(装置)**：所谓顺序控制，就是指“按照预先规定的顺序，依次地进行各种操作”，也就是程序控制。顺序控制是自动控制中最常见的控制方法。例如用于完成机组自动开、停机控制的机组自动装置等。



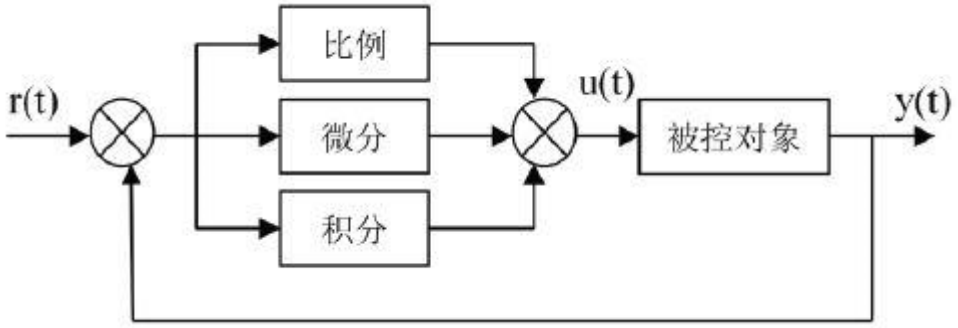

机组起动操作程序



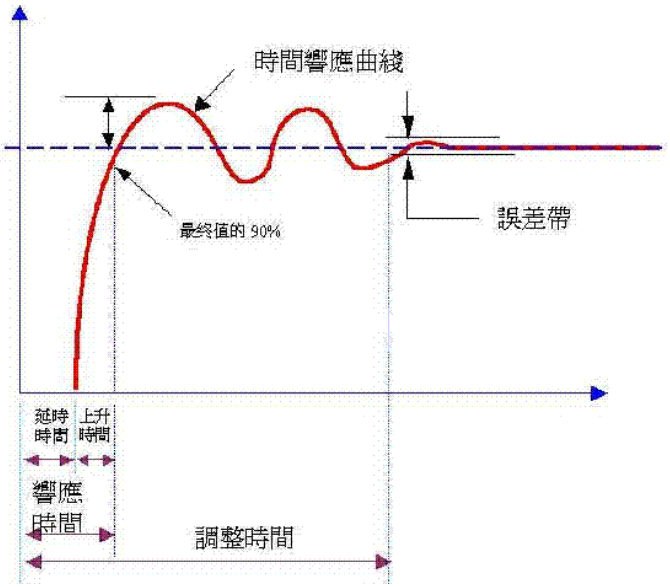

机组停机操作程序



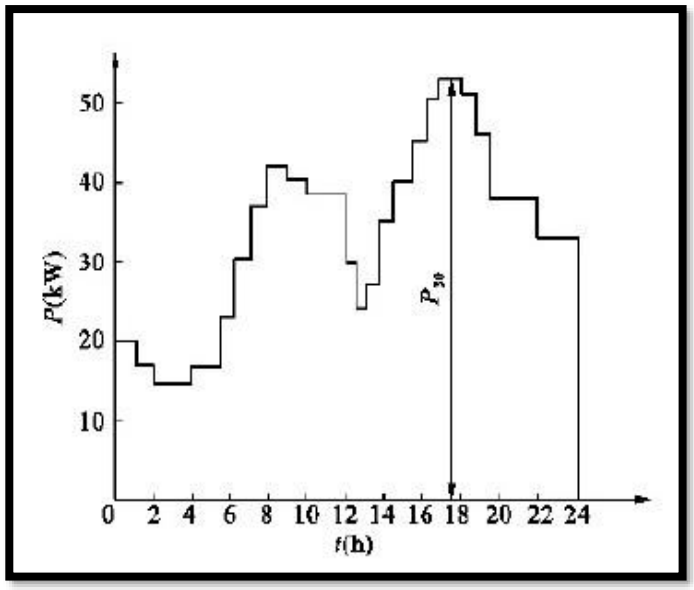
- **恒值控制(装置)**：所谓恒值控制，就是指系统输入量为恒定值，控制任务是在任何扰动作用下系统的输出量为恒值。有用于完成机组**转速调节**任务的水轮机调速器和用于完成机组**电压调节**任务的自动电压调节器等。

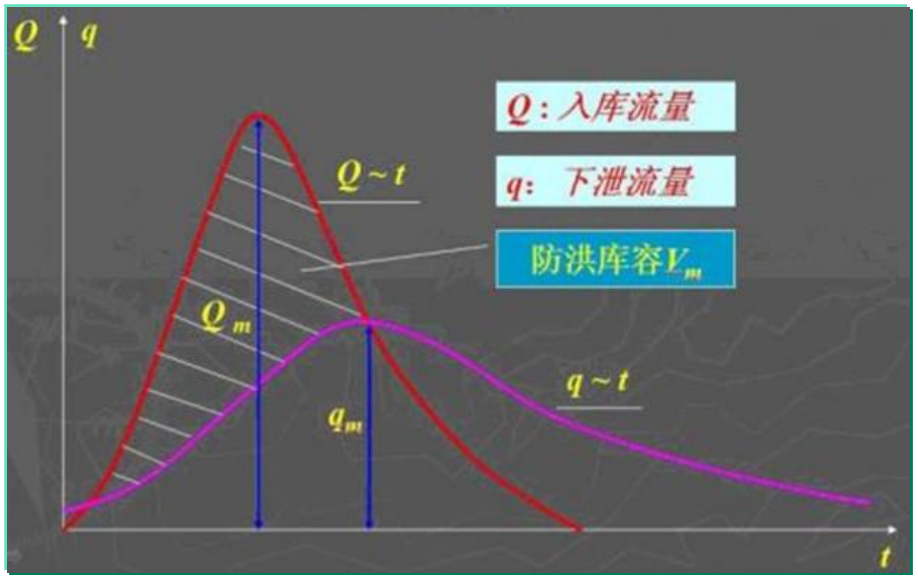



PID控制流程



- **跟踪控制 (装置)：**跟踪控制用于保证控制量能够按照预先设定的计划轨道执行，使其不偏离预定的过程。例如电网负荷跟踪控制，以及用于完成泻洪流量控制任务的闸门控制系统的跟踪控制等。



# 3 水电站自动化技术的发展情况（特点）

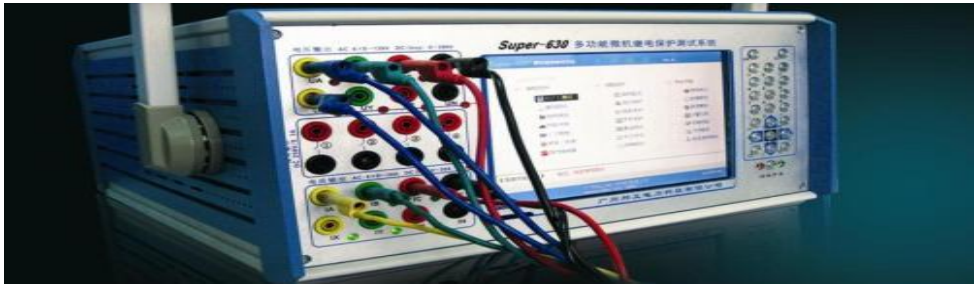
- **广泛采用计算机控制技术**

  微机调速器、自动励磁调节器、微机保护和计算机监控系统等。





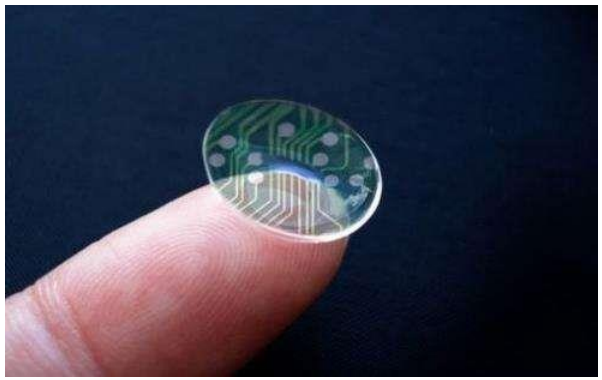


# 3 水电站自动化技术的发展情况（特点）

- **采用现代检测技术和信号分析技术**

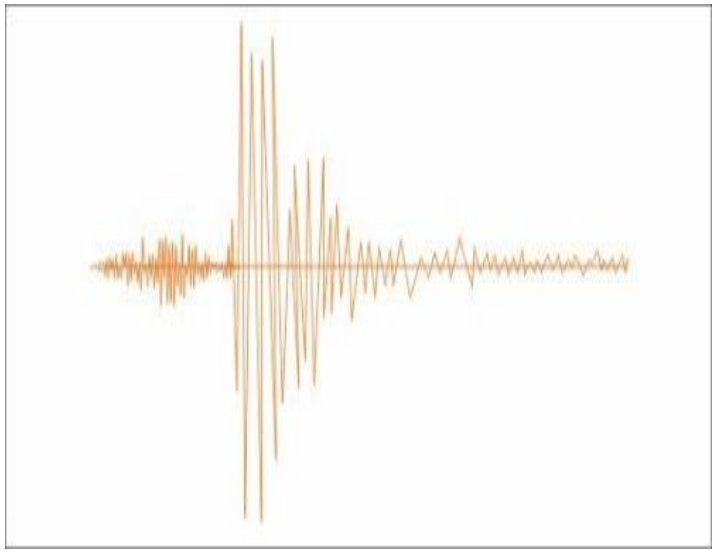
  新型传感器和振动信号分析技术。

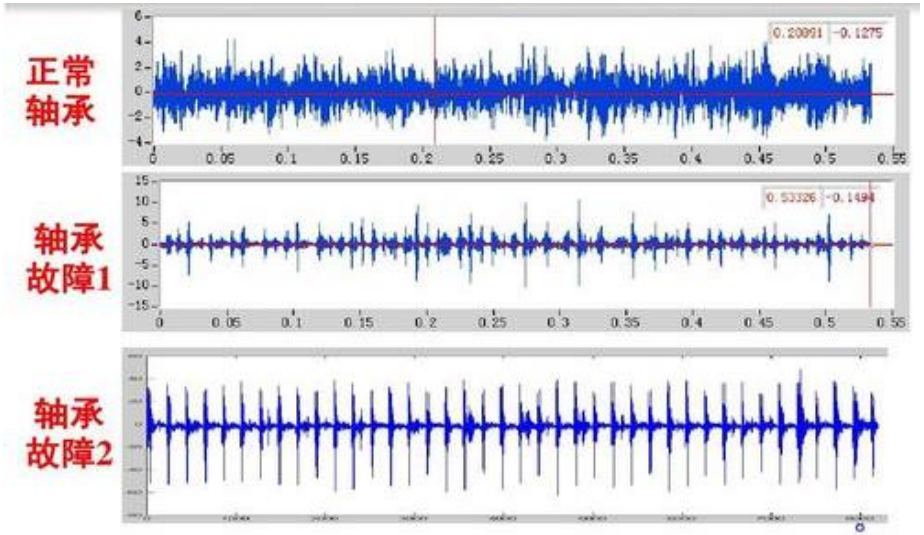












# 3 水电站自动化技术的发展情况（特点）

- **应用先进控制技术**

  智能控制、非线性控制、模糊控制等。



水电站智能巡检机器人



图 17.1(a)

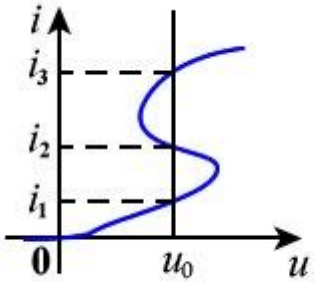



图 17.1(b)

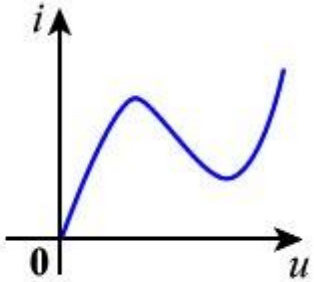
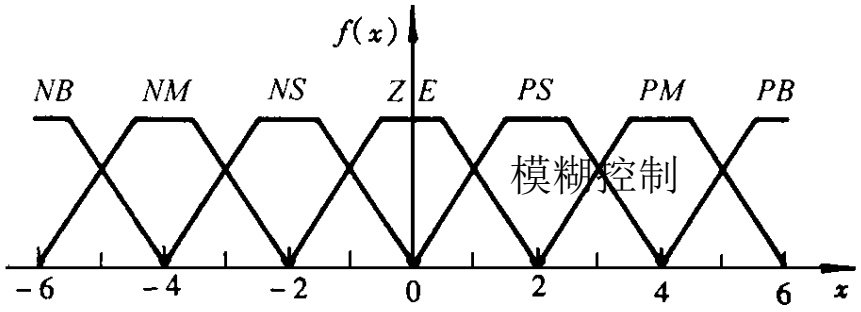
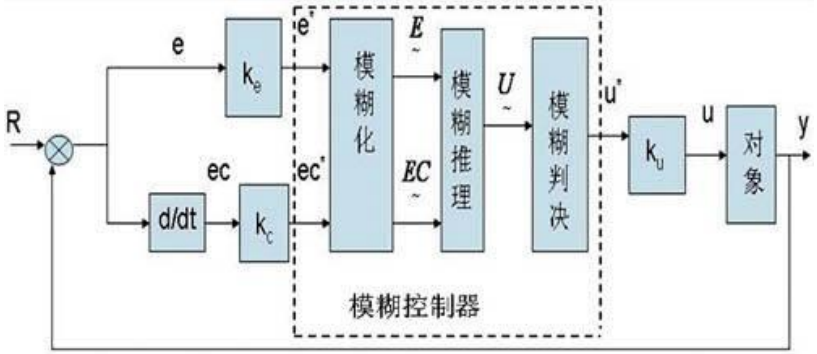



图 17.1(c)

非线性控制




模糊控制



# 3 水电站自动化技术的发展情况（特点）



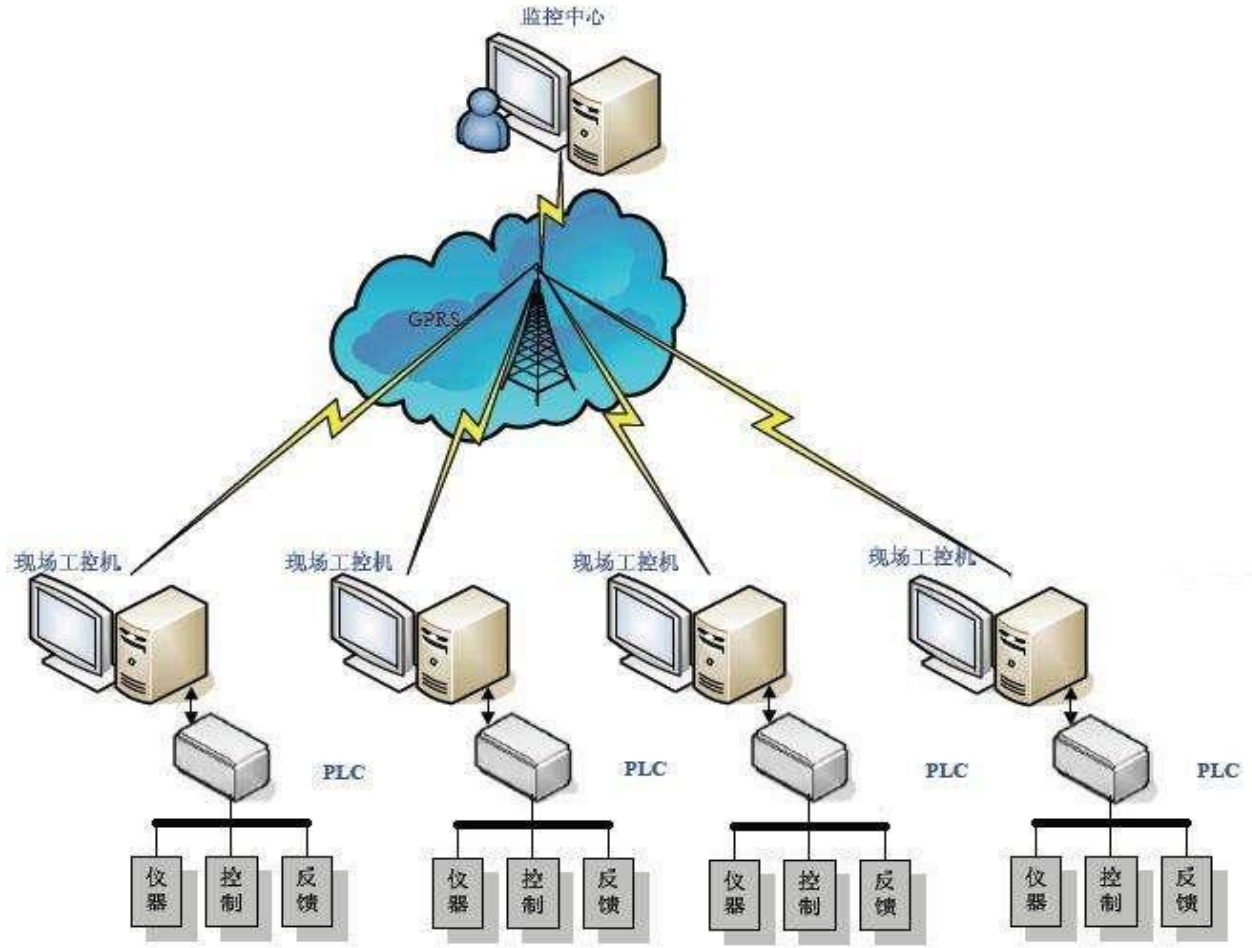
# 3 水电站自动化技术的发展情况（特点）



# 3 水电站自动化技术的发展情况（特点）

- **应用网络通讯技术和数据库技术**

  现场总线、局域网和远动技术。

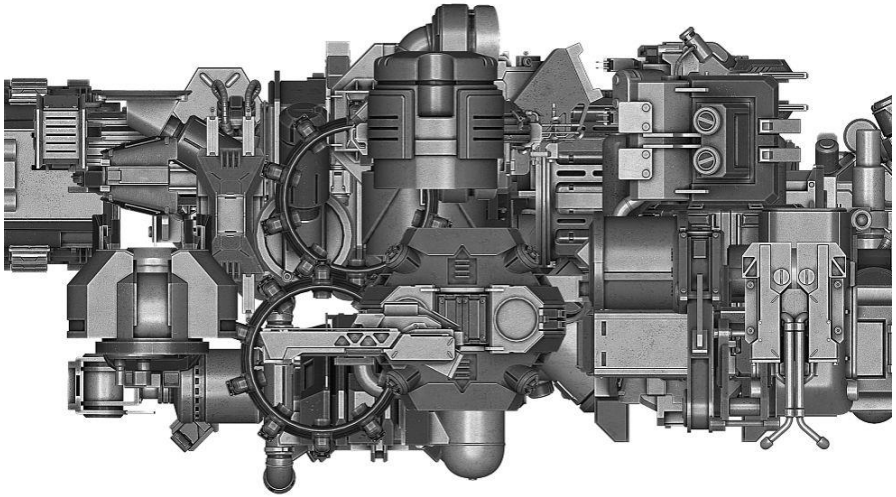



系统结构图

# 3 水电站自动化技术的发展情况（特点）

- **应用现代制造技术**

  现代机械液压随动系统、整流器、软启动器等。

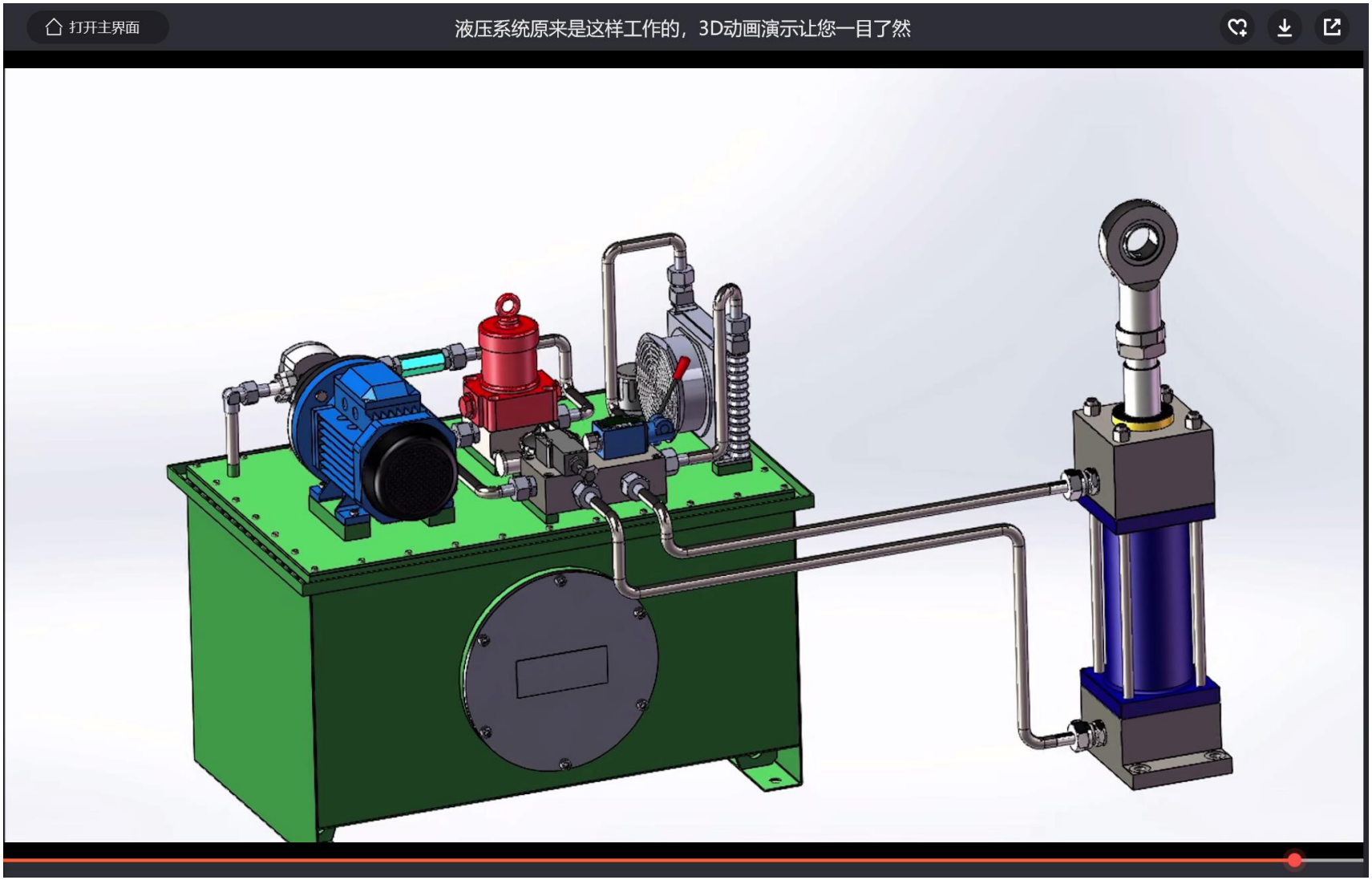








# 3 水电站自动化技术的发展情况（特点）



# 4 计算机技术在水电生产过程中的应用

计算机技术在水电生产过程中最重要的应用是计算机监控系统，主要完成自动检测、优化计算、自动控制与调节、自动事故处理和运行管理的任务。

计算机监控系统：是由计算机技术、测量技术、信号处理技术、网络通讯技术和人机接口技术相互发展和渗透而产生的。与常规控制系统相比，具有控制功能完善，数据处理方便，操作显示集中，运行安全可靠的特点。

- **自动检测**：电站运行参数检测(包含打印制表、趋势分析和预报等)
- **优化计算**：水库调度计算、闸门启闭计算、最佳机组组合计算
- **自动控制与调节**：机组开停机、并列、解列，有功、无功自动调节

目前，我国大中型水电站广泛地应用了的计算机监控技术，并在水电生产过程中发挥了重要作用。









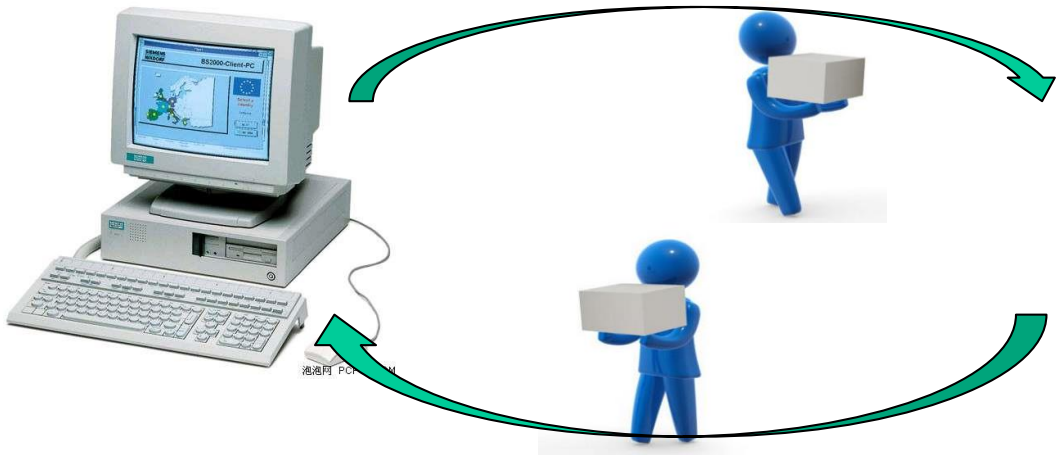




## （1）水电站计算机监控技术发展概况

- 初创时期（60年代初）

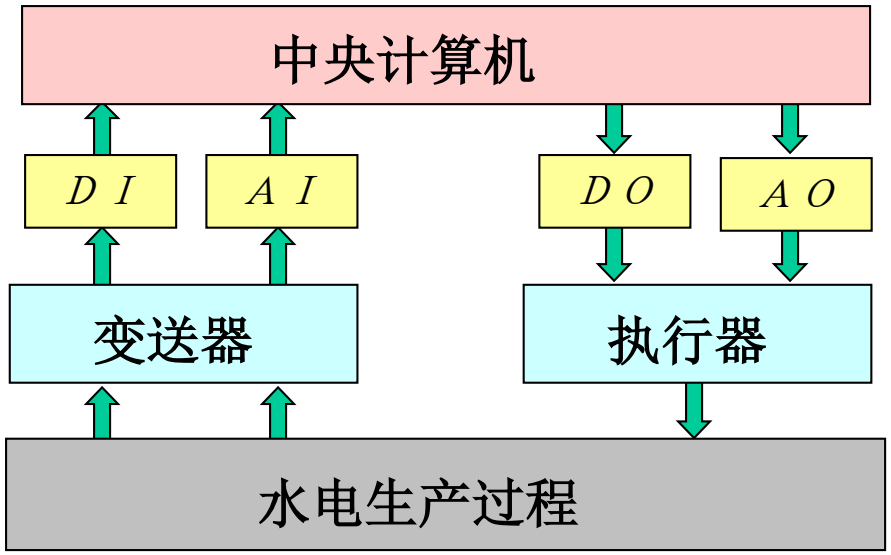
在这个时期，计算机只是起到“离线”的应用，即计算机与控制对象没有直接的联系，运行人员将水电站运行中的参数（如：水位、流量、电压、频率等），经计算机的外设输入到计算机，由计算机根据预先编制的数学模型和程序进行综合分析计算和逻辑判断后得到优化运行方式，然后经计算机的输出设备显示或打印出来，运行人员根据计算结果操作和调节运行设备。





## •集中式计算机控制系统的发展时期（*60*年代中期—*70*年代中期）

到了这个时期，由于在计算机上提供了与过程装置之间的接口，人们开始试验用直接的方法使计算机与控制对象直接联系。计算机配上**变送器**、**执行器**和**信号连接装置**就可以实现对水电生产过程的自动控制，其原理如下图所示。




DI：数字量输入　　DO：数字量输出
AI：模拟量输入　　AO：模拟量输出

集中式计算机控制系统把几十个甚至几百个控制回路以及上千个过程变量的显示、操作和控制集中在单一计算机上来实现，其优点为：控制功能齐全，可以实现常规控制难以实现甚至不能实现的功能和最优控制等。

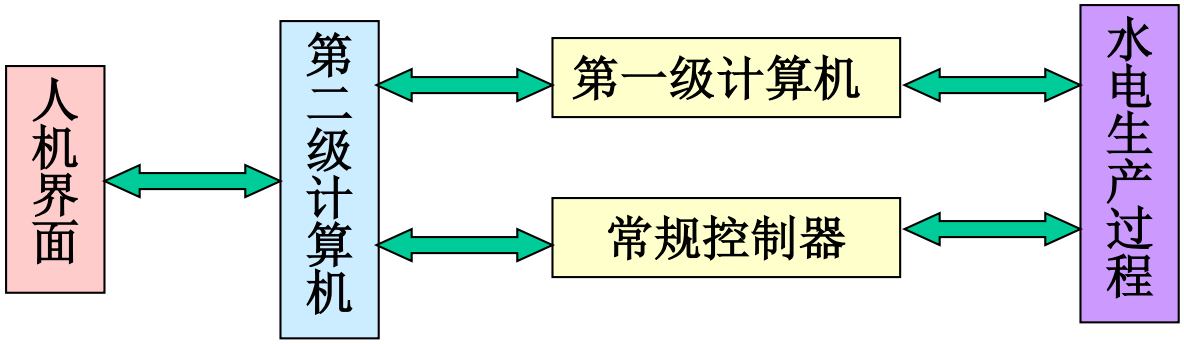
但是，它存在三个主要问题：

- **第一是集中的脆弱性问题，**单台计算机控制几十到上百个回路，把危险也集中了，一旦发生故障，将导致生产过程的全面瘫痪；
- **第二是性能问题，**单台计算机的速度和容量不够，负载过重；
- **第三是开发问题，**由于技术进步，不断提出新的要求，使软件越来越复杂，造成开发人员需求上的短缺和开发周期的不断增加。

目前，小型电站仍可采用集中式计算机控制系统。

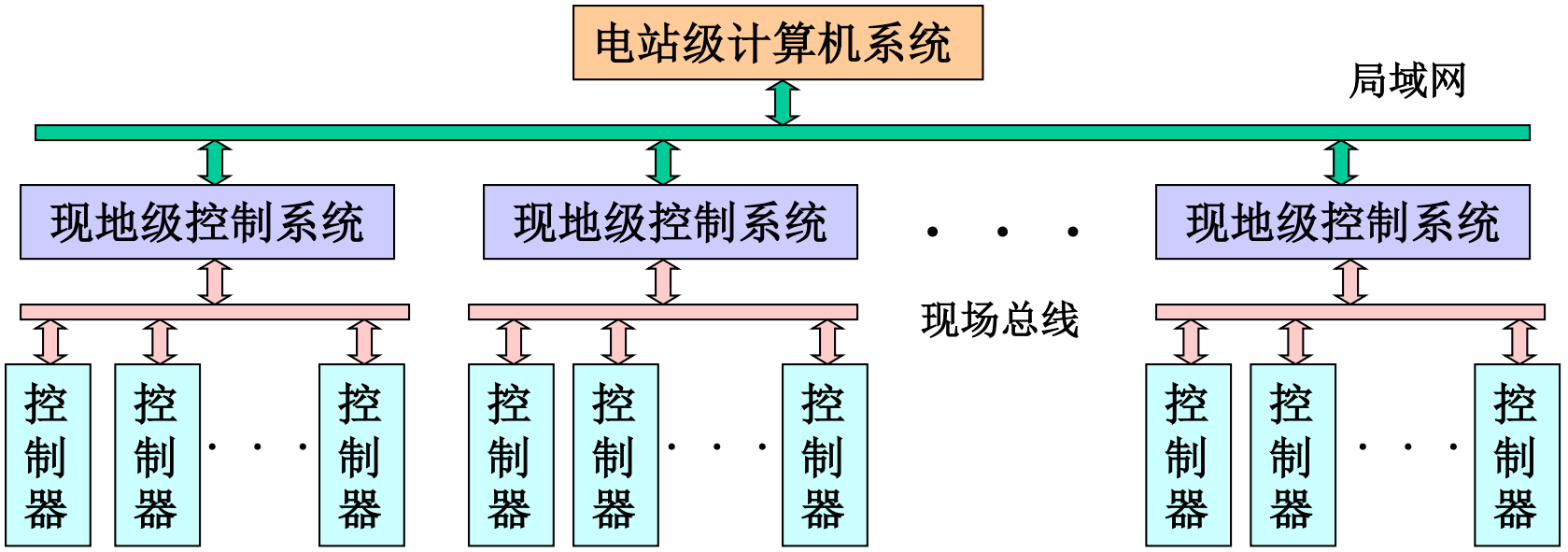
## •早期的水电站分层计算机监控系统（*70*年代中期—*80*年代末）

集中型计算机控制系统存在的问题促使计算机监控系统向分散化发展，由此产生了监督计算机控制系统（SCC，*Supervisory Computer Control*)。*SCC*由2级计算机组成，**第一级计算机**与生产过程连接，取代常规仪表和控制器承担测量和控制任务；**第二级计算机**根据水电站生产过程的工况信息和数学模型进行计算，给第一级计算机提供最优控制的信息。



## •分层分布式计算机监控系统（*90*年代后）

水电站电力生产管理的集中性和控制的分散性这一实际需要，要求水电站计算机控制系统采用分层分布式结构。这种结构与水电生产过程的管理结构相一致，一般分为三级：过程控制（仪表）级、控制管理（现地控制）级、生产管理（电站）级。各级既相互独立，又相互联系。



**分层分布式计算机监控系统**是应用计算机技术对水电生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制技术。

该系统概括起来是由**集中管理部分、分散控制检测部分**和**通讯部分**组成。其中：

- **集中管理部分**主要用于计算机控制系统的组态和维护，以及水电生产过程的监视、操作、信息管理和优化控制；
- **分散控制检测部分**用于现地级单元的控制和监测；
- **通讯部分**用于连接计算机控制系统的各个分部，完成数据、命令及其它信息的传递。

## （2）计算机监控系统的类型与分层分布式计算机监控系统网络结构

**计算机监控系统可分为以下几种类型：**

①取消常规控制设备的系统，即**全计算机监控系统**。主控级采用**双机**热备；

②以**计算机控制为主，常规控制系统为辅**的监控系统。主控级可采用双机或单机；

③以**常规控制系统为主，计算机为辅**的监控系统。主控级可采用单机。

**现地级计算机的设置原则：**

①每台发电机组设一台现地级计算机，设置于机组旁；

②全厂公用部分至少设一台现地级计算机；

③设一台负责闸门启闭控制和水位监视的现地级计算机，置于坝上。

## 分层分布式水电站计算机监控系统的网络结构：

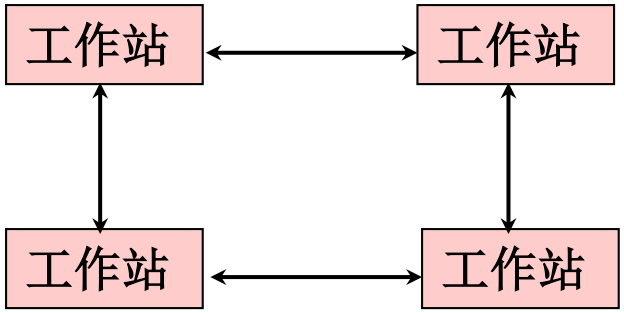
### • 星型结构

星型结构中各工作站由点对点线路连接到公用交换中心。星的中心起着控制器的作用。网络上的工作站间交换信息都要通过中央控制器。这种拓扑结构体现了一种集中式通讯策略。**其特点是交换中心节点相当复杂，但各工作站通讯处理负荷较轻。其缺点是中央控制器故障时会导致整个网络的通讯中断。**



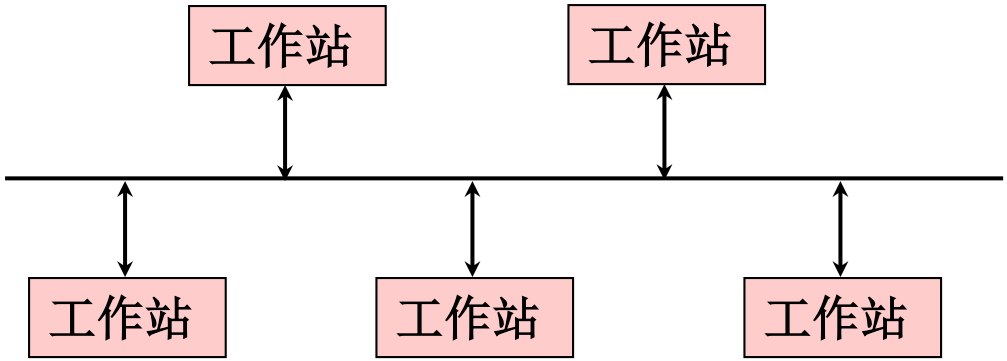
- **环型结构**

该结构网络上的所有节点都通过点对点线路连接，并构成封闭的环路。线路上的信息按点对点的方式传输，即由一个工作站发出的信息只传送到下一个节点。若该节点不是发送信息的目的站，就再把信息传递到下一个节点，重复这个过程，直到发送的信息到达目的站为止。环型结构的双向信息传送模式可以提高网络的可靠性。



- **总线结构**

总线结构的特点是网络上的所有节点都通过硬件接口直接连接到线状传输介质（光纤、双绞线等）。任何一个工作站的发送信息都在介质上传播，并能被其它所有节点所接收。因为所有节点共享一条传输线路，所以在某一时刻只有一个节点能发送信息。因此，对介质的访问应规定某种控制协议。



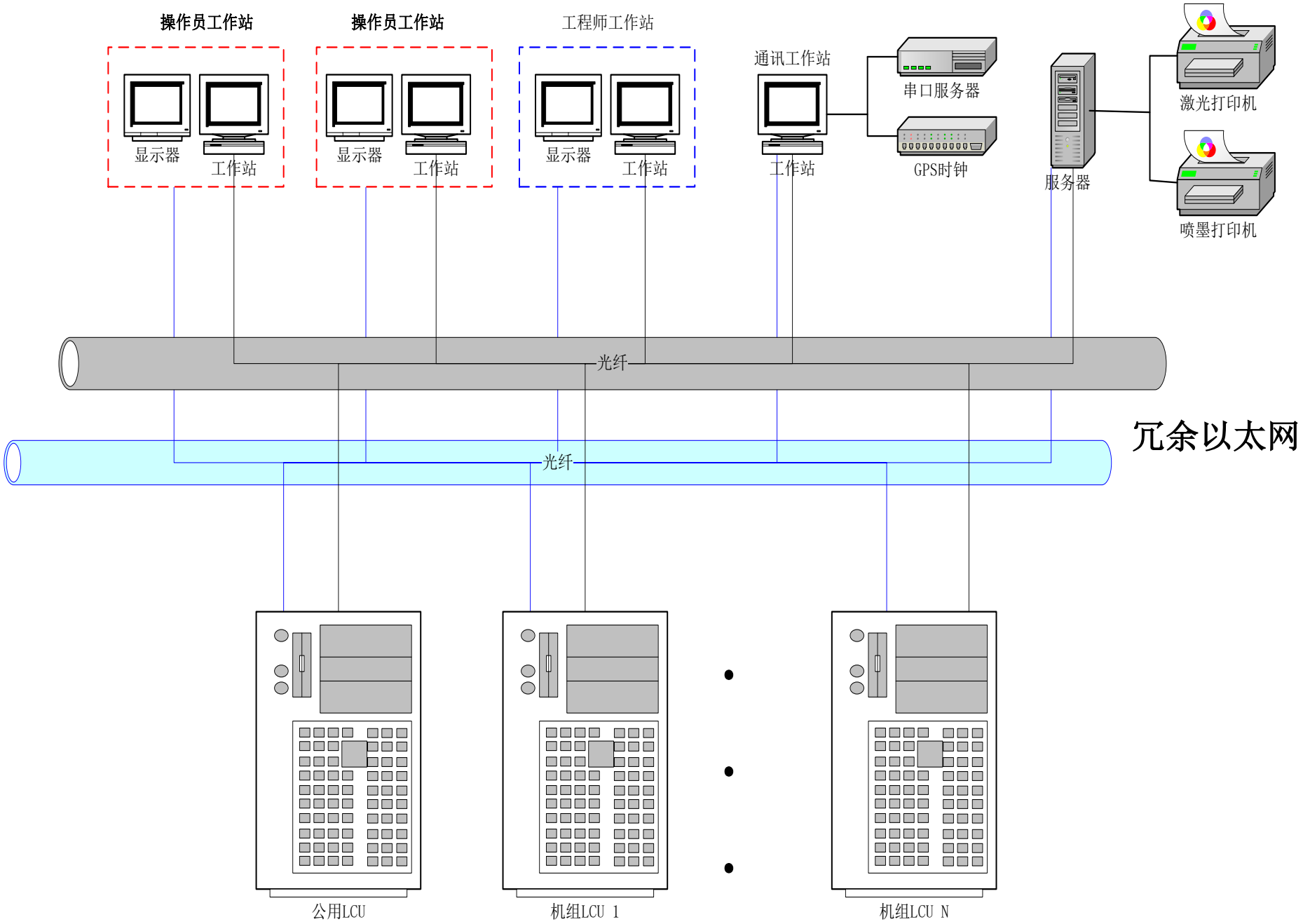
## （3）基于*PCC*的分层分布式计算机监控系统

**1) 系统组成：**

**①现地级组成：**现地级系统由一台公用*LCU* (现地控制单元 Local Control Unit)、若干机组*LCU*组成。各*LCU*控制单元负责采集机组、机组辅机、开关站所传送过来的信息和请求，并将信息处理后生成控制信号，下发至各个控制柜，对机组或开关站的运行实施控制与操作。

**②主控级组成：**主控级系统由两台操作员工作站、一台通讯工作站和一台工程师站组成。两台操作员工作站互为备用，通讯工作站负责与调度系统以及其它系统的通讯。

**③工业冗余以太网：**电站级计算机和*LCU*控制单元通过**工业冗余以太网**连接。


操作员工作站
操作员工作站
工程师工作站
通讯工作站
显示器
工作站
显示器
工作站
显示器
工作站
工作站
串口服务器
GPS时钟
服务器
激光打印机
喷墨打印机
光纤
光纤
冗余以太网
公用LCU
机组LCU 1
机组LCU N

## 2) 系统特点

- 以可编程序控制器（*PCC*）为基础构成现地控制单元；
- 分层分布式系统结构和容错设计，不会因任何一台机器发生故障而引起系统误操作或降低系统性能；
- 成熟、可靠、标准化的硬件以及网络结构；
- 面向对象的软件设计和组态软件技术；
- 响应速度快，可靠性和灵活性高，扩充方便。

## 3）可编程计算机控制器：

可编程计算机控制器**PCC**（programmable computer controller），于90年代中期在工控界提出，它融合了传统的PLC（可编程逻辑控制器，Programmable logic Controller）和IPC（工业计算机，Industrial Personal Computer）的优点，既具有PLC的高可靠性和易扩展性，又有着IPC的强大运算、处理能力和较高的实时性及开放性，是一种新一代可编程计算机控制器。其具有以下几个特点：

- **系统软、硬件均采用了模块化技术；**
- **应用多处理器实现分布式I/O，具有开关量和模拟量的回路控制调节等多种I/O处理能力；**
- **具有过程显示接口-PVI和软件自诊断功能；**
- **系统扩展及组网能力强。**应用了现场总线技术，可实现多层次网络结构(管理层、控制层和现场层)。

## 4）现地控制级单元 *LCU*

现地控制级单元用于完成对机组、开关站设备和电站公用设备的监视与控制。其构成为：

- ***PCC*控制器；**
- **触摸屏（监视设备的工作状态）；**
- **交流采样技术；**
- **工业以太网与现场总线；**
- **双微机自动准同期装置；**
- **温度巡检装置；**





## 5)组态软件

组态软件提供了一个友好的用户界面，使用户可以在不需要改变原程序的情况下，很方便地生成所需要的应用软件。其特点为：

- **可扩充性**

当现场（包括硬件设备或系统结构）或用户需求发生改变时，不需作很多修改而方便地完成软件的更新和升级；

- **封装性好**

组态软件所能完成的功能都用一种方便用户使用的方法包装起来，对于用户，不需掌握太多的编程语言技术（甚至不需要编程技术），就能很好地完成一个复杂工程所要求的所有功能；

- **通用性强**

用户根据工程实际情况，利用组态软件提供的底层设备的***I/O Driver***、开放式的**数据库**和**画面制作工具**，就能完成一个具有动画效果、实时数据处理、历史数据和曲线并存、具有多媒体功能和网络功能的工程。

## （4）计算机监控系统的功能

- 数据采集和处理
- 安全运行监视
- 实时控制和调节
- 记录功能

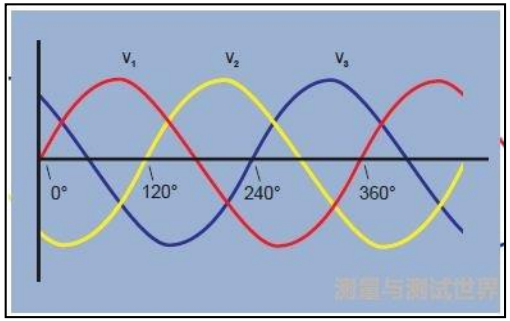
## 1）数据采集和处理

电站级计算机自动采集和处理电站设备的运行参数，主要采集的数据包括**电气量**、**脉冲量**、**非电量**及**数字量**：

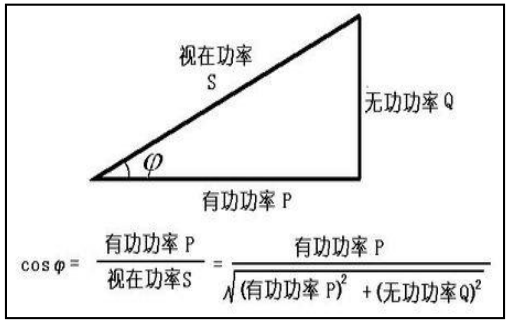
### ➢ 电气量

指电站级收集由现地控制单元采集的各电气量，并作如下处理和计算：

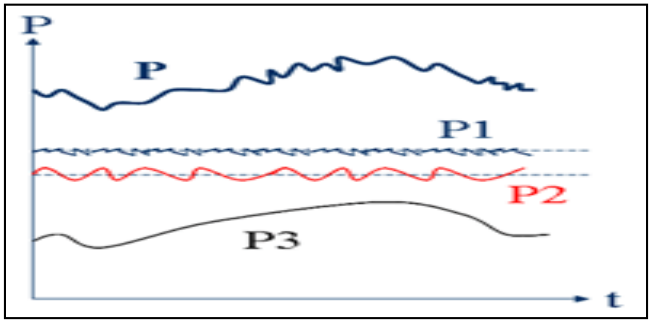
**①计算发电机组及输电线路三相电压、电流和频率；**




**②计算机组及线路有功功率、无功功率和功率因数；**




**③全站各机组发出有功、无功功率总加，及全站有功功率定时平衡计算。**



- **脉冲量**

各现地控制单元对采集到的脉冲量进行累计，换算成相应的电度量后，上送电站级进行处理。包括以下三方面计算：

**①全站有功电度和无功电度的定时平衡计算；**

**②全站发电电度的分时累计和总计；**

**③电站发电综合效率，厂用电率等的计算。**

- **非电量**

电站级自动从各现地控制单元采集各非电量，供数据分析和定期制表打印。

- **数字量**

电站级自动从各现地控制单元采集各数字量，掌握全厂主、辅设备动作情况，收集越限报警信息。

## 2）安全运行监视

①运行状态变化监视；②控制过程监视；③运行参数越限检查；④运行参数和设备性能变化趋势分析；⑤监控系统自诊断。

- **运行状态变化监视：以数字量形式采集，并分成两类：**

①**自动状变**，即自动控制或保护装置动作所导致的状变，如断路器事故跳闸，机组的自动起动等

②**受控状变**，即由人工控制的命令所引起的状变，如机组的手动开机、断路器的手动合闸等

- **控制过程监视：**

监视机组各种运行工况(发电、调相、停机)转换过程所经历的主要操作步骤，并在*CRT*上显示；当发生过程阻滞时，在*CRT*上给出阻滞原因，并由机组现地控制单元将机组转换到安全状态或停机。

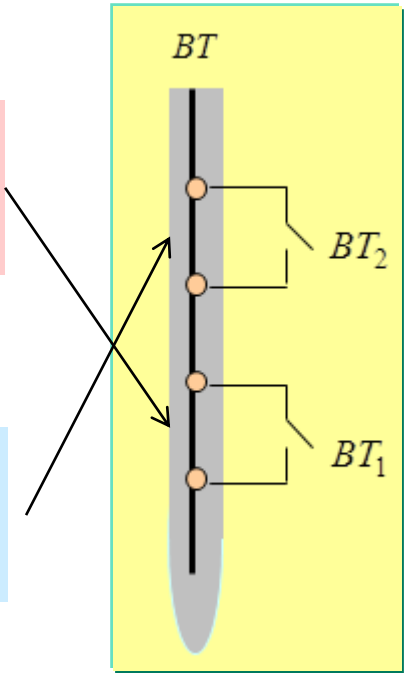
➢ 运行参数越限检查：

①发电机线圈和水轮机轴承温度过高　②水库水位过高　③水淹厂房

运行参数越限（设备异常信号）分为两类：

**Ⅰ段越限**：异常程度较轻的，只发报警信号；

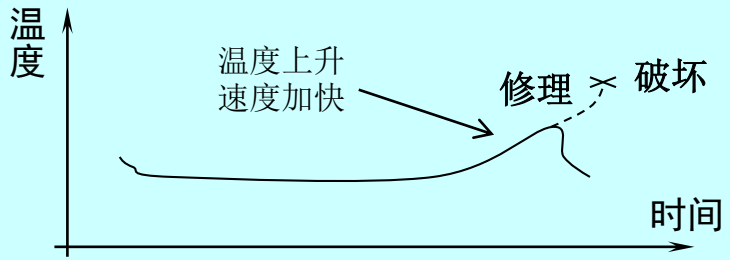
**Ⅱ段越限**：异常程度较重的，除发报警信号外，还作用于事故停机。



## ➢ 运行参数和设备性能变化趋势分析：

分析机组运行参数和性能的变化趋势，及时发现故障征兆。

✓ **机组轴承温度增高趋势监视**：监视上导、下导、推力和水导轴承温度在开机过程的变化趋势。收集和存储其温度~时间（即$T℃=f(t)$）关系曲线，并与事先存储的最大容许温升曲线作比较。




✓ **机组轴承温度变化率监视**：监视机组运行时的上导、下导、推力和水导轴承温度的变化率$T℃/\Delta t$ 。

✓ **推力轴承瓦间温差监视**：定时比较推力轴承各轴瓦的温度值，计算它们之间的差值（或差值变化率）。若超过容许值，即发出报警，预报轴瓦工作不正常。

## 3）实时控制和调节

**最优发电控制**

在库水位满足运行条件的情况下，根据中调下达的负荷曲线或由运行人员实时给定的负荷值，通过优化计算确定最佳运行机组台数及最佳有功功率分配，在满足机组运行条件和避开气蚀振动区的条件下，**实现最优发电控制，使电站在满足电网运行要求的前提下高效率地运行**。

**无功与电压控制**

根据设定的母线电压值或由中调和中控室给定的全站无功功率，监控系统可**按等无功功率或等*cosφ*的原则**，在机组许可的范围内**给出各机组的无功功率调节信号**。

**频率控制**

电力系统频率异常降低（或升高）时，监控系统将根据频率降低（升高）的程度以及机组的容量及机组的运行工况，**自动改变机组的运行方式，以恢复电力系统的运行频率正常**。

## 4）记录功能

**事件顺序记录**

由各现地控制单元采集继电保护、自动装置及电站主设备的状变量，并上送主控级完成事件顺序排队、显示、打印和存档记录。每个事件的记录和打印包括点名称、状变描述和时标。事件顺序记录分辨率应不大于*10ms*。

**打印记录**

①分别按年、月、日时间段要求，打印班报表和运行记录报表。

②对全厂主、辅设备投、切操作进行操作打印记录。

③当设备发生事故和故障时，打印记录事故和故障性质，发生时间及恢复时间。

**事故追忆**

当线路或高压母线事故时，记录线路的有功和无功功率，三相电流、母线电压及频率，并同时记录发电机相间电压、三相电流和有功、无功功率。事故追忆提供事故前5s和事故后*20s*的数据组，数据采集周期＜*2s*，事故追忆记录值除了打印记录外还可以用曲线在*CRT*上显示。

# 北京远索水电站智能自动化运行





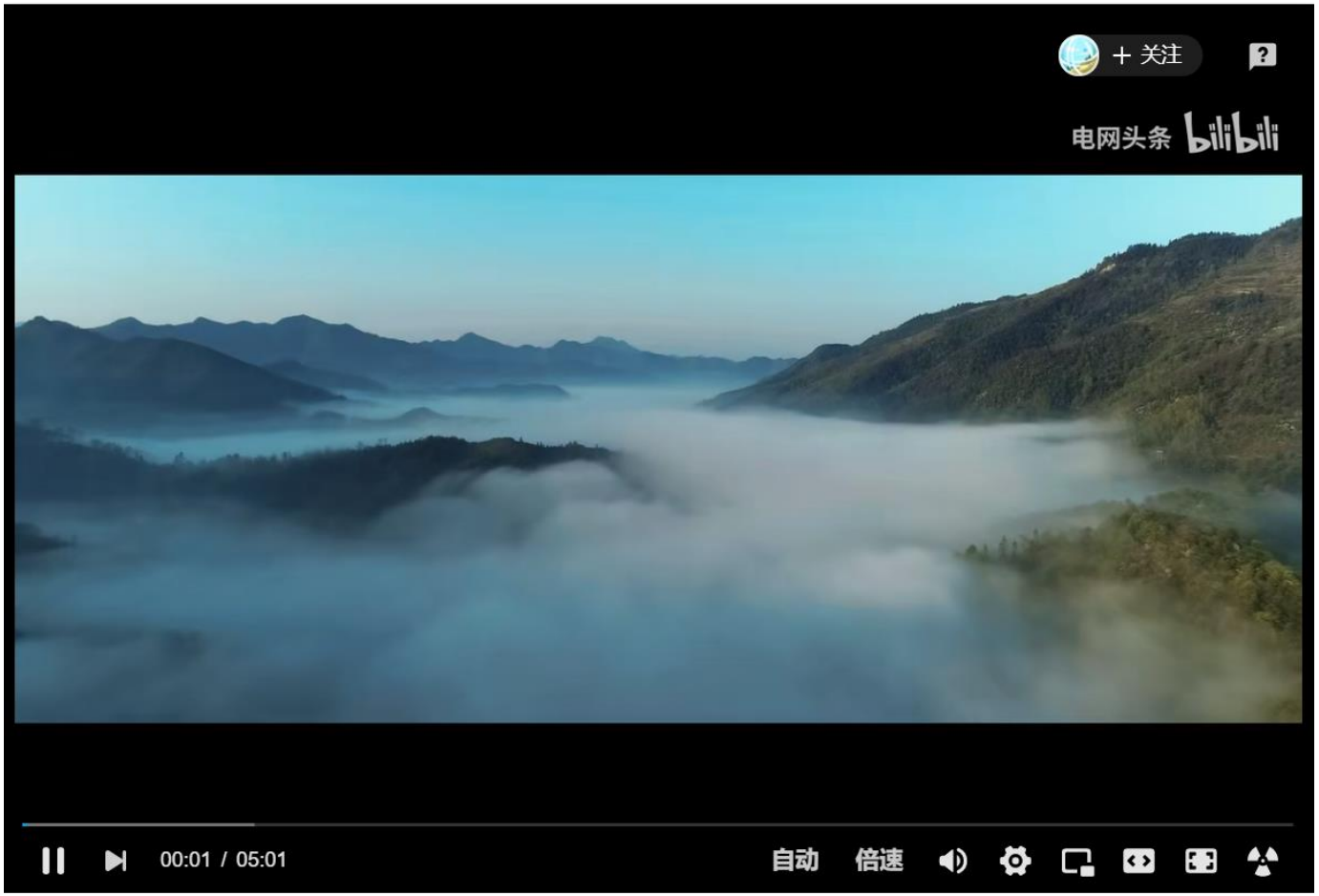

https://www.bilibili.com/video/BV1464y1Y7WS?from=search&seid=7698474389876464540&spm_id_from=333.337.0.0

抽水蓄能




https://www.bilibili.com/video/BV1wk4y1y7gt?from=search&seid=11579058720808007108&spm_id_from=333.337.0.0

新安江水电站




https://www.bilibili.com/video/BV1rK411H7aB?from=search&seid=17634889693425209082&spm_id_from=333.337.0.0

# The End