

# 以太网在水电站 控制系统中的应用

姚维达

2008.11



- 水电控制系统发展
- 水电控制系统结构模式
- 水电控制系统以太网应用实例
- 水电控制系统中以太网设备
- 水电控制系统的发展趋势

# 1. 水电控制系统发展

## 水电厂计算机监控方式的演变

- 以常规控制装置为主，计算机为辅的监控方式。
- 计算机与常规控制装置双重监控方式。
- 以计算机系统为基础的监控方式。
- 取消常规设备的全计算机系统监控方式。

# 1. 水电控制系统发展

## 水电厂计算机监控系统的发展

- 第一代是基于专用计算机和专用操作系统的计算机系统，各大公司为水电厂功能要求设计的专用系统。
- 第二代是基于通用计算机的监控系统，操作系统一般是通用的UNIX操作系统。

# 1. 水电控制系统发展

## 水电厂计算机监控系统的发展

- 90年代按照开放的原则，基于分布式计算机网络以及关系数据库技术的能够实现大范围联网的计算机监控系统称为第三代。
- 第四代系统的主要特征是采用Internet技术、面向对象技术、神经网络技术以及JAVA技术等技术，继续扩大计算机监控系统与其它系统的集成，综合安全经济运行以及商业化运营的需要。

## 2. 水电控制系统结构模式

- 结构基本上以面向网络的分布式系统为基础，系统级设备大多采用以太网Ethernet或光纤环网等通用网络设备连接高性能的计算机工作站、服务器，在被控设备现场则较多地采用PLC等智能现地控制单元，再通过现场总线与基础层的智能I/O设备、智能仪表、远程I/O单元等相连接构成现地控制子系统，与厂站级系统结合形成整个控制系统。

## 2. 水电控制系统结构模式

集中式监控系统

功能分散式监控系统

分层分布式监控系统

## 2. 水电控制系统结构模式

### 集中式监控系统

20世纪80年代中期以前的早期监控系统结构，集中布置的一台或两台计算机承担整个水电厂的全部监视和控制任务，将采集的数据全部集中到计算机进行处理，处理结果传送到各测控点进行控制和调节。

这种系统结构简单，较易于实现。但由于所有处理和功能都集中在一台或两台计算机，只要一台计算机出现故障，整个控制系统的性能就会大大降低，甚至瘫痪，这是集中式监控系统的致命弱点。

由于所有信号都要送到集中计算机，需要敷设很多电缆，机组台数越多，电缆也越多，降低了系统的可靠性，通讯也是薄弱环节。



## 2. 水电控制系统结构模式

### 功能分散式监控系统

基于以太网连接由多台计算机分别完成，各计算机只负责完成某一项或几项的功能任务，这种结构型式是一种横向的分散，功能的分散，可靠性在某种程度上有所提高。由于功能的分散，每台计算机的负载可以减少，基于当时的技术条件，一般均采用微机来承担，这样就出现了多微机系统。

系统的可靠性仍然不是很高。因此，功能分散式监控系统目前也很少采用。

## 2. 水电控制系统结构模式

### 分层分布监控系统

分层分布式监控系统在地域上是分散的，即按控制对象进行分散。

按控制对象设置单独的现地控制单元。电厂控制级设置多台计算机，由工作站、服务器和网络设备构成。

电厂控制级本身也是一个功能分散的系统，不同的计算机分别负责不同的功能，通过网络实现信息共享，共同完成全厂所有功能。

## 2. 水电控制系统结构模式

### 分层分布监控系统

这些年来投运的水电厂监控系统几乎都采用分层分布式的系统。

**DL/T5065-1996**《水力发电厂计算机监控系统设计规定》也明确指出：“监控系统宜采用分层分布式结构，分设负责全厂集中监控任务的电厂级及完成机组、开关站和公用设备等监控任务的现地控制级”。

## 2. 水电控制系统结构模式

### 分层分布监控系统结构

我国水电厂计算机监控系统中，应用的局域网基本上是以以太网，包括国产系统和引进系统都是如此，以太网占有明显的优势，表现在以太网技术成熟、使用灵活方便、价格便宜，并具有良好的可扩展性，可采用先进的交换技术等。

正是先进的网络交换技术的应用，使以太网有了快速的发展，并具有了比其他网络技术更好的应用前景。

## 2. 水电控制系统结构模式

### 分层分布监控系统结构

水电厂计算机监控系统的网络拓扑结构有总线型、环型和星型这三种基本形态，在系统设计中实际只有环形网络和星型网络两种。

随着以太网技术的发展，总线型的以太网已逐步演变成了星型网络结构。

## 2. 水电控制系统结构模式

### 分层分布监控系统结构

水电厂计算机监控系统的分层一般可分为：调度控制层（梯级集控或上级调度）、厂级控制层、现地控制单元层和现场设备层。

相应的水电厂计算机监控系统网络可分为信息发布网、站级信息网、电站实时控制网和现场总线设备网，对于一般的水电厂计算机监控系统而言，站级信息网和电站实时控制网可合二为一，以降低网络的复杂程度。

### 3. 水电控制系统以太网应用实例

## H9000水电厂计算机监控系统V4.0

- 我国水电建设向大机组巨型电站方向发展
- 对计算机监控系统的技术要求也越来越高
- 进一步提高系统的性能指标和可靠性指标
- 对H9000系统进行系统性的升级完善

### 3. 水电控制系统以太网应用实例

#### H9000水电厂计算机监控系统V4.0

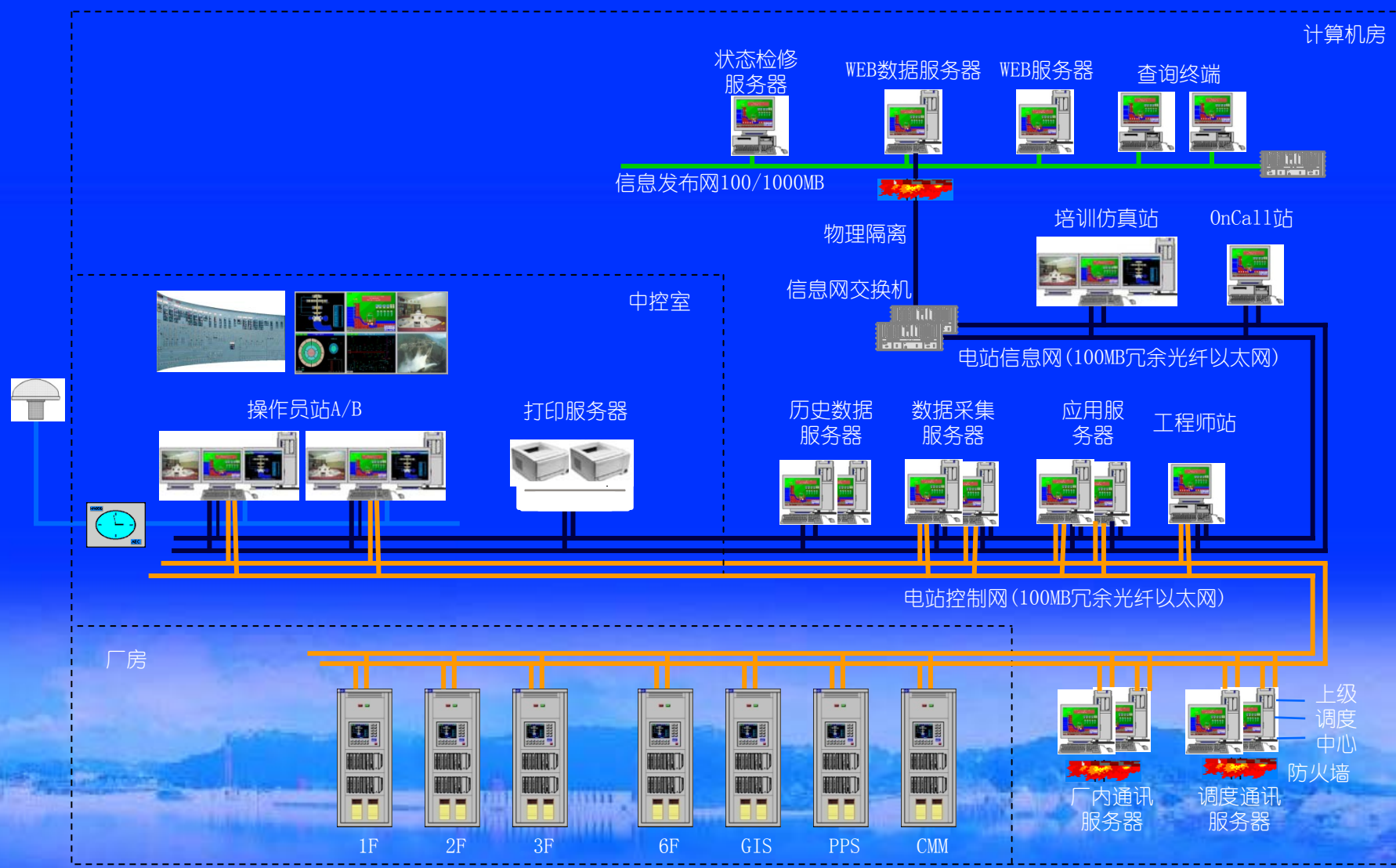
- 采用开放系统结构和成熟、可靠的系统软件，进一步提高UNIX与Windows两个平台软件的兼容性。
- 实时性高，完善的历史数据库功能，在保证控制实时性、满足特大型电站对控制系统的要求的同时，提高系统的开放性。
- 采用计算机信息化领域成熟的标准技术。
- 功能软件齐全并标准化，具有开发工具软件系统，易于维护。



### H9000水电厂计算机监控系统V4.0

- 分层分布式系统结构
  - 单机单网 / 双机双网 / 多层多机多网
- 控制层次：调度层 / 厂站层 / 现地控制层
  - 调度层：国调 / 网调 / 梯调
  - 厂站层：信息查询层 / 信息层 / 控制层
  - 现地控制层：控制网络层 / 现场总线网络层
- 客户/服务器模式
- 高可靠性的无主对等模式

# 3. 水电控制系统以太网应用实例



## 16F发电机概况

### 轴承温度

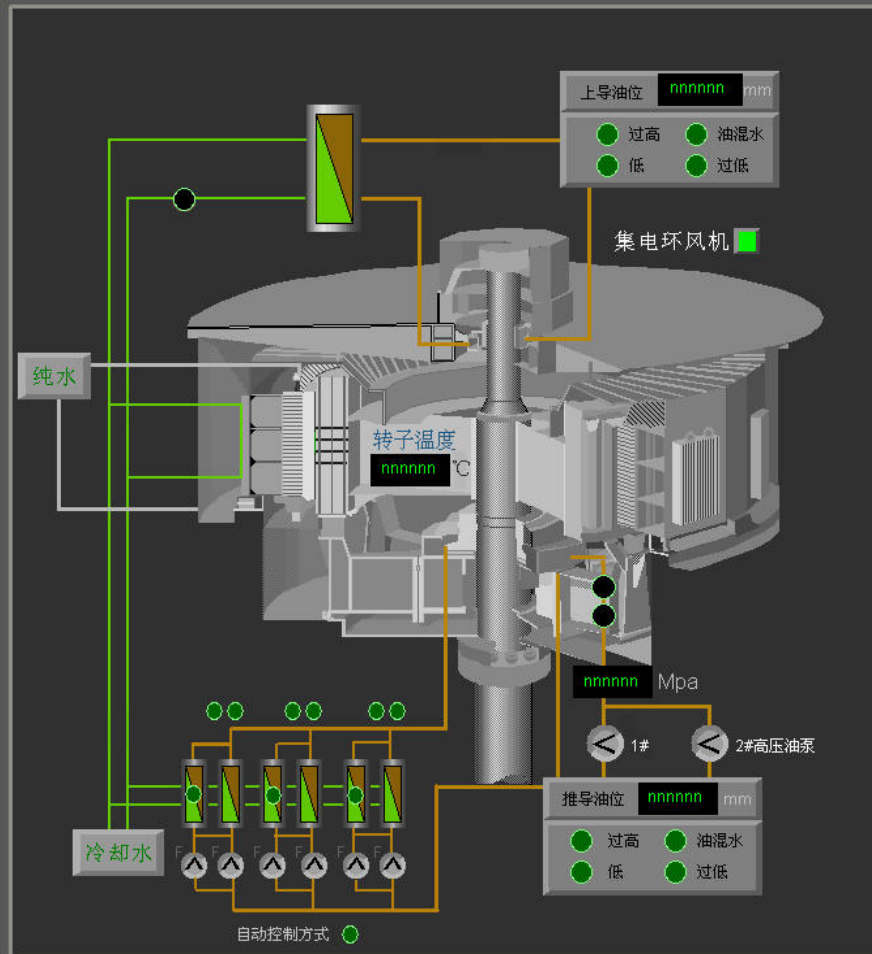
名称	高	过高
上导瓦温	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
推力瓦温	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
下导瓦温	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
水导瓦温	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 消防系统

名称	状态
半自动控制模式	<input checked="" type="checkbox"/>
手动控制方式	<input checked="" type="checkbox"/>
自动控制方式	<input checked="" type="checkbox"/>
消防电磁阀动作	<input checked="" type="checkbox"/>
感烟探测器报警 I	<input checked="" type="checkbox"/>
感温探测器报警 II	<input checked="" type="checkbox"/>

### 电源报警

名称	状态
水机后备保护直流电源故障	<input checked="" type="checkbox"/>
水轮机动力柜AC电源故障	<input checked="" type="checkbox"/>
水轮机动力柜DC电源故障	<input checked="" type="checkbox"/>
发电机动力柜AC电源故障	<input checked="" type="checkbox"/>
发电机动力柜DC电源故障	<input checked="" type="checkbox"/>



### 加热器

1#加热器故障	<input checked="" type="checkbox"/>	2#加热器运行	<input checked="" type="checkbox"/>
1#加热器运行	<input checked="" type="checkbox"/>	自动控制方式	<input checked="" type="checkbox"/>
2#加热器故障	<input checked="" type="checkbox"/>	机坑温度	nnnnnn

### 滑环碳粉吸收装置

集电环碳粉收集泵运行	<input checked="" type="checkbox"/>
集电环碳粉收集泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>
自动控制方式	<input checked="" type="checkbox"/>

### 制动粉尘吸收装置

制动吸尘泵运行	<input checked="" type="checkbox"/>
制动吸尘泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>
自动控制方式	<input checked="" type="checkbox"/>

### 油雾吸收装置

上导	推力/下导		
1#泵运行	<input checked="" type="checkbox"/>	1#泵运行	<input checked="" type="checkbox"/>
1#泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>	1#泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>
2#泵运行	<input checked="" type="checkbox"/>	2#泵运行	<input checked="" type="checkbox"/>
2#泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>	2#泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>
3#泵运行	<input checked="" type="checkbox"/>	3#泵运行	<input checked="" type="checkbox"/>
3#泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>	3#泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>
自动控制	<input checked="" type="checkbox"/>	自动控制	<input checked="" type="checkbox"/>

### 高压油系统

1#高压油泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>	2#高压油泵故障	<input checked="" type="checkbox"/>
自动控制方式	<input checked="" type="checkbox"/>	复归故障	<input checked="" type="checkbox"/>

16F定子温度

16F开机流程

16F停机流程

16F机组状态

16F机组控制

16F开机条件

16FB画面索引

右厂画面索引

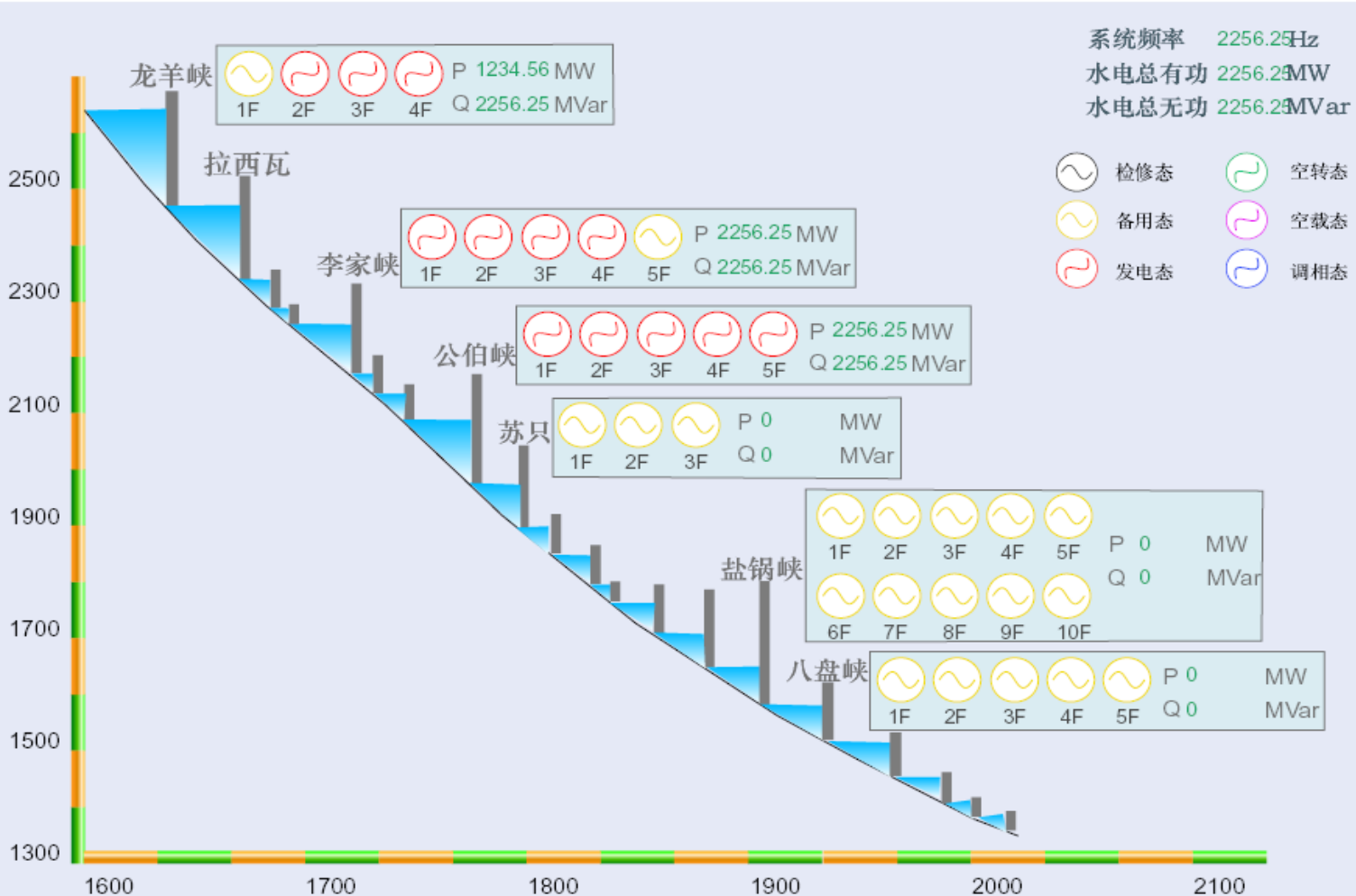
欢迎使用历史数据管理系统 - Microsoft Internet Explorer

# H9000-Woix 实时数据发布系统



索引画面

黄河上游梯级电站图



Microsoft Excel - 日报表.xls

文件(F) 编辑(E) 视图(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 数据(D) 窗口(W) H9000报表(R) 帮助(H)

Σ 100% 宋体 12 B I U

B8 156

凤滩水电厂机组电气运行综合日报表(一)																			
2005-3-10																			
时间	全厂	全厂	一号水轮发电机组						二号水轮发电机组						三号水轮发电机组				
	总有功	总无功	有功	无功	定子电压	定子电流	转子电压	转子电流	有功	无功	定子电压	定子电流	转子电压	转子电流	有功	无功	定子电压	定子电流	转子电压
	MW	MVAR	MW	MVAR	KV	A	V	A	MW	MVAR	KV	A	V	A	MW	MVAR	KV	A	V
0:00	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
1:00	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182
2:00	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
3:00	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
4:00	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272
5:00	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306
6:00	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342
7:00	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
8:00	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420
9:00	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462	462
10:00	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506	506
11:00	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552	552
12:00	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600

SMA2000 状态监测分析系统 - Windows Internet Explorer

http://192.168.69.10/H9000TR.aspx

SMA2000 状态监测分析系统

文件 编辑 颜色 限值 显示 查询 统计 高级 帮助

已存记录 选择历史使用记录

模糊检索 关键字  查询

清除 添加所选数据

数据类型

历史数据  实时监控

本地数据  培训仿真

历史数据起始/结束时间

2008-04-13 19:00:00

2008-04-17 15:56:00

读取数据

确认 取消 高级选项

提示窗口

2008-5-9 10:36:48 间隔棒图显示模式

2008-5-9 10:36:48 散点图显示模式

2008-5-9 10:36:50 曲线显示模式

右岸 24F 模拟量 机组有功 RB.LCU24R.ANA.PC3\_MW\_AI05MW

2008-4-14 13:00:00 0.603 24F 机组有功

2008-4-16 23:24:00 697.737 24F 机组有功

右岸 24F 模拟量 机组无功 RB.LCU24R.ANA.PC3\_MVAR\_AI06MVAR

2008-4-13 19:48:00 -1.5 24F 机组无功

2008-4-14 15:56:00 7.687 24F 机组无功

右岸 24F 模拟量 转子电压 RB.LCU24R.ANA.PE01\_U709\_AI04V

2008-4-14 17:32:00 0.318 24F 转子电压

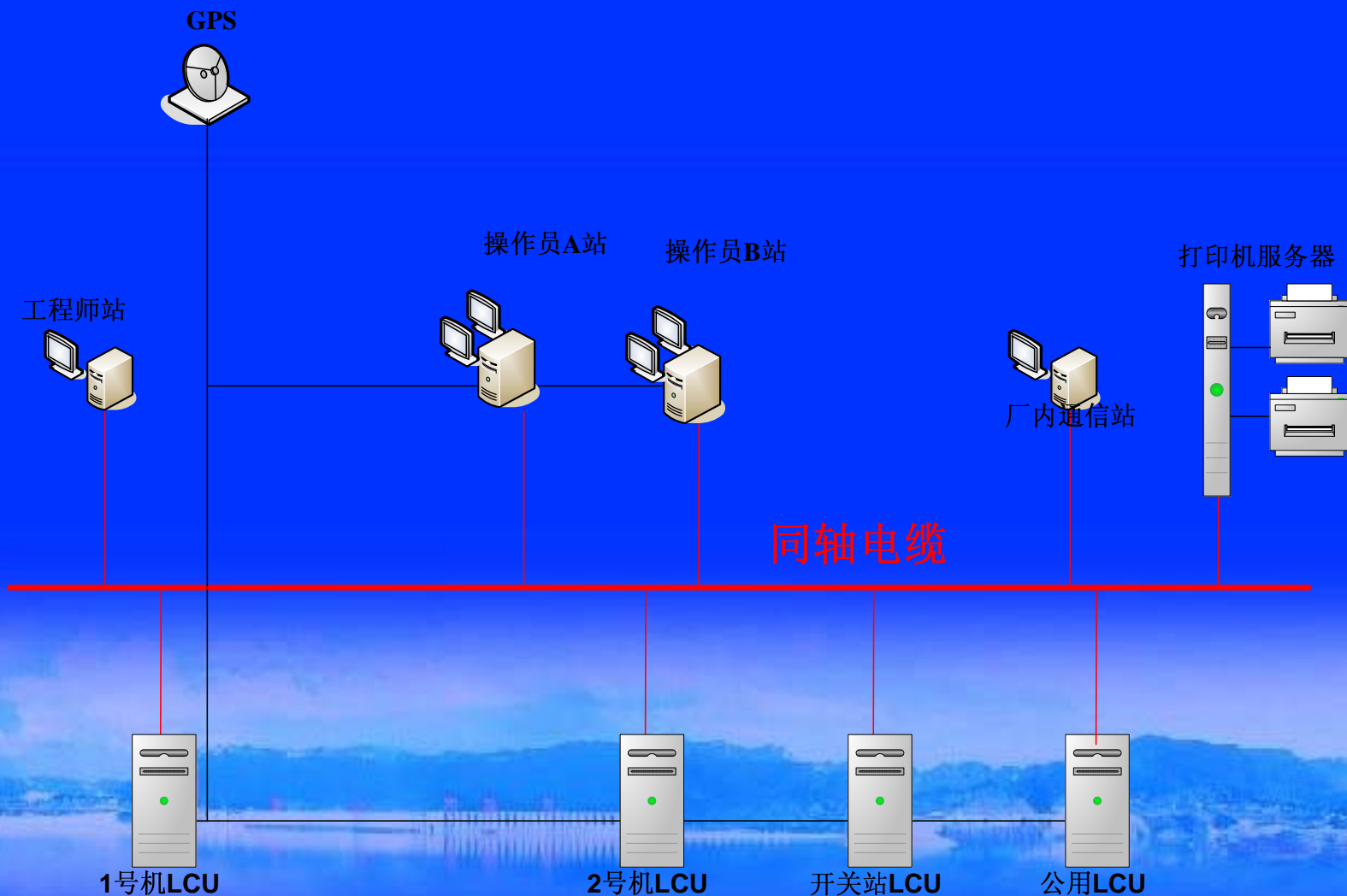
名称	数据特征	时间	数值	有效性	最大值	平均值	最小值
<input checked="" type="checkbox"/> 24F 机组有功 MW	RB.LCU24R.ANA.PC3_...	整时刻值			701.806	143.23	0.078
<input checked="" type="checkbox"/> 24F 机组无功 MVAR	RB.LCU24R.ANA.PC3_...	整时刻值			307.5	46.402	-225.562
<input checked="" type="checkbox"/> 24F 转子电压 V	RB.LCU24R.ANA.PE01_...	整时刻值			382.287	106.776	0.0
<input type="checkbox"/> 24F 机端电压设定反馈值 KV	RB.LCU24R_...	整时刻值			21.751	17.411	14.0
<input type="checkbox"/> 24F 励磁电流设定反馈值 A	RB.LCU24R_...	整时刻值			3950.423	1415.522	417.0

完成

Internet 100%

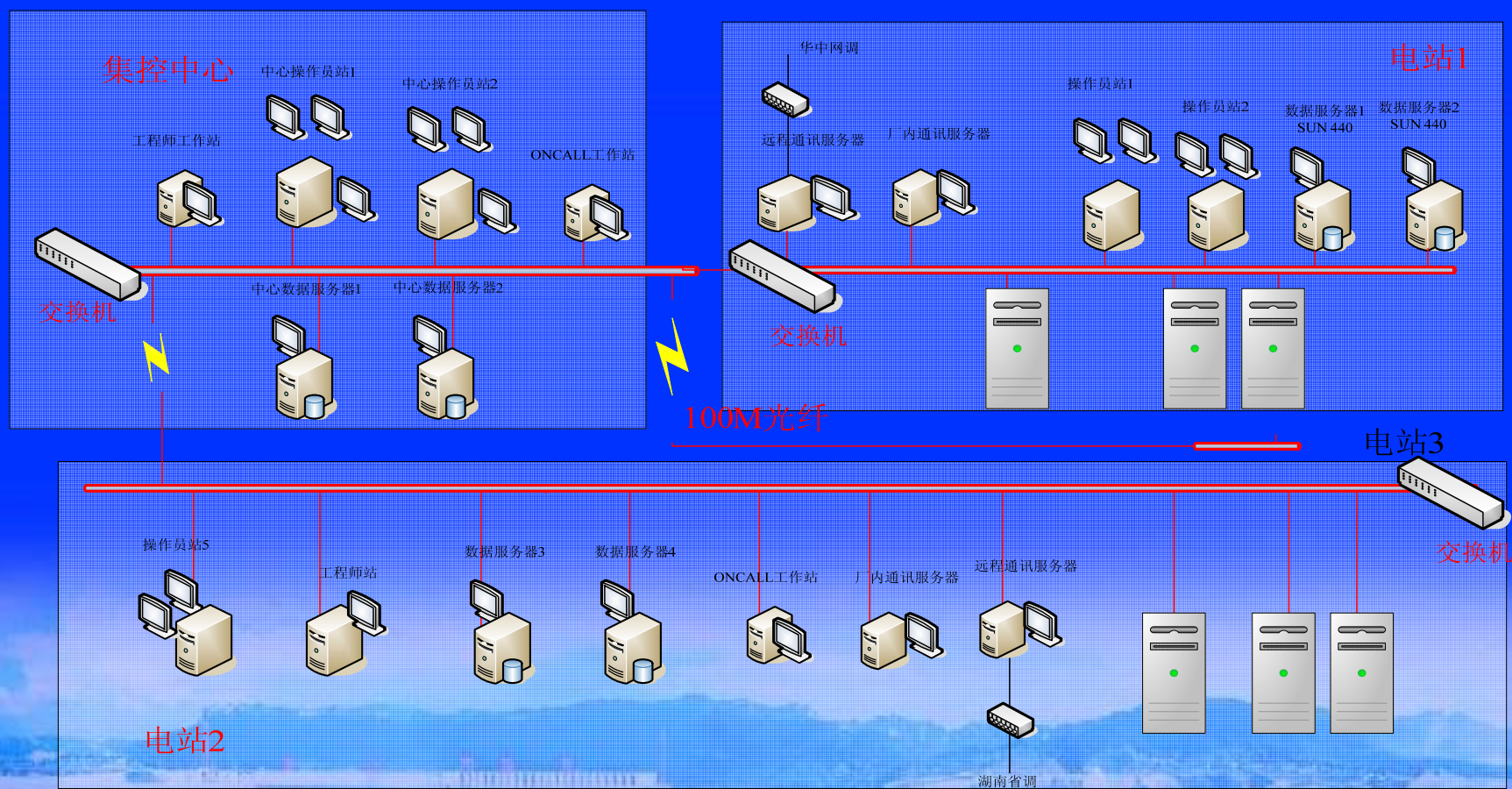
# 3. 水电控制系统以太网应用实例

## 实例1：1990's 以太网，同轴电缆



# 3. 水电控制系统以太网应用实例

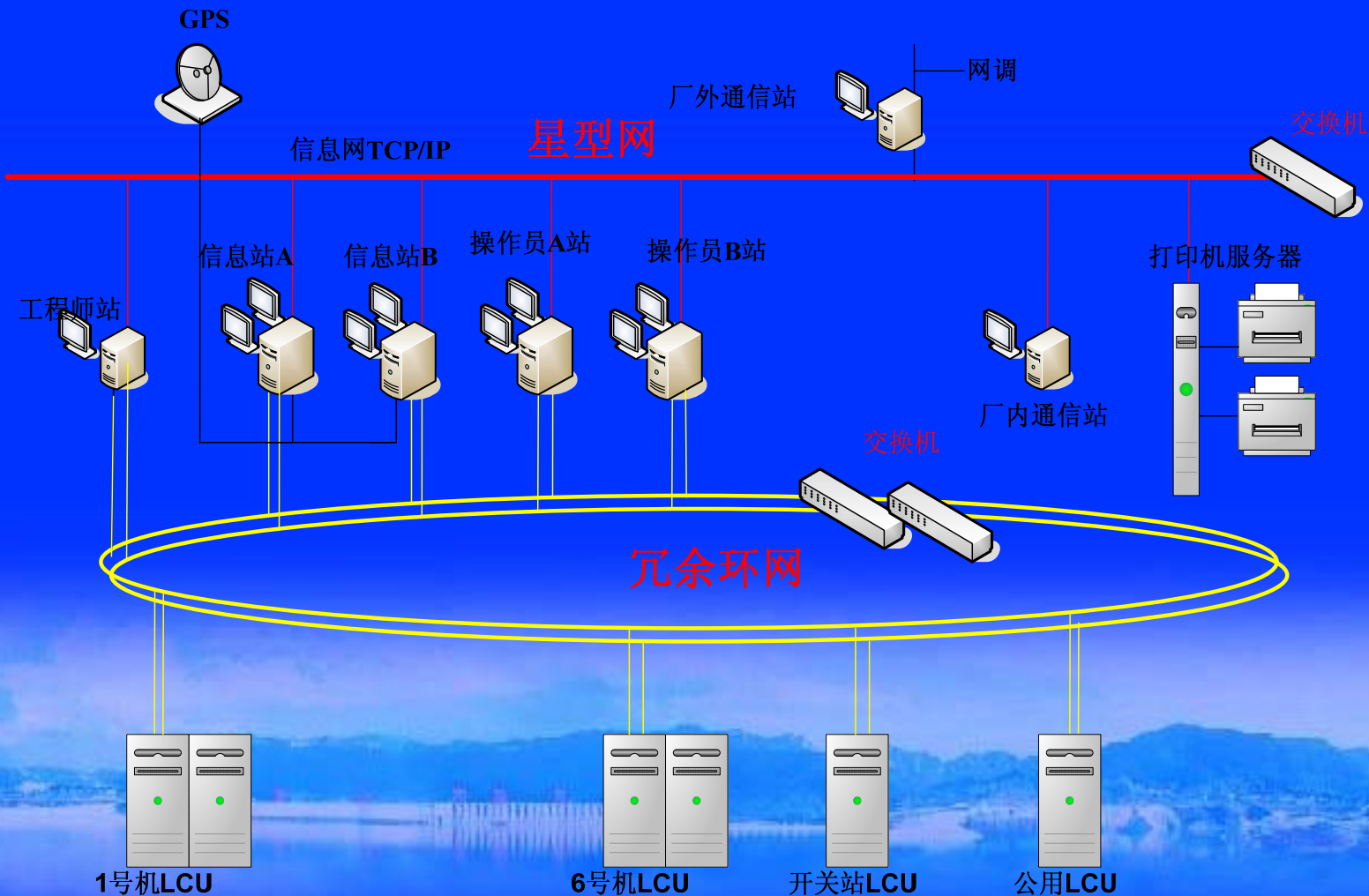
## 实例2：1990's 10M/100M，光缆、冗余、远距离





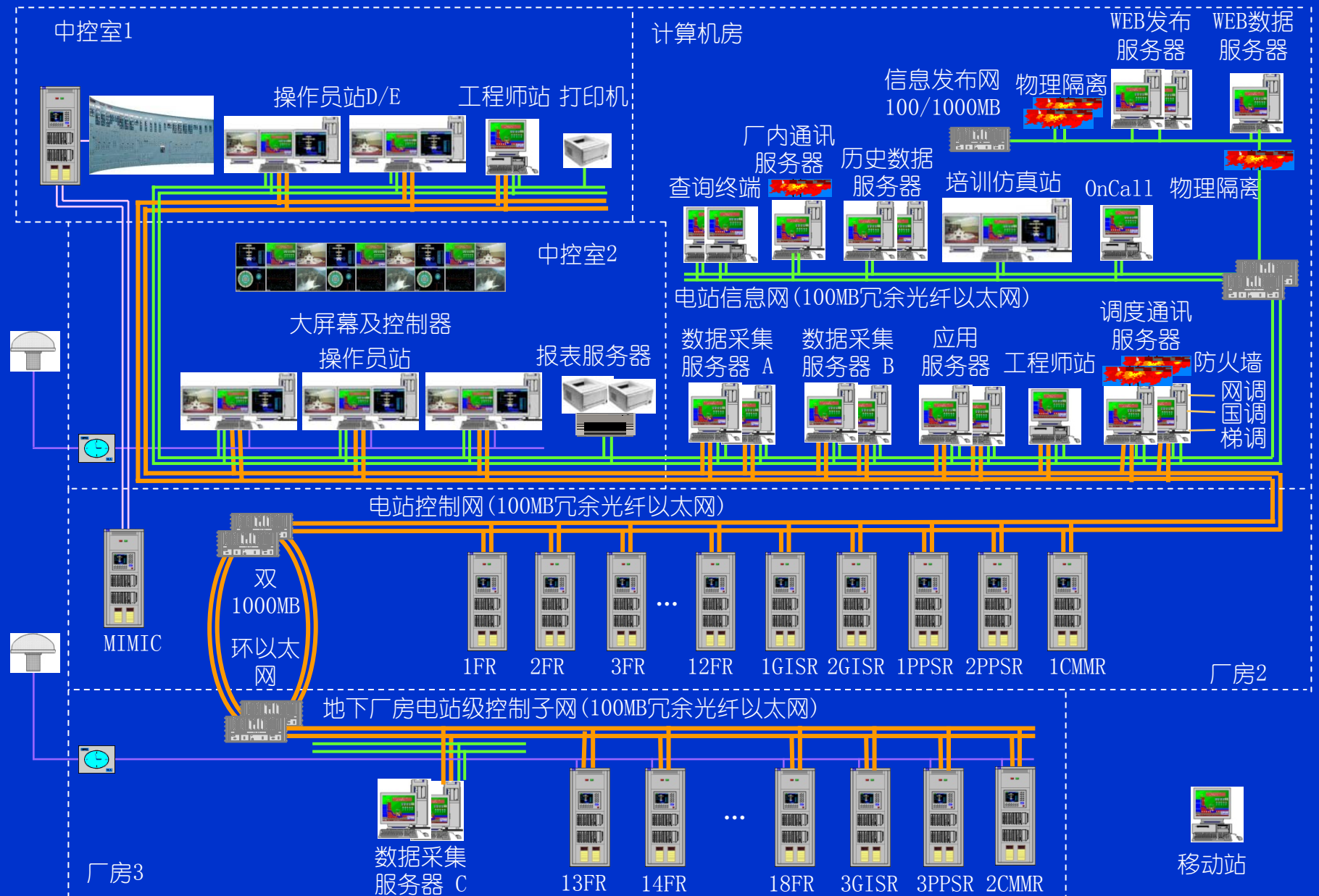
# 3. 水电控制系统以太网应用实例

## 实例3：2000's 100M, PLC直连, 环网



# 3. 水电控制系统以太网应用实例

实例4：2000's 1000M，  
多重网络、设备直连



## 4. 水电控制系统以太网设备

### 监控系统主控层互联设备介绍—主站服务器、工作站

- 基于**Unix**的工作站、服务器
- 基于**Windows**的工作站、服务器
- 工控微机
- 工业级嵌入式控制器

## 4. 水电控制系统以太网设备

### 交换机

- 工业级交换机 一 环网、星型网
- 路由器 一 集控调度

## 4. 水电控制系统以太网设备

- 按照二次系统安全防护要求，安全区 I 与安全区 II 之间采用**国产硬件防火墙**隔离；安全区 III、IV 之间同样采用**国产硬件防火墙**隔离；安全区 I、II 不得与安全区 IV 直接联系，安全区 I、II 与安全区 III 之间设置**电力专用单向安全隔离装置**。从安全区 I、II 往安全区 III 单向传输信息须采用**正向隔离装置**，由安全区 III 往安全区 II 甚至安全区 I 的单向数据传输必须同时采取数据过滤措施和**反向电力专用安全隔离装置**。在 I、II 区与 III、IV 区之间的边界上，禁止所有 C/S 方式（如用 SQL 命令访问数据库）、B/S 方式（如 Web 访问）的双向数据传输。

## 4. 水电控制系统以太网设备

可编程控制器：支持以太网

- **Schneider: Unity Quantum、Premium**
- **Siemens: S7-300/400**
- **Rockwell: ControlLogix**
- **Ge: 9030/70、PacSystem**
- **MB系列等**
- **ABB、Elin等**

## 4. 水电控制系统以太网设备

### 智能通讯装置

- 以太网转串口通讯装置
- 嵌入式智能通讯控制器
- 其它

## 4. 水电控制系统以太网设备

### 智能仪表、辅助系统

- 交流采样
- **GPS**
- 闸门、保护、辅机、水情
- 其它



### 站级监控系统

- 水电站监控系统采用开放式、全分布的系统结构，重要设备采用冗余配置。系统网络结构一般采用冗余星形网络或冗余环形网络。
- 现地控制单元的通讯从串口通讯向现场总线发展

## 5. 水电控制系统发展趋势

### 特大型电站和机组的监控系统结构

现地控制单元配置：双重化冗余结构、局部双重化冗余结构、远程分布与智能分布趋势、通讯从串口通讯向现场总线发展

### 分层网络结构

## 5. 水电控制系统发展趋势

### 站级监控与集控系统一体化的扩大厂站模式 (区域集控模式)

- 在扩大厂站模式监控系统实施时，从结构上要考虑的一个关键环节是电站间通讯互联的方式和通讯协议的选取问题。在有条件的情况下，宜采用网络互联方式，在各电站监控系统中配置通讯网关服务器，通讯协议采用标准规约。

谢谢!