全分布开放式计算机监控系统及其应用

刘　洪

（葛洲坝水力发电厂二江电厂　443002　湖北宜昌）

摘　要　系统地介绍了新一代全分布开放式计算机监控系统，说明了该系统的结构、功能、特点，并着重介绍了该系统在葛洲坝二江电厂的运行状况及使用效果。

关键词　全分布　开放　监控　冗余系统

0　引言

葛洲坝二江电厂有 7 台发电机组，其中 1 号、2 号机单机容量为 170 MW，3 号至 7 号机单机容量为 125 MW。有 8 条 220 kV 输电线路，2 台 220 kV 开关站与大江电厂 500 kV 开关站的联络变压器。葛洲坝二江电厂在 1989 年即采用了全厂计算机监控，由于当时基础自动化元件和常规自动装置的改造条件还不具备，非电量的监测和非电气设备的控制还无法实行计算机监控，当时是实行计算机监控与常规布线逻辑式自动装置并用。因此，原二江电厂计算机监控系统的使用存在很大的局限性，已无法满足对整个电厂实行自动化监控的更高要求。为此，我们决定重新研制开发新的计算机监控系统，系统结构模式采用当今国际上颇为先进的全分布开放式新一代计算机监控系统。

1　二江电厂计算机监控系统

二江电厂计算机监控系统，采用了 UNIX 操作系统的接口标准，以 X Window/Motif 作为用户接口，以 TCP/IP 的网络协议作为网络通信接口。网络结构采用的是双光纤以太网络的全分布开放式可配置结构设计，网络中每一节点机上配置的功能只影响本节点而独立于其它节点，因此，具有良好的独立性和并存性。系统结构如图 1 所示。

1.1　结构配置及作用

1.1.1　厂站级主计算机

厂站级主计算机由两套 DEC SYSTEM 5900 工控机组成。主要完成全厂自动发电控制(AGC)，自动电压控制(AVC)，全厂运行方式管理，运行方式倒换操作的安全分析与管理，历史数据库存档、归类、检索和管理，各类运行报表生成、存档保留和打印输出，全厂事故分析及事故处理。各通信子系统

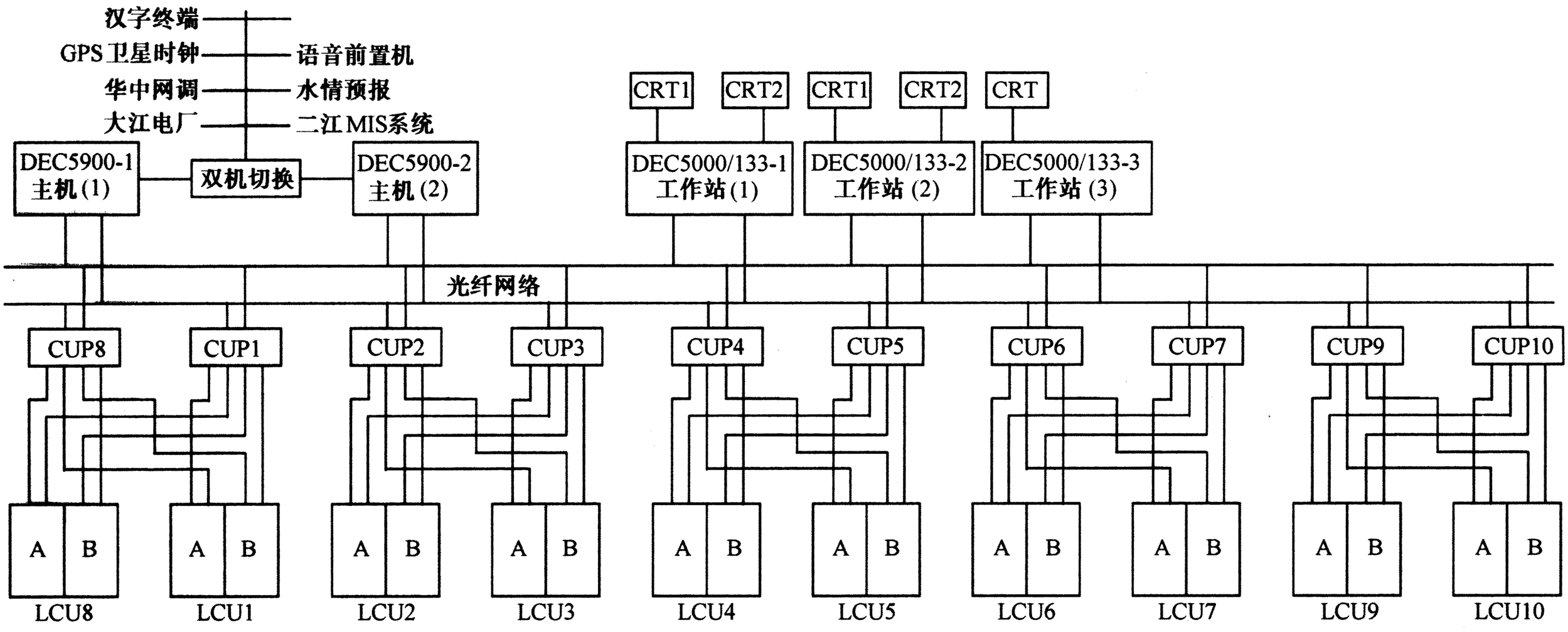

图 1　二江电厂计算机监控系统结构框图

Fig. 1　The structure diagram of the SCADA system

1996－09－02 收稿，1996－12－30 改回。

通过双机切换装置与外系统通信联系。两套主机在正常运行时互为热备用。

1.1.2 操作员工作站

操作员工作站由两套 DEC STATION 5000/133 工作站组成。操作员工作站是全厂集中监视和控制功能的人机接口，实现实时图形显示，报警和事件登录发布，各种报表显示，系统自诊断信息的显示，操作员操作权限和交换班的登录及其管理，应用控制操作，运行设备的控制操作，系统配置操作，负荷调整操作等各种操作处理。两套操作员工作站完全相互独立并存。

1.1.3 工程师工作站

工程师工作站由一套 DEC STATION 5000/133 工作站组成。主要作为系统的维护、开发、故障处理、培训仿真使用，同时，还可作为操作员工作站的热备用机兼有操作员工作站的全部功能。

1.1.4 LCU 工作站(CPU)

10 套 CPU 均由 IPC486 工控机组成。其中 1 号机 LCU1 的 CPU 与全厂公用辅助设备、厂用电系统 LCU8 的 CPU 互为冗余，LCU2 和 LCU3，LCU4 和 LCU5，LCU6 和 LCU7 的 CPU 互为冗余，两套开关站 LCU9 和 LCU10 的 CPU 互为冗余。CPU 主要用作实现当地控制单元设备(LCU)的实时数据采集，实时信息的处理，分布式数据库的运算管理、控制、调节令的驱动等功能。

1.1.5 LCU 装置

LCU 装置是系统的前置机，是以 INTEL86/05 单板机为主机，各 I/O 模件由电力自动化研究院生产的 MB 系列模件构成，是现场实时信息的采集处理、现场设备控制、机组负荷调节等的具体执行装置。该装置采用全冗余双机系统。

1.1.6 机组振动、摆度装置

该装置由 IPC 486 工控机构成，实现对机组振动、摆度幅值监测及时域频域过程分析。

1.1.7 同步时钟系统

采用卫星全球定位系统(GPS)，通过 GPS 对系统主机和网络上各节点机的设时及对 LCU 的同步控制，保证整个系统的时钟一致。

1.1.8 语音报警系统

语音前置机通过网络主机接收系统中所定义的语音报警信息，利用语音前置机内所配置的声霸卡驱动扬声器，实现语音报警。

1.1.9 I/O 配置及主要技术参数

二江电厂计算机监控系统的 I/O 配置和主要技术参数见表 1 所示。

表 1 二江电厂计算机监控系统的 I/O 配置及主要技术参数表

Table 1 The I/O distribution and its main technical parameters

名称	容量	主要技术参数	接入方式	备注
中断开入量	896	分辨率 1 ms	空接点	含电能脉冲点
非中断开入量	1 792	定时扫查周期为 2 ms	空接点	—
交流量	222	采样周期 1 ms，精度 0.5%	交流 100 V，5 A	含计算交流量
电气模拟量	20	采样周期 2 s，精度 0.5%	0～5V	转子电压电流
非电气模拟量	270	采样周期 2 s，精度 0.5%	4～20 mA	压力液位差压
温度量	672	采样周期 18 s，精度 0.1%	温度桥方式	轴承定子空冷
开关量输出	1 600	脉宽可根据现场设备特性整定	继电器空接点	被控制设备
脉冲量输出	36	脉宽可自动调整	光隔输出	有功、无功调节

1.2 系统特点

(1) 系统为开放式网络体系结构，网络上任一节点机的升档、扩充均不影响网络上其它节点机的正常运行。

(2) 采用基于开放系统环境开发的 NARI ACCESS 新一代计算机监控系统软件，符合开放式操作系统 UNIX 的接口标准，人机接口采用 X Windows/Motif 多窗口界面，极大地改善了人机对话环境。网络通信采用 TCP/IP 通信接口规约。网络管理采用客户/服务器模式冗余网络管理。充分利用了网络资源，极大地提高了网络通信速率。

(3) 采用分布式数据库，各机组单元和线路单元的数据库分布在各单元节点机(LCU 的 CPU)中，全厂事故处理、统计报表、AGC、AVC、历史数据库等分布在厂站级主计算机中，系统各功能分布在各节点机中，不仅提高了系统的可靠性、独立性和可扩充性，而且充分利用了各节点机的资源，大大降低了厂站级主节点机的负载率。

(4) 网络物理介质采用光纤以太网，大大提高了电缆在恶劣环境中抗电磁干扰的能力。

(5) 系统配置高度冗余，网络采用双光纤以太网，厂站级主机采用双机互为热备用，操作员工作站采用互为并行工作的两套工作站，工程师工作站还可作为操作员工作站备用机。现场单元 LCU 与邻近单元 LCU 的 CPU 互为双机冗余，现地控制单元 LCU 亦为双机冗余结构，提高了系统的可靠性。

(6) NARI ACCESS 为开放式支持型软件，为用户提供了功能极强的数据库、顺控语言、键盘操作

解释文件、报表生成编辑文件，用户不需修改应用软件即可扩充和完善各种应用功能。而且，基于开放环境开发的计算机监控软件可以保证系统硬件设备更换、升档或扩充时不需重新修改或开发软件，具有极强的可移植性。

2 二江计算机监控系统功能

2.1 基本功能

2.1.1 数据采集和处理

采集全厂电力生产过程中的开关量、模拟量(电量和非电量)、交流量、电能量、温度量等实时信息，根据电力生产过程中的生产规律完成事件顺序记录、显示、报警、控制信号发送等处理，并对处理过程和处理结果进行登录。

2.1.2 人机接口

通过丰富的人机接口多窗口系统实时监视电力生产现场运行设备的运行状况，对运行日志报表、统计报表、系统状况自诊断报表、模拟量越限报表、事故记录及控制操作报表进行显示、打印、存盘保存。

2.1.3 控制操作

完成全厂所有机组的开停机操作，机组辅助设备的自动、命令操作，线路送电、停电操作，电气一次设备运行方式倒换操作和断路器、隔离开关、接地刀闸的控制操作。

2.1.4 调节操作

运行人员可在操作员工作站上设置机组的有功及无功给定值，完成机组的功率调节操作。

2.1.5 远程通信功能

系统厂站级主机可与电网调度计算机系统进行远程通信，网调可监测二江电厂的运行设备电气量、电气设备运行方式、运行状况。并且网调可向二江电厂发 AGC 遥调设定值，实现 AGC 遥调功能。

2.2 高级应用功能

2.2.1 自动发电控制(AGC)

根据电力系统负荷和频率要求，实现全厂参加 AGC 机组的经济负荷分配，并提出机组运行的优化组合指导。

2.2.2 自动电压控制(AVC)

根据电力系统电压水平要求，按最小网损经济分配参加 AVC 机组的无功，使母线电压维持给定值水平。

2.2.3 机组温度量的趋势分析与处理

系统对机组各部位温度量的监测不仅具有正常的数值测量，而且具有测点温度变化趋势的监视预测、分析、报警和处理功能。当监测到机组某点温度越高限或梯度起始值，立即进行快速扫查，启动快速记录，登录越限报警报表和快速记录报表，并启动机组冷却水系统的自动倒换处理流程，加速机组各部位的冷却。若确认机组三部轴承(推力、上导、水导)温度有两点越高限，则启动温度保护控制流程，将机组解列停机。

2.2.4 事故相关量追忆记录

设备发生事故后，系统将立即对事故相关量在事故发生前后一段时间内进行快速追忆记录，并对运行设备保护装置的动作状况和运行设备的运行状况进行事件记录，为专家系统进行事故处理提供分析、判断依据。

2.2.5 智能控制操作

借助于现地控制单元 LCU 装置实现机组主、辅设备的智能控制功能。如机组在发电工况下运行，电调装置故障调速器切手动运行，机组或系统事故主开关跳闸甩负荷时，本系统能自动将导叶开度和轮叶角度调整至空载协联工况以避免机组过速；机组压油泵、顶盖排水泵控制方式的自动倒换；正反向供水、滤过器、取水口等设备的定期倒换和根据差压判别自动控制倒换、反冲等处理；机组油压系统的压力和油罐的自动控制补气、打油等智能化控制。

2.2.6 设备运行管理统计功能

系统可对运行设备在各个时期的运行状况进行统计记录。如在某个时期内机组的开机次数、停机次数、检修次数、并网发电次数和开机时间、停机时间、检修时间、并网发电时间；线路的送电次数、停电次数、检修次数和送电时间、停电时间、并网发电时间；机组和线路主开关的正常动作次数、事故动作次数、试验动作次数；线路峰、平、谷各分区的累计电能量。

2.3 专家系统功能

2.3.1 运行操作安全分析

专家系统根据运行设备进行各类操作的安全条件和可靠性要求，严格分析判断各类操作的安全可靠性和正确性，从而防止了运行设备的误操作。

2.3.2 事故分析处理

专家系统融汇了运行设备事故的最优处理方法。当运行设备发生事故时，专家系统启动事故分析处理模块，推理机利用知识库中的各种知识按照专家级策略进行推理判断，向运行人员提供事故处理操作提示，指导运行人员按最优方法进行操作处理。

2.3.3 智能报警

专家系统可根据运行设备发生事故时事件信息和事故电量的变化特性，鉴别分析事故原因、事故类型、事故性质，并自动屏蔽人工模拟的事件信息，实现智能显示报警和语音报警。智能报警结果还可为事故分析处理提供综合判断信息。

3 二江计算机监控系统运行情况

新一代二江计算机监控系统于1995年4月全部投入运行。该系统的投运，使二江电厂的运行管理、安全监测、自动控制操作全面实现了计算机化；在二江电厂的安全运行、节能增发、减轻运行人员的劳动强度、提高电厂的自动化运行水平等方面均取得了良好效果。

(1) 实现了电厂运行少人值守，前后台值班，提高了电厂运行的自动化管理水平，减轻了运行人员劳动强度。

(2) 增强了运行设备操作的安全可靠性。专家系统对运行设备的每一项操作均实行严格的安全条件检查和安全分析判断，在操作控制流程中严密把关，从而防止了由于各种因素引起的误操作，增强了运行设备操作的安全可靠性。

(3) 系统中AGC经济运行软件包的投运，为二江电厂节能增发，提高全厂经济效益和电网的电能质量起到了积极作用。AGC微调功能还可将全厂35 MW固有的有功死区调整到10 MW以内，尽力争取二江电厂多发电。

(4) 实现全厂自动电压控制，维持电网母线电压水平，母线电压的控制精度可达到0.2%。AVC功能实现母线电压的精确控制是任何常规的PID模拟调节器无法实现的，而且在多机组的大型水力发电厂能以8 s的周期实现母线电压调整更是无法比拟的。因此，AVC软件对维持华中电网的系统稳定起到了积极作用。

(5) 机组功率调节性能优良。监控系统采集水位测量装置所测的上、下游水位区域码发送至各台机组的现地控制单元(LCU)。现地控制单元算出当前水头下的最优PID调节参数。现地控制单元和电液调速器、励磁调节器分别构成有功、无功闭环调节系统。当运行人员在操作员工作站设定的有功、无功给定值通过网络发送至LCU装置后，LCU装置则按最优PID参数算出调节脉冲宽度，输出至电调装置和励磁调节装置，使有功、无功的调节按最优调节规律响应调节指令。机组功率调节还可按发电机视在功率所允许的机组电流、电压值进行调节，当机组的无功给定值使发电机端电压动态下降$5\%U_e$时，机组有功出力可按发电机电流容许动态增加$5\%I_e$调节，因此，可促使机组节水增发。

(6) 采用全分布开放式数据库，系统运行可靠性高，网络通信速度快。双光纤以太网网络间的传输信息分配采用均衡负载管理，查询并判断各节点机和网络信道上的工作状态和负载率，优先向负载轻的网络分配传输信息。双光纤以太网并行工作，无主、备网之分，充分利用网络资源，有效地提高了网络通信速率。

(7) 系统对运行设备控制操作速度快。监控系统的控制操作采用在操作员工作站直接发令到LCU装置的方式。调用LCU装置的控制流程，由LCU装置具体完成控制操作任务，而在系统网络的节点机上不作具体的控制操作。减少了网络中和驱动串口中的控制信号传输负担，因此，有效地提高了系统的控制响应速度。

(8) 实现了AGC遥调。系统中的厂站级主机可与电网调度计算机系统进行远程通信，将二江电厂的所有遥测、遥信量上送网调计算机主站，并可接收网调的AGC遥调指令和AGC遥调给定值，实现网调对二江电厂的AGC遥调控制，为华中电网的经济运行作出了积极贡献。

(9) 事故处理安全可靠、快速准确。

4 结语

新一代全分布开放式计算机监控系统在葛洲坝二江电厂的应用经验证明，在大型水电厂中，使用全分布开放式计算机监控系统，将全面提高自动化运行水平和管理水平，提高劳动生产率和经济效益，促进节能增发，也有助于提高电网的自动化运行水平和经济运行水平。因此，新一代全分布开放式计算机监控系统将是大型水电厂计算机监控系统的发展方向。

刘　洪，男，1962年生，工程师，葛洲坝水力发电厂二江电厂电气二次设备负责工程师。

THE FULL DISTRIBUTED AND OPEN SCADA SYSTEM USED IN GEZHOUBA POWER PLANT

Liu Hong
(Gezhouba Power Plant, 443002, Yichang, China)

Abstract This paper briefs the functions and features of a new style and full distributed SCADA system used in Gezhouba second river power plant. Its effects upon the improvements of plant operation characteristic are described in detail.

Keywords full distributed　open system　monitor　redundancy system