

# 冗余技术在厂站端自动化系统中的典型应用

刘炬, 郑蔚, 刘晓明

(北京四方继保自动化股份有限公司, 北京 100085)

**摘要:** 介绍了厂站端自动化系统中的冗余配置, 介绍了冗余的概念, 单元冗余比系统冗余有更高的可靠性和实现成本。通过实现服务的冗余而不是整台主机的冗余实现主机的单元冗余; 通过跟踪每台装置的工作网而不是整个系统的工作网实现站级网络的单元冗余; 给出了远动通道系统冗余、单元冗余的各种情况, 并提出了典型应用; 给出了电源冗余、对时源冗余的技术要求。提出了在厂站端自动化系统的设计过程中应根据不同的需求选择性性价比高的冗余方式。

**关键词:** 变电站自动化系统; 冗余技术; 远动; 主机冗余; 网络冗余; 通道冗余; 对时源冗余; 电源冗余

## Typical application of redundancy technology in substation automation system

LIU Ju, ZHENG Wei, LIU Xiao-ming

(Beijing Sifang Automation Co. Ltd, Beijing 100085, China)

**Abstract:** This paper introduces the redundancy configuration of substation automation system and the concept of redundancy. Unit redundancy is more reliable and more costly than system redundancy. In the mainframe redundancy, unit redundancy is implemented by service redundancy instead of whole mainframe redundancy. In network redundancy, device of station layer identify working network of bay device instead of working network of the whole system to implement unit redundancy. It also cites the cases and typical application of system redundancy and unit redundancy for telecontrol channel, the technical requirement of power supply redundancy and synchronization source redundancy. It is necessary to select the favorable redundancy mode in the design of substation automation system.

**Key words:** SAS(Substation Automation system); redundancy technology; telecontrol; mainframe redundancy; network redundancy; telecontrol channel redundancy; synchronization source redundancy; power supply redundancy

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)10-0045-03

## 0 引言

综合自动化系统在电厂的升压站、电网的变电站等厂站端已经被普遍采用, 提高了电力工业生产的水平, 降低了工程实施和日常维护成本。厂站端自动化系统在发挥越来越重要作用的同时对系统的可靠性也提出了更高的要求。

冗余技术是自动化控制系统可靠性保证的一种手段, 冗余技术在电力系统厂站端综合自动化系统中得以广泛采用。本文介绍了几种冗余技术在厂站端自动化系统中的典型应用。

## 1 背景

### 1.1 厂站端综合自动化系统结构及冗余配置

图1为典型的厂站端综合自动化系统结构示意图, 系统采用分层结构, 包括站控层(当地监控、远动设备等)、间隔层(保护、测控装置以及其他智

能装置等)两层。

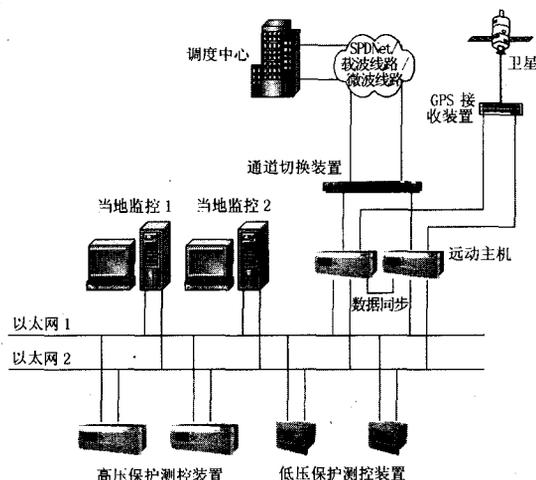


图1 厂站端综合自动化系统结构示意图

Fig.1 System architecture of substation automation system

通过这个结构图我们可以看到冗余技术几乎应

用到了自动化系统的各个环节：整个自动化系统由两台冗余的远动设备实现与调度通信，当地监控采用双冗余的主机，站控层采用双冗余的工业以太网（或者现场总线网络），与调度主站的通信采用双冗余的通道，另外远动设备内部采用双冗余的电源供电，负责为全站对时的 GPS 时钟同步装置采用冗余型对时装置。

## 1.2 冗余的相关概念

冗余是指采用增加元件的方式参与系统的处理，以期因部分元件发生意外而导致的损失降低或者消除。冗余技术在工业自动化领域应用非常广泛，电力系统中的综合自动化吸收了工业控制的很多成熟技术，冗余技术就是其中之一。

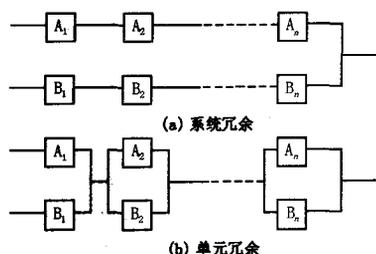


图2 系统冗余和单元冗余的比较

Fig.2 Comparison of system redundancy and unit redundancy

按照冗余应用的范围可分为系统冗余和单元冗余，系统冗余是指以完成某个功能的系统整体作冗余，而单元冗余是指以组成系统的单元作冗余。图2为系统冗余和单元冗余的可靠度分析的示意图，从图中不难定性地分析出：单元冗余要比系统冗余的可靠度高，但单元冗余要比系统冗余实现的软硬件成本高。系统冗余和单元冗余是相对的，在一个小系统中的系统冗余在一个大系统中就有可能是单元冗余，如远动设备的主机冗余对远动设备而言是系统冗余，而相对整个自动化系统就是单元冗余。

冗余的实现方式可分为硬件方式、软件方式和软硬结合的方式。

## 2 冗余技术在厂站端自动化系统中的应用及技术要点分析

多种冗余技术在电力系统厂站端自动化系统的设计中得以应用，使得其可靠性大大提高，以下以图1所示的自动化系统为例，说明冗余技术的典型应用。

### 2.1 主机的冗余

主机冗余包括监控主机的冗余和远动主机的冗余，在本自动化系统中，监控主机和远动主机是平

等地通过站级网络和间隔层装置交换信息。前面介绍了系统冗余和单元冗余的概念，如果把主机看作系统，主机完成的各种服务（如监控主机的实时库、历时库、图形等，远动主机与各个通信接口的通信）看作是单元的话，传统的主机冗余方式大部分采用系统冗余即只有一台主机工作，另外一台主机处于热备状态，本自动化系统采用了单元冗余，即不同的服务可能运行在不同的主机上，正常情况下可能两台主机都在工作，这样不仅分担主机负荷，还提高了系统可靠性。

主机之间需要实现数据同步以便在备份机接管工作机的工作后保证数据不丢失，采用软件方式通过网络交换数据实现同步，为了保证冗余的主机之间的通信是可靠的，用于同步的通信通道必须是冗余的。

远动主机冗余的一种特殊形式是两台主机都具备全部的数据而由调度端的主站来选择。

### 2.2 站级网络的冗余

站级网络采用双冗余的工业以太网或现场总线网络，可为同构的双网络的冗余也可为异构的双网络冗余。

网络冗余主要有提高可靠性、分担网络负荷等功能，在本自动化系统中主要目的是提高通信的可靠性，对于主动上送的规约，上行信息从两个网络同时上送并由主机选择一个网络的数据，下行信息由主机选择一个当前有效的网络，应答信息从收到下行信息的网络上送，这样既避免了不必要的网络流量又保证了在网络故障时迅速切换。

在本自动化系统中，站控层设备对每台间隔层装置均跟踪其双网的工作状态，而并非只是跟踪站级网络的工作状态，这样保证出现交叉故障时的数据正常，也是单元冗余优点的另一体现。

当有网络切换时均需上送告警信息以便使维护人员处理可能发生的故障。

### 2.3 远动通道的冗余

远动通道和远动设备接口为串行接口或者以太网，本节主要讨论串行接口的冗余情况。冗余的通道需要切换来实现数据的选择，远动通道切换的实现方式有软件实现方式和外接通道切换装置实现方式两种。

通道冗余的情况比较多，主要考虑以下因素：

- 远动主机是单主机还是双主机
- 系统冗余还是单元冗余
- 每台主机接一个通道还是接两个通道
- 双通道同时有数据还是只有一个通道有数据

表 1 列出了通道冗余的几种情况。

表 1 通道冗余的几种情况

Tab.1 Cases of channel redundancy

		单通道 数据 交换	双通道 数据 交换
单远动主机		A	B
双 远 动 主 机	系统冗余	C	D
	单元 冗余	E	F
	每 台 主 机 接 两 通 道	G	H

对于表 1 中 A、B 配置单远动主机情况, 双通道的切换功能可通过软件来实现。

配置双远动主机时, 冗余涉及到主机和通道, 我们可以将一套主机—通道看作一个系统, 将主机和通道分别看作其中一个单元, 如果只要求做到系统冗余, 即表 1 中 C、D 两种情况, 则只需将两个通道分别接到一台主机即可。

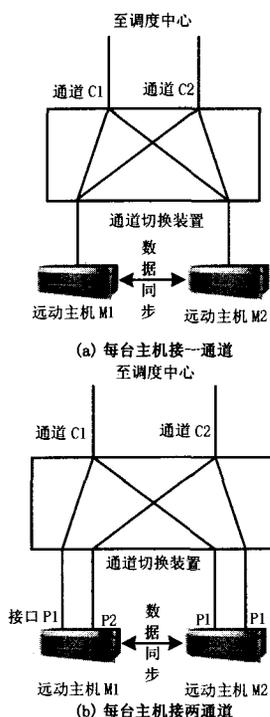


图 3 双远动主机通道冗余

Fig.3 Channel redundancy of double telecontrol mainframe

图 3 为双远动主机时通道冗余的单元冗余的示意图。其中(a)为每台主机接一通道情况, 即表 1 中 E、F 两种情况, 有以下两种工作状态:

- C1M1、C2M2 连接
- C1M2、C2M1 连接

(b)为每台主机接两通道的情况, 即表 1 中 G、H 两种情况, 有以下四种工作状态:

- C1M1P1、C2M1P2 连接
- C1M1P1、C2M2P2 连接
- C1M2P1、C2M1P2 连接
- C1M2P1、C2M2P1 连接

当调度主站要求只有一个通道有数据交换时, 则上述每个工作状态的两个连接中有一个工作正常即可, 若要求两个通道均有数据交换时, 两个连接均工作。

在产品设计中, 数据处理应遵循以下原则:

1) 当调度主站要求两个通道均有数据交换而数据的选择由主站来完成时, 我们只需按照两个调度来处理即可; 当调度主站要求两个通道同时只有一个交换数据或者只有一个物理通道, 则需相应的两台主机或者两个通道对应的数据源之间有数据的同步。

2) 一个通道的命令不能同时发给两台主机除非两台主机实现了数据的全面同步(包括通信报文), 否则可能会造成不可预知的问题。

本自动化系统实现了对上述几种冗余情况的全面兼容, 但综合考虑实施成本和可靠性的要求, 我们推荐图 3 (a) 中所示意的情况。

### 2.4 电源的冗余

电源冗余是指采用两块及以上的电源模块为装置内的各个模块冗余供电。

实现电源冗余通常有两种方案, 一是通过专用的冗余电源适配器, 适配器外接两路电源输入, 一路输出给各个模块供电, 两路输入中任何一路故障时另外一路仍能保证系统正常供电; 二是在两个电源模块分别按照支持冗余功能来设计直接给其他模块供电。

电源冗余通过硬件电路来实现, 各电源模块均有状态监视/告警信号供其他 I/O 模块采集。两路外接的输入电源需来自不同的供电电源, 这样避免了由于供电电源故障而使系统停电。

### 2.5 对时源的冗余

为了便于事故分析, 自动化系统中须具备时钟同步功能以达到各个装置时间一致, 整个厂站端自动化系统的对时由远动装置来实现, 或者 GPS 时钟同步装置直接给间隔装置对时。这里所说的对时源的冗余指以下几个方面, 一是指对时源可以是 GPS 装置和调度主站, 二是指两台冗余的主机的对时处理配合, 三是 GPS 装置的双冗余设计。

(下转第 51 页 continued on page 51)

- 22-27.
- [2] 张慎明, 刘国定. IEC 61970 标准系列简介[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(14): 1-6.  
ZHANG Shen-ming, LIU Guo-ding. Introduction of Standard IEC 61970[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(14): 1-6.
- [3] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明, 等. 基于 CIM XML 电网模型的互操作研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(14): 45-48.  
LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. An Investigation on a Common Information Model For Energy Management System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 45-48.
- [4] The World Wide Web Consortium (W3C) Site of Scalable Vector Graphics (SVG) Format [EB/OL]. <http://www.w3.org/Graphics/SVG/Overview.html>
- [5] W3C. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.2 Specification [EB/OL]. <http://www.w3.org/TR/2004/WD-SVG12-20041027/>.
- [6] 袁泉, 王康元, 张洁, 等. 基于 SVG 的公共信息交互平台[J]. 继电器, 2005, 33(12): 66-68.  
YUAN Quan, WANG Kang-yuan, ZHANG Jie, et al. Common Information Interaction Platform Based on SVG[J]. Relay, 2005, 33(12): 66-68.
- [7] <http://ws.apache.org/soap>[EB/OL].
- [8] Weber J D, Overbye T J. Voltage Contours for Power System Visualization[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(1): 404-409.
- [9] Overbye T J, Weber J D. Visualization of Power System Data System Sciences, 2000[A]. In: Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on[C]. 2000.
- [10] Klump R, Dooley G, Wu W. Displaying Aggregate Data, Interrelated Quantities, and Data Trends in Electric Power Systems. System sciences, 2003[A]. In: Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on[C]. 2003.

收稿日期: 2006-10-22; 修回日期: 2007-03-16

作者简介:

樊淑丽 (1981-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统信息可视化技术; E-mail: eeshulifan@163.com

王康元 (1973-), 男, 讲师, 从事电力系统信息整合的研究和教学工作;

邱家驹 (1944-), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统运行和控制方面的研究和教学工作。

(上接第 47 页 continued from page 47)

对时源可以是 GPS 装置也可以是调度主站, 但同一时刻只能有一个对时源, 远动设备必须通过软件判断只能使一个对时源有效, 同样的道理两台冗余的远动设备也必须保证同一时刻只有一台对时功能起作用。GPS 装置的双冗余设计是指 GPS 装置内部采用双冗余设计, 采用两套处理器、天线和接收器, 处理器之间互相交换信息, 保证同一时刻只有一个输出信号。

以上将厂站端自动化系统中常用的冗余技术作了简单介绍, 在工业自动化领域还有一种应用比较广泛的冗余技术——IO 冗余由于在厂站端自动化系统中较少采用, 本文未作介绍。

### 3 结束语

冗余技术在厂站端自动化系统中的应用使得设备的可靠性大大提高, 我们还应当采用其他可靠性设计的技术和规范来保证产品和系统的可靠性。

每种冗余的实现都是有代价的, 虽然单元冗余的可靠性比系统冗余高, 但是有时完全的单元冗余实现是非常困难的, 有的甚至是不可能实现的, 在实际工作中我们只能根据系统可靠性的具体要求, 在满足一定的技术要求的情况下, 实现一种性能价

格比高的冗余方式。

### 参考文献

- [1] 陈子平. 浅谈控制系统冗余控制的实现[J]. 自动化仪表, 2005, 26(9):4-6.  
CHEN Zi-ping. A Brief Talk on Implementation of Redundant Control of Control Systems[J]. Automation Instrumentation, 2005, 26(9):4-6.
- [2] 杨斯奥, 齐先军, 丁明, 等. 冗余技术在石化企业远动通信中的应用[J]. 电工技术, 2006, (6):61-63.  
YANG Si-ao, QI Xian-jun, DING Ming, et al. Redundancy Technology Used in Remote Communication of Petrochemical Enterprise[J]. Electric Engineering, 2006, (6):61-63.

收稿日期: 2006-11-01; 修回日期: 2006-12-19

作者简介:

刘炬 (1970-), 男, 工学硕士, 从事变电站自动化系统研究工作; Email: liuju@sf-auto.com

郑蔚 (1973-), 女, 工学硕士, 主要从事变电站综合自动化系统的设计和开发工作;

刘晓明 (1979-), 男, 主要从事变电站综合自动化系统开发工作。