



电力信息系统培训教程

信息主站及辅助系统

XINXI ZHUZHAN JI FUZHU XITONG

王顺江 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电力信息系统培训教程

信息主站及辅助系统

XINXI ZHUZHAN JI FUZHU XITONG

王顺江 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共分 19 章,包括主站自动化基础平台 SCADA 系统、主站 AVC 系统、主站 AGC 系统、WAMS 系统、综合智能分析与告警系统、在线安全稳定分析及辅助决策系统、调度计划与安全校核系统、状态估计、调度管理系统、调度员培训模拟系统、主站智能辅助系统、继电保护故障信息系统、故障录波信息系统、数据网及其二次安全防护系统、电能量计量系统、不间断电源、时钟对时系统、输变电状态监测系统、告警直传远程浏览系统的原理及故障分析,全面阐述了电力信息主站及辅助系统的原理和故障处理方法。

本书可以作为自动化专业、设备监控专业、电力建设、厂站二次设计、调度监控、现场运行等人员的培训教材和专业参考书,也可供相关专业技术人员和高校电力专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

信息主站及辅助系统/王鹏江编著. —北京:中国电力出版社, 2015.7

电力信息*系统*培训*教材

ISBN 978-7-5123-7761-5

I. ①信… II. ①王… III. ①电力系统-信息系统-技术培训-教材 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 100868 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 7 月第一版 2015 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22 印张 520 千字

印数 0001—3000 册 定价 90.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

编 写 人 员

张国威	马 千	南贵林	刘金波	冯松起	王爱华
曲祖义	邱金辉	王顺江	施毅斌	葛延峰	闫春生
金世军	赵 军	李 健	林禹贵	卓俊峰	段 刚
李大路	丁 怡	李 森	崔东东	魏文辉	侯 欢
钱 海	郎小毅	向 勇	吕 岩	高 强	于在明
孙福斌	袁林华	李 婷	那 鹰	蒲宝明	刘 森
许小鹏	詹克明	朱景新	路 明	秦 岭	赵适宜
张 建	那广宇	赵 鹏	李雍睿	许睿超	狄跃斌
张艳军	刘 凯	许世来	杨 飞	王 彭	寿 增
句荣滨	李青春				

前言

随着社会经济的不断发展,电力需求不断扩大,对电能的质量、效率、经济等方面提出了更多更高的要求。而电网规模不断扩大,电网结构日趋复杂,对调度、监控、运行、检修、自动化、保护、通信等专业提出了更高的要求。21世纪是信息时代,若能充分利用电力信息,就能提升我们驾驭电网的能力。

20世纪70年代,我国开始研究电力信息技术,经过几十年的发展,厂站和主站信息系统更新不断加快,信息采集、传输、处理和展示日渐高效和准确。但庞大且不断更新的电力信息系统,对运维、应用和管理等方面提出了更多更高的要求。

通过十多年电力信息系统的维护和管理工作的,我们深刻体会到电力信息系统的多样性和发生故障的多变性,若能将这些经验总结起来,应该可以给电力人员提供较大帮助。2011年12月,着手编写《电力信息系统培训教程》,该套书包括《信息采集系统》《信息厂站系统》和《主站及辅助信息系统》。本书为《主站及辅助信息系统》分册,主要包括自动化基础平台SCADA系统,主站AVC系统、主站AGG系统、WAMS系统、综合智能分析与告警系统、在线安全稳定分析及辅助决策系统、调度计划与安全校核系统、状态估计、调度管理系统、调度员培训模拟系统、主站智能辅助系统、继电保护故障信息系统、故障录波信息系统、数据网及其二次安全防护系统、电能量计量系统、不间断电源、时钟对时系统、输变电状态监测系统、告警直传远程浏览系统的原理及故障分析、全面阐述了电力信息主站及辅助系统的原理和故障处理方法。在各编写人员的共同努力下,终于完成了本套书的编写工作。

本书适合自动化、调度、运行、继电、检修、仪表等专业人员阅读,希望各位读者通过阅读本书,提升电力信息分析能力,给日常工作带来一定的帮助。

限于作者水平,编写时间仓促,若有错漏,恳请各位读者批评指正。

编者

2015年5月

目 录

前言

第 1 章 主站自动化基础平台 SCADA 系统原理及故障分析	1
1.1 原理介绍	1
1.2 故障实例	8
第 2 章 主站 AVC 系统原理及故障分析	12
2.1 原理分析	12
2.2 功能模块	21
2.3 故障实例	27
2.4 练习	31
第 3 章 主站 AGC 系统原理及故障分析	32
3.1 原理分析	32
3.2 故障实例	43
3.3 练习	47
第 4 章 WAMS 系统原理及故障分析	49
4.1 原理分析	49
4.2 故障实例	61
4.3 练习	79
第 5 章 综合智能分析与告警系统原理及故障分析	80
5.1 原理分析	80
5.2 故障实例	90
5.3 练习	103
第 6 章 在线安全稳定分析及辅助决策系统原理及故障分析	104
6.1 原理分析	104
6.2 故障实例	121
6.3 练习	127

第7章	调度计划与安全校核系统原理及故障分析	128
7.1	原理分析	128
7.2	故障实例	137
第8章	状态估计原理及故障分析	143
8.1	原理分析	143
8.2	故障实例	149
8.3	练习	155
第9章	调度管理系统原理及故障分析	156
9.1	整体架构方案	156
9.2	工具组件研制	162
9.3	故障实例	165
第10章	调度员培训模拟系统原理及运维故障分析	171
10.1	系统总体介绍	171
10.2	电力系统仿真	175
10.3	控制中心仿真	185
10.4	教员系统	188
10.5	多级联合反事故演习系统	191
10.6	故障实例	199
10.7	维护常用方法	200
10.8	练习	202
第11章	主站智能辅助系统原理及故障分析	203
11.1	系统结构	203
11.2	功能模块	206
11.3	信息联动	208
11.4	信息展示	209
11.5	故障实例	211
11.6	练习	216
第12章	继电保护故障信息系统原理及故障分析	217
12.1	原理分析	217
12.2	软件功能	221
12.3	常见缺陷处理	228
第13章	故障录波信息系统原理及故障分析	232
13.1	原理分析	232
13.2	故障实例	239
第14章	数据网及其二次安全防护系统原理及故障分析	241
14.1	原理分析	241
14.2	故障实例	250

14.3	经验总结	254
14.4	练习	256
第 15 章	电能量计量系统原理及故障分析	257
15.1	系统结构	257
15.2	数据采集处理流程	258
15.3	主站系统	259
15.4	厂站系统	265
15.5	故障实例	270
15.6	练习	277
第 16 章	不间断电源原理及故障分析	278
16.1	原理分析	279
16.2	故障实例	294
16.3	练习	298
第 17 章	时钟对时系统原理及故障分析	299
17.1	原理分析	299
17.2	故障实例	301
附录一	天线安装方式	305
附录二	对时装置时间同步信号传输通道	306
第 18 章	输变电状态监测系统原理及故障分析	307
18.1	原理分析	307
18.2	故障实例	312
18.3	练习	324
第 19 章	告警直传远程浏览系统原理及故障分析	326
19.1	系统结构	326
19.2	告警直传原理分析	328
19.3	远程浏览原理分析	331
19.4	故障实例	334
19.5	练习	341

主站自动化基础平台SCADA系统原理及故障分析

在电力系统中，主站自动化基础平台 SCADA 系统是调度主站自动化系统的核心，所有主站应用功能都在此基础上实现。系统借助通信通道采集各厂站的信息，经过处理后，为变电站实时监控、状态估计、综合智能分析与告警、负荷预测、调度计划与安全校核等应用模块提供信息，为调度各专业提供有力的信息支撑，从而提升了调度驾驭电网的能力。主站自动化基础平台 SCADA 系统经过多年的发展，技术已经非常成熟，本书将从系统原理入手，深入分析系统可能会出现的故障，并提出详细的解决方法，便于运行维护人员借鉴使用。

1.1 原理介绍

1.1.1 系统结构

主站自动化基础平台 SCADA 系统主要分为软件和硬件结构，包含前置数据采集部分、数据处理部分、数据库、人机显示部分等，其周边应用包括数据展示（Web 发布）数据远传、数据共享等。调度主站系统结构和实景如图 1-1 和图 1-2 所示。

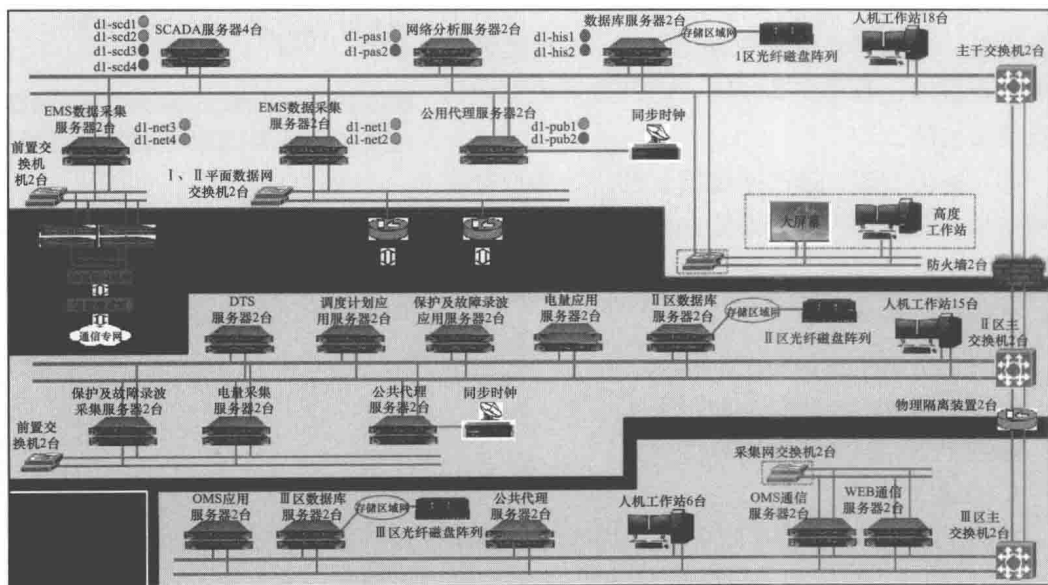


图 1-1 调度主站系统分区示意图



图 1-2 调度主站系统实景图

码与解码、卫星对时、采集资源的合理分配都是前置子系统的基本任务，其他还包括报文监视与保存、站多源数据处理、为站端设备对时、设备或进程异常告警、SOE 告警、维护界面管理等任务。

信息采集子系统采集的远方数据信号通过专线通道或网络通道输送到终端服务器或路由器，此时的数据信号没有经过处理，称为生数据。由 3、4 号网段组成绿色通道，将生数据送入数据采集服务器，处理后成为熟数据，再通过 1、2 号网段，将熟数据送入 SCADA 服务器，成为系统数据。FES 子系统结构具有如下特点：

(1) 网段分明：数据采集网段与当地局域网网段分开，确保生、熟数据分开，使得网络畅通；减少网络干扰数据，使网络使用效率提高；对 3、4 号网络的管理及使用是完全透明的，并可监视且给出报告；要求 3、4 号网络至少是 10M/100M 自适应网络；3、4 号网络硬件至少有一条通路正常，绝无 FES 服务器双主机之忧。

(2) 配置灵活：提供给用户的配置方式不再是单一的，也不会将某种配置强加给用户，而是让有能力的用户“点菜吃饭”，根据实际需求可以选配部分设备。最大配置全部是双冗余的，不仅能解决所有单点故障、双点交叉故障，而且能解决部分的三点交叉故障。

(3) 通信管理：通过网络通信的厂站和通过专线通信的厂站都进入前置系统并统一处理，分工更明确，一个口子对外，数据发布具有一致性和权威性，方便运行管理。

前置子系统结构如图 1-3 所示。

前置子系统的系统框图如图 1-4 所示。

前置子系统的主要功能有：

1. 信息交换

在多个系统（SCADA 服务器、其他当地系统、RTU 或综自系统、其他自动化系统）之间进行信息传送，传送的信息可以是遥信量、遥测量、系统内部的计算量、系统的工况状态等。

1.1.2 信息采集子系统

信息采集子系统作为 SCADA 系统中实时数据输入、输出的中心，主要承担了自动化主站与各所属厂站之间、与各个上下级调度中心之间、与其他系统之间以及与调度中心内的后台系统之间的实时数据通信处理任务，也是这些不同系统之间实时信息沟通的桥梁。信息交换、命令传递、规约的组织 and 解释、通道的编

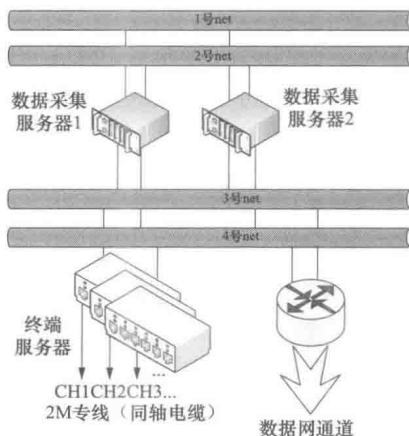


图 1-3 前置子系统结构图

2. 命令传递

在多个系统（SCADA 服务器、其他当地系统、RTU 或综自系统、其他自动化系统）之间进行控制、请求命令的传输，支持多种控制请求方式，支持各种网络接口，支持多种通信协议。

3. 规约的组织与解释

按照各种规约对接收或发送的数据进行解释或组织。规约处理模块不再是一个总的模块，而是由若干个不同的规约进程独立运行，优点是各个规约间互不干扰，容易查找故障，方便添加新的规约模块。

4. 通道的编码与解码

在按照规约进行解释和组织后再按照通道的具体通信设置进行编码与解码工作，支持通道的各种波特率、各种校验方式、支持同步模式、支持异步模式、支持模拟信号、支持数字信号。

5. 卫星定时

与天文钟进行定时操作，并作为 XNTPD 服务的服务器进行全系统的定时，其中与天文钟的定时采用串口直接操作，将时差降到最低，确保系统的时钟与天文钟保持一致。

6. 采集资源的合理分配

所有正常的采集资源中智能地对资源进行合理分配，多台前置机之间协调管理所有的通信值班任务，总体原则是同一个厂站的多个通道会被分配在不同的机器上处理；对于全部的通信值班任务按照负荷均分的原则。

7. 通信报文监视与保存

提供多种方式对通信报文进行监视，同时可以预约或者同步保存。提供对报文的报文翻译、对总召唤、对时的手动秩序、对固定报文的自动查证、对校验码的人工校验等。

8. 站多源数据处理

对站多源进行处理，合理分配，按具体工作状态选择最合适的站数据，根据每一个站的具体通信状态进行自动或人工干预选择。

9. 为站端设备定时

以站端为单位，对每一个站端设备进行自动或人工定时，对时的精度按照所选择规约可以各有不同。

10. 设备或进程异常告警

对 FES 系统中的运行设备和核心进程进行实时的监控，提供实时报警服务，当主要

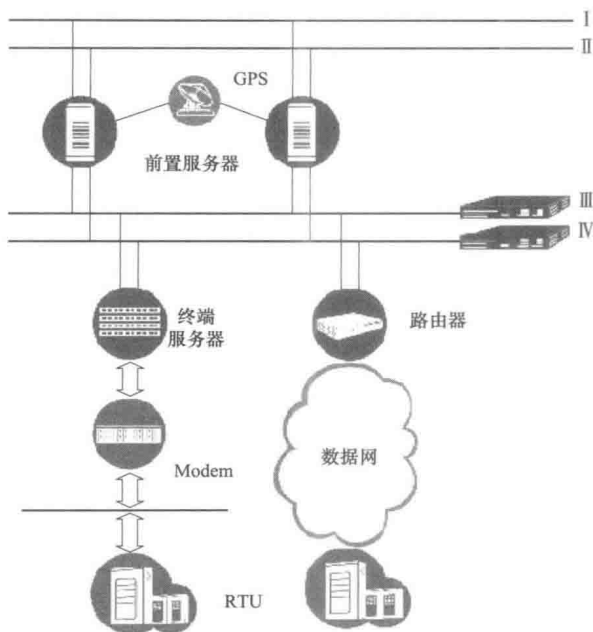


图 1-4 前置子系统系统框图

进程故障或异常时自动进行任务转移，同时告警。

11. SOE 告警

对站端的 SOE 信号、直接告警、上告警窗、登录告警历史库，减轻了 SCADA 的负担，分摊了系统的负载。

12. 维护界面管理等任务

对 FES 系统提供全方位的维护界面和管理，确保每一个过程全部透明，突出个性化及通用化的特点，确保对系统的生成、维护、监视都有友好的界面，确保所有操作都方便、明了、易操作。

随着通信技术和网络技术的发展，地调主站与各厂站之间的通信有了较大的发展。近年来，前置系统最主要的变化在于如下几点：

(1) 随着数据集中度越来越高，数据通道越来越多，前置数采进程的负担也越来越重，数据采集和数据处理两部分进程已经分别独立出来，并运行在不同的服务器上。

(2) 变电站与主站之间的通信能力增强，通信网络建设完备，厂站数据可以通过链路层和网络层两种不同协议与主站进行通信，由此催生出主站前置两种完全不同的厂站接入方式，链路层设备主要以 DDF 架和串口-网络转换器（终端服务器）为代表；链路层设备主要以路由器、交换机为主。链路层和网络层相关设备如图 1-5 和图 1-6 所示。



图 1-5 主站前置链路层接入设备

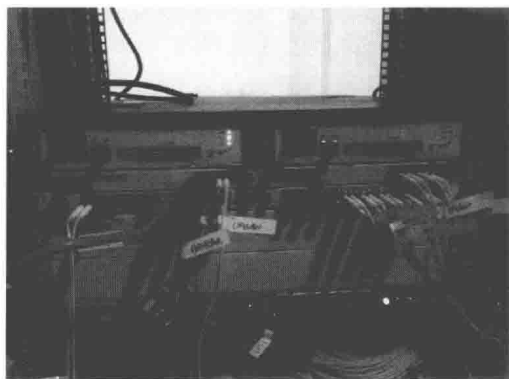


图 1-6 地调主站前置网络层接入设备

1.1.3 数据处理子系统

数据处理子系统是架构在统一支撑平台上的最基本应用，接收前置子系统送来的实时数据，实现完整的、高性能的实时数据监控与处理，为其他应用提供可靠的数据服务。数据处理子系统利用软件支撑平台提供的服务，主要实现以下功能：数据处理、数据计算与统计考核、控制和调节、事件和告警处理、拓扑着色、趋势记录、事故追忆（PDR）及反演、人工操作、集控功能等。数据处理子系统的主要技术特点如下：

1. 多源数据设计

多源数据设计是指对于实时数据库中的某一数据点拥有多个数据来源。它有两层含

义,其一为对于某一厂站的同一测点,由不同数据通信方式(常规 RTU、变电站综合自动化、网络 RTU、与外部系统通信)获取的数据;其二为状态估计、操作员置数等软件或人工操作产生的数据。多源数据以表的形式出现时如图 1-7 所示。

[illegible]

图 1-7 多源数据表

同一测点的多源数据在满足合理性校验后按照人工定义的优先级存放（优先级的次序可由用户灵活设置），经判断后将最优数据放入实时数据库中，提供 SCADA/EMS 系统的各个应用功能使用，可人工指定最优源。多源数据的处理可应用到画面显示、报表和相关系统的数据交换。同一测点不同方式获得的数据，在数据库和画面显示、报表中有区分标志。同一测点的多源数据满足系统维护上的可观测要求。

为了避免上述问题,除了通常按测点的多源数据处理方式外,还设计了避免建立重复设备和测点的按厂站处理多源数据的方式:点多源技术和站多源技术,实际中应是站多源与点多源相结合的多数据源设计,这样可以有效地减少用户的维护量,提高多源数据处理的效率。

2. 全景 PDR

数据处理子系统具备全部采集数据（模拟量、开关量等）的追忆能力，可以全方位地记录、保存电网的事故状态，并且能够真实、完整地反演电网的事故过程，即使电网模型已经发生了很大的变化也能够真实地反映当时的情况。

3. 数据保险箱

结合平台支撑软件提供的服务,通过完备的切换机制,确保在 SCADA 主备服务器切换时不影响数据采集、不丢失数据。数据处理子系统的主要功能有以下几点:

(1) 遥测处理。遥测是电力系统远方监视的一项重要内容。从厂站采集的遥测数

据,是计算量及其他高级应用的基础。历史数据采样和实时数据追忆,都必须依赖准确可靠的实时遥测数据,遥测量具有多种质量标志。前置(FES)服务器从厂站端(RTU)获取数据,经过初步处理,然后通过消息总线送至数据处理服务器,由SCADA遥测处理模块进行后续处理。

(2) 遥信处理。电力系统中的遥信数据处理是很重要的数据处理,遥信值及其状态是系统其他数据处理的基础,也是系统可靠运行的关键,准确、及时、不丢失变位信息是遥信处理的核心。遥信量具有多种质量标志。

(3) 计算与统计。在SCADA中,经常要通过现场采集的实时量计算系统需要的实时数据,比如系统总加、关口数据等。为满足用户多种多样的计算要求,数据处理子系统提供了强大的计算功能。计算功能具备丰富的运算符、运算函数以及可自定义函数、公式,计算包括数学计算、逻辑计算、统计计算、任意组合的计算公式、时间转换子例程等。计算统计的相关管理如图1-8所示。

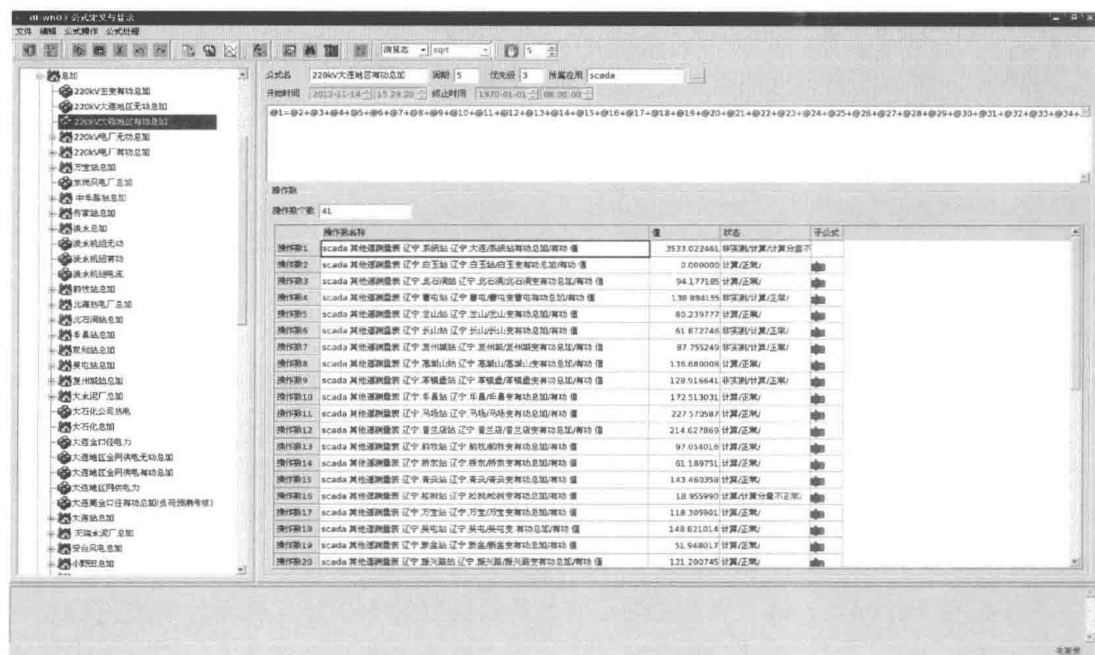


图 1-8 计算统计公式管理界面

(4) 画面操作。数据处理子系统的画面操作是指在图形浏览器界面上、SCADA应用下的右键菜单操作。一般分为通用菜单操作和各图元右键菜单操作。操作界面如图1-9所示。

(5) 事故追忆与反演。系统具备全部采集数据(模拟量、开关量等)的追忆能力,能完整、准确地记录和保存电网的事故状态。

1.1.4 数据库

在新一代电力调度自动化系统的统一支撑平台中,数据库部分根据被设计成三层体系结构,如图1-10所示。其中实时库常驻内存,主要用于系统实时数据的存储;商用库

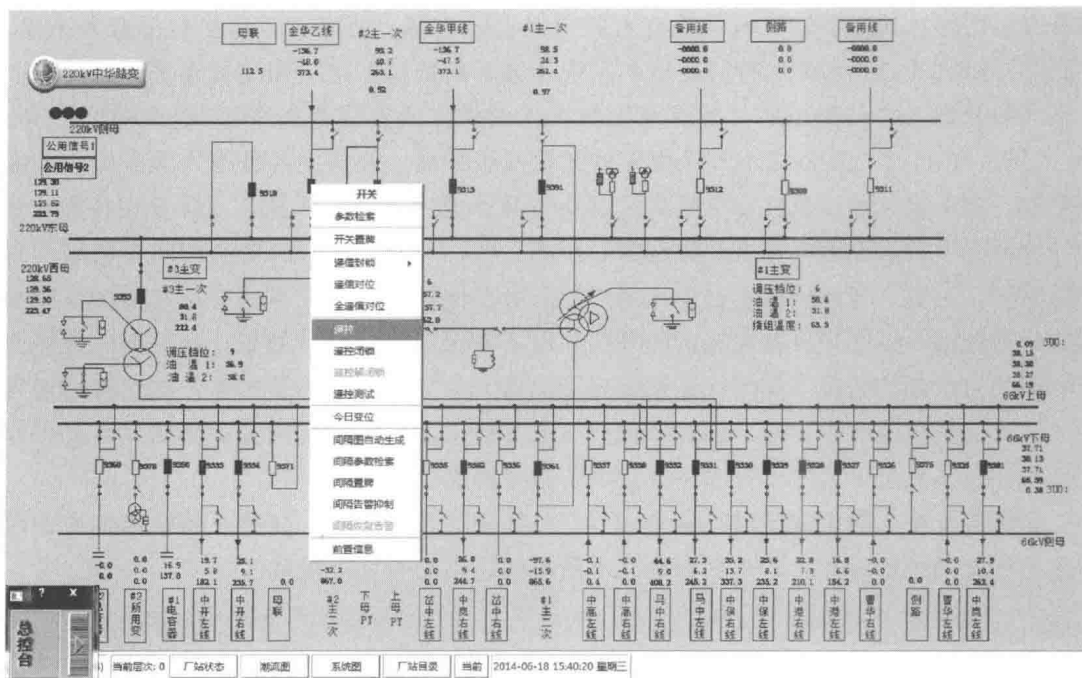


图 1-9 画面操作界面

安装在服务器磁盘或独立的磁盘阵列中，主要用于系统模型、历史数据等备份存储；数据服务也常驻内存，主要用于衔接实时库和商用库之间的数据交互。

数据服务作为数据库管理系统的重要组成部分，扮演着重要的角色。这些服务和其他各类服务之间的一个最重要的区别，就是它们需要直接和商用数据库进行连接并交换数据，要注意的是这些服务的运行往往需要数据库（ORACLE、SYBASE 等）客户端动态库支持。

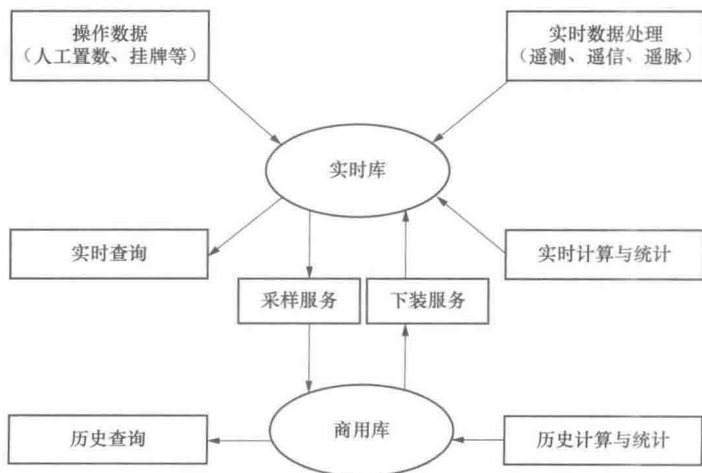


图 1-10 数据库系统与其他应用间数据流示意图

由于读写商用数据库的实质是磁盘文件的 I/O 操作，在三层体系结构中还需要通过

网络进行访问，其速度和实时系统有着数量级上的差别，所以对于历史数据服务来说，首先需要解决的是相对慢的读写速度和系统连续不断读写需求（如高频率采样、画面上的不间断查询）之间的矛盾，确保商用数据库的操作不会成为整个系统正常运转的瓶颈。另外，由于系统中存在着冗余配置的数据库服务器，包括主备数据库服务器、镜像服务器、灾备服务器以及在安全隔离区以外的 Web 服务器等，系统需要保证在各种配置和各种情况下数据库服务器之间数据的同步和一致，因此，数据的复制和同步机制变得非常重要。再者，考虑到调度自动化系统的高可靠性要求，系统不仅在正常情况下能够高效处理数据，还必须具备在恶劣的外部环境下确保可靠运行。例如，在数据库损坏或者网络异常中断的情况下如何保证系统还能保持大部分的功能不受影响，在切换的过程中如何保证数据没有丢失等。因此，数据库服务器以及相关的应用服务器的异常处理和切换机制也是系统平台中十分关注并且需要很好解决的问题。

实际系统中，数据库绝对是整个 SCADA 部分的重中之重，在整个系统结构中也位于平台构架的中轴线上，它与平台中几乎所有的应用均有直接联系。

1.2 故障实例

本章的故障实例涉及主站系统前置数采、数据处理、人机显示、数据库相关故障，对主站人员有较高的借鉴价值。

实例 1 前置通道板件故障导致某厂站通道反复投退，报文误码高。

► 故障现象：

厂站通道反复投退，并伴随一定程度的误码。

► 故障处理步骤和方法：

(1) 故障发生后应查看厂站运行状态，查看报文情况，发现报文时断时续，并且误码率较高。

(2) 通过通信网管查看是否通道异常或报警。

(3) 如通道无报警，则通过通信网管进行远方环回（软）测试，发现问题依旧，初步断定为主站侧问题。

(4) 在自动化机房内对 2M 电缆转接屏进行主站近端环回（硬），问题依旧。

(5) 更换协议转换器（E1 转串口），问题依旧。

(6) 更换前置通道板件，通道恢复正常，问题解决。

实例 2 前置通道箱电源故障导致多厂站通道退出。

► 故障现象：

多个厂站退出。

► 故障处理步骤和方法：

- (1) 故障后查看厂站运行状态, 查看报文情况, 发现多个厂站通道中断。
- (2) 通过通信网管查看是否通道异常或报警, 发现多个厂站在主站侧出现 TLOS 告警。
- (3) 委托通信专业进行远方环回(软)测试, 无环回报文。
- (4) 检查自动化前置通道设备, 发现协议转换器(E1 转串口)失电。
- (5) 查看屏后两路 UPS 电源均正常, 初步怀疑协议转换箱电源模块故障。
- (6) 更换主备电源模块, 通道恢复正常, 问题解决。

实例 3 SCADA 服务器因缓存空间过满退出运行。

► 故障现象:

主站系统监视到 SCADA 服务器 1 退出, 所有在 SCADA 服务器 1 上的进程均离线, 部分 AVC 功能出现异常, 系统功能运行迟缓。

► 故障处理步骤和方法:

- (1) 查看系统运行状态, 能够成功登录 SCADA 服务器 1, 说明不是网络问题。
- (2) 查看系统文件日志, 发现多个进程写文件至/users/ems/open2000e/var 目录失败。
- (3) 输入 df-k 查看磁盘空间, 发现 open2000e 下的 var 为 0。
- (4) 清理 open2000e/var 目录。
- (5) 重启服务器, 重启 OPEN3000 进程, 问题解决。

实例 4 SCADA 服务器因网线接触不良退出运行。

► 故障现象:

主站系统监视到 SCADA 服务器 1 退出, 所有在 SCADA 服务器 1 上的进程均离线。

► 故障处理步骤和方法:

- (1) 查看系统运行状态, 无法成功登录 SCADA 服务器 1, 对 SCADA 服务器 1 进行 ping 操作, 无响应。
- (2) 赴现场查看服务器状态, 设备前面板电源指示灯、硬盘灯、设备运行灯均正常, 设备后侧网线灯闪烁不正常。
- (3) 将网线拔出, 观察 RJ45 接头并无缺陷。查看网口里侧, 发现 8 端铜制接头有个别存在棕色污点。
- (4) 利用刀具清理服务器网口后插上网线, 恢复正常。

实例 5 前置服务器因路由设置不当导致转发业务中断。

► 故障现象:

集控 OPEN3000 系统数据通过数据网转发给 D5000 系统, 出现数据链路中断, 通过 ping 命令丢包严重。

► 故障处理步骤和方法:

- (1) 主站人员首先确定链路问题还是两端系统或设备问题, 由于此异常出现丢包严