

摘 要

电力工业是国民经济的先行基础产业，在国民经济中占有极其重要的地位。2002 年，我国电力体制进行了以“政企分开、厂网分开，发电领域逐步竞价上网”为核心内容的改革，引入竞争、打破垄断，建立新的市场机制。随着改革的进一步深入，如何提高发电企业自身效率，增强市场竞争能力，对发电企业是一大重要的课题。

发电系统是一个庞大的输入输出能量转换系统，要提高发电效率，进行生产运行优化是一项极其重要的工作。本论文以发电企业为研究对象，根据电厂的实际生产运行特征和优化生产管理的需求，在阐述 SIS 产生背景与发展现状的基础上，深入探讨 SIS 的构成、功能要求、网络及数据库技术。从应用方面，论述 SIS 在发电厂信息化系统中的定位、使用对象及其在生产管理与运行优化方面的功能作用。在 SIS 网络方面，本文详细综述了网络需求分析、网络设计原则、网络结构等；在 SIS 实时/历史数据库方面，论文详细阐述了数据库功能要求、数据压缩原理、实时/历史数据库 iHistorian 及典型配置。结合兰溪发电厂 4×600MW 超临界燃煤机组工程 SIS 系统的特点，规划设计了详细的实施方案并进行功能说明。对 iHistorian 数据库在大数据量前提下的运行和二次系统安全防护方面也进行了详细设计分析。设计方案具有安全可靠的网络架构和先进实用的应用功能。

本文规划设计的方案已经被兰溪发电厂采纳并予以实施。

关键词：火电厂 监控信息系统 规划 设计 实施

Abstract

The power industry is the leading basis industries of the national economic and occupies an extremely important position in the national economy. In 2002, China's electric power system has been reformed as the core content of "separating of government and enterprise, factory and grid, bidding of power generation fields", introducing competition, breaking up monopolies and establishing a new market mechanism. With the further deepening reform, how to increase their own efficiency of power enterprise, and enhance market competitiveness is a major problem to generation enterprises.

Power system is a huge input and output of energy conversion system. In order to improve the efficiency of power generation, optimizing production operation is an extremely important work. Generation enterprises are as objects to study in this paper, according to the operating characteristics of plant's actual production and demands of optimizing production management, on the basis of explaining SIS background and development, in-depth discussing the composition, functions, networking and database technology of SIS. From application it discussed SIS position in information system of plant, use objects, and function in production management and optimizing operation. In SIS network, this paper in detail described the network needs analysis, network design principle, network architecture, etc.; in regards of SIS real-time / historical database, it in detail described the functional requirements of the database, data compression principle, real-time / historical database iHistorian and typical configuration. Combine with SIS system features of Lanxi power plant with 4 x 600 MW supercritical coal-fired units' projects, it layout detailed implementation projects and functional descriptions. Database operating under the premise of large date and the second security protection system have been detailed

analyzed. Designs have secure and reliable network architectures and advanced practical applications.

Layout and design in this paper have been adopted and implemented by Lanxi power plant.

Keywords: Thermal power plant, Monitoring information system, Layout, Design, Implement

第一章 绪论

1.1 问题的提出

电力工业对各个国家的工业及国民经济发展起着至关重要的作用,作为国民经济的关键部门与基础产业,我国电力行业近年实行以“厂网分开,竞价上网”、打破垄断、引入竞争等为核心内容进行了改革,新的电力市场竞争机制逐步建立,这对发电企业带来了严峻的挑战和机遇。

电力系统是社会所需能源的主要供应者,同时也是大量燃料的主要消耗者,我国是一个以火电为主的国家,火力发电约占发电总量的百分之七十左右,它所消耗的煤炭占我国每年原煤产量的五分之一,占整个工业用煤的百分之三十。如此规模的能量转换也带来了巨大的能量损失。到1998年底,我国火力发电厂的平均标准煤耗(供电煤耗)为404g/kwh,平均厂用电率为7.71%,与先进工业国家相比,我国火力发电厂运行的经济尚存在很大的差距,这不仅反映了我国在电厂范围内能量转换设备的技术差距,也反映了我国电厂生产运行水平比较低。因此改善电力系统的运行效率,提高火电厂综合自动化的运行水平,力争达到电厂安全、经济、稳定的运行,将会带来巨大的经济利益和社会效益。

由于我国火电设备相对落后,热效率低,发电厂的输煤系统、燃烧系统、汽水系统和电气系统的自动化水平和运行优化水平相对较低,单元机组的优化运行管理水平也低。所以如何降低供电标准煤耗,减少能源浪费和环境污染成为发电企业迫切需要解决的关键问题。要降低火电厂标准煤耗率,一般有以下几个途径:对于新建的电厂,可以采用高参数、高经济性能的大容量机组;而对于已有的发电企业,则需要挖掘现有设备的潜力,而对老的运行设备进行改造以提高其热效率,有技术难度,也需要大量的资金投入,而且即使进行了技术改造,也存在经济和安全运行的问题。因此,提高整个发电厂的总体运行综合自动化控制和管理水平,并通过科学的手段降低供电煤耗才是解决问题的关键。

近年来,我国发电装机容量与发电量快速增长,电力主辅设备安装制造水平稳步提高,机组可控性能不断改善。但与国际先进机组相比,还有较大差距,主要表现在:

- (1) 安全稳定性能有待改善。如非停现象依然普遍存在、设备故障率较高、运

行参数波动大、启停过程稳定性差等。

(2) 运行经济性有待提高。目前, 200MW 以上大型火力发电机组供电煤耗率在发达国家为 320g/kwh, 而我国同类机组实际供电煤耗率远高于这一数值, 即使在额定出力时, 很多机组也高达 360g/kwh, 调峰机组的平均供电煤耗高达 380g/kwh, 和世界先进水平相比有很大差距, 节能潜力很大。

(3) 资源环保有待重视。火力发电厂耗水量很大, 同时排放出大量烟尘。在现有条件下如何通过优化控制, 达到降低耗水量、减少排放量, 对节约资源、改善环境具有重要意义。

(4) 管理的科学化与信息充分运用有待加强。目前, 大多数发电企业都建立了以信息收集、处理、使用为中心的企业管理信息系统, 甚至具有完整的实时数据库, 但其应用还仅限于信息查询、报表上。充分利用实时信息实现生产管理的优化, 是提高企业整体管理水平的重要课题。

“厂网分开、竞价上网”政策的逐步落实, 促使发电企业或企业集团走向市场。为提高市场竞争力, 需要在现有条件下进一步利用企业软硬件资源, 切实提高运行及管理水平。

1.2 发电企业的运行特征

火力发电厂是将燃料(煤、油、天然气等)的化学能变成电能的工厂。原煤经过皮带运输到原煤仓, 加工成煤粉后通过燃烧器送到锅炉的炉膛中燃烧, 放出热能; 在锅炉的水冷壁管中的水, 吸收炉膛中的热量后, 变成饱和蒸汽; 饱和蒸汽同水形成的汽水混合物在汽包中分离, 饱和蒸汽流经过热器时, 进一步吸收烟气中的热量变成过热蒸汽, 并通过蒸汽管道送到汽轮机中; 过热蒸汽在汽轮机的喷管中, 将热能变成动能, 形成高速气流; 高速气流冲动叶轮, 带动汽轮机高速转动, 动能就转变为机械能; 汽轮机带动发电机旋转而发出电来, 机械能就转变为电能; 电能再通过变压器、开线路送到电力系统及用户。

由火电厂生产过程可以看到, 要不断地将热能转变为机械能, 就必须周而复始地完成上述蒸汽动力装置的循环, 不断地将热能转变为电能。要保证热能转变为电能, 必须不断地供给燃料、空气和循环的工质—水。

电能的特点是不能储存, 火电厂的生产过程必须是连续的。

火电厂的生产运行过程具有以下显著特点:

(1) 生产过程连续性强，要求能够提供充足的电力。

(2) 火力发电厂的锅炉与汽轮机都有一个技术最小负荷。锅炉的技术最小负荷因其类型和燃料类型等约为其额定负荷的 25%~70%；汽轮机的技术最小负荷约为其额定负荷的 10%~15%。

(3) 火力发电厂锅炉设备与汽轮机设备等的退出运行和再投入等需要耗费大量的能量，既花费时间，又容易损坏设备。

(4) 火电厂生产运行过程负荷(干扰)变化幅度大而频繁，生产的安全、可靠和经济性要求高，以便提供可靠的、合格的、廉价的电力。

(5) 火电厂生产运行过程的自动化程度要求高，即要求紧密结合对象的特性来设计自动化系统：如根据电厂设备复杂程度、工艺过程等有机联系情况，采用协调控制策略以及在连续控制系统之上叠加安全、保护连锁与互锁控制等。

火电厂底层控制系统的范围极其广泛，它包括了单元机组控制系统、辅助设备、公用系统控制系统、以及厂用电分散控制系统也纳入到 DCS 之中，其中含有大量模拟控制回路的锅炉、汽轮机与发电机组构成的单元机组运行的控制系统最为复杂，单元机组控制系统大致可分为四个基本内容：

(1) 自动检测：自动检测是对生产过程及设备的参数、信号自动进行转换、加工处理、显示并记录下来。

(2) 自动调节：一般是指正常运行时操作的自动化，即在一定范围内，自动地适应外界负荷变化或其他条件变化，使生产过程正常进行。火电厂的自动调节主要有锅炉水位调节、汽温调节、燃烧调节、辅助设备调节等。

(3) 远方控制及程序控制：远方控制是通过开关或按钮，对生产过程中重要的调节机构和截止机构实现远距离控制；程序控制主要是指机组(或局部系统、设备)在启动、停止、增减负荷、事故处理时的一系列操作的自动化。

(4) 自动保护：是利用自动化装置，对机组(或系统、设备)状态、参数和自动调节进行监视，当发生异常时，送出报警信号或切除某些系统和设备，避免发生事故，保证生命和设备的安全；火电厂的自动保护对象主要有锅炉、汽轮发电机本身、辅助设备、局部工艺系统以及自动调节系统等。

1.3 我国发电企业现状

对电力行业近年来逐渐实施以“厂网分开、竞价上网”的竞争模式引入发电

企业和煤电能源供应的危机，以及计算机信息技术的飞速发展等，火电厂的运行特征就决定了发电公司在商业化运行情况下必将面临着一些挑战。

目前发电企业面临着以下主要挑战：

(1) 电厂必将随着不可抗拒的竞争和技术潮流的加速而进入信息网络时代，火电厂乃至电力系统和电力企业集团将形成生产过程自动化和管理现代化的信息网络，迫使发电企业必需建立发电厂计算机集成生产系统(CIPS)的全厂综合自动化控制与管理信息系统，实现整个企业的优化生产和管理调度。CIPS的优化和管理主要由厂级监控信息系统(Supervisory information system in plant level, 缩写 SIS)和厂级管理信息系统(Management information system in plant level, 缩写 MIS)组成。SIS主要处理全厂实时数据，完成厂级生产过程的监控和管理，厂级故障诊断和分析，厂级性能、计算分析和单元机组的负荷优化分配等；MIS主要为全厂运营、生产和行政的管理工作服务，主要完成设备和维修管理、生产经营管理(包括电力市场报价子系统)、财务管理等。

(2) 目前各大发电集团已经纷纷实施自己的MIS，并且大型发电企业都拥有先进的DCS分散控制系统，为进一步实现电厂SIS提供了可靠的基础，然而我国的发电企业在控制和管理之间难以进行信息的实时交互，形成了明显的“自动化孤岛”和信息鸿沟，难以在整个发电企业实现真正的管控一体，SIS则正好填补了控制与管理之间的信息鸿沟，可以实现整个企业的综合自动化系统和信息的无缝集成。尤其近两年来，电煤资源供应紧张，发电成本明显增加，如何挖掘电厂自身潜力，通过优化生产降低煤耗和供电成本，在有限的资源条件下尽可能多发电，成为电厂当前迫切关心的问题。这些实际的电厂需求大大促使了电厂实时监控信息系统SIS系统的研究和开发。

(3) 目前电力系统实施“厂网分开、竞价上网”的运行模式，这对发电企业来说带来了机遇，同时给电厂也带来了技术、控制和管理等整体优化运行的重大挑战。在发电环节引入竞争机制以后，发电公司要进一步对整个电厂进行优化运行，以降低供电成本，减少能耗为目的。电厂实时监控信息系统(SIS系统)的核心功能模块就是要对整个电厂进行运行优化，提高机组运行的经济性。

1.4 国外 SIS 系统研究、应用现状

为了迎接新技术革命的挑战，20世纪80年代以来，人们把推进企业的信息

化和管理的现代化作为推进企业升级、增强其核心竞争力的重要手段。

美国电科院(EPRI)研究了对于锅炉控制的优化。实现技术包括燃料分配、优化整定、高级燃烧器控制技术以及神经网络优化等。信息化与自动化一方面改善了机组运行的灵活性,更加适应负荷波动及燃料特性变化,同时还帮助有关人员更好地管理生产过程,并致力研究开发快速运行决策支持系统。

通用物理在其优化运行和状态检测系统 EtaPRO 中提供了对电厂各个部件的计算和分析。包括性能计算引擎、可控参数诊断模块、锅炉清洁度模块、凝汽器性能模块、给水加热器性能模块、汽轮机性能模块、风机性能模块、泵性能模块、空气预热器性能模块、设备性能诊断模块、运行工况预测模块、混煤模块、冷却塔性能模块、负荷分配模块等。运行管理人员根据这些辅助信息来及时调整电厂的生产过程。

Pegasus 公司利用神经网络方法优化燃烧过程。通过对过程变量的历史学习来建立燃烧模型,并能够根据煤质、设备性能及环境条件进行快速调整。

ABB 公司推出了其优化控制系统 OPTIMAX。包括过程信息管理模块(PIMS)、性能计算模块(Performance)、电厂负荷优化调度软件模块(Power Fit)、锅炉清洁模块(Boiler Cleanliness)、锅炉寿命管理模块(Boiler Life)、汽机寿命管理模块(Turbine Life)、基于模型的诊断专家系统(MOD I)、电厂设备测试模块(EquipmentTest)、调整数据模块(Data Reconciliation with Vali)、维护管理模块(MaintenanceManagieent with API)等。

西门子的集成信息系统 Sienergy 由许多不同的模块组成,通过 Sienergy 管理器进行统一的管理和协调,以实现电厂信息的全面集成。其中既有对过程进行优化控制的模块,如 Profi 软件中的新机组协调控制模块 NUC、负荷裕度计算机控制模块 PLM,凝结水节流控制模块 COT; OPTiPr. 软件中的 SR2 可以实现全厂的能量管理与负荷分配; SR4 可以实现机组的效率优化计算; TDY 可实现汽机故障检测和诊断。

Sienergy 也有对设备进行管理的模块,如工厂数据管理模块 BFS-PDM、维修管理模块 BFS-MM、文档管理模块 BFS-DM、备件管理模块 BFS-SPM、工程管理模块 BFS-PM、环保管理模块 BFS-EM 与基本系统共同组成 BFS++管理系统。Cockpit 软件则是基于前述软件基础之上的实现全厂经营计划管理、技术经济分析、报价

支持等功能的一个高层软件。

另外, Honeywell 公司、Foxboro 公司、HITACHI 公司等都提出了工厂信息集成及优化控制与管理的解决方案。

在我国, 有关发电厂优化控制与管理、故障诊断、预置性维修、经济性能计算、操作指导等方面的研究受到了广泛的关注, 开展了大量的理论与应用研究, 也取得了一批有价值的研究成果。

1996 年, 原电力工业部颁发的《电力工业信息化九五计划与 2010 年建设纲要》指出, 电力工业信息化的指导思想是: (1) 加速实现电力工业信息化, 推动电力工业经济增长由粗放型向集约型方向转变。(2) 以经济效益为中心, 运用现代化手段为电力工业从规划、建设、生产、交换到消费等全过程的经营活动提供优质服务, 为电力工业的科学决策提供服务。(3) 以市场需求为导向, 适应电力工业体制改革的需要, 逐步为完善和发展中国电力市场经济体制提供必要的技术基础。《纲要》为我国电力工业信息化的进程指明了方向。

1997 年, 我国专家首先提出了火电厂厂级监控信息系统 (SIS) 的概念和实现框架, 明确工作的主要任务和目标。2000 年, 国家经贸委颁发的《火力发电厂设计技术规程》(DL5000-2000) 规定: “当电厂规划容量为 1200MW 及以上, 单机容量为 300MW 及以上时, 可设置厂级监控信息系统。” 由此, 在我国展开了 SIS 的研究开发和应用的局面。

1.5 国内外火电厂厂级监控信息系统 (SIS) 对比

从发展时间上, 我国 SIS 系统的发展稍迟于国外。在国外, 从上世纪九十年代中期开始, 德国、美国和英国等发达国家因提高老电厂安全经济效益的迫切需求, 促进了一些熟悉实时过程监控和管理的厂商纷纷着手开发并向发电厂推销厂级实时过程监控和管理系统, 如 PI、eDNA 等。国内电力行业 SIS 系统发展开始于上世纪九十年代中后期, 虽然发展时间上稍落后于国外电力行业 SIS 的发展, 但发展速度上已经超过了国外同行业的发展。目前我国的发电企业在 SIS 的推广和应用上取得了不俗的成果。

SIS 系统作为一种实时生产监控系统有着自身的特点和要求, 这一点国内外的情况基本一致。但在 SIS 可以实现的功能上, 各个厂家以及研究机构对 SIS 的功能有各种不同的认识而有所差异; 功能的不同决定了 SIS 软件的开发工作不

一样。国内目前大部分将 SIS 的功能定位于实时监控现场生产数据提高发电机组的热经济效益上,同时针对具体的发电厂的实际情况利用常用的工业组态软件进行 SIS 的开发,因而也具有局部的故障诊断和状态监测的功能。国外更多的引入了人工智能以及专家系统等功能,使 SIS 不仅具有实时监控的作用而且可以根据各类实时数据实现实时安全性分析、故障寿命诊断、状态检修、经济成本计算分析以及竞价上网等功能。

作为一个决策支持系统, SIS 的发展还具有很大的潜力可挖,尤其是数据库和联机分析处理技术的兴起,将会给 SIS 带来新的生命力。各类模型库、数据信息库、知识库、管理库、OLAP 以及专家系统的综合应用将使 SIS 成为一个综合决策支持信息系统,各子系统相互补充、相互影响发挥各自的辅助决策支持优势,将会成为今后 SIS 发展的新趋势。

从实际应用上来看, SIS 系统与 DCS 等电力一次自动化系统紧密相连,甚至在将来条件成熟后, SIS 系统极有可能将优化运行等计算后的的的指导数据直接反馈给 DCS,由 DCS 系统进行运行优化,因此 SIS 系统属于电力二次系统。SIS 系统安全防护的重点是确保 SIS 本身及 DCS 的安全,目标是抵御黑客、病毒、恶意代码等通过各种形式对系统发起的恶意破坏和攻击,特别是能够抵御集团式攻击,防止由此导致一次系统事故或大面积停电事故及二次系统的崩溃或瘫痪。由此,随着网络的发展,如何防止网上病毒、病毒通过网络连接或存储介质对电力二次系统进行破坏,也成了一个重要课题。

1.6 电力系统二次防护

电力系统二次防护就是采取措施保护电力二次系统的安全。为了提高电力二次系统的安全防护水平,保证电力系统安全、可靠地运行,国家及地方电力监管或运营机构相继发布了有关文件,如电监会 5 号令《电力二次系统安全防护规定》、浙江电力调度通信中心制订的《浙江电力二次系统安全防护总体方案》等,来指导发电企业或电网公司的电力二次系统网络的安全管理,以提高系统运行的可靠性、稳定性。典型的电力二次系统安全防护网络结构图如图 1—1 示:

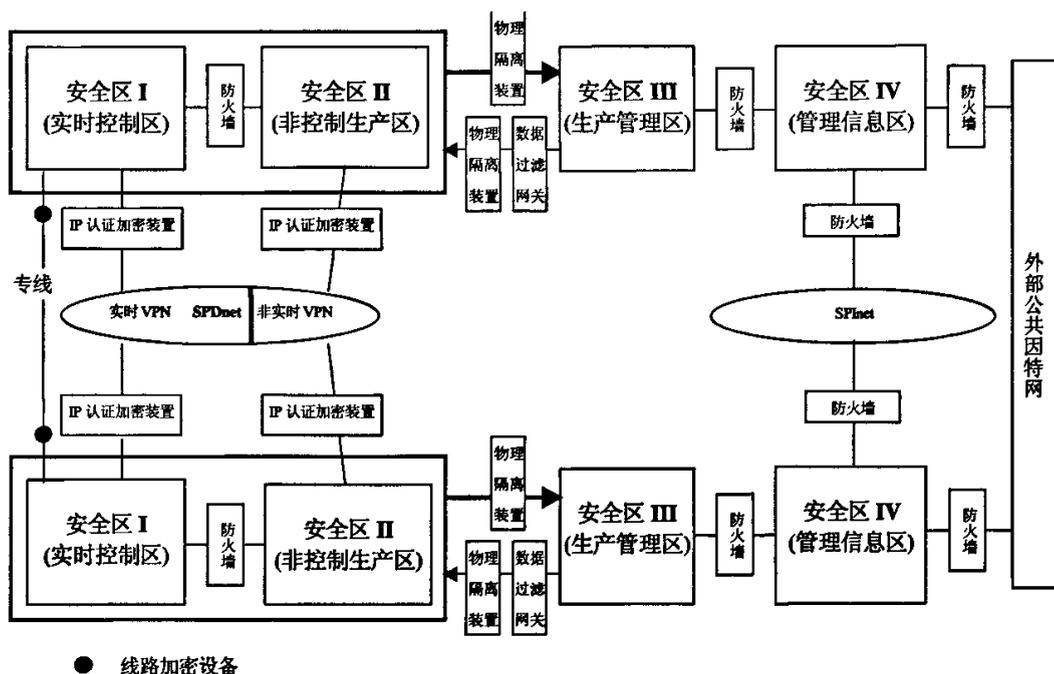


图 1-1 典型的电力二次系统安全防护网络结构图

电力二次安全防护将发电企业或电网运营公司的整个网络划分为四个安全工作区：安全 I 区（DCS 控制系统、NCS 网控系统等）、安全 II 区（SIS 系统、电力市场报价系统等）、安全 III 区（电力市场辅助报价决策系统、SIS 系统发布系统等）、安全 IV 区（管理信息系统），并对各个安全区采取了安全隔离措施，特别是加强了安全 II 区与安全 III 区之间的安全防护工作，保证安全 I 区、安全 II 区的安全运行。

相对于国内的电力二次安全防护管理方面的各项严格规定，国外的发电企业或电网运营公司则没有提出相应的整体安全管理方案及严格地进行此方面的安全管理工作。

1.7 论文主要工作

本文在阐述 SIS 产生背景、火电厂运行特征与发展现状的基础上，深入探讨了 SIS 的构成、功能要求、网络及数据库技术。结合兰溪发电有限公司 4×600MW 燃煤机组工程 SIS 系统项目的特点，作出了详细的规划方案，并针对 iHistorian 数据库在大数据量前提下的运行和二次系统安全防护进行了详细分析。

论文的主要工作有：

(1) 分析厂级监控信息系统的背景、意义，发电企业的生产特征，以及我国发电企业的现状、国内外 SIS 应用研究的现状。

(2) 阐述兰溪发电有限公司机组概况及监控信息系统的概念、功能等。

(3) 研究针对电厂监控信息系统相关的安全防护设计以及兰溪发电有限公司厂级监控信息系统的总体设计，提出了设计原则和目标。

(4) 提出兰溪发电有限公司厂级监控信息系统的网络设计。

(5) 分析兰溪发电有限公司厂级监控信息系统的实时数据库系统的需求及实时数据库的工作原理，提出了兰溪发电有限公司厂级监控信息系统的数据库系统的设计。

(6) 综述 SIS 系统的应用功能，并提出了兰溪发电有限公司 SIS 系统的应用功能设计。

(7) 对兰溪发电有限公司 SIS 系统的实施进行了展望，对实施过程中的难点进行了分析，并对 SIS 系统在兰溪发电有限公司的应用进行了展望。

第二章 监控信息系统概述

2.1 机组概况

兰溪发电有限公司 4×600MW 燃煤机组工程由 4 台 1910t/h 燃煤机组、与之相匹配的 4 台 600MW 汽轮发电机组及辅助系统组成。

2.1.1 锅炉和辅助设备

(1) 锅炉由北京巴布科克·威尔科克斯有限公司制造，超临界参数变压直流炉，单炉膛、一次再热、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构 II 型锅炉。燃烧器布置方式采用前后墙布置，对冲燃烧。前后墙上各布置 3 层燃烧器，每层各有 6 只燃烧器，总共 36 只。

在锅炉 MCR 工况下的额定参数为：

- 主蒸汽流量：1910 t/h
- 主蒸汽压力：25.40MPa
- 主蒸汽温度：571℃
- 再热蒸汽流量：1554.4t/h
- 再热蒸汽压力(进口/出口)：4.73/4.54MPa
- 再热蒸汽温度(进口/出口)：324.5/569℃
- 给水温度：288℃

(2) 每台锅炉配有下列主要辅助设备：

- 2 台 50%容量、定速、电动、动叶可调轴流式送风机。
- 2 台 50%容量、定速、电动、静叶可调轴流式引风机。
- 2 台 50%容量、定速、电动、动叶可调轴流式一次风机。
- 2 台 50%容量的三分仓热交换式空气预热器。
- 1 台 30%容量液力耦合的变速电动锅炉给水泵。
- 2 台 50%容量的汽动锅炉给水泵。

(3) 制粉系统

制粉系统采用中速磨直吹系统，每炉配 6 台磨煤机，B-MCR 工况下 5 台运行，一台备用。每台磨煤机供布置于前(或后墙)一层的燃烧器，燃烧器喷口数量与磨

煤机数量相匹配，前后墙各 3 层，每层布置 6 只。在煤粉燃烧器的上方前后墙各布置 1 层燃尽风，每层有 5 只风口。

2.1.2 汽机和辅助设备

(1) 汽机是由东方汽轮机厂制造的超临界、中间再热、冲动式、单轴、双背压、三缸四排汽凝汽式汽轮机。

在汽机 MCR 工况下的额定参数为：

- | | |
|-------------|-------------|
| ➤ 主蒸汽压力 | 24.2 MPa(a) |
| ➤ 主蒸汽温度 | 566 ℃ |
| ➤ 中压联合汽门前压力 | 4.00 MPa(a) |
| ➤ 中压联合汽门前温度 | 566 ℃ |

(2) 每台汽机配有下列主要辅助设备：

- 热循环包括 7 级加热器、1 台除氧器。
- 汽机高低压旁路系统采用两级串联旁路，高旁容量为在额定压力和温度下的 35%B-MCR 流量，低旁容量为 40%B-MCR 流量。

2.1.3 发电机

发电机为东方电机股份有限公司制造，采用静态止励磁系统。发电机冷却方式为水-氢-氢。设备主要参数为：

- | | |
|----------|---------|
| ➤ 额定功率 | 600MW |
| ➤ 最大功率 | 667MW |
| ➤ 额定功率因素 | 0.9(滞后) |
| ➤ 额定电压 | 22kV |

2.1.4 控制系统

控制系统包括分散控制系统(DCS)及辅助车间控制系统。

单元机组全部实现计算机监控。按炉机电统一的运行管理和单元集中控制，运行人员在集中控制室内通过操作员站和大屏幕显示器实现机组启/停运行的控制、正常运行的监视、调整以及机组运行异常与事故工况的处理。

在水处理集中控制室内通过操作员站对水系统各辅助车间进行监控；在脱硫控制室通过操作员站对脱硫系统和除灰渣系统各辅助车间进行监控；在输煤综合控制楼中对输煤系统进行监控。

分散控制系统 DCS 按照功能分散和物理分散的原则设计, 选用北京 ABB-Baily 公司生产的 PGP 系统。DCS 通过高性能的控制网络、现场总线及控制处理器、过程 I/O 子系统、工程师站、操作员站和过程控制软件等来完成锅炉、汽机、发电机及其辅机热力生产过程的控制。

DCS 的功能包括数据采集(DAS)、模拟量控制(MCS)、顺序控制(SCS)、锅炉炉膛安全监控(FSSS)等功能。

接入 DCS 公用网的系统包括: 循环水泵房、压缩空气系统、燃油系统、集中空调控制系统、电气公用厂用电系统(包括公用厂用电源系统、保安系统、启动/备用电源系统、照明电源系统、直流和 UPS 系统等)。

2.1.5 信息系统

信息系统包括全厂管理信息系统(MIS)与厂级监控信息系统(SIS)。管理信息系统(MIS)包括企业资产管理(EAM)、生产辅助管理系统、财务管理、办公自动化、档案管理系统等功能。监控信息系统(SIS)具有采集所有控制系统的实时数据、建立长期存储实时历史数据库, 实现厂级生产过程监视和管理、机组性能计算和分析等基本功能, 并向 MIS 提供过程数据和计算、分析结果, 自动产生各类报表以满足电厂对于生产过程的要求, 确保机组安全、高效运行。

2.2 厂级监控信息系统的基本概念

2.2.1 厂级监控信息系统(SIS)的定义

厂级监控信息系统是为火电厂全厂实时生产过程综合优化服务的生产过程实时管理和监控的信息系统。SIS 以现有 DCS(集散控制系统)、PLC(可编程控制器)及其它数据采集控制装置为基础, 以先进的计算机网络及数据库技术为平台, 以若干运行优化软件为支撑, 在全厂范围内实现生产实时信息的共享, 是生产管理与经营决策的基础, 是提高全厂生产安全经济性的重要保证。

厂级监控信息系统(SIS)与机组(车间)级的监控系统(例如单元机组 DCS)不同:

(1) 服务对象不同。SIS 主要为全厂综合优化服务, 而 DCS 等是为机组(车间)级自动化服务。

(2) 主要功能不同。SIS 功能是对实时生产过程的管理目的, 只有少量用于监控目的(例如负荷实时调度); 而 DCS 等则相反, 主要是监控功能, 但也

同样包括少量管理信息(例如历史数据存档等)。

厂级监控信息系统(SIS) 与管理信息系统(MIS)也不同:

(1) 服务范畴不同。SIS 是属于实时生产过程管理和监控范畴, 而 MIS 是属于企业管理现代化的范畴。

(2) 实时性要求不同。SIS 实时性强, 且不说全厂生产过程的综合监控需要连续进行(例如负荷实时调度), 就是生产过程的管理, 也是属于实时性管理, 许多问题也必须连续不间断的处理(例如, 设备状态检测和分析); 相对而言, MIS 实时性要求就低一些, 是属于“离线”分析和管理的, 一般也无需连续工作处理。

2.2.2 SIS 在现代发电企业中的作用

SIS 是发电企业自动化、信息化系统中的重要环节, 在提高企业现代化过程中起着重要作用。主要表现在以下几方面:

(1) 建立全厂统一的生产信息平台

发电厂中有多套自动化信息系统, 由于各台机组、各控制系统之间相对独立, 致使信息不能共享, 机组与机组之间、一台机组的各个辅助系统之间存在信息孤岛。

SIS 为消除信息孤岛问题提供了完善的解决方案。全厂各台机组和各辅助车间的生产网络通过网络接口与监控信息系统相联, 实现生产数据的完全监视与长期保存。生产和管理人员能够及时获取各个机组和子系统的运行参数, 监视设备的运行情况, 提高电厂生产和管理的信息化水平。

(2) 实现数据的深层次加工和提炼, 便于快捷得到所关心的信息

现代大型发电厂每时每刻都在产生大量的数据, 充分利用这些数据隐含的有用信息就是 SIS 主要作用。

SIS 通过对设备(系统)原始数据的提炼、加工、处理, 将其转化为具有一定意义的信息, 如: 当前机组的运行状态; 设备的安全余量和经济发电潜力; 主要设备部件寿命或进行检修维护; 当前运行成本。

同时, SIS 还针对发电企业特点, 设计了高效的信息发布系统, 使使用者能够在最短的时间内找到自己所关心的信息, 且信息发布界面是可以按角色定制的。

(3) 以提高运行经济性为目的的优化操作指导系统

目前我国发电机组生产运行水平还不高,供电煤耗与世界先进水平还有较大差距(200MW 以上机组统计相差约 60 克标煤每千瓦时),节能潜力巨大。SIS 通过机组及厂级性能计算与分析,实时找出引起当前煤耗偏高的原因,如运行参数调整问题,设备检修问题,系统设计问题等等。并将其划分为运行可控、检修可控和不可控损失,以便针对性的给出运行或检修指导,从而大大提高机组运行经济性。

(4) 快速分析设备故障,及时给出设备风险评估和智能预警

火电厂拥有数量众多、类型复杂的主、辅设备。保证设备的安全稳定运行是生产管理人员最关心、花费时间和精力最多的问题,但也是故障最多、处理起来最困难的问题。

SIS 采用先进的数据融合技术实现设备系统故障的快速导出、故障分析与诊断、故障预测与预警;

若发生故障时,能够快速导出其故障首出原因、保护动作顺序、相关参数越限状态,实现对故障进行快速分析,缩短故障分析处理时间;

综合分析故障前后相关信息,结合设备(系统)模型及运行经验,给出故障原因,指导故障维修;

设备风险评估和智能预警对设备系统存在的风险和隐患及时提醒,对设备发生的劣化性提前预警,有效防止设备损坏和突发事件的发生,充分保障设备和机组的安全性。

(5) 提高设备检修水平,降低生产成本

引入实时数据的设备动态管理先进技术,突破传统点检定修的概念,实现真正意义上的设备状态检修,大大降低生产成本。

2.3 监控信息系统功能概述

根据 SIS 的概念, SIS 可以包括很多功能,例如:生产过程信息监视、统计和分析功能;全厂调度和机组负荷优化分配功能;厂级及机组级性能计算和分析功能;设备状态检测以及故障诊断和维修指导功能;机组寿命管理功能;远程监视及技术服务功能等等。但 SIS 功能不只限于这些方面,它必将根据全厂实时生产过程综合监控和管理的需要,以及开发应用的实践,不断充实和完善。以下将 SIS 目前的主要功能进行简要说明:

2.3.1 生产过程信息监视、统计和分析

生产过程信息监视、统计和分析功能是 SIS 应用的基本功能，通过采集全厂各生产过程控制系统实时信息，对全厂生产数据进行综合处理、统计分析，形成全厂生产报表和曲线，使用户可以在各终端上对各生产流程进行统一的监视和查询，实现生产数据信息的共享。可以对全厂生产状况进行实时监视，通过生产模拟图、趋势图、棒状图和参数分类表等多种监视方式实时显示各单元机组及辅助车间的主要运行参数和设备状态。能对全厂生产数据进行综合处理、统计分析，形成全厂生产报表和曲线，并能监视、查询和打印，实现运行统计与考核。实时信息可以 C/S 或 B/S 方式发布。

生产过程信息监视、统计和分析功能的主要功能和要求：

(1) 正确组态生产工艺流程的监视画面，监视画面能够突出反映出各功能特点；正确显示生产过程数据、设备状态、报警状态、经济指标、运行指导等信息；能够以趋势图、棒状图、相关参数组等多种形式进行画面显示；相关参数显示画面能够显示实时值；在定义时段内的最大值、最小值以及平均值；画面布局合理美观。

(2) 在操作指导的监视画面上，同时显示相关的实时工况和指导信息，指导信息必须直观、清晰，对容易引起安全问题的操作指导信息应给出醒目的提示；在性能试验的监视画面上组织好各项性能试验项目的条件界面；给操作人员提供在线帮助信息；对人工输入内容的合法性进行判断，并采取有效措施防止非正常输入情况下的死机和程序失控现象。

(3) 模拟图及单画面动态数据量满足监视要求，实时数据刷新周期不超过 5 秒，画面刷新周期不超过 5 秒。画面支持符合国标的汉字编码。其色标必须符合生产工艺流程常规要求。

(4) 系统具有形成整个企业所需要的各类报表的能力，按照企业规划生成企业所需要的各类报表，例如，时报表、值报表、日报表、月报表、年报表、小指标竞赛报表等。具体的报表按照实时性以及企业管理分工要求分别由 DCS、SIS、MIS 完成。支持在线图表软件 Microsoft Excel 等，以实现报表的拓展功能。

(5) 系统具有报表打印输出、画面和趋势曲线等显示画面硬拷贝功能。

(6) 用户操作界面友好。

2.3.2 全厂调度和机组负荷优化分配

为了满足不同运行需求,厂级优化负荷分配子系统的运行方式包括:三种手动方式、96(288)点曲线方式和 AGC 方式。电力负荷调度中,“调度到机”的 AGC 方式是目前普遍采用的方式,随着“厂网分开、竞价上网”的来临,为了提高电厂的安全生产管理水平与经济效益,以及更加符合电力调度分级管理的原则,“调度到厂”的 AGC 方式将普遍推广应用。SIS 计算机网络的建立,实时性能监测和经济性分析功能的实现,为厂级优化负荷分配奠定了基础。

全厂机组负荷优化调度系统(LODS)是指能在全厂运行总值长站上根据远方 AGC(自动发电控制)指令和其它生产调度指令,以全厂的供电煤耗量最小为目标,结合本厂主、辅机系统和设备运行情况,充分考虑机组的安全稳定运行因素,各台机组的负荷——煤耗特性关系曲线,计算全厂各台机组应发的经济功率,决定各台机组的优化组合和负荷的优化分配。作为提高电厂经济效益的重要手段,LODS 能够在 SIS 内实现“调度到厂”的 AGC 方式(即调度中心的 AGC 指令,通过电力调度网下达到电厂的 SIS),然后采用不同优化算法进行机组的优化组合和负荷的优化分配,并将分配结果以指令形式发送到各单元机组的协调控制系统 CSC 和汽轮机数字电液调节系统 DEH,使全厂负荷能够及时响应电网的需求,并保证电厂机组安全、经济和稳定的运行。

2.3.4 厂级及机组级性能计算和分析

SIS 提供的机组性能计算软件,充分利用各机组性能计算结果完成厂级性能计算,并将此计算结果用于经济指标分析。

厂级性能计算和分析的项目主要包括:全厂运行性能因子、全厂运行成本、全厂供电煤耗率、全厂发电煤耗率、全厂供电量、全厂发电量、全厂厂用电率、发电机电压品质、全厂发电机氢压、全厂燃料量、全厂燃油量、全厂补给水量、全厂汽水品质指标、全厂辅助用汽量、全厂设备可靠性指标等。

机组级性能计算和分析的项目主要包括:锅炉效率、汽轮机热耗率、高压缸效率、中压缸效率、主汽压力、主汽温度、再热汽温度、再热汽压力、再热器压损、锅炉排烟温度、烟气含氧量、飞灰含碳量、驱动给水泵汽轮机的用汽量、厂用电率、凝汽器真空、凝结水过冷度、最终给水温度、各加热器端差、过热器

减温水流量、再热器减温水流量、燃料发热量、辅汽用汽量、机组补水率、轴封漏汽量等。

机组经济性指标分析项目包括可控耗差和不可控耗差。可控耗差包括：主蒸汽压力、主蒸汽温度、再热汽温度、锅炉排烟温度、烟气含氧量、飞灰含碳量、驱动给水泵汽轮机用汽量、厂用电率、凝汽器真空、最终给水温度、各加热器端差、过热器减温水流量、再热器减温水流量。不可控耗差包括：再热器压损、燃料发热量、高压缸效率、中压缸效率、辅汽用汽量、机组补水率、凝结水过冷度、轴封漏汽量。将耗差量折合成运行费用损失，同时根据分析评估结果，计算出每台机组的运行成本。

2.3.5 设备状态检测

状态监测是掌握设备运行状态的第一手信息，针对各种运行状态参数，结合其历史信息，考虑环境因素，采用专业的分析和判断方法，评估设备的正常、异常和故障三种状态，并进行显示和记录，对异常状态作出报警，对故障状态为故障诊断提供信息。

测量和监视全厂主机及主要辅机设备运行状态及参数，并将其存入数据库，作为实现电厂状态检修功能和设备故障诊断的基础数据。

2.3.6 故障诊断和维修指导

故障诊断是根据状态监测获得的信息，结合结构参数、物性参数、环境参数，对设备的故障进行预报、判断和分析，确定其性质、类别、部位、程度、原因，指出发展的趋势和后果，提出控制其继续发展和消除故障的对策措施，最终使设备恢复到正常状态。

监视主、辅设备运行参数，当运行参数偏离正常值时，分析其原因。以此为基础进行在线运行故障的诊断，提供具体对策和处理措施，指导运行和检修人员进行运行调整和检修处理。

第三章 厂级监控信息系统总体设计

3.1 设计目标

根据《全国电力二次系统安全防护总体方案》和《浙江电力二次系统安全防护总体方案》，将浙能兰溪发电有限公司的二次系统局域网络结构划分为 4 个安全工作区：

(1) I 区业务系统（实时控制区）

安全区 I 是实时控制区域网络，凡是具有实时控制功能的系统或其中的监控功能部分应属于安全区 I，是电力二次系统安全等级最高的系统，也是二次系统安全防护的重点和核心。I 区的主要业务系统如下：

电厂 DCS 系统。主要包括：1#、2#、3#、4# 机 DCS 接口机，辅控接口机、脱硫系统、三级数据网通信网关机、三级数据网通信服务器、网控监控系统(NCS)、PCM 测量装置、负荷控制终端等系统。

(2) II 区业务系统（非控制生产区）

安全区 II 是非控制生产区。凡是不具有实时控制功能的生产业务系统和批发交易业务系统或系统中不进行控制的部分属于安全区 II，安全等级仅次于实时控制系统。II 区的主要业务系统如下：

SIS 厂级监控信息系统（主要包括实时/历史数据库服务器、计算分析服务器及其他应用服务器等）、ERTU 系统、保护录波、保护信息子站、发电市场电厂端的报价系统（主要包括报价计终端、电力市场服务器）等。

(3) III 区业务系统（调度生产管理系统 DPMS）

安全区 III 是调度管理系统（待建），因调度生产管理系统的建设覆盖到发电厂的相关业务，故在二次系统安全防护中需要考虑这一安全工作区的安全。目前浙能兰溪发电有限公司的调度生产管理系统还未应用，但在本工程中考虑预留接口，为以后调试生产管理系统的投入作准备。该区同时需要考虑 II 区 SIS 实时数据库和 III 区 SIS 实时数据镜像服务器的同步传输以及实时数据的对外发布、II 区电力市场数据库与 III 区电力市场镜像数据库的同步传输以及电力市场数据的对外发布。

(4) IV 区业务系统（电力信息系统）

安全区Ⅳ是信息管理区,根据《全国电力二次系统安全防护总体方案》的要求,不允许穿越安全区的通用网络服务,因此建议将Ⅲ区 SIS 实时数据及电力市场数据的发布服务器放置在Ⅳ区,以方便Ⅳ区用户安全、及时地利用和分析生产实时信息及电力市场实时信息。

各处的电力二次系统在“纵”向上会产生互联。不容许跨安全区交叉的“纵”向互联。处于安全区Ⅰ/Ⅱ的应用系统在纵上互联时,必须采用 IP 认证加密装置。

3.2 设计原则

针对火电厂控制系统之间相对独立,控制系统之间数据无法实现实时比较的特点,建立基于信息集成的厂级监控信息系统将各控制系统的系统集成到一起,实现各系统间数据的共享,并保证 DCS 系统安全,稳定地实现通信功能,以及为未来 MIS 系统的应用提供有用信息,以达到生产现代化,管理现代化,信息资源共享化的目标。

针对兰溪电厂 SIS 系统的具体需求,本次设计的兰溪电厂 SIS 技术方案,着重考虑以下几点:

- (1) 遵循统一规划、统一领导、分级管理、共同建设的指导原则。
- (2) 根据目前应用需要,在设计网络容量和数据库容量时注重系统的实用性和可扩展性,充分考虑兰溪电厂当前需求和未来应用扩展的需要。
- (3) 以业务需求为基础,规划系统建设,作到经济、高效,使整个系统的性能价格比最优。
- (4) 采用先进稳定及成熟的系统构架技术,充分保证系统未来新功能增加的扩展需求。

3.3 总体设计

兰溪发电厂生产规模大、装置分散、数据量极多,为了便于管理和维护,实时数据库系统采用分布式结构,即数据接口应分布式采集数据,实时和历史数据集中管理。在 SIS 中心机房设置两台实时数据库服务器及一台磁盘阵列作为数据库服务器,该服务器负责集成所有装置控制系统的生产数据,接口机通过网络与各控制系统相连,数据在离其最近的数据源上网,保证数据的实时性。实时数据库系统所处理的数据点(TAG)容量是可扩展的,数据的采集频率是可调的,这样对不同特性的数据可以采用不同的采集频率,以便获得最佳的信息量和达到系

统资源最合理地利用。实时数据库系统中工位号属性值的变化、工位号的增加、删除和修改，可以在线完成。厂长、总工、科室和车间管理人员通过实时数据库来了解现场装置的生产情况；在与局域网相连的每个用户的 PC 机上通过 B/S 方式来浏览服务器中的生产数据。在管理层每个办公室的电脑上看到的生产数据与 DCS 系统保持同步。实时数据库系统是一个可扩展的系统，今后新建装置都可以通过接口与系统相连。

根据现有网络环境和应用系统的现状，从逻辑上划分出了 I、II、III、IV 区，使得各区和上下级之间的访问有唯一的、明确的网络接口。在安全区 I、II 与安全区 III 之间部署了正、反向安全隔离装置，在路由器和交换机上采取了一定的访问控制措施。在 I、II 区之间与 III、IV 之间部署国产硬件防火墙，在纵向调度数据网部署纵向 IP 加密认证装置。在 I 区的 SIS 系统主交换上部署一套网络入侵检测系统，对 SIS 系统安全域之间和纵向上下级之间的访问进行严密的监测和控制。

安全区域规划完成后，将现有的业务系统按照安全要求重新部署到相应的安全区中。为配合电力系统专用单向网络安全隔离设备的部署，在 I 区 SIS 中设置有一台高可靠性的容错服务器作为实时数据库服务器，采用单向 TCP 的方式开发专用接口软件，与 IV 区实时数据库镜像服务器进行实时、历史数据同步。

本次厂级监控信息系统总体拓朴结构如图 3—1 示：

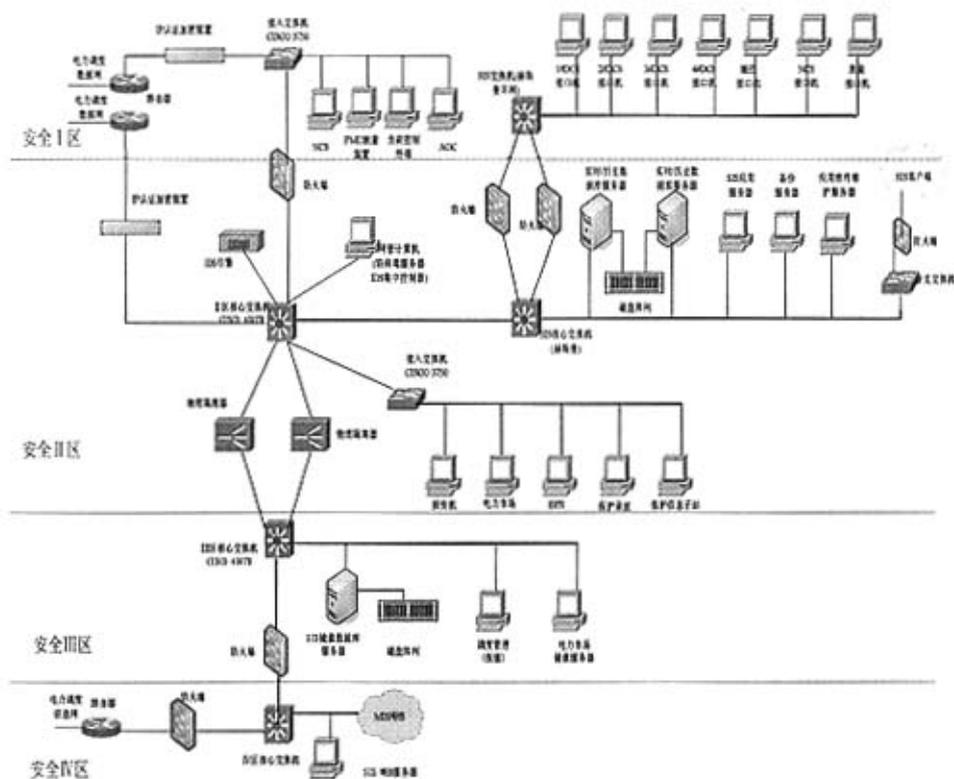


图 3-1 厂级监控信息系统拓扑结构

作为面向生产过程的厂级监控信息系统，与单元机组的 DCS 系统以及其它控制系统联网，以实现全厂生产过程信息共享，为全厂生产过程的运行和管理提供决策依据。完成全厂生产实时数据的采集和历史数据存储，厂级生产过程监视和管理，厂级性能计算和分析等基本功能，以及机组负荷优化分配、主机和主要辅机故障诊断、设备寿命计算和分析、主要设备状态(泄漏、磨损等)检测和计算分析等功能，并向 MIS 提供其所需的过程数据和计算、分析结果。

结合兰溪发电有限责任公司 4×600MW 燃煤机组的特点，本次兰溪电厂 SIS 应用功能设计如下：

- (1) 厂级生产过程监视和管理功能：采集全厂各生产过程控制系统，对全厂生产数据进行综合处理、统计分析，形成全厂生产报表和曲线。
- (2) 厂级/机组级的性能计算和分析应用功能。
- (3) 运行优化曲线和指导设备运行操作。

第四章 监控信息系统网络设计

4.1 网络需求分析

SIS 网络满足以下几方面的重点要求:

采用高速通信网络:保证大量生产实时信息高速无瓶颈的传输和交换,快速响应用户的各种应用要求。

主要设备和链路冗余设计:确保系统能够连续不间断为生产运行和优化管理服务。

确保现场控制系统的安全性和 SIS 本身的安全性:采取安全网通、防病毒软件、网关机等安全防护措施,隔离 SIS 与控制系统网络,隔离 SIS 与 MIS 及公众网络。

4.2 网络规划和配置原则

(1) 原则上 SIS 系统构建为独立的网络系统,必须通过接口设备与下层控制系统相连接,通过物理隔离设备或防火墙与外部网络连接,确保 SIS 系统和下层控制系统能够正常安全地工作,在数据共享基础上保证整体系统的安全。

(2) 网络架构必须与发电厂规划容量相适应,为系统的可靠使用和拓展提供保障。网络架构拟采用 IEEE802.x 标准,网络协议宜使用 TCP/IP,以减少不同网络连接带来的诸多不便和不可预料的问题。

(3) 网络主干通讯负荷率必须 $\leq 40\%$,数据库服务器、计算机功能站 CPU 平均负荷率必须 $\leq 40\%$ 。

(4) 数据库服务器与核心交换机主干网络的通讯速率必须 $\geq 1000\text{Mbps}$;计算机功能站及其它节点计算机终端的通讯速率 $\geq 100\text{Mbps}$;接口设备与 SIS 系统的通讯速率 $\geq 100\text{Mbps}$,与下层控制网络接口的通讯速率依据下层控制网络具体情况而定,但不得小于下层控制网络的通讯速率。

(5) 网络架构应采用集中和分布相结合的设计。数据库服务器、核心交换机、计算功能站定位于主干网络,以路由交换机制与系统内其它计算机进行数据交换。

(6) 主干网络、数据库服务器以及核心交换机设备拟采用冗余配置,具有

故障在线自动切换功能。对总容量低于 300MW 的火电厂也可以不采用冗余配置的方式。

(7) 遵循多种开放协议, 采用 C/S 或 B/S 开放性体系架构, 使用标准的数据访问和接口规范, 具有良好的可扩展性。

(8) 能够提供远程服务接口和远程访问系统的能力。

(9) 系统内所有设备应有一个统一的时间标准, 所有设备应定期与该时间标准进行同步, 在条件具备时, 该时间标准也应成为下层控制系统以及 MIS 系统的同步时间标准。

4.3 网络设计原则

根据以上需求, SIS 网络应建设成为一个高性能、安全、可靠, 易扩充、管理和使用的网络系统。

实用性与先进性:

当前网络技术发展迅速, 新的设备不断涌现并趋于成熟, 在满足实用性的基础上, 起点要高, 尽量选用先进的网络技术及通信设施, 将计算机网络应用的技术水平定位在一个较高的层次上, 以适应今后发展的需要。充分考虑网络构架及硬件的先进性, 选用的硬件基本上以业界技术的领先厂商 IBM、赫斯曼的产品为主, 充分保证兰溪电厂对设备、技术的高要求。在网络的设计中, 首先考虑了实用性、易用性和强大的技术支持。在这方面, IBM、赫斯曼、Cisco 这些业界顶级厂商及产品是最佳的选择。

开放性与标准化:

在总体设计中, 采用开放式的体系结构, 使网络易于扩充, 相对独立的分系统易于进行组合调整。在业务扩展需要时, 系统可以不作修改或仅作少量修改就能满足新业务的需求, 充分保证厂方的投资。

可靠性与安全性:

系统安全可靠运行是整个系统建设的基础。特别 SIS 要求网络系统有更高的可靠性, 各级网络应具有网络监督和管理能力, 要适当考虑关键设备和线路的冗余, 能进行在线修复、更换和扩充, 确保系统的正确性、数据传输的正确性以及为防止异常情况所必须的保护性设施。

确保安全第一的原则: 由于 SIS 系统要通过接口设备与现场控制系统相连,

必须确保控制网络和系统安全可靠,保证 SIS 数据向本系统数据单向传输的前提下,实现 SIS 系统、MIS 系统互联和信息共享。

经济性与可扩充性:

网络的建设也要从经济性着眼,在完成系统目标的基础上,力争用最少的投入取得最大成效;同样网络的建设应能够随着企业的发展而扩展。

4.4 网络结构

兰溪发电有限责任公司 4×600MW 燃煤机组工程 SIS 系统网络结构如图 4-1 所示,现将用到的主要设备作一简要介绍。

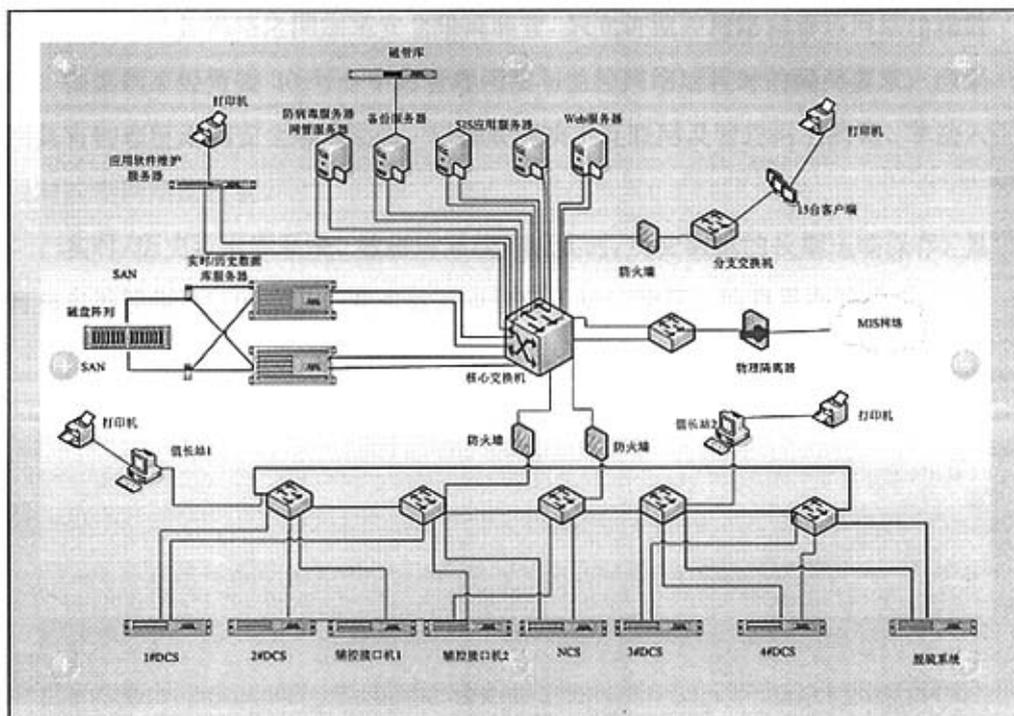


图 4-1 SIS 系统网络结构

接口机。从 DCS、PLC 等数据源中采集数据,并按一定时间间隔采用单向数据传输方式写入到数据库中。它是生产控制网络与监控网络的网关与接口,具有数据传输与隔离作用,还可以实现数据压缩传送、数据缓冲等功能。

SIS 数据库服务器。运行实时/历史数据库管理系统,以压缩方式长期保存机组运行数据与运算结果,与功能站、客户端及相应软件相配合,实现数据检索、计算、分析、报表等功能。

SIS 网络。连接监控系统服务器、接口机、功能站等的计算机网络,包括网

网络交换机、通讯光缆或通讯电缆等设备。网络采用冗余方式，以保证系统的可靠运行。

功能站。包括计算站、网络维护站等。计算站从 SIS 服务器中获取机组或全厂实时/历史数据，运行相应的计算、分析、诊断软件，将运算结果回写数据库或通过客户端显示出来。网络维护站具有网络管理与病毒检测功能。

客户端。从数据库服务器获得机组或全厂实时/历史数据及计算站的运算结果，以图形、列表、打印等方式予以显示，并具有数据检索功能。

隔离装置。为了保护控制系统(DCS、PLC 等)及监控系统的安全可靠性，在管理网络与监控网络之间加装安全隔离装置，只允许监控网络向管理网络传输数据。根据国家经贸委 30 号令中对管理网络与监控网络连接时的隔离要求，应采用具有物理链路的安全隔离装置，以彻底解决了互联网及管理网上病毒、非法入侵对控制网络的侵害。

实时/历史数据库系统。数据库系统实现实时/历史数据的长期压缩保存，具有与多种控制系统的接口，具有数据点管理、接口管理、信息发布等功能。

第五章 监控信息系统数据库设计

5.1 SIS 中实时/历史数据库功能要求

实时/历史数据库系统是支持实时事务、实时并发控制、实时任务调度及历史数据存储与查询的数据库系统。

由于生产过程数据量大,并且带有时标,因此不适宜采用常规的关系性数据库存储,而实时/历史数据库系统是解决这一类数据存储问题的理想方案。实时/历史数据的存储容量和存储效率直接关系到下层数据采集的数采范围和采集精度。

SIS 中的实时/历史数据库具有以下功能特点:

(1) 实时/历史数据库应以企业生产过程数据为集成对象,采集全部生产过程控制系统的实时数据,手工输入数据、手持设备数据或者其它信息系统的数据,形成信息完整的生产过程实时/历史数据库,并实现全厂范围内的数据库资源共享。

(2) 数据库标签采用统一编码。

(3) 根据应用需求设置各数据标签的采样频率、数据精度、安全等级等参数;压缩数据的数据精度和压缩比应按照应用要求进行不同的设置。

(4) 对发电参数以及对二次计算结果有较大影响的过程参数,无论是实时数据还是历史数据都不进行数据压缩,以保证计算结果的准确性以及对生产过程实施指导的有效性

(5) 为确保分布数据源的数据时间戳的一致性,采用统一的 GPS 时钟。

(6) 提供数据库在线维护功能,包括基于浏览器进行数据库维护的管理方式;对不能自动采集的数据,提供手动输入,设置管理权限,保证对自动采集的数据不能进行任何修改。

(7) 能够使用 SQL 查询工具查询服务器信息、数据标签属性以及实时/历史数据库数据、二次计算数据和统计数据等。

(8) 具备实时信息统计分析和查询功能,能够进行实时画面的组态和编辑;实现与 DCS, 辅控网、TDM 系统、电网调度系统的数据通讯。

常见的实时/历史数据库系统有:PI, iHistoran, Industrial SQL Server, eDNA 等。

5.2 数据压缩原理

SIS 中需要采集存储的过程数据很多, 兰溪电厂 $4 \times 600\text{MW}$ 机组约有 90000 个标签数据点, 这些数据都处于不断变化之中。若以秒级保存数据, 随着运行时间的增加, 将占据巨大的存储空间, 给数据的长期保存及检索带来不便。例如, 对于一个有 10000 测点、刷新率为 1/秒的应用: 每天有 $10000 \times 86400 = 864000000$ 个事件; 每年有 315000000000 个事件。传统的关系型数据库难以达到要求, 需要一个新的数据库——实时/历史数据库。

实时/历史数据库中广泛采用压缩算法来对数据进行保存。通过数据压缩, 可以将保存的数据量减少到原始数据量的几分之一, 从而大大提高存储与检索效率。

事件从快照(最新事件)中送出后, 根据规定的压缩条件对其进行判定, 看其是否属于重要事件。如果是, 就将其送入, 如果不是, 就将其去掉, 这一过程就叫压缩。

压缩条件的作用方式与例外条件相同。与例外报告一样, 压缩也相当于一个过滤器, 不同之处在于例外条件决定哪一个事件应送入数据库, 而压缩条件则决定已进入数据库的哪一个事件应当被送入档案。

针对具体数据采取的压缩技术及其指标有: 有损压缩、无损压缩、时间压缩、模拟量压缩、开关量压缩、压缩量估计等。以下将对实时/历史数据库用到的死区压缩及矢量压缩方法介绍如下:

(1) 死区压缩

采集死区压缩是指在接口站端, 采集器将所采集的过程数据根据预定义的死区过滤后发送给数据库管理系统。如果该死区定义为 0, 则表示如果该标签的当前值与前一个值不同, 就把当前值发送给数据库, 如果完全一致的化, 该值被过滤掉, 因此死区为 0 时相当于无损压缩。

(2) 矢量压缩

基于变化的矢量压缩原理如下图所示:

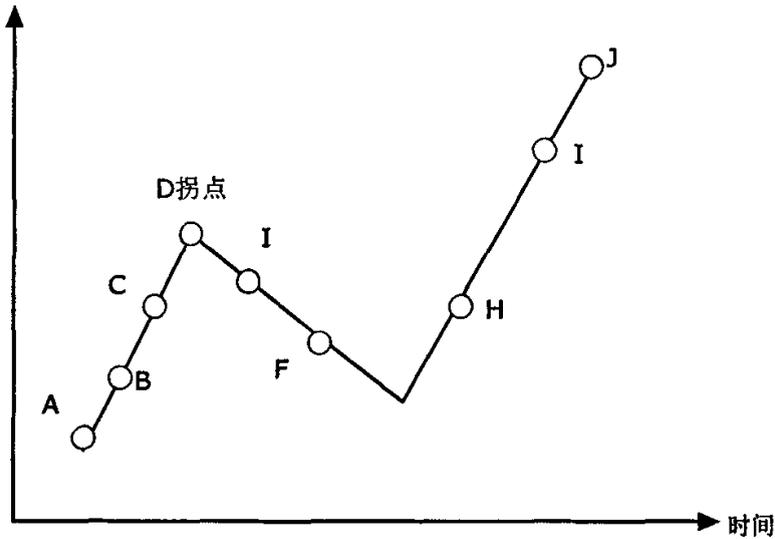


图 5-1 矢量压缩原理

数据库管理系统判断来自于采集器的数据,如果数据点 C 落在 A 和 B 点的直线上或者在斜率的变化死区范围内,则 B 点数据不被记录到数据文件,在采集到 E 点数据时,直线 DE 的斜率相对于 CD 斜率的变化已经超过了死区的限制,所以 D 点数据被记录到数据文件。同理 G 点数据被记录到数据文件。图中 B, C, E, F, H, I 点的数据都被压缩处理而没有记录,但是通过插值的算法可以回取到这部分数据。

在基于变化率的矢量压缩中,斜率的变化率是可以由用户针对不同的 1/0 点的具体情况单独定义的。如果定义为 0%,意味着过程数据一旦原有斜率将被记录,此时数据的存储是无损的。iHistorian 的归档存储压缩就是基于上述原理的一种压缩方法。

5.3 实时/历史数据库 iHistorian

iHistorian 是一个功能强大的厂级实时历史数据库平台。它高速地采集归档和发布全厂级海量过程实时数据。iHistorian 是 GE Intellution Dynamics 家族产品,它代表了企业实施历史数据库的一个新的境界,有突出的高效性、易用性和开放性。每个服务器均可在不牺牲性能的前提下完成对 250,000 个数据点的实时历史采集和回取。iHistorian 建立在有庞大的 HMI/SCADA 安装基础之上,拥有非常强大的数据接口能力。是当今世界上性能极高的自动化软件解决方案。

iHistorian 可完全整合其它 Intellution Dynamics 的解决方案, 包括 iFIX、HMI/SCADA 过程监视及控制软件, 还有设备及生产线停机管理专家系统 iDowntime。使用者可在 iHistorian 的平台上发展智能型工厂, 以改良并整合现场操作, 并优化供应链系统, 完成现场数据向生产信息到管理决策的转换。

iHistorian 系统的特点:

▶ 可采集无限数据点

每一台 iHistorian 服务器都能在不牺牲效能上采集 250,000 不同的数据点。要采集新增的点, 只要简单的加一台服务器在应用里即可。

▶ 毫秒级的数据采集速率

iHistorian 支持毫秒级的数据采集速度, 让同时采集数以万计的数据变为可能, 而且透过高效率的压缩方式, iHistorian 也可将储存的数据只占据磁盘极小空间, 经由每秒 20,000 事件的储存及取回速率, iHistorian 在采集及储存信息上可传送极佳的效能。

▶ 强力的数据压缩

iHistorian 在不影响性能的情况下, 每台服务器仍可采集 250,000 个数据点, 而且依然在最小的档案范围提供极佳的数据取回性能。因为它具有这些强有力的压缩能力以最小化负载及储存空间的需求。

▶ 容错架构

iHistorian 利用存储并转发 “store and forward” 及自动连接、联机备份、缓存采集器组态, 当数据源与数据服务器之间连接网络中断或故障的时候, iHistorian 的数据采集器允许设置缓存和硬盘空间暂存数据, 待连接或故障恢复时数据自动恢复到 iHistorian 数据服务器中, 以确保生产数据流入历史数据库不会中断。

▶ C / S 服务器结构和 B / S 信息发布相结合的先进系统架构

iHistorian 的数据库服务器支持 C / S 的数据库架构, 网络中可以同时用多台实时历史数据库分别采集实时历史数据, 多数据库服务器在整个网络中仅节点名区分, 系统的扩展和维护非常方便。信息发布采用 Proficy Realtime information Portal, 该信息发布采用 B / S 网络架构。

➤ 开放式的档案存取

IHistorian 历史数据平台的无穷的价值不仅在于他所采集的数据值，他还可以提供多种方式存取访问及查看。通过多种多样的编程或是自定义的点，用户可以从根本上完成对历史数据档案的分析。使用者可以通过 iFIX，通过 ODBC（使用 iFIX ODBC 驱动程序）或是从 Excel Add-in 来存取 IHistorian 的数据。IHistorian 可以从任何有安装微软浏览器 v5.5 的计算机可或是在同一网络安装窗口管理者的任何一台机器来组态及维护服务器。

➤ 真正瘦(Thin)客户端的管理

IHistorian 特殊强健的 web-based 管理工具使得组态与管理应用非常容易，不论是在工厂的任何位置，任何人只要有的相应的安全许可就可经由网际网络存取 IHistorian 服务器 URL。经由 IHistorian 的基于受客户端的管理选项，您可建立并管理历史，激活/停止收集器、组态点，监视主要状态及性能指示、警报及讯息。

➤ 与电厂其它系统的整合能力

IHistorian 的分析应用工具 R I T P 不但能提供与 S I S 的分析应用，还提供与 M I S，E R P 等管理系统的无缝连接能力，使得电厂各系统的整合更加容易。

➤ 与 iFIX 完全集成

IHistorian 的构造支持丰富的客户端可视化选项，其中包含了 iFIX 自动化软件。从 iFIX Workspace 可直接存取 IHistorian 的数据。经由标准的 iFIX 图形对象，您不但可以图形显示及分析来自多个 IHistorian 服务器的数据，而且可以混合不同范围及时区的数据在同一图上。强有力的 iFIX Client 内含 VBA，可直接调用 IHistorian COM-based 的 API 接口取回数据来显示并且可画出基于时间的图形。

➤ Excel Add-in 插件

IHistorian 提供简单容易使用的 Excel Add-in 接口，以取回数据产生报表等。使用 Excel Add-in 您可查询目前、原始、抽样、过滤或是计算过的数据。Add-in 也可以归档 IHistorian、采集器消息及点的文件。Excel 也是用来导入过程数据或是历史数据的极佳的工具，同时也可以输出数据到其它的应用。

➤ 专为 21 CFR Part 11 而设计

IHistorian 是 Intellution 专为 " Designed for 21CFR Part 11 " 创新的产品之一。它包含一大群关于保持电子记录和数字签名的功能，符合 FDA 的 21 CFR Part 11 法规。发展兼容于 21CFR Part 11 的解决方案，主要考虑由 FDA 制订的制造法规。利用功能丰富的工具，用户可以授权检查、查核线索及追踪修改值与报表。对于积极遵守电子记录和数字签名的相关法规的符合法规的生产者在保持电子记录的解决方案上，IHistorian 乃扮演重要的角色。

➤ 简单的组态

IHistorian 通过自动发现及整批组态数据点，可简化建立及组态数据点。从数据源的位置：IHistorian 采集器透过预先设定的过滤器可浏览数据服务器名字位置，透过数据名字及其组态也可自动地建立 IHistorian 的点。此方法可组态大量的点，而不会有任何数据输入的错误发生。

➤ 数据回取

传统历史数据之收集、建文件及取回时间系列数据都是以模拟过程数据为主。IHistorian 更进一步采用支持大范围的简易及复杂的数据型式，包含字符串及 BLOBS (Binary Large Objects)。IHistorian 也可以利用索引数据点引入关系数据到厂级历史数据管理平台。IHistorian 可以直接取回目前值，原始值及计算总值，包含平均、最大、最小、标准偏差、计数最小时间及最大时间。

5.4 兰溪电厂 iHistorian 系统的典型配置

兰溪电厂 4×600MW 燃煤机组工程 SIS 系统选用 iHistorian 实时/历史数据库系统，典型配置如下：

表 5-1 iHistorian 数据库配置

序号	产品	数量
1	Proficy Historian Enterprise Edition 150000 Points	2
2	Proficy Historian Enterprise Edition 5 Application Client Access Licenses	2
3	Proficy Real-Time Information Portal Enterprise Edition 30 Users	1
4	Proficy Real-Time Information Portal Enterprise Edition External Connectors	1
5	iFIX OPC Tool Kit Ver 7.20 NT CD	1

第六章 监控信息系统应用功能设计

针对电厂目前综合自动化生产运行的需求和电力市场化的运行模式,研究和开发电厂 SIS 系统,对于整合底层“自动化孤岛”现状和填补过程控制系统与管理信息系统之间的“信息鸿沟”起着关键作用。为了确保电厂安全、经济的运行,软件包的开发应包括:生产过程信息监测和统计、性能计算和优化、经济性分析和优化、设备寿命监测和管理、设备状态监测和故障诊断、厂级运行优化调度等六个功能子系统,子系统的开发可以单独进行,但是子系统之间应该能够进行实时的信息交互。为了适合更多的电厂生产需求,能够开发出适合二次开发的组态软件,必将大大减少重复性的工作,对于推进电厂的优化运行和信息化的进程必将起着重要作用。

因此,基于电厂 SIS 平台的实时生产数据和历史数据,研究和开发采用神经网络、遗传算法和人工智能等优化算法来实现全厂机组负荷优化调度软件包和机组的故障诊断、性能分析软件包等,对于确保电厂的安全、经济和可靠的运行,达到节能降耗的目标有着重要的作用,同时也有助于推进“厂网分开、竞价上网”的电力市场运行模式的进一步发展。

6.1 厂级生产过程监视和管理

生产过程信息采集、处理和监视是 SIS 应用的基本功能,通过采集全厂各生产过程控制系统实时信息,对全厂生产数据进行综合处理、统计分析,形成全厂生产报表和曲线,使用户可以在各终端上对各生产流程进行统一的监视和查询,实现生产数据信息的共享。可以对全厂生产状况进行实时监视,通过生产模拟图、趋势图、棒状图和参数分类表等多种监视方式实时显示各单元机组及辅助车间的主要运行参数和设备状态。能对全厂生产数据进行综合处理、统计分析,按买方要求,形成全厂生产报表和曲线,并能监视、查询和打印,实现值际或班组之间的小指标竞赛,实时信息可以 C/S 或 B/S 方式发布。

6.1.1 基本功能

(1) 通过采集电厂各生产过程控制系统,输煤辅助系统控制网络,辅助公共控制系统,除灰辅助系统控制网络,电气网络监控系统(SCADA),电网远程

发送单元 (RTU), 电能计量系统及老厂单元机组 DAS 信息等的实时生产数据, 对各生产流程进行统一的监视和查询。对生产数据进行综合处理以形成全厂生产报表和生产成本, 并根据现有各机组的运行工况对电网的负荷要求进行经济负荷分配, 同时对当前机组运行状况进行综合的经济评估, 从而形成改善运行措施的操作指导并反馈到各机组的 DCS 进行优化运行建立全厂实时数据库, 以满足 MIS 或生产管理部门快速、高效地对过程收据进行采集、查询和处理的要求

(2) 正确组态生产工艺流程的监视画面, 监视画面能够突出反映出各功能特点; 正确显示生产过程数据、设备状态、报警状态、经济指标、运行指导等信息; 能够以趋势图、棒状图、相关参数组等多种形式进行画面显示; 相关参数显示画面能够显示实时值, 在定义时段内的最大值、最小值以及平均值; 画面布局合理美观。

(3) 在操作指导的监视画面上, 应该同时显示相关的实时工况和指导信息, 指导信息必须直观、清晰, 对容易引起安全问题的操作指导信息应给出醒目的提示; 在性能试验的监视画面上要组织好各项性能试验项目的条件界面; 给操作人员提供必要的在线帮助信息; 必须对人工输入内容的合法性进行判断, 并采取有效措施防止非正常输入情况下的死机和程序失控现象。

(4) 模拟图及单画面动态数据量能满足监视要求, 实时数据刷新周期不超过 5 秒, 画面刷新周期不超过 5 秒。画面支持符合国标的汉字编码。其色标必须符合生产工艺流程常规要求。

(5) 系统具有形成整个企业所需要的各类报表的能力, 按照企业规划生成企业所需要的各类报表, 例如, 时报表、值报表、日报表、月报表、年报表、小指标竞赛报表等。具体的报表应按照实时性以及企业管理分工要求分别由 DCS, SIS, MIS 完成。能够支持在线图表软件 Microsoft Excel 等, 以便实现报表的拓展功能。

(6) 系统具有报表打印输出、画面和趋势曲线等显示画面硬拷贝功能。用户操作界面友好。

6.2.2 生产流程监控

远程监视模块针对运行操作、生产管理及设备管理人员的不同要求, 提供多种完善、灵活的显示方式, 对生产过程进行有效的监控, 指导相关人员完成生产

过程、系统或设备分析，更好地进行操作调整与管理决策。

主要功能包括：

数值显示方式。画面上数值实时更新并根据该点状态显示不同颜色，指示正常、坏质量、报警等。数值前景、背景颜色可组态修改。用户可方便地添加、删除、修改画面上所显示的变量。

数据浏览显示方式。以表格形式分类浏览指定点的数值。分类方式包括模拟量点、开关量点、正常点、故障点、报警点等，也可以按照关键字段检索，如按标签、按说明、按工程单位等。

趋势显示方式。显示多个参数随时间的变化趋势，趋势时段长短、各点的显示上下限、曲线形状及颜色均可在线修改。能够将趋势显示内容直接转化为 Excel 电子表格保存。

X-Y 图显示方式。任意指定数据点绘制 X-Y 图，协助分析阀门特性等。

棒图显示方式。将数值转化为颜色可组态的棒图，便于参数对比。还包括仪表指针显示方式、饼图显示方式等。

当系统或过程产生报警时，可指定自动弹出相应画面。

机组运行数据及状态的实时显示。监控网络上每个客户端都可以了解生产过程运行现状，显示方式包括流程图、棒图、趋势图、参数列表等。

过程参数、设备状态变化提示功能。

从客户端上显示历史数据列表及趋势，方便对机组历史的分析、比较与追忆。

DCS/PLC 网络及控制设备状态监控。

方便的图形组态功能。用户可以在客户端上组态生成新的流程图、趋势图画面，以满足不同使用者的需要。

多个画面可同时显示；系统可存储的画面数不受限制。

图形、曲线及数据打印功能。

强大的图形组态图形库，方便生成各种内容丰富、界面友好的图形画面。

历史趋势模块从数据库系统获取实时及历史数据，可以根据标签号、标签描述等进行精确查询（模糊查询）实现方便快捷的参数趋势调用，还具有参数的历史回放、参数曲线生成比较、多种趋势显示方式等功能。

主要功能包括：

- 方便的显示选项：历史时间段、曲线颜色等。
- 提供单屏 16 条历史趋势的回放。
- 曲线显示通过鼠标可以方便地对指定显示区域进行任意缩放。
- 提供分辨率为毫秒级的数据显示功能
- 可以进行双重坐标轴比较，X-Y 图绘制等。
- 可以根据需要将数据输出到 Excel，进行各种运算。

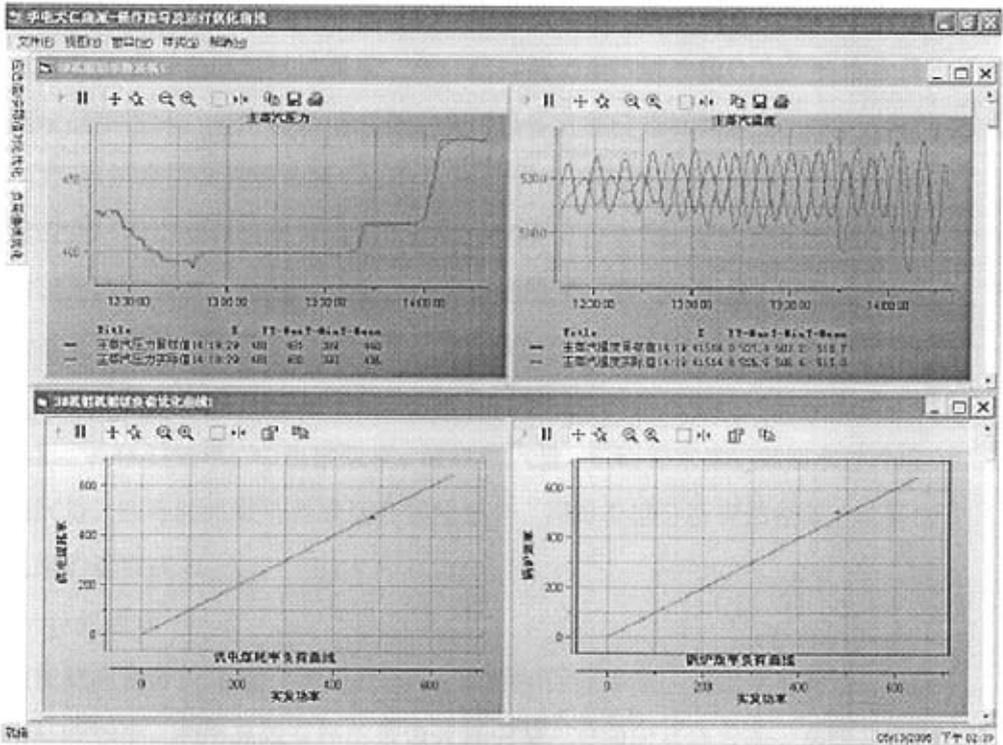


图 6-1 操作指导画面

6.2 性能计算

SIS 提供的机组性能计算软件，利用各机组性能计算结果完成厂级性能计算功能，性能计算遵守 ASME “电厂试验规定”，并将计算结果用于经济指标分析。

6.2.1 基本功能

(1) 机组级性能计算和分析

机组级性能计算和分析的项目主要包括：锅炉效率、汽轮机热耗率、高压

缸效率、中压缸效率、主汽压力、主汽温度、再热汽温度、再热汽压力、再热器压损、锅炉排烟温度、烟气含氧量、飞灰含碳量、驱动给水泵汽轮机的用汽量、厂用电率、凝汽器真空、凝结水过冷度、最终给水温度、各加热器端差、过热器减温水流量、再热器减温水流量、燃料发热量、辅汽用汽量、机组补水率、轴封漏汽量等。

(2) 厂级性能计算和分析

厂级性能计算和分析的项目主要包括：全厂运行性能因子、全厂运行成本、全厂供电煤耗率、全厂发电煤耗率、全厂供电量、全厂发电量、全厂厂用电率、发电机电压品质、全厂发电机氢压、全厂燃料量、全厂燃油量、全厂补给水量、全厂汽水品质指标、全厂辅助用汽量、全厂设备可靠性指标等。

(3) 机组经济性指标分析

机组经济性指标分析项目包括可控耗差和不可控耗差。可控耗差包括：主蒸汽压力、主蒸汽温度、再热汽温度、锅炉排烟温度、烟气含氧量、飞灰含碳量、驱动给水泵汽轮机用汽量、厂用电率、凝汽器真空、最终给水温度、各加热器端差、过热器减温水流量、再热器减温水流量。不可控耗差包括：再热器压损、燃料发热量、高压缸效率、中压缸效率、辅汽用汽量、机组补水率、凝结水过冷度、轴封漏汽量。应将耗差量折合成运行费用损失，同时根据分析评估结果，计算出每台机组的运行成本。

6.2.2 计算原理

性能监测和分析功能的依据是ASME、国标和行标等电厂性能计算标准，本设计采用ASME标准。利用高效有序的数值计算引擎，对面向具体设备、系统、机组搭建的性能数学模型模块进行在线计算，量化其各项性能参数，从而达到性能监测的目的，并且提供相应手段对机组进行性能优化。

● 经济性指标计算原理

性能计算是SIS的基本功能。包括机组级和厂级性能计算。

□ 机组级性能计算功能主要包括：

- 1) 锅炉性能（锅炉热效率及各项热损失，锅炉入炉煤消耗量等）
- 2) 空气预热器性能（漏风率、烟气侧和空气侧效率等）
- 3) 汽轮机性能（热耗率、汽耗率、循环热效率、高、中、低压缸效率

等)

- 4) 加热器性能 (加热器上端差、下端差、给水温升、抽汽效率等)
- 5) 凝汽器性能 (凝汽器负荷、凝汽器端差、凝结水过冷度等)
- 6) 辅机性能 (主要辅机及系统单耗、电耗率等)
- 7) 机组性能 (发、供电煤耗、厂用电率、化学补水率、运行性能系数或能损考核系数、燃煤成本、发电成本、供电成本等)

□ 厂级性能计算功能主要包括: 全厂运行性能因子、全厂生产运行成本、全厂平均供电煤耗率、全厂平均发电煤耗率、全厂供电量、全厂平均厂用电率、发电机电压品质、发电机氢压、生产发电量、燃料量、燃油量、生产补给水量、生产汽水品质指标、生产辅助用汽量、环境保护硫和氮的在线监测、入炉煤的煤质指标监测、生产设备可靠性指标等。兰溪电厂性能计算画面之一见图6-2。

下面介绍性能计算模型。

● 机组性能计算原理

A. 锅炉

锅炉效率、排烟损失、机械未完成燃烧损失。

1) 机械未完成燃烧未完成损失 q_4

$$q_4 = \frac{337.27 \times A^y}{Q_r} \times \left[\frac{0.9 \times C_{fb}}{100 - C_{fb}} + \frac{0.1 \times C_{lz}}{100 - C_{lz}} \right] \quad (6-1)$$

其中: A^y ——燃料应用基灰分, %

C_{fb} ——飞灰可燃物, %

C_{lz} ——炉渣含碳量, %

Q_r ——输入热量, kJ/kg

2) 烟损失 q_2

$$q_2 = \frac{(K_1 + K_2 + \alpha_{py}) \times (t_{py} - t_{sf})}{100} \quad (6-2)$$

其中: α_{py} ——排烟空气过剩系数, %

t_{py} ——排烟温度, $^{\circ}C$

t_{sf} ——送风温度, $^{\circ}C$

K_1, K_2 ——和煤种有关的系数

3) 散热损失 q_5

$$q_5 = \frac{q_5^e \times D^e}{D} \quad (6-3)$$

其中: q_5^e ——额定蒸发量下的散热损失, %

D^e ——锅炉的额定蒸发量, t/h

D ——锅炉的实际蒸发量, t/h

4) 锅炉效率

对大容量燃煤锅炉, 可燃气体为完全燃烧热损失所占的比例很小, 往往忽略不计, 同时忽略排出石子煤的热损失, 在本次计算中取为 0.5。

$$\eta = 1 - q_2 - q_4 - q_5 \quad (6-4)$$

其中: η ——锅炉效率, %

5) 漏风系数与空气漏风率

$$\alpha_{\text{进}} = \frac{21}{21 - O_{2\text{进}}} \quad (6-5)$$

$$\alpha_{\text{出}} = \frac{21}{21 - O_{2\text{出}}} \quad (6-6)$$

$$A_L = \frac{90 \times (\alpha_{\text{出}} - \alpha_{\text{进}})}{\alpha_{\text{进}}} \quad (6-7)$$

其中: $\alpha_{\text{进}}$ ——烟道进口处烟气过量空气系数, %

$\alpha_{\text{出}}$ ——烟道出口处烟气过量空气系数, %

A_L ——空气预热器漏风系数, %

6) 磨煤机磨煤单耗, 风机电耗

$$E_{mi} = \frac{P_{mi}}{B_{mi}} \quad (6-8)$$

其中: E_{mi} ——单台磨煤机电耗, kW

P_{mi} ——单台磨煤机功率, kW

B_{mi} ——单台磨煤机出力, t/h

$$E_f = \frac{P_f}{D} \quad (6-9)$$

其中: E_f ——风机电耗, kW

P_f ——送引风机功率, kW

D ——锅炉主蒸汽流量, t/h

B. 汽轮机

7) 高压缸效率

$$\eta_{HP} = \frac{I_{ms} - I_{hpex}}{I_{ms} - I_{ms0}} \quad (6-10)$$

其中: η_{HP} ——高压缸效率, %

I_{ms} ——主蒸汽焓, kJ/kg

I_{hpex} ——高压缸排汽焓, kJ/kg

I_{ms0} ——主蒸汽等熵焓, kJ/kg

8) 中压缸效率

$$\eta_{IP} = \frac{I_{hrh} - I_{ipex}}{I_{hrh} - I_{hrh0}} \quad (6-11)$$

其中: η_{IP} ——中压缸效率, %

I_{hrh} ——再热蒸汽焓, kJ/kg

I_{ipex} ——中压缸排汽焓, kJ/kg

I_{hrh0} ——再热蒸汽等熵焓, kJ/kg

9) 低压缸效率

$$\eta_{LP} = f(D_k, G_{\text{轴封}i}) \quad (6-12)$$

其中: η_{LP} ——低压缸效率, %

D_k ——低压缸排汽流量, t/h

$G_{\text{轴封}i}$ ——汽轮机各段轴封流量, t/h

10) 热耗率

$$HR = \frac{G_{ms} \times I_{ms} + G_{hrh} \times I_{hrh} - G_{fw} \times I_{fw} - G_{hpex} \times I_{hpex} - G_{shspr} \times I_{shspr} - G_{rkspr} \times I_{shspr}}{N}$$

其中: HR ——热耗率, kJ/kg (6-13)

- G_{ms} ——主蒸汽流量, t/h
 G_{hrh} ——再热蒸汽流量, t/h
 G_{hpx} ——高压缸排汽流量, t/h
 G_{fw} ——给水流量, t/h
 G_{shpr} ——过热减温水流量, t/h
 G_{rhpr} ——再热减温水流量, t/h
 I_{ms} ——主蒸汽焓, kJ/kg
 I_{hrh} ——再热蒸汽焓, kJ/kg
 I_{hpx} ——高压缸排汽焓, kJ/kg
 I_{fw} ——给水焓, kJ/kg
 I_{shpr} ——过热减温水焓, kJ/kg
 I_{rhpr} ——再热减温水焓, kJ/kg

C. 机组

11) 厂用电率

$$\xi_{sp} = \frac{N_{sp}}{N} \quad (6-14)$$

其中: ξ_{sp} ——厂用电率, %

N_{sp} ——厂用电量, MW

N ——发电机输出功率, MW

12) 发电煤耗率, 供热煤耗率

$$b = \frac{HR}{29.308 \times \eta_b \times \eta_p} \quad (6-15)$$

其中: b ——发电煤耗率, g/kWh

HR ——热耗率, kJ/kg

η_b ——锅炉效率, %

η_p ——管道效率, %

13) 供电煤耗率

$$b^n = \frac{HR}{29.308 \times \eta_b \times \eta_p \times (1 - \xi_{sp})} \quad (6-16)$$

其中： b^s ——供电煤耗率， g/kWh

HR——热耗率， kJ/kg

η_b ——锅炉效率，%

η_p ——管道效率，%

ξ_{av} ——厂用电率，%

● 厂级性能计算原理

14) 全厂运行性能因子

机组运行性能因子是指机组基准运行煤耗率与实际运行煤耗率之比，该数值越接近 1，表明机组运行水平越高；全厂运行性能因子为每台机组运行性能系数与负荷加权平均值。

15) 全厂运行成本

全厂运行成本为投资成本折旧费+折旧利息+其它固定费用+可变费用(材料、能源成本)与供电量的比值。

16) 全厂平均供电煤耗率、全厂平均发电煤耗率、全厂平均供热煤耗率

全厂平均供电煤耗率、全厂平均发电煤耗率的计算方法为各台机组供电煤耗率和发电煤耗率的负荷加权平均值。

17) 其它运行指标的计算方法

全厂供电量、全厂平均厂用电率、发电机电压品质、发电机氢压、全厂发电量，全厂燃料量、全厂燃油量、全厂补水量、生产汽水品质指标、全厂辅助用汽量、环境保护硫和氮的在线监测、入炉煤的煤质指标监测、生产设备可靠性指标等其它运行指标的计算方法可以根据实际要求进行计算。



图6-2 性能计算画面之一

6.3 能损分析

能损分析是热力系统经济分析与指导的核心。目前我国绝大部分耗差分析系统均采用等效焓降法，是苏联学者库兹涅佐夫于六十年代提出的一种定流量计算方法。该方法在机组负荷及汽轮机初终参数不变的情况下可以对系统结构及辅助设备定量能损分析，虽然属于静态系统分析法，但其可以直接分析计算系统局部改变即小扰动对热经济性的影响，有利于定量查找系统的能损分布及系统的局部改造。但是，负荷变化必然引起通流参数的变化，当负荷变化较大时不能或只能近似使用等效焓降法。

我国经过十余年的深入研究，用系统的观点，从系统的本质出发，揭示了热力系统拓扑结构与数学结构间的一一对应的客观规律，提出了一整套全新的分析方法——热力系统拓扑结构矩阵分析法。

概况起来，该方法主要包括热力系统完整的汽水状态分布方程的建立、汽轮机排汽焓的在线计算、顺序扰动解除法实现能损分布的准确确定等几方面。

模型简介：

(1) 机组汽水分布方程

整个机组的汽水分布是由系统的热力学状态参数（温度、压力）和相对独立的小汽水流量的确定。

记第 i 级抽汽量为 D_i 、抽汽比焓为 h_i 、第 i 号加热器出口水比焓为 h_{wi} 、疏水比焓为 h_{di} 。为叙述方便、结果简洁还定义了以下术语：

抽汽放热量

$$\text{对于疏水自流面式加热器 } q_f = h_i - h_{di}$$

$$\text{对于汇集式加热器 } q_f = h_i - h_{w(i+1)}$$

疏水放热量

$$\text{对于疏水自流面式加热器 } Y_i = h_{d(i-1)} - h_{di}$$

$$\text{对于汇集式加热器 } Y_i = h_{d(i-1)} - h_{w(i+1)}$$

给水比焓升 $\tau_i = h_{wi} - h_{w(i+1)}$

给水泵焓升（指泵出口水和进口水的比焓差） τ_p

发电机组热力系统汽水分布的矩阵方程如下：

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ \gamma_2 & q_2 \\ \gamma_3 & \gamma_3 & q_3 \\ \gamma_4 & \gamma_4 & \gamma_4 & q_4 \\ \tau_5 & \tau_5 & \tau_5 & \tau_5 & q_5 \\ \tau_6 & \tau_6 & \tau_6 & \tau_6 & \gamma_6 & q_6 \\ \tau_7 & \tau_7 & \tau_7 & \tau_7 & \gamma_7 & \gamma_7 & q_7 \\ \tau_8 & \tau_8 & \tau_8 & \tau_8 & \gamma_8 & \gamma_8 & \gamma_8 & q_8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 + D_f + D_A - D_H \\ D_3 + D_k \\ D_4 - D_x + D_L + D_Y - D_{b5} - D_{b6} - D_{b7} \\ D_5 \\ D_6 \\ D_7 \\ D_8 + D_{BNRT} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ D_E(h_E - h_2) - D_{r1}(h_H - h_2) + D_A(h_A - h_2) \\ D_k(h_k - h_3) + D_{fw}\tau_p - D_{ss}(h_{ss} - h_{w4}) - D_{rs}(h_{rs} - h_{w4}) \\ D_L(h_L - h_4) - D_x(h_x - h_4) + D_Y(h_Y - h_4) - D_{b5}(h_{Db5} - h_4) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ D_{BNRT}(h_{BNRT} - h_{wc}) + \tau_{cp}(D_{fw} - D_1 - D_2 - D_3 - D_4 - D_L - D_Y + D_X - D_K + D_H - D_A - D_E) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{fw}\tau_1 \\ D_{fw}\tau_2 \\ D_{fw}\tau_3 \\ D_{fw}\tau_4 + D_{rs}\tau_4 + D_{ss}\tau_4 \\ D_{fw}\tau_5 + D_{rs}\tau_5 + D_{ss}\tau_5 \\ D_{fw}\tau_6 + D_{rs}\tau_6 + D_{ss}\tau_6 \\ D_{fw}\tau_7 + D_{rs}\tau_7 + D_{ss}\tau_7 \\ D_{fw}\tau_8 + D_{rs}\tau_8 + D_{ss}\tau_8 \end{bmatrix}$$

(2) 系统功率方程

经严格的理论推导及验证，系统功率方程如下

$$W = (aH_0 - aD) * (h_0H - h_eH) - a_1 * (h_1 - h_eH) + a_{10} * (h_{rh} - h_eH) - a_2 * (h_3 - h_eH) + a_{L0} * (h_0L - h_c) - a_5 * (h_5 - h_c) - a_5 * (h_6 - h_c) - a_7 * (h_7 - h_c) - a_8 * (h_8 - h_c) \quad (6-17)$$

(3) 系统吸热方程

经严格的理论推导及验证，系统吸热方程如下

$$Q = (1 - a_{ss}) * (h_0 - h_{w1}) + (a_eH + aF + aA - aH - a_2) * (h_{rh} - h_2) + (a_{bL} + a_{Db1}) * (h_{fv} - h_{w1}) + a_{ss} * (h_0 - h_{w4b}) + a_{rs} * (h_{rh} - h_{w4a}) \quad (6-18)$$

(4) 机组能耗率指标方程

由系统功率方程、系统吸热方程结合汽水分布方程可独立确定机组能耗率

$$q = \frac{\dot{Q}}{\eta_b N_i \eta_m \eta_g} = \frac{Q}{\eta_b H_i \eta_m \eta_g} \quad (6-19)$$

和供电煤耗率

$$q_{\text{供}} = \frac{\dot{Q}}{\eta_b N_i \eta_m \eta_g (1 - \phi)} = \frac{Q}{\eta_b H_i \eta_m \eta_g (1 - \phi)} \quad (6-20)$$

其中 N_i ，机组内功率

H_i ，1Kg 新蒸汽所作的内部功

η_b ，锅炉效率

η_m ，机械效率

η_g ，发电机效率

由当前发电机真空功率可准确计算主蒸汽流量。

$$D_0 = \frac{N_{g*}}{H_i} \quad (6-21)$$

(5) 锅炉效率：

按反平衡方法计算，一些不能在线测量的物理量需要手工值入。

(6) 系统分析理论

当热力系统结构发生变化时，可改变汽水分布方程、功率方程、吸热方程的结构或方程中的某些热力参数，重新计算其能耗率。该能耗率与系统结构变化前

的能耗率之差,即为由该结构变化造成的能损。如再热器喷水减温分析,可命三方程中的喷水减温量为零,重新计算其能耗率,即可求出无喷水减温时的能耗率。加热器端差及抽汽压损能耗分析原则同上。

(7) 系统应达工况及排汽焓的计算

在运行条件(负荷、循环水温)、运行方式(初压)确定的情况下,当系统和设备处于正常状态时,系统各处应达到的热力参数,称为系统应达值。系统应达值的计算完全属于系统的变工况计算。我们改进了著名的弗留格尔公式(见《中国科学》(英),2002年第一期),并提出了末级临界状态判别定理(见《动力工程》2002年第四期)。利用这些研究成果,可快速准确地进行系统变工况计算。从而可在线计算系统应达值和排汽焓。

(8) 系统当前工况确定

系统当前工况是由使系统能耗率定解的诸多热力学参数(温度、压力)和若干独立的系统小汽水流量来描述。温度,压力由测点输入该系统,若干独立的系统小汽水流量由小流量表计或轴封系统变工况而来。系统的末级排汽焓不能直接测量,由末一抽或末二抽的过热蒸汽状态经变工况计算而来。方法见系统应达工况排汽焓的计算。

能损分析新方法 — 顺序扰动解除法

电厂热力系统是一复杂的能量系统。为分析电厂的热经济性,我们把电厂在设计、制造与安装均达到设计要求,并按设计参数运行时的工况称为设计工况。然而系统运行时,总是在非设计工况下进行,因此,运行的热经济性总是低于设计工况下的热经济性。资料表明,国际国内实际运行时的标准煤耗率比设计值平均高出 $60\sim 110\text{g/kwh}$,这方面已经引起国内外的普遍关注。电厂节能工作是和设备、系统的设计、制造与安装,以及运行负荷、操作,运行环境等有密切关系的非常复杂的工作。用系统工程的观点我们把促使偏离设计工况运行的各种原因称为扰动。扰动可以是单一的,也可以是多种扰动同时存在。

电厂扰动的种类繁多,不同的扰动,分析过程繁简程度不同。按照分析扰动性质我们将扰动分为两大类,一类为大扰动,另一类称为小扰动。大扰动是指对汽轮机通流部分热力状态产生的扰动,这类扰动尽管有时强度不大但波及的系统范围较大,甚至波及全系统,因而分析过程相当繁杂。小扰动是指对汽轮机通

流部分以外的扰动，通常是指对辅助设备及系统的扰动，这种扰动尽管有时强度较大（如加热器解列），但对通流部分的影响不大，由此而对整个系统的热力学（强度）参数的影响不大。若进一步假定小扰动不影响汽轮机通流部分由此也不影响除扰动源附近系统其它部分热力学（强度）参数，则分析过程可以大为简化。按这种假定进行热力系统分析的方法称为“小扰动理论”。

小扰动理论的正确性在于工质流动及传热特性中对局部扰动传播的“抑制性”，这种性质总是力图阻止地方性扰动范围的扩大，而把扰动限制在某一范围内。加热器解列在小扰动中属于扰动强度较大的扰动，现以第二级加热器解列说明小扰动理论的正确性。一般设计抽汽系数约为 0.03~0.05，假定第二级抽汽系数设计值为 0.04，当第二级加热器被解列这一扰动产生后，按弗留格尔公式（在汽轮机变工况计算中的重要流体力学公式）计算，第二级抽汽口及以后各抽汽口压力增加设计值的 4%。因第二级加热器解列，第一级加热器进水温度降低，按工质的传热规律，第一级加热器给水的出口端差略有增加（加热器传热特性“抑制”了扰动传播），约为原来第二级加热器温升的 1/10，大约值 2℃，这相当于给水在第一级加热器的吸热量约增加一倍，因此第一级的抽汽约增加一倍。如果原设计抽汽系数也为 0.04，则第一级抽汽量约增加到 0.08，从而使第一个抽汽口及以后各抽汽口压力降低 4%。这样第二级加热器解列后产生的总效果是除第一级加热器抽汽口压力降低 4%外，其他抽汽口压力几乎不变。大扰动与小扰动有本质上的区别，大扰动是带有“指令性”或“政策性”的扰动。大扰动一旦产生，无论其扰动强度如何，均会影响全系统。

系统当前工况是由使系统能耗率定解的诸多热力学参数（温度、压力）和若干独立的系统小汽水流量来描述。温度，压力由测点输入该系统，若干独立的系统小汽水流量由小流量计或轴封系统变工况而来。系统的末级排汽焓不能直接测量，由末一抽或末二抽的过热蒸汽状态经变工况计算而来。当前运行状态可以看作是系统由设计工况经一系列扰动得到的，因而可以按一定顺序逐渐解除扰动。每解除一个扰动仍要进行变工况计算。扰动解除后，计算其能耗率。解除前后能耗率之差即为该项扰动造成的能耗差。扰动全部解除后，当前状态变为额定工况状态。计算出的各项能耗差之和即为当前工况与额定工况之间的总能耗差。如前所述，对系统或某些设备用顺序扰动解除法进行能损分析与等效焓降法完全

相同，对汽轮机通流部分和凝汽器以及运行条件和运行方式，用顺序扰动解除法进行能损分析可准确得到运行条件、运行方式、汽轮机和凝汽器故障对能耗的影响。该方法保证了能损原因查找率和单项能损偏差准确度。

兰溪电厂能损分析部分画面见图 6-3、图 6-4。

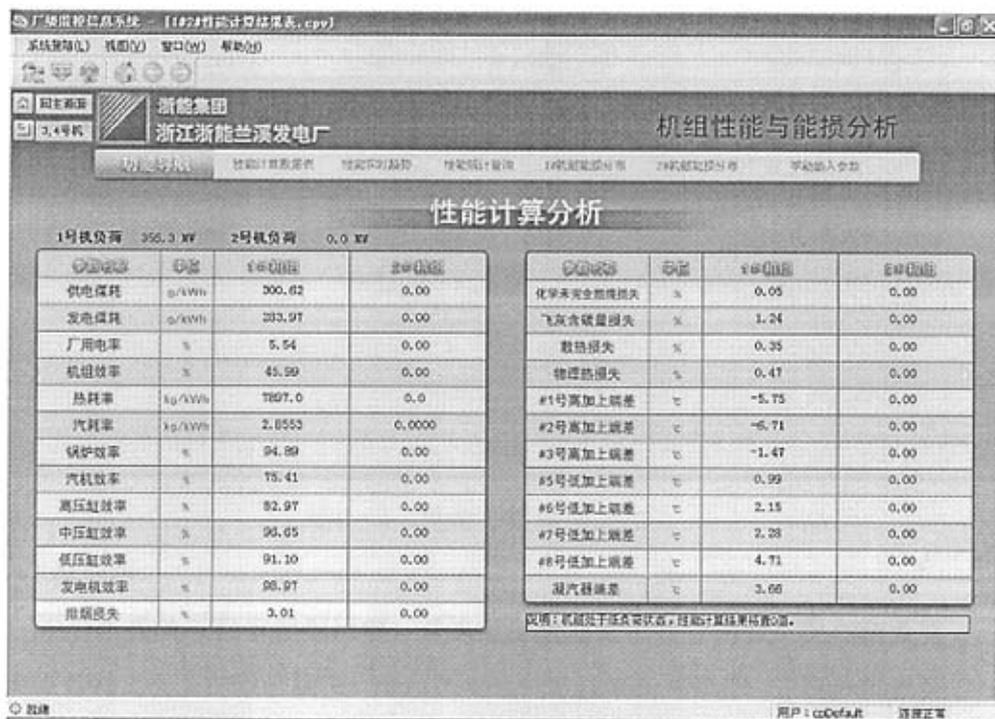


图6-3 能损分析画面之一

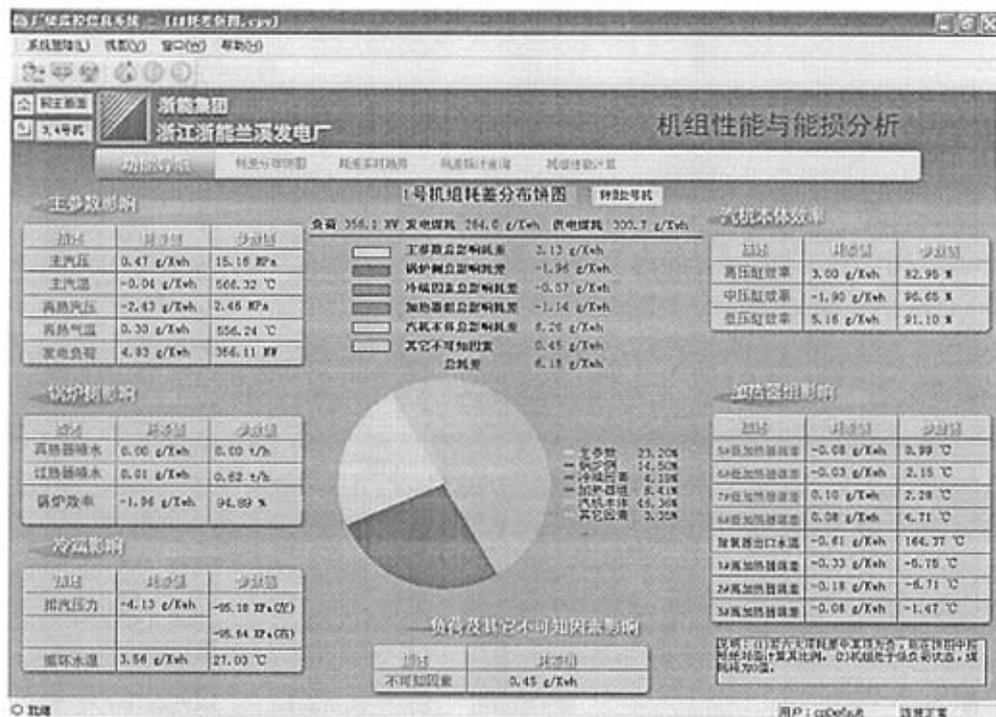


图6-4 能损分析画面之二

6.4 工况分析

工况分析模块以数据挖掘原理，从大量历史数据中搜索相似工况与相关变量，建立各种工况下的数据模型，采用历史最佳方法来指导操作。工况分析画面之一见图6-5。

□ 建立 40%MCR、50%MCR、60%MCR、70%MCR、80%MCR、90%MCR、100%MCR 典型工况数据库。

□ 记录典型工况状态（包括主要参数、设备、效率等）。

□ 自动建立典型工况优化运行方案及经济性评价（风煤比、一次二次风比、设备运行配置）。

□ 根据优化方案，对当前过程进行评估与指导。

□ 通过数据积累达到全工况建模。

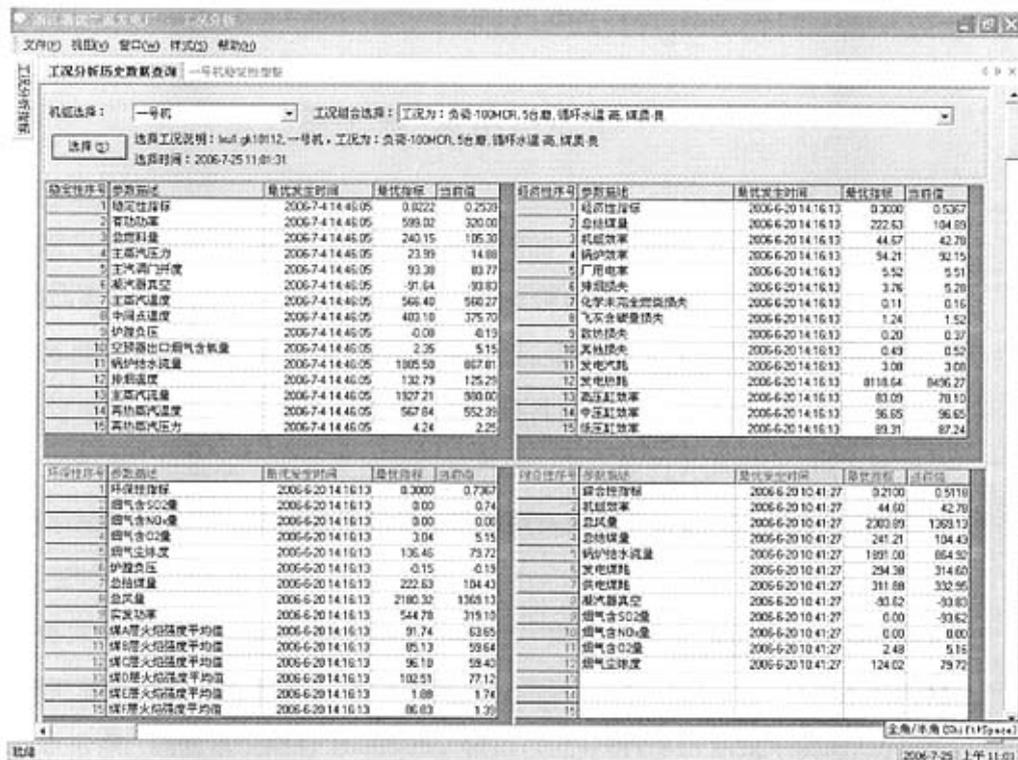


图 6-5 工况分析画面之一

第七章 总结与展望

7.1 实施总结

系统实施阶段，是监控信息系统生命周期的一个重要阶段，就是把系统设计阶段的结果在计算机中加以实现，包括系统软硬件配置与安装、程序设计、系统测试、系统转换等一系列工作。系统实施阶段，需要投入大量的技术力量来进行程序设计与调试，投入大量资金来进行软、硬件的配置，是耗费人力、物力和财力较大的阶段，也是成功地实现监控信息系统应用功能的关键阶段。以下将对监控信息系统实施过程中可能涉及到的关键问题作详细分析。

7.1.1 实时/历史数据库实施

根据兰溪电厂 4×600MW 燃煤机组的特点，#1—4 机组 DCS 系统采用 ABB 公司的 PGP 控制系统，每套 DCS 系统的数据点达到 15000 点以上；辅控系统约有 30000 数据点；脱硫系统约有 10000 点。根据以上分析，SIS 系统中实时/历史数据库存储的数据点将达到 100000 点，考虑基于 SIS 系统的应用功能日后将逐渐增加，因此本次兰溪发电有限责任公司 SIS 系统实时/历史数据库选用 150000 点的 iHistorian 数据库。iHistorian 数据库在国内尚未有 100000 点以上的应用案例，如何保证数据库正常、稳定运行，将是本次 SIS 系统实施的关键。为保证数据库在大数据量环境下的稳定运行，配置了两台高性能的 WINDOWS 服务器作为数据库服务器，从硬件上对数据库的运行有了保障。另外，在实施过程中针对不同的测点设置不同的采集周期及压缩比，即对数据进行分类，对于重要的数据采集周期设为 1 秒及不压缩，对于较重要的数据采集周期设为 1 秒和较低的压缩比，对于不重要的数据采集周期设为 2 秒或更长及较高的压缩比。通过上述方法，既实现了控制系统数据的实时采集和长时间保存，也保证了 SIS 数据库的稳定运行。

7.1.2 数据库镜像

SIS 系统是介于控制系统与 MIS 系统之间的，是负责采集控制系统的实时数据，并最终为 MIS 系统服务，为管理者作出及时、准确的决策提供生产过程的原始数据。根据电力二次系统安全防护的要求，SIS 系统与 MIS 系统属于不同的安

全区域，如何实现系统间的数据共享又将是 SIS 系统实施的关键问题。传统的做法是 SIS 系统采集控制系统的的数据到实时/历史数据库中，再通过特定的接口程序将数据库中的数据传送到 MIS 区域的镜像数据库。由于兰溪发电有限责任公司 SIS 系统实时/历史数据库的数据点达到 100000 点以上，通过这种方法将导致 SIS 数据库负荷过大，影响其稳定运行。为实现 SIS 数据库向 MIS 侧镜像，在不影响 SIS 数据库正常运行的前提下，采用数据分流的方案将实现数据库镜像，具体方案如下：在接口机上安装 iFix SCADA，控制系统的的数据通过标准的接口（OPC）传送到 iFix 数据库中，再通过 iHistorian 数据库标准的采集程序将数据送至 SIS 数据库中，另外再通过 iFixToiFix 接口程序将数据通过物理隔离设备传送到 MIS 区域的 iFix 数据库，镜像数据库采用 iHistorian 数据库标准的采集程序来采集数据。这种方法将减少对数据库的读写，降低数据库的负荷，从而保证了数据库的稳定运行。该方案的详细拓朴结构如下：

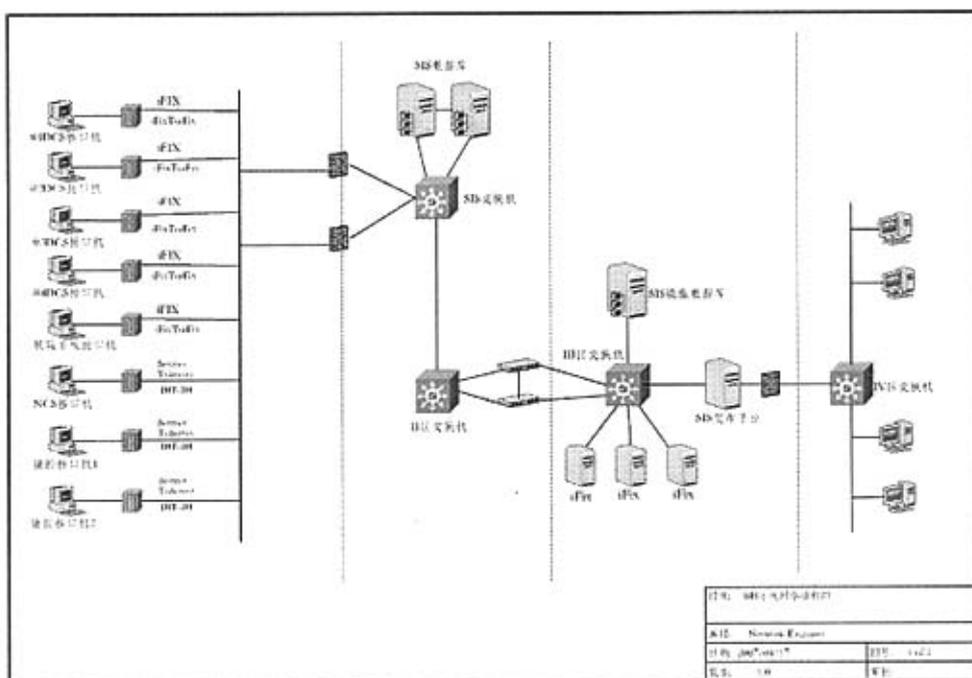


图 7-1 数据库镜像拓扑示意图

7.2 实施过程遇到的问题及解决

7.2.1 浙能兰溪电厂 SIS 系统实施过程中，随着系统采集点数的不断增加，SIS 系统在实施及应用过程中也逐渐暴露出以下问题：

- (1) 集群方式下, IH 数据库工作不稳定, 频繁发生数据库之间的切换。在 SIS 系统方案设计中, 为提高数据库服务器运行的可靠性及稳定性, 采用两台服务器以集群方式运行提供服务, 在 SIS 系统数据采集点数少于 45000 点时, 系统运行正常; 当数据采集点超过 45000 点后, 数据库工作出现异常, 频繁发生集群服务器的工作切换, 影响系统运行。
- (2) IH 在每次创建新文件时会重新启动。IH 实时数据库在写满一个数据文件后, 创建一个新数据文件时造成实时数据库重新启动。
- (3) 高级应用程序接口投用时数据库工作不稳定 IH 数据库容易重启。高级应用程序通过 API 对 IH 数据库进行访问, 在访问过程中有大量的不当连接信号, 长时间后导致 IH 当机。
- (4) NCS 接口投用时数据库工作不稳定 IH 数据库容易重启。NCS 通过 API 的方式向 IH 中写入实时数据, 当 NCS 和 IH 服务中断后, NCS 程序会将数据写入 CSV 文件中, 一旦和 IH 连接恢复, 此时会有大量的数据通过文件采集器送入 IH。此 NCS 程序运行时间长后可能会导致 IH 当机。
- (5) 用户访问 Portal 时, 有时会出现无法连接的错误。用户在访问 Portal 时, 出现连接错误, 注销电脑后, 重新连接正常。检查发现为 Portal2.1 采用的 JAVA 程序有漏洞, 工作不稳定, 导致经常出现连接错误。
- (6) SIS 系统中存在一部分错误点, 引起数据库不稳定。SIS 系统中有少量的错误点引用, 这些错误点在某些程序中被调用, 但在 IH 中并不存在这些点, 这些点的错误调用导致 IH 的当机。

7.2.1 采用的解决方案

为提高 SIS 运行的稳定性, 针对以上问题对 SIS 系统从系统架构、应用等方面进行了分析, 并尝试采用新的技术方案来解决发生的各种问题, 经不断的试验及改进, 对以上问题采取以下措施:

- ① 对集群方式下, IH 数据库工作不稳定, 频繁发生数据库之间的切换问题:
将集群方式下其中一台数据库停止工作。服务器采用容错服务器。
- ② 对 IH 在每次创建新文件时会重新启动问题: 在不影响其它性能的前提下, 将挂起时间从 180 秒更改为 3600 秒。
- ③ 对高级应用程序接口投用时数据库工作不稳定 IH 数据库容易重启问题:

分析高级应用程序是采用通过 API 连接，每分钟连接一实时次数据库，对实时数据库冲击较大，容易引起 IH 数据库死机，我们更换程序，改为 API 长连接的方式。

④ NCS 接口投用时数据库工作不稳定 IH 数据库容易重启：NCS 接口也是通过 API 连接，已更换为 API 长连接方式。

⑤ 针对用户访问 Portal 时，有时会出现无法连接的错误：升级为 Portal2.6 后，已无连接错误。

⑥ 将定义错误点一一纠正。

经过以上改进后，目前兰溪电厂 SIS 系统连续稳定运行。

7.3 结论与展望

本文根据厂级监控信息系统的研究现状及电力二次系统安全防护的要求，结合兰溪电厂 4×600MW 燃煤机组工程的特点，在对发电企业监控信息系统进行分析的基础上，对现代火力发电厂 SIS 系统进行了系统规划与设计，构建了监控信息系统的总体逻辑模型，并予以实施。本 SIS 系统主要特点、亮点是：

- (1) 冗余网络与接口系统。采用 Hirschmann 工业级交换机，在接口层采用环网设计，核心交换机采用冗余度很高的 MACH3002 交换机，实现了网络的冗余。接口设备采用容错服务器，保证了数据采集的不间断性。
- (2) 高性能的数据库系统。数据库服务器采用两台 IBM X445 服务器，共同组成双机集群系统，保证数据库系统的稳定、可靠运行。数据库采用 GE FANUC 公司的 iHistorian 数据库系统，该数据库支持在集群环境运行。
- (3) 数据的高度共享。通过信息发布平台及客户端软件，在集控室值长台及各生产办公室可以方便地查看所有机组的运行情况，可以进行值际小指标竞赛，提高运行水平，并可以将性能计算的结果及时反馈到生产一线，便于运行人员优化机组的运行方式。

通过对火电厂厂级监控信息系统的规划设计，兰溪电厂在实施监控信息系统以后，将 SIS 系统与其它应用系统如企业资产管理系统、运行管理系统等进行充分整合，达到生产数据的高度共享；汇集机组运行数据及管理过程数据并进行有效地集中计算与展示，有效监控机组经济性能和安全性能，有助于生产过程的管理、控制、考核，提高了电厂运行的安全可靠，促进机组安全、稳定、经济运

行，提高企业经济效益。

同时，在下一步的工作是继续深化 SIS 系统在电厂中的应用，并建立相应的企业生产管理 WEB 平台，则兰溪电厂的 SIS 系统将为企业的正常生产运带来极大的经济效益。

致 谢

本文是在吴国忠教授的精心指导下完成的，从论文选题到论文完成的各个阶段，吴老师都倾注了大量的心血。在研究生的学习和论文写作阶段，吴老师在科学研究方法上细致严谨的指导，以及精湛的学术造诣和严谨的治学态度是我终身学习的榜样。忠心感谢吴老师在论文的选题和研究期间给予我的启发、引导和帮助，使我在专业理论水平和实际工作能力上有了很大提高。在此论文完成写作之际，谨向吴老师表示深深的感谢和崇高的敬意。

在本文的写作过程中，还得到了李仙列、滕卫明、郑文军三位同志的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

王美树

二〇〇七年八月

参考文献:

- [1] 侯子良, 火电厂厂级自动化系统总体功能设计思路探讨, 中国电力, 2001, 34 (4)
- [2] 侯子良、潘钢, 建设数字化电厂示范工程 加快火电厂信息化进程, 中国电力, 2005, 38 (2)
- [3] 李蔚, 刘长东, 国内火电厂运行优化系统的现状和发展方向, 电站系统工程, 2004, 20(1)
- [4] 侯子良, 再论火电厂厂级监控信息系统, 电力系统自动化, 2002 年第 2 期
- [5] 胡文斌, 发电集团公司生产实时信息系统网络的规划和建设, 广东电力, 2003, 16 (4)
- [6] 许继刚, 郑慧莉, 秦岚, 张金隆, 大型火电厂 CIPS 模型的研究, 中国电力, 2002, 35 (7)
- [7] 夏克晃, 火电厂厂级监控信息系统的应用前景[J], 热工自动化信息, 2000, (4): 5~7
- [8] 郑体宽, 热力发电厂 [M], 北京:水利电力出版社, 1986, 1~204
- [9] 许继刚, 郑慧莉, 电厂管理控制一体化系统的最新发展[J], 电力系统自动化, 2001, 25(7): 59~63
- [10] 国电热工研究院, 为电厂生产过程信息系统研究和开发[R], 国电热工研究院, 2002, (3)
- [11] 庞占洲, 电厂厂级监控信息系统的实现, 发电设备, 2006, (6)
- [12] 陈兵等, 电厂实时监控信息系统的设计与应用, 电力系统自动化, 2003, (8): 81~83
- [13] 苟建兵, 电厂 SIS 建设探讨, 热工自动化信息, 2001, (5)
- [14] 夏南, 厂级监控信息系统主要功能的探讨, 山西电力, 2003, (4)
- [15] 白玉峰等, 火电厂 SIS 及其体系结构的分析, 黑龙江电力, 2006, (5)
- [16] 何新等, 火电厂厂级监控信息系统的设计和研究, 电力设备, 2004, (10)
- [17] 陈教超, 火电厂厂级监控信息系统的架构与实施, 华东电力, 2006, (6)
- [18] 高正平等, 电站厂级监控信息系统探讨, 电站系统工程, 2003, (4)
- [19] K. Ramamritham. Real-Time Databases. Invited Paper on International

- of Distributed and Parallel Databases, 1993(1), pp. 199~226
- [20] Jiang Hao, Xu ZhiGao. DSS Scheme for operation opyimization problem on power planta[J]. Journal of Southeast University (English Edition), 2002, 18(3):212~215
- [21] Pang C K, Sheble G B, Albuyyeh F. Evaluation of dynamic programming based method and multiple area representation for thermal unit commitment [J]. IEEE Trans on PAS, 1981, 100(3)
- [22] Ruzic S, Rajakovic N. A new approach for solving extended unit commitment problem[J]. IEEE Trans on PWRs, 1991, 6(1)
- [23] Ouyang Z, Shahidehpour S M. An intelligent dynamic programming for unit commitment application[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1991, 6(3):1203~1209
- [24] Hobbs W J, Warner G H S, Sheble G B. An enhanced dynamic programming approach for unit commitment[J]. IEEE Trans on PWRs, 1988, 3(3)
- [25] Ordieres Mere J, Ortega F, Menendez C, et al. Operational Information System in a Power Plant. In: Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Orlando (USA): 1997
- [26] ABB Automation Utility. OPTIMAX System Overview. 1999
- [27] Siemens Co. Sienergy-Solutions for Knowledge-Based Power Plant Management. 1999
- [28] Honeywell Inc. Honeywell Power and Energy. 1999
- [29] 李仁军, 电厂厂级监控系统(SIS)体系建立和实践, 国际电力, 2003, (6)
- [30] 艾进才, 电厂 SIS 系统的体系结构及应用问题分析, 工业控制计算机, 2007, (1)
- [31] 王印松, 电厂 SIS 系统的体系结构及应用, 电气时代, 2006, (12)
- [32] 邹金昌, 对厂级监控信息系统(SIS)的几点看法, 电力信息化, 2004 年第 9 期
- [33] 黄天成等, 火电厂实时监控信息系统的设计研究与发展, 电工技术, 2004, (5)

- [34] 李海永等, 火电厂 SIS 的规划设计研究, 山西电子技术, 2005, (6)
- [35] 江亭桂等, 火力发电厂厂级监控信息系统的结构与实例, 南京师范大学学报, 2005, (2)
- [36] 郝庆苑等, 发电集团公司生产实时信息系统方案研究, 陕西电力, 2006, (5)
- [37] 金安等, 基于 iH 实时数据库平台的火电厂 SIS 建设, 电力自动化设备, 2005, (2)
- [38] 李蔚等, 火电厂的 SIS 建设及实时数据库平台的选择, 浙江大学学报, 2003, (5)
- [39] 张志禧, 实时数据库原理及应用, 北京: 中国石化出版社, 2001 年
- [40] 刘云生等, 实时数据库系统 (RTDBS) 及其特征 [J], 华中理工大学学报, 1994, 6: 42~46
- [41] 刘云生, 现代数据库技术 [M], 北京国防工业出版社, 2001
- [42] 刘吉臻, 房方, 牛玉广, 电力企业中的实时数据库技术, 中国电力, 2004, (2)
- [43] Jerry Anderson • ActiveX Programming with VisualC++ 5.0 • Que Corporation, 1997
- [44] K. Ramamritham • Real-Time Databases • Invited Paper on International of Distributed and Parallel Databases, 1993(1), pp. 199~226
- [45] OSI Soft • PI UDS System Manager' s I: Essential Skills Supplemental Documentation •, February 2002
- [46] OSI Soft • PI UDS System Manager' s II: Advanced Topics Supplemental Documentation •, February 2002
- [47] SI Soft • PI Client Fundamentals Course Workbook • April, 2003
- [48] Kenneth C. Laudon • Management Information Systems—Organization and Technology in the Networked Enterprise • 6th Prentice Hall, 2000
- [49] Jiang Hao, Xu ZhiGao • DSS Scheme for operation optimization problem on power plants • Journal of Southeast University (English Edition), 2002, 18(3): 212~215

- [50] 彭宏等, 实时数据库及在电厂集成自动化系统中的应用, 信息技术, 2003, (2)
- [51] 蒋健等, 基于火电厂 SIS 系统的实时数据库应用研究, 国际电力, 2005, (4)
- [52] 彭春华等, PI 实时数据库及其在电厂 SIS 系统中的应用, 工业控制计算机, 2003, (6)
- [53] 周怡等, PI 实时数据库在供电企业中的应用架构, 浙江电力, 2005, (1)
- [54] 彭春华, PI 实时数据库及其在电厂 SIS 系统中的应用, 工业控制计算机, 2003, (6)
- [55] 郭晓宁等, 火电厂厂级监控信息系统数据库平台应用实践探讨, 电力设备, 2006, (2)
- [56] 洪慧, PI 数据库及其在电厂 SIS 中的应用, 电力自动化设备, 2004, (4)
- [57] 谢传军, PI 系统在电厂实时监控中的应用, 计算机工程与设计, 2003, (8)
- [58] 国家经济贸易委员会 电网和电厂计算机监控系统及调度数据网络安全防护暂行规定, 2001. 11
- [59] 国家经贸委第 30 号令 《电网和电厂计算机监控系统及调度数据网络安全防护的规定》, 2002 年 5 月
- [60] 国家电力调度通信中心 《全国电力二次系统安全防护总体方案》
- [61] 电监会 5 号令 《电力二次系统安全防护规定》, 2005 年 2 月
- [62] 李斌, 火力发电厂经济运行及合理调度的研究, 华北电力技术, 1999, (8)
- [63] 杨立辉, 叶永松, 火电厂能损在线监测、诊断与管理, 华中电力, 2001, (5)
- [64] 马欣欣, 火电厂优化软件的应用及前景, 中国电力[J], 1999, 32 (6): 41~44
- [65] 严俊杰等, 火电厂热力系统经济性诊断理论及应用, 西安交大出版社, 2000
- [66] 张 铭, 机组负荷优化分配的数学模型[J] 汽轮机技术, 1993, (4): 17~21
- [67] 侯煦光等, 电力系统最优规划[M], 华中理工大学出版社, 1991
- [68] 骆济寿、张 川, 电力系统优化运行[M], 华中理工大学出版社, 1990
- [69] 姚建刚等, 实时数据库在发电厂 SIS 系统中的应用, 仪器仪表用户, 2005,

(3)

[70] 刘洋, 发电厂成本分析与经济运行辅助决策系统的探讨, 电力情报, 2001,

(3)

[71] 刘维, 火力发电厂经济运行管理系统的设计, 电气时代, 2006, (1)

[72] 刘家琴, 火力发电厂设计中节能降耗的基本方法及措施, 云南电力技术, 2004, (1)

[73] 江浩等, 电站运行优化问题的决策支持系统方案, 东南大学学报(英文版), 2004, (4)

[74] 伍玲, 实时监控系统在电厂中的开发应用, 广东电力, 2004, (11)

[75] 汤旸等, 火电厂实时成本分析系统的设计与实现, 湖北电力, 2004, (2)

[76] 黄书益, 运用信息技术实现发电企业的实时成本分析, 华东电力, 2002, (6)