

600MW 火电机组运行技术丛书

600MW HUO DIAN JI ZUYUN XING JI SHU CONG SHU

仪 控 分 册

中国华东电力集团公司科学技术委员会 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

600MW火电机组运行技术丛书

仪 控 分 册

中国华东电力集团公司科学技术委员会 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了华东电网 6 台 600MW 火电机组的运行监控、保护技术以及仪表和控制系统的运行技术特点,及仪表和控制系统的基本构成,对 6 台机组在运行中所发生的问题进行原因分析,并介绍所采取的技术改进措施。本书可供仪表和控制专业人员阅读参考,对从事大型火电机组建设、调试、运行生产的有关人员也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

仪控分册/中国华东电力集团公司科学技术委员会编
著. —北京:中国电力出版社,1999.11
(600MW 火电机组运行技术丛书)
ISBN 7-5083-0136-6

I. 仪… II. 中… III. ①电机—仪表 ②电机—控制 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 43846 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
北京市地矿印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2001 年 1 月第一版 2001 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.5 印张 226 千字
印数 0001—3000 册 定价 18.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《600MW 火电机组运行技术丛书》

编 审 委 员 会

主 任	刘维烈		
副 主 任	许国新	张 谦	吴大卫
委 员	(按姓氏笔画排列)		
	王忠庆	王惠挺	邓国柱
	叶新福	乐长义	冯亚民
	朱建跃	刘崇和	杨新村
	李一新	邵关兴	沈佩华
	张立人	罗光华	金留根
	周新雅	赵 津	赵永源
	赵耀钟	茹 欣	施韵和
	徐惠兴	唐伯仁	程黎明

分 册 主 编 人 员

锅 炉 分 册	乐长义	周新雅
汽轮机分册	唐伯仁	邵关兴
电 气 分 册	施韵和	杨新村
仪 控 分 册	赵 津	冯亚民

序

20 世纪 80 年代,我国改革开放步伐加快,集资办电政策出台,华东电网发展面临新机遇,建设 6 台 600MW 火电机组,正此一时期之产物。1989 年 11 月,平圩电厂首台 600MW 机组投产,此后三年,北仑电厂、石洞口二厂和平圩电厂 4 台 600MW 机组相继投入运行,约占同期华东电网新增发电容量之四成,三省一市用电获益匪浅。1994 年 10 月,北仑电厂 2 号机组投产。至此,华东电网拥有 600MW 火电机组 6 台,为当时国内电网所罕见。

上述 600MW 火电机组中,装于安徽淮南平圩电厂之两台机组系哈尔滨三大动力设备厂引进美国 CE 公司和西屋公司技术制造;位于浙江宁波之北仑电厂 1 号机组由美国 CE 公司和日本东芝公司提供锅炉和汽轮发电机,2 号机组则由加拿大 B&W 公司和法国 ALSTHOM 公司供货;上海华能石洞口第二发电厂两台超临界机组之锅炉由 CE-SULZER 联合制造,汽轮发电机系瑞士 ABB 公司生产。总体而言,平圩电厂引进型机组技术相当国外 70 年代水平;北仑电厂进口机组相当国外 80 年代初水平;石洞口二厂进口超临界机组相当国外 80 年代中期水平。此类机组投产,使我国火电机组运行技术水平步入新境界。

600MW 火电机组加盟,推动华东电网 500kV 主网架之建设和发展,并对 500kV 电网安全稳定运行,起举足轻重之作用。600MW 机组之良好调峰性能和效率指标,更为华东电网优质经济运行,注入有利因素。因此,各方对其寄予厚望,不时倾心关注。600MW 机组投产初期,设备不够稳定,缺陷故障频发,三电厂进行大量工作,先后完成 110 项技术改进措施。华东电力集团公司 1993 年 9 月专门召开 600MW 机组技术研讨会,交流经验,提出对策,确立 38 项技术攻关课题。通过电厂和有关单位共同努力,机组状况有所改善,逐步达到稳发满发。上述 600MW 机组等效可用系数逐年上升,最高者如石洞口二厂 2 号机组近 3 年平均值已达 94%;强迫停运率逐年下降,半数机组近 3 年平均值皆小于 1%。在此期间,吾人克服重重困难,逐步积累 600MW 火电机组有关运行经验。毋庸讳言,某些事故教训亦予深刻汲取。

20 世纪 90 年代,我国经济飞速发展,电力建设步伐明显加快,电网装机容量迅猛扩大,600MW 火电机组已成跨省电网新建电厂之首选机型。华北、东北和山东电网先后开工建设 600MW 级火电机组。为加速其安装和调试进程,1995 年电力工业部领导曾要求华东电网遴选专家协同作战。鉴于电力建设已推行业主负责制,设备通过招标选定,监理根据合同进驻。华东专家对前期工作一无所知,唐突介入,不得要领,冒昧陈言,难以奏效。闻讯不胜惶恐,遂恳请免于成行,代之以书面总结华东 600MW 火电机组运行经验教训,供兄弟网省电力公司参考,或能起“协同作战”之类似作用。此议获部领导理解并首肯。《600MW 火电机组运行技术丛书》得以问世,其源盖出于此。

华东电网上述 600MW 火电机组分布于两省一市之三座电厂,投资主体多元,建设条件有别,设备情况各异,运行时间不一,如何“书面总结”,一时颇费踌躇。所幸三电厂领导

深谋远虑，鼎力支持，承诺提供人员资料，促其实现；中国电力出版社领导高瞻远瞩，慧眼独具，慨允丛书纳入重点计划，优先安排出版；华东电力试验研究院领导深明大义，玉成此事，惠许为专家著述提供方便；集团公司科学技术委员会倍感责无旁贷，义无反顾地表态承担组稿、编写和审查重任。六方共襄盛举，“丛书工程”终于启动。

经过充分酝酿，1996年9月，华东电力集团公司科技委在沪召开丛书编写大纲审查会，电厂领导及中国电力出版社编辑与会。考虑篇幅庞大及600MW火电机组特点，决定按锅炉、汽轮机、电气和仪控专业分册出版。会议审查通过丛书各分册编写大纲，落实分册主编及电厂参编人员，并就组建丛书编审委员会取得一致意见。会后编写工作正式开始。1997年5月中旬，汽轮机分册率先脱稿，即进行体例和术语等审校，嗣后电气、仪控和锅炉分册相继于同年6月、7月和8月中旬交稿。俟体例等审校完成，修改形成初稿，9月科技委发文将其送交三电厂初审，11月底收齐反馈意见，分册主编据以修改形成二稿。1998年1~3月，科技委组织集团公司专家二审，并对部分内容进行调整。5月将修改稿寄中国电力出版社征求意见。7月，丛书编审委员会在沪召开，对书稿进行三审，中国电力出版社编辑与会指导。会后分册主编根据三审意见修订润色，精绘图表，以利付梓。1998年10~12月，各分册三审修订稿陆续寄往中国电力出版社。专家笔耕不辍，审阅斧正有方，主编锲而不舍，督办穷催不怠，寒暑两易，书稿乃成。

丛书冠以“运行技术”，特色不言自明。为切实把握主题，各分册篇目设置划一。第一篇介绍设备概况。考虑集团公司技术委员会（科技委前身）1993年7月曾编写出版《华东电网三台600MW机组技术特点比较》技术报告，凡32万字，流传甚广。为免丛书与报告或拟议出版之类似书籍重复，介绍尽量从简，以阐明设备状况为度。读者若感不足，可参阅上述报告。第二篇讲述设备调试和运行，立意出于调试为运行之基础，运行乃调试之验证，两者相辅相成，不可或缺。丛书不以基建生产划线，重在研讨运行技术。第三篇介绍调试和运行中出现之问题及改进措施，其要义为实事求是。暴露运行问题不避其丑，说明改进措施不厌其详，旨在使国内筹建或在建之600MW级机组单位有所借鉴。第四篇统列全过程管理，其精髓有二：一为通过运行实践检验机组建设全过程，为确保质量提高效益之应兴应革；二为立足科技进步，探讨应用新技术提高机组运行水平，其前瞻性论述必将予人以新启迪。

丛书篇幅浩瀚，总字数逾180万字，按专业分册出版，便于阅读。然某些共性专题必须妥善安排，方能避免零散、雷同或遗漏。如化学水处理系统，机电炉均应涉及，为免重复，锅炉分册设章集中说明，其他分册不再赘述。可靠性管理覆盖全部设备，分册叙述，难以获得整体概念。遂决定汽轮机分册专设一章分析，机组可靠性数据全部纳入，俾便专业人员集中查觅。机组乃一整体，设备关联极多，仪控系统尤甚。分册出版，事出有因。读者阅读中，若能相互参照，多作印证，弥缝其阙，融会贯通，定会收举一反三之效。

书稿甫成，阅后思绪起伏，忆及当年往事，感慨良深。择其要者列后，以竭愚夫千虑。

华东600MW火电机组运行初期出现之问题，部分由于缺乏经验所致，然多数应在可以防范之列，症结即强化设备全过程管理。丛书各分册所以设专篇重点论述，寓意即在于此。我国基建自成体系，由于部门分割，生产人员前期较少介入，及至进入生产准备，眼见

“木已成舟”。审查设计者鲜闻承担运行责任，负责运行者难能选择适用设备。推行全过程管理阻力重重，步履维艰，一言难尽！所幸近年建设项目实施业主负责制，权、责、利统一格局之确立，为推行全过程管理奠定基础。可以预期，对设备质量效能在建设全过程中实施严格有序之控制，我国新建 600MW 级火电机组自投产之日起定会稳定运行，并取得良好经济效益。

600MW 火电机组仪控系统日趋完善，对安全经济运行之重要性已不亚于机电炉等本体。丛书设分册专论仪控，即基于此种考虑。华东机组早期发生之若干问题，部分由仪控系统缺陷引起，经过改进和加强管理，仪控系统备受运行人员信赖，巡回抄表重负顿释。孰料竟导致个别电厂一度疏于运行分析，计算机自动打印之报表，成卷束之高阁，无人问津，以致身历险境而不觉，几陷“拼设备”之泥沼。事故警示吾人，“保设备”仍为电厂天职。即使自动化程度提高，选取仪控系统提供之数据，强化各级人员运行分析，依然是机组安全经济运行重要和可靠之保证。

进口机组落户中国，烧国产设计煤种，用当地合格水源，正常运行，应无大碍。岂料部分机组竟会“水土不服”，当初并未领悟，以致付出不小代价。我国长期处于短缺经济环境，煤炭历来供应紧张，饥不择食，烧“百家煤”已成我国电站锅炉无可奈何之陋习。600MW 机组投产初期未能免俗，煤种依然多变，造成不少严重后果，甚至成为事故诱因。痛定思痛，严格燃用设计煤种，掺烧需经试验论证，已列为事故重要反措。水汽品质长期不受重视，为抢进度，每置之于不顾，且基于中小机组建立之化学技术监督标准偏低，600MW 机组初期因此蒙受一定损失。华东电力集团公司有鉴于此，1993 年紧急制订若干规定，方才扭转颓势。此中教训，足为后来者戒！

600MW 进口机组合同基本引用国际或外国先进技术标准，理应据此安装、调试和运行。建设初期，对此尚有争论。吾人惯用国标，崇尚规程，发现问题，难与外方取得一致。通过长期磨合，逐步形成共识。掌握外国标准，联系中国实际，方能立于不败之地。诚然，引用先进技术标准，难能一蹴而就，既有一认识过程，亦要创造外部条件。如 600MW 机组检修，初仍沿用国内规程，每年 2 次小修，3 年一大修为循环。后经石洞口二厂试行按国外检修模式分 A、B、C、D 四级，延长检修间隔，经济效益显著。集团公司认为条件具备，1994 年开始向华东电网全部 600MW 机组推广，现已达 6 年一循环，使国际先进标准终于植根华夏大地。

进口国外发电设备，既要引进先进技术，更要引进现代化管理，否则将影响机组运行水平之提高。600MW 火电机组采用计算机集中控制，每台设机电炉合一之全能值班员 1 人，与目前国内大机组机电炉分设 3 人之“控制集中”模式大相径庭。解决办法应为强化专业培训，提高人员素质，适应全能上岗要求，断非退而求其次，误入歧途，徒增干扰。往昔对引进现代化管理认识不足，谬以为沿用老办法亦能“管好”600MW 机组，实践证明此路不通。其结果不外安全水平低下，经济效益不高，事倍而功半。1992 年能源部“新厂新办法”政策出台，引起各级领导警觉。此前所作所为，已经难于挽回。华东 600MW 机组电厂，由于建厂时间不同，受历史条件限制，引进现代化管理程度迥异，早期厂人员数倍于后建厂，即为明证。正在建厂者，可不慎欤？

综上所述,600MW 火电机组的问世,决非机组容量之简单增大,实隐含量变引起质变之某种飞跃。面对新生事物,症结依然为认识和观念之转变。倘能用全新理念,高屋建瓴地思考和处理问题,机组运行水平定将提高,并日臻完美境地。丛书虽以论述运行技术为本,然字里行间无不蕴涵“取人之长,为我所用”之基本思路,切盼读者理解其实质而发扬光大。

丛书编写过程中,平圩、北仑和石洞口二厂领导给予大力支持,电厂参编人员提供宝贵素材或撰写部分章节;分册主编抽暇辛勤笔耕,不遗余力,使丛书得以如期间世;审阅人员一丝不苟,直陈所见,使丛书内容增色不少;中国电力出版社编辑不辞辛苦,两次南下,指导编审工作有序进行;华东电力试验研究院领导关注丛书进程,为编印出人出力,使书稿终成正果。在此,谨向他们表示衷心之感谢!丛书倘能为我国正在筹建、建设和运行之 600MW 级火电机组有关人士提供实用信息,全体编审人员将不胜欣慰。由于时间仓促,经验不足,地域局限,丛书谬误欠妥之处在所难免,尚祈读者不吝指教。

中国华东电力集团公司
科学技术委员会主任

刘维烈

1998 年 12 月于上海

仪控分册前言

90年代初期，华东电网相继投产平圩、北仑、华能上海石洞口第二发电厂等三个电厂共6台600MW机组。这6台机组的规划设计阶段是自动化仪表制造业受计算机技术、网络通信技术飞速发展的影响，推陈出新，从模拟式控制仪表向数字化过渡的发展时期。因此这些机组仪表和控制系统的设计和设备配备反映了当时发达国家仪表制造业的技术发展水平，也体现了国内对大型火电机组仪表和控制设备配置的技术政策。

6台600MW机组仪表和控制系统的设备配置和系统功能设计，不仅在当时令人耳目一新，即使以现在的标准评判，仍保持着领先的地位。从运行自动化实绩看，这些仪表和控制系统也是目前国内大型火电机组中的佼佼者。当然，毋庸讳言，在调试和投产初期，这些系统曾暴露出一些缺陷。与其他专业相比，大型火电机组的仪表和控制系统的初投资较少，但在建设过程和以后的长期持续运行上有较大的风险。特别是在上述6台600MW机组的设计和建设时期，设计单位、制造厂商和业主对如此大规模地使用小型计算机或分散控制系统实施机组监控，尚缺乏足够的经验，出现一些问题亦属常情。从几年的运行实践看，这些机组仪控系统的规划设计、安装调试、运行技术管理等诸方面都有许多经验可供分析、总结。

本书根据6台600MW机组的特点，以及对热力系统监视、控制和保护的要求，综述600MW火电机组仪控系统的技术特点和基本构成。结合这些机组仪表和控制系统的实际运行情况，对所发生的问题进行原因分析，并介绍了所采取的技术改进措施。

本分册由赵津、冯亚民主编。第一、二、八章由赵津编写；第三、四章由冯亚民编写；第五章由北仑发电厂戴关明和平圩发电厂刘亚敏编写；第六、七章由华能上海石洞口第二电厂张林明和戴关明编写；第九章由张林明编写；第十、十一、十二章由张林明、戴关明和刘亚敏编写。全书由赵津、冯亚民统稿。

在本书编写过程中曾参考或引用了华东电网专业会议的有关资料，有关制造厂、研究所的汇编资料、译文，以及平圩、北仑、华能上海石洞口第二发电厂的运行规程、设备说明书等资料。平圩、北仑、华能上海石洞口第二发电厂的仪控专业工程师和华东电力集团公司生产技术处李一新同志审阅了本书的初稿，并提出许多宝贵的意见，李一新同志还为本书做了大量具体工作，在此一并表示衷心的感谢。

编 者

2000年3月

目 录

序
仪控分册前言

第一篇 设备概况

第一章 600MW 机组的仪表控制自动化	1
第一节 热工检测	1
第二节 模拟量控制	2
第三节 顺序控制	3
第四节 热工保护和信号	4
第二章 设备概况和主要技术特点	5
第一节 仪表控制设备配置状况	5
第二节 主要技术特点	8
第三章 分散控制系统结构及技术特点	13
第一节 分散控制系统的发展过程	13
第二节 分散控制系统的设计思想	13
第三节 分散控制系统的结构	14
第四节 分散控制系统的硬件组成	17
第五节 分散控制系统的软件结构	20
第六节 分散控制系统的组态软件	21

第二篇 仪表与控制系统的运行和调试

第四章 数据采集系统 (DAS)	23
第一节 发展过程	23
第二节 系统结构	24
第三节 数据采集	24
第四节 事件顺序记录	28
第五节 性能计算	30
第六节 调试及运行	32
第五章 模拟量控制系统 (MCS)	35
第一节 单元主控	35
第二节 给水控制	36
第三节 燃料控制	39
第四节 风烟控制	41
第五节 RB 和 FCB 功能	44

第六节 模拟量控制系统与其他控制系统的接口	45
第七节 模拟量控制系统的调试和运行	45
第六章 汽轮机监控和保护	52
第一节 汽轮机调节控制系统	52
第二节 汽轮机运行监视	61
第三节 汽轮机保护	62
第四节 锅炉给水泵汽轮机控制系统	67
第七章 炉膛安全监控系统(燃烧器管理系统)	70
第一节 系统概述	70
第二节 火焰检测器	72
第三节 锅炉炉膛安全监控系统的控制逻辑	73
第八章 顺序控制系统	85
第一节 顺序控制系统的功能要求	85
第二节 功能级控制举例	89
第三节 顺序控制中的条件闭锁和连锁保护	91
第四节 顺序控制系统与其他控制系统的接口	93
第九章 机组自动启停管理系统	95
第一节 机组自动启停控制的功能	95
第二节 机组自动启停控制系统与其他系统的接口及发展方向	102

第三篇 运行中出现的问题和改进措施

第十章 安装调试阶段出现的主要问题及其分析处理	105
第十一章 系统投运后的设备改造和技术改进	114
第一节 石洞口二厂的仪表控制系统改进	114
第二节 北仑电厂对仪表控制系统所做的改进	119
第三节 平圩发电厂热控系统的改进	123
第十二章 仪表控制系统的运行管理与维护	129
第一节 分散控制系统的检修和维护	129
第二节 现场设备的检修和维护	131
第三节 自动调节控制系统和热工保护系统的试验	132
第四节 仪表控制软件管理	136

设 备 概 况

第一章 600MW 机组的仪表控制自动化

1989 年 11 月~1994 年 12 月, 华东电网的平圩、北仑和华能上海石洞口三个电厂相继有 6 台 600MW 火电机组建成投产。这些机组的仪表控制装置配备水平和自动化水准体现了大型火力发电机组对运行过程的监测、控制和管理的要求, 也体现了测量和控制技术、计算机技术、通信技术、人-机接口技术的发展及仪表控制设备的制造水平。

现代化的电站机组, 除了主辅设备的先进性之外, 机组运行的高度自动化也是一个重要标志。华东网内 6 台 600MW 机组的仪表控制系统虽然各自配备的设备不同, 系统组合方式也不是一种模式, 但是它们具有一些共同特点, 如对整个机组数千工艺流程参数采用集中监测的方式, 注重机、炉、电之间在一些控制管理上的协调配合和各主要设备之间的连锁保护。这些特点有效地提高了运行人员的监视和操作的效率, 为在操作中防止重大设备事故提供了保护手段。

第一节 热 工 检 测

600MW 火电机组仪表控制自动化的主要内容包含热工检测、模拟量控制、顺序控制和热工保护四个方面。在这四大内容中, 热工检测是机组仪表控制自动化的基础。热工检测是指自动地检查和测量反映机组生产过程和运行情况的各种热力参数以及生产设备的工作状态。由于热工检测能及时地反映发电机组生产过程和运行变化趋势, 为运行人员的操作提供了依据, 为其他热工自动控制装置的运行提供了信号, 因此热工检测对保证机组安全、经济运行起着很重要的作用。

华东 6 台 600MW 机组热工检测的锅炉项目主要是主蒸汽和再热蒸汽的压力、温度、给水压力、温度、流量、汽包水位 (华能石洞口二厂直流炉为中间点温度)、炉膛压力、烟气含氧量、排烟温度、一、二次风温、风压、燃料量, 以及反映汽水系统各受热段工质状况的压力、温度等参数。热工检测的汽轮机项目主要有蒸汽压力、温度、真空度、润滑和调速油压、转速、振动、转子轴向位移、转子与汽缸的相对膨胀、主轴偏心度、轴承温度、润滑油温度、推力瓦温度等。为了满足 600MW 机组运行监控高度自动化的要求, 热工检测的对象还包括机组各主要辅机和各辅助系统几乎所有可控制操作设备的工作状态。与网内其他容量的机组相比, 这 6 台 600MW 机组的主系统和辅助系统都比较庞大和复杂, 而且要求的自动

化程度高，因此在机组热工检测的信号数量中，辅助系统和设备的被测点数约占半数以上。这是 6 台 600MW 机组热工检测的特点之一。

国外 600MW 机组典型设计的热工检测参数大约是 5000 点。华能石洞口二厂每台 600MW 机组的热工检测点数约是 5600 点，北仑电厂 1 号机组约是 5200 点，平圩电厂每台机组约是 5400 点。

6 台 600MW 机组的热工检测用变送器一般都选用 0.2 级精确度。在实际使用中，因量值传递、校验设备等原因，有些作了降级至 0.5 级使用处理后，亦能满足检测要求。

对输入检测变量的处理精度和分辨率是由主控系统的设备所决定。石洞口二厂和北仑电厂使用的 Network-90、MOD-300、Procontrol 等分散控制系统（DCS）设备对模拟量输入信号的处理精度为 0.2 级，上述设备对普通模拟量输入信号的扫描速率最低为每秒 4 次，每个主控模块对模拟量输入信号的检测、处理数量限制在 160~250 点。

随着技术的进步，热工检测的测量范畴不断扩大、测量水平不断提高，近年来工业电视作为辅助检测手段在火电厂得到应用。在 600MW 机组上也使用工业电视监视炉膛燃烧状况、汽包水位和烟囱排烟状况。华能石洞口二厂两台 600MW 机组还装有锅炉炉管泄漏探测装置，用于监视锅炉炉膛水冷壁管的工作状况。

第二节 模 拟 量 控 制

模拟量控制是指自动和连续地调节、控制机组的运行工作状态，使机组的运行参数维持在规定范围内或按一定的规律变化，如维持汽包水位为给定值，调整机组的出力，使之满足电网负荷的要求等。

600MW 机组模拟量控制的主要项目有：给水自动调节、燃烧自动调节（包括燃料调节、送风调节、引风调节）、过热器和再热器蒸汽温度调节、汽轮机转速自动控制等。机组模拟量控制的策略是把锅炉—汽轮发电机组作为一个整体进行控制，通过控制回路，协调锅炉与汽轮机组的工作状态，以适应负荷变化的需要。根据这种策略，设计、组态的机组模拟量控制系统常被称为机组协调控制系统或闭环控制系统（CCS）。

与网内其他机组的同类系统相比，600MW 机组模拟量控制系统的功能要求有所提高，主要变化有：根据 600MW 机组在电网中的作用，机组的模拟量控制系统需要具有多种运行控制方式切换的功能（如 AGC 方式和机组控制方式的切换）；要求机组运行参数的某些控制设定值能随负荷或某种工况的变化而变化（如滑参数运行）；对在自动控制运行条件下发生的机组部分设备故障工况，要求模拟量控制系统能作出相应的防范控制反应，而不仅仅是退出控制，交给运行人员操作。上述要求使 600MW 机组的模拟量控制系统具有方式切换多、与顺序控制系统和保护系统接口繁琐、复杂等特点。

从实现模拟量控制的功能要求出发，对 600MW 机组模拟量控制系统的设备选型，现在一般都选用分散控制系统（DCS）。分散控制系统具有信号共享、危险分散、系统组态便利等优点，很适合用于接口多且结构复杂的大系统。而 600MW 机组的模拟量控制系统恰好有此特点。从几台选用 DCS 的模拟量控制系统的使用实绩来看，用 DCS 组成的模拟量控制系统具有硬件结构简单、组态修改方便、参数调整容易等优点。80 年代初期及以前选型设计的机组控制系统，由于受当时仪表制造业水平的限制，只能选用组件组装仪表。理论和实际

使用经验都表明：高质量的组件组装仪表在控制的实时性和可靠性（单回路等简单的系统组合）方面，性能并不亚于分散控制系统，但在系统组成和调整修改的灵活性方面逊色很多。

在 6 台 600MW 机组的模拟量控制项目中，尽管锅炉和汽轮发电机组主要参数的模拟量控制都采用了当时先进的控制装置或系统，但在对辅机设备和参数的调节控制上仍大量采用气动基地式仪表。气动基地式仪表是在现场就地安装，并对被控参数进行自动测量、指示、变送和调节的仪表，可以就地简单地解决单参数、单回路的检测、调节、控制等任务。而辅机控制多是简单的单回路控制系统。从经济性和合理性的角度看，这些系统没有必要像主机控制那样都集中于控制室进行监测控制。气动基地式仪表的特性能很好地适应这种需要，因此它广泛地应用于现代大机组辅机设备的自动控制上。

第三节 顺 序 控 制

顺序控制是指根据预先拟定的步骤、条件或时间，对生产过程中的机组设备和系统自动地依次进行一系列操作，以改变设备和系统的工作状态（如风机的启停、阀门的开关等）。顺序控制可以是最简单的单个对象（一个阀门或一台电动机）的启停和开关控制，也可以是一个系统甚至整个机组的启停顺序控制。顺序控制也常被称为程序控制、逻辑控制或二位式控制。

顺序控制是 600MW 机组仪表控制自动化的一个重要方面。由于 600MW 机组与网内其他机组相比所需控制的设备多、系统复杂，而机组操作控制的自动化要求高，按设计规划，每台机组只配备一名监控值班和 1~2 名辅助操作员，因此在机组启动、停机和异常处理等需要频繁操作的运行阶段，要求顺序控制系统能在运行人员少量干预下自动完成大部分设备和系统的启停和开关操作。

在 600MW 机组上采用顺序控制的系统主要是燃料和燃烧的管理与控制，即炉膛安全监控系统（FSSS）或称燃烧器管理系统（BMS），该系统控制着磨煤机及其辅助设备的启停、燃烧器的启停和燃油控制阀的开关。顺序控制还被广泛地用于机组重要辅机（如送、引风机）及其辅助设备（如润滑油站、挡板、风门）的启停操作控制。由于各台机组的设计规划监控水平的差异，以及受当时可选择的仪表控制设备的限制，6 台 600MW 机组的顺序控制覆盖范围有所不同。有的设计了整个机组的自动启停控制，有的仅是辅机和部分系统采用顺序控制。整个机组的自动启停控制由于涉及面广，要求被控对象有很好的可控性。自启停控制要求投资增加比较多，日常维护工作量也相对增大，而在机组启停不频繁的情况下，其优势并不明显。现行的技术政策尚不提倡推广使用机组自动启停控制，目前顺序控制的主要应用范围是主、辅机的启停操作，部分系统的运行操作和事故处理。

顺序控制系统所采用的控制策略是机组本身安全运行的要求，是长期运行经验的结晶，是运行规程的体现。运行操作人员给顺序控制系统下达操作命令后，只要监视控制步骤的执行情况和受控设备的状态反馈，无需逐步操作。这样既可以使运行操作规范化和简单化，又可以让运行人员有时间去观察、判断和思考，从而大大减少误操作的可能性。采用顺序控制是 600MW 机组仪表控制自动化的一个显著特点。

第四节 热工保护和信号

热工保护是指当机组在启停或运行过程中发生危及设备和人身安全的工况时，为防止事故发生和避免事故扩大，热工监控设备自动采取的保护动作措施。热工保护动作可分为三类动作形态：

(1) 报警信号 向操作人员提示机组运行中的异常情况。

(2) 连锁动作 必要时按既定程序自动启动设备或自动切除某些设备及系统，使机组维持原负荷运行或减负荷运行。

(3) 跳闸保护 当发生重大故障，危及机组设备或人身安全时，实施跳闸保护，停止机组（或某一部分设备）运行，避免事故扩大。

对 600MW 机组来说，由于其热力系统比较复杂，而且机组在正常运行参数附近的允许可变化裕量又相对较小，因此机组允许的边界条件相对比较苛刻。为了保证安全，根据设备制造厂和设计单位推荐或制定的运行边界条件，600MW 机组设置了许多热工保护项目，以避免因操作控制的失误而造成重大设备损坏事故。

600MW 机组的热工报警信号可分为两部分：CRT 报警和光示报警。由分散控制系统或数据采集计算机对检测、采集的过程工艺参数及设备状况信号进行定值比较运算和逻辑判断处理后产生的，在操作员控制台的 CRT 显示器上进行报警显示，常称为 CRT 报警。CRT 报警有相应的时间记录，可以在操作画面上用各种能引起操作员注意的显示方式出现，也可以分级、成组的形式显示，还可以作为运行历史数据进行储存。CRT 报警信号的数量仅受分散控制系统或数据采集计算机处理能力的限制，目前 600MW 机组设计的 CRT 报警信号数量将近 1000 点。除了 CRT 报警外，6 台 600MW 机组的操作盘上还配有传统的光示报警，用来提示重要运行工况的异常变化。光示报警具有醒目、易引起注意的优点。限于控制盘的可使用面积以及光示报警设备的容量，6 台 600MW 机组的光示报警数量少的约 150 点，多的设计有 1150 点。

600MW 机组的热工连锁和跳闸保护可大致分为锅炉热工保护、汽轮机热工保护和机炉电大连锁保护三部分。锅炉保护的主要内容是锅炉主蒸汽压力保护、汽包锅炉水位保护、直流锅炉断水保护、再热器保护、炉膛安全监视、主燃料跳闸保护等；汽轮机热工保护主要包括汽轮机轴向位移保护、缸胀和差胀保护、超速保护、振动保护、主轴挠度保护和给水加热器保护等；机炉电大连锁保护是指锅炉、汽轮机、发电机三大主机之间及与给水泵、送风机、引风机等主要辅机之间的连锁保护。大连锁保护的内容是综合三大主机和主要辅机在各自独立发生故障时，对自身和其他主、辅机及系统所必须实施的热工保护措施。

第二章 设备概况和主要技术特点

第一节 仪表控制设备配置状况

华东地区 6 台 600MW 机组仪表控制主要设备的配置状况如表 2-1 所示。

表 2-1 华东 6 台 600MW 机组仪表控制设备配置状况

机组名称	数据采集 DAS	模拟量控制 MCS	炉膛安全监控 FSSS	汽轮机控制 DEH	顺序控制 SCS	投产日期
平圩 1 号	FOX-1A	SPEC-200	CMOS 集成电路	DEH-MOD II		1989.11
平圩 2 号	FOX-1A	SPECTRUM	CMOS 集成电路	DEH-MOD II		1992.12
北仑 1 号	MOD-300	MOD-300	CMOS, Gould-984	DEHC	Gould-984	1991.10
北仑 2 号	MOD-300	MOD-300	CMOS, Gould-984	Microcek	Gould-984	1994.10
石洞口二厂 1 号	Network-90	Network-90	Network-90	Turbotrol-5	Network-90	1992.6
石洞口二厂 2 号	Network-90	Network-90	Network-90	Turbotrol-5	Network-90	1992.12

平圩电厂两台机组的数据采集系统 (DAS) 配用的是美国 FOXBORO 公司的 FOX I/A 计算机监控系统, 该系统是一个以 FOX I/A 小型计算机控制的通信网络 (FOXNET) 系统。网络由通信链 (LINK)、通信链接口 (LP)、通信链扩展接口 (LPE) 和通信站组成。在网络中, FOX I/A 小型机本身也作为通信站。图 2-1 是平圩电厂 1 号机组 FOXNET 网络系统

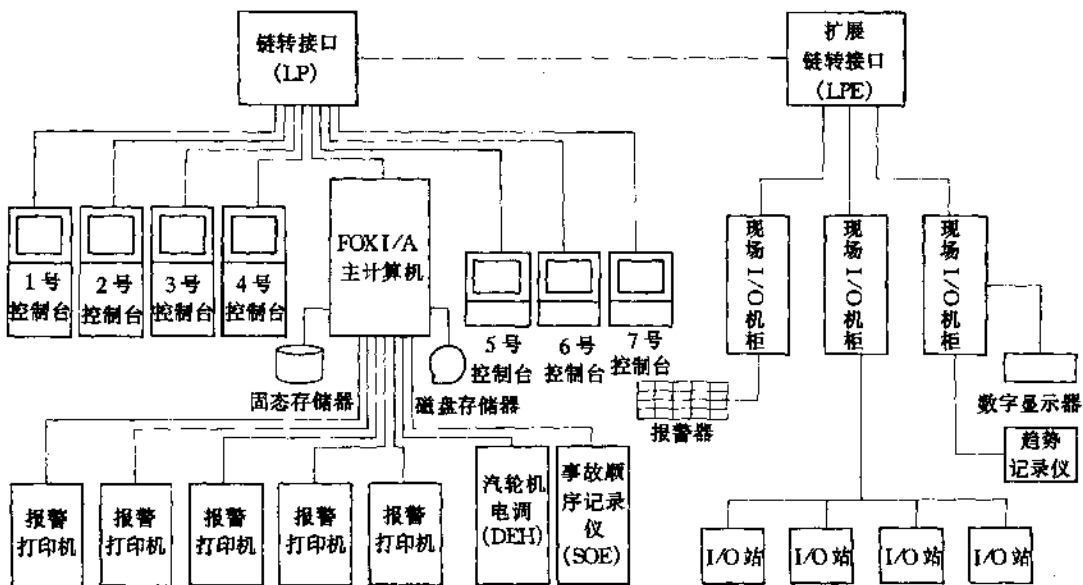


图 2-1 平圩电厂 1 号机组 FOXNET 网络系统

图，网络主要由 11 个通信站组成。

平圩电厂 1 号机组模拟量控制系统设计配备的 SPEC200 是美国 FOXBORO 公司 80 年代初的组件组装式仪表，其特点是质量好、经久耐用、可靠性高。该系列产品在 80 年代中期由上海 FOXBORO 公司生产后，被国内其他火电机组广泛配套使用，有良好的使用业绩。但组件组装式仪表是以不同的组件来实现不同的控制功能的。由于 600MW 机组热力系统相对比较复杂，要求的控制功能多，因此采用 SPEC200 需要 40 余种、400 多个组件才能组成机组模拟量控制系统。组件组装式仪表在组件之间的信息传递是依靠硬接线来完成的。在调试过程中若要对控制系统作某些改进，就必须改变组件的接线。若要增加调节功能，就必须增加组件并重新接线。所以组件组装式仪表的另一个特点是对控制系统的设计要求高，比较适用于有成熟设计的系统或小规模的简单系统。

由于 1 号机组模拟量控制系统配用的逻辑卡件（非 FOXBORO 公司产品）的备品供应原因，1996 年初，平圩电厂采用 SPEC200 MICRO 对原有的模拟量控制系统进行了部分改造。SPEC200 MICRO 是 FOXBORO 公司 1985 年推出的采用微处理器的组装仪表，它仍保持与 SPEC200 的统一和兼容，但在信号处理和控制运算等方面开始采用软件方法。SPEC200 MICRO 比 SPEC200 有了很大改进，具有系统构成比较灵活、修改方便等优点。图 2-2 为平圩电厂 1 号机组仪表控制系统方框图。

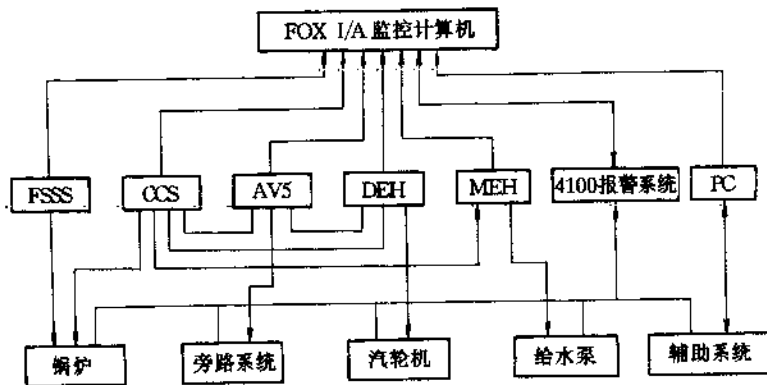


图 2-2 平圩电厂 1 号机组仪表控制系统方框图

平圩电厂 2 号机组的模拟量控制系统采用的是 SPECTRUM（FOXBORO 公司产品），它和华能上海石洞口第二电厂所使用的主要控制设备 Network-90（Bailey 公司产品），以及北仑电厂使用的 MOD-300（ABBPPC 公司产品），都属微机分散控制系统。但由于 SPECTRUM 是 FOXBORO 公司早期的微机分散控制系统，功能尚欠完善，在平圩 2 号机组上仅限于模拟量控制的应用。

相比之下，北仑电厂和华能上海石洞口第二电厂的分散控制系统应用范围就比较广。MOD-300 在北仑电厂的应用范围包括了数据采集系统和模拟量控制系统。华能上海石洞口第二电厂使用 Network-90 分散控制系统覆盖了模拟量控制系统（该厂称为闭环控制系统 BCS）、锅炉燃烧器管理系统（BMS）、顺序控制系统（SEQ）、数据采集系统（DAS）、机组自动启停管理系统（UAM）等五大系统的全部功能。系统结构见图 2-3。

与组件组装式仪表相比，分散控制系统具有下列优点：