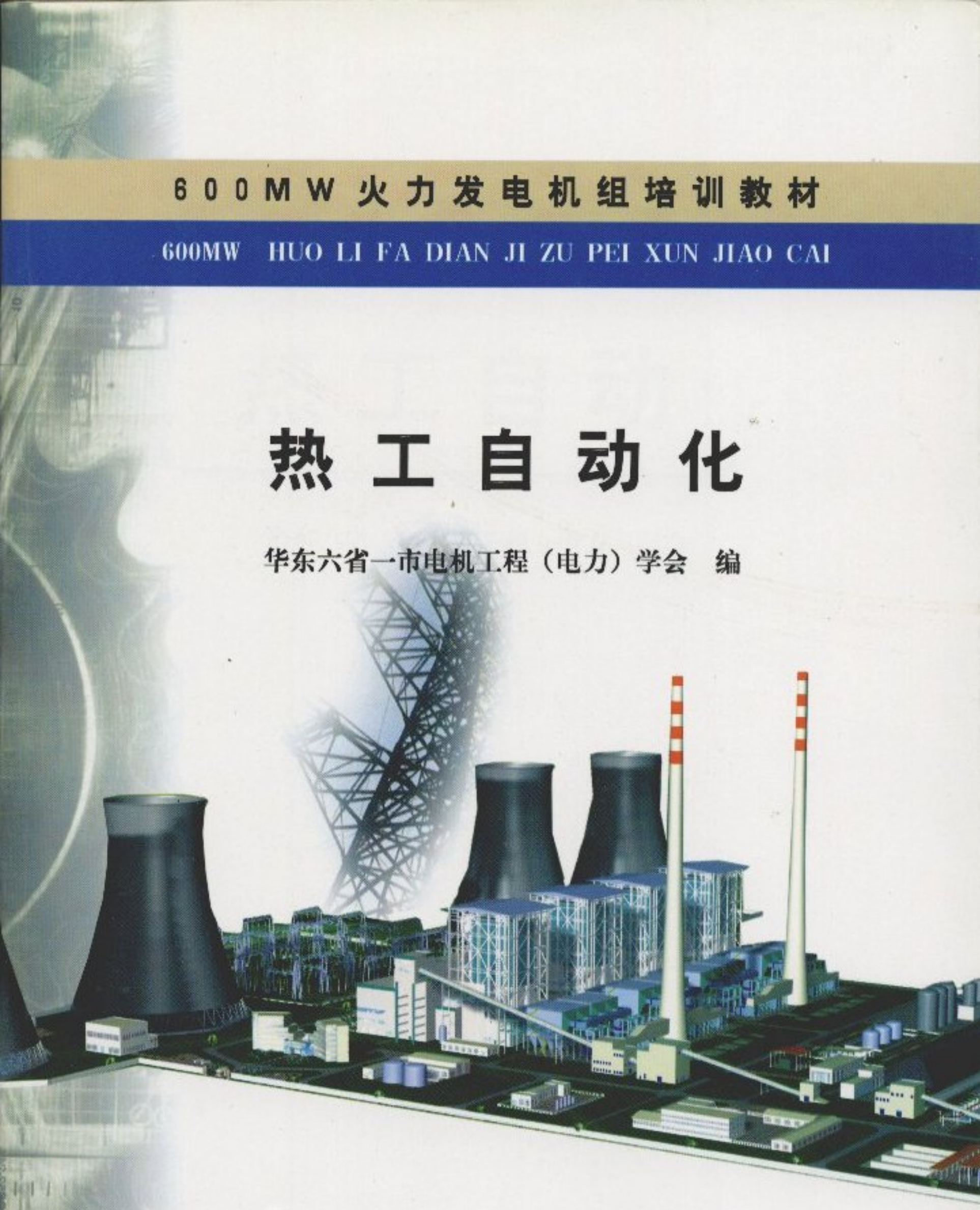
600MW 火力发电机组培训教材

600MW HUO LI FA DIAN JI ZU PEI XUN JIAO CAI

热工自动化

华东六省一市电机工程（电力）学会 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

需要全本请访问 www.ertongbook.com

600MW火力发电机组培训教材

热工自动化

华东六省一市电机工程（电力）学会　编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《600MW火力发电机组培训教材》之一，是由华东六省一市电机工程（电力）学会组织编写的。全书共三篇，内容主要包括大型火电机组现代自动化功能，分散控制系统及在国内600MW机组上已采用的DCS介绍，600MW机组热控技术特点。

本书可供电力生产、科研、设计、施工等部门的工程技术人员使用，也可供有关专业的大专院校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

热工自动化/华东六省一市电机工程（电力）学会编 .-北京：中国电力出版社，1999

600MW火力发电机组培训教材

ISBN 7-80125-961-0

Ⅰ.热… Ⅱ.华… Ⅲ.火力发电-机组-热力工程-自动控制系统 Ⅳ.TM621.3

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第04227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）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2000年3月第一版 2005年4月北京第四次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 23.5印张 570千字

印数9001—12000册 定价**40.00**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 火力发电机组培训教材》

编　委　会

组 编 单 位： 山东省电机工程学会
安徽省电机工程学会
江西省电机工程学会
浙江省电力学会
福建省电机工程学会
上海市电机工程学会
江苏省电机工程学会

联合编委会成员：

主 任 委 员：	刘时中	江苏省电机工程学会
副主任委员：	林淦秋	上海市电机工程学会
	苏伯林	江苏省电机工程学会
委　　员：	纪永遵	山东省电机工程学会
	王海秋	安徽省电机工程学会
	熊彭年	江西省电机工程学会
	陆桂婉	浙江省电力学会
	郭忠尧	福建省电机工程学会

前　言

大容量、高参数、高效率的大机组标志一个国家的技术装备水平。自改革开放以来，我国电力工业的技术装备水平得到了较大的提高，大型发电机组有了较快增长。据统计，1978年全国200MW及以上的发电机组只有18台共4.32GW，占全部装机容量的7.6%，到1997年则上升到424台共113.2GW，占全部装机容量的44.5%。目前在全国电力系统中200、300、600MW发电机组已成为主力机组，特别是人们认为最佳单机容量的600MW级的火力发电机组自1985年在我国开始出现以来，至今已有20多台投入了电网运行。

由于600MW发电机组具有容量大、参数高、能耗低、可靠性高、对环境污染小等特点，在我国《1994～2000～2010～2020年电力工业科学技术发展规划》和《电力工业技术政策》及《电力工业装备政策》中选定了在火电技术方面的发展重点包含了600MW机组的开发研究和积极推动其应用。可以预料，今后在全国电力系统内将会有更多的600MW级发电机组投入电网运行。

为适应这一形势发展的需要，使广大电业人员学习和掌握600MW发电机组的技术性能和特点，1996年5月华东地区六省一市电机工程（电力）学会第十次联席会议经过认真讨论研究，决定组织编撰《600MW火力发电机组培训教材》，并落实由六省一市电机工程（电力）学会联合编委会具体主持操作，联席会议在人、财、物上给予应有的支持。联合编委会根据联席会议的决定，在中国电力出版社的积极支持和指导下，于1996年正式启动，选组编撰专家和审稿专家，着手搜集资料，制订和审查编撰大纲等；1997年书稿开始编撰；1998年书稿陆续完成和主审人分头审稿；随即送中国电力出版社编辑加工、出版。整个教材的编审工作，前后共花去了两年多的时间，现在终于正式和读者见面了。

本教材共分五个分册，即第一分册《汽轮机设备及其系统》，由浙江省电力工业局丁有宇高级工程师主编，国家电力公司电力机械局王作宾教授级高级工程师主审；第二分册《电气设备及其系统》，由东南大学刘中岳教授主编，李扬副教授和陆于平副教授参编，安徽省电力试验研究所倪安华教授级高级工程师主审；第三分册《锅炉设备及其系统》，由上海电力学院章德龙教授主编，华东电力试验研究院乐长义教授级高级工程师主审；第四分册《热工自动化》，由江苏省电力试验研究所陈厚肇教授级高级工程师主编，江苏省电力工业局霍耀光高级工程师主审；第五分册《环境保护》，由山东省电力科学研究院曹长武高级工程师主编，南京电力环保研究所丁伟高级工程师主审。全套教材共约320万字。

本教材以600MW火力发电机组的设备及其系统的结构、原理、功能及性能为编撰重点，力求突出600MW机组的技术特点，在理论阐述深度方面，以普及为基础，并适当兼顾提高，在运用语言方面则力求通俗易懂，深入浅出。本教材属于600MW火力发电机组投运上岗培训、岗位技能培训和继续工程教育类培训的教材，适合于具有中专及以上文化程度的电力生产和技术管理人员培训之用，也可供高等院校热能和电力等专业的师生参考。

在教材编撰过程中，华东地区六省一市电力工业局、有关大专院校、厂局以及有关专家学者和科技人员给予了热情的支持和帮助；安徽平圩发电厂、浙江北仑港发电厂、山东邹县

需要全本请访问 www.ertongbook.com

发电厂、上海华能石洞口第二发电厂、江苏扬州第二发电厂提供了600MW机组的有关资料，我们在此一并表示衷心感谢。我们还要感谢中国电力出版社，在历次联合编委会会议上都派出编辑参加和指导，经常关心编撰工作，协助解决疑难问题，给予了极大的支持和鼓励。

限于编审人员的水平，这套教材的疏误之处一定不少，恳请广大读者提出宝贵意见，以便今后修订，提高质量，使之能更好地为我国电力工业的建设和发展服务，起到更大的作用。

华东地区六省一市电机工程（电力）学会

1999年8月

编 者 的 话

本书是由华东地区六省一市电机工程（电力）学会组织编写的。全书共分三篇，主要内容有大型火电机组现代自动化功能，分散控制系统以及600MW机组热控技术特点等。本书的编写参考了安徽省电力局、电力试验研究所，浙江省电力局、电力试验研究所，上海电力局、电力试验研究所，平圩电厂、北仑港电厂、石洞口二厂等单位编写的有关600MW机组热工自动化技术资料。在本书编写过程中始终得到华东地区六省一市电机工程（电力）学会联合编委会主任委员刘时中高级工程师的帮助和支持，全书由江苏省电力局生技处霍耀光高级工程师审阅，在此谨向所有对本书的编写给予帮助和支持的同志表示衷心的感谢！

本书可供电力生产、科研、设计、施工等部门的工程技术人员作为再教育的培训教材，亦可供有关专业的大专院校师生参考。

陈厚馨

1998年12月

目　　录

前　言
编者的话

第一篇　大型火电机组现代自动化功能

第一章　大型火电机组现代自动化功能概述 …… 1
第二章　炉、机、电集控 …… 6
　第一节　单元机组炉、机、电集控 …… 6
　第二节　单元机组炉机电集控的几个问题 …… 8
　第三节　600MW 机组集控室布置实例 …… 9
第三章　单元机组协调控制系统 …… 12
　第一节　协调主控 …… 12
　第二节　燃烧控制系统 …… 23
　第三节　给水控制系统 …… 29
　第四节　汽温控制系统 …… 32
　第五节　其他控制系统 …… 34
　第六节　基地式调节系统 …… 35
第四章　锅炉炉膛安全监控系统 …… 38
　第一节　锅炉炉膛安全监控系统的主要功能 …… 38
　第二节　锅炉炉膛爆燃的理论分析和防止爆燃的措施 …… 39
　第三节　炉膛吹扫 …… 42
　第四节　油枪（组）程控 …… 44
　第五节　火焰检测 …… 45
　第六节　磨煤机组程序启停和磨煤机、给煤机保护逻辑 …… 49
　第七节　主燃料跳闸 …… 53
　第八节　主燃料跳闸可靠性分析 …… 57
第五章　顺序控制系统 …… 67
　第一节　顺序控制系统的功能与控制范围 …… 67
　第二节　顺序控制系统功能组举例 …… 70
第六章　数据采集系统 …… 76
　第一节　数据采集系统的主要功能 …… 76
　第二节　数据采集系统的基本组成和性能指标 …… 81
第七章　汽轮机数字电液控制系统和给水泵汽轮机电液控制系统 …… 83
　第一节　汽轮机数字电液控制系统 …… 83
　第二节　给水泵汽轮机电液控制系统 …… 99

第八章　汽轮机自启动系统和旁路控制系统 …… 104
第一节　汽轮机自启动系统 …… 104
第二节　旁路控制系统 …… 115
第九章　汽轮机监视仪表和汽轮机紧急跳闸系统 …… 123
第一节　汽轮机监视仪表 …… 123
第二节　汽轮机紧急跳闸系统 …… 130
第十章　辅助系统的微机程控系统 …… 134
第一节　辅助系统微机程控系统的特点和主要控制对象 …… 134
第二节　辅助系统微机程控系统应用举例 …… 135

第二篇　分散控制系统及我国内600MW机组上已采用的DCS介绍

第十一章　分散控制系统 …… 148
第一节　分散控制系统的基本概念和特点 …… 148
第二节　分散控制系统的发展过程及其基本结构 …… 153
第三节　分散控制系统的网络体系 …… 156
第四节　分散控制系统与其他系统通信的接口与协议 …… 162
第五节　分散控制系统的硬件 …… 177
第六节　分散控制系统的软件 …… 187
第七节　数据处理与信息共享 …… 190
第八节　电源、系统接地及抗干扰 …… 192
第九节　分散控制系统的人机接口 …… 197
第十节　分散控制系统的发展趋势 …… 199
第十二章　N－90(INFI－90)分散控制系统 …… 203
第一节　N－90 系统的构成 …… 203
第二节　N－90 主要单元、模件简介 …… 209
第三节　N－90 系统控制程序的组态和 EWS TEXT 软件应用手册选编 …… 219
第四节　INFI－90 开放系统概述 …… 227
第十三章　WDPF 分散控制系统 …… 235
第一节　WDPF 系统的构成及其硬件简介 …… 235
第二节　WDPFⅡ分散控制系统 …… 238
第十四章　MOD－300 分散控制系统 …… 250
第一节　MOD－300 分散控制系统的构成 …… 250
第二节　MOD－300 系统硬件 …… 251
第三节　MOD－300 系统软件 …… 256
第十五章　TELEPERM－ME（XP）分散控制系统 …… 260
第一节　TELEPERM－ME 分散控制系统 …… 260
第二节　TELEPERM－XP 分散控制系统 …… 269

第三篇　600MW机组热控技术特点

第十六章　平圩电厂600MW机组热控系统及其技术特点 …… 283

第一节　平圩电厂600MW机组主设备简介 …… 283
第二节　热控系统概况 …… 284
第三节　主要热控系统介绍 …… 285
第十七章　北仑港电厂600MW机组热控系统及其技术特点 …… 299
第一节　北仑港电厂600MW机组主设备简介 …… 299
第二节　热控系统概况 …… 300
第三节　MOD－300分散控制系统实现的监控功能 …… 301
第四节　电厂保护系统 …… 314
第五节　DEH控制系统 …… 314
第六节　其他控制系统简介 …… 317
第十八章　石洞口第二电厂600MW机组热控系统及其技术特点 …… 321
第一节　石洞口第二电厂600MW机组主设备简介 …… 321
第二节　热控系统概况 …… 322
第三节　N－90分散控制系统在石洞口二电厂600MW超临界机组上的应用 …… 323
第四节　汽轮机数字电液控制系统（DEH）和给水泵
小汽轮机数字电液控制系统（MEH） …… 332
第五节　汽轮机高、低压旁路控制系统和监视仪表系统（TSI） …… 334
第六节　机组连锁保护系统 …… 336
第七节　水、煤、灰程控系统 …… 338
第十九章　邹县电厂600MW机组热控系统及其技术特点 …… 340
第一节　邹县电厂600MW机组主设备和热控设备简介 …… 340
第二节　邹县电厂600MW机组仪控系统的特点 …… 341
第三节　邹县电厂600MW机组WDPFⅡ分散控制系统 …… 342
第四节　汽轮机数字电液控制系统（DEH）和HITASS汽轮机自启动系统 …… 345
第二十章　扬州二电厂600MW机组热控系统及其技术特点 …… 351
第一节　扬州二电厂600MW机组主设备简介 …… 351
第二节　热控系统概况 …… 351
第三节　TELEPERM－XP分散控制系统的硬件结构 …… 354
第四节　TELEPERM－XP分散控制系统完成的控制功能 …… 355

第一篇

大型火电机组现代自动化功能

第一章 大型火电机组现代自动化功能概述

国民经济的不断增长，增加了对能源的需求量，电力工业逐渐发展为大电网、大机组、高参数、高度自动化。由于高参数、大容量机组发展迅速，装机数量日益增多，因此对机组自动化的要求也日益提高，以“4C”（计算机、控制、通信、CRT）技术为基础的现代火电机组热工自动化技术也相应得到了迅速发展。其中，具有代表性的是80年代微机分散控制系统（DCS）的问世和日益完善，并广泛应用于大机组的自动控制。“七五”、“八五”期间，我国电力工业所建主力机组大多还是300MW机组，但也开始建设600MW级机组。现在已建成的600MW机组有：元宝山电厂1×600MW机组、平圩电厂2×600MW机组、北仑港电厂2×600MW机组、石洞口二厂2×600MW机组、沙角C厂3×660MW机组、邹县电厂#1600MW机组、哈尔滨第三电厂#1600MW机组。“九五”期间，我国电力建设的机组主力将逐步转为以600MW机组为主。据《过程自动化技术信息》1995年第四期介绍，我国在1995年火电设计项目中有大量的600MW火电机组工程。表1-1列出了1995年600MW火电机组设计项目。

表1-1　　1995年600MW火电机组设计项目

电网名称	项目名称	建设性质	规模（MW）	设计阶段	提出文件时间	设计单位
京津唐电网	蓟县二期	扩建	2×600	初预设	1995.06	华北院
	陡河二厂	新建	2×600	初预设	1995.06	华北院
	沙岭子二期	扩建	2×600	初设	1996.03	华北院
	大同二厂二期	扩建	2×600	初预设	1995.09	华北院
	平谷	新建	2×600	初预设	预备	华北院
河北省	邯峰	新建	2×600	初设最终版	1995.09	河北院
黑龙江省	双鸭山三期	扩建	2×660	初设	1996.03	东北院
	哈三二期	扩建	2×600			东北院
内蒙古自治区	伊敏一期	新建	2×500	施工图	1995.12	东北院
	伊敏二期	扩建	2×500	初设	预备	东北院
	元宝山三期	扩建	2×600			东北院
	岱海	新建	2×600	初预设	1995.12	华北院
	托克托A厂	新建	2×600	初设最终版	1995～1996	华北院

需要全本请访问 www.ertongbook.com

续表

电网名称	项目名称	建设性质	规模（MW）	设计阶段	提出文件时间	设计单位
山西省	王曲	新建	2×600	初预设	预备	山西院
辽宁省	大连庄河	新建	2×600	初设	预备	东北院
	绥中一厂	新建	2×800	施工图	1995.12	东北院
	铁岭二期	扩建	2×600	初设	预备	东北院
四川省	黄桷庄二期	扩建	2×600	初设	预备	西南院
陕西省	韩城二厂	新建	2×600	初预设	95.12	西北院
上海市	外高桥二期	扩建	2×900	初预设	1995.12	华东院
	吴泾八期	扩建	2×600	施工图	预备	华东院
浙江省	北仑港二期	扩建	3×600	初设施工图	1995.06 1995.12	华东院
	嘉兴二期	扩建	4×600	初设	1995～1996	华东院
	鹰龙山一期	新建	2×600	初设	预备	招标
江苏省	扬州二厂	新建	2×600	初预（终）施工图	1995.03 1996.06	华东院
	华能金陵	新建	2×600	初预设	1995.12	华东院
	常熟二期	扩建	2×600	初预设	1995.12	西北院
安徽省	平圩二期	扩建	2×600	初设	预备	华东院
湖北省	黄冈	新建	2×600	初预设	1995.12	中南院
山东省	华能德州三期	扩建	2×600	初设（终）施工图	1995.06 预备	山东院
	聊城	新建	2×600	初设	1995.12	山东院
	潍坊二期	扩建	2×600	初设	预备	山东院
	莱城	新建	2×600	初设	预备	西北院
	邹县三期	扩建	2×600	施工图	1995.06	西北院
河南省	沁北	新建	2×600	初设最终版	1995～1996	西北院
广西壮族自治区	钦州一期	新建	2×660	初预设	预备	中南院
广东省	珠海	新建	2×660＋2×600	施工图	1995～1996	广东院（配合、总承包商设计）
	台山	新建	2×660＋2×600	施工图	1995～1996	
	汕尾	新建	2×660＋2×600	施工图	1995～1996	

大机组的特点之一是监视点多（600MW 机组 I/O 点多达 3000～5000 个，随着发电机－变压器组和厂用电源等电气部分监视纳入 DCS 之后，I/O 点已超过 7000 个），参数变化速度快和控制对象数量大（600MW 机组超过 1300 个），而各个控制对象又相互关联，所以，操作稍一失误，所引起的后果是十分严重的。传统的炉、机、电分别监控方式，已不能适应像 600MW 这样大型单元机组监控的要求。如果将大机组的监视与控制操作任务仅交给运行人员去完成，不仅体力和脑力劳动强度大，而且很难做到及时调整和避免人为的操作失误，因此必须由高度计算机化的机组集控取而代之。大量事实证明，自动化技术对于提高机组的安全经济运行水平是行之有效的，我们可以这样说，大型火电机组离开了高度的自动

化，就不可能做到安全经济运行。

（1）在机组正常运行过程中，自动化系统能根据机组运行要求，自动将运行参数维持在要求值，以期取得较高的效率（如热效率）和较低的消耗（如煤耗、厂用电率等）。对望亭发电厂#14机组（300MW）使用美国西屋公司的WDPF微机分散控制系统的运行经济效果的初步分析表明，仅WDPF分散控制系统的自动控制和在线效率监控功能的投用，就分别降低机组供电煤耗3.6g/（kW·h）和0.85g/（kW·h），综合降低的机组供电煤耗可达4.45g/（kW·h）。以该机组年发电量18亿kW·h计算，每年可节约标准煤8010t，可见其经济效益是很显著的。

（2）在机组运行工况出现异常，如参数越限、辅机跳闸时，自动化设备除及时报警外，还能迅速、及时地按预定的规律进行处理。这样，既能保证机组设备的安全，又能保证机组尽快恢复正常运行，减少机组的停运次数。例如，RUN BACK（自动快速减负荷）、RUN UP（强增负荷），RUNDOWN（强减负荷）、FAST CUT BACK（FCB，负荷快速切回或称快速甩负荷）等功能。

（3）当机组从运行异常发展到可能危及设备安全或人身安全时，自动化设备能适时采取果断措施进行处理，以保证设备及人身的安全。如锅炉主燃料跳闸（master fuel trip，MFT）、汽轮机监测系统（TSI）和汽轮机紧急跳闸系统（ETS）等。

（4）在机组启停过程中，自动化设备又能根据机组启动时的热状态进行相应的控制，以避免机组产生不允许的热应力而影响机组的运行寿命，即延长机组的服役期。如汽轮机的计算机应力估算和寿命管理系统，汽轮机自启停系统（turbine automatic system，TAS）。

（5）随着电网的发展，对自动发电控制（automatic generation control，AGC）的要求日趋严格。AGC是现代电网控制中心的一项基本和重要的功能，是电网现代化管理的需要，也是电网商业化运营的需要。而要实现AGC，单元机组必须有较高的自动化水平，单元机组协调控制系统必须能投入稳定运行。

建国40多年来，随着机组容量的增大、参数的提高，对于机组安全经济运行的要求不断提高，火电厂的自动化水平也不断得到提高，从传统的机、炉、电分别人工监控发展到今天的单元机组集控，自动化系统的功能也已从单台辅机和局部热力系统发展到整个单元机组的检测与控制。而随着整个单元机组自动化的不断完善以及电网发展的需要，火电厂热工自动化的功能必然会和调度自动化系统（automatic dispatch system，ADS）相协调而实现电网的自动发电控制（AGC）。但必须指出的是，自动化系统毕竟只能按照人们预先制定的规律进行工作，而机组运行过程中的情况却是复杂、随机的。因此，自动化系统在一般情况下虽不需要人工干预，但在特定情况下却要求人工给以提示或协调。无人值班的火电厂或火电机组虽经尝试，却迄今未获成功，也就是说高度自动化的火电机组并非不需要人的干预，而是需要人的更高层次的干预。由此可见，自动化水平高的机组，要求运行人员也具有更高的技术和文化水平。

大型火电机组由于具有大容量、高参数的特点，因此要有相应的新的自动化功能与之相适应，这些新的自动化功能大致有以下几种：

（1）单元机组协调控制系统（coordination control system，CCS）；

（2）锅炉炉膛安全监控系统（furnace safeguard supervisory system，FSSS）或称燃烧器管理系统（burner management system，BMS）；

表 1-2　　五 大 功 能 热 控 设 备 配 置

电厂名	容量(MW)	锅　　炉	汽 轮 机	CCS	DAS	SCS	BMS(FSSS)	DEH(EHC)
平圩电厂	600	哈锅引进美国 CE 技术,汽包炉	哈汽引进美国西屋技术	#1 SPEC－200 #2SPECTROM(美)	FOX－1/A(美)	继电器	模拟式 CE(美)	DEH－MODⅡ 西屋(美)
北仑港电厂	600	#1 CE 汽包炉(美) #2 B&W(加)	#1 东芝(日) #2 ALSTHOM(法)	MOD－300 TAYLOR(美)	MOD－300 TAYLOR(美)	MOD－300 TAYLOR(美)	MOD－300 TAYLOR(美)	#1 TOSMAP－V 东芝(日)DEH #2 MICRO－REC ALSTHOM(法)
石洞口二厂	600	超临界直流炉 Sulzer － ABB(瑞士)	ABB(瑞士)	N－90 Bailey(加)	N－90 Bailey(加)	N－90 Bailey(加)	N－90 Bailey(加)	Turbotrol－5DEH ABB(瑞士)
元宝山电厂	600	直流炉 Steinmüller(德)	ALSTHOM(法)		W－2500(美)			REC－70EHC ALSTHOM(法)
邹县电厂	600	汽包炉 FOSTER WHEELER(美)	日立(日)	WDPF－Ⅱ西屋(美)	WDPF－Ⅱ西屋(美)	WDPF－Ⅱ西屋(美)	FORNEY(美)	D－EHG/HITASS－200E 日立(日)
扬州二厂	600	汽包炉 B&W(美)	西屋（美）	TELEPERMXP 西门子（德）	TELEPERMXP 西门子（德）	TELEPERMXP 西门子（德）	TELEPERMXP 西门子（德）	DEH－MODⅢLEVEL3 西屋（美）
华能福州电厂	350	汽包炉三菱（日）	三菱（日）	MIDAS－8000（日）	MIDAS－8000（日）	MIDAS－8000（日）	MIDAS－8000 （日）	MIDAS－8000 DEH（日）
华能南通电厂	350	汽包炉 B&W(加)	GE（美）	N－90（意）	N－90（意）	N－90（意）	N－90（意）	MARK－ⅡA EHC GE（美）
利港电厂	350	FOSTER WHEELER（西）汽包炉	ANSALDO（意）	N－90（意）	N－90（意）	N－90（意）	MPS－4800 FORNEY（意）	EHC ANSALDO（意）

（3）顺序控制系统（sequence control system，SCS）；

（4）数据采集系统（data acquisition system，DAS）；

（5）汽轮机数字电液控制系统（digital electric hydraulic system，DEH）和给水泵汽轮机电液控制系统（machine electric hydraulic system，MEH）；

（6）旁路控制系统（bypass control system，BPS）；

（7）汽轮机自启动系统（TAS）；

（8）RUN BACK、RUN UP、RUN DOWN、FCB；

（9）汽轮机监视仪表（TSI）和汽轮机紧急跳闸系统（ETS）；

（10）辅助系统的计算机程控系统。

上述大型火电机组的十项自动化功能，尤以前五项最为重要，它们集中反映了机组的自动化水平。表 1-2 列出了 600MW 机组及部分 350MW 机组五大功能的热控设备配置。

第二章 炉、机、电集控

第一节 单元机组炉、机、电集控

早在70年代125MW机组发展时期，由于机组单元制运行，传统的机、炉、电控制室分开，机、炉、电分别监视、控制的方式已不能适应大型单元机组安全、经济运行的要求，因而炉、机、电集控方式应运而生。早期，由于机组的容量还不是很大，自动化程度还不高，再加上热控自动化设备水平所限，炉、机、电集控还只是形式上的炉、机、电集控，监控设备仍是常规的仪表和控制装置（如组件组装式自动化仪表：TF－900、MZ－Ⅲ、SPEC－200等），炉、机、电运行人员仍是分别监盘和操作。随着机组容量的增大和自动化程度的提高，200MW、300MW机组开始采用计算机监视系统（通常称计算机数据采集系统DAS），并逐渐用计算机监视系统替代常规仪表，逐步向集中监视过渡，但控制和操作仍是常规方法，是常规仪表和CRT监视并存，这是80年代200～300MW机组的典型监控模式。随着机组容量的进一步增大，出现了350MW、600MW级的机组，机组自动化程度有了很大提高，人工干预日趋减少，特别是分散控制系统（DCS）的采用，在控制台上CRT及键盘（鼠标、球标触屏等）提供了集中监视与软M/A站操作功能，常规仪表和控制台上的硬手操设备（开关、按钮、M/A操作器等）可大幅度减少，控制盘台的长度可大大缩短，为名符其实的炉、机、电集控创造了现实条件。国内600MW机组目前基本上实现了真正的炉、机、电集控，即炉机长（或称机组长）值班制。

以平圩、北仑港、石洞口二厂、华能南通、利港五个电厂为例，这五个电厂的控制室均为炉机电集控布置，除北仑港电厂为一台机组一个控制室外，其他四个电厂均为二台机组共用一个控制室。运行人员在控制室的盘台上可以实现单元机组的启动、停止、正常运行及事故处理的全部监视和操作。但机组启动前的一次性操作设备，如检修用隔离阀及独立的与机组无直接联系的设备，由现场操作人员操作。表盘布置将锅炉、汽轮机、发电机作为一个整体来监视和控制，即自动控制系统是按一个运行人员监视与控制炉机电全部工况来设计和布置的，采用炉机长（机组长）制。上述五个电厂的操作盘台布置和监控方式大致可分为三类：

（1）以操作台为主、计算机为辅的布置和监控方式

平圩电厂属于这种类型。平圩电厂的计算机数据采集系统（DAS）只用作监视，在启动时为运行人员提供操作指导，运行人员根据计算机的操作指导在操作台上启动辅机、操作阀门和风门等。启动辅机时由继电器组成的逻辑回路进行控制；正常运行时计算机采集数据，在CRT上显示图像和数据等作运行监视用，并有报警、打印等功能，可以提醒运行人员并代替人工抄表，此外，还有机组性能计算功能，如计算汽轮机热应力，机组煤耗、效率等。这类监控方式，还处于炉机电集控的初级阶段，计算机只代替了部分常规仪表，控制台、盘仍较长，还需几个人监盘操作。

（2）操作台手操与计算机CRT、键盘软手操并存的布置和监控方式

华能南通电厂和利港电厂采用这种方式。这两个电厂都采用以 NETWORK－90（简称 N－90）分散控制系统为主的监控方式。除在控制台上装置了 CRT 显示器外，还在控制盘上装有较多的操作器（DCS 数字控制站）、操作开关（DLS 数字逻辑站）以及部分显示器（DIS 数字显示站），这种数字控制站、数字逻辑站和数字显示站是微机分散控制系统的一部分。运行人员的监视和操作既可以通过 CRT 和键盘进行，也可以在上述三种数字站上进行。对运行人员来说显示和操作是双份的。在数字控制站上除可进行手/自动切换、手动增/减操作和设定值修改外，还有过程变量、设定值和控制输出三种量的数字显示；在数字逻辑站上除可进行启/停或开/关操作外，还有设备的状态指示：运行/停止，已开/已关；数字显示站有三个过程变量的显示。通过数字控制站和数字逻辑站进行操作来启停辅机、开关阀（风）门，以及通过手操执行机构开大/关小阀（风）门，虽然是在控制盘上操作，但必须通过分散控制系统的有关总线和模件，这些操作已受到计算机逻辑的制约。启动辅机时严格按功能组进行顺序控制，例如，在启动一组磨煤机时，先开润滑油泵和有关风门，再开磨煤机、给煤机。这样启动操作比较安全，减少了操作步骤和误操作。在数字站上操作与在 CRT 键盘上操作在逻辑功能上是等效的，但数字控制站的手操与 CRT 键盘上的手操还是有些区别的，因为数字控制站操作时仅通过多功能控制器（MFC）的扩展母线，且多功能控制器故障时，操作器可以通过旁路直接操作，即具有后备硬手操的功能，而 CRT 键盘的操作除需经过扩展母线外，还需经过模件、模件总线和工厂环路，经过通信送到执行机械，执行机械的动作再逆向传送到 CRT，这样来回的传送要求有关模件、模件母线和工厂环路完好，且在 CRT 和键盘上必须逐一调用画面和逐一操作，对运行人员的操作水平有较高的要求。这种操作台手操与计算机 CRT、键盘软手操并存的布置和监控方式，具有双重监控功能，对运行人员来说有它优越的一面。但这样的配置，设备资源重复，投资增加，虽取消了大部分常规仪表，而盘台长度的缩减仍受限制，这种监控方式只是一个过渡方式。

（3）以计算机 CRT、键盘软手操为主的布置和监控方式

石洞口二厂和北仑港电厂采用这种布置和监控方式，以计算机 CRT 和键盘为主进行正常运行监视和控制，在控制盘上保留一定数量的数字操作站和辅机停止按钮，以保证启动时操作的灵活性和在计算机系统故障时仍能实现机组的安全停役。这种以计算机 CRT 和键盘软手操为主的布置和监控方式，对计算机系统的可靠性和可用率要求很高，因此采用了冗余技术，如石洞口二厂的管理指令系统（management command system，MCS）采用了两套，每套都具备整个单元机组的监视和操作功能。随着机组自动化水平的不断提高、要求人工干预的减少、以及微机分散控制系统可靠性的提高，例如目前微机分散控制系统的系统可用率已达 99.9%以上，我们认为这种以计算机 CRT、键盘软手操为主的布置和监控方式必将成为 600MW 及以上容量机组集控室布置和运行监控的主要方式。石洞口二厂、北仑港电厂 600MW 机组采用这种布置和监控方式已经取得了成功。

作为全套进口大型火电机组的代表，石洞口二厂 2×600MW 机组的集控室布置，实行一个主值、两个副值的单元机组集中监控制度，控制台盘上以 6 台 CRT 为中心，实现包括机组自启停、FCB 功能在内的全部 DAS、CCS、BMS（FSSS）、SCS、DEH 功能的监控，为大型火电机组集控树立了样板。近年来 DCS 的一项新发展是采用超大型屏幕 CRT，国内外已有电厂采用此项新技术，在控制室内只布置一套超大型墙幕式 CRT（键盘/球标），另设 2～4 台通常的 CRT（键盘/鼠标/球标/光笔）。机组各热力系统和电气系统的模拟图、参数显

需要全本请访问 www.ertongbook.com