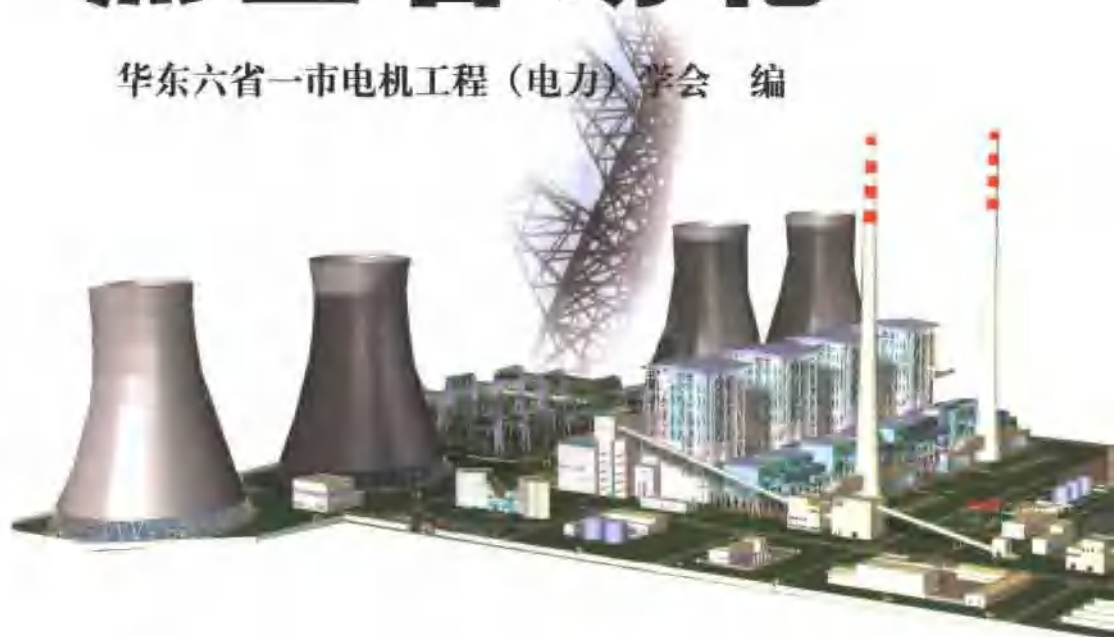


600MW 火力发电机组培训教材(第二版)

600MW HUO LI FA DIAN JI ZU PEI XUN JIAO CAI(DI ER BAN)

热工自动化

华东六省一市电机工程(电力)学会 编



- * 适合 600MW 级火电机组的新投产培训、岗位技能培训和职业技能鉴定的理想培训教材
- * 突出亚临界、超临界、超超临界压力的 600MW 级机组安装调试、运行维护 and 检修试验
- * 适用于生产人员、工人、技术人员和管理干部等的上岗培训、在岗培训、转岗培训、技能鉴定和继续教育等



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

600MW 火力发电机组培训教材(第二版)

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

2000年由华东六省一市电机工程(电力)学会编的《600MW火力发电机组培训教材》(一套5册)出版以来,已深受了600MW级火力发电机组的生产人员、工人、技术人员和管理干部等上岗培训、在岗培训、转岗培训、技能鉴定和继续教育等的欢迎,为此在目前全国电力系统中600MW发电机组已成为人们认为最佳的主力机组和至今已有100多台投入了电网运行的情况下,决定对本套教材进行全面修订,以适应电力生产人员、工人、技术人员和管理干部认真学习和熟练掌握亚临界、超临界、超超临界压力的600MW级火力发电机组的运行技术和性能特点,更好地满足各类电力生产人员的培训需要。

本书是《600MW火力发电机组培训教材(第二版)》(热工自动化)分册,共分三篇26章和9个附录,主要内容有:第一篇现代大型火力发电机组自动化,介绍现代大型火电机组自动化功能概述,炉、机、电单元集控,单元机组协调控制系统,锅炉炉膛安全监控系统,顺序控制系统,数据采集系统,汽轮机数字电液控制系统和给水泵汽轮机电液控制系统,汽轮机自启动系统和旁路控制系统,汽轮机监测仪表和汽轮机紧急跳闸系统,辅助生产系统及其控制,全厂闭路工业电视系统设置和应用,厂级实时监控系统(SIS)规划和配置;第二篇在国内600MW机组上应用的主要分散控制系统,介绍分散控制系统,Industrial IT Symphony分散控制系统,OVATION分散控制系统,I/A Series分散控制系统,TELEPERM-XP分散控制系统,HIACS-5000M分散控制系统,XDPS-400分散控制系统;第三篇600MW机组热控应用技术特点,介绍石洞口第二电厂600MW机组热控系统及其技术特点,沁北电厂600MW机组热控系统及其技术特点,扬州二厂二期600MW机组热控系统及其技术特点,北仑电厂一期600MW机组热控改造后系统及其技术特点,托克托电厂600MW机组DEH控制系统及其技术特点,镇江电厂600MW机组热控系统及其技术特点,常熟二厂600MW机组和外高桥电厂900MW机组热控系统及其技术特点。全书每章后均附上复习思考题。

本书可作为从事亚临界、超临界、超超临界压力的600MW级火力发电机组热工自动与控制的安装调试、运行维护和检修技术等岗位生产人员、工人、技术人员和管理干部的上岗培训、在岗培训、转岗培训、技能鉴定和继续教育等的理想培训教材,也可作为从事300~900MW火力发电机组工作的热工自动与控制生产人员、工人、技术人员、管理干部和大专院校有关师生的参考教材。

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. 2
版. —北京:中国电力出版社, 2006
600MW火力发电机组培训教材
ISBN 7-5083-4433-2

I. 热… II. 华… III. 火电厂-热力工程-自动化系统-技
术培训-教材 IV. TM621.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第056867号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044) <http://www.ccpp.com.cn>

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

x

2006年3月第 版

2006年9月第二版 2006年9月北京第六次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 28.75印张 770千字

印数15001 18000册 定价50.00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》(第二版)

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:	叶惟辛	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
	严行健	江苏省电机工程学会
委 员:	史向东	山东省电机工程学会
	赵家生	安徽省电机工程学会
	张 虹	浙江省电力学会
	贾观宝	江苏省电机工程学会
	吕 云	福建省电机工程学会
	陈家湄	江西省电机工程学会

《热工自动化》

(第二版)

第一版主编: 陈厚肇

第二版修编: 李麟章 霍耀光

主 审: 刘 今 王 健 何育生

近10多年来,大容量、高参数、高效率的大型发电机组在我国日益普及,由于600MW火力发电机组具有容量大、参数高、能耗低、可靠性高、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》、《电力工业技术政策》及《电力工业装备政策》中都把600MW机组的开发研究和推广应用作为一项重要内容。自1985年以来,全国已有100多台的600MW机组陆续地投入了电网运行,它们即将成为我国电力系统的主力机组。为了确保600MW机组的安全、稳定、经济运行,600MW机组岗位运行、技能鉴定和继续教育等培训工作就显着十分重要了。

为适应这一形势发展的需要,使广大生产岗位工人、技术人员和管理干部熟悉、了解和掌握600MW火力发电机组的技术性能和特点,经2004年7月华东地区六省一市电机工程(电力)学会联合编辑工作委员会联席会议认真讨论研究,决定组织修订《600MW火力发电机组培训教材》(共5册),联合编委会根据联席会议精神,在中国电力出版社的积极支持和指导下,启动《600MW火力发电机组培训教材》(第一版)的修订工作,选择修编专家和审稿专家,着手搜集资料,制订和审查编撰大纲等。2005年10月各分册书稿陆续编写完毕,各负责单位分别对初稿组织专家进行了审查,随即送中国电力出版社编辑加工、出版和整个教材的编审工作,前后共花去了两年多的时间。

本套教材(第二版)共分五个分册,即《锅炉设备及其系统》、《汽轮机设备及其系统》、《电气设备及其系统》、《热工自动化》、《电厂化学与环境保护》,全套教材共约350万字。

本套教材(第二版)是以亚临界、超临界压力的600MW火力发电机组为介绍对象,并适当增加超超临界压力机组的内容。本套教材(第二版)是在对600MW机组各子系统的结构、原理、功能、性能和特点进行详细介绍的基础上,重点突出600MW火力发电机组的岗位运行和技能操作特点;在理论阐述和技能深度方面,以岗位运行知识为基础,提高技能操作能力为目的;在语言描述和整体内容方面,力求通俗易懂,深入浅出,并配备操作实例。本教材(第二版)属于600MW火力发电机组岗位运行、技能操作和继续教育的培训教材,适用于对具有大中专及以上文化程度的600MW火力发电机组生产岗位和技术管理人员培训之用,也可借用于高等院校热能动力和电力等专业的相关师生参考。

在本套教材的第二版修编过程中,华东地区六省一市电力公司、相关大专院校、发电厂以及有关专家学者和科技人员给予了热情的支持和帮助,我们在此一并表示感谢。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,经常关心编撰工作进度,协助解决疑难问题,对我们的工作给予了全方位的支持和鼓励。

限于编审人员的水平,本套教材第二版的疏漏之处一定不少,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。

华东地区六省一市电机工程(电力)学会

2006年5月

编者的话

华东六省一市电机工程(电力)学会曾于1998年组织编写并出版了一套《600MW火力发电机组培训教材》(共5册),本次是《600MW火力发电机组培训教材(第一版)》(热工自动化)分册的修编版,也是《600MW火力发电机组培训教材(第二版)》分册之一。

本次修编基本上保持了原书第一版的分篇格式,但对内容做了较大的增删和更新,改编后的内容力求反映近10多年来我国600MW大型火力发电机组,包括亚临界、超临界和超超临界压力机组的大量建设所带来的热工控制系统、监控方式和内容、控制策略及控制设备的最新技术。其主要修编内容有以下几方面:

- (1) 增加对超临界压力直流锅炉原理、启动特点及控制要求的描述;
- (2) 增加大型电厂辅助生产系统中超滤和反渗透、凝结水精处理、全厂火灾探测报警及消防联动、集中空调、烟气脱硫等控制系统,辅助生产车间网络化集中控制的描述;
- (3) 增加了全厂闭路工业电视系统和厂级监控信息系统 SIS 两章;
- (4) 根据近年来分散控制系统的技术发展情况全面更新了对其综述的内容;
- (5) 根据近年来各设备制造厂商推出的新技术、新系统及其在国内600MW机组上的应用情况,更新了对有关DCS系统和在近期600MW机组工程应用实绩的介绍;
- (6) 牵涉到有关规程、规范的内容,均根据最新版本要求作了相应修改;
- (7) 本书后增列了9个附录,可供读者进一步查阅;
- (8) 本书每章最后均补充了该章的复习思考题。

本书在修编过程中,参考了有关电力设计、试验研究单位、有关发电厂、控制系统及装置生产供货厂商的600MW机组热工自动化技术资料,也参阅并借鉴了引用相关刊物的技术文献。在修编中还一直得到江苏省电机工程学会的关心和支持,在此谨向所有对本书的修编给予帮助和支持的单位和个人表示衷心的感谢!

本书第一版由江苏省电力试验研究院陈厚肇教授级高级工程师主编,第二版由江苏省电力设计院李麟章教授级高级工程师和江苏省电力公司霍耀光教授级高级工程师共同修编,并经江苏省电机工程学会组织专家对全书进行了审阅,具体审稿人有江苏省电力公司刘今高级工程师、江苏省电力设计院王健高级工程师和江苏省电力试验研究院何育生高级工程师。

本书可供电力管理、生产、科研、设计、安装等部门的工程技术人员使用,亦可供相关专业的大专院校师生参考。

限于编审人员的水平及资料的限制,书中一定有不少疏误之处,敬请广大读者提出批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

前言 编者的话

第一篇 现代大型火力发电机组自动化

第一章 现代大型火电机组自动化功能概述	1
• 复习思考题	3
第二章 炉、机、电单元集控	4
• 第一节 单元控制室	4
• 第二节 单元机组炉、机、电集控的几个问题	4
一、后备监控设备配置(4) 二、采用大屏幕显示器(5) 三、全厂闭路工业电视监视器(5)	
四、电气网控(5) 五、值长台(5) 六、运行人员配置(6)	
• 第三节 600MW 机组单元控制室布置实例	6
一、石洞口二厂 600MW 进口机组(6) 二、北仑电厂一期 600MW 进口机组(6) 三、常熟二厂 600MW 国产机组(7)	
• 复习思考题	8
第三章 单元机组协调控制系统	9
• 第一节 协调控制系统概述	9
一、概况(9) 二、协调控制系统的运行方式(9) 三、直接能量平衡协调控制系统(11) 四、协调控制系统各部分功能介绍(13) 五、自动发电控制(AGC)(15)	
• 第二节 超临界压力机组特点及其协调控制	16
一、直流锅炉工作原理和特点(16) 二、超临界压力锅炉类型(17) 三、超临界压力锅炉启动(19) 四、超临界压力锅炉启动控制(22) 五、超临界压力锅炉模拟量控制特点(24) 六、超临界压力机组协调控制系统(26)	
• 第三节 燃烧控制系统	28
一、燃料控制系统(28) 二、风量控制系统(30) 三、炉膛压力控制系统(31) 四、磨煤机控制系统(32) 五、一次风压力控制系统(34) 六、辅助风控制系统(34) 七、燃料风(周界风)控制系统和燃尽风控制系统(34)	
• 第四节 给水控制系统	35
一、汽包锅炉给水控制系统(35) 二、直流锅炉给水控制系统(37) 三、给水泵最小流量控制系统(38)	
• 第五节 汽温控制系统	38
一、过热汽温控制系统(38) 二、再热汽温控制系统(39)	
• 第六节 其他控制系统	40
一、除氧器压力控制系统(40) 二、除氧器水位控制系统(40) 三、凝汽器水位控制系统(41)	
四、除氧器水位和凝汽器水位的协调控制(41)	

• 第七节 基地式调节系统	41
一、气动基地式调节仪 (41) 二、电动基地式控制仪 (41)	
• 复习思考题	42
第四章 锅炉炉膛安全监控系统	43
• 第一节 锅炉炉膛安全监控系统主要功能	43
• 第二节 锅炉炉膛爆燃理论分析和防止爆燃措施	44
一、锅炉炉膛爆燃理论分析 (44) 二、防止锅炉炉膛爆燃措施 (46)	
• 第三节 炉膛吹扫	46
一、点火前炉膛吹扫 (46) 二、锅炉跳闸后炉膛吹扫 (48)	
• 第四节 点火器和油枪程控	48
一、锅炉点火先决条件 (48) 二、四角燃烧 CE 锅炉油枪程控程序 (49) 三、前后墙燃烧 B&W 锅炉油枪程控程序 (49)	
• 第五节 火焰检测	50
一、概述 (50) 二、SAFE-SCAN 可见光火焰检测器 (51) 三、UNIFLAME 火焰检测器 (54)	
四、ISCAN 火焰检测器 (56) 五、火焰检测器安装原则 (56)	
• 第六节 磨煤机程序启停和磨煤机及给煤机保护逻辑	56
一、磨煤机启动程序 (56) 二、磨煤机停运程序 (59) 三、磨煤机跳闸保护 (60) 四、给煤机跳闸保护 (60) 五、磨煤机 CO 监测和报警 (60)	
• 第七节 主燃料跳闸	61
一、主燃料跳闸条件 (61) 二、主燃料跳闸条件组成 (63) 三、主燃料跳闸前出原因显示和记忆 (64) 四、主燃料跳闸后锅炉连锁 (64)	
• 第八节 主燃料跳闸可靠性分析	65
一、概述 (65) 二、平圩电厂 600MW 机组 MFT 的统计与分析 (67) 三、北仑电厂 1 号机组 MFT 的统计与分析 (68) 四、石洞口二厂 600MW 机组 MFT 的统计与分析 (70)	
• 复习思考题	72
第五章 顺序控制系统	73
• 第一节 炉机辅机顺序控制系统功能与控制范围	73
一、功能 (73) 二、顺序控制系统控制范围 (74)	
• 第二节 炉机辅机顺序控制系统功能组举例	75
一、吸风机 A 功能组 (75) 二、送风机 A 功能组 (78)	
• 第三节 发电机—变压器组及厂用电源顺序控制	80
一、发电机—变压器组及厂用电源顺序控制主要监控范围 (80) 二、发电机—变压器组及厂用电源顺序控制主要项目 (80) 三、关于几项电气专用装置控制 (81) 四、控制逻辑举例 (82)	
• 复习思考题	84
第六章 数据采集系统	85
• 第一节 数据采集与显示	85
一、数据采集 (85) 二、屏幕显示 (85) 三、显示画面调用 (86)	
• 第二节 记录和计算	86
一、制表打印 (86) 二、事件顺序记录 (SOE) (87) 三、报警 (87) 四、历史数据存贮和检索 (88) 五、在线性能计算 (88) 六、操作指导 (89)	
• 复习思考题	89
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	90
• 第一节 汽轮机数字电液控制系统	90
一、概述 (90) 二、DEH 系统基本功能 (93) 三、DEH 系统基本组成 (100) 四、DEH 系统可	

可靠性设计 (105)	五、数字式电调系统功能实现情况 (105)	
• 第二节	给水泵汽轮机液压控制系统	106
一、概述 (106)	二、MEH 系统功能 (107)	
	三、MEH 系统基本组成 (108)	
	四、MEH 系统可靠性设计 (110)	
• 复习思考题		110
第八章	汽轮机自启动系统和旁路控制系统	111
• 第一节	汽轮机自启动系统	111
一、概述 (111)	二、平圩电厂 600MW 机组自动汽轮机控制 (111)	
	三、石洞口二厂 600MW 超临界机组自动启动系统 (118)	
• 第二节	旁路控制系统	121
一、概述 (121)	二、旁路系统控制 (122)	
	三、旁路及其控制系统运行情况和性能探讨 (125)	
• 复习思考题		127
第九章	汽轮机监测仪表和汽轮机紧急跳闸系统	128
• 第一节	概述	128
• 第二节	电涡流传感器	128
一、工作原理 (129)	二、测量方法 (130)	
	三、电涡流传感器结构、安装与调校 (133)	
• 第三节	汽轮机组监测基本参数	136
一、振动 (137)	二、转速 (138)	
	三、零转速 (138)	
	四、轴向位移 (139)	
	五、相对膨胀 (139)	
	六、绝对膨胀 (139)	
	七、转子偏心度 (139)	
• 第四节	600MW 机组 TSI 配置	139
一、600MW 机组 TSI 监测参数 (139)	二、石洞口二厂 600MW 超临界机组 TSI 配置介绍 (139)	
	三、TSI 汽轮机保护功能 (142)	
• 第五节	汽轮机瞬态数据采集管理系统	143
一、概述 (143)	二、主要功能 (144)	
• 第六节	汽轮机紧急跳闸系统	146
一、概述 (146)	二、紧急跳闸控制单元 (146)	
	三、跳闸组件和逻辑 (146)	
• 复习思考题		149
第十章	附属辅助生产系统及其控制	150
• 第一节	输煤程控系统	150
一、输煤程控系统组态 (150)	二、输煤程控系统主要功能 (151)	
• 第二节	锅炉补水程控系统	152
一、锅炉补水除盐系统控制任务 (153)	二、锅炉补水程控系统组成和程序 (154)	
• 第三节	凝结水精处理程控系统	157
一、工艺系统说明 (157)	二、控制系统 (158)	
• 第四节	超滤和反渗透水处理及其控制	160
一、超滤和反渗透水处理工艺简述 (160)	二、超滤和反渗透水处理控制 (161)	
• 第五节	除灰渣程控系统	163
一、概述 (163)	二、除灰程控系统 (164)	
	三、除渣程控系统 (165)	
• 第六节	全厂火灾探测报警及消防联动系统	167
一、设置全厂火灾探测报警及消防联动系统的目的 (167)	二、火灾主要监测区域及火灾探测器选型 (168)	
	三、全厂火灾探测报警联动系统配置及要求 (169)	
	四、主要消防联动项目 (170)	
• 第七节	主厂房空调控制	171
一、概述 (171)	二、集中式空调系统 (172)	
	三、空调系统控制方式 (172)	
	四、暖通空调集中	

式控制系统 (172)

• 第八节 烟气脱硫控制及烟气在线监测	173
一、烟气脱硫技术及控制 (173)	
二、烟气在线监测 (176)	
• 第九节 辅助生产车间网络化集中控制	177
一、辅助车间网络化集中监控技术上是完全可行的 (177)	
二、辅助车间网络化集中监控系统设计实施中的几项技术问题 (178)	
三、网络化集中监控设计实施中应注意的几个问题 (181)	
• 复习思考题	181
第十一章 全厂闭路工业电视系统的设置和应用	182
• 第一节 全厂闭路工业电视系统设置	182
一、设置全厂闭路工业电视系统的目的 (182)	
二、全厂闭路工业电视监视系统的配置 (182)	
三、系统主要技术指标 (182)	
四、系统基本功能 (183)	
五、视频传输与压缩 (183)	
• 第二节 600MW 机组工业电视系统应用	184
一、主要监视区域 (184)	
二、600MW 机组工业电视应用实例 (185)	
• 复习思考题	191
第十二章 厂级监控信息系统 (SIS) 规划和配置	192
• 第一节 厂级监控信息系统 (SIS) 概述	192
一、总则 (192)	
二、系统配置总要求 (192)	
三、硬件配置 (192)	
四、抗干扰和环境适应能力 (194)	
五、软件功能 (194)	
• 第二节 SIS 系统在 600MW 机组上应用	196
一、实时过程数据系统 (196)	
二、扬州二厂应用情况介绍 (196)	
三、托克托电厂 SIS 系统的配置和实施 (198)	
• 复习思考题	201

第二篇 在国内 600MW 机组上应用的主要分散控制系统 DCS

第十三章 分散控制系统	202
• 第一节 分散控制系统基本概念和特点	202
一、计算机控制系统 (202)	
二、微机分散控制系统分散控制 (205)	
三、分散控制系统信息综合管理及分层体系结构 (205)	
• 第二节 分散控制系统发展历程及其基本结构	206
一、第一代分散控制系统 (207)	
二、第二代分散控制系统 (207)	
三、第三代分散控制系统 (208)	
四、分散控制系统新发展 (209)	
• 第三节 分散控制系统网络体系	211
一、拓扑结构 (211)	
二、传输介质 (212)	
三、总线形网络传输技术 (213)	
四、控制方法 (213)	
五、传输策略 (214)	
六、通信差错控制方法 (215)	
七、OSI 参考模型 (218)	
• 第四节 分散控制系统与其他系统通信接口与协议	219
一、概述 (219)	
二、标准串行口及物理层协议 (220)	
三、MODBUS 网络及协议 (226)	
四、工业以太网 (226)	
• 第五节 现场总线	226
一、现场总线技术共同特点 (227)	
二、现场总线主要应用特点 (227)	
三、现场总线技术在发电厂中的应用 (227)	
• 第六节 分散控制系统硬件	228
一、概述 (228)	
二、工作站 (228)	
三、分散处理单元 (229)	
四、数据高速公路 (网络) (229)	
• 第七节 分散控制系统软件	230

一、操作系统 (230) 二、应用软件 (230)	
• 第八节 数据处理与信息共享	232
一、数据处理 (232) 二、信息共享 (233)	
• 第九节 电源、系统接地及抗干扰	234
一、DCS 电源系统 (234) 二、DCS 系统接地 (235) 三、DCS 系统抗干扰 (236)	
• 第十节 分散控制系统人机接口	238
一、操作员站 (238) 二、工程师站 (239) 三、值长用监视终端 (239) 四、LCD 显示屏 (239)	
五、大屏幕显示装置 (240) 六、后备监控设备配置 (240)	
• 第十一节 分散控制系统验收测试和维护	241
一、概述 (241) 二、主要测试内容 (241) 三、分散控制系统主要性能指标 (244) 四、主要模拟量控制调节偏差允许值 (245) 五、分散控制系统日常运行维护 (246)	
• 复习思考题	246
第十四章 Industrial IT Symphony 分散控制系统	247
• 第一节 系统概述	247
• 第二节 通信系统	248
一、Industrial IT Symphony 系统数据通信网络结构 (248) 二、Industrial IT Symphony 系统控制网络专项技术 (249) 三、Industrial IT Symphony 系统控制网络抗术特点 (252)	
• 第三节 现场控制单元 HCU	253
一、桥控制器 BRC (253) 二、过程输入/输出模块 Input/Output Slave Module (255) 三、系统机柜与电源 (257)	
• 第四节 人系统接口 PGP	258
一、PGP 基本功能 (259) 二、PGP 结构 (259) 三、PGP 开放性 (259) 四、显示画面 (260)	
五、报警管理 (260) 六、记录 (261) 七、系统诊断 (261) 八、闭环参数修改 (261)	
• 第五节 系统组态和维护 COMPOSER	261
一、概述 (261) 二、系统工具主要特点 (262) 三、系统组态设计软件 (262) 四、控制器软件与组态 (263)	
• 复习思考题	264
第十五章 Ovation 分散控制系统	265
• 第一节 Ovation 系统构成	265
一、概述 (265) 二、Ovation 系统构成 (265) 三、Ovation 设计特点 (265)	
• 第二节 Ovation 系统硬件	267
一、Ovation 系统网络结构 (267) 二、Ovation 控制器 (268) 三、Ovation 机柜 (270) 四、Ovation 电源系统和接地系统 (271) 五、Ovation I/O 模块 (273) 六、Ovation 人机界面 (278)	
• 第三节 OVATION 系统软件及组态	279
一、组态工具 (279) 二、Ovation 界法 (280)	
• 第四节 OVATION 工厂管控网和现场总线技术	281
一、概述 (281) 二、现场总线硬件及软件 (281)	
• 第五节 SmartProcess 优化控制软件	282
一、概述 (282) 二、优化软件包模块 (282) 三、顾问软件包模块 (283)	
• 复习思考题	283
第十六章 I/A Series 分散控制系统	284
• 第一节 系统概述	284
• 第二节 系统构成	284
一、系统网络结构 (284) 二、监控级网络 (285) 三、现场总线 (285)	

• 第三节 I/A 硬件	285
一、人机接口 (285) 二、控制处理机 (287) 三、I/O 子系统——现场总线组件 (FBM) (288)	
四、DEH-C400 DEH-K400 阀门控制器 (290)	
• 第四节 I/A 软件及组态	290
一、操作系统软件 (290) 二、控制软件 (290) 三、组态软件 IACC (291) 四、人机接口软件 (291)	
五、历史数据库管理软件 (291) 六、I/A Series 系统优化软件 (292) 七、FoxRemote 远程诊断监视软件 (293)	
八、FoxDMM 动态设备维护管理软件 (293) 九、FoxEDM 电子文档管理软件 (293)	
• 复习思考题	294
第十七章 TELEPERM-XP 分散控制系统	295
• 第一节 系统概述	295
• 第二节 AS620 自动控制系统	296
一、AS620B 基本型 (296) 二、AS620F 故障安全型 (297) 三、AS620T 汽轮机型 (297) 四、功能模块和信号模块 (297)	
• 第三节 OM650 过程控制和信息系统	300
一、OM650 概述 (300) 二、PU、SU 和 OT 任务 (300) 三、人机接口 MMI (301) 四、记录 (301)	
五、数据管理 (301) 六、特性值 (301)	
• 第四节 SINEC 总线系统	302
一、SINEC 总线系统概述 (302) 二、SINEC 总线结构和部件 (302)	
• 第五节 ES680 工程设计系统	303
一、ES680 工程系统概述 (303) 二、AS620 自动控制系统组态 (304) 三、OM650 过程控制和信息系统组态 (304)	
四、系统硬件和现场设备组态 (304) 五、总线系统组态 (305) 六、调试功能 (305)	
• 第六节 DS670 诊断系统	305
• 第七节 其他信息功能和自动控制功能	306
一、负荷裕度预测计算机 (306) 二、PI 状态反馈控制器 (306) 三、模糊逻辑控制器 (307)	
• 复习思考题	309
第十八章 HIACS-5000M 分散控制系统	310
• 第一节 系统概述	310
一、HIACS-5000M 系统发展概况 (310) 二、HIACS-5000M 系统特征 (310)	
• 第二节 系统硬件	310
一、机组级数据通信网络 $\mu\Sigma$ -Network 100 (310) 二、自治型过程控制器 R600CH (312) 三、I/O 模块 (313)	
四、人-机界面 (313)	
• 第三节 软件系统	314
一、组态软件 (314) 二、优化软件 (315)	
• 复习思考题	315
第十九章 XDPS-400 分散控制系统	316
• 第一节 系统网络组态	316
一、实时网 RTFNET (317) 二、信息网 INFNET (317)	
• 第二节 硬件设备	317
一、分散处理单元 DPU (317) 二、I/O 站 BC-NET (317) 三、I/O 模块 (317)	
• 第三节 系统软件及功能	318
一、MMI 站软件 (318) 二、优化软件 APS2 (318)	
• 复习思考题	318

第三篇 600MW 机组热控应用技术特点

第二十章 石洞口第二电厂 600MW 机组热控系统及其技术特点	319
• 第一节 石洞口二厂 600MW 机组主设备简介	319
• 第二节 热控系统概况	320
• 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	321
一、石洞口二电厂 600MW 机组 N—90 系统的组成 (321) 二、闭环控制系统 (CCS) (324) 三、数据采集系统 (DAS) 和管理命令系统 (MCS) (326) 四、顺序控制系统 (SCS) 和机组自启停系统 (UAM) (327) 五、燃烧器管理系统 (BMS) (328)	
• 第四节 汽轮机数字电液控制系统 (DEH) 和给水泵汽轮机数字电液控制系统 (MEH)	330
一、汽轮机数字电液控制系统 (DEH) (330) 二、给水泵汽轮机数字电液控制系统 (MEH) (330)	
• 第五节 汽轮机高、低压旁路控制系统和监视仪表系统 (TSI)	331
一、高、低压旁路控制系统 (331) 二、主汽轮机监视仪表 (TSI) (333)	
• 第六节 机组连锁保护系统	333
一、基本要求 (333) 二、主要连锁保护功能 (334)	
• 第七节 水、煤、灰程控系统	335
一、水处理控制系统 (335) 二、输煤程控系统 (335) 三、灰处理程控系统 (335)	
• 复习思考题	336
第二十一章 沁北电厂 600MW 机组热控系统及其技术特点	337
• 第一节 沁北电厂 600MW 机组主设备概况	337
一、锅炉 (337) 二、汽轮机 (337) 三、发电机 (337) 四、燃烧系统 (338) 五、主要热力系统概况 (338) 六、主要电气系统概况 (339)	
• 第二节 分散控制系统配置	340
一、总体配置 (340) 二、过程控制器配置 (340) 三、I/O 配置 (340) 四、机柜和电源 (343)	
• 第三节 系统功能	344
一、数据采集系统 DAS (344) 二、模拟量控制系统 MCS (344) 三、炉膛安全监控系统 FSSS (345) 四、顺序控制系统 SCS (345)	
• 复习思考题	347
第二十二章 扬州二厂一期 600MW 机组热控系统及其技术特点	348
• 第一节 扬州二电厂 600MW 机组主设备简介	348
• 第二节 热控系统概况	348
• 第三节 TELEPERM-XP 分散控制系统硬件结构	350
一、TELEPERM-XP 分散控制系统硬件结构 (350) 二、扬州二电厂 TELEPERM-XP 系统主要硬件技术指标 (351) 三、扬州二电厂 TELEPERM-XP 系统的 AS620 自动控制系统所用功能模块简介 (351)	
• 第四节 TELEPERM-XP 分散控制系统完成的控制功能	352
一、协调控制系统 CCS (模拟量控制系统 MCS) (352) 二、顺序控制系统 (SCS) 和燃烧器管理系统 (BMS) (357) 三、数据采集系统 (DAS) (359)	
• 第五节 扬州二厂一期 600MW 亚临界压力机组控制优化	360
• 复习思考题	361
第二十三章 北仑电厂一期 600MW 机组热控改造后系统及其技术特点	362
• 第一节 热控改造概况	362
一、原 DCS 概况 (362) 二、DCS 改造情况 (362)	

• 第二节 改造后配置和规模	362
一、DCS 配置 (362) 二、I/O 量 (363) 三、改造范围 (364)	
• 第三节 改造后技术特点和效果	365
一、控制水平提高 (365) 二、可靠性提高 (365) 三、备品配件有保证 (365)	
• 复习思考题	365
第二十四章 托克托电厂 600MW 机组 DEH 控制系统及其技术特点	366
• 第一节 主设备概况	366
一、汽轮机概况 (366) 二、热力系统 (366) 三、燃烧系统 (367)	
• 第二节 控制系统配置及功能	367
一、系统配置 (367) 二、运行方式 (368) 三、系统功能 (368)	
• 复习思考题	370
第二十五章 镇江电厂 600MW 机组热控系统及其技术特点	371
• 第一节 主设备概述	371
一、锅炉 (371) 二、锅炉辅机 (371) 三、制粉系统 (371) 四、汽轮机 (371) 五、汽轮机辅机 (372) 六、发电机 (372)	
• 第二节 分散控制系统基本构成	372
一、分散控制系统组态 (372) 二、控制处理机及实用 I/O 点分配 (373)	
• 第三节 分散控制系统控制功能	374
• 第四节 I/A 系统构成的 DEH 系统应用	376
一、DEH 控制系统基本配置 (376) 二、DEH 主要控制功能 (376) 三、DEH 控制系统运行方式 (377)	
• 复习思考题	377
第二十六章 常熟二厂 600MW 机组和外高桥电厂 900MW 机组热控系统及其技术特点	378
• 第一节 常熟二厂 600MW 机组热控系统及其技术特点	378
一、机组概况 (378) 二、分散控制系统配置 (378) 三、DCS 系统与外部系统通信接口 (381) 四、DCS 系统覆盖功能范围 (381) 五、DCS 系统运行情况 (381)	
• 第二节 外高桥 900MW 机组热控系统及其技术特点	382
一、主机概况 (382) 二、DCS 应用功能和特点 (382) 三、投用 (385) 四、FCB 试验 (385)	
• 复习思考题	386
附录	387
• 附录一 工业以太网	387
• 附录二 现场总线	393
• 附录三 iFIX 监控软件	405
• 附录四 变送器选择	420
• 附录五 法定计量单位	426
• 附录六 国际单位制 (SI)	432
• 附录七 热控常用名词术语缩写	439
• 附录八 标准 SAMA 功能图例	441
• 附录九 ASCII (美国标准信息交换码) 表	442
参考文献	444

现代大型火电机组自动化功能概述

火力发电厂“热工自动化”简称“热控”，它是指采用检测与控制系统对火电厂的热力生产过程进行生产作业，以代替人工直接操作的措施，在欧美及日本等国家和地区中也称为“仪表与控制”（I&C, Instrument & Control）。

热工自动化系统是指与所控制对象的条件和要求相适应的一整套具有热工参数检测（monitor）、报警（alarm）、控制（control）和连锁保护（protection）功能的自动化装置的集成，即对锅炉、汽轮发电机组和热力系统、燃烧及煤粉制备系统、除尘、脱硫、除灰、除渣、供水、水处理、燃油供应、火警检测及消防联动、环境监测等所需的仪表和控制设备作统一的系统配置和布置安装、连接接线。

根据我国现行火力发电厂有关规程、规范的要求，大型火力发电厂的热工自动化系统的设计，是必须按照“安全可靠、经济适用、符合国情”的原则，并针对机组特点而进行的，这样才能满足机组安全、稳定、经济运行和启停的要求，因此应选用技术先进、质量可靠的设备和元件。

热工自动化专业是火力发电厂各专业中技术发展最快的专业之一，它随着计算机技术（computer）、控制技术（control）、通信技术（communication）和屏幕显示技术（CRT）（统称 4C 技术）的迅速发展，不断地促使了火力发电厂自动化控制水平和运行管理水平的提高。目前，在已基本实现计算机数字化控制的单元机组和辅助车间控制的实时控制系统之上正在构筑厂级实时信息系统（SIS），并且和厂级信息管理系统（MIS）一起构成完整的全厂数字式管理网络，装有大型火电机组的电厂正向着数字化电厂的目标迈进。

当前，我国电力行业已逐步形成大电网、大机组、高参数、高自动化的发展格局。尤其是近两年多来，国产引进型 600MW 的装机数量日益增多。据不完全统计，仅华东地区，包括进口、国产引进型的 600MW 及以上的已投产或在建的火电机组就有 27 个项目、66 台机组，如表 1-1 所示。它在华东电网中已经占据重要比例。

表 1-1 华东地区 600MW 及以上火电项目

序号	电厂名称	机组规模 (MW)	机组类型	投产情况
1	上海石洞口二厂	2×600	超临界压力	已投产
2	上海吴泾电厂 6 期工程	2×600	亚临界压力	已投产
3	上海外高桥电厂	2×900	超临界压力	已投产
4	浙江嘉兴电厂二期工程	4×600	亚临界压力	已投产
5	浙江玉环电厂	4×1000	超超临界压力	计划 2006 年底投产
6	浙江临海电厂	2×1000	超超临界压力	计划 2007 年底投产
7	浙江北仑电厂一、二期工程	5×600	亚临界压力	已投产
8	浙江兰溪电厂	2×600	超临界压力	计划 2007 年投产
9	浙江乐清电厂	2×600	超临界压力	计划 2007 年投产
10	安徽平圩电厂	2×600	亚临界压力	已投产

续表

序号	电 厂 名 称	机组规模 (MW)	机组类型	投 产 情 况
11	安徽平圩电厂二期工程	2×600	超临界压力	计划 2007 年投产
12	安徽宿州电厂	2×600	超临界压力	计划 2007 年投产
13	安徽阜阳电厂	2×600	超临界压力	计划 2007 年投产
14	安徽铜陵电厂	2×600	超临界压力	计划 2007 年投产
15	安徽淮南田集电厂	2×600	超临界压力	计划 2007 年投产
16	江苏太仓环保电厂四期工程	2×600	超临界压力	已投产
17	苏州华能电厂二期工程	2×600	超临界压力	计划 2006 年底投产
18	江苏利港电厂三期工程	2×600	超临界压力	计划 2006 年底投产
19	江苏沙洲电厂	2×600	超临界压力	已投产
20	江苏常州电厂	2×600	超临界压力	已投产
21	江苏扬州二电厂一期工程	2×600	亚临界压力	已投产
22	江苏扬州二电厂二期工程	2×600	超临界压力	计划 2006 年底投产
23	江苏常熟二电厂	3×600	超临界压力	已全部投产
24	江苏镇江电厂三期工程	2×600	超临界压力	已投产
25	江苏泰州电厂	2×1000	超超临界压力	计划 2007 年底投产
26	福建后石电厂	6×660	亚临界压力	已投产
27	福建宁德电厂	2×600	超临界压力	已投产

大机组的特点之一是监视点多,目前一台 600MW 单元机组的 I/O 量往往已超过 7000 点,参数变化速度快和控制对象数量大,各个控制对象之间又相互关联,所以传统的炉、机、电分别监控方式已不能适应 600MW 这样大型单元机组运行要求,必须采用高度自动化的单元值班长的运行模式。大量事实证明,大型火电机组离开了高度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,自动地将运行参数维持在要求值内,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)。例如,在 1992 年当时的电力工业部曾组织对望亭发电厂 14 号机组(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益进行过评审,经评审分析表明,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/kWh 和 0.85g/kWh,综合降低的机组供电煤耗可达 4.45g/kWh。以该机组年发电量 18 亿 kWh 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,自动快速减负荷(RUN BACK)、强增负荷(RUN UP)、强减负荷(RUNDOWN)、负荷快速切回或称快速甩负荷(FCB, fast cut back)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,以保证设备及人身安全。例如,锅炉主燃料跳闸(MFT, master fuel trip)、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。例如,汽轮机的应力估算和寿命管理系统一般都包含在汽轮机自启停系统(ATC)中。

(5) 随着电网的发展,对自动发电控制(AGC, automatic generation control)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 50 多年来, 随着机组容量的增大、参数的提高, 对于机组安全、稳定、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与调度自动化系统 (ADS, automatic dispatching system) 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的、随机的。因此, 自动化系统在一般情况下虽不需要人的更高层次的干预, 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曾尝试, 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, 因此要有相应先进的自动化功能与之相适应, 特别是近年 600MW 超临界压力机组装机很多, 不久将成为我国电力系统的主力机组。超临界压力机组由于其直流锅炉的启动特性、大范围的变压运行, 更需要与之相适应的控制策略来进行控制。概括地说, 大型机组的自动化功能大致包含以下内容:

- (1) 单元机组协调控制系统 (CCS, coordination control system);
- (2) 锅炉炉膛安全监控系统 (FSSS, furnace safeguard supervisory system) 成称燃烧器管理系统 (BMS, burner management system);
- (3) 顺序控制系统 (SCS, sequence control system), 包括机组辅机顺序控制系统和发电机—变压器组及厂用电源顺序控制系统;
- (4) 数据采集系统 (DAS, data acquisition system);
- (5) 汽轮机数字电液控制系统 (DEH, digital electric hydraulic system) 和汽动给水泵汽轮机电液控制系统 (MEH, micro-electro-hydraulic control system);
- (6) 旁路控制系统 (BPS, bypass control system);
- (7) 汽轮机自启停系统 (ATC, automatic turbine startup or shutdown control system);
- (8) 汽轮机监视仪表 (TSI, turbinc supervisory instrament) 和汽轮机紧急跳闸系统 (ETS, emergency trip system);
- (9) 全厂闭路工业电视系统;
- (10) 辅助生产系统网络化集中监控系统。

上述大型火电机组的自动化功能在当前的 600MW 机组上都有体现, 它们集中反映了机组的自动化水平。

复习思考题

1. 为什么说大型火电机组离开了高度的自动化就不能做到安全、稳定、经济运行?
2. 大型火力发电机组的自动化功能包括哪些内容?