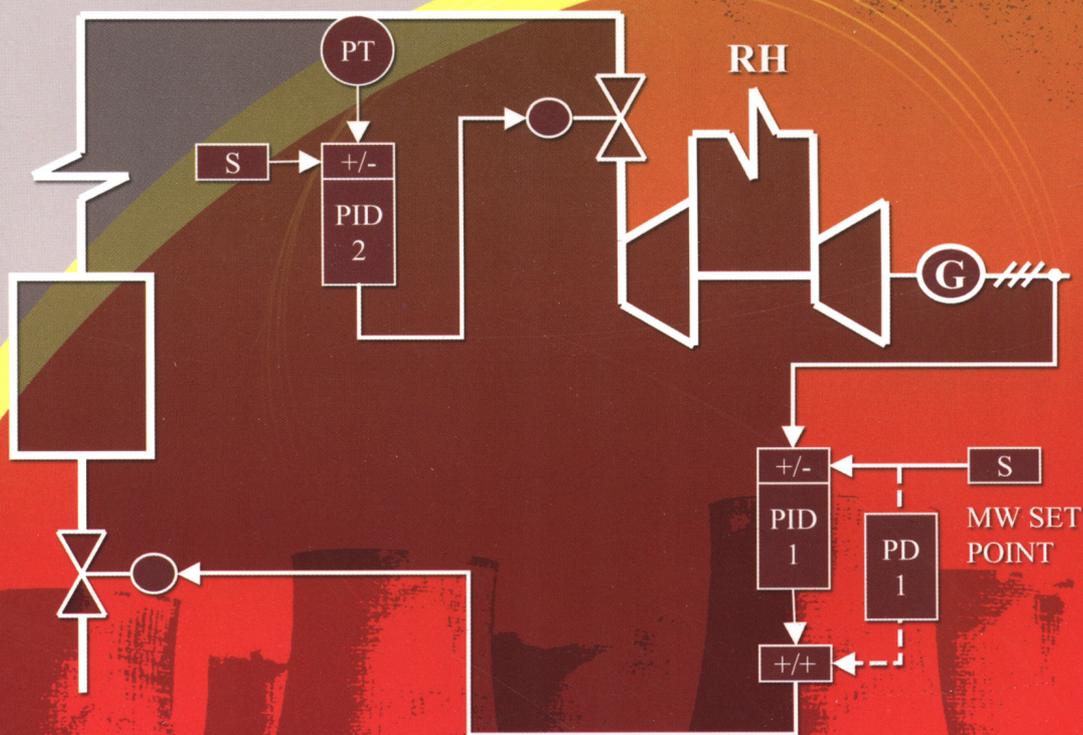


1000MW超超临界火电机组技术丛书

REGONG ZIDONGHUA

# 热工自动化

广东电网公司电力科学研究院 • 编



中国电力出版社  
www.cepp.com.cn

1000MW超超临界火电机组技术丛书

REGONG ZIDONGHUA

# 热工自动化

广东电网公司电力科学研究院 ● 编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

为促进我国电源建设的快速发展,帮助广大工程技术人员、现场生产人员了解、掌握超超临界发电技术,积累超超临界机组建设、运行、管理经验,满足广大新建电厂、改扩建电厂培训、考核需要,特组织专家编写了本套《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》。

本丛书包括《汽轮机设备及系统》、《锅炉设备及系统》、《电气设备及系统》、《热工自动化》、《电厂化学》与《环境保护》六个分册。全套丛书由广东电网公司电力科学研究院组织编写。本丛书在编写过程中,内容力求反映我国超超临界1000MW 等级机组的发展状况和最新技术,重点突出1000MW 超超临界火电机组的工作原理、结构、启动、正常运行、异常运行、运行中的监视与调整、机组停运、事故处理等方面内容。

本书为《热工自动化》分册,全书共分十四章,主要内容有:超超临界机组控制系统概述、分散控制系统硬件与软件、分散控制系统组态与调试、数据采集系统、模拟量控制系统、机组自启停控制系统(APS)、锅炉炉膛安全监控系统、顺序控制系统、汽轮机数字电液控制系统和给水泵汽轮机电液控制系统、旁路控制系统、汽轮机监测仪表和紧急跳闸系统、电气控制系统、脱硫控制系统、脱硝控制系统。

本书可作为从事1000MW 等级超超临界火电机组热工自动化专业安装调试、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工作的重要参考,是上岗培训、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/广东电网公司电力科学研究院编. —北京:中国电力出版社,2010.9

(1000MW 超超临界火电机组技术丛书)

ISBN 978-7-5123-0824-4

I. ①热… II. ①广… III. ①火电厂-热力工程-自动化系统 IV. ①TM621.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 169265 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

\*

2011年1月第一版 2011年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 23.75印张 581千字 1插页

印数 0001—3000册 定价 52.00元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

## 《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》

### 编 委 会

主 任 钟 清  
副 主 任 马 斌 何宏明 高新华  
委 员 顾红柏 廖宏楷 阚伟民 陈世和 李 智  
陈 迅 杨楚明 林清如

## 《热工自动化》

### 编 写 人 员

主 编 陈世和  
参 编 人 员 史玲玲 陈锐民 朱亚清 李 锋 张 曦  
罗 嘉 潘凤萍 张红福 万文军 陈晓强

1000MW

超超临界火电机组技术丛书  
热工自动化

# 序

电力工业是关系国民经济全局的重要基础产业，电力的发展和国民经济的整体发展息息相关。电力行业贯彻落实科学发展观，就要依靠技术进步和科技创新，满足国民经济发展及人民生活水平提高对电力的需求。

回顾我国火电建设发展历程，我们走过了一条不平凡的道路，在设计、制造、施工、调试、运行和建设管理等方面，都留下了令人难忘的篇章。这些年来，我国火电建设坚持走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染小的可持续发展道路。从我国国情出发，从满足国民生产对电力的需求出发，发展大容量、高参数、高效率的机组，是我国电力工业发展水平跻身世界前列的重要保证，是推动经济社会发展、促进能源优化利用、提高资源利用效率的重要保证。

超超临界发电技术是一项先进、成熟、高效和洁净环保的发电技术，已经在许多国家得到了广泛应用，并取得了显著成效。目前，我国火电机组已进入大容量、高参数、系列化发展阶段，自主研发、开发的超超临界机组取得了可喜成绩并成为主要发展机型。因此，掌握世界一流发电技术，为筹建、在建和投运机组提供建设、管理、优化运行和检修经验，对于实现设计制造国产化、创建高水平节能环保火电厂、保证电力工业可持续健康发展，意义重大。

广东电网公司电力科学研究院是我国一所综合性的科研研究机构，一直秉承“科技兴院”的战略方针，多年来取得了丰硕的科研成果，出版过多部优秀科技著作。这次他们组织专家编写的《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》，能把他们掌握的百万机组的第一手资料和经验系统总结，有利于提高 1000MW 超超临界机组的设备制造、建设与调试、运行与管理水平，有利于促进引进技术的消化与吸收，有利于推进超超临界机组的国产化进程并为更高温度等级的先进超超临界机组

研发提供经验。而他们丰富的理论和实际经验，是完成这个任务的保证。

《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》不仅总结了国外超超临界技术的先进成果和经验，还反映了我国在这方面的研究成果和特点；不仅有理论上的论述，还有实际经验的阐述和总结。我相信，本套丛书的出版，对提高我国电力技术发展水平、积累超超临界机组的发展经验、加速发电设备的国产化、实现电源结构调整、实现能源利用率的持续提高，具有重要意义。祝本套丛书出版成功！

中国工程院院士

Handwritten signature in black ink, appearing to be '王康' (Wang Kang).

2010年8月

1000MW

超超临界火电机组技术丛书

热工自动化

# 前 言

超超临界技术的发展至今已有近半个世纪的历史。经过几十年不断发展和完善，超临界和超超临界发电机组目前已经在世界上许多国家得到了广泛的商业化规模应用，并在高效、节能和环保等方面取得了显著成效。与此同时，在环保及节约能源方面的需要以及在材料技术不断发展的支持下，国际上超超临界发电技术正在向着更高参数的方向进一步发展。

进入 21 世纪以来，随着我国经济的飞速发展，电力需求急速增长，促使电力工业进入了快速发展的新时期。我国电力工业的电源建设和技术装备水平有了较大提高，大型火力发电机组有了较快增长，超临界、超超临界机组未来将成为我国各大电网的主力机组。但是，超超临界发电技术在我国尚处于刚刚起步和迅速发展阶段，在设计、制造、安装、运行维护、检修等方面的经验还不足，国内现在只有少量机组投运，运行时间也较短。根据电力需求和发展的需要，在近几年内，我国还将有许多台大容量、高参数的超超临界机组相继投入生产运行。因此，有关工程技术人员、现场生产人员对技术上的需求都很大，很需要一些有关超超临界发电技术方面的图书作为技术上的支持，并对电力生产和技术发展提供帮助和指导作用，为此，我们组织专家编写了本套《1000MW 超超临界火电机组技术丛书》。

本丛书包括《汽轮机设备及系统》、《锅炉设备及系统》、《电气设备及系统》、《热工自动化》、《电厂化学》与《环境保护》六个分册。全套丛书由广东电网公司电力科学研究院组织编写。本丛书在编写过程中，内容力求反映我国超超临界 1000MW 等级机组的发展状况和最新技术，重点突出 1000MW 超超临界火电机组的工作原理、结构、启动、正常运行、异常运行、运行中的监视与调整、机组停运、事故处理等方面内容。

本套丛书的出版，对提高我国电力装备制造水平；积累超超临界机组的建设、运行、管理经验，加速发电设备的国产化，降低机组造价；实现火电结构调整，实现能源效率的持续提高具有重要意义。

本丛书可作为从事 1000MW 等级超超临界火电机组安装调试、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工作的重要参考，是上岗培训、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，也可作为大专院校有关师生的参考教材。

本书为《热工自动化》分册，全书由陈世和主编，陈锐民副主编。其中，第

一、二章由罗嘉编写，第三章由陈世和编写，第五章由陈锐民编写，第六章由潘凤萍编写，第七章由张红福编写，第八章由李锋编写，第九、十章由张曦、朱亚清编写，第四、十一、十三、十四章由史玲玲编写，第十二章由万文军编写。全书由史玲玲统稿。

本书在编写过程中，得到了很多电厂、科研院所及相关技术人员的支持和帮助，在此表示感谢。

由于编者的水平和所收集的资料有限，书中的缺点和谬误在所难免，恳请读者批评指正。

**编者**

2010年8月

1000MW

超超临界火电机组技术丛书  
热工自动化

# 目 录

序

前言

<b>第一章 超超临界机组控制系统概述</b> .....	1
第一节 超超临界机组发展背景 .....	1
第二节 超超临界机组常用 DCS 系统 .....	4
第三节 华能海门电厂 1000MW 机组概况 .....	7
<b>第二章 分散控制系统硬件与软件</b> .....	11
第一节 分散控制系统概述 .....	11
第二节 分散控制系统硬件 .....	13
第三节 分散控制系统软件 .....	22
第四节 分散控制系统网络通信与接口 .....	29
<b>第三章 分散控制系统组态与调试</b> .....	32
第一节 应用系统组态 .....	32
第二节 分散控制系统调试 .....	39
第三节 分散控制系统的维护 .....	45
<b>第四章 数据采集系统</b> .....	47
第一节 数据采集系统概述 .....	47
第二节 数据采集系统设备功能与性能指标 .....	49
第三节 数据采集系统的测点分布及信号处理 .....	52
第四节 数据采集系统调试 .....	53
<b>第五章 模拟量控制系统</b> .....	55
第一节 概述 .....	55
第二节 协调控制系统 .....	59
第三节 燃烧控制系统 .....	74
第四节 给水控制系统 .....	100

第五节	汽温控制系统	115
第六节	其他典型控制系统	122
<b>第六章</b>	<b>机组自启停控制系统 (APS)</b>	<b>127</b>
第一节	APS 概述	127
第二节	APS 总体结构	128
第三节	APS 的断点设计	130
第四节	APS 与其他系统接口	135
第五节	APS 启动过程所实现的功能	140
第六节	APS 停止过程所实现的功能	157
第七节	APS 调试和试验技术	161
<b>第七章</b>	<b>锅炉炉膛安全监控系统</b>	<b>164</b>
第一节	锅炉炉膛安全监控系统的配置	164
第二节	FSSS 的主要功能	165
第三节	FSSS 的调试及试验	176
<b>第八章</b>	<b>顺序控制系统</b>	<b>179</b>
第一节	概述	179
第二节	机组级顺序控制 (APS)	182
第三节	功能组级/功能子组级顺序控制	185
第四节	设备级控制	199
第五节	SCS 调试	201
<b>第九章</b>	<b>汽轮机数字电液控制系统和给水泵汽轮机电液控制系统</b>	<b>203</b>
第一节	汽轮机数字电液控制系统	203
第二节	给水泵汽轮机数字电液控制系统	240
第三节	DEH 的功能试验和性能测试	250
第四节	1000MW 机组 DEH 调试及问题处理	255
<b>第十章</b>	<b>旁路控制系统</b>	<b>261</b>
第一节	概述	261
第二节	高压旁路控制系统	264
第三节	低压旁路控制系统	273
第四节	旁路及其控制系统调试及运行	280
第五节	华能海门电厂旁路功能实现情况	282

第十一章 汽轮机监测仪表和紧急跳闸系统·····	289
第一节 汽轮机监视仪表系统 (TSI) ·····	289
第二节 汽轮机紧急跳闸系统 (ETS) ·····	302
第三节 汽轮机 TSI 与 ETS 应用和调试 ·····	309
第十二章 电气控制系统 ·····	315
第一节 概述·····	315
第二节 电气控制系统应用·····	318
第三节 电气控制系统调试·····	322
第十三章 脱硫控制系统·····	324
第一节 火电厂烟气海水脱硫技术·····	324
第二节 烟气湿法脱硫控制系统·····	327
第三节 海水脱硫控制系统·····	331
第四节 海水脱硫控制系统调试与运行·····	340
第十四章 脱硝控制系统·····	348
第一节 火电厂烟气脱硝技术·····	348
第二节 SCR 烟气脱硝控制系统 ·····	354
第三节 SCR 烟气脱硝控制系统调试与运行 ·····	361
参考文献·····	367

# 超超临界机组控制系统概述

## 第一节 超超临界机组发展背景

我国在实现现代化的进程中面临着人口、资源和环境的制约。能源作为国民经济的基础，对社会、经济的发展和环境保护都至关重要，是我国可持续发展战略中最重要的一环之一。

我国是世界上少数几个以煤为主要能源的国家之一。煤烟污染是影响我国大气环境的首要因素，也是酸雨形成的主要原因。改善生态与环境是经济社会可持续发展和人民生活质量提高的重大问题。超超临界发电是有效利用能源的一项技术，其水蒸气工质的压力、温度均超过以往机组的参数，从而可以大幅度提高机组热效率。超临界机组的效率可比亚临界机组提高 2~3 个百分点，而超超临界机组的效率可比超临界机组提高 2~4 个百分点。配有污染物排放控制技术的超超临界机组在国际上已经是商业化的、成熟的发电技术，在可用率、可靠性、运行灵活性方面比其他类型机组有较大的优势。

### 一、超超临界机组的划分

火力发电厂的工质是水蒸气。在常规条件下，水经加热，温度达到给定压力下的饱和温度时，将产生相变，水开始从液态变成汽态，出现一个饱和水与饱和蒸汽两相共存的区域。当蒸汽压力达到 22.129MPa 时，汽化潜热等于零，汽水相对密度差也等于零，该压力称为临界压力。水在临界压力下加热至 374.15℃ 时即被全部汽化，该温度称为临界温度。水在临界压力及超过临界压力时没有蒸发现象，即变成蒸汽，并且由水变成蒸汽是连续的，以单相形式进行。蒸汽压力大于临界压力的范围称超临界区，小于临界压力的范围称亚临界区。从水的物理性能来讲，只有超临界和亚临界之分，超超临界是我国人为的一种区分，也称为优化的或高效的超临界参数。目前超超临界与超临界的划分界限尚无统一的国际标准，一般认为蒸汽压力大于 25MPa、温度高于 580℃ 为超超临界。

### 二、国内外超超临界机组现状

#### (一) 美国

美国是发展超临界机组最早的国家。1957 年，世界上第一台超临界机组（6 号机组）在 Philo 电厂投运，容量为 125MW，参数为 31MPa、621/566/560℃，该机组由 B&W 和 GE 公司设计制造；1958 年，第二台超临界机组（1 号机组）在 Eddystone 电厂投运，容量为 325MW，参数为 34.4MPa、649/566/566℃，该机组由 CE 和 WH 公司设计制造。迄今为止，这两台机组是最高参数的超超临界机组，它们为美国超临界机组的设计、制造、运行提供了宝贵经验。

到 20 世纪 60 年代中期,新增机组中有一半采用超临界参数,但到 70 年代订货台数急剧下降。EPRI 的一份调查报告认为,下降的原因是多方面的,当时美国缺乏超临界机组调峰运行的经验,最重要的是核电站担负起了基本负荷,因而对带基本负荷的超临界机组的需求量出现了下降,在采用超临界参数方面出现了反复。尽管如此,美国在 1967~1976 年的 10 年间,共安装 118 台超临界机组,单机最大容量为 1300MW,到 80 年代初,超临界机组仍增至 170 余台(其中多数为超超临界机组),占燃煤机组的 70%以上、总装机容量的 25.22%,其中单机容量介于 500~800MW 的占 60%~70%,至 1994 年共安装和投运了 9 台 1300MW 的超临界机组。

## (二) 日本

日本发展超临界机组起步较晚,但发展速度很快,收效显著。自日立公司向美国 B&W 公司引进的第一台超临界 600MW 机组于 1967 年在沛崎电厂投运后,日本其他公司也分别引进了美国和德国的超临界技术,建立了自己的试验台。

20 世纪 70 年代以来,由于电网负荷峰谷差增大,加上适合带基本负荷的核电站的兴起,日本的超超临界机组不仅高效,而且具有与亚临界机组相同的可靠性与运行灵活性,能自如地适应变压运行带周期性调峰负荷的要求。目前,日本已跃居为发展超超临界机组的先进国家。

日本分别对提高蒸汽压力和温度参数对机组效率的影响进行了比较,证明采用 31MPa 主蒸汽压力和二次中间再热,因为压力的提高和系统的复杂性,机组制造成本明显提高,缺乏市场竞争力,所以在 90 年代后,日本各公司都转向生产高温参数的超超临界机组。2000 年,在橘湾电厂(2 号机组)投运的容量为 1050MW、蒸汽参数为 25.5MPa、600/610℃的超超临界机组是目前日本蒸汽温度参数最高的机组。

## (三) 欧洲

德国是最早研究、制造超临界机组的国家之一,1956 年投运的一台容量为 88MW 的超临界机组,因容量较小,未获得很大的发展。20 世纪 70 年代,由于燃料价格上涨,政府对环保的要求日益严格,并加强了对排放量的控制,需要建造以煤为燃料的高效率电厂,便开始发展大功率超临界机组。1972 年投运了一台 430MW 的超临界机组,1979 年投入了一台 475MW 二次再过热的机组。德国 VEAG 电力公司在 1999 年和 2000 年于 Lippendorf 电厂投产的两台 900MW 褐煤机组,蒸汽参数为 26.8MPa、554/583℃,净效率为 42%;目前,德国已投运和在建的超临界和超超临界机组近 20 台,其中具有代表性的机组是 2000 年在 Niederanbem 电厂投运的 965MW 超超临界机组(蒸汽参数为 26.9MPa、580/600℃)以及 2000 年在 Hessler 电厂投运的 700MW 超超临界机组(蒸汽参数为 30MPa、580/600℃)。由于采用了以超超临界参数为主的多项提高效率的措施,净效率高达 45.2%,机组滑压运行,可超负荷 5%,最低负荷为 50%,电厂大修期最少为 4 年。

丹麦是热能动力方面很先进的国家,在火电机组上也处于领先地位。1998 年在 Skaebæk 发电厂投产的 400MW 机组,两次中间再过热,蒸汽参数为 29MPa、582/582/582℃,加以海水直接冷却,额定背压为 2.2kPa,净效率高达 49%,是当今世界上效率最高的火电机组。1999 年在 Nordjylands 电厂投产的 400MW 机组,使用同样的蒸汽初参数,效率也高达 47%。2001 年在 Avedøre 电厂投产的 375MW 机组,采用的蒸汽参数为 30MPa、580/600℃,其净效率高达 48%。其他如意大利、荷兰、芬兰等国在采用超临界机组方面也都有

成功的经验。

#### (四) 中国

我国在 20 世纪 80 年代引进国外亚临界 300、600MW 机组的设计和制造技术后, 制造企业进行了相应的技术改造, 设计、制造、运行能力有了很大的提高, 目前已具备了再上一个技术台阶的条件。近 10 多年来, 我国从国外引进了总容量大约 11 200MW 的超临界机组, 这些机组的投运不仅在提高煤炭发电利用率和降低污染方面发挥了一定作用, 并且为我国自主开发超临界和超超临界机组积累了运行和检修方面的经验。原国家电力公司也及时提出了发展超超临界机组并建立示范电厂的“863”高技术发展计划, 目前该计划的第一子课题“超超临界发电机组技术选型”已经完成, 经过专家论证, 并结合我国动力制造业发展的前提条件, 认为我国发展容量为 700~1000MW, 蒸汽参数为 25MPa、593/593℃ (或 600/600℃) 的超超临界发电机组是合适的。目前, 已经投入商业运行的国外引进技术、国内制造的百万千瓦等级的玉环电厂和邹县电厂为我国自行研制、开发大型超超临界火力发电机组奠定了基础。

### 三、我国发展超超临界火电机组的必要性和迫切性

《联合国气候变化框架公约》缔约国签订的《京都议定书》已于 2005 年 2 月 16 日正式生效, 这是人类历史上首次以法规的形式限制温室气体排放。《京都议定书》规定, 发达国家在 2008~2012 年间要将温室气体的排放总量在 1990 年的基础上削减 5.2%。《京都议定书》的特色在于二氧化碳排放可以进行市场交易: 生效后二氧化碳排放作为一种商品将可以在缔约国之间进行自由买卖。我国作为发展中国家, 尽管在当前不需承担削减排放的义务, 但是, 作为世界二氧化碳排放第二大国, 而且随着经济的高速发展, 又加上我国是世界第一煤炭消耗大国, 如何提高煤炭的燃烧效率、减少有害气体的排放, 已成为能源与电力企业面临的最大机遇与挑战。

我国的能源结构决定了我国在今后相当长的时间内, 尽管会大力发展清洁能源, 如风力发电、太阳能发电、核能发电、潮汐发电、燃气—蒸汽联合循环发电等, 但燃煤电厂始终将占据主要的发电比例。因此, 在目前国内以低效、高排放的小型火力发电厂为主的电力市场情况下, 优先改造小机组及发展超超临界火电机组成为我国应对《京都议定书》的主要对策之一。

据统计, 截至 2003 年底, 我国火电机组平均单机容量不足 100MW, 平均供电煤耗达 379g/kWh, 比国外先进水平高 50~60g/kWh。由于单位国内生产总值 (GDP) 的能耗较大, 近年来, 随着国民经济的高速发展, 国内大部分地区出现了用电负荷的紧张局面, 大力发展电力建设迫在眉睫; 同时, 由于世界能源价格的日益高涨及 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub> 排放对人类及环境的损害与破坏不断加重, 持续提高清洁能源发电的比例及大力发展高效超超临界火电机组成为我国电力管理部门及发电企业面临的重要课题。

根据国外超超临界火电机组的技术统计, 20 世纪 90 年代以来投产的超超临界机组的机组效率高达 43%~48%, 比同容量的常规超临界机组效率提高了 4%~5%, 比亚临界机组效率提高约 8%~10%, 供电煤耗为 260~290g/kWh。因此, 我国如能在今后 10 年内, 使超超临界机组容量的比例提高至 20%, 可使全国火电机组平均供电煤耗下降约 20g/kWh, 10 年可节约标准煤约 3.6 亿 t, 折合排放约 2 亿 t CO<sub>2</sub>。

## 第二节 超超临界机组常用 DCS 系统

### 一、Symphony 系统

美国贝利 (Bailey) 控制公司在 1980 年推出以微处理器为基础的网络控制系统 N-90 系统, 通过改进后在 20 世纪 90 年代相继推出 INFI-90、INFI-90 Open、Symphony 系统, 新的控制系统功能更完善、系统更开放。90 年代中期推出的 Symphony 系统, 集过程控制和企业管理于一身。

#### (一) 系统硬件

在 Symphony 系统中, 按照通信系统对通信设备的定义, 通信网络中的硬件设备称为节点 (Nodes)。Symphony 系统通信网络中有以下 4 种类型的节点。

(1) 现场 (过程) 控制设备节点 HCU (Harmony Control Unit), 用于过程控制, 可实现物理位置及控制功能的分散。HCU 中可配置多个以高性能微处理器为核心的现场控制器, 即多功能处理器 MFP (Multi-Function Processor), 新一代 BRC 处理器的处理能力为普通 MFP 的 3~4 倍。

(2) 人机接口设备节点 HSI (Human System Interface), 用于过程监视、操作、记录等功能的人机接口设备、过程控制观察站。

(3) 计算机设备接口节点 CIU (Computer Interface Unit), 用于 Symphony 系统与其他计算机接口的硬件设备, 主要有用于应用软件组态、系统监视、系统维护的专用设备——工程师工作站 EWS (Engineering Work Station), 也可与其他计算机相连。

(4) 网络通信接口节点 Cnet, 用于系统通信, 并将 HCU、HSI、EWS 等硬件设备构成一个完整的分散型控制系统。

#### (二) 系统软件

(1) 用于过程控制的 BRC 软件。以回路控制、顺序控制、数据采集、优化控制为对象的软件结构——功能码 FC (Function Code), 已固化在 BRC 的 ROM 中供设计组态。

(2) HSI 软件。在 HSI 中装有 Windows NT 操作系统来支持设备的运行, 设备的数据库及显示的图形等软件均存在硬盘内。

(3) EWS 软件。根据被组态的对象可选择相应的软件包来组态。

#### (三) 通信结构

Symphony 系统通信结构为以下 4 层:

(1) 企业数据管理层, 操作网络 Operation Network (Onet)。

(2) 过程数据管理层, 控制网络 Control Network (Cnet)。

(3) 过程控制数据层, 控制总线 Controlway。

(4) 过程 I/O 数据层, I/O 扩展总线和 Harmony I/O 通信网络 (Hnet)。

#### (四) 系统软件及组态工具

系统软件主要有 人机接口操作系统 Windows 2000、操作员站系统软件 Conductor NT、历史站系统软件 Power Portal、工程师站系统软件 Composer、现场控制系统功能码库等。

HCU 控制结构的 MFP 支持数种控制应用软件, 如图形化的功能码、适于顺序控制的梯形图逻辑、适于间歇过程的批处理、适于复杂模糊控制的专家以及高级编程语言 A、

BASIC 等。在系列化的功能码中可包括基础的控制算法，如 PID、AND、OR 驱动器等。

Symphony 系统提供了一系列完成不同功能的软件模块，并对每个软件模块指定一个代码，称为功能码。从简单的“AND”、“NOT”到复杂的“Smith 预估器”，共有近 200 种，包括函数运算、常数设定、控制算法、信号转换与选择、与硬件接口、I/O、脉冲与定时器、模件控制、通信、BASIC、其他等 11 大类功能码。

Symphony 系统用于软件组态、系统调试、维护最多的设备是以个人计算机为基础的工程工具。通过它可以进行系统所有软件的组态、形成系统的数据库和操作员接口站的各种画面和各种报表、打印格式。同时，它可以用于实际现场程序调试及参数整定等，这样就能大大缩短现场的开工调试时间和减少重复性的工作。

Composer 为 Symphony 企业管理控制系统的组态及维护提供一个集成的开发环境。它提供了建立与维护控制系统组态所需的必要功能，如控制策略图形化的开发功能、公用数据库的开发与维护功能、系统资源库的管理功能、系统的故障诊断与维护功能、人机接口的离线组态功能等。

## 二、日立 HIACS-5000M 系统

10 多年以来，日立公司致力于大型发电机组控制系统的设计、生产和应用研究，不断推出适应市场的大型电厂控制工程自动化设备。HIACS-5000M 系统是日立公司 20 世纪 90 年代末推出的、面向 21 世纪的最新集散型控制系统。

### （一）通信网络

HIACS-5000M 系统通信网络为  $\mu\Sigma-100$  NETWORK，是一个高性能、高可靠性的网络，具有稳定的实时响应和自动周期传送功能。网络传送速度为 100Mbit/s，通信介质为光纤，最大电缆长度为 100km，采用高实时性的令牌访问方式。传输介质采用环形结构的冗余光纤，同时结合“回绕”技术，最大限度地降低了线路损坏对系统造成的影响。令牌网的最大优点是数据传输的稳定实时响应。在重负荷工况下，以太网（Ethernet）的通信竞争激烈、碰撞增多，难以得到发送权，从而使数据传输阻塞，实时响应急速下降。令牌网没有这一缺点，即使在重负荷工况下，令牌网的环行周期仍然是可设计和可控制的。在 128 个挂站的情况下，精心设计的硬件和软件，仍可保证令牌环行周期在 10ms 之内。

HIACS-5000M 系统通信主干网采用 FDDI 方式。光纤分布式数据接口 FDDI（Fiber Distributed Data Interface）是一种高性能的光纤令牌环状网，其速率为 100Mbit/s，跨越的距离可达 200km，最多可连接 1000 个站点。通信介质采用的是多模光纤，其传输数据的准确率极高，传送  $2.5 \times 10^{10}$  bit 的误码率远低于 1bit。

### （二）HIACS-5000M 系列基本控制器

R600CH 是 HISEC-04M 系统的新一代控制器，采用 RISC 技术的新型中央处理器，内部数据宽度为 64bit，用户程序内存区为 32MB。CPU 模板直接与  $\mu\Sigma-100$  Network 网连接，信号传输速度为 125Mbit/s，采用了双环光纤网络。R600CH 采用了工业无源高速并行背板总线（R600CH 总线），作为 CPU 模板与 I/O 模板之间的数据交换总线，并行总线结构实现了 I/O 模板与 CPU 模板之间的快速数据传输。

R600CH 总线允许连接以下两类 I/O 模件板：

（1）第一类，HSC7000 I/O 模板。包括模拟量输入（AI）板、模拟量输出（AO）板、开关量输入板（DI）、开关量输出板（DO）、驱动控制模件板（DCM）、脉冲量输入板

(PI)、SOE 模板及转速测量板 (PTI)。

(2) 第二类, 智能化远程 I/O 接口板 (PI/O)。为适应远程 I/O 数据通信的需要, 设计了可以放置于现场的远程 I/O 模板 (RTB)。若干 RTB 板形成一组, 通过双重化的串行网络, 将数据送至设备间 R600CH 控制器。每块智能化的串行接口板 PI/O, 可以连接一路串行网络, 当需要多路串行网络时, 只需要在 R600CH 总线机箱内并列配置多块此类 PI/O 板。远程 I/O 模板 RTB 方式, 是 HIACS-5000M 系统地理分散配置的又一可选择的方案。

为了提高应用程序的执行效率和可靠性, R600CH 采用了高效、高可靠的 R600CH 操作系统软件, 使得应用程序软件执行得更快、更可靠。

### (三) I/O 模件

HSC400 总线模板是工业无源背板总线, 位于控制器机箱和扩展机箱的背部, 具有并行、高速的特点, CPU 模件、各种 I/O 模件可直接插接在机箱槽内, 连接在该总线上。主要的 I/O 模件有 AI、AO、DI、DO、PI 等。

### (四) 人机接口

HIACS-5000M 系统人机接口包括操作员站 (含大屏幕操作员站)、历史数据站、通信接口站、工程师站、总值长站。

## 三、I/A Series 系统

美国 FOXBORO 公司于 1987 年首先推出了体现开放概念的超越一般 DCS 的新一代工业控制系统——I/A Series 智能自动化系列。I/A 的元器件筛选极为严格, 采用低功耗芯片以及 I/A 模件的全密封结构, 所有 I/O 模件采用通道独立的光电双重隔离措施, 保证了 I/A 硬件的高可靠性。I/A 模件采用全密封结构 (目前在我国使用的大型 DCS 中只有 I/A 采用这种全密封结构), 可有效地防护灰尘、静电的影响。

2005 年, FOXBORO 又推出了 I/A 系统的 8.0 版本, 网络系统采用以交换机为基础的 100M/1G 的快速以太网; 控制器的处理能力提高到每秒 10 000 个功能块, 并且提供了适合各种现场安装要求的选型; 组态工具采用图形化的 IACC。

### (一) I/A 的网络结构

I/A SIRIES 系统核心通信网络 CONTROL NETWORK 由一系列全商业化以太网交换机组成, 连接系统内各设备, 全双工的数据公路消除了单点故障的可能, 为 I/A SERIES 系统提供了高度的可靠性。

网络结构的灵活性可以在系统设计时针对控制系统的物理分散要求进行网络组态配置。从最简单的网络配置, 即直接将工程师站直接与控制处理器连接, 到复杂的网络配置, 即通过多个交换机间的互连以构成分散的网络星形结构, 同时通信速度可达 1Gbit/s。CONTROL NETWORK 网络系统结构将强大的控制处理器和 workstation 集成在一起, 组成规模可大可小的控制系统, 提供过程监视、过程控制以及与 SIS 系统的通信。高速、全冗余以及点对点的通信特点, 为 I/A SERIES 系统提供高性能和更高的安全性, 同时, 所有与以太网交换机的接口均为冗余设计, 进一步保证了站与站之间的通信安全性。

### (二) 控制处理器 CP60

CP60 是 Foxboro 公司在 1999 年推出的新一代控制处理器, 在功能上比 CP40 有了很大的增强。其内存为 8M, 而 CP40 仅为 4M; CP60 可组态 4000 个等效控制模块, 而 CP40 可组态的模块是 2000 个; CP60 与 I/O 组件的通信速率是 10Mbit/s, 可挂 120 个组件; CP40