

1000MW超超临界火电机组施工技术丛书

热控工程 施工

《1000MW超超临界火电机组施工技术丛书》编委会



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

1000MW超超临界火电机组施工技术丛书

热控工程施工

《1000MW超超临界火电机组施工技术丛书》编委会

 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为《1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书之一》。

全书共分十五章，主要包括 DCS 控制系统施工，热控盘柜安装，仪表管路敷设，热控电缆敷设，取样装置安装，就地设备和执行机构安装，除灰、除渣、凝结水精处理控制系统安装，空气压缩机与空调制冷系统安装，以及脱硫系统热控装置安装等。

本书编排的施工组织设计和作业指导书内容丰富，均经过实践检验且先进可行，是当今 1000MW 超超临界机组的电气、热控、机械施工的精品文献，具有重要参考借鉴价值。是公司领导、总工程师，公司工程部、各项目部、电仪工程处、机械公司和各相关专业工程技术人员、技术工人不可缺少的施工工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

热控工程施工 / 《1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书》编委会编. —北京: 中国电力出版社, 2011. 11

(1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书)

ISBN 978-7-5123-2278-3

I. ①热… II. ①1… III. ①热控设备-工程施工 IV. ①TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 220940 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23.5 印张 576 千字

印数 0001—0000 册 定价 0.00 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 超超临界火电机组施工技术丛书

热 控 工 程 施 工

编 委 会

主 任	张永江	赵秀华	侯端美	李 宁		
副 主 任	李培源	张永先	杨永恒	刘洪胤	刘恩江	柳兆广
	朱育才	张俊波	韩树国			
委 员	谷 伟	姜仕昭	褚 鹏	高洪征	张金龙	孙卓行
	周庆刚	李义锁	聂瑞伟	袁 亮	张 青	姜保光
	刘 森	曹佃涛	梁东刚	赵文琰	刘 玮	张 勇
	张 振	刘艳庆	边荣辉	王令兰		
主 编	张永先	杨永恒				
副 主 编	刘洪胤	李培源	韩树国	张俊波	刘恩江	朱育才
	柳兆广	吕大海	谷 伟	袁 亮		
参 编	姜仕昭	褚 鹏	高洪征	张金龙	孙卓行	周庆刚
	李义锁	聂瑞伟	张 青	姜保光	刘 森	曹佃涛
	梁东刚	赵文琰	刘 玮	张 勇	张 振	刘艳庆
	边荣辉					



前言

1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书 热控工程施工

近年来我国电力工业发展迅速，截至 2009 年底，全国电力装机容量已达到 8.74 亿 kW，年均投产装机容量超过 8970 万 kW，创造了我国乃至世界电力建设史上的新纪录。

随着电力工业的快速发展，我国火电建设中“上大压小”及煤电联营坑口电站的建设取得了重大成果。600~1000MW 超超临界的清洁高效机组，已成为新建项目的主力机型。

超超临界发电技术，是在超临界发电技术基础上发展起来的一种成熟、先进、高效的发电技术，可以大幅度提高机组的热效率，在国际上已经是商业化的成熟发电技术，世界上许多国家都在积极开发和应用超超临界发电机组。

当前，我国正大力发展超超临界火电机组，并实现了超超临界机组国产化，已有至少 20 台 1000MW 机组（华能玉环电厂 4 台、华电国际邹县电厂 2 台、外高桥电厂三期 2 台、泰州电厂 2 台、宁海电厂 2 台、绥中电厂 2 台、天津北疆电厂 4 台、山东莱州电厂 2 台）处于投产和在建中。我国第一台 1000MW 超超临界燃煤发电机组——华能玉环电厂 1 号机组于 2006 年 11 月 28 日正式投入商业运行，至 2007 年 11 月，2、3、4 号机组相继投产，实现了一年连续四投。2007 年 8 月 31 日及 12 月 31 日，邹县电厂两台 1000MW 机组也建成投产。从此，我国电力工业跨入了 1000MW 超超临界发电的世界先进行列。

我国电力工业今后还要大量地建设 1000MW 超超临界火电机组。到 2020 年，我国燃煤火电机组将新增约 3 亿 kW 的装机容量。截至 2007 年底，国内制造厂家已拥有 50 台套 1000MW 超超临界机组的订单。

为了推动电力施工企业的发展，在未来几年内使广大工程技术人员能更好、更快、更多地掌握百万千瓦超超临界火电机组的施工技术，本书收集、整理了天津北疆、浙江玉环等电厂百万千瓦超超临界机组的施工经验，编写了《1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书》，为今后施工同类火电机组提供技术依托和借鉴平台。

本丛书重点总结了天津北疆电厂等工程施工技术方案的精华，用于指导今后编写工程施工技术方案、技术措施和作业指导书。

本丛书共分 8 个分册，分别为《施工技术与管理》、《土建工程施工》、《锅炉设备安装》、《汽轮机设备安装》、《电气设备安装》、《热控工程施工》、《焊接工程施工》、《起重运输机械》，内容涵盖了一个现代化 1000MW 超超临界机组火电厂的方方面面（含海水淡化、脱硫脱硝等的施工）。

在本丛书编写过程中，山东电力建设第二工程公司北疆工程项目部、天津电力建设公司北疆工程项目部、天津国投津能发电有限公司北疆电厂、华能玉环电厂、山东电力建设第一工程公司、华电国际邹县电厂等单位的领导、专家给予了大力支持。山东电力建设第二工程公司北疆工程项目部的施工技术人员、档案中心以及钢结构公司的有关人员提供了宝贵资料并参加了编写工作，在此一并表示诚挚的谢意！

限于编者水平，加之时间仓促，书中疏漏或不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 9 月

目 录

1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书 热控工程施工

前言

▶▶ 第一章 1000MW 超超临界机组设备及控制技术概述	1
▶▶ 第二章 1000MW 超超临界机组分散控制系统	8
第一节 OVATION DCS 功能	8
第二节 OVATION DCS 五大控制区域	9
▶▶ 第三章 1000MW 超超临界机组主要控制系统	27
第一节 超超临界机组的特点	27
第二节 超超临界机组协调控制系统的特点	31
第三节 超超临界机组顺序控制系统	35
第四节 炉膛安全监控系统	46
第五节 汽轮机监测仪表系统	61
第六节 汽轮机控制系统	64
第七节 1000MW 超超临界机组外围辅助车间控制	67
▶▶ 第四章 1000MW 超超临界机组热控施工案例介绍	73
第一节 热控施工技术准备	73
第二节 主要项目施工方案	75
▶▶ 第五章 1000MW 超超临界机组热控专业施工组织设计（一）	80
第一节 工程概况、工程范围、主要工程量和施工进度计划	80
第二节 主要施工方案和重大技术措施	84
第三节 质量、安全和环境目标及保证措施	104
▶▶ 第六章 1000MW 超超临界机组热控专业施工组织设计（二）	111
第一节 工程概况、施工范围和施工机具配备	111
第二节 主要施工方案	113
第三节 质量和安全文明施工等管理	127
▶▶ 第七章 分散控制系统施工措施	136
第一节 DCS 的安装、受电及接地	136
第二节 锅炉火焰电视、热控机械量安装及信号回路测试	144

▶▶ 第八章 热控盘柜安装施工措施	157
第一节 热控盘柜安装	157
第二节 热控电源柜受电与仪表调校	166
▶▶ 第九章 仪表管路敷设施工措施	181
第一节 某电厂1号机仪表管路敷设	181
第二节 某电厂2号机仪表管路敷设	197
▶▶ 第十章 热控电缆敷设施工措施	202
第一节 热控电缆托架及保护管敷设	202
第二节 热控电缆敷设及接线	216
▶▶ 第十一章 热工取样装置安装施工措施	234
第一节 某电厂1号机热工取样装置安装	234
第二节 某电厂2号机热工取样装置安装	251
▶▶ 第十二章 就地设备和执行机构安装措施	256
第一节 某电厂1号机组就地设备安装	256
第二节 执行机构及电动、汽动门调试等设备安装	273
▶▶ 第十三章 除灰除渣、凝结水精处理控制系统安装措施	285
第一节 除灰除渣系统热控安装与调试	285
第二节 凝结水精处理热控安装与调试	299
▶▶ 第十四章 空气压缩机与空调制冷系统安装措施	312
第一节 空气压缩机控制系统安装与调试	312
第二节 空调与制冷系统安装与调试	325
▶▶ 第十五章 脱硫系统热控装置安装措施	335
第一节 脱硫岛热控盘台柜及仪表安装	335
第二节 热控电缆桥架及电缆施工	353
参考文献	366

1000MW 超超临界机组设备及控制技术概述

本篇所介绍的 1000MW 超超临界燃煤凝汽式汽轮发电机组，是国内首批百万千瓦超超临界火电机组引进技术国产化的依托工程，被列为 2005 年国家重点建设工程，是国家“十一五”重点项目。百万机组的建设投产，对提高我国电力工业的设计、设备制造、安装和运营管理水平，对实现电源结构调整、推进产业技术升级、建设资源节约和环境友好型企业，都具有十分重要的意义。

一、机组主要设备技术特点

1. 锅炉

锅炉形式为超超临界参数变压直流炉，内部采用一次再热、平衡通风、运转层以上露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构。

该锅炉主要技术特点如下。

(1) 具有高参数、大容量。锅炉主要参数见表 1-1。

表 1-1 1000MW 超超临界机组锅炉主要参数

项 目	BMC R	BRL (额定参数)
锅炉蒸发量 (t/h)	3033	2889
过热器出口蒸汽压力 (MPa)	26.25	26.11
过热器出口蒸汽温度 (°C)	605	605
再热蒸汽流量 (t/h)	2469.7	2347.1
再热器进口蒸汽压力 (MPa)	5	4.841
再热器出口蒸汽压力 (MPa)	4.9	4.641
再热器进口蒸汽温度 (°C)	354.2	347.8
再热器出口蒸汽温度 (°C)	603	603
省煤器进口给水温度 (°C)	302.4	298.5

(2) 大量采用新材料。锅炉大量采用的新材料主要有 SUPER304H、HR3C、SA-335P92、SA-335P91 材料，具体分布如下。

1) 屏式过热器、高温过热器、高温再热器的受热面管子外三圈采用 HR3C 材料，其余内圈均采用 SUPER304H 材料。

2) 屏式过热器出口分配集箱、出口混合集箱、出口连接管、二级减温器及高温过热器出口分配集箱、出口混合集箱均采用 SA-335P92 材料。

3) 高温过热器进口连接管、进口混合集箱、进口分配集箱和再热器出口分配集箱、高温再热器出口混合集箱均采用 SA-335P91 材料。

(3) 具有高效率。锅炉燃用设计煤种, 在 BRL 工况下锅炉保证热效率不低于 93.8% (按低位发热值计算), 设计发电标准煤耗 272.9g/kWh, 设计供电煤耗 (含脱硫) 288g/kWh。

(4) 环保型设计。锅炉燃烧采用前后墙对冲燃烧方式。锅炉燃烧系统采用前后墙对冲燃烧, 燃烧器采用新型的 HT-NR3 低 NO_x 燃烧器, 燃烧器分 3 层, 每层布置燃烧器 8 只。燃烧系统共布置有 20 只燃尽风喷口, 48 只 HT-NR3 燃烧器喷口, 共 68 个喷口。在 35%~100%BMCR 工况下, NO_x 排放量不高于 $300\text{mg}/\text{m}^3$ (标准工况)。

锅炉按采用氨触媒法方案考虑脱硝装置预留。在 BMCR 工况下, 脱硝效率大于 75%, 即锅炉出口的 NO_x 排放量小于 $75\text{mg}/\text{m}^3$ (标准工况, O_2 含量为 6%)。除催化装置不装设而改用临时烟道代替外, 锅炉本体的其余部分均按装设脱硝装置考虑。

(5) 锅炉运行适应能力强。

1) 锅炉带基本负荷并参与调峰, 且能满足锅炉 RB (Run Back)、50%和 100%甩负荷试验的要求。

2) 制粉系统采用双进双出钢球磨煤机正压直吹式制粉系统, 每台锅炉配 6 台磨煤机, 5 台磨煤机运行时带 BRL 负荷。

3) 给水系统配置 2 台 50%BMCR 容量的调速汽动给水泵和 1 台 30%BMCR 容量的电动调速给水泵, 实现全程给水控制。

4) 汽轮机旁路系统采用 25%BMCR 一级电动大旁路, 仅启动时用。

5) 除渣方式采用刮板捞渣机, 实现固态连续排渣。

6) 锅炉在燃用设计煤种时, 不投入最低稳燃负荷不大于锅炉的 30%BMCR, 并在最低稳燃负荷及以上范围内满足自动化投入率 100%的要求。

7) 锅炉采用定压—滑压—一定压运行方式, 在 30%BMCR~90%THA (热耗率验收工况) 负荷下采用滑压运行方式。

8) 采用高压缸启动方式, 锅炉的启动时间 (从点火到机组带满负荷) 与汽轮机相匹配, 具体情况如下。

冷态启动 (停机超过 72h): 10~11h。

温态启动 (停机 32h 内): 4~5h。

热态启动 (停机 8h 内): 3~3.5h。

极热态启动 (停机小于 1h): 小于 3h。

2. 汽轮机

汽轮机总体结构采用四缸四排汽单轴布置方案, 从机头到机尾依次串联 1 个单流高压缸、1 个双流中压缸及 2 个双流低压缸。高压缸呈反向布置 (头对中压缸), 由 1 个双流调节级与 8 个单流压力级组成。中压缸共有 2×6 个压力级, 2 个低压缸压力级总数为 $2 \times 2 \times 6$ 级。机组总长为 36.59m, 末级叶片高度为 43in (1092.2mm), 根径为 73in (1854.2mm), 轴向排汽面积为 10.11m^2 , 总轴向排汽面积为 40.44m^2 。采用一次再热, 双背压凝汽器。高中压动叶结构形式采用自带冠 (CCB), 低压动叶均为 CCB 结构。

汽轮机由原设计条件 700MW/3.3kPa 改进到该机 1000MW/5kPa。1kPa 条件下工作, 额定点排汽损失由 $40.6\text{kJ}/\text{kg}$ 降至 $30.4\text{kJ}/\text{kg}$, 年平均负荷点 (假设均为 83.3%负荷率) 由 $28.3\text{kJ}/\text{kg}$ 降至 $21.1\text{kJ}/\text{kg}$, 属设计规范合理低限, 仍在最佳范围内。该汽轮机主要特点

如下。

(1) 总体结构紧凑先进。在百万千瓦容量等级机组上,采用单轴全转速四缸(其中高压缸为单流)四排汽总体结构布置,是当今世界上最紧凑先进的方案。

(2) 采用只升温不升压的方式。超临界技术发展之路有三条,技术难点截然不同:只升温不升压,只涉及材料问题;只升压不升温,涉及结构、强度、循环、通流、调节等多重问题;既升温又升压则兼具上述全部问题难度。只升温不升压之路代表当前超超临界机组发展的主流,反映了技术发展的内在规律,实践证明这是一条成功与省力之路。

(3) 对高温部件作特殊设计。根据不同高温区域、不同应力水平的部件采用不同的耐高温材料。如高中压转子及高中压第一级动叶片采用改良的 12Cr 锻钢(12CrMoVNbW,耐温 600~610℃);低压转子采用高纯净低 Si、Mn 能防回火脆化的 3.5NiCrMoV 钢,以满足因再热温度大幅度提高导致低压进口温度高达 391℃的工作条件。结构上采取有效冷却措施高压主汽管壁上开有小孔,引入冷却蒸汽对 CrMoV 锻钢制成的高压外缸进行冷却。中压缸进汽部分除了有类似高压缸的冷却结构外,还通过专门设置的管道用冷却蒸汽去冷却双流型中压转子温度最高的中间部位。对高中压转子的轴颈部位用 CrMoV 钢进行表面堆焊,防止被轴承表面磨损。

(4) 采用多项先进通流技术,保证较高经济性。针对不同部位的通流部分,采用了多项有效的先进通流技术以提高通流内效率,如平衡层流叶栅、AVN-S 及 AVN-L 静叶成型技术等。

3. 电气系统

(1) 发电机主要技术参数如下。

型号: TFLQQ-KD;

额定容量: 1120MVA;

额定功率: 1000MW;

最大连续容量: 1064MW;

额定电压: 27kV;

额定功率因数: 0.9(滞后);

额定频率: 50Hz;

额定转速: 3000V/min;

效率: 99%;

冷却方式: 水氢氢;

励磁系统: 自并励静态励磁。

(2) 其他方面。发电机经过 3 台 380MVA 强油风冷无载调压的单相变压器分别接入 500kV 系统,电气主接线采用发电机—变压器—线路组接线。500kV 系统采用 1 个半断路器接线,进线 2 回,出线 1 回。

根据主厂房 A 排的实际布置及将来的容量电费等原因,经过经济技术比较,发电机出口不设出口断路器。

主变压器至 500kV 升压站之间由于线路距离长,而且布置空间受三期冷却水塔影响,四期采用线路铁塔作为主变压器进线。共设 4 台线路铁塔,其中 1 台单回路塔,2 台双回路塔,1 台双回路转角塔。

500kV 升压站的线路断路器、母线设备及全部隔离开关由网络计算机监控, 取消常规一对一硬手操, 不设模拟屏。网络计算机监控系统采用分层分布式结构, 操作员工作站采用双机系统, 主网采用以太网, 数据采集系统为现场总线方式, 网络介质采用光纤或双绞线。

2×1000MW 超超临界机组共设置 2 台容量为 68/34-34MVA 的启动/备用变压器。考虑三期工程运行实际, 单路电源带 2 台启动/备用变压器运行方式不灵活, 且 220kV 断路器检修时需做临时措施维持备用电源, 故四期启动/备用电源通过两组 220kV 交联聚乙烯干式电缆, 由 220kV 配电装置 2 回备用断路器间隔引接。

高压厂用电电压等级考虑电动给水泵电动机的启动及电动机制造厂的实际情况采用 10kV 级电压。10kV 及 400V 厂用电管理系统采用智能化现场总线方式, 由厂用数据采集系统的现场保护测控层将下放于各开关柜的微机综合测控、保护装置信息传至厂用电通信管理单元, 厂用电通信管理单元完成对厂用电系统的监测、报表打印等功能。为保证 DCS 顺序控制的可靠性, 与顺序控制有关的开关位置状态触点及启、停指令开关量仍采用硬接线方式与 DCS 连接。

接地网根据一~三期的实际情况采用阴极保护方式。

每台机组设置 1 台快速启动的柴油发电机组, 作为该机组的事故保安电源。

设计厂用电率(含脱硫)为 5.34%, 不含脱硫时为 4.42%。

4. 其他技术特点

(1) 脱硫技术。脱硫采用石灰石—石膏湿法脱硫工艺, 脱硫效率高, 可达 98% 以上。系统对锅炉燃煤煤质变化和锅炉负荷变化有良好的适应性, 具有较高的可靠性, 系统可用率可达 99% 以上。采用价廉易得的石灰石作为吸收剂, 吸收剂化学剂量比低, 液/气比(L/G)低, 使脱硫系统的能耗降低。同时可得到纯度很高的脱硫副产品石膏, 为脱硫副产品的综合利用创造了有利条件。采用空塔形式使吸收塔内径减小, 减少了占地面积。

(2) 中水处理技术。工程采用城市中水作为水源之一, 能够节约大量的地下水和地表水。中水深度处理站由中水深度处理系统, 电厂三、四期生活污水处理系统, 工业废水处理系统三部分组成。设计时对这三个系统进行了优化, 做到加药系统、杀菌系统(包括循环水杀菌)、污泥系统等集中布置, 集中全自动控制和配电。整个中水处理系统实现自动运行, 所有药品的投加量自动控制, 设备的反洗、冲洗、排泥等自动进行。

中水深度处理系统设计水量 4200m³/h, 主要工艺采用石灰混凝澄清、过滤, 处理后的水经杀菌后补入相应冷却塔。

二、机组热工自动控制技术特点

1. 1000MW 超超临界机组对热工自动控制的要求

与亚临界机组相比, 1000MW 超超临界机组主机系统表现为高参数、高功率、监控量大、控制难度高等特点, 具体要求如下:

(1) 主机系统输入/输出工艺变量多, 系统规模显著增大。单台 300MW 机组主机 I/O 点约 6000 点, 600MW 机组 I/O 点约 9000 点, 1000MW 机组 I/O 点大于 10 000 点, 最终系统总点数约 120 000~150 000 点。

(2) 动态过程加快。一方面由于主蒸汽压力参数上升, 介质刚性提高, 另一方面由于做功工质占汽水循环总工质的比例增大, 因此造成动态过程加快, 机、炉、电的总体性增强。

(3) 数学模型不精确。直流锅炉是汽水一次性循环, 不具有类似于汽包的储能元件, 锅

炉储能小，很难找到类似于热量信号的仅反映燃料的变化、不反映汽轮机调节汽门及给水流量变化的信号。直流锅炉/汽轮机是复杂的多输入多输出的被控对象，燃料量、给水量、汽轮机调节汽门开度任一发生变化，均会影响机组负荷、主蒸汽温度和主蒸汽压力变化，它们之间的相互影响不能忽略。

(4) 外围辅助车间数量增多，地域分散。基于环境保护的要求越来越高，污染物的排放、水资源的利用都受到了严格的限制。新建设的火电机组工程项目在原有输煤系统、除灰渣系统、化学水处理系统、凝结水精处理系统、制氢站、工业水泵房等的基础上，城市中水处理、反渗透水处理、海水淡化、脱硫及脱硝设备及系统也成为必须配置的生产辅助车间，这样外围辅助车间的数量会增加很多，辅助车间的范围继续扩大，大型火电机组中外围辅助车间的控制规模也相应增大，对这些系统的集成提出了新的要求。

2. 热工控制系统设计选型原则

热控设备选型统一化、控制系统一体化的设计在火电厂中已成为一种趋势，这样方便运行人员操作、检修人员维护与检修、人员培训、备品配件储备。现在有的电厂甚至把外围车间的控制都纳入了主机集散控制系统（DCS），这在 600MW 以下，特别是 300MW 以下机组是可行的，因为技术发展已经很成熟，设备选择余地较大。但对于大型火电机组，特别是大型超超临界机组，其主机和主要辅机性能参数要求高，很多设备要求进口，选择余地较小，而进口设备的控制供货方一般都要求配备他们自己的控制系统，如汽轮机、旁路系统等，不同意纳入主机 DCS 中进行控制，否则不保证设备性能。这造成热控系统一体化设计与选型非常困难。

大型火电机组热控系统的选型中，在处理热控系统一体化与机组整体性能的问题上，应逐次从以下七个方面进行考虑：

(1) 是否能保证主机安全。控制系统设计首先应能保证发电机组主机的安全，保证在机组参数超出最大允许范围、出现不可逆转的工况时迅速跳掉主机，保证设备安全。

(2) 是否能保证辅机安全。在保证主机安全的前提下，当重要辅机参数超出最大允许范围、出现不可逆转的工况时迅速跳掉辅机，保证辅机安全。

(3) 是否能保证机组控制的可靠性。在保证机组安全的前提下，所选择的控制设备应是可靠性较高、平均无故障时间较长的设备，只有这样才可以保证机组控制的可靠性。

(4) 是否方便机组的操作与控制。所选择的控制系统是否方便操作与控制，自动化程度是否高，人机界面是否友好。

(5) 是否方便检修、维护。所选择的设备备品供应是否可靠，检修是否方便。DCS 系统各种报表功能是否齐全，是否方便出图等。

(6) 是否方便安装、调试。

(7) 是否影响美观。

热控系统的首要任务是保证主辅机设备安全。热控系统中负责此项工作的是 FSSS（锅炉炉膛安全监控系统）和 ETS。由于保护系统对处理速度的要求，早期的 FSSS 大都通过 PLC（可编程逻辑控制器）实现，但随着 DCS 控制器的发展，又因为锅炉相对于汽轮机和发电机的惯性较大，其控制系统是一个慢速系统，所以当前的典型设计是将 FSSS 放入 DCS 中，专用一个处理器完成此项功能。这样做的好处是在保证设备安全的情况下，减少了控制系统的种类，方便第一故障显示和跳闸原因查找，方便运行、维护与检修。汽轮机是一个快

速系统，对保护系统响应时间的要求也较高，因而现在新建或改造电厂采用继电器硬接线回路实现汽轮机的保护是有其道理的，但这样不方便跳闸原因查找且没有历史追忆。比较好的办法是采用能与主机 DCS 通信且能在主机 DCS 的工程师站上进行组态的专用 PLC，这样既方便了跳闸原因查找和历史追忆，又能很好地保证保护动作的实时性。对于保证汽轮机安全停机的事故油系统，其连锁应保留不依赖主机 DCS 的硬连锁。辅机的保护一般在 DCS 中实现，但重要辅机的润滑油泵也应保留硬连锁，防止 DCS 连锁的不及时。除此之外，独立于 DCS 的手动停机、停炉回路不可省略，这是保证机组安全的最后防线。

在保证机组安全的前提下，设备选型其次应该考虑控制系统的可靠性，只有控制系统可靠，平均无故障时间较长，控制系统与被控对象能够密切配合，各种控制策略能够充分实现，机组才能可靠运行。因而无论控制系统还是就地检测设备或执行机构，都应选择有良好应用业绩的产品和技术实力雄厚的成套设备供应商。

在热控系统可靠的前提下才可进一步要求控制系统控制的方便性、人机界面的友好性和设备级、系统级、机组级自动控制的完整性。只有这样才能做到减人增效，保证企业的经济效益。在热控制系统的可靠性与控制的方便性相矛盾时，应首先保证机组的可靠性。如国外进口的汽轮机一般都要求配自己的控制系统（DEH 和 MEH），这与业主要求的控制系统选型的统一性相矛盾，在招标时可以要求对方的控制纳入 DCS，但在对方不响应的情况下，按照首先保证机组可靠性的原则，应接受对方成熟的设计，采用其他措施或办法提高控制的方便性。

在此基础上，应进一步要求热控制系统的可维护性。如 DCS 控制系统卡件种类不可太多，控制柜内电源种类不可太多，单块 I/O 卡件上的通道数不可太多，接线端子不可太小，工程师站可以方便调用各种逻辑图和报表，操作员站方便做各种趋势图及各种过程画面切换等。再如电动执行机构能否实现免开盖调试，变送器能否远方测试等。

在上述基础上，再进一步考虑热控制系统的安装、调试的方便性。如控制柜内接线端子排和走线槽等布置应合理，控制柜应坚固，就地设备的接线出口应标准等。

在以上条件都能满足的情况下，最应该考虑的是系统的美观性，这在集控室的布置上表现得最明显。如采用何种形状、材质、颜色的操作台，是否设立触摸屏、大屏幕，是否保留光字牌和常规仪表等。这些虽然对实现机组控制影响不大，但可以影响人们对这台机组的感受。

判断一台机组的热控系统是否先进，应首先看其是否能够保证机组安全经济运行。在大型火电机组进行设备选型时，由于很多设备国内技术不过关，涉及很多国际招标，会受到各种因素制约，设备选型的统一性很难保证，此时应按以上原则加以权衡、取舍。

另外，为了提高设备可靠性及机组自动化水平，就地过程仪表及控制机构依据维修方便原则，设备选型尽量统一。

3. 机组典型控制系统配置和在厂房内约布置

大型火力发电厂典型控制系统一般分为主厂房控制系统（主控制系统）及外围辅助车间控制系统。主控制系统一般包含 FSSS、ETS（汽轮机危急跳闸系统）、MCS（模拟量控制系统）、DEH（数字电液控制系统）、SCS（顺序控制系统）、ECS（电气控制系统）、DAS（数据采集系统）、BPS（旁路控制系统）、MEH（给水泵汽轮机给水控制系统）、吹灰程控系统、TSI（汽轮机安全监视系统）等部分，以上系统的功能实现可采用统一的 DCS 平台。

同时，也有个别系统采用与 DCS 不同的硬件平台。如有些工程主机 DEH、MEH 作为汽轮机功能整体的一部分，随汽轮机供货，采用与 DCS 不同的控制硬件；有些工程 FSSS 采用 PLC 或继电器硬接线实现等。

但随着技术的发展，主控制系统采用统一 DCS 已成趋势。目前国内常见的较适用于大型火电机组的 DCS 主要有北京 ABB 贝利控制有限公司的 SYMPHONY、上海西屋控制系统有限公司的 OVATION、西门子电站自动化有限公司的 TELEPERM-XP、日立（北京）公司的 HIACS5000-M 等。TSI 国内较常用的为 BENTLY3500 和 MMS6000。很多工程给水泵汽轮机的控制系统随给水泵汽轮机供货，控制系统采用 MEH，硬件多采用 WOODWARD505 控制系统。外围辅助车间地理上布置较分散，各辅助车间多采用 PLC 控制方式，然后通过辅助控制车间控制网络将各分散的辅助车间控制系统连接成一个大的控制网络，称为辅助车间控制网络。可实现在主集控室内对外围车间进行监控，达到减人增效的目的。

随着环境要求的逐步提高，新上火电机组必须同步配备脱硫和脱硝系统，由于脱硫和脱硝系统较复杂，其控制系统多采用 DCS。

该超超临界机组将控制系统划分为主厂房区域及外围辅助厂房区域。包括凝结水在内的主厂房区域设备的控制采用 DCS。外围厂房由于地理上较分散，且与主厂房区域内的设备在控制上关联性不强，分为输煤、除灰渣、脱硫、中水处理、反渗透等辅助车间，采用 PLC 控制。DCS 采用上海西屋过程控制有限公司的 OVATION 控制系统，该系统控制和扩展能力强，兼容性好，I/O 卡件支持 HART 协议，方便设备维护及状态检修；同时该系统还支持各种现场总线，人机界面友好，非常方便运行人员操作及故障原因排查，方便工程师系统维护及管理。在该工程中所有变送器卡件采用支持 HART 协议卡，炉顶汽包温度、汽轮机缸壁温度及轴封系统汽温、汽压调节等采用了现场总线。所有外围辅助车间的控制流程通过辅助网络，可以实现在集中控制室监控。

集中控制室布置简洁、明快，操作台上只有液晶显示器、操作键盘、鼠标及事故按钮，立屏布置机组重要参数显示屏及等离子电视。等离子电视用于显示炉膛火焰、全厂闭路电视系统、DCS 过程画面及外围厂房控制流程图。

第二章

1000MW 超超临界机组分散控制系统

现代火力发电机组的控制均采用计算机分散控制系统。分散控制系统 (Distributed Control System, DCS) 是以微处理器为核心, 采用数据通信技术和 CRT 显示技术, 对生产过程进行集中操作管理和分散控制的系统, 有时也称分布式计算机控制系统 (Distributed Computer Control System, DCCS), 或称集散控制系统 (Total Distributed Control System, TDCS)。DCS 是 4C 技术 (计算机、控制、通信、CRT 显示等技术) 的结晶, 是多门类学科互相渗透、互相促进、综合发展的产物。

分散控制的基本思想是“控制和危险分散, 管理和监视集中”。分散控制将连续生产过程分散地采用多台微型计算机控制, 即整个控制系统的目标和任务事先按一定方式分配给各个子系统, 而各子系统之间可以进行信息交换。所有微型计算机可能处于平等地位, 也可能有主从之分。分散控制将全部信息集中到控制室, 以便操作人员监视操作和集中管理。

DCS 作为一种对生产过程进行监视、控制、操作和管理的新型控制系统, 既具有监视功能 (如 DAS), 又具有控制功能 (如 CCS、SCS、FSSS、DEH), 完全可以满足大型火电单元机组的热工自动化要求。DCS 的监视功能和各控制功能之间还可通过网络或总线进行数据、信息的通信, 实现信息共享, 并可通过接口与全厂管理计算机联网, 实现全厂信息的综合管理。

目前国际上先进的分散控制系统有五种, 即 OVATION、Symphony、HIACS-5000M、TELEPERM-XP、MAX-1000。本章重点介绍 OVATION 控制系统。

第一节 OVATION DCS 功能

1000MW 超超临界机组采用的 DCS 为艾默生上海西屋控制系统有限公司生产的 OVATION 系统 (3.01 版本)。2 台单元机组的控制分别由 2 套 DCS 实现。系统由分散处理单元 (DPU)、数据通信系统和人机接口等部分组成, 设计采用冗余配置、合理的分散度和诊断至通道级的自诊断功能, 具有高度的可靠性, 系统内任一组件发生故障, 均不影响整个系统的工作。OVATION 系统采用 100MB 的网络及 24 口 CISCO 以太网交换机, 全兼容的 TCP/IP 通信协议为构成厂级管理网 MIS 提供了全开放的数据通道。网络上的任何站点之间均为点对点的对等单层网络结构。OVATION 系统分散处理单元 (DPU) 型号为 OCR161, 采用“奔腾”266MHz 处理器, 64MB 的内存加 32MB 的“闪存”, 标准的 32 位 PCI 总线。OVATION 系统人机接口采用 DELL 工作站, 安装 Windows XP 和 Windows2003 操作系统。OVATION 的 I/O 系统卡件采用 DIN 导轨安装方式, 不需寻址组态, 典型的低密度设计 (模拟量输入仅为 8 个通道, 模拟量输出仅为 4 个通道, 数字量仅为 16 通道), 通道与通

道之间的点点隔离、模拟通道的点点 A/D 或 D/A、典型的特性模块与电子模块分离设计等。OVATION 系统采用了 Oracle 关系型数据库，OVATION 系统的数据库镶嵌在系统的相关设备中，并确保系统不依赖于某一关键设备而运行。它将组态、数据存储与检索、控制算法、I/O 信号、过程数据库等所有信息合为一体。Oracle 数据库为用户提供了全开放的访问环境，确保了系统在逻辑上和数据管理上的真正分散。OVATION 提供了通用的工具库，全 AutoCAD2004 环境的控制生成器。

系统在功能上包括：模拟量控制系统（MCS）、炉膛安全监控系统（FSSS）、顺序控制系统（SCS）、数据采集系统（DAS）、电气控制系统（ECS）、凝结水精处理、锅炉吹灰系统等几个子系统。过程 I/O 及控制功能按功能子系统（如前所述的 MCS、FSSS、SCS、DAS、ECS）组态在各处理器内，系统的参数显示、报警和自诊断功能集中在 LCD 上显示并可在打印机上打印。系统可对机组中纳入 DCS 控制的公用辅助系统进行监视和控制，在机组 DCS 的任意一台操作员站上均可对接入公用 DCS 网的系统进行监视和控制。接入公用 DCS 网的系统包括：仪用/厂用空气压缩机系统、电气公用厂用电系统、凝结水精处理再生系统、燃油泵房，对凝结水精处理系统在就地设置独立的操作员站进行监控及操作。DCS 系统单元机组共配置 30 对控制器，公用系统配置 4 对控制器。控制器分配采用按功能分配原则，MCS 系统占用 7 对控制器，FSSS 系统占用 7 对控制器，SCS 系统占用 11 对控制器，吹灰和凝结水精处理系统各占用 1 对控制器，ECS 系统占用 3 对控制器。DAS 系统不占用独立的控制器，分散在各其他系统中。控制器按控制功能分配如下：CTRL/51，MCS 给水及启动系统控制；CTRL2/52，MCS 主汽温及再热汽温控制；CTRL3/53，MCS 风量及炉膛负压控制；CTRL4/54，MCS 协调及燃料控制；CTRL5/55，MCS 燃料控制；CTRL6/56，MCS 机侧回路控制；CTRL7/57，MCS 高、低压加热器水位控制；CTRL8/58，FSSS 公用系统；CTRL9/59~CTRL14/64，FSSS 给煤机及相应的油枪；CTRL15/65，SCS 炉侧汽水系统；CTRL16/66-17/67，SCSA、B 风烟系统；CTRL18/68，SCS 吹灰系统；CTRL19/69，SCS 汽轮机疏水及抽汽系统；CTRL20/70-21/71，SCSA、B 汽动给水泵；CTRL22/72 和 CTRL23/73，SCS 给水凝结水系统；CTRL24/74 和 CTRL25/75，SCS 汽轮机发电机系统；CTRL26/76，SCS 循环水系统；CTRL27/77，SCS 凝结水精处理系统；CTRL28/78，ECS 发电机变压器组系统；CTRL29/79 和 CTRL30/80，ECS 厂用电 A、B 公用系统；CTRL 31/81，SCS 空气压缩机及燃油泵房；CTRL 32/82，SCS 精处理再生系统；CTRL 33/83 和 CTRL 34/84，ECS 公用厂用电 A、B。对于相对集中的温度测点，例如炉顶过热器、再热器、发电机温度等，采用艾默生公司支持现场总线接口的温度变送器与 DCS 进行通信。DCS 系统装有 GPS（Global Positioning Satellite）时钟装置 1 套，提供 DCS 系统工作站和 DPU 的时钟同步，同时扩展接口为电气设备提供 GPS 时间同步。

第二节 OVATION DCS 五大控制区域

一、OVATION 控制系统的通信网络

OVATION 采用适用于实时过程控制的全冗余容错技术的 Ovation Control Network 通信网络，严格遵循 IEEE 的标准。该通信网络与通信介质无关，既可采用光纤，也可采用 UTP，取消了对特殊网关和接口的要求，能够与企业内部 LAN、WAN 和 Intranet 完全