

超超临界火电机组技术问答丛书

锅炉运行 技术问答

张 磊 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

超超临界火电机组技术问答丛书

锅炉运行 技术问答

张 磊 主编
尤 华 主审



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《超超临界火电机组技术问答丛书》之一，可作为《超超临界火电机组丛书·锅炉设备与运行》的配套教材使用。

全书共分十二章，主要内容为锅炉基本知识、煤粉监视及制备、燃烧优化及燃烧设备、超超临界机组蒸发受热面水动力循环、汽水系统、超（超）临界机组锅炉承压部件材料、超超临界锅炉耐热材料的焊接、风烟系统及设备、除尘除灰设备及系统、锅炉点火前的准备工作、DG3000/26.15-II 1 型锅炉运行。

本书可供从事超超临界火电机组锅炉运行技术人员培训使用，也可供电厂其他技术人员、管理人员和高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

锅炉运行技术问答/张磊主编. —北京: 中国电力出版社, 2008
(超超临界火电机组技术问答丛书)

ISBN 978-7-5083-7005-7

I. 锅… II. 张… III. 火电厂-锅炉运行-问答 IV. TM621.2-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 046847 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

2008 年 6 月第一版 2008 年 6 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 16.125 印张 409 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 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

超超临界火电机组技术问答丛书

编 委 会

主 任	苏庆民	温盛元	马天忠	
主 编	张 磊			
副主编	柴 彤	李洪战	刘红蕾	霍永红
	孙奎明	高洪雨	闫修峰	宋志明
	张 华	尤 华	吴雪梅	李 超
参 编	兰圣增	张东风	叶 飞	廉根宽
	周长龙	张 斌	片秀红	张传伟
	尹 君	张 伟	孔祥生	潘 磊
	张志龙			

前言

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。近十几年来，世界上许多发达国家都在积极开发和应用超超临界参数发电机组。超超临界发电技术是我国电力工业升级换代，缩小与发达国家技术与装备差距的新一代技术，因此随着超超临界火电机组的国产化，我国在今后新增的火电装机结构中必将大力发展超超临界机组。超超临界火电技术的发展，还将带动制造业、材料工业、环保工业及其他相关产业的发展，创造新的经济增长点，是电力工业可持续发展的战略选择。

为帮助从事超超临界火力发电机组设计、制造、运行和检修工作的技术人员和管理人员尽快掌握超超临界火力发电技术，山东省电力学校组织编写了《超超临界火电机组技术问答丛书》。

《超超临界火电机组技术问答丛书》以山东邹县发电厂超超临界火电机组为例，编写内容紧密结合现场实际，知识点全面，数据充分，可作为《超超临界火电机组丛书》的配套教材使用，既可供从事超超临界火力发电机组运行、检修工作的技术人员培训使用，也可供电厂管理人员和高等院校相关专业师生参考。

《超超临界火电机组技术问答丛书》共五个分册：《超超临界火电机组技术问答丛书·锅炉运行技术问答》、《超超临界火电机组技术问答丛书·汽轮机运行技术问答》由山东省电力学校张磊主编，《超超临界火电机组技术问答丛书·电气运行技术问答》由山东省电力学校李洪战、霍永红主编，《超超临界火电机组技术问答丛书·热工控制技术问答》由山东省电力学校柴彤主编，《超超临界火电机组技术问答丛书·环境保护与管理技术问答》由山东省电力

学校张磊、刘红蕾合编。

在《超超临界火电机组技术问答丛书》的编写过程中，华电国际、中国东方电气集团公司、西北电力设计院、山东省电建一公司、山东省电建三公司、山东省电力研究院、山东省电力咨询院提供了大量的技术资料和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于水平所限，加之时间仓促，疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

《超超临界火电机组技术问答丛书》编委会

2008年3月

本书前言

本书是《超超临界火电机组技术问答丛书》之一，主要以邹县发电厂四期 $2\times 1000\text{MW}$ 超超临界机组火力发电厂锅炉设备及其系统的结构特点、原理、功能及性能为编撰重点，突出 1000MW 锅炉设备及其系统的技术特点。全书共分十二章：第一章介绍锅炉基本知识，第二章介绍超超临界机组锅炉的案例，第三章介绍煤粉的监视及制备，第四章介绍燃烧优化及燃烧设备，第五章介绍超超临界机组蒸发受热面水动力循环，第六章介绍汽水系统，第七章介绍超（超）临界机组的锅炉承压部件材料，第八章介绍超超临界锅炉耐热材料的焊接，第九章介绍风烟系统及设备，第十章介绍除尘除灰设备及系统，第十一章介绍锅炉点火前的准备工作，第十二章介绍DG3000/26.15-II1型锅炉运行。

本书由山东省电力学校张磊主编并统稿。第一～四、七章山东省电力学校张磊编写，第五、八章由山东省电力学校张斌编写，第六、九～十二章由山东省电力学校廉根宽编写。本书由华电国际邹县发电厂尤华主审。

由于作者水平所限，加之时间仓促，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2008年2月

目 录

前言

本书前言

第一章 概 述

- 1-1 目前我国火力发电的发展状况如何? 1
- 1-2 世界上第一台实验性的超临界锅炉是由谁制造的? 1
- 1-3 超超临界机组蒸汽参数发展概况如何? 1
- 1-4 超超临界机组单机容量发展概况如何? 2
- 1-5 超超临界机组材料发展概况如何? 3
- 1-6 中国超超临界机组发展概况如何? 4
- 1-7 目前在 600~700℃ 工作温度下可选用哪些钢种? 6
- 1-8 超超临界压力锅炉关键技术问题有哪些方面? 6
- 1-9 超超临界压力锅炉对材料有什么要求? 6
- 1-10 超超临界压力锅炉的水冷壁系统主要有哪两种? 7
- 1-11 螺旋管圈水冷壁的特点是什么? 7
- 1-12 由内螺纹管组成的垂直管圈形式水冷壁的特点是什么? 8
- 1-13 开发超超临界压力机组水冷壁的研究上应注意哪些问题? 9
- 1-14 超超临界压力锅炉的二次再热系统应注意哪些方面问题? 9
- 1-15 超超临界锅炉在自动控制方面应该注意什么问题? 9
- 1-16 大型超临界压力锅炉的特点是什么? 10
- 1-17 现代直流锅炉受热面主要有哪几种形式? 11
- 1-18 为什么大型超临界压力锅炉受热面管型选择螺旋围绕上升管屏和垂直内螺纹管管屏? 11

1-19	优化多通道内螺纹管有什么特点？	11
1-20	管道和联箱的金属材料应如何选择？	11
1-21	过热器和再热器管子的金属材料应如何选择？	11
1-22	现在大型超临界压力锅炉燃烧技术的发展情况如何？	12
1-23	三菱公司的炉内脱硝法有什么特点？	12
1-24	拔柏葛日立公司（BHK）的超低 NO _x 的 HT-NR 型 燃烧器有什么特点？	13
1-25	石川岛播磨公司的 IHI 型宽调节比煤粉燃烧器有 什么特点？	13
1-26	我国的超临界参数大型机组选择什么燃烧器？	13
1-27	我国大型超临界压力锅炉参数是如何选取的？	13
1-28	汽轮机与锅炉主蒸汽系统的蒸汽参数匹配有什么意义？ ...	14
1-29	对于机炉之间的参数匹配，规程或规范有何要求？	14
1-30	锅炉过热器出口参数与汽轮机进口参数有什么关系？	15
1-31	蒸汽管道的温度下降是由什么造成的？	16
1-32	对现有机组机炉参数匹配统计分析有什么结果？	16
1-33	如何进行机炉参数匹配？	17
1-34	我国超超临界机组主蒸汽系统蒸汽参数是如何 选取的？	17
1-35	再热蒸汽系统的功能是什么？	18
1-36	对再热蒸汽系统的管道压降有什么要求？	18
1-37	规程或规范对再热蒸汽系统的管道压降有什么要求？ ...	18
1-38	现有机组再热系统蒸汽参数是如何匹配的？	19
1-39	我国超临界机组再热蒸汽系统蒸汽参数应如何匹配？	19
1-40	研发我国超超临界发电机组，应在哪些主要技术参数与 主要设备结构选型方面进行分析论证？	19
1-41	常规机组的蒸汽参数与发电效率一般为多少？	19
1-42	在超超临界机组参数范围的条件下，主蒸汽压力提高 1MPa，机组的热耗率下降多少？	20
1-43	在超超临界机组参数范围的条件下，主蒸汽温度每提高 10℃，机组的热耗率下降多少？	20

1-44	在超超临界机组参数范围的条件下，再热蒸汽温度每提高 10℃，机组的热耗率下降多少？	20
1-45	在超超临界机组参数范围的条件下，如果采用二次再热， 机组的热耗率下降多少？	20
1-46	主蒸汽压力提高会使汽轮机末级湿度如何变化？	20
1-47	超超临界机组主蒸汽压力的选择对机组热效率有何 影响？	20
1-48	超超临界机组主蒸汽压力的选择对汽轮机低压缸的 排汽湿度有何影响？	21
1-49	我国超超临界机组为什么要选用一次再热？	21
1-50	提高主蒸汽温度和提高主蒸汽压力，哪个对机组 热效率提高的效果更为明显？	22
1-51	主蒸汽温度和再热蒸汽温度为什么 选取在 600℃左右？	22
1-52	单炉容量的上限由哪些因素决定？	22
1-53	在我国现有设计制造基础及技术可行性方面，锅炉 容量有什么限制？	23
1-54	汽轮机增加排汽面积主要有哪两种途径？	23
1-55	在我国现有设计制造基础及技术可行性方面，汽轮机 容量有什么限制？	23
1-56	综合考虑汽轮发电机组定子是如何选择的？	23
1-57	炉型的选择由哪些因素决定？	24
1-58	炉型与燃烧方式是如何选择的？	24
1-59	变压运行超临界直流锅炉水冷壁有哪两种形式？	25
1-60	螺旋管圈水冷壁锅炉有哪两种形式？	25
1-61	水冷壁形式是如何选择的？	25
1-62	末级长叶片与排汽口数是如何确定的？	26
1-63	汽轮机单轴布置有何特点？	26
1-64	汽轮机双轴布置有何特点？	26
1-65	汽轮机轴布置的发展趋势是什么？	26
1-66	常用的超超临界机组参数有哪两种？	27

1-67	28MPa/600℃/600℃超超临界机组和 25MPa/600℃/600℃超超临界机组在材料投资方面有何不同?	27
1-68	蒸汽温度为 600℃/600℃与 580℃/600℃相比, 在机组造价方面有何不同?	27
1-69	主蒸汽压力 28MPa 与 25MPa 相比, 在机组造价方面有何不同?	27
1-70	我国现阶段发展超超临界机组的可选择方案是什么?	27

第二章 超超临界机组锅炉

2-1	什么是超超临界压力机组?	29
2-2	超超临界机组的发电效率是多少?	29
2-3	超超临界机组的发展前景怎样?	29
2-4	迄今为止, 在世界范围内投产的 USC 机组有多少台?	29
2-5	东方锅炉厂生产的超超临界锅炉型号是多少?	29
2-6	DG1000MW 锅炉采取什么样的布置形式?	29
2-7	DG1000MW 锅炉水冷壁采用什么样的布置特点?	29
2-8	DG1000MW 锅炉螺旋管圈水冷壁部分刚性梁有什么样的特点?	30
2-9	DG1000MW 锅炉过热器及再热器采用什么布置形式?	30
2-10	DG1000MW 锅炉过热器受热面由哪几部分组成?	30
2-11	DG1000MW 锅炉省煤器布置在哪个位置?	31
2-12	DG1000MW 锅炉后竖井省煤器、水平低温过热器怎样固定?	31
2-13	DG1000MW 锅炉具有哪些特点?	31
2-14	DG1000MW 锅炉进入水冷壁之前给水流程是什么?	32
2-15	DG1000MW 锅炉炉膛的结构尺寸是什么?	32
2-16	DG1000MW 锅炉工质在水冷壁中的流程是什么?	32
2-17	DG1000MW 锅炉工质在过热器中的流程是什么?	32
2-18	DG1000MW 锅炉包墙过热器的结构?	33
2-19	DG1000MW 锅炉低温过热器的结构和布置特点是	

	什么?	33
2-20	DG1000MW 锅炉辐射式屏式过热器的结构和布置特点是什么?	33
2-21	DG1000MW 锅炉末级过热器的结构是什么?	34
2-22	DG1000MW 锅炉再热器系统按蒸汽流程分为哪两类?	34
2-23	DG1000MW 机组锅炉低温再热器的结构是什么?	34
2-24	DG1000MW 锅炉高温再热器的结构是什么?	34
2-25	DG1000MW 锅炉在屏式过热器进口、过热器出口及再热器进出口管道上设有什么形式的安全阀?	35
2-26	DG1000MW 锅炉的循环系统由哪几部分组成?	35
2-27	DG1000MW 锅炉启动分离器的作用是什么?	35
2-28	DG1000MW 锅炉启动分离器做成两只, 分开布置的优点是什么?	35
2-29	DG1000MW 锅炉启动分离器和储水罐的结构分别是什么?	35
2-30	DG1000MW 锅炉储水罐的作用及工作原理是什么?	36
2-31	DG1000MW 锅炉采用什么形式的燃烧器? 燃烧器如何布置?	36
2-32	DG1000MW 锅炉煤粉炉的点火装置包括哪两部分? 采用什么点火燃料?	36
2-33	DG1000MW 锅炉空气预热器由哪几部分组成?	36
2-34	DG1000MW 锅炉空气预热器蓄热元件的构成是怎样的?	37
2-35	DG1000MW 锅炉空气预热器采用什么形式的密封系统?	37
2-36	什么是双密封系统?	37
2-37	DG1000MW 锅炉空气预热器径向、轴向、旁路密封片分别是由什么材料制成的?	37
2-38	DG1000MW 锅炉密封控制系统主要由哪些设备组成?	37
2-39	DG1000MW 锅炉空气预热器驱动装置的特点是	

	什么?	38
2-40	DG1000MW 锅炉空气预热器导向轴承的特点是 什么?	39
2-41	DG1000MW 锅炉空气预热器推力轴承的特点是 什么?	39
2-42	DG1000MW 锅炉空气预热器轴承润滑系统的特点是 什么?	39
2-43	DG1000MW 锅炉空气预热器火灾报警、消防及清洗 装置的特点分别是什么?	40
2-44	DG1000MW 锅炉吹灰装置的特点是什么?	40
2-45	DG1000MW 锅炉炉膛支吊的特点是什么?	41
2-46	DG1000MW 锅炉刚性梁的作用是什么?	41
2-47	DG1000MW 锅炉垂直膜式壁区域如何布置刚性梁?	41
2-48	DG1000MW 锅炉螺旋膜式壁区域如何布置刚性梁?	41
2-49	DG1000MW 锅炉炉顶密封由哪两部分构成?	42
2-50	什么是炉顶一次密封?	42
2-51	什么是炉顶二次密封?	42
2-52	DG1000MW 锅炉炉膛采用什么形式的水冷壁?	42
2-53	DG1000MW 锅炉减温水管路的组成是怎样的?	42
2-54	DG1000MW 锅炉再循环管路的组成及特点是什么?	43
2-55	DG1000MW 锅炉启动系统管路的组成是怎样的?	43
2-56	炉水循环泵的结构特点是什么?	43
2-57	炉水循环泵的主要结构是怎样的?	44
2-58	炉水循环泵冷却水系统的组成是怎样的?	44
2-59	直流锅炉启动过程的主要问题有哪些?	44
2-60	直流锅炉单元机组的启动循环系统主要有哪些功能?	44
2-61	直流锅炉启动系统有哪些种类?	45
2-62	汽水分离器的作用是什么?	45
2-63	内置式分离器启动系统大致可分为几类?	46
2-64	DG1000MW 锅炉除启动系统以外其他管路的组成 是怎样的?	46

2-65	DG1000MW 锅炉吹灰器的安装位置及工作原理 分别是什么?	46
2-66	DG1000MW 锅炉吹灰系统包括哪些装置?	47
2-67	DG1000MW 锅炉吹灰包括哪些范围?	47
2-68	炉膛烟温探针的作用是什么?	47
2-69	消声器的作用是什么?	47
2-70	直流锅炉启动与汽包锅炉启动的区别是什么?	47
2-71	什么是启动压力?	48
2-72	启动压力的选取与哪些因素有关?	48
2-73	如何选取锅炉启动流量?	48
2-74	什么是工质膨胀现象?	49
2-75	启动过程中影响工质膨胀量的因素有哪些?	49
2-76	启动过程中经历怎样的相变过程?	49
2-77	带循环泵的启动系统主要由哪几部分组成?	50
2-78	再循环泵 (BCP) 的作用是什么?	50
2-79	再循环管路的作用是什么?	50
2-80	储水罐疏水管路的作用是什么?	50
2-81	再循环泵最小流量回流管路的作用是什么?	50
2-82	再循环泵过冷管路的作用是什么?	50
2-83	再循环泵加热管路的作用是什么?	50
2-84	启动系统的运行控制包括哪些步骤?	51
2-85	机组启动初期, 锅炉清洗的顺序是什么?	51
2-86	锅炉清洗主要清洗哪些物质?	51
2-87	锅炉清洗如何分类?	51
2-88	锅炉清洗的过程是怎样的?	51
2-89	简述锅炉点火及分离器升压的过程。	52
2-90	简述汽轮机冲转、暖机的过程。	52
2-91	简述直流运行的过程。	52
2-92	HG-2953/27.46-YM1 超超临界压力直流锅炉的特点 是什么?	53
2-93	HG1000MW 锅炉出口蒸汽参数和对应汽轮机的入口参数	

	分别是多少?	53
2-94	HG1000MW 锅炉主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道、 低温再热蒸汽管道的蒸汽流速分别是多少?	53
2-95	HG1000MW 锅炉炉膛的尺寸是多少?	53
2-96	HG1000MW 锅炉燃烧室和水冷壁的特点是什么?	53
2-97	HG1000MW 锅炉采取了哪些措施可以防止炉膛 结渣?	54
2-98	HG1000MW 锅炉采用内螺纹管垂直水冷壁有什么 优点?	55
2-99	HG1000MW 锅炉装于水冷壁入口管段上的节流管 圈具有哪些优点?	55
2-100	HG1000MW 锅炉采用什么形式的燃烧器? 燃烧器的 特点是什么?	55
2-101	HG1000MW 锅炉如何调节过热汽温和再热汽温?	56
2-102	HG1000MW 锅炉在 BMCR 时, 对通过对流过热器、 再热器的烟气平均流速有何限制?	56
2-103	HG1000MW 锅炉省煤器管束采用什么样的排列 方式?	56
2-104	HG1000MW 锅炉省煤器具有什么样的特点?	57
2-105	HG1000MW 锅炉采用什么形式的空气预热器?	57
2-106	HG1000MW 锅炉空气预热器的组成是怎样的?	57
2-107	HG1000MW 锅炉采用哪种制粉系统?	58
2-108	HG1000MW 锅炉采用什么样的运行方式?	58
2-109	与纯滑压运行相比, 改进型滑压运行(定—滑—定) 方式的优点是什么?	58
2-110	HG1000MW 锅炉在稳定运行工况下(即不含磨煤机 切、投的阶段) 负荷变化率能达到哪些要求?	58
2-111	HG1000MW 锅炉从点火到机组带满负荷与汽轮机相 匹配的启动时间需满足哪些要求? 从锅炉点火到汽轮 机冲转需满足哪些要求?	58
2-112	HG1000MW 锅炉启动系统的组成是怎样的?	59

2-113	带再循环泵的启动系统主要具有哪些特点？	59
2-114	为什么带再循环泵的启动系统在启动过程中可以回收 热量和工质？	60
2-115	为什么带再循环泵的启动系统在启动过程可以 减少冲洗水量？	60
2-116	SG3070/26.25-M型1000MW机组锅炉 的主要炉膛参数是什么？	61
2-117	SG1000MW锅炉对炉内结渣和水冷壁高温腐蚀、低 NO _x 排放、低负荷稳燃、飞灰对尾部对流受热面的 磨损问题等方面采取了哪些措施？	61
2-118	SG1000MW锅炉水冷壁有哪些特点？	61
2-119	SG1000MW锅炉采用什么形式的水冷壁？	61
2-120	SG1000MW锅炉为什么采用膜式水冷壁？	62
2-121	SG1000MW锅炉对质量流速有什么要求？	62
2-122	SG1000MW锅炉过热器、再热器的壁温测点如何 布置？	62
2-123	SG1000MW锅炉如何调节过热、再热汽温？	62
2-124	SG1000MW锅炉省煤器有哪些特点？	62
2-125	SG1000MW锅炉空气预热器的组成是怎样的？	63
2-126	SG1000MW锅炉为保证空气预热器的一次风及 二次风泄漏量、漏风率，采取哪些措施可以减 少漏风？	64
2-127	什么是张力板？	64
2-128	SG1000MW锅炉螺旋管圈水冷壁为什么采用 张力板作为支撑装置？	65
2-129	SG1000MW锅炉膨胀指示器的数量及相应的 布置位置是怎样的？	65
2-130	日本超超临界机组发展的现状如何？	65
2-131	简介新矾子电站锅炉。	65
2-132	新矾子电站锅炉有哪些特点？	66
2-133	新矾子电站锅炉如何调节过热汽温？	66

2-134	新矾子电站 1 号 USC 锅炉为什么采用了贴壁风?	66
2-135	为避免锅炉热膨胀带来的不利影响, 新矾子电站 锅炉采取了哪些措施?	67
2-136	新矾子电站锅炉燃烧器布置在锅炉前后墙、采用 对冲布置有哪些优点?	67
2-137	IHI 公司为 USC 锅炉选择材料时主要考虑哪些 方面?	67

第三章 煤及煤粉监视技术及制粉设备

3-1	盘煤仪如何分类?	68
3-2	便携式盘煤仪的组成是怎样的?	68
3-3	简述便携式盘煤仪的工作原理。	68
3-4	便携式盘煤仪具有哪些特点?	68
3-5	简述在线式盘煤仪的工作原理。	69
3-6	在线式盘煤仪系统由哪些部分组成?	69
3-7	在线式盘煤仪系统有哪些特点?	69
3-8	如何安装在线式盘煤仪系统?	70
3-9	如何调试在线式盘煤仪系统?	70
3-10	如何维护在线式盘煤仪系统?	70
3-11	汽车、火车自动化采制样系统中使用什么采样装置?	70
3-12	采煤样的目的及作用是什么?	71
3-13	汽车、火车的自动化采制样系统如何构成?	71
3-14	采样系统由哪些部分组成?	71
3-15	制样系统由哪些部分组成?	72
3-16	制样系统的工作过程是怎样的?	72
3-17	汽车、火车自动化采制样系统操作的注意事项有 哪些?	73
3-18	如何维护与保养汽车、火车自动化采制样系统的 机械部分?	74
3-19	如何维护与保养汽车、火车自动化采制样系统的 电气部分?	74