

600MW超临界火力发电机组技术问答丛书

锅炉运行 技术问答

张磊 廉根宽 编



化学工业出版社

600MW超临界火力发电机组技术问答丛书

锅炉运行 技术问答

张磊 廉根宽 编



化学工业出版社

·北京·

本书是《600MW超临界火力发电机组技术问答丛书》的一个分册。书中全面回答了与600MW超临界火力发电机组直流锅炉相配套的煤粉制备及设备、锅炉阀门、燃料燃烧与燃烧设备、超临界锅炉蒸发受热面水动力循环、超临界机组炉内汽水系统、超临界锅炉承压部件材料的问题；还详细地解答了600MW超临界机组锅炉的启停、运行调整、运行操作、故障处理等有关的问题。

本书适合从事600MW火力发电机组工作的运行、检修人员作为培训教材和参考读物，也可以作为电厂技术人员、管理干部和高等院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

锅炉运行技术问答/张磊,廉根宽编. —北京:化学工业出版社, 2009. 3

(600MW超临界火力发电机组技术问答丛书)

ISBN 978-7-122-04452-5

I. 锅… II. ①张…②廉… 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(2009)第003815号

责任编辑:郑字印

装帧设计:关飞

责任校对:李林

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市延风装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张17 $\frac{3}{4}$ 字数395千字 2009年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00元

版权所有 违者必究

丛书编委会

主 任 张 磊

委 员 （按姓名笔画顺序排列）

马志广 王亚平 叶 飞 旬堂生 刘红蕾

孙久启 张 斌 张 磊 张义刚 周长龙

柴 彤 梁朝侠 廉根宽

前 言

超临界火力发电技术经过几十年的发展,已经成为世界上先进、成熟和达到商业化规模应用的洁净煤发电技术,在不少国家推广应用,并取得了显著的节能和改善环境的效果。在实际应用中,机组的主蒸汽压力最高已达到了31MPa,主蒸汽温度最高已达到610℃,容量等级在300~1300MW内均有业绩。与同容量亚临界火力发电机组的热效率比较,在理论上采用超临界参数可提高效率2%~2.5%,采用更高的超临界参数可提高4%~5%。目前世界上先进的超临界机组效率已达到47%~49%。同时,先进的大容量超临界机组具有良好的运行灵活性和负荷适应性;超临界机组大大降低了CO₂、粉尘和有害气体(主要是SO_x、NO_x等)等污染物排放,具有显著环保、洁净的特点。实际运行业绩表明,超临界机组的运行可靠性指标已经不低于亚临界机组的值,有的甚至还要高。另外还有一个很重要的因素是,相对其它洁净煤发电技术来说,超临界技术具有良好的技术继承性。正因为如此,超临界发电技术得到各国电力界的重视,又进入了新一轮的发展时期。进一步发展的方向是保证其可用率、可靠性、运行灵活性和机组寿命等的同时,进一步提高蒸汽的参数,从而获得更高的效率和环保性。

我国电力工业总体与国外先进水平相比有较大差距,能耗高、环境污染严重是目前我国火电厂中存在的两大突出问题,并成为制约我国电力工业乃至整个经济发展的重要因素。600MW超(超)临界/亚临界机组热耗比较(以16.7MPa,538/538℃亚临界参数为基准),压力为24.1MPa时,538/538℃热耗值下降约2.0%;538/566℃热耗值下降约2.3%;566/566℃热耗值下降约2.9%;538/538/538℃热耗值下降约4.0%。压力为31.0MPa时,538/538℃热耗值下降约3.0%;538/538/538℃热耗值下降约4.8%;538/566/566℃热耗值下降约5.8%。

目前,国产超临界600MW机组运行实践证明,我国已经具有设计、制造和运行大型超临界火力发电机组的能力和丰富经验。国产化大型超临界是提高机组热效率、改善环境状况和优化我国火力发电装机结构最现实和有效的途径,具有显著的社会和经济效益。因此,发展超临界机组是我国目前发展洁净煤技术的必然选择。

为了方便从事600MW火力发电机组工作人员学习和培训使用,山东省电力学校编写了这套《600MW超临界火力发电机组技术问答丛书》。全书依据国产超临界压力600MW等级的火力发电机组的知识编写而成,为从事600MW超临界火力发电机组设计、制造、运行人员提供了有益的参考。

本丛书内容紧密结合现场实际，知识点全面、数据充分。本书可作为从事600MW级火力发电机组工作的运行、检修人员的培训教材和参考读物，也可以作为电厂技术人员、管理干部和高等院校相关专业师生的参考书。

《600MW超临界火力发电机组技术问答丛书》分五个分册。《锅炉运行技术问答》分册由山东省电力学校张磊和廉根宽编，由日照发电厂梁朝侠主审；《汽轮机运行技术问答》分册由山东省电力学校张磊和叶飞编，由费县发电厂孙久启主审；《电气运行技术问答》分册由山东省电力学校马志广、张义刚、张磊编，由山东省电力学校苟堂生主审；《热工控制技术问答》分册由山东省电力学校张磊和周长龙编，由山东省电力学校柴彤主审；《环保系统技术问答》分册由山东省电力学校张磊和张斌编，由山东省电力学校刘红蕾主审。全套丛书由山东省电力学校张磊组织编写完成。

丛书在编写过程中，得到了邹县发电厂、日照发电厂、黄岛发电厂、潍坊发电厂、费县发电厂等现场技术人员的大力支持和帮助，特别是山东省电力学校给予了大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者
2009年2月

目 录

第一章 概述	1
1. 按照蒸汽压力划分, 锅炉分为哪几类?	1
2. 按照工质在蒸发受热面中的流动方式, 锅炉分为哪几类?	1
3. 直流锅炉的工作原理是什么?	1
4. 直流锅炉是如何分类的?	1
5. 直流锅炉的起源是什么?	1
6. 直流锅炉的技术特点是什么?	2
7. 超临界锅炉的具体情况是什么?	3
8. 超临界机组的技术发展状况是什么?	4
9. 超临界火电技术的发展方向是什么?	4
10. 发展国产化超临界火电机组的关键技术是什么?	5
11. 发展国产化超临界火电机组的必要性和基础条件是什么?	5
12. 国内超临界压力锅炉蒸发受热面有几种形式?	6
13. 浙能兰溪发电有限公司 600MW 超临界锅炉有什么特点?	6
14. 张家港沙洲发电有限公司 600MW 超临界锅炉的特点是什么?	6
15. 国电费县电厂 600MW 超临界机组锅炉设备的总体概况是什么?	7
16. 石洞口电厂 1900t/h 超临界锅炉设备的总体概况是什么?	8
17. 山东黄岛发电厂 2×660MW 超临界机组锅炉设备的总体概况是什么?	9
18. 潮州发电厂 600MW 机组锅炉设备的总体概况是什么?	10
19. 华能营口电厂超超临界 600MW 机组锅炉设备的总体概况是什么?	11
第二章 煤粉制备及设备	13
1. 什么是煤粉细度?	13
2. 什么是煤粉经济细度?	13
3. 煤粉细度对锅炉运行有什么影响?	13
4. 造成煤粉粗的原因有哪些?	13
5. 我国自行研制的平头式煤粉等速取样装置的优点是什么?	14
6. 我国自行研制的平头式煤粉等速取样装置的操作方法是什么?	14
7. 直吹式制粉系统自动检测煤粉细度的原理是什么?	15
8. 储仓式制粉系统煤粉自动取样的原理是什么?	15
9. 什么是煤的可磨性系数和煤的磨损指数?	15
10. 目前国产 600MW 超临界机组锅炉常用的磨煤机的类型是什么?	15

11. 双进双出钢球磨煤机的工作原理是什么?	16
12. 双进双出钢球磨煤机粉位控制系统由什么组成?	16
13. 双进双出钢球磨煤机常见的故障有哪些?	17
14. 双进双出磨煤机小牙轮断齿的原因是什么?	17
15. 双进双出磨煤机大瓦温度高的主要原因是什么?	17
16. 双进双出磨煤机发生煤粉爆炸的原因是什么?	17
17. 双进双出磨煤机绞龙损坏的原因是什么?	18
18. 目前国内大型电厂锅炉上应用最多的中速磨煤机是什么?	18
19. 中速磨煤机的工作过程是什么?	18
20. RP 磨煤机的技术特点是什么?	18
21. RP 磨、MPS 磨和 E 型磨比较有哪些主要特点?	19
22. 中速磨煤机目前存在的主要问题和共同的优点分别是什么?	20
23. 影响中速磨工作的主要因素有哪些?	20
24. 双进双出钢球磨煤机正压直吹式制粉系统与中速磨直吹式制粉系统比较 具有哪些优点?	21
25. 中速磨煤机在运行中应避免出现哪些运行工况?	21
26. 中速磨煤机投运之后, 需要对其进行哪些调整?	21
27. 中速磨煤机的常见故障有哪些?	22
28. 给煤机的作用是什么? 分为几类?	22
29. 电子重力皮带给煤机的给煤过程是什么?	23
30. 电子重力皮带给煤机的称重原理是什么?	23
31. 给煤机的运行方式分为几类?	23
32. 给煤机的遥控运行工作方式的原理是什么?	23
33. 给煤机本机运行方式的原理是什么?	24
34. 皮带给煤机在非运行时的导向程序是什么?	24
35. 皮带给煤机在系统运行时的导向程序是什么?	24
36. 给煤机的检查和调整项目有哪些?	25
37. 制粉系统试验的目的是什么?	25
38. 制粉系统试验的项目有哪些?	25
39. 钢球磨存煤量试验的具体试验方法是什么?	25
40. 如何确定最佳钢球装载量?	26
41. 国电费县电厂 600MW 机组锅炉制粉系统的特点是什么?	26
第三章 燃料燃烧与燃烧设备	27
1. 什么是燃烧效率?	27
2. 什么是完全燃烧和不完全燃烧?	27
3. 什么是均相燃烧和多相燃烧?	27
4. 影响化学反应速度的因素有哪些?	27
5. 什么是化学反应速度和氧的扩散速度?	28
6. 影响氧的扩散速度的因素有哪些?	28
7. 燃烧过程分为哪几个区域?	28

8. 燃料迅速完全燃烧的条件是什么?	29
9. 煤粉的燃烧过程大致可分为几个阶段?	30
10. 影响煤粉气流着火的主要因素以及强化煤粉气流着火的主要措施是什么?	30
11. 强化燃烧的措施有哪些?	32
12. 强化燃尽的主要措施有哪些?	32
13. 煤粉炉为稳定燃烧采取的主要技术措施有哪些?	32
14. 煤粉锅炉燃烧设备由哪些部分组成?	32
15. 煤粉燃烧器的作用是什么?	32
16. 对燃烧器的基本要求有哪些?	32
17. 煤粉燃烧器根据燃烧器出口气流特征分为几类?	33
18. 旋流射流的特性有哪些?	33
19. 旋流煤粉燃烧器的分类是什么?	33
20. 轴向叶片型旋流煤粉燃烧器的工作原理是什么?	33
21. 切向叶片型旋流煤粉燃烧器的工作原理是什么?	34
22. 设计和采用新型煤粉燃烧器的主要目的是什么?	34
23. 双调风低 NO_x 煤粉燃烧器的主要结构特点是什么?	34
24. CF/SF 低 NO_x 旋流燃烧器的工作原理是什么?	35
25. 带旋风分离器高浓度煤粉旋流燃烧器的工作原理是什么?	35
26. HT-NR 低 NO_x 煤粉燃烧器的结构和工作原理分别是什么?	35
27. 直流煤粉燃烧器的结构是什么? 分为几类?	36
28. 均等配风直流煤粉燃烧器的特点是什么?	36
29. 典型的均等配风直流煤粉燃烧器的喷口布置方式有哪些?	36
30. 分级配风直流煤粉燃烧器的特点是什么?	37
31. 为解决着火难、燃烧难的问题, 分级配风直流燃烧器在设计和布置上 常采用哪些措施?	37
32. 目前常用的直流燃烧器有哪些?	38
33. 直流式宽调节比煤粉燃烧器的工作原理是什么?	38
34. PM 直流煤粉燃烧器的工作原理是什么? 其优点是什么?	38
35. 缝隙式直流煤粉燃烧器的工作原理是什么?	38
36. 锅炉点火装置的作用是什么?	39
37. 现代大、中型煤粉炉采用过渡燃料的点火装置分为几类?	39
38. 油在炉膛内的燃烧可分为哪几个阶段?	39
39. 油的燃烧特点是什么?	39
40. 如何强化油炬燃烧?	40
41. 煤粉炉点火装置由哪些部分组成?	40
42. 常用的电器点火器有哪几种?	40
43. 电弧点火器的工作原理是什么?	40
44. 高能点火器的工作原理是什么?	40
45. 炉膛的结构应能满足哪些要求?	40
46. 什么是炉膛容积热负荷和炉膛断面热负荷?	41
47. 固态排渣煤粉炉炉膛的结构特点是什么?	41

48. 良好的炉内空气动力特性主要表现在哪些方面?	41
49. 旋流燃烧器有哪些布置方式? 各自的特点是什么?	41
50. 旋流煤粉燃烧器的炉内空气动力特性是什么?	41
51. 直流燃烧器有哪些布置形式?	42
52. 直流煤粉燃烧器四角布置切圆燃烧有哪些布置形式?	42
53. 直流燃烧器切圆燃烧的炉内空气动力特性是什么?	42
54. 四角布置切圆燃烧的主要问题有哪些?	43
55. 影响一次风煤粉气流偏斜的主要因素有哪些?	43
56. W形火焰燃烧过程一般分为哪三个阶段?	44
57. W形火焰煤粉锅炉的特点是什么?	44
58. 锅炉结渣的危害有哪些?	45
59. 锅炉结渣的过程是怎样的?	45
60. 锅炉的结渣主要与哪些因素有关?	45
61. 防止结渣的措施有哪些?	46
62. 石洞口二厂1900t/h超临界锅炉煤粉燃烧器的特点是什么?	46

第四章 超临界锅炉蒸发受热面水动力循环

1. 超临界压力锅炉不同于亚临界锅炉的最大特点是什么?	48
2. 在超临界压力下,水蒸气有什么特性?	48
3. 为何超临界锅炉只能采用直流锅炉?	48
4. 超临界机组和超超临界机组是如何区分的?	48
5. 迂回管圈型直流锅炉最早由哪个公司制造?	48
6. 迂回管圈型直流锅炉的结构特点是什么?	49
7. 迂回管圈型直流锅炉的优缺点是什么?	49
8. 水平围绕管圈型水冷壁结构最早是由哪个厂制造的?	49
9. 水平围绕管圈型水冷壁的结构特点是什么?	49
10. 水平围绕管圈式水冷壁的主要优点和缺点是什么?	49
11. 垂直管屏型水冷壁的结构特点是什么?	49
12. 为什么在垂直管屏型的基础上发展了一次垂直上升管屏型直流锅炉?	49
13. 一次垂直上升管屏型直流锅炉的主要特点是什么?	50
14. 什么是水动力特性?	50
15. 什么情况下水动力特性是稳定的?	50
16. 水动力不稳定现象是如何产生的?	50
17. 水动力不稳定现象有何危害?	50
18. 防止水动力特性不稳定的措施有哪些?	50
19. 如何分析水平布置蒸发受热面管屏中的水动力特性?	51
20. 造成水平布置蒸发受热面管屏的水动力特性不稳定的根本原因是什么?	51
21. 如何分析垂直布置蒸发受热面管屏的水动力特性?	52
22. 为何一次垂直上升管屏的水动力特性是稳定的,也可能出现类似自然 循环锅炉中的停滞和倒流现象?	52
23. 节流圈孔径的大小对水动力特性的影响有何不同?	52

24. 如何加装呼吸联箱?	52
25. 变压运行锅炉水冷壁水循环系统设计的重点是什么?	52
26. 变压运行超临界直流锅炉应如何选取水冷壁管的质量流速?	52
27. 变压运行的超临界直流锅炉水冷壁的传热特性是什么?	53
28. 变压运行超临界直流锅炉水冷壁出口过热度应如何选取?	53
29. 变压运行超临界直流锅炉如何确定水冷壁入口欠焓?	53
30. 变压运行的超临界直流锅炉在接近临界区域水冷壁的传热特性是什么?	53
31. 变压运行的超临界直流锅炉在亚临界区域水冷壁的传热特性是什么?	53
32. 变压运行锅炉水冷壁在启动和低负荷运行时容易出现什么问题?	54
33. 直流锅炉蒸发受热面中工质是依靠什么流动的?	54
34. 对于水的蒸发比例, 直流锅炉与超高压汽包锅炉有什么不同?	54
35. 直流锅炉的加热区、蒸发区、过热器是如何划分的?	54
36. 什么是最大比热容区?	54
37. 最大比热容区有什么特点?	54
38. 增加加热区段阻力最常用的方法是什么?	54
39. 什么是脉动现象? 产生脉动的外因和内因是什么?	55
40. 脉动有哪些影响?	55
41. 脉动可分为哪几种?	55
42. 全炉脉动与给水泵有什么关系?	55
43. 管间脉动现象的具体过程是怎样的?	55
44. 对于水平或微倾斜管屏, 管间脉动一般认为是由什么引起的?	56
45. 管间脉动频率大小与什么有关?	56
46. 在锅炉结构上, 防止脉动的措施有哪些?	56
47. 超临界锅炉水冷壁内的水动力工况要考虑哪些因素?	56
48. 当超临界机组滑压运行至亚临界状态时, 水动力工况会出现哪些问题?	56
49. 超超临界锅炉水冷壁从开始点火到满负荷运行需要经历哪几个阶段? 各有何运行特点?	56
50. 亚临界直流运行中影响水冷壁安全运行的主要问题有哪两个?	57
51. 膜态沸腾对光管来说一般发生在哪个区域?	57
52. 膜态沸腾对于内螺纹管来说一般发生在哪个区域?	57
53. 什么情况下发生干涸?	57
54. 什么是类膜态沸腾?	57
55. 在亚临界直流运行阶段, 怎样防止出现膜态沸腾或控制干涸时壁温飞升?	57
56. 为什么垂直水冷壁不会发生停滞现象?	58
57. 为什么超临界和超超临界直流锅炉的水冷壁不会发生倒流现象?	58
58. 超临界锅炉运行中哪里容易发生停滞?	58
59. 在二相沸腾系统中产生的脉动可以分为哪几种? 各是由什么引起的? 如何消除?	58
60. 变压运行的超超临界锅炉水冷壁的运行特点是什么?	58
61. 什么是临界质量流速?	59
62. 如何确定 MCR 工况下垂直水冷壁的质量流速?	59

63. 什么是最低直流负荷的临界质量流速?	59
64. MHI 对超临界和超超临界锅炉水冷壁的质量流速做了什么规定?	59
65. 出现干涸的水冷壁应如何布置?	59
66. 界限质量流速的选取可分为哪几个区段?	59
67. 什么是临界热负荷?	60
68. 对超临界区单相蒸汽流动来说, 什么是临界热负荷?	60
69. 什么是水冷壁的温度偏差?	60
70. MHI 对内螺纹管垂直水冷壁管间的许可温度偏差为多少?	60
71. 当锅炉处于启动或低负荷阶段时, 为什么水冷壁管间的温度差显著增大? ..	60
72. MHI 对于内螺纹管垂直水冷壁从点火到最小直流负荷期间的管间最大 温差有什么规定?	60
73. 切圆燃烧方式水冷壁的吸热曲线具有什么特征?	60
74. 如何保证螺旋管出口相邻两根管子之间的温度偏差远小于 100℃?	60
75. 超临界直流锅炉的运行一般分为哪三个阶段?	61
76. 为了在水冷壁的顶部采用结构上成熟的悬吊结构, 目前的超临界直流 锅炉通常采用了什么结构?	61
77. 螺旋管圈与垂直管圈之间采用了中间混合集箱的过渡形式, 与早期的 Y 形 分叉管形式相比有什么优点?	61
78. 中间混合集箱通常布置在低负荷时螺旋管圈出口蒸汽干度在 0.8 以上的 位置有什么优点?	61
79. BHK 公司螺旋管圈水冷壁的主要特点是什么?	61
80. BHK 公司在传统螺旋管圈水冷壁的基础上进行了哪些改进?	61
81. 为什么螺旋管圈水冷壁管间吸热偏差小?	61
82. 为什么螺旋管圈水冷壁布置与选择管径灵活, 易于获得足够的质量流速? ..	62
83. 为什么螺旋管圈水冷壁能保证工质流速和受热均匀?	62
84. 为什么螺旋管圈水冷壁抗燃烧干扰能力强?	62
85. 为什么螺旋管圈水冷壁不必设置水冷壁进口节流圈?	62
86. 为什么螺旋管圈水冷壁能适应变压运行的要求?	62
87. 为什么采用内螺纹管能减小阻力?	62
88. 为什么要进行分配集箱的实验研究?	63
89. 集箱分配特性的评价指标有哪些?	63
90. 如何计算流量偏差?	63
91. 如何确定流量正常还是流量偏差?	63
92. 什么是干度不均匀系数?	64
93. 为何评价集箱的分配特性时要考虑干度不均匀系数?	64
94. 分配集箱实验为何采用均相流模型?	64
95. 分配集箱实验采用均相流模型应注意什么?	64
96. 如何得到整个分配集箱总的流动及分配情况?	64
97. 为何实验中得出的流量不均匀系数和干度不均匀系数曲线基本上相似?	65
98. 实验范围内集箱分配特性中的两个重要指标是否满足要求?	65
99. 为什么集箱每一种工况中第一根引出支管的流量不均匀系数和干度不均匀	

系数都比其他支管的流量不均匀系数和干度不均匀系数大？	65
100. 为什么集箱第一根支管的干度不均匀系数比其他支管的干度不均匀系数都大？第三根支管干度不均匀系数值最小？	66
101. 为什么集箱各支管的干度不均匀系数值随着质量含汽率的增大而逐渐趋于均匀？	66
102. 为什么集箱第一根支管的流量不均匀系数比其他支管的流量不均匀系数都大？	66
103. 为什么在同一质量流量下，集箱中各支管的流量不均匀系数值随着质量含汽率的增大而逐渐趋于均匀？	66
104. 为什么分配集箱单个“T”形管建立的模型和计算方法是可用的？	66
105. 为什么不可能直接应用理论流体力学的数学方法来研究一般工况下直流锅炉的水冷壁内水动力特性？	67
106. 在热能工程应用领域，怎样分析研究其水动力特性？	67
107. 目前常用的汽液双相流的简化模型有哪几种？	67
108. 计算两相流体压降的常用方法有哪些？	67
109. 怎样选择二次中间再热的调温方式和受热面的合理配置？	67
110. 什么是热偏差？什么是热偏差管？	68
111. 在偏差管中，焓增越大有什么影响？	68
112. 影响热偏差的主要因素有哪些？	68
113. 产生热力不均表现在哪些方面？	68
114. 为什么直流锅炉比自然循环锅炉热偏差带来的影响大？	68
115. 工质流量不均匀是由什么引起的？	68
116. 流动阻力对工质流量有什么影响？	69
117. 重位压头对工质流量有什么影响？	69
118. 减小热偏差的措施有哪些？	69
119. 为什么加装节流装置可以减小热偏差？	69
120. 为什么将蒸发受热面分成若干并联的独立管屏可以减小热偏差？	69
121. 为什么装设中间联箱和混合器可以减小热偏差？	70
第五章 600MW 超临界机组炉内汽水系统	71
1. 省煤器的作用是什么？	71
2. 省煤器的型式有哪些？	71
3. 省煤器如何布置？	71
4. 省煤器蛇形管垂直于前墙布置方式的主要缺点是什么？	72
5. 钢管省煤器的蛇形管采用什么型式的受热面？	72
6. 鳍片管和膜式省煤器为什么能够减轻磨损？	72
7. 影响省煤器磨损的因素有哪些？	72
8. 过热器和再热器的作用分别是什么？	73
9. 再热器的工作特点主要有哪些？	73
10. 根据不同的传热方式，过热器和再热器可以分为几类？	73
11. 布置屏式过热器的主要作用是什么？	73

12. 影响汽温变化的因素有哪些？	74
13. 锅炉负荷如何影响汽温？	74
14. 过量空气系数如何影响汽温？	74
15. 给水温度如何影响汽温？	74
16. 燃料性质如何影响汽温？	74
17. 受热面污染情况如何影响汽温？	75
18. 燃烧器的运行方式如何影响汽温？	75
19. 汽温调节的重要性是什么？	75
20. 多孔喷管式减温器的工作原理是什么？	75
21. 直流锅炉过热汽温的自动调节特性是什么？	76
22. 再热蒸汽温度的调节特点是什么？	76
23. 调节再热汽温的方法有哪些？	77
24. 摆动燃烧器倾角调节再热汽温的工作原理是什么？	77
25. 分隔烟气挡板调节再热汽温的工作原理是什么？	78
26. 烟气调节挡板设置在主、旁烟道省煤器下方的好处是什么？	78
27. 烟气分隔挡板布置及运行调节的主要特性是什么？	78
28. 影响吸热不均的因素有哪些？	79
29. 影响流量不均的因素有哪些？	79
30. 影响屏式过热器工作可靠性的主要因素有哪些？	80
31. 造成同屏热偏差的原因主要有哪些？	80
32. 造成同片热偏差的主要原因是什么？	80
33. 屏间、片间热偏差产生的原因是什么？	80
34. 国产 600MW 超临界直流锅炉水冷壁具有哪些特点？	80
35. 600MW 超临界压力直流炉屏式过热器如何调节汽温？	81
36. 600MW 超临界压力直流炉的高温过热器如何调节汽温？	81
37. 石洞口二厂 1900t/h 超临界锅炉如何调节过热汽温？	81
38. 石洞口二厂 1900t/h 超临界压力锅炉高温过热器的特点是什么？	82
39. 石洞口二厂 1900t/h 超临界压力锅炉再热器的特点是什么？	82
40. 石洞口二厂 1900t/h 超临界压力锅炉的过热蒸汽及再热蒸汽系统的特点是什么？	83
41. 石洞口二厂 1900t/h 超临界压力锅炉的过热器的流程是什么？	83
42. 石洞口二厂 1900t/h 超临界压力锅炉包覆过热器的特点是什么？	83
43. 石洞口二厂 1900t/h 超临界压力锅炉屏式过热器的特点是什么？	84
44. 华能营口电厂 600MW 超超临界机组锅炉防止锅炉爆管的措施是什么？	84
45. 华能营口电厂 600MW 超超临界机组锅炉防止烟气偏差的措施是什么？	84
46. 华能营口电厂 600MW 超超临界机组锅炉防止结渣的措施是什么？	85
47. 华能营口电厂 600MW 超超临界机组锅炉防止过热器超温的措施是什么？	85
48. 华能营口电厂 600MW 超超临界机组锅炉防止再热器超温的措施是什么？	86
49. 什么是高温腐蚀？高温腐蚀的危害是什么？	86
50. 高温腐蚀分为几类？	86
51. 硫酸盐型高温腐蚀的机理是什么？	86

52. 硫化物型高温腐蚀的机理是什么?	87
53. 影响高温腐蚀的因素有哪些?	87
54. 防止或减轻高温腐蚀的措施是什么?	88
55. 为减轻高温腐蚀, 如何合理配风?	90
56. 如何调整燃烧可以防止高温腐蚀?	90
第六章 超临界锅炉承压部件材料	91
1. 国内材料发展概况如何?	91
2. 随着超超临界机组蒸汽压力温度的提高, 对关键部件材料的热强性能、 抗高温腐蚀和氧化加工性能等方面有哪些要求?	92
3. 超临界机组关键承压部件有哪些?	92
4. 为什么水冷壁也是超超临界机组关键部件之一?	92
5. 对水冷壁的选材有什么要求?	92
6. 对末级过热器、再热器出口联箱与主蒸汽、再热蒸汽管道的选材有什么 要求?	93
7. 对过热器、再热器管的选材有什么要求?	93
8. P91 钢的应用范围是什么?	93
9. P91、P92、E911 和 P122 有什么区别?	93
10. 现代锅炉为了降低 NO _x 排放对材料有什么要求?	93
11. 汽水分离器对材料有什么要求?	94
12. 主(再热)蒸汽管道、高温联箱的管材可分为哪几类?	94
13. 锅炉受热面固定件和吹灰器对材料有什么要求?	94
14. 为什么近年来日本也开始倾向于降低 P91 钢的使用参数?	94
15. 超临界锅炉高温受热面、高温集箱和高温管道最高使用级别的合金钢 是什么?	95
16. T/P91 钢有什么特点?	95
17. P91 钢与 P22 钢(珠光体耐热钢)有什么不同?	95
18. 目前 P91 钢材已用于哪些电厂?	95
19. 提高焊缝韧性的措施有哪些?	95
20. 疲劳断裂有哪三个阶段?	96
21. 疲劳断裂的特征一般表现为哪几方面?	96
22. 在电站锅炉中, 常见疲劳断裂的形式有哪几种?	96
23. 在疲劳失效分析中, 可能成为疲劳源的部位有哪些?	96
24. 什么是腐蚀失效? 腐蚀失效的分类有哪些?	97
25. 化学腐蚀的特点是什么?	97
26. 电化学腐蚀的特点是什么?	97
27. 腐蚀失效的原因有哪些?	97
28. 高温氧化的特点是什么?	97
29. 低熔点氧化物的腐蚀(高温腐蚀)的特点是什么?	98
30. 烟气腐蚀的特点是什么?	98
31. 什么叫应力腐蚀? 应力腐蚀的特征有哪些?	98

32. 应力腐蚀开裂有哪三个阶段?	98
33. 点蚀或孔蚀的特点是什么?	98
34. 点蚀的表面形貌有哪些?	99
35. 晶间腐蚀的特点是什么?	99
36. 黄铜的脱锌腐蚀是怎么形成的?	99
37. 氧的浓度差电池腐蚀的定义和特点是什么?	99
38. 垢下腐蚀的特点是什么?	99
39. 什么是氢腐蚀?	99
40. 氢腐蚀的主要起因是什么?	100
41. 氢腐蚀的特点是什么?	100
42. 影响氢腐蚀的因素有哪些?	100
43. 什么是蠕变? 蠕变由哪三个阶段组成?	100
44. 蠕变的特点是什么?	101
45. 蠕变断裂分成哪几种类型?	101
46. 晶界上形成孔洞的原因是什么?	101
47. 过热失效的特点是什么?	101
48. 磨损分为哪几类?	102
49. 磨损方式与哪些因素有关?	102
50. 什么是冲蚀磨损?	102
51. 固体冲蚀可分类哪两种?	102
52. 液体冲蚀的特点是什么?	102
53. 什么是腐蚀磨损? 腐蚀磨损由哪两个阶段组成?	102
54. 脆性断裂失效的特点是什么?	102
55. 影响部件处于脆性状态的因素有哪些?	103
56. 塑性断裂失效的特点是什么?	103
57. 塑性断裂具有哪些特征?	103
58. 什么是宏观分析? 宏观分析可发现什么缺陷?	103
59. 进行宏观分析酸浸时应注意什么?	103
60. 金相分析的任务是什么?	104
61. 断口宏观分析的作用是什么?	104
62. 断口的宏观失效分析中, 常按哪些方面进行分类?	104
63. 断裂如何分类?	104
64. 常见断口的形式有哪些?	104
65. 静载拉伸断口由哪三要素组成?	104
66. 断口三要素有什么作用?	105
67. 冲击断口的特点是什么?	105
68. 疲劳断口有哪几个区域?	105
69. 解理和晶间断口的宏观特征是什么?	106
70. 断口宏观特征分析的作用是什么?	106
71. 什么是韧窝?	106
72. 什么是滑移?	107

73. 什么是解理断裂?	107
74. 解理断裂的特点是什么?	107
75. 疲劳断口的主要特征是什么?	107
76. 沿晶断口的最基本特征是什么?	107
77. 什么是混合断裂?	107
78. 什么是光学显微镜?	107
79. 什么是金相显微镜? 金相显微镜的分类有哪些?	108
80. 什么是电子显微镜? 电子显微镜的特点是什么?	108
81. 电子显微镜的分类有哪些?	108
82. 透射式电子显微镜的特点和工作原理是什么?	108
83. 为什么透射式电子显微镜的放大范围较高?	109
84. 电子显微镜对试样制备过程有哪些明确的要求?	109
85. 扫描式电子显微镜的工作原理是什么?	109
86. 扫描式电子显微镜的特点是什么?	109
87. 扫描式电子显微镜的粉末试样的制备过程是怎样的?	110
88. X 射线衍射仪的特点是什么?	110
89. X 射线衍射仪有什么用途?	110
90. 原始情况的调查与技术资料收集包括哪些内容?	110
91. 样品的检查、试验与分析包括哪些内容?	111
92. 失效分析结论与反事故措施有哪些内容?	111
93. 管系在运行中承受哪三类应力? 管系在运行中承受三类应力有什么 影响?	112
94. 主蒸汽管道常见腐蚀形式有哪些?	112
95. 主蒸汽管道石墨化的特点是什么? 避免主蒸汽管道石墨化发生有哪些 措施?	112
96. 主蒸汽管道蠕变断裂主要产生于哪些部位? 主蒸汽管道蠕变断裂的原因 是什么?	112
97. 防止主蒸汽管道蠕变断裂的措施有哪些?	112
98. 主蒸汽管道疲劳断裂主要产生于哪些部位? 防止主蒸汽管道疲劳断裂的 措施有哪些?	113
99. 主蒸汽管道焊缝裂纹容易发生在哪些部位? 主蒸汽管道焊缝裂纹产生的 原因是什么? 主蒸汽管道焊接裂纹的防止措施是什么?	113
100. 主蒸汽管道铸件泄漏主要发生在哪些部位? 主蒸汽管道铸件泄漏产生的 原因有哪些? 主蒸汽管道铸件泄漏的防止措施有哪些?	113
101. 金属监督的定义是什么? 金属监督包括哪些内容?	113
102. 国外火电厂金属监督的发展历程是什么?	114
103. 我国火电厂的金属监督工作的发展可分为哪三个阶段?	114
104. 主蒸汽管道、再热蒸汽管道和高温联箱金属监督的主要工作是什么?	115
105. 省煤器、水冷壁等低温联箱金属监督的主要工作是什么?	115
106. 减温器联箱金属监督的主要工作是什么?	115
107. 锅炉受热面管子的金属监督有什么重要性?	116