

600MW超临界火力发电机组技术问答丛书

# 环保系统 技术问答

张磊 张斌◎编



化学工业出版社

600MW超临界火力发电机组技术问答丛书

# 环保系统 技术问答

张磊 张斌◎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。本书主要以 600MW 级火力发电机组环境保护系统的原理、结构特点及运行为编写重点,突出 600MW 级火力发电机组脱硫系统的原理、结构、调试、运行及检修的特点。编写内容紧密结合现场实际,知识点全面,数据充分,实用性和技术性较强。

本书可供从事 600MW 超(超)临界火力发电机组电厂动力设备人员、脱硫运行人员、检修人员培训使用,也可供电厂其它技术人员、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

环保系统技术问答/张磊,张斌编. —北京:化学工业出版社,2009.7

(600MW 超临界火力发电机组技术问答丛书)

ISBN 978-7-122-05867-6

I. 环… II. ①张…②张… III. 火电厂-环境保护-问答 IV. X773-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 089557 号

---

责任编辑:郑宇印

装帧设计:关 飞

责任校对:洪雅姝

---

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 装:北京云浩印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张 15½ 字数 289 千字 2009 年 8 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

# 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 CO<sub>2</sub>、粉尘和有害气体(主要是 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 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国民经济发展的因素。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 experience。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》。全套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，由山东省电力学校荀堂生主审；《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 脱硫 .....                            | 1  |
| 1. 目前我国火电厂烟气脱硫存在哪些主要问题? .....           | 1  |
| 2. 目前常用的有效脱硫技术主要有哪些? .....              | 1  |
| 3. 目前选择的吸收剂有哪些? .....                   | 2  |
| 4. 吸收剂的选择原则有哪些? .....                   | 2  |
| 5. 选择脱硫工艺应考虑哪些主要因素? .....               | 2  |
| 6. 目前常用的脱硫技术主要有哪些分类? .....              | 2  |
| 7. 什么是湿法 FGD 技术? 有何优缺点? .....           | 3  |
| 8. 什么是半干法 FGD 技术? 有哪些优点? .....          | 3  |
| 9. 什么是干法 FGD 技术? 有何优缺点? 近年应用情况如何? ..... | 3  |
| 10. 常见的几种烟气脱硫工艺的脱硫率为多少? .....           | 3  |
| 11. 火电厂烟气脱硫工艺技术的选择原则是什么? .....          | 3  |
| 12. 燃煤电厂烟气脱硫系统的特点有哪些? .....             | 4  |
| 13. 什么是一级除尘器? 什么是二级除尘器? .....           | 4  |
| 14. 什么是脱硫效率? 如何计算? .....                | 4  |
| 15. 什么是装置可用率? 如何计算? .....               | 5  |
| 16. 什么是电站锅炉湿法脱硫工艺? .....                | 5  |
| 17. 湿法脱硫系统的工艺流程是什么? .....               | 5  |
| 18. 湿法烟气脱硫工艺的吸收剂有哪些? .....              | 6  |
| 19. 燃煤电厂湿式石灰石/石膏脱硫系统的工艺流程如何? .....      | 7  |
| 20. 湿式石灰石/石膏法工艺的主要优点及缺点有哪些? .....       | 7  |
| 21. 简要说明湿式石灰石/石膏烟气脱硫工艺的设备布置模式。 .....    | 8  |
| 22. 典型静叶可调轴流风机的入口压力控制如何进行? .....        | 9  |
| 23. 烟气旁路挡板门的工艺要求是什么? .....              | 9  |
| 24. 旁路挡板门的控制应该满足什么要求? .....             | 10 |
| 25. 气动旁路挡板门的控制原理是什么? .....              | 10 |
| 26. 对金属膨胀节有什么技术要求? .....                | 10 |
| 27. 对非金属膨胀节有什么技术要求? .....               | 11 |
| 28. 脱硫吸收系统的组成有哪些? 简述吸收系统的工作情况。 .....    | 11 |
| 29. 简述石膏浆液排出系统。 .....                   | 12 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 30. 简述氧化系统。 .....                                             | 13 |
| 31. 吸收塔有何要求？吸收塔内完成哪些工艺步骤？ .....                               | 13 |
| 32. 吸收塔的选择原则有哪些？ .....                                        | 13 |
| 33. 吸收塔的布置要求有哪些？ .....                                        | 14 |
| 34. 循环浆泵的作用是什么？循环浆泵的特点有哪些？ .....                              | 14 |
| 35. 喷嘴如何布置？ .....                                             | 15 |
| 36. 对喷嘴设计有什么要求？应如何选择喷嘴？ .....                                 | 15 |
| 37. 喷淋管道有什么作用？喷淋管道如何布置？ .....                                 | 15 |
| 38. 除雾器的作用是什么？除雾器的布置及设计要求有哪些？ .....                           | 16 |
| 39. 对除雾器的技术要求有哪些？ .....                                       | 16 |
| 40. 除雾器运行时要注意什么问题？如何防止？ .....                                 | 16 |
| 41. 吸收塔内可大致分为几个工作区域？ .....                                    | 16 |
| 42. 为什么吸收塔内喷嘴通常设计成交叉喷淋系统？ .....                               | 17 |
| 43. 为什么喷淋塔喷淋吸收区的下部设置多孔板或栅板？为什么设置液滴<br>分离区？ .....              | 17 |
| 44. 什么是吸收塔内的烟气流速？烟气设计流速选取数值为多少？吸收塔内的<br>烟气设计流速对吸收塔有何影响？ ..... | 17 |
| 45. 什么是液气比（L/G）？为什么液气比不能选择得过大？ .....                          | 17 |
| 46. 为什么吸收液的 pH 值需要重点控制？ .....                                 | 17 |
| 47. 简述石灰石破碎系统的工艺流程。 .....                                     | 18 |
| 48. 简述湿式石灰石浆液制备系统的工艺流程。 .....                                 | 18 |
| 49. 简述干式石灰石浆液制备系统的工艺流程。 .....                                 | 18 |
| 50. 简述石灰石供浆系统的流程。 .....                                       | 19 |
| 51. 简述湿式球磨机子系统的组成。 .....                                      | 19 |
| 52. 石灰石储存和制浆系统由哪些主要设备组成？并简述其工作过程。 .....                       | 19 |
| 53. 石灰石-石膏湿法脱硫系统中对石灰石粉有何要求？ .....                             | 20 |
| 54. 石灰石浆液输送量如何确定？石灰石浆液制备系统包括哪些设备？ .....                       | 20 |
| 55. 简述石膏处理的工作过程。石膏脱水系统设置及品质要求有什么？ .....                       | 20 |
| 56. 简述一级石膏浆液脱水系统的工艺流程。 .....                                  | 20 |
| 57. 简述二级石膏浆液脱水系统的工艺流程。 .....                                  | 21 |
| 58. 简述石膏旋流器的工作原理。 .....                                       | 21 |
| 59. 简述真空皮带脱水机的工作原理。 .....                                     | 21 |
| 60. 浓缩石膏浆液在进入石膏浆罐后有几中处理方法？ .....                              | 22 |
| 61. 石灰石-石膏湿法脱硫是如何进行废水处理的？ .....                               | 22 |
| 62. 工艺水、闭式循环冷却水系统提供哪些脱硫生产用水？ .....                            | 22 |
| 63. 工艺水要求用水有哪些？ .....                                         | 22 |
| 64. 事故浆液系统是如何工作的？ .....                                       | 23 |
| 65. 简述压缩空气及辅助蒸汽系统的组成及作用。 .....                                | 23 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 66. 简述 6kV 供电的几种方案及各方案的特点。 .....                                          | 23 |
| 67. 脱硫废水的产生量如何得出? .....                                                   | 24 |
| 68. 脱硫废水如何进行处理? .....                                                     | 24 |
| 69. 脱硫废水需要进行哪些指标的控制? .....                                                | 25 |
| 70. 废水排放系统和处理系统如何设置? .....                                                | 25 |
| 71. 脱硫装置运行中需要检测的过程参数有哪些? .....                                            | 25 |
| 72. 简述各个参数的具体检测系统组成。 .....                                                | 26 |
| 73. 压力(压差)检测有哪几种方式? .....                                                 | 26 |
| 74. 简述压阻式压力传感器的结构。 .....                                                  | 26 |
| 75. 活塞式压力检测时应注意什么? .....                                                  | 26 |
| 76. 体积流量如何进行检测? .....                                                     | 27 |
| 77. 质量流量如何进行检测? .....                                                     | 27 |
| 78. 电磁流量计适合用于何种监测? .....                                                  | 27 |
| 79. 工业生产中测量液位的仪表按工作原理主要有哪些类型? .....                                       | 27 |
| 80. 使用静压式液位仪表时应注意什么? .....                                                | 27 |
| 81. 热导式气体分析仪的使用必须满足哪两个要求? .....                                           | 28 |
| 82. 红外线气体成分检测仪多应用于哪些气体的检测? .....                                          | 28 |
| 83. 工业上应用的烟尘浓度检测有哪两种方法? 光电方法检测浊度的方法有<br>哪些? .....                         | 28 |
| 84. 为什么要进行浆液 pH 值检测? .....                                                | 28 |
| 85. 什么是 pH 值? pH 计使用中应注意什么? .....                                         | 28 |
| 86. 为什么要进行石灰石、石膏浆液浓度(密度)监测? 简述其检测原理。 .....                                | 29 |
| 87. 射线法检测的浓度计的适用范围是什么? 射线法检测的浓度计的优缺点有<br>哪些? .....                        | 29 |
| 88. 石灰石湿法烟气脱硫装置工艺过程运行监测的测点如何布置? .....                                     | 29 |
| 89. 工业电视监控系统的监测点有哪些? .....                                                | 30 |
| 90. 简述控制系统的组成。 .....                                                      | 30 |
| 91. 吸收塔内的石灰石浆液 pH 值与脱硫效率的关系是什么? .....                                     | 31 |
| 92. 脱硫装置运行中,可能引起吸收塔浆液 pH 值变化或波动的主要因素有<br>哪些? .....                        | 31 |
| 93. 为什么必须采用锅炉烟气量与烟气中 SO <sub>2</sub> 的浓度作为控制系统的前馈<br>信号? .....            | 31 |
| 94. 为什么可以将锅炉负荷与送风量一起连同实时检测的原烟气中 SO <sub>2</sub> 的<br>浓度作为控制系统的前馈信号? ..... | 32 |
| 95. 什么是前馈控制? .....                                                        | 32 |
| 96. 什么是前馈-反馈控制系统? .....                                                   | 32 |
| 97. 简述吸收塔内浆液 pH 值单回路加前馈的复合控制系统的作用。 .....                                  | 32 |
| 98. 简述吸收塔内浆液 pH 值串联加前馈的复合控制系统。 .....                                      | 32 |



|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 99. 为什么控制系统的设计还应合理考虑浆液 pH 值测量仪表的纯滞后时间的影响？ ..... | 33 |
| 100. 吸收塔浆池液位是如何控制的？ .....                       | 33 |
| 101. 如何对增压风机进行压力（流量）控制？ .....                   | 34 |
| 102. 湿磨石灰石浆液密度如何控制？ .....                       | 34 |
| 103. 石灰石供浆流量如何控制？ .....                         | 34 |
| 104. 磨机循环箱液位如何控制？ .....                         | 34 |
| 105. 如何进行真空皮带转速控制？ .....                        | 34 |
| 106. 如何进行石膏浆排出量控制？ .....                        | 35 |
| 107. 什么是顺序控制？脱硫装置顺序控制的目的是什么？ .....              | 35 |
| 108. 顺序控制的具体功能有哪些？ .....                        | 35 |
| 109. 脱硫装置顺序控制的典型项目包括哪些内容？ .....                 | 35 |
| 110. 什么是保护？保护动作可分为三类动作形态？ .....                 | 36 |
| 111. 脱硫运行中的保护与报警的内容包括哪些？ .....                  | 36 |
| 112. 脱硫运行中保护与联锁的典型项目包括哪些内容？ .....               | 36 |
| 113. 什么是分散控制系统 DCS？ .....                       | 36 |
| 114. 石灰石/石膏脱硫装置的防腐大致分为哪两类？ .....                | 37 |
| 115. 采用耐腐蚀材料防腐有哪些措施？ .....                      | 37 |
| 116. 简述不锈钢防腐的应用。 .....                          | 37 |
| 117. 简述碳钢和高合金钢复合钢板防腐的应用？ .....                  | 37 |
| 118. 采用非金属材料衬里有哪些措施？ .....                      | 38 |
| 119. 简述静态设备防腐蚀工艺的一般选择。 .....                    | 38 |
| 120. 简述动态设备防腐蚀工艺的一般选择。 .....                    | 39 |
| 121. 烟囱防腐分哪两种情况？ .....                          | 40 |
| 122. 烟囱内烟气温度的变化可能对烟囱带来的影响主要有哪些？ .....           | 40 |
| 123. 如何防范运行机组加装脱硫装置后对烟囱腐蚀的影响？ .....             | 40 |
| 124. 现今 GGH 大多如何设置的？ .....                      | 40 |
| 125. GGH 的功能及省却 GGH 的可行性有哪些？ .....              | 40 |
| 126. 选择湿烟囱的影响因素有哪些？ .....                       | 41 |
| 127. 脱硫烟气对烟囱腐蚀有什么影响？ .....                      | 41 |
| 128. 湿烟囱工艺中除雾器（ME）的设计有什么要求？ .....               | 42 |
| 129. 湿烟囱工艺中出口净烟道的设计有什么要求？ .....                 | 42 |
| 130. 湿烟囱分为哪几种？湿烟囱对结构材料有什么要求？ .....              | 42 |
| 131. 简述美国电站湿烟囱的一般设计选材。 .....                    | 43 |
| 132. 简述目前国内外新建机组湿烟囱结构材料的选用。 .....               | 43 |
| 133. 简述阀门及设备的防腐处理。 .....                        | 43 |
| 134. 什么是 JBR？有何特点？JBR 反应区有何特点？ .....            | 44 |
| 135. CT-121 典型脱硫系统流程如何？ .....                   | 44 |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 136. CT-121 脱硫工艺存在的问题有哪些？ .....                                     | 46 |
| 137. 优化双循环石灰石 FGD 系统的吸收塔如何保证 SO <sub>2</sub> 吸收率？ .....             | 46 |
| 138. 优化双循环湿式洗涤技术的工艺流程是怎样的？ .....                                    | 46 |
| 139. LS-2 湿法脱硫的特点是什么？ LS-2 吸收塔的设计有何特点？ .....                        | 46 |
| 140. 什么是脉冲悬浮系统？ 脉冲悬浮系统的优点是什么？ .....                                 | 47 |
| 141. LLB 工艺中的反应池结构是如何分布的？ 将反应池分为两部分具有什么<br>好处？ .....                | 47 |
| 142. LLB 研制的切向空心锥形喷嘴有何优点？ .....                                     | 47 |
| 143. 屋脊形除雾器有何优点？ .....                                              | 48 |
| 144. 液柱洗涤塔内的工作过程是怎样的？ 有何优点？ .....                                   | 48 |
| 145. 高速水平流 FGD 技术的技术特点是什么？ .....                                    | 48 |
| 146. 说明热交换器的热回收部分放置在 ESP 前的优点。 .....                                | 48 |
| 147. 日本川崎喷雾塔脱硫技术采用的喷雾塔特点是什么？ .....                                  | 48 |
| 148. 日本川崎喷雾塔脱硫技术中喷嘴的特点是什么？ .....                                    | 48 |
| 149. 绘出 GE 氨法的流程图。 .....                                            | 49 |
| 150. 如何保持除雾器干净？ .....                                               | 49 |
| 151. GE 氨法在硫酸铵处理上具有哪些特点？ .....                                      | 49 |
| 152. NKK 氨法的工艺流程有哪几部分？ 简述 SO <sub>2</sub> 的吸收过程。 .....              | 49 |
| 153. NKK 吸收塔有何特点？ NKK 工艺的缺陷是什么？ .....                               | 50 |
| 154. 绘出 NADS 氨-肥法的工艺流程。 .....                                       | 50 |
| 155. NADS 采用的筛板塔有何特点？ .....                                         | 50 |
| 156. 传统的 Bischoff 氨法流程如何？ 改进的 Bischoff 氨法有何优缺点？ .....               | 50 |
| 157. 何谓磷铵肥法？ 如何脱硫？ 磷铵肥法烟气脱硫的工艺过程有哪些？ .....                          | 51 |
| 158. PAFP 的技术特点主要有哪些？ .....                                         | 51 |
| 159. 海水脱硫如何分类？ 有哪几类？ .....                                          | 51 |
| 160. 海水脱硫系统主要包括哪些小系统？ .....                                         | 52 |
| 161. 简述海水加氢氧化钠脱硫工艺的工作过程。 .....                                      | 52 |
| 162. F-FGD 工艺系统有哪些特点？ .....                                         | 52 |
| 163. 简述海水中添加吸收剂的脱硫工艺的应用及原理是怎样的？ .....                               | 52 |
| 164. Bechtel 海水 FGD 主要系统有哪些？ .....                                  | 52 |
| 165. Bechtel 工艺有哪些优点？ .....                                         | 53 |
| 166. 什么是双碱法脱硫技术？ .....                                              | 53 |
| 167. 双碱法有哪些优缺点？ .....                                               | 53 |
| 168. 氧化镁脱硫工艺的优缺点有哪些？ .....                                          | 54 |
| 169. 什么是氢氧化镁脱硫法？ 什么是钠碱法脱硫？ .....                                    | 54 |
| 170. 什么是 W-L 脱硫法？ 该法的工作原理是什么？ .....                                 | 54 |
| 171. 什么是 S/C？ 为什么引入 S/C？ .....                                      | 54 |
| 172. 吸收液什么时候吸收 SO <sub>2</sub> 的能力最强？ 什么时候对 SO <sub>2</sub> 没有吸收能力？ |    |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 何时需要再生？ .....                                                | 54 |
| 173. 什么是亚硫酸钠脱硫剂的再生？ .....                                    | 55 |
| 174. 说明 W-L 脱硫法的工作过程。 .....                                  | 55 |
| 175. 第一吸收塔的主要作用是什么？第二吸收塔的主要作用是什么？ .....                      | 55 |
| 176. W-L 脱硫法中的废水如何处理？W-L 脱硫法的工艺特点有哪些？ .....                  | 55 |
| 177. 碱性硫酸铝脱硫法的工作原理是什么？ .....                                 | 56 |
| 178. 说明碱性硫酸铝-石膏法的工作过程。碱性硫酸铝-石膏法工艺操作条件有<br>哪些？ .....          | 56 |
| 179. 柠檬酸钠法如何实现脱硫？ .....                                      | 57 |
| 180. 柠檬酸钠法脱硫的工艺流程是怎样的？ .....                                 | 57 |
| 181. 什么是氧化锌脱硫法？ .....                                        | 57 |
| 182. 什么是氧化锰法脱硫？氧化锰法脱硫的工艺流程是怎样的？ .....                        | 57 |
| 183. 简述电站锅炉喷雾干燥法烟气脱硫工艺。 .....                                | 57 |
| 184. 喷雾干燥法脱硫工艺中获得的副产物主要成分是什么？有何用途？喷雾<br>干燥法脱硫技术的特点是什么？ ..... | 58 |
| 185. 简述旋转喷雾脱硫过程。 .....                                       | 58 |
| 186. 脱硫产物如何处理和收集？ .....                                      | 58 |
| 187. 为什么旋转喷雾干燥脱硫不必处理大量废水？ .....                              | 59 |
| 188. 旋转喷雾干燥法脱硫系统主要由哪些子系统组成？ .....                            | 59 |
| 189. 简述浆液制备和供给过程。 .....                                      | 59 |
| 190. 生石灰的消化采用什么方法？运行中需要注意什么问题？ .....                         | 59 |
| 191. 在浆液制备和供给系统中如何减少对高速雾化系统的磨损？ .....                        | 59 |
| 192. 脱硫吸收塔由哪些部分组成？各部分组成对脱硫过程有何影响？ .....                      | 59 |
| 193. 脱硫系统有几种布置方式？ .....                                      | 59 |
| 194. 喷雾干燥烟气脱硫遇到的主要问题有哪些？ .....                               | 60 |
| 195. 什么是 CDSI 技术？ .....                                      | 60 |
| 196. CDSI 技术如何提高脱硫效果？ .....                                  | 60 |
| 197. 荷电干式吸收剂喷射脱硫系统的优点是什么？ .....                              | 60 |
| 198. 什么是炉内喷钙尾部增湿脱硫工艺？ .....                                  | 61 |
| 199. 简述 LIFAC 脱硫技术的工作原理。 .....                               | 61 |
| 200. LIFAC 工艺系统主要由哪些子系统组成？ .....                             | 61 |
| 201. LIFAC 工艺中为什么要对不同矿源的石灰石进行筛选？ .....                       | 61 |
| 202. LIFAC 工艺中为什么控制喷水量？ .....                                | 61 |
| 203. LIFAC 工艺中为什么在炉前设置喷嘴？ .....                              | 61 |
| 204. 为什么设置脱硫飞灰再循环系统？ .....                                   | 62 |
| 205. 为什么设置烟气再热器？加热介质如何选择？ .....                              | 62 |
| 206. LIFAC 工艺的主要特点有哪些？ .....                                 | 62 |
| 207. 什么是 LIMB 技术？与 LIFAC 脱硫技术有何异同点？ .....                    | 63 |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 208. 什么是 LIDS 脱硫法? .....                                   | 63 |
| 209. 什么是 NID 增湿灰循环 FGD 技术? .....                           | 63 |
| 210. NID 脱硫技术炉后设备及工作过程是怎样的? .....                          | 63 |
| 211. NID 增湿灰循环 FGD 技术的特点有哪些? .....                         | 64 |
| 212. 什么是循环流化床烟气脱硫技术? .....                                 | 64 |
| 213. 烟气循环流化床有几种方式? 各有何特点? 分别应用于何种场合? .....                 | 64 |
| 214. 烟气循环流化床主要由哪些系统组成? .....                               | 64 |
| 215. 循环流化床烟气脱硫技术有哪些优点? .....                               | 65 |
| 216. 烟气循环流化床脱硫系统中的气固分离装置为何多采用旋风分离器? .....                  | 65 |
| 217. 流化床选型时要综合考虑哪些因素? .....                                | 65 |
| 218. 什么是流化床的带出速度? 什么是临界流化速度? 什么是流化数? 临界<br>流化速度如何确定? ..... | 65 |
| 219. 流化床内部构件的作用是什么? 由哪些内部构件组成? .....                       | 66 |
| 220. 流化床中气体分布板的作用是什么? 好的气体分布板应满足哪些要求? .....                | 66 |
| 221. 气体分布板有哪些型式? 应用最广的有哪些? 分别简介之。 .....                    | 66 |
| 222. 烟气循环流化床需要测定哪些参数? .....                                | 66 |
| 223. 烟气循环流化床需要设置哪些循环回路以控制系统性能? .....                       | 66 |
| 224. CFB-FGD 脱硫除尘系统是如何工作的? .....                           | 67 |
| 225. 水雾化喷嘴有何作用? 如何调节雾化质量? 有何特点? .....                      | 67 |
| 226. CFB-FGD 控制系统如何实现 $\text{SO}_2$ 的控制? .....             | 67 |
| 227. 如何调节流化床出口的烟温? 影响 CFB-FGD 脱硫效率的主要因素有<br>哪些? .....      | 67 |
| 228. 喷水量对 CFB-FGD 系统的脱硫效率有何影响? .....                       | 68 |
| 229. 如何确定绝热饱和温度 $\Delta t$ ? .....                         | 68 |
| 230. 什么是 RCFB-FGD 脱硫工艺? 简述 RCFB-FGD 烟气脱硫的工作过程。 .....       | 68 |
| 231. 脱硫装置不运行时, RCFB-FGD 中的烟气如何流动? .....                    | 69 |
| 232. 脱硫塔下输渣系统如何配置? 输送出力如何选择? .....                         | 69 |
| 233. 什么是 GSA 烟气脱硫技术? GSA 脱硫系统内的工作过程是怎样的? .....             | 69 |
| 234. GSA 脱硫系统有何工艺特点? .....                                 | 69 |
| 235. 什么是 NID 技术? NID 工艺有哪些特点? .....                        | 69 |
| 236. 烟气循环流化床脱硫技术的优点有哪些? .....                              | 70 |
| 237. 吸附 $\text{SO}_2$ 后的活性炭如何进行再生? 对活性炭再生的工艺流程是什么? ...     | 70 |
| 238. 简述电子射线辐射法烟气脱硫技术的工艺流程。 .....                           | 70 |
| 239. 脱硫、脱氮反应大致可分为哪几个过程进行? .....                            | 70 |
| 240. 电子射线辐射法烟气脱硫技术有什么优缺点? .....                            | 71 |
| 241. 填充式电晕法烟气脱硫技术的优点是什么? 填充式电晕法实验工艺流程<br>是什么? .....        | 71 |
| 242. 什么是电子束烟气脱硫脱硝技术? .....                                 | 71 |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 243. 常见的利用放电技术处理烟气的方法有哪些？电子束烟气脱硫脱硝工艺系统的组成有哪些？ .....      | 71 |
| 244. 烟气冷却及反应器系统是如何工作的？ .....                             | 72 |
| 245. EBA 的仪表控制系统是如何设置的？ .....                            | 72 |
| 246. EBA 脱硫装置的压缩空气有几路？有何作用？ .....                        | 72 |
| 247. EBA 中的工业水有何作用？EBA 脱硫装置的蒸汽有何用途？ .....                | 72 |
| 248. 简介电子束烟气脱硫法的工作过程。 .....                              | 72 |
| 249. 电子束烟气脱硫工艺的主要优缺点有哪些？ .....                           | 73 |
| 250. 电子束烟气脱硫法中的电子束如何调节和工作？ .....                         | 73 |
| 251. 影响 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 脱除率的因素主要有哪些？ ..... | 73 |
| 252. EBA 电子束 FGD 法工艺的主要设备有哪些？ .....                      | 74 |
| 253. 电子束发生装置由哪些部件组成？ .....                               | 74 |
| 254. EBA 法采用哪些方法屏蔽 X 射线？ .....                           | 74 |
| 255. EBA 电子束 FGD 法有哪些技术优点？EBA 法主要存在哪些问题？ .....           | 74 |
| 256. 什么是 PPGP 脱硫脱硝法？ .....                               | 74 |
| 257. 脉冲电晕法工艺的主要特点有哪些？ .....                              | 75 |
| 258. 目前 FGD 评价体系有哪些？ .....                               | 75 |
| 259. 用户筛选各项 FGD 技术的原则是什么？ .....                          | 75 |
| 260. FGD 系统的调试主要分哪些过程和阶段？ .....                          | 75 |
| 261. 什么是单体调试？ .....                                      | 75 |
| 262. 单体调试前的检查有哪些步骤？ .....                                | 76 |
| 263. 电气系统调试带电有哪些方面？ .....                                | 76 |
| 264. DCS 调试应具备的条件有哪些？DCS 调试内容有哪些？ .....                  | 77 |
| 265. 转动机械设备的试转包括哪些方面？在机械试运转期间，应检查并记录哪些内容？ .....          | 77 |
| 266. 关键设备的机械试转内容有哪些？ .....                               | 77 |
| 267. 阀门试验有哪些内容？ .....                                    | 77 |
| 268. 电气、仪表试验有哪些内容？ .....                                 | 77 |
| 269. 什么是分系统调试？分系统调试的单个系统包括哪些？ .....                      | 78 |
| 270. 分系统调试需要注意些什么？ .....                                 | 78 |
| 271. 什么是热态初调？其主要任务有哪些？ .....                             | 78 |
| 272. FGD 热态启动条件试运前应具备的条件有哪些？ .....                       | 78 |
| 273. 热态启动前的试验检查有哪些方面？ .....                              | 79 |
| 274. FGD 热态启动分哪两次进行？ .....                               | 79 |
| 275. 第一次启动主要检查项目有哪些？ .....                               | 79 |
| 276. FGD 停止程序是什么？ .....                                  | 79 |
| 277. FGD 第二次通烟气应注意什么？ .....                              | 80 |
| 278. FGD 热态启动方案是什么？ .....                                | 80 |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 279. 设备、系统运行优化有哪些方面？ .....                                          | 80 |
| 280. 热态调试有哪些方面？ .....                                               | 80 |
| 281. FGD 对锅炉运行扰动试验有哪些方面内容？ .....                                    | 80 |
| 282. 锅炉运行对 FGD 扰动试验有哪些内容？ .....                                     | 81 |
| 283. 变负荷特性试验有哪两种方式？ .....                                           | 81 |
| 284. 变负荷特性试验有哪些内容？ .....                                            | 81 |
| 285. 什么是 168h 满负荷连续试运行？ .....                                       | 82 |
| 286. 性能考核试验如何实施？ .....                                              | 82 |
| 287. 168h 试运行必备的条件有哪些？ .....                                        | 82 |
| 288. 168h 试运行期间有哪些要求？ .....                                         | 82 |
| 289. 各项试验数据如何获得？ .....                                              | 82 |
| 290. 在 50%、75% 及满负荷（指烟气流量）的情况下进行全套 FGD 装置<br>的验收试验，具体测试项目有哪些？ ..... | 83 |
| 291. 检查控制系统相应特性有哪些内容？ .....                                         | 83 |
| 292. 脱硫装置启动前的检查通则内容有哪些？ .....                                       | 83 |
| 293. 对吸收塔及其附属物的检查内容有哪些？ .....                                       | 84 |
| 294. 烟气系统及其密封系统的检查内容有哪些？ .....                                      | 84 |
| 295. 需要检查的转动机械设备有哪些？转动机械检查的通则包括哪些内容？ .....                          | 84 |
| 296. 搅拌器的检查内容有哪些？ .....                                             | 85 |
| 297. 增压风机的检查内容包括哪些？ .....                                           | 85 |
| 298. 氧化风机的检查内容包括什么？ .....                                           | 85 |
| 299. 泵的检查内容有哪些？ .....                                               | 85 |
| 300. 石灰石粉仓及旋转给料机的检查内容有哪些？ .....                                     | 86 |
| 301. GGH 的检查内容有哪些？ .....                                            | 86 |
| 302. GGH 低泄漏风机的检查内容有哪些？ .....                                       | 86 |
| 303. 脱硫装置的启动顺序是什么？ .....                                            | 86 |
| 304. 工业水泵的启动步骤有哪些？ .....                                            | 86 |
| 305. 简述启动工艺水泵的过程。 .....                                             | 87 |
| 306. 挡板门密封风机的启动步骤是什么？ .....                                         | 87 |
| 307. 简述除雾器冲洗水泵的程控启动步骤。 .....                                        | 87 |
| 308. 简述吸收塔除雾器冲洗启动顺控的步骤。 .....                                       | 87 |
| 309. 除雾器冲洗水的总顺控步骤是怎样的？ .....                                        | 87 |
| 310. 简述吸收塔的上水和充浆过程。 .....                                           | 87 |
| 311. 吸收塔区排污坑配浆的过程和步骤是怎样的？ .....                                     | 87 |
| 312. 吸收塔的事故浆液箱配浆步骤有哪些？ .....                                        | 88 |
| 313. 吸收塔系统的程控启动步骤是怎样的？ .....                                        | 88 |
| 314. 吸收塔区排污泵的程控启动过程是怎样的？ .....                                      | 88 |
| 315. 脉冲悬浮泵的程控启动步骤有哪些？ .....                                         | 88 |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 316. 简述石灰石制浆給料程控启动步骤。 .....                     | 88 |
| 317. 石灰石供浆启动顺控步骤有哪些? .....                      | 88 |
| 318. 简述石灰石制浆区排污泵的程控启动步骤。 .....                  | 89 |
| 319. 浆液循环泵的程控启动步骤有哪些? .....                     | 89 |
| 320. 简述石膏排出泵的程控启动步骤。 .....                      | 89 |
| 321. 简述氧化风机的程控启动步骤。 .....                       | 89 |
| 322. 简述 GGH 的程控启动步骤。 .....                      | 89 |
| 323. 增压风机启动前有哪些要求? .....                        | 89 |
| 324. 简述增压风机的启动过程。 .....                         | 90 |
| 325. 烟气系统启动许可条件有哪些? .....                       | 90 |
| 326. 烟气系统组程控启动步骤有哪些? .....                      | 90 |
| 327. 脱硫装置运行中主要进行哪些系统和设备的检查? .....               | 90 |
| 328. 烟气系统运行中需要检查哪些内容? .....                     | 90 |
| 329. 增压风机运行中的检查内容有哪些? .....                     | 91 |
| 330. 吸收塔运行中的检查内容有哪些? .....                      | 91 |
| 331. GGH 运行中的检查内容有哪些? .....                     | 91 |
| 332. 对 GGH 进行吹灰的原则是什么? .....                    | 91 |
| 333. 简述压缩空气的吹灰步骤。 .....                         | 92 |
| 334. 高压水的冲洗步骤有哪些? .....                         | 92 |
| 335. 低泄漏风机运行中需要检查哪些内容? .....                    | 92 |
| 336. 泵运行中的检查主要包括哪些内容? .....                     | 92 |
| 337. 氧化风机运行中需要检查哪些内容? .....                     | 92 |
| 338. 石灰石储运系统运行中的检查内容有哪些? .....                  | 93 |
| 339. 简述石膏排出从旋流站切至再循环的操作过程。 .....                | 93 |
| 340. 简述石膏排出从再循环切至旋流站的操作步骤。 .....                | 93 |
| 341. 脱硫装置的停运步骤是怎样的? .....                       | 93 |
| 342. 简述增压风机的停运过程。 .....                         | 93 |
| 343. GGH 的程控停止步骤是怎样的? .....                     | 93 |
| 344. 简述浆液循环泵的程控停止步骤。 .....                      | 94 |
| 345. 简述除雾器冲洗水泵和氧化风机的程控停止步骤。 .....               | 94 |
| 346. 简述脉冲悬浮泵的程控停止步骤。 .....                      | 94 |
| 347. 简述石膏排出泵和石灰石供浆的停止顺控步骤。 .....                | 94 |
| 348. 简述石灰石制浆給料停止顺控步骤和石灰石制浆区排污泵停止顺控<br>步骤。 ..... | 94 |
| 349. 简述吸收塔系统程控停止步骤。 .....                       | 95 |
| 350. 吸收塔排空至事故浆液箱是如何操作的? .....                   | 95 |
| 351. 简述吸收塔区排污泵停止顺控步骤。 .....                     | 95 |
| 352. 简述工业水泵和工艺水泵的程控停止步骤。 .....                  | 95 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 353. 简述挡板门密封风系统的停运步骤。简述烟气系统组程控的停止步骤。·····    | 96  |
| 354. 运行中脱硫效率低的原因有哪些？其解决措施有哪些？·····           | 96  |
| 355. 浆液循环泵全停的原因是什么？如何处理？·····                | 96  |
| 356. 浆液循环泵压力低的原因是什么？有哪些处理方法？·····            | 96  |
| 357. 分析浆液流量下降的原因有哪些？如何处理？·····               | 96  |
| 358. 吸收塔系统的常见故障有哪些？·····                     | 96  |
| 359. GGH 发生故障时的现象有哪些？分析其原因并指出其解决办法。·····     | 97  |
| 360. 增压风机的常见故障有哪些？·····                      | 97  |
| 361. 分析增压风机跳闸的故障现象、原因和处理过程。·····             | 97  |
| 362. 分析增压风机失速时的故障表现、原因和处理过程。·····            | 98  |
| 363. 增压风机入口压力值与设定值偏差大有哪些现象？分析原因并处理故障。·····   | 98  |
| 364. 为什么增压风机的电机无法启动？如何处理？·····               | 99  |
| 365. 为什么增压风机的振动过大？如何处理？·····                 | 99  |
| 366. 增压风机声音异常的原因主要有哪些？如何处理？·····             | 99  |
| 367. 增压风机叶片控制故障的主要原因有哪些？如何处理？·····           | 99  |
| 368. 液压油站和润滑油站油压/油量低的原因有哪些？如何处理？·····        | 99  |
| 369. 增压风机液压油泵和润滑油泵轴封处漏油的原因有哪些？如何处理？·····     | 99  |
| 370. 分析增压风机液压油站和润滑油站安全阀运行有误的原因并指出处理方法。·····  | 100 |
| 371. 增压风机液压油泵和润滑油泵在什么情况下声音异常？如何处理？·····      | 100 |
| 372. 增压风机液压油和润滑油油温过高的原因有哪些？如何处理？·····        | 100 |
| 373. 低压泄漏风机的常见故障有哪些？·····                    | 100 |
| 374. 低压泄漏风机振动大的原因有哪些？如何处理？·····              | 100 |
| 375. 低压泄漏风机轴承温度高的原因有哪些？如何处理？·····            | 100 |
| 376. 低压泄漏风机的控制部件无输出的原因是什么？如何处理故障？·····       | 100 |
| 377. 低压泄漏风机产生机械噪声的原因是什么？如何处理？·····           | 101 |
| 378. 石灰石供浆系统的常见故障有哪些？如何处理？·····              | 101 |
| 379. 工艺水中断时的现象有哪些？分析其原因并指出其处理方法。·····        | 101 |
| 380. 脱硫 6kV 电源中断时的现象有哪些？为什么会出现该现象？如何处理？····· | 101 |
| 381. 380V 母线电源中断时发生哪些现象？为什么？如何解决？·····       | 102 |
| 382. 发生火灾时的现象有哪些？如何及时处理？·····                | 102 |
| 383. 如何判断 DCS 发生故障了？如何处理？·····               | 102 |
| 384. FGD 请求锅炉引风机跳闸的条件有哪些？·····               | 102 |
| 385. FGD 烟气系统启动允许的条件有哪些？FGD 跳闸的条件有哪些？·····   | 103 |
| 386. 旁路挡板门保护开的条件有哪些？·····                    | 103 |
| 387. 原烟气挡板门允许开的条件有哪些？允许关的条件有哪些？保护关的          |     |



|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| 条件是什么？ .....                                              | 103        |
| <b>388. 净烟气挡板门允许开的条件是什么？允许关的条件是什么？联锁关的条件是什么？ .....</b>    | <b>103</b> |
| <b>389. 吸收塔通风阀允许开的条件是什么？联锁开的条件是什么？保护开的条件是什么？ .....</b>    | <b>103</b> |
| <b>390. 吸收塔通风阀允许关的条件是什么？保护关的条件是什么？ .....</b>              | <b>104</b> |
| <b>391. 增压风机启动允许的条件是什么？ .....</b>                         | <b>104</b> |
| <b>392. 增压风机允许停的条件是什么？保护停的条件有哪些？ .....</b>                | <b>104</b> |
| <b>393. 增压风机动叶电动执行机构切手动的条件有哪些？ .....</b>                  | <b>104</b> |
| <b>394. 增压风机动叶电动执行机构闭锁减的条件有哪些？闭锁增的条件有哪些？ .....</b>        | <b>104</b> |
| <b>395. 增压风机动叶电动执行机构超驰减的条件是什么？失速保护的条件是什么？ .....</b>       | <b>105</b> |
| <b>396. 增压风机润滑油泵启动允许的条件有哪些？联锁启的条件有哪些？ .....</b>           | <b>105</b> |
| <b>397. 增压风机润滑油箱加热器联锁启的条件是什么？联锁停的条件是什么？ ..</b>            | <b>105</b> |
| <b>398. 增压风机液压油泵启动允许的条件有哪些？联锁启的条件有哪些？允许停的条件有哪些？ .....</b> | <b>105</b> |
| <b>399. 增压风机液压油箱加热器联锁启的条件是什么？联锁停的条件是什么？ ..</b>            | <b>105</b> |
| <b>400. 增压风机扩散器密封风机联锁启的条件有哪些？联锁停的条件是什么？ .....</b>         | <b>106</b> |
| <b>401. 增压风机扩散器密封风机加热器联锁启的条件是什么？联锁停的条件是什么？ .....</b>      | <b>106</b> |
| <b>402. 增压风机进气箱密封风机联锁启的条件有哪些？联锁停的条件是什么？ ..</b>            | <b>106</b> |
| <b>403. 增压风机轮毂加热器联锁启的条件是什么？联锁停的条件是什么？ .....</b>           | <b>106</b> |
| <b>404. 烟气系统主保护动作信号发出后，设备按照什么顺序动作？ .....</b>              | <b>106</b> |
| <b>405. 电动机运行管理的一般规定有哪些？ .....</b>                        | <b>106</b> |
| <b>406. 电动机的电压变动范围是什么？ .....</b>                          | <b>107</b> |
| <b>407. 电动机绝缘电阻的测量与要求有哪些？ .....</b>                       | <b>107</b> |
| <b>408. 电动机的运行操作、检查及维护包括哪些内容？ .....</b>                   | <b>108</b> |
| <b>409. 电动机启动前的检查内容包括什么？ .....</b>                        | <b>108</b> |
| <b>410. 电动机启动时有哪些注意事项？ .....</b>                          | <b>109</b> |
| <b>411. 简述电动机的启动步骤。 .....</b>                             | <b>109</b> |
| <b>412. 电动机的停止步骤是怎样的？ .....</b>                           | <b>109</b> |
| <b>413. 电动机运行过程中的检查内容包括哪些？ .....</b>                      | <b>109</b> |
| <b>414. 电动机运行时的维护内容包括什么？ .....</b>                        | <b>110</b> |
| <b>415. 如何处理电动机常见的异常运行？ .....</b>                         | <b>110</b> |
| <b>416. 什么情况下应立即停止电动机运行？ .....</b>                        | <b>110</b> |
| <b>417. 什么情况下启动备用电动机？ .....</b>                           | <b>110</b> |
| <b>418. 什么情况下允许将已跳闸的电动机进行一次重合？ .....</b>                  | <b>110</b> |