

电力生产“1000个为什么”系列书

火力发电厂CBE模块式培训教材

单元机组集控 技术 1000问

王文飏 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电力生产“1000个为什么”系列书

单元机组集控 技术 1000 问

王文彪 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为电力生产“1000个为什么”系列书之一,是根据CBE模块编写的培训教材。全书分为锅炉部分、汽轮机部分、电气部分三篇。锅炉部分包括单元机组锅炉的工作原理、形式及结构;锅炉燃烧原理及燃烧设备;制粉系统及设备;循环回路和蒸发设备;锅炉辅机;运行调整;试验及其他。汽轮机部分包括汽轮机概况;汽轮机类型、结构特点及技术规范;汽轮机运行、监视、调整;辅助设备及系统;汽轮机组的热力系统;阀门原理、结构及其分类、操作;泵与风机。电气部分包括电气一次设备及系统;机组启动及调整;解列停机、异常运行及紧急停运;励磁系统;电气开关及倒闸操作;电力系统与调度知识。

本书可作为火力发电厂电气工作人员的必备读本,也可作为大专院校及技工学校教学和工矿企业电工、农村电工的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单元机组集控技术 1000 问/王文飏主编. —北京:中国电力出版社, 2005

(电力生产“1000个为什么”系列书)

ISBN 7-5083-2635-0

I. 单… II. 王… III. 火电厂—单元机组—集中控制—问答 IV. TM621.3—44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 143138 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

*

2005 年 4 月第一版 2005 年 4 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 18.5 印张 448 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《电力生产“1000个为什么”系列书》
编 委 会

主 任：霍如恒

副主任：李国锋

编 委：郭林虎 郭 哲 蔡 亮 杨翠仙

姚 莹 张子平 赵景光 郭春广

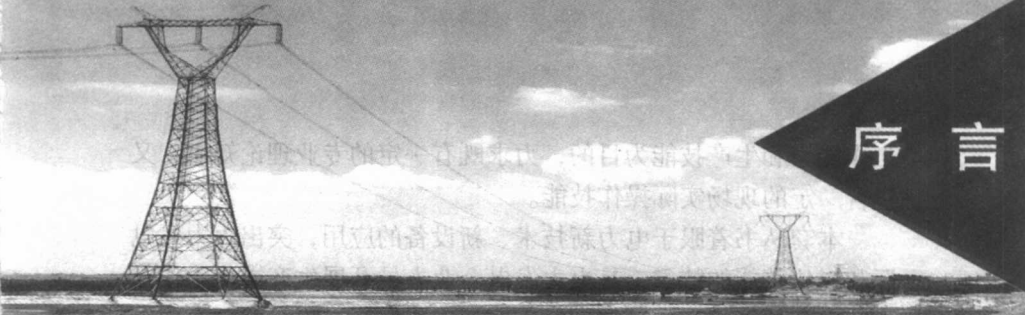
郝晓东 郭福祯 耿旭明 赵泽民

周世亮 高 颖 刘会喜 白 伟

杨爱余 王文飏

主 编：郭林虎

副主编：郭 哲 蔡 亮



序 言

随着我国电力工业的发展,电力体制改革的一项重要内容就是在发电环节引入电力市场竞争机制,实现“厂网分开,竞价上网”。在这种竞争体制下,发电厂作为一个独立的经营实体,如何实现节能降耗,降低发电成本,实现经济效益与社会效益的双丰收,将成为新的发展时期电力企业面对的首当其冲的问题。实现这一目标的有效手段之一,就是不断提高发电厂的自动化水平。

随着发电厂自动化水平的提高,我国的火力发电企业现已普遍进入大机组、高参数、高度自动化的发展阶段,提高电力企业员工驾驭新技术、新设备、新工艺、新材料的能力显得尤为突出,如何使员工的能力适应新技术的需要,成为电力行业共同关注的焦点之一。大力开展职工职业技能培训,提高电力生产岗位工作能力和生产技能,是电力职工教育培训的重点,也是火力发电厂实现节能降耗、降低发电成本、确保安全生产的重要手段。

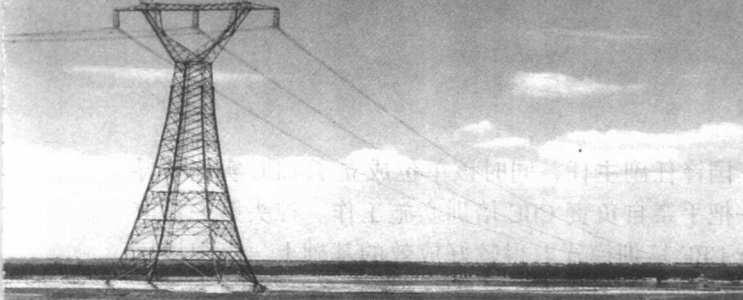
本套书是神头第一发电厂根据 CBE 模块编写的培训教材。该丛书共分 7 本,分别为《汽轮机运行与检修 1000 问》、《锅炉运行与检修 1000 问》、《电气运行与检修 1000 问》、《燃料运行与检修 1000 问》、《化学运行与检修 1000 问》、《热工自动控制技术 1000 问》、《单元机组集控技术 1000 问》。本套丛书的特点是:首先,本套丛书的编写依据是《电力行业职业技能鉴定规范》、有关电力生产岗位规范及现行国家电力行业标准。其二,本套丛书是在神头第一发电厂推行 CBE 培训模式取得较好成效的基础上,组织该厂技术骨干对 CBE 模块进一步修订完善后的模块编写的,它以操作技能为主线,强调实用性,以提高火力发电厂生产岗位

工作能力和生产技能为目的，力求既有一定的专业理论知识，又包含一定的现场实际操作技能。

本套丛书着眼于电力新技术、新设备的应用，突出火力发电厂和岗位技能的特点，是火力发电企业人员开展生产岗位工作能力和生产技能培训的理想教材。它的出版发行必将对我国火力发电企业职工职业技能培训工作的有效开展和火力发电企业职工素质的提高产生积极的影响。

2003.12

2003.12



前言

CBE (Competency - Based Educaion) 是以能力为基础的教育体系的缩写,是西方许多国家在职业技术教育与培训中广泛应用的模式,它具有目标具体、针对性强、灵活性大,一切围绕能力开展培训的特点,适应于不同起点、不同要求的受训者。CBE 模式实际上是一种以胜任岗位要求为出发点的教学体系。自第二次世界大战以来,西方许多国家的职业技术教育与培训广泛地以胜任岗位要求为出发点来安排教学计划、组织教学与培训,在教育学理论与实践的基础上逐步形成了 CBE 这种教学体系。CBE 的最大特点是整个教学目标的基点是如何使受教育者具备从事某一种职业所必须的能力,因此目标很具体、针对性强。为了做到这一点,就必须要强化行业(用人单位)和学校(教育部门)间的紧密合作。同时,在制定教学计划时系统分析各项岗位要求后,再组成一系列教学模块或单元,使不同起点、不同要求的受教育者都能根据自己的情况取舍,所以具有很大的灵活性。对沟通职前和职后的培训、正规和非正规的教育都有好处,在教学的组织和管理上也突出了个性化的特点。

神头第一发电厂是实施这种教育体系较早的企业。从 1998 年开始,在连续两年试点工作的基础上,2000 年正式在全厂范围内推开。其实施背景在于:该企业是一个只有 20 多年历史的百万千瓦级电厂,人员素质参差不齐,严重影响着机组的安全运行,制约着企业的向前发展。面对这样一个庞大的培训需求,在做了大量调研的基础上,选择了 CBE 教学体系,尤其在车间试点后,大家认为:CBE 培训模式符合厂情,是提高职工技术素质的好办法。于是,成立了 CBE 培训实施委员会,厂长霍如恒任主

任，副厂长李国锋任副主任，同时该单位成立了 CBE 实施领导小组，由行政一把手亲自负责 CBE 培训实施工作。神头第一发电厂在通过推行 CBE 培训模式取得较好成效的基础上，组织该厂技术骨干对 CBE 模块进一步修订完善后，编写了本套丛书。

本套丛书在编写时从电力行业的普遍性考虑，打破了一厂一地的局限性，主导思想在于：着眼电力新技术、新设备的应用，以提高火力发电厂生产岗位工作能力和生产技能为目的，力求既有一定的专业理论知识，又包含一定的现场实际操作技能来设置模块，为发电企业生产岗位人员提供一套系统的技能鉴定培训的学习模块。

神头第一发电厂

2003.11.20

编 者 的 话

随着国民经济稳定快速发展,我国电力工业又迎来了飞速发展的黄金时期。大容量、高参数的发电机组越来越多,300MW、600MW 机组已成为我国主力机型,900MW 机组也开始崭露头角,对电力生产人员的素质要求越来越高。在人才竞争空前激烈的今天,加强岗位培训工作、建设技术过硬的运行队伍成为电力企业稳定与发展的首要战略任务。本书以 300MW 火电机组为核心,以从事电力生产的运行人员或全能值班员为对象,以锅炉、汽轮机、电气运行知识为主线,以问答为主要表现形式,全面、系统地概括和阐明了运行人员应该具备的基础知识。

本书以 300MW 机组的典型机型为典型例子,从目前运行人员技术培训的新趋势出发,突出理论联系实际的原则,将设备构造原理、技术性能指标与实际运行经验、操作方法技能有机结合,书中内容力求长期先进性和普遍适用性,力求成为火电企业工人培训的实用教材。

本书共分三篇、1149 题。其中,锅炉部分共 350 题,由杨劲松编写;汽轮机部分共 434 题,由杨世斌编写;电气部分共 365 题,由牛继成编写。本书由王文飏策划并担任主编,由杨劲松负责校对、整理。

本书在编写过程中得到崔拥军、窦晓绕、任龙彦等同仁的大力支持和帮助,提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评、指正。

编者

2004 年 10 月



目 录

序言

前言

编者的话

第一篇 锅炉部分

第一章 单元机组锅炉的工作原理、形式及结构

1. 简述火力发电厂的生产过程。 3
2. 火力发电厂的生产过程分哪几个阶段？能量是如何转换的？ 4
3. 目前大型锅炉按蒸汽压力分为哪几种类型？ 4
4. 按工质在蒸发受热面上的流动特性即水循环特性可将锅炉分为哪几种类型？ 4
5. 按照流动特性分类的锅炉中工质流动的动力来源有何不同？ 4
6. 什么是锅炉的额定蒸发量和最大连续蒸发量？ 5
7. 国产 300MW 机组亚临界压力锅炉的蒸汽温度和蒸发量是如何匹配的？ 6
8. 自然循环锅炉的循环原理是什么？ 6
9. 自然循环锅炉蒸发受热面内工质的运动压头的大小取决于哪些因素？ 6

10. 自然循环锅炉有哪些特点?	6
11. 强制循环锅炉的特点有哪些?	7
12. 大型单元制发电机组(指 300MW 及以上)蒸汽参数是如何界定的? 锅炉蒸汽参数一般怎样选择?	8
13. 大容量(1000t/h 及以上)锅炉在设计上选择较高的炉膛高度、较长的炉膛周界有什么好处?	9
14. 大容量(1000t/h 及以上)锅炉的辐射式过热器的布置上有哪些特点?	9
15. 大容量(1000t/h 及以上)锅炉广泛采用 π 型, 有哪些优点?	10
16. 大容量锅炉汽包的结构有哪些特点?	10
17. 多次强制循环锅炉是如何确保水冷壁安全运行的?	11
18. 直流锅炉汽水分离器的主要作用是什么?	11
19. 多次强制循环锅炉的特点是什么?	12
20. 直流炉有何特点?	12
21. 直流炉的水冷壁设计上如何解决垂直管圈难以兼顾炉膛周界尺寸和质量流速的矛盾?	12
22. 低倍率循环锅炉与直流炉、汽包炉的区别有哪些?	13
23. 低倍率循环锅炉与汽包炉的根本差别是什么?	13

第二章 锅炉燃烧原理及燃烧设备

24. 什么是煤的工业分析?	14
25. 工业分析是如何测得的?	14
26. 煤粉的一般特性是什么?	14
27. 什么是煤的常规特性?	15

28. 煤的挥发分组成是瞬么? 如何影响燃烧?	15
29. 煤粉在炉膛内着火所需的热源来自何处?	16
30. 煤中水分的大小对燃烧有何影响?	16
31. 煤中灰分大小对燃烧有何影响?	16
32. 煤中灰的熔化性质对燃烧有何影响?	17
33. 煤中焦炭特性对燃烧有何影响?	17
34. 煤中硫分的大小对燃烧有何影响?	17
35. 什么是着火热? 影响煤粉气流着火的主要因 素有哪些?	17
36. 既要迅速提供着火热、又要减小着火热需要 量的基本措施是什么?	18
37. 煤粉的燃烧时间长短受哪些因素影响?	19
38. 影响火焰稳定性的因素有哪些?	19
39. 一、二次风合理组织的原则是什么?	19
40. 要确保锅炉稳定燃烧, 对燃烧器工作有哪些 基本要求?	19
41. 什么是煤的元素分析成分?	19
42. 煤中水分由哪几部分组成? 煤中水分有何危 害?	20
43. 煤中灰分由哪几部分组成? 煤中灰分有何危 害?	20
44. 煤中的硫以什么形式存在? 煤中硫分有何危 害?	21
45. 煤中灰分和煤中不可燃矿物质的含义一样吗?	21
46. 煤中的含碳量、固定碳、焦炭的含义相同吗?	22
47. 什么是燃料的发热量? 高位发热量与低位发 热量有什么区别?	22
48. 什么是标准煤? 规定标准煤有何实用意义?	23
49. 什么是挥发分? 它对燃烧和对锅炉工作有何 影响?	24

50. 灰的熔融特性用什么指标表示? 有何实用意义?	24
51. 影响灰熔点的因素有哪些?	25
52. 一般以什么标准对煤进行分类? 动力用煤一般分成哪几类?	25
53. 什么是劣质烟煤? 为什么不少发电厂燃用劣质烟煤?	26
54. 什么是洗中煤?	26
55. 什么是燃烧? 什么是完全燃烧与不完全燃烧?	27
56. 什么是自燃与点燃?	27
57. 煤粉炉内的火焰是怎样保持稳定的?	28
58. 燃料燃烧过程分哪几个阶段? 各阶段的特点是什么?	28
59. 什么是燃烧速度? 燃烧速度与哪些因素有关?	29
60. 燃料迅速而完全燃烧的基本条件有哪些?	30
61. 什么是煤粉炉的一、二、三次风? 一、二次风的作用是什么?	30
62. 什么是着火热?	31
63. 一次风率与一次风温对燃烧过程有何影响?	31
64. 一、二次风速根据什么确定?	32
65. 三次风从什么位置喷入炉膛较合适?	33
66. 三次风的速度为什么都比较高?	34
67. 什么是火焰中心? 其位置对锅炉工作有何影响?	34
68. 运行中火焰中心位置可以调节吗?	34
69. 如何强化煤粉气流的着火与燃烧?	35
70. 什么是理论空气量? 如何计算?	36
71. 什么是实际空气量? 什么是过量空气系数?	36
72. 燃料燃烧后, 烟气中有哪些成分?	37
73. 什么是理论烟气量与实际烟气量? 它们之间	

的关系是什么？	38
74. 烟气的成分组成是如何表示的？	38
75. 什么是漏风系数？运行中如何确定漏风系数？	38
76. 烟气中 RO_2 与 O_2 值沿锅炉烟气流程如何变化？	39
77. 现代电站锅炉的控制盘上，为什么大多装氧量（ O_2 ）表，而不用 CO_2 （ RO_2 ）表？	40
78. 什么是理论燃烧温度？理论燃烧温度的高低受什么因素影响？	40
79. 理论燃烧温度的高低对锅炉工作有何影响？	41
80. 什么是低氧燃烧？低氧燃烧有何优点？	42
81. 采用低氧燃烧应具备什么条件？	42
82. 什么是锅炉机组热平衡与热平衡方程？	42
83. 什么是输入热量？输入热量来自哪几方面？	43
84. 影响机械未完全燃烧热损失的因素有哪些？	44
85. 什么是排烟热损失？	45
86. 排烟热损失与哪些因素有关？	45
87. 锅炉排烟温度的进一步降低受哪些条件限制？	45
88. 什么是化学未完全燃烧热损失？	46
89. 哪些因素影响化学未完全燃烧热损失的大小？	46
90. 什么是锅炉散热损失？其大小与哪些因素有关？	46
91. 什么是最佳过量空气系数 α_{opt} ？	47
92. 什么是锅炉热效率？什么是正平衡热效率与反平衡热效率？如何计算？	47
93. 什么是燃煤量与计算燃煤量？它们有何区别？	48
94. 什么是发电煤耗与供电煤耗？	49
95. 锅炉运行中与热效率有关的经济小指标有哪些？这些经济小指标是如何估算的？	49
96. 炉膛的作用是什么？应具备哪些条件？	50

97. 什么是炉膛容积热负荷？其大小对锅炉有何影响？	50
98. 什么是炉膛截面热负荷？其大小对锅炉有何影响？	51
99. 什么是旋流燃烧器？旋流燃烧器有哪两种型式？有何特点？	52
100. 什么是煤粉气流的扩散角？扩散角的大小有何影响？	52
101. 什么是直流燃烧器？有何特点？	53
102. 直流式喷燃器在布置上有何要求？	53
103. 直流燃烧器为什么多采用四角布置？布置在炉膛四角对燃烧有何促进作用？	54
104. 什么叫假想切圆？切圆直径的大小对锅炉工作有何影响？	55
105. 影响角置式燃烧器气流偏斜的主要因素是什么？	55
106. 什么是周界风与夹心风？其作用分别是什么？	56
107. 什么是卫燃带？什么情况需要设置卫燃带？	57
108. 锅炉结渣有哪些危害？	57
109. 运行中影响锅炉结渣的因素有哪些？	58
110. 四角布置喷燃器的炉膛形状有何要求？	58
111. 旋流式喷燃器有何特点？布置上有何要求？	58
112. 假想切圆直径太大或太小有什么缺点？	59
113. 炉膛宽深比过大有什么危害？	59
114. 直流式喷燃器在燃烧方面有何特点？	59
115. 现代大型煤粉炉与一般煤粒燃烧有哪些不同？	60
116. 煤粉气流着火和熄火的热力条件是什么？	60
117. 影响煤粉气流着火过早或过晚有哪些不利情况？	61
118. 燃料的性质是如何影响煤粉气流着火的？	61

119. 炉内散热条件是如何影响煤粉气流着火的？	62
120. 煤粉气流的初温是如何影响煤粉气流着火的？	62
121. 一次风量和风速是如何影响煤粉气流着火的？	63
122. 燃烧器的结构特性是如何影响煤粉气流着火 的？	63
123. 炉内空气动力场是如何影响煤粉气流着火的？	64
124. 确保燃烧良好的条件有哪些？	64
125. 保证炉膛适当高的炉温取决于哪些条件？	65
126. 空气和煤粉的良好扰动和混合如何促进煤粉 燃烧？	65
127. 煤粉充分燃烧对燃烧设备的要求有哪些？	66
128. 什么叫炉膛爆燃、炉膛爆炸和炉膛内爆？	66
129. 形成炉膛爆燃的条件是什么？	67
130. 炉膛最易发生爆炸的浓度范围与哪些因素有 关？	67
131. 炉膛内最可能发生可燃混合物积存的危险工 况有哪几种？	68
132. 燃煤从哪些方面对炉膛内爆燃产生影响？	68
133. 防止炉膛爆燃的原则性措施有哪些？	69
134. 点火暖炉期间，如何防止炉膛爆燃？	70
135. 火焰中断时如何防止爆燃？	71
136. 炉膛负压波动的原因是什么？	72
137. 炉膛安全监控系统的基本功能有哪些？	72
138. 锅炉点火之前，炉膛清扫是如何进行的？	73
139. 点火时轻油、重油系统泄漏检查是如何进行 的？	74
140. 锅炉的灭火保护装置是如何组成的？	75
141. 灭火保护中的启动清扫程序是怎样进行的？	75
142. 全炉膛火焰监视包括哪些内容？	75
143. 什么条件下 MFT 联锁动作？	76

144. 锅炉运行中, 风门挡板的控制过程是如何实现的? 77

145. 事故状态下燃烧器的切投控制是如何进行的? 77

第三章 制粉系统及设备

146. 制粉系统主要有哪两种? 各自的工作原理是什么? 97

147. 磨煤机和制粉系统选型的依据是什么? 97

148. 磨煤机按其部件工作转速, 通常可分为哪三种? 97

149. 球磨机的工作原理是什么? 80

150. 中速磨煤机的工作原理是什么? 80

151. 高速磨煤机分几种? 风扇磨煤机的工作原理是什么? 80

152. 中速磨煤机的运行控制特性是什么? 81

153. 对于给定的中速磨煤机直吹式制粉系统, 风煤比选定应考虑哪几种因素? 81

154. 系统在人工控制时需要注意的重点参数和指标是什么? 81

155. 中速磨直吹式制粉系统实行自动控制时, 给煤量调节及磨煤机出口温度调节是如何进行的? 82

156. 中速磨直吹式制粉系统实行自动控制时, 一次风的动压差与磨煤机进、出口两端的压差是如何相匹配的? 82

157. 中速磨直吹式制粉系统人工控制方式, 当制粉系统投运的组数一定时, 随锅炉负荷变化控制制粉系统运行的原则是什么? 83

158. 直吹式制粉系统用于通风的功率与电耗率的