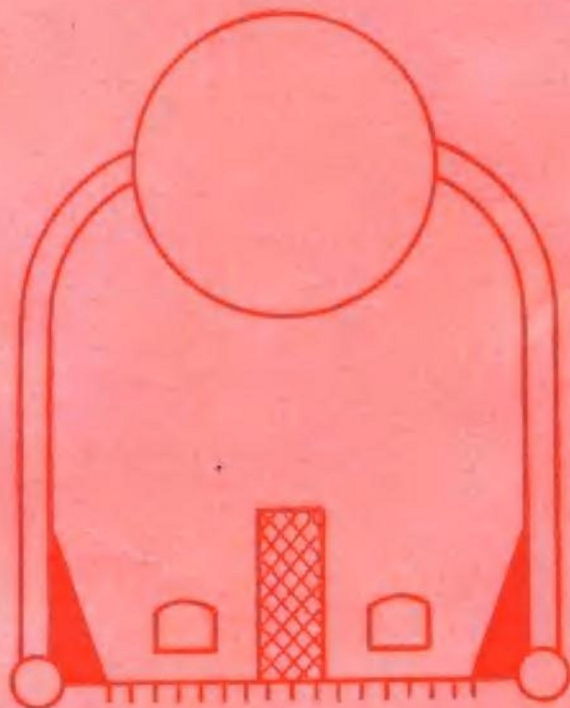


锅炉工操作技术问答

周道宏 编著



煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书以问答方式系统介绍锅炉安全运行的基础知识,对工业和民用锅炉的操作、调整,维护、保养,检查、试验及炉水处理,常见故障的判断、处理及预防,以及锅炉节能技术等内容,做了详细阐述。

本书供工业锅炉、民用锅炉、电站锅炉和工业炉窑的司炉工、管理人员和技术人员学习、参考。

责任编辑:高 峰

锅 炉 工 操 作 技 术 问 答

周 道 宏 编 著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092mm^{1/32} 印张10^{1/2}

字数226千字 印数1—12,700

1989年2月第1版 1989年2月第1次印刷

ISBN 7-5020-0204-9/TD·194

书号 3045

定价 3.35元

前 言

锅炉是重要的动力、热力设备。工矿企业和城市机关、学校等单位都广泛使用锅炉。据不完全统计，仅工业锅炉我国就有28万余台，47多万蒸吨，加上民用锅炉为数就更可观了。数十万司炉人员，燃料消耗量占全国总燃料消耗量的1/3以上。

近几年来，工矿企业，学校和服务行业都有了很大的发展，使用锅炉的单位越来越多，锅炉行业的职工队伍逐步扩大，技术水平有较大的提高，并积累了一些成功的经验。但是发展还不够平衡，在技术和管理方面均存在较大的差异，这就给锅炉安全运行和节能工作都带来一定的困难。因此，目前迫切需要提高锅炉运行人员和检修人员的技术水平，使他们尽快掌握理论基础、安全运行基本知识和丰富的实践经验，更好地在实际工作中应用。为帮助锅炉运行和检修人员及从事锅炉管理和节能工作的人员提高技术水平和管理水平，本书采用理论联系实际的“问答”方式对有关锅炉安全、操作调整、事故判断和处理以及锅炉节能等问题作了系统的介绍。

在编写过程中，承蒙陈学军、富震宗和刘心全同志评阅，谨致以衷心的感谢。

目 录

第一章 基础知识	1
1. 什么是力、压力、大气压力、绝对压力、表压 力和负压?	1
2. 什么叫温度? 温标表示方法有哪几种类型? 怎样 体现额定蒸汽温度?	2
3. 热量和热功率的概念是什么?	3
4. 什么叫“导热”? 物体的导热性能对锅炉有 什么影响?	5
5. 什么是汽化热? 它同饱和蒸汽有什么关系?	6
6. 饱和蒸汽的热力性质是什么?	6
7. 什么叫过热蒸汽和过热度?	11
8. 过热蒸汽的热力性质是什么?	12
9. 辐射传热的性质有几种?	12
10. 对流传热的性质是什么?	16
11. 蒸汽是怎么产生的?	19
12. 各种工业锅炉有什么优缺点?	21
第二章 锅炉设备及其工作原理	26
13. 什么叫做锅炉?	26
14. 锅炉的汽包有什么用?	26
15. 汽包内为什么要装设汽水分离器?	27
16. 层燃炉炉排有几种形式? 各有什么特点?	28
17. 链条炉炉膛前后为什么要形成拱碛? 各起 什么作用?	29
18. 水冷壁的作用是什么? 它在炉膛高温情况下 是否会烧坏?	30

19. 省煤器的作用是什么?	31
20. 空气预热器的作用是什么?	32
21. 除氧器有什么作用? 它的工作原理是什么?	33
22. 使用除尘器有哪些现实意义?	34
23. 注水器的作用和工作原理是什么? 它发生 故障的原因何在?	35
24. 锅炉常用哪几种风机? 各起什么作用?	37
25. 常用阀门有哪几种类型? 各有什么特征?	37
26. 直流锅炉的工作原理是什么?	40
27. 什么是炉水自然循环的工作原理?	41
28. 什么叫热管技术? 它的工作原理和热管换热器 各有什么特点?	42

第三章 锅炉安全运行46

29. 锅炉为什么要强调安全? 它的重要性何在?	46
30. 锅炉的安全阀有什么作用?	46
31. 安全阀常见故障产生的原因有几种? 应该怎样 排除?	48
32. 锅炉水位为什么会有变化? 为什么出现暂时 水位?	49
33. 锅炉水位计起什么作用? 怎样确定水位控制范围?	50
34. 水位表有哪些常见故障? 产生的原因何在? 怎么排除?	51
35. 锅炉为什么要安装压力表? 在什么情况下压力表 应停止使用?	53
36. 压力表为什么要装设存水弯管和三通旋塞?	53
37. 压力表有哪些常见的故障? 产生的原因何在? 怎么排除?	54
38. 汽压不稳定对锅炉安全及其经济运行有哪些影响?	56
39. 稳定正常汽压运行有什么好处? 应注意什么问题?	56

- 40. 过热蒸汽温度为什么会有变化? 温度偏高或
 偏低有什么影响?57
- 41. 锅炉在运行中为什么要排污?58
- 42. 沸腾燃烧锅炉在运行中, 沸腾床可能发生的
 故障及预防方法是什么?59
- 43. 余热锅炉在运行中为什么发生故障? 安全注意
 事项是什么?61

第四章 锅炉事故的判断和处理.....63

- 44. 锅炉事故的原因是什么?63
- 45. 处理锅炉事故有哪些要求?63
- 46. 锅炉缺水有哪些象征?64
- 47. 锅炉缺水的原因是什么? 应该怎样处理?65
- 48. 锅炉满水有哪些象征?66
- 49. 锅炉满水的原因是什么? 应该怎样处理?67
- 50. 什么叫做汽水共腾? 产生的原因何在?68
- 51. 汽水共腾有哪些象征? 应该怎样处理?68
- 52. 锅炉爆炸的原因有几种?69
- 53. 锅炉爆炸的特征是什么?70
- 54. 防止锅炉爆炸的措施是什么?71
- 55. 试述水冷壁管或对流管束爆破事故的现象和原因,
 怎样处理和预防?73
- 56. 过热器管为什么会爆破? 原因何在? 怎样处理
 和预防?74
- 57. 省煤器损坏事故有哪些现象, 怎样处理和预防?76
- 58. 空气预热器为什么泄漏, 有什么征象和原因?
 怎样处理和预防?77
- 59. 水冲击事故的原因是什么? 应该怎样处理?78
- 60. 卧式水管、火管(快装式)锅炉的损坏事故有
 哪些原因及处理办法?80

61. 燃烧不正常所引起的事故的原因何在? 应怎样处理和预防?81
62. 卡住炉排有什么征象? 原因何在? 怎样处理?83
63. 为什么炉排变速箱会发生事故, 怎样预防?84
64. 锅炉内、外炉墙为什么会损坏? 怎样处理?85
65. 炉墙损坏的原因何在? 应采取哪些预防措施?86
66. 锅炉给水泵为什么会产生“汽蚀”现象? 有哪些危害?88

第五章 锅炉操作与调整90

67. 锅炉升火前应做哪些检查工作?90
68. 升火或停炉应注意哪些事项?91
69. 锅炉点火操作有哪些要求?92
70. 锅炉升压当中有哪些要求? 应做哪些工作?94
71. 紧急升火应注意哪些问题?94
72. 看火应注意哪些问题?95
73. 在什么情况下需要紧急停炉? 怎样处理?96
74. 热备用锅炉的埋火操作应该怎样做?98
75. 水位计的检查 and 冲洗工作应该怎样做?99
76. 锅炉供汽时, 应注意哪些问题? 100
77. 并炉操作有哪些要求和注意事项? 101
78. 怎样正确操作锅炉给水泵? 101
79. 在风机运行中应注意哪些问题? 102
80. 在锅炉运行中调整参数时, 应注意哪些问题? 105
81. 什么叫做“卡火位”? 105
82. 沸腾炉怎样点火? 106
83. 沸腾锅炉正常运行中应注意哪些问题? 112
84. 沸腾锅炉怎么压火与停炉? 118
85. 在锅炉运行中, 应该经常检查哪些部位? 119
86. 煤粉炉应该怎样点火? 120

87. 在煤粉炉运行中, 应该怎样调整和控制?	122
88. 煤粉炉的正常停炉或紧急停炉的操作步骤是 什么?	124
89. 抛煤机炉应该怎样操作和控制?	125
90. 燃油炉怎样点火?	127
91. 在燃油炉运行中, 应该怎样做调整工作?	129
92. 燃油炉应该怎样停炉?	130
93. 简易煤气炉的操作要点是什么?	131
第六章 燃料燃烧与节能	133
94. 在锅炉运行中, 司炉人员的主要任务是什么?	133
95. 燃烧方式与煤种有什么关系? 在运行中的注意 事项是什么?	134
96. 煤的元素分析项目有几种? 各有什么特点?	139
97. 在燃烧过程中, 煤中哪些成分直接影响燃烧的 效果?	139
98. 煤在炉内燃烧要经过几个阶段, 各有什么特点?	141
99. 燃料完全燃烧的条件是什么?	141
100. 煤炭水分过高对燃烧有哪些影响?	145
101. 煤炭过于干燥对燃烧会有哪些影响?	146
102. 煤的粒度变化对燃烧是否有影响? 对燃煤 粒度有什么要求?	147
103. 煤的挥发分产率和灰分变化对燃烧有哪些 影响?	148
104. 煤炭焦结性变化对燃烧有哪些影响?	148
105. 锅炉结渣、堵灰有哪些危害性?	149
106. 什么原因能引起锅炉结渣与堵灰? 怎样判断 和防止这类现象的发生?	150
107. 为什么有的煤结渣, 有的煤又不结渣?	151
108. 为使煤在炉内迅速燃烧, 是否可以任意加大	

送风量?	151
109. 链条炉燃用无烟煤时应采取什么措施?	152
110. 链条炉的燃烧过程是怎样进行的?	156
111. 链条炉对入炉煤有哪些要求?	156
112. 怎样调整链条炉的燃烧工况? 应注意什么问题?	158
113. 抛煤机倒转链条炉的燃烧过程是怎样进行的?	159
114. 调整抛煤机链条炉的燃烧工况时, 应注意什么问题?	162
115. 煤粉炉的燃烧原理是什么?	162
116. 煤粉炉燃用劣质煤时应采取什么措施?	165
117. 煤粉炉对入炉煤的处理和要求是什么?	167
118. 煤粉的性质与品质对安全和节能有什么影响?	167
119. 影响煤粉炉煤粉着火与燃烧的因素是什么?	169
120. 往复炉的工作原理及燃烧特点是什么?	171
121. 往复炉是否可以烧无烟煤?	173
122. 沸腾炉为什么能烧劣质煤?	175
123. 沸腾炉对入炉煤有什么要求?	177
124. 影响沸腾燃烧效率的因素是什么?	178
125. 沸腾炉的热效率与机械未完全燃烧损失有什么关系?	180
126. 沸腾炉的热效率与排烟热损失有什么关系?	181
127. 如何保持炉内稳定而充分地燃烧, 用什么标准来衡量燃烧的好坏?	182
128. 锅炉漏风对节能有什么影响?	184
129. 燃煤掺水有什么意义, 怎样掺水才合适?	185
130. 燃油掺水的方法有几种? 它们的效果如何?	186
131. 层燃炉的炉拱对燃烧有什么影响?	189
132. 锅炉有几种节煤方法? 如何操作?	194
133. 手烧炉有哪些人工加煤和清炉方法?	196

134. 小型锅炉应从哪几方面来做好节煤工作?	198
135. 锅炉风机和水泵节约用电的措施是什么?	200
136. 大气热力除氧与真空除氧, 哪种方式的节能 效果最好?	201
137. 锅炉正平衡试验的热效率怎样计算?	203
138. 锅炉反平衡试验的热效率怎样计算?	205
第七章 锅炉检修	212
139. 锅炉检修的目的和基本要求是什么?	212
140. 炉管修理应注意掌握哪些方法?	213
141. 锅炉弯管工艺的要求有几种? 质量标准是 什么?	221
142. 怎样胀管? 胀管的工艺要求是什么?	223
143. 锅炉怎样焊接?	227
144. 锅炉怎样铆接?	231
145. 修理或改造锅炉时, 对受压元件所用金属 材料有哪些要求和规定?	233
146. 锅炉铆缝渗漏怎样修理?	233
147. 锅炉元件裂纹怎样修理?	240
148. 堆焊修理锅炉的应用范围是什么? 应注意 哪些问题?	245
149. 挖补修理有哪几种? 各有什么工艺要求?	247
150. 省煤器怎样修理?	254
151. 安装和检修阀门应注意哪些问题?	255
第八章 锅炉维护与保养	260
152. 阀门和水泵怎样更换填料?	260
153. 在锅炉运行中怎样更换水位计的玻璃管或 玻璃板?	261
154. 在锅炉运行中怎样更换压力表?	262
155. 炉墙、炉门等处应该怎样嵌缝修补?	263
156. 保温层应该怎样修补?	264

157. 新安装或检修后的锅炉为什么要烘炉?	
怎样烘炉?	264
158. 煮炉的目的和步骤是什么?	265
159. 备用或停运锅炉为什么要防腐和保养? 这项	
工作怎样进行?	267
第九章 锅炉检查和试验	269
160. 锅炉检验工作的重点包括哪些内容? 应注意	
哪些事项?	269
161. 无损探伤检验方法包括哪些内容?	271
162. 应该采用哪些方法对锅炉进行外观检验?	274
163. 采用锤击方法检验锅炉时, 怎样辨别是否有	
故障?	275
164. 采用钻孔检验方法时, 应注意哪些问题?	276
165. 锅炉进行水压试验时有哪些规定?	277
166. 沸腾炉投入运行之前, 应该怎样检查布风的	
均匀性?	278
第十章 炉水处理	280
167. 原水分为几种类型?	280
168. 锅炉用水为什么要进行处理? 水质标准是	
什么?	280
169. 为什么要规定炉水质量标准? 怎样维持炉水	
质量标准?	282
170. 什么叫水的净化处理? 采用哪些方法?	284
171. 炉外水怎么处理?	285
172. 怎样进行炉内水的处理?	290
173. 为什么要向炉内加药? 怎么操作?	293
174. 采用加碱法软化水时, 怎样计算加药量?	295
175. 锅炉受热面内部结水垢, 应该怎样清除?	296
第十一章 锅炉改造	298
176. 锅炉改造的任务和目的是什么?	298

177. 工业锅炉改造的方向有几种?	299
178. 改造锅炉应注意哪些问题?	302
179. 改造锅炉时, 应该怎样考虑辐射受热面?	307
180. 改造链条炉时, 怎样考虑二次风的作用?	309
181. 设计或改造层燃炉时, 如何适应层燃的燃烧 规律?	311
182. 锅炉改造如何考虑自动调节装置?	316
183. 改造锅炉时怎样考虑消烟除尘?	317
附录 有关单位换算表	319

第一章 基础知识

1. 什么是力、压力、大气压力、绝对压力、表压力和负压？

答：力 物体之间互相作用的一种形式，主要表现有两个方面：一方面，力能使静止的物体产生运动，也能使运动的物体改变速度或方向；另一方面，力能使物体的形状发生变化，例如，弹簧受拉或受压后，会伸长或缩短；钢板受冲压后会弯曲变形等。

压力 垂直作用在物体表面上的力。垂直作用于单位面积上的力，叫做压强，俗称压力。力的常用单位是“千克（公斤）”或“千克力”（9.80665牛），压力的常用的单位是“千克/厘米²”（kg/cm²）。

大气压力 空气本身是有重量的，空气中任何物体的各个方向都受到空气的压力，这种压力叫做“大气压力”。在标准状态下，即海拔为零米，温度为0℃时，1个大气压等于每平方厘米的面积上承受1.033千克/厘米²的压力，为方便起见，工程上规定1千克/厘米²的压力叫做工程大气压，或标准大气压。

绝对压力 以零压（即压力等于零）作为测量起点的压力，叫做“绝对压力”，常用的符号是“ $P_{\text{绝}}$ ”。

表压力 以当时当地的大气压力作为测量的起点，也就是用压力表测出的读数叫做“表压力”，常用符号是“ $P_{\text{表}}$ ”。

负压 某一物体（如水泵的吸水管，锅炉炉膛等）内部

的压力低于大气压力时，比大气压低数值叫做“负压”或“真空”，常用符号是“ $P_{\text{真}}$ ”，常用单位是毫米水柱。

大气压力、绝对压力、表压力和负压（或真空）等的关系式如图1-1所示。

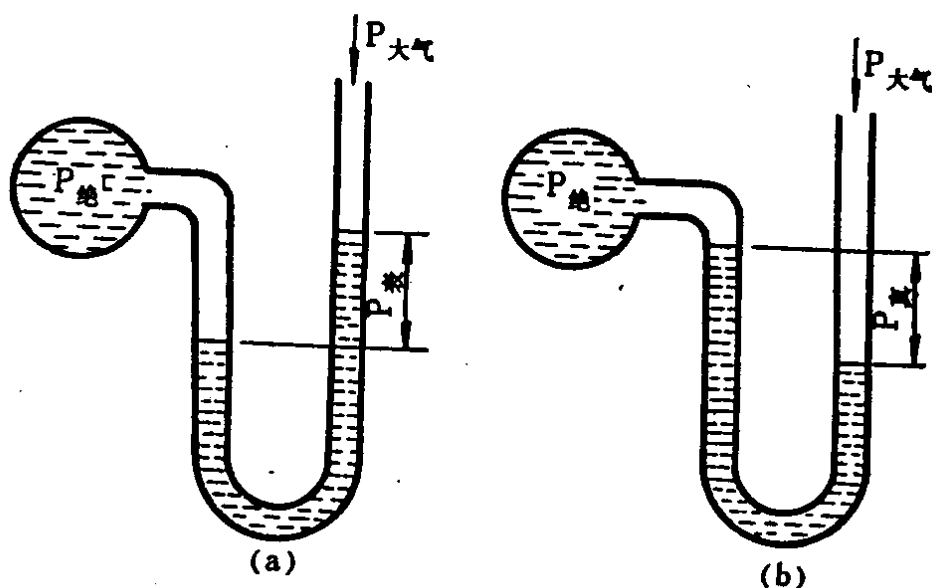


图 1-1 表压力、真空和负压的关系示意图

a—表压力，b—真空

在图中， $P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + P_{\text{大气}}$

$P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - P_{\text{大气}}$

$P_{\text{真}} = P_{\text{大气}} - P_{\text{绝}}$

2. 什么叫温度？温标表示方法有哪几种类型？怎样体现额定蒸汽温度？

答：衡量物体冷热程度的标志，叫做温度。物质的温度高，表示它处于较热的状态；温度低，表示处于较冷的状态。所以，温度是表示物体冷热程度的物理量，同时也是反映物质热力状态的一个基本参数。

在锅炉技术工作中，温度是经常遇到的基本参数之一。

锅炉的给水、进风、蒸汽、炉膛火焰、烟气、锅炉钢材和炉墙等都须用温度作重要标志。

物体温度的高低，必须用温度计来测量。温度计采用的温标表示方法，一般有以下3种：

1) 摄氏温标 ($t^{\circ}\text{C}$) 在一个标准大气压下，在温度表上取水的冰点为0度，沸点为100度，把冰点和沸点之间等分100格，每格就是摄氏1度，用“ $^{\circ}\text{C}$ ”表示。例如KZL4-13型锅炉的饱和蒸汽温度为摄氏194.1度，则以“ 194.1°C ”表示。又如：水银的凝固温度为零下38.9度，则以“ -38.9°C ”表示。现在摄氏温标用得比较普遍。

2) 华氏温标 ($t^{\circ}\text{F}$) 在1个标准大气压下，在温度表上取水的冰点为32度，沸点为212度，把两点之间等分为180格，每格就代表华氏1度，用“ $^{\circ}\text{F}$ ”表示。华氏温标主要用于英制地区的国家，目前，我国甚少采用。

3) 开氏温标 ($T^{\circ}\text{K}$) 也叫绝对温标，采用摄氏温标的分度法，把在1个标准大气压下水的冰点作273.2度，沸点为373.2度，用“ $^{\circ}\text{K}$ ”表示，它的数值与摄氏温标相差273.2度。开氏温标多用于热力学中。

以上3种温标的换算公式如下：

$$C = 5/9 (F - 32)$$

$$F = 9/5 C + 32$$

$$T = C + 273.2^{\circ}\text{K}$$

额定蒸汽温度 t_c ，是指锅炉输出蒸汽的最高工作温度；对装有过热器的锅炉是指在过热器集箱出口处过热蒸汽的最高温度，对无过热器的锅炉则指对应额定压力 P_U 下的饱和蒸汽温度。

3. 热量和热功率的概念是什么？

答：热量是热能的一种度量，用符号“Q”表示。物体含热量的多少，不但与温度有关，而且与其质量（重量）和性质（比热等）有关。

热量单位有两种：

1) 公制 过去采用大卡（即千卡）每千克，即1千克纯水温度升高1℃所需的热量；有时采用卡（千分之一大卡），即1克纯水升高1℃所需的热量。

现在我国推行法定计量单位制，热量单位用百万焦耳（MJ），1大卡 $\approx$ 4187焦耳（J） $\approx$ 0.004187百万焦耳。

2) 英制 英国和采用英制的地区多用英热单位（B.T.U.）表示，即一个B.T.U.等于一磅重的纯水升温1°F所需的热量。

煤质好坏与发热量有关。有的煤发热量为7000大卡/千克（29.3百万焦耳/千克），有的煤只有5000大卡/千克（20.93百万焦耳/千克），同样一千克煤，前一种煤燃烧后的发热值比后一种煤多2000大卡（ $\approx$ 8.372百万焦耳）。

物质温度变化的热量计算公式如下：

$$Q = CG(t_2 - t_1)$$

式中 Q——物体增加或减少的热量，大卡（百万焦耳）；
 C——物质的比热，大卡/千克（百万焦耳/千克）；
 G——物体的重量，千克；
 t_2 ——物体的终温，℃；
 t_1 ——物体的始温，℃。

计算结果，如Q为正值，表示物体加热而升温；如Q为负值，表示物体放热而降温。

热功率（也用符号Q表示）是衡量热工设备在单位时间内所能产生或传递热量的数据，单位是大卡/时（百万焦

耳/时)。

4. 什么叫“导热”?物体的导热性能对锅炉有什么影响?

答: 热量从物体的一部分传递到另一部分或从一物体传递到与它接触的另一物体的过程叫做导热。例如, 热量由金属外壁(受热面)传向内壁的过程就是导热。导热的特点是: 传热的物质本身并没有移动。

金属的导热能力很强, 它的热阻可忽略不计。所以, 受热面的金属壁厚对传热基本没有什么影响。

锅炉运行时的金属表面并不洁净, 烟气侧(外表面)易积灰, 水侧(内表面)易结垢。这样, 热量便要经过外壁的积灰层、金属本身和内壁的水垢层, 才能传导给管内的吸热工质。

积灰层的导热能力很差, 约为钢材导热能力的几百分之一, 所以, 受热面积灰是使烟气热量不能充分传递给水的主要原因之一。如果不及时吹灰, 会使烟气温度升高, 锅炉出力和效率降低。积灰严重会导致受热面堵灰, 阻塞烟气流通, 影响锅炉正常运行。因此, 运行中应坚持经常的给受热面吹灰扫灰的制度, 以保证锅炉的出力和效率。

水垢的导热能力也较差, 约为钢材导热能力的几十分之一。锅炉结垢不仅会使锅炉出力和效率降低(结垢1毫米约使锅炉效率降低3~5%), 影响经济性, 更重要的是影响锅炉安全。因为水垢是结在水侧, 而且导热不良, 热量不易传递给水, 致使水垢层外的金属壁长时间处于高温状态, 因而易发生过热甚至爆管。此外, 锅炉结垢, 常会引起“垢下腐蚀”, 加速受热面的损坏。垢层太厚还会影响水在管内的正常流动, 破坏水循环, 引起事故。所以, 水垢的影响比积灰更值得注意。因此, 加强锅炉水质监督, 定期清除水垢和运