

• 周继扬 编

• 机械工业出版社

冲天炉问答

232.1

冲天炉问答

周继扬编



机械工业出版社

本书是一本包括冲天炉热工原理、强化工艺、冶金反应、熔炼工艺及鼓风机等五个方面内容的通俗读物。

全书将上述内容编成 200 个问题，以问答的方式加以说明。其中有基本理论、有工厂的实践经验、也有符合生产情况的推荐数据。

它适合于广大冲天炉技术工人学习，也可供技术人员及大专院校铸工专业的学生参考。

冲天炉问答

周继扬 编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787\times 1092\frac{1}{32}$ ·印张 $8\frac{5}{8}$ ·字数 185 千字

1982 年 9 月北京第一版·1982 年 9 月北京第一次印刷

印数 0,001—7,200 ·定价 0.90 元

*

统一书号：15033·5286

序

冲天炉是熔化铸铁的一种主要设备。

目前,世界各国90%的铸铁是用冲天炉熔炼的;我国的比例更大。

建国以来,我国广大冲天炉工作者从本国的实际情况出发,对冲天炉的结构和熔炼工艺进行了很多改革,例如采用多排小风口、卡腰化铁炉、倒置风口、大排距冲天炉等,都收到了很好的效果,大大地丰富了冲天炉特别是中小型冲天炉的熔炼技术。

实践证明,铸件的质量在很大程度上取决于铁水的温度与成分,即依赖于冲天炉的熔炼工艺。另外,冲天炉工作的好坏对提高铸件质量、降低成本、节约燃料都具有十分重要的意义。

为了能更好的总结这方面的经验,促进新炉型、新工艺、新经验的交流推广,作者用问答方式,汇集了200个问题编写了这本书。

应该指出,由于我国长期以来只偏重于冲天炉强化措施的改革,而忽视铁水质量的提高,为此,作者在书中反复强调了保证铁水质量、减少废品、全面节约的观点。

本书在编写初稿的时候,黄承谟同志曾提过不少宝贵意见,对此作者表示感谢。

由于作者理论水平及生产实践欠缺,故书中难免会出现错误,恳请读者批评指正。

大连工学院 周继杨

1981. 2

目 录

第一章 冲天炉的热工原理	1
1. 冲天炉有哪些优缺点?	1
2. 冲天炉的工作过程是怎样的?	1
3. 底焦燃烧时发生哪四个基本反应?	2
4. 冲天炉内的炉气成分 (CO_2 、 CO 、 O_2) 是怎样分布的? 怎样区分氧化带、还原带?	4
5. 什么叫做焦炭的动力区燃烧及扩散区燃烧?	5
6. 怎样强化焦炭在氧化带内的燃烧?	6
7. 氧化带的高度与哪些因素有关?	8
8. 还原带的上界面在什么位置? 还原带对冲天炉熔炼起 什么作用?	9
9. 什么叫做冲天炉的炉壁效应, 它对底焦燃烧有什么 影响?	10
10. 预热区的传热有什么特点? 如何强化预热区的传热 过程?	10
11. 熔化区在什么位置? 它的形状和高度对铁水质量有 什么影响?	12
12. 熔化区的传热有什么特点? 如何强化熔化区的热交换 过程?	13
13. 各种金属料的熔化特点是怎样的?	14
14. 铁水在过热区是怎样过热的?	16
15. 怎样进行冲天炉的热平衡计算?	17
16. 怎样计算冲天炉的热效率?	17
17. 提高冲天炉热效率的基本途径是什么?	22

第二章 冲天炉的强化	23
18. 冲天炉的技术经济指标包括哪些内容?	23
19. 冲天炉的工艺参数包括哪些内容?	24
20. 怎样计算冲天炉的理论送风量?	26
21. 怎样计算冲天炉的实际送风量?	27
22. 送风强度对铁水温度有什么影响?	29
23. 怎样增加冲天炉的风量?	30
24. 怎样用网状图描述冲天炉的焦耗、风量、温度、熔化速度的关系?	30
25. 如何使用网状图去选择冲天炉的风炭配合?	32
26. 怎样确定最佳送风量?	33
27. 如何根据熔化率去判断冲天炉的送风量?	34
28. 燃烧比(η_v)对熔炼过程有什么影响? 怎样选择 η_v ?	36
29. 怎样计算冲天炉的燃烧比?	39
30. 怎样计算冲天炉所需要的风压?	40
31. 理论上的极限铁焦比是多少?	43
32. 如何确定合理的铁焦比?	44
33. 为什么不应该过分的提高铁焦比?	46
34. 什么是铸造焦炭? 它与冶金焦有什么不同?	48
35. 焦炭的成分是什么?	49
36. 我国焦炭的部颁标准是怎样的?	51
37. 我国主要炼焦厂的焦炭性能是什么?	51
38. 焦炭块度对冲天炉强化有什么影响?	51
39. 怎样使用质量差的焦炭?	53
40. 什么叫多排小风口冲天炉?	54
41. 多排风口为什么能强化底焦燃烧?	55
42. 为什么小风口对强化底焦燃烧有好处?	56
43. 怎样确定风口的排距及每排的风口个数?	57
44. 怎样选择冲天炉的风口角度?	58
45. 什么叫做风口比? 怎样选择冲天炉的风口比?	59

46. 什么叫做二次送风? 怎样选择它的进风位置?	62
47. 倒置风口对强化熔炼有什么好处?	63
48. 什么叫做多排交叉风口?	67
49. 什么叫做大排距冲天炉?	68
50. 大排距冲天炉的优缺点是什么?	69
51. 为什么大排距冲天炉有较好的熔炼效果?	69
52. 大排距冲天炉为什么能保持炉况稳定?	71
53. 怎样确定大排距冲天炉的工艺参数?	72
54. 怎样确定大排距冲天炉的结构尺寸?	73
55. 曲线炉膛有几种类型? 它们有什么特点?	76
56. 曲线炉膛对强化熔炼过程起什么作用?	77
57. 怎样确定曲线炉膛的各部分尺寸?	78
58. 什么叫卡腰化铁炉? 它有什么优点?	79
59. 卡腰化铁炉的结构特点是什么?	82
60. 热风为什么可以强化冲天炉熔炼过程?	83
61. 热风温度多高合适?	85
62. 热风装置有几种类型?	86
63. 什么叫做辐射换热器?	86
64. 什么叫密筋炉胆换热器?	88
65. 怎样确定密筋炉胆的各部分尺寸?	90
66. 如何延长密筋炉胆的使用寿命?	91
67. 中央送风冲天炉有什么优缺点?	93
68. 怎样选定中央送风风嘴的结构参数?	95
69. 什么叫风渣帽? 它对熔炼过程有什么影响?	96
70. 如何稳定中央送风冲天炉的铁水成分及减少氧化烧损?	98
71. 中央送风操作应注意什么?	98
72. 冲天炉附加煤粉对强化熔炼有什么好处?	100
73. 附加煤粉为什么可以节约焦炭?	100
74. 附加煤粉为什么可以提高熔化率?	101
75. 附加煤粉装置的结构是什么样的?	101

76. 附加煤粉冲天炉操作应注意什么问题?	102
77. 开渣口操作为什么可以提高铁水温度?	103
78. 开渣口操作应注意什么问题?	104
79. 铁料块度对提高铁水温度有什么影响?	104
80. 底焦高度对铁水过热有什么影响?	105
81. 为什么要添加接力焦?	106
82. 怎样确定层焦、层铁量?	107
83. 什么叫加氧送风?	108
84. 炉内加电石为什么可以提高铁水温度? 操作上应注意 什么?	109
85. 冲天炉的有效高度对铁水过热有什么影响?	111
86. 鼓风湿度对冲天炉熔炼过程有什么影响?	112
第三章 冲天炉的冶金反应	114
87. 怎样判断冶金反应的方向?	114
88. 怎样用自由能图表衡量各元素在炉内受氧化的次序?	115
89. 为什么冲天炉炉气都呈氧化性的?	116
90. 什么是铁水氧化?	118
91. 为什么提高出铁温度可减少铁水的氧化? 怎样确定避 免铁水氧化的临界温度?	119
92. 冲天炉内可以发生增硅吗?	120
93. 硅、锰、铁在冲天炉内的氧化烧损规律是什么? 如何 减少它们的烧损?	122
94. 在酸性冲天炉中为什么锰的烧损比硅大?	125
95. 冲天炉炉渣的成分是什么? 什么是炉渣的物理、化学 性质?	125
96. 怎样改善炉渣的流动性?	127
97. 为什么可以用炉渣的FeO含量去检查铁水质量?	129
98. 碳在冲天炉内是怎样变化的?	131
99. 什么叫做平衡含碳量?	133
100. 炉料含碳量对增碳、减碳有什么影响?	134

101. 焦炭的用量、块度及含有的灰分对增碳有什么影响? ...	136
102. 为什么造碱性渣对铁水增碳有利?	137
103. 在酸性冲天炉内为什么不增磷也不减磷?	137
104. 在冲天炉中脱磷的条件是什么?	138
105. 为什么在酸性冲天炉内总是增硫的?	138
106. 焦炭中的硫是怎样进入铁水的?	139
107. 炉内脱硫的基本原理是什么?	140
108. 如何提高炉内脱硫效率?	142
109. 怎样在酸性冲天炉内获得低硫铁水?	145
110. 炉外脱硫的基本原理是什么?	146
111. 包内加电石脱硫的原理何在?	149
第四章 冲天炉的熔炼工艺	151
112. 怎样选用新生铁?	151
113. 什么叫做生铁的遗传性? 如何克服及防止?	155
114. 使用废钢时应注意什么?	156
115. 回炉料的特点是什么?	157
116. 怎样使用高锰生铁?	157
117. 在炉内使用铁合金时应注意什么?	158
118. 怎样使用废钢屑?	163
119. 怎样使用废铁屑?	164
120. 怎样使用杂铁?	165
121. 使用钢铁切屑时容易出现什么问题, 怎样解决?	166
122. 如何使用硅铁粉末?	167
123. 冲天炉配料时应遵循什么原则?	168
124. 配料计算前应掌握什么数据?	168
125. 怎样进行配料计算?	170
126. 怎样从风口观察炉内熔化状况?	174
127. 怎样凭经验估计冲天炉送风量的大小?	175
128. 如何根据出渣口上的火苗判断炉内状况?	175
129. 怎样根据炉衬腐蚀的位置分析熔炼情况?	176

130. 怎样从铁水的颜色粗略地判断它的温度?	176
131. 怎样控制交界铁水?	177
132. 炉前用三角试片检查铁水成分的原理是什么?	178
133. 怎样保证三角试片能准确地代表铁水成分?	178
134. 合适的三角试片尺寸是多少?	179
135. 怎样从三角试样的断口看铁水的碳当量?	180
136. 铸铁牌号与三角试样的白口宽度有什么关系?	181
137. 铸件的加工性能与三角试样白口宽度有什么关系?	182
138. 炉前怎样调整白口宽度?	183
139. 怎样使用圆棒试样控制铁水成分?	183
140. 用热分析法快速测定铸铁碳当量的原理是什么?	186
141. 热分析法的测示装置包括哪些部分? 怎样提高测量 准确度?	189
142. 怎样从铁水的表面花纹粗略估计铁水的成分?	191
143. 怎样根据炉渣的颜色判断炉内的熔化状况?	193
144. 如何从加料口的炉气观察冲天炉内的状况?	194
145. 在熔化过程中调整铁水温度的措施有哪些?	195
146. 熔炼低碳铸铁的主要问题是什么?	196
147. 为什么增大风量、采用热风对获得低碳铁水有利?	197
148. 低碳铸铁的配料特点是什么?	198
149. 熔化低碳铸铁的冲天炉的结构特点是什么?	199
150. 怎样在炉前快速检查低碳铁水的成分?	200
151. 球墨铸铁对原铁水有什么要求?	201
152. 熔化球铁时应怎样选择炉料?	203
153. 炉内脱硫有哪些具体措施?	204
154. 常用的炉外脱硫剂有哪些?	205
155. 如何提高炉外脱硫效率?	207
156. 怎样测量风压?	212
157. 怎样用毕托管测量风量?	213
158. 怎样利用孔板流量计测风量?	216

159. 使用孔板流量计时应注意什么?	218
160. 测量风量还有哪些方法?	219
161. 怎样分析冲天炉的炉气?	219
162. 如何校核炉气分析的数值?	222
163. 用奥氏气体分析器分析炉气时应注意什么?	223
164. 炉料搭棚的原因是什么? 如何防止和排除?	223
165. 过桥堵塞的原因是什么? 怎样保持过桥畅通?	224
166. 风口结渣是怎样产生的? 如何防止?	225
167. 出铁口冻结的原因是什么? 如何防止及克服?	226
168. 为什么炉壳会烧红? 采取什么措施防止炉壳烧穿?	226
169. 什么叫落生? 怎样预防?	227
170. 漏铁水的原因是什么?	227
171. 冲天炉爆炸的原因是什么? 怎样预防?	228
172. 什么叫炉胆棚料?	228
173. 发渣的原因是什么? 怎样预防及处置?	229
174. 耐火材料的性能包括哪些内容?	230
175. 常用的耐火材料有哪些?	231
176. 如何减少炉衬浸蚀, 延长炉衬寿命?	232
177. 有什么材料可代替耐火粘土砖修炉?	233
178. 什么是石灰石炉衬碱性冲天炉?	234
第五章 冲天炉用鼓风机	235
179. 离心式鼓风机的结构及工作原理是怎样的?	235
180. 离心式鼓风机有什么样的工作特性?	237
181. 如何调节离心式鼓风机的风量?	240
182. 离心式鼓风机的风量、风压、功率与转速有什么关 系? 如何提高风量及风压?	242
183. 鼓风机串联的目的是什么? 串联时应注意什么问题? ...	244
184. 鼓风机并联的目的是什么?	245
185. 气温对离心鼓风机的风压有什么影响?	246
186. 罗茨式鼓风机的结构原理及工作特性是怎样的?	246

187. 使用罗茨式鼓风机时应注意什么?	248
188. 怎样修复罗茨式鼓风机?	249
189. 离心式和罗茨式鼓风机各有哪些优缺点? 如何选择? ...	249
190. 什么叫做叶氏鼓风机?	250
191. 如何选择鼓风机的容量?	250
192. 罗茨式鼓风机的型号是怎样编制的?	251
193. 叶氏鼓风机的型号规格有哪些?	253
194. 8-18型离心鼓风机的性能参数是什么?	254
195. 离心式鼓风机容易出现什么故障?	256
196. 怎样估算一台鼓风机的风量、风压、转速及所需要的 电机功率?	256
197. 什么是冲天炉专用高效能离心式鼓风机?	259
198. HTD系列高效离心式鼓风机有什么优点?	260
199. HTD高效离心式鼓风机的系列参数是怎样的?	262
200. 应该怎样设计冲天炉的送风管路?	263

第一章 冲天炉的热工原理

1. 冲天炉有哪些优缺点？

熔炼铸铁的设备有冲天炉、电弧炉和感应电炉等。其中，冲天炉使用得最普遍，我国90%以上的铁水是用冲天炉熔炼的。国外，近年来用冲天炉熔炼铁水的比例虽有所下降，但铸铁产量大的国家，仍以冲天炉熔炼铁水为主。

冲天炉的优点在于：

- (1) 设备简单、投资少。
- (2) 操作容易。
- (3) 能连续熔化铁水。
- (4) 耗电量少。

然而，与电弧炉、感应电炉相比，却存在如下缺点：

- (1) 热效率低。
- (2) 铁水过热温度低。
- (3) 铁水成分波动大（碳、硅量的偏差可达 $\pm 0.2 \sim 0.4\%$ ）。
- (4) 环境污染严重。

2. 冲天炉的工作过程是怎样的？

冲天炉是一种连续生产铁水的熔炉。底部是供燃烧的焦炭（叫底焦），底焦上是一层层从加料口分批加入的炉料（包括铁料、焦炭及熔剂）。空气从风口送入炉内，使底焦燃烧，产生的热量用于预热、熔化金属及过热铁水。

在冲天炉中存在两种流动过程（见图1-1）：

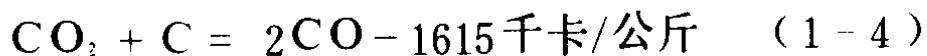
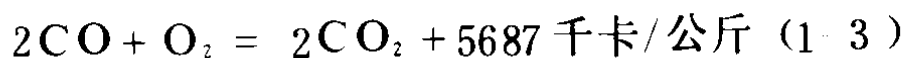
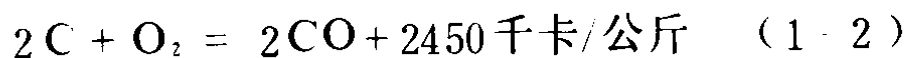
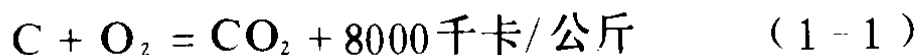
一种是当投进加料口的炉料下行时,被炉气预热,当温度升到熔点便开始熔化。熔化的铁滴在流经底焦层时继续被炽热的炉气及焦炭加热,使铁水过热到更高的温度,进入炉缸。

另一种是当底焦燃烧产生的高温炉气由下向上运动时,一面上升一面降温,放出的热量以各种方式传给金属。

3. 底焦燃烧时发生哪四个基本反应?

底焦是指第一排风口到熔化区平面所包括的焦炭。所以,冲天炉内底焦的燃烧属于厚层层状燃料燃烧,燃烧情况如图 1-2 所示。

燃烧过程要发生四个基本反应:



空气进入赤热的底焦,当被预热到略高于焦炭的着火温度(我国焦炭的着火温度为 $500 \sim 600^\circ\text{C}$),焦炭中的碳与空气中的氧按式(1-1)(1-2)进行反应。生成的 CO_2 、 CO 随炉气上升, CO 要与没用尽的氧发生式(1-3)反应生成 CO_2 ,继续放出热量。

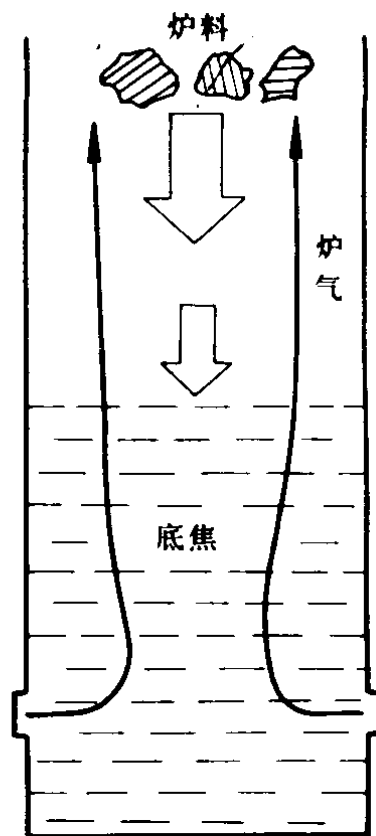


图 1-1 冲天炉工作过程原理物流图

由式(1-1)、
(1-3)生成的
 CO_2 上升,在高温
缺氧区域,与赤
热的焦炭发生式
(1-4)反应,生
成 CO ,吸收大量
的热量。

式(1-1)称
为完全燃烧反应,
式(1-2)称不完
全燃烧反应。因为
从放出的热量比较
看出,生成 CO 所
放出的热量仅为完
全燃烧放出热量的
 $1/3$,还有 $2/3$ 的热量(常称为化学热)没有放出来,潜
在于 CO 气体中。

式(1-4)称
为还原反应。

上述四个基
本反应的自由能
(ΔF°)与绝对温
度(T)的关系见
图1-3。从图可
见,在冲天炉焦炭
的燃烧区域内,这

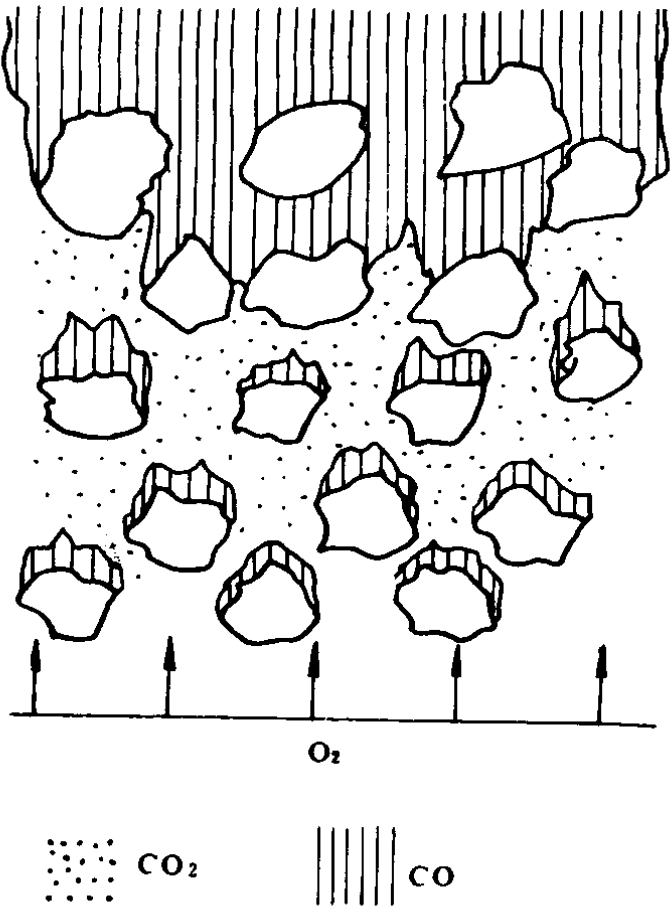


图 1- 2 块状燃料厚层燃烧示意图

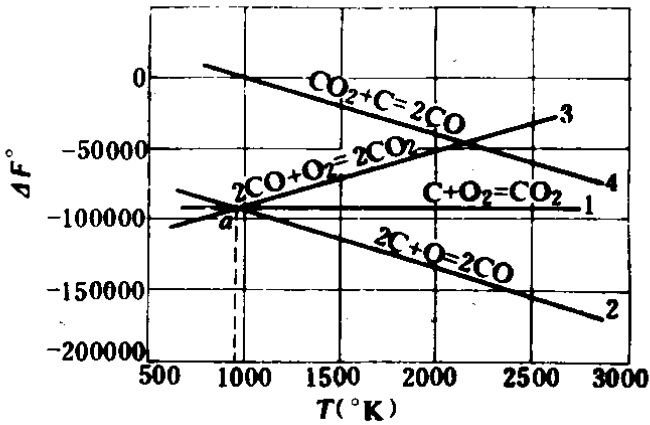


图 1- 3 C—O反应的 ΔF 和温度的关系

四个反应都能顺利进行，因为 ΔF 的数值都处在负值。直线1、2、3相交于970°K（ a 点）， a 点的右方，直线2处于最低，说明在高温条件下，CO比CO₂更稳定。在 a 点左方，直线3处于最低位置，即 $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ 具有最低的自由能，表明在低温条件下，CO₂比CO稳定。

4. 冲天炉内的炉气成分（CO₂、CO、O₂）是怎样分布的？怎样区分氧化带、还原带？

根据底焦燃烧四个基本反应的条件及位置，在炉子高度方向上CO₂、CO、O₂的分布见图1-4。

在风口，鼓进的新鲜空气氧的浓度最大（21%）。随着碳的氧化燃烧反应的进行，氧逐渐被消耗，反应生成的CO₂迅速增加并放出大量的热。当炉气中自由氧基本耗尽时，CO₂达最大值（约18%左右），炉气温度也升到最高（1600~1700℃）。在这种高温、缺氧、多碳的条件下、碳与氧的氧化反应已不能进行。自此，便发生 $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ 的还原反应。CO₂的浓度开始下降，CO逐渐增加，炉气温度也随之降低。当达到一定高度后炉温降到还原反应不能进行时，CO、CO₂趋于稳定。

从第一排风口到自由氧基本耗尽（实际上仍约有1%左右）这一区域称氧化带。从氧化带顶面到还原反应基本停止这一区域，由于CO₂被碳还原故称还

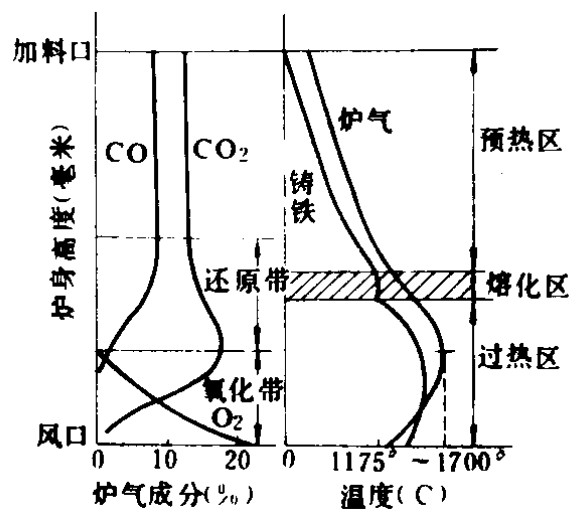


图1-4 冲天炉高度方向上炉气成份及温度的分布

原带。

由于在底焦层内无论是氧化带内的燃烧反应还是还原带内的还原反应，都要消耗焦炭，所以将它们统称为燃烧带。氧化带和还原带的分界面是炉气中CO₂含量最高的地方，同时也是炉温最高的地方，在那里炉衬浸蚀最大。

5 . 什么叫做焦炭的动力区燃烧及扩散区燃烧？

在四个基本的碳—氧反应中，有三个是“多相反应”，即固相与气相作用生成新的气相。反应通常由五个步骤组成，见图1-5。

- (1) 扩散 氧分子扩散到固体焦炭表面。
- (2) 吸附 氧分子被吸附在固体焦炭表面上。
- (3) 反应 氧分子与碳起反应生成新的气相(CO₂或CO)存在于焦炭表面。
- (4) 脱附 所生成的新相离开焦炭表面。
- (5) 再扩散 新相CO₂、CO扩散到炉气中去。

其中，(2)(3)(4)步紧密相连，被统称为化学 反应，(1)(5)称为扩散过程。焦炭的燃烧速度是由这两个过程中进行较慢的一个所决定。

据实验表明，化学反应速度($V_{反应}$)及扩散速度($V_{扩散}$)与温度的关系见图1-6。

当 $T < T_0$ 时， $V_{扩散} \gg V_{反应}$ ，燃烧过程取决于化学反应速度，这种

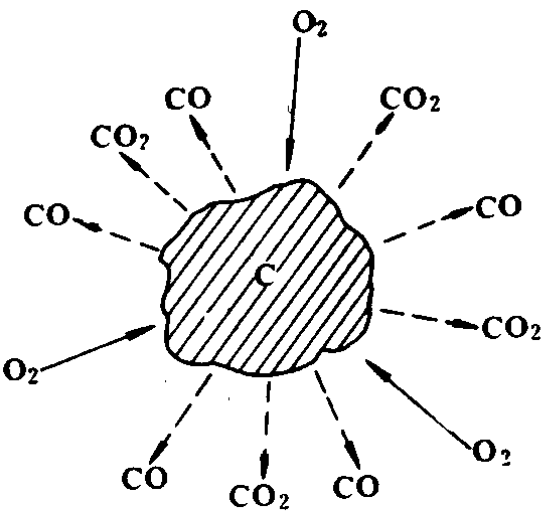


图1-5 C—O燃烧的过程