

● 郝素菊 蒋武锋 赵丽树 张维彬 编著

高炉炼铁

500 问

GAOLU LIANTIE 500 WEN



化学工业出版社



◎ 郝素菊 蒋武锋 赵丽树 张维彬 编著

高炉炼铁

500 问



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

高炉炼铁 500 问/郝素菊等编著. —北京: 化学工业出版社, 2008. 7
ISBN 978-7-122-03269-0

I. 高… II. 郝… III. 高炉炼铁-问答 IV. TF53-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 099738 号

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 李 军

装帧设计: 韩 飞

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: 化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 15 字数 388 千字

2008 年 9 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: 35.00 元

版权所有 违者必究

前言



钢铁工业是国民经济的重要基础产业，是国家经济水平和综合国力的重要标志。自 1996 年以来，我国已连续 12 年稳居世界第一产钢国的位置。2007 年全国生铁产量为 46945 万吨，比上年度增长 16.15%。我国钢铁工业不仅在数量上快速增长，而且在产品质量、装备水平、节能环保等方面都取得了很大进步。展望未来，对于一个拥有十多亿人口的大国，钢铁工业是现在和将来都离不开的重要产业，是实现工业化和现代化的基本保证。

为了进一步推动我国炼铁技术的发展，满足广大炼铁工作者的需要，本书从炼铁技术人员及操作工人必须掌握的知识及基本技能出发，以一问一答的形式系统介绍了高炉炼铁生产原料，高炉本体与炉体维护，炉内日常操作技术，炉前操作技术，高炉开炉、停高炉炼铁基本原理，炉与封炉操作，热风炉操作，高炉上料系统及炉顶装料设备，除尘系统与煤气安全，以及高炉喷吹煤粉系统等高炉炼铁必备知识与实用操作技术。

本书所提问题大多来自生产第一线，针对性强，回答简明，通俗易懂，具有较强的可操作性。书中尽可能地炼铁新技术和操作经验写入书中，以供从事炼铁操作技术人员参考，希望读者能在生产中尽快提高操作水平，将理论与生产操作结合起来，减少操作失误，使高炉稳定运行，达到优质、高产、低耗和长寿的目的，使所操作高炉的技术经济指标更先进。

由于时间仓促，水平所限，书中难免有不妥之处，恳望读者批评指正。

编著者
2008 年 9 月

目 录



第一章 高炉炼铁生产原料

第一节 天然铁矿石	1
1 矿物、矿石、岩石及脉石的概念是什么？如何区分？	1
2 天然铁矿石分为哪几类？有何特征？	3
3 评价天然铁矿石的主要指标有哪些？	3
第二节 锰矿石	6
4 锰矿石分为哪几类？有何特征？	6
5 对锰矿石的质量要求有哪些？	7
第三节 烧结矿	7
6 为什么要造块？	7
7 铁矿粉烧结生产有何意义？	8
8 现代烧结生产的工艺流程是什么？	8
9 烧结过程分为哪几层？	9
10 烧结料在烧结矿层会发生哪些变化？	9
11 烧结料在燃烧层会发生哪些变化？	10
12 烧结料在干燥层会发生哪些变化？	11

13	烧结料在预热层会发生哪些变化?	11
14	烧结料在过湿层会发生哪些变化?	11
15	烧结料层中固体炭的燃烧有何特点?	11
16	烧结矿生产中使用哪些熔剂? 有何要求?	12
17	为什么高碱度烧结矿有时会出现“白点”? 有何危害?	13
18	如何消灭“白点”?	13
19	烧结矿的显微结构如何? 由哪些矿物组成?	14
20	烧结矿中主要矿物的性质如何?	16
21	对烧结矿质量主要有哪些基本要求?	18
22	对烧结矿的还原性能 (RI) 有何要求? 其影响因素是什么?	18
23	对烧结矿的低温还原粉化性能 (RDI) 有何要求? 其影响因素是什么?	18
24	对烧结矿的荷重还原软熔性能有何要求? 其影响因素是什么?	20
25	根据碱度烧结矿可分为哪几类?	21
26	什么叫低硅烧结矿? 生产时应采取哪些技术措施?	23
27	什么叫小球烧结? 与普通烧结有何不同?	23
28	小球烧结有何优点?	24
29	什么叫热风烧结? 有何优点?	24
第四节 球团矿		25
30	什么是球团生产?	25
31	目前主要有哪几种球团焙烧方法? 其设备示意图是怎样的?	25
32	竖炉的工作原理是什么? 有何特点?	26
33	带式焙烧机的工作原理是什么? 有何特点?	27
34	链篦机-回转窑焙烧的工作原理是什么? 有何特点?	27

35	球团生产与烧结生产相比有何特点?	28
36	球团矿由哪些矿物组成?	28
37	高炉冶炼对球团矿的质量要求是什么?	30
第五节 燃料		31
38	焦炭在高炉冶炼中起什么作用?	31
39	高炉对焦炭的质量要求是什么?	32
40	焦炭在高炉内如何变化?	33
41	喷吹用煤的工业分析包括哪些内容?	35
第六节 熔剂		36
42	高炉为什么要用熔剂? 常用熔剂分为几类?	36
43	高炉冶炼对熔剂的质量要求是什么?	37
第七节 合理炉料结构		37
44	高炉炼铁用哪些原料? 精料包括哪些内容?	37
45	我国合理的炉料结构是什么?	38

第二章 高炉炼铁基本原理

第一节 铁氧化物还原基本理论		40
46	什么是金属氧化物的分解压?	40
47	什么是铁氧化物的还原反应?	40
48	什么是铁氧化物的逐级转化原则?	40
49	什么是体系的平衡移动原理?	42
50	铁氧化物在高炉内的还原反应有哪些规律?	42
51	用 CO 还原铁氧化物有哪些特点?	43
52	用固体炭还原铁氧化物有何特点?	46
53	用 H ₂ 还原铁氧化物有哪些特点?	46
54	如何比较 CO、H ₂ 还原铁氧化物的能力?	47
55	什么是碳素溶解损失反应、水煤气反应、水煤气 置换反应?	49
56	什么叫铁的间接还原、直接还原?	49
57	什么叫 CO 利用率? 如何计算?	50

58	什么叫 H_2 利用率? 如何计算?	50
59	什么是铁的直接还原度? 如何计算?	50
60	什么是高炉直接还原度? 如何计算?	51
61	高炉冶炼中铁的间接还原与碳素消耗有什么 关系?	51
62	高炉冶炼中铁的直接还原与碳素消耗有什么 关系?	53
63	直接还原度与碳素消耗有什么关系?	54
64	直接还原度与焦比有什么关系?	55
65	从铁氧化物中还原铁和从复杂化合物中还原铁有 什么区别?	56
66	铁矿石是如何被还原剂还原的?	57
67	哪些因素影响铁矿石的还原速度?	58
68	煤气中 CO 和 H_2 的浓度如何影响铁矿石的还原 速度?	58
69	煤气温度如何影响铁矿石的还原速度?	58
70	煤气流速如何影响铁矿石的还原速度?	59
71	煤气压力如何影响铁矿石的还原速度?	59
72	矿石粒度如何影响铁矿石的还原速度?	59
73	矿石孔隙度和矿物组成如何影响铁矿石的还原 速度?	60
74	高炉内生铁的生成和渗碳是如何进行的?	60
第二节 非铁元素的还原		62
75	高炉内锰是如何被还原出来的?	62
76	高炉内硅是如何被还原及进入生铁的?	64
77	控制硅还原的条件是什么?	64
78	高炉内磷是如何被还原与分配的?	65
79	磷全部进入生铁的原因是什么?	66
80	高炉内铅是如何被还原的?	66
81	高炉内锌是如何被还原的?	67

82	高炉内砷是如何进入生铁的？	67
83	高炉中含有铅、锌、砷有何不利影响？ 如何处理？	67
84	高炉内钒、钛、镍、铬是如何被还原的？	67
第三节 高炉炉渣与脱硫		68
85	高炉冶炼为何要造渣？	68
86	什么是矿石的软化性能？	69
87	炉渣的主要成分是什么？	70
88	炉渣在高炉冶炼过程中起什么作用？	71
89	什么叫炉渣碱度？ 如何表示？	71
90	什么叫碱性炉渣和酸性炉渣？	72
91	炉渣的软熔特性对高炉冶炼有什么影响？	73
92	什么叫炉渣的熔化温度？ 对高炉冶炼有什么影响？	73
93	什么叫炉渣熔渣性温度？ 它对高炉冶炼有什么影响？	73
94	什么叫炉渣黏度？ 它对高炉冶炼有什么影响？	75
95	什么叫长渣？ 什么叫短渣？	77
96	哪些因素影响炉渣黏度？	77
97	什么是炉渣的稳定性？	80
98	造渣过程对高炉冶炼有何影响？	81
99	利用炉渣相图可以了解哪些问题？	82
100	什么是炉渣分子结构理论？	83
101	什么是炉渣离子结构理论？	84
102	现代炉渣离子结构理论如何解释炉渣碱度与黏度之间的关系？	86
103	什么叫炉渣的表面性质？ 它对高炉冶炼有什么影响？	87
104	什么叫高炉内硫的循环富集？	88
105	硫在高炉内是怎样挥发的？	89

106	高炉内硫在渣、铁和煤气中是如何分配的？	90
107	炉渣是如何脱硫的？	91
108	什么叫硫的分配系数？影响它的因素有哪些？	92
109	生铁含硫量与渣量有何关系？	93
110	影响炉渣的脱硫能力的因素有哪些？	94
111	什么叫渣铁间的耦合反应？	95
112	碱金属在高炉内是如何循环的？有什么危害？	96
113	如何利用炉渣排碱？	98

第四节 炉料、煤气在高炉内的运动及变化规律 98

114	高炉内碳的气化反应有什么规律？	98
115	如何计算炉缸内煤气成分和体积？	99
116	炉缸燃烧反应在高炉冶炼过程中起什么作用？	101
117	什么叫风口燃烧带和风口回旋区？	102
118	影响燃烧带和回旋区大小的因素有哪些？	103
119	什么叫风速、鼓风动能？	104
120	如何计算风速和鼓风动能？	104
121	什么叫理论燃烧温度？它与炉缸温度有什么区别？	105
122	影响理论燃烧温度的因素有哪些？	106
123	煤气上升过程中发生什么变化？	107
124	哪些因素影响炉顶煤气成分？	108
125	什么叫炉料与煤气的水当量？	109
126	煤气上升过程中的热交换有什么规律？	110
127	影响炉顶温度的因素有哪些？	111
128	影响炉缸渣铁温度的因素有哪些？	112
129	高炉料柱有哪些散料特性？	112
130	煤气在块状带内的阻力损失有什么规律？影响因素有哪些？	114
131	什么是高炉煤气的“压头损失”？	115

132	什么叫高炉料柱的透气性？其主要参数是什么？	116
133	料柱透气性在高炉冶炼过程中起什么作用？	117
134	如何改善块状带料柱的透气性？	117
135	软熔带的作用是什么？有哪几种类型？	119
136	软熔带形状对煤气流动有何影响？	120
137	软熔带高度对煤气流动有何影响？	121
138	软熔带厚度对煤气流动有何影响？	121
139	滴落带煤气运动的阻力主要受哪些因素的影响？	122
140	高炉内炉料下降必须具备哪些条件？	123
141	块状带炉料下降运动有什么特点？	124
142	软熔带以下炉料运动有什么特点？	124

第三章 高炉本体与炉体维护

第一节 高炉炉型	126
143 什么叫高炉炉型？其尺寸如何表示？	126
144 什么叫高炉有效高度及有效容积？	127
145 什么叫风口高度？如何确定风口数目？	128
146 为什么五段式高炉炉型适合高炉冶炼？各部位对高炉冶炼有何影响？	128
147 什么叫死铁层厚度？它对高炉冶炼有何影响？	129
148 什么叫设计炉型、操作炉型和合理炉型？	129
第二节 高炉炉衬	130
149 高炉常用哪些砖型？具体尺寸是什么？	130
150 炉底的侵蚀机理是什么？	130
151 影响炉底寿命的因素有哪些？	131
152 炉缸的侵蚀机理是什么？	131
153 炉腹的侵蚀机理是什么？	132

154	炉身的侵蚀机理是什么?	132
155	决定炉衬寿命的因素有哪些?	133
156	高炉对耐火材料的要求是什么?	133
157	高炉常用耐火材料有哪些?	134
158	高炉用高铝砖和黏土砖的理化指标有哪些?	134
159	高炉用炭质耐火材料的主要特性是什么?	135
160	如何提高炭砖的质量? 各国炭砖的理化性能 如何?	136
161	高炉炉底、炉缸有哪几种基本结构?	137
162	大块炭砖炉底、炉缸的结构如何? 怎样 砌筑?	137
163	小块炭砖炉底、炉缸的结构如何? 怎样 砌筑?	139
164	陶瓷杯结构或耐火材料隔热衬的结构如何? 怎样砌筑?	140
165	炉底、炉缸常用耐火材料有哪些?	141
166	高炉炭块的理化指标如何?	141
167	半石墨炭砖的组成及理化指标如何?	141
168	微孔炭块的组成及理化指标如何?	142
169	国外炭砖的成型工艺及技术指标如何?	143
170	石墨砖的组成及理化指标如何?	144
171	炭砖炉底如何砌筑?	145
172	炉腹、炉腰和炉身下部炉衬如何砌筑?	146
173	炉身上部和炉喉部位炉衬如何砌筑?	147

第三节 高炉冷却 148

174	冷却设备的作用是什么?	148
175	高炉常用的冷却介质是什么?	148
176	光面冷却壁的结构如何?	149
177	光面冷却壁有何特点? 如何安装?	149
178	镶砖冷却壁的结构如何?	150

179	镶砖冷却壁有何特点? 如何应用?	150
180	新日铁第三代、第四代冷却壁的结构及主要特点 是什么?	151
181	冷却板的结构如何?	152
182	冷却板有何特点?	152
183	冷却板与冷却壁的冷却原理是什么? 主要应用于 高炉哪些部位?	153
184	板壁结合冷却结构主要应用于高炉哪些部位? 有何优点?	153
185	铜冷却壁与铸铁冷却壁相比有何特点?	154
186	铜冷却壁主要有哪些优点?	154
187	炉身冷却模块的结构及优点?	156
188	什么是冷却设备的工作制度?	158
189	如何确定冷却设备中水的消耗量?	158
190	如何确定冷却设备中水压和流速?	159
191	如何确定冷却设备中进出水的温度差?	159
192	高炉冷却系统分为哪几类?	160
193	高炉气化冷却的工作原理是什么? 有何 优点?	160
194	工业水开路循环冷却系统的工作原理是 什么?	161
195	软水密闭循环系统的工作原理是什么?	162
196	软水密闭循环系统有何优点?	163
第四节 高炉送风管路		163
197	如何确定热风围管的直径?	163
198	送风支管有哪几部分组成?	164
199	直吹管的结构及主要技术要求有哪些?	166
200	风口结构如何?	167
201	风口损坏原因有哪些? 常采取哪些措施?	167
第五节 高炉钢结构及高炉炉底		168

202	高炉本体钢结构主要有哪几种结构形式? 各有何特点?	168
203	高炉基础的组成及负荷是什么?	170
第六节 炉体维护		171
204	进行炉体喷补或灌浆造衬的缘由有哪些?	171
205	如何进行高炉炉体喷补或灌浆造衬?	171
206	钛矿护炉的机理是什么?	173
207	含钛矿加入方法及其用量如何?	174

第四章 炉内日常操作技术

第一节 高炉基本操作制度	177
208 高炉基本操作制度的意义及内容是什么?	177
209 什么是装料制度? 包括哪些内容?	177
210 什么是造渣制度? 包括哪些内容?	178
211 日常生产中怎样选择造渣制度?	179
212 什么是热制度? 主要内容是什么?	180
213 怎样选择热制度?	180
214 高炉热交换与炉缸温度有什么关系?	181
215 铁矿石还原过程与炉缸温度有何关系?	182
216 风量和料速对炉缸温度有何影响?	183
217 原、燃料质量变化对炉缸温度有何影响?	183
218 影响生铁含硅量的因素有哪些?	184
219 怎样进行热制度的调整?	186
220 冶炼铁种改变时如何调整焦炭负荷?	187
221 喷煤量改变时怎样调整焦炭负荷?	189
222 低料线作业时如何调整焦炭负荷?	189
223 长期休风和慢风作业时怎样调整焦炭负荷?	190
224 下雨时怎样调整焦炭负荷?	190
225 临时性发展边缘气流操作时怎样调整焦炭负荷?	191

226	调剂炉温的方法有几种? 应遵循哪些原则?	192
227	什么是送风制度? 包括哪些内容?	193
228	如何确定风量?	193
229	如何确定风温?	193
230	如何确定鼓风湿度?	194
231	如何控制喷吹煤粉?	194
232	如何选择风口?	194
233	如何综合运用高炉上部、下部调剂?	195
234	判断合理煤气流分布的标准是什么?	196
235	什么是高炉冶炼周期? 表示什么意义?	197
236	炉缸直径与鼓风动能的关系如何?	198
237	冶炼强度与鼓风动能的关系如何?	198
238	原燃料与鼓风动能的关系如何?	199
239	冶炼铁种变化与鼓风动能的关系如何?	199
240	综合喷吹与鼓风动能的关系如何?	199
241	什么是高压操作? 如何实现高压?	200
242	高压操作有什么效果?	200
243	高压操作与常压操作的转换程序是什么?	201
244	使用高压操作有哪些注意事项?	202
第二节 炉况判断与调节		203
245	正常炉况的标志有哪些?	203
246	失常炉况分为哪几类?	204
247	怎样通过风口观察来判断炉况?	204
248	怎样从出铁情况来判断炉况?	205
249	怎样通过炉渣来判断炉况?	206
250	如何绘制炉喉煤气曲线?	207
251	煤气流与炉料在接触时会发生哪些化学 反应?	208
252	煤气流与炉料在接触时会发生什么热交换?	208
253	煤气曲线能说明什么问题?	208

254	什么叫边缘气流过分发展？是如何引起的？有何不利影响？	210
255	边缘气流过分发展有何征兆？	211
256	边缘气流过分发展应如何处理？	212
257	中心煤气流过分发展是如何引起的？有何不利影响？	212
258	中心煤气流过分发展有何征兆？	212
259	中心煤气流过分发展应如何处理？	213
260	炉热有何征兆？	213
261	炉热应如何处理？	213
262	炉凉有何征兆？	214
263	炉凉应如何处理？	215
264	什么是低料线？低料线有何危害？	216
265	低料线应如何处理？	217
266	什么是偏料？产生的原因是什么？	218
267	偏料有哪些征兆？	218
268	偏料应如何处理？	218
269	管道行程产生的原因是什么？	218
270	管道行程有哪些征兆？	219
271	管道行程应如何处理？	219
272	什么是悬料？悬料产生的原因是什么？	220
273	悬料产生有哪些征兆？	220
274	悬料应如何处理？	221
275	什么叫崩料、连续崩料？产生的原因是什么？	223
276	崩料、连续崩料有哪些征兆？	223
277	崩料应如何处理？	224
278	炉缸堆积的原因是什么？	225
279	炉缸堆积有哪些征兆？	225
280	炉缸堆积应如何处理？	226

281	什么是高炉结瘤? 造成高炉结瘤的原因是 什么?	226
282	高炉结瘤有哪些征兆?	227
283	高炉结瘤后应如何处理?	228
284	什么是炉缸冻结? 产生的原因是什么?	228
285	炉缸冻结有哪些征兆?	228
286	炉缸冻结后应如何处理?	229
第三节 炉料计算		230
287	如何进行高炉配料计算?	230
288	如何进行洗炉配料计算?	237
289	怎样进行变料与核料计算?	239

第五章 炉前操作技术

第一节 炉前操作指标		244
290	炉前操作的任务是什么?	244
291	衡量炉前操作的指标有哪些?	244
第二节 出铁操作		246
292	铁口的构造如何?	246
293	开炉后生产中的铁口状况如何?	246
294	出铁时铁口应如何操作?	247
295	开铁口机应满足什么要求? 分为哪几类?	247
296	钻孔式开铁口机是怎样工作的? 有什么优 缺点?	248
297	冲钻式开铁口机是怎样工作的? 有什么优 缺点?	249
298	如何确定适宜的出铁次数?	249
299	出铁口的合理深度是多少?	250
300	怎样维护好出铁口?	251
301	炉前出铁、放渣时应注意什么?	252
302	正常出铁操作步骤是什么? 注意事项有哪些? ...	252