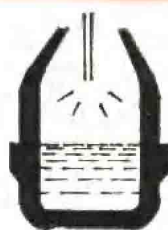


新型窑炉及其耐火材料

日本耐火材料技术协会编



鞍山焦化耐火材料设计研究院技术情报科译

出版说明

遵照伟大领袖和导师毛主席关于“洋为中用”的教导，为了适应我国冶金工业迅速发展的需要，赶超世界先进水平，我们翻译了日本1973年出版的《新型窑炉及其耐火材料》一书。

全书共分三编，较系统地介绍了各种工业窑炉设备和耐火材料的发展情况。其中包括高炉、热风炉、焦炉、转炉、电炉、均热炉、加热炉、热处理炉、水泥窑、石灰窑、玻璃窑、有色金属冶炼炉和这些窑炉使用的耐火材料的种类、性能、制造方法及使用效果等。同时，还介绍了近年来国外的技术发展情况，如转炉的综合炉衬，电炉的超高功率操作，铁水的脱硫，钢水的真空脱气处理和连铸，盛钢桶的离心投射和滑动铸口，各种高级耐火砖、散状耐火材料和陶瓷纤维的制造和应用等。因此，对发展我国冶金工业和耐火材料工业有一定借鉴之处和参考价值。

由于涉及专业较广，而且我们水平有限，经验不足，书中可能有不少缺点错误，希望广大读者批评指正。

冶金工业部鞍山焦化耐火材料设计研究院技术情报科

目 录

第1编 工业窑炉的发展和耐火材料

1、高炉、热风炉的发展和耐火材料..... 1	2.3.3 威尔甫式和奥托式.....43
1.1 绪言..... 1	2.3.4 新日铁式、富士式.....47
1.2 高炉操作技术与设备的发展..... 3	2.4 最近大型焦炉的结构.....47
1.2.1 高炉大型化的现状..... 3	2.4.1 考伯斯式焦炉.....47
1.2.2 大型高炉的问题..... 5	2.4.2 史蒂尔式焦炉.....48
1.2.3 炉顶高压操作与高炉用设备..... 7	2.5 焦炉用耐火材料.....50
1.2.4 喷吹重油和富氧鼓风..... 9	2.5.1 焦炉用耐火砖的标准.....50
1.3 高炉用耐火材料.....11	2.5.2 质量.....52
1.3.1 炉墙用耐火材料.....12	2.5.3 形状和尺寸.....57
1.3.2 炉底用耐火材料.....20	2.6 大型焦炉用硅砖的质量变化.....58
1.3.3 高炉用耐火材料的今后研究方向和课题.....24	2.6.1 断面的状况.....58
1.4 热风炉.....25	2.6.2 物理性能和化学成份.....58
1.4.1 热风炉设备的发展.....25	2.6.3 X射线衍射.....59
1.4.2 内燃型考巴式热风炉.....26	2.7 今后建设和操作上的问题.....60
1.4.3 内燃型热风炉的损坏.....26	2.7.1 耐火材料.....60
1.4.4 外燃型热风炉.....29	2.7.2 炉体设计.....63
1.5 热风炉用耐火材料.....31	2.8 结语.....64
1.5.1 热风炉炉体用砖.....31	3、转炉的发展和耐火材料.....66
1.5.2 高温热风炉用隔热砖.....35	3.1 绪言.....66
1.5.3 送风管、送风支管用耐火材料.....35	3.2 转炉炼钢法的发展变化.....67
1.6 结语.....36	3.2.1 炉内容积.....67
2、焦炉的发展和耐火材料.....40	3.2.2 生产能力的提高.....67
2.1 绪言.....40	3.2.3 冶炼钢种的扩大.....68
2.2 大型焦炉的现状.....40	3.2.4 炉体寿命.....69
2.3 大型焦炉的发展经过.....43	3.3 LD转炉的未来.....69
2.3.1 考伯斯式.....43	3.4 转炉用耐火材料的演变.....70
2.3.2 史蒂尔式.....43	3.4.1 概况.....70
	3.4.2 转炉砖的原料演变.....71
	3.4.3 转炉砖的生产工艺.....74
	3.4.4 转炉砖的特性.....79

3.5 砖的特性与蚀损的关系.....79	4.3.2 炉子容积.....95
3.5.1 蚀损状态.....80	4.3.3 炉用变压器.....97
3.5.2 高温强度和杂质总量.....81	4.3.4 电极的升降和 电流的调节.....97
3.5.3 透气率.....82	4.4 电弧炉操作的变革..... 100
3.5.4 碳的效果.....83	4.5 电弧炉用耐火材料..... 101
3.6 耐火材料的蚀损 与操作的关系.....83	4.5.1 炉顶..... 102
3.6.1 每天吹炼次数.....83	4.5.2 炉墙..... 105
3.6.2 铁水中的硅含量.....84	4.5.3 炉底..... 106
3.6.3 炉渣中总含铁量.....84	4.6 结语..... 107
3.6.4 再吹炼.....85	5、钢水脱气的发展和耐火材料..... 107
3.6.5 氧气使用量.....85	5.1 脱气处理的目的 和原理..... 107
3.6.6 萤石使用量.....85	5.2 各种方法的概况..... 108
3.6.7 苏打灰使用量.....86	5.3 脱气用耐火材料 应具备的特性..... 109
3.6.8 终点温度.....87	5.4 耐火材料在高温 真空中的性状..... 110
3.6.9 冶炼钢种.....88	5.5 耐火材料在减压下 与钢水的反应..... 112
3.7 转炉各部位的炉衬.....88	5.6 盛钢桶脱气及滴流脱气 用耐火材料..... 113
3.7.1 炉口部位.....88	5.7 DH法脱气用耐火 材料..... 114
3.7.2 炉帽部位.....89	5.8 RH法脱气用耐火 材料..... 115
3.7.3 出钢侧(炉腹).....89	6、连续铸钢的发展和 耐火材料..... 117
3.7.4 渣线部位(炉腹).....89	6.1 绪言..... 117
3.7.5 耳轴侧(炉腹).....89	6.2 连铸设备与操作..... 118
3.7.6 装料侧(炉腹).....89	6.2.1 中间盛钢桶与铸口..... 119
3.7.7 炉缸和炉底.....90	6.2.2 结晶器与振动..... 120
3.7.8 出钢口.....90	6.2.3 二次冷却..... 121
3.7.9 炉衬断面的变化.....90	6.3 连铸用耐火材料..... 123
3.8 今后的转炉用砖.....90	6.3.1 盛钢桶用耐火材料..... 123
3.8.1 原料的超高纯化.....91	6.3.2 中间盛钢桶用 耐火材料..... 124
3.8.2 砖的高温烧成.....91	6.3.3 浸入式铸口砖..... 125
3.8.3 利用高软化点沥青.....91	
3.8.4 其它.....92	
3.9 结语.....92	
4、电弧炉的发展和耐火材料.....93	
4.1 绪言.....93	
4.2 电弧炉设备和生产的演变.....93	
4.3 电弧炉的发展.....93	
4.3.1 电弧炉的结构.....93	

6.4 连铸的今后展望.....	125	8.4.1 型式.....	152
7、均热炉、加热炉、热处理炉的 发展和耐火材料.....	128	8.4.2 分类.....	152
7.1 目前轧钢用炉子的 技术水平.....	128	8.4.3 沸腾层烧成.....	152
7.2 均热炉.....	128	8.5 窑的尺寸与烧成能力.....	152
7.2.1 炉型的演变.....	128	8.5.1 概况.....	152
7.2.2 燃烧方式及烧嘴.....	129	8.5.2 烧成能力计算图表.....	155
7.2.3 换热器.....	130	8.6 熟料冷却器.....	155
7.2.4 耐火材料结构.....	131	8.6.1 炉篦式冷却器.....	155
7.2.5 均热炉今后的课题.....	133	8.6.2 行星式冷却器.....	156
7.3 加热炉.....	133	8.7 窑用耐火材料的寿命.....	156
7.3.1 炉型和燃烧方式.....	134	8.7.1 与窑直径的关系.....	156
7.3.2 加热条件的考察.....	135	8.7.2 各种型式窑的耐火 材料单耗.....	157
7.3.3 炉内搬运机构的改进.....	136	8.7.3 其它.....	158
7.3.4 耐火材料结构.....	138	8.8 水泥窑用耐火 材料的品种.....	158
7.3.5 加热炉今后的课题.....	139	8.8.1 日本的现状.....	158
7.4 热处理炉.....	139	8.8.2 国外的状况.....	159
7.4.1 厚板用热处理炉.....	139	8.8.3 新制品.....	160
7.4.2 带钢热处理炉.....	140	8.8.4 散状耐火材料.....	161
7.4.3 热处理炉今后的课题.....	142	8.9 窑砖的衬砌.....	161
7.5 轧钢用炉衬材料.....	142	8.9.1 砌窑用具.....	161
7.5.1 均热炉用耐火材料.....	142	8.9.2 拱架法.....	161
7.5.2 加热炉用耐火材料.....	145	8.9.3 拆除旧砖.....	162
7.5.3 退火炉用耐火材料.....	147	8.9.4 砖缝.....	162
7.5.4 今后的课题.....	148	8.10 回转窑各带用砖 和蚀损机理.....	163
8、水泥窑的发展和耐火材料.....	149	8.10.1 水泥窑用砖的变化.....	163
8.1 绪言.....	149	8.10.2 烧成带用砖.....	163
8.2 日本水泥窑的建设状况,各种 型式水泥窑的产量演变.....	149	8.10.3 煅烧带用砖.....	165
8.2.1 窑的分类.....	151	8.10.4 干燥预热带用砖.....	165
8.2.2 大型水泥窑.....	151	8.10.5 冷却带用砖.....	166
8.3 外国水泥窑的 建设状况.....	151	8.10.6 耐火砖的碱侵蚀 问题.....	166
8.3.1 概况.....	151	9、石灰煅烧窑的发展 和耐火材料.....	172
8.3.2 大型水泥窑.....	151	9.1 石灰石的煅烧.....	172
8.4 带有吊挂预热器的窑 (SP窑).....	152	9.2 石灰煅烧窑的发展.....	175

9.2.1 回转窑.....	177	11.3.3 闪速炉.....	213
9.2.2 竖窑.....	180	11.3.4 转炉.....	214
9.3 石灰煅烧窑用耐火材料.....	184	11.3.5 精炼炉.....	218
10、玻璃窑的发展和耐火材料.....	188	11.3.6 熔化电解铜用竖炉...	219
10.1 绪言.....	188	11.3.7 熔化电解铜沉淀渣用电炉.....	219
10.2 玻璃池窑的结构和玻璃熔化技术的发展.....	189	11.3.8 氧化炉(分银炉)...	219
10.2.1 熔化池.....	189	11.4 炼铅法的概况.....	220
10.2.2 熔化池和冷却池的分隔.....	190	11.4.1 粗铅的冶炼.....	220
10.2.3 热交换室.....	191	11.4.2 粗铅的电解精炼.....	222
10.3 玻璃窑用耐火材料的发展.....	192	11.5 炼铅炉和炉衬材料.....	222
10.3.1 熔化池.....	194	11.5.1 炼铅电炉.....	222
10.3.2 冷却池、工作池.....	197	11.5.2 炼铅鼓风炉.....	223
10.3.3 蓄热室.....	197	11.6 镍铁冶炼法的概况.....	224
10.4 玻璃纤维池窑用耐火材料.....	201	11.6.1 电炉法.....	224
10.4.1 接触玻璃用耐火材料.....	201	11.6.2 鼓风炉法.....	225
10.4.2 上部结构用耐火材料.....	202	11.6.3 回转炉法.....	225
10.5 结语.....	203	11.7 炼镍铁炉和炉衬材料.....	226
11、有色金属冶炼炉的发展和耐火材料.....	204	11.7.1 电炉.....	226
11.1 绪言.....	204	11.7.2 炼镍鼓风炉.....	227
11.2 炼铜法的概况.....	204	11.7.3 回转炉(冶炼粒铁回转炉).....	227
11.2.1 冰铜的生产.....	205	11.8 炼锌法的概况.....	227
11.2.2 粗铜的生产.....	208	11.9 炼锌炉和炉衬材料.....	229
11.2.3 电解精炼.....	209	11.9.1 炼锌用电炉.....	229
11.3 炼铜炉和炉衬材料.....	210	11.9.2 I.S.P 冶炼炉.....	230
11.3.1 鼓风炉.....	210	11.10 有色金属冶炼的动向和各种冶炼炉用耐火材料的最近趋向.....	230
11.3.2 反射炉.....	211	11.10.1 有色金属冶炼的动向.....	230
		11.10.2 各种冶炼炉用耐火材料的最近趋向.....	231
		11.11 结语.....	232

第2编 耐火材料的发展和趋势

1、耐火材料的学术研究.....	233	1.2 从相平衡论所见成份上的改进.....	234
1.1 前言.....	233		

1.2.1 成份对生成液相的影响.....	234	3.2.3 电炉用耐火材料分科会.....	263
1.2.2 $\text{MgAl}_2\text{O}_4 - \text{MgFe}_2\text{O}_4 - \text{MgCr}_2\text{O}_4 - \text{Ca}_2\text{SiO}_4$	235	3.3 研究报告的概要.....	265
1.2.3 $\text{MgAl}_2\text{O}_4 - \text{MgFe}_2\text{O}_4 - \text{MgCr}_2\text{O}_4 - \text{CaMgSiO}_4$	235	3.3.1 关于转炉方面的报告...	265
1.2.4 $\text{MgAl}_2\text{O}_4 - \text{MgFe}_2\text{O}_4 - \text{MgCr}_2\text{O}_4 - \text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$	236	3.3.2 关于电炉方面的报告...	274
1.2.5 $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{B}_2\text{O}_3$...	238	3.3.3 关于混铁炉方面的报告.....	280
1.3 显微结构和直接结合.....	239	3.3.4 关于平炉方面的报告...	284
1.3.1 使用烧结镁铬颗粒生产的耐火材料.....	239	3.3.5 关于其它方面的报告(基础研究).....	285
1.3.2 Kaldo转炉内衬的侵蚀状态.....	241	4、铸锭用耐火材料专门委员会记录.....	288
1.3.3 固体颗粒的排列.....	242	4.1 前言.....	288
1.4 与评价耐火材料有关的性能(一些机械性能).....	245	4.2 盛钢桶砖.....	289
1.4.1 细小气孔对多晶体氧化镁变形的影响.....	245	4.2.1 演变及经过.....	289
1.4.2 弹性模数和机械强度...	246	4.2.2 半硅砖的改进.....	290
1.4.3 氧化镁的高温蠕变.....	249	4.2.3 半硅砖的高温特性.....	291
1.4.4 耐火材料的晶界问题...	255	4.2.4 盛钢桶砖的侵蚀机理...	293
1.5 结语.....	256	4.2.5 不烧砖.....	297
2、耐火材料的发展和趋势.....	257	4.2.6 碱性砖的应用.....	297
2.1 前言.....	257	4.2.7 砌筑方法的改进.....	299
2.2 需要工业部门的要求.....	257	4.2.8 砖缝用火泥.....	300
2.3 生产耐火材料的技术和设备的发展.....	259	4.3 锆英石砖.....	302
2.4 结语.....	260	4.3.1 锆英石质盛钢桶砖.....	302
3、炼钢炉用耐火材料专门委员会记录.....	260	4.3.2 锆英石的分解.....	306
3.1 前言.....	260	4.4 浇口砖.....	307
3.2 经过.....	261	4.4.1 座砖.....	307
3.2.1 开会日期和开会地点...	261	4.4.2 铸口砖.....	308
3.2.2 本委员会.....	261	4.4.3 塞头砖.....	311
		4.4.4 袖砖.....	313
		4.5 浇铸底盘砖.....	315
		4.6 新铸锭法用耐火材料.....	316
		4.6.1 连铸用耐火材料.....	316
		4.6.2 真空脱气用耐火材料...	318
		4.7 铸锭用新的耐火材料.....	323
		4.7.1 滑动铸口.....	323
		4.7.2 盛钢桶内衬使用散状耐火材料.....	324

4.7.3 其它事项.....	328	7.2 筑炉机械的发展和现状...	346
4.8 小委员会的经过报告.....	329	7.2.1 采用筑炉机筑造转炉...	346
5、耐火原料委员会记录		7.2.2 采用投射机筑造	
——耐火原料五年间的变化.....	332	盛钢桶.....	347
5.1 前言.....	332	7.2.3 采用喷枪喷补.....	349
5.2 原料委员会报告.....	332	7.2.4 采用振动浇注法	
5.2.1 开会日期、开会地点		筑造炉底.....	350
和议题.....	332	7.3 浇注料、可塑料的利用和	
5.2.2 会议经过.....	333	结构、施工方法的改进...	351
5.3 最近耐火原料的实际消耗		7.3.1 利用浇注料、可塑料的	
情况的变化.....	337	趋势.....	351
6、设备委员会记录.....	337	7.3.2 散状耐火材料在窑炉上的	
6.1 前言.....	337	使用情况.....	352
6.2 发展的概况.....	337	7.4 装卸、搬运机械.....	353
6.2.1 搬运、运输机械的		7.4.1 火泥的压送和压入机...	353
应用.....	337	7.4.2 装卸机械.....	353
6.2.2 省力化→效率化		7.4.3 大型砖的搬运机械.....	354
→自动化的趋向.....	338	7.5 炉体结构的问题和最近的	
6.2.3 公害问题.....	339	研究动向.....	354
6.3 委员会的经过.....	339	7.5.1 炉体结构的问题.....	354
6.3.1 委员会的开会日期、开会		7.5.2 对炉体结构内产生热应力	
地点和议题.....	339	的研究.....	355
6.3.2 发表资料的内容摘要...	340	7.5.3 窑炉的烘炉及	
7、筑炉技术的发展和趋势.....	344	升温速度.....	356
7.1 筑炉省力化(机械化)		7.5.4 高炉不经烘炉而	
的背景和现状.....	344	直接投产.....	357
7.1.1 筑炉省力化的背景.....	344	7.5.5 关于筑炉施工方法的	
7.1.2 筑炉省力化及机械化		研究(补充).....	357
的现状.....	345		

第3编 其它耐火材料

1、铁水的脱硫方法和耐火材料.....	361	1.2.4 吹入脱硫剂法.....	363
1.1 绪言.....	361	1.2.5 转筒法.....	363
1.2 强制脱硫法.....	361	1.2.6 其它方法.....	363
1.2.1 摇动铁水包法.....	361	1.3 脱硫剂和耐火材料	
1.2.2 机械搅拌法.....	361	的损毁.....	364
1.2.3 吹入气体搅拌法.....	363	1.3.1 脱硫处理铁水包.....	368

1.3.2 搅拌棒.....	368	4.5.1 在普通铸锭上的 使用情况.....	389
1.3.3 喷枪.....	368	4.5.2 在脱气处理方面的 使用情况.....	389
1.3.4 多孔塞.....	368	4.5.3 在连铸方面的 使用情况.....	389
1.4 结语.....	369	4.6 各种滑动铸口的概况.....	389
2、出铁槽用耐火材料.....	369	4.7 结语.....	397
2.1 前言.....	369	5、散状耐火材料.....	397
2.2 出铁槽的构造.....	369	5.1 前言.....	397
2.3 换槽方式.....	370	5.2 浇注料.....	398
2.4 大槽的构造.....	370	5.2.1 骨料.....	398
2.5 挡渣堰的构造.....	371	5.2.2 矾土水泥.....	399
2.6 挡板.....	372	5.2.3 矾土水泥系浇注料 的性能.....	400
2.7 倾注槽.....	372	5.2.4 磷酸盐系浇注料.....	402
2.8 出铁槽材料的材质 及其变化.....	373	5.3 可塑料.....	404
2.9 出铁槽材料的试验方法...	374	5.3.1 骨料及结合剂.....	404
2.9.1 施工性及其试验方法...	374	5.3.2 可塑料的性能.....	405
2.9.2 烧结性及其试验方法...	376	5.4 散状耐火材料在钢铁工业 中的用例.....	406
2.9.3 耐蚀性及其试验方法...	378	5.4.1 烧结设备.....	406
2.9.4 高温抗折强度.....	379	5.4.2 高炉.....	407
3、钢在盛钢桶内的精炼法和使用的 耐火材料.....	380	5.4.3 均热炉.....	408
3.1 绪言.....	380	5.4.4 加热炉.....	410
3.2 ASEA-SKF法.....	380	5.5 在石油化学工业、锅炉等 方面的用例.....	410
3.3 LD-Vac、ELO-Vac法	382	5.5.1 石油精制用反应塔.....	411
3.4 AOD法.....	383	5.5.2 旋分器.....	412
3.5 结语.....	38	5.5.3 二次重整器.....	413
4、滑动铸口.....	38 ⁴ ₅	5.5.4 输送管道.....	413
4.1 绪言.....	385	5.5.5 采用现场装配法筑炉...	414
4.2 滑动铸口的发展和结构 的概况.....	385	5.5.6 排烟脱硫装置.....	414
4.3 滑动铸口的特点.....	387	5.5.7 废液燃烧炉(盐酸性 废液).....	415
4.4 滑动铸口用耐火材料.....	387	5.5.8 石油工业废料焚烧炉...	415
4.4.1 滑动板用耐火材料.....	388	5.5.9 火力发电用锅炉.....	416
4.4.2 上铸口砖和下铸口砖...	388	5.5.10 独立过热器.....	417
4.4.3 座砖.....	388		
4.4.4 耐火材料的质量.....	388		
4.5 滑动铸口的使用情况.....	388		

5.5.11 钢制烟囱耐酸内衬…	417	6.3.7 原子反应堆内衬材料…	441
5.6 回转窑……………	418	6.3.8 工业窑炉的内衬材料…	442
6、陶瓷纤维及其使用方法……………	420	6.4 结语……………	445
6.1 概况……………	420	7、采用投射法筑造盛钢桶……………	445
6.2 陶瓷纤维的种类和质量…	420	7.1 投射施工的历史背景	
6.2.1 硅酸铝质纤维……………	420	和现状……………	445
6.2.2 硅质纤维……………	431	7.2 投射机的机构、设备和	
6.2.3 其它耐火纤维……………	435	施工方法……………	446
6.3 陶瓷纤维的用途和用法……	438	7.3 投射施工盛钢桶的干燥…	452
6.3.1 隔热材料……………	438	7.4 投射施工的特点……………	454
6.3.2 密封材料……………	440	7.5 投射料（捣打料）……	455
6.3.3 衬垫材料……………	441	7.5.1 投射料的化学成份……	456
6.3.4 吸音材料……………	441	7.5.2 投射料的粒度……………	457
6.3.5 过滤材料……………	441	7.5.3 投射料使用后的性状…	457
6.3.6 触媒载体……………	441	7.6 结语……………	458

第1编 工业窑炉的发展和耐火材料

1. 高炉、热风炉的发展和耐火材料

大庭宏

1.1 绪言

日本经济从1965年开始继续迅速增长,经济增长率维持在15%以上,但随着美国经济的衰退,从1970年夏季开始转向稳定,其后持续出现景气或衰退的局面。

在钢铁工业方面,如图1—1所示,日本1963年钢产量超过了西德,仅次于美国、苏联,占世界第三位,而且出现了超过美苏的形势。但受到日本经济动向的影响,自1970年下半年开始,由于民间设备投资热情的低落和需要工业部门钢材消耗量的减少,因此1971年钢产量为8855万吨,约比去年减产5%。

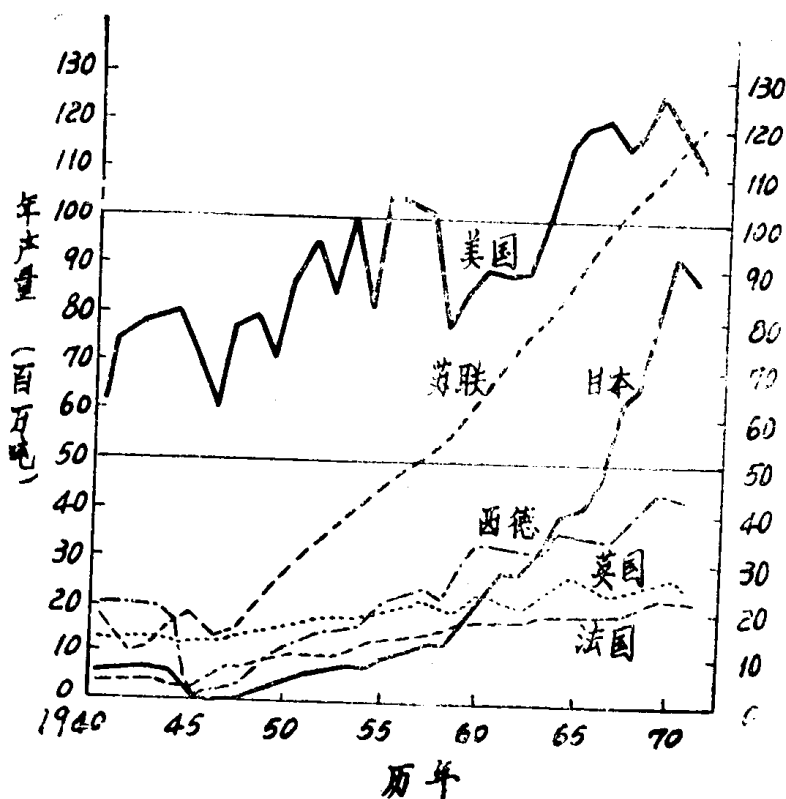


图1—1 主要国家钢产量的演变 (1,2)

但是,在此期间,日本钢铁生产部门都在建设先进的临海钢铁厂,完善和扩充最新生产设备,完成操作技术的革新,在生产效率、技术、质量、价格等方面都达到了世界先进水平。因此,约占1971年钢产量31%的2418万吨钢克服了重重困难,得到了输出。

不仅是成材，就是已改进的先进生产设备也向工业技术后进国家，甚至向先进国家输出。为此，由于以前引入技术造成大量赤字的技术收支平衡，近几年来也变为盈余，而且盈余正在迅速增加，从弥补减产的意义来说，各公司都在加强技术输出的体制。

也就是说，最近五年新建的先进钢铁厂有1964年建成的新日本钢铁公司名古屋钢铁厂，1965年建成的新日本钢铁公司界钢铁厂，1966年建成的日本钢管公司福山钢铁厂，1967年建成的川崎钢铁公司水岛钢铁厂，1968年建成的新日本钢铁公司君津钢铁厂，1970年建成的神户钢铁公司加古川钢铁厂，1971年建成的住友金属工业公司鹿岛钢铁厂，1972年建成的新日本钢铁公司大分钢铁厂，这些厂各有1号高炉投产，都改进了以前的生产技术和设备，都是以世界最先进的设备装备起来的。

因此，把钢铁生产设备的产量、生产技术和效率制成一览表，与世界现状相对比，如表1—1所示。如前所述，最近五年间的生产增长率为18~20%，占世界第一位，约是世界平均5%增长率的3.5倍。每座高炉的产量、焦比、LD转炉的设置数目及其普及率，每人生产效率都占世界第一位，连铸设备、带钢轧机设置座数仅次于苏联或美国，占世界第二位。因此，被称为文化晴雨表的钢铁消耗量在1970年已达到了与西德、美国相同的水平。但贮存量由于历史尚短，还没有赶上先进国家。

就整个日本工业来说，其缺点是有些陷入生产第一主义。作为其反省，近一、二年来关于粉尘处理，有害气体控制等防止公害投资开始活跃起来。

世界主要国家的钢铁生产、设备能力和效率的比较 (1,3)

表 1-1

		日 本	美 国	苏 联	西 德	英 国	法 国	意 大 利	比 利 时	备 考
铁产量平均增长率 1970/1965 (%)		19.9	0.7	5.3	5.5	-0.1	3.9	8.7	5.3	世界平均增长率为5.5%
钢产量平均增长率 1970/1965 (%)		17.8	0.1	4.9	4.1	0.6	3.9	6.4	6.6	世界平均增长率为5.3%
输出率 (%)		23.3	6.6	—	23.1	11.7	28.5	7.3	77.3	1970年
钢铁消耗量 (公斤/人)		680	620	(436)	683	457	473	394	(470)	1970年 () 为1969年
钢铁储量 (公斤/人)		3169	9690	—	7230	5630	4270	3110	—	1970年
高 炉	每座产量 (一万吨)	108	49	—	42	31	25	—	—	1970年
	焦比 (公斤/吨)	478	630	574	559	627	626	529	584	
LD 转炉	设置座数 (座)	85	72	32	36	18	13	10	16	1970年12月世界共有375座，产28218万吨钢
	年生产能力 (万吨)	9165	6646	2139	2960	1112	599	1020	857	
	炼钢比例 (%)	79.1	48.2	17.2	55.8	28.1	29.0	31.5	48.1	
连 铸	设置座数 (座)	40	34	36	15	10	4	24	2	1969年8月 日本1970年
	连铸钢比例 (%)	5.7	—	—	8.4	3.3	0.8	—	—	1970年
热轧带钢设备 (座)		21	46	16	7	6	4	4	5	1971年6月
冷轧带钢设备 (座)		68	137	13	31	21	32	14	12	1971年6月
钢的劳动生产能力 (吨/人)		326.4	243.2	—	199.1	181	219.5	—	—	1970年

下面介绍一下近几年来这些设备的先进性、操作技术的发展以及所使用的耐火材料质量的发展。

1.2 高炉操作技术与设备的发展

日本由于近95%的钢铁原料依靠输入海外资源，故在运输这些原料时使用特大型船来降低运输成本，与此相适应，钢铁厂的港口也大型化，同时卸货、搬运设备也大型化了。为了改善高炉的透气性，着重增大矿石的还原性，加强矿石的预处理，旨在调节粒度的破碎和筛分系统引进了新方法，高炉装料增加了计算机控制，而且一部分已在试行炉内条件控制。

近年高炉产量和操作情况如表 1—2 所示，设备已是10年前的 2 倍，而每座高炉的生产能力约是10年前的 3 倍，产量则为 6 倍。由于高炉炉内容积的大型化，提高了高炉出铁效率，所以出铁率（每一立方米高炉炉内容积的每天出铁量）约是10年前的 2 倍。此外，最影响生铁成本的焦比（每一吨出铁量的焦炭使用量）降低到75%，这是由于在改善炉料的同时，改进了加入蒸汽、富氧鼓风、喷吹燃料、高温送风、高压操作等高炉操作技术所带来的，是由于采用了世界最大的高炉炉内容积及集中了世界最高水平的技术力量的结果。

下面介绍一下高炉的大型化，高压操作、喷吹重油、富氧鼓风、高温送风等设备和技术发展情况。

1.2.1 高炉大型化的现状

为了满足生铁需要量的增加和降低每吨生铁的建设费用，高炉的规模一年比一年大型化。其演变如表 1—2 所示，平均能力提高到10年前的3.5倍。

日本高炉设备的现状如图 1—2 所示，每年建设的最大炉内容积高炉的演变如图 1—3 所示。由图可知，炉内容积与其是直线式扩大，莫如是加速度的扩大。

日本高炉设备能力与操作情况的演变 (1)

表 1-2

年 度	设 备 能 力			操 作 情 况				
	年生产能力 (×10000吨)	年终结座数	每座能力 (×10000吨)	出 铁 量 (×10000 吨)	出 铁 率 (吨/米 ³)	矿 石 比 (吨/吨)	焦 比 (公斤/吨)	烧结矿比 (包括球团矿) (%)
1960	1163	34	34.2	1126	1.09	1.52	617	46.5
1961	1371	38	37.3	1505	1.16	1.54	598	55.6
1962	1523	39	39.0	1733	1.19	1.55	550	62.6
1963	2059	41	48.5	1934	1.25	1.55	521	65.3
1964	2291	46	49.8	2320	1.38	1.55	508	62.8
1965	2581	49	52.7	2701	1.42	1.57	507	62.9
1966	2846	52	54.7	3159	1.52	1.57	504	65.6
1967	4408	56	78.7	3968	1.64	1.55	500	67.0
1968	5200	58	89.7	4596	1.73	1.56	502	70.1
1969	6360	61	104.3	5765	1.85	1.56	493	75.4
1970	7734	64	122.8	6754	1.95	1.58	474	76.6
1971		67		7225	1.84	1.60	447	80.1

大型化不仅是日本的发展趋势，而且是世界的发展趋势。按国别来看，2000米³以上的高炉几乎都集中在日本和苏联。

也就是说，世界的高炉座数到1971年9月末共有947座，能力为52700万吨。按地区来看，北美约占25%，西欧约占25%，东欧约占21%，亚洲约占24%。

世界2500米³以上高炉如表1—3所示，在26座中，日本占19座，苏联占7座，前6位都是日本的。

1971年12月，2000米³以上的高炉有50座，其中日本有23座，苏联有18座，美国有2座，西德有2座，意大利、荷兰、法国、加拿大、波兰各有1座，日本座数最多。

平均炉内容积也是日本最大，为1772米³，美国700~1500米³的高炉多，平均炉内容积超过1000米³，西德、英国由于中小型高炉多，平均炉内容积低于1000米³，尤其是法国平均炉内容积低于600米³。苏联由于制定了废除日产低于300吨的小型高炉计划，所以近年来每座高炉平均炉内容积迅速扩大了。

不过，从世界高炉建设计划来看，现在公布了近30座，一半以上是2000米³以上的大型高炉。特别是在西欧各国达到11座，西德奥古斯特·蒂森钢铁公司的4000~5000米³的高炉，法国敦刻尔克钢铁厂日产10000吨的高炉等引人注目。另一方面，发展中国家的高炉建设也在向1000米³以上的高炉过渡，有的计划建设2000米³的高炉，印度、南亚、巴西跃跃欲试。据说苏联计划在克里沃罗格建设5000米³的高炉。

其中，福山钢铁厂4号高炉是世界最大的高炉，炉内容积为4197米³，日出铁量为10000吨。而且炉内容积首先超过4000米³的也是这座高炉，炉缸直径为13.8米，总高为97米，有两处出铁场，共3个出铁口，风口数目为40个。可以进行炉顶压力为2.5公斤/厘米²的超高压操作。为了使炉内炉料均匀分布和加强气体密封，采用4个吊钟装置，并与喷吹重油装置，富氧鼓风、高温送风等设备相配合，可以进行高效率操作。

新日本钢铁公司君津钢铁厂3号高炉炉内容积为4063米³，仅次于福山钢铁厂4号高炉，是世界第二个大型高炉，在日本首先采用4个出铁口，炉缸直径为13.4米，风口数目为35个。由于采用炉顶压力为2.5公斤/厘米²的超高压操作，1300℃的高温送风和使用100%的烧结矿等，因此日产铁量居世界第一位。

即使日本也做好了准备，预计在今年建设的高炉有：新日本钢铁公司户畑钢铁厂4号高炉（3800米³），神户钢铁公司加古川钢铁厂2号高炉（3850米³）；预计1973年建设的高炉有：住友金属工业公司鹿岛钢铁厂2号高炉（4300米³），川崎钢铁公司水岛钢铁厂4号高炉（4300米³），日本钢管公司福山钢铁厂5号高炉（4400米³）。今后建设的高炉一般都将在4000米³以上。

1.2.2 大型高炉的问题

但是，随着高炉炉内容积的大型化，产生了许多问题，现与目前采取的措施一起列举如下。

（1）保证原料（矿石、煤）的需要量

由于在一个地方短时间内消耗大量原料，所以在缺乏国内资源的日本，就需要保证大量的质量均匀的海外原料资源，并要周密制定包括配备船只计划在内的供应计划。

（2）在高炉操作上，荷重和透气阻力的增大

世界的大型高炉（炉内容积2500米³以上）（4）

表1-3

位 数	国 名	公 司 （ 钢铁厂 ）	炉 号	炉底直径 (米)	炉内容积 (米 ³)	投产年月
1	日 本	日本钢管公司（福山）	4	13.8	4197	1971.4
2	日 本	新日本钢铁公司（大分）	1	14.0	4158	1972.4
3	日 本	新日本钢铁公司（君津）	3	13.4	4063	1971.9
4	日 本	川崎钢铁公司（水岛）	3	12.4	3363	1970.10
5	日 本	住友金属工业公司（鹿岛）	1	12.4	3159	1971.1
6	日 本	日本钢管公司（福山）	3	11.8	3016	1969.7
7	苏 联	西西伯利亚钢铁厂	3		3000	1971.3
8	日 本	新日本钢铁公司（名古屋）	3	11.7	2924	1969.4
9	日 本	新日本钢铁公司（君津）	2	11.6	2884	1969.10
10	日 本	川崎钢铁公司（水岛）	2	11.5	2853	1969.1
11	日 本	神户钢铁公司（加古川）	1	11.6	2847	1970.8
12	日 本	新日本钢铁公司（君津）	1	11.5	2705	1968.11
13	苏 联	克里沃罗格钢铁厂	8	11.0	2700	1967.11
14	苏 联	切列波维茨钢铁厂	4	11.0	2700	1969.4
15	苏 联	新利佩茨克钢铁厂	4	9.7	2700	
16	苏 联	卡拉干达钢铁厂	2		2700	1971.3
17	苏 联	下塔吉尔钢铁厂	6	11.0	2700	1969.11
18	苏 联	西西伯利亚钢铁厂	2	11.0	2700	1970.4
19	日 本	住友金属工业公司（和歌山）	5	11.0	2630	1969.2
20	日 本	日本钢管公司（福山）	2	11.2	2626	1968.2
21	日 本	新日本钢铁公司（界）	2	11.2	2620	1967.7
22	日 本	川崎钢铁公司（干叶）	5	11.0	2584	1971.6
23	日 本	新日本钢铁公司（广畑）	4	11.0	2548	1970.6
24	日 本	住友金属工业公司（和歌山）	4	11.0	2535	1967.3
25	日 本	新日本钢铁公司（名古屋）	1	11.0	2518	1970.12
26	日 本	新日本钢铁公司（界）	1	11.2	2501	1970.5
正	日 本	新日本钢铁公司（户畑）	4		3800	1972.7
在	日 本	神户钢铁公司（加古川）	2		3850	1973.1
建	日 本	住友金属工业公司（鹿岛）	2		4300	1973.3
设	日 本	川崎钢铁公司（水岛）	4		4300	1973.5
中	日 本	日本钢管公司（福山）	5		4400	1973.10
正在改	日 本	新日本钢铁公司（界）	2		2800	1972.10
建 中	日 本	新日本钢铁公司（名古屋）	2		2525	1973.1

大型高炉在原则上是向扩大直径方向发展，但通常也增加高度。因此，为了保证控制高炉操作状况的透气性（炉内还原性），所以使用抗炉料负荷强度大，经过粒度调整的原料。

（3）炉内流速分布要均匀，并要防止喷出

从风口吹入的热风通过炉料的间隙上升。可是，如果沿炉墙上升，则变为外部操作，损毁炉墙砖。在操作上，还原气体最好是在炉内均匀上升，但从炉顶吊钟装入落下的矿石、焦炭取各自的安息角，粒度分布也要变动，所以容易产生波动。因此，大型高炉需要使用移动炉壳，在炉内断面积上尽可能使粒度和炉料分布均匀。

（4）炉芯的增加

从风口吹入的热风边燃烧前面的焦炭，边形成通道。可是，在炉径扩大时，即使加大从风口吹入的热风压力，也难以达到炉中心部位的焦炭，生成的还原气体难以均匀上升。现在尚处于多方面研究风口的风速、吹入角度的阶段。

（5）操作不稳定时恢复天数的增加

高炉炉内情况不稳定时，即使采取措施，想恢复原来状态，也要花费一定日期。为此，在不稳定之前，就需要采取措施，其前提是调整计测仪器。

（6）防止改修时的减产措施

大型高炉在改修时，不得不使炼钢厂和轧钢厂减产，与小型高炉相比，其影响很大。如果是一座大型高炉，将受到致命影响。

（7）炉体砖、出铁槽材料等侵蚀的增加

使用寿命即使和小型高炉不同，但由于一个炉役的出铁量的增加，砖侵蚀因素的炉渣和碱的蓄积量也变多，当然侵蚀要严重。为此，需要试制耐蚀性筑炉材料，在出铁槽材料等方面，由于出铁时间变长，故要实现其筑炉工程的省力化和迅速化。

1.2.3 炉顶高压操作与高炉用设备

为了提高高炉的生产能力，就需要有效地利用焦炭的燃烧，使之生成还原气体，提高炉内温度。随着高炉的大型化，焦炭装入量当然也要增多，燃烧用空气量也要增加。在单纯增加送风量时，气体的停留时间，即反应时间就要缩短，气体的利用率就会降低，

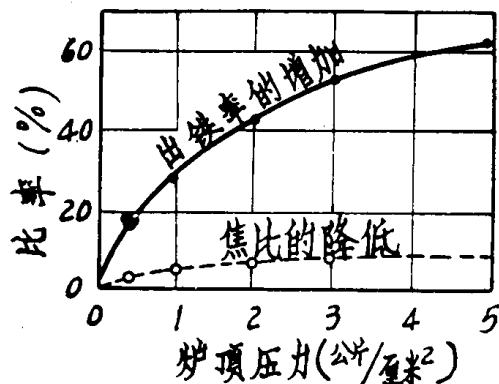


图 1—4 炉顶压力对增加出铁率和降低焦比所起到的效果（5）