



# 国外铁矿石直接 还原厂

TF55

333

# 国外铁矿石直接 还原厂

刘树立 编

冶金工业出版社

**B** 668456

## 内 容 简 介

本书着重反映80年代国外铁矿石直接还原工业的现状与发展趋势。全书以厂例的形式介绍了Midrex、HyL、SL/RN、Codir、DRC等25种直接还原法的基本原理和工艺特点；叙述了有关各类生产厂的生产能力、工艺流程、设备配置、生产情况和产品特性。此外，还对直接还原工艺的节能与余热利用、环境保护、经济效益等也作了一定介绍。

本书共收集整理国外76家有代表性的直接还原厂厂例，并按工艺特点归类编写，书后还附有按国别列具的厂家索引表。可供从事铁矿石直接还原、铁矿粉造块、炼铁、炼钢的工程技术人员和有关科研院所、大专院校的师生参考。

## 国外铁矿石直接还原厂

刘树立 编

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街地质研究所北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

香河县第二印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 24 1/4 字数 581 千字

1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷

印数00,001~1,400册

ISBN 7-5024-0632-8

TF·131 定价15.90元

## 序 言

国外铁矿石直接还原已有百余年的历史，前50年处于试验研究和少量生产阶段，后50年，即从20世纪50年代开始，直接还原逐步投入工业应用，到70年代，直接还原的技术水平和设备能力有了很大发展。到目前为止，直接还原方法已超过40种，其中工业应用达20种之多，生产工厂已超过100家，拥有3200万吨的设备能力，其中气基占90%，煤基为10%。由于天然气价格上涨和其他原因，有些厂已经停产、转产和拆除。但1986年产量仍达1260万吨，较上一年增长14%，1987年产量达1366万吨，比1986年又提高了8.41%。估计到80年代末，生产能力将超过3500万吨，每年可生产2350万吨直接还原铁。

目前，世界钢铁市场并不景气，但直接还原却能得到迅速发展，归纳起来，有如下一些因素：

1) 实践表明，直接还原-电炉钢铁生产流程是生产钢铁的有效手段之一，是高炉炼铁的补充，尤其是对于那些不完全具备发展高炉炼铁资源条件的发展中国家发展中、小钢铁企业具有较大的吸引力；

2) 当今世界范围内，焦煤资源不足，而直接还原法不依靠紧俏的焦炭生产铁，它特别适应那些富产天然气和非焦煤的国家和地区发展钢铁生产；

3) 它可以为电炉提供优质炉料，补充和弥补废钢数量和质量的不足；

4) 有利于资源的综合利用 and 环境保护，它可以采用那些高炉不能或不宜利用的资源，以低级能源和劣质燃料取代高级能源和优质燃料。

基于上述因素，推动了直接还原法的发展。可以说，在国外，直接还原工艺和设备都已比较成熟。以米德雷克斯和希尔法为代表的气基竖炉法，已完全成熟，工艺技术先进，自动化水平高，一般建成投产后3个月，可达到设计指标。而煤基回转窑法经过多年的实践和改进，工艺已基本成熟，在原、燃料选择合适的条件下，一般建成投产后1~1.5年即可达到设计指标。

我国的直接还原工业起步并不迟，自1957年以来，先后30多年过去了，我国投入了不少人力、物力和财力从事直接还原的试验研究，建立了一定数量的试验装置和中间试验车间，并形成了一支从事直接还原的科研队伍。由于种种原因，我国的直接还原技术一直处于试验研究阶段，没能取得突破性进展，至今仍没有一个工业性的生产厂。

随着国家经济建设的发展，对钢铁需求的增长将进一步加快，而靠设备更新的废钢回收量不能满足要求，钢铁厂本身由于采用连铸技术，返回的废钢量减少，结果使废钢短缺，尤其是优质废钢更为短缺。为配合电炉炼钢的发展，为发展优质超纯钢种和进行综合利用，我国应发展直接还原技术。

《国外铁矿石直接还原厂》的出版发行，无疑将有助于我国的直接还原工作者消化吸收和借鉴国外直接还原工厂有关工艺、设备和操作技术的经验，更好地发展我国的直接还原技术。

徐大铨

1989年5月12日

## 前 言

为适应我国钢铁工业发展的需要,更好地消化吸收国外经验,开发我国的铁矿石直接还原技术,根据冶金工业部科技司的指示精神,笔者在多年从事冶金科技情报研究的基础上,从1987年1月起,开始编写《国外铁矿石直接还原厂》一书。

本书采用厂例的形式,较系统地介绍了国外已投入工业应用的气基和煤基两大类铁矿石直接还原工厂共76例,力求较全面地反映国外铁矿石直接还原技术的发展过程及其趋势。书中所列数据可考,具有一定的知识性和资料性,便于国内同行分析、对比和参考。

本书在编写过程中,得到徐大铨、周传典、蔡博、赵孟坚、李锡纯、王笃阳、唐先觉、张惠宁、邱信、陈正学、刘述临、汪雨生、韦俊贤、赵虎田、罗宗林等领导和专家以及国际友人瓦尔敦、施雅博和莫保罗等的关怀和支持,在此,特表深深的谢意。

本书还得到了冶金部长沙黑色冶金矿山设计研究院和冶金部情报研究总所有关领导的支持和帮助,以上两单位的图书资料室给予了种种方便。

英国戴维公司、西德克虏伯公司和鲁奇公司、日本神户制钢和川崎制铁的驻京办事处也为之提供了有关资料。

本书由张惠宁、张志明审阅,韩兆秦绘图。在编写的初期,丁官年参与了5例的编写,

此外,还得到了其他有关单位和许多同志的大力支持,在此,一并致谢。

经过整整两年的努力,书稿总算如期付印,虽然笔者从主观上尽了最大努力,但由于水平有限,书中可能会有疏漏和错误之处,敬请读者批评指正。

刘树立

1989年3月

# 目 录

1	瑞典桑德维克公司直接还原厂.....	1
2	日本日立金属公司韦伯法直接还原厂.....	4
3	墨西哥希尔萨公司蒙特雷1m直接还原厂.....	6
4	墨西哥希尔萨公司普埃布拉1P直接还原厂.....	8
5	墨西哥塔姆公司维拉克鲁斯直接还原厂.....	14
6	墨西哥希尔萨公司普埃布拉2P直接还原厂.....	18
7	巴西巴伊亚黑色冶金联合公司直接还原厂.....	25
8	印度尼西亚克拉卡托钢公司直接还原厂.....	30
9	伊拉克国家钢铁公司祖贝尔湾直接还原厂.....	35
10	墨西哥希尔萨公司蒙特雷2M5直接还原厂.....	38
11	墨西哥希尔萨公司蒙特雷3M5直接还原厂.....	47
12	墨西哥拉扎罗·卡德纳斯-拉·特鲁恰斯黑色冶金公司直接还原厂.....	51
13	美国吉尔摩钢铁公司波特兰直接还原厂.....	60
14	美国乔治城钢铁公司还原铁厂.....	63
15	西德汉堡钢铁公司直接还原厂.....	68
16	加拿大希德贝克-多斯科公司直接还原厂.....	76
17	阿根廷达尔明黑色冶金公司直接还原厂.....	84
18	委内瑞拉奥里诺科黑色冶金公司直接还原厂.....	90
19	阿根廷钢工业公司直接还原厂.....	100
20	卡塔尔钢公司直接还原厂.....	104
21	特立尼达和多巴哥钢铁公司直接还原厂.....	108
22	英国英钢公司直接还原厂.....	112
23	西德北德铁合金公司直接还原厂.....	114
24	尼日利亚德尔塔钢铁公司直接还原厂.....	119
25	沙特阿拉伯沙特钢铁公司直接还原厂.....	122
26	马来西亚沙巴天然气工业公司直接还原厂.....	124
27	利比亚米苏拉塔钢铁厂直接还原厂.....	132
28	苏联奥斯科尔电冶金公司直接还原厂.....	133
29	伊朗国营伊朗钢铁公司伊斯法罕钢厂直接还原厂.....	138
30	西德下莱茵·蒂森钢铁公司普罗费尔试验厂.....	139
31	巴西瓜纳巴拉黑色冶金公司直接还原厂.....	146
32	伊朗国营伊朗钢铁公司阿瓦士钢厂直接还原厂.....	151

33	美国阿姆科公司直接还原厂	155
34	委内瑞拉菲奥尔公司直接还原厂	159
35	委内瑞拉米诺卡公司希伯法直接还原厂	166
36	日本新日铁直接还原示范厂	171
37	马来西亚丁家奴钢铁公司直接还原厂	177
38	加拿大尼亚加拉金属公司直接还原厂	180
39	加拿大萨德伯里金属公司直接还原厂	189
40	印度奥里萨海绵铁公司直接还原厂	192
41	新西兰钢公司直接还原厂	197
42	巴西皮拉蒂尼优质钢公司直接还原厂	202
43	日本钢管公司福山铁厂直接还原厂	208
44	南非海维尔德钢和钒公司直接还原厂	214
45	美国赫克拉采矿公司直接还原厂	217
46	加拿大钢铁公司直接还原厂	224
47	印度海绵铁公司直接还原厂	230
48	秘鲁黑色冶金公司直接还原厂	234
49	南非钢铁工业公司直接还原厂	235
50	澳大利亚西钛公司金红石厂	244
51	澳大利亚西澳大利亚矿砂有限公司金红石厂	250
52	印度比哈尔海绵铁有限公司	251
53	印度塔塔钢铁公司海绵铁试验厂	252
54	印度伊皮塔塔海绵铁有限公司直接还原厂	255
55	南非邓斯沃特钢铁公司科狄尔法直接还原厂	259
56	印度太阳旗钢铁公司科狄尔法直接还原厂	268
57	希腊拉尔科股份公司冶金厂	269
58	美国直接还原公司工业示范厂	274
59	南非斯考金属公司直接还原厂	282
60	戴维麦基公司煤基直接还原铁工艺	289
61	瑞典赫格拉斯直接还原公司	292
62	美国赫格拉斯公司	295
63	意大利达涅利公司金洛-梅托直接还原中试厂	296
64	意大利阿尔维迪集团直接还原厂	305
65	缅甸国营钢铁公司直接还原厂	310
66	日本住友金属和歌山钢厂直接还原厂	313
67	日本住友金属鹿岛钢铁厂直接还原厂	323
68	日本川崎制钢千叶直接还原厂	326
69	日本川崎制钢千叶2#直接还原厂	334
70	日本川崎制钢水岛直接还原厂	337
71	日本新日铁室兰金属化球团厂	347

---

72	日本住友重型工业公司铁矿石直接还原示范厂.....	351
73	瑞典滚珠轴承有限公司钢公司直接还原厂.....	356
74	美国米德雷克斯公司电热直接还原试验厂.....	360
75	美国国际金属回收公司直接还原厂.....	365
76	西德巴德钢铁公司科雷克斯法试验厂.....	371
附表	国外铁矿石直接还原厂设备、产量及其现状.....	378



# 1 瑞典桑德维克公司直接还原厂

## Sandvik AB Wiberg-Soderfors DR Plant, Sweden

### 1.1 概述

韦伯直接还原法 (Wiberg-Soderfors) 系瑞典的马丁·韦伯发明于1918年, 1932年在瑞典南福斯 (Soderfors) 建造了第一座生产装置, 采用木炭作还原气的原料, 一直连续生产到1941年。到1950年, 由于经济上的原因, 改为焦炭作还原气的原料。其工艺机理是矿石在竖炉中用还原气还原, 而还原气则由煤气转化炉发生, 并连续生产。它是工业上最早的竖炉气基直接还原法。

1952年在瑞典桑德维克建造并投产了最大的韦伯法直接还原厂, 年产直接还原铁24000t, 产品金属化率88~90%, 含碳0.5~1.0%。工序总能耗为8.79~10.57GJ/t直接还原铁, 其中焦炭250~450kg, 电耗1000kWh。

### 1.2 工艺与操作

#### 1.2.1 工艺与设备

韦伯直接还原法的设备工艺流程如图1-1所示。直接还原过程在内衬为耐火材料的竖炉里进行。竖炉高约25m, 底部直径为2.75m, 顶部直径为1m。

热还原气是由一座电热煤气转化炉发生的。转化炉料是焦炭或木炭, 用3~4对电极加热, 发生的煤气经过一个充满白云石块或石灰石块的脱硫塔进行脱硫。煤气转化炉和脱硫塔内都衬以耐火材料, 在其顶部和底部都安装了密闭锁紧料斗, 以保证炉料加入和渣料排出时良好的密封。

还原气从靠近竖炉底部的风口进入竖炉, 在竖炉的2/3高度处, 约65%的还原气由一台高温风机抽出送回到煤气转化炉。剩余还原气中15%从竖炉上部1/10高度处排出, 其余的由这一部位上面所安装的一些风口, 喷入空气全部烧掉, 废气从靠近炉顶的上升烟道排出。在竖炉的顶部安装有料钟的密闭锁紧料斗, 它能保证含铁物料装入竖炉时不让还原气从顶部逸出。在竖炉的底部装有水冷型钢的卸料装置, 将直接还原铁排出炉外。

#### 1.2.2 原料

韦伯直接还原法所处理的含铁炉料可以用块矿、烧结矿或球团矿。球团矿的粒度一般为25mm左右。造球时, 添加石灰石或白云石, 使碱度  $(CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3)$  稍大于1, 以确保球团矿的还原度。另外, 球团矿的强度指标也是十分重要的, 为了防止球团在还原时粉化, 必须添加一定数量的粘土质物料 (如膨润土), 以改善球团的质量, 提高强度。

煤气转化炉要采用高质量的焦炭或木炭, 以保证还原气的质量。脱硫塔所用的白云石或石灰石要进行破碎。

#### 1.2.3 工艺操作

韦伯直接还原过程中, 还原气是在煤气转化炉中, 通过电加热优质焦炭或木炭并吸附

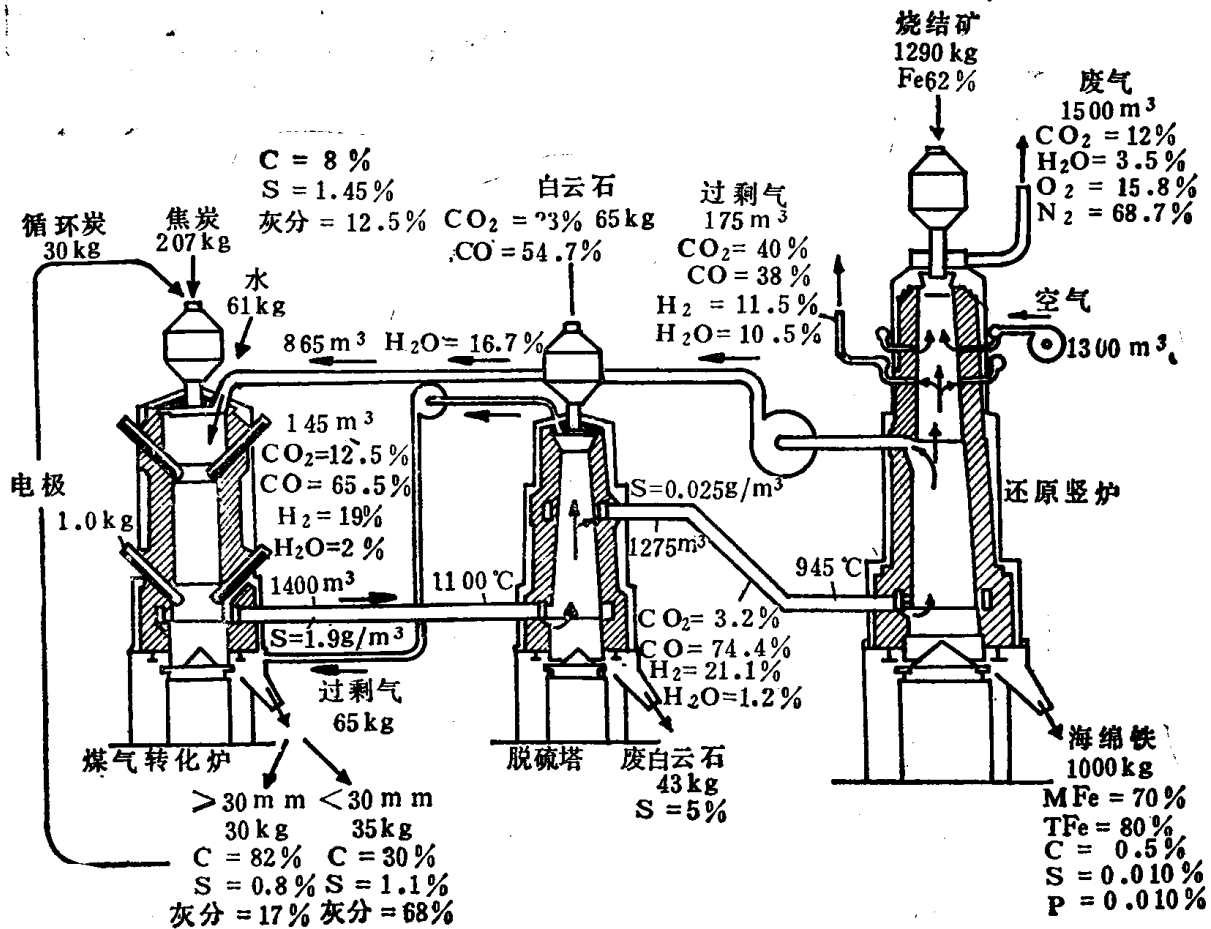
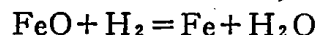
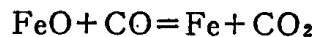


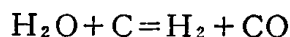
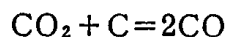
图 1-1 韦伯直接还原法工艺设备和物料平衡图

水蒸气和返回还原气而发生的。新的焦炭连续地从炉顶加入，废渣和灰从底部排出，还原气中含有75%的CO和21%的 $\text{H}_2$ ，离开转化炉的温度为 $1100^\circ\text{C}$ ，经过脱硫塔，其中硫被煅烧石灰石或白云石吸附。同样，新的石灰石或白云石连续地从脱硫塔顶部加入，吸附硫后的物料从炉底排出。

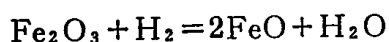
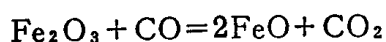
离开脱硫塔的还原气从靠近还原竖炉底部进入，进入时的温度为 $945^\circ\text{C}$ ，在此处，与下移球团接触，新的还原气将竖炉下部2/3高度的已被还原为含 $\text{FeO}$ 约85~88%的球团还原为金属铁，其反应式如下：



在这2/3高度内的“ $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ ”还原区上面，设一台高温风机将65%的还原气抽出，在返回转化炉之前加入水蒸气和碳氢化合物等含氢物，该混合气进入转化炉与碳发生下列反应：



竖炉内剩余的还原气在竖炉上部与已被加热到 $850^\circ\text{C}$ 的球团矿接触，将其 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 还原为 $\text{FeO}$ ，反应式如下：



还原气通过“ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO}$ ”还原区后，于竖炉上部约占竖炉1/10高度处，又抽出还原气总量的15%。在这一区段之上，由风口鼓入足量的空气，将残留的还原气全部烧掉，变成 $\text{CO}_2$ 和水蒸气，其显热足以将进入的球团矿加热到 $850^\circ\text{C}$ 并被预还原。

金属化的球团从竖炉底部以 $100\sim 150^\circ\text{C}$ 的温度通过一个水冷型钢质卸料装置排出。

因为该工艺是低压操作，所以还原速度比较慢，炉料在竖炉内的停留时间包括加热和冷却需要48h。

直接还原铁的成分取决于原料的成分，韦伯直接还原铁的化学成分如表1-1所示。

表 1-1 韦伯直接还原铁的化学成分

成 分	化 学 成 分, %	
	产 品 A	产 品 B
MFe	75.0	76.0
Fe <sup>++</sup>	10.0	10.0
TFe	85.0	80.0
C	1.0	0.5
S	0.008	0.010
P	0.005	0.010
脉 石	11.0	14.0
金属化率	88.0	87.5

韦伯直接还原过程每吨直接还原铁的消耗约为：

焦炭 250~450kg

电耗 1000 kWh

工序能耗 8.79~10.59GJ

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Robert L. Stephenson, Ralph M. Smailer, Direct Reduced Iron-Technology and Economics of Production and Use, The Iron & Steel Society of AIME, U. S. A., 1980. pp. 76~77.
- [ 2 ] Direct Reduction of Iron Ore, a bibliographical Surrey, European Communities' Commission, The Metals Society, London, 1979, pp.371~381.

## 2 日本日立金属公司韦伯法直接还原厂

Hitachi Metals, Wiberg DR Plant, Japan

### 2.1 概述

1964年，日立金属工业公司从瑞典引进韦伯法直接还原技术，并根据本公司的特点进行改进。在安来建成处理含钛、磷和硫的铁矿粉尘原料的直接还原厂，设计年生产能力为0.01Mt，其特点是还原剂采用煤气再生炉发生的还原气，而再生炉用电极加热，单位能耗为9.35GJ/t金属化球团，金属化率为93.3%。

### 2.2 工艺特点

#### 2.2.1 工艺流程

安来厂的工艺流程是在瑞典桑德维克韦伯法直接还原厂的基础上，经过某些改进而成，其还原竖炉和煤气再生炉的配置剖面图如图2-1所示。

含铁粉尘造成20~30mm的生球，经过氧化焙烧后，提高了孔隙度和还原性能，再加入还原竖炉还原成金属化球团，在冷却带冷到150℃以下排出炉外。

#### 2.2.2 还原气再生炉

还原气再生炉用电极加热，煤气通过赤热的焦炭填充层，并添加粗汽油、液化石油气等碳氢化合物。产生的还原气再经装有白云石的干式脱硫塔脱硫后，从还原竖炉的还原带鼓入，参加氧化球团的还原反应。还原气体组成为 $\text{CO}:\text{H}_2=2\sim 3:1$ ，温度为850℃，还原

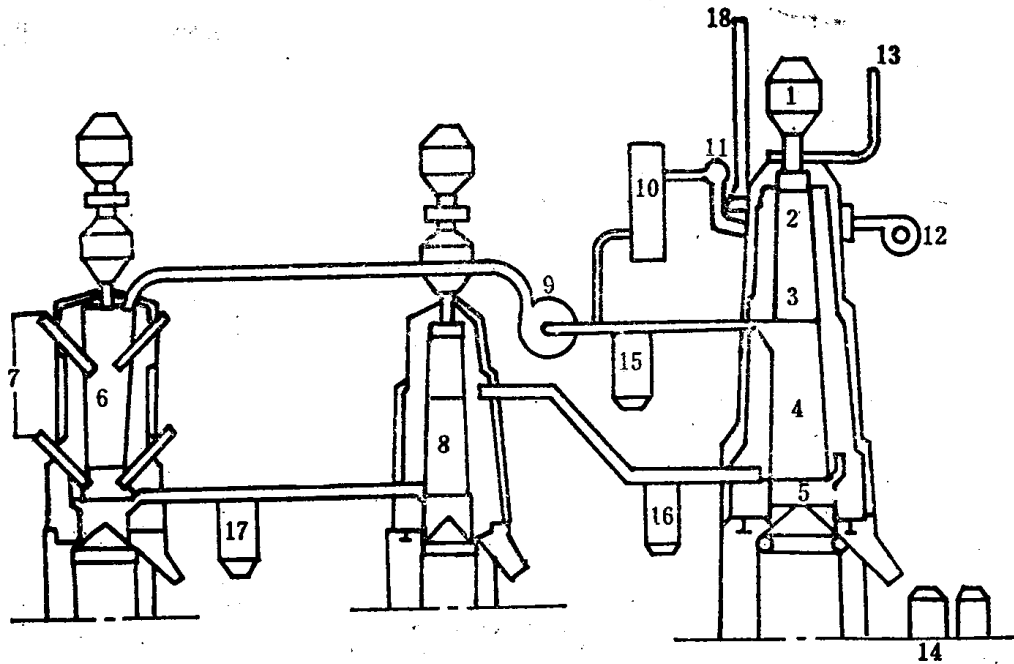


图 2-1 安来厂韦伯法工艺流程图

1—装入球团的料斗；2—预热带；3—预还原带；4—还原带；5—冷却带；6—还原气再生炉；7—电极；8—脱硫塔；9—煤气循环用风机；10—煤气净化装置；11—排气风机；12—送气风机；13—烟囱；14—海绵铁贮存器；15~17—集尘器；18—煤气放散口

气的2/3用耐热风机送到还原气再生炉循环使用, 其余1/3则在预热带鼓入的空气中燃烧, 将球团预热到930~950℃。

### 2.2.3 竖炉还原

安来厂的还原竖炉直径为2.3m, 有效容积为41m<sup>3</sup>, 分为预热带、预还原带、还原带和冷却带。氧化球团在预热带进行预热, 而后在预还原带将三氧化二铁还原成氧化亚铁, 在还原带还原成金属铁, 最后, 金属化球团在冷却带冷到150℃以下排出炉外, 装入贮料仓待运。

还原后的金属化球团的金属化率达93.3%, 其金属铁占84%, 还原率为90%。产品用于电炉炼钢。

### 2.2.4 原料和燃料的消耗

安来厂的原料、燃料消耗情况如表2-1所示, 其工序总能耗为9.35GJ/t金属化球团。

表 2-1 安来厂原料、燃料及动力消耗

项 目	单 位	单 耗
球 团 矿	kg/t	1350
白 云 石	kg/t	无 说 明
焦 炭	kg/t	128
重 油	kg/t	50
电 极	kg/t	0.8
电 耗	kWh/t	870
工序能耗总量	GJ/t	9.35

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Direct Reduction of Iron Ore, a bibliographical Survey, European Communities' Commission, The Metals Society, London, 1979. pp. 371~381.
- [ 2 ] 白银矿冶研究所情报室, 日本直接还原炼铁简况 (1978, 3), 未发表著作, pp. 16~19.

## 3 墨西哥希尔萨公司蒙特雷1M直接还原厂

### Hylsa Monterrey 1M DR Plant, Mexico

#### 3.1 概述

50年代初,由于废钢短缺,墨西哥镀锡板和薄板公司(Hojalata Y Lamina SA)简称希尔萨公司(Hylsa),企图寻求废钢代用品的生产方法。1952~1953年,他们采用“烧箱”,在隧道窑中,以铁矿石和煤为原料,加热44h作直接还原试验,尽管工艺上获得了成功,但由于太不经济而放弃。1953年,希尔萨公司又采用间歇式还原罐法,采用脉冲加压,以流动的氢气为还原剂进行还原,并建立一座日产50t的试验装置,结果没有成功。以后,他们与凯洛格公司(M.W.Kellog Company)合作,对各种铁矿石的直接还原作了广泛的调查研究,最后确定了以蒸汽裂化天然气加固定床还原器的基本流程。1955年,在墨西哥的蒙特雷建立了一个试验厂,取得了满意的效果。1957年,建立了一座包括煤气淬冷(脱水)、预热、第一还原阶段和第二还原阶段共5台反应罐的初始直接还原装置,即第一代HYL直接还原装置,简称1M厂,于1957年11月投产。金属化产品通过反应罐的翻转倒卸出来,日产220t,年产95000t海绵铁,金属化率为85%。1960年,以这套装置为基础,设计建成第一个HYL工业生产厂,即蒙特雷2号直接还原厂,简称2M厂(该厂于1980年改造成2M5厂)。此后,在世界范围内,陆续建起一批HYL厂,并不断进行改造,现已发展到第五代HYL直接还原厂。

#### 3.2 工艺和操作

##### 3.2.1 工艺流程

蒙特雷1M厂希尔法工艺流程如图3-1所示。首先将天然气进行脱硫,然后加入水蒸气再加催化剂使之转化为CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>和水蒸气的混合气。水蒸气经冷凝后排出,还原气温度达到870~1030℃。还原气首先将已预还原的矿石还原,然后在第二还原段的反应罐部分地还原原矿。为了达到所需要的还原温度,要将预热空气与反应罐里的部分还原气燃烧达到与还原气相同的温度。

##### 3.2.2 设备与操作

这套还原装置由两个重整炉和5台反应罐组成,其工艺循环周期为5h。为了给海绵铁渗碳,在完全还原后将天然气引入。反应罐是活动的,可以翻转,在工作时,用一个平稳的气压密封装置将其下部固定起来,海绵铁在650℃时从罐内排出。为了避免再氧化,将石灰盖上,送钢厂进行冶炼。

反应罐直径为2.44m,高3.5m,每个罐的容量为13~15t矿石。间歇式生产,无冷却设施。

1M厂自1957年投产以来,从未中断生产,产量一直维持在年产0.10Mt左右。

##### 3.2.3 操作数据

1M厂是希尔法的第一个生产厂,至今还在生产,设计时年产量为78000t,实际最高达105000t。所使用的天然气由炼油厂供给,到达直接还原厂的天然气含硫0.5%,经装有

活性炭的脱硫塔处理，可使硫降至痕量。由于天然气在重整炉中裂化温度不高(800℃)，因此，重整炉钢管和催化剂寿命较长，用十几年不必更换。该厂1972年的部分操作数据如表3-1所示。

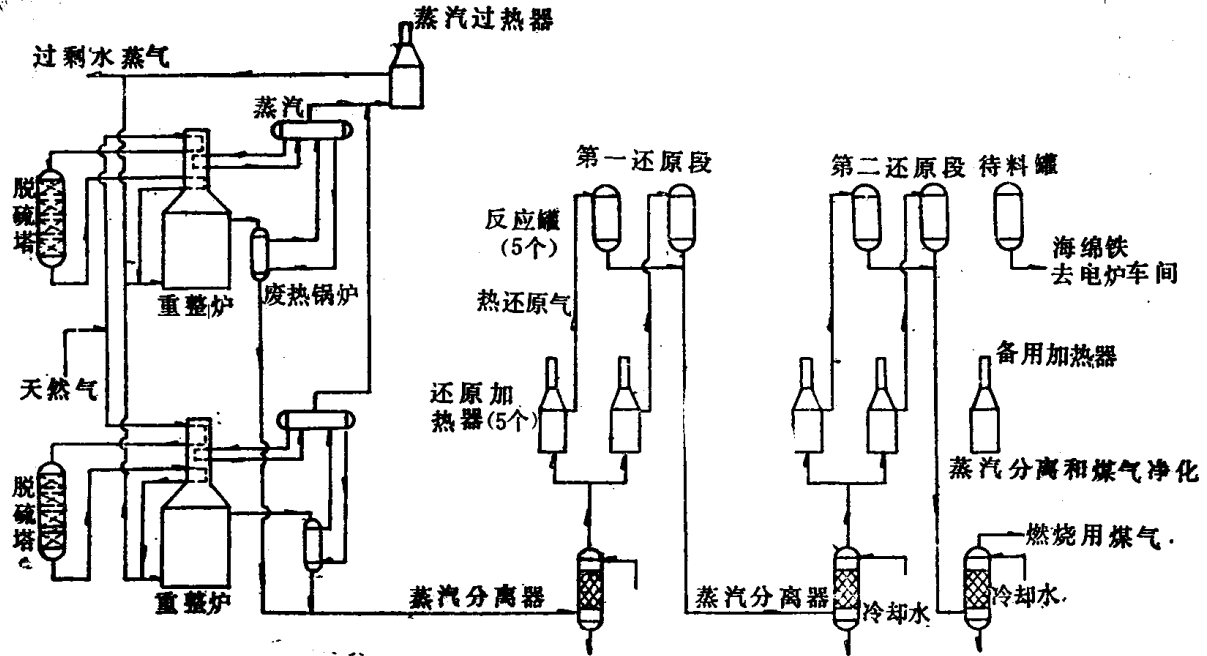


图 3-1 蒙特雷1M厂工艺流程示意图

表 3-1 1M厂1972年部分操作数据

项 目	单 位	数 据
投产年月		1957.11
设计产量	tFe/a	66000
实际产量	tFe/a	83566
设计年产量	tDRI/a <sup>①</sup>	78000
实际产量	tDRI/a	100000
重整炉	台	2
反应罐	台	5×17t
煤气预热器	台	5
空气预热器	台	5
空压机	台	有
煤气循环压缩机	台	无
电能消耗	kWh/t	没 测
天然气消耗	m <sup>3</sup> /tFe	没 测
还原过程的消耗量	m <sup>3</sup> /tFe	—

① DRI为直接还原铁。

参 考 文 献

[ 1 ] Robert L. Stephenson, Ralph M. Smailer, Direct Reduced Iron-Technology and Economics of Production and Use, The Iron & Steel Society of AIME, U. S. A., 1980. pp.78~80.  
 [ 2 ] Direct Reduction of Iron Ore, a bibliographical Surrey, European Communities' Commission, The Metals Society, London, 1979. pp. 127~141.  
 [ 3 ] 中国科学技术情报研究所, 墨西哥HYL公司海绵铁生产, 来华技术座谈资料, 编号, (75) 004, 未发表著作, 1975. 1 pp. 1~10.

## 4 墨西哥希尔萨公司普埃布拉1P直接还原厂

### Hylsa Puebla 1P DR Plant, Mexico

#### 4.1 概述

普埃布拉直接还原厂，简称1P厂，属墨西哥希尔萨公司，距普埃布拉市区18km，距墨西哥城134km。该厂于1969年建成投产，它是HYL法第4套直接还原装置，当初设计能力为年产225000t海绵铁，目前产量已超过0.30Mt。即设计日产600t，实际生产已达860t海绵铁。该厂的工艺与设备较蒙特雷1号厂已有明显进步，总热耗为18.0GJ/t海绵铁。金属化率为85%，天然气单耗在1973年为457m<sup>3</sup>/t海绵铁。

#### 4.2 工艺与操作

##### 4.2.1 工艺流程

普埃布拉1P厂的HYL直接还原装置包括一个重整炉（气体裂化）和4个固定式反应罐。它们的工艺循环周期为12h。为了使海绵铁冷却和渗碳，新的还原气首先通过已还原好的海绵铁，然后将还原气进行冷却，使水蒸气冷凝。为使已预还原矿石最后还原需对还原气进行再加热。从第一还原阶段出来的煤气同样被冷却，使水冷凝排出并对进入反应罐前的新矿石进行预热。此阶段多余煤气作燃料用。为了控制进入第二还原阶段时的煤气温度，要加入一定量的预热空气，空气量要严格控制，预热空气使部分煤气燃烧，从而提高温度。海绵铁冷却后被排出。其工艺流程如图4-1所示。

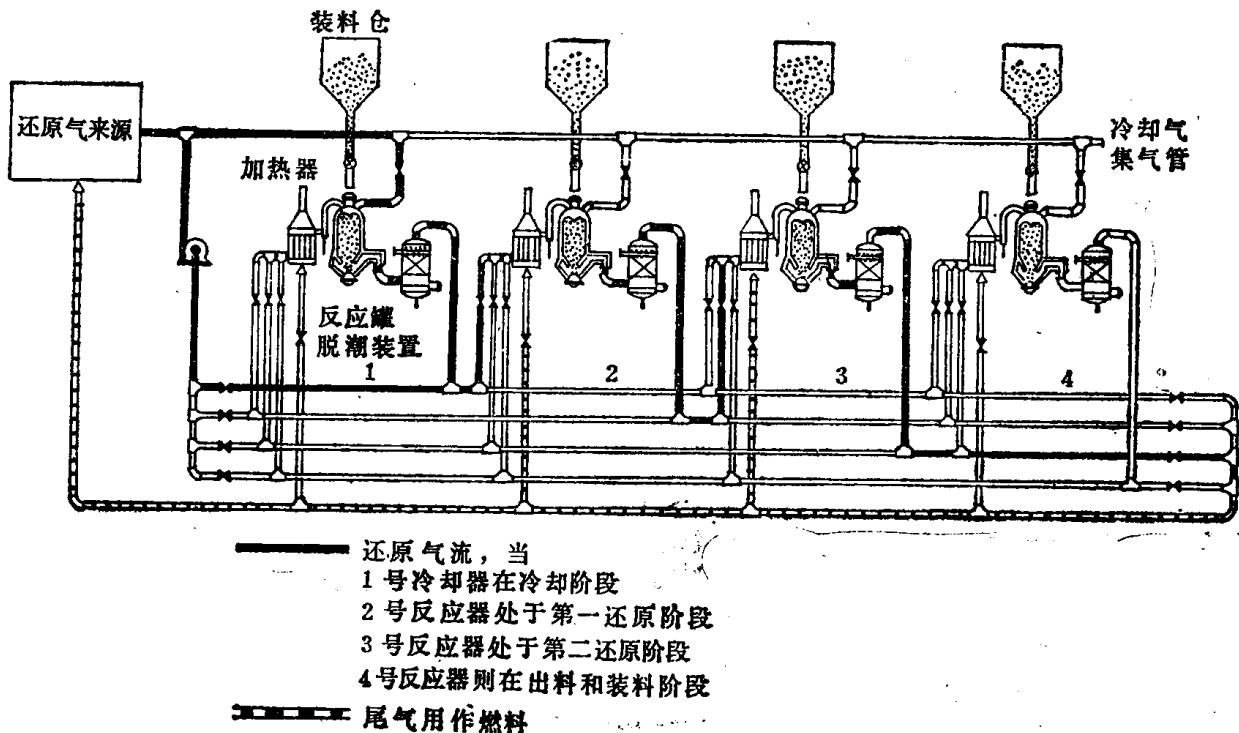


图 4-1 普埃布拉HYL法工艺流程示意图



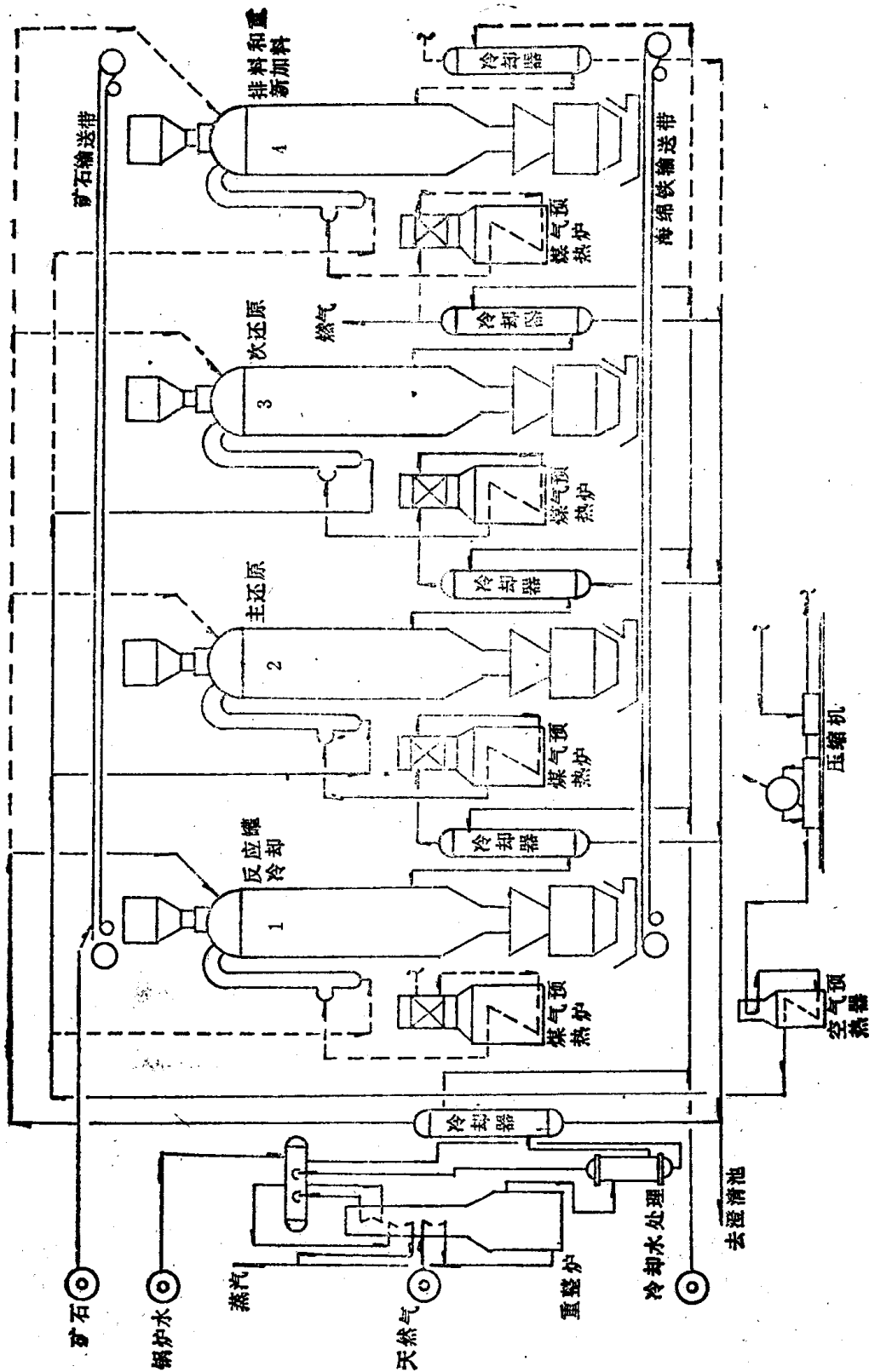


图 4-2 普埃布拉HYL直接还原流程和设备配置简图