

国外

铁 矿 粉 造 块

冶金工业出版社

1

# 国外铁矿粉造块

《国外铁矿粉造块》编写组 编

冶金工业出版社

## 内 容 简 介

本书着重反映七十年代国外铁矿粉造块工业的生产技术水平。全书按烧结法与球团法分别叙述造块原料的物理化学性质、原料准备方式、配料、混合、造球、固结（烧结与焙烧）、冷却至成品处理各生产环节的操作工艺及其主要设备。书中以一定篇幅概括介绍了国外对铁矿粉造块机理的研究，并对不同种类熟料的冶炼特性作了对比。

本书还重点叙述了造块工艺过程的自动控制技术，介绍了电子计算机与数学模型的研制与应用；环境保护、粉尘处理以及余热利用等。此外，还介绍了国外人造富矿的产品质量检验方法与主要质量指标。可供从事铁矿粉造块工作的科研人员和大中专院校有关专业的师生参考，具有一定生产经验的工人和有关技术领导同志也可阅读。

## 国外铁矿粉造块

《国外铁矿粉造块》编写组 编

\*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

787×1092 1/16 印张 22 字数 520 千字

1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷

印数00,001~2000册

统一书号：15062·3535 定价 2.25 元

## 编 者 的 话

为了适应我国钢铁工业发展的需要,更好地学习和引用国外先进技术,我们编写了《国外铁矿粉造块》一书。

全书按烧结法与球团法分别介绍了从造块原料准备至成品处理各主要生产环节的操作工艺与主要设备,以一定篇幅介绍了造块理论研究状况,并对造块产品的冶炼特性作了对比分析。书中还介绍了铁矿石造块工艺过程自动控制技术、环境保护与粉尘处理工艺以及产品质量检验方法与主要质量标准。读者通过本书可以基本了解现今国外铁矿粉造块工业的技术状况和发展特点。

本书由冶金工业部长沙矿山设计研究院与鞍山矿山设计研究院负责组织编写。参加编写的同志有:长沙矿山院袁文彬(国外铁矿粉造块工业发展特点)、唐先觉(第一、二、三、五章)、刘树立(第六、七章)、刘玉松(第二十章);鞍山矿山院张学能(第八、十二、十三章)、孙济中(第九、十五、十六章)、孙庆和(第十、十七章)、刘国彬(第十八、二十章)、刘承顺(第十九章);北京钢铁学院周取定(第四、二十一章);首钢钢铁研究所李蜀沅(第六、十九、二十章);攀枝花钢铁研究院郭新春(第十一章);鞍钢烧结总厂陈富来、李喜来、李学增(第十四章)、王若礼(第二十一章);东北工学院杨兆祥(第十七、十八章)。此外,参加编写工作的还有包钢钢铁研究所傅式、长沙矿山院曾名贞、邓英及鞍山矿山院李显靖等同志。

初稿分别写出之后,经过编写组几次讨论、修改、补充,最后全书由袁文彬、张学能二同志审阅定稿。

在编写过程中,我们得到各有关单位和同志们的大力支持,在此一并致谢。

虽然我们从主观上做了很大努力,但由于编者水平有限,顾此失彼和谬误欠妥的地方在所难免,请读者批评指正。

《国外铁矿粉造块》编写组

一九七九年五月

# 目 录

国外铁矿粉造块工业发展特点	1
<b>第一章 烧结工艺发展概况</b>	7
第一节 世界烧结矿产量	7
第二节 烧结机大型化	9
<b>第二章 烧结原料准备与料场</b>	15
第一节 原料堆存及混匀	15
第二节 熔剂和燃料的准备	28
<b>第三章 烧结混合料的配料与混合</b>	31
第一节 配料	31
第二节 混合	32
<b>第四章 烧结过程理论研究</b>	38
第一节 固体燃料的燃烧	38
第二节 烧结过程的传热	41
第三节 烧结过程气体动力学	46
第四节 烧结过程的固相反应	51
第五节 烧结过程的熔化、结晶及烧结矿结构的形式	54
<b>第五章 烧结工艺流程与主要工艺设备</b>	61
第一节 烧结厂平面布置与设备流程	61
第二节 主要烧结工艺设备	61
第三节 烧结工艺的改进	81
<b>第六章 烧结矿冷却与整粒</b>	88
第一节 烧结矿冷却工艺	88
第二节 环式与带式冷却机	90
第三节 其它类型冷却机	95
第四节 机上冷却工艺	98
第五节 烧结矿整粒	103
<b>第七章 烧结设备维护与检修</b>	109
第一节 定期计划检修	109
第二节 设备整体更换	111
第三节 提高维修装备水平	112
第四节 维修体制	112
<b>第八章 球团工艺发展概况</b>	114
第一节 三种球团法的发展及现状	114
第二节 几种球团新工艺的发展现状	120

第三节	球团试验研究	121
<b>第九章</b>	<b>球团原料准备</b>	<b>123</b>
第一节	含铁原料	123
第二节	粘结剂	133
第三节	熔剂	135
第四节	配料与混合	137
<b>第十章</b>	<b>造球工艺及设备</b>	<b>143</b>
第一节	造球	143
第二节	影响造球的因素	153
<b>第十一章</b>	<b>球团焙烧固结机理</b>	<b>159</b>
第一节	生球干燥机理	159
第二节	球团焙烧固结机理	161
第三节	焙烧过程的影响因素	164
<b>第十二章</b>	<b>竖炉球团法</b>	<b>167</b>
第一节	概述	167
第二节	工艺过程及主要参数	169
第三节	厂例	171
<b>第十三章</b>	<b>带式焙烧机球团法</b>	<b>173</b>
第一节	工艺流程及主要参数	173
第二节	主要设备及结构特点	179
第三节	带式焙烧机球团厂主要技术经济指标	186
第四节	厂例	192
<b>第十四章</b>	<b>链篦机-回转窑球团法</b>	<b>198</b>
第一节	链篦机-回转窑球团法的工艺过程及主要参数	198
第二节	主要设备	208
第三节	技术经济指标	214
第四节	厂例	217
<b>第十五章</b>	<b>环式焙烧机球团法</b>	<b>223</b>
第一节	工艺过程	223
第二节	经济效果	224
第三节	环式焙烧机的发展	225
<b>第十六章</b>	<b>冷粘结球团法</b>	<b>226</b>
第一节	试验阶段	226
第二节	工业性应用阶段	227
第三节	冷粘结球团冶炼效果	228
第四节	冷粘结球团经济效果	228
<b>第十七章</b>	<b>自熔性球团与酸性球团的比较</b>	<b>231</b>
第一节	自熔性球团的生产	231
第二节	自熔性球团与酸性球团的比较	236

<b>第十八章</b>	<b>球团与烧结矿比较</b> ·····	240
第一节	原料条件比较·····	240
第二节	冶金性能比较·····	240
第三节	冶炼效果比较·····	242
第四节	经济效果比较·····	243
第五节	环境状况比较·····	244
<b>第十九章</b>	<b>环境保护与综合利用</b> ·····	246
第一节	除尘·····	246
第二节	废气中有害物质的脱除·····	257
第三节	污水处理·····	262
第四节	噪声防治·····	263
第五节	粉尘处理·····	265
第六节	废热利用·····	267
<b>第二十章</b>	<b>工艺过程自动化</b> ·····	270
第一节	主要工艺参数的测量方法及装置·····	270
第二节	料场自动控制·····	280
第三节	烧结过程自动控制·····	283
第四节	球团生产过程自动控制·····	293
第五节	电子计算机的应用·····	304
第六节	数学模型·····	308
<b>第二十一章</b>	<b>烧结矿与球团质量要求及检验方法</b> ·····	313
第一节	生球质量标准及检验方法·····	313
第二节	成品质量要求及标准·····	314
第三节	成品质量检验方法·····	316

## 国外铁矿粉造块工业发展特点

就世界范围来说，铁矿粉造块工业（这里主要是指抽风带式机烧结法与焙烧球团法）作为钢铁冶炼所需精料——人造富矿的加工工业，在七十年代里有了十分显著的发展。其主要特点是：单套设备大型化、专业企业大型化，生产能力大幅度增长；工艺技术水平与生产管理水平和产品质量不断提高，各项消耗指标不断降低。与此同时，自动化水平与环境保护水平相应不断提高。

铁矿粉造块工业的产生和发展，完全是由铁矿石资源条件所促成的。今天国外铁矿粉造块工业获得如此迅速发展的基本条件，一方面是钢铁生产发展的需要，另一方面则是整个科学技术水平和机械制造水平的提高。

随着炼铁工业的发展，高炉容积不断扩大，大型高炉对含铁炉料的粒度、强度、化学成分，尤其是冶炼特性的要求越来越高。因此，各钢铁工业发达的国家都在认真进行炼铁原料准备，以保证高炉顺行，降低焦比，提高利用系数。提供粒度均匀、成分稳定、物理和化学特性，尤其是冶炼特性良好的人造富矿——烧结矿和球团，则是强化高炉冶炼过程的一个重要条件。优质烧结矿和球团已成为现今世界上炼铁炉料中不可缺少的重要组成部分。可见，铁矿粉造块工业的发展又促进了炼铁生产技术的进一步提高。

据估计，1978年世界烧结矿生产能力可达6.5~7.0亿吨。

北美一些国家和地区以及苏联的大量低品位铁矿石只有经过细磨、深选，再将极细粒精矿制成球团才适合冶炼。因此，近二十多年来，铁矿石球团生产能力（主要是带式焙烧机法与链篦机-回转窑法）迅速增长。在此期间，随着球团技术的改进，球团用含铁原料范围不断扩大，从磁铁矿到赤铁矿、褐铁矿，从精矿到混合精矿，乃至钢铁厂含铁粉尘、轧钢皮等废弃物都可以得以利用。1955年世界球团生产能力仅有100多万吨，到1977年便增长到2.5亿吨以上，估计1978年可达到2.8~3.0亿吨。

据统计，目前世界高炉炉料中，烧结矿平均占50%、球团占35%、块矿仅占15%。日本、苏联、西德等，烧结矿入炉比达80%以上。美国的球团入炉比达50%以上。现在，苏联也竭力发展球团生产，近年大量从美国、西德、日本引进大型球团设备。据称，到1980年苏联球团生产能力将达到6000万吨，计划将球团入炉比从1975年的15%提高到40%左右。

目前世界上铁矿石造块工业发达的国家，主要有日本、美国、西德、法国，还有苏联等。在烧结技术方面，尤以日本居领先地位，日本不仅在大型烧结机单机有效面积和拥有台数上占世界首位，而且在烧结工艺、自动化水平、能源利用、环境保护以及有关设备制造和理论研究方面也是走在前面的。在球团技术方面，美国一直居于比较先进的地位。但铁矿石球团生产能力已经从六十年代左右主要集中于北美的状况发展到今天球团厂遍及全球的局面。

西德、法国在铁矿石造块理论研究和设备制造方面，在世界上也占有相当地位。

为了使读者一开始就能对国外铁矿粉造块工艺现状有个初步了解，这里用粗线条描画一下国外造块工业现今发展的几个主要特点。



## 一、造块设备大型化

设备大型化是目前国外造块技术发展的重要标志。它在相当程度上反映出本时期造块工艺水平和机械制造水平，同时它还反映出造块专业科研水平的一个侧面。

在烧结设备方面，据国外分析：烧结厂基建投资是随着烧结机单机有效面积的增大而降低的（参见第一章表1-9）。目前世界上最大型烧结机的有效面积已达600米<sup>2</sup>，总共有三台，全部建在日本（新日铁公司大分二号、若松和住友金属公司鹿岛三号）。近年，西德鲁奇公司和日本日立造船公司已完成1000米<sup>2</sup>带式烧结机的设计（台车宽6.5米），并且可以承担1280米<sup>2</sup>烧结机的设计。苏联也声称1980年后将建造1000米<sup>2</sup>烧结机。

近些年来，以法国德拉特尔-勒维维埃公司为代表在欧洲积极发展机上冷却式烧结工艺，至今已相继建成九座这种类型的烧结厂，并且该公司已于1978年完成了740米<sup>2</sup>机上冷却式烧结机（冷却段250米<sup>2</sup>、烧结段450米<sup>2</sup>、中间有40米<sup>2</sup>的调节段）的设计。同年，西德鲁奇公司设计出了900米<sup>2</sup>机上冷却式烧结机（台车宽6.0米、冷却段400米<sup>2</sup>、烧结段500米<sup>2</sup>）。

在球团焙烧设备方面，近十年来，主要是带式焙烧机和链篦机-回转窑二者竞相发展，增长很快。目前世界上已投产的最大一台带式焙烧机有效面积达到704米<sup>2</sup>〔建在巴西萨马尔科公司（Samarco S.A.）乌布角（Ponta Ubu）球团厂〕，生产能力为500万吨/年（处理富赤铁精矿）。巴西C.V.R.D.公司将于1980年建成两台有效面积各780.4米<sup>2</sup>●（8500英尺<sup>2</sup>）的七号和八号带式焙烧机。到那时，C.V.R.D.公司将形成世界上最大的球团生产企业，年产能力达到2500万吨。目前世界上已投产的最大一套链篦机-回转窑由美国爱立斯-恰默斯公司建在美国克利夫兰-克利夫斯公司蒂尔登球团厂，回转窑直径7.6米、长48.0米，生产能力400万吨/年（处理浮选赤铁精矿）。爱立斯-恰默斯公司将可提供单套能力为500（处理赤铁矿）~600万吨/年（处理磁铁矿）的链篦机-回转窑设备。

与主机大型化的同时，各相关工艺设备也向大型化发展。

与造块设备大型化的发展形势对照，在七十年代里，竖炉球团法已由七十年代初期的停滞不前的状态走向逐步衰落的境地。最近一两年来，美国、加拿大的一些竖炉球团厂接连关闭（如美国皮里奇厂、格雷斯厂、康沃尔厂，加拿大马尔莫拉厂、希尔顿厂等）。日本川崎公司千叶球团厂的竖炉球团设备已全部拆除。

此外，冷粘结球团法和环式焙烧机法仍各由瑞典格兰耶斯厂和墨西哥拉佩拉厂独树一帜，均无新厂问世。

随着造块工艺技术和设备大型化，国外有关设备研究制造部门以及各生产企业对研究和改进造块设备都很重视。在研制新设备的同时，他们十分注意选用适宜材质、采用合理结构，不断改进现有设备，延长易磨损部件和结构的寿命，克服乃至取消薄弱环节，既改善生产工艺，又提高作业率。烧结厂中最大的薄弱环节之一——热矿筛，在日本首先被革掉了，这是七十年代烧结工艺上的一项突出改革。

加强计划检修、实行整体更换，也是国外提高设备作业率的一项重要的有效措施。日本一些大型烧结厂作业率普遍都在95%以上，最高的达到97~99%以上。美国一些球团厂作业率一般都在90%以上，好的可达96~97%以上。

## 二、加强造块机理研究

虽然铁矿粉造块工业问世已有数十年的历史，全世界已拥有每年近十亿吨造块的能力

● 西德鲁奇公司报道数据为708米<sup>2</sup>。

和广大用户，而且各国在造块理论研究方面做了大量的工作，但是，严格说起来，国外目前对造块理论的研究还不是很透彻的，造块产品的性能往往满足不了冶炼要求。所以，近年来，各国有关科研机构、高等院校、生产企业等对造块理论的研究都十分重视，以期通过造块理论的研究（如原料基本特性评价，混合、制粒、固结、冷却等过程的机理研究，成品特性评价手段的研究以及新造块工艺原理的研究等），一方面探明和掌握造块规律，做到根据客观实际条件生产出符合下一步使用要求的造块产品，另一方面查明造块机理、弄清造块过程各物理化学反应的内在规律，为造块工艺的改进、造块方法及工艺流程的选择和为造块工厂的设计与操作提供可靠的依据。目前从事烧结理论研究的国家，主要有日本、西德、法国、英国、苏联等。在研究物料（主要是矿粉）颗粒的物理、化学性质和表面构造同造球性的关系以提高混合料透气性方面取得了一些成果。在烧结过程气体动力学理论、传热理论等方面的研究有所进展。从事球团理论研究的国家，主要有美国、日本、瑞典、苏联等。

在当前世界铁矿粉球团总产量中绝大部分仍为酸性球团。美国等侧重于研究影响球团质量的各种因素，如原料粒度、化学成分、原料准备、添加剂的作用、造球方式、焙烧制度等的影响，以改善球团质量特性。但，北美球团界亦承认自熔性球团的质量特性优于酸性球团。不过，在酸性球团与碱性球团二者当中的取舍，主要决定于具体情况下的综合技术经济比较。日本、苏联还有欧洲其它一些以生产自熔性球团为主的国家，则侧重于研究改善自熔性球团的质量特性，重点在于改善球团还原特性（如膨胀性、还原性、还原强度等）。目前在熔剂的作用、球团结构的改善等方面取得一些成果。日本神户钢铁公司在研究添加MgO的自熔性球团的基础上，为进一步改善球团还原特性，最近正在研究试验大气孔球团与破碎球团以及添加粗粒矿石的球团等。

关于碱度对烧结矿和球团特性的影响，各国做了许多理论探讨和实验研究。但是，至于高炉用人造富矿的最佳碱度问题，目前尚无定论，有待深入研究。一般的看法是：自然碱度球团的还原性不及自熔性烧结矿，而自熔性球团的还原性又优于自熔性烧结矿。

### 三、改进造块工艺

为了满足高炉对人造富矿质量越来越高的要求，各国在改进造块工艺方面做了不少工作并取得了很大进展。

在烧结工艺方面，主要有以下改进：

- 1) 改善和加强原料中和，设置机械料场，堆料、取料、混匀过程采用电子计算机自动控制；
- 2) 改善原料准备工艺，除广泛采用添加石灰石之外，日本提出并采用了焦粉分加、分层布料工艺，苏联研究采用了水分分加，喷雾加水工艺等等；
- 3) 改进操作技术，强化烧结过程，如采用厚料层、高负压、大风量操作以及混合料预热、烟气循环烧结、富氧烧结、热风烧结等；
- 4) 改善薄弱工艺环节，如采用冷却机直接装矿工艺，取消热矿筛，采用水冷结构（单辊破碎机、热筛等）；
- 5) 强化烧结矿整粒等。

在球团工艺方面，除加强原料准备外，主要有：

- 1) 改善混合、造球和布料，采用新型混合设备，造球机配辊筛以及采用多辊布料器等；

2) 采用和改进直接回热系统 (带式焙烧机、链篦机-回转窑);

3) 研究和采用直接烧煤工艺。

此外, 国外近年新建球团厂有的已采用消石灰代替储量少价格高的皂土。

在改进生产工艺的同时, 近年来国外对老厂改造问题也重视起来, 并且认为: 那些改造不经济的老厂应当拆除, 重建新厂。

#### 四、强调环境保护, 重视综合利用

今天, 环境保护已成为全世界关注的突出课题。烧结厂和球团厂的废气和粉尘是造成环境污染的主要根源之一。由于国外十分强调环境保护, 防止公害, 所规定的环保标准不断提高, 所以各国造块企业只好投入大笔资金用来解决烟气净化等一系列问题, 如废气除尘、有害物质脱除等。

在除尘方面, 国外烧结厂采用的设备主要有: 静电除尘器 (干式、湿式)、旋流除尘器 (干式、湿式)、洗涤器、袋式除尘器等。日本、西德等国烧结厂, 烧结机头均采用静电除尘器, 环境除尘亦多采用静电除尘器, 有时还配合以其它机械除尘方式。除尘效率都在96%左右。近年来, 日本新日铁公司机电部门设计制造了ESCS型宽极距 (600~1200毫米)、高电压 (70~200千伏) 静电除尘器, 并已用在一些新建的大型烧结厂, 除尘效率达到98~99.5%。苏联烧结厂采用多管除尘器的较多, 效率不高, 近来正在研究改进措施。在球团厂除尘方面, 西德百劳什吕斯克坎普通风公司设计的一种配有湿式离心捕尘器的UW-4型除尘系统 (专利), 据称效率较高, 在欧、美等国球团厂得到广泛应用。英、美一些新球团厂也采用了静电除尘器。

在脱除有害物质方面, 由于近年来国外对废气中有害物质, 主要是硫氧化物和氮氧化物的排放浓度标准的规定越来越严, 各国钢铁公司, 尤其是烧结厂, 都被迫采取净化措施。以往主要是脱硫, 现在脱氮已成为急待解决的课题。

国外降低排烟中SO<sub>2</sub>浓度的措施, 基本上有以下三个方面:

1) 采用各种脱硫方法与装置, 如石灰-石膏法、氨-硫铵法、漏塔板法以及钢渣法、铵液法、亚硫酸钠法等;

2) 使用低硫矿石, 降低原料含硫量;

3) 建造高烟囱 (单根的、组合式的), 日本烧结厂主烟囱最大高度达到220米。日本钢管公司 (NKK) 和神奈川县工业研究所合作研究了一种氨-硫铵法 (现称“NKK-神工试”式法), 其最大特点是: 烧结烟气脱硫与焦化厂煤气脱硫不是用两套分别独立的脱硫装置, 而是二者有机地结合起来, 这在世界上是没有先例的。福山厂三号机采用这种方式, 脱硫率达到99.5%。

在脱氮方面, 日本的研究结果说明: 在钢铁生产过程中生成的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>), 约50%是来自烧结过程, 而烧结过程中生成的NO<sub>x</sub>又大部分是由混合料内焦粉的氮转化而成的燃料氮氧化物 (Fuel NO<sub>x</sub>)。一般说来, 脱氮要比脱硫困难些, 目前国外尚无经济有效的措施。日本关于烧结烟气脱氮问题的研究主要分为两个方面, 一是寻求有效的方法; 二是从根本上解决, 即减少焦炭中的氮, 从而降低烟气中NO<sub>x</sub>生成量。川崎公司提出一种干式氨选择接触还原法, 令烟气中的氮氧化物与氨接触反应转化为无害气体。但费用太高 (设备投资为110亿日元, 维修费50亿日元/年), 无法推广。另外, 日本在制取低氮焦方面也做了许多研究, 提出了高温处理法, 自燃法等。

造块工厂主要工艺风机的噪声也是一大公害，为了减轻噪声强度，各国都对风机以及其它一些噪声严重的设备采取了隔音、消音、减震等措施。低噪声风机的研究工作也已得到重视。

钢铁厂内含铁粉尘与造块工艺烟气余热的综合利用，既能达到资源（矿产与能源）合理使用的目的，又能减轻环境污染。

在粉尘利用方面，主要是采用小球烧结法和金属化球团法。国外用钢铁厂含铁粉尘制取金属化球团的方法，目前以回转窑法为主，有SL/RN法，日本的川崎法，日本住友公司的SDR法等，均以固体燃料作为还原剂。此外美国还研究了竖炉还原法、热压块法及冷粘结法处理各种粉尘。

在烧结废气余热利用方面，日本做了较多的研究工作，主要有：冷却机废热循环回收，作为点火用风和保温段料层热处理；烧结烟气循环烧结，将烧结机最后几个风箱排气循环给到前一段台车作为烧结用风，也可作点火用风；烧结烟气余热发电。

在球团废气余热利用方面，主要是在带式焙烧机和链篦机-回转窑中采用直接回流系统，回收冷却段烟气余热，改善烟气循环，降低热耗和电耗。

### 五、提高自动控制水平

造块过程自动化水平的提高，也是国外造块工业发展的一个重要标志。近些年来，许多国家为实现造块生产各项工艺过程的自动检测和自动控制进行了大量研制工作，研究成果层出不穷。目前，除了已经广泛采用的配料自动控制等项目之外，在原料粒度、混合料水分和透气性、料层厚度、烧结矿导磁性、微观矿相结构以及还原强度测定等方面均出现并采用了自动控制装置。

随着世界上电子计算机技术的快速发展，电子计算机已逐步推广应用到造块过程的自动控制系统中来。七十年代，国外新建烧结厂和球团厂几乎普遍采用电子计算机自动控制系统，尤其是日本最为突出。最近时期，在线检测不断完善，小型、微型计算机可靠性不断提高（价格又较便宜），这更促进了电子计算机技术在造块过程自动控制系统中应用范围的扩大。应用电子计算机可减少控制仪表、提高控制准确性、简化手续、可实现信息传递，从而可保证工艺过程最优化。

最近几年，数学模型的研制与应用，更为进一步实现造块过程最优化创造了条件。英、日、美、法、荷兰、苏联等不少国家都在进行数学模型法的理论研究和试验，并且已在造块工厂设计和工艺过程控制方面取得相当成果。目前，造块过程数学模型已经从静态向动态发展。随着电子计算机技术应用的发展，数学模型的研究与应用亦将会得到较快的发展，这又将促进造块工艺水平的提高。

归纳起来，大型化、自动化、管理科学化、高效率、低消耗、少污染是目前国外铁矿石造块工业发展的特点，而以技术上先进、经济上合理的工艺和设备为高炉冶炼和直接还原过程提供化学成分稳定、粒度均匀、物理机械特性和化学特性，尤其是冶炼性能良好的优质人造富矿，则是铁矿粉造块工业的所要达到的目的。

预计今后在新工艺、新方法、新设备、新材料的研究与应用方面会有所进展。但是根据世界铁矿石资源状况和正在形成的世界造块生产能力来看，可以推测，在八十年代，抽风带式烧结机烧结法和带式焙烧机与链篦机-回转窑球团法仍将是国外铁矿粉造块的主要生产方式，在造块工艺技术上不会出现根本性的突破。



# 第一章 烧结工艺发展概况

进入七十年代以来，国外烧结工业有了迅速的发展。其突出特点之一是烧结设备大型化，单机能力越来越大，烧结工艺水平不断提高，烧结矿质量亦越来越好。十八世纪末到十九世纪初，烧结仅仅是作为处理冶金工厂废料的一种手段，将高炉灰、轧钢皮以及块矿破碎过程中产生的粉矿造块，作为高炉的一种辅助炉料。而今天，用高品位富矿粉及各种铁精矿粉为原料，制成粒度均匀、成分稳定、可以控制碱度和有良好冶炼性能的人造富矿，已成为现代高炉冶炼获得优质高产的基础。

## 第一节 世界烧结矿产量

1971年世界烧结矿的总产量约四亿三千万吨，到1976年，世界烧结矿总产量约达六亿八千三百万吨。其中苏联一亿五千三百多万吨；日本一亿一千二百万吨；西德三千八百多万吨。1976年苏联和日本两国的烧结矿产量占世界烧结矿总产量的40%左右。从1970~1976年苏联烧结矿产量平均每年递增约250万吨。日本是七十年代世界上烧结生产发展最快

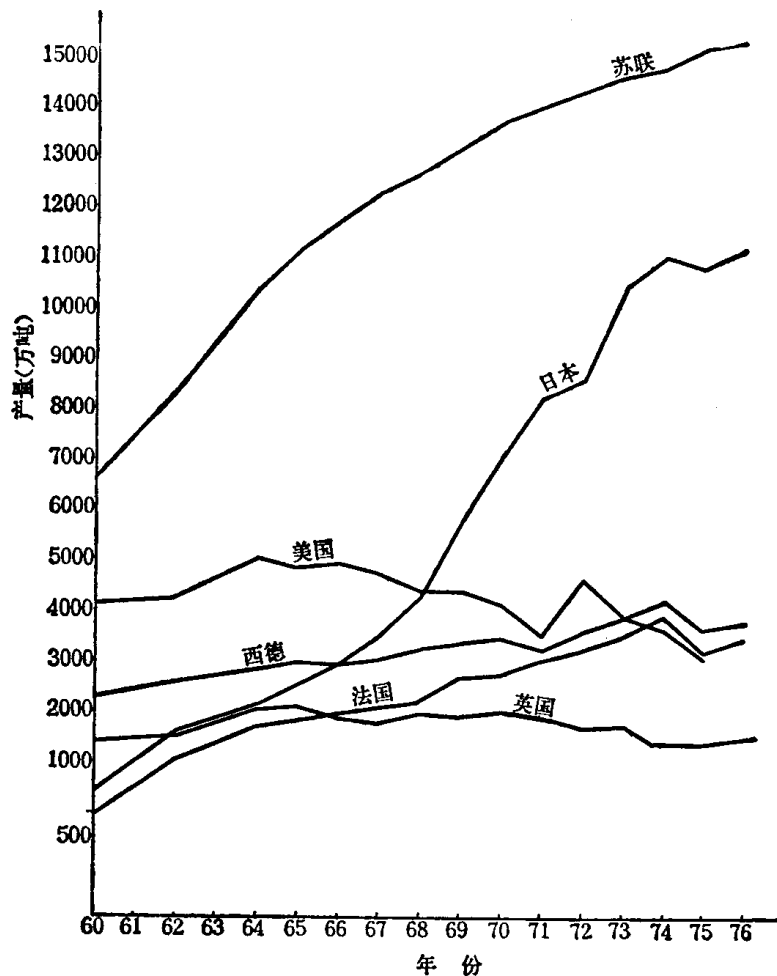


图 1-1 世界主要产钢国家六十、七十年代烧结矿产量情况

的国家。1960年日本烧结矿产量不到767万吨,1970年达7062万吨。七十年代日本烧结矿产量增长仍然很快,1976年烧结矿产量比1970年增加了4128万吨,平均每年递增688万吨。西德烧结矿产量1976年为3854万吨,比1970年(3500万吨)增加353万吨。法国1976年烧结矿产量为3482万吨,比1970年(2790万吨)增加692万吨。在主要产钢国家中仅美国和英国的烧结矿产量以1976年与1970年相比下降了。但1976年与1978年英国相继投产两座新烧结厂,全国烧结生产能力增加了约600万吨/年。图1-1为几个主要产钢国家六十、七十年代烧结矿产量情况。表1-1为几个主要产钢国家七十年代烧结矿产量统计表。表1-2为几个主要产钢国家六十、七十年代烧结矿年平均增减量。

几个主要产钢国家七十年代烧结矿产量统计表(万吨)

表 1-1

年 份	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
苏 联	13819.9	14065.8		14612.3	14879.6	15194.3	15325.1
日 本	7062.4	8293.9	8623.2	10449.9	11043.4	10885.0	11190.6
美 国	4148.4	3581.1	4636.1	3931.4	3698.6	3073.1	
西 德	3500.8	3280.5	3617.5	3932.0	4280.8	3676.1	3853.6
法 国	2790.4	3021.3	3283.5	3536.8	3983.7	3209.9	3482.4
英 国	2051.0	1881.2	1781.1	1795.3	1429.5	1417.6	1553.3
世界总产量		43000	44500				68300

几个主要产钢国家六十、七十年代烧结矿年平均增减量(万吨)

表 1-2

国 别	1960~1969年平均增减量	七十年代以来年平均增减量
苏 联	+ 677	+ 251(1970~1976)
日 本	+ 501	+ 688(1970~1976)
美 国	+ 32.1	- 215(1970~1975)
西 德	+ 112.6	+ 59(1970~1976)
法 国	+ 208.1	+ 115(1970~1976)
英 国	+ 45.6	- 84.6(1970~1976)

目前在一些主要产钢国家的高炉含铁原料中烧结矿已占70%或者更多。如1975年日本占71%,西德占80%,苏联占88%以上。表1-3是日本粗钢产量,高炉生铁产量与烧结矿使

日本粗钢产量、高炉生铁产量与烧结矿使用量(入炉比)

表 1-3

年 度	粗 钢 产 量 (百万吨)	高 炉 生 铁 产 量 (百万吨)	烧 结 矿 使 用 量 (入 炉 比) (百万吨) (%)
1965	41.2	27.0	24.6(56.3)
1966	47.8	31.6	28.5(55.8)
1967	62.2	39.7	33.8(55.8)
1968	66.9	45.9	40.9(55.8)
1969	82.2	57.7	55.4(60.1)
1970	93.3	67.5	66.9(61.8)
1971	88.6	72.2	77.9(66.6)
1972	96.9	73.7	80.9(67.6)
1973	119.3	89.7	97.8(67.2)
1974	117.1	90.1	102.5(69.5)
1975	102.3	86.6	100.4(71.0)
1976	107.4	86.4	101.3(71.7)

用量（入炉比）情况。图1-2是几个产钢国家高炉冶炼的熟料比（包括烧结矿和球团矿）增长情况。图1-3示出了西德生铁产量中烧结矿带入的铁分增长情况。

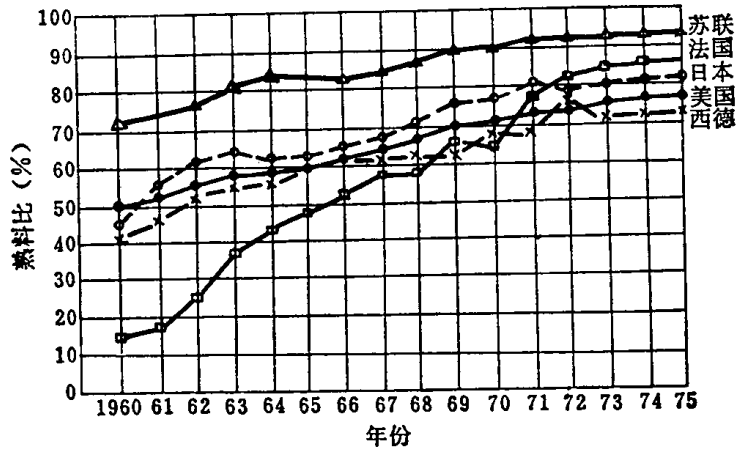


图 1-2 几个主要产钢国家高炉冶炼熟料比增长情况

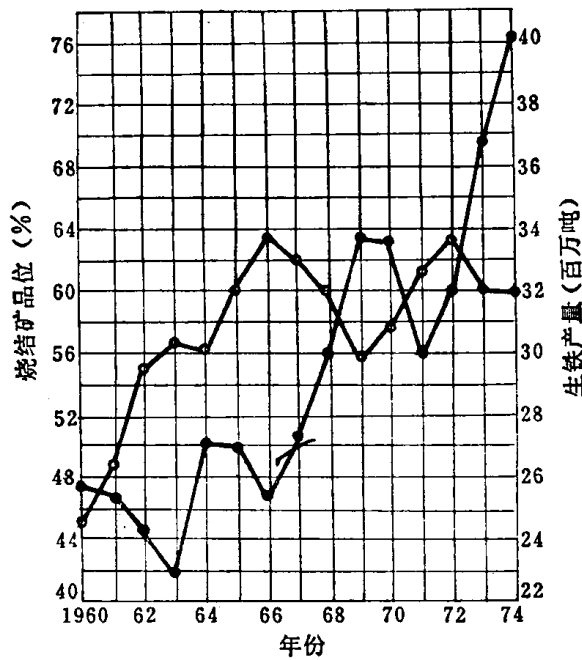


图 1-3 西德生铁产量中烧结矿带入的铁分增长情况

○—烧结矿品位；●—生铁产量

## 第二节 烧结机大型化

在带式烧结机的发展方面，若从1906年世界上开始使用带式烧结机算起，到今天已有七十年的历史。但在五十年代以前，烧结机的发展非常缓慢。1934年带式烧结机的面积最大为36.6米<sup>2</sup>，1936年为75米<sup>2</sup>。五十年代初期烧结机有效面积不到100米<sup>2</sup>。六十年代烧结机发展较快，1960年出现225米<sup>2</sup>烧结机，1964年出现288米<sup>2</sup>烧结机，1969年出现302米<sup>2</sup>烧结机。而进入七十年代，烧结机单机有效面积增大的步伐越来越大。1970年出现320米<sup>2</sup>烧结机，同年又造出了400米<sup>2</sup>烧结机。1971年500米<sup>2</sup>烧结机投产，1973年550米<sup>2</sup>烧结机问世，1975年制成了600米<sup>2</sup>烧结机。据不完全统计，目前全世界400米<sup>2</sup>以上烧结机（包括机



表 1-4

大于200米<sup>2</sup>烧结机及其配套风机除尘设备

国	家	工 厂 名 称	投 产 年 月	生 产 能 力 (吨/日)	烧 结 机		主 风 机			除 尘 系 统		
					台 数	规 格 (宽×长)(米 <sup>2</sup> )	利 用 系 数 (吨/米 <sup>2</sup> ·时)	风 量 (米 <sup>3</sup> /分)	负 压 (毫米水柱)	电 机 功 率 (千瓦)	抽 风	环 境
美	国	阿勒魁帕厂	1960	6500~8500	1	4.01×56.14=225	1.43	9905×2	889	3500	多管除尘	机械除尘
美	国	大湖厂	1958.8	7000	1	3.66×60.85=223	1.2	9740×2	1020	4500	旋风除尘	多管除尘
美	国	大湖钢铁公司底特律厂	1958		1	3.7× = 220						
苏	联	新利别茨克厂2*	1967	9000	1	AKM-252/312 4×78=312	1.162~1.29	12000×2	1050~1150	3300	机械除尘	机械除尘
苏	联	西西伯利亚厂	1967	7500	2	AKM-252/312 4×78=312	1.15	12000×2	1150~1250	3300	多管除尘	旋风除尘
苏	联	西西伯利亚2*	1970	7500	1	4×78=312	1.15	12000×2	1150~1250	3300	多管除尘	旋风除尘
苏	联	卡奇卡纳尔斯克厂	1969		4	AKM252/312						
苏	联	新利别茨克厂1*	1964	7000	1	4×72=288	1.42	12000×2	1050~1150	3300	机械除尘	多管除尘
苏	联	卡奇卡纳尔斯克厂1*	1966	7000	2	4×51=204						
苏	联	卡奇卡纳尔斯克厂1*	1976.3	27000	1	5×120=600						
日	本	若 松	1975	25000	1	5×120=600	1.46	30000×2	2000		电除尘	电除尘
日	本	大 分2*	1977	20400	1	5×120=600						
日	本	鹿 岛3*	1973.9	22400	1	5×120=600	1.34~1.41	28000×2	1600	9300	电除尘	电除尘
日	本	福 山5*	1971.7	20000	1	5×100=500	1.3	22000×2	2000	9500×2	电除尘	电除尘
日	本	君 津3*	1973.2	16400	1	5×100=500						
日	本	鹿 岛2*	1975.12	18400	1	5×92=460						
日	本	室 兰6*	1976.10	15000	1	5×90=450						
日	本	扇 岛	1971.4	14900	1	5×80=400						
日	本	福 山4*	1972.3	13700	1	5×80=400	1.51~1.55	36000×1	1600	13000×1	电除尘	湿式净化
日	本	大 分1*	1973.6	17700	1	5×82=410	1.49	40000×1	1680	14500×1	电除尘	电除尘
日	本	水 岛4*	1976		1	4×82.5=330						
日	本	吴 户	1972		1	320						
日	本	户 畑4*	1970.9	10530	1	4×80=320						
日	本	户 畑3*	1969.7	11600	1	4×75.5=302						
日	本	福 山3*	1971.3	8900	1	4×75=300						
日	本	水 岛3*	1969.5	8600	1	4×70=280						
日	本	室 兰5*	1969.5	8400	1	4×70=280	1.34	28000×1	1250	8000	机械除尘	电除尘
日	本	室 古屋3*	1969.5	8400	1	4×70=280						