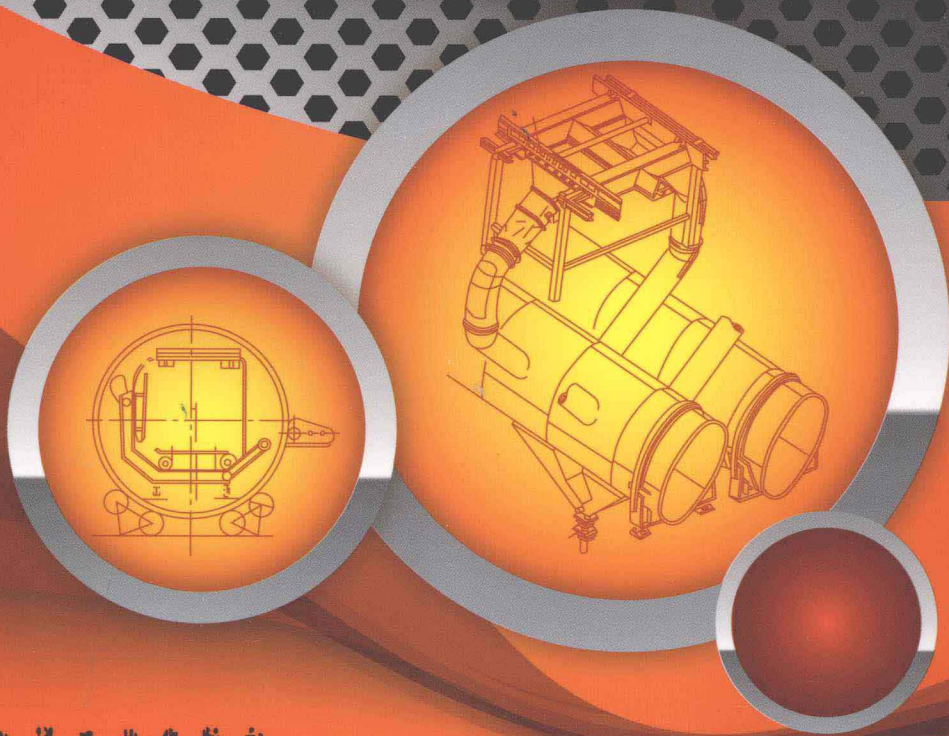




徐海芳 主编

烧结矿生产

SHAOJIEKUANG SHENGCHAN



化学工业出版社

烧结矿生产

徐海芳 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从烧结技术人员及操作工人必须掌握的知识和基本技能出发,按照烧结生产的工艺流程,系统地介绍了烧结生产原料、烧结生产配料、烧结生产混料、混合料烧结、烧结矿的处理、烧结矿质量评价、烧结生产节能与新工艺等内容。全书内容点多、面广,突出实用性,理论联系实际。

本书既可作为高职院校的专用教材,也可作为钢铁冶金企业从事烧结生产的技术人员、工人进行技术培训的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

烧结矿生产/徐海芳主编. —北京:化学工业出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-122-15808-6

I. ①烧… II. ①徐… III. ①烧结矿-生产工艺
IV. ①TFO46. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 263357 号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:王素芹

文字编辑:向 东
装帧设计:刘丽华

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 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张18 字数383千字 2013年3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:58.00 元

版权所有 违者必究

前言

目前,在信息技术和控制技术的迅猛发展与广泛应用的推动下,钢铁工业向高精度、连续化、自动化、高效化快速发展。而铁矿石烧结造块技术的进步为钢铁工业的快速发展已经并将继续提供强有力的支撑。

据统计,我国现有烧结机近 500 台,其中 $180\sim 660\text{m}^2$ 烧结机 125 台,其烧结面积达 38590m^2 。已投产的大于 360m^2 的烧结机 28 台,其中 2011 年 7 月投入生产的太钢 660m^2 烧结机是最大的,该烧结机在国际上可称为巨型烧结机,它采用了一系列先进的工艺技术,达到国际一流装备水平。至此,我国大中型烧结机面积在全国烧结机总面积之中已占明显优势,烧结矿的质量也得到明显提高。

为了进一步推进我国烧结生产技术的发展,满足广大烧结工作者的需要,本书从烧结技术人员及操作工人必须掌握的知识及基本技能出发,按照烧结生产的工艺流程,系统地介绍了烧结原料工序、配料工序、混料工序、烧结看火工序(包括布料、点火、抽风烧结、除尘)、烧结矿处理工序(包括烧结矿的热破碎及筛分、烧结矿的冷却、烧结矿的整粒)和烧结矿的质量检验及烧结合能与新工艺等内容。

全书内容点多、面广,突出实用性,在具体内容的组织安排上,力求有针对性,通俗易懂,理论联系实际,既介绍了基本理论及工艺,又介绍了生产设备及技术操作。因此本书既可作为高职院校的专用教材,也可作为钢铁冶金企业从事烧结生产的技术人员、工人进行技术培训的参考用书。

全书由徐海芳主编,参加编写的还有董建君、赵紫玉、赵静、孙雅平、孟建荣、马琼、齐玉珍、王淑敏、陈学英、贾继华、吴庆瑜等。本书在编写过程中参考了多种相关技术资料,在此,对资料的作者一并表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处难免,恳请同行与广大读者批评指正。

编者

目录

第 1 章 烧结生产概述 ————— 1

1.1 烧结的目的及意义	1
1.2 烧结技术的发展、现状及趋势	2
1.2.1 烧结生产的发展历史	2
1.2.2 烧结生产的现状及发展趋势	3
1.2.3 烧结工艺的新特点	6
1.3 烧结工艺流程及技术指标	7
1.3.1 烧结生产工艺流程	7
1.3.2 烧结厂技术经济指标	9

第 2 章 烧结生产原料 ————— 11

2.1 烧结原料的特性	11
2.1.1 含铁原料	11
2.1.2 熔剂	16
2.1.3 燃料	18
2.1.4 返矿	21
2.1.5 其它含铁原料	25
2.1.6 铁矿资源分布	26
2.2 烧结原料的准备及管理	30
2.2.1 烧结原料的检测	30
2.2.2 烧结原料的接受、贮存	38
2.2.3 含铁原料的中和	40
2.2.4 熔剂、燃料的破碎、筛分	42
2.3 原料准备设备结构及操作	45
2.3.1 原料的接受设备	45

2.3.2	原料的贮存与中和设备	49
2.3.3	原料的破碎设备	52
2.3.4	原料的筛分设备	59

第3章 烧结生产配料 61

3.1	烧结配料工艺	61
3.1.1	烧结配料目的、要求	61
3.1.2	烧结配料方法	62
3.1.3	烧结配料方式	63
3.1.4	影响配料准确性的因素	63
3.1.5	自动配料技术	64
3.2	烧结配料计算	68
3.2.1	简易理论配料计算	69
3.2.2	现场配料计算	72
3.2.3	烧结物料平衡	73
3.3	烧结配料设备	78
3.3.1	配料矿槽	78
3.3.2	配料装置	92
3.3.3	配料室的配置	107
3.4	烧结配料操作及配料调整	108
3.4.1	烧结配料操作	109
3.4.2	配料操作调整	111

第4章 烧结生产混料 113

4.1	烧结料混合的目的与要求	113
4.2	烧结料中的水分	114
4.2.1	烧结混合料中水的来源	114
4.2.2	一定量的水分在烧结过程中的作用	114
4.2.3	水分控制方法	114
4.2.4	混合料的给水装置	115
4.3	混匀与制粒效果的评价	115
4.3.1	混匀效果	115
4.3.2	粒度组成	116
4.4	影响混匀和制粒的因素	117
4.4.1	原料性质的影响	117

4.4.2	加水量和加水方法的影响	118
4.4.3	混合时间与设备工艺参数的影响	119
4.4.4	返矿的数量和质量	121
4.4.5	混合料内添加剂	121
4.5	混料设备结构及操作	121
4.5.1	混料设备结构	121
4.5.2	混料操作	122

第5章 混合料烧结 **127**

5.1	混合料布料	127
5.1.1	布铺底料	127
5.1.2	布混合料	128
5.2	点火与保温	130
5.2.1	点火参数	130
5.2.2	烧结点火温度与火焰长度的调节与控制	133
5.3	混合料烧结过程	133
5.3.1	抽风烧结过程概述	133
5.3.2	烧结过程中燃料的燃烧和热交换	135
5.3.3	烧结过程中水分的蒸发、分解与冷凝	144
5.3.4	碳酸盐的分解及氧化钙的矿化作用	148
5.3.5	金属氧化物的分解、还原与氧化	151
5.3.6	烧结料层中的气体力学	155
5.3.7	烧结过程中的固相反应	163
5.3.8	液相生成与冷却结晶	169
5.3.9	烧结过程有害元素的去除	179
5.3.10	烧结作业的工艺控制	187
5.4	强化烧结过程的途径	192
5.4.1	双层烧结	192
5.4.2	厚料层烧结	193
5.4.3	大风量、高负压烧结	194
5.5	布料设备及操作	196
5.5.1	布料设备	196
5.5.2	布料操作与压料	198
5.6	点火设备及操作	200
5.6.1	点火装置	200
5.6.2	点火操作	203

5.7 烧结设备及操作	206
5.7.1 带式烧结机	206
5.7.2 烧结机操作	221
第6章 烧结矿的处理	226
6.1 烧结矿的热破碎和热筛分	226
6.1.1 烧结矿的热破碎	226
6.1.2 烧结矿的热筛分	228
6.2 烧结矿的冷却	231
6.2.1 烧结矿冷却概述	231
6.2.2 烧结矿冷却设备	233
6.3 烧结矿的整粒	236
6.3.1 烧结矿整粒概述	236
6.3.2 烧结矿整粒流程	236
6.3.3 烧结矿整粒设备	238
第7章 烧结矿质量评价	241
7.1 烧结矿的矿物组成、结构	241
7.1.1 烧结矿的矿物组成	242
7.1.2 烧结矿的结构	244
7.1.3 影响烧结矿矿物组成和结构的因素	246
7.1.4 烧结矿的矿物组成和结构对其质量的影响	250
7.2 烧结矿的质量检验	252
7.2.1 化学成分及其稳定性	253
7.2.2 粒度组成	254
7.2.3 转鼓强度与筛分指数	254
7.2.4 落下强度	256
7.2.5 还原性	257
7.2.6 低温还原粉化率	259
7.2.7 高温还原软化熔融特性	261
第8章 烧结生产节能与新工艺	263
8.1 烧结生产的能耗与节能	263
8.1.1 烧结生产的能耗指标	263
8.1.2 烧结生产的节能方向和措施	264

8.1.3 日本的烧结节能技术	270
8.2 烧结生产新工艺	273
8.2.1 低温烧结	273
8.2.2 热风烧结	274
8.2.3 小球烧结和球团烧结	276
8.2.4 增压烧结	277
8.2.5 烧结混合料中燃料分加	278

第 1 章

烧结生产概述

1.1 烧结的目的及意义

随着钢铁工业的发展，天然富矿在产量和质量上都不能满足高炉冶炼的要求，而大量贫矿经选矿后得到的精矿粉以及天然富矿粉也都不能直接入炉冶炼。为解决这一矛盾，通过人工方法，将这些粉矿制成块状的人造富矿，供高炉使用。这样既开辟和利用了铁矿资源，解决了天然富矿的不足，又通过改善人造富矿的冶金性能，为进一步发展钢铁工业提供了新的优质原料。

所谓人造富矿，就是将精矿粉、富矿粉和炉尘灰等不能直接入炉冶炼的粉状物料加工成品位高、冶炼性能好的块状含铁原料。目前，生产人造富矿的方法主要有烧结法和焙烧球团法。由于烧结矿和球团矿都是经过高温制成的，因此又统称为熟料。

所谓烧结，即是将各种粉状含铁原料，按要求配入一定数量的燃料和熔剂，均匀混合制粒后放到烧结设备上点火烧结；在燃料燃烧产生高温和一系列物理化学反应后，混合料中部分易熔物质发生软化、熔化，产生一定数量的液相，液相物质润湿其他未熔化的矿石颗粒；随着温度的降低，液相物质将矿粉颗粒黏结成块。这个过程称为烧结，所得的块矿叫烧结矿。根据烧结矿碱度 $R(\text{CaO}/\text{SiO}_2)$ 不同，烧结矿可分为以下几种。

① 普通烧结矿 $R < 1.0$ （又称非熔剂烧结矿）：强度好，但还原性差，高炉使用它时还需加入较多的熔剂，对提高产量和降低焦比不利；

② 自熔性烧结矿 $R = 1.0 \sim 1.5$ ：还原性较好，高炉使用它时可少加熔剂，对提高产量和降低焦比有利，但它的强度较差，对高炉顺行不利；

③ 高碱度烧结矿 $R = 1.5 \sim 2.5$ ：强度和还原性都较好，而且高炉冶炼时可不加熔剂，对高炉提高产量和降低焦比以及顺行都有好处；

④ 超高碱度烧结矿 $R > 2.5$ 。

当前普遍生产的是自熔性烧结矿和高碱度烧结矿。

铁矿粉烧结是目前最重要的造块技术。由于开采时产生大量铁矿粉，特别是贫铁矿富选促进了铁精矿粉的生产发展，使铁矿粉烧结成为规模较大的造块作业。其物料的处理量约占钢铁联合企业的第二位（仅次于炼铁生产），能耗仅次于炼铁及轧钢而居第三位，成为现代钢铁工业中重要的生产工序。铁矿粉烧结要求烧结矿有很好的物理、冶金性能。由于现代炼铁设备的大型化，炉料倒运次数多、落差大，要求烧结矿有较高的冷强度，如转鼓强度等。烧结矿经历冶炼中的高温过程，要求具备一定的热强度，即在高温还原气氛下有抗压、耐磨及耐急热爆裂性能；烧结矿在高炉内经历物理化学反应，要求它具有良好的冶金性能，如还原性、软化性、熔滴性等。铁矿粉烧结技术的困难还在于追求合理的经济效果，因此，铁矿粉烧结是一门技术复杂的专门学科。

随着炼铁“精料”的研究工作越来越深入，烧结矿朝着品位高、成分稳定、粒度均匀、强度高、冶金性能好的方向发展。在烧结料中加入一定数量的石灰石或生石灰、消石灰，可生产出具有一定碱度的自熔性烧结矿、高碱度烧结矿。高炉冶炼这种原料时可不加或少加熔剂，从而进一步降低焦比，提高生产率。综上所述，烧结具有如下重要意义。

① 通过烧结可为高炉提供化学成分稳定、粒度均匀、还原性好、冶金性能高的优质烧结矿，为高炉优质、高产、低耗、长寿创造了良好的条件；

② 可去除有害杂质，如硫、锌等；

③ 可扩大炼铁原料来源，利用工业生产的废弃物，如高炉炉尘、轧钢皮、硫酸渣、钢渣等，对钢铁冶金过程减少排放、发展循环经济发挥着重要作用。

在长期的生产实践中，人们发现经过选矿、烧结处理后的人造富矿能进一步使矿物富集和去除有害杂质，使高炉生产率提高，焦比下降。对高炉炼铁来说，烧结矿比天然矿石多许多优点，如铁含量高、气孔率大、易还原、有害杂质少、含碱性熔剂等，且对原料要求不像球团矿那么严格，所以烧结生产发展得十分迅速，在世界上得到了广泛应用。

1.2 烧结技术的发展、现状及趋势

1.2.1 烧结生产的发展历史

烧结生产的历史已有一个多世纪。它起源于资本主义发展较早的英国、瑞典和德国。在1870年前后，这些国家就开始使用烧结锅。美国在1892年也出现烧结锅，1905年美国曾用大型烧结锅处理高炉炉尘。世界钢铁工业上第一台带式烧结机于1910年在美国投入生产。烧结机的面积为 8.325m^2 ($1.07\text{m} \times 7.78\text{m}$)，当时是用来处理高炉炉尘的，每天生产烧结矿140t。它的出现，引起烧结生产的重大革新，从此带式烧结机得到了广泛的应用。但在1952年以前，由于钢铁工业发展缓慢，天然富矿入炉率还占很大比例，所以烧结生产的发展也不快。烧结工业的迅速发展是近几十年的事。

日本烧结工艺完善,设备先进,技术可靠,自动化水平高,是世界上烧结技术发展最快的国家,单机平均烧结面积达 218m^2 , 400m^2 以上的烧结机 11 台。世界上最大的烧结机为 648m^2 (前苏联),包括机上冷却面积的带式烧结机最大则为 700m^2 (巴西)。

在 1949 年以前,我国钢铁工业十分落后,烧结生产更为落后,1926 年 3 月在鞍山建成 4 台 21.63m^2 带式烧结机,日产最高 1200t ;1930 年又扩建 2 台;1935 年和 1937 年又相继建成 4 台 59m^2 的烧结机。至此共建有 10 台烧结机,总面积为 330m^2 ,但工艺设备落后,生产能力很低,最高年产量仅十几万吨。

1949 年以后,我国烧结工业有了很大发展,改建和扩建了鞍钢烧结厂,同时本钢、马钢、首钢、武钢、包钢、太钢、重钢、湘钢、攀钢、酒钢、水钢、邯钢、舞钢、宝钢等烧结厂相继建成投产。烧结机规格按照有效烧结面积划分(铺料烧结的台车面积之和,称为有效烧结面积)。主要的带式烧结机规格有: 24m^2 、 36m^2 、 50m^2 、 75m^2 、 90m^2 、 130m^2 、 182m^2 、 265m^2 、 360m^2 、 400m^2 、 450m^2 等。新中国成立 60 多年来,我国铁矿石烧结工业取得了很大成就。到 2000 年,全世界烧结机年生产能力已超过 $10 \times 10^8\text{t}$,其中 2000 年我国的烧结矿产量占全世界产量的一半左右,相当于排名第 2~7 名的 6 个国家产量之和。我国钢铁工业中人造富矿主要靠烧结法生产,占高炉用含铁炉料的 80% 以上。

按照烧结设备和供风方式的不同,烧结方法可分为鼓风烧结、抽风烧结和在烟气中烧结。鼓风烧结包括烧结锅和平地吹。这是小型厂的土法烧结,逐渐被淘汰。

抽风烧结分连续式和间歇式。连续式烧结设备有带式烧结机和环式烧结机等;间歇式烧结设备有固定式烧结机和移动式烧结机,固定式烧结机如盘式烧结机和箱式烧结机,移动式烧结机如步进式烧结机。在烟气中烧结包括回转窑烧结和悬浮烧结。

目前,广泛采用带式抽风烧结机,因为它具有生产率高,原料适应性强,机械化程度高,劳动条件好和便于大型化、自动化等优点,所以世界上有 90% 以上的烧结矿是用这种方法生产的。

1.2.2 烧结生产的现状及发展趋势

铁矿石烧结造块技术的进步为钢铁工业的快速发展已经并将继续提供强有力的支撑。目前,在信息技术和控制技术的迅猛发展和广泛应用的推动下,钢铁工业向高精度、连续化、自动化、高效化快速发展。其中,烧结生产的现状主要体现在以下几个方面。

(1) 设备大型化

据统计,我国现有烧结机近 500 台,其中在建和投产的 $180 \sim 660\text{m}^2$ 烧结机 125 台,其烧结面积达 38590m^2 。已投产的大于 360m^2 的烧结机 27 台,其中京唐公司曹妃甸 550m^2 烧结机是最大的。太钢 2011 年 7 月 660m^2 烧结机已投入生产,该烧结机在国际上可称为巨型烧结机。它采用了一系列先进的工艺技术,达到国际

一流装备水平。至此,我国大中型烧结机面积在全国烧结机总面积之中已占明显优势,烧结矿的质量也得到明显提高。

2009年,我国新投产21台烧结面积大于 150m^2 的烧结机,其中大于 180m^2 的有20台,大于 360m^2 的有11台。目前正在建设的烧结机有14台,其中11台大于 360m^2 ,沙钢和宣钢在建烧结机为 550m^2 。这些说明我国加快了烧结机大型化的步伐。烧结机大型化可促进烧结质量的提高,降低工序能耗,减少污染物排放,降低单位面积投资和运行成本。

(2) 生产技术不断进步

我国烧结生产技术进步体现在如下几个方面。

① 一批先进成熟的烧结生产技术得到全面推广

- a. 建立综合原料混均料场;
- b. 自动称重配料;
- c. 添加生石灰;
- d. 采用小球烧结;
- e. 烧结机科学布料;
- f. 广泛采用铺底料;
- g. 燃料分加;
- h. 超厚料层烧结;
- i. 低温烧结;
- j. 高铁低硅烧结;
- k. 热风烧结;
- l. 取消热矿筛;
- m. 烧结矿整粒。

② 烧结机漏风率降低。20世纪70年代,我国烧结机漏风率在60%以上。目前新建的烧结机漏风率为30%左右,如宝钢2号烧结机系统漏风率在30%~48%。采用一种液密封鼓风环式冷却机,其漏风率可降低到5%以下,可节能20%,还可取消原环冷机配套的一些辅助设备,节省投资。涟钢 360m^2 烧结机和济钢 460m^2 烧结机的环冷机漏风率仅为4.7%。

③ 烧结烟气脱硫。现在我国有35台烧结机安装了烟气脱硫设施,年脱硫量为 $8\times 10^4\text{t}$ 。2008年7月工信部提出3年内要增加脱硫量 $20\times 10^4\text{t}$,提高环保水平。

目前,烧结烟气脱硫成熟的工艺技术有20多种,但尚未有一个标准的、适合于每个企业的技术装备,均要根据每个企业的具体情况来进行选择。评价烧结烟气脱硫工艺技术设备好坏的标准是:脱硫效率、设备的寿命和作业率、投资、运行费、副产品的价值和综合利用、占地、维护和操作等因素。

烧结机点火器之后的约1/3风箱烟气含 SO_2 较低,温度高,可以不进行烟气脱硫,将这部分烟气回用于烧结,实现热风烧结,可提高烧结矿质量,降低固体能耗。所以,烧结烟气脱硫不必是全量烟气脱硫,这样可以降低投资和运行费约1/3,提高经济效益。

④ 低温余热利用。低温余热利用一直是冶金行业废物利用的一个难题，冷却机废气带走的热量，其热能大约为烧结矿烧成系统热耗量的 35%，充分利用这部分热量可显著降低烧结工序的能耗。

我国目前烧结预热的利用方式有：

- a. 用作点火保温炉的助燃；
- b. 用作预热混合料；
- c. 用于热风烧结；
- d. 用于产生蒸汽；

e. 余热发电。发达国家于 20 世纪 80 年代就开始研究烧结环冷机烟气余热回收发电技术，具有高效、成熟、运行稳定等特点，目前，世界各地已有很多烧结厂成功采用此技术，大大提高了烧结能源利用率，经济效益十分可观。

(3) 自动化水平不断提高

烧结生产过程的自动化水平与烧结矿产量、质量的稳定息息相关。随着工业自动化技术、信息技术和控制技术的快速发展，在硬件方面，大量的数字、智能仪表提高了信息检测的精度，先进的自动执行设备逐渐取代传统的人工操作。随着计算机软件技术和人工智能技术的应用逐渐深入，模糊控制、专家系统和神经网络在一些厂家的应用取得初步成效，由现场总线到车间网、工厂网、企业综合网络系统构成的企业信息高速公路在少数大型钢铁公司开始实施。

同时，随着建设资源节约型、环境友好型社会的要求越来越高，烧结生产在资源、环保方面面临着新的巨大挑战，今后的烧结技术发展必须要解决好如下问题。

① 铁矿石资源问题。近年来，随着中国成为世界上最大的钢铁生产国，国内铁矿石供应缺口越来越大，铁矿石的进口规模也相应扩大，而进口价格也水涨船高。进口铁矿石量及价格增长很快，特别是 2003～2008 年，铁矿石进口数量增加 3 倍，而进口额则增加近 15 倍，进口额的增长远远超过了数量的增长。2006 年进口量首次超过了 $3 \times 10^8 \text{t}$ ，而 2008 年则达到 $4.4 \times 10^8 \text{t}$ ，价格飙升到 136.5 美元/t。从总体上看，如此大的增幅不仅给钢铁企业带来巨大的经济压力，也给烧结生产带来了很大影响，由于矿源紧张，许多钢铁厂有时处在“等米下锅”的状态，而且“吃的”矿很杂。因此，必须对各种铁矿石进行合理的配矿研究和烧结性能研究，同时对价格相对低廉的难烧结矿石（如褐铁矿等）进行研究，从而保证烧结矿的优质、高产。

② 能源消耗问题。我国钢铁企业的能量消耗约占全国能量消耗总量的 10%，作为钢铁生产重要组成部分的烧结生产，其能耗约占钢铁生产总能耗的 10%～15%。烧结能耗主要包括固体燃料消耗、电力消耗、点火煤气消耗等。其中固体燃料消耗占烧结总能耗的 75%～80%，电力消耗占 13%～20%，点火热耗占 5%～10%。当前，能源供不应求，制约了钢铁企业的可持续发展，降低了其经济效益，因此，余热回收利用、节能新设备的开发与应用等成为节能降耗的有效手段。

③ 环境保护问题。钢铁生产工序多、工艺流程长，是环境污染的“大户”，其

中每吨钢耗水 100~300t, 产生废气 10000m³、粉尘 100kg、废渣 0.5t。对烧结而言, 主要的污染物是烧结废气中的 SO₂、NO_x、CO₂ 和具有生物毒性、免疫毒性和内分泌毒性的致癌物质二噁英。其中 SO₂ 排放量占整个钢铁工业的 33.26%, CO₂ 排放量占整个钢铁工业的 10%。由于烧结废气量大, 烟气含尘高, SO₂、NO_x、CO₂ 浓度低, 后续处理成本高, 给治理带来很大困难。

④ 烧结过程控制问题。从控制的角度来看, 烧结过程是具有多变量、非线性、强耦合特征的工艺流程。传统的依靠人工“眼观一手动”的调节方法已经无法满足大型烧结设备的控制要求, 需要更加精确和稳定的自动控制。目前新建和改建的烧结机都配备了集散控制系统, 具备了基本检测和基础控制功能, 进一步开发适应烧结过程特点的智能控制系统是目前需要解决的问题。

针对这些问题, 必须加强对烧结过程机理的深入研究, 才能从根本上提高烧结技术水平, 减轻能源、环境等问题的压力, 实现烧结工艺的可持续发展。

1.2.3 烧结工艺的新特点

① 圆筒混合机向大型化发展, 圆筒的直径和长度都在增加, 这种大型的混合机都安装在地面上。

② 冷却烧结矿是目前国内外烧结技术发展趋势, 原因是冷却矿经整粒工艺, 满足高炉精料要求, 强化高炉生产。

③ 重视烧结矿的破碎和筛分。烧结矿除采用一段热破碎和热筛分外, 经冷却后还要经过 1~2 次破碎和 2~4 次冷筛分, 通过整粒后的烧结矿, 粒度上限控制在 40mm 或 50mm 以下, 成品中小于 5mm 的粒级含量均在 10% 以下。

④ 高料层、大风量、高负压。烧结机风量一般为 90~100m³/(m²·min), 料层高度为 400~700mm, 负压为 (1.3~1.6) × 10⁴ Pa (即 1300~1600mmH₂O), 有些厂料层高度超过 700mm, 负压达 2 × 10⁴ Pa (2000mmH₂O)。

⑤ 加强混合料的点火作业。从发展的趋势看, 点火器的面积日益扩大, 而且大部分为二段三段。如日本若松厂点火器分为点火、加热和保温三段, 并将冷却前和烧结后的几个风箱 300~400℃ 的热风回收至保温段。这项措施, 可以改善液相结晶条件, 减少热应力, 从而提高烧结成品率, 提高烧结矿强度, 降低成品矿中的 FeO 含量, 获得品质较好的烧结矿。

⑥ 生产高碱度烧结矿。高碱度烧结矿的特点是烧结矿的黏结相是以还原性好、强度高的碳酸钙为主, 从而强化烧结过程, 提高烧结矿的产量和品质。

⑦ 重视烧结前的原料准备工作。一般在烧结厂内设有中和料场, 以解决原料成分波动及粒度偏析的问题。中和料场造堆方法一般采用八字分层法和棋盘式堆叠法。料堆取料都采用单或多斗轮式挖掘机及反铲斗轮机。

⑧ 重视环境保护工作。采用静电除尘器, 能大大提高除尘效果, 除尘效率可达 96% 以上。减少风机噪声, 目前采用隔声、消声、减震等方法或使用低噪声风机等。

1.3 烧结工艺流程及技术指标

1.3.1 烧结生产工艺流程

带式抽风烧结过程是将混合料（铁矿粉、燃料、熔剂及返矿）配以适量的水分，混合、制粒后，铺在带式烧结机的炉箅上，点火后用一定负压抽风，使烧结过程自上而下地进行。烧结矿从烧结台车上卸下，经破碎、冷却、制粒、筛分，分出成品烧结矿、返矿和铺底料。图 1-1 是上海宝钢烧结厂的工艺流程图，烧结机的面积 450m^2 ，建有大型原料场和完整的整粒系统。

图 1-1 所示称为线示流程图，一般只表示烧结过程的主要工序，以带箭头的直线表示物料的流向。

较典型的烧结生产工艺流程可分为 8 个系统。

① 受料系统。受料系统主要包括翻车机系统、受料槽、精矿仓库、熔剂仓库、燃料仓库等，其任务是担负进厂原料的接受、运输和储存。

② 原料准备系统。原料准备系统包括含铁原料的中和、燃料的破碎、熔剂的破碎和筛分，其任务是为配料工序准备好符合生产要求的原料、熔剂和燃料。

③ 配料系统。配料系统包括配料间的矿槽、圆盘给料机、称量设施等；根据规定的烧结矿化学成分和使用的原料种类，通过计算，各原料按计算的重量进行给料，以保证混合料和烧结矿化学成分稳定及燃料量的调整。

④ 混合、制粒系统。混合、制粒系统主要包括冷热返矿圆盘、一次混合，混合料矿槽、二次混合等工序。其任务是加水、润湿混合料，再用一次混合机将混合料混匀，二次混合机造成小球后预热。

⑤ 烧结系统。烧结系统包括铺底料、布料、点火、烧结等。主要任务是将混合料烧结成合格的烧结矿。其示意图如图 1-1 所示，此部分是烧结工艺的核心，前面的工序都是准备烧结的原料，而后面的工序都是对烧结矿产品进行处理及相关的辅助工序。

⑥ 抽风系统。抽风系统包括风箱、集尘管、除尘器、抽风机、烟囱等。

⑦ 成品处理系统。成品处理系统包括热破碎、热筛分、冷却、冷破碎、冷筛分及成品运输系统。

该工序的任务在于分出 $5\sim 50\text{mm}$ 的成品烧结矿、 $10\sim 25\text{mm}$ 的铺底料、小于 5mm 的冷返矿（部分厂为小于 $3\sim 6\text{mm}$ ）。

⑧ 烟气净化系统。烟气净化系统主要是用电除尘器系统将烧结机尾部卸矿处、热筛、冷却、返矿及整粒系统各处扬尘点的废气经过除尘器净化后排入大气，粉尘经过润湿后加入烧结混合料中再烧结。其任务是担负烧结生产的环境保护。

烧结过程是许多物理化学变化的综合过程。这个过程不仅错综复杂，而且瞬息万变，在几分钟甚至几秒钟内，烧结料就因强烈的热交换而从 70°C 以下被加热到 $1200\sim 1400^\circ\text{C}$ ，与此同时，它还要从固相中产生液相，然后液相又被迅速冷却而凝

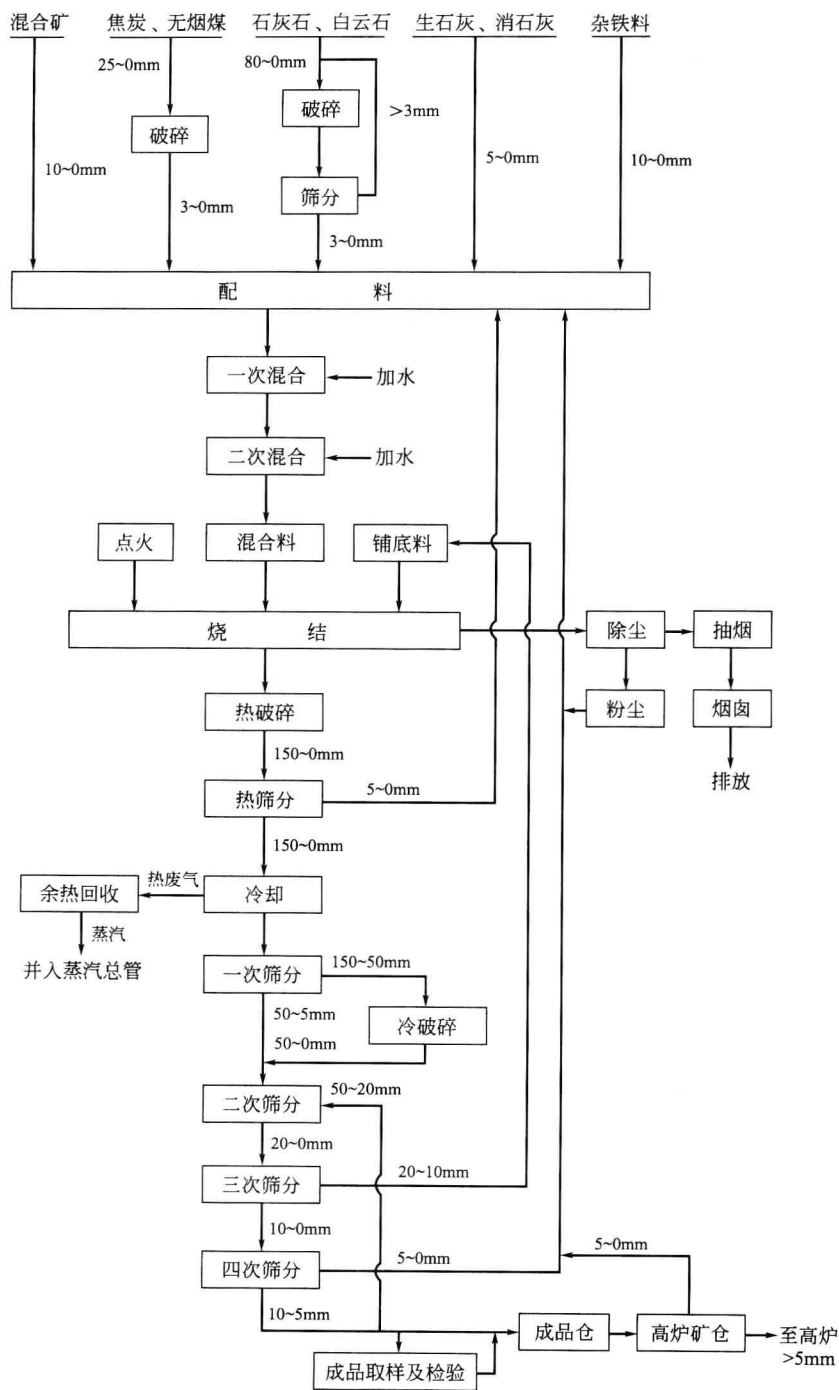


图 1-1 烧结生产工艺流程