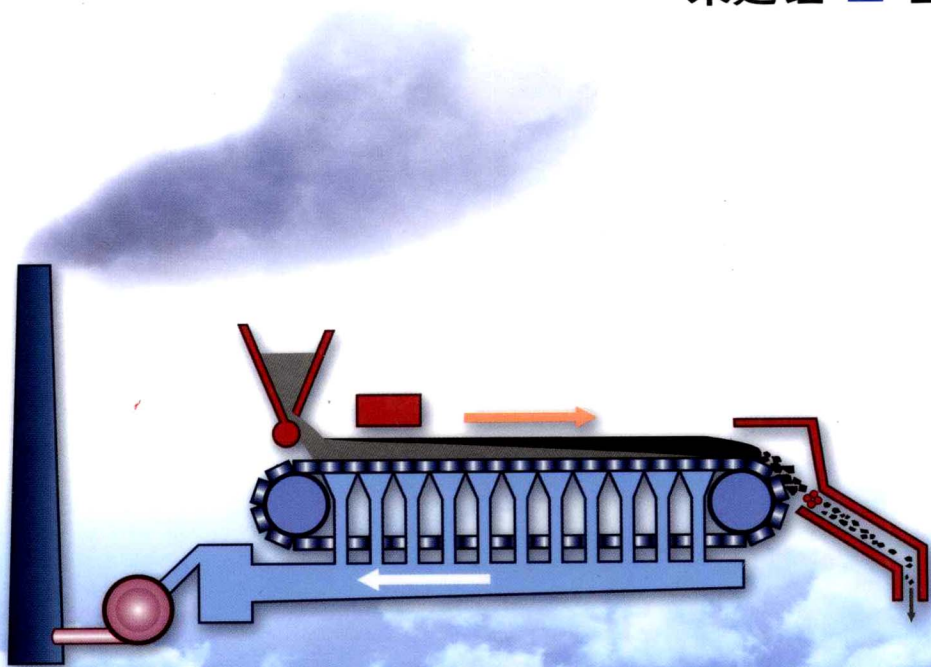


# 烧结烟气

# 净化技术

朱廷钰 ■ 主编

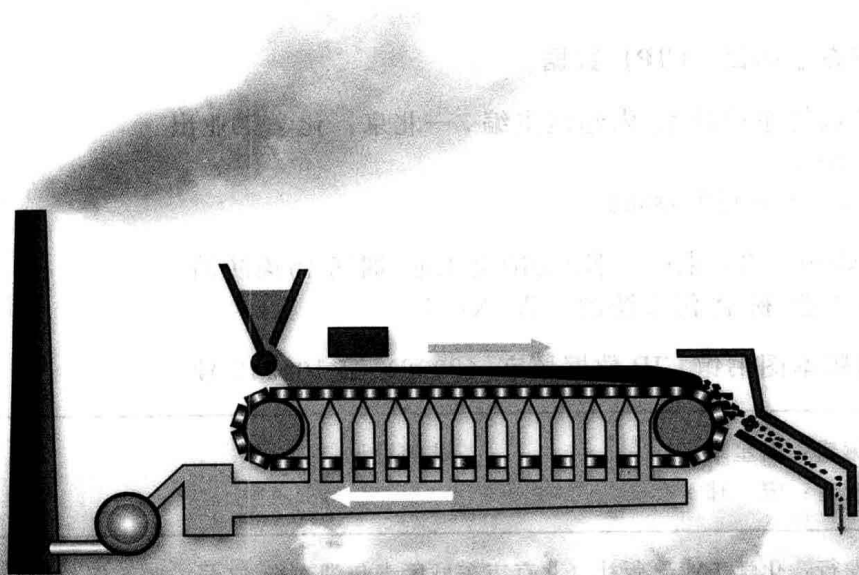


化学工业出版社

# 烧结烟气

# 净化技术

朱廷钰 ■ 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书针对中国钢铁企业中烧结机烟气污染现状,分析介绍了烧结烟气粉尘控制技术、烧结烟气二氧化硫脱除工艺和技术、烧结烟气氮氧化物生成机理及控制技术,及烧结烟气中汞、砷、氟、铅、锌等污染物的脱除技术。

本书可供我国从事环境保护、钢铁生产的科研人员、工程技术人员、相关领域的管理人员参考,也可作为高等院校环境保护专业的本专科生、研究生的参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

烧结烟气净化技术/朱廷钰主编. —北京:化学工业出版社, 2008.7

ISBN 978-7-122-03386-4

I. 烧… II. 朱… III. ①冶金工业-烟气-污染防治  
②冶金工业-粉尘-污染防治 IV. X756

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 104942 号

---

责任编辑:靳星瑞  
责任校对:宋玮

装帧设计:关飞

---

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)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张23 字数411千字 2009年1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: 75.00 元

版权所有 违者必究

# 序

钢铁工业是我国国民经济的支柱产业，为我国工业化和城镇化的推进与发展做出了重要贡献。近年来，我国钢铁工业发展迅速，钢铁产量已经接近5亿吨，占世界钢铁产量的三分之一，连续多年居世界第一位。

钢铁工业也是能源、资源消耗大户和污染排放大户。烧结生产是现代钢铁生产的重要工艺单元。烧结过程中产生大量排入大气的污染物，主要有粉尘、二氧化硫、氮氧化物和有害重金属等，对钢铁工业二氧化硫排放贡献率高达40%~60%。我国烧结烟气污染物控制目前主要集中在粉尘的控制，而对于烧结烟气中二氧化硫和其他污染物控制技术研究起步晚，相对薄弱。2007年4月国务院召开的“钢铁工业关停和淘汰落后产能会议”中提出：“十一五”期间12家钢铁企业14台烧结机必须实施脱硫治理工程。随着国民经济的发展和人们对环境保护要求的日益提高，国家对于烧结机烟气二氧化硫、氮氧化物等气体污染物的排放要求将更加严格。烧结机烟气二氧化硫、氮氧化物及重金属污染物控制技术是社会需求急迫的，并将在中国钢铁烧结行业得到广泛应用。

本书系统介绍了烧结机烟气中主要有害污染物的控制技术，包括除尘技术、脱硫技术、氮氧化物控制技术及有害金属元素控制技术，并重视技术原理与工程应用的紧密结合。

该书作者在烧结烟气净化技术方面进行了多年研究，有坚实的理论研究基础与工程技术实践经验。该书的出版将为我国钢铁行业烧结环保工作者和科研、企业技术管理人员提供有益的帮助，该书的出版将会对钢铁烧结行业的技术进步和清洁生产起到很好的促进作用。

中国工程院院士

张懿

2008年4月

# 前 言

钢铁企业是中国废气排放大户。全国 40 个行业废气排放量在  $100 \times 10^4 \text{ m}^3$  (标) 以上的 76 个大户中, 钢铁企业即有 14 户, 占 18.4%, 其每年废气排放量高达  $12000 \times 10^8 \text{ m}^3$  (标) 左右。钢铁企业废气中有一半来自烧结工序, 尤其是近年来, 由于钢铁企业的持续高速发展, 烧结矿耗量大幅度增加, 烧结烟气污染已成为制约我国冶金行业持续协调发展的一个重要因素。

对烧结烟气污染控制已经成为中国环境保护和实现钢铁冶金行业持续发展的必然选择。中国目前对烧结烟气污染控制还停留在仅仅控制粉尘排放阶段, 对  $\text{SO}_2$  的排放控制刚刚起步, 对烧结烟气中  $\text{NO}_x$  以及其他微量元素的污染控制研究还较少。

本书参考了国内外最新的研究成果, 并结合了作者在烧结烟气治理方面的研究成果和实际工程经验, 对烧结烟气中的污染物来源及其控制技术原理和应用进行了较系统的论述。由于烧结机烟气净化技术的发展与燃煤电厂烟气净化技术密切相关, 所以本书相关章节针对可用于烧结烟气净化的燃煤电厂烟气净化技术作了一定介绍。

本书的宗旨是针对烧结烟气净化技术的各个重要相关因素, 结合工程实际, 为社会机构、企业、相关科研人员提供有益的参考。

本书分为五章。第一章介绍了烧结烟气的性质, 烧结烟气中的主要污染物及其危害; 第二章介绍了烧结烟气粉尘的特点及除尘技术; 第三章介绍了烟气脱硫工艺和技术; 第四章介绍了烧结烟气中氮氧化物的生成机理及脱硫技术; 第五章介绍了烧结烟气中汞、砷、氟、铅、锌等污染物的脱除技术。本书第一章由郭斌、朱廷钰编写; 第二章由郭斌、任爱玲、荆鹏飞编写; 第三章由王威编写; 第四章由何京东编写; 第五章由任爱

玲、郭斌编写。全书由朱廷钰统稿。

书中介绍的烟气净化技术和工程实例主要参考国内外发表的有关文献，谨在此对相关作者表示衷心的感谢。本书的出版得到国家“十一五国家 863 计划”重点项目课题“烧结机烟气半干法脱硫成套化技术与设备”（课题号：2007AA061702）的资助，中国科学院过程工程研究所张懿院士在百忙之中为本书写序，作者表示衷心感谢！本书出版过程及作者工作期间多次得到中国科学院相关部门领导、中国科学院过程工程研究所领导的大力支持，还得到了北京市科委和北京市科技新星计划（2003A50）的大力支持，作者在此也表示衷心的感谢！

由于作者的水平和经验有限，书中难免有一些缺点和疏漏，敬请读者批评指正。

**编者**  
**2008 年 6 月于北京**

# 目 录

<b>1 概述</b> .....	1
1.1 烧结烟气的产生及特点 .....	1
1.1.1 烧结烟气的产生 .....	1
1.1.2 烧结工艺烟气特点 .....	6
1.2 烧结烟气污染状况及危害 .....	6
1.2.1 烧结烟气排放状况 .....	6
1.2.2 烧结烟气中主要污染物及危害 .....	7
参考文献 .....	9
<b>2 烧结烟气粉尘脱除</b> .....	11
2.1 烧结烟气粉尘特点 .....	11
2.1.1 粉尘粒径 .....	13
2.1.2 粉尘的物理性质 .....	18
2.2 除尘装置的性能及分类 .....	25
2.2.1 除尘装置的技术性能 .....	25
2.2.2 除尘装置的经济指标 .....	29
2.2.3 除尘装置的分类 .....	30
2.2.4 除尘器的选择 .....	33
2.3 机械式除尘器的除尘原理 .....	36
2.3.1 重力沉降室 .....	36
2.3.2 惯性除尘器 .....	39
2.3.3 旋风除尘器 .....	41
2.3.4 多管除尘器在烧结烟气净化中的应用 .....	47
2.4 电除尘器 .....	48
2.4.1 概述 .....	48
2.4.2 电除尘器工作原理及分类 .....	50
2.4.3 电晕放电 .....	54
2.4.4 电场 .....	61

2.4.5	粉尘荷电	64
2.4.6	粉尘的迁移和收集	69
2.4.7	电除尘器的结构	76
2.4.8	粉尘比电阻	78
2.4.9	电除尘器的供电	85
2.4.10	电除尘器的选择、设计和应用	86
2.4.11	用于烧结烟气除尘的几种电除尘器结构类型及特点	91
2.4.12	应用实例	93
2.5	过滤式除尘器	97
2.5.1	过滤式除尘器的工作原理及分类	97
2.5.2	袋式除尘器	100
2.5.3	颗粒层除尘器	123
2.5.4	静电布袋复合除尘器	133
	参考文献	136
<b>3</b>	<b>烟气脱硫净化技术</b>	<b>139</b>
3.1	二氧化硫控制技术概述	139
3.1.1	概述	139
3.1.2	国外烟气脱硫技术的发展历程	140
3.1.3	国内烟气脱硫技术的发展现状	143
3.2	湿式石灰石-石膏法烟气脱硫技术	146
3.2.1	石灰石-石膏法烟气脱硫简介	146
3.2.2	石灰石-石膏法烟气脱硫典型工艺流程	146
3.2.3	化学反应过程	147
3.2.4	石灰石-石膏法的工艺系统与设备	148
3.2.5	控制系统及主要控制策略	164
3.2.6	系统运行要点分析	164
3.3	钢渣法烧结烟气脱硫技术	165
3.3.1	钢渣的特性	165
3.3.2	脱硫过程机理	167
3.3.3	系统工艺流程	169
3.3.4	影响钢渣法脱硫效率的因素	170
3.3.5	系统工艺特点	173
3.3.6	应用介绍	174



3.4	氨法烟气脱硫技术	174
3.4.1	氨法工艺原理	175
3.4.2	典型工艺流程	176
3.4.3	运行参数对脱硫效率的影响	178
3.4.4	值得注意的问题	179
3.4.5	氨-硫酸铵脱硫工艺的经济性	180
3.5	循环流化床脱硫技术	182
3.5.1	烟气循环流化床脱硫工艺	182
3.5.2	回流式循环流化床干法烟气脱硫	184
3.5.3	气体悬浮吸收烟气脱硫工艺	186
3.5.4	济钢烧结烟气脱硫净化技术	187
3.5.5	循环流化床脱硫的化学过程	190
3.5.6	影响循环流化床脱硫的主要因素	191
3.5.7	脱硫灰渣的处理	192
3.6	电子束烟气脱硫技术	194
3.6.1	过程机理	194
3.6.2	工艺流程	197
3.6.3	影响脱硫效率的因素	200
3.6.4	经济性分析	202
3.7	炉内喷钙尾部烟气增湿活化脱硫技术	205
3.7.1	反应机理	206
3.7.2	工艺流程	207
3.7.3	工艺特点及应用	209
3.7.4	影响脱硫效率的因素	210
3.7.5	脱硫灰的主要特性及利用	214
3.7.6	脱硫系统对锅炉的影响	216
3.7.7	脱硫系统对电除尘器的影响	218
3.8	脱硫工艺比较	219
	参考文献	222
<b>4</b>	<b>烧结过程中氮氧化物的生成和脱除</b>	<b>231</b>
4.1	烧结过程氮氧化物的来源	231
4.1.1	烧结过程中氮氧化物的生成	231
4.1.2	热力型 $\text{NO}_x$ 生成机理	234

4.1.3	快速型 NO <sub>x</sub> 生成机理	236
4.1.4	燃料型 NO <sub>x</sub> 的生成机理	238
4.1.5	N <sub>2</sub> O 的生成机理	252
4.2	燃烧过程中降低 NO <sub>x</sub> 排放技术	254
4.2.1	低氧燃烧	255
4.2.2	空气分级燃烧	255
4.2.3	燃料分级燃烧技术	256
4.2.4	浓淡偏差燃烧技术	257
4.2.5	烟气再循环	258
4.2.6	低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	259
4.2.7	炉内喷射脱硝	260
4.2.8	燃煤炉中低 NO <sub>x</sub> 燃烧技术	261
4.3	选择性催化还原烟气脱硝技术	264
4.3.1	SCR 脱硝机理	266
4.3.2	SCR 工艺流程	277
4.3.3	SCR 脱硝效率的主要影响因素	285
4.4	选择性非催化还原法	290
4.4.1	选择性非催化还原法工艺原理	290
4.4.2	SNCR 工艺系统	291
4.4.3	SNCR 技术与其他技术的联合应用	294
4.4.4	SNCR 和 SCR 工艺比较	296
4.5	其他脱硝技术	297
4.5.1	等离子法烟气 NO <sub>x</sub> 治理技术	297
4.5.2	生化法脱硝技术	298
4.5.3	吸附法脱硝技术	300
4.5.4	湿法烟气脱硝技术	300
4.6	烟气同时脱硫脱硝技术	304
4.6.1	活性炭联合脱硫脱硝工艺	305
4.6.2	等离子脱硫脱硝技术	307
4.6.3	SNOX 工艺	310
4.6.4	SNRB 烟气净化工艺	311
4.6.5	NO <sub>x</sub> SO 工艺	312
4.6.6	烟气循环流化床脱硫脱硝技术	312

参考文献 .....	313
<b>5 烧结烟气中其他有害成分的脱除 .....</b>	<b>323</b>
5.1 烧结烟气中汞的脱除 .....	323
5.1.1 汞及其化合物的性质及危害 .....	323
5.1.2 影响汞去除率的主要因素 .....	325
5.1.3 含汞废气的治理 .....	326
5.2 烟气中砷的脱除 .....	334
5.2.1 砷及其化合物的性质及危害 .....	334
5.2.2 含砷废气的治理 .....	335
5.3 烟气中氟的脱除 .....	337
5.3.1 气态氟化物 (HF, SiF <sub>4</sub> ) 的有关性质 .....	337
5.3.2 含氟烟气的处理技术 .....	338
5.3.3 氟资源回收 .....	344
5.4 烟气中铅、锌等杂质的脱除 .....	345
5.4.1 铅的性质及其危害 .....	345
5.4.2 含铅、锌烟气净化技术 .....	346
参考文献 .....	349
<b>附录 1 《大气污染物综合排放标准》 GB 16297—1996 .....</b>	<b>351</b>
<b>附录 2 《工业窑炉大气污染物排放标准》 GB 9078—1996 .....</b>	<b>355</b>

# 1 概述

## 1.1 烧结烟气的产生及特点

### 1.1.1 烧结烟气的产生

烧结是钢铁冶炼中的一个重要环节，是将各种不能直接入炉的炼铁原料，如精矿粉、高炉炉尘、硫酸渣等配加一定的燃料和熔剂，加热到 1300~1500℃，使粉料烧结成块状，这种人造的块矿就叫做烧结矿。将细磨物料，如精矿粉配加一定的黏结剂，在造球设备上滚成球，在焙烧设备上加热提高球的强度，这种人造的块矿就叫做球团矿。烧结是冶炼前原料准备的一个极其重要的环节，它不但扩大了冶炼原料的来源，而且改善了原料的质量。

#### (1) 烧结的目的

烧结的目的是促使粉末颗粒之间发生黏结，使烧结体的强度增加，把粉末颗粒的聚集体变成为晶粒的聚结体，其主要作用如下。

① 烧结过程中可以加入一定量的熔剂，制成自溶性烧结矿和球团矿或高碱度烧结矿，可以使高炉完全不加或少加石灰石，降低了石灰石分解吸收热量所消耗的焦炭，使高炉焦比降低，提高产量。

② 烧结矿与一般天然富矿相比，有较好的冶炼性能，如气孔度大、透气性好、还原性好、软化性能改善，相当于一种易还原、难熔化的矿石。这样有助于改善出渣的性质和缩小成渣带，对料柱透气性，接受高温，降低焦比都有利。

③ 烧结后成分稳定，使性质不稳定的入炉原料变成了性质稳定的原料，有利于炉况的稳定运行。

④ 烧结过程中可以除去原料中某些有害杂质，如硫、砷、

锌等。烧结过程可以脱去 80%~90% 的硫，使烧结矿的含硫量符合高炉冶炼的要求。

### (2) 烧结过程

烧结的主要工艺过程是将选矿厂来的精矿粉和回收的含铁尘泥，混以燃料和溶剂，在高温下烧结成块，经破碎、筛分后的烧结矿送入高炉炼铁，筛下的粉末返回烧结燃料系统中心配矿。

根据烧结过程中温度的分布情况，烧结过程大概可分为如下三个阶段。

① 低温预烧阶段。此阶段主要发生金属的预热及吸附气体和水分的挥发，压坯内成型剂的分解和排除等。

② 中温升温烧结阶段。此阶段开始出现再结晶，在颗粒内，变形的晶粒得以恢复，改组为新晶粒，同时表面的氧化物被还原，颗粒界面形成烧结矿带。

③ 高温保温完成烧结阶段。此阶段中的扩散和流动充分地进行并接近完成，形成大量闭孔，并继续缩小，使孔隙尺寸和孔隙总数有所减少，烧结体密度明显增加。

烧结工艺受控阶段和设备包括：烧结机机头、机尾、球团竖炉、带式竖炉、带冷机、原料及成品矿处理输送系统。

铁矿粉烧结是将含铁粉或细粒料进行高温加热，在不完全熔化的条件下烧结成块的过程。它是许多物理化学变化的综合过程，这个过程错综复杂，在几分钟甚至更短时间内，烧结料就因强烈的热交换从 70℃ 以下被加热到 1200~1400℃，与此同时，它还要从固相中产生液相又被迅速冷却而凝固。

烧结流程示意图见图 1.1。

### (3) 烧结尾气的主要来源及特点

烧结厂的废气主要来自于以下几个方面。

① 烧结原料在装卸、破碎、筛分和贮运的过程中产生的含尘废气；

② 在混合料系统中产生的水气-颗粒物共生废气；

③ 混合料在烧结时，产生的含有颗粒物、烟气、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 高温废气；

④ 烧结矿在破碎、筛分、冷却、贮存和转运的过程中产生的含尘废气。

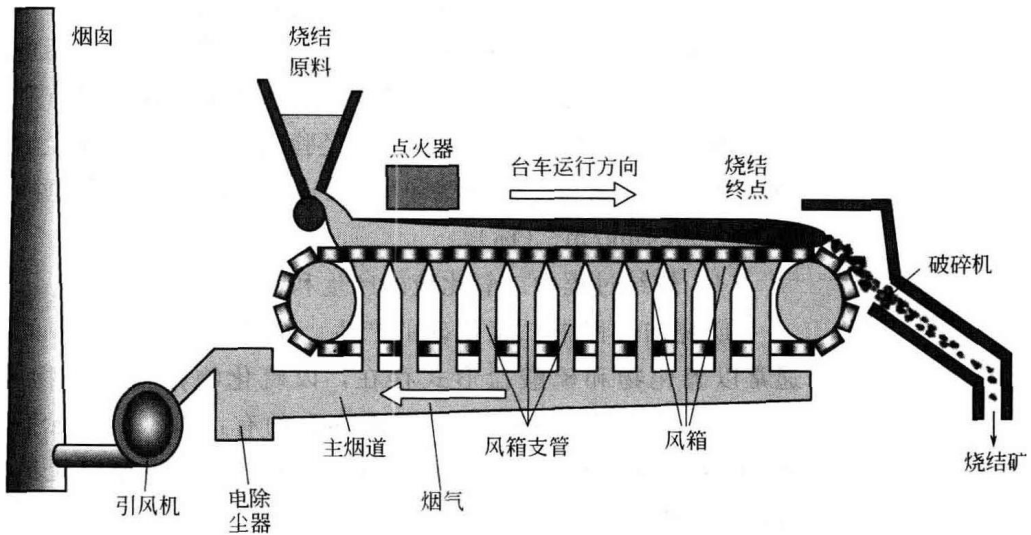


图 1.1 烧结流程

烧结过程中将产生大量烟气，烟气是烧结混合料点火后，随台车运行，在高温烧结成型过程中所产生的含尘废气。烧结机烧结时产生的烟气中， $\text{SO}_2$  浓度变化很大，一般其头部和尾部烟气浓度低，中部烟气浓度高。烧结料中铁的氧化物会起到催化剂的作用，将部分  $\text{SO}_2$  催化氧化为  $\text{SO}_3$ 。焦粉中的一部分有机硫转入气相呈单质硫并被氧化。为了去除砷、锌、铅等物质，往往会在烧结料中加入质量比为 2%~3% 的  $\text{CaCl}_2$  等氯化物，生成的可挥发性氯化物也进入烟气。另外，烧结烟气中含有一定量的铁氧化物，在其作用下，烟气中部分  $\text{SO}_2$  被氧化为  $\text{SO}_3$ 。所以烧结烟气不经净化处理直接排放，对大气的污染较严重。

烧结机头烟气量一般为  $3600\sim 4300\text{m}^3/\text{t}$  烧结矿，初始含尘浓度  $0.50\sim 7.48\text{g}/\text{m}^3$ 。现代烧结工艺一般采用冷矿和铺底料工艺，使粉矿量和烧结机烟气初始含尘浓度明显降低，如马鞍山钢铁公司第二烧结厂采取上述工艺后烧结机烟气初始含尘浓度降低到  $0.5\sim 1.0\text{g}/\text{m}^3$ 。

烧结机尾烟气量通常占烧结机烟气量的 25%~50% 左右，即约为  $2000\text{m}^3/\text{t}$  烧结矿，含尘量较高，可达  $5\sim 15\text{g}/\text{m}^3$ 。烧结机尾气除尘大多采用大型集中除尘系统。机尾采用大容量密闭罩，密闭罩向烧结机方向延长，将最末几个真空箱上部的台

车全部密闭，利用真空箱的抽力，通过台车料层抽取密闭罩内的含尘废气，以降低机尾除尘抽气量。除尘设备大多采用电除尘器，这样可以避免湿法除尘带来的污水污染，同时也有利于颗粒物的回收利用。宝山钢铁总厂经验表明，使用电除尘治理烧结机尾气系统除尘效率为 97.4%~99.7%，出口含尘浓度为 10~94.4mg/m<sup>3</sup>（标）。

#### （4）烧结过程中二氧化硫的产生和分布特征

① 烧结过程中二氧化硫的产生。烧结原料铁矿石中的硫通常以硫化物和硫酸盐形式存在，以硫化物存在的矿物有：FeS<sub>2</sub>、CuFeS<sub>2</sub> 等；以硫酸盐形式存在的有：BaSO<sub>4</sub>、CaSO<sub>4</sub>、和 MgSO<sub>4</sub> 等。固体燃料（如煤粉）带入的硫则主要以无机硫或者有机硫的形式存在。

在烧结过程中以单质和硫化物形式存在的硫通常在氧化反应中以气态硫化物的形式释放，而以硫酸盐形式存在的硫则在分解反应中以气态硫化物的形式释放。

黄铁矿（FeS<sub>2</sub>）是铁矿石经常遇到含硫矿物，它具有较大的分解压，在空气中加热到 565℃ 时很容易就分解出一半的硫，因此，在烧结条件下可以分解出硫元素。黄铁矿的氧化在更低的温度（280℃）就开始了，当温度较低时，从黄铁矿着火（366~437℃）到 556℃，硫的蒸气分解压还比较小。

固体燃料中的硫多以有机硫的形式存在，这种硫的分解需要在较高的温度下进行。一般焦粉中含硫量比无烟煤低，且焦粉中的硫主要为无机硫，易于除去。在干燥预热带上面焦粉经历迅速升温的热解过程，相当量的硫已经析出。其中一部分有机硫以 CS<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>S 类气体析出，一部分无机硫以元素的形式随着焦粉碳晶阵的破坏而同步析出，然后和 O<sub>2</sub> 马上反应变为 SO<sub>2</sub> 气体。而其余一部分有机硫和一部分无机硫则较稳定地存在于焦粉中。

几乎 90% 以上的硫化物在干燥预热和烧结熔带被氧化成硫的气态化合物而释放，85% 左右的硫酸盐在热分解过程中被脱除。

② 二氧化硫的再吸收。由于烧结机中空气是自上而下地通过整个烧结料层，携带二氧化硫的烟气不可避免地要通过每

个区域，在这些区域内也不可避免地发生烧结原料与助剂对二氧化硫的再吸收。其中以润湿带对二氧化硫的吸收作用最强。湿润带中存在大量的可在湿润条件下与二氧化硫反应的碱性溶剂（生石灰  $\text{CaO}$ ）和弱酸盐（石灰石  $\text{CaCO}_3$ 、白云石  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{MgCO}_3$ 、菱美石  $\text{MgCO}_3$ ），从而导致了二氧化硫的再次吸收。

③ 烧结过程中二氧化硫分布特征。由于烧结过程物理化学反应的复杂性，导致了烧结过程中硫元素存在形态的多样性和含硫物质分布不均匀性。二氧化硫经历了析出、被吸收和再析出的复杂过程，呈现出烧结工艺特有的二氧化硫分布特性。

按照物料的烧结状态，烧结料层从上到下分成烧成区、燃烧熔融带、干燥预热带以及湿润带。热量由烧结料层的上层向下层传递。湿润带上平面温度小于  $100^\circ\text{C}$ ，含自由水，此处距燃烧熔融带低面（ $1000^\circ\text{C}$  以上）仅有几厘米，处于上述两个带之间的干燥预热带被自上而下流动的高温烟气急速加热，干燥预热带的停留时间约为 2min 左右。通过干燥预热带后，燃料颗粒开始燃烧，并通过燃烧放出热量进一步加热物料，使其温度达到  $1300^\circ\text{C}$  左右，部分物料熔融流动。燃烧停止后床层开始冷却，熔融物再次固化，从而完成烧结过程。若按烧结烟气中二氧化硫的逸出方式区分，整个过程自上而下可以分为二氧化硫扩散析出区，二氧化硫燃烧析出区和二氧化硫吸收区三个区域。二氧化硫燃烧析出区是产生二氧化硫气体的主要区域，它与干燥预热带和燃烧熔融带相对应。以单质和硫化物形式存在的硫在干燥预热带发生的氧化反应中以气态硫化物的形式释放；以硫酸盐存在的硫在烧结熔带发生的分解反应中也以气态硫化物的形式释放。大部分二氧化硫直接扩散到烟气中去，少部分被液相或固相颗粒包纳或被碱性助剂再吸收成稳定的物质（如  $\text{CaS}$ ）。二氧化硫扩散析出区对应烧成区，在该区域不存在生成二氧化硫的化学反应，主要是烧结块中已生成的二氧化硫向烟气中的扩散。二氧化硫吸收区与湿润带相对应，在该区域由于烧结原料中碱性物质和液态水的存在，大部分二氧化碳被吸收，但随着烧结过程的推进，该区域的上端面下移，使其吸收能力和容纳能力逐步降低，在烧结末期该区域消失。二氧化硫在该区域被吸收后生成的不稳定亚硫酸盐在通过干燥预热带



和烧结熔融带时会发生分解，再次释放出二氧化硫。

### 1.1.2 烧结工艺烟气特点

烧结烟气是烧结混合料点火后，随台车运行，在高温烧结成型过程中所产生的废气。它与其他环境含尘气体有着较大的区别，其主要特点是：

① 烟气量大，每生产 1t 烧结矿大约产生 4000~6000m<sup>3</sup> 烟气。

② 烟气温度波动较大，随工艺操作状况的变化，烟气温度一般在 100~200℃ 上下。

③ 烟气携带粉尘量较大，含尘量一般为 0.5~15g/m<sup>3</sup>。

④ 烟气含湿量大。为了提高烧结混合料的透气性，混合料在烧结前必须加适量的水制成小球，所以烧结烟气的含湿量较大，按体积比计算，水分含量一般在 10% 左右。

⑤ 含有腐蚀性气体。高炉煤气点火及混合料的烧结成型过程，均将产生一定量的 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 等酸性气态污染物，它们遇水后将形成稀酸，对金属部件会造成持续腐蚀。

⑥ 二氧化硫排放量较大。烧结过程能够脱除混合料中 80%~95% 的硫，烧结车间的 SO<sub>2</sub> 初始排放大约为 6~8kg/t(烧结料) 或  $(500\sim1000)\times 10^{-6}$ 。

## 1.2 烧结烟气污染状况及危害

### 1.2.1 烧结烟气排放状况

20 世纪 90 年代以来。中国钢铁生产高速发展，自 1996 年突破 1 亿吨后，连续 9 年产量居世界第一位，取得了举世瞩目的成就。同时，钢铁生产在其热加工过程中需要消耗大量的燃料和矿石，大量排放粉尘、SO<sub>2</sub> 等空气污染物。2006 年钢铁行业二氧化硫排放总量约 0.84Mt，约占当年全国二氧化硫排放总量 25.94Mt 的 3.2%，钢铁工业的 SO<sub>2</sub> 排放对我国严重的二氧化硫和酸雨污染所起的作用不容忽视。据报道，钢铁工业