

烧结节能减排 实用技术

许满兴 张天启 编著



冶金工业出版社
www.cnmip.com.cn

烧结节能减排实用技术

许满兴 张天启 编著

北 京

冶金工业出版社

2018

内 容 提 要

本书共6章,内容包括:概述,绿色原料场建设,清洁烧结生产,烧结合热利用,烧结烟气治理,粉尘回收利用。本书将烧结生产工艺特点与节能减排先进技术有机地结合起来,以浅显易懂的论述,系统地展现烧结生产的节能减排技术。

本书可供钢铁企业的工程技术人员阅读,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

烧结节能减排实用技术/许满兴、张天启编著. —北京:
冶金工业出版社, 2018. 5

ISBN 978-7-5024-7798-1

I. ①烧… II. ①许… ②张… III. ①烧结—节能减排
IV. ①TF046. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 082154 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 戈 兰 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7798-1

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2018 年 5 月第 1 版, 2018 年 5 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 20.25 印张; 393 千字; 305 页

89.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前言

党的十九大报告中提出了“加快生态文明体制改革，建设美丽中国”，特别强调着力解决突出环境问题。坚持全民共治、源头防治，持续实施大气污染防治行动，打赢蓝天保卫战。提高排放标准，强化排污者责任，健全环保信用评价、信息强制性披露、严惩重罚等制度。构建政府为主导、企业为主体、社会组织和公众共同参与的环境治理体系。积极参与全球环境治理，落实减排承诺。

2016年2月18日，环保部部长陈吉宁在媒体见面会上表示，“十三五”期间环保部将启动工业污染源全面达标排放计划，要求企业达标排放。截至2015年底，我国烧结脱硫设施面积已由 $2.9 \times 10^4 \text{m}^2$ 增加到 $13.8 \times 10^4 \text{m}^2$ ，安装率由19%增加到88%。在肯定成绩的同时也要看到我国环境污染总体依然严重。

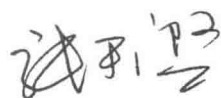
由于我国钢铁行业装备水平参差不齐，节能环保投入历史欠账较多，不少企业还没有做到污染物全面稳定达标排放，节能环保设施有待进一步升级改造。吨钢能源消耗、污染物排放量虽逐年下降，但难以抵消因钢铁产量增长导致的能源消耗和污染物总量增加。特别是京、津、冀、长三角等钢铁产能集聚区，环境承载能力已达到极限，实现绿色可持续发展刻不容缓。

为加快钢铁企业烧结节能减排的进展，推广节能减排新观念、新技术，提高钢铁企业技术人员和烧结厂一线员工对节能减排的认知，编写了本书。本书汇集了近几年有关烧结节能、烟气治理、余热回收等方面的新技术，并将烧结生产工艺特点与节能减排先

进技术有机结合起来，以浅显易懂的论述，系统地展现给大家。

本书在编写过程中得到了北京科技大学冯根生、《烧结球团》杂志社廖继勇、唐艳云等专家学者的帮助，同时参考和引用了有关文献资料，在此对以上专家和文献作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，收集的相关资料不全，书中不妥之处，恳请专家、学者和广大读者给予指正。



2018年3月

目 录

1 概述	1
1.1 钢铁工业节能的途径	1
1.1.1 管理节能	1
1.1.2 工艺节能	1
1.1.3 设备节能	2
1.1.4 余热余能回收利用	2
1.2 钢铁工业余能余热资源利用现状	2
1.3 钢铁工业污染物的来源及其特征	3
1.3.1 钢铁工业废气来源	3
1.3.2 钢铁工业废气的组成与特征	3
1.3.3 钢铁工业废水来源	4
1.3.4 钢铁工业废水中的主要污染物与特征	4
1.3.5 钢铁工业固体废弃物的来源	5
1.4 烧结烟气特点及排放特征	5
1.4.1 烧结烟气特点	5
1.4.2 烧结烟气污染物排放特征	7
1.5 粉尘的危害及控制技术	8
1.5.1 粉尘的危害	8
1.5.2 粉尘的控制技术	9
1.6 烧结烟气的治理	10
1.6.1 烟气脱硫方法分类	10
1.6.2 脱硫工艺比较分析和发展趋势	11
1.6.3 烧结烟气脱硝技术	12
1.7 环境保护对烧结生产的要求	13
2 绿色原料场建设	14
2.1 绿色原料场工艺简述	15
2.1.1 绿色原料场组成与特点	16
2.1.2 唐钢原料场主要设备	17

2.2 原料场类型及相关技术	19
2.2.1 A 型原料场	19
2.2.2 B 型原料场	19
2.2.3 C 型原料场	20
2.2.4 D 型原料场	20
2.2.5 E 型原料场	21
2.2.6 自动化技术在原料场中的应用	22
2.2.7 环保技术在原料场中的应用	22
2.2.8 未来原料场发展方向	23
2.3 长形封闭料场内部的粉尘防控	24
2.3.1 长形封闭料场工艺布置	24
2.3.2 长形封闭料场内部产生粉尘的原因分析	25
2.3.3 长形封闭料场内部粉尘的防控措施	25
2.4 圆形混匀料场应用的探讨	27
2.4.1 圆形混匀料场的基本结构	27
2.4.2 圆形混匀料场的工作原理和物料混匀工艺	30
2.4.3 圆形混匀料场的特点	30
2.5 青岛特钢综合原料场新技术应用实践	31
2.5.1 环保封闭料棚技术	31
2.5.2 资源综合利用技术	31
2.5.3 装备及控制技术	32
2.5.4 物流管理技术	33
2.6 包钢综合原料场功能设计及特点	34
2.6.1 综合料场设计原则	34
2.6.2 主要功能及特点	35
2.6.3 原料储运	38
2.6.4 铁矿石混匀	40
2.6.5 整粒系统	40
2.6.6 取制样系统	40
2.7 宝钢原料场环保新技术的运用	41
2.7.1 皮带机通廊全封闭	41
2.7.2 回程管状皮带机	41
2.7.3 环保型封闭料场	42
2.7.4 微雾抑尘技术	42
2.7.5 远程射雾器技术	42

2.7.6 实施效果	43
参考文献	43
3 清洁烧结生产	44
3.1 清洁生产的意义	44
3.1.1 清洁生产的概念	44
3.1.2 清洁烧结生产措施	45
3.2 燃料特性及对烧结指标的影响	46
3.2.1 烧结燃料燃烧性的试验	46
3.2.2 厚料层烧结燃料粒度的选择	48
3.2.3 无烟煤对烧结指标的影响研究	48
3.2.4 兰炭作为烧结燃料对烧结矿质量的影响	50
3.3 太钢烧结细粒燃料分加技术研究	53
3.3.1 烧结生产关键参数	53
3.3.2 主要烧结工艺参数变化	54
3.3.3 烧结矿理化性能变化	54
3.3.4 存在的问题	54
3.3.5 效果	55
3.4 烧结点火制度的优化	55
3.4.1 烧结料面受热强度	55
3.4.2 空燃比对料面最高温度的影响	56
3.4.3 空燃比对高温持续时间的影响	56
3.4.4 空燃比对料面受热强度的影响	56
3.4.5 点火炉热电偶测温与料面受热强度关系	57
3.4.6 点火炉操作关键参数的选择	58
3.5 马钢二铁烧结点火技术的进步及应用	59
3.5.1 存在问题	59
3.5.2 节能技术应用	59
3.5.3 实施效果	60
3.6 重钢烧结微负压点火优化实践	61
3.6.1 点火煤气消耗高的原因	61
3.6.2 炉膛高负压对烧结过程带来的危害	61
3.6.3 实现微负压点火需要改进的措施	62
3.6.4 生产效果	63
3.7 太钢 660m ² 烧结机点火保温炉技改及效果	63

3.7.1 点火炉系统及特点	63
3.7.2 点火炉监控维护技术	65
3.7.3 使用效果及效益	66
3.8 烧结料面喷洒蒸汽的研究与实践	66
3.8.1 试验方法	67
3.8.2 料面喷洒蒸汽对烧结废气成分的影响	67
3.8.3 喷洒蒸汽对烧结废气减排的影响	67
3.8.4 首钢京唐公司烧结蒸汽喷洒工业试验	68
3.9 焦炉煤气强化烧结技术在梅钢的应用	69
3.9.1 气体燃料辅助烧结技术原理及实验结果	69
3.9.2 喷吹焦炉煤气生产应用	70
3.10 富氧烧结技术	70
3.10.1 技术要点	70
3.10.2 技术优劣势分析	70
3.10.3 应用前景分析	71
3.10.4 唐山国丰富氧烧结试验	71
3.11 圆筒混合机制粒技术	73
3.11.1 圆筒混合机技术参数	73
3.11.2 圆筒混合机衬板材质	74
3.11.3 河北同业含油尼龙衬板	74
3.11.4 河北同业三段式、逆流混合机衬板新技术	75
3.11.5 混合机加水方法和自动化检测技术	76
3.12 强力混合机制粒技术	78
3.12.1 强力混合机与圆筒混合机综合比较	79
3.12.2 韩国浦项开发的强化制粒工艺	80
3.12.3 米塔尔比利时根特烧结厂强化制粒技术	80
3.12.4 采用强力混合机案例	81
3.12.5 强力混合机的优势和应用范围	81
3.12.6 江阴创裕 CQ 系列立式强力混合机	81
3.13 承钢防止混合料仓黏料技改措施	84
3.13.1 矿槽黏料原因分析	84
3.13.2 矿槽改造措施	84
3.13.3 改造效果	86
3.14 鞍钢提高混合料温度的措施	86
3.14.1 提高混合料温度的措施	86

3.14.2 生产效果	87
3.15 本钢生石灰加热水消化生产实践	88
3.15.1 生石灰加热水消化的试验与结果	88
3.15.2 生石灰热水消化工业试验结果	88
3.16 超厚料层烧结的试验研究与生产实践	89
3.16.1 超厚料层烧结生产的经济技术价值	90
3.16.2 马钢超厚料层烧结操作技术及其创新	90
3.16.3 马钢超厚料层的经济技术效果	92
3.17 烧结算条黏结机理研究及防治应用	92
3.17.1 算条黏结物成分分析	93
3.17.2 烧结算条黏结机理分析	93
3.17.3 防治烧结算条黏结措施	94
3.17.4 包钢新型无动力烧结算条清理装置	95
3.18 烧结机漏风的治理	97
3.18.1 早期烧结机头尾密封形式	97
3.18.2 秦皇岛新特柔磁性密封	100
3.18.3 鞍山蓬达柔性动态密封	100
3.18.4 秦皇岛鸿泰摇摆涡流式柔性密封	102
3.18.5 宝鸡晋旺达柔性差压侧密封	103
3.18.6 鲅鱼圈烧结机密封改造	106
3.19 烧结机布料技术的发展	107
3.19.1 铺底料布料	107
3.19.2 混合料布料	107
3.19.3 日本 JFE 公司优化制粒和布料研究	109
3.19.4 首钢矿业对三种偏析布料形式的研究	112
3.19.5 凌钢圆辊给料机故障处理	114
3.19.6 莱钢、攀钢透气辊小改造	115
3.20 烧结矿筛分技术	116
3.20.1 直线振动筛	116
3.20.2 椭圆等厚振动筛	116
3.20.3 棒条筛	117
3.20.4 棒条筛与椭圆等厚筛筛分室布置对比	118
3.20.5 威猛 WFPS 超环保节能复频筛	119
3.21 宝钢 3 号烧结机升级改造	121
3.21.1 主要节能技术	121

3.21.2	主要环保措施	123
3.21.3	实施效果	124
3.22	主抽风机变频调速节能技术	124
3.22.1	太钢变频改造实例	124
3.22.2	连钢变频改造实例	125
	参考文献	126
4	烧结合余热利用	129
4.1	我国烧结合余热回收与利用技术发展状况	129
4.1.1	烧结合余热回收利用形式	130
4.1.2	我国烧结合余热回收利用中存在的不足	130
4.1.3	烧结合余热发电的类型与投资建设方式	130
4.1.4	烧结合余热发电存在的问题	130
4.1.5	烧结合余热发电的发展建议	131
4.2	循环烟气性质对烧结合过程的影响	132
4.2.1	循环烟气 O_2 含量对烧结合过程的影响	132
4.2.2	循环烟气 CO 含量对烧结合过程的影响	133
4.2.3	循环烟气 CO_2 含量对烧结合过程的影响	133
4.2.4	循环烟气 $H_2O(g)$ 含量对烧结合过程的影响	133
4.2.5	循环烟气 SO_2 含量对烧结合过程的影响	133
4.2.6	循环烟气 NO_x 含量对烧结合过程的影响	133
4.2.7	循环烟气温度对烧结合过程的影响	133
4.2.8	循环烟气比例对烧结合矿产、质量指标的影响	134
4.3	烟气循环烧结合工艺极限循环风量研究	134
4.3.1	烧结合工艺废气排放规律	134
4.3.2	烟气循环烧结合工艺流程	135
4.3.3	烟气循环烧结合遵循的原则	136
4.4	国内外几种烟气循环烧结合工艺比较	136
4.4.1	烧结合烟气循环工艺介绍	136
4.4.2	烟气循环工艺的效果及优缺点	141
4.4.3	几种烟气循环技术的工艺特点和应用现状	142
4.5	首钢迁钢烧结合机大烟道废热研究与实践	143
4.5.1	大烟道废热资源利用可行性分析	143
4.5.2	废气循环烧结合的烧结合杯实验	143
4.5.3	迁钢废气循环工艺技术改造	145

4.6 烧结冷却余热发电原理及现状	146
4.6.1 烧结余热发电原理	146
4.6.2 国内外烧结余热发电技术发展现状	147
4.6.3 烧结冷却机废气余热资源的特点	147
4.6.4 烧结冷却余热发电工艺	148
4.7 烧结余热发电技术的难点与解决方案	149
4.7.1 影响烧结冷却烟气品质的主要因素	149
4.7.2 提高烧结余热热源品质的技术措施	150
4.7.3 提高烧结余热热源稳定性的措施	153
4.8 烧结余热分级回收与梯级利用技术	154
4.8.1 烧结余热回收原则	154
4.8.2 余热资源分级回收与梯级利用技术的提出	155
4.8.3 分级回收与梯级利用的关键问题	156
4.8.4 分级回收与梯级利用技术的优点	158
4.9 日照钢铁烧结机余热发电生产技术	158
4.9.1 提高发电量的措施	159
4.9.2 经济效益和社会效益	160
4.10 莱钢提高余热发电量的改造措施	160
4.10.1 存在的问题	160
4.10.2 优化改造措施	161
4.10.3 改进效果	163
4.11 昆钢余热综合利用系统运行经验	164
4.11.1 工艺流程	164
4.11.2 运行情况及经验	165
4.12 烧结环冷机密封和烟罩技术	166
4.12.1 环冷机漏风的主要原因	167
4.12.2 河北华通重工销齿传动水密封环冷机技术	167
4.13 烧结矿余热竖罐式回收发电工艺	169
4.13.1 竖罐式余热回收发电工艺流程	170
4.13.2 竖罐结构形式	171
4.13.3 烧结余热罐式回收利用工艺的结构特点	172
4.13.4 竖罐式回收利用工艺流程的优点及节能分析	173
4.13.5 竖罐式余热回收利用关键问题的研究	175
4.13.6 天丰钢铁公司烧结竖冷窑余热发电实践	175
参考文献	179

5 烧结烟气治理	180
5.1 我国烧结烟气污染物排放形势、标准推进及减排技术	180
5.1.1 我国烧结烟气污染物排放形势	180
5.1.2 我国钢铁烧结环保标准推进历程	182
5.1.3 烧结污染物减排技术分析	184
5.2 国内烧结机烟气脱硫装置运行现状分析	186
5.2.1 烧结烟气脱硫运行效果	188
5.2.2 烧结烟气脱硫运行成本	188
5.2.3 结果分析	190
5.3 石灰石-石膏法	191
5.3.1 工艺原理与流程	191
5.3.2 工艺系统与设备	192
5.3.3 影响脱硫性能的主要因素	195
5.3.4 使用维护要求	196
5.4 氨法	197
5.4.1 工艺原理及流程	197
5.4.2 工艺特点	199
5.4.3 主要设备及功能	200
5.4.4 影响脱硫效率的主要因素	202
5.4.5 操作及安全要求	203
5.4.6 副产物硫酸铵的特点及再利用	204
5.5 武钢四、五烧烟气氨法脱硫工艺比较	204
5.5.1 四、五烧氨法脱硫工艺比较	204
5.5.2 五烧脱硫设计改进	206
5.6 南钢 360m ² 烧结机氨法脱硫运行初期问题及措施	208
5.6.1 运行初期出现的问题	208
5.6.2 改进措施	208
5.7 氧化镁法	211
5.7.1 工艺原理	211
5.7.2 工艺系统及设备	211
5.8 双碱法	213
5.8.1 工艺原理	213
5.8.2 工艺系统及设备	214
5.8.3 工艺优点及安全注意事项	215
5.9 离子液法	216

5.9.1 工艺原理及流程	216
5.9.2 技术特点	218
5.9.3 攀钢 173.6m ² 烧结机离子液法脱硫应用	219
5.10 有机胺法	219
5.10.1 基本原理	220
5.10.2 莱钢银山型钢炼铁厂改造方案	220
5.11 其他湿法脱硫工艺简介	221
5.11.1 钢渣 (FeO-MgO-CaO) 法	221
5.11.2 海水法	221
5.11.3 膜分离法	222
5.11.4 微生物法	222
5.12 循环流化床烟气脱硫工艺	223
5.12.1 工艺原理	223
5.12.2 工艺系统及设备	225
5.12.3 主要工艺参数	226
5.12.4 使用维护要求	226
5.13 分段脱硫技术研究、工业试验与改造措施	227
5.13.1 风箱烟气分段脱硫技术的提出	227
5.13.2 湘钢烧结机分段脱硫工业试验	227
5.13.3 福建三钢应用烟气循环技术实现全烟气脱硫	229
5.14 旋转喷雾干燥法脱硫工艺	231
5.14.1 工艺原理及流程	231
5.14.2 技术特点	232
5.14.3 工艺系统及设备	233
5.15 邢钢 2 号烧结机 SDA 脱硫实践	235
5.15.1 系统设计特点	236
5.15.2 存在的问题及改进措施	236
5.16 NID 脱硫技术	237
5.16.1 工艺原理及流程	237
5.16.2 工艺特点	238
5.16.3 主要设备结构及功能	239
5.17 其他半干法脱硫工艺简介	241
5.17.1 MEROS 法	241
5.17.2 密相干塔法	241
5.18 活性炭干法烧结烟气净化技术	242

5.18.1	工艺流程	243
5.18.2	工艺原理	244
5.18.3	工艺特点	244
5.18.4	主要设备	245
5.18.5	工艺影响因素	246
5.18.6	操作要求	247
5.19	电子束烟气脱硫技术	247
5.19.1	过程机理	248
5.19.2	工艺流程	248
5.19.3	主要设备	249
5.20	选择性催化还原脱硝技术	250
5.20.1	反应机理	250
5.20.2	催化剂	251
5.20.3	还原剂	252
5.20.4	工艺特点及需注意的问题	253
5.21	氧化吸收法	254
5.21.1	工艺原理及流程	254
5.21.2	影响脱硝效率的因素	255
5.22	烧结工序二噁英减排技术及应用现状	256
5.22.1	烧结工序二噁英的产生机理	256
5.22.2	烧结工序二噁英减排技术	256
5.22.3	国内外二噁英减排技术的应用现状	258
参考文献		261
6	粉尘回收利用	262
6.1	除尘技术的发展	262
6.2	烧结烟尘电除尘技术的特点及应用	263
6.2.1	烧结烟尘特性	263
6.2.2	技术途径	264
6.2.3	应用实例	267
6.3	新型高效电除尘技术	268
6.3.1	湿式电除尘技术	268
6.3.2	电凝并技术	269
6.3.3	旋转电极板技术	269
6.4	烧结机头烟气袋式除尘方案的探讨	270

6.4.1 烧结机头“禁用”袋式除尘的原因	270
6.4.2 防范烧结机停启时袋式除尘器结露的措施	271
6.4.3 国内烧结机头除尘采用袋式除尘实例	272
6.5 电袋复合除尘器原理及特点	272
6.5.1 电袋复合除尘器的基本原理和技术特点	273
6.5.2 工程应用	274
6.6 三种烧结机机尾除尘器改造的技术经济分析	275
6.6.1 三种除尘设备性能比较	275
6.6.2 设备投资比较	276
6.6.3 运行费用比较	276
6.6.4 维护费用比较	277
6.6.5 综合比较和评价	277
6.7 陕西龙钢机尾新建电袋除尘经验	278
6.7.1 龙钢 265m ² 烧结机机尾除尘器存在的问题	278
6.7.2 管网改造方案	279
6.7.3 设备改造方案	279
6.7.4 应用效果	280
6.8 湘钢电除尘改造为阻火器、布袋除尘器串联除尘工艺	280
6.8.1 改造方案选择	281
6.8.2 改造方案实施	282
6.8.3 改造效果	284
6.9 河北新钢 120m ² 烧结机电除尘改电袋除尘实践	284
6.9.1 原 120m ² 电除尘现状	284
6.9.2 电除尘改为电袋复合除尘器的方案和效果	285
6.10 宝钢烧结一次混合机烟气除尘方案探讨	286
6.10.1 混合机扬尘现状与相关技术	286
6.10.2 基于塑烧板除尘器的工业试验与方案制订	288
6.11 鞍钢鲅鱼圈工业固体废物综合利用	290
6.11.1 鲅鱼圈工序固体废弃物回收情况	290
6.11.2 混料加工过程	292
6.11.3 混料的使用及效果	293
6.11.4 存在的问题	294
6.12 烧结除尘灰资源化利用新进展	295
6.12.1 烧结除尘灰的来源与分类	295
6.12.2 烧结除尘灰资源化利用方式	296

6.12.3 前景展望	298
6.13 马钢高钾烧结除尘灰脱钾方法研究	299
6.13.1 高钾烧结除尘灰物化特性分析	299
6.13.2 高钾除尘灰脱钾工艺研究	300
6.13.3 水浸脱钾方案	301
6.14 含锌尘泥的处理技术	302
6.14.1 物理分选预富集工艺	302
6.14.2 湿法处理工艺	303
6.14.3 火法处理工艺	303
参考文献	305