

冶金烟气治理 新技术手册



张殿印 李惊涛 主 编 朱晓华 陈满科 副主编

YEJIN
YANQI
ZHILI
XINJISHU
SHOUCE



化学工业出版社

冶金烟气治理 新技术手册



张殿印 李惊涛 主 编 朱晓华 陈满科 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是一部环境工程技术工具书。全书分为三篇十六章：上篇是通用技术篇，包括冶金工业烟气治理现状、污染物捕集技术、冶金烟气治理技术、烟气净化系统设计及相关技术；中篇是钢铁烟气治理篇，包括烧结、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢、铁合金、耐火材料各工序的烟气治理新技术和适用技术；下篇是有色金属烟气治理篇，包括矿业、轻金属、重金属、稀有金属和贵金属及有色金属加工工序的烟气治理新技术和适用技术。

本书内容全面，可操作性强，资料翔实，可供冶金环保工程技术人员、科研人员和管理人员阅读，也可供高等学校环境科学与工程及相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

冶金烟气治理新技术手册/张殿印, 李惊涛主编. —
北京: 化学工业出版社, 2017. 3
ISBN 978-7-122-29039-7

I. ①冶… II. ①张… ②李… III. ①冶金工业-烟
尘治理-手册 IV. ①X756-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 026995 号

责任编辑: 刘兴春 卢萌萌
责任校对: 王素芹

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: 三河市延风印装有限公司

装 订: 三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 49 字数 1286 千字 2018 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: 280.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2017—09 号

《冶金烟气治理新技术手册》

编写人员名单

主 编：张殿印 李惊涛

副 主 编：朱晓华 陈满科

编写人员（按姓氏笔画排序）：

王 冠	王 琿	王 爽	王宇鹏	王笑鹏
王海涛	田 玮	白洪娟	任 旭	刘 瑱
庄剑恒	李 昆	李鹏飞	肖 春	张 鹏
张紫薇	陈 玲	陈 媛	罗宏晶	周 然
周广文	孟 婧	赵 宇	赵原林	顾晓光
徐 飞	郭会越	章敬泉	魏淑娟	

主 审：杨景玲 彭 桦

前言

冶金工业是现代经济建设、现代国防的基础产业，对国民经济和现代化建设的作用是不可忽视的，但是冶金工业是资源、能源消耗的产业，而且在生产过程中产生大量各种污染物。冶金工业排放的烟气数量大、范围广，除尘净化与废气回收利用是发展冶金工业的重要任务之一。因此大力推动冶金工业大气污染治理、节能减排，加强“三废”资源化利用，发展循环经济、保持生态平衡成为人们的重大任务。编写本书旨在补充冶金环保领域图书的不足，推广近年来在冶金工业环保行业出现的新技术、新装备、新成果，满足日益发展的大气污染控制技术需要，提高冶金工业烟气治理技术水平。本书内容编写侧重冶金环保新技术的实用性和前瞻性，同时对新思路、新方法和新设备做必要阐述，所以该书具有较高学术价值和很高的实用价值。

本书分为三篇十六章：上篇是通用技术篇，包括工业冶金烟气治理现状、污染物捕集技术、冶金烟气治理技术、烟气净化系统设计及相关技术；中篇是钢铁烟气治理篇，包括烧结、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢、铁合金耐火材料各工序的烟气治理新技术和适用技术；下篇是有色金属烟气治理篇，包括矿业、轻金属、重金属、稀有金属和贵金属及有色金属加工工序的烟气治理新技术和适用技术。

本书具有以下特点。

(1) 内容全面 包括钢铁冶金和有色金属冶金烟气的来源、性质，各种基本治理方法，主要设备、净化系统并且分述生产各环节的污染防治技术。

(2) 联系实际 对叙述内容尽可能结合冶金生产应用实际，如重要计算式和基本方法予以举例，书中还列举许多工程应用实例。

(3) 技术新颖 内容编写用新规范、新术语，把近年出现的实践证明可行的新方法、新技术、新设备列在书中。新技术还表现在近些年才重视的技术，如烧结烟气脱硫、二噁英控制、废气余热利用等。

本书在编写、审阅和出版过程中得到了俞非澍、申丽、刘克勤等多位知名专家的鼎力相助，在此一并深致谢忱。本书编写过程中参考和引用了一些科研、设计、教学和生
产工作同行编写的著作、论文、手册、教材、样本和学术会议文集等，在此对所有作者表示衷心感谢。

由于编者学识和编写时间所限，书中疏漏和不妥之处在所难免，殷切希望读者朋友批评指正。

编 者

2017年8月于北京

目录

上篇 通用技术篇	1
第一章 冶金工业烟气治理现状	2
第一节 钢铁工业烟气治理现状	2
一、钢铁工业制造流程	2
二、钢铁工业烟气排放现状	3
三、钢铁生产烟尘治理现状	6
四、SO ₂ 治理现状	8
五、NO _x 控制现状	10
六、钢铁工业二噁英减排现状	12
七、烧结烟气氟化物控制现状	14
第二节 有色金属工业烟气治理现状	14
一、有色金属工业烟气来源	14
二、有色金属工业烟气特性	17
三、矿业粉尘治理现状	21
四、铝生产烟气治理现状	22
五、重金属烟气治理现状	23
六、稀有金属烟气治理现状	24
第二章 污染物捕集技术	27
第一节 湿法捕集技术	27
一、无组织排放源排放量估算	27
二、淋洒水防尘技术	28
三、清水喷雾降尘技术	30
四、湿润水喷淋防尘技术	33
五、覆盖液喷洒防尘技术	34
六、荷电水雾降尘技术	36
第二节 集气罩捕集技术	38
一、集气罩分类和技术要求	39
二、集气罩设计原则	40
三、密闭集气罩	40
四、外部集气罩	53
五、吹吸式集气罩	67
第三节 污染源控制其他技术	72
一、厂房真空吸尘系统	72
二、防风抑尘网技术	73
三、原料场封闭技术	77
四、开敞式空间静电抑尘技术	82

五、静电干雾除尘技术	83
六、尾矿坝粉尘控制综合技术	85
第三章 冶金烟气治理技术	86
第一节 烟气治理设计原则	86
一、治理技术分类	86
二、设计和选用原则	86
第二节 除尘技术	87
一、机械力除尘技术	87
二、袋式除尘技术	94
三、电除尘技术	101
四、湿式除尘技术	108
第三节 有害气体净化技术	113
一、吸收法	113
二、吸附法	116
三、催化转化法	118
四、燃烧法	122
五、冷凝法	124
六、生物法	125
七、膜分离法	127
第四节 冶金烟气协同净化技术	128
一、过滤催化协同技术	128
二、除尘脱硫协同技术	134
三、活性炭法脱硫脱硝技术	142
第四章 烟气净化系统设计	147
第一节 净化管网设计	147
一、净化系统组成和设计内容	147
二、管道布置的一般原则	148
三、管道系统设计计算	149
四、管道支架和支座	164
五、管道检测孔、检查孔和清扫孔	167
第二节 高温烟气管道系统设计	169
一、高温烟气管道系统设计特点	169
二、高温烟气冷却方法	170
三、管道膨胀补偿	182
第三节 净化系统的防爆、防腐与保温设计	188
一、净化系统防爆	188
二、净化系统防腐	191
三、管道与设备保温设计	204
第四节 通风机的选择	216
一、通风机的分类和型号	216
二、通风机的主要性能参数	220
三、通风机的运行调节	221
四、通风机调速与节能	223

五、通风机的选型	225
六、电动机	227
第五节 噪声和振动控制设计	229
一、噪声的概念	229
二、噪声控制原理与设计	230
三、减振器和减振设计	235
第六节 排气烟囱设计	237
一、烟囱的功能和结构	237
二、烟囱的设计原则	238
三、烟囱的设计计算	238
四、烟囱的附属设施	242
中篇 钢铁烟气治理篇	243
第五章 原料烧结烟气治理技术	244
第一节 原料场粉尘减排技术	244
一、原料堆场粉尘减排	244
二、机械抽风粉尘减排技术	245
三、破碎筛分设备烟尘减排	247
四、给料料槽设备密闭减排	252
第二节 烧结烟尘治理技术	256
一、烧结烟尘来源和特点	256
二、原料准备工序粉尘减排	258
三、烧结工序烟尘治理技术	268
四、成品矿烟尘减排技术	282
第三节 烧结气态污染物减排技术	286
一、烧结烟气 SO ₂ 减排途径	286
二、烧结烟气脱硫方法	286
三、烧结烟气脱硫技术选择	293
四、烧结机烟气脱硫工程实例	294
五、烧结烟气脱硝技术	296
六、二噁英减排技术	299
第四节 烧结烟气余热回用技术	302
一、烧结烟气余热回用方式	302
二、烧结烟气热能回收发电技术	305
三、烧结机低品位余热回收	305
四、烧结环冷机余热利用实例	307
第六章 炼焦烟气治理技术	310
第一节 炼焦烟尘来源和特点	310
一、车间组成及主要有害物质	310
二、炼焦烟尘来源	311
三、烟尘特点	312
第二节 备煤车间烟尘减排技术	312
一、烟尘减排技术要点	312

二、备煤设备除尘	313
三、成型煤生产除尘	314
四、煤制样室除尘	316
五、煤粉碎除尘技术改造实例	317
第三节 焦炉煤气净化技术	319
一、焦炉煤气来源	319
二、焦炉煤气的性质	320
三、焦炉煤气净化工艺流程	320
四、煤气净化回收产品产率	326
五、煤气净化安全规则	326
六、焦炉煤气脱硫脱氰实例	327
第四节 焦炉烟道废气余热回收	330
一、焦炉烟道气的组成	330
二、焦炉烟道气余热回收技术	330
第五节 炼焦生产烟尘减排技术	332
一、装煤烟尘减排	332
二、推焦烟尘减排	335
三、干熄焦烟尘减排	337
四、焦成品烟尘减排	338
五、干熄焦工序烟尘减排实例	343
第六节 回收焦粉的综合利用	346
一、焦粉的来源和特点	346
二、除尘回收焦粉在配煤中的应用	346
三、焦粉综合利用	347
第七章 炼铁烟气治理技术	349
第一节 炼铁工艺流程及烟气特点	349
一、炼铁工艺流程	349
二、烟气来源和特点	349
第二节 炼铁原料系统烟尘减排技术	351
一、储矿槽除尘	351
二、转运站除尘	353
三、碾泥机室除尘	353
四、炉前矿槽粉尘减排实例	354
第三节 高炉煤气除尘技术	356
一、高炉煤气来源	356
二、高炉煤气除尘工艺流程	357
三、粗煤气除尘系统	358
四、湿式细除尘系统	361
五、干式除尘系统	365
六、煤气除尘系统附属设备	367
七、高炉煤气干法净化回收实例	368
第四节 高炉本体烟尘减排技术	371
一、生产工艺及污染源	371

二、高炉出铁场烟尘减排	372
三、高炉炉顶除尘	380
四、铸铁机烟尘减排	380
五、大型高炉出铁场除尘实例	381
第五节 高炉含铁尘泥回收利用技术	382
一、高炉含铁尘泥来源	382
二、炼铁尘泥回收利用技术	383
三、高炉瓦斯泥(灰)中回收锌工程实例	386
四、高炉瓦斯泥生产农肥工程实例	387
第八章 炼钢烟气治理技术	390
第一节 炼钢工艺流程及烟尘特点	390
一、炼钢工艺流程	390
二、烟尘来源及特点	391
第二节 转炉煤气净化技术	392
一、转炉煤气来源	392
二、主要技术参数与计算	392
三、LT法转炉煤气净化回收技术	394
四、OG湿法除尘煤气净化回收技术	397
五、转炉二次烟尘治理	399
六、转炉煤气干法除尘净化实例	402
七、转炉煤气湿法除尘净化实例	404
第三节 电炉炼钢烟尘减排技术	406
一、主要烟气参数	406
二、集气排烟方式	408
三、电炉烟尘净化工艺流程	419
四、除尘系统的检测和控制	422
五、大型电炉除尘工程实例	423
第四节 电炉二噁英减排技术	430
一、电炉工序二噁英的生成	430
二、电炉炼钢工序二噁英的减排技术	431
三、协同减排技术	432
第五节 炼钢辅助工序烟尘减排技术	433
一、铁水预处理装置除尘	433
二、混铁炉除尘	435
三、副原料受料皮带机除尘系统	437
四、其他工序烟尘减排	437
五、铁水处理二次除尘实例	442
第六节 炼钢尘泥回收利用技术	448
一、炼钢含铁尘泥来源与特征	448
二、炼钢粉尘回收利用途径	450
三、转炉尘泥回收利用技术	452
四、电炉粉尘回收利用技术	454
五、转炉尘泥制作造渣剂工程实例	463

第九章 轧钢烟气治理技术	465
第一节 轧钢烟气来源和特点	465
一、轧钢烟气来源	465
二、轧钢污染物特点	466
第二节 初轧、热轧烟尘减排技术	466
一、初轧厂热火焰清理机除尘	466
二、热轧精轧机机架除尘	468
三、小方坯精整除尘	468
四、精轧机除尘改造实例	469
第三节 冷轧烟气净化技术	472
一、冷轧机机架排雾	472
二、冷轧酸洗机组烟尘减排	473
三、硅钢轧机烟雾减排	474
四、抛丸、修磨、捆带机组除尘	476
五、冷轧带钢酸洗机组烟尘减排实例	480
六、连续退火机组排气净化实例	482
第四节 管线生产烟尘减排技术	485
一、无缝钢管连轧机排烟	485
二、管坯精整除尘	485
三、吹灰槽除尘	486
四、钢管镀锌排烟、除尘	486
五、线材铅浴炉烟尘治理	488
六、覆盖密封与袋式除尘治理铅尘实例	488
第五节 酸洗工序酸雾治理技术	490
一、污染物来源	490
二、污染物特点	491
三、酸雾治理技术	492
四、酸雾治理工程实例	493
第六节 加热炉 NO_x 减排技术	496
一、燃烧 NO_x 的生成原理	496
二、 NO_x 减排措施	497
第十章 铁合金烟气治理技术	499
第一节 有害物质来源及特点	499
一、铁合金冶炼炉分类	499
二、车间组成及有害物质	502
三、烟尘主要特点	503
第二节 矿热电炉烟尘减排技术	503
一、封闭型电炉煤(炉)气净化	503
二、半封闭型电炉烟气净化	506
三、矿热电炉出铁口排烟净化	509
四、原料成品、料仓除尘	510
五、硅铁矿热炉烟尘减排与回收实例	510
第三节 钨铁冶炼烟尘减排技术	513

一、焙烧炉烟尘净化	513
二、钼铁干燥筒(窑)烟尘净化	514
三、钼铁冶炼烟气净化	515
四、原料破碎、输送和配混料设施除尘	516
五、铝粒烟气净化	516
六、钼铁冶炼炉烟尘减排实例	516
第四节 钨铁电炉烟尘减排技术	517
一、烟气技术参数	518
二、烟气净化工艺流程	519
三、钨铁电炉烟气治理实例	519
第五节 钒冶炼烟尘减排技术	520
一、钒铁回转窑尾烟尘减排	520
二、电冶炉烟尘减排	522
三、原料准备及磁选工段通风除尘	522
四、钒渣焙烧回转窑窑尾烟气治理实例	522
第六节 金属铬冶炼炉烟气治理	524
一、污染物来源及特点	525
二、金属铬烟尘减排	525
三、金属铬烟尘减排实例	526
第七节 铁合金粉尘回收利用	527
一、二氧化硅微粉的利用技术	527
二、钼铁尘的综合利用	528
三、铬尘的综合利用	528
四、钼铁粉尘的回收利用实例	528
五、铁合金厂冷凝硅粉的回收利用实例	529
第十一章 耐火材料生产烟气治理技术	534
第一节 耐火材料工业烟气来源和特点	534
一、耐火材料工业烟尘来源	534
二、耐火材料工业烟气的特点	535
三、耐火材料厂烟尘治理原则	536
第二节 竖窑除尘技术	537
一、竖窑烟尘来源和特点	537
二、竖窑除尘技术参数	539
三、石灰竖窑除尘	541
四、白云石竖窑除尘	542
五、镁砂竖窑除尘	543
六、双膛竖窑除尘	545
七、竖窑烟气除尘工程实例	545
第三节 回转窑除尘技术	547
一、回转窑除尘烟气参数	547
二、石灰回转窑除尘	549
三、白云石回转窑除尘	552
四、镁砂回转窑除尘	553

五、铝矾土回转窑	555
六、石灰回转窑烟尘减排实例	556
第四节 悬浮窑除尘技术	559
一、石灰悬浮窑除尘	560
二、镁砂悬浮窑除尘	561
三、干燥筒除尘	562
四、悬浮窑烟气除尘工程实例	564
五、试验室除尘	565
第五节 耐火材料厂沥青烟气治理技术	565
一、沥青烟气来源	565
二、污染物特点	566
三、沥青烟气治理技术	566
四、沥青烟气治理工程实例	567
第六节 砖成型加工工序除尘净化	569
一、砖成型工序除尘	569
二、砖加工工序除尘	574
第七节 辅助设备粉尘减排技术	578
一、粉尘特点及其参数	578
二、治理技术原则	579
三、原料仓库除尘	580
四、破碎、筛分、磨碾设备除尘	581
五、输送设备除尘	584
六、其他辅助设备除尘	586
七、石灰窑辅助设备除尘实例	590
下篇 有色金属烟气治理篇	594
第十二章 矿业生产粉尘治理技术	595
第一节 矿业生产粉尘减排原则	595
一、矿业粉尘特点	595
二、矿业粉尘减排技术原则	595
第二节 露天开采粉尘减排技术	597
一、露天开采粉尘来源	597
二、露天矿防尘措施	598
三、乳液抑尘剂防治露天矿运输土路扬尘实例	599
第三节 井下开采粉尘减排技术	601
一、地下开采粉尘来源	601
二、矿井防尘技术	601
三、湿润剂防治井下凿岩粉尘实例	609
第四节 选矿粉尘防治技术	611
一、选矿生产流程	611
二、粉尘来源	612
三、粉尘减排技术	612
四、选矿厂粉尘减排实例	612

第十三章 轻金属生产烟气治理技术	616
第一节 氧化铝生产烟气治理	616
一、氧化铝生产工艺流程	616
二、烟气来源和产生量	618
三、烟气治理技术	618
四、氧化铝厂熟料烧成窑烟气净化实例	619
第二节 电解铝烟气治理	622
一、电解铝生产工艺流程	622
二、电解铝生产污染物	622
三、电解铝厂含氟烟气减排技术	623
四、铝生产烟尘减排袋式除尘技术	627
五、铝厂干法(氧化铝吸附法)净化含氟烟气实例	630
第三节 镁冶炼烟气治理	638
第四节 钛生产烟气治理	639
一、钛金属生产工艺流程	639
二、钛生产污染治理	639
三、钛生产烟气治理实例	640
第五节 碳素生产沥青烟气治理	644
一、废气来源和组成	644
二、沥青烟气治理技术	645
三、碳素厂阳极焙烧烟气净化实例	647
四、阳极焙烧炉烟气干法净化技术实例	649
第六节 轻金属烟尘回收利用	652
一、氧化铝粉尘回收利用	652
二、从钛铁矿氯化炉粉尘中回收氧化铁	652
第十四章 重金属冶炼烟气治理技术	655
第一节 重金属冶炼烟气来源和特点	655
一、烟气来源	655
二、烟气特点	655
三、烟气治理方法	656
第二节 铜冶炼烟气治理技术	656
一、铜冶炼生产工艺流程	657
二、烟气来源和性质	657
三、烟气治理技术	658
四、主要除尘技术	660
五、炼铜厂净化系统设计计算	662
六、铜冶炼烟气治理实例	671
第三节 铅锌冶炼烟气治理	678
一、铅锌冶炼工艺与排烟接点	678
二、烟尘产生和性质	680
三、减排方法	680
四、铅冶炼烟气治理实例	681
五、锌冶炼烟气治理实例	686

第四节 其他重金属冶炼烟气治理技术	690
一、锡冶炼烟尘减排	690
二、铋冶炼烟尘减排	693
三、铋冶炼烟气治理工程实例	694
四、镍冶炼烟气治理	694
五、汞冶炼污染治理	701
六、含镉烟尘减排	703
七、含砷烟尘减排	703
八、钴冶炼烟气治理	705
第五节 重有色金属冶炼烟尘回收技术	707
一、铜冶炼烟尘回收利用	707
二、铅冶炼烟尘回收利用	709
三、锌冶炼烟尘回收利用	712
四、重金属烟尘中回收砷	715
五、从含镉烟尘中提取镉与铊	716
六、从锡反射炉烟气中提铟	718
第十五章 稀有金属和贵金属烟气治理技术	719
第一节 稀有金属冶炼烟尘减排技术	719
一、钼冶炼烟尘减排	719
二、钨冶炼烟尘减排	719
三、钽铌冶炼烟尘减排	720
四、含铍烟尘治理	721
五、稀散金属生产烟尘减排	722
六、有色金属冶炼厂钽铌冶炼废气净化实例	722
第二节 放射性废气的控制与净化	724
一、铀矿山含氡废气的控制与净化	724
二、铀水冶厂废气的净化与控制	724
三、铀后处理厂放射性废气的净化	725
第三节 稀土冶炼烟尘减排技术	725
第四节 贵金属生产烟尘减排技术	725
一、金精矿焙烧烟尘治理技术	725
二、银烟尘减排实例	726
三、炼锆烟气净化工程实例	727
第五节 贵金属和稀有金属烟尘回收利用	731
一、含锗氧化锌烟气提锗	731
二、鼓风炉烟尘回收硒	732
第十六章 有色金属加工烟气治理技术	734
第一节 轻有色金属加工烟气治理	734
一、烟气中的主要污染物	734
二、火焰式熔铝炉燃烧烟气治理	734
三、氯气及氯化氢治理	735
四、碱雾及酸雾减排	736
五、油雾减排	736

六、铝箔厂油雾净化装置实例	737
第二节 重有色金属加工烟气治理	739
一、烟气来源	739
二、烟气烟尘减排	740
三、工频感应电炉排烟除尘实例	742
第三节 稀有金属加工烟气治理	743
一、烟气来源	743
二、烟气治理	744
第四节 有色金属加工尘屑回收利用	745
一、铝的再生回收	745
二、重有色金属再生回收	745
三、贵金属再生回收	747
第五节 有色金属再生烟气治理	748
一、铜再生烟气治理	748
二、铝再生烟气治理	753
三、铅再生烟气治理	755
四、锌再生烟气治理	760

参考文献	763
------------	-----

上 篇

通用技术篇

第一章 冶金工业烟气治理现状

第二章 污染物捕集技术

第三章 冶金烟气治理技术

第四章 烟气净化系统设计

冶金工业既是典型的原材料和基础工业，又是资源密集型与能源密集型的产业，因此冶金工业发展循环经济，不只关系其自身的可持续发展，而且对于各个产业和行业，乃至建设资源节约型和环境友好型社会都有重大意义。冶金烟气治理通用技术包括污染治理现状分析、烟气捕集、治理方法及设计等。