大气污染控制技术与策略丛书

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

钢铁行业大气污染控制技术与策略

Air Pollution Control Technology and Strategy for Iron and Steel Industry

朱廷钰　王新东　郭旸旸　等　著

科学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
大气污染控制技术与策略丛书

钢铁行业大气污染控制技术与策略

朱廷钰　王新东　郭旸旸　等　著

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书针对我国钢铁行业现阶段大气污染控制方面存在的问题及未来面临的挑战，从行业污染物排放特征及控制技术需求出发，对钢铁生产全流程多工序污染物排放来源、特征及控制技术进行了深入的探讨，重点介绍了新标准下国内外钢铁烧结（球团）、焦化等工序中烟气污染物控制技术的最新研究进展以及作者研究团队的最新成果，对钢铁行业各工序全流程污染物控制最佳可行性技术进行了汇总，提出了钢铁行业大气污染控制对策及建议，为我国钢铁行业大气污染物防治提供了重要的参考和指导。

本书可供从事环境保护或钢铁生产的科研人员、工程技术人员、相关管理人员参考，也可作为高等院校环境工程、环境科学、钢铁冶金等专业的本科生、研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁行业大气污染控制技术与策略/朱廷钰等著. —北京：科学出版社，2018.6

（大气污染控制技术与策略丛书）

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-03-057297-4

Ⅰ. ①钢… Ⅱ. ①朱… Ⅲ. ①钢铁工业—空气污染—污染防治—研究 Ⅳ. ①X757

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 084390 号

责任编辑：杨 震 刘 冉 李丽娇 / 责任校对：韩 杨
责任印制：肖 兴 / 封面设计：黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2018 年 6 月第一次印刷 印张：20 3/4

字数：420 000

定价：138.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

丛书编委会

主　编：郝吉明

副主编（按姓氏汉语拼音排序）：

柴发合　陈运法　贺克斌　李　锋

刘文清　朱　彤

编　委（按姓氏汉语拼音排序）：

白志鹏　鲍晓峰　曹军骥　冯银厂

高　翔　葛茂发　郝郑平　贺　泓

宁　平　王春霞　王金南　王书肖

王新明　王自发　吴忠标　谢绍东

杨　新　杨　震　姚　强　叶代启

张朝林　张小曳　张寅平　朱天乐

丛 书 序

当前，我国大气污染形势严峻，灰霾天气频繁发生。以可吸入颗粒物（PM_{10}）、细颗粒物（$PM_{2.5}$）为特征污染物的区域性大气环境问题日益突出，大气污染已呈现出多污染源多污染物叠加、城市与区域污染复合、污染与气候变化交叉等显著特征。

发达国家在近百年不同发展阶段出现的大气环境问题，我国却在近 20 年间集中爆发，使问题的严重性和复杂性不仅在于排污总量的增加和生态破坏范围的扩大，还表现为生态与环境问题的耦合交互影响，其威胁和风险也更加巨大。可以说，我国大气环境保护的复杂性和严峻性是历史上任何国家工业化过程中所不曾遇到过的。

为改善空气质量和保护公众健康，2013 年 9 月，国务院正式发布了《大气污染防治行动计划》，简称为“大气十条”。该计划由国务院牵头，环境保护部、国家发展和改革委员会等多部委参与，被誉为我国有史以来力度最大的空气清洁行动。“大气十条”明确提出了 2017 年全国与重点区域空气质量改善目标，以及配套的十条 35 项具体措施。从国家层面上对城市与区域大气污染防治进行了全方位、分层次的战略布局。

中国大气污染控制技术与对策研究始于 20 世纪 80 年代。2000 年以后科技部首先启动“北京市大气污染控制对策研究”，之后在“863”计划和科技支撑计划中加大了投入，研究范围也从“两控区”（酸雨区和二氧化硫控制区）扩展至京津冀、珠江三角洲、长江三角洲等重点地区；各级政府不断加大大气污染控制的力度，从达标战略研究到区域污染联防联治研究；国家自然科学基金委员会近年来从面上项目、重点项目到重大项目、重大研究计划各个层次上给予立项支持。这些研究取得丰硕成果，使我国的大气污染成因与控制研究取得了长足进步，有力支撑了我国大气污染的综合防治。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

在学科内容上，由硫氧化物、氮氧化物、挥发性有机物及氨等气态污染物的污染特征扩展到气溶胶科学，从酸沉降控制延伸至区域性复合大气污染的联防联控，由固定污染源治理技术推广到机动车污染物的控制技术研究，逐步深化和开拓了研究的领域，使大气污染控制技术与策略研究的层次不断攀升。

鉴于我国大气环境污染的复杂性和严峻性，我国大气污染控制技术与策略领域研究的成果无疑也应该是世界独特的，总结和凝聚我国大气污染控制方面已有的研究成果，形成共识，已成为当前最迫切的任务。

我们希望本丛书的出版，能够大大促进大气污染控制科学技术成果、科研理论体系、研究方法与手段、基础数据的系统化归纳和总结，通过系统化的知识促进我国大气污染控制科学技术的新发展、新突破，从而推动大气污染控制科学研究进程和技术产业化的进程，为我国大气污染控制相关基础学科和技术领域的科技工作者和广大师生等，提供一套重要的参考文献。

2015 年 1 月

序

重霾天气频发已经成为我国社会经济和民生的焦点问题。2016 年，全国 338 个地级及以上城市中，75.1%的城市环境空气质量超标，338 个城市发生重度污染 2464 天次、严重污染 784 天次。对于新标准第一阶段监测实施的 74 个城市，以 $PM_{2.5}$ 为首要污染物的天数占重度及以上污染天数的 57.5%，以 O_3 为首要污染物的占 30.8%，区域性复合污染问题日益突出。大气污染控制既要大幅削减现有存量，还要坚决压缩未来增量，面临巨大挑战。

我国大气污染防治已开始从电力行业向非电行业转变，国家环境保护“十三五”规划基本思路中首次提出建立环境质量改善和污染物总量控制的双重体系，对重点行业污染物的控制提出了新的要求和挑战。钢铁行业作为仅次于电力行业的污染排放大户，在污染物总量及排放强度两方面均面临着巨大的减排压力：2015 年我国黑色金属冶炼及压延加工业 SO_2 排放量为 203.7 万吨，烟（粉）尘为 240.3 万吨，NO_x 为 267.1 万吨，分别占全国工业排放总量的 14.5%、21.7%和 24.5%，全国重点钢企烟（粉）尘排放强度为 0.90 kg/t，SO_2 为 0.96 kg/t，均明显高于国外企业。2018 年政府工作报告已明确提出推动钢铁等行业超低排放改造，提高污染排放标准，实行限期达标。

受污染处理技术水平和经济条件所限，我国钢铁行业大气污染控制种类单一，主要对 SO_2 和烟（粉）尘进行控制，长期忽视对 NO_x、二噁英及重金属等污染物的控制，造成有毒有害污染物的大量排放；以脱硫除尘等末端控制技术为主，烟气处理费用较高，且在污染物处理过程中往往会产生新的副产物，无法从根源上消除污染物。

针对钢铁行业现行排放标准相对宽松，无法体现重点区域更加严格的污染控制要求，2017 年环境保护部发布《关于征求〈钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准〉等 20 项国家污染物排放标准修改单（征求意见稿）意见的函》，提出自

2017 年 10 月 1 日起京津冀大气污染传输通道城市（“2+26”城市）钢铁行业烧结（球团）工序执行污染物特别排放标准（颗粒物≤20 mg/Nm^3，SO_2≤50 mg/Nm^3，NO_x≤100 mg/Nm^3），规定烧结烟气基准含氧量为 16%，对烧结（球团）、炼铁、炼钢、轧钢、采选矿、铁合金等工序全面增加无组织排放控制措施要求，要求自 2019 年 1 月 1 日起执行。

《钢铁行业大气污染控制技术与策略》一书针对我国钢铁行业现阶段大气污染存在的问题及未来面临的挑战，在查阅大量文献及资料的基础上，结合作者多年来在国家重点研发计划项目、科技部“863”计划项目、环境保护部环保公益性项目、中国科学院“大气灰霾”项目及国家自然科学基金等项目的支持下取得的成果，从行业污染物排放特征及控制技术需求出发，对钢铁生产全流程多工序污染物排放来源、特征及控制技术进行了深入的探讨，重点介绍了新标准下国内外钢铁烧结（球团）、焦化等工序中烟气污染物控制技术的最新研究进展，综合源头、过程及末端治理技术介绍，对各工序污染物控制最佳可行性技术进行了汇总，结合我国钢铁行业转型发展的未来趋势，对钢铁行业大气污染控制提出了对策及建议，为我国钢铁行业大气污染控制提供了重要的指导。

本书由中国科学院过程工程研究所朱廷钰研究员、郭旸旸副研究员和河钢集团有限公司王新东教授级高工等联合编写。朱廷钰研究员主要从事钢铁行业烟气污染物控制，在基础应用及技术研发方面积累了大量的成果，王新东教授级高工从事钢铁行业节能减排技术研发应用工作近 30 年，积累了丰富的工程经验。本书凝聚了作者们长期积累的理论成果和实践经验，希望能够为从事钢铁行业大气污染控制的科研和技术人员提供参考和帮助，感谢作者们为撰写本书付出的辛勤努力！

清华大学环境科学与工程研究院院长

中国工程院院士

2018 年 4 月于清华园

前　言

钢铁行业产业链长、工序复杂、资源消耗量大，一直是我国大气污染防治的重点行业之一。钢铁排放的废气具有排放量大、污染因子多、污染面广、烟气阵发性强、无组织排放多等突出特点，向大气中排放的污染物包括烟（粉）尘、二氧化硫（SO_2）、氮氧化物（NO_x）、氟化氢（HF）、苯、苯并[a]芘、二噁英、酸雾等多达十余种，对外界环境影响直接且影响面广。

针对钢铁行业污染物治理，《国家环境保护“十三五”科技发展规划纲要》提出要重点开发钢铁等重点行业多污染物协同控制、污染物回收及高值化利用、非常规污染物控制等核心技术与关键装备。《钢铁工业“十三五”发展规划》提出“十三五”期间钢铁行业污染物排放总量下降 15%以上，其中 2020 年吨钢 SO_2 排放量要由 2015 年的 0.85 kg/t 降低到 0.68 kg/t 以下，以促进钢铁行业多污染物的深度减排。环境保护部 2012 年颁布的 8 项钢铁工业污染物排放系列标准按工序细化、分时段、分区域对污染物排放指标进行了限定，为钢铁行业大气污染治理提供了政策标准；随着近年来钢铁行业污染物治理技术的成熟，环境保护部于 2017 年提出对钢铁行业烧结（球团）等工序污染物特别排放限值进行修改的征求意见，特别排放地区颗粒物由 40 mg/m^3 降低为 20 mg/m^3，SO_2 由 180 mg/m^3 降低为 50 mg/m^3，NO_x 由 300 mg/m^3 降低为 100 mg/m^3，全行业增加无组织排放控制措施要求。2018 年政府工作报告中已明确提出开展钢铁行业超低排放改造，钢铁行业大气污染防治工作已全面趋严，对先进污染物控制技术存在迫切的需求。

我国钢铁行业除尘脱硫技术发展迅速，近年来除尘技术在预荷电、电凝并、新型布袋滤料等方面开展了大量的技术开发，对于支撑钢铁行业的烟（粉）尘减排起到了重要的作用；钢铁行业目前已应用的脱硫技术种类繁多，随着脱硫装置的大范围建设，早期从电力行业直接移植过来的装置开始出现拆除、改造的现象，干法及半干法脱硫比例有所上升，除尘脱硫技术呈现由“湿”到“干”的技术发展趋势；钢铁行业对于 NO_x、二噁英、重金属等污染物的控制技术尚处于起步阶段，相关研究及应用开展较少，单一污染物串联式的控制技术占地面积大、投资成本高，开展多污染物协同控制技术对实现低成本多污染物削减尤为重要；现阶段我国钢铁行业治污主要以末端治理为主，随着末端治理技术应用空间的收窄，污染物源头与过程减排技术将引起重视。

本书在对钢铁行业污染物排放来源、特征及控制技术需求深入分析的基础上，结合钢铁行业污染物控制技术发展趋势，系统梳理了钢铁工业全流程多工序污染

物控制技术，重点对烧结（球团）、焦化、炼铁、炼钢、轧钢工序污染物来源及控制技术进行了介绍，按生产流程提出重点工序最佳可行性技术路线并对钢铁行业实施多污染协同及超低排放控制提出建议，对于全面掌握钢铁行业大气污染物控制技术现状，明确重点工序减排潜力及策略，引导钢铁企业节能减排提供技术参考。

本书由中国科学院过程工程研究所朱廷钰研究员承担主要编写工作，并负责全书统稿和整体修改工作，河钢集团有限公司王新东教授级高工负责第 6 章的编写，中国科学院过程工程研究所郭旸旸副研究员负责第 1 章和第 7 章的编写。李玉然副研究员、王健博士参与了第 2 章的编写，李玉然副研究员、刘霄龙副研究员参与了第 3 章的编写，郑扬硕士参与了第 4 章的编写，王雪研究员、刘霄龙副研究员参与了第 5 章的编写，刘义教授级高工、田京雷工程师参与了第 6 章的编写。在本书成稿中，徐文青研究员、李超群博士、罗雷硕士等参与了书稿校对工作。感谢科学出版社的杨震编辑、刘冉编辑在本书立项和出版各环节提供的诸多建议和帮助。感谢国家重点研发计划项目（2017YFC0210600）、高技术研究发展计划（“863”计划）项目、环保公益性项目、中国科学院“大气灰霾”项目及国家自然科学基金等项目的资助。感谢清华大学郝吉明院士在百忙之中为本书作序。

受作者水平所限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

朱廷钰　王新东　郭旸旸

2018 年 5 月

目　录

第 1 章　绪论 …… 1

1.1　钢铁行业大气污染物排放现状 …… 1

1.1.1　钢铁行业发展现状及趋势 …… 1

1.1.2　钢铁行业大气污染现状 …… 2

1.1.3　钢铁生产流程及大气污染物来源 …… 5

1.2　钢铁行业污染物排放控制标准及政策 …… 14

1.3　钢铁行业大气污染控制现状、技术及发展趋势 …… 20

1.3.1　钢铁行业大气污染控制现状 …… 20

1.3.2　钢铁行业大气污染控制技术 …… 20

1.3.3　钢铁行业大气污染控制技术发展趋势 …… 23

参考文献 …… 24

第 2 章　烧结（球团）工序污染物控制 …… 25

2.1　烧结（球团）工序污染物排放特征 …… 25

2.1.1　烧结工序污染物来源及排放特征 …… 25

2.1.2　球团工序污染物来源及排放特征 …… 33

2.2　粉尘控制技术 …… 37

2.2.1　无组织排放粉尘收集与控制技术 …… 37

2.2.2　烧结（球团）烟气粉尘控制技术 …… 38

2.3　二氧化硫控制技术 …… 61

2.3.1　低硫原燃料等源头控制技术 …… 61

2.3.2　烧结（球团）烟气脱硫技术 …… 62

2.4　氮氧化物控制技术 …… 89

2.4.1　源头削减技术 …… 89

2.4.2　烟气循环技术 …… 89

2.4.3　选择性催化还原脱硝技术 …… 94

2.4.4　臭氧氧化脱硝技术 …… 99

2.4.5　活性炭/焦吸附技术 …… 105

2.5　二噁英控制技术 …… 106

2.5.1　烧结过程二噁英生成途径 …… 106

2.5.2　烧结过程影响二噁英生成的因素 …… 107

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

2.5.3 二噁英源头控制技术 …… 109
2.5.4 二噁英过程控制技术 …… 109
2.5.5 二噁英末端控制技术 …… 110
2.6 重金属控制技术 …… 113
2.6.1 现有污染控制设施脱汞技术 …… 115
2.6.2 吸附法脱汞技术 …… 117
参考文献 …… 117

第 3 章 焦化工序污染物控制 …… 122

3.1 焦化工序污染物排放特征 …… 122
3.1.1 焦化生产流程及产污节点 …… 122
3.1.2 焦化工序污染物排放特征 …… 124
3.1.3 国内外焦炉烟气污染物排放标准及控制现状 …… 131
3.2 焦炉烟尘排放控制技术 …… 132
3.2.1 配煤过程 …… 132
3.2.2 装煤过程 …… 133
3.2.3 推焦过程 …… 134
3.2.4 干熄焦过程 …… 135
3.3 焦炉煤气净化技术 …… 137
3.3.1 焦炉煤气脱硫脱氰技术 …… 139
3.3.2 焦炉煤气脱氨技术 …… 151
3.3.3 焦炉煤气除苯洗萘技术 …… 156
3.3.4 焦炉煤气二次净化技术 …… 159
3.4 焦炉烟气污染物控制技术 …… 161
3.4.1 SO_2 控制技术 …… 162
3.4.2 NO_x 控制技术 …… 168
3.4.3 烟气脱硫脱硝技术 …… 169
参考文献 …… 179

第 4 章 炼铁工序污染物控制 …… 182

4.1 炼铁工序污染物来源及排放特征 …… 182
4.1.1 高炉炼铁生产流程及产污节点 …… 182
4.1.2 炼铁工序污染物排放特征 …… 184
4.2 高炉出铁场烟尘控制技术 …… 186
4.2.1 高炉出铁场烟尘特性 …… 186
4.2.2 高炉出铁场除尘工艺 …… 187
4.2.3 高炉出铁场一次除尘 …… 187

4.2.4 高炉出铁场二次除尘 …… 189
4.2.5 高炉出铁场烟尘治理的不足与改进措施 …… 190
4.3 高炉煤气除尘净化及回用技术 …… 192
4.3.1 高炉煤气粗除尘技术 …… 195
4.3.2 高炉煤气精除尘技术 …… 198
4.3.3 高炉煤气除尘工艺 …… 205
4.3.4 高炉煤气脱氯技术 …… 211
4.3.5 高炉均压放散煤气回收技术 …… 213
4.3.6 高炉煤气余压透平发电技术 …… 217
参考文献 …… 219

第 5 章 炼钢工序污染物控制 …… 220

5.1 炼钢工序污染物来源及排放特征 …… 220
5.1.1 转炉炼钢工艺污染物来源及排放特征 …… 220
5.1.2 电炉炼钢工艺污染物来源及排放特征 …… 225
5.1.3 炼钢辅助工序铁合金炉污染物来源及排放特征 …… 229
5.2 转炉烟气净化技术 …… 231
5.2.1 转炉一次烟气（转炉煤气）净化技术 …… 231
5.2.2 转炉二次烟气除尘技术 …… 244
5.2.3 转炉车间烟尘控制技术 …… 246
5.3 电炉烟气净化技术 …… 248
5.3.1 电炉烟气除尘与资源化技术 …… 248
5.3.2 电炉烟气二噁英控制技术 …… 253
5.4 铁合金炉烟尘控制技术 …… 256
5.4.1 半封闭式矿热电炉烟气除尘技术 …… 257
5.4.2 封闭式矿热电炉煤气净化技术 …… 260
参考文献 …… 264

第 6 章 轧钢工序污染物控制 …… 266

6.1 轧钢工序工艺流程及污染物来源 …… 266
6.2 加热炉废气排放控制及余热回收技术 …… 268
6.2.1 蓄热式燃烧技术 …… 268
6.2.2 数字化燃烧技术与智能化燃烧控制 …… 269
6.2.3 低氮燃烧技术 …… 270
6.2.4 加热炉余热回收技术 …… 273
6.3 精轧机烟气除尘技术 …… 274
6.3.1 湿法除尘技术 …… 274

6.3.2　湿式电除尘技术 …… 275
6.3.3　布袋除尘技术 …… 276
6.3.4　塑烧板除尘技术 …… 276
6.4　轧钢酸洗车间酸雾逸散控制技术 …… 279
6.4.1　酸雾抑制技术 …… 279
6.4.2　酸雾净化技术 …… 280
6.5　冷轧油雾控制技术 …… 281
6.5.1　油雾形成的原理及特点 …… 281
6.5.2　油雾控制技术 …… 282
参考文献 …… 283

第 7 章　钢铁行业大气污染控制对策与建议 …… 284

7.1　钢铁行业大气污染物防治最佳可行性技术 …… 284
7.1.1　钢铁行业最佳可行性技术概况 …… 284
7.1.2　钢铁生产各工序最佳可行性技术 …… 285
7.1.3　最佳可行性技术可实现的减排潜力分析 …… 298
7.2　钢铁行业大气污染控制对策建议 …… 300
7.2.1　淘汰落后产能，产业布局调整 …… 300
7.2.2　技术升级创新，控制废气产生 …… 302
7.2.3　污染物深度治理，减少排放总量 …… 303
7.2.4　健全标准管理体系，强化监督监管 …… 306
参考文献 …… 308

索引 …… 309

第1章 绪 论

1.1 钢铁行业大气污染物排放现状

1.1.1 钢铁行业发展现状及趋势

钢铁行业是我国国民经济的重要支柱产业，2015 年我国粗钢产量为 8.038 亿 t，占全球产量的 49.6%，居世界第一（图 1-1）。

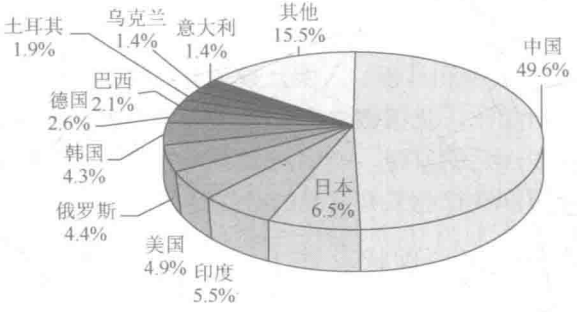

图 1-1 世界粗钢产量分布图（2015 年）

中国粗钢产量统计中未含港澳台数据

进入 21 世纪后我国钢铁产业快速发展，粗钢产量平均年增长 21.1%；与 2000 年相比，2014 年我国生铁产量翻了 5.4 倍，粗钢产量翻了 6.4 倍，钢材产量翻了 8.5 倍（图 1-2）[①]。

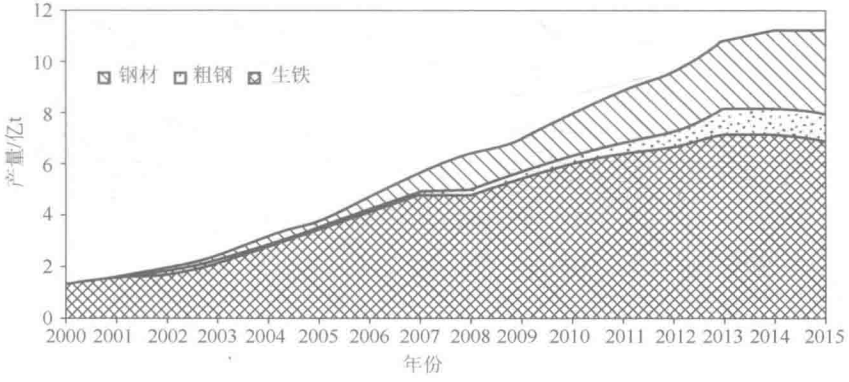

图 1-2 我国钢铁产量变化（2000～2015 年）

① 资料来源：中华人民共和国国家统计局, http://www.stats.gov.cn

受市场价格及钢铁行业产能过剩的影响，2014 年我国钢铁产能首次出现拐点，2015 年生铁、粗钢产量分别较上一年降低了 3.1%和 2.2%，未来我国钢材需求总量将呈下降走势，根据工业和信息化部 2016 年 10 月 28 日发布的《钢铁工业调整升级规划（2016—2020 年）》，我国粗钢产量预计 2020 年将下降至 7.5 亿～8 亿 t，压缩 1%～1.5%的产能。

按照废钢循环动态平衡的观念，钢铁产品约 10～20 年转化为废钢，因此目前，欧美等发达国家钢铁行业以短流程电炉炼钢为主，而中国以长流程高炉转炉炼钢为主。欧美等先进工业化国家粗钢消费量峰期（1960～1980 年）达 400～500 kg/（人·年），1980 年后呈缓慢下降趋势，目前消费量已降至 200 kg/（人·年），而 2012 年我国粗钢消费量高达 497.73 kg/（人·年），预计未来我国粗钢产量会在稳定中逐步下降，生产工艺由长流程向短流程转变。

根据 2016 年美国发布的国际钢铁企业竞争力排名榜，我国共有 5 家钢铁企业（宝钢、沙钢、鞍钢、武钢和马钢）入围，数量有所增加，但与连续 7 年蝉联第一的韩国浦项钢铁公司相比，我国钢铁企业综合竞争力相对较低，产业集中度以及技术创新能力还存在一定的差距，吨钢污染物排放量高。受资源环境的约束，绿色可持续已成为我国钢铁行业未来发展的必然趋势。

1.1.2　钢铁行业大气污染现状

1．污染物排放总量

钢铁行业产业链长、工序复杂，资源消耗量巨大，一直是颗粒物、二氧化硫等污染物排放的重点行业之一。根据国家统计局数据，黑色金属冶炼及压延加工业污染物排放情况如表 1-1 所示。2011 年黑色金属冶炼及压延加工业二氧化硫、烟（粉）尘及氮氧化物排放量分别为 251.4 万 t、206.2 万 t 和 95.1 万 t，2015 年则分别为 203.7 万 t、240.3 万 t 和 267.1 万 t，分别下降 19.0%、增长 16.5%和增长 180.9%。这表明除二氧化硫下降外，其他主要污染物均有不同程度的增长，从总量看钢铁行业大气污染物排放仍呈增长的趋势。

表1-1　2011～2015年黑色金属冶炼及压延加工业主要污染物排放量（万t）

年份	二氧化硫	烟（粉）尘	氮氧化物
2011	251.4	206.2	95.1
2012	240.6	181.3	97.2
2013	235.1	193.5	99.7
2014	215	427.2	100.9
2015	203.7	240.3	267.1
2015 年全国工业	1400.7	1108.2	1088.1

2015 年我国黑色金属冶炼及压延加工业污染物排放占全国工业排放总量的比重分别为 14.5%、21.7%和 24.5%。

近年来，我国黑色金属冶炼及压延加工业污染物排放情况见图 1-3。可以看出 2011 年以来我国黑色金属冶炼及压延加工业氮氧化物排放波动最小，呈小幅增长的趋势，由 2011 年的 95.1 万 t 增加到 2014 年的 100.9 万 t；二氧化硫排放则呈小幅下降的趋势，由 2011 年的 251.4 万 t 下降到 2015 年的 203.7 万 t；变化最为明显的是烟（粉）尘的排放，特别是 2014 年变化尤为显著，2014 年我国黑色金属冶炼及压延加工业烟（粉）尘排放达到 427.2 万 t，是 2011 年的 2.1 倍。

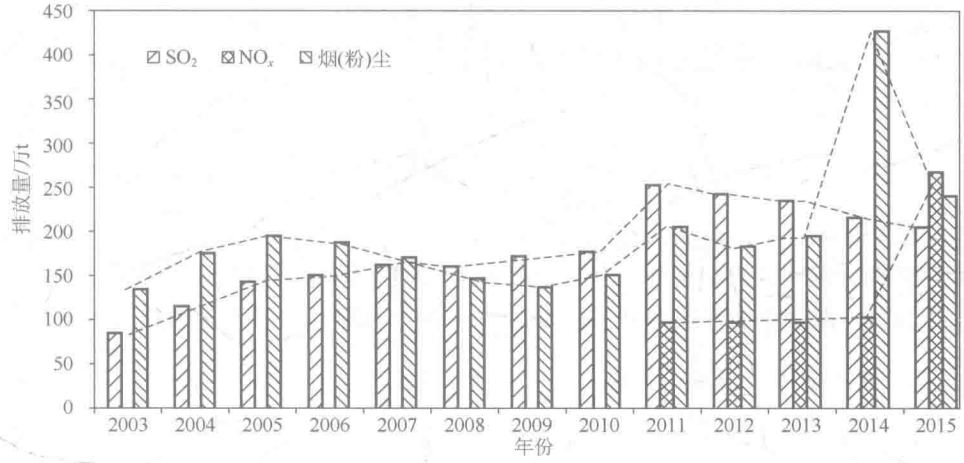

图 1-3 黑色金属冶炼及压延加工污染物排放（2003～2015 年）

除酸性气体及颗粒物外，钢铁生产过程排放的二噁英、重金属等非常规污染物也不容忽视[1]。根据 2007 年《中华人民共和国履行〈关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约〉国家实施计划》，2004 年我国钢铁等金属生产过程中向大气排放的二噁英总量为 2486.20 g TEQ①，占全国总排放量的 49%，为二噁英的主要排放源，其中烧结过程二噁英排放量约占整个行业排放总量的 95%，其次为电炉炼钢过程，约占整个行业的 2.5%，焦化、高炉喷入废塑料和转炉炼钢过程也会产生一定的二噁英[2]。王堃等[3]根据《中国钢铁工业年鉴》，采用排放因子法估算了 2011 年我国钢铁行业 6 种典型有害重金属 Hg、Pb、Cd、As、Cr、Ni 的大气排放量分别约为 18.8 t、3745.8 t、39.4 t、132.2 t、241.2 t、105.3 t，总排放量约为 4282.7 t，其中 Pb 大气排放量占总排放量的 87.5%，在缺乏有效控制的情况下，我国钢铁行业大气污染物仍将持续增长。

① TEQ（toxic equivalent quantity），由于二噁英类主要以混合物的形式存在，在对二噁英类的毒性进行评价时，国际上常折算成相当于 2,3,7,8-TCDD（四氯二苯并对二噁英）的量来表示，称为毒性当量

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com