

# 钢铁行业大气污染物减排策略研究

赵 棣

新疆八一钢铁股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘 要：**钢铁产业作为重工业核心支柱，生产工序繁杂、能耗体量庞大，生产全流程会衍生颗粒物、硫磺污染物、挥发性有机物等多元大气污染物，污染治理难度相对较高。现有生产体系在工艺配置、治污技术、能耗结构和管控模式等方面存在明显短板，各类制约因素持续限制行业减排水平提升。本文结合钢铁生产全工序污染生成机理与行业发展特征，梳理现阶段大气减排工作的各类现实瓶颈，从工艺升级、技术迭代、能源优化、全程管控多维度搭建减排路径，配套构建系统化长效保障体系，能够持续优化钢铁行业大气污染治理格局。

**关键词：**钢铁行业；大气污染物；减排路径；绿色生产；管控体系

**引言：**工业化建设进程持续推进的背景下，钢铁产品的市场需求稳步提升，行业产能规模持续扩张，随之而来的大气污染问题愈发突出。钢铁生产涵盖多道连续化工序，各类污染物生成路径复杂、排放形态多元，叠加传统粗放生产模式的影响，行业长期面临高能耗、高排放的发展难题。绿色化转型已经成为钢铁产业升级的主流方向，大气污染减排则是产业绿色发展的核心抓手。结合行业生产特性梳理污染排放规律，破解各类减排制约问题，构建适配行业发展的减排体系，对推动钢铁产业提质增效有着重要意义。

## 1 钢铁行业大气污染物排放特征与减排内在逻辑

### 1.1 钢铁行业大气污染物主要排放类型

钢铁生产属于典型的高耗能、高排放重工产业，生产流程复杂且工序衔接密集，全过程会衍生多种类型的大气污染物。颗粒物是生产场景中最具代表性的污染物，涵盖原料堆放、转运、冶炼加工等多个场景，存在弥散范围广、管控难度大的特点。气态污染物品类更为多元，多产生于高温冶炼、燃料燃烧等核心生产环节。硫系污染物主要来自化石燃料燃烧与矿石高温反应，是钢铁生产常规排放污染物<sup>[1]</sup>。氮系污染物生成依托炉内高温反应环境，排放体量稳定且持续周期长。钢铁生产过程还会产生挥发性有机污染物，多源于原料热解、辅料挥发等生产环节。各类污染物的生成条件、扩散形式、存在状态各不相同，形成钢铁行业独有的大气污染排放结构，也构成减排工作需要应对的基础污染形态。

### 1.2 钢铁生产全工序污染排放产生机理

钢铁完整生产链条涵盖原料预处理、烧结、炼铁、炼钢、轧钢及配套辅助工序，不同工序的生产原理与

作业方式，决定污染物的生成路径。原料处理阶段，矿石、煤炭等散装物料的装卸、破碎、输送作业，会直接造成粉尘外逸，形成无组织污染排放。烧结工序依托高温焙烧完成物料成型，燃料持续燃烧与矿石理化反应，会催生大量气态污染物与细微颗粒物。炼铁工序处于高温高压生产环境，炉料反应过程会持续释放各类废气，构成生产端有组织排放的主要部分。炼钢工序的物料置换、高温精炼过程，会伴随阶段性污染排放，排放节奏随生产工况发生波动。后续轧钢及辅助工序的加热、冷却、设备运维作业，也会产生少量污染物。各工序独立的反应机理，造就行业污染排放持续性、阶段性叠加的基本特征。

### 1.3 钢铁行业开展大气减排的内在诉求与发展导向

钢铁产业是工业体系的重要支撑，产业存续与升级发展，需要突破高排放生产模式带来的发展局限。传统粗放生产模式依赖大量原料与能源消耗，污染排放问题会制约产业发展质量提升。优化生产结构、革新生产模式，是行业突破发展瓶颈的必然选择。大气减排工作推动生产环节完成工艺升级，促使生产模式从粗放耗能向精细高效转型。产业长期发展需要适配绿色化的行业发展趋势，淘汰落后生产方式、降低污染排放，能够重塑行业发展形态。减排推进过程可以带动生产资源的高效利用，挖掘生产环节的节能降损空间，助力产业完成高质量转型。立足产业自身发展需求推进大气减排，是钢铁行业实现长效稳定发展的核心路径，也是行业适配工业绿色转型的必然方向。

## 2 钢铁行业大气污染物减排现存瓶颈与制约因素

### 2.1 生产工艺层面的减排局限

国内钢铁生产体系仍保留大量传统长流程生产模式,整体工艺体系成型时间久,升级改造存在固有阻力。多数传统冶炼工艺依托高温连续作业模式运行,核心工序的反应逻辑固定,基础工艺框架难以进行大范围调整。老旧产线的设备配置与工艺体系深度绑定,局部工艺调整无法从根源改变污染物生成逻辑。部分中小生产主体的生产工序较为粗放,工序精简与优化空间受限,源头减污能力偏弱。现有工艺体系侧重生产效率与产能保障,对污染防治的适配性不足<sup>[2]</sup>。工艺迭代需要匹配长期生产规划,短期调整很难彻底破除高排放的生产短板。

## 2.2 治污技术应用层面的现存短板

钢铁行业现有治污技术多聚焦单一污染物治理,对多污染物复合排放的处理能力不足。主流治理技术的落地成本偏高,大规模普及会对生产主体的运营成本造成压力。部分先进减排技术尚未完成本土化适配,与国内钢铁企业的生产工况适配度较低。技术运维的精细化程度不足,治污设备长期连续运行后会出现处理效率衰减的问题。技术更新节奏滞后于行业减排需求,新型复合污染治理技术的落地覆盖速度缓慢。多数企业的治污技术应用停留在基础管控层面,深度降污的技术储备较为匮乏。

## 2.3 生产运营与能耗结构的制约问题

钢铁生产全程依赖高耗能设备运转,能源消耗以传统化石能源为主,清洁用能替代难度较大。生产运营模式偏向规模化量产,生产节奏固定,设备启停与工况调整都会影响整体生产体系,无法为减排优化提供灵活调整空间。资源利用方式偏粗放,原料利用效率不足,未被充分利用的物料会转化为污染排放源头。能源梯级利用体系不够完善,余热、余能回收利用不充分,额外增加能源消耗与排污负荷。固化的能耗结构与运营模式,长期束缚行业减排工作的深度推进。

## 2.4 行业常态化减排管理的常见短板

钢铁行业减排管理多聚焦末端排污管控,对生产前端、工序过程的管控力度不足。多数企业未建立系统化的减排管控机制,日常生产与减排管控衔接不够紧密。一线生产岗位的减排管控标准不够细化,实操层面缺乏清晰的执行依据。减排管控重心集中在有组织排放端口,对无组织弥散污染的管控较为松散。行业内部减排管理标准参差不齐,不同生产主体的管控力度与执行水平存在明显差距。常态化管控的缺失,让诸多减排优化举措难以落地落地,限制行业整体减排水平的提升。

## 3 钢铁行业大气污染物系统性减排优化路径

### 3.1 生产工艺优化升级减排路径

生产工艺升级是从源头削减大气污染物生成的核心方式,能够改变传统生产模式的高排本质。钢铁企业可立足现有生产工序结构,推进老旧落后工艺的迭代更新,淘汰低效高耗的传统冶炼方式。针对烧结、炼铁等排污集中的核心工序,开展工艺参数的精细化调试与优化,重构工序反应逻辑,减少生产过程中污染物的生成基数。推进短流程冶炼工艺的普及应用,简化繁琐生产工序,压缩高温冶炼作业时长,降低各类废气与粉尘产生量<sup>[3]</sup>。结合生产线实际工况开展工艺适配改造,推动生产工序集约化、精细化发展。依托生产工艺的持续优化改造,筑牢源头减排的基础,从根本上缓解行业污染排放压力。

### 3.2 末端治理技术迭代优化减排路径

末端治理是把控大气污染物排放的关键环节,技术迭代能够持续提升污染治理质量。行业需突破单一污染物治理的局限,研发和推广多污染物协同治理技术,适配钢铁生产复合污染的排放特点。加快新型高效治污设备的落地应用,替换处理能力薄弱的老旧设备,提升废气、粉尘的净化处理水平。完善治污设备运维体系,建立常态化设备检修、养护与调试机制,保障设备长期稳定运行,规避治理效率衰减问题。推进治理技术的本土化改良升级,贴合国内钢铁生产线的作业特点,提升技术适配程度。持续更新治污技术体系,补齐末端治理短板,筑牢排污出口的管控防线。

### 3.3 能源结构优化替代减排路径

能源消耗结构直接决定钢铁生产的污染排放体量,清洁化改造是减排的重要抓手。逐步降低煤炭、重油等传统高污染化石能源的使用占比,扩大风能、太阳能等清洁能源在生产环节的应用范围。挖掘生产系统内部能源循环利用潜力,完善余热、余压、余气回收利用体系,将废弃能源转化为生产可用动能,减少新增化石能源消耗。优化生产用能分配模式,根据不同工序能耗需求合理调配能源,杜绝能源浪费带来的额外排污问题。稳步推进高耗能设备节能改造,降低生产整体能耗水平。通过能源体系的全方位优化,构建低能耗、低排放的生产用能格局。

### 3.4 生产全过程精细化管控减排路径

精细化管控能够打通减排落地的各个环节,实现生产全链条的排污可控可减。搭建覆盖原料堆放、生产冶炼、废气排放全流程的管控体系,扭转重末端、轻过

程的传统管控模式。细化各生产岗位的减排作业标准,明确各工序排污管控要求,让一线生产操作贴合减排需求。强化无组织排放管控力度,对物料转运、车间弥散粉尘等薄弱排污场景开展专项管控。统一企业内部减排管理规范,缩小不同产线、不同厂区的管控差距。建立常态化管控督查机制,压实生产环节减排责任。以全方位精细化管控规范生产行为,挖掘生产环节潜藏的减排空间。

#### 4 钢铁行业大气减排长效保障体系构建

##### 4.1 行业生产运营管理体系完善

稳定完善的生产运营管理体系,是大气减排工作长期落地的基础支撑。钢铁行业需要重构生产运营逻辑,将减排要求深度融入日常生产流程,改变粗放式的管理模式<sup>[4]</sup>。企业可以梳理全工序生产管理流程,细化各工序的作业规范与管控标准,让减排要求贯穿原料处置、冶炼加工、设备运维各个环节。针对性完善生产岗位管理规范,明确各岗位在污染管控、节能降耗方面的职责边界,压实生产前端的减排责任。优化生产调度管理模式,结合产线运行特点调整生产节奏,规避不合理生产安排引发的增量污染排放。搭建常态化的生产管理自查模式,及时排查生产运行中的排污漏洞。系统化的运营管理升级,能够为持续性减排工作提供稳定的内部支撑。

##### 4.2 减排技术迭代与普及体系建设

技术升级是推动行业减排持续深化的核心动力,成熟的技术发展体系可打破减排能力固化的局面。行业需要搭建常态化的技术研发框架,聚焦复合污染治理、清洁生产工艺、节能降耗设备等核心方向,持续挖掘技术降污潜力。打通技术落地转化渠道,搭建适配钢铁生产场景的技术试点与推广平台,加快新型减排技术的落地应用速度。针对不同规模、不同工艺类型的钢铁产线,适配差异化的技术推广方案,适配各类生产主体的改造需求。积累本土化技术应用经验,完成先进技术的适应性改良,降低技术落地门槛与改造成本。持续完善技术迭代与普及体系,能够为行业深度减排提供源源不断的技术动能。

##### 4.3 产业结构优化与绿色转型体系搭建

产业结构的整体升级,能够从顶层破除行业高排放的固有弊端。行业需要持续推进落后产能的有序出清,淘汰产能低效、排放偏高的老旧产线,优化整体产业产能布局。推动产业集约化发展,整合分散的小型生产主

体,集中优化生产配置与治污布局,提升产业整体绿色发展水平。引导生产模式向绿色低碳方向转型,延伸钢铁产业绿色产业链条,推动资源循环利用模式常态化落地。调整产业生产重心,从单纯追求产能规模,转向兼顾生产质量与绿色效益的发展模式。系统性的产业结构重塑,能够夯实行业绿色减排的产业根基。

##### 4.4 常态化减排管控运行机制完善

长效减排成效需要稳定的运行机制兜底,避免减排工作流于阶段性推进。企业需要搭建全周期的减排管控运行机制,把短期减排整改转化为常态化的生产管理行为。细化日常排污管控流程,针对有组织排放与无组织排放场景建立分层次管控模式,补齐日常管控薄弱环节。构建闭环式管控运行模式,覆盖排查、整改、监督、优化等全流程环节,实现减排管控的动态更新。强化内部管控监督力度,依托常态化监督约束生产行为,杜绝管控松懈引发的排污问题<sup>[5]</sup>。成熟的运行机制可以固化各类减排举措,保障行业大气减排工作长期、稳定、有序推进。

#### 结束语

大气污染减排是钢铁产业突破传统发展局限、实现绿色转型的关键举措,贯穿生产运营全流程。通过系统梳理钢铁行业污染物排放特征与生成机理,厘清工艺、技术、能耗、管理等维度的减排制约条件,多维度搭建源头治理、过程管控、末端优化的一体化减排路径。依托生产运营、技术普及、产业转型、机制建设多方面完善保障体系,全方位补齐行业减排短板,持续优化生产与治污模式,能够有效推动钢铁行业生产模式向绿色低碳方向转变,夯实产业高质量绿色发展的基础。

#### 参考文献

- [1] 刘芳. 钢铁行业大气污染物减排策略研究 [J]. 清洗世界,2025,41(4):121-123.
- [2] 郑佳琳, 薄宇, 徐晨曦, 等. 陕西大气污染物与 CO<sub>2</sub> 排放清单及协同减排效应 [J]. 中国环境科学,2025,45(9):4872-4887.
- [3] 徐鑫, 单皖粤, 张崢, 等. 钢铁行业大气污染物排放清单、CO<sub>2</sub> 排放清单的研究现状与未来展望 [J]. 工程科学学报,2025,47(6):1360-1376.
- [4] 吕国红. 钢铁行业大气污染物减排方法分析 [J]. 化工管理,2022(30):38-40.
- [5] 王义富. 钢铁行业大气污染物协同减排研究 [J]. 冶金与材料,2022,42(3):191-192.