

# 我国钢铁工业生态化发展模式研究

韩明霞 乔琦 孙启宏

(中国环境科学研究院 国家环境保护生态工业重点实验室 北京 100012)

**【摘要】**钢铁工业是国民经济发展的重要原材料基础产业,也是资源、能源密集型及污染排放的重点行业。20世纪以来,我国钢铁产量持续快速增长,产业发展受资源、环境污染的瓶颈约束日益明显。本文从钢铁工业发展与资源、环境的矛盾出发,倡导生态工业理念,分析了我国钢铁工业生产及污染特点,探索建立钢铁工业生态化发展模式,并提出保障措施,对实现钢铁工业生态化转型,促进钢铁工业可持续发展具有借鉴意义。

**【关键词】**钢铁工业;生态化;发展模式

中图分类号: X38/X75 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2010)04-0001-04

20世纪以来,随着我国经济的持续快速发展,受资源能源不足、环境污染的约束也日益突出。为了解决这一矛盾,按照工业生态学原理发展生态工业,将环境保护融入经济发展过程,发展清洁生产和循环经济,协调经济发展与资源、环境的矛盾,受到各国政府和组织的一致认可和高度重视,是实现经济和环境和谐发展的基础<sup>[1]</sup>。钢铁工业是国民经济发展的重要原材料基础产业,也是资源和能源密集及污染排放的重点行业,大力发展清洁生产和循环经济、向生态化工业转变,对于钢铁工业的可持续发展十分重要。

## 1 生态工业涵义与属性

生态工业是模拟生物新陈代谢和生态系统的循环再生过程,在工业生产过程中引入清洁生产、循环经济理念,依据“减量化、再利用、资源化”原则和生态学原理建立废物资源循环利用的生态化工业发展模式。生态工业充分利用工业生产流程、生产企业、工业体系之间的系统耦合,形成企业间的协同共生网络,实现物质、能量梯级利用和高效产出、工业稳定协调的新型工业组合和发展形态,是实现社会经济效益和生态环境效益双赢的工业体系<sup>[2]</sup>。生态工业是工业推行清洁生产和循环经济的基本途径和模式。

发展清洁生产是生态工业的微观行为和基本

要求,表现为对单个生产流程提出的一系列行为要求,从生产源头开始,对生产的各个环节如原材料使用、工艺设计和装备、生产过程、产品生产等各个环节,都要求采取清洁生产措施,提高资源、能源等原材料的利用效率,减少或避免污染物产生,产品产出最大化<sup>[3]</sup>。循环经济倡导的是建立物质循环和能量流动的经济系统,要求经济活动按照自然生态的模式,组织成一个“资源-产品-消费-再生资源”的物质反复循环流动的链网结构,通过废物资源的梯级利用和物质的闭合循环使用,使整个经济系统运行以及生产和消费的过程中不产生或产生很少的废弃物,经济活动对自然环境的影响降到最小,实现经济系统与自然生态系统的和谐相处,促进经济发展和环境状况的持续改善。生态工业是循环经济理论在工业体系中的应用形态之一,运用生态学规律来指导人类社会的经济活动,生态工业的本质是基于生态理论的循环经济<sup>[4]</sup>。

## 2 我国钢铁工业生产及污染特点

我国粗钢生产分为长流程炼钢和短流程炼钢,以长流程炼钢为主,2008年粗钢产量的90%是由长流程生产的。长流程生产以铁矿石为主要原料,主要工艺包括炼焦、烧结、球团、炼铁、炼钢、钢压延等工序组成,各工序串联作业生产,最终产

品是钢材。钢铁工业制造流程多,制造过程中伴随着大量的物质和能量排放,结构复杂,由此形成若干产业链关系,在铁元素的循环利用、能源梯级利用、废水及固体废物的循环利用等几个方面具有发展生态产业的产业优势<sup>[5]</sup>。

### 2.1 焦化

以炼焦煤为原料,炼焦过程中产生烟尘、粉尘和飞灰等,结焦过程中泄漏粗煤气,含有苯并芘、酚、氰、硫氧化物、碳氢化合物等,多为无组织排放,具有排污环节多、强度大、污染物种类多、毒性大的特点,对环境危害极大。废水主要是在煤制焦、煤气净化和焦化产品回收过程中产生,含有大量氨盐、氰化物、硫化物、硫氰酸盐、酚类化合物、多环芳香族化合物及杂环有机化合物等,属于典型的高浓度、有毒的工业废水。废渣主要有焦油渣、酸焦油、粗苯再生渣以及剩余污泥等危险废物,露天堆放对大气、水和土壤产生严重污染<sup>[6]</sup>。

### 2.2 烧结和球团

铁矿石中有机分、灰分在高温过程中氧化产生烟气和粉尘,烟气含有烟尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、二恶英等,其中烧结机头 SO<sub>2</sub> 的排放量约占钢铁生产全流程排放量的 60~70%,是最主要的产生源。目前烟气处理方式主要为电除尘,部分小烧结机采用多管旋风除尘或旋风水膜除尘,烟气中气态污染物的治理国内基本没有开展,烟气中 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 排放值得引起关注。

### 2.3 高炉炼铁

高炉煤气含有高浓度烟尘、CO 和少量 H<sub>2</sub>S、氰化物及挥发酚等,一般经湿法洗涤和布袋除尘净化处理后用作燃气,但存在少量直接散放现象。湿法洗涤产生较高浓度悬浮物及少量氰化物、挥发酚的废水,一般采用混凝沉淀法处理,废水处理后可循环利用,沉泥可回用作烧结配料。出铁场烟尘及配矿粉尘含铁素较高,一般经除尘收集后回用于烧结配料。热风炉烟气,含有少量的烟尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 及 CO 等污染物,一般经烟囱直排。

### 2.4 转炉炼钢

转炉一次烟气经 LT 干法或 OG 湿法净化后用作燃料气,转炉二次烟气采用炉前罩或共用一次炉前罩收集排尘,兑铁时存在无组织排放。水污染物主要有烟气洗涤废水(含 SS,高铬钢冶炼含六价铬)、设备间接冷却水、连铸废水(含 SS,石

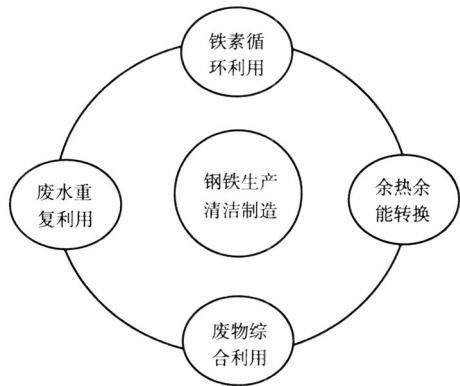
油类),废水容易处理,一般处理后循环回用。

### 2.5 轧钢

轧钢占钢压延的 90% 以上,其中热轧产品应用最广泛的钢材,冷轧和涂镀层加工等二次材加工比例很低。热轧法加热炉烟气含烟尘、CO、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 等,经烟囱集中排放,基本无治理。轧机及钢材直接冷却废水含 SS,石油类等,处理后大部分循环使用。冷轧法退火炉烟气基本无治理,直接排放;冷轧乳化液废水(含高浓度石油类)和酸、碱洗废水(含酸、碱和铬等),废水处理后可循环使用,少部分外排,部分小型企业存在直排现象。

## 3 钢铁工业生态化发展模式

钢铁工业生产工序多,产业链较长,生产过程中伴随着废物资源和热能的产生,如废水、废渣及烟粉尘中的铁元素、高温烟气及冲洗水中的余热、高炉煤气等,一个环节的污染物可以是另外环节的资源,改变传统的末端治理模式,促进废物资源在钢铁企业内部合理流动和重复利用,从内部开展清洁生产、加强工艺之间的生态设计及环境管理体系建设,构建钢铁工业生态化发展模式(图 1)。



### 3.1 钢铁产品清洁制造功能

钢铁生产从原料、生产过程发展清洁生产,提高资源和能源利用效率,实现钢铁企业基本的清洁生产功能。比如选用低硫、低杂质的高品位铁精矿,选用低硫分、低灰分的炼焦煤,提高入炉铁矿品位和焦炭品质;采用先进清洁生产技术,减少或避免污染物的产生,如焦化推广装煤出焦集中除尘、荒煤气放散自动点火、干法熄焦、焦炉煤气

脱硫等技术及装备;烧结采用小球烧结、厚料层操作、低湿低温烧结及节能点火等技术;炼铁采用全干法高炉煤气除尘技术,转炉炼钢采用高风温、高炉炉顶煤气余压发电等技术;热轧工序推广连铸坯热装热送,双预热蓄热燃烧和加热炉汽化冷却等<sup>[7]</sup>。

### 3.2 固废铁素循环利用

钢铁工业生产过程是从铁矿石到钢材产品的铁元素流动过程。烧结、球团含铁烟尘返回烧结,炼铁瓦斯泥、瓦斯灰收集回用于烧结,炼钢、轧钢产生的废钢、氧化铁皮、切头、等返回转炉炼钢等,还有一部分铁素进入废水污泥、渣钢中,因此循环利用含铁废物,尽可能地促进铁素循环利用。

### 3.3 开发副产二次能源、余热余能的转换功能

钢铁生产过程中产生大量高温废气及煤气等能源,发展各种烟气的余热余能、焦炉煤气、高炉煤气和转炉煤气等二次能源的回收利用,为企业或社会提供能源。如干熄焦红焦显热生产蒸汽;焦炉煤气用于化工合成气气源(如用于生产甲醇、二甲醚等),发展高炉炉顶余压发电技术、高炉煤气锅炉等;转炉煤气用于炼钢烤包燃料;球团、烧结烟气回用于干燥、预热生矿,转炉烟气、加热炉烟气余热锅炉产生蒸汽等。

### 3.4 节水及废水的循环利用

优先采用不用水、节水工艺及装备,同时加强废水的分级、分质内部重复循环利用,实现废水“零排放”。如尽量采用干法烟气除尘技术、煤气干法净化技术、干法熄焦技术、轧钢加热炉气化冷却技术等,从生产工艺设计上减少用水量;加强废水分级、分质供水管理,采用清污分流、循环供水、串级供水等技术,充分实现水的重复利用;对循环系统的排污水及其他污水进行有效处理并回用,实现废水“零排放”。比如焦化废水与炼焦其他过程的酚氰废水经化学-生物法处理后,可供高炉冲渣水和烧结混料;高炉煤气、转炉煤气湿法除尘废水经处理后循环利用,少量循环系统排污水用作高炉冲渣补充水等。

### 3.5 其他废物资源的综合利用

合理延伸钢铁生产产业链,充分实现废物的综合利用。如钢渣用于制造钢渣水泥、墙体材料等建材制品,也可以用于农田肥料及酸性土壤改良剂、回填材料等。焦炉煤气中含有浓度较高的

硫化氢,对煤气净化处理可制取硫磺或硫酸;烧结机头高浓度  $\text{SO}_2$  制取石膏等;炼焦煤气净化产生的含煤、焦的粉尘,可用于高炉喷煤粉能源;焦油渣、沥青渣、脱硫废液等,可配入炼焦煤使用;高炉渣加工水泥、混凝土、砌砖、铺路等建筑材料等。

## 4 保障措施

积极推进钢铁生产中废物资源、能源的合理流动和循环利用,合理扩展延伸产业链,加强废物资源的综合利用,发展生态化钢铁工业是钢铁工业可持续发展的必然选择。真正实现钢铁工业的生态化转型,还需要克服在技术、经济、信息和管理等方面的障碍,需要为生态化转型创造健全的保障措施。

### 4.1 加强生态化钢铁工业的推广

大部分工业企业对开展生态工业的理念、费用效益缺乏科学的认识,通常企业只关心产品价值及企业利润,而忽视了资源浪费、废物处理所带来的成本,没有看到发展生态工业的环境及经济效益。因此,有关工业管理部门及行业协会,应大力宣传生态工业和循环经济的理念,引导企业把生态工业理念融入到企业文化及内部激励系统,促进企业领导层树立发展生态工业的新思维。

### 4.2 加强生态工业技术支撑体系建设

物质、能源的闭路循环的钢铁工业生态链建设离不开技术支持,要在政策和资金上积极扶持技术创新。设立专项资金,鼓励企业开展清洁生产技术改造、技术研发、示范与推广;对一些关键的资源回收利用利用技术、闭路循环技术及生态无害化技术等重点攻关,提高技术的稳定运行可得性和经济可行性;加强信息平台建设,发布清洁生产技术、废物资源化利用技术动态,引导企业技术升级改造。

### 4.3 开展生态钢铁工业试点示范

建立政府与企业的合作伙伴关系,在借鉴国际生态工业建设经验、选择典型钢铁联合企业进行试点。通过工业企业产业链的生态化设计,建立废物交换技术、企业间物流闭路循环系统和废物综合利用生态产业链,基本实现无污染排放,起到生态钢铁工业的示范作用,为全面推进我国钢铁工业的生态化转型奠定基础。

# 选煤厂振动筛的改进对噪声控制的作用

潘琼 钟琼 曹群 李亚丽

(长沙环境保护职业技术学院 长沙 410004)

**【摘要】**本文介绍了选煤厂振动筛噪声产生的原因,并对振动筛筛板结构改造进行分析,对生产技术改进措施进行研究,重点提出振动筛的改进对选煤厂噪声控制的有效作用。

**【关键词】**振动筛; 结构改造; 技术改进; 噪声控制

中图分类号: X593 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2010)04-0004-02

振动筛是利用振动电机的水平、垂直和倾斜的振动,将能量直接传递给筛网,对水煤浆进行筛分。煤碳企业洗配车间主要通过振动筛对煤料的尺寸进行宏观筛分,包括煤碳的分级、脱泥、脱介、和脱水,是煤矿筛选生产的关键设备。

振动筛主要的噪声源是轴承和筛箱,由于筛机的振动,筛板作上下来回往复运动以及煤炭在筛板上碰撞、摩擦、运动等,筛选过程中产生较强的机械噪声和撞击噪声,一般可达到 96dB(A)~103dB(A)<sup>[1]</sup>,生产噪声超标排放情况严重。为了解决噪声对污染边界附近的居民和作业场所工人身体健康的影响,应采取有效措施进行治理,使其达到工业企业卫生标准限值(85dB(A))。

## 1 振动筛技术改进对噪声的控制

振动筛辐射噪声的部位主要有筛板、筛框、激振器、支承弹簧等,影响噪声大小的主要因素有振动筛结构、振幅和频率、运行状态等。目前振动筛

噪声控制的主要途径有隔声、消声、吸声、减振等综合降噪措施<sup>[2]</sup>,本文重点分析振动筛的技术改进对噪声控制的作用。

### 1.1 振动筛的结构改造

#### 1.1.1 筛箱的改造

筛板是振动筛承受物料并完成筛分或脱水过程的重要部件,目前筛选煤厂多采用钢筛板,噪声大,耐磨性弱。若将冲孔钢筛板更换为具有缓冲性能的聚氨酯筛板或橡胶筛板,弹性模量小、冲击噪声低。大大提高了筛板的耐磨性、耐水性和使用寿命<sup>[3]</sup>,同时聚氨酯筛板或橡胶筛板可增加煤筛分过程中的缓冲能量,相当于煤尘颗粒与钢筛板碰撞变为煤尘颗粒与柔性板聚氨酯筛板或橡胶筛板的碰撞,有效抑制筛板高频振动,减少板件辐射噪声,起到了缓冲降噪的作用。第三,对筛板进行常规检查,及时紧固振动筛所有部件,特别是需经常更换的筛板,避免由于个别部件松动而产生额外振动。经陈祥<sup>[4]</sup>在大振幅振动筛处理金属矿

## 参考文献

- [1] 曲格平. 发展循环经济是 21 世纪的大趋势 [J]. 中国环保产业, 2001, (7): 6~7.
- [2] 毛玉如, 孙启宏, 乔琦. 工业园区生态化改造: 集成是关键 [J]. 环境经济, 2008, 1(49): 52~55.
- [3] 段宁. 清洁生产、生态工业和循环经济 [J]. 环境科学研究, 2001, 6(14): 1~4.
- [4] 王金南. 发展生态工业是解决工业污染的重要途径 [J]. 中国环境报, 2001, 12, 21, 003.
- [5] 殷瑞钰, 张春霞. 钢铁企业功能拓展是实现循环经济的有效途径 [J]. 钢铁, 2005, 40(7): 1~8.
- [6] 陈孝娥, 黄载春, 马兰等. 煤化工行业环境污染现状及对策建议 [J]. 攀枝花学院学报, 2008, 25(6): 9~12.
- [7] 环境保护部. 钢铁工业发展循环经济环境保护导则 [M]. 2009. 3. 14.

**作者简介:** 韩明霞 (1973—), 女, 河南新乡人, 博士后。主要从事清洁生产、循环经济、生态工业等方面的理论和实证研究。