

# 我国钢铁工业中的清洁生产技术

谢武明

谢新民

(华南理工大学造纸与环境工程学院) (后勤工程学院供油工程系)

**摘要** 对我国钢铁工业中的清洁生产技术进行了比较全面的概述, 总结出其在废气治理、废水治理、固体废弃物治理、节能措施以及提高金属收得率等方面的实践措施。同时总结出发展清洁生产应该从源头和末端两个方面进行综合考虑, 特别要重视在生产过程中的节能降耗、取得环境效益。

**关键词** 清洁生产 钢铁工业 节能降耗 三废治理 环境保护

## CLEANSING PRODUCTION TECHNOLOGY OF IRON AND STEEL INDUSTRY IN CHINA

Xie Wuming

(School of Paper Making and Environmental Protection, South China University of Technology)

Xie Xinmin

(Department of Petroleum Supply Engineering, Logistic Engineering University)

**Abstract** The paper introduced the cleansing production in iron and steel industry and summarized the practical measures in aspect of the treatment of exhausted gases, water waster and solid waste, energy saving and increasing the metal using ratio. It is concluded that both end and head of craftworks should be considered in cleansing production. The energy saving, consumption reducing and environmental benefits should be emphasized in the productive process.

**Keywords** cleansing production iron and steel industry energy saving and consumption reducing waste treatment environmental production

近十年来, 我国钢铁工业得到了快速发展, 钢铁产量连年居全球首位。作为国民经济支柱产业的钢铁工业, 其污染困扰着自身的发展。新世纪钢铁工业必须从人类总体、当代和后代需求的角度去考虑自身的协调发展——可持续发展。清洁生产是可持续发展的核心, 它包括两个最基本的涵义: (1) 利用现有钢铁生产专用资源。开发新技术, 以零排放为目标, 解决生产过程中污染物的无害处置与综合利用

问题, 实现自循环型的钢铁生产。(2) 合理节约地使用钢铁与其他行业中的共用资源。建立以钢铁生产为中心的循环生态链, 建立与相关行业生态链相互协调的资源再生循环。

### 1 清洁生产概述

#### 1.1 清洁生产的概念

联合国在 20 世纪 90 年代提出, “清洁生产是一种新的创造性的思想, 该思想将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中, 以期增加生态效率及减少人类和环境的风险。对生产过程, 要求节约原材料和能源,

淘汰有毒原材料, 减降所有废弃物的数量和毒性”。清洁生产具有两个基本目标: ①合理利用自然资源、减少资源的耗竭; ②减少污物的生成和排放, 降低工业活动对人类和环境的风险。清洁生产含有技术上可行性和经济上可赢利性, 体现了经济、环境和社会三效益的统一。

## 1.2 清洁生产的实施途径

钢铁工业的清洁生产主要体现在生产过程的节能降耗及污染防治上, 而生产过程是实现清洁生产的核心。钢铁工业的清洁生产途径主要有: ①削减污染源, 在生产过程中避免污染物的产生。②组织厂内物料循环, 主要是指企业层次上的物料再循环, 减少三废的处理排放。③发展环保技术, 做好必要的末端治理, 是一种其他预防措施之后的最后把关措施。

## 2 清洁生产在我国钢铁工业中的应用

在钢铁工业的生产过程中, 从原材料准备到轧制产品的各个环节都潜在着污染源, 产生出水、气、尘、渣等有害污染物。只有优化工艺、降低能源和水资源消耗和消除危害生态的污染物, 钢铁工业才能得到持续发展。近年来, 钢铁工业清洁生产技术的开发应用表明, 清洁生产有利于降低生产成本、提高产品性能、增强企业市场竞争能力, 成为钢铁工业发展的必然趋势。

### 2.1 废气治理

钢铁工业排出的废气及各种粉尘严重污染了环境。据统计, 1996年我国钢铁工业  $\text{SO}_2$  排放量为  $97.8 \times 10^4 \text{t}$ , 在全国工业中居第三位; 烟尘排放量  $44.0 \times 10^4 \text{t}$ , 占 6.2%, 居第四位; 粉尘排放量  $105.3 \times 10^4 \text{t}$ , 占 20.0%, 居第二位<sup>[1]</sup>。由此可见, 钢铁工业中对烟、气、尘的治理十分重要。

#### (1) 末端治理

在原料准备阶段, 宝钢在所有粉尘发生点均设有吸尘器, 在输送原燃料的皮带机系统上均设有密封罩和洒水装置。吸尘口通向各收尘

系统, 除尘器捕集的矿料和燃料粉尘, 分别送烧结或焦化配料用。宝钢在原料准备阶段取得显著的粉尘治理效果<sup>[2]</sup>。

烧结生产过程的烟尘占钢铁工业的 12.9%, 烧结工序中粉尘的捕集和治理显得十分重要。80年代中后期武钢建成的新厂, 在机头放弃了苏式多管旋风除尘器, 而采用静电除尘器, 净化效率达 97%以上。新近研制的 SCD 型多管旋风除尘器, 除尘效率能保持在 82%~93%, 排放浓度亦低于国家标准<sup>[3]</sup>。宝钢三期为了达到无烟装煤目的, 设计了上升管无烟装置和装煤车除尘系统。在上升管内利用高压喷射氨水, 使底部形成负压, 煤气被吸入而不逸出。装煤车采用袋式除尘器, 避免了湿式除尘的水处理和二次污染。

韶钢采用治理和回收并重的方法处理烟气。在焦化工艺中, 采用高压氨水消烟装煤技术, 在炉顶装煤和平煤时减少煤气逸出。对高炉煤气采用袋式除尘, 杜绝了含酚、氰等有害物的高炉煤气洗涤水的产生。将副产品(高炉煤气, 焦炉煤气)用作燃料, 供生产和居民使用。韶钢平均每产 1 吨钢治理废气  $8760 \text{m}^3$ , 达国际先进水平<sup>[4]</sup>。

对于烧结废气, 宝钢采用低硫原料降低硫的带入, 采用高烟囱减少着地  $\text{SO}_2$ 。宝钢三期采用铁口密闭强力抽风和大型反吹布袋除尘设备处理高炉出铁场烟尘, 采用垂幕形式减少散尘面积、缩短铁沟长度、提高密闭性。在高炉炉顶设有放散煤气回收装置, 除尘和降压后的煤气供自备电厂锅炉掺烧和燃气轮机使用, 这一装置回收了 90%以上的高炉煤气。宝钢三期改用 LT 法净化转炉煤气, 既节能、无水处理, 又提高转炉煤气的质量。净化后煤气含尘  $10 \sim 20 \text{mg}/\text{m}^3$ , 捕集的粉尘经热压成块返回转炉, 有效地利用了资源。

#### (2) 源头治理

采用先进的工艺过程减少废气的产生, 在源头控制污染是清洁生产发展的方向。宝钢采

用干法熄焦工艺, 以  $N_2$  为工作介质将红热的焦炭冷却, 并回收热能产生蒸汽发电。与湿法熄焦相比, 整个系统在密闭条件下进行, 不但不污染环境而且焦炭质量高。既避免了热污染, 又有效地利用了能源。宝钢一、二、三期工程分别采用 T-H 法, 索尔菲班法和 PRC 法, 对焦炉煤气进行脱硫脱氰处理, 回收利用这些有毒有害物。其中 T-H 法的脱硫效率达 99%, 脱氰效率达到 90%, 全部过程密闭循环无污染, 真正实现了清洁生产, 这一工艺已在国内得到推广<sup>[5]</sup>。

武钢<sup>[6]</sup>通过平炉改转炉工程, 有效地控制了炼钢烟尘的产生。武钢一炼钢平炉与二炼钢转炉的烟尘排放量的对比, 如表 1 所示。

表 1 1997 年武钢平炉转炉烟尘排放量对比

指标	平炉	转炉
烟气/ $m^3 \cdot t^{-1}$	3000~4000	100
粉尘/ $kg \cdot t^{-1}$	15~18	0.65

由表 1 可以看出, 武钢平炉吨钢烟气体积、烟尘排放量均高于转炉。将平炉改为转炉是一个有效的减少钢铁工业大气污染的清洁生产途径。

## 2.2 废水治理

钢铁工业用水约占我国工业用水总量的 20%, 污水排放量大。钢铁工业节约用水和废水治理是钢铁工业面临的重要任务。

近年的统计资料表明, 重点钢铁企业废水治理设施的配套率达 80% 以上, 但几种主要废水的达标率不平衡。提高废水的净化水平, 综合利用尘泥、油类等物质以取得经济效益, 实现企业清洁生产等任务仍然艰巨<sup>[7]</sup>。

宝钢采取统一规划、按质供水、分流净化、串接排污等措施, 实施了先进的水质稳定技术。污水处理以分散为主, 实现车间排放口控制; 对含油废水采取集中处理, 回收再生油, 水作为原料场的洒水抑尘。宝钢一、二期

采用串接用水技术, 减少了水的使用量和污水处理量。宝钢在对高炉煤气进行净化回收时采用串接排污的处理流程: 炉体冷却净环水系统 → 煤气洗涤浊环水系统 → 冲渣循环水系统, 构成了“零排放”。

焦化酚氰废水是钢铁工业废水处理的难题。宝钢三期在设计上采用 CHESTER 生物脱氮技术, 用蒸氮装置除去废水中的游离氨、固定氮、氰化物和硫化物等, 再经调节池进入 AO 系统进行生物脱氮处理, 处理后废水中的酚、氰、氨、氮、COD 和油类均达到排放标准<sup>[5]</sup>。

本钢焦化厂 1994 年对原工艺进行改造而建成生物脱酚工艺, 改造后采用二次曝光活性污泥法进行生物脱酚。新工艺降低了运行费用, 提高了酚的去除率, 实现了焦化废水的无害化<sup>[8]</sup>。

韶钢利用石灰生产中产生的二氧化碳废气和焦化废水中回收的浓氨水生产碳氨; 既达到了治理废水和废气的目的, 又取得了一定的经济效益<sup>[5]</sup>。

炼钢厂废水排放量大, 本钢炼钢厂采用分质供水、局部循环和清浊分流的用水方式。浊环水主要用于 OG 系统洗涤煤气, 净环水用作各类冷却水, 新水补充各水系统蒸发水量。既节约了用水又减少了废水治理<sup>[9]</sup>。

宝钢根据冷轧废水水质的差异, 对含铬废水采用化学还原法进行处理, 对乳化液采用超滤装置处理, 对含油废水采用废油裂解再生法处理。采用鲁特纳装置处理冷轧酸洗机组排出的废酸水, 将废酸水雾化焙烧, 回收盐酸和氧化铁粉(铁红), 回收率在 99% 以上。浓度 18% 的再生盐酸返回酸洗系统使用, 铁红用作颜料工业的原料或电子工业的铁磁性材料, 全过程密闭循环操作, 无污染。

## 2.3 固体废弃物处置

钢铁工业中产生大量的固体废弃物, 它们既可能对环境构成威胁, 又可能转变成一种宝

贵的资源, 它的综合利用和处置始终是钢铁工业面临的课题。宝钢三期的高炉渣经水淬直接采用 ISC 法处理, 粒铁回收, 渣用作工程材料, 用热泼法对其进行综合利用。粉煤灰广泛用于回填, OG 泥和氧化铁皮分别送往烧结和转炉回用, LT 法转炉粉尘经热压成型送回转炉。宝钢转炉和电炉渣用热泼法处理, 回收粒铁后用作工程材料。氧化铁皮处理后粗粒用于炼钢, 细粒用于烧结。含铁尘泥是除尘灰和水处理污泥的合称, 处理加工后配入烧结原料。

武钢平炉改转炉工程从源头上减少了固体废弃物的排放, 如表 2 所示。

表 2 1997 年武钢平炉转炉固废排放量对比

指 标	平 炉	转 炉
渣比/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$	230~250	90
工业垃圾/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$	70~80	12~18

由表 2 可以看出, 炼钢平炉渣、工业垃圾等固体废弃物排放量远远高于转炉, 应在钢铁行业积极推行平炉改转炉工程, 减少固废的排放。

#### 2.4 节能措施

钢铁工业是耗能大户, 所消耗的能源以煤为主, 节能降耗不仅会对企业带来经济效益, 而且有利于资源和环境保护, 是清洁生产的一项重要内容。

##### (1) 废气和热能利用

宝钢一、二期的转炉均采用二级文氏管湿式洗涤工艺处理转炉煤气。为了解决前期能耗高的问题, 三期采用干式静电过滤工艺。它的煤气质量高, 同时使能耗节省 60%。高炉煤气是宝钢自产煤气之一, 其热值低, 锅炉掺烧

有限, 这部分煤气大量放散。为了节省能源, 宝钢建造了自备电厂, 采用以高炉煤气为主要燃料的燃气轮机, 实现了煤气不放散, 不仅回收了巨额能源, 而且进一步净化了电厂的环境。

钢铁冶金都采用高温作业, 所排出的高温烟气如果不加以利用, 既浪费了能源又是一种热污染。韶钢对其轧钢系统的加热炉烟气进行显热回收, 取得了明显成效。

##### (2) 改进工艺过程

平炉炼钢与转(电)炉炼钢相比, 是一种能耗和物耗都高、污染物产生量大且难以捕集回收、劳动条件差的落后生产工艺。我国钢铁企业平炉改转炉取得了明显的节能效果。1996 年我国重点钢铁企业转炉、平炉工序炼钢能耗如表 3 所示。

从表 3 可以看出, 平炉工序吨钢能耗远高于转炉。武钢平炉工序吨钢能耗为 116.4kgce, 而转炉工序吨钢能耗才 7.05kgce。宝钢转炉炼钢工序吨钢能耗为 2.84kgce, 实现了负能炼钢。可见平炉改转炉工程是从生产源头抓起, 淘汰落后的工艺和设备, 提高生产技术水平, 降低物耗和能耗, 是一项有效的改善环境和节能的大型技术改造措施。

#### 2.5 提高金属收得率

带钢连铸技术是指在平面上进行的近终形连铸, 包括薄板坯工艺直至浇铸最终尺寸带钢的全部技术。同单锭浇铸工艺相比, 连续浇铸的产品性能均匀, 质量较高, 使钢厂的切头废钢比从 20% 以上降到仅 10%。带钢连铸技术被称为钢铁工业的一场革命<sup>[10]</sup>。

武钢 1999 年 10 月取消了模铸, 率先实现了全连铸。本钢兴建的一期连铸工程已投产,

表 3 1996 年我国重点钢铁企业转炉、平炉工序能耗

	kgce/t									
炼钢工序	鞍钢	首钢	宝钢	武钢	本钢	太钢	马钢	包钢	重钢	平均
转炉工序	25.7	42.5	-2.84	7.05	19.3	38.0	32.0	27.9	30	24.38
平炉工序	68.26			116.4		208	204	72		132.13

金属收得率提高 8%~12%。一期工程按年产 175 万吨计算,一年可多产钢 17 万吨。这既节约了物资也减少了废钢,大大推动了钢铁工业清洁生产的发展。

### 3 钢铁工业清洁生产的发展趋势

钢铁工业是国民经济的支柱产业,其高能耗高污染的特点对可持续发展构成了潜在的威胁。提高钢铁工业的三废治理水平和能效水平,实现清洁生产是当前面临的重要任务。采用先进的减废治废的工艺措施、将资源进行合理充分的利用,是实现节能、环保,清洁生产的有效途径。

(1) 采取先进的除尘设备和废气净化措施对烟、气、尘进行治理,将粉尘作为其他工序的原料。改湿法熄焦为干法熄焦,改转炉湿法除尘为干法除尘,利用煤气等生产过程中的废热及副产能源,减少能源消耗等。

(2) 发展和采用高度循环和闭路循环用水技术,把循环用水技术引入生产全过程,使废水和污染物实现循环利用,将废水和污染物作为资源予以应用,从根本上解决钢铁工业废水对环境的污染和生态循环问题。

(3) 以固体废弃物回用于钢铁主体工艺为首选方案,尽可能做到就地消化。

(4) 继续做好平炉改转炉和电炉工程,采用转炉-精炼-连铸和电炉-精炼-连铸的先进炼

钢节能工艺,搞好连铸上下工序的配套和衔接。

钢铁工业是导致环境污染的主要行业之一。要有效降低环境污染,促进钢铁生产的可持续发展,必须应用先进的清洁生产工艺削减污染源,发展环保技术进行末端治理,综合利用二次能源,组织厂内物料循环,节能降耗,使之更好地与环境相协调。

### 参 考 文 献

- 1 中国环境年鉴, 1997
- 2 杨颢. 宝钢清洁生产综览. 城市环境与城市生态, 1999, 12 (3): 61~62
- 3 杨鸿. 国内冶金烧结行业防尘现状分析. 武钢技术, 1994, (9): 25~29
- 4 罗建中等. 钢铁厂废气污染控制措施. 环境技术, 2002, (2): 45~47
- 5 杨颢. 宝钢三期环境工程建设. 钢铁, 1996, 31 (5): 65~69
- 6 侯晋封. 初炼钢生产的清洁生产工艺. 武钢技术, 1999, 37 (1): 54~59
- 7 张明前等. 我国钢铁工业废水治理及其发展趋势. 四川环境, 1994, 13 (2): 1~4
- 8 孙保杰等. 本钢焦化废水处理工艺清洁生产技术研究. 环境保护科学, 2001, 27 (104): 16~18
- 9 王亚文. 本钢炼钢厂清洁生产技术. 辽宁城乡环境科技, 19 (5): 67~69

刘晓棠 编辑

## YDZ-Q 系列烟气—电热两组合燃油加热器

该加热器是以工业炉排烟废热为热源,对重、渣油进行加热的一种加热装置,已获国家专利(ZL99250547. x)。可取代传统的电热或蒸汽燃油加热器,达到零成本运行。

该加热器燃油加热温度可在 100~150℃之间设定,控制精度为±3%~5%,数字显示,油路压力损失<0.05MPa,具有双重温度、压力保护功能,长期使用不积灰,使用寿命长。产品规格系列为:燃油流量 0.5~6t/h,也可为用户特殊设计制作。该加热器设计规范,一天可安装完毕,半年左右收回投资,欢迎垂询。

生产单位:辽宁省营口市北辰热能工程技术有限公司

公司地址:115100 辽宁省大石桥市康复路 2 号 E-mail: wz55568@mail.ykptt.ln.cn

联系电话:13941702668/0417-5618968 付先生 13840730308 王先生 传真:0417-5605233