

附件 2

钢铁行业（高炉炼铁）清洁生产评价 指标体系

国 家 发 展 和 改 革 委 员 会
生 态 环 境 部
工 业 和 信 息 化 部

发布

目 录

前 言.....	I
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 评价指标体系.....	2
5 评价方法.....	6
6 计算方法与数据来源.....	7

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国清洁生产促进法》，指导和推动钢铁行业高炉炼铁工序企业依法实施清洁生产，提高资源利用效率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，制定钢铁行业（高炉炼铁）清洁生产评价指标体系（以下简称：“指标体系”）。

本指标体系依据综合评价指数总得分值将企业清洁生产水平分为三级，I级代表国际清洁生产领先水平，II级代表国内清洁生产先进水平，III级代表国内清洁生产一般水平。随着技术的不断进步和发展，本指标体系将适时修订。

本指标体系起草单位：北京京诚嘉宇环境科技有限公司（冶金清洁生产技术中心）、中国环境科学研究院、首钢京唐钢铁联合有限责任公司。

本评价指标体系技术起草人：姜琪、李艳萍、熊樱、买帅、吕杰、杨奕、刘锬、杨宝玉、吴礼云、张青玲、刘玉忠、张昕

本指标体系由国家发展改革委、生态环境部会同工业和信息化部联合提出。

本指标体系由国家发展改革委、生态环境部会同工业和信息化部负责解释。

1 适用范围

本指标体系规定了钢铁行业高炉炼铁生产工艺企业清洁生产的一般要求。本指标体系将清洁生产指标分为五类，即生产工艺及装备指标、资源能源消耗指标、资源综合利用指标、污染物排放控制指标、清洁生产管理指标。

本指标体系适用于钢铁行业高炉炼铁生产工艺企业的清洁生产审核、清洁生产潜力与机会的判断以及清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于环境影响评价、排污许可证管理、环保领跑者等环境管理制度。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 28663 炼铁工业大气污染物排放标准
- GB 50632 钢铁企业节能设计规范
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- GB/T 23331 能源管理体系要求

《产业结构调整指导目录（2013年修正版）》（国家发展改革委 2013年 第21号令）

《清洁生产评价指标体系编制通则》（试行稿）（国家发展改革委、环境保护部、工业和信息化部 2013年 第33号公告）

《钢铁行业清洁生产评价指标体系》（国家发展改革委、环境保护部、工业和信息化部 2014年 第3号公告）

3 术语和定义

《清洁生产评价指标体系编制通则》（试行稿）所确立的以及下列术语和定义适用于本指标体系。

3.1 高炉炼铁工艺

指采用高炉冶炼设备将含铁物料（烧结矿、球团矿、块矿），造渣溶剂（石灰石等），以及还原剂（焦炭）从高炉炉顶加入高炉内，同时向高炉炉内喷入燃料（煤粉）并由高炉风口吹入热风助燃，通过高温冶炼得到液态生铁、炉渣、高炉荒煤气的生产方法与技术。

3.2 高炉煤气干法除尘配置脱酸系统

高炉煤气净化采用干法除尘的，配置去除煤气中氯化氢等酸性气体，用于防止后续煤气管道以及包括 TRT（高炉煤气余压透平发电装置）等附属设备出现腐蚀的系统。

3.3 高炉炉顶煤气余压利用（TRT 或 BPRT）装置

高炉炉顶煤气余压利用装置包括高炉炉顶煤气余压回收透平发电装置和煤气透平与电动机同轴驱动的高炉鼓风机组两种。

高炉炉顶煤气余压回收透平发电（Top Gas Pressure Recovery Turbine，简称 TRT），是利用高炉炉顶煤气的压力能，经透平膨胀做功来驱动发电机发电。

煤气透平与电动机同轴驱动的高炉鼓风机组（Blast Furnace Power Recovery Turbine，简

称 BPRT), 是煤气透平与电机同轴驱动的高炉鼓风能量回收成套机组。该机组中的高炉煤气透平回收能量不是用来发电, 而是直接同轴驱动鼓风机, 没有发电机的机械能转变为电能和电能转变为机械能的二次能量转换的损失, 回收效率更高。

3.4 平均热风温度

指高炉在一定时间内实际使用的平均热风温度。

3.5 高炉环境除尘设施

指出铁口、主沟、渣铁分离器、渣沟、铁沟、沟嘴、高炉上料卸料点等部位的捕集净化设施。

3.6 燃料比

指高炉冶炼每吨合格生铁所消耗的燃料量。燃料量指入炉的干焦、干焦丁、煤粉、重油总量。

3.7 入炉焦比

指高炉冶炼每吨合格生铁所消耗的干焦炭量。

3.8 高炉喷煤比

指高炉冶炼每吨合格生铁所消耗的煤粉量。

3.9 生产取水量

指高炉冶炼每吨合格生铁需要的取水量。

3.10 水重复利用率

指高炉炼铁工序重复利用水量与总用水量的百分比。

3.11 渣铁比(干基)

指高炉冶炼每吨合格生铁所产生的炉渣量(干基)。

3.12 限定性指标

指对清洁生产有重大影响或者法律法规明确规定必须严格执行、在对钢铁企业进行清洁生产水平评定时必须首先满足的先决指标。本指标体系将限定性指标确定为: 炼铁工序能耗、颗粒物排放量、产业政策符合性、达标排放、总量控制、突发环境事件预防等六项指标。

4 评价指标体系

钢铁企业(高炉炼铁)清洁生产评价指标体系技术要求内容见表 1。

表 1 钢铁行业（高炉炼铁）清洁生产评价指标体系技术要求表

一级指标		二级指标					
指标项	权重值	序号	指标项	分权重值	I 级基准值 (1.0)	II 级基准值 (0.8)	III 级基准值 (0.6)
生产工艺 及装备	0.30	1	高炉炉容	0.24	4000m ³ 以上高炉，配置率≥60%	3000m ³ 以上高炉，配置率≥60%	1200m ³ 以上高炉，配置率 100%
		2	高炉煤气干法除尘装置配置率，%	0.15	100	≥60	≥25
		3	高炉煤气干法除尘配置脱酸系统，%	0.06	100	≥65	≥50
		4	高炉炉顶煤气余压利用（TRT 或 BPRT）装置配置	0.15	TRT 装置配置率 100%，发电量 ≥45kWh/t 铁；或 BPRT 装置配置率 ≥50%，节电量≥40%	TRT 装置配置率 100%，发电量 ≥42kWh/t 铁；或 BPRT 装置配置率 ≥30%，节电量≥30%	TRT 装置配置率 100%，发电量 ≥35kWh/t 铁；或 BPRT 装置配置率 ≥30%，节电量≥20%
		5	平均热风温度，℃	0.18	≥1240	≥1200	≥1160
		6	除尘设施	0.11	物料储存：石灰、除尘灰等粉状物料，应采用料仓、储罐等方式密闭储存，其他散状物料密闭储存； 物料输送：散状物料密闭输送； 生产工艺过程：高炉出铁场平台应封闭或半封闭，铁沟、渣沟加盖封闭	物料储存和物料输送：散状物料密闭储存和输送； 生产工艺过程：高炉出铁场平台应封闭或半封闭，铁沟、渣沟加盖封闭	物料储存和物料输送：散状物料密闭储存和输送； 生产工艺过程：高炉出铁场平台应半封闭，铁沟、渣沟加盖封闭
		高炉环境除尘及矿槽除尘配备有齐全的除尘装置，确保无可见烟粉尘外逸					
		7	炉顶均压煤气回收	0.11	采用该技术		-
资源与能源消耗	0.35	1	炼铁工序能耗*，kgce/t	0.18	≤380	≤390	≤400
		2	高炉燃料比，kg/t	0.14	≤495	≤515	≤530
		3	入炉焦比，kg/t	0.11	≤315	≤340	≤365
		4	高炉喷煤比，kg/t	0.11	≥170	≥155	≥140
		5	入炉铁矿品位，%	0.15	≥60.0	≥58.5	≥57.0

一级指标		二级指标					
指标项	权重值	序号	指标项	分权重值	I 级基准值 (1.0)	II 级基准值 (0.8)	III 级基准值 (0.6)
		6	入炉料球团矿 ⁺ 比例, %	0.03	≥30.0	≥20.0	≥15.0
		7	炼铁金属收得率, %	0.06	≥95.0	≥90.0	≥88.0
		8	生产取水量, m ³ /t	0.14	≤0.6	≤0.9	≤1.2
		9	水重复利用率, %	0.08	≥98.0	≥97.5	≥97.0
污染物排放控制	0.15	1	颗粒物排放量*, kg/t	0.27	≤0.1	≤0.2	≤0.3
		2	二氧化硫排放量, kg/t	0.13	≤0.06	≤0.10	≤0.12
		3	氮氧化物(以二氧化氮计)排放量, kg/t	0.13	≤0.20	≤0.30	≤0.38
		4	废水排放量, m ³ /t	0.20	0		
		5	渣铁比(干基), kg/t	0.27	≤300	≤320	≤350
资源综合利用	0.10	1	高炉煤气放散率, %	0.40	≤0.2	≤0.5	≤1.0
		2	高炉渣回收利用率, %	0.30	100	100	≥99
		3	高炉瓦斯灰/泥回收利用率, %	0.20	100	100	≥95
		4	高炉冲渣水余热回收利用	0.10	配备余热回收装置并利用		
清洁生产管理	0.10	1	产业政策符合性*	0.15	未采用国家明令禁止和淘汰的生产工艺、装备		
		2	达标排放*	0.15	污染物排放满足国家及地方政府相关规定要求		
		3	总量控制*	0.15	污染物许可排放量、二氧化碳排放量及能源消耗量满足国家及地方政府相关规定要求		
		4	突发环境事件预防*	0.15	按照国家相关规定要求, 建立健全环境管理制度及污染事故防范措施, 杜绝重大环境污染事故发生		

一级指标		二级指标					
指标项	权重值	序号	指标项	分权重值	I 级基准值 (1.0)	II 级基准值 (0.8)	III 级基准值 (0.6)
		5	建立健全环境管理体系	0.05	建有环境管理体系，并取得认证，能有效运行；全部完成年度环境目标、指标和环境管理方案，并达到环境持续改进的要求；环境管理手册、程序文件及作业文件齐备、有效	建有环境管理体系，能有效运行；完成年度环境目标、指标和环境管理方案≥80%，达到环境持续改进的要求；环境管理手册、程序文件及作业文件齐备、有效	建有环境管理体系，能有效运行；完成年度环境目标、指标和环境管理方案≥60%，部分达到环境持续改进的要求；环境管理手册、程序文件及作业文件齐备
		6	物料和产品运输	0.10	进出企业的铁精矿、煤炭、焦炭等大宗物料和产品采用铁路、水路、管道或管状带式输送机等清洁方式运输比例不低于 80%；或全部采用新能源汽车或达到国六排放标准的汽车运输	采用清洁运输方式，减少公路运输比例	
		7	固体废物处置	0.05	建立固体废物管理制度。危险废物贮存设有标识，转移联单完备，制定有防范措施和应急预案，无害化处理 after 综合利用率≥80%	建立固体废物管理制度。危险废物贮存设有标识，转移联单完备，制定有防范措施和应急预案，无害化处理 after 综合利用率≥70%	建立固体废物管理制度。危险废物贮存设有标识，转移联单完备，制定有防范措施和应急预案，无害化处理 after 综合利用率≥50%
		8	清洁生产机制建设与清洁生产审核	0.10	建有清洁生产领导机构，成员单位与主管人员职责分工明确；有清洁生产管理制度和奖励管理办法；定期开展清洁生产审核活动，清洁生产方案实施率≥90%；有开展清洁生产工作记录	建有清洁生产领导机构，成员单位与主管人员分工明确；有清洁生产管理制度和奖励管理办法；定期开展清洁生产审核活动，清洁生产方案实施率≥70%；有开展清洁生产工作记录	建有清洁生产领导机构，成员单位与主管人员分工明确；有清洁生产管理制度和奖励管理办法；定期开展清洁生产审核活动，清洁生产方案实施率≥50%；有开展清洁生产工作记录
		9	节能减碳机制建设与节能减碳活动	0.10	建有节能减碳领导机构，成员单位及主管人员职责分工明确；与所在企业同步建立有能源与低碳管理体系并有效运行；制定有节能减碳年度工作计划，组织开展节能减碳工作，年度管控目标完成率≥90%；年度节能减碳任务达到国家要求	建有节能减碳领导机构，成员单位及主管人员职责分工明确；与所在企业同步建立有能源与低碳管理体系并有效运行；制定有节能减碳年度工作计划，组织开展节能减碳工作，年度管控目标完成率≥80%；年度节能减碳任务达到国家要求	建有节能减碳领导机构，成员单位及主管人员职责分工明确；与所在企业同步建立有能源与低碳管理体系并有效运行；制定有节能减碳年度工作计划，组织开展节能减碳工作，年度管控目标完成率≥70%；年度节能减碳任务基本达到国家要求

说明：1、表中带“*”的指标为限定性指标。

5 评价方法

5.1 计算方法

本指标体系采用限定性指标评价和指标分级加权评价相结合的方法。

5.2 计算公式

5.2.1 二级单项指标得分计算公式

二级单项指标得分计算公式如下：

$$D_{ij} = \omega_{ij} Z_{ijk} Y_{g_k}(x_{ij}) \quad (5-1)$$

$$\text{其中, } Y_{g_k}(x_{ij}) = \begin{cases} 1, & x_{ij} \in g_{ijk} \\ 0, & x_{ij} \notin g_{ijk} \end{cases} \quad (5-2)$$

式中， D_{ij} 表示为第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标的得分； ω_{ij} 为第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标的权重。 $Y_{g_k}(x_{ij})$ 为二级指标 x_{ij} 对于级别 g_{ijk} 的隶属函数。 x_{ij} 表示第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标； g_{ijk} 表示为第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标基准值，其中 $k=1$ 时， g_{ij1} 为 I 级水平； $k=2$ 时， g_{ij2} 为 II 级水平； $k=3$ 时， g_{ij3} 为 III 级水平；如公式 (5.2) 所示，若指标 x_{ij} 隶属 g_{ijk} 函数，则取值为 100，否则取值为 0。 Z_{ijk} 表示为第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标基准值的系数值，其中 $k=1$ 时， Z_{ij1} 取 1.0； $k=2$ 时， Z_{ij2} 取 0.8； $k=3$ 时， Z_{ij3} 取 0.6。

5.2.2 综合评价指数计算

通过加权平均、逐层收敛可得到评价对象在不同级别的得分，如公式所示。

$$Y_{g_k} = \left(\sum_{i=1}^m (w_i \cdot \sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} Z_{ijk} Y_{g_k}(x_{ij})) \right) \times 100 = \left(\sum_{i=1}^m (w_i \cdot \sum_{j=1}^{n_i} D_{ij}) \right) \times 100 \quad (5-3)$$

式中， w_i 为第 i 个一级指标的权重， ω_{ij} 为第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标的权重，

其中 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ ， $\sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} = 1$ ， m 为一级指标的个数； n_i 为第 i 个一级指标下二级指标的

个数。另外， Y_{g1} 等同于 Y_I （一级水平综合评价指数得分）， Y_{g2} 等同于 Y_{II} （二级水平综合评价指数得分）， Y_{g3} 等同于 Y_{III} （三级水平综合评价指数得分）。

5.2.3 二级指标权重值调整

当企业实际生产过程中某类一级指标项下二级指标项数少于表1中相同一级指标项下二级指标项数时，需对该类一级指标项下各二级指标分权重值进行调整，调整后的二级指标分权重值计算公式为：

$$\omega'_{ij} = \omega_{ij} \cdot \left(1 / \sum_{j=1}^n \omega''_{ij} \right) \quad (5-4)$$

公式中， ω'_{ij} 为调整后的二级指标项分权重值， $\sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} = 1$ ， ω_{ij} 为原二级指标分权重值； ω''_{ij} 为实际参与考核的属于该一级指标项下的二级指标分权重值； i 为一级指标项数； j —为二级指标项数， $j=1, \dots, n$ 。

5.3 综合评价指数计算步骤

第一步根据相关指标计算二级单项指标得分值 (D_{ij})；第二步计算综合评价指数值 (Y_{g_k})；第三步确定企业达到限定性指标的级别；第四步根据企业达到限定性指标的级别和综合评价指数值 (Y_{g_k})，结合表2确定企业达到的清洁生产水平级别。

5.4 钢铁行业（高炉炼铁）企业清洁生产水平评定

不同等级清洁生产水平综合评价指数判定值规定见表2。

表 2 钢铁企业清洁生产水平判定表

清洁生产水平	清洁生产综合评价指数
国际清洁生产领先水平	全部达到 I 级限定性指标要求，同时 $100 \geq Y_{gk} \geq 90$
国内清洁生产先进水平	全部达到 II 级限定性指标要求，同时 $90 > Y_{gk} \geq 80$
国内清洁生产一般水平	全部达到 III 级限定性指标要求，同时 $80 > Y_{gk} \geq 70$

6 计算方法与数据来源

6.1 计算方法

6.1.1 高炉装备配置率

$$Z = \frac{Z_Y}{Z_T} \times 100\% \quad (6-1)$$

式中： Z —高炉装备配置率，%；

Z_Y —在用的某种规格高炉数（座）；

Z_T —在用的高炉规格总数（座）。

6.1.2 炼铁工序能耗

$$E_{\text{铁}} = \frac{E_{\text{铁, 消耗}} - E_{\text{铁, 回收}}}{P_{\text{合格}}} \quad (6-2)$$

式中： $E_{\text{铁}}$ —炼铁工序能耗，kgce/t；

$E_{\text{铁, 消耗}}$ 一年高炉炼铁工序消耗的各种能源的折标准煤量总和, kgce;

$E_{\text{铁, 回收}}$ 一年高炉炼铁工序回收的能量折标准煤量, kgce;

$P_{\text{合格}}$ 一年合格生铁产出量, t;

其中: 电力折标系数采用0.1229 kgce/kWh。

6.1.3 高炉燃料比

$$G_{\text{煤比}} = \frac{G_{\text{燃料, 耗}}}{P_{\text{合格}}} \quad (6-3)$$

式中: $G_{\text{煤比}}$ 燃料比, kg/t;

$G_{\text{燃料, 耗}}$ 一年燃料耗用总量, 其中燃料包括入炉的干焦、干焦丁、煤粉和重油等燃料总量, kg;

$P_{\text{合格}}$ 一年生铁合格产出量, t。

6.1.4 入炉焦比

$$K_{\text{焦比}} = \frac{Q_{\text{干焦, 耗}}}{P_{\text{合格}}} \quad (6-4)$$

式中:

$K_{\text{焦比}}$ 入炉焦比, kg/t;

$Q_{\text{干焦, 耗}}$ 一年干焦耗用量, kg;

$P_{\text{合格}}$ 一年生铁合格产出量, t。

6.1.5 入炉铁矿品位

$$F_{\text{品位}} = \frac{Q_{\text{入炉铁矿, 含铁}}}{Q_{\text{入炉铁矿, 实物}}} \times 100\% \quad (6-5)$$

式中:

$F_{\text{品位}}$ 入炉铁矿品位, %;

$Q_{\text{入炉铁矿, 含铁}}$ 入炉铁矿(人造块铁矿和天然铁矿石)含铁总量, t;

$Q_{\text{入炉铁矿, 实物}}$ 入炉铁矿(人造块铁矿和天然铁矿石)实物总量, t。

6.1.6 炼铁金属收得率

$$N_{\text{收得率}} = \frac{P_{\text{合格}} \times R_{\text{生铁含铁}}}{Q_{\text{人造块矿, 实耗量}} \times F_{\text{人造块矿品位}} + Q_{\text{天然矿石, 实耗量}} \times F_{\text{天然矿石品位}}} \times 100\% \quad (6-6)$$

式中:

$N_{\text{收得率}}$ 炼铁金属收得率, %;

$P_{\text{合格}}$ 一年生铁合格产出量, t/a;

$R_{\text{生铁含铁}}$ ——生铁含铁量，%；

$Q_{\text{人造块矿, 实耗量}}$ ——年实耗人造块矿量，t/a；

$F_{\text{人造块矿品位}}$ ——人造块矿含铁品位，%；

$Q_{\text{天然矿石, 实耗量}}$ ——年实耗天然矿石量，t/a；

$F_{\text{天然矿石品位}}$ ——天然矿石含铁品位，%。

6.1.7 高炉煤气放散率

$$J = \frac{Q_{\text{放散}}}{Q_{\text{总}}} \times 100\% \quad (6-7)$$

式中：

J ——高炉煤气放散率，%；

$Q_{\text{放散}}$ ——高炉煤气年放散量(不包括因正常生产工艺要求放散的高炉煤气量)， m^3/a ；

$Q_{\text{总}}$ ——高炉煤气年总产生量， m^3/a 。

6.1.8 废物回收利用率

$$R_{\text{回收利用}} = \frac{W_{\text{利用}}}{W_{\text{回收}}} \times 100\% \quad (6-8)$$

式中：

$R_{\text{回收利用}}$ ——废物回收利用率，%；

$W_{\text{利用}}$ ——废物利用量，t/a；

$W_{\text{回收}}$ ——废物回收量，t/a。

6.1.9 污染物排放量指标

$$Q_{\text{单位, 污染物}} = \frac{Q_{\text{污染物}}}{P_{\text{合格}}} \quad (6-9)$$

式中：

$Q_{\text{单位, 污染物}}$ ——单位产品污染物排放量， kg/t ；此污染物包括高炉炼铁工艺生产过程中各有组织源（含高炉原燃料供料、炉顶上料、高炉出铁场、热风炉、煤粉制备等）排放的颗粒物、 SO_2 、 NO_x （以 NO_2 计）；

$Q_{\text{污染物}}$ ——某种污染物年排放量， kg ；

$P_{\text{合格}}$ ——年生铁合格产出量，t。

6.2 数据来源

6.2.1 清洁生产评价应以报告期内的实际检测、监测、统计数据为依据。一般报告期为一个自然经营年度，并与自然经营年度同步。

6.2.2 对大气污染物排放情况进行监测的频次、采样时间等要求，按国家有关污染源监测技术规范的规定执行。

6.2.3 本标准各项指标的采样和监测按照国家标准监测方法执行。