

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 5089—2025

钢铁行业清洁生产评价指标体系

Evaluation index system for cleaner production in
iron and steel industry

2025-03-25 发布

2025-04-25 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言Ⅲ

1 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3

5 评价方法.....14

6 指标解释与数据来源.....16

参考文献22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省生态环境厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：江苏省环境科学研究院、江苏省冶金行业协会、江苏省金属学会、江阴兴澄特种钢铁有限公司、江苏沙钢集团有限公司。

本文件主要起草人：高爽、韦春丹、郁颖、杨泉、刘树洋、白云、杨柳、王永建、施永杰、刘利生、陈铭、刘晨晔、苏禹、张远、孙瑞、汤雅焜。

钢铁行业清洁生产评价指标体系

1 范围

本文件规定了钢铁行业企业烧结、球团、炼铁、炼钢工序清洁生产的评价指标体系、评价方法、计算方法与数据来源。

本文件适用于钢铁行业企业烧结、球团、高炉炼铁、转炉炼钢、电炉炼钢工序的清洁生产审核、清洁生产潜力分析、清洁生产水平认证,也适用于环境影响评价、排污许可、环保领跑者等环境管理的开展。

本文件不适用于轧钢生产企业的清洁生产评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 13456 钢铁工业水污染物排放标准
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB 28662 钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准
- GB 28663 炼铁工业大气污染物排放标准
- GB 28664 炼钢工业大气污染物排放标准
- GB/T 43329 清洁生产评价指标体系编制通则
- HJ 1259 危险废物管理计划和管理台账制定技术导则

3 术语和定义

GB/T 43329 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

烧结 **sintering**

铁矿粉等含铁原料加入熔剂和固体燃料,按要求的比例配合,经混合、造粒、加热、布料、点火,烧结料部分熔化粘结成块状的过程。

[来源:GB 28662—2012,3.1,有修改]

3.2

厚料层技术 **thick layer technology**

在烧结台车上保持较高的铺料厚度进行烧结的操作工艺。

3.3

低温烧结 **low temperature sintering**

以低于 1 280 ℃的温度烧结,产生一种强度高、还原性好的针状铁酸钙为主要粘结相的烧结方法。

[来源:GB 50408—2015,2.0.15]

3.4

小球烧结 minipellet sintering

将混合料制成大于 3 mm 占 75% 以上的小球进行烧结的方法。

[来源:GB 50408—2015,2.0.14]

3.5

热风烧结 hot gas sintering

将冷却机的热废气引入位于点火炉后的烧结机密封罩内进行烧结的方法。

[来源:GB 50408—2015,2.0.16]

3.6

烟气循环烧结 sintering process of flue gas recirculation

将烧结生产过程中产生的部分热烟气返回烧结料面再次利用的烧结工艺。

[来源:GB 50408—2015,2.0.28]

3.7

富氧燃烧 oxygen enriched combustion

助燃空气中氧浓度大于常规空气氧浓度的燃烧技术。

[来源:YB/T 4963—2021,3.1]

3.8

球团 pelletizing

铁精矿等原料与适量的膨润土均匀混合后,通过造球机造出生球,然后高温焙烧,使球团氧化固结的过程。

[来源:GB 28662—2012,3.2]

3.9

高炉炼铁 blast furnace ironmaking

采用高炉冶炼设备,炉料经过加热、还原、熔化、造渣、渗碳、脱硫等一系列物理化学过程,最后生成液态炉渣和生铁的生产过程。

[来源:GB 28663—2012,3.1,有修改]

3.10

煤气精脱硫 gas refining desulfurization

采用前置净化处理技术对经除尘进入炉顶发电装置后的高炉煤气进行源头脱硫的过程。

3.11

富氧喷煤 oxygen enriched pulverized coal injection

从高炉炉缸上部风口处喷吹煤粉以降低高炉焦炭消耗,同时配以富氧鼓风以提高风口回旋区的煤粉燃烧率的工艺。

[来源:GB/T 33969—2017,3.1]

3.12

转炉炼钢 converter steelmaking

利用吹入炉内的氧与铁水中的元素碳、硅、锰、磷反应放出热量进行的冶炼过程。

[来源:GB 28664—2012,3.6]

3.13

电炉炼钢 electric arc furnace

利用电能做热源在电炉内进行冶炼钢水的过程。

[来源:GB 28664—2012,3.7]

3.14

电极涂料层 electrode coating

在石墨电极表面涂覆耐高温保护层,用于防止石墨电极表面氧化的技术。

4 评价指标体系

4.1 指标选取

根据清洁生产的原则要求和指标的可度量性,进行指标选取。

4.2 指标基准值

指标评价基准值是衡量该项指标是否符合清洁生产基本要求的评价基准。评价基准值分为Ⅰ级基准值、Ⅱ级基准值和Ⅲ级基准值三个等级。其中Ⅰ级基准值代表清洁生产先进(标杆)水平,Ⅱ级基准值代表清洁生产准入水平,Ⅲ级基准值代表清洁生产一般水平。

4.3 指标体系

钢铁企业烧结、球团、高炉炼铁、转炉炼钢、电炉炼钢工序清洁生产评价指标体系技术要求内容分别见表1~表6。

表1 烧结工序清洁生产评价指标体系技术要求表

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	II 级基准值	III 级基准值
生产工艺装备及技术	0.37	1	装备配置	0.22	360 m ² 及以上烧结机配置率≥75%	280 m ² 及以上烧结机配置率≥60%	180 m ² 及以上烧结机配置率100%
		2	厚料层技术	0.1	≥900 mm	≥800 mm	≥700 mm
		3	节能降碳先进技术	0.12	采用低温烧结、小球烧结、热风烧结、烟气循环烧结等推荐技术		—
		4	余热回收利用装备(回收量以蒸汽计)	0.1	建有烧结余热回收利用装置,余热回收量≥10 kgce/t 矿 ^a	建有烧结余热回收利用装置,余热回收量≥8 kgce/t 矿 ^a	建有烧结余热回收利用装置,余热回收量≥4 kgce/t 矿 ^a
		5	降低漏风率技术	0.1	采用降低漏风率的技术,使漏风率不超过35%	采用降低漏风率的技术,使漏风率不超过43%	采用降低漏风率的技术,使漏风率不超过50%
		6	烟气综合净化技术	0.08	采用烧结机头脱硫、脱硝、脱二噁英及重金属的烟气综合净化技术 ^a	采用烧结机头脱硫、脱硝烟气净化技术 ^a	
		7	除尘设施	0.08	机头、机尾、整粒、筛分等主要工序配备有齐全的除尘装置,确保无可见烟粉尘外逸;所有物料储存、物料输送、生产工艺过程控制措施满足超低排放要求		

表 1 烧结工序清洁生产评价指标体系技术要求表（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	II 级基准值	III 级基准值
生产工艺装备及技术	0.37	8	数智化生产	0.2	实现设备和生产工艺智能化控制 ^b ,建立能源和碳排放、污染控制、用水等智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制,建立能源和碳排放、污染控制、用水等智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制
能源消耗	0.1	1	*工序能耗 ^c /(kgce/t)	0.75	≤45	≤50	≤55
		2	电力消耗/(kW•h/t)	0.25	≤40	≤45	≤50
水资源消耗	0.06	1	吨产品新鲜水消耗/(m ³ /t)	1	≤0.18	≤0.22	≤0.38
原/辅料消耗	0.05	1	固体燃料消耗/(kgce/t)	1	≤41	≤43	≤55
资源综合利用	0.1	1	脱硫副产物利用率/%	0.4	100	≥99	≥90
		2	水重复利用率/%	0.3	≥98	≥95	≥90
		3	粉尘综合利用率/%	0.3	100	≥99.5	≥99
污染物产生与排放	0.12	1	*颗粒物排放量/(kg/t)矿	0.25	≤0.02	≤0.08	≤0.15
		2	*二氧化硫排放量/(kg/t)	0.3	≤0.05	≤0.1	≤0.15
		3	*氮氧化物(以二氧化氮计)排放量/(kg/t)	0.25	≤0.08	≤0.1	≤0.14
		4	原料选取	0.2	控制易产生二噁英物质的原料,包括采用低氯无烟煤、选用含铜量低的铁矿石原料、不再喷 CaCl ₂ 溶液		—
温室气体排放	0.05	1	二氧化碳排放量 ^d /(tCO ₂ /t)	1	≤0.22	≤0.25	≤0.28
产品特征	0.05	1	烧结矿品位/%	0.4	≥58	≥56	≥54
		2	烧结内循环返矿率/%	0.2	≤17	≤20	≤27
		3	转鼓指数/%	0.2	≥83	≥78	≥74

表 1 烧结工序清洁生产评价指标体系技术要求表（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	Ⅱ 级基准值	Ⅲ 级基准值
产品特征	0.05	4	产品合格率/%	0.2	≥99.9	≥99.0	≥98.0
清洁生产管理	0.1	详见表6					
注：“*”表示限定性指标。							
<p>^a 烟气脱硫应采用石灰石/石灰-石膏法、旋转喷雾法、循环流化床法、密相干塔法、氧化镁法等脱硫技术,并实施增容提效改造等措施,提高运行稳定性,取消烟气旁路,净化处理后烟气回原烟囱排放。烟气脱硝应采用活性炭(焦)、选择性催化还原(SCR)等高效脱硝技术。</p> <p>^b 烧结生产过程宜采用智能配料、点火优化、终点预测与控制、工艺参数检测和过程控制系统等智能控制技术。</p> <p>^c 能耗基准值参照 GB 21256 对标调整。</p> <p>^d 二氧化碳排放核算方法及边界范围参照 GB/T 32151.5 以及国家最新温室气体排放核算要求。</p>							

表 2 球团工序清洁生产评价指标体系技术要求表

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	II 级基准值	III 级基准值
生产工艺装备及技术	0.37	1	装备配置	0.28	建有链算机一回转窑或带式焙烧装置,单套设备球团生产规模≥300 万 t	建有链算机一回转窑或带式焙烧装置,单套设备球团生产规模≥200 万 t	建有链算机一回转窑或带式焙烧装置,单套设备球团生产规模≥120 万 t
		2	烟气综合净化技术	0.2	采用该技术,烟气脱硫脱硝 ^a		
		3	余热回收利用	0.2	采用该技术		—
		4	除尘设施	0.11	焙烧、配料、转运、成品除尘及精矿干燥等主要工序配备有齐全的除尘装置,确保无可见烟粉尘外逸;所有物料储存、物料输送、生产工艺过程控制措施满足超低排放要求		
		5	数智化生产	0.21	实现设备和生产工艺智能化控制 ^b ,建立能源和碳排放、污染控制、用水等智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制,建立能源和碳排放、污染控制、用水等智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制
能源消耗	0.1	1	*工序能耗 ^c /(kgce/t)	0.7	≤15	≤24	≤36
		2	电力消耗/(kWh/t)	0.3	≤16	≤26	≤36
水资源消耗	0.06	1	吨产品新鲜水消耗/(m ³ /t)	1	≤0.11	≤0.14	≤0.34

表 2 球团工序清洁生产评价指标体系技术要求表（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	Ⅱ 级基准值	Ⅲ 级基准值
原/辅料资源消耗	0.05	1	焙烧燃料消耗/(kgce/t)	1	≤17	≤27	≤34
资源综合利用	0.1	1	脱硫副产物利用率/%	0.4	100	≥99.0	≥95
		2	水重复利用率/%	0.3	≥98.0	≥96.0	≥90.0
		3	粉尘综合利用率/%	0.3	100	≥99.5	≥99.0
污染物产生与排放	0.12	1	*颗粒物排放量/(kg/t)	0.3	≤0.04	≤0.08	≤0.1
		2	*二氧化硫排放量/(kg/t)	0.4	≤0.07	≤0.1	≤0.3
		3	*氮氧化物(以二氧化氮计)排放量/(kg/t)	0.3	≤0.1	≤0.15	≤0.5
温室气体排放	0.05	1	二氧化碳排放量 ^d /(tCO ₂ /t)	1	≤0.16	≤0.18	≤0.2
产品特征	0.05	1	产品合格率/%	0.4	≥99.9	≥99.0	≥98.0
		2	球团矿品位/%	0.3	≥64	≥62	≥61
		3	转鼓指数/%	0.3	≥95	≥93	≥91
清洁生产管理	0.1	详见表 6					
注：“*”表示限定性指标。							
<p>^a 烟气脱硫应采用石灰石/石灰—石膏法、旋转喷雾法、循环流化床法、密相干塔法、氧化镁法等脱硫技术,并实施增容提效改造等措施,提高运行稳定性,取消烟气旁路,净化处理后烟气回原烟囱排放。烟气脱硝应采用活性炭(焦)、选择性催化还原(SCR)等高效脱硝技术。</p> <p>^b 球团生产过程宜采用智能配料、智能造球、工艺参数检测和过程控制系统等智能控制技术。</p> <p>^c 能耗基准值参照 GB 21256 对标调整。</p> <p>^d 二氧化碳排放核算方法及边界范围参照 GB/T 32151.5 以及国家最新温室气体排放核算要求。</p>							

表 3 高炉炼铁工序清洁生产评价指标体系技术要求表

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	II 级基准值	III 级基准值
生产工艺装备及技术	0.37	1	高炉炉容	0.2	2 000 m ³ 以上高炉,配置率 100%	1 500 m ³ 以上高炉,配置 100%	1 200 m ³ 以上高炉,配置率 100%
		2	节能降碳先进技术	0.15	采用煤气精脱硫、富氧喷煤、煤粉预热、富氧燃烧、定湿鼓风等推荐技术		—
		3	高炉煤气干法除尘配置脱酸系统	0.08	高炉煤气干法除尘装置配置率 100%,脱酸系统配置率 100%,净化后 H ₂ S 质量浓度≤10 mg/m ³		高炉煤气干法除尘装置配置率 100%,脱酸系统配置率 75%,净化后 H ₂ S 质量浓度≤10 mg/m ³
		4	高炉炉顶煤气余压利用 (TRT 或 BPRT)装置配置	0.1	TRT 装置配置率 100%,发电量≥45 kWh/t 铁;或 BPRT 装置配置率≥50%,节电量≥40%	TRT 装置配置率 100%,发电量≥42 kWh/t 铁;或 BPRT 装置配置率≥30%,节电量≥30%	TRT 装置配置率 100%,发电量≥35 kWh/t 铁;或 BPRT 装置配置率≥30%,节电量≥20%
		5	平均热风温度/℃	0.1	≥1240	≥1200	≥1160
		6	除尘设施	0.08	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;所有物料储存、物料输送、生产工艺过程控制措施满足超低排放要求		
		7	煤气回收	0.11	实现炉顶均压煤气全回收		
		8	数智化生产	0.18	实现设备和生产工艺智能化控制 ^a ,建立能源和碳排放、污染控制、用水等智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制,建立能源和碳排放、污染控制、用水等智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制
能源消耗	0.1	1	*工序能耗 ^b /(kgce/t)	1	≤361	≤370	≤400
水资源消耗	0.06	1	吨产品新鲜水消耗/(m ³ /t)	1	≤0.24	≤0.42	≤1.09
原/辅料资源消耗	0.1	1	高炉燃料比/(kg/t)	0.2	≤495	≤515	≤530
		2	入炉焦比/(kg/t)	0.15	≤315	≤340	≤365
		3	高炉喷煤比/(kg/t)	0.15	≥170	≥155	≥140
		4	入炉铁矿品位/%	0.22	≥60	≥58.5	≥57.0

表 3 高炉炼铁工序清洁生产评价指标体系技术要求表（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	Ⅱ 级基准值	Ⅲ 级基准值
原/辅料资源消耗	0.1	5	入炉料球团矿比例/%	0.13	≥30.0	≥20.0	≥15.0
		6	炼铁金属收得率/%	0.15	≥95.0	≥90.0	≥88.0
资源综合利用	0.1	1	水重复利用率/%	0.2	≥98.0	≥97.5	≥97.0
		2	高炉煤气放散率/%	0.3	≤0.2	≤0.5	≤1.0
		3	高炉渣回收利用率/%	0.2	100	100	≥99
		4	高炉瓦斯灰/泥回收利用率/%	0.2	100	100	≥95
		5	高炉冲渣水余热回收利用	0.1	配备余热回收装置并利用		—
污染物产生与排放	0.12	1	*颗粒物排放量/(kg/t)	0.27	≤0.06	≤0.1	≤0.2
		2	*二氧化硫排放量/(kg/t)	0.27	≤0.06	≤0.09	≤0.12
		3	*氮氧化物(以二氧化氮计)排放量/(kg/t)	0.23	≤0.1	≤0.12	≤0.26
		4	渣铁比(干基)/(kg/t)	0.23	≤300	≤320	≤350
温室气体排放	0.05	1	二氧化碳排放量 ^c /(tCO ₂ /t)	1	≤0.66	≤0.73	≤1.2
清洁生产管理	0.1	详见表 6					
注：“*”表示限定性指标。							
^a 炼铁生产过程宜采用智能配料、一键出铁、智能燃烧、工艺参数检测和过程控制系统等智能控制技术。							
^b 能耗基准值参照 GB 21256 对标调整。							
^c 二氧化碳排放核算方法及边界范围参照 GB/T 32151.5 以及国家最新温室气体排放核算要求。							

表 4 转炉炼钢工序清洁生产评价指标体系技术要求表

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	Ⅱ 级基准值	Ⅲ 级基准值
生产工艺装备及技术	0.38	1	转炉公称容量	0.25	180 t 以上转炉配置率 $\geq 65\%$	150 t 以上转炉配置率 $\geq 60\%$	100 t 以上转炉配置率 100%
		2	炉衬寿命/炉	0.09	$\geq 15\ 000$	$\geq 13\ 000$	$\geq 10\ 000$
		3	转炉煤气净化装置	0.08	采用干法除尘技术	采用改进型湿法除尘技术	
		4	除尘设施	0.08	配备转炉一次烟气、二次烟气、三次烟气除尘设施;铁水预处理、炉外精炼装置、上料系统、废钢切割系统、钢渣处理及车间内其他散尘点设有除尘设施;所有物料储存、物料输送、生产工艺过程控制措施满足超低排放要求		
		5	铁—钢高效衔接技术	0.08	采用该技术,铁水温降 $\leq 80\ ^\circ\text{C}$	采用该技术,铁水温降 $\leq 100\ ^\circ\text{C}$	采用该技术,铁水温降 $\leq 130\ ^\circ\text{C}$
		6	节能降碳先进技术	0.2	采用富氧燃烧、烟气余能回收利用、二氧化碳综合利用、钢包高效蓄热烘烤、钢包全程加盖等推荐技术		—
		7	数智化生产	0.22	实现设备和生产工艺智能化控制 ^a ,建立能源和碳排放、污染控制、用水智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制,建立能源和碳排放、污染控制、用水智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制
能源消耗	0.1	1	煤气、蒸汽余能余热回收量/(kgce/t)	0.37	≥ 38	≥ 33	≥ 28
		2	工序能耗 ^{*b} /(kgce/t)	0.63	≤ -30	≤ -25	≤ -20
水资源消耗	0.06	1	吨产品新鲜水消耗/(m ³ /t)	1	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.7
原/辅料资源消耗	0.06	1	钢铁料消耗/(kg/t)	1	$\leq 1\ 060$	$\leq 1\ 070$	$\leq 1\ 080$
资源综合利用	0.1	1	水重复利用率/%	0.34	≥ 98	≥ 97	≥ 96
		2	钢渣综合利用	0.33	钢渣综合利用率 100%,设有钢渣微粉等深度处理设施	钢渣综合利用率 100%	
		3	含铁尘泥综合利用	0.33	设有含铁尘泥集中加工处理设施,含铁尘泥综合利用率 100%		含铁尘泥综合利用率 100%

表 4 转炉炼钢工序清洁生产评价指标体系技术要求表（续）（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	Ⅱ 级基准值	Ⅲ 级基准值
污染物产生与排放	0.14	1	颗粒物排放量*/(kg/t)	0.4	≤0.08	≤0.10	≤0.12
		2	吨钢产渣量/(kg/t)	0.3	≤80	≤90	≤100
		3	钢渣堆场污染控制措施	0.3	钢渣堆场地面满足 GB 18599 防渗等要求,周边设有地下水监测井、定期监测地下水水质	钢渣堆场地面满足 GB 18599 防渗等要求	
产品特征	0.06	1	钢水合格率/%	0.5	≥99.9	≥99.8	≥99.7
		2	连铸坯合格率/%	0.5	≥99.9	≥99.85	≥99.70
清洁生产管理	0.1	详见表 6					
注：“*”表示限定性指标。							
^a 炼钢生产过程宜采用铁水处理、自动出钢、智能配料、浇铸无人化、连铸坯热装预处理、工艺参数检测和过程控制系统等智能控制技术。							
^b 能耗基准值参照 GB 21256 对标调整。							

表 5 电炉炼钢工序清洁生产评价指标体系技术要求表

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	II 级基准值	III 级基准值
生产工艺装备及技术	0.37	1	电炉公称容量	0.22	100 t 以上电炉(合金钢电炉 50 t)配置率 100%	100 t 以上电炉(合金钢电炉 50 t)配置率 ≥80%	100 t 以上电炉(合金钢电炉 50 t)配置率 ≥60%
		2	进料方式	0.08	采用废钢连续加料或密封式半连续加料		采用炉顶装料
		3	废钢预热	0.08	废钢连续预热装置,且废钢预热温度可稳定达到 400 ℃及以上		—
		4	节能降碳先进技术	0.18	采用超高功率电炉、供氧技术、电极涂料层技术、烟气余能回收利用、二氧化碳综合利用、钢包高效蓄热烘烤、钢包全程加盖等推荐技术		—
		5	电极消耗/(kg/t)	0.1	≤1.3	≤1.5	≤2

表 5 电炉炼钢工序清洁生产评价指标体系技术要求表（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	Ⅱ 级基准值	Ⅲ 级基准值
生产工艺装备及技术	0.37	6	除尘设施	0.08	采用炉内排烟＋密闭罩＋屋顶罩方式捕集,高效袋式除尘器净化;上料系统、精炼系统、废钢切割、钢渣处理、车间其他散尘点设有除尘装置;所有物料储存、物料输送、生产工艺过程控制措施满足超低排放要求		
		7	废钢分拣预处理	0.06	对带有涂层及含氯物质的废钢原料进行预处理,以减少二噁英物质的产生		
		8	数智化生产	0.2	实现设备和生产工艺智能化控制 ^a ,建立能源和碳排放、污染控制、用水智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制,建立能源和碳排放、污染控制、用水智慧化管控平台	实现设备和生产工艺自动化控制
能源消耗	0.1	1	工序能耗(全废钢法)*/(kgce/t) ^b	1	≤61	≤64	≤72
水资源消耗	0.06	1	吨产品新鲜水消耗/(m ³ /t)	1	≤0.3	≤0.4	≤0.5
原/辅料资源消耗	0.05	1	钢铁料消耗/(kg/t)	1	≤1 060	≤1 080	≤1 100
资源综合利用	0.1	1	水重复利用率/%	0.34	≥98	≥96	≥94
		2	电炉钢渣利用率	0.33	钢渣综合利用率100%,设有钢渣微粉等钢渣深度处理设施	钢渣综合利用率 100%	
		3	电炉尘泥利用率	0.33	设有含铁尘泥集中加工处理设施,含铁尘泥综合利用率100%	含铁尘泥综合利用率 100%	
污染物产生与排放	0.12	1	颗粒物排放量*/(kg/t)	0.4	≤0.09	≤0.10	≤0.12
		2	电炉渣堆场污染控制措施	0.3	钢渣堆场地面满足GB 18599 防渗等要求,周边设有地下水监测井、定期监测地下水水质	钢渣堆场地面满足 GB18599 防渗等要求	
		3	废钢放射性物质检测	0.3	废钢预处理配置放射性物质检测装置		

表 5 电炉炼钢工序清洁生产评价指标体系技术要求表（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	Ⅱ 级基准值	Ⅲ 级基准值
温室气体排放	0.05	1	二氧化碳排放量(全废钢法) ^c /(tCO ₂ /t)	1	≤0.3	≤0.45	≤0.5
		2	二氧化碳排放量(30%铁水热装) ^c /(tCO ₂ /t)		≤0.1	≤0.18	≤0.3
产品特征	0.05	1	钢水合格率/%	0.5	≥99.9	≥99.8	≥99.7
		2	连铸坯合格率/%	0.5	≥99.9	≥99.85	≥99.7
清洁生产管理	0.1	详见表 6					
注：“*”表示限定性指标。							
^a 电炉炼钢生产过程宜采用电极智能调节、智能配料、浇铸无人化、连铸坯热装预处理、工艺参数检测和过程控制系统等智能控制技术。							
^b 能耗基准值参照 GB 32050 对标调整。							
^c 二氧化碳排放核算方法及边界范围参照 GB/T 32151.5 以及国家最新温室气体排放核算要求。							

表 6 钢铁行业清洁生产管理评价指标体系

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	Ⅱ级基准值	Ⅲ级基准值
清洁生产管理	0.1	1	*产业政策符合性	0.15	符合国家和地方有关法律法规、法定规划以及相关产业结构调整、区域及行业碳达峰碳中和目标等政策要求。未采用国家明令禁止和淘汰的生产工艺、装备		
		2	*超低排放	0.15	污染物排放满足国家和地方超低排放要求		
		3	*总量控制	0.15	污染物排放总量、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	按照国家及地方相关规定要求,建立健全环境管理制度及污染事故防范措施,无重大环境污染事件发生		

表 6 钢铁行业清洁生产管理评价指标体系（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	II 级基准值	III 级基准值
清洁生产管理	0.1	5	清洁运输	0.1	大宗物料和产品运输采用铁路、水路、管道或管状带式输送机 etc 清洁运输方式或电动重型载货车辆的比例不低于 80%；其他使用新能源车辆或达到国六排放标准的重型载货车辆；其他原辅材料公路运输部分使用达到国五及以上排放标准的重型载货车辆（含燃气）或新能源车辆；厂内运输车辆全部达到国五及以上排放标准（含燃气）或使用新能源车辆；厂内非道路移动机械和吸排车等特种运输机械全部达到国三及以上排放标准或使用新能源机械	进出企业的大宗物料和产品采用铁路、水路、管道或管状带式输送机 etc 清洁方式运输量比例不低于 80%；或清洁方式运输量比例达不到 80% 但进出企业公路运输车辆全部采用新能源汽车或国六排放标准的汽车。厂内非道路移动机械满足地方非道路移动机械排放控制区等相关要求	
		6	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	建立有环境管理体系，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
		7	固体废物处置	0.05	建立固体废物管理制度，固体废物管理按照 GB 18599、GB 18597、HJ 1259 等标准执行		

表 6 钢铁行业清洁生产管理评价指标体系（续）

一级指标项	权重值	序号	二级指标项	分权重值	I 级基准值	II 级基准值	III 级基准值
清洁生产管理	0.1	8	清洁生产机制建设与清洁生产审核	0.1	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 $\geq 90\%$;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 $\geq 70\%$;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 $\geq 50\%$;有开展清洁生产工作记录
		9	碳减排机制建设与节能减碳活动	0.1	定期开展主要产品碳足迹评价和碳盘查;建立钢铁生产全过程碳排放数据管理体系;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;年度节能减碳任务超额完成国家要求	定期开展主要产品碳足迹评价和碳盘查;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;年度节能减碳任务达到国家要求	定期开展碳盘查;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;年度节能减碳任务基本达到国家要求

5 评价方法

5.1 综合评价指数的计算方法

5.1.1 指标无量纲化

原始指标的隶属函数见式(1)。

$$Y_{g^k}(x_{ij}) = \begin{cases} 100, x_{ij} \in g_k \\ 0, x_{ij} \notin g_k \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $Y_{g^k}(x_{ij})$ —— 二级指标 x_{ij} 对于级别 g_k 的隶属函数;
- x_{ij} —— 第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标;
- g_k —— 二级指标基准值,其中 g_1 为 I 级清洁生产水平, g_2 为 II 级清洁生产水平; g_3 为 III 级清洁生产水平。

如式(1)所示,若指标 x_{ij} 属于级别 g_k ,则隶属函数的值为 100,否则为 0。

5.1.2 综合评价指数计算

通过加权平均、逐层收敛可得到烧结、球团、高炉炼铁、转炉炼钢、电炉炼钢工序清洁生产水平在不同级别的得分,如式(2)所示。

$$Y_{gk} = \sum_{i=1}^m [\omega_i \cdot \sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} Y_{gk}(x_{ij})] \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ω_i ——第 i 个一级指标的权重;

ω_{ij} ——第 i 个一级指标下的第 j 个二级指标的权重。

其中:

$$\sum_{i=1}^m \omega_i = 1, \sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} = 1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

m ——一级指标的个数;

n_i ——第 i 个一级指标下二级指标的个数。

另外, Y_{g1} 等同于 Y_I , Y_{g2} 等同于 Y_{II} , Y_{g3} 等同于 Y_{III} 。

5.1.3 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:

$$\omega'_{ij} = \omega_{ij} (1 / \sum_{j=1}^n \omega''_{ij}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ω'_{ij} ——调整后的二级指标项分权重值, $\sum_{j=1}^{n_i} \omega'_{ij} = 1$;

ω_{ij} ——原二级指标分权重值;

i ——一级指标项数;

j ——二级指标项数, $j=1, 2, \dots, n$;

ω''_{ij} ——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。

5.2 综合评价指数计算步骤

第一步计算烧结(球团、炼铁、炼钢)工序的综合评价指数值(Y_{gk});第二步计算各工序综合评价指数值(Y_{gk})的算术平均值,第三步确定企业达到限定性指标的级别;第四步结合 5.3 确定企业达到的清洁生产水平级别。

5.3 钢铁企业清洁生产等级划分条件

I 级清洁生产水平[清洁生产先进(标杆)水平]应同时满足以下条件:

—— $Y_I \geq 85$;

——限定性指标全部满足 I 级基准值要求;

——非限定性指标全部满足 II 级基准值要求。

II 级清洁生产水平(清洁生产准入水平)应同时满足以下条件:

—— $Y_{II} \geq 85$;

- 限定性指标全部满足 II 级基准值要求；
 - 非限定性指标全部满足 III 级基准值要求。
- III 级清洁生产水平(清洁生产一般水平)应满足以下条件：
- $Y_{III}=100$ 。

6 指标解释与数据来源

6.1 指标解释

6.1.1 生产装备配置率

烧结(球团、炼铁、炼钢)过程中使用指定规格的装置数占所有规格工序的装置数占比。计算公式如下：

$$Z = \frac{Z_Y}{Z_T} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- Z ——生产装备配置率；
- Z_Y ——烧结(球团、炼铁、炼钢)工序使用指定规格的装置数,单位为台每座；
- Z_T ——烧结(球团、炼铁、炼钢)工序所有不同规格的装置数,单位为台每座。

6.1.2 余热回收量

烧结(球团、炼铁、炼钢)过程中生产单位产品所产生废气热量及烧结(球团)矿显热加以回收和再利用量。计算方法见式(6)：

$$E_Y = \frac{E_Z}{T} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- E_Y ——余热回收量,单位为千克标准煤每吨(kgce/t)；
- E_Z ——烧结(球团、炼铁、炼钢)工序生产过程中回收的二次能源折标准煤量总和,单位为千克标准煤(kgce)；
- T ——合格成品生产量,单位为吨(t)。

6.1.3 工序能耗

烧结(球团、炼铁、炼钢)过程中生产单位产品消耗的能源。计算方法如下：

$$E_{SD} = \frac{E_S - E_{SR}}{T} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- E_{SD} ——工序能耗,单位为千克标准煤每吨(kgce/t)；
- E_S ——烧结(球团、炼铁、炼钢)工序消耗的各种能源折标准煤量总和,单位为千克标准煤(kgce)；
- E_{SR} ——烧结(球团、炼铁、炼钢)工序回收的二次能源折标准煤量,单位为千克标准煤(kgce)；
- T ——合格成品生产量,单位为吨(t)。

注：能耗统计范围和折算系数取值参照 GB 21256 和 GB 32050 确定,超低排放能耗另计。

6.1.4 电力消耗

烧结(球团)过程中生产单位产品消耗的电量。计算方法如下：

$$E_L = \frac{E_{Ls}}{T} \dots\dots\dots (8)$$

式中：
 E_L —— 电力消耗，单位为千瓦时每吨(kWh/t)；
 E_{Ls} —— 工序消耗的总电量(不含空压机站电力消耗)，单位为千瓦时(kWh)；
 T —— 合格成品烧结矿(球团矿)生产量，单位为吨(t)。
注：电耗核算边界与能耗核算边界一致。

6.1.5 固体燃料消耗

烧结过程中生产每吨合格烧结矿消耗的焦粉、煤粉及其他含碳固体燃料等。计算方法如下：

$$G = \frac{G_s}{T} \dots\dots\dots (9)$$

式中：
 G —— 固体燃料消耗(包括所有固体含碳燃料，如焦粉、煤粉、含碳除尘灰等)，单位为千克标准煤每吨(kgce/t)；
 G_s —— 烧结矿生产过程中所消耗的固体燃料总量，单位为千克标准煤(kgce)；
 T —— 合格成品烧结矿生产量，单位为吨(t)。

6.1.6 焙烧燃料消耗

球团过程中生产每吨合格球团矿消耗的煤粉等固体燃料和气体燃料。计算方法如下：

$$P = \frac{P_s}{T} \dots\dots\dots (10)$$

式中：
 P —— 焙烧燃料消耗，单位为千克标准煤每吨(kgce/t)；
 P_s —— 球团矿生产过程中所消耗的燃料总量，单位为千克标准煤(kgce)；
 T —— 合格成品球团矿生产量，单位为吨(t)。

6.1.7 吨产品新鲜水消耗

在一定时期内，生产每吨产品取自任何常规水源并被其第一次利用的水量总和。计算方法如下：

$$V = \frac{V_s}{T} \dots\dots\dots (11)$$

式中：
 V —— 吨产品新鲜水消耗，单位为立方米每吨(m³/t)；
 V_s —— 烧结(球团、炼铁、炼钢)生产工序所消耗的总新鲜水消耗量(不含企业自取的海水、苦咸水、排出厂外的废水、回用的酚氰废水和浓盐水)，新鲜水消耗量供给范围包括主要生产(烧结、球团、炼铁、炼钢等)、辅助生产(含鼓风机站、氧气站、余热余能发电站、石灰窑、空压站、锅炉房、机修、电修、检化验、运输等)和附属生产(含厂部、科室、车间浴室、厕所等)，不包括企业燃煤自备电厂、矿山选矿用水和外供水量，单位为立方米(m³)；
 T —— 合格成品生产量，单位为吨(t)。

6.1.8 水重复利用率

一段时间内，烧结(球团、炼铁、炼钢)过程中重复利用水量与总用水量的百分比。重复利用水量是生产过程使用的所有未经处理(包括间接冷却循环水等)和处理后重复使用的水量的总和。计算方法如下：

$$W = \frac{W_r}{W_r + W_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

W ——水重复利用率；

W_r ——一段时间内，烧结（球团、炼铁、炼钢）工序生产过程中的重复用水量，单位为立方米（m³）；

W_n ——一段时间内，烧结（球团、炼铁、炼钢）工序生产过程中的新鲜水补充量，单位为立方米（m³）。

6.1.9 资源综合利用率

生产过程中产生的固体废物回用于生产的比例。计算方法如下：

$$R_{PD} = \frac{S_{PD}}{S_P} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

R_{PD} ——资源综合利用率；

S_{PD} ——烧结（球团、炼铁、炼钢）工序生产过程中脱硫副产物（粉尘、高炉渣、高炉瓦斯灰/泥、钢渣、含铁尘泥等）综合利用量，单位为吨（t）；

S_P ——烧结（球团、炼铁、炼钢）工序生产过程中脱硫副产物（粉尘、高炉渣、高炉瓦斯灰/泥、钢渣、含铁尘泥等）产生总量，单位为吨（t）。

6.1.10 污染物排放量

烧结（球团、炼铁、炼钢）过程中生产单位产品的某种污染物排放量。计算方法如下：

$$W_L = \frac{W_{SL}}{T} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

W_L ——烧结（球团、炼铁、炼钢）工序生产过程中某种污染物单位排放量，单位为千克每吨（kg/t）；

W_{SL} ——烧结（球团、炼铁、炼钢）工序生产过程中某种污染物年排放量，单位为千克（kg）；

T ——合格成品年生产量，单位为吨（t）；

注：此处污染物包括生产过程中各个有组织源排放的颗粒物、SO₂、NO_x（以 NO₂ 计）。

6.1.11 烧结矿（球团矿）品位

烧结矿（球团矿）的铁含量。计算方法如下：

$$F_T = \frac{Q_F}{T} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

F_T ——烧结矿（球团矿）品位；

Q_F ——烧结矿（球团矿）含铁量，单位为吨（t）；

T ——合格成品烧结矿（球团矿）生产量，单位为吨（t）。

6.1.12 烧结内循环返矿率

矿返矿量占烧结矿成品量与烧结内部返矿量之和的百分比。计算方法如下：

$$R_T = \frac{T_R}{T_R + T} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中：

R_T ——烧结返矿率；

T_R ——烧结生产过程中，烧结矿经过破碎、筛分后返回烧结过程的量（内循环返矿，不含高炉筛下

返矿),单位为吨(t);
 T ——合格成品烧结矿生产量单位为吨(t)。

6.1.13 转鼓指数

反映烧结机械强度的物理性能指标,按国家标准方法进行试验,单次测定值指试样在专用的转鼓内进行测试后,所得粒度大于规定标准的试样重量占试样总重量的百分比。计算方法如下:

$$M = \frac{T_M}{T_{MT}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:
 M ——转鼓指数;
 T_M ——试样测验后烧结矿粒度大于规定标准的重量总和,单位为千克(kg);
 T_{MT} ——烧结矿试样重量总和,单位为千克(kg)。

6.1.14 产品合格率

经过一定数量产品测试后,符合规定要求的合格产品所占的比例。计算方法如下:

$$Q = \frac{Q_Q}{Q_{QT}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:
 Q ——产品合格率;
 Q_Q ——烧结(球团、炼铁、炼钢)工序产品检验合格量,单位为吨(t);
 Q_{QT} ——烧结(球团、炼铁、炼钢)工序产品检验总量,单位为吨(t)。

6.1.15 高炉燃料比

高炉冶炼每吨合格生铁所消耗的煤粉量。计算方法如下:

$$G = \frac{G_s}{T} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:
 G ——高炉燃料比,单位为千克每吨(kg/t);
 G_s ——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,单位为千克(kg);
 T ——合格成品生铁产出量,单位为吨(t)。

6.1.16 入炉焦比

高炉冶炼每吨合格生铁所消耗的干焦炭量。计算方法如下:

$$K = \frac{Q_s}{P} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:
 K ——入炉焦比,单位为千克每吨(kg/t);
 Q_s ——年干焦耗用量,单位为千克(kg);
 P ——合格成品生铁产出量,单位为吨(t)。

6.1.17 入炉铁矿品位

入炉铁矿(人造块铁矿和天然铁矿石)的含铁量。计算方式如下:

$$F = \frac{Q_F}{Q} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中：

F ——入炉铁矿品位；

Q_F ——入炉铁矿(人造块铁矿和天然铁矿石)含铁总量,单位为吨(t)；

Q ——入炉铁矿(人造块铁矿和天然铁矿石)实物总量,单位为吨(t)。

6.1.18 高炉煤气放散率

高炉炼铁过程中放散的煤气量与产出煤气量的百分比。计算方式如下：

$$J = \frac{Q_{FS}}{Q_M} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中：

J ——高炉煤气放散率；

Q_{FS} ——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),单位为立方米每年(m^3/a)；

Q_M ——高炉煤气年总产生量,单位为立方米每年(m^3/a)。

6.1.19 钢铁料消耗

转炉或电炉炼钢生产每 1 吨合格钢水需投入的生铁料量与废钢铁料量之和。计算方式如下：

$$M_{si} = \frac{(M_i + M_w)}{M_{es}} \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中：

M_{si} ——钢铁料消耗,单位为千克每吨(kg/t)；

M_i ——生铁料量,单位为千克(kg)；

M_w ——废钢铁料量(含回收利用的含铁资源量),单位为千克(kg)；

M_{es} ——合格钢产量,单位为吨(t)。

6.1.20 钢水合格率

合格钢水产量占钢水总产量的百分比,钢水总产量含合格量和废品量。计算方式如下：

$$Se = \frac{M - M_d}{M} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中：

Se ——钢水合格率；

M ——钢水总产量,单位为吨(t)；

M_d ——各种原因造成的金属损失量,单位为吨(t)。

6.2 数据来源

6.2.1 统计

企业的原材料、能耗新鲜水耗、重复用水量、产品产量及各种资源的综合利用量等指标值,以企业生产年报或不少于连续 3 个考核周期报表的均值为准。

污染物排放指标是指污染物经末端处理设施处理后污染物的浓度或总量指标。废气污染物的排放量以烟气从各个排气口排出的总量数据统计；固体废物以企业实际产生量统计。

6.2.2 实测

如果统计数据严重缺失,可在审核期内采用实测方法取得,实测周期不宜少于 1 个月。

6.2.3 采样和监测

本指标体系中污染物指标的采样和监测按照相关技术规范执行,水污染物的监测按 GB 13456 等规定的方法进行,大气污染物的监测按 GB 28662、GB 28663、GB 28664 规定的方法进行。

参 考 文 献

- [1] GB 21256 粗钢生产主要工序单位产品能源消耗限额
 - [2] GB/T 23331 能源管理体系 要求及使用指南
 - [3] GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
 - [4] GB 32050 电弧炉冶炼单位产品能源消耗限额
 - [5] GB/T 32151.5 温室气体排放核算与报告要求 第5部分:钢铁生产企业
 - [6] T/CISA 293 钢铁企业重点工序能效标杆对标指南
 - [7] 产业结构调整指导目录(2024年本)(国家发展改革委2023年第7号令)
 - [8] 钢铁行业(烧结、球团)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2018年第17号公告)
 - [9] 钢铁行业(高炉炼铁)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2018年第17号公告)
 - [10] 钢铁行业(炼钢)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2018年第17号公告)
-