

团 体 标 准

T/CSES 65—2022

钢铁烧结烟气循环工艺及装备评价技术规范

Evaluation technical specification of sintering flue gas recirculation process and equipment in iron and steel industry

(发布稿)

2022 - 11 - 08 发布

2022 - 11 - 08 实施

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 评价要求	2
6 测试及计算方法	4
7 评价方法	5
8 评价报告	5
附 录 A （规范性） 评价指标计算方法	6

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。

本文件由中国科学院过程工程研究所提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：中国科学院过程工程研究所、河钢集团有限公司、北京科技大学、广东科洁环保工程技术有限公司。

本文件主要起草人：朱廷钰、徐文青、王新东、李玉然、李超群、邢奕、田京雷、赵瑞壮。

钢铁烧结烟气循环工艺及装备评价技术规范

1 范围

本文件规定了钢铁烧结烟气循环工艺及装备评价的术语和定义、总则、评价要求、测试及计算方法、评价方法和评价报告。

本文件适用于钢铁烧结烟气循环工艺及装备运行效果评价，包括单侧循环、双侧循环工艺。其他行业烟气循环工艺和装备运行效果评价可参照执行。

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/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
- GB/T 16845 除尘器 术语
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
- GB 50408 烧结厂设计规范
- GB/T 50632 钢铁企业节能设计标准
- HJ/T 44 固定污染源排气中一氧化碳的测定 非色散红外吸收法
- HJ 75 固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范
- HJ 77.2 环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法
- HJ/T 397 固定源废气监测技术规范
- HJ/T 426 清洁生产标准 钢铁行业（烧结）
- HJ 692 固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法
- HJ 693 固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法
- HJ 973 固定污染源废气 一氧化碳的测定 定电位电解法
- HJ 1132 固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法
- HJ 1240 固定污染源废气 气态污染物（SO₂、NO、NO₂、CO、CO₂）的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法
- JB/T 7259 烧结厂用离心式鼓风机
- YB/T 421 铁烧结矿

3 术语和定义

GB/T 16845界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

烧结烟气 sintering flue gas

烧结生产过程中所产生的含有颗粒物、SO₂、NO_x、CO、二噁英等多种污染物的废气。

3.2

烟气循环 flue gas recirculation

将部分烧结烟气返回烧结料层表面重新参与烧结生产过程。

3.3

单侧循环 single recirculation

烧结烟气由一侧循环烟道引出进入密封罩进行循环。

3.4

双侧循环 double recirculation

烧结烟气由两侧循环烟道引出进入密封罩进行循环。

3.5

烧结机利用系数 productivity of sintering machine

单位时间内烧结机每平方米有效烧结面积上生产烧结矿的数量。

3.6

烟气循环率 recirculation rate of flue gas

烧结机烟气循环利用的烟气量与烧结过程产生的总烟气量之比。

3.7

密封罩 seal cover

覆盖在烧结台车料面形成密闭空腔防止循环烟气逸散的罩体。

3.8

循环烟气含氧量 oxygen content in recirculating flue gas

密封罩循环烟气中的氧气浓度。

3.9

除尘效率 collection efficiency; overall efficiency of separator

同一时间内，除尘器捕集到的粉尘质量占进入除尘器的粉尘质量的百分比。

3.10

压力降 pressure drop

阻力

压力损失

除尘器进口断面与出口断面的气流平均全压之差。

4 总则

4.1 钢铁烧结烟气循环工艺及装备评价应以环境保护法律、法规、标准为依据，以达到国家、地方以及行业标准要求为前提，科学、客观、公正、公平地评价工艺及装备运行效果。

4.2 钢铁烧结烟气循环工艺及装备评价总分为 100 分，其中环保指标计 40 分、技术指标计 18 分、装备指标计 24 分、经济指标计 18 分。

5 评价要求

5.1 一般要求

5.1.1 钢铁烧结烟气循环工艺及装备应满足以下所有基本要求方具备参评资格。

- a) 烧结矿性能指标应符合 YB/T 421 的规定和企业高炉入炉条件；
- b) 循环风机和烧结主抽风机运行应符合 GB 50231、GB 50275、JB/T 7259 的规定；
- c) 循环烟气应全部经由密封罩进入烧结床层，无其他排放，密封罩负压应 $<0\text{Pa}$ ；
- d) 循环系统应保持稳定运行时间不少于 7 天，且与烧结机的同步运行率 $\geq 90\%$ 。
- e) 循环烟气含氧量应 $\geq 17\%$ 。

5.1.2 评价工作应在烟气循环装备移交 2 个月后，6 个月内适当时间进行，在役循环装备的评价应在检修运行半个月后进行。

5.1.3 评价数据及各项评价指标值应以检测统计资料为依据。

5.2 评价指标、评价要求及评分规则

钢铁烧结烟气循环工艺及装备评价指标体系由环保指标、技术指标、装备指标和经济指标等 4 个一级指标以及 15 个二级指标构成，评价要求及评分规则分 A、B、C 三个等级。

5.2.1 环保指标

环保一级指标由烟气量循环率、烟气量减排率、CO 减排率、NO_x 减排率和二噁英减排率 5 个二级指标构成，评价要求及评分规则见表 1。

表 1 环保指标评价要求及评分规则

序号	评价指标	评价要求	评分规则
1	烟气量循环率 %	A 级， ≥ 30 ；B 级， ≥ 20 ，且 < 30 ；C 级， < 20 。	A 级：8 分，B 级：4 分，C 级：2 分
2	烟气量减排率 %	A 级， ≥ 25 ；B 级， ≥ 15 ，且 < 25 ；C 级， < 15 。	A 级：8 分，B 级：4 分，C 级：2 分。
3	CO 减排率 %	A 级， ≥ 20 ；B 级， ≥ 10 ，且 < 20 ；C 级， < 10 。	A 级：8 分，B 级：4 分，C 级：2 分。
4	NO _x 减排率 %	A 级， ≥ 20 ；B 级， ≥ 10 ，且 < 20 ；C 级， < 10 。	A 级：8 分，B 级：4 分，C 级：2 分。
5	二噁英减排率 %	A 级， ≥ 20 ；B 级， ≥ 10 ，且 < 20 ；C 级， < 10 。	A 级：8 分，B 级：4 分，C 级：2 分。

5.2.2 技术指标

技术一级指标由固体燃耗降低率、烧结机利用系数提高率和循环烟气温度 3 个二级指标构成，评价要求及评分规则见表 2。

表 2 技术指标评价要求及评分规则

序号	评价指标	评价要求	评分规则
1	固体燃耗降低率 %	A 级， ≥ 5 ；B 级， ≥ 3 ，且 < 5 ；C 级， < 3 。	A 级：6 分，B 级：4 分，C 级：2 分。
2	烧结机利用系数提高率 %	A 级， ≥ 3 ；B 级， ≥ 1 ，且 < 3 ；C 级， < 1 。	A 级：6 分，B 级：4 分，C 级：2 分。
3	循环烟气温度 $^{\circ}\text{C}$	A 级， ≥ 200 ；B 级， ≥ 150 ，且 < 200 ；C 级， < 150 。	A 级：6 分，B 级：4 分，C 级：2 分。

5.2.3 装备指标

装备一级指标由除尘效率、除尘器阻力、循环风机运行功率和密封罩负压力4个二级指标构成，评价要求及评分规则见表3。

表 3 装备指标评价要求及评分规则

序号	评价指标	评价要求	评分规则
1	除尘效率 %	A 级, ≥ 95 ; B 级, ≥ 85 , 且 < 95 ; C 级, < 85 。	A 级: 6 分, B 级: 4 分, C 级: 2 分。
2	除尘器阻力 Pa	A 级, ≤ 1000 ; B 级, ≤ 1200 , 且 > 1000 ; C 级, > 1200 。	A 级: 6 分, B 级: 4 分, C 级: 2 分。
3	循环风机运行功率	A 级, \geq 额定功率 85%; B 级, $<$ 额定功率 85%, 且 \geq 额定功率 50%; C 级, $<$ 额定功率 50%。	A 级: 6 分, B 级: 4 分, C 级: 2 分。
4	密封罩负压力 Pa	A 级, < 0 且 ≥ -20 ; B 级, < -20 , 且 ≥ -50 ; C 级, < -50 。	A 级: 6 分, B 级: 4 分, C 级: 2 分。

5.2.4 经济指标

经济一级指标由投资费用、循环系统运行电耗和比占地面积3个二级指标构成，评价要求及评分规则见表4。

表 4 经济指标评价要求及评分规则

序号	评价指标	评价要求	评分规则
1	投资费用 万元/m ² 烧结机	单侧循环: A 级, ≤ 8 ; B 级, ≤ 10 , 且 > 8 ; C 级, > 10 。	A 级: 6 分, B 级: 4 分, C 级: 2 分。
		双侧循环: A 级, ≤ 10 ; B 级, ≤ 12 , 且 > 10 ; C 级, > 12 。	A 级: 6 分, B 级: 4 分, C 级: 2 分。
2	循环系统运行电耗 kW h/m ² 烧结机	A 级, ≤ 10 ; B 级, > 10 , 且 ≤ 15 ; C > 15 。	A 级为 6 分, B 级为 4 分, C 级为 2 分。
3	比占地面积 m ² /m ² 烧结机	单侧循环: A 级, ≤ 2 ; B 级, ≤ 3 , 且 > 2 ; C 级, > 3 。	A 级: 6 分, B 级: 4 分, C 级: 2 分。
		双侧循环: A 级, ≤ 4 ; B 级, ≤ 6 , 且 > 4 ; C 级, > 6 。	A 级: 6 分, B 级: 4 分, C 级: 2 分。

6 测试及计算方法

6.1 烧结机外排烟气量、循环烟气量、烟气温度和氧含量测量应符合 GB/T 16157、HJ/T 397 的规定要求，烧结机外排烟气量应为烧结主抽风机出口烟气量，循环烟气量应为循环风机出口烟气量，循环烟气温度和含氧量应为密封罩内温度和含氧量。

6.2 CO 测试应符合 GB/T 16157、HJ/T 44、HJ 973、HJ 1240 的规定要求。

6.3 NO_x 测试应符合 GB/T 16157、HJ 692、HJ 693、HJ 1132、HJ 1240 的规定要求。

6.4 CO 和 NO_x 排放率计算应符合 HJ/T 75、HJ 1240 的规定要求，减排率计算参照附录 A。

6.5 二噁英测试应符合 HJ 77.2 的规定要求，减排率计算参照附录 A。

6.6 固体燃耗计算应符合 GB 50632、HJ/T 426 的规定要求，固体燃耗降低率计算参照附录 A。

- 6.7 烧结机利用系数计算应符合 GB 50408 的规定要求，烧结机利用系数提高率计算参照附录 A。
- 6.8 除尘器除尘效率、阻力测试应符合 GB/T 16157 的规定要求，除尘效率计算参照附录 A。
- 6.9 密封罩负压力指密封罩空腔内静压，其测试应符合 GB/T 16157 的规定要求。
- 6.10 占地面积指工艺系统占地面积，以竣工图为准，比占地面积计算参照附录 A。

7 评价方法

钢铁烧结烟气循环工艺及装备评价总分为环保指标、技术指标、装备指标、经济指标评分之和，等级采取从高分到低分取值原则分为以下三个等级：

- a) 总分 ≥ 80 分，一级，优秀；
- b) 总分 ≥ 60 分且 < 80 分，二级，良好；
- c) 总分 < 60 分，三级，合格。

8 评价报告

钢铁烧结烟气循环工艺及装备评价报告至少应包括：

- a) 烧结生产及烟气处理系统概况；
- b) 烧结烟气循环工艺流程和主要装备性能参数；
- c) 烟气循环所执行的标准和相关政策文件；
- d) 运行效果评价试验；
- e) 环保指标评价结果；
- f) 技术指标评价结果；
- g) 装备指标评价结果；
- h) 经济指标评价结果；
- i) 存在问题及整改建议；
- j) 综合评价结论；
- k) 附录（含重要运行数据、检测数据、批复文件等）。

附录 A
(规范性)
评价指标计算方法

A.1 烟气量循环率

烟气量循环率按式 (1) 计算

$$\zeta = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中:

ζ —烟气量循环率, %;

V_1 —采用烟气循环后烧结机外排烟气量, 单位为立方米每小时 (Nm³/h);

V_2 —烧结机循环烟气量, 单位为立方米每小时 (Nm³/h)。

A.2 烟气量减排率

烟气量减排率按式 (2) 计算

$$\eta = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

η —烟气量减排率, %;

V_0 —采用烟气循环前烧结机外排烟气量, 单位为立方米每小时 (Nm³/h);

V_1 —采用烟气循环后烧结机外排烟气量, 单位为立方米每小时 (Nm³/h)。

A.3 CO 减排率

CO减排率按式 (3) 计算

$$\alpha_{CO} = \frac{CO_0 - CO_1}{CO_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

α_{CO} —CO 减排率, %;

CO_0 —采用烟气循环前 CO 排放率, 单位为千克每小时 (kg/h);

CO_1 —采用烟气循环后 CO 排放率, 单位为千克每小时 (kg/h)。

A.4 NO_x 减排率

NO_x减排率按式 (4) 计算

$$\alpha_{NOx} = \frac{NOx_0 - NOx_1}{NOx_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

α_{NOx} —NO_x 减排率, %;

NOx_0 —采用烟气循环前 NO_x 排放率, 单位为千克每小时 (kg/h);

NOx_1 —采用烟气循环后 NO_x 排放率, 单位为千克每小时 (kg/h)。

A.5 二噁英减排率

二噁英减排率按式 (5) 计算

$$\alpha_{Dio} = \frac{Dio_0 - Dio_1}{Dio_0} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:

α_{Dio} —二噁英减排率, %;

Dio_0 —采用烟气循环前二噁英浓度, 单位为纳克毒性当量每立方米 (ngTEQ/m³);

Dio_1 —采用烟气循环后二噁英浓度, 单位为纳克毒性当量每立方米 (ngTEQ/m³)。

A.6 固体燃耗降低率

固体燃耗降低率按式 (6) 计算

$$\gamma = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中:

γ —固体燃耗降低率, %;

Q_0 —采用烟气循环前固体燃耗, 单位为千克每吨烧结矿 (kg/t-s);

Q_1 —采用烟气循环后固体燃耗, 单位为千克每吨烧结矿 (kg/t-s)。

A.7 烧结机利用系数提高率

烧结机利用系数提高率按式(7)计算

$$\delta = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中:

δ —烧结机利用系数提高率, %;

Z_0 —采用烟气循环前烧结机利用系数, 单位为吨每平方米每小时 (t/m²h);

Z_1 —采用烟气循环后烧结机利用系数, 单位为吨每平方米每小时 (t/m²h)。

A.8 除尘效率

除尘效率按式(8)计算

$$\omega = \frac{y_1 - y_2}{y_1} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中:

ω —除尘效率, %;

y_1 —除尘器进口粉尘量, 单位为克每秒 (g/s);

y_2 —除尘器出口粉尘量, 单位为克每秒 (g/s)。

A.9 比占地面积

比占地面积按式(9)计算

$$\tau = \frac{S_F}{S_S} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中:

τ —比占地面积, m²/m²烧结机;

S_F —烟气循环系统占地面积, 单位为平方米 (m²);

S_S —烧结机有效烧结面积, 单位为平方米 (m²)。