

团 体 标 准

T/CIECCPA 033—2023

钢铁烧结球团烟气低温 SCR 脱硝节能技术 要求

Energy saving technical requirements of sintering and pelletizing
emission low temperature SCR denitration system

2023 - 07 - 31 发布

2023 - 08 - 07 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

CLECCRA

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 工艺流程和技术原理 2

 4.1 工艺流程 2

 4.2 低温 SCR 脱硝节能技术 2

 4.3 节能原理 2

5 技术要求 3

 5.1 一般要求 3

 5.2 烟气脱硫技术要求 3

 5.3 烟气-烟气换热器 (GGH) 技术要求 3

 5.4 燃气热风炉技术要求 3

 5.5 喷氨系统技术要求 4

 5.6 低温 SCR 脱硝反应器技术要求 4

 5.7 低温 SCR 脱硝催化剂技术要求 4

6 节能率要求 4

 6.1 低温 SCR 脱硝加热燃气节能率要求 4

 6.2 低温 SCR 脱硝引风机用电节能率要求 5

7 计算方法 5

 7.1 GGH 换热器热端温差计算 5

 7.2 GGH 换热器漏风率计算 5

 7.3 催化剂入口烟气流速偏差（均方根偏差率）计算 5

 7.4 低温 SCR 脱硝加热燃气节能率计算 6

 7.5 低温 SCR 脱硝引风机用电节能率计算 6

图 1 烧结球团烟气低温 SCR 脱硝的基本工艺流程图 2

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

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。

本文件主要起草单位：同兴环保科技股份有限公司、北京方信立华科技有限公司、安徽海螺环境科技有限公司、润和催化剂股份有限公司、北京华电光大环境股份有限公司、大唐南京环保科技有限责任公司、山东国舜建设集团有限公司、山西普丽环境工程股份有限公司、成都达奇环境科技有限公司、青岛华世洁环保科技有限公司、中建中环新能源有限公司、南京理工大学、国能无锡环保科技有限公司、黄山天之都环境科技发展有限公司、中国石油天然气股份有限公司兰州化工研究中心、上海润和盛建石化工程技术有限公司。

本文件主要起草人：郑勇、苏龙龙、李凯、吴锐、段天祥、代永强、刘新生、杨广鹏、曲艳超、肖婷、王虎、纵宇浩、沈先锋、邓向辉、杨凤岭、仇洪波、张志华、秦宏伟、李新、黄昆明、展宗城、孟庆锐、徐增辉、李响、张舒乐、虞君、蔡灿锋、王健、孙龙、巫树锋、刘军强、梁金鹏。

钢铁烧结球团烟气低温 SCR 脱硝节能技术要求

1 范围

本文件规定了钢铁烧结球团排放烟气低温SCR脱硝系统节能技术的术语和定义、工艺流程和技术原理、技术要求、节能率要求和计算方法。

本文件适用于钢铁企业中烧结球团采用全烟气治理的低温SCR脱硝系统节能技术的设计建设（改造）、运行管理，其他相近行业可参照执行。

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 631 化学试剂 氨水
- GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则
- GB/T 31584 平板式烟气脱硝催化剂
- GB/T 31587 蜂窝式烟气脱硝催化剂
- GB/T 38219 烟气脱硝催化剂检测技术规范
- GB 50632-2019 钢铁企业节能设计规范
- DL/T 1286 火电厂烟气脱硝催化剂检测技术规范
- DL/T 5480-2022 火力发电厂烟气脱硝系统设计规程
- YB/T 4861-2020 烧结烟气中温选择性催化还原法脱硝技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

SCR脱硝系统 (SCR denitration system)

采用 SCR 脱硝催化剂，以氨（ NH_3 ）为还原剂，烟气中的 NO_x 在 SCR 催化剂作用下选择性催化还原为 N_2 和 H_2O 。

注：本文件中的“低温 SCR 脱硝”指运行温度在 180-220℃之间的 SCR 脱硝系统，“中温 SCR 脱硝”指运行温度在 280-320℃之间的 SCR 脱硝系统。

3.2

烟气-烟气换热器 (gas gas heater:GGH)

通过高温烟气与低温烟气间接换热, 利用高温烟气的热量加热低温烟气的换热设备。

3.3

燃气热风炉 (gas-fired hot-blast stove)

以可燃气体 (天然气、焦炉煤气、高炉煤气、混合煤气等) 为燃料, 燃烧后的热风与烟气混合以提高烟气温度的设备。

3.4

低温 SCR 脱硝反应器 (low temperature SCR denitration reactor)

用于布置低温 SCR 催化剂, 外加还原剂 NH_3 和烟气中的 NO_x 进行 SCR 反应, 实现低温脱硝的反应设备。

3.5

低温 SCR 脱硝催化剂 (low temperature SCR denitration catalyst)

长期高效运行在 $180\text{--}220^\circ\text{C}$ 的 SCR 催化剂, 外加还原剂 NH_3 与烟气中的 NO_x 在催化剂表面发生选择性催化还原反应, 生成 N_2 和 H_2O , 同时不对烟气中的其他成分有促进和催化作用。

4 工艺流程和技术原理

4.1 工艺流程

钢铁烧结球团烟气低温 SCR 脱硝的基本工艺流程如图 1 所示。

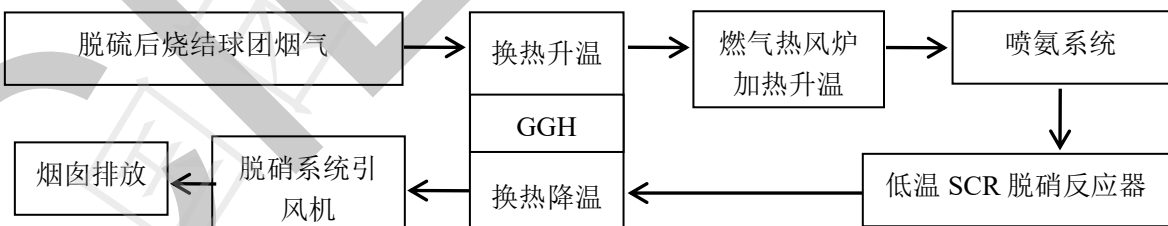


图 1 烧结球团烟气低温 SCR 脱硝的基本工艺流程图

4.2 低温 SCR 脱硝节能技术

钢铁烧结球团烟气低温 SCR 脱硝节能技术是在烧结或球团烟气经过烟气脱硫净化后采用低温 SCR 催化剂进行脱硝, 同时通过烟气换热、系统保温等技术手段实现 SCR 脱硝工艺系统节能的目的。

4.3 节能原理

低温 SCR 脱硝节能技术原理为：采用低温 SCR 脱硝催化剂时，系统运行温度降低，GGH 的热端温差降低，同时脱硝反应器向环境散失热量降低，可节省燃气热风炉燃料消耗；烟气工况流量减小，脱硝系统阻力降低，引风机电耗降低。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 烧结球团烟气新建低温 SCR 脱硝系统或已经建设运行的中温 SCR 脱硝系统改造为低温 SCR 脱硝系统，其能耗应满足 GB 50632-2019 的要求。

5.1.2 烧结球团烟气低温 SCR 脱硝系统工程实施应满足国家及行业相关技术规范及标准，并符合 YB/T 4861-2020 的要求。

5.1.3 烧结球团烟气低温 SCR 脱硝系统应用应满足国家及地方环保排放要求，或钢铁行业烧结球团烟气超低排放要求 $\text{NO}_x \leq 50 \text{mg/Nm}^3$ 。

5.2 烟气脱硫技术要求

5.2.1 烧结球团烟气在进入低温 SCR 脱硝之前进行脱硫净化，脱硫后烟气 SO_2 、颗粒物排放浓度符合国家和地方有关要求，一般应满足 $\text{SO}_2 \leq 35 \text{mg/Nm}^3$ ，颗粒物浓度 $\leq 10 \text{mg/Nm}^3$ 。

5.2.2 烧结球团烟气如果采用湿法脱硫工艺，宜在进入低温 SCR 脱硝装置前对烟气进行冷凝和升温以降低烟气含湿量。建议采用管道直接降温、换热降温、烟气除雾、换热升温等设备。

5.2.3 烧结球团烟气如果采用半干法或干法脱硫，应直接进入 GGH 换热器进行升温。

5.3 烟气-烟气换热器 (GGH) 技术要求

5.3.1 GGH 设备有回转式、板式、热管式等不同形式，烧结球团烟气低温 SCR 工艺宜用回转式 GGH 设备进行脱硝出口高温烟气与脱硝入口低温烟气换热，以减少低温 SCR 脱硝的加热燃料消耗。

5.3.2 GGH 设计选型应考虑低温 SCR 催化剂在线激活的需要，在催化剂在线激活运行温度 280°C 时 GGH 的热端温差 $\leq 30^\circ\text{C}$ ，在催化剂运行温度 220°C 时 GGH 的热端温差 $\leq 24^\circ\text{C}$ 。

5.3.3 GGH 设计选型的原烟气侧和净烟气侧阻力之和应 $\leq 1700 \text{Pa}$ 。

5.3.4 GGH 设备的烟气漏风率应 $\leq 1.5\%$ （低泄漏系统投运）或 $\leq 2\%$ （低泄漏系统不投运）。

5.4 燃气热风炉技术要求

5.4.1 燃气热风炉常用外置式燃气热风炉和内置式燃气热风炉两种设备形式，宜采用内置式燃气热风炉，减少热风炉设备散热损失，降低系统加热燃料消耗。

5.4.2 设计应进行热风 and 烟气混合过程的流场模拟，设置必要的强制混合设施，保证热风 and 烟气充分均匀混合。

5.4.3 热风炉燃气调节阀的调节控制应与低温 SCR 脱硝催化剂的入口平均温度连锁，保证热风量实时调节，降低燃料消耗。

5.4.4 热风炉应合理配置配风风量，保证热风炉出口热风温度在 800℃ 以上。

5.4.5 热风炉在使用高炉煤气作为燃料时，应虑防止熄火措施，如引入部分焦炉煤气等。

5.5 喷氨系统技术要求

5.5.1 烧结球团烟气低温 SCR 脱硝可以采用氨水、液氨或尿素作为脱硝反应应用氨的来源，工程应用以氨水蒸发制备气态氨为主。

5.5.2 如采用氨水蒸发制备气态氨，宜采用烟气蒸发氨水工艺代替蒸汽蒸发氨水工艺，以降低能耗，氨水应符合 GB/T 631 的要求。

5.5.3 喷氨混合系统设计应进行气态氨和烟气混合过程的流场模拟，设置必要的强制混合设施，保证气态氨和烟气充分均匀混合。

5.6 低温 SCR 脱硝反应器技术要求

5.6.1 低温 SCR 脱硝反应器的催化剂层数通常采用 N+1 层设计（N=2、3），应根据烟气参数和脱硝效率确定催化剂层数。建议按照 2+1 层催化剂布置，以降低催化剂层运行阻力，低温 SCR 催化剂应符合的 GB/T 31584 或 GB/T 31587 的要求。

5.6.2 低温 SCR 脱硝反应器入口应设置导流均流装置，并进行反应器的数值模拟验证优化，保证烟气进入第一层催化剂时满足下列条件：入口烟气流速偏差 $\leq \pm 15\%$ （均方根偏差率）；入口烟气流向角度 $\leq \pm 10^\circ$ ；入口烟气温度偏差 $\leq \pm 10^\circ\text{C}$ ， NH_3/NO_x 的摩尔比相对标准偏差应不大于 5%，数值模拟应符合 DL/T 5480-2022 的要求。

5.6.3 低温 SCR 脱硝反应器应设置完整的保温结构，保温结构的表面温度应符合以下要求：当环境温度不超过 25℃ 时，其表面温度不超过 50℃；当环境温度大于 25℃ 时，其表面温度不超过环境温度与 25℃ 之和。

5.6.4 低温 SCR 脱硝反应器的散热损失应不超过 GB/T 4272 规定的最大热损失的允许值。

5.6.5 低温 SCR 脱硝反应器空塔设计流速一般为 3-5m/s，烟气流向宜竖直向下。

5.7 低温 SCR 脱硝催化剂技术要求

5.7.1 低温 SCR 脱硝催化剂应满足在 180-220℃ 连续运行，出口 NO_x 、氨逃逸同时满足钢铁行业国家超低排放标准以及地方特别（应急）管控要求。

5.7.2 低温 SCR 脱硝催化剂的化学寿命不低于 3 年，机械寿命不少于 5 年。

5.7.3 低温 SCR 脱硝催化剂对烟气中 SO_2/SO_3 转化率小于 1%。

5.7.4 单层低温 SCR 脱硝催化剂的运行阻力 $\leq 250\text{Pa}$ 。

5.7.5 低温 SCR 脱硝催化剂的其他技术指标应按 GB/T 38219、DL/T 1286 的要求进行检测。

6 节能率要求

6.1 低温 SCR 脱硝加热燃气节能率要求

同一系统在相同烟气条件下，低温 SCR 脱硝系统 180-220℃运行时对比 280-320℃运行时加热燃气节能率 $\geq 25\%$ 。

6.2 低温 SCR 脱硝引风机用电节能率要求

同一系统在相同烟气条件下，低温 SCR 脱硝系统 180-220℃运行时对比 280-320℃运行时脱硝引风机用电节能率 $\geq 8\%$ 。

7 计算方法

7.1 GGH 换热器热端温差计算

GGH 换热器热端温差以 ΔT_r 计，按公式（1）计算：

$$\Delta T_r = T_{r2} - T_{r1} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T_{r1} —GGH 换热器原烟气热端温度，单位为摄氏度（℃）；

T_{r2} —GGH 换热器净烟气热端温度，单位为摄氏度（℃）；

7.2 GGH 换热器漏风率计算

GGH 换热器漏风率以 L （%）计，按公式（2）计算：

$$L = \frac{E_3 - E_2}{E_1 - E_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

E_1 —GGH 换热器原烟气入口 NO_x 浓度（ mg/Nm^3 ）；

E_2 —GGH 换热器净烟气入口 NO_x 浓度（ mg/Nm^3 ）；

E_3 —GGH 换热器净烟气出口 NO_x 浓度（ mg/Nm^3 ）；

7.3 催化剂入口烟气流速偏差（均方根偏差率）计算

催化剂入口烟气流速偏差（均方根偏差率）以 σ_r 计，按公式（3）计算：

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{(n-1) \times \bar{v}^2}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

σ_r —催化剂入口烟气流速相对均方根偏差率，无量纲；

v_i —催化剂入口测点烟气流速，单位为米/秒（m/s）；

\bar{v} —催化剂入口截面烟气平均流速，单位为米/秒（m/s）；

n —催化剂入口截面上的速度测点数目，单位为数量（个）；测点的选择按照 GB/T 16157 执行。

7.4 低温 SCR 脱硝加热燃气节能率计算

低温 SCR 脱硝系统燃气消耗节能率以 ξ_g （%）计，按公式（4）计算：

$$\xi_g = \frac{Q_{zg} - Q_{dg}}{Q_{zg}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Q_{zg} —统计期内中温 SCR 脱硝系统运行时加热用燃气热量小时平均值，对于新建低温 SCR 脱硝系统采用催化剂热激活运行温度 $\geq 280^\circ\text{C}$ 时加热用燃气热量小时平均值，单位为千焦/小时（kJ/h）；

Q_{dg} —统计期内低温 SCR 脱硝系统运行时加热用燃气热量小时平均值，单位为千焦/小时（kJ/h）；

7.5 低温 SCR 脱硝引风机用电节能率计算

低温 SCR 脱硝引风机用电节能率以 ξ_e （%）计，按公式（5）计算：

$$\xi_e = \frac{Q_{ze} - Q_{de}}{Q_{ze}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Q_{ze} —统计期内中温 SCR 脱硝系统运行时脱硝引风机用电量小时平均值，对于新建低温 SCR 脱硝系统采用催化剂热激活运行温度 $\geq 280^\circ\text{C}$ 时时脱硝引风机用电量小时平均值，单位为千瓦时/小时（kWh/h）；

Q_{de} —统计期内低温 SCR 脱硝系统运行时脱硝引风机用电量小时平均值，单位为千瓦时/小时（kWh/h）。