

ICS 13.020.40

CCS Z05

团 体 标 准

T/CI 079-2022

焦炉烟气全干法净化技术规范

Technical specifications for dry decontamination of coke oven flue gas

2022-9-29 发布

2022-9-29 实施

中国国际科技促进会 发布

目 次

前 言	III
焦炉烟气全干法净化技术规范.....	1
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总体要求.....	3
5 净化工艺.....	3
5.1 工艺流程.....	3
5.2 原理.....	3
6 适用条件及排放要求.....	4
7 净化系统技术要求.....	4
7.1 系统组成.....	4
7.2 脱硫除尘系统.....	4
7.3 SCR 脱硝系统.....	5
7.4 余热回收系统.....	6
8 监测及过程控制.....	6
9 环保与安全.....	7
9.1 一般规定.....	7
9.2 环境保护.....	8
9.3 劳动安全.....	8
10 净化效果.....	9
11 施工与验收.....	9
11.1 工程施工.....	9
11.2 工程验收.....	9
11.3 环境保护验收.....	10

12 运行与维护.....	10
12.1 一般规定.....	10
12.2 人员与运行管理.....	10
12.3 维护保养.....	11
12.4 其他.....	11

前 言

本文件按照《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由清华大学提出，中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：清华大学、萍乡市华星环保工程技术有限公司、浙江致远环境科技有限公司、中冶京诚工程技术有限公司、昆明理工大学。

本文件主要起草人：李俊华、陈建军、宁平、杨昆、单良、李波、李凯、李惠林，邓国敢、邱明英、朱繁、王建华、任乐、王学谦、宋辛。

本文件是首次发布。

焦炉烟气全干法净化技术规范

1 范围

本文件规定了焦炭行业焦炉烟气全干法脱硫脱硝的总体技术要求，包括技术的术语和定义、原理与工艺，以及设计、施工、验收、运行维护等技术要求。

本文件适用于焦炭行业中装煤工序、导焦工序、炼焦工序中产生的焦炉烟气和干熄焦工序中循环气体置换排放气、排焦溜槽烟气的全干法脱硫脱硝净化系统。煤气净化生产系统制酸单元的尾气宜送至本脱硫脱硝系统统一处理。可作为炼焦化学工业建设项目环境影响评价、环保设施设计与施工、建设项目环境保护验收及建设后运行与管理的技术依据。

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。所有引用文件及其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 536 液体无水氨
- GB 2440 尿素
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50087 工业企业噪声控制设计规范
- GB 50222 建筑内部装修设计防火规范
- GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB/T 19229.2 燃煤烟气干法半干法脱硫
- GB/T 33017 高效能大气污染物控制装备评价技术要求
- GB/T 34339 燃煤烟气脱硝喷氨混合系统
- GB/T 36496 含氨(铵)废液处理处置方法
- GB/Z 1 工业企业设计卫生标准
- HJ/T 288 环境保护产品技术要求.湿式烟气脱硫除尘装置
- DL/T 335 火电厂烟气脱硝 SCR 系统运行技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

全干法脱硫 dry flue gas desulfurization

将粉末状或颗粒状脱硫剂、吸附剂或催化剂喷入烟气脱硫反应器中，使其与烟气中 SO_2 等含硫气体充分接触去除烟气中的 SO_2 ，同时通过物理/化学吸附去除一些无机和有机微量物质。

3.2

选择性催化还原法 selective catalytic reduction (SCR)

利用还原剂 (NH_3 和尿素等) 在催化剂作用下有选择性地与烟气中的 NO_x 发生化学反应，生成氮气 (N_2) 和水 (H_2O) 的方法。

3.3

中低温 SCR 脱硝 selective catalytic reduction denitrification at medium-low temperature

在中低温 ($180\sim 280$) $^\circ\text{C}$ 烟气条件下，利用氨、尿素等作为还原剂，在催化剂的作用下将 NO_x 选择性地催化还原成 N_2 和 H_2O ，从而脱除烟气中 NO_x 的工艺技术。

3.4

SCR 反应器 SCR reactor

烟气脱硝系统中选择性催化还原脱除 NO_x 的反应装置。

3.5

系统压损 system pressure loss

指烟气净化系统在设计工况条件下进出口烟气流体的平均全压差。

3.6

装置可利用率 operation availability rate

指烟气净化装置每年正常运行时间占焦炉每年总运行时间的百分比，以%表示。

3.7

热备 hot standby

焦炉废气是通过热浮力产生负压将烟气排出去的，所以为了使烟囱具备一定

的吸力，烟囱必须具备一定的温度，即热备。

4 总体要求

4.1 焦炉烟气脱硫脱硝系统的调试、启/停和运行应不影响焦炉的正常工作，必须保证外排烟囱的热备状态和事故工况下的快速响应，设计烟气旁路系统设快速开启阀门，与脱硫脱硝系统的风机设置安全连锁。

4.2 大部分在用焦炉在原始设计中很少考虑烟气的脱硫脱硝设备，无预留净化设备占地，导致场地十分狭窄，要求治理设施占地面积小，布置紧凑。

4.3 焦炉烟气脱硫脱硝装置应执行国家现行的相关政策、标准、规范和规程。设计脱硫脱硝效率应满足相应的排放标准和总量控制的要求。

5 净化工艺

5.1 工艺流程

焦炉烟气全干法脱硫脱硝净化工艺流程见图 1。

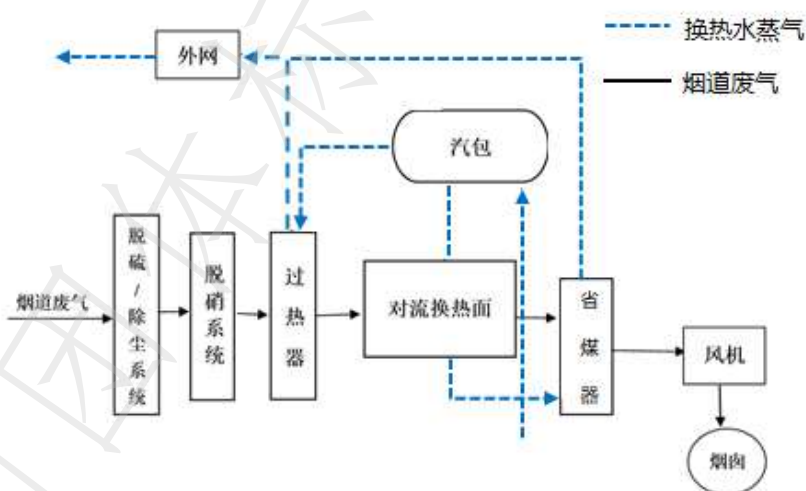


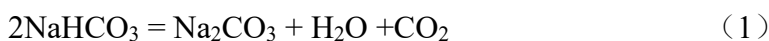
图 1 焦炉烟气全干法脱硫脱硝净化工艺流程

5.2 原理

5.2.1 焦炉烟气全干法脱硫原理

将粉末状或颗粒状脱硫剂、吸附剂或催化剂喷入烟气脱硫反应器中，脱硫剂与烟气中的 SO_2 等含硫气体充分接触，通过物理化学吸附去除烟气中的 SO_2 ，同时去除一些无机和有机微量物质。

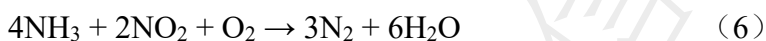
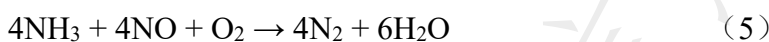
以碳酸氢钠作为脱硫剂为例，发生的主要化学反应式见式（1）-（4）：



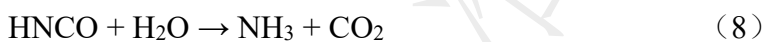
5.2.2 焦炉烟气全干法脱硝原理

在中低温下（180~280℃），利用氨、尿素作为还原剂，在中低温催化剂的作用下将 NO_x 选择性地催化还原成 N_2 和 H_2O ，从而脱除 NO_x 。

以氨为还原剂发生的主要化学反应式见式（5）-（6）：



以尿素为还原剂，增加以下化学反应式（7）-（8）：



6 适用条件及排放要求

焦炉烟气全干法脱硫脱硝工艺处理净化焦炉烟气，系统入口烟气温度的为 180~280℃。污染物排放应满足《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（环大气[2019]35号）及建设单位要求的环保标准要求。

7 净化系统技术要求

7.1 系统组成

7.1.1 焦炉烟气全干法脱硫脱硝系统由工艺系统和公辅系统两部分组成。

7.1.2 工艺系统包括：脱硫除尘系统、SCR 脱硝系统和余热回收系统等。

7.1.3 公辅系统包括：电气系统、自动控制系统、电讯系统、压缩空气系统、氮气系统（如需要）、循环水系统（如现场循环水不足，可自建循环水系统）、生活水系统等。

7.2 脱硫除尘系统

7.2.1 全干法脱硫除尘器系统主要由脱硫剂喷射系统、脱硫反应器及其布袋除尘器、副产物排出系统组成。

7.2.2 脱硫剂可采用氢氧化钙（消石灰）超细粉、碳酸氢钠粉等；固定床全干法脱硫采用颗粒状脱硫剂。

7.2.3 一般情况下，焦炉烟气温度为 180~280℃，脱硫脱硝系统设计应考虑焦炉烟气温度对脱硫脱硝系统烟道设计的影响。

7.2.4 脱硫剂料仓配有必要的阀门、仪表、流化装置和排气除尘器。料仓设料位计用来监控仓内料位，料仓出口配有空气流化装置，以便干态吸附剂从料仓中流出并避免发生板结和起拱堵料。

7.2.5 钠基脱硫剂纯度要求不小于 80%，在注入烟道或脱硫反应器前，须经过研磨细度达到 $d_{90} < 20 \mu\text{m}$ 。

7.2.6 研磨机建议采用一用一备，配套输送风机；如果直接采用达标粒径的脱硫剂，不需配置此设备。

7.2.7 脱硫剂颗粒经磨机细化后与来自总烟道的烟气在脱硫反应器反应，停留时间不低于 2s，再进入除尘器除尘并继续反应。脱硫反应器、除尘器底部设机械排灰装置，采用连续排灰，避免板结。

7.2.8 全干法脱硫应根据出入口 SO_2 的浓度，确定脱硫效率，并满足达标排放要求。

7.2.9 烟气除尘根据实际情况选用合适的除尘装置（机械除尘、电除尘、袋式除尘或湿式除尘中的一种或多种耦合），经过脱硫除尘装置后，烟气中的颗粒物浓度要求不高于 10 mg/Nm^3 。除尘设备应满足 GB/T 33017《高效能大气污染物控制装备评价技术要求》、HJ/T 288《环境保护产品技术要求 湿式烟气脱硫除尘装置》和 GB/T 19229.2《燃煤烟气干法半干法脱硫》等相关规定。

7.3 SCR 脱硝系统

7.3.1 焦炉烟气脱硝采用中低温 SCR 脱硝工艺，还原剂可使用氨（水）、尿素或者液氨，其储存处置方法应满足 GB 2440《尿素》和 GB/T 34339《煤烟气脱硝喷氨混合系统》中的相关规定。

7.3.2 脱硝系统在设计工况烟气温度应维持在 180~280℃之间，脱硝装置脱硝效率不小于 85%。

7.3.3 NO_x 浓度在 800 mg/Nm^3 以下催化剂宜按“2+1 层”模式布置，2 层填装，1 层预留；浓度在 800 mg/Nm^3 以上宜按“3+1 层”模式布置，3 层填装，1 层预留。

7.3.4 反应器出口的 NH_3 逃逸量小于 $3 \mu\text{mol/mol}$, SO_2/SO_3 的转化率小于 1%。

7.3.5 脱硝系统：包括进口烟道、出口烟道及脱硝反应器，系统总阻力小于 1200 Pa。

7.3.6 采用氨（水）为还原剂，应配备稀释风机及氨水蒸发器，其中稀释风机布置两台，建议一用一备，稀释风机流量选型应在设计流量基础上增加 25% 余量。

7.3.7 SCR 烟气脱硝系统需考虑基础的荷载变化、SCR 结构内严重积灰时的总体荷重和当地最大风速时的结构稳定和安全。

7.3.8 喷氨装置应满足入口流量范围为 20~110%，氨水能够 100% 地进行雾化蒸发，催化剂入口的还原剂分布相对偏差应小于 5%，还原剂分布不能满足的应在喷氨格栅后增设静态混合器。用 A 计权测得的噪音等级不超过 85 dB。

7.3.9 在脱硝反应器出口安装实时烟气参数监测装置，监测的项目包括： NO_x 、 O_2 、 NH_3 、压力、温度等。

7.3.10 氨区所有带电的设备均应防腐蚀，以提高控制系统的可靠性。

7.3.11 脱硝反应器宜考虑分仓设计，争取能实现在线更换催化剂及检修。

7.3.12 脱硝反应器前宜设置加热系统，对低温烟气进行升温，确保脱硝效率；必要时可实现催化剂的加热再生。

7.4 余热回收系统

7.4.1 应在不影响焦炉正常生产的情况下最大限度地利用余热资源。

7.4.2 主蒸汽额定汽温偏差为 $\pm 5^\circ\text{C}$ ，在可能运行的条件工况下，各段受热面的金属壁温都在允许范围之内。

7.4.3 适用于露天布置，并采取适当防雨、避雷的措施。

7.4.4 在定压运行下有良好的对负荷变动的适应性，在变负荷运行时，有足够的安全可靠，以适应系统或控制装置在运行中产生的偏差。

7.4.5 采用有效的停炉保护措施，并提供有关设备及系统。

7.4.6 经余热锅炉吸收余热后，温度降至 $170 \pm 10^\circ\text{C}$ 以下。

7.4.7 余热锅炉宜布置在引风机前端，以便降低风机投资成本。

8 监测及过程控制

监测及过程控制要求如下：

(1) 脱硫脱硝系统入口、出口各设置一套在线监测装置，监测 SO_2 和 NO_x 浓度；

(2) 脱硝系统出口设置一套氨逃逸在线监测装置，监测氨气浓度；

(3) 进、出口烟气在线监测装置的监测项目及方法应符合国家、地方和行业有关标准规范要求；

(4) 进、出口在线监测项目应包括： SO_2 浓度、 NO 浓度、 NO_2 浓度（同时对 NO 、 NO_2 浓度进行计算，显示 NO_x 浓度）、颗粒物浓度、 O_2 浓度、烟气流速、温度、压力、湿度等；

(5) 按照相关标准要求，定期对在线监测装置进行人工比对、校准；

(6) 在线监测数据应具有上传功能，便于环保管理部门及时掌握烟气排放情况；

(7) 氨区应设置氨气泄漏检测器、声光报警装置及自动水喷雾装置，氨气浓度大于或等于 30 mg/m^3 时应能自动报警、同时启动水喷雾装置。

9 环保与安全

焦炉烟气全干法脱硫脱硝工艺除满足本规范要求外，还应符合环保、安全、卫生、消防及其他相关专业设计的国家、地方和行业标准及规范要求。

9.1 一般规定

生产中一般应满足下列要求：

a) 焦炉烟气全干法脱硫脱硝工艺除满足本规范要求外，还应符合环保、安全、卫生、消防及其他相关专业设计的国家标准及规范要求；

b) 焦炉烟气脱硫脱硝系统的防火、防爆设计应符合 GB 50016《建筑设计防火规范》、GB 50222《建筑内部装修设计防火规范》等有关标准的规定；

c) 焦炉烟气脱硫脱硝设施室内防泄漏、防噪声与振动、防电磁辐射、防暑与防寒等要求应符合 GB Z1《工业企业设计卫生标准》的规定；

d) 整个脱硫脱硝系统装置的可利用率不低于 98%；

e) 脱硫脱硝烟气送回烟囱的温度宜 $\geq 160^\circ\text{C}$ ，保持烟囱的吸力；

f) 按相关标准要求加热炉附近设置煤气报警仪。

9.2 环境保护

设备系统的安装、检修、调试和运行等过程应符合下列环保要求：

a) 焦炉烟气脱硫脱硝工程竣工环境保护验收应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的规定进行；

b) 还原剂制备区废液必须经过处理达到国家环保排放标准，严禁直接对外排放或者按照国家标准要求排放或者处理，具体处置需满足 GB/T 36496《含氨(铵)废液处理处置方法》中的相关规定；

c) 焦炉烟气脱硫脱硝系统噪声控制应满足 GB 50087《工业企业噪声控制设计规范》和 GB 12348《工业企业厂界环境噪声排放标准》的规定，应尽可能采用噪声低的设备。对于噪声较高的设备，应采取减振消声措施，尽量将噪声源和操作人员隔开，工艺允许远距离控制的，可设置隔声操作（控制）室；

d) 焦炉烟气脱硫脱硝系统废催化剂需提交给有资质的处理单位处理，并按标准要求临时存储，严禁私自处理与长期堆放。脱硫灰可做一般废弃物处理处置，或用作生产水泥；

e) 氨排放管路应为封闭系统，在卸氨后的设备及管道清理、事故或长期停机状态下，氨储罐及管道中的氨气应排放至氨气吸收槽，用水稀释后排入厂区内废水处理系统集中处理；

f) 脱硫脱硝系统在工艺选择、设备选择、节能节水节地和运营管理等均应按照有关规定执行，建立满足规范要求的清洁生产环境。

9.3 劳动安全

a) 焦炉烟气脱硫脱硝系统的建设应遵守 GB/T 12801《生产过程安全卫生要求总则》及其他有关规定；

b) 氨区设备、设施应严格按照《特种设备安全监察条例》的规定进行安全检查、检测和监察；

c) 喷氨混合系统的技术要求、检验验收、标牌标志、包装运输和储存应符合 GB/T 34339《燃煤烟气脱硝喷氨混合系统》的规定；

d) 采用液氨为还原剂时，液氨品质应符合 GB 536《液体无水氨》技术指标的要求；采用尿素为还原剂时，尿素品质应符合 GB/T 2440《尿素》技术指标的要求；

e) 脱硫脱硝系统运行应符合 DL/T 335《火电厂烟气脱硝 SCR 系统运行技术规范》的要求；

f) 生产、运行、调试单位应建立氨区安全生产责任制和事故应急救援预案，配备应急救援人员和应急救援器材、设备，定期组织演练，制定并严格执行经常性的和定期性的安全检查制度，及时消除事故隐患，防止事故发生。

10 净化效果

净化效果应达到以下标准要求：

- (1) SO₂ 排放浓度 ≤ 30 mg/Nm³；
- (2) NO_x 排放浓度 ≤ 50 mg/Nm³；
- (3) 粉尘排放浓度 ≤ 10 mg/Nm³；
- (4) 折算基准含氧量为 8%。

11 施工与验收

11.1 工程施工

11.1.1 施工应符合国家和行业施工程序及管理文件的要求，还应遵守国家有关部门颁布的劳动安全及卫生、消防等标准要求。

11.1.2 施工应按照设计文件要求进行施工，对工程的变更应取得设计单位的设计变更文件后才能施工。

11.1.3 施工过程中使用的设备、材料、器件等应符合相关国家标准要求，并应取得供应商的产品合格证后方可安装和使用。

11.2 工程验收

11.2.1 系统验收应按有关规定进行

11.2.2 工程安装、施工完成后应进行调试前的启动验收，启动验收合格和对在线仪表进行校验后方可进行分项调试和整体调试。

11.2.3 通过系统整体调试，各系统运转正常，技术指标达到设计和合同要求后，方可进入整体启动试运行阶段。

11.2.4 对整体启动试运行中出现的问题应及时消除，在整体启动连续试运行 72 h，技术指标达到设计和合同要求后，建设单位应向环境保护行政主管部门提出生产试运行申请。

11.3 环境保护验收

11.3.1 脱硫脱硝系统竣工环境保护验收应按有关的规定进行。

11.3.2 脱硫脱硝系统应结合生产试运行进行 168 h 的性能试验，试验至少应包括以下检测项目：

- (1) SO₂ 排放浓度；
- (2) NO_x 排放浓度；
- (3) 颗粒物排放浓度；
- (4) 净化后的烟气温度；
- (5) 氨逃逸浓度；
- (6) 无组织排放氨的浓度；
- (7) 厂界噪声。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 应建立、健全运行与维护的管理制度、岗位操作规程、主要设备运行台账制度和质量管理体系等文件。

12.1.2 脱硫脱硝系统运行与维护应设立专门管理部门，并配备相应的人员和设备。

12.1.3 装置的运行、维护和检修应实行专业化管理，检修时间间隔宜与焦炉同步进行。

12.2 人员与运行管理

12.2.1 应对脱硫脱硝系统的管理和运行人员进行定期培训，运行操作人员上岗前应进行以下内容的专业培训：

- (1) 启动前的检查和启动必备条件；
- (2) 处置设备的正常运行，包括设备的启动和关闭；
- (3) 控制、报警和指示系统的运行和检查，以及必要时的纠正操作；
- (4) 最佳运行温度、压力、脱硫脱硝效率的控制和调节，以及保持设备良好运行的条件；
- (5) 设备运行故障的发现、检查和排除；

- (6) 事故或紧急状态下人工操作和事故处理；
- (7) 设备日常和定期维护；
- (8) 设备运行及维护记录，以及其它事件的记录和报告。

12.2.2 应建立脱硫脱硝系统运行状况、设施维护和生产活动的记录制度，主要记录内容包括：

- (1) 系统启动、停止时间；
- (2) 脱硫剂、氨水（液氨）进厂质量数据，进厂数量，进厂时间；
- (3) 系统运行工艺控制参数，至少应包括：脱硫脱硝系统进、出口烟气污染物浓度、温度、流量、压力、除尘器压差、脱硝反应器压差、耗电量、脱硫剂消耗量、氨水（液氨）消耗量、煤气消耗量、副产物产量等；
- (4) 主要设备的运行和维修情况；
- (5) 烟气连续监测数据，脱硫副产物处置情况；
- (6) 生产事故及处置情况；
- (7) 定期检测、评价及评估情况等。

12.2.3 运行人员应按照规定做好交接班和巡视。

12.3 维护保养

12.3.1 脱硫脱硝系统的维护保养应制定维护保养计划，并根据脱硫脱硝系统技术负责方提供的系统、设备等资料制定详细的维护保养规定。

12.3.2 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修必要的零部件。

12.4 其他

系统的运行、维护及安全管理除应执行本文件外，还应符合国家现行有关强制性标准的规定。

参 考 文 献

- [1] GB 12710 焦化安全规程
- [2] GB 16171 炼焦化学工业污染物排放标准
- [3] GB 16297 大气污染物综合排放标准
- [4] GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- [5] GB 31570 石油炼制工业污染物排放标准

- [6] GB 50034 建筑（室内）照明设计标准
- [7] GB 50052 供配电系统设计规范
- [8] GB 50057 建筑物防雷设计规范
- [9] GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- [10] GB 50414 钢铁冶金企业设计防火规范
- [11] GB 50489 化工企业总图运输设计规范
- [12] GB 50603 钢铁企业总图运输设计规范
- [13] GB/T 6719 袋式除尘器技术要求
- [14] HJ 562 火电厂烟气脱硝工程技术规范-选择性催化还原法
- [15] HJ/T 75 固定源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范
- [16] HJ/T 76 固定源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法
- [17] JB/T 8532 脉冲喷吹类袋式除尘器
- [18] DL / T 1826 旋转喷吹袋式除尘器
- [19] 《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（环大气[2019]35号）
-