

团体标准

T/XEEPIA XXX—2023

罗氏干法脱硫无氨催化脱硝 一体化烟气净化技术规范

Technical specification for integrated flue gas purification of Luo' dry
desulfurization and denitration removal without ammonia catalytic

（征求意见稿）

2023 - XX - XX 发布

2023 - XX - XX 实施

新疆维吾尔自治区生态环境保护产业协会 发布

目次

前 言 14

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 适用条件与排放要求 3

5 工艺路线 4

6 总体要求 4

7 干法脱硫系统 5

8 无氨催化脱硝系统 6

9 公辅系统 6

10 监测及过程控制 6

11 安全与环保 7

12 施工与验收 7

13 运行与维护 8

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。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由新疆维吾尔自治区生态环境保护产业协会提出并归口。

本文件起草单位：生态环境部南京环境科学研究所、新疆天熙环保科技有限公司、新疆昆玉钢铁有限公司、北京利托尼工程技术有限公司、天津滨环化学工程技术研究院有限公司、江苏润环环境科技有限公司。

本文件主要起草人：李小阳、罗坚、雷荣荣、欧阳琰、黄晔、方琴、郭强、刘丽青、于雪琴、高宏伟。

本文件为首次发布。

罗氏干法脱硫无氨催化脱硝一体化烟气净化技术规范

1 范围

本文件规定了罗氏干法脱硫无氨催化脱硝一体化烟气净化技术的术语和定义、适用条件与排放要求、工艺路线、设计、主要设备和材料、监测与过程控制、安全与环保、工程施工与验收、运行与维护等技术要求。

本文件适用于对锅炉、工业炉窑等产生的烟气进行罗氏干法脱硫无氨催化脱硝一体化烟气净化工程。

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 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB 4053.1 固定式钢梯和平台安全要求 第 1 部分：钢直梯
- GB 4053.2 固定式钢梯和平台安全要求 第 2 部分：钢斜梯
- GB 4053.3 固定式钢梯和平台安全要求 第 3 部分：工业防护栏杆及钢平台
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范
- GB 50222 建筑内部装修设计防火规范
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB/T 14048 低压开关设备和控制设备
- 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 4272 设备及管道绝热技术通则
- GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素
- GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值第2部分：物理因素
- AQ3026 化学品生产单位设备检修作业安全规范
- AQ3028 化学品生产单位受限空间作业安全规范
- DL/T1150 火电厂烟气脱硫装置验收技术规范
- DL/T 260 燃煤电厂烟气脱硝装置性能验收试验规范
- HJ 1084 排污单位自行监测技术指南 食品制造
- 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 76 固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法
- HJ 819 排污单位自行监测技术指南 总则
- HJ 820 排污单位自行监测技术指南 火力发电及锅炉

- HJ 848 排污单位自行监测技术指南 水泥工业
 HJ 878 排污单位自行监测技术指南 钢铁工业及炼焦化学工业
 HJ 989 排污单位自行监测技术指南 有色金属工业

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锅炉 boiler

是利用燃料燃烧释放的热能或其他热能加热水或其他工质，以生产规定参数（温度，压力）和品质的蒸汽、热水或其他工质的设备。

3.2

工业炉窑 industrial furnace

指在工业生产中用燃料燃烧或电能转换产生的热量，将物料或工件进行冶炼、焙烧、烧结、熔化、加热等工序的热工设备。

3.3

标准状态 standard condition

烟气在温度为273.15K，压力为101325Pa时的状态，简称“标态”。本标准规定的排放浓度均指标准状态下干烟气的数值。

3.4

氧含量 O₂ content

燃料燃烧后，烟气中含有的多余的自由氧，通常以干基容积百分数来表示。

3.5

脱硫脱硝系统 system for desulphurization and denitration

指脱硫脱硝塔以及配套的各类辅助设备、仪表、管路、建（构）筑物等的总称，包括干法脱硫系统、无氨催化脱硝系统和公辅系统。

3.6

脱硫脱硝塔 desulfurization and denitration tower

指脱硫脱硝系统中设置脱硫剂、脱硝催化剂等先脱除SO₂再脱除氮氧化物（NO_x）等有害物质的反应装置。

3.7

脱硫剂 desulfurizer

指烟气干法脱硫在少量锰系催化剂的作用下用于脱除二氧化硫(SO_2)等酸性有害物质的各类反应剂。包括锰系催化剂、石灰(主要成份为 CaO)、消石灰(主要成份为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$)、石灰石(主要成份为 CaCO_3)、烧碱、纯碱等。

3.8

脱硫渣 desulphurization slag

指烟气干法脱硫中脱硫剂与 SO_2 等酸性有害物质反应后生成的副产物、未反应的脱硫剂以及被脱硫系统捕集下来的烟尘等的混合物。

3.9

脱硝催化剂 denitration catalyst

指无氨催化脱硝系统中用来催化还原烟气中氮氧化物(NO_x)为的 N_2 物质。

3.10

脱硫脱硝塔阻力 resistance of desulfurization tower

脱硫脱硝塔入口与出口烟气的全压差, 单位为Pa。

3.11

空间速度 space velocity

是指烟气(标准状态下的湿烟气)在脱硫剂、脱硝催化剂床层内的停留时间尺度的指标。

3.12

干法脱硫工艺 dry flue gas desulphurization process

脱硫剂是以干态装填入脱硫脱硝塔与二氧化硫(SO_2)反应, 脱硫终产物呈“干态”的称为干法脱硫工艺。

3.13

无氨催化脱硝工艺 ammonia-free catalytic reduction process

是指烟气中的CO代替 NH_3 作为还原剂在脱硝催化剂的作用下将氮氧化物催化还原生成 N_2 和 CO_2 。

4 适用条件与排放要求

4.1 污染负荷量按满生产负荷工况下烟气中污染物的质量浓度进行计算。

4.2 干法脱硫工艺宜处理烟气中 SO_2 初始浓度不高于 $1500\text{mg}/\text{Nm}^3$; 无氨催化脱硝工艺宜处理烟气中 NO_x 初始浓度不高于 $1000\text{mg}/\text{Nm}^3$; 颗粒物初始浓度不高于 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$, 若颗粒物初始浓度高于 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$, 宜考虑除尘器措施满足颗粒物排放要求; 烟气中CO: NO 初始质量浓度之比宜为1~5: 1。

4.3 本技术要求应满足烟气污染物排放标准: SO_2 排放浓度不应高于 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ (根据基准氧含量折算后), NO_x 排放浓度不应高于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ (根据基准氧含量折算后), 颗粒物排放浓度不应高于 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ (根据基准氧含量折算后)。

4.4 锅炉、工业炉窑配套的烟气量应采用最大连续烟气量，并考虑 1.2 倍以上的富裕量。设计 SO_2 和 NO_x 的初始浓度应采用最大连续工况下 SO_2 和 NO_x 的浓度。

5 工艺路线

罗氏干法脱硫无氨催化脱硝一体化烟气净化工艺核心部分为高效催化剂形成的脱硫剂和脱硝催化剂。在脱硫脱硝系统中，烟气由下往上升，在脱硫剂的作用下，将二氧化硫氧化成为三氧化硫，三氧化硫呈强酸性，与脱硫剂迅速反应生成脱硫渣。烟气经脱硫之后穿过脱硝催化剂， NO_x 以烟气中的一氧化碳作为还原剂在脱硝催化剂上催化反应生成 N_2 和 CO_2 ，净化后的烟气经烟气出口排出。

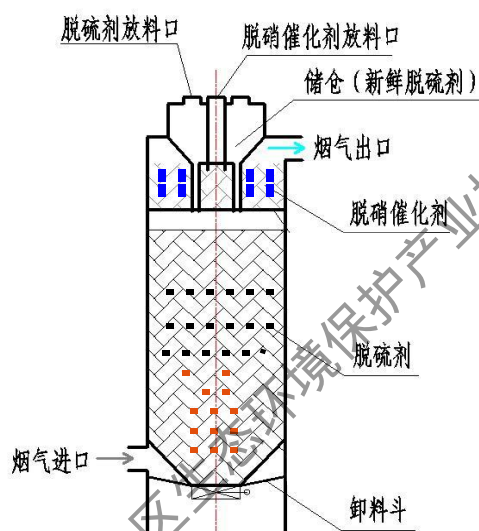


图1 罗氏干法脱硫无氨催化脱硝一体化烟气净化工艺路线图

6 总体要求

6.1 一般规定

- 6.1.1 烟气脱硫脱硝塔的设计处理能力应满足相应的排放标准要求。
- 6.1.2 脱硫脱硝系统的调试、启停和运行应不影响锅炉、工业炉窑的正常工作。
- 6.1.3 烟气排放连续监测系统(CEMS)应符合 HJ 76 要求，按照 HJ 75 的要求进行连续监测，并预留人工监测孔、监测平台等人工监测条件，监测孔、监测平台要符合相关规范要求。
- 6.1.4 脱硫脱硝系统的防火、防爆设计应符合 GB 50016、GB 50222 规定。
- 6.1.5 脱硫脱硝系统设计建设和运行中的职业卫生应按 GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2 的规定执行。
- 6.1.6 技术适用工况：烟气温度范围室温~300℃。
- 6.1.7 脱硫脱硝系统漏风率应小于 1%。
- 6.1.8 脱硫脱硝塔压降一般控制在 1500Pa 以下。
- 6.1.9 烟气烟道切断闸板应具备快打开功能。
- 6.1.10 脱硫脱硝系统宜布置在引风机之前，宜采用负压操作；应考虑脱硫脱硝塔阻力的影响。

6.1.11 烟气脱硫脱硝装置烟气引风机应与锅炉、炉窑建立硬质联锁装置，确保烟引风机故障停机后，锅炉、炉窑随即停机。

6.1.12 脱硫脱硝系统应与生产设备同步运转，系统运行寿命应与生产设备保持一致，检验维护周期应与生产设备一致。

6.2 系统组成

6.2.1 脱硫脱硝系统需设置烟气入口、气室、导流设计、料仓、卸料阀、加料口、放料口及烟气出口等部分，放料口及料仓材质应考虑下料顺畅及防腐要求。

6.2.2 干法脱硫系统包括脱硫剂。

6.2.3 无氨催化脱硝系统包括脱硝催化剂。

6.2.4 公用系统包括烟气整流装置、脱硫剂、脱硝催化剂存储与供应系统、卸料系统等。

6.2.5 脱硫脱硝系统采用 DCS 集中控制、集成统一管理。

7 干法脱硫系统

7.1 干法脱硫系统一般要求

7.1.1 烟气由下向上流动，干法脱硫系统入口前应设置烟气整流装置，烟气在脱硫脱硝塔内应有足够的停留时间以达到所需的排放要求。

7.1.2 脱硫剂为柱体，其横截面由多个弧形瓣首尾顺序连接围合而成。脱硫剂强度应满足烟气中粉尘浓度的要求，脱硫剂加入脱硫脱硝塔的通道应按两路以上进行设计。

7.1.3 脱硫剂理化指标：截面线度 3~7 mm；滚筒强度：≥95%；堆积密度：0.5~0.7t/m³；质检脱硫效率（反应时间 8 小时内）：≥80%（评价条件为反应温度 150℃、反应空速 6600h⁻¹、反应气源：入口原料气含量 10% SO₂ 和 90% 氮气，用空气稀释 SO₂ 浓度为不高于 1500 mg/m³）。

7.1.4 宜采用冗余设计的方法，布置多个独立舱室，并在设计时考虑备用舱室，实现在线检修、补充或更换脱硫剂。

7.1.5 脱硫剂与脱硫脱硝塔内壁之间应做好密封，防止烟气短路，造成 SO₂ 浓度排放超标。

7.1.6 应根据在线监测装置显示的脱硫脱硝系统进、出口 SO₂ 浓度，确定脱硫剂的投加量，确保 SO₂ 达标排放。

7.1.7 应设置脱硫渣的存放场所，并考虑综合利用。

7.1.8 脱硫系统应能适应机组负荷、烟气量、烟气参数合理波动变化范围，同时应考虑有低负荷时的经济运行调节手段。

7.1.9 脱硫剂的添加或更换频率应根据脱硫脱硝系统烟气二氧化硫处理效果及时更换。

7.2 脱硫效率计算

脱硫系统投运后脱除的 SO₂ 浓度 (C₁-C₂) 与未经脱硫前烟气中 SO₂ 浓度 C₁ 的百分比，按式 (1) 计算：

$$\eta_{\text{SO}_2} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η₁——脱硫效率，单位为%；

C₁——设备进口二氧化硫(SO₂)的折算浓度（标准状态），单位为毫克每立方米(mg/Nm³)；

C₂——设备出口二氧化硫(SO₂)的折算浓度（标准状态），单位为毫克每立方米(mg/Nm³)。

8 无氨催化脱硝系统

8.1 无氨催化脱硝系统一般要求

- 8.1.1 烟气由下向上流动，烟气在脱硫脱硝塔内应有足够的停留时间以达到所需的排放要求。
- 8.1.2 脱硝催化剂为柱体，其横截面由多个弧形瓣首尾顺序连接围合而成。脱硝催化剂强度应满足烟气中粉尘浓度的要求，脱硝催化剂加入脱硫脱硝塔通道应按两路以上进行设计。
- 8.1.3 脱硝催化剂理化指标：截面线度 3~7 mm；滚筒强度：≥95%；堆积密度：0.5~0.7t/m³；质检脱硝效率（反应时间 8 小时内）：≥80%（评价条件为反应温度 150℃、反应空速 6600h⁻¹、反应气源：入口原料气含量 10%NO 和 90%氮气，用空气稀释 NO 浓度为不高于 1000 mg/m³，CO：NO 初始质量浓度之比宜为 1~5：1）。
- 8.1.4 宜采用冗余设计的方法，布置多个独立舱室，并在设计时考虑备用舱室，实现在线检修、补充或更换脱硝催化剂。
- 8.1.5 脱硝催化剂与脱硫脱硝塔内壁之间应做好密封，防止烟气短路，造成 NO_x 浓度排放超标。
- 8.1.6 无氨催化脱硝系统应能适应机组负荷、烟量、烟气参数合理波动变化范围，同时应考虑有低负荷时的经济运行调节手段。
- 8.1.7 根据脱硝催化剂的成分及性质，确定废脱硝催化剂合规处置方式并符合 GB 18597、GB 18599 相应的要求。
- 8.1.8 脱硝催化剂更换周期宜为 5 年一次。

8.2 脱硝效率计算

脱硝系统投运后脱除的 NO_x 浓度（C₃-C₄）与未经脱硝前烟气中 NO_x 浓度 C₃ 的百分比，按式（2）计算：

$$\eta_2 = \frac{C_3 - C_4}{C_3} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

η₂——脱硝效率，单位为%；

C₃——设备进口氮氧化物（NO_x）的折算浓度（标准工况，干基），单位为毫克每立方米(mg/Nm³)；

C₄——设备出口氮氧化物（NO_x）的折算浓度（标准工况，干基），单位为毫克每立方米(mg/Nm³)。

9 公辅系统

- 9.1 一般由烟道、风机、烟道膨胀节、挡板门和控制设备等组成。
- 9.2 应根据气象条件及工艺要求进行管道及设备的保温设计，管道及设备的保温设计应符合 GB/T 4272 的要求。
- 9.3 设计时减小烟道系统的压降，对布置形状和内部件如（导流板和转处导向板）等进行优化设计。
- 9.4 在外削角急转弯头、变截面收缩急转弯头处置导流装置，导流装置应用耐磨材质制作。
- 9.5 为确保安全，应在烟道设置快速开启阀门，并与增压风机等设置安全联锁。

10 监测及过程控制

- 10.1 需进行在线监测及过程控制要求应符合 HJ 75、HJ 76 及以下要求：

- a) 应在脱硫脱硝塔出口（烟囱）设置一套在线监测装置；
- b) 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、烟气流量、温度、压力、湿度等；
- c) 定期对在线监测装置进行人工比对、校准；
- d) 在线监测数据应具有上传环保部门的功能；

10.2 不需在线监测的，执行 HJ 1084、HJ 820、HJ 848、HJ 878、HJ 989 等相关行业自行监测技术规范及 HJ 819 的要求。

10.3 定期手工监测 CO 浓度。

10.4 脱硫系统与脱硝催化床层之间预留检测口，经脱硫后进入脱硝催化剂床层的烟气中 SO_2 浓度低于 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

11 安全与环保

11.1 楼梯、防护栏杆、平台等安全技术条件应符合 GB 4053.1、GB 4053.2、GB 4053.3 的规定。

11.2 楼梯、检修平台、卸灰装置平台等处应设置照明装置。

11.3 设备应设置专用接地网，外壳与接地网连接应根据装配现场情况调整。

11.4 低压配电设备应按照 GB/T 14048 中规定。

12 施工与验收

12.1 工程施工

12.1.1 脱硫脱硝系统的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。

12.1.2 脱硫脱硝系统应按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。

12.1.3 脱硫脱硝系统施工中使用的设备料器件等应符合相关国家标准要求，并应取得供货商的产品合格证后方可安装和使用。

12.2 工程验收

12.2.1 脱硫脱硝系统的验收应按相应专业验收规范和本规范的相关规定执行。

12.2.2 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。

12.2.3 通过脱硫脱硝系统整体调试，各系统运转正常，技术指标达到设计和合同要求后，应整体启动试运行。

12.2.4 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 72h，技术指标达到设计和合同要求后，建设单位可进行竣工环境保护验收前的调试生产。

12.2.5 设备安装质量验收应符合 GB 50231 的规定。

12.2.6 仪表及控制装置验收应符合 GB 50093 的规定。

12.3 环境保护验收

12.3.1 脱硫脱硝系统竣工环境保护验收应按有关的规定进行。

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

- a) SO₂ 排放浓度;
- b) NO_x 排放浓度;
- c) 颗粒物排放浓度。
- d) 氧气浓度。

13 运行与维护

- 13.1 岗位员工应填写运行记录, 严格执行巡回检查制度和交接班制度。
- 13.2 应制订脱硫剂和脱硝催化剂的采购计划, 制定系统大、中检修计划和应急预案。
- 13.3 系统投运前, 应全面查运行条件, 符合要求后才能按开车序依次启动系统。
- 13.4 运行过程中应认真观察各运行参数变化情况, 重点保证烟气出口数据和烟气系统的阻力在指标范围内运行。
- 13.5 应定期检查库存量, 及时补加脱硫剂, 清运脱硫渣, 确保物料进出平衡。同时详细记录每次脱硫剂采购量及消耗量。
- 13.6 定期进行仪器、仪表的校验。对重要的控制指标如进口烟气、出口烟气等进行分析的仪器, 应根据相关设备的维护要求进行手工检测分析并与仪表显示值进行比对。
- 13.7 当环境温度低于冰点温度时, 系统停机要做好保温防冻工作。
- 13.8 脱硫脱硝系统关键设备及管线宜考虑设置相应的备用及应急措施, 以满足故障切换及检修需求。
- 13.9 系统的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中, 并制定系统详细的维护保养规程。
- 13.10 维护保养包括正常运行时的检查、管路和设备清扫、疏通堵塞、定期加注或更换润滑油(脂)、小修、中修和大修。
- 13.11 设备检修时应做好安全防范符合 AQ 3026 的规定。人员需进入时, 应符合 AQ 3028 的规定。
- 13.12 系统应能在锅炉、工业炉窑任何负荷下连续安全运行。系统的负荷变化速度应与锅炉、工业炉窑负荷变化率相适应, 同时系统故障停机瞬间, 应给锅炉、工业炉窑交换机硬信号, 确保锅炉、工业炉窑交换机第一时间切断燃料供给, 同时在切断加热燃料的同时应打开旁路插板阀等安全措施。