

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

复杂烟气 SCR 脱硝催化剂与脱硝系统精确 管控关键技术标准

Key technical standards for precise control of SCR catalysts and
denitration systems for complex flue gases

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

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 脱硝催化剂的精确管控	2
5.1 脱硝催化剂的储存与安装精确管控	2
5.2 脱硝催化剂性能检测与评估的精确管控	2
5.3 脱硝失活催化剂处理的精确管控	2
6 脱硝精确管控系统组成	3
7 脱硝精确管控系统基本要求	3
7.1 整体要求	3
7.2 数据采集单元	3
7.3 控制单元	4
7.4 执行单元	4
8 脱硝精确管控系统性能要求	4
8.1 一般要求	4
8.2 数据采集单元性能要求	5
8.3 控制单元性能要求	5
8.4 系统性能指标	5
9 脱硝精确管控系统性能验收	5
9.1 仪表及控制设备验收	6
9.2 性能指标验收	6
10 产品要求	6
10.1 标牌和标志	6
10.2 包装、运输和贮存	6

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：大唐环境产业集团股份有限公司、中国石油天然气股份有限公司兰州化工研究中心、北京慧普环境保护技术集团有限公司、华能沁北发电有限责任公司、中石化宁波工程有限公司、四川世清科源环保科技有限公司、国家电投集团远达环保催化剂有限公司、中化环境大气治理股份有限公司、中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司、美斯顿（天津）催化剂有限公司、盛虹炼化（连云港）有限公司、石河子大学、华能重庆路璜发电有限责任公司、华能甘肃能源开发有限公司范坪分公司、中石油兰州石化榆林化工有限公司。

本文件主要起草人：唐中华、刘兴誉、秦纪亮、贾为刚、李福林、李建高、卢新军、唐永超、姚磊、王懿、邱永志、洪永江、于宏然、谭宝霞、彭传根、陈军、卫钢领、涂继兵、杨涛、张鹏、于大奇、潘珂珂、周夏、于锋、刘发军、马文鑫、曹剑、陶明星。

复杂烟气 SCR 脱硝催化剂与脱硝系统精确管控关键技术标准

1 范围

本文件规定了复杂烟气 SCR 脱硝催化剂与脱硝系统的总则、脱硝催化剂的精确管控、脱硝精确管控系统组成、脱硝精确管控系统基本要求、脱硝精确管控系统性能要求、脱硝精确管控系统性能验收及产品要求。

本文件适用于新建、改建和扩建工业锅炉 SCR 脱硝工程的精准管控系统，其他工程的 SCR 脱硝工程可参照使用。

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。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 191	包装储运图示标志
GB/T 4213	气动控制阀
GB/T 6388	运输包装收发货标志
GB/T 13306	标牌
GB/T 16157	固定污染源排气颗粒物测定与气态污染物采用方法
GB/T 21509	燃煤烟气脱硝技术装备
GB/T 27865	危险货物包装 包装、中型散装容器、大包装 GB/T 19001 的应用指南
GB/T 34339	燃煤烟气脱硝喷氨混合系统
GB/T 35209	烟气脱硝催化剂再生技术规范
DL/T 260	燃煤电厂烟气脱硝装置性能验收试验规范
DL/T 322	火电厂烟气脱硝（SCR）装置检修规程
DL/T 1286	火电厂烟气脱硝催化剂检测技术规范
DL/T 1828	火电厂烟气脱硝再生催化剂
DL/T 2089	燃煤电厂烟气脱硝催化剂使用导则
DL/T 2090	火电厂烟气脱硝催化剂报废判定导则
HJ 76	固定污染源烟气（SO ₂ 、NO _x 、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

复杂烟气 complex flue gas

由多种气体和烟尘组成的混合物，其气体成分包括水蒸气、二氧化硫、氮气、氧气、一氧化碳、二氧化碳、碳氢化合物及氮氧化物等；烟尘则包含燃料的灰分、煤粒、油滴及高温裂解产物等。

3.2

脱硝中氮氧化物（NO_x） nitrogen oxides of denitrification

烟气中一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO₂）之和（以NO₂计）。

3.3

喷氨系统 ammonia injection system

将还原剂制备区输送的氨气与空气混合稀释后并输送至SCR反应器进口喷入烟道与烟气均匀混合的系统，一般包括稀释风机、氨/空气混合稀释装置、稀释氨输送管道、调节阀组、氨/烟混合装置等。

3.4

脱硝系统精准管控 precise control of denitrification

通过对烟气脱硝过程关键参数的实时监测与控制指令的动态调整，以实现高效脱硝、稳定达标排放及优化运行成本为目标的综合控制系统。

3.5

氨逃逸浓度 ammonia slip

燃煤电厂烟气脱硝工艺中，未参与反应的氨气在出口烟气中的含量指标，通常用 mg/m^3 或ppm表示。

4 总则

4.1 脱硝催化剂精确管控包括储存、安装、运维、性能检测与评估和失活催化剂处理等环节。

4.2 脱硝系统精确管控包括系统的组成、基本要求、性能要求、性能验收与产品要求。系统由分区喷氨量优化和喷氨总量自动控制优化两个部分构成。分区喷氨量优化是根据 SCR 脱硝进出口烟气参数优化氨支管上调节阀开度，实现各支管喷氨量与其对应覆盖区域的烟气流量、 NO_x 浓度相匹配。喷氨总量自动控制优化是根据烟气关键参数优化喷氨母管上调节阀控制逻辑实现自动精准供氨。

4.3 脱硝系统精确管控的目的是提高喷氨总量自动控制投入率，降低 SCR 出口 NO_x 浓度分布的不均匀度，减少还原剂过量喷入和减少氨逃逸。

5 脱硝催化剂的精确管控

5.1 脱硝催化剂的储存与安装精确管控

5.1.1 脱硝催化剂到货后应保持出厂时的完整密封包装状态，并在室内保持水平存放。室内干燥通风、无腐蚀性气体，并采取防水、防潮措施。应根据安装进度边安装边拆除密封包装。

5.1.2 脱硝催化剂安装应牢固、密封良好，反应器内部及催化剂模块表面应清洁、无杂物。反应器每层应布置可拆卸的催化剂检测样条（块），填写催化剂检测取样记录表，见 DL/T 2089 附录 A。

5.1.3 反应器内布置的可拆卸催化剂检测样条（块）应定期取出进行实验室性能检测。检测周期宜结合催化剂的设计寿命、燃用煤种及实际运行工况确定。

5.2 脱硝催化剂性能检测与评估的精确管控

5.2.1 每年结合机组停机时间或按照 DL/T 322 的检修项目要求，对催化剂进行抽样检测和状态评估，检测方法应符合 DL/T 1286 的要求。

5.2.2 催化剂抽样是在反应器内每层催化剂抽取的，检测样条（块）应与催化剂模块同时装入，应能代表催化剂实际运行时间。抽取后应记录检测样条（块）相应位置，下次不再抽取该位置处的监测条（块）。

5.2.3 催化剂性能检测应按照反应器内实际催化剂的布置方式，依据设计要求，严格控制检测条件。在催化剂中试监测平台上做整体性能测试，根据结果，若性能参数接近设计化学寿命末期指标，则应对单条检测样条（块）进行进一步检测分析。

5.2.4 催化剂性能检测项目应包含几何特性、物化特性、工艺特性等。

5.2.5 应根据 SCR 脱硝反应器运行参数、脱硝性能试验结果，催化剂抽样检测数据和状态评估结果，编制催化剂年度综合性能评估报告，提供催化剂运行、管理优化等建议，制订 SCR 脱硝催化剂再生、报废、更换、加装计划。

5.3 脱硝失活催化剂运行维护的精确管控

5.3.1 催化剂压差监控与预警应满足以下要求：

- a) 应实时、连续监控每个 SCR 反应器进、出口的烟气压力，精确计算并记录催化剂层的运行压差。
- b) 应建立催化剂压差基准值，该基准值宜在催化剂初次投运并稳定运行后确定。
- c) 当催化剂压差相对于基准值出现异常升高时，应立即分析原因。压差升高预警值宜设定为基准值的 115%~120%，报警值宜设定为基准值的 130%~150%。具体阈值应根据系统设计条件和风机裕量确定。
- d) 压差异常分析应考虑以下因素：吹灰器工作是否正常、燃料与灰份特性是否变化、是否存在催化剂堵塞、积灰或破损等，并制定相应的处置预案。

5.3.2 吹灰系统运行与维护应满足以下要求：

- a) 吹灰系统的运行规程应与燃料特性、锅炉负荷及催化剂压差变化相结合，进行精确设定和优化。
- b) 吹灰介质（蒸汽或压缩空气）的压力、温度及品质应符合设计要求，保证吹灰效果。蒸汽吹灰应确保蒸汽过热度，防止催化剂受潮。
- c) 应定期检查吹灰器的投用率、动作逻辑及覆盖范围，确保吹灰器本体、阀门及管路工作正常，无内漏、卡涩或吹损催化剂现象。
- d) 停机检修期间，应对吹灰器喷嘴的方位、角度及完好性进行检查和校正，确保其能有效清除催化剂孔道内的积灰，同时避免对催化剂单元造成机械损伤。

5.4 脱硝失活催化剂处理的精确管控

5.4.1 按 5.2.5 编制催化剂再生计划。催化剂再生应符合 GB/T 35209、DL/T 1828 的要求。

5.4.2 按 5.2.5 编制催化剂报废计划。催化剂报废应符合 DL/T 2090 的要求。

6 脱硝精确管控系统组成

6.1 脱硝精确管控系统由数据采集单元、控制单元和执行单元组成。

6.2 数据采集单元应具有测量或采集控制系统运行所需数据的功能，为运行控制优化提供支撑数据，应采用在线仪表获取脱硝系统烟气中 NO_x 等烟气组分浓度的数据。

6.3 控制单元对采集的数据进行处理和运算后得出要输出的控制指令。可通过机理分析，智能算法的应用构建脱硝运行的协调优化控制策略

6.4 执行单元主要指脱硝喷氨系统，包括脱硝喷氨混合系统及相关管道、执行机构、阀门等其他辅助设备，执行单元将控制单元输出的结果应用到执行设备上，实现对喷氨总量及分区喷氨量的调节控制。

7 脱硝精确管控系统基本要求

7.1 整体要求

7.1.1 系统应适应工况多变的条件，满足生产过程控制性能提升、经济性能改善和安全运行需要。

7.1.2 当控制单元在智能装置中实现时，智能装置应与常规控制器中的控制逻辑进行相互切换。应设计独立的控制逻辑安全投退功能，运行人员可无条件切换至常规控制，并确保切换过程安全无扰动，只有在智能装置控制逻辑工作正常后才允许切换。

7.1.3 应用于脱硝精确管控系统的脱硝设备应符合 GB/T 21509 及 GB/T 34339 的要求。

7.2 数据采集单元

7.2.1 宜在 SCR 脱硝系统出入口烟道安装 NO_x 浓度的在线监测仪表。宜采用分区方式实现 SCR 出口烟气 NO_x 浓度的测量，分区数量应根据烟道尺寸、氨喷射装置布置及实际流场情况确定，每个分区宽度宜控制在 2m~3m，每个分区宜至少在出口设置一台在线检测仪表。

7.2.2 取样截面的位置宜选在烟气气流均匀而稳定的烟道上，应避免弯头，阀门和变径等截面急剧变化容易产生涡流的部位。选择取样截面时，应优先选取负压区域的垂直烟道。

7.2.3 在线仪表的安装位置应避免受烟道振动、漏风、环境光线和电磁辐射的影响，适应脱硝高温、高粉尘的工况环境。

7.2.4 在线仪表的测量装置应直接安装在烟道上对烟气组分进行分区域同时连续测量，提高在线检测仪表测量数据的实时性、代表性和连续性。

7.2.5 取样装置应具备颗粒物过滤功能和自清洁防堵功能。

7.2.6 取样装置的材料应选用耐高温、耐磨、防腐蚀和不吸附、不与气态污染物发生反应的材料应不影响待测污染物的正常测量。

7.3 控制单元

7.3.1 宜综合应用喷氨总量调节与喷氨分区调节均衡控制，结合智能算法，实现 SCR 出口 NO_x 浓度的优化控制，避免脱硝系统产生较大迟延和控制滞后。

7.3.2 宜结合锅炉燃烧优化控制，降低 SCR 入口 NO_x 浓度和参数波动性，进一步提升基于喷氨控制的出口 NO_x 浓度优化控制效果。通过减小 SCR 出口 NO_x 浓度控制偏差，降低 NO_x 排放超标的概率，在控制 NO_x 达标排放的同时有效减少氨的过量喷入，降低氨逃逸率。

7.3.3 可通过获取喷氨量、进出口 NO_x 浓度、一二次风量、烟气流量、燃料量、机组负荷等参数的特性和关联关系，考虑前馈控制，设计合理有效的控制策略。

7.3.4 宜通过 NO_x 浓度快速测量技术或其他测量技术，将入口 NO_x 浓度测量作为喷氨前馈控制的重要参数，结合出口 NO_x 浓度的实时测量值参与喷氨总量闭环控制，实现最佳出口 NO_x 浓度控制。

7.3.5 分区控制应根据各分区实时 NO_x 浓度调整对应的喷氨调节系统，实现出口 NO_x 浓度的均衡。同时结合总量控制，使各分区出口 NO_x 浓度满足设定值的要求。

7.4 执行单元

7.4.1 脱硝入口可通过合理设置导流板等措施对流场进行优化以保证流场、氨氮摩尔比的均匀性。脱硝入口宜满足以下指标：

a) NH₃/NO_x 摩尔比相对标准偏差（第一层催化剂入口处）在脱硝效率低于 85% 时宜不大于 5%，在脱硝效率不低于 85% 时宜不大于 3%；

b) 烟气流速相对标准偏差（第一层催化剂入口处）小于 15%。

7.4.2 脱硝氨喷射系统宜采用喷氨格栅或静态混合器分区域模块化布置，通过高效的喷氨混合装置使烟气和氨均匀混合。

7.4.3 经空气稀释后的氨气以分区的方式喷入烟道，喷入每个分区的氨空混合气应具有均匀稳定的流量特性，并具有独立的流量控制装置，流量控制装置应满足自动控制系统的要求。

8 脱硝精确管控系统性能要求

8.1 一般要求

8.1.1 应用脱硝精确管控系统的设备表面应完好无损，无明显缺陷，各零（部）件连接可靠，各操作键、按钮使用灵活，定位准确。仪器面板应显示清晰，涂色牢固，字符、标识易于识别，不应有影响读数的缺陷。仪器外壳或外罩应耐腐蚀，防护等级不低于 IP54。

8.1.2 设备应在以下条件中正常工作：室内环境温度为 15~35℃，室外环境温度为 -20~50℃，相对湿度为 85%，大气压为 80~106kPa。

8.1.3 设备在环境温度为 15~35℃，相对湿度≤85%条件下，电源端子对地或机壳的绝缘电阻应不小于 20MΩ。

8.2 数据采集单元性能要求

8.2.1 应采取一定的措施（架构优化、硬件优化、算法优化等）保证低延迟数据采集，及时获取准确的数据，降低数据延迟对控制器性能的影响。

8.2.2 当采用在线仪表对烟气成分进行测量时应尽量缩短仪表的响应时间。在线仪表宜通过 CPA 计量认证。

8.2.3 数据采集应保证高精度，关键参数的测量误差应控制在以下范围内氮氧化物浓度、氨逃逸值等指标的精准测量，误差控制在±5%以内。

8.2.4 系统应具备完备的历史数据存储与管理功能。本地存储单元应能连续存储不少于 1 年的秒级或分钟级全量历史数据，应支持按时间、参数、事件等多条件组合查询历史数据，并能以通用格式（如 CSV）导出，便于后续分析使用。

8.3 控制单元性能要求

8.3.1 应具备在线调试的功能。

8.3.2 应能够快速响应机组负荷、出入口 NO_x 浓度、流场等因素的变化。

8.3.3 应具备在正常投运过程中各种工况下投入的能力。

8.3.4 宜在不同的工况和条件下，自适应选择控制方式及定值参数。

8.3.5 当控制品质恶化或出现不稳定时能够确保系统安全。

8.4 执行单元性能要求

8.4.1 执行机构应具备高可靠性及连续运行能力，确保在锅炉最低稳燃负荷至BMCR工况之间均能可靠动作。

8.4.2 关键执行机构（如喷氨调节阀）应具备良好的线性调节特性、重复精度和死区指标，其性能评定应符合 GB/T 4213 等国家关于控制阀的标准要求。

8.4.3 执行单元应具备联锁保护功能，在接收到控制系统发出的超限、故障或紧急停机信号时，能安全连锁相关设备（如切断还原剂供应），其安全功能应符合系统整体安全完整性等级（SIL）要求。

8.4.4 执行单元中与还原剂接触的部件，其材质应能耐受介质的腐蚀、磨损和结晶，保证在规定的检修周期内的使用寿命。

8.5 系统性能指标

脱硝精确管控系统应用后，为确保总排口 NO_x 浓度小时均值满足国家和地方的环保要求，在脱硝正常运行工况下，应达到以下指标：

a) 脱硝精确管控系统自动投入率大于 95%。

b) 品质指标（AGC 调节范围）：

1) 稳态品质指标：SCR 反应器出口 NO_x 浓度值与设定值的偏差小 10mg/m。

2) .SCR 反应器出口 NO_x 浓度设定值改变 20mg/m³ 时，过渡过程衰减率 $w=0.75\sim 0.95$ ，稳定时间应小于 15 min；定值扰动（扰动量为 ± 15 mg/m³）时，过渡过程时间小于 300s，动态偏差应小于 20 mg/m³。

c) 脱硝出口氨逃逸宜 ≤ 2.28mg/m³。

9 脱硝精确管控系统性能验收

9.1 仪表及控制设备验收

检测仪表、控制器、流量控制装置等各设备在制造完成时，应进行试验以证明其性能符合相关国家标准或行业标准的要求。应充分考虑到系统功能完整性、数据准确性、控制系统稳定性。

9.2 性能指标验收

9.2.1 NO_x 浓度及氨逃逸浓度的测试

NO_x 浓度及氨逃逸浓度的测试方法参照 DL/ T260 执行。

9.2.2 相对标准偏差的计算

相对标准偏差按公式（1）计算

$$S_r = \frac{1}{\bar{c}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{c})^2}{n-1}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

式中：

S_r—相对标准偏差，单位为百分比（%）；

C_i—第i个分区出口的NO_x浓度，单位为毫克每立方米（mg/m³）；

\bar{c} —n个分区出口的NO_x浓度的算术平均值，单位为毫克每立方米（mg/m³）；

n—分区数量，无量纲。

10 产品要求

10.1 牌和标志

10.1.1 牌和标志应符合 GB/T 13306 的规定。

10.1.2 脱硝精确管控系统中各设备应在明显位置安装固定标志，标志应至少包括以下信息：

- a) 制造厂名或商标；
- b) 产品型号及名称；
- c) 设备外形尺寸；
- d) 执行标准号及产品编号；
- e) 制造日期。

10.2 包装、运输和贮存

10.2.1 脱硝精确管控设备的包装应符合 GB/T 27865 的规定，包装与运输的标志应符合 GB/T 6388 和 GB/T 191 的规定。

10.2.2 脱硝精确管控系统设备应附有下列图样和随机文件

- a) 设备总清单；
- b) 产品合格证、使用说明书、包装清单及备品备件清单；
- c) 设备原理图及安装图；
- d) 上述图样及技术文件清单。

10.2.3 运输时应采用防潮、防雨、防锈、防震、防腐、防野蛮装卸等保护措施对设备加以有效的保护，使设备不受损坏。

10.2.4 安装过程中，脱硝精确管控系统设备宜库存，不宜露天存放。