

团 体 标 准

T/ACEF 216-2025

燃煤锅炉尿素脱硝优化控制系统技术导则

Technical guide for optimal control system of urea denitrification in coal-fired boilers

2025-08-19 发布

2025-08-26 实施

中 华 环 保 联 合 会 发 布



目 次

前 言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 优化控制目标 2

5 控制系统配置 2

6 优化控制技术 3

7 优化控制技术实施条件 3

8 测试与验收 4

附录 A（资料性）氨逃逸试验数据表 7

附录 B（资料性）分区浓度偏差表 8

附录 C（资料性）排放口 NO_x 浓度小时均值 9



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。

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。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件主要起草单位：国能三河发电有限责任公司、国家能源集团科学技术研究院有限公司、华电青岛发电有限公司、国能蚌埠发电有限公司、广东大唐国际潮州发电有限责任公司、北京龙电宏泰环保科技有限公司、东方电气集团东方锅炉股份有限公司。

本文件参编单位：山东创宇能源科技股份有限公司、北京新叶科技有限公司、北京博奇电力科技有限公司、国能龙源环保有限公司、上海吴泾第二发电有限责任公司、济宁华源热电有限公司、内蒙古京能盛乐热电有限公司、北京能源集团有限责任公司、华能国际电力股份有限公司上安电厂、国家能源集团华北电力有限公司廊坊热电厂、国能（山东）能源环境有限公司、浙江兴核智能控制技术有限公司、上海泰欣环境工程有限公司、大唐环境产业集团股份有限公司特许经营分公司、重庆大唐国际石柱发电有限责任公司、南京优创环境技术有限公司、国能清远发电有限责任公司、陕煤电力运城有限公司、云南电力试验研究院（集团）有限公司。

本文件主要起草人：张军峰、沈成喆、白国栋、周传明、王海狮、杜宝仓、张野、黎谷云、宿星会、王金刚、郝宗鹏、骆宏飞、孟培、闪志刚、兰建辉、王伟、赵冬贤、张吉祥、陈茂迎、申新锐、周强、谢占军、李军烁、李健、李勇、么敏、石德胜、廖方华、张久洲、赵衍波、王磊、孔令彪、李伟、钱能、夏仁杰、崔一尘、侯晶晶、张启玖、张军、李晓明、王志鉴、石秀刚、李文东、肖格远、韩耀辉、李钊、周艳杰、朱树健、姜贺勇、王英涛、朱婷婷、吴林虎、骆晓炜、付永强、朱晔斐、马倩倩、吴晔、李海永、韩正金、沈祥程、陈天旭、杨苏鹏、乔日平、刘洋、曹荣亮、陈国栋、靳会宁。



燃煤锅炉尿素脱硝优化控制系统技术导则

1 范围

本文件规定了燃煤锅炉尿素脱硝的优化控制目标、控制系统配置、优化控制技术、优化控制技术实施条件和测试与验收等。

本文件适用于在役及新建燃煤锅炉尿素脱硝优化控制。

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 13223	火电厂大气污染物排放标准
GB/T 16157	固定污染源排气中颗粒物测定和气态污染物采样方法
GB/T 32156	燃煤烟气脱硝技术装备调试规范
DL/T 296	火电厂烟气脱硝技术导则
DL/T 1056	发电厂热工仪表及控制系统技术监督导则
DL/T 1492.1	火力发电厂优化控制系统技术导则 第1部分：基本要求
DL/T 1695	火力发电厂烟气脱硝调试导则
DL/T 5009.1	电力建设安全工作规程 第1部分：火力发电
DL/T 5190.4	电力建设施工及技术规范第4部分：热工仪表及控制装置
DL/T 5210.6	电力建设施工质量验收规程 第6部分：调整试验
DL/T 5294	火力发电建设工程机组调试技术规范
DL/T 5437	火力发电建设工程启动试运及验收规程
DL/T 5480	火力发电厂烟气脱硝设计技术规程

3 术语和定义

3.1

尿素水解 urea hydrolysis

尿素与水在一定温度压力下发生反应生成氨和二氧化碳的过程，也可称为普通尿素水解。

[来源：DL/T 2281—2021，3.1]

3.2

尿素热解 urea pyrolysis

在常压下,利用高温空气或烟气作为热源与雾化的尿素溶液接触,使尿素与水反应生成氨和二氧化碳的过程。

[来源: JB/T 14101—2020, 3.1]

3.3

优化控制系统 optimized control system, OCS

除 PID 等控制算法外,还采用自适应控制、预测控制等先进控制算法,以及模型在线辨识和建模等实用化的技术方法,达到被控目标的单个参数最佳,或多个参数综合优化的控制系统。

[来源: DL/T 1492.1-2016, 3.1]

4 优化控制目标

4.1 烟气总排口 NO_x 排放浓度在满足环保排放标准的基础上,宜兼顾系统经济性运行, NO_x 排放浓度应符合当地环保部门要求。

4.2 采用 SNCR 脱硝技术的氨逃逸宜控制在 7.6 mg/m^3 (标准状态,干基, $6\% \text{O}_2$); 采用 SCR 脱硝技术的氨逃逸宜控制在 2.3 mg/m^3 (标准状态,干基, $6\% \text{O}_2$) 以内。

4.3 脱硝优化控制系统可用率应达到 98% 以上。

4.4 尿素水解制氨系统的压力恢复至控制值时间应小于 1min。

4.5 在机组负荷变动率小于或等于每分钟 1%PN, 机组总排口 NO_x 排放浓度小时均值控制偏差不宜超过 $\pm 6 \text{ mg/Nm}^3$ 。

注: PN 为机组额定功率。

4.6 在机组负荷变动率大于每分钟 1%PN 小于 2.5%PN 时, 机组总排口 NO_x 排放浓度小时均值控制偏差不宜超过 $\pm 12 \text{ mg/Nm}^3$ 。

4.7 在安装脱硝优化控制系统的情况下, 稳定工况 SCR 出口任一分区 NO_x 浓度与该烟道平均 NO_x 浓度平均值的偏差不超过 $\pm 10 \text{ mg/m}^3$ 。

5 控制系统配置

5.1 脱硝优化控制系统宜采用智能 DCS 内嵌的智能控制算法模块, 通过组态方式, 实现优化控制技术功能。

5.2 脱硝优化控制系统可选择其他与现有机组 DCS 高度兼容的可编程逻辑控制器 (PLC)、工控机, 配备必要的系统开发环境与开发工具, 具备复杂应用算法的运行环境、人机接口交互界面和通讯模块。实现优化控制技术功能。

5.3 单独配置的脱硝优化控制工控机系统, 应采用完整的软硬件系统, 并保证一定的性能裕量, 应保证

系统能够长期稳定运行。

5.4 脱硝优化控制系统宜从常规控制系统控制器中直接获取主机和脱硝系统运行状态参数,通过通信方式从常规控制系统中获取数据用于运行优化和分析,并通过常规控制系统输出指令至现场控制设备。

5.5 脱硝优化控制系统应能实现数据分析运算、运行方式和参数定值的控制执行。

5.6 脱硝优化控制系统应以投切方式接入常规脱硝控制系统,投入和退出不应常规控制系统产生任何扰动。

5.7 脱硝优化控制系统控制站应符合 DL/T 659 中精度与抗干扰能力的规定。

5.8 控制系统的机柜、机箱、电源、接地系统应符合 DL/T 5190.4 的规定。

5.9 脱硝优化控制系统与机组 DCS 的接口、信息安全等级应符合 DL/T 1492.1 的规定。

5.10 脱硝优化控制系统及装置性能应符合 DL/T 659 和 DL/T 1492.1 的规定。

5.11 脱硝优化控制系统宜在喷氨控制中加入分区控制。分区域自动喷氨控制应根据锅炉负荷、磨煤机运行组合等方式下 NO_x 浓度场多变情况,将喷氨格栅划分为若干个喷氨自动调节区域。

6 优化控制技术

6.1 在传统前馈控制、串级控制的基础上,应采用智能控制算法组态脱硝优化控制系统方案,快速预测脱硝反应器入口 NO_x 浓度的变化趋势,实现脱硝过程闭环自动优化控制。控制目标应兼顾机组排放环保性、尿素耗量经济性等要求。

6.2 脱硝智能控制算法组态,应满足下列要求:

- a) 可采用跟踪微分器、神经网络控制、预测控制、模糊控制、状态观测等先进控制算法,快速预测脱硝反应器入口 NO_x 浓度的变化趋势;
- b) 可采用变结构、变参数的控制技术,实现脱硝系统闭环优化调节;
- c) 脱硝 SCR 出口安装有 NO_x 分区测点时,宜按喷氨格栅分区均衡控制算法,对喷氨量进行分区调整控制,提高 SCR 出口 NO_x 空间上的分布均匀性。

6.3 在脱硝优化控制组态过程中,应按启/停磨煤机组、给总煤量变化、二次风门、分离燃尽风风门、吹灰优化等影响,采用智能控制算法解决负荷工况变动、磨煤机启/停、吹灰过程等对脱硝控制系统的扰动。

6.4 在脱硝优化控制系统中,应按深度调峰、灵活性运行等特殊工况进行自动控制组态,采用脱硝优化控制与尿素站协同 SCR/SNCR 的智能控制减少因负荷快速爬坡、机组快速启停、机组超低负荷变化带来的出口氮氧化物波动等问题。

7 优化控制技术实施条件

7.1 脱硝优化控制技术实施前,在役及新建机组的脱硝系统测量准确性应满足设计要求。

7.2 改造项目原脱硝系统脱硝效率宜进行评估,在设计工况下,当用设计煤种、校核煤种时,脱硝系统

的脱硝效率不应低于设计效率， NO_x 排放浓度、氨逃逸率、压降及烟气流经过反应器的温度变化应小于设计值。

7.3 制氨系统装置及设备应符合下列规定：

- a) 尿素水解系统，在设计工况下，水解反应器内的尿素溶液浓度应达到 40%~50%，气液两相平衡体系的压力宜为 0.35MPa~0.65MPa，温度宜达到 135℃~160℃；
- b) 尿素热解系统，绝热分解的反应温度宜为 350℃~650℃，绝热分解反应的响应时间宜为 5s~10s。
- c) 水解反应器出口或热解炉出口至每个 SCR 反应器管道应配有 1 套流量测量装置、1 个调节阀，实现独立控制。

7.4 脱硝优化控制系统宜为尿素制备、脱硝喷氨系统联动优化控制。

7.5 燃烧调整可通过汽、水、风、烟参数监测，指导锅炉整体风量及配风分布，降低 NO_x 生成质量浓度及其动态波动幅度。

7.6 SCR 反应器入口宜配置 NO_x 、 O_2 、温度在线测量仪表，SCR 反应器出口宜配置 NO_x 、 O_2 、 NH_3 在线测量仪表。

7.7 SCR 反应器入口 NO_x 浓度采样测量设备宜采用经过 CPA 认证的原位式测量仪表，出口 NO_x 浓度采样测量设备宜采用分区多点测量形式。配置单点取样的机组应开展截面 NO_x 浓度均布情况测量，通过截面比对确认具有代表性的测点位置。

7.8 反应器第一层催化剂入口烟气参数均匀性应符合下列规定：

- a) 速度最大偏差宜小于 $\pm 15\%$ （相对标准偏差率）；
- b) 烟气夹角宜小于 $\pm 10^\circ$ ；
- c) 氨氮摩尔比的偏差宜小于 $\pm 5\%$ （相对标准偏差率）；
- d) 温度偏差宜小于 $\pm 10^\circ\text{C}$ 。

7.9 电动执行机构宜选择带有限位开关和力矩保护的智能一体化产品。

7.10 气动执行机构应选择配气动三联件、具有限位、三断保护功能、采用智能定位器的一体化产品。

7.11 气动执行机构可采用具有电气转换功能、定位器功能、位置反馈功能的一体化产品，并根据工艺要求配备手轮。

7.12 电动执行机构线性误差不应超过 $\pm 0.5\%$ ，气动执行机构线性误差不应超过 $\pm 1.0\%$ 。

8 测试与验收

8.1 测试条件

8.1.1 在测试期间，机组应按锅炉设计及校核煤种对燃烧调整运行，脱硝入口烟气参数应在脱硝技术协议范围内，并应符合下列规定：

- a) SCR 装置催化剂技术指标应符合 DL/T 1286 的规定且催化剂应在使用周期内；

- b) SNCR 装置运行时, 喷射位置对应的烟气温度应在 $870^{\circ}\text{C}\sim 1100^{\circ}\text{C}$;
- c) 原有检测仪表、控制器、流量装置应经试验及单体调试, 并应符合 DL/T 5190.4 的规定。
- 8.1.2 脱硝优化控制技术中的检测仪表、控制器、流量控制装置等制造完成时, 应进行试验以证明性能符合国家现行产品标准, 标牌和标志应符合 GB/T 13306 的规定, 包装应符合 GB/T 13384 的规定, 包装与运输标志应符合 GB/T 6388 和 GB/T 191 的规定。
- 8.1.3 脱硝优化控制技术中热工仪表及控制装置安装、单体调试应符合 DL/T 5190.4 的规定。脱硝优化控制系统供电电源品质及运行环境应符合制造商的技术条件, 施工应按 DL5009.1 的规定执行。
- 8.1.4 脱硝优化控制系统调试应符合 DL/T 5294 中锅炉及其环保专业调试项目中催化还原或选择性非催化还原烟气脱硝系统分系统及整套调试的规定, 并应符合热控专业调试项目及分系统及整套试验、调试等规定。调试应按 DL/T 1695、DL/T 657、DL/T 658、DL/T 659、DL/T 1212、DL/T 1556 的规定执行。
- 8.1.5 脱硝优化控制系统装置应经空负荷、带负荷、满负荷试运及质量验收, 满负荷试运应符合 DL/T 5437 的规定。
- 8.1.6 脱硝优化控制系统调试验收应符合 DL/T 5210.6 的规定。
- 8.1.7 脱硝优化控制装置设计、制造、安装、调试、试验及检查、试运行、考核、最终交付应符合 GB/T 34340、GB/T 32156、GB/T 21509 及 DL/T 1695、DL/T 5257 的规定。

8.2 测试内容

- 8.2.1 测试依据可参照 GB 10184、GB 13223、DL/T 260、GB/T 16157 的规定执行。
- 8.2.2 试验测试仪器、仪表应经校验, 且应在校验有效期内。在每次试验前后, 均采用具备有效校验证证书的标准气体对烟气分析仪标定。
- 8.2.3 在机组 100%、75%、50% 额定负荷稳定运行工况下, 应测量脱硝系统的出入口 NO_x 浓度、入口烟气流量、氧量、出口氨逃逸浓度等, 并计算脱硝效率, 查找上位机历史曲线, 计算脱硝优化控制系统投入率。
- 8.2.4 在尿素催化水解系统中, 机组 40% 至 100% 负荷波动、负荷变动率在每分钟 1%PN 以及负荷变动率大于每分钟 1%PN 小于 2.5%PN 时, 分别测量记录机组总排口小时均值。同时记录尿素催化水解系统中水解器本体压力曲线, 计算统计催化水解制氨系统的出力响应时间。应考核尿素制备、脱硝系统联动控制协调性。
- 8.2.5 脱硝优化控制系统对 SCR 脱硝、SNCR 脱硝采用分区控制设计时, 应选取稳定工况, 在上位机调取脱硝系统出口各分区 NO_x 浓度, 并计算波动范围。出口平均值应为反应区域出口 N 个分区测点浓度平均值, 应计算 SCR 出口任一分区 NO_x 浓度与该烟道平均 NO_x 浓度平均值的偏差。
- 8.2.6 应用脱硝优化控制技术改造 1 个月后, 应在上位机调取空预器差压及负荷曲线, 统计计算在同等工况区间的空预器差压趋势。

8.3 验收测试资料

8.3.1 脱硝优化控制技术实施过程中涉及设计变更及逻辑修改的，应有文档记录并保存。对测试验收中的不合格项整改，应附整改后报告。

8.3.2 脱硝优化控制系统技术调试完成后，调试单位应出具项目调试报告，报告内应附验收过程资料。

8.3.3 脱硝优化控制系统技术测试完成后，试验单位应出具性能测试试验报告。报告中应包括试验方法、试验结果与分析、试验结论。

8.3.4 脱硝优化控制系统验收完成后，总包单位应出具工程竣工报告。报告中应对技术实施签订前的协议要求总结，对技术指标等汇总汇报。

8.3.5 测试验收格式应按附录 A、附录 B、附录 C 的规定执行。



附录 A
(资料性)
氨逃逸试验数据表

日期	内容	氨逃逸测试			
项目		氨逃逸	O ₂	氨逃逸	氨逃逸均值
负荷	测孔	mg/m ³	%	mg/m ³ (@6%O ₂)	mg/m ³ (@6%O ₂)
	A1				
	A2				
	A4				
	A5				
	A6				
	A8				
	A9				
	B1				
	B2				
	B4				
	B5				
	B6				
	B8				
	B9				
备注：以 9 测孔为例。					

附录 B
(资料性)
分区 NO_x 浓度偏差表

日期	单位		
时间	—		
负荷	MW		
反应器	侧	A	B
反应器 1 分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最大值	mg/m ³		
反应器 1 分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最小值	mg/m ³		
反应器 2 分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最大值	mg/m ³		
反应器 2 分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最小值	mg/m ³		
反应器 3 分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最大值	mg/m ³		
反应器 3 分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最小值	mg/m ³		
反应器 4 分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最大值	mg/m ³		
反应器 4 分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最小值	mg/m ³		
4 个分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最大值	mg/m ³		
4 个分区 NO _x 浓度与出口平均值偏差最小值	mg/m ³		

备注：以 4 分区为例。

附录 C
(资料性)
排放口 NO_x 浓度小时均值

NO _x 浓度小时均值					
日期	单位				
时间	-				
负荷	MW				
负荷变动率	%PN/min				
均值	mg/m ³				
最大值	mg/m ³				
最小值	mg/m ³				
差值	mg/m ³				