

ICS 27.100
F 20
备案号: 33091-2011

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 296 — 2011

火电厂烟气脱硝技术导则

Guide for flue gas denitrification technology in thermal power plant

2011-07-28 发布

2011-11-01 实施

国家能源局 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 脱硝技术选择	2
6 SCR 工艺	2
7 SNCR 工艺	4
8 SNCR-SCR 联合脱硝工艺	5
9 监测与控制	5
10 性能考核	5
附录 A（资料性附录） 常用还原剂特点	6

前 言

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业环境保护标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中电联节能与清洁生产中心、中电投远达环保工程有限公司、西安热工研究院有限公司、重庆远达催化剂制造有限公司、国电环境保护研究院、神华国华（北京）电力研究院有限公司。

本标准主要起草人：方勇、宋玉宝、崔社、杜云贵、唐小健、张金伦、潘荔、杨恂、刘志强、刘红辉、李勇、王强、许川、隋建才、余宇、邓佳佳、陈宝元、汪琦、喻江涛、刘铁山、丁小红等。

本标准为首次制定。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

火电厂烟气脱硝技术导则

1 范围

本标准规定了火电厂烟气脱硝工艺技术选择、设备配置、主要参数设计、监测与控制、性能考核指标等方面的要求。

本标准适用于新建、扩建和改建的火电厂锅炉或已建锅炉加装的烟气脱硝装置。燃气、燃油等锅炉加装脱硝装置时可参照执行。

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 150 钢制压力容器

GB 536 液体无水氨

GB 2440 尿素

GB 12268 危险货物物品名表

GB/T 21509 燃煤烟气脱硝技术装备

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50160 石油化工企业设计防火规范

DL/T 362 燃煤电厂环保设施运行状况评价技术规范

HJ 562 火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法

HJ 563 火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法

中华人民共和国国务院令 第 591 号 危险化学品安全管理条例

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

脱硝装置 denitrification equipment

脱除烟气中氮氧化物的装置。

3.2

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

利用还原剂在催化剂作用下有选择性地与烟气中的氮氧化物（主要是 NO 和 NO₂）发生化学反应，生成氮气和水的一种脱硝工艺。

3.3

选择性非催化还原 (SNCR) 工艺 selective non-catalytic reduction technology

利用还原剂在不需要催化剂的情况下有选择性地与烟气中的氮氧化物（主要是 NO 和 NO₂）发生化学反应，生成氮气和水的一种脱硝工艺。

3.4

流场模拟 flow simulation

利用流体力学的方法计算反应器内的烟气流动、烟气内组分混合，并结合比例模型实验来验证反应

器内烟气流动、烟气内组分混合、积灰等流场状况。

3.5

SNCR-SCR 联合脱硝工艺 hybrid SNCR-SCR technology

在 SNCR 的下游设置 SCR，利用 SNCR 未完全反应的还原剂，继续脱除烟气中的氮氧化物以满足环保排放要求的一种脱硝工艺。

4 总则

4.1 脱硝工艺的选择应符合国家及地方环境保护的要求。

4.2 脱硝技术的选择，应与炉内低氮燃烧及炉外烟气脱硝工艺相衔接；运行机组进行脱硝改造时，应同时考虑空气预热器、引风机、除尘器等其他附属设备。

4.3 烟气脱硝的系统布置应符合国家相关规定和要求，并满足环境保护、安全防火、防爆、防毒及职业安全卫生等要求。

4.4 脱硝装置使用寿命及检修维护周期应与锅炉主机一致。

5 脱硝技术选择

5.1 脱硝技术选择应遵循以下原则：

- a) 应符合国家和行业的法律、法规、环保政策等要求。
- b) 应根据锅炉运行年限、锅炉燃烧室结构、燃煤煤质、氮氧化物排放控制规划、污染物排放总量、脱硝效率、还原剂类型、水源、气源、汽源等条件，结合厂址位置、场地布置、废气排放等因素和条件，经全面技术经济比较后确定。
- c) 脱硝系统应适应锅炉负荷、煤种、煤质等的变化，不应影响锅炉的效率。
- d) 应控制脱硝后产物对环境的影响，应减少对下游设备、系统的腐蚀和堵塞。

5.2 脱硝工艺选择应满足以下要求：

- a) 应首先考虑加装或改造低氮燃烧系统，采用低氮燃烧技术时不应降低锅炉效率，应考虑对着火稳燃、燃尽、结渣、腐蚀及汽温等因素的影响。
- b) 新建、扩建燃煤锅炉宜采用 SCR 工艺。
- c) 采用低氮燃烧技术后氮氧化物排放浓度仍不符合环保要求的小容量锅炉，宜采用 SNCR 工艺。
- d) 采用低氮燃烧技术+SNCR 工艺后仍不能达到环保要求，且炉后空间或锅炉剩余寿命有限的特定条件下，可采用 SNCR-SCR 联合脱硝工艺。

6 SCR 工艺

6.1 工艺技术要点

6.1.1 喷氨温度应控制在催化剂最佳活性温度范围内，SCR 装置引起的最大总压降不宜超过 1.4kPa，应满足引风机功率的要求。

6.1.2 氨逃逸浓度宜不大于 2.3mg/m^3 ， SO_2/SO_3 转化率应小于 1%（摩尔比）。

6.1.3 应对空气预热器等下游设备采取防腐、吹灰及冲洗等措施。

6.1.4 应根据空间、载荷及机组容量等因素确定脱硝反应器数量。

6.1.5 SCR 工艺设计完成后，应通过流场模拟来优化催化剂前烟道内部件的布置。

6.2 工艺布置及组成

6.2.1 SCR 反应器布置应符合下列规定：

- a) SCR 反应器应分为高灰、低灰、尾端三种布置方式。
- b) 高灰布置方式应为反应器设置在省煤器后、空气预热器前。此区域温度催化剂活性最佳，宜使用节距较大的催化剂，支撑结构在高温下应有足够的强度和稳定性。

- c) 低灰布置方式应为反应器设置在除尘器和脱硫装置之间。应设置辅助加热装置以提高进入反应器的烟气温度，低灰布置可使用节距较小的催化剂。
- d) 尾端布置方式应为反应器设置在脱硫装置之后。应设置辅助加热装置以提高进入反应器的烟气温度，宜采用高活性的催化剂。

6.2.2 SCR 系统主要由下列反应区组成：

- a) 脱硝反应区，辅助设备（如稀释系统、控制系统，采用尿素热解的热解装置等）应靠近脱硝装置布置，并应根据厂址、气象条件及设备运行状况等因素确定布置在室内还是室外。
- b) 还原剂制备区，脱硝还原剂卸料、储存及制备场所应集中布置在相对设施区的常年最小风频的上风侧，应符合 GB 50160 和 GB 50016 的规定。

6.3 还原剂

6.3.1 可供选择的还原剂有液氨（ NH_3 ）、尿素 [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]、氨水（ $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{NH}_4 \cdot \text{OH}$ ）。

6.3.2 还原剂的选择应根据其安全性、可靠性、外部环境敏感度及技术经济比较后确定，常用还原剂特点参见附录 A。

6.3.3 在液氨供应方便、政策允许及安全措施完善的条件下，宜选用液氨作为还原剂；在人口稠密的地区或液氨运输受限的地区，宜采用尿素作为还原剂；在氨水供应方便的地区，可根据项目具体情况比较分析后选用氨水作为还原剂。还原剂储存、制备和使用应符合 HJ 562 和 HJ 563 的规定。

6.3.4 制氨系统应能连续、稳定地供应脱硝装置运行所需要的氨流量，并满足锅炉负荷波动。

6.3.5 尿素制氨应根据电厂的实际情况和技术经济性分析确定采用热解或水解工艺。

6.3.6 喷氨方式可分为格栅式、混合式和涡流式，各方式的特点如下：

- a) 格栅式的特点为混合距离短，负荷适应性略差。
- b) 涡流式的特点为混合距离长，负荷适应性较好。
- c) 混合式的混合距离要求及负荷适应性介于格栅式和涡流式两者之间。

6.4 催化剂

6.4.1 形式

催化剂形式及特性如下：

- a) 蜂窝式催化剂是以二氧化钛为载体，以钒（V）为主要活性成分，将载体与活性成分等物料充分混合，经模具挤压成型后煅烧而成的。比表面积大。
- b) 板式催化剂是以金属板网为骨架，以玻璃纤维和二氧化钛为载体，以钒（V）为主要活性成分，采取双面碾压的方式将载体、活性材料等与金属板网结合，后经成型、切割、组装和煅烧而成的。
- c) 波纹板式催化剂是以玻璃纤维为载体，表面涂敷活性成分，或通过玻璃纤维加固的二氧化钛基板浸渍钒（V）等活性成分后，烧结成型的。质量轻。

6.4.2 选择原则

催化剂的选用应符合下列规定：

- a) 应遵循脱硝效率高、选择性好、抗毒抗磨性强、阻力合适、运行可靠的原则，应优先选择压降小、可再生利用的催化剂，最大程度地适应燃料类型和运行条件。
- b) 烟气灰分不大于 $20\text{g}/\text{m}^3$ 时，催化剂的节距宜不小于 6mm；烟气灰分为 $20\text{g}/\text{m}^3 \sim 40\text{g}/\text{m}^3$ 时，催化剂的节距宜不小于 7mm；烟气灰分为 $40\text{g}/\text{m}^3$ 及以上时，催化剂的节距宜不小于 8mm；催化剂制造厂家应根据自身产品特点 and 设计条件合理确定。当三种催化剂皆可使用，应从性价比上综合考虑。
- c) 应定期取出催化剂测试块进行性能测试，其化学寿命和机械寿命应满足催化剂运行管理的要求。

6.4.3 安装

催化剂层的安装应方便催化剂的检修、维护与换装，安装高度为催化剂模块高度、支撑梁高度、单轨吊高度、安装与检修空间之和。

6.4.4 催化剂的再生和废弃处理

6.4.4.1 对失效或活性不符合要求的催化剂可进行清洗和再生，延长催化剂的整体寿命。催化剂再生的化学寿命可达到新催化剂的 80% 以上。在清洗和再生时，应考虑其综合利用价值。

6.4.4.2 对于不能再生或不宜再生的催化剂，宜由催化剂提供商等具有相应资质和能力的单位回收或按照国家、地方相关部门要求处理。

6.4.5 吹灰系统

6.4.5.1 吹灰方式可采用声波吹灰方式、蒸汽吹灰方式、声波和蒸汽联用吹灰方式。

6.4.5.2 吹灰器的选择应考虑锅炉吹灰的运行周期，每层催化剂均应设置吹灰装置。

6.4.5.3 对于烟气含灰量在 50g/m^3 以上、水分含量较大或黏性较大的烟气，宜优先考虑蒸汽吹灰方式或声波和蒸汽联用吹灰方式。

6.4.5.4 采用声波吹灰时，可根据耗气量情况考虑设压缩空气储罐，气源的要求应符合 HJ 562—2010 中 6.5.3 的要求。

6.4.5.5 采用蒸汽吹灰时，宜优先选用耙式吹灰方式；蒸汽压力应不低于 1.0MPa，过热度应不低于 50℃。

6.5 流场模拟

6.5.1 通过流场模拟来优化催化剂前烟道内部的设计布置，达到烟气中 NH_3 与氮氧化物的最佳混合，优化烟气速度分布，降低压损。

6.5.2 流场模拟中比例模型实验的模型比例宜为 1:10~1:15。

6.5.3 在喷氨装置上游，100% 烟道横截面内各处流速与平均速度的偏差宜为 -15%~15%。

6.5.4 在 SCR 反应器第一层催化剂入口前 500mm 处，100% 烟道横截面内各处流速的偏差宜为 -15%~15%。

6.5.5 在 SCR 反应器第一层催化剂入口前 500mm 处，100% 烟道横截面烟气中各处 NH_3/NO_x 的摩尔比率的偏差宜为 -10%~10%。

6.5.6 在 SCR 反应器第一层催化剂入口前 500mm 处，100% 横截面内的温度绝对偏差不宜超过 10℃。

6.6 其他

SCR 工艺的设计、施工、调试、运行、检修等具体要求应符合 GB/T 21509 和 HJ 562 的规定。

7 SNCR 工艺

7.1 工艺技术要点

7.1.1 SNCR 工艺由还原剂储存、制备、供应、稀释、计量、喷射及控制等设备组成。

7.1.2 液氨、氨水的反应温度宜为 871℃~1038℃，尿素的反应温度宜为 927℃~1093℃。

7.1.3 烟气在反应温度区间的停留时间宜大于 0.5s。

7.1.4 应优化还原剂喷枪的位置和还原剂雾化效果（液滴的粒径分布、溶液浓度、喷射角度和速度等），以满足反应区间内的 NH_3/NO_x 分布均匀，避免造成局部过高的氨逃逸浓度。

7.1.5 氨基脱硝还原反应的理论化学当量比为 1，实际可按 1.1~1.5 喷入。

7.1.6 应控制氨逃逸浓度小于 7.6mg/m^3 ，以最大限度降低硫酸铵盐对空气预热器的腐蚀和堵塞，并控制飞灰中的氨含量。

7.2 SNCR 工艺类型

7.2.1 传统 SNCR 技术将大量墙式喷射器分多层布置在锅炉水冷壁四周，由于各点的投送深度有限，宜用于炉膛较小的小容量锅炉。

7.2.2 多喷嘴长枪型 SNCR 技术可采用多喷嘴长枪式喷射器，改善还原剂雾化液滴的投送深度、混合效果与投送准确性，可用于炉膛较大的大容量锅炉。

7.2.3 高速射流型 SNCR 技术利用高速增湿空气射流（风速约为 150m/s），可提高脱硝效率到 50% 以上，并减少还原剂耗量 20%~30%。

7.2.4 添加剂型 SNCR 技术在脱硝还原剂中掺混部分碳氢化合物,以减少氨逃逸浓度,提高还原剂的喷射量,化学当量比达到 2~3,脱硝效率可达到 45%~50%。

7.2.5 对于 200MW 等级及以下的锅炉,几种技术都能达到 40%的脱硝效率,多喷嘴长枪型 SNCR 技术与高速射流型 SNCR 技术能满足 45%以上的脱硝效率要求;对于 300MW 等级的锅炉,为达到 30%以上的脱硝效率,宜采用新型 SNCR 技术。

7.3 SNCR 工艺主要考虑因素

7.3.1 还原剂特点参见附录 A, SNCR 工艺宜采用尿素作为还原剂。对于安全要求低或者炉膛温度低的锅炉,也可采用氨水或液氨作为还原剂。

7.3.2 还原剂喷入炉膛前,尿素浓度应控制在 10% (质量浓度) 之内,液氨、氨水 (以 NH_3 计) 浓度应控制在 5% (体积浓度) 之内。

7.3.3 雾化液滴蒸发热解引起锅炉效率降低不宜大于 0.3%。

7.3.4 喷射器的设计与布置应保证雾化良好,避免溶液滴滴或直接喷射到锅炉受热面上,造成严重的腐蚀。

7.3.5 空气预热器冷段受热面应采取抗腐蚀和防堵塞措施。

8 SNCR-SCR 联合脱硝工艺

8.1 工艺技术要点

8.1.1 SNCR-SCR 联合脱硝工艺是由 SNCR 系统的全部设备及 SCR 烟道、反应器、催化剂、吹灰器等装置组成的。

8.1.2 SNCR-SCR 联合脱硝工艺中的 SCR 催化剂可考虑一用一备,宜在反应器入口烟道设导流、混合与整流装置,不设氨喷射系统。

8.1.3 SNCR-SCR 联合脱硝工艺中的 SCR 脱硝效率不宜大于 30%,主要用于将 SNCR 出口较高的逃逸氨浓度控制到 $2.3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

8.1.4 SO_2/SO_3 转化率宜不大于 0.5%,脱硝系统阻力增加不宜超过 500Pa。

8.2 SNCR-SCR 联合工艺主要考虑因素

8.2.1 SNCR-SCR 系统中的 SNCR 部分的化学当量比宜为 2.5~3.5。

8.2.2 SCR 不宜再增设氨喷射系统。

8.2.3 SCR 将使锅炉烟道系统阻力增加,引风机需增压运行。

9 监测与控制

9.1 可编程逻辑控制器 (PLC) 或者分散控制系统 (DCS) 均可控制脱硝系统的运行,后者能更好地与锅炉 DCS 结合,提高系统因炉内烟气温度、烟气停留时间及氨氮比变化的应对能力。

9.2 宜采用烟气多点抽取法采集烟气样品进行分析,提高监测可靠性。

9.3 除配置氨逃逸浓度在线分析仪表外,还应通过定期分析飞灰中的氨含量来监测系统的运行效果。

10 性能考核

10.1 脱硝系统性能考核指标主要包括脱硝效率和氮氧化物排放质量浓度、氨逃逸浓度、 SO_2/SO_3 转化率、系统压力降、电能消耗、还原剂消耗等。

10.2 脱硝系统性能考核指标与评价标准应符合 DL/T 362 的规定。

附 录 A
(资料性附录)
常用还原剂特点

常用还原剂特点见表 A.1。

表 A.1 常用还原剂特点

项 目	液 氨	氨 水	尿 素
品质要求	GB 536, 纯度 99.5%及以上合格品	GB 12268, 浓度一般为 18%~30%	GB 2440, 纯度应保证总氮含量在 46.3%及以上合格品
还原剂费用	低	较高	高
运输费用	低	高	较高
安全性	有毒	有害	无害
存储条件	高压	常压	常压, 干态
存储方式	液态	液态	微粒状
制备方法	蒸发	蒸发	热解、水解
初投资费用	低	较高	高
运行费用	低	较高	高
设备安全要求	应符合 GB 150、《危险化学品安全管理条例》等相关规定	应符合《危险化学品安全管理条例》等相关规定	无
环境敏感区	见 2008 年版《建设项目环境影响评价分类管理名录》 (中华人民共和国环境保护部令第 2 号)		
注: 以产生单位物质的量的 NH ₃ 比较得出。			

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
火电厂烟气脱硝技术导则

DL/T 296—2011

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2011年10月第一版 2011年10月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 0.5印张 14千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·690 定价 9.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.690

上架建议：规程规范/
电力工程/火力发电