

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

水泥窑烟气中低温选择性催化还原法 脱硝技术标准规范

Standard specification for medium-low temperature SCR DeNOx technology
in cement kiln flue gas

（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 术语与定义 1

4 工艺设计 2

5 总体要求 2

6 还原剂系统 3

7 脱硝预处理系统 4

8 脱硝系统 5

9 烟气输送系统 5

10 公用系统 6

11 运行与维护 7

表 1 烟气条件 2

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：成都达奇科技股份有限公司

本文件主要起草人：黄昆明，李江荣，罗然，李新

水泥窑烟气中低温选择性催化还原法脱硝技术标准规范

1 范围

本文件规定了水泥窑烟气中低温 SCR 选择性催化还原法脱硝技术的工艺设计、总体要求、还原剂系统、脱硝预处理系统、脱硝系统、烟气输送系统、公用系统、运行与维护等。

本文件适用于水泥企业新建、改扩建或已建水泥窑烟气脱硝系统的设计、检测、材料设备选择、过程控制、验收及运行维护。

2 规范性引用文件

下列文件对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（包括所有的修订单）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 18218 危险化学品重大危险源辨识

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50222 建筑内部装修设计防火规范

GB 50351 储罐区防火堤设计规范

HJ/T 75 固定污染源烟气排放连续监测技术规范

HJ/T 76 固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法

HG20581 钢制化工容器材料选用规定

HG20585 钢制低温压力容器技术规定

GB 4915 水泥工业大气污染物排放标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

HJ/T 179 火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏法

GB 8978 污水综合排放标准》

T/CCAS 022 水泥工业大气污染物超低排放标准

HJ 562 火电厂烟气脱硝技术导则

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中低温选择性催化还原法 medium-low temperature selective catalytic reduction

在 90℃~280℃ 温度窗口内，在催化剂的作用下，还原剂有选择性的与烟气中的 NO_x 反应并生成无毒无污染的 N₂ 和 H₂O。

3.2

中低温催化剂 medium-low temperature catalyst

促使还原剂与烟气中的 NO_x，在 90℃~280℃ 窗口温度下选择性地发生化学反应的物质。

3.3

还原剂 reductant

脱硝系统中用于与 NO_x 发生还原反应的物质。还原剂包括液氨、氨水、尿素等。

[来源：GB/T 21509-2008，3.3，有修改]

3.4

脱硝效率 denitration efficiency

烟气进出口 NO_x 浓度差值与烟气进口 NO_x 浓度的百分比。

[来源：GB/T 21509-2008，3.11，有修改]

3.5

氨逃逸 ammonia slip

烟气出口氨气浓度，一般用 mg/Nm³ 表示。

[来源：GB/T 21509-2008，3.8，有修改]

3.6 脱硝预处理 denitration pretreatment

为确保中低温催化剂活性和中低温选择性催化还原系统稳定运行，对入反应器前的烟气进行除尘、降温或毒物脱除等前期处理工序。

4 总体要求

4.1 一般规定

- 4.1.1 脱硝效率应满足相应的排放标准和总量控制的要求。
- 4.1.2 系统出口 NO_x 浓度应满足排放标准、环境影响评价批复文件以及排污许可的相关排放要求。
- 4.1.3 系统的脱硝效率应大于 85%。
- 4.1.4 装置的调试、启/停和运行应不影响水泥窑的正常工作。
- 4.1.5 技术适用工况：烟气温度范围 90℃~280℃，最高温度不超过 300℃。
- 4.1.6 烟气排放连续监测系统应符合 HJ 76 要求的，按照 HJ 75 的要求进行连续监测，并预设人工监测孔、监测平台等人工监测条件。
- 4.1.7 系统的设计、建设和运行中的职业卫生应按 HJ/T 179 规定。
- 4.1.8 系统中的防火、防爆设计应符合 GB 50016、GB 50222 规定。
- 4.1.9 系统应设置烟气超温、超尘浓度、氨气泄漏等紧急切断联锁装置。

4.2 系统构成

系统主要包括还原剂系统、脱硝预处理系统、脱硝系统、烟气输送系统、公用系统等。

5 工艺设计

5.1 烟气条件

表 1 烟气条件

序号	项目	窗口	影响因素
----	----	----	------

1	温度	90℃～280℃	温度过低无法达到催化效果，过高影响吸附效果
2	粉尘浓度	<30mg/Nm ³	过高将堵塞床层，增加系统阻力
3	SO ₂ 浓度	<10mg/Nm ³	过高将与还原剂反应，反应生成物堵塞床层，同时使催化剂效率降低

5.2 工艺流程

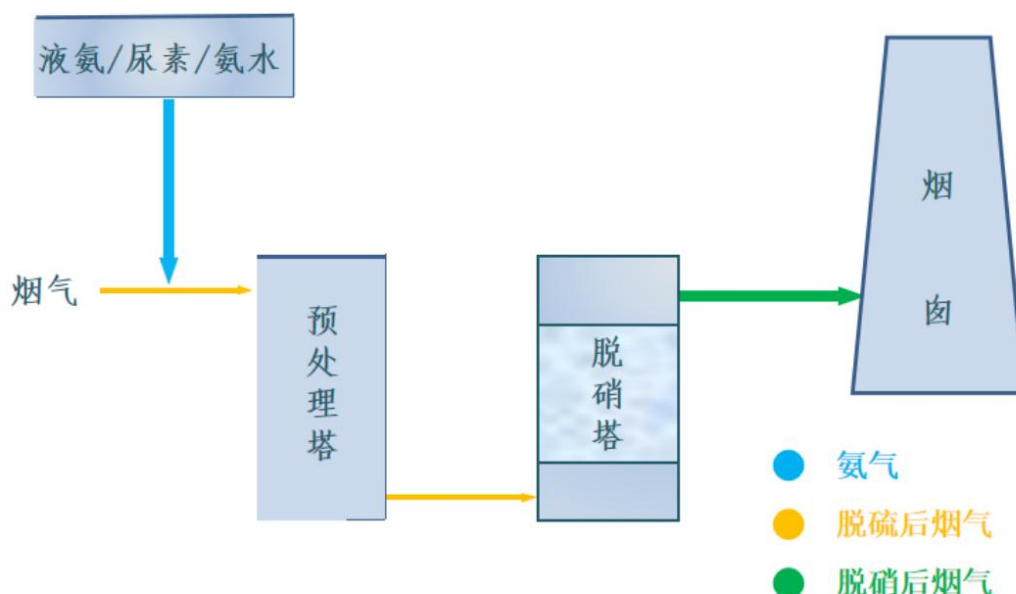


图 1 工艺流程示意图

整个系统由烟气收集部分、预处理部分、脱硝部分、氨源部分组成。烟气收集部分主要烟气管道、阀门、风机、烟囱组成；预处理部分主要由除尘器、调质塔等组成，脱硝部分主要设备为脱硝塔（包括催化剂）；氨源部分主要是液氨储槽、蒸发设备及缓冲设备组成。

6 还原剂系统

6.1 液氨还原剂

- 6.1.1 液氨应符合 GB 536 的要求。
- 6.1.2 液氨运输工具宜采用专用密封槽车。
- 6.1.3 液氨卸料可通过氨压缩机或卸氨泵进行，在与槽车接口处宜设置与排放系统相连的管道，用于卸氨前后排出管道中的空气/氨气。
- 6.1.4 液氨槽车卸料应采用万向充装管道系统。
- 6.1.5 液氨储存和制备装置应符合 GB 536、GB 18218、《危险化学品安全管理条例》和《危险化学品生产储存建设项目安全审查办法》的有关规定。
- 6.1.6 在地上、半地下储罐或储罐组，应按 GB 50351 设置非燃烧、耐腐蚀材料的防火堤。
- 6.1.7 还原剂区应安装相应的气体泄漏检测报警装置、防雷防静电装置、相应的消防设施、储罐安全附件、急救设施设备和泄漏应急处理设备。

6.1.8 液氨储存罐的容量应以全厂脱硝系统设计工况下,连续运行保证的 NO_x 排放浓度以及脱硝装置的设计脱硝效率条件下的液氨日消耗量的储存天数计。

6.1.9 液氨属乙类可燃气体,其常温压力储存设备的几何容积应是固定的,宜选用卧式储存罐,数量不应少于 2 台,单罐储存容积宜小于 120m^3 。

6.1.10 储罐的设计压力及设计温度应根据厂址所在地区的环境及储罐的布置等相关条件确定,设计压力应以可能达到的最高工作温度下的饱和蒸汽压为依据。对于无保冷设施的液氨储罐,设计压力应不低于 50°C 饱和蒸汽压力,对于液氨即为 2.16MPa 。

6.1.11 液氨储存罐材料的选用应依据设计压力和最低可能出现的工作温度(即最低设计温度),满足 GB 150、HG 20581 及 HG 20585 的相关要求。当储罐最低设计温度大于 -20°C 时,罐体宜选用 16MnR,具体要求参见 HG 20581;当储罐最低设计温度等于或小于 -20°C 时,罐体宜选用 16MnDR,具体要求参见按 HG 20585。

6.1.12 液氨储存罐的设计装量系数应根据相关要求执行,一般取 0.9。

6.1.13 液氨储罐应布置在还原剂区边缘的一侧,并应在明火或者散发火花地点的全年最小频率风向的上风侧,其装卸站应靠近道路(或铁路)。

6.1.14 还原剂区应有控制氨气二次污染的措施。

6.1.15 液氨储存设备及运输管道上应有氮气输入管道。

6.1.16 液氨设备及管道的调节控制宜采用气动执行机构。

6.2 氨水还原剂

6.2.1 采用氨水作为还原剂时,宜采用质量分数为 20%~25% 的氨水溶液。

6.2.2 氨水运输工具宜采用专用密封槽车。

6.2.3 氨水的卸料宜采用卸载泵。

6.2.4 所有与氨水溶液接触的设备、管道和其他部件宜采用不锈钢制造。

6.2.5 氨和空气的混合气体的温度应高于水冷凝温度。

6.3 尿素还原剂

6.3.1 尿素应符合 GB 2440 的要求。

6.3.2 尿素制氨系统应能连续、稳定地供应脱硝运行所需要的氨气流量,并满足负荷波动对氨供应量调整的响应要求。

6.3.3 尿素颗粒储仓的容量宜按全厂脱硝系统设计工况下连续运行 3d~5d 所需要的氨气用量来设计。

6.3.4 由尿素颗粒储仓到尿素溶解罐的输送管路应设有关断装置和避免堵料的措施。

6.3.5 尿素溶解罐宜布置在室内,各设备间的连接管道应保温。

6.3.6 所有与尿素溶液接触的设备等材料宜采用不锈钢材质。

6.3.7 当采用尿素水解工艺制备氨气时,尿素水解反应器的出力宜按脱硝系统设计工况下氨气消耗量的 120% 设计。

6.3.8 当采用热解工艺制备氨气时,每套反应器应设置 1 台绝热分解室,分解室进出口气体分配管道宜设置调节风门,分解室和计量分配装置应靠近反应器布置。

6.3.9 所有设备应采取冬天防冻、夏天防晒措施。

7 脱硝预处理系统

7.1 预处理塔设置在除尘系统与脱硝系统之间。

7.2 当预处理塔内前后压差达到500Pa~1000Pa后,对预处理剂进行定期冲洗,将吸附在预处理剂表面的硫酸等盐类洗涤去除。冲洗废液应经中和、过滤处理,达到《污水综合排放标准》(GB 8978)后排放或回用。

7.3 预处理塔宜一用一备或满足分仓进行在线冲洗的要求。

8 脱硝系统

8.1 一般要求

8.1.1 脱硝塔根据水泥窑烟气工况进行 CFD 模拟,有效保障脱硝塔中烟气分布均匀,要求烟气合理的气速和流速,维护系统较低的压降值。正常运行压降 $\leq 1500\text{Pa}$,烟气均匀性偏差 $\leq \pm 10\%$ 。

8.1.2 脱硝系统宜采用分散控制系统(DCS)或可编程逻辑控制器(PLC),其功能包括数据采集和处理(DAS)、模拟量控制(MCS)、顺序控制(SCS)及联锁保护、厂用电源系统监控等。

8.1.3 根据需方要求,脱硝系统可配套实时检测装置。

8.1.4 脱硝系统停止喷氨的最低烟气温度根据催化剂性能和烟气工况条件确定。

8.2 脱硝塔

8.2.1 SCR 反应器和烟道的压力应符合 GB 50316 的规定,SCR 反应器和烟道设计温度按水泥窑满生产负荷工况下的最高工作温度取值。

8.2.2 反应器为固定床,烟气宜竖直向上流动。为降低设备整体高度,脱硝单元之间不留间隙。脱硝塔不需考虑再生。

8.2.3 脱硝塔由外壳和内部催化剂支撑结构组成,抗内部压力变化,抗震,抗大风,抗负荷变化和抗热应力。塔外壳壁厚设计需考虑一定的腐蚀余量,塔外壳保温厚度根据计算确定。

8.2.4 塔设置足够大小和数量的人孔门,并考虑催化剂装卸更换及维修所必须的起吊装置。塔内的温度为 $90^{\circ}\text{C} \sim 280^{\circ}\text{C}$ 左右,反应器壳体材质为 Q235,反应器壳体宜按 6mm 设计。

8.3 催化剂

8.3.1 催化剂能在水泥窑烟气任何正常的负荷下满足系统使用要求。

8.3.2 催化剂入口粉尘浓度宜小于 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$,避免催化剂堵塞。

8.3.3 每年大检修时对床层进行一次再填装,填装时对催化剂进行一次筛分,对催化剂进行补充。如有必要,需将脱硝催化剂取出进行热再生后再装回,避免硫酸铵盐在脱硝催化剂表面富集,堵塞微孔,造成脱硝催化剂中毒。

8.4 仪表检测系统

在脱硝塔上主要设置压力变送器和热电偶,监测脱硝塔内部压力和温度变化情况。同时预留相应的仪表测试孔以备手动检测。

9 烟气输送系统

9.1 烟道设计能够承受如下负荷:烟道自重、风雪荷载、地震荷载、灰荷载、烟道内压推力、烟道热膨胀引起的推力、烟道内衬和保温的重量等。

9.2 烟道的材料材质为Q235。烟道最小壁厚至少按6mm设计,烟道内烟气流速不宜超过15m/s。

10 公用系统

10.1 土建、消防、给排水、空调

10.1.1 土建

土建涉及设备基础、脱硝塔框架。土建基础设计采用钢筋混凝土筏板基础，设备基础采用独立混凝土基础。

10.1.2 消防系统

按照国家有关要求配置。

10.1.3 给排水系统

给水由厂区工艺总水管提供。

10.1.4 空调

考虑到电气设备的工作环境需要，在机柜间、控制室、配电室里需设置空调。设置空调的房间温度、湿度按专业要求参数进行设计。控制室：夏季： $26^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；冬季： $18^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$

10.2 电气和自控

10.2.1 电气

10.2.1.1 脱硝系统主电源要求双电源供电，电源电压为 0.38KV，室外电缆沿桥架并穿钢管至用电设备，配电室内沿电缆沟敷设。

10.2.1.2 照明工程。脱硝系统中照明设置区域为脱硝塔、稀释风机等操作频繁区域，灯具选防腐工矿灯，以延长照明灯具的使用寿命。

10.2.1.3 防雷接地设计应符合下列要求：

- a) 设备接地：脱硝系统中主要设备中，脱硝塔顶部装设避雷带，以结构主筋或钢制设备本体为引下线，如接地电阻不满足要求是增打接地极，接地极选用 $\angle 50\times 5$ 镀锌角钢，接地母线采用 -40×4 镀锌扁铁。
- b) 保护接地：桥架内敷设镀锌扁钢在进控制室处引下与室外接地母线可靠连接。所有用电设备及管道等外漏金属部分均与接地网可靠连接。

10.2.2 控制系统和仪表

10.2.2.1 自控系统

- a) 采用专用工业 DCS/PLC 控制系统，通过通讯组件将相关数据传输至控制室。控制室设置人机对话设施，脱硝装置的监视与控制均通过 DCS/PLC 来实现。
- b) 整套脱硝系统运行通过预先设定的程序，通过 DCS/PLC 系统输出指令对阀门的开关、泵和风机的启停进行操作，状态显示均在控制室的人机界面显示，并将有关数据进行自动记录，为系统的可靠运行提供数据依据。

10.2.2.2 仪表系统

- a) 温度测量：温度仪表装在脱硝塔及烟气管道进出口，用于监测整个系统的温度状态，选用热电偶测温元件，通过传输电缆将信号传输至 DCS/PLC。

- b) 压力/差压测量：压力测点位置根据相应管路或容器的规范要求确定。就地压力表设置在容易观察的位置，压力表有防湿和防尘护罩。
- c) 流量测量：本系统中流量测量点为烟气进口流量监测，用于监控进入脱硝系统烟气量。
- d) 执行机构：阀门电动执行器要求为整体开关型，执行机构自带转换装置（远程就地转换）并且带手轮，正常运行时阀门操作均在控制室内完成，所有的阀门状态（开到位、关到位、故障）均反馈至控制室集中监控。

11 运行与维护

- 11.1 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。
 - 11.2 应制订还原剂、预处理剂和催化剂的采购计划，制定装置大、中检修计划和应急预案。
 - 11.3 装置投运前，应全面检查运行条件，符合要求后才能按开车程序依次启动装置各系统。
 - 11.4 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。
 - 11.5 还原剂、预处理剂和催化剂的库存量应定期检查，确保物料平衡。
 - 11.6 定期进行仪器、仪表的校验。对重要的控制指标如浓度、温度、压力、成分和进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。
 - 11.7 当环境温度低于冰点温度时，系统停机时要做好保温防冻工作。
 - 11.8 装置的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中，并制定装置详细的维护保养规程。
 - 11.9 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。
 - 11.10 设备检修时应做好安全防范。
 - 11.11 系统应能在水泥窑任何负荷下连续安全运行，系统的负荷变化速度应与水泥窑负荷变化率相适应，同时装置故障停机瞬间，应给水泥窑硬信号，确保相应安全措施同步启动。
 - 11.12 当接到紧急停机命令时，供氨系统具有在15s至30s内将氨供应从100%容量削减到0的能力。
-