

ICS 27.100

CCS F 23

团 体 标 准

T/CSEE 0344—2022

火力发电厂脱硝优化控制系统技术导则

Directives for optimal control system of denitration in fossil fuel power plant



2022-12-05 发布

2023-03-01 实施

中国电机工程学会 发布

团 体 标 准

火力发电厂脱硝优化控制系统技术导则

T/CSEE 0344—2022

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

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

*

2023年5月第一版 2023年5月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 28千字

*

统一书号 155198·4746 定价 19.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.4746

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 优化控制目标	3
6 优化控制技术	3
7 优化控制装置	3
8 优化控制技术实施条件	3
9 测试与验收	4
附录 A（规范性） 脱硝优化控制系统软硬件性能测试	6
附录 B（资料性） 脱硝优化控制系统的控制性能测试	7
附录 C（资料性） 脱硝优化控制系统验收表	9
参考文献	10

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会热工自动化专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：西安热工研究院有限公司、华北电力大学、西安交通大学、华北电力科学研究院有限公司、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、电力规划设计总院、华电莱州发电有限公司、广东粤电大埔发电有限公司。

本文件主要起草人：王林、郭彦君、高海东、侯玉婷、严俊杰、周俊波、王明坤、金国强、郭亦文、易超、耿林霄、桑永福、胡勇、马记、胡再新、王立。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

火力发电厂脱硝优化控制系统技术导则

1 范围

本文件规定了火力发电厂脱硝优化控制的目标、采用的优化控制技术和系统配置要求，给出了优化控制技术的实施条件以及测试与验收的内容和方法。

本文件适用于在役及新建火力发电厂脱硝控制系统的设计、选型、优化及测试验收。

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/T 21509 燃煤烟气脱硝技术装备
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 26863 火电站监控系统术语
- GB/T 32156 燃煤烟气脱硝技术装备调试规范
- GB/T 34340 燃煤烟气脱硝装备运行效果评价技术要求
- DL/T 657 火力发电厂模拟量控制系统验收测试规程
- DL/T 658 火力发电厂开关量控制系统验收测试规程
- DL/T 659 火力发电厂分散控制系统验收测试规程
- DL/T 701 火力发电厂热工自动化术语
- DL/T 774 火力发电厂热工自动化系统检修运行维护规程
- DL/T 1083 火力发电厂分散控制系统技术条件
- 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 1492.2 火力发电厂优化控制系统技术导则 第2部分：协调及汽温优化控制系统验收测试
- DL/T 1695 火力发电厂烟气脱硝调试导则
- DL/T 5190.4 电力建设施工技术规范 第4部分：热工仪表及控制装置

3 术语和定义

GB/T 21509、GB/T 26863 和 DL/T 701 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

燃煤电厂烟气超低排放 flue gas ultra-low emissions of coal-fired power plant

在基准氧含量 6%条件下，燃煤电厂标准状态干烟气中颗粒物、SO₂、NO_x 排放质量浓度分别不高于 10 mg/m³、35 mg/m³、50 mg/m³。以下简称“超低排放”。

[来源：HJ 2053—2018，3.1，有修改]

3.2

优化控制系统 optimized control system; OCS

除比例积分微分控制（proportional integral differential control, PID）等控制算法外，还采用自适应控制、预测控制、智能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，有修改]

3.3

分散控制系统 **distributed control system; DCS**

采用计算机、通信和屏幕显示技术，实现对生产过程的数据采集、控制和保护等功能，利用通信技术实现数据共享的多计算机监控系统，其主要特点是功能分散、操作显示集中、数据共享。根据具体情况也可以是硬件布置上的分散。

[来源：DL/T 701—2022，7.38]

3.4

可编程逻辑控制器 **programmable logic controller; PLC**

用于顺序控制的专用计算机，通过编程系统，利用布尔逻辑或继电器梯形图等编程语言来改变顺序控制逻辑。目前，可编程逻辑控制器可根据需要扩展模拟量控制功能，配置有多个输入和输出装置，可承受更宽的温度变化范围，更苛刻的电气噪声、振动和冲击等。在国外，可编程逻辑控制器也称可编程自动化控制器（programmable automation controller，PAC）。

[来源：DL/T 701—2022，4.90，有修改]

3.5

脱硝效率 **denitrification efficiency**

脱硝装置脱除的 NO_x 量与未经脱硝前烟气中所含 NO_x 量的百分比。

[来源：DL/T 1365—2014，5.3.8.1]

3.6

NO_x 排放浓度 **NO_x emission concentration**

每立方米烟气中所携带的 NO_x 的含量（以 NO_2 计）（标准状态，3% O_2 —燃油机组；6% O_2 —燃煤机组；15% O_2 —燃汽轮机）（ mg/m^3 ）。

[来源：DL/T 5480—2013，2.0.4]

3.7

可用率 **available rate**

在外部条件满足要求、系统功能正常且性能达到考核指标的前提下，在规定的时间内，优化控制系统（3.2）的正常运行时间与总考核时间的比值。

[来源：DL/T 1492.1—2016，3.5]

3.8

分区喷氨 **zonal ammonia injection**

根据 NO_x 浓度分布进行分区，通过分区喷氨阀门的调控，完成不同区域喷氨指令要求的喷氨量，实现各分区独立精确喷氨。

4 总则

4.1 脱硝优化控制系统依靠准确可靠的检测设备和控制装置，通过先进的控制策略和智能控制技术，实现对火力发电机组 NO_x 排放的精准控制。

4.2 脱硝优化控制系统适用于采用大气污染物超低排放限值的河北、上海等地的火力发电厂，对于仍未以超低排放限值为大气污染物排放标准的省份或地区的火力发电厂，脱硝优化控制目标可依据本省份或地区的大气污染物排放标准制定。

4.3 脱硝优化控制系统可应用于新建机组和在役机组改造，涵盖系统设计、设备选型、技术优化、运行调试及评估验收。

5 优化控制目标

- 5.1 NO_x 排放浓度小于 50 mg/m³（标准状态）。兼顾机组环保排放性能和经济性能，NO_x 排放浓度设定目标宜为 30 mg/m³~50 mg/m³（标准状态）。
- 5.2 氨逃逸体积分数不高于 3×10^{-6} （标准状态，干基，过量空气系数为 1.4）。
- 5.3 脱硝优化闭环控制长期稳定运行，可用率达 99%以上。
- 5.4 在机组负荷变动率小于或等于每分钟 1%P_N，且无明显内扰的工况下，机组 NO_x 排放浓度控制偏差宜不超过 ±6 mg/m³（标准状态）。
- 注：P_N 为机组额定功率。
- 5.5 在机组负荷变动率大于每分钟 1%P_N 时，机组 NO_x 排放浓度控制偏差一般不超过 ±12 mg/m³（标准状态）。

6 优化控制技术

- 6.1 在传统氨氮摩尔比前馈控制、氨流量串级控制的基础上，宜采用神经网络软测量技术在线评估测量参数，可应用预测控制、模糊控制、内模控制、史密斯预估、状态观测、相位补偿、跟踪微分器等先进控制算法，设计变结构、变参数的脱硝优化控制系统方案，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、喷氨耗量节省等要求。
- 6.2 在脱硝优化控制组态过程中，宜采用预测控制、补偿控制等智能控制算法模块进行脱硝优化控制组态，解决脱硝系统喷氨大延迟、大惯性的控制难点，并利用跟踪微分器快速提取脱硝反应器出口 NO_x 浓度的变化趋势，克服脱硝系统内、外部扰动。
- 6.3 在脱硝优化控制组态过程中，针对启/停磨煤机组、二次风门、分隔燃尽风（separate overfire air, SOFA）风门、吹灰优化的影响，应用智能控制算法协助解决负荷工况变动、磨煤机启/停、吹灰过程等对脱硝控制系统带来的扰动。

7 优化控制装置

- 7.1 脱硝优化控制系统宜单独在 DCS 中配置控制站，也可采用上位分析站、下位控制站结构的独立控制系统。
- 7.2 对于具有智能控制器或智能控制模块的机组 DCS 或者独立的脱硝优化控制系统，应用易维护、易使用的智能算法模块进行脱硝优化控制。
- 7.3 单独配置的脱硝优化控制系统应由控制站、上位分析站（操作员站）、网络交换系统、I/O 模块和电源等组合构成，实现复杂数据分析运算功能与实时快速控制功能；也可选择与现有机组 DCS 高度兼容的外挂控制系统、可编程逻辑控制器、工业控制计算机等，并配置标准化的通信接口和软件接口，以方便与机组 DCS 连接和加载智能算法，提供必要的参数调整手段。
- 7.4 单独配置的脱硝优化控制系统，应符合 DL/T 1492.1 的要求。
- 7.5 现场采集的信号应先进入机组 DCS，脱硝优化控制站通过通信方式从机组 DCS 中获取实时与历史数据，并将控制指令通过机组 DCS 输出至现场。
- 7.6 脱硝优化控制系统与机组 DCS 的接口应符合 DL/T 1492.1 的要求。
- 7.7 脱硝优化控制系统的信息安全等级应符合 DL/T 1492.1 的要求。
- 7.8 脱硝优化控制系统及装置的性能应满足 DL/T 659 和 DL/T 1492.1 的要求。

8 优化控制技术实施条件

- 8.1 在脱硝优化控制系统技术实施前，在役及新建机组的脱硝系统测量准确性应满足设计要求。
- 8.2 宜对原脱硝系统的脱硝效率进行评估，在任意工况下，当燃用设计煤种、校核煤种时，脱硝系统

的脱硝效率不低于设计效率，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小于设计值。

8.3 制氨系统装置及设备满足下列要求：

- a) 制氨系统若为尿素水解系统，在任意工况下，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为 0.48 MPa~0.60 MPa，温度达到 150 °C~170 °C。
- b) 制氨系统若为尿素热解系统，应均匀布置尿素溶液绝热分解室中的喷枪，宜采用浮子流量计，在任意工况下，浮子流量计的精度不低于满量程刻度的 1.5%，使用量程范围保持在量程的 1/4~3/4。
- c) 每台水解反应器出口或热解炉出口至选择性催化还原（selective catalytic reduction, SCR）反应器管道应配有 1 套测量装置，A 侧和 B 侧反应器应各配置 1 个调节阀，实现两侧独立控制。
- d) 制氨系统若为液氨系统，在任意工况下，液氨系统应采用纯度为 99.8%的氨，存储压力容器应保证具有安全和防火措施。
- e) 在液氨蒸发器上配置的气氨缓冲槽，在任意工况下，均应提供压力稳定的气氨，供氨压力范围应为 0.30 MPa~0.35 MPa。
- f) 气氨输送管道应采用伴热保护，保证氨喷射系统前温度不低于 300 °C。

8.4 氨/空气喷雾系统的每一供应箱应安装一个节流阀及节流孔板。

8.5 宜进行流场优化调整，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。

8.6 宜采用分区喷氨，实现精细化氨量调节。

8.7 宜在 SCR 反应器进口配置 NO_x、O₂、温度监视分析仪，在 SCR 反应器出口配置 NO_x、O₂、NH₃ 监视分析仪，监视氨逃逸浓度。

8.8 SCR 进、出口 NO_x 浓度采样测量设备应具备多点取样、快速取样、定期反吹等功能，提升脱硝控制系统的可靠性。

8.9 反应器第一层催化剂入口烟气参数均匀性要求为相对偏差不大于下述值：速度最大偏差为平均值的 ±15%；温度最大偏差为 ±10 °C；氨氮摩尔比的最大偏差为平均值的 ±5%；烟气入射催化剂角度为 ±10°。

8.10 电动执行机构选择带有限位开关和力矩开关的智能一体化产品；气动执行机构选择配气动三联件、具有限位功能、采用智能定位器的一体化产品；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，并根据工艺要求配电磁阀和手轮。电动执行机构线性误差不超过 ±0.5%，气动执行机构线性误差不超过 ±1.0%。

9 测试与验收

9.1 测试条件

9.1.1 接入脱硝优化控制系统的变送器、执行器、接线箱以及电缆等现场设备的安装、调试符合 DL/T 5190.4 的要求。

9.1.2 烟气脱硝系统的设备及装置设计、制造、安装、调试、试验及检查、试运行、考核、最终交付符合 GB/T 34340、GB/T 32156、GB/T 21509 以及 DL/T 1695 的规定。

9.1.3 脱硝优化控制系统的硬件和软件应按制造商的说明书和有关标准完成安装和调试，并投入连续运行。

9.1.4 脱硝优化控制系统的供电电源品质及运行环境应符合制造商的技术条件。

9.1.5 脱硝优化控制系统随机组连续运行时间超过 7 天。

9.1.6 与脱硝优化控制系统有关的主、辅设备运行可控。

9.2 测试内容

9.2.1 脱硝优化控制测试的功能对象包括脱硝系统设备、网络系统、通信系统、控制设备，涉及智能设备的还包括智能组件及平台。

9.2.2 脱硝优化控制系统与机组 DCS 采用相同软硬件系统的，可仅对 9.2.4、9.2.5 所规定的内容进行测试与验收，否则应完成 9.2 所规定的全部测试内容。检测项目、内容与要求、实际测试结果记录应符合附录 A 中表 A.1 的要求。

9.2.3 网络通信性能测试应符合 GB/T 22239、DL/T 1083 以及 DL/T 1492.2 的要求。

9.2.4 控制系统基本性能测试应符合 DL/T 657、DL/T 658、DL/T 659、DL/T 774、DL/T 1083 以及 DL/T 5190.4 的要求。

9.2.5 脱硝优化控制系统性能测试的内容包括：

- a) 对控制回路进行切换试验、扰动试验以及变负荷运行试验，获得脱硝优化控制系统在稳定工况、大幅度扰动工况以及变负荷工况下的运行控制性能。在测试过程中可不断调整机理模型、控制策略及控制参数，使脱硝系统各参数和性能指标达到设计优化指标。
- b) 切换试验。在相同的 NO_x 排放浓度设定值下，机组采用常规脱硝控制系统与脱硝优化控制系统运行相同的时间，定时记录脱硝系统的运行情况。试验结果记录格式见附录 B 中表 B.1，试验后出具试验报告并附上试验曲线。
- c) 扰动试验。在机组负荷较稳定情况下进行出口氮氧化物设定值扰动试验，定时记录优化控制回路投入后脱硝系统的运行情况。试验结果记录格式见附录 B 中表 B.2，试验后出具试验报告并附上试验曲线。
- d) 变负荷运行试验。在设定 NO_x 排放浓度和设计脱硝效率下，机组宜按照一定的速率在 $50\%P_N \sim 60\%P_N$ 、 $75\%P_N \sim 85\%P_N$ 和 $90\%P_N \sim 100\%P_N$ 等负荷段变负荷运行，负荷段根据机组运行情况确定，定时记录优化控制回路投入后脱硝系统的运行情况。试验结果记录格式见附录 B 中表 B.3，试验后出具试验报告并附上试验曲线。
- e) 在系统性能满足要求的前提下，记录脱硝优化控制系统自动投入与人为退出的历史数据，可在机组 DCS 中设置开关量信号自动记录，以 168 h 为周期统计脱硝优化控制系统的可用率，可用率应达到 99%。

9.3 验收测试资料

9.3.1 验收资料包括脱硝优化控制系统选型说明、控制系统功能设计说明，如脱硝系统优化控制软硬件及网络设备配置及清册、控制系统设计方案及逻辑说明等。

9.3.2 脱硝优化控制过程中涉及设计变更及逻辑修改的，应有文档记录并保存。

9.3.3 试验验收单包括设备启/停允许条件、优化控制回路投/退允许条件等内容。试验完成后，验收单由调试单位、运行单位人员签名。

9.3.4 脱硝优化控制系统技术实施后，测试单位出具测试及投运报告。测试及投运报告包括设备概况、控制说明、控制系统测试投运过程描述、投运过程中主要参数记录曲线、结论和存在问题。

9.3.5 验收结论记录格式见附录 C 中表 C.1。

附 录 A

(规范性)

脱硝优化控制系统软硬件性能测试

脱硝优化控制系统软硬件性能测试项目、内容与要求及实际测试结果记录应符合表 A.1 的要求。

表 A.1 脱硝优化控制系统软硬件性能测试项目、内容与要求及实际测试结果记录表

序号	测试项目	测试内容与要求	实际测试结果
1	供电电源冗余能力测试	两路电源供电，停用其中任意一路电源，不应影响整个装置运行	
2	控制器冗余能力测试	每一组冗余的控制器均有一个处于主控状态，另一个处于跟踪状态，可包括优化控制器和机组 DCS 冗余。主控状态控制器停用后，跟踪状态控制器应立即切换至主控状态，且系统输出无跳变	
3	通信网络数据传输能力测试	控制站与机组 DCS 之间通信满足时延不大于 1 s 的实时通信能力	
4	I/O 系统设备性能测试	开关量输入信号查询电压不应小于 24 V，模拟量输入信号与输出信号精度应符合 DL/T 1083 的规定	
5	抗射频干扰能力试验	关闭机柜门，用对讲机通话等射频干扰源对脱硝优化控制系统进行干扰测试，满足 DL/T 659 中规定的相关要求	
6	可用率测试	以 168 h 为周期统计脱硝优化控制系统的可用率，应达到 99%	

附录 B

(资料性)

脱硝优化控制系统的控制性能测试

脱硝优化控制系统控制性能测试切换试验记录表见表 B.1。

表 B.1 脱硝优化控制系统控制性能测试切换试验记录表

项 目	切 换 试 验		
	参考指标	实际值	签名/日期
NO _x 排放浓度 (mg/m ³ , 标准状态)	<50		
氨逃逸率	<3×10 ⁻⁶		
脱硝效率	设计值		
试验曲线记录			
测试方签字:			
业主方签字:			

脱硝优化控制系统控制性能测试扰动试验记录表见表 B.2。

表 B.2 脱硝优化控制系统控制性能测试扰动试验记录表

项 目	扰 动 试 验		
	参考指标	实际值	签名/日期
NO _x 排放浓度 (mg/m ³ , 标准状态)	<50		
氨逃逸率	<3×10 ⁻⁶		
脱硝效率	设计值		
NO _x 排放调节峰值时间 (s)			
NO _x 排放控制调节时间 (s)			
NO _x 排放超调量 (mg/m ³ , 标准状态)			
试验曲线记录			
测试方签字:			
业主方签字:			

脱硝优化控制系统控制性能测试变负荷运行试验记录表见表 B.3。

表 B.3 脱硝优化控制系统控制性能测试变负荷运行试验记录表

项 目	变负荷运行试验		
	参考指标	实际值	签名/日期
NO _x 排放浓度 (mg/m ³ , 标准状态)	<50		
氨逃逸率	<3×10 ⁻⁶		
脱硝效率	设计值		
NO _x 排放调节峰值时间 (s)			
NO _x 排放控制调节时间 (s)			
NO _x 排放超调量 (mg/m ³ , 标准状态)			
试验曲线记录			
测试方签字:			
业主方签字:			

附 录 C
(资料性)
脱硝优化控制系统验收表

脱硝优化控制系统验收表见表 C.1。

表 C.1 脱硝优化控制系统验收表

发电公司：		机组：		
序号	项目名称	验收项目与内容	结论	备注 (对不合格项目的描述)
1	软硬件配备	硬件配备情况	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	
		软件配备情况	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	
2	控制性能测试	切换试验	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	
		扰动试验	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	
		变负荷运行试验	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	
3	人员培训与资料交接	人员的培训	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	
		资料的交接	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	
业主签字：		日期：		
脱硝优化控制系统供应方签字：		日期：		

参 考 文 献

- [1] DL/T 1365—2014 名词术语 电力节能
 - [2] DL/T 5480—2013 火力发电厂烟气脱硝设计技术规程
 - [3] HJ 2053—2018 燃煤电厂超低排放烟气治理工程技术规范
-