团 体 标 准

T/CSES-XX-XXXX

燃煤电站烟气污染物超低排放技术

验证评价规范

Verification protocal for ultra-low emission pollutants technologies of coal-fired power plants

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布 202X-XX-XX实施

中国环境科学学会 发布

目 录

[前 言 1](#_Toc17575175)

[1 适用范围 2](#_Toc17575176)

[2 规范性引用文件 2](#_Toc17575177)

[3 术语和定义 3](#_Toc17575178)

[4 总则 4](#_Toc17575179)

[5 验证评价程序 5](#_Toc17575180)

[6 资料收集 5](#_Toc17575181)

[6.1总体要求 5](#_Toc17575182)

[6.2基本信息 5](#_Toc17575183)

[6.3设计参数 6](#_Toc17575184)

[7 验证测试指标 6](#_Toc17575185)

[7.1指标体系 6](#_Toc17575186)

[7.2 环境效果指标 7](#_Toc17575187)

[7.3 工艺运行指标 7](#_Toc17575188)

[7.4维护管理指标 8](#_Toc17575189)

[8测试技术要求 9](#_Toc17575190)

[8.1 测试周期和样本数 9](#_Toc17575191)

[8.2采样点和采样频率 9](#_Toc17575192)

[8.3 样品的采集和保存 10](#_Toc17575193)

[8.4 验证测试方法 10](#_Toc17575194)

[9验证评价 12](#_Toc17575195)

[9.1 总体要求 12](#_Toc17575196)

[9.2 去除率 12](#_Toc17575197)

[9.3 处理效果稳定性 12](#_Toc17575198)

[9.4 运转可靠性 13](#_Toc17575199)

[9.5 经济性 13](#_Toc17575200)

[9.6维护管理方便性 13](#_Toc17575201)

[附录1 14](#_Toc17575202)

# 前 言

为规范环境保护技术验证评价联盟成员单位实施的燃煤电站烟气污染物超低排放技术验证评价工作，促进燃煤电站烟气污染物超低排放技术的创新、示范和推广，制定本规范。

本规范是技术指导性文件，用来指导参与验证评价各方对已完成工业性试验或已有少量应用，具有潜在的市场前景的燃煤电站烟气污染物超低排放技术进行的验证评价。

本规范规定了燃煤电站烟气污染物超低排放技术验证评价工作的通用程序及相关技术要求。

# 1 适用范围

本规范规定了燃煤电站烟气污染物超低排放技术验证评价程序、验证测试指标、测试周期、测试方法、评价方法等内容。

本规范适用于燃煤电站烟气污染物超低排放单项技术或组合技术的验证评价。

燃煤电站超低排放技术验证评价的主要对象是建立在一定科学原理基础上，已完成工业性试验或已有少量应用，具有市场推广前景的新技术或改良现有技术的验证评价也可参照本规范执行。

# 2 规范性引用文件

本规范引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

GB 8978 污水综合排放标准

GB 13223 火电厂大气污染物排放标准

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ 836 固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法

GB/T 19001 质量管理体系要求

GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南

HJ 75 固定污染源烟气（SO2、NOx、颗粒物）排放连续监测技术规范

HJ 493 水质样品的保存和管理技术规定

HJ 494 水质采样技术指导

HJ 495 水质采样方案设计技术规定

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

HJ/T 397 固定源废气监测技术规范

HJ 820 排污单位自行监测技术指南 火力发电及锅炉

T/CSES-1 环境保护技术验证评价 通用规范（试行）

T/CSES-2 环境保护技术验证评价 测试通用规范（试行）

《国家危险废物名录》（环境保护部令第39号）

《危险废物转移联单管理办法》（国家环境保护总局令第5号）

# 3 术语和定义

**3.1****燃煤电站 coal-fired power stations**

指使用洗选煤、型煤、水煤浆、煤矸石等的锅炉生产电能的设备。

**3.2超低排放技术 ultra-low emission technology**

指燃煤电站在发电运行、末端治理等过程中，采用的多种污染物高效协同脱除的技术。该技术可使燃煤电站排放烟气基准氧含量6%条件下，颗粒物、SO2、NOx浓度分别不高于10 mg/m³、35 mg/m³、50 mg/m³。

**3.3技术自我声明 self-announcement of technology**

指评价委托方对委托验证评价的燃煤电站烟气污染物超低排放技术的适用范围、性能指标、工艺参数、经济指标、运行维护等所做的介绍性声明。

**3.4环境效果指标 environmental performance parameter**

指用来表征燃煤电站烟气污染物超低排放技术对污染物处理效果的指标，分为通用指标和特征指标。对于污染治理技术，环境效果指标一般是污染物去除效果指标，包括污染物去除率和污染物排放浓度。

**3.5工艺运行指标 process and operation parameter**

指直接对燃煤电站烟气污染物超低排放技术稳定运行及污染物处理效果产生影响的工艺运行指标。

**3.6维护管理指标 maintenance and management parameter**

指燃煤电站烟气环保设施日常运行、维护指标，如能源资源消耗（如水、电和药剂等）、操作的难易程度、技术设施运行稳定性与耐久性等。

**3.7测试周期 test period**

指根据燃煤电站烟气污染物超低排放技术验证评价目标、测试要求，以及污染物负荷、生产周期、环境条件等，为达到验证评价目标所需要的最短测试时间。

**3.8采样频率 sampling frequency**

指满足燃煤电站烟气污染物超低排放技术验证评价测试要求所需的采样次数和采样时间间隔。

**3.9样本数 sample number**

指根据燃煤电站烟气污染物超低排放技术验证评价测试要求，在同一采样条件下采集的样本数量。

# 4 总则

**4.1**采用本规范开展燃煤电站超低排放技术验证评价，工作程序应符合T/CSES-1的相关规定。

**4.2**验证测试质量控制与质量保证方法参照T/CSES-1、T/CSES-2执行。

**4.3**验证评价指标一般分为环境效果指标、维护管理指标和工艺运行指标三类。测试指标以定量为主，定性指标为辅。指标分为通用指标和可选指标两种类型。通用指标是必选指标，是完成验证评价工作所需的基本要求；可选指标，可根据技术特征、污染物特征、委托方要求等进行确定。

**4.4** 具体的评价指标由验证评价机构会同验证评价各方，根据燃煤电站烟气污染物超低排放技术特点确定，其中工艺运行指标一般不少于两项，作为评价技术性能时的参考性指标。

**4.5** 验证评价指标应反映燃煤电站烟气污染物超低排放技术的应用范围、相关技术法规要求及技术特点。指标一般包括：适用的环境介质和污染物种类、适用浓度范围、污染物去除率、介质中共存物质的影响、去除单位污染物的能耗、物耗与运行成本、技术设施运行稳定性等。

# 5 验证评价程序及现场验证要求

5.1 验证评价程序参照T/CSES-1的相关规定执行。

5.2 现场验证应保证在80%以上设计负荷条件下开展测试，保持稳定负荷运行时间不少于3天。

5.3 现场验证测试原则上保持燃煤煤质稳定时间不少于3天。

5.4 现场验证测试原则上保证脱硫剂、脱硝剂、水处理药剂等辅料用量及质量保持稳定时间不少于3天。

# 6 资料收集

## 6.1总体要求

**6.1.1**为保证验证评价的科学性、公正性、客观性，验证评价方案编制前需要对验证技术的技术信息进行收集、整理和分析。

**6.1.2**技术信息资料分为基本信息和设计参数两类，技术持有方所提供的技术信息是编制验证评价方案、验证评价报告的基础。技术资料信息收集参照附表1。

## 6.2基本信息

**6.2.1**技术创新性

创新技术或改良技术的基本原理、主要创新点和特点。

**6.2.2**技术适用性

验证评价技术对烟气条件、预处理、后处理的要求等适用条件等。

**6.2.3**已有数据

所验证的技术有以往的运行数据与资料，经审核后这部分数据可作为验证评价的参考资料。提供的数据必须确保真实、可靠，且同时提供获得数据的环境条件、背景情况等。已有数据的审核应符合T/CSES-1附录3要求。

## 6.3设计参数

6.3.1设计参数宜反映验证评价项目的设计条件。

6.3.2以知识产权保护为原则，根据技术的类型，由技术持有方从附表1中选取能够反映技术特点、可公开的设计参数，供验证评价机构参考。为准确反映技术的特征，设计参数指标的选取不宜少于2项。

# 7 验证测试指标

## 7.1指标体系

燃煤电站超低排放技术验证评价测试指标分为环境效果指标、工艺运行指标、维护管理指标3类。验证测试指标体系框架见表7-1。

表7-1 燃煤电站超低排放技术验证评价测试指标体系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 |
| 大气污染物指标 | 常规指标 | SO2、NOx、颗粒物 |
| 非常规指标 | PM10、PM2.5、SO3、Hg等重金属等 |
| 工艺运行指标 | 运行参数 | 除尘技术 | 过滤风速 |
| …… |
| 脱硫技术 | 液气比 |
| …… |
| 脱硝技术 | 氨氮比 |
| …… |
| 维护管理指标 | 环境影响 | 噪声 | 等效连续A声级（LAeq） |
| 废水 | 脱硫废水 |
| …… |
| 固废 | 脱硫副产物 |
| …… |
| 资源、能源消耗指标 | 耗电量 |
| 资源消耗量 |
| 耗水量 |
| …… |
| 操作及维护管理指标 | 故障及异常发生频率 |
| …… |

## 7.2 环境效果指标

环境效果指标应根据自我声明、测试对象和被评价技术处理的目标污染物等来选取。环境效果指标见表7-2。

**表7-2 环境效果指标**

|  |  |
| --- | --- |
| 处理技术 | 环境效果指标 |
| 常规指标 | 非常规指标 |
| 除尘技术 | 颗粒物 | PM10、PM2.5、Hg等重金属等 |
| 脱硫技术 | SO2、颗粒物 | PM10、PM2.5、可溶盐、Hg等重金属等 |
| 脱硝技术 | NOx | NH3、SO3等 |

## 7.3 工艺运行指标

**7.3.1** 原则上不得选取涉及技术机密的工艺运行指标。

**7.3.2** 工艺运行指标应根据燃煤电站烟气污染物超低排放技术的具体情况确定，参照表7-3。

**表7-3 工艺运行指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **烟气污染物治理技术** | **指标** | **单位** |
| 除尘技术 | 烟气量 | m3/h |
| 氧含量 | % |
| 烟气温度 | ℃ |
| 烟气流速 | m/s |
| 其他 | - |
| 脱硫技术 | 烟气量 | m3/h |
| 氧含量 | % |
| 烟气温度 | ℃ |
| 烟气流速 | m/s |
| 钙（镁、钠等）硫比 | - |
| 液气比 | - |
| 循环水pH值 | - |
| 入口二氧化硫浓度 | mg/m3 |
| 其他 | - |
| 脱硝技术 | 烟气量 | m3/h |
| 烟气流速 | m/s |
| 工作温度窗口 | ℃ |
| 氨氮摩尔比 | - |
| 氨逃逸质量浓度 | mg/m3 |
| 其他 | - |

## 7.4维护管理指标

维护管理指标包括工艺运行过程中的环境影响、原材料消耗和能耗、运行及维护管理性能，应根据燃煤电站烟气污染物超低排放技术的具体情况参照表7-4进行选择。

**表7-4 烟气治理技术维护管理指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **项目分类** | **运行及维护管理项目** | **单位** |
| 原料及资源消耗 | 原料耗（煤） | t/h |
| 药剂种类及用量 | t/h |
| 电耗 | kW·h/h |
| 水耗 | t/h |
| 噪声 | 等效连续A声级 | dB(A) |
| 废水 | 污水处理设施药剂添加量 | t/h |
| 固体废物 | 脱硫副产物产生量 | t/h |
| 废滤袋产生量 | t/单位时间 |
| 废脱硝催化剂产生量 | t/单位时间 |
| 污泥产生量 | t/h |
| 其他 | - |
| 运行及维护管理 | 故障和异常的发生频率 | - |
| 故障排除的难易程度 | - |
| 其他 | - |

# 8测试技术要求

## 8.1 测试周期和样本数

8.1.1验证测试周期的设定，应能充分反映烟气治理技术的处理效果、技术运行可靠性、稳定性、技术经济性、环境友好性等。

8.1.2确定燃煤电站废气超低排放技术的现场验证测试周期前，需掌握企业的生产周期、煤种、设备检修周期等详细信息，作为确定验证评价测试周期的重要依据。

8.1.3燃煤电站烟气污染物超低排放技术现场验证周期不宜少于30天。

8.1.4验证测试样本数的确定应符合T/CSES-2中4.3的相关规定。在考虑科学合理采样频率的条件下，验证测试周期的设定应满足数据评价最低样本数要求。

## 8.2采样点和采样频率

8.2.1采样点

根据所收集的技术资料，充分研究验证技术工艺流程、技术特点、创新点、已有数据等信息，合理设置具有代表性的采样点。采样点宜选择在烟气处理系统进气烟道和排气烟道两处，采样点位应符合GB/T 16157的要求。

8.2.2采样频率

采样频率应能满足可真实反映验证工艺绩效的最低样本数的要求。

（1）常规大气污染物颗粒物、二氧化硫、氮氧化物需1天至少分早、中、晚采3个样品，样品采样间隔需大于2小时；非常大气规污染物PM2.5、PM10、Hg等重金属等需1天至少分上下午采2个样品，样品采样间隔需大于1小时；

（2）污染物治理工艺产生废水需1天分早、中、晚共采3个样品，样品采样间隔需大于2小时。

## 8.3 样品的采集和保存

8.3.1样品采集

气态样品采集应按照GB/T 16157和《空气和废气监测分析方法（第四版）》中的相关要求执行；废水样品，样品的采集应按照HJ494和HJ495的相关规定执行。

8.3.2样品的保存运输

样品的保存参照标准方法执行，如无标准方法参照《空气和废气监测分析方法（第四版）》中的相关要求执行。废水样品的保存应按照HJ493的相关规定执行。

## 8.4 验证测试方法

8.4.1环境效果指标检测方法

8.4.1.1 应优先选择现行的国家或行业标准方法作为检测方法。

8.4.1.2 当指标没有相应的现行国家或行业标准方法时，可采用下列方法：

（1）国际或国外标准；

（2）《空气和废气监测分析方法》（中国环境科学出版社，第四版增补版）。

8.4.1.3当指标无现行的方法进行测试时，可由测试机构进行开发，并进行必要的方法学验证，形成可操作的文件，并作为测试报告的附件。

8.4.1.4燃煤电站烟气污染物超低排放技术测试指标并不仅局限于表7-2的几项，可自定义，检测标准按规定执行。

8.4.2工艺运行指标检测方法

8.4.2.1 应优先选择现行的国家或行业标准方法作为测试方法。

8.4.2.2烟气参数烟气量、温度、氧含量等按照GB/T 16157的相关规定执行；污染物浓度测定按照其对应的标准方法的相关规定执行。

8.4.2.3技术治理设施的工艺参数参照其工程技术规范的相关规定执行，无技术规范的选择适当的方法。

8.4.3维护管理指标测试方法

8.4.3.1 环境影响、原料及资源消耗指标

 环境影响、原料及资源消耗指标的获取方式按照表8-1。

**表8-1 维护管理指标测试方法**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目分类 | 运行及维护管理项目 | 具体指标的获取方式 |
| 原料及资源消耗 | 原料耗（煤） | 计量泵测定 |
| 药剂种类及用量 | 计量泵或加药设备消耗测定 |
| 电耗 | 全部测试对象的电力消耗，实际测量或计算 |
| 水耗 | 计量泵或计量表 |
| 废水 | 污水处理设施药剂添加量 | 计量泵或加药设备消耗测定 |
| 固体废物 | 脱硫副产物产生量 | 计量泵测定 |
| 废滤袋产生量 | 计量泵测定 |
| 废脱硝催化剂产生量 | 计量泵测定 |
| 污泥产生量 | 计量泵测定 |

8.4.3.2运行及维护管理指标

（1）故障和异常的发生频率

记录故障发生时间、原因、排除方法，并对测试期间的故障次数、故障频率等进行统计。

（2）故障排除的难易程度

记录故障发生时间、是否可以简单的排除故障及排除故障所需时间。

（3）设备的稳定运转性能

检查并记录设备的连续稳定运转时间。

（4）控制系统可靠性

检查并记录自动控制的可靠性，手动系统的可靠性，有无自动报警系统等。

# 9验证评价

## 9.1 总体要求

验证评价是在对测试数据进行统计分析的基础上，对数据结果给出科学、合理的评价。一般采用均值、中位数、数据范围、方差等对环境效果指标、工艺运行指标及维护管理指标等进行统计分析，并围绕着技术自我声明的内容，对燃煤电站烟气污染物超低排放技术的污染物去除率、处理效果稳定性、运行可靠性、经济性等进行综合评价。

## 9.2 去除率

按照以下公式计算污染物的去除率。

去除率（%）=（Ci进- Ci出）/ Ci进×100% （式9-1）

式中：Ci进——技术依托装置第i种污染物的进口浓度，mg/m3；

Ci出——技术依托装置第i种污染物的出口浓度，mg/m3。

## 9.3 处理效果稳定性

对净化装置出口污染物排放浓度的波动、抗负荷冲击能力、连续稳定运行状况等进行分析评价；对净化装置协同脱除污染物排放浓度、新产生污染物的排放浓度进行分析评价。

## 9.4 运转可靠性

运行可靠性指标主要根据维护管理难易程度、故障发生频率、排除故障的难易程度、维护管理所需要的技能水平等来进行分析和判断。运行稳定、基本没有发生故障情况可认为运行可靠；发生过故障，但没有影响整体运行，故障很容易被排除的情况可认为运行基本可靠；故障频繁或故障发生后不易排除等情况可认为运行可靠性差。

## 9.5 经济性

经济性指标主要通过水耗量、电耗量、污染物脱除用药剂量、污染物脱除副产物利用量、维护管理所需人数、装置占地面积等来评价。

## 9.6维护管理方便性

根据维护管理工作量、维护管理难易程度、维护管理所需要的技能水平等来评价燃煤电站烟气污染物超低排放技术的维护管理性能。能够在无人干扰状态下，实现较长时间的稳定运行时可认为维护管理方便性好，维护管理工作量大或操作复杂，对维护管理人员技术水平要求高，可认为维护管理方便性差。

# 附录1

**附表1 技术资料**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 指标 | 单位 |  |
| 基本信息 | 技术创新性 | - |  |
| 技术适用性 | - |  |
| 技术自我声明 | - |  |
| 主要设备 | - |  |
| 已有数据 | - |  |
| 其他 | - |  |
| 设计参数 | 除尘技术 | 袋式除尘 | 运行烟气温度 | ℃ |  |
| 滤料型式 | - |  |
| 过滤风速 | m/min |  |
| 除尘器阻力 | Pa |  |
| 可实现颗粒物排放浓度 | mg/m3 |  |
| 其他 | - |  |
| 电除尘 | 运行烟气温度 | ℃ |  |
| 同极距 | mm |  |
| 烟气流速 | m/s |  |
| 比集尘面积 | m2/m3/s |  |
| 除尘器阻力 | Pa |  |
| 可实现颗粒物排放浓度 | mg/m3 |  |
| 其他 | - |  |
| 电袋除尘 | 运行烟气温度 | ℃ |  |
| 电区比集尘面积 | m2/m3/s |  |
| 滤料型式 | — |  |
| 过滤风速 | m/min |  |
| 除尘器阻力 | Pa |  |
| 可实现颗粒物排放浓度 | mg/m3 |  |
| 其他 | - |  |
| 脱硫技术 | 湿法 | 吸收塔运行温度 | ℃ |  |
| 烟气流速 | m/s |  |
| 喷淋层数 | - |  |
| 钙（镁、纳等）硫比 | - |  |
| 液气比 | L/m3 |  |
| 浆液pH值 | - |  |
| 吸收剂名称 | % |  |
| 吸收塔出口液滴浓度 | mg/m3 |  |
| 吸收塔入口二氧化硫浓度 | mg/m3 |  |
| 脱硫效率 | % |  |
| 可实现二氧化硫排放浓度 | mg/m3 |  |
| 脱硫废水的处置方式 | — |  |
| 脱硫副产物的处置方式 | — |  |
| 其他 | — |  |
| 干法/半干法 | 吸收塔运行温度 | ℃ |  |
| 出口烟气温度 | ℃ |  |
| 烟气停留时间 | s |  |
| 烟气流速 | m/s |  |
| 钙硫比 | - |  |
| 吸收剂纯度 | % |  |
| 吸收剂粒径 | - |  |
| 吸收塔入口二氧化硫浓度 | mg/m3 |  |
| 脱硫效率 | % |  |
| 可实现二氧化硫排放浓度 | mg/m3 |  |
| 脱硫副产物的处置方式 | — |  |
| 其他 | — |  |
| 脱硝技术 | SCR脱硝 | 工作温度窗口a | ℃ |  |
| 氨氮摩尔比 | — |  |
| 烟气流速 | m/s |  |
| 氨逃逸浓度 | mg/m3 |  |
| 二氧化硫转化为三氧化硫的比例 | % |  |
| 反应器入口氮氧化物浓度 | mg/m3 |  |
| 脱硝效率 | % |  |
| 可实现氮氧化物排放浓度 | mg/m3 |  |
| 其他 | — |  |
| SNCR脱硝 | 工作温度窗口 | ℃ |  |
| 氨氮摩尔比 | — |  |
| 还原剂类型 | — |  |
| 还原剂停留时间 | s |  |
| 氨逃逸质量浓度 | mg/m3 |  |
| 氮氧化物初始浓度 | mg/m3 |  |
| 脱硝效率 | % |  |
| 可实现氮氧化物排放浓度 | mg/m3 |  |
| 其他 | — |  |

**附表2 燃煤电站烟气污染物超低排放技术测试指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测试指标 | 方法标准名称 | 方法标准编号 |
| 颗粒物 | 锅炉烟尘测试方法 | GB 5468-91 |
| 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法 | GB/T 16157-1996 |
| 固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法 | HJ 836-2017 |
| 二氧化硫 | 固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法 | HJ/T 56-2000 |
| 固定污染源排气 二氧化硫的测定 定电位电解法 | HJ 57-2017 |
| 固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法 | HJ 629-2011 |
| 氮氧化物 | 固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法 | HJ/T 42-1999 |
| 固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法 | HJ/T 43-1999 |
| 固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法 | HJ 692-2014 |
| 固定污染源排气 氮氧化物的测定 定电位电解法 | HJ 693-2014 |
| 汞及其化合物 | 固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法（暂行） | HJ 543-2009 |
| 固定污染源废气 气态汞的测定 活性炭吸附热裂解原子吸收分光光度法 | HJ 917-2017 |
| OHM法  |  |
| M29法 |  |
| 三氧化硫 | EPA 8异丙醇吸收法 |  |
| EPA 8A冷凝法 |  |
| 火电厂烟气中 SO3测试方法 控制冷凝法 | DL/T 1990-2019 |
| 石灰石-石膏湿法烟气脱硫装置性能验收试验规范 | DL/T 998-2016 |
| 可溶盐 | EPA 202冷凝法 |  |
| 烟气参数 | 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法 | GB/T 16157-1996 |
| 备注：测试指标并不仅局限于上述几项，可自定义，检测标准按规定执行。 |

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿