

CAEPI

中国环境保护产业协会标准

T/CAEPI 13—2018

火电厂烟气排放过程（工况）监控系统技术 指南

Technical guide of process (operating status) monitoring system for flue gas emission
from thermal power plant

（发布稿）

本版为发布稿，请以正式出版的标准文本为准。

2018-10-29 发布

2018-12-1 实施

中国环境保护产业协会 发布

目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 排放过程（工况）监控系统的组成.....	2
5 排放过程（工况）监控系统的技术要求.....	4
6 治理设施运行状况的判定.....	7
7 烟气排放连续监测系统监测数据的合理性判定.....	12
8 排放过程（工况）监控系统的技术验收.....	12
9 排放过程（工况）监控系统日常管理.....	13
附录 A（资料性附录）监测子系统参数要求.....	14
附录 B（资料性附录）石灰石/石灰-石膏湿法脱硫设施运行状况的判定.....	15
附录 C（资料性附录）CEMS 监测数据合理性判定方法.....	16

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，促进环保技术装备的发展，规范火电厂烟气排放过程（工况）监控系统的建设工作，统一火电厂烟气排放过程（工况）监控系统的性能与功能指标，制定本文件。

本文件规定了火电厂烟气排放过程（工况）监控系统的组成、技术要求、治理设施运行状况的判定、烟气排放连续监测系统监测数据的合理性判定、技术验收和日常运行管理。

本文件为首次发布。

本文件由中国环境保护产业协会组织制订。

本文件起草单位：中环协（北京）认证中心、聚光科技（杭州）股份有限公司、北京万维盈创科技发展有限公司。

本文件主要起草人：王则武、廖小卿、黄德承、杜庆昌、张坤、尚光旭、岳子明、高晓晶、易江、赵飞雪。

本文件由中国环境保护产业协会 2018 年 10 月 29 日批准。

本文件自 2018 年 12 月 1 日起实施。

本文件由中国环境保护产业协会负责管理和解释，在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送至中国环境保护产业协会标准管理部门（北京市西城区扣钟北里甲 4 楼，邮编 100037）。

火电厂烟气排放过程（工况）监控系统技术指南

1 适用范围

本文件规定了火电厂烟气排放过程（工况）监控系统的组成、技术要求、治理设施运行状况的判定、烟气排放连续监测系统监测数据的合理性判定、技术验收和日常管理。

本文件适用于火电厂（含热电联产电厂）烟气排放过程（工况）监控系统。工业锅炉、工业窑炉等污染源治理设施的烟气排放过程（工况）监控系统可参照本文件执行。

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/T 6587	电子测量仪器通用规范
GB/T 18268.1	测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分：通用要求
HJ 75	固定污染源烟气（SO ₂ 、NO _x 、颗粒物）排放连续监测技术规范
HJ 76	固定污染源烟气（SO ₂ 、NO _x 、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法
HJ/T 178	火电厂烟气脱硫工程技术规范 烟气循环流化床法
HJ/T 179	火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏法
HJ 212	污染物在线监控（监测）系统数据传输标准
HJ 462	工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程技术规范
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
HJ 2001	火电厂烟气脱硫工程技术规范 氨法
DL/T 5136	火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程
DL/T 5137	电测量及电能计量装置设计技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 过程（工况）监控系统（process (operating status) monitoring system, PMS)

监测、分析影响污染物排放的污染源的生产及治理设施运行的关键参数，并提供关键参数的永久性记录所需的全部设备及应用软件组成的系统。

3.2 过程控制的对象链接与嵌入 (object linking and embedding for process control, OPC)

由一套标准的接口、属性和方法组成的用于过程控制和制造业的自动化中的一种软件接口标准。

3.3 预测监测系统 (predictive emission monitoring system, PEMS)

用过程参数和其他参数确定污染物的浓度或排放速率的系统。通过公式转换,图形或计算机程序处理测量参数,用于和排放限值或标准进行比较。

3.4 烟气排放连续监测系统 (continuous emission monitoring system, CEMS)

连续测定颗粒物和/或气态污染物浓度和排放率所需要的全部设备。一般由采样、测试、数据采集和处理三个子系统组成的监测体系。

3.5 标准状态下的干烟气 (dry flue gas of standard conditions)

标准状态下的干烟气是指在温度 273K, 压力为 101325Pa 条件下不含水汽的烟气。

4 排放过程 (工况) 监控系统的组成

4.1 一般规定

PMS 由参数监测、数据采集传输、数据分析判定、应用软件等四个子系统组成。其系统示意图见图 1。

4.2 参数监测子系统

由传感器、信号分离器等组成,可准确、完整、系统地获取生产设施、治理设施运行的关键参数数据和污染物排放及烟气参数监测数据。

4.3 数据采集传输子系统

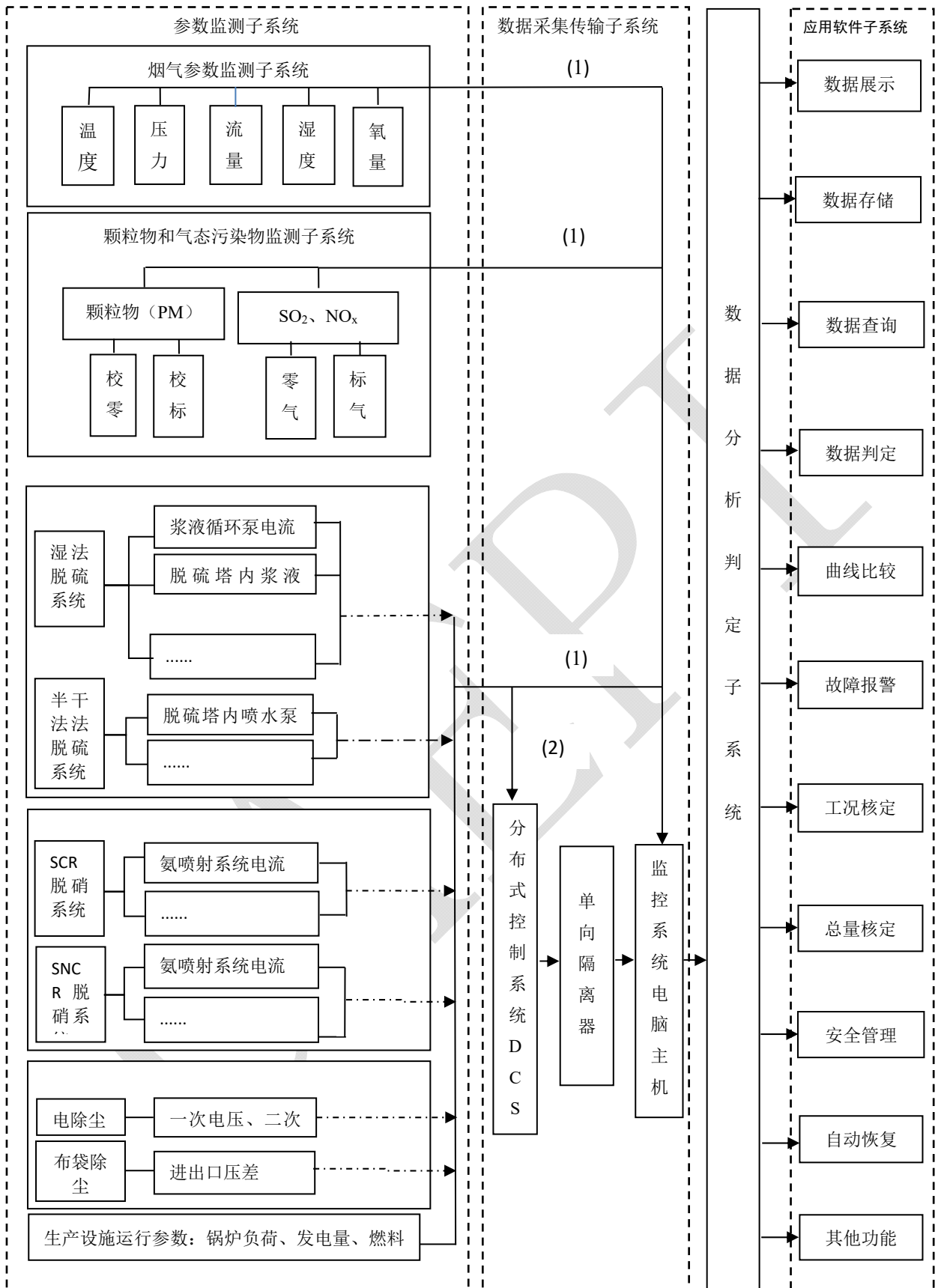
由数据采集转换模块、OPC 数据采集软件、单向物理隔离装置、监控系统主机、局域网组网设施等组成,可实现数据的采集、存储、传输等功能。

4.4 数据分析判定子系统

可对参数监测子系统数据进行统计分析,判定和统计治理设施运行状态,进行工况核定等。

4.5 应用软件子系统

可实现数据展示、数据存储、数据查询、故障报警等功能。



注：“- ->”表示采用任一种烟气排放的治理技术；生产设施和治理设施的运行参数数据可用方式（1）直接获取或方式（2）间接获取；示意图仅表示单个生产设施和治理设施运行参数数据的采集、污染物监测、数据传输及与数据分析判断平台的连接和部分功能。

图1 火电厂烟气排放过程（工况）监控系统示意图

5 排放过程（工况）监控系统的技术要求

5.1 参数监测子系统

参数监测子系统的要求，参见附录A。

5.2 数据采集传输子系统

5.2.1 排放过程（工况）监控数据获取

排放过程（工况）监控数据的获取主要采用直接获取和间接获取两种方式，应根据数据来源要求和现场实际情况进行选择。

5.2.1.1 直接获取数据

通过硬接线方式从监控生产设施和治理设施的运行参数和电气参数的仪器仪表端直接采集数据。

a.从设备现场或设备配电室，在风机、泵等产生强电流信号的供电线路上安装电流互感器和变送器，将强电信号转换为（4~20）mA模拟量信号进行采集。

b.现场应加装信号隔离器，在弱电流信号进入分布控制系统DCS或中控系统之前进行一分二的截取。

5.2.1.2 间接获取数据

通过与企业的中控系统、DCS或数据采集传输仪连接获取监控生产设施和治理设施的运行参数和电气参数的数据。

5.2.2 信号接入要求

5.2.2.1 采用直接获取方式的PMS，至少应具备32个模拟量输入通道，应支持（4~20）mA电流输入或（1~5）V电压输入，应至少达到12位分辨率；至少应具备8路开关量输入通道；应至少具备2个RS232/485数字输入通道，用于连接CEMS；备2个以太网口，用于从数据采集传输仪或企业中控系统读取数据。

5.2.2.2 对于模拟量输入信号，开关量输入（输出）信号，应采用屏蔽电缆，宜采用屏蔽双绞电缆，屏蔽层要单端接地。

5.2.2.3 模拟信号应隔离，以增强现场与远传信号的可靠性，所安装的电流互感器、信号隔离器应采用适应实际工况需要的规格型号，保证参数的准确采集。

5.2.2.4 如果信号电缆和电源电缆之间的间距小于15cm，应在信号电缆和电源电缆之间设置屏蔽用的金属隔板，并将隔板接地，避免交叉走线，以减少干扰；当信号电缆和电源电缆垂直方向或水平方向安装时，信号电缆和电源电缆之间的间距应大于15cm。

5.2.2.5 采用间接方式获取数据时，应屏蔽编写操作，系统只能读取，以避免对中控系统数据造成干扰。

5.2.2.6 依据电力系统二次安全防护的要求,在火电厂采用间接获取数据方式时应加装单向物理隔离装置。

5.2.2.7 PMS 同设备现场之间的接线应符合 DL/T 5136 的要求,所采用的硬件采集设备应符合 DL/T 5137 的要求。

5.2.3 数据传输

DCS 与 PMS 的数据传输应符合国际电工委 IEC 60875-5-104 规约、HJ 212 标准的要求。

5.2.4 信号采集误差要求

模拟量采集传输过程中产生的误差应小于 1‰。

5.2.5 系统时钟计时误差

系统时钟时间控制 24h 内误差不超过±0.1%,并能通过平台对系统时钟进行校准。

5.2.6 数据采集子系统硬件要求

5.2.6.1 环境适应能力

适应温度、湿度环境的能力应符合 GB/T 6587 中环境组别为 II 组的相关要求,抗振动性能应符合 GB/T 6587 中相关要求,抗电磁干扰能力应符合 GB/T 18268.1 中有关要求。

5.2.6.2 安全要求

5.2.6.2.1 绝缘阻抗应不小于 20MΩ。

5.2.6.2.2 在正常大气条件下,应能承受频率为 50Hz、有效值为 1500V 的正弦交流电压 1min,应无飞弧和击穿现象。

5.3 数据分析判定子系统

5.3.1 数据判定

利用监控生产设施和治理设施的关键参数、数据统计分析、数学模型等方法判定设施的运行状态和 CEMS 监测数据的合理性。

5.3.2 工况核定

判定治理设施的投运、停运及运行状况,并核定运行状况有效或无效,以保证精确的统计治理设施的有关数据及核定监控污染物的排放总量。分析各种运行状况下监控参数数据的变化趋势。

5.4 应用软件子系统

5.4.1 数据展示

应能实时显示传送的污染物排放实测数据和与监控污染物排放相关的统计数据,如污染物去除效率等。

显示数据时应以折线和/或柱形图等体现数据的变化趋势,可使用光标点击数据格式图显示可选择的数据,显示污染物去除效率基准、允许波动范围和实测污染物去除效率值变化动态图形等。

5.4.2 数据存储

存储容量不低于 500G,能保存 1 年及以上的分钟数据。存储单元应具备断电保护功能,断电后所存储数据不丢失。可通过磁盘、U 盘、存储卡或专用软件导出数据。

5.4.3 数据查询

应可查询实时数据、历史数据、异常报警记录等。

5.4.4 曲线比较

应能比较监控的设施运行参数数据、排放污染物、脱硫和脱硝效率、生产设施与治理设施关联参数数据的小时(适合时)、日、月变化曲线,以及不同电厂同类指标的比较等。

5.4.5 故障报警

应能针对生产设施和治理设施运行中出现的故障或异常情况实时报警,并能记录和查询报警。并对报警内容进行推送,跟踪报警处理措施和处理结果,形成报警信息闭环管理。

5.4.6 安全管理

应具有安全管理功能,操作人员需登录工号和密码后,才能进入控制界面。安全管理功能应为二级系统操作管理权限。

5.4.7 自动恢复

设备开机应自动运行,当停电或设备重新启动后,无需人工操作,自动恢复运行状态并记录出现故障时的时间和恢复运行时的时间。

5.4.8 运行指示

设备应有电源、运行、故障、报警状态的运行指示。

5.4.9 后备电源

外部电源停止供电后,后备电源可以持续供电,持续工作时间不低于 6h;外部电源正常供电时,可以对后备电源充电。

5.4.10 其他功能

按有关标准的规定标识数据，提供多种报告和数据汇总表，如：CEMS 监测数据与设施运行监控参数数据一致性的逻辑比对，CEMS 监测数据与物料衡算结果变化趋势的比较，CEMS 监测数据与数学模型预测数据比较的相对准确度，有关标准、文件（指令、办法）规定提交的报表等。

6 治理设施运行状况的判定

6.1 监控处理工艺参数判定

通过对治理设施工艺参数的监测，来监控并判定其运行状况。

6.1.1 脱硫设施运行状况判定

6.1.1.1 石灰石/石灰-石膏湿法脱硫设施运行状况判定

湿法脱硫需要接入的参数是旁路挡板开度、浆液循环泵电流、脱硫塔内浆液 pH 值等。石灰石/石灰-石膏湿法脱硫设施运行状况的判定参见附录 B。

6.1.1.1.1 脱硫设施未投入运行

- a. 引风机未开（工作电流小于额定电流的 10%）。
- b. 循环泵未开（工作电流小于额定电流的 10%）。

6.1.1.2 循环流化床脱硫设施运行状况判定

循环流化床脱硫设施运行状况判定需要接入的参数是消石灰流量、脱硫塔内水泵电流等。

6.1.1.2.1 脱硫设施未投入运行

- a. 脱硫剂输送装置未开（消石灰流量小于额定流量的 10%）。
- b. 水泵未开（工作电流小于额定电流的 10%）。

6.1.2 脱硝设施运行状况判定

6.1.2.1 SCR 脱硝工艺设施运行状况判定

SCR 脱硝设施运行状况判定需要接入的参数是液氨法：喷氨流量、稀释风机电流等；尿素法：尿素溶液流量、喷枪投入信号等。

6.1.2.1.1 脱硝设施未投入运行

液氨法

- a. 氨喷射系统未开（喷氨流量小于额定流量的 10%）。
- b. 稀释风机未开（工作电流小于额定电流的 10%）。

尿素法

- a. 喷射系统未开（尿素溶液流量小于额定流量的 10%）。

b.喷枪未投运（所有喷枪状态为停运）。

6.1.2.2 SNCR脱硝工艺设施运行状况判定

SNCR 脱硝设施运行状况判定需要接入的参数是喷氨流量、调节阀开度等。

6.1.2.2.1 脱硝设施未投入运行

a.氨喷射系统未开（喷氨流量小于额定流量的 10%）。

b.未喷氨（调节阀开度小于额定开度的 10%）。

6.1.3 除尘设施运行状况判定

除尘器除尘设施运行状况判定需要接入的参数是电流和压差。

6.1.3.1 电除尘

电除尘器电场未正常投运：电场高压整流器电流小于额定电流的 10%。

6.1.3.2 布袋除尘

除尘器未开：除尘器进出口压差的压力信号小于额定压差的 10%。

6.1.3.3 湿式电除尘

除尘器未开：高压整流器电流小于额定压差的 10%。

6.2 污染物去除效率判定

以有关技术标准规定的污染物去除效率为基准或在治理设施正常运行的条件下，在一定的时间期间内通过实际测定获得的污染物去除效率的平均值为基准，并给定污染物去除效率允许的波动范围，判定治理设施是否正常运行。

6.2.1 以标准规定的污染物去除效率为基准判定

SO₂ 去除效率：循环流化床法：80%~95%以内，判定治理设施运行正常；石灰石/石灰-石膏法、氨法：95%±5%以内，判定治理设施运行正常；

NO_x 去除效率：SCR 法 80%±10%以内，判定治理设施运行正常；SNCR 法 40%±10%以内，判定治理设施运行正常。

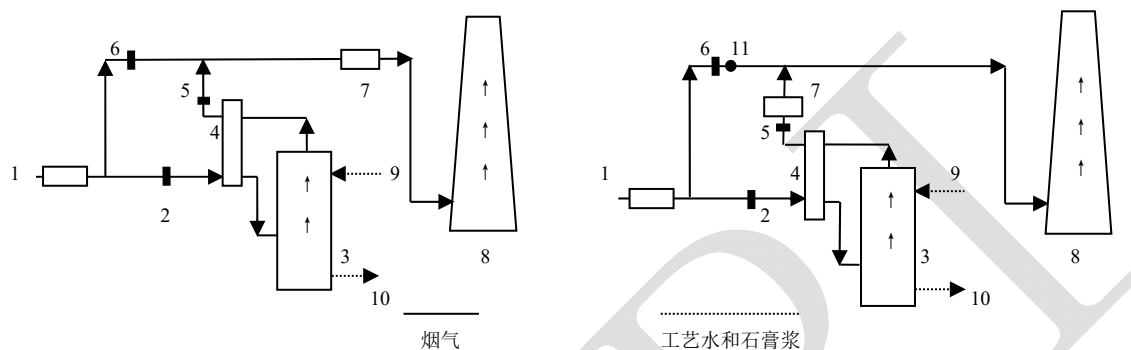
6.2.2 以实际测定污染物去除效率为基准判定

6.2.2.1 应在生产设施和治理设施正常运行的条件下，通过安装在治理设施入口的 CEMS 和安装在旁路排放原烟气与净化烟气汇合后的混合烟道上的 CEMS [CEMS 位于净化烟气的烟道（旁路烟道加装流量装置）时应对数据进行修正]测定污染物的质量流量（kg/h）。

6.2.2.2 连续测定、计算 720h 去除效率的小时平均值和平均值的标准偏差（720h 可分时段，如：火电厂

发电高峰时段、低谷时段），以去除效率的平均值为基准，标准偏差的 ± 3 倍为限值。此后，当测定去除效率（整点小时均值）在平均值 ± 3 倍标准偏差以内时，判定治理设施运行正常。之后，每获得 168 个整点小时有效数据后，重新计算后 720h 去除效率的小时平均值和平均值的标准偏差，作为新的判定标准。污染物去除效率的平均值、标准偏差和判定式的计算方法分别同式（8）、式（9）和式（10）。

湿法脱硫 CEMS 的安装位置：位于旁路排放原烟气与净化烟气汇合后的混合烟道，见图 2；位于净化烟气的烟道（旁路烟道加装流量装置）见图 3。



1.原烟气 CEMS；2.原烟气挡板；3.脱硫塔；4.烟气换热器；5.净烟气挡板；6.旁路挡板；7.净化烟气 CEMS；
8.烟囱；9.工艺水；10.石膏浆； 11.流量装置。

图 2 汇合烟道

图 3 净化烟气烟道

6.2.2.3 CEMS 安装在汇合烟道

污染物的去除效率按式（1）计算。

$$\eta_i = \frac{M_I - M_t}{M_t} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

η_i ——实测污染物去除效率，%；

M_I ——实测治理设施入口烟气中的污染物质量流量，kg/h；

M_t ——实测汇合烟道烟气中的污染物质量流量，kg/h。

$$M = \rho \times Q_{SV} \times 10^{-6} \quad (2)$$

式中：

M ——实测治理设施入口（ M_I ）、旁路烟道（ M_b ）、净化烟气烟道（ M_c ）或汇合烟道（ M_t ）烟气中的污染物质量流量，kg/h；

ρ ——实测治理设施入口（ ρ_1 ）、旁路烟道（ $\rho_b = \rho_1$ ）、净化烟气烟道（ ρ_c ）或汇合烟道（ ρ_t ）烟气中的污染物浓度，mg/m³；

Q_{sn} ——实测标准状态下治理设施入口 ($Q_{sn,1}$)、旁路烟道 ($Q_{sn,b}$)、净化烟气烟道 ($Q_{sn,c}$) 或汇合烟道 ($Q_{sn,t}$) 干烟气的体积流量, m^3/h 。

$$Q_{sn} = Q_s \times \frac{273}{273 + t_s} \times \frac{P_a + P_s}{101325} \times (1 - B_{ws}) \quad (3)$$

$$Q_s = 3600 \times F \times \bar{v}_s \quad (4)$$

式中:

Q_s ——实际条件下湿烟气体积流量, m^3/h ;

F ——测定断面面积, m^2 ;

\bar{v}_s ——测定断面湿烟气平均流速, m/s ;

t_s ——烟气温度, $^{\circ}\text{C}$;

P_a ——大气压力, Pa ;

P_s ——烟气静压, Pa ;

B_{ws} ——烟气含湿量, %。

注 1: 计算旁路烟道 $Q_{sn,b}$ 时, 烟气参数 (t_s 、 P_s 、 B_{ws}) 取值等于治理设施入口烟气参数。尽管 P_s 与治理设施入口烟气的 P_s 有所不同, 但对烟气体积流量准确度的影响可忽略不计。

注 2: 为避免测定烟气流速因测定位置和测点点位不能满足标准的要求影响污染物质量流量的准确测量, 造成测定污染物去除效率的较大误差, 可用下式替代式 (1)。

$$\eta_i = \left[1 - \frac{\rho_t \times \alpha_t}{\rho_I \times \alpha_I} \right] \times 100\% \text{ 或 } \eta_i = \left[1 - \frac{\rho_t \times (20.9 - O_{2,I})}{\rho_I \times (20.9 - O_{2,t})} \right] \times 100\% \quad (5)$$

式中:

α_I ——实测治理设施入口烟道测点烟气的过量空气系数;

α_t ——实测治理设施汇合烟道测点烟气的过量空气系数;

$O_{2,I}$ ——实测治理设施入口烟道测点烟气中的氧浓度, %;

$O_{2,t}$ ——实测治理设施汇合烟道测点烟气中的氧浓度, %。

ρ_I ——实测治理设施入口烟气中的污染物浓度, mg/m^3 。

ρ_t ——实测汇合烟道烟气中的污染物浓度， mg/m^3

6.2.2.4 CEMS 安装在净化烟气烟道

a) 浓度修正：净化烟气烟道中的污染物浓度修正到原烟气与净化烟气汇合后的浓度按式（6）计算。

$$\rho'_t = \frac{Q_s}{Q_{sn,t}} = \frac{\rho_b \times Q_{sn,b} + \rho_c \times Q_{sn,c}}{Q_{sn,b} + Q_{sn,c}} = \frac{M_b + M_c}{Q_{sn,b} + Q_{sn,c}} \quad (6)$$

式中：

ρ'_t ——实测净化烟气修正到原烟气与净化烟气汇合后的污染物的浓度， mg/m^3 。

注：CEMS 除应显示实测净化烟气中的污染物浓度（ ρ_c ）外，还应显示修正后的污染物浓度（ ρ'_t ）。

b) 实测污染物去除效率按式（7）计算。

$$\eta_i = \frac{M_I - M_t}{M_I} = \frac{M_I - (M_b + M_c)}{M_I} \times 100\% \quad (7)$$

6.3 以实际测定污染物浓度为基准判定

6.3.1 应在生产设施和治理设施正常运行的条件下，通过安装在旁路排放原烟气与净化烟气汇合后的混合烟道上的 CEMS [CEMS 位于净化烟气的烟道（旁路烟道加装流量装置）时应对数据进行修正]测定污染物的质量流量（ kg/h ）。

6.3.2 连续测定、计算 720h 气态污染物（如 SO_2 、 NO_x 等）浓度的小时平均值和平均值的标准偏差（720h 可分时段，如：火电厂发电高峰时段、低谷时段），以浓度平均值为基准，标准偏差的 ± 3 倍为限值。此后，当测定污染物浓度（整点小时均值）在基准值的 ± 3 倍标准偏差以内时，判定治理设施运行正常。之后，每获得 168 个整点小时有效数据后，重新计算 720h 气态污染物浓度的小时平均值和标准偏差，作为新的判定标准。每获得一定单位时间的平均浓度有效数据后，重新计算单位时间的平均浓度数据的平均值和标准偏差，作为新的判定标准。按式（8）、式（9）计算平均值、标准偏差，按式（10）判定。

$$\bar{\rho}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i \quad (8)$$

式中：

ρ_i ——污染物 i 的浓度值， mg/m^3 或 mg/L ；

$\bar{\rho}_i$ ——污染物 i 浓度的平均值， mg/m^3 或 mg/L ；

n ——样品数量。

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho}_i)^2} \quad (9)$$

式中：

S ——标准偏差。

$$|\rho_i - \bar{\rho}_i| \leq 3S \quad (10)$$

当满足式（10）情形时，判定治理设施运行正常。

7 烟气排放连续监测系统监测数据的合理性判定

在生产设施和治理设施正常运行条件下，运用 PMS 采集影响污染物排放的关键参数数据，经与污染物排放数据关系的统计分析和/或建立的数学模型，判定 CEMS 监测污染物排放数据的合理性。

常用的判定方法有：排放系数法判定 SO_2 、 NO_x 和颗粒物（PM）CEMS 监测数据的合理性、校准曲线法判定 SO_2 、 NO_x CEMS 监测数据的合理性、模型法判定 CEMS 监测数据的合理性。判定方法参见附录 C。

8 排放过程（工况）监控系统的技术验收

8.1 技术验收条件

8.1.1 PMS 应安装完毕，连续稳定运行 168h 后，确保 PMS 所采集数据与一次仪表测量数据一致；进入调试阶段，调试要求技术指标达到本文件提出的技术要求，用于判定治理设施运行状况和 CEMS 监测数据合理性的方法试验数据齐全，在 PMS 的运行中执行了日常的质量保证和质量控制计划并提供证明实施了计划的原始记录。

8.1.2 数据采集仪、数据采集隔离器等核心部件应经有关部门检测合格，PMS 具有环境保护产品认证证书并在有效期内。安装部件与证书的类型相符。

8.1.3 数据采集和传输以及通信协议均应符合 HJ 212 的要求，并提供一个月内数据采集和传输自检报告，报告应当对数据传输标准的各项内容做出响应。

8.2 现场检查

主要检查设备安装、运行维护、故障发生及处理、设备运行稳定性、数据一致性、设备功能设置等：

a) 检查设备安装是否齐全，满足治理设施过程（工况）监控的需要；安装位置是否符合有关标准的要求；维护、检修、更换设备是否方便，易于接近；是否安全可靠；

b) 检查开展设备日常维护，保证设备正常运行开展的实际活动，如：仪器的漂移检查和校准，关键设备及采样装置的目视检查及记录；

c) 检查故障发生及处理，经常发生的故障、原因分析、采取的应急处理措施；是否采取在故障发

生前的预防性措施，如：提前更换部件；

- d) 检查设备运行稳定性，主要是查看设备的各种功能是否正常，判定设备是否能稳定运行；
- e) 数据一致性，查看 PMS 所采集数据偏差是否小于 1%；
- f) 检查设备功能设置，查看设备的基本功能是否齐全；
- g) 检查操作手册、仪器说明书等相关技术文件；
- h) 检查软件功能是否满足 5.4 的要求。

8.3 实际测试

当现场检查完毕确认需要通过实际测试校验提供近期的 CEMS 准确度测试结果时，可进行实际测试。实际测试应委托第三方有检测资质的单位，在商定的时间期间内完成。测试项目的多少可根据具体情况处理，但应能解答对现场检查发现问题的疑虑。

9 排放过程（工况）监控系统日常运行管理

9.1 制订运行管理规程

从事 PMS 日常运行管理的单位和部门应根据本文件、HJ 75 标准的要求编制 PMS 的运行管理规程、质量保证和质量计划，明确运行操作人员和维护人员的工作职责。

9.2 参数传感器的质量保证和质量控制

监控治理设施的传感器应按照设计的要求，定期用自动或手动的方法判定关键参数传感器是否存在缺陷。

9.3 日常巡检与维护

应配备相应的人力、物力资源（常用工具、通讯设备、交通工具等），专人负责日常维护环保设备和监控设备。巡检包括系统各种设备的运行状况，查看判定运行状况的主要参数是否在设备正常运行、检测的范围内。

PMS 的日常维护主要针对以下几方面：

- a) 不定时检查维护易损易耗件；
- b) 设备经长期使用，元件自然老化导致的设备损坏故障维护；
- c) 在运行过程中，由于电压、电流的不稳定，导致的设备损坏故障；
- d) 由于线路受损导致的信号传输故障；
- e) 由于施工质量或未采取防雷措施等造成的施工质量故障等。

附录 A
(资料性附录)
监测子系统参数要求

表 A 生产设施和治理设施常见处理工艺关键参数表 (废气)

类别	工艺类型	监控对象	主要记录参数	
火电厂	生产设施	锅炉负荷	测量值	
		发电量	测量值	
		燃料量	测量值	
		机组锅炉 MFT	测量值	
		引风机状态	开关信号	
		引风机电流	工作电流	
		给煤机、磨煤机流量	测量值	
	脱硫设施	湿法脱硫 (石灰石/石灰-石膏法)	浆液循环泵状态	开关信号
			浆液循环泵电流	工作电流
			密封机状态	开关信号
			密封机电流	工作电流
			浆液泵状态	开关信号
			浆液泵电流	工作电流
			浆液流量	测量值
			脱硫塔内浆液 pH	pH 值
			FGD 入口信号和出口信号: SO ₂ 、NO _x 、O ₂ 、流量、温度、烟尘、压力、湿度 (测量值)	测量值
			吸收塔除雾器压差	测量值
			吸收塔搅拌器状态	开关信号
			吸收塔浆液密度	测量值
			旁路挡板门开度	开关度
		氧化风机状态	开关信号	
		氧化风机电流	工作电流	
		脱硫率	计算值	
		脱硫塔内水泵电流	工作电流	
		脱硫剂输送装置	工作电流	
		半干法脱硫 (循环流化床法)	称重给煤机计量信号	测量值
			脱硫塔压力	测量值
脱硫塔温度	测量值			
引风机电流	工作电流			
石灰石给料机频率	工作电流			
火电厂	脱硝设施		SCR	入口: NO _x 、O ₂ 、温度、压力、流量、湿度
			SCR	出口: 温度、压力、流量、NO _x 、O ₂ 、湿度、NH ₃
		液氨法	氨喷射系统	测量值
			稀释风机状态	开关信号
			稀释风机电流	工作电流
			氨泵风机状态	开关信号
			氨泵风机电流	工作电流
		尿素	尿素溶液流量	测量值
			喷枪运行状态	开关信号

类别	工艺类型	监控对象		主要记录参数
		法	尿素循环泵状态	开关信号
			尿素循环泵电流	工作电流
		SNCR	入口: NO _x 、O ₂ 、温度、压力、流量、湿度	测量值
			出口: 温度、压力、流量、NO _x 、O ₂ 、湿度、NH ₃	测量值
	还原剂流量		测量值	
	氨泵电流		工作电流	
	除尘设施	电除尘	一次电压、二次电压	工作电压
			一次电流、二次电流	工作电流
		布袋除尘	进出口压差	测量值
			进口温度	测量值
			反吹阀状态	开关信号
		湿式电除尘	一次电压、二次电压	工作电压
一次电流、二次电流			工作电流	

附录 B

(资料性附录)

石灰石/石灰-石膏湿法脱硫设施运行状况的判定

表 B 石灰石/石灰-石膏湿法脱硫设施运行状况的判定参考表

监控参数	监控点位	正常运行		非正常运行		未投入运行	
		指标	SO ₂ 浓度变化趋势	指标	SO ₂ 浓度变化趋势	指标	SO ₂ 浓度变化趋势
压力	吸收塔入口	吸收塔出入口 压力差>700Pa	排放正常	吸收塔出入口 压力差<700Pa	增高	吸收塔出入口 压力差<500Pa	增高
	吸收塔出口						
温度	吸收塔入口	90~180℃					
	吸收塔出口	40~60℃	排放正常	>60℃	增高	>80℃	
pH 值	脱硫塔浆液	4.5~6	排放正常	<4	增高		
				>6	降低		

附录 C

(资料性附录)

CEMS 监测数据合理性判定方法

C.1 排放系数法判定 SO₂、NO_x 和颗粒物 (PM) CEMS 监测数据的合理性

排放系数涉及到与排放活动相关的排放源释放物质的量, 含义为单位质量排放源排放物质的质量 (如: 燃烧每吨煤排放的SO₂, kg/t) 或单位排放物质活动时间排放物质的质量 (如: 燃烧煤每小时排放的NO₂, kg/h)。当可获得排放系数时, 与需要用专门的设备获取信息 (如: 监测数据) 相比, 估算排放量用排放系数更适合。当估算值与实测值一致 (与实测值的相对误差不超过25%) 时, 判定实测值合理。

C.1.1 污染物排放量的排放系数估算方法

a) 用排放系数估算设施 (排放源) 排放污染物 (SO₂和NO_x) 排放量的计算方法见式 (C.1)。

$$G_f = M_f \times E_{Fi} \times \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) \times 10^{-3} \quad (\text{C.1})$$

式中:

G_f —— 污染物*i*的排放速率, kg/h;

M_f —— 燃料消耗量, kg/h;

E_{Fi} —— 污染物的产生系数 (产污系数) 燃煤SO₂、NO_x (以NO₂计) 的产污系数见表C.1~C.19;

η —— 污染物去除效率, %; 燃煤SO₂、NO_x (以NO₂计) 的去除效率, 当没有实测值时, 可参考设计值或参考表C.20。

b) 用排放系数估算设施 (排放源) 排放污染物PM排放量的计算方法如式 (C.2)。

$$G_i = M_f \times Q_{ant,ar} \times E_{Fi} \times \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) \times 10^{-6} \quad (\text{C.2})$$

式中:

$Q_{ant,ar}$ —— 煤的收到基低位发热量, kJ/kg。

$$E_{Fi} = A_{ar} \times A_{ar,f} \times 1000 \quad (\text{C.3})$$

式中:

A_{ar} —— 煤的收到基灰分含量, 10%以0.1计, 默认值0.2, %;

$A_{ar,f}$ —— 煤的总灰分中的飞灰比例, 设定默认值0.9;

η ——颗粒物去除效率，%，设定纤维过滤器和静电除尘器默认值分别为 99.8% 和 99.2%。

注 1：PM 的产污系数可用煤特性的实测值代替默认值，当去除效率 η 的设计值小于默认值时，取设计值。

注 2：燃料燃烧估算产生 SO₂、NO_x（以 NO₂ 计）、烟尘和烟气量的计算式可查阅文献《火电厂环境统计指标及其解释》。

排污系数法估算结果（kg/h）与 CEMS 法相同时间区间测定结果（kg/h），按式（C.17）计算相对误差，判定 CEMS 数据的合理性。

C.2 校准曲线法判定 SO₂、NO_x CEMS 监测数据的合理性

应以参比方法（RM）测定数据为基准，建立衡算法与 CEMS 法测定数据的校准曲线，利用校准曲线预测 CEMS 测定数据的合理性。校准曲线仅适用于建立时最低值和最高值区间的数据。

C.2.1 判定 SO₂ 和 NO_x CEMS 监测数据的合理性

由燃料燃烧产生烟气中的污染物量（进入治理设施前）与治理设施正常运行去除污染物的效率（实测）计算污染物的排放量（物料衡算法，简称衡算法），同时用 RM 和 CEMS 法测定污染物排放量。由衡算法与 RM 的相对准确度（RA）及 CEMS 法与 RM 的 RA，分别判定衡算法和 CEMS 法的测定结果，当 RA ≤ 25% 时，测定结果可采用（如果与 RM 数据对差的算术平均值大于置信系数，则应用偏差系数修正衡算法和/或 CEMS 法的数据）。建立衡算法估算污染物的排放量与 CEMS 法测定数据的回归方程，回归方程的相关系数应 ≥ 0.75。此后，将衡算法估算的污染物小时质量流量（kg/h）代入回归方程，获得的结果与 CEMS 在相应时间测定污染物质量流量（kg/h）比较，相对误差 ≤ 25%，判定 CEMS 监测数据是合理的。

C.2.1.1 判定 SO₂ CEMS 监测数据的合理性

C.2.1.1.1 估算燃煤锅炉排放的 SO₂

a) 燃煤锅炉烟气脱硫装置入口烟气中的 SO₂ 量可根据式（C.4）估算：

$$M_{eI} = 2 \times k \times M_f \times \frac{S_{ar}}{100} \quad (\text{C.4})$$

式中：

M_{eI} ——衡算法估算脱硫装置入口烟气中的 SO₂ 质量流量，kg/h；

k ——燃料燃烧中硫的转化率（循环流化床锅炉在未加固硫剂时取 0.75~0.80，层燃炉取 0.80~0.85，煤粉炉取 1），大型火电厂的 k 值可参考表 C.21；

S_{ar} ——燃料的收到基硫分，%。

b) 燃煤锅炉的烟气脱硫装置出口烟气中的 SO₂ 量可根据式（C.5）估算：

$$M_{et} = M_{eI} \times (1 - \eta_i) \quad (\text{C.5})$$

式中：

M_{et} ——衡算法估算脱硫装置出口烟气中的 SO_2 质量流量，kg/h；

η_i ——实测脱硫效率，%。

c. 安装在脱硫装置出口的 CEMS 测定烟气中的 SO_2 量根据式 (2) 计算。

C.2.1.1.2 相对准确度

a) 尽可能在被测设施最大生产能力或负荷水平的 50% 左右（低水平），65%~75%（中水平），80%~100%（高水平），进行相对准确度检测。RM 采用国家或行业发布的标准分析方法或《空气和废气监测分析方法》，RM 的测量位置和测量点应符合 HJ 76 标准的规定。

b) CEMS 与 RM 同步，由数据采集器每分钟记录 1 个累积平均值，连续记录至 RM 测试结束，取与 RM 同时间区间值的平均值。

c) 获取一个数据至少在时钟整点连续测定 30min~45min 计算平均值，取 RM 与 CEMS 同时间区间测定值组合一个数据对，获得 9 个以上数据对，至少取 9 对数据用于相对准确度计算，数据对至少在不同水平的分布如下：

- ① 低水平 3 个；
- ② 中水平 3 个；
- ③ 高水平 3 个。

可选择 RM 检测超过 9 次。但最多可以舍去 3 次检测结果，只要用于确定 RA 的数据对量大于等于 9 个，每个水平下至少测试 3 次，应报告所有的数据，包括舍去的数据。

获取的 CEMS 和 RM 的数据单位为 kg/h。

d) 用同时间区间衡算法估算污染物的排放量替代 CEMS 测定结果，与 RM 测定值组成数据对，其余同前。

e) 按式 (C.6) 计算相对准确度。

$$RA = \frac{|\bar{d}| + |cc|}{\overline{RM}} \times 100\% \quad (\text{C.6})$$

式中：

RA——相对准确度；

$|\bar{d}|$ ——数据对差的平均值的绝对值；

$|cc|$ ——置信系数的绝对值；

\overline{RM} ——参比方法测定结果的平均值。

$$\overline{RM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RM_i \quad (\text{C.7})$$

式中：

n ——数据对的个数；

RM_i ——第 i 个数据对中的参比方法测定值。

$$d_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (\text{C.8})$$

$$d_i = RM_i - CEMS_i \quad (\text{C.9})$$

式中：

d_i ——第 i 个数据对之差；

$CEMS_i$ ——第 i 个数据对中的 CEMS 法测定值。

置信系数 cc 由 t 表查得的统计值和数据对差的标准差表示：

$$cc = \pm t_{df,0.95} \frac{S_d}{\sqrt{n}} \quad (\text{C.10})$$

式中：

$t_{df,0.95}$ ——由 t 表（表 C.22）查得， $df=n-1$ ；

S_d ——参比方法与 CEMS 法测定数据对差的标准偏差。

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} \quad (\text{C.11})$$

f) 用同时间区间物料衡算法估算污染物的排放量替代 CEMS 测定结果，与 RM 测定值组成数据对，其余同前。

C.2.1.1.3 相关分析

a) 偏差检验

CEMS 数据与 RM 数据差的算术平均值大于置信系数，见式 (C.12)，则用偏差调节系数修正 CEMS 数据；衡算法数据的修正同 CEMS。偏差调节系数和数据的调节按式 (C.13) 和式 (C.14) 计算。

$$\bar{d} > |cc| \quad (\text{C.12})$$

$$E_{ac} = 1 + \frac{|\bar{d}_i|}{\overline{CEMS}_i} \quad (\text{C.13})$$

式中：

E_{ac} ——偏差调节系数；

$|\bar{d}_i|$ ——由式（C.8）计算数据对差的算术平均值的绝对值；

\overline{CEMS}_i —— i 个数据对中 CEMS 测得数据的平均值。

按式（C.14）用偏差调节系数调节 CEMS 以后的数据，时间一直延续到下一次 RA 检测之后。

$$CEMS_{adj} = CEMS_i \times E_{ac} \quad (\text{C.14})$$

式中：

$CEMS_{adj}$ ——CEMS 在 i 时间调节后的数据；

$CEMS_i$ ——CEMS 在 i 时间测得的数据。

b) 相关系数

按式（C.15）计算来自所有操作水平衡算法估算与 CEMS 配对数据的相关系数。

$$r = \frac{\sum M_{et} M_{CEMS} - (M_{et})(M_{CEMS}) / n}{\sqrt{(\sum M_{et}^2 - (\sum M_{et})^2 / n)(\sum M_{CEMS}^2 - (\sum M_{CEMS})^2 / n)}} \quad (\text{C.15})$$

式中：

r ——相关系数；

M_{CEMS} ——安装在脱硫装置出口的 CEMS 测定烟气中的 SO_2 量，kg/h。

注：CEMS 安装在汇合烟道（图 2） $M_{CEMS}=M$ ，安装在净化烟气烟道（图 3） $M_{CEMS}=M_b+M_c$ 。

c) 建立回归方程

建立衡算法与 CEMS 配对数据的回归方程（C.16）。

$$M'_{CEMS} = b \times M_{et} + a \quad (\text{C.16})$$

式中：

M'_{CEMS} ——衡算法估算 SO_2 质量流量，转换为实测脱硫装置出口烟气中的 SO_2 质量流量，kg/h。

M_{et} ——衡算法估算脱硫装置出口烟气中的 SO_2 质量流量，kg/h。

b ——质量流量系数。

a ——截距。

注：回归方程是在 CEMS 与 RM 测定结果，及衡算法与 RM 测定结果比较，准确度满足规定要求的前提下，再以 RM 测定结果为基准，修正 CEMS 和衡算法估算数据后建立的；对设施在低、中、高出力或负荷条件下获得的所有数据进行的相关分析，以确定 CEMS 和衡算法估算数据二者的相关性，如果在测试过程中不能改变运行过程产生足够的浓度变化（RM 测定高低浓度之差应不低于 30%），则应暂时放弃相关性分析。

d) 结果的比较

比较衡算法估算转换后的结果与 CEMS 法相同时间区间测定结果，按式（C.17）计算相对误差。判定 CEMS 数据的合理性。

$$R_{ep} = \left| \frac{M'_{CEMS} - M_{CEMS}}{M_{CEMS}} \right| \times 100\% \quad (\text{C.17})$$

式中：

R_{ep} ——相对误差，%。

C.2.1.2 判定NO_x CEMS监测数据的合理性

用排放系数法估算 NO_x 的排放量，其余同前述 SO₂ 的方法，判定 CEMS 测定 NO_x 数据的合理性。

C.3 模型法判定 CEMS 监测数据的合理性

利用 PMS 和 CEMS 获得的大量实际测定数据，建立以现场操作数据集为基础，不需要运用污染物形成和破坏过程的理论知识（例如流体动力学，热动力学或化学反应）的黑箱模型，包括神经网络模型（静态的、动态的、周期性的）和识别模型（线性回归模型、非线性回归模型、回归滑动平均模型）。由模型预测的结果与 CEMS 在相应时间测定污染物结果比较，相对误差≤25%时，判定 CEMS 监测数据合理。

C.3.1 建模

C.3.1.1 神经网络法

a) 确定影响污染物产生的独立的输入变量和因变量[如：独立变量—5 个磨煤机传送带供煤速度 $v_1(t)$, $v_2(t)$, $v_3(t)$, $v_4(t)$, $v_5(t)$ ；省煤器处测定炉的 A 侧和 B 侧中 O₂ 的浓度 $O_{2_1}(t)$, $O_{2_2}(t)$ ；燃烧器的倾斜位置，炉的 A 侧和 B 侧（度，相对于水平面） $\theta_1(t)$, $\theta_2(t)$ ；因变量 $u_{10}(t) = \sum_{j=1}^5 u_j(t)$ ，总的氧含量 $u_{ii}(t) = \sum_{j=6}^7 u_j(t)$ ；

b) 记录单位时间（如每分钟）CEMS 监测污染物排放浓度与传感器监测对应时间的变量的数据；

c) 确定获取现场数据的时间期间（如 3 个星期）；

d) 将样本分割成多个数据集（如 4 个）；

- e) 其中一个数据集（如 7000 个样本）用于训练模型的适应性，另外的数据集用于模型的验证；
- f) 建立模型（神经网络模型）；
- g) 模型置于现场，由实际的过程数据在线检验模型，判定模型能否提供所需数量的准确的实时估算；
- h) 绘制以样本数为横坐标、污染物排放浓度为纵坐标的模型预测结果与污染物实际排放浓度的图形；
- i) 对照模型的技术条件检验是否合格；
- j) 经环境保护主管部门批准，用于污染源污染物的排放监测。

C.3.1.2 多元回归法

建立污染物排放浓度与过程多关键参数的线性或非线性回归方程，其余同 C.3.1.1 中 g、h、i、j。

C.3.2 模型的性能及技术指标检测

C.3.2.1 模型的设计

PEMS 的设计应符合以下要求：

- a) 输入参数的数量。PEMS 通常使用三个或更多个输入参数（如果使用输入参数少于 3 个，应经主管部门逐项批准）。
- b) 参数工作的范围。认证测试评估 PEMS 之前，应给出 PEMS 使用的输入参数及其范围的最低值和最高值（工作范围），并用图谱和开发 PEMS 过程中的数据、供应商的信息或工程计算（如适用）来证实参数工作范围的完整性。在认证测试之后，如果操作 PEMS 在任何时间超出这些范围，在这种情况下产生的数据，用于预测的排放数据是不可接受的。如果没有明确定义这些参数工作的范围，没有得到开发时数据的支持，则 PEMS 的操作被限制在认证测试期间遇到的输入参数范围内，直到 PEMS 建立一个新的工作范围。
- c) 源的特定工作条件。识别源的特定工作条件，如燃料类型会影响 PEMS 的输出，因此，只能在经证明的源的特定工作条件下使用 PEMS。
- d) 环境条件。应解释环境条件和季节的变化如何影响 PEMS；在测试过程中不能控制某些参数，如环境相对湿度，则应确定环境条件，如湿度对污染物浓度的影响；推断这种影响包括今后预期的条件；应评估季节变化对 PEMS 的影响，除非能证明这种影响可忽略不计（适合时）。
- e) PEMS 的工作原理。如果建立的 PEMS 是基于已知的物理原理，则应能识别特定的物理假设或支持其运作的数学运算。如果建立的 PEMS 是基于线性或非线性回归分析，则应提供用于建立或培训模型的配对数据（最好以图形表示）。

f) 传感器评估系统。PEMS 应设计至少每天进行自动或手动判定传感器是否有缺陷。传感器评估系统可以包括传感器确认子模型, 备用传感器的比较, 抽查在参考值、操作或排放水平传感器的输入读数, 或检测有缺陷或故障传感器的其他程序。当发现传感器故障时, 一些传感器评估系统用于产生替代值。使用替代值之前, 应事先获得批准。

g) 参数超出范围。PEMS 系统应包括发现并通知操作人员参数超出范围的设计。在传感器范围外采集的排放数据, 认为是没有质量保证的数据。

C.3.2.2 性能技术指标

PEMS 应满足以下性能技术指标的要求:

a) 相对准确度: 模型预测值大于 $100 \mu\text{mol/mol}$ 时, RA 应不大于 15%; 模型预测值在 $10 \mu\text{mol/mol} \sim 100 \mu\text{mol/mol}$ 之间, RA 应不大于 25%; 模型预测值小于 $10 \mu\text{mol/mol}$, 模型和 RM 测定值差的平均值的绝对值应不大于 $5 \mu\text{mol/mol}$ 。

b) 偏差。模型预测值与 RM 测定值差的算术平均值大于置信系数, 则应用偏差系数修正模型数据。

c) 模型方差。在 95% 置信水平, 计算的 F 值应不大于临界值 F_{α} 。

d) 模型的相关系数。相关系数 ≥ 0.75 。

e) 相对准确度审核。便携式分析仪 (RM) 和模型预测同时测定 3 次的平均值, 不大于分析仪测定值的 $\pm 15\%$ 。

C.3.2.3 性能技术指标的计算

a) 相对准确度、偏差系数修正、相关系数的计算分别见式 (C.6)、式 (C.14) 和式 (C.15)。

b) F 检验

对 3 个不同的测试水平的 3 个 RA 数据集中的每个数据集进行 F 检验, 按式 (C.18) 计算模型预测值和 RM 测定值的方差。

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho}_i)^2 \quad (\text{C.18})$$

式中:

S^2 ——在同一测试水平模型预测值或 RM 测定值的方差;

ρ_i ——在同一测试水平模型预测值或 RM 测定值;

$\bar{\rho}_i$ ——在同一测试水平模型预测值或 RM 测定值的平均值;

n ——在同一测试水平模型预测值或 RM 测定值的数据个数。

按式 (C.19) 计算 F 值。

$$F = \frac{S^2_{PEMS}}{S^2_{RM}} \quad (\text{C.19})$$

式中：

F ——在同一测试水平模型预测值或 RM 测定值的方差的比较值；

S^2_{PEMS} ——在同一测试水平模型预测值方差或 RM 测定值的方差；

S^2_{RM} ——在同一测试水平 RM 测定值的方差。

注：如果 RM 测定值的标准偏差低于量程的 5% 或 $10 \mu\text{mol/mol}$ ，计算 F 值时，RM 采用量程的 5% 或 $10 \mu\text{mol/mol}$ 的标准偏差。

如果 F 值大于表 C.23 的临界值 F_α ，则不认可建立的预测模型。

C.3.2.4 性能技术检测

- a) 模型初始验证：模型执行 C.2.1.1.2 中 3 水平下（每个水平至少 5 次）共 15 次运行的 RA 检测。
- b) 定期的质量保证（QA）评估：应执行季度相对准确度审核和年度与 RM 进行比对检测审核。

C.3.2.5 结果的比较

比较模型预测结果与 CEMS 法相同时间区间测定结果，按式类似（C.17）的方法计算相对误差。判定 CEMS 数据的合理性。

表 C.1~C.19, 给出了火电行业不同规模锅炉的产排污系数。

注：表 C.1~C.19 摘自《第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册》（国务院第一次全国污染源普查领导小组）第十分册《4411 火力发电行业产排污系数使用手册》。表中原料均指燃料。当产污系数、排污系数是一个以燃料的收到基灰分 A_{ar} 百分含量、燃料的收到基硫分 S_{ar} 百分含量为变量的公式时，需要将燃料的收到基灰分 A_{ar} （%）、收到基硫分 S_{ar} （%）带入表中相应的公式内进行计算取值。 V_{daf} 指燃料的干燥无灰基挥发分百分含量。

表 C.1 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 $\geq 750\text{MW}$ ）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数	
电能/ 电能 + 热能	煤炭	煤粉炉	单机容量 $\geq 750\text{MW}$	工业废气量	Nm^3/t - 原料	8,271	直排	8,271	
				烟尘	kg/t -原 料	$9.23A_{ar}+8.76$	静电除尘法 +石灰石石膏 法	$-0.00026A_{ar}^2+0.022A_{ar}+0.01$	
				二氧化硫	kg/t -原 料	$17.2S_{ar}+0.04$	石灰石石膏法	$-0.227S_{ar}^2+1.789S_{ar}+0.002$	
				氮氧化物	kg/t -原 料	低氮 燃烧	3.47 ^①	直排	3.47
								烟气脱硝	1.00
						低氮 燃烧	3.17 ^②	直排	3.17
				烟气脱硝	1.12				

注：① 煤炭干燥无灰基挥发分为 $20 < V_{daf}(\%) \leq 37$ ；② 煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) > 37$ ； V_{daf} 指燃料的干燥无灰基挥发分百分含量； S_{ar} 指燃料的收到基硫分百分含量。

表 C.2 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 450~749MW；烟尘、二氧化硫）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数
电能/ 电能 + 热能	煤炭	煤粉炉	单机 容量 450~ 749 MW	工业废气量	Nm^3/t - 原料	10,150	直排	10,150
				烟尘	kg/t -原 料	$9.2A_{ar}+9.33$	静电除尘法	$-0.0005A_{ar}^2+0.042A_{ar}+0.041$
							静电除尘法 +石灰石石膏 法	$-0.00026A_{ar}^2+0.022A_{ar}+0.015$
				二氧化硫	Nm^3/t - 原料	17.04 S_{ar}	直排	17.04 S_{ar}
						17.04 S_{ar}	石灰石石膏法	$-0.224S_{ar}^2+1.771S_{ar}$
						17.04 S_{ar}	海水脱硫	1.704 S_{ar}

表 C.3 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 450~749MW；氮氧化物）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数	
电能/ 电能 + 热能	煤炭	煤粉炉	单机容量 450~ 749 MW	氮氧化物	kg/t-原料	13.4 ^①	直排	13.4	
						低氮燃烧	7.95 ^①	直排	7.95
								烟气脱硝	2.79
						低氮燃烧 +SNCR	5.57 ^①	直排	5.57
						10.9 ^②	直排	10.9	
						低氮燃烧	7.02 ^②	直排	7.02
								烟气脱硝	2.46
						低氮燃烧 +SNCR	4.91 ^②	直排	4.91
						10.11 ^③	直排	10.11	
						低氮燃烧	6.18 ^③	直排	6.18
								烟气脱硝	2.17
						低氮燃烧 +SNCR	4.32 ^③	直排	4.32
						4.29 ^④	直排	4.29	
低氮燃烧	2.98 ^④	直排	2.98						
		烟气脱硝	1.08						
低氮燃烧 +SNCR	2.15 ^④	直排	2.15						

注：①煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) < 10$ ；②煤炭干燥无灰基挥发分为 $10 < V_{daf}(\%) \leq 20$ ；③煤炭干燥无灰基挥发分为 $20 < V_{daf}(\%) \leq 37$ ；④煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) > 37$ 。

表 C.4 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 250~449MW：烟尘、二氧化硫）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数
电能 / 电能+ 热能	煤炭	煤粉炉 或循环流化床 锅炉	单机 容量 250~ 449 MW	工业 废气 量	Nm ³ /t- 原料	9,713	直排	9,713
		煤粉炉		烟尘	kg/t- 原料	9.21A _{ar} +11.13	静电除尘法	-0.0005A _{ar} ² +0.042A _{ar} +0.057
							静电除尘法+ 石灰石石膏 法	-0.00026A _{ar} ² +0.022A _{ar} +0.016
		循环流 化床锅 炉		烟尘	kg/t- 原料	6.31A _{ar} +7.54+61.94 S _{ar}	静电除尘法	-0.0004A _{ar} ² +0.035A _{ar} +0.034 +0.124 S _{ar}
		煤粉炉		二氧化 硫	kg/t- 原料	16.98 S _{ar}	直排	16.98 S _{ar}
							石灰石石膏 法	-0.223 S _{ar} ² +1.765 S _{ar}
							海水脱硫法	1.698 S _{ar}
							半干法脱硫 法	1.698 S _{ar}
		循环流 化床锅 炉		二氧化 硫	kg/t-原 料	4.25 S _{ar}	直排	4.25 S _{ar}
							烟气脱硫	0.64 S _{ar}

表 C.5 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 250~449MW：氮氧化物）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数	
电能/ 电能+ 热能	煤炭	煤粉炉或 循环流化 床锅炉*	单机 容量 250~ 449 MW	氮氧 化物	kg/t- 原料	13.35 ^①		直排	13.35
						低氮燃烧	7.83 ^①	直排	7.83
								烟气脱硝	2.74
						低氮燃烧+SNCR	5.49 ^①	直排	5.49
						9.97 ^②		直排	9.97
						低氮燃烧	5.83 ^②	直排	5.83
								烟气脱硝	1.74
						低氮燃烧+SNCR	4.09 ^②	直排	4.09
						6.43 ^③		直排	6.43
						低氮燃烧	4.33 ^③	直排	4.33
								烟气脱硝	1.52
						低氮燃烧+SNCR	3.04 ^③	直排	3.04
						4.6 ^④		直排	4.6
低氮燃烧	3.17 ^④	直排	3.17						
		烟气脱硝	1.13						
低氮燃烧+SNCR	2.26 ^④	直排	2.26						

*注：循环流化床锅炉取煤粉炉低氮燃烧情况。注：①煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) < 10$ ；②煤炭干燥无灰基挥发分为 $10 < V_{daf}(\%) \leq 20$ ；③煤炭干燥无灰基挥发分为 $20 < V_{daf}(\%) \leq 37$ ；④煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) > 37$ 。

表 C.6 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 150~249MW；烟尘、二氧化硫）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数
电能 / 电能+ 热能	煤炭	煤粉炉或 循环流化 床锅炉	单机 容量 150~ 249 MW	工业 废气量	Nm ³ /t- 原料	9,305	直排	9,305
		煤粉炉		烟尘	kg/t- 原料	9.33A _{ar} +7.77	静电除尘法	-0.0005A _{ar} ² +0.042A _{ar} +0.098
							静电除尘法+ 石灰石石膏法	-0.00026A _{ar} ² +0.0241A _{ar} +0.022
		循环流化 床锅炉		烟尘	kg/t- 原料	6.24A _{ar} +7.57 +61.94 S _{ar}	静电除尘法	0.02A _{ar} +0.016+0.124 S _{ar}
		煤粉炉		二氧化 硫	kg/t- 原料	16.96 S _{ar}	直排	16.96 S _{ar}
							石灰石石膏法	-0.223 S _{ar} ² +1.763 S _{ar}
							海水脱硫法	1.696 S _{ar}
							半干法脱硫法	4.24 S _{ar}
		循环流化 床锅炉		二氧化 硫	kg/t- 原料	5.09 S _{ar}	直排	5.09 S _{ar}
							烟气脱硫	0.76 S _{ar}

表 C.7 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 150~249MW；氮氧化物）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数
电能/ 电能+ 热能	煤炭	煤粉炉或 循环流化 床锅炉*	单机 容量 150~ 249 MW	氮氧 化物	kg/t- 原料	12.8 ^①		直排	12.8
						低氮燃烧	7.55 ^①	直排	7.55
								烟气脱硝	2.72
						低氮燃烧+SNCR	5.28 ^①	直排	5.28
						9.44 ^②		直排	9.44
						低氮燃烧	5.57 ^②	直排	5.57
								烟气脱硝	1.95
						低氮燃烧+SNCR	3.9 ^②	直排	3.9
						8.36 ^③		直排	8.36
						低氮燃烧	5.27 ^③	直排	5.27
								烟气脱硝	1.85
						低氮燃烧+SNCR	3.69 ^③	直排	3.69
						5.63 ^④		直排	5.63
						低氮燃烧	3.57 ^④	直排	3.57
烟气脱硝	1.28								
低氮燃烧+SNCR	2.61 ^④	直排	2.61						

*注：循环流化床锅炉取煤粉炉低氮燃烧情况。注：① 煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) < 10$ ；② 煤炭干燥无灰基挥发分为 $10 < V_{daf}(\%) \leq 20$ ；③ 煤炭干燥无灰基挥发分为 $20 < V_{daf}(\%) \leq 37$ ；④ 煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) > 37$ 。

表 C.8 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 75~149MW）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数	
电能/ 电能+ 热能	煤炭	煤粉炉 或循环流 化床锅炉	单机 容量 75~ 149 MW	工业 废气量	Nm ³ /t- 原料	8,178	直排	8,178	
		煤粉炉		烟尘	9.31A _{ar} +9.18	文丘里水膜除尘法	0.49A _{ar} +0.46		
						湿式除尘法	1.94A _{ar} +1.84		
						除尘脱硫一体化法	0.68A _{ar} +0.64		
						静电除尘法	0.049A _{ar} +0.046		
						静电除尘法 +石灰石石膏法	0.024A _{ar} +0.023		
		循环流 化床锅 炉		烟尘	6.31A _{ar} + 61.94 S _{ar} +7.27	静电除尘法	0.048A _{ar} +0.046 +0.31 S _{ar}		
		煤粉炉		二氧化硫	16.94 S _{ar}	直排	16.94 S _{ar}		
						石灰石石膏法	-0.223 S _{ar} ² +1.76 S _{ar}		
						文丘里水膜除尘法	14.34 S _{ar}		
						湿式除尘法	16.09 S _{ar}		
						除尘脱硫一体化法	1.694 S _{ar}		
						海水脱硫	1.694 S _{ar}		
						半干法脱硫	4.23 S _{ar}		
						喷雾干燥法（或） 简易石灰石石膏湿 法	5.08 S _{ar}		
						炉内喷钙法	8.47 S _{ar}		
						循环流 化床锅 炉	二氧化硫	5.08 S _{ar}	直排
		煤粉炉 或循环 流化床 锅炉*		氮氧化 物	12.31 ^①	直排	12.31		
						低氮燃烧	7.49 ^①	直排	7.49
								烟气脱硝	2.63
						低氮燃烧 +SNCR	5.24 ^①	直排	5.24
						10.97 ^②	直排	10.97	
						低氮燃烧	6.47 ^②	直排	6.47
								烟气脱硝	2.27
						低氮燃烧 +SNCR	4.53 ^②	直排	4.53
						9.13 ^③	直排	9.13	
						低氮燃烧	5.34 ^③	直排	5.34
								烟气脱硝	1.88
						低氮燃烧 +SNCR	3.74 ^③	直排	3.74
						6.44 ^④	直排	6.44	
						低氮燃烧	4.05 ^④	直排	4.05
		烟气脱硝		1.44					

						低氮燃烧 +SNCR	2.91 ^④	直排	2.91
*注：循环流化床锅炉取煤粉炉低氮燃烧情况。注：①煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%)<10$ ；②煤炭干燥无灰基挥发分为 $10<V_{daf}(\%)<20$ ；③煤炭干燥无灰基挥发分为 $20<V_{daf}(\%)<37$ ；④煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%)>37$ 。									

表 C.9 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 35~74MW）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数
电能/ 电能+ 热能	煤炭	煤粉炉 或循环流 化床锅炉	单机 容量 35~ 74 MW	工业 废气量	Nm ³ /t- 原料	7,558	直排	7,558
		煤粉炉		烟尘	9.36A _{ar} +10.44	文丘里水膜除尘法	0.49A _{ar} +0.52	
						湿式除尘法	1.95A _{ar} +2.09	
						除尘脱硫一体化法	0.68A _{ar} +0.731	
						静电除尘法	0.049A _{ar} +0.052	
						静电除尘法 +石灰石石膏法	0.024A _{ar} +0.026	
						静电除尘法 +氨碱脱硫法	0.024A _{ar} +0.026	
		循环流 化床锅 炉		6.24A _{ar} +7.24 +61.94 S _{ar}	静电除尘法	0.049A _{ar} +0.052+ 0.31 S _{ar}		
		煤粉炉		二氧化 化硫	16.78 S _{ar}	直排	16.78 S _{ar}	
						石灰石石膏法	-0.22 S _{ar} ² +1.74 S _{ar}	
						氨碱脱硫法	0.84 S _{ar}	
						文丘里水膜除尘法	14.26 S _{ar}	
						湿式除尘法	15.94 S _{ar}	
						除尘脱硫一体化	1.68 S _{ar}	
						半干法脱硫	5.03 S _{ar}	
		循环流 化床锅 炉		二氧化硫	5.87 S _{ar}	直排	5.87 S _{ar}	
						烟气脱硫	1.18 S _{ar}	
						炉内喷钙法	8.39 S _{ar}	
		煤粉炉 或 循环流 化床锅 炉*		氮氧 化物	11.5 ^①	直排	11.5	
						氨碱脱硫法	9.78	
					低氮燃烧	6.52 ^①	直排	6.52
							氨碱脱硫法	5.55
					9.86 ^②		9.86	
							8.38	
低氮燃烧	6.1 ^②		直排		6.1			
			氨碱脱硫法		5.19			
6.88 ^③			6.88					
			5.85					
低氮燃烧	4.53 ^③	直排	4.53					
		氨碱脱硫法	3.86					
5.07 ^④		5.07						

								4.31	
						低氮燃烧	3.6 ^④	直排	3.6
								氨碱脱硫法	3.07

*注：循环流化床锅炉取煤粉炉低氮燃烧情况。注：①煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) < 10$ ；②煤炭干燥无灰基挥发分为 $10 < V_{daf}(\%) \leq 20$ ；③煤炭干燥无灰基挥发分为 $20 < V_{daf}(\%) \leq 37$ ；④煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) > 37$ 。

表 C.10 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 20~34MW）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数	
电能/ 电能+ 热能	煤炭	煤粉炉 或 循环流化 床锅炉	单机 容量 20~ 34 MW	工业 废气量	Nm ³ /t- 原料	7,729	直排	7,729	
		煤粉炉		烟尘	9.16A _{ar} +0.45	文丘里水膜除尘 法	0.458A _{ar} +0.023		
						湿式除尘法	1.83A _{ar} +0.09		
						除尘脱硫一体化 法	0.642A _{ar} +0.031		
						静电除尘法	0.092A _{ar} +0.005		
						静电除尘法 +氨碱脱硫法	0.046A _{ar} +0.002		
		循环流 化床锅 炉		二氧化 化硫	6.3A _{ar} +7.79+61.94 S _{ar}	静电除尘法	0.049A _{ar} +0.052+0.31 S _{ar}		
		煤粉炉				二氧化 化硫	16.64 S _{ar} +0.24	直排	16.64 S _{ar} +0.24
								文丘里水膜除尘 法	14.15 S _{ar} +0.2
								湿式除尘法	15.81 S _{ar} +0.23
								除尘脱硫一体化 法	1.66 S _{ar} +0.024
				半干法脱硫	4.99 S _{ar} +0.07				
				氨碱脱硫法	0.83 S _{ar} +0.012				
				喷雾干燥法（或） 简易石灰石石膏湿法	4.99 S _{ar} +0.071				
				炉内喷钙法	8.32 S _{ar} +0.12				
		循环流 化床锅 炉		5.83 S _{ar} +0.083	直排	5.83 S _{ar} +0.083			
		烟气脱硫			1.46 S _{ar} +0.021				
		煤粉炉 或 循环流 化床锅 炉*		氮氧 化物	10.79 ^①	直排	10.79		
						氨碱脱硫法	9.18		
					低氮燃烧	6.23 ^④	直排	6.23	
氨碱脱硫法	5.28								
8.97 ^②	直排		8.97						
	氨碱脱硫法	7.63							

						低氮燃烧	5.28 ^②	直排	5.28
								氨碱脱硫法	4.49
						6.54 ^③	直排	6.54	
							氨碱脱硫法	5.55	
						低氮燃烧	4.05 ^③	直排	4.05
								氨碱脱硫法	3.43
						5.02 ^④	直排	5.02	
							氨碱脱硫法	4.27	
						低氮燃烧	3.3 ^④	直排	3.3
								氨碱脱硫法	2.81

*注：循环流化床锅炉取煤粉炉低氮燃烧情况。注：①煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) < 10$ ；②煤炭干燥无灰基挥发分为 $10 < V_{daf}(\%) \leq 20$ ；③煤炭干燥无灰基挥发分为 $20 < V_{daf}(\%) \leq 37$ ；④煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) > 37$ 。

表 C.11 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 9~19MW；烟尘）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数	
电能/ 电能+ 热能	煤炭	煤粉炉 或循环流化床 锅炉或 层燃炉	单机 容量 9~ 19 MW	工业 废气量	Nm ³ /t- 原料	7,958	直排	7,958	
		煤粉炉		烟尘	kg/t- 原料	9.18A _{ar} +7.56	文丘里水膜除尘法	0.46A _{ar} +0.38	
							湿式除尘法	1.84A _{ar} +1.51	
							除尘脱硫一体化法	0.64A _{ar} +0.53	
							多管 或 旋风除尘 法	2.29A _{ar} +1.89	
							静电除尘法	0.092A _{ar} +0.076	
							静电除尘法 +氨碱脱硫法	0.046A _{ar} +0.038	
		循环流 化床锅 炉		6.3A _{ar} +8.97+61.94 S _{ar}	静电除尘法	0.063A _{ar} +0.09+0.619 S _{ar}			
		层燃炉		烟尘	kg/t- 原料	烟煤	1.6A _{ar}	单筒旋风除尘法	0.61A _{ar}
								多管旋风除尘法	0.4A _{ar}
								湿法除尘/湿式除 尘脱硫	0.2A _{ar}
								管式电除尘法	0.29A _{ar}
								卧式电除尘法	0.05A _{ar}
								静电+过滤式/过滤 式	0.01A _{ar}
						无烟煤	1.85A _{ar}	单筒旋风除尘法	0.71A _{ar}
								多管旋风除尘法	0.46A _{ar}
								湿法除尘/湿式除 尘脱硫	0.24A _{ar}
								管式电除尘法	0.33A _{ar}
								卧式电除尘法	0.06A _{ar}
								静电+过滤式/过滤 式	0.02A _{ar}
		褐煤		1.60A _{ar}	单筒旋风除尘法	0.61A _{ar}			
					多管旋风除尘法	0.4A _{ar}			
					湿法除尘/湿式除 尘脱硫	0.2A _{ar}			
管式电除尘法	0.29A _{ar}								
卧式电除尘法	0.05A _{ar}								

								静电+过滤式/过滤式	0.01A _{ar}
--	--	--	--	--	--	--	--	------------	---------------------

表 C.12 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 9~19MW；二氧化硫，氮氧化物）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数
电能/ 电能+热能	煤炭	煤粉炉	单机容量 9~ 19 MW	二氧化硫	kg/t- 原料	16.5 S _{ar}		直排	16.5 S _{ar}
								文丘里水膜除尘法	14.02 S _{ar}
								湿式除尘法	15.67 S _{ar}
								除尘脱硫一体化法	1.65 S _{ar}
								氨碱脱硫法	0.83 S _{ar}
		5.77 S _{ar}				直排	5.77 S _{ar}		
						烟气脱硫	1.44 S _{ar}		
		无炉内 脱硫				15.95 S _{ar}	直排	15.95 S _{ar}	
							湿法除尘法	13.56 S _{ar}	
							湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	4.79 S _{ar}	
		炉内 脱硫				11.2 S _{ar}	直排	11.2 S _{ar}	
							湿法除尘法	9.52 S _{ar}	
							湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	3.36 S _{ar}	
		9.7 ^①					直排	9.7	
				氨碱脱硫法	8.24				
		低氮燃烧		5.48 ^①	直排	5.48			
					氨碱脱硫法	4.66			
		6.78 ^②			直排	6.78			
					氨碱脱硫法	5.77			
		低氮燃烧		4.29 ^②	直排	4.29			
					氨碱脱硫法	3.65			
		5.14 ^③			直排	5.14			
					氨碱脱硫法	4.37			
		低氮燃烧		3.64 ^③	直排	3.64			
					氨碱脱硫法	3.08			
		4.93 ^④			直排	4.93			
					氨碱脱硫法	4.19			
		低氮燃烧		3.61 ^④	直排	3.61			
氨碱脱硫法	3.07								
			5.61 ^①	5.61 ^①	直排	5.61			
			5 ^②	5 ^②	直排	5			
			4.38 ^③	4.38 ^③	直排	4.38			
		层燃炉		氮氧化物					

					4.22 ^④	4.22 ^①	直排	4.22
*注：循环流化床锅炉取煤粉炉低氮燃烧情况。注：①煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) < 10$ ；②煤炭干燥无灰基挥发分为 $10 < V_{daf}(\%) \leq 20$ ；③煤炭干燥无灰基挥发分为 $20 < V_{daf}(\%) \leq 37$ ；④煤炭干燥无灰基挥发分为 $V_{daf}(\%) > 37$ 。								

表 C.13 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量 ≤ 8 MW；烟尘）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数	
电能/ 电能+ 热能	煤炭	层燃炉	单机容量 ≤ 8 MW	工业 废气量	Nm^3/t - 原料	烟煤	10,290	直排	10,290	
		煤粉炉					9,186		9,186	
		循环流化					9,415		9,415	
		层燃炉					10,197		10,197	
		循环流化					11,034		11,034	
		层燃炉					5,915		5,915	
		煤粉炉				5,915	5,915			
		层燃炉				1.25A _{ar}	烟煤		单筒旋风除尘法	0.5A _{ar}
									多管旋风除尘法	0.38A _{ar}
									湿法除尘/湿式除尘 脱硫	0.16A _{ar}
									管式电除尘法	0.23A _{ar}
									卧式电除尘法	0.04A _{ar}
									静电+过滤/过滤	0.01A _{ar}
						煤粉炉	8.93A _{ar}		烟煤	机械+湿法除尘法/ 湿式除尘脱硫
			卧式电除尘法	0.27A _{ar}						
			静电+过滤/过滤	0.09A _{ar}						
		循环流化 床锅炉	5.19A _{ar}	无烟煤	机械+湿法除尘法/ 湿式除尘脱硫	0.42A _{ar}				
					卧式电除尘法	0.16A _{ar}				
					静电+过滤/过滤	0.05A _{ar}				
		层燃炉	1.8A _{ar}	无烟煤	单筒旋风除尘法	0.72A _{ar}				
					多管旋风除尘法	0.54A _{ar}				
					湿法除尘/湿式除尘 脱硫	0.23A _{ar}				
					管式电除尘法	0.32A _{ar}				
					卧式电除尘法	0.05A _{ar}				
					静电+过滤/过滤	0.02A _{ar}				
		循环流化 床锅炉	4.63A _{ar}	无烟煤	机械+湿法除尘法/ 湿式除尘脱硫	0.37A _{ar}				
					卧式电除尘法	0.14A _{ar}				
					静电+过滤/过滤	0.05A _{ar}				
		层燃炉	1.25A _{ar}	褐煤	单筒旋风除尘法	0.5A _{ar}				
					多管旋风除尘法	0.38A _{ar}				
		湿法除尘/湿式除尘 脱硫			0.16A _{ar}					
		管式电除尘法			0.23A _{ar}					
		卧式电除尘法			0.04A _{ar}					
		静电+过滤/过滤			0.01A _{ar}					

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数
								机械+湿法除尘法/ 湿式除尘脱硫	0.71Aar
		煤粉炉				褐煤	8.93Aar	卧式电除尘法	0.27Aar
								静电+过滤/过滤	0.09Aar

表 C.14 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量≤8MW；二氧化硫）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数	
电能/ 电能+ 热能	煤炭	层燃炉	单机容量 ≤8 MW	二氧化 硫	kg/t- 原料	烟煤	16S _{ar} (无炉内脱 硫)	直排	16S _{ar}	
								湿法除尘法	13.6S _{ar}	
								湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	4.8S _{ar}	
							11.2S _{ar} (炉内脱硫)	直排	11.2S _{ar}	
								湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	3.36S _{ar}	
								湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	3.36S _{ar}	
						烟煤	17S _{ar}	直排	17S _{ar}	
								湿法除尘法	14.45S _{ar}	
								湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	5.1S _{ar}	
							烟煤	15S _{ar} (无脱硫剂)	直排	15S _{ar}
									湿法除尘法	12.75S _{ar}
									湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	4.5S _{ar}
		4.5S _{ar} (添加脱硫 剂)	直排	4.5S _{ar}						
			湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	1.35S _{ar}						
			湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	1.35S _{ar}						
		无烟煤	层燃炉	单机容量 ≤8 MW	二氧化 硫	kg/t- 原料	无烟煤	16S _{ar} (无炉内脱 硫)	直排	16S _{ar}
									湿法除尘法	13.6S _{ar}
									湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	4.8S _{ar}
								11.2S _{ar} (炉内脱硫)	直排	11.2S _{ar}
									湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	3.36S _{ar}
									湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	3.36S _{ar}
			无烟煤	15S _{ar} (无脱硫剂)	直排	15S _{ar}				
					湿法除尘法	12.75S _{ar}				
					湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	4.5S _{ar}				
4.5S _{ar} (添加脱硫 剂)	直排			4.5S _{ar}						
	湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)			1.35S _{ar}						
	湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)			1.35S _{ar}						
褐煤	15S _{ar} (无炉内脱 硫)	直排	15S _{ar}							
		湿法除尘法	12.75S _{ar}							
		湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	4.5S _{ar}							
	10.5S _{ar} (炉内脱硫)	直排	10.5S _{ar}							
		湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	3.15S _{ar}							
		湿式除尘脱硫(钙法/ 镁法/其他脱硫剂)	3.15S _{ar}							
褐煤	17S _{ar}	直排	17S _{ar}							
		湿法除尘法	14.45S _{ar}							
		循环流化床锅炉								
		固态排渣煤粉炉								
		循环流化床锅炉								
		层燃炉								
		煤粉炉								

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数
								湿式除尘脱硫(钙法/镁法/其他脱硫剂)	5.1S _{ar}
							11.9S _{ar}	直排	11.9S _{ar}
								湿式除尘脱硫(钙法/镁法/其他脱硫剂)	3.57S _{ar}

表 C.15 火力发电行业（燃煤）产排污系数表（单机容量≤8MW；氮氧化物）

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数
电能/电能+热能	煤炭	层燃炉	单机容量≤8MW	氮氧化物	kg/t-原料	烟煤	4.35	直排	4.35
		煤粉炉				烟煤	5.04		5.04
		循环流化床锅炉				烟煤	3.63		3.63
		层燃炉				无烟煤	5.51	直排	5.51
		循环流化床锅炉				无烟煤	5.53		5.53
		层燃炉				褐煤	4.71	直排	4.71
		煤粉炉				褐煤	4.9		4.9

表 C.16 火力发电行业（燃烧煤矸石）产排污系数表

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数
电能/电能+热能	煤矸石	循环流化床锅炉	所有规模	工业废气量	Nm ³ /t-原料	4,806	直排	4,806
				烟尘	kg/t-原料	238.6+61.94S _{ar}	文丘里水膜除尘法	11.93+3.1S _{ar}
							湿式除尘法	47.72+12.39S _{ar}
							多管或旋风除尘法	59.65+15.49S _{ar}
							静电除尘法	1.67+0.43S _{ar}
				二氧化硫	kg/t-原料	1.84	直排	1.84
							烟气脱硫	0.37
氮氧化物	kg/t-原料	0.95	直排	0.95				

表 C.17 火力发电行业（燃烧垃圾）产排污系数表

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数	末端处理技术名称	排污系数
电能/电能+热能	垃圾	焚烧炉	所有规模	工业废气量	Nm ³ /t-原料	6,722	直排	6,722
				烟尘	kg/t-原料	13.06	过滤式除尘法+半干法吸收塔	0.072
							半干法吸收塔	0.626
				二氧化硫	kg/t-原料	2.67	直排	2.67
				氮氧化物	kg/t-原料	3.06	直排	3.06
低氮燃烧	kg/t-原料	1.54	直排	1.54				

表 C.18 火力发电行业（燃烧垃圾+煤）产排污系数表

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数
电能/ 电能+ 热能	垃圾+ 煤	焚烧炉	所有规模	工业废气量	Nm ³ /t-原料	7,774		直排	7,774
				烟尘	kg/t-原料	121.4		过滤式除尘法+半干法吸收塔	0.113
				二氧化硫		3.04		半干法吸收塔	0.526
				氮氧化物		3.12		直排	3.12
						低氮燃烧	1.52	直排	1.52

表 C.19 火力发电行业（燃烧天然气/油/石油焦）产排污系数表

产品名称	原料名称	工艺名称	规模等级	污染物指标	单位	产污系数		末端处理技术名称	排污系数
电能/ 电能+ 热能	天然气	燃机	所有规模	工业废气量	Nm ³ /m ³ -原料	24.55		直排	24.55
				烟尘	mg/m ³ -原料	103.9		直排	103.9
				二氧化硫		70.7		直排	70.7
				氮氧化物	g/m ³ -原料	9.82		直排	9.82
	低氮燃烧	1.66				直排	1.66		
	燃油	锅炉/燃机		工业废气量	Nm ³ /t-原料	11,152		直排	11,152
				烟尘	kg/t-原料	0.25		直排	0.25
				二氧化硫		4.21		直排	4.21
				氮氧化物		6.56		直排	6.56
	低氮燃烧	3.41				直排	3.41		
	石油焦	循环流化床锅炉		工业废气量	Nm ³ /t-原料	11,665		直排	11,665
				烟尘	kg/t-原料	5+52.08Sar		电、过滤式除尘法	0.01+0.104Sar
				二氧化硫		3.8Sar		直排	3.8Sar
						石灰石石膏法		0.38Sar	
						半干法脱硫		0.76Sar	
	氮氧化物	2.646		直排	2.646				

表 C.20 给出了污染源对应的治理设施工艺常见的去除率参考值。

表 C.20 标准规定的污染物去除效率

污染物	SO ₂							NO _x	
	标准	HJ/T 178	HJ/T 179	HJ 2001	HJ 462*			HJ 562	HJ 563
适用对象	火电厂				工业锅炉及炉窑			火电厂	
方法	循环流化床法	石灰石/石灰-石膏法	氨法	石灰法	氧化镁法	石灰石法	双碱法	选择性催化还原法（SCR）	选择性非催化还原法（SNCR）
去除效率	>85%	≥95%	≥95%	>90%			≥80%	≤40%	

*注：65t/h 以下工业锅炉脱硫装置在满足排放标准和总量控制要求的前提下，设计脱硫效率可适当降低，但不宜小于 80%。

表 C. 21 给出了大型火电厂燃煤硫转化为 SO₂ 的转化率值。

表 C. 21 大型火电厂燃煤硫转化为 SO₂ 的转化率 (k)

机组容量/MW		负荷/额定容量的%		
		50%~70%	70%~90%	>90%
200	转化率 (k)	0.86	0.88	0.90
300		0.88	0.91	0.92
600		0.90	0.91	0.92
1000		—	—	0.93

注：机组规模越大，发电负荷率越高，硫的转化效率越高；宜按机组规模和不同的发电负荷率采用不同的 k 值。

表 C. 22 给出 95%置信区间双侧 t 值参考值。

表 C. 22 95%置信区间双侧 t 值表 (自由度 df=n-1)

n	t _{0.05}	n	t _{0.05}	n	t _{0.05}	n-1	t _{0.05}
2	12.706	9	2.306	16	2.131	23	2.074
3	4.303	10	2.262	17	2.120	24	2.069
4	3.182	11	2.228	18	2.110	25	2.064
5	2.776	12	2.201	19	2.101	26	2.060
6	2.571	13	2.179	20	2.093	27	2.056
7	2.447	14	2.160	21	2.086	28	2.052
8	2.365	15	2.145	22	2.080	> 29	t-表

表 C. 23 给出 95%置信水平 F 检验的临界值。

表 C. 23 95%置信水平 F 检验的临界值 (F_α 值)

S ² _{PEMS} /S ² _{RM}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.8	243.0	243.9
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.50	19.40	19.41
3	10.13	9.552	9.277	9.117	9.014	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786	8.763	8.745
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.935	5.912
5	6.608	5.786	5.410	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.773	4.735	4.703	4.678
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000
7	5.591	4.734	4.347	4.120	3.971	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.501	3.438	3.388	3.347	3.312	3.284
9	5.117	4.257	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.197	3.137	3.102	3.073
10	4.965	4.103	3.709	3.478	3.326	3.217	3.136	3.072	3.020	2.978	2.942	2.913
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.817	2.788
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687