

点击此处添加 ICS 号

ICS

CSS 点击此处添加 CCS 号

# 团 体 标 准

T/CSES XXXX—XXXX

## 全国碳排放权交易市场 水泥行业碳排放联合监测法 (及应用规范)

Combined carbon emission monitoring of cement industry in national carbon emission trading system (with application specification)

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国环境科学学会 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 开展联合监测法的工作步骤和内容 .....	3
5 联合监测法数据获取 .....	4
5.1 核算边界与排放源确定 .....	4
5.2 物料监测法核算要求 .....	4
5.3 烟气监测法核算要求 .....	7
5.4 定期上报要求 .....	8
6 关联模型构建 .....	8
6.1 工作程序 .....	8
6.2 数据收集与整合 .....	9
6.3 关联系数计算 .....	9
6.4 工况划分 .....	9
6.5 关联模型构建 .....	9
7 物料监测法数据质量诊断与处理 .....	9
7.1 数据审核 .....	9
7.2 物料监测法无效数据处理 .....	10
7.3 物料监测法有效数据质量诊断及处理 .....	11
8 联合监测法碳排放结果与报告 .....	11
8.1 联合监测法数据结果 .....	11
8.2 联合监测法结果报告 .....	12
8.3 全国碳排放权交易市场履约边界排放报告 .....	12
附 录 A （规范性） 烟气监测法输出参数计算方法 .....	13
附 录 B （规范性） 联合监测法报告格式要求 .....	16
附 录 C （规范性） 烟气监测法数据格式一览表 .....	19
附 录 D （资料性） 联合监测法相关排放因子 .....	20
参 考 文 献 .....	21

## 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。

本文件由中国环境科学学会碳排放交易专业委员会提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：安徽海螺水泥股份有限公司、清华大学、清华大学无锡应用技术研究院、北京圆声能源科技有限公司、安徽智质工程技术有限公司、中碳（安徽）环境科技有限公司、安徽海螺集团产业技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：吴铁军、张希良、许越、周丽、翁长祎、罗小虎、胡青松、房聚刚、徐铭、陆宇豪、范警卫、钱珏莹、束正华、杨玺、洪波、白文浩、周立垦、范儒、马明、周一铭、刘云汉、梁天天、李卓潼、张云翔。

# 全国碳排放权交易市场 水泥行业碳排放联合监测法（及应用规范）

## 1 范围

本标准规定了水泥行业碳排放联合监测法的工作步骤和内容、数据获取、关联模型构建、物料监测法数据质量诊断与处理及碳排放结果与报告的有关要求。

本标准适用于水泥熟料生产企业、主管部门使用联合监测法开展二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放数据监测上报、数据质量诊断与处理及数据结果报告工作。

## 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 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 30727 固体生物质燃料发热量测定方法

GB/T 35461 水泥生产企业能源计量器具配备和管理要求

HJ 75 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测技术规范

HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测技术要求及检测方法

HJ/T 397 固定源废气监测技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 联合监测法 **combined monitoring method**

联合运用物料监测法和烟气监测法数据，构建两者的关联模型，对新上报的物料监测法数据进行数据质量诊断与处理，提升物料监测法数据质量的方法。

### 3.2

#### 物料监测法 **material-based monitoring method**

采用原燃料自动监测设备对水泥熟料生产企业燃料消耗量、熟料产量等数据进行连续、实时的自动监测并计算 CO<sub>2</sub> 排放量的方法。

### 3.3

#### 烟气监测法 **flue gas monitoring method**

采用 CEMS 对水泥熟料生产企业的烟气流量、CO<sub>2</sub> 浓度等数据进行连续、实时的自动监测并计算 CO<sub>2</sub> 排放量的方法。

### 3.4

**烟气排放连续监测系统 continuous emission monitoring system, CEMS**

连续监测固定排放源中烟气流量、CO<sub>2</sub>浓度等数据所需要的全部设备，简称 CEMS。

[改写 HJ 75，定义 3.3]

3.5

**替代燃料燃烧排放 emission from alternative fuel combustion**

在熟料生产中被用作热源以替代传统化石燃料的可燃物氧化燃烧产生的排放。主要来源为城市固体废物、工业废物及副产物、生物质等，包括废油、废纺、废轮胎、废塑料、废橡胶、废溶剂、废皮革、废玻璃钢、炭黑、生活垃圾预处理可燃物、生物质燃料等。

[改写 CETS-AG-02.01-V01，定义 3.11]

3.6

**二氧化碳捕集量 captured CO<sub>2</sub> emission**

将二氧化碳从水泥熟料生产边界内分离，以避免其通过窑尾烟囱或其他烟气排放管道排放至大气环境中的捕集量。

3.7

**关联模型 correlation model**

基于关联系数以及生产运行参数构建的反映物料监测法数据与烟气监测法数据关联的数学模型。

3.8

**关联系数 correlation ratio**

相同核算边界相同 15 分钟区间内物料监测法与烟气监测法碳排放量的比值。

3.9

**有效数据 valid data**

符合本标准的技术指标要求，正常运行所测得的数据，包括物料监测法数据和烟气监测法数据。

[改写 HJ 75，定义 3.5]

3.10

**无效数据 invalid data**

监测系统非正常运行时段（如故障期间、维修期间、超期未校准时段、失控时段以及有计划的维护保养、校准等时段）监测所得的数据。

3.11

**有效数据捕集率 valid data capture rate**

在物料监测法和烟气监测法的数据采集过程中，实际采集到的有效数据量与理论应采集到的数据总量的比率，以百分比的形式表示。

3.12

**工况 operating conditions**

使烟气监测法碳排放量和物料监测法碳排放量相对偏差保持稳定的生产状态集合。

3.13

**准备阶段 preparation phase**

联合监测法中基于烟气监测法数据和经核验的物料监测法数据构建关联模型的阶段。

3.14

**应用阶段 application phase**

联合监测法中应用烟气监测法数据和关联模型对物料监测法数据进行诊断及处理的阶段。

3.15

**累积误差 cumulative error**

使用关联模型对烟气监测法数据进行调整，一定时段内，调整后烟气监测法碳排放总量和物料监测法碳排放总量的相对误差。

3.16

**保守性处理 conservative treatment**

在排放数据存在缺失或疑似错报时，优先采用不低估碳排放量的数据处理方法。

4 开展联合监测法的工作步骤和内容

水泥行业联合监测法的应用内容包括联合监测法数据获取、关联模型构建、物料监测法数据质量诊断与处理及联合监测法数据结果与报告。工作程序见图 1。

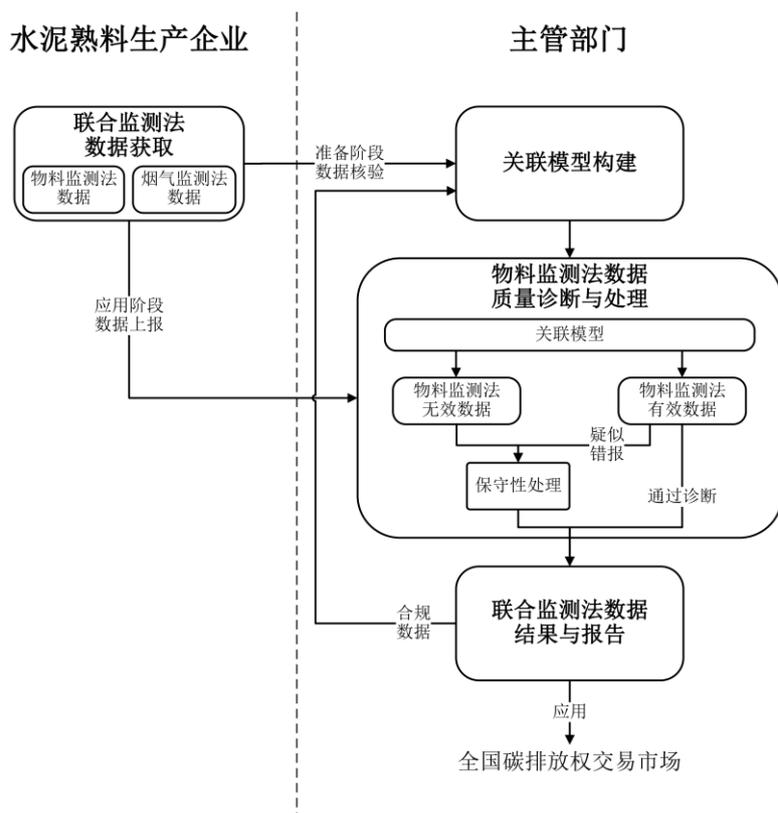


图 1 联合监测法工作程序

a) 联合监测法数据获取

确定水泥熟料生产企业的核算边界，识别纳入边界的排放源，通过物料监测法和烟气监测法分别监测二氧化碳排放数据并进行定期上报。

b) 关联模型构建

收集并整合物料监测法和烟气监测法的碳排放量数据，计算关联系数并按照生产运行参数划分工况，基于关联系数和工况构建物料监测法数据和烟气监测法数据的关联模型。

c) 物料监测法数据质量诊断与处理

对物料监测法数据审核分类后采用烟气监测法数据、关联模型对物料监测法数据诊断与保守性处理。

d) 联合监测法数据结果与报告

根据物料监测法数据诊断与处理结果确定并报告联合监测法碳排放结果与全国碳市场履约边界碳排放结果。

## 5 联合监测法数据获取

### 5.1 核算边界与排放源确定

#### 5.1.1 核算边界

水泥行业联合监测法的核算边界为熟料生产边界，应符合CETS-AG-02.01-V01的规定。

#### 5.1.2 排放源

联合监测排放源包括：

- a) 化石燃料燃烧排放，应符合 CETS-AG-02.01-V01 的规定；
- b) 过程排放，应符合 CETS-AG-02.01-V01 的规定；
- c) 替代燃料燃烧排放；
- d) 二氧化碳捕集量。

### 5.2 物料监测法核算要求

#### 5.2.1 化石燃料燃烧排放

化石燃料燃烧排放量计算公式应符合CETS-AG-02.01-V01的规定。

化石燃料消耗量应采用连续计量器具在入窑前进行自动监测，自动监测频率每5秒不低于1次。企业应使用依法经计量检定合格或者校准的连续计量器具，连续计量器具须每月校验，其配备和管理应符合GB 17167、GB/T 35461等标准的要求；企业确保计量器具的检定符合相关计量检定规程的要求，并确保在有效的检定/校准周期内。

其他数据的监测与获取要求应符合CETS-AG-02.01-V01的规定。

#### 5.2.2 过程排放

过程排放量计算公式应符合CETS-AG-02.01-V01的规定。

熟料产量应通过生料消耗量与生料比进行折算，其中生料消耗量采用连续计量器具在入窑前进行自动监测，自动监测频率每5秒不低于1次。生料比由企业根据自身生产工艺确定。

水泥熟料生产企业使用非碳酸盐替代原料的，每类非碳酸盐替代原料消耗量应采用入生料磨或入窑的计量器具自动监测计量数据，自动监测频率每5秒不低于1次。非碳酸盐替代原料与其他原料混合入生料磨或入窑且无法单独计量时，非碳酸盐替代原料消耗量计为0。

计量器具的配备和管理应符合GB 17167、GB/T 35461等标准的要求；企业确保计量器具的检定符合相关计量检定规程的要求，并确保在有效的检定/校准周期内。

其他数据的监测与获取要求应符合CETS-AG-02.01-V01的规定。

### 5.2.3 替代燃料燃烧排放

#### 5.2.3.1 计算公式

替代燃料燃烧过程排放量  $E_{af}$  按照公式（1）计算

$$E_{af} = \sum_{j=1}^n (E_{af,j}) \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$E_{af}$ ——替代燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；

$E_{af,j}$ ——第  $j$  条熟料生产线的替代燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；

$j$ ——熟料生产线编号。

第  $j$  条熟料生产线的  $E_{af,j}$  的计算按照公式（2）计算：

$$E_{af,j} = \sum_{i=1}^n \left( Q_{af,i,j} \times HV_{af,ar,i,j} \times EF_{af,i} \times \alpha_{af,i} \right) \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$Q_{af,i,j}$ ——第  $j$  条熟料生产线的第  $i$  种替代燃料消耗量，单位为吨（t）；

$HV_{af,ar,i,j}$ ——第  $j$  条熟料生产线的第  $i$  种替代燃料低位发热量，单位为吉焦每吨（GJ/t）；

$EF_{af,i}$ ——第  $i$  种替代燃料单位燃烧的CO<sub>2</sub>排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO<sub>2</sub>/GJ）；

$\alpha_{af,i}$ ——第  $i$  种替代燃料中非生物质碳的含量，以%表示；

$i$ ——替代燃料种类；

$j$ ——熟料生产线编号。

#### 5.2.3.2 数据的监测与获取

##### a) 替代燃料消耗量的计量与监测

替代燃料消耗量应采用连续计量器具在入窑前进行自动监测，自动监测频率每5秒不低于1次。

企业应使用依法经计量检定合格或者校准的计量器具，计量器具须每月校验，其配备和管理应符合GB 17167、GB/T 35461等标准的要求；企业确保计量器具的检定符合相关计量检定规程的要求，并确保在有效的检定/校准周期内。

##### b) 替代燃料收到基低位发热量

企业应提供报告周期内替代燃料采购合同、结算凭证、盘库记录/报告、进出厂记录和进厂检测报告等支撑材料来证实替代燃料种类。

替代燃料收到基低位发热量按如下优先序取值：

- 1) 采用每批次贸易结算凭证及对应抽样检测报告中的数据值，检测报告中应明示采样、制样和检测依据、收到基低位发热量及所代表的替代燃料重量、批次或其他可追溯性标识。
- 2) 采用本指南附录 D 中对应替代燃料的收到基低位发热量缺省值。
- 3) 采用相关文献中的参考值。

收到基低位发热量的检测应符合 GB/T 30727 或其他相关发热量测定规范的要求，并且收到基低位发热量抽样采样应与对应替代燃料消耗量状态一致。替代燃料月度平均收到基低位发热量由每批次替代燃料的收到基低位发热量加权计算得到，权重是每批次进厂替代燃料量；年度平均收到基低位发热量由月度平均收到基低位发热量加权计算得到，其权重是月度消耗量。

c) 替代燃料燃烧的 CO<sub>2</sub> 排放因子取值

替代燃料燃烧的 CO<sub>2</sub> 排放因子采用本指南附录 D 中对应品种的缺省值。附录 D 中未提及的替代燃料，可采用相关文献中的参考值。

d) 替代燃料非生物质碳含量取值

替代燃料非生物质碳含量采用本指南附录 D 中对应品种的缺省值。附录 D 中未提及的替代燃料，可采用相关文献中的参考值。

#### 5.2.4 二氧化碳捕集量

二氧化碳捕集量按照《碳捕集、利用与封存（CCUS）项目温室气体减排量化和核查技术规范》或生态环境部发布的 CCUS 相关核算标准中规定的方法计算。二氧化碳捕集量自动监测频率每 5 秒不低于 1 次。

#### 5.2.5 物料监测法碳排放量计算

物料监测法碳排放量等于化石燃料燃烧排放量、过程排放量与替代燃料排放量之和，并扣减二氧化碳捕集量，采用公式（3）计算：

$$E_{mb} = E_{ff} + E_p + E_{af} - E_{CCUS} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$E_{mb}$  ——物料监测法碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；

$E_{ff}$  ——化石燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；

$E_p$  ——过程排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；

$E_{af}$  ——替代燃料燃烧排放量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）；

$E_{CCUS}$  ——二氧化碳捕集量，单位为吨二氧化碳（tCO<sub>2</sub>）。

#### 5.2.6 数据质量控制方案要求

物料监测法数据质量控制方案的格式要求、数据质量管理要求、数据质量控制方案的修订、数据质量控制方案的执行应符合 CETS-AG-02.01-V01 的规定。

鼓励企业采用智能盘库等技术进行化石燃料、替代燃料和熟料盘库，通过智能盘库系统输出的消耗数据与连续监测数据进行交叉核验。

### 5.3 烟气监测法核算要求

#### 5.3.1 监测参数

监测参数包括烟气流速、烟气二氧化碳浓度、烟气温度、烟气静压、烟气湿度（或干基、湿基含氧量）、大气压力（可选）。

#### 5.3.2 监测位置

##### 5.3.2.1 一般要求

应在窑尾烟囱上安装CEMS，若存在其它烟气排放管道，应视具体情况判断是否另外加装CEMS。

##### 5.3.2.2 具体要求

- a) 采样孔和采样点的位置和数目按照HJ/T 397的要求确定。
- b) CEMS采样探头安装位置应符合HJ 75中的安装位置要求。
- c) 大气压力（可选）监测位置应避免受热辐射的影响。

#### 5.3.3 监测频次

以下参数应实现连续监测，每5秒监测不低于1次：烟气流速、烟气二氧化碳浓度、烟气温度、烟气静压、烟气湿度（或干基、湿基含氧量）。

大气压力宜每分钟监测1次，或采用当地年平均值。

#### 5.3.4 监测设备组成和功能要求

CEMS应包括二氧化碳监测单元、烟气参数监测单元、数据采集和处理单元。

CEMS应当实现连续测量烟气中二氧化碳浓度、温度、静压、流速或流量、湿度（或干基、湿基含氧量）等，同时计算烟气中二氧化碳排放量，显示（可支持打印）和记录各种数据和参数，形成相关图表，并通过数据、图文等方式传输至管理部门等功能。输出参数的计算见附录A。

#### 5.3.5 数据采集和记录

##### 5.3.5.1 数据采集

每5秒采集至少1组CEMS测量的实时数据，包括：烟气流速或体积流量、烟气二氧化碳浓度、烟气温度、烟气静压、烟气湿度（或干基、湿基含氧量）。

##### 5.3.5.2 数据记录

每分钟至少记录存储1组系统测量的分钟数据，数据为该时段的平均值。主要包括：烟气二氧化碳浓度、烟气流速和流量、烟气温度、烟气静压、烟气湿度及大气压值。若测量结果有湿/干基不同转换数值，则应同时显示记录该测量值湿基和干基的测量数据。

小时数据应包含本小时内至少45分钟的分钟有效数据，数据为该时段的平均值。主要包括：烟气二氧化碳浓度、烟气二氧化碳排放量、烟气流量、烟气温度、烟气静压、烟气湿度和生产负荷等。小时数据记录表即为日报表。

日数据应包含本日至少20小时的小时有效数据，数据为该时段的平均值。主要包括：烟气二氧化碳浓度和排放量、烟气流量、烟气温度、烟气静压、烟气湿度和生产负荷等。日数据记录表即为月报表。

月数据应包含本月至少25天（其中二月份至少23天）的日有效数据，数据均为该时段的平均值。主要包括：二氧化碳排放量、烟气流量、烟气温度、烟气静压、烟气湿度和生产负荷等。月数据记录表即为年报表。

数据报表中应统计记录当日、当月、当年各指标数据的最大值、最小值和平均值。

### 5.3.5.3 数据格式

CEMS数据格式要求按照HJ 76执行，同时应符合附录C的要求。

## 5.4 定期上报要求

### 5.4.1 物料监测法数据

5.4.1.1 化石燃料消耗量、熟料产量、替代燃料消耗量和二氧化碳捕集量应按 5.2 规定的监测频次自动传输报告。

5.4.1.2 原燃料化验数据的实测值应按实际检测频次月度报告。

5.4.1.3 检修、停工等非生产运行情况相关佐证材料应按月度报告。

### 5.4.2 烟气监测法数据

烟气监测相关数据应按5.3.5.1及5.3.5.2规定的数据采集和记录要求要求定期自动传输报告。

## 6 关联模型构建

### 6.1 工作程序

关联模型构建的工作程序包括数据收集与整合、关联系数计算、工况划分和关联模型构建。

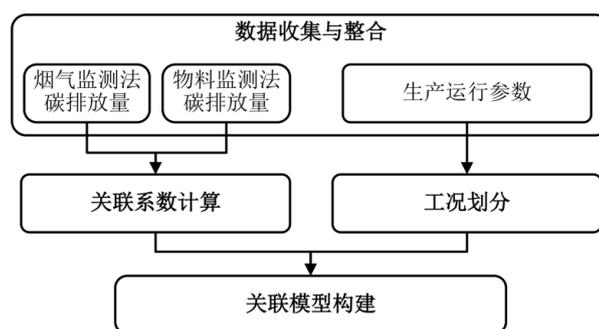


图 2 关联模型构建的工作程序

- a) 数据收集与整合：收集并整合物料监测法和烟气监测法的碳排放量数据；
- b) 关联系数计算：基于物料监测法和烟气监测法的碳排放量计算关联系数；
- c) 工况划分：按照生产运行参数划分工况；
- d) 关联模型构建：基于关联系数和工况构建物料监测法数据和烟气监测法数据的关联模型。

## 6.2 数据收集与整合

收集所有经核验的物料监测法和烟气监测法的有效数据，计算整合每15分钟区间的排放量数据。应至少收集365天（包含正常停产时间）的数据用于关联系数的计算。

## 6.3 关联系数计算

计算相同15分钟区间内的物料监测法与烟气监测法碳排放量的关联系数。计算方法如下：

$$R_i = \frac{E_{mb,i}}{E_{fg,i}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$R_i$ ——第*i*个15分钟区间的关联系数；

$E_{mb,i}$ ——第*i*个15分钟区间的物料监测法碳排放量；

$E_{fg,i}$ ——第*i*个15分钟区间的烟气监测法碳排放量。

## 6.4 工况划分

企业应根据生产负荷、燃料组分、原料组分等情况划分工况。

## 6.5 关联模型构建

a) 基于关联系数和工况，构建物料监测法数据和烟气监测法数据之间的关联模型。

b) 使用关联模型对烟气监测法数据进行调整，并计算物料监测法碳排放量和调整后烟气监测法碳排放量的累积误差  $e$ ，累积误差应小于或等于规定的阈值。累积误差的计算公式如下：

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n E_{fg,i(cal)} - \sum_{i=1}^n E_{mb,i}}{\sum_{i=1}^n E_{mb,i}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$e$ ——累积误差；

$E_{fg,i(cal)}$ ——第*i*个15分钟区间的调整后烟气监测法碳排放量；

$E_{mb,i}$ ——第*i*个15分钟区间的物料监测法碳排放量。

c) 如果累积误差大于阈值，应重复 a)和 b)的步骤，或者收集更多有效数据，直至累积误差小于或等于阈值。

## 7 物料监测法数据质量诊断与处理

### 7.1 数据审核

7.1.1 生产状况下，满足 5.2 要求的物料监测设备正常运行时段的数据为物料监测法有效数据，满足 5.3 要求的烟气监测设备正常运行时段的数据为烟气监测法有效数据。

7.1.2 物料监测法和烟气监测法的无效数据均应包括以下时段：

——监测设备故障期间；

- 维修期间；
- 未按监测质量控制指南进行质量控制期间；
- 超期未校准期间；
- 不满足技术指标期间；
- 有计划的维护保养期间；
- 校准期间；
- 失控时段。

7.1.3 当任一监测参数不满足本标准表 1 中的参数要求时，则该参数数据失控，该时段列为失控时段。发现任一参数数据失控时，应记录失控时段（即从发现失控数据起，到满足监测参数要求为止的时间段）及失控参数。

表 1 监测参数要求

监测项目		参数要求
烟气监测	秒级烟气二氧化碳浓度	采用等时窗口法，对每日数据做统计分析，将超出均值±3个标准差的数据点视为异常值。
	秒级烟气流速（湿基）	
	秒级烟气温度	
	秒级烟气静压	
	秒级烟气湿度	

7.1.4 企业应在每季度前五个工作日对上季度的物料监测法和烟气监测法数据进行审核，确认上季度所有数据按照 HJ 75 附录 H 的要求正确标记，并且按照 HJ 75 的要求计算季度有效数据捕集率。季度有效数据捕集率应不低于 75%。

## 7.2 物料监测法无效数据处理

7.2.1 物料监测法无效数据按照 7.2.2 至 7.2.4 对物料监测法碳排放量进行保守性处理。

7.2.2 当物料监测法数据无效，且烟气监测法数据有效时，按照 7.2.3 要求处理；当物料监测法数据和烟气监测法数据均无效时，按照 7.2.4 要求处理。

7.2.3 当物料监测法数据无效，烟气监测法数据有效时，物料监测法数据按照表 2 处理。保守系数 A1、A2 和 A3 由全国碳排放权交易市场主管部门确定。

表 2 物料监测法数据无效且烟气监测法数据有效时物料监测法碳排放量的处理方法

季度有效数据捕集率 $\delta$	连续失效小时数 $N$ (h)	选取值
$\delta \geq 90\%$	$N \leq 24$	调整后烟气监测法碳排放量×A1
	$N > 24$	调整后烟气监测法碳排放量×A2
$75\% \leq \delta < 90\%$	-	调整后烟气监测法碳排放量×A3

7.2.4 当物料监测法数据和烟气监测法数据均无效时，物料监测法碳排放量按照表 3 进行处理。

表 3 物料监测法数据和烟气监测法数据均无效时物料监测法碳排放量的处理方法

季度有效数据捕集率 $\delta$	连续失效小时数 $N$ (h)	选取值
$\delta \geq 90\%$	$N \leq 24$	无效时间段前180个有效小时物料监测法碳排放量最大值
	$N > 24$	无效时间段前720个有效小时物料监测法碳排放量最大值
$75\% \leq \delta < 90\%$	-	无效时间段前2160个有效小时物料监测法碳排放量最大值

### 7.3 物料监测法有效数据质量诊断及处理

#### 7.3.1 分工况计算关联系数

7.3.1.1 基于工况对 15 分钟级物料监测法数据和烟气监测法数据进行归类，工况划分按照 6.4 中相关要求执行。

7.3.1.2 各工况下 15 分钟级物料监测法数据与烟气监测法数据的关联系数的计算按照 6.3 中相关要求执行。

#### 7.3.2 检验关联系数分布的一致性

7.3.2.1 应采用统计学方法、机器学习方法或二者结合的方法检验各工况下关联系数分布的一致性。

7.3.2.2 当数据偏差为 10%时，所选检验方法对偏差数据的检出比例应高于 80%。

#### 7.3.3 数据保守性处理

##### 7.3.3.1 通过诊断

当某工况下关联系数的分布一致时，该工况下物料监测法数据通过诊断，作为联合监测法碳排放结果。

##### 7.3.3.2 疑似错报

当某工况关联系数的分布不一致时，该工况物料监测法数据判定为疑似错报。

向企业通知物料监测法疑似错报情况，要求企业确认数据并提供相关佐证材料。

a) 企业反馈确需对物料监测法数据进行更正的，重新按照 7.3.1、7.3.2 要求进行诊断。

b) 企业反馈不对物料监测法数据进行更正或对更正后数据的诊断结果仍为疑似错报的，在调整后烟气监测法碳排放量基础上乘以保守系数确定企业碳排放量。保守系数由全国碳排放权交易市场主管部门确定。

##### 7.3.4 合规数据归档

应对通过诊断的物料监测法碳排放数据每年归档，该数据适用于6.5中关联模型的定期优化。

## 8 联合监测法碳排放结果与报告

### 8.1 联合监测法数据结果

联合监测法的数据结果包含两部分：无效数据时间段的处理结果与有效数据时间段的处理结果，见表 4。

表 4 联合监测法数据结果汇总

方法	数据审核结果	数据情况		数据结果
联合监测法结果	无效数据时间段	物料监测法数据无效，烟气监测法数据有效		调整后烟气监测法碳排放量×保守系数
		物料监测法数据无效，烟气监测法数据无效		无效数据时间段前一定时间内物料监测法碳排放量最大值
	有效数据时间段	通过诊断		物料监测法碳排放量
		疑似错报	企业及时更正后通过诊断	物料监测法碳排放量
		企业及时更正后未通过诊断	调整后烟气监测法碳排放量×保守系数	

## 8.2 联合监测法结果报告

确定联合监测法碳排放量结果后，应编制联合监测法结果报告，报告应包括对于无效数据时间段的处理过程、对有效数据时间段的诊断及处理过程，可参照附录B。

## 8.3 全国碳排放权交易市场履约边界排放报告

全国碳排放权交易市场履约边界排放量为经扣减替代燃料燃烧排放及增加二氧化碳捕集量后的联合监测法碳排放结果。

全国碳排放权交易市场履约边界排放量结果应向主管部门提交，并同步向企业通报，可参照附录B。

附录 A  
(规范性)  
烟气监测法输出参数计算方法

窑系统生产过程的二氧化碳排放量根据式 (A.1) ~ (A.11) 进行计算。

烟囱或其它排烟管道断面湿烟气平均流速按式 (A.1) 计算：

$$\bar{V}_s = K_v \times \bar{V}_p \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$\bar{V}_s$  —— 测定断面的烟气每小时平均流速，湿基，单位为米每秒 (m/s) ；

$K_v$  —— 速度场系数，计算方法见式 (A.2) ；

$\bar{V}_p$  —— 测定断面流速监测设备测得的烟气每小时平均流速，湿基，单位为米每秒 (m/s) ；

速度场系数  $K_v$  按式 (A.2) 计算：

$$K_v = \frac{F_r}{F} \times \frac{\bar{V}_r}{\bar{V}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$F_r$  —— 参比方法测定断面面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>) ；

$F$  —— 流速传感器所在测定断面的面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>) ；

$\bar{V}_r$  —— 参比方法测定断面的平均流速，单位为米每秒 (m/s) ；

$\bar{V}$  —— 流速传感器在固定点或测定线所在断面的测定流速，单位为米每秒 (m/s) 。

实际工况下的湿烟气体积流量  $Q_s$  按式 (A.3) 计算：

$$Q_s = 3600 \times F \times \bar{V}_s \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$Q_s$  —— 实际工况下烟气每小时体积流量，湿基，单位为立方米每小时 (m<sup>3</sup>/h) ；

$F$  —— 测定断面的面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>) 。

标准状态下的干烟气体积流量  $Q_{ss}$  按式 (A.4) 计算：

$$Q_{ss} = Q_s \times \frac{273}{273 + t_s} \times \frac{B_a + P_s}{101325} (1 - X_w) \dots\dots\dots (A.4)$$

$Q_{ss}$ ——标准状态下烟气每小时体积流量，干基，单位为立方米每小时（ $m^3/h$ ）；

$B_a$ ——大气压力，单位为帕（Pa）；

$P_s$ ——烟气静压，单位为帕（Pa）；

$t_s$ ——烟气温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}C$ ）。

$X_w$ ——烟气每小时平均湿度，来源于实际测量结果，或根据干基、湿基含氧量计算得到，计算方法见式（A.7），以%表示；

当测量的二氧化碳浓度为湿基浓度时，按式（A.5）计算每小时二氧化碳排放量  $E_h$ ：

$$E_h = \frac{C_{CO_2w}}{1 - X_w} \times Q_{ss} \times 1.97 \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

$E_h$ ——窑系统运行期间每小时二氧化碳排放量，单位为千克每小时（ $kg/h$ ）；

$C_{CO_2w}$ ——烟气中每小时平均二氧化碳湿基浓度，以%表示；

1.97——标准状态下二氧化碳的密度，单位为千克每立方米（ $kg/m^3$ ）。

$X_w$ ——烟气每小时平均湿度，来源于实际测量结果，或根据干基、湿基含氧量计算得到，计算方法见式（A.7），以%表示；

当测量的二氧化碳浓度为干基浓度时，按式（A.6）计算每小时二氧化碳排放量  $E_h$ ：

$$E_h = C_{CO_2d} \times Q_{ss} \times 1.97 \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

$E_h$ ——窑系统运行期间每小时二氧化碳排放量，单位为千克每小时（ $kg/h$ ）；

$C_{CO_2d}$ ——烟气中每小时平均二氧化碳干基浓度，以%表示；

1.97——标准状态下二氧化碳的密度，单位为千克每立方米（ $kg/m^3$ ）；

当烟气湿度  $X_w$  是根据干基、湿基含氧量确定时，则按式（A.7）进行计算：

式中：

$$X_w = \frac{C_{O_2d} - C_{O_2w}}{C_{O_2d}} \times 100 \dots\dots\dots (A.7)$$

$C_{O_2d}$ ——烟气中每小时平均干基含氧量，以%表示；

$C_{O_2w}$ ——烟气中每小时平均湿基含氧量，以%表示；

窑系统每小时二氧化碳排放量按式（A.8）计算：

$$E_{h\_t} = E_{h\_sp} + E_{h\_bp} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

$E_{h\_t}$ ——窑系统运行期间每小时二氧化碳排放量，单位为千克每小时（kg/h）；

$E_{h\_sp}$ ——窑系统运行期间窑尾每小时二氧化碳排放量，单位为千克每小时（kg/h）；

$E_{h\_bp}$ ——窑系统运行期间其它排烟管道每小时二氧化碳排放量，单位为千克每小时（kg/h）；

每日、每月及年度二氧化碳排放量分别按式（A.9）~（A.11）计算：

$$E_d = \sum_{h=1}^{24} E_{h\_t} \dots\dots\dots (A.9)$$

$$E_m = \sum_{d=1}^{D_m} E_d \times 10^{-3} \dots\dots\dots (A.10)$$

$$E_a = \sum_{m=1}^{D_y} E_m \dots\dots\dots (A.11)$$

式中：

$E_d$ ——每日二氧化碳排放量，单位为千克每天（kg/d）；

$E_m$ ——每月二氧化碳排放量，单位为吨每月（t/m）；

$E_a$ ——年度二氧化碳排放量，单位为吨每年（t/a）；

$D_m$ ——该月天数；

$D_y$ ——该年月数。

附 录 B  
(规范性)  
联合监测法报告格式要求

## B.1 联合监测法数据无效时间段诊断及处理过程

表 B.1 联合监测法数据无效时间段诊断及处理过程

无效时间段	数据无效情形	工况	季度有效数据捕集率 $\delta$	连续失效小时数 $N$ (h)	关联系数均值	烟气监测法碳排放量(tCO <sub>2</sub> )	物料监测法碳排放量(tCO <sub>2</sub> )	调整后烟气监测法碳排放量(tCO <sub>2</sub> )	烟气监测法处理保守系数	物料监测法无效时间段前180个有效小时排放量最大值(tCO <sub>2</sub> )	物料监测法无效时间段前720个有效小时排放量最大值(tCO <sub>2</sub> )	物料监测法无效时间段前2160个有效小时排放量最大值(tCO <sub>2</sub> )	联合监测法确定的碳排放量(tCO <sub>2</sub> )
时间段1	物料数据无效, 烟气监测有效	工况1											
		工况2											
时间段2	物料数据无效, 烟气监测无效												

## B.2 联合监测法数据有效时间段诊断及处理结果

表 B.2 联合监测法数据有效时间段诊断及处理结果

工况	数据量	关联系数	关联系数分布一致性检验结果	是否通过诊断	企业通知反馈	企业是否通过二次诊断	保守系数	联合监测法确定的碳排放量(tCO <sub>2</sub> )
工况1								
工况2								
.....								

T/CSES XXXX—XXXX

--	--	--	--	--	--	--	--	--

## B.3 全国碳市场履约边界辅助报告项

表 B.3 水泥行业全国碳市场履约边界辅助报告项

月份	联合监测法碳排放结果 (tCO <sub>2</sub> )			替代燃料燃烧 排放量 (tCO <sub>2</sub> )	二氧化碳捕集 量 (tCO <sub>2</sub> )	全国碳市场履 约边界排放量 (tCO <sub>2</sub> )	企业最初上报 的物料监测法 碳排放量 (tCO <sub>2</sub> )	结果差异 (%)
	无效数据时间 段	有效数据时间 段	合计					
	A	B	C=A+B					
1月								
2月								
3月								
4月								
5月								
6月								
7月								
8月								
9月								
10月								
11月								
12月								
全年								

附 录 C  
(规范性)  
烟气监测法数据格式一览表

表 C.1 烟气输出参数数据格式表

序号	项目名称		单位	小数位
1	烟气浓度	CO <sub>2</sub> 浓度	% V/V	2
2	烟气参数	流速	m/s	2
3		小时体积流量	m <sup>3</sup> /h	0
4		温度	℃	1
5		静压	Pa (或kPa)	0 (或2)
6		湿度	% V/V	2
7		含氧量 (干基、湿基)	% V/V	2
8		大气压		kPa
9	负荷		%	1
10	小时排放量		kg/h	3
11	日排放量		kg/d	3
12	月排放量		t/m	3
13	年排放量		t/a	2

附录 D  
(资料性)  
联合监测法相关排放因子

## D.1 物料监测法相关排放因子

表 D.1 常用替代燃料 CO<sub>2</sub> 排放因子

替代燃料种类	低位发热量 (GJ/t)	排放因子 (tCO <sub>2</sub> /GJ)	化石碳的质量分数 (%)	生物碳的质量分数 (%)
废油	40.2	0.074	100	0
废轮胎	31.4	0.085	20	80
塑料	50.8	0.075	100	0
废溶剂	51.5	0.074	80	20
废皮革	29.0	0.11	20	80
废玻璃钢	32.6	0.083	100	0

数据来源：中国水泥生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）

## D.2 不同固定燃烧设施的碳氧化率

表 D.2 不同固定燃烧设施的碳氧化率

设施类型	水泥窑	发电锅炉	工业锅炉
固体燃料碳氧化率 (%)	99	95	85
液体燃料碳氧化率 (%)	98	98	98

数据来源：《省级温室气体清单编制指南（试行）》

## 参 考 文 献

- [1] 生态环境部. 全国碳排放权交易市场覆盖水泥、钢铁、电解铝行业工作方案[EB/OL]. 环气候〔2025〕23号. 2025. <https://www.cets.org.cn/tzgg/6651.jhtml>.
- [2] 生态环境部办公厅. 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业（CETS—AG—02.01—V01—2024）[EB/OL]. 环办气候函〔2024〕321号. 2024. [https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202409/t20240914\\_1086067.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202409/t20240914_1086067.html).
- [3] 中国电力企业联合会. DL/T 2376—2021 火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范 [S]. 北京：中国电力出版社，2021.
- [4] 张钦，张达，张希良. 在线监测应用于中国碳排放监测的相关问题和制度建议 [J]. 环境经济研究，2021，6（3）：136-146.
- [5] 李鹏，吴文昊，郭伟. 连续监测方法在全国碳市场应用的挑战与对策 [J]. 环境经济研究，2021，6（1）：77-92.
- [6] 国家标准化管理委员会. 碳捕集、利用与封存（CCUS）项目温室气体减排量化和核查技术规范（征求意见稿）[Z]. 2022.
- [7] 国家发展和改革委员会. 中国水泥生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）[EB/OL]. 发改办气候〔2013〕2526号. 2013. [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201311/t20131101\\_963960.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201311/t20131101_963960.html).
- [8] 国家发展和改革委员会气候司. 省级温室气体清单编制指南（试行）[EB/OL]. 2011. <http://www.edcmep.org.cn/tzh/ptfb/zcbz/202106/P020210601177040314696.pdf>.