

# 《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）》

## 编制说明

《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）》

标准编制组

二〇二五年八月

# 目 录

1.	项目背景及工作概况	1
1.1.	标准制定背景与必要性	1
1.2.	标准工作过程	2
2.	编制修订原则	3
3.	标准主要内容及依据	4
3.1.	范围	4
3.2.	规范性引用文件	4
3.3.	术语和定义	5
3.4.	开展联合监测法的工作步骤和内容	8
3.5.	联合监测法数据获取	10
3.6.	关联模型构建	29
3.7.	物料监测法数据质量诊断与处理	34
3.8.	联合监测法碳排放结果与报告	43
4.	主要试验验证及试运行情况	45
4.1.	试验验证	45
4.2.	试运行情况	48
5.	与国内外相关标准的关系分析	48
5.1.	与国内核心关联标准的衔接逻辑	48
5.2.	与关联标准的差异及原创性突破	50
5.3.	在标准体系中的定位与价值	52
6.	标准实施的效益分析	52
7.	标准实施的建议	53
8.	其他应予以说明的内容	54

## **1. 项目背景及工作概况**

### **1.1. 标准制定背景与必要性**

#### **(1) 碳排放数据质量是碳市场稳健运行的核心基础**

2021 年 7 月，全国碳排放权交易市场正式上线启动交易，覆盖约 51 亿吨二氧化碳排放量，是目前世界上运行规模最大的碳市场。碳市场数据质量控制是支撑和保障全国碳排放权交易市场顺利运行的基础。目前，国际认可的温室气体量化方法可以分为物料监测法（即核算法）和烟气监测法（即 CEMS 监测法）的核算方法。相较于高度依赖人工收集数据的物料法，CEMS 通过直接测量烟气流速、二氧化碳浓度等参数获取碳排放数据，能够实时、自动地监测固定排放源的碳排放，更加及时地反映企业碳排放情况和变化趋势。欧美地区已经较为广泛地应用 CEMS 监测重点企业碳排放，形成了较为完善的制度体系，发挥有效支撑碳市场运行的作用。在我国，当前全国碳市场的碳排放数据主要依靠物料监测法，通过人工填报方式获取。

#### **(2) 碳市场扩容与行业复杂性倒逼监测技术升级**

2025 年 3 月，生态环境部印发《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》，标志着钢铁、水泥、铝冶炼三个行业正式纳入全国碳排放权交易市场管理。水泥行业燃料来源更加复杂，计量基础较薄弱，导致核算方法需频繁使用缺省值，难以体现企业差异，因此《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》中明确提出了要创新核算方法，推动行业企业安装在线监测设备，以监测数据校准核算结果。目前，推动在线监测替代人工填报已成为监管部门的重点工作之一。

#### **(3) CEMS 技术应用基础较弱制约其在碳市场中应用**

2021-2023 年，生态环境部相继印发《碳监测评估试点工作方案》《深化碳监测评估试点工作方案》，推动开展 CEMS 评估试点。根据中电联和生态环境监测总站统计数据：第一批 22 个试点案例采用烟气监测法与物料监测法测得碳排放量偏差为-20%至 30%，第二批 114 个试点案例的碳排放量偏差收窄至-10%至 10%，但仍无法解决两套数据的偏差问题，导致烟气监测法无法直接在全国碳排放权交易市场中应用，亟需开展进一步研究。

因此，本标准旨在通过建立联合监测法整合物料与烟气监测数据，构建关联模型与标准化流程，支撑全国碳排放权交易市场碳排放数据质量进一步提升，从而为提升国内碳市场公信力、增强国际气候谈判话语权提供坚实基础，促进我国碳排放管理高质量发展。

## **1.2. 标准工作过程**

### **(1) 前期研究**

2024 年 5 月，安徽海螺水泥股份有限公司与清华大学无锡应用技术研究院开展全面研究合作，双方以安徽宣城海螺水泥有限公司二氧化碳在线监测示范项目为合作基础，开展硬件购置、平台搭建、数据收集、研究分析全流程工作，为技术规范的编制工作奠定了基础。

### **(2) 编制启动**

2024 年 9 月，安徽海螺水泥股份有限公司与清华大学及清华大学无锡应用技术研究院成立标准编制组，并明确了本标准主持单位及各协作单位的具体分工，并组织优势力量和团队学术骨干制定了详细的工作计划，编写了标准大纲，启动标准的编制工作。标准编制依托于“水泥行业碳排放在线监测在全国碳市场中的应用研究”科学项目课题的研究成果。

### （3）标准初稿

2025年3月，经过编制组内部多次研讨，编写标准草稿以及编制说明。标准项目组召开专家咨询会，讨论、修改和完善标准的文本和编制说明，形成了标准初稿。

### （4）标准立项

2025年4月，编制组向中国环境科学学会提交立项申请书，并召开立项论证会，根据专家组意见对标准内容进行补充及修改。

## 2. 编制修订原则

### （1）科学性原则

基于实际测量数据与碳排放核算、烟气监测等相关专业学科知识，科学论证关键指标与技术方法，为提升全国碳排放权交易市场数据质量提供科学支撑。

### （2）协调性原则

遵循国家法律法规及相关标准，与上位法及同领域规范衔接统一，兼顾行业不同主体实际，平衡各方需求，适配现有体系，形成协同格局。

### （3）前瞻性原则

面向全国碳排放权交易市场提升数据质量的迫切需求与在线监测替代人工填报的技术趋势，适度超前提出碳排放数据监测的方向指导，保障标准长期适应行业升级需求。

### （4）可操作性原则

按照全国碳排放权交易市场管理流程与原则，考虑大规模应用的管理成本与实施难度，以实际应用为导向构建碳排放数据监测在全国碳排放权交易市场的应用方案，明确指标监测、核算与执行主体，确保标准易于理解和落地执行。

### 3. 标准主要内容及依据

#### 3.1. 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。

#### 3.2. 规范性引用文件

本标准提出的水泥行业碳排放联合监测法，以物料监测法、烟气监测法为基础。通过系统性引用现有权威标准规范，实现数据监测、碳排放核算、计量器具管理等关键环节的标准化与规范化。引用的国家标准（GB）、环境保护行业标准（HJ）及碳核算行业指南（CETS），覆盖能源计量器具管理、固体燃料检测、烟气连续监测技术、仪器检定及碳排放核算等核心领域，确保本标准在技术要求、操作流程和数据处理规则上与现行标准体系保持协同。

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

### 3.3. 术语和定义

本节主要包括联合监测法、物料监测法、烟气监测法等术语的界定。结合国内外相关研究成果，编制组通过充分研讨，对相关术语和定义进行了优化与完善，确保其科学性、规范性及适用性。以下为主要术语的定义与来源说明：

#### （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。

#### （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排放量的方法。

#### （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、浓度等数据进行连续、实时的自动监测并计算排放量的方法。

#### （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。

本定义为参照《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》中 3.3 条款的烟气排放连续监测系统定义修改而成。HJ 75 将 CEMS 定义为“连续监测固定污染源颗粒物和（或）

气态污染物排放浓度及排放量所需的全部设备，简称为 CEMS”，其监测范围中未包括对 CO<sub>2</sub> 排放的监测。鉴于本标准聚焦于 CO<sub>2</sub> 排放单项指标的监测，与 HJ 75 中多污染物综合监测的适用范围存在差异，故将本标准中的 CEMS 定义修改为“连续监测固定排放源烟气流量、CO<sub>2</sub> 浓度等参数所需的全部设备，简称为 CEMS。”将原定义中“污染源”修改为了“排放源”，将“颗粒物和（或）气态污染物排放浓度及排放量”修订为“烟气流量、CO<sub>2</sub> 浓度”以符合本标准的要求。

#### （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。

本定义为参照生态环境部《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》中 3.11 条款的替代燃料定义修订而成，原指南仅将替代燃料定义为“在熟料生产中被用作热源以替代传统化石燃料的可燃物”，未涉及燃烧排放内容。为完整覆盖水泥行业企业碳排放核算需求，本标准在保留其来源分类（涵盖城市固体废物、工业废物及副产物、生物质等 3 大类及 11 种具体燃料）的基础上，将定义扩展为“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”，补充“氧化燃烧产生的排放”要素以明确水泥熟料生产企业利用物料监测法核算碳排放时替代燃料燃烧环节所产生的碳排放，以符合本标准的要求。

#### （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。

(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。

(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。

(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。

本定义参照《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》中 3.5 条款的有效数据定义修改而成。HJ 75 将有效数据定义为“符合本标准的技术指标要求，经验收合格的 CEMS，在固定污染源排放烟气条件下，CEMS 正常运行所测得的数据”，其监测范围中未包括对排放的监测。鉴于本标准聚焦于排放单项指标的监测，与 HJ 75 中多污染物综合监测的适用范围存在差异，同时要对物料监测法和烟气监测法数据有效性同时做出相关要求，故将本标准中的有效数据定义修改为“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”。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

### **3.4. 开展联合监测法的工作步骤和内容**

**标准原文：**

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。

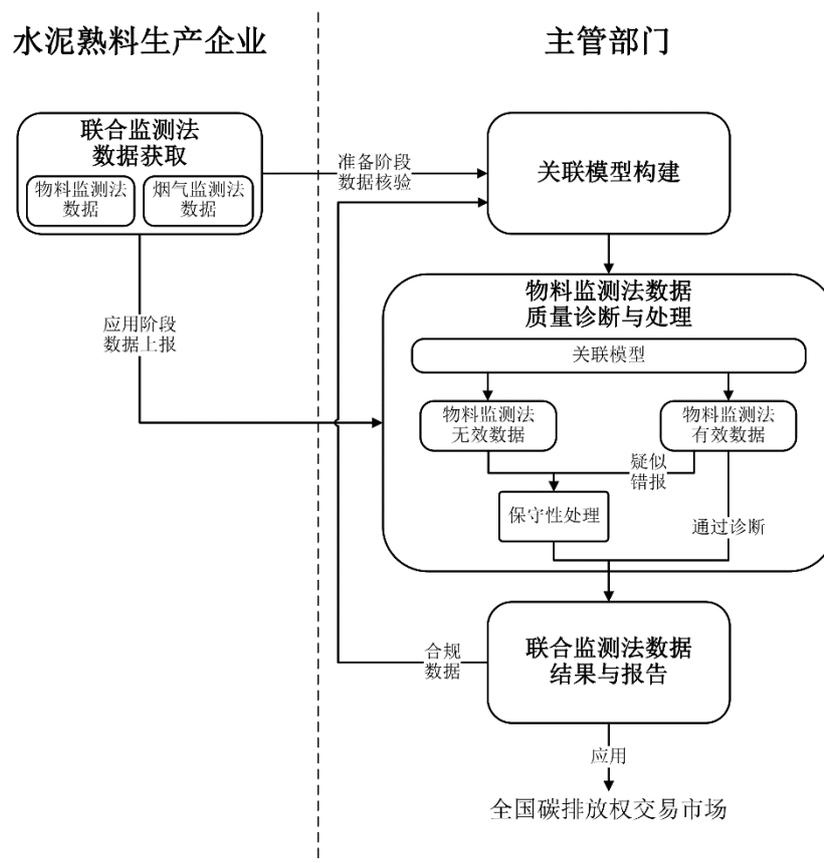


图 1 联合监测法工作程序

### 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。

#### 标准说明:

本节为总领性概述，旨在阐明标准流程的整体框架，后续章节将对各环节展开系统阐述。

### 3.5. 联合监测法数据获取

#### 3.5.1. 核算边界与排放源确定

##### 3.5.1.1. 核算边界

#### 标准原文:

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。

#### 标准说明:

本标准的目的是使用联合监测法对全国碳排放权交易市场内水泥熟料生产企业进行二氧化碳排放数据质量诊断与处理，需对物料监测法和烟气监测法监测的二氧化碳排放数据构建关联模型。目前全国碳排放权交易场所采用的《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南水泥行业》采用的核算方法与本标准定义的物料监测法原理一致，其规定的边界分为企业层级核算边界和熟料生产核算边界。烟气监测法因其原理限制，可监测的排放为熟料生产过程的直接二氧化碳排放。为保证物料监测法与烟气监测法核算边界一致，本标准定义联合监测法的核算边界为水泥熟料生产企业熟料生产核算边界，不考虑原材料制备、余热发电、水泥粉末、辅助及附属生产系统等。

### 3.5.1.2. 排放源

#### 标准原文:

联合监测排放源包括:

1. 化石燃料燃烧排放, 应符合 CETS-AG-02.01-V01 的规定;
2. 过程排放, 应符合 CETS-AG-02.01-V01 的规定;
3. 替代燃料燃烧排放;
4. 二氧化碳捕集量。

#### 标准说明:

水泥熟料生产企业生产过程中的二氧化碳排放包括燃料燃烧排放和过程排放, 其中燃料燃烧排放可分为化石燃料燃烧排放和替代燃料燃烧排放。二氧化碳从生产系统中汇集至窑尾烟囱排放至大气中, 若企业安装碳捕集系统, 一般会在烟气抵达窑尾烟囱前将部分二氧化碳捕集并从系统中分离。

《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南水泥行业》采用的核算方法与物料监测法原理相同, 其纳入的熟料生产边界排放源仅包括化石燃料燃烧排放和过程排放。而烟气监测法监测设备安装在烟气排出口, 其能够监测的二氧化碳排放为扣除二氧化碳捕集量后的化石燃料燃烧排放、过程排放、替代燃料燃烧排放之和。为保证物料监测法和烟气监测法排放源相同且具有可比性, 本标准定义的联合监测法排放源包括化石燃料燃烧排放、过程排放、替代燃料燃烧排放与二氧化碳捕集量。

### 3.5.2. 物料监测法核算要求

#### 3.5.2.1. 化石燃料燃烧排放

#### 标准原文:

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入窑煤粉转子秤或失重秤计量器具在入炉前皮带秤进行自动监测，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入炉煤粉转子秤或失重秤连续计量器具皮带秤，连续计量器具入炉煤粉转子秤或失重秤皮带秤须每月校验，皮带秤其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。企业具备智能盘库系统的，可提供智能盘库系统输出的消耗数据作为化石燃料消耗量的支撑材料。

其他数据的监测与获取要求应符合 CETS-AG-02.01-V01 的规定。

#### **标准说明：**

化石燃料燃烧排放核算要求引用《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南水泥行业》的规定。为保证物料监测法与烟气监测法数据的可比性，考虑数据连续性以及自动监测设备技术能力，基于 HJ 76 附录 B.1 对于烟气监测法的监测频率要求，并考虑到企业实施连续监测的可行性，要求化石燃料消耗量数据自动监测频率每5秒不低于1次。对不具备连续监测条件的参数，如收到基低位发热量、单位热值含碳量、碳氧化率等参数，采用《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》要求的方法确定。

#### **3.5.2.2. 过程排放**

#### **标准原文：**

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皮带秤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皮带秤自动监测计量数据，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。

#### 标准说明：

过程排放核算要求引用《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》的规定。为保证物料监测法与烟气监测法数据的可比性，考虑数据连续性以及自动监测设备技术能力，基于 HJ 76 附录 B.1 对于烟气监测法的监测频率要求，并考虑到企业实施连续监测的可行性，要求熟料产量数据自动监测频率每 5 秒不低于 1 次。非碳酸盐替代原料消耗量监测需求与熟料频次要求相同。对不具备连续监测条件的参数，如过程排放因子等参数，按照《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》要求的方法确定。

#### 3.5.2.3. 替代燃料燃烧排放

##### 3.5.2.3.1. 计算公式

#### 标准原文：

替代燃料燃烧过程排放量  $E_{af}$  按照公式（1）计算

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

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：

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

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。

### 标准说明：

替代燃料燃烧排放核算公式参照国家发改委发布的《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）》化石燃料核算公式。替代燃料的排放因子、碳氧化率等参数的缺省值见标准附录 D。对于多种替代燃料共同使用的状况，公式（2）实质上规定了多种燃料的热值与含碳量加权规则。

### 3.5.2.3.2. 数据的监测与获取

#### 标准原文:

##### 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) 替代燃料单位热值含碳量取值

替代燃料燃烧的 CO<sub>2</sub> 排放因子单位热值含碳量采用本指南附录 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。

#### d) 替代燃料单位碳氧化率取值

替代燃料非生物质碳含量碳氧化率采用本指南附录 D 中对应燃烧设施的品种的缺省值。附录 D 中未提及的替代燃料，可采用相关文献中的参考值。

### 标准说明：

替代燃料燃烧排放核算要求参照《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》化石燃料燃烧的核算规定确定。为保证物料监测法与烟气监测法数据的可比性，考虑数据连续性以及自动监测设备技术能力，基于 HJ 76 附录 B.1 对于烟气监测法的监测频率要求，并考虑到企业实施连续监测的可行性，要求替代燃料消耗量数据自动监测频率每 5 秒不低于一次。对不具备连续监测条件的参数，如替代收到基低位发热量、单位热值含碳量、碳氧化率等参数，采用《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》要求的方法确定。

考虑到部分种类替代燃料的实测难度较大，现有测量标准不完善等问题，对于无法实测且本标准未给出缺省值的替代燃料，企业可采用相关文献中规定的缺省值进行计算。

#### 3.5.2.4. 二氧化碳捕集量

### 标准原文：

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。

### 标准说明:

目前国内外尚无正式发布的碳捕集项目二氧化碳捕集量计量规范，本标准采用全国环境管理标准化技术委员会 2024 年发布的《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）》7.7.2 节对外输至边界外携带二氧化碳查收的排放数据获取要求。待正式标准发布或生态环境部发布其他 CCUS 相关核算标准后，以正式发布后标准为准。

#### 3.5.2.5. 物料监测法碳排放量计算

### 标准原文:

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>）。

### 标准说明:

物料监测法可监测并计算的直接排放源包括化石燃料燃烧排放、过程排放与替代燃料排放。根据水泥熟料生产企业生产实际情况，

以上三种排放源产生的二氧化碳混合后，通过窑尾烟囱共同排出。若企业安装碳捕集设备，从窑尾烟囱排出的二氧化碳为以上三种排放源排放量之和与二氧化碳捕集量的差值。

### 3.5.2.6 数据质量控制方案要求

标准原文：

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。

标准说明：

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与 CETS-AG-02.01-V01 的规定一致。

考虑到部分水泥熟料生产企业已开展智能盘库系统试点，其数据对衡量物料消耗具有一定交叉核验作用，但其监测频次尚不能满足本标准的要求。故在数据质量控制方案中进行鼓励性说明。

### 3.5.3. 烟气监测法核算要求

#### 3.5.3.1. 监测参数

标准原文：

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）。

标准说明：

本标准中监测参数的设定，系参照《HJ 76 固定污染源烟气

（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》附录 B.1 章节内容修订而成。具体规定为：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）。

原标准附录 B.1.1 章节明确要求，系统需至少每 5 秒采集一组实时测量数据，包括颗粒物测量一次物理量、气态污染物体积/实测质量浓度、烟气含氧量、烟气流速、烟气温度、烟气静压、烟气湿度等；附录 B.1.2 规定，系统记录的分钟级数据除上述参数外，还包含大气压值，并要求若测量结果存在湿/干基不同转换数值，应同时显示记录该测量值湿基和干基数据。

鉴于本标准聚焦于烟气中二氧化碳排放量单一指标监测，与原标准相比，做出以下调整：一是去除“颗粒物测量一次物理量、气态污染物体积/实测质量浓度”的监测要求，替换为烟气二氧化碳浓度监测；二是因本标准中二氧化碳浓度采用实测值，故删除原标准中利用“烟气含氧量”计算二氧化碳排放浓度的相关内容；三是除了继续沿用烟气流速、温度、静压和湿度等通用监测参数外，并新增大气压力（可选）、干基及湿基含氧量（用于计算烟气湿度）的监测参数项目。

### **3.5.3.2. 监测位置**

烟气监测设备的安装位置对数据精确度影响显著：若安装在监测断面烟气分布不均匀处（如弯头、阀门附近），易因局部流速变化导致烟气流速测量不准；若采样点位置距二氧化碳排放源过近或过远，易使二氧化碳浓度数据失真；受温湿度、粉尘等环境因素干扰严重的位置，可能会影响传感器性能。因此烟气监测法对烟气监测设备的安装位置有一定要求，包括一般要求和具体要求两类，具

体如下所述：

#### 3.5.3.2.1. 一般要求

##### 标准原文：

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。

##### 标准说明：

烟气监测法通常通过在烟气排出口安装烟气连续排放监测系统（CEMS），实现对污染物排放的实时、连续监测。鉴于水泥行业生产工艺的特殊性，其二氧化碳排放存在窑尾烟囱、旁路放风管道、窑头等多个排放口，根据统计分析，窑尾烟囱所排放的二氧化碳气体总量约占总排放量的 95%，是水泥窑煅烧过程产生烟气的主要排放通道，综合考虑代表性、经济性和可落地性后，本标准明确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。

#### 3.5.3.2.2. 具体要求

##### 标准原文：

- 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。

##### 标准说明：

a) 采样孔与采样点的合理布局是获取具有代表性烟气样本的基础，直接关系到监测数据的准确性与可靠性。《HJ/T 397 固定源废气监测技术规范》5.2 章节系统性规定了采样孔和采样点的确定方法。若采样位置选取不当或采样点数量不足，会导致样本无法真实反映

烟气整体状况，使监测数据出现偏差。因此，本标准要求“采样孔和采样点的位置和数目按照 HJ/T 397 的要求确定”，旨在依托成熟规范，统一采样标准，消除因采样环节不规范带来的数据误差，确保不同企业、不同时间段的监测数据具备可比性，为环境监管和污染防治提供科学、准确的数据依据。

b) CEMS 采样探头作为连续监测系统获取烟气样本的核心部件，其安装位置直接决定监测数据的准确性与有效性。《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》章节 7 中明确要求 CEMS 采样探头需避开烟道气流扰动区域，保证前后直管段长度，优先选择在垂直管段和烟道负压区域安装，确保所采集样品的代表性等规范。若安装位置不符合规范，易因烟气局部流速变化、分层或探头堵塞等问题，导致监测数据失真甚至无法采集。本标准规定“CEMS 采样探头安装位置应符合 HJ 75 中的安装位置要求”，通过强制执行成熟技术规范，确保 CEMS 设备稳定运行，实现对烟气排放的持续精准监测，为环境执法和企业减排提供可靠数据支撑。

c) 大气压力是影响烟气监测数据计算准确性的关键参数之一，其监测位置需避免热辐射干扰。热辐射会使监测区域空气温度升高，导致气体密度变化，进而引起大气压力监测值出现偏差。若大气压力数据失准，将直接影响烟气流速、体积流量等参数的计算结果，降低监测数据的可信度。因此，本标准规定“大气压力（可选）监测位置应避免受热辐射的影响”，旨在通过规范监测条件，确保大气压力数据的准确性，保障烟气监测系统各参数计算的科学性，为污染物排放量核算和环境质量评估提供可靠依据。

### 3.5.3.3. 监测频次

标准原文：

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。

### 标准说明：

本标准中监测频次的设定，系参照《HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》附录B.1章节内容修订而成。具体规定为：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。

原标准附录B.1.1章节明确要求，系统需每5秒采集至少一组实时测量数据，包括颗粒物测量一次物理量、气态污染物体积/实测质量浓度、烟气含氧量、烟气流速、烟气温度、烟气静压、烟气湿度等；附录B.1.2规定，系统记录的分钟级数据除上述参数外，还包含大气压值，并要求若测量结果存在湿/干基不同转换数值，应同时显示记录该测量值湿基和干基数据。

鉴于本标准聚焦于烟气中二氧化碳排放量单一指标监测，与原标准相比，做出以下调整：一是去除“颗粒物测量一次物理量、气态污染物体积/实测质量浓度”的监测频次要求，替换为烟气二氧化碳浓度监测频次要求；二是因本标准中二氧化碳浓度采用实测值，故删除原标准中利用“烟气含氧量”计算二氧化碳排放浓度的相关监测频次要求；三是继续沿用烟气流速、温度、静压和湿度等通用监测参数的监测频次要求，并新增对大气压力、干基及湿基含氧量的监测频次要求，本标准规定大气压力监测频次宜设定为每分钟一

次，以满足实时数据更新需求，同时，考虑到经济成本及部分地区大气压力波动较小的特性，允许根据当地气象数据输入年平均大气压力值，在保证数据可靠性的前提下，平衡监测成本与数据质量，确保烟气监测系统整体参数计算的科学性与经济性。

#### 3.5.3.4. 监测设备组成和功能要求

##### 标准原文：

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、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。

##### 标准说明：

本标准中监测设备组成和功能要求的设定，系参照《HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》4.1 章节内容修订而成。具体规定为：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、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。输出参数的计算见标准附录 A。

原标准 4.1 章节明确要求，CEMS 由颗粒物监测单元和（或）气态污染物 SO<sub>2</sub> 和（或）NO<sub>x</sub> 监测单元、烟气参数监测单元、数据采集

与处理单元组成。系统测量烟气中颗粒物浓度、气态污染物 SO<sub>2</sub> 和（或）NO<sub>x</sub> 浓度、烟气参数（温度、压力、流速或流量、湿度、含氧量等），同时计算烟气中污染物排放速率和排放量，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。

鉴于本标准聚焦于烟气中二氧化碳排放量单一指标监测，与原标准相比，做出以下调整：一是去除监测设备组成中的“颗粒物监测单元和（或）气态污染物 SO<sub>2</sub> 和（或）NO<sub>x</sub> 监测单元”的内容，替换为二氧化碳监测单元；二是因本标准中二氧化碳浓度采用实测值，故删除原标准中对“含氧量”的监测功能要求；三是功能描述中删除了计算烟气中污染物排放速率和排放量的描述，替换为计算烟气中二氧化碳排放量，其余部分继续沿用，同时最后在附录 A 中给出了关于输出参数的计算公式。

### **3.5.3.5. 数据采集和记录**

#### **3.5.3.5.1. 数据采集**

##### **标准原文：**

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）。

##### **标准说明：**

本标准中数据采集的设定，系参照《HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》附录 B.1 章节数据采集记录要求内容修订而成。具体规定为：每 5 秒至少采集 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)。

原标准附录 B.1.1 章节明确要求，系统需至少每 5 秒采集一组实时测量数据，包括颗粒物测量一次物理量、气态污染物体积/实测质量浓度、烟气含氧量、烟气流速、烟气温度、烟气静压、烟气湿度等；附录 B.1.2 规定，系统记录的分钟级数据除上述参数外，还包含大气压值，并要求若测量结果存在湿/干基不同转换数值，应同时显示记录该测量值湿基和干基数据。

鉴于本标准聚焦于烟气中二氧化碳排放量单一指标监测，与原标准相比，做出以下调整：一是去除“颗粒物测量一次物理量、气态污染物体积/实测质量浓度”的数据采集要求，替换为烟气二氧化碳浓度数据采集；二是因本标准中二氧化碳浓度采用实测值，故删除原标准中利用“烟气含氧量”计算二氧化碳排放浓度的相关数据采集要求；三是除了继续沿用对烟气流速、温度、静压和湿度等监测参数的数据采集要求外，并新增对大气压力（可选）、干基及湿基含氧量（用于计算烟气湿度）的监测参数的数据采集要求。

#### 3.5.3.5.2. 数据记录

##### 标准原文：

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。

### **标准说明：**

本标准对于不同时间尺度的数据记录要求做出了统一规定：

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。

以上内容系参照《HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》附录 B.1.2~B.1.6 修订后得到。

《HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》原标准为针对固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）的排放监测的数据记录要求，鉴于本标准聚焦于烟气中二氧化碳排放量单一指标监测，与原标准相比，做出以下调整：一是去除原章节中对于 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物三类物质的相关数据记录要求，替换为烟气二氧化碳浓度和排放量的数据记录要求；二是因本标准中二氧化碳浓度采用实测值，故删除原标准中利用“烟气含氧量”计算二氧化碳排放浓度的相关数据记录内容。

#### 3.5.3.5.3. 数据格式

##### 标准原文：

CEMS 数据格式要求按照 HJ 76 执行，同时应符合附录 C 的要求。

##### 标准说明：

CEMS 数据格式的标准化，是实现数据精准传输、高效存储及跨系统兼容的关键基石。为确保数据在采集、处理及传输全流程中保持规范性与一致性，本标准明确规定，CEMS 数据格式要求严格依据《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

系统技术要求及检测方法》执行。该标准对 CEMS 数据格式及时间标签的数据编码规则、数据格式制定了统一的技术规范，可有效规避因数据格式差异引发的解析错误及兼容性问题。

基于上述通用技术规范，结合本标准针对二氧化碳排放监测的特定需求，进一步规定数据格式须同时符合附录 C 的要求。附录 C 围绕二氧化碳专项监测场景，对输出参数的数据字段名称、单位制式、小数位精度等要素作出明确规定（详见标准附录 C 表），实现数据格式与监测目标的精准适配。通过双重规范的协同约束，既确保数据满足行业通用标准，又契合二氧化碳监测的个性化需求，从而保障数据在企业内部管理、监管部门核查及第三方平台交互等多元场景下，均能稳定、准确应用，为碳排放数据的科学分析与高效管理筑牢数据格式根基。

### **3.5.4. 定期上报要求**

#### **3.5.4.1. 物料监测法数据**

##### **标准原文：**

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。

原燃料化验数据的实测值应按实际检测频次月度报告。

检修、停工等非生产运行情况相关佐证材料应按月度报告。

##### **标准说明：**

为了与全国碳排放权交易市场月度存证要求相适应，联合监测法数据至少应按月度进行存证报送。考虑到企业实际生产情况，本标准要求原燃料化验数据的实测值，以及检修、停工等非生产运行情况相关佐证材料按月度报送；对于具备自动监测传输条件的参数，如物料监测法的化石燃料消耗量、熟料产量、替代燃料消耗量、碳

捕集分离排放量以及烟气监测法的相关参数，应按照每 5 秒不低于 1 次的频率自动监测报告。

### 3.5.4.2. 烟气监测法数据

标准原文：

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定期自动传输报告。

标准说明：

烟气监测相关参数应按标准要求定期自动传输报告。

## 3.6. 关联模型构建

### 3.6.1. 工作程序

标准原文：

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。

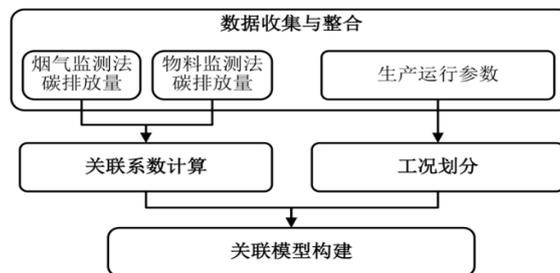


图 2 关联模型构建的工作程序

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；

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；

工况划分：按照生产运行参数划分工况；

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。

### **标准说明：**

烟气监测法与物料监测法因核算原理、数据特性及影响因素的不同，所得数据往往存在偏差，导致核算结果难以直接对比核证。为此，需构建科学的关联模型，使数据可比并提升数据质量。按照本标准 5.3 的要求采集基础数据并计算碳排放量后，编制组通过分析数据特征发现，烟气监测法与物料监测法得出的碳排放量变化趋势一致，因此可计算相关系数来量化表征两组数据的这种相关关系。进一步研究表明，同一工况下两组数据的关联系数具有特定分布特征，而工况划分与生产运行参数密切相关，所以需要在数据收集环节完整记录企业的生产运行情况。

工况划分完成后，为了实现烟气监测与物料监测数据的有效匹配，缩小二者差值，利用关联系数为同一工况构建关联模型，并依据模型对烟气监测碳排放量进行调整，同时计算累计误差来判断关联模型效果。经误差检验合格的关联模型，即可用于补全因物料数据缺失或存在异常时的碳排放数据，实现有效填充。该模型还可作为数据质量验证的重要工具，对两种核算方法的结果进行交叉核对，及时发现数据异常。

### **3.6.2. 数据收集与整合**

#### **标准原文：**

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。

#### **标准说明：**

数据的监测与获取需符合 CETS-AG-02.01-V01、HJ 75 及 HJ 76 的要求，同时应将收集到的物料监测法与烟气监测法的有效数据整合为 15 分钟区间的排放量数据。是由于燃料燃烧、熟料生产至烟气排放存在物理传递过程，碳元素从皮带秤计量环节转移至烟囱排放需经历一定时间，致使烟气监测设备对烟囱烟气参数的监测时刻，相较于物料监测法中皮带秤对燃料质量、熟料产量的计量时刻存在一定延迟。但碳元素在生产流程中的转移时间受企业规模、生产工艺、设备配置等多重因素干扰，精确测定存在较大难度，且不同企业间该转移时间差异显著。若强制要求所有企业统一进行时间平移，极易导致部分企业数据失真，进而造成关联系数异常波动，影响关联模型构建。经编制组研究，为平衡上述模型准确度要求与原始数据时间精度优势，需要对原始数据进行 15 分钟聚合处理，即将秒级数据整合为 15 分钟周期数据，开展关联模型构建。

为更准确地拟合物料监测法与烟气监测法所测碳排放量数据之间的关系，企业至少需要收集 365 天（包含正常停产时间）数据量，以保证关联模型的准确性。365 天包含水泥生产负荷变化完整周期，能够收集到不同工况下的基础数据。随着积累数据的增加，通过验证的新数据也将被作为训练数据，进一步增强关联模型的稳定性和可靠性。如果前期收集的有效基础数据量已超过 365 天，但未通过标准中 6.5（c）部分的误差检验，则需进一步补充有效基础数据，直到构建的关联模型能够通过误差检验。

### 3.6.3. 关联系数计算

标准原文：

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：

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

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。

#### 标准说明：

将秒级数据进行整合后，研究发现相同 15 分钟区间物料监测法和烟气监测法的变化趋势一致。因此计算两套数据之间的关联系数，可以量化两组数据的协同变化趋势。在标准应用过程中，构建关联模型需要对准备阶段收集的所有有效数据点进行关联系数的计算。

#### 3.6.4. 工况划分

#### 标准原文：

企业应根据生产负荷、燃料组分、原料组分等情况划分工况。

#### 标准说明：

同一工况下的关联系数呈现一定分布特征，而不同的生产运行条件（如生产负荷、燃料组分变化情况等）下会导致烟囱中流场发生变化，或数据收集时间颗粒度不一致等，进而使烟气监测法与物料监测法的关联系数存在显著差异，因此构建关联模型时需按工况分类。

#### 3.6.5. 关联模型构建

#### 标准原文：

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)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：

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

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。

### 标准说明：

在计算完每组数据关联系数和划分工况之后，需要对同一工况构建关联模型，此关联模型能够通过烟气监测法排放量拟合物料法排放量，使得两套数据具有可比性和一致性。针对每种工况训练一个关联模型，模型训练完成将烟气监测法碳排放量输入模型后，便会自动输出调整后的烟气监测法碳排放量。本标准也构建了累计误差作为判定指标，来衡量关联模型的质量。如果累计误差超过阈值，代表着调整后的烟气监测法碳排放量和物料法监测碳排放量差异过大，当前关联模型对该工况的拟合效果不佳，需重复步骤 a)至 b)进行模型优化，或补充更多样本以提升数据代表性。如果误差在阈值范围内，代表调整后烟气监测法碳排放量能够和物料监测法碳排放量差异处于可接受水平，认为该工况的关联模型有效，能够采用此模型对后续新的数据进行调整和验证。经调整后的烟气监测法排放

量数据将作为物料监测法的交叉验证依据，并在物料数据缺失时提供补充支持。

### 3.7. 物料监测法数据质量诊断与处理

#### 3.7.1. 数据审核

本节参考《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》及《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》中的数据管理要求，规定了有效性判定、失控识别、季度审核及有效捕集率统计等内容，提升数据质量，确保碳排放核算的准确性与可核查性。

#### 标准原文：

a) 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。

b) 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。

c) 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。异常数据属于无效数据，对应时间为无效时间。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后为止的时间段)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	

d) 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%。

**标准说明：**

a) 本条参考《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》及《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》，结合水泥行业实际，明确了物料监测法与烟气监测法中有效数据的判定依据，为后续数据审核和处理提供基础支撑。

b) 本条参照《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》中 12.1 条款的无效数据定义修订而成。HJ 75 第 12.1 条规定：“CEMS 非正常运行时段（如 CEMS 故障期间、维修期间、超本标准 11.2 期限未校准时段、失控时段以及有计划的维护保养、校准等时段）均为 CEMS 数据无效时间段。”

本标准在保留 HJ 75 条款中与烟气监测相关的无效数据情形的基础上，进一步结合水泥行业碳排放监测的实际需求，增加了适用于

物料监测法的数据无效判定要求。其中，“未按监测质量控制指南进行质量控制期间”和“不满足技术指标期间”两项内容为新增条款，主要针对物料监测系统的运行特点，明确指出在物料监测过程中，如未满足相应的质量控制要求或设备技术指标时，其监测数据也应视为无效数据，不得用于碳排放核算，以保障数据质量符合本标准的要求。

c) 本条规定了判断烟气监测数据失控的判断方法。对表中所列各项监测参数采用等时窗口统计分析法，将超出均值 $\pm 3$ 个标准差的数据点视为异常值。该方法属于基本统计学方法，其统计学意义在于通过均值 $\pm 3$ 个标准差的区间（约覆盖正态分布 99.7%的数据），利用数据分布的统计规律界定异常值，可有效排除随机误差外的极端偏离数据，保障样本的代表性与后续数据质量诊断分析结果的可靠性。

d) 本条参考《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》中第 12.1.3 条款内容修订而成。HJ 75 第 12.1.3 条规定：“排污单位应在每个季度前五个工作日对上季度的 CEMS 数据进行审核，确认上季度所有分钟、小时数据均按照附录 H 的要求正确标记，计算本季度的污染源 CEMS 有效数据捕集率。上传至监控平台的污染源 CEMS 季度有效数据捕集率应达到 75%”。

本标准在此基础上扩展适用范围，将季度数据审核与有效率计算要求由原规范中的 CEMS 系统范围拓展至物料监测法数据，要求企业同步开展对物料监测法数据的审核与有效性统计。该调整旨在提升不同监测方法下数据审核的一致性与完整性，确保碳排放核算基础数据的规范性与可比性。

### 3.7.2. 物料监测法无效数据处理

标准原文:

a) 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。

b) 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。

c) 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 $\times A1$
	$N > 24$	调整后烟气监测法碳排放量 $\times A2$
$75\% \leq \delta < 90\%$	-	调整后烟气监测法碳排放量 $\times A3$

d) 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% ≤ $\theta$ < 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
----------------------	---	-----------------------------

### 标准说明:

本节参考《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》，结合水泥行业运行特点，构建了物料监测法无效数据的保守性处理机制，提升了在物料监测数据的连续性和完整性。

a) 本条建立了物料监测法数据无效情况下的保守性处理路径框架。根据烟气监测法数据的可用性，明确应分别按照 7.2.2 至 7.2.4 条的规定进行碳排放量无效数据处理，保障在各类数据缺失场景下碳排放核算的连续性与完整性。

b) 本条明确了在物料监测法数据无效的情况下，碳排放量保守性处理应依据烟气监测法数据的可用性进行分类处理，为后续无效数据处理方法提供了清晰的分流依据。

c) 本条适用于物料监测法数据无效、但烟气监测法数据有效的情况。参考《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》第 12.2.3 条内容制定。HJ 75 原标准针对的是 CEMS 系统中二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等污染物排放量失控时段处理，采用的是选取上次校准前 180 小时、720 小时或 2160 小时的最大排放值作为保守性处理依据。

本标准借鉴该原则，结合碳排放核算的实际需求，将保守性处理对象调整为物料监测法下的碳排放数据。采用调整后的烟气监测法碳排放量作为替代基础，并引入保守系数 A1、A2、A3，用于对物料监测法碳排放数据进行处理。保守系数的选取依据季度有效数据捕集率和连续失效小时数设定：当季度数据可靠（有效数据捕集

率  $\geq 90\%$ ) 且失效时间较短 ( $N \leq 24h$ ) 时, 采用系数 A1, 修正幅度较小; 随着失效时长延长 ( $N > 24h$ ) 逐步提高系数至 A2; 若有效数据捕集率为 75%-90% 时, 则采用最高系数 A3, 表示对数据可靠性不足的惩罚。系数关系  $A3 > A2 > A1$ , 表示失效越严重、数据越不可靠时, 替代值的保守程度越高, 惩罚力度越大。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。

d) 本条适用于物料监测法与烟气监测法数据均无效的情况。参考《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》第 12.2.3 和 12.2.4 条款的处理方法。HJ 75 中对于 CEMS 系统数据失控或维护期间的无效数据处理, 采用的是“上次校准前”或“失效前”有效小时段的最大排放量作为修约依据, 保守性处理对象为二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等污染物的排放量。本标准在此基础上进行调整, 将保守性处理对象由污染物排放量修改为物料监测法下的碳排放量, 并将保守性处理时间范围统一表述为“无效时间段前”。保守性处理时间段则继续采用 HJ 75 中设定的 180 小时、720 小时和 2160 小时三档, 选取物料监测法其碳排放量最大值用于替代无效时段数据。

### 3.7.3. 物料监测法有效数据质量诊断及处理

对于物料监测法有效数据, 企业上报了物料监测法和烟气监测法两套数据, 本节规定了利用烟气监测法碳排放数据结合构建的工况关联模型, 对物料监测法碳排放数据进行诊断。诊断结论包括通过诊断和疑似错报, 对于疑似错报的物料监测法碳排放数据, 提出相应的保守性处理方法, 由调整后的烟气监测法乘以系数进行保守性处理。最后, 对于通过数据诊断的合规数据, 将重新进入关联模型构建步骤, 丰富企业的工况数据, 不断完善企业的关联模型,

提高数据诊断模型的诊断效果。

### **3.7.3.1. 分工况计算关联系数**

#### **标准原文:**

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。

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。

#### **标准说明:**

联合监测法准备阶段识别了水泥熟料生产企业工况，并计算出各工况的关联系数（物料监测法碳排放与烟气监测法碳排放的比值）。本条款对物料监测法碳排放的诊断逻辑，以“相同工况条件下，物料监测法与烟气监测法所获碳排放数据的关联系数需遵循相同分布”为理论基础，通过对 15 分钟级数据按工况归类并计算关联系数，为后续碳排放数据诊断提供量化依据。本部分所列条款，是要求按照标准第六章中关联模型构建所述方法，对待诊断数据按工况分类，并计算各工况每 15 分钟时间数据点的关联系数，用于后续碳排放数据诊断的计算与判断。

### **3.7.3.2. 检验关联系数分布的一致性**

#### **标准原文:**

应采用统计学方法、机器学习方法检验各工况下关联系数分布的一致性。

一致性检验方法应满足，当数据偏差为 10%时，检出偏差数据的比例不低于 80%。

#### **标准说明:**

本条款规定了诊断物料监测法有效数据的方法及实施步骤。诊断方法的原理依据统计学中概率分布一致性检验理论，主要分为基于统计学和基于机器学习两大类方法。统计学方法基于统计理论，通过量化两组数据的分布特征（如形状、位置、离散程度等）差异进行检验，常见方法包括卡方检验、单双峰检验等。机器学习方法通过模型学习数据特征，间接推断分布一致性，常见方法包括随机森林、神经网络、SVM 等。在实际应用中，可以从两类方法中选择合适的方法，但应实现较好的一致性检验效果，避免出现错误比例过高。根据编制团队的研究，当数据偏差比例达到 10%时，大部分检验方法对偏差数据的检出比例可达到 80%以上。该条件的设置可以实现数据诊断准确性与可靠性的良好平衡。

### 3.7.3.3. 数据保守性处理

标准原文：

#### (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。

#### (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。

#### **标准说明:**

本节条款的制定紧密围绕《碳排放权交易管理暂行条例》中强化企业主体责任、规范数据管理的政策导向，对于物料监测法碳排放数据诊断结果的处理，充分考虑了数据产生过程中的复杂性与不确定性，构建了“模型诊断-企业自查-二次诊断-保守处理”的递进式处理流程。

在具体实施路径上，针对经初步诊断出现的疑似错报数据，要求企业在规定时限内提交生产台账、计量设备校准记录、工艺参数监测日志等原始佐证材料，运用诊断模型开展二次诊断。此环节既赋予企业主动纠错的机会，体现监管的灵活性与包容性，又通过技术手段避免因数据偏差导致的误判，最大限度减少对企业正常生产经营的干扰。

对于二次诊断后仍存疑的数据，将进行保守性处理。调整后的烟气监测法碳排放作为保守性处理的基准，通过乘以大于 1 的保守系数进行惩罚性调整。通过这种方式，以较低的监管成本实现对数据造假行为的有效威慑，并倒逼企业加大数据质量管理投入，从源头上保障碳排放数据的真实性与准确性。

#### **3.7.3.4. 合规数据存档**

#### **标准原文:**

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。

#### **标准说明:**

标准编制组在研究过程中发现，联合监测法在构建关联模型时所采用的企业数据越多、包含的工况越丰富，其数据质量诊断的效果越好。本条款遵循数据动态管理原则，充分考量水泥熟料生产企业在数据采集、存储及维护过程中的实际负担，采用“年度归档、持续优化”的全周期数据管理模式。随着生产数据的持续积累，企业的关联模型将覆盖更多复杂工况场景，联合监测法数据模型将不断完善，可持续提升联合监测法对该企业进行碳排放诊断的准确度。

### 3.8. 联合监测法碳排放结果与报告

本节规定了经过对物料监测法碳排放的诊断与处理各类情形下对应的联合监测法结果，给出了报告联合监测法碳排放数据的报告格式，规定了联合监测法核算边界向全国碳排放权交易市场核算边界调整的数据要求。

#### 3.8.1. 联合监测法数据结果

标准原文：

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 × 保守系数

### 标准说明:

本条款对应标准第 7 章物料监测法无效数据处理和物料监测法有效数据质量诊断及处理两部分,规定了联合监测法在不同数据情形下的处理逻辑与结果呈现方式。其中,对于涉及保守系数计算的情形,本标准未规定具体的系数取值,在实施过程中以全国碳排放权交易市场主管部门规定为准,保持与国家碳市场政策的一致性,为企业数据报送、监管提供统一执行标准。

#### 3.8.2. 联合监测法结果报告

### 标准原文:

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。

### 标准说明:

本条款规定了统一规范的碳排放结果报告要求,应涵盖数据获取、诊断处理到结果确定的全流程信息,实现数据全周期透明化管理。联合监测法报告的内容包括物料监测法和烟气监测法所得到的初始碳排放结果、对物料监测法无效数据和有效数据的诊断处理过程(要求报告工况、保守系数、现场核查结果等一系列关键参数)、经过诊断处理后确定的联合监测法碳排放结果。本条款规定参照附录 B 的格式要求编制报告,确保行业内报告的一致性,提高数据解读与比对便利性,为碳市场数据统计分析、复核等提供支撑。

#### 3.8.3. 全国碳排放权交易市场履约边界排放报告

### 标准原文:

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。

### **标准说明：**

本条款依据全国碳排放权交易市场核算要求提出，针对水泥熟料生产企业替代燃料掺烧、CCUS 等特殊情形，科学调整核算边界，确保企业碳排放数据与全国碳市场核算体系保持一致、顺畅衔接。对特殊情形下的排放核减与核增，严格依据现行行业标准与技术规范执行，保障数据调整的科学性与规范性。替代燃料掺烧会产生碳排放，但并未纳入全国碳市场核算边界，因此该部分排放需要核减；CCUS 产生的二氧化碳捕集量不会产生碳排放，但也未纳入全国碳市场核算边界，因此该部分排放需要核增。

## **4. 主要试验验证及试运行情况**

### **4.1. 试验验证**

本编制组选取典型熟料生产线（采用新型干法生产技术）作为研究案例。数据采集周期为 2024 年 10 月至 2025 年 4 月。

#### **4.1.1. 试验验证方案**

##### **4.1.1.1. 数据采集与核算**

按照本标准 5.2 的要求，通过自动监测设备采集物料监测法中燃料及生料的秒级消耗数据。同时依照本标准 5.2 的要求，采集生料中相关组分、燃料特性参数等数据。

按照本标准 5.3 的要求，通过自动监测设备采集熟料生产线窑尾烟气中的二氧化碳浓度、温度、湿度、压力及流量等参数。

##### **4.1.1.2. 关联模型构建**

基于监测设备状态、燃料组分、原料组分变化等因素对本案例

数据进行工况划分。按本标准 6.3 的要求，计算每 15 分钟区间碳排放数据的关联系数，对同一工况数据进行归类和分布统计。

根据本标准 6.5 的要求构建各工况的关联模型，计算调整后烟气监测法碳排放量，以及调整后烟气监测法碳排放量与物料监测法碳排放量的累计误差。通过累计误差判断关联模型质量，若烟气监测法碳排放量与物料监测法碳排放量的累计误差大于标准阈值，则增加基础数据量，直至建立稳定的关联模型。

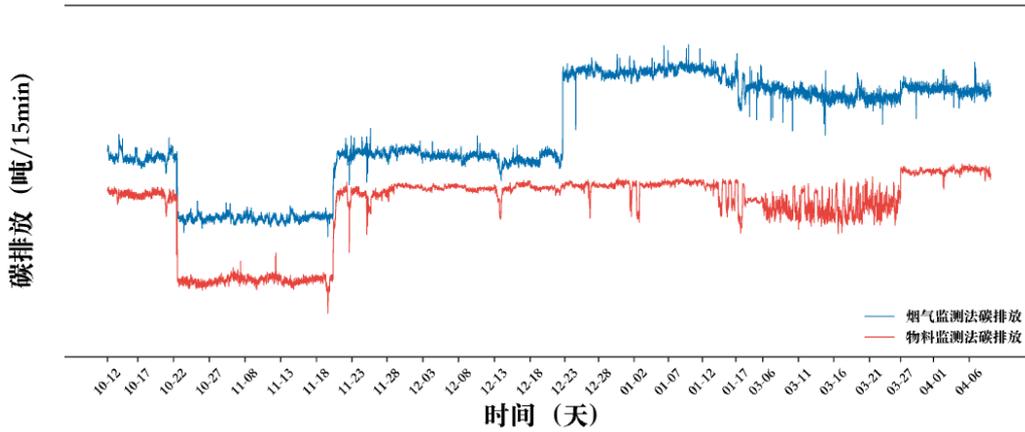
#### **4.1.1.3. 物料监测法数据质量诊断**

数据质量诊断时先划分不同工况，每种工况下随机选取一定天数的数据作为质量诊断的基础数据集。在同一工况的剩余数据中选取部分数据作为待检测数据集，通过对部分待检测数据进行人为干扰，以模拟实际生产中可能出现的数据篡改情形。根据本标准 7.3.2 的方法，判断待检测数据是否存在造假嫌疑。

### **4.1.2. 验证结果分析**

#### **4.1.2.1. 数据收集**

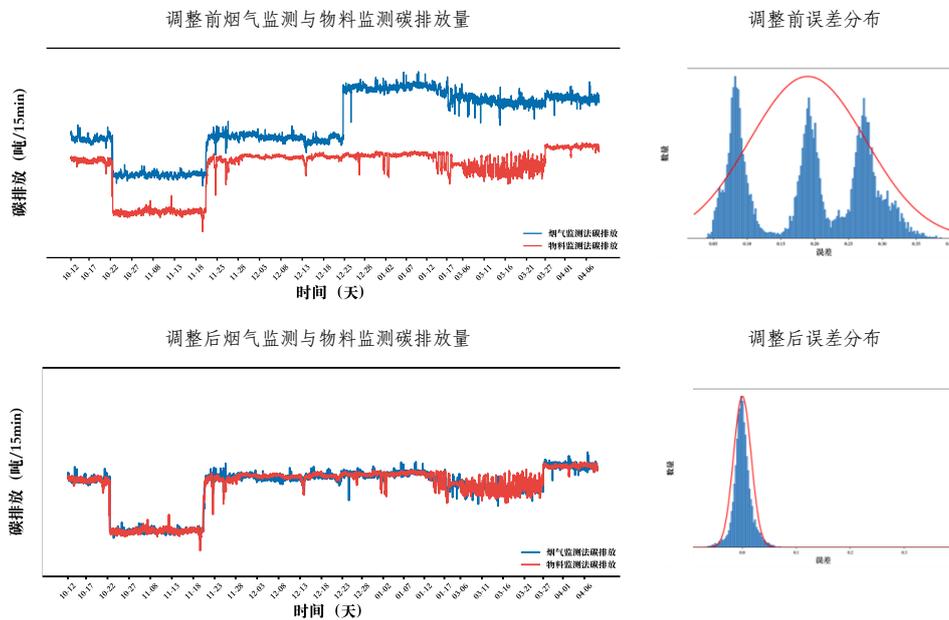
编制组收集了案例企业从 2024 年 10 月初至 2025 年 4 月初的有效数据，下图中每一个数据点为 15 分钟区间的碳排放。从图中可知，除去企业 2024 年 12 月 22 日对湿度计进行校准之后造成烟气监测碳排放量突然上升的情况，烟气监测法碳排放量与物料监测法碳排放量趋势基本可比。



说明图 1 物料监测与烟气监测碳排放对比图

#### 4.1.2.2. 关联模型的建立

依据本标准 6.4 和 6.5 的规定对工况进行划分并建立关联模型，使用该模型对烟气监测法碳排放量进行调整。调整前，烟气监测法与物料监测法碳排放量的累计误差为 19.95%，两套数据一致性不理想；应用关联模型调整后，累计误差降至 0.42%，关联模型构建成功。



说明图 2 调整前后烟气监测与物料监测碳排放量对比

#### 4.1.2.3. 物料监测法数据质量诊断

按照本编制说明 5.1.3 的方法划分基础数据集和待检测数据集，

对部分待检测数据进行人为干扰以模拟数据作假场景。通过标准 7.3.2 的方法对比两个数据集的分布差异，相关统计检验方法可有效识别数据异常情况。

## **4.2. 试运行情况**

联合监测法在安徽宣城海螺水泥有限公司（以下简称“海螺宣城”）开展了试点应用，方法的研究也以海螺宣城实际生产数据为基础，试点应用与研发同步推进。试点期间，海螺宣城按联合监测法要求，完成了一系列准备工作。2024 年 6 月 20 日，完成现场调研，确认了数据采集需求；7 月 21 日，启动窑尾烟囱打孔施工；9 月 21 日，完成联合监测法相关设备安装调试；10 月 31 日，完成联合监测法数据处理平台开发及测试；11 月 15 日起，联合监测法正式运行，截至 2025 年 6 月底，已经连续 7 个月开展常态化监测。

通过海螺宣城对联合监测法的试行，标准编制组验证了联合监测法在水泥熟料生产企业碳排放监测中的应用效果，其数据诊断逻辑和保守性处理机制能识别生产波动导致的合理误差及异常数据，为企业碳排放数据质量管理提供了可靠高效的技术方法。在试行中收集的丰富工况数据，补充了联合监测法研究的样本量，为标准中关联模型的构建、数据质量诊断及处理等条款的合理性提供了实践支撑。

此外，建德海螺水泥有限责任公司已启动联合监测法实施筹备，正在开展设备选型调研、现场勘察等前期工作，将为联合监测法在水泥行业内的推广积累经验，提供参考案例。

# **5. 与国内外相关标准的关系分析**

## **5.1. 与国内核心关联标准的衔接逻辑**

本标准以烟气监测法与物料监测法为基础，通过构建一套全新

的碳排放联合监测法，致力于解决当前碳监测试点工作中出现的烟气监测法与物料监测法数据偏差较大，烟气监测法无法直接在碳市场中应用的问题。本标准在核心技术框架上与国内物料监测法和烟气监测法两大类标准形成紧密衔接。

#### （1）与物料监测法标准的引用关系

本标准直接引用《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》中对化石燃料燃烧排放、过程排放、替代燃料燃烧排放的核算要求和《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）》中对二氧化碳碳捕集量的核算要求。《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》作为生态环境部发布的水泥行业物料监测法核算的权威技术指南，其关于碳排放关键参数的统计方法及各个环节的碳排放核算方法，为联合监测法中“物料监测法-碳排放”的关联校验提供基准依据。而《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）》是关于 CCUS 项目温室气体量化的首个国家标准。本标准沿用以上两个标准的核心公式与数据统计口径，确保物料端数据采集环节与行业通用核算体系保持一致，为两类监测方法的对比分析奠定数据同源基础。

#### （2）与烟气监测法标准的技术协同

在烟气监测层面，本标准以《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）排放连续监测系统技术要求及检测方法》《HJ/T 397 固定源废气监测技术规范》为基础框架，沿用了行业成熟标准中的通用规范，为联合监测法中烟气监测法测得的碳排放数据的准确性提供保障。其中：监测参数主要参考《HJ 76 固定污染源

烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》中对烟气监测参数的规定修改后制定，沿用了其对烟气温度、烟气静压、烟气湿度等指标的监测要求（详见 4.5.3.1）；监测位置主要沿用了《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/T 397 固定源废气监测技术规范》中对 CEMS 系统安装位置及采样孔和采样点的一般要求和具体要求（详见 4.5.3.2）；监测频次沿用了《HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》附录 B.1 章节内容中对于监测参数的采集要求；监测设备组成和功能要求的设定，系参照《HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》4.1 章节内容修订而成，沿用了原标准中系统组成中的烟气参数监测单元、数据采集和处理单元两个组成部分及对系统功能要求中通用规范部分（详见 4.5.3.4）；数据采集和记录要求系《HJ 76 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》附录 B.1 章节数据采集记录要求内容修订后得到，沿用了原标准中对数据采集和记录的频次要求，对于数据采集和数据记录的内容方面沿用其通用规范部分。

## **5.2. 与关联标准的差异及原创性突破**

在全面吸纳并严格遵循上述标准核心技术内容与规范要求的基础上，鉴于现有烟气监测法与物料监测法在实际应用中存在的数据偏差问题，且该偏差已对烟气监测法在碳市场中的有效应用形成制约，本标准以“数据偏差校准”为核心目标，围绕两类监测方法数据的关联模型构建、数据质量诊断与处理及联合监测法结果与报告机制建立，形成了一系列具有针对性的差异化技术内容。这些内容并非对现有标准的否定或替代，而是基于解决实际应用痛点的需求，

在现有标准体系基础上进行的补充与拓展，旨在通过技术创新实现两类监测数据的有效衔接与精准校准。

### （1）与物料监测法标准的差异

《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》聚焦企业温室气体排放的周期性核算与报告，数据以月度、年度为统计周期，侧重宏观排放总量核算；本标准通过将物料平衡核算的时间维度细化至秒级，实现“实时烟气监测数据-动态物料消耗数据”的同步比对，弥补传统物料法在时效性与精细化校验上的不足。

### （2）与烟气监测法标准的差异

《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）排放连续监测系统技术要求及检测方法》等标准主要针对 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物等常规污染物监测，技术要求聚焦单一污染物浓度与排放量的精准测量；由于本标准仅聚焦于二氧化碳排放单一指标的在线监测，因此本标准在监测相关要求上做出以下调整：一是去除了如“颗粒物测量一次物理量”、“气态污染物体积/实测质量浓度”等常规污染物的浓度/排放量监测要求，替换为“烟气二氧化碳浓度”监测要求；二是因本标准中二氧化碳浓度采用实测值，故删除原标准中利用“烟气含氧量”近似计算二氧化碳排放浓度的相关内容；三是除了继续沿用烟气流速、温度、静压和湿度等通用监测参数外，结合 HJ 76 中数据采集要求新增大气压力（可选）、干基及湿基含氧量（用于计算烟气湿度）的监测要求。

### （3）原创性内容的边界

烟气监测法与物料监测法的关联模型构建、数据质量诊断与处

理及联合监测法结果与报告等内容，均为本次标准的原创性成果。这些内容不重复现有技术的要求，而是通过建立两类方法的关联规则，构建统一的数据质量标准和报告要求形成对现有标准体系的补充与延伸。

### 5.3. 在标准体系中的定位与价值

本标准功能和价值体现在三个方面：第一，作为《CETS-AG-02.01-V01 企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》与《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）排放连续监测系统技术要求及检测方法》等标准的衔接性技术文件，解决物料监测法与烟气监测法之间数据偏差导致的应用壁垒；第二，为企业碳排放数据质量提升提供操作指南，同时为监管部门开展碳排放核查提供统一技术依据；第三，填补国内外在物料监测与烟气监测联合分析领域的标准空白，推动碳监测技术体系向精准化、协同化升级。

## 6. 标准实施的效益分析

（1）社会效益：技术驱动监管模式升级，降低主管部门监管压力

联合监测法通过整合物料与烟气监测数据，构建关联模型与标准化流程，为提升国内碳市场公信力、增强国际气候谈判话语权提供技术支撑。依托联合监测法的自动校验与异常识别能力，有效降低监管压力，强化市场对碳数据的信任。标准化工作程序与审核体系提供可量化依据，避免主观争议，夯实数据质量根基。可靠的数据与透明的监管，在强化市场公信力的同时，为国际气候谈判提供扎实的本土数据支撑，助力提升我国参与全球气候治理的话语权。

（2）经济效益：技术赋能实现成本优化与产业增值

对水泥熟料生产企业而言，联合监测法通过实时数据采集与误差诊断，可避免因数据失真导致的碳市场履约处罚带来的成本支出。从产业生态看，该技术推动 CEMS 设备升级、智能盘库系统等低碳技术的规模化应用，带动监测设备制造、数据分析服务等产业链环节发展，预计可形成百亿级的绿色技术服务市场，既为企业创造降本增效的直接经济效益，也为低碳技术创新与产业转型注入经济动力。

## **7. 标准实施的建议**

### **（1）鼓励先行先试，形成可复制经验**

选取技术基础好、管理规范的水泥熟料生产企业作为试点，率先应用联合监测法，通过试点验证标准的适用性，提前发现实操难点，为全国推广提供经验参考，提升实施可行性。

### **（2）强化政策支持，构建制度保障体系**

建议主管部门逐步将联合监测法纳入碳市场管理的路径设计，并将其技术要求纳入《企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》。

### **（3）实施财政激励，降低企业应用成本**

设立专项补贴资金，对水泥熟料生产企业改造或增设国产 CEMS 设备的，按一定比例给予资金支持；推行财政贴息政策，对企业购置相关设备的贷款利息给予部分贴息；落实相关税收优惠政策，进一步减轻企业负担。

### **（4）开展能力建设，提升技术落地能力**

组织开展面向水泥熟料生产企业的能力建设培训，帮助其掌握联合监测法实施要点，提升行业碳排放监测技术能力，筑牢碳市场数据质量管控根基。

### **(5) 做好宣传引导，营造良好氛围**

加强绿色低碳发展与碳市场相关政策法规的宣传报道，多渠道普及联合监测法相关知识。宣传推广联合监测法在水泥熟料生产企业应用的典型案例和成熟经验，为联合监测法的推广实施营造良好氛围。

### **8. 其他应予以说明的内容**

无。