

ICS 13.020.30  
CCS N 772

T/ZDL

浙江省电力行业协会团体标准

T/ZDL 042—2026

燃煤锅炉粉煤灰制预拌混凝土  
碳减排量核算规则

Accounting rules for carbon emission reduction of ready-mixed  
concrete produced with fly Ash from coal-fired boilers

2026-01-27 发布

2026-02-15 实施

浙江省电力行业协会 发布

目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 8

2 规范性引用文件 ..... 8

3 术语和定义 ..... 8

4 基本规定 ..... 9

5 预拌混凝土碳减排量核算 ..... 9

    5.1 预拌混凝土的成分 ..... 10

    5.2 预拌混凝土核算边界 ..... 10

    5.3 基准线排放量（清除量）计算 ..... 11

    5.4 项目排放量（清除量）计算 ..... 12

    5.5 项目泄漏计算 ..... 14

    5.6 项目减排量核算 ..... 14

6 数据质量保证与质量控制（QA/QC） ..... 14

    6.1 数据精度控制 ..... 14

    6.2 QA/QC 操作要求 ..... 15

    6.3 计量设备控制要求 ..... 15

7 项目审定与核查要点 ..... 15

    7.1 项目适用条件核查 ..... 15

    7.2 项目边界核查 ..... 15

    7.3 计入期核查 ..... 16

    7.4 减排核算核查 ..... 16

    7.5 监测计划执行核查 ..... 16

附录 A（资料性）掺杂固体废物粉煤灰减少水泥掺混量 ..... 17

## 前 言

为全面落实“双碳”目标战略部署，贯彻创新、协调、绿色、开放、共享发展理念，科学核算燃煤锅炉粉煤灰制预拌混凝土碳减排量，联通能源电力和建材行业碳管理，推动产业链协同减排，特制定本文件。

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这些专利的责任。

本文件由国家能源集团浙江电力有限公司提出。

本文件由浙江省电力行业协会归口。

本文件起草单位：国家能源集团浙江电力有限公司、浙江大学。

本文件主要起草人：许琦、项岱军、王海、周珠峰、袁海波、丁连生、陈笔、朱峰、李康康、翁航立、严宇光、周昊、刘翔、曾垂斌、吴冯永康、马伟伟。

本文件为首次发布。

# 燃煤锅炉粉煤灰制预拌混凝土碳减排量核算规则

## 1 范围

本文件规定了燃煤锅炉粉煤灰制预拌混凝土碳减排量核算的基本规定、核算方法、数据质量保证与质量控制、项目审定与核查要点等内容。

本文件适用于燃煤锅炉粉煤灰制预拌混凝土碳减排量核算。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 10171 混凝土搅拌站（楼）  
GB/T 14902 预拌混凝土  
GB/T 19001 质量管理体系要求  
GB/T 50063 电力装置电测量仪表装置设计规范  
GB/T 50146 粉煤灰混凝土应用技术规范  
GB/T 51366 建筑碳排放计算标准  
JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 混凝土 concrete

使用水泥、骨料、矿物掺合料、外加剂和水等组分材料，按照一定配合比配料，经搅拌、成型、养护等工艺制作的工程材料。

[来源：GB/T 50107，术语 2.1]

### 3.2

#### 预拌混凝土 ready-mix concrete

搅拌站（楼）生产后经计量的、通过运输设备在规定时间内送至使用地点的、交货时为拌合物的混凝土。

[来源：GB/T 14902，定义 3.1]

### 3.3

#### 混凝土强度 concrete Strength

混凝土的一种力学性能，表征其抵抗外力作用能力，本方法学中混凝土强度指混凝土立方体抗压强度，混凝土强度等级由符号 C 与混凝土强度标准值组成，如 C30、C35、C40。

[来源：GB/T 50107，术语 2.1]

## 3.4

**水泥 cement**

一种细磨材料，与水混合形成塑性浆体后，能在空气中水化硬化，并能在水中继续硬化保持强度和体积稳定性的无机水硬性胶凝材料。

[来源：GB/T 4131，水泥产品术语 4]

## 3.5

**骨料 aggregate**

在混凝土中起骨架、填充和稳定体积作用的岩石颗粒等粒状松散材料。

[来源：JG/T568，术语 3.1]

## 3.6

**粉煤灰 fly ash**

电厂煤粉炉烟道气体中收集的粉末。

[来源：GB/T 1596，术语 3.1]

## 3.7

**碳排放因子 carbon Emission Factor**

将能源与材料消耗量与二氧化碳排放相对应的系数，用于量化混凝土原材料和预拌混凝土不同阶段相关活动的碳排放。

[来源：GB/T 51366，术语 2.1.3]

## 3.8

**温室气体 greenhouse gas**

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

[来源：GB/T 32150，术语 3.1]

## 4 基本规定

4.1 预拌混凝土碳减排计算及评价应遵守相关性、完整性、一致性、准确性和透明性的原则。

4.2 预拌混凝土碳减排计算及评价步骤如下：

- a) 确定预拌混凝土的粉煤灰含量和制备；
- b) 确定混凝土碳排放系统边界；
- c) 确定计算单元；
- d) 采集计算单元混凝土所需的原材料、能量的输入，污染物排放以及运输等清单数据；
- e) 采集与原材料、能源、污染物排放相关的碳排放因子；
- f) 按照本文件规定的方法计算碳排放量和减排量；
- g) 按照本文件的规定计算结果进行评价。

## 5 预拌混凝土碳减排量核算

## 5.1 预拌混凝土的成分

根据要求和所达到的目的的不同，粉煤灰在混凝土中的用量范围为 8%~35%。在其他水泥基材料中的应用，可视产品、目的以及成本等因素不同，用量范围应符合 GB/T 50146 相关要求（详见下表 1）。

表 1 粉煤灰的最大掺量（%）

混凝土种类	硅酸盐水泥		普通硅酸盐水泥	
	水胶比 $\leq 0.4$	水胶比 $> 0.4$	水胶比 $\leq 0.4$	水胶比 $> 0.4$
预应力混凝土	30	25	25	15
钢筋混凝土	40	35	35	30
素混凝土	55		45	
碾压混凝土	70		65	

注：对浇筑量比较大的基础钢筋混凝土，粉煤灰最大掺量可增加 5%~10%；

当粉煤灰超过表中规定时，应进行试验论证。

## 5.2 预拌混凝土核算边界

核算边界包含生产、运输混凝土所需原材料以及混凝土生产工艺过程中的所有设备（如图 1）。项目边界内包括的温室气体排放源主要包含：

- 原材料生产过程中的电力消耗（为了简化而排除）；
- 原材料生产过程中的燃料消耗（为了简化而排除）；
- 原材料生产过程中的分解排放（为了简化而排除）
- 原材料运输过程中的燃料消耗（CO<sub>2</sub>主要的排放源）；
- 混凝土生产过程中的电力消耗（CO<sub>2</sub>主要的排放源）；
- 混凝土生产过程中的燃料消耗（CO<sub>2</sub>主要的排放源）；
- 混凝土生产过程中的原材料消耗（CO<sub>2</sub>主要的排放源）。

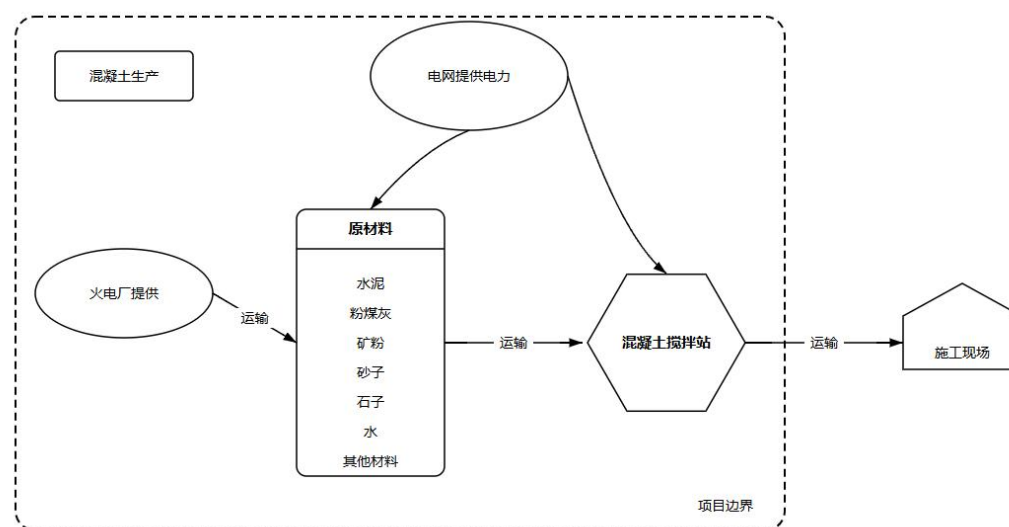


图 1 预拌混凝土核算边界

### 5.3 基准线排放量（清除量）计算

基准线排放（ $Q_{BE,y}$ ，以  $tCO_2$  计）为第  $y$  年生产预拌混凝土（ $m^3$ ）导致的二氧化碳排放。基准线排放计算公式如下：

$$Q_{BE,y} = \sum_m \sum_n (V_{con,m,n,y} \times Q_{BE,ce,m,n,y} \times P_{B,ce,m,n,y}) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$Q_{BE,y}$ ：第  $y$  年的基准线排放（ $tCO_2$ ）

$V_{con,m,n,y}$ ：第  $y$  年项目活动情景下，利用粉煤灰（火电厂产生）替代类型  $n$  水泥制备的类型  $m$  预拌混凝土的生产与销售量（ $m^3$ ）

$Q_{BE,ce,m,n,y}$ ：基准线情景下，类型  $m$  预拌混凝土生产中添加类型  $n$  水泥所导致的二氧化碳排放（ $tCO_2/t$  水泥）；

$P_{B,ce,m,n,y}$ ：基准线情景下，生产一单位类型  $m$  预拌混凝土所含类型  $n$  水泥的基准比例（ $t$  水泥/ $m^3$  预拌混凝土）。

#### 5.3.1 确定 $Q_{BE,ce,m,n,y}$

$Q_{BE,ce,m,n,y}$  表示在基准线情景下，类型  $m$  预拌混凝土生产中添加类型  $n$  水泥所导致的二氧化碳排放（ $tCO_2/t$  水泥）。该参数为预设基准值，依据保守性原则，选取源自政府公告、行业协会报告、论文或学术文献等具备公信力且合理的数据。

#### 5.3.2 确定 $P_{B,ce,m,n,y}$

$P_{B,ce,m,n,y}$  表示在基准线情景下，生产单位体积类型  $m$  预拌混凝土所含类型  $n$  水泥的基准比例（ $t$  水泥/ $m^3$  预拌混凝土）。该基准值的确定方法如下：

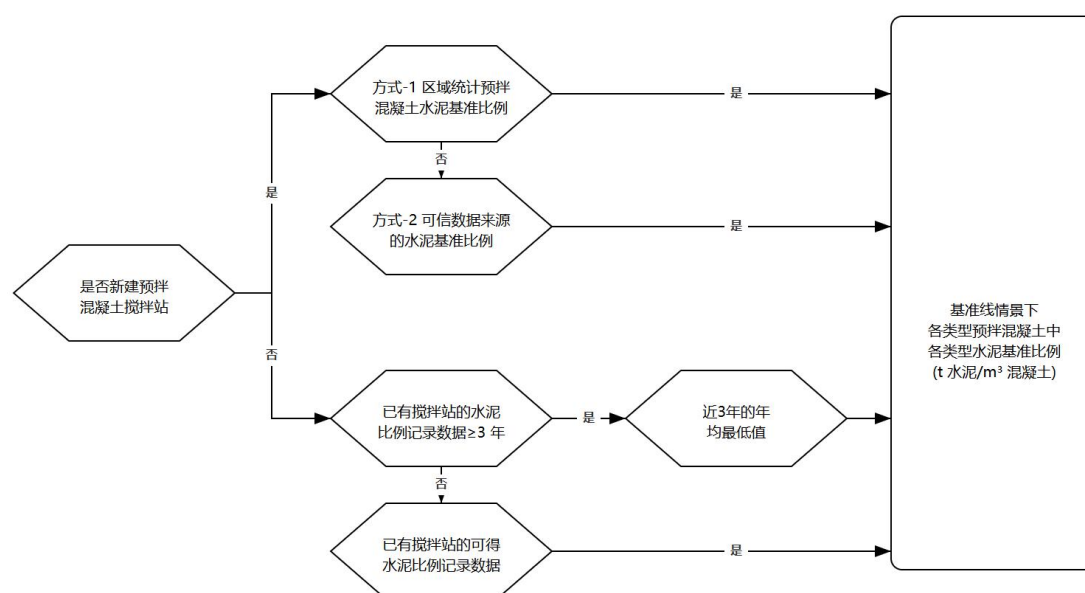


图 2 各类型预拌混凝土中各类型水泥基准比例

对于新建预拌混凝土搅拌站，将通过如下的方式 1 或方式 2 来核算基准线情景下水泥基准比例。

#### 5.3.3 方式 1：区域数据统计的预拌混凝土水泥基准比例

5.3.3.1 项目参与方应明确界定在基准线情形下，用于计算水泥基准比例的地理地区范围，具体规则如下：

1. 默认边界：以项目所在的省（直辖市、自治区）为地理边界。
2. 自定义边界：如需界定某特定区域，则该区域必须同时满足以下三个条件：
  - a) 区域内至少 75% 的混凝土搅拌站生产的预拌混凝土是对外销售的；
  - b) 区域内的预拌混凝土总产量应至少达到项目活动产量的 4 倍；
  - c) 至少有 10 家拥有公开数据的其他混凝土搅拌站在区域中。

5.3.3.2 针对区域内与项目同强度等级的  $m$  类预拌混凝土，按以下步骤确定  $n$  类水泥的基准比例（本项目涉及的所有预拌混凝土种类均依此流程执行）：

- a) 排序筛选：将企业按  $n$  类水泥掺入比例由低到高排序，选取排名在前 20% 的企业作为对标样本（样本数取整）。
- b) 计算方法：采用产量加权平均法，计算样本企业中类型  $n$  水泥的平均比例（单位：t 水泥/ $m^3$  预拌混凝土）。

5.3.3.3 为确定区域内类型  $m$  混凝土中类型  $n$  水泥的平均比例，应执行以下数据统计与筛选步骤：

- a) 对象筛选：选择区域内所有生产与项目强度等级一致的混凝土搅拌站。
- b) 样本选择：统计  $m$  类混凝土产量数据，筛选出  $n$  类水泥掺入比最低的前 20% 企业。
- c) 加权求值：基于筛选出的样本企业产量，进行加权平均计算，得出该区域  $m$  类混凝土中  $n$  类水泥的平均比例数值。

#### 5.3.4 方式 2：可信数据来源预拌混凝土水泥基准比例

预拌混凝土的水泥基准比例应当有可信的数据来源，可从政府、行业协会、文献公布等<sup>1</sup>获得。

#### 5.3.5 已有预拌混凝土搅拌站

5.3.5.1 若预拌混凝土搅拌站拥有 3 年及以上的历史记录数据，应选取近 3 年统计数据中水泥基准比例最低年份的数据。

5.3.5.2 若预拌混凝土搅拌站的历史记录数据不足 3 年，应取所有可得水泥基准比例记录数据的加权平均值。

### 5.4 项目排放量（清除量）计算

项目排放  $Q_{PE,y}$  (tCO<sub>2</sub>) 的核算边界涵盖了项目活动在第  $y$  年因预拌混凝土中水泥生产引发的碳排放，以及低碳预拌混凝土生产销售链条中涉及的粉煤灰与运输过程产生的碳排放。其计算公式如下：

$$Q_{PE,y} = Q_{PE,ce,m,y} + Q_{PE,ash,y} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$Q_{PE,y}$ ：项目活动情景下，第  $y$  年的项目排放 (tCO<sub>2</sub>)

$Q_{PE,ce,m,y}$ ：项目活动情景下，第  $y$  年生产及销售的预拌混凝土中，因水泥生产导致的二氧化碳排放 (tCO<sub>2</sub>)。

<sup>1</sup> 注：当政府、行业协会、技术标准/指南、公开文献和论文都提供相应数据时，约定如下优先顺序（从优先到次优）：政府及国家/行业标准类权威文件；行业协会正式发布的统计年报或技术指南；公开发表的文献中的统计数据



$Q_{PE,ash,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年粉煤灰生产过程 (火电厂产生) 以及及运输过程中产生的二氧化碳排放 ( $tCO_2$ )。

#### 5.4.1 确定 $Q_{PE,cem,y}$

$$Q_{PE,cem,y} = \sum_m \sum_n (V_{con,m,n,y} \times P_{P,cem,m,n,y} \times Q_{BE,cem,m,n,y}) \dots \dots \dots (3)$$

式中:

$Q_{PE,cem,y}$ : 第  $y$  年项目活动情景下, 生产及销售的预拌混凝土中, 因水泥生产导致的二氧化碳排放 ( $tCO_2$ );

$V_{con,m,n,y}$ : 第  $y$  年项目活动情景下, 利用粉煤灰 (火电厂产生) 替代类型  $n$  水泥制备的类型  $m$  预拌混凝土的生产与销售量 ( $m^3$ );

$P_{P,cem,m,n,y}$ : 第  $y$  年项目情景下, 生产一单位的类型  $m$  预拌混凝土中所含类型  $n$  水泥的基准比例 ( $t$  水泥/ $m^3$  预拌混凝土)。

$Q_{BE,cem,m,n,y}$ : 第  $y$  年项目活动情景下, 类型  $m$  预拌混凝土生产中添加类型  $n$  水泥所导致的二氧化碳排放 ( $tCO_2/t$  水泥)。

#### 5.4.2 确定 $Q_{PE,ash,y}$

$$Q_{PE,ash,y} = Q_{PE,ash,elec,y} + Q_{PE,ash,tra,y} + Q_{PE,ash,fos,y} \dots \dots \dots (4)$$

式中:

$Q_{PE,ash,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年粉煤灰生产过程 (火电厂产生) 以及及运输过程中产生的二氧化碳排放 ( $tCO_2$ );

$Q_{PE,ash,elec,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年粉煤灰生产过程 (源自火电厂) 因消耗电量导致的二氧化碳排放量 ( $tCO_2$ );

$Q_{PE,ash,tra,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年粉煤灰运输过程导致的二氧化碳排放量 ( $tCO_2$ );

$Q_{PE,ash,fos,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年项目现场消耗化石燃料产生的二氧化碳排放量 ( $tCO_2$ )。

##### 5.4.2.1 确定 $Q_{PE,ash,fos,y}$

计算  $Q_{PE,ash,fos,y}$  时应包含下列排放源:

- 发电与供热排放: 项目现场用于发电或供热的设施 (如锅炉), 因燃烧化石燃料产生的排放;
- 辅助设备排放: 与上述发电和供热系统相关的辅助设备, 因消耗化石燃料产生的排放;
- 物料储存排放: 粉煤灰储存设备及相关系统, 因消耗化石燃料产生的排放。

$$Q_{PE,ash,fos,y} = \sum_m \sum_n (C_{m,n,y} \times EF_{m,y}) \dots \dots \dots (5)$$

式中:

$Q_{PE,ash,fos,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年项目现场消耗化石燃料所产生的二氧化碳排放量 ( $tCO_2$ );

$EF_{m,y}$ : 第  $y$  年化石燃料  $m$  的排放因子 ( $tCO_2/t$  或者  $Nm^3$ )。

$C_{m,n,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年项目现场在  $n$  过程中消耗化石燃料  $m$  的消耗量;

上述排放量及参数的确定应采用 EB 最新批准的“化石燃料燃烧导致的项目或泄漏二氧化碳排放计算工具”计算  $Q_{PE,ash,elec,y}$ 、 $EF_{m,y}$  和  $C_{m,n,y}$ 。

#### 5.4.2.2 确定 $Q_{PE,ash,elec,y}$

项目活动情景下, 第  $y$  年火电厂生产粉煤灰过程中的电力消耗所导致的二氧化碳排放量 ( $tCO_2$ )。

$$Q_{PE,ash,elec,y} = EF_{gri,CM,y} \times E_{PJ,y} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$Q_{PE,ash,elec,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年粉煤灰生产过程 (源自火电厂) 因消耗电量导致的二氧化碳排放量 ( $tCO_2$ );

$EF_{gri,CM,y}$ : 第  $y$  年并网发电的组合边际  $CO_2$  排放因子 ( $tCO_2/MWh$ );

$E_{PJ,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年因处理粉煤灰所导致的电量消耗 ( $MWh$ )。

#### 5.4.2.3 确定 $Q_{PE,ash,tra,y}$

$$Q_{PE,ash,tra,y} = EF_{tra,y} \times D_{tra,y} \times Q_{ash,y} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$Q_{PE,ash,tra,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年粉煤灰 (火电厂产生) 运输过程导致二氧化碳排放量 ( $tCO_2$ );

$Q_{ash,y}EF_{tra,y}$ : 运输排放因子 ( $tCO_2/tkm$ );

$D_{tra,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年运输粉煤灰的最大往返距离 ( $km$ );

$Q_{ash,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年所生产的粉煤灰 (火电厂产生) 的运输量 ( $t$ )。

### 5.5 项目泄漏计算

鉴于泄露很少, 因此可以将泄露量忽略 ( $Q_{LE,y}$ , 以  $CO_2$  计), 即  $Q_{LE,y}=0$ 。

### 5.6 项目减排量核算

减排量按如下公式进行计算

$$Q_{ER,y} = Q_{BE,y} - Q_{PE,y} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$Q_{ER,y}$ : 第  $y$  年的二氧化碳减排量 ( $tCO_2$ );

$Q_{BE,y}$ : 第  $y$  年的二氧化碳基准线排放量 ( $tCO_2$ );

$Q_{PE,y}$ : 项目活动情景下, 第  $y$  年的项目二氧化碳排放量 ( $tCO_2$ )

## 6 数据质量保证与质量控制 (QA/QC)

### 6.1 数据精度控制

- 6.1.1 项目监测数据应满足真实、可追踪和可复核的要求。
- 6.1.2 与粉煤灰掺量、水泥替代比例及能耗等相关的关键数据，应保证抽样置信水平不低于95%。
- 6.1.3 混凝土试块和粉煤灰掺量数据应每日进行至少一次随机抽检，连续生产超过8小时的，应确保每个班次均有抽检记录。粉煤灰掺量误差应控制在 $\pm 1\%$ 以内，计量类仪表（流量计、电表等）的读数误差应不超过 $\pm 1\%$ （以校准报告为依据）。
- 6.1.4 一旦发现数据偏差超出上述范围，应立即复检；若复检仍不合格，应将该数据标记为无效并记录原因，严禁删除无效数据记录。

## 6.2 QA/QC 操作要求

- 6.2.1 监测应同步采用自动记录与人工复核方式。
- 6.2.2 自动化监测数据（如电表、流量计实时记录）应每日比对系统日志，由数据记录人员负责；粉煤灰掺量与试块检测应由质量检验人员每日随机核验，并形成记录。
- 6.2.3 项目应每月对监测数据进行汇总，并与混凝土销售台账和原材料进场台账进行一致性比对，由项目负责人确认。
- 6.2.4 每季度应对电费发票、地磅记录、运输数据等外部凭证进行审计核对，形成数据复核报告，并由监测团队存档。

## 6.3 计量设备控制要求

- 6.3.1 计量设备（包括流量计、电表、地磅等）应至少每季度由具备资质的第三方机构进行校准，校准证书应完整保存，且误差不应超过 $\pm 1\%$ 。
- 6.3.2 对于校准不合格或超过有效期的设备，应立即停用并进行整改，整改完成前不得使用该设备记录监测数据。
- 6.3.3 项目应建立计量设备台账，记录设备型号、编号、上次校准日期及有效期，管理要求应符合GB/T 50063的规定。

## 7 项目审定与核查要点

### 7.1 项目适用条件核查

- 7.1.1 审定机构应确认项目是否满足本核算规则的适用范围，检查粉煤灰来源及利用是否具备合法依据，并查验粉煤灰资源化供应协议。
- 7.1.2 项目不应改变混凝土生产的核心工艺，仅允许在原配合比体系中以粉煤灰替代水泥；核查时应审阅配合比验证报告及强度检测证明。
- 7.1.3 现场核查时，应重点检查分选或活化设备的型号及运行状态，并对混凝土试块进行随机抽检，抽检频率不应低于每日一次，以确认粉煤灰掺量符合申报情况。

### 7.2 项目边界核查

- 7.2.1 审定应核对应包含生产、运输在内的完整核算边界。
- 7.2.2 审阅项目边界声明及厂区布局图时，应确认粉煤灰预处理区、混凝土生产区及运输路径均被涵盖。
- 7.2.3 粉煤灰运输距离应不超过50km，应通过地磅记录、运输合同、车载GPS等资料进行验证。

7.2.4 如采用遥感影像，仅可作为辅助佐证，不得单独作为判定依据。

7.2.5 运输数据核查可按生产时段进行分层抽查，不得低于年度运输单据数量的5%。

### 7.3 计入期核查

7.3.1 审定应核查项目投产时间是否与申报计入期一致，并通过设备验收记录、首次生产记录等资料进行确认。

7.3.2 项目主要设备（尤其是粉煤灰分选系统和搅拌系统）的设计寿命应覆盖整个计入期，如设备在计入期中途进行停机改造，应提供相关记录和说明，并留存复工或重新投用资料，确保核算连续性。

### 7.4 减排核算核查

7.4.1 核查应重点关注水泥替代比例的数值是否采用区域统计数据或权威来源，不得以企业自设数据作为基准线。

7.4.2 应审验碳排放因子是否采用国家、行业或省级最新版本，并对运输排放因子采用保守值。

7.4.3 对于碳排放计算中涉及的各类参数，审定应要求提供来源说明或引用文献，未经来源验证的数据不得计入核算。

### 7.5 监测计划执行核查

7.5.1 监测计划应包含自动化监测与人工抽样交叉校验的机制，核查时应抽查月度监测报告，并验证混凝土强度检测记录与销售台账是否一致。

7.5.2 应检查计量设备是否按计划进行校准，并核对校准周期是否满足至少每季度一次的要求。

附录 A  
(资料性)  
掺杂固体废料粉煤灰减少水泥掺混量

通过将某火电厂产生的固体废料粉煤灰等出售给混凝土搅拌站，以帮助高耗电的混凝土行业直接“节省电力”，这一举措在减少预拌混凝土中水泥掺混量的同时，也直接避免了水泥生产这一行业的巨大电力消耗，从而实现了从源头上间接减少 CO<sub>2</sub> 排放。

以普通的预拌混凝土为例，按照某火电厂的粉煤灰年供应量 58.74 万吨进行计算，下表 A.1 为水泥生产过程中的部分碳排放因子：

表 A.1 预拌混凝土生产过程的部分碳排放因子

项目名称	碳排放因子	项目名称	碳排放因子
基准线情景下生产类型 <i>i</i> 预拌混凝土中所添加的类型 <i>j</i> 水泥每吨导致的二氧化碳排放 (tCO <sub>2</sub> /t 水泥) (假设水泥中熟料占比为 95%)	0.5366 <sup>2</sup>	华东区域电网二氧化碳排放因子 (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0.5617 <sup>3</sup>
每立方混凝土搅拌外购电耗 (kWh)	1.3~2 <sup>4</sup> (取 1.65)	电厂与水泥厂之间往返距离为 100km 时的泄漏排放 (tCO <sub>2</sub> /t 粉煤灰)	0.0195 <sup>5</sup>

A.1 项目排放

用粉煤灰代替 50% 的水泥来生成预拌混凝土，每立方米混凝土中水泥含量为 260 kg 左右，计算可生产混凝土 4518461.538 m<sup>3</sup>，因此计算碳排放：

$$\begin{aligned} Q_{PE,y} &= Q_{PE,ce,m,y} + Q_{PE,ash,y} \dots\dots\dots (A.1) \\ &= \sum_m \sum_n (V_{con,m,n,y} \times P_{P,ce,m,n,y} \times Q_{BE,ce,m,n,y}) + Q_{PE,ash,y} \dots\dots\dots (A.2) \\ &= 4518461.538 \times \left( 0.26 \times 0.5 \times 0.5366 + 1.65 \times \frac{0.5617}{1000} \right) + 0.0195 \times 58.74 \times 10000 \\ &= 330840.872 \text{ tCO}_2 \end{aligned}$$

<sup>2</sup> 注：生态环境部关于印发《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）》等 4 项全国碳排放权交易市场技术规范的通知  
[https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk06/202409/t20240914\\_1086067.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk06/202409/t20240914_1086067.html)

<sup>3</sup> 注：华东区域电网二氧化碳排放因子来源于生态环境部公告 2024 年 第 33 号《关于发布 2022 年电力二氧化碳排放因子的公告》[https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk01/202412/t20241226\\_1099413.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk01/202412/t20241226_1099413.html)

<sup>4</sup> 注：华新水泥股份有限公司低碳发展白皮书 <https://www.huaxincem.com/upload/20210827/6128c331424fe.pdf>

<sup>5</sup> 注：蒲云辉,王清远,李文渊,等. 粉煤灰基地质聚合物混凝土温室气体排放量研究 [J]. 成都大学学报(自然科学版), 2018, 37 (01): 105-108.

## A.2 基准线排放计算:

$$\begin{aligned}
 Q_{BE,y} &= \sum_m \sum_n (V_{con,m,n,y} \times Q_{BE,cem,m,n,y} \times P_{B,cem,m,n,y}) \dots\dots\dots (A.3) \\
 &= 4518461.538 \times \left( 0.26 \times 0.5366 + 1.65 \times \frac{0.5617}{1000} \right) \\
 &= 634585.412 \text{ tCO}_2
 \end{aligned}$$

## A.3 减排量计算:

$$Q_{ER,y} = Q_{BE,y} - Q_{PE,y} - Q_{LE,y} \dots\dots\dots (A.4)$$

$$= Q_{BE,y} - Q_{PE,y} \dots\dots\dots (A.5)$$

$$= 634585.412 - 330840.872$$

$$= 303744.54 \text{ tCO}_2$$

按照某火电厂的粉煤灰年供应量 58.74 万吨进行计算,可帮助高耗电的混凝土行业节省 303744.54 tCO<sub>2</sub>。由每减排约 1 kgCO<sub>2</sub>可节约 1kwh,可以计算出总的节电量约 3.04 亿 kwh,通过这条产业链的协同,电力行业不仅消化了自身固废,更帮助另一个高耗能产业降低了对核心产品——电力的依赖,实现“一份投入、双重减排”的倍增效应。