

团 体 标 准

T/GDLC 027—2025

水泥行业协同处置项目二氧化碳减排量核算方法学

Methodology for Carbon Dioxide Emission Reduction Accounting of Collaborative Disposal Projects in the Cement Industry

2025 - 05 - 30 发布

2025 - 06 - 01 实施

广东省低碳发展促进会 发布

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 核算内容 2

5 减排量核算报告编制 4

附 录 A（规范性） 基准线情景与项目二氧化碳排放计算方法 6

附 录 B（规范性） 项目二氧化碳减排量核算数据质量监测要求 9

附 录 C（规范性） 常用化石燃料和常用替代燃料的相关参数参考值 12

附 录 D（规范性） 项目物料平衡与热平衡计算边界及平衡计算 14

附 录 E（规范性） 熟料的过程排放因子及常用非碳酸盐替代原料的扣减系数 16

参 考 文 献 17

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。

本文件由广东省环境科学研究院、中国科学院广州能源研究所提出。

本文件由广东省低碳发展促进会归口。

本文件起草单位：广东省环境科学研究院、中国科学院广州能源研究所、广东省环境科学学会、广东省水泥行业协会、广东省低碳发展促进会、广东塔牌集团股份有限公司蕉岭分公司、梅州皇马水泥有限公司、蕉岭县龙腾旋窑水泥有限公司、广州市越堡水泥有限公司、广州市珠江水泥有限公司。

本文件主要起草人：许鸿伟、甘云霞、熊雪晖、罗钰、廖程浩、张永波、郑晓鹏、蔡国田、蔡捷欢、邹耀、黄晓彬、李黎、许日昌、肖惠玉、牛麟、成贝贝、谢燕君、徐灵淼、符兆书、陈锐、谢召雄、傅传基、钟辉剑、李世界、李双喜、骆志永、韦彬、曹映松。

水泥行业协同处置项目二氧化碳减排量核算方法学

1 范围

本文件规定了水泥行业协同处置项目二氧化碳减排量核算的内容和核算报告编制要求。
本文件适用于水泥行业实施水泥回转窑协同处置替代燃料、替代原料项目的二氧化碳减排量核算。

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 33760 基于项目的温室气体减排量评估技术规范通用要求
GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
GB/T 32151.8 温室气体排放核算与报告要求第8部分：水泥生产企业
GB/T 35461 水泥生产企业能源计量器具配备和管理要求
GB/T 40083 建筑材料行业能耗在线监测技术要求
GB/T 26281 水泥回转窑热平衡、热效率、综合能耗计算方法
HJ 2519 环境标志产品技术要求水泥

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水泥熟料 portland cement clinker

以适当成分的生料煅烧至部分熔融，所得以硅酸钙、硫（铁）铝酸盐或铝酸盐为主要矿物成分的产品。

[来源：GB/T 21372-2024，3.1，有修改]

3.2

水泥回转窑 cement rotary kiln

一种旋转式的水泥熟料煅烧设备。

[来源：GB 4915-2013，3.2，有修改]

3.3

协同处置 co-processing

将可作为替代燃料或替代原料的废物或经过预处理的废物送入水泥回转窑中进行焚烧处理或替代使用，以实现废物的无害化和综合利用。

[来源：HJ 2519—2012，3.10，有修改]

3.4

替代燃料 alternative fuels

水泥回转窑熟料生产过程中被用作热源，但不属于传统化石燃料的可燃废弃物。

[来源：CNCA/CTS0017-2014，3.4]

3.5

替代原料 alternative raw materials

具有适宜的化学组分、可在水泥生产中替代天然矿石原料的非碳酸盐废物。

[来源：HJ 2519—2012，3.5，有修改]

3.6

二氧化碳减排量 carbon dioxide emission reduction

经计算得到的一定时期内项目所产生的二氧化碳排放量与基准线情景的排放量相比较的减少量。

[来源：GB/T 33760—2017，3.5，有修改]

3.7

基准线情景 base linescenario

用来提供参照的，在不实施碳减排项目情景下可能发生的假定情景。

注：基准线情景的发生时间段和项目同步。

[来源：GB/T 33760-2017，3.4]

4 核算内容

4.1 核算范围与流程

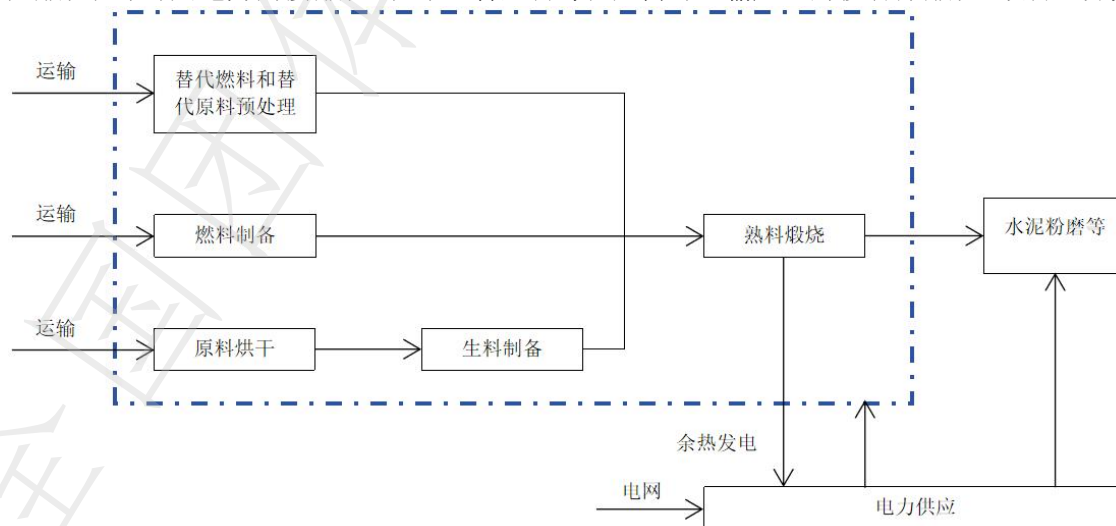
4.1.1 水泥行业协同处置项目二氧化碳减排量核算范围为水泥回转窑协同处置替代燃料和替代原料的项目边界。替代燃料包括但不限于废油、废轮胎、废塑料等非生物质替代燃料和园林废弃物等生物质替代燃料。替代原料包括但不限于脱硫粉剂（氢氧化钙）、熟石灰、电石渣、镁渣等。

4.1.2 对开展了水泥行业协同处置项目的企业，可在项目稳定运行后对二氧化碳减排量进行评估核算。核算流程包括：

- 项目核算边界与排放源识别；
- 项目基准线情景确定；
- 项目计量器具配备与校准（检定）符合性审核；
- 项目监测方法符合性审核；
- 项目基础数据质量管理体系和数据可靠性审核；
- 项目二氧化碳减排量计算；
- 项目减排量核算报告编制。

4.2 核算边界与排放源识别

水泥行业协同处置项目二氧化碳减排量核算的边界为从原料（包括生料、燃煤等原辅材料）进厂至熟料煅烧，熟料进入熟料库为止。涉及的排放源包括原料烘干、生料制备、燃料制备、替代燃料和替代原料预处理、水泥回转窑熟料煅烧等主要生产和辅助生产设备设施产生的燃料燃烧直接排放、碳酸盐分解过程排放和净外购电力间接排放，但不包含原料等在厂内外运输产生的移动源排放。项目边界见图1。



注：箭头表示工序流程方向；虚线框内为项目边界。

图1 项目边界示意图

4.3 基准线情景设定

根据不同的项目类型，设定两种基准线情景，具体情景按表1确定。

表 1 基准线情景

序号	项目类型	基准线情景
1	改建项目 ^a	项目改建前的水泥回转窑生产系统
2	新建项目 ^b	技术先进且无协同处置和资源回收利用的同等规模水泥回转窑生产系统
^a 设计产能扩建情形除外。		
^b 替代产能情形的新建项目。		

4.4 减排量核算

4.4.1 项目二氧化碳减排量计算公式：

$$ER = BE - PE \quad (1)$$

式中：

ER ——核算周期内，项目二氧化碳减排量，单位为吨二氧化碳(tCO_2)；

BE ——同一核算周期内，基准线情景二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)；

PE ——同一核算周期内，项目二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(tCO_2)。

4.4.2 项目基准线情景二氧化碳排放量计算公式：

$$BE = E_{\text{燃烧}BE} + E_{\text{过程}BE} + E_{\text{电力}BE} \quad (2)$$

式中：

BE ——核算周期内，基准线情景二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)；

$E_{\text{燃烧}BE}$ ——同一核算周期内，基准线情景化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)；

$E_{\text{过程}BE}$ ——同一核算周期内，基准线情景熟料煅烧过程中碳酸盐分解产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)；

$E_{\text{电力}BE}$ ——同一核算周期内，基准线情景净购入电力产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)。

4.4.3 项目二氧化碳排放量计算公式：

$$PE = E_{\text{燃烧}PE} + E_{\text{过程}PE} + E_{\text{电力}PE} \quad (3)$$

式中：

PE ——核算周期内，项目二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)；

$E_{\text{燃烧}PE}$ ——同一核算周期内，项目化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)；

$E_{\text{过程}PE}$ ——同一核算周期内，项目熟料煅烧过程中碳酸盐分解产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)；

$E_{\text{电力}PE}$ ——同一核算周期内，项目净购入电力产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳(CO_2)。

4.4.4 基准线情景与项目情景中化石燃料燃烧直接排放、碳酸盐分解过程排放和净外购电力间接排放的二氧化碳排放计算方法按附录 A。

4.5 监测与数据质量管理

4.5.1 改建项目

改建项目基准线情景和项目实施后的监测计量及数据监测、数据质量管理应满足以下4.5.1.1和4.5.1.2的要求。

4.5.1.1 监测计量及数据监测

改建项目基准线情景和项目实施后的监测计量及数据监测应满足以下要求。

a) 监测计量：

- 改建项目二氧化碳减排量核算的数据质量监测计量器具配备应满足GB/T 35461中4.3的配备原则，并按照GB/T 35461中4.4要求执行；
- 项目应定期根据国家相关计量规程进行计量器具校准（检定），准确度分别满足相关要求，并确保校准（检定）结果处在有效校准（检定）周期内；
- 同时配备有能耗在线监测系统的项目，能耗在线监测系统应满足GB/T 40083重点工序级的监测要求。

b) 数据监测:

- 改建项目二氧化碳减排量核算前应按规范制定数据质量监测计划, 监测计划内容可参考《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)》或《广东省水泥企业二氧化碳排放信息报告指南》等文件中熟料生产的相关要求, 具体要求见附录B, 以此获取活动水平数据、燃料热值等基础数据, 并汇编、分析和存档。

4.5.1.2 数据质量管理

改建项目基准线情景和项目实施后的数据质量管理应满足以下要求。

a) 管理制度与程序:

- 项目应建立和应用数据质量管理体系和程序, 管理制度包括但不限于数据质量管理体系和质量保证体系、温室气体数据内部台账管理制度和物料平衡管理制度等, 评估项目基础数据不确定性, 确保项目基础数据的可靠性;
- 燃料热值及其对应的排放因子应优先采用项目实测值, 其次则采用附录C中C.1和C.2国家公布的或主管部门认可的相关数据;
- 其他数据质量管理要求按照GB/T 33760中5.11执行。

b) 数据审核:

- 基础数据应参考GB/T 26281中5.0的物料平衡和热平衡计算进行分析, 分析内容见附录D中表D.1-D.2, 提高项目基础数据可靠性, 同时保证基础数据满足数据质量监测计划及相关管理体系要求;
- 同时配备有烟气二氧化碳排放自动监测设备的项目, 可参考《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)》的相关要求报告项目二氧化碳排放量, 作为项目数据监测可靠性审核的参考依据;
- 如改建项目未能满足基础数据计量、监测和管理要求, 基础数据可参考《省级温室气体清单编制指南》以下来源, 优先级依次降低: 国家及地方官方统计数据 (如调查、普查数据), 包括国家、地方统计局、行业主管部门等政府部门的气候变化统计报表、统计年鉴、统计年报、白皮书等; 重点企业报告数据、行业协会相关数据; 著作、期刊和报告中的科技论文等文献; 国内、省内专家; 网上公开来源等。

4.5.2 新建项目

4.5.2.1 基准线情景

新建项目基准线情景应为项目所在地技术先进且无协同处置和资源回收利用的水泥回转窑生产系统。

a) 项目所在地:

- 项目所在地一般为项目所在的省级行政区。如采用其他行政区的水泥回转窑生产系统作为基准线情景, 应予以说明。

b) 技术先进性:

- 项目应从工艺、设备、管理和能耗绩效等方面分别论述基准线情景水泥回转窑生产系统的先进性, 充分说明基准线情景确定的可靠性。

c) 数据来源:

- 新建项目基准线情景基础数据的计量、监测和管理参照改建项目的要求, 分别满足GB/T 35461, GB/T 35461、《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)》或《广东省水泥企业二氧化碳排放信息报告指南》、GB/T 33760和GB/T 26281等要求。

4.5.2.2 数据计量、监测和数据质量管理

新建项目建成后基础数据的监测计量及数据监测、数据质量管理应参照本文件4.5.1.1和4.5.1.2的要求实施。

5 减排量核算报告编制

减排量核算报告内容按照GB/T 33760中5.12要求编制。相关内容包括但不限于：

- a) 项目基础信息，包括项目业主信息、备案信息、规模、地点、持续时间和活动类型；
- b) 项目工艺流程及技术先进性简述；
- c) 项目二氧化碳减排量的核算边界、依据、程序及核算周期说明；
- d) 项目类型及基准线情景设定及相关说明；
- e) 项目计量器具配备与校准（检定）符合性审核过程情况及结果说明；
- f) 项目基础数据质量管理制度、数据来源及其不确定性、可靠性审核过程及结果说明；
- g) 核算周期内项目和基准线情境下二氧化碳排放量及减排量核算（以tCO₂表示）；
- h) 项目减排量核算结论。

附录 A

(规范性)

基准线情景与项目二氧化碳排放计算方法

A.1 水泥行业协同处置项目二氧化碳减排量的排放源包括化石燃料燃烧直接排放、碳酸盐分解过程排放和净外购电力间接排放。

A.2 化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量计算公式。

$$E_B = E_{B1} + E_{B2} \quad \text{..... (A.1)}$$

式中：

E_B ——核算周期内，项目核算边界内燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

E_{B1} ——同一核算周期内，项目核算边界内化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂），按公式（A.2）计算；

E_{B2} ——同一核算周期内，项目核算边界内替代燃料中非生物质碳燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂），按公式（A.3）或公式（A.4）计算。

$$E_{B1} = \sum_{i=1}^n (FC_i \times NCV_{ar,i} \times CC_i \times OF_i \times 44/12) \quad \text{..... (A.2)}$$

式中：

FC_i ——同一核算周期内，项目核算边界内第 i 种化石燃料的消耗量。对于固体或液体燃料，单位为吨(t)；对于气体燃料，单位为万标准立方米（10⁴Nm³）；

$NCV_{ar,i}$ ——同一核算周期内，第 i 种化石燃料收到基低位发热量。对于固体或液体燃料，单位为吉焦每吨（GJ/t）；对于气体燃料，单位为吉焦每万标准立方米（GJ/10⁴Nm³）；

CC_i ——同一核算周期内，第 i 种化石燃料单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（tC/GJ）；

OF_i ——第 i 种化石燃料碳氧化率，以%表示；

44/12——二氧化碳与碳的相对分子质量之比；

i ——化石燃料种类。

$$E_{B2} = \sum_{j=1}^n (FC_{aj} \times NCV_{aj} \times EF_{1j} \times \alpha_j) \quad \text{..... (A.3)}$$

式中：

FC_{aj} ——同一核算周期内，第 j 种替代燃料消耗量，单位为吨（t）；

NCV_{aj} ——同一核算周期内，第 j 种替代燃料收到基低位发热量，单位为吉焦每吨（GJ）；

EF_{1j} ——同一核算周期内，第 j 种替代燃料燃烧的单位热值碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ）；

α_j ——同一核算周期内，第 j 种替代燃料中非生物质碳的含量（%）。

$$E_{B2} = \sum_{j=1}^n (FC_{aj} \times EF_{2j} \times \alpha_j) \quad \text{..... (A.4)}$$

式中：

EF_{2j} ——同一核算周期内，第 j 种替代燃料燃烧的单位质量碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吨（tCO₂）。

A.3 碳酸盐分解过程产生的二氧化碳排放量计算公式。

本方法学提供 3 种碳酸盐分解过程产生的二氧化碳排放量计算方法，可根据设定的情景类型和项目实际情况选择合适的计算方法，但同个项目需选用同一计算方法核算协同处置项目实施前后的碳酸盐分解过程产生的二氧化碳排放量。

方法 1：

$$E_C = Q_{ck} \times EF_{ck} - \sum_{p=1}^n (Q_{ap} \times EF_{ap}) \quad \text{..... (A.5)}$$

式中：

E_C ——核算周期内,项目边界内熟料生产过程排放量,单位为吨二氧化碳(tCO_2);
 Q_{ck} ——同一核算周期内,项目边界内熟料产量,单位为吨(t);
 EF_{ck} ——熟料生产过程排放因子(采用附录E中表E.1中的相关数据),单位为吨二氧化碳每吨(tCO_2/t);
 $Q_{a,j}$ ——同一核算周期内,项目边界内第 j 类非碳酸盐替代原料消耗量,单位为吨(t);
 $EF_{a,p}$ ——第 p 类非碳酸盐替代原料的扣减系数(采用附录E中表E.2中的相关数据),单位为吨二氧化碳每吨(tCO_2/t);
 j ——碳酸盐替代原料种类。

方法2:

若项目具有非碳酸盐替代原料的氧化钙和氧化镁的含量测量,可采用实测数据进行计算,公式如下:

$$E_C = Q_{ck} \times (FR_1 \times 44/56 + FR_2 \times 44/40) - \sum_{j=1}^n (Q_{a,j} \times (FR_{1,j} \times 44/56 + FR_{2,j} \times 44/40)) \quad (A.6)$$

式中:

Q_{ck} ——同一核算周期内,项目边界内熟料产量,单位为吨(t);
 FR_1 ——同一核算周期内,项目边界内熟料中氧化钙含量(%);
 FR_2 ——同一核算周期内,项目边界内熟料中氧化镁含量(%);
 $44/56$ ——二氧化碳与氧化钙的相对分子质量之比;
 $44/40$ ——二氧化碳与氧化镁的相对分子质量之比;
 $Q_{a,j}$ ——同一核算周期内,项目边界内第 j 类非碳酸盐替代原料消耗量,单位为吨(t);
 $FR_{1,j}$ ——同一核算周期内,项目边界内第 j 种非碳酸盐替代原料中氧化钙的含量(%);
 $FR_{2,j}$ ——同一核算周期内,项目边界内第 j 种非碳酸盐替代原料中氧化镁的含量(%);
 j ——非碳酸盐替代原料种类。

方法3:

若生料中采用电石渣等替代原料进行配料,可按生料中实际碳酸盐矿物含量计算二氧化碳排放量,计算公式如下:

$$E_C = Q_{ck} \times [(FR_1 - FR_{10,j}) \times 44/56 + (FR_2 - FR_{20,j}) \times 44/40] \quad (A.7)$$

式中:

E_C ——同一核算周期内,项目边界内碳酸盐分解过程产生的二氧化碳排放量,单位为吨二氧化碳(tCO_2);
 Q_{ck} ——同一核算周期内,项目边界内熟料产量,单位为吨(t);
 FR_1 ——同一核算周期内,项目边界内熟料中氧化钙(CaO)的含量(%);
 $FR_{10,j}$ ——同一核算周期内,项目边界内熟料中非来源于碳酸盐分解的氧化钙(CaO)的含量(%);
 FR_2 ——同一核算周期内,项目边界内熟料中氧化镁(MgO)的含量(%);
 $FR_{20,j}$ ——同一核算周期内,项目边界内熟料中非来源于碳酸盐分解的氧化镁(MgO)的含量(%)。
其中:熟料中非来源于碳酸盐分解的氧化钙(CaO)的含量 $FR_{10,j}$ 和熟料中非来源于碳酸盐分解的氧化镁(MgO)的含量 $FR_{20,j}$ 计算公式:

$$FR_{10,j} = FS_{10,j} \div [(1 - L)] \times F_c \quad (A.8)$$

$$FR_{20,j} = FS_{20,j} \div [(1 - L)] \times F_c \quad (A.9)$$

式中:

$FS_{10,j}$ ——同一核算周期内,项目边界内生料中不以碳酸盐形式存在的氧化钙(CaO)的含量(%);
 L ——同一核算周期内,项目边界内生料烧失量(%);
 F_c ——同一核算周期内,项目边界内熟料中燃煤灰分掺入量换算因子,采用项目实际监测值,如无实际监测值,可采用参考值1.04;

$FS_{20,j}$ ——同一核算周期内,项目边界内生料中不以碳酸盐形式存在的氧化镁(MgO)的含量(%)。

A.4 净外购电力产生的二氧化碳排放量计算公式:

$$E_E = (E_t - E_w - E_r - E_g - E_o) \times EF_e \quad (A.10)$$

式中:

E_E ——同一核算周期内,项目边界内净购入电力产生的二氧化碳排放量,单位为吨二氧化碳(tCO_2);

E_r ——同一核算周期内,项目边界内总用电量,单位为兆瓦时(MWh);

E_w ——同一核算周期内,项目边界内余热发电用电量,单位为兆瓦时(MWh);

$E_{r'}$ ——同一核算周期内,项目边界内可再生能源发电用电量,单位为兆瓦时(MWh);

E_g ——同一核算周期内,项目边界内外购绿色电力量(《绿色电力消费凭证》电量或直供绿色电力电量),单位为兆瓦时(MWh);

E_o ——同一核算周期内,项目外输电力量,单位为兆瓦时(MWh);

EF_e ——同一核算周期内,项目边界内电力排放因子,采用最新发布区域电网平均排放因子,单位为吨二氧化碳每兆瓦时(tCO_2/MWh)。

附录 B

(规范性)

项目二氧化碳减排量核算数据质量监测要求

数据质量监测要求见下表。

表 B.1 数据质量监测要求^a

监测项目	符号	单位	监测依据	监测频次 ^b	监测要求	证明文件及交叉验证要求
化石燃料消耗量	FC_i	t	GB 17167	若数据来源采用“收入量、库存量等原料物流数据核算”，收入量须每批次计量，库存量须至少每月一次；若数据来源采用“皮带秤、流量计等计量设备实际计量”，须实时监测。	对每一生产周期的分燃料使用数据进行月汇总。辅以化石燃料消耗量采用“进厂量+期初库存-期末库存-外销量”核算结果进行交叉验证。	台账、结算凭证。以台账为准，使用结算凭证交叉检验。
化石燃料加权平均(收到基)低位发热量 ^b	NCV_i	GJ/t	燃煤— 采样: GB 475、GB/T 19494.1 制样: GB 474 检测: GB/T 213 燃油—GB/T 384	每批次/每生产周期(班、日、周、月)。	对检测数据进行加权月平均、加权年平均计算。	检测报告或检测台账。
化石燃料单位(收到基)热值含碳量	CC_i	t/GJ	燃煤— 采样: GB 475、GB/T 19494.1 制样: GB 474 检测: GB/T 476、GB/T 30733、GB/T 31391、DL/T 568 燃油—SH/T 0656	每批次/每生产周期(班、日、周、月)。	对检测数据进行加权月平均、加权年平均计算。	检测报告或检测台账(由通过 CMA 认定或 CNAS 认可、具备收到基低位发热量检测能力的检测机构或符合条件的自有实验室出具)。
替代燃料	FC_{aj}	t	GB 17167	若数据来源采用“收入量、库存量等原料物流数据核算”，收入量须每批次计量，库存量须至少每月一次；若数据来源采用“皮带秤、流量计等计量设备实际计量”，须实时监测。	对每一生产周期的分燃料使用数据进行月汇总。辅以替代燃料消耗量采用“进厂量+期初库存-期末库存-外销量”核算结果进行交叉验证。	台账、结算凭证。以台账为准，使用结算凭证交叉检验。
熟料产量	Q_{ck}	t	GB 17167	按生产周期(班、日、周)记录。	由不同生料配比生产出来的不同种类熟料分别按月汇总。辅以熟料产量根据消耗量、外销量、购进量、熟料库和熟料仓的库存变化确定，即采用“消耗量+外销量+期末库存-期初库存-购进量”核算结果进行交叉验证。	生产报表。

表B.1 数据质量监测要求^c（续）

监测项目	符号	单位	监测依据	监测频次 ^b	监测要求	证明文件及交叉验证要求
非碳酸盐替代原料消耗量	$Q_{a,p}$	t	GB 17167	若数据来源采用“收入量、库存量等原料物流数据核算”，收入量须每批次计量，库存量须至少每月一次；若数据来源采用“皮带秤、流量计等计量设备实际计量”须实时监测。	对每一生产周期的分非碳酸盐替代原料使用数据进行月汇总。辅 以非碳酸盐替代原料消耗量采用“进厂量+期初库存-期末库存-外销量”核算结果进行交叉验证。	台账、结算凭证。以台账为准，使用结算凭证交叉检验。
熟料中氧化钙(CaO)的含量	FR_1	%	GB/T 176	每日检测一次。	每日的检测数据进行加权月平均、加权年平均；有能力的项目按不同配比熟料分别进行统计。	检测报告或检测台账。
熟料中非来源于碳酸盐分解的氧化钙(CaO)的含量	$FR_{10,j}$	%	GB/T 176	每日检测一次。	每日的检测数据进行加权月平均、加权年平均；有能力的项目应按不同配比熟料分别进行统计。	检测报告或检测台账。
熟料中氧化镁(MgO)的含量	FR_2	%	GB/T 176	每日检测一次。	每日的检测数据进行加权月平均、加权年平均；有能力的项目应按不同配比熟料分别进行统计。	检测报告或检测台账。
熟料中非来源于碳酸盐分解的氧化镁(MgO)的含量	$FR_{20,j}$	%	GB/T 176	每日检测一次。	每日的检测数据进行加权月平均、加权年平均；有能力的项目应按不同配比熟料分别进行统计。	检测报告或检测台账。
生料烧失量	L	%	GB/T176	每日检测一次。	每日的检测数据进行加权月平均、加权年平均；有能力的项目应按不同配比熟料分别进行统计。	检测报告或检测台账。
熟料中燃煤灰分掺入量换算因子	F_c	无量纲	GB/T 1574	每日检测一次。	每日的检测数据进行加权月平均、加权年平均；有能力的项目应按不同配比熟料分别进行统计。	检测报告或检测台账。
总用电量	E_t	MWh	GB 17167	按结算周期(日、周、月等)记录。	对每一生产周期的电力量进行月汇总。	电力缴费通知单(下网电)、结算单或发票(直供电、专供电)，同时使用电表记录数据交叉校验。
余热发电用电量	E_w	MWh	GB 17167	按生产周期(日、周、月等)记录。	对每一生产周期的电力量进行月汇总。	电表记录。

表B.1 数据质量监测要求^a（续）

监测项目	符号	单位	监测依据	监测频次 ^b	监测要求	证明文件及交叉验证要求
可再生发电用电量	E_r	MWh	GB 17167	按生产周期（日、周、月等）记录。	对每一生产周期的电力量进行月汇总。	电表记录，同时使用结算单交叉校验。
外购绿色电力量	E_g	MWh	GB 17167	按生产周期（日、周、月等）记录。	对每一生产周期的电力量进行月汇总。	电表记录，同时使用结算单交叉校验。
外输电力量	E_o	MWh	GB 17167	按结算周期（日、周、月等）记录。	对每一生产周期的电力量进行月汇总。	结算单或发票，同时使用电表记录数据交叉校验。
^a 如本表相关指标计算涉及其他指标化验或计算的，应同步根据国家、行业等标准执行。						
^b 化石燃料消耗量与化石燃料加权平均（收到基）低位发热量/含碳量的计量点状态需相对应。						

附录 C

(规范性)

常用化石燃料和常用替代燃料的相关参数参考值

常用化石燃料和常用替代燃料的相关参数参考值见下表 C.1 和 C.2。

表 C.1 常用化石燃料相关参数参考值

化石燃料品种	计量单位	低位发热量 ^a (GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³)	单位热值含碳量 (tC/GJ)	氧化率 (%)	化石燃料品种
固体燃料	无烟煤	t	22.867 ^b	0.02749 ^c	99 ^e (水泥窑)
	烟煤	t	23.076 ^b	0.02618 ^c	
	褐煤	t	14.759 ^b	0.02797 ^c	
	煤矸石 ^d	t	8.374 ^e	0.02541 ^c	
	煤泥	t	12.545 ^f	0.02541 ^c	
	焦炭 ^g	t	28.435 ^f	0.02942 ^c	
	石油焦	t	32.500 ^h	0.02750 ^c	
液体燃料	原油	t	41.816 ^f	0.02008 ^c	98 ^c
	燃料油	t	41.816 ^f	0.02110 ^c	
	汽油	t	43.070 ^f	0.01890 ^c	
	柴油	t	42.652 ^f	0.02020 ^c	
	煤油	t	43.070 ^f	0.01960 ^c	
	液化天然气	t	51.498 ^e	0.01720 ^c	
	液化石油气	t	50.179 ^f	0.01720 ^c	
	煤焦油	t	33.453 ^f	0.02200 ^h	
	炼厂干气	t	45.998 ^f	0.01820 ^c	
气体燃料	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.310 ^f	0.01532 ^c	99 ^c
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.000 ^b	0.07080 ^h	
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.000 ^b	0.04960 ^h	
	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	173.854 ^h	0.01210 ^h	

^a 根据 GB/T 3102.4 国际蒸汽表卡换算, 1 千克标准煤 (kgce) 低位发热量为 29307.6kJ, 即 7000kcal, 本说明 1kcal 折算为 4.1868kJ。

^b 数据取值来源为《2005 中国温室气体清单研究》。

^c 数据取值来源为《省级温室气体清单编制指南 (试行)》。

^d 煤矸石用作生料配料时作为原料, 用作燃料入窑时作为化石燃料。

^e 数据取值来源为 GB/T 2589-2020《综合能耗计算通则》。

^f 数据取值来源为《中国能源统计年鉴 2022》。

^g 兰炭作为燃料时, 缺省值可参考焦炭。

^h 数据取值来源为《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》及 2019 年修订版。

表 C.2 常用化石燃料相关参数参考值

替代燃料种类	低位发热量 (GJ/t)	单位热值碳排放因子 (tCO ₂ /GJ)	单位质量碳排放因子 (tCO ₂ /t)	非生物质碳含量 (%)
废油	40.200 ^a	0.0740 ^b	—	100 ^c
废轮胎 ^d	31.400 ^a	0.0850 ^b	—	20 ^c
废塑料	32.570 ^e	0.0750 ^b	—	100 ^c
废溶剂	51.500 ^a	0.0740 ^b	—	80 ^c
废皮革	29.000 ^a	0.1100 ^b	—	20 ^c
废玻璃钢	32.600 ^a	0.0830 ^b	—	100 ^g
废纺织品	17.450 ^e	0.0917 ^c	—	20 ^c
废橡胶	23.260 ^e	0.0917 ^c	—	20 ^h
工业废料	12.560 ^f	0.1430 ^c	—	100 ^g
城市生活垃圾(湿)	—	—	0.6967 ^h	39 ^h
生物质	—	0	0	0

^a数据取值来源为《中国水泥生产企业温室气体排放核算方法和报告指南(试行)》。

^b数据取值来源为《水泥行业二氧化碳和能源议定书2011》。

^c数据取值来源为《2006年IPCC国家温室气体清单指南》及2019年修订版,其中废纺织品、废橡胶单位热值碳排放因子按城市废物(非生物质部分)处理。

^d炭黑作为替代燃料时,缺省值可参考废轮胎。

^e数据取值来源为GB/T 34615-2017《水泥窑协同处置的生活垃圾预处理可燃物燃烧特性检测方法》。

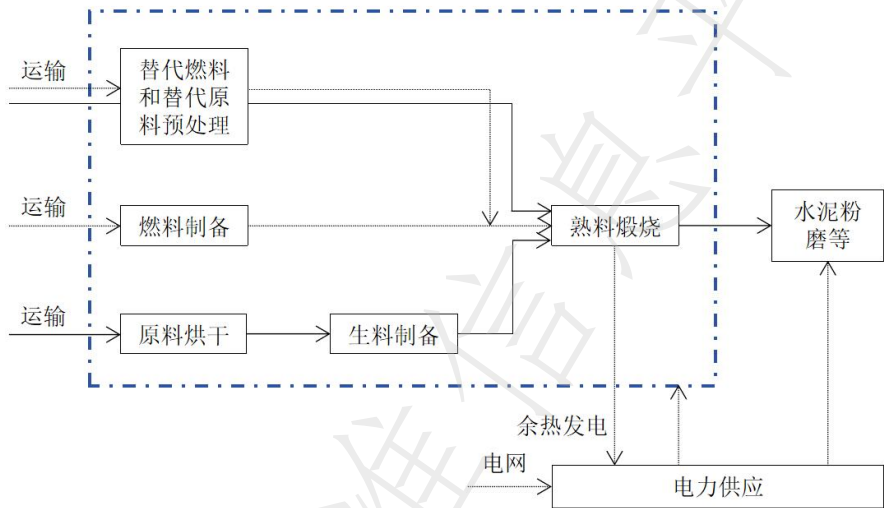
^f数据取值来源《2020年能源统计报表制度》,依据参考发热量计算,1kcal=4.1868kJ。

^g工业废料非生物质碳含量默认为100%。

^h数据取值来源为《省级温室气体清单编制指南(试行)》,其中单位质量碳排放因子依据废物碳含量、燃烧效率缺省值计算。

附录 D
(规范性)
项目物料平衡与热平衡计算边界及平衡计算

物料平衡和热平衡计算边界及平衡计算见图 D.1 和表 D.1、D.2。



注：实线表示物质流；虚线表示能量流；虚线框内为项目边界。

图 D.1 项目边界与物质流、能量流示意图

表 D.1 项目物料平衡表^a

收入物料				支出物料			
项目	符号	kg/kg	%	项目	符号	kg/kg	%
化石燃料消耗量	m_{hs}			出冷却机熟料量	m_{Lsh}		
替代燃料消耗量	m_{tdrl}			预热器出口废气量	m_{yrfq}		
生料消耗量	m_{sl}			预热器出口飞灰量	m_{fh}		
替代原料消耗量	m_{tdyl}			冷却机排出余风量	m_{pk}		
入炉回灰量	m_{yh}			煤磨抽冷却机气体量	m_{mmk}		
一次空气量	m_{yk}			窑头余热利用抽冷却机气体量	m_{yrk}		
入冷却机冷气体量	m_{Lk}			冷却机排出气体飞灰量	m_{Lfh}		
生料带入空气量	m_{sk}			其他物料支出量	m_{qt}		
替代原料带入空气量	m_{tdylk}						
系统漏入空气量	m_{LOk}						
其他物料带入量	M_{qtd}						
合计			100				

^a 项目物料平衡表相关项目指标、取值方法及计算方法来源于《水泥回转窑热平衡、热效率、综合能耗计算方法》(GB/T 26281)。

表 D.2 项目边界内能量平衡表^b

收入热量				支出热量			
项目	符号	kJ/kg	%	项目	符号	kJ/kg	%
化石燃料燃烧热	Q_{hsR}			熟料形成热	Q_{sh}		
化石燃料显热	Q_{hsr}			蒸发生料中水分耗热	Q_{zf}		
替代燃料燃烧热	Q_{tdrlR}			出冷却机熟料显热	Q_{Lsh}		
替代燃料显热	Q_{tdrlr}			预热器出口废气显热	Q_{yrfqr}		
生料中可燃物燃烧热	Q_{slR}			预热器出口飞灰显热	Q_{yrfhr}		

表D.2 项目边界内能量平衡表^b（续）

收入热量				支出热量			
生料显热	Q_{slr}			飞灰脱水机碳酸盐分解热耗	Q_{tfr}		
替代原料显热	Q_{tdylr}			冷却机排出余风显热	Q_{pkr}		
一次空气显热	Q_{ykr}			冷却机排出气体飞灰显热	Q_{cfr}		
入冷却机冷气体显热	Q_{Lkr}			煤磨抽冷却机气体显热	Q_{mmkr}		
生料带入空气显热	Q_{skr}			窑头余热利用抽冷却机气体显热	Q_{yrkr}		
替代原料带入空气显热	Q_{tdylkr}			化学不完全燃烧热损失	Q_{hb}		
系统漏入空气显热	Q_{LOkr}			机械不完全燃烧热损失	Q_{jb}		
其他物料带入显热	Q_{qtd}			系统表面散热	Q_B		
				其他支出	Q_{qt}		
合计			100				100
^b 项目热平衡表相关项目指标、取值方法及计算方法来源于《水泥回转窑热平衡、热效率、综合能耗计算方法》（GB/T 26281）。							

附录 E

(规范性)

熟料的过程排放因子及常用非碳酸盐替代原料的扣减系数

熟料的过程排放因子及常用非碳酸盐替代原料的扣减系数见表E.1和E.2。

表 E.1 熟料的过程排放因子

序号	熟料类型	排放因子 (tCO ₂ /t)
1	硅酸盐水泥熟料	0.535
2	白色硅酸盐水泥熟料	0.550
3	硫(铁)铝酸盐水泥熟料	0.413
4	铝酸盐水泥熟料(有过程排放)	0.292

表 E.2 常用非碳酸盐替代原料的扣减系数

序号	常用非碳酸盐替代原料类型	扣减系数 (tCO ₂ /t)
1	脱硫粉剂(氢氧化钙)、熟石灰	0.600
2	电石渣、镁渣	0.480
3	造纸白泥、氟化钙污泥、磷渣	0.375
4	钒钛渣、氮渣、飞灰、铁合金炉渣	0.305
5	脱硫石膏、磷石膏、钛石膏、氟石膏、硼石膏、模型石膏、柠檬酸渣	0.245
6	钢渣、镍渣	0.215
7	锰渣、锌渣、锡渣	0.135
8	市政污泥、铝渣、硫酸渣、铜渣、铅锌渣、粉煤灰、赤泥	0.055

参 考 文 献

- [1] ISO 14064-2 Greenhouse gas—Part1:Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals
 - [2] STCE 3—2012 水泥行业项目层面温室气体减排成效评价技术规范
 - [3] 省级温室气体清单指南（试行）
 - [4] 省级温室气体清单指南（试行）
 - [5] 水泥行业二氧化碳减排议定书 水泥行业二氧化碳排放统计与报告标准（2011）
 - [6] IPCC 国家温室气体清单指南（2006）,政府间气候变化专门委员会
 - [7] 温室气体清单企业核算和报告标准
-