



湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) 144 -2025

水泥企业能源计量数据转换为碳排放 数据技术规范

Technical specification for transforming energy measurement
data into carbon emission data for cement enterprises

2025-01-15 发布

2025-05-01 实施

湖北省市场监督管理局 发布

水泥企业能源计量数据转换 为碳排放数据技术规范

Technical specification for transforming energy
measurement data into carbon emission data for
cement enterprises

JJF (鄂) 144 -2025

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：华新水泥股份有限公司

本规范委托华新水泥股份有限公司负责解释

本规范主要起草人：

杨宏兵（华新水泥股份有限公司）

邓锡坤（华新水泥股份有限公司）

张捷（华新水泥股份有限公司）

叶萌（华新水泥股份有限公司）

武秋月（华新水泥股份有限公司）

参加起草人：

王兴鹏（华新水泥股份有限公司）

陈华云（华新水泥股份有限公司）

李应（华新水泥股份有限公司）

张谋（华新水泥股份有限公司）

李飞（葛洲坝嘉鱼水泥有限公司）

吴青旭（湖北省计量测试技术研究院潜江分院）

段应祥

李贤

孙书琴（华新水泥股份有限公司）

石静兰（华新水泥股份有限公司）

目 录

| | |
|------------------------------|----|
| 引 言..... | II |
| 1 范围..... | 1 |
| 2 引用文件..... | 1 |
| 3 术语..... | 1 |
| 4 能源计量数据转换碳排放数据边界与要求..... | 2 |
| 4.1 数据边界..... | 2 |
| 4.2 数据要求..... | 2 |
| 4.3 能源计量管理要求..... | 3 |
| 5 转换方法..... | 3 |
| 5.1 核算法计算碳排放..... | 3 |
| 5.1.1 数据获取..... | 3 |
| 5.1.2 化石燃料燃烧碳排放量的计算..... | 3 |
| 5.1.3 熟料生产消耗电力产生碳排放量的计算..... | 3 |
| 5.2 能源计量数据转换碳排放数据..... | 4 |
| 5.2.1 数据获取..... | 4 |
| 5.2.2 化石燃料燃烧碳排放量的转换..... | 4 |
| 5.2.3 熟料生产消耗电力产生碳排放量的转换..... | 6 |
| 5.2.4 相关数据转换..... | 6 |
| 附录 A (资料性) | 7 |

引 言

气候变化是全球面临的重要挑战，国家层面将碳达峰碳中和作为发展的重要战略之一，出台了一系列政策标准以支撑各行业向碳达峰碳中和目标迈进。水泥行业碳核算目前主要以《碳排放核算与报告要求第8部分：水泥生产企业》(GB/T 32151.8—2023)、《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)和《企业温室气体排放核算与报告填报说明 水泥熟料生产》为依据，主要考虑的排放源包括燃料燃烧排放、过程排放和电力排放。《水泥单位产品能源消耗限额》(GB 16780—2021)以能源计量数据为基础，提出了水泥熟料相关能耗指标的计算方法。而碳排放中燃料燃烧排放、电力排放的基础数据来源也应应以能源计量数据为依据，与能耗指标数据存在一定的转换关系。本文件就碳转换的可行性提出具体转换方法，水泥企业可利用能源计量数据转换为碳数据进行交叉验证，为碳数据核查验证提供技术依据，通过建立数据互通共享机制，可有效提升各数据质量控制管理。

本规范根据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1002《国家计量检定规程编写规则》规定的规则编写，且为首次发布。

水泥企业能源计量数据转换为碳排放数据技术规范

1 范围

本规范规定了水泥企业能源计量数据和碳排放数据的术语、定义、转换方法要求。

本规范适用于以熟料生产为主营业务的通用水泥熟料生产企业，其他品种水泥熟料生产企业可参考执行。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1356 重点用能单位能源计量审查规范

GB 16780 水泥单位产品能源消耗限额

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料

GB/T 27977 水泥生产电能能效测试及计算方法

GB/T 32151.8 碳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

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 能源计量 energy measuring

在能源生产、储运、结算、使用和管理等过程中，对能源数量、质量和能源利用效率的度量，以及对用能设备和系统的能源利用效率检测和评价等，其本质特征是关于能源消耗总量和能源消耗强度的度量。

3.2 化石燃料燃烧排放 fossil fuel combustion emission

化石燃料在氧化燃烧过程中产生的碳排放。[GB/T 32151.8-2023，术语和定义 3.11]

3.3 低位发热量 net calorific value

燃料完全燃烧，其燃烧产物中的水蒸汽以气态存在时的发热量，也称低位热值。[企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业，术语和定义 3.8]

3.4 碳氧化率 carbon oxidation rate

燃料中的碳在燃烧过程中被完全氧化的百分比。[GB/T 32151.8-2023, 术语和定义 3.10]

3.5 消耗电力排放 emission from consumed electricity

熟料生产消耗电量所对应产生的二氧化碳排放。

3.6 熟料单位产品综合煤耗 fuel consumption per unit product of clinker

在统计报告期内，用能单位生产水泥熟料消耗的煤、柴油等燃料量，折算成 1 t 水泥熟料消耗的标准煤量。[GB 16780—2021, 术语和定义 3.3]

3.7 熟料单位产品综合电耗 electricity consumption per unit product of clinker

在统计报告期内，用能单位生产水泥熟料消耗的电能，折算成 1t 水泥熟料消耗的电能。[GB 16780—2021, 术语和定义 3.4]

3.8 熟料单位产品综合能耗 energy consumption per unit product of clinker

在统计报告期内，用能单位生产水泥熟料消耗的各种能源，折算成 1t 水泥熟料消耗的能源量。[GB 16780—2021, 术语和定义 3.1]

4 能源计量数据转换碳排放数据边界与要求

4.1 数据边界

本规范规定的熟料生产边界包括从原燃料进入生产厂区到熟料入库为止的主要生产系统和辅助生产系统。

碳排放数据指的是核算边界内的化石燃料燃烧排放数据和消耗电力排放数据。能源消耗数据是指为计算化石燃料燃烧碳排放与消耗电力碳排放所需的熟料单位产品综合能耗、熟料单位产品综合煤耗、熟料单位产品综合电耗、余热电站总发电量和余热电站自用电量等数据。电量消耗的统计应符合 GB/T 27977 的要求。

当企业协同处置固体废物或使用替代燃料时，应对固体废物处置量或替代燃料消耗量进行单独统计，但不计入能源消耗总量和碳排放总量。企业如使用煤矸石等固体废物时，需根据碳排放核算要求计算其碳排放。

4.2 数据要求

本规范所提到的碳排放数据宜来源于统计期内第三方核查结果，能源计量数据优先采用统计期内的节能监察数据。

企业采集的能源计量数据要保证其完整性、真实性、准确性和可靠性；且应将能源计量数据作为能源审计、能源效率限额对标，节能降耗改造等活动的依据，提高能源利用效率；

此外，核算法得出的碳数据与能源计量数据转换的碳数据宜进行年度交叉验证。

4.3 能源计量管理要求

企业应加强能源计量管理工作，包括但不限于：

- a) 企业应建立健全能源计量管理体系；
- b) 企业应设立能源计量管理部门，配备专业的能源计量人员和能源计量器具，人员和能源计量器具的管理应符合 JJF 1356、GB/T 17167 和 GB/T 35461 的要求；
- c) 企业应建立完善能源计量管理制度，建立能源管理台账，并有效实施；

5 转换方法

5.1 核算法计算碳排放

5.1.1 数据获取

根据《碳排放核算与报告要求 第8部分：水泥生产企业》（GB/T 32151.8-2023）中要求获取熟料生产消耗化石燃料的消耗量、化石燃料的加权平均低位发热量、化石燃料的单位热值含碳量、化石燃料的碳氧化率、熟料生产消耗电力、余热发电量和电网平均排放因子。

5.1.2 化石燃料燃烧碳排放量的计算

熟料生产工序能源活动中，化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量按公式（1）计算：

$$E_{\text{燃烧}x} = \sum_{i=1}^n \left(FC_i \times NCV_i \times CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12} \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}x}$ ——统计期内，熟料生产消耗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）；

FC_i ——统计期内，熟料生产消耗第*i*种化石燃料的消耗量，单位为吨（t）；

NCV_i ——统计期内，第*i*种化石燃料的加权平均低位发热量，单位为吉焦每吨（GJ/t）；

CC_i ——第*i*种化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（tC/GJ）；

OF_i ——第*i*种化石燃料的碳氧化率（%）。

5.1.3 熟料生产消耗电力产生碳排放量的计算

熟料生产活动中消耗电力产生的二氧化碳排放，采用公式（2）计算：

$$E_{\text{电}x} = AD_{\text{电}} \times EF_{\text{电}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_{\text{电x}}$ ——统计期内，熟料生产消耗电力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$AD_{\text{电}}$ ——统计期内，熟料生产消耗电量，单位为兆瓦时（ $\text{MW}\cdot\text{h}$ ）；

$EF_{\text{电}}$ ——电网平均排放因子，根据当年全国或地方的电网电力排放因子动态取值，单位为吨二氧化碳/兆瓦时（ $\text{tCO}_2/\text{MW}\cdot\text{h}$ ）。

熟料生产消耗电量采用公式（3）计算：

$$AD_{\text{电}} = AD_{\text{消耗电}} - AD_{\text{余热发电}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$AD_{\text{消耗电}}$ ——熟料生产总消耗电量，单位为兆瓦时（ $\text{MW}\cdot\text{h}$ ）；

$AD_{\text{余热发电}}$ ——熟料生产核算边界内余热电站发电量，单位为兆瓦时（ $\text{MW}\cdot\text{h}$ ）。

5.2 能源计量数据转换碳排放数据

5.2.1 数据获取

根据《水泥单位产品能耗限额》（GB 16780—2021）要求计算得到统计期内生产的熟料单位产品综合能耗、熟料单位产品综合煤耗和熟料单位产品综合电耗、余热电站总发电量和余热电站自用电量数据。依据《碳排放核算与报告要求 第8部分：水泥生产企业》（GB/T 32151.8-2023）要求获取实测数据。化石燃料折合标准煤系数、化石燃料的加权平均低位发热量、建议优先使用实测数据，若无实测数据则采用缺省值，化石燃料单位热值含碳量、化石燃料的碳氧化率、标准煤的低位发热量可采用缺省值，缺省值见附录A。

5.2.2 化石燃料燃烧碳排放量的转换

1) 熟料生产工序能源活动中，对于以单种化石燃料为主的企业，其化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量按（4）计算：

$$E_{\text{燃烧}} = FC_{\text{标}}/\varphi \times E_{\text{实}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ ——统计期内，化石燃料燃烧产生的排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$FC_{\text{标}}$ ——统计期内，熟料生产中化石燃料折算的标准煤使用量，单位为吨标准煤（ tce ），

按公式（5）计算：

$E_{\text{实}}$ ——单位化石燃料燃烧产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳每吨（ tCO_2/t ）或吨二氧化碳每万立方米（ $\text{tCO}_2/10^4\text{Nm}^3$ ），按公式（6）计算；

φ ——主要化石燃料折合标准煤系数，单位为吨标准煤每吨（tce/t）或吨标准煤每万立方米（tce/10⁴Nm³），按公式（7）计算。

$$FC_{\text{标}} = (e_{sh} + E_{he}) \times P_{sh} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

e_{sh} ——统计期内，熟料单位产品综合煤耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）；

E_{he} ——统计期内，单位熟料余热发电折算的标准煤量，单位为千克标准煤每吨（kgce/t），

按公式（8）计算：

P_{sh} ——统计期内，符合GB/T 21372的水泥熟料产量，单位为（t）。

$$E_{\text{实}} = NCV_{\text{实}} \times CC_{\text{实}} \times OF_{\text{实}} \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$CC_{\text{实}}$ ——化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（tC/GJ）；

$OF_{\text{实}}$ ——化石燃料的碳氧化率（%）。

$$\varphi = NCV_{\text{实}}/NCV_{\text{标}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$NCV_{\text{实}}$ ——统计期内，化石燃料的加权平均低位发热量，单位为吉焦每吨（GJ/t）；

$NCV_{\text{标}}$ ——统计期内，标准煤的低位发热量，根据GB/T 3102.4取值为29.3076，单位为吉焦每吨（GJ/t）。

$$E_{he} = 0.1229 \times (\omega_{he} - \omega_0)/P_{sh} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

ω_{he} ——统计期内，余热电站总发电量，单位为千瓦时（kW·h）；

ω_0 ——统计期内，余热电站自用电量，单位为千瓦时（kW·h）；

0.1229——每千瓦时电力折合的标准煤量，单位为千克标准煤每千瓦时[kgce/(kW·h)]。

2) 熟料生产工序能源活动中，对于使用多种化石燃料的企业，其化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量按（9）计算：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (FC_{\text{标}i}/\varphi_i \times E_{\text{实}i}) \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$E_{\text{燃烧}}$ ——统计期内，化石燃料燃烧产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$FC_{标i}$ ——统计期内，熟料生产中第*i*种化石燃料折算的标准煤使用量，单位为吨标准煤（tce），按公式（10）计算；

$E_{实i}$ ——单位第*i*种化石燃料燃烧产生的排放量，单位为吨二氧化碳每吨（tCO₂/t）或吨二氧化碳每万立方米（tCO₂/10⁴Nm³），按公式（11）计算；

φ_i ——第*i*种化石燃料折合标准煤系数，单位为千克标准煤每吨（tce/t）或千克标准煤每立方米（tce/10⁴Nm³）。

$$FC_{标i} = FC_i \times NCV_{实i} / NCV_{标} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

FC_i ——统计期内，第*i*种化石燃料实际消耗量，单位为吨（t）或万立方米（10⁴Nm³）；

$NCV_{实i}$ ——统计期内，第*i*种化石燃料的加权平均低位发热量，单位为吉焦每吨（GJ/t）；

$$E_{实i} = NCV_{实i} \times CC_{实i} \times OF_{实i} \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$CC_{实i}$ ——第*i*种化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（tC/GJ）；

$OF_{实i}$ ——第*i*种化石燃料的碳氧化率（%）。

5.2.3 熟料生产消耗电力产生碳排放量的转换

消耗电力产生的二氧化碳排放量按公式（12）计算：

$$E_{电} = [W_{sh} - (\omega_{he} - \omega_o) / P_{sh}] \times P_{sh} \times EF_{电} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$E_{电}$ ——统计期内，消耗电力产生的排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

W_{sh} ——统计期内，熟料单位产品综合电耗，单位为千瓦时每吨（kW·h/t）。

5.2.4 相关数据转换

熟料单位产品综合能耗、熟料单位产品综合煤耗和熟料单位产品综合电耗的关系见公式（13），可根据其中两个数据推导出另一个数据用于以上能耗数据转换碳数据计算。

$$E_{sh} = e_{sh} + 0.1229 \times W_{sh} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

E_{sh} ——统计期内，熟料单位产品综合能耗，单位为千克标准煤每吨（kgce/t）。

附录 A (资料性)

常用化石燃料相关参数缺省值

| 化石燃料品种 | | 计量单位 | 低位发热量 ^{*1} (GJ/t , GJ/10 ⁴ Nm ³) | 单位热值含碳量 (tC/GJ) | 碳氧化率 (%) | 折标煤系数 (tce/t, tce/10 ⁴ Nm ³) |
|--------|-------|---------------------------------|---|---------------------------------------|----------------------------|---|
| 固体燃料 | 烟煤 | t | 23.076 ^{*3} | 0.02618 ^{*3} | 99 ^{*2} (水 泥窑) | 0.7874 |
| | 无烟煤 | t | 26.700 ^{*2} | 27.4 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 0.9110 |
| | 褐煤 | t | 11.9 ^{*2} | 28 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 0.4060 |
| | 洗精煤 | t | 26.344 ^{*2} | 25.41 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 0.8989 |
| | 其他洗煤 | t | 12.545 ^{*2} | 25.41 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 0.4280 |
| | 型煤 | t | 17.460 ^{*2} | 33.6 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 0.5957 |
| | 其他煤制品 | t | 17.460 ^{*2} | 33.6 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 0.5957 |
| | 焦炭 | t | 28.435 ^{*2} | 29.5 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 0.9702 |
| 石油焦 | t | 32.5 ^{*2} | 27.50 ^{*2} ×10 ⁻³ | 1.1089 | | |
| 液体燃料 | 原油 | t | 41.816 ^{*2} | 20.1 ^{*2} ×10 ⁻³ | 98 ^{*2} | 1.4268 |
| | 燃料油 | t | 41.816 ^{*2} | 21.1 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 1.4268 |
| | 汽油 | t | 43.070 ^{*2} | 18.9 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 1.4696 |
| | 柴油 | t | 42.652 ^{*2} | 20.2 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 1.4553 |
| | 一般煤油 | t | 43.070 ^{*2} | 19.6 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 1.4696 |
| | 液化天然气 | t | 51.498 ^{*2} | 15.3 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 1.7572 |
| | 液化石油气 | t | 50.179 ^{*2} | 17.2 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 1.7121 |
| | 煤焦油 | t | 33.453 ^{*3} | 0.02200 ^{*3} | | 1.1414 |
| 气体燃料 | 天然气 | 10 ⁴ Nm ³ | 389.310 ^{*2} | 15.3 ^{*2} ×10 ⁻³ | 99 ^{*2} | 13.2836 |
| | 高炉煤气 | 10 ⁴ Nm ³ | 33.000 ^{*2} | 70.80 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 1.1260 |
| | 转炉煤气 | 10 ⁴ Nm ³ | 84.000 ^{*2} | 49.60 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 2.8662 |
| | 焦炉煤气 | 10 ⁴ Nm ³ | 173.854 ^{*2} | 0.01210 ^{*2} | | 5.9320 |
| | 炼厂干气 | t | 45.998 ^{*2} | 18.2 ^{*2} ×10 ⁻³ | | 1.5695 |

^{*1} 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。

^{*2} 数据取值来源为 GB/T 32151.8-2023 《碳排放核算与报告要求第 8 部分:水泥生产企业》。

^{*3} 数据取值来源为 《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)。

注:以上数据皆使用相关文件最新值。