



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2519-2012

环境标志产品技术要求 水泥

Technical requirement for environmental labeling products

Cement

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2012-7-3 发布

2012-10-1 实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言.....	2
1 适用范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 基本要求.....	5
5 技术内容.....	5
6 检验方法.....	6
附录 A（规范性附录） 水泥熟料和水泥产品单位可比二氧化碳排放量计算方法.....	7

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，减少水泥在生产、使用、包装、运输和处置过程中的温室气体排放，以及对环境和人体健康的影响，制定本标准。

本标准对水泥熟料和水泥产品单位可比二氧化碳排放量、产品放射性等方面提出了限量要求。

本标准首次发布。

本标准适用于中国环境标志产品认证和中国环境标志低碳产品认证。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：环境保护部环境发展中心、中国建筑材料科学研究总院、中国水泥协会、中国中材集团有限公司、唐山冀东水泥股份有限公司、安徽海螺集团有限责任公司、北京水泥厂有限责任公司和拉法基瑞安水泥有限公司。

本标准环境保护部 2012 年 7 月 3 日批准。

本标准自 2012 年 10 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

环境标志产品技术要求 水泥

1 适用范围

本标准规定了水泥环境标志产品的术语和定义、基本要求、技术内容及其检验方法。

本标准适用于新型干法水泥生产工艺生产的通用硅酸盐水泥。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 175-2007	通用硅酸盐水泥
GB 4915	水泥工业大气污染物排放标准
GB 6566-2010	建筑材料放射性核素限量
GB 16780	水泥单位产品能源消耗限额
GB/T 176	水泥化学分析方法
GB/T 212	煤的工业分析方法
GB/T 213	煤的发热量测定方法
GB/T 476	煤中碳和氢的测定方法
GB/T 4131-1997	水泥的命名、定义和术语
GB/T 12960	水泥组分的定量测定
GB/T 26281	水泥回转窑热平衡、热效率、综合能耗计算方法
HJ 467	清洁生产标准 水泥工业
JC/T 452	通用水泥质量等级

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 水泥 cement

加水拌和成塑性浆体，能胶结砂石等适当材料并能在空气和水中硬化的粉状水硬性胶凝材料。

(GB/T 4131-1997)

3.2 通用硅酸盐水泥 common portland cement

以硅酸盐水泥熟料和适量的石膏、及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料。(GB 175-2007)包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

3.3 新型干法水泥生产工艺 new dry cement production process

以预分解窑为核心的烧成工艺，结合高效粉磨技术、自动控制技术集成的水泥生产工艺。

3.4 矿山修复 quarry rehabilitation

针对矿山开采形成废弃地的特点和造成的危害，开展覆盖底土、土地整理、土壤改良、供排水

工程、边坡防护工程、植被恢复等，以进行矿山生态恢复。

3.5 替代原料 alternative raw materials

具有适宜化学组分，可在水泥生产中替代部分天然矿石原料的废物。

3.6 替代燃料 alternative fuels

具有一定热值、经简单加工（如：破碎）后即可在水泥生产中替代传统化石燃料进行直接燃烧的废物。

3.7 单位可比二氧化碳（CO₂）排放量 comparable specific CO₂ emission

统计期内，根据水泥生产线海拔高度和水泥强度等级对水泥熟料或水泥产品单位 CO₂ 排放量进行修正后获得的可比值。

3.8 直接二氧化碳（CO₂）排放 direct CO₂ emission

水泥生产原料碳酸盐矿物分解和各种化石燃料燃烧产生的 CO₂ 排放，相应的 CO₂ 排放源为水泥生产企业拥有或控制。

3.9 间接二氧化碳（CO₂）排放 indirect CO₂ emission

水泥生产外购电力、外购水泥熟料等产生的 CO₂ 排放，相应的 CO₂ 排放源为其他企业拥有或控制。

3.10 协同处置废物 waste co-processing

将废物或经过预处理的废物送入水泥窑炉中进行焚烧处理，以实现废物的无害化和综合利用。

3.11 内照射指数 internal exposure index

水泥中天然放射性核素镭-226 的放射性比活度与本标准中规定的限量值之比。

$$\text{表示式为: } I_{Ra} = \frac{C_{Ra}}{200}$$

式中： I_{Ra} —— 内照射指数；

C_{Ra} —— 水泥中天然放射性核素镭-226的放射性比活度，Bq·kg⁻¹；

200 —— 仅考虑内照射情况下，本标准规定的水泥中放射性核素镭-226的放射性比活度限量，Bq·kg⁻¹。

3.12 外照射指数 external exposure index

水泥中天然放射性核素镭-226、钍-232 和钾-40 的放射性比活度分别与其各自单独存在时本标准规定的限量值之比值的和。

$$\text{表示式为: } I_{\gamma} = \frac{C_{Ra}}{370} + \frac{C_{Th}}{260} + \frac{C_K}{4200}$$

式中： I_{γ} —— 外照射指数；

C_{Ra} 、 C_{Th} 、 C_K —— 分别为水泥中天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40的放射性比活度，Bq·kg⁻¹；

370、260、4200 —— 分别为仅考虑外照射情况下，本标准规定的水泥中天然放射性核素

镭-226、钍-232和钾-40在其各自单独存在时本标准规定的限量， $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

3.13 放射性比活度 specific activity

物质中的某种核素放射性活度与该物质的质量之比值。（GB 6566-2010）

$$\text{表达式为: } C = \frac{A}{m}$$

式中： C — 放射性比活度， $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；

A — 核素放射性活度， Bq ；

m — 物质的质量， kg 。

4 基本要求

- 4.1 产品质量应符合相关标准要求，以及 JC/T 452 规定的优等品要求。
- 4.2 单位产品能源消耗应符合 GB 16780 的要求。
- 4.3 产品散装率应符合国家或地方散装水泥管理办法的规定。
- 4.4 产品生产企业污染物排放应符合国家或地方规定的污染物排放标准。
- 4.5 产品生产企业应加强清洁生产，生产过程应符合 HJ 467 的要求。
- 4.6 产品生产企业应具有自有石灰石矿山，矿山开采有完整的修复计划，并且按照计划修复矿山，确保开采完成后的矿山修复率达 100%。
- 4.7 产品生产宜使用替代原料、替代燃料，提高资源、能源循环利用率。

5 技术内容

- 5.1 水泥熟料和水泥产品单位可比 CO_2 排放限量要求
 - 5.1.1 水泥熟料单位可比 CO_2 排放量不得超过 880 kg/t 。
 - 5.1.2 水泥产品单位可比 CO_2 排放限量应符合表 1 要求。

表 1 水泥产品单位可比 CO_2 排放量限值

品 种	强度等级	单位可比 CO_2 排放量限值 (kg/t)
硅酸盐水泥	42.5 (R)	≤ 785
	52.5 (R)	≤ 795
	62.5 (R)	≤ 840
普通硅酸盐水泥	42.5 (R)	≤ 665
	52.5 (R)	≤ 755
矿渣硅酸盐水泥	32.5 (R)	≤ 240
	42.5 (R)	≤ 410
	52.5 (R)	≤ 665
火山灰质硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥	32.5 (R)	≤ 485
	42.5 (R)	≤ 580
	52.5 (R)	≤ 665
复合硅酸盐水泥	32.5 (R)	≤ 460

	42.5 (R)	≤ 580
	52.5 (R)	≤ 665

5.2 水泥产品的内照射指数不得大于 0.8，外照射指数不得大于 0.8 ($I_{Ra} \leq 0.8$ 和 $I_{\gamma} \leq 0.8$)。

6 检验方法

6.1 技术内容 5.1 的要求通过现场检查和文件审查的方式收集数据，按附录 A 规定的方法进行计算，其中统计期内水泥熟料 CO₂ 排放量的计算项目包括：

- ① 由生料中碳酸盐矿物分解产生的直接 CO₂ 排放量；
- ② 熟料生产过程^{注1}实物煤燃烧产生的直接 CO₂ 排放量；
- ③ 熟料生产过程^{注1}电力消耗产生的间接 CO₂ 排放量；
- ④ 余热发电产生的间接 CO₂ 减排量；
- ⑤ 用于协同处置废物的余热利用对应的直接 CO₂ 减排量。

注 1：熟料生产过程包括生料制备、熟料煅烧、余热发电和协同处置废物过程。

6.2 技术内容 5.2 的要求按 GB 6566-2010 中规定的方法进行检测。

附录 A

(规范性附录)

水泥熟料和水泥产品单位可比二氧化碳排放量计算方法

A.1 范围

本附录规定了水泥生产 CO₂ 排放量计算方法的术语和定义、运营边界和统计期、计算项目、计算数据，以及水泥熟料和水泥产品单位可比 CO₂ 排放量的计算方法。水泥粉磨站 CO₂ 排放量的计算可参照执行。

本附录适用于通用硅酸盐水泥熟料和水泥产品的 CO₂ 排放量计算，其他品种水泥熟料和水泥产品 CO₂ 排放量的计算可参照执行。

A.2 术语和定义

下列术语和定义适用于本附录。

A.2.1 二氧化碳 (CO₂) 排放源 CO₂ source

水泥生产向大气排放 CO₂ 的装置或过程。

A.2.2 其他直接二氧化碳 (CO₂) 排放 other direct CO₂ emission

水泥生产非燃料碳和替代燃料燃烧产生的 CO₂ 排放、协同处置废物热能消耗及边界外余热利用对应的 CO₂ 排放，相应的 CO₂ 排放源为水泥生产企业拥有或控制。

A.2.3 排放因子 emission factor

单位能源消耗、单位原材料消耗产生的 CO₂ 排放量。

A.2.4 生物质燃料 biomass fuel

源于各种生物质（动物或植物）的燃料。

A.2.5 非燃料碳 combustible carbon not including in fuel

原料及协同处置废物中所含的可燃碳。

A.3 运营边界和统计期

A.3.1 运营边界

企业在进行 CO₂ 排放量计算时，设定的运营边界，即生产边界和计算范围。水泥生产工艺过程分为七个计算单元，具体计算范围如下：

1) 矿山开采及辅助设施：从原料开采、破碎及皮带运输或车辆运输，到原料进入生产厂区的整个矿山开采工艺过程；

2) 生料制备：从原料进入生产厂区，经破碎、粉磨、运输，到生料进入窑炉的整个生料制备工

艺过程：

3) 熟料煅烧：从生料进入窑炉，到熟料进入熟料库（含库顶收尘设备）的整个熟料煅烧工艺过程，包括煤粉制备系统；

4) 水泥制备：从熟料出库（含库底下料设备）、加入水泥混合材、石膏等，经水泥磨粉磨后进入水泥库，到包装发运的整个水泥制备工艺过程，包括混合材、石膏运输、制备系统；

5) 辅助生产和管理：生产控制、质量管理及行政办公等。

6) 余热发电：从窑炉废气引出，到所发电能输送至内部电网的发电和输送过程；

7) 协同处置废物：从废物进入生产厂区，到废物进入窑炉焚烧处理的整个工艺过程。

水泥粉磨站运营边界包括：从熟料、混合材、石膏等进入水泥粉磨站生产厂区内，经水泥磨粉磨后进入水泥库，到包装发运。

A.3.2 统计期

水泥生产 CO₂ 排放量计算以年度为统计期，也可根据需求统计计算一段时期的 CO₂ 排放量，但应给予说明。

A.4 计算项目和计算数据

A.4.1 计算项目

水泥生产各工艺过程及协同处置废物 CO₂ 排放量计算项目见表 A.1。可依据实际生产工艺情况对计算项目进行增减，但应在计算报告中给予说明。

表 A.1 水泥生产 CO₂ 排放量计算项目

计算项目	CO ₂ 排放量代号	计算公式
原料碳酸盐矿物分解	P_{rc}	(A.1)、(A.2)、(A.3)、(A.4)、(A.5)、(A.6)
生料中非燃料碳燃烧	P_{ro}	(A.7)
各生产工艺过程及协同处置废物实物煤燃烧	P_{bci}	(A.8)、(A.9)
熟料煅烧工艺过程替代燃料燃烧	P_{α} 、 P_{β}	(A.10)、(A.11)
协同处置废物中非燃料碳燃烧	P_{γ} 、 P_{δ}	(A.12)、(A.13)
各生产工艺过程及协同处置废物燃油燃烧	P_{oil}	(A.14)
各生产工艺过程及协同处置废物电力消耗	P_{ei}	(A.15)
窑炉废气余热利用	P_g 、 P_{er} 、 P_c	(A.16)、(A.17)、(A.18)
外购水泥熟料	P_p	(A.19)
外购磨细混合材	P_s	(A.20)

A.4.2 计算数据

A.4.2.1 水泥生产 CO₂ 排放量计算应基于生产企业实际统计数据、实际检测数据和本附录中给出的默认值。

A.4.2.2 实际统计数据

实际统计数据包括水泥熟料产量，水泥总产量，各强度等级各水泥品种产量；各种实物煤消耗量，各种燃油消耗量，各种替代燃料消耗量，各种协同处置废物量；电力消耗量，余热净发电量（余热发电量减去发电机组自耗电量）；外购水泥熟料量，外购磨细混合材量。实际统计数据还包括统计期内以下数据的加权平均值：水泥熟料 28 天抗压强度，各强度等级各水泥品种中熟料的掺量，各强度等级各水泥品种的实际 28 天抗压强度；料耗比，窑炉排气筒（窑头）粉尘排放量，窑炉旁路放风粉尘量和粉尘烧失量。

A.4.2.3 实际检测数据

实际检测项目、检测方法、检测频次及要求见表 A.2。

表 A.2 实际检测数据的检测方法、检测频次及要求

序号	检测项目	检测方法	检测频次	要求
1	熟料氧化钙和氧化镁质量分数	GB/T 176	每日检测一次	每日的检测数据进行加权月平均、加权年平均计算
2	生料中 CO ₂ 质量分数	GB/T 12960	每月检测一次	每月的检测数据进行加权年平均计算；原料或生料配比有变化时，应立即进行检测并增加检测频次，再进行加权平均计算
3	生料烧失量	GB/T 176	每日检测一次	每日的检测数据进行加权月平均、加权年平均计算
4	窑炉排气筒（窑头）粉尘排放量	GB/T 4915	每半年检测一次、或采用默认值	每半年的检测数据进行加权年平均计算；工艺状况有变化，应立即进行检测并增加检测频次，再进行加权平均计算
5	窑炉旁路放风粉尘烧失量	GB/T 176	每半年检测一次	每半年的检测数据进行加权年平均计算；工艺状况有变化，应立即进行检测并增加检测频次，再进行加权平均计算
6	煤中碳的质量分数	GB/T 476	煤进厂每批次检测一次	每批次检测数据进行加权月平均、加权年平均计算
7	煤的低位发热量	GB/T 212、GB/T 213	煤进厂每批次检测一次	每批次检测数据进行加权月平均、加权年平均计算
8	运营边界外余热利用废气体量和温度	GB/T 26281	每半年检测一次	每半年的检测数据进行加权年平均计算；工艺状况有变化，应立即进行检测并增加检测频次，再进行加权平均计算

A.4.2.4 默认值

水泥生产 CO₂ 排放量计算涉及到的其他相关数据，可直接引用本附录给出的默认值。

A.5 CO₂ 排放量计算A.5.1 原料碳酸盐矿物分解产生的单位 CO₂ 排放量

原料碳酸盐矿物分解产生的单位 CO₂ 排放量包括生料碳酸盐矿物分解、窑炉排气筒（窑头）粉尘和旁路放风粉尘部分碳酸盐矿物分解产生的单位 CO₂ 排放量。应按公式 A.1 计算：

$$P_{rc} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (\text{A.1})$$

式中： P_{rc} ——生产单位熟料，原料碳酸盐矿物分解产生的 CO_2 排放总量，kg/t。

R_1 ——生产单位熟料，生料碳酸盐矿物分解产生的 CO_2 排放量，kg/t；

R_2 ——生产单位熟料，窑炉排气筒（窑头）粉尘中部分碳酸盐矿物分解产生的 CO_2 排放量，kg/t；

R_3 ——生产单位熟料，窑炉旁路放风粉尘中部分碳酸盐矿物分解产生的 CO_2 排放量，kg/t。

A.5.1.1 生料碳酸盐矿物分解产生的单位 CO_2 排放量

生料碳酸盐矿物分解产生的单位 CO_2 排放量，分别按以下两种情况计算：

(1) 若未采用替代原料（包括电石渣、钢渣等），应按公式 A.2 计算 R_1 ：

$$R_1 = (C_c \cdot \frac{44}{56} + C_m \cdot \frac{44}{40}) \cdot 1000 \quad (\text{A.2})$$

式中： C_c ——熟料中 CaO 的质量分数，%；

C_m ——熟料中 MgO 的质量分数，%；

$\frac{44}{56}$ —— CO_2 与 CaO 之间的分子量换算；

$\frac{44}{40}$ —— CO_2 与 MgO 之间的分子量换算。

(2) 若采用替代原料（包括电石渣、钢渣等），应按公式 A.3 计算 R_1 ：

$$R_1 = R_c \cdot \frac{1000}{(1 - L_c) \cdot F_c} \quad (\text{A.3})$$

式中： R_c ——水泥生料中 CO_2 质量分数，%；

L_c ——生料烧失量，%；

F_c ——熟料中燃煤灰分掺入量换算因子，取值为 1.04。

A.5.1.2 窑炉排气筒（窑头）粉尘中部分碳酸盐矿物分解产生的单位 CO_2 排放量

应按公式 A.4 计算：

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot U_e}{1000} \quad (\text{A.4})$$

式中： U_e ——窑炉排气筒（窑头）排放烟气中的粉尘排放量，kg/t；如缺少监测数据，可取值为 0.15 kg/t。

A.5.1.3 窑炉旁路放风粉尘中部分碳酸盐矿物产生的单位 CO_2 排放量

应按公式 A.5 计算：

$$R_3 = \frac{Q_d \cdot B_c}{1000} \quad (\text{A.5})$$

式中： Q_d ——生产单位熟料窑炉旁路放风粉尘量，kg/t；

B_e ——旁路放风粉尘 CO₂ 排放因子，kg/t；应按公式 A.6 计算：

$$B_e = R_i \cdot \left(1 - \frac{R_b}{L_c}\right) \quad (\text{A.6})$$

式中： R_b ——旁路放风粉尘烧失量，%。

A.5.2 生料中非燃料碳燃烧产生的单位CO₂排放量

应按公式 A.7 计算：

$$P_{ro} = r_a \cdot R_o \cdot \frac{44}{12} \cdot 1000 \quad (\text{A.7})$$

式中： P_{ro} ——生产单位熟料，生料中非燃料碳燃烧产生的 CO₂ 排放量，kg/t；

r_a ——料耗比，如缺少测定数据，可取值为 1.52；

R_o ——生料中非燃料碳质量分数，%；如缺少测定数据可采用 0.1%~0.3%（干基），生料采用煤研石、高碳粉煤灰等配料时取高值，否则取低值；

$\frac{44}{12}$ ——CO₂ 与 C 之间的分子量换算。

A.5.3 生产工艺过程及协同处置废物实物煤燃烧产生的CO₂排放量

生产工艺过程及协同处置废物实物煤燃烧产生的 CO₂ 排放量，分别按以下两种情况计算：

(1) 若具有实物煤中碳的质量分数测定值，应按公式 A.8 计算：

$$P_{bci} = \frac{44}{12} \cdot S_i \cdot C_h \quad (\text{A.8})$$

式中： P_{bci} ——统计期内，各生产工艺过程及协同处置废物实物煤燃烧产生的 CO₂ 排放量，t；

S_i ——统计期内，各生产工艺过程及协同处置废物实物煤用量，t；

C_h ——统计期内，不同进厂批次实物煤中碳的质量分数的加权平均值，%；

i ——表示各生产工艺过程及协同处置废物，其中 i 为 1 表示矿山开采及辅助设施单元， i 为 2 表示生料制备单元， i 为 3 表示熟料煅烧单元， i 为 4 表示水泥制备单元， i 为 5 表示辅助生产和管理单元， i 为 6 表示余热发电单元， i 为 7 表示协同处置废物单元。

(2) 若缺少实物煤中碳的质量分数测定值，应按公式 A.9 计算：

$$P_{bci} = S_i \cdot \frac{Q_{nc}}{29.307} \cdot F_b \quad (\text{A.9})$$

式中： Q_{nc} ——统计期内，不同进厂批次实物煤的加权平均低位发热量，MJ/kg；

F_b ——标准煤 CO₂ 排放因子，t/t，标准煤 CO₂ 排放因子数值由国家统一规定确定，现取值为

2.75t/t;

29.307 ——标准煤热值，MJ/kg。

A.5.4 熟料煅烧工艺过程替代燃料燃烧产生的CO₂排放量

替代燃料含有源于化石燃料中的碳和源于生物质中的碳，应分别按公式 A.10 和公式 A.11 计算熟料煅烧工艺过程替代燃料燃烧产生的 CO₂ 排放量：

$$P_{\alpha} = \sum A_j \cdot Q_{naj} \cdot F_{aj} \cdot \alpha_j \quad (\text{A.10})$$

$$P_{\beta} = \sum A_j \cdot Q_{naj} \cdot F_{aj} \cdot \beta_j \quad (\text{A.11})$$

式中： P_{α} ——统计期内，各生产工艺过程替代燃料源于化石燃料中的碳燃烧产生的 CO₂ 排放量，t；

P_{β} ——统计期内，各生产工艺过程替代燃料源于生物质中的碳燃烧产生的 CO₂ 排放量，t；

A_j ——统计期内，各种替代燃料用量，t；

Q_{naj} ——各种替代燃料的加权平均低位发热量，MJ/kg，具体数据见表 A.3；

F_{aj} ——替代燃料燃烧的 CO₂ 排放因子，kg/MJ，具体数据见表 A.3；

α_j ——替代燃料源于化石燃料中碳的质量分数，%，具体数据见表 A.3；

β_j ——替代燃料源于生物质中碳的质量分数，%，具体数据见表 A.3；

j ——表示替代燃料种类。

表 A.3 部分替代燃料的低位发热量和 CO₂ 排放因子

替代燃料种类	低位发热量 (MJ/kg)	CO ₂ 排放因子 (kg/MJ)	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

A.5.5 协同处置废物中非燃料碳燃烧产生的CO₂排放量

协同处置废物中含有源于化石燃料的非燃料碳和源于生物质的非燃料碳，应分别按公式 A.12 和公式 A.13 计算源于化石燃料的非燃料碳和源于生物质的非燃料碳燃烧产生的 CO₂ 排放量：

$$P_{\gamma} = \sum W_k \cdot Q_{nwk} \cdot F_{wk} \cdot \gamma_k \quad (\text{A.12})$$

$$P_{\delta} = \sum W_k \cdot Q_{nwk} \cdot F_{wk} \cdot \delta_k \quad (\text{A.13})$$

式中： P_{γ} ——统计期内，协同处置废物中源于化石燃料的非燃料碳燃烧产生的 CO₂ 排放量，t；

P_{δ} ——统计期内，协同处置废物中源于生物质的非燃料碳燃烧产生的 CO₂ 排放量，t；

W_k ——统计期内，各种协同处置废物量，t；

Q_{mwk} ——各种协同处置废物的加权平均低位发热量，MJ/kg，具体数据见表 A.4；

F_{wk} ——协同处置废物燃烧的 CO₂ 排放因子，kg/MJ，具体数据见表 A.4；

γ_k ——各种协同处置废物中源于化石燃料的非燃料碳的质量分数，%，具体数据见表 A.4；

δ_k ——各种协同处置废物中源于生物质的非燃料碳的质量分数，%，具体数据见表 A.4；

k ——表示协同处置废物种类。

表 A.4 部分废物（干基）的低位发热量和 CO₂ 排放因子

废物种类	低位发热量 (MJ/kg)	CO ₂ 排放因子(kg/MJ)	化石碳的质量分数(%)	生物碳的质量分数 (%)
浸渍木屑	15.6	0.075	0	100
烘干污泥	11.6	0.11	0	100
木材、木材废弃物	15.6	0.11	0	100
农业、有机、织物废弃物	11.6	0.11	0	100
生活垃圾筛上物	11.6	0.10	0	100

A.5.6 生产工艺过程及协同处置废物燃油燃烧产生的CO₂排放量

应按公式 A.14 计算：

$$P_{oil} = \sum O_{il} \cdot Q_{nol} \cdot F_{ol} \quad (\text{A.14})$$

式中： P_{oil} ——统计期内，各生产工艺过程（包括车辆运输、窑炉启动点火）及协同处置废物燃油燃烧产生的 CO₂ 排放量 t；

O_{il} ——统计期内，各生产工艺过程及协同处置废物所用的各种燃油量，t，应区分化石燃油和生物质燃油消耗，并分别统计计算；

Q_{nol} ——各种燃油的低位发热量，MJ/kg，具体数据见表 A.5；

F_{ol} ——各种燃油燃烧的 CO₂ 排放因子，kg/MJ，具体数据见表 A.5；

l ——表示不同种类的燃油。

表 A.5 部分能源的低位发热量和 CO₂ 排放因子

能源种类	低位发热量 (MJ/kg)	CO ₂ 排放因子 (kg/MJ)
原油	42.3	0.0733
燃料油	42.3	0.0733
汽油	44.3	0.0700
煤油	43.8	0.0719
柴油	43.0	0.0741
煤焦油	28.0	0.0807

A.5.7 生产工艺过程及协同处置废物电力消耗对应的CO₂排放量

应按公式 A.15 计算：

$$P_{ei} = \frac{E_i \cdot F_e}{1000} \quad (\text{A.15})$$

式中： P_{ei} ——统计期内，各生产工艺过程及协同处置废物电力消耗对应的 CO₂ 排放量，t；

E_i ——统计期内，各生产工艺过程及协同处置废物电力消耗量，kW·h；

F_e ——电力 CO₂ 排放因子，kg/kW·h；电力 CO₂ 排放因子数值由国家统一规定确定，现取值为 0.86kg/kW·h；

A.5.8 窑炉废气余热利用对应的CO₂排放量

窑炉废气余热利用包括运营边界外余热利用、余热发电、协同处置废物烘干余热利用。

(1) 运营边界外的余热利用对应的 CO₂ 排放量

应按公式 A.16 计算：

$$P_g = \frac{F_b}{29.307 \times 1000} \cdot G \cdot T \cdot C \quad (\text{A.16})$$

式中： P_g ——窑炉废气余热用于运营边界外对应的 CO₂ 排放量，t；

G ——统计期内，用于运营边界外余热利用的废气量，Nm³；

T ——统计期内，用于运营边界外余热利用废气的加权平均温度，℃；

C ——废气比热，kJ/Nm³·℃；取值为 1.42 kJ/Nm³·℃。

(2) 余热发电对应的 CO₂ 排放量

应按公式 (A.17) 计算：

$$P_{er} = \frac{E_r \cdot F_e}{1000} \quad (\text{A.17})$$

式中： P_{er} ——统计期内，余热发电对应的 CO₂ 排放量，t；

E_r ——统计期内，余热净发电量，kW·h。

(3) 协同处置废物烘干余热利用对应的 CO₂ 排放量

应按公式 A.18 计算：

$$P_c = \frac{2.45}{29.307} \cdot F_b \cdot \sum W_k \cdot \phi_k \quad (\text{A.18})$$

式中： P_c ——协同处置废物烘干对应的 CO₂ 排放量，t；

ϕ_k ——各种协同处置废物中水分的质量分数，%；

2.45——温度为 20℃ 时水的汽化热，MJ/kg。

A.5.9 外购水泥熟料和外购磨细混合材对应的CO₂排放量(1) 外购水泥熟料对应的 CO₂ 排放量

应按公式 A.19 计算：

$$P_p = \frac{K_c \cdot F_p}{1000} \quad (\text{A.19})$$

式中：P_p——统计期内，企业外购水泥熟料对应的 CO₂ 排放量，t；K_c——统计期内，企业外购水泥熟料量，t；F_p——外购水泥熟料的单位可比 CO₂ 排放因子，kg/t；如缺少实际统计值，可取值为 940 kg/t。(2) 外购磨细混合材对应的 CO₂ 排放量

应按公式 A.20 计算：

$$P_s = \frac{K_s \cdot F_s}{1000} \quad (\text{A.20})$$

式中：P_s——统计期内，企业外购磨细混合材对应的 CO₂ 排放量，t；K_s——统计期内，企业外购的磨细混合材量，t；F_s——外购磨细混合材 CO₂ 排放因子，kg/t；如缺少实际统计值，可取值为 50 kg/t。A.5.10 应按表A.6将水泥生产CO₂排放量进行归类，并按A.5.11计算单位可比CO₂排放量。表 A.6 水泥生产 CO₂ 排放量统计计算归类

计算单元	生产工艺过程	计算项目	直接 CO ₂ 排放	其他直接 CO ₂ 排放量	间接 CO ₂ 排放	生物质能 CO ₂ 排放	单位可比 CO ₂ 排放量
1	矿山开采及辅助设施	生产工艺过程化石燃油	+				+
		燃油消耗				+	
		生产工艺过程电力消耗			+		+
2	生料制备	生产工艺过程实物煤消耗	+				+
		车辆运输等燃油消耗	+				+
		生产工艺过程电力消耗			+		+
3	熟料煅烧	原料碳酸盐矿物分解	+				+
		生料中非燃料碳燃烧		+			
		生产工艺过程实物煤消耗	+				+
		生产工艺过程替代燃料消耗		+			
		生产工艺过程燃油消耗	+				+
		生产工艺过程电力消耗			+		+
4	水泥制备	生产工艺过程实物煤消耗	+				+
		生产工艺过程化石燃油	+				+

		燃油消耗	生物质燃油				+	
		生产工艺过程电力消耗				+		+
		外购熟料				+		+
		外购磨细混合材				+		+
5	辅助生产和管理	生产工艺过程燃油消耗	化石燃油	+				+
			生物质燃油				+	
		生产工艺过程电力消耗				+		+
6	余热利用	边界外余热利用		-	+			-
		净余热发电				-		-
		协同处置废物余热利用		-	+			-
7	协同处置废物	协同处置废物实物煤消耗			+			
		协同处置废物中非燃料碳燃烧	化石燃料碳		+			
			生物质碳				+	
		协同处置废物燃油消耗	化石燃油		+			
			生物质燃油				+	
		协同处置废物电力消耗					+	
+——统计计算应计入的项目，-——统计计算应从总量中扣除的项目， ——不进行统计计算的项目。								

A.5.11 水泥熟料和水泥产品的单位可比CO₂排放量

(1) 水泥熟料的单位可比 CO₂ 排放量

应按公式 A.21 计算：

$$C_{ck} = \frac{T_{ck}}{Q_{ck}} \cdot 1000 \cdot K_{ck} \quad (\text{A.21})$$

式中：C_{ck}——统计期内，水泥熟料单位可比 CO₂ 排放量，kg/t；

T_{ck}——统计期内，表 A.6 中除计算单元 4 之外的其他计算单元中直接 CO₂ 排放量和间接 CO₂ 排放量（不包括协同处置废物电力消耗对应的间接 CO₂ 排放量）的总和，t；

Q_{ck}——统计期内，水泥熟料产量，t；

K_{ck}——统计期内，水泥熟料单位可比 CO₂ 排放量修正系数，应按公式 A.22 计算：

$$K_{ck} = \sqrt{\frac{52.5}{S_{ck}}} \cdot \sqrt{\frac{P_H}{P_0}} \quad (\text{A.22})$$

式中：

S_{ck}——统计期内，水泥熟料 28 天平均抗压强度，MPa；

P_H——水泥企业环境大气压，Pa；水泥企业海拔高度超过 1000 米时，取生产企业环境大气压，否则取海平面环境大气压；

P₀——海平面环境大气压，取值为 101325 Pa；

52.5 ——水泥熟料 28 天对比强度，MPa。

(2) 各强度等级各水泥品种的单位可比 CO₂ 排放量

应按公式 A.23 计算:

$$C_{cem} = \left[\frac{Q_{ck} \cdot C_{ck} + K_c \cdot F_p}{Q_{ck} + K_c} \cdot \delta_{ckm} + e_m \cdot F_e + \delta_{sm} \cdot F_s \right] \cdot K_{cem} \quad (\text{A.23})$$

式中: C_{cem} ——统计期内, 各水泥产品的单位可比 CO₂ 排放量, kg/t;

δ_{ckm} ——统计期内, 某一强度等级的某一水泥品种中熟料掺量, %;

e_m ——统计期内, 某一强度等级某一水泥品种单位粉磨制备电耗, kW·h/t; 如缺少统计数据, 矿渣硅酸盐水泥可取值为 55 kW·h/t, 其他通用硅酸盐水泥可取值为 45 kW·h/t。

δ_{sm} ——某一强度等级某一水泥品种中掺入的外购磨细混合材含量, %;

K_{cem} ——统计期内, 水泥产品单位可比 CO₂ 排放量修正系数, 应按公式 A.24 计算:

$$K_{cem} = \sqrt{\frac{S_q}{S_{cem}}} \quad (\text{A.24})$$

式中: S_q ——水泥产品出厂强度等级, MPa;

S_{cem} ——统计期内, 某一强度等级某一水泥品种实际 28 天抗压强度平均值, MPa。

m ——表示某一强度等级某一水泥品种的各水泥产品。