

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□□-201□

环境标志产品技术要求 低碳水泥

Technical requirement for environmental labeling products

Low carbon cement

(征求意见稿)

201□-□□-□□ 发布

201□-□□-□□ 实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本要求.....	3
5 技术内容.....	3
6 检验方法.....	4
附录 A（规范性附录） 水泥生产二氧化碳排放量计算方法.....	5
附录 B（规范性附录） 通用水泥中水溶性六价铬的测定.....	14

•

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。

本标准对通用硅酸盐水泥单位产品二氧化碳排放限量、水溶性六价铬和产品的放射性限量等方面提出了要求。

本标准为首次发布。

本标准适用于中国环境标志产品认证。

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、中国水泥协会和国家水泥质量监督检验中心。

本标准环境保护部 201□年□□月□□日批准。

本标准自 201□年□□月□□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 低碳水泥

1 适用范围

本标准规定了低碳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各种通用硅酸盐水泥，包括硅酸盐水泥（I 型硅酸盐水泥、II 型硅酸盐水泥）、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

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	通用硅酸盐水泥
GB 4915	水泥工业大气污染物排放标准
GB 6566	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 213	煤的发热量测定方法
GB/T 476	煤的元素分析方法
GB/T 4131	水泥的命名、定义和术语
GB/T 12573	水泥取样方法
GB/T12960	水泥组分的定量测定
HJ 467	清洁生产标准 水泥工业
JC/T 681	行星式水泥胶砂搅拌机
JC/T 733	水泥回转窑热平衡测定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 低碳水泥 low carbon cement

生产过程中具有较低 CO₂ 排放量的通用硅酸盐水泥。通过高能效工艺技术、替代原燃料技术及高掺混合材技术等的应用，可以实现低碳水泥的生产。

3.2 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硬性胶凝材料。（GB/T 4131-1997）

3.3 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 175-2008）

3.4 能源管理系统 energy management system

采用自动化、信息化技术和集中管理模式，对企业能源系统的生产、输配和消耗环节实施集中扁平化动态监控和数字化管理。

3.5 矿山修复 restoration of mining

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。

3.6 替代燃料 alternative fuels

具有较高热值（ $\geq 21,000 \text{kJ/kg}$ ）、经过简单加工（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 协同处置废物 co-processing waste materials

将废物或是经过预处理的废物送入水泥生产窑炉系统中进行焚烧处理，以实现废物的无害化和综合利用。

3.8 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，除以本标准规定的限量而得的商。（GB6566-2001）

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

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，单位为贝可/千克（ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ）；

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，单位为贝可/千克（ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ）。

3.9 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除以其各自单独存在时本标准规定限量而得的商之和。（GB6566-2001）

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

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和钾-40的放射性比活度，单位为贝可/千克（ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ）；

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放射性比活度限量，单位为贝可/千克（ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ）。

3.10 放射性比活度 specific activity

物质中的某种核素放射性活度除以该物质的质量而得的商。（GB6566-2001）

$$\text{表达式为: } C = A/M$$

式中： C —— 放射性比活度，单位为贝可/千克 ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)；

A —— 核素放射性活度，单位为贝可 (Bq)；

M —— 物质的质量，单位为千克 (kg)。

3.11 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。

4 基本要求

- 4.1 产品质量应符合 GB 175 的要求。
- 4.2 单位产品能源消耗应符合 GB 16780 先进值的要求。
- 4.3 产品散装率应符合国家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 产品生产企业在生产过程中应加强清洁生产。

4.6 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%。

5 技术内容

- 5.1 单位二氧化碳排放限量要求

5.1.1 单位水泥熟料二氧化碳排放量 $\leq 860 \text{ kgCO}_2/\text{t}$ 熟料。

5.1.2 单位水泥产品二氧化碳排放限量应符合表 1 要求。

表 1 通用硅酸盐水泥单位产品二氧化碳排放量限值

品 种	代号	熟料+石膏 (%)	强度等级	单位产品二氧化碳排放量限值 (kgCO_2/t 水泥)
硅酸盐水泥	P·I P·II	100 ≥ 95	42.5	≤ 700
			42.5R	≤ 705
			52.5	≤ 740
			52.5R	≤ 745
			62.5	≤ 780
			62.5R	≤ 785
普通硅酸盐水泥	P·O	≥ 80 且 < 95	42.5	≤ 620
			42.5R	≤ 625
			52.5	≤ 735
			52.5R	≤ 740
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A P·S·B	≥ 50 且 < 80 ≥ 30 且 < 50	32.5	≤ 260
			32.5R	≤ 265
			42.5	≤ 420
			42.5R	≤ 425
			52.5	≤ 580
			52.5R	≤ 585

火山灰硅酸盐水泥	P·P	≥ 60 且 < 80	32.5	≤ 460
			32.5R	≤ 465
			42.5	≤ 540
			42.5R	≤ 545
			52.5	≤ 620
			52.5R	≤ 625
粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	≥ 60 且 < 80	32.5	≤ 460
			32.5R	≤ 465
			42.5	≤ 540
			42.5R	≤ 545
			52.5	≤ 620
			52.5R	≤ 625
复合硅酸盐水泥	P·C	≥ 50 且 < 80	32.5	≤ 380
			32.5R	≤ 385
			42.5	≤ 500
			42.5R	≤ 505
			52.5	≤ 620
			52.5R	≤ 625

5.2 产品中水溶性六价铬限量应符合表 2 要求。

表 2 产品中水溶性六价铬的限量（质量分数） 单位为 %

通用硅酸盐水泥类型	代号	熟料+石膏 (%)	产品中水溶性六价铬限值
硅酸盐水泥	P·I	100	≤ 0.001
	P·II	≥ 95	
普通硅酸盐水泥	P·O	≥ 80 且 < 95	≤ 0.001
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	≥ 50 且 < 80	≤ 0.0002
	P·S·B	≥ 30 且 < 50	
火山灰硅酸盐水泥	P·P	≥ 60 且 < 80	≤ 0.0002
粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	≥ 60 且 < 80	≤ 0.0002
复合硅酸盐水泥	P·C	≥ 50 且 < 80	≤ 0.0006

5.3 产品的内照射指数不得大于 0.7，外照射指数不得大于 0.7 ($I_{Ra} \leq 0.7$ 和 $I_v \leq 0.7$)。

6 检验方法

6.1 技术内容 5.1 的要求通过现场检查 and 文件审查的方式收集数据，按附录 A 规定的方法进行计算。

6.2 技术内容 5.2 的要求按附录 B 中规定的方法进行检测。

6.3 技术内容 5.3 的要求按 GB 6566 中规定的方法进行检测。

附录A

(规范性附录)

水泥生产二氧化碳排放量计算方法

A.1 营运边界和计算项目及数据

A.1.1 营运边界

水泥生产企业在进行二氧化碳排放量计算时，设定的营运边界，即生产边界和计算范围如图 A-1 所示。

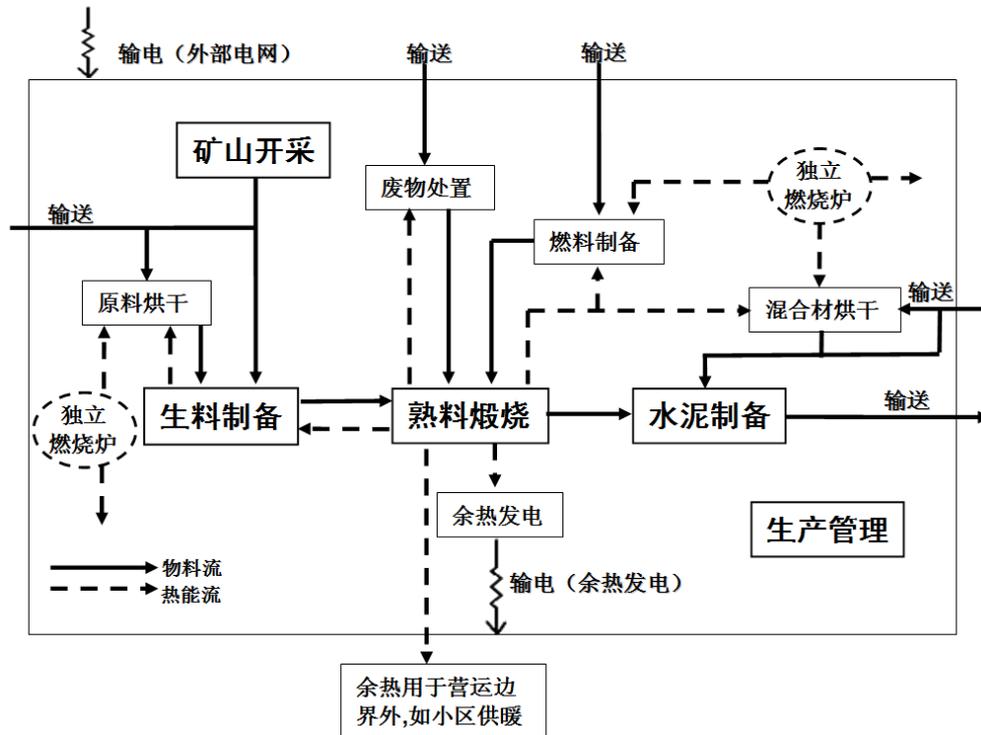


图 A-1 水泥生产营运边界示意图

由企业自有车辆进行营运边界内外的运输，应准确统计计算 CO_2 排放量，其中化石燃油燃烧产生的排放计入到直接 CO_2 排放量中，生物质燃油产生的排放，仅需在计算报告中给予说明。由社会车辆进行营运边界内外的运输，应尽可能统计计算 CO_2 排放，并计入到其他间接 CO_2 排放量。

输送到营运边界外的余热利用，如附近居民小区供暖，应统计计算对应的余热利用 CO_2 排放量，并在计算水泥生产燃料消耗 CO_2 排放量时扣除。用于营运边界内余热发电可减少外购电量，应在计算生产总耗电量时扣除余热发电量。用于废物处置及烘干，应统计计算对应的余热利用 CO_2 排放量，并在计算水泥生产燃料消耗 CO_2 排放量时扣除。用于营运边界内原燃料或混合材烘干等，相应的 CO_2 排放不再分摊到生料制备单元和水泥制备单元进行计算。

A.1.2 计算项目及数据

在营运边界内，水泥生产 CO_2 排放量计算分为四个单元，分别为矿山开采单元，生料制备、熟

料煅烧、余热利用和发电、废物处置单元，水泥制备单元，生产管理单元。相应的计算项目见表 A.1。

表 A.1 水泥生产二氧化碳排放量计算项目

计算单元	生产工艺过程	计算项目	二氧化碳排放量	计算公式
1	矿山开采	社会车辆运输燃油消耗	P_{si}	(A.14)
		自有车辆运输燃油消耗	P_{oi}	(A.14)
		生产工艺过程电力消耗	P_{ei}	(A.15)
2	生料制备、熟料煅烧、余热发电、废物处置	生料中碳酸盐矿物分解	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)
		生产工艺过程实物煤消耗	P_{sc} 、 P_{bc}	(A.8)、(A.9)
		生产工艺过程替代燃料消耗		
		源于化石燃料碳燃烧	P_{α}	(A.10)
		源于生物质碳燃烧	P_{β}	(A.11)
		处置废物中非燃料碳燃烧		
		源于化石燃料碳燃烧	P_{γ}	(A.12)
		源于生物质碳燃烧	P_{δ}	(A.13)
		自有车辆运输、窑炉启动点火燃油消耗	P_{oi}	(A.14)
		生产工艺过程电力消耗	P_{ei}	(A.15)
		窑炉废气余热利用	P_g	(A.16)
		营运边界外的余热利用	P_h	
		余热发电	P_c	(A.17)
处置废物	P_k	(A.18)		
	外购水泥熟料			
3	水泥制备	生产工艺过程实物煤消耗	P_{sc} 、 P_{bc}	(A.8)、(A.9)
		社会车辆运输燃油消耗	P_{si}	(A.14)
		自有车辆运输燃油消耗	P_{oi}	(A.14)
		生产工艺过程电力消耗	P_{ei}	(A.15)
		外购矿渣粉	P_s	(A.19)
4	生产管理	自有车辆运输燃油消耗	P_{oi}	(A.14)
		生产工艺过程电力消耗	P_{ei}	(A.15)

营运边界内各计算单元中的生产活动也可依据实际生产情况进行增减。例如，生产企业未进行废物处置或没有余热发电系统，就不需要考虑相应的统计计算。

水泥生产企业二氧化碳排放量计算应基于生产企业实际检测和统计数据，以月平均或年平均实际消耗和产出的加权平均值为基准。燃料的燃烧，均认为是完全燃烧，即碳全部转化为二氧化碳。如缺少日常检测数据用于排放因子的确定，可采用本标准规定的默认值。单位电力消耗二氧化碳排放因子按国家统一规定取值。

A.2 二氧化碳排放量计算

A.2.1 生料中碳酸盐矿物分解

水泥熟料煅烧时，生料中碳酸盐矿物分解导致直接 CO₂ 排放。

(1) 若生料中的氧化钙和氧化镁由碳酸盐矿物提供，可按熟料中氧化钙和氧化镁含量进行计算。

依据 GB/T176 对熟料中氧化钙和氧化镁进行测定，并取统计期内的平均值。生产单位熟料、由生料中碳酸盐矿物分解产生的 CO₂ 排放量按公式 A.1 计算：

$$R_1 = (C_c \cdot \frac{44}{56} + C_m \cdot \frac{44}{40}) \cdot 1000 \quad (\text{A.1})$$

式中：

R₁——生产单位熟料，由生料中碳酸盐矿物分解产生的 CO₂ 排放量， kgCO₂ /t 熟料；

C_c——水泥熟料中 CaO 的含量，%；

C_m——水泥熟料中 MgO 的含量，%；

$\frac{44}{56}$ ——CO₂ 与 CaO 之间的分子量换算；

$\frac{44}{40}$ ——CO₂ 与 MgO 之间的分子量换算。

(2) 若生料中的氧化钙和氧化镁部分由替代原料（包括电石渣、钢渣等）提供，应按生料中实际碳酸盐矿物含量计算 CO₂ 排放量。

依据 GB/T12960 和 GB/T176 对水泥生料中 CO₂ 含量和烧失量进行测定，并取统计期内的平均值。生产单位熟料，由生料中碳酸盐矿物分解产生的 CO₂ 排放量按公式 A.2 计算：

$$R_2 = R_c \cdot \frac{1000}{(1-L) \cdot F_c} \quad (\text{A.2})$$

式中：

R₂——生产单位熟料，由生料中碳酸盐矿物分解产生的 CO₂ 排放量， kgCO₂ /t 熟料；

R_c——水泥生料中 CO₂ 含量，%；

L ——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。

(3) 水泥窑炉排气筒排放烟气中含有一定量的粉尘，由粉尘产生的 CO₂ 排放应计入到 CO₂ 总排放量，公式为 A.3，即：

$$R_3 = \frac{R_1(\text{或}R_2) \cdot U_e}{1000} \quad (\text{A.3})$$

式中：

R₃——窑炉排气筒烟气粉尘产生的 CO₂ 排放量， kgCO₂ /t 熟料；

U_e——窑炉排气筒中的粉尘排放量；按 GB/T4915 规定进行测定，并取统计期内的平均值。

如缺少测定数据可采用 0.3 kg /t 熟料为默认值。

(4) 窑炉旁路放风粉尘中碳酸盐矿物未完全分解, 应根据旁路放风粉尘量和旁路放风粉尘二氧化碳排放因子, 按公式 A.4 计算相应的二氧化碳排放量:

$$R_4 = \frac{Q_d \cdot B_e}{1000} \quad (\text{A.4})$$

式中:

R_4 ——窑炉旁路放风粉尘产生的二氧化碳排放量, kgCO_2/t 熟料;

Q_d ——生产单位熟料窑炉旁路放风粉尘量, kg/t 熟料;

B_e ——旁路放风粉尘二氧化碳排放因子, kgCO_2/t 熟料;

旁路放风粉尘二氧化碳排放因子按公式 A.5 计算:

$$B_e = R_1(\text{或}R_2) \cdot \left(1 - \frac{R_b}{L}\right) \quad (\text{A.5})$$

式中:

R_b ——旁路放风粉尘烧失量, %; 依据 GB/T 176 对旁路放风粉尘烧失量进行测定, 并取统计期内的平均值。

(5) 生料中碳酸盐矿物分解产生的 CO_2 排放总量

生料中碳酸盐矿物分解产生的 CO_2 排放总量按公式 A.6 计算:

$$P_{rc} = R_1(\text{或}R_2) + R_3 + R_4 \quad (\text{A.6})$$

式中:

P_{rc} ——生料中碳酸盐矿物分解产生的 CO_2 排放总量, kgCO_2/t 熟料。

A.2.2 生料中非燃料碳燃烧

生料中含有少量的非燃料碳, 生料中非燃料碳燃烧产生的 CO_2 排放量按公式 A.7 计算:

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

式中:

P_{ro} ——生料中非燃料碳燃烧产生的 CO_2 排放量, kgCO_2/t 熟料;

$\frac{44}{12}$ —— CO_2 与 C 之间的分子量换算;

r ——料耗比, 取统计期内的平均值; 如缺少测定数据可采用 1.52 默认值;

R_o ——生料中非燃料碳含量, 约为 0.1%~0.3% (干基)。生料采用煤矸石、高碳粉煤灰等配料时, 取高值, 未采用煤矸石、高碳粉煤灰等配料时, 取低值; 也可依据 GB/T 476 进行分析计算。

A.2.3 生产工艺过程实物煤消耗

水泥熟料煅烧或其他原材料烘干等工艺过程实物煤燃烧导致直接 CO_2 排放。应优先选择基于实物煤消耗及碳含量的计算方法, 在缺少相关检测数据时, 也可采用换算的标准煤消耗计算方法。

(1) 按各生产工艺过程实物煤消耗及碳含量计算产生的 CO₂ 排放量:

$$P_{sc} = \frac{44}{12} \sum S_i \cdot C_i \quad (\text{A.8})$$

式中:

P_{sc} ——统计期内, 各生产工艺过程实物煤燃烧产生的 CO₂ 排放量, t;

S_i ——统计期内, 实物煤用量, t;

C_i ——统计期内, 实物煤中碳含量加权平均值, %;

i ——表示各生产工艺过程或不同种类的燃料, 可取代号为 1、2、3 等。

(2) 按各生产工艺过程换算的标准煤消耗计算产生的 CO₂ 排放量:

$$P_{bc} = \sum S_i \cdot Q_{nci} \cdot F_b / 29.271 \quad (\text{A.9})$$

式中:

P_{bc} ——统计期内, 各生产工艺过程实物煤燃烧产生的 CO₂ 排放量, t;

Q_{nci} ——实物煤的加权平均低位发热量, MJ/kg; 可依据 GB/T 476 和 GB/T 213 对实物煤的低位发热量进行测定。

F_b ——标准煤排放因子, tCO₂/t 标准煤; 排放因子数值由国家统一规定确定, 若无法获得, 可用 2.46 tCO₂/t 标准煤为默认值;

29.271——标准煤低位发热量, MJ/kg;

i ——表示各生产工艺过程或不同种类实物煤, 可取代号为 1、2、3 等。

A.2.4 生产工艺过程替代燃料消耗

替代燃料可代替实物煤, 用于水泥熟料煅烧或原、燃料烘干等。替代燃料含有源于化石燃料中的碳和生物质中的碳, 应按公式 A.10 和 A.11 分别计算各自燃烧产生的 CO₂ 排放量:

$$P_{\alpha} = \sum A_i \cdot Q_{nai} \cdot F_{ai} \cdot \alpha_i \quad (\text{A.10})$$

$$P_{\beta} = \sum A_i \cdot Q_{nai} \cdot F_{ai} \cdot \beta_i \quad (\text{A.11})$$

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_i ——统计期内, 各种替代燃料用量, t;

Q_{nai} ——各种替代燃料的加权平均低位发热量, MJ/kg; 可依据 GB/T 213 对替代燃料的低位发热量进行测定;

F_{ai} ——替代燃料燃烧的二氧化碳排放因子, kg/MJ, 具体数据列于表 A.2 中;

α_i ——替代燃料源于化石燃料中碳的百分含量, %, 具体数据列于表 A.3 中;

β_i ——替代燃料源于生物质燃料中碳的百分含量, %, 具体数据列于表 A.3 中;

i ——表示不同种类替代燃料, 可取代号为 1、2、3 等。

表 A.2 各种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	41.868	0.0734
燃料油	41.868	0.0734
汽油	43.124	0.0694
煤油	43.124	0.0694
柴油	42.705	0.0698
煤焦油	33.494	0.0547

表 A.3 各种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)	化石碳比例 (%)	生物碳比例 (%)
废油	42.5	0.074	100	0
废轮胎	31.9	0.085	90	10
塑料	24.8	0.075	90	10
溶剂	32.0	0.074	100	10
废皮革	32.6	0.10	5	95
废玻璃钢	31.3	0.080	90	10

A.2.5 处置废物中非燃料碳燃烧

一些种类废物中含有非燃料碳，包括源于化石燃料和生物质中的非燃料碳，应按公式 A.12 和 A.13 分别计算处置废物时各自非燃料燃烧碳产生的 CO₂ 排放量：

$$P_{\gamma} = \sum W_i \cdot Q_{nwi} \cdot F_i \cdot \gamma_i \quad (\text{A.12})$$

$$P_{\delta} = \sum W_i \cdot Q_{nwi} \cdot F_i \cdot \delta_i \quad (\text{A.13})$$

式中：

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

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

W_i ——统计期内，处置各种废物量，t；

Q_{nwi} ——各种废物的加权平均低位发热量，MJ/kg；可依据 GB/T 213 对废物的低位发热量进行测定。

F_{wi} ——废物燃烧的二氧化碳排放因子，kg/MJ，具体数据列于表 A.4。

γ_i ——处置废物中源于化石燃料的非燃料碳百分比，%；

δ_i ——处置废物中源于生物质的非燃料碳百分比，%；

i ——表示不同废物种类，可取代号为 1、2、3 等。

表 A.4 各种废物的低位发热量和 CO₂ 排放因子

废物种类	低位发热量 (MJ/kg)	CO ₂ 排放因子(kg/MJ)	化石碳比例 (%)	生物碳比例 (%)
浸渍木屑	16.0	0.075	0	100
烘干污泥	11.3	0.11	0	100
木材、非浸渍木屑	18.8	0.11	0	100
农业、有机、织物废弃物	17.6	0.11	0	100
生活垃圾筛上物	11.6	0.095	35	65

A.2.6 车辆运输、窑炉启动点火燃油消耗

尽可能统计计算企业租用社会车辆进行运输产生的其他间接二氧化碳排放量 (P_{si}), 并分别统计计算化石燃油和生物质燃油消耗产生的 CO₂ 排放量。各生产工艺过程车辆运输、窑炉启动点火燃油消耗产生的 CO₂ 排放量按公式 A.14 计算:

$$\sum P_{oi} \text{ (或 } P_{si}) = \sum O_i \cdot Q_{noi} \cdot F_{oi} \quad (\text{A.14})$$

式中:

P_{oi} (或 P_{si}) ——统计期内, 各生产工艺过程燃油消耗产生的 CO₂ 排放量, t;

O_i ——统计期内, 各种燃油用量, t;

Q_{noi} ——各种燃油的低位发热量, MJ/kg; 具体数据列于附录中;

F_{oi} ——燃油燃烧的二氧化碳排放因子, kg/MJ, 具体数据列于附录中;

i ——表示各生产工艺过程或不同种类的燃料, 可取代号为 1、2、3 等。

A.2.7 生产工艺过程电力消耗

各生产工艺过程电力消耗 (不包括处置废物的电力消耗) 产生的 CO₂ 排放量按公式 A.15 算:

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

式中:

P_{ei} ——统计期内, 各生产工艺过程电力消耗产生的 CO₂ 排放量, t;

E_i ——统计期内, 各生产工艺过程电力消耗量, kW·h;

F_e ——电力消耗的二氧化碳排放因子, kgCO₂/kW·h; 排放因子数值由国家统一规定确定, 可暂用 0.86 kgCO₂/kW·h 为默认值;

i ——表示各生产工艺过程, 可取代号为 1、2、3 等。

处置废物电力消耗产生的 CO₂ 排放量应按公式 (15) 进行计算, 并计入到间接 CO₂ 排放中。

A.2.8 窑炉废气余热利用

(1) 营运边界外的余热利用

输送到营运边界外的余热利用, 如附近居民小区供暖, 应按公式 A.16 统计计算相应的余热利用 CO₂ 排放量, 并在计算水泥生产燃料消耗产生的 CO₂ 排放总量时扣除。

$$P_g = 1.42 \times \frac{2.46}{29.271} \sum G_i \cdot T_i \quad (\text{A.16})$$

式中：

P_g ——窑炉废气余热用于营运边界外对应的 CO_2 排放量，t；

1.42——废气比热， $\text{kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ；

2.46——标准煤排放因子， kgCO_2/t 标准煤；

29.271——标准煤低位发热量， MJ/kg ；

G_i ——用于营运边界外余热利用的废气量， m^3 ；

T_i ——用于营运边界外余热利用废气温度， $^\circ\text{C}$ 。

(2) 余热发电

营运边界内余热发电可减少外购电量，应在生产总耗电量（ $\sum P_{ei}$ ）中扣除余热发电量（ H_h ）后计算水泥生产电力消耗产生的 CO_2 排放量。

(3) 用于处置废物的余热利用

处置废物的余热利用，包括废物烘干等，应按公式 A.17 统计计算对应的余热利用 CO_2 排放量，并在计算水泥生产燃料消耗产生的 CO_2 排放总量时扣除。

$$P_c = 2.45 \times \frac{2.46}{29.271} \sum W_i \cdot \phi_i \quad (\text{A.17})$$

式中：

P_c ——处置废物余热利用对应的 CO_2 排放量，t；

2.45——温度为 20°C 时水的汽化热， MJ/kg ；

ϕ_i ——各种废物的水份含量，%。

A.3 单位二氧化碳排放量计算

A.3.1 水泥熟料生产单位二氧化碳排放量

依据表 A.1 中生产工艺过程单元划分，按照公式 A.18、A.19 和 A.20 计算水泥熟料生产单位二氧化碳排放量：

$$P_1 = R_1(\text{或}R_2) + R_3 + P_{ro} + \frac{\sum P_{bc} + \sum P_{\alpha} + \sum P_{oi}}{P_{cl}} \times 1000 \quad (\text{A.18})$$

$$P_2 = \frac{\sum P_{el} - H_h - P_g - P_c}{P_{cl}} \quad (\text{A.19})$$

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (\text{A.20})$$

式中：

P_1 ——统计期内，水泥熟料生产产生的单位直接二氧化碳排放量， kgCO_2/t ；

P_{cl} ——统计期内，水泥熟料生产产量，t；

P_2 ——统计期内，扣除余热发电后水泥熟料生产（包括矿山开采）产生的单位间接二氧化碳排放量， $kgCO_2/t$ ；

ΣP_{e1} ——统计期内，水泥熟料生产（包括矿山开采）产生的单位间接二氧化碳排放量， $kgCO_2/t$ ；

P_3 ——统计期内，水泥熟料生产产生的单位二氧化碳排放量， $kgCO_2/t$ 。

A.3.2 各强度等级水泥品种粉磨、包装及发送工艺过程的单位二氧化碳排放量

各强度等级、各水泥品种粉磨、包装及发送工艺过程电力消耗产生的二氧化碳排放量按照公式

A.21 计算：

$$P_{eij} = \frac{E_{ij} \cdot F_e}{P_{gij} \cdot 1000} \quad (A.21)$$

式中：

P_{eij} ——统计期内，各强度等级、各水泥品种粉磨、包装及发送工艺过程电力消耗产生的二氧化碳排放量， $kgCO_2/t$ ；

E_{ij} ——统计期内，某一强度等级水泥品种的粉磨、包装及发送过程电力消耗量， $kW \cdot h$ ；

i ——表示产生的水泥品种，包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥，可取代号为1、2、3等；

j ——表示生产水泥品种的不同强度等级，包括32.5（含32.5R）、42.5（含42.5R）、52.5（含52.5R）、62.5（含62.5R）；

P_{gij} ——统计期内，某一强度等级的水泥品种产量，t。

A.3.3 生产各强度等级水泥品种的单位二氧化碳排放量

生产各强度等级水泥品种单位二氧化碳排放量按公式 A.22 计算：

$$P_{cmij} = k_{ij} \cdot P_3 + P_{eij} \quad (A.22)$$

式中：

P_{cmij} ——统计期内，某一强度等级的水泥品种的单位二氧化碳排放量， $kgCO_2/t$ ；

K_{ij} ——统计期内，某一强度等级的水泥品种中水泥熟料的百分含量。

附录B

(规范性附录)

通用水泥中水溶性六价铬的测定

B.1 试样的制备

按GB12573方法取样，送往实验室的样品应具有代表性和均匀性。用缩分器或用四分法缩分至约1000g待测试样，放入一个密封、洁净、干燥的容器中，充分混匀。

所有操作尽可能迅速，以减少试样与周围空气的接触时间。

B.2 试验原理

将水泥试样、标准砂和水搅拌成水泥胶砂，过滤。滤液中加入二苯碳酰二肼，调整酸度、显色，在540nm处测定溶液的吸光度，在工作曲线上查得溶液中六价铬浓度。

B.3 试验的基本要求

B.3.1 试验次数

试验次数规定为两次。

B.3.2 重复性与再现性

重复性——重复条件下的精密度，是指测试结果由同一操作人员在较短的时间间隔内，在同一实验室中采用同一设备对同一试样用相同方法测得的。

再现性——再现条件下的精密度，是指测试结果由不同操作人员在不同实验室中采用不同设备对同一试样用相同方法测得的。

在本标准中，重复性和再现性用重复性标准偏差和再现性标准偏差表示。

B.3.3 质量、体积和结果的表示

质量以克表示，溶出阶段精确至0.1g，分析阶段精确至0.0001g。除非另有规定，吸管的体积用毫升表示，精确度按JJG196的规定执行。

测试结果以质量分数计，数值以%表示至小数点后五位。

若两个测试结果的差值超过重复性标准偏差的两倍，应在短时间内进行第三次测试，若测试结果与前两次或任一次分析结果之差值不超过重复性标准偏差的两倍，则取其平均值，否则，应查找原因，重新按上述规定进行分析。

B.3.4 空白试验

B.3.4.1 工作曲线的空白试验

不加入铬酸盐标准溶液，按照绘制工作曲线相同的步骤进行，对工作曲线进行校正。

B.3.4.2 样品测定的空白试验

不加入水泥试样，使用相同量的试剂，按照样品测定相同的步骤进行，计算时对测定结果进行校正。

B.4 试剂和材料

所用试剂不低于分析纯。所用水应符合GB/T6682中规定的三级水要求。

除非另有说明，“%”均为质量分数。

本标准使用的浓液体试剂的密度为20℃的密度（ ρ ），单位克每立方厘米（ g/cm^3 ）。

B.4.1 盐酸（HCl）， $\rho = 1.18 \sim 1.19$ ，36%~38%

B.4.2 丙酮，（ $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{CH}_3$ ）， $\rho = 0.79$

B.4.3 盐酸，1.0 mol/L

量取8.33mL盐酸稀释至100mL，混匀。

B.4.4 盐酸，0.04 mol/L

量取0.33mL盐酸稀释至100mL，混匀。

B.4.5 二苯碳酰二肼（ $(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH})_2\text{CO}$ ）溶液

称取0.125g二苯碳酰二肼，用25mL丙酮（B.4.2）溶解，转移至50mL容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀。此溶液的使用期限为一周。

B.4.6 铬酸盐标准溶液

B.4.6.1 铬酸盐标准溶液

称取0.1414g已在（ 140 ± 5 ）℃烘过2h的基准重铬酸钾（ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ），精确至0.0001g，溶于水中，转移至1000mL容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀。

此溶液铬（VI）的浓度为50mg/L。

B.4.6.2 铬酸盐标准溶液

吸取50.00ml上述标准溶液（B.4.6.1）于500mL容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀。

此溶液铬（VI）浓度为5mg/L。此标准溶液用时现配。

B.4.7 中国ISO 标准砂

满足GB/T17671要求的中国ISO标准砂。

B.5 仪器装置

B.5.1 天平

天平，精确至1g。

分析天平，精确至0.0001g。

B.5.2 水泥胶砂搅拌机

应符合JC/T681的要求。

B.5.3 分光光度计

可在540nm 处测量溶液的吸光度。

B.5.4 比色皿

光程10mm。

B.5.5 玻璃量具

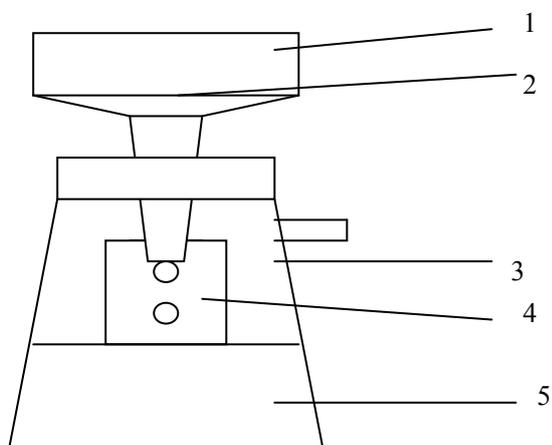
50mL、500mL和1000mL容量瓶；1mL、2mL、5mL、10mL、15mL和50mL移液管。

B.5.6 pH计

精度为±0.05pH。

B.5.7 过滤装置

过滤装置由一个布氏漏斗（直径大于150mm），安装在一个2L的抽滤瓶上，瓶底装满砂子，瓶内有一个放于砂床上盛接滤液的小烧杯，抽滤瓶与真空泵相连，见图B-1。



1-布氏漏斗；2-滤纸；3-抽滤瓶；4-盛接滤液的小烧杯；5-砂子

图B-1 过滤装置示意图

B.5.8 滤纸

中速滤纸，直径应与选择的漏斗配套。

B.6 试验步骤

B.6.1 胶砂的制备

B.6.1.1 胶砂的组成

灰砂比为1:3，水灰比为0.50。

每一组水泥砂浆含有(450±2)g水泥(m)，(1350±5)g中国ISO标准砂和(225±1)g水(V1)。

若待测水泥样品为快凝水泥，水灰比为0.50的砂浆在分析时可能不易充分过滤。在这种情况下，允许增加水的用量，从而提高了水灰比，直至充分过滤(B.6.2)。

B.6.1.2 胶砂的混合

使用精确至1g的天平(B.5.1)称取水泥和水，当水以体积计加入时，精确至1mL。将每份胶砂用水泥胶砂搅拌机(B.5.2)进行机械搅拌。控制各阶段搅拌时间时，要保证搅拌机开关的时间在±2s之内。

搅拌步骤如下：

- 1) 将水和水泥放入搅拌锅中，注意避免水和水泥的损失。
- 2) 水与水泥接触后立即打开搅拌机同时开始计时，低速搅拌30s，在第二个30s开始的同时均匀的加入标准砂，再继续高速搅拌30s。
- 3) 停止搅拌90s。在停止过程的前30s内，用一个橡胶或塑料棒将粘附于叶片和锅壁上的砂浆刮到锅中间。
- 4) 继续高速搅拌60s。

注：通常这种搅拌操作均采用机械，也允许对操作和时间采用人工控制。

B.6.2 过滤

每次使用时，确保过滤装置(B.5.7)所用的抽滤瓶、布氏漏斗、滤纸和小烧杯是干燥的。安装好布氏漏斗，放好滤纸(B.5.8)，不要事先润湿滤纸。打开真空泵，将水泥砂浆倒入过滤装置的布氏漏斗上，以最大功率抽气10min得到至少15mL滤液。如果此时没有15mL，继续抽滤直至得到足够量的测试滤液。

如果滤液混浊，可再过滤一遍或采用离心分离机分离过滤。如果滤液仍有部分混浊，测定时用该滤液作为参比溶液，但不加入二苯碳酰二肼溶液(B.4.5)。

B.6.3 工作曲线的绘制

移取1.00mL、2.00mL、5.00mL、10.00mL和15.00mL铬酸盐标准溶液(B.4.6.2)分别放入50mL容量瓶中，分别加入5.00mL二苯碳酰二肼溶液(B.4.5)、5ml盐酸(B.4.4)，用水稀释至标线，摇匀。

此溶液每升分别含有0.1mg, 0.2mg, 0.5mg, 1.0mg, 1.5mg铬(VI)。

放置15-30min后，使用分光光度计(B.5.3)，10mm比色皿(B.5.4)，在540nm处测量溶液的吸光

度，并扣除空白试验（B.3.4）的吸光度。

根据不同铬（VI）浓度对应的吸光度，绘制工作曲线。

B.6.4 试样溶液吸光度的测定

在过滤后8h内，吸取5.00mL（ V_2 ）滤液（B.6.2）放入100mL烧杯中。加入5.00mL二苯碳酰二肼溶液（B.B.5）和20mL水后摇动。立即在pH计（B.5.6）指示下用盐酸（B.4.3）调节溶液的pH值在2.1～2.5之间。将溶液转移至50mL（ V_3 ）容量瓶中，用水稀释至标线，摇匀。

放置15-30min后，使用分光光度计（B.5.3），10mm比色皿（B.5.4），在540nm处测量溶液的吸光度，并扣除空白试验（B.3.4）的吸光度。

在工作曲线上查出水溶性铬（VI）的浓度（ c ），单位为mg/L。

B.7 结果计算

水泥中水溶性六价铬的含量（ w ）以质量分数（干基）表示，并按公式（B.1）计算：

$$w = c \times \frac{V_3}{V_2} \times \frac{V_1}{450} \times 10^{-4} \quad (\text{B.1})$$

式中：

w —水泥中水溶性六价铬的含量；

c —由工作曲线得出的六价铬的浓度，单位毫克每升（mg/L）；

V_1 —胶砂中水的体积，单位毫升（mL）；

V_2 —滤液的体积，单位毫升（mL）；

V_3 —容量瓶的体积，单位毫升（mL）；

450—胶砂中水泥的质量，单位克（g）；

$\frac{V_3}{V_2}$ —待测滤液的稀释倍数；

$\frac{V_1}{450}$ —水泥胶砂的水灰比，通常为0.50，但具体要看A.5.1.1。

B.8 重复性和再现性

重复性标准偏差为0.000015%。

再现性标准偏差为0.000040%。