

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



世界可持续发展工商理事会
水泥可持续性倡议行动
气候保护工作组

2005 年 5 月 20 日



World Business Council for
Sustainable Development



1 简介	2
1.1 修订版议定书前言	2
1.2 目标	2
1.3 与其他二氧化碳排放议定书的关系	2
1.4 设定组织边界和营运边界	3

2 二氧化碳减排议定书原则	4
----------------------	----------

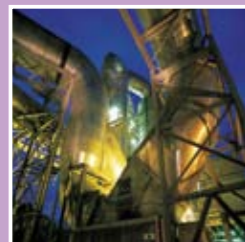


3 水泥生产中的温室气体直接排放	5
3.1 概况	5
3.2 原料煅烧产生的二氧化碳	6
3.3 原料中有机碳产生的二氧化碳	6
3.4 水泥窑传统燃料产生的二氧化碳	7
3.5 水泥窑替代燃料产生的二氧化碳	7
3.6 非水泥窑用燃料的二氧化碳排放	8
3.7 由废水产生的二氧化碳排放	8
3.8 非二氧化碳温室气体的情况	9



4 间接温室气体排放	10
-------------------	-----------

5 排放与排放权	12
5.1 排放平衡和排放权	12
5.2 排放总量和净排放量	13
5.3 利用废弃物作为替代燃料的间接减排	14
5.4 其他间接减排	15



6 绩效指标	16
6.1 简介	16
6.2 单位排放分母	16
6.3 其他单位指标的分母	17
6.4 熟料储量变化处理	17



7 组织边界	18
7.1 所涵盖的装置	18
7.2 排放和排放权合并	18
7.3 熟料内部转移	19
7.4 基准线、企业收购、资产剥离	20



8 清单质量管理	21
8.1 WRI / WBCSD 议定书修订版建议汇总	21
8.2 不确定性处理	22
8.3 重要临界点	23
8.4 公司在清单质量管理中的实践经验	24

9 报告建议	25
9.1 简介	25
9.2 企业环境报告	25
9.3 报告期	26
9.4 修订版 WRI / WBCSD 温室气体议定书范围	26

10 补充信息	27
----------------	-----------

11 参考文献	28
----------------	-----------

12 首字母缩略词及术语表	29
----------------------	-----------

A1 水泥二氧化碳议定书电子表格	30
-------------------------	-----------

A2 电网电力默认二氧化碳排放因子	31
--------------------------	-----------

A3 水泥生产温室气体排放源和减排方案	34
----------------------------	-----------

A4 煅烧二氧化碳详细说明	36
----------------------	-----------

A5 燃料排放因子的背景材料	38
-----------------------	-----------

A6 温室气体报告体系比较	39
----------------------	-----------

A7 数字前缀、单位和换算系数	42
------------------------	-----------

A8 与原议定书相比的主要变更	44
------------------------	-----------

WBCSD 简介	45
-----------------	-----------





1 简介

1.1 修订版议定书前言

在世界可持续发展工商理事会 (WBCSD) 的水泥可持续性倡议行动 (CSI) 的框架下, 许多领先水泥企业正携手解决全球可持续发展的相关问题。问题之一是水泥行业的二氧化碳 (CO₂) 排放——而二氧化碳正是造成人为全球变暖的主要温室气体 (GHG)。

2001 年, 参与水泥可持续性倡议行动的各家公司达成了一个计算和报告二氧化碳排放的协议: 《水泥行业二氧化碳减排议定书》。在说明水泥行业的具体需求时, 该议定书与 WBCSD 和世界资源研究所 (WRI) 联合制定的温室气体议定书紧密结合。

本文系《水泥行业二氧化碳减排议定书》第二版, 涵盖了根据全球多家水泥企业实际应用议定书所做出的变更。此外, 该版议定书也根据 2004 年 3 月公布的修订版 WRI / WBCSD 议定书进行了相应改动。对原版《水泥行业二氧化碳减排议定书》的主要改动汇总见附件 8。

1.2 目标

本议定书旨在为全球水泥企业提供一个工具。它提供了计算二氧化碳排放量的统一方法, 从而在各种应用中报告二氧化碳排放情况。本议定书涵盖了水泥生产过程中的所有二氧化碳直接排放和主要间接排放, 包括绝对排放量和单位排放量。¹ 本议定书由两大主要部分组成: 一份指导文件和一份 Excel 电子表格。电子表格的目的在于帮助水泥企业编制其二氧化碳排放清单。有关电子表格结构的概述见附件 1。本指导文件和电子表格统称为“议定书”。

本指导文件旨在解释电子表格的结构和基本原理, 提供计算和报告指导。为使水泥行业以外的利益关系人理解议定书, 附件 3 包括了水泥生产工艺的部分背景资料。请注意, 在本议定书中使用公吨为单位, 1 公吨 = 1000Kg。其他单位和数字前缀的缩写见附件 7。

1.3 与其他二氧化碳排放议定书的关系

本议定书中所使用的基本计算方法与政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 发布的《国家温室气体清单》的最新指南和修订版 WRI / WBCSD 议定书是一致的。² 除非有最新的、针对具体行业的数据可以利用, 否则, 一般采用这些文件中建议的默认排放指标。

因此, 水泥企业可根据 IPCC 要求向国家政府报告其二氧化碳排放量。此外, 本议定书被设计为一种灵活的工具, 适用于各种不同的报告体系, 如:

- 欧洲温室气体排放交易体系 (EU ETS);³
- 美国环保署气候引领计划;⁴
- 日本政府温室气体报告指南草案;⁵
- 澳大利亚温室办公室的温室挑战计划。⁶

¹ 绝对排放以二氧化碳吨数表示。比排放以单位产品对应的二氧化碳千克数表示。
² IPCC 1996, 《1996 国家温室气体清单修订方针》, 以及 IPCC 2000, 《国家温室气体清单良好实施指引和不确定性管理》。新版方法论报告《2006 国家温室气体清单 IPCC 方针》现在制定中。见 www.ipcc-nggip.iges.or.jp。
³ 见 EU-ETS 监管报告方针 (EC 2004), http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission/implementation_en.htm
⁴ 见气候引领设计原则 (EPA 2004a) 和水泥业排放指引 (EPA 2003a), <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
⁵ 见日本政府草拟的二氧化碳排放议定书 http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/guide/pdf1_4/mat_01.pdf
⁶ 见澳大利亚水泥业协会的报告方针 (CIF 1998) 及相关文件。

作为世界可持续发展工商理事会 (WBCSD) 一名积极的成员, Holcim 对《水泥行业二氧化碳减排议定书》中文版的出版给予了慷慨资助。此前, Holcim 还与 WBCSD 世界水泥可持续发展促进会通力合作, 组织了议定书的制定工作。该书有助于加深人们对水泥行业节能问题的认识, 加强中国同行间的相互联系, 从而促进水泥行业的可持续发展。

附件 6 对本议定书与前三个温室气体报告体系进行了比较。通常应注意, 特定自愿性的或强制性体系下的报告要求可能与本《水泥行业二氧化碳减排议定书》有所不同。因此, 企业报告二氧化碳排放情况时应指明所遵循的议定书名称。

1.4 设定组织边界和营运边界

编制排放清单时, 设定适当的边界是主要任务之一。根据 WRI / WBCSD (2004), 本议定书对组织边界和营运边界进行了区分:

组织边界规定了清单应包括组织的哪些部分, 例如独资企业、合资企业和子公司, 以及如何合并这些单位的排放量。本议定书第 7 章包含了组织边界指南。在本议定书下, 水泥企业应将以下活动纳入自愿报告 (如果它们控制或拥有相关设备):

- 熟料生产, 包括原料开采;
- 在水泥厂或独立的粉末站中粉磨熟料、添加剂和矿渣之类的混合材;
- 粉煤灰分选。

营运边界指清单包括的排放源类型。主要区别是直接还是间接排放:

- **直接排放**指报告企业拥有或控制的排放源之排放。例如, 水泥窑燃料燃烧的排放为拥有 (或控制) 该水泥窑的企业的直接排放。
- **间接排放**指报告企业活动所导致的排放, 该实际排放发生在其他企业拥有或控制的排放源。例如, 水泥企业消耗的电网电力发电时产生的排放即为间接排放。

本议定书第 3 章对水泥厂直接排放的不同排放源进行了详细说明。间接排放见第 4 章。

营运边界情况下, 有必要重申修订版 WRI / WBCSD 议定书中“范围”的概念。

- 范围 1 排放指公司拥有或控制的排放源发生的直接排放。
- 范围 2 排放指公司拥有或控制的设备所用外购电力在发电时产生的间接排放。
- 范围 3 是允许处理其他所有间接排放的可选报告类别。

修订版 WRI / WBCSD 议定书要求公司至少应分别统计和报告范围 1 与范围 2 排放。除第 9.4 章汇总的某些非主要差异外, 《水泥行业二氧化碳减排议定书》与本报告要求一致。



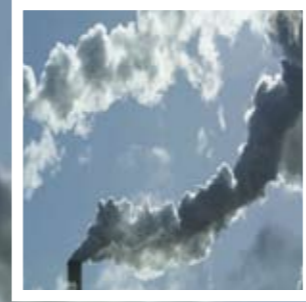
2 二氧化碳减排 议定书原则

温室气体统计和报告应基于以下原则：

- **相关性：**确保温室气体清单恰当反映公司的温室气体排放情况，并满足公司内部和外部用户的决策需求。
- **完整性：**统计和报告选定清单边界内所有温室气体排放源和活动。披露任何特定的例外情况并说明原因。
- **一致性：**使用统一方法根据时间进行有意义的排放比较。数据、清单边界、方法，或时间序列中的任何其他相关因素的任何变更，均要形成明确文件。
- **透明性：**根据明确的审计索引，实事求是、条理分明地解决所有相关问题。披露任何相关假定，并适当说明采用的统计方法、计算方法和数据来源。
- **准确性：**确保尽量对温室气体排放量进行系统判断，使其接近实际排放量，尽可能减少不确定性。达到足够的准确性，为用户决策提供有关报告信息完整性的合理保证。

本协议定书遵循以上与修订版 WRI / WBCSD 议定书一致的原则。此外，本协议定书满足以下原则：

1. 避免工厂级、公司级、集团级、国家级和国际级的重复计算；
2. 可区分排放的不同驱动因素（技术进步、内部和外部增长）；
3. 允许按绝对排放量和单位排放量报告排放情况；
4. 反映达到的二氧化碳减排的全部范围；
5. 采用不会歪曲水泥和水泥制品市场、不危及公平交易的绩效指标；
6. 提供适合不同监控和报告目的的灵活工具，如：环境绩效的内部管理、法人环境报告、依据二氧化碳税收体系报告、依据二氧化碳合规体系报告（自愿或协商协议、排放交易）、行业基准和产品生命周期分析。



3 水泥生产中的 温室气体直接排放

3.1 概况

直接排放指排放来自报告单位拥有或控制的排放源。在水泥厂，二氧化碳直接排放来自于以下排放源：

- 碳酸盐的煅烧以及原料中所含有机碳的燃烧；
- 水泥窑传统化石燃料的燃烧；
- 水泥窑替代化石燃料的燃烧（也称化石替代燃料或化石废料）；
- 水泥窑生物质燃料的燃烧（包括生物质废弃物）；
- 非水泥窑用燃料的燃烧；
- 废水中所含碳的燃烧。

排放成分	参数	单位	拟用参数来源
原料中的二氧化碳：			
•熟料煅烧	已生产熟料 熟料中的氧化钙 + 氧化镁 生料中的氧化钙 + 氧化镁	t % %	以工厂级计量 以工厂级计量 以工厂级计量
•粉尘的煅烧	水泥窑系统粉尘排放 熟料排放因子	t t CO ₂ /t 熟料	以工厂级计量 如上计算
•原料中的有机碳	粉尘分解率 熟料 生料与熟料比例 生料的总有机碳含量	% 煅烧 t 熟料 t / t 熟料 %	以工厂级计量 以工厂级计量 默认值 = 1.55；可调整 默认值 = 0.2%；可调整
燃料燃烧产生的二氧化碳：			
•水泥窑传统燃料	燃料消耗 低热值 排放因子	t GJ / t 燃料 t CO ₂ / GJ 燃料	以工厂级计量 以工厂级计量 IPCC / CSI 默认值或实测值
•水泥窑备选化石燃料 (化石替代燃料)	燃料消耗 低热值 排放因子	t GJ / t 燃料 t CO ₂ / GJ 燃料	以工厂级计量 以工厂级计量 CSI 默认值或实测值
•水泥窑生物质燃料 (生物质替代燃料)	燃料消耗 低热值 排放因子	t GJ / t 燃料 t CO ₂ / GJ 燃料	以工厂级计量 以工厂级计量 IPCC / CSI 默认值或实测值
•非水泥窑用燃料	燃料消耗 低热值 排放因子	t GJ / t 燃料 t CO ₂ / GJ 燃料	以工厂级计量 IPCC / CSI 默认值或实测值 IPCC / CSI 默认值或实测值
•已燃废水	--	--	不要求二氧化碳的量化

表 1： 计算二氧化碳直接排放的参数和拟用数据源
燃料的默认二氧化碳排放因子见议定书电子表格
t= 公吨 AF= 替代燃料 Cl= 熟料 TOC= 总有机碳

以下排放源的排放因子、公式和报告方法在本章以下部分进行了说明。表 1 汇总了相关参数和拟用数据源。通常鼓励各家公司以工厂为基本单位计量所需参数。如果没有工厂级或公司级数据，应使用推荐的国际默认因数。其他默认因数（如国家）如果可靠且更为适当，可优先于国际默认值采用。

3.2 原料煅烧产生的二氧化碳

生料在高温煅烧处理过程中，碳酸盐中会释放二氧化碳。煅烧二氧化碳与熟料生产有直接关联。此外，水泥窑粉尘和旁路粉尘的煅烧可视为二氧化碳的相关排放源，如此类粉尘远离水泥窑系统直接销售、用作水泥混合材或作为废料丢弃。

在工厂级别，煅烧二氧化碳基本上可以用两种方式计算：基于消耗生料的体积和碳酸盐含量，或生产的熟料和离水水泥窑系统的粉尘之数量和成分。生料法在美国和日本用的比较多，熟料法在 1996 国家温室气体清单的修订版 IPCC 指南中提出。这两种方法在理论上是等价的。CSI 工作小组决定在议定书电子表格中以熟料法为重点。各公司可选择生料法或者在具有足够数据的条件下，使用两种方法的组合。此过程中，可能的错误源，如含碳酸盐原料直接加入水泥窑、粉尘的内部循环以及水泥窑系统排放粉尘的不完全煅烧，都应予以统计。

应用熟料法，各公司应使用如下的工厂级数据：

(1) 熟料：煅烧分解的二氧化碳应按已生产熟料的数量和每吨熟料的排放因子计算。排放因子应按照熟料的实测氧化钙和氧化镁含量来确定并更正（如果熟料中氧化钙和氧化镁的数量源于非碳酸盐源），例如硅酸钙或粉煤灰作为原料喂入水泥窑时。

熟料排放因子的确定应明确地记入文件。因此，本电子表格中包括了一个辅助工作表。

如没有更好的数据，应使用 525Kg CO₂/吨熟料的默认值。该默认值与熟料中典型氧化镁含量的校正 IPCC 默认值（510 Kg CO₂/t）相当。默认排放因子详见附件 4。

(2) 粉尘：旁路粉尘或水泥窑系统水泥窑排放粉尘中的二氧化碳应根据粉尘的相关体积和一个排放因子计算。计算

应考虑水泥窑系统排放粉尘的完整体积，与粉尘是否直接售出、添加到水泥中或作为废料丢弃无关。

旁路粉尘通常完全分解。因此，旁路粉尘的排放应使用熟料排放因子计算。

水泥窑粉尘与旁路粉尘相反，往往不能完全煅烧。水泥窑粉尘的排放因子应根据熟料排放因子和水泥窑粉尘的煅烧速率，按照等式 1 来确定。此等式被合并入电子表格中。

$$\text{等式 1: } EF_{CKD} = \frac{EF_{Cl_i} * d}{1 + EF_{Cl_i}} \div \left(1 - \left(\frac{EF_{Cl_i}}{1 + EF_{Cl_i}} \right) * d \right)$$

其中 EF_{CKD} = 部分煅烧水泥窑粉尘 (t CO₂/t 水泥窑粉尘) 的排放因子
 EF_{Cl_i} = 工厂级熟料排放因子 (t CO₂/t 熟料)
 d = 水泥窑粉尘煅烧速率 (作为生料中总碳酸盐二氧化碳的一部分表述的释放二氧化碳)

水泥窑粉尘的煅烧分解率 d 应优先基于具体工厂数据。在没有此类数据的情况下，应使用默认值 1。此数值为保守值，即，在大多数情况下此数值将导致水泥窑粉尘排放量的夸大，因为水泥窑粉尘通常不是完全分解，分解率往往更靠近零而不是 1。等式 1 和分解率 d 的细节见附件 4。

在没有粉尘量具体工厂数据的情况下，对丢弃粉尘中的二氧化碳，应使用 IPCC 默认值（熟料二氧化碳的 2%，见附件 4）。应注意，在水泥窑系统排放粉尘数量相关的情况下，此默认值明显过低。因此，使用工厂或公司级数据更合适。

3.3 原料中有机碳产生的二氧化碳

除了无机碳酸盐，熟料生产使用的原料通常包含一小部分的有机碳，这些有机碳在生料高温处理过程中大部分转化为二氧化碳。原料的总有机碳含量根据地点和使用材料的种类可能有较大变化。

CSI 工作小组搜集的数据表明，生料中总有机碳含量的典型数值为大约 0.1 – 0.3%（干基）。这与约 10 Kg/t 熟料的二氧化碳排放量相当，代表原料煅烧与水泥窑燃料燃烧，两者二氧化碳通常排放量的约 1%。⁷

⁷ 假设所有有机碳转化为 CO₂，则 1.55 吨生料 / 吨熟料 × 2 Kg C / 吨生料 × 3.664 Kg CO₂ / Kg C = 11 Kg CO₂ / 吨熟料。因一部分有机碳经常作为 VOC 或 CO 排放，后者为保守估计。2 Kg / 吨生料的 TOC 含量基于 CSI 成员公司为欧洲和北非编制的 43 次计量。

原料中有机碳的二氧化碳排放应被量化并报告，以确保清单的完整性（参见第 8.3 节重要临界值）。因为其在总排放量中所占份额较少，在电子表格中执行一个简化自计算机制，该机制中将以下默认值乘以熟料产量：

- 默认生料与熟料比： 1.55
- 默认的生料总有机碳含量： 2 Kg / t 生料（干基，相当于 2%）

不要求各公司进一步分析此类排放，除非有迹象表明有机碳与其关联性更大。这可能是一种情况，比如，公司消耗相当数量的总有机碳含量高的页岩或粉煤灰作为进入水泥窑的原料。此外，请注意任何水泥窑系统粉尘排放量不在此默认值计算中自动反映。

产生相当数量粉尘的公司如希望更详尽地分析其总有机碳排放，应使用其工厂级的生料与熟料比。工厂级生料与熟料比不应包括所用燃料的粉尘含量，以防止重复计算。例如，如果高碳含量的粉煤灰被当作燃料（即，通过指定其热值和二氧化碳排放因子）统计，为计算生料中总有机碳的排放量，其粉尘含量不应包括在生料与熟料比中。

3.4 水泥窑传统燃料产生的二氧化碳

水泥窑传统燃料为化石燃料，包括煤、石油焦、燃油和天然气。首选方式是基于燃料消耗、低热值和相应的二氧化碳排放因子计算水泥窑传统燃料中二氧化碳（但也包括替代和非水泥窑燃料，见 3.5 和 3.6 节）。燃料消耗和燃料的低热值通常以工厂级计量。每 GJ 低热值的默认排放因子列于议定书电子表格中。煤、燃油和天然气的默认值来自于 IPCC (1996)。石油焦的默认值基于 CSI 工作小组搜集的分析结果（详见附件 5）。

如有可靠数据可用，鼓励各公司使用工厂或国家级排放因子。基于燃料消耗（以公吨计）和燃料碳含量（以百分比计）的直接排放计算在燃料成分有重大改变的情况下可接受，特别是其水分被充分考虑的情况下。

总体上，IPCC 推荐统计化石燃料的不完全燃烧。⁸ 但在水泥窑中，由于非常高的燃烧温度和在水泥窑中较长的停留

时间以及熟料中出现的很少残余碳，此影响忽略不计。因此，所有水泥窑用燃料中的碳应作为完全氧化处理。

3.5 水泥窑替代燃料产生的二氧化碳

水泥行业越来越多地使用多种主要源自废料的替代燃料；如果没有这种用途，必须以某些方式处理掉，通常使用填埋法或焚烧法。替代燃料包括化石燃料部分，如废轮胎、废油和塑料，以及生物质部分，如废木料和污水污泥。替代燃料作为传统化石燃料的替代品。

IPCC1996 国家温室气体清单指南对以下内容提出要求：

- 生物质燃料二氧化碳排放视为无气候影响，因为排放可在短期内通过生物质再生得以补偿。生物质燃料中的二氧化碳排放作为“备忘项目”报告，但不包括在国家排放总量中。国家清单的“用地改变和林业”部分（报告因森林耗尽而产生的二氧化碳排放量）考虑到这样的事实，即生物质仅在产量足够大时才真正与气候无关。
- 化石燃料废料的二氧化碳排放（也称替代化石燃料或化石替代燃料）本身并非无气候影响。按照 IPCC 指南，废物转能源的工业转化中温室气体排放在国家清单的“能源”类别中报告，而传统废料处置中（填埋法、焚烧法）的温室气体排放放在“废料管理”类别中报告。

为确保与 IPCC 和 WRI / WBCSD 的指南一致，有必要明确报告因水泥工厂中替代燃料燃烧导致的二氧化碳直接排放。因此，本议定书要求报告如下：

- 生物质燃料（包括生物质废料）燃烧的直接二氧化碳应作为备忘项目报告，但不包括在排放总量中。除有其他可靠排放因子可用的情况外，应使用 IPCC 默认的固体生物质的 110 Kg CO₂ / GJ 排放因子。⁹

⁸ 默认碳化因子：煤 98%，油 99%，天然气 99.5%；见 IPCC 1996, Vol. III, p.1.29。

⁹ 见 IPCC 1996, 第 3 卷, 第 1-13 页。

- 化石替代燃料燃烧产生的直接二氧化碳应计算并纳入直接二氧化碳总排放量（排放总量）。二氧化碳排放因子取决于使用的替代燃料种类，因此，在实际应用中应指定为工厂级。在没有工厂或公司级数据的情况下，各公司应使用电子表格中提供的基于 CSI 工作小组编制的度和估计的默认排放因子。
- 通过利用替代燃料获得的间接温室气体减排和导致的替代燃料净排放应在单独的步骤中统计。第 5 章中对此有进一步的描述。

一些替代燃料，例如废轮胎和浸渍锯屑，包含了化石碳和生物质碳。理论上，加权排放因子在此应根据燃料总体碳含量中的化石碳的比例计算。然而，要测量此比例既困难又昂贵，而且某些燃料非常易变。因此，建议各公司使用保守方法，设定此类燃料中的碳为 100% 化石起源，直到有更精确的数据可用。

3.6 非水泥窑用燃料的二氧化碳排放

概况

非水泥窑燃料包括，例如用于热处理设备（如干燥设备）的燃料、厂内发电、工厂和采矿车辆及室内供暖。水泥企业应确保非水泥窑用燃料现场燃烧的二氧化碳排放的完整报告。这些排在电子表格中有如下统计：

- 非水泥窑用燃料的二氧化碳按应用类别分别报告，以体现排放量汇总的灵活性。电子表格区分以下应用：
 - 设备和现场车辆
 - 室内供暖 / 制冷
 - 原料烘干（包括矿物成分如矿渣或火山灰）
 - 现场发电

注意，水泥窑燃料烘干所消耗的燃料包括在水泥窑燃料部分中。

- 公司自有车队场外运输产生的二氧化碳排放目前不包括在电子表格中（详情见下方）。
- 非水泥窑用燃料假定为完全氧化，即不计煤烟或灰份中的碳含量。因而发生的对排放量过高估计的情况通常较

少（约 1%）。希望统计非水泥窑用燃料中的碳的不完全氧化的公司应按照固定燃料燃烧的 WRI / WBCSD 工具进行统计。

有关根据本议定书确保完整报告所需要的程序步骤见第 9.2 节表 7。

运输产生的二氧化碳排放

同任何制造工序一样，水泥生产对原料和燃料的运输以及产品配送的运输（熟料、水泥、混凝土）提出了要求。在某些情况下，熟料被运往另一地点进行粉磨。运输模式包括输送带、铁路轨道、水路和公路。如运输由独立第三方进行，相关排放被限定为间接排放。间接排放详见第 4 章。

图 1 对水泥生产相关运输类型进行了细分。本议定书要求各公司统计能量消耗以及自有车辆进行现场运输的相关排放（包括租用车辆）。实例包括采矿场车辆的燃料消耗和运输带的耗电。注意耗电相关排放被限定为间接排放，除公司自行供电外。

相反，本议定书不要求各公司限定与以下运输类别相关的排放：

- 第三方进行的现场运输（即报告单位不拥有或控制车辆）；
- 所有场外运输，例如燃料、半成品和成品的运输，无论运输是否由第三方或公司自由车队进行。

这些例外情况的原因是与水泥窑排放相比，相关排放量相当小，且难以一致方式量化。但请注意，场外运输的完全排除表示与报告所有自有和控制源排放的 WRI / WBCSD 要求相违背。准备遵守 WRI / WBCSD 要求的公司必须报告其自有和控制车队现场与场外运输的排放。

3.7 由废水产生的二氧化碳排放

一些水泥厂在其水泥窑中注入废水，例如控制氮氧化物的火焰冷却剂。废水中含碳产生二氧化碳排放。本议定书不要求水泥企业量化与废水消耗相关的二氧化碳排放，因为这些排放量通常较小，此外，也很难量化。

- 大部分水泥企业不消耗废水；
- 如消耗废水，其碳的排放量通常少于工厂总二氧化碳排放量的 1%。¹⁰
- 此外，废水中所含的碳可能为生物质源（例如生活污水），在这种情况下可将其作为备忘项计算。

然而，各公司应以近似计算证实其废水的消耗对其总体的二氧化碳排放无重大影响。

3.8 非二氧化碳温室气体的情况

由于水泥窑燃烧温度很高，因此水泥窑中甲烷（CH₄）的排放量相当少。甲烷排放以二氧化碳当量法计算通常是水泥窑二氧化碳排放量的 0.01%。¹¹ 同样，CSI 工作小组编制的数据显示，水泥窑中一氧化二氮（N₂O）的排放量相当少，但

是在现阶段考虑到普遍结论的范围，这些数据很有限。¹² 我们发现，《京都议定书》涵盖的其他温室气体（PFC、HFC、SF₆）与水泥工业无关。

本议定书不要求水泥企业量化其水泥窑中的非二氧化碳温室气体排放。此类气体相对不太重要，此外，主要的潜在原因在于大部分自愿和强制报告体系现阶段都仅限于二氧化碳的排放。

但甲烷气体和一氧化二氮的相对排放可能由非水泥窑燃料的固定燃烧产生（如干燥器、现场发电）。如有要求，此类排放应使用 WRI / WBCSD 计算工具作为固定燃料燃烧报告（见 www.ghgprotocol.org）。



¹⁰ 如果水泥厂使用废水，消耗量通常约为每吨熟料 10Kg。废水中按重量计算的 5% 的碳含量，与约每吨熟料 2Kg 的二氧化碳排放或 0.2% 的工厂典型总 CO₂ 排放（基于多个 CSI 成员公司提供数据的数值）相当。

¹¹ IPCC (1996, 表 1-17) 提供水泥窑中约 1g 的 CH₄ /GJ 的默认排放因子，与 0.01% 的每 GJ 燃料使用的总 CO₂ 当量排放相当。假定：水泥厂燃料燃烧中的直接 CO₂ 排放为 56 – 100 Kg CO₂ /GJ，加上原料煅烧产生的 130 – 170 Kg CO₂ /GJ，总共 186 – 270 Kg CO₂ /GJ。相比较，在 100 年时间里，1 g CH₄ /GJ 与 21 g CO₂ e/GJ 相当。IPCC 默认值由 CSI 工作小组编辑的小部分数据确定。

¹² 水泥窑中 N₂O 排放的 IPCC 默认值现不可用。CSI 工作小组编集的有限数据说明，窑烟气中的 N₂O 浓度通常低于 10 mg /Nm³，这相当于 7 Kg CO₂ e / 吨熟料，或熟料生产典型二氧化碳排放量的 0.8%。

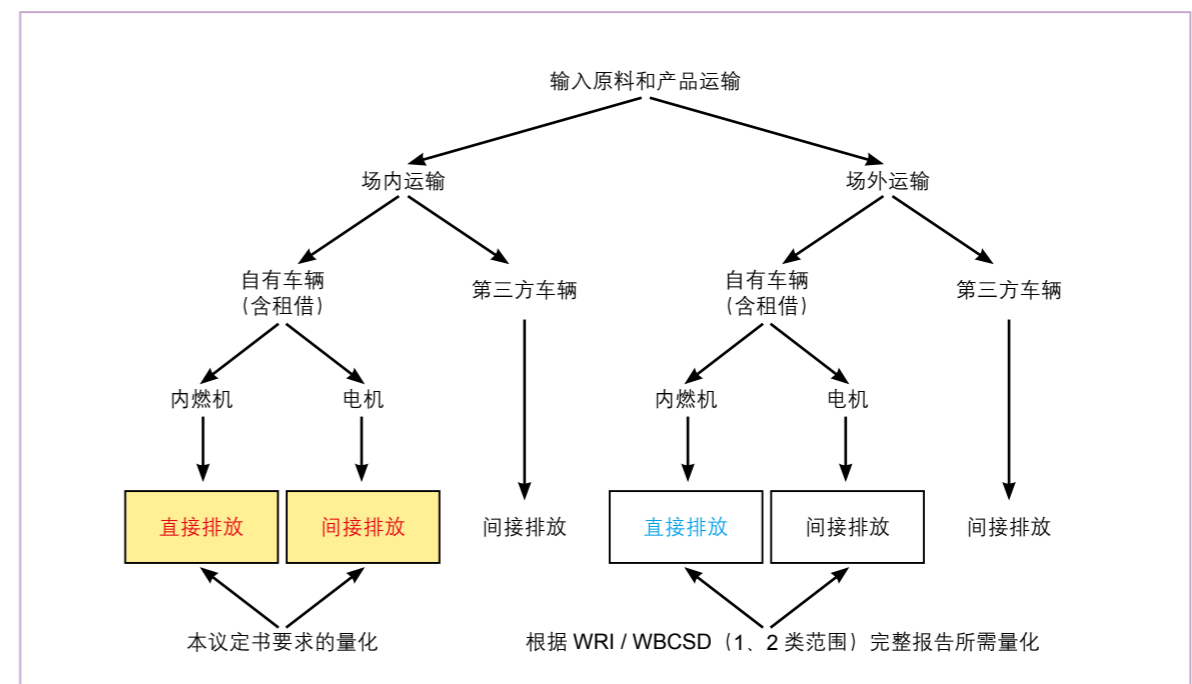


图 1： 运输细分 (按类别), 以及本议定书的涵盖范围



4 间接温室气体排放

间接温室气体排放是报告实体运营结果的排放，但产生于其他实体所有的或控制的排放源。水泥生产与不同排放源的间接温室气体排放相关。主要实例包括以下排放源的二氧化碳排放：

- 水泥生产商外购电力发电；
- 从其他生产商买来熟料与本企业产品共同粉磨；
- 第三方传统燃料和替代燃料的生产和加工；
- 第三方的输入（原料、燃料）和输出（水泥、熟料）运输。

间接排放的数据可用于评价一个产业的总体环境绩效。为此，水泥企业应计算并报告上述四类间接排放的两种：

- 外部发电产生的二氧化碳排放应基于电网电力的实测消耗量，最好从电力供应商获得排放因子。或者也可采用该国的平均排放因子（见附件 2）。按照修订版 WRI / WBCSD 议定书（第 4 章和附件 A）要求，运输和配送过程中耗电相关排放（运输配送损失）不应纳入该计算中。

- 所购熟料产品产生的二氧化碳应基于报告实体的净购入熟料（购买的熟料减去售出的熟料）计算，默认排放因子为 862 Kg CO₂ / t 熟料。后者代表 CSI 工作小组决定的 2003 年中几家公司的平均值。

当某家公司进行统一运营时，使用净购入熟料——而不是所有（= 总量）购入熟料——提供了工厂间公司内部熟料运输抵消的好处。这避免了公司内运输熟料排放的重复计算问题。为计算相关排放，购入和售出熟料量的净值由电子表格自动完成。公司内部熟料运输详情见第 7.3 节。

请注意，862 Kg CO₂/t 的默认排放因子仅用于计算净购入熟料间接排放影响。对净熟料销售商，熟料采购可实现平衡，因此所造成的排放量为负数，表示该公司的熟料销售间接地有助于避免其他水泥厂的排放。同一个默认排放因子不应用于计算报告企业总直接排放量和净直接排放量。

表 2 中汇总了计算这两类间接排放的方法。本议定书不要求其他间接排放的量化。这一点特别适用于运输的间接排放（详见第 3.6 节）。

排放	参数	单位	参数源
外部发电的二氧化碳排放 (间接排放)	耗电 排放因子不包括运输配送损失	GWh t CO ₂ /GWh	以工厂级计量 供应商规定值或国家电网因子 (见附件 2)
所购熟料的二氧化碳排放 (间接排放)	净购入熟料 排放因子	t 熟料 t CO ₂ /t 熟料	以工厂级计量 (购入熟料减去 售出熟料) 默认因子 =862Kg CO ₂ /t 熟料

表 2. 本议定书要求的计算间接二氧化碳排放的参数和数据源

如果排放是另一行业生产工艺造成的结果，则熟料或水泥替代矿物成分（MIC）产生的二氧化碳排放不应被视为水泥业的间接排放。这特别适于钢铁工业产生的矿渣和发电厂产生的粉煤灰。产生此类副产品的设施的二氧化碳排放与计划的主要产品——钢铁和电力——相关，但与副产品无关。水泥行业对此类副产品的利用不会造成钢铁或电力生产中额外的二氧化碳排放。



5 排放与排放权

一家公司或其子公司可同时参与多个二氧化碳报告与合规体系，如一家水泥企业已经采用了全球企业自愿减排目标，而它在欧盟国家的子公司则需遵循相应的强制性限额和贸易计划，其在美国的营运要遵守美国环保署气候引领计划。在所需减排（如排放权分配数量）、排放额度类型或合规的其他排放权方面，这些体系都有所不同。随后，企业会根据相关的报告标准，分别针对每一个体系进行报告。

该议定书的主要目标是，确保水泥企业能对其所达到的全部减排范围进行透明、一致、明确的报告。尤其是对报告单位组织边界外减排（即所谓的抵减量）的报告，一定要精确标准化，确保其准确性和透明性。

根据以上的目标，该议定书使用了“排放权”、“排放平衡”和“排放总量和净排放量”的概念，定义如下。

在企业自愿二氧化碳报告体系或排放目标下，水泥企业要想统计抵减量或其他排放权，应根据该议定书中所列准则进行统计，并采用该议定书中所规定的排放总量和净排放量定义。

不想统计抵减量或其他排放权的水泥企业，只需要报告排放总量，不需要使用排放平衡法。

5.1 排放平衡和排放权

在企业温室气体减排目标、排放交易和碳排放交易等灵活市场工具的情况下，排放资产至关重要。限额分配交易的配额和交易计划、自愿目标规定的排放权、排放额度、企业组织边界外获得的减排排放额度等排放资产在该议定书中全都称为排放权。排放权可以交易，但无强制性。

排放	排放权
生料中的二氧化碳 传统化石燃料排放的二氧化碳 替代化石燃料（化石废弃物）排放的二氧化碳 非水泥窑用燃料排放的二氧化碳	初始排放权 • 监管机构批准的配额。 既得排放权 • 市场上买进 (+) 卖出 (-) 的配额 • 基于项目买进 (+) 卖出 (-) 的排放额度：CER, ERU, 国内排放额度 ¹³ • 废弃物燃料使用奖励额度 • 其他奖励额度（如废热输出）
直接排放合计	排放权合计

备忘项
 生物质燃料中的二氧化碳
 间接二氧化碳（购买的电力和熟料）

图2 平衡表法，分别统计排放和排放权。关于“初始排放权”和“既得排放权”的定义，请参考第5.2节。

¹³ CER和ERU分别指清洁发展机制和京都议定书联合实施体系下项目产生的排放额度。

希望统计排放权的企业可根据本议定书中所列的规则进行统计。为了确保温室气体报告的透明性，企业可分别统计出排放量和排放权。如果适用（通常称为“二氧化碳净排放量”），可根据指定期间企业的平衡总排放和其总排放权检测出达标情况。图1中对该平衡表法的原则进行了解释。

5.2 排放总量和净排放量

目标和定义

该议定书的一个重要目标是，不管减排是否发生在水泥企业组织边界内，为了达标，确保企业能对所达到的全部减排范围进行报告和运用。这与排放交易计划和其他灵活市场机制基本相符，对于企业想要减排的领域，这些计划和机制可为其提供灵活性。

为此，该议定书为企业二氧化碳净排放量规定了指标，如下：

- 总排放指在指定时期内，水泥厂或企业的二氧化碳直接排放总量。排放总量包括替代化石燃料中的二氧化碳，但不包括生物质燃料中的二氧化碳，因为后者的二氧化碳作为备忘项对待。
- 既得排放权指在指定时期内一家公司获得的所有排放权，不包括从监管机构获得的初始排放配额。关于该定义的基本原理在下文中有所解释。
- 净排放指排放总量减去既得排放权。

$$\text{二氧化碳净排放量} = \text{二氧化碳排放总量} - \text{既得排放权}$$

此处定义的净排放量指企业的净二氧化碳指标范围，能够反映企业的直接排放和所达到的间接减排，例如，通过在市场上购买排放配额。关于净排放报告要求，见9.2节。

既得排放权定义

“既得排放权”的定义对于正确理解净排放指标是很重要的。本议定书将企业在指定时期内获得的总排放权划分成初始排放权和既得排放权。

• 初始排放权指在排放目标或初始分配过程中，从监管机构获得的配额。在EU ETS等强制性限额和交易体系中，初始排放权指成员国主管部门分配的配额。在企业自愿排放目标时，企业的管理层就会充当监管机构，减排目标会限定初始排放权的数量。由于初始排放权代表的是排放指定限额的权利，而非减排，所以净排放量指标并不能反映初始排放权。

• 既得排放权包括在市场上购买或售出的配额和排放额度（售出用“-”号表示），以及企业在组织边界外完成减排而得到监管机构奖励的排放额度（包括废燃料利用和废热输出的排放额度）。

既得排放权条件，取决于二氧化碳合规及报告体系的规定。理论上会存在不同的净排放量指标，但是实际上，净排放量指标主要用于企业的自愿温室气体排放目标和报告用途。因此，本议定书只规定了一项净排放量指标。

$$\begin{aligned} \text{二氧化碳净排放量} &= \text{二氧化碳排放总量} - \text{既得排放权} \\ \text{既得排放权} &= \\ &\text{买进 (+) 卖出 (-) 的配额} \\ &+ \text{基于项目买进 (+) 卖出 (-) 的排放额度 CER, ERU,} \\ &\text{国内排放额度} \\ &+ \text{将废弃物转化成替代燃料的相关抵减量}^{**} \end{aligned}$$

* 如果公司要出售自己的额度，应按下方表3所示进行统计。
 ** 经外部核证后，利用替代燃料产生的抵减量可转化为排放额度。

避免重复统计减排

由于减排已经反映在企业排放总量或直接排放中，所以在计算既得排放权时，要避免对其重复统计。这在CDM项目中尤其重要，该项目中，为达到减排可先将核证减排量交给水泥企业，然后将其出售。为此，企业应参照表3计算既得排放权。

表3表明，如果一个企业在CDM项目中减少了自有燃料消耗，保留了碳排放额度，该排放额度就不会计入既得排放权，因为同一减排已经反映在二氧化碳排放总量中了。但是，如果该企业将同一批额度出售，就应该扣除其既得排放权（可用负号计算）。

减排或减排类型	既得排放权标记		备注
	自有使用减排	销售减排	
自有直接排放	0	-	减排反映在企业排放总量中
自有直接排放（如减少电网电力输入）	0	0	减排反映在企业间接排放中
其他排放（如，通过填埋或焚烧，对废燃料按传统方法处理产生的排放）	+	0	企业运营不会引起减排

表 3: 既得排放权: 如何处理各种不同类型的减排。
+ 将减排算成既得排放权 (正号)
- 将减排算成出售排放权 (负号)
0 没有将减排算成既得排放权

5.3 利用废物作为替代燃料的间接减排

水泥行业会回收大量的废弃物，用作燃料或原料。这些回收废弃物在本议定书中称为替代燃料 (AF)。通过利用替代燃料，水泥企业可减少传统化石燃料的消耗，同时也避免了填埋或焚烧废弃物的传统处理方式。

由于替代燃料的排放因子与被替代燃料的排放因子不同，所以增加替代燃料的利用会影响到水泥企业二氧化碳直接排放量。而且，替代燃料中所含有的碳可来源于化石燃料，也可来源于生物质燃料，或兼而有之。

除了这些直接影响外，水泥行业利用替代燃料，也可减少原本处理这些废弃物的填埋场和焚烧厂的温室气体排放。与水泥厂替代燃料直接排放的二氧化碳相比，这些间接排放量或高、或低、或相当，这取决于废弃物的类型和处理方式。为了减少全球温室气体排放，可将直接排放影响、间接减排、资源效率三者结合起来，有效发挥传统化石燃料替代物的作用（参考 IEA 1998）。

不同减排体系中，化石类替代燃料（也称为化石替代燃料或替代性化石燃料）的二氧化碳排放报告要求相差甚远。上述第 5.1 和 5.2 节描述的平衡表法为不同体系下的报告提供了一个灵活的框架，同时也能确保报告的完整性、严密性和透明性。

- 根据第 3.5 节，必须将化石类替代燃料燃烧产生的二氧化碳直接排放量纳入企业排放总量。
- 间接减排的排放额度可在“既得排放权”项下报告，这取决于报告所遵循体系的规定。

- 净排放量（排放总量减去既得排放权）反映根据相关报告体系规定的排放量。

例如：

- 根据英国气候变化征税协议和瑞士二氧化碳排放法要求，企业须报告不含化石替代燃料产生的二氧化碳的净排放量。所以根据该议定书和体系，企业报告应计算包含利用化石替代燃料产生的二氧化碳排放的排放总量，把等于化石替代燃料直接排放量的排放额度纳入既得排放权中，由此产生的净排放量正是英国和瑞士报告体系所要求的。

- 如本议定书规定的，《欧盟排放交易系统监控指南》要求报告排放总量（包括利用化石替代燃料产生的二氧化碳）。此外，欧盟排放交易系统也无法预测水泥行业使用替代燃料换取的排放权和排放额度的一般意义的分配。所以，通常来说，利用替代燃料不会获得该体系中的任何既得排放权。但是，在欧盟的一些成员国中，利用替代燃料可使其有资格获得具体项目的排放额度，如《京都议定书》联合执行机制便有此规定。在没有出售给第三方的情况下，该联合执行排放额度可计入水泥企业的既得排放权。这会对企业的合规状态产生影响（例如，排放量和排放权的总体平衡），但对欧盟排放交易系统要求的排放总量报告没有影响。

- 一些跨国水泥企业已经自愿承诺了其集团级二氧化碳减排目标，包括将替代燃料作为一种减少全球温室气体排放的方法（例如，化石和生物质替代燃料中的二氧化碳被认为对环境没有影响）。这些企业会根据既得排放权使用与化石替代燃料相当的排放额度。鉴于

这些企业将报告排放总量和净排放量，所以确保了信息的完全透明化。

对于最后一个例子，CSI 工作组强调，这些企业应对化石替代燃料采用默认排放额度，但仅限于企业自愿环境报告中。不管何时根据监管体系得出的报告，企业都要遵循其中与替代燃料相关的条款，第 9 章对自愿环境报告进行了详细说明。

5.4 其他间接减排

余能的利用

有的水泥厂将废热作为传统能源替代物，输出给外部用户。与利用替代燃料产生的间接影响相似，水泥企业可采用既得排放权下的排放额度统计此类废热输出产生的温室气体间接减排量，前提是相关报告体系允许采用这种排放额度。废热输出排放额度会对企业净排放量产生影响，但对排放总量没有影响。排放总量完全反映了与热量生产有关的二氧化碳直接排放。

其他形式的余能利用，如现场废热发电，可采用类似的排放额度。但是，在自愿报告中采用该排放额度时，企业应该考虑其行为是否真的有助于全球温室气体减排，是否仅仅在不同单位之间进行排放转移，例如，如果一家水泥企业利用化石燃料进行现场发电（与废热发电相反），在发电量相等的情况下，排放总量与利用外部发电机组供电的排放量是基本相同的，除非发电技术有明显差异；所以在这种情况下，自己发电的那些水泥企业的排放额度的适当性就受到了质疑。

水泥碳化及对二氧化碳吸附

浇注混凝土固化时会从空气中再吸收一些二氧化碳，但是再吸收量与水泥生产时排放的二氧化碳相比是很少的¹⁴，不受报告水泥生产排放的法人控制。在混凝土生产过程中会吸收更多的二氧化碳，但是速度很慢。因此，该议定书中不包括水泥碳化及对二氧化碳吸附。

¹⁴ 见 IPCC 1996，第 3 卷，第 2.5 页。





6 绩效指标

6.1 简介

二氧化碳议定书旨在为二氧化碳的排放监控和报告提供灵活的基础。对单独排放成分的计算已经在上文进行了清晰的描述。相比之下，排放总量和比率指标很大程度上取决于报告背景和目的，如：国家输入清单、二氧化碳合规体系和排放交易、行业基准等。该报告的系统边界很大程度上取决于惯例，而不是科学家的争论结果。

在此背景下，议定书电子表格中已增加了绩效指标部分。绩效指标部分包括很多根据当前商业政策环境和相关报告要求被认为是最有用的指标。总体上绩效指标部分被视为一个灵活的载体，企业可根据需要引进附加参数，比如不同的排放小计和排放总量。

6.2 单位排放分母

从可持续发展和商务角度看，二氧化碳效率的报告（单位排放）至少是和绝对排放同样重要的。由此带来的问题是，应该怎样定义单位排放的分子和分母？特别是应该怎样考虑直接熟料销售和熟料替代物？

CSI 工作组决定，企业应按以下的要求（同时参考图 3）来计算其单位排放量。

- 分子：在切实可行的情况下，为报告企业的直接排放总量或净排放量；
- 分母：报告企业生产的用于水泥制造、直接熟料销售的所有熟料，加上石膏、石灰石、水泥窑粉尘¹⁵，混合所消耗的熟料替代物，以及生产的所有水泥替代物。该分母中，含有胶黏产品或胶黏材料，作为熟料和矿物成分合计。分母中不包括水泥生产中从第三方获得的熟料，因为该熟料已经纳入第三方清单范围内。

在监控排放绩效和计算国家水泥行业基准时，该分母被认为是最适当的根据。需要注意的是，分母中不包括以下内容：

- 外购水泥生产用熟料；
- 出售给其他企业且经其研磨的碎渣；
- 未经处理进行交易的水泥。

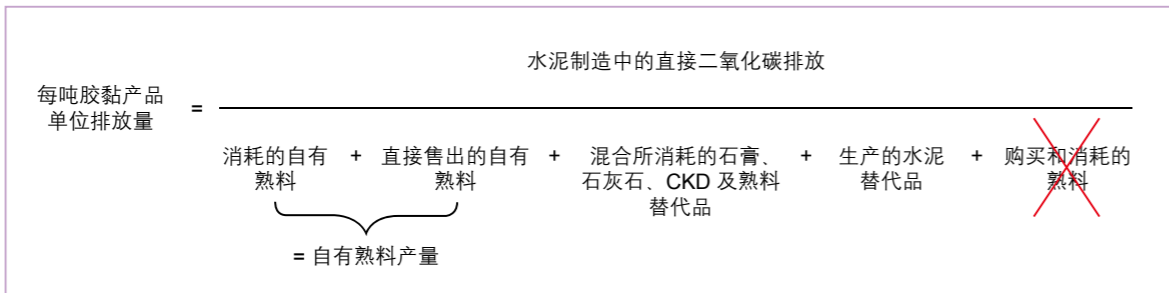


图 3：单位排放（基于单位）的定义。由于分母基于熟料生产，所以售出的熟料包含在内，而买进的熟料排除在外。有关熟料储量的变化，请参考第 6.4 节。

¹⁵ 分母应包括水泥窑系统排放的和最终纳入胶黏产品的粉尘量。如加入水泥磨的水泥窑粉尘和作为胶黏料直接出售的水泥窑粉尘。在议定书电子表格中，这些数量应计入混合所用的矿物成分下，或作为水泥替代品的矿物成分下。但是，填埋的粉尘不计入分母。

因此，该分母不必与水泥销售总量相等，它符合第 2 章的标准：

- 这完全受益于使用熟料和水泥替代物的二氧化碳减排操作。
- 利用矿物成分和熟料的共同粉磨生产混合水泥（即熟料替代物）或将矿物成分当成胶黏材料（即水泥替代物）的方法都可以受益；即，针对任何一种水泥都没有偏差。
- 买进的熟料不减少比排放量；就是说，不提倡将熟料生产转移到监管较松的国家，熟料市场不存在不公平的现象。

在单位排放量分母中包括购入熟料的备选方案与第 2 章中所列的基本标准并不相符：

- 如果购入的熟料包含在分母中，而不是在自有熟料销售中，那么熟料市场就会受到严重影响。由于熟料净销售商的比排放量会增加，危害到其二氧化碳具体目标的合规性，所以他们会受到处罚。另一方面，只要增加购入熟料的份额，就很容易达标了，不会对全球气候产生什么实质性的好处。
- 分母中同时包括买进和卖出的熟料是不可行的，因为这会引起企业之间对熟料的重复计算。

如果备选方案不包括分母中的熟料替代物或水泥替代物，则不能反映由于产品替代而造成的二氧化碳效率的改进。

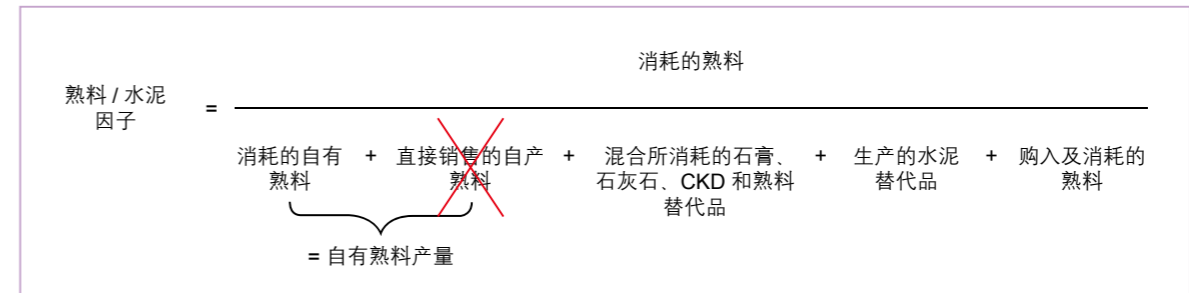


图 4：熟料/水泥因子的定义。分母基于熟料消耗量，因此分母中包括买进的熟料，不包括卖出的熟料。关于熟料储量的变化请参考第 6.4 节。

6.3 其他单位指标的分母

对于分子中不包括二氧化碳的选择比率指标，适当的做法是计入买进的熟料并排除分母中的卖出熟料。这适用于以下状况：

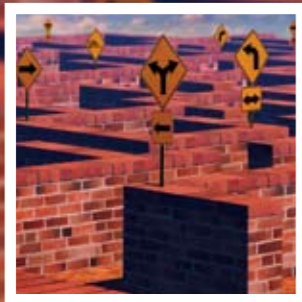
- 每吨胶黏产品的特定能量消耗，应考虑到买进熟料的研磨；
- 熟料/水泥因子应说明熟料消耗总量和水泥生产总量之间的比率，图 4 中显示了拟用的熟料/水泥因子。它在议定书的电子表格中也被执行。

6.4 熟料储量变化处理

熟料生产产生的直接二氧化碳应在排放当年报告。不管生产的熟料被消耗、卖出还是储存，为了避免混乱，每吨胶黏产品的比排放量都应以同年熟料全产量为基础。

相反，不管熟料是当年生产的还是存货，特定电力消耗和熟料/水泥因子等其他比率指标应以实际消耗的熟料（加上石膏和 MIC）数量为基础。在根据熟料消耗计算熟料产量时，应考虑到熟料存货的变化（也要考虑到熟料销售和购买），反之亦然。





7 组织边界

7.1 所涵盖的装置

二氧化碳排放量不仅仅来源于水泥窑运行，而且在水泥窑的上下游工艺中也会产生二氧化碳排放，特别是在采矿和（间接）水泥粉磨工艺中。这些设施的间距可能相当大，而且大部分的采矿场、水泥窑和粉磨站都是由不同的法人实体来经营的。这种情况如何在一家法人实体的清单里面进行统计？

根据外部强制方案（例如欧盟排放机制）进行报告时，装置设施边界的确定以各自具体方案的规范要求为准。

相比之下，根据本文件第 3、4 章的要求以及议定书电子表格中的预测，本议定书中的自愿报告应涵盖与水泥生产相关的主要直接和间接二氧化碳排放。这些排放还应包括与上下游作业燃料和电力消耗相关的排放量。在本议定书的框架下，水泥企业尤其应将以下几种活动纳入自愿报告，但前提是应根据第 7.2 节规定控制或拥有相应的装置和设备：

- 熟料生产，包括原材料开采；
- 熟料，添加剂和水泥混合材（如综合水泥厂和独立研磨站的矿渣）的粉磨；
- 粉煤灰分选。

可以根据需要为各工厂分别制定清单，如在地理位置上相距很远或由不同的经营者来经营的工厂。¹⁶ 但当排放量以公司为单位或集团为单位进行合并时，其划分所带来的影响就会被抵消。（另见 7.3 节公司内部熟料转移）。第 9.2 节提供了更多关于自愿环境报告的指南。

7.2 排放和排放权合并

WRI / WBCSD 议定书修订版采用了两种不同的基本方法，根据这两种方法各公司可合并在生产过程中产生的排放量：股本权益法和控制权法。控制权法又分为财务控制权和经营控制权，可作为标准使用。这三种方法在下面进行了简要汇总，图示见图 5。斜体字表示从修订版 WRI / WBCSD 议定书中引用的内容。每种方法的详细说明和实例请见 WRI / WBCSD 文件第 3 章。

- **股本权益法**：根据此方法，一家公司根据在经营过程中手中所拥有的股本权益（比例）来合并其温室气体的排放量，即根据所有权。有一个例外情况，如果一家公司仅仅拥有极小的经营权益且没有任何影响力和财务控制能力，那么排放量就不能因为所谓的固定资产投资而进行合并。其他可能的例外情况与关系的经济实质有关（详见修订版 WRI / WBCSD 议定书）。
- **财务控制**指公司以从经营活动中获取经济利益为目的，引导经营过程中的财务和经营政策的能力。例如：如果公司拥有大部分的经营权益或公司对经营设备拥有大部分的风险和利益时，常用财政控制这一方法。

根据这种方法，公司可合并处于它们财务控制下的所有生产排放量。例外情况是，合资企业的合伙人拥有共同财务控制权时，需要根据股本权益法来合并排放量。

¹⁶ 如果设备通过欧盟 IPPC 法令定义，可能会有此要求。

- **经营控制**指公司拥有全权制定和实施经营活动中的经营政策。如果公司是设施的经营者，即拥有营业执照，通常采用这一方法。根据这种方法，公司能够合并它们拥有经营控制权的所有生产排放量。例外情况是，合资企业的合伙人拥有共同经营控制权时，要根据股本权益来合并排放量。

以温室气体统计为目的而定义控制权时，公司应遵循财务报告现行条款和惯例。同样，修订版的 WRI / WBCSD 议定书建议，统计合作经营活动的任何特殊合同时，需注明合同各方如何分配排放量的所有权，或者说负责排放量和相关风险的管理责任。

修订版的 WRI / WBCSD 议定书没有对自愿公共温室气体排放报告中是以股本权益为基础或是以其他两种控制方法为基础提出任何建议。相反，它还鼓励公司分别运用股本权益和一种控制权法，而且还指出公司需根据是否适合它们业务活动 and 是否满足温室气体计算和报告的要求来决定使用哪种方法。¹⁷

鉴于水泥产业的特点，CSI 工作组认为，水泥企业应根据经营控制权标准初步合并排放量，如果经营控制权没有明确地分配给单个法人实体，那么就根据所有权的标准来合并排放量。表 4 对此方法进行了汇总。更多有关合并原则的详细指导和阐述实例见修订版的 WRI / WBCSD 议定书。

排放权合并

各公司应采用合并排放量的相同方法来合并排放权。在合并排放权时，应确保在整个合并过程中每个厂的排放权用统一准则来核算，这极其重要。详见第 5 章排放权。

合并标准	报告单位中合并温室气体的百分比
第一标准：经营控制	
报告单位拥有经营控制权	100%
另一法人实体拥有经营控制权	0%
经营控制权未明确分配给单一股东（“联合经营控制”）	与股权相关（见下文）
第二标准：股份权益所有权	
0%-100% 所有权	所有权按比例计

表 4：CSI 工作组采用的合并水泥企业温室气体排放量的要点

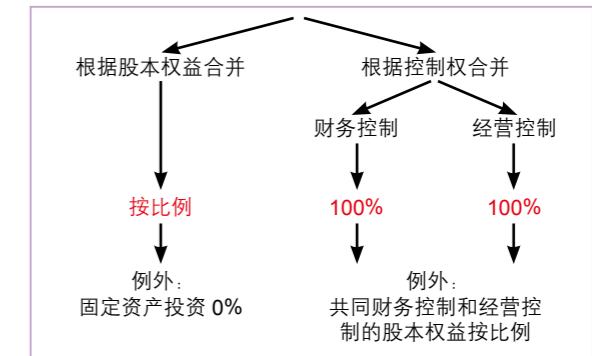


图 5：WRI / WBCSD 推荐的如何选择合并排放量的方法

7.3 熟料内部转移

很多水泥企业在转移大量熟料时，都是在不同的工厂和粉磨站之间进行内部转移。那么在编制和合并不同场地的二氧化碳清单时如何计算这些转移呢？谈到议定书的电子表格，下面这些内容是值得注意的：

- **工厂层面**：计算内部熟料的转移对于工厂绩效指标的正确量化是非常必要的。例如：如果忽略了熟料的主要来源（外部或内部），那么粉磨站的熟料因子就会失真。
- **公司层面**：当合并不同工厂的清单时，内部转移的熟料量就会被抵消。这会导致在公司层面上计算内部转移量时不需要绩效指标的正确量化。
- 对内部转移的计算不会导致公司层面上的重复计算。电子表格是为了避免对绝对二氧化碳排放量和绩效指标进行重复计算而设计的。只要公司的所有工厂都应用相同的默认排放因子：862 Kg CO₂/t 熟料和只报告与熟料购买净数量（按本议定书第 4 章的要求）相关的排放量，它也同样适用于计算与购买熟料相关的间接二氧化碳排放量。

¹⁷ 合作经营控制的案例并没有明确写入修订版的 WRI / WBCSD 议定书中，但可以根据合作财务控制的案例类推出来。

总之，议定书允许企业自己决定是否统计内部熟料转移。但是，如果企业希望在工厂层面上分析二氧化碳的绩效指标，那么就需要核算内部转移。

7.4 基准线、企业收购、资产剥离

水泥行业经常以过去某年的基准来衡量二氧化碳的排放绩效。京都基准年 1990¹⁸ 可为参考年。但是在很多情况下，由于缺少可靠和准确的历史数据，需要用更近的基准年，特别是涉及到合规性或排放交易时。对于基准年的选择也将取决于每个国家的法律法规。

企业收购和资产剥离以及工厂的开业和关闭都将影响一个企业的合并排放绩效（绝对排放量和比排放量）。为了确保基准线（= 基准年及其后的排放量）的一致性，企业应一致使用以下准则。

- 根据企业收购和资产剥离变更来调整基准线：过去年份报告的合并排放量应始终反映企业现在拥有的股份额。如果一家企业被收购，其过去的排放量应纳入报告企业的合并排放量中。这需要回溯到基准年或者被收购公司成立的年份，以时间较晚者为准。如果企业资产被剥离，那么过去的排放量应从合并排放量中去除。调整应符合合并准则（见 7.2 节）。
- 对“有机”变化不进行基准线调整。如果因为新设备投资，扩充产能，产能利用率提高而出现生产的有机增长，就不应调整基准线。同样，基准线也不会因为有机负增长而进行调整。水泥窑的关闭或产量的降低也不会导致基准线的调整。

有关基准年的选择和调整实例，见修订版的 WRI / WBCSD 议定书。



8 清单质量管理

8.1 WRI / WBCSD 议定书修订版建议汇总

修订版的 WRI / WBCSD 议定书为清单质量管理提供了全面指导。本节对其要点进行了汇总。详见 WRI / WBCSD 文件。

实施清单计划

设计、更新和完善企业的温室气体排放清单是一项长期的工作。一个全面而系统的清单计划中将对此做出说明。此计划将以企业清单的四个基本项为目标。

- 方法：企业清单里面包含了各种技术和科学方法。本议定书提供了统一而有效的方法来编制水泥企业的清单。但是也鼓励企业检验这些方法是否满足他们的特定要求。各公司应确保他们自己开发和运用的方法能准确地反映他们排放源的特点。

- 数据：指活动水平、排放因子、流程、经营中的基本信息。公司清单计划将建立可靠的高质量数据采集程序，并确保随着时间的推移不断维护和完善这些程序。
- 流程和体系：在编制温室气体排放清单时将需要制度、管理以及技术程序，包括负责制定和更新高质量清单的团队和流程。如果适合，这些流程可与其他公司数据管理流程进行集成。
- 文件编制：文件编制旨在记载编制清单所需的方法、数据、流程、系统、设想和估算。用于温室气体排放量的估算本身属于技术范畴，因此高质量而透明的文件编制对于可信度来讲是极其重要的。

¹⁸ 附件 1 中的一些经济处于过渡期的国家已经选择了其他年份作为其基准年，而不是 1990 年。（例如：保加利亚和罗马尼亚：1989 年；波兰：1988 年；匈牙利：1985-87 年）。而且，附件 1 中的所有国家都可选择 1995 年作为碳氟化合物、全氟化合物和六氟化硫基准年。



工厂或公司排放量估算的总的不确定性将取决于其下参数的个体不确定性。WRI / WBCSD 开发了一种工具和指导方法来帮助估算这些不确定性（详见 www.ghgprotocol.org）。

量化数据的不确定性，对数据和程序的要求非常高。因此，排放量估算的总体不确定性说明本身就具有不确定性，而且还带有主观因素。¹⁹ 尽管如此，评估和尽量减小不确定性仍是必要的：

- 各公司可能希望在其清单中对不确定性源进行归类，从而在提高清单质量时找出重点区域。
- 某些二氧化碳报告体系，例如欧盟排放机制的监管方针，对用于估算水泥厂关键参数的不确定性设置了数量限制；
- 不管温室气体排放量是否被赋予货币价值，排放量的不确定性估算都可以产生财务效应。

在这样的背景下，CSI 工作组承认，温室气体清单中的不确定性是需要关注的长期性问题。表 6 标明了不确定性的来源（尤其与水泥企业相关）以及使其最小化的方法。

参数	使参数不确定性最小化的方法
熟料产量（吨/年）	<ul style="list-style-type: none"> • 用替代估算法来反复核对熟料数量： <ul style="list-style-type: none"> - 基于生料消耗和生料 - 熟料比 - 基于水泥生产和熟料 - 水泥比，根据熟料销售、购买以及储量的变化做调整 - 基于直接的熟料称重（只要可行）
生料消耗（吨/年）*	<ul style="list-style-type: none"> • 用称重装置重复计算循环粉尘
煅烧排放因子（Kg CO ₂ /t 熟料）	<ul style="list-style-type: none"> • 不采用默认因子而在熟料成分（CaO 和 MgO 含量）测量的基础上计算特定水泥厂的排放因子 • 通过矿渣、粉煤灰等计算水泥窑煅烧材料的添加剂
煅烧排放因子（Kg CO ₂ /t 生料）*	<ul style="list-style-type: none"> • 在测量生料成分（碳酸盐含量）的基础上计算特定水泥厂的排放因子 • 随着时间推移计算生料中碳酸盐含量的变化（例如：煅烧材料的添加剂）
燃料消耗（吨/年）	<ul style="list-style-type: none"> • 用选择性估算法来反复确认燃料的消耗量： <ul style="list-style-type: none"> - 基于交货称重、燃料单；计算存储量的变化 - 基于称重给料器（如果可行）
燃料的低热值（GJ/t）	<ul style="list-style-type: none"> • 确保燃料数量和低热值都基于相同的水分含量
燃料的排放因子（Kg CO ₂ /GJ）	<ul style="list-style-type: none"> • 如果用混合原料（例如煤和石油焦混合物），那么分解和应用单独的排放因子或者应用加权排放因子 • 如果用特殊类型的煤，就使用相匹配的排放因子（见议定书的电子表格，工作表的备注栏“燃料排放因子” • 如果默认因子不具有代表性，那么测量燃料排放因子 • 计算如旧轮胎和浸渍锯屑中碳元素的生物量

表 6. 水泥行业二氧化碳排放清单中典型的不确定性主要来源以及使其最小化的措施。仅在采用生料法计算原料煅烧产生的二氧化碳时，才使用带有星号的参数。

8.3 重要临界点

重要临界点常用于温室气体排放清单的独立认证过程中。例如，验证机构采用一个事先确定的 5% 临界值来确定清单中的单个或总体错误是否导致重大不实陈述。临界值的水平取决于所用清单数据的具体用途。修订版的 WRI / WBCSD 议定书第 10 章叙述了认证中重要性的概念。

重要临界点不应理解为允许公司从清单中省略一定的排放量。例如，省略所有构成水泥厂排放量 1% 的排放源，将可能带来系统性偏差。这些偏差与编制清单的指导原则不一致。另一方面，我们也承认公司用于编制温室气体排放清单的资源是有限的，因此各公司应侧重于减少主要排放源的不确定性。

¹⁹ 除了参数的不确定性以外，还有其他错误来源也会产生排放量估算的不确定性。这些包括模型的不确定性（例如：数学模型如何精确地反映特定环境的问题）以及科学的不确定性。（如使用全球变暖潜值（GWP）来全面考虑各种不同温室气体因素）。在设计议定书的电子表格时，CSI 工作组的目标是最大限度减少本身存在于水泥企业清单模型中的不确定性。另一方面，提到的科学不确定性完全超出了公司清单的范围。详见修订版 WRI / WBCSD 议定书第 7 章。

实施清单质量管理体系

清单质量管理体系旨在确保和完善公司清单四个基本项（方法、数据、流程体系以及文件）的质量。修订版的 WRI / WBCSD 议定书建议各公司应采取以下七个步骤来实施清单质量管理。

1. 建立清单质量团队：该团队应负责实施质量管理体系，并不断改进清单质量。该团队应和相关的业务部门、设施以及外部单位（如政府机构或者验证机构）进行协调互动。
2. 开发质量管理计划：该计划描述了一家公司实施质量管理体系所采取的步骤。虽然随着时间的推移，一些特定程序可能逐步增加严格度和覆盖范围，但该计划一开始就应纳入清单编制活动中。该计划应包括从最初数据收集到最终报告的所有组织级程序和清单的开发过程。出于效率和全面性考虑，公司应综合（适当的时候扩展）有关温室气体管理的所有现有质量管理体系，如 ISO 规程。计划的大部分内容应侧重于下文第 3 步和第 4 步所叙述的实际措施。
3. 实施总体质量检查：总体质量检查适用于整个清单的数据和过程，重点是数据处理、文件编制和排放量计算。下文的表 5 提供了一系列总体质量检查方法。
4. 实施特定来源质量检查：这包括对特定来源类别的排放源边界、假设和计算进行更加严格的调查，如与水泥厂单个燃料有关的排放量。还包括根据排放源类别，对排放估算的不确定性进行质化或量化评定（详见下文 8.2 节的不确定性）。
5. 审查最终清单估算和报告：清单完成编制后，内部技术审查应着眼于工程、科学和其他技术方面。随后，内部管理审查的重点应放在取得对清单的官方批准。第三种审查涉及到外部验证机构。有关外部独立认证，详见修订版 WRI / WBCSD 议定书及本文件的第 8.4 节。
6. 正式反馈途径制度化：第 5 步的审查结果以及公司质量管理体系中每个其他要素的结果，应通过正式的反馈程序反馈给第一步中所注明的质量管理团队和负责编制清单的人员。
7. 建立报告、文件编制和归档程序：质量管理体系应包括记录保管程序，明确规定哪些信息需存档供内部使用，如何存档，以及哪些信息应报告给外部利益相关者。

数据采集、输入以及处理活动
<ul style="list-style-type: none"> • 检查输入数据样本，找出拼写错误 • 确定可加强控制和质量检查的电子表格修订内容 • 确保对电子文档实施足够的版本控制程序
数据文件编制
<ul style="list-style-type: none"> • 确认所有数据的重要参考资料都归入电子表格中 • 检查引用参考文件的复印件是否已经存档 • 检查对于边界、基准年、方法、活动数据、排放源和其他参数的选择设想和标准是否已经存档 • 检查数据和方法的变更是否已经存档
排放量计算
<ul style="list-style-type: none"> • 检查单位、参数以及转换系数是否适当地标注 • 检查转换系数是否正确 • 检查电子表格里的数据处理步骤（如等式） • 检查电子表格的输入数据和计算数据是否清晰地区分 • 人工检查或用电子计算器检查典型计算样本 • 检查一些缩写运算（例如信封背面的计算） • 检查各排放源类别、业务部门数据的汇总 • 检查时序输入和计算结果的一致性

表 5. 总体质量检查方法实例。来源：基于 WRI / WBCSD 2004 第 51 页

8.2 不确定性处理

为了使参数更加科学，估算温室气体排放量采用的参数并不是精确的数值，（如燃料数量、低热值、排放因子），而是通过不确定范围和置信区间表示的，涉及到不确定性。例如通过 CSI 工作组编写的对 361 个样品的化学分析，石油焦的

最佳估算排放因子是 92.8 Kg CO₂/GJ，置信度为 95% 时的置信空间为 ±0.2 Kg CO₂/GJ。这意味着在概率为 95% 的条件下，所分析的石油焦样品中真实的排放因子的不确定范围为 92.8 ± 0.2 Kg CO₂/GJ。

在这种背景下，本议定书未定义低于该值的排放源应被视为不重要的最小临界值。相反，应鼓励各公司用简单的方法来量化二氧化碳的次要排放源。这适用于，例如原材料中有机碳的二氧化碳排放量（见第 3.3 节）。

在这种环境中，有必要重申本议定书为什么不要求量化以下温室气体直接排放源：

- 厂区外原料和产品运输产生的二氧化碳排放量（见第 3.6 节）通常很少，但很难统一量化。因为这些运输常由第三方承担。
- 废水燃烧产生的二氧化碳排放量（见第 3.7 节）比较少，只发生在少数几个工厂里，而且碳可能来源于生物质燃料。
- 水泥窑产生的 CH₄ 和 N₂O 排放量（见第 3.8 节）非常少，而且目前没有纳入主要报告体系中，例如欧盟排放机制。

因此，不纳入这些排放源基于多个理由，并不是仅仅基于量化临界值。

8.4 公司在清单质量管理中的实践经验

例 1: RMC 集团

RMC 集团为其二氧化碳清单提交设立了一个审计计划。集团内审小组每年对各水泥厂审查一次。这使集团对所生成数据充满信心，而且有助于准备外部审计。审计包含各种测试，根据清单指南和通用 CSI 电子表格核查提交的数据和资料。审计也包括表格之间数据的转移和其他电子或人工系统中数据的比较。

RMC 集团已经提出一些书面程序要求来支持提交的数据，使其更加可靠和便于审计。合理的文档编制有助于获得准确数据，避免对关键人员的依赖性。当工厂特定数据超过默认值时，文档编制的实例包括清查存货和试验室测试的频率。通常，以下内容要求编制书面文档：

- 每个数据的来源，具备清晰的数据线索和证明文件；

- 每个数据的可靠性，以及是否对其做了记录和估算；
- 是否做出了相关假设；
- 工厂特定排放因子和热值如何导出；
- 数据管理和审查程序，包括每月由指定高级技术经理签字认可；
- 趋势监测和质保控制程序。

RMC 集团要求每个工厂必须量化原料煅烧的排放因子，而不要采用 CSI 默认排放因子。同样，水泥窑粉尘的煅烧率也应通过常规的水泥窑粉尘样品分析来确定。

各国的代表平均每年会面一次，以便更新开发状况、讨论疑点以及通报集团范围内的形势。毕马威审查了集团从 1990 年到 2003 年的历史数据，以确定这些数据对外部专家而言是否具有可证实性。

例 2: 意大利水泥集团公司

在意大利水泥制造商协会的组织下，意大利水泥集团公司和其他公司已使用水泥行业二氧化碳减排议定书来量化他们的二氧化碳排放量。普华永道已承担了审计这些数据的工作，目标是证实议定书的正确使用以及排放量估算的精确性和完整性。

为简化工作，水泥企业之间达成了一些共同条款，例如：

- 内部运输消耗的燃料不计；
- 使用煅烧原材料的标准排放因子 (532 Kg CO₂/t 熟料)；
- CSI 议定书的标准排放因子适用于所有燃料。

验证的关键优势在于意大利政府的积极反应。意大利政府对提交的排放量数据的可靠性坚信不疑。在技术层面，存在一个与使用现场特定低热值的重要性相关的发现，这是由于随时间和地点变化的燃料成分造成的。其他发现包括：

- 因为缺少记录，很难编制 1990 年的数据文档；
- 证实要求（向验证机构）披露一些敏感信息，例如：关于水泥成分；
- 验证机构对工厂的实地访问证明，一些公司并没有因为拥有中央组织机构而具备很强的生产力。



9 报告建议

9.1 简介

二氧化碳监测和报告具有多重目标，比如：环境绩效的内部管理、公共环境报告、税收方案报告、自愿或协商协议、排放交易，还包括绩效基准和产品生命周期评估等附加目标。

该议定书被设计为一种灵活的工具，以满足这些不同的报告目的，同时始终符合第 2 章中所述标准。信息的建构方式为，可根据不同的报告范围将信息聚集和分解。实例包括：

- 国家温室气体清单报告应符合 IPCC 指导方针，因此报告中应包括所有二氧化碳直接排放（其中包括化石废料产生的二氧化碳），而生物质燃料中的二氧化碳则应以备忘项的形式报告。
- 根据二氧化碳合规和税收方案制定的报告，会因当地的惯例而改变报告要求。该议定书允许报告排放总量和净排放量，间接排放和既得排放权，视具体情况而定。

附件 6 中汇总了欧盟排放交易系统、美国气候领导计划、日本温室气体报告体系和本议定书中的报告要求。

本议定书没有规定不包括不重要排放源的任何临界值，第 8.3 节中对该根本原因进行了解释。实际上，是否包括某些排放源的决定也将取决于各报告体系框架下的要求。关于自愿环境报告，本议定书在下一节中建议了特定边界。

9.2 企业环境报告

自愿环境报告的目标在于，向读者展示报告公司环境范

围内的非常精确的情景。这表明，水泥企业的报告应涵盖所有相关排放成分：

- 报告单位的二氧化碳直接排放总量（煅烧、水泥窑传统燃料、水泥窑替代燃料、非水泥窑用燃料、作为备忘项的生物质二氧化碳）；
- 既得排放权和净排放量（如果应用）；
- 主要间接排放（电网电力、买进熟料的消耗）。

报告应按绝对排放量 (Mt CO₂/年)、比排放量 (Kg CO₂/吨 胶结材料) 进行。只报告净排放量，不报告排放总量是不可接受的。

完整的自愿报告应如表 7 所示，包括不同工序产生的二氧化碳排放（包括电网电力消耗产生的间接二氧化碳排放）。在水泥企业自愿报告中，尤其要包括企业控制或拥有的各个设施的以下类型的活动：

- 熟料生产，包括原料开采；
- 在综合水泥厂和独立粉磨站对熟料、添加剂和矿渣等水泥替代物进行粉磨；
- 粉煤灰分选。

自愿报告的附加要求包括：

- 如果清单中不包含二氧化碳排放源，则应予以清晰地说明。为此，议定书电子表格要求企业说明其清单边界。
- 企业应说明，他们是根据本水泥二氧化碳议定书第 2.0 版进行报告的，与其并无重大偏差。

工序	二氧化碳报告是否强制?	备注
原料供应 (采集、采掘、粉碎)	是强制的——除非 n.a.	如果原料供应被外包, 就需要合并两个法人实体的排放。详见第 7.1 节。
原料、燃料和添加剂的制备	是强制的——除非 n.a.	——
水泥窑运转 (高温处理)	是强制的——除非 n.a.	——
水泥粉磨、混合	是强制的——除非 n.a.	——
现场 (内部) 运输	是强制的——除非 n.a.	自有车辆产生的二氧化碳 (包括租用车辆, 不包括自驾车所有人) 必须报告。如果由第三方运输 → n.a.
场外运输	不强制	报告不是强制性的。在报告二氧化碳时要区分直接二氧化碳 (自有车辆, 包括租用车辆) 和间接二氧化碳 (第三方车辆)
现场发电	是强制的——除非 n.a.	如果偶尔操作, 也要报告二氧化碳
室内供暖 / 供冷	是强制的——除非 n.a.	——

表 7: 自愿二氧化碳报告建议清单边界。关于背景, 请参考电子表格 7a-7i 行。n.a.= 不可用

9.3 报告期

温室气体排放报告以财政年度而不是日历年度为基础, 这有利于减少报告成本。从温室气体角度来看, 以财政年度为基础报告没有问题, 但要始终保持一致性, 不得遗漏和重复。报告年度中的变化要如实注明, 同时要考虑到国家政策。

修订版 WRI / WBCSD 议定书要求企业至少对范围 1 和 2 进行分别统计和报告。本水泥二氧化碳议定书提供了一个完整报告基础, 符合 WRI / WBCSD 的, 不包括企业自有场外运输车辆产生的二氧化碳、废水燃烧产生的二氧化碳以及 CH₄、N₂O 排放。正如第 8.3 节中所解释的, 由于各种原因, 后面的几种排放源, 在默认情况下都被排除在外, 但是如有必要可以包括在内。

9.4 修订版 WRI / WBCSD 温室气体议定书范围

按照不同的范围, 修订版 WRI / WBCSD 将排放分类。表 8 显示了关于本议定书中论述的、与 WRI / WBCSD 分类有关的排放源。

WRI / WBCSD 分类	本议定书中相应章节
范围 1: 直接温室气体排放 (只适用于企业拥有或控制的排放源)	
<ul style="list-style-type: none"> 工艺排放 固定燃烧排放源 移动燃烧排放源 非二氧化碳温室气体 	§ 第 3.2 节: 原料煅烧产生的二氧化碳 § 第 3.3 节: 原料中有机碳产生的二氧化碳 § 第 3.4 和 3.5 节: 水泥窑燃料产生的二氧化碳 § 第 3.6 节: 非水泥窑用燃料产生的二氧化碳 § 第 3.7 节: 由废水产生的二氧化碳 § 第 3.6 节: 非水泥窑燃料产生的二氧化碳 § 第 3.8 节: 非二氧化碳温室气体
范围 2: 外购电力产生的间接温室气体排放	§ 第 4 节: 电网电力产生的间接排放
范围 3: 其他间接排放	§ 第 4 节: 买进的熟料产生的间接排放
可选信息: 抵减量	§ 第 5 节: 排放权和净排放量

表 8: WRI / WBCSD 报告范围, 及在本议定书中相应章节

补充信息

附录 1 中描述了议定书电子表格, 该电子表格本身就包含一个“备注”项, 对主要工作表的每一行都进行了简短说明。

关于本议定书的更多疑问、信息或评论, 请联系:

Holcim Group Support (Zurich) 有限公司

工业生态部

Bruno Vanderborght 博士, 副总裁

Hagenholzstrasse 85 号

8050 苏黎世

瑞士

电话 ++41 58 858 8235

传真 ++41 58 858 8234

电子邮箱: bruno.vanderborght@holcim.com

或

Factor Consulting + Management AG

Urs Brodmann, Managing Partner

Binzstrasse 18

CH-8045 苏黎世

瑞士

电话 ++41 1 455 6100

传真 ++41 1 455 6060

电子邮箱: urs.brodmann@factorag.ch

网址: www.factorag.ch

参考文献

- CIF 1998, Cement Industry Federation of Australia. Greenhouse Energy Management System (GEMS) Guidelines. CIF-GEMS-001, Revision 1, October
- Ellis Jane 2000. Potential and Implications for Multi-Project Emission Baselines. Cement Case Study. OECD, Paris
- IEA 1998, International Energy Agency, Greenhouse Gas R&D Program. Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry. By C.A. Hendriks, E Worrell, D. de Jager, K. Blok, and P. Riemer. <http://www.ieagreen.org.uk/prghgt42.htm>
- EC 2004, Commission of the European Communities. Commission Decision of 29/01/2004 establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and the Council. C(2004) 130 final. http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission/implementation_en.htm
- EPA 2003a, United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from the Cement Sector. Draft for Comment through August 2003. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2003b, United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Indirect Emissions from Purchases / Sales of Electricity and Steam. December 2003. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2004a, United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol: Design Principles. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2004b, United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from Stationary Combustion. January 2004. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- IPCC 1996, Intergovernmental Panel on Climate Change. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes I, II and III. IPCC, Bracknell UK
- IPCC 2000, Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC / IGES, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>
- Lang, Th. & F. Lamproye 1996. Sources and Reduction of CO₂-Emissions. 2nd „Holderbank“ Course on Environment, September 2 to 13, 1996, Holderbank, Switzerland. CEA 96/7024/E.
- WRI / WBCSD 2004, World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. <http://www.ghgprotocol.org>
- Zunzer, Ute (2002). Umsetzung der organischen Bestandteile des Rohmaterials beim Klinkerbrennprozess. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Schriftenreihe der Zementindustrie, Heft 63/2002

首字母缩略词及术语表

引用自修订版 WRI / WBCSD 议定书 (2004) 术语表中的内容都标有星号。更多术语请参考 WRI / WBCSD 议定书。

绝对排放

绝对温室气体排放用质量流表示，如以吨表示二氧化碳。

AF

替代燃料，在熟料生产中用于代替化石燃料。替代燃料是从废料中提取的。

配额 *

温室气体配额属于商品，用于赋予其持有者排放一定数量温室气体的权利。(温室气体配额由监管机构根据限额和贸易计划分配给排放者。)

附录 1

UNFCCC 附录 1 列出了发达国家各方的名单，他们在达到公约目标上负有特殊的责任，包括经合组织国家（除墨西哥和韩国），东欧国家、俄罗斯和欧盟。根据京都议定书，附录 1 各方已经接受 2008-2012 年定量排放限制或减排承诺。

基准线

参考排放水平。在不同的上下文中，该术语的含义都不一样，可表示成：

- 企业在参考年的历史排放水平，
- 如果没有采取额外的减缓措施（照常经营），一个企业预计未来排放水平，
- 计算温室气体减排项目气候受益情况的假定排放水平。

旁路粉尘

悬浮预热器、预分解炉和加热机水泥窑的旁路体系除尘装备产生的废弃粉尘，包含完全煅烧水泥窑的进料。

限额交易 *

一个设定总体排放限度、向参与者分配排放配额的体系，并允许参与者相互交易配额和排放额度。

无气候影响

在一个特定的时间区间内，无气候影响燃料的燃烧不会增加大气中的温室气体量。可再生替代燃料被视为无气候影响，因为二氧化碳排放被工厂的等额吸收抵消。

煅烧水泥窑粉尘

长干法或湿法水泥窑体系除尘装置产生的废弃粉尘，包含部分煅烧水泥窑进料。尤其是在弱碱性熟料的生产中，旁路粉尘和煅烧水泥窑粉尘的提取和排放用于控制过多循环元素的输入（碱、硫、氯）。

排放额度 *

温室气体抵减量在能达到外部强加的目标时，可转化为温室气体排放额度。温室气体排放额度是可改变和转化的，通常由温室气体计划规定。

直接排放

直接温室气体排放是由报告单位拥有或控制排放源产生的排放，包括水泥窑、企业自有车辆、采石设备等产生的排放。

GHG

温室气体。京都议定书附录 A 中所列的温室气体包括：二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、全氟化碳、氢氟化物和六氟化硫。

间接排放

间接排放指由报告企业运营过程中产生的排放，但是排放来自于其他企业拥有或控制的排放源，如与外购电力、员工差旅、和非报告企业拥有和控制的车辆运输产品相关的排放，以及在使用报告企业生产的产品时产生的排放。

清单

机构温室气体排放和排放源的定量列表。

IPCC

指政府间气候变化专门委员会，一个国际科学家组织。该委员会的职能是评估与了解人类造成的气候变化风险有关的科学、技术和社会经济信息（www.ipcc.ch）。

MIC

矿物成分。是天然或人造的矿物材料，具有水硬性，用于代替熟料或水泥（如高炉渣、粉煤灰、火山灰）。

抵减量*

温室气体抵减量是不连续的温室气体减排，用于抵消其他地方的温室气体排放，以达到自愿或强制温室气体排放目标和限额。抵减量的计算与一个基准线相关，该基准线代表了如果没有产生抵减量的减缓项目的一个假设排放情景。为了避免重复计算，引起抵减量的减排排放源和碳汇一定不能包括在使用目标和限额范围内。

A1

水泥二氧化碳议定书电子表格

- 议定书电子表格是 Microsoft Excel 文件，包括以下工作表
1. 自述文件：

该表对工作表中不同颜色所表示的不同含义作了解释，并为使用者提供了附加说明。
 2. 备注：

该表格对“工厂”工作表的每一行都附有简短说明。
 3. 工厂：

每一个企业的每一个工厂对应一个工作表。

议定书

计算、监测和报告温室气体排放的方法论。

单位排放量

比排放量指以每单位输出为基础表示的排放，如每吨水泥产生的二氧化碳排放量，以 Kg 表示。

UNFCCC

指《联合国气候变化框架公约》，其缔约方系签署该公约的国家。

A2

电网电力默认二氧化碳排放因子

来源 WRI / WBCSD, 通过固定燃烧来计算二氧化碳排放。自动工作表。2004 年 10 月第 2.1 版。该因子是以 IEA 数据(每年更新)为基础的。最近更新，请查阅 <http://www.ghgprotocol.org/standard/tools.htm>。

该排放因子涵盖了所有发电用燃料，包括热电联产和地区采暖，并不考虑输电和配电损失，所有值都用 Kg CO₂/MWh 来表示。关于燃料（煤、石油、天然气）排放因子请参考 WRI / WBCSD 文件。

附录 1 国家	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
附录 1 所有国家	..	..	..	..	425	414	418	414	429	432	433	429	426	429	429
澳大利亚	822	837	811	814	821	806	782	776	823	822	838	824	817	845	893
奥地利	173	187	242	249	206	193	206	213	229	228	201	202	186	182	207
白俄罗斯	..	..	..	..	350	333	350	335	310	306	301	293	301	295	301
比利时	318	329	335	332	321	334	354	347	329	300	306	270	285	272	267
保加利亚	646	401	461	430	488	499	474	452	438	468	478	450	449	468	437
加拿大	191	211	194	186	195	174	170	175	169	190	215	206	214	224	211
克罗地亚	..	..	..	258	325	327	250	273	253	298	323	305	302	312	356
捷克	581	608	584	632	633	582	584	582	579	553	555	563	570	561	548
丹麦	498	472	475	505	469	456	471	430	468	422	390	364	339	337	332
爱沙尼亚	..	..	..	..	649	620	619	689	679	680	720	705	696	685	670
芬兰	217	206	230	235	207	232	268	252	289	267	212	207	211	239	252
法国	95	118	104	118	93	63	64	71	72	66	92	80	78	62	70
德国	574	573	571	584	553	550	548	533	541	532	509	495	500	505	518
希腊	922	978	991	941	959	934	917	872	828	869	860	822	814	832	815
匈牙利	465	470	468	459	483	456	439	439	432	430	426	463	410	392	390
冰岛	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	0	0	0
爱尔兰	782	768	751	752	758	745	743	731	727	719	711	713	659	675	644
意大利	543	565	574	544	535	522	518	549	527	517	518	499	507	485	509
日本	418	410	422	420	426	408	422	405	400	387	376	391	399	402	422
拉托维亚	..	..	..	..	322	266	258	260	250	213	195	214	200	189	185
立陶宛	..	..	..	..	191	190	219	177	178	171	179	185	169	151	128
卢森堡	2038	2253	2474	2365	2371	2358	1995	1237	1106	692	148	166	149	150	305
荷兰	599	587	580	563	551	553	520	512	483	487	460	458	436	442	440
新西兰	113	115	104	120	147	115	92	90	121	162	123	148	138	177	144
挪威	4	3	3	3	3	3	4	3	5	4	4	5	3	5	4
波兰	661	664	656	651	653	640	643	675	665	667	664	665	672	660	663
葡萄牙	347	578	517	519	621	546	497	570	429	467	464	536	471	434	504
罗马尼亚	478	501	538	561	410	384	456	441	444	385	351	360	395	412	412
俄罗斯	..	..	..	..	308	291	296	292	342	328	327	327	321	322	327
斯洛伐克	387	394	336	322	399	588	504	506	491	544	435	425	370	250	215
斯洛文尼亚	384	370	352	297	351	357	319	319	300	366	373	344	335	341	370
西班牙	351	436	422	423	480	418	415	453	356	389	371	427	403	381	429
瑞典	51	45	42	48	45	47	51	44	68	43	45	41	33	36	43
瑞士	10	11	26	28	29	25	28	29	34	29	34	29	31	31	33
土耳其	426	592	588	591	582	527	583	535	539	550	558	578	600	619	537
乌克兰	..	..	..	..	359	362	351	351	323	324	333	327	326	328	321
英国	685	669	679	663	647	571	542	547	514	477	479	433	448	471	455
美国	608	584	566	556	584	587	583	567	576	600	601	593	583	599	579

A3

水泥生产温室气体排放源和减排方案

水泥制造工艺概览

水泥制造包括 3 道主要工序（见图 6）：

1. 原料制备；
2. 通过对原料进行高温处理，生产出中间产品——熟料；
3. 将熟料和其他产品（矿物成分）混合粉磨，制造出水泥。

在生产工艺中，直接二氧化碳排放有两个主要排放源：水泥窑燃料的燃烧及高温处理阶段原料的煅烧。这两种来源在下文中进行了更详细的介绍。其他二氧化碳来源包括，非水泥窑燃料（如干燥器、室内供暖、现场运输）产生的直接排放、外部发电和运输等产生的间接排放。《京都议定书》²⁰ 中涵盖的非二氧化碳温室气体与水泥行业无关，某种程度上，这些气体的直接排放可以忽略不计。

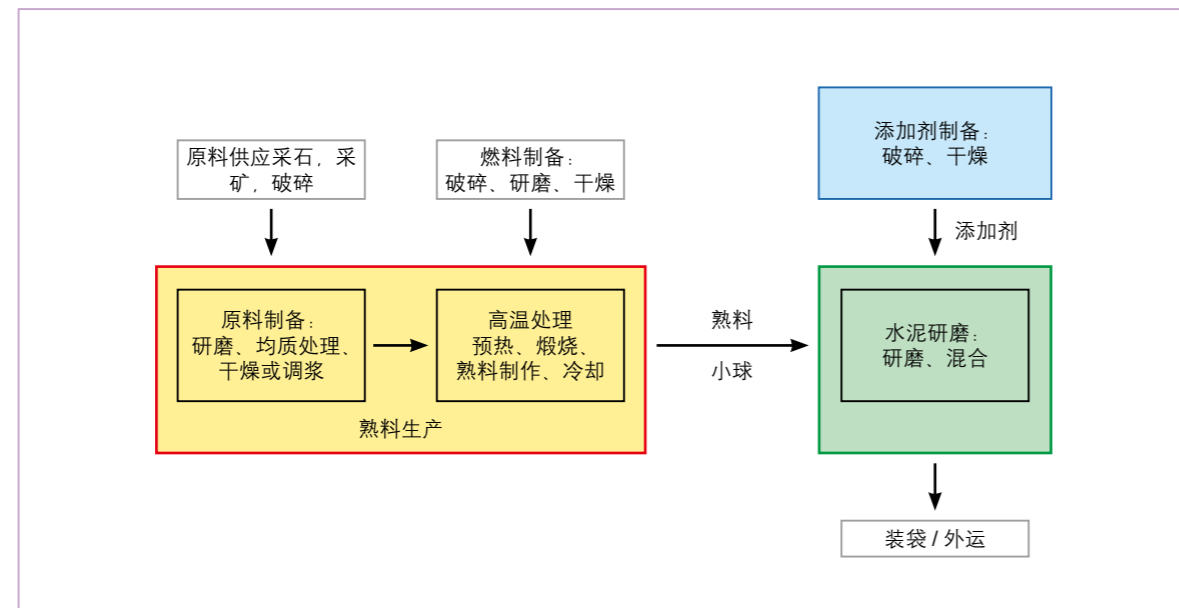
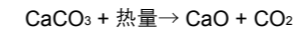


图 6：水泥制造工艺
来源：Ellis 2000，以 Ruth 等 2000 为基础

原料煅烧产生的二氧化碳

在熟料燃烧过程中，由于碳酸钙（如石灰石中）分解为石灰，所以其中的二氧化碳也释放出来：



该过程称为“煅烧”，可导致二氧化碳通过水泥窑烟囱直接排放。考虑煅烧过程中的二氧化碳排放时，排放可分为两种：

- 实际熟料生产中产生的二氧化碳；
- 原料产生的二氧化碳，是以部分煅烧水泥窑粉尘的形式或完全煅烧旁路粉尘的形式从水泥窑体系中排放。实际熟料生产产生的二氧化碳与熟料中的石灰成分是成比例的²¹，在不同的时间或不同的水泥厂之间这种比例都基本不会发生变化，所以每吨熟料产生的二氧化碳因子都是相当稳定的（IPCC 默认值：510Kg 二氧化碳 / 吨熟料）。

水泥窑体系排放的水泥窑粉尘数量随水泥窑类型和水泥质量标准而变化，在每吨熟料中的变化范围为 0 至 100Kg 以上。在有些国家，所产生的相关排放被认为具有相关性。

原料煅烧产生的二氧化碳排放可以用两种方法来计算，这两种大体上是相等的：一种是以产品的数量和化学成分为基础（熟料加上水泥窑体系排放的粉尘），另一种是以输入水泥窑中原料的数量和成分为基础。详见第 3.2 节和附录 4。

原料中有机碳产生的二氧化碳

用于熟料生产的原料通常只含有一小部分有机碳，可以表示为总有机碳含量，经由高温处理时，生料中的有机碳转化为二氧化碳。水泥厂中，相对于二氧化碳排放总量而言，有机碳产生的二氧化碳非常少（大约为 1% 或者更少）。原料中的有机碳可以随地点和所用材料类型的不同发生本质性的变化，例如，如果一家公司消耗了大量的某种粉煤灰或页岩（作为原料输入水泥窑中），其产生的排放则被认为是相关的。

水泥窑生产中燃料产生的二氧化碳

传统水泥行业在操作水泥窑时使用各种化石燃料，包括煤、石油焦（炭）、燃油和天然气。近年来，从废料中提取的燃料已成为重要的替代燃料，包括废油、废轮胎等化石燃料衍生物，经废木柴和水处理产生的脱水污泥等生物质衍生物。

使用传统燃料和替代燃料时，二氧化碳会通过水泥窑烟囱直接排放。但是，根据 IPCC 定义，生物质燃料被认为对气候没有影响。此外，使用替代（生物质或化石衍生）燃料可在别的地方，比如焚烧车间或填埋场等处大量减少排放。

二氧化碳减排方案

可使用不同的方法来解决水泥行业二氧化碳的排放。二氧化碳减排主要有以下几种方案：

- 用矿物成分代替熟料；
- 燃料转化：例如，用天然气或替代燃料代替煤；
- 能量效率：使用技术和操作手段减少每单位熟料或生产水泥的燃料和电力消耗；
- 减少水泥窑系统排出的大量粉尘（水泥窑粉尘、旁路粉尘）。

矿物成分是天然、人造的材料，具有潜在的水硬性，包括天然火山灰、高炉渣、粉煤灰等。在熟料中加入矿物成分可生产混合水泥。例如，预拌或建筑企业在混凝土中添加纯矿物成分。无论是煅烧还是燃料燃烧，矿物成分的使用都可减少熟料生产中二氧化碳的直接排放。人造矿物成分是类似于炼钢和火力发电等其他生产工艺中产生的废弃物。相应的行业部门对相关温室气体排放进行监测和报告。利用这些矿物成分作为熟料或水泥替代物不会在生产地点产生额外的温室气体排放。所以，水泥生产清单中不一定包括间接排放。

²⁰ 甲烷 (CH₄)、一氧化二氮 (N₂O)、六氟化硫 (SF₆) 和氟化烃 (PFCs, HFCs)。

²¹ 第二个因数小得多，是原料和添加剂中的 CaO 和 MgO 含量。

A4

煅烧二氧化碳详细说明

IPCC 熟料建议和默认熟料排放因子汇总

IPCC (1996) 建议以生产熟料中 CaO 的含量 (0.785 吨 CO₂/t CaO, 乘以熟料中 CaO 的含量) 为基础对煅烧二氧化碳进行计算。建议熟料中 CaO 的默认含量为 65%, 与每吨熟料中 510 Kg CO₂ 对应。

根据 IPCC 的做法, 考虑到废弃水泥窑粉尘的煅烧等级, 应对其产生的二氧化碳分别进行计算。IPCC 建议, 如果没有更精确的数据可用, 默认增加 2% 熟料二氧化碳统计废弃粉尘, 但是 IPCC 也承认某些情况下排放的范围要更高。IPCC 没有对旁路粉尘和水泥窑粉尘加以区分。

IPCC 熟料默认值与澳大利亚水泥协会 (518 Kg CO₂/t 熟料)、美国波特兰水泥协会 (522 Kg CO₂/t 熟料) 的建议值和 Holcim 集团平均数 (524 Kg CO₂/t 熟料) 数据相似。而存在这些差异是因为 IPCC 忽略了碳酸镁分解时产生的二氧化碳 (熟料中 MgO 的含量通常约为 2%)。²²

CSI 建议在特定工厂基础上测定熟料煅烧的排放因子。为此, 已经在议定书电子表格中增加了一个辅助工作表, 用于对工厂熟料中 CaO 和 MgO 的特定含量、硅酸钙等 CaO 和 MgO 非碳酸盐排放源或者加入到生料中的粉煤灰进行说明。在没有特定工厂数据的情况下, CSI 建议默认排放因子为每吨熟料 525Kg CO₂, 与 IPCC 的碳酸镁的校正默认值相对应。

水泥窑粉尘产生的二氧化碳: 导出计算公式

通常情况下, 水泥窑粉尘没有完全煅烧。水泥窑粉尘二氧化碳排放因子可由水泥窑粉尘、生料和释放的二氧化碳之间的质量平衡导出:

$$(1) \quad CKD = RawMeal - CO_{2RM} * d$$

其中

CKD = 生产的水泥窑粉尘数量 (吨)

RawMeal = 消耗的和转化成水泥窑粉尘的干生料数量 (吨)

CO_{2RM} = 生料中包含的碳酸二氧化碳总数 (吨)

d = 水泥窑粉尘煅烧速率 (释放出来的二氧化碳表示为生料中碳酸二氧化碳总数的一部分)

水泥窑粉尘二氧化碳排放因子:

$$(2)$$

$$EF_{CKD} = \frac{CO_{2RM} * d}{CKD} = \frac{CO_{2RM} * d}{RawMeal - CO_{2RM} * d}$$

其中

EF_{CKD} = 水泥窑粉尘排放因子

(吨 二氧化碳 / 吨 水泥窑粉尘)

既然 CO_{2RM} 与生料数量成比例, 等式 (2) 也可写成:

$$(3)$$

$$EF_{CKD} = \frac{fCO_{2RM} * d}{1 - fCO_{2RM} * d}$$

其中

fCO_{2RM} = 生料中碳酸二氧化碳的重量分数 (--)

当生料完全煅烧时 (即 d=1), EF_{CKD} 为熟料排放因子:

$$(4)$$

$$EF_{Cli} = \frac{fCO_{2RM}}{1 - fCO_{2RM}}$$

或者重新组合为:

$$(5)$$

$$fCO_{2RM} = \frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}}$$

其中

EF_{Cli} = 熟料排放因子 (吨 二氧化碳 / 吨 熟料)

根据等式 (5), 等式 (3) 可以表示为:

$$(6)$$

$$EF_{CKD} = \frac{\frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} * d}{1 - \frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} * d}$$

等式 (6) 已成为电子表格的一部分。以 (i) 熟料排放因子, (ii) 水泥窑粉尘分解率为基础, 可用等式 (6) 算出水泥窑粉尘排放因子。图 A4-1 说明了解析率的影响, 对角线表明水泥窑分解率和水泥窑排放因子之间线性关系的假设, 这就导致对排放过高估计了 50% (低分解率) 或每吨水泥窑粉尘达到 55Kg 二氧化碳。

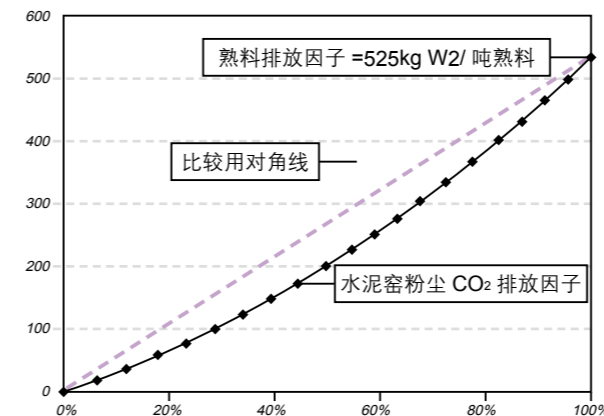


图 A4-1 水泥窑粉尘分解率对其二氧化碳排放因子的影响。以默认熟料排放因子 (每吨熟料 525Kg 二氧化碳) 为例。

测定水泥窑粉尘分解率

水泥窑粉尘分解率 d 应根据等式 (7) 来计算, 分别以水泥窑粉尘和生料中的碳酸二氧化碳重量分数为基础。fCO_{2CKD} 和 fCO_{2RM} 两个输入参数应以化学分析的方法来测量, 包括烧失量试验或滴定等分析方法。

$$(7)$$

$$d = 1 - \frac{fCO_{2CKD} \times (1 - fCO_{2RM})}{(1 - fCO_{2CKD}) \times fCO_{2RM}}$$

其中

fCO_{2CKD} = 水泥窑粉尘中碳酸二氧化碳的重量分数 (--)

fCO_{2RM} = 生料中碳酸二氧化碳的重量分数 (--)

在没有水泥窑粉尘成分测量数据的情况下, 默认分解率 d=1。该值是保守的, 即, 由于水泥窑粉尘没有完全煅烧, 大多数情况下该值会夸大水泥窑粉尘相关排放。

²² 资料来源: IPCC 建议 IPCC 2000, pp. 3.9ff 澳大利亚平均值 CIF 1998, p.20 Holcim 平均值 Lang & Lamproye 1996

A5

燃料排放因子的背景材料

本附件对 CSI 工作组收集的燃料排放因子背景材料进行了汇总。

石油焦

CSI 工作小组编制了其成员公司 2003 年使用的高硫石油焦排放因子数据，结果为：

平均值： 92.8 Kg CO₂/GJ

标准偏差： 2.08 Kg/GJ

样品数： 361

样品大多取自于 1999-2003 年间，以欧洲为中心覆盖了世界不同地区（见表 A5-1）。初步估计得出的排放平均数 92.8Kg/GJ 取代了原版水泥二氧化碳议定书中的默认值 100 Kg CO₂/GJ。

拉丁美洲	加拿大 / 美国	欧洲	亚洲	非洲	总计
40	1	291	20	9	361

表 A5-1： 石油焦样品区域范围（样品数）

替代燃料

CSI 工作小组编制了 2003-2004 年间其成员公司部分替代燃料的排放因子数据，编制如表 A5-2 所示：

燃料	样品数	二氧化碳平均排放因子 (Kg /GJ)	标准偏差 (Kg /GJ)
化石替代燃料			
废油	90	74.2	5.6
溶剂	116	73.8	14.9
生物质燃料			
骨粉	116	89.2	6.5

表 A5-1： CSI 工作组编制的替代燃料测量数据。在电子表格中，二氧化碳排放因子四舍五入为两位数

A6

温室气体报告体系比较

数据来源

EC 2004, Commission of the European Communities. Commission Decision of 29/01/2004 establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and the Council. C(2004) 130 final.

http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission/implementation_en.htm

EPA 2003a, United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from the Cement Sector. Draft for Comment through August 2003.

<http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>

EPA 2003b, United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Indirect Emissions from Purchases / Sales of Electricity and Steam. December 2003.

<http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>

EPA 2004a, United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol: Design Principles.

<http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>

EPA 2004b, United States Environmental Protection Agency. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from Stationary Combustion. January 2004.

<http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>

MoE (2003), Japanese Ministry of Environment. Draft Guideline of Corporate Accounting on GHG Emissions (in Japanese).

http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/guide/pdf1_5/mat_01.pdf

WRI / WBCSD 2004, World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition.

<http://www.ghgprotocol.org>

缩写词

- cli 熟料
- EF 排放因子
- GHG 温室气体
- HHV 高热值 (= 总热值)
- LHV 低热值 (= 净热值)
- OPC 普通硅酸盐水泥
- TOC 有机碳总量

项目	CSI 议定书, 2.0 版 (本文件)	欧盟排放交易系统监测指南 (EC2004)	美国环保署“气候领导计划” (EPA 2004a-b, 2003a-b)	日本温室气体报告体系 (MoE 2003)
1) 计算排放源和参数范围:				
熟料煅烧 (工艺排放)	熟料法 (推荐): - 生产的熟料 - 以 CaO 和 MgO 物料平衡为基础的现场特定排放因子 - 如果没有现场特定数据可用, 默认排放因子 = 525 Kg CO ₂ /t 熟料 所提及的碳酸盐法可以代替熟料法, 这取决于企业的优先选择, 但是没有详细描述。	熟料法 (EC 2004 p.76ff): - 生产的熟料 - 第二层: 现场特定排放因子, 以熟料和输入材料内 CaO 和 MgO 的含量为基础 (简化公式 ²³) - 第一层 ²⁴ : 默认排放因子 = 525 Kg CO ₂ /t 熟料 碳酸盐法: - 消耗的生料 - 以生料中碳酸盐含量为基础的排放因子	熟料法 (EPA 2003a): - 与 CSI 相同 碳酸盐 (或水泥) 法: - 生产的水泥 - 熟料/水泥比 (OPC 默认值为 0.95, 混合水泥为 0.75) - 生料/熟料比 (默认值为 1.54) - 原料中 CaCO ₃ and MgCO ₃ 含量 (默认值为 0.78) 检测碳酸盐释放二氧化碳的烧失量测试, 被认为可用于计算排放因子替代物。	石灰石法: - 消耗的石灰石 (干重; 默认调整水含量为 3.1%) - 每吨石灰石产生的现场特定排放因子 - 如果没有现场特定数据, 默认值为每吨石灰石 417Kg 二氧化碳
粉尘煅烧 (工艺排放)	计算根据为: - 水泥窑体系排除粉尘体积 - 熟料排放因子 - 粉尘分解率 (默认为 100% 煅烧)	计算以废弃粉尘的体积为基础, 再加上 ²⁵ : - 第一层: 每吨粉尘产生 525Kg 的二氧化碳, 或者 - 第二层: 熟料排放因子及粉尘分解率	熟料法: 与 CSI 方法相同。 碳酸盐法: 需要考虑所提及的 CKD 不完全煅烧	不需进行计算。日本产生的水泥窑粉尘量非常少。
原料中的有机碳 (TOC)	计算依据为: - 生产的熟料 - 生料/熟料比 (默认值为 1.55) - 生料中的 TOC 含量 (默认值为 0.2%) 可以但并不要求自动计算, 输入现场特定数据。	计算燃料排放 (但可使用简化方法, 关于精确要求的详细情况请参考以下内容)。	没有说明	没有说明
传统水泥窑燃料和非水泥窑燃料	计算根据为: - 燃料消耗 (现场特定的) - 燃料 LHV (现场或公司特定的) - 燃料排放因子 (Kg CO ₂ /GJ); 除非可获得更精确的排放因子否则采用 CSI/IPCC 默认值。 碳化因子为 100%。	与 CSI 相同, 除了: - 每个现场和每批燃料测量的低热值和排放因子	计算依据为: - 燃料消耗 (特定现场的) - 燃料热值 (从供应商处获得, 或清单上默认的 HHV) - 燃料排放因子 (从供应商处获得, 或清单上默认的每单位 HHV 排放因子) - 碳的氧化因子 (没有提供水泥窑默认值)	根据 WRI / WBCSD (2004) 来计算: - 燃料消耗 (特定现场的) - HHV (在日本通常使用高热值) - 燃料排放因子 (根据高热值; 特定现场或国家规定的默认值) 非水泥窑燃料包括现场发电和干燥炉。
替代化石水泥窑燃料	与传统水泥窑燃料相同	与传统水泥窑燃料相同	与传统水泥窑燃料相同	计算根据为: - 废料消耗 (吨) - 不同废料种类采用默认排放因子 (Kg 二氧化碳/吨 废料)
生物质水泥窑燃料	与传统水泥窑燃料相同, 但是: - 固态生物质的默认排放因子为 110 Kg CO ₂ /GJ (IPCC 1996) - 生物质产生的二氧化碳不计入排放总量中, 而是作为备忘项单独进行报告	与传统水泥窑燃料相同, 但是: - 默认排放因子为 0Kg CO ₂ /GJ	与传统水泥窑燃料相同, 但是: - 提供的默认排放因子为: 木材 92 Kg 二氧化碳/GJ LHV, 填埋气体 55Kg 二氧化碳/GJ LHV - 生物质产生的二氧化碳不计入排放总量中, 而是作为备忘项单独进行报告	不需用数量表示
废水中的碳	不需用数量表示	没有明确说明	没有明确说明	没有明确说明
除二氧化碳外其他温室气体	不需用数量表示	既然欧盟排放交易系统目前将温室气体限定为二氧化碳, 所以不需用数量表示。	甲烷、一氧化二氮的排放是从以下当中计算的: - 燃料消耗 (特定现场的) - 不同燃料默认排放因子 水泥窑甲烷和一氧化二氮的相关性没有说明。	水泥窑、锅炉和其他窑炉产生的甲烷和一氧化二氮排放使用默认排放因子来计算。

²³ 如果 CaO 和 MgO 的相关数量在原料中体现, 使用该公式可能夸大排放量

²⁴ 第一层仅适用于很小的工厂 (年排放总量 ≤ 50,000 t CO₂)

²⁵ 计算粉尘排放的此方法基于假设: 使用熟料法计算熟料排放, 没有提供基于碳酸盐法计算粉尘排放的指南。碳酸盐法自动统计水泥窑体系排放的粉尘, 但是不考虑这样的事实, 即粉尘可能不完全煅烧

外购熟料产生的间接二氧化碳	计算依据为: - 外购熟料体积 (净体积) - 默认排放因子为 862 Kg CO ₂ /t 熟料	不需用数量表示	可选报告项 (EPA 2004a p.65)	没有说明
外购电力产生的间接二氧化碳	计算依据为: - 电网电力消耗 - 电网电力排放因子 (从电力供应商处优先获得, 其他的采用国家规定的默认值)	不需用数量表示	与 CSI 相同, 除了: - 如果不能获得特定供应商的排放因子, 应采用美国环保署为美国不同地区制定的 eGRID 数据库 (EPA 2003b p.12) 规定的默认值	与 CSI 相同
不间断排放监测体系 (CEMS)	没有讨论	在某些情况下可使用 CEMS。CEMS 排放测定必须遵循相关标准 (CEN, ISO 等), 并得到以上所述的支持排放计算证实 (EC 2004 p.18)。	提到了 CEMS 排放测定可代替以燃料消耗为基础的排放计算 (EPA 2004b p.6)。	没有说明
2) 排放权和抵免:				
排放权统计	统计详细说明	不适用	气候引领指南关于抵免量的统计目前还在开发中, 以 WRI / WBCSD 议定书 (EPA 2004a p.45) 相应的模块为基础。	没有说明
替代化石燃料抵免默认值	一定要根据相关报告体系规定, 计算替代化石燃料抵免。 在企业自愿报告中, 如果没有获得更具体数据, 就可运用化石废料产生的二氧化碳 100% 的抵免。	不适用	目前还没有说明	没有说明
排放和排放额度净额计算	在容许的情况下, 通过报告排放总量和净排放量保持透明性	不适用	目前还没有说明	没有说明
3) 组织边界、不确定性和评估精确性:				
包括的装置和流程	必须按以下流程步骤报告排放: - 原料供应 - 原料、燃料制备 - 水泥窑运转 (高温处理) - 水泥粉磨、混合 - 现场发电 - 室内供暖 / 供冷	流程步骤的范围可在欧盟各成员国之间变化, 但通常都不包括移动排放源。	没有提供水泥行业特定指南。	目前还没有说明
合并规定	遵守 WRI / WBCSD 议定书 (2004) 的建议 (稍有偏差)	既然只有装置层面需要报告, 所以不适用	遵守 WRI / WBCSD 议定书 (EPA 2004a p.6ff) 的建议	主要遵守 WRI / WBCSD。公司级覆盖范围: 集团基础; 海外公司可自愿纳入, 但不建议这样做。
内部熟料转化	由企业自身决定是否对企业内部熟料转化及相关排放 (关于外购熟料产生的间接排放详细说明, 请参考上面的内容) 进行报告。	既然该指南仅与直接排放有关, 所以不适用。	没有明确说明	没有说明
基准线调整	遵循 WRI / WBCSD 建议	既然不需要将排放合并, 所以不适用。	遵循 WRI / WBCSD 议定书 (EPA 2004a p.23) 的建议	没有说明
4) 其他方面:				
绩效指标分母	特定二氧化碳排放和其他绩效指标中限定的分母不同。	不适用	提供的通用指南 (EPA 2004a p.58)	没有说明
重要临界值	没有重要临界值。 应用范围内, 应对较小的排放源进行定量, 但是可采用简化的计算方法。	没有重要临界值。 简化的“无层级”法可用于量化排放总量 ≤ 0.5 Kt CO ₂ /年的或小于现场排放总量 1% 的次要排放源, 以更高者为准 (EC 2004 p.15)。	没有重要临界值 (EPA 2004a p.2)	目前还没有说明
精确度要求、不确定性评估	对于排放估算或计算参数精确度没有要求。	详细要求, 取决于适用的层级, 是现场排放总量的函数 (EC 2004 p.13 and 76ff)	不要求量化不确定性范围, 但建议确定不确定性领域并尽量使用最准确的数据 (EPA 2004a p.36; EPA 2004b p.17)	目前还没有说明

A7

数字前缀、单位和换算系数

前缀和倍增因数

倍增因数	缩写	前缀	符号
1 000 000 000 000 000	10 ¹⁵	peta	P
1 000 000 000 000	10 ¹²	tera	T
1 000 000 000	10 ⁹	giga	G
1 000 000	10 ⁶	mega	M
1 000	10 ³	kilo	k
100	10 ²	hecto	h
10	10 ¹	deca	da
0.1	10 ⁻¹	deci	d
0.01	10 ⁻²	centi	c
0.001	10 ⁻³	milli	m
0.000 001	10 ⁻⁶	micro	μ

化合物缩写	化合物名称	单位及缩写	单位缩写
CH ₄	甲烷	立方米	m ³
N ₂ O	一氧化二氮	公顷	ha
CO ₂	二氧化碳	克	g
CO	一氧化碳	吨	t
NO _x	氧化氮	焦耳	J
NM VOC	非甲烷挥发性有机化合物	摄氏度	°C
NH ₃	氨水	卡路里	cal
CFCs	氟氯化碳	年	yr
HFCs	氢氟碳化合物	总数	cap
PFCs	全氟化碳	加仑	gal
SO ₂	二氧化硫	干物质	dm
SF ₆	六氟化硫		
CCl ₄	四氯化碳		
C ₂ F ₆	六氟乙烷		

来源: IPCC 1996, IPCC 国家温室气体清单指南修订版 1996.

换算系数

原单位	换算单位	乘数
克 (g)	公吨 (t)	1X10 ⁻⁶
千克 (Kg)	公吨 (t)	1X10 ⁻³
兆克	公吨 (t)	1
千兆克	公吨 (t)	1X10 ³
磅 (lb)	公吨 (t)	4.5359 X 10 ⁻⁴
吨 (长吨)	公吨 (t)	1.1016
吨 (短吨)	公吨 (t)	0.9027
桶 (石油, 美制)	立方米 (m ³)	0.15898
立方英尺	立方米 (m ³)	0.028317
升	立方米 (m ³)	1 X 10 ⁻³
立方码	立方米 (m ³)	0.76455
加仑 (液体, 美制)	立方米 (m ³)	3.7854 X 10 ⁻³
英国加仑	立方米 (m ³)	4.54626 X 10 ⁻³
焦耳	吉焦耳 (GJ)	1 X 10 ⁻⁹
千焦	吉焦耳 (GJ)	1 X 10 ⁻⁶
兆焦	吉焦耳 (GJ)	1 X 10 ⁻³
太焦耳 (TJ)	吉焦耳 (GJ)	1 X 10 ³
英国热量单位	吉焦耳 (GJ)	1.05506 X 10 ⁻⁶
卡路里, 千克 (平均)	吉焦耳 (GJ)	4.187 X 10 ⁻⁶
吨油当量 (toe)	吉焦耳 (GJ)	41.86
千瓦时	吉焦耳 (GJ)	3.6 X 10 ⁻³
英国热量单位 / 立方英尺	GJ / m ³	3.72589 X 10 ⁻⁵
英国热量单位 / 磅	GJ / 公吨	2.326 X 10 ⁻³
磅 / 立方英尺	公吨 / 立方米	1.60185 X 10 ⁻²
磅 / 平方英寸	巴	0.0689476
千克力 / 立方厘米 (tech atm)	巴	0.980665
大气压	巴	1.01325
法定英里	千米	1.6093
吨 CH ₄	吨二氧化碳当量	21
吨 N ₂ O	吨二氧化碳当量	310
吨碳	吨二氧化碳	3.664

来源: 国际能源年鉴, 1998; <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/convheat.html>
BP 集团报告指导大纲, 2000

来源: WRI / WBCSD 温室气体议定书, 固定燃料燃烧指南
www.ghgprotocol.org

A8

与原议定书相比的主要变更

《水泥行业二氧化碳排放议定书》的修订版纳入了世界多家水泥企业的反馈意见，进一步改进用户友好界面并遵循第 2 章规定的原则，与 WRI / WBCSD 修订版温室气体议定书保持一致。本版本特别包括以下主要变更：

变更 / 项目	指导章节	电子表格 (WS= 工作表)
修订议定书指导原则	2	--
关于原料计算的重述章节，以改进可行方法的透明度和反映出其范围	3.2	--
引入原料中有机碳的统计	3.3	35ff 行, WS 煅烧因子
注入水泥窑中的废水产生的二氧化碳排放附加章节 (指导文件)；相应地改变了电子表格	3.7	删除 29, 121, 151, 181, 231 行
甲烷和一氧化二氮最新修订章节	3.8	--
与电网电力相关的间接排放扩展指导	4	--
引入排放权统计；净排放量定义的改变	5	64a-65a, 401-426 行
更新合并规则章节并与修订版 WRI / WBCSD 议定书保持一致	7.2	--
添加公司内部熟料转移章节，改变熟料输入产生的间接二氧化碳排放的计算方法	7.3	49a-d 行
添加清单质量管理章节	8	--
企业环境报告最新建议	9.2	--
增加水泥窑粉尘煅烧速率测定的说明	附件 4	--
更新一些替代燃料的默认排放因子	附件 5	WS 燃料二氧化碳因子
增加主要温室气体报告体系比较 (从水泥行业角度)	附件 6	--
为以下燃料增加单独行：褐煤、混合工业废料、兽骨、动物脂肪及其他生物质	--	107a, 137a, 167a, 217a 行, 113a, 143a, 173a, 223a 行; 120-123, 150-153, 180-183, 230-233 行及 WS 燃料二氧化碳因子, 6a, 12a, 18-21 行
写保护非输入单元格	--	整个电子表格
二氧化碳净排放量：消除煅烧成分和燃料成分之间的差异	--	删除 71a, 71b, 74a, 74b, 78, 79 行
为水泥窑燃料二氧化碳排放因子的年变化增加行数	--	添加 185-209 行；改变 211-233 和 331-334 行中的公式
变更要求百分比数据的输入单元格式	--	将百分率格式运用到第 24 行中，并改变相关公式。WS 煅烧因子与此相似

WBCSD 简介

世界可持续发展工商理事会 (WBCSD) 是由 20 个主要行业的 170 家国际企业共同组成的联盟，目标是实现经济、环境和社会的协调发展。会员分别来自 35 个国家。依托其 50 个国家级和区域性工商理事会和伙伴组织建立的全网络，WBCSD 吸引了 1000 多位商业领袖参与活动。

宗旨

促进可持续发展，推动创新，提升环境效率和企业的社会责任感。

目标

基于以上宗旨，我们提出以下目标和战略：

发挥领导力，积极推动可持续发展活动

参与政策发展和导向，建立有效的体系，使企业更好地致力于可持续发展

树立典范，展示企业在环境资源管理和履行社会责任方面的成果，分享先进的解决方案

放眼全球，为发展中国家实现可持续发展提供帮助

免责声明

该报告以 WBCSD 的名义发布，由 WBCSD 秘书处和水泥可持续发展倡议行动 (CSI) 若干成员公司共同编写。报告草稿已在 CSI 内部传阅，确保能够体现绝大多数成员的观点，但我们不保证成员对报告的所有内容意见一致。

版权：©WBCSD，2005 年 4 月



4, chemin de Conches
CH - 1231 Conches-Geneva
Switzerland

电话 : (41 22) 839 31 00
传真 : (41 22) 839 31 31

电子邮件 : info@wbcسد.org
网址 : www.wbcسد.org