

水泥可持续发展倡议行动组织



水泥行业二氧化碳
和能源的统计
与报告标准

2011年5月13日

水泥行业二氧化碳
和能源议定书



1	简介	2
1.1	第三版议定书修订版序言	2
1.2	总目标	3
1.3	与其他二氧化碳议定书的关系	3
1.4	界定组织边界和运营边界	4

2	二氧化碳和能源议定书原则	6
2.1	计算与测量	7

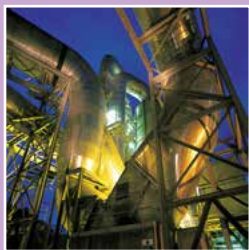


3	水泥生产中的温室气体直接排放	8
3.1	概况	8
3.2	原料煅烧产生的二氧化碳	10
3.3	输入法(A1)和(A2)	12
3.4	输出法(B1)和(B1)	16
3.5	传统燃料产生的二氧化碳	18
3.6	替代燃料、混合燃料和生物质燃料产生的二氧化碳	18
3.7	水泥窑用燃料产生的二氧化碳	20
3.8	非水泥窑用燃料产生的二氧化碳	20
3.9	由废水产生的二氧化碳	21
3.10	非二氧化碳温室气体的情况	22



4	间接温室气体排放	23
---	----------	----

5	二氧化碳排放总量和净排放量	25
5.1	概况	25
5.2	二氧化碳排放总量	26
5.3	二氧化碳净排放量和利用废弃物 作为替代燃料而实现的间接减排	27
5.4	其他间接减排	28



6	性能指标	31
6.1	简介	31
6.2	具体的单位排放分母	31
6.3	其他比率指标的分母	32
6.4	熟料储量变化和买卖熟料的处理	33
6.5	新的通用性能指标(关键性能指标KPI)	33



7	组织边界	34
7.1	所涵盖的设施	34
7.2	运营管控和所有权标准	34
7.3	排放和排放权合并	36
7.4	熟料、水泥和矿物成分的内部转移	36
7.5	基准线、企业收购和资产剥离	37



8	清单质量管理	38
8.1	WRI / WBCSD议定书修订版建议汇总	38
8.2	对不确定性的处理	40
8.3	重要临界值	41
8.4	涵盖的验证工具	41

9	报告建议	42
9.1	简介	42
9.2	企业环境报告	42
9.3	报告期	43
9.4	WRI / WBCSD温室气体议定书修订版的范围	43
10	补充信息	45
11	参考文献	46
12	术语、首字母缩略词及缩写	47
附件		
附件1	水泥二氧化碳和能源议定书电子表格	52
附件2	水泥生产导致的温室气体排放源和减排方案	53
附件3	煅烧二氧化碳的详细说明	56
附件4	燃料排放因子的背景材料	59
附件5	数字前缀、单位和换算因子	61
附件6	与第二版议定书相比的主要变更	63
附件7	第三版水泥二氧化碳 和能源议定书的性能指标(关键性能指标)	66
附件8	CSI二氧化碳数据担保要求	73





1 简介

1.1 第三版议定书修订版序言

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监控并报告温室气体的排放问题。其中一个问题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CSI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。

第二版《水泥行业二氧化碳议定书》修订版于2005年6月出台。该版本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，该版议定书依然和2004年4月出台的WRI / WBCSD温室气体议定书修订版¹紧密结合。

本文系第三版水泥业二氧化碳和能源议定书修订版，于2011年5月出台，以便用于2011年起的数据²报告。这一版本充分考虑了全球多家水泥企业应用第二版议定书所得的更多经验及其多年来对议定书的评估，以及CSI校准数据项目（GNR）所得经验。由于能源（燃料、

电力）数据报告对二氧化碳排放的计算最为重要，因此议定书的名称已更改为“水泥行业二氧化碳和能源议定书”。

修改议定书的主要目标是：

- > 引入其他主要的性能指标（关键性能指标），如除了那些基于胶凝材料的关键性能指标外，基于水泥的关键性能指标。
- > 报告不影响气候的生物化石混合燃料中生物质部分的二氧化碳排放。
- > 引入更多报告现场发电产生的二氧化碳排放的方法。
- > 引入报告水泥窑用燃料产生的煅烧二氧化碳排放的简单详尽的方法。
- > 增加报告不同燃料类型和材料（包括水泥窑用燃料）的选择。
- > 历史数据应保持不变，意味着他们不用根据第三版中部分变化的公式重新计算。
- > 解决加和数据中重复计算材料转移的问题，如企业层面或国家层面。

- 改善了用户友好性，并纳入了质量控制第一步的验证工具。

第二版议定书和第三版的主要区别已汇总在附件6和附件7中。

1.2 总目标

《水泥二氧化碳和能源议定书》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此类排放情况。本议定书涵盖了水泥生产过程中和现场发电过程中所有的二氧化碳直接排放源和主要的间接排放源，包括绝对排放量以及具体或单位排放量。³本议定书由三大主要部分组成：

1. 一份指导文件，
2. 一份Excel电子表格。电子表格用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一，和
3. 一份在线手册，内容包括对电子表格和指导文件的详细解释以及常见问题解答。该手册可在www.Cement-CO2-Protocol.org上获得。

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，为计算和报告提供指导。为使水泥行业以外的利益相关方了解议定书，附件2描述了水泥生产工艺的一些背景资料。此外，我们还编制了一份详细解释电子表格及其应用的手册，并且可以在网上获取（www.Cement-CO2-Protocol.org）。

第12章包含了首字母缩写和缩写的术语。请注意，本议定书使用公吨为单位，1吨（t）=1000千克（Kg）。其他单位和数字前缀的缩写请见附件5。

1.3 与其他二氧化碳议定书的关系

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《IPCC2006年国家温室气体清单⁴指南》和WRI / WBCSD温室气体议定书修订版是一致的。如无最新的、针对具体行业的数据，一般采用这些文件中建议的默认排放指标。

IPCC2006年指南介绍了报告水泥生产中原料输入产生的二氧化碳排放的三级方法（见2.2.1.1 Vol. III的2.3等式）。不过，由于原料输入量非常大，但要报告其排放必须不断监控其化学成分，因此这一方法在许多水泥厂中已不再适用。一般来说，不同原料在原料厂进行粉磨之前和粉磨过程中均是混合均匀的。因此，CSI工作组推荐了报告水泥厂原料煅烧产生的二氧化碳排放的替代方法，即通过计算水泥窑系统消耗的生料量来报告排放。许多水泥厂为了控制工艺和产品质量，都会在日常监控均化后的生料，包括其化学成分分析。基于生料消耗量的输入法已成功应用在不同国家的水泥厂，并且似乎比IPCC2006年指南中的3级方法更实际。这种方法已纳入《水泥二氧化碳和能源第三版议定书》（第3.3节描述了简单输入法A1和详细输入法A2）。

在许多参数上，第三版为不同级别的详细报告提供了至少两种方法。例如，对于内部使用或那些刚开始用议定书进行二氧化碳报告的企业，他们可以采用更简易的方法和默认值；而对于那些在特殊体系（如欧洲温室气体排放交

易体系（EU ETS）下报告的企业或在二氧化碳报告方面已有长期经验的企业，议定书提供了更为详细的方法。

第三版议定书在第二版基础上所做修改主要源自其他体系中类似报告的经验。例如，一方面，计算混合（替代）燃料中生物质部分产生的二氧化碳排放量是借鉴了EU ETS采用的类似方法；另一方面，由于越来越多在亚洲（如中国、印度）有发电厂的企业成为CSI的会员，因此我们增加了详细计算现场发电产生的二氧化碳排放量的方法，这些方法在发电厂中正被广泛使用。

由此，水泥企业可以遵照IPCC的要求向国家政府报告其二氧化碳排放量，同时，议定书还可灵活用于多个报告体系里作为辅助工具，如：

- > 欧洲温室气体排放交易体系（EU ETS）；⁵
- > 日本政府颁布的《全球气候变暖对策推进法》⁶和《理性使用能源法》⁷。

此外，中国目前制定出一份新的水泥行业二氧化碳计算标准。值得注意的是，通常情况下特定自愿性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 界定组织边界和运营边界

编制排放清单时，设定适当的边界是一项主要任务。根据WRI/WBCSD温室气体议定书（2004）¹和国际标准ISO14064-1⁸，本议定书对组织边界和运营边界进行了区分。

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，如果以下活动控制或拥有相关设备，则水泥企业应将其纳入自愿报告：

- > 熟料生产，包括原料开采和制备；
- > 在水泥厂或独立的粉磨站中粉磨熟料以及添加剂和矿渣之类的水泥替代物；
- > 现场发电使用的其他燃料；和
- > 燃料或粉煤灰在设备中的制备或加工。
- > **运营边界**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，水泥窑用燃料燃烧所致排放是拥有（或控制）该水泥窑的企业的直接排放。这也包括现场发电使用的其他燃料所致的直接排放。
- > **间接排放**指因报告企业活动所致排放，但该排放的发生源由其他企业拥有或控制。例如，水泥企业消耗的外购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。

在营运边界范畴下，有必要重申WRI / WBCSD议定书¹修订版中“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。例如，企业拥有或控制的锅炉、窑、车辆等燃料所致的排放。生物质燃料燃烧所致的二氧化碳直接排放量不属于**范围1**，应单独报告，如作为备忘录项。
- > **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。所购电力是指买入的电力或以其他任何方式进入公司组织边界的电力。**范围2**的排放应产生于所购电力的发电设施处。
- > **范围3**是允许处理其他所有间接排放的可选报告类别。**范围3**的排放是企业活动所致，但该排放的发生源由其他企业拥有或控制。例如，所购材料的提取或生产，所购燃料的运输以及所售产品和服务的使用。其他有关**范围3**排放的距离列于ISO14064-1⁸附件B。

WRI / WBCSD议定书修订版要求公司至少应分别统计和报告**范围1**与**范围2**的排放。验证活动也需要涵盖**范围1**和**范围2**的排放。除第9.4节汇总的某些非主要差异外，《水泥行业二氧化碳与能源议定书》与这份报告要求一致。



2 二氧化碳和能源议定书原则

温室气体的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，并满足公司内外部决策需求。
- > **完整性**：统计和报告所选清单边界内所有温室气体的排放源和活动。披露所有例外情况并说明原因。
- > **一致性**：采用统一方法对一段时间的排放进行有意义的比较。如对数据、清单边界、方法，或时间序列中的任何其他相关因素作出任何变更，均要进行透明的记录并文件化。
- > **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。披露所有相关假定，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，不偏高或偏低，并尽可能减少不确定性。确保足够的准确性，为用户决策提供有关报告信息完整性的合理保证。

本议定书遵循以上与WRI / WBCSD议定书1修订版一致的原则。此外，本议定书还满足以下原则：

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. 可区分排放的不同动因（技术进步、内部和外部增长）；
3. 可按绝对排放量和单位排放量（基于单位产品）报告排放情况；
4. 反映已实现的直接和间接二氧化碳减排的全部范围；
5. 提供适合不同监控和报告目的（如环境绩效的内部管理、上市公司环境报告、依据二氧化碳税收体系报告、依据二氧化碳法规体系报告（自愿或协商协议、排放交易）、行业基准和产品寿命周期分析）的灵活工具。

2.1 计算对比测量

原则上，设备的温室气体排放可以通过计算或测量来确定。《水泥行业二氧化碳和能源议定书》第三版和第二版一样，都采用了计算的方法。

采用以计算为基础的方法计算排放量，则排放源产生的排放量是基于测量系统所得的投入或生产数据，加上实验室分析出的其他参数（热值、碳含量、生物含量等）和/或标准因子而得。

以测量为基础的方法根据不断测量废气及废气流中相关温室气体的浓度来计算一个排放源产生的排放量。

总的不确定性取决于决定不同参数的方法的准确性。水泥行业在准确报告燃料消耗量或生产量方面已有长久的经验。所以一些传统参数，如热值的分析具有很高的准确性。以计算为基础决定二氧化碳排放量这种方法中一项导致不确定性的的重要因素是取样的代表性。浓度测量技术在过去很长时间内已被证明具有很高的准确性。不过，取样的代表性仍是关键。测量方法的局限性如下：

- > 流量测量的准确性低
- > 无法估算减排量，和
- > 很难将测量到的数据和计算出的数据相比较

由此，随着时间推移，以计算为基础的方法得到越来越多的推荐。



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：

1. 碳酸盐的煅烧以及原料中所含有机碳的燃烧
2. 水泥窑中与熟料生产相关的燃烧（见第3.7节）：
 - a. 水泥窑传统化石燃料的燃烧；
 - b. 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）和混合燃料中生物碳的燃烧；
 - c. 生物质燃料和生物燃料（包括生物质废弃物）的燃烧；
3. 非窑燃料的燃烧（见第3.8节）：
 - a. 传统化石燃料的燃烧；
 - b. 替代化石燃料的燃烧（也称化石替代燃料或化石废料）和混合燃料中生物碳的燃烧
 - c. 生物质燃料和生物燃料（包括生物质废弃物）的燃烧；
4. 现场发电所用燃料的燃烧；
5. 废水中所含碳的燃烧。

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

排放成分	参数	单位	拟用参数来源
原料中的二氧化碳：基於原料输入的方法 (A1、A2)			
> 熟料生产所消耗的原料的煅烧	消耗的生料	t	计算
	水泥窑给料回灰修正		以工厂级计量
	生料中的二氧化碳含量或烧失量 (LOI)	t 质量比 质量比	以工厂级决定 以工厂级计量
> 粉尘的煅烧	水泥窑系统粉尘排放 不含旁路粉尘 粉尘中的二氧化碳含量 或烧失量 (LOI)	t 质量比	以工厂级计量 以工厂级计量
详细输入法 (A2) 所需的更多成分			
> 旁路粉尘部分煅烧	水泥窑系统旁路粉尘排放和 旁路粉尘中的二氧化碳含量	t 质量比	以工厂级计量 以工厂级计量
> 非包含在水泥窑给料中的替代原料	替代原料 替代原料中的二氧化碳含量	t 质量比	以工厂级计量 以工厂级计量
原料中的二氧化碳：基於熟料输出的方法 (B1、B2)			
> 熟料输出所耗原料的煅烧	熟料生产 熟料排放因子	t kg CO ₂ / t 熟料	以工厂级计量 默认值 = 525；或根据详细输出法 (B2) 计算而得
> 粉尘煅烧	水泥窑系统粉尘排放 熟料排放因子	t kg CO ₂ / t 熟料	以工厂级计量 默认值 = 525；或根据详细输出法 (B2) 计算而得
	粉尘煅烧度	%煅烧	以工厂级计量
> 原料中的有机碳	熟料生产 原料：熟料比 生料的有机碳总含量	t 熟料 t / t 熟料 质量比	以工厂级计量 默认值 = 1.55；可调整 默认值 = 0.2%；可调整
详细输出法 (B2) 所需的更多信息			
> 熟料生产所消耗原料的煅烧	熟料中的氧化钙+氧化镁	质量比	以工厂级计量

t=公吨，AF=替代燃料，Cli=熟料，TOC=总有机碳，QXRD=定量X光散射

排放成分	参数	单位	拟用参数来源
> 熟料排放因子的修正	原料中非碳酸盐来源的氧化钙+氧化镁	质量比 t	以工厂级计量
	原料中的钙+镁硅酸盐 (如作为粘土矿物的一部分)	质量比 t	以工厂级计量 以工厂级计量(如使用精修过的QXRD) 以工厂级计量
水泥窑燃料和非水泥窑燃料燃烧产生的二氧化碳:			
> 传统燃料	燃料消耗	t	以工厂级计量
	低热值	GJ /t 燃料	以工厂级计量
	排放因子	t CO ₂ /GJ燃料	IPCC / CSI 默认值或实测值
> 替代化石燃料 (也称化石替代燃料) 和混合燃料	燃料消耗	t	以工厂级计量
	低热值	GJ /t 燃料	以工厂级计量
	排放因子	t CO ₂ /GJ燃料	CSI默认值或实测值
	生物碳含量	质量比	CSI默认值, 或以工厂级计量
> 生物质燃料 (生物质替代燃料)	燃料消耗	t	以工厂级计量
	低热值	GJ /t 燃料	以工厂级计量
	排放因子	t CO ₂ /GJ燃料	IPCC / CSI 默认值或实测值
> 已燃废水	-	-	不要求二氧化碳的量化

t=公吨, AF=替代燃料, Cli=熟料, TOC=总有机碳, QXRD=定量X光散射

这些排放源的排放因子、公式和报告方法在本章以下部分进行了说明。表 7 汇总了相关参数和拟用数据源。有关电子表格中投入参数的细节信息请见线上手册 (www.Cement-CO2-Protocol.org)。通常鼓励各家公司以工厂为基本单位测量所需参数。如果没有工厂级或公司级数据, 则应使用推荐的国际默认因子。其他默认因子(如国家级数据)如果可靠且更为适当, 可在使用时优先于国际默认值。以下部分为选择不同的报告原料煅烧产生的二氧化碳排放的方法提供指南。

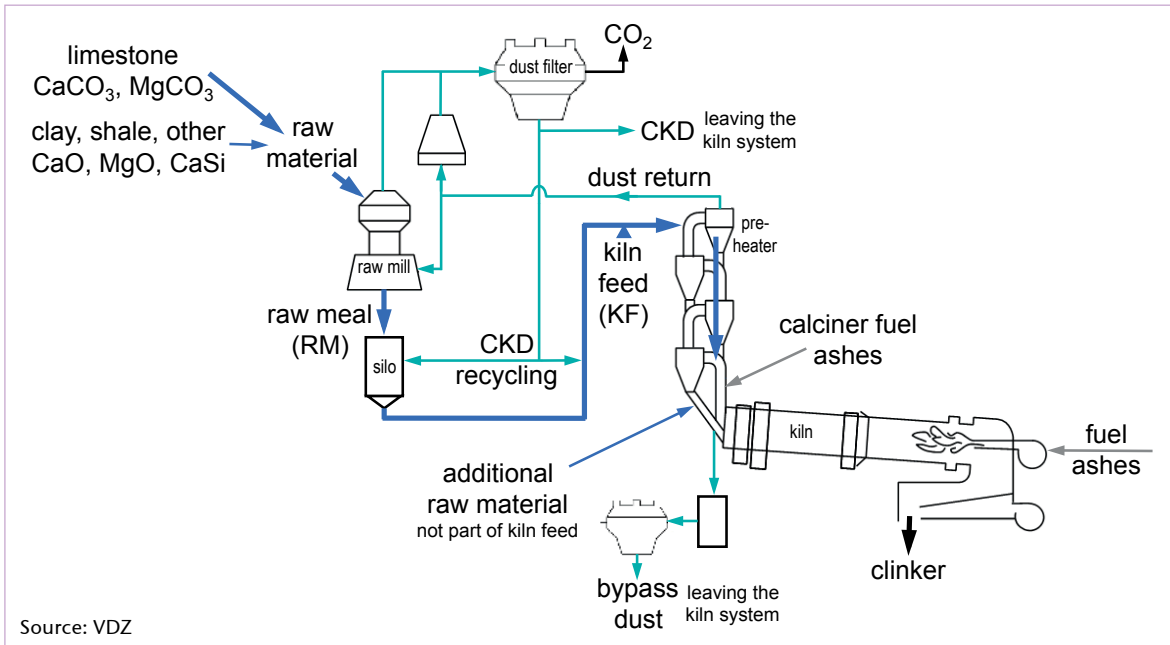
3.2 原料煅烧产生的二氧化碳

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, 水泥窑灰煅烧(CKD)和旁路粉尘煅烧可视作二氧化碳的相关排放源, 此类粉尘将离开水泥窑系统直接销售、用作水泥或其它产品的混合材, 或作为废料丢弃。

下图为熟料生产过程中相关物料的例子, 它们通常产生于工厂的旋风预热器中。

在工厂级别, 煅烧二氧化碳基本上可以用两种方式计算: 基于生料消耗(输入法)量和碳酸盐含量, 或生产的熟料(输出法)和离开水泥窑系统的粉尘量和成分。基于熟料的方法在

图1：采用悬浮预热器窑生产熟料的工厂的熟料生产过程中的物料流案例。



欧洲用的比较多。输出法和输入法都列在了IPCC2006年国家温室气体清单⁴指南（1级和2级产出，3级投入⁹）和欧洲排放交易体系（EU ETS，输入法A，输出法B）的监管和报告温室气体排放（MRG）⁵指南中。

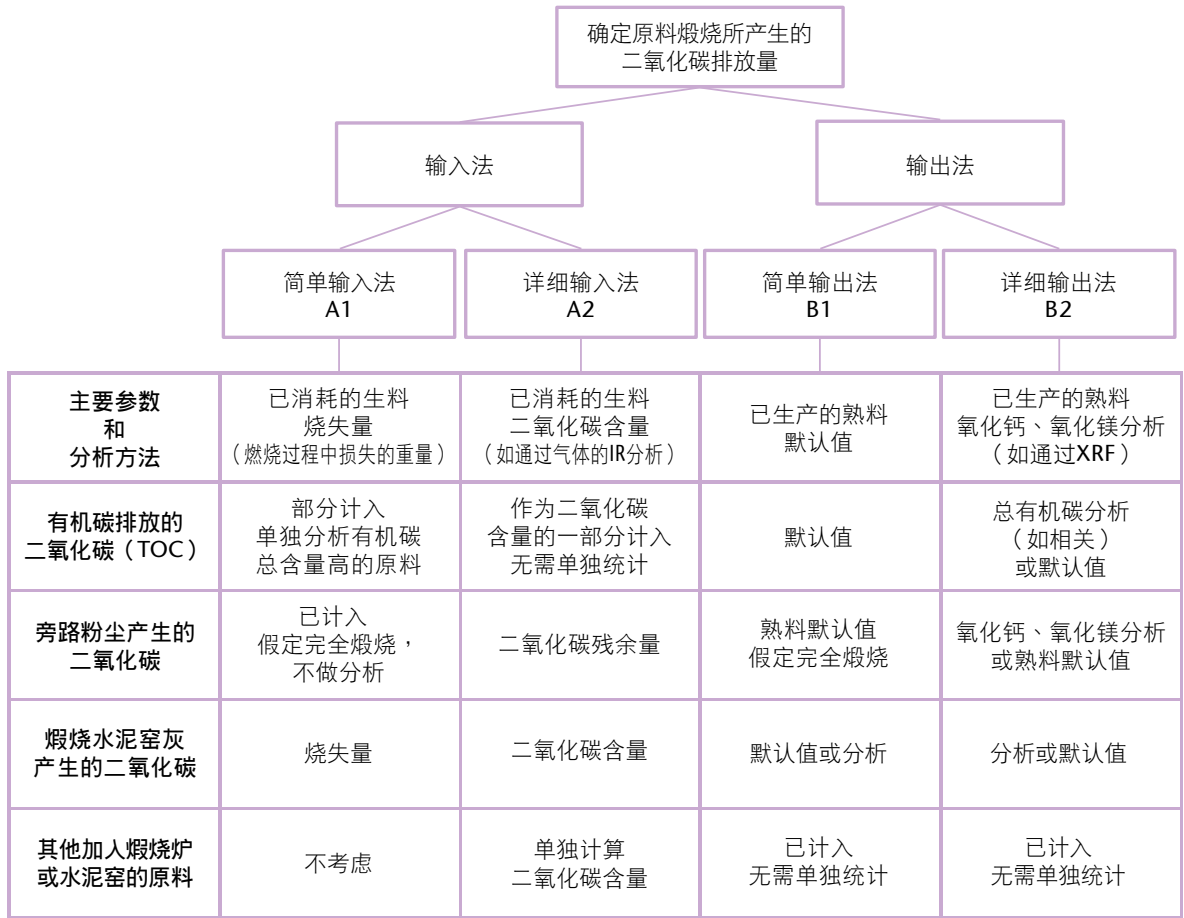
输入法和输出法在理论上是等同的。WBCSD/CSI决定在第三版议定书的电子表格中同时纳入这两种方法。公司可选择基于生料的输入法或基于熟料的输出法，但应当根据物料数据的充足性和可测量性来做出选择。同时，电子表格为两类方法都提供了简单和详细两种方法。选择简单方法还是详细方法取决于拟用报告体系和可用数据。在能够保证更详细的方法所需数据有足够的准确性和操作性的前提下，议定书更推荐使用详细报告方法。而简单方法适用于那些刚开始进行二氧化碳报告的公司，但此类公司应在数年之后开始采用详细方法，以便所有工厂在具备二氧化碳报告、恰当的测量以及使用一种简单方法控制测量质量的经验之后尽可能都采用详细方法。此过程中，可能的错

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。

在电子表格中，生料、水泥窑给料、CKD、旁路粉尘和熟料的物料质量及参数都是干燥状态（湿度<1%）。一般来说，这些材料的残留水分在测量水泥窑系统流程时是可以忽略不计的。

在煅烧加入水泥窑系统的燃料灰中的少量碳酸盐而产生的二氧化碳排放应全部计入燃料产生的二氧化碳排放的报告中。一般来说，这是通过确定基于燃料总碳含量（TC）的燃料二氧化碳排放因子来确保计入的，其中，燃料总碳含量包括了有机碳总含量（TOC）和总的无机碳（TIC）含量。TOC和TIC（如多种污水污泥）含量高的材料可被视为燃料和/或原料。无论如何，报告中必须完整计入使用燃料产生的二氧化碳排放。

图2：汇总了原料煅烧所排放的二氧化碳主要来源的拟用方法和确定方法。



3.3 输入法 (A1) 和 (A2)

输入法是基于从水泥窑给料开始的熟料生产所消耗的生料量来决定的，并且应考虑回灰修正。两种方法（建议简单输入法A1和详细输入法A2）均需考虑：

- > 熟料生产中的原料煅烧产生的二氧化碳排放；
- > 旁路粉尘煅烧和煅烧水泥窑灰（CKD）离开水泥窑系统时产生的二氧化碳排放；
- > 原料中的有机碳含量（TOC）产生的二氧化碳排放。

电子表格中的辅助表里运算了必要的计算，这与工厂表格是分开的。其中“A1计算”

或“A2计算”的辅助表所得运输结果能作为投入数据放进工厂表格。

(1) 已消耗的生料：在水泥窑中生产熟料时消耗的生料（如煅烧离开水泥窑系统的旁路粉尘）量是根据工厂级计量的水泥窑给料量计算得出的。水泥窑给料重量是主要的计量，它将最大程度地决定依据输入法所做报告的最终准确性。

在A1计算或A2计算辅助表中，水泥窑给料量会通过减去回灰量（如从预热器返回，有可能回收用于水泥窑给料、生料筒仓或在离开水泥窑系统时用水泥窑灰煅烧（CKD）来进行修正。物料流概念如图1所示。通过回灰率对水泥窑给料进行修正避免了重复计算回收的粉尘。据此概念，离开水泥窑系统的CKD量也被

计为回灰，因此也应从水泥窑给料量中扣除。输入法由此计算熟料生产中消耗的生料量（输入法的主项），包括离开水泥窑系统的旁路粉尘（如有）。

与水泥窑给料相关的回灰率应以工厂级计量。出于此目的可以运用不同的方法。两种普遍的方法是：

- > 直接测量（称重的方式）回灰量或
- > 根据水泥窑物料平衡计算回灰率。在此平衡中，物料投入（水泥窑给料和燃料灰）应同产出（熟料产出）和生料和离开水泥窑系统的粉尘（如旁路粉尘）的烧失量平衡，以便得出某一时期返回粉尘循环的粉尘物料。有关本方法的举例已列在网上（www.Cement-CO2-Protocol.org）的手册中，以描述电子表格的使用。

无论如何，回灰率的决定方法应保证足够的准确性。在使用水泥窑运营某一时期的测量时，这些测量必须代表排放报告编制时期的水泥窑运营。一般需要重复测量，以便考虑回灰率在一段时间内可能的变化和/或不同的水泥窑运营模式导致的变化。

煅烧所耗生料产生的**二氧化碳排放量**是根据详细输入法A2中的**未煅烧生料（RM）的二氧化碳含量**或简单输入法A1中的**烧失量（LOI）**计算所得。应以工厂级的定期测量作为对应的生料参数。

当生料参数同水泥窑给料样本中分析出的参数没有明显差异，并且无法定期分析生料时，可以使用后者来替代生料参数。当从预热系统中返回的粉尘煅烧度极低（通常在水泥窑系统的干燥过程和旋风炉预热时能观察到），或仅从

预热系统中回收到极少量粉尘用于水泥窑给料时，这两类参数的差异会很小。

- > 在简单输入法A1中使用这类参数作为替代时，水泥窑给料和生料参数的差异不得超过**1%**，并且预热器回灰的煅烧度d不得超过**5%**。
- > 在详细输入法A2中使用这类参数作为替代时，应分析两类参数的差异，并演示二氧化碳排放报告已经编制完成，且基于准确性和可操作性所限制，使用生料决定的参数和水泥窑给料样本的参数间没有系统性差异。

熟料生产使用的原料除了包括无机碳酸盐外，还通常包含一小部分有机碳。在高温处理生料时，绝大部分有机碳会转化为二氧化碳。因此，有机碳总含量（TOC）所产生的二氧化碳排放应作为输入法中报告二氧化碳排放的参数：

在**详细输入法A2**中，**二氧化碳含量的测量**应为生料和其他所有原料产生的所有二氧化碳排放，也即应包含相应材料中无机碳含量（TIC）和有机碳含量（TOC）排放的二氧化碳。此类测量可以通过分析得出，如通过总碳含量（TC）分析，或加热并完全氧化的样本所释放气体的二氧化碳IR分析。

在**简单输入法A1**中，烧失量（LOI）的质量比应考虑煅烧碳酸盐所产生的二氧化碳排放总量。有机碳含量（TOC）产生的二氧化碳排放一般较小，这一排放也用LOI来计算，但只是部分计算。另一方面，TOC和TOC所产生的二氧化碳（CO₂）排放间的质量差总是大于用于抵消的生料样本中的小量残余湿度，这一残余湿度主要是加热产生的水蒸气（H₂O）。此外，这种质量损失也可通过烧失量来表示。

由此，在采用简单输入法进行报告的大部分案例中，基于烧失量的排放报告能相对准确地预估已耗生料在煅烧和高温处理过程中产生的二氧化碳排放总量。若使用了有机碳含量高的原料，则应当使用详细输入法A2中使用的，包括有机碳总含量（TOC）产生的二氧化碳排放量的二氧化碳含量来取代烧失量测量。这非常有必要，举例说明，如一个工厂消耗了大量有机碳总含量高的页岩或粉煤灰作为投入水泥窑的原料，这时将此类材料中的TOC单独列为“实际”燃料的成分会更有意义。这意味着材料应根据原料成分（涉及矿物部分/碳酸盐）和“燃料部分”（基于有机碳总含量）加以区分（或计算）。

(2) 离开水泥窑系统的水泥窑灰（CKD）是指所有未被回收成为部分水泥窑给料的所有粉尘。例如，粉尘可以直接出售，添加至水泥或其他产品中，或作为废弃物丢弃。在本《水泥行业二氧化碳和能源议定书》中，离开水泥窑系统的CKD不包括旁路粉尘，旁路粉尘应单独处理。根据运算已耗生料的概念（见上），在测量水泥窑给料时，离开水泥窑系统的CKD量应作为回灰扣除。由此，煅烧离开水泥窑系统的CKD产生的二氧化碳排放必须单独考虑。在干燥过程中，CKD通常未被煅烧。但是，部分经煅烧的CKD常在工厂的半干燥、半湿和湿处理过程中被提取。煅烧CKD产生的二氧化碳排放应被计入。煅烧会生成旁路粉尘的生料所产生的二氧化碳排放已在计算煅烧已耗生料的二氧化碳时被计入了。

离开水泥窑系统的水泥窑灰（CKD）产生的二氧化碳应根据相关粉尘量加上二氧化碳含量或以工厂级计量的CKD烧失量来计算。根据二氧化碳含量或CKD的烧失量以及未煅烧的生料（RM），二氧化碳排放因子 EF_{CKD} 在输入法A1和A2的辅助表通过以下等式进行计算：

$$\text{等式1: } EF_{CKD} = \frac{fCO2_{RM} \times d}{1 - fCO2_{RM} \times d}$$

$$\text{等式2: } d = 1 - \frac{fCO2_{CKD} \times (1 - fCO2_{RM})}{(1 - fCO2_{CKD}) \times fCO2_{RM}}$$

其中， EF_{CKD} = 部分煅烧水泥窑灰的排放因子（t CO₂/t CKD）

$fCO2_{RM}$ = 碳酸盐二氧化碳在生料中所占重量百分比（--）

d = CKD 煅烧分解率（用碳酸盐二氧化碳总量在生料中所占百分比来表示二氧化碳释 放量）

$fCO2_{CKD}$ = 碳酸盐二氧化碳在CKD中所占重量百分比（--）

在简单输入法A1中，变量 $fCO2_{RM}$ 和 $fCO2_{CKD}$ 分别用 LOI_{RM} 和 LOI_{CKD} （即烧失量的重量分数）来代替。CKD的煅烧分解率 d 最好使用工厂级数据。如无工厂级数据，则应当为干燥处理水泥窑使用默认值0，因为CKD通常在这一过程不会被煅烧或煅烧度可以被忽略。但在其他（半干、半湿或湿处理）水泥窑中，煅烧分解率可能举足轻重。在没有数据的情况下，应为此类水泥窑使用默认值1。这一默认值相对保守，在绝大部分情况下会放大与CKD相关的排放。等式1基于生料分析，而等式5基于熟料的二氧化碳排放因子。两种计算方法得出的结果应相同。有关 等式1、2和5的细节请见附件3。

如没有工厂级的粉尘量数据，则应当使用IPCC为废弃粉尘产生的二氧化碳设定的默认值（熟料二氧化碳的2%，见附件3）。不过，值得注意的是，在相应数量的粉尘离开水泥窑系统的情况下这个默认值显然太低了。因此，最好使用工厂级或公司级数据。

(3) 旁路粉尘的部分煨烧：一般来说，从水泥窑系统中提取的旁路粉尘是完全煨烧的。这是建议输入法的一项假定。不过，在某些类型的设施中，旁路粉尘仅部分煨烧。因此它取决于旁路粉尘的提取量及煨烧度，这会影响到报告原料煨烧产生的排放的准确性。在此情况下，最好使用详细的输入法A2，并以工厂级计量离开水泥窑系统的旁路粉尘量和旁路粉尘的二氧化碳含量。离开水泥窑系统的旁路粉尘物料中二氧化碳残余量应随后从已耗生料煨烧产生的二氧化碳量中扣除。这是对旁路粉尘中未煨烧比率的修正。

(4) 非水泥窑给料的替代原料：详细输入法A2还提供了考虑替代原料的方法。如果有原料没有纳入水泥窑给料，如直接喂入旋转水泥窑进口时，不能使用建议输入法。针对此类材料，应以工厂级计量每类材料的数量以及二氧化碳含量，包括有机碳含量（TOC）产生的二氧化碳排放。只有在同种材料由于TOC较高而作为有排放因子的燃料单独报告时，对替代原料产生的二氧化碳排放的报告才限于无机碳总含量（TIC，与第3.6节相比）。**计算A1的辅助表中运算的，用于简单输入法A1的等式：**

$$\begin{aligned} \text{等式3：原料中的二氧化碳} = & \\ & \text{水泥窑给料} \times (1 - \text{回灰修正}) \times LOI_{RM} \\ & + \text{离开水泥窑系统的CKD} \times EF_{CKD} \end{aligned}$$

计算A2的辅助表中运算的，用于详细输入法A2的等式：

$$\begin{aligned} \text{等式4：原料中的二氧化碳} = & \\ & \text{水泥窑给料} \times (1 - \text{回灰修正}) \times fCO2_{RM} \\ & + \text{离开水泥窑系统的CKD} \times EF_{CKD} \\ & - \text{离开水泥窑系统的旁路粉尘} \times fCO2_{BypassD} \\ & + \sum_i (ARM_i \times fCO2_{ARM,i}) \end{aligned}$$

在等式3和4中：

$$\text{原料中的二氧化碳} = \text{原料产生的二氧化碳总量} \quad (\text{t CO}_2/\text{yr}), \text{工厂表格第39行}$$

$$\text{水泥窑给料} = \text{以工厂级计量的水泥窑给料量} \quad (\text{t/yr})$$

$$\text{粉尘修正} = \text{与水泥窑给料相关的回灰率} \quad (--)$$

$$LOI_{RM} = \text{烧失量在生料中所占重量比} \quad (--)$$

$$fCO2_{RM} = \text{熟料中二氧化碳含量的重量比}$$

此处包括了TOC产生的二氧化碳排放 (--)

$$\text{离开水泥窑系统的CKD} = \text{离开水泥窑系统的水泥窑灰量} \quad (\text{t/yr})$$

$$EF_{CKD} = \text{部分煨烧水泥窑灰的二氧化碳排放因子} \quad (\text{t CO}_2/\text{t CKD})$$

$$\text{离开水泥窑系统的旁路粉尘} = \text{离开水泥窑系统的旁路粉尘量} \quad (\text{t/yr})$$

$$fCO2_{RM} = \text{旁路粉尘中二氧化碳含量的重量比} \quad (--)$$

$$ARM_i = \text{替代原料量} i \quad (\text{t/yr}), \text{并非水泥窑给料的一部分}$$

$$fCO2_{ARM,i} = \text{替代原料中二氧化碳含量的重量比} i \quad (--)$$

对输入法概念的调整：在特殊情况下，可能有必要对输入法的概念进行调整，以便反映工厂里的某类材料流并确保正确的统计。在此情况下，应使用定制的辅助表格进行相应调整，而不是工厂表格。公司必须解释所做调整并附上所有相关材料流的概述。此外还必须演示通过调整方法能完全并更加准确地计算原料中有机碳含量产生的二氧化碳排放，以及完全和部分煨烧原料产生的二氧化碳排放。

3.4 输出法 (B1) 和 (B2)

如果采用基于熟料的输出法，公司应使用如下工厂级的数据：

(1) 熟料：煅烧二氧化碳应基于已生产的熟料量和每吨熟料的排放因子来计算。排放因子应基于测量所得熟料中的氧化钙和氧化镁含量而得出，并在熟料中相关氧化钙和氧化镁数量源于非碳酸盐来源时进行修正，例如，如果硅酸钙或粉煤灰作为投入水泥窑的原料时。

必须清楚记录熟料排放因子的计算方式。为此，电子表格中附有辅助工作表（**计算B2的辅助表，详细输出法**）。详细方法还涉及熟料的氧化钙和氧化镁分析以及对这些氧化物非碳酸盐来源的修正。

如果没有更好的数据，则应使用默认值 $525 \text{ kg CO}_2/\text{t}$ 熟料（**简单输出法B1**）。这一默认值接近IPCC的默认值（ $510 \text{ kg CO}_2/\text{t}$ ），IPCC的默认值已采用熟料中典型的氧化镁含量进行了修正。有关默认排放因子的细节请见附件3。简单输出法B1中的计算可以完全通过工厂表格来进行运算，无需单独的辅助表格。

(2) 粉尘：离开水泥窑系统的旁路粉尘或水泥窑灰（CKD）产生的二氧化碳应根据相关粉尘量和排放因子来计算。计算必须考虑离开水泥窑系统的所有粉尘量，不论粉尘是否已直接售出，添加入水泥，还是已作为废弃物丢弃。

旁路粉尘通常是完全煅烧。所以和旁路粉尘相关的排放必须使用熟料的排放因子来计算。

和旁路粉尘相反，CKD通常不能完全煅烧。CKD的排放因子应基于熟料的排放因子和CKD的煅烧分解率来计算，详见等式5。本等式已列于电子表格中。

$$\text{等式5 } EF_{CKD} = \frac{\frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} \times d}{1 - \frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} \times d}$$

其中， EF_{CKD} = 部分煅烧水泥窑灰的二氧化碳排放因子（ $\text{t CO}_2/\text{t CKD}$ ）

EF_{Cli} = 熟料的工厂级排放因子（ $\text{t CO}_2/\text{t}$ 熟料）

d = CKD煅烧分解率（用碳酸盐二氧化碳总量在生料中所占百分比来表示二氧化碳释放量）

最后使用工厂级数据来确定CKD的煅烧分解率 d 。如无此类数据，则应当为干燥处理水泥窑使用默认值0，因为CKD通常在这一过程不会被煅烧或煅烧度可以被忽略。但在其他（半干、半湿或湿处理）水泥窑中，煅烧分解率可能举足轻重。在没有数据的情况下，应为此类水泥窑使用默认值1。这一默认值相对保守，在绝大部分情况下会放大与CKD相关的排放。等式1基于生料分析，而等式5基于熟料的二氧化碳排放因子。两种计算方法得出的结果应相同。有关煅烧分解率 d 和等式1、2和5的细节请见附件3。

如没有工厂级的粉尘量数据，则应当使用IPCC为废弃粉尘产生的二氧化碳设定的默认值（熟料二氧化碳的2%，见附件3）。不过，值得注意的是，在相应数量的粉尘离开水泥窑系统的情况下这个默认值显然太低了。因此，最好使用工厂级或公司级数据。

(3) 原料中的有机碳产生的二氧化碳：除了无机碳酸盐外，熟料生产使用的原料通常包含一小部分有机碳，绝大部分有机碳在高温处理生料时能转化为二氧化碳。原料的有机碳总含量（TOC）随地点不同以及所用材料的类型不同有非常大的差异。

CSI工作组收集的数据表明：生料中的TOC典型值约为0.1 – 0.3%（干重）。这约等于每吨熟料排放10千克二氧化碳，约为典型的生料煅烧和水泥窑燃料燃烧联合排放的二氧化碳量¹⁰的1%。

必须量化并报告原料中有机碳产生的二氧化碳排放量，确保清单的完整性（参见第8.3节的重要临界值）。但由于他们对总排放的贡献极小，因此电子表格中执行的是简化的自算机制，该机制中将以下默认值乘以熟料产量：

- > 默认的生料与熟料比：1.55
- > 默认的生料TOC含量：2 kg /t生料（干重，等同于0.2%）

有关TOC含量的默认因子已通过收集并分析全球水泥厂逾百种不同原料的分析进行核查。通过对CSI“气候保护”工作组的数据进行分析，已确认默认因子为0.2%。

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含量较高。例如，一个工厂消耗了大量有机碳总含量高的页岩或粉煤灰作为投入水泥窑的原料。同时请注意：本默认值的计算不会自动反映任何离开水泥窑系统的回灰量。

生产出大量粉尘的公司如需更详细地分析其与TOC相关的排放，则应输入他们工厂级的生料与熟料比。工厂级的生料与熟料比不应包含已使用燃料的煤灰含量，以避免重复计算。例如，如果碳含量高的粉煤灰并计为燃料（如为其分配一个热值和二氧化碳排放因子），则这部分煤灰含量不应再计入生料与熟料比（用于计算生料TOC产生的排放量）。

输出法B1和B2在工厂表格中所用等式：

$$\text{等式6: 原料中的二氧化碳} = \text{熟料} \times EF_{cli} / 1000 + \text{离开水泥窑系统的旁路粉尘} \times EF_{cli} / 1000 + \text{离开水泥窑系统的CKD} \times EF_{CKD} + \text{已耗生料} \times fTOC_{RM} \times 3,664$$

已耗生料根据以下等式计算

$$\text{等式7: 已耗生料} = \text{熟料} \times \text{生料/熟料} (\%)$$

在等式6和7中：

$$\text{原料中的二氧化碳} = \text{原料产生的二氧化碳总量} (\text{t CO}_2/\text{yr}), \text{工厂表格第39行}$$

$$\text{熟料} = \text{以工厂级计量的熟料生产} (\text{t/yr})$$

$$EF_{cli} = \text{熟料的二氧化碳排放因子} (\text{kg CO}_2/\text{t 熟料});$$

简单输出法（B1）：默认值 = 525 kg CO₂/t 熟料；详细输出法（B2）：由B2计算辅助表得出

$$\text{离开水泥窑系统的旁路粉尘} = \text{离开水泥窑系统的旁路粉尘量} (\text{t/yr})$$

$$\text{离开水泥窑系统的CKD} = \text{离开水泥窑系统的水泥窑灰量} (\text{t/yr})$$

$$EF_{CKD} = \text{部分煅烧水泥窑灰的二氧化碳排放因子}; \text{根据等式5进行推算} (\text{t CO}_2/\text{t CKD})$$

$$\text{已耗生料} = \text{熟料生产已耗生料量和和旁路粉尘} (\text{t/yr})$$

$$fTOC_{RM} = \text{生料中有机碳总含量} (\text{TOC}) \text{的重量比} (--); \text{默认值} = 0.2\%$$

$$\text{生料/熟料} (\%) = \text{生料对熟料的质量比} (\text{熟料生产中消耗的生料}), \text{加上离开水泥窑系统的粉尘和燃料灰}; \text{默认值} = 1.55$$

3.5 传统燃料产生的二氧化碳

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传统燃料中二氧化碳（但也包括替代和非水泥窑燃料，见第3.6和3.8节）。

燃料消耗和燃料的低热值（LHV或净热值NCV）定期以工厂级计量。很重要的一点是，运用的热值通常必须和燃料的状态相匹配，尤其是称重过程（如原煤或干煤）中修正水分含量时。一般来说，低热值是根据干燥样本确定的，所以必须对结果进行水分修正，将干煤样本的质量修正为已耗或已称重燃料原有的水分含量。

此外，还必须修正二氧化碳排放因子（EF）。这个修正主要涉及用低热值（LHV）反映的热量，可以采用将高热值（HHV或总热值GCV）转化为LHV的等式进行转化，该等式可在IPCC2006年指南4（Vol. II, Section 1.4.1.2, Box 1.1）中查到。

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），这一默认值和IPCC2006年指南（Vol. II, Section 1.4.2.1, Table 1.4; Section 2.3.2.1, Table 2.3）的默认排放因子有一些小的差异。基于IPCC（1996）的历史数据，默认值不用重新计算。自2011年起，编制报告应使用IPCC（2006）的默认值。两个默认值都能在电子表格中找到。石油焦的默认值基于CSI工作组进行的分析（更多细节请见附件4）。

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。燃料的排放因子应基于碳的总含量。如果一种燃料包含大量的无机碳（TIC），则可以根据其有机碳总含量（TOC）来编制报告，同时，无机碳总含量（TIC）产生的二氧化碳排放应作为原料煅烧

产生的二氧化碳排放进行报告。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，特别是在充分考虑其水分含量的情况下。

总体上，IPCC推荐统计化石燃料的不完全燃烧。不过，高达99%到100%的碳会被氧化¹¹。在水泥窑中，由于燃烧温度非常高，在水泥窑中停留时间较长以及熟料中的残余碳很少，不完全氧化的影响可以忽略不计。因此，所有水泥窑用燃料中的碳应视为完全氧化。燃料的二氧化碳排放因子应总是基于总的碳含量（TC）来决定。

3.6 替代燃料、混合燃料和生物质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（AF）；如果没有这种用途，必须以其它方式处理掉，通常是使用埋填法或焚烧法。AF可作为传统化石燃料的替代品。替代燃料包括化石燃料部分，如废油和塑料，以及生物质部分，如废木料和污水污泥。

IPCC1996年和2006年国家温室气体清单指南提出了以下要求：

- > **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可作为“备忘项”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，生物质燃料仅在产量足够大时才真正与气候无关。
- > 与之相反，**化石燃料废料的二氧化碳排放**（也称**替代化石燃料**或**化石AF**）本身并非无气候影响。根据IPCC指南，废物转能源

的工业转化中温室气体排放应放在国家清单的“能源”类别中报告，而传统废料处置中（埋填法、焚烧法）的温室气体排放应放在“废料管理”类别中报告。

- > **有生物质部分和化石部分的混合燃料产生的二氧化碳排放**：如果生物质燃料是和化石燃料一起燃烧的（如预热工业和/或家庭废弃物），应分别计算燃料中的化石部分和非化石部分，并在适当的分数中分别使用排放因子（IPCC (2006) Vol. II, Section 2.3.3.4）。

为确保与IPCC以及WRI / WBCSD的指南一致，有必要明确报告因水泥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、生物质废弃物和混合燃料中的生物质部分）燃烧的直接二氧化碳应作为备忘项报告，但不包括在排放总量中。除非有其他可靠的排放因子可用，否则应使用IPCC默认的排放因子，即固体生物质的110 Kg CO₂/ GJ。这一数值位于固体生物质燃料不同值的范围内，在IPCC (2006)中被定义为默认排放因子（Vol. II, Section 1.4.2.1）。
- > 应算出化石AF和混合燃料的化石部分燃烧产生的直接二氧化碳排放量并计入直接二氧化碳排放量（**排放总量和包括现场发电排放的二氧化碳在内的排放总量，即二氧化碳总的直接排放量**）。二氧化碳排放因子取决于使用的替代燃料种类，因此，在实际应用中是指工厂级。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默认排放因子，该默认排放因子基于CSI工作组编制的测量和估计而得。

- > 通过利用替代燃料获得的**间接温室气体减排**在议定书中应作为**净排放量**进行统计。因此，第三版议定书中有关净排放量的定义有别于第二版议定书。深层次的定义见第五章，这和议定书第一版中的初始定义一致。
- > 其他**间接温室气体减排或购买排放权额度**应单独统计。第二版议定书中为此纳入的选项在第三版议定书中被删除。

总的来说，所有燃料的二氧化碳排放因子应基于碳的总含量（TC）反映燃料使用产生的所有二氧化碳排放。

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。这些燃料应被视为混合燃料，其二氧化碳排放量应分成化石和生物质两部分计算。这一计算是基于国际标准（如EN 15440），根据燃料总碳含量中生物质碳的比例来决定的。不过对某些燃料而言，要测量此比例既困难又昂贵，而且容易变化。因此，建议各公司使用保守方法确定此类燃料中的生物质碳含量，也就是不得夸大生物质碳的含量。在缺乏有关生物质碳含量的可靠信息时，应为燃料类型假定100%的化石碳含量，直到有更精确的数据可用。

含有粉煤灰和无机碳总含量（TIC）很高的燃料，如对熟料生产的质量影响巨大，则应使用基于有机碳总含量（TOC）的二氧化碳排放因子来报告。在此情况下，基于输入法（见第3.3节）报告原料产生的二氧化碳排放量时，必须额外报告TIC含量产生的二氧化碳排放量，可以使用详细输入法A2来编制此报告，并选择作为非水泥窑给料的替代原料（ARM）报告。如果材料里的TOC产生的二氧化碳排放已作为燃料报告了，则替代原料的二氧化碳含量仅需反映余下的TIC含量，从而完整报告总的碳含量（TC）产生的二氧化碳排放量。（与第3.3节（4）相比）。

3.7 水泥窑用燃料产生的二氧化碳

议定书中的水泥窑用燃料是指投入水泥窑系统的所有燃料，加上其他用于干燥和加工水泥窑用原料的燃料。投入水泥窑系统的燃料是指用于水泥窑主要燃烧系统的燃料，以及添入煅烧炉或直接喂入水泥窑进口的燃料。在本议定书中，此类燃料被视为水泥窑用燃料，并且不考虑发电厂在发电时使用废热的可能性。此外，用于燃料加热（如用于熟料生产的重油）的燃料也应作为水泥窑用燃料报告。在水泥粉磨过程中用于干燥矿物成分（MIC）的燃料和设施中用于发电的燃料应作为非水泥窑用燃料进行报告，因为使用这些燃料的设施不属于水泥窑系统。

熟料生产的二氧化碳单位排放量和具体消耗的燃料能源将根据水泥窑用燃料的使用来决定，其中水泥窑用燃料包括原料和燃料制备。请注意：在第二版议定书中，用于干燥原料和矿物成分的燃料均作为非水泥窑用燃料进行报告。在将单独使用燃料的工厂和使用废热干燥原料和燃料的工厂进行比较之后，我们在第三版议定书中，将这些燃料归入水泥窑用燃料。这导致在从第二版换至第三版时，性能指标（关键性能指标，见第6章和附件9）的时间表可能会出现断点。不过对绝大部分工厂来说，这一影响极小。

3.8 非窑用燃料产生的二氧化碳

概况

非窑用燃料包括未被归入窑用燃料（见第3.7节）的所有燃料。例如，用于以下情况的燃料：

- > 工厂和采矿场车辆；
- > 室内供暖；
- > 用于制备水泥粉磨用矿物成分（MIC）的高温处理设备（如干燥器）

- > 用于现场发电的单独设施。

水泥公司必须确保完整地报告非窑用燃料在现场燃烧产生的二氧化碳排放量。在电子表格中，这些排放量应按以下要求统计：

- > 非窑用燃料产生的二氧化碳根据不同用途单独报告，以便为加排放总量提供灵活性。电子表格区分了以下用途：
 - 设备和现场车辆
 - 室内供暖/制冷
 - 干燥MIC，如矿渣或火山灰
 - 为现场发电而单独燃烧的锅炉

注意，为干燥熟料生产的燃料和窑用燃料所消耗的燃料包括在窑用燃料的范畴中。

- > 公司自有车队进行场外运输产生的二氧化碳目前不在边界内（详见下）。
- > 非窑用燃料假定为完全氧化，即不计煤烟或粉煤灰中的碳含量。因而极少发生排放量估计过高的情况（约1%）¹¹。希望统计非窑用燃料中碳不完全氧化的公司应按照固定燃料燃烧¹的WRI / WBCSD工具进行统计。

有关需要复盖的流程步骤，请参见第9.2节中的表7，从而确保按照本议定书进行完整的报告。

如果有数据支持，应使用以工厂级计量的低热值，否则可以使用IPCC或CSI提供的默认值来替代。如果同种燃料既是非窑用燃料又是窑用燃料，那么应使用相应的二氧化碳排放因子来编制报告。如果有以工厂级计量的排放因子，那应使用这个因子。否则可以使用IPCC或CSI提供的默认值来替代。

运输产生的二氧化碳排放

同其它任何制造工序一样，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。如运输由独立的第三方进行，则相关排放被限定为间接排放。*间接排放*详见第4章。

图3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（包括租用车辆）进行现场运输的相关排放。实例包括采矿场车辆的燃料消耗和运输等的耗电。注意耗电相关排放被限定为间接排放，但公司自行供电（现场发电）情况除外。

但是，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（如燃料、半成品和成品的运输），无论运输是由第三方进行还是公司自有车队进行。

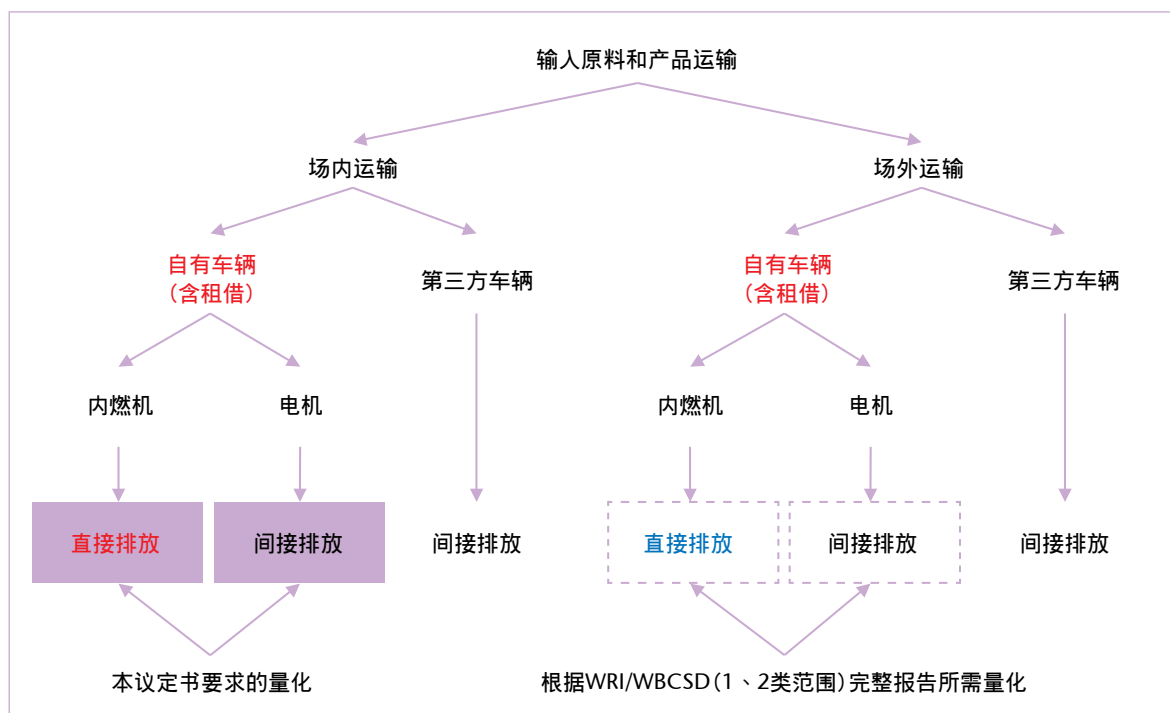
但请注意，场外运输的完全排除表示与报告所有自有和控制源¹排放的WRI / WBCSD要求相违背。准备遵守WRI / WBCSD要求的公司必须报告其自有和控制车队现场运输与场外运输的排放。

3.9 由废水产生的二氧化碳

一些水泥厂在其水泥窑中注入废水，例如用于控制氮氧化物（NO_x）的火焰冷却剂。废水所含碳会转化成二氧化碳。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，同时也很难量化：

- > 大部分水泥企业不消耗废水；

图3：运输按类别细分以及本议定书的涵盖范围



- > 如消耗废水，所含碳的排放量通常少于工厂总二氧化碳排放量的1%；¹³
- > 此外，废水中所含碳可能为生物质源（例如生活污水），如属于这种情况，只需将其作为备忘项计算。

然而，各公司应准备证据表明其废水的消耗对其二氧化碳排放总量无重大影响。

3.10 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。根据二氧化碳等量法¹⁴计算，甲烷排放通常是水泥窑二氧化碳排放量的0.01%。同样，CSI工作组编制的数据显示，水泥窑中一氧化二氮（N₂O）的排放量相当少，不过这些数据目前很有限，因此无法得出普遍性的结论。¹⁵《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非二氧化碳温室气体的排放，因为此类气体在水泥生产中相对不那么重要；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报告水泥行业的二氧化碳排放。

不过，CH₄和N₂O的相关排放可能由非窑用燃料的固定燃烧产生（如干燥器、现场发电）。如有要求，此类排放应作为固定燃料燃烧¹，使用WRI / WBCSD计算工具报告（见www.ghgprotocol.org）。



4 间接温室气体排放

间接温室气体排放是报告实体运营所致排放，但排放源为其他实体所有或控制。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：

- > 水泥生产商所耗外购电力；
- > 从其他生产商处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；
- > 第三方输入（原料、燃料）和输出（水泥、熟料）的运输。

间接排放的数据可用于评价一个行业总的碳足迹。为此，水泥企业应计算并报告上述四类间接排放中的两种：

- > **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，最好由电力供应商给出排放因子，也可采用该国政府提供的国家电网数据。如果没有上述两个数据，则可以采用该国的平均排放因子，这个基于IEA数据的因子会每年更新，（见www.ghgprotocol.org/standard/tools.htm for

the latest update）。按照WRI / WBCSD 议定书修订版（第4章和附件A）的要求，与运输和配送过程中耗电相关的排放（运输配送损失）不应纳入该计算中。第三版提供了更多细节，以便报告电力使用的排放和排放权，包括通过余热利用（WHR）现场发电和单独的现场发电（OPG），以及外购和外售电力。因此，第三版中设立了“电力额度”一节，分别描述不同电力来源（外购、现场发电）、电力使用途径（用于水泥生产、辅助发电设施的消耗）以及外售电力的排放情况。用于同一厂内其他非水泥设施的电力应被视为外售电力。

- > **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（所购熟料减去售出的熟料，再加上内部购买的熟料）和熟料排放因子计算。有关公司内部购买的熟料，应使用送出熟料的厂的实际排放因子。如果熟料是外购所得，则通常无法获得这个因子；在此情况下，应使用GNR网站（www.wbcscement.org）上的默认值（见GNR的“校准数据”）。CSI会定期更新这些值。应优先采用国家级或地区级的数据，如没有这两个级别的数据，其次应优先使用全球平均值。

第三版议定书（不同于第二版）可自动考虑熟料购入（以及水泥购入和MIC购入）的重复计算问题（有关公司内部购入的更多细节请见第7.4节）。

请注意：默认排放因子865Kg CO₂ /t仅只用于计算与熟料净购入相关的间接排放影响。对净熟料出售者而言，熟料购买额度以及由此产生的排放应为负值，表明公司

的熟料销售间接地帮助了其他水泥厂避免排放二氧化碳。同时，这一默认排放因子也不能用于计算报告公司的总间接排放量和净间接排放量。

表2总结了计算这两类间接排放的方法。本议定书不要求量化其他间接排放。这一点特别适用于运输相关的间接排放（详见第3.8节）。

表2：本议定书要求计算的间接二氧化碳排放的参数和数据源

排放	参数	单位	参数来源
外部发电的二氧化碳排放（间接排放）	从外部电网所购电力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
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 cli t CO ₂ /t cli	以工厂级计量（购入熟料-所售熟料+内部购入熟料） 默认因子（来自于GNR数据库）

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。



5 二氧化碳排放总量和净排放量

5.1 概况

《水泥行业二氧化碳议定书》第一版于2001年推出，通过报告排放总量（包括替代化石燃料）和净排放量（不包括替代化石燃料），以便报告使用替代原燃料（AFR）实现的温室气体间接减排额度。

在第二版中，排放总量和净排放量的定义有所改变：企业在报告“净排放量”时可以使用扣减了“排放抵减量”或“排放权”所得的“排放量额度”。不过CSI各企业的经验表明企业极少使用这一概念。因此，第三版又重新恢复了议定书第一版中有关“净排放量”的最初定义。

废弃物能代替水泥生产中的传统化石燃料和矿物质。回收的废弃物可作为替代原燃料（AFR）。由此，传统燃料直接产生的二氧化碳排放减少，但出现了废弃物（“废弃物变能源的转换”）直接产生的二氧化碳排放。废弃物燃烧直接产生的二氧化碳排放可能多于或小于移除废弃物产生的二氧化碳，这取决于所涉燃料的排放因子。此外，废弃物也可能源自化石或生物质。

除了这些直接影响，使用AFR有助于填埋场和焚化厂（如没有再利用，废弃物可能在这两处进行处理）实现间接的温室气体减排。这些减

排量能部分或全部抵消水泥厂的废弃物燃烧产生的二氧化碳直接排放量，甚至超过其二氧化碳直接排放量，而这取决于不同地方的条件（废弃物类型、涉及的处理路径），见图4。

据此，本议定书界定了以下指标：

总排放指水泥厂或企业的二氧化碳直接排放总量，包括化石废弃物产生的二氧化碳（但不包括生物质废弃物产生的二氧化碳，因为后者产生的二氧化碳已列为备忘项）。温室气体的间接减排额度反映了废弃物处置点在实施AFR利用后减少的温室气体排放量。实际的减排量通常很难精确地确定，因此可抵免的减排量在一定程度上应根据惯例来协定，而不是“精确”的温室气体减排影响。

净排放指排放总量减去间接的温室气体减排额度。为了方便实际操作，报告的AFR额度应考虑当地的情况（如国家协议、当地AFR使用的生命周期分析等）。向第三方报告时，应提供有关这些额度的支持性证据并验证其恰当性。间接减排额度作为一项默认值，本议定书假定它等于使用化石AFR产生的直接二氧化碳排放量。

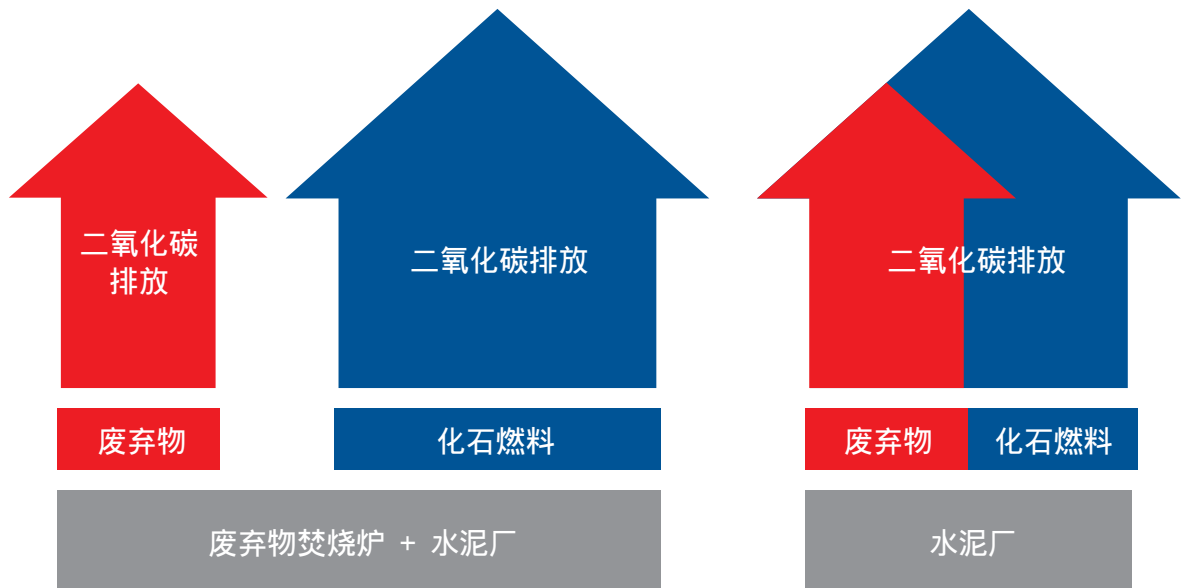
本议定书认为这一方法简化了AFR问题，但从中期看，这是困难最小和可操作性最强的方

法，至少通过披露总排放和净排放实现了透明度。有关更精确处理AFR的国际惯例还未达成。

本议定书的主要目标是确保水泥企业完整地报告企业组织边界内活动产生的直接二氧化碳排放量和化石二氧化碳排放量。随着全球越来越多的水泥厂（尤其是在亚洲）现场发电，总排放和净排放的定义也应反映这一情况。一方

面，作为基本原则，必须报告包括所有排放源的绝对排放量，即包括发电产生的排放；另一方面，公平地比较有现场发电的水泥厂和没有现场发电的水泥厂只有在（单独）发电产生的排放不包含在内才有可能。因此，作为主要参数，直接排放应作为“包括现场发电产生的二氧化碳的二氧化碳绝对排放总量”计算。由此，一些具体指标仅在水泥生产方面进行报告。

图4：水泥厂使用废弃物作为替代燃料所致二氧化碳间接减排



以下部分描述了二氧化碳绝对排放总量和净排放量的定义框架。

5.2 二氧化碳排放总量

包括现场发电产生的二氧化碳在内的二氧化碳绝对排放总量是指定时期内，水泥厂或企业的总化石和二氧化碳直接排放总量。排放总量包括替代化石燃料产生的二氧化碳，但不包括生物质燃料和混合燃料中生物质部分产生的二氧化碳，因为普遍认为这些排放不影响气候。生物质产生的二氧化碳排放和二氧化碳间接排放通常视为排放报告中的备忘项。

表3：报告属于“包括现场发电产生的二氧化碳在内的总排放”范畴的排放源

排放
原料中的二氧化碳
+ 传统化石燃料中的二氧化碳
+ 替代化石燃料(化石废弃物)中的二氧化碳
+ 混合(替代)燃料中化石碳产生的二氧化碳，包含所有水泥窑燃料产生的二氧化碳和所有非水泥窑燃料产生的二氧化碳(如现场发电产生的二氧化碳)
= 直接总排放
备忘项
生物质燃料中的二氧化碳
混合(替代)燃料中生物碳部分产生的二氧化碳
间接二氧化碳(外购电力和熟料)

二氧化碳绝对排放总量是指定时期内，水泥厂或企业的化石和二氧化碳直接排放量（不含现场发电）。总排放包括替代化石燃料产生的二氧化碳，不含生物质燃料和混合燃料中生物质部分产生的二氧化碳，因为普遍认为这些排放不影响气候。此外，总排放还不包括现场发电产生的二氧化碳排放。发电设施不属于水泥窑系统范畴，并且使用水泥窑系统的废热及其他燃料能源，这是因为许多水泥厂的电力是从电网所购，并且与间接排放相关。生物质产生的二氧化碳排放以及间接二氧化碳排放通常视为排放报告中的备忘项。

于混合燃料中生物碳部分的二氧化碳排放不作为总排放的一部分，而是作为额外的一部分放在第三版议定书的电子表格中，以便报告混合燃料中的生物质部分。这些燃料的生物质二氧化碳加上纯生物质燃料产生的二氧化碳即是总的生物质二氧化碳，并作为备忘项报告。而在计算二氧化碳总排放时会减去这部分排放。为此类燃料生物质部分设定的默认值仅用于废轮胎（27%）。“气候保护”工作组对其他废弃物燃料的评估已表明：由于这些燃料的生物碳含量变化很大，无法假定一个由代表性的默认值。

表4：纳入“总排放”报告的排放源

排放
原料中的二氧化碳
+ 传统水泥窑用化石燃料中的二氧化碳
+ 替代水泥窑用化石燃料（化石废弃物）中的二氧化碳
+ 混合（替代）水泥窑用和非水泥窑用（不含现场发电）燃料中化石碳产生的二氧化碳
+ 非水泥窑用燃料（不含现场发电产生的二氧化碳）产生的二氧化碳
= 二氧化碳总排放
= 直接排放（不含现场发电产生的二氧化碳）

备忘项
生物质燃料的二氧化碳
混合（替代）燃料中生物碳部分产生的二氧化碳
间接二氧化碳（外购电力和熟料）

请注意，本第三版议定书并未将现场发电产生的直接二氧化碳排放归入作为备忘项的间接二氧化碳排放中。

统计燃料中生物质部分产生的二氧化碳排放

根据《水泥行业二氧化碳议定书》第二版，仅可能报告纯化石燃料或纯生物质燃料产生的排放，无法统计既含有生物碳又含有化石碳的燃料，如混合工艺废弃物或废轮胎。在第三版议定书中，源

5.3 二氧化碳净排放量和利用废弃物作为替代燃料而实现的间接减排

水泥行业会回收大量的废弃材料用作燃料和/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这两种传统的处理方式。

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的直接排放量。而且，替代燃料所含碳可来源于化石燃料和/或生物质燃料。如上所述，水泥行业利用替代燃料通常能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。结合直接排放量、间接减排以及资源效率，用AF替代传统化石燃料是全球温室气体减排的有效方法（见IEA1998，CSI / ECRA 2009和WBCSD / IEA 2009）。

不同体系有关基于化石燃料的AF（也称“化石AF”或“替代化石燃料”）产生的二氧化碳排放的报告要求区别很大。第5.1节所述资产负债表方法确保了在不同体系下报告的完整性、严谨性和透明性。

- 根据第3.6节，化石AF燃烧产生的直接二氧化碳排放必须计入公司的总排放中。
- 本议定书使用以下概念，以便提供报告使用替代燃料实现间接减排的框架：
- 从替代燃料中减去化石燃料的二氧化碳排放，以统计填埋场和焚烧厂间接减少的温室气体排放。
- 由此所得净排放（总排放减去替代化石燃料产生的排放）反映了按照报告体系的规则所得排放。

《水泥行业二氧化碳和能源议定书》第三版界定了衡量企业二氧化碳净排放量的指标，如下：

净排放指总排放减去替代化石燃料产生的二氧化碳排放。

$$\text{二氧化碳净排放} = \text{二氧化碳总排放} - \text{AF产生的化石二氧化碳排放}$$

此处定义的净排放是反映企业净碳足迹的指标。他们既反映企业的直接排放，也反映了避免废弃材料被焚烧或填埋而实现的间接减排。如第5.1节所述，在此方法中，扣除化石替代燃料产生的二氧化碳排放量为代替值，因为实际（但未知）的总额度能导致更大或更小的减排。有关净排放的报告要求请见第9.2节。

一些跨国水泥企业已经自愿承诺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（即化石和生物质替代燃料中的二氧化碳被认为不影响环境）。这些企业会通过比较排放总量和净排放量来评估基于化石替代燃料产生的二氧化碳排放额度。

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。

最后一个案例中，WBCSD/CSI强调了公司只能将化石替代燃料的“默认”额度用于自愿的公司环境报告中。无论在哪个监管体系下进行报告，企业都应尊重与替代燃料相关体系的条款。第九章将为自愿环境报告提供详细指导。

5.4 其他间接减排

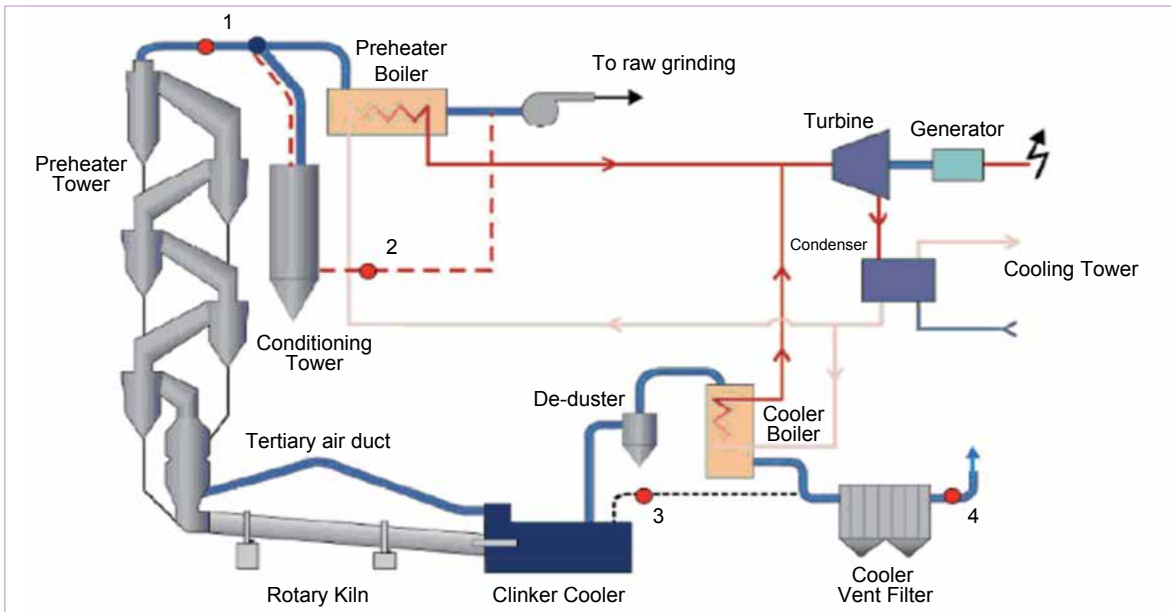
余热利用

一些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，水泥企业可考虑在议定书外单独计算和报告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此类排放额度。废热输出排放额度既不会影响企业二氧化碳净排放量，对二氧化碳排放总量也没有影响。根据本议定书中的定义，排放总量反映了与热量生产有关的二氧化碳直接排放（包括和不包括现场发电）。

其他形式的余能利用可采用类似的排放额度。因此，第三版提供了工厂内部自愿报告预热利用的可能性（如干燥原料或矿渣），以便公平地比较输出余热的工厂和内部使用余热的工厂。计算不在议定书中的电子表格中进行，并且可以插入按GJ/a标书的总能源流。该报告是自愿的。

但根据第三版议定书，在使用水泥窑系统（图5）产生的余热发电时，其它所有拥有水泥窑系统的燃料被计为窑用燃料，并且其排放被计为水泥窑系统产生的直接二氧化碳排放。为了提供更多详细信息，第三版将余热和单独的现场发电区分开来。无论如何，企业在其自愿报告中运用此类额度时，必须考虑其行动是确实

图5：在水泥制造中系统余热利用（WHR）和发电。1预热产生的其他，2预热锅炉的旁路，3冷却锅炉的旁路，4空气冷却。



有助于全球温室气体减排，还是只是排放在不同实体间的转移。例如，如果水泥企业采用化石燃料（和余热相反）现场发电，那么除非其发电技术有很大区别，否则全球排放量基本上和购买同样多电力的排放量相同。因此，此种情况下水泥企业自己发电所得额度的恰当性还值得商榷。

能吸 二氧化碳的水泥再碳化

浇注混凝土固化时会从空气中再吸收一些二氧化碳。但再吸收量与水泥生产¹⁶产生的二氧化碳排放量相比是很少的。混凝土产品在整个生命周期中会吸收更多的二氧化碳，但是速度很慢。最近的研究（ECRA2008）概述了目前公开了的有关混凝土碳化的研究结果：

混凝土应用的多样性和影响碳化的化学反应的参数制约着二氧化碳摄取的量化。尽管单个结果有差异，但以下陈述是普遍的：

> 混凝土不可避免地会碳化，但这并不影响根据适当技术准则建造的混凝土建筑。

- > 混凝土建筑在其50到70年的使用寿命中因碳化摄取的二氧化碳很有限，这不仅是因为混凝土建筑单元表面相对较少暴露在外，也是因为碳化率还取决于扩散过程。无论如何，它的绝对值是有规律的，即每吨水泥吸收60-100千克二氧化碳，这约为水泥生产最初二氧化碳排放量的10%。
- > 使用寿命结束后（建筑拆除后），由于压碎的混凝土表面大幅裸露，因此能吸收更多的二氧化碳。高的拆除和回收率能积极影响排放余额——至少碳化能进一步吸收水泥生产最初二氧化碳排放量的10%-15%。
- > 由此，混凝土在其生命周期中经碳化吸收水泥生产最初二氧化碳排放量的20%到25%。
- > 如果在拆除混凝土的处理和安置之间存在中间体存储期，则还能吸附更多的二氧化碳。充分压碎的混凝土的积极碳化能更大程度地使用碳化吸附能力，但目前为止还缺乏实践经验。

由于目前缺乏准确并且可量化的数据，水泥和混凝土的再碳化暂不列于本议定书中。不过未来可能会有所改动。

碳捕获和封存

碳捕获和封存（CCS）是指将二氧化碳从排放源的废气流中分离出来，将其提纯和液化后运输到隔离点，并最终长期封存于地下。也有考虑采用其他技术，将捕获的二氧化碳转化成有用的产品，从而避免与隔离如此庞大数量的压缩液化气体相关的风险。目前这一政策的重点是能源行业，因为到目前为止该行业是二氧化碳最大的排放源。但是，人们也越来越多地讨论CCS在二氧化碳较大的工业排放源（如钢铁厂或水泥厂）的应用。

现在讨论的二氧化碳捕获技术有多种类型，如所谓的燃烧前捕获（如化石燃料的气化和碳分离），燃烧后捕获（吸收或吸收技术）或富氧捕获技术。所有这些技术均需要消耗大量能源（如吸收剂的解吸附或空分制氧），因此能源代价相当大。而目前研究表明熟料燃烧过程的能耗约为富氧技术的一倍，也相当于胺洗涤所耗电力和燃料的能耗的一倍（CSI/ECRA 2009, ECRA 2009）。

因此，采用CCS应用技术将导致更高的燃料消耗（以及由此产生的直接二氧化碳排放）和更高的电力消耗（额外增加直接或间接的二氧化碳排放）。为了实现二氧化碳总体减排，这些额外形成的二氧化碳（“二氧化碳损耗”）也必须被捕获。所以，必须将“二氧化碳捕获”（是指捕获设施处理的所有二氧化碳）和“二氧化碳减排”（与二氧化碳捕获无关的流程所减少的二氧化碳排放）区分开来。

直到今天，全球仍未形成统一的CCS统计规则（如EU ETS认为不会给二氧化碳捕获设施额外

的排放权）。因为这些设施实现的减排必须用于抵减基础设施（如电厂）产生的二氧化碳，不然这些设施就得购买排放额度。由此，EU ETS自动将其计入“二氧化碳减排”并且将这一减排分配给了运营这些基础设施的公司。

《水泥行业二氧化碳和能源议定书》第三版暂不列入CCS额度的报告，因为这些技术目前用于工业应用的条件尚不成熟。如果实施了捕获流程（如实验性项目或演示项目），则这些额度可根据单独的统计体系进行（单独）报告，但必须确保这些二氧化碳确实能长期安全地封存。

在水泥行业有望实现CCS时，上述立场可能发生变化。



6 性能指标

6.1 简介

本二氧化碳和能源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。对单个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的界定很大程度上取决于报告背景和目的，如：对国家清单的输入、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和实践要求，而不是科学争论结果

在此背景下，议定书电子表格中增加了**性能指标**部分，其中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，性能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，如不同的排放小计和总计。

和第二版相比，第三版中增加了许多关键性能指标，纳入这些指标的原因很多，有的指标有助于企业内部报告，并且在此之前就有许多公司单独计算过这些指标了。其他则是基于官方有约束力的体系（如EU ETS）或惯例（如GNR体系）的要求。有关第三版性能指标（关键性能指标KPI）的定义概述已列入附件7中，该附件还比较了第三版和第二版的性能指标。

6.2 具体的单位排放分母

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）至少和绝对排放同样重要。由此产生的问题是，应该怎样定义单位排放的分母。

适用于水泥行业的三个分母是：

1. 熟料
2. 水泥（等同物）
3. 胶凝产品

其中每个分母在水泥制造不同阶段涉及的二氧化碳绩效方面都有不同的权重。

- > **熟料**根据本议定书的范畴，熟料是指用于生产灰白水泥的灰白熟料。熟料生产是水泥生产过程中二氧化碳的主要排放源。
- > **水泥（等同物）**水泥（等同物）是指水泥生产值，由工厂级熟料/水泥系数乘以现场生产的熟料来得出。因此，这是在假定工厂生产的所有熟料用于同一工厂的水泥生产并运用实际工厂级熟料/水泥系数所得的虚拟水泥生产值。

> **胶凝产品：**

胶凝产品包括由报告公司生产并用于水泥制造或直接销售的熟料，加上石膏、石灰石、CKD¹⁶和用于混合的所有熟料替代物，再加上所有水泥替代物。通常使用“胶凝产品”或“合并项”来表示这一分母，因为它是熟料和矿物成分的加总。这一分母不包括外购用于水泥生产的熟料，因为熟料已纳入第三方的清单了。请注意，分母不包括以下项：

- > 用于水泥生产的外购熟料；
- > 燃煤发电厂产生的，储存或出售给其他企业且未经任何能改变属性的加工（如粉磨或高温处理）的颗粒状煤渣和粉煤灰；

- > 未经任何处理进行交易的水泥量。

WBCSD/CSI决定，公司应根据以下公式计算其具体的排放（也见图6和7）：

等式8：二氧化碳排放强度。分母基于熟料生产，假定工厂生产的所有熟料都用于该工厂的现场水泥生产。熟料/水泥（等同物）系数的定义见第6.3节

$$\text{Specific CO}_2 \text{ per t of cement (eq.)} = \frac{\text{direct CO}_2 \text{ emission from cement manufacturing}}{\underbrace{\text{own clinker production}}_{\substack{= \text{own clinker consumed} + \\ \text{own clinker sold directly}}} \times \text{clinker/cement (eq.) factor}}$$

图6：二氧化碳排放强度。分母基于熟料生产，因此应纳入所售熟料，但不包含外购熟料；应纳入胶凝产品。有关熟料储量变化的指南见第6.4节。

$$\text{Specific CO}_2 \text{ per ton of cementitious product} = \frac{\text{direct CO}_2 \text{ emission from cement manufacturing}}{\underbrace{\text{own clinker consumed} + \text{own clinker sold directly}}_{= \text{own clinker production}} + \text{gypsum, limestone, CKD \& clinker substitutes consumed for blending} + \text{cement substitutes produced} + \text{clinker bought \& consumed}}$$

6.3 其他比率指标的分母

所选的没有使用二氧化碳作为分子的比率指标，应在分母中纳入所购熟料，但不含所售熟料。这适用于：

- > 每吨胶凝产品的具体电耗，这一指标需要考虑所购熟料的粉磨；
- > 熟料/水泥系数，这一指标是指熟料总消耗量和水泥或胶凝产品的总产量间的比率。本议定书的电子表格可执行这两个系数。

熟料/水泥（等同物）系数

如第6.2节所述，水泥（等同物）能通过所生产熟料除以熟料/水泥（等同物）系数而得，即熟料总消耗量/（自己的熟料消耗量+石膏、石灰石、CKD+混合用熟料替代物的消耗量+熟料外购量和消耗量）。建议的熟料/水泥（等同物）系数如图7所示。

图7：熟料/水泥（等同物）系数的定义，这个系数基于熟料消耗量。因此，分母中不含所售熟料，但包含外购熟料及水泥替代物。有关储量变化的指南见第6.4节。

$$\text{clinker / cement (eq.) factor} = \frac{\text{clinker consumed}}{\underbrace{\text{own clinker consumed} + \cancel{\text{own clinker sold directly}} + \text{gypsum, limestone, CKD \& clinker substitutes consumed for blending} + \cancel{\text{cement substitutes produced}} + \text{clinker bought \& consumed}}_{= \text{own clinker production}}}$$

熟料/胶凝产品系数

建议的熟料/胶凝产品系数见图8。

图8：熟料/胶凝产品系数的定义。这个系数基于熟料消耗量。因此，分母中不含所售熟料，但包含所购熟料。此外，分母还包含水泥替代物。有关储量变化的指南见第6.4节。

$$\text{clinker / cementitious factor} = \frac{\text{clinker consumed}}{\underbrace{\text{own clinker consumed} + \cancel{\text{own clinker sold directly}}}_{= \text{own clinker production}} + \text{gypsum, limestone, CKD \& clinker substitutes consumed for blending} + \text{cement substitutes produced} + \text{clinker bought consumed}}$$

6.4 熟料储量变化和买卖熟料的处理

熟料生产产生的直接二氧化碳应在排放当年报告。为避免混淆，已生产的熟料不管被消耗、卖出或储存，每吨胶凝产品的单位排放量都应以同年熟料总产量为基础。

相反，不管熟料是当年生产的，还是储量或购得的，具体电力消耗和熟料/水泥系数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，应考虑到熟料储量的变化（用于统计材料输送，见第7.4节），反之亦然。

6.5 新的通用性能指标（关键性能指标KPI）

根据第二版的使用经验，本议定书新加入了一些新的关键性能指标如下：

- > 水泥窑用燃料混合的二氧化碳排放因子，单位：t CO₂/GJ
- > 工厂级传统化石燃料比例，单位：%
- > 工厂级替代化石燃料比例，单位：%
- > 工厂级生物质燃料比例，单位：%
- > 熟料生产的电耗强度，单位：kWh/吨熟料

有关这些指标的概述请见附件7。



7 组织边界

7.1 所涵盖的设施

二氧化碳排放量不仅源自水泥窑，水泥窑的上下游工艺也会产生二氧化碳排放，特别是采矿和（间接）水泥粉磨工艺。这些设施的间距可能相当大，而且采矿场、水泥窑和粉磨站可能是由不同的法人实体来经营的。在此情况下，如何界定一家法人实体的统计清单呢？

根据外部强制体系（如EU ETS）进行报告时，设施的边界应以各个体系的规范要求为准。

相比之下，根据本文件第3章和第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，主要的直接和间接二氧化碳排放。这些排放还应包括上下游作业消耗的燃料和电力所产生的排放量。在本议定书的框架下，如果根据以下第7.2节，水泥企业控制或拥有相应的设施，则它们应将以下几种活动纳入自愿报告：

- > 熟料生产，包括原料开采和制备；
- > 熟料、添加剂和水泥替代物（如矿渣）的粉磨，不论是在水泥厂还是独立粉磨站粉磨；
- > 自行发电使用的其他燃料；

- > 用自己的设施制备或处理燃料或粉煤灰。

可根据需要为各工厂分别制定清单，如工厂的地理位置相距很远或由不同的经营者经营。¹⁸当排放量以公司或集团为单位进行合并时，这种划分的影响就会被抵消。（有关公司内部熟料转移，另见第7.4节）。第9.2节提供了更多关于自愿环境报告的指南。

7.2 运营管控和所有权标准

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，均可作为标准使用。

下面简要概述了这三种方法，图示见图。斜体字表示引用WRI / WBCSD议定书修订版的内容，每种方法的详细说明和实例请见WRI / WBCSD文件¹的第3章。

- > **股本权益法**：据此方法，一家公司根据它在每个公司持有的股本权益（按比例），即根据其所有权来合并其温室气体的排放量。有一个例外情况，如果一家公司仅仅拥有极小的经营权益股且没有任何影响力

或财务控制能力，那么排放量就不能根据所谓的固定资产投资而进行合并。其他可能的例外情况与股权关系的经济实质有关（详见WRI / WBCSD议定书修订版）

- > **财务控制**指公司以从经营活动中获取经济利益为目的，指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运营资产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，公司应合并那些它们拥有财务控制权的公司产生的所有排放量。一个例外是，合资企业的合伙人共同拥有财务控制权时，应根据股本权益法合并排放量。

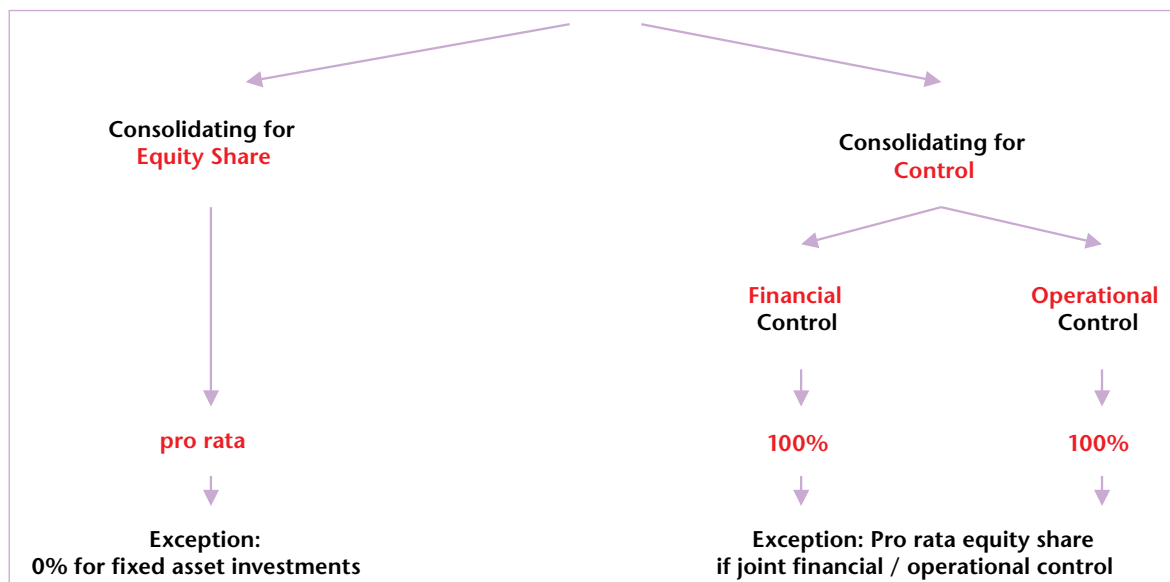
- > **经营控制**指公司全权制定和实施公司经营政策。如果公司是某设施的经营者，即拥

有营业执照，则通常采用这一方法。根据这种方法，公司能够合并它们拥有经营控制权的所有公司的排放量。一个例外是，合资企业的合伙人共同拥有经营控制权时，应根据股本权益法合并排放量。¹⁹

为定义温室气体统计的控制权，公司应遵循财务报告现行条款和惯例。公司应清楚地陈述他们采用的方法。同样，WRI / WBCSD议定书修订版推荐统计合资公司的所有特殊合同，并注明合同各方如何分配排放量的所有权，或者说管理排放量和相关风险的责任。

WRI / WBCSD议定书修订版并未就自愿的温室气体排放公开报告中以股本权益为基础或以其他两种控制权方法为基础提出任何建议。相反，它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其业务活动和温室气体统计和报告的要求来决定哪种方法最适用。

图9：WRI / WBCSD推荐的排放量合并方法



鉴于水泥行业的特点，WBCSD/CSI认为，水泥企业应主要根据经营控制权标准合并排放量，如果经营控制权并未明确地分配给单个法人实体，那么应求其次根据所有权标准合并排放量。表5概述了这一方法。更多有关合并原则的详细指导和实例见WRI / WBCSD议定书修订版。

表5：采用的合并水泥企业公司温室气体排放量的关键。

合并标准	报告实体合并温室气体的百分比
首要标准：经营控制权	
报告实体拥有经营控制权	100%
其他法人实体拥有经营控制权	0%
经营控制权未明确分配给单个股东（“联合经营控制权”）	与股权相关（见下文）
其次的标准：股本权益所有权	
0% – 100% 所有权	按所有权比例计

企业应在需要时遵循此指南，并应在其报告中清楚说明这一案例，即“根据CSI指导方针报告数据”。如果公司合并排放量的管理与CSI指导方针不同，则公司应清楚说明所使用的流程，以便利益相关方可清楚地了解所有区别。

7.3 排放和排放权合并

第三版议定书删除了《水泥行业二氧化碳议定书》第二版中有关排放和排放权合并的可选方法。尽管如此，企业仍可在需要时单独执行此类计算。如果企业想要合并其排放权，他们应按照其合并排放的方式来进行。在合并排放权时，必须确保每家工厂的排放权是根据合并整个区域的同一原则来计算的。

7.4 熟料、水泥和矿物成分的内部转移

许多水泥企业在内部大量转移熟料、水泥和诸如矿渣或粉煤灰等矿物成分（MIC），通常是在不同的工厂和粉磨站之间进行内部转移。这些被转移的材料将进一步被加工成其他产品，如低熟料水泥；因此，这会影响到接收这些材料的工厂的熟料/水泥系数。在这类情况下，重复计算的风险出现。使用第二版议定书的企业必须分别编制工厂级和公司级的报告。第二版提供了一些建议，但并没有提供或使用统一的方法。因此，在第三版中，工厂表格和公司表格已根据以下报告方法进行改编（更多详细建议请见CSI线上手册）：

必须报告工厂级内部熟料转移（同一公司内转移，加上接收的熟料并减去输出的熟料）。仅需报告作为水泥成分在内部进行转移的熟料，例如，工厂从同一公司内的另一家工厂处接收水泥并进一步加工成其他种类的水泥，转移的这部分水泥已纳入输出工厂的报告中。熟料量的计算基础有被转移水泥的熟料/水泥系数。作为水泥成分从其他公司（外部熟料转移）购得的熟料，在用于混合时，应作为“外购熟料”报告。熟料总消耗量应由以下公式计算：

$$\text{熟料总消耗量} = \text{熟料生产} + \text{外购熟料} - \text{售出熟料} - \text{熟料储量变化} + \text{内部熟料转移} + \text{水泥转移所含熟料}$$

增加了公司级内部熟料转移，以便核查。公司级应为0。内部水泥转移所含熟料应按照所有工厂的总量报告。熟料总消耗量应由以下公式计算：

$$\text{熟料总消耗量（公司级）} = \text{熟料生产} + \text{外购熟料} - \text{售出熟料} - \text{熟料储量变化} + \text{内部熟料转移} - \text{水泥转移所含熟料}。$$

在内部MIC转移方面，多行的名称较第二版都有所改动，更加清晰。MIC作为水泥成分在工厂内部转移时，只有在工厂从同一公司内其他工厂接收水泥时才必须进行报告。MIC内部转移总量使用单独一行加总。如果工厂将MIC售给同一公司内的其他工厂，则仅需填入数字。输入的这个量值应总是为负值，以表示工厂是售出/出口。同时，不得使用这一数据做任何工厂级的计算。在编制报告时，不考虑所售/出口的MIC是否用于水泥或混凝土。

在公司级公式中，几个行列的名称有所改动，目的只是为了和工厂级区分开来。MIC总转移量为所有工厂加总的和（应为负值）。第19行得出用作水泥替代物的纯MIC总产品量，这是单独计算和报告的。

总之，第三版议定书考虑了熟料、水泥和MIC的内部转移，并要求在分析工厂级二氧化碳性能指标时统计内部转移量。

7.5 基准线、企业收购和资产剥离

水泥行业经常以过去某年（称为“基准年”）的基准来衡量二氧化碳的排放绩效。“京都基准年”1990²⁰可作为默认值用作参考。但是在很多情况下，由于缺少可靠和准确的历史数据，需要使用更近的基准年，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（包括绝对排放量和单位排放量）。为了确保基准线（= 基准年当年及其后的排放量）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了，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，以两者之中时间较晚者为准。如果企业资产被剥离，那么应从合并排放量中去除过去的排放量。所做调整应符合合并准则（见第7.2节）。
- > **对“组织”变化不进行基准线调整：**如果因为新设备投资、产能扩充或产能利用率提高而出现生产的组织增长，则不得调整基准线。同样，基准线也不会因为组织负增长而进行调整，如水泥窑的关闭或产量的降低也不会导致基准线的调整。

有关基准年选择和基准线调整的实例，请参见WRI / WBCSD议定书修订版。





8 清单质量管理

8.1 WRI / WBCSD 议定书修订版建议 汇总

WRI / WBCSD 议定书修订版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。有关细节详见 WRI / WBCSD 文件。

实施清单计划

设计、更新和完善企业温室气体排放清单是一项长期的工作，清单计划对此做了全面系统的说明。该计划将以企业清单的四个基本项为目标：

- > **方法**：企业清单里包含了各种技术和科学方法。本议定书为编制水泥企业的清单提供了统一而有效的方法，但是也鼓励企业检验这些方法是否满足他们的特定要求。此外，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、流程及经营中的基本信息。公司清单计划将建立可靠的高质量数据采集规程，并确保随着时间的推移不断维护和完善这些规程。
- > **流程和体系**：编制温室气体排放清单需要制度、管理以及技术流程，包括负责制定和更新高质量清单的团队和流程。在适当

的条件下，这些流程可与公司其他数据管理流程整合。

- > **文件化**：文件化旨在记载编制清单所用的方法、数据、流程、体系、假定和估算。用于温室气体排放量的估算本身属于技术范畴，因此优质且透明的文件化对于可信度来讲极其重要。

实施清单质量管理体系

清单质量管理体系旨在确保并提高公司清单四个基本项（方法、数据、流程和体系，以及文件化）的质量。WRI / WBCSD 议定书修订版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。该团队应和相关业务单元、设施以及外部实体（如政府机构或验证机构）进行协调沟通。
- 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。虽然随着时间推移，一些特定程序可能逐步提高严格度和复盖范围，但开发计划的工作从一开始就应纳入清单计划中。该计划应

包括从最初的数据收集到最终报告的所有组织级流程和清单开发流程。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现有质量管理体系，如ISO规程。计划的大部分内容应侧重于以下第3步和第4步所述实际措施。

3. **执行总体质量检查：**总体质量检查适用于整个清单的数据和流程，重点是数据处理、文件化和排放量计算。下文的表5提供了一系列总体质量检查方法。
4. **执行特定排放源质量检查：**这包括对特定类别排放源（如与水泥厂单种燃料有关的排放）的边界、假设和计算进行更加严格的调查，也包括根据排放源类别，对排放估算的不确定性进行定性或定量评估（详见第8.2节的不确定性）。
5. **审查最终清单估算和报告：**在清单编制完成后，内部技术审查的重点是工程、科学和其他技术方面。随后，内部管理审查应将重点放在正式公司级批准清单。第三种审查涉及到外部验证机构。有关外部独立验证，详见WRI / WBCSD议定书修订版**错误！未定义书签。**和附件8中确保CSI二氧化碳数据的要求。
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所述质量管理团队以及负责编制清单的人员。
7. **建立报告、文件化和存档程序：**质量管理体系应包括记录保管程序，在程序中明确文件化哪些信息供内部使用，如何存档以及哪些信息应报告给外部利益相关方。

表6：总的质量检查措施的举例。

数据收集、输入和处理活动
> 检查输入数据样本，找出拼写错误
> 确定可加强控制或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
数据文件化
> 确认电子表格为所有主要数据建立了数据索引
> 检查引用的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、排放因子和其他参数的选择假设和标准是否已经存档
> 检查对数据和方法的改动是否已经存档
排放量计算
> 检查单位、参数以及转换因子是否适当地标注了
> 检查转换因子是否正确
> 检查电子表格中的数据处理步骤（如等式）
> 检查电子表格的输入数据和计算数据是否有清晰的区分
> 手动或自动计算一个代表性样本用于检查
> 通过粗略运算检查一些计算结果
> 检查从各类排放源、业务单元等所获数据的汇总
> 检查时间序列输入和计算结果是否一致

资料来源：基于WRI / WBCSD 2004，p.51

8.2 对不确定性的处理

为了使参数更加科学，估算温室气体排放量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或置信区间表示不确定性。例如：根据CSI工作组对361个样品的化学分析，石油焦的最佳估算排放因子是92.8Kg CO₂/GJ，置信度为95%时的置信空间为 ±0.2Kg CO₂/GJ。这意味着在95%的概率下，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。

工厂或公司排放量估算的总体不确定性取决于其所含参数的个体不确定性。WRI / WBCSD开发了一种工具和指导方法，帮助估算这些不确定性（详见www.ghgprotocol.org）。

量化参数的不确定性对数据和规程有非常高的要求。因此，排放量估算的总体不确定性说明其本身就具有不确定性，而且带有主观因

素。²¹尽管如此，估算并尽量减小不确定性的好处在于：

- > 各公司可能希望在清单中对不确定性的来源进行归类，从而找出能提高清单质量的重点区域；
- > 某些温室气体报告体系，如EU ETS的监管方针，对那些用于估算水泥厂排放量的关键参数的不确定性设置了定量限制；
- > 不管温室气体排放量是否被赋予货币价值，有关排放量的不确定性估算都能影响财务。

在这样的背景下，WBCSD/CSI认为温室气体清单中的不确定性是需要长期关注的问题。表7标明了不确定性的来源（通常与水泥企业关联度最大）以及尽量减小不确定性的方法。

表7：水泥行业二氧化碳清单中不确定性的典型主要来源，和尽量减小不确定性的方法。

参数	尽量减小参数不确定性的方法
熟料产量（吨/年）	<ul style="list-style-type: none"> > 用替代估算法交叉核对熟料数量： <ul style="list-style-type: none"> – 基于生料消耗量和生料：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进行调整 – 基于直接的熟料称重（如适用）
生料消耗量（吨/年）*	<ul style="list-style-type: none"> > 用称重设备统计重复计算的回收粉尘
煅烧排放因子 （kg CO ₂ /t 熟料）	<ul style="list-style-type: none"> > 在测量熟料成分（氧化钙和氧化镁含量）的基础上计算工厂级排放因子，而不是使用默认因子 > 统计矿渣、粉煤灰等其他添加入水泥窑的煅烧材料
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）的基础上计算工厂级排放因子 > 计算生料碳酸盐含量随时间推移产生的变化（如其他煅烧材料）
燃料消耗量（吨/年）	<ul style="list-style-type: none"> > 使用替代方法交叉检查燃料消耗量： <ul style="list-style-type: none"> – 基于交货称重或燃料单，统计储量变化 – 基于称重给料器（如适用）
燃料的低热值(GJ/t)	<ul style="list-style-type: none"> > 确保燃料量和低热值是基于同样的水分含量

参数	尽量减小参数不确定性的方法
燃料排放因子 (g CO ₂ /GJ)	<ul style="list-style-type: none"> > 如果使用的是混合燃料（如煤和石油焦的混合物），那么分解和应用单独的排放因子，或应用加权排放因子 > 如果使用的是某种煤，则使用匹配排放因子（见议定书电子表格，工作表的备注栏“燃料排放因子”） > 如果默认因子不具备代表性，则测量燃料的排放因子 > 统计材料中的生物质含量（如废旧轮胎和浸渍锯削） > 使用有关多种混合替代燃料（如预处理工业废弃物或家用废弃物，如适用）的生物质含量的分析数据

* 加星号的参数仅和计算原料煅烧产生的二氧化碳的基于生料的方法相关。

8.3 重要临界值

重要临界值常用于温室气体清单的独立验证过程中。例如，验证机构采用一个事先定义的临界值5%来确定清单中的单个或总体错误是否导致重大不实陈述。此类临界值的水平取决于所用清单数据的具体用途。WRI / WBCSD议定书修订版的第10章叙述了验证中重要性的概念。

重要临界值不应理解为允许公司从清单中省略一定的排放量。例如，省略所有排放量小于水泥厂总排放量1%的排放源将导致统性偏差。这些偏差与编制清单的指导原则不符。另一方面，我们必须承认公司用于编制温室气体排放清单的资源有限，因此各公司应侧重于减少与其主要排放源相关的不确定性。

在这种背景下，本议定书没有定义低于该值即可认为某排放源“不重要”的最小临界值。相反，我们鼓励各公司用简单的方法来量化其二氧化碳的次要排放源。这适用的情况有原料中有机碳的二氧化碳排放量（见第3.2、3.3和3.4节）。

在这种环境中，有必要重申本议定书不要求量化以下温室气体直接排放源的理由：

- > 原料和产品的场外运输产生的二氧化碳排放量（见第3.8节）通常很小，并且很难统一量化。因为这些运输通常由第三方承担。
- > 废水燃烧产生的二氧化碳排放量（见第3.9节）比较小，并且只发生在相对较少的数个工厂里，而且碳还有可能来源于生物质材料；
- > 水泥窑产生的CH₄和N₂O排放量（见第3.10节）非常小。

由此，不纳入这些排放源是基于多个理由，而并非仅仅基于量化的重要临界值。

8.4 涵盖的验证工具

在向CSI校准数据项目（GNR）报告时，GNR会在企业将报告数据上传到服务提供商的网站之后采用验证工具进行真实性检查。为了简化这一流程，本议定书第三版的电子表格即可运行这一验证工具。这便于用户在将所输入的数据和计算交付（上传）到GNR项目进行评估之前，能自己执行第一遍检查。有关验证工具使用的详细描述请见www.Cement-CO2-Protocol.org上的在线手册。



9 报告建议

9.1 简介

二氧化碳的监控和报告具有多重目标，如：环境绩效的内部管理、公共环境报告、税收体系报告、自愿或协商协议，以及排放交易；此外，也可能包括绩效基准和产品生命周期评估等其他目标。

本议定书可作为一种灵活的工具，满足这些不同的报告目的，同时亦始终符合第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（包括化石废弃物产生的二氧化碳），而生物质燃料中的二氧化碳则应作为备忘项报告。
- > 在二氧化碳合规和税收体系下编制的报告因当地的惯例不同会有不同的报告要求。本议定书视具体情况，可以报告排放总量和净排放量，以及间接排放。

本议定书没有定义任何排出“不重要”排放源的临界值，根本原因见第8.3节的解释。实际上，包括或排出某些排放源的决定取决于各报告体系框架的要求。关于自愿环境报告，本议定书在下一部分给出了具体边界的建议。

9.2 企业环境报告

自愿环境报告旨在为读者充分精确地描绘报告公司的环境足迹。这表明，水泥企业的报告应涵盖所有和排放相关的成分：

- > 报告实体的直接二氧化碳排放总量（煅烧、水泥窑用传统燃料、水泥窑用替代燃料、非窑用燃料，以及作为备忘项的生物质二氧化碳）；
- > 净排放量（如适用），采用排放总量减去使用替代燃料产生的排放量来计算；
- > 主要的间接排放量（电网电力消耗量和所购熟料消耗量）。

报告应包括绝对排放量（Mt CO₂/年）和具体单位排放量（Kg CO₂/吨黏结材料）。单独报告净排放量时可以不报告排放总量。

- > 为确保完整性，报告应包括不同工序（见表8）产生的二氧化碳排放量（包括电网电力消耗量所致间接二氧化碳排放量和计算自有现场发电所致排放）。

自愿报告的其他要求包括：

- > 必须清楚地陈述清单中没有包含的二氧化碳排放源。由此，本议定书的电子表格要求各企业陈述其清单边界。
- > 各企业必须清楚陈述他们是根据《水泥行业二氧化碳和能源议定书》第三版进行报告的，以及由此衍生的所有材料。

9.3 报告期

温室气体排放报告以财年为基础，而不是日历年，这有利于减少报告成本。从温室气体角度来看，以财年为报告基础也没有问题，但前提是要始终保持一致性，不得有漏报的时间或重迭的时间。报告年度中的变化要如实注明，同时要考虑国家的监管政策。

表8：推荐自愿二氧化碳报告使用的清单边界

工序	是否是强制性的二氧化碳报告？	备注
原料供应（采矿场、开采、压碎）	是——除非不适用	如果原料供应有外包协议，可能需要合并两个企业法人的排放量。详见第7.1节。
原料、燃料和添加剂的制备	是——除非不适用	--
水泥窑操作（高温处理）	是——除非不适用	--
水泥粉磨、混合	是——除非不适用	--
现场（内部）运输	是——除非不适用	必须报告自有车辆排放的二氧化碳（包括租借车辆，但不包括车辆所有人自己驾驶的情况）。 如果第三方运输：不适用。
场外运输	不是	没有强制要求报告。如果进行报告，需将直接二氧化碳（自有车辆，包括租借车辆）从间接二氧化碳（第三方车辆）中区分出来
现场发电	是——除非不适用	即使偶尔使用也需要报告二氧化碳排放量
室内供暖/制冷	是——除非不适用	--

9.4 WRI / WBCSD温室气体议定书修订版的范围

WRI / WBCSD议定书修订版按照不同的范围将排放分类。表9显示了本议定书是如何讨论与WRI / WBCSD分类相关的排放源的。

WRI / WBCSD议定书修订版要求企业至少对范围1和2进行分别统计和报告。本《水泥行业二氧化碳和能源议定书》为完整报告提供了基础，符合WRI / WBCSD的要求，但不包括企业自有场外运输车队产生的二氧化碳，废水燃烧产生的二氧化碳以及CH₄和N₂O的排放。如第8.3节所述，这些排放源作为默认值不包含在内有多种原因，但如有需要，也可以计入。

表9：WRI / WBCSD的报告范围和在本议定书中对应的章节

WRI / WBCSD分	本议定书对应章节
范围1 ：直接的温室气体排放 (仅只在拥有或控制排放源时)	
> 流程排放	第3.2节：原料煅烧产生的二氧化碳 第3.2节：原料中的有机碳产生的二氧化碳
> 固定燃烧排放源	第3.5、3.6和3.7节：水泥窑用燃料产生的二氧化碳 第3.8节：非水泥窑用燃料产生的二氧化碳 第3.9节：废水产生的二氧化碳
> 移动燃烧排放源	第3.8节：非水泥窑用燃料产生的二氧化碳
> 非二氧化碳温室气体	第3.10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章：电网电力产生的间接排放
范围3 ：其他间接排放	第4章：外购熟料产生的间接排放

10 补充信息

附件1描述了议定书的电子表格，其中包含

- > “备注”表格，简明扼要地解释主要工作表格的每一行。
- > “常见问题”部分，回答电子表格中不同部分的常见问题。

如需更多本议定书的信息，或存有疑问或建议，请访问在线手册：www.Cement-CO2-Protocol.org

11 参考文献

- CIF 1998, 澳大利亚水泥工业联盟。 *Greenhouse Energy Management System (GEMS) Guidelines*. CIF-GEMS-001, 第一修订版, 10月
- CSI / ECRA 2009. *Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing: Trying to look ahead*. CSI/ECRA-Technology Papers. 日内瓦杜塞尔多夫, 2009年6月。 <http://www.wbcscement.org/technology>
- Ellis Jane 2000. *Potential and Implications for Multi-Project Emission Baselines*. Cement Case Study. OECD, 巴黎
- IEA 1998, 国际能源署, 温室气体研发项目。 *Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry*. 作者: C.A. Hendriks、E Worrell、D. de Jager、K. Blok 和 P. Riemer。 <http://www.wbcscd.org/web/projects/cement/tf1/prghgt42.pdf>
- EC 2007, 欧盟委员会。 *Commission Decision 2007/589/EC, 2007年7月18日*。 *Establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council*. 分别在2008年12月17日, 2009年4月16日和2010年6月8日修订过。 http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring_monitoring_en.htm
- ECRA 2008, ECRA. 水泥在生命周期释放和吸附的碳氧化物。 TF-ECRA 1004/2008
- ECRA 2009, ECRA CCS有关第二阶段的项目报告, TR-ECRA 106/2009 (见<http://www.ecra-online.org>)
- IPCC 1996, 政府间气候变化专门委员会。 *IPCC1996年国家温室气体清指南修订版*。 Volumes I, II and III. IPCC, 英国, 布拉克内尔
- IPCC 2000, 政府间气候变化专门委员会。 *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC / IGES, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>
- IPCC 2006, 《IPCC2006年国家温室气体清指南》, 由National Greenhouse Gas Inventories Programme、Eggleston H.S.、Buendia L.、Miwa K.、Ngara T. 和 Tanabe K. 编辑。出版社: 日本IGES。 <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>
- ISO 14064-1: 2006-03。 *温室气体。第一部分: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. 国际标准化组织, 瑞士。
- Lang, Th. & F. Lamproye 1996. *Sources and Reduction of CO2-Emissions*. 2nd "Holderbank" Course on Environment, 1996年9月2日-13日, 瑞士Holderbank。CEA 96/7024/E.
- WBCSD / WRI 2004, 世界可持续发展工商理事会和世界资源协会。《温室气体议定书》。《公司统计和报告标准修订版》。 <http://www.ghgprotocol.org>
- WBCSD / IEA 2009. *Cement Technology Roadmap 2009. Carbon emissions reductions up to 2050*. http://www.iea.org/papers/2009/Cement_Roadmap.pdf.
- Zunzer, Ute (2002). *Umsetzung der organischen Bestandteile des Rohmaterials beim Klinkerbrennprozess*. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Schriftenreihe der Zementindustrie, Heft 63/2002

12 术语、首字母缩略词及缩写

引用自WRI / WBCSD议定书修订版(2004)术语表中的内容都标有星号*。引用自《IPCC2006年国家温室气体清单指南》术语表中的内容都标有双星号**。更多术语请参考WRI / WBCSD议定书和《IPCC2006年国家温室气体清单指南》。

绝对排放

绝对温室气体排放用物料表示，如使用每年排放多少吨二氧化碳表示(t CO₂/yr)。

AF

替代燃料

AFR

替代原燃料。这一定义包括含有大量有机物质的替代原料。

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交易体系分配给排放者。

替代燃料

被用作热源但不属于传统燃料的燃料材料或产品。水泥行业使用了诸如塑料、溶剂、废油、废旧轮胎等废弃物和不同种类的混合或纯生物质燃料。

录1

UNFCCC附录1列出了发达国家各方的名单，他们在实现公约目标上负有特殊的责任，包括经合组织国家（墨西哥和韩国除外）、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。

ARM

替代原料，如直接添加进煅烧炉或水泥窑进口，但不属于水泥窑给料的原料，通常是喂入预热系统的均质物料。

基准线

参考排放水平。在不同的上下文中，该术语的含义也不一样。它可表示成：

- 实体在参考年的历史排放水平，
- 如果没有采取额外的减缓措施（照常经营的情况下），实体预计的未来排放水平，
- 计算温室气体减排项目能使气候受益的假定排放水平。

生物碳**

化石碳之外的从生物源（植物或动物）获取的碳。请注意，在这些指南中，泥煤是作为化石碳的，因为获得泥煤需要很长时间。

生物质**

包含有机物质，或最近从有机物质（被视为燃料）中提取的，不包括泥煤；包括从此类材料中提取的产品、副产品和废弃物。

旁路粉尘

悬浮预热器、分解炉和预热器窑的旁路体系除尘设备产生的废弃粉尘，通常包含完全煅烧或至少高度煅烧的水泥窑喂料。

配额交易*

设定总体排放限额后给参与者分配排放配额的体系，它还允许参与者相互交易配额和排放额度。

水泥

把熟料和各种矿物成分，如石膏、石灰石、高炉矿渣、粉煤灰和天然火山材料，一起粉磨制成的建筑材料。它在制造混凝土时，作为胶黏剂与沙、砾石或碎石及水搅拌在一起。尽管有国家标准界定水泥质量，但在全球却没有对水

泥的统一界定或标准。在WBCSD – CSI议定书和“校准数据项目”的数据库中，“水泥”包括所有 交付给最终客户的水凝灰浆，即包括所有的波特兰水泥、合成水泥和混合水泥，但不包括单纯熟料的直接销售。见第6.3节。

水泥（等同物）

水泥（等同物）是指水泥生产值，是运用工厂级熟料/水泥系数来计算的现场熟料生产量。因此，它是假定一家工厂生产的所有熟料均用于该工厂的水泥生产，并运用实际的工厂级熟料/水泥系数所得的虚拟熟料生产量。

胶凝产品：

报告公司为制造水泥或直接销售熟料所生产的所有熟料，加上石膏、石灰石、CKD和所有用于混合的熟料替代物，再加上所有水泥替代物。用作分母时被称为“胶凝产品”或“胶凝剂”，因为它等于熟料和所有矿物成分之和。该分母不包含从第三方购回用于水泥生产的熟料，因为这部分熟料已计入第三方的清单中了。

cem eq.

水泥（等同物）

cem prod

胶凝产品

无气候影响

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

熟料

水泥制造的中间产品和水泥的主要成分。熟料是通过在水泥窑中煅烧石灰石并通过燃烧引起的化学反应而成。

CKD

水泥窑灰，和完整的二氧化碳报告相关的是部分离开水泥窑系统的煅烧CKD，即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给料（也称“回灰”）。尤其是在弱碱性熟料的生产中，CKD和旁路粉尘的提取和排放能控制过多循环元素的输入（碱、硫、氯）。术语“CKD”有时用于表示水泥窑产生的所有粉尘，及也包括旁路系统产生的粉尘。

cli

熟料

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。

CSI

水泥可持续性倡议行动：CSI是由24家在全球100多个国家有运营的主要水泥生产商组成的全球组织，他们以实现可持续发展为使命。这些公司的产量加总起来约占全球水泥产量的40%，它们中既有规模较大的跨国公司，也有较小的地方生产商。<http://www.wbcscement.org>

直接排放

直接温室气体排放是由报告实体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。

回灰

水泥窑喂料的一部分，它并未用于熟料生产，也未形成旁路粉尘，而是重新回到粉尘循环中。粉尘循环通常涉及原料厂和粉尘过滤系统。离开水泥窑系统的水泥窑灰（CKD）量相对较小，主要来自于粉尘循环和回灰。

EF

排放因子，在本文件中，二氧化碳排放因子通常是除以材料质量或除以燃料的热值。

EU ETS

欧盟的二氧化碳排放交易体系，始于2005年。EU ETS涵盖了产生二氧化碳的绝大部分重要工业排放源。从2013年起，其他温室气体也将包括在内。更多信息请见http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

化石碳**

化石燃料或其他化石源产生的碳。

GCV

总热值 (=高热值, HHV)

GHG

《京都议定书》的附件一列温室气体，包括：二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、一氧化二氮 (N₂O)、全氟化碳 (PFCs)、氢氟化物 (HFCs) 和六氟化硫 (SF₆)。

GNR

“校准数据”项目和CSI的全球水泥数据库覆盖了全球800多家工厂，均为CSI成员公司。

二氧化碳总排放量

由化石碳产生的直接二氧化碳总排放量（不含现场发电产生的二氧化碳），即不包括无气候影响的生物质部分产生的二氧化碳排放。在议定书第三版中，混合燃料中的生物碳产生的二氧化碳排放不计入内。

GWP**

全球变暖可能性是根据一段时间内（如100年）1千克温室气体释放到大气中的辐射强迫和1千克二氧化碳释放到大气中的辐射强迫的比率。

HHV

高热值 (= 总热值, GCV)，通常使用的单位是GJ/每吨燃烧

高热值包括水蒸气所隐藏的热值，它在压缩水蒸气以便所有水都呈液态时释放。

比较IPCC2006年指南, Vol. II, Section 1.4.1.2。

间接排放

间接温室气体排放指报告企业在运营过程中产生的排放，但是排放源由其他企业拥有或控制，如与外购电力、员工差旅和非报告企业拥有或控制的车辆运输的产品相关的排放，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

政府间气候变化专门委员会是由科学家组成的国家团体。它的职责是估算和人类导致的气候变化风险相关的可选、技术和社会经济信息 (www.ipcc.ch)。

KF

水泥窑给料

水泥窑 ()**

用于生产熟料的管状加热装置 (IPCC2006年指南“水泥制造”)。煅烧反应可能在水泥窑中发生，或在有预热器和/或预热煅烧装置时在送入水泥窑前就已经部分或完全煅烧了。

水泥窑给料

原料，通常会加工成生料，将喂入预热器或直接送入水泥窑系统。水泥窑给料通常包含一定数量的回收粉尘，这些回收粉尘是从预热器或水泥窑系统返回的 (还可参见“回灰”)。

水泥窑用燃料

喂入水泥窑系统的燃料，加上用于干燥或加工用于熟料生产和水泥窑用燃料制备的原料的燃料（见第3.7节）。

KPI

关键性能指标，是称呼一种性能指标的行业术语。组织机构通常使用KPI来评估其成功或其参加某一活动的成功。

LHV

低热值（=净热值，NCV），通常使用的单位是GJ/每吨燃料

低热值不包括水蒸气中隐藏的热值。

比较IPCC2006年指南，Vol. II, Section 1.4.1.2。

LOI

烧失量是用于无机分析化学中的试验，特别是用于分析矿物成分时。它包含在某一特定温度时L样本材料散发的热值（“燃烧”），允许挥发物挥发直到其质量停止变化为止。

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）。

混合燃料

用于指南文件的术语，指生物质和化石混合燃料，即有一定生物碳含量的燃料。

净二氧化碳排放

二氧化碳总排放量减去替代化石燃料产生的二氧化碳排放量。这一定义与议定书第一版中的最初定义一致。注意：议定书第二版中的替代定义极少被使用，该定义是指报告净排放量时可以扣减所购排放权。

非水泥窑用燃料

公司使用的那些未计入水泥窑用燃料的燃料，

如用于工厂和采矿车辆、室内供暖，用于制备水泥粉磨用矿物成分的高温处理设备（如烘干机），或用于现场发电且不属于水泥窑的设施（见第3.8节）。

Nm³

正常的立方米（在1013 hPa和0 °C时）

NCV

净热值（=低热值，LHV），通常使用的单位是GJ/每吨燃料。

净热值不包含水蒸气所隐藏的热值。

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

OPC

普通波特兰水泥。在《CSI水泥行业二氧化碳和能源议定书》中，OPC指熟料含量高的一种普通水泥，含有超过90%的细磨熟料和约5%的石膏。注意：各个国家标准中水泥类型的名称和定义可能有所不同。OPC通常是指：

根据欧标EN 197-1:2007，“波特兰水泥”或“CEM I”；

根据国标GB175-2007，“波特兰水泥”或“P·I”或“P·II”；

根据美标ASTM C 150，“波特兰水泥窑1-5类”和

根据IPCC2006年指南的国家温室气体清单，“波特兰”或“PC”。

不过根据国标GB175-2007，标有“P·O”和“P·C”型号的“普通波特兰水泥”指熟料含量极低的水泥。

石油焦

石油焦炭，石油提炼过程产生的含碳固体。

火山灰

一种材料，在和氯化钙结合时能具有胶凝性。

流程排放**

涉及化学转化的工业流程产生的排放，不含燃烧过程。

议定书

计算、监管和报告温室气体排放的方法。

原料制备

用于将原料转化成生料（如粉磨、均质、干燥）的流程。

生料

生料由粉磨原料组成。原料加工涉及干燥或加水。它的成分可控且通常比较稳定，因为熟料燃烧过程需要水泥窑给料中某些化学成分。

原料

在高温加热生料（如干燥）前用于生料制备的材料，如石灰石、铁矿石、沙砾等。

所耗生料

用于熟料生产和煅烧旁路粉尘的部分生料。与水泥窑给料相比，所耗生料的数量不含回收粉尘（见“回灰”）。

RM

生料

单位排放

单位排放是指用每单位产出来表达的排放，如每吨水泥排放的二氧化碳千克数。

TC

总碳含量，TOC和TIC的总和

TIC

总无机碳含量：碳，绝大部分隐藏在材料的矿物成分中（如燃料灰中的碳酸盐）。

TOC

总有机碳含量

传统燃料

政府间气候变化专门委员会（IPCC）定义的传统燃料，主要包括：煤、焦炭、褐煤、页岩、石油产品和天然气。

UNFCCC

《联合国气候变化框架公约》；UNFCCC各方为已经签订公约的那些国家。

WBCSD

世界可持续发展工商理事会：WBCSD设有一位总裁，是200多家专注于商业和可持续发展的公司组成的全球协会。理事会为各企业提供一个平台，与政府、非政府组织和政府间组织携手探索可持续发展，分享知识、经验和最佳实践，并在各个论坛讨论此类问题时拥护商业地位。其成员来自30多个国家及20个主要工业行业。理事会还得益于60多个国家和地区工商理事会和区域合作伙伴。<http://www.wbcscd.org>

WRI

全球资源机构：WRI于1982年在美国华盛顿成立，是一个环境智囊团。WRI是一个独立的，没有偏向的非盈利性组织机构，成员包括100多名科学家、经济学家、政策专家、商业分析师、统计分析师、制图师和沟通者，制定并推动保护地球及改善人类生活的政策。

附件1 水泥二氧化碳和能源议定书电子表格

议定书的电子表格为微软Excel文件。它包含以下工作表：

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，并为用户提供了附加说明。第三版中增加了一个常见问题和对应回答的部分。

2. 备注：

该表格对“工厂”工作表的每一行都附有简短说明。

线上手册 (www.Cement-CO2-Protocol.org) 和CSI网站 (www.wbcscement.org) 附有更详细的解释。

3. 工厂：

公司的每一个工厂使用一张工作表。

4. 计算A1：

简单输入法（A1）辅助工作表，决定原料煅烧产生的二氧化碳排放（有水泥窑运转的工厂可创建这个表格）。

5. 计算A2：

详细输入法（A2）辅助工作表，决定原料煅烧产生的二氧化碳排放（有水泥窑运转的工厂可创建这个表格）。

6. 计算B2：

详细输出法（B2）辅助工作表，决定熟料经修正的二氧化碳排放因子（有水泥窑运转的工厂可创建这个表格）。

7. 公司：

将每个工厂的信息合并到公司级。

8. 验证：

第一手控制输入数据质量的验证工具。

9. 控制工厂：

以工厂级报告的详细验证工具。

10. 燃料的二氧化碳因子：

用于水泥厂的燃料的二氧化碳默认排放因子。

附件2 水泥生产导致的温室气体排放源和减排方案

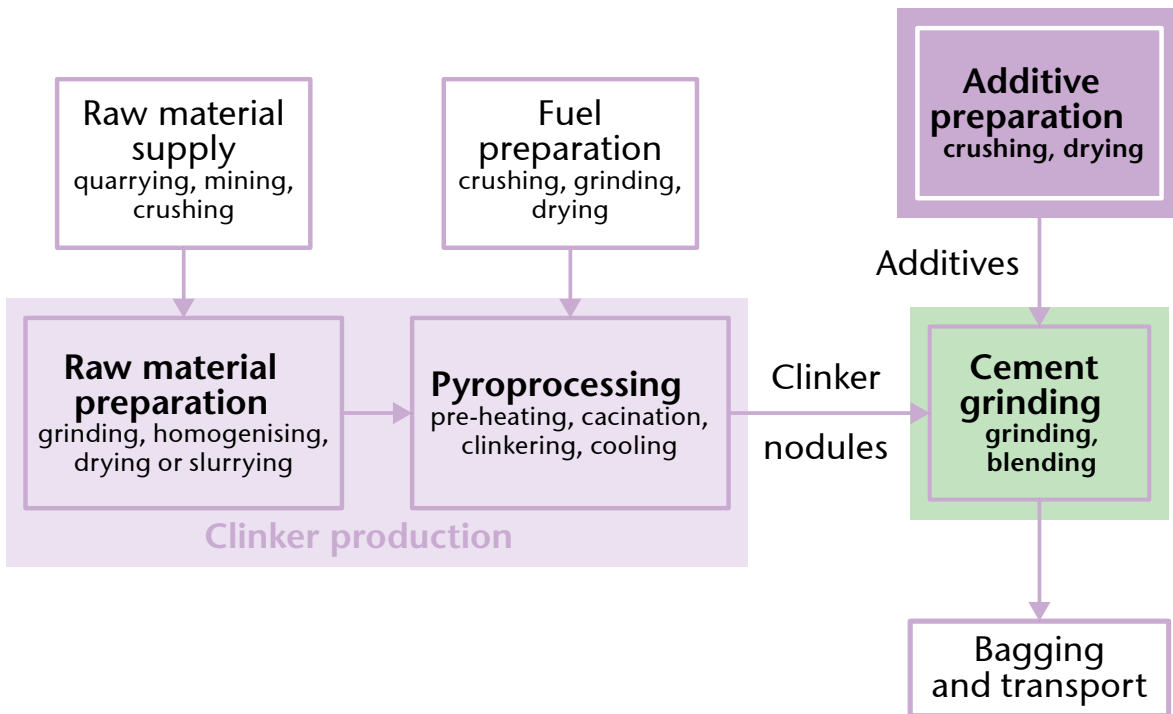
水泥制造工艺概况

水泥制造工艺主要有三个主要步骤

(见图A2-1)：

1. 原料制备；
2. 熟料烧成，高温煅烧原材料所生产的中间产品；
3. 水泥粉磨，将熟料和其他产品一起粉磨和混合粉磨（“矿物成分”）以制造水泥。

图A2-1：水泥制造工艺中的步骤



资料来源：Ellis 2000，基于Ruth et al. 2000

生产过程中有两大直接二氧化碳排放源：烧成阶段的生料分解和水泥窑用燃料的燃烧。以下有这两个排放源的更多细节。其他二氧化碳排放源包括非窑用燃料的直接排放（如烘干机、室内供暖、场内运输）和间接排放（如外购电力和运输）。《京都议定书》²²涉及的非二氧化碳温室气体和水泥行业不相关，因此可以忽略这些气体的直接排放。

原料分解产生的二氧化碳

在熟料燃烧过程中，碳酸钙（如石灰石中的）会分解成氧化钙，并释放出二氧化碳：



这一过程称为“煅烧”，它CO₂将直接通过水泥窑烟囱排放二氧化碳。分解所在考虑煅烧产生的二氧化碳排放时，可分为两种能区分两种成分：

- > 实际拥有熟料生产的原料产生的二氧化碳，这些原料在熟料生产过程中完全煅烧用于熟料生产所产生的CO₂，这些原材料在熟料生产过程中完全分解；
- > 离开水泥窑系统的原料产生的二氧化碳，如部分煅烧的水泥窑灰（CKD）或通常能完全煅烧的旁路粉尘。离开窑系统原材料所产生的CO₂，例如部分分解的窑飞灰（CKD）或通常认为完全分解的旁路粉尘；

实际的熟料生产中排放的二氧化碳和熟料中的石灰含量成比例²³，这一比例很少随时间发生变化，不同水泥厂的这一比例也基本相同。因此，每吨熟料的二氧化碳排放因子是相当稳定的（IPCC默认值：510 kg CO₂/t熟料，CSI默认值：525 kg CO₂/t熟料）。

离开窑系统的水泥窑粉尘量随水泥窑类型和水水泥质量标准不同会有很大差异，从约等于零到超过100千克每吨熟料。与之相关的排放可能和某些国家或设施有相关度。

煅烧原料产生的二氧化碳排放可用两种方式计算，这两种方式原则上产生的结果相同：一种是基于产品量及其成分（熟料加上离开水泥窑系统的粉尘，输出法B1和B2），另一种是基

于投入水泥窑的原料量及其成分（输入法A1和A2）。详见第3.2、3.3和3.4节以及附件3。

原料所含有有机碳产生的二氧化碳

熟料生产使用的原料通常包含一小部分有机碳，这可以用有机碳总含量（TOC）表示。原料中的有机碳会在高温处理过程转化为二氧化碳。一般来说，这一成分所排放的二氧化碳在水泥厂二氧化碳总排放量中所占比例极小（约为1%或更少）。但是，原料中有机碳的含量可能随地点变化和使用材料的变化有大幅变化。例如，如果一家公司使用大量某类粉煤灰或页岩作为水泥窑的原料，则有机碳产生的二氧化碳排放就和总排放量有相关度了。

水泥窑用燃料产生的二氧化碳

传统的水泥行业使用各种化石燃料运转水泥窑，包括煤、焦炭、燃油和天然气。近年来，用废弃材料制成的燃料开始成为重要的替代物。这些替代燃料（AF）包括从化石燃料中提取的部分（如废油和塑料）和生物质材料中提取的部分（如废木材和污水处理中提取的污泥）。此外，含有化石碳和生物碳的混合燃料的使用越来越多，如预热工业废弃物（包括塑料、纺织品、纸等）或废旧轮胎（包括天然橡胶和合成橡胶）。

传统燃料和替代燃料都会通过水泥窑烟囱直接排放二氧化碳。但是，根据IPCC的定义，生物质燃料被视为“无气候影响”。此外，使用替代（源于生物质或化石）燃料可能实现重要的减排，如减少垃圾焚烧厂或填埋场产生的二氧化碳排放。

二氧化碳减排选择

水泥行业的二氧化碳排放可通过多种措施解决。可能实现二氧化碳减排的主要方法包括：

- > 使用其它矿物成分取代熟料；
- > 转换燃料：例如，使用天然气或（含有生物质）的AF来取代煤；
- > 使用已分解（或部分）或去除了碳酸盐的原料；
- > 能源效率：采取技术和运营措施来减少每单位熟料或生产的水泥消耗的燃料和电力；和
- > 减少离开水泥窑系统的粉尘（窑灰、旁路粉尘），这一数量相当可观。

矿物成分（MIC）是指具有水硬性的天然材料和人工材料，如天然火山灰、高炉渣和粉煤灰。MIC可添加到熟料中用于生产混合水泥。某些情况下，也可由预拌厂或建筑公司直接往混凝土中添加纯MIC。MIC的使用可减少与熟料生产相关的等量二氧化碳排放，无论是煅烧过程还是燃料燃烧过程。人工MIC是指其他生产工艺产生的废弃材料，如钢铁和燃煤发电厂。相关温室气体排放由相应的行业板块监管和报告。使用这些MIC作为熟料或水泥替代物不会导致生产点排放其他温室气体。因此，这些间接排放不得列入水泥生产清单。

附件3 分解二氧化碳的 详细说明

基于熟料输出法报告原料分解产生的二氧化碳排放：IPCC和CSI有关熟料的建议及默认排放因子汇总

IPCC（2006）建议根据所产熟料的氧化钙含量来计算煅烧产生的二氧化碳（ $0.785 \text{ t CO}_2/\text{t CaO}$ ，乘以熟料的氧化钙含量）。建议使用默认值65%作为熟料中的氧化钙比例，也即 $510 \text{ kg CO}_2/\text{t}$ 熟料。

根据IPCC，废弃的水泥窑粉尘产生的二氧化碳应单独计算，并且需要考虑分解率煅烧度。如果没有更加精确的数据时，IPCC建议默认增加2%的熟料二氧化碳作为废弃粉尘，并且明白排放量可能在某些情况下高得多。IPCC并不对旁路粉尘和窑灰（CKD）加以区分。此外，IPCC默认值忽略了碳酸镁（熟料中的氧化镁含量通常约为约2%）分解产生的二氧化碳。²⁴

CSI建议以工厂级数据决定熟料煅烧的排放因子。相应地，议定书电子表格中已包含一张用于详细输出法（B2）的辅助工作表，能计算工厂熟料中的具体氧化钙和氧化镁含量，以及氧化钙和氧化镁的非碳酸类来源（如硅酸钙），或加入生料的粉煤灰。如果没有工厂级数据，则CSI建议使用简单输出法（B1），并采用默认排放因子 $525 \text{ kg CO}_2/\text{t}$ 熟料，并使用IPCC有关碳酸镁的默认修正因子。

CSI目前正在讨论是否能基于GNR数据收集报告区域因子或国家因子。在未来，这些值也有可能用作默认值。

由具体氧化钙和氧化镁含量决定的熟料二氧化碳排放因子没有考虑离开水泥窑系统的飞灰

（CKD）产生的二氧化碳排放以及源自原料中有机碳含量（TOC）的二氧化碳排放。因此，这些二氧化碳排放会加上用于熟料生产的原料分解产生的二氧化碳排放。这个求和是在工厂表格中输出法（B1和B2）中执行的（见第3.4节）。

水泥窑粉尘产生的二氧化碳：推导计算公式

窑灰（CKD）通常不能完全分解。CKD的二氧化碳排放因子能根据CKD、生料和释放的二氧化碳的质量平衡推导而得：

等式1：

$$CKD = RawMeal - CO2_{RM} \times d$$

其中

CKD = 所产窑灰的数量（t）

RawMeal = 所耗干生料的数量以及转化成的CKD量（t）

CO2_{RM} = 生料中所含碳酸盐耗碳酸二氧化碳的总量（t）

d = CKD煅烧分解率（分解CO₂占生料总CO₂比例用生料中碳酸二氧化碳总含量所占比例表示释放的二氧化碳）

CKD的二氧化碳排放因子：

等式2：

$$EF_{CKD} = \frac{CO2_{RM} \times d}{CKD} = \frac{CO2_{RM} \times d}{RawMeal - CO2_{RM} \times d}$$

其中

EF_{CKD} = CKD的排放因子（t CO₂/t CKD）

由于 $CO2_{RM}$ 和生料的量成比例，等式2能被重写为：

等式3：

$$EF_{CKD} = \frac{fCO2_{RM} \times d}{1 - fCO2_{RM} \times d}$$

其中

$fCO2_{RM}$ = 生料中碳酸盐二氧化碳所占重量比
(--)

如果生料完全煅烧 ($d=1$)， EF_{CKD} 就成为熟料的排放因子：

等式4：

$$EF_{cli} = \frac{fCO2_{RM}}{1 - fCO2_{RM}}$$

或重写为：

等式5：

$$fCO2_{RM} = \frac{EF_{cli}}{1 + EF_{cli}}$$

其中

EF_{cli} = 熟料的排放因子 (t CO₂/t 熟料)

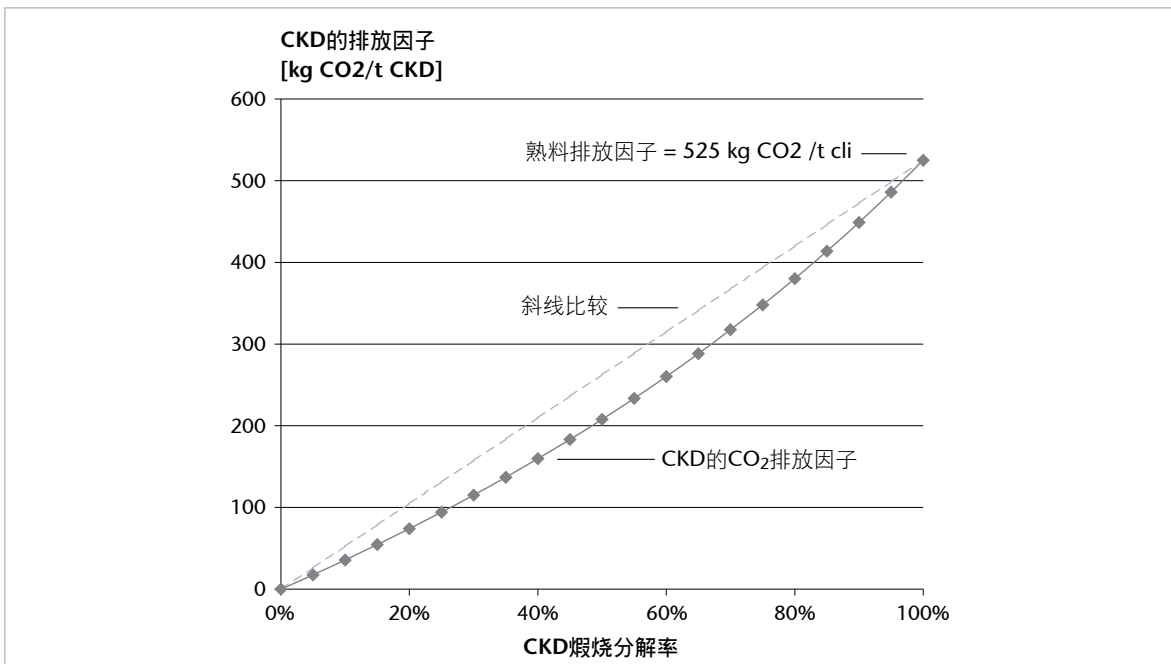
有了等式5，等式3可表达为：

等式6：

$$EF_{CKD} = \frac{\frac{EF_{cli}}{1 + EF_{cli}} \times d}{1 - \frac{EF_{cli}}{1 + EF_{cli}} \times d}$$

等式6已输入电子表格中。它基于(1)熟料的排放因子；和(2)CKD的煅烧分解率来计算CKD的排放因子。图A3-1演示了煅烧分解率的影响。斜线表示CKD煅烧分解率和CKD排放因子的线性相关度的假设会过高估计排放量达50% (在煅烧分解率低的情况下) 或多估计55kg CO₂/t CKD。

图A3-1：CKD煅烧分解率对CKD的二氧化碳排放因子的影响，使用默认熟料排放因子 (1525 kg CO₂/t 熟料) 作为例子。



计算CKD的煅烧分解率

CKD煅烧分解率 d 应根据 等式7, 分别基于CKD中碳酸盐类二氧化碳所占重量比和生料中碳酸盐锂二氧化碳所占重量比来计算。 $fCO2_{CKD}$ 和 $fCO2_{RM}$ 这两个输入的参数应通过化学分析来测量。可能的分析方法包括, 如烧失量测试、通过红外线检测进行的滴定或二氧化碳排放分析。

等式7:

$$d = 1 - \frac{fCO2_{CKD} \times (1 - fCO2_{RM})}{(1 - fCO2_{CKD}) \times fCO2_{RM}}$$

其中

$fCO2_{CKD}$ = CKD中碳酸盐类二氧化碳所占重量比 (--)

$fCO2_{RM}$ = 生料中碳酸盐锂二氧化碳所占重量比 (--)

如果没有有关CKD成分的测量数据, 应假定煅烧分解率 d 的默认值为1。这个默认值比较保守, 它在绝大多数情况下会放大和CKD相关的排放, 因为CKD通常不可能完全煅烧。

通过分析二氧化碳含量直接决定CKD的二氧化碳排放因子

直接决定CKD的二氧化碳排放因子, 结合 等式3和7得出

等式8:

$$EF_{CKD} = \frac{fCO2_{RM} - \frac{fCO2_{CKD} \times (1 - fCO2_{RM})}{(1 - fCO2_{CKD})}}{(1 - fCO2_{RM}) + \frac{fCO2_{CKD} \times (1 - fCO2_{RM})}{(1 - fCO2_{CKD})}}$$

等式8在左边术语取余运算后可乘以以下等式得以简化

等式9:

$$\frac{(1 - fCO2_{CKD})}{(1 - fCO2_{RM})} = 1$$

由此, CKD的二氧化碳排放因子也可以同样由以下等式直接决定:

等式10:

在等式10中, 括弧内的术语修正了二氧化碳含量 $fCO2_{RM}$ 的质量参考, $fCO2_{RM}$ 由样本中CKD质量参考中未煅烧的生料决定, 因为CKD有可能部分煅烧。CKD的二氧化碳排放因子 EF_{CKD} 等于CKD可能煅烧的状态和假定未煅烧的状态产生的二氧化碳的差。

附件4 燃料排放因子的背景材料

本附件概述了CSI工作组收集的燃料排放因子的背景信息。

石油焦

CSI工作组于2003年收集了其成员公司使用的高硫石油焦排放因子数据。结果如下：

平均值： 92.8 kg CO₂/GJ
 标准偏差： 2.08 kg/GJ
 样本数： 361

表A4-1：石油焦样本的区域分布（样本数）

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

这些样本大部分是在1999–2003年间获得。他们复盖了不同的区域，但以欧洲为重点（见表A4-1）。所得平均值92.8 kg CO₂/GJ替代了《水泥行业二氧化碳议定书》第一版中的默认值100 kg CO₂/GJ，这个默认值仅只是初步的估算值。此外，它也不同于二氧化碳的默认排

放因子97.5 kg CO₂/GJ（源自IPCC2006年温室气体清单指南）。

替代燃料

CSI于2003-04年收集了其成员公司的一些替代燃料的排放因子。结果如表A4-2：

表A4-2：CSI工作组收集的替代燃料分析数据。

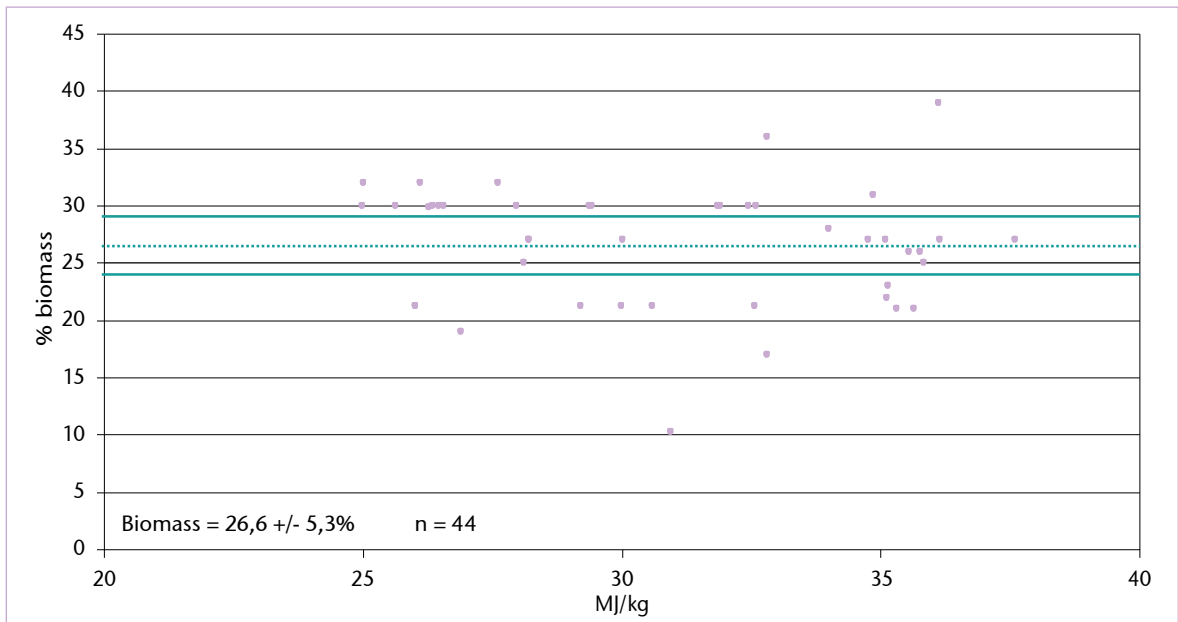
电子表格中的二氧化碳排放因子将运行到小数点后两位

燃料	样本数	平均二氧化碳排放因子 (kg /GJ)	标准偏差 (kg /GJ)
基于化石的替代燃料：			
废油	90	74.2	5.6
溶剂	116	73.8	14.9
生物质燃料：			
动物肉类	116	89.2	6.5

2008至2009年间，工作组收集了有关不同替代燃料的生物质含量的数据，以便调查是否有可能在电子表格中引入足够的默认值。调查结果显示，只有废旧轮胎（包括撕碎了的轮胎）

的数据基础足够一致（见图A4-1），其所含生物质含量的默认值为27%。这个默认值和欧洲一些国家（如在欧盟交易体系下报告的奥地利或德国）设定的默认值相符。

图A4-1：CSI工作组收集的与废旧轮胎（包括粉碎后的轮胎）的热值相关的生物质含量分析数据



附件5 数字前缀、单位和换算因子

前缀和倍增因子			
倍增因子	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	m

化合物缩写		单位和缩写	
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	氮氧化物	焦	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	六氟化二碳		

资料来源：IPCC（1996），《IPCC1996年国家温室气体清单指南修订版》和IPCC（2006），《IPCC国家温室气体清单指南》。

换算系数

原单位	换算单位	乘数
克 (g)	公吨 (t)	1×10^{-6}
千克 (kg)	公吨 (t)	1×10^{-3}
兆克	公吨 (t)	1
千兆克	公吨 (t)	1×10^3
磅 (lb)	公吨 (t)	4.5359×10^{-4}
吨 (长吨)	公吨 (t)	1.016
吨 (短吨)	公吨 (t)	0.9072
桶 (石油, 美制)	立方米 (m ³)	0.15898
立方英尺 (ft ³)	立方米 (m ³)	0.028317
升	立方米 (m ³)	1×10^{-3}
立方码	立方米 (m ³)	0.76455
加仑 (液体, 美制)	立方米 (m ³)	3.7854×10^{-3}
英国加仑	立方米 (m ³)	4.54626×10^{-3}
焦耳	吉焦耳 (GJ)	1×10^{-9}
千焦	吉焦耳 (GJ)	1×10^{-6}
兆焦	吉焦耳 (GJ)	1×10^{-3}
太焦耳 (TJ)	吉焦耳 (GJ)	1×10^3
英国热量单位	吉焦耳 (GJ)	1.05506×10^{-6}
卡路里, 千克 (平均)	吉焦耳 (GJ)	4.187×10^{-6}
吨油当量 (toe)	吉焦耳 (GJ)	41.86
千瓦时	吉焦耳 (GJ)	3.6×10^{-3}
英国热量单位 / 立方英尺	GJ / m ³	3.72589×10^{-5}
英国热量单位 / 磅	GJ / 公吨	2.326×10^{-3}
磅 / 立方英尺	公吨 / m ³	1.60185×10^{-2}
psi	巴	0.0689476
千克力 / 立方米 (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	吨二氧化碳当量	3.664

资料来源：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)

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

附件6 与第二版议定书相比的主要变更

根据使用议定书第二版所获经验以及全球许多水泥企业使用议定书对数年情况所作评估，我们执行了《水泥行业二氧化碳和能源议定书修订版》。议定书第三版中的主要变动针对的是以下问题：

- > 其他关键性能指标（KPIs），包括基于等量水泥生产的关键性能指标（见附件7）
- > 水泥窑用燃料定义的修改
- > 统计混合燃料中生物质部分产生的无气候影响的二氧化碳
- > 可选择基于水泥窑投入或产出的简单方法和详细方法来报告原料分解产生的二氧化碳排放
- > 更多有关现场发电（“电力余额”）产生的二氧化碳的报告（可选）
- > 均质添加规则，避免重复计算熟料、水泥和MIC的内部转移，以及相应地将工厂级数据合并为公司级数据时的重复计算
- > 修改了净排放量和总排放量的定义（如第一版）

还有一些小的和/或正式的修改如下：

- > 在电子表格中纳入了排放源的其他一般信息
- > 纳入了验证工具

- > 删除了排放权部分
- > 增加了报告不同类型燃料的灵活性，如用于现场发电的替代燃料，或采矿车辆所用生物质燃油
- > 更新了所购熟料的默认排放因子
- > 更新了有关国家电网电力的排放因子的指南
- > 可以选择报告“余热的内部使用”，如现场发电

关键性能指标

本议定书修订版的一个目标是尽可能在第三版中保留第二版中许多KPI，从而尽量避免计算KPI的时间区间出现断点。这能在绝大部分案例中执行。

由于在一些新成员加入CSI后，尤其是亚洲新成员的加入，以及越来越多现场发电设施开始使用本议定书，因此第三版纳入了电力余额的概念。由此，也有必要同时调整二氧化碳总排放量的定义。

最初用于报告直接二氧化碳总排放量的KPI及其定义保持不变。但是，这一KPI的名称修改为“包括现场发电在内的二氧化碳绝对总排放量”。

第二个新加的KPI是为了实现用于熟料和水泥生产的主要KPI之间的可比性。这一KPI现名为“二氧化碳绝对总排放量”。它报告了原料、水泥窑用燃料和非窑用燃料产生的直接排放，但不包括现场发电产生的二氧化碳。燃料成分的定义也相应做了调整。此外，所有具体

的KPI都是根据“二氧化碳绝对总排放量”经调整的定义来定义的。

对于那些没有现场发电的工厂来说，这两个KPI的结果相同，即都等于直接二氧化碳总排放量（范围1）。但是，第三版中使用了“二氧化碳绝对总排放量”（不包括现场发电产生的二氧化碳）的KPI便于比较有现场发电的工厂和没有现场发电的工厂的二氧化碳单位排放量。在没有现场发电的情况下，对应的二氧化碳排放不在具体工厂的边界中，因为这部分计为了外购电力所致间接排放（范围2）。

另一个小的调整是出于澄清的目的，除非出现以下问题，否则它并不影响KPI。原料和燃料干燥所用燃料已计入水泥窑用燃料。这一调整仅影响水泥窑热量消耗方面的一些普通KPI。在绝大部分工厂中，相应KPI的影响可能比较小。用于报告总热量消耗和水泥窑用燃料及非窑用燃料产生的直接二氧化碳排放的KPI不受影响。

有关《水泥行业二氧化碳和能源议定书第三版》指南的修订版所做主要改动已列于表A6-1。这一表格包括的信息更加详细地描述了所有增加的内容或修改的内容。

表A6-1：与第二版相比，第三版所做改动

变更 / 项目	指导章节	电子表格
有关第三版议定书的介绍	1.1	
更新了参考文献	1.1, 1.2, 1.3, 1.4	
修改了对组织边界和运营边界的描述，以及排放报告的范围： 纳入了现场发电产生的排放	1.4	
报告现场发电（现场生产电力）产生的二氧化碳	4, 5.2	
统计了混合燃料中生物质部分产生的无气候影响的二氧化碳排放	3.5, 5.2	第50, 83, 96行, 200a-200h
重新定义了二氧化碳净排放量，使其与议定书第一版相符。有关排放余额和排放权的部分未纳入第三版	5.3	第71-77行
将二氧化碳总排放量的定义调整为直接二氧化碳（不含现场发电产生的二氧化碳）	5.1, 5.2, 5.3, 附件6	第59行
删除了排放权部分	5	第64a-65a行
引用了线上手册的网络地址	10	
更新了参考文献	11	
修改了术语	12	
净排放和总排放的定义	12	第59, 59c, 71行

变更 / 项目	指导章节	电子表格
引入了报告原料分解产生的二氧化碳排放的新方法, 可选方法有 a) 简易和详细方法和 b) 基于水泥窑输入或输出 包括详细描述和等式	3.1, 3.2, 3.3, 3.4,	第7n, 34d-39行
作为议定书第二版煅烧表格的延伸, 新增或修改了辅助表格	附件1	计算A1表、计算A2表、计算B2表
修改了统计原料煅烧产生的二氧化碳的方法的描述和等式 根据二氧化碳含量分析, 增加了直接计算CKD二氧化碳排放因子的等式	附件3 附件3	
更新了一些替代燃料的默认排放因子	附件4	燃料的二氧化碳因子表
描述了议定书第三版的主要改动	附件6和7	
在电子表格中纳入了设施的其他普通信息	附件6	第6a, 6b, 7aa行
将原料和燃料干燥所用燃料计为水泥窑用燃料, 而不是之前的非窑用燃料	3.7, 3.8, 附件6	第25, 25a, 40-43, 94-96a, 124-126a, 154-156a行,
有关《水泥行业二氧化碳和能源议定书》第三版中关键性能指标 (KPI) 的概述和与议定书第二版的比较	附件7	--
新的关键性能指标 (KPI), 包括基于水泥生产当量的KPI和新的KPI章节构建	附件7	第59c, 60a, 60b, 63-63b, 75, 82c, 83a, 92a, 96a-96d, 98-98c行
增加了报告不同类型燃料的灵活性, 如现场发电使用的替代燃料, 或采矿卡车使用的生物燃油	3.5, 3.6, 3.7, 3.8	第124-126a, 154-156a, 192a, 192b, 199a, 200a-200h, 301ba, 301d, 302c, 303k-303j, 304i-304h, 311ba-311d, 313k-313j, 314i, 314g, 312c行
外购熟料的默认排放因子	4	第49b行
避免熟料、水泥和MIC内部转移所致重复计算	7.4	工厂表格: 第9, 10b, 10c, 11, 17a, 19, 19a, 19b, 19c行
将工厂级合并入了公司级		公司表格
更新了有关国家电网电力排放因子的指南	4	
增加了报告“内部使用余热”的选择, 如现场发电	5.4	
纳入了验证工具	8.4	表格验证, 控制工厂

附件7 第三版水泥二氧化碳和能源议定书的性能指标（关键性能指标）

议定书第三版中的性能指标（行数、名称、单位、备注和定义）		议定书第三版和第二版的比较	
<p>新增和调整过的性能指标（KPI）及其名称用粗体表示。右边是有关议定书第三版和第二版比较的更多细节。</p>			
直接的二氧化碳绝对排放量			
59	二氧化碳绝对总排放量，包括现场发电产生的二氧化碳	[t CO ₂ /yr]	<p>原料、水泥窑用和非水泥窑用燃料产生的直接总排放量，包括现场发电产生的二氧化碳</p> <p>$= 39 + 43 + 46$</p> <p>KPI名称已调整</p> <p>$= 39 + 43 + 46$</p>
二氧化碳总排放量（= 直接化石二氧化碳，不含现场发电产生的二氧化碳）			
59c	二氧化碳绝对总排放量	[t CO ₂ /yr]	<p>原料、水泥窑用和非窑用燃料产生的直接总排放量，不包括现场发电产生的二氧化碳</p> <p>$= 59 - 45c$</p> <p>新调整的KPI定义</p>
59a	- 煅烧部分	[t CO ₂ /yr]	$= 39$
59b	- 燃料部分	[t CO ₂ /yr]	<p>水泥窑用和非窑用燃料产生的直接排放量，不包括现场发电产生的二氧化碳</p> <p>$= 43 + 44 + 45a + 45b$ $= 43 + 46 - 45c$</p> <p>根据第59c进行调整</p> <p>$= 43 + 46$</p>
		<p>有关二氧化碳绝对量的KPI的新顺序</p> <p>总二氧化碳排放量（不含现场发电产生的二氧化碳）经调整的定义</p>	

生物质二氧化碳排放 (备忘项)				改为绝对值
71	绝对的净二氧化碳排放量	[t CO ₂ /yr]	原料、水泥窑用和非窑用燃料产生的直接总排放量，不包括现场发电产生的二氧化碳，再减去替代化石燃料	根据第59c行修改的定义 = 59 – 65a
生物质二氧化碳排放 (备忘项)				改为绝对值
83a	生物质源产生的二氧化碳绝对排放量 (包括混合燃料的生物质含量)	[t CO ₂ /yr]		新调整的KPI绝对值，计入了混合燃料的生物质含量 KPI 83 = 50 / 21a
议定书第三版中的性能指标 (行数、名称、单位、备注和定义)				
60	生产每吨熟料产生的二氧化碳总排放量	[kg CO ₂ /t clt]	直接总排放量，不计现场发电产生的二氧化碳，除以自己的熟料产量	根据第59c行 = 59 / 8
60a	- 煅烧部分	[kg CO ₂ /t clt]	原料产生的直接排放，除以自己的熟料产量	新KPI
60b	- 燃料部分	[kg CO ₂ /t clt]	水泥窑用和非窑用燃料产生的直接排放，不含现场发电产生的二氧化碳，除以自己的熟料产量	新KPI

73	生产每吨熟料产生的二氧化碳净排放量	[kg CO ₂ /t clt]	原料、水泥窑用和非水泥窑用燃料产生的净排放量，不含现场发电产生的二氧化碳，除以自己的熟料产量	= 71 / 8 * [1000 kg/t]	根据第71行	
新顺序和具体二氧化碳的新KPI						
63	每吨水泥（等同物）产生的二氧化碳总排放量	[kg CO ₂ /t cem eq.]	直接总排放量，不含现场发电产生的二氧化碳，除以总水泥（等同物）	= 59c / 21b * [1000 kg/t]	新KPI	
63a	- 煅烧部分	[kg CO ₂ /t cem eq.]	原料产生的直接排放，除以总水泥（等同物）	= 59a / 21b * [1000 kg/t]	新KPI	
63b	- 燃料部分	[kg CO ₂ /t cem eq.]	水泥窑用和非窑用燃料产生的直接排放，不含现场发电产生的二氧化碳，除以总水泥（等同物）	= 59b / 21b * [1000 kg/t]	新KPI	
75	每吨水泥（等同物）产生的二氧化碳净排放量	[kg CO ₂ /t cem eq.]	原料、水泥窑用和非窑用燃料产生的净排放量，不含现场发电产生的二氧化碳，除以自己的水泥（等同物）产量	= 71 / 21b * [1000 kg/t]	新KPI	

议定书第三版中的性能指标（行数、名称、单位、备注和定义）			议定书第三版和第二版的比较		
62	每吨胶凝产品产生的二氧化碳总排放量	[kg CO ₂ /t cem prod]	直接总排放量，不含现场发电产生的二氧化碳，除以自己的胶凝产品产量（不含外购熟料）	= 59c / 21a * [1000 kg/t]	根据第59c行 = 59 / 21a
62a	— 煨烧部分	[kg CO ₂ /t cem prod]	原料煨烧产生的直接排放量，除以自己的胶凝产品产量	= 59a / 21a * [1000 kg/t]	未变
62b	— 燃料部分	[kg CO ₂ /t cem prod]	水泥窑用和非窑用燃料产生的直接排放，不含现场发电产生的二氧化碳，除以自己的胶凝产品产量	= 59b / 21a * [1000 kg/t]	根据第59b行
74	每吨胶凝产品产生的二氧化碳总排放量	[kg CO ₂ /t cem prod]	原料、水泥窑用和非窑用燃料产生的净排放量，不含现场发电产生的二氧化碳，除以自己的胶凝产品产量	= 71 / 21a * [1000 kg/t]	根据第71行
77	改善率——每吨胶凝产品的净二氧化碳排放量	[相对基准年的百分比]	和基准年（默认为1990年）相比的具体净排放量的减少	= (74年 n - 74年 1990) / 74年 1990 * [100%]	根据第74行

附件 7 第三版水泥行业性能指标（与基准性能相关）和议定书

具体的间接二氧化碳排放量		新增的KPI	
82c	每吨水泥（等同物）所需外购电力产生的间接二氧化碳	[kg CO ₂ /t cem eq.]	新KPI $= 49a / 21b * [1000 \text{ kg/t}]$
82a	每吨胶凝产品所需外购电力产生的间接二氧化碳	[kg CO ₂ /t cem prod]	未变 $= 49a / 21a * [1000 \text{ kg/t}]$
82b	净熟料进口（+）产生的间接二氧化碳/每吨胶凝产品出口（-）产生的间接二氧化碳	[kg CO ₂ /t cem prod]	未变 $= 49c / 21a * [1000 \text{ kg/t}]$
议定书第三版中的性能指标（行数、名称、单位、备注和定义）			
91	熟料净输出量/净熟料消耗量	[%]	未变 $= (10 - 9 - 10b - 10c) / 11$
92a	熟料/水泥（等同物）系数*1	[%]	新KPI $= 11 / 20$
92	熟料/胶凝产品系数*2	[%]	KPI名称已调整 $= 11 / 21$
93	熟料生产的具体消耗热值	[MJ/t cli]	水泥窑用燃料的定义已调整 $= 25 * [10^6 \text{ MJ/T}] / 8$

94	传统化石燃料使用率（水泥窑用燃料）	[%]	传统化石燃料的消耗量除以水泥窑总燃料消耗量	$= 26 / 25$	水泥窑用燃料的定义已调整	
95	替代化石燃料使用率（水泥窑用燃料）	[%]	替代化石燃料的消耗量除以水泥窑总燃料消耗量	$= 27 / 25$	水泥窑用燃料的定义已调整	
96	生物质燃料使用率（水泥窑用燃料）	[%]	生物质燃料的消耗量和混合燃料中生物质部分的消耗量除以水泥窑总燃料消耗量	$= 28 / 25$	水泥窑用燃料的定义已调整，纳入了混合燃料的生物质含量	
96a	水泥窑用燃料综合的二氧化碳排放因子	[kg CO ₂ /GJ]	化石类水泥窑用燃料产生的二氧化碳总排放量除以水泥窑总燃料消耗量；	$= 43 / 25a$	新KPI	
96b	工厂级传统化石燃料总使用率	[%]	整个工厂所用传统化石燃料能源总量除以总燃料能源（%）	$= (26 + 321 + (321c * (1 - 200g)) + 322 + 323k + 324aa) / (25 + 321 + 321c + 322 + 323k + 323g + 323i + 324aa + 324f + 324h)$	新KPI	
96c	工厂级替代化石燃料总使用率	[%]	整个工厂所用替代化石燃料能源总量除以总燃料能源（%）	$= (27 + 323g + 324f) / (25 + 321 + 321c + 322 + 323k + 323g + 323i + 324aa + 324f + 324h)$	新KPI	
96d	工厂级生物质燃料总使用率	[%]	整个工厂所用生物质燃料能源总量除以总燃料能源（%）	$= (28 + (321c * 200g) + 323i + 324h) / (25 + 321 + 321c + 322 + 323k + 323g + 323i + 324aa + 324f + 324h)$	新KPI	

议定书第三版中的性能指标（行数、名称、单位、备注和定义）			议定书第三版和第二版的比较		
97	具体总能耗*3	[kWh/t cem prod]	工厂总能耗除以水泥及其替代物的总产量	$= 33 * [1000 \text{ kWh/MWh}] / 21$	未变
98	熟料生产的具体能耗	[kWh/t clinker]	包括熟料生产所用能源在内的能耗除以熟料生产	$= 33e * [1000 \text{ kWh/MWh}] / 8$	新KPI
98c	水泥生产的具体能耗*3	[kWh/t cem prod]	水泥生产的能耗（包括所耗熟料的能耗）除以水泥及其替代物的产量	$= (98 * 92) + (33 - 33e) * 1000 / 21$	新KPI
98a	国家能源转化系数	[MJ/kWh]	可选参数	输入	新KPI
98b	熟料生产的能源（燃料和电力）总强度	[MJ/t cli]	可选结果	$= 98 * 98a + 93$	新KPI

*1 熟料/水泥（等同物）因子：熟料/水泥（等同物）系数的定义是：熟料总消耗量 /（自耗熟料加上石膏、石灰石、CKD，再加混合所耗熟料替代物，再加外购熟料和所耗熟料）。熟料/水泥（等同物）因子的定义见《议定书指导文件第三版》第6.3节。该因子基于熟料消耗量。因此，分母中不含售出熟料，但包含外购熟料。水泥替代物不在内。计算等式见第5列。

*2 熟料/胶凝产品系数：熟料/胶凝产品系数的定义见《议定书指导文件第三版》第6.3节。该因子基于熟料消耗量。因此，分母中不含售出熟料，但包含外购熟料。水泥替代物不在内。计算等式见第5列。

*3 具体能耗：在这个KPI重，能耗是指和处理胶凝产品相关的能耗。所以，它指的是水泥和替代物产量。分母中不含售出熟料，但包含外购熟料。也可引用第5列中用于计算的等式第21行。注意：引用值不同于定义，在《议定书指导文件第三版》第6.2节中，定义用于报告每吨胶凝产品的具体二氧化碳排放量。

附件8 CSI二氧化碳数据 担保要求

为了确定标准的担保方法，提高给予利益相关方的二氧化碳和其他气候变化KPI报告的透明度、可靠性和准确性，这些KPI必须根据以下要求进行独立担保：

项目	要求
担保水平	担保必须至少是公司级的“有限责任担保”。
担保信用度	担保人必须是公认独立的第三方担保业界人士。
被担保数据的范围	担保必须包括所有协定的CSI二氧化碳和能源议定书KPI。
担保频率	担保必须至少每两年在公司层面执行一次，担保这两年的数据。
覆盖厂址范围	担保人必须决定拜访厂址的数量和地点，以便检查有代表性排放源数据的准确性和质量。
取样计划	在其他体系（如EU ETS，CDM）下被担保的工厂必须做为CSI二氧化碳担保的样本，以便避免重复验证。
担保标准	担保必须根据《CSI二氧化碳和能源议定书》及ISAE 3000、ISO 14064-3或相似标准提供的指导来执行。
重要临界值	只有在一个或多个二氧化碳清单中的KPI的区别/差异度小于5%时，数据才能被视为重要数据。
担保陈述	担保人必须向CSI成员提供一份担保陈述，概述对二氧化碳清单KPI的总结，并清楚地说明是否使用了CSI《二氧化碳和能源议定书指导文件》以及访问过的厂址的熟料，以及对应的二氧化碳排放量百分比。
截止日期	数据必须经验证和报告： <ul style="list-style-type: none"> > 老厂/新厂/收购 – 最多两年 > 新CSI成员 – 最多四年

备注

- 1 WRI / WBCSD 2004，世界可持续发展工商理事会和世界资源研究所。温室气体议定书。企业统计和报告标准。修订版。<http://www.ghgprotocol.org>
- 2 本协议及相关活动应遵守所有适用法律要求，包括竞争法和法规，无论和信息交换相关，还是和其他竞争法要求、指导方针或实践相关。
- 3 绝对排放量按排放的二氧化碳吨数来计算。单位排放量按每单位产品排放多少千克二氧化碳来计算。
- 4 IPCC 2006，由国家温室气体清单计划编制的《IPCC2006年国家温室气体清单指南》，作者为Eggleston H.S.、Buendia L.、Miwa K.、Ngara T.和Tanabe K.（修订版）出版方：日本IGES。<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>
- 5 EU ETS（EC 2007）的监管和报告指导方针（MRG）见下
http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring_monitoring_en.htm
- 6 《全球气候变暖对策推进法》见下
<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/manual/chpt2.pdf>
- 7 《理性使用能源法》见下
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/080801/kinyuyouryou.pdf>
- 8 ISO 14064-1：2006-03。温室气体。第一部分：从组织层面给予认证和报告温室气体排放和消除的指导说明。国际标准化组织，瑞士。
- 9 见IPCC 2006，Vol. III, 2.2.1.1
- 10 假设所有有机碳均会转化为二氧化碳，则 $1.55 \text{ t生料/t熟料} \times 2 \text{ kg C /t生料} \times 3.664 \text{ kg CO}_2/\text{kg C} = 11 \text{ kg CO}_2/\text{t熟料}$ 。后者比较保守，因为一部分有机碳通常会作为VOC或CO释放。每吨生料有2kgTOC含量是根据CSI欧洲和北美的会员国编制的43次测量得出的，并已通过收集和分析全球水泥厂逾百种不同原料的分析进行了核查。
- 11 比较IPCC（2006），Vol. II, Section 1.4.2.1和IPCC（1996），Vol. III, p.1.29，默认的碳氧化因子：煤为98%，油为99%，天然气为99.5%；
- 12 见IPCC（1996），Vol. III, p.1.13
- 13 如果水泥厂使用废水，通常每吨熟料消耗约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%的工厂典型总二氧化碳排放（基于多个CSI成员公司提供数据所得数值）相当。
- 14 IPCC（1996，表I-17）提供水泥窑中约1 g CH₄ /GJ的默认排放因子，与0.01%的每GJ燃料使用的总二氧化碳等量排放相当。假定：水泥厂燃料燃烧中的直接二氧化碳排放为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年里，1 g CH₄ /GJ与21 g CO₂ e/GJ相当。IPCC默

- 认值由CSI工作组编辑的小部分公司数据所定。
- 15 水泥窑中N₂O排放的IPCC默认值现不可用。CSI工作组编辑的一组据说明，水泥窑烟气中的N₂O浓度通常低于10 mg /Nm³。有限的经验表明，如果使用SNCR计算进行NO_x减排，这仍然很重要。这相当于7 kg CO_{2e} /吨熟料，或约为与熟料生产相关的二氧化碳典型排放量的0.8%。
- 16 所有运离水泥窑系统并最终融入类似水泥产品的粉尘量应纳入这一分母，如添入水泥厂的CKD和作为胶黏产品直接销售的CKD。在本议定书电子表格中，此类粉尘量应计入用于混合的矿物成分项下，或是计入用作水泥替代物的矿物成分项下。相反，经填埋的粉尘不得纳入分母中。
- 17 本议定书较早的版本已考虑了这一分母，并将其作为最合适的基础，监管排放性能和计算水泥行业国家基准。
- 18 可能需要，例如，如果设施是根据欧盟IPPC方针定义的。
- 19 合作经营控制的案例并没有明确写入WRI / WBCSD议定书修订版，但可以根据合资财务控制权案例类推
- 20 附件1中一些处于过渡期的经济体已经选择了其他年份作为基准年，而不是1990年。（如保加利亚和罗马尼亚采用的是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年作为碳氟化物、全氟碳氟化物和六氟化硫基准年。
- 21 除了参数的不确定性以外，还有其他可能导致排放量估算不确定性的错误，包括模型的不确定性（即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（如加总不同的温室气体来反映全球变暖的可能性）。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模型本身存在于水泥企业清单中的不确定性。另一方面，解决科学的不确定性完全超出了公司清单的范围，详见WRI / WBCSD议定书修订版第7章。
- 22 甲烷（H₄）、一氧化二氮（N₂O）、六氟化硫（SF₆）和氟化及氢化碳（PFC、HFC）
- 23 位居其次，但数字非常小的因子是所用原料和添加剂中的氧化钙和氧化镁含量。
- 24 资料来源：PCC建议：IPCC 2000, pp. 3.9ff；GNR平均值：水泥可持续性倡议行动。有关二氧化碳和能源信息的全球水泥数据库（<http://www.wbcscement.org>）

关于可持续发展工商理事会 (WBCSD)

WBCSD 是一个由企业首席执行官主导具前瞻远见的机构，致力推动全球商业社会共同打造一个无论是在商业发展、社会结构及环境保育各方面都更具可持续性的未来。透过与会员携手落实领导实践并作有效推广，WBCSD 提供具建设性的解决方案并采取共同行动。凭借与各持分者的稳固关系，把握与工商界的领导力量合作，其能够推动有利于可持续发展的解决方案的讨论和政策变更。

WBCSD提供了一个汇集了200个成员公司的平台，其成员复盖了各个不同行业、来自全球不同地区、代表综合收入超过7 万亿美元。透过这个平台，各成员公司可以分享关于各可持续发展议题的最佳范例，并共同发展可以应改变现状的创新工具。WBCSD 同时受益于由约60个国家和地区工商理事会和合作单位组成的全球网络，其中大多数是在发展中国家。

www.wbcسد.org

水泥可持续发展组织 (CSI) 简介

CSI汇聚了全球24家重要的水泥生产商，复盖超过100个国家。成员单位的业务规模从大型跨国企业至小型的本土水泥生产商不等，全体成员水泥总产量约占全球水泥总产量约30%。各CSI成员在追求理想的业务表现的同时，亦坚决履行对环境和社会的企业责任，故各成员单位均已将持续发展的理念揉合于商务策略和营运操作中。CSI为世界可持续发展工商理事会辖下项目组织。

www.wbcسدcement.org

免责声明

本报告是以世界可持续发展工商理事会 (WBCSD)的名义发表的。报告文件是秘书处和参与水泥可持续发展组织(CSI)成员公司高层共同努力的产物。其内容已经CSI成员审阅，从而确保了该文件能代表大多数成员的意见，但这并不代表所有成员公司都完全认同本报告的所有内容。



世界可持续发展工商理事会

4, chemin de Conches, CH-1231 Conches-Geneva, Switzerland, Tel: +41 (0)22 839 31 00, E-mail: info@wbcSD.org
1500 K Street NW, Suite 850, Washington, DC 20005, US, Tel: +1 202 383 9505, E-mail: washington@wbcSD.org

www.wbcSD.org