

附件 2

# 水泥行业清洁生产评价指标体系

---

中华人民共和国国家发展和改革委员会  
中华人民共和国环境保护部 联合发布  
中华人民共和国工业和信息化部

# 目 次

1 适用范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 评价指标体系 .....	3
5 评价方法 .....	7
6 指标解释及计算方法、数据采集.....	8

# 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国清洁生产促进法》，指导和推动水泥企业依法实施清洁生产，提高资源利用率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，制定水泥行业清洁生产评价指标体系（以下简称“指标体系”）。

本指标体系依据综合评价所得分值将清洁生产等级划分为三级，I级为国际清洁生产领先水平；II级为国内清洁生产先进水平；III级为国内清洁生产基本水平。随着技术的不断进步和发展，本评价指标体系将适时修订。

本指标体系起草单位：中材地质工程勘察研究院有限公司、中国环境科学研究院、中国水泥协会。

本指标体系由国家发展和改革委员会、环境保护部会同工业和信息化部联合发布。

本指标体系由国家发展和改革委员会、环境保护部会同工业和信息化部负责解释。

本指标体系自2014年4月1日起施行。

# 水泥行业清洁生产评价指标体系

## 1 适用范围

本指标体系规定了水泥行业企业清洁生产的要求，主要包括了生产工艺及装备指标、资源能源消耗指标、资源综合利用指标、污染物产生指标、产品特征指标和清洁生产管理指标等六类。

本指标体系适用于通用水泥生产企业，包括水泥（熟料）生产企业、水泥粉磨站的清洁生产审核、清洁生产潜力与机会的判断、清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于水泥行业环境影响评价、环保核查、排污许可证和行业准入等资源能源消耗清洁生产管理需求。

## 2 规范性引用文件

本指标体系内容引用了下列文件中的条款。凡不注明日期的引用文件，其有效版本适用于指标体系。

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB 4915 水泥工业大气污染物排放标准

GB 6566 建筑材料放射性核素限量

GB 13590 钢渣硅酸盐水泥

GB 16780 水泥单位产品能耗消耗限额

GB 50295 水泥工厂设计规范

GB 50634 水泥窑协同处置工业废物设计规范

GB/T 2589 综合能耗计算通则

GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料

GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南

GB/T 24851 建筑材料行业能源计量器具配备和管理要求

GB/T 26281 水泥回转窑热平衡、热效率、综合能耗计算方法

GB/T 26282 水泥回转窑热平衡测定方法

GB/T 27977 水泥生产电能能效测试及计算方法

HJ 434 水泥工业除尘工程技术规范

HJ 617 企业环境报告书编制导则

JC 600 石灰石硅酸盐水泥

《建材工业“十二五”发展规划》 工业和信息化部 2011年11月8日

《水泥行业准入条件》 工业和信息化部公告 工原[2010]第127号

《水泥工业污染防治技术政策》 环境保护部公告 2013年 第31号

国家发展改革委关于修改《产业结构调整指导目录（2011 年本）》有关条款的决定 国家发展和改革委员会令 2013 年 2 月 27 日 第 21 号

《矿山生态环境保护与污染防治技术政策》 原国家环境保护总局 环发[2005]109 号

《水泥企业质量管理规程》 工业和信息化部公告 2010.12.28

《清洁生产审核暂行办法》 国家发展和改革委员会、原国家环境保护总局令 第 16 号

《环境信息公开办法（试行）》 原国家环境保护总局令 第 35 号

《排污口规范化整治技术要求（试行）》 原国家环境保护总局 环监[1996]470 号

### 3 术语和定义

#### 3.1 生产工艺及装备指标

指对产品生产中采用的生产工艺和装备的种类、自动化水平、生产规模等方面的指标。

#### 3.2 资源能源消耗指标

指在正常的工况条件下，生产单位产品所需的新鲜水量、能耗和物耗，以及水、能源和物料利用的效率、重复利用率等反映资源能源利用效率的指标。

#### 3.3 资源综合利用指标

指生产过程中所产生废物可回收利用特征及回收利用情况的指标。

#### 3.4 污染物产生指标（末端处理前）

指单位产品的生产（或加工）过程中，产生污染物的量（末端处理前）。

#### 3.5 产品特征指标

指影响污染物种类和数量的产品性能、种类和包装，以及反映产品贮存、运输、使用和废弃后可能造成的环境影响等指标。

#### 3.6 清洁生产管理指标

指对企业所制定和实施的各类清洁生产管理相关规章、制度和措施的要求，包括执行环保法规情况、企业生产过程管理、环境管理、清洁生产审核、相关环境管理等方面。

#### 3.7 水泥窑

水泥熟料煅烧设备，通常为水泥回转窑。

#### 3.8 水泥窑余热利用系统

引入水泥窑废气，利用废气余热进行物料干燥、发电等，并对余热利用后的废气进行净化处理的系统。

#### 3.9 自动化控制系统

使用计算机及网络化通讯技术，对水泥生产过程进行操作控制与数据采集的管理系统，主要包括集散型分布式（DCS）控制系统、程序逻辑控制器（PLC）控制系统、生料质量控制系统、

生产信息管理系统和大气污染物连续在线监测系统。

### 3.10 可比熟料综合煤耗

熟料综合标准煤耗按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5 等级及海拔高度统一修正后所得的标准煤耗。(替代燃料消耗不计入可比熟料综合煤耗)

### 3.11 可比熟料综合电耗

熟料综合电耗按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5 等级及海拔高度统一修正后所得的综合电耗。(处理替代燃料的电耗不计入可比熟料综合电耗)

### 3.12 可比熟料综合能耗

在统计期内生产每吨熟料消耗的各种能源按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5 等级及海拔高度统一修正后并折算成标准煤所得的综合能耗。

### 3.13 可比水泥综合电耗

水泥综合电耗按水泥 28d 抗压强度等级修正到出厂为 42.5 等级及海拔高度混合材掺量统一修正后所得的综合电耗。

### 3.14 可比水泥综合能耗

在统计期内生产每吨水泥消耗的各种能源按熟料 28d 抗压强度等级修正到 52.5 等级、海拔高度、水泥 28d 抗压强度等级修正到出厂为 42.5 级及统一修正后并折算成标准煤所得的综合能耗。

### 3.15 单位熟料新鲜水用量

生产每吨水泥熟料所消耗的新鲜水量(不包括主体工程重复使用的和循环利用的水量、余热发电及辅助生产设施用水量)。

### 3.16 单位产品污染物产生量

以生产设备为单元,生产每吨产品所产生的污染物的量。本指标体系主要是废气污染物(SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、氟化物)的产生指标。单位产品产量按污染物监测时段的设备或系统实际小时产出量计算,如水泥窑、熟料冷却机以熟料产出量计算,生料制备系统以生料产出量计算。

## 4 评价指标体系

### 4.1 指标选取说明

根据清洁生产的原则要求和指标的可度量性,进行本评价指标体系的指标选取。根据评价指标的性质,分为定量指标和定性指标两类。

定量指标选取了具有代表性、能反映“节能”、“降耗”、“减污”和“增效”等有关清洁生产最终目标的指标,综合考评企业实施清洁生产的状况和企业清洁生产水平。定性指标根据国家有关推行清洁生产的产业发展和技术进步政策、资源环境保护政策规定以及行业发展规划等选取,用于考核企业执行相关法律法规和标准政策情况。

#### 4.2 指标基准值及其说明

各指标的评价基准值是衡量该项指标是否符合清洁生产基本要求的评价基准。

在定量评价指标中，各指标的评价基准值是衡量该项指标是否符合清洁生产基本要求的评价基准。本评价指标体系确定各定量评价指标的评价基准值的依据是：凡国家或行业在有关政策、规划等文件中对该项指标已有明确要求的就执行国家要求的数值；凡国家或行业对该项指标尚无明确要求的，则选用国内重点水泥企业近年来清洁生产所实际达到的中上等以上水平的指标值。

在定性评价指标体系中，衡量该项指标是否贯彻执行国家有关政策、法规的情况，按“是”或“否”两种选择来评定。

#### 4.3 指标体系

水泥企业清洁生产评价指标体系的各评价指标、评价基准值和权重值见表 1。

表 1 水泥企业清洁生产评价指标项目、权重及基准值

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	单位	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值			
1	生产工艺及装备指标	0.3	石灰石开采、破碎	开采工艺	—	0.15	采用自上而下分水平开采方式；中深孔微差爆破技术；采用自带或移动式空压机的穿孔设备或液压穿孔机、液压挖掘掘机、轮式或履带式装载机。				
2				破碎	—	0.05	单段破碎系统		二段破碎系统		
3			水泥生产	工艺		—	0.08	新型干法工艺			
4				规模	单线水泥熟料生产	t/d	0.15	≥4000	2000~4000	≥1500	
					水泥粉磨站 <sup>a</sup>	万t/a		≥100	≥60	≥30	
5				*装备	生料粉磨系统	—	0.08	立式磨或辊压机终粉磨系统	磨机直径≥4.6m圈流球磨机	磨机直径≥3.0m	
6					煤粉制备系统	—	0.08	立式磨或风扫磨			
7					水泥粉磨系统（含粉磨站 <sup>a</sup> ）	—	0.08	磨机直径≥4.2m 辊压机与球磨机组合的粉磨系统或立式磨	磨机直径≥3.8m，辊压机与球磨机组合的粉磨系统或带高效选粉机的圈流球磨机	磨机直径≥3m，圈流球磨机或高细磨	
8				生产过程控制水平 <sup>a</sup>	—	0.05	采用现场总线或 DCS 或 PLC 控制系统、生料质量控制系统、生产管理信息分析系统。				
9				水泥散装能力 <sup>a</sup>	%	0.05	≥70		≥50		
10				*环保设施	气体收集系统和净化处理装置 <sup>a</sup>	—	0.06	按 HJ 434 和 GB 4915，对产生大气污染物的生产工艺和装置必须设立局部或整体气体收集系统和净化处理装置，达标排放。			
11					无组织排放控制 <sup>a</sup>	—	0.05	物料处理、输送、装卸、储存等逸散粉尘的设备和作业场所均应采取控制措施，采用密闭、覆盖、减少物料落差或负压操作等措施，防止粉尘逸出，或负压收集含尘气体净化处理后排放。通过合理工艺布置、厂内密闭输送、路面硬化、清扫洒水等措施减少道路交通扬尘，确保无组织排放限值符合 GB4915 要求。			
12					脱硝设施	—	0.04	采用适宜的脱硝设施，确保氮氧化物达标排放。			
13					自动监控设备	—	0.04	水泥窑及窑磨一体机 排气筒安装烟气颗粒物、二氧化硫和氮氧化物自动监控设备，冷却机排气筒安装烟气颗粒物自动监控设备，并经环境保护部门检查合格、正常运行。			
14					噪声防治措施 <sup>a</sup>	—	0.02	鼓励采用低噪声设备，并对设备或生产车间采取隔声、吸声、消声、隔振等措施，降低噪声排放。宜通过合理的生产布局、建（构）筑物阻隔、绿化等方法减少对外界噪声敏感目标的影响。			
15	焚烧固体废弃物控制	—	0.02	利用水泥生产设施处置固体废弃物，应根据废物性质，按照 GB50634 和水泥窑协同处置危险废物相关环境保护技术规范等要求，采取相关措施，并做好污染物监测工作，防范环境风险。							
16	资源能	0.2	*单位熟料新鲜水用量	t/t	0.15	≤0.3	≤0.5	≤0.75			
17			*可比熟料综合煤耗（折标煤）	kgce/t	0.17	≤103	≤108	≤112			

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	单位	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值	
18	源消耗指标		*可比熟料综合能耗 (折标煤)	kgce/t	0.17	≤110	≤115	≤120	
19			*水泥(熟料)生产企业可比水泥综合能耗 (折标煤) <sup>b</sup>	kgce/t	0.17	≤88	≤93	≤98	
20			*水泥粉磨站可比水泥综合能耗 (折标煤) <sup>a</sup>	kgce/t		≤7	≤7.5	≤8	
21			*可比熟料综合电耗	kW·h/t	0.17	≤56	≤60	≤64	
22			*可比水泥综合电耗	水泥(熟料)生产企业	kW·h/t	0.17	≤85	≤88	≤90
				水泥粉磨站 <sup>a</sup>	kW·h/t		≤32	≤36	≤40
23	资源综合利用指标	0.1	生料配料中使用工业废弃物	%	0.1	≥10	≥5	≥2	
24			使用可燃废弃物燃料替代率	%	0.13	≥10	≥5	<5	
25			低品位煤利用率	%	0.02	≥30	≥20	<20	
26			*循环水利用率 <sup>a</sup>	%	0.15	≥95	≥90	≥85	
27			*窑系统废气余热利用率	%	0.15	≥70	≥50	≥30	
28			窑灰、除尘器收下的粉尘回收利用率 <sup>a</sup>	%	0.1	100			
29			矿山资源综合利用率	%	0.15	≥90	≥50	<50	
30			废污水处理及回用率 <sup>a</sup>	%	0.1	设污水处理站, 处理达标后 100%回用。	设污水处理站, 处理后部分达标排放。		
31			水泥混合材使用固体废物 <sup>a</sup>	—	0.1	符合相应产品标准要求。			
32			污染物产生指标	0.2	*二氧化硫产生量	kg/t	0.3	≤0.15	≤0.3
33	*氮氧化物(以 NO <sub>2</sub> 计)产生量	kg/t			0.5	≤1.8	≤2.4		
34	*氟化物(以总氟计)产生量	kg/t			0.2	≤0.006	≤0.008	≤0.01	
35	产品特征指标	0.1	*产品合格率 <sup>a</sup>	%	0.5	水泥、熟料产品质量应符合 GB175、GB 13590、GB/T 21372、JC600 和《水泥企业质量管理规程》的有关要求, 产品出厂合格率达到 100%。			
36			产品环保质量	—	0.3	协同处置固体废物生产的水泥产品中污染物含量应满足水泥窑协同处置固体废物相关污染控制标准要求。			
37			*放射性	—	0.2	天然放射性比活度的内、外照射指数应满足 GB6566 标准要求。			
38	清洁生产	0.1	法律法规 <sup>a</sup>	*环境法律法规标准执行情况	—	0.15	符合国家和地方有关环境法律、法规, 污染物排放应达到国家或地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求。		
39				*环评制度、“三同时”制度执行情况	—	0.15	建设项目环评、“三同时”制度执行率达到 100%。		

序号	一级指标	一级指标权重	二级指标	单位	二级指标权重	I级基准值	II级基准值	III级基准值	
40	管理指标		*产业政策执行情况 <sup>a</sup>	—	0.15	符合国家和地方相关产业政策,不使用国家和地方明令淘汰或禁止的落后工艺和装备。			
41			清洁生产审核制度的执行情况 <sup>a</sup>	—	0.10	按照《清洁生产促进法》和《清洁生产审核暂行办法》要求开展了审核。			
42			生产过程控制	清洁生产部门设置和人员配备 <sup>a</sup>	—	0.03	设有清洁生产管理部门和配备专职管理人员。		
43				岗位培训 <sup>a</sup>	—	0.02	所有岗位进行定期培训。		
44				清洁生产管理制度 <sup>a</sup>	%	0.02	建立完善的管理制度并严格执行。		
45				环保设施稳定运转率 <sup>a</sup>	%	0.07	净化处理装置与对应的生产设备同步运转率 100%, 确保颗粒物等大气污染物达标排放。		
46				原料、燃料消耗及质检 <sup>a</sup>	—	0.04	建立原料、燃料质检制度和原料、燃料消耗定额管理制度, 安装计量装置或仪表, 对能耗、物料消耗及水耗进行严格定量考核。		
47				节能管理 <sup>a</sup>	—	0.05	实施低温余热发电、高压变频、能源管理中心建设等; 配备专职管理人员; 设置三级能源计量系统。		
48				排污口规范化管理 <sup>a</sup>	—	0.05	排污口设置符合《排污口规范化整治技术要求(试行)》相关要求。		
49				生态修复	—	0.07	具有完整的生态修复计划, 生态修复管理纳入日常生产管理。在开采形成最终边坡后, 破坏土地生态修复达到 85%以上。	具有完整的生态修复计划, 生态修复管理纳入日常生产管理。在开采形成最终边坡后, 破坏土地生态修复达到 75%以上。	
50				环境应急预案有效	—	0.06	编制系统的环境应急预案并定期开展环境应急演练。		
51				环境信息公开 <sup>a</sup>	—	0.02	按照《环境信息公开办法(试行)》第十九条要求公开环境信息。		
52			—		0.02	按照《企业环境报告书编制导则》(HJ 617) 编写企业环境报告书。			

注: 1、水泥(熟料)生产企业不涉及的指标项以满分计;  
2、水泥粉磨站仅对标注 a 的指标项进行评分;  
3、标注 b 的指标项: 如果水泥中熟料占比超过或低于 75%, 每增减 1%, 可比水泥综合能耗按照 GB16780《水泥单位产品能耗消耗限额》进行增减, 限定值增减 1.2kg/t、准入值 1.15 kg/t、先进值 1.0 kg/t;  
4、标注\*的指标项为限定性指标;  
5、水泥窑协同处置固体废物的企业, 在上述评分的基础上加 3 分, 再进行清洁生产水平评价。

## 5 评价方法

### 5.1 隶属函数建立

不同清洁生产指标由于量纲不同, 不能直接比较, 需要建立原始指标的隶属函数。记  $Y_{g_k}(x_{ij})$  为指标  $x_{ij}$  对于级别  $g_k$  的隶属函数,  $g_k = \{I级, II级, III级\}$ ,  $k=1,2,3$ 。若指标  $x_{ij}$  属于级别  $g_k$ , 则隶属函数的值为 100, 否则为 0, 如公式 (5-1) 所示。

$$Y_{g_k}(x_{ij}) = \begin{cases} 100, & x_{ij} \in g_k \\ 0, & x_{ij} \notin g_k \end{cases} \quad (5-1)$$

注: 当某指标满足高级别的基准值要求时, 该指标也同时满足低级别的基准值要求。

## 5.2 指标权重

一级指标的权重集  $w = \{w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_m\}$ ,

二级指标的权重集  $\omega_i = \{\omega_{i1}, \omega_{i2}, \dots, \omega_{ij}, \dots, \omega_{in_i}\}$ 。

其中,  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ ,  $\sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} = 1$ 。也就是一级指标的权重之和为 1, 每个一级指标下的二级指标权重之和为 1。

## 5.3 综合评价指数计算

### 5.3.1 水泥（熟料）生产企业

通过加权平均、逐层收敛得到评价对象在不同级别  $g_k$  的得分  $Y_{g_k}$ , 如公式(5-2)为:

$$Y_{g_k} = \sum_{i=1}^m (w_i \sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} Y_{g_k}(x_{ij})) \quad (5-2)$$

### 5.3.2 水泥粉磨站企业

对其涉及的指标项加权平均、逐层收敛得到评价对象在不同级别  $g_k$  的得分  $Y_{g_k}$ , 如公式(5-3)为:

$$Y_{g_k} = \frac{100}{L} \cdot \sum_{i=1}^m (w_i \sum_{j=1}^{n_i} \omega_{ij} Y_{g_k}(x_{ij})) \quad (5-3)$$

L: 为水泥粉磨站企业涉及的指标项（表 1 中标注 a 的指标项）均按 100 分计, 依据公式 5-2 计算所得分数。

## 5.4 水泥行业清洁生产企业的评定

本体系采用限定性指标评价和指标分级加权评价相结合的方法。在限定性指标达到Ⅲ级水平的基础上, 采用指标分级加权评价方法, 计算行业清洁生产综合评价指数。根据综合评价指数, 确定清洁生产水平等级。

对水泥企业清洁生产水平的评价, 是以其清洁生产综合评价指数为依据的, 对达到一定综合评价指数的企业, 分别评定为清洁生产领先企业、清洁生产先进企业或清洁生产一般企业。

根据目前我国水泥行业的实际情况, 不同等级的清洁生产企业的综合评价指数列于表 2。

表 2 水泥行业不同等级清洁生产企业综合评价指数

企业清洁生产水平	清洁生产综合评价指数
一级	$Y_{g1} \geq 85$ , 限定性指标全部满足 I 级基准值要求
二级	$Y_{g2} \geq 85$ , 限定性指标全部满足 II 级基准值要求及以上
三级	$Y_{g3} = 100$

注: 水泥窑协同处置固体废物的企业三级清洁生产综合评价指数为  $Y_{g3}=103$ 。

## 6 指标解释及计算方法、数据采集

### 6.1 指标解释及计算方法

#### 6.1.1 可比熟料综合煤耗

##### 6.1.1.1 熟料综合煤耗按公式(6-1)计算:

$$e_{cl} = \frac{P_C Q_{net,ar}}{Q_{BM} P_{CL}} \dots\dots\dots (6-1)$$

式中:

$e_{cl}$ ——熟料综合煤耗, 单位为千克标准煤每吨(kgce/t);

$P_C$ ——统计期内用于烘干原燃材料和烧成熟料的入窑与入分解炉的实物煤总量, 单位为千克(kg);

$Q_{net,ar}$ ——统计期内实物煤的加权平均低位发热量, 单位为千焦每千克(kJ/kg);

$Q_{BM}$ ——每千克标准煤发热量, 见 GB/T 2589, 单位为千焦每千克(kJ/kg);

$P_{CL}$ ——统计期内的熟料总产量, 单位为吨(t);

燃料发热量: 固体燃料发热量按 GB/T 213 的规定测定, 液体燃料发热量按 GB/T 384 的规定测定; 企业无法直接测定燃料发热量时, 按 GB/T26282 的规定计算。

##### 6.1.1.1.2 余热发电折算标准煤量按公式(6-2)计算:

$$e_{he} = \frac{0.1229 \times (q_{he} - q_0)}{P_{CL}} \dots\dots\dots (6-2)$$

式中:

$e_{he}$ ——统计期内余热发电折算的单位熟料标准煤量, 单位为千克标准煤每吨(kgce/t),

0.1229——每千瓦时电力折合的标准煤量, 单位为千克标准煤每千瓦时(kgce/kWh);

$q_{he}$ ——统计期内余热电站总发电量, 单位为千瓦时(kWh);

$q_0$ ——统计期内余热电站自用电量, 单位为千瓦时(kWh)。

##### 6.1.1.1.3 余热利用热量折算标准煤量按公式(6-3)计算:

$$e_{hu} = \frac{H_{HI} - (H_{HE} + H_{HD})}{Q_{BM} P_{CL}} \dots\dots\dots (6-3)$$

式中:

$e_{hu}$ ——统计期内余热利用的热量折算的单位熟料标准煤量, 单位为千克标准煤每吨(kgce/t)。

$H_{HI}$ ——统计期内余热利用进口总热量, 单位为千焦(kJ);

$H_{HE}$ ——统计期内余热利用出口热量, 单位为千焦(kJ);

$H_{HD}$ ——统计期内余热利用系统的散热损失总量, 单位为千焦(kJ)。

##### 6.1.1.1.4 熟料强度等级修正系数按公式(6-4)计算:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{52.5}{A}} \dots\dots\dots(6-4)$$

式中:

- α —— 熟料强度等级修正系数;
- A —— 统计期内熟料平均 28d 抗压强度, 单位为兆帕(MPa);
- 52.5 —— 统计期内熟料平均抗压强度修正到 52.5 MPa。

6.1.1.5 水泥企业所在地海拔高度超过 1000m 时进行海拔修正, 海拔修正系数按公式(6-5)计算:

$$K = \sqrt{\frac{P_H}{P_0}} \dots\dots\dots(6-5)$$

式中:

- K —— 海拔修正系数;
- P<sub>0</sub> —— 海平面环境大气压, 101325 帕(Pa);
- P<sub>H</sub> —— 当地环境大气压, 单位为帕(Pa)。

6.1.1.6 可比熟料综合煤耗按公式(6-6)计算:

$$e_{kcl} = \alpha K(e_{cl} - e_{he} - e_{hu} - e_{fc}) \dots\dots\dots (6-6)$$

式中:

- e<sub>kcl</sub> —— 可比熟料综合煤耗, 单位为千克标准煤每吨(kgce/t);
- e<sub>fc</sub> —— 处理废弃物消耗的燃料折算到每吨熟料的标准煤耗, 单位为千克标准煤每吨(kgce/t), 如果没有处理废弃物, 按 0 考虑。

6.1.2 可比熟料综合电耗

可比熟料综合电耗按公式(6-7)计算:

$$Q_{KCL} = \alpha K Q_{CL} \dots\dots\dots (6-7)$$

式中:

- Q<sub>KCL</sub> —— 可比熟料综合电耗, 单位为千瓦时每吨(kwh/t);
- Q<sub>CL</sub> —— 统计期内熟料综合电耗, 单位为千瓦时每吨(kWh/t)。

6.1.3 可比熟料综合能耗

可比熟料综合能耗按公式(6-8)计算:

$$E_{CL} = e_{kcl} + 0.1229 \times Q_{KCL} \dots\dots\dots (6-8)$$

式中:

- E<sub>CL</sub> —— 可比熟料综合能耗, 单位为千克标准煤每吨(kgce/t)。

6.1.4 可比水泥综合电耗

6.1.4.1 水泥综合电耗按公式(6-9)计算:

$$Q_S = \frac{q_{fm} + Q_{CL}P_{cl} + q_m P_m + q_g P_g + q_{fc}}{P_C} \dots (6-9)$$

式中:

$Q_S$ ——水泥综合电耗, 单位为千瓦时每吨(kwh/t);

$q_{fm}$ ——统计期内水泥粉磨及包装过程耗电量, 单位为千瓦时(kwh);

$p_{cl}$ ——统计期内熟料消耗量, 单位为吨(t);

$q_m$ ——统计期内每吨混合材预处理平均耗电量, 单位为千瓦时每吨(kwh/t)

$p_m$ ——统计期内混合材消耗量, 单位为吨(t);

$q_g$ ——统计期内每吨石膏平均耗电量, 单位为千瓦时每吨(kwh/t);

$p_g$ ——统计期内石膏消耗量, 单位为吨(t);

$q_{fc}$ ——统计期内应分摊的辅助用电量, 单位为千瓦时(kwh);

$P_C$ ——统计期内水泥总产量, 单位为吨(t)。

当企业全部采用外购熟料生产水泥时, 式中的  $Q_{CL}$  按零计算; 当企业外购部分熟料生产水泥时, 式中外购熟料的  $Q_{CL}$  按 65kWh/t 统一计算。

当企业部分熟料外卖时, 在计算水泥综合电耗时, 式中的  $p_{cl}$  不包括外卖的熟料量。

6.1.4.2 水泥强度等级修正系数按公式(6-10)计算:

$$d = \sqrt[4]{\frac{42.5}{B}} \dots \dots \dots (6-10)$$

式中:

$d$ ——水泥强度等级修正系数;

$B$ ——统计期内水泥加权平均强度, 单位为兆帕(MPa)

42.5——统计期内水泥平均强度修正到 42.5MPa。

6.1.4.3 可比水泥综合电耗按公式(6-11)计算:

$$Q_{KS} = dKQ_S \dots \dots \dots (6-11)$$

式中:

$Q_{KS}$ ——可比水泥综合电耗, 单位为千瓦时每吨(kWh/t)。

6.1.5 可比水泥综合能耗

可比水泥综合能耗按公式(6-12)计算:

$$E_{KS} = e_{kcl} \times g + e_h + 0.1229 \times Q_{KS} \dots \dots (6-12)$$

式中:

$E_{KS}$ ——可比水泥综合能耗, 单位为千克每吨(kg/t);

$g$ ——统计期内水泥企业水泥中熟料平均配比, %;

$e_h$ ——统计期内烘干水泥混合材所消耗燃料折算的单位水泥标准煤量, 单位为千克每吨

(kg/t)。

当企业全部采用外购熟料生产水泥时，式中外购熟料的  $e_{kcl}$  按零计算。

当企业外购部分熟料生产水泥时，式中  $e_{kcl}$  可采用本企业可比熟料综合电耗数据。

6.1.6 统计期内企业生产两种以上不同强度等级的水泥时，应根据不同强度等级的可比水泥综合电耗和水泥产量采用加权平均的方法计算可比水泥综合电耗和可比水泥综合能耗。

6.1.7 企业有多条生产线时，按生产线分别计算能耗，公用部分的电耗按产能分摊到各条生产线。

#### 6.1.8 新鲜水用水量

水泥生产装置每加工 1t 水泥熟料所消耗的新鲜水量及机器冷却用新鲜水量（含自来水、地下水、地表水，不包括主体工程重复使用的和循环利用的水量、余热发电及辅助生产设施用水量）。

#### 6.1.9 低品位煤利用率

采用低质煤（发热量  $Q_{net,ar} \leq 21.00 \text{MJ/kg}$ ，硫分  $S_{t,d} \geq 2.00\%$ ）在全厂煤炭燃料消耗中所占的比例，用百分数表示。

#### 6.1.10 水泥散装率

水泥散装率按公式（6-13）计算：

$$k = \frac{G_s}{G} \times 100\% \dots\dots\dots (6-13)$$

式中：

k —— 水泥散装率，%；

$G_s$  —— 散装水泥出厂量，万 t；

G —— 全厂全年水泥出厂量，万 t。

#### 6.1.11 窑系统废气余热利用率

当前水泥生产企业的窑系统废气余热利用，主要考虑立磨的物料烘干、余热发电与供暖等，可以通过计算水泥烧成系统的废气被利用的热量与废气热焓之比来求出余热利用率，若用  $m_{yr}$  表示余热利用率，按公式（6-14）进行计算：

$$m_{yr} = \frac{Q_{YJ} - Q_{YC} - Q_{YS}}{29300G_{YR}} \times 100\% \dots\dots\dots (6-14)$$

式中：

$Q_{YJ}$  —— 统计期内余热利用进口总热量，kJ；

$Q_{YC}$  —— 统计期内余热利用出口总热量，kJ；

$Q_{YS}$  —— 统计期内余热利用系统的散热损失总量，kJ；

$G_{YR}$  —— 统计期内窑系统熟料烧成的标准煤耗，kg。

#### 6.1.12 循环水利用率

循环水利用率，按公式（6-12）计算：

$$\eta = \frac{W_1}{W} \times 100\% \dots\dots\dots (6-12)$$

式中：

$\eta$ ——循环水利用率，%；

$W_1$ ——循环冷却水的循环利用量，t；

$W$ ——外补新鲜水量和循环水利用量之和（不包括余热发电用水蒸发量），t。

#### 6.1.13 固体废物替代率

固体废物作为生料配料或作为水泥混合材的比例，用百分数表示。

#### 6.1.14 可燃废物的燃料替代率

考核期内回转窑煅烧水泥熟料时，所利用的可燃废物热量占烧成热耗的比例，用百分数表示。

#### 6.1.15 环保设施稳定运转率

指环保设施年运转时间与对应的生产工艺设备的年运转时间之比，按公式（6-15）计算：

$$\tau = \frac{t}{T} \times 100\% \dots\dots\dots (6-15)$$

式中：

$\tau$ ——环保设施稳定运转率，%；

$t$ ——环保设施年运转时间，h；

$T$ ——生产工艺设备的年运转时间，h。

### 6.2 数据的采集方法

#### 6.2.1 统计

企业的原材料和新鲜水的消耗量、重复用水量、产品产量、能耗及各种资源的综合利用量等，以年报或考核周期报表为准。

#### 6.2.2 实测

如果统计数据严重短缺，资源综合利用特征指标也可以在考核周期内用实测方法取得，考核周期一般不少于一个月。

#### 6.2.3 采样和监测

本指标污染物产生指标的采样和监测按照相关技术规范执行，并采用国家或行业标准监测分析方法。