

## 欧委会执行决定

2013年3月26日

### 根据《欧洲议会和欧盟理事会第 2010/75/EU 号工业排放指令》确立水泥、石灰和氧化镁生产最佳可行技术 (BAT) 结论

(根据 C (2013) 1728 号文件通知)

(本文件的规定适用于欧洲经济区)

(2013/163/EU)

欧盟委员会，

考虑到《欧洲联盟运行条约》，

考虑到《欧洲议会与欧盟理事会 2010 年 11 月 24 日第 2010/75/EU 号工业排放（综合污染预防和控制）指令》<sup>1</sup>，尤其是其中第 13（5）条，

鉴于：

- (1) 《第 2010/75/EU 号指令》中第 13（1）条要求欧委会组织安排与成员国、相关产业以及促进环保的非政府组织就工业排放进行信息交换，以便于起草该指令中第 3（11）条中定义的最佳可行技术（BAT）的参考文件。
- (2) 根据《第 2010/75/EU 号指令》第 13（2）条，信息交换应重点涉及设施和技术在排放方面的性能（在合适的情况下，以短期和长期平均值表示），涵盖相关参考条件、原材料消耗和性质、水耗、能源使用和所产生废物、所用技术、相关监测、跨介质的影响、经济和技术可行性及其发展，以及在考虑到该指令第 13（2）条（a）和（b）项中提及的问题后所确定的最佳可行技术和新兴技术。
- (3) 《第 2010/75/EU 号指令》第 3（12）条所定义的‘最佳可行技术结论’是最佳可行技术参考文件的关键要素，它制定了最佳可行技术结论及其描述、评估其适用性的信息、最佳可行技术相关排放水平、相关监测、相关消耗水平及将酌情采取的相关现场补救措施。
- (4) 根据《第 2010/75/EU 号指令》第 14（3）条，最佳可行技术结论应在为该指令第二章所涵盖设施制定许可条件时作为参考。
- (5) 《第 2010/75/EU 号指令》的第 15（3）条要求主管部门设定的排放限值应确保在正常运行条件下，排放量不超过在《第 2010/75/EU 号指令》第 13（5）条所指涉及最佳可行技术结论的决定中规定的与最佳可行技术相关的排放水平。

---

<sup>1</sup> 《欧盟官方公报》 L 334, 17.12.2010, 第 17 页。

- (6) 《第 2010/75/EU 号指令》第 15 (4) 条规定，只有在因相关设施的地理位置、所在地环境条件或技术特征造成实现最佳可行技术相关排放水平的相关成本大大超过环境收益时，方可克减第 15 (3) 条中的要求。
- (7) 《第 2010/75/EU 号指令》第 16 (1) 条规定，该指令第 14 (1) 条 (c) 项所指许可中的监测要求应基于最佳可行技术结论中所述的监测结论。
- (8) 根据《第 2010/75/EU 号指令》第 21 (3) 条，在涉及最佳可行技术结论的决定发布后 4 年内，主管部门应重新考虑并在必要时更新所有许可条件，并确保设施满足这些许可条件。
- (9) 《欧委会 2011 年 5 月 16 日决定》依照《第 2010/75/EU 号工业排放指令》第 13 条规定<sup>2</sup>，设立了一个工业排放信息交流论坛，该论坛由成员国、相关产业以及促进环保非政府组织的代表组成。
- (10) 依照《第 2010/75/EU 号指令》第 13 (4) 条规定，欧委会于 2012 年 9 月 13 日就水泥、石灰和氧化镁生产最佳可行技术参考文件提案内容征求并公布了该论坛的意见<sup>3</sup>。
- (11) 本决定中规定措施符合按《第 2010/75/EU 号指令》第 75 (1) 条成立的委员会的意见，

通过本决定：

#### 第 1 条

水泥、石灰和氧化镁生产最佳可行技术结论见本决定附件。

#### 第 2 条

本决定适用于各成员国。

2013 年 3 月 26 日订于布鲁塞尔

代表欧委会  
亚内兹·波托奇尼克 (Janez POTOČNIK)  
欧委会成员

---

<sup>2</sup> 《欧盟官方公报》C 146, 17.5.2011, 第 3 页。

<sup>3</sup> [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ied/library?l=/ied\\_art\\_13\\_forum/opinions\\_article](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ied/library?l=/ied_art_13_forum/opinions_article)

# 附件

## 水泥、石灰和氧化镁生产最佳可行技术结论

<b>适用范围</b> .....	<b>5</b>
<b>信息交换说明</b> .....	<b>6</b>
<b>定义</b> .....	<b>6</b>
<b>总体说明</b> .....	<b>8</b>
<b>最佳可行技术结论</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 最佳可行技术一般性结论</b> .....	<b>9</b>
1.1.1 环境管理体系(EMS) .....	10
1.1.2 噪声 .....	11
<b>1.2 水泥工业最佳可行技术结论</b> .....	<b>13</b>
1.2.1 普遍主要技术 .....	13
1.2.2 监测 .....	13
1.2.3 能源消耗和工序选择 .....	14
1.2.4 废物使用 .....	17
1.2.5 粉尘排放 .....	18
1.2.6 气体化合物 .....	21
1.2.7 多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃 (PCDD/F) 排放 .....	26
1.2.8 金属排放 .....	27
1.2.9 工艺损失/浪费 .....	28
<b>1.3 石灰工业最佳可行技术结论</b> .....	<b>29</b>
1.3.1 普遍主要技术 .....	29
1.3.2 监测 .....	29
1.3.3 能源消耗 .....	30
1.3.4 石灰石消耗 .....	32
1.3.5 燃料选择 .....	32
1.3.6 粉尘排放 .....	34
1.3.7 气体化合物 .....	37
1.3.8 多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃 (PCDD/F) 排放 .....	43
1.3.9 金属排放 .....	44
1.3.10 工艺损失/浪费 .....	44
<b>1.4 氧化镁工业的最佳现行技术结论</b> .....	<b>46</b>
1.4.1 监测 .....	46
1.4.2 能源消耗 .....	46
1.4.3 粉尘排放 .....	47
1.4.4 气体化合物 .....	49
1.4.5 工艺损失/浪费 .....	53
1.4.6 将废物用作燃料及 / 或原材料 .....	53
<b>技术描述</b> .....	<b>55</b>
<b>1.5 水泥工业技术描述</b> .....	<b>55</b>
1.5.1 粉尘排放 .....	55
1.5.2 NO <sub>x</sub> 排放 .....	56
1.5.3 SO <sub>x</sub> 排放 .....	58
<b>1.6 石灰工业技术描述</b> .....	<b>59</b>
1.6.1 粉尘排放 .....	59
1.6.2 NO <sub>x</sub> 排放 .....	59

1.6.3	SO <sub>x</sub> 排放 .....	60
<b>1.7</b>	<b>氧化镁工业技术描述 (干法工艺流程) .....</b>	<b>61</b>
1.7.1	粉尘排放 .....	61
1.7.2	SO <sub>x</sub> 排放 .....	61

## 适用范围

本最佳可行技术结论涉及《第 2010/75/EU 号指令》附件 I 第 3.1 节中所列的以下工业活动：

3.1.水泥、石灰和氧化镁生产，其中涉及：

- (a) 在日生产能力超过 500 吨的回转窑或日生产能力超过 50 吨的其他窑炉中的水泥熟料生产；
- (b) 在日生产能力超过 50 吨的窑炉中的石灰生产；
- (c) 在日生产能力超过 50 吨的窑炉中的氧化镁生产。

关于上文第 3.1(c)点，这些最佳可行技术结论只涉及使用干法工艺流程生产的 MgO，基于开采的天然菱镁矿（碳酸镁-MgCO<sub>3</sub>）。

在上述活动中，本最佳可行技术结论尤其涵盖以下方面：

- 水泥、石灰和氧化镁生产（干法工艺流程）；
- 原材料 - 储存和制备；
- 燃料 - 储存和制备；
- 将废物用作原材料及/或燃料 - 质量要求、管理和制备；
- 产品 - 储存和制备；
- 包装和调度。

本最佳可行技术结论不涉及以下情形：

- 以氯化镁作为起始材料的湿法工艺流程生产氧化镁，由《关于大容量无机化工品 - 固体及其他工业的最佳可行技术的参考文档》(LVIC-S) 所涵盖；
- 生产超低碳白云石（即由白云石几乎完全脱碳产生的钙和镁氧化物的混合物（CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>）。产品的残留 CO<sub>2</sub> 含量低于 0.25%，体积密度远远低于 3.05g/cm<sup>3</sup>）；
- 用于生产水泥熟料的竖窑；
- 与主要生产无直接关系的活动，如采石。

与本最佳可行技术结论所涉活动有关的其它参考文件如下：

参考文件	操作
储存阶段的排放（EFS）	原材料和产品的储存和搬运
监测通用原则（MON）	排放监测

废物处理工业 (WT)	废物处理
能源效率 (ENE)	一般能效
经济和跨介质影响 (ECM)	技术的经济因素和跨介质影响

本最佳可行技术结论中列出和描述的技术既非强制规定也非详尽无遗。可使用任何其它能实现同等或更高环保水平的技术。

如果本最佳可行技术结论涉及废物焚烧产能装置，这不影响《第 2010/75/EU 号指令》第四章和附件六的规定。

本最佳可行技术结论涉及能源效率时，不影响新的《第 2012/27/EU 号能源效率指令》的规定。

## 信息交换说明

水泥、石灰和氧化镁行业的最佳可行技术信息交流于 2008 年结束。该信息交流中获得的信息，以及有关氧化镁生产排放的补充信息，皆是制定本最佳可行技术结论的依据。

## 定义

以下定义适用于本最佳可行技术结论：

所用术语	定义
新装置	在本最佳可行技术结论发布之后于设施中首次使用的装置或是现有设施中全套装置的替换
现有装置	非新装置的装置
重大升级	对装置/窑炉进行升级，涉及窑炉要求或技术的重大变化，或窑炉的更换
“将废物料用作燃料及/或原材料”	该术语涵盖以下物品的用途： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 具有显著热值的废燃料，以及</li> <li>• 没有显著热值的废物料，但含矿物成分并被作为原料使用，从而形成中间产品熟料，以及</li> <li>• 具有显著热值和矿物成分的废物料</li> </ul>

## 特定产品的定义

所用术语	定义
白色水泥	属于以下 PRODCOM 2007 代码的水泥：26.51.12.10 - 白色波特兰水泥
特种水泥	属于以下 PRODCOM 2007 代码的特种水泥： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 26.51.12.50 - 高铝水泥</li> <li>• 26.51.12.90 - 其他水凝水泥</li> </ul>
白云石或锻烧白云石	由白云石 (CaCO <sub>3</sub> .MgCO <sub>3</sub> ) 脱碳产生的氧化钙和氧化镁的混合物，产品残留的 CO <sub>2</sub> 含量超过 0.25%，商用产品的体积密度大大低于 3.05g/cm <sup>3</sup> 。游离 MgO 含量通常介于 25% 到 40% 之间
烧结白云石	氧化钙和氧化镁的混合物，仅用于生产耐火砖和其他耐火产品，其最小体积密度为 3.05 g/cm <sup>3</sup>

## 特定空气污染物的定义

所用术语	定义
NO <sub>x</sub> 以 NO <sub>2</sub> 表示	氧化氮 (NO) 和二氧化氮 (NO <sub>2</sub> ) 以 NO <sub>2</sub> 表示
SO <sub>x</sub> 以 SO <sub>2</sub> 表示	二氧化硫 (SO <sub>2</sub> ) 和三氧化硫 (SO <sub>3</sub> ) 以 SO <sub>2</sub> 表示
氯化氢以 HCl 表示	所有气态氯化物以 HCl 表示
氟化氢以 HF 表示	所有气态氟化物以 HF 表示

## 缩略语

ASK	环形竖窑
DBM	僵烧镁
I-TEQ	国际毒性当量
LRK	长回转窑
MFSK	混合进料竖窑

OK	其他窑炉 对于石灰工业，这包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 双斜面竖窑</li> <li>• 多室竖窑</li> <li>• 中央燃烧器竖窑</li> <li>• 外室竖窑</li> <li>• 梁式燃烧器竖窑</li> <li>• 内拱竖窑</li> <li>• 移动炉排窑</li> <li>• ‘陀螺形’窑</li> <li>• 闪速锻烧窑</li> <li>• 转床窑</li> </ul>
OSK	除 ASK 和 MFSK 之外的其他竖窑
PCDD	多氯二苯二恶英
PCDF	多氯二苯并呋喃
PFRK	平行流再生窑
PRK	带预热器的回转窑

## 总体说明

### 排放至空气中污染的平均周期和参考条件

本最佳可行技术结论中规定的最佳可行技术 (BAT-AELs) 相关排放水平指下列标准条件：干燥气体，温度为 273K，压力为 1013hPa。

浓度值适用于以下参考条件：

	操作	参考条件
窑炉操作	水泥工业	10% 氧气体积
	石灰工业 <sup>(1)</sup>	11% 氧气体积
	氧化镁工业（干法工艺流程） <sup>(2)</sup>	10% 氧气体积
非窑炉操作	所有工艺流程	无氧气修正
	石灰熟化装置	散发时 (对氧气和干气无修正)



- (1) 对于“双通工艺”产生的烧结白云石，氧气修正不适用。
- (2) 对于“双通工艺”产生的僵烧镁（DBM），氧气修正不适用。

以下定义适用于平均周期：

日平均值	24 小时内平均值，测量单位为持续监测排放
采样周期平均值	除非另有说明，否则每项（定期）点测量平均值至少为 30 分钟

## 转换为参考氧浓度

计算参考氧气水平排放浓度的公式如下所示：

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * E_M$$

其中

- $E_R$  (mg/Nm<sup>3</sup>) : 参考氧气水平  $O_R$  相关排放浓度
- $O_R$  (vol%) : 参考氧气水平
- $E_M$  (mg/Nm<sup>3</sup>) : 测出氧气水平  $O_M$  相关排放浓度
- $O_M$  (vol%) : 测量到氧气水平

## 最佳可行技术结论

### 1.1 最佳可行技术一般性结论

本节所述最佳可行技术适用于本最佳可行技术结论所涵盖的所有装置（水泥、石灰和氧化镁工业）。

除本节中最佳可行技术一般性结论适用外，第 1.2 至 1.4 节中包含的特定工艺流程最佳可行技术也适用。

### 1.1.1 环境管理体系(EMS)

1. 为了提高水泥、石灰和氧化镁生产装置/设施的总体环境绩效，生产中的最佳可行技术将实施并遵守包含以下所有要素的环境管理体系（EMS）：
  - i. 管理层（包括高级管理层）承诺；
  - ii. 管理层制定持续改善设施环境绩效等环境政策；
  - iii. 规划并设立必要程序、目标和指标，并将其与财务计划和投资相结合；
  - iv. 实施程序，并特别注意以下事项：
    - (a) 结构与责任；
    - (b) 培训、宣传和能力的培养；
    - (c) 沟通；
    - (d) 员工参与；
    - (e) 文件资料归档；
    - (f) 高效的工艺流程控制；
    - (g) 维护程序；
    - (h) 应急准备和应对；
    - (i) 确保遵守环境法规。
  - v. 核查绩效并采取纠正措施，应特别注意以下方面：
    - (a) 监测和测量（另见《一般性监测原则参考文件》）；
    - (b) 纠正和预防措施；
    - (c) 保存更新记录；
    - (d) 在可行的情况下，进行独立的内部和外部审计，以确定环境管理体系（EMS）是否符合规划要求并且妥善得到实施与维护。
  - vi. 高级管理层对环境管理体系及其持续适用性、充足性和有效性进行审查；
  - vii. 关注清洁技术的发展；
  - viii. 在新装置的设计阶段及其整个运行寿命期间，考虑该设施最终停用时对环境的影响；

- ix. 定期实施行业标杆管理。

## 适用性

环境管理体系（EMS）的范围（如：详细程度）和性质（如：标准化或非标准化）通常会与设施的性质、规模和复杂性及其可能产生的环境影响有关。

### 1.1.2 噪声

2. 为了降低水泥、石灰和氧化镁生产工艺中的噪声排放，最佳可行技术应使用以下技术组合：

	技术
a	选择适当场所进行噪声作业
b	封闭噪声作业/装置
c	使用作业/装置振动绝缘
d	使用抗冲击材料制成的内衬和外衬
e	使用隔音建筑遮蔽材料转换设备的噪声作业
f	使用隔音墙及/或天然隔音屏障
g	使用出口消音器排空烟道
h	为隔音建筑的风道和终端鼓风机加防护套
i	关闭覆盖区域门窗
j	使用机器厂房隔音装置
k	使用隔离墙板，例如在传送带输送机入口安装一个槽
l	在排气口安装吸声器，例如除尘装置的清洁气体出口
m	降低风道中的流速
n	使用风道隔音
o	分离式布局压缩机和风道等噪声源和潜在共振部件
p	过滤器风扇使用消音器
q	为压缩机等技术设备使用隔音块儿
r	在工厂中使用橡胶护罩，以避免金属互相接触

s	在受保护地带及嘈杂地带之间建造建筑物或种植乔木和灌木
---	----------------------------

## 1.2 水泥工业最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于水泥工业所有设施。

### 1.2.1 普遍主要技术

3. 为了减少窑炉排放并有效利用能源，最佳可行技术应达到平稳的窑炉工艺，在接近工艺参数设定点的位置使用以下技术：

	技术
a	工艺控制优化，包括计算机自动控制
b	使用现代的重力式固体燃料供给系统

4. 为了防止及/或减少排放，最佳可行技术应对进入窑炉的所有物质进行认真选择和控制在。

#### 描述

仔细选择和控制在进入窑炉的物质可减少排放，选择时应考虑这些物质的化学成分以及它们进入窑炉的方式。有害物质可包括最佳可行技术 11 和最佳可行技术 24 至 28 中提到的物质。

### 1.2.2 监测

5. 最佳可行技术应定期监测并测量工艺参数及排放情况，并根据相关 EN 标准监测排放，如果没有 EN 标准，则根据 ISO 或确实能提供具有同等科学质量数据的国家或其他国际标准，包括：

	技术	适用性
a	连续测量工艺参数，以显示工艺流程的稳定性，如温度，O <sub>2</sub> 含量，压力及流速	普遍适用
b	监测和稳定关键工艺参数，即均质原材料混合和燃料供给、常规剂量和过量氧气	普遍适用
c	应用选择性非催化还原时，连续测量 NH <sub>3</sub> 排放	普遍适用

d	连续测量粉尘，NO <sub>x</sub> 、SO <sub>x</sub> 和CO的排放	适用于窑炉工艺
e	定期测量多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃和金属排放	
f	连续或定期测量HCl，HF和TOC排放	
g	连续或定期测量粉尘	适用于非窑炉操作  除冷却和主铣削工艺之外的多尘操作产生的小源 (<10 000 Nm <sup>3</sup> /h)，应根据维护管理体系来制定测量或性能核查的频率

### 描述

最佳可行技术 5(f) 中所述连续还是定期测量的选择依据是排放源和预期的污染物类型。

## 1.2.3 能源消耗和工序选择

### 1.2.3.1 工序选择

6. 为了减少能耗，最佳可行技术应使用多级预热和预煅烧的干法窑。

### 描述

在该类型的窑炉中，原料进入窑炉之前，可用废气和从冷却器回收的废热对其进行预热和预煅烧，从而显著减少能源消耗。

### 适用性

适用于新装置和重大升级，但需遵循原材料含水量。

### 最佳可行技术相关能耗水平

见表 1。

**表 1：使用具有多级预热和预煅烧的干法窑的新装置和重大升级最佳可行技术相关能源消耗水平**

工艺流程	单位	最佳可行技术相关能耗水平 <sup>(1)</sup>
------	----	-----------------------------

多级预热和预煅烧的干燥工艺	MJ/tonne 熟料	2900 - 3300 <sup>(2)(3)</sup>
<p>(1) 不适用于生产特种水泥或白色水泥熟料的装置，因为这些水泥或白色水泥熟料的产品规格需要更高的工艺温度。</p> <p>(2) 正常及优化的作业条件，不包括启动和关闭。</p> <p>(3) 生产能力对能源需求有影响，生产能力越高越节省能源，生产能力越小越需要更多的能源。能耗还取决于气旋预热器的级数，气旋预热器级数越多，窑炉工艺的能耗越低。气旋预热器的级数适当与否主要取决于原材料的水分含量。</p>		

### 1.2.3.2 能源消耗

#### 7. 为了降低热能消耗，最佳可行技术应使用以下技术的组合：

	技术	适用性
a	<p>通过使用以下方法来使用改进和优化的窑炉系统以及平稳的窑炉工艺，在接近工艺参数设定点的位置运行：</p> <p>I. 优化工艺控制，包括计算机自动控制系统</p> <p>II. 现代，重力式固体燃料供给系统</p> <p>III. 根据现有的窑炉系统配置，尽可能预热和预煅烧</p>	普遍适用于现有窑炉，预热和预煅烧的适用性取决于窑炉系统的配置
b	从窑炉中回收余热，特别是从其冷却区，尤其是，来自冷却区的窑炉余热（热空气）或来自预热器的窑炉余热皆可用于干燥原材料	<p>普遍适用于水泥工业</p> <p>当使用格栅冷却器时，可回收冷却区的余热</p> <p>旋转式冷却器的回收效率有限</p>
c	使用与所用原材料和燃料的特性相关的适当气旋级数	旋风预热器级数适用于新装置和重大升级
d	使用在特性上对热能消耗有益的燃料	该技术普遍适用于水泥窑，取决于燃料供应情况，也适用于现有窑炉，取决于将燃料注入窑炉的技术可能性
e	在用废燃料取代传统燃料时，使用优化和适当的水泥窑系统焚烧废物	普遍适用于所有类型的水泥窑
f	尽量减少旁流	普遍适用于水泥工业

## 描述

影响现代窑炉系统的能耗有几个因素，如原材料特性（如含水量，燃烧能力），不同性能燃料的使用以及气体旁路系统的使用。此外，窑炉的生产能力会影响能源需求。

技术 7c: 适当的预热气旋级数由原材料和燃料的吞吐量和含水量决定，必须用剩余废气热进行干燥，因为各地原材料的含水量及可燃性差异很大。

技术 7d: 传统燃料和废燃料可用于水泥工业。所用燃料的特性，如足够的热值和低含水量，有益于窑炉的特定能源消耗。

技术 7f: 去除热原料和热气体，会导致每去除窑炉入口气体一个百分点，特定能耗增加约 6 - 12 MJ/tonne 熟料，因此，尽量减少使用气体旁路有益于能源消耗。

- 8. 为了减少初级能源消耗，最佳可行技术应考虑减少水泥和水泥产品的熟料含量。**

## 描述

根据相关的水泥标准，在研磨过程中，可通过添加填料及/或添加物（如高炉渣，石灰石，飞灰和火山灰）来减少水泥和水泥产品的熟料含量。

## 适用性

普遍适用于水泥工业，但须视（当地）填料及/或添加物的供应情况以及当地市场的具体情况而定。

- 9. 为了减少初级能源消耗，最佳可行技术应考虑联产/热电联产装置。**

## 描述

使用热电联产装置生产蒸汽和电力，或者，热电联产装置可以通过使用传统蒸汽循环工艺或其他技术从熟料冷却器或窑炉废气中回收废热。此外，可从熟料冷却器或窑炉废气中回收余热，用于当地取暖或工业生产。

## 适用性

该技术适用于所有水泥窑，前提是必须有足够的余热，并符合适当的工艺参数，且确保经济可行性。

- 10. 为了尽量降低电能消耗，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：**



	技术
a	使用电力管理体系
b	使用研磨设备和其他高效电力设备
c	使用改进的监测系统
d	减少系统中的空气泄漏
e	优化工艺控制

## 1.2.4 废物使用

### 1.2.4.1 废物质量管理

11. 为了保持水泥窑中废燃料及/或原材料的特性并减少排放，最佳可行技术应采用以下技术：

	技术
a	采用质量保证体系来确保废物特性，并分析任何用作水泥窑炉原材料及/或燃料的废物，以达到： <ul style="list-style-type: none"> <li>I. 稳定的质量</li> <li>II. 物理标准，例如排放构造、粗糙度、反应性、可燃性、热值</li> <li>III. 化学标准，如氯、硫、碱和磷酸盐含量以及相关的金属含量</li> </ul>
b	控制水泥窑中用作原材料及/或燃料的任何废物的相关参数数量，如氯、相关金属（如镉、汞、铈）、硫、卤素总量
c	对每一个废物负载使用质量保证体系

### 描述

不同类型的废料可以取代水泥生产中的初级原材料及/或化石燃料，并有助于节约自然资源。

### 1.2.4.2 废物进入窑炉

12. 为了确保适当处理窑炉中用作燃料及/或原材料的废物，最佳可行技术应使用以下技术：

	技术
a	根据不同的窑炉设计和窑炉作业，根据不同的温度及滞留时间点将废物输入窑炉
b	输入含有机成分的废料，进入煅烧区前挥发至足够高的窑炉温度范围
c	以这样的方式作业，是为了能均匀可控地将废物焚烧产生的气体温度提升到 850° C 达 2 秒钟，即使在最不利的条件下亦如此
d	如果以氯表示的含卤化有机物质含量超过 1% 的危险废物被协同焚烧，则将温度提高到 1100° C
e	持续不断地输入废物
f	如上文 a 至 d 所述，如不能达到适当温度和滞留时间，则于启动及/或关闭时延迟或停止协同焚烧废物

#### 1.2.4.3 使用危险废料时的安全管理

13. 最佳可行技术应对危险废料的储存、搬运和输入实行安全管理，例如对搬运的废物贴标签、检查、取样和测试时，应根据废物的来源和类型采用风险化方法。

### 1.2.5 粉尘排放

#### 1.2.5.1 散尘排放

14. 为了最大限度地减少/防止多尘操作产生的散尘排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术	适用性
a	设施宜采用简单的线性布局	仅适用于新装置
b	密围/密封多尘作业，如研磨、筛选和混合	普遍适用
c	如果散尘排放来自多尘材料，则覆盖以封闭系统建造的输送机和电梯	
d	减少空气泄漏和泄漏点	
e	使用自动设备和控制系统	
f	确保无故障操作	

g	<p>使用移动式 and 固定式真空清洁，以确保正确彻底地维护设施。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>维护作业期间，或输送系统出现故障时，可能会发生材料溢出为防止在拆卸中产生散尘，应在真空系统中作业。新建筑物可以很容易配备固定真空清洁系统，而现有建筑物通常更适合安装移动系统和灵活连接</li> <li>在特定情况下，气动输送系统最好采用循环工艺</li> </ul>	
h	<p>对织物过滤器进行通风并收集粉尘：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>所有物料搬运都应尽可能在保持负压的封闭系统中进行。然后，用于此目的的抽吸空气被排入大气之前，被织物过滤器除尘</li> </ul>	
i	<p>使用带自动搬运系统的封闭式存储：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>熟料仓和封闭的全自动原材料储存区是解决大容量库存所产生的散尘最有效的方法。这些类型的存储设备配有一个或多个织物过滤器，可防止装卸作业中产生散尘</li> <li>使用容量充足的存储仓、带断路器开关和过滤器的层级指示器，以处理在加注作业中产生的带尘空气</li> </ul>	
j	<p>在调度和装载中使用操作加注管，并配有用于装载水泥的除尘系统，并朝向卡车的装载地板</p>	

**15. 为了最大限度地减少/防止散装储存区产生的散尘排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：**

	技术
a	覆盖散装储存区或库存，或将其以隔断或砌墙进行封闭，亦可以垂直绿化带组成的围栏进行封闭，即用于露天桩防风的人工或自然风障
b	<p>使用开放式桩防风：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>应避免室外堆积多尘材料，如果存在多尘材料，可使用设计合理的风障减少散尘</li> </ul>
c	<p>使用喷水和化学除尘器：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一旦散尘的点源位置被准确定位，可安装水喷洒系统。加湿粉尘颗粒有助于聚集粉尘，从而有助于粉尘沉淀。此外，还有多种可提高喷水总效率的溶液</li> </ul>
d	<p>确保道路铺砌和湿润，并进行内务管理：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>卡车使用的区域应尽量铺砌，应尽量保持表面清洁。道路湿润可减少散尘排放，尤其是在干燥的天气。亦可用道路清扫器清洁这些区域。可用良好的内务管理实践将粉尘排放降至最低</li> </ul>
e	<p>确保库存加湿：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>充分加湿装卸点，并使用可调节高度的输送带，可减少库存中的散尘排放</li> </ul>
f	如无法避免在存储站的装卸点排放散尘，应尽量自动匹配卸货高度与货物堆的不同高度，或通过降低卸货速度进行匹配

### 1.2.5.2 多尘作业管道粉尘排放

本节涉及除窑炉燃烧、冷却和主铣削工艺之外多尘作业所产生的粉尘排放，包括粉碎原材料等工艺、原材料输送机和升降机、原材料、熟料和水泥的储存和燃料的储存和水泥的调度。

16. 为了减少管道粉尘排放，最佳可行技术应采用维护管理系统，旨在提高除窑炉燃烧、冷却和主铣削工艺之外的多尘作业所用过滤器的性能。有了这一管理系统，最佳可行技术应使用带过滤器的干法废气清洁。

#### 描述

对于多尘作业，进行废气清洁的干法过滤器通常为织物过滤器。有关织物过滤器的描述见第 1.5.1 节。

#### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

除窑炉燃烧、冷却和主铣削工艺之外，来自多尘作业的管道粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为  $<10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，为采样周期平均值（点测量至少半小时）。

应当指出，对于小源 ( $<10\ 000\text{Nm}^3/\text{h}$ )，必须优先考虑基于维护管理体系的办法，即检查过滤器性能的频率 (另见最佳可行技术 5)。

### 1.2.5.3 窑炉燃烧工艺粉尘排放

17. 为了减少窑炉燃烧工艺中的废气产生的粉尘排放，最佳可行技术应使用带过滤器的干法废气清洁。

	技术 <sup>(1)</sup>	适用性
a	静电除尘器 (ESP)	适用于所有窑炉系统
b	织物过滤器	
c	混合过滤器	

<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.5.1 节。

#### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

窑炉燃烧工艺中废气产生的粉尘排放的 BAT-AEL 日平均值为  $<10 - 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。使用织物过滤器、新的或升级的静电除尘器将达到较低的水平。

#### 1.2.5.4 冷却和铣削工艺产生的粉尘排放

18. 为了减少冷却和铣削工艺中的废气产生的粉尘排放，最佳可行技术应使用带过滤器的干法废气清洁。

	技术 <sup>(1)</sup>	适用性
a	静电除尘器 (ESPs)	普遍适用于熟料冷却器和水泥厂
b	织物过滤器	普遍适用于熟料冷却器和工厂
c	混合过滤器	适用于熟料冷却器和水泥厂
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.5.1 节。		

#### 最佳可行技术 (BAT) 相关排放水平

冷却和铣削工艺的废气粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为  $<10 - 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，为日平均值或采样周期平均值（点测量至少半小时）。使用织物过滤器、新的或升级的静电除尘器将达到较低的水平。

### 1.2.6 气体化合物

#### 1.2.6.1 NO<sub>x</sub> 排放

19. 为了减少窑炉燃烧及/或预热/预煅烧工艺废气中的 NO<sub>x</sub> 排放量，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术 <sup>(1)</sup>	适用性
a	主要技术	
	I. 火焰冷却	适用于水泥生产所用的所有窑炉类型。适用程度可能受产品质量要求及对工艺稳定性潜在影响的限制
	II. 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	适用于主窑和预煅烧炉中的所有回转窑
	III. 中窑燃烧	普遍适用于长回转窑
	IV. 添加矿物质以提高生料（矿化熟料）可燃性	普遍适用于受最终产品质量限制的回转窑
	V. 优化工艺流程	普遍适用于所有窑炉

b	分级燃烧（传统燃料或废燃料），也可与预分解器及优化的燃料混合物结合使用	一般情况下，仅用于带预分解器的窑炉，没有预分解器的气旋预热器系统需对装置进行重大改造  在没有预分解器的窑炉中，块燃料的燃烧可能会对 NO <sub>x</sub> 的还原产生积极影响，这取决于产生受控还原大气及控制 CO 排放的能力
c	选择性非催化还原(SNCR)	原则上适用于回转水泥窑，注浆区因窑工艺类型而异，长湿和长干工艺窑可能难以获得所需的适当温度和保留时间。另见最佳可行技术 20
d	选择性催化还原(SCR)	适用性取决于水泥工业的适当催化剂和工艺流程发展
(1) 有关技术描述见第 1.5.2 节。		

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 2。

**表 2：水泥工业窑炉燃烧及/或预热/预分解工艺中废气中的 NO<sub>x</sub> 最佳可行技术相关排放水平**

窑炉类型	单位	最佳可行技术 BAT-AEL (日平均值)
预热器窑	mg/Nm <sup>3</sup>	<200 - 450 <sup>(1)(2)</sup>
立波尔和长回转窑	mg/Nm <sup>3</sup>	400 - 800 <sup>(3)</sup>
<p>(1) 最佳可行技术 BAT-AEL 范围上限为 500mg/Nm<sup>3</sup>，如果主要技术之后的初始 NO<sub>x</sub> 水平大于 1000mg/Nm<sup>3</sup>。</p> <p>(2) 现有的窑炉系统设计，燃料混合特性，包括废物和原材料的可燃性（如特种水泥或白色水泥熟料），都可能影响达到该范围的能力。使用选择性非催化还原时，在条件良好的窑炉中可达到低于 350mg/Nm<sup>3</sup> 的水平。据报告，2008 年，三个使用选择性非催化还原并使用易燃烧混合物的工厂月平均值为 200mg/Nm<sup>3</sup>。</p> <p>(3) 取决于初始水平和 NH<sub>3</sub> 泄漏。</p>		

### 20. 使用选择性非催化还原（SNCR）时，最佳可行技术应使用以下技术高效还原 NO<sub>x</sub>，同时尽可能降低氨泄漏：

技术	
a	使用适当而足够的 NO <sub>x</sub> 还原效率以及稳定的作业流程
b	使用良好的氨化学计量分布，以实现最高效率的 NO <sub>x</sub> 还原并降低 NH <sub>3</sub> 泄漏

c	考虑到 NO <sub>x</sub> 的还原效率和 NH <sub>3</sub> 泄漏之间的相关性，尽可能降低废气中未反应的氨造成的 NH <sub>3</sub> 的泄漏排放
---	--

### 适用性

选择性非催化还原普遍适用于回转水泥窑。注浆区因窑工艺类型而异，长湿和长干工艺窑可能难以获得所需的适当温度和保留时间。另见最佳可行技术 19。

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 3。

**表 3：使用选择性非催化还原时废气中 NH<sub>3</sub> 泄漏最佳可行技术相关排放水平**

参数	单位	最佳可行技术 BAT-AEL (日平均值)
NH <sub>3</sub> 泄漏	mg/Nm <sup>3</sup>	<30 - 50 <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> 氨泄漏取决于初始 NO <sub>x</sub> 水平和 NO <sub>x</sub> 还原效率，对于立波尔和长回转窑，该水平可能更高。		

### 1.2.6.2 SO<sub>x</sub> 排放

21. 为了尽量减少窑炉燃烧及/或预热/预煅烧工艺废气中的 SO<sub>x</sub> 排放量，最佳可行技术应使用以下一种技术：

	技术 <sup>(1)</sup>	适用性
a	添加吸收剂	添加吸收剂原则上适用于所有窑炉系统，尽管它主要用于悬浮预热器。添加到窑炉进料中的石灰会降低颗粒/结节的质量，并导致立波尔窑中产生流动问题。对于预热器窑，已发现直接在废气中喷射熟石灰不如在窑炉进料中添加熟石灰高效
b	湿法洗涤器	适用于所有类型的水泥窑，只要制造石膏时达到适当或足够的 SO <sub>2</sub> 水平
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.5.3 节。		

### 描述

根据原材料和燃料质量，SO<sub>x</sub> 的排放水平可以保持在较低水平，而无需使用减排技术。

如有必要，可使用吸收剂或湿法洗涤器等主要技术及/或减排技术来减少 SO<sub>x</sub> 排放。

湿法洗涤器已在装置中使用，初始未减排 SO<sub>x</sub> 水平高于 800 - 1000mg/Nm<sup>3</sup>。

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 4。

**表 4：水泥工业窑炉燃烧及/或预热/预分解工艺中废气中的 SO<sub>x</sub> 最佳可行技术相关排放水平**

参数	单位	最佳可行技术 BAT-AEL <sup>(1)(2)</sup> (日平均值)
SO <sub>x</sub> 以 SO <sub>2</sub> 表示	mg/Nm <sup>3</sup>	<50 - 400

<sup>(1)</sup> 该范围考虑到原材料中的硫含量。  
<sup>(2)</sup> 对于白色水泥和特种水泥熟料生产，熟料保留燃料硫的能力可能会显著降低，从而导致 SO<sub>x</sub> 排放量增加。

## 22. 为了减少窑炉中的 SO<sub>2</sub> 排放，最佳可行技术应优化生料铣削工艺。

### 描述

该技术包括优化生料铣削工艺，这样，生料铣削器的运行可为窑炉减排 SO<sub>2</sub>。这可以通过调整以下因素来实现：

- 原材料水分；
- 铣削器温度；
- 在铣削器内的保留时间；
- 材料研磨后的精细度；

### 适用性

适用于在复合模式下使用干磨工艺。

### 1.2.6.3 CO 排放和 CO 跳闸

#### 1.2.6.3.1 减少 CO 跳闸



23. 为了最大限度地减少 CO 跳闸频率并将其总持续时间保持在每年 30 分钟以下，在使用静电除尘器（ESPs）或混合过滤器时，最佳现有技术应使用以下技术的组合：

	技术
a	管理 CO 跳闸，以减少静电除尘器 ESP 停机时间
b	通过监控设备对 CO 进行连续自动测量，反应时间短，靠近 CO 源

### 描述

由于存在爆炸风险，出于安全考虑，废气中的 CO 浓度升高时，必须关闭静电除尘器。以下技术可防止 CO 跳闸，从而缩短静电除尘器停机时间：

- 控制燃烧工艺；
- 控制原材料的有机负荷；
- 控制燃料和燃料供给系统的质量。

中断主要发生在启动作业阶段。为确保安全作业，用于保护静电除尘器的气体分析仪必须在所有作业阶段联机，并可使用边作业边维护的备用监控系统来减少静电除尘器的停机时间。

CO 连续监测系统需优化反应时间，并应靠近 CO 源，例如，可置于预热器塔出口，使用湿法窑时置于窑炉入口。

使用混合过滤器时，宜将袋支架与电池板接地。

#### 1.2.6.4 总有机碳 (TOC) 排放

24. 为保持窑炉燃烧工艺废气中的总有机碳排放，最佳可行技术应避免通过进料通道将挥发性有机化合物 (VOC) 含量高的原料送入窑炉系统。

#### 1.2.6.5 氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF) 排放

25. 为了防止/减少窑炉燃烧工艺流程废气里 HCl 的排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种主要技术：

	技术
a	使用含氯量低的原材料和燃料
b	限制任何用作水泥窑原材料及/或燃料的废物里的氯含量

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

HCl 排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为  $<10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，为日平均值或采样周期平均值（点测量至少半小时）。

26. 为了防止/减少窑炉燃烧工艺流程废气里 HF 的排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种主要技术：

	技术
a	使用含氟量低的原材料和燃料
b	限制任何用作水泥窑原材料及/或燃料的废物的氟含量

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

HF 排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为  $<1\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，为日平均值或采样周期平均值（点测量至少半小时）。

### 1.2.7 多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃（PCDD/F）排放

27. 为了防止多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃的排放，或为了降低窑炉燃烧工艺流程中废气里多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃的排放水平，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术	适用性
a	谨慎选择和控制在窑炉进料（原材料），即氯、铜和挥发性有机化合物	普遍适用
b	谨慎选择和控制在窑炉进料（燃料），即氯和铜	普遍适用
c	限制/避免使用含有氯化有机材料的废物	普遍适用
d	避免在二级燃烧中输入卤素含量高的燃料（如氯）	普遍适用
e	将窑炉废气快速冷却至 $200^{\circ}\text{C}$ 以下，并最大限度地缩短废气和氧气在温度范围为 $300$ 至 $450^{\circ}\text{C}$ 区域内的滞留时间	适用于无预热的湿法长窑和干法长窑，现代预热器和预分解窑本身已有这一特征

f	停止在启动及/或关闭等作业中对废物进行协同焚烧	普遍适用
---	-------------------------	------

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

窑炉燃烧工艺流程中废气里多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为 <0.05 - 0.1ng 多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃 I-TEQ/Nm<sup>3</sup>，为采取样周期平均值（6-8 小时）。

### 1.2.8 金属排放

28. 为了最大限度地减少窑炉燃烧工艺中废气的金属排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术
a	选择相关金属含量低的材料，并限制材料中相关金属的含量，特别是汞
b	使用质量保证体系保证所使用废料的特性
c	使用最佳可行技术 17 中规定的有效除尘技术

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 5。

表 5：最佳可行技术相关窑炉燃烧工艺流程废气中金属排放水平

金属	单位	最佳可行技术 BAT-AEL (采样周期平均值 (点测量， 至少半小时))
Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	<0.05 <sup>(2)</sup>
∑ (Cd, Tl)	mg/Nm <sup>3</sup>	<0.05 <sup>(1)</sup>
∑ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm <sup>3</sup>	<0.5 <sup>(1)</sup>
<p><sup>(1)</sup> 原料和燃料质量报告水平较低。</p> <p><sup>(2)</sup> 原料和燃料质量报告水平较低。必须对高于 0.03 mg/Nm<sup>3</sup> 的值进行研究，接近 0.05 mg/Nm<sup>3</sup> 的数值需要考虑其他技术（例如降低废气温度，活性碳）。</p>		

### 1.2.9 工艺损失/浪费

29. 为了减少水泥制造过程中产生的固体废物并节约原材料，最佳可行技术应：

	技术	适用性
a	在可行的情况下，在工艺流程中重复使用收集到的粉尘	普遍适用，但受粉尘化学成分影响
b	尽可能在其他商业产品中使用这些粉尘	在其他商业产品中使用粉尘与否不完全由作业者决定

#### 描述

在可行的情况下，收集到的粉尘可在生产工艺中回收利用。粉尘可直接回收进入窑炉或窑炉进料（碱金属含量为限制因素），或与成品水泥产品混合后进入。当收集到的粉尘被回收利用到生产工艺中时，可能需制定一个质量保证程序。对于不能回收利用的材料（如燃烧工厂中的废气脱硫添加剂），可以找到其它用途。

## 1.3 石灰工业最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于石灰工业所有设施。

### 1.3.1 普遍主要技术

30. 为了减少所有窑炉排放并有效利用能源，最佳可行技术应达到平稳的窑炉工艺，在接近工艺参数设定点的位置使用以下技术：

	技术
a	工艺控制优化，包括计算机自动控制
b	使用现代的重力式固体燃料供给系统及/或气体流量计

#### 适用性

优化工艺流程控制在不同程度上适用于所有石灰厂。由于不可控因素，即石灰石的质量，通常无法完全实现工艺流程自动化。

31. 为了防止及/或减少排放，最佳可行技术应对进入窑炉的原材料进行认真选择和控制在。

#### 描述

进入窑炉的原材料的杂质含量会对排放至空气中的污染产生重大影响，因此，仔细选择原材料可从源头上减少此类排放，例如，石灰石/白云石中的硫和氯含量的变化会影响废气中 SO<sub>2</sub> 和 HCl 的排放范围，而有机物质的存在则会影响总有机碳（TOC）和 CO 的排放。

#### 适用性

适用性取决于（当地）是否有杂质含量低的原材料。最终产品的类型和使用的窑炉类型也可能是一个限制因素。

### 1.3.2 监测

32. 最佳可行技术应定期监测并测量工艺参数及排放情况，并根据相关 EN 标准监测排放，如果没有 EN 标准，则根据 ISO 或确实能提供具有同等科学质量数据的国家或其他国际标准，包括：

	技术	适用性
a	连续测量工艺参数，以显示工艺流程的稳定性，如温度，O <sub>2</sub> 含量，压力，流速和 CO 排放	适用于窑炉工艺
b	监测并稳定关键工艺参数，例如燃料供给，常规剂量和过量氧气	
c	在应用 SNCR 时，连续或定期测量粉尘，NO <sub>x</sub> ，SO <sub>x</sub> ，CO 及 NH <sub>3</sub> 排放	适用于窑炉工艺
d	废物焚烧产能时连续或定期测量 HCl 及 HF 排放	适用于窑炉工艺
e	连续或定期测量总有机碳排放，或废物焚烧产能时进行连续或定期测量	适用于窑炉工艺
f	定期测量多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃和金属排放	适用于窑炉工艺
g	连续或定期测量粉尘排放	适用于非窑炉工艺  小源 (<10 000 Nm <sup>3</sup> /h) 测量频率应以维护管理体系为依据

## 描述

最佳可行技术 32(c)至 32(f)中所述连续还是定期测量的选择依据是排放源和预期的污染物类型。

作为参考，粉尘、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 和 CO 排放的定期测量频率为每月一次，正常作业条件下，每年最多一次。

多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃 PCDD/F，总有机碳（TOC）、HCl、HF、金属排放的定期测量，应采用与工艺中使用的原材料和燃料相适应的频率。

### 1.3.3 能源消耗

33. 为了降低热能消耗，最佳可行技术应使用以下技术的组合：

	技术	描述	适用性
a	通过以下方法来使用改进和优化的窑炉系统以及平稳的窑炉工艺，在接近工艺参数设定点的位	保持窑炉控制参数始终接近其最佳值，相当于降低所有消耗参数，因为这能减少停	技术 (a)II 仅适用于长回转窑 (LRK)

	<p>置运行：</p> <p>I. 优化工艺控制</p> <p>II. 从废气中回收热量，例如，将回转窑中的余热用于干燥石灰石，以用于石灰石铣削等其他工艺</p> <p>III. 现代，重力式固体燃料供给系统</p> <p>IV. 设备的维护（例如气密性，耐火物质腐蚀）</p> <p>V. 使用优化的石粒度</p>	<p>机次数，也能减少破坏条件等</p> <p>使用优化的石粒度取决于是否有原材料</p>	
b	使用在性能上对热能消耗有益的燃料	<p>燃料的特性，如高热值和低湿度，可对热能消耗产生积极影响</p>	<p>适用性取决于技术上是否能够将所选燃料送入窑炉，以及是否有适当的燃料（例如高热值和低湿度），这些燃料的供应可能会受到成员国能源政策的影响</p>
c	限制过量空气	<p>减少用于燃烧的过量空气能直接影响燃料的消耗，因为空气的比例越高越需要更多的热能来加热过量的空气</p> <p>只有在长回转窑 LRK 和带预热器回转窑 PRK 中限制过量空气才会影响热能消耗</p> <p>该技术有可能增加总有机碳 TOC 和 CO 排放</p>	<p>适用于长回转窑 LRK 和带预热器的回转窑 PRK，只要符合窑炉中某些区域可能产生的过热限度，因为过热会导致耐火物质使用期缩短</p>

## 最佳可行技术相关能耗水平

见表 6。

**表 6：最佳可行技术相关石灰及锻烧白云石工业热能消耗水平**

窑炉类型	热能耗 <sup>(1)</sup> GJ/吨 产品
长回转窑 (LRK)	6.0 - 9.2
带预热器的回转窑 (PRK)	5.1 - 7.8
平行流量再生窑 (PFRK)	3.2 - 4.2
环形立窑 (ASK)	3.3 - 4.9

混合进料竖窑 (MFSK)	3.4 - 4.7
其他窑 (OK)	3.5 - 7.0
(1) 能耗取决于产品类型、产品质量、工艺条件和原材料。	

34. 为了降低热能消耗，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术
a	使用电力管理体系
b	使用优化的石灰石粒度
c	使用研磨设备和其他高能效的电力设备

#### 描述 - 技术 (b)

垂直窑通常只能燃烧粗石灰石卵石。但是，能耗较高的回转窑也可以对其中一小部分进行价比控制，而新的垂直窑可从 10mm 的小颗粒开始燃烧。与回转窑相比，垂直窑中更常使用粒度更大的窑炉进料石。

#### 1.3.4 石灰石消耗

35. 为了尽量减少石灰石消耗，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术	适用性
a	特定采石、碎石和石灰石的精准使用（质量、粒度）	普遍适用于石灰工业；但是，石材加工取决于石灰石的质量
b	使用优化技术选择窑炉，以便使用范围更大的石灰石粒度，并最好地利用开采石灰石	适用于新装置和窑炉重大升级  垂直窑原则上只能燃烧粗石灰卵石。细石灰平行流量再生窑及/或回转窑可以使用更小的石灰石粒度

#### 1.3.5 燃料选择

36. 为了防止及/或减少排放，最佳可行技术应对进入窑炉的燃料进行认真选择和



## 描述

进入窑炉的燃料的杂质含量可能对排放至空气中的污染产生重大影响。硫（特别是长回转窑），氮和氯含量对废气中 SO<sub>x</sub>，NO<sub>x</sub> 和 HCl 的排放范围有一定影响。根据燃料的化学成分和所使用的窑炉类型，选择适当的燃料或燃料混合物可减少排放。

## 适用性

除混合进料竖窑外，所有类型的窑炉均可与所有类型的燃料和燃料混合物一起使用，但须视燃料供应情况而定，燃料供应可能受到成员国能源政策的影响。燃料的选择还取决于最终产品的预期质量，将燃料输入选定窑炉的技术可能性以及经济效益。

### 1.3.5.1 废燃料的使用

#### 1.3.5.1.1 废物质量管理

37. 为了确保石灰窑中废燃料的特性，最佳可行技术应采用以下技术：

	技术
a	采用质量保证体系来确保和管理废物特性，并分析任何用作窑炉燃料的废物，以达到： I. 稳定的质量 II. 物理标准，例如排放构造、粗糙度、反应性、可燃性、热值 III. 化学标准，如氯总含量、硫、碱、磷酸盐含量和相关金属含量（如总铬、铅、镉、汞、铈）
b	控制将用作燃料的任何废物的相关成分含量，如卤素总含量、金属（如总铬、铅、镉、汞、铈）和硫

#### 1.3.5.1.2 废物进入窑炉

38. 为了防止/减少窑炉中废燃料所产生的排放，最佳可行技术应使用以下技术：

	技术
a	用合适的燃烧器输入合适的废物取决于窑炉的设计和运行
b	以可控均匀的方式将废物焚烧产能产生的气体温度升高到 850° C 达 2 秒钟，甚至在最不利的条件下亦如此作业
c	如果以氯表示的卤化有机物质含量超过 1% 的危险废物被协同焚烧，则将温度提高到 1100° C

d	持续不断地输入废物
e	如上文(b)和(c)所述，如无法达到适当温度和停留时间，则停止为启动及/或关闭等作业输入废物

#### 1.3.5.1.3 使用危险废料时的安全管理

39. 为了防止意外排放，最佳可行技术应使用安全管理来储存、搬运危险废物材料并将其输入窑炉。

#### 描述

对危险废物材料的储存、搬运和输入使用安全管理，包括根据废物的来源和类型采取风险化方法，对待搬运的废物贴标签、检查、取样及测试。

### 1.3.6 粉尘排放

#### 1.3.6.1 散尘排放

40. 为了最大限度地减少/防止多尘操作产生的散尘排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术
a	密围/密封多尘作业，如研磨、筛选和混合
b	如果粉尘排放来自多尘材料，则使用构建为封闭系统的覆盖式输送机和升降梯
c	使用容量充足的存储仓、带断路开关和过滤器的层级指示器，用以处理在加注作业中产生的带尘空气
d	使用有利于气动输送系统的循环工艺
e	在负压下的封闭系统中进行物料搬运，并在吸入空气被排放到大气中之前用织物过滤器进行除尘
f	减少空气泄漏和泄漏点，完成安装
g	正确完整地维护安装
h	使用自动装置和控制系统
i	使用连续的无故障操作
j	使用配备除尘装置的柔性加注管装载石灰，这些柔性加注管位于卡车的装载区

## 适用性

在破碎和筛分等原材料制备作业中，通常不需要除尘，因为原材料中含有水分。

41. 为了最大限度地减少/防止散装储存区产生的散尘排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术
a	使用屏蔽，墙面或垂直绿化带（用于露天桩风防护的人工或自然风障）封闭储存区
b	使用产品仓库和封闭的全自动化原材料仓库。这些类型的存储设备配有一个或多个织物过滤器，可防止装卸作业中产生散尘
c	充分加湿库存装卸点，并使用可调节高度的输送带，减少库存中的散尘排放。使用加湿或喷洒措施/技术时，可密封地面并收集多余的水，必要时可在封闭循环中对此水进行处理并使用
d	如果无法避免存储区装卸点的散尘排放，可将卸载高度与物料堆的不同高度进行匹配，尽可能自动匹配，或降低卸载速度进行匹配
e	使用喷雾装置保持位置湿润，特别是干燥区域，并通过清洁卡车清洁这些位置
f	在拆卸作业中使用真空系统。新建筑物可以很容易配备固定真空清洁系统，而现有建筑物通常更适合安装移动系统和灵活连接
g	卡车使用区域尽可能进行铺砌，并尽可能保持其表面清洁，以此减少这些区域产生的散尘排放。道路湿润可以减少散尘排放，尤其是在干燥天气。可用良好的内务管理实践将粉尘排放降至最低

### 1.3.6.2 除窑炉燃烧工艺外多尘作业管道粉尘的排放

42. 为了减少除窑炉燃烧工艺以外的多尘作业产生的管道粉尘排放，最佳可行技术应使用以下某种技术，并利用专门针对过滤器性能的维护管理体系：

	技术 <sup>(1) (2)</sup>	适用性
a	织物过滤器	普遍适用于石灰工业的铣削和研磨装置及附属工艺、材料运输以及存储和装载设施，受废气高湿度和低温度的影响，织物过滤器在水合石灰装置中的适用性可能会有所降低
b	湿法洗涤器	主要适用于水合石灰装置

<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.6.1 节。

	技术 <sup>(1)(2)</sup>	适用性
<sup>(2)</sup> 如有必要，离心除尘器/气旋除尘器可用作废气预处理。		

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 7。

表 7：除窑炉燃烧工艺之外多尘作业管道粉尘排放的最佳可行技术相关排放水平

技术	单位	最佳可行技术 BAT-AEL (日平均值或采样周期平均值 (点测量至少半小时))
织物过滤器	mg/Nm <sup>3</sup>	<10
湿法洗涤器	mg/Nm <sup>3</sup>	<10 - 20

应当指出，对于小源 (<10 000 Nm<sup>3</sup>/h)，必须优先考虑检查过滤器性能的频率（见最佳可行技术 32）。

#### 1.3.6.3 窑炉燃烧工艺粉尘排放

43. 为了减少窑炉燃烧工艺中的废气产生的粉尘排放，最佳可行技术应使用带过滤器的废气清洁。可使用以下一种或几种技术：

	技术 <sup>(1)</sup>	适用性
a	静电除尘器	适用于所有窑炉系统
b	织物过滤器	适用于所有窑炉系统
c	湿法除尘器	适用于所有窑炉系统
d	离心除尘器/气旋除尘器	离心除尘器只能用作预除尘器，可用于预清洁所有窑炉系统中的废气
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.6.1 节。		

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 8。

表 8：最佳可行技术相关窑炉燃烧工艺流程废气中粉尘排放水平

技术	单位	最佳可行技术 BAT-AEL (日平均值或采样周期内平均值(点测量至少半小时))
织物过滤器	mg/Nm <sup>3</sup>	<10
静电除尘器或其他过滤器	mg/Nm <sup>3</sup>	<20*
(*) 在粉尘电阻率高的特殊情况下，最佳可行技术 BAT-AEL 可能更高，日平均值可达 30mg/Nm <sup>3</sup> 。		

### 1.3.7 气体化合物

#### 1.3.7.1 减少气体化合物排放的主要技术

44. 为了减少窑炉燃烧工艺废气中气体化合物的排放（即 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HCl, CO, TOC/VOC, 挥发性金属），最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术	适用性
a	仔细选择和管理进入窑炉的物质	普遍适用
b	减少燃料中的污染物前体，并尽量减少原材料中的污染物前体，即 I. 尽量选择氮，氯和硫含量低的燃料（特别是长回转窑） II. 尽量选择有机物质含量低的原材料 III. 为工艺和燃烧器选择合适的废燃料	普遍适用于石灰工业，但须视当地原材料和燃料的供应情况，所用窑炉的类型，所预期的产品质量以及燃料进入所选窑炉的技术可能性而定
c	使用工艺优化技术确保有效吸收二氧化硫，例如窑炉气体和生石灰之间进行高效接触	适用于所有石灰生产装置  一般而言，由于石灰石质量这一不可控因素，无法实现全工艺流程自动化

#### 1.3.7.2 NO<sub>x</sub> 排放

45. 为了减少窑炉燃烧工艺中废气的 NO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术	适用性
a	主要技术	
	I. 选择适当的燃料，并限制燃料中氮的含量	普遍适用于石灰工业，但需视燃料供应情况而定，燃料供应情况可能受成员国能源政策的影响，还需视将特定类型的燃料输入所选窑炉的技术可能性而定
	II. 优化工艺流程，包括火焰成形和温度曲线	在石灰制造中可优化工艺流程和工艺管理，但受最终产品质量的制约
	III. 设计燃烧器（低 NO <sub>x</sub> 燃烧器） <sup>(1)</sup>	低 NO <sub>x</sub> 燃烧器适用于有条件形成较高一次空气的回转窑和环形竖窑，PFRK 和其他立窑具有无焰燃烧，因此低 NO <sub>x</sub> 燃烧器不适用于此类窑炉
	IV. 空气分级 <sup>(1)</sup>	不适用于竖窑  仅适用于带预热器回转窑 PRK，但不适用于生产硬烧石灰。由于窑炉的某些区域可能过热并造成耐火衬料恶化，最终产品类型所导致的局限性可能会限制其适用性
b	选择性非催化还原 SNCR <sup>(1)</sup>	适用于立波尔回转窑。另见最佳可行技术 46
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.6.2 节。		

## 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 9。

**表 9：石灰工业窑炉燃烧工艺废气中的 NO<sub>x</sub> 最佳可行技术相关排放水平**

窑炉类型	单位	最佳可行技术 BAT-AEL (日平均值或采样周期内平均值(点测量至少半小时)，表示为 NO <sub>2</sub> )
PFRK, ASK, MFSK, OSK	mg/Nm <sup>3</sup>	100 - 350 <sup>(1)(3)</sup>
LRK, PRK	mg/Nm <sup>3</sup>	<200 - 500 <sup>(1)(2)</sup>
<p><sup>(1)</sup> 生产煅烧白云石和硬烧石灰属该范围较高水平。生产烧结白云石可达高于该范围上限的水平。</p> <p><sup>(2)</sup> 对于长回转窑 LRK 和带预热器回转窑 PRK，如果竖窑生产硬烧石灰，其上限最高为 800 mg/Nm<sup>3</sup></p> <p><sup>(3)</sup> 如最佳可行技术 45(a)I 中所述主要技术不足以达到这一水平，且辅助技术不适用于将 NO<sub>x</sub> 排放量减少到 350mg/Nm<sup>3</sup>，则上限为 500mg/Nm<sup>3</sup>，尤其是生产硬烧石灰和使用生物质燃料时。</p>		

46. 使用选择性非催化还原时，最佳可行技术应使用以下技术高效还原 NO<sub>x</sub>，同时尽可能降低氨泄漏：

	技术
a	应用适当且充分的还原效率以及稳定的作业流程
b	应用良好的化学计量比和氨分布，以最高效率还原 NO <sub>x</sub> ，并减少氨泄漏
c	考虑到 NO <sub>x</sub> 的还原效率和 NH <sub>3</sub> 泄漏之间的相关性，尽可能降低废气中未反应的氨造成的 NH <sub>3</sub> 的泄漏排放

### 适用性

仅适用于立波尔回转窑，其理想温度范围为 850°C 至 1020°C。另见最佳可行技术 45, 技术(b)。

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

废气中 NH<sub>3</sub> 泄漏排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为 <30 mg/Nm<sup>3</sup>，为日平均值或采样周期平均值（点测量至少半小时）。

#### 1.3.7.3 SO<sub>x</sub> 排放

47. 为了减少窑炉燃烧工艺中废气的 SO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术	适用性
a	优化工艺流程以确保有效吸收二氧化硫，例如窑炉气体和生石灰之间进行高效接触	优化工艺管理适用于所有石灰生产装置
b	选择含硫量低的燃料	普遍适用，但在长回转窑 LRK 中使用时取决于燃料供给情况，因为 SO <sub>x</sub> 排放过高
c	使用吸收添加技术（例如吸收添加，用过滤器清洁干废气，湿洗涤器或活性炭注入） <sup>(1)</sup>	吸收添加技术原则上适用于石灰工业，然而，2007 年这一技术尚未应用于石灰行业，尤其对于回转石灰窑，需作进一步调查，以评估其适用性
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.6.3 节。		

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 10。

**表 10：石灰工业窑炉燃烧工艺废气中的 SO<sub>x</sub> 最佳可行技术相关排放水平**

窑炉类型	单位	最佳可行技术 BAT-AEL <sup>(1) (2)</sup> (日平均值或采样周期内平均值 (点测量至少半小时), SO <sub>x</sub> 表示为 SO <sub>2</sub> )
PFRK, ASK, MFSK, OSK, PRK	mg/Nm <sup>3</sup>	<50 - 200
LRK	mg/Nm <sup>3</sup>	<50 - 400

<sup>(1)</sup> 水平取决于废气中的 SO<sub>x</sub> 初始水平和所用的减排技术。  
<sup>(2)</sup> 使用“双通工艺”生产烧结白云石, SO<sub>x</sub> 排放量可能高于范围的上限。

### 1.3.7.4 CO 排放和 CO 跳闸

#### 1.3.7.4.1 CO 排放

48. 为了减少窑炉燃烧工艺废气中的 CO 排放, 最佳可行技术应使用以下一种或几种技术:

	技术	适用性
a	选择有机物质含量低的原材料	普遍适用于石灰工业, 但须视当地原材料的供应和成分, 所用窑炉的类型和最终产品的质量而定
b	使用优化工艺流程技术实现稳定彻底燃烧	适用于所有石灰生产装置  一般而言, 由于石灰石质量这一不可控因素, 无法实现全工艺流程自动化

在这方面, 另见第 1.3.1 节中的最佳可行技术 30 和 31 以及第 1.3.2 节中的最佳可行技术 32。

### 最佳可行技术 (BAT) 相关排放水平

见表 11。

**表 11：窑炉燃烧工艺流程废气中 CO 最佳可行技术相关排放水平**



窑炉类型	单位	最佳可行技术 BAT-AEL <sup>(1) (2)</sup> (日平均值或采样周期平均值 (点测量至少 半小时))
PFRK, OSK, LRK, PRK	mg/Nm <sup>3</sup>	<500
<p>(1) 排放量可能更高, 这取决于所用原材料及/或产生的石灰类型, 如水硬石灰。</p> <p>(2) 最佳可行技术 BAT-AEL 不适用于混合进料竖窑 MFSK 和环形竖窑 ASK。</p>		

#### 1.3.7.4.2 减少 CO 跳闸

49. 为了在使用静电除尘器时将 CO 跳闸频率降至最低, 最佳可行技术应使用以下技术:

	技术
a	管理 CO 跳闸, 以减少静电除尘器 ESP 停机时间
b	通过监控设备对 CO 进行连续自动测量, 反应时间短, 靠近 CO 源

#### 描述

由于存在爆炸风险, 出于安全考虑, 废气中的 CO 浓度升高时, 必须关闭静电除尘器。以下技术可防止 CO 跳闸, 从而缩短静电除尘器停机时间:

- 控制燃烧工艺;
- 控制原材料的有机负荷;
- 控制燃料和燃料供给系统的质量。

中断主要发生在启动作业阶段。为确保安全操作, 用于 ESP 保护的气体分析仪必须在所有操作阶段都处于联机状态, 并且可使用保持运行的备用监控系统来减少 ESP 停机时间。

CO 连续监测系统需优化反应时间, 并应靠近 CO 源, 例如, 可置于预热器塔出口, 使用湿法窑时置于窑炉入口。

#### 适用性

普遍适用于装有静电除尘器(ESP)的回转窑。

### 1.3.7.5 总有机碳 (TOC) 排放

50. 为了减少窑炉燃烧工艺废气中的 TOC 排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术
a	应用普遍主要技术及监测(另见第 1.3.1 节中的最佳可行技术 30 和 31 以及第 1.3.2 节中的最佳可行技术 32)
b	避免向窑炉系统输入挥发性有机化合物含量高的原材料，液压石灰生产除外

#### 适用性

应用普遍主要技术及监测见第 1.3.1 节中的最佳可行技术 30 和 31 以及第 1.3.2 节中的最佳可行技术 32。

技术 (b) 普遍适用于石灰工业，但须视当地原材料供应情况及/或所生产的石灰类型而定。

#### 最佳可行技术 (BAT) 相关排放水平

见表 12。

表 12：窑炉燃烧工艺流程废气中 TOC 最佳可行技术相关排放水平

窑炉类型	单位	BAT-AEL <sup>(1)</sup> (日平均值或采样周期内平均值 (点测量至少半小时))
LRK, PRK	mg/Nm <sup>3</sup>	<10
ASK, MFSK <sup>(2)</sup> , PFRK <sup>(2)</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	<30

<sup>(1)</sup> 所使用原材料及/或所生产的石灰类型中有机物的含量不同，排放水平可能更高，特别是天然水硬石灰的生产。

<sup>(2)</sup> 特殊情况下，排放水平可能更高。

### 1.3.7.6 氯化氢(HCl)和氟化氢 (HF) 排放

51. 为了减少窑炉燃烧工艺废气中 HCl 和 HF 的排放，在使用废物时，最佳可行技术应采用以下主要技术：

	技术
a	使用氯和氟含量低的传统燃料
b	限制在石灰窑中用作燃料的任何废物中氯和氟的含量

### 适用性

这些技术普遍适用于石灰工业，但取决于当地是否有合适的燃料。

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 13。

**表 13：窑炉燃烧工艺流程废气中 HCl 及 HF 最佳可行技术相关排放水平**

排放	单位	最佳可行技术 BAT-AEL (日平均值或采样周期平均值(点测量至少 半小时))
HCL	mg/Nm <sup>3</sup>	<10
HF	mg/Nm <sup>3</sup>	<1

### 1.3.8 多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃（PCDD/F）排放

52. 为了防止或减少窑炉燃烧工艺废气中的多氯二苯二恶英/多氯二苯并呋喃的排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种主要技术：

	技术
a	选择氯含量低的燃料
b	限制通过燃料输入的铜
c	尽量缩短废气和氧气在温度介于 300°C 和 450°C 之间区域的滞留时间

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

采样周期（6–8 小时）BAT-AELs 平均值为 <0.05 - 0.1 ng PCDD/F I-TEQ/Nm<sup>3</sup>。

### 1.3.9 金属排放

53. 为了最大限度地减少窑炉燃烧工艺中废气的金属排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术
a	选择金属含量低的燃料
b	使用质量保证体系来保证所用废燃料的特性
c	限制相关金属在材料中的含量，特别是汞
d	使用最佳可行技术 43 中规定的一种或几种除尘技术

#### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

见表 14。

表 14：窑炉燃烧工艺流程废气中金属最佳可行技术相关排放水平

金属	单位	最佳可行技术 BAT-AEL (采样周期内平均值 (点测量至少半小时))
Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	<0.05
Σ (Cd, Tl)	mg/Nm <sup>3</sup>	<0.05
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm <sup>3</sup>	<0.5

注意：在应用最佳可行技术 53(a) 至 (d) 中提到的技术时，报告的排放水平较低。

此外，在这方面，另见第 1.3.5.1.1 节中的最佳可行技术 37 以及第 1.3.5.1.2 节中的最佳可行技术 38。

### 1.3.10 工艺损失/浪费

54. 为了减少石灰制造工艺中的固体废物并节约原材料，最佳可行技术应使用以下技术：

技术	适用性
----	-----

a	在此工艺流程中重复使用收集到的粉尘或其他颗粒物 (例如沙子, 碎石)	在可行的情况下普遍适用
b	在选定的商业产品中使用粉尘、不符合规格的生石灰和不符合规格的熟石灰	在可行的情况下普遍用于不同类型的选定商业产品

## 1.4 氧化镁工业的最佳现行技术结论

除非另有说明，本节中提出的最佳可行技术结论可用于氧化镁工业的所有设施(干法工艺流程)。

### 1.4.1 监测

55. 最佳可行技术应定期监测并测量工艺参数及排放情况，并根据相关 EN 标准监测排放，如果没有 EN 标准，则根据 ISO 或确实能提供具有同等科学质量数据的国家或其他国际标准，包括：

	技术	适用性
a	连续测量工艺参数，以显示工艺流程的稳定性，如温度，O <sub>2</sub> 含量，压力，流速	普遍适用于窑炉工艺
b	监测和稳定关键工艺参数，即原材料和燃料供给、常规剂量和过量氧气	
c	连续或定期测量粉尘、NO <sub>x</sub> 、SO <sub>x</sub> 和 CO 排放	普遍适用于窑炉工艺
d	连续或定期测量粉尘排放	适用于非窑炉工艺  小源 (<10,000 Nm <sup>3</sup> /h) 应根据维护管理体系制定测量或性能核查的频率

#### 描述

最佳可行技术 55(f) 中所述连续还是定期测量的选择依据是排放源和预期的污染物类型。

定期测量窑炉工艺产生的粉尘、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 和 CO 排放时，以每月一次，最多每年一次的频率以及正常运行条件时的频率为准。

### 1.4.2 能源消耗

56. 为了降低热能消耗，最佳可行技术应使用以下技术的组合：

	技术	描述	适用性
a	用以下方法使用改进和优化的窑炉系统以及平稳的窑炉工艺： I. 优化工艺管理 II. 从窑炉和冷却器的废气中回收热量	对菱镁矿进行初步加热后从废气中回收的热量可用于减少使用燃料能源，从窑炉中回收的热量可用于干燥燃料、原材料和一些包装材料	优化工艺管理适用于氧化镁工业中所使用的所有窑炉类型，
b	使用在性能上对热能消耗有益的燃料	燃料的特性，如高热值和低湿度，可对热能消耗产生积极影响	普遍适用条件是燃料的供应、使用的窑炉类型、所需的产品质量以及将燃料注入窑炉的技术可能性
c	限制过量空气	在实践中，为获得产品所需质量，过量氧气水平和最佳燃烧通常约为 1-3 %	普遍适用

### 最佳可行技术相关能耗水平

最佳可行技术相关热能耗为 6 - 12 GJ/t，取决于工艺和产品<sup>(1)</sup>。

<sup>(1)</sup> 此范围仅指 BREF 氧化镁章节所提供的信息，没有提供关于最佳性能技术以及所生产产品的更具体的信息。

57. 为了降低热能消耗，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术
a	使用电力管理体系
b	使用研磨设备和其他高效电力设备

### 1.4.3 粉尘排放

#### 1.4.3.1 散尘排放

58. 为了最大限度地减少/防止多尘操作产生的散尘排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术
a	简单线性的场地布局

	技术
b	良好的建筑物和道路管理，以及适当而彻底的设施维护
c	在原料堆上洒水
d	密围/密封多尘作业，如研磨和筛选
e	如果粉尘排放来自多尘材料，则使用构建为封闭系统的覆盖式输送机和升降梯
f	使用容量充足的存储仓并为其配备过滤器，用于处理加注过程中排出的带尘空气
g	气动输送系统更适合使用循环工艺
h	减少空气泄漏和泄漏点
i	使用自动设备和控制系统
k	使用连续的无故障作业

#### 1.4.3.2 除窑炉燃烧工艺外多尘作业管道粉尘的排放

59. 为了减少除窑炉燃烧工艺以外的多尘作业产生的管道粉尘排放，最佳可行技术应使用一种或几种技术组合使用带过滤器的废气清洁，并使用专门针对技术性能的维护管理系统：

	技术 <sup>(1)</sup>	适用性
a	织物过滤器	普遍适用于氧化镁生产工艺中的所有设备，特别是在多尘作业、筛选、研磨和铣削中
b	离心除尘器/气旋除尘器	由于系统相关除尘度有限，气旋除尘器主要用作粗尘和废气的初始除尘器
c	湿法除尘器	普遍适用

<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.7.1 节。

#### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

除窑炉燃烧工艺之外，来自多尘作业的管道粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为  $<10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，为日平均值或采样周期平均值（点测量至少半小时）。

应当指出，对于小源（ $<10\ 000\text{Nm}^3/\text{h}$ ），必须优先考虑基于维护管理体系的办法，即检查过滤器性能的频率（见最佳可行技术 55）。



### 1.4.3.3 窑炉燃烧工艺粉尘排放

60. 为了减少窑炉燃烧工艺中的废气产生的粉尘排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术，使用带过滤器的废气清洁：

	技术 <sup>(1)</sup>	适用性
a	静电除尘器 (ESPs)	静电除尘器主要适用于回转窑，静电除尘器适用于露点以上至 370°C - 400°C 的废气温度
b	织物过滤器	从废气中去除粉尘的织物过滤器原则上可用于氧化镁生产工艺中的所有装置。织物过滤器适用于露点以上至 280°C 的烟道气温度  由于窑炉燃烧工艺中产生的废气温度高、具腐蚀性且量大，为了生产轻烧镁 (CCM) 和烧结 / 僵烧镁 (DBM)，必须使用具有耐高温过滤材料的特殊织物过滤器。然而，氧化镁工业生产僵烧镁的经验表明，没有适合于废气温度约为 400°C 的氧化镁生产设备
c	离心除尘器/气旋除尘器	由于系统相关除尘度有限，气旋除尘器主要用作粗尘和废气的初始除尘器
d	湿法除尘器	普遍适用
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.7.1 节。		

### 最佳可行技术 (BAT) 相关排放水平

窑炉燃烧工艺的废气粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为 <20 - 35mg/Nm<sup>3</sup>，为日平均值或采样周期平均值（点测量至少半小时）。

## 1.4.4 气体化合物

### 1.4.4.1 减少气体化合物排放的普遍主要技术

61. 为了减少窑炉燃烧工艺废气中气体化合物的排放（即 NO<sub>x</sub>，HCl，SO<sub>x</sub>，CO），最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

	技术	适用性
a	仔细选择和控制进入窑炉的物质，以减少污染物前体，即：  I. 选择含硫量低的燃料，最好是氯和氮	普遍适用条件是原材料和燃料的供应、所使用的窑炉类型、所需的产品质量以及将燃料注入所选窑炉的技术可能性

	II. 选择有机物质含量低的原材料 III. 为工艺和燃烧器选择合适的废燃料	在氧化镁工业中，废材料可视为燃料，但 2007 年尚未应用于氧化镁工业
b	使用工艺优化措施 / 技术确保窑炉工艺流程平稳，在所需的化学计量空气附近运行	优化工艺管理适用于氧化镁工业中所使用的所有窑炉类型，然而，可能需要一个高度复杂的工艺控制系统

#### 1.4.4.2 NO<sub>x</sub> 排放

62. 为了减少窑炉燃烧工艺中废气的 NO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术应使用以下几种技术：

	技术	适用性
a	选择适当的燃料，并限制燃料中氮的含量	普遍适用，取决于燃料供应情况
b	优化工艺流程，改进燃烧技术	普遍适用于氧化镁工业

#### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

窑炉燃烧工艺废气 NO<sub>x</sub> 排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为 <500 - 1500mg/Nm<sup>3</sup>，为日平均值或采样周期平均值（点测量至少半小时），表示为 NO<sub>2</sub>。较高值与高温僵烧镁工艺流程相关。

#### 1.4.4.3 CO 排放和 CO 跳闸

##### 1.4.4.3.1 CO 排放

63. 为了减少窑炉燃烧工艺中废气的 CO 排放，最佳可行技术应使用以下几种技术：

	技术	描述
a	选择有机物质含量低的原材料	部分 CO 排放源自原材料的有机物质，因此，选择有机物质含量低的原料可减少 CO 排放
b	优化工艺控制	完整正确的燃烧对于减少 CO 排放至关重要，可控制冷却器和一次空气的空气供给以及烟道风扇的通风，以便在燃烧期间保持 1 (烧结) 至 1.5 % (轻烧) 的氧气水平。改变空气和燃料加注可减少 CO 排放，此外，改变燃烧器的深度可减少 CO 排放

c	稳定持续地控制燃料输送	受控燃料添加包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用称量送料器和精密旋转阀来送入石焦油及 / 或</li> <li>• 使用流量计和精密阀，调节送入窑炉燃烧器的重油或气体</li> </ul>
---	-------------	---

### 适用性

CO 减排技术普遍适用于氧化镁工业。选择有机物质含量低的原材料取决于原材料的供应情况。

### 最佳可行技术（BAT）相关排放水平

窑炉燃烧工艺废气 CO 排放的最佳可行技术 BAT-AEL 为 <50 - 1000mg/Nm<sup>3</sup>，为日平均值或采样周期平均值（点测量至少半小时）。

#### 1.4.4.3.2 减少 CO 跳闸

64. 为了在使用静电除尘器时将 CO 跳闸次数降至最低，最佳可行技术应使用以下技术：

	技术
a	管理 CO 跳闸，以减少静电除尘器（ESP）停机时间
b	通过监控设备对 CO 进行连续自动测量，反应时间短，靠近 CO 源

### 描述

由于存在爆炸风险，出于安全考虑，废气中的 CO 浓度升高时，必须关闭静电除尘器。以下技术可防止 CO 跳闸，从而缩短静电除尘器停机时间：

- 控制燃烧工艺；
- 控制原材料的有机负荷；
- 控制燃料和燃料供给系统的质量。

中断主要发生在启动作业阶段。为确保安全操作，用于 ESP 保护的气体分析仪必须在所有操作阶段都处于联机状态，并且可使用保持运行的备用监控系统来减少 ESP 停机时间。

CO 连续监测系统需优化反应时间，并应靠近 CO 源，例如，可置于预热器塔出口，使用湿法窑时置于窑炉入口。

## 适用性

普遍适用于装有静电除尘器 (ESPs) 的窑炉。

### 1.4.4.4 SO<sub>x</sub> 排放

65. 为了减少窑炉燃烧工艺中废气的 SO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术应使用以下几种主要及辅助技术：

	技术	适用性
a	优化工艺流程技术	普遍适用
b	选择含硫量低的燃料	普遍适用，但受到低硫燃料供应的限制，燃料供应可能会受到成员国能源政策的影响，燃料的选择也取决于最终产品的质量，技术可能性及经济效益
c	一种干吸收剂添加技术 (添加到废气流中的吸附剂，如反应性 MgO 等级，水化石灰，活性碳等)，与过滤器 <sup>(1)</sup> 结合使用	普遍适用
d	湿法洗涤器 <sup>(1)</sup>	干旱地区的适用性可能受到限制，因为需要大量的水，并需进行废水处理，还需相关的跨介质效应
<sup>(1)</sup> 有关措施/技术描述见第 1.7.2 节。		

## 最佳可行技术 (BAT) 相关排放水平

见表 15。

表 15: 氧化镁工业窑炉燃烧工艺废气中的 SO<sub>x</sub> 最佳可行技术相关排放水平

参数	单位	BAT-AEL <sup>(1) (2)</sup> (日平均值或采样周期内平均值 (点测量至少半小时))
SO <sub>x</sub> 以 SO <sub>2</sub> 表示	mg/Nm <sup>3</sup>	<50 - 400 <sup>(3)</sup>
<sup>(1)</sup> 最佳可行技术 BAT-AEL 取决于原料和燃料中硫的含量。该范围的下限与使用含硫量低的原材料和天然气相关；该范围的上限与使用含硫量较高的原材料和 / 或含硫燃料相关。		
<sup>(2)</sup> 在评估最佳可行技术的最佳组合以减少 SO <sub>x</sub> 排放时，应考虑到跨介质效应。		
<sup>(3)</sup> 当湿法洗涤器不适用时，最佳可行技术 BAT-AEL 取决于原材料和燃料的硫含量，在此情况下，最佳可行技术 BAT-AEL 为 <1500 mg/Nm <sup>3</sup> ，同时确保 SO <sub>x</sub> 排放去除效率至少为 60%。		

### 1.4.5 工艺损失/浪费

66. 为了尽量减少工艺损失 / 浪费，最佳可行技术应在工艺流程中重复使用所收集的各种碳酸镁粉尘。

#### 适用性

普遍适用，但取决于粉尘化学成分。

67. 为了尽量减少工艺损失 / 浪费，最佳可行技术应在其它适销产品中使用所收集的各种碳酸镁粉尘，只要这些适销产品不可循环利用。

#### 适用性

在其他适销产品中利用碳酸镁粉尘可能不在作业者的控制范围之内。

68. 为了尽量减少工艺损失 / 浪费，最佳可行技术应在工艺流程或其他部门重复使用废气湿法脱硫所产生的污泥。

#### 适用性

在其他部门利用废气湿法脱硫所产生的污泥可能不在作业者的控制范围之内。

### 1.4.6 将废物用作燃料及 / 或原材料

69. 为了保持氧化镁窑中废燃料及/或原材料的特性，最佳可行技术应采用以下技术：

	技术
a	为工艺流程和燃烧器选择合适的废物
b	采用质量保证体系来确保和管理废物特性，并分析任何作以下用途的废物： I. 工作时间 II. 质量稳定 III. 物理标准，例如排放构造、粗糙度、反应性、可燃性、热值 IV. 化学标准，如氯、硫、碱、磷酸盐含量和相关金属含量（如总铬、铅、镉、汞、铊）
c	控制将用作燃料的任何废物的相关参数含量，如卤素总含量、金属（如总铬、铅、镉、汞、铊）和硫

## 适用性

废物可用作氧化镁工业的燃料及 / 或原材料 (尽管 2007 年尚未应用于氧化镁工业) ，但须视其供应情况，所用窑炉类型，所需的产品质量以及将燃料送入窑炉的技术可能性而定。

# 技术描述

## 1.5 水泥工业技术描述

### 1.5.1 粉尘排放

	技术	描述
a	静电除尘器	<p>静电除尘器 (ESPs) 在气流中的颗粒物路径上产生静电场，颗粒会带上负电并迁移至正电收集板，收集板会被定期敲打或振动，从而将物料撞出，并落入下方的收集箱中。必须优化静电除尘器敲打周期，以最大限度地减少颗粒物的二次夹带，从而最大限度地降低对羽流可见性可能造成的影响。</p> <p>静电除尘器的特点是能在约高达 400°C 的高温和高湿度条件下运行，本技术的主要缺点是，由于有一层绝缘层，也由于氯和硫含量可能较高的材料堆积在一起，本技术的效率会下降。要提高静电除尘器的整体性能，避免 CO 跳闸非常重要</p> <p>尽管水泥工业的各种工艺流程对静电除尘器的适用性没有任何技术限制，但由于启动和关闭期间的投资成本和效率原因(相对较高的排放)，静电除尘器不常被选为水泥厂除尘</p>
b	织物过滤器	<p>织物过滤器是高效的集尘器，其基本原理是使用透气但可过滤粉尘的织物膜。过滤介质大体按几何顺序排列，粉尘一开始会沉积在表面织物上及织物深处，但随着表面层的形成，粉尘本身会成为主要的过滤介质，废气可从袋内向外流动，也可以从袋外向内流动，粉尘层越厚，对气流的阻力也会增加，因此，需定期清洁过滤器介质，以控制过滤器中的气压下降。织物过滤器应有多个隔间，在发生袋故障时可以单独隔离，如果隔间脱机，则应有足够的隔间保持充分的性能，每个隔间应有“袋防爆探测器”，发生这一情况时显示需进行维护，过滤袋有多种织物和非织物，现代合成织物可于高达 280°C 的高温下作业</p> <p>织物过滤器的性能主要受不同参数的影响，例如过滤器介质与废气和粉尘特性的兼容性，耐热性、耐物理性和耐化学性的适当属性，如水解、酸、碱、氧化和工艺温度。选择该技术时，必须考虑废气的湿度和温度</p>
c	混合过滤器	<p>混合过滤器是同一设备中的静电除尘器和织物过滤器的组合，通常由现有的静电除尘器改装而成，可重复使用部分旧设备</p>

## 1.5.2 NO<sub>x</sub> 排放

	技术	描述
a	主要措施/技术	
	I. 火焰冷却	使用不同的喷射方法，如喷射一种流体（液体）或两种流体（液体和压缩空气或固体）向燃料或直接向火焰中添加水，或者使用含水量高的液体 / 固体废物，会降低温度并增加羟基浓度，这对减少燃烧区的 NO <sub>x</sub> 能产生积极影响
	II. 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	<p>低 NO<sub>x</sub> 燃烧器（间接燃烧）的设计各有不同，但基本上燃料和空气通过同心管注入窑炉中，一次空气比例降至化学计量燃烧所需的 6 - 10% 上下（传统燃烧器通常为 10 - 15%），在外通道中以高通量喷射轴向气，煤可能通过中心管或中间通道吹出，第三个通道用于涡流空气，其涡流由燃烧管出口处或出口后面的叶片引发。这种燃烧器设计的纯效果是在缺氧的环境中燃烧产生得非常早，特别是燃料中的挥发性化合物，这将减少 NO<sub>x</sub> 的形成</p> <p>应用低 NO<sub>x</sub> 燃烧器后，NO<sub>x</sub> 排放并不一定能降低，必须优化燃烧器的设置</p>
	III. 中窑燃烧	<p>在长湿和长干窑中，通过燃烧块燃料建立一个还原区可减少 NO<sub>x</sub> 的排放。长窑通常无法进入约 900 - 1000°C 的温度区，因此可以安装中窑燃烧系统，以便使用无法通过主燃烧器的废燃料（例如轮胎）。</p> <p>燃料燃烧速度可能非常关键，如果速度太慢，燃烧区可能会出现还原情况，这可能会严重影响产品质量，如果温度过高，则窑链部分可能过热，从而导致链被烧坏。温度范围小于 1100 °C 不包括使用氯含量大于 1% 的危险废物</p>
	IV. 添加矿物质以提高生料（矿化熟料）可燃性	在原材料中添加氟等矿化剂是一种调整熟料质量并降低烧结区温度的技术，降低燃烧温度，NO <sub>x</sub> 的形成亦降低
	V. 优化工艺流程	使用优化工艺，如平滑和优化窑炉运行和燃烧条件，优化窑炉运行控制及 / 或燃料送料均质化，以减少 NO <sub>x</sub> 排放。已使用普遍主要优化措施 / 技术，如工艺控制措施 / 技术，改进的间接燃烧技术，优化的冷却器连接和燃料选择以及优化的氧气水平
b	分级燃烧（传统燃料或废燃料），也可与预分解器及优化的燃料混合物结合使用	使用专门设计的预分解器在水泥窑中进行分级燃烧，一级燃烧发生在回转窑中，其最佳条件是熟料燃烧工艺，二级燃烧是窑炉入口的燃烧器，它产生一种还原大气，分解烧结区产生的部分氮氧化物，该区域的高温尤其有利于将 NO <sub>x</sub> 重新转化为基本氮气的反应。在三级燃烧中，煅烧燃料被注入煅烧室，并伴有一定数量的三次空气，这也会产生还原大气，该系统减少了燃料中产生的 NO <sub>x</sub> ，也减少了窑炉中产生的 NO <sub>x</sub> 。在四级即最后一级燃烧中，剩余的三次空气作为‘顶部空气’输入系统中，以进行剩余燃烧



	技术	描述
c	选择性非催化还原 (SNCR)	选择性非催化还原 (SNCR) 即向燃烧气体中注入氨水 (最高为 25% NH <sub>3</sub> )、氨前体化合物或尿素溶液, 以便将 NO 还原为 N <sub>2</sub> 。此反应在温度范围约 830° C 至 1050° C 时效果最佳, 且必须提供足够的滞留时间让注入的试剂与 NO 进行反应
d	选择性催化还原 (SCR)	在约为 300° C - 400° C 的温度范围内, 选择性催化还原 SCR 在 NH <sub>3</sub> 和催化剂的帮助下将 NO 和 NO <sub>2</sub> 还原为 N <sub>2</sub> , 此技术被广泛用于其它工业进行 NO <sub>x</sub> 减排, 如燃煤发电厂和废物焚烧炉。水泥工业基本上考虑两种系统: 除尘装置和烟道之间的粉尘配置较低, 预热器和除尘装置之间的粉尘配置较高, 低尘废气系统需要在除尘后重新加热废气, 这可能会导致额外的能源成本和压力损失。由于技术和经济原因, 高尘系统被认为是最佳选择, 高尘系统不需重新加热, 因为预热器系统出口处的废气温度通常在选择性催化还原作业的适当温度范围内

### 1.5.3 SO<sub>x</sub> 排放

	技术	描述
a	添加吸收剂	<p>吸收剂可以添加到原材料中 (例如添加消石灰), 也可注入气流中 (例如消石灰或熟石灰 (Ca(OH)<sub>2</sub>), 生石灰 (CaO), CaO 含量高的活性飞灰或碳酸氢钠 (NaHCO<sub>3</sub>))</p> <p>消石灰可与原材料成分一起充入生料磨机, 或直接添加到窑炉进料中。添加消石灰的优势是, 含钙添加剂形成反应产品, 可直接进入熟料燃烧工艺中</p> <p>可以干法或湿法 (半干洗涤) 将吸收剂注入气流, 在接近水露点的温度下将吸收剂注入废气中, 以此为捕获 SO<sub>2</sub> 创造更有利的条件。在水泥窑系统中, 生料磨机和集尘器之间的区域通常能达到此温度范围</p>
b	湿法洗涤器	<p>湿法洗涤器是燃煤发电厂中最常用的烟气脱硫技术, 对于水泥制造工艺, 用于减少 SO<sub>2</sub> 排放的湿法工艺是一项成熟的技术。湿洗基于以下化学反应:</p> $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ <p>SO<sub>x</sub> 被喷洒在喷雾塔中的液体 / 泥浆吸收, 吸收剂通常为碳酸钙。湿洗系统可为所有烟气脱硫法 (FGD) 中的可溶酸性气体提供最高的去除效率, 其化学计量系数最低, 固体废物的生产率亦最低。该技术需要一定数量的水, 因此需进行废水处理。</p>

## 1.6 石灰工业技术描述

### 1.6.1 粉尘排放

	技术	描述
a	静电除尘器 (ESP)	<p>有关静电除尘器的一般性描述见第 1.5.1. 节</p> <p>静电除尘器适合在露点以上和高达 400°C 的温度下使用, 此外, 接近或低于露点时亦可使用静电除尘器, 由于流量大且含尘量相对较高, 通常主要是不带预热器的回转窑配备了静电除尘器, 但带预热器的回转窑也配备了静电除尘器, 如与淬火塔结合使用, 则可获得极佳的性能</p>
b	织物过滤器	<p>有关织物过滤器的一般性描述见第 1.5.1. 节</p> <p>织物过滤器非常适合用于窑炉、铣削和研磨装置的生石灰以及石灰石、石灰熟化装置、材料运输以及存储和装载设施, 与气旋预滤器的组合非常有益。织物过滤器的作业受温度、湿度、含尘量和化学成分等废气条件的限制。多种织物材料可抵抗机械磨损、热磨损和化学磨损, 符合这些条件</p>
c	湿法除尘器	<p>使用湿法除尘器, 使气流与清洗液 (通常是水) 紧密接触, 可消除废气流中的粉尘, 从而将粉尘颗粒保留在液体中, 并可冲洗掉。有多种不同类型的湿法洗涤器可用于除尘, 石灰窑中使用的主要类型是多层 / 多级湿法洗涤器、动态湿法洗涤器和文丘里湿法洗涤器, 石灰窑中使用的大多数湿法洗涤器是多层 / 多级湿法洗涤器。</p> <p>当废气温度接近或低于露点时, 选择湿法洗涤器, 空间有限时也可选择湿法洗涤器。湿法洗涤器有时与高温气体一起使用, 在此情况下, 水会冷却气体并降低其体积</p>
d	离心除尘器 / 气旋除尘器	<p>离心除尘器 / 气旋除尘器通过离心作用将要消除的废气流中的粉尘颗粒从装置外壁中排出, 然后通过装置底部的孔径将其清除, 离心力可通过下螺旋运动引导气流通过圆柱形容容器 (旋风除尘器) 或装置中安装的旋转叶轮 (机械离心除尘器) 来形成。但是, 这些除尘器只适于用作预除尘器, 因为它们的颗粒去除效率有限。它们可使静电释放器和织物过滤器免受高含尘量的影响, 并减少磨损问题</p>

### 1.6.2 NO<sub>x</sub> 排放

	技术	描述
a	燃烧器设计 (低 NO <sub>x</sub> 燃	低 NO <sub>x</sub> 燃烧器可用于降低火焰温度, 从而降低热量甚至燃料所

	烧器)	产生的 NO <sub>x</sub> ，通过提供清洗空气来降低燃烧器的火焰温度或通过脉冲作业来降低 NO <sub>x</sub> 。低 NO <sub>x</sub> 燃烧器旨在减少导致 NO <sub>x</sub> 形成的一次空气量，而普通多通道燃烧器则使用占总燃烧空气 10% 至 18% 的一次空气量进行作业。通过早期混合二次热空气和燃料，较高的一次空气量会导致短暂而密集的火焰，这会导致火焰温度过高并形成大量的 NO <sub>x</sub> ，可通过使用低 NO <sub>x</sub> 燃烧器避免这一情况
b	空气分级	减少一次反应区的氧气供应可形成一个还原区，该区域的高温尤其有利于将 NO <sub>x</sub> 重新转化为基本氮气，在随后的燃烧区，空气和氧气供应增加，以氧化所形成的气体。需在燃烧区进行有效的空气 / 气体混合，以确保 CO 和 NO <sub>x</sub> 都保持在较低的水平。  2007 年，石灰行业从未使用过空气分级
c	选择性非催化还原 (SNCR)	烟道气中的氮氧化物 (NO 和 NO <sub>2</sub> ) 通过选择性非催化还原去除，并通过向窑中注入还原剂与氮氧化物产生反应而转化为氨和水，氨或尿素通常被用作还原剂，反应发生在介乎 850°C 至 1020°C 的温度，最佳温度范围通常在 900°C 至 920°C 之间

### 1.6.3 SO<sub>x</sub> 排放

	技术	描述
a	吸收剂添加技术	<p>该技术直接将干态吸收剂添加到窑炉中 (以进料或喷射方式)，或将干态或湿态吸收剂 (如消石灰或碳酸氢钠) 添加到废气中，以此消除 SO<sub>x</sub> 排放。当吸收剂注入废气中时，必须在喷射点和集尘器 (织物过滤器或静电除尘器) 之间提供足够的滞留时间，以便被有效吸收。</p> <p>对于回转窑，吸收技术可包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>使用精细石灰石：在白云石进料的直筒窑中，含大量精细石灰石或容易在加热时破裂的进料石会导致 SO<sub>2</sub> 的排放显著减少，煅烧精细石灰石被吸入窑气中，并在通往集尘器的途中及集尘器内去除 SO<sub>2</sub>。</li> <li>向助燃空气喷射石灰：专利技术 (EP 0 734 755 A1) 可向进入窑炉燃烧罩的空气中注射精细生石灰和消石灰，从而消除回转窑中的 SO<sub>2</sub> 排放</li> </ul>

## 1.7 氧化镁工业技术描述 (干法工艺流程)

### 1.7.1 粉尘排放

	测量 / 技术	描述
a	静电除尘器 (ESPs)	有关静电除尘器的一般性描述见第 1.5.1 节
b	织物过滤器	<p>有关织物过滤器的描述见第 1.5.1 节</p> <p>织物过滤器具有较高的颗粒保留率，通常超过 98%，最高可达 99%，取决于颗粒尺寸，与氧化镁工业使用的其他除尘措施 / 技术相比，该技术在颗粒收集方面效率最高，但是，由于窑炉废气的高温，必须使用耐高温的特殊过滤材料。</p> <p>僵烧镁生产中使用温度高达 250 °C 的过滤材料，如 PTFE (特氟龙) 过滤材料，该过滤材料对酸或碱具有良好的耐受性，许多腐蚀方面的问题已得到解决</p>
c	气旋除尘器 (离心除尘器)	有关气旋除尘器的一般性描述见第 1.6.1 节。这些设备很坚固，作业温度范围广，能耗要求低。由于系统相关除尘度有限，气旋除尘器主要用作粗尘和废气的初始除尘器
d	湿法除尘器	<p>有关湿法除尘器 (亦称为湿法洗涤器) 的一般性描述见第 1.6.1 节</p> <p>湿法除尘器可根据其设计和工作原理分为多种类型，如文丘里型，此类湿法除尘器在氧化镁工业中有多种应用，如气体通过文丘里管最窄的部分 (文丘里管颈部) 时，气体速度可达 60 米至 120 米 / 秒，流入文丘里管颈部的清洗液会扩散到非常细的液滴形成的雾气中，并与气体大量混合，分离到水滴上的颗粒变重，可被安装在文丘里湿法除尘器中的液滴分离器轻松抽除</p>

### 1.7.2 SO<sub>x</sub> 排放

	技术	描述
a	吸收剂添加技术	该技术向废气中注入干态或湿态吸收剂 (半干洗涤)，以消除 SO <sub>x</sub> 排放，气体在注射点和集尘器之间有足够的滞留时间对于获得高效吸收非常重要。反应性 MgO 等级可用作氧化镁工业 SO <sub>2</sub> 的有效吸收剂。尽管反应性 MgO 等级与其他吸收剂相比效率较低，但使用起来却具有双重优势，因为它可降低投资成本，而且滤尘不会被其他物质污染并可重新使用，

	技术	描述
		以代替原材料生产氧化镁或用作化肥 (硫酸镁)，最大限度地减少废物的产生
b	湿法洗涤器	在湿洗技术中，SO <sub>x</sub> 被液体 / 泥浆吸收，该液体 / 泥浆被反向喷洒到喷雾塔中的废气里。该技术需要 5 至 12 立方米/吨产品的水量，因此需进行废水处理