

## 欧委会执行决定

2012 年 2 月 28 日

根据《欧洲委员会和欧盟理事会第 2010/75/EU 号工业排放指令》确立玻璃制造

最佳可行技术 (BAT)

(根据 C (2012)865 号文件通知)

(本文件的规定适用于欧洲经济区)

(2012/134/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、相关消费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。
- (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。

---

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

- (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 2011 年 9 月 13 日就玻璃制造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

玻璃制造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。

2012 年 2 月 28 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》OJ C 146, 17.05.2011, 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

### 玻璃制造最佳可行技术结论

适用范围.....	5
定义.....	5
总体说明.....	7
大气排放的平均周期和参考条件.....	7
换算为参考氧浓度.....	8
从浓度换算为单位质量排放.....	8
特定空气污染物的定义.....	10
废水排放平均周期.....	10
1.1 玻璃制造普遍最佳可行技术结论.....	10
1.1.1 环境管理体系.....	11
1.1.2 能源效率.....	12
1.1.3 物料储存和搬运.....	12
1.1.4 普遍主要技术.....	14
1.1.5 玻璃制造工艺排放至水中的污染.....	16
1.1.6 玻璃制造工艺流程所产生的废物.....	18
1.1.7 玻璃制造工艺流程产生的噪声.....	19
1.2 瓶罐玻璃制造最佳可行技术结论.....	19
1.2.1 熔炉粉尘排放.....	19
1.2.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO <sub>x</sub> ).....	20
1.2.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO <sub>x</sub> ).....	22
1.2.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF).....	23
1.2.5 熔炉产生的金属.....	24
1.2.6 下游工艺流程产生的排放.....	24
1.3 平板玻璃制造最佳可行技术结论.....	27
1.3.1 熔炉粉尘排放.....	27
1.3.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO <sub>x</sub> ).....	27
1.3.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO <sub>x</sub> ).....	30
1.3.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF).....	30
1.3.5 熔炉产生的金属.....	31
1.3.6 下游工艺流程产生的排放.....	32
1.4 长丝玻璃纤维制造的最佳可行技术结论.....	33
1.4.1 熔炉粉尘排放.....	33
1.4.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO <sub>x</sub> ).....	34
1.4.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO <sub>x</sub> ).....	35
1.4.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF).....	36
1.4.5 熔炉产生的金属.....	36
1.4.6 下游工艺流程产生的排放.....	37
1.5 日用玻璃制造最佳可行技术结论.....	39
1.5.1 熔炉粉尘排放.....	39
1.5.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO <sub>x</sub> ).....	40
1.5.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO <sub>x</sub> ).....	42
1.5.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF).....	43
1.5.5 熔炉产生的金属.....	44
1.5.6 下游工艺流程产生的排放.....	45
1.6 特种玻璃制造最佳可行技术结论.....	47
1.6.1 熔炉粉尘排放.....	47

1.6.2	熔炉产生的氮氧化物 (NO <sub>x</sub> ).....	48
1.6.3	熔炉产生的硫氧化物 (SO <sub>x</sub> ).....	50
1.6.4	熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF).....	51
1.6.5	熔炉产生的金属.....	52
1.6.6	下游工艺流程产生的排放.....	52
1.7	矿棉制造最佳可行技术结论.....	54
1.7.1	熔炉粉尘排放.....	54
1.7.2	熔炉产生的氮氧化物(NO <sub>x</sub> ).....	54
1.7.3	熔炉产生的硫氧化物 (SO <sub>x</sub> ).....	56
1.7.4	熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF).....	57
1.7.5	石棉熔炉中的硫化氢 (H <sub>2</sub> S).....	58
1.7.6	熔炉产生的金属.....	59
1.7.7	下游工艺流程产生的排放.....	59
1.8	高温绝缘棉 (HTIW) 生产最佳可行技术结论.....	61
1.8.1	熔化和下游工艺流程所产生的粉尘排放.....	61
1.8.2	熔炉及下游工艺流程产生的氮氧化物 (NO <sub>x</sub> ).....	63
1.8.3	熔炉及下游工艺流程产生的硫氧化物 (SO <sub>x</sub> ).....	63
1.8.4	熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF).....	64
1.8.5	熔炉和下游工艺流程所产生的金属.....	64
1.8.6	下游工艺流程所产生挥发性有机化合物.....	65
1.9	玻璃料生产最佳可行技术结论.....	66
1.9.1	熔炉粉尘排放.....	66
1.9.2	熔炉产生的氮氧化物 (NO <sub>x</sub> ).....	66
1.9.3	熔炉产生的硫氧化物 (SO <sub>x</sub> ).....	68
1.9.4	熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF).....	68
1.9.5	熔炉产生的金属.....	69
1.9.6	下游工艺流程产生的排放.....	69
	术语表.....	71
1.10	技术描述.....	71
1.10.1	粉尘排放.....	71
1.10.2	NO <sub>x</sub> 排放.....	71
1.10.3	SO <sub>x</sub> 排放.....	73
1.10.4	HCl 和 HF 排放.....	73
1.10.5	金属排放.....	74
1.10.6	混合气体排放 (例如 SO <sub>x</sub> 、HCl、HF 及硼化合物).....	74
1.10.7	混合排放 (固体 + 气体).....	74
1.10.8	切削、研磨、抛光作业产生的排放.....	75
1.10.9	H <sub>2</sub> S、VOC 排放.....	75

## 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 中所列的工业活动，即：

- 3.3.玻璃制造，包括日熔化能力超过 20 吨的玻璃纤维；
- 3.4.矿物质熔化，包括日熔化能力超过 20 吨的矿物纤维生产。

本最佳可行技术结论不涉及以下情形：

- 水玻璃制造，由参考文档《大容量无机化学品-固体和其他工业（LVIC-S）》所涵盖；
- 多晶羊毛制造；
- 镜面制造，由参考文档《使用有机溶剂（STS）进行表面处理》所涵盖。

与本最佳可行技术结论所涉操作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）	原材料的储存和搬运
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
监测通用原则（MON）	排放和消耗监测

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。

## 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建于设施现场的装置或是在现有设施基础上进行全套替换的装置
现有装置	非新装置的装置

新熔炉	在本最佳可行技术结论发布之后于设施中安装的熔炉或是全套熔炉的改造
一般熔炉改造	在没有对熔炉要求或技术进行重大变更的情况下，在两次操作之间进行的改造，其中熔炉架没有进行显著调整，熔炉维度基本保持不变。通过完全或部分更换熔炉或蓄热器（如适用）的耐火材料而对其进行修复。
全套熔炉改造	改造涉及熔炉要求或技术的重大变更，以及熔炉和相关设备的重大调整或更换。

## 总体说明

### 大气排放的平均周期和参考条件

除非另有说明，本最佳可行技术结论中的最佳可行技术 (BAT-AELs) 相关大气排放水平适用于表 1 所示参考条件。废气中的所有浓度值均指标准条件：干燥气体，温度 273.15 K，压力 101.3 kPa。

用于非连续测量	最佳可行技术 BAT-AELs 指三个点状采样的平均值，每个采样至少 30 分钟；对于蓄热炉，测量期应至少包括蓄热室的两个逆向燃烧
用于连续测量	BAT-AELs 指日平均值

表 1: 大气排放最佳可行技术 BAT-AELs 参考条件

	操作	单位	参考条件
熔化操作	传统熔炉在连续熔化器中	mg/Nm <sup>3</sup>	8% 氧气体积
	传统熔炉在不连续熔化器中	mg/Nm <sup>3</sup>	13% 氧气体积
	氧燃烧炉	千克/吨 熔化玻璃	以 mg/Nm <sup>3</sup> 表示的测量排放水平达到参考氧浓度不适用
	电炉	mg/Nm <sup>3</sup> 或 千克/吨 熔化玻璃	以 mg/Nm <sup>3</sup> 表示的测量排放水平达到参考氧浓度不适用
	玻璃料熔炉	mg/Nm <sup>3</sup> 或 千克/吨 熔化玻璃料	浓度指体积为 15% 的氧气 使用风煤气燃烧时，以排放浓度 (mg/Nm <sup>3</sup> ) 表示的 BAT AELs 适用 仅使用氧燃料燃烧时，以单位质量排放 (千克 / 吨熔化玻璃料) 表示的最佳可行技术 BAT AELs 适用 当使用富氧空气燃料燃烧时，以排放浓度 ( mg/Nm <sup>3</sup> ) 或单位质量排放 ( 千克/吨熔化玻璃料) 表示的最佳可行技术 BAT AELs 适用
	所有类型的熔炉	千克/吨 熔化玻璃	单位质量排放指一吨熔化玻璃
非熔化	所有工艺流程	mg/Nm <sup>3</sup>	无氧气修正

操作, 包括下游工艺流程	所有工艺流程	千克 / 吨 玻璃	单位质量排放指一吨熔化玻璃
--------------	--------	--------------	---------------

### 换算为参考氧浓度

计算参考氧气水平排放浓度的公式（见表 1）如下所示：

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

其中

$E_R$  (mg/Nm<sup>3</sup>): 参考氧气水平  $O_R$  修正排放浓度；

$O_R$  (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 %): 测出氧气水平。

### 从浓度换算为单位质量排放

第 1.2 至 1.9 节所述最佳可行技术 BAT-AELs 以单位质量排放物表示时(公斤/吨熔化玻璃)基于下述计算，但氧燃烧炉除外，在有限的情况下，电动熔化亦除外，即以千克/吨熔化玻璃表示的最佳可行技术 BAT-AELs 源自特定报告的数据。

从浓度换算为单位质量排放的计算程序如下所示。

单位质量排放 (千克/吨熔化玻璃) = 换算系数 × 排放浓度 (mg/Nm<sup>3</sup>),

其中: 换算系数 =  $(Q/P) \times 10^{-6}$

并且  $Q$  = 废气体积 (单位: Nm<sup>3</sup>/h)

$P$  = 以公吨熔化玻璃 / 小时为单位的拉速率

废气体积 ( $Q$ ) 由特定的能耗，燃油类型和氧化物决定，氧化物包括空气，富氧空气及氧气，氧气纯度取决于生产工艺流程。能源消耗(主要) 是熔炉类型，玻璃类型和碎玻璃百分比的复变函数。

但是，一系列因素可能会影响浓度和单位质量流量之间的关系，包括：



- 熔炉类型 (空气预热温度, 熔化技术);
- 生产的玻璃类型 (熔化所需的能量);
- 能源组合 (化石燃料 / 电力增压);
- 化石燃料类型 (石油, 天然气);
- 氧化剂类型 (氧气, 空气, 富氧空气);
- 碎玻璃百分比;
- 配合料成分;
- 炉龄;
- 熔炉尺寸。

表 2 中所列换算系数已用于将最佳可行技术 BAT-AELs 从浓度换算为单位质量排放。

换算系数根据节能熔炉确定, 仅与全空气 / 燃料炉相关。

**表 2: 用于将 mg/Nm<sup>3</sup> 换算为千克/吨熔化玻璃的指示性系数 基于高能效的燃料空气炉**

行业		换算系数 mg/Nm <sup>3</sup> 换算为千克/吨熔化玻璃
平板玻璃		2.5 x 10 <sup>-3</sup>
瓶罐玻璃	普遍情况	1.5 x 10 <sup>-3</sup>
	特定情况 <sup>(1)</sup>	个案研究 (通常为 3.0 × 10 <sup>-3</sup> )
长丝玻璃纤维		4.5 x 10 <sup>-3</sup>
日用玻璃	碱石灰	2.5 x 10 <sup>-3</sup>
	特定情况 <sup>(2)</sup>	个案研究 (2.5 至 >10 × 10 <sup>-3</sup> ; 通常为 3.0 × 10 <sup>-3</sup> )
矿棉	玻璃棉	2 x 10 <sup>-3</sup>
	岩棉冲天炉	2.5 x 10 <sup>-3</sup>
特种玻璃	电视玻璃 (面板)	3 x 10 <sup>-3</sup>
	电视玻璃 (漏斗)	2.5 x 10 <sup>-3</sup>
	硼硅酸盐 (管)	4 x 10 <sup>-3</sup>
	玻璃陶瓷	6.5 x 10 <sup>-3</sup>
	照明玻璃 (碱石灰)	2.5 x 10 <sup>-3</sup>

玻璃料	个案研究 (5 至 $7.5 \times 10^{-3}$ )
<p>(1) 对应不利情况的特定情况 (即产量普遍低于 100 吨每天, 碎玻璃率低于 30% 的小型专用熔炉), 这一类别仅占瓶罐玻璃制造的 1 % 或 2 %。</p> <p>(2) 对应不利情况及 / 或非碱石灰玻璃的特定情况: 硼硅酸盐, 玻璃陶瓷, 水晶玻璃以及 (较不频繁) 铅晶质玻璃。</p>	

### 特定空气污染物的定义

在本最佳可行技术结论以及第 1.2 至 1.9 节所述最佳可行技术 BAT-AELs 中, 以下定义适用:

NO <sub>x</sub> 表示为 NO <sub>2</sub>	一氧化氮 (NO) 和二氧化氮 (NO <sub>2</sub> ) 总和, 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> ) 总和, 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

### 废水排放平均周期

除非另有说明, 本最佳可行技术结论所述最佳可行技术 (BAT-AELs) 相关废水排放水平指的是在两小时或 24 小时内采集的复合样品的平均值。

## 1.1 玻璃制造普遍最佳可行技术结论

除非另有说明, 本节所述最佳可行技术结论适用于所有设施。

除本节中最佳可行技术一般性结论适用外, 第 1.2 至 1.9 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

#### 1. 最佳可行技术应实施并遵循包含以下所有方面的环境管理体系（EMS）：

- i. 管理层（包括高级管理层）承诺；
- ii. 界定环境政策，包括管理部门不断改进安装；
- iii. 规划和设立必要程序、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；
  - (c) 沟通；
  - (d) 员工参与；
  - (e) 文件资料归档；
  - (f) 高效的工艺流程管理；
  - (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，进行独立的内部或外部审计，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 能源效率

2. 为了降低特定热能消耗，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

技术	适用性
i. 通过控制操作参数优化工艺流程	这些技术普遍适用
ii. 熔炉的定期维护	
iii. 优化熔炉的设计及熔化技术的选择	适用于新装置 对于现有装置，实施该方案需对熔炉进行全套改造
iv. 燃烧控制技术的应用	适用于燃料 / 空气和全氧燃烧炉
v. 经济和技术上可行并供应足够的情况下，使用越来越多的碎玻璃	不适用于长丝玻璃纤维、高温绝缘棉和玻璃料行业
vi. 在技术和经济上可行的情况下，使用废热锅炉回收能源	适用于燃料 / 空气和全氧燃烧炉 该技术的适用性和经济可行性取决于可获得的总体效率，包括有效使用所产生的蒸汽
vii. 在技术和经济上可行的情况下使用配合料预热和碎玻璃预热	适用于燃料 / 空气和全氧燃烧炉 适用性通常限于碎玻璃成分超过 50% 的配合料

### 1.1.3 物料储存和搬运

3. 最佳可行技术应使用以下一种或几种技术来防止或减少固体物料的储存和搬运过程中产生的散尘排放：

I. 原材料的储存：

- i. 将散装粉末材料存放在配有除尘系统 (如织物过滤器) 的封闭仓中；
- ii. 将微细材料存放在密闭容器或密封袋中；
- iii. 覆盖多尘粗材料库；
- iv. 使用道路清洁车辆和水阻尼技术。

## II. 原材料的搬运。

技术	适用性
i. 地面运输物料，使用封闭的输送机以防物料损失	这些技术普遍适用
ii. 使用气动输送时，使用配有过滤器的密封系统，在释放前清洁输送空气	
iii. 配合料保湿	因本技术对熔炉能效具有负面影响，其使用受到限制。某些配合料制剂可能会受到限制，特别是在硼硅酸盐玻璃生产中
iv. 在炉内施加轻微负压	由于对熔炉能效具有不利影响，只能用作固有作业，即熔炉生产玻璃料
v. 使用不会导致爆裂现象的原材料 (主要是白云石和石灰石)。这些现象包括暴露在高温下会发出“噼啪声”的矿物质，从而可能导致粉尘排放增加	适用于原料材料供应范围
vi. 在可能产生粉尘的工艺流程中 (例如袋开口、玻璃配合料混合、织物滤尘处理、冷炉顶熔炉) 使用排放到过滤器系统的吸尘设备	这些技术普遍适用
vii. 使用密封螺杆加料器	
viii. 加料袋密封	普遍适用。为避免损坏设备，可能需进行冷却

### 4. 最佳可行技术应使用以下一种或几种技术来防止或减少挥发性原材料的储存和搬运过程中产生的扩散气体排放：

- i. 在太阳热导致温度变化的情况下，使用太阳吸收性低的储罐涂料进行散装储存；
- ii. 控制挥发性原材料储存的温度；
- iii. 储存挥发性原材料时进行储罐隔热；
- iv. 库存管理；
- v. 使用浮动顶棚储罐储存大量挥发性石油产品；
- vi. 在挥发性液体的输送中，例如从油罐车到储罐，使用蒸汽回流输送系统；
- vii. 使用气囊顶棚储罐存储液体原材料；
- viii. 在用于承受压力波动的储罐中使用压力 / 真空阀；
- ix. 储存危险材料时进行脱模处理 (例如吸附、吸收、冷凝)；
- x. 储存泡沫液体时应用地下填充。

### 1.1.4 普遍主要技术

5. 最佳可行技术应通过对操作参数进行持续监控并对熔炉进行编程维护来减少能耗和大气排放。

技术	适用性
该技术包括一系列监控和维护作业，可单独进行，亦可组合进行，视熔炉类型而定，目的是最大限度地减少熔炉老化所造成的影响，例如密封熔炉和烧嘴砖，保持最大隔热，控制稳定的火焰状况，控制燃料 / 空气比等	适用于蓄热式加热炉 / 换热炉和全氧燃烧炉。  其他类型熔炉的适用性需进行特定安装评估

6. 为减少或防止大气排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术，仔细选择并控制进入熔炉的所有物质和原材料。

技术	适用性
i. 使用杂质含量低的原材料和外部碎玻璃，如金属、氯化物、氟化物	适用于设施内所允许生产的玻璃类型及原材料及燃料供应范围
ii. 使用替代原材料 (如较低的挥发性)	
iii. 使用金属杂质含量低的燃料	

7. 最佳可行技术应定期监测排放及 / 或其他相关工艺参数，包括：

技术	适用性
i. 连续监测关键工艺参数，以确保工艺稳定性，例如温度、燃料供给和气流	这些技术普遍适用
ii. 定期监测工艺参数以防止 / 减少污染，例如燃烧气体中的 O <sub>2</sub> 含量，以控制燃料 / 空气比	
iii. 连续测量粉尘、NO <sub>x</sub> 和 SO <sub>2</sub> 排放，或每年至少两次非连续测量，与检查替代参数同时进行，以确保处理系统在两次测量之间正常运行	
iv. 使用选择性催化还原 (SCR) 或选择性非催化还原 (SNCR) 技术时，连续或定期测量 NH <sub>3</sub> 排放	这些技术普遍适用
v. 使用主要技术或以燃料技术进行化学还原以减少 NO <sub>x</sub> 排放时，或可能产生部分燃烧时，应对 CO 排放进行连续或定期测量。	
vi. 定期测量 HCl、HF、CO 和金属排放，特别是使用含此类物质的原材料或可能发生部分燃烧时	这些技术普遍适用
vii. 连续监测替代参数，以确保废气处理系统正常运行，并于非连续测量之间保持排放水平。替代参数的监测包括：试剂进料、温度、进水、电压、除尘、风扇转速等	

**8. 最佳可行技术应在正常作业条件下以最佳负荷及可用性操作废气处理系统，以防止或减少排放**

**适用性**

对特定作业条件可制定特殊程序，特别是：

- i. 启动和关闭作业期间；
- ii. 在可能影响系统正常运行的其他特殊作业期间 (例如定期和特殊的维护工作以及熔炉及 / 或废气处理系统的清洁作业，或重大生产调整)；
- iii. 如果废气流量或温度不足，无法满负荷使用系统。

**9. 当使用主要技术或以燃料进行化学还原时，最佳可行技术应限制熔炉产生的一氧化碳 (CO) 排放，以减少 NO<sub>x</sub> 排放。**

技术	适用性
<p>减少 NO<sub>x</sub> 排放的主要技术基于改进燃烧 (例如降低空气 / 燃料比，分级燃烧低 NO<sub>x</sub> 燃烧器等)。以燃料进行化学还原包括在废气流中添加碳氢化合物燃料，以减少炉中形成的 NO<sub>x</sub></p> <p>可通过仔细控制操作参数来限制由于应用这些技术导致的 CO 排放量的增加</p>	适用于传统的空气 / 燃料燃烧炉

**表 3: 熔炉产生的一氧化碳排放最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
一氧化碳，以 CO 表示	<100mg/Nm <sup>3</sup>

**10. 使用选择性催化还原 (SCR) 或选择性非催化还原 (SNCR) 技术实现高效 NO<sub>x</sub> 减排时，最佳可行技术应限制氨 (NH<sub>3</sub>) 的排放。**

技术	适用性
本技术包括采用和维持 SCR 或 SNCR 废气处理系统的适当运行条件，目的是限制未反应氨的排放	适用于装有 SCR 或 SNCR 的熔炉

**表 4: 使用 SCR 或 SNCR 技术时，氨排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>
氨，以 NH <sub>3</sub> 表示	<5-30 mg/Nm <sup>3</sup>

(1) 入口 NO<sub>x</sub> 浓度越高，还原率越高，催化剂老化越高，则水平越高。

11. 当硼化合物用于配合料制剂时，为了减少熔炉产生的硼排放，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
i. 在合适的温度下运行过滤系统，以加强硼化合物在固体状态的分离，同时考虑到在温度低于 200°C 但也低至 60°C 的情况下，废气中可能存在一些硼酸类气体化合物	对现有装置的适用性可能受技术限制，与现有过滤系统的位置和特征有关
ii. 将全干或半干洗涤与过滤系统结合使用	由于硼化合物沉积在干碱性试剂表面，其他气体污染物 (SO <sub>x</sub> 、HCl、HF) 的清洁效率降低，适用性可能会受到限制
iii. 使用湿法洗涤	对现有装置的适用性可能受到限制，如需进行特定废水处理
(1) 有关技术描述见第 1.10.1、1.10.4 和 1.10.6 节。	

## 监测

应以特定的方法对硼排放进行监测，允许测量固体和气体形态，并有效地将这些物质从废气中清除。

### 1.1.5 玻璃制造工艺排放至水中的污染

12. 为了降低水消耗，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

技术	适用性
i. 最大限度地减少溢出和泄漏	此技术普遍适用
ii. 净化后重复使用冷却水和清洁水	本技术普遍适用 净化水的再循环适用于大多数清洁系统，但是，可能需要定期排放和更换净化介质
iii. 只要技术和经济可上行，运行准闭环水系统	本技术的适用性可能受到生产流程安全管理的限制，特别是： <ul style="list-style-type: none"> <li>一旦安全需要，如需冷却大量玻璃时，可使用断路冷却</li> <li>某些特定工艺流程中使用的水可能须全部或部分排放到废水处理系统中，如长丝玻璃纤维行业的下游操作，日用和特种玻璃行业的酸抛光等</li> </ul>



13. 为了减少废水排放中污染物的排放负荷，最佳可行技术应使用以下一种或几种废水处理系统：

技术	适用性
i. 标准污染控制技术，如沉降、筛选、撇沫、中和、过滤、曝气、沉淀、凝固和絮凝等  控制液体原材料和中间体储存排放的标准良好实践技术，如密封、储罐检查 / 测试、溢流保护等	这些技术普遍适用
ii. 生物处理系统，如活性污泥、用于去除 / 降解有机化合物的生物过滤	仅适用于在生产流程中使用有机物质的行业，如长丝玻璃纤维和矿棉行业
iii. 排放到城市污水处理厂	适用于需进一步减少污染物的设施
iv. 外部重复使用废水	适用性通常限于碎玻璃行业（陶瓷行业可能重复使用）

表 5: 排入地表水的玻璃制造废水最佳可行技术 BAT-AELs

参数 <sup>(1)</sup>	单位	BAT-AEL <sup>(2)</sup> (复合样品)
pH 值	-	6.5 - 9
总悬浮固体量:	mg/l	<30
化学需氧量 (COD)	mg/l	<5-130 <sup>(3)</sup>
硫酸盐, 以 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 表示	mg/l	<1000
氟化物, 以 F <sup>-</sup> 表示	mg/l	<6 <sup>(4)</sup>
碳氢化合物总量	mg/l	<15 <sup>(5)</sup>
铅, 以 Pb 表示	mg/l	<0.05 - 0.3 <sup>(6)</sup>
锑, 以 Sb 表示	mg/l	<0.5
砷, 以 As 表示	mg/l	<0.3
钡, 以 Ba 表示	mg/l	<3.0
锌, 以 Zn 表示	mg/l	<0.5
铜, 以 Cu 表示	mg/l	<0.3
铬, 以 Cr 表示	mg/l	<0.3

镉, 以 Cd 表示	mg/l	<0.05
锡, 以 Sn 表示	mg/l	<0.5
镍, 以 Ni 表示	mg/l	<0.5
氨, 以 NH <sub>4</sub> 表示	mg/l	<10
硼, 以 B 表示	mg/l	<1 - 3
苯酚	mg/l	<1
<p>(1) 表中所列污染物的相关性取决于玻璃工业各范畴及装置所开展的不同运作。</p> <p>(2) 该水平指两小时或 24 小时内所采集的复合样品。</p> <p>(3) 对于长丝玻璃纤维行业, 最佳可行技术 BAT-AEL &lt;200 mg/l。</p> <p>(4) 该水平指酸抛光操作产生的处理水。</p> <p>(5) 一般而言, 碳氢化合物总量由矿物油组成。</p> <p>(6) 此范围的上限与生产铅晶体玻璃的下游工艺有关。</p>		

### 1.1.6 玻璃制造工艺流程所产生的废物

14. 为了降低待处理固体废物的生产, 最佳可行技术应使用以下一种或几种技术:

技术	适用性
i. 在符合质量要求的情况下回收废物配合料材料	适用性可能受最终玻璃产品质量要求的限制
ii. 最大限度地减少原材料储存和搬运过程中的材料损失	此技术普遍适用
iii. 回收被拒绝生产的内部碎玻璃	通常不适用于长丝玻璃纤维、高温绝缘棉和玻璃料行业
iv. 在符合质量要求的情况下回收配合料制剂中的粉尘	适用性可能受到不同因素的限制: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 最终玻璃产品的质量要求</li> <li>• 配合料制剂中所使用的碎玻璃百分比</li> <li>• 耐火材料的潜在延滞现象和腐蚀</li> <li>• 硫平衡限制</li> </ul>
v. 固体废物及 / 或污泥通过现场适当使用 (例如水处理污泥) 或在其他行业中回收利用	普遍适用于日用玻璃行业 (用于铅晶体切削污泥) 和瓶罐玻璃行业 (与油混合的玻璃细颗粒)。  由于成分不可预测且被污染、体积小和经济可行性等原因, 对其他玻璃制造行业的适用性有限
vi. 对报废耐火材料进行无害处理, 以供其他行业使用	适用性取决于耐火材料制造商和潜在最终用户所施加的限制

vii. 在符合质量要求的情况下，对废物进行水泥 粘结压块，以回收到热风冲天炉中	废物水泥粘结压块仅适用于岩棉行业  应采取措施在排放至空气中的污染与产生固体 废物流之间进行抵消
---	---

### 1.1.7 玻璃制造工艺流程产生的噪声

15. 为降低噪声排放，最佳可行技术应使用以下几种技术：

- i. 进行环境噪声评估并根据当地环境制定噪声管理计划；
- ii. 将嘈杂的设备 / 作业封闭于单独的设施 / 车间中；
- iii. 使用路堤屏蔽噪声源；
- iv. 于白天进行嘈杂的户外生产活动；
- v. 根据当地情况，在设施和保护区之间使用隔音墙或天然屏障 (乔木、灌木)。

## 1.2 瓶罐玻璃制造最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于所有瓶罐玻璃制造设施。

### 1.2.1 熔炉粉尘排放

16. 为了减少熔炉废气中的粉尘排放，最佳可行技术应使用废气清洁系统，如静电除尘器或袋式过滤器。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
废气清洁系统包括管末处理技术，基于对测量点所有固体材料进行过滤	此技术普遍适用
<sup>(1)</sup> 过滤系统 (即静电除尘器，袋式过滤器) 的描述见第 1.10.1 节。	

表 6: 瓶罐玻璃行业熔炉所产生粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
粉尘	<10 - 20	<0.015 - 0.06

(<sup>1</sup>)  $1.5 \times 10^{-3}$  和  $3 \times 10^{-3}$  的换算系数分别用于确定范围的下限值和上限值。

## 1.2.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)

17. 为了降低熔炉产生的 NO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

I. 主要技术，如：

技术( <sup>1</sup> )	适用性
i. 燃烧改造	
(a) 降低空气/燃料比	适用于传统的空气/燃料炉 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(b) 降低了燃烧空气温度	仅适用于因炉效率降低且燃料需求增加(即使用换热炉而不使用蓄热炉)而导致的设施专用环境
(c) 分级燃烧： • 空气分级 • 燃料分级	燃料分级适用于大多数传统的空气 / 燃料炉  由于技术复杂性，空气分级的适用性非常有限
(d) 废气再循环	本技术仅适用于使用具有废气自动再循环功能的专用燃烧器
(e) 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	本技术普遍适用  由于技术限制和熔炉的灵活性较低，在横焰炉、燃气炉的应用中所获得的环境收益通常较低  一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(f) 燃料选择	适用性受到不同类型燃料供给的限制，燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
ii. 专用熔炉设计	仅适用于含大量外部碎玻璃 (>70%) 的配合料制剂 应用时需对熔炉进行全套改造 熔炉的形状 (长而窄) 可能会造成空间限制
iii. 电熔	不适用于大批量玻璃生产 (>300 吨/日)  不适用于需较大拉力变化的生产 实施时需对熔炉进行全套改造
iv. 氧燃料熔化	完成熔炉全套改造后，在应用中能实现环境的最大收益
( <sup>1</sup> ) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

II. 辅助技术，如：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择性催化还原(SCR)	<p>该应用可能需要升级除尘系统，以保证粉尘浓度低于 10 - 15 mg/Nm<sup>3</sup>，并需要一个脱硫系统来消除 SO<sub>x</sub> 排放物</p> <p>由于最佳作业温度范围，本技术仅适用于使用静电除尘器，通常不适用于袋式过滤器系统，因为在 180 - 200°C 的低工作温度范围内，需对废气进行再加热</p> <p>实施此技术可能需要大量的可用空间</p>
ii. 选择性非催化还原(SNCR)	<p>该技术适用于换热炉</p> <p>对于传统蓄热炉的适用性非常有限，因为很难获得合适的温度范围，或温度范围不足以使废气与试剂良好混合</p> <p>可能适用于配有分离式蓄热器的新蓄热炉，但是，由于燃烧室之间的火逆转导致周期性温度变化，温度范围很难保持</p>
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

表 7: 瓶罐玻璃行业熔炉 NO<sub>x</sub> 排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	改进燃烧，专用熔炉设计 <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	500 - 800	0.75 - 1.2
	电熔	<100	<0.3
	氧燃料熔化 <sup>(4)</sup>	不适用	<0.5 - 0.8
	辅助技术	<500	<0.75
<p><sup>(1)</sup> 已使用表 2 中所显示的普遍情况换算系数 (1.5 × 10<sup>-3</sup>)，但电熔除外（特定情况：3 × 10<sup>-3</sup>）。</p> <p><sup>(2)</sup> 较低的数值指使用专用熔炉设计 (如适用)。</p> <p><sup>(3)</sup> 在一般或全套熔炉改造中，应重新考虑这些数值。</p> <p><sup>(4)</sup> 可达到的水平取决于天然气和可用氧气的质量 (氮含量)。</p>			

18. 当硝酸盐被用于配合料制剂及/或熔炉中需要特殊氧化燃烧条件以确保最终产品的质量时，为了减少 NO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术应最大限度地减少这些原材料的使用，并使用主要或辅助技术。

表 7 列出了最佳可行技术 BAT-AELs。

如果在短时操作或熔化能力小于 100 吨/天的熔炉中使用硝酸盐，则最佳可行技术 BAT-AEL 列于表 8。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
<p>主要技术：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>尽量减少在配合料制剂中使用硝酸盐</li> </ul> <p>硝酸盐用于极高质量产品 (如医药容器、香水瓶和化妆品容器)</p> <p>有效替代材料包括硫酸盐、砷氧化物和氧化铈</p> <p>应用工艺改进 (如特殊的氧化燃烧条件) 即替代使用硝酸盐</p>	<p>配合料制剂中硝酸盐的替代可能受替代材料的高昂成本及/或较高的环境影响的限制</p>
<p>(<sup>1</sup>) 有关技术描述见第 1.10.2 节。</p>	

**表 8: 硝酸盐被用于配合料制剂及/或特殊的氧化燃烧条件下短时操作或熔化能力小于 100 吨/天的熔炉中时瓶罐玻璃行业熔炉 NO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AEL**

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 ( <sup>1</sup> )
NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	主要技术	<1000	<3
<p>(<sup>1</sup>) 表 2 中所显示的特定情况换算系数 (3 × 10<sup>-3</sup>) 已被应用。</p>			

### 1.2.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO<sub>x</sub>)

19. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
ii. 将配合料制剂中的硫含量降至最低，然后优化硫平衡	<p>配合料制剂中的硫含量最小化普遍适用于最终玻璃产品质量要求的限制范围内</p> <p>优化硫平衡需采取措施在消除 SO<sub>x</sub>排放和固体废物(过滤粉尘)管理之间进行抵消</p> <p>有效减少 SO<sub>x</sub>排放取决于玻璃中硫化物的滞留情况，因玻璃类型的不同滞留情况可能会有极大不同</p>

iii.使用含硫量低的燃料	适用性可能受到低硫燃料供给的限制，此燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
(1) 有关技术描述见第 1.10.3 节。	

**表 9: 瓶罐玻璃行业熔炉 SO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	燃料	最佳可行技术 BAT-AEL <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(3)</sup>
SO <sub>x</sub> 表达 为 SO <sub>2</sub>	天然气	<200 - 500	<0.3 - 0.75
	燃料 <sup>(4)</sup>	<500 - 1200	<0.75 - 1.8

(1) 对于特种类型的彩色玻璃 (如还原绿色玻璃)，解决可实现排放水平方面的问题可能需对硫平衡进行研究。表中所显示数值可能难以与滤尘回收和外部碎玻璃回收率相结合而实现。

(2) 下限指以 SO<sub>x</sub>的还原为重点优先时的条件，即与较低的 与富硫酸盐滤尘对应的固体废物产量相比。

(3) 已使用表 2 中所显示的普遍情况换算系数 (1.5 × 10<sup>-3</sup>)。

(4) 相关排放水平与 1%硫燃料与辅助 减排技术结合使用相关。

### 1.2.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF)

**20. 为了减少熔炉产生的 HCl 和 HF 排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术，最好与热端涂层操作产生的废气相结合：**

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型及原材料供应情况的限制
ii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用

(1) 有关技术描述见第 1.10.4 节。

**表 10: 瓶罐玻璃行业熔炉 HCl 及 HF 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
氯化氢，以 HCl 表示 <sup>(2)</sup>	<10 - 20	<0.02 - 0.03
氟化氢，以 HF 表示	<1 - 5	<0.001 - 0.008

(<sup>1</sup>) 已使用表 2 中所显示的普遍情况换算系数( $1.5 \times 10^{-3}$ )。

(<sup>2</sup>) 上限与热端涂层作业中废气的同步处理相关。

### 1.2.5 熔炉产生的金属

21. 为了降低熔炉的金属排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

技术( <sup>1</sup> )	适用性
i. 选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型及原材料供应情况的限制
ii. 在需要对玻璃进行着色和去色的配合料制剂中尽量减少金属化合物的使用，但须符合消费者对玻璃质量的要求	
iii. 使用过滤系统 (袋式过滤器或静电除尘器)	这些技术普遍适用
iv. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.5 节。	

表 11: 瓶罐玻璃行业熔炉所产生金属排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL( <sup>1</sup> )( <sup>2</sup> )( <sup>3</sup> )	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 ( <sup>4</sup> )
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}})$	<0.2-1 ( <sup>5</sup> )	<0.3-1.5 x 10 <sup>-3</sup>
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}}, \text{Sb, Pb, Cr}_{\text{III}}, \text{Cu, Mn, V, Sn})$	<1 - 5	<1.5-7.5 x 10 <sup>-3</sup>
<p>(<sup>1</sup>) 水平指固相和气相中废气里的金属总和。</p> <p>(<sup>2</sup>) 下限指金属化合物不被有意用于配合料制剂时的最佳可行技术 BAT-AEL。</p> <p>(<sup>3</sup>) 上限指使用金属对玻璃进行着色或脱色，或热端涂层作业产生的废气与熔炉排放物一起处理。</p> <p>(<sup>4</sup>) 已使用表 2 中所显示的普遍情况换算系数 (<math>1.5 \times 10^{-3}</math>)。</p> <p>(<sup>5</sup>) 在特定情况下，当生产高质量的火石玻璃需更大数量的硒进行脱色时 (取决于原材料)，所显示的数值升高，最高可达 3 mg/Nm<sup>3</sup>。</p>		

### 1.2.6 下游工艺流程产生的排放

22. 当锡、有机锡或钛化合物用于热端涂层作业时，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术来减少排放：

技术	适用性
----	-----



<p>i. 确保应用系统密封良好，并使用有效的抽气罩，最大限度地减少涂层产品的损失</p> <p>应用系统的良好结构和密封性对于最大限度地降低未反应产品进入大气所造成的损失至关重要</p>	<p>此技术普遍适用</p>
<p>ii. 使用辅助处理系统时(过滤和全干或半干洗涤器) 将涂层作业中的废气与熔炉中的废气或熔炉的助燃空气结合使用</p> <p>根据化学相容性，涂层作业产生的废气可在处理前与其他废气结合使用。以下两个选项可能适用：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 与熔炉中的废气、辅助减排系统的上游 (全干或半干洗涤加过滤系统) 相组合</li> <li>• 进入蓄热炉前与助燃空气相结合，然后对熔化工工艺流程中产生的废气进行辅助减排处理 (全干或半干洗涤 + 过滤系统)</li> </ul>	<p>与熔炉中废气的组合普遍适用</p> <p>与助燃空气的组合可能会受到技术限制，因为这对玻璃化学和蓄热炉物料具有某些潜在影响</p>
<p>iii. 使用辅助技术，例如湿洗、干洗和过滤<sup>(1)</sup></p>	<p>这些技术普遍适用</p>
<p><sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.4 和 1.10.7 节。</p>	

**表 12: 瓶罐玻璃行业下游作业产生的废气被单独处理时热端涂层操作大气排放最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
粉尘	<10
钛化合物以 Ti 表示	<5
锡化合物，包括有机锡，以 Sn 表示	<5
氯化氢，以 HCl 表示	<30

**23. 当 SO<sub>3</sub>用于表面处理作业时，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术来减少 SO<sub>x</sub> 排放：**

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
<p>i. 确保应用系统的良好密封，最大限度地减少产品损失</p> <p>应用系统的良好结构和维护对于最大限度地降低未反应产品进入大气所造成的损失至关重要</p>	<p>这些技术普遍适用</p>
<p>ii. 使用辅助技术，如湿洗</p>	
<p><sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.6 节。</p>	

表 13: SO<sub>3</sub>被单独处理后用于瓶罐玻璃行业表面处理作业时下游作业 SO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AEL

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>x</sub> , 以 SO <sub>2</sub> 表示	<100 - 200

## 1.3 平板玻璃制造最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于所有平板玻璃制造设施。

### 1.3.1 熔炉粉尘排放

24. 最佳可行技术应使用静电除尘器或袋式过滤系统来减少熔炉废气中的粉尘排放。

有关技术描述见第 1.10.1 节。

表 14: 平板玻璃行业熔炉所产生粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
粉尘	<10 - 20	<0.025 - 0.05

(1) 已使用表 2 中所显示的换算系数 ( $2.5 \times 10^{-3}$ )。

### 1.3.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)

25. 为了降低熔炉产生的 NO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

I. 主要技术，如：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 燃烧改造	
(a) 降低空气/燃料比	适用于传统的空气/燃料炉 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(b) 降低了燃烧空气温度	由于炉效率较低且燃料需求较高 (即使用换热炉而不使用蓄热炉)，仅适用于生产专用平板玻璃的小型熔炉和设施专用环境
(c) 分级燃烧： • 空气分级 • 燃料分级	燃料分级适用于大多数传统的空气 / 燃料炉  由于技术复杂性，空气分级的适用性非常有限
(d) 废气再循环	本技术仅适用于使用具有废气自动再循环功能的专用燃烧器

(e) 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	<p>本技术普遍适用</p> <p>由于技术限制和熔炉的灵活性较低，在横焰炉、燃气炉的应用中所获得的环境收益通常较低</p> <p>一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处</p>
(f) 燃料选择	适用性受到不同类型燃料供给的限制，燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
<p>ii. 菲尼克斯工艺</p> <p>基于多种主要技术组合，可优化横焰蓄热浮法玻璃炉的燃烧。主要特点包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 减少过量空气</li> <li>• 热点抑制和火焰温度均匀化</li> <li>• 控制燃料和助燃空气的混合</li> </ul>	<p>仅适用于横焰蓄热炉</p> <p>适用于新熔炉</p> <p>对于现有熔炉，要求在熔炉全套改造设计和建造过程中直接集成该技术</p>
iii. 氧燃料熔化	完成熔炉全套改造后，在应用中能实现环境的最大收益
(l) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

II. 辅助技术，如：

技术 <sup>(l)</sup>	适用性
i. 通过燃料进行化学还原	<p>适用于蓄热炉</p> <p>燃料消耗量的增加和由此产生的环境和经济影响限制了适用性</p>
ii. 选择性催化还原(SCR)	<p>该应用可能需要升级除尘系统，以保证粉尘浓度低于 10 - 15 mg/Nm<sup>3</sup>，并需要一个脱硫系统来消除 SO<sub>x</sub> 排放</p> <p>由于最佳作业温度范围，本技术仅适用于使用静电除尘器，通常不适用于袋式过滤器系统，因为在 180 - 200C 的低工作温度范围内，需对废气进行再加热</p> <p>实施此技术可能需要大量的可用空间</p>
(l) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

表 15: 平板玻璃行业熔炉 NO<sub>x</sub> 排放的最佳可行技术 BAT-AEL

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL <sup>(l)</sup>	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(2)</sup>

NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	改进燃烧, 菲尼克斯工艺 <sup>(3)</sup>	700 - 800	1.75 - 2.0
	氧燃料熔化 <sup>(4)</sup>	不适用	<1.25 - 2.0
	辅助技术 <sup>(5)</sup>	400 - 700	1.0 - 1.75

(1) 偶尔使用硝酸盐生产特种玻璃时, 预计排放水平会上升。  
(2) 已使用表 2 中所显示的换算系数 ( $2.5 \times 10^{-3}$ )。  
(3) 该范围的下限与应用菲尼克斯工艺有关。  
(4) 可达到的水平取决于天然气和可用氧气的质量 (氮含量)。  
(5) 在熔炉进行正常或全套改造之前, 该范围的上限与现有装置相关, 下限与较新/翻新的装置相关。

**26. 当硝酸盐被用于配合料制剂时, 最佳可行技术应通过最大限度地减少这些原材料的使用, 并使用主要或辅助技术来减少 NO<sub>x</sub> 排放。如采用辅助技术, 表 15 中显示的最佳可行技术 BAT-AELs 亦适用。**

如硝酸盐被用于配合料制剂, 在为数不多的短时操作中生产特种玻璃, 则最佳可行技术 BAT-AELs 列于表 16。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
主要技术:  尽量减少在配合料制剂中使用硝酸盐  硝酸盐适用于特种生产 (即彩色玻璃)  有效替代材料包括硫酸盐、砷氧化物和氧化铈	配合料制剂中硝酸盐的替代可能受替代材料的高昂成本及/或较高的环境影响的限制

(1) 有关技术描述见第 1.10.2 节。

**表 16: 硝酸盐被用于配合料制剂在为数不多的短时操作中生产特种玻璃时平板玻璃行业熔炉 NO<sub>x</sub> 排放的 BAT-AEL**

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	主要技术	<1200	<3

(1) 已使用表 2 中所显示的特定情况换算系数 ( $2.5 \times 10^{-3}$ )。

### 1.3.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO<sub>x</sub>)

27. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
ii. 将配合料制剂中的硫含量降至最低，然后优化硫平衡	配合料制剂中的硫含量最小化普遍适用于最终玻璃产品质量要求的限制范围内  优化硫平衡需采取措施在消除 SO <sub>x</sub> 排放和固体废物(过滤粉尘)管理之间进行抵消
iii. 使用含硫量低的燃料	适用性可能受到低硫燃料供给的限制，此燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
(1) 有关技术描述见第 1.10.3 节。	

表 17: 平板玻璃行业熔炉 SO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	燃料	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
SO <sub>x</sub> 表示 为 SO <sub>2</sub>	天然气	<300 - 500	<0.75 - 1.25
	燃油 <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>	500 - 1300	1.25 - 3.25
<p>(1) 下限指 SO<sub>x</sub>的还原与富硫酸盐滤尘对应的固体废物的较低产量相比为重点优先时的条件。</p> <p>(2) 已使用表 2 中所显示的换算系数 (<math>2.5 \times 10^{-3}</math>)。</p> <p>(3) 相关排放水平与 1%硫燃料与辅助减排技术结合使用相关。</p> <p>(4) 对于大型平板玻璃炉，解决可实现排放水平方面的问题可能需对硫平衡进行研究。表中所显示数值可能难以与滤尘回收相结合而实现。</p>			

### 1.3.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF)

28. 为了降低熔炉产生的 HCl 和 HF 排放，最佳可行技术将使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型及原材料供应情况的限制

ii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
(1) 有关技术描述见第 1.10.4 节。	

**表 18: 平板玻璃行业熔炉 HCl 及 HF 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
氯化氢, 以 HCl 表示 <sup>(2)</sup>	<10 - 25	<0.025 - 0.0625
氟化氢, 以 HF 表示	<1 - 4	<0.0025 - 0.010
(1) 已使用表 2 中所显示的换算系数(2.5 × 10 <sup>-3</sup> )。		
(2) 该范围的上限与配合料制剂中的滤尘回收相关。		

### 1.3.5 熔炉产生的金属

29. 为了降低熔炉的金属排放, 最佳可行技术应使用以下一种或几种技术:

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型及原材料供应情况的限制
ii. 使用过滤系统	此技术普遍适用
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	
(1) 有关技术描述见第 1.10.5 节。	

**表 19: 平玻璃行业熔炉金属排放的最佳可行技术 BAT-AELs, 硒彩色玻璃除外**

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> )	<0.2 - 1	<0.5 - 2.5 × 10 <sup>-3</sup>
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> , Sb, Pb, Cr <sub>III</sub> , Cu, Mn, V, Sn)	<1 - 5	<2.5 - 12.5 × 10 <sup>-3</sup>
(1) 范围指固相和气相中废气里的金属总和。		
(2) 已使用表 2 中所显示的换算系数(2.5 × 10 <sup>-3</sup> )。		

30. 使用硒化合物为玻璃上色时, 为了降低熔炉的硒排放, 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
-------------------	-----

i. 选择玻璃中滞留效率更高且挥发性降低的原材料，以此将配合料成分中的硒蒸发量降至最低	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型及原材料供应情况的限制
ii. 使用过滤系统	此技术普遍适用
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	
(1) 有关技术描述见第 1.10.5 节。	

**表 20: 平板玻璃行业生产彩色玻璃时熔炉硒排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL <sup>(1)</sup> / <sup>(2)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(3)</sup>
硒化合物，以 Se 表示	1 - 3	2.5 - 7.5 x 10 <sup>-3</sup>
<p>(1) 数值指固相和气相中废气里硒的总和。</p> <p>(2) 下限指与较小的滤尘固体废物产量相比硒减排为优先时的条件，在此情况下使用高化学当量比 (试剂/污染物)，并产生大量固体废物流。</p> <p>(3) 已使用表 2 中所显示的换算系数 (2.5 × 10<sup>-3</sup>)。</p>		

### 1.3.6 下游工艺流程产生的排放

**31. 为了降低下游工艺流程排放至空气中的污染，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
i. 确保应用系统密封良好，从而最大限度地减少平板玻璃涂层产品的损失	这些技术普遍适用
ii. 以最佳方式操作控制系统，最大限度地减少退火炉中 SO <sub>2</sub> 的损失	
iii. 如技术上可行，且使用辅助处理系统时(过滤和全干或半干洗涤器)，将退火炉中的 SO <sub>2</sub> 与熔炉中的废气相结合	
iv. 使用辅助技术，例如湿洗，或干洗及过滤	这些技术普遍适用 技术的选择及其性能将取决于关于入口废气成分
(1) 辅助处理系统有关技术描述见第 1.10.3 和 1.10.6 节。	

**表 21: 平板玻璃行业下游工艺流程排放至大气中的污染单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>



粉尘	<15 - 20
氯化氢, 以 HCl 表示	<10
氟化氢, 以 HF 表示	<1 - 5
SO <sub>x</sub> . 表示为 SO <sub>2</sub>	<200
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> )	<1
Σ(As,Co,Ni,Cd,Se,Cr <sub>VI</sub> ,Sb,Pb,Cr <sub>III</sub> ,Cu,Mn,V,Sn)	<5

## 1.4 长丝玻璃纤维制造的最佳可行技术结论

除非另有说明, 本节所述最佳可行技术结论适用于长丝玻璃纤维制造的所有设施。

### 1.4.1 熔炉粉尘排放

本节所述粉尘的最佳可行技术 BAT-AELs 指测量点所有的固体材料, 包括固体硼化合物, 测量点的气体硼化合物不包括在内。

32. 为了降低熔炉废气中的粉尘排放, 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
i. 通过原材料改进减少挥发性成分  使用不含硼化合物或硼含量低的配合料成分制剂是减少主要由挥发性现象产生的粉尘排放的主要措施, 硼是熔炉所排放颗粒物质的主要成分	该技术的应用受到专利问题的限制, 因为无硼或低硼配合料制剂属专利范围
ii. 过滤系统: 静电除尘器或袋式过滤器	本技术普遍适用  在新装置使用能获得最大限度的环境收益, 因为过滤器的定位和特性可不受限制
iii. 湿法洗涤系统	对现有设施的应用可能受到技术限制, 即需要一个特定的废水处理厂
<sup>(1)</sup> 辅助处理系统有关技术描述见第 1.10.1 和 1.10.7 节。	

表 22: 长丝玻璃纤维行业熔炉所产生粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
粉尘	<10 - 20	<0.045 - 0.09
<p>(1) 无硼制剂浓度值显示为 &lt;30 mg/Nm<sup>3</sup> (&lt;0.14 千克/吨熔化玻璃)，采用主要技术。</p> <p>(2) 已使用表 2 中所显示的换算系数(4.5 × 10<sup>-3</sup>)。</p>		

#### 1.4.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)

33. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 燃烧改造	
(a) 降低空气/燃料比	适用于传统的空气/燃料炉 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(b) 降低了燃烧空气温度	适用于在炉能效和更高燃料需求的限制下使用的空气/燃料传统熔炉，大多数炉已是换热类炉。
(c) 分级燃烧： (d) 空气分级 (e) 燃料分级	燃料分级适用于大多数传统的空气/燃料、氧燃烧炉  由于技术复杂性，空气分级的适用性非常有限
(d) 废气再循环	本技术仅适用于使用具有废气自动再循环功能的专用燃烧器
(e) 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	本技术普遍适用 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(f) 燃料选择	适用性受到不同类型燃料供给的限制，燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
ii. 氧燃料熔化	完成熔炉全套改造后，在应用中能够实现环境的最大收益
(1) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

表 23: 长丝玻璃纤维行业熔炉所产生的 NO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃

NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	燃烧改造	<600 - 1000	<2.7-4.5 <sup>(1)</sup>
	氧燃料熔化 <sup>(2)</sup>	不适用	<0.5 - 1.5

(1) 已使用表 2 中所显示的换算系数 ( $4.5 \times 10^{-3}$ )。

(2) 可达到的水平取决于天然气和可用氧气的质量 (氮含量)。

### 1.4.3 熔炉产生的硫氧化物(SO<sub>x</sub>)

34. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 将配合料制剂中的硫含量降至最低，然后优化硫平衡	此技术普遍适用于最终玻璃产品质量要求的限制范围内 优化硫平衡需采取措施在消除 SO <sub>x</sub> 排放和需处置的固体废物(过滤粉尘)管理之间进行抵消
ii. 使用含硫量低的燃料	适用性可能受到低硫燃料供给的限制，此燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	本技术普遍适用 废气中的高浓度硼化合物可能会限制全干或半干洗涤系统中所用试剂的减排效率
iv. 使用湿法洗涤	该技术普遍适用于技术限制范围，即需要一个特定的废水处理厂

(1) 有关技术描述见第 1.10.3 和 1.10.6.节。

表 24: 长丝玻璃纤维行业熔炉所产生的 SO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	燃料	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
SO <sub>x</sub> 表示 为 SO <sub>2</sub>	天然气	<200 - 800	<0.9 - 3.6
	燃油 <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>	<500 - 1000	<2.25 - 4.5

(1) 该范围的上限与用于精炼玻璃的配合料制剂中硫酸盐的使用相关。

(2) 已使用表 2 中所显示的换算系数 ( $4.5 \times 10^{-3}$ )。

(3) 采用湿法洗涤的氧燃烧炉 BAT-AEL 显示为 <0.1 千克/吨熔化玻璃，SO<sub>x</sub>表示为 SO<sub>2</sub>。

(4) 相关排放水平与 1%硫燃料与辅助减排技术结合使用相关。

(5) 下限指 SO<sub>x</sub>的还原与富硫酸盐滤尘对应的固体废物的较低产量相比为优先时的条件，在此情况下，下限与使用袋式过滤器相关。

#### 1.4.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF)

35. 为了降低熔炉产生的 HCl 和 HF 排放，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
i. 选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂	该技术普遍适用于配合料制剂和原材料供应的限制范围
ii. 将配合料制剂中的含氟量降至最低  可通过以下方式将熔化工艺流程中产生的氟排放量降至最低： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 将配合料制剂中所使用的氟化合物（如氟石）含量降至与最终产品质量相匹配的最小值。氟化合物用于优化熔化工艺，有助纤维化并最大程度减少长丝断裂</li> <li>• 用替代材料（如硫酸盐）替代氟化合物</li> </ul>	用替代材料替代氟化合物的做法受到产品质量要求的限制
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
iv. 湿法洗涤	该技术普遍适用于技术限制范围，即需要一个特定的废水处理厂
(1) 有关技术描述见第 1.10.4 和 1.10.6 节。	

表 25: 长丝玻璃纤维行业熔炉所产生 HCl 及 HF 排放的最佳可行技术 BAT-AEL

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
氯化氢，以 HCl 表示	<10	<0.05
氟化氢，以 HF 表示 <sup>(2)</sup>	<5 - 15	<0.02 - 0.07
(1) 已使用表 2 中所显示的换算系数 ( $4.5 \times 10^{-3}$ )。		
(2) 该范围的上限与配合料制剂中的氟化合物相关。		

#### 1.4.5 熔炉产生的金属

36. 为了降低熔炉的金属排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	该技术普遍适用于原材料供应的限制范围
ii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用

iii. 使用湿法洗涤	该技术普遍适用于技术限制范围，即需要一个特定的废水处理厂
(1) 有关技术描述见第 1.10.5 和 1.10.6. 节。	

**表 26: 长丝玻璃纤维行业熔炉所产生金属排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> )	<0.2 - 1	<0.9 - 4.5 x 10 <sup>-3</sup>
Σ(As,Co,Ni,Cd,Se,Cr <sub>VI</sub> ,Sb,Pb,Cr <sub>III</sub> ,Cu,Mn,V,Sn)	<1 - 3	<4.5 - 13.5 x 10 <sup>-3</sup>
(1) 水平指固相和气相中废气里的金属总和。		
(2) 已使用表 2 中所显示的换算系数 (4.5 × 10 <sup>-3</sup> )。		

#### 1.4.6 下游工艺流程产生的排放

37. 为了降低下游工艺流程的排放，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
i. 湿法洗涤系统	这些技术普遍适用于成型工艺流程中产生的废气处理 (涂层应用在纤维上) 或辅助工艺流程，这些工艺流程使用粘合剂，且必须固化或干燥
ii. 湿法静电除尘器	
iii. 过滤系统(袋式过滤器)	该技术普遍适用于切削和铣削作业所产生的废气处理
(1) 有关技术描述见第 1.10.7 和 1.10.8. 节。	

**表 27: 长丝玻璃纤维行业下游工艺流程排放至空气中的污染单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
<i>成型和涂层产生的排放</i>	
粉尘	<5 - 20
甲醛	<10
氨	<30
挥发性有机化合物总量，以 C 表示	<20

---

切削和铣削产生的排放	
粉尘	<5 - 20

## 1.5 日用玻璃制造最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于所有日用玻璃制造设施。

### 1.5.1 熔炉粉尘排放

38. 为了降低熔炉废气中的粉尘排放，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
i. 通过原材料改进减少挥发性成分。  配合料成分制剂可能包含极易挥发性成分 (例如硼和氟化物)，这极大地助长了熔炉产生的粉尘排放	该技术普遍适用于所生产的玻璃类型和替代原材料供应的限制范围
ii. 电熔	不适用于大批量玻璃生产 (>300 吨/日)  不适用于需较大拉力变化的生产  实施时需对熔炉进行全套改造
iii. 氧燃料熔化	完成熔炉全套改造后，在应用中实现了最大的环境收益
iv. 过滤系统：静电除尘器或袋式过滤器	这些技术普遍适用
v. 湿法洗涤系统	仅适用于特定情况，特别是电熔炉，因其废气量和粉尘排放量通常较低，并与配合料制剂的延滞有关
(1) 有关技术描述见第 1.10.5 和 1.10.7 节。	

表 28: 日用玻璃行业熔炉所产生粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
粉尘	10 - 20 <sup>(2)</sup>	<0.03 - 0.06
	<1 - 10 <sup>(3)</sup>	<0.003 - 0.03
<p>(1) 已使用换算系数 <math>3 \times 10^{-3}</math> (见表 2)，然而，具体生产可能需按具体情况使用换算系数。</p> <p>(2) 须考虑容量小于 80 吨/天的熔炉生产钠钙玻璃时达到最佳可行技术 BAT-AEL 的经济可行性。</p> <p>(3) 根据《(EC) 1272/2008 号条例》，此最佳可行技术 BAT-AEL 适用于含有大量符合危险物质标准成分的配合料制剂。</p>		

## 1.5.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)

39. 为了降低熔炉产生的 NO<sub>x</sub>排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

I. 主要技术，如：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 燃烧改造	
(a) 降低空气/燃料比	适用于传统的空气/燃料炉 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(b) 降低了燃烧空气温度	仅适用于因炉效率降低且燃料需求增加(即使用换热炉而不使用蓄热炉)而导致的设施专用环境
(c) 分级燃烧： (f) 空气分级 (g) 燃料分级	燃料分级适用于大多数传统的空气 / 燃料炉  由于技术复杂性，空气分级的适用性非常有限
(d) 废气再循环	本技术仅适用于使用具有废气自动再循环功能的专用燃烧器
(e) 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	本技术普遍适用  由于技术限制和熔炉的灵活性较低，在横焰炉、燃气炉的应用中所获得的环境收益通常较低  一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(f) 燃料选择	适用性受到不同类型燃料供给的限制，燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
ii. 专用熔炉设计	仅适用于含大量外部碎玻璃 (>70%) 的配合料制剂 应用时需对熔炉进行全套改造 熔炉的形状 (长而窄) 可能会造成空间限制
iii. 电熔	不适用于大批量玻璃生产 (>300 吨/日) 不适用于需较大拉力变化的生产 实施时需对熔炉进行全套改造
iv. 氧燃料熔化	完成熔炉全套改造后，在应用中能实现环境的最大收益
(1) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	



**表 29: 日用玻璃行业熔炉 NO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	改进燃烧, 专用熔炉设计	<500 - 1000	<1.25 - 2.5
	电熔	<100	<0.3
	氧燃料熔化 <sup>(2)</sup>	不适用	<0.5 - 1.5

(<sup>1</sup>) 燃烧改进和专用熔炉设计使用了换算系数  $2.5 \times 10^{-3}$ , 电熔使用了换算系数  $3 \times 10^{-3}$  (见表 2), 然而, 具体生产可能需按具体情况使用换算系数。

(<sup>2</sup>) 可达到的水平取决于天然气和可用氧气的质量 (氮含量)。

**40. 当硝酸盐被用于配合料制剂时, 最佳可行技术应通过最大限度地减少这些原材料的使用, 并使用主要或辅助技术来减少 NO<sub>x</sub>排放。**

表 29 列出了最佳可行技术 BAT-AELs。

在为数不多的短时操作或熔化能力小于 100 吨/天的熔炉配合料制剂中使用硝酸盐生产特种类型的钠钙玻璃 (透明/超透明玻璃或彩色玻璃, 使用硒) 和其他特种玻璃 (即硼硅酸盐、玻璃陶瓷、乳色玻璃、水晶及铅晶质玻璃)时, 最佳可行技术 BAT-AELs 见表 30。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
<p>主要技术:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>尽量减少在配合料制剂中使用硝酸盐</li> </ul> <p>硝酸盐用于极高质量产品, 必须使用极无色(透明)玻璃或生产特种玻璃, 有效替代材料包括硫酸盐、砷氧化物和氧化铈</p>	<p>配合料制剂中硝酸盐的替代可能受替代材料的高昂成本及/或较高的环境影响的限制</p>
<p>(<sup>1</sup>) 有关技术描述见第 1.10.2 节。</p>	

**表 30:** 在为数不多的短时操作或熔化能力小于 100 吨/天的熔炉配合料制剂中使用硝酸盐生产特种类型的钠钙玻璃 (透明/超透明玻璃或彩色玻璃, 使用硒) 和其他特种玻璃 (即硼硅酸盐玻璃、玻璃陶瓷、乳色玻璃、水晶及铅晶质玻璃)时日用玻璃行业熔炉 NO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	熔炉类型	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃
NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	燃料/空气传统熔炉	<500 - 1500	<1.25 - 3.75 <sup>(1)</sup>
	电熔	<300 - 500	<8 - 10

(<sup>1</sup>) 已使用表 2 中所显示的钠钙玻璃换算系数 ( $2.5 \times 10^{-3}$ )。

### 1.5.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO<sub>x</sub>)

41. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 将配合料制剂中的硫含量降至最低, 然后优化硫平衡	配合料制剂中的硫含量最小化普遍适用于最终玻璃产品质量要求的限制范围内  优化硫平衡需采取措施在消除 SO <sub>x</sub> 排放和固体废物(过滤粉尘)管理之间进行抵消
ii. 使用含硫量低的燃料	适用性可能受到低硫燃料供给的限制, 此燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用

(<sup>1</sup>) 有关技术描述见第 1.10.3 节。

**表 31:** 日用玻璃行业熔炉 SO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	燃料/熔化技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
SO <sub>x</sub> 表示 为 SO <sub>2</sub>	天然气	<200 - 300	<0.5 - 0.75
	燃油 <sup>(2)</sup>	<1000	<2.5
	电熔	<100	<0.25

(<sup>1</sup>) 已使用换算系数  $2.5 \times 10^{-3}$ (见表 2), 然而, 具体生产可能需按具体情况使用换算系数。  
(<sup>2</sup>) 水平指 1%硫燃油与辅助减排技术结合使用。

## 1.5.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF)

42. 为了降低熔炉产生的 HCl 和 HF 排放，最佳可行技术将使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型配合料制剂及原材料供应情况的限制
ii. 将配合料制剂中的氟含量降至最低，并优化氟量平衡  将配合料制剂中所使用的氟化合物（如氟石）的数量降至与最终产品质量相匹配的最小值，可最大限度地减少熔化工艺流程中氟化合物的排放量，氟化合物被添加到配合料制剂中使玻璃表面乳浊或不透明	此技术普遍适用于最终产品质量要求的限制范围
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
iv. 湿法洗涤	该技术普遍适用于技术限制范围，即需要一个特定的废水处理厂  高昂的成本和废水处理方面的问题，包括在水处理污泥或固体残留物回收方面的限制措施，可能会限制此技术的适用性
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.4 和 1.10.6 节。	

表 32: 日用玻璃行业熔炉 HCl 及 HF 排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
氯化氢，以 HCl 表示 <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<10 - 20	<0.03 - 0.06
氟化氢，以 HF 表示 <sup>(4)</sup>	<1 - 5	<0.003 - 0.015
<sup>(1)</sup> 已使用换算系数 $3 \times 10^{-3}$ (见表 2)，然而，具体生产可能需按具体情况使用换算系数。 <sup>(2)</sup> 下限与使用电熔相关。 <sup>(3)</sup> 如使用 KCl 或 NaCl 作为精炼剂，则最佳可行技术 BAT-AEL 为 <30 mg/Nm <sup>3</sup> 或 <0.09 千克/吨熔化玻璃。 <sup>(4)</sup> 下限与使用电熔相关。上限与乳色玻璃的生产、滤尘的回收或在配合料制剂中使用大量外部碎玻璃相关。		

## 1.5.5 熔炉产生的金属

43. 为了降低熔炉的金属排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型及原材料供应情况的限制
ii. 适当选择需对玻璃进行着色和脱色或赋予玻璃特定特性的原材料，最大限度地减少在配合料制剂中使用金属化合物	对于晶体和铅晶质玻璃的生产，配合料制剂中金属化合物的最小化受到《第 69/493/EEC 号指令》中所述限量的限制，该指令对最终玻璃产品的化学成分进行分类
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
(1) 有关技术描述见第 1.10.5 节。	

表 33: 日用玻璃行业熔炉金属排放的最佳可行技术 BAT-AELs，硒脱色玻璃除外

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}})$	<0.2 - 1	<0.6-3 x 10 <sup>-3</sup>
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}}, \text{Sb, Pb, Cr}_{\text{III}}, \text{Cu, Mn, V, Sn})$	<1 - 5	<3-15 x 10 <sup>-3</sup>
(1) 水平指固相和气相中废气里的金属总和。		
(2) 已使用换算系数 3 x 10 <sup>-3</sup> (见表 2)。然而，具体生产可能需按具体情况使用换算系数。		

44. 使用硒化合物为玻璃脱色时，为了降低熔炉的硒排放，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
i. 适当选择原材料可最大限度地减少在配合料制剂中使用硒化合物	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型及原材料供应情况的限制
ii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
(1) 有关技术描述见第 1.10.5 节。	

**表 34 日用玻璃行业使用硒化合物为玻璃脱色时熔炉所产生硒排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
硒化合物, 为 Se	<1	<3 x 10 <sup>-3</sup>
(1) 数值指固相和气相中废气里硒的总和。 (2) 已使用换算系数 3 x 10 <sup>-3</sup> (见表 2)。然而, 具体生产可能需按具体情况使用换算系数。		

**45. 使用铅化合物制造铅晶质玻璃时, 为了降低熔炉的铅排放, 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
i. 电熔	不适用于大批量玻璃生产 (>300 吨/日) 不适用于需较大拉力变化的生产 实施时需对熔炉进行全套改造
ii. 袋式过滤器	此技术普遍适用
iii. 静电除尘器	
iv. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	
(1) 有关技术描述见第 1.10.1 和 1.10.5 节。	

**表 35 日用玻璃行业使用铅化合物制造铅晶质玻璃时熔炉所产生铅排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
铅化合物, 以 Pb 表示	<0.5 - 1	<1-3 x 10 <sup>-3</sup>
(1) 数值指固相和气相中废气铅的总和。 (2) 已使用换算系数 3 x 10 <sup>-3</sup> (见表 2)。然而, 具体生产可能需按具体情况使用换算系数。		

### 1.5.6 下游工艺流程产生的排放

**46. 为了降低下游多尘工艺流程的粉尘排放, 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
i. 在液体下进行多尘作业(如切削、研磨和抛光)	这些技术普遍适用

ii. 应用袋式过滤器系统	
(1) 有关技术描述见第 1.10.8 节。	

**表 36: 日用玻璃行业下游工艺流程排放至空气中的污染单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
粉尘	<1 - 10
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> )( <sup>1</sup> )	<1
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> , Sb, Pb, Cr <sub>III</sub> , Cu, Mn, V, Sn)( <sup>1</sup> )	<1 - 5
铅化合物, 以 Pb 表示( <sup>2</sup> )	<1 - 1.5
(1) 水平指废气中的金属总量。	
(2) 水平指铅晶质玻璃的下游作业。	

**47. 对于酸抛光工艺流程, 最佳可行技术应使用以下一种或几种技术降低 HF 排放:**

技术( <sup>1</sup> )	适用性
i. 确保应用系统密封良好, 以最大限度地减少抛光产品的损失	这些技术普遍适用
ii. 使用辅助技术, 如湿洗	
(1) 有关技术描述见第 1.10.6 节。	

**表 37: 日用玻璃行业酸抛光工艺流程产生的 HF 排放单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
氟化氢, 以 HF 表示	<5

## 1.6 特种玻璃制造最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于所有特种玻璃制造设施。

### 1.6.1 熔炉粉尘排放

48. 为了降低熔炉废气中的粉尘排放，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
i. 通过原材料改进减少挥发性成分  配合料成分制剂可能含有极易挥发成分 (如硼和氟化物)，构成熔炉所排放粉尘的主要成分	此技术普遍适用于所生产玻璃质量要求的限制范围
ii. 电熔	不适用于大批量玻璃生产 (>300 吨/日) 不适用于需较大拉力变化的生产 实施时需对熔炉进行全套改造
iii. 过滤系统：静电除尘器或袋式过滤器	此技术普遍适用
(1) 有关技术描述见第 1.10.1 节。	

表 38: 特种玻璃行业熔炉所产生粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
粉尘	<10 - 20	<0.03 - 0.13
	<1 - 10 <sup>(2)</sup>	<0.003 - 0.065
<p>(1) 换算系数 <math>2.5 \times 10^{-3}</math> 和 <math>6.5 \times 10^{-3}</math> 已分别用于确定 BAT-AEL 范围的下限值和上限值 (见表 2)，某些数值为近似值，但是，需根据所生产的玻璃类型按具体情况使用换算系数 (见表 2)。</p> <p>(2) 根据《(EC) 1272/2008 号条例》，此最佳可行技术 BAT-AEL 适用于含有大量符合危险物质标准成分的配合料制剂。</p>		

## 1.6.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)

49. 为了降低熔炉产生的 NO<sub>x</sub>排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

I. 主要技术，如：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 燃烧改造	
(a) 降低空气/燃料比	适用于传统的空气/燃料炉 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(b) 降低了燃烧空气温度	仅适用于因炉效率降低且燃料需求增加(即使用换热炉而不使用蓄热炉) 而导致的设施专用环境
(c) 分级燃烧： • 空气分级 • 燃料分级	燃料分级适用于大多数传统的空气 / 燃料炉  由于技术复杂性，空气分级的适用性非常有限
(d) 废气再循环	本技术仅适用于使用具有废气自动再循环功能的专用燃烧器
(e) 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	本技术普遍适用 由于技术限制和熔炉的灵活性较低，在横焰炉、燃气炉的应用中所获得的环境收益通常较低 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(f) 燃料选择	适用性受到不同类型燃料供给的限制，燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
ii. 电熔	不适用于大批量玻璃生产 (>300 吨/日) 不适用于需较大拉力变化的生产 实施时需对熔炉进行全套改造
iii. 氧燃料熔化	完成熔炉全套改造后，在应用中能实现环境的最大收益
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

II. 辅助技术，如：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性



i. 选择性催化还原(SCR)	<p>该应用可能需要升级除尘系统，以保证粉尘浓度低于 10 - 15 mg/Nm<sup>3</sup>，并需要一个脱硫系统来消除 SO<sub>x</sub> 排放</p> <p>由于最佳作业温度范围，本技术仅适用于使用静电除尘器，通常不适用于袋式过滤器系统，因为在 180 - 200°C 的低工作温度范围内，需对废气进行再加热</p> <p>实施此技术可能需要大量的可用空间</p>
ii. 选择性非催化还原 (SNCR)	<p>对于传统蓄热炉的适用性非常有限，因为很难获得合适的温度范围，或温度范围不足以使废气与试剂良好混合</p> <p>可能适用于配有分离式蓄热器的新蓄热炉，但是由于燃烧室之间的火逆转导致周期性温度变化，温度范围很难保持</p>
(1) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

**表 39: 特种玻璃行业熔炉 NO<sub>x</sub> 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
NO <sub>x</sub> 表示为 NO <sub>2</sub>	燃烧改造	600 - 800	1.5 - 3.2
	电熔	<100	<0.25 - 0.4
	氧燃料熔化 <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	不适用	<1 - 3
	辅助技术	<500	<1 - 3

(1) 换算系数 2.5 x 10<sup>-3</sup> 和 4 x 10<sup>-3</sup> 已分别用于确定 BAT-AEL 范围的下限值和上限值（见表 2），某些数值为近似值，但是，需根据生产类型按具体情况使用换算系数（见表 2）。

(2) 较高数值与用于制药的硼硅酸盐玻璃管的特种生产相关。

(3) 可达到的水平取决于天然气和可用氧气的质量（氮含量）。

**50. 硝酸盐用于配合料制剂时，最佳可行技术应通过最大限度地减少这些原材料的使用，并使用主要技术或辅助技术来减少 NO<sub>x</sub> 排放。**

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
<p>主要技术</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>尽量减少在配合料制剂中使用硝酸盐</li> </ul> <p>硝酸盐用于极高质量产品，必须使用极无色(透明)玻璃或生产特种玻璃有效替代材料包括硫酸盐、砷氧化物和氧化铈</p>	<p>配合料制剂中硝酸盐的替代可能受替代材料的高昂成本及/或较高的环境影响的限制</p>
(1) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

**表 40: 特种玻璃行业在配合料制剂中使用硝酸盐时熔炉 NO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	同时使用主要技术或辅助技术将配合料制剂中的硝酸盐输入降至最低	<500 - 1000	<1 - 6

(1) 下限与使用电熔相关。  
(2) 换算系数  $2.5 \times 10^{-3}$  和  $6.5 \times 10^{-3}$  已分别用于确定 BAT-AEL 范围的下限值和上限值，数值为近似值，可能需根据生产类型按具体情况使用换算系数 (见表 2)。

### 1.6.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO<sub>x</sub>)

51. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 将配合料制剂中的硫含量降至最低，然后优化硫平衡	此技术普遍适用于最终玻璃产品质量要求的限制范围
ii. 使用含硫量低的燃料	适用性可能受到低硫燃料供给的限制，此燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用

(1) 有关技术描述见第 1.10.3 节。

**表 41: 特种玻璃行业熔炉 SO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	燃料/熔化 技术	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
SO <sub>x</sub> 以 SO <sub>2</sub> 表示	天然气, 电熔 <sup>(2)</sup>	<30 - 200	<0.08 - 0.5
	燃油 <sup>(3)</sup>	500 - 800	1.25 - 2

(1) 这些范围考虑到与所生产玻璃类型相关的可变硫平衡。  
(2) 已使用换算系数  $2.5 \times 10^{-3}$ (见表 2)，然而，可能需根据生产类型按具体情况使用换算系数。  
(3) 下限与使用电熔及无硫酸盐配合料制剂相关。  
(4) 相关排放水平与 1%硫燃料与辅助减排技术结合使用相关。

## 1.6.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF)

52. 为了降低熔炉产生的 HCl 和 HF 排放，最佳可行技术将使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型配合料制剂及原材料供应情况的限制
ii. 将配合料制剂中的氟及/或氯化合物含量降至最低，并优化氟及/或氯量平衡  氟化合物用于赋予特种玻璃（即不透明照明玻璃、光学玻璃）特殊性质 氯化合物可用作硼硅酸盐玻璃生产的澄清剂	此技术普遍适用于最终产品质量要求的限制范围。
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
(1) 有关技术描述见第 1.10.4 节。	

**表 42: 特种玻璃行业熔炉 HCl 及 HF 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
氯化氢， 表示为 HCl <sup>(2)</sup>	<10 - 20	<0.03 - 0.05
氟化氢， 表示为 HF	<1 - 5	<0.003 - 0.04 <sup>(3)</sup>
(1) 已使用换算系数 2.5 x 10 <sup>-3</sup> (见表 2)，某些值为近似值，可能需根据生产类型按具体情况使用换算系数。		
(2) 上限与配合料制剂中使用含氯材料相关。		
(3) 范围的上限值来自特定报告数据。		

## 1.6.5 熔炉产生的金属

53. 为了降低熔炉的金属排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	适用性可能受到设施所生产的玻璃类型及原材料供应情况的限制
ii. 适当选择需对玻璃进行着色和脱色或赋予玻璃特定特性的原材料，最大限度地减少在配合料制剂中使用金属化合物	这些技术普遍适用
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	
(1) 有关技术描述见第 1.10.5 节。	

表 43: 特种玻璃行业熔炉所产生金属排放的最佳可行技术 BAT-AEL

参数	最佳可行技术 BAT-AEL <sup>(1)(2)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(3)</sup>
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}})$	<0.1 - 1	<0.3-3 x 10 <sup>-3</sup>
$\Sigma(\text{As,Co,Ni,Cd,Se,Cr}_{\text{VI}},\text{Sb,Pb,Cr}_{\text{III}},\text{Cu,Mn,V,Sn})$	<1 - 5	<3-15 x 10 <sup>-3</sup>
<p>(1) 水平指固相和气相中废气里的金属总和。</p> <p>(2) 下限指金属化合物不被有意用于配合料制剂时的最佳可行技术 BAT-AEL。</p> <p>(3) 已使用换算系数 2.5 x 10<sup>-3</sup>(见表 2)，表中所示某些数值为近似值，可能需根据生产类型按具体情况使用换算系数。</p>		

## 1.6.6 下游工艺流程产生的排放

54. 为了降低下游多尘工艺流程的粉尘排放，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
i. 在液体下进行多尘作业(如切削、研磨和抛光)	这些技术普遍适用
ii. 应用袋式过滤器系统	
(1) 有关技术描述见第 1.10.8 节。	

表 44: 特种玻璃行业下游工艺流程产生的粉尘及金属排放单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
----	----------------

	mg/Nm <sup>3</sup>
粉尘	1 - 10
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> )( <sup>1</sup> )	<1
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> , Sb, Pb, Cr <sub>III</sub> , Cu, Mn, V, Sn)( <sup>1</sup> )	<1 - 5
<sup>(1)</sup> 水平指废气中的金属总量。	

55. 对于酸抛光工艺流程，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术降低 HF 排放：

技术( <sup>1</sup> )	描述
i. 确保应用系统密封良好，以最大限度地减少抛光产品的损失	这些技术普遍适用
ii. 使用辅助技术，如湿洗	
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.6 节。	

表 45: 特种玻璃行业酸抛光工艺流程产生的 HF 排放单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
氟化氢，以 HF 表示	<5

## 1.7 矿棉制造最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于所有矿棉制造设施。

### 1.7.1 熔炉粉尘排放

56. 最佳可行技术应使用静电除尘器或袋式过滤系统来减少熔炉废气中的粉尘排放。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
过滤系统：静电除尘器或袋式过滤器	本技术普遍适用 静电除尘器不适用于生产岩棉的冲天炉，因为炉内产生的一氧化碳有爆炸危险
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.1 节。	

表 46: 矿棉行业熔炉所产生粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
粉尘	<10 - 20	<0.02 - 0.050
<sup>(1)</sup> 换算系数 $2 \times 10^{-3}$ 和 $2.5 \times 10^{-3}$ 已分别用于确定 BAT-AEL 范围的下限值和上限值（见表 2），以同时包括玻璃棉和岩棉。		

### 1.7.2 熔炉产生的氮氧化物(NO<sub>x</sub>)

57. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 燃烧改造	
(g) 降低空气/燃料比	适用于传统的空气/燃料炉 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(h) 降低了燃烧空气温度	仅适用于因炉效率降低且燃料需求增加(即使用换热炉而不使用蓄热炉)而导致的设施专用环境

(i) 分级燃烧: • 空气分级 • 燃料分级	燃料分级适用于大多数传统的空气 / 燃料炉  由于技术复杂性, 空气分级的适用性非常有限
(j) 废气再循环	本技术仅适用于使用具有废气自动再循环功能的专用燃烧器
(k) 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	本技术普遍适用 由于技术限制和熔炉的灵活性较低, 在横焰炉、燃气炉的应用中所获得的环境收益通常较低  一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合, 则能获得全部益处
(l) 燃料选择	适用性受到不同类型燃料供给的限制, 燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
ii. 电熔	不适用于大批量玻璃生产 (>300 吨/日) 不适用于需较大拉力变化的生产 实施时需对熔炉进行全套改造
iii. 氧燃料熔化	完成熔炉全套改造后, 在应用中能实现环境的最大收益
(l) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

**表 47: 矿棉行业熔炉所产生 NO<sub>x</sub> 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	产品	熔化技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
			mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
NO <sub>x</sub> 表达 为 NO <sub>2</sub>	玻璃棉	燃料/空气和电熔炉	<200 - 500	<0.4 - 1.0
		氧燃料熔化 <sup>(2)</sup>	不适用	<0.5
	岩棉	所有类型的熔炉	<400 - 500	<1.0 - 1.25
(1) 已使用玻璃棉换算系数 2 x 10 <sup>-3</sup> 和岩棉换算系数 2.5 x 10 <sup>-3</sup> (见表 2)。				
(2) 可达到的水平取决于天然气和可用氧气的质量 (氮含量)。				

**58. 当硝酸盐用于玻璃棉生产配合料制剂时, 现有技术应使用以下一种或几种技术来减少 NO<sub>x</sub> 排放:**

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
-------------------	-----

i. 尽量减少在配合料制剂中使用硝酸盐  硝酸盐适用于用作配合料制剂的氧化剂，含有大量外部碎玻璃，以补偿碎玻璃中含有的有机物质	此技术普遍适用于最终产品质量要求的限制范围
ii. 电熔	本技术普遍适用  进行电熔时需对熔炉进行全套改造
iii. 氧燃料熔化	本技术普遍适用  完成熔炉全套改造后，在应用中实现了最大的环境收益
(1) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

**表 48: 玻璃棉行业在配合料制剂中使用硝酸盐时熔炉 NO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
NO <sub>x</sub> 表示为 NO <sub>2</sub>	同时使用主要技术将输入配合料制剂中的硝酸盐降至最低	<500 - 700	<1.0-1.4 <sup>(2)</sup>
(1) 已使用 2 x 10 <sup>-3</sup> 的换算系数 (见表 2)。			
(2) 该范围的下限与应用氧燃料熔化相关。			

### 1.7.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO<sub>x</sub>)

59. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 将配合料制剂中的硫含量降至最低，然后优化硫平衡	在玻璃棉生产中，该技术普遍适用于低硫原材料的供应限制范围，特别是外部碎玻璃，由于硫含量的变化，配合料制剂中的外部碎玻璃含量高，限制了优化硫平衡的可能性  在岩棉生产中，优化硫平衡可能需采取措施在从废气中去除 SO <sub>x</sub> 排放物及管理固体废物之间进行抵消，这些固体废物源自废气(过滤尘)的处理及/或纤维化工艺，这些物质可能被循环利用为配合料制剂(水泥砖)，也可能需进行处置
ii. 使用含硫量低的燃料	适用性可能受到低硫燃料供给的限制，此燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响



iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	静电除尘器不适用于生产岩棉的冲天炉(见最佳可行技术 56)
iv. 使用湿法洗涤	该技术普遍适用于技术限制范围, 即需要一个特定的废水处理厂
(1) 有关技术描述见第 1.10.3 和 1.10.6.节。	

**表 49: 矿棉行业熔炉所产生 SO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	产品/条件	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
SO <sub>x</sub> 表达 为 SO <sub>2</sub>	<b>玻璃棉</b>		
	燃气和电熔炉 <sup>(2)</sup>	<50 - 150	<0.1 - 0.3
	<b>岩棉</b>		
	燃气和电熔炉	<350	<0.9
	冲天炉, 无砖或炉渣回收 <sup>(3)</sup>	<400	<1.0
	冲天炉, 可回收水泥砖或炉渣 <sup>(4)</sup>	<1400	<3.5
<p>(1) 已使用玻璃棉换算系数 <math>2 \times 10^{-3}</math> 和岩棉换算系数 <math>2.5 \times 10^{-3}</math> (见表 2)。</p> <p>(2) 该范围的下限与使用电熔相关, 上限与较高的碎玻璃回收相关。</p> <p>(3) BAT-AEL 与 SO<sub>x</sub>减排比固体废物的较低产量具有重点优先时的条件相关。</p> <p>(4) 当减少废物比 SO<sub>x</sub>排放具有重点优先时, 排放值可能更高, 可达水平应以硫平衡为基础。</p>			

#### 1.7.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF)

60. 为了降低熔炉产生的 HCl 和 HF 排放, 最佳可行技术将使用以下一种或几种技术:

技术 <sup>(1)</sup>	描述
i. 选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂	该技术普遍适用于配合料制剂和原材料供应的限制范围
ii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	静电除尘器不适用于生产岩棉的冲天炉(见最佳可行技术 56)
(1) 有关技术描述见第 1.10.4 节。	

**表 50: 矿棉行业熔炉 HCl 及 HF 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	产品	最佳可行技术 BAT-AEL	
		mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
氯化氢, 以 HCl 表示	玻璃棉	<5 - 10	<0.01 - 0.02
	岩棉	<10 - 30	<0.025 - 0.075
氟化氢, 以 HF 表示	所有产品	<1 - 5	<0.002 - 0.013 <sup>(2)</sup>

(1) 已使用玻璃棉换算系数  $2 \times 10^{-3}$  和岩棉换算系数  $2.5 \times 10^{-3}$  (见表 2)。

(2) 换算系数  $2 \times 10^{-3}$  和  $2.5 \times 10^{-3}$  分别用于确定最佳可行技术 BAT-AEL 数值范围的下限值和上限值(见表 2)。

### 1.7.5 石棉熔炉中的硫化氢 (H<sub>2</sub>S)

61. 最佳可行技术应使用废气焚烧系统将硫化氢氧化成 SO<sub>2</sub>, 以此减少熔炉产生的 H<sub>2</sub>S 排放。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
废气焚烧系统	此技术普遍适用于岩棉冲天炉

(1) 有关技术描述见第 1.10.9 节。

**表 51: 岩棉生产中熔炉所产生 H<sub>2</sub>S 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
硫化氢, 以 H <sub>2</sub> S 表示	<2	<0.005

(2) 已使用岩棉换算系数  $2.5 \times 10^{-3}$ (见表 2)。

## 1.7.6 熔炉产生的金属

62. 为了降低熔炉的金属排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	该技术普遍适用于原材料供应的限制范围  在玻璃棉生产中，在配合料制剂中以锰作氧化剂取决于配合料制剂中所使用的外部碎玻璃的数量和质量，可相应地将其降至最低
ii. 应用过滤系统	静电除尘器不适用于生产岩棉的冲天炉(见最佳可行技术 BAT 56)

(<sup>1</sup>) 有关技术描述见第 1.10.5 节。

表 52: 矿棉行业熔炉所金属排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}})$	<0.2-1 <sup>(3)</sup>	<0.4-2.5 x 10 <sup>-3</sup>
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}}, \text{Sb, Pb, Cr}_{\text{III}}, \text{Cu, Mn, V, Sn})$	<1-2 <sup>(3)</sup>	<2-5 x 10 <sup>-3</sup>

(<sup>1</sup>) 范围指固相和气相中废气里的金属总和。  
(<sup>2</sup>) 换算系数 2 x 10<sup>-3</sup> 和 2.5 x 10<sup>-3</sup> 分别用于确定最佳可行技术 BAT-AEL 数值范围的下限值和上限值(见表 2)。  
(<sup>3</sup>) 较高数值与使用冲天炉生产岩棉相关。

## 1.7.7 下游工艺流程产生的排放

63. 为了降低下游工艺流程的排放，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
i. 冲击射流和旋风除尘器  本技术通过冲击/撞击清除废气中的颗粒和液滴，并用水部分吸收气体物质，工艺用水通常用于冲击射流，回收利用工艺用水在重新使用前经过过滤	该技术普遍适用于矿棉行业，特别是用于玻璃棉工艺中处理成型区排放物(对纤维使用涂层)  对岩棉工艺的适用性有限，因为它可能对其他正在使用的减排技术产生不利影响

ii. 湿法洗涤器	这些技术普遍适用于成型工艺流程中产生的废气处理 (涂层应用于纤维) 或混合废气 (成型及固化)
iii. 湿法静电除尘器	这些技术普遍适用于固化炉及成型工艺流程中产生的废气处理 (涂层应用于纤维)或混合废气 (成型及固化)
iv. 岩棉过滤器  此为钢或混凝土结构，安装了岩棉板充当过滤介质，过滤介质需定期清洁或更换。此过滤器适用于水分含量高且含粘性颗粒物的废气	适用性主要限于岩棉工艺中来自成型区及/或固化炉的废气
v. 废气焚烧	该技术普遍适用于固化炉，特别是岩棉工艺中所产生的废气处理  由于废气体积大，浓度低，温度低，因此对混合废气 (成型和固化) 的适用性经济上不可行
(1) 有关技术描述见第 1.10.7 和 1.10.9.节。	

**表 53: 矿棉行业下游工艺流程排放至空气中的污染单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 成品
<b>成型区 - 成型和固化排放混合 - 成型、固化和冷却排放混合</b>		
颗粒物总量	<20 - 50	-
苯酚	<5 - 10	-
甲醛	<2 - 5	-
氨	30 - 60	-
胺化合物	<3	-
挥发性有机化合物总量，以 C 表示	10 - 30	-
<b>固化炉排放<sup>(1)(2)</sup></b>		
颗粒物总量	<5 - 30	<0.2
苯酚	<2 - 5	<0.03
甲醛	<2 - 5	<0.03
氨	<20 - 60	<0.4
胺化合物	<2	<0.01

挥发性有机化合物总量，以 C 表示	<10	<0.065
NO <sub>x</sub> 表示为 NO <sub>2</sub>	<100 - 200	<1
<p>(1) 以公斤 / 吨成品表示的排放水平不受生产的矿物棉垫厚度的影响，也不受废气的极端浓度或稀释的影响。已使用换算系数 <math>6.5 \times 10^{-3}</math>。</p> <p>(2) 如果生产高密度或粘合剂含量高的矿物棉，列为该行业最佳可行技术相关的排放水平可能大大高于这些最佳可行技术 BAT-AEL，如果此类产品占特定设施生产的大多数，则应考虑其他技术。</p>		

## 1.8 高温绝缘棉 (HTIW) 生产最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于所有高温绝缘棉生产设施。

### 1.8.1 熔化和下游工艺流程所产生的粉尘排放

64. 最佳可行技术将使用过滤系统来减少熔炉废气中的粉尘排放。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
过滤系统通常为一个袋式过滤器	此技术普遍适用
(1) 有关技术描述见第 1.10.1 节。	

表 54: 高温绝缘棉行业熔炉所产生粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL
		mg/Nm <sup>3</sup>
粉尘	用过滤系统清洁废气	<5-20 <sup>(1)</sup>
(1) 这些数值与袋式过滤器系统的使用有关。		

65. 对于下游多尘工艺流程，最佳可行技术将使用以下一种或几种技术降低排放：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
-------------------	-----

<p>i. 如技术上可行，确保生产线密封良好，以最大限度地减少产品损失</p> <p>粉尘和纤维排放的潜在来源包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 纤维化和收集</li> <li>• 垫成型 (针刺)</li> <li>• 润滑油烧尽</li> <li>• 成品切削、修剪和包装</li> </ul> <p>下游工艺系统的良好结构、密封和维护对于最大限度地降低产品进入大气所造成的损失至关重要</p>	<p>这些技术普遍适用</p>
<p>ii. 使用高效的吸尘系统和织物过滤器，在真空下进行切削、修剪和包装</p> <p>对工作站施加负压 (即切削机和用于包装的纸板箱)，以提取颗粒和纤维释放物并将其输送到织物过滤器</p>	
<p>iii. 应用织物过滤器系统<sup>(1)</sup></p> <p>下游作业产生的废气 (如纤维化、垫子成型和润滑剂燃烧) 被输送到由袋式过滤器组成的处理系统中</p>	
<p><sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.1 节。</p>	

**表 55: 高温绝缘棉行业下游多尘工艺流程单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
粉尘 <sup>(1)</sup>	1 - 5
<p><sup>(1)</sup> 该范围的下限与铝硅酸盐玻璃棉/耐火陶瓷纤维 (ASW/RCF) 的排放相关。</p>	

## 1.8.2 熔炉及下游工艺流程产生的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)

66. 为了减少润滑剂燃烧炉所产生的 NO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术应使用燃烧控制及 / 或改进

技术	适用性
控制及/或改进燃烧  减少热 NO <sub>x</sub> 排放形成的技术包括控制主要燃烧参数： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 空气/燃料比 (反应区含氧量)</li> <li>• 火焰温度</li> <li>• 高温区的滞留时间。</li> </ul> 良好的燃烧控制包括为 NO <sub>x</sub> 的形成制造最不利的条件	此技术普遍适用

表 56: 高温绝缘棉行业润滑剂燃烧炉中的 NO<sub>x</sub>最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL
		mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> 表示为 NO <sub>2</sub>	燃烧控制及/或改造	100 - 200

## 1.8.3 熔炉及下游工艺流程产生的硫氧化物 (SO<sub>x</sub>)

67. 为了降低熔炉及下游工艺流程产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择含硫量低的原材料用于配合料制剂	该技术普遍适用于原材料供应的限制范围
ii. 使用含硫量低的燃料	适用性可能受到低硫燃料供给的限制，此燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.3 节。	

表 57: 高温绝缘棉行业熔炉及下游工艺流程所产生 SO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL
		mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>x</sub> 以 SO <sub>2</sub> 表示	主要技术	<50

#### 1.8.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF)

68. 为了降低熔炉产生的 HCl 和 HF 排放，最佳可行技术应选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂	此技术普遍适用
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.4 节。	

**表 58: 高温绝缘棉行业熔炉 HCl 及 HF 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
氯化氢，以 HCl 表示	<10
氟化氢，以 HF 表示	<5

#### 1.8.5 熔炉和下游工艺流程所产生的金属

69. 为了降低熔炉及/或下游工艺流程产生的金属排放，最佳可行技术应使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	这些技术普遍适用
ii. 使用过滤系统	
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.5 节。	

**表 59: 高温绝缘棉行业熔炉及/或下游工艺流程所产生金属排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>
	mg/Nm <sup>3</sup>
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> )	<1
Σ(As, Co, Ni, Cd, Se, Cr <sub>VI</sub> , Sb, Pb, Cr <sub>III</sub> , Cu, Mn, V, Sn)	<5
<sup>(1)</sup> 水平指固相和气相中烟道气的金属总和。	



## 1.8.6 下游工艺流程所产生挥发性有机化合物

70. 为了降低润滑剂燃烧炉产生的挥发性有机化合物 (VOC) 排放，最佳可行技术将使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 控制燃烧，包括监测 CO 相关排放 该技术包括控制燃烧参数 (如反应区的含氧量及火焰温度)，以确保废气中的有机成分 (即聚乙二醇) 完全燃烧，监测一氧化碳排放可控制未燃烧有机材料的存在	此技术普遍适用  经济可行性可能会限制这些技术的适用性，因为废气体积和挥发性有机化合物浓度较低
ii. 废气焚烧	
iii. 湿法洗涤器	
(1) 有关技术描述见第 1.10.6 和 1.10.9 节。	

**表 60:** 高温绝缘棉行业润滑剂燃烧炉中的挥发性有机化合物排放单独处理后的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术	最佳可行技术 BAT-AEL
		mg/Nm <sup>3</sup>
挥发性有机化合物以 C 表示	主要及/或辅助技术	10 - 20

## 1.9 玻璃料生产最佳可行技术结论

除非另有说明，本节所述最佳可行技术结论适用于所有玻璃料生产设施。

### 1.9.1 熔炉粉尘排放

71. 最佳可行技术将使用静电除尘器或袋式过滤系统来减少熔炉废气中的粉尘排放。

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
过滤系统：静电除尘器或袋式过滤器	此技术普遍适用
<sup>(1)</sup> 有关技术描述见第 1.10.1 节。	

表 61: 玻璃料行业熔炉所产生粉尘排放的最佳可行技术 BAT-AELs

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
粉尘	<10 - 20	<0.05 - 0.15
<sup>(1)</sup> 换算系数 $5 \times 10^{-3}$ 和 $7.5 \times 10^{-3}$ 已分别用于确定 BAT-AEL 范围的下限值和上限值（见表 2），然而，可能需根据燃烧类型按具体情况使用换算系数。		

### 1.9.2 熔炉产生的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)

72. 为了降低熔炉产生的 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 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 尽量减少在配合料制剂中使用硝酸盐  在玻璃料生产中，硝酸盐被用于许多产品的配合料制剂以获得所需特性	配合料制剂中硝酸盐的替代可能受替代材料的高昂成本及/或较高环境影响及/或成品质量要求的限制
ii. 减少进入熔炉的寄生空气  该技术包括通过密封烧嘴砖、配合料加料器和熔炉的任何其他开口来防止空气进入熔炉	此技术普遍适用
iii. 燃烧改造	

(a) 降低空气/燃料比	适用于传统的空气/燃料炉 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(b) 降低了燃烧空气温度	仅适用于因炉效率降低且燃料需求增加而导致的设施专用环境
(c) 分级燃烧： • 空气分级 • 燃料分级	燃料分级适用于大多数传统的空气 / 燃料炉  由于技术复杂性，空气分级的适用性非常有限
(d) 废气再循环	本技术仅适用于使用具有废气自动再循环功能的专用燃烧器
(e) 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	本技术普遍适用 一般或全套熔炉改造如与最佳熔炉设计和几何形状相结合，则能获得全部益处
(f) 燃料选择	适用性受到不同类型燃料供给的限制，燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
iv. 氧燃料熔化	完成熔炉全套改造后，在应用中能实现环境的最大收益
(1) 有关技术描述见第 1.10.2 节。	

**表 62: 玻璃料行业熔炉 NO<sub>x</sub>排放的最佳可行技术 BAT-AEL**

参数	最佳可行技术	作业条件	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
			mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨 熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
NO <sub>x</sub> 表示 为 NO <sub>2</sub>	主要技术	全氧燃烧，无硝酸盐 <sup>(3)</sup>	不适用	<2.5 - 5
		全氧燃烧，使用硝酸盐	不适用	5 - 10
		燃料/空气，燃料/富氧空气燃烧， 无硝酸盐	500 - 1000	2.5 - 7.5
		燃料/空气，燃料/富氧空气燃烧， 使用硝酸盐	<1600	<12
<p>(1) 这些范围考虑了来自使用不同熔化技术的熔炉的混合废气。生产不同类型的玻璃料，无论配合料制剂中是否含有硝酸盐，都可被输送到一个单堆叠中，从而排除了对每种所应用的熔化技术和不同产品进行表征的可能性。</p> <p>(2) 换算系数 <math>5 \times 10^{-3}</math> 和 <math>7.5 \times 10^{-3}</math> 分别用于确定范围下限和上限数值，然而，可能需根据燃烧类型按具体情况使用换算系数（见表 2）。</p> <p>(3) 可达到的水平取决于天然气和可用氧气的质量（氮含量）。</p>				

### 1.9.3 熔炉产生的硫氧化物 (SO<sub>x</sub>)

73. 为了控制熔炉产生的 SO<sub>x</sub> 排放，最佳可行技术将使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择含硫量低的原材料用于配合料制剂	该技术普遍适用于原材料供应的限制范围
ii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
iii. 使用含硫量低的燃料	适用性可能受到低硫燃料供给的限制，此燃料供给可能会受到成员国能源政策的影响
(1) 有关技术描述见第 1.10.3 节。	

表 63: 玻璃料行业熔炉 SO<sub>x</sub> 排放的最佳可行技术 BAT-AEL

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
SO <sub>x</sub> . 表示为 SO <sub>2</sub>	<50 - 200	<0.25 - 1.5
(1) 已使用换算系数 5 x 10 <sup>-3</sup> 及 7.5 x 10 <sup>-3</sup> ，但是，表中所示数值可能为近似值，可能需根据燃烧类型按具体情况使用换算系数 (见表 2)。		

### 1.9.4 熔炉产生的氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF)

74. 为了降低熔炉产生的 HCl 和 HF 排放，最佳可行技术将使用以下一种或几种技术：

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂	该技术普遍适用于配合料制剂和原材料供应的限制范围
ii. 将配合料制剂中的氟化合物含量降至最低，以确保最终产品的质量  氟化合物用于赋予玻璃料特殊性能 (即耐热性和耐化学性)	尽量减少或用替代材料替代氟化合物的做法受到产品质量要求的限制
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	此技术普遍适用
(1) 有关技术描述见第 1.10.4 节。	

**表 64: 玻璃料行业熔炉 HCl 及 HF 排放的最佳可行技术 BAT-AELs**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(1)</sup>
氯化氢, 以 HCl 表示	<10	<0.05
氟化氢, 以 HF 表示	<5	<0.03

(<sup>1</sup>) 已使用换算系数  $5 \times 10^{-3}$ , 某些值为近似值, 可能需根据燃烧类型按具体情况使用换算系数 (见表 2)。

### 1.9.5 熔炉产生的金属

75. 为了降低熔炉的金属排放, 最佳可行技术应使用以下一种或几种技术:

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
i. 选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	该技术普遍适用于设施所生产的玻璃料类型及原材料供应的限制范围
ii. 在需要着色或赋予玻璃料其他特定特性的情况下, 将配合料制剂中的金属化合物含量降至最低	这些技术普遍适用
iii. 将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	

(<sup>1</sup>) 有关技术描述见第 1.10.5 节。

**表 65: 玻璃料行业熔炉所产生金属排放的最佳可行技术 BAT-AEL**

参数	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	
	mg/Nm <sup>3</sup>	千克/吨熔化玻璃 <sup>(2)</sup>
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}})$	<1	$<7.5 \times 10^{-3}$
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}}, \text{Sb, Pb, Cr}_{\text{III}}, \text{Cu, Mn, V, Sn})$	<5	$<37 \times 10^{-3}$

(<sup>1</sup>) 水平指固相和气相中废气里的金属总和。  
 (<sup>2</sup>) 已使用换算系数  $7.5 \times 10^{-3}$ , 可能需根据燃烧类型按具体情况使用换算系数 (见表 2)。

### 1.9.6 下游工艺流程产生的排放

76. 对于下游多尘工艺流程, 最佳可行技术将使用以下一种或几种技术降低排放:

技术 <sup>(1)</sup>	适用性
-------------------	-----

i. 应用湿铣技术 该技术包括用足够的液体形成泥浆，将玻璃料研磨到所需的粒度分布，此工艺流程通常在氧化铝球厂中以水进行	这些技术普遍适用
ii. 在高效的吸尘系统和织物过滤器中进行干铣和产品干包装 对铣削设备或包装工作站施加负压，将粉尘排放到织物过滤器中	
iii. 使用过滤系统	
(1) 有关技术描述见第 1.10.1 节。	

**表 66: 玻璃料行业下游工艺流程排放至空气中的污染单独处理后的最佳可行技术 BAT-AEL**

参数	最佳可行技术 BAT-AEL
	mg/Nm <sup>3</sup>
粉尘	5 - 10
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}})$	<1 <sup>(1)</sup>
$\Sigma(\text{As, Co, Ni, Cd, Se, Cr}_{\text{VI}}, \text{Sb, Pb, Cr}_{\text{III}}, \text{Cu, Mn, V, Sn})$	<5 <sup>(1)</sup>
(1) 水平指废气中的金属总量。	

## 术语表

### 1.10 技术描述

#### 1.10.1 粉尘排放

技术	描述
静电除尘器	静电除尘器利用电场作用使颗粒带电并分离，静电除尘器可在多种条件下运行
袋式过滤器	袋式过滤器由多孔机织物或毡织物制成，气体穿过其中去除颗粒。 使用袋式过滤器需选用适合废气特性和最高作业温度的织物材料。
通过原材料改进减少挥发性成分	配合料制剂可能包含挥发性非常强的成分 (如硼化合物)，这些成分可被降至最低，亦可被替代以减少主要由挥发现象产生的粉尘排放
电熔	该技术由熔炉组成，能量来自电阻加热， 在冷炉顶熔炉中 (电极通常插入熔炉底部)，配合料薄层覆盖熔料表面，从而显著降低了配合料成分 (即铅化合物) 的挥发性

#### 1.10.2 NO<sub>x</sub> 排放

技术	描述
燃烧改造	
i. 降低空气/燃料比	该技术主要基于以下特征： <ul style="list-style-type: none"><li>• 尽量减少进入熔炉的空气泄漏</li><li>• 小心控制用于燃烧的空气</li><li>• 改进了炉燃烧室的设计</li></ul>
ii. 降低了燃烧空气温度	使用换热炉代替蓄热炉可降低空气预热温度，从而降低火焰温度。但是，这与熔炉效率降低 (特定拉力降低)，燃料效率降低和燃料需求增加有关，可能会导致更高的排放 (千克/吨玻璃)

iii. 分级燃烧	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 空气分级 - 包括亚化学计量燃烧以及将剩余的空气或氧气添加到炉中以完成燃烧</li> <li>• 燃料分级 - 在小炉颈处形成低脉冲一次火焰 (占总能量的10%)，二次火焰覆盖一级火焰的根部，降低其核心温度</li> </ul>
iv. 废气再循环	<p>意味着将熔炉中的废气重新输入火焰中可减少氧气含量，从而降低火焰温度</p> <p>专用燃烧器的使用基于燃烧气体的内部再循环，从而冷却火焰的根部并减少火焰最炽热部分中的氧气含量</p>
v. 低 NO <sub>x</sub> 燃烧器	<p>该技术基于降低火焰峰值温度的原理，延迟但完成燃烧并增加热传递 (增加火焰发射率)。该技术的使用可能涉及对熔炉燃烧室的设计进行改进</p>
vi. 燃料选择	<p>一般而言，由于热发射率较高且火焰温度较低，燃油炉的 NO<sub>x</sub> 排放量比燃气炉低</p>
专用熔炉设计	<p>换热炉融合了多种特征，可降低火焰温度，主要特点包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 特定类型燃烧器(数量和定位)</li> <li>• 改进的熔炉几何形状(高度和尺寸)</li> <li>• 两级原材料预热，废气通过原材料进入熔炉及用于预热助燃空气的换热炉的外部碎玻璃预热器下游</li> </ul>
电熔	<p>该技术由熔炉组成，能量来自电阻加热，主要特点包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 电极通常插入熔炉底部(冷炉顶)</li> <li>• 冷炉顶电炉的配合料成分中通常需要硝酸盐，以为稳定、安全和高效的制造工艺提供所需的氧化条件</li> </ul>
氧燃料熔化	<p>该技术包括以氧气(纯度 &gt;90%) 替换助燃空气，从而消除 / 减少进入熔炉的氮气所产生的热 NO<sub>x</sub>。炉中的残留氮含量取决于所供应氧气的纯度、燃料的质量(天然气中的 % N<sub>2</sub>) 和潜在的空气入口</p>
通过燃料进行化学还原	<p>该技术向废气注入化石燃料，并通过一系列反应将 NO<sub>x</sub> 还原为 N<sub>2</sub>，在 3R 工艺中，燃料(天然气或燃油)在蓄热器入口喷入，该技术设计用于蓄热炉</p>
选择性催化还原(SCR)	<p>该技术基于以下流程：在大约 300 - 450° C 的最佳工作温度下，于催化剂床层使 NO<sub>x</sub> (在一般水溶液中) 与氨发生反应，将其还原为氮。</p> <p>可应用一层或两层催化剂，使用更多层催化剂可实现更高的 NO<sub>x</sub> 还原率 (两层)</p>
选择性非催化还原(SNCR)	<p>该技术基于以下流程：使 NO<sub>x</sub> 与氨或尿素在高温下发生反应，将其还原为氮</p> <p>作业温度范围必须保持在 900 和 1050 ° C 之间</p>



<p>尽量减少在配合料制剂中使用硝酸盐</p>	<p>当硝酸盐作为一种氧化剂应用于需有无色 (透明) 玻璃的极高质量产品, 或用于提供特定性能的其他玻璃时, 尽量减少硝酸盐可减少这些原材料分解所产生的 NO<sub>x</sub> 排放。以下选项可能适用:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 将配合料制剂中的硝酸盐含量降至与产品和熔化要求相称的最低水平</li> <li>• 用替代材料替代硝酸盐有效替代材料包括硫酸盐、砷氧化物和氧化铈</li> <li>• 应用工艺改进 (例如特殊氧化燃烧条件)</li> </ul>
-------------------------	--

### 1.10.3 SO<sub>x</sub> 排放

技术	描述
<p>将全干或半干洗涤与过滤系统相结合</p>	<p>向废气流注入和散布干粉或碱性试剂悬浊液/溶液, 该物料与气态硫发生反应形成固体, 固体通过过滤 (袋式过滤器或静电除尘器) 去除。一般而言, 使用反应塔可提高洗涤系统的去除效率</p>
<p>将配合料制剂中的硫含量降至最低, 然后优化硫平衡</p>	<p>配合料制剂中的硫含量降至最低可减少用作澄清剂的含硫原材料 (通常为硫酸盐) 分解后产生的 SO<sub>x</sub> 排放</p> <p>有效减少 SO<sub>x</sub> 排放取决于玻璃中硫化合物的滞留情况, 因玻璃类型及硫平衡优化情况的不同, 滞留情况可能会有极大不同</p>
<p>使用含硫量低的燃料</p>	<p>使用天然气或低硫燃油适用于减少燃烧期间燃料中硫的氧化所产生的 SO<sub>x</sub> 排放</p>

### 1.10.4 HCl 和 HF 排放

技术	描述
<p>选择氯含量及氟含量低的原材料用于配合料制剂</p>	<p>该技术包括精心挑选原材料, 这些原材料可能含有氯化物和氟化物杂质 (如合成纯碱、白云石、外部回收碎玻璃及回收滤尘), 以便从源头上减少熔化工艺中这些材料分解所产生的 HCl 和 HF 排放</p>
<p>将配合料制剂中的氟及/或氯化物含量降至最低, 并优化氟及/或氯量平衡</p>	<p>将配合料制剂中所使用的氟化合物 (如氟石) 含量降至与最终产品质量相匹配的最小值, 可最大限度地减少熔化工艺流程中氟化合物的排放。氟化合物 (如氟石、冰晶石及氟硅酸盐) 用于赋予特种玻璃 (如不透明玻璃、光学玻璃) 特殊性质, 氯化物可用作澄清剂</p>
<p>将全干或半干洗涤与过滤系统相结合</p>	<p>向废气流注入和散布干粉或碱性试剂悬浊液/溶液, 该材料与气态氯化物和氟化物发生反应形成固体, 固体通过过滤 (静电除尘器或袋式过滤器) 去除</p>

### 1.10.5 金属排放

技术	描述
选择金属含量低的原材料用于配合料制剂	该技术包括精心挑选配合料原材料，这些原材料可能含有金属杂质 (如外部碎玻璃)，以便从源头上减少熔化工艺中这些材料分解所产生的金属排放
在需要对玻璃进行着色和去色的配合料制剂中尽量减少金属化合物的使用，但须符合消费者对玻璃质量的要求	<p>可通过以下方式将熔化工艺流程中产生的金属排放量降至最低：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>在彩色玻璃的生产中，尽量减少配合料制剂中的金属化合物含量 (如铁、铬、钴、铜和锰化合物)</li> <li>尽量减少使用硒化合物和氧化铈作为透明玻璃制造的脱色剂</li> </ul>
适当选择原材料可最大限度地减少在配合料制剂中使用硒化合物	<p>可通过以下方式将熔化工艺流程中产生的硒排放量降至最低：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最大限度地将配合料制剂中的硒含量降至与产品要求相称的最低量</li> <li>选择挥发性低的硒原材料，以减少熔化工艺中的挥发现象</li> </ul>
应用过滤系统	除尘系统 (袋过滤器和静电除尘器) 可减少粉尘和金属的排放，因为玻璃熔化工艺中的金属主要以颗粒形式向大气排放。然而，对于一些含极易挥发化合物 (如硒) 的金属，去除效率可能会因过滤温度的不同而具有很大差异
将全干或半干洗涤与过滤系统相结合	使用碱性试剂的全干或半干洗涤技术可大幅减少气体金属，该碱性试剂与气态物质反应形成固体，固体通过过滤 (袋式过滤器或静电除尘器) 去除

### 1.10.6 混合气体排放 (例如 SO<sub>x</sub>、HCl、HF 及硼化合物)

湿法洗涤	在湿法洗涤工艺中，气态化合物在适当液体 (水或碱性溶液) 中溶解。在湿法洗涤器下游，废气处于水饱和状态，因此在排放废气前需将液滴进行分离处理，产生的液体必须经废水处理，通过沉淀或过滤收集不溶物质
------	---

### 1.10.7 混合排放 (固体 + 气体)

技术	描述
----	----

湿法洗涤	<p>在湿洗工艺中(通过合适的液体:水或碱性溶液)可同时去除固体和气体化合物。清除颗粒或气体的设计标准不同,因此,设计通常是两个选项的折衷</p> <p>产生的液体必须经废水处理,通过沉淀或过滤收集不溶物质,即固体排放物和化学反应产物</p> <p>在矿物棉和长丝玻璃纤维行业中最常用的系统是:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 带冲击射流上游的填充床洗涤器</li> <li>• 文丘里洗涤器</li> </ul>
湿法静电除尘器	<p>该技术由一个静电除尘器组成,通过用合适的液体(通常是水)冲洗,将收集的物料从收集器板上去除。通常会安装某些装置去除水滴,然后排放废气(除雾器或最后一个干燥区域)</p>

### 1.10.8 切削、研磨、抛光作业产生的排放

技术	描述
在液体下进行多尘作业(如切削、研磨和抛光)	水通常用作切削、研磨和抛光作业的冷却剂,并用于防止粉尘排放,可能需要一个配备除雾器的吸尘系统
应用袋式过滤器系统	使用袋式过滤器可减少粉尘和金属排放,因为下游工艺金属主要为颗粒形式
确保应用系统密封良好,以最大限度地减少抛光产品的损失	将玻璃制品浸入含氢氟酸和硫酸的抛光槽中进行酸抛光。良好设计并维护应用系统,以最大限度地减少损失,可尽量减少烟气的排放
使用辅助技术,如湿洗	由于排放物的酸性及需要清除的气体污染物的高溶解性,用水进行湿洗适用于处理废气

### 1.10.9 H<sub>2</sub>S、VOC 排放

废气焚烧	<p>该技术由一个后燃器系统组成,该系统可将(产生于熔炉中强烈还原条件的)硫化氢氧化为二氧化硫,并将一氧化碳氧化为二氧化碳</p> <p>挥发性有机化合物被热焚化,随后被氧化成二氧化碳、水和其他燃烧产品(如NO<sub>x</sub>和SO<sub>x</sub>)</p>
------	---