



瓷砖和卫浴品制造业环境、健康与安全指南

前言

《环境、健康与安全指南》（简称《EHS指南》）是技术参考文件，其中包括优质国际工业实践（GIIP）所采用的一般及具体行业的范例。¹。如果世界银行集团的一个或多个成员参与项目，则应根据这些成员各自政策和标准的要求执行本《EHS指南》。本《EHS指南》是针对具体行业，应与《通用EHS指南》共同使用，后者提供的指南针对所有行业都可能存在的EHS问题。如果遇到复杂的项目，可能需要使用针对多个行业的指南。在以下网站可以找到针对各行业的指南：<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

《EHS指南》所规定的指标和措施是通常认为在新设施中采用成本合理的现有技术就能实现的指标和措施。在对现有设施应用《EHS指南》时，可能需要制定具体针对该场所的指标，并需规定适当的达标时间表。

在应用《EHS指南》时，应根据每个项目确定的危险和风险灵活处理，其依据应当是环境评估的结果，并应考虑到该场所的具体变量（例如东道国具体情况、环境的吸收能力）以及项目的其他因素。具体技术建议是否适用应根据有资格和经验的人员提出的专业意见来决定。

如果东道国的规则不同于《EHS指南》所规定的指标和措施，我们要求项目要达到两者中要求较高的指标和措施。如果根据项目的具体情况认为适于采用与本《EHS指南》所含规定相比要求较低的指标和措施，则在针对该场所进行的环境评估中需要对提出的替代方案作出详尽的论证。该论证应表明修改后的指标能够保护人类健康和环境。

适用性

《瓷砖和卫浴品制造业 EHS 指南》涵盖瓷砖及卫生洁具生产项目与设施的相关信息。附录 A 是对该行业生产活动的完整说明。原料开采未包含在内，相关内容请参阅《建筑材料制造业 EHS 指南》。

本文由以下几个部分组成：

- 1 具体行业的影响与管理
- 2 指标与监测

¹ 定义是：熟练而有经验的专业人员在全球相似情况下进行同类活动时，按常理可预期其采用的专业技能、努力程度、谨慎程度、预见性。熟练而有经验的专业人员在评估项目可采用的污染防控技术时可能遇到的情况包括（但不限于）：不同程度的环境退化、不同程度的环境吸收能力、不同程度的财务和技术可行性。



3 参考文献和其他资料来源

附录 A 行业活动的通用描述

1 具体行业的影响与管理

本章概述瓷砖和卫浴品制造业在操作阶段发生的 EHS 问题，并提出如何对其进行管理的建议。关于如何管理大多数大型工业活动建造阶段和报废阶段各种常见 EHS 问题的建议包含于《通用 EHS 指南》。

1.1 环境

瓷砖及卫生洁具生产相关的主要环境问题如下：

- 废气排放
- 废水
- 固体废弃物

废气排放

原料存储与加工，以及陶瓷焙烧或喷雾干燥过程中，均有可能产生废气的排放。后者可能来自原料以及加热和发电所用的燃料。

颗粒物

颗粒物排放的主要来源包括原料处理（如筛分、混合、称量和运输/输送）、干磨（湿磨更常见）、干燥（如喷雾干燥）、釉料喷镀处理（如瓷砖及卫生洁具生产）、陶件烤花和焙烧、烧成品的精整工艺。

减少无组织颗粒物排放的防控技术包括：

- 隔离存储区与其他作业区；
- 使用封闭筒仓存储散装粉料；
- 若原料在露天场地堆放，使用防风屏障（人工屏障或垂直绿化带，如密集生长的乔木与灌木）进行防风；
- 封闭式干料运输系统（如输送机、封闭式螺旋给料机、加料袋附件）；
- 除尘设备和布袋除尘器，特别是在干料装料口和卸料口，以及对产品进行切割、研磨、抛光的部位¹；
- 积极采取各项维护措施，减少空气泄漏部位和溢出部位；
- 维持密闭物料处理系统的负压；对其入气体进行除尘；
- 精细陶瓷生产过程中，喷雾干燥、施釉工艺产生的排放物，采用湿式除尘器处理。烧结过滤器可用于分离喷釉工艺产生的湿尘，净化喷雾匣排出的废气。这些过滤器耐磨性高，集尘效率高达 99.99%。

¹ 陶瓷行业经常使用布袋除尘器，尤其当粉尘金属含量过高时更显重要。这种除尘器可用于筒仓除尘、干料制备与处理、喷雾干燥、干磨、成型。腐蚀控制需要维持适宜温度。除尘器集尘效率高达 95%。



硫氧化物

陶窑废气中的 SO₂ 排放量，取决于燃料和特定原料（石膏、黄铁矿和其他硫化物）的含硫量。然而，原料所含碳酸盐可防止含硫排放物的形成，因为碳酸盐可与 SO₂ 反应。降低 SO₂ 排放量的污染防控技术包括：

- 使用低硫燃料，如天然气或液化石油气（LPG）；
- 使用低硫原料和低硫坯体添加剂，以降低加工后物料的硫含量；
- 优化加热工艺及焙烧温度，使焙烧温度范围降至最低（最高 400℃）；
- 使用干式或湿式涤气器。如果干吸附无法产生足够洁净的气体，则使用湿式涤气器（如反应涤气器，淬火反应器）。湿式涤气器在涤气液（湿法消除）中溶解有碱性的化学反应剂（如含钙和含钠的化学品）。

氮氧化物

NO_x 主要来源为，窑炉焙烧高温（>1 200℃）作用下产生的热力型 NO_x、原料中的含氮成分，以及原料中含氮成分的氧化。降低 NO_x 排放的推荐措施包括：

- 优化窑炉火焰峰值温度，运用计算机控制窑炉焙烧工艺；
- 降低原料和添加剂的含氮量；
- 采用低 NO_x 燃烧炉。

温室气体排放

温室气体（GHG），尤其是 CO₂ 的排放，主要与窑炉和喷雾干燥器所用能源有关。《通用 EHS 指南》为温室气体排放管理策略，以及节能，提供了更多信息。下列措施可用于降低本行业能耗：

- 关停低效窑炉（如倒焰窑），兴建新式大型隧道窑、梭式窑，或快速焙烧窑（如辊道窑）。卫生洁具行业，尤其生产式样相对较少的产品时，应考虑建造辊道窑；
- 使用清洁能源（如天然气或液化石油气）取代重质燃油和固体燃料；
- 提高窑炉密封性，降低外散气流产生的热损失（如隧道窑和间歇窑的金属封套、砂封、水封）；
- 增强窑炉隔热，以降低热损失；
- 采用低热质隔热材料建造间歇焙烧窑；
- 采用低热质窑车，提高整体效率（如采用堇青石—莫来石、硅线石、重结晶碳化硅等材料），并尽可能减少其他附属荷载¹；
- 采用高速燃烧炉，提高燃烧效率与传热效率；
- 优化窑炉火焰峰值温度，安装窑炉焙烧计算机控制系统；
- 优化干燥器与窑炉之间的干燥物料输送，并且尽可能利用窑炉预热区完成干燥过程（以避免干燥制品在焙烧处理前不必要的冷却）；
- 回收窑炉余热，特别是冷却区余热，用于加热干燥器和产品预干燥处理；
- 回收窑炉废气余热，用于预热助燃空气。

¹ 低热质窑车可为隧道窑炉节省大量燃料，通过增加陶件可用空间提高产量。还可使加热、冷却工艺更严格地维持在最佳温度，将产品所受热冲击减至最低。



提高喷雾干燥器能效的措施包括：

- 选择加装优化喷嘴的喷雾干燥器；
- 给喷雾干燥器加装隔热层；
- 选用适当尺寸的抽风机，并装备逆变器变速控制装置，取代定速风扇和风门。

其他提高能效的措施包括：

- 使用高压液压机生产瓷砖；
- 在卫生洁具车间使用压铸技术；
- 优化球磨机研磨周期；
- 优化研磨混合物含水量；
- 采用双速电动机或加装液力联轴器的电动机，限制研磨机电力负荷；
- 在瓷砖生产中，使用湿度传感器控制干燥度与涂层工艺；
- 利用以燃气轮机运作的喷雾干燥器产生的废热，实现热电联产发电。

氯化物和氟化物

氯化物和氟化物是陶瓷窑炉废气中的污染物，系由黏土材料中的杂质所致。原料准备过程中使用添加剂和含水氯化物会产生盐酸（HCl）排放。氢氟酸（HF）可能由黏土中氟硅酸盐分解所致。防控氯化物和氟化物排放的推荐措施包括：

- 使用低氟原料和添加剂，可降低加工后物料所产生的排放物；
- 采用干式涤气器。在干性或湿性条件下添加碱性吸收剂，如碳酸氢铵（ NaHCO_3 ）、氢氧化钙（ Ca(OH)_2 ）、氧化钙，可控制 HF 和 HCl 排放。

金属污染物

除某些陶瓷彩釉料外，通常多数陶瓷原料的重金属含量极低，可忽略。为了减少金属排放物，应该：

- 采用不含铅或其他有毒金属的常用釉料，避免采用含铬颜料以及含镉、钡、钴、铅、锂、锰、钒等重金属元素的着色剂；
- 采用高温条件下能保持稳定，且在硅酸盐系统中通常呈现惰性的有色化合物（如含染色剂的颜料）。通过缩短焙烧周期，可进一步降低这类釉料中金属挥发的危险；
- 采用高效除尘技术（如织物过滤器）。

废水

工业工艺废水

工艺废水主要来自准备工序、铸造设备和各种加工作业（施釉、装饰、抛光、湿磨等）所用清水。由于含有釉料和黏土物料的极细悬浮颗粒，工艺废水混浊且有色。重要潜在污染物包括悬浮固体颗粒（黏土、不溶性硅酸盐）、悬浮态和溶解态重金属（铅、锌）、硫酸盐、硼和微量有机物。减少废水产生的具体措施包括：

- 使用干式废气净化系统，取代湿式废气净化系统；
- 如若实际可行，安装废弃釉料收集系统；
- 安装泥浆输送管道系统；



- 将工艺废水流与其他工艺步骤水流分离，采用闭路废水回用系统¹。

工艺废水处理

本行业工艺废水处理技术包括：流量与负载平衡及 pH 调节；采用通过沉淀池或澄清池减少悬浮固体的沉降技术；减少不易沉降悬浮固体的多介质过滤技术；脱水并在填埋场处置残渣。残渣若为危险物，则应交给指定的有害废弃物处理场处置。还可能用到膜过滤，以及其他物理、化学处理工艺等更多工程控制方法，以进一步去除金属污染物。

《通用 EHS 指南》讨论了工业废水管理及其处理方法的实例。通过采用这些废水管理的工艺和实用技术，各设施应该达到本行业文件第 2 节相关表格规定的废水排放指导值。

其他废水和水的消耗

《通用 EHS 指南》提供了适用于管理各职能部门产生的未污染废水、未污染的雨水和生活废水的指导原则。而被污染的水流应当引入工业工艺废水的处理系统。《通用 EHS 指南》推荐了减少耗水量的措施，尤其针对水资源有限的地区。

固体废弃物

陶瓷品生产产生的工艺废弃物主要由不同类型的污泥组成，包括工艺废水处理产生的污泥以及施釉、石膏浇铸、研磨等作业产生的工艺污泥。其他工艺废弃物包括：加工作业（如成型、干燥、焙烧等）产生的废件、破碎的耐火材料、除尘工艺（如烟净化和除尘）产生的固体粉尘、废弃石膏模、废弃吸附剂（石灰石颗粒与粉尘），以及废弃包装（如塑料、木材、金属、纸等）。

固体废弃物管理建议包括：

- 通过改进工艺减少废弃物数量，诸如：
 - 以使用聚合物模的粉浆压铸设备（等静压机），取代使用石膏模的粉浆浇铸；
 - 延长石膏模生命周期（如使用自动石膏搅拌机或真空石膏搅拌机得到更坚固的石膏模）；
 - 安装电控装置控制焙烧曲线（优化工艺，减少废件数量）；
 - 安装喷涂室，回收多余釉料；
- 对切屑、废件、用过的石膏模和其他副产品及淤浆进行回收和内部再利用，以减少废弃物的产生。具体工艺包括：
 - 回收淤浆用于陶瓷铸型，特别是在用湿磨法准备原料的设施中；
 - 回收精细陶瓷和卫生洁具生产中的淤浆，用作生产砖块或膨胀陶粒的原料或添加剂；
 - 回收除尘系统收集的粉尘，以及各种工艺过程产生的粉尘、切屑和其他工艺废料，将它们作为原料再利用；
- 对于无法回收的物质，则根据《《通用 EHS 指南》》关于工业废弃物管理的指导原则处置。

¹ 瓷砖生产中废水回用率通常可达 70%~80%，卫生洁具生产中可达 50%。



1.2 职业健康与安全

瓷砖及卫生洁具生产设备建造及停用过程中存在的职业健康与安全问题，与其他工业设备的这些问题类似，其防控方法在《通用 EHS 指南》中有所论述。在瓷砖及卫生洁具生产中会发生的职业健康与安全问题，主要包括：

- 呼吸危害物
- 热接触
- 噪声与振动
- 人身损害
- 触电危险

呼吸危害物

飘散在工作场所中的细微颗粒，是该行业主要职业性危害。这些颗粒来源于硅砂和长石，以硅尘（ SiO_2 ）的形式存在。其他潜在危害来自于釉料的使用、飘散的耐火陶瓷颗粒及燃烧副产品。防控此类危害的推荐措施包括：

- 将原料仓库与其他作业区隔离；
- 装备带有过滤装置的局部排气通风系统（如补炉排风罩）；
- 安装窑炉通风系统（如采用安装在窑炉顶部的可调节排空阀），以利于窑炉的装料或出料；
- 定期进行表面除尘（如带有高效空气过滤器[HEPA]的真空吸尘设备）；
- 用真空吸尘器除尘或用水龙带冲洗，或洒水清扫工作区，避免干式清扫；
- 有可能的话，购买预混料以省去混合过程。将原料收存在大容器中，以叉车装卸，而避免铲运干粉料；
- 使用密封型输送机和管道输送原料；
- 在通风良好的区域进行施釉作业，并且安装喷涂室。避免采用含铅及其他重金属的低溶解度釉料；
- 为在粉尘环境下作业和进行施釉作业的工作人员提供个人防护装备（PPE）（如防护服、护目镜、手套、面罩等）。

热接触

在操作和维护窑炉及其他高温设备时，有可能造成热接触。辐射热、温度变化、高湿环境等工作环境是本行业的职业性危害。防控热接触危害的推荐技术包括：

- 确保工作场所通风良好（如输送新鲜空气、对流通风、加装排气扇）；
- 为工作人员提供风冷休息室；
- 在靠近工作人员的高温设备表面加装隔热罩；
- 缩短在高温条件下作业时间（如在这类场合缩短轮班时间）；
- 使用个人防护装备（如绝热手套、绝热鞋、空气或氧气呼吸器等），尤其是在进行维



护操作时。

噪声与振动

噪声源包括原料准备（如粉碎、研磨、碾磨、干式和湿式混合、筛分、净化等）、模压和造粒、切削、研磨抛光、窑炉中的鼓风燃烧器，以及包装作业等。《通用 EHS 指南》为噪声管理提供了指导。

人身危险

设备（如研磨机、粉磨选粉机、带式输送机等）的操作和维护作业，尤其是在设备启动与停机时，有可能造成人身损害。其他典型危险包括处理锐利材料、提举重物、执行重复性动作。《通用 EHS 指南》为防控人身损害提供了指导。

触电危险

瓷砖及卫生洁具生产设施需使用各类电器设备，因而工作人员可能有触电的危险。《通用 EHS 指南》为防控触电危险提供了建议。

1.3 社区健康与安全

陶瓷生产设施的建造、运行和退役过程中的社区健康与安全影响与其他大多数工业设备相同，并在《通用 EHS 指南》中有所论述。

2 指标与监测

2.1 环境

废气排放和污水排放指南

表 1 和表 2 介绍了该行业的污水排放和废气排放指南。该行业的污水排放和废气排放指导值是各国的相关标准在公认的法规框架内所体现的国际行业惯例。通过上文介绍的污染防控技术，我们可以知道，经过合理设计和操作的装置在正常的操作条件下，是可以满足这些指南的要求的。废液必须在工厂设备或生产机器年运行时间至少 95% 的时间范围内，在不经稀释的情况下达到以上排放水平。在环境评估中，所产生的水平偏差应当根据当地特定的项目环境进行调整。

废气排放指南适用于处理废气排放物。与热能消耗不高于 50 MW 的热电生产相关的燃烧源排放物管理指南，请参见《通用 EHS 指南》。能耗更高的燃烧源排放物管理指南，请参见《热能 EHS 指南》。《通用 EHS 指南》还包含基于总排放量的环境研究指南。

废液处理指南适用于已处理废液直接排放到常规用途的地表水中。特定场地的排放水平可以按照公共经营的污水回收和处理系统的可行性及特定条件设定；或者，当废液直接排放到地



表水中，排放水平可依据环境健康与安全通用指南中规定的受水区的用途分类设定。

表 1 瓷砖生产中的废气排放水平（在标准状态下）

污染物	单位	指导值
颗粒物	mg/m ³	50 ^a
二氧化硫（SO ₂ ）	mg/m ³	400 ^b
氮氧化物（NO _x ）	mg/m ³	600 ^b
盐酸（HCl）	mg/m ³	30
氢氟酸（HF）	mg/m ³	5
铅	mg/m ³	0.5
镉	mg/m ³	0.2
TOC	mg/m ³	20

a 干燥器和窑炉烟囱；b 窑炉运行（以 10% O₂ 计）

表 2 瓷砖生产中的废水排放水平

污染物	单位	指导值
pH 值	S.U	6~9
BOD ₅	mg/L	50
总悬浮颗粒（TSS）	mg/L	50
油脂	mg/L	10
铅	mg/L	0.2
镉	mg/L	0.1
铬（总量）	mg/L	0.1
钴	mg/L	0.1
铜	mg/L	0.1
镍	mg/L	0.1
锌	mg/L	2
温升	□	<3 ^a

a 在按科学方法界定的排放混合区边界处。该混合区的设定需考虑环境水质、接受水体的用途、潜在受体，及同化能力等。

资源利用

表 3 至表 5 列举了这一行业能源消耗基准。行业基准值仅用于比较，单个项目应以不断改进为目标。

表 3 能量消耗

单位产品能耗	单位	行业参考标准
瓷砖生产能耗		
热能：喷雾干燥过程	kJ/kg	980~2 200
热能：干燥过程	kJ/kg	250~750



热能：焙烧：一次烧成瓷砖（隧道窑）	kJ/kg	5 400~6 300
热能焙烧：二次烧成瓷砖（隧道窑）	kJ/kg	6 000~7 300
热能焙烧：一次烧成瓷砖（辊道窑）	kJ/kg	1 900~4 800
热能焙烧：二次烧成瓷砖（辊道窑）	kJ/kg	3 400~4 600
电能模压	kW · h/kg	50~150
电能干燥	kW · h/kg	10~40
电能焙烧	kW · h/kg	20~150
卫生洁具生产能耗		
常规隧道窑	kJ/kg	9 100~12 000
带轻质纤维隔热的新式隧道窑	kJ/kg	4 200~6 500
辊道窑	kJ/kg	3 500~5 000
新式梭式窑	kJ/kg	8 500~11 000

来源：欧盟 BREF (2005)

表 4 产生的废弃物

单位产品产生的废弃物	单位	行业参考标准
瓷砖表面施釉过程中产生的废弃釉料	g/m ² 瓷砖面积	100
淤浆	g/m ² 瓷砖面积	90~150
固体废弃物——切屑和残次瓷砖	g/m ² 瓷砖面积	700~1 300
卫生洁具生产回收再利用的釉料	m ³ /d	0.08~0.1
单件卫生洁具的釉料用量	kg/件	1.5~3

环境监测

该行业的环境监测项目的执行应当面向在正常操作和异常条件下可能对环境产生重大潜在影响的所有生产活动。环境监测活动应当以适用于特定项目的废气、废水和资源利用的直接或间接指标为基础。

环境监测的频率应当足以监测参数提供具有代表性的数据。环境监测应由受过系统训练的人员使用经正确校准的、维护良好的设备按照检测和记录程序进行。监测得出的数据应经定期分析和检查，并与操作标准相对比，以便采取合适的矫正行动。《通用 EHS 指南》中介绍了对废气废水监测的抽样和分析方法。

2.2 职业健康与安全

职业健康与安全指南

职业健康与安全性能应按国际公认的暴露风险指南进行评估，包括美国政府工业卫生学家会议 (ACGIH)¹发布的阈值 (TLV®) 职业性接触指南和生物接触限值 (BEI®)、美国职业

¹ 可登录 <http://www.acgih.org/TLV/>和 <http://www.acgih.org/store/>查询相关信息



安全健康研究所 (NIOSH)¹发布的危险化学品的袖珍指南、美国职业安全健康局 (OSHA)²发布的允许接触极限 (PELs)、欧盟成员国发布的指示性职业接触限值³以及其他类似资源。

事故率和死亡率

各种项目均应尽全力保证参与项目的工人 (不管是直接雇佣或是间接雇佣的工人) 的生产事故为零, 尤其是那些会导致误工、不同等级残疾或甚至死亡的事故。设备生产率可以参考相关机构 (如美国劳工部劳动统计局和英国健康与安全执行局)⁴发布的信息, 按照发达国家的设备性能设定基准。

职业健康与安全监测

应当对工作环境进行监测, 以发现特定项目的职业危险物。作为职业健康与安全监测项目的一部分, 监测操作应当委派专业人员⁵制定并执行。管理者还应记录事故、疾病和危险事件。《通用EHS指南》中介绍了职业健康与安全监测项目的其他指南信息。

3 参考文献和其他资料来源

- [1] Assopiastrelle and Snam. Rapporto Integrato Ambiente Energia Sicurezza Salute Qualità, Industria Italiana delle Piastrelle di Ceramica e dei Materiali Refrattari. Sassuolo, Italy: Assopiastrelle and Snam, 1998.
- [2] Department for Environment, Food, and Rural Affairs (DEFRA), United Kingdom. Integrated Pollution Prevention and Control. Secretary of State's Guidance for the A2 Ceramics Sector including Heavy Clay, Refractories, Calcining Clay and Whiteware. Sector Guidance Note IPPC SG7. London: DEFRA, 2004. www.defra.gov.uk/environment/ppc/localauth/pubs/guidance/notes/sgnotes/.
- [3] Environment Australia. National Pollutant Inventory, Emissions Estimation Technique Manual for Bricks, Ceramics, and Clay Product Manufacturing. Canberra, Australia: Environment Australia, 1998.
- [4] Government of Hong Kong, Environmental Protection Department. Air Management Group. A Guidance Note on the Best Practicable Means for Ceramic Works. BPM4. Hong Kong: Government of Hong Kong, 1994. http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/guide_ref/guide_best_pract.html.
- [5] European Commission. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BREF) for Ceramics. Seville: EIPPCB, 2005. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [6] European Commission. Corinair90. Emission Inventory Guidebook. Fine Ceramics Production. Activities 030320. Copenhagen: EC, 1996. <http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR4/en/B3320vs2.1.pdf>.
- [7] European Environment Agency (EEA). Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory

¹ 可登录 <http://www.cdc.gov/niosh/npg/> 查询相关信息

² 可登录 http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992 查询相关信息

³ 可登录 http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/ 查询相关信息

⁴ 可登录 <http://www.bls.gov/iif/> 和 <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm> 查询相关信息

⁵ 具备适当资质的专业人员包括持有执照的工业卫生学家、注册执业卫生学家或持有执照的安全专家及相关人员。



- Guidebook, Third Edition. Copenhagen: EEA, 2001. <http://reports.eea.europa.eu/EMEP CORINAIR4/en/page012.html>.
- [8] German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety (BMU). First General Administrative Regulation Pertaining the Federal Immission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Berlin: BMU, 2002. http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php.
- [9] German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety (BMU). Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance-AbwV) of 17. June 2004. Berlin: BMU, 2004. http://www.bmu.de/english/water_management/downloads/doc/3381.php.
- [10] Ireland Environmental Protection Agency (EPA). BATNEEC Guidance Note – Coarse Ceramics. Class 13.4, Draft 3. Dublin: Ireland EPA, 1996. <http://www.epa.ie/Licensing/BATGuidanceNotes/>.
- [11] Northern Ireland Environment and Heritage Service. Chief Inspector's Guidance to Inspectors – Ceramic Processes. Process Guidance Note GNB 3/6 Version 1. Belfast: Northern Ireland Environment and Heritage Service, 1998. <http://www.ehsni.gov.uk/pollution/ipc/guidancenotespartb.htm>.
- [12] United States (US) Department of Labor, Bureau of Labor Statistics (BLS). 2003. Occupational Injuries and Illnesses: Industry Data. Years 1995–2003. Washington, DC: BLS. Available at <http://www.bls.gov/iif/oshsum.htm>.
- [13] US Environmental Protection Agency (EPA). Office of Compliance. Profile of the Stone, Clay, Glass and Concrete Products Industry. Sector Notebook Project. Washington, DC: US EPA, 1995. <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/>.
- [14] US EPA. Code of Federal Regulation Title 40, Part 63 National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories. Subpart KKKKK National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Clay Ceramics Manufacturing. Washington, DC: US EPA.

附录 A：行业活动概述

陶瓷产品使用黏土和其他无机非金属材料生产。瓷砖是一种常用于铺设地板和墙壁的板材。一般来说，可在室温条件下采用挤压或粉末压制工艺成型，再进行干燥、焙烧以永久保持陶坯形状。卫生用途的陶瓷产品（如抽水马桶、盥洗池、蓄水箱、自动饮水器）都可视为卫生洁具，主要用陶土或玻化瓷质材料（半瓷材料）生产。制陶设施产能各异，范围一般为：精细陶瓷，10~50 t/d；普通瓷砖，450~500 t/d。

瓷砖及卫生洁具制造业的通用工艺包括基本黏土原料与其他添加剂的混合，以及焙烧/熔融工艺。焙烧/熔融过程中，原料在 1 000~1 400℃ 下转变成玻璃相（玻璃化）。玻璃化处理赋予陶瓷产品特殊物理化学性能：耐热、耐火、高强度及化学稳定性。本指南涵盖的主要生产工艺包括：原料存储与准备、成型、干燥、表面处理（如施釉或搪瓷）、焙烧、精整（如抛光）、分类和包装。典型的陶瓷生产工艺如图 A1 所示。



原料储存与处理

陶瓷产品主要成分为黏土矿复杂混合物（诸如作为塑性材料的硅铝酸盐）及其他矿物（诸如添加剂、填料、稀释剂[非塑性材料]和釉料）。表 A1 总结了陶瓷生产所用主要原料。

坯料通常大批输送到原料储存区，一般露天堆放；或在容器（或筒仓）中存储以减少与大气成分相互作用，并避免粉尘问题。原料需经若干准备工序（如初步及二次粉碎、研磨、筛分、干磨或湿磨、干筛、喷雾干燥、煅烧等），然后混合、模压、挤塑或粉浆浇铸成型（整型/定型）。釉料采用硅土（釉料主要成分）、稀释剂（碱金属、碱土金属、硼、铅）、遮光剂（锆、钛）和着色剂（铁、铬、钴、锰）制备。进入干燥阶段之前，通常用水增强混合、成型效果。可能还会对黏土产品进行表面处理和装饰。最后产品放入窑炉中焙烧（玻璃化）。

表 A-1 陶瓷成型原料

添加剂	高岭土、石灰石
基本原料（塑性材料）	高岭石、蒙脱石、埃洛石
填料和熔融剂（非塑性材料）	石英、长石、白垩、白云石、钙硅石、铁氧化物、石膏、块状滑石
釉料成分	硅石、碱金属、铅、硼、锆、铁、铬、钴

焙烧工艺

焙烧工艺促使已成型并干燥的黏土坯玻璃化。焙烧在连续窑炉或间歇窑炉中进行。连续窑炉包括隧道窑和辊道窑。隧道窑是由轨道窑车运输给料的耐火管道。窑车装有耐火甲板，干燥陶坯按特定的固定排列方式放置在甲板上。窑炉间歇期，沿其入口附近排气管排出气流的反方向，推进窑车穿过窑炉。多数窑炉使用燃气作为燃料。窑车所装干料焙烧区排出的高温气体预热，而引入的空气又能使已焙烧物料冷却，同时使空气在参与燃烧前预热。冷却区排出的部分气体通常排放到邻近干燥器内。为减少焙烧时间和能源消耗，需要密封的焙烧膛。因此，通常采用砂封法（或水封及其他机械密封）将焙烧膛及窑车密封在隧道窑两侧，以防止二次空气进入。

单层甲板辊道窑常用于墙面砖及地板砖生产。窑炉两侧的天然气燃烧器提供焙烧火焰。焙烧过程已可缩减到 40 min 以下。瓷砖在驱动辊上输送。主要传热机制为对流与辐射。辊道窑有时亦可用于生产黏土瓦和卫生洁具。

间歇窑包括梭式窑和罩式窑，配有单个燃烧室，存放干燥陶瓷坯，密封后即可开始设定的焙烧循环。此类窑炉通常自备燃气炉，有时可用于小规模特种卫生洁具生产。

产品精整

焙烧后仍需进行各类处理以精整产品，包括研磨（干式或湿式）、切割、抛光等。具体生产过程可能还需添加辅助材料。陶瓷制品分类、包装、入库工序完成后，生产过程随之结束。

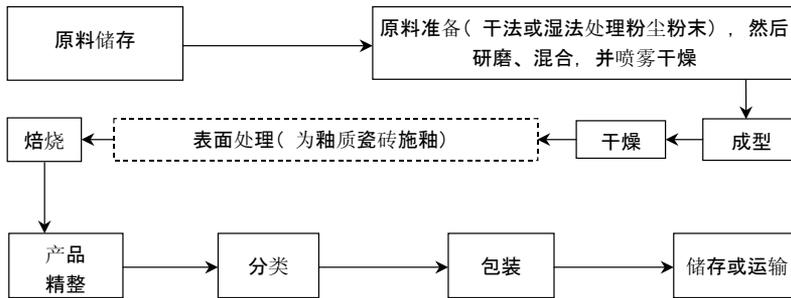


图 A.1 典型卫生洁具生产工艺

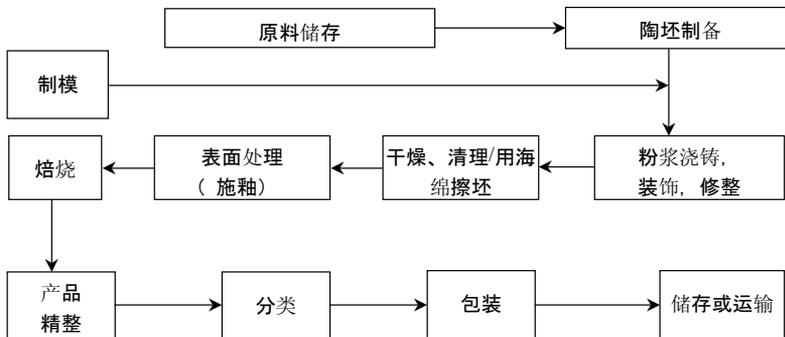


图 A.2 典型瓷砖生产工艺