



版本 v1.0
日期 2008 年 10 月 11 日

联系电邮: theodor.lang@solnet.ch

介绍

采用废物衍生的“替代”原料和燃料非常有利于工业资源保护，以及在国民经济下实行起有效的废物管理系统。水泥工业尤其如此，因其几乎遍布全球和工艺固有的优势，使其最适于协同处理此类材料。

为此，现有培训模块简介了有关水泥行业基础、水泥工艺技术，及其特殊工艺特征，使得水泥窑选择在此应用中有所独特。

学习目标

公共部门的利益相关者掌握水泥生产（化学、工艺技术和环境）的基本知识。

他们还掌握基本知识，可理解和讨论现代水泥窑系统环境性能。

内容

1 水泥是由“原料”制成的

→ 幻灯片 3

本张幻灯片从广义上介绍了“水泥原料”一词的意思。基本上，原料可细分为用于熟料生产的原料和用于水泥生产（产自熟料等）的原料两类。矫正材料用于调节混合材料的组成成分，以达到目标值。



2 原料示例

→ 幻灯片 4、5

对于所有的“原料”来说，都可以选择天然原料或替代（废物衍生）原料。给出几个带图片的示例。

3 原料中天然亦含有主要元素和痕量元素

→ 幻灯片 7

标准的水泥化学将构成生料、熟料或水泥组成部分的元素分为主要元素、次要元素和痕量元素。各类元素组成范围已给出，尤其痕量元素（或重金属），表明重金属是矿物质，从而也是水泥的天然组成部分。

4 原料需经多种处理才能转化为水泥熟料

→ 幻灯片 8、9

这两张幻灯片说明了到“熟料烧制”前的工艺步骤，尤其是水泥窑系统中进行的主要工艺步骤。

5 今日水泥生产：工艺流程图

→ 幻灯片 10

阐述了今日标准的水泥生产工艺技术，即原料和水泥研磨利用预燃室和滚磨机，工艺除尘则主要利用袋式过滤器。

附件中介绍了其它（从过去沿用至今的）工艺。

6 今日水泥生产：水泥窑流程图

→ 幻灯片 11

提供了所有水泥工艺中的主要设备——水泥窑的近距离视图，介绍了各部分术语。

7 点燃水泥窑：连续进料均一质量易燃材料

→ 幻灯片 12

本张幻灯片说明了常规燃料和替代燃料的主要理想特征，演示了每一种燃料在使用前（协同处理）都将经历制备过程（预处理），以使其最利于燃烧。



8 水泥窑系统中的燃料进给点

→ 幻灯片 13

给出了水泥窑系统中唯一可用的燃料进给点。

9 水泥和混凝土生产

→ 幻灯片 14

提供了水泥熟料、水泥和混凝土生产的块图和大致的材料流程数据，以形成对这些与水泥和混凝土相关的重要材料流程的印象。

10 1：系统温度从高到超高

→ 幻灯片 16

展示了水泥窑系统中的气体和材料温度曲线图。尤其重要的是气体温度在主火焰中达到 2000°C 左右，在预焙烧装置中介于 850 和 1100°C 之间，在系统出口处为 100°C 左右，以及水泥窑系统中各自的停留时间和氧化环境。材料温度在预热器/预燃室装置中与气体温度相匹配，而在回转窑烧结区达到 1450°C。

这涉及到一个实际情况，就是即使最耐火的有机化合物也不能承受略超过 800°C 的高温。因而欧盟废物焚烧指令要求，燃烧废物和危险废物的最低温度分别为 850°C 和 1200°C。

11 2：工艺固有的多级流化床气体清洗技术

→ 幻灯片 17

一些微量和痕量元素在高温窑中挥发，与窑内气体一起飘移回旋风预热器中，在此它们再次凝固，粘附上粉末状的生料，再被带回回转窑中。最后，它们离开该窑水泥生产系统，与熟料和水泥在一起，且未被排放到环境中（部分 Hg 除外）。

12 3：SO₂ 和 Cl 巨大的持留量

→ 幻灯片 18

任何硫进入到水泥窑高温部位，都会被融入到产品（熟料和水泥）中，不会排放出去，因为在焙烧阶段石膏形成。所有 SO₂ 排放物都来自预热阶段焙烧原料中的挥发性硫化物。



13 4: 大气排放物大部分源自焙烧挥发性原料成分

→ 幻灯片 19

本张幻灯片清楚表明水泥窑系统中的所有排放物都源自原料中的挥发性成分（NO_x 除外，其源自天然和替代燃料在高温下燃烧）。

因此，现代水泥窑排放物的调节需求不受所用燃料的约束。

14 5: 全部矿物进料转化为产品

→ 幻灯片 20

全部主要和痕量元素与替代材料一同投入，成为（如煤灰）原料的一部分，进而形成最终产品。无灰填埋要求。

15 6: 全部痕量元素（重金属）都安全嵌入最终产品

→ 幻灯片 21、22

重金属也安全嵌入到熟料、水泥和混凝土中，无混凝土浸出，即无漂移回到居住环境。混凝土因此被滥用作重金属的最终贮藏地，这不利于旨在保持混凝土再循环性的水泥工业。

16 7: 工艺热效率高

→ 幻灯片 23

现代水泥窑的热效率已达到一个很高的水平。因而在大多情况下，比起其它焚化或协同焚化行业，燃烧替代燃料的热利用率要高得多。

17 利用替代燃料（AF），减少当地CO₂排放量

→ 幻灯片 24



废物衍生/替代燃料通常为生物质燃料，或含有生物质成分，因而可帮助降低CO₂的排放量，从而有效帮助全民减少CO₂排放的努力。

18 水泥制造历史上的工艺（沿用至今）

→ 幻灯片 27 到 29

这几张幻灯片展示了两种历史上的、但如今仍在局部使用的工艺流程图：湿法工艺和半干法工艺。出于完整性考虑，在幻灯片 29 上列出了更多的工艺类别（主要为有局部重要性者）。

19 排放物

→ 幻灯片 30 到 34

作为该问题的简介，给出了有关水泥工业中不同空气污染物的影响、特征、历史案例和来源。

20 测量产自水泥窑的排放物

→ 幻灯片 35

简要概括了豪瑞（Holcim）排放物监控和报告方案。预计豪瑞（Holcim）的全部水泥厂都将使用替代原料和燃料，运行用于粉尘、SO₂、NO₂)和 VOC 的持续排放测量设备，以及每年至少测量一次其它排放物成分。

21 空气质量

→ 幻灯片 37 到 40

基本上，一个国家自行定义（或引用）其空气质量目标值（如按照 WHO 的建议），再利用空气质量测量站作连续测量。

如果未达到目标值，那么空气排放物限值则由主管当局按照不同类型的排放源和排放物成分进行设定。该主管当局还确定排放物测量和评估方法。

如果多年（如 10 年）以后达到了空气质量目标，那么排放物限值则可保持不变。如果还未达到，那么这些限值则根据要求，在利益相关者的同意下缩小。

常见问题解答

问：常规和替代水泥原料和燃料需要满足什么要求才适合用于水泥生产？



常见问题解答

答：替代原料和替代燃料灰在化学层面必须适应现有生料，即不得改变其成分（从而产品质量特性）至无法接受。

挥发性（黄铁矿硫、有机物、水银等）的原料成分不得致使废物超出排放物限值，或在替代材料情况下，不得过多超出基准排放物，即不含有替代材料的排放物。替代燃料中的氯含量应较低，且水银含量应接近于零。

所有材料（以及所有各种装运和加工设备）必须符合可行的职业健康与安全标准（特别是危险和替代燃料）。所有材料不得有损水泥窑操作稳定性和利用性。

问：重金属的排放是个问题吗？在从水泥窑烟囱排放出的重金属中，那些要素是导致改变的原因？

答：除个别孤立的水银案例外（当与欧盟废物焚烧指令限值相比时），现代水泥窑的重金属排放并无问题。

为了健康，最终产品（混凝土）应用中的铬投入应保持低含量。

重金属是原料和燃料的天然成分。在水泥窑系统中，从燃料和原料中挥发的重金属被预热器/预分解装置/生料磨系统中的粉末状原料吸收，再通过水泥窑除尘设备反馈至工艺过程中。

80%的重金属清洁气体粉尘分析都低于探测限值。重金属的排放主要随除尘效率的变化而变化。

问：过去的但仍在使用的的水泥生产工艺与如今的标准工艺有哪些不同点（工艺技术、能量消耗及环境保护）？

答：部分工艺采用原料湿法制备，或基于随后加水的生料造粒干法制备。所有这些工艺的热效率都较低。而且，在排放物成分持留量方面，它们的预热器解决方案中没有一个可以与旋风预热器/预焙烧装置媲美。如今的标准水泥生产技术明显是最适用的技术（BAT）。

问：应如何理解燃料充分预处理？为什么它如此重要？

答：水泥窑需要在氧化的窑内气氛下操作，但是为了尽可能减少热废气损失，氧气含量应尽可能的低。这就要求可靠、精确计量燃料。这也要求充分的燃料预处理，其中水和灰的含量相当重要。



常见问题解答

整个混合燃料中一种燃料的比例越大，处理（预处理）则需要更好。

问：采用水泥窑协同处理所选废液是否具有未提到的其它好处？再者，这些好处具体是什么？

答：其中一个重要好处还未提到的就是，利用现有设备处理新任务具有经济优势。有坏处吗？从我们的角度来说几乎没有。不过一些人还是担心用于所选废液的水泥窑解决方案可能不是最适用的技术，可能被水泥设备操作人员不负责/不专业地操作，或延迟所有废液的整个处理。

问：很难相信即时每件事都准确执行了，排放物也不会变得更糟糕。有没有因为一些原因而必须停止使用替换原料和材料的情况，或者许可完全遭到拒绝或未给予延期？

答：是的，有一些这类情况。它们通常是由于居住在水泥厂周边地区的人们以环境记录（肮脏的烟囱、建筑物及道路）不佳以及相应的不良沟通行为反对。

问：总体来说，为什么部分人要反对废物燃烧，特别是协同处理呢？

答：废物是原料，但是处于错误的位置，也常常不是正确的形式。它们应首先被再次用作原料（参见“废物管理架构”）。因此，部分人只同意在废物管理链的最后一环焚烧，还要求优先实施上流环。他们认为协同焚烧就是向直接焚烧打开了大门，因此绕过了理想的废物管理架构。

问：“旁路技术”一词有时会与协同处理/协同焚烧/协同燃烧一同出现。这是怎么回事呢？

答：水泥行业中具有两类旁路系统：水泥窑旁路和“DOM 粉尘到水泥再到粉磨机”旁路。

水泥窑旁路系统引导部分回转窑粉尘和气体至淬火和除尘系统。目的在于从操作上将水泥窑系统中的氯和硫循环限制到无关紧要的水平。

提取的粉尘中主要富含氯和硫，且添加到水泥磨机（最终产品）上或被填埋掉。



常见问题解答

DOM 导管旁路（正如名称含义）从主除尘设备中提取出“直接操作模式”粉尘，再给进到水泥磨机中。目的在于限制细粉尘碎片中（由于潜在的排放物和职业安全与健康问题）挥发性元素（主要是重金属和有机物）的富含度。

问：替代燃料利用是怎样帮助降低工业或一个国家的 CO₂ 的？

答：一些替代燃料属于可再生替代燃料，也就是碳含量来自于大气中的 CO₂（生物质，如废木、稻壳、果壳、动物肉等）。另外，目前产自废物处置和焚烧的 CO₂ 及其它温室气体未计入国家 CO₂ 平衡中。因此，采用生物质和废物衍生的替代燃料可助于降低（计算的）排放物总量。

问：如果使用替代原料和燃料后，水泥窑排放物“并无改变”，为什么权威机构常常要规定排放物以及颁发相应许可呢？

答：有些国家的环境法规依然不全。权力机构可能想借此机会改善这类不足从而获利（至少部分是）。同时，他们还可能认为排放物的增加不可避免地会伴随替代燃料协同处理方案，或者他们可能会受到来自利益相关者的公共压力从而发挥积极作用。

最后，水泥厂的经营者可能希望必须坚持排放物限值，以表明遵守表现责任感和高效率的法规。

参考及更多信息

豪瑞（Holcim）水泥生产课程

豪瑞（Holcim）环境课程

豪瑞（Holcim）与 GTZ 有关协同处理水泥生产中的废料准则

其它豪瑞（Holcim）内部文件