

废物预处理 及水泥生产过程协同处置指南

将废物作为替代燃料和原料加以利用



重要说明

本指南面向从事废物管理和水泥生产的私营和公共部门的利益相关方及决策者。本文件就可以实施预处理及协同处置的条件提供指导原则和总体方向建议。本指南提出一些建议并提供特定国家经验，但不可也不应将其用作样板。每一个人、法人实体或国家在实施预处理及协同处置时，必须根据国际公约以及本国和当地情况制定自己的标准，并且必须使这些标准与其法律框架保持一致。本指南不具有法律约束力，也不应被解释为构成作者或发送者的任何义务、陈述或保证或任何技术、商业、法律或任何其他建议。

本文件中表达的发现、解释和结论未必反映豪瑞技术有限公司 (Holcim Technology Ltd.)、德国国际合作机构 (GIZ) 和/或其任何附属机构、董事、高管、员工、咨询顾问和/或承包商的观点。虽然已采取一切合理的谨慎措施确保本指南中包含信息的准确性，但上述任何人均对本指南中或与本指南相关的任何错误或遗漏不承担任何责任。该等信息也不暗示这些实体或个人的意见或任何认可。

就所有目的而言，本指南所述的法人实体、个人或任何其他个人（均称为个人）之间的法律关系应是独立个人之间的法律关系；本指南中的任何内容均不得被视为以任何方式或任何目的，使个人或个人的任何附属机构或任何个人团体的成员成为任何其他个人或任何其他个人的任何附属机构或任何个人团体的任何成员开展该等个人业务时的代理人，亦不得被视为在该等个人之间建立合伙企业、代理机构或合资企业。



德国国际合作机构
(GIZ)

豪瑞技术有限公司
(Holcim Technology Ltd)

瑞士西北应用科技大学生命科学
学院生态创业研究所 (University
of Applied Sciences
and Arts Northwestern Switzer-
land, School of Life Sciences
Institute for Ecopreneurship)

S. Blume
Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn
Germany 德国
T +49 228 4460 - 0
E info@giz.de
I www.giz.de

M. Hinkel
Im Schachen
5113 Holderbank
Switzerland 瑞士
T +41 58 858 52 82
E group@d@lafargeholcim.com
I www.lafargeholcim.com

D. Mutz, D. Hengevoss
Hofackerstrasse 30
4132 Muttenz
Switzerland 瑞士
E dieter.mutz@fhnw.ch
E dirk.hengevoss@fhnw.ch
I www.fhnw.ch

关于本指南

本指南是2006年发布的德国国际合作公司-豪瑞《水泥生产中废物协同处置指南》(德国国际合作机构-豪瑞, 2006)的更新版。过去十年间, 废物和水泥行业发生了变化, 这些变化在德国国际合作机构-豪瑞《废物预处理及水泥生产过程协同处置指南》第二版中得到反映。

本更新版指南由德国国际合作机构(GIZ)、Geocycle与拉法基豪瑞集团(LH)联合编制。拉法基豪瑞集团(LH)是建筑材料及解决方案的全球领导者, 下设四大业务板块: 水泥、骨料、预拌混凝土及解决方案和产品, 在全球所有地区处于领先地位。Geocycle是拉法基豪瑞集团下属子公司, 全球领先的工业、农业和市政废物管理服务提供商。德国国际合作机构是一家德国政府所有的可持续发展国际合作公司, 业务遍及全球。

来自拉法基豪瑞集团、德国国际合作机构及瑞士西北应用科技大学生命科学学院(FHNW)的专家成立了工作组, 负责编制本指南。来自公共和私营部门的外部专家提供了支持和建议。瑞士西北应用科技大学生态创业研究所(Institute for Ecopreneurship)负责协调本文件的制作事宜。

工作组成员: Michael Hinkel、Daniel Hinchliffe、Dieter Mutz、Steffen Blume和Dirk Hengevoss谨向来自拉法基豪瑞集团、德国国际合作机构和瑞士西北应用科技大学的合作专家以及所有在百忙之中分享信息和见解, 积极参与本文件编制工作的人士表示诚挚的感谢。非常感谢外部审稿人拨冗分享宝贵知识:

- Prof. D.C. Wilson 伦敦帝国理工学院独立顾问兼客座教授
- Dr. C. Velis 学术型博士, 利兹大学资源效率系统专业讲师兼国际固体废物协会(ISWA)海洋垃圾特别工作组组长
- Dr. A. Scheinberg Springloop Cooperative全球再生利用和循环经济专家, 国际固体废物协会再生利用和废物最小化工作组负责人
- J. Stuen 奥斯陆垃圾能源化机构(Waste-to-Energy Agency)技术总监, 国际固体废物协会垃圾能源化小组负责人
- Dr. V. Hoenig VDZ(德国水泥协会)常务理事兼环境和工厂技术负责人

转载时, 请注明出处: “德国国际合作机构-拉法基豪瑞集团, 《废物预处理及水泥生产过程协同处置指南——将废物作为替代燃料和原料加以利用》”



前言

本指南的主要目的是通过提供有关水泥行业废物预处理及协同处置的最新客观信息来改进废物管理。本指南包含自第一版以来在实施预处理及协同处置过程中获得的技术诀窍和实践经验，该第一版在国际协定（如《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》）和各类国家准则的修改中充当参考文件。

本指南遵循这样一种共识，即避免和减少废物是应对当前全球废物问题的最佳途径。在许多国家，将废物收集扩大到100%的人口和废物组分领域是有效管理废物的一个既定先决条件。不过，本指南倡导一种方法，旨在减少现有废物问题，同时鼓励将废物用作水泥生产中一次能源和传统原料替代物的来源。但凡有可能，必须把资源效率、循环经济、回收利用和再使用的概念放在首位。

改进废物管理需要假以时日。在欧洲，业界用了20至30年时间才确立起有效的废物管理解决方案，而质量和排放监控也有严格的立法保障。若要将预处理及协同处置发展成为合适的废物管理方案，也需要投入时间和财力。需要执行严格的许可和质量保证程序。

本指南指出，预处理及协同处置遵循废物层级，与之并不冲突。在此背景下，预处理及协同处置可被归类为能源回收和矿物循环利用技术。

若要实施本指南，并从水泥生产过程对废物进行的预处理及协同处置中获得最大利益，关键要素依然是公共部门与私营部门之间的密切协作。私营部门拥有并将深入发展创新及专有技术；公共部门则应确保维持环境标准，并且施行健康和安全管理规定。此外，符合道德规范的商业行为、良好的治理和社会责任始终是顺利实施本指南的先决条件。

目录

重要说明.....	2
关于本指南.....	3
前言.....	4
目录.....	5
执行摘要.....	10
预处理及协同处置的指导原则.....	12
目标群体与范围.....	14
如何使用本指南.....	15
第1部分：导言.....	16
1.1 预处理及协同处置现状.....	18
1.2 资源与废物挑战.....	20
1.3 国际可持续发展议程目标.....	21
1.4 废物层级.....	24
第2部分：预处理及协同处置的一般特点.....	26
2.1 适合预处理及协同处置的废物.....	28
2.1.1 废物和替代燃原料的选择.....	30
2.1.2 通常情况下不能接收的废物.....	32
2.2 预处理 - 从废物到资源.....	33
2.3 协同处置.....	37
2.3.1 水泥生产与协同处置.....	37
2.3.2 替代原燃料喂料点的选择.....	39
2.4 协同处置与气候变化.....	41
2.5 固体废物综合管理规划.....	44
2.6 预处理及协同处置的组织.....	45
第3部分：以环境无害的方式实施预处理及协同处置的要求.....	46
3.1 法律和制度方面.....	48
3.1.1 法律框架.....	49
3.1.2 制度框架.....	49
3.1.3 许可程序.....	50
3.2 环境方面.....	52
3.2.1 相关污染物.....	53
3.2.2 减排技术.....	56
3.2.3 排放监测与报告.....	57
3.2.4 使用替代燃料和原料对水泥产品的环境影响.....	58
3.3 运行方面.....	60
3.3.1 运输、储存、处理及处置.....	61
3.3.2 水泥窑操作规程.....	61
3.3.3 氮管理.....	61
3.3.4 质量控制和保证.....	62
3.4 健康和安全管理方面.....	64
3.4.1 风险管理与设计安全.....	65
3.4.2 健康和安全管理.....	65
3.4.3 应急响应计划.....	66
3.5 社会方面：包容性与利益相关方参与.....	68
3.5.1 互利共赢与包容性决策.....	69
3.5.2 沟通与参与.....	70
3.5.3 关键价值链主体：与非正规部门合作.....	74
3.6 经济与财务方面.....	78
3.6.1 稳健融资的重要性.....	79
3.6.2 商业案例.....	80
3.7 指南实施.....	82
3.7.1 能力建设.....	85

目录

第4部分：附件.....	88
附件1 - 参考文献	92
附件2 - 适用于预处理及协同处置的废料示例清单	97
附件3 - 预处理及协同处置对温室气体的影响	99
附件4 - 垃圾衍生燃料的预处理及协同处置商业案例示例	100
附件5 - 接受-拒绝图表示例（协同处置）	104
附件6 - 废物及替代燃料和原料限值示例	105
附件7 - 将某些废料排除在协同处置之外的理由	107
附件8 - 许可证样本	110
附件9 - 许可程序	114
附件10 - 试烧信息	115
附件11 - 废物管理计划结构	117
附件12 - 聚焦包容性的空白评估的关键问题	118
附件13 - 常用废物的主数据文件模板	119
附件14 - 替代燃料和原料质量控制方案	123
附件15 - 现状分析——解决办法	124
附件16 - 非正规部门融合方法	125
缩略语	126
通用缩写	126
化学缩写	127
单位	128
术语表	129

图表索引

表索引

表1: 2016年水泥行业协同处置的替代燃料热替代率, 某些地区的数据未涵盖全部水泥企业	18
表2: 最常见的废物和替代燃料和原料特性的潜在影响概述	31
表3: 水泥厂协同处置 大气污染物排放监测方法	57
表4: 按不同层级所作的利益相关方分类	71
表5: 沟通与参与工具概览	73
表6: 不同废物预处理及协同处置的资本支出和运营支出示例	81
表7: 适合作为替代燃料的废物示例	97
表8: 适合作为替代原料的废物示例	98
表9 基准: 水泥厂热能消耗假设	100
表10 基准: 运输和燃烧石油焦产生的二氧化碳排放	101
表11 基准: 水泥厂石油焦成本	101
表12 项目: 城市固体废物残渣中垃圾衍生燃料的预处理及协同处置	101
表13 项目: 预处理及协同处置的二氧化碳排放量	101
表14 项目: 二氧化碳减排量	102
表15 项目: 预处理及协同处置的运营支出 (OPEX)	102
表16 项目: 预处理及协同处置的资本支出 (CAPEX)	102
表17 项目: 财务参数	103
表18 项目: 财务评估结果	103
表19: 奥地利法律下水泥窑所用废物限值	105
表20: 自反应物质分类	108
表21: 欧盟废物管理计划要素	117

图索引

图1: 与资源效率和废物管理相关的可持续发展目标	21
图2: 循环经济概念	22
图3: 废物管理层级	24
图4: 将预处理及协同处置融入废物管理中	28
图5: 将预处理及协同处置融入城市固体废物管理概念中	29
图6: 与预处理及协同处置相关的废物类型	30
图7: 固体替代燃料生产的机械处理	33
图8: 固体替代燃料生产的机械-生物处理	33
图9: 产生垃圾衍生燃料的机械-生物处理通用工艺流程	34
图10: 固体替代燃料的物理化学处理	35
图11: 替代原料生产的机械处理	36
图12: 水泥生产过程	37
图13: 先进水泥窑系统的替代燃料和原料喂料点	39
图14: 不同喂料点替代燃料的种类	39
图15: 将整个轮胎送入水泥窑尾	40
图16: 将粗固体替代燃料投料到预分解炉	40
图17: 液体替代燃料喂料到主燃烧器	41
图18: 各种替代燃料的排放因子和典型生物质成分	42
图19: 各种整合模型的优缺点	45
图20: 协同处置的成本效益瀑布图	79
图21: 石油焦价格走势	80
图22: 用以实现预处理及协同处置成本效益的废物到厂价 取决于传统燃料的预期成本	81
图23: 许可程序流程图	114
图24: 替代燃料和原料质量控制方案	123

专题和案例研究索引

专题索引

专题1: 废物的定义	18
专题2: 替代燃料和原料 (AFR)	19
专题3: 海洋垃圾 - 水生生态系统的新威胁	23
专题4: 再生利用与协同处置之间的动态关系	25
专题5: 水泥窑特点在替代燃料和原料协同处置方面的优势	38
专题6: 汞	54
专题7: 二恶英和呋喃 (PCDDs/PCDFs)	55
专题8: 排放监测的透明度	58
专题9: 包容性决策	69

案例研究索引

案例研究1: 中国华新水泥 (Huaxin) 的城市固体废物预处理及协同处置	34
案例研究2: Geocycle在富查伊拉 阿联酋 的将油泥转化为能源的设施	35
案例研究3: 在奥地利雷兹涅, 使用建筑垃圾 (CDW) 作为替代燃料和原料	36
案例研究4: 乌干达将咖啡壳作为替代燃料	43
案例研究5: 阿根廷申请程序指南	51
案例研究6: 哥伦比亚提高对再生利用的认识水平	74
案例研究7: 通过公私合作伙伴关系推广使用垃圾衍生燃料	76
案例研究8: 菲律宾某垃圾填埋场的分拣站和拾荒者	77
案例研究9: 从指南到实施: 菲律宾通过并试点国家协同处置指南	84



执行摘要

自20世纪80年代初以来，欧洲、日本、美国、加拿大和澳大利亚的水泥窑成功地将不同类型的废物作为替代燃料和原料 (AFR) 进行协同处置。2006年，德国技术合作公司与豪瑞联合出版第一版《水泥生产中废物协同处置指南》(德国国际合作机构-豪瑞，2006)，旨在汇总该领域经验教训，并且着重与中低收入国家分享这项实践，使其成为改进废物管理方法的一种选择。

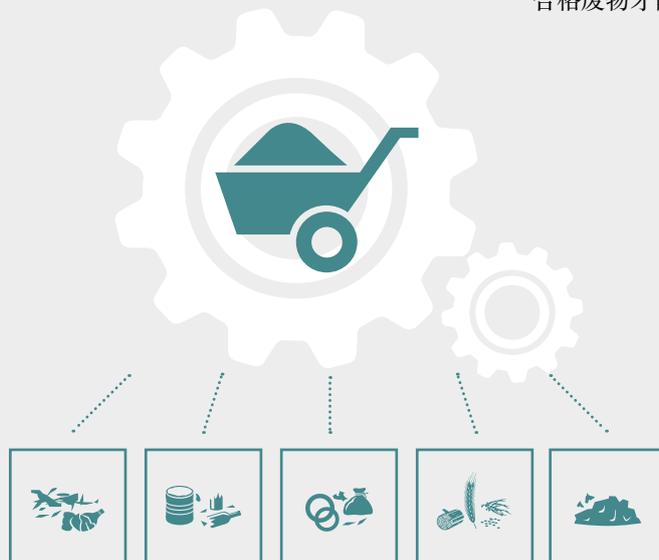
自那时起，废物管理在政治议程上的地位更加突出。针对废物管理的法律和制度框架日益重视提高资源效率、改善公共卫生、减缓气候变化和避免海洋垃圾的重要性。这些积极的发展趋势，以及自第一版指南发布以来在预处理及协同处置方面取得的经验，有助于推动发布指南修订版，以更新原始文件中与技术、制度、法律及社会相关的内容，吸收新思路和新信息，并从总体上支持水泥行业持续改进通过废物预处理实现协同处置的实践。

第一版指南主要关注工业和商业废物的协同处置，更新版指南则更加重视三个问题：通过预处理将废物转换成替代燃料和原料，对市政废物进行预处理及协同处置，以及将预处理及协同处置纳入当地废物管理价值链。更新版指南在以下方面提供了更多信息：预处理及协同处置如何促进实现可持续发展目标、其与气候的相关性、融资以及与非正规废物处理部门的合作方式。对原有原则进行了扩展和分组，并且提出相应的实施要求。更新版指南仍然以源于工业化国家和发展中国家的经验以及公共和私营部门的发现和和建议为基础，旨在改进国家和地方层面的废物管理水平，包括水泥行业为改善水泥生产环境表现所作的尝试。

什么是预处理及协同处置?

预处理是指对废物进行加工，以使其适合在水泥窑进行协同处置。废物从不需要的废弃物转换成有用的资源，即所谓的替代燃料和原料

协同处置是指在水泥生产过程中，以受控方式在适当的喂料点使用替代燃料和原料，其在喂料点作为燃料燃烧并提供矿物原料。通过实施此方法能够替代传统燃料（煤炭、石油焦、天然气）和原料，从而从废物中回收能量，并对其所含矿物进行循环利用。只有合格废物才能用于这一过程





预处理及协同处置并非满足所有废物管理需求的独立解决方案，但如果遵循本文件规定的稳健运行原则和要求，则此方法能够在废物综合管理系统中发挥用武之地。在水泥窑中使用替代燃料和原料应当遵守废物层级原则，不得干扰废物减量工作。将不能循环利用或再利用率低的废物从处置环节转移出来，此做法有益且可取。通过这种方法，预处理及协同处置能够对改善中低收入国家的废物管理架构做出重要贡献，同时减少露天焚烧、海上丢弃和在不受控的垃圾堆场进行处置的发生率。

图片：
Geocycle印度分公司预处理设施接收储存库。

预处理是协同处置的关键推动因素。此方法利用不同的废物来生产均质、合格的替代燃料和原料，从而避免水泥生产在协同处置期间发生运行问题。此方法也是水泥厂与当地废物管理系统相互作用的关键对接环节。因引入预处理及协同处置带来相关废物系统的变化应当以为当地社区、废物系统的利益相关方和水泥生产商创造共同利益为目标。为此，必须根据当地条件调整预处理及协同处置（有利益相关方的投入），并定期评估其对全局的好处。所有利益相关方都应清楚这些共同利益；对上述变化进行测量、记录和监控会有所帮助。

实施预处理及协同处置能够支持废物管理，在水泥生产中替代化石燃料和传统原料，并且消除循环经济中的有害物质。此方法能够提高资源效率，减少温室气体排放，助力达成2015年《巴黎气候协定》和可持续发展目标。与废物焚烧等其他转废为能技术相比，协同处置的优势在于，此方法可以利用当地现有的水泥生产设施，而且无需投入大量资金新建废物处置基础设施。水泥窑内的高温条件具有固有优势：防止形成或破坏危险化合物，同时将矿物固化在水泥产品中，避免产生危险废物残渣问题。同时，替代燃料和原料的使用能够降低废物处理成本和水泥生产成本。不过，应当遵守一些基本规则和原则，本文件将这些规则和原则概括为以下指导原则。

预处理及协同处置的指导原则

最重要的是，预处理及协同处置要遵守废物层级/循环经济原则，并以对环境安全且无害的方式进行。因此，为确保顺利实施，必须遵循以下指导原则。首要原则应被视为预处理及协同处置的前提条件。本文件的第1部分介绍总体原则，第3部分则详细说明相应要求以及关于如何实现这些要求的更多详尽信息。以下是指导原则概述，以供参考：

首要原则

遵守废物层级/循环经济原则



- 预处理及协同处置应当遵守废物等级原则，因此不得妨碍废物减量、再使用和循环利用。
- 预处理及协同处置提供了对环境无害的矿物循环利用和能量回收解决方案，应被视为现代废物管理的一部分。
- 预处理及协同处置减少化石燃料和传统原料的使用，并通过消除有害物质确保清洁的物料循环，可被视为对循环经济的一大贡献。

实施原则

法律和制度框架 (I)



- 必须确保遵守所有相关法律法规。
- 预处理及协同处置应当符合相关国际协定（如《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》）。
- 应当确保由具有足够制度能力的合格环境监管机构进行有效监控。
- 法规和程序中应当反映国别要求和需求。
- 如果不存在预处理及协同处置的地方法律框架和/或与地方法律框架不一致，则应采用最佳国际实践，确保建设所需能力并建立相应制度安排。

环境 (II)



- 应当防止预处理及协同处置产生额外排放以及对环境的其他负面影响，或将两者保持在最低限度。
- 协同处置对空气和水产生的排放不得高于未开展协同处置的水泥生产过程。
- 水泥制品（混凝土、砂浆）不得专门用于固化潜在有毒元素（如重金属）。

运行与质量控制 (III)



- 只能选择合适的废物种类。应当对废物进行预处理，以确保协同处置过程中质量受到控制、生产正常进行以及水泥窑保持稳定运行。
- 从事预处理及协同处置的公司必须具备资质。这些公司应当确保能对其生产过程的原燃料和相关参数进行持续控制和监测。
- 水泥制品（混凝土、砂浆）质量保持不变。

健康和安全 (IV)

- 从事预处理及协同处置的公司应当制定适当的风险控制措施 以此为员工和承包商提供健康安全的工作条件
- 公司应当具有良好的安全合规记录，并将确保健康和安全的资源配置、工作流程及系统配备到位。

包容性与参与性 (V)

- 从事预处理及协同处置的公司应当定期接触公众、有关政府部门及其他利益相关方，并为之进行透明化沟通。
- 实施预处理及协同处置期间，应当考虑到特定国家和当地的需要以及不同文化背景。
- 从事预处理及协同处置的公司应当与当地现有废物管理价值链中的主体，包括从事非正式废物处理的工人，进行协商与合作。

经济与财务 (VI)

- 预处理及协同处置项目应当以财务上可持续的商业模式为基础，该模式能够为所有参与其中的利益相关方和当地社区带来价值。
- 应当有融资机制，确保干预措施在中长期内获得融资。

实施 (VII)

- 监控和审计系统需要落实到位，以确保顺利实施。
- 各级能力建设和培训至关重要。

考虑开展预处理及协同处置的国家需要建立适当的立法和监管框架。国家法律应当界定预处理及协同处置的基本原则，并且明确相关要求和标准。这些规定应当成为颁发许可的基础。如果没有具体规定，工厂经营者应当实施一般环境法下的国际最佳实践，而以国际标准作为参考。应当进行空白评估，包括环境和社会影响评估（EIA和SIA）、当地废物管理和价值链评估，以确认符合环境和社会标准。禁止对某些废物进行预处理和协同处置；这些废物包括某些医疗废物以及爆炸品和放射性废物。通常情况下，废物在进行协同处置之前需要接受预处理，实现替代燃料和原料的使用应当考虑到需要对预处理工厂进行有效监管。

遵循一定的基本规则，确保预处理及协同处置不会对排放产生负面影响，也不会损害所生产水泥的质量。这些规则包括将替代燃料投入水泥窑最合适的区域，仅将含有较高浓度有机物挥发性的物料投入高温区，以及避免使用含有水泥窑无法消纳的污染物（如汞）的物料。必须监测水泥窑排放，监测频次部分指标一年一次即可，其他指标则须连续监测。

使用替代燃料和原料的预处理设施和水泥厂的经营者应确保从接收到最终处置的可追溯性。废物和替代燃料和原料的运输必须符合规定。工厂必须制定、实施并向员工传达适当的泄漏响应和应急计划。开停窑期间不应使用替代燃料和原料。处理替代燃料和原料的过程必须记录在案，并可供工厂经营者使用。工厂需要有精心规划、执行到位的质量控制制度以及监控和审计协议。在考虑环境条件、周边居民和社区以及对物流和运输影响的前提下正确选择工厂位置，可将风险降至最低。工厂需要良好的基础设施，为此需要针对挥发物、气味、粉尘、地下水或地表水渗透以及消防问题制定相应的技术解决方案。文档和信息是工厂内外的健康和安全措施保持公开透明的基础，因此必须将使用废物和替代燃料和原料的所有细节记录在案。必须对管理和技术人员进行关于废物和替代燃料和原料加工处理的专题培训。了解风险以及如何减轻风险是培训的核心内容。对政府部门的培训是建立公信力的基础。

在推荐预处理及协同处置技术的过程中，需要接触所有利益相关方并与其进行坦诚沟通。向利益相关方提供所有相关信息，使其了解协同处置的目的、背景、参与方的职能和决策程序。就好坏经验进行开放式讨论是保证透明度的一个组成部分，可在此基础上进行整改。诚实可信、始终如一，培养坦诚对话和尊重不同文化的精神。交流应及早开始，永不停止。社区咨询小组可为交流提供定期支持。

在本指南中，在环境、社会、健康和安全管理标准方面保持了较高门槛，但这些标准切实可行。为了达成目标（例如可持续发展目标），需要设定宏远的子目标。不过，不要指望任何国家的公共部门或全球任何地方的每一家水泥厂经营者或废物处理公司都能够立即实施所有提议的标准。若要落实提议的标准，需要特定国家的循序渐进式（分阶段）的计划或行动方案，该计划或行动方案在理想情况下代表公共与私营部门之间的共识（反映加强的合作）。启动替代燃料和原料计划之前，一些中低收入国家将需要在相关能力建设方面获得帮助。长远而言，若要取得成功，必须确保为预处理及协同处置项目提供资金，并可透过适当的废物法规予以支持，该等法规须遵守废物层级规则，使填埋或露天倾倒废物的选择丧失吸引力。随着全球人口的增加和收入水平的提高，废物管理问题日渐增多，而住房和基础设施对水泥和混凝土的需求也持续增长。通过妥善管理作为水泥窑燃料和原料的废物的使用过程，能够帮助管理废物，同时减少水泥生产对环境的影响。

目标群体与范围

本指南的主要目标群体是废物和水泥部门的决策者。政府、非政府组织（NGO）和公民社会的决策者也是本指南目标受众的重要组成部分，本指南能够帮助他们理解以安全且环境无害的方式实施预处理及协同处置的原则和最低要求。

本指南旨在提高认识，提供技术方案，并促进利益相关方之间的知情对话。本指南可为能力发展以及考虑将预处理及协同处置作为废物综合管理规划的一部分提供依据。

本指南的范围仅限于预处理及协同处置的“前端”过程。因此，本指南未涉及骨料和混凝土的再使用和循环利用，也未涉及在水泥粉磨中使用矿物废料或工业副产物（例如粉煤灰、合成石膏、粒化高炉矿渣）。尽管替代燃料和原料可用于其他工业过程，但本指南仅指在水泥生产中的使用。重点关注中低收入国家。在这些国家，水泥生产中的预处理及协同处置概念尚未被广泛接受或应用。

如何使用本指南

本指南分为三个部分，以帮助指导读者了解不同领域。



第1部分： 导言

在执行摘要之后，首先介绍全球预处理及协同处置方面的现状，然后说明持续增长的资源消耗和不当的废物管理带来的挑战。本部分从循环经济的角度说明预处理及协同处置在帮助应对这些挑战以及达成气候和可持续发展目标方面能够发挥的作用，以及预处理及协同处置如何通过废物层级与其他废物管理方式间的关联。本部分详细说明首要原则，并且提供相关背景信息。



第2部分： 预处理及协同处置的一般特点

第2部分向读者提供预处理及协同处置的技术信息，然后阐释这些技术信息如何与本地废物管理系统相互作用并为其提供支持。本部分涵盖预处理及协同处置的基本特点以及水泥生产过程：有哪些类型的替代燃料和原料？它们的来源有哪些，在哪些环境下可以将其投入水泥生产过程？与气候有何相关性？其在当地价值链中占据什么位置？本部分探讨废物综合管理规划中预处理及协同处置的组织方式，以及利益相关方如何发挥重要作用。



第3部分： 以环境无害的方式实施的要求

第三部分是本指南最重要的部分：阐述对可持续且环境无害的预处理及协同处置的要求。本部分涵盖法律和制度框架、环境排放控制与监测、确保质量控制的操作规程、健康和安全、稳健融资、沟通和接触非正规部门。各章节开头列出与每个主题对应的原则和要求。最后一章详细说明实施工作的后续行动：能力发展和如何应用本指南的特定章节。

贯穿整个文件的精选案例研究用以简要了解不同国家状况，专题则着重介绍关键信息。第4部分的附件同样重要，其中提供额外示例、流程图和参考值，以支持本指南有效应用。





第1部分

导言

奠定基础：第1部分介绍全球预处理及协同处置方面的现状（1.1），说明持续增长的资源消耗及不完善的废物管理带来的挑战（1.2）。本部分从循环经济的角度说明预处理及协同处置在帮助应对这些挑战以及实现气候和可持续发展目标（SDG）方面能够发挥的作用（1.3），以及预处理及协同处置如何按废物层级（1.4）的不同，与其他废物管理方案相结合，完成全面的废物处置。

1.1 预处理及协同处置现状

水泥窑在协同处置废物方面拥有丰富经验。自20世纪80年代初以来，欧洲、日本、美国、加拿大和澳大利亚的水泥窑成功地将市政废物、危险和一般工业废物、商业废物、农业废物和残渣、建筑垃圾以及采掘（采矿）废物等组分作为替代燃料和原料（AFR）进行协同处置。

在欧洲，协同处置已成为广泛使用的成熟废物管理解决方案，一些工厂完全摒弃传统化石燃料，全部用替代燃料代替。在德国，2017年水泥生产中的平均热替代率达到65%（德国水泥协会，2017a）。同时，在协同处置过程中，替代燃料（AF）的无机组分和替代原料（AR）充分固化在水泥中，以替代天然原料，从而对此类废物的矿物组分进行再生利用。近年来，德国用于水泥生产的原料中约17%为替代原料，总计约880万吨/年（德国水泥协会，2017a）。



专题1：废物的定义：

欧盟《废弃物框架指令》（Waste Framework Directive）（2008/98/EC）在第3条中将废物定义为：“持有者丢弃或打算或被要求丢弃的任何物质或物品”（欧盟委员会，2008）。废物的形态包括固体、液体或浆状（污泥），有些是有害废物，有些是无害废物。任何废物都可以根据其来源（市政、工业、农业、采矿等）来定义；因此，应始终在国家层面建立合适的废物分类，这有助于在制定法律框架时达成共识。



2016年，水泥可持续发展倡议行动组织¹（CSI）会员企业的水泥产量约占全球水泥总产量的20%，在全球范围内协同处置了2100万吨替代燃料（水泥可持续发展倡议行动组织，2016）。表1为1990至2016年全球各地区替代燃料热替代率的发展状况。

表1：
2016年，水泥行业协同处置的替代燃料（AF）热替代率，某些地区的数据未涵盖全部水泥企业（水泥可持续发展倡议行动组织，2016）。

Region	替代燃料替代的热能			
	1990	2000	2010	2016
全球	2.0%	5.2%	12.1%	16.7%
欧洲	2.7%	9.3%	30.4%	44.2%
北美	3.9%	7.3%	12.7%	15.8%
拉美	2.1%	4.8%	11.8%	14.2%
亚洲-大洋洲	0.7%	3.6%	4.3%	9.0%
非洲-中东	0.0%	0.0%	2.1%	6.3%
独联体国家	0.0%	0.0%	0.6%	1.8%

¹ 水泥可持续发展倡议行动组织（CSI）于2019年1月1日加入全球水泥与混凝土协会（Global Cement & Concrete Association，GCCA），不再以世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development）的下属组织形式存在。

大多数情况下，废物必须经过分类和某种形式的处理后才能进行协同处置。这形成了预处理设施和技术的发展，即通过人工、机械、生物或物理化学处理将废物转化为水泥生产过程和其他高耗能行业的替代燃料和原料。预处理设施由大型废物管理公司、众多中小企业运营或由水泥行业自身运营。



专题2: 替代燃料和原料 (AFR):

替代燃料和原料是指经过遴选的废物和副产品，它们可在水泥生产中进行协同处置（水泥可持续发展倡议行动组织，2014）。替代燃料（AF）具有可回收的能源（热值），可替代部分传统化石燃料的能源需求。替代原料（AR）含有钙、硅、铝、铁和硫等有用矿物，可替代熟料生产中的天然原料或水泥生产中的矿物成分。

图片：
垃圾衍生燃料



尽管高收入国家在预处理及协同处置方面拥有30多年的积极经验，但由于发展中国家和新兴经济体对能源回收和矿物循环利用中预处理及协同处置的潜力了解有限，缺乏立法和体制框架，加上经济和金融的不确定性，水泥行业接受和使用替代燃料和原料的进展缓慢。抵制废物焚烧以及公众、民间社会对潜在环境和健康影响的关注也可能是原因之一。最近，正规和非正规废物价值链中对材料的竞争引起了人们对公平性、公正性和包容性的担忧，这些问题代表了本指南的一个新维度。

2014年，水泥可持续发展倡议行动组织根据本指南第一版编制了《水泥制造中的燃料和原料协同处置指南》（Guidelines for Co-processing Fuels and Raw Materials in Cement Manufacturing）（水泥可持续发展倡议行动组织，2014），并于2018年更新（全球水泥与混凝土协会，2018）。此外，《巴塞尔公约》（Basel Convention）自2011年起已将协同处置视为对危险废物和其他废物的环境无害化解决方案（UNEP，2011）。承认是重要的第一步，但将预处理及协同处置发展成为一种环境可持续发展的安全废物管理方案，还需要在技术、监管知识以及严格的许可和质量保证方面进行投资。在欧洲，预处理及协同处置花了15至20年时间才逐步发展成为一种有效的废物管理解决方案，并且质量和排放监控也有严格的立法保障。此外，预处理及协同处置的发展也与废物管理的法律、制度和财务框架的变化密切相关，例如税收或填埋禁令。

2018年，国际能源署（IEA）和水泥可持续发展倡议行动组织发布了第二版水泥行业气候技术路线图，其中替代燃料和原料的协同处置在实现2050年减排目标方面发挥着重要作用（国际能源署/水泥可持续发展倡议行动组织，2018）。印度、埃及、巴西和印度尼西亚等新兴国家的政府还制定了政策和路线图，鼓励企业和公共决策者提升协同处置率，以此作为实现其废物管理、气候和可持续发展目标的一种方式（世界可持续发展工商理事会/国际能源署，2012）（Vanderboright等人，2016）（巴西国家水泥工业协会，2019）。在其他一些中低收入国家，政府与水泥生产商还只处在考虑将预处理及协同处置纳入其政策和路线图的初始阶段。因此，中低收入国家需要更有效的预处理及协同处置更新版指南，它可能对水泥行业制定对社会负责的可持续方法来改善快速发展城市的废物管理目标具有战略意义。

1.2 资源与废物挑战

人口增长、经济增长、快速城镇化、繁荣发展和现代化生活方式的代价是资源被不断消耗。过去40年里，全球的资源消耗量翻了两番，并且没有任何放缓的迹象（国际资源委员会，2017）。自然资源的消耗速度令人担忧，因为这已超过维持气候、农业和海洋生物的重要支持系统的地球环境安全界限（Rockström等人，2009）。

建筑业消耗的资源约占资源使用总量的一半（De Wit等人，2018）。作为主要的建筑材料，混凝土满足现代生活的建筑和基础设施需求，是全球消耗量第二多的资源，仅次于水。水泥能将沙子、岩石和砾石等骨料凝固在一起，是混凝土具有强度的关键成分，通常约占混凝土质量的10%至15%。

中低收入国家的城市面积不断扩大，对水泥的需求不断增加，过去15年水泥的年产量急剧增长，平均每年增长5%。全球的水泥产量已从2002年的18亿吨增长到2017年的41亿吨（美国地质勘探局，2013）。这一期间，中国的水泥产量增长了四倍，目前中国的水泥产量占全球水泥产量的一半以上。预计全球的水泥需求和产量将继续增长，国际能源署-水泥可持续发展倡议行动组织技术路线图预测，受发展中国家的发展推动，到2050年，全球的水泥需求和产量将继续增长12-23%（国际能源署/水泥可持续发展倡议行动组织，2018）。

水泥在生产过程中会消耗大量能源。熟料（水泥的主要成分）的生产需要将石灰石和其他成分加热到1450°C的温度，才能进行分解和烧结反应。高温需要燃烧大量的燃料，这些燃料通常由天然气、煤炭或石油焦等传统化石燃料组成。因此，水泥生产约占全球人为温室气体（GHG）排放的7%，其中60-70%来自原料分解，30-40%来自燃料燃烧。作为主要的资源使用者和二氧化碳排放者，水泥行业在将资源使用和碳排放与经济增长脱钩方面发挥关键作用。

同时，世界银行估计全球城市固体废物（MSW）产量将从2016年的20.01亿吨增加到2050年的34亿吨（Kaza等人，2018），其中中低收入国家快速发展的城市产生的固体废物最多。在这些国家，废物管理仍然是一个重大挑战。据估计，全世界有20亿人生活在没有固体废物收集设施的环境中，全球至少有30亿人仍然生活在没有受管控废物处理和处置设施的环境中（联合国环境规划署，2015）。

如果不收集废物，许多情况下废物会在源头附近露天倾倒和焚烧，从而导致传染病和呼吸系统疾病的传播。废物经常倾倒入水系中，造成堵塞，最终污染海洋环境。只有努力提高废物收集率，以安全和环境无害的方式处理的废物数量才能增加。但是，在许多情况下，收集到的废物并没有被送到再生利用、回收或受管控的处置设施，而是被送到不受管控的垃圾堆场。

图片：
尼日利亚拉各斯
Olusosun垃圾堆
场。

迪拜的建筑工地。



缺乏废物管理实践导致空气、水和土壤污染、负面的生态系统影响以及生活条件和人类健康的恶化。有毒物质和持久性化合物逃逸到环境中，通过空气和水大面积扩散，最终进入影响人畜健康的食物链。政府间气候变化专门委员会(IPCC)的数据表明，废物部门约占全球人为温室气体排放量的3%，其中垃圾填埋产生的温室气体排放量约为6亿吨二氧化碳当量，污水处理产生的温室气体排放量约为7.5亿吨二氧化碳当量，其余7.5亿吨二氧化碳当量的温室气体排放量来自焚烧和其他废物处理(美国国家环境保护局,2014)。

但是，上述估计忽略了主要的排放源，例如废物露天焚烧、它会释放炭黑(烟灰)、排放短期气候污染物和稳定的有毒化合物。研究估计，仅露天燃烧一项产生的温室气体排放就可能占全球人为温室气体排放的5%(美国国家环境保护局,2014)。此外，废物管理方面的改善带来的温室气体减排能力受到低估，因为这些减排通常被算到其他部门的减排中。例如，厨余垃圾的厌氧消化产生的生物气被认为是生产可再生能源，而协同处置生物废物组分被认为是水泥生产中的二氧化碳减排。《全球废弃物管理展望》(Global Waste Management Outlook)采用生命周期方法，预计通过改善废物管理实践可以减少10%-15%的全球人为温室气体排放(联合国环境规划署/国际固体废物协会,2015)。

为强调和改变不良的废物管理实践，需要来自不同部门的利益相关方通力合作，这种情况下，预处理及协同处置可以发挥重要作用。大量证据表明，当按照本指南中的要求进行操作时，将无法再生利用的残余废物组分预处理成替代燃料和原料、然后在水泥厂进行协同处置的组合方式被证明是安全、环境无害的低成本废物管理解决方案。运行温度高不仅会破坏最有害的物质，还会减少垃圾填埋场的废物、降低化石燃料的比例、降低水泥生产中的二氧化碳排放以及减少原本可能进入海洋环境的无法再生利用的塑料组分，从而形成双赢的环保局面。与其他废物焚烧(WtE)技术(例如大规模焚烧、气化或热解)相比，将废物的矿物组分固化到水泥熟料中不会有残渣或废水。协同处置的另一个优势是，几乎每个国家都有正在运行的水泥厂。因此，协同处置是一项升级废物管理系统的战略，并且无需在废物处置的新基础设施上进行大量投资。

1.3 国际可持续发展议程目标

人类迫切需要循环资源利用模式，在这种模式下，开采的资源在多个生命周期中循环并作为工业原燃料再利用，而不是在其作为产品或包装的首个使用寿命结束时就成为废物。越来越多的人认为全球资源利用的急剧增加是线性工业经济模式的症状，该模式下资源开采、生产、销售、消费和处置达到了顶峰。结果便是全球废物快速增长。

2015年9月，联合国批准了《2030年可持续发展议程》(2030 Agenda for Sustainable Development)。《2030年议程》包括17个可持续发展目标(SDG)，为未来15年的全球政策和投资提供指南。可持续发展目标旨在在不超过关键环境限值的情况下，为不断增长的世界人口创造体面的生活条件。



图 1:
与资源效率和废物管理相关的可持续发展目标。

在这17个可持续发展目标中，可持续发展目标9（具有包容性的可持续工业化）、可持续发展目标11（可持续城市和社区）、可持续发展目标12（可持续消费与生产）和可持续发展目标13（气候行动）与围绕预处理及协同处置的决策相关，因为这些目标旨在提高资源效率、改善废物管理实践以及减少向空气、水和土壤排放化学物质和污染物。实现可持续发展目标有诸多好处：国际资源委员会（IRP）估计，向资源利用率高的方式转型可以减少28%的自然资源消耗，全球温室气体减排最高可达72%（国际资源委员会，2017）。

实现可持续发展目标与减少贫困、创造体面的生活以及减少气候变化的影响密切相关，这是人类未来几年面临的巨大挑战之一。对此，国际社会还于2015年12月批准了《巴黎气候协定》（Paris Climate Agreement），并承诺在本世纪内将全球平均气温较工业化前水平升高幅度控制在2摄氏度之内。要实现气候目标和可持续发展目标，必须改变现有的工业生产模式，并改变国际合作的方式。

对于废物部门和水泥行业而言，打造可持续发展目标11中的可持续城市（重点是在2030年之前改善废物管理）以及落实可持续发展目标13中的气候行动都是艰巨的任务。为了应对这一挑战，国际能源署-水泥可持续发展倡议行动组织制定了一项技术路线图，以实现2050年前将全球平均气温升高幅度控制在2摄氏度之内的目标，这需要水泥生产的年直接排放与当前水平相比降低24%。预计到2050年，二氧化碳的累计减排量将来自能效措施（3%）、用替代燃料代替化石燃料（12%，本指南主题）、降低水泥熟料系数（37%）以及未来的碳捕捉和创新技术（48%）（国际能源署/水泥可持续发展倡议行动组织，2018）。有关替代燃料代替化石燃料对水泥生产的二氧化碳平衡造成什么影响，请参见第2.4部分，了解详细信息。

基于循环经济概念的可持续发展目标12：绿色经济的新模式，旨在将经济增长和人类福祉与不断增长的自然资源消耗及相关的环境影响脱钩。循环经济代表着一种系统性变革，即从“获取、制造、处置”的模式转向产品、部件和材料始终以最高效率尽可能长时间循环使用的经济模式。

图2：
循环经济概念（欧
盟委员会，2014）。



循环经济支持把防止产生废物、减少废物产生和废物再利用（包括修理后再使用）作为第一优先选项，其次是再生利用和能源回收，最后是处置。它旨在回收社会所需的关键材料，同时促进经济增长和创新。向循环经济转型需要付出巨大努力，因为目前全世界只有9.1%的材料在全球经济中循环使用（De Wit等人，2018）。

废物管理的首要任务是提高所有废物的收集率，并遵循废物管理层级（更多信息，参见下一章节）进行管理。在废物管理层级中，预处理及协同处置（归类为矿物再生利用和能源回收）的解决方案优先级低于材料再利用或再循环，这也反映在执行摘要中的指导原则中。本指南认为，尽管协同处置在废物管理层级中的优先级并不高，但它能够对改善中低收入国家的废物管理框架做出重要贡献，同时减少露天焚烧、海上丢弃和在不受控的垃圾堆场进行处置的发生率。具体地说，预处理及协同处置可以通过以下方式二氧化碳减排和循环经济转型做出重要贡献：

- 基于“销毁有害物质及其残留物要比让它们在循环经济生产系统中循环更好”这一共识，通过高温处理有效消除有害物质及其残留物
- 通过利用已报废的残余废物，直至不能再循环为止
- 通过使用再生资源，可以有效保护不可再生资源（原料和燃料）
- 当不具备相应的回收设施，或回收技术的成本太高的情况下，仍可以从废料中回收能源。



专题3：海洋垃圾-水生生态系统的新威胁

海洋垃圾是可持续发展目标14.1“预防和大幅减少各类海洋污染，特别是陆上活动造成的污染”中另一个国际公认的新全球性问题。

全球所有的海洋和淡水环境中都存在塑料和微塑料，人们担心它们会对健康和生物多样性造成影响。大约60-90%的海洋垃圾由塑料组成（联合国环境规划署，2016），其中绝大多数来自陆上，由于城市垃圾收集和管理体系不完善，这些垃圾从人类住区进入海洋环境。据估计，全球距海岸仅50公里以内的陆源和人类住区便有约480至1270万吨塑料垃圾进入海洋（Jambeck等人，2015），而从河流进入海洋的塑料垃圾每年可能增加120至240万吨（英国废弃物管理协会，2016）。

全球50个最大的不受管控垃圾堆场中，有38个位于沿海地区，其中许多垃圾堆场直接将垃圾倒入海中（国际固体废物协会，2016）。

为提升公众对海洋垃圾危害的认知并承诺为防止海洋垃圾而奋斗，政府和各类组织发起众多倡议。将城市固体废物收集扩大到所有发展中国家、提高回收利用率以及消除不受控的处置等地方行动能将进入海洋的塑料数量减少一半（英国废弃物管理协会，2018）。作为成本适中的选择，对无法再生利用的塑料废物进行预处理及协同处置可以提升废物管理水平，这样的成本不会很高，还可减少不受管控的处置量。同时，它还可减少或消除最终成为海洋垃圾的陆上垃圾量和二氧化碳的排放。



图片：
海滩上的海洋垃圾。

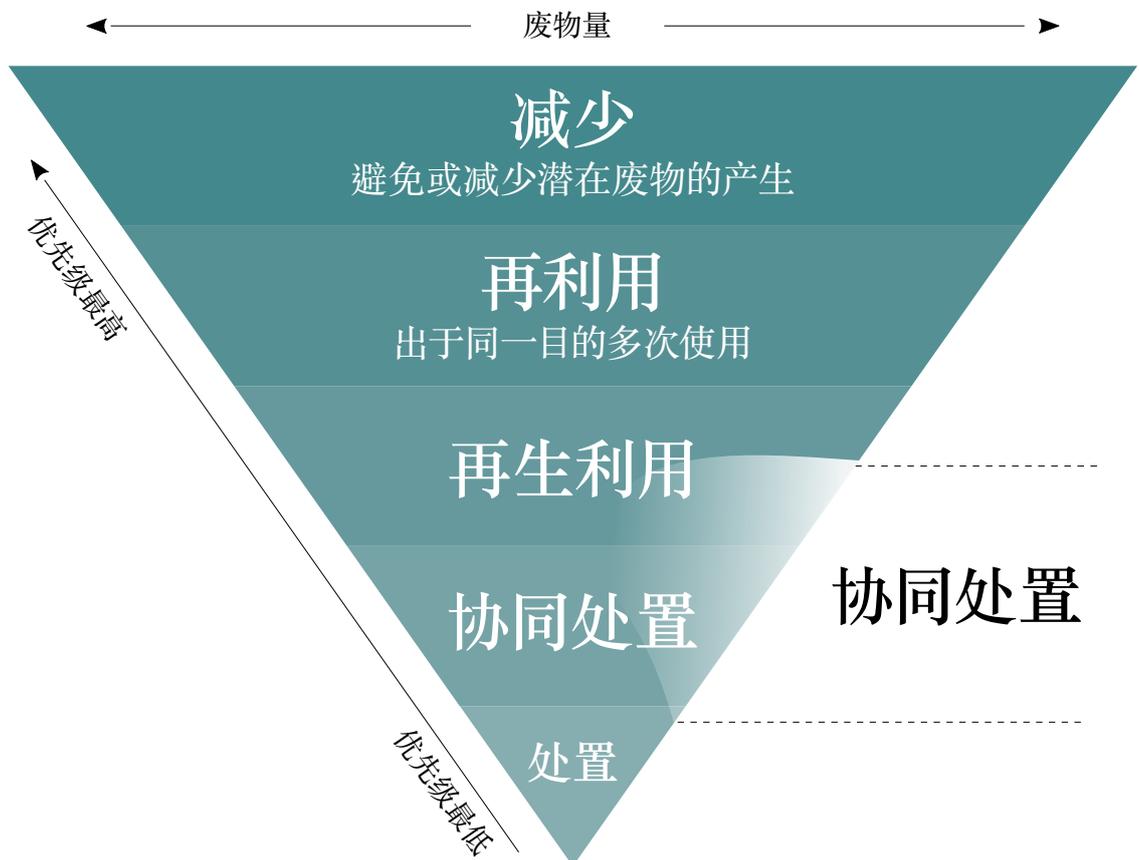
1.4 废物层级

废物层级是一个被广泛接受的总体框架，帮助政策制定者在设计废物管理系统时考虑资源管理、环境和财务因素。

在本指南的范围内，废物层级旨在说明预处理及协同处置与其他废物管理备选方案的关联性比较。根据《废弃物框架指令》（欧盟委员会，2008），废物层级的基本定义如下：

- 防止或减少废物是最理想的解决方案，即在物质、材料或产品变成废物前，在设计、生产或使用阶段采取措施。
- 回收是指其主要目的是通过替代其他材料（包括燃料在内）将废物变成有用资源的任何作业。协同处置将废物中的有机物作为热能回收，替代水泥窑常规燃料。
- 再利用是指将产品或组件再次用于最初设想的使用目的的任何操作。
- 再生利用是指将废物再加工成产品、材料或物质的任何操作，无论是出于原始（闭环）目的或其他（开环）目的。预处理可以改善材料的收集和分类以进行再生利用，而协同处置可以回收废物的矿物成分（即钙、铝、铁、硅）用于水泥生产。
- 处置是最后考虑使用的解决方案。受管控处置（卫生填埋、不回收或部分回收能源的焚烧）仅适用于无法通过上述任何废物管理方案进行管理的废物。不受管控的处置（倾倒、露天焚烧）对环境和人类健康构成重大威胁，应加以预防。对于某些无法再生利用和回收的有害废物（例如农药、多氯联苯），协同处置还是一种低成本的环保处置方案。

图3：
废物管理层级。
在再生利用、（能
源）回收和特殊
废物处置中都可
采取协同处置。



从废物层级结构图可以明显看出，能够闭环再生利用的材料（金属、纸张、玻璃、某些类型的塑料）不需要进行预处理及协同处置。从这个意义上说，预处理及协同处置是互补的，而不是与闭环再生利用相互竞争。

“闭环再生利用”在不同政策体系中的定义都不一样，但一般来说，它是指待再生利用的材料最终进入生产过程和制造系统，该生产过程和制造系统制造的材料或产品与最初生产、使用和处置的材料或产品相似。适合闭环再生利用过程的材料通常是：

- 分类后用于再生利用的材料，因为这些材料是法律、公共政策或目标指定的材料，或者是潜在的商业用户根据其品质和内在价值积极寻找、购买和加工的材料
- 当地的价值链适销的材料
- 与有机和其他不可再生利用的废物混合前捕获的材料，或者是某些情况下由非正式回收商从混合废物中手工提取的材料。
- 分别收集或加工成再生资源材料
- 作为工业原燃料出售或者被进一步交易的材料
- 作为制造业原燃料的材料。

在特定的地点和时间，再生利用是否是理想选择，取决于具体环境。



专题4：再生利用与协同处置之间的动态关系

可再生利用性不仅是一项技术标准，也是一项工业和经济标准。许多情况下，闭环再生利用并不具吸引力，甚至在某些情况下，当地价值链太薄弱，无法吸收所有可再生利用材料。有时是因为缺少价值链的下层或距离太远，公共实体缺乏市场营销或基础设施知识，无法保证正确分离和处理物料，或者是由于再生利用价值链的市场和价格波动。其他城市固体废物再生利用的技术障碍是：规格小（如小袋子）、多材质包装、有机物污染（如外卖包装中的食品）、添加剂和黑色塑料，通常再生利用工厂的传感器无法对其进行检测。

这种情况下，动态地将材料包含在替代燃料和原料中，可能比处置或长期存储更好。因此，废物管理部门、预处理设施的经营者及从事协同处置的水泥公司进行协商后共同做出决定，将不易储存且目前不能再利用或回收的材料进行预处理及协同处置，这一做法会很有用。这是一个实时动态决策的范例，它极大提升了整个废物管理系统的预处理及协同处置的价值。它还符合为当地价值链中的所有利益相关方谋求利益共享的原则。为此，设计或调整预处理生产线和设施十分重要，这样它们才能在不同的时间以不同的方式处理可再生利用材料。这确保再生利用和协同处置可以保持动态关系，不必相互竞争。

各国在推行废物管理，保护环境方面以及全球各机构和企业回收领域一直进行着大量的尝试。进一步优化闭环再生利用，并提出基于循环经济概念的新法律要求，能使越来越多的材料进行再生利用。由于收集率的提升以及全面禁止不受管控的废物倾倒和露天焚烧措施的推行，我们可以预见，今后可用于协同处置的绝对废物数量实际上会增加。这让预处理在现代废物系统中的重要性愈发明显，以确保更多的市场有能力长期进行灵活协同处置。因此，未来几年预处理及协同处置将是一项技术和经济上均可行的环保技术。



V61-BC09

LINDNER

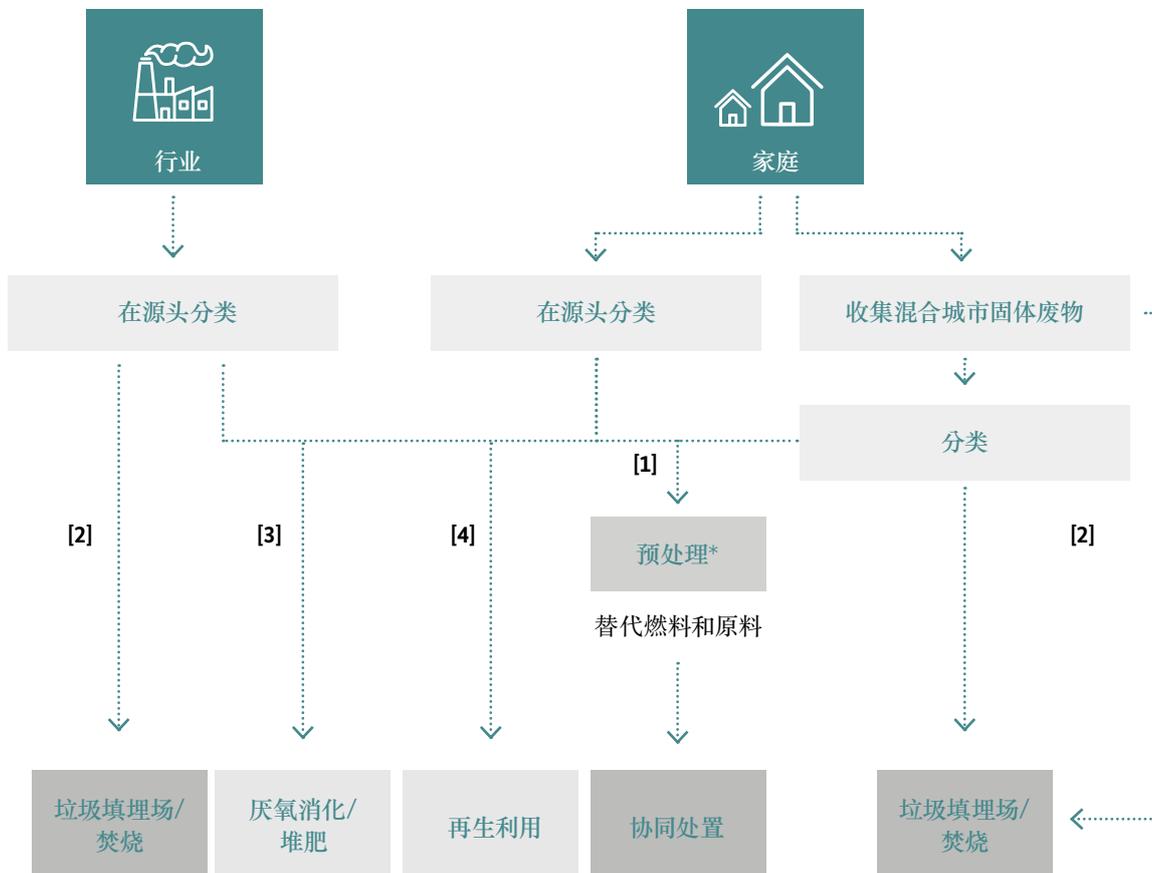
第2部分

预处理及协同处置的一般特点

知识巩固：第2部分将介绍预处理及协同处置背后的技术特点，以及这些技术特点在当地价值链中的适用范围。本章首先讨论不同的废物类型及其对协同处置的适应性 (2.1)，然后介绍各种预处理技术 (2.2)。随后，本章将概述水泥生产过程中的协同处置 (2.3)，它特别适合处置替代燃料和原料的原因，以及它如何影响与气候有关的排放 (2.4)。最后，本章将思考如何将预处理及协同处置纳入废物综合管理计划 (2.5) 并在现有废物管理系统中运行 (2.6)。

2.1 适合预处理及协同处置的废物

图4:
将预处理及协同处
置融入行业和家
庭的废物管理中。



* 选定的行业废物（例如废油和溶剂）不需要进行预处理

说明：

- [1] 不可回收废物
- [2] 不可回收且不适合协同处置
- [3] 生物质
- [4] 可回收物

条件：

- [1] - 高热值
- 原料替代
- 对危险废物进行安全热处理

在大多数发达国家，废物收集后在源头或分拣站分类出适合闭环再生利用的废物组分（例如纸板、硬质塑料、玻璃或金属）。在新兴国家和发展中国家，可回收物的分类通常由非正规回收利用部门（IRS）在收集过程中、在转运站或垃圾填埋场进行。

只有极少数类型的废物（例如整个轮胎）可以直接送到水泥厂进行协同处置，无需进一步处理。所有其他适合协同处置的废物首先被运送到专用的预处理工厂中，用于生产替代燃料或原料。选择适合预处理及协同处置的废物和替代燃料和原料时，需要遵循基于风险评估的综合资格和验收程序，以确保预处理及协同处置安全并且对环境无害。

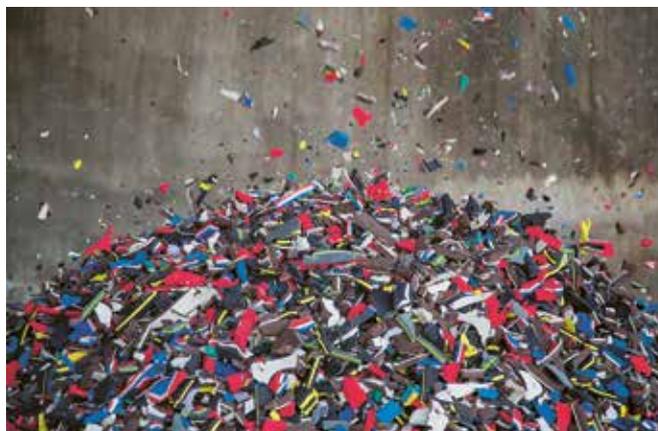
作为综合废物管理系统的一部分，预处理及协同处置的基本概念如图5所示。



图5: 将预处理及协同处置融入城市固体废物管理概念中。

根据废物的物理性质和化学特性，按照水泥厂的要求和验收标准，通过机械、生物或物理化学工艺将废物转化为资源。

最后，在水泥厂的协同处置过程中，废物的矿物成分（即钙、铝、铁、硅）作为原料完全再利用，不产生任何残渣，并取代自然资源中的矿物，而废物中的有机成分作为热能回收，代替传统燃料。



图片: 预处理环节中的筛分设备。

破碎后的废橡胶。

2.1.1 废物和替代燃原料的选择

各种废料成功地预处理成替代燃料和原料，用于水泥窑的协同处置。主要目标种类包括城市固体废物、危险废物和一般工业废物、商业废物以及农业废物和建筑废物。图6为适合协同处置的主要废物类型，确定其来源，并提供一些关于全球产生的废物及其可用性的粗略估计。

图6:
与预处理及协同处
置相关的废物类型

城市固体废物	危险工业废物	一般工业废物	生物质燃料	替代原料
<p>废物类型</p> <ul style="list-style-type: none"> • 分拣后的市政废物 • 干燥后的市政废物 	<ul style="list-style-type: none"> • 石油与天然气 • 化学品 • 医药 • 汽车 • 液体 	<ul style="list-style-type: none"> • 贸易残次品 • 快速消费品 • 包装 • 轮胎 • 财务销毁品 	<ul style="list-style-type: none"> • 谷壳 (大米、大豆等) • 木材 • 种子 • 甘蔗渣 	<ul style="list-style-type: none"> • 铁、铝 • 二氧化硅、粘土、石膏 • 粉煤灰、炉渣 • 拆建废物
<p>典型客户</p> <ul style="list-style-type: none"> • 市政当局 • 废物管理公司 	<ul style="list-style-type: none"> • 当地和跨国公司 	<ul style="list-style-type: none"> • 当地和跨国公司 	<ul style="list-style-type: none"> • 农民、种植园、磨坊主 • 经纪人、交易商 	<ul style="list-style-type: none"> • 当地和跨国公司
<p>废物产生</p> <ul style="list-style-type: none"> • 13亿吨 	<ul style="list-style-type: none"> • 2-4亿吨 	<ul style="list-style-type: none"> • 12亿吨 	<ul style="list-style-type: none"> • 1400亿吨 	<ul style="list-style-type: none"> • 8-10亿吨

为确保预处理及协同处置安全并且对环境无害，需要明确选择标准并限制使用某些废物。预处理工厂的废物选择和验收通常遵循以下标准：

预处理



- ✓ 防止不适合预处理及协同处置的废物
- ✓ 与当地价值链相匹配，确保按照废物层级进行最优处理
- ✓ 满足预处理工厂的所有法律、环境、运营及健康与安全 (H&S) 要求
- ✓ 优化废物管理的净财务和经济成本
- ✓ 确保符合水泥厂的替代燃料和原料验收标准。
- ✓ 设计预处理工厂，确保能够对待选材料进行动态选择，并响应市场和其他条件。

同样，水泥厂协同处置的替代燃料和原料选择和验收特点如下（另参见第3.3.4章“质量控制与保证”）：

协同处置



- ✓ 满足水泥厂所有法律、环境、运行及健康与安全要求
- ✓ 满足或可以提高熟料、水泥和混凝土等所有产品质量
- ✓ 水泥生产成本控制在可承受水平。

上述废物选择过程应基于各预处理及协同处置现场的综合环境和质量管理计划，包括：

- 废物和替代燃料和原料质量预审（来源资质）
- 废物和替代燃料和原料验收
- 替代燃料和原料质量和产品质量控制
- 排放监测和报告。

附件14描述了预处理工厂和水泥厂的废物和替代燃料和原料质量控制方案。下表总结了最常见的废物和替代燃料和原料特性及其对环境、运营、健康与安全及产品质量要求的潜在影响。

特性	环境	健康与安全	操作	产品质量
热值			X	
水分			X	
灰分				X
氯、硫			X	X
重金属	X	X		X
有机物	X	X		
矿物组分			X	X
粒度			X	
闪点		X		

表2:
最常见的废物和替代燃料和原料特性的潜在影响概述。

当地民众担忧预处理工厂或水泥厂可能被滥用，导致废物处置不受管控，为解决这一问题，废物及替代燃料和原料质量数据和排放数据不仅构成确保遵守当局规定的基础，也是与外部利益相关方进行沟通的基础。

在一些国家，监管机构以污染物限值的形式制定某些废物或替代燃料和原料的验收标准（[参见附件6](#)）。由于当地根据自身情况采用不同标准，因此不存在普遍认可的限值。

替代燃料和原料选择标准应考虑以下几个方面

- ☑ 国家环境政策
- ☑ 跨区域环境法律和标准的协调工作
- ☑ 传统燃料和原料中的污染物水平
- ☑ 废物中污染物的毒性水平
- ☑ 水泥质量要求
- ☑ 替代燃料和原料质量和产品质量控制
- ☑ 排放监测和报告。

此类限值应由国家或地方当局与废物管理部门及水泥协会共同确定、编制和定期审查。目的是定义符合当地情况和要求的限值。

图片：
替代燃料和原料质量控制。



2.1.2 通常情况下不能接收的废物

鉴于某些废物的化学成分、材料特性或潜在危险，它们可能不适合进行预处理或协同处置，因为这可能会危害预处理工厂或水泥厂的安全运行，并可能对环境造成重大影响，因此不应使用此类废物。不应考虑将以下清单所列的废料用于预处理及协同处置（[参见附件7的说明](#)）：

- ⊗ 放射性废物
- ⊗ 含石棉废物
- ⊗ 炸药和弹药
- ⊗ 自反应性热不稳定化合物
- ⊗ 解剖、传染性和医疗废物
- ⊗ 电子废物
- ⊗ 整节电池

个别预处理工厂和水泥厂也可能拒收其他材料，具体取决于现有处理工艺和设备、当地的原料和燃料、化学行业、水泥生产工艺的类型、实验室设备的可用性、现有替代燃料和原料处理和喂料设备以及特定地点的健康、安全和环境问题。

2.2 预处理 - 从废物到资源

大多数废物的化学成分和物理特性差别很大，无法在水泥厂直接进行协同处置。它们需要经过初步处理，即所谓的预处理，以将其转化为符合水泥厂环境和运行要求的均质替代燃料和原料。

预处理工厂涉及不同的设备和操作，例如分类/分拣、混合/调配、尺寸缩小（切碎或粉碎）和干燥。欧盟关于废物处理行业的最佳可用技术参考（BREF）文件（最佳可用技术参考文件，2017）全面描述了废物衍生燃料生产的不同工艺。

固体废物通常通过机械或机械-生物处理进行预处理，以产生固体替代燃料（如固体回收燃料（SRF）、垃圾衍生燃料（RDF）等）。如果废物中几乎不含生物可降解的材料，则预处理设施只能通过机械处理来提高喂料质量，主要方法是减小尺寸和去除不易燃的惰性材料（石头、玻璃、金属等）。下文图7描述了采用初次破碎、重力分选（风选机）和二次破碎的机械处理过程。

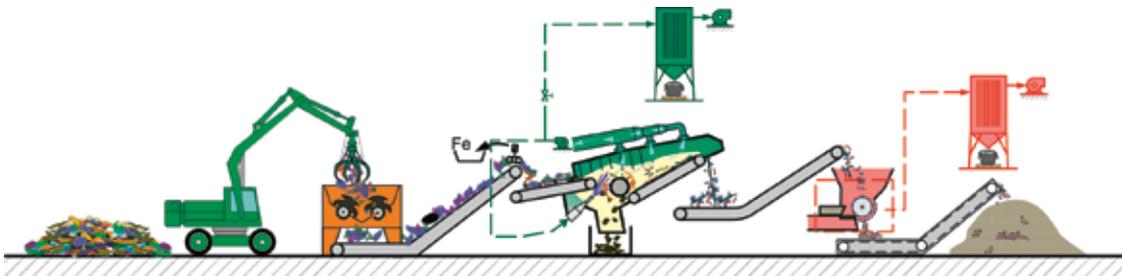


图7：
固体替代燃料生产的机械处理（两段式破碎）（Geocycle）。

如果固体废弃物还含有大量生物可降解材料，可以同时使用机械-生物处理（MBT）。生物处理包括有机废物组分的部分放热好氧发酵。用于固体替代燃料生产的生物过程通常基于强制通风，并通过生物发酵作用减少水分（生物干燥）和去除异味（Velis等人，2009）。某些情况下，固体替代燃料和原料也要进行热干化，以进一步提高热值。热干化过程优选使用来自水泥窑的余热或太阳能作为热源。

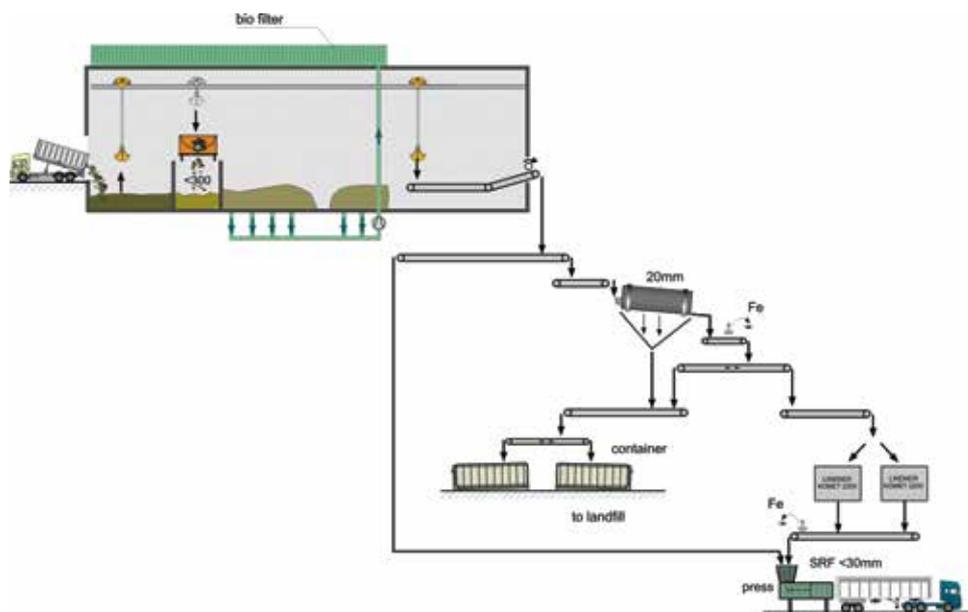
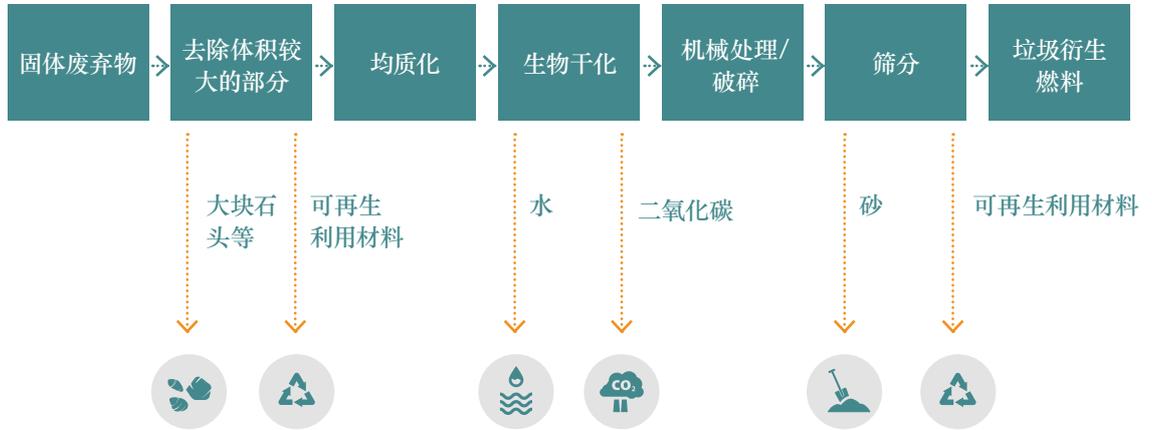


图8：
固体替代燃料生产的机械-生物处理（MBT）（Geocycle）。

图9:
产生垃圾衍生燃料
的机械-生物处理
通用工艺流程(德
国国际合作机
构,2017)



图片:
位于中国湖北省武
汉市的华新水泥城
市固体废物生态预
处理设施

案例研究1: 中国华新水泥 (Huaxin) 的城市固体废物预处理及协同处置



与许多其他中低收入国家一样,中国的城市固体废物并未从源头上分类,因此有机物和水分含量非常高:尤其是在夏季,其含量可能高达80%。同时,农村地区的惰性组分可能高达40%(例如家庭烧煤产生的灰分)。这些特性使得未分选的城市固体废物无法在水泥窑中进行协同处置。

华新水泥开发和建设的用于城市固体废物干燥以及可回收物和惰性物质分类的预处理设施,以生产适用于水泥窑的垃圾衍生燃料。预处理的主要目的是通过生物处理将水分含量降低到35%左右,并将净热值提高到8-10 GJ/t。

此外,为实现垃圾衍生燃料的协同处置,现有水泥窑中还增加了垃圾衍生燃料喂料系统。水泥厂已经建成了垃圾衍生燃料接收和存储、配料和喂料系统以及火灾探测、报警和消防系统。水泥窑每天能生产5,000吨熟料,其预分解窑的垃圾衍生燃料协同处置能力达到700吨/天,相当于54%的热替代率。

最大的挑战是确定各种城市固体废物成分的发酵、渗滤液处理和生物滤池在不同季节的最佳运行参数。一个主要原因是城市固体废物预处理没有标准解决方案。设计和运行参数需要根据当地城市固体废物的质量和季节性逐一优化。在投资和运营成本之间找到合适的盈亏平衡点,使预处理和协同处置带来收益,从而提升整个过程创造的价值,这点也十分重要。因此,在为此类项目开发概念设计前,必须充分了解废物质量,最好是基于废物全年的特点进行分析。

液体、浆状废物或污泥可以通过机械处理、混合(均质化)及去除粒度过大固体或物理化学处理进行预处理。机械处理产生的液体或浆状替代燃料,需要专门的液体或污泥喂料装置在水泥厂进行协同处置。物理化学处理主要应用于危险废物,通过将液体和浆状废物与吸附剂(如木屑)混合,直到所有游离液被吸附,从而产生固体替代燃料。

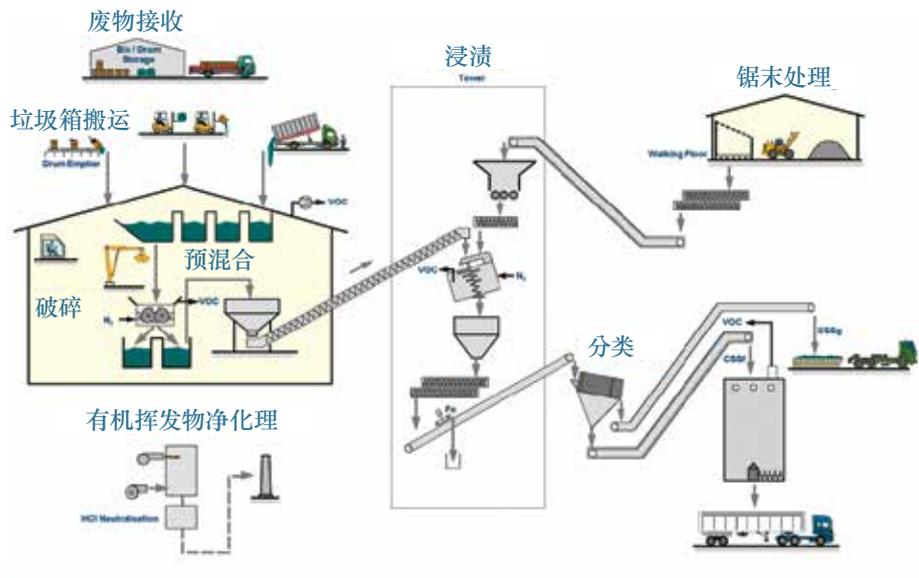


图10:
固体替代燃料的物
理化学处理
(Geocycle)。



案例研究2: Geocycle在富查伊拉(阿联酋)的将油泥转化为能源的设施



石油资源丰富的国家会产生大量难以处理的油泥废物。将这些油泥转换为替代燃料和原料的主要挑战之一是废料的非均质性(污染物、可变粘度、氯、灰分)。因此,油泥需要通过筛选和混合进行预处理,确保运送到水泥厂的污泥符合所有质量规格要求。

Geocycle预处理工厂接收的油泥根据其物理状态进行存储。液态污泥存储在坑中,干污泥则存储在混凝土地面上。

根据废物预审和验收标准,从每次交付的废物中抽取样品进行质量检验。通过挖掘机上安装的筛斗对杂质(主要是塑料、木材、石头和金属碎片)进行筛分分离。然后,根据质量控制人员设定的配方将不同来源的干污泥和液态污泥混合,以达到水泥厂规定的物料流动性及质量要求。然后再次筛分预混合的污泥,确保其均质性良好,然后送到水泥厂。

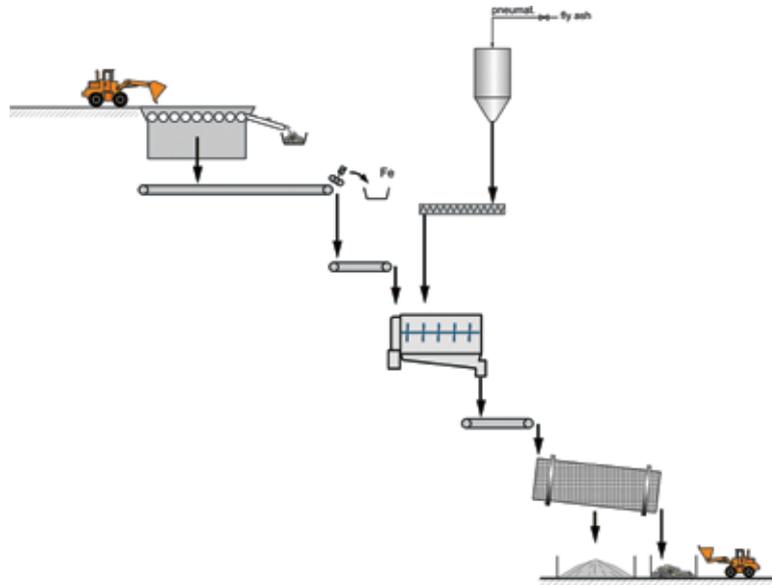
经过7年的运营,目前已成功对10万吨污泥进行了预处理和协同处置。从污泥中回收的平均热值为15 GJ/t。经验表明,热值可能因为污泥的来源和类型而有很大差异,而财务盈利能力则取决于常规燃料(煤)市场价格波动。必须保证大批量和长期合同,才能确保可靠性。需要与多个客户签订合同,以降低依赖单一来源的风险。



图片:
位于阿联酋富查伊
拉的油泥预处理设
施。

替代原料主要来自不需要特定预处理的数量较大的工业废物。如图11所示，机械处理通常仅限于由几种较小的废物产生替代原料的情况，这些废物的化学成分变化较大或混杂异物可能性高。

图11:
替代原料生产的
机械处理
(Geocycle)。



图片:
奥地利雷兹涅回
收中心。

例研究3：在奥地利雷兹涅，使用建筑垃圾（CDW）作为替代燃料和原料。



位于雷兹涅的拉法基豪瑞集团 (LafargeHolcim) 水泥厂已经用替代燃料取代了大量的热能。雷兹涅回收中心(RCR) 的建成为建筑垃圾的回收利用树立了正面榜样。回收中心建在雷兹涅水泥厂的矿山中，由Geocycle与当地一家合作伙伴共同运营，该合作伙伴拥有建筑垃圾管理方面的知识和专长。

当建筑垃圾运抵回收中心时，35%的建筑垃圾在水泥厂的生产过程中作为替代原料进行协同处置。另有35%的建筑垃圾经过处理后成为替代原料，出售给私营客户和建筑企业，用于排水系统建设。因此，每年有10万吨建筑垃圾进行再利用处理。目前，雷兹涅的水泥生产原料中有12%来自再生废物。该方法可确保：

协同处置可防止废物进入垃圾填埋场，确保废物得到合理利用。

- 该工厂回收再生的废物每年替代85,000吨的天然原料，实现了通过防止使用自然资源来提高资源效率的目标。
- 使用当地废物代替开采和运输自然资源，并避免石灰石（用于生产水泥的常规自然资源）的分解，有助于减少温室气体排放。
- 当地的废物回收活动创造了三个直接就业机会和多个间接就业机会。

2.3 协同处置

2.3.1 水泥生产与协同处置

水泥的生产过程对自然资源和化石燃料的消耗非常大。天然原料开采后，经过破碎、粉磨、均化等各种机械处理，通过生料磨生产出生料。生料进入水泥窑系统，经过热处理（干燥、预热和冷却）和化学反应（分解、煅烧）后，生产出半成品熟料。最后，将熟料与石膏和其他混合材一起研磨成水泥。

生产一吨熟料平均需要1.5–1.6吨原料。大部分重量损失来自碳酸钙分解，即生料加热到800–900°C时，碳酸钙（ CaCO_3 ）会分解为生石灰（ CaO ）。当回转窑中的温度上升到1450°C高温时，发生煅烧过程，生石灰、二氧化硅、氧化铝和铁一起反应并形成熟料。碳酸钙来源于自然形成的钙质沉积物，如石灰岩、泥灰岩或白垩。主要的校正材料（二氧化硅、铁和氧化铝）通常来自天然矿石和矿物，例如沙子、页岩、粘土和铁矿石。但是，废物衍生的替代原料可以用来替代这些天然校正材料。

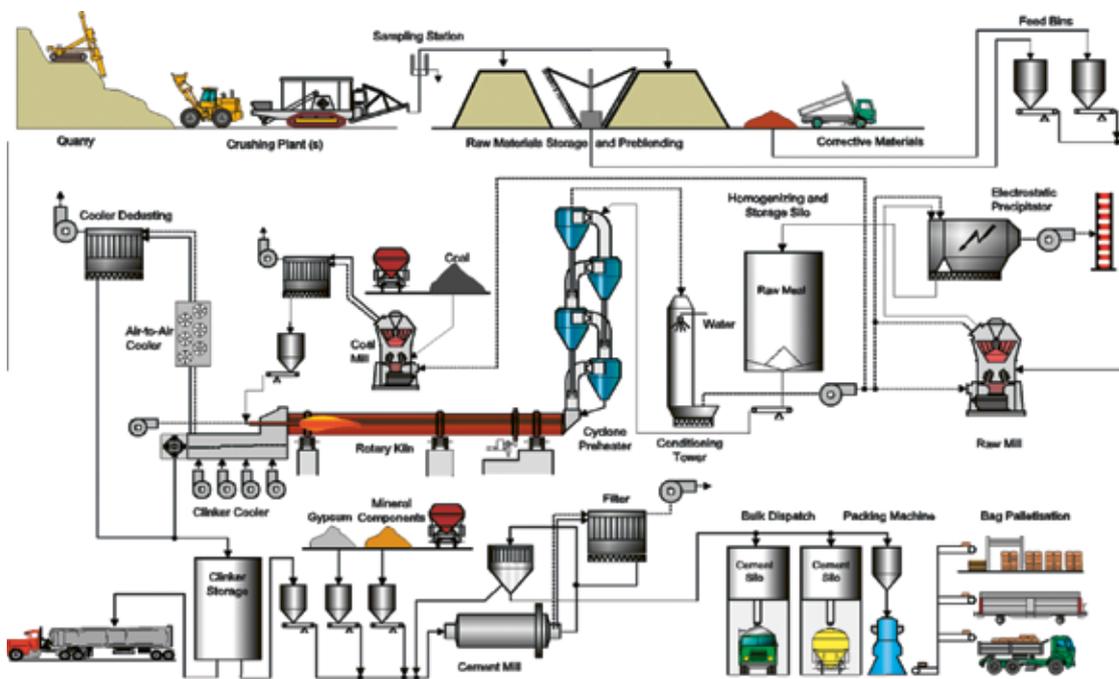


图12：
水泥生产过程
(拉法基豪瑞集团)。

传统上，原料干燥、分解和煅烧反应所需的热能由石油、天然气、煤炭和石油焦等化石燃料提供。各种废物衍生燃料可以用来替代传统燃料。水泥可持续发展倡议行动组织和欧洲水泥研究院的报告（水泥可持续发展倡议行动组织/欧洲水泥研究院，2017）表明，2014年水泥熟料生产的平均热能消耗为3.51 GJ/t，现代化预分解窑的最高热能消耗为3.0 GJ/t，湿法窑的最高热能消耗为6.0 GJ/t。

熟料生产工艺因专题5所述的独特特性而非常适合替代燃料和原料的协同处置。



专题5 - 水泥窑特点在替代燃料和原料协同处置方面的优势

- 浮预热器和生料磨内的碱性条件以及废气与生料之间的充分混合有利于吸收气流中的挥发性成分。内部气体清洁可减少二氧化硫 (SO₂)、氯化氢 (HCl) 和氟化氢 (HF) 等酸性气体的排放。除了汞 (Hg) 和铊 (Tl) 等极易挥发的元素以外,其他大多数潜在有毒元素 (PTE) 亦是如此。
- 在已知的导致二恶英和呋喃 (PCDD/F) 形成的温度范围内,废气的停留时间短可防止这些二次污染化合物的形成。
- 该工艺可减少氮氧化物 (NO_x) 排放。由于替代燃料含水率较高且空气过剩系数大会导致回转窑中的火焰温度降低,使用大块替代燃料也会造成水泥窑窑尾或预分解窑的氮氧化物在还原气氛下的二次燃烧,因此,许多情况下协同处置甚至会减少氮氧化物的形成。
- 较高的工艺温度、氧化气氛和较长的停留时间会完全破坏有机物 (例如持久性有机污染物 (POP))。标准的停留时间为: (a) 在预分解窑中 (在850 - 900°C下为2-7秒); (b) 在水泥窑窑尾 (在1,000 - 1,100°C下为2-3秒) 以及; (c) 在回转窑中 (>2,000°C时为6-8秒)。
- 水泥生产过程的能源回收效率相对较高,通常在70%至80%之间 (欧洲水泥研究院,2017)。但垃圾焚烧发电的平均能源回收效率仅为26%,而同时回收热能和电能的焚烧炉的效率与水泥窑相似。
- 由于水泥生产过程既不产生飞灰也不产生底渣,因此它的矿物再生利用率较高。所有矿物成分、非挥发性潜在有毒元素 (PTE) 和其他微量元素 (如氯、硫) 均已完全固化到熟料矿物中。此外,替代燃料和原料比率高的水泥厂产生的旁路灰通常可以用作水泥中的添加剂。



2.3.2 替代原燃料喂料点的选择

可以在熟料煅烧过程的不同位置投加替代燃料和原料。每个喂料点的工艺条件（例如温度、气体流速）都不一样，因此适用于不同品质的替代燃料和原料。

在现代最先进的干法水泥窑系统中，燃料主要在两个位置投加到窑系统中，即在预分解窑中进行的分解反应，以及通过回转窑出口的主燃烧器来进行煅烧反应。总能源需求的一小部分也可以在回转窑窑尾投加，即俗称的二次燃烧。

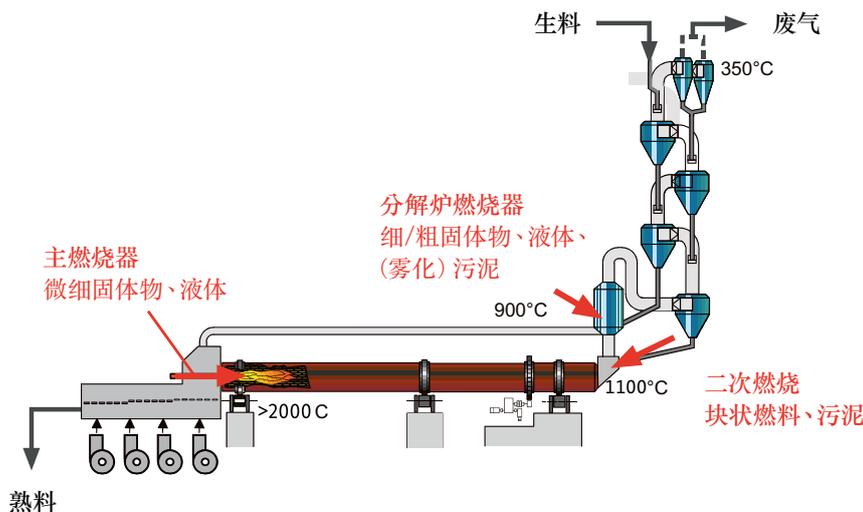


图13: 新型干法水泥窑系统 (Geocycle) 的替代燃料和原料喂料点。

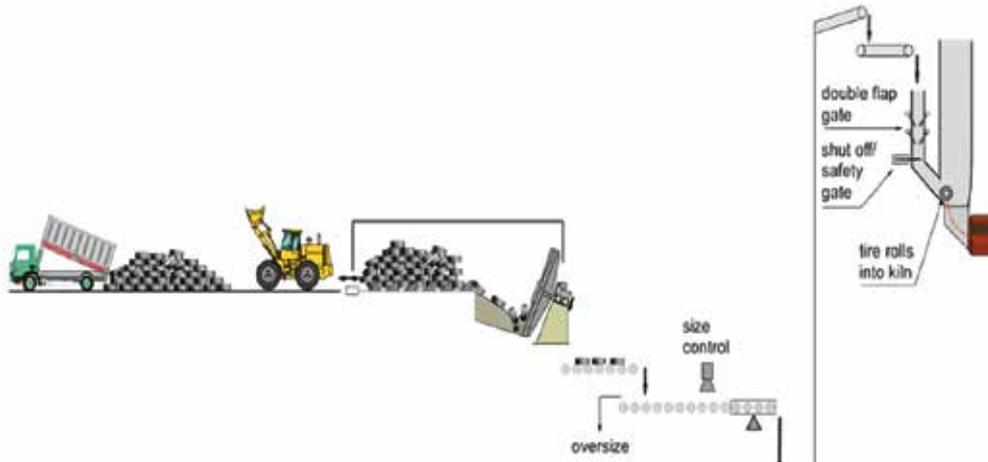
对于固体替代燃料，喂料点主要取决于它们的预处理程度，尤其是粒度和热值。对于液态和浆状（污泥）替代燃料，喂料点的选择取决于雾化后液滴/颗粒的大小程度。

替代燃料类别	特性	范例	图片
块状燃料	不能被窑气体携带（水泥窑窑尾燃烧）。	整个轮胎、滤饼、袋装材料	
大尺寸固体物	可被窑气体携带（适合预分解窑）。不能气力输送喂料。	轮胎碎屑、塑料碎屑和纺织品、粗垃圾衍生燃料	
细颗粒固体物	易于被窑气体携带（适合窑烧）。可以气力输送喂料。	绒毛（细微垃圾衍生燃料）、浸渍锯屑、骨粉、稻壳	
污泥	可通过活塞泵送→块状燃料。如果被压缩空气或污泥转子雾化→粗固体物	石油/涂料污泥	
液体	可用压缩空气雾化（液体中的固体颗粒<2-4毫米）	废油、溶剂、乳液	

图14: 不同喂料点替代燃料的种类 (Geocycle)。

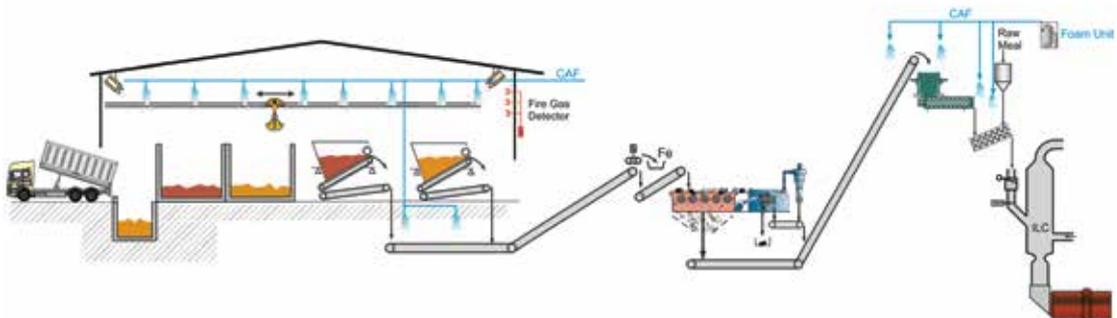
回转窑窑尾的二次燃烧对替代燃料的质量要求最低。可以在此喂料点投加粒度非常大的固体替代燃料，例如整个轮胎或未雾化污泥以及热值较低的替代燃料。当燃料暴露于含氧的窑气中时，会在回转窑后端的料层上缓慢燃烧。但是，这里只能满足窑炉一小部分能源需求（5%至10%）。下文的图15为将整个轮胎送入二次烧成的自动化系统。

图15:
将整个轮胎送入
水泥窑尾
(Geocycle)。



分解炉占窑炉系统总能源需求的55-65%。可以在此喂料点投加大尺寸固体替代燃料、雾化污泥和液体。大尺寸固体燃料必须足够小，才能悬浮在分解炉的气流中，以避免掉落到水泥窑窑尾。该分解炉适用于中等热值的替代燃料，所有燃料的平均热值应至少为11-13 GJ/t（欧洲水泥研究院，2017）。氧化气氛以及高达2-7秒的气体停留时间可确保燃烧完全。下文的图16为将不同类型的大尺寸固体替代燃料送到分解炉的典型喂料系统。

图16:
将粗固体替代燃料
投料到预分解炉
(Geocycle)。



回转窑的主燃烧器占窑炉系统总能源需求的35-45%。细小的固体替代燃料和适当雾化的液体可以与回转窑内的气体混合并悬浮在此喂料点。煅烧反应所需的火焰温度高达2000°C，为达到这一温度，主烧器燃料的平均净热值应至少应达到18-22 GJ/t。高温、氧化气氛以及6-8秒的气体停留时间可确保完全燃烬。这些工艺条件使水泥窑的主燃烧器甚至适合破坏稳定的有机化合物（例如持久性有机污染物）。下图为液体替代燃料到主燃烧器的典型喂料系统。

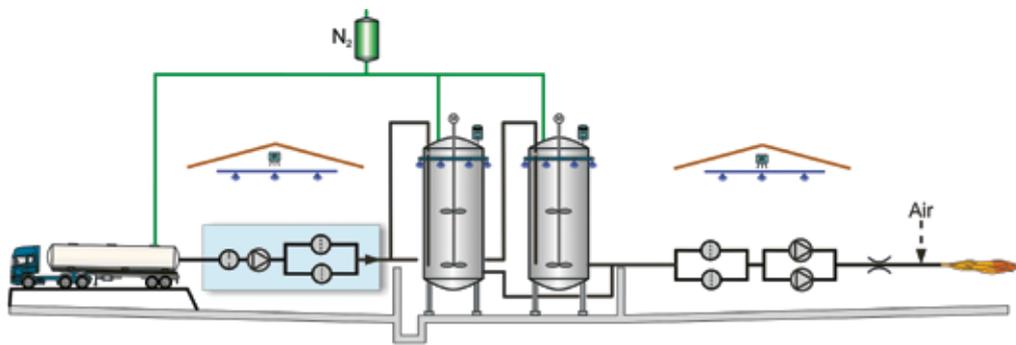


图17:
液体替代燃料喂入
主燃烧器 (Geocycle)。

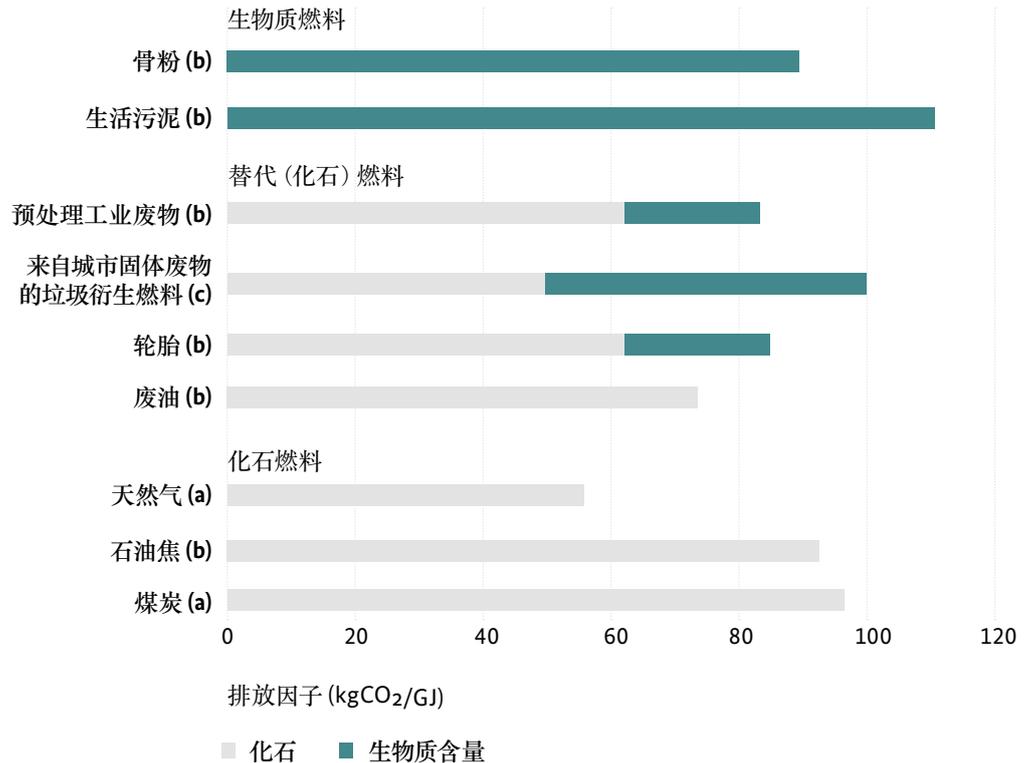
对于替代原料而言，总有机碳 (TOC) 含量是选择合适喂料点的决定性指标。如果替代原料的总有机碳含量小于5000 ppm，则可以将它们作为任何其他天然原料投加到原料破碎机或原料磨中。如果总有机碳含量高于5000 ppm，应进行实验室排放试验或工业试验，以确保有机挥发性物 (VOC) 的排放允许在允许的范围内。如果排放试验或工业试验的结果表明有机挥发物排放过高，则必须在确保完全破坏有机物成分的喂料口投入替代燃料，例如分解炉或水泥窑窑尾。

2.4 协同处置与气候变化

协同处置有助于降低水泥生产的碳强度，并帮助水泥行业实现全球气候目标。水泥生产的碳排放约占全球总碳排放的7%，2014年的直接排放量为22亿吨（国际能源署/水泥可持续发展倡议行动组织，2018）。通常，30-40%的二氧化碳排放来自化石燃料的燃烧，原因是为了达到窑炉系统所需的较高工作温度。其余的60-70%来自将石灰石转化为石灰所需的煅烧反应（碳酸钙→氧化钙 + 二氧化碳），即俗称的过程排放。

尽管煤炭的碳排放最高，但许多中低收入国家仍继续使用煤炭或石油焦，原因是它们价格低廉并且可用性高。改用天然气能够大幅减少水泥生产的排放，但是，鉴于天然气的价格和可用性，实现这点并不容易。协同处置替代燃料的直接减排取决于排放因子和生物质成分，如图18中不同燃料类型所示。

图18: 各种替代燃料的排放因子和典型生物质成分。(a) 表示政府间气候变化专门委员会默认值，(b) 为水泥可持续发展倡议行动组织默认值，(c) 基于清洁发展机制项目的默认值(见附件2)。



农业废物和其他生物碳含量高的燃料通常具有较高的排放因子，但由于它们在生长过程中会吸收二氧化碳，因此可以视为碳中和。废木材、稻壳、干生活污水或骨粉等生物质废物的利用在很大程度上取决于当地价值链的可用性和此类废物的当前使用情况，但对于那些产生大量废物的国家来说，这是一个不错的选择。由于这些废物的热值往往低于常规燃料，需要的数量庞大，因此必须确保长期供应以收回预处理或装卸设备的投资成本，但这也能够产生积极的社会效益，如下文的乌干达的案例研究所示。在其他情况下，市政当局与水泥厂建立长期合作关系，以处理生活污水。

由废油和不可回收的塑料等废物制备的替代燃料具有不同的排放值，通常低于传统的化石燃料。对同时含有化石碳和生物碳的燃料的使用愈加频繁，例如经过预处理的工业废物（含有不可回收的塑料、纺织品、纸张等）、废旧轮胎（含有天然橡胶和合成橡胶）或来自城市固体废物的垃圾衍生燃料，后者也含有大量的生物碳成分。

温室气体的计算和报告应根据世界可持续发展工商理事会发布的《水泥行业二氧化碳和能源的统计与报告标准》进行，该标准基于政府间气候变化专门委员会的方法（世界可持续发展工商理事会，2011）。德国水泥协会估计，基于40%生物质比例的典型原燃料组合，2010年德国水泥行业用从废物制备的替代燃料替代煤炭，二氧化碳减排量达到215万吨（德国水泥工厂协会，2017b）。

水泥窑中的废物协同处置还可以通过处理有机废物成分间接减少二氧化碳排放，否则这些有机废物成分会厌氧分解，并在垃圾堆场或垃圾填埋场产生大量甲烷（CH₄）。这一点尤其重要，因为甲烷的全球变暖潜力是二氧化碳的

25倍。即使采用垃圾填埋气体捕获或燃烧方法，也只能回收一部分甲烷（这一比例实际上通常低于50%）。适当推进垃圾收集以及预处理及协同处置还可以减少发展中国家露天焚烧的市政废物数量，这种做法通过减少污染物排放，最高可缓解5%的全球变暖量（Wiedinmyer C, 2014）。

通过改善当地废物管理的干预措施实现碳减排，这取决于废物当前的报废情况（回收、焚烧、卫生填埋场、垃圾堆场、露天焚烧）以及废物的生物碳含量（参见附件3）。

由于缺乏可验证的测量方法来进行防止排放假设，因此水泥生产通过防止产生甲烷来避免排放的方式很难计算出二氧化碳减排量。但是，这一方式的减排量可能十分巨大，特别是当协同处置成为废物综合管理方法的一部分时。如果建立合适的系统从源头进行分离和去除有机组分，则可以通过堆肥、再生利用和协同处置来自城市固体废物的不可回收部分（已预处理为垃圾衍生燃料）来实现大幅减排。

清洁发展机制（CDM）已经启动了许多增加替代燃料使用的项目，这些项目着眼于将协同处置整合到废物管理系统中。清洁发展机制终止后，国家适当减缓行动（NAMA）已成为一种融资工具，能够推进城市固体废物管理的温室气体减排工作，特别是因为此类干预措施也为环境和健康带来诸多好处，有助于实现可持续发展目标。但是，目前为止全球有关废物国家适当减缓行动的经验仍然有限。合适的碳交易价格让使用化石燃料的吸引力降低，使替代燃料更具竞争力，从而推进减排工作的积极发展。与其他减少水泥厂排放的技术相比，使用替代燃料是投资成本相对较低的选择（麦肯锡咨询公司，2013）。

炉渣和粉煤灰具有水化活性，可以降低水泥中的熟料系数，因此在水泥粉磨过程中利用炉渣和粉煤灰也能大幅减少温室气体排放。



案例研究4：乌干达将咖啡壳作为替代燃料



随着这种替代燃料的需求量越来越大，而许多咖啡壳仍需要远距离运输，因此工厂正设法改善其长期采购策略。由于咖啡树苗价格高昂，超出农民的承受能力，因此当地咖啡壳的供应量有限。在与当地利益相关方协商后，工厂与乌干达咖啡发展协会合作，启动了一项支持工厂周边地区咖啡生产发展的计划，目的是提高当地农民的收入，同时增加当地生物质废物产量。

建立苗圃，农民能够以通常价格的六分之一购买苗木。因此，2012-2015年间，有45,000名农民与苗圃达成合作协议，购买了近1,700万株幼苗。

咖啡是乌干达的主要经济作物，多达20%的人口全部或大部分收入来自咖啡生产。咖啡研磨过程会产生咖啡壳，这种农业废物通常会被倾倒或焚烧处理。然而，咖啡壳也可作为水泥厂提供合适的替代燃料来源。自本世纪头十年中期以来，乌干达的希马（Hima）水泥厂就利用这种农业废物作为水泥窑和火山灰干燥机的能源，热能替代率超过55%。因此，该工厂对进口化石燃料的依赖变小，而这些燃料必须从肯尼亚蒙巴萨经过1500公里的公路运输才能抵达工厂。

用当地可获取的农业废物代替化石燃料不仅能大幅降低工厂的环境气体排放，同时还能减贫。希马工厂预计，咖啡计划每年为工厂回收2万吨农业废物，拉法基豪瑞集团在乌干达每年消耗10万吨环保生物质燃料，其中相当一部分来自这些农业废物。据估计，使用生物质燃料每年可减排15万吨二氧化碳。



图片：
乌干达的咖啡种植者。

2.5 固体废物综合管理规划

越来越多的国际决策者开始采用固体废物综合管理 (ISWM) 方法。固体废物综合管理专注遵循废物层级的关键物理要素，例如废物收集、处理和处置。为建立运行良好的系统，必须考虑以下治理要素：该系统应具有包容性，使利益相关方能够发挥作用；具有财务可持续性，并根据合理的制度和积极的政策实施 (Wilson, 2013)。

预处理及协同处置通常不是独立运行，也不是主要的废物管理解决方案，但可以在废物综合管理战略中发挥作用。水泥生产商节省化石燃料和原料消耗，有助于更加可持续的生产并优化生产成本。同时，政府和社区可以利用现有的工业设施进行废物处理，减少额外投资的需求，而拥有具备资质的员工则是一个额外优势²。通过协同处置，水泥行业可以为市政当局运营的废物系统增加价值，并帮助工业、商业和农业部门的利益相关方取得更好的废物管理成果。

如果水泥厂的东道社区已经制定了废物综合管理战略或总体规划，则修改或修订该计划是探索将预处理及协同处置作为回收战略³是否可行的关键第一步。预处理及协同处置对现行处理和最终处置方案的影响评估应在更新或升级现行废物管理计划的框架内进行。在现行计划或战略没有落实到位的地方，市政当局应努力制定一项计划或战略，并分析预处理及协同处置如何帮助当地改善废物管理情况。进行协同处置的水泥公司与潜在的预处理经营者可以参考本书的指导共同制定计划。当然，前提是：当地的利益相关方和政界人士能够保证该过程及相关文件的中立性和专业性。

大多数情况下，此类计划将记录和评估：

- 现有收集能力
- 现有处理能力
- 制度与人类技能知识
- 财务可持续性
- 法律和体制框架
- 社会方面
- 环境方面。

尽管并非法律要求，但是潜在经营者若能先进行一下基准调研应该好处很大，因为这些评估与社会/环境影响评估是有关联的，并为预处理及协同处置影响的审批和监控提供有用信息。除了物理和地理基线条件（例如气味和噪声水平）外，该基准调研还应该衡量和记录废物管理系统（服务链）及已经作为可回收物、有机物和其他废物市场的价值链的关键参数。它应该记录在当地固体废物管理和再生利用环境中，什么是有效的，什么是无效的。针对司法管辖区、城市或地区的优势、劣势、机会和威胁进行透明化分析，这一方法能够解答启动协同处置计划所必需的关键问题。建立可持续废物综合管理框架是可以方便编制参与性基准评估。就协同处置的提议而言，这种基准调研的关键要素包括为附件12的问题制定答案。制定一个回答这些问题的基准应明确表明协同处置是否对固体废物系统有价值，以及该系统中废物产生的替代燃料和原料是否对水泥生产商有价值。如果这两个问题的回答都是肯定的，则启动协同处置计划的边界条件具备。

² 有关协同处置与其他转废为能技术的关系以及何时能够应用这些不同技术的概述，请参见《德国国际合作机构关于城市固体废物管理转废为能方案的选择指南》（德国国际合作机构，2017）。

³ 更多关于废物管理规划的信息，请访问以下网址：<http://ec.europa.eu/environment/waste/plans/index.htm>

2.6 预处理及协同处置的组织

预处理及协同处置价值链可以完全整合到一个实体进行管理，或者单独的实体可以管理不同的活动，例如废物收集、预处理和协同处置。在成熟的废物市场，公共或私营主体通常已经开始收集、转移和运输。在有机物或可回收物市场活跃的地方，可能存在某种形式的可回收物收集后分类或加工，这种基础设施也可能适合将废物组分预处理为替代燃料和原料。已有的处理方式以及经济因素将在很大程度上决定整个服务链是由一方还是多方控制，或者控制权和盈利模式是否分布在各种企业和公共主体上。

市政废物的典型操作模式可能包括：

- 1 由市政府收集
- 2 由私营废物管理公司进行填埋作业
- 3 由从事非正式废物处理的工人在专门的地点合作，对重组分（有机物）、可回收物和轻组分进行分类。
- 4 私营废物管理公司对用于替代燃料生产的轻组分进行预处理（机械处理）
- 5 水泥公司协同处置替代燃料。

在固体废物管理系统不发达的地方，由于废物管理的欠缺以及在各个小型利基市场的利益相关方比较分散，水泥生产商有可能会成为价值链中比较重要的环节。但是，废物管理不是水泥行业的核心业务，再加上，水泥生产商会比较专注于最有价值或高热值的废物上，这会给废物管理带来一些问题。同时，水泥厂因为和回收公司产生了竞争关系，也可能使废物综合管理变得更加困难。因此，应用本指南的第一条原则十分重要：遵循废物层级管理，灵活处理再生利用和协同处置，对于降低风险很重要。

如果服务链中有多个独立实体，可能会使供应链更具竞争力和效率，但也会带来碎片化、规模经济程度低以及不容易取得经济上的成功等潜在劣势。其它风险包括管理工作增加以及物流丧失可追溯性。下图从水泥公司的角度展示了不同价值链方法的优缺点。



图19: 各种整合模型的优缺点（国际金融公司IFC，2016）。

水泥公司是否有意向，首先取决于其评估，即与替代燃料和原料相比，得到和协同处置可用于替代燃料和原料的不可再生利用组分是否具有成本竞争力和环境效益。废物管理、环境或政治当局的平行考虑将决定城市或地区是否有意向合作开展协同处置计划，并采取必要措施来调动人手进行预处理和生产替代燃料和原料。只有对“双方”都有利可图时，协同处置计划才可能取得成功。请参见第3.6部分，了解更多有关融资方面的信息。



第3部分



以环境无害的方式实施预处理及协同处置的要求

具体指导：第3部分是本指南最重要的部分：阐述对可持续且环境无害的预处理及协同处置的要求。本部分涵盖国家、法律和制度框架(3.1)、环境排放控制和监测(3.2)、保证质量控制的操作规程(3.3)、健康和安(3.4)、基于互利共赢的决策、利益相关方沟通和接触非正规部门(3.5)，以及将稳健融资落实到位的重要性(3.6)。各章节开头列出与每个主题对应的首要原则和要求。共有16项具体要求对应于八项指导原则。最后一章详细说明实施工作的后续行动：能力发展和如何应用本指南的特定章节(3.7)。必须遵循“尊重废物层级和循环经济”的首要原则（参见第1部分）。



3.1 法律和制度方面

原则 I

法律和制度框架

- 必须确保遵守所有相关法律法规。预处理及协同处置应符合相关国际协定（例如《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》）。
- 应当确保由具有足够能力的合格环境监管机构进行有效监控。
- 法规和程序应当反映特定国别要求和需求。
- 如果不存在预处理及协同处置的地方法律框架和/或与地方法律框架不一致，则应采用最佳国际实践，确保建设所需能力并建立相应制度安排。

要求 I

需要建立适当的法律框架

- 将预处理及协同处置作为可行的废物管理解决方案纳入有关环境保护、公共卫生和废物管理的法规中。
- 界定明确、具有法律约束力的法规和标准是保障法律安全、确保高水平环境保护的必要条件。
- 主管和授权政府部门应当确保执法公正，标准一致。

要求 2

所有利益相关方都应参与许可程序

- 在开展业务前进行环境影响与社会影响评估，以识别和量化废物替代燃料和原料对环境、人类健康及当地价值链的潜在影响。这些数据还将用于制定空白对照基准。随着生产工艺的发展，应当定期重新评估空白对照基准。
 - 考虑并应用最佳可用技术（BAT）。
 - 废物处理设施和水泥厂的经营者应当提供所有信息，以使利益相关方能够评估预处理及协同处置活动。
-

3.1.1 法律框架

国家政策和法律制定针对实施预处理及协同处置的基本原则和标准。如果缺失具有法律约束力的要求，政府部门将无法控制合规性并执行高水平的环境和公共卫生保护，而工厂经营者也将没有明确的运营框架。

监管框架应当反映特定国家环境主管部门、水泥和废物处理部门的能力。复杂标准难以施行，在发展中国家尤其如此。易于评估和实施、明确定义的标准更合适。为了将预处理及协同处置纳入产业、环境及废物方面的国家政策和法律，监管机构、废物处理部门、水泥行业及其他利益相关方（如市政当局、学术机构、非政府组织）应当为制定法律法规的国家机构提供针对特定国家和部门的资源。

如果现有立法和/或监管框架不能通过调整用于预处理及协同处置，预处理工厂的经营者（来自废物处理部门或其他地方），以及打算实施协同处置的水泥生产商，应当依照以下标准提出一个源自其他国家的监管框架：以国内生产总值、废物产生量和废物管理制度水平来衡量，这些国家具有可比或更高发展水平。在开始任何活动之前，经营者应当参考最佳可用技术（BAT），编制一套符合所提制度的初始文件。

如果地方和国家政府部门不能或不愿制定一套相关法律和监管文书，该公司可与这些政府部门协商，并获得许可，从而根据现行的一般环境法，运用国际公认标准申请许可证。

3.1.2 制度框架

允许预处理及协同处置的国家的经验表明，最好在单一监管机构内管理许可程序、检查和控制职能。然而，如果同一政府机构还在该制度中承担其他角色，特别是废物经营者的角色，则会出现潜在利益冲突。因此，监管机构的预算和司法独立性及透明度对于平等执行面向私营和公共部门经营者的标准至关重要。

监管机构应当获得授权，并且拥有足够技术背景、强大管理能力和训练有素、装备精良的工作人员。在开展控制和检查工作方面缺乏意识或资源或将导致执法不力。然而，如果政府部门没有所有相关知识和经验，则可以考虑以下两个来源的外部专业知识：一是水泥和废物管理行业值得信赖的公司；二是大学、非政府组织、协会和/或咨询公司等独立机构的顾问。

3.1.3 许可程序

打算预处理废物的废物处理设施经营者和打算协同处置替代燃料和原料的水泥厂经营者有责任申请许可证。一份准备充分的预处理或协同处置许可证申请应详细说明废物处理设施或水泥厂的所有相关信息，并指定用于预处理及协同处置的所有废物或替代燃料和原料的质量，包括以下信息：

- ☑ W废物产生者/废物来源
- ☑ 已处理的废物/替代燃料和原料种类
- ☑ 每种废物/替代燃料和原料种类的预计添加量
- ☑ 废物/替代燃料和原料处理、运输和储存设施
- ☑ 废物/替代燃料和原料化学和物理特性
- ☑ 废物/替代燃料和原料质量控制和保证计划
- ☑ 使用的传统原料和燃料（协同处置）
- ☑ 替代燃料和原料进入水泥窑（协同处置）的喂料点
- ☑ 主要设备规格及操作规程
- ☑ 向空气、水和土壤中的当前和预期排放水平
- ☑ 现有排放监测和减排技术
- ☑ 适用的健康和标准
- ☑ 储存和处理污水或泄漏污水或消防废水的能力
- ☑ 应急响应计划
- ☑ 公众意见征求程序。

申请完成后，政府部门将进行审查并做出反馈。建议与政府部门保持持续沟通，以避免许可程序中发生延误。同时，与公众进行坦诚沟通并定期征求意见将有助于减少可能出现的摩擦和误解（另参见附件8和附件9）。

提出申请的经营者的任务和职责包括：

- 与主管部门及法定咨询机构建立联系。
- 准备申请表。
- 进行环境与社会影响评估（ESIA）。
- 尽早启动公众参与，以便在许可证申请表中顾及公众关切。

许可证发放机构（通常是环境部）的任务和职责通常包括以下内容：

- 制定透明的规则，规定预处理需要哪些许可证（可能属于废物许可管辖范围），协同处置需要哪些许可证（更可能属于工业生产范围）。
- 提前发布并提供申请表上的所有相关信息；提交方式；日期；许可程序中的关键节点；从提交到关键节点预计需要的时间；必须提供信息的性质；以何种形式提供；以及通过何种类型的证明或尽职调查。
- 发布（并在规则发生变化的情况下持续更新）基于法律法规的许可标准。
- 与共享管辖权的其他政府部门协商，例如卫生、交通运输、商业、环境、气候或劳工管理部门。
- 明确许可证申请是否需要环境与社会影响评估，以公开方式发布听证会日期和参加听证会人员条件的信息，或在征求公众意见期间提出书面意见或合法反对意见的信息。
- 依照规定，以公开方式评估环境与社会影响评估及相关许可证申请的其他部分。
- 根据公开透明的标准，批准许可证草案或将其退回以进一步完善。
- 接纳所有反对意见，促进与反对者的对话和协商。
- 在许可证申请符合法律法规的前提下，批准并签发许可证（另加规定，即强制实行、条件、时限、保留撤销），或如有指示，拒绝签发许可证。

许可证应规定获得预处理及协同处置许可的废物及替代燃料和原料种类。应当仅向具有明确特性且在水泥厂长期成功使用的替代燃料和原料种类（如轮胎），或由预处理工厂根据水泥厂的规范和要求准备的替代燃料和原料种类发放通用协同处置许可证。发证机关应当进行系统化定期检查，以确保符合监管规定。

关于欧盟影响范围内或范围下许可程序的进一步指导，可参见欧盟环境法实施与执行网络（IMPEL，2015）的《为许可而正确行事》（Doing the Right Things for Permitting）。



案例研究5：阿根廷申请程序指南



Geocycle阿根廷分公司遵守90天许可时间规定，但为了改进程序，该公司还采取了以下措施：

- 启动宣传活动，以更好地向环境管理部门官员通报情况，并使其了解Geocycle的工作、价值观、社会经济和环境效益，以及延误造成的对经济和环境的影响。
- 对所涉及的利益相关方（包括地方和省级官员）采取开放政策，让其了解生产流程和工厂运营状况，特别是与环境相关的所有问题
- 在波特兰水泥制造商协会（AFCP）的领导下启动利益相关方平台及协同处置委员会，以便与国家环境机构讨论新法规。

在阿根廷法律和环境框架内，国家负责制定环境质量规则，各省负责补充规则。就此意义而言，关于危险废物的第24051号法是一部全国性法律，要求各市遵守其中的规定。

为了遵守生产方面的环境法规，Geocycle阿根廷分公司每年需要获得40多份环境许可证，其中30份对应于科尔多瓦省、胡胡伊省和门多萨省的国家、省和市司法管辖区对危险废物作业和运输活动的具体授权。

如果不能获得这些许可证，或者许可证到期后未获得新的授权，将会导致废物无法运抵Geocycle工厂。其中许多许可证需要在到期日之前的90天内申请。然而，多数情况下，即使满足所有最后期限和既定要求，监管机构依然在过期很长时间后才发布授权。这不仅阻碍Geocycle持续运营，还会对经济造成负面影响，并且影响营销活动和客户关系。

成功经验：必须与不同监管机构保持定期、公开对话，以澄清任何可能延误签发许可证的疑虑。尽管在阿根廷获得许可证之前必须经过繁琐的审批程序，但各公司可以共同努力，帮助政府部门改进审批程序并加快许可证签发进度。对Geocycle阿根廷分公司而言，在不影响其三家工厂持续运营的前提下，在规定时间内获得所有许可证仍是其面临的一大挑战。不过，该公司相信提前自愿申请许可证续期的做法（包括与监管机构进行定期、坦诚对话）将有力地支持许可程序



图片：
水泥厂员工准备许可文件。



3.2 环境方面

原则II

环境方面

- 防止预处理及协同处置产生额外排放以及对环境的其他负面影响，或将两者保持在最低限度。
- 协同处置对空气和水产生的排放不得高于未开展协同处置的水泥工厂。
- 水泥产品（混凝土、砂浆）不得专门用于固化潜在有毒元素（如重金属）。

要求3

预处理及协同处置不得对排放产生负面影响

- 所有替代燃料均应投入水泥窑系统的高温区（即主燃烧器、二次燃烧器、预分解窑）。对于挥发性有机物含量增加的替代原料也是如此。
- 限制水泥生产过程滞留能力不足的替代燃料或原料中的污染物

要求4

必须实行排放监测

- 必须定期监测排放情况，以证明：
 - I. 遵守国家法规和协议
 - II. 遵守公司政策和指令
 - III. 原燃料质量控制的可靠性。

要求5

确保水泥产品（混凝土、砂浆）的环境表现不会恶化

- 最终产品的重金属浓度不得有任何负面影响，例如通过浸出实验来证明。
 - 混凝土的质量应达到可进行报废再生利用的水平。
-

3.2.1 相关污染物

有关政府部门应通过发放许可证来落实预处理及协同处置工厂需要执行的国家排放标准，在许多国家，工业排放标准业已存在，但没有明确涵盖废物预处理工厂及协同处置替代燃料和原料的水泥厂产生的排放。各国应综合考虑经济和产业发展全局，在此基础上确定相关污染物和排放限值。

例如，在欧洲，由《工业排放指令》（IED）（指令编号2010/75/EU）和污染物排放与转移登记制度（PRTR）⁴确定相关污染物和排放限值。后者涵盖91种污染物，并且给出排放到空气和水中的污染物的报告阈值。澳大利亚（《国家污染物清单》）、加拿大（《国家污染物排放清单》）和美国（《毒物释放清单》）也有类似的污染物登记制度。

关于废物管理活动，污染物排放与转移登记制度的指导文件提及一系列潜在空气和水污染物，具体取决于所处理废物的性质（危险或非危险）和种类（欧洲污染物排放与转移登记制度，2006）。根据欧盟最佳可用技术参考文件《废物处理》（Waste Treatment，Brinkmann等人，2018），在通过对废物进行机械、生物或物理化学处理来生产替代燃料和原料的预处理工厂范围内，应将下列污染物视为相关污染物：

向空气中排放的污染物（预处理）：

- 粉尘，适用于所有废物处理
- 总有机挥发物（TVOC），适用于生物废物处理
- 硫化氢（H₂S），适用于生物废物处理
- 氨（NH₃），适用于生物和物理化学废物处理

向水中排放的污染物（预处理）：

- 化学需氧量（COD），适用于所有废物处理
- 总氮（total N），适用于生物废物处理
- 烃油指数和苯酚指数，适用于物化废物处理
- 总有机碳（TOC），适用于所有废物处理
- 金属（砷、镉、铬、铜、汞、镍、铅、锌），适用于机械生物和物理化学废物处理
- 总磷（total P），适用于生物废物处理
- 总固体悬浮物（TSS），适用于所有废物处理。

预处理工厂向空气、土壤和水的排放不太可能达到污染物排放与转移登记制度针对任何污染物设定的阈限值。不过，应当根据当地适用法规定期开展排放监测和报告工作。

对于水泥窑而言，向空气中排放的污染物通常最为重要，而只有少数水泥厂达到向水中排放的污染物阈值。按照《工业排放指令》和污染物排放与转移登记制度，相关排放物包括：

- 粉尘
- 所有表示为氟化氢的无机气态氟化合物
- 二氧化硫
- 氨
- 氮氧化物（一氧化氮与二氧化氮之和）
- 二恶英和呋喃（PCDD/F）
- 一氧化碳
- 苯
- 总有机挥发物
- 金属（汞、铊、砷、锑、镉、铬、铜、锰、镍、铅、锌、钒）。
- 所有表示为氯化氢的无机气态氯化物

由于汞具有挥发性，应当特别注意熟料生产所用原料的汞含量和相应操作规程。

4 <https://prtr.ec.europa.eu>



专题6: 汞 (Hg)

汞具有生物蓄积性,其所有化学形式都对人类具有剧毒。汞是一种相对稀有的元素,地壳中的平均浓度只有0.000005%。这种元素既存在于自然界中,也是环境中引入的污染物。汞具有挥发性,并且存在于许多工业生产中使用的化石燃料和天然原料中,可以从各种人为排放源释放到大气中。

2017年8月,联合国《关于汞的水俣公约》生效。鉴于汞可在大气中进行远距离迁移,亦可在环境中持久存在,同时有能力在生物链中累积,而且还可对人体健康和环境产生重大不利影响,该公约认识到汞已成为全球关注问题(联合国环境规划署,2017a)。

作为公约缔约方的政府有法律上义务采取措施,通过在整个生命周期中处理汞问题来保护环境和人体健康,使其免受汞的排放造成的影响。其中包括控制汞向空气中的排放以及向水中的排放。该公约旨在减少所有汞排放,包括工业生产以及水泥生产中的汞排放。

汞存在于所有水泥原料和燃料中。对含汞替代燃料和原料进行的协同处置可能是水泥窑中汞的另一个来源。由于具有挥发性,汞不会保留在水泥窑系统中,并且固化在熟料中。相反,汞会形成气态化合物,这些气态化合物通过冷凝而仅部分保留在原料磨和收尘器中的原料上。为了减少汞排放,还有必要限制原料和燃料中投入水泥窑系统的汞。可通过在直接操作过程中抽取窑灰并将其送入水泥磨的方式减少汞排放。

欧洲《工业排放指令》规定汞的排放限值为0.05 mg/Nm³ @10% O₂。在美国,《国家有害空气污染物排放标准》将新建水泥厂的限值设定为每百万吨熟料21磅,现有工厂每百万吨熟料55磅(美国国家环境保护局,2006)。商业和工业固体废物焚烧装置(CISWI)标准⁵设定的限值为0.011mg/Nm³ @ 7% O₂(美国国家环境保护局,2016)。

为遵守这些限值规定,需要定期检测水泥窑中所有原燃料的汞含量。负责任地使用替代燃料和原料包括检测来料中的汞含量,杜绝使用汞含量过高的替代燃料和原料。



持久性有机污染物是指难以通过化学、生物和光解过程在环境中降解的有机化合物。由于持久存在,持久性有机污染物在生物体内进行生物蓄积,对人体健康和环境具有潜在不利影响。

《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》提到,燃烧危险废物的水泥窑是形成和释放持久性有机污染物的潜在来源(联合国环境规划署,2017)。然而,由世界可持续发展工商理事会(WBCSD)对水泥行业中持久性有机污染物的形成和释放进行的综合研究明确指出,持久性有机污染物的形成和释放水平升高仅发生在湿法和干法长窑中,而后者已不再被视为最新技术(世界可持续发展工商理事会,2006)。此外,《巴塞尔公约》技术指南认为水泥窑是一种适宜的废物管理技术,可以作为最佳可用技术来销毁废物中的持久性有机污染物,同时满足原燃料、生产和排放控制方面的要求(联合国环境规划署,2011)。为对被归类为持久性有机污染物的废物进行协同处置,必须进行试烧,以证明焚毁去除率(DRE)可以达到99.9999%。附件10提供了关于焚毁去除率试烧程序的详细说明。

5 <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/commercial-and-industrial-solid-waste-incineration-units-ciswi-new>



专题7：二恶英和呋喃 (PCDD/PCDF)

二恶英/呋喃 (PCDD/PCDF) 是具有很高毒性的环境持久性有机污染物 (POP)。二恶英和呋喃是指毒性差异很大的一类范围广泛的化合物，现已使用毒性当量因子概念，以促进风险评估和监管。就其作为环境毒物的重要性而言，术语二恶英和呋喃用以指证明与二恶英2,3,7,8-四氯二苯并-对二恶英 (TCDD) 相同的特定毒性的化合物的总和 (以国际毒性当量TEQ表示)。其中包括17种PCDD/PCDF和12种多氯联苯 (PCB)。

PCDD/PCDF的形成涉及许多复杂反应，目前人们尚未完全了解其反应的化学机理。如果不完全燃烧会产生或原料中存在足够的氯、氯代芳香前体和/或挥发性碳氢化合物，则水泥窑预热器和空气污染物净化系统中会形成PCDD和PCDF。已知二恶英和呋喃主要形成于250-450°C温度范围内，通过前体的多相表面催化反应或从头合成的方式形成。因此，重要的是将废气迅速冷却至200°C以下。现代预热和预分解窑的工艺设计具有此固有功能。

世界可持续发展工商理事会评估了自20世纪70年代后期以来进行的约2,200个二恶英和呋喃 (PCDD/PCDF) 测量数据。数据表明，水泥窑通常在10%氧气条件下符合PCDD/PCDF $< 0.1 \text{ ng TEQ/Nm}^3$ 的排放水平，这是欧洲《工业排放指令》关于水泥窑协同处置替代燃料和原料过程中的极限值。对投入主燃烧器、水泥窑入口或预分解窑的替代燃料和原料进行协同处置似乎不会影响或改变持久性有机污染物的排放 (世界可持续发展工商理事会, 2006)。

确保在10%氧气条件下符合 0.1 ng TEQ/Nm^3 的二恶英和呋喃 (PCDD/PCDF) 排放水平的首要措施是：

- 将湿法和干法长窑中的水泥窑废气快速冷却至200°C以下。现代预热和预分解窑的工艺设计具有此固有功能。
- 如果替代原料含有有机挥发物，则应避免将其作为天然原料的一部分投入水泥窑。
- 在水泥窑的开停窑过程中，避免使用替代燃料。



图片：
悬浮预热器中的
废气冷却和吸收
装置。

3.2.2 减排技术

预处理工厂向空气中排放的污染物取决于所处理废物的种类和所使用的工艺。应当预料到会有粉尘和有机化合物排放到空气中，并且采用适当减排技术。最佳可用技术参考文件《水泥、石灰和氧化镁的生产》(Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide) (欧盟委员会, 2013) 详细解释了水泥窑向空气中排放的污染物的典型范围及适当减排技术。可持续协同处置产生的排放没有显著变化，因此该参考文件也适用于协同处置：

- 弥散性粉尘：覆盖大型储存区域或库存，使用露天料堆防风罩，使用水喷雾和化学抑尘剂，确保摊铺、路面湿润、环境清洁。
- 通道粉尘：静电除尘器、织物过滤器、混合过滤器。
- 有机挥发物和异味化合物：吸附、生物滤池、热氧化、湿法洗涤。
- 二氧化硫：优化原料粉磨工艺、吸附、湿法洗涤。
- 氮氧化物：主要技术（火焰冷却、低氮氧化物燃烧器、工艺优化）、分段燃烧（常规或替代燃料）、选择性非催化还原 (SNCR)、选择性催化还原 (SCR)，具体取决于水泥行业中合适的催化剂和过程开发。
- 一氧化碳、总有机挥发物和苯：优化燃烧过程，避免通过原料喂料环节将含有大量有机挥发物的原料投入水泥窑系统。
- 氯化氢和氟化氢：采用收尘器粉尘外排技术、含氯气体旁路放风技术、吸附。
- 氨：优化采用选择性非催化还原法还原氮氧化物所产生未反应的氨而导致的氨泄漏。
- PCDD/F：仔细选择和控制原燃料（例如原料中的氯、铜和有机挥发物以及燃料中的氯、铜），限制使用含有机氯化物的替代燃料和原料，避免在水泥窑开停窑期间进行协同处置。
- 金属（汞、镉、铊、砷、铋、铅、铬、钴、铜、锰、镍、钒）：使用有效收尘技术，限制原燃料中相关金属的含量。

应当收集并以负责任的方式处理来自预处理工厂的污水。向地表水和地下水中的排放取决于所处理废物的种类和所使用的工艺。根据污染物的程度和性质以及排放目标（地表水、现场水处理、收集进入工业水处理系统或公共下水道系统），可以结合使用以下不同减排技术：

- 水处理：沉降、碳氢/油/污泥分离器、吸附、物理化学处理、生物处理、热处理（用于高污染水）。

通过这种还原技术产生的废物（废活性炭、污泥、碳氢化合物、油等）在许多情况下也可通过协同处置来消纳，否则必须将其运往外部处理厂。应当采取适当减排技术和工程措施来保护土壤和地下水，例如采用合适的土工膜做地面密封。

水泥厂不排放工业污水，而仅产生生活废水。这些废水通常排放到自备或公共废水处理设施中。

在预处理工厂和水泥厂中，应当特别注意确保能够处理可能会受到污染的消防水。一旦发生火灾，消防水可能会被灭火介质和火灾残留物污染。应当收集并以负责任的方式处置受污染的消防水。

3.2.3 排放监测与报告

应当检查预处理工厂，并由合格的独立检测实验室每六个月进行一次大气污染物排放现场检测。预处理工厂的许可证中应当规定检查和大气污染物排放检测的范围。检测公司在权限和报告方面均应遵守当地法规要求。

气味检测可能复杂且不可靠。然而，为避免邻居将来投诉、发生指控及产生法律责任，应当在建造或启动废物处理设施之前对气味和噪声水平进行空白检测。

清洁用水、生产用水和消防介质可能是工业污水的重要污染源。污染物的排放限值应是许可证的组成部分，并且必须监测和报告其遵守情况。应当每月监测一次向水中排放的情况。

除事故外，不得发生向土壤和地下水排放的情况。然而，为避免将来发生被指控及产生法律责任，应当在建设或启动废物处理设施之前对地下水和土壤污染水平进行空白检测。

水泥厂的排放监测与报告应当包括以下表3概述的所有成分。这些对水泥厂大气污染物排放监测的要求颇高，但建议将其作大气污染物排放法规中的标准。

成分	监测频率
粉尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、有机挥发物	连续
氯化氢、氨、汞、铊、镉、砷、铬、铜、铋、镍、铅、锌、钒、苯、二恶英和呋喃	定期测量至少一年一次

表3：
水泥厂（协同处置）
相关大气污染物排
放监测方法。

应当使用性能可靠的在线排放监测系统连续测量。若要定期进行现场测量，应当选择合格的国家或国际服务公司。

在定期现场测量期间，服务公司还应测量粉尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和有机挥发物，以便将结果与同一时间段内连续测量的平均值进行比较。如果出现重大偏差，则应检查连续测量和间断测量的准确性。

测量向空气和水中排放的污染物时，应当遵照EN或ISO标准、国家或其他国际标准，以确保提供具有同等科学质量的数据。欧洲最佳可用技术参考文件《对〈工业排放指令〉设施向空气和水中排放的污染物的监测》(Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations, Brinkmann等人, 2018) 全面概述了排放监测的不同标准和一般内容，例如监测制度、质量保证和报告。

在废物及替代燃料和原料的储存、处置和运输过程中应格外小心，因为某些污染物可能会渗入土壤和地下水。应当依照标准行业方法（产能足够、操作安全）设计预处理及协同处置场所中废物及替代燃料和原料的储存、处置和运输区域，并且考虑以下程序：

- ☑ 废物及替代燃料和原料的处置和运输应由获得资质的员工进行。
- ☑ 采取措施预防、发现并减少遗撒。
- ☑ 混合废物时采取生产和设计预防措施。

关于如何减少固体和液体的储存、处置和运输所排放污染物的更多建议，可参见欧洲最佳可用技术参考文件《储存排放的污染物》（Emissions from Storage，欧盟委员会，2006）。



专题8。排放监测的透明度

最好将对引入预处理及协同处置可能产生的排放及其他潜在问题源所进行的有效监测与控制视为参与、包容性过程。邻居和相邻业主、供应商、员工、承包商、监管机构以及公众的利益应当起到重要作用。

为了提高本地预处理工厂和水泥厂的验收合格率，进行透明的排放监测并使利益相关方能够获取排放结果的做法或许有用。

3.2.4 使用替代燃料和原料对水泥产品的环境影响

一些金属（如汞、铊、镉、锑、砷、铅、铬）如果被生物体过量吸收会影响健康，因此被称为污染物。这些金属存在于所有常规和替代原燃料中，因此也存在于水泥、混凝土和砂浆产品中。

在不使用替代燃料和原料的条件下生产的水泥中，金属含量会有很大差异，具体取决于所用原料和燃料的地理和/或地质条件。全面调查表明，从统计角度看，替代燃料和原料的使用对熟料和水泥中的金属含量只有很小的影响。唯一例外是锌含量会因使用轮胎而增加。当然，统计依据并不等同于产品监测结果。出于这一原因，在引入替代燃料和原料之前，应当先对熟料和水泥中的金属含量进行空白检测。

最终产品水泥、混凝土和砂浆可以充当防止金属释放的“多重屏障”系统，原因如下：

- 在熟料的晶体结构中固化金属
- 在水泥的水化产物中固化金属
- 形成不溶性矿物质
- 金属包裹在混凝土的致密结构中。

针对水泥和混凝土的环境行为评估通常基于重金属对水和土壤的浸出特性。应考虑各种暴露情况：

- ☑ 与地下水直接接触时，砂浆和混凝土结构的暴露（“主要”应用）。
- ☑ 在再生骨料、道路工程、大坝填料等对废弃混凝土进行再利用（“二次”或“再生”应用）。
- ☑ 与配送（混凝土管道）或储存系统（混凝土罐）中的饮用水直接接触时，砂浆或混凝土的暴露；（“使用寿命”应用）。
- ☑ 在垃圾填埋场中处置废弃混凝土（“末端”应用）。

在与环境有关的pH值范围内，从混凝土中浸出的微量元素是扩散控制（即极慢）过程。但是，并非所有金属都具有相同的主要浸出特性。为评估混凝土中重金属对环境的影响所进行的多项浸出研究的主要结果如下：

- 整体浇注式混凝土中微量元素的浸出量（“使用寿命”和“再生”应用）低于或接近最敏感分析方法的检出限。
- 试验和现场研究表明，只要混凝土结构完好无损（“主要”或“使用寿命”应用），就不会超出适用的极限值（如地下水或饮用水标准）。
- 在有或没有替代燃料和原料的条件下生产的水泥与混凝土之间，微量元素的浸出行为未发现显著差异。
- 某些其他金属，例如砷、铬、钒、铋或钼（所谓的“含氧阴离子”），可能具有更高流动性的浸出行为，特别是在砂浆或混凝土结构因碾碎而被破坏时（“再生”和“末端”应用）。
- 铬、铝和钡除外。在特定试验条件下，这三种金属的浸出液浓度可能接近饮用水标准中的限值。
- 特别是，水泥中的六价铬具有水溶性，并且能够以高于其他金属的比率从混凝土中浸出；因此，应当尽可能限制水泥和混凝土中的铬投加量。

尚不清楚如何调整水泥中的微量元素含量，也不清楚其浸出行为是否对环境具有重大影响；所以不清楚用户是否对限制微量元素有特殊需求。

对于现实中不同的混凝土和砂浆暴露情况，已建立不同的浸出试验和评估程序。已主要针对饮用水应用制定标准化试验程序。仍需基于上述暴露情况的统一、标准化试验程序。



3.3 运行方面

原则III

运行与质量控制

- 只能选择合适的废物种类。对废物进行预处理，以确保协同处置过程中的质量受到控制、生产正常进行以及水泥窑保持稳定运行。
- 从事预处理及协同处置的公司必须具备资质。这些公司应当对其生产过程的原燃料和相关参数进行控制和监测。
- 水泥制品（混凝土、砂浆）质量保持不变。

要求6

确保废物/替代燃料和原料的适宜性，以使其能够通过验收并进入预处理或协同处置环节。

- 进入预处理或协同处置环节之前，新确认的废物及替代燃料和原料来源应当经过质量预审（来源鉴定）程序。
- 预处理及协同处置不得阻止开发局部和整体再生利用系统，预处理工厂应在可能的情况下将可回收材料转移至再生利用工序。
- 确保预处理及协同处置设施从接收到最终处置的可追溯性。
- 废物产生者与预处理工厂之间以及水泥厂与预处理工厂之间的服务水平协议应当包括质量规范。
- 不适合预处理的废物种类或不符合协同处置质量规范的替代燃料和原料将被拒收。

要求7

规范和监管运输、储存、处理及处置

- 废物及替代燃料和原料的运输、储存、处理和处置应符合法规要求。
- 根据物料性质，为废物及替代燃料和原料的运输、储存、处理和处置提供适当的工艺、设备和基础设施，并对其进行定期维护。
- 废物及替代燃料和原料处理和处置系统的设计应最大程度减少逸散性粉尘，防止遗撒，降低火灾和爆炸风险，并且避免释放有毒或有害蒸气。

要求8

明确规定标准操作流程并确保操作者知晓相关内容

- 替代燃料和原料只能在适当的喂料点投入水泥窑系统，具体取决于物料特性。
- 避免在水泥窑开停窑期间投入替代燃料和原料。
- 认真控制和监测影响排放、产品质量及产能的工厂技术条件。

要求9

实施质量控制体系

- 在各个预处理及协同处置工厂制定和实施文件化的质量控制计划。
- 为质量控制提供流程、足够的设备和受过培训的人员。
- 出现，应当有备用方案来应对特殊情况下的违规。

3.3.1 运输、储存、处理及处置

废物及替代燃料和原料（尤其是具有危险特性的废物）的运输、储存、处理和处置应遵守详细的法律法规要求。必须遵守地方、国家和国际（如《巴塞尔公约》）法规和要求，并遵循以下良好实践和承诺。

仅选择获得授权的公司将废物及替代燃料和原料运至预处理及协同处置场所。运输设备的所有者和经营者应：

- ☑ 提供设备得到妥善保养的证明
- ☑ 仅聘用受过培训的操作员
- ☑ 根据所运输物料的性质，遵守所有相关法律法规要求
- ☑ 严格遵守预处理及协同处置场所的要求和流程
- ☑ 对于替代燃料和原料在现场和非现场的运输，仅选择经授权可搬运、运输和储存废物以及与替代燃料和原料类似的物料的公司并与之签约。

预处理或协同处置工厂应当告知运输所有者和操作者在其工厂范围内的必须遵守的要求和流程，并要求废物运输商提供操作员培训证明。

在废物及替代燃料和原料的内部运输、储存和处置期间，应防止遗撒以及地下水和土壤污染，将火灾或爆炸的风险降至最低，控制逸散性粉尘排放，并控制挥发性成分、气味和噪声。预处理及协同处置工厂应遵循所有工业许可程序，并且：

- ☑ 制定有关废物及替代燃料和原料卸载、储存及处置的要求和程序
- ☑ 提供足够的储存能力和充足的搬运设施
- ☑ 实施详细的遗撒和应急响应计划
- ☑ 在内部运输、卸载、储存及处置废物及替代燃料和原料期间实施充分的逸散性粉尘控制措施
- ☑ 控制料堆的风蚀/散落和水分流失
- ☑ 根据物料性质，对所有设施进行防火防爆设计
- ☑ 提供充足的设施和设备，以抑制、除去或破坏挥发性气体成分
- ☑ 确保正确使用个人防护用品并为现场工作人员提供培训。

3.3.2 水泥窑操作规程

进行协同处置期间，还应实行一般原则，确保对使用常规燃料及原料的水泥窑生产进行良好控制。尤其应当连续测量、记录和评估所有相关工艺参数。

水泥窑操作员应接受专门培训，特别是与替代燃料和原料的使用相关的要求。对于水泥窑的开停窑或不正常工况，应停止使用替代燃料和原料，还应提供关于如何在这些工况下停止投入替代燃料和原料的书面操作规程，并确保水泥窑操作员知晓。

3.3.3 氯管理

验收替代燃料和原料之前，应认真评估其对挥发性元素（如氯、硫或碱）总投入量的影响，因为挥发性元素可能会导致水泥窑运行出现问题。现场应当根据特定原料和燃料状况以及水泥窑工艺分别规定这些成分的特定验收标准。

在喂料中过量投入氯的情况下，水泥窑会因所处理物料的粘性增加和形成结皮而出现运行问题。为解决此类运行问题，可在直接操作过程中外排窑灰，或者从水泥窑鹅颈管中抽取部分富氯窑气。所产生的中间产物称为窑灰 (CKD) 或旁路灰 (BPD)。

某些情况下，尤其是在美国，市场需要低碱水泥。添加氯会加快碱的挥发。然后由气体旁路系统除去碱和氯，在此过程中会产生旁路灰。如果去除湿法或干法长窑中的碱，则会产生另一类粉尘，称为窑灰 (CKD，中等富集水平)。

在许多国家，可将窑灰和旁路灰添加到水泥中（前提是当地水泥标准允许）。然而，某些情况下，这些粉尘无法完全再使用，因此可能需要填埋。

- 如果无法避免填埋，则应遵守受控填埋的规则。
- 应将旁路灰和窑灰压实以防止风化，并尽量减小外露面。
- 排放废水前应收集并处理。

3.3.4 质量控制和保证

质量预审

针对预处理工厂中任何废物或水泥厂可能使用的替代燃料和原料，应当进行详细的废物/替代燃料和原料质量预审，此过程包含以下步骤：

- 客户识别（废物产生者、废物管理公司）与候选废料（候选来源）。
 - 运输条件（废物代码、运输代码、包装、运输方式、法定要求）
 - 废物目前的许可、运输和管理方式
 - 可能影响未来用户的违规行为或未履行的法律或财务义务。
- 可回收性评估：此废物当前或未来是否可再生利用？此废物若用作替代燃料和原料，是否会与在层级中代表更高优先级的任何再使用、再生利用或物资再生利用作业形成竞争？
- 评估现有信息，例如
 - 关于废物产生的商业活动或过程类型
 - 废物的中间储存或处理
 - 废物的理化特性
 - 健康和安全教育及危害分类（如可用，包括物料安全数据表）
 - 现有库存量和预期交货率
- 对代表性废物样品进行全面检测（来源鉴定分析），至少包括作业许可证和工厂规格中列出的所有化学和物理特性，并与给定指标进行比较。
- 创建候选废物的废物/替代燃料和原料质量管理文件（附件13）。
- 在候选废物验收合格的情况下：关于废物交付的合同和安排，包括商定的废物特性和验收标准。
- 在拒收的情况下，告知客户验收不合格的标准。

验收

应在例行作业的验收环节对每批货物进行管控，以

- 确保符合内部健康和安要求（员工保护）
- 验证所交付的物料符合许可证和工厂规范
- 决定废料是否通过验收
- 保留关于（潜在）未来请求、查询或指控的记录。

全面验收控制包括行政部分和分析部分。行政验收包括：

- ☑ 检查随附文件（废物种类和数量、废物代码、废物来源、承运商、交货日期、运输代码等）
- ☑ 检查废物资质（理化数据、健康和安​​全数据等）。

分析验收包括：

- ☑ 卡车/货物称重
- ☑ 目检
- ☑ 取样（代表性样本）
- ☑ 检验/分析（快速/指纹检验）
- ☑ 货物控制文件与鉴定主文件的比较。

详细控制计划取决于废物或替代燃料和原料的来源和性质，包含有关识别代码、职责、采样点和频率、分析检验种类、检验频率和许可要求的规范。应提供关于采样、分析检验，样品储存、实验室设备管理（校准、维护等）、行政程序和结果验证的书面工作程序，并告知服务人员。

应根据当地法规定期确认和更新验收标准。应提供书面方案和指导，详细说明在不遵守给定规范或规定的情况下将采取的措施。必须将不合格货物告知废物或替代燃料和原料的供应商。

应提供并维护充足的实验室设计、基础设施、采样和检验设备，以进行与废物/替代燃料和原料种类及控制计划相对应的所有必要分析检验。应在规定时间内将试样和检验结果存储或归档。应定期进行实验室间检验，以验证和改进实验室的分析能力。

应根据特定需求以及废物或替代燃料和原料的性质对质量控制人员进行适当培训。应制定书面培训计划和培训记录并保存以备参考。

替代燃料和原料质量控制

如果将废物预处理为替代燃料和原料，则需在预处理工厂定期进行产品控制，以：

- 符合水泥厂的许可证要求和操作规范
- 保证替代燃料或原料的质量稳定，以确保水泥窑稳定运行，产品质量优良
- 保证员工在处置和储存期间的健康和安​​全
- 预防水泥厂环境风险或危害（排放物、废水）。

每批替代燃料和原料在交付水泥厂之前均应接受检查和/或检验。此外，应定期采集用于过程控制目的样品。应针对日常生产的混合样品执行依照《替代燃料和原料质量协议》建立的完整检验程序。如果成品替代燃料和原料的受控批次不符合规定指标，则须对其进行再加工（[参见附件14](#)）。

为了统一固体替代燃料，已制定欧洲固体回收燃料标准（European Standard for Solid Recovered Fuel）。固体回收燃料是由一般废物制备的燃料，一般废物是依照欧洲固体回收燃料标准（特别是EN 15359）的要求而生产。这些标准的主要目的是支持欧洲范围内废物衍生燃料的跨境贸易。

熟料和水泥质量控制

水泥生产活动要求严格控制各种原料的化学成分，其中包括主要成分：氧化钙、二氧化硅、氧化铁和氧化铝，以及其他次要成分，例如亚硫酸根离子（ SO_3^{2-} ）、氧化钾、氧化钠、二氧化钛和五氧化二磷（ P_2O_5 ）。替代燃料和原料的矿物质含量可能会改变熟料特性。应相应调整原料混合物的组成，以保证所需产品质量。



3.4 健康和安全管理方面

原则IV

健康和安全管理 (H&S)

- 从事预处理及协同处置的公司应当制定适当的风险控制措施，以此为员工和承包商提供健康安全的工作条件。
- 具有良好的健康和安全管理合规记录，并将确保环境、健康和安全管理的人员配置、工作流程及系统配备到位

要求10

所有工厂一律实施健康和安全管理体制

- 识别并减小风险应成为健康和安全管理体制的基础。
- 与所有员工共享有关健康和安全的文件和信息，这些文件和信息应成为健康和安全管理措施公开透明的基础。
- 预处理及协同处置设施的设计和建设应保护员工、社区和环境的健康和安全管理。
- 合适的工厂位置、良好的基础设施以及训练有素的员工可以将风险降至最低。

要求11

为每个工厂实施应急响应计划

- 所有预处理及协同处置场所均实施适当的应急响应计划。
 - 成立现场应急响应小组。
 - 定期进行应急演练，邀请包括邻近周边公共干预单位参与其中。
-

3.4.1 风险管理与设计安全

进行预处理及协同处置的同时，应当为所有利益相关方（员工、承包商、社区和客户）创造健康安全的环境。健康和安全的反映整个单位明晰的领导力和个人责任。

不存在零风险，但是可以妥善管理风险。健康和安全的应当基于适当的风险评估以及全面执行一切预防措施。风险评估旨在检查潜在事件发生的概率和严重性/影响。风险评估应由参与设计和选择预处理及协同处置设备的商务人员、废物运输商、预处理工厂、水泥厂和工程师在开展以下工作期间进行：

- 开始设计或改造设施和设备阶段
- 确定废物及替代燃料和原料验收标准
- 制定特定工作许可证（如动火作业、受限空间）的标准
- 制定工业卫生计划
- 确定何时何地需要个人防护用品
- 制定应急响应计划。

从风险评估中获取的数据应当用于确定必须立即优先处理哪些项目或必须将哪些项目优先纳入中期计划。应将已识别的风险和风险减轻计划传达给包括主管部门在内的所有利益相关方。

设计安全是确保健康和安全的最简单但常被低估的方法之一。风险评估是设计安全过程的一部分：

- ☑ 工厂必须拥有所有作业许可证
- ☑ 应妥善选择工厂位置，以最大限度减少对员工和周边社区的风险
- ☑ 应按照预期能力来设计工厂总平面图
- ☑ 应使用保养良好的设备
- ☑ 设计必须符合国际准则、规范和法定要求（如塞维索指令/ 2012/18/EU、ATEX、美国全国防火协会、德国工程师协会、最佳可用技术参考文件等）。

设计结果分析可以帮助确定附加安全措施，例如关键区域或设备的防护层（如防爆门、加固墙、具有备用设备的火灾探测系统）。

3.4.2 健康和安全管理体制

对于任何预处理及协同处置作业，健康和安全管理体制不可或缺。应当向所有员工、承包商及其他利益相关方传达健康和安全的决策信息。健康和安全管理体制的目的是：

- 不断努力改进健康和安全的绩效（如ISO 45001⁶）
- 审核与审查（计划、实施、检查、改进）；管理审查、内部审核、外部审核（如美国职业安全与健康管理局自愿保护计划VPP⁷）
- 建立文件制度（如物料安全数据表、危险作业许可证、培训记录、设备检查和维护记录、许可证、审核结果、环境和医学监测结果）
- 编制任务描述，包括所需个人防护用品
- 为所有员工和承包商提供针对特定工作和任务的健康和安全培训
- 报告所有事故。

6 <https://www.iso.org/standard/63787.html>

7 https://www.osha.gov/dcsp/vpp/all_about_vpp.html

3.4.3 应急响应计划

各工厂应制定、实施和宣贯详细的应急响应计划，以确保快速有效地响应任何紧急情况。应急响应计划应包含：

- ☑ 关于潜在泄漏、火灾和爆炸区域的描述
- ☑ 紧急情况下使用的作业指导书和程序
- ☑ 为所有员工、分包商和访客提供应急响应程序专题培训
- ☑ 紧急情况下的报告和沟通要求。

现场管理人员应确保已制定实施应急响应计划，并与所有员工、有关政府部门及社区等其他利益相关方进行沟通。

在现场设立应急响应小组对于采取紧急措施应对紧急情况的影响至关重要：

- 各工厂应当成立应急响应小组，为其配备装备并提供指导（如消防、遗撒响应）。
- 任务和装备取决于工厂规模、工厂风险以及到最近的公共应急单位（消防队、化学应急小组、医疗部门）的距离。

应当对应急小组进行定期培训，包括周边公共应急单位参与的演习。





3.5 社会方面：包容性与利益相关方参与

原则V

包容性与参与性

- 从事预处理及协同处置的公司应当定期接触公众、有关政府部门及其他利益相关方，并为之进行透明化沟通。
- 开展预处理及协同处置业务，应当考虑到国家的特殊性或当地的需要以及文化背景的差异。
- 从事预处理及协同处置的公司应当与当地现有废物管理价值链中的主体，包括从事非正式废物处理的工人，进行协商与合作。

要求12

实现利益相关方的互利共赢

- 与当地现有废物管理价值链中的利益相关方，包括从事非正式废物处理的工人，进行协商并考虑合作。
- 水泥厂，包括粉磨站和预处理工厂，应在工厂层面成立至少一个“社区咨询小组”。
- 为融入当地价值链，还需对社会维度进行基线和定期重新评估，重点着眼于问题、需求和潜在利益。

要求13

公开和透明是与所有利益相关方沟通和接洽的指导原则

- 主动提供相关信息，以使所有利益相关方都能了解协同处置的目的、背景、参与方的职能和决策程序。
- 本着开诚布公、始终如一的原则建立信誉。语言应与事实及良好绩效相符。避免言行不一。
- 基于相互尊重和信任建立利益相关方对话。利益相关方活动的参与者应当能够表达自己的观点而不必担心受到限制。
- 考虑不同文化环境。
- 确保沟通的连续性；有始有终。

3.5.1 互利共赢与包容性决策

依照固体废物综合管理原则，与引入预处理及协同处置有关的固体废物系统的变化必须在实施变化的特定场所实时为所涉利益相关方创造共同利益。为在项目层面实现共同利益，还应共享项目所有权，而相关方可能需要转变某些初始偏好。原因在于其他关键利益相关方，特别是固体废物系统机构和回收/价值链企业（包括非正规回收商），需要把自己的优先事项和考量因素拿到台面上。由于可能发生经济、社会、技术和政治变化，因此在开展协同处置业务期间，此过程可能永远不会“完成”。将需要针对所实施策略的包容性和有效性进行持续沟通和评估，尤其是在与从事非正式废物处理的工人合作时。

所有利益相关方都应清楚这些共同利益；如果这些共同利益可衡量且能够被记录和监控，则将有所帮助，相关工作可构成社会和环境评估的一部分。



专题9：包容性决策

包容性决策基于决策过程中的双向、透明沟通。应将本指南理解为提出问题和提供可能性，而非提供现成答案。在当地决策过程中可能产生的一些关键问题示例包括：

- 在当地废物服务部门和当地再生利用价值链中，什么是有效的，什么是无效的？

- 正在或可以从废物中回收哪些材料，但目前尚未对其进行再生利用、再使用或降级回收，目前如何处理这些材料？
- 作为围绕预处理的干预措施的一部分，能否稳定再生利用市场的需求与关系？
- 是否有价值链主体正在寻求支持，或者谁能够协助预处理目前不可回收材料？



图片：
印度生物质燃料农民会议

3.5.2 沟通与参与

沟通和利益相关方参与对于从当地社区和其他利益相关方那里获得进行预处理及协同处置的社会“作业许可证”至关重要。沟通活动能够树立意识，传递信息，并且创建论坛，与以下利益相关方组成的庞大网络进行对话：政府机构、民选代表、当地居民、废物产生者、运输商和员工。

作业许可证要求获得所有利益相关方的信任。这样的信任不易获得。只能通过以下方式建立信任：

- 显示您没有需要隐藏的事情（透明度）
 - 显示您非常熟悉主题（专业知识）
- 根据事实证明行之有效的专业实践管理活动（经验）。

一些利益相关方确信预处理及协同处置能够带来“双赢”的可能，其他利益相关方则担心潜在的健康或环境影响。

废物处理部门和水泥行业可以成为社区在完善基础设施、紧急情况或社会发展方面有价值且受人尊敬的合作伙伴。应以开放、无私的方式传达这些机会和优势。

法规、指南及政策可以在生产和科学层面解决这些问题，但是沟通和参与在公众认知中起着至关重要的作用：它在建立和维持与各利益相关方的关系，避免谣言在公众中间及内部传播方面扮演关键角色。

应以有条不紊的方式开展沟通和参与活动。应考虑所有利益相关方及其需求和关切，以达成共识。为有效起见，应尽早计划沟通。

以下方法为沟通和参与活动提供了基本框架。针对特定主题，例如媒体关系、利益相关方关系或危机沟通，各单位需要实施适合现有组织架构和可用资源的适当程序和培训。如有必要，请寻求专业机构或合作伙伴的支持和建议。

现状与利益相关方分析

了解利益相关方的看法、期望和动机是所有沟通和参与活动的基础。实用工具包括舆论调查、对决策者和舆论领袖的访谈以及对媒体报道的分析，用以让别人了解您和您的活动。这方面的分析还会揭示利益相关方需要解决的问题。通过分析利益相关方的立场，您还可以识别潜在盟友及潜在对手。利益相关方是受到、可能受到或者可能感觉自己受到预处理或协同处置或相关活动的影响的个人、团体或机构。他们关注公司，并且能够影响公司活动。

层级	关键利益相关方	参与活动
内部	员工、社区、政府部门、当地非政府组织、非正式拾荒者、当地媒体、客户、分包商	<ul style="list-style-type: none"> • 会议、问答环节 • 研讨会 • 培训
国家	国家政府、非政府组织、客户	公共事务、利益相关方对话、成为成员和合作伙伴
区域	区域政府组织、国际组织区域办事处	宣传活动
国际	国际政府组织（联合国机构）、国际非政府组织、世界可持续发展工商理事会	公共事务、利益相关方对话、成为成员和合作伙伴

表4：
按不同层级所作的利益相关方分类。

不同利益相关方的沟通需求因群体而异。现状分析有助于识别这方面的需求和确定合适的舆论领袖（个人、团体或组织）。促进双向信息交流，以了解和解决合理关切。

应高度重视内部沟通：如果员工不信服且找不到问题的答案，便很难使其他利益相关方信服。员工扮演大使角色，他们应能够让人相信预处理及协同处置活动以专业、透明的方式进行。

目标

需要根据当地和/或国家受众的特点调整沟通目标，例如：

在工厂层面：

- 确保您的员工给予支持
- 赢得邻居和利益相关方的信任，如当地非政府组织、地方政府部门和非正式拾荒者（如适用），并获得或持有“经营许可证”。

在国家层面：

- 增进对废物预处理及水泥行业协同处置的了解，提高对其益处的认识
- 提高对以受控、环境无害的方式管理废物的重要性的认识
- 提请政策制定者关注废物管理问题
- 支持制定和执行适当的监管框架
- 促进接受和支持国际认可的废物预处理及水泥行业协同处置准则

职责与分工

明确分配沟通活动的职责与分工非常重要。在公司内部，应当明确由谁负责与媒体的关系、内部沟通、与政府部门的关系和危机沟通。

主题与信息

关键主题与信息应当基于在先前步骤中收集的信息：它们应当着眼于利益相关方的利益和关切。关键信息应当回答以下问题：内容？原因？方法？它们应当具体，并有事实作后盾。

越接近工厂层面，越应关注“方法”，而非“原因”。废物管理并非大多数利益相关方自然就充分理解的话题。正因如此，应当根据目标受众调整措辞。在普通大众面前发言时，应使用简单易懂的词汇；在专业目标受众面前发言时，则应使用专业术语。编写关于关键问题的资料清单并收集常见问题列表（FAQ），为与不同受众沟通提供基础。

与利益相关方接洽有助于确定问题的优先顺序，减少冲突，并结成联盟。作为回报，公司应当愿意提供时间和资源，并承诺提高透明度。

沟通与参与工具

利益相关方参与是持有作业许可证的基础，因此与利益相关方接洽以管理并整合其期望的工具尤为重要。应当通过预测如何最有效地接触到目标利益相关方来选择沟通和参与工具。

评估

对沟通和利益相关方参与活动的定期评估提供有关其有效性的信息。可通过媒体报道、社区咨询小组反馈或调查进行评估。基于评估结果调整主题、消息和工具，以适应不断变化的环境或提高沟通效率。



表5：
沟通与参与工具概览

	信息共享	参与、咨询和协调	协作与伙伴关系
内部	<ul style="list-style-type: none"> • 新闻邮件 • 布告栏 • 内网 • 信息图 • 视频短片 • 内部简报文件 • 标准报告 • 常见问题资料单 • 网站 • 案例研究 	<ul style="list-style-type: none"> • 会议、问答环节 • 研讨会 • 培训 	
外部	<ul style="list-style-type: none"> • 互联网 • 社交媒体 • 报告、各类出版物、宣传手册 • 广告和赞助 • 信息图 • 视频短片 • 新闻信息（媒体发布、新闻发布会、现场参观） • 资料单 • 标准报告 • 常见问题 • 案例研究 	<ul style="list-style-type: none"> • 会议 • 大会 • 利益相关方对话 • 活动（开放日、现场参观） • 意见/形象调查 • 小组座谈会：小组讨论的研究工具， • 社区咨询小组——协同处置的关键：就不同主题/问题与不同领域的利益相关方持续举行定期会议 • 社区参与：解决实际需求，并为当地社区的发展做出贡献。若要成为好邻居，需要与利益相关方合作，以帮助提高其生活质量 	<ul style="list-style-type: none"> • 伙伴关系项目：汇集资源（如企业、社区、非政府组织、政府），以达成共同的社会或环境目标。 • 与非正式拾荒者合作（联合、能力建设等）



图片：
哥伦比亚博亚卡省
(Boyacá)
的再生利用
和协同处置活动。

案例研究6：哥伦比亚提高对再生利用的认识水平



Geocycle哥伦比亚分公司(当时名为Eco Procesamiento)开展了一项名为“Reciclando y Coprocesado el ambiente estamos cuidando”(“通过对废物进行适当再生利用和协同处置保护环境”)的行动,此项行动是哥伦比亚推广安全管理废物的新替代方案的一部分。此项行动的战略项目包括遵循废物层级和促进再生利用,以及提供有关水泥窑协同处置及其技术优势的信息。

此项行动基于某个环境教育倡议,该倡议鼓励一场博亚卡省多个城市参与的社会运动。主办方开展了多场活动,以加强废物价值链中不同层次人员的承诺。

目标群体包括家庭、学校以及其他私人机构和公共机构,所有参与者一致同意改变习惯,并成为这项积极倡议的一部分。这项倡议包括三个主要部分:

1. 设立回收商并实现正规化运作,推动建设再生利用文化。
2. 制定环境培训程序,鼓励家庭废物源头分类文化。
3. 开展行动;确定源点、收集路线和最终废物处理方案。

博亚卡省五个市,包括蒂瓦索萨(Tibasosa)、菲拉比托瓦(Firavitoba)、科拉莱斯(Corrales)、布斯万萨(Busbanzá)和JAC诺夫萨-拿撒勒(JAC Nobsa-Nazareth),加入这项倡议。该倡议使18,000多人受益,对再生利用行业人员的工作表示认可,为其创造正规就业机会,并且提高公众对再生利用和协同处置的认识水平。透过推动改变、转变观念和鼓励废物源头分类文化的教育和社会过程,此项行动提高了社区居民的环保意识。

教育发挥了平台作用,该平台支持本次行动发起的社会运动,后者涉及整个社区,加强了对废物源头分类和回收的承诺。家庭、学校以及私营和公共机构必须努力改变习惯,并成为变化的一部分。

3.5.3 价值链的关键主体：与非正规部门合作

在几乎每个发展中国家,非正式回收商和拾荒者都是废物管理领域的一部分。多项研究表明,非正规废物处理部门能够在很大程度上支持市政废物管理,但如果不能有效整合,也会对地方废物管理体系产生负面影响。在许多中低收入国家,这部分从业者最多占总人口的1%,通常活跃在价值链最底层。他们如果参与其中,可以将低收入国家的再生利用率提高20%至30%(Wilson等人,2012),并为地方政府节省约20%的废物管理支出(Scheinberg等人,2010)。

大多数非正式回收商通过向再生物料市场销售物资获取收入。在此类市场，价格波动不定，通过中间商提供进入市场的机会。中间商通常以低于市场价的价格购进，因此也能够从销售中赚钱。从事非正式废物处理的工人面临许多严重问题，例如恶劣的工作和生活条件，特别是在垃圾填埋场或露天垃圾堆场或周边工作（和生活）时。工人工作期间通常不会穿戴防护服或防护装备，而是直接接触废物，面临许多职业健康风险。在许多情况下，儿童、妇女和老年人等弱势群体最容易受到这些风险的影响。

关于预处理及协同处置，围绕非正规部门相关工作的讨论尚且不多。有鉴于在试图改进废物和资源管理的同时不可忽视非正式回收商的共识，本节详细阐述了将非正式工人纳入预处理及协同处置方面存在的潜在冲突和机会（Velis等人，2012）。附件16针对与从事非正式废物处理的工人合作并将其纳入正规废物管理体系给出一些一般性原则和指导意见。

与非正规部门合作的协同效应主要存在于废物预处理领域，而非协同处置领域。后者在水泥厂实施，需要实行严格的聘用规定、条例和标准。

- 在某些情况下，新兴经济体中的非正式回收商可能是唯一在分类收集或回收方面拥有丰富经验的本地再生利用专家。他们在工作过程中处理或拒收一系列可回收物，毕竟他们熟悉再生利用价值链中的材料、市场及薄弱环节。因此，合作能够节省时间，提高燃料质量，并且避免在不与他们协商的情况下可能发生的冲突。非正式回收商熟悉本地废物市场，能够提供有关在其特定位置可以或不可出售的废物的信息。而且他们往往知道为何特定材料没有市场及有资格成为替代燃料和原料。
- 废物管理体系完成升级后，非正式回收商将处于危险之中，他们会有兴趣加入其中并寻找新的角色。研究表明，20%的活跃拾荒者可能选择在获得支持的情况下退出非正规就业（德国国际合作机构，2018）。这部分拾荒者通常是正在寻求“退休”活动的老年人（由于身体原因，他们无法继续从事繁重的体力劳动）或者尚未掌握物资销售技能的年轻人。向他们提供培训和就业或许是帮助其退出非正规就业并选择正规就业的一种备选方案。
- 随着预处理及协同处置活动周边社区生活质量的改善，协作能够提升经营者的“社会认可度”。协作有助于建立和深化关系，最终为不会获得或期望获得商业或财务利益的企业增加价值。

然而，拾荒者与预处理商之间可能存在一些冲突：

- 物资竞争——例如，如果一家协同处置商对非正规交易的物资产生需求，这些物资作为替代燃料和原料的成分具有高价值（如轮胎），而且具有再生利用价值（如埃及的鞋履）。在这种情况下，废物层级原则应防止物资进入协同处置环节。
- 达到正式合作标准——从事非正式废物处理的工人可能不习惯在合同协议下进行协作，并且往往具有创业精神。往往需要保持耐心，可以通过与拾荒者合作的废物协会、合作社或非政府组织，使拾荒者更轻松地参与其中，以实现流程正规化。在这种情况下，更容易与聘用以往非正规就业人员的公司或合作社之间建立合同关系。
- 在操作层面，需要制定切实可行的解决方案，以使合作正规化，同时避免声誉风险，并且遵守透明度、反贿赂和反腐败标准（无现金支付）、劳工权利（包括童工）以及健康和安要求。不过，得益于数字支付（移动货币）带来的机会，如今可以更轻松地追踪和监督直接与非正式工人建立的合作。

与非正式回收商在预处理及协同处置领域的潜在活动

- 拾荒者可以在混合废物进入预处理环节之前从中分拣可销售的可回收物，或者直接在预处理活动中发挥作用。在培训支持下，非正式工人能够为水泥厂带来优质替代燃料和原料。可以在垃圾填埋场和垃圾堆场进行分拣，从而回收原本会被处置的物资，同时提高从事非正式废物处理的工人的收入并为其创造更加广阔的前景。
- 适合加工成替代燃料和原料的不可再生利用组分往往会给非正式拾荒者带来成本负担，他们必须寻找处置途径（自费，或通过运往当地垃圾堆场或不当处理）。水泥厂可以是这部分废料的合适承购者。
- 与当地预处理中心及市政当局建立的公私合作伙伴关系可以改善与当地政府及非正式工人的合作，从而建立有保障的物流，并为当地价值链提供更高收入（参见下文埃及案例研究）。



案例研究7：通过公私合作伙伴关系推广使用垃圾衍生燃料（RDF）



图片：
埃及卡柳比亚省
(Qalyubeya) 的分
拣站。



在埃及开罗，拾荒者（Zabaleen）从废物中回收资源的传统由来已久。在卡柳比亚省柯苏斯（Khossoos）的札巴林（Zabaleen的音译）生活和工作区内，残留废物堆积成为一大问题。分拣工作全部完成后，每天有40多吨废物以高热值垃圾的形式散布在大街小巷。为在其他地方处置废物，札巴林承受着沉重的经济负担。此外，这些废物大多在主要道路以及公共建筑和学校附近进行处置。这一问题对札巴林社区的公共卫生构成威胁，并且加剧废物堆积问题。

在德国联邦经济合作与发展部和比尔及梅琳达·盖茨基金会的资助下，德国国际合作机构和拉法基

与札巴林建立了公私合作伙伴关系，以寻找在协同处置设施中使用不可再生利用废物的方法。合作三方为札巴林某正规化公司（El-Ekwa私营公司）提供制度和技术支持，以建立一个实体来收集、分拣和销售制备垃圾衍生燃料的原料。最终，该公司与拉法基埃及分公司顺利签署合同协议，向其供应制备垃圾衍生燃料的材料（合同期5年，每天最多25吨）。该公司参加了专题学习，以充分了解拉法基的质量要求。随着时间推移，在拉法基的持续支持下，该公司能够提供优质材料，并且因此增加收入。这项倡议表明，从废物中提取能量富集的组分未必与促进再生利用冲突。该公司是在对再生利用市场上出售的可回收材料进行分拣后，才为协同处置提供所需材料。这种合作为非正式工人团体带来新商机，并且提升了他们的能力。这项倡议为札巴林创造了40多个新的直接就业机会，并且依照Geocycle标准开展了员工培训。同时，每天能够清除40吨被拒收的废物，这些废物是在分拣过程全部完成后在札巴林社区产生的。

案例研究8：菲律宾某垃圾填埋场的分拣站和拾荒者



在菲律宾怡朗市 (Iloilo City)，德国国际合作机构、豪瑞以及当地市政当局与从事非正式废物处理的工人合作，利用垃圾堆场的机械化分拣工厂分拣可回收物和无效组分，然后将剩余组分作为替代燃料和原料 (AFR) 运往拉法基豪瑞集团当地工厂 (Paul等人, 2012)。在机械化废物分拣工厂进行的3个月测试中，发现在分拣设施处理的废物中，轻质包装占比高达30%。这些包装材料不能在当地再使用或再生利用，但适合作为协同处置所需的替代燃料和原料。测试还表明，若安排两个班次，每班15名工人，每周最多可回收30吨 (Paul等人, 2010)。

与非正式回收商合作，以最大限度地将可回收物从处置环节分流出去，这一做法能够实现双赢。在菲律宾案例中，当地政府在减少废物处置和组织当地拾荒者方面得到支持。当地拾荒者受益于改善的工作条件，通过更高效的物资回收获取额外收入，他们的废物处理工人协会地位得到巩固，并且有机会参加各种培训及获得组织支持。另一方面，豪瑞在市政部门的支持背景下测试了替代燃料和原料的回收情况，以及与替代燃料和原料质量监控相关的程序，还测试了储存和打包系统的设计方案，该系统用以保护打包的替代燃料和原料免受频繁暴雨的影响。在此过程中，豪瑞积累了宝贵经验。基于良好的测试结果，当地政府、豪瑞和废物处理工人协会同意在协议备忘录中正式确立三方工作关系。该备忘录明确了针对联合实施的替代燃料和原料回收工作的规则、流程、职能和职责。然而，以这种方式处理废物的成本更高，导致该项目在融资结束后停止——说明为保证项目可持续性，稳健的融资理念不可或缺。



图片：
怡朗市物料回收厂的
女工。



3.6 经济与财务方面

原则VI

经济与财务

- 预处理及协同处置项目以财务上可持续的商业模式为基础，该模式能够为所有参与其中的利益相关方和当地社区带来价值。
- 应当建立融资机制，确保干预措施在中长期内获得融资。

要求14

基于财务上可持续的商业模式实施预处理及协同处置项目

- 将废物转化为合适的替代燃料和原料需要投资和运营成本，所以应当就预处理及协同处置的财务影响达成共识。
 - 结合一系列现实的融资工具（收税、废物倾倒地费、奖励措施和生产者责任延伸制度）实施污染者付费原则。
 - 废物管理的融资框架应当以废物管理层级为指导，从而奖励推广更多环保方案。
 - 需要在规定的足够长合同期限内就融资达成协议，并且着眼长远，考虑到公平的折旧期和投资回报因素。
-

3.6.1 稳健融资的重要性

在考虑对城市固体废物进行预处理及协同处置的机会之前，市政当局应当能够承担在受控垃圾填埋场收集和处置城市废物的全部费用；应当容易获得用于承担额外费用的其他财务手段。从长远来看，基于污染者付费原则向废物产生者收费的做法可取，而目前管理费用可以主要由市政预算承担。特别是，增加填埋费用能够提高其他废物管理方案的可行性（德国国际合作机构，2017）。

以下图20显示价值链上不同主体承担的不同费用和获得的不同收益，覆盖从城市层面废物管理活动到预处理及水泥厂协同处置的所有环节。收入来自对可回收物的分拣以及水泥厂在协同处置过程中节省的费用，方法是替代更昂贵的传统燃料和原料。整个价值链的费用发生在收集、分拣、运输、预处理、协同处置以及设备和设施的资本支出和运营支出期间。

在理想情况下，仅从替代化石燃料中节省的费用就能够抵消价值链中其他环节的费用。不过，这种情况很少发生，这意味着废物产生者通常必须支付废物管理费。如果废物已被预处理成优质替代燃料和原料，则水泥厂可以为之付费，因为优质替代燃料和原料可以直接代替水泥窑所需的传统燃料和原料。

在价值链上组织融资未必是一件易事。发展中国家的决策者往往希望通过将废物卖给水泥厂来赚钱，而水泥厂往往希望通过使用替代燃料和原料来获得收益，这种情况给沟通造成不必要的困难。市政当局、废物处理部门和水泥公司需要对预处理及协同处置的财务影响达成共识，从而将协同处置确定为废物管理的长期方案，而非偶尔采取的方案。同时，重要的是要考虑运营和维护费用。由于这方面预算不足，废物处理部门的投资项目经常以失败告终。

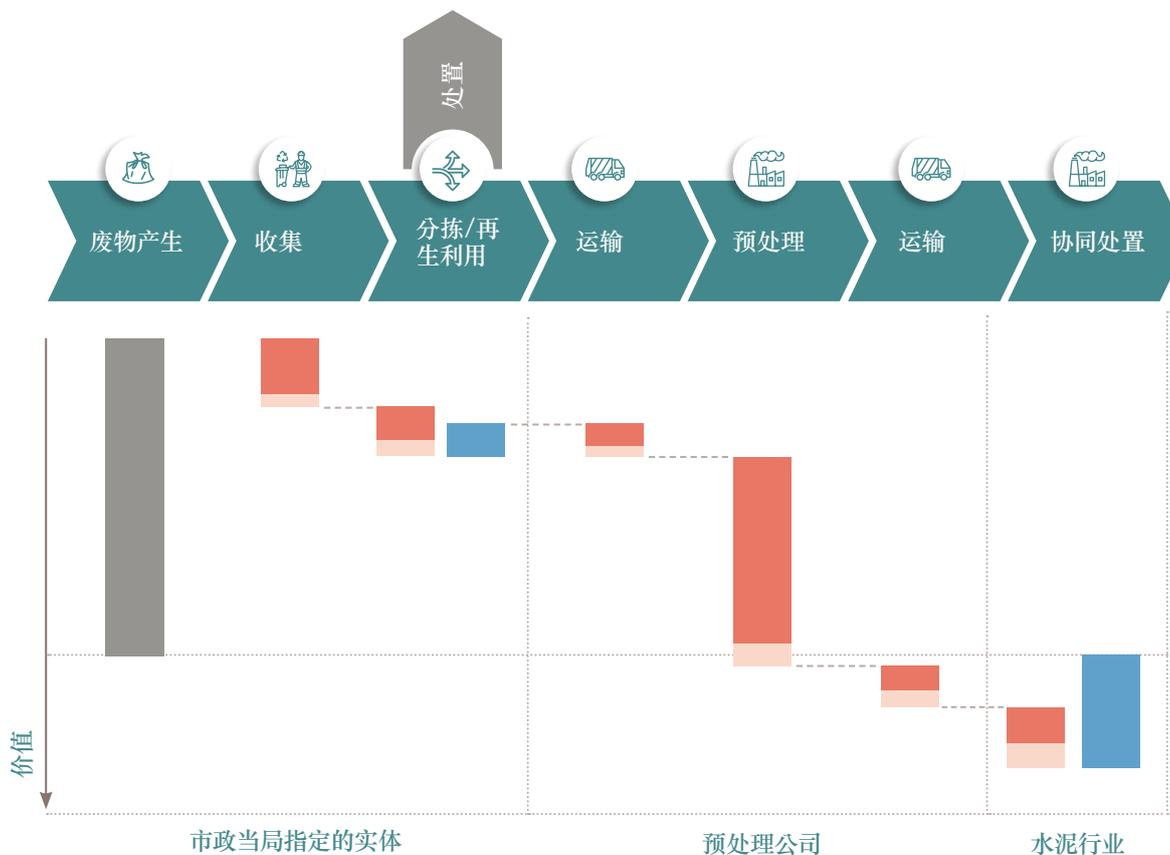


图20: 预处理及协同处置的成本效益瀑布图。

注：实际成本结构可能会有很大差异

中低收入国家的地方政府不太可能同意支付高于垃圾填埋场或受控垃圾堆场成本的处置费。在这些国家，处置费很少高于每吨10美元（或最高25美元）。如果未建立废物处置服务的付费制度或每吨服务费低于10美元，市政当局将很难获得足够的费用来支付水泥生产商处理城市固体废物。政府部门实际上可能希望水泥生产商为废物买单，依据是：如果废物能够在水泥窑中焚烧，则其必然具有一定价值。这种想法站不住脚，因为水泥生产商将替代燃料和原料视为控制成本的一种方式。如果水泥生产商愿意买单，则所付费用可能不只是用于支付预处理的作业成本，这可能意味着要向预处理商付费，而未必是市政当局。

水泥生产商几乎无法改变地方政府部门或国家财政部的这种现状。不过，水泥生产商最好能够以透明、简单的方式传达推销投资成本、运营和维护成本的意愿，并且让政府部门了解替代燃料和原料的使用是否切实节省了传统燃料和原料成本。

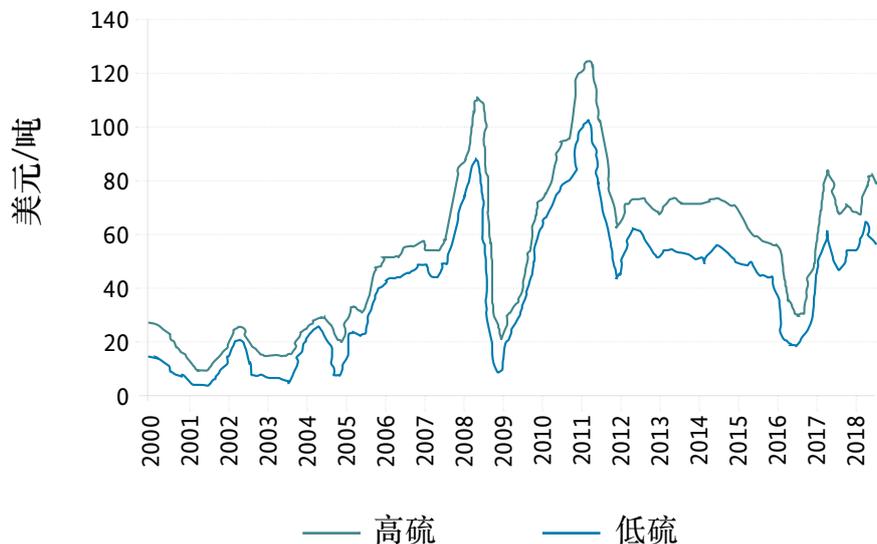
第二步是考虑预处理成本，原因在于，如果为预处理买单（或以包括预处理成本的价格购买替代燃料和原料）对水泥生产商而言不是一种备选方案，则在大多数中低收入国家目前的财务状况下，协同处置将不会被任何一方视为可行方案。

3.6.2 商业案例

预处理及协同处置方面的可行商业案例在很大程度上取决于考虑中的废物替代处置备选方案的费用以及传统燃料和原料的市场价格。为了在财务上吸引水泥行业，考虑到相关风险，预期中燃料和原料成本的长期降低必须能够促进提升竞争力。此外，二氧化碳减排目标和碳交易定价、长期安全获取资源和公众声誉等因素会对投资决策产生积极影响，但尚不是决定性因素。

对于产生废物的行业和市政当局而言，如果没有其他在环境、社会 and 财务方面三全其美的替代方案，预处理及协同处置或许是一个有吸引力的选择。对于预算紧张的市政当局而言，即使很低的附加成本也可能是一大挑战。近年来，化石燃料价格的下降对协同处置的财务吸引力产生重大影响，图21中的石油焦价格走势证明了这一点。

图21:
石油焦价格走势
(资料来源:自制
图表,数据来自
PACE石油焦指数美
国墨西哥湾沿岸,
船上交货 - 不包
括运费)。



附件4给出一个通用商业案例，说明对城市固体废物进行预处理以及随后在运用尖端技术的水泥窑对替代燃料和原料进行协同处置的情况。预处理工厂和水泥窑喂料系统的投资总额为1,400万美元。氯旁路（该案例中已有）另需投资500万美元。通过用垃圾衍生燃料替代32%的石油焦，二氧化碳年排放量将减少约66,000吨，降幅达17%。估算考虑到两个因素：石油焦和城市固体废物的运输、预处理以及替代燃料和原料的协同处置。未考虑通过避免垃圾填埋气体排放减缓温室气体排放的因素。

基于此案例，下图列出根据预期的未来石油焦平均价格在财务上可行的情况下所需的废物到厂价。在长期石油焦商品价格为115美元/吨的例子中，需要对每吨预分拣的城市固体废物收取20美元废物到厂价，以确保没有氯旁路的预处理及协同处置项目的实施过程在财务上可行。因此，垃圾填埋之前的废物倾倒地费应高于此价格。这些数字仅作参考，可能因国而异。

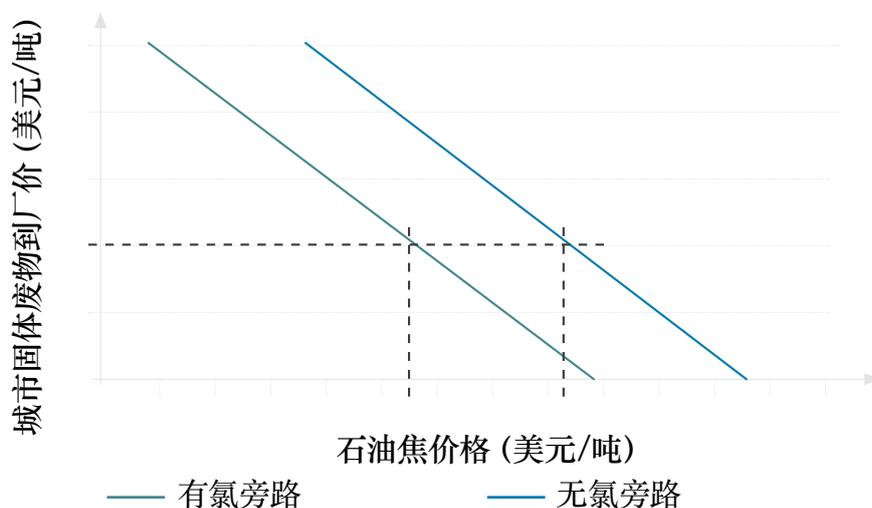


图22: 用以实现预处理及协同处置成本效益的废物倾倒地费取决于传统燃料的预期成本。

投资（资本支出）与运营成本（运营支出）

预处理及协同处置所需的投资水平取决于经过处理的废物和相应所需的预处理水平、使用的替代燃料和原料、替代燃料和原料储存、处理和计量系统，以及水泥窑系统本身所需的升级改造（如氯旁路），以便能够在不影响水泥厂产量和产品质量的前提下对所需数量的替代燃料和原料进行协同处置。

废物	资本支出	运营支出（不包括运输）
废溶剂	500万至1,000万欧元	每吨10至20欧元
废油和工业用油	100万至300万欧元	每吨5至10欧元
预处理废旧轮胎和橡胶废料	100万欧元加基础设施费用	每吨15至40欧元
协同处置废旧轮胎和橡胶废料	100万至300万欧元	每吨5至10欧元
预处理非危险工业废物	500万至2,000万欧元	每吨5至40欧元
协同处置非危险工业废物	100万至1,500万欧元	每吨5至20欧元
城市固体废物	500万至5,000万欧元	每吨10至40欧元

表6: 全球不同废物预处理及协同处置的资本支出和运营支出示例（基于国际金融公司，2017，并用自有数据修改）。



3.7 指南实施

原则VII

指南实施

- 监控和审计系统需要落实到位，以确保顺利实施。
 - 各级能力建设和培训至关重要。
-

本指南针对环境、社会、技术、财务和法律方面提出要求。这些要求不应被视为具有约束力的法律。通过落实这些要求，废物预处理以及水泥厂替代燃料和原料协同处置能够被更广泛地接受。为了落实以上提议的宏大但现实的原则和要求，需要采取循序渐进的方法，具体取决于不同国家的现有框架条件。

经济发展水平、环境意识、优先政治事项、良好治理或文化习惯影响一个国家推进废物现代化管理的动力和时间框架。必须将预处理及协同处置的实施视为这一变革进程的一部分，实施进展因国而异。

应当基于公共与私营部门之间公开透明合作的精神实施本指南。建立这种合作关系无法一蹴而就，需要采取分阶段实施的方法。实施速度取决于特定的政治、社会和法律环境以及现实关键节点的实现情况。

所涉及主体必须至少对废物管理有基本了解，直接参与生产运行、监督监管的主体还须具备预处理及协同处置方面的具体知识。凡是缺少此类技术方案的环节，应在实施过程中首先开展能力建设计划。可依照本指南的结构提供培训。

可在国家废物管理和水泥协会、水泥公司或公共部门的推动下，根据本指南引入预处理及协同处置。无论由谁推动，都应以透明的方式在明确的时间范围内开展工作。





图片：
在怡朗市物料回收
厂举办的社区意见
征求活动。



案例研究9：从指南到实施：菲律宾通过并试点国家协同处置指南

在德国技术合作公司 (GTZ) (现更名为德国国际合作机构GIZ) 的支持下，菲律宾水泥制造商协会 (CeMAP) 与科学技术部 (DOST) 下属工业技术发展研究所 (ITDI) 于2005年共同成立联合机构，支持菲律宾发展废物回收事业。该联合机构的首要目标是针对水泥窑中替代燃料和原料的协同处置制定指南，其次是将这一回收解决方案合法化，以便从城市固体废物中回收合适的废物组分。

从一般指南到实施框架的转变分三大步骤进行：

1. 2006-2008年，水泥协会和政府德国技术合作公司的协助下进行了利益相关方对话，以确定为菲律宾提供的指导方案。
2. 基于该指导方案，各方采取措施制定了支持性法律，环境管理局 (Environmental Management Bureau) 于2010年通过这部法律。

3. 在怡朗市与豪瑞及德国国际合作机构共同实施的一项试点计划中，工作人员检验了指导方案和法规的施行情况，该计划还将非正规部门纳入其中。

为了制定国别指南，联合机构基于2006年德国技术合作公司-豪瑞指南进行了讨论。主要挑战包括激励菲律宾水泥生产商参加试点计划，以及维护利益相关方的承诺和获取必要信息，特别是考虑到水泥生产商存在竞争性作用和利益。2006年项目启动时，菲律宾9家水泥公司经营着17家水泥厂。在2006-2008年的一系列利益相关方会议之后，菲律宾水泥制造商协会最终确定出版关于菲律宾水泥窑协同处置替代燃料和原料的国别指南。

在项目开发期间，显而易见的是，多数市政当局没有意识到协同处置在促进物资和能量回收方面能够发挥的作用。为了给指南提供法律支持，菲律宾水泥制造商协会和德国技术合作公司启动了后续程序，以期菲律宾主管部门——环境与自然资源部 (DENR) 下属环境管理局 (EMB) 审核并通过该指南。这方面的主要挑战，是就将协同处置与其他废物焚烧解决方案区分开来的定义达成一致，特别是考虑到法规明令禁止废物焚烧 (第9003号《共和国法案》，第3章)。联合机构向有关非政府组织澄清了这一问题。最终，环境管理局在2010年接受协同处置作为城市固体废物的一种备选方案，并且发布了部颁行政命令 (DENR-DAO 2010-06)。

3.7.1 能力建设

预处理及协同处置给参与废物管理和水泥生产的不同主体带来挑战。其中包括预处理工厂和水泥厂的经营 者，还包括监管机构以及负责废物管理和环境保护的市政机构。预处理工厂和水泥厂经营者需要了解并控制 预处理及协同处置将对生产过程、环境以及工人健康和 安全产生的所有影响。监管机构也应全面了解这些方 面，以履行其在控制环境和健康和 安全影响方面的作用。市政当局需要了解高效废物管理体系及其成本的相关性。经营者和监管机构应当了解公众对预处理及协同处置潜在负面影响的关切，并且建立高效沟通程序， 以解释其开展的活动并避免冲突。

在一些地方，挑战更加复杂。多数国家都有基本的环境立法程序，但由于缺乏人力、意识或资源，往往未能有 效执法。发展中国家大都缺乏排放监测方法和相关数据评估方面的信息。往往缺少可靠的废物统计数据，而 且未建立追踪废物的文件编制系统。由于废物管理计划的缺失，所以无法从财务和生态角度对废物进行优化 处理。因此，监管机构、预处理工厂和水泥厂的经营者需要建立制度并开展能力建设，以确保环境无害的高 效预处理及协同处置。

本指南的内容能够帮助利益相关方获得预处理及协同处置带来的好处。但本指南不应被理解为一国实施预 处理及协同处置的“复制粘贴”说明，各国都有自己的前提条件和 要求。能力建设有助于本指南适应国别需要 并付诸实施。

当国家和地方决策者决定将预处理及协同处置纳入废物管理体系时，则须调整法律和制度框架。政府和企业 决策者需要深刻了解这方面决定的影响。应当设计全面的能力发展计划，并就具体内容与利益相关方达成一 致。此类计划一般需要涵盖废物管理的法律、技术、社会、环境和财务方面，特别是预处理及协同处置。 为确保预处理及协同处置工作顺利进行，需要值得信赖、训练有素的外部审计师、服务公司人员，以及在废物 管理和水泥制造领域工作的公共和私营部门专家。为保证质量和简化行政机构的工作，最重要的是对运输公 司和预处理工厂经营者、质量控制实验室以及专家进行认证。

废物产生者、非正式拾荒者、运输公司和预处理工厂经营者将参与废物处理和处置，然后将其运往水泥厂。为 保证效率，要求优化物流、废物分类、废物在从源头到最终处置期间的安全处理，以及充足的储运设施。管理 人员和工人需要接受相应培训。许可和监管机构必须专注于自身的协调和执法职能，因此可以依赖外部专业 知识，无需提供所有相关知识和经验。

不过，直接负责许可管控和执法程序的官员应当深谙预处理及协同处置。可能需要进行以下方面的培训：

- 制订废物管理制度
- 收集、验证和阐释现有废物数据和统计数据
- 废物综合管理规划，包括财务和经济方面
- 预处理及协同处置工厂的授权/许可和管控
- 对预处理及协同处置所用新废物进行评估和来源鉴定
- 作业和运输监控（排放分析和数据评估）
- 运输过程中、预处理工厂及水泥厂工人的健康和 安全
- 执行国家法规和许可
- 与利益相关方及公众进行系统化沟通。

预处理工厂和水泥厂不同部门的操作者可能需要在以下方面接受培训：

- 废物分类、废物控制及替代燃料和原料质量
- 依照外部法规和内部标准运行预处理及协同处置设施
- 健康和安全
- 沟通
- 环境（排放）方面监测
- 审核技术和审核方案
- 员工和分包商定期认证。

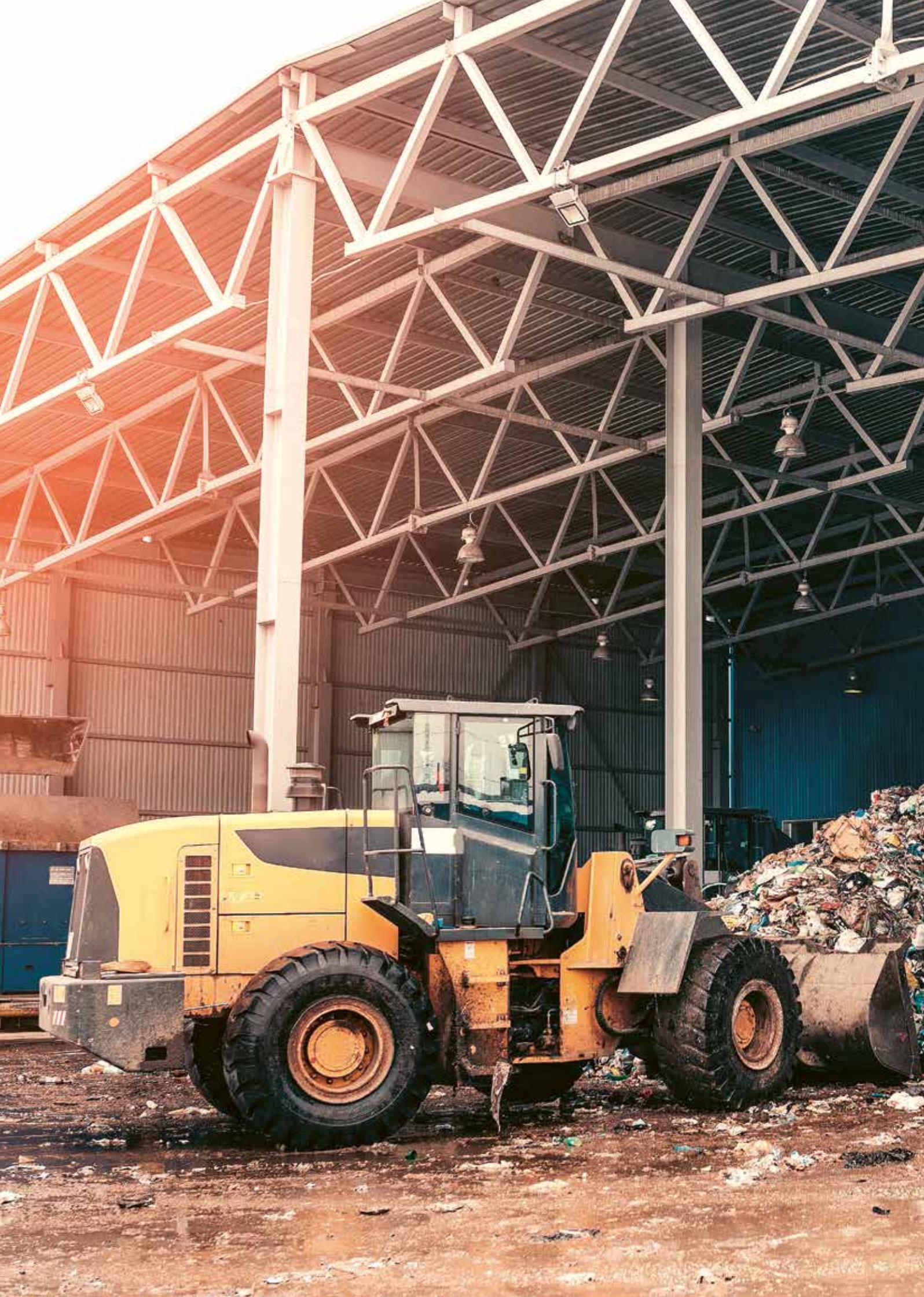
可以通过双边和多边组织（即巴塞尔或斯德哥尔摩等国际公约的国家协调中心）或与其合作开展培训。组织培训的其他合作伙伴可以是水泥协会、专业研究机构和大学（如瑞士西北应用科技大学）。

培训应当针对目标群体。决策者和意见制定者（如政府领导、部长、市政当局、非政府组织）需要全面了解预处理及协同处置，环境主管部门和工厂经营者则需参加深度培训。适当的教学理念应能确保能力建设的长期效果（如研讨会、在职培训、教练式辅导）。

在策划有关预处理及协同处置的初始培训之前，应回答以下问题：

- 现有废物管理体系（如高效废物分类和收集系统、再生利用、受管控的垃圾填埋场）有多先进？
- 存在哪些差距（如适用于环境无害的预处理及协同处置的环境框架）？
- 哪些利益相关方需要能力建设（如政府部门工作人员、非正规部门、预处理工厂或水泥厂经营者）？
- 学员参加能力建设后应具备哪些技能（如废物特性、排放监测、废物统计、健康和安全检查）？







附件

第4部分：附件

附件1	参考文献
附件2	适用于预处理及协同处置的废料清单(包括二氧化碳排放系数)
附件3	预处理及协同处置对二氧化碳排放的影响
附件4	垃圾衍生燃料的预处理及协同处置商业案例
附件5	接受-拒收图表示例(协同处置)
附件6	废物及替代燃料和原料(预处理及协同处置)限值
附件7	将某些废料排除在协同处置之外的理由
附件8	许可证样本
附件9	许可程序
附件10	试烧信息
附件11	废物管理计划结构
附件12	聚焦包容性的空白评估的关键问题
附件13	常用废物的主数据文件模板
附件14	替代燃料和原料质量控制方案
附件15	现状分析——解决方案
附件16	非正规部门融合方法



附件1 - 参考文献

- BREF最佳可用技术参考文件. (2017).** 最佳可用技术 (BAT) 参考文件《废物处理》(Waste Treatment) 工作草案。援引自 <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu>: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/WT/WT_Final_Draft1017.pdf
- Brinkmann等人(2018).**《欧盟委员会联合研究中心关于监测〈工业排放指令〉设施向空气和水中排放的参考报告》(JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations)。欧盟。doi:doi:10.2760/344197
- CIWM英国特许废物管理学会. (2016).** 英国特许废物管理学会和WasteAid UK将编制低成本再使用和再生利用技术指南。英国特许废物管理学会 (CIWM)。援引自 <https://www.ciwm.co.uk/ciwm/news/2016/ciwm-and-wasteaid-uk-to-produce-guidance-on-low-cost-reuse-and-recycling-technologies.aspx>
- CIWM英国特许废物管理学会. (2018).**《从陆地到海洋：如何通过更好地管理固体废物改善全球最贫困人口的生活，并将进入海洋的塑料数量减半》(From the Land to the Sea: How better solid waste management can improve the lives of the world's poorest and halve the quantity of plastic entering the oceans)。
- CSI水泥可持续发展倡议行动组织. (2014).**《水泥制造中的燃料和原料协同处置指南》(Guidelines for Co-processing Fuels and Raw Materials in Cement Manufacturing) 水泥可持续发展倡议行动组织。水泥可持续发展倡议行动组织。水泥可持续发展倡议行动组织 (CSI)，世界可持续发展工商理事会。援引自 http://wbcscservers.org/wbcscpublications/cd_files/datas/business-solutions/cement/pdf/CSI
- CSI水泥可持续发展倡议行动组织. (2016).** Getting the Numbers Right GNR二氧化碳报告项目。水泥可持续发展倡议行动组织。援引自 <https://www.wbcscement.org/GNR-2016/>
- CSI/ECRA水泥可持续发展倡议行动组织/欧洲水泥研究院. (2017).**《水泥制造领域最先进技术发展现状：努力向前看》(Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead)。欧洲水泥研究院与水泥可持续发展倡议行动组织。援引自 <http://www.wbcscement.org/technology>
- De Wit等人(2018).**《循环鸿沟报告：全球经济循环状况分析》(The Circularity Gap Report: An Analysis of the Circular State of the Global Economy)。Circle Economy。援引自Circle Economy：
<http://www.greengrowthknowledge.org/resource/circularity-gap-report-analysis-circular-state-global-economy>
- Directive 2010/75/EU.** (未注明日期) 欧盟《工业排放指令》(IED)。援引自 <http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm>
- EC欧盟委员会.(2008).** 关于废物的第2008/98/EC号指令(《废弃物框架指令》)。欧盟委员会。援引自 <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/>
- ECRA欧洲水泥研究院.(2017).** 协同处置背景下水泥窑的能源绩效评价 (Evaluation of the energy performance of cement kilns in the context of co-processing)。欧洲水泥研究院。
- EPA美国环保署.(2006).** 国家有害空气污染物排放标准。援引自 <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-9>
- EPA美国环保署.(2014).** 《生活垃圾露天焚烧产生的微量气体、颗粒物和有害空气污染物的全球排放》(Global Emissions of Trace Gases, Particulate Matter, and Hazardous Air Pollutants from Open Burning of Domestic Waste)。Environmental Science and Technology, 48(16), 9523-9530. doi: <https://doi.org/10.1021/es502250z>
- EPA美国环保署.(2016).** 援引自 <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/commercial-and-industrial-solid-waste-incineration-units-ciswi-new>
- E-PRTR欧洲污染物排放与转移登记制度.(2006).**《关于实施欧洲污染物排放与转移登记制度的指南文件》(Guidance Document for the implementation of the European PRTR)。节选自 http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/eper/pdf/en_prtr.pdf

European Commission欧盟委员会.(2006).最佳可用技术参考文件《储存排放的污染物》(Emissions from Storage)。欧盟委员会,污染综合防治。援引自 http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/esb_bref_0706.pdf

European Commission欧盟委员会.(2013).最佳可用技术(BAT)参考文件《水泥、石灰和氧化镁的生产》(Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide)。欧盟委员会联合研究中心。doi:10.2788/12850

European Commission欧盟委员会.(2014).迈向循环经济:欧洲的零浪费计划》(Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe)。援引自 <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/circular-economy-communication.pdf>

GCCA世界水泥与混凝土协会.(2018).《世界水泥与混凝土协会水泥制造中的燃料和原料协同处置可持续性指南》(GCCA Sustainability Guidelines for co-processing fuels and raw materials in cement manufacturing)。世界水泥与混凝土协会。

GIZ德国国际合作机构.(2017).《市政废物管理中的废物焚烧方案——发展中国家和新兴国家决策者指南》(Waste to Energy Options in Municipal Waste Management – A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries)。援引自 https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_WasteToEnergy_Guidelines_2017.pdf

GIZ德国国际合作机构.(2018).《将非正式收集者纳入塞尔维亚不断演变的废物管理体系,融合路线图》(Inclusion of Informal Collectors into the Evolving Waste Management System in Serbia, A Roadmap for Integration)。德国技术合作公司,塞尔维亚贝尔格莱德,2018。

IEA/CSI国际能源署/水泥可持续发展倡议行动组织.(2018).《技术路线图:水泥行业的低碳转型》(Low-Carbon Transition in the Cement Industry)。世界可持续发展工商理事会。国际能源署与水泥可持续发展倡议行动组织。援引自 <https://www.wbcsd.org/Projects/Cement-Sustainability-Initiative/Resources/Technology-Roadmap-Low-Carbon-Transition-in-the-Cement-Industry>

IFC国际金融公司.(2016).《释放价值:埃及水泥行业的替代燃料》(Unlocking Value: alternative Fuels For Egypt's cement industry)。2019年1月9日,援引自 https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/aaa24840-cb94-40c6-9ab1-bb0252a6d2fb/IFC+AFR+Report+_+Web_+1-11-2016.pdf?MOD=AJPERES

IFC国际金融公司.(2017).《扩大水泥厂替代燃料的使用规模:国际最佳实践》(Increasing the Use of Alternative Fuels at Cement Plants: International Best Practice)。国际金融公司,华盛顿特区。援引自 https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/bb652356-1d43-4421-b7eb-e0034d8d6b8f/Alternative+Fuels_06+27.pdf?MOD=AJPERES

IMPEL欧盟环境法实施与执行网络.(2015).《为许可而正确行事》(Doing the Right Things for Environmental Permitting)。欧盟环境法实施与执行网络。援引自 <https://www.impel.eu/projects/doing-the-right-things-for-environmental-permitting/>

IRP国际资源小组.(2017).评估全球资源利用:资源效率和减少污染的系统方法》(Assessing Global Resource Use: A Systems Approach to Resource Efficiency and Pollution Reduction)。国际资源小组。援引自 http://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/assessing_global_resource_use_amended_130318.pdf

IRP国际资源小组.(2017).《资源效率潜力和经济影响》(Resource Efficiency Potential and Economic Implications)。国际资源小组。援引自 http://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/resource_efficiency_report_march_2017_web_res.pdf

ISWA国际固体废物协会.(2016).《关闭垃圾堆场路线图,全球污染最严重地方》(A Roadmap for Closing Waste Dumpsites, The World's Most Polluted Places)。

Jambeck等人(2015).《由陆地向海洋输入的塑料垃圾》(Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean)。Science. doi:10.1126/science.1260352

Kaza等人(2018).《什么是废物2.0: 2050年之前固体废物管理全球速览》(What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050)。

McKinsey & Company 麦肯锡. (2013).《低碳经济之路: 全球温室气体减排成本曲线第2版》(Pathways to a low-carbon economy: Version 2 of the global greenhouse gas abatement cost curve)。援引自 <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/pathways-to-a-low-carbon-economy>

Paul等人(2010).《应对气候变化与减贫: 拾荒者回收替代燃料及原料》(Responding to Climate Change and Alleviating Poverty: Recovery of Alternative Fuels and Raw materials by Waste Pickers)。国际固体废物协会世界大会。

Paul等人(2012).《菲律宾地方政府单位的固体废物管理》(Solid Waste Management for Local Government Units in the Philippines)。德国国际合作机构。

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E., & Lenton, T. (2009).《为人类创造安全活动空间》(A Safe Operating Space for Humanity)。Nature. doi: <https://doi.org/10.1038/461472a>

Scheinberg等人(2010).《非正规部门在固体废物管理领域面临的经济问题》(Economic Aspects of the Informal Sector in Solid Waste Management)。德国技术合作公司(GTZ)。埃施波恩: 德国国际合作机构。援引自 <https://www.giz.de/en/downloads/giz2011-cwg-booklet-economicaspects.pdf>

SNIC巴西国家水泥工业联盟. (2019).《水泥技术路线图——巴西水泥行业的碳减排潜力》(Cement Technology Roadmap – Carbon Emissions Reduction Potential in the Brazilian Cement Industry)。

UNEP联合国环境规划署. (2011).《巴塞尔公约》> 实施> 技术援助> 协同处置 (Basel Convention > Implementation > Technical Assistance > Co-processing)。2018年7月16日, 援引自《巴塞尔公约》: <http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Coprocessing/tabid/2554/Default.aspx>

UNEP联合国环境规划署. (2015).《全球废弃物管理展望》(Global Waste Management Outlook)

UNEP联合国环境规划署. (2016).海洋垃圾重要图形。内罗毕和阿伦达尔: 联合国环境规划署与GRID-阿伦达尔。援引自 https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9798/-Marine_litter_Vital_graphics-2016MarineLitterVG.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y

UNEP联合国环境规划署. (2017a).关于汞的《水俣公约》(Minamata Convention)。援引自 <http://www.mercuryconvention.org/>

UNEP联合国环境规划署. (2017b).关于持久性有机污染物(POP)的《斯德哥尔摩公约》(Stockholm Convention)。援引自 <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>

USGS. (2013).水泥统计和信息 (Cement Statistics and Information)。援引自 <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement/mcs-2018-cemen.pdf>

Vanderborght, B., Koch, F., Laurent, G., Stefan, W., Piet, H. H., & Degré, J.-P. (2016).《埃及水泥行业低碳路线图》(Low-Carbon Roadmap for the Egyptian Cement Industry)。欧洲复兴开发银行 (EBRD)。

VDZ 德国水泥协会. (2017a).德国水泥行业环境数据 (Environmental Data of the German Cement Industry)。德国水泥工厂协会, 杜塞尔多夫。援引自 https://www.vdz-online.de/fileadmin/gruppen/vdz/3LiteraturRecherche/Umweltdaten/VDZ_Umweltdaten_2017_DE_EN.pdf

VDZ 德国水泥协会. (2017b).替代燃料和原料研讨会上德国水泥工厂协会的计算结果。

Velis等人(2009).机械-生物处理废物中的生物干化: 过程科学与工程综述 (Biodrying for mechanical-biological treatment of wastes: A review of process science and engineering)。Bioresource Technology。

- Velis等人(2012).** 将非正规回收利用部门纳入发展中国家废物和资源管理体系的分析框架和工具 (“INTERA”) (An analytical framework and tool ('InteRa') for integrating the informal recycling sector into waste and resource management systems in developing countries) 。Waste Management & Research, 39(9), 42 – 66.
doi:10.1177/0734242X12454934
- WBCSD世界可持续发展工商理事会.(2006).** 《水泥行业中持久性有机污染物的形成与释放》 (Formation and Release of POPs in the Cement Industry) 。2019年5月, 援引自<https://www.wbcsd.org/content/wbcsd/download/2426/30097>
- WBCSD世界可持续发展工商理事会.(2011).** 《水泥行业二氧化碳和能源的统计与报告标准》 (CO₂ and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry) 。
- WBCSD世界可持续发展工商理事会/IEA国际能源署, 2012.** (未注明日期).《技术路线图: 印度水泥行业的低碳技术》 (Technology Roadmap: Low Carbon Technology for the Indian Cement Industry) 。国际能源署。援引自http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_cement_in_india_roadmap.pdf
- Wiedinmyer C, Y. R. (2014).**《生活垃圾露天焚烧产生的微量气体、颗粒物和有害空气污染物的全球排放》 (Global Emissions of Trace Gases, Particulate Matter, and Hazardous Air Pollutants from Open Burning of Domestic Waste) 。doi: 10.1021/es502250z. Environ Sci Technol.19;48(16);, 9523-30.
- Wilson等人(2012).** 《20个城市固体废物管理现状比较分析》 (Comparative analysis of solid waste management in 20 cities) 。Waste Management & Research, 30(3), 237-57. doi:10.1177/0734242X12437569
- Wilson, D. V. (2013).** 《发展中国家的可持续废物综合管理》 (Integrated sustainable waste management in developing countries) 。土木工程师学会 (Proceedings of the Institution of Civil Engineers) , Waste and Resource Management, Open access: <http://dx.doi.org/10.1680/warm.166.WR2.52-68>.



附件2 - 适用于预处理及协同处置的废物清单

	热值 (吉焦/吨) ^{8 9}	排放系数 (千克二氧化碳/吉焦) ¹⁰	生物质比例
废油	25 – 36	74	0
轮胎	25.1 – 31.4	85	27%
塑料	21.0 – 41.9	75	0
溶剂	20 – 36	74	0
浸渍锯末	14 – 28	75	20 – 75%
干污泥	8 – 13	110	100%
木材、未浸渍锯末	Approx. 16	110	100%
纸张、纸板	3 – 16	110	100%
动物骨粉	14 – 21.5	89	100%
农业废物	12 – 16	110	100%
垃圾衍生燃料	11.6 ¹¹ 16.8 ¹²	45.9 61	50% 40%

表7:
适合用作替代燃料的废物清单 (包括热值和二氧化碳排放系数)。

8 Antoine Pinasseau, Benoit Zerger, Joze Roth, Michele Canova, Serge Roudier;

最佳可用技术 (BAT) 参考文件《废物处理》(Waste Treatment), 第2010/75/EU号《工业排放指令》(污染综合防治); EUR 29362 EN; 欧盟官方出版物办公室, 卢森堡, 2018; ISBN 978-92-79-94038-5, doi:10.2760/407967, JRC113018, <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

9 欧盟委员会, 最佳可用技术参考文件《水泥、石灰和氧化镁制造业》(The Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries), 2010年5月, 表1.20, <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

10 水泥可持续发展倡议行动组织, 2013, 协议电子表格3.1, <http://www.cement-co2-protocol.org/en/>

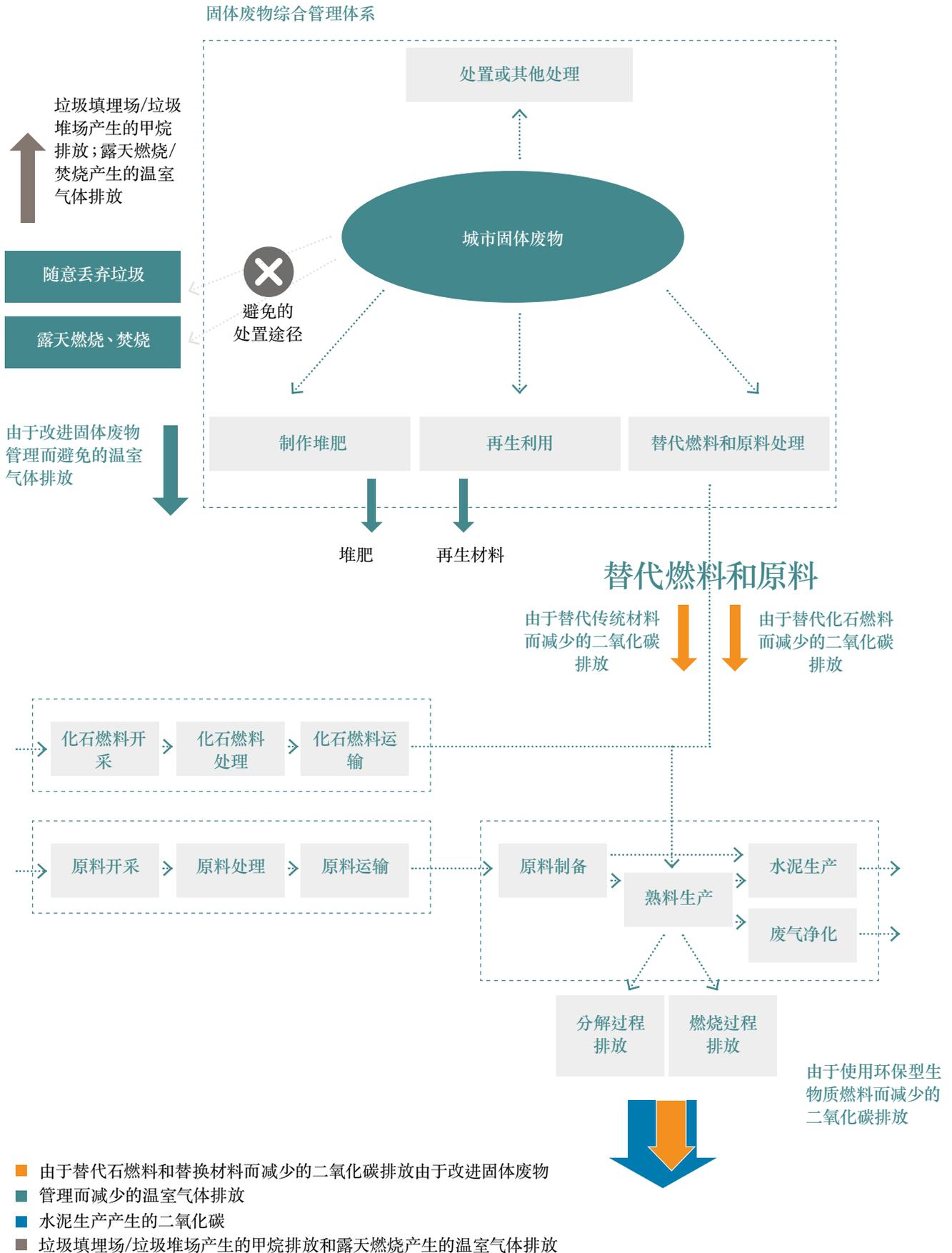
11 清洁发展机制-执行委员会, (清洁发展机制PDD) 中的项目设计文档 - 2010年3月5日版本, Zapotiltic水泥厂替代燃料和生物质项目第10版

12 Therese Schwarzböck, Edi Munawar, Jakob Lederer, Johann Fellner水泥行业中的垃圾衍生燃料——印度尼西亚抑制温室气体排放的潜力, 工程与科学研究与发展国际会议 (ICESRed), <http://www.icesred.unsyiah.ac.id/proceedings/34.%20Schwarzb%C3%B6ck%20et%20al..pdf>

表8：
适合用作替代原料
的废物清单。

废物	有用化合物
粉煤灰	硅-铝-钙
高炉矿渣	铁
硅灰	硅
铁渣	铁
黄铁矿渣	铁
含油土	硅-铝-钙
人造石膏（来自烟气脱硫和磷酸生产）	硫
氟化钙，滤池污泥	钙-氟
红泥	铁
饮用水处理产生的污泥	钙
废铸造砂	铁

附件 3 - 预处理及协同处置对温室气体的影响



附件4 - 垃圾衍生燃料的 预处理及协同处置商业案例

本部分计算了垃圾衍生燃料预处理及协同处置的一般商业案例，以便更好地理解在水泥生产中使用废物作为替代燃料和原料的经济和气候因素。以一家年产120万吨熟料的先进水泥厂为例，年消耗石油焦18万吨，燃烧石油焦产生的温室气体排放量为39万吨二氧化碳（表9和表10）。石油焦从国外进口，经由铁路运至水泥厂。需要采取措施，通过降低石油焦价格提高利润率，同时减少二氧化碳排放（表11）。通过与某国际组织合作，管理层针对垃圾衍生燃料实施了一个协同处置项目，旨在保持企业竞争力，减少温室气体排放，改进市政当局的废物管理。

当地垃圾填埋场每年接收20万吨混合城市固体垃圾。某拾荒者合作社分拣金属、塑料、PET玻璃、纸板等所有有价值的可回收物，此项业务是拾荒者的收入来源。上述国际组织资助了一个由拾荒者合作社运营的初步分拣和回收工厂，该工厂设备包括用于清除有机物的滚筒筛网、用于人工分拣的传送带和用于运输可回收物的厢式货车。每年分拣总量高达12万吨。在水分为50%的条件下，10吉焦/吨的热值太低，不适合协同处置。该机械-生物预处理工厂由水泥厂运营，两地公路距离80公里。预处理操作者还负责将分拣出来的废物从分拣站运至预处理工厂，并向市政当局额外收取废物到厂价。在预处理工厂中，分拣残渣将经过合格处理、干燥和粉碎工序，从而在水分为25%、热值为16吉焦/吨的条件下获得8万吨均质垃圾衍生燃料。垃圾衍生燃料替代水泥厂32%的石油焦（表12）。前期投资1,400万美元，用于建造预处理工厂（包括规划和设计）和水泥窑喂料系统。已有氯气体旁路放风系统，否则需追加500万美元（表15和表16）。

根据投资者规则，任何项目都需要5年回收期。财务评估表明，以现行石油焦价格（114美元美国海湾沿岸指数）和20美元/吨的废物到厂价用计算，动态回收期为5年。市政当局也可本着着眼长远的原则提供这部分资金。此外，33.7%的内部收益率高于此类项目和国家的加权平均资本成本8.5%。（表17）

该项目（不包括石油焦运输）的二氧化碳减排总量为67,500吨/年，是基准的17%（表13和表14）。

水泥窑产能	146万	吨/年	表9： 基准：水泥厂热能消耗假设。
运营效率	82	%	
熟料产量	120万	吨/年	
石油焦消耗基准	117,647	吨/年	
政府间气候变化专门委员会 石油焦二氧化碳排放系数	97.5	千克二氧化碳/吉焦	表10 基准： 运输和燃烧石油焦产生的二氧化碳排放。
二氧化碳热能	390,000	吨二氧化碳/年	
二氧化碳排放基准	395,279	吨二氧化碳/年	
石油焦成本	114	美元/吨	表11： 基准：水泥厂石油焦成本。
燃烧炉石油焦成本（金额）	174	美元/吨	
成本基准	2,040万	美元/年	

表12 项目：城市固体废物残渣（由垃圾填埋场拾荒者分拣）中垃圾衍生燃料的预处理及协同处置。

城市固体废物量，湿 (净热值10 吉焦/吨，含水率50%)	120,000	吨/年
干燥后的垃圾衍生燃料量 (净热值16吉焦/吨)	80,000	吨/年
垃圾衍生燃料热能	128万	吉焦/年
热替代率	32%	
用垃圾衍生燃料替代的石油焦	37,647	吨/年石油焦

表13 项目：
预处理及协同处置的二氧化碳排放量

预处理及协同处置的二氧化碳排放量	61,064	吨二氧化碳/年
------------------	--------	---------

表14 项目：
二氧化碳减排量。

二氧化碳排放基准	390,000	吨二氧化碳/年
减少的石油焦消耗量	32	%
项目二氧化碳减排 (量)	65,736	吨二氧化碳/年
项目二氧化碳减排 (百分比)	17	%

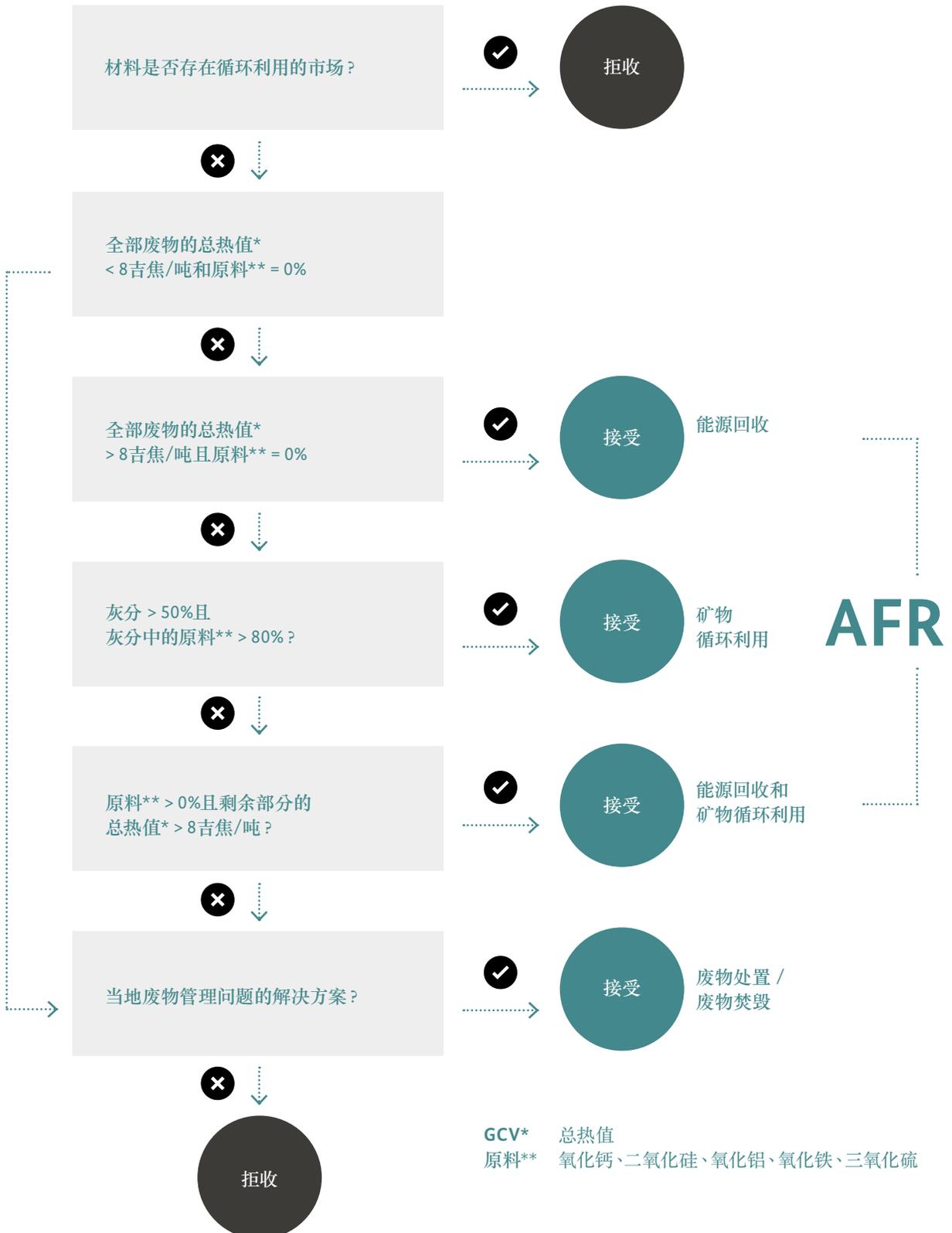
表15 项目：
预处理及协同处置的运营支出 (OPEX)

垃圾填埋场的城市固体废物残渣到厂价 (由市政当局支付)	-20	吨/城市固体废物残渣
垃圾衍生燃料在运输、预处理和投入水泥窑后的总成本，包括废物到厂价 (金额)	8	美元/吨垃圾衍生燃料
垃圾衍生燃料总计 (能量)	0.5	美元/吉焦垃圾衍生燃料

总投资 (包括氯气体旁路放风系统)	1,400万	美元	表16 项目: 预处理及协同处置 的资本支出 (CAPEX)。
加权平均资本成本 (WACC)	8.5	%	表17 项目: 财务参数
项目期限	20	年	
Internal Rate of Return (IRR)	33.7	%	表18 项目: 财务评估结果。
Net present value	27.228 million	美元	

附件5 - 接受-拒收图表示例 (协同处置)

水泥厂经营者接受或拒收流程图



附件6 - 废物及替代燃料和原料限值示例

表19:
奥地利法律、北莱茵-威斯特法伦州(德国)准则和法国许可制度下水泥窑所用废物限值。

Substance	奥地利 ¹³		北莱茵-威斯特法伦州 ¹⁴		法国 ¹⁵	
	带预热器和分解炉的水泥窑中的替代燃料	不是替代燃料的废物	作为加热燃料的废物 [▲]	水泥厂使用的适宜废物燃料的物质投入标准		
	中位数	第80百分位数	中位数	第80百分位数		
限值(毫克/千克干基)						
(奥地利数值换算单位:毫克/千克,假设平均热值为18吉焦/吨。法国换算单位:ppm和%)						
砷	36	54	90	135	13	无
铈	126	180	630	900	120	无
铅	360	648	1350	2430	200-400	6'000
镉	4.14 ¹	8.28 ¹	15.3	30.6	9	无
铬,合计	450	666	1710	2520	120-250	1'000
钴	27	48.6	81	144	12	1'000
铜	无	无	无	无	300-700 ^{▲▲}	2'000
镍	180	324	630	1'080	100	1'000
汞	1.4	2.7	6.8	13.5	1.2	10
铊	无	无	无	无	2	无
锌	无	无	无	无	NA	150'000
锡	无	无	无	无	70	无
锰	无	无	无	无	100-500	1'000
钒	无	无	无	无	25	无
PCB/PCB+PCT*	无	无	无	无	无	50
PCP (五氯苯酚)	无	无	无	无	无	50

13 德文版法令: 联邦农业、林业、环境和水资源管理部及联邦经济、家庭和青年部关于废物焚烧的条例(《废物焚烧条例》- AVV)
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002239>

14 德文版法令: 北莱茵-威斯特法伦州环境、农业自然和消费者保护部, 2005年9月, 《北莱茵-威斯特法伦州水泥、石灰和发电厂废物能量利用指南》(Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen)
https://www.th-owl.de/fb8/fileadmin/download_autoren/immissionsschutz/Interpretation/NRW0509yyLeitEnergVerw02.pdf

15 欧盟委员会, 最佳可用技术参考文件《水泥、石灰和氧化镁制造业》(The Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries), 2010年5月, 表4.18 <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

总氯	无	无	无	无	无	4
∑ 砷+镍+钴+ 硒+碲+铬+ 铅+铋+锡+钒	无	无	无	无	无	10'000
硫	无	无	无	无	无	120'000
其他卤素 (溴化物 + 碘化 物 + 氟化物)	无	无	无	无	无	5'000
碱 (氧化钠 + 氧化钾)	无	无	无	无	无	150'000
磷酸盐 (P ₂ O ₅)	无	无	无	无	无	150'000
*PCB: 多氯联 苯; PCT: 聚氯 三联苯	¹ 对于有质量保证的替代燃料(根据关于废物清单 的德国法令,《联邦法律公报》II第570号/2003,在 当前版本中索引编号91108),适用限值为8.1毫克/ 千克(中位数)和12.6毫克/千克(第80百分位数)(假设平均热值为18吉焦/吨)				▲ 指干基的热值至少为20吉焦/吨 (±20,000兆焦/吨),对于来自 市政废物的高热量部分,其热 值为16吉焦/吨。 ▲▲ 个别情况下因不均匀性导致的 超出限值有效	

附件7 - 将某些废料排除在协同处置之外的理由

1. 放射性废物

放射性废物通常被排除在“传统”废物管理范围外，因此必须依照国际协议实施具体规定。这意味着不能根据市政和工业废物相关规定处理放射性废物，并且必须获得特别许可才能进行处理。各国涉核法律法规中，通常会就这一程序做出规定。水泥厂不适合处理放射性废物。

不过，对于放射性剂量较低的废物（例如来自研究工作、清洁设备或医疗机构的废物）而言，则存在临界情形。根据国际原子能机构和其他组织的建议，多个国家规定，如果某种废物的材料对人体的辐射不超过每年10微西弗，则认定这种废物为低放射性。在这种情况下，可在废物综合管理计划内对处理这种废物给予受限甚至不受限的许可。国际上，在许可程序方面仍然存在很大差异，并且没有统一标准。多数公司和/或政府部门很难提供证据证明始终随时保证10微西弗的阈值，因此建议不要使用任何种类的放射性废物进行预处理及协同处置。

2. 含石棉废物

石棉是富有弹性纤维丝的某些矿物的总称。石棉以独特的耐磨性、耐酸性、耐碱性及高温稳定性而为人所知。由于具有这些特性，石棉广泛应用于建筑和工业领域。石棉纤维可编织在一起或与其他材料相结合，从而制成多种产品。

空气中的石棉纤维很小，无臭无味。它们的长度从0.1微米到10微米不等（一根人类头发丝的直径约为50微米）。石棉纤维细小而轻盈，能够长时间悬浮在空气中。接触石棉时，可能会吸入纤维。一旦吸入，细小的惰性石棉纤维很容易穿透人体防御系统。它们沉积并滞留在气道和肺部组织中，可能会致癌。由于对健康具有负面影响，多数国家早在25年前就已禁止使用石棉。

含石棉的材料可分为以下三类：喷涂或修整过的材料（例如吊顶或墙体），热力系统保温材料（例如锅炉、水和蒸汽管道弯头、三通、配件和管道上的水泥抹面），杂项材料（例如地砖、石膏胶纸夹板、吊顶砖、汽车摩擦产品）。未来，数百万吨石棉产品将被转化为废料，主要集中在发展中国家。并非所有国家都对这种重要废料的处理和最终处置制定了全国性法规。

在 $> 800^{\circ}\text{C}$ 的温度下，含石棉的废物可在配备专门设备的水泥回转窑中处理一定时间。石棉矿物将转化为其他矿物，例如橄榄石或镁橄榄石。因此，从技术角度来看，协同处置可以成为处理石棉废物的一种选择。不过，必须考虑将卫生填埋作为最终处置的最合适方法。这样，可以不受干扰地处置这种材料，并且不会导致有害纤维释放到空气中。只要安全倾倒，石棉废物不会对环境造成进一步的负面影响。随着卫生填埋场可用性和新设施的问题日益突出，将来对石棉进行协同处置的要求可能会增多。不过，在从禁用清单中删除石棉之前，需要展开详细调查，重点调查整个供应链中的职业健康和状况。此外，国家政府部门必须制定实施石棉专项法规。

3. 炸药和弹药

炸药是能够产生爆炸-烟火效果，并瞬时释放大量和气体的任何化合物、混合物或装置，例如硝酸甘油、烟花、雷管、导火线、照明弹、弹药等。出于安全考虑，将其排除在协同处置范围之外。原因是在预处理活动、运输或处理过程中，存在爆炸不受控制的风险，水泥窑中存在发生爆炸反应的风险，并且会对过程稳定性产生负面影响。

4. 自反应性热不稳定化合物

此类化合物所含物质具有特殊危害，因此通常被排除在预处理范围之外。正常工况下，即使没有氧气（空气）参与，这些物质也可能发生强烈的放热分解。其中一些物质会迅速引爆或爆燃，或者能够发生热爆炸，所以应将其与爆炸性材料一视同仁。

例如，过氧化苯甲酰就属于此类物质。作为纯化学品，该物质被视为强氧化剂，可与可燃物剧烈反应（《全球化学品统一分类和标签制度》GHS：A/B类）。不过，当混入面霜（通常5 - 20%）中作为痤疮治疗剂使用时，按照美国职业安全与健康管理局标准认为该物质不可燃。

表20：
自反应物质
分类。¹⁶

危险性类别	自反应物质和混合物/有机过氧化物（两个独立危险类别，具有相同种类，因此归入同一组）				
GHS标签					
GHS分类	A类	B类	C+D类	E+F类	G类
信号词	危险			警告	
H说明	H240：加热可能引起爆炸。	H241：加热可能引起火灾或爆炸。	H241：加热可能引起火灾。		

5. 解剖、传染性和医疗废物

在人类医疗、兽医护理和研究过程中会产生传染性和医疗废物，例如用过的输血袋、被血液污染的绷带、透析器、注射针，以及身体部位和器官。处置工作要求处理、包装和运输过程符合卫生和安全生产规定。

水泥窑内的条件适合处理传染病和医疗废物，但需要在这些废物的供应链中采取专门的健康和安全预防措施。由于无法完全保证所需的健康与安全条件，目前不建议进行协同处置。然而，医疗废物处理不力的问题常年存在，在发展中国家更加突出。众所周知，实行废物源头分类是医疗废物管理工作中最重要的一步，但这项原则并非总是适用。对传染性废物的最终安全储存和最终处置（灭菌或微波）的关注甚至更少。

¹⁶ 洛桑联邦理工学院，2014，《全球化学品统一分类和标签制度》

6. 电子废物

电子废物 (WEEE) 包括计算机及配件、娱乐电子产品、通信电子产品、玩具, 以及白色家电, 如厨房设备或医疗器械。一方面, 电子废物含有对健康和环境有害的物质, 如氯、溴、磷、镉、镍、汞、多氯联苯和高浓度溴化阻燃剂, 其含量往往高于许可证中的阈值。另一方面, 废料中含有大量稀有贵金属, 因此必须竭尽所能对其循环利用。协同处置电子垃圾的塑料件是一种值得关注的选择, 但首先需要拆解和分离。

7. 整节电池

电池可分为汽车电池、工业电池和便携式 (消费类) 电池。汽车电池主要是铅酸电池; 工业电池包括铅酸电池和镍镉电池。便携式电池由通用电池 (主要是锌碳和碱性锰电池)、纽扣电池 (主要是汞、锌空气、氧化银、氧化锰和锂电池) 以及可充电电池 (主要是镍镉、镍金属氢化物、锂离子和密封铅酸电池) 组成。这些物质大多对健康和环境有害。对电池进行的协同处置会导致水泥和排放到大气中的污染物的浓度达到有害程度。此外, 一些电池成分, 如汞、镍或镉, 超过替代燃料和原料的限值。此外, 现已成功引进商业上可行的电池循环利用工厂。

附件8 - 许可证样本

发件人:发证部门收件人:公司

I.

根据本文件,贵公司将被授予生产许可,可在…(地点)…(街道,准确地址)建造和经营一家水泥厂,同时开展废物燃料协同处置业务,水泥产量为…吨/日

II. 工厂组成部分

- 带烟气通道的水泥回转窑,烟囱
- 原料储存
- 燃料储存(传统燃料、替代燃料)
- 破碎机、磨机、冷却机
- 输送设施
- 静电除尘器
- 废物处理、供应站
- ……

III. 申请文件

1. 地形图
2. 施工文件:
 - 索引图
 - 图纸
 - 建筑规范
3. 工厂示意图
4. 设备布置图
5. 工厂和工厂运营情况说明,正常工况
6. 排放情况说明
 - 污染防治技术
 - 排放物和排放量
7. 替代燃料说明:产生、处理、利用设施、供应、质量保证体系
8. 环境评价
 - 大气污染物(例如粉尘、氮氧化物、二氧化硫、重金属、PCDD/PCDF)
 - 噪声
 - 气味
9. 工业和职业健康与安全标准
10. 节能技术和/或措施说明
11. 公共信息说明

IV. 工厂数据

产量 吨/日水泥

传统燃料: 煤粉、燃油

替代燃料: 固体燃料、液体燃料 ……

V. 补充规定

1 大气污染物控制

- 1.1 必须收集所有废气,并以受控方式通过烟囱排放。
- 1.2 排放检测必须满足以下要求。必须
 - 具有代表性和可比性
 - 允许统一评估
 - 允许使用最先进的检测方法对排放限值的符合性进行监测和验证

- 1.3 根据欧盟关于工业排放的第2010/75号指令，废气净化厂的废气排放不得超过以下质量浓度，始终指扣除水分后的标准化条件 (273 K; 1013 hPa)。
- 参考含氧量10%

污染物 (日均值, 单位: 毫克/立方米)	总排放限值*
颗粒排放量 (粉尘总量)	30
氯化氢	10
氟化氢	1
氮氧化物	500
二氧化硫	50**
总有机碳	10**
粉尘成分, 从过滤器中逃逸的金属、类金属及其化合物:	
镉 + 铊	0.05
汞	0.05
锑 + 砷 + 铅 + 铬 + 钴 + 铜 + 锰 + 镍 + 钒	0.5
PCDD和PCDFs	0.1 ng I-TE/m ³

- * 根据“关于工业排放的欧盟第2010/75号指令”规定排放限值，地方政府部门可根据具体情况规定特殊限值
- ** 在总有机碳和二氧化硫不是由废物共同焚烧产生的情况下，主管部门可以授权豁免。

1.4 排放监测:

- 粉尘所含物质、氯化氢、PCDD/PCDF
为监测排放量，应进行单次检测。
如果单次检测结果未超过固定排放限值，则观察排放限值。检测必须每年至少重复一次，并由独立专家进行。
- 粉尘、氮氧化物、二氧化硫
为监测排放量，应安装具有自动评校订功能的连续测量装置。必须记录连续检测的结果。
每年必须请独立专家检测一次测量仪器的功能。
- 一氧化碳 (可由主管部门规定限值)

1.5 合格实验室

为确保检测方法统一、检测结果具有代表性、质量程序具有可比性，应委托合格实验室开展采样和分析工作并完成校准程序。

应与主管部门 (以及受委托实验室，如适用) 协调采样点的位置和配置。

2 废物燃料控制

2.1 监测协同处置废物燃料的质量保证

- 产生点 (生产者)
 - 按类型列出废物
 - 关于废物容许质量和成分的合同协议
 - 以文件形式记录处置数量

- 处理设施 (进料)
- 常规采样和分析, 留存样品
- 以文件形式记录接收和处理数量
- 由独立专家进行常规取样和分析
- 处理设施 (出料)
- 常规采样和分析, 留存样品
- 以文件形式记录出料数量
- 利用设施 (水泥窑、进料)
- 常规采样和分析, 留存样品
- 以文件形式记录进料数量
- 参数调查
- 热值、水分、氯、硫、灰分和灰组分
- 重金属 (镉、铊、汞、铋、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍、钒)
- 多氯联苯、多环芳烃等
- 混合废物中污染物水平最大值、中位值。

协同处置所用废物燃料的污染物限值¹⁷

	中位值 (ppm)	最大值 (ppm)
镉		
铊		
汞		
铋		
砷		
钴		
镍		
硒		
铋		
铅		
铬		
铜		
钒		
锰		
锡		
铍		
氯		
多环芳烃		
硫		
多氯联苯		

¹⁷ 必须由地方政府部门规定

2.3 水泥窑协同处置使用的废物燃料目录

主要废物关键/分类	协同处置燃料描述

3 监控安全燃烧

- 必须使用现代过程控制技术对燃烧过程进行连续监控，
- 必须将用于分析废料的主要参数（热值、化学成分等）连续输入到过程控制系统中，
- 必须依照替代燃料数据编制传统能源管理规定，
- 只能在额定输出范围内，在正常连续运行期间供应废物燃料。

3.1 安全规定

为了监控下列参数，应通过计算机控制逻辑系统将其相互关联，例如：

- 水泥窑窑尾气体温度低于900° C
- 水泥窑出口物料温度低于1250° C
- 一氧化碳含量超过试烧测定值（体积百分比）
- 传统燃料和替代燃料喂料的设定值/实际值比较中不允许的控制偏差
- 生料喂料量少于最大量的75%
- 废气风机前的负压低于额定输出条件下的所需值
- 容许的氧气含量低于要求的检查检测值
- 容许的氮氧化物含量高于500毫克/立方米
- 燃烧器故障
- 粉尘含量超过容许极限。

（此项规定应确保快速检测到对正常运行的任何干扰，并使用适当的响应系统，以防止残渣不受控制地燃烧）

VI. 噪声

至于必须考虑的噪声因素，则应根据周边现有环境确定噪声排放限值。

VII.

污水（如适用）

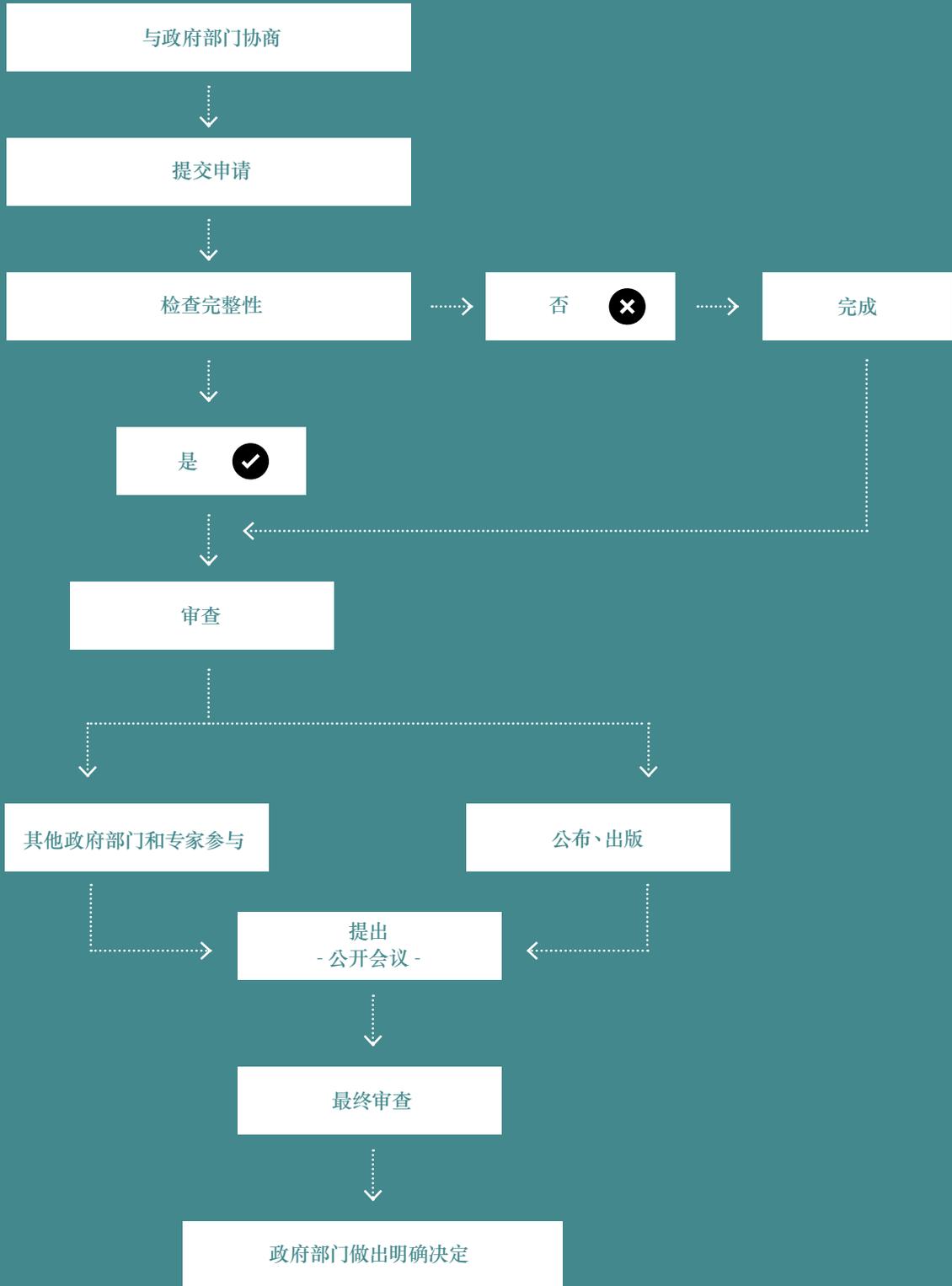
VIII. 理由

（允许协同处置废物的理由）

- 环境评价
- 大气污染控制
- 废物管理、废物层级
- 公众参与。

附件9 - 许可程序

图23: 许可程序流程图。



附件10 - 试烧信息

某些法规和公约要求进行试烧，以验证水泥窑对某些主要有机有害化合物（POHC）的焚毁去除率（DRE）或焚毁率（DE）。

焚毁去除率计算方法为：水泥窑进料中所含主要有机有害化合物的质量减去烟囱排放物中剩余主要有机有害化合物质量，再除以进料中主要有机有害化合物质量得出。焚毁去除率仅考虑向空气中的排放物。焚毁率除空气排放外，还考虑了所有流出物（液体和固体），是验证性能最为全面的方法。

用非危险替代燃料和原料进行试烧不属于法规要求范围，但有时会采用该方法评估工艺过程的表现，以及在将替代燃料和原料投入水泥窑时，对主要气体排放物和水泥熟料质量的影响。此类简化试验通常由水泥厂的工艺工程师利用已安装的在线监控设备和作业过程数据进行。但使用危险化合物进行的试烧要求专业监督和独立验证。

在欧盟，进行危险废物协同处置的水泥窑无需进行试烧，但必须符合《工业排放指令》的排放限值。美国要求进行危险废物协同处置的水泥窑必须进行试烧，以证明对选定危险废物的燃烧性能及废物中主要有机有害化合物的焚毁去除率。试烧必须满足有关燃烧性能的三个关键要求，其中焚毁去除率最为重要：主要有机有害化合物的焚毁和/或去除率必须达到99.99%或更高；持久性有机污染物废物的焚毁去除率须达到99.9999%。其余两项要求与颗粒物和气态氯化氢的排放相关。

受分析仪器的限制，无法验证100%的焚毁去除率。《斯德哥尔摩公约》和《巴塞尔公约》要求对处理持久性有机污染物或持久性有机污染物废物的水泥窑进行焚毁效率测试。考虑到水泥窑温度高、停留时间长、富氧等固有特性，试烧看似多此一举，但是证明水泥窑焚毁性能及其以不可逆转且合理的方式焚毁有害物质能力的唯一方法。而试验的设计和条件至关重要。显示水泥窑焚毁去除效率低于99.99%的早期数据或是来源过时，或是测试设计不当，或者两者兼有。

在该项用于评价环境表现的技术以及相关采样和分析技术发展的早期，曾数次出现所选的主要有机有害化合物不符合所需标准的情况。例如，许多早期测试的一个主要问题是，用于评估焚毁去除率的主要有机有害化合物为通常痕量存在于燃烧传统化石燃料的水泥窑烟囱排放物中的有机化合物。尽管这些不完全燃烧产物（PIC）的排放量非常低，但仍极大地干扰了主要有机有害化合物焚毁率的检测，即，如果在试验中使用的主要有机有害化合物与原料本身常规排放的不完全燃烧产物在化学上相同或紧密相关，则无法正确检测焚毁去除效率。在某些情况下，试验或采样以及分析技术过程中的操作因素会导致焚毁去除效率结果偏低。

美国的试烧许可程序最初旨在确定焚烧炉在可指定的“最坏情况”下的运行效果，但却被认为过于复杂且成本高昂，导致水泥厂业主不愿接受试烧理念。多数情况下，以下替代方法可提供同样的定性信息，即采用“一次性”试烧方法，研究投入合适的危险废物时的焚毁性能，同时结合在不加入危险废物情况下测量“空白”排放量的基准研究，这两个试验均在正常工艺过程运行条件下进行。水泥厂为连续运行，即通常每年运行超过天，

该试验方案结合可行性研究和环境影响评价,可为相关水泥窑的性能提供充分信息。一次性试烧应满足以下条件:

- 有害化合物的焚毁去除效率应至少为99.99%。有条件的应选择氯化芳香族化合物作为试验化合物,因为其通常较难焚毁。持久性有机污染物的焚毁去除效率应达到99.9999%。
- 在空白和试烧条件下,水泥窑的PCDD/PCDF排放限值均应为0.1 ng TEQ / Nm₃。
- 水泥窑应符合现行国家排放限值。

这种性能验证方法结合适当的安全措施、原燃料控制和操作规程,可确保与当前欧盟和美国法规具有相同水平的环境保护效果。

附件11 - 废物管理计划结构

	背景
1	地区内整体废物现状
2	区域性框架法规（如欧盟）
3	国家法规
4	根据废物层级，针对上述第一点说明国家废物政策和普遍原则
5	特殊指标目标设定说明
6	协商过程结果输入
	特殊指标目标设定说明
1	废物量，如： a) 废物 b) 废物来源 c) 废物管理方案
2	上述废物收集与处理方案
3	废物装运
4	组织与融资
5	以往目标评估
	计划
1	制定计划的假设条件
2	废物产量预测，包括总量及各类废物
3	确定以下预测项目目标： a) 废物 b) 废物来源 c) 废物管理方案
4	行动计划，包括实现目标的措施： a) 收集系统 b) 废物管理设施 c) 责任 d) 经济性与融资

表21：
欧盟废物管理计划
要素¹⁹

¹⁹ 欧盟委员会环境理事会，2012，《编制废物管理计划——方法指导说明》（Preparing a Waste Management Plan, A methodological guidance note）http://ec.europa.eu/environment/waste/plans/pdf/2012_guidance_note.pdf

附件12 – 聚焦包容性的空白评估的关键问题

- 关于废物管理，水泥生产者所在社区在哪些方面是有效的，哪些方面是无效的？
- 预处理及协同处置可为哪些关键问题提供潜在解决方案？这些问题的责任人是否认为预处理及协同处置确实是解决这些问题的有效办法？
- 空白评估时，固体废物系统或价值链未收集废物的数量和种类？这些废物流向何方？固体废物系统覆盖不足的缺点和好处是什么？
- 哪些主体已将这些产品（如包装材料）投放市场？
- 这些废物为何未被固体废物管理体系覆盖？
- 这些废物中有多少在短期、中期和长期会进入海洋环境？这部分废物是留在来源国还是进入其他司法管辖区？
- 适合通过预处理成为替代燃料和原料从而在水泥窑中进行协同处置的废物，在何种程度上已经被价值链中的公共或私人主体定价或占有？
- 谁负责清理这些废物并将其从海洋环境中清除？清除费用由谁承担？协同处置方案能够在何种程度上以及在何种条件下提高整个废物管理系统的能力，以防止废物及其组分进入海洋环境？
- 本管辖区中是否已经存在废物预处理及替代燃料和原料生产的分拣或处理基础设施？
- 水泥生产商能够获得处理后的替代燃料和原料从而用于水泥窑协同处置的风险和收益是什么，这些风险和收益是否可以量化和货币化？
- 固体废物系统及其所属机构能够在水泥窑中对具体组分进行协同处置的风险和收益是什么，这些风险和收益是否可以量化和货币化？
- 私人回收价值链企业及其中型、小型、半正规和非正规供应商能够在水泥窑中对具体组分进行协同处置的风险和收益是什么，这些风险和收益是否可以量化和货币化？
- 协同处置或替代燃料和原料的提供应由谁向谁付款，该情形会随着经济情况、价值链中某些组分适销性、生产者对于其产品和保障寿命终止的管理义务，或是未来卫生填埋场或垃圾焚烧发电大规模焚烧炉等正规处置设施的发展等因素产生何种改变？

附件13 - 常用废物的主数据文件模板

替代燃料和原料/废物信息											
					1/4						
名称					来源行业						
废物代码（国家）					豪瑞代码						
潜在类别（和/或）	<input type="checkbox"/> 替代原料 <input checked="" type="checkbox"/> 替代燃料				日期						
来源					用户						
废物产生者	<input type="radio"/>	平台	<input type="radio"/>	工厂	<input type="radio"/>	平台	<input type="radio"/>				
公司					公司						
地址					地址						
联系人					联系人						
电话					电话						
传真					传真						
电邮					电邮						
替代燃料和原料/废物产生过程											
替代燃料和原料/废物产生过程											
主要成分		化学分子式		最小值	平均值	最大值					
替代燃料和原料/废物可用性											
来自生产环节	<input type="radio"/>	吨/年				预计期限					
储存容量					现货	<input type="radio"/>	> 1年	<input type="radio"/>	< 1年	<input type="radio"/>	
企业库存	<input type="radio"/>	存货	吨	成本/吨							
替代燃料和原料/废物交付											
交付时间			运输方式								
全年持续交付	<input type="radio"/>	铁路	<input type="radio"/>	桶	<input type="radio"/>	罐车	<input type="radio"/>				
不定期/季节性交付	<input type="radio"/>	集装袋	<input type="radio"/>	IBC吨桶	<input type="radio"/>	散装车	<input type="radio"/>				
宏观特性											
固体	<input type="radio"/>	最大粒径/毫米			粉尘产生率		高	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	低
		>100	<input type="radio"/>	10-1	<input type="radio"/>	杂物	常见	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	无
		100-10	<input type="radio"/>	< 1	<input type="radio"/>	流动性	高	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	低
		均质		<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	粘性	高	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	低
污泥	<input type="radio"/>	均质		<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	粘性	高	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	低
						杂物	常见	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	无
液体	<input type="radio"/>	水性	<input type="radio"/>	有机	<input type="radio"/>	粘度	高	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	低
		异相			<input type="radio"/>	颗粒物	多	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	无
						沉淀	强	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	弱
其他特性											
其他特性											
颜色	深	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	浅	气味	强	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	无
黑名单废物——不允许作为替代燃料和原料											
不可处理 不可协同处置											
放射性废物	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	电子废物（电子废弃物）				<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否			
含石棉废物	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	整节电池				<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否			
爆炸品和弹药/武器	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	成分未知或不可预测的废物，包括未分类的市政废物				<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否			
解剖医疗废物	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否					<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否			
			<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否					<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	

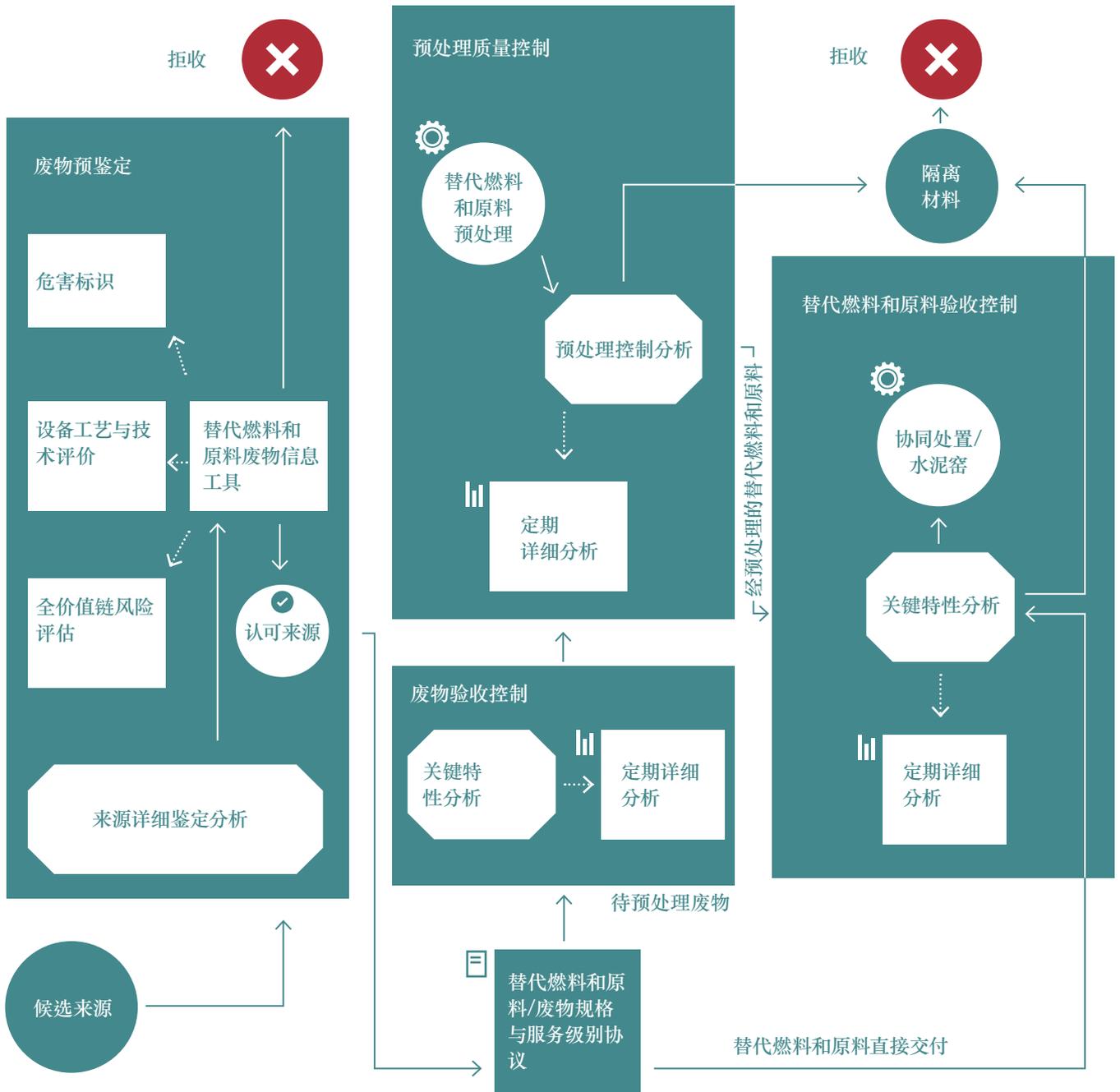
替代燃料和原料/废物信息						理化性能			
名称	0					来源行业	0		
分析实验室						信息来源			
公司						日期	00.01.00		
地址						单样	<input type="radio"/>	混合样	
联系人						取样人			
电话		传真				备注			
电邮									
理化特性									
	最小值	平均值	最大值		最小值	平均值	最大值		
交付时水含量百分比				沸点	°C				
粘度	帕			熔点	°C				
密度	Kg / m ³			...mm筛余	%				
堆积密度	Kg / m ³			...mm筛余	%				
PH值				...mm筛余	%				
水溶性化合物									
有机物特性									
样品制备	风干	<input type="radio"/>	干燥	<input type="radio"/>	其他				
	样品平均值	估计值			样品平均值	估计值			
		最小值	最大值			最小值	最大值		
灰分	%			硫	%				
挥发份	%			碳	%				
高位热值	MJ / kg			氢	%				
低位热值	MJ / kg			多氯联苯	ppm				
闪点	摄氏度			聚氯三联苯	ppm				
总有机碳	%			酚类	ppm				
无机物特性									
样品制备	风干	<input type="radio"/>	干燥	<input type="radio"/>	其他				
矿物成分	最小值	平均值	最大值		最小值	平均值	最大值		
石英	%			其他					
主要氧化物	烧失量	%			微量元素	Cd	ppm		
	SiO ₂	%				Hg	ppm		
	Al ₂ O ₃	%				Tl	ppm		
	Fe ₂ O ₃	%				As	ppm		
	CaO	%				Ni	ppm		
	MgO	%				Co	ppm		
	SO ₃	%				Se	ppm		
	K ₂ O	%				Te	ppm		
	Na ₂ O	%				Cu	ppm		
	TiO ₂	%				Pb	ppm		
	Mn ₂ O ₃	%				Sb	ppm		
	P ₂ O ₅	%				Sn	ppm		
卤素及其他物质	F	%			V	ppm			
	Cl	%			Be	ppm			
	Br	%			Ba	ppm			
	I	%			Mn	ppm			
	CN	%			Zn	ppm			
	NH ³	%			Cr	ppm			

		替代燃料和原料/废物信息		3/4	健康和安全
名称	0	来源行业	0		
材料安全数据表					
有	<input type="radio"/>	无	<input type="radio"/>		
危险性确认					
易燃	<input type="checkbox"/>	刺激性	<input type="checkbox"/>	接触眼睛	<input type="checkbox"/>
腐蚀性	<input type="checkbox"/>	有害	<input type="checkbox"/>	接触皮肤	<input type="checkbox"/>
反应性	<input type="checkbox"/>	毒性	<input type="checkbox"/>	吸入	<input type="checkbox"/>
可吸入	<input type="checkbox"/>	致癌性	<input type="checkbox"/>	食入	<input type="checkbox"/>
反应风险信息					
条件 \ 结果	有毒蒸气	燃烧	爆炸	聚合	凝固
→ 高温	<input type="checkbox"/>				
高压	<input type="checkbox"/>				
水	<input type="checkbox"/>				
空气	<input type="checkbox"/>				
酸	<input type="checkbox"/>				
碱	<input type="checkbox"/>				
氧化剂	<input type="checkbox"/>				
还原剂	<input type="checkbox"/>				
其他	<input type="checkbox"/>				
备注					
个人防护用品					
防酸工服	<input type="checkbox"/>	安全帽	<input type="checkbox"/>	安全手套	<input type="checkbox"/>
全面罩	<input type="checkbox"/>	安全眼镜	<input type="checkbox"/>	半面罩	<input type="checkbox"/>
急救说明					
正确措施					
不当措施					
消防说明					
正确措施					
不当措施					
特别风险/说明					
遗撒说明					
清除步骤					
恢复步骤					
处置步骤					
紧急联系方式					
运输					
危险等级标号		运输代码		废物代码	
备注					

替代燃料和原料/废物信息						工厂处理及应用	
						4/4	
名称	0			来源行业	0		
分类 (见ATR)				HARP*代码 (见ATR)			
实际用量	吨/年			吨/小时 (平均值)		升/小时 (最大值)	
预处理							
干燥	<input type="checkbox"/>	粉磨	<input type="checkbox"/>	筛分	<input type="checkbox"/>	破碎	<input type="checkbox"/>
混合	<input type="checkbox"/>	其他:					
备注							
储存方式							
露天储存	<input type="checkbox"/>	加盖储存	<input type="checkbox"/>	密封地面	<input type="checkbox"/>	非密封地面	<input type="checkbox"/>
储库	<input type="checkbox"/>	筒仓	<input type="checkbox"/>	储罐	<input type="checkbox"/>	储坑	<input type="checkbox"/>
桶	<input type="checkbox"/>	集装袋	<input type="checkbox"/>	IBC吨桶	<input type="checkbox"/>	活动底板储库	<input type="checkbox"/>
其他				储存量:			
备注							
取料							
前悬式装载机	<input type="checkbox"/>	驱动式底部 喂料机	<input type="checkbox"/>	气力	<input type="checkbox"/>	机械卸料	<input type="checkbox"/>
起重机	<input type="checkbox"/>	取料机	<input type="checkbox"/>	其他			
备注							
储存至处理输送方式							
前悬式装载机	<input type="checkbox"/>	起重机	<input type="checkbox"/>	链式输送机	<input type="checkbox"/>	斗式提升机	<input type="checkbox"/>
液压系统	<input type="checkbox"/>	泵类型:		螺旋输送机	<input type="checkbox"/>	带式输送机	<input type="checkbox"/>
气动装置	<input type="checkbox"/>			其他			
备注							
计量方式							
重量测定	<input type="checkbox"/>			体积测定	<input type="checkbox"/>		
皮带秤	<input type="checkbox"/>	冲量流量计	<input type="checkbox"/>	回转阀	<input type="checkbox"/>	带式喂料机	<input type="checkbox"/>
失重喂料机	<input type="checkbox"/>	科氏力流量计	<input type="checkbox"/>	容积泵	<input type="checkbox"/>	螺旋喂料机	<input type="checkbox"/>
转子称重给料机	<input type="checkbox"/>	其他				其他	
备注							
喂料							
原材料破碎机	<input type="checkbox"/>	生料磨	<input type="checkbox"/>	预热器	<input type="checkbox"/>	水泥窑窑尾	<input type="checkbox"/>
预均化堆场	<input type="checkbox"/>	料浆磨	<input type="checkbox"/>	立波尔窑	<input type="checkbox"/>	窑中	<input type="checkbox"/>
料浆库	<input type="checkbox"/>	煤磨	<input type="checkbox"/>	分解炉	<input type="checkbox"/>	主燃烧器附近	<input type="checkbox"/>
其他						主燃烧器	<input type="checkbox"/>
备注							
质量控制							
备注							
利用限制因素							
市场供应状况	<input type="checkbox"/>	搬运问题	<input type="checkbox"/>	喂料能力	<input type="checkbox"/>	成本	<input type="checkbox"/>
主要氧化物	<input type="checkbox"/>	氯化物	<input type="checkbox"/>	微量元素	<input type="checkbox"/>	毒性	<input type="checkbox"/>
水分	<input type="checkbox"/>	许可	<input type="checkbox"/>	其他			

附件14 - 替代燃料和原料质量控制方案

图24:
替代燃料和原料质
量控制方案



附件15 - 现状分析——解决办法

以下研究工具举例说明如何进行现状分析。应尽量选择适合您和您的利益相关方需求的研究工具：

- 上门走访——可能是在社区内建立对于公司的团体精神最为非正式且最有效的方法。
- 访谈——一对一访谈可为您提供关于特定主题的丰富信息，并可根据需要进一步深入了解具体方面。
- 问卷调查——包括当面、电话或邮件问卷。随机选择调查对象获得客观调查结果的关键。
- 需求评估——与少数利益相关方“焦点”小组进行需求评估是获得有关利益相关方需求和期望的有价值信息的正式方法。焦点小组可为内部或外部。进行需求评估是建议采取以下四个步骤。
- 媒体监测——该方法用于衡量企业声誉，包括分析正面、负面或中性的媒体报道，提及次数、报道长度、内容和重点等。随后可采访部分记者获取更多深入信息。

第一步：确定需求评估的用户和用途

- 确定评估实施人员。
- 确定评估用途，如：为战略规划提供依据。



第二步：背景描述

- 生产活动的物理和社会环境如何？
- 何时开始的，或是否刚刚起步？
- 本次是否为初次评估，或者您期望验证自身生产活动的适当性？



第三步：确定需求

- 描述利益相关方状况/问题。
- 针对其需求建议可能的解决方案，分析预期的有效性、可行性和可持续性。



第四步：满足需求并沟通结果

- 根据需求、问题和确定的解决方案建议所需行动
- 向利益相关方沟通评估结果。

附件16 – 非正规部门融合方法

设计整合非正规回收利用部门的行动应遵循基于互惠互利的全面方法，并主要针对市政决策者和预处理经营者。

- 全球合作、国家和地方行动应考虑到现有经验并制定适合当地情况的方法。国家、地方和区域各级废物处理系统的标准应包含纳入非正规部门的规定。
- 废物管理计划和可行性研究设计应允许非正规部门的融合。
- 建立会议和流程，使非正规部门在废物管理方面的作用和贡献可见。
- 调查并跟踪现有非正规定价和服务部门的绩效和影响。
- “未损勿修”原则：应加强行之有效的方面，而不是将其放弃或破坏，转而采用未知的可能有效或无效的方法。
- 修复无效的方面：非正规部门并非每个方面都是积极的，需要认识和解决问题。
- 允许废物的获取：这是一个基本问题，涉及合法的收集和回收利用权以及非正规回收利用部门（IRS）的实际作用，例如提供初次收集服务或在材料回收中心进行二次分拣。
- 考虑轻法规和轻整合：创建低门槛的正规化措施组合，将法规与促进改进相结合。
- 支持非正规回收利用部门的自组织：从自主劳动到团队劳动的过渡始终是一个重大挑战，并且可能伴随着对集体组织的抵制，但是在组织结构形式中拥有可靠的联系伙伴对于与参与正规业务合作关系十分关键。
- 为非正规回收利用部门组织提供能力建设支持，例如：分拣、处理、再生利用技术和增值服务方面的培训；制定可行、可持续的商业策略；提高管理技能（业务管理、会计、市场营销、谈判技巧）；保持职业道德和组织/团队工作。
- 建立在价值链上将正规与非正规部门联系起来的结构：地方政府需要在固体废物系统与正规和非正规的定价部门之间建立结构关系。
- 促进废物产生企业和行业的参与：通过提供财政和非财政支持，鼓励企业投资拾荒者和从事非正规废物处理的工人的社会企业。
- 可负担的技术最为实用和可持续，因此有必要适当降低新的处置和处理技术的技术目标，使其在短期和中期可负担。
- 提供防护服和卫生保健服务等职业健康和安全措施。可以考虑在预处理工厂实施特别措施：提供基本健康保险，培训和数字支付可为激发非正规工作人员的长期合作兴趣提供有效激励。

缩略语

通用缩写

AF	替代燃料
AFR	替代燃料和原料
AR	替代原料
ASR	汽车破碎残余物
BAT	最佳可用技术
BPD	旁路灰
BREFs	最佳可用技术参考文件
CAPEX	资本支出
CeMAP	水泥制造商协会
CIS	独立国家联合体：(亚美尼亚、阿塞拜疆、白俄罗斯、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、摩尔多瓦、俄罗斯、塔吉克斯坦、土库曼斯坦(准成员国)、乌克兰和乌兹别克斯坦)
CKD	窑灰
COD	化学需氧量
CSI	水泥可持续发展倡议行动组织
DENR	环境与自然资源部
DOST	科学技术部
DRE	焚毁去除率
EIA	环境影响评价
EMS	环境管理体系
ESIA	环境与社会影响评估
E-PRTR	欧洲污染物排放与转移登记制度
EU-ETS	欧盟碳排放交易体系
FAQ	常见问题
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz (瑞士西北应用科技大学)
GHG	温室气体
GIZ	德国国际合作机构
GWMO	《全球废弃物管理展望》
GTZ	德国技术合作公司
H&S	健康与安全
IEA	国际能源署
IED	《工业排放指令》
IMPEL	欧盟环境法实施与执行网络
IPCC	政府间气候变化专门委员会
IRRC	综合资源回收中心
IRS	非正规回收利用部门
ITDI	工业技术发展研究所
LCA	生命周期分析
MBT	机械-生物处理
MFA	物料流分析
MIC	混合材
MSW	城市固体废物
NAMA	国家适当减缓行动
NESHAP	国家有害空气污染物排放标准
NGO	非政府组织
OELs	职业接触限值
OPEX	运营成本
POPs	持久性有机污染物
PPE	个人防护用品
PRTR	污染物排放与转移登记制度

PTE	潜在有毒元素
RDF	垃圾衍生燃料
SDGs	可持续发展目标
SRF	固体回收燃料
SWM	固体废物管理
TEQ	毒性当量系数
TOC	总有机化合物
TRI	毒物释放清单
WtE	转废为能
WEEE	电子废物

化学缩写

Al	铝
Al₂O₃	氧化铝
Ag	银
Ag₂O	氧化银
AHC	脂肪烃
As	砷
Br	溴
BTEX	苯、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯
Ca	钙
CaO	氧化钙
CaCO₃	碳酸钙
Cd	镉
CH₄	甲烷
CHC	挥发性氯代烃
Cl	氯
Co	钴
CO	一氧化碳
CO₂	二氧化碳
Cr	铬
Cu	铜
Fe₂O₃	氧化铁
H₂S	硫化氢
HCB	六氯苯
HCl	氯化氢
HF	氟化氢
Hg	汞
K₂O	氧化钾
Na₂O	氧化钠
Mn	锰
MnO	氧化锰
NH₃	氨
Ni	镍
NO_x	氮氧化物
O₂	氧
P	磷

PAH	聚芳烃
Pb	铅
SiO₂	氧化硅
Tl	铊
TCM	四氯甲烷
TCE	三氯乙烯
Sb	锑
PAH	多环芳烃
PCB	多氯联苯
PCDF	多氯二苯并呋喃
PCDD	多氯二苯并对二恶英
Pb	铅
SO₃²⁻	亚硫酸盐
SiO₂	二氧化硅
SO_x	硫氧化物
TCDD	2,3,7,8-四氯二苯并-对-二恶英
TiO₂	二氧化钛
TOC	总有机碳
SO₂	二氧化硫
V	钒
VOC	挥发性有机化合物
Zn	锌

单位

Gt	十亿吨, 1,000,000,000吨
KJ/GJ	千焦、吉焦
Mt	兆吨, 1,000,000吨
t	公吨。在本文件中,“吨”指公吨(1000千克)。

术语表

替代燃料和原料 (AFR)

熟料生产所需原燃料，来自能提供热量和原料的废物。

ATEX

关于潜在爆炸性环境中使用的设备和保护系统的欧洲指令

能力发展

能力发展是增强个人、组织、公司和社会有效及高效利用资源的能力的过程。在本指南的范围内，能力建设首先包括知识、经验、技能和价值的转移。能力建设包括管理制度的完善和网络的扩展。在冲突情形下进行变更管理和调解是制度建设的重要组成部分。

资本支出 (CAPEX)

资本支出用于购买处理废物所需的基础设施、机械、车辆和设施。

运营支出 (OPEX)

运营支出 (OPEX) 产生于以一定容量运行基础设施、机械、车辆和设施的过程中。其中包括薪水、电费、辅助材料、燃料、维护、环境成本、运行健康与安全成本、监测替代燃料及原料组成和质量的实验室分析、保险费、税金等。出于比较原因，这些成本按年或吨为单位表示，考虑产能、利用率和资本成本（即利率）因素。

熟料

水泥生产中的半成品，通过石灰石分解、煅烧和冷却而制成。

混凝土

通过搅拌水泥、水和骨料而制成的材料。水泥起到粘结剂的作用，混凝土中水泥含量的平均占比约为15%。

企业社会责任 (CSR)

企业携手员工及其家人、当地社区和整个社会提高生活质量，为可持续发展做出贡献。

粉尘

对设备除尘后的清洁气体粉尘总量。（就水泥窑主烟囱而言，95%以上的清洁气体粉尘达到PM10标准，即小于10微米的颗粒物 (PM)。）

生态效率

降低生产活动的资源强度，即相比产出，物料、自然资源和能源的投入：基本上以少做多。

电子废弃物

电气和电子设备产生的废弃物，包括废弃时属于产品一部分的所有零部件、组件和耗材（根据欧盟指令2002/96/EC，自2003年1月起采用的定义）。

末端应用

未被再利用但被填埋在垃圾填埋场中的混凝土碎块（“末端”）。

生产者责任延伸 (EPR)

一种环境政策方法，由生产者承担收集或回收废旧商品，并通过分类和处理实现其再生利用的经济和/或组织责任。

化石燃料

水泥行业传统上使用的不可再生碳基燃料，包括煤炭和石油。

工业生态

通过模仿自然生态系统的各个方面提高工业系统效率的框架，包括将废物转化为投入物料；一个行业的废物变成另一个行业的资源。

水泥窑

大型工业窑炉，用于生产水泥制造过程中所用的熟料。在本报告中，“窑炉”特指回转窑。

浸出

通过一种或多种物理化学传输机制，由溶浸剂（去矿化水或其他）将固体材料的无机和/或有机成分萃取到渗滤液中。

损失工时事故

与工作有关的伤害。发生此类伤害后，伤者无法工作至少一个完整班次或一个完整工作日。

职业健康与安全 (OH&S)

促进和保障所有员工、分包商、第三方及访客的健康和安全的政策和活动。

质量

质量是一组固有特性满足要求的程度（根据ISO 9000定义）。

塞维索指令

关于环境风险应急与处置技术的欧洲指令。

利益相关方

能够影响组织或其活动或受其影响的群体或个人。

利益相关方对话

利益相关方参与正式和/或非正式协商进程，以探讨利益相关方的特定需求和看法。

废物

持有者丢弃或打算或被要求丢弃的任何物质或物品。

出版说明

出版机构：

德国国际合作机构 (GIZ)
Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn
Germany 德国
T +49 228 4460 – 0
E info@giz.de
I www.giz.de

合作机构：

拉法基豪瑞集团 (LafargeHolcim)
Im Schachen
5113 Holderbank
Switzerland 瑞士
T +41 58 858 52 82
E groupsd@lafargeholcim.com
I www.lafargeholcim.com

瑞士西北应用科技大学
生命科学学院生态创业研究所
(University of Applied Sciences and Arts Northwestern
Switzerland School of Life Sciences Institute for Eco-
preneurship)
D. Mutz, D. Hengevoss
Hofackerstrasse 30
4132 Muttenz
Switzerland 瑞士
T +41 61 228 55 77
E info.lifesciences@fhnw.ch
I www.fhnw.ch

公共部分由以下机构提供资助：



作者

Michael Hinkel (拉法基豪瑞集团)、
Steffen Blume和Daniel Hinchliffe
(德国国际合作机构)。
Dieter Mutz和Dirk Hengevoss
(瑞士西北应用科技大学)

截至

2020年1月

图文排版设计

creative republic, 德国法兰克福

图片

© Shutterstock
© 2020, 德国国际合作机构 (GIZ), 德国埃施波恩 (Eschborn)
© 2020, 豪瑞技术有限公司 (Holcim Technology Ltd), 瑞士苏黎世
© 2020, 瑞士西北应用科技大学, 瑞士穆顿兹 (Muttenz)
© 2020, Andreas Lindau (geocycle): 第23页

印刷

Druckerei Lokay e.K., 德国赖恩海姆 (Reinheim)

德国国际合作机构和拉法基豪瑞集团谨向为本指南做出贡献的所有专家，包括作者、审稿人以及提供其他宝贵意见的人士，表示衷心的感谢，并且感谢德国联邦经济合作与发展部为本项目的公共部分提供资助。

