

報告

水泥行業替代燃料產業化發展的 機制研究



作者：

趙旭東 范永斌

夏凌風 張 瑤 葉寒韻



中国水泥协会是经民政部注册登记的一级社团法人单位，会员由水泥制造和经营企业，相关科研院所、大专院校、社会组织以及与水泥行业相关的专业机构组成，现有会员单位企业约 900 余家。协会以服务政府、服务企业、服务行业、服务社会为宗旨，业务范围涵盖有产业政策研究、市场分析研究、行业科技发展、党建和行业文化、国际合作交流等。协会积极参与行业政策研究与制定，推动行业技术创新，构建行业绿色发展标准化体系，引领水泥行业绿色高质量发展。

课题编写人员：

赵旭东 中国水泥协会
范永斌 中国水泥协会
夏凌风 中存大数据
张 瑶 中存大数据
叶寒韵 中存大数据

感谢自然资源保护协会专家为报告提供的宝贵建议。

所使用的方正字体由方正电子免费公益授权

封面图片 | 图源：eleonimages/Freepik

目录

摘要	1
第一章 我国水泥行业替代燃料应用现状.....	3
1.1 燃料替代技术定位.....	3
1.2 替代燃料项目模式.....	4
1.3 替代燃料产业化现状.....	7
第二章 替代燃料产业化发展难点剖析.....	9
2.1 资源竞争非市场化.....	9
2.2 政策环境不完善.....	10
2.2.1 政策体系不健全.....	10
2.2.2 政策支持力度不足.....	10
2.2.3 监管政策一刀切.....	11
第三章 替代燃料产业化发展对策.....	12
3.1 资源竞争非市场化对策.....	12
3.2 完善政策支持体系.....	12
3.2.1 完善政策规划与标准规范.....	12
3.2.2 加大政策扶持力度.....	13
3.2.3 替代燃料分类管理对策.....	13
第四章 建议.....	15
4.1 推动替代燃料产品概念形成（到2027年）.....	15
4.1.1 明确产品定义与分类标准.....	15
4.1.2 建立具有权威性和行业认可的替代燃料管理、标准体系.....	15
4.1.3 推动替代燃料脱离固废管理范畴.....	16
4.1.4 加强政策引导与宣传推广.....	16
4.2 推动替代燃料产品化发展（到2030年）.....	17
4.2.1 完善产业标准体系.....	17
4.2.2 加强产业政策支持.....	17
4.2.3 建立健全监管体系.....	18
4.2.4 促进产业协同发展.....	19
4.3 开发替代燃料产业化发展数字化工具.....	20
参考文献.....	22

摘要

2020年9月22日，习近平主席在第75届联合国大会上承诺，中国将力争在2030年前达到碳排放峰值，并于2060年前实现碳中和。为实现这一目标，中共中央、国务院于2021年9月发布了《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，指导各地方和行业制定顶层设计并落实重点工作。随后，国务院于2021年10月印发了《2030年前碳达峰行动方案》，明确了实现碳达峰的要求和任务。根据该方案，到2025年，非化石能源消费比重将达到20%左右，单位GDP能耗下降13.5%，碳排放下降18%。到2030年，非化石能源消费比重将达到25%左右，单位GDP碳排放比2005年下降65%以上，以确保实现碳达峰。

中国水泥协会通过政策分析、减排技术潜力和行业预测，预测了2025年至2060年水泥行业的碳排放情况。预计到2060年，水泥碳排放强度将为31kg CO₂/t。其中，碳捕集及封存（CCS）技术对减排的贡献最大，占40.8%；其次是燃料替代技术，占28.5%；低碳水泥技术贡献18.9%。由于政策环境、原料来源和技术推广应用的限制，目前我国燃料替代技术对水泥行业减碳的贡献度较低。随着政策完善和技术进步，未来替代燃料的使用将会增多，对水泥行业减碳起到重要支撑作用。

燃料替代技术是指利用具有一定热值的废弃物或生物质为代表的可再生能源等替代传统化石燃料，减少二氧化碳和部分有害气体的排放，实现低碳环保的技术。其中，用作非常规性燃料的材料或物质，可称之为替代燃料^[1]。本课题研究的替代燃料主要是基于废弃物，包括从市政、工业和农林等来源的废弃物，通过加工制备等工艺得到的用以替代传统化石燃料，同时满足热量需求和生产质量要求的可燃物。

我国水泥工业在燃料替代技术研究方面起步较晚，现阶段主要采用水泥窑协同处置固废技术。该技术作为一种固废处理方式，具有碱性环境高温处理、无二次废渣等优势，能够实现固废无害化、减量化和资源化的处置目标。然而，协同处置主要针对废物无害化处理，而非完全的燃料替代，加之存在政策壁垒，例如审批难、跨区域运输不便等管理情况，直接影响了我国水泥行业替代燃料产业化发展进程。

本研究通过对部分水泥窑协同处置项目实地走访，与水泥企业深入交流，探讨水泥窑协同处置项目面临的困境和可行解决方案；通过对全国替代燃料相关政策以及浙江、广东、安徽和河北等典型省份相关政策的调研分析，深入剖析替代

燃料产业化发展的政策困境，探索替代燃料产业化发展所需的合理政策机制，提出相关建议。

报告强调，我国替代燃料产业化发展仍在初期阶段，产品概念尚未成型。技术问题已不再是水泥行业替代燃料产业化发展的主要瓶颈，资源和政策维度是影响替代燃料产业化发展面临的主要难点。报告从这两个维度出发，对我国替代燃料产业化发展难点进行了剖析，指出根本原因在于考核政策导致的非市场化资源竞争和不完善的政策标准环境。

基于上述难点，报告提出了相应对策，核心在于明确替代燃料产品概念、资源化属性特征以及替代燃料分类管理规则，并根据亟需和进一步完善工作时间表，提出明确的政策建议。最后，课题组提出建议开发数字化工具平台，为主管部门监管、分析、预测产业信息及风险预警、决策提供数据支撑。

第一章

我国水泥行业替代燃料应用现状

国际上，水泥行业通常用热值替代率（Thermal Substitution Ratio，简称TSR）来表征替代燃料替代比例，即指熟料煅烧过程中消耗的替代燃料热量占窑炉内燃料总热量的比例。从热量替代率这一关键指标来看，欧洲水泥行业在替代燃料应用方面较为领先，平均TSR为53%。德国水泥行业TSR为71.6%^[2]，部分国家如波兰、捷克、奥地利的替代燃料TSR更是高达76%。根据调研，我国水泥行业在替代燃料使用量的统计方法方面，尚未形成类似TSR的统一认知，各企业有不同的统计办法。例如：华润建材科技披露，全年累计使用替代燃料（含固废）69万吨，节约实物煤约40万吨，替代率达5.55%^[3]；华新水泥披露，2023年国内窑线替代燃料能源占一次能源消费比重已达到22.8%，集团合并（含海外）达到20%^[4]；金隅集团冀东水泥披露，2023年利用生物质、胶粉、生活垃圾、污泥及其他含热值废弃物283.7万吨，热量折合标准煤61.0万吨，水泥业务综合燃料替代率8.08%^[5]；海螺水泥披露，截至2023年，替代燃料使用量累计达到242万吨，占煤炭使用量约8%^[6]。整体而言，我国水泥行业TSR对比欧洲水平还处于较低的阶段，约为5%。

1.1 燃料替代技术定位

现行政策下，我国燃料替代技术在规范、标准管理上，仍是按照水泥窑协同处置技术来对待。2004年12月，《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，定义了“处置”、“利用”的概念。处置，是指将固体废物焚烧和用其他改变固体废物的物理、化学、生物特性的方法，达到减少已产生的固体废物数量、缩小固体废物体积、减少或者消除其危险成分的活动，或者将固体废物最终置于符合环境保护规定要求的填埋场的活动。利用，是指从固体废物中提取物质作为原材料或者燃料的活动。

2014年，《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》、《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》发布实施。依据上位法《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，提出“水泥窑协同处置”的概念为“将满足或经过预处理后满足入窑要求的固体废弃物投入水泥窑，在进行水泥熟料生产的同时实现对废物的无害化处置的过程”，定义基本符合上位法《固废法》对“处置”的描述。

但是，随着水泥窑协同技术进步，水泥企业对替代燃料需求以及替代一次燃料比例的不断提高，替代燃料的作用开始更多地发挥“利用”功能，“水泥窑协同处置”概念已经不适合当前替代燃料产业的发展。替代燃料产业化发展需脱离“处置”概念，回归“利用”概念。

1.2 替代燃料项目模式

近年来，在双碳目标、煤价波动和水泥企业效益下降等多因素的推动下，替代燃料行业发展迅速。各水泥企业高度重视替代燃料技术的应用，积极推进替代燃料项目落地。通过调研，对目前水泥企业开展替代燃料项目的模式进行总结与分析，市场主要采用以下三种模式，见表1。

表1-1 我国水泥企业替代燃料项目生产模式

模式	参与方及责任	优势	劣势
模式一 企业自建收储运网络体系	企业：出资构建废弃物（主要是生活垃圾）收储运站点网络体系，厂区内或附近购置预处理和环保装置，负责脱水、破碎等工艺及水泥窑处置。 政府：负责为企业提供市政处置费。	处理后的替代燃料质量受企业掌控；	1. 企业建设投资和运营成本较大； 2. 企业停窑期间，废弃物需长期储存，储存空间和环保压力较大；
模式二 企业仅负责储存和处理，不负责收集	企业：负责储存和处置政府运输至厂界的废弃物（主要是生活垃圾），购置预处理和环保装置，负责脱水、破碎等工艺及水泥窑处置。 政府：负责将生活垃圾运输至企业厂区，并提供市政处置费。	企业建设投资和运营成本相对较低；	1. 企业停窑期间，废弃物需长期储存，储存空间和环保压力较大； 2. 原生垃圾分类效果难保证，易影响替代燃料质量；
模式三 市场化采购替代燃料	第三方参与：替代燃料由第三方独立生产、供应，提供满足水泥企业质量要求的替代燃料。 企业：生产线升级改造，满足替代燃料使用要求。通过招标等市场手段购置初级替代燃料并简易破碎后使用。 政府：负责监管替代燃料生产、运输及使用等全流程的合规性。	企业使用替代燃料生产线改造投资低；	1. 第三方参与市场化程度高，多行业参与替代燃料采购竞争容易导致其价格较高； 2. 优质替代燃料资源难寻； 3. 若无合理的质量监控体系，替代燃料质量易失控或波动较大；

模式一：河北某水泥集团城乡生活垃圾一体化协同处置项目

河北某水泥集团根据本地区工业体系现状，围绕城乡生活垃圾、危险废物（含医疗废物）、建筑垃圾及工业固废等的处置与综合利用，建立循环经济产业园。该产业园规划分三期实施，其中，涉及替代燃料项目的为二期某水泥企业城乡生活垃圾一体化协同处置项目。项目总投资2.5亿元，涵盖了垃圾的收集、处置及利用环节。在项目建设过程中，获得了中央预算资金补助和省政府补助的支持。

在生活垃圾收集环节，该水泥集团采用了“农户分类-乡村收集-统一运转-集中处理”的模式，总投资6500万元，建设了500多个村垃圾收集站、23个乡镇垃圾转运站以及600多个地理垃圾箱，并配备了70多辆垃圾压缩车。同时，企业安排专人负责各村收集站、乡镇转运站的垃圾收集与运输工作。所有运营成本均由企业承担。

在垃圾处置环节，该水泥集团购置了多相态废弃物处置系统，设计日处理能力为900吨，能够覆盖该地区现阶段的全部生活垃圾处置需求（每日600~700吨生活垃圾，年处理量达27万吨）。

该项目目前主要面临以下三方面问题：

（1）**建设和运营缺少资金支持**。政府承诺的每吨生活垃圾180元处置费用，自合同签订7年以来尚未落实，给企业的运营带来了较大的资金压力。

（2）**垃圾分类工作有待加强，原生垃圾质量不达标**。收集的生活垃圾平均热值约1000kcal/kg（4180kJ/kg），干基热值约2000kcal/kg（8360kJ/kg），低于普通的生活垃圾热值水平。在现有技术和装备水平情况下，处理后废弃物的水分含量和热值难以有效控制，影响了窑炉的运行稳定性，导致实际替代煤炭的比例较低，项目的经济效益不佳。

（3）**错峰生产导致垃圾储存压力增大**。在水泥企业错峰生产停窑期间，垃圾无法及时处置，企业只能通过扩大储存空间来暂时应对。但在夏季高温天气下，垃圾的长期储存对环境提出了更高要求，增加了环保压力，表现为臭味逸散和废水处理问题的加剧。

模式二：河北某水泥企业生活垃圾协同处置项目

河北某水泥企业每日处置城市生活垃圾500吨。该项目中，市政部门负责垃圾的收集和转运工作，相关费用由政府承担。水泥企业仅需负责原生垃圾在厂区内的预处理和消纳。政府承诺给予水泥企业98元/吨处置补贴，但自2023年起该补贴尚未到位，且后续存在无法落实的风险。

该企业积极配合政府开展废弃物资源化、无害化和减量化工作，但是水泥企业受错峰生产限制，对生产厂区内垃圾储存空间提出较高要求。加之政策补贴难以到位，导致水泥企业生活垃圾协同处置项目基本处于亏损状态。

该项目目前主要面临以下四个方面问题：

(1) **项目运营缺少资金支持**。尽管政府承诺给予水泥企业每吨生活垃圾98元处置费用补贴，但近一年半以来该资金尚未到位，且未来仍存在无法落实的风险。

(2) **原生垃圾含水率较高**。收集的原生垃圾含水率为40%至50%，经过处理后，筛上物的含水率约为27%。在项目现有技术和装备条件下，垃圾的预处理效果一般，难以满足水泥窑的连续稳定运行。因此，企业需要采购含水率 $\leq 10\%$ 、热值在4000至4500kcal/kg（16720至18810kJ/kg）的外源替代燃料，用于中和预处理后的垃圾含水率。虽然外购替代燃料在一定程度上降低了低质生活垃圾投入对水泥窑运行带来的波动影响，但也因此增加了企业的运营成本。

(3) **错峰生产导致垃圾储存压力增大**。

(4) **原生垃圾连续稳定供应无法保障**。水泥企业与电厂在生活垃圾资源的利用上存在竞争。相比水泥行业，电厂可获得更多政策支持，如上网电价补贴和处置补贴，其利润更高，市场竞争力更强。

模式三：安徽省某水泥企业秸秆生物质替代燃料项目

该水泥企业的生物质替代燃料项目，主要处置的固体废弃物包括秸秆、稻壳和废纺织品，其对应热值分别为1800kcal/kg（7524kJ/kg）、3300kcal/kg（14212kJ/kg）和3500kcal/kg（16720kJ/kg）。价格方面，目前，未经破碎的废纺售价为200元/吨（破碎后超过400元/吨），秸秆为280元/吨，木屑为200元/吨。在采购上，水泥厂每季度通过招标从中间商采购替代燃料，中间商则以低价甚至免费从农户手中收购。值得注意的是，政府为该水泥企业和第三方收集单位都提供了补贴。《**县2023年农作物秸秆综合利用奖补资金实施方案》中提出：“对经县认定的利用秸秆500吨（含500吨）以上的其他秸秆综合利用企业（主体）根据实际利用水稻、小麦、其他农作物（油菜、玉米等）秸秆量，分别给予不超过60元/吨、48元/吨、36元/吨的补贴。补贴资金由省、市、县财政共同承担”。该县的中央财政农业生产社会化服务项目对当年收储农作物秸秆1000吨（含1000吨）以上的第三方收集单位提供奖补。此外，其他支持政策还包括使用生物质设备的电价按农业电价计算以及设备购置免税等。该项目还获得了国家和地方财政补贴共1000余万元。

该项目目前主要面临以下两个方面问题：

(1) 资源连续供应稳定性差：农林废弃物如秸秆、稻壳等受季节限制，连续供应稳定性差且热量强度低，需要较大储存空间和安全的储存手段以保障水泥窑的连续使用。

(2) 原料价格高：尽管政府对收集单位提供补贴，但生物质原料价格仍偏高，主要原因是能量密度低导致运输效率低，运输费用高。

综合调研替代燃料项目三种模式的实际发展情况，以及水泥行业目前整体效益下行，寻求转型之路的迫切需求，课题组认为，在替代燃料项目发展模式选择方面，水泥企业可以考虑采取与当地政府合作，由企业和第三方共同出资构建废弃物（主要是生活垃圾）收储运站点网络体系，并成立替代燃料生产子公司，购置可燃废弃物预处理装置和环保装置，经脱水、破碎等工艺生产垃圾衍生燃料（RDF）或固体回收燃料（SRF）等供给上级水泥企业和市场^[7]。这种模式能够更好地保证替代燃料的质量和稳定供应，同时初期水泥企业投资较低，后期也能增强企业在替代燃料市场的竞争力。

1.3 替代燃料产业化现状

替代燃料产业化是指替代燃料产业在市场经济条件下，以行业需求为导向，以实现效益为目标，依靠专业服务和质量管理，形成产品系列化的经营方式和组织形式。其基本特征包括规模化和市场化。目前，我国水泥行业的替代燃料生产、销售和使用都未形成规模化，市场化程度也低，替代燃料产业化仍在初期阶段。

在生产端方面，目前替代燃料生产企业类型主要包括脱胎于垃圾发电集团的垃圾收储运及处理子公司、小作坊式的生物质颗粒燃料生产公司以及少许水泥集团下属的垃圾收储运及处理子公司。这些企业面临较大的“原料”竞争压力，需要与垃圾焚烧发电企业“争夺”原生垃圾资源^[7, 8]。另外，由于产品标准缺失，各替代燃料生产企业的产品质量也参差不齐，不利于市场流通。

在需求端方面，目前替代燃料的使用方主要有以水泥企业为代表的工业窑炉企业、热电厂以及垃圾发电企业等。鉴于供需信息不匹配、替代燃料质量难把握、经济性受煤价影响严重等问题，目前替代燃料需求尚未规模化。以水泥行业为例，在替代燃料减碳相关收益尚未兑现时，替代燃料项目的经济性一方面受煤价波动影响，另一方面受限于替代燃料品质：替代燃料品质差，投入后容易影响水泥的正常生产，轻则煤耗上升，重则减产停窑；优质替代燃料难寻，供应不稳定。

在政府监管方面，目前，我国工业领域替代燃料的使用仍以固体废弃物处置的方式开展监管工作，这就导致企业即使购买并使用市场上成型的替代燃料产品，但仍需和协同处置项目一样进行项目立项、环评等工作，在获得主管部门的行政许可后才可应用。我国尚未发布专门针对替代燃料项目的监管审批规定，现有的固废管理制度也不利于替代燃料的跨地区运输。根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》第二十二条规定，固体废物（不包括危险废物）未经批准不得跨省转移。需申请审批的流通制度，限制了替代燃料的市场流通性，一定程度上限制了替代燃料产业化发展。



生物质燃料颗粒 | 图源：fabrikasimf/Freepik

第二章

替代燃料产业化发展难点剖析

水泥行业在替代燃料技术领域取得了显著进展，特别是在热值稳定性、污染物控制和水泥窑运行稳定性等方面。实践表明，替代燃料在这些关键环节中展现了良好的适应性和技术可行性。以华新水泥股份有限公司地维分公司为例，该公司燃料替代率已经达到63.43%，已实现分解炉用煤100%替代^[9]。该案例表明，当前水泥行业的替代燃料技术已经能够满足分解炉用煤全替代的技术需求，水泥行业已进入燃料替代技术较为成熟的应用阶段。因此，技术问题已不再是水泥行业替代燃料产业化发展的主要瓶颈。资源和政策维度是影响替代燃料产业化发展面临的主要难点。

2.1 资源竞争非市场化

近年来，水泥窑协同处置技术在应用推广方面遭遇诸多阻碍。一是住建部对于城市垃圾无害化及资源化的相关评价考核不包括水泥窑协同处置，所以，地方政府为完成垃圾无害化率和资源化率考核目标，拒绝发展水泥窑协同处置技术，而是推广使用垃圾填埋、堆肥、发电等手段。例如，住建部在《省级统筹推进生活垃圾分类工作评估办法和城市生活垃圾分类工作评估办法》要求中明确指出，生活垃圾资源化利用率= $\frac{[\text{可回收物回收量} + \text{焚烧处理量} \times \text{折算系数} (\text{炉排炉} 0.8; \text{流化床} 0.5) + \text{厨余垃圾处理量} \times \text{折算系数} (0.9) + \text{卫生填埋处理量} \times \text{折算系数} (0.1)]}{\text{可回收物回收量} + \text{生活垃圾清运量}}$ 。在计算生活垃圾资源化利用率时，未针对水泥窑协同处置设定相应的资源化折算系数，造成水泥窑协同处置生活垃圾量无法纳入垃圾资源化率计算中，此部分垃圾处置量无法参与垃圾无害化和资源化的相关评价考核，从而在一定程度上限制了水泥窑协同处置技术的发展。

二是由于《卫生城市评价标准释义》（2014年版）中未提及水泥窑协同处置技术，仅对生活垃圾通过填埋、焚烧、堆肥三种无害化处理技术标准作了规定。部分地方在组织国家卫生县城（城市）达标创建时，评价方以国家卫生城市标准中无水泥窑协同处置生活垃圾技术而将其归类为不具备无害化评价条件，对达不到无害化评价条件的垃圾处理设施建设项目不予支持。因此，客观上限制了水泥窑协同处置生活垃圾项目的发展，不仅不利于水泥行业节能减污降碳，对部分城市创建国家卫生城市也形成了一定制约。

2.2 政策环境不完善

政策环境对替代燃料产业化发展至关重要，但目前仍存在诸多不足。一方面，政策体系缺乏清晰的规划与规范，导致企业发展方向不明确、产品质量参差不齐，增加了运营风险和成本。另一方面，支持力度也存在不足，如财政补贴落实难、税收优惠政策不明确、绿色金融支持不充分，使企业面临资金困难和较高成本，限制了企业在替代燃料产业方面的积极投入。这些问题相互交织，亟需从多个维度加以改进和完善，营造有利于产业发展的政策环境。

2.2.1 政策体系不健全

(1) 缺乏系统性规划。目前尚未形成全面且系统的水泥行业替代燃料产业化政策规划。相关政策分散，缺乏有效的衔接与协调，未能从产业链整体角度统筹布局替代燃料的生产、收集、运输、储存及使用等关键环节，导致企业发展替代燃料产业方向不明确，难以制定合理且清晰的战略和投资计划。

(2) 标准规范不完善。目前尚未建立统一、明确且严格的替代燃料质量标准，导致不同地区和企业生产的替代燃料质量参差不齐，影响水泥生产的稳定性与产品质量，并增加了企业能耗及污染物排放控制难度。替代燃料在水泥生产中的应用标准存在诸多空白与不明确之处，缺乏针对不同类型替代燃料在水泥窑不同部位使用的技术规范、工艺参数及操作指南，企业不得不自行摸索和实验，不仅增加了成本与风险，还可能引发安全与环境问题。替代燃料产品标准缺失导致企业缺乏必要的规范指导，不仅影响产业的健康发展，也增加了监管的难度。

2.2.2 政策支持力度不足

(1) 财政补贴少且落实难。一方面，补贴规模偏小，难以满足技术研发、设备改造和原料收集等环节的资金需求。替代燃料产业前期投入高，补贴有限，难以有效激发企业的积极性。另一方面，补贴方式较为单一，主要依靠项目补贴，审核流程繁琐且周期较长，缺乏灵活性与针对性。中小企业由于申请门槛高、竞争压力大，难以获得足够的资金支持。

(2) 税收优惠政策不明确。税收优惠政策的覆盖范围较窄，主要集中在少数税种，其他相关环节缺乏支持，导致企业的税收负担仍然较重，影响其经济效益和市场竞争力；同时，政策条款不够明确，操作细则缺失，申报程序复杂，审核标准严格，限制了企业享受税收优惠的权益。

(3) 绿色金融支持不足。水泥行业替代燃料产业化项目融资难、融资贵，绿色金融市场支持力度不足，融资渠道相对有限。传统银行贷款要求高，资本市场直接融资工具应用不广泛；现有的绿色金融产品缺乏针对性和灵活性，不能满

足企业不同发展阶段和项目规模的融资需求。

2.2.3 监管政策一刀切

对于未达到产品质量标准但具有替代燃料价值的物质，目前仍按固废处置方式进行管理。部分固废具有一定的利用价值，但由于相关管理政策和规范的缺失，缺乏明确的政策引导，导致其利用开发难以有效推进。此外，行业对固废产生企业也缺乏源头管理和规范，使得在固废处置时缺乏更加适宜的技术和工艺，无法充分提升其可利用性。在固废收集和运输环节，尚未建立专门的管理体系，无法有效保障以利用为目的的固废在跨地区流通中的安全性和高效性。



集装箱物流运输 | 图源：sviatkovskiy/Freepik

第三章

替代燃料产业化发展对策

3.1 资源竞争非市场化对策

(1) 明确替代燃料资源化利用定位

建议推动修订《省级统筹推进生活垃圾分类工作评估办法和城市生活垃圾分类工作评估办法》等相关政策文件，明确水泥窑协同处置技术在生活垃圾资源化利用方面的作用和优势，并将其纳入考核体系。将替代燃料产品纳入生活垃圾资源化利用率的计算范畴，并给予合理的资源化折算系数。修订《卫生城市评价标准释义》，将水泥窑协同处置技术列入生活垃圾无害化处置技术之中。

(2) 完善考核机制，促进公平竞争

建立多元化的生活垃圾资源化利用考核体系，综合考虑无害化处理率、资源化利用率、减量化率等多个指标，避免单一指标考核导致的政策导向偏差；建议引入第三方评估机构对水泥窑协同处置技术进行评估，确保考核结果的客观性和公正性。

(3) 加强宣传推广，提升社会认知

组织开展水泥窑协同处置技术的政策解读活动，向地方政府、水泥企业、公众等普及相关政策内容，提高社会对水泥窑协同处置技术的认知度和认可度；建议宣传推广水泥窑协同处置技术的成功案例，展示其在资源化利用和碳减排方面的成果；建议加强水泥窑协同处置技术的信息公开，及时发布相关政策、标准、案例等信息，提高政策透明度，增强社会监督。

3.2 完善政策支持体系

3.2.1 完善政策规划与标准规范

(1) 制定系统性产业政策。全面调研替代燃料产业化现状、趋势、问题与需求，结合国家战略与规划制定中长期发展规划，明确目标、任务、步骤与保障

措施，明确政策导向；加强政策协调衔接，整合部门资源，建立跨部门协调机制，定期研究解决重大问题，确保政策落实。

（2）完善标准体系。加快制定替代燃料质量标准，明确关键指标与有害物质限值，建立检测认证体系，加强质量监管；制定应用标准，包括使用技术规范、工艺参数、操作流程与安全要求等，鼓励创新优化标准。

3.2.2 加大政策扶持力度

（1）增强财政补贴效能。扩大补贴规模，设专项资金支持技术研发、设备改造等，差异化补贴示范与创新项目。优化补贴方式，采用多种模式结合，简化申请审核流程，缩短发放周期。

（2）明确税收优惠政策。拓宽优惠范围，对替代燃料各环节给予税收支持，如免征增值税、消费税，加速折旧与投资抵免等；明确执行细则与流程，加强指导培训，建立评估机制，优化政策体系。

（3）强化绿色金融支持。鼓励金融机构创新产品与服务，开发绿色信贷产品，降低融资门槛，提供优惠条件；推动资本市场支持，鼓励发行绿色债券与股权融资，建立服务平台，加强监管。

3.2.3 替代燃料分类管理对策

建议将替代燃料按照其品质和热值分为三种情况进行分类管理。

第一，对于达到产品质量标准的物质，应明确其属于产品的范畴，并按照产品相关标准进行严格管理。从生产、储存、运输到使用的全过程，都要遵循相应的产品质量规范和技术要求。在生产环节，要确保生产工艺稳定可靠，能够持续生产符合标准的替代燃料产品；储存和运输过程中，要保障其质量不受损害，防止因环境因素或不当操作导致质量下降；在使用阶段，水泥企业应依据标准规范正确使用，使其在水泥生产中充分发挥替代传统煤炭的作用，同时确保水泥生产的质量和环保指标不受影响。

第二，对于未达到产品质量标准但具有替代燃料价值的物质，可将其归为固废类别。但是建议环保部门将这部分固废按照利用方式进行管理，而非简单地按处置处理。这就需要环保部门制定专门针对此类固废的利用管理政策和规范。从源头管理上，要对产生这些具有潜在替代燃料价值固废的企业进行引导和规范，鼓励其采用合适的技术和工艺对固废进行预处理，以提升其可利用性。

第三，对于既未达到产品标准也没有替代燃料价值的物质，则应严格按照固废处置的相关规定进行处理。要加强对这类固废处置的监管力度，确保其在安

全、环保方面妥善处置，防止对土壤、水体和空气等环境造成污染。建立健全固废处置的技术标准和操作规范。加强对固废处置企业的资质审核和管理，确保其具备相应的技术能力和环保设施，能够安全处置固废。



塑料垃圾压缩块 | 图源：frimufilms/Freepik

第四章

建议

4.1 推动替代燃料产品概念形成（到2027年）

2027年之前，替代燃料产业化发展仍处于初期阶段，最重要的是推动替代燃料产品概念的形成。这一阶段需要明确的政策引导和支持，以建立起产业的基础框架和规范标准。通过明确产品定义与分类标准、建立具有权威性和行业认可的替代燃料标准体系、推动替代燃料脱离固废管理范畴以及加强政策引导与宣传推广等措施，为替代燃料产业化的后续发展奠定坚实基础。

4.1.1 明确产品定义与分类标准

由国家相关部门牵头，组织行业专家、学者以及企业代表，成立替代燃料产品定义与分类标准研究小组。深入研究国内外替代燃料的发展现状和趋势，结合我国水泥行业的特点和需求，明确替代燃料的定义和内涵；将替代燃料按照其原料来源、生产工艺、能量密度、环保性能等因素进行分类，制定详细的分类标准和目录。例如，可分为生物质基替代燃料、工业废弃物基替代燃料、城市生活垃圾衍生替代燃料等类别，并针对每一类制定相应的技术指标和质量要求。

开展试点示范工作。选取具有代表性的水泥生产集中区域，如河北、山东、安徽等地的部分水泥企业及其所在地区作为试点，开展替代燃料产品定义与分类标准的试点示范工作。在试点过程中，对制定的标准进行试验检验及优化完善，及时发现问题并加以解决。鼓励试点地区和企业积极探索创新，根据实际情况提出对标准的改进建议和意见，不断完善替代燃料产品的定义和分类体系。

4.1.2 建立具有权威性和行业认可的替代燃料管理、标准体系

国内替代燃料产业化发展受限，内因在于未形成独立产品概念，仍遵循固废管理制度和流程。在工作流程不明确地区，替代燃料产业化难启动，往往需依托协同处置项目。因此，行业应尽快建立替代燃料标准体系，涵盖术语与定义、制备、运输、使用和质检等方面（参照《浙江省固体废物污染环境防治条例》研提）。我国水泥窑用替代燃料标准体系已有雏形，包括替代燃料生产、运输、使用及评价等部分，但权威性不足且基本是从可燃废弃物等定义出发，因此，需要

从顶层定义替代燃料产品，同时有效利用现有合理合规的团体标准，一定条件下可转化为行业标准和国家标准。

4.1.3 推动替代燃料脱离固废管理范畴

依据《固体废物鉴别标准通则》及相关内容，替代燃料脱离固废概念需满足以下条件：一是具有明确利用价值，符合国家、地方或行业产品质量标准；二是满足相关质量标准及国家污染物排放（控制）标准或技术规范要求；三是来源和生产过程可控，符合相应规定，如生产过程中产生的副产物应符合规定；四是拥有独立的管理和监管体系，与固废管理区分开来。工信部、发改委、生态环境部和商务部等多部委应加强沟通，在替代燃料产品类别设定、项目立项监管和运输转移管理等方面制定相关政策文件，使替代燃料产品概念从固废概念中独立出来，支撑替代燃料产业合理化发展。

4.1.4 加强政策引导与宣传推广

（1）制定专项扶持政策

制定财政补贴政策。中央财政设立替代燃料产业发展专项资金，对积极开展替代燃料生产的企业，按照其生产规模、技术创新程度和产品质量等给予不同程度的补贴，以提高企业的积极性。例如，对于新建或改建的替代燃料生产项目，给予一定比例的设备购置补贴和建设资金补贴（参照《广东省固体废物污染防治三年行动计划（2018—2020年）》研提）；对于达到一定产量和质量标准的替代燃料产品，给予生产补贴，补贴标准可根据替代燃料的种类和热值等因素进行差异化设定。

制定税收优惠政策。建议对替代燃料生产企业销售自产的替代燃料产品，免征增值税。对于符合一定条件的技术研发和技术转让收入，也免征增值税；对从事替代燃料生产和研发的企业，减按15%征收企业所得税。企业研发费用可在计算应纳税所得额时加计扣除，扣除比例提高到80%。对企业购置的用于环保、节能等方面的专用设备，其投资额的10%可以从企业当年的应纳税额中抵免。

制定金融支持政策。建立绿色金融支持体系，央行引导商业银行加大信贷支持，制定专项信贷计划，提供优惠利率与期限。商业银行开通贷款审批绿色通道，简化手续提高效率，为企业提供便捷融资服务；建立政府性融资担保机构，为企业提供服务并减免担保费，降低融资成本。鼓励社会资本设担保基金，提供多元化融资担保支持，丰富融资渠道；支持符合条件企业在多板块上市融资，鼓励已上市企业通过增发、配股等方式筹集资金，扩大企业规模，加大研发工作，利用资本市场推动企业发展。

（2）开展宣传培训活动

充分利用各种媒体渠道，广泛宣传替代燃料的优势和意义，提高社会各界对替代燃料产业化发展的认识和关注度。通过举办研讨会、培训班、技术交流会等形式，向水泥企业、相关行业协会以及社会公众普及替代燃料的知识和技术，推广成功经验和案例。

4.2 推动替代燃料产品化发展（到2030年）

预期2027-2030年，替代燃料产品独立，产业发展进入了一个新的阶段。此时，需要进一步完善产业标准体系、加强产业政策支持、建立健全监管体系以及促进产业协同发展。

4.2.1 完善产业标准体系

生产工艺标准。针对不同类型替代燃料，应分别制定详细的生产工艺标准、操作规程。以生物质基替代燃料为例，对于木质生物质燃料，需要明确规定从原料的收集半径、存储条件（如湿度和通风要求）到粉碎颗粒度、成型压力及温度参数等各个环节的具体标准。定期评估及更新相关标准，以适应技术进步及生产实践反馈。

质量检测标准。建立全面质量检测指标体系，除常规指标外，增加对重金属含量（如铅、汞、镉、铬等）、氯含量、氟含量、二噁英等有害物质的检测项目和严格的含量控制标准；针对不同用途制定差异化标准，规范检测方法和流程，建立误差控制和数据处理标准。

储存运输标准。规定不同类型替代燃料储存要求，如通风、防潮、防火、防爆等，明确堆垛和巡检制度。完善运输标准，根据不同运输方式制定车辆等技术安全标准，规定包装、装卸和运输路线等要求（参照《安徽省固体废物源头管控实施办法》、《广东省固体废物污染防治三年行动计划（2018—2020年）》、《浙江省工业固体废物污染环境防治规划（2022-2025年）》研提）。

4.2.2 加强产业政策支持

（1）优化财政补贴政策

补贴重点应转向研发创新、设备改造和市场推广等领域。具体内容如下：

①支持关键技术研发与设备改造。对替代燃料生产相关关键技术研发（如热值稳定性、污染物排放降低技术等）及水泥企业设备升级改造（如窑炉燃烧系统

优化)给予资金支持。

②设立市场推广补贴及考核方式。设立补贴鼓励企业拓展市场应用,考核指标包括市场占有率、使用企业数量和推广覆盖范围等,补贴对象为生产销售企业及相关推动主体(如行业协会推广活动费用)。

③建立补贴资金绩效评估机制。通过该机制全面评估补贴资金使用效果,评估指标包括技术研发成果转化、设备改造对生产及环境指标改善、市场推广补贴对市场应用程度提升等,根据结果调整政策和资金支持力度。

(2) 强化税收优惠政策

①对替代燃料生产上下游企业给予更多税收优惠。对于生产符合要求的替代燃料原料的供应商、从事相关业务的运输销售企业可减免税费(如增值税)等。水泥企业购置用于替代燃料生产或使用相关固定资产(如燃烧、储存设备等)实行加速折旧政策¹。

②建立税务与相关部门协同工作机制,加强信息共享和政策协调,开展联合执法检查监督,确保税收优惠政策落实。

(3) 加强土地和能源政策支持

对替代燃料项目优先安排土地指标,简化审批手续。鼓励利用闲置土地和废弃厂房,给予补贴和优惠,支持企业改造升级;将替代燃料生产企业纳入能源保障重点名单,给予价格优惠。对使用替代燃料的水泥企业在能源消费和节能减排考核方面给予政策倾斜,推动能源管理体系建设。

4.2.3 建立健全监管体系

(1) 加强质量监管

制定质量监管法律法规和规章制度,明确质量监管的主体、对象、内容、程序和处罚措施;建立质量追溯体系和市场准入制度,加强对生产企业的质量监管;加大对检测机构的投入,建立第三方检测机构认证和管理制度,加强检测人员培训考核;加强部门协同执法,加大抽检力度,对不合格企业进行严肃处理,建立质量黑名单制度,加强信用惩戒。

¹ 加速折旧是税收优惠手段,会计核算初期按高于正常折旧率计提折旧费用,使应纳税所得额减少,从而减少当期所得税金额实现优惠。

（2）强化环保监管

加强对替代燃料生产项目、水泥企业使用替代燃料项目的环境影响评价审批及“三同时”制度执行情况的监管（即：建设项目中环境保护设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用），建立环境风险评估制度，要求企业制定应急预案；建立环保监测体系，加强实时监测和数据分析，加大执法力度，开展专项行动整治环境问题突出企业；鼓励企业开展清洁生产审核，支持技术创新，建立环保示范企业制度，加强环保培训和宣传教育。

（3）规范市场秩序监管

制定严格市场准入标准和负面清单制度，加强市场主体资质和信用管理，定期审核复查；加强市场监管，打击垄断、价格欺诈和虚假宣传等行为，建立健全市场竞争规则，加强价格监测调控；建立知识产权维权援助机制，加强专利申请和审查工作，打击侵权行为，提高知识产权意识。

4.2.4 促进产业协同发展

（1）上下游产业联动

深入剖析替代燃料产业链，明确原材料供应（如生物质种植基地、工业废弃物回收渠道）、生产加工（各类燃料生产工艺及企业分布产能）、产品应用（水泥等企业需求规模）等关键环节及主要企业，绘制产业链图谱；搭建信息共享与协同工作平台，定期组织交流会议（涵盖技术、市场、管理等内容）及合作论坛，建立线上信息系统，实时更新重要信息，促进资源优化配置；推动企业联合研发技术、共享实验室资源、共建生产线；运用先进技术和信息化系统监控优化供应链，与物流企业合作规划路线，建立储备预警机制，提高转化效率，增强抗风险能力。

（2）产业集聚效应

政府出台政策支持园区规划建设，保障用地指标，完善基础设施，简化审批流程并提供税收优惠等支持措施；通过产业链招商吸引上下游企业入驻，形成完整生态，促进紧密合作，发挥规模与协同效应，提高运营效率和竞争力；构建园区资源共享体系，如集中供热、统一污水处理、废物回收利用等，降低企业成本，创造经济效益；设立技术创新中心，配备设备吸引人才，为企业提供技术研发、难题解决、培训咨询等服务，组织市场推广，提升技术水平和市场占有率；制定政策扶持入园企业，包括税收优惠、融资支持、研发补贴等，同时要求企业采用清洁生产技术，推广循环经济，打造环境友好型园区。

4.3 开发替代燃料产业化发展数字化工具

在当前能源转型与可持续发展的背景下，替代燃料产业化发展已成为水泥行业乃至整个工业领域实现绿色低碳转型的重要路径之一。为加速这一进程，课题组提出了“两步走”策略，旨在开发适用于替代燃料产业化发展的数字化管理工具，构建一个全面、高效、智能的替代燃料管理体系，推动替代燃料产业的健康、有序发展。

第一步：基础数据库搭建与整合

(1) 建立统一的数据平台。由工业主管部门牵头，资源循环相关央国企负责，整合国家和地方政府相关部门（如生态环境、交通运输、市场监管等）、水泥企业、替代燃料供应商以及研究机构等各方的数据资源，构建一个涵盖替代燃料全产业链信息的基础数据库。该数据库应主要包括替代燃料的种类、来源、产量、质量、运输路线、储存设施等基本信息，以及水泥企业的生产能力、燃料消耗情况、环保指标等数据；制定数据标准和规范，确保各方数据的准确性、一致性和及时性。建立数据更新机制，要求相关企业和部门定期上传最新数据，保证数据库的实时性和有效性。

(2) 开发信息化管理系统。基于基础数据库，开发一套替代燃料产业化信息化管理系统。该系统应具备以下功能：①燃料溯源管理。对替代燃料从生产源头到水泥企业使用终端进行全程跟踪和记录，通过二维码、电子标签等技术手段，实现每一批次替代燃料的来源可查、去向可追、质量可控。②运输调度优化。结合交通运输部门的数据，实时掌握道路状况、运输车辆位置等信息，为替代燃料运输提供最优路线规划和调度方案，降低运输成本，提高运输效率。③企业供需对接。搭建水泥企业与替代燃料供应商之间的信息交流平台，实现供需信息的实时发布和匹配，促进市场交易的顺利进行。④政策法规宣传与解读。及时发布国家和地方关于替代燃料产业化发展的政策法规、标准规范等文件，并提供专业解读和指导，帮助企业和相关部门准确理解和执行政策。

第二步：功能升级与智能决策

(1) 大数据分析预测。运用大数据分析技术对信息化管理系统中的海量数据进行深度挖掘和分析，提取有价值的信息。例如，通过分析替代燃料的市场需求趋势、价格波动规律以及水泥企业的生产季节性变化等因素，为企业的生产计划、采购决策提供科学依据；建立需求预测模型，预测未来一段时间内替代燃料的市场需求量和水泥企业的使用量，帮助供应商合理安排生产和库存，避免市场供需失衡。同时，为政府部门制定相关产业政策提供数据支持，提高政策的针对性和有效性。

(2) 智能监管与风险预警。利用物联网、传感器等技术手段，对替代燃料的生产、运输、储存和使用过程中的关键环节进行实时监测，如燃料质量指标、运输车辆安全状况、储存设施环境参数等。一旦发现异常情况，系统自动发出预警信息，并及时通知相关企业和监管部门进行处理；建立风险评估模型，对替代燃料产业化发展过程中可能面临的各种风险进行评估和预警，包括市场风险、技术风险、环境风险等。

参考文献

- [1] 夏凌风, 郭珍妮, 叶寒韵, 等. 关于水泥行业燃料替代技术发展的几点思考[J]. 中国水泥, 2024(5).
- [2] VDZ, “Environmental Data of the German Cement Industry 2022,” 2023.
- [3] 华润建材科技控股有限公司, 2023年年度报告.
- [4] 华新水泥股份有限公司, 环境、社会及管治报告, 2023.
- [5] 北京金隅集团股份有限公司, 环境、社会及管治报告暨社会责任报告, 2023.
- [6] 安徽海螺水泥股份有限公司, 环境、社会及管治报告, 2023.
- [7] RMI洛基山研究所, 中国水泥协会, 加速工业深度脱碳: 中国水泥行业碳中和之路, 2022.
- [8] 赵喜龙, 范永斌, 赵旭东. 水泥工业替代燃料: 打通燃料减排的“卡点” [J]. 中国水泥, 2024(9).
- [9] 中国建材杂志, 华新地维: “零化石能源”探索者, 2024. <https://m.163.com/dy/article/J3Q1BNTV0550OS9J.html>

