

循环经济视域下固体替代燃料 (SRF) 领域的发展探讨

徐中华

镇江普境新能源科技有限公司 江苏镇江 212000

摘要: 以“3060 双碳目标”为引领,以《固体废物污染环境防治法》为依据,调整能源结构、提高各类资源利用效率并寻找更具环保性的清洁能源,是我国现阶段工业实现可持续发展的关键。而固体替代燃料领域的发展,对于我国固废综合利用产业的发展,各类资源能源利用效率的提高,有着积极的影响。基于此,本文重点针对循环经济视域下固体替代燃料领域的发展进行了详细的分析,以供参考。

关键词: 循环经济; 固体替代燃料 (SRF); 环保清洁能源

Discussion on the Development of Solid Alternative Fuel (SRF) from the perspective of circular economy

Zhonghua Xu

Zhenjiang Pujing New Energy Technology Co., Ltd. Zhenjiang 212000, Jiangsu

Abstract: Taking the “3060 double carbon target” as guidance and the “Prevention and Control of Environmental Pollution by Solid Waste” as the basis, adjusting the energy structure and improving the efficiency of various kinds of resources, and looking for more environmental protection of clean energy are the key to the sustainable development of our industry at the present stage. However, the development of solid alternative fuels has a positive effect on the development of the solid waste comprehensive utilization industry and the improvement of energy utilization efficiency of all kinds of resources. Based on this, this paper focuses on the circular economy in the field of solid alternative fuel development in detail analysis for reference.

Key words: circular economy; Solid alternative fuel (SRF); Environmental protection and clean energy

结合上世纪 70 年代国际上的 2 次石油危机事件以及近几年来石油价格持续上涨的问题,可以明确 21 世纪将是能源结构多元化发展的时代。在多种宝贵化石能源不断枯竭的形势下,寻找替代能源已经成为世界各国迫在眉睫的一件事。2021 年,我国出台的《国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中指出:“要构建资源循环利用体系:全面推行循环经济理念,构建多层次资源高效循环利用体系。”在这一形势背景下,非常有必要对固体替代燃料领域的发展予以大力的扶持。

一、固体替代燃料 (SRF) 的定义

固体替代燃料 solid recovered fuels (SRF), 指的是将人类日常生产生活当中产生的非危险废弃物类可燃性固体废物,例如碳氢化合物等,作为主要原料,通过一系列单一工艺或组合工艺制备而成的,且具有较高利用价值的燃料^[1]。

需要注意的是,非危险废弃物类可燃性固体废物不同,或者使用的处理工艺不同,最终生成的固体替代燃料的品质也会存在明显的差异。但是,这些固体替代燃料均可投入到工业窑炉的燃烧当中,发挥相应的替代作用。

二、固体替代燃料 (SRF) 领域的兴起与发展

随着社会经济的发展、城镇化建设进程的不断加快,

居民生活垃圾及工业固体废物也在同步大幅增加,初期通过填埋、焚烧方式进行处理,产生二次污染问题,对周围居民的正常生活产生了严重的影响。时代在发展,人们对美好生活的向往和追求、对生态环境质量的改善等方面也提出了更高的要求。与此同时,能源供应紧张问题也逐渐凸显出来。在这种情况下,人们开始将注意力集中到了城市生活垃圾等可燃废弃物潜能的挖掘与利用方面。因为对这部分可燃废弃物的潜能进行挖掘与利用,不仅可提高城市生活垃圾等可燃废弃物的处理合理性,改善乡村城市生态环境,还可以借助其利用潜能增加城市当中的热能供应量。针对这些可燃废弃物的应用,主要有两种途径,即发电和供热,只要这些废弃物具备热能开发潜力,就都可以应用到工业窑炉当中。但是,在工业窑炉协同处理的初期应用过程中,存在一家一户、自产自销、效率偏低的特点,因此,能够处理的可燃废弃物(垃圾)量非常少,无法凸显综合利用的经济性、环保性、节能减排特性,甚至还对工业生产产生了一些不利影响。

1985 年,德国在工业发展过程中,为了提高可燃废弃物的处理能力,采用特殊的工艺技术,对各类城市生活垃圾进行了破碎、分选、脱水干化等处理,使之形成了便于运输、储存的小颗粒状可燃物。这样的小颗粒状可燃物含水率非常低,在工业窑炉中的应用也表现出了

明显的便利性。这就是最早出现的以原生态城市生活垃圾为原料而加工形成的垃圾衍生燃料，由专门的环保技术公司进行收集、加工，既可以保证运输与储存的便捷性，又可以为工业领域的发展提供替代燃料。工业企业也可以直接购买这些垃圾衍生燃料，并减少或者避免使用传统的化石燃料。但是，原生态城市生活垃圾的成分极为复杂，存在着较多的水分，单位含热量非常低，因此以原生态城市生活垃圾为原料制成的垃圾衍生燃料能够产生的热能也非常低。

为了降低对工业生产的不利影响，同时对城市当中更多的可燃废弃物进行有效的处理，相关人员将注意力集中到了更高热值含量的可燃废弃物分拣上，例如工业垃圾、商业垃圾等^[2]。这些垃圾统称为“城市固体废弃物”。对生活垃圾、工业垃圾以及商业垃圾进行特殊的处理，例如破碎、分选等，可以使之形成符合相关标准的固体替代燃料（SRF）。需要注意的是，SRF 由固废废物加工处理而成，但 SRF 不再是垃圾，而是一种清洁型的含有较高热量的优质燃料，可以替代传统化石燃料应用到工业预热器或主窑当中，其燃烧效率和化石燃料相近，化石燃料与 SRF 的替代关系为：1.4 吨 SRF=1 吨煤炭、1.7 吨 SRF=1 吨石油焦、2 吨 SRF=1 吨燃油，作为优质环保的再生资源，燃烧彻底后排放的二氧化碳量仅有传统化石燃料的 25%，碳排放量低，排放的氮氧化物含量也明显低于传统化石燃料，既满足碳减排的国家政策要求，同时也对环境保护产生重要积极影响。

三、固体替代燃料（SRF）的制备工艺

（一）原料来源与收集

1. 原料来源

SRF 制备的原材料主要来源于以下几种途径：第一，居民日常生活中产生的各类可燃性固体废物；第二，农村农业生产活动中产生的各类可燃性固体废物；第三，林业活动当中产生的各类可燃性固体废物；第四，各类商业活动当中产生的各类可燃性固体废物；第五，各类工业生产活动当中产生的可燃性固体废物；第六，环境治理活动当中产生的各类可燃性固体废物等。由此可见，在农业发展、林业发展、工业发展、城市发展及城市产业发展规划过程中，SRF 的制备原材料来源极为充足、丰富。

2. 原料收集

SRF 原材料的收集渠道，主要有以下几种：一是向大型制造业企业收集大宗一般工业废弃物，即利用点对点的方式，当企业园区的工业固体废弃物积累到一定规模后，安排专门的货运车辆对这些固体废弃物进行收运。二是向服装制造等轻工企业或者小、微制造企业，收集一般工业废弃物。由于这类固体废弃物具有小而多的特点，因此可能在政府部门的主导下进行集中管理和招标处理。鉴于此，在收集这类固体废弃物的时候，应与当

地政府主管部门建立良好合作关系，设立建筑垃圾等专项资源化处置工程，从而在进行相关原材料收运的时候，为城市建筑垃圾、装修垃圾的处理提供有效的渠道，使城市环境得到改善^[3]。三是在城市内部的各大居民社区、垃圾收购点，也可以收集一部分废纸类、织物类固体废弃物。鉴于此，可以与设施区、垃圾收购点等单位建立合作关系，通过这些单位进行相关固体废弃物的收运。四是在城市周围的村镇，也会每天产生大量的固体废弃物。对此，可以与当地的小、微企业建立合作关系，以此来丰富 SRF 制备的原材料收集渠道。

（二）固体替代燃料（SRF）制备工艺

SRF 工艺流程包括：原料进料、粗破碎、分选、细破碎、成型、出料等工序。

1. 原料进料工序。首先，原料进厂计量资料应当包含各车次的车辆编号、净载量、车辆所属单位、车辆型号特点、载重、所运原料来源及性质等内容。另外，原料计量设备的明显位置应当标明定期校验、标定，校验、标定有效期等信息^[4]。其次，要以固体替代燃料制备企业要求为依据，对原料的来源与性质进行严格的核实，对进入厂内的固体废物相关指标进行定期、分批次的检测与分级。针对原料的检测有两种途径，一种是自行检测，另一种是委托给第三方机构进行检测。无论哪种检测方式，最终的检测报告都应当纳入制备工厂管理制度当中。最后，针对原料的运输，也要做好相应的保护措施，避免出现原料扬散、抛洒、污水外流、自燃等情况。

2. 进料工序。符合进场要求的可燃性固废检测合格后，由专用运输车经地磅称重后，进入一般固废仓库，分类贮存，然后转运至原料料场区。

3. 粗破碎工序。原料料场区中的可燃性固废通过铲车输送至链板输送机上，人工分拣其中的不可破碎异物（如大铁块、不锈钢、砖块等）。链板输送机将物料输送到双轴剪切式破碎机中进行粗破碎，出料粒径小于 300mm（物料材质不同导致出料粒径不同），粗破碎后的物料通过皮带输送机向下一工序输送，输送机上面装有自卸式除铁器，同时输送机头部装有磁滚筒，两道除铁可以大大提高除铁效果，防止金属夹带进入下一道工序的细破碎机产生火花引发火灾。进料链板输送机配置有变频器，变频器与破碎机电流进行联动控制，以调整链板输送机速度，当破碎机发生卡机或故障时，自动连锁停止进料。

4. 分选工序。分选包括风选和人工分拣。粗破后的物料，通过风选装置，符合要求的轻物质物料直接去下一道工序（细破碎）。重物质进行人工分拣，将小块的砖块等不适合使用的物料清理出，送环卫部门处理；分拣合格的重物料与轻物质物料一同进入下一道细破碎工序。

5. 细破碎工序。粗破后合格的物料，通过输送机进入细破碎机，细破碎机采用单轴，可直接破碎至

100mm 以下。

6、成型工序。细破碎后的物料进入分料仓，仓内的螺旋配置有变频器，将混合后的物料分料至成型机，最终获得 SRF 成品棒料，棒料密度不小于 $0.6\text{t}/\text{m}^3$ 。细破碎后的物料进成型机前，采用自卸除铁器进行铁金属回收，避免影响成型机安全运行。除铁器配合段的输送机采用不锈钢钣金，以有效防止输送带碳钢磁化，可保证除铁效果。

7、出库工序。SRF 棒料经过皮带输送机输送至成品料场内，检测分析产品质量合格，然后打包装袋或直接装车送使用单位。

8、除尘工序。为确保固体废弃物处理过程中的粉尘控制，设置有防尘系统。物料汇合的除铁器处设置有整体密封室，并对密封式进行抽风除尘，粗破碎机、细破碎机、成型机上方均设置有带 PVC 帘的封闭式料斗罩，上方接有除尘管路，通过高效袋式除尘器进行除尘。

(三) SRF 产品质量控制指标

SRF 可用于循环流化床锅炉火力发电、水泥窑熟料生产，供循环流化床锅炉 SRF 产品质量控制指标：低位热值 $\geq 5\text{MJ}/\text{kg}$ ，全水分 $\leq 40\%$ (wt)，灰分 $\leq 40\%$ (wt)，粒径 $\leq 100\text{mm}$ ，汞 $\leq 1.0\mu\text{g}/\text{g}$ ，砷 $\leq 40\mu\text{g}/\text{g}$ ，硫 ≤ 2.5 (wt)，氯 ≤ 1.5 (wt)，磷 ≤ 0.10 (wt)。供煤粉炉 SRF 产品质量控制指标：低位热值 $\geq 5\text{MJ}/\text{kg}$ ，全水分 $\leq 40\%$ (wt)，灰分 $\leq 40\%$ (wt)，粒径 $\leq 1.0\text{mm}$ ，汞 $\leq 1.0\mu\text{g}/\text{g}$ ，砷 $\leq 40\mu\text{g}/\text{g}$ ，硫 ≤ 2.5 (wt)，氯 ≤ 1.5 (wt)，磷 ≤ 0.10 (wt)。

(四) SRF 生产制备安全、环保管控要点

1、收集固体废弃物时，应避免危险废弃物、不可燃固体废弃物或者不宜燃固体废弃物混入其中。在来料检查工序中要高度重视，发现危险废弃物应拒收。在分拣工序中发现危险废弃物、不可燃固体废弃物或者不宜燃固体废弃物，应挑出并分类妥善处理。

2、加强环保管控，制备工厂应根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599)规范设置，满足通风、防雨、防晒等要求，物料在运输、贮存、制备等过程中，应采取抑尘、防渗漏等有效措施，防止物料产生扬散、抛洒、臭气外溢、污水外流等情况。废气方面，应控制好颗粒物布袋除尘系统运行管理，确保达标排放。对次生的一般固体废物，应委托有资质单位合规处理。

3、做好物料防自燃、防火灾等安全措施，如：火花探测器、自动喷淋灭火系统、消防安全系统(消防报警、消防栓、消防炮、灭火器)等。

4、机械设备安全防护。破碎机、传输带等制造设备的转动部位应配具安全防护装置、紧急切断装置，防止机械伤害。

5、做好行车、叉车等特种设备管理，特种作业人员持证上岗，防范特种设备事故。

四、循环经济视域下，固体替代燃料(SRF)发展面临的挑战

1、固体替代燃料的制备装置规模相对较小，存在分散，低水平重复建设，制备简单随意、不规范等现象。2、固体替代燃料的制备工艺技术还比较落后，某些企业使用的机械设备以仿制国外设备为主，对于国外先进设备与工艺技术的引入力度有限^[5]。3、固体替代燃料制备过程中，由于原料来源过多，很多有价值的可燃废弃物还没有得到有效的分拣与利用，存在资源浪费现象。4、固体替代燃料的发展过程还存在着现有政策方面的一些障碍。

五、结语

在循环经济背景下，固体替代燃料在我国有着极为广泛的发展前景，符合“碳达峰碳中和”、“无废城市”等绿色低碳发展方向，符合我国固体废物污染环境防治“减量化、资源化、无害化”原则，不仅有助于环境保护，并且可以节约一次能源。但是，受到各方面的影响，固体替代燃料的发展过程中还面临着很多问题。所以，我们还必须要付出更多的努力，从意识、政策、工艺技术、管理等各个方面对固体替代燃料的发展予以大力的支持。

参考文献:

- [1] 蒋旭光, 吴磊, 李晓东, 等. 固体回收燃料焚烧技术的研究现状及发展方向[J]. 环境污染与防治, 2018,40(10):1181-1187.
- [2] 袁晓鹰, 孙灿. 可替代能源的新军——固体生物质燃料检测标准的制定[J]. 煤, 2008,17(4):11-13.
- [3] 广州维港环保科技有限公司. 一种工业固废气化制备固体替代燃料的方法及该替代燃料及其应用:CN202210532525.4[P]. 2022-09-20.
- [4] 固体替代燃料定义与分类:T/CIC 046-2021[S]. 2021.
- [5] 陈友德. 替代燃料解决途径[J]. 水泥技术, 2016(4):94-95.

作者简介: 徐中华, 男, 汉族; 籍贯: 江苏省镇江市人; 出生年月: 1975年4月-; 学历: 本科; 职称: 工程师; 工作内容: 安全环保管理