

火电厂协同处理生活污水固废资源化利用路径研究

陈加凯

国能龙源环保有限公司曲阜分公司 山东 曲阜 251400

摘要: 本研究聚焦于火电厂协同处理生活污水的固废资源化利用路径,通过分析热平衡、污染物控制及循环经济理论,明确了技术、政策与经济三大核心条件。针对当前污泥处置成本高、资源化利用率低等问题,提出了能源化、材料化及多元化协同路径,包括协同焚烧发电、污泥热解气化、灰渣建材化利用等。通过技术优化、经济激励、政策保障及社会协同等策略,构建了高效、可持续的污泥资源化利用体系,旨在实现经济效益、环境效益与社会效益的协同发展,助力“双碳”目标实现。

关键词: 火电厂; 协同处理; 生活污水; 固废资源化; 利用路径

引言: 随着城市化进程的加快,生活污水产量急剧增加,传统处置方式如填埋、焚烧等面临成本高、污染重等挑战。火电厂协同处理生活污水作为一种创新的固废资源化利用模式,依托火电厂现有设施,实现污泥的减量化、无害化与资源化处理,具有显著的环境与经济效益。本文旨在探讨火电厂协同处理生活污水的基础理论、核心条件、现状及存在问题,并提出针对性的资源化利用路径与优化保障措施,为推动污泥资源化利用提供理论依据与实践指导。

1 火电厂协同处理生活污水的基础理论与核心条件

1.1 核心概念界定

(1) 生活污水: 是污水处理厂的主要副产物,主要成分包括有机物、重金属、水分及少量病原体,随意堆放易造成土壤、水体污染;不同含水率污泥特性差异显著,高含水率污泥流动性强、不易处置,低含水率污泥更易燃烧且运输成本更低。(2) 火电厂协同处理: 指依托火电厂现有生产设施,将生活污水与燃煤协同燃烧处置的方式,核心是“以废治废”,与单独处理相比,可依托现有锅炉、烟气处理系统,大幅降低处置成本,同时实现污泥能源回收。(3) 固废资源化利用: 遵循减量化、无害化、资源化核心原则,污泥资源化核心目标是将污泥转化为能源或资源,评价标准围绕处置达标率、能源回收率及二次污染控制效果展开。

1.2 火电厂协同处理生活污水的基础理论

(1) 热平衡理论: 核心是协同处理中热量供需平衡,污泥燃烧释放的热值需与火电厂锅炉热效率匹配,确保锅炉稳定运行,避免热量不足或浪费。(2) 污染物控制理论: 明确烟气中 SO_2 、 NO_x 、二噁英及灰渣中重金属的生成机理,通过锅炉燃烧控制、烟气净化等技术,实现污染物达标排放。(3) 循环经济理论: 核心是污泥资源化

与火电厂生产流程耦合,构建“污泥-能源-资源”闭环,实现污泥能源回收、灰渣再利用,提升资源利用率^[1]。

1.3 火电厂协同处理生活污水的核心条件

(1) 技术条件: 火电厂现有锅炉、烟气处理、灰渣处置设施需适配污泥处理需求,污泥需经脱水、干化、破碎等预处理,达到燃烧标准。(2) 政策条件: 需符合国家及地方固废处置、环保排放政策,依托电价补贴、税收优惠等激励政策,降低处置成本。(3) 经济条件: 明确预处理、运输等成本构成,依托能源回收、灰渣利用、处置费等收益,实现成本与收益平衡,保障协同处理可持续。

2 火电厂协同处理生活污水固废资源化利用现状及存在问题

2.1 我国生活污水处置及资源化利用总体现状

(1) 生活污水产量及分布: 全国污泥产量呈逐年稳步递增态势,年均增长率保持在5%-8%,重点区域集中在东部沿海经济发达地区及各大中城市;处置方式占比中,填埋占比约40%、焚烧占比约35%、堆肥占比不足15%,火电厂协同处理占比逐步提升至10%左右,但整体占比仍偏低。(2) 现有资源化利用路径: 能源化以焚烧发电、供热为主,技术成熟且应用最广泛,可实现污泥能量回收;材料化可作为制砖原料、水泥掺合料,技术日趋完善,已在多地推广应用;农化利用以堆肥为主,因污泥中重金属残留风险,应用范围受到严格限制,仅在部分达标污泥中试点推行。

2.2 火电厂协同处理生活污水的应用现状

(1) 协同处理模式: 按预处理方式分为干化协同焚烧与直接掺烧,干化后掺烧适配性更强,直接掺烧成本更低;按机组类型分为煤粉炉与循环流化床锅炉协同处理,其中循环流化床锅炉对污泥适应性更好,应用更广

泛。(2)示范项目案例分析:选取3个典型项目,分别为东部某电厂(干化协同焚烧,日处理1200吨,资源化发电可补充机组5%发电量,存在预处理成本高问题)、中部某电厂(循环流化床直接掺烧,日处理1000吨,灰渣可用于制砖,存在燃烧稳定性不足问题)、西部某电厂(煤粉炉掺烧,日处理800吨,环境效益显著,存在重金属控制难度大问题)。(3)协同处理的优势与成效:可实现污泥减量化达90%以上、无害化达标率100%,能源回收效率可达30%-40%,既能补充电厂电力供应,又能降低污泥处置成本,兼顾经济效益与环境效益。

2.3 协同处理及资源化利用过程中存在的核心问题

(1)技术层面:污泥预处理技术存在短板,脱水干化效率不高;协同燃烧稳定性不足,易影响锅炉运行;二噁英、重金属等污染物控制难度大,灰渣资源化利用率不足50%。(2)经济层面:污泥预处理设备投入大、能耗高,成本偏高;能源回收、灰渣利用等资源化收益偏低,整体成本-收益失衡;补贴政策不完善,且仅覆盖部分地区,覆盖范围有限^[2]。(3)政策与管理层面:火电厂协同处理污泥的行业标准不统一,执行标准混乱;污泥运输、接收、处置全流程监管体系不健全,存在监管盲区;环保、电力、住建等跨部门协同机制不完善,衔接不畅。(4)认知层面:部分火电厂对协同资源化的重视程度不足,更侧重环保达标;公众对污泥资源化产品存在环保疑虑,接受度低,制约了资源化路径推广。

3 火电厂协同处理生活污水固废资源化利用路径构建

3.1 路径构建的原则与目标

(1)构建原则:坚持环保优先,将污染物达标排放作为底线,杜绝二次污染;立足技术可行,选用成熟可靠、适配火电厂现有设施的技术工艺;遵循经济合理,平衡处置成本与资源化收益,保障项目可持续;结合因地制宜,根据区域污泥特性、电厂机组类型优化路径;注重循环高效,推动污泥资源化与火电厂生产、相关产业深度耦合,兼顾减量化、无害化与资源化的有机统一。(2)构建目标:短期目标聚焦解决当前污泥处置难题,优化预处理与协同处理工艺,实现污泥无害化处置、污染物达标排放,缓解污泥堆放带来的环境压力;长期目标是构建多元化、高效化、可持续的污泥资源化利用体系,推动能源化、材料化及多元化协同路径深度融合,实现经济效益、环境效益与社会效益的协同发展,助力“双碳”目标实现。

3.2 能源化利用路径

(1)协同焚烧发电路径:优化污泥预处理环节,采用高效脱水、低温干化技术,将污泥含水率降至30%-

40%,提升燃烧效率;科学控制污泥与燃煤掺烧比例,结合锅炉类型调整燃烧参数,确保锅炉稳定运行;回收焚烧过程中的余热用于发电,配套升级烟气净化系统,强化SO₂、NO_x、二噁英及重金属的净化处理,同步规范灰渣收集处置,实现能源回收与环保达标双赢。(2)污泥热解气化协同发电路径:依托火电厂现有发电系统,采用低温热解气化技术处理污泥,生成一氧化碳、氢气等可燃气体,经净化处理后并入电厂燃气发电系统,实现能源分级利用;该路径可大幅降低二噁英生成量,减少重金属挥发,进一步提升污染物控制水平,适配环保要求较高的区域^[3]。(3)余热利用延伸路径:充分回收协同处理过程中锅炉产生的余热,优先用于污泥干化,降低预处理环节能耗;剩余余热可用于周边居民集中供热或工业园区工业用热,拓展能源利用场景,提升能源综合利用率,增加资源化收益。

3.3 材料化利用路径

(1)灰渣建材化利用:对协同焚烧产生的灰渣进行无害化处理,检测重金属浸出量,确保符合建材行业质量标准;将达标灰渣用于制砖、水泥掺合料或道路基层材料,替代传统原料,减少资源消耗;同时建立灰渣质量追溯体系,规范利用流程,降低环境风险。(2)污泥衍生燃料制备:选取含水率较低、有机物含量高的污泥,经脱水、干化、成型处理,制备成颗粒状或块状生物质燃料,控制燃料热值与污染物含量;该燃料可用于火电厂辅助燃烧,替代部分燃煤,或供给工业锅炉使用,实现污泥能量的高效转化。

3.4 多元化协同路径

(1)协同堆肥路径:对污泥进行灭菌、重金属固化等无害化处理,确保符合堆肥质量标准;将处理后污泥与火电厂粉煤灰、农业秸秆等辅料混合堆肥,调节碳氮比,提升堆肥肥力,最终用于园林绿化、土壤改良,实现污泥农化利用的安全推广。(2)跨产业协同路径:构建火电厂、污水处理厂、建材企业、农业企业联动机制,污水处理厂提供污泥原料,火电厂负责协同处置与能源回收,建材企业利用灰渣生产建材,农业企业消化堆肥产品,形成“污泥处置-能源回收-资源再生”的完整产业链闭环,提升资源化利用效率与产业协同效益。

4 火电厂协同处理生活污水固废资源化利用路径优化与保障措施

4.1 路径优化策略

(1)技术优化:聚焦核心技术瓶颈,加大高效低成本污泥预处理技术研发投入,开发节能型脱水干化设备,提升处理效率;优化协同燃烧参数,结合不同机组

类型精准调整污泥掺烧比例,增强燃烧稳定性;升级烟气净化与灰渣无害化处理技术,采用高效吸附与催化分解结合的方式,强化二噁英、重金属等污染物控制,推动灰渣资源化利用率提升至70%以上,全面提升资源化利用效率。(2)经济优化:优化成本结构,降低污泥预处理环节的能耗与设备运维成本,减少不必要的投入;拓展资源化收益渠道,推动污泥衍生燃料、灰渣建材等产品市场化推广,提升产品附加值;完善市场化运作模式,推行污泥处置费市场化定价,积极引导社会资本参与,缓解成本-收益失衡问题,实现经济效益可持续^[4]。

(3)区域适配优化:结合不同区域特点,避免“一刀切”模式。东部地区依托产业优势,侧重能源化与材料化协同发展,推动资源化产品市场化;中部地区聚焦循环高效,优先推广循环流化床协同焚烧路径,强化余热利用;西部地区结合资源禀赋,侧重余热利用与跨产业协同,实现因地制宜的资源化发展。

4.2 政策保障措施

(1)完善法律法规:制定火电厂协同处理生活污水的专项行业标准,明确污泥预处理、燃烧、污染物排放、资源化利用等各环节的技术要求与排放限值,统一行业执行标准,规范行业发展秩序,为协同资源化提供明确的法律依据。(2)强化政策激励:加大财政补贴力度,扩大补贴覆盖范围,兼顾不同区域、不同规模火电厂,实现补贴政策普惠化;完善税收优惠政策,对协同资源化项目实行税收减免,鼓励企业加大技术研发与项目投入;优化电价补贴政策,根据资源化效率给予差异化补贴,激发企业参与积极性。(3)健全监管体系:建立污泥从产生、运输、接收、处置到资源化利用的全流程监管机制,明确环保、电力、住建等各部门职责,加强跨部门协同联动,消除监管盲区;搭建环境监测预警系统,实时监控污染物排放与资源化利用情况,确保各项措施落地见效。

4.3 技术与人才保障

(1)技术研发与推广:深化产学研协同合作,推动高校、科研机构与火电厂联合攻关,重点突破污泥预处理、协同燃烧、污染物控制、灰渣资源化等核心技术瓶

颈;开展技术试点示范,总结成熟经验,形成可复制、可推广的技术模式,提升技术应用水平^[5]。(2)人才培养与储备:高校与企业联合开设相关专业,定向培养兼具火电厂运营、污泥处置、环保技术的复合型人才;加强企业现有员工培训,提升员工协同资源化运营管理能力;建立人才激励机制,吸引专业人才投身协同处理领域,完善人才储备体系。

4.4 社会协同保障

(1)宣传引导:通过科普宣传、媒体报道、行业交流等多种形式,普及污泥资源化利用知识,消除公众环保疑虑,提升公众与企业对协同资源化的认知度和接受度,为路径推广营造良好社会氛围。(2)产学研协同:推动火电厂、科研机构、高校、建材企业、农业企业深度合作,搭建协同合作平台,促进技术研发、成果转化、产业落地的良性循环,实现资源共享、优势互补,推动协同资源化利用体系持续发展。

结束语

火电厂协同处理生活污水是实现固废资源化利用的有效途径,对于缓解环境压力、促进循环经济发展具有重要意义。未来,需进一步加大技术研发力度,突破预处理、协同燃烧及污染物控制等关键技术瓶颈;同时,完善政策激励与监管体系,拓展资源化收益渠道,激发企业参与积极性。通过社会各界的共同努力,构建多元化、高效化、可持续的污泥资源化利用体系,推动“双碳”目标的顺利实现,为美丽中国建设贡献力量。

参考文献

- [1]单小云.关于燃煤电厂工业固废资源综合利用产业发展的思考[J].科技创新导报,2020,17(8):84-86.
- [2]史磊.循环流化床锅炉掺烧电解铝废料利用模式探索[J].中国资源综合利用,2023,38(4):33-39.
- [3]栾超,方光旭.昌吉州燃煤固废资源化利用现状及对策[J].江西建材,2021,9(1):53-55.
- [4]田伟.燃煤厂固体废弃物资源化利用创新探索[J].科学技术创新,2022,11(4):195-196.
- [5]黄彪斌.燃煤电厂耦合生物质固废发电前景分析[J].电力与能源进展,2023,8(6):75-79.