

市政污泥处理与制氢一体化技术的开发与应用

姜 平 高 欣 庞 玥 王 鑫

青岛达能环保设备股份有限公司 山东青岛 266300

摘 要: 随着国内污水处理厂的逐步建设与完善, 污泥的安全处置需求与日俱增, 针对于污泥处理与处置的技术也百花齐放。目前, 市场上众多污泥处置技术各有特点, 但都存在不同的应用局限, 为了探讨解决污泥处置技术问题的关键点, 本文通过对现有技术的应用特点进行综述分析, 寻找污泥处置与制氢一体化技术应用的关键因素, 为污泥技术的推广应用提供参考。

关键词: 市政污泥; 污泥处理; 制氢技术

引言

随着国内大力进行污水厂建设和提标扩建, 2020年我国的污泥产量突破6000万t(含水率80%), 寻求污泥的安全处理处置方法已经成为城市环境安全的迫切需求。剩余污泥含有大量有机质, 水分含量高, 在温度适宜的情况下, 极易产生各种危险气体, 且会造成蚊虫聚集, 传播疾病, 对社会稳定和人民生活有着极大的危害。同时, 未经处置的污泥随意堆放, 可能会导致地下水污染, 重新成为二次污染源。污泥的种种危害, 已使得对污泥进行安全有效、成本低廉的处置成为一种趋势。因此, 探寻污泥资源化处置的技术路径为本文重点讨论的内容, 同时探讨污泥处置技术路径的关键点, 对实现污泥资源化利用起到指导实践作用。

1 市政污泥处理的常见技术

1.1 干化+焚烧的技术路线

1.1.1 工艺流程

99%含水污泥→带式压泥机(80%含水率)或板框压泥机(60%含水率)脱水至一定的含水率→进入污泥干化系统(20%含水率)→污泥焚烧系统→烟气净化系统→尾渣。

1.1.2 污泥干化

污泥干化根据热量交换的接触方式可分为直接干化和间接干化。直接干化采用热空气与含水污泥直接接触的方式, 通过上下对流换热, 直接将污泥中的水分带走, 可以实现对热量的充分利用, 但弊端是由于污泥本身具有的污染性质, 使得带走的热气当中含有大量污染性气体, 需要设置规模巨大的废气处理装置。间接干

化时热介质与污泥并不直接接触, 污泥均匀分布于受热面, 通过热介质对受热面增加热量从而将污泥中的水分降低。如, 薄层干化、桨叶干化、盘式干化等均属于间接干化。

1.1.3 污泥焚烧

污泥焚烧是在污泥干化的基础上, 利用污泥中可燃有机物含量较大的特性, 通过将污泥在高温有氧环境下充分燃烧, 从而使大量有机物质转化为少许灰烬的处置方式, 可以实现污泥的减量化。目前, 污泥焚烧主要使用流化床焚烧炉, 基本原理是物料在炉膛内部流化气体的作用下显现出流化态, 从而使燃烧更加充分。

1.2 好氧堆肥工艺技术路线

污泥好氧堆肥技术是利用污泥中的嗜温细菌和嗜热细菌, 以有机物为生长基质, 在实现有机质降解的同时杀灭病原菌的污泥制肥技术。好氧堆肥是有氧参与的有机质分解过程, 分解的产物主要包括二氧化碳、水和热量, 其反应过程属于放热反应, 放热反应提高了污泥的温度, 从而更好地促进嗜温细菌和嗜热细菌的活性, 同时有助于对有害病原菌的杀灭^[1]。影响污泥好氧堆肥的因素主要有污泥含水率、污泥含固率、填充料、有机质、污泥碳氮比、pH值、通风供氧、温度等。污泥好氧堆肥作为实现污泥资源化、减量化、稳定化的一种技术, 在应用地域上有一定的限制。如, 在土地充足、光热充足的地区因地制宜采用好氧堆肥, 可实现污泥变废为宝, 较好地促进环境保护和经济发展; 对于土地资源比较紧张的地区, 采用好氧堆肥的经济性就会大打折扣。

1.3 厌氧消化工艺技术路线

厌氧消化主要是利用厌氧菌的生物作用在厌氧环境

下将污泥中有机质分解产生二氧化碳、甲烷、水等产物的过程。为了解决传统厌氧消化反应速率慢、有机物降解率低、甲烷气体产率低等问题,普遍采用预处理的方式对污泥进行破壁处理,从而提高厌氧消化的效果,主要方法有高温蒸煮、超声波预处理、臭氧预处理等。清华大学根据国内污泥有机质含量的实际情况开发出了适用的热水解污泥处理工艺,设计处理污泥400t/d,协同餐厨垃圾200t/d,该工艺已成功在深圳运营多年,基本实现了能量自平衡,不需要额外购买能源即可保持工艺系统的正常运行。该工艺主要有8个特点,即①污泥厌氧消化产生的高温可以有效杀灭部分病原菌和有害虫卵,确保污泥产生的尾端产物容易稳定,不会产生腐臭;②污泥厌氧消化过程中的产气阶段能够产生较多的甲烷等气体,可以作为能量来源给高温蒸煮提供热量;③污泥厌氧消化可以降解挥发性固体物质,大大减少了污泥固态物质的产量,降低了后续污泥产物的处置费用;④污泥厌氧消化需要消耗大量的能量,一般来说仅仅依靠污泥消化无法满足工艺运行,需要外协餐厨垃圾或者外购能源进行能量补充;⑤污泥厌氧消化设计的停留时间较长,需要保持25d左右;⑥工艺停留时间的延长导致了处理空间的增大,需要设置体积庞大的反应罐体,操作管理复杂;⑦污泥厌氧消化主要包括水解、酸化、产气等几个过程,在产气阶段,产甲烷菌对环境的要求较高,需要在系统启动阶段即开始培养菌种,初期调试的时间比较长,对环境的要求也比较高;⑧污泥厌氧消化后仍有较高含水率,须进行后续处理以进一步脱水干化,常用方法包括板框压榨和热干化等处理手段^[2]。

2 市政污泥超临界水气化制氢技术的开发应用

2.1 超临界水气化反应条件

利用超临界水气化污泥制取氢气是一项相当复杂的工艺,涉及到热解、水解、水蒸气重整等一系列复杂的过程。研究了不同温度、不同压力、不同时间下的反应产物^[3]。在反应过程中,原料浓度等因素对反应过程有重要影响。反应条件不仅决定了产气速率、气相组成,而且是提高有机物降解率的关键。

2.2 催化剂

催化剂在降低反应活化能、提高反应效率和实现目标产物的定向选择方面发挥着重要作用,降低反应条件

可极大地延长装置的使用寿命,并能有效地控制操作成本。目前,超临界水催化产氢的催化剂有很多,但其催化活性、选择性、稳定性等方面的研究相对较少。

2.3 水

当以水为反应介质时,其性质如密度、粘度、介电常数等都会随着温度和压力的升高而改变,从而导致其在气化过程中的氢键度降低,从而为其提供氢源。通常,自由基反应可分为两个阶段,即诱导形成和快速反应^[4]。其中,温度是其中最重要的一个。亚临界状态下,水更易发生离子反应,而在超临界状态下,则更易产生自由基。由于羟基自由基($\cdot\text{OH}$)的存在,导致苯环结构的不稳定,从而导致大分子的裂解,从而成为超临界水气化过程中最重要的一步,也是最有效的氧化剂,其生成是整个过程中的重要环节。

结束语

总之,如何将有机物与无机物进行有效的分离,是今后污泥处理技术进一步发展与改进的关键。随着环境保护技术的进步以及“限排”政策的实施,污泥资源化将成为我国城市污泥处理的首选,而污泥资源化则是其最根本的解决途径。当然,不管哪一种工艺路线,都要根据本地区的具体情况,综合分析判断,选择适合自己国情的工艺,更好地回收和利用污泥,为人们的生产、生活提供便利。这将推动我国城市污水处理工艺的优化与加速,为污泥资源化利用奠定基础。

参考文献

- [1] 宋青青,任宏宇,孔凡英,刘冰峰,赵磊,任南琪.不同预处理方法促进剩余污泥发酵制氢研究进展[J].中国环境科学,2021,41(10):4736-4744.
- [2] 刘学斌.超临界水气化污泥制氢工业可行性[J].云南化工,2020,47(12):24-25+29.
- [3] 蒋华义,段远望,王玉龙,邹少杰,张兰新,李瑾,王冰.基于均匀设计法的含油污泥超临界水气化制氢实验[J].化工进展,2020,39(09):3819-3825.
- [4] 李彤,王勇,李迎新,贾璇,孟繁华,李鸣晓.餐厨垃圾与市政污泥协同厌氧制氢影响因素研究[J].太阳能学报,2019,40(08):2135-2142.