

# 污泥资源化利用技术的研究进展与前景展望

高建敬 辛文芝 王强 王宁  
济宁中山公用水务有限公司 山东济宁 272000

**摘要:** 随着我国经济的快速发展和城市化进程的加快, 环境污染问题日益严重, 为了实现污泥的资源化利用, 我国科研人员对污泥处理技术进行了深入研究, 并取得了一定的成果。本文将对污泥资源化利用技术的研究进展进行梳理, 并对未来发展进行展望。

**关键词:** 污泥资源化利用技术; 研究进展; 前景展望

## Research progress and prospects of sludge resource utilization technology

Jianjing Gao, Wenzhi Xin, Qiang Wang, Ning Wang  
Jining Zhongshan Public Water Co., LTD., Shandong Jining 272000

**Abstract:** With the rapid economic growth and accelerated urbanization in China, environmental pollution has become increasingly severe. In order to achieve the resource utilization of sludge, Chinese researchers have conducted in-depth research on sludge treatment technologies and have made significant progress. This paper aims to review the research progress in sludge resource utilization technologies and provide insights into future developments.

**Keywords:** Sludge Resource Utilization Technology; Research Progress; Outlook

污泥是污水处理过程中产生的一种废弃物, 含有大量的有机物和营养物质, 如果处理不当, 会对环境造成严重的污染。因此, 污泥资源化利用技术的研究与开发具有重要的环境和经济意义。本文将从污泥的肥料化、能源化、建材化等方面对污泥资源化利用技术的研究进展进行综述, 并对未来的发展前景进行展望。

### 一、制作建筑材料

#### 1. 水泥

污泥资源化利用是将污泥转化为有用的资源, 以减少其对环境的负面影响。其中, 将污泥用作建筑水泥是一种常见的资源化利用方式。利用污泥制备水泥的方法主要有两种: 一种是将污泥直接作为水泥原料, 混合熟料一起磨细制备水泥; 另一种是将污泥焚烧后的残渣作为水泥原料, 混合熟料一起磨细制备水泥<sup>[1]</sup>。污泥作为水泥原料可以减少熟料的使用量, 从而降低生产成本; 污泥中含有大量的有机物和营养物质, 如果直接排放到环境中会造成水体污染。利用污泥制备水泥可以有效地减少污泥对环境的污染; 污泥中含有大量的有机物和微量元素等有用资源, 利用污泥制备水泥可以实

现资源的有效利用; 污泥中含有一些有益成分, 如硅、铝等元素, 可以改善水泥的性能, 提高水泥的强度和耐久性。

#### 2. 砖

污泥资源化利用的建筑砖是一种将污泥转化为有益资源的环保型建筑材料。而将污泥转化为建筑砖, 既可以实现资源的有效利用, 又能减少对环境的负面影响。污泥资源化利用的建筑砖主要分为两大类: 一类是利用污泥直接制砖, 即将污泥与黏土、煤矸石等原料混合, 经过粉碎、搅拌、成型、烧结等工艺制成砖。这类砖的特点是利用污泥中的有机物燃烧产生的热量, 可以节省能源, 缩短烧结时间。另一类是利用污泥焚烧灰制砖, 即将污泥进行焚烧处理, 将其转化为灰烬, 再与黏土、矿渣等原料混合制砖。这类砖的特点是焚烧过程可以消灭污泥中的有害生物和病原体, 减少对环境的污染, 以减少对天然资源的依赖, 实现资源的有效利用, 可以减少对环境的污染, 可以降低生产成本, 提高企业的市场竞争力, 可以减少填埋和焚烧污泥所占用的土地资源, 降低对环境的压力。

### 3. 陶粒

利用污泥生产陶粒, 实现了污泥的资源化利用, 降低了对环境的污染, 同时减少了自然资源的消耗; 陶粒密度小, 质量轻, 抗压强度高, 适用于高层建筑、大跨度结构和地震区建筑; 陶粒具有良好的隔热性能, 可用于保温墙、屋顶保温、地面隔热等; 陶粒具有较高的耐火度和耐腐蚀性, 适用于防火墙、高温环境部位的建筑材料; 陶粒具有较好的抗震性能, 适用于地震区建筑; 陶粒具有良好的吸水性, 可用于园林绿化、花卉种植等领域, 提高土壤的保湿性能。在建筑领域, 污泥资源化利用的建筑陶粒可用于混凝土、砌块、保温材料等, 陶粒还可用于污水处理、花卉种植、水族箱、园林景观等领域。

### 二、制作活性炭

制作活性炭是一种常见的污泥资源化利用方法, 活性炭是一种多孔的碳材料, 具有很强的吸附能力, 可以用于水处理、空气净化、化学品吸附等领域。下面是污泥制备活性炭的一般步骤: 将湿污泥通过干燥机进行干燥, 以减少其含水量; 将干燥的污泥通过破碎机进行破碎, 并经过筛分, 以去除其中的大颗粒物; 将破碎的污泥与活化剂混合, 并在高温下进行活化反应, 以形成活性炭<sup>[2]</sup>。常用的活化剂包括磷酸、氢氧化钠、硫酸等; 将活化后的污泥进行洗涤, 以去除其中的杂质和残留物; 将洗涤后的活性炭进行干燥, 以减少其含水量; 将干燥的活性炭通过粉碎机进行粉碎, 并经过筛分, 以去除其中的大颗粒物。通过以上步骤, 可以将污泥转化为高质量的活性炭, 从而达到资源化利用的目的。

### 三、堆肥

污泥资源化利用的主要方式之一是堆肥, 堆肥是一种将有机物转化为肥料的过程, 通过将有机物分解为更小的分子, 从而产生热量和腐殖质。污泥堆肥的过程通常包括以下几个步骤: 将湿污泥进行干燥处理, 以降低其含水量, 从而提高其稳定性和运输性; 将干燥的污泥进行破碎处理, 以使其更容易被微生物分解; 将污泥与其他有机物混合, 调整堆肥的碳氮比等参数, 以满足微生物分解的需要; 将混合物进行发酵处理, 通过微生物的作用将有机物分解为腐殖质、水和二氧化碳等物质; 将发酵后的混合物进行筛分、干燥等处理, 制作成腐殖质肥料<sup>[3]</sup>。污泥堆肥可以实现污泥资源的有效利用, 同时也可以减少对环境的污染。不过, 在进行污泥堆肥时需要严格控制堆肥的条件和参数, 以避免产生臭气、渗滤液等环境问题。

### 四、制油

#### 1. 直接油化

污泥直接油化是一种将污泥转化为燃料油的技术。该技术通过热解、液化等过程, 将污泥中的有机物转化为燃料油, 从而达到资源化利用的目的。污泥直接油化技术的具体步骤如下: 将湿污泥进行干燥处理, 以降低其含水量, 从而提高其稳定性和运输性。同时, 通过破碎等手段将污泥颗粒破碎至合适大小, 以便后续处理; 将预处理后的污泥放入热解炉中, 利用高温条件下的有机物热解反应, 将污泥中的有机物转化为油气混合物。热解过程中产生的油气混合物包含大量有机物, 可用于后续的液化处理; 将热解产生的油气混合物进行冷却凝结, 使其转化为液态燃料, 液化过程中, 可以通过调整温度、压力等参数, 控制燃料油的品质和产量; 将制得的燃料油进行精炼处理, 去除其中的杂质和有害成分, 提高燃料油的品质, 以满足燃料油的使用需求<sup>[4]</sup>。污泥直接油化技术可以实现污泥资源的有效利用, 同时也可以减少对环境的污染。不过, 该技术在实际应用中仍需面对一些挑战, 如高能耗、成本高、技术复杂等问题。因此, 在推广污泥资源化利用制油直接油化技术时, 需要充分考虑技术的经济性和可行性。

#### 2. 低温热解制油

污泥低温热解制油是一种利用污泥进行能源资源化的技术, 通过将污泥进行低温热解, 将其中的有机物转化为油、气和固体残渣三种物质。其中, 油相物质可以被进一步利用作为燃料或化工原料。污泥低温热解制油的工艺流程一般包括以下几个步骤: 将污泥进行干燥、磨碎等处理, 以提高其热解效率; 将预处理后的污泥放入热解炉中, 在低温下进行热解反应, 在这个过程中, 污泥中的有机物会被分解成小分子的油气物质和固体残渣; 将热解产生的油气混合物进行分离, 以得到纯度的油相物质; 将得到的油相物质进行进一步利用, 如作为燃料、化工原料等。污泥低温热解制油的技术可以有效地利用污泥中的有机物资源, 减少其对环境的污染; 制作的油相物质可以作为燃料或化工原料, 具有较高的经济价值; 低温热解技术可以有效地避免高温热解产生的有害气体和固体残渣。

#### 3. 微波高压制油

污泥微波高压制油是一种利用微波和高压技术对污泥进行处理, 以提取油类成分的方法。该方法主要分为两个步骤: 首先将污泥进行湿式氧化处理, 使污泥中的有机物转化为可溶性的有机物, 例如蛋白质、糖类和脂

肪等,湿式氧化处理可以通过微生物发酵、化学氧化或电化学氧化等方式进行;将经过湿式氧化处理的污泥与溶剂混合,然后放入微波反应器中,在高温高压的条件下,污泥中的有机物会溶解在溶剂中。随后,通过蒸馏等方法将溶剂蒸发掉,得到污泥中的油类成分。微波和高压技术能够显著提高污泥中油类成分的提取效率,缩短处理时间,与传统方法相比,该方法能耗较低,操作过程中无污染排放,可以处理不同类型的污泥,如城市污泥、工业污泥等。然而,污泥微波高压制油技术在实际应用中还面临一些挑战,如对设备和技术的要求较高,操作条件较为苛刻,以及可能存在的安全隐患等。因此,在推广应用前,需要对其进行深入的研究和安全评估。

### 五、制沼气

污泥制沼气是一种将污泥转化为可再生能源的方法,主要通过沼气发酵过程来实现。沼气发酵是一种生物化学过程,通过该过程有机物质可以被分解并产生沼气。污泥中含有大量的有机物质,因此是一种很好的沼气发酵原料<sup>[5]</sup>。污泥制沼气的过程通常包括以下几个步骤:将污泥进行脱水和搅拌,以增加其表面积和透气性,从而促进沼气发酵;将污泥与水、有机物和发酵剂混合,使其成为一种适合沼气发酵的混合物;将混合物放入沼气池中,通过控制温度、湿度和氧气浓度等条件,使混合物进行发酵,产生沼气;通过特定的装置收集沼气,并对其进行处理和净化,以确保其质量和安全性。污泥制沼气可以有效地减少污泥的数量和体积,同时还可以产生可再生能源沼气,从而达到环境保护和可持续发展的目的。

### 六、制聚羟基烷酸酯

污泥制聚羟基烷酸酯(PHA)是一种利用污泥中的有机物制备生物塑料的方法,具体步骤如下:从污水处理厂或工业废水处理系统中收集污泥;将收集到的污泥进行灭菌处理,以去除其中的微生物和病原体;将处理后的污泥进行干燥处理,以提高其含固率;将干燥后的污泥进行粉碎处理,以使其成为细粉末;将污泥粉末与其他原料一起加入到PHA生产菌中,通过发酵过程制备PHA;通过离心、沉淀等方法,将制备的PHA纯化出来;将纯化的PHA用于制备各种生物塑料制品,如袋子、餐具、瓶子等。污泥制聚羟基烷酸酯技术可以实现

废弃物资源化利用,减少废弃物对环境的污染,同时也有助于推动可降解塑料的发展<sup>[6]</sup>。

### 七、发酵制酸

污泥发酵制酸是一种通过利用微生物代谢污泥中的有机物来制备酸性环境的方法。该过程通常包括以下几个步骤:将从污水处理厂或污泥处理厂收集到的污泥进行浓缩和调质,以提高其有机物含量和微生物活性;将调质后的污泥放入发酵反应器中,加入适量的水分和微生物菌剂,搅拌混合均匀;在发酵反应器中通入空气,使污泥中的微生物进行代谢活动,将污泥中的有机物分解为二氧化碳、水和其他代谢产物,同时释放出能量。在发酵过程中,需要控制发酵反应器的温度、湿度和pH等条件,以保证代谢产物的产量和质量;通过调节发酵反应器中的pH值,使代谢产物中的有机酸增加,从而制备出酸性环境;将制备好的酸性环境用于各种应用领域,如食品加工、化学工业、环境保护等。污泥发酵制酸不仅可以有效地利用污泥中的有机物资源,还可以减少污泥的体积和污染物排放,具有环保和资源利用的双重效益。

### 八、结束语

污泥资源化利用是实现绿色环保和资源循环的重要途径。目前,污泥肥料化利用、污泥能源化利用、污泥建材化利用和污泥生物质炭化利用等技术已取得显著成果。未来,随着政策的推动、技术的创新和产业协同发展,污泥资源化利用将为我国环保事业和资源循环利用做出更大贡献。

### 参考文献:

- [1]刘鹏鹏.城镇污水处理厂污泥资源化利用技术研究[J].科技与创新,2022(22):36-38+42.
- [2]李玉双,杨嘉鑫,魏建兵等.城市污泥资源化利用技术研究进展[J].工业水处理,2022,42(12):41-46.
- [3]马立南.城镇污水处理厂污泥资源化利用技术研究[J].清洗世界,2021,37(11):103-104.
- [4]吴春苗.城镇污水处理厂污泥资源化利用技术研究[J].低碳世界,2021,11(06):109-110.
- [5]罗如生.浅谈污泥资源化利用技术水平及研究进展[J].再生资源与循环经济,2021,13(07):37-40.
- [6]付长营.含油污泥资源化利用技术的前景分析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,38(07):147-148.