

污水处理固体废弃物污泥处理方法研究

厉凤旦¹ 应云翔² 杨飞¹

1. 金华市环卫服务中心 浙江 金华 321000

2. 浙江致立环保技术有限公司 浙江 金华 321000

摘要: 在城市化进程不断加快的今天, 污水处理已经成为确保水环境质量不可忽视的一个环节。但是污水处理所产生的固体废弃物——污泥在占用了大量土地资源的同时也会带来二次污染。所以, 对污泥处理方法的研究具有环境意义与经济价值。本文首先分析了污泥的产生环节、污染环境因素以及处理成本, 进而对比了传统污泥处理方法(例如堆肥、填埋、焚烧、厌氧消化等)与资源化处置方法的优劣。为了进一步提高污泥处理的效率, 本文又对固体废弃物污泥源头减量处理进行了探索, 主要涉及溶胞隐性生长、解偶联技术、微型动物捕食和超声波处理技术。这些方法都是为了达到污泥减量化、无害化、资源化的目的, 从而为污水处理方面的持续进行提供了一种新的思路。

关键词: 污水处理; 固体废弃物; 污泥处理方法

引言

伴随着工业化、城市化进程加快, 固体废弃物污泥产生量越来越大, 对环境造成很大的压力。所以, 发展高效环保污泥处理技术已成为目前的一个研究重点。文章对固体废弃物污泥多种处理方法进行总结, 尤其注重源头减量处理技术的研究, 目的是为污泥减量化、资源化、无害化处理提供一种新思路与新策略。

1 污泥分析

1.1 污泥产生环节

处理污水时, 污泥是无法避免的一环。污泥的主要成分是污水中悬浮固体, 胶体物质、微生物以及其代谢产物, 通过物理、化学及生物处理过程使其逐渐团聚析出而形成污泥。污泥产生量受到很多因素的影响, 主要有污水水质、处理工艺和处理效率。污水处理厂各处理单元如格栅、沉砂池、初沉池、生物反应池和二沉池均有一定污泥产生。这类污泥中不仅水分含量高, 而且有机物、重金属、病原微生物及其他有害物质含量也较高, 若处理不好, 将给环境及人体健康带来严重的影响。

1.2 污泥污染环境的因素

污泥造成环境污染的原因很多, 污染因素有如下几种。第一, 要明确污泥中富含大量的有机物质以及氮、磷等营养成分。如果这些物质没有经过适当的处理而被直接排放或堆积, 它们有可能通过地表的径流途径传播、渗透及其他途径进入水体与土壤中, 造成水体富营养化和土壤污染的问题。第二, 污泥可能存在重金属、有毒有害化学物质以及病原微生物, 如果不对其进行有效地清除, 会对环境及人体健康造成直接的损害。如重金属在生物体内会发生富集和通过食物链的传递而给人

体健康带来潜在的威胁; 有毒有害化学物质会长期污染环境并影响生态系统平衡; 病原微生物有可能通过水或空气传播, 从而导致公共卫生的问题。另外, 污泥积累起来还会占用很多土地资源, 从而影响土地正常利用。

1.3 污泥处理成本及影响因素

污泥处理成本对评价污泥处理方案是否经济可行具有重要意义。污泥处理成本受多种因素影响, 首先, 技术选择, 不同的污泥处理技术(例如堆肥、焚烧和厌氧消化)在设备投资、运行费用、能源消耗等有很大差别, 这直接影响到处理成本。其次, 污泥组成及性质对处理成本亦有影响, 例如污泥含水率、有机物含量、重金属含量等等, 不同因素将影响处理工艺复杂度及处理效率从而对处理成本产生影响。最后, 加工规模与加工时间对费用有显著影响, 加工规模越大单位加工费用越高; 而且处理时间直接影响到设备运行时间、能源消耗等。另外政策环境、市场条件和管理水平等外在因素对污泥处理的成本有一定的影响。

2 固体废弃物污泥处理方法对比

2.1 传统污泥处理方法

2.1.1 堆肥处理法

堆肥处理法是以微生物代谢作用为主, 使污泥有机物质向稳定腐殖质转化, 使污泥减量化、稳定化、无害化。该方法操作方便、成本低, 产物可以资源化利用。但堆肥处理法存在处理周期长、占地多, 容易出现异味及渗滤液的处理难题等挑战与制约。另外, 在堆肥期间还要对环境条件进行严格把控, 比如温度、湿度、通风等等, 这样才能保证微生物活性, 保证堆肥进程顺利。

2.1.2 卫生填埋法

卫生填埋法是传统污泥处理方法之一，其操作方便、处理数量多、投资小。这种方法主要是把污泥填埋于防渗措施较好的填埋场，并利用自然微生物分解作用逐步降解污泥中有机物质，实现稳定化、无害化。卫生填埋法处理时可有效地控制渗滤液及气体的生成，降低对周边环境的污染。但这一办法也遇到了一定的问题与挑战。一是填埋场建设需占用大量的土地资源，尤其是土地资源短缺的区域，这些土地资源可能是制约填埋场发展的重要因素^[1]。二是填埋场运营期间需进行长时间的养护与管理才能保证填埋场的稳定与安全。三是当填埋场饱和时，需封场，以防长期环境影响。

2.1.3 焚烧处理法

焚烧处理法处理污泥效率高，利用高温燃烧使污泥中有机物完全分解，在降低污泥体积与重量的前提下实现减量化与无害化。焚烧处理法处理迅速，减容率大，能杀灭病原体，对有毒有害物质有损害。焚烧时污泥中有机物质氧化成二氧化碳、水蒸气等，而产生热能可循环使用，例如用来发电或者加热等，以提高能源利用率。但焚烧处理法同样面临着问题与挑战。一是焚烧处理法耗能大，处理成本提高。二是焚烧可能会造成二次污染，例如烟气中颗粒物、二氧化硫和氮氧化物，需采取有效控制措施降低排放。三是焚烧设备投入较大，运行维护费用较高，需专业技术人员运行管理。

2.1.4 厌氧消化法

厌氧消化法就是在缺氧或者无氧的情况下用厌氧微生物使污泥中有机物质变成沼气并使残渣稳定化的污泥处理工艺。这种方法不但能有效地减少污泥体积与重量，达到减量化、无害化的目的，而且所产沼气可作为清洁能源循环使用，有很好的经济与环境效益。厌氧消化法处理流程有水解、酸化、甲烷化三个阶段。水解阶段污泥中复杂有机物受微生物影响分解成小分子物质；酸化阶段这些小分子物质又进一步转化成有机酸、醇类及其他物质；最甲烷化阶段这些有机酸及醇类为甲烷菌所利用生成甲烷、二氧化碳及其他气体。但厌氧消化法存在着一定的挑战与局限。一是厌氧消化过程耗时长，处理效率比较低。二是厌氧消化过程对于污泥预处理提出了更高要求，例如需降低污泥含水率和增加污泥中有机物含量。另外，在厌氧消化的过程中，可能会生成硫化氢等有毒气体，因此需要实施有利的控制策略以降低其排放量。

2.2 资源化处置方法

资源化的处理方式代表了污泥处理行业的一个主要发展方向，其核心目标是将污泥转变为有经济价值的资源，

从而最大化地利用废物。就资源化处置方法而言，污泥可通过各种方式转化成能源、肥料或者其他宝贵物质。

首先，污泥可以通过热化学转化技术（如焚烧、热解等）转化为能源。焚烧污泥的热能既能发电又能供热，热解技术能使污泥变成生物油和燃气等多种燃料。这些方法在使污泥减量化的同时也为污泥提供可再生能源，环境经济效益显著。

其次，污泥肥料化利用又是资源化处置的重要途径。经稳定化、无害化处理后的污泥中含有丰富的有机物质及植物必需营养元素，可作肥料应用于农业或者园艺等领域。该方法在降低污泥排放的同时也有利于农业生产可持续发展。

最后，污泥可转化成建筑材料和吸附剂。如污泥焚烧的残余物可用来生产砖，水泥和其他建筑材料；并且经具体处理后的污泥可作为吸附剂应用于废水处理及其他方面。这些资源化处置方法在给污泥利用带来新方式的同时，也推动着相关行业的发展。

3 固体废弃物污泥源头减量处理方法

3.1 溶胞隐性生长

溶胞隐性生长是从源头降低固体废弃物污泥产量为目的的有效途径。此法的核心思想是利用特定生物或者物理手段促使污泥微生物细胞产生溶胞作用并将胞内有机物质释放出来，然后将这些材料作为新型碳源与能源来促进微生物在污泥中隐性生长^[2]。

在溶胞隐性生长过程中，污泥中的微生物细胞在特定的条件下（例如，高温、高压、化学药剂的作用）发生溶胞，释放出胞内物质。其中包括有机大分子如蛋白质，核酸和多糖，并进一步分解成小分子有机物如氨基酸、核苷酸和单糖。这类小分子有机物质能够被污泥中的其他微生物所吸收和利用，进行代谢过程，进而达到污泥减少和资源回收的目的。

溶胞隐性生长的方法有许多优点。一是能在源头减少污泥产生和污泥处理成本。二是促进污泥微生物隐性生长可提高污泥降解效率及稳定性。另外，溶胞隐性生长时生成的有机物质可作为一种新型碳源与能源为污泥处理系统补充能量。

3.2 解偶联技术

解偶联技术，其核心是“解偶联”思想。传统微生物代谢中能量代谢和物质代谢密切耦合。微生物吸收营养物质用于生物合成及细胞增殖时需要消耗很多能量。而解偶联技术则是利用特定手段或者药剂来破坏这一耦合关系使微生物不能正常生物合成及细胞增殖而耗能。

解偶联技术有很多实现途径，主要有化学方法与物

理方法两大类型。化学手段主要是通过加入化学解偶联剂,例如羧基氰化物和三氯乙酸等,来改变微生物细胞膜的透性,进而对其能量代谢过程产生干扰。这些解偶联剂可以破坏微生物细胞内和细胞外能量平衡,从而实现能量代谢和物质代谢解偶联。并利用物理方法,如高温、电场对微生物代谢过程进行扰动。高温会损害微生物细胞膜结构而丧失活性;电场有能力通过调整微生物细胞中的离子浓度和电势来干预它们的代谢活动。

解偶联技术具有污泥减量效果显著优点。常规污泥处理方法常需对污泥浓缩,脱水和干燥,这类工艺不仅耗能大、费用高,且在加工过程中造成大量二次污染。而解偶联技术可从污泥生成源头减量,并通过对微生物代谢过程的扰动,使得污泥生成的能量不应用于生物合成与细胞增殖等方面,而作为热能排放至环境。这样,污泥产量就能明显降低,减少污泥处理成本,减轻环境压力。另外解偶联技术还有着操作简单、适用范围广的优点^[3]。该项技术无需复杂设备及操作过程,仅在污泥处理时加入适量解偶联剂或者物理处理。同时,该技术适用于各种类型的污泥处理工艺,包括活性污泥法、厌氧消化法等。

3.3 微型动物捕食

微型动物捕食是从源头降低固体废弃物污泥产生的生物控制策略。在污泥的生态环境里,有众多的微小生物,例如原生动物、轮虫和线虫等,它们主要以污泥里的细菌、真菌和有机粒子为食物来源。促进这类微型动物捕食活动可有效地降低污泥有机物质含量从而减少污泥产生量。微型动物食饵污泥减量机制有两方面。一是微型动物利用捕食作用将污泥中有机物质直接消耗掉,从而降低有机物累积量。二是由微型动物代谢产生的物质可以被污泥中的其他微生物进一步利用,从而形成一个健康的生态循环,进一步推动污泥的稳定和减少。

在实践中,可通过提高污泥微型动物数量与种类,优化污泥处理工艺与环境条件促进微型动物捕食活动。例如,在处理污泥的系统中,可以加入某些特定的微型生物种类,或者通过调节污泥的pH值、温度和溶解氧等关键参数,来更好地优化这些微型生物的生长和捕食环境。

3.4 超声波处理技术

超声波传播到污泥中会有一系列细小气泡产生,气泡受超声波作用而快速膨胀、断裂,并产生巨大冲击力。这样的冲击力可以直接作用于污泥中的微生物细胞,破坏它们的细胞壁和细胞膜,从而使细胞内的物质释放到环境中。这样既加快了污泥对有机物分解速度,又有利于增强其生物可降解性。

除空化效应外超声波对污泥的机械效应也是存在的。这一影响通过高频振动引起的剪切力、摩擦力等对污泥内微生物细胞结构造成进一步损伤,从而更容易分解、加工。同时机械效应也可提高污泥脱水性能及沉降性,方便后续污泥处理处置^[4]。

超声波处理技术还具有非化学、无污染等优点。与传统化学处理方法相比较,超声波处理无需投加任何化学药剂以避免可能造成的二次污染及环境污染等问题。另外,超声波处理简单易行,效果显著,可在短期内达到污泥减量处理目的,减少了处理成本及环境压力。

结束语

文章概述固体废弃物污泥处理技术研究现状及趋势,尤其强调源头减量处理的重要性。堆肥处理法、卫生填埋法、焚烧处理法等常规污泥处理方法虽有一定成效,但是有很多局限。但资源化处置方法,如厌氧消化法等,为污泥再利用开辟了一条新途径。另外解偶联技术、超声波处理技术以及其他创新性源头减量处理方法都是通过改变微生物代谢过程或者利用超声波物理效应来达到污泥高效减量处理。这些技术对固体废弃物污泥减量化,资源化,无害化处理提出了一种全新的解决途径,对促进环保事业发展有着重要的意义。

参考文献

- [1] 王占丽,陈义丰,刘晓成,等.某化工企业污水处理场生化污泥固废属性鉴别研究[J].浙江化工, 2024, 55(1):34-40.
- [2] 金欢,刘贺,马丽然.城镇污水处理厂污泥固废属性核查分析[J].清洗世界, 2023, 39(8):55-57.
- [3] 姜明吉.浅谈城市污水处理厂污泥处理技术现状[J].净水技术, 2022(S01):041.
- [4] 杨姚舜,潘军.化学法去除污水处理厂污泥中Pb和Cd的研究[J].江汉石油职工大学学报, 2023, 36(3):49-52.