

城镇污水处理厂污泥资源化利用技术

黄健

上海环境工程技术有限公司

摘要: 城镇污水处理厂产生的污泥是一种具有污染和资源双重属性的废弃物, 如何进行有效的处理和利用是当前环境保护和资源回收利用的重要任务。本文旨在探讨城镇污水处理厂污泥资源化利用技术的经历和挑战, 分析污泥的特点和组成成分, 介绍污泥的无害化处理技术, 并通过国内外的案例分析, 总结出一些可行的资源化利用路径。通过对这些技术和案例的分析, 可以为城镇污水处理厂的污泥处理和资源化利用提供一定的参考和借鉴。

关键词: 城镇污水处理厂; 污泥; 资源化利用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.11.116

一、城镇污水处理厂污泥处理的重要性与经历

(一) 处理的重要性

(1) 环境保护

污泥中含有大量的有机物和微生物, 如果不经过适当的处理和处置会对环境造成污染, 其中有机物的分解会产生大量有害气体, 而微生物中可能存在病原菌如果直接排放到环境中, 会引发传染病的传播。因此需对污泥进行处理和处置有效减少对环境的污染, 保护水资源和生态系统的健康^[1]。

(2) 资源回收

污泥中含有丰富的养分和有机物, 具有潜在的资源价值, 通过适当的处理和处置将污泥中的养分和有机物回收利用, 用于农业肥料、生物质能源等方面, 实现资源的循环利用。这不仅减少对自然资源的依赖还可以降低生产成本促进可持续发展。

(3) 减排降碳

污泥中含有大量的有机物, 如果不经过适当的处理和处置, 降解过程中会产生大量的温室气体, 如甲烷等。甲烷是一种温室气体, 对气候变化具有较强的驱动作用, 通过对污泥进行稳定化处理和资源化利用, 可以有效减少温室气体的排放降低碳排放量有利于应对气候变化。

(二) 发展经历

污泥处理随着我国污水处理的发展经历了以下阶段:

(1) 初步发展阶段

20世纪60年代起, 中国污泥处理行业经历了萌芽、缓慢发展、快速发展三大阶段。在1961年建成的北京高碑店污水处理厂, 污泥被当地农民用于土地, 污泥农用自此开始。20世纪60-70年代, 中国污水处理厂比较少, 污泥量较少且成分简单, 此时的污泥经简单处理后被用作农肥等资源使用。这一时期, 污泥处理大多采用中温厌氧消化, 技术和设备几乎全部依靠进口。污泥产

生量较小, 以土地利用为主, 污泥主要用于农业^[2]。

(2) 全面发展阶段

随着国家对环境保护的重视程度不断提高, 污泥处理也逐渐成为污水处理的重要组成部分。

2002年, 国家出台了城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918), 该标准的实施有力促进了国内城镇污水处理业的快速发展。城市生活污水处理行业的蓬勃发展给人们带来了许多新的就业机会, 但在实际操作中还需结合城镇实际及城市污水排放标准要求, 选择合理的污水处理工艺。

二、污泥的特点和组成成分

(一) 污泥的主要特点

污泥是污水处理过程中沉淀下来的混合物, 其主要特点包括含水率高、有机质含量高、营养丰富、重金属含量较高、易腐烂和发臭等。一方面, 污泥的含水率通常在60%以上甚至高达80%以上, 这意味着污泥具有较高的湿度需要经过脱水处理才能减少体积、便于运输和处置。另一方面, 污泥含有大量的有机物质, 如腐殖质、蛋白质、纤维素等, 这些有机物质在一定条件下会分解产生臭气和有害气体, 对周围环境和人体健康构成潜在威胁。另外污泥中还富含氮、磷等植物生长所需的营养元素, 因此具有一定的肥料价值, 但与此同时污泥中也含有大量重金属等有害物质, 如铅、镉、汞等超标的重金属会对土壤和水体造成污染对生态环境造成破坏^[3]。

(二) 污泥的组成成分

城镇污水处理厂污泥的组成成分非常复杂, 主要包括以下几个方面:

有机物质: 污泥中含有大量的有机物质, 如腐烂的植物残体、微生物和其代谢产物等, 这些有机物质是污泥的重要组成部分, 也是污泥降解和稳定化的重要能源。

矿物质: 污泥中还含有多种矿物质, 如黏土、砂子、金属氧化物等这些矿物质对于污泥的性质和特性具有重要影响, 也为污泥的综合利用提供了可能。

重金属和有害物质: 部分污泥中含有重金属和其他有害物质, 如汞、镉、铬等。这些物质对于人体健康和环境安全具有一定的风险, 需要进行合理的处理和处置以防止对周边环境和生态系统造成污染和影响。

微生物: 污泥中富含各类细菌、真菌等微生物, 这些微生物对于污泥的降解和稳定化过程起着重要作用, 同时污泥中的微生物也可能对人体和环境造成一定的危害, 需要引起重视和处理。

三、污泥的无害化处理技术

(一) 农用处理

农用处理是一种常见的城镇污水处理厂污泥资源化利用技术，将污泥作为农业肥料或土壤改良剂来利用实现污泥的有效利用和资源化。

(1) 农用处理的适用性

农用处理适用于污泥中含有丰富的有机质、养分和微量元素的情况，这种处理方式将污泥中的养分和有机质转化为农作物所需的营养物质，同时改善土壤结构和肥力，促进农作物的生长。

农用处理的适用范围包括农田、果园、蔬菜大棚等农业用地，以及城市绿化、公园等绿化用地。这些场所通常需要大量的有机肥料和土壤改良剂而污泥正好可以满足这些需求。

(2) 农用处理的技术

农用处理技术主要包括直接施用、堆肥和厌氧发酵等方法。

直接施用是将污泥直接应用于农田或绿化用地的表面，这种方法简单易行，但需要注意污泥的施用量和频率避免对土壤和作物造成过度负荷。

堆肥是将污泥与其他有机废弃物（如农作物秸秆、畜禽粪便等）混合堆积，并进行适当的调控和管理促进有机物的分解和转化。堆肥处理可以有效降解污泥中的有机物提高其稳定性和肥效^[4]。

厌氧发酵是将污泥置于密闭容器中，在无氧条件下进行发酵。这种处理方式可以产生沼气能降解污泥中的有机物，减少体积和重量提高污泥的稳定性和安全性。

农用处理的关键在于合理控制污泥的施用量和频率，避免对环境 and 作物造成污染和损害还需要进行污泥的质量监测和管理，确保其符合农用标准和安全要求。

农用处理的优点是将污泥转化为有价值的农业资源，减少对化肥和土壤改良剂的需求，降低农业生产成本减少对环境的污染。

(二) 机械堆肥

(1) 机械堆肥的优势

机械堆肥是一种通过机械设备的运转和操作来实现污泥堆肥的处理方法。相比传统的堆肥方法机械堆肥具有以下优势：

其一，提高处理效率，机械堆肥采用机械设备进行操作，可以加快堆肥过程中的物质转化和分解速度，提高处理效率。通过合理的设备配置和操作流程，可以有效地控制堆肥过程中的温度、湿度和氧气供应促进有机物的降解。其二，降低劳动强度，传统的堆肥方法需要人工进行翻堆、通风等操作，劳动强度较大而机械堆肥可以通过自动化的设备和系统来完成这些操作，减轻了人工劳动负担提高了工作效率。其三，减少环境污染，机械堆肥过程中可以有效控制废气和废水的排放，减少对环境的污染。通过合理的气体处理系统和废水处理设备，可以将产生的废气和废水进行处理和净化达到环保要求。最后一点就是机械堆肥可以通过精确的控制和监测系统来实现对堆肥过程的监控和调控，保证堆肥质量的稳定和优良。合理的氧气供应和通风系统可以提

供充足的氧气供给，促进有机物的降解和堆肥过程的顺利进行。

(2) 机械堆肥的方法

首选择合适的场地是机械堆肥的第一步，在选择场地时，需要考虑到平整度、通风条件和排水情况等因素。平整的场地有利于堆肥堆的稳定性和操作性，通风良好可以促进有机物的分解和转化，而避免积水则有助于维持堆肥堆的湿度。根据污泥的产量和处理需求，选择合适的堆肥形式，如条垛式堆肥、槽式堆肥或反应器堆肥等。接着翻堆是机械堆肥过程中的重要步骤，翻堆的目的是改善堆内的通气条件，促进有机物的分解和转化。定期翻动堆肥堆中的污泥可以有效地提高堆肥的产热效率，加速分解过程。翻堆的频率和方法可以根据污泥的性质和处理需求进行调整，一般来说，每隔一定的时间（如1-2周）进行一次翻堆操作。而通风也是机械堆肥过程中不可忽视的环节，通过通风设备（如风机或气动机械装置），将空气引入堆肥堆中，提供氧气供微生物进行呼吸和分解有机物质。通风的目的是维持堆肥堆内的适宜温度和湿度，促进有机物的分解和转化。通风的频率和强度可以根据堆肥堆内的温度和湿度进行调整，以保证微生物的正常生长和有机物的有效分解^[5]。

(三) 填埋

填埋是一种常见的城镇污泥处理和处置方式，根据国家法律法规要求，在进行卫生填埋前，需将污泥处理至含水率60%以下，然后再进行填埋，降低其对环境的负面影响。

(1) 填埋的优势

填埋的优势主要包括以下几个方面：

占地面积相对较小：填埋将大量的污泥掩埋在地下，相比其他处理方式，所需的占地面积相对较小，这对于城市和地区土地资源有限的情况下尤为重要。

降低二次污染风险：填埋有效地将污泥与外界环境隔离，减少其对地表水和地下水的污染风险，通过合理的填埋设计和操作措施可以最大限度地减少渗漏和污染物的释放^[6]。

资源回收潜力：尽管填埋是一种相对简单的处理方式，但仍有一定的资源回收潜力。例如填埋过程中产生的沼气通过捕集和利用系统进行收集和利用，用作能源或其他用途。

(2) 填埋的技术

在填埋过程中，污泥被放置在专门设计的填埋场中，并通过覆盖土壤来隔离和保护环境，填埋技术主要包括以下几个方面：

填埋场选址：填埋场的选址是填埋技术的第一步，选址应考虑到地质条件、水文地质条件、土壤条件以及周边环境等因素。选址合适的填埋场能降低填埋过程中的渗漏和污染风险。

填埋场设计：填埋场的设计应考虑到污泥的数量、性质、填埋时间和填埋深度等因素，填埋场应具有防渗措施，以减少渗漏和污染物的释放。

填埋操作：填埋操作包括垃圾的倾倒、平铺、压实和覆盖等步骤，垃圾应按照一定的层次进行填埋每层都要进行压实和覆盖，以保持填埋场的稳定和卫生。

渗滤液处理：填埋过程中会产生渗滤液，其中含有有机物和其他污染物。渗滤液应通过合适的处理方式进行处理以减少对地下水和土壤的污染。

沼气收集和利用：填埋过程中有机物会发酵产生沼气，沼气通过捕集和利用系统进行收集和利用，沼气用作能源，如发电、供暖等。

封场和生态修复：填埋场使用结束后，应进行封场和生态修复工作，封场是指对填埋场进行覆盖和封闭以减少对环境的影响。生态修复是指对填埋场进行修复，使其能够重新利用。

四、某地污水处理厂污泥好氧堆肥技术案例分析

污泥好氧堆肥技术是一种有效的污泥资源化利用方式，将污泥转化为有机肥料，从而减少对化肥的需求，同时减少污泥的排放量，具有环保和经济效益。以下是某地污水处理厂污泥好氧堆肥技术的案例分析：

（一）污泥堆肥处理工艺流程

该污水处理厂采用了污泥好氧堆肥技术，其处理工艺流程如下：

污泥收集：城镇污水处理厂产生的污泥通过污泥浓缩设备进行脱水处理，然后将脱水后的污泥输送至堆肥场进行进一步处理。

原料配比：将脱水后的污泥与适量的秸秆、木屑等碳源进行混合配比，以提高堆肥物料的通气性和保水性，促进有机物分解的进行。

堆肥构筑：将配好比例的污泥和碳源堆放在堆肥作业场内，通常采用坡面堆放或者发酵堆放的方式，同时进行层层堆积，确保有效通风。

调理发酵：在堆肥过程中，需要定期对堆肥进行翻堆和通风处理，以保持堆体内的通气性和湿度，促进有机物的分解和腐熟。

成品处置：经过一定周期的堆肥发酵，污泥成为有机肥料，具有良好的稳定性和养分含量。成品有机肥可以进行包装、检测和销售，也可以用于城市绿地、农田等场所的施用。

某地污水处理厂污泥好氧堆肥技术的工艺流程经过实际应用和数据统计分析表明，该工艺流程具有较高的有机物降解率和有机物质的资源化利用率。经过处理后的有机肥料，其含氮、磷、钾等养分含量均高于国家标准要求，能够有效改善土壤肥力和作物产量。该堆肥工艺对污泥中的重金属等有害物质也有一定的吸附和稳定作用，降低了对环境的潜在影响。

（二）处理效果与数据分析

通过对污水处理厂污泥好氧堆肥技术的案例数据进行分析，得出以下数据：

成熟堆肥产量：每吨污泥处理后可获得约0.4-0.6吨成熟堆肥产品，有效减少了污泥对环境的负面影响。

有机肥料含量提升：经过堆肥处理后，污泥中的有

机肥料含量得到了显著提升，使得堆肥产品具有更高的养分含量，可作为农田肥料使用。

减少污泥体积：好氧堆肥技术能够有效降低污泥的含水率，从而减少了污泥的体积，方便后续的处置和运输。综合分析表明，污水处理厂污泥好氧堆肥技术应用取得了较好的处理效果，不仅减少了污泥的排放量，还转化为有机肥料，为农业生产提供了有机肥料资源。

结语：城镇污水处理厂污泥资源化利用技术是解决城市污水处理厂污泥问题的重要手段。通过对污泥的无害化处理和资源化利用，可以减少对环境的污染，实现资源的回收利用，降低碳排放量。本文通过分析城镇污水处理厂污泥处理的重要性和经历，介绍了污泥的特点和组成成分，探讨了污泥的无害化处理技术并通过某地污水处理厂污泥好氧堆肥技术的案例分析，总结出了一些可行的资源化利用路径。

在污泥的无害化处理方面农用处理是常见的方法之一，通过将污泥作为农业肥料或土壤改良剂来利用，实现污泥的有效利用和资源化。机械堆肥是一种利用机械设备进行操作的堆肥处理方法，相比传统的堆肥方法具有处理效率高、劳动强度低、环境污染少等优势。填埋是一种常见的处理和处置方式，通过将污泥掩埋在地下降低对环境的负面影响。

某地污水处理厂污泥好氧堆肥技术的案例分析表明，该技术具有较高的有机物降解率和有机物质的资源化利用率。经过堆肥处理后，污泥转化为有机肥料，具有良好的稳定性和养分含量可作为农田肥料使用。该技术不仅减少了污泥的排放量，还转化为有机肥料为农业生产提供了有机肥料资源。

在实际应用中，需要根据污泥的特点和处理需求选择合适的处理技术，并加强监测和管理，确保处理效果和安全性。通过不断探索和创新可以实现污泥的最大化利用，为城镇污水处理厂的可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1] 庞晓宇. 城镇污水处理厂污泥资源化利用技术研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(16): 86-87+93.
- [2] 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.
- [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] 秦学, 娄晓月, 李再兴, 薛飞, 韩永辉, 白玉玮, 李功, 刘昊昀, 宁静. 城镇污水处理厂污泥资源化利用途径[J]. 煤炭与化工, 2021, 44(07): 148-150+160.
- [5] 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.
- [6] 孙杰. 污水处理厂污泥处理资源化利用技术[J]. 节能与环保, 2021, (06): 34-35.
- [7] 徐正巧. 污水处理厂污泥处理资源化利用技术研究[J]. 节能与环保, 2020, (03): 64-65.