

污水处理厂污泥处置与资源化利用研究

杨丽娜

阜阳市环境信息中心, 安徽 阜阳 236000

[摘要]污水处理厂产生的污泥是城市污水处理过程中不可避免的副产品, 长期以来的处置方式存在环境污染和资源浪费问题。随着环保要求的提高和循环利用理念的推动, 污泥的资源化利用逐渐成为处理的重点方向。通过对污泥处置技术、资源化利用路径和环境经济效益的分析, 探索有效的污泥处理与利用方法。研究表明, 污泥作为建筑材料、肥料和能源的利用, 既能减少环境污染, 又具显著经济效益, 为污水处理厂污泥处置提供新思路, 推动环保与资源节约型社会建设。

[关键词]污泥资源化; 污水处理厂; 环境保护; 能源回收; 技术创新

DOI: 10.33142/nsr.v1i3.14917

中图分类号: X703

文献标识码: A

Research on Sludge Disposal and Resource Utilization in Sewage Treatment Plants

YANG Lina

Fuyang Environmental Information Center, Fuyang, Anhui, 236000, China

Abstract: The sludge generated by sewage treatment plants is an inevitable byproduct of urban sewage treatment, and the long-term disposal methods have problems of environmental pollution and resource waste. With the increasing requirements for environmental protection and the promotion of the concept of recycling, the resource utilization of sludge has gradually become a key direction for treatment. By analyzing sludge disposal technology, resource utilization pathways, and environmental and economic benefits, explore effective methods for sludge treatment and utilization. Research has shown that the utilization of sludge as building materials, fertilizers, and energy can not only reduce environmental pollution, but also have significant economic benefits, providing new ideas for sludge disposal in sewage treatment plants and promoting the construction of an environmentally friendly and resource-saving society.

Keywords: sludge resource utilization; sewage treatment plant; environmental protection; energy recovery; technological innovation

引言

随着城市化进程的加快, 污水处理厂产生的污泥量逐年增加。据统计, 2020 年我国含水率 80% 的污泥产量已超过 6500 万吨, 预计 2025 年我国污泥年产量将突破 9000 万吨。污泥主要由水分、无机物和有机物组成, 处理过程中存在去除难度大、处理成本高等问题。传统的污泥处置方法, 如填埋、焚烧和堆肥, 存在环境污染和资源浪费的局限性。污泥资源化利用逐渐成为污水处理领域的重要研究方向。《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》中明确, 到 2025 年城市污泥无害化处置率应达到 90% 以上, 到 2035 年全面实现污泥无害化处置。通过将污泥转化为建筑材料、肥料或能源, 不仅能减少环境负担, 还具有显著的经济效益。国内外对污泥资源化的研究和应用不断深入, 推动了这一领域的技术创新和发展。

1 污水处理厂污泥的处理技术现状

1.1 污泥脱水技术

污泥脱水是污水处理过程中的重要步骤, 目的是减少污泥体积, 便于后续处理和处置。常用的脱水方法包括机械压滤、离心脱水和带式压滤。机械压滤技术通过使用压滤机将污泥中的水分挤压出来, 适用于中低浓度污泥; 离心脱水则利用离心力通过高速旋转将污泥中的水分分离, 常用于处理含水率较高的污泥; 带式压滤机则通过传送带

系统将污泥压缩脱水, 具有较好的连续性。

脱水效率与污泥的含水率密切相关, 含水率越高, 脱水难度越大。脱水后的污泥含水率通常在 70%~85% 之间, 但仍需进一步处理。每种脱水技术都有其优缺点, 机械压滤适用于处理量大且含固量高的污泥, 离心脱水技术适用于对水分要求较高的污泥, 但设备投资较大, 且能耗较高。带式压滤机的处理能力强, 但操作维护要求较高, 且污泥脱水效果受污泥性质影响较大。

1.2 污泥干化与焚烧技术

污泥干化与焚烧是污泥无害化处理的另一关键技术。污泥干化通过热能蒸发污泥中的水分, 通常采用太阳能干化、热风干化和污泥回收热干化等方法。热风干化是一种常见且高效的干化技术, 它通过热风加热将污泥中的水分去除, 能够有效减少污泥体积, 便于后续处理和资源化利用。污泥干化的主要挑战在于高能耗和湿气排放问题, 因此需采用节能技术和控制设备来降低能耗。

污泥焚烧技术通过高温下燃烧污泥, 将其转化为无害气体、灰烬和热能。该技术可以有效减少污泥体积, 并通过热能回收提高能源利用效率。焚烧过程中需控制温度和排放物, 以避免二次污染的发生。污泥焚烧的应用面临高投资成本、设备维护复杂以及污染物控制等问题。此外, 二次污染如二恶英的生成、酸气和重金属的释放等, 都是

焚烧过程中需要重点关注的问题。

1.3 污泥无害化处理技术

污泥的无害化处理是确保污泥处置安全、环保的重要环节。常见的生物处理方法包括好氧发酵和厌氧消化。好氧发酵通过在充足氧气条件下分解污泥中的有机物，生成稳定的有机物质和二氧化碳，具有较强的稳定化作用；而厌氧消化则在无氧条件下，通过厌氧微生物的作用，将污泥中的有机物分解为甲烷等气体，不仅有助于污泥的稳定化，还可以实现能源的回收。生物处理技术的优点在于环保、能耗较低，但处理周期较长，且需要较为复杂的设施和操作管理。

化学稳定化与固化技术通过添加化学试剂如石灰、铁盐等，改变污泥的物理化学性质，降低其溶出性和有害物质的释放，确保污泥安全处置。该技术广泛应用于高污染、含重金属的污泥处理。尽管化学稳定化技术能够有效提高污泥的无害化水平，但对化学药剂的依赖及长期运行成本较高，也需要严格的操作和监控。

无害化处理技术的推广需要配合相关的法规和标准，确保处理过程中的安全性与环境友好性。当前，许多国家和地区已出台相关法规，对污泥的处置方式、排放标准及处置企业的资质要求作出明确规定，以规范污泥无害化处理的执行。

2 污泥资源化利用技术研究

2.1 污泥作为建筑材料的利用

污泥作为建筑材料的利用，主要包括污泥烧结砖和水泥制品的研究与应用。研究表明，经过适当处理的污泥可以作为生产烧结砖、陶瓷、砖瓦等建筑材料的原料，具有较好的物理性能和较低的生产成本。污泥中的有机物和无机物成分在烧结过程中发生变化，部分有机物被烧毁，矿物质成分则有助于增强建筑材料的强度与耐久性。2023年，阜阳市城区建成并运行的5座污水处理厂，年污泥产生量为4.29万吨（按80%含水率计），处置量为4.29万吨，全部为焚烧制砖。然而，污泥在建筑材料中的应用仍面临着其成分的不稳定性、含水率过高等问题。因此，如何优化污泥的预处理方法，提升其作为建筑材料的性能，仍是研究的重点。污泥资源化为建筑材料不仅有效减少了污泥处置量，还能节约天然资源，具有显著的经济和环境效益。

2.2 污泥在农业中的应用

污泥作为有机肥料在农业中的应用越来越广泛。污泥中富含氮、磷、钾等植物生长所需的营养元素，经适当处理后可以用于改良土壤、增加土壤有机质。污泥有机肥料的制作主要依靠堆肥、厌氧消化等技术，处理后的污泥不仅富含有机质，还能改善土壤结构，提高土壤肥力。2022年阜阳市县（市）区污泥处置量为4.02万吨，其中土地利用0.77万吨，约占污泥总量的19%。然而，农业中污泥资源化的环境影响与安全性仍需关注，特别是污泥中的

重金属、有害物质及病原微生物等，可能对土壤和作物安全构成威胁。因此，农业应用中的污泥处理必须符合环保标准，确保无害化处理的实施。国内外的实践表明，若通过严格的质量控制和安全标准，污泥有机肥料在农业中的应用能够带来积极的经济和生态效益。

2.3 污泥能源化利用

污泥的能源化利用主要通过生物气体和生物质能的提取。污泥中的有机物质在厌氧消化过程中可以转化为甲烷气体，进一步利用这些气体发电或供热，实现能源回收。此外，污泥中的其他有机成分还可通过高温气化转化为生物质能。污泥能源化利用不仅减少了处理过程中产生的温室气体排放，还能为污水处理厂提供一定的能源支持，提高其自给自足率。然而，污泥能源化利用仍面临一些挑战，如能量回收率的提高、二次污染的控制及经济性问题。尽管如此，随着技术的不断发展，污泥能源化的经济性和环境效益将得到进一步提升，成为污泥资源化的重要方向之一。

3 污泥资源化利用的环境与经济效益分析

3.1 环境效益评估

污泥资源化利用对减轻环境污染具有重要贡献。通过将污泥转化为建筑材料、肥料或能源，能够有效减少其填埋和焚烧带来的污染。污泥填埋不仅占用土地资源，还可能释放温室气体和有害物质；而焚烧则可能导致二恶英等有害气体的生成。相比之下，资源化利用能够有效避免这些问题，减少环境负担。同时，污泥在农业中的应用有助于改良土壤结构，增加土壤有机质，具有明显的生态修复作用。通过将污泥转化为有用资源，能够促进废弃物的循环利用，从而减少自然资源的开采，推动生态环境的可持续发展。

3.2 经济效益评估

污泥资源化的经济效益主要体现在成本节约和资源增值上。传统的污泥处置方式如填埋和焚烧，需要较高的处理成本，而污泥资源化能够通过生产有价值的产品（如建材、肥料和能源）来降低处理费用，并带来潜在的经济回报。具体而言，污泥作为建筑材料可以替代部分天然资源，降低原料采购成本；作为有机肥料，能够为农业提供优质的肥料，减少化肥的使用；而通过能源化利用，污泥转化的生物气体可以用于发电或供热，为污水处理厂带来额外的能源收入。随着政策激励和市场需求的增加，污泥资源化产业的前景广阔，具备较大的发展潜力。

3.3 政策与法规支持

国内外在污泥资源化方面已出台了多项政策和法规，为这一领域的发展提供了有力支持。在许多国家，政府通过财政补贴、税收优惠等方式鼓励企业投资污泥资源化项目。同时，越来越严格的环保法规促使污水处理厂采用更为环保和高效的污泥处置方式。政府在污泥处置中的角色不仅限于制定政策，还包括加强行业监管，推动技术创新。

例如，一些国家设立了污泥处理与资源化的标准与指南，确保污泥资源化过程符合环境保护要求。此外，法规的执行与技术创新的协调发展，将为污泥资源化产业的可持续发展提供保障，促进经济与环境效益的双赢。

4 污泥资源化面临的挑战与解决方案

4.1 技术挑战

污泥的成分复杂性是资源化利用的主要技术挑战之一。污泥中的有机物、无机物、重金属及病原微生物等成分高度复杂，使得其处理过程具有一定的难度。不同来源的污泥成分差异较大，导致资源化利用的技术路径和效果各异。污泥资源化技术虽然在研究和应用中取得了一定进展，但仍存在技术可行性和成熟度的问题。部分资源化技术，如污泥转化为建筑材料或肥料的工艺，需要进一步优化才能提高其稳定性和生产效率。此外，污泥处理过程中设备的更新换代和技术升级也迫切需要技术创新，以提高资源化利用的效率和经济性。

4.2 经济挑战

污泥资源化的市场化进程相对缓慢，主要受限于技术成本、市场需求以及政策环境的影响。尽管污泥资源化具有显著的环境效益和经济潜力，但其初期投资大、运营成本高，且市场的接受度较低，导致其经济效益较难显现。许多污水处理厂尚未能够完全实现污泥的资源化利用，更多依赖传统的处理方式。资源化利用的经济效益与环境效益之间的平衡也需要进一步优化，尤其是在经济回报与环境保护目标的协同方面。为了推动污泥资源化的商业化发展，需要政策激励、市场需求和技术进步的共同推动。

4.3 社会与法律挑战

社会对污泥资源化的认知与接受度仍然较低，许多人对污泥资源化过程中可能存在的健康风险和环境污染问题感到担忧。公众对污泥资源化的接受度直接影响着政策执行与项目实施的效果。因此，提高社会对污泥资源化的认知、加强公众宣传教育至关重要。此外，污泥资源化领域的法规与标准尚不完善，虽然有部分国家已制定相关政策和规范，但执行力度和监管措施仍有待加强。公众参与和社会责任的履行也是推动污泥资源化的重要环节，政府、企业和社会应共同合作，以促进这一领域的健康发展。

5 污泥处置与资源化利用的未来发展趋势

5.1 技术创新与多元化发展

随着污泥处理技术的不断发展，未来的新型污泥处理技术将趋向更加高效、环保和智能化。当前，污泥资源化利用的研究方向主要集中在污泥的热化学转化、先进的生物处理技术以及纳米技术应用等领域。跨学科技术的融合，如环境工程、化学工程和生物技术的结合，将推动污泥资源化利用的技术创新。此外，智能化的污泥处理与资源化

技术将借助物联网、人工智能等技术，实现自动化监控与优化管理，提升处理效率和资源回收率。未来，污泥资源化的技术路径将更加多元化，注重绿色低碳、资源高效利用，力求将污泥转化为可持续的资源。

5.2 政策导向与市场化机制

政府政策的支持与引导是推动污泥资源化利用的关键。随着环保法规的逐步严格，政府将加大对污泥资源化领域的投入和支持，包括提供财政补贴、税收优惠和技术创新奖励等。此外，污泥资源化市场的培育与发展将需要政府与企业的合作，推动政策与市场需求的协同作用。政府应通过加强法规执行，推动污泥资源化项目的推广应用，同时鼓励企业积极参与，创新商业模式，如污泥资源化产品的回收利用和销售等，形成良性循环。

5.3 国际合作与经验借鉴

国际上污泥资源化技术已经取得了一些成功经验，尤其是在欧洲和北美，许多国家在污泥资源化领域已有成熟的技术与管理模式。国内在这一领域可以借鉴国际先进经验，并与国际技术进行合作与交流，推动技术引进与本土化创新。通过全球污泥资源化技术合作，国内企业能够获得更为高效的技术支持和资金支持，同时加快技术的国产化进程，提升污泥资源化的整体水平。这种国际合作不仅能提升污泥资源化技术的竞争力，还能为全球环保事业做出更大贡献。

6 结束语

通过对污水处理厂污泥处置与资源化利用的研究，可以看出，污泥资源化不仅能有效减轻环境污染，还能为能源回收和经济发展提供新的机遇。当前，技术创新、政策支持 and 市场化机制的协同发展是推动污泥资源化的关键。未来，应加强新型技术的研发和应用，推动污泥资源化产业化进程，制定更加完善的法规政策，提升社会认知度，促进环保、能源利用与经济效益的双赢。污泥资源化的广泛应用将为环境保护和可持续发展做出重要贡献。

[参考文献]

- [1]刘丽. 试论城镇污水处理厂污泥处置与资源化利用[J]. 科技创新与应用, 2019(26): 77-78.
 - [2]黄申斌. 城市污水处理厂剩余污泥处置的资源化利用效果研究[J]. 环境科学与管理, 2019, 44(10): 87-91.
 - [3]李慧, 钟磊, 边康玲. 城市污水处理厂污泥资源化利用研究[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(3): 159-161.
 - [4]乔翊嵩, 顾登海, 卢广亮, 等. 城镇生活污水处理厂污泥资源化利用研究进展[J]. 工业水处理, 2024(12): 11.
- 作者简介：杨丽娜（1985.4—），女，安徽省阜阳市，汉族，本科，工程师，就职于阜阳市环境信息中心，长期从事环境保护工作。