

城市污泥处置技术及资源化应用进展

作为城市污水处理厂的副产物，城市污泥产量巨大且成分复杂，如何合理处置城市污泥已越来越受人们关注。城市污泥含有大量有机物、氮、磷等营养物质，经过适当处理可以变废为宝，探究适合我国国情的合理处置和利用污泥技术具有重要现实意义。

一、国内外城市污泥常用处置技术

目前污泥处置技术主要有3种：卫生填埋、污泥焚烧、土地利用。城市污泥处置技术因各国经济、社会发展水平不同而有所差异：西方发达国家工业化较早，污泥处置技术较为完善，其污泥土地利用占相当大的比例，例如美国污泥土地利用占污泥产出总量的33%，英国占55%，法国占50%，葡萄牙高达80%。根据住建部统计数据，截至2014年底，我国通过建材、焚烧、堆肥化、卫生填埋等无害化处置的污泥约占56%，未能达到国务院《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》中要求的80%的处置目标。

二、城市污泥处置技术综述

1. 卫生填埋

污泥卫生填埋技术开始于20世纪60年代，分为混合填埋和单独填埋。混合填埋指污泥与生活垃圾充分混合、平展、压实，最后填埋处置；单独填埋指污泥经过简单灭菌处理，在专门填埋场地进行填埋处置，在其上覆以惰性、黏性土壤，种植绿色植物进行生态修复，分为沟填、掩埋和堤坝式填埋三种类型。

卫生填埋技术操作简单、污泥无需高度脱水(自然干化)、无毒无害化成本较低。但同时卫生填埋技术自身也存在许多问题，如处理周期过长(污泥稳定化时间为2-7年)，侵占土地严重，填埋坑的渗滤液可能导致土壤和地下水污染等。

由于土地资源有限、渗滤液对土壤及地下水的潜在污染风险，使填埋技术进一步发展受到限制。近年来发达国家污泥卫生填埋处置所占比例越来越低，英国城市污泥卫生填埋比例由1980年的27%下降到2005年的6%，并征收污泥卫生填埋处置税；法国自2005年起禁止污泥填埋；2009年后美国关闭大多数污泥填埋场。

我国在2009年发布的《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策(试行)》明确规定，不具备土地利用和建筑材料综合利用条件的污泥才可以采用卫生填埋处置，同时越来越多的地区开始减少甚至限制填埋场的建设。

2. 污泥焚烧

污泥焚烧技术是在有氧条件下对污泥高温热处理的技术，常用于处置毒性强、危害大的有机污泥和剩余污泥。城市污泥中含有大量有机物和纤维木质素，脱水干化后直接焚烧，有机物全部碳化，同时彻底杀死污泥中病原菌与虫卵，最大限度地减少污泥体积，最终成为更加稳定的灰渣。

污泥焚烧技术处理速度快，无害化彻底，无需长时间储存，处置占地面积小，同时余热可用于发电或供热等。污泥焚烧设备主要有立式多段炉、同转窑焚烧炉和流化床焚烧炉。目前污泥焚烧技术在西欧和日本已得到广泛应用，日本的污泥焚烧量已占污泥处理总量的60%以上，欧盟也在10%以上。

我国第一座大型污泥焚烧处理设施——深圳市市政环卫综合处理厂于1988年11月投产，已运行约20年，为污泥焚烧发电积累了许多经验；2005年建立的青岛污泥焚烧发电工程，日处理污泥量可达26t，每小时可发电700多度。

污泥焚烧技术也存在一些问题。首先污泥含水率较高(多在60%以上)，燃烧要求高，导致处理设施投资大，能耗高，处理及维护费用高；其次，污泥焚烧易产生有毒有害气体例如酸性气体、二噁英等，容易产生二次污染。据日本国土交通省统计，污泥焚烧过程中产生的N₂O的量占污水处理行业温室气体排放总量21%；另外，污泥中含有大量有价值的生物资源，焚烧后此类资源未得到充分利用，不符合可持续发展需求，因此这些问题限制了污泥焚烧技术的进一步推广。

3. 土地利用

城市污泥含有丰富的有机质、氮、磷、钾等有益成分，同时具有强黏性与强吸水性，能明显改善土壤的物化性质，有利于形成土壤团粒、提高团粒的水稳定性和保水能力，减少水土流失，显著提高土壤肥力与生物活性，实现农业生态环境的良性循环。因此土地利用也是城市污泥处置的重要潜在途径之一。

虽然污泥可以用于盐碱地、沙地及受损土壤的修复改良，但由于城市污泥中也含有某些有毒有害物质和病原体、寄生虫卵等，若污泥未经预处理直接土地利用，浓度过高的氮、磷物质会导致地下水污染；重金属(汞、锌、铬、铅、镍等)可能造成土壤的二次污染，并有可能通过食物链进入人体；另外，病原体、寄生虫卵会对环境和公共卫生造成影响。这些都是污泥土地利用在实际应用中亟需解决的问题。

三、城市污泥的资源化利用

从经济发展、资源开发利用、城市生态环境保护等方面来看，城市污泥处置的理想出路是资源化利用。城市污泥资源化利用应遵循“安全环保、循环利用、节能降耗、因地制宜、稳妥可靠”的基本原则。其中安全环保是必须坚持的基本要求；循环利用是努力实现的重要目标；节能降耗是充分考虑的重要因素；因地制宜是方案比选决策的基本前提；稳妥可靠是贯穿始终的必需条件。目前几种主要的污泥资源化技术如下。

1.城市污泥农用资源化

(1) 城市污泥堆肥化

污泥堆肥化技术是从20世纪60年代迅速发展的一项新兴生物处理技术，其属于污泥土地利用的一种资源化技术，被认为是最有发展潜力的一种处置技术。污泥堆肥化的主要机理是：污泥中不稳定的有机质在微生物发酵作用下，降解和转化为腐殖质，病原菌与虫卵被杀死，同时一定程度上消除恶臭。

污泥堆肥化的工艺流程一般为前处理——次发酵——二次发酵——后处理，其优点是投资少、能耗低、运行费用低，堆肥产品便于储存、运输和使用。日本在20世纪90年代末已建35座污泥堆肥厂；目前英国、法国、瑞士、瑞典和荷兰等国家城市污泥的农用资源化达污泥总量的50%左右，卢森堡达80%以上。

污泥堆肥化技术虽然是目前最有发展潜力的一种处置技术，但是由于国内很多污水厂混入工业污水，污泥中含有潜在的污染物质造成污泥堆肥化技术受到限制。目前国家农业部已通过严格把控污泥制品的肥料证的方式限制污泥制品进入食物链或生态系统，因此对污泥堆肥化产品的后续发展还有待于进一步研究。

(2) 城市污泥消化制沼气

污泥消化制沼气已有100多年的历史，20世纪80-90年代开始逐步实现规模化和工业化。城市污泥含有大量有机物，经厌氧消化可分解成稳定物质，实现污泥减量化和无害化处置，同时产生以甲烷为主的沼气。

现代工业化污泥生产沼气是将污泥置于特定的反应器内，根据污泥不同成分，通过对反应器内厌氧环境的实时监控和调节，充分利用微生物参与有机物的逐级发酵降解，针对国内某些地区污泥有机质比例偏低，可考虑与餐厨垃圾协同发酵，最终实现甲烷化。

反应后的残渣(仅剩原总量的40%)中仍存在大量丰富营养成分，可作为有机肥料或土壤改良剂用于农田、土壤的修复与改良等。该技术资源化、无害化程度高。

2.城市污泥的建材资源化

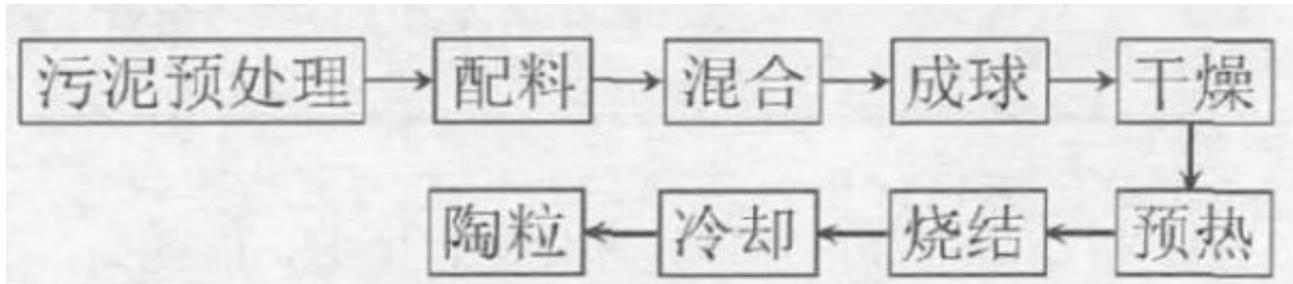
(1) 城市污泥制生态水泥

我国建材行业是天然矿物和能源的高消耗行业，每年生产各种建筑材料需消耗50多种资源，给环境带来沉重负担。城市污泥含有20%-30%的无机物，尤其是混凝法处理废水的污泥中含有大量的铝、铁等成分，经焚烧后灰渣可替代部分水泥原料；其添加一定量的石灰，高温焚烧制得质量符合国家标准生态水泥。

污泥制水泥技术管理简便、可操作性强、污泥处置成本低、节约资源保护环境，符合循环经济和可持续发展战略。发达国家利用城市污泥生产水泥已有丰富的经验，例如日本利用城市污泥焚烧灰渣和下水道污泥为原料实现水泥的批量化生产，并于2001年建成世界上第一座生态水泥厂，年产量11万吨水泥。

(2) 污泥制轻质陶粒

轻质陶粒是一种人造轻质粗集料，因质地轻、强度高、保温性好等特性备受关注，可用作路基、混凝土骨料或花卉覆盖材料，是一种具有发展潜力的新型建材。相关方面的研究于20世纪80年代已趋成熟，并已进行大规模应用。制备机理是用污泥做主要原料，黏土和炉渣做辅助料，经过焙烧、成球形成具有一定硬度的污泥陶粒，常见的技术方法有回转窑焚烧技术。



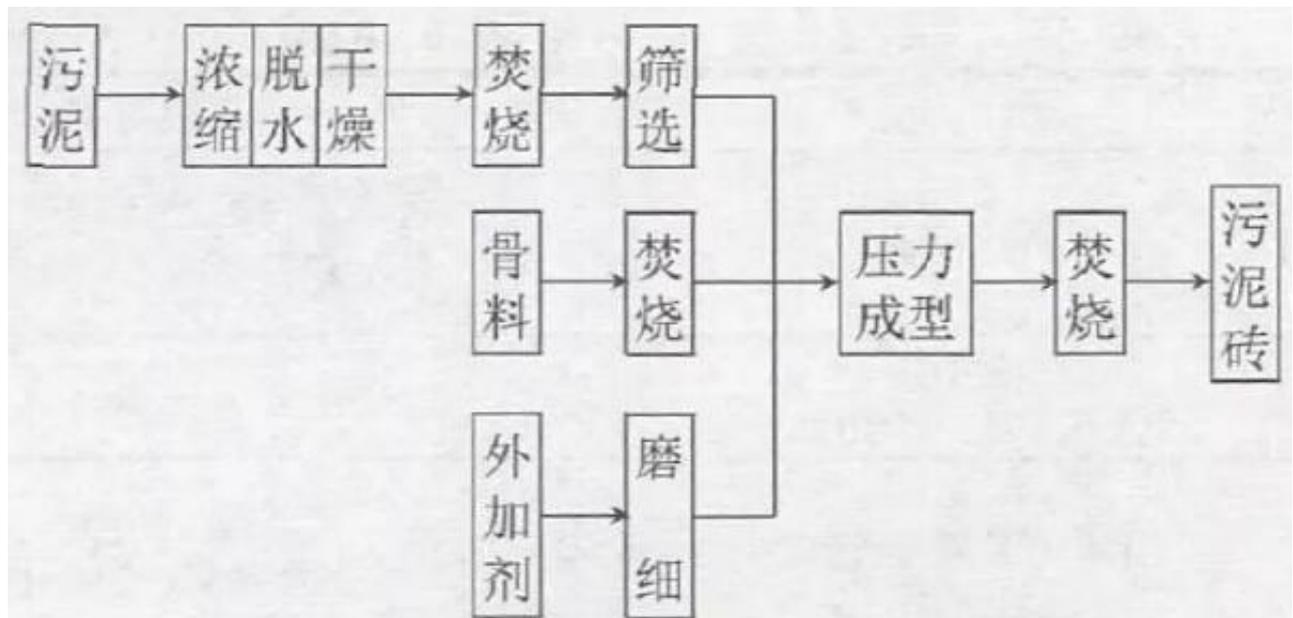
回转窑法污泥制陶粒工艺流程图

(3) 污泥制砖

污泥制砖是指将污泥经过一定处理筛选后，与其他原料或外加剂混合(如黏土、页岩、煤研石、粉煤灰)，加压成型，焙烧后制得污泥砖。该方法不仅在坯料中封存污泥中的有毒重金属，杀死有害病菌，实现污泥资源化；同时充分利用污泥热值，制成的污泥砖空隙多、砖质轻，具有一定的隔音隔热的效果，而且完全没有异味。

经过条件优化，污泥砖的主要指标可达到普通烧结砖的国家标准，具有高抗压强度、重量比同体积的普通砖轻等优点，可节省10%的能耗，10%-15%的黏土土资源。

常见的污泥制砖有两种方法，分别为污泥焚烧灰制砖和干化污泥直接制砖，目前市场上以干化污泥直接制砖为主，其工艺主要是通过人工烘干或自然晾干将污泥干化后进行磨细处理，之后和其他原料混合加压成型烧制成砖，污泥制砖主要技术要点是控制污泥掺量(10%-20%)，当污泥掺量高于30%时，污泥砖抗压强度已不能达到砖的性能标准。



干化污泥直接制砖工艺流程图

3. 污泥的环境资源化应用

(1) 污泥制黏结剂

城市污泥含有大量有机物，有一定黏结性能与热值，可用于制备型煤黏结剂。城市污泥替代白泥可以改善高温下型煤的内部孔结构不通，提高成型煤的气化反应性，降低燃烧后灰渣中的残炭，提高碳转化率，同时污泥在高温气化炉内被处理，可以有效防止二次污染。实验研究表明煤中掺入20%左右的城市污泥(含水率为80%)，不会影响煤的燃烧特性，相反改善和提高煤的燃烧性能。

(2) 污泥制吸附剂

活性炭是一种常见的高效吸附剂，但是制备商品活性炭的原材料昂贵，其是导致活性炭生产成本高原因之一。理论上几乎所有含碳物质均可用作制备活性炭的原材料，而城市污泥含有丰富的有机碳。以含碳较多的生化污泥为原料在一定高温下可以通过化学途径将其制成含碳吸附剂，可用于处理污水处理。

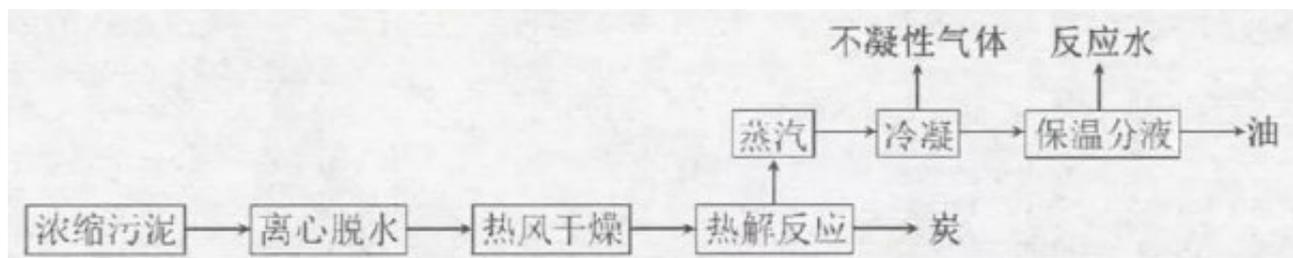
4. 污泥其他资源化应用

(1) 污泥制动物饲料

污泥中含有大量有价值的营养物质，粗蛋白占28.7%-40.9%、灰分占26.4%-46.0%、纤维素占26.6%-44.0%、脂肪酸占0%-3.7%，且污泥蛋白中含有几乎所有家畜饲料所需的氨基酸，各种氨基酸之间相对平衡，因此可以将净化处理后的污泥加工成污泥饲料。研究表明将污泥饲料用来喂鱼，可提高鱼的产量，同时用污泥饲料与一般饲料混合(混合比例为9:1)饲养的鸡与用一般饲料饲养的鸡对照，鸡的体重有所增加，产蛋率也有提高。但是如果污泥未经预处理而被制成污泥饲料，污泥饲料中的有毒物质在动物体内的积累，可能会造成的潜在危害，其影响还有待于进一步研究。

(2) 污泥低温裂解制油

污泥低温裂解制油研究开始于20世纪80年代，已成功应用于处置市政污泥。该技术是把含水率约为65%的污泥在无氧条件下加热升温至4500 左右，在催化剂作用下污泥中的脂肪烃化合物转化为油、炭、不凝性气体和反应水。



污泥低温热解制油技术的工艺流程图

污泥低温热解制油技术的产物如气体和油有很高的热值，是潜在的燃料。目前该种技术在国外已开始用于生产实践，加拿大正在进行中试实验，澳大利亚珀斯建造了世界上第一座工业规模的污泥炼油厂，处理十污泥量可达25t/d。目前国内的污泥热解技术还停留在实验室阶段。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/136460.html>