

（四）城镇污泥管理实践

——襄阳市污泥综合处置示范项目

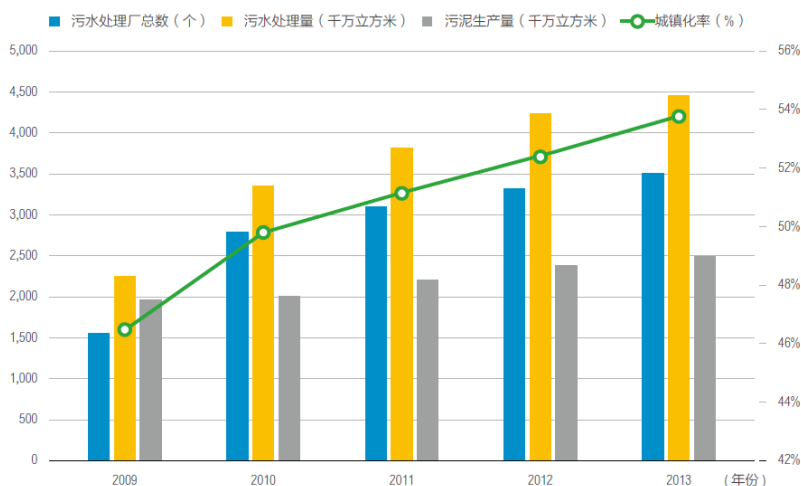


导读：随着我国污水收集率和处理率不断提高，市政污泥的产量也快速增加，直接威胁环境安全和公众健康。目前，我国城镇污水处理厂的市政污泥年产量约为 3500 万吨 [根据券商研报及公开资料整理]（含水率 80%）。污泥危害大，实际有效处理率却不到 25%，污泥二次污染及其存在的显著温室气体效应已经引起广泛关注。湖北省襄阳市鱼梁洲污泥甲烷捕获实践成功展现了一个中等城市如何实现“污泥全消纳、能量全平衡、资源全回收、过程全绿色、费用可接受”的多效目标，探索出一条有效的污泥资源化途径。

1 背景

随着城镇生活污水集中处理能力和处理效率的不断提高，我国城镇污水处理厂的污泥产生量大幅增加。自 2009 年起，我国污泥总产量以每年 6% 的速度增加，如图所示。2015 年全国城镇（包括城市、县城，不包含建制镇）干污泥产生量为 861 万吨，处置量为 826 万吨，处置率为 95.9%，与 2014 年同期相比，处置率增幅为 0.8 个百分点。但值得注意的是，干污泥处置量并不等于干污泥无害化处置量，据 E20 研究院统计，2015 年全国城镇污泥无害化处置率仅为 31%~36%。

图 1 | 中国城镇发展与污水处理和湿污泥产生量（2009—2013 年）



污泥无害化处理亟待创新有效的解决方案,“襄阳市污水处理厂污泥综合处置示范项目”(以下简称“鱼梁洲项目”)即是一次成功的试验和示范。

襄阳市位于湖北省西北部,地处长江支流汉江中游,鱼梁洲则位于襄阳市中心地带,处于众多重要水系(汉江、小清河、唐白河)之中。襄阳市城区生活污水目前主要由鱼梁洲污水处理厂(30 万立方米/日)和观音阁污水处理厂(10 万立方米/日)进行处理。日产 180~220 吨污泥(以含水率 80% 计),年污泥产生量为 6.5~8 万吨。随着东津新区的发展,规划中的东津新区污水处理厂(总规模 30 万立方米/日)一期工程(10 万立方米/日)预计于 2020 年投运,届时全市污泥日产量预计将达到 270 吨/日,年污泥产生量为 10 万吨。

鱼梁洲污水处理厂曾建设日处理规模为 30 吨的污泥干化设备,但由于处理过程中产生大量臭气,遭到市民多次投诉和强烈反对,因此没有通过环保验收,导致产生的污泥全部堆置在鱼梁洲上,造成严重的二次污染。

2. 解决方案

传统的污泥处理技术如填埋、焚烧、堆肥等应用广泛,但从实践效果来看,这些处理方式存在着不同程度的风险和问题(如表),不仅需要政府部门或企业间的多方协调和高度协作,还对环境产

污泥处理技术的局限及环境风险

污泥处置技术	局限及环境风险
堆肥	占地较大,需要添加堆肥调理剂(如秸秆、木屑等),增加火灾风险。如果管理不当,有恶臭风险。堆肥产品的去向需要跨部门协同和规划,以及配套监管。
厌氧消化	工艺过程复杂,需要仔细管理和控制异味溢出,厌氧消化后的沼气和污泥渣利用需要跨部门协同、配套规划和监管。
填埋	污泥的含水率高,加剧了垃圾填埋场渗沥液的产量,污泥中含有的各种有毒有害物质易污染地下水高含水率污泥易引起填埋堆体的整体层移动滑坡,影响填埋场安全。由于污泥含水量高,颗粒细,透水性差,极易造成渗滤液和填埋场气体收集系统的严重堵塞,使渗滤液无法排出,沉积大量甲烷气体,增加温室气体排放量,加剧气候变化风险。
土地利用	需要仔细管理和控制存放、运输和施用过程的异味问题,存在二次污染风险,需要配套规定和措施完成污泥污染物水平的监测到污泥施用过程的监管。
焚烧	有二次污染风险,需要配套规定和措施对污泥焚烧的飞灰、炉渣和尾气排放等进行监督,也需要仔细管理和控制存放、运输过程的异味溢出风险。

生较多的二次污染,并存在更大的潜在环境风险,这对城市污泥处理提出新的技术要求和和管理要求。

为解决污泥难题,2011年4月襄阳市开工建设“襄阳市污水处理厂污泥综合处置示范项目”(以下简称“鱼梁洲项目”)。项目选择先进的“高温水解+高浓度厌氧消化+甲烷捕获利用”技术方案对污泥和餐厨垃圾进行协同处理,经过两年多的尝试,取得了良好效果。

(1) 项目规模

鱼梁洲项目位于鱼梁洲污水处理厂内,占地45亩,设计规模处理污泥300吨/日(折合年处理污泥约11万吨)。其中:

处理污泥:包括鱼梁洲污水处理厂和观音阁污水处理厂的日产新鲜污泥(有机质含量40%~60%,含水率80%),日处理量为180~220吨,启动期内日处理量为10吨左右。其中,鱼梁洲污水处理厂的新鲜污泥产量占总日产量的80%。堆置陈旧污泥(有机质含量35%~42%):鱼梁洲已经堆置的15万吨陈旧污泥。

餐厨垃圾:陈旧污泥处置完毕之后,鱼梁洲项目将加大对餐厨垃圾的处理量,餐厨垃圾有机质含量80%~90%,日处理量为80~120吨。

(2) 处理技术

鱼梁洲项目对污泥和餐厨垃圾进行集中收运后,采用“高温热水解(170℃)+中温厌氧消化(40℃)”工艺进行处理。

(3) 污泥产品

车用压缩天然气(Compressed Natural Gas,简称CNG):6000立方米/日;配套建设一座220万立方米/日的压缩天然气加气站;

生物炭土(Biochar):55~60吨/日(含水率40%);

移动森林:利用生物炭土以容器苗形式种植“移动森林”。

(4) 资金来源

项目总投资1.34亿元,其中8930万元用于污泥处理设施投资,4470万元用于建设处理餐厨的前端设备(如分拣、制浆、干燥等设备)、建设加气站和购买餐厨收运车辆。资金来源包括:企业资金4000万元,占总投资的30%;银行贷款8000万元,为中国进出口银行转贷的德国低息贷款,包括750万元德国贷款以及7250万元的配套贷款,占总投资的60%;政府污泥投资补贴

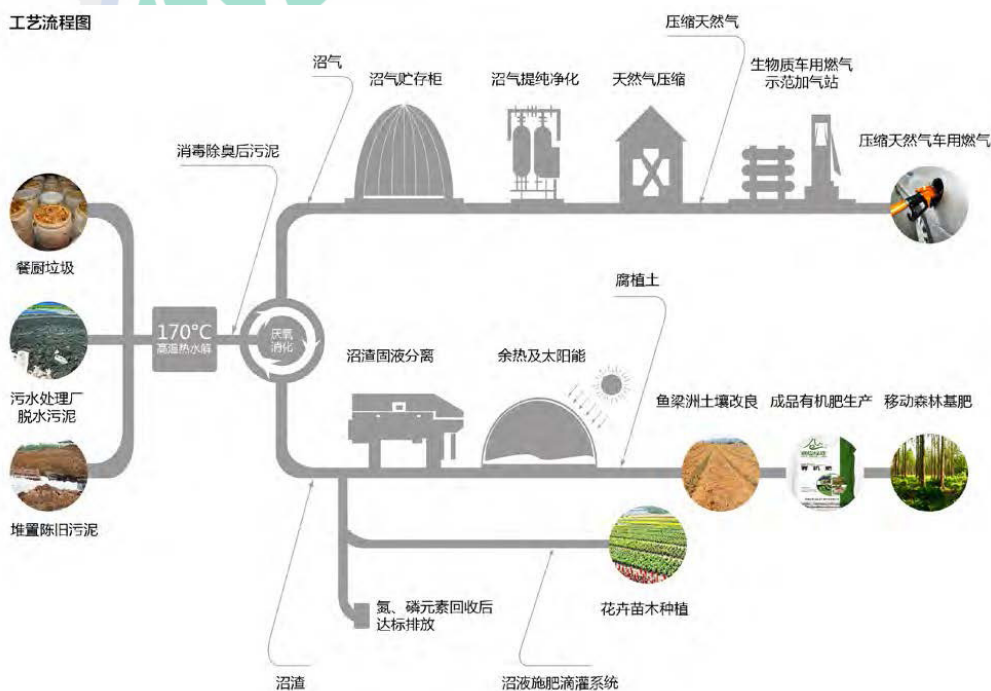


中国可持续发展工商理事会
China Business Council for Sustainable Development

1400 万元,占总投资的 10%。

襄阳市政府对于污泥和餐厨垃圾处理还提供相应补贴,具体的补贴标准根据项目运营成本和收益核算确定。对于鱼梁洲项目,污泥处理补贴为 254 元 / 吨,餐厨垃圾处理补贴为 72 元 / 吨。补贴标准根据居民消费价格指数 (CPI) 变化,每两年调整一次,调整幅度约为 3~5 元 / 吨。

工艺流程图



鱼梁洲项目流程图

(5) 运营模式

鱼梁洲项目由湖北国新天汇能源有限公司以 BOO (Build-Own-Operate) 模式负责建设和运营,特许经营期为 23 年(含 2 年建设期),于 2011 年 11 月试运行,2012 年 3 月正式进入商业运行。上图所示为鱼梁洲项目流程图。

3. 成效

经过两年多的运营,鱼梁洲项目不仅实现了襄阳市每天新增污泥的全部处置,还

逐步消纳了堆置的陈旧污泥，实现了“污泥全消纳、能量全平衡、资源全回收、过程全绿色、费用可接受”的多效目标，探索出了一条有效的污泥资源化途径。

环境效益：鱼梁洲项目污泥通过鸟粪石法和厌氧氨氧化法，可有效实现氮 (N)、磷 (P) 营养物质的回收再利用，其中 96% 的氮和 98% 的磷可以通过生物炭土的方式被再利用。

能源效益：鱼梁洲项目预计在 21 年的合同运行期中可处置 22.7 万吨污泥和餐厨垃圾的混合物，共产生 1.3 万吨二氧化碳当量 (CO₂e) 排放。与填埋和焚烧处理技术进行比较，将分别减少 80 万吨和 22 万吨二氧化碳当量排放。同时，项目还可实现日产车用 CNG 6000 立方米，满足 300 台次车辆加气需求，为推广清洁能源车和二氧化碳减排提供能源供给。

资源化效益：鱼梁洲项目日生产物炭土 (Biochar) 55~60 吨，如果全部用于种植苗木，则 2 年污泥处理生产的生物炭土可种植 43.2 万株树苗进行消纳，占地 80 万平方米 (约 1200 亩)。采用生命周期分析方法对“移动森林”的固碳能力进行动态估算，苗木 2 年后定植开始形成显著固碳效应，则项目实施的 21 年间树木固碳能力将达到 75.1 万吨。

经济效益：鱼梁洲项目得到了德国复兴银行 (Bank aus Verantwortung, 简称 KfW) 和中国进出口银行优惠低息贷款，建立了“政府 - 银行 - 企业”三赢的合作模式，政府较高水平的补贴支持，保证项目的可持续稳定运营；同时污泥产品提供了良好的收益前景，包括车用 CNG (6000 立方米 / 日) 和生物炭土 (55~60 吨 / 日，含水率 40%)。同时，未来苗木销售或将成为鱼梁洲项目的主要收入来源之一。

4. 思考与启示

襄阳市鱼梁洲项目通过采用综合的污泥处理方案，实现污染物的全消纳、资源的全回收和能源平衡，初步实现了污泥稳定化、无害化、减量化、资源化目标。同时，项目采用 BOO 模式很好地实现了政府与市场资源的结合，条件优惠的低息长期贷款 (市场资源) 不仅很好地满足了项目建设初期的投资需求，同时也降低了项目的金融成本；地方政府对该项目的大力支持，尤其是较高的补贴标准确保了项目的运营资金。政府引导和鼓励、市场化经营以及先进技术的应用，对于实现城市资源、环境等公共产品的高效管理具有重要的借鉴意义。