

河湖疏浚底泥资源化利用研究进展

邓琪丰¹, 刘卫东¹, 韩云婷²

(1 上海理工大学, 上海 200093; 2 上海市建筑科学研究院有限公司, 上海 201108)

摘要: 工程建设和河湖疏浚清淤产生了大量的淤泥, 资源化处理是处理处置方式里最有效的方式之一。本文主要综述了常用处理处置方式与资源化利用的优缺点, 从固化剂和固化效果的影响因素阐述了淤泥固化处理的研究进展, 对初始含水率、有机质含量和养护条件影响固化效果进行了总结; 然后浅析生态原位利用的研究进展。最后, 根据存在的问题, 指出了资源化利用未来的研究方向: ①原位利用的生态护岸技术的深度研究; ②高效絮凝剂的研究; ③淤泥固化土耐久性方面与工程应用研究。

关键词: 河湖疏浚底泥; 资源化利用; 固化处理; 生态原位利用

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 02—0138—03

为加强水域污染防治, 国家提出要重视河湖淤泥的处理处置问题, 对传统的处理处置方式进行改善, 实行对环境更为友好的资源化利用。河湖疏浚清淤在提高航道通航、防汛防洪能力和解决水体污染、水域底堤抬升等问题的同时带来了大量的堆积清淤底泥。由于淤泥具有含水率较高、高孔隙率、富含有机质、低渗透性、压缩性大等特点严重影响了其力学性能, 在工程中无法被直接应用。

在当今社会, 人们关注的重点逐渐从淤泥的清理和处理处置工作转变到如何对淤泥进行资源化利用, 响应建设生态文明的号召, 改善河湖的生态环境。

1 疏浚淤泥处理处置现状

1.1 常用处理处置方法

(1) 海洋倾倒。海洋倾倒是指将淤泥抛置在海洋中, 利用海洋的自身的降解和稀释作用来对淤泥处理。但我国淤泥量逐年增加, 受污染程度越来越严重, 而近海抛泥区趋近饱和, 继续抛泥会造成海洋污染, 因此海洋倾倒不是长久之计。

(2) 吹填造陆。将疏浚淤泥运到堆场先堆放, 待淤泥中水分自然蒸发并固结沉降形成土地后再作为地基土使用。该法虽然有着处理量大、施工方便等优点, 但其早期强度低、周期长和成本相对来说较高。而且该处置方法占用土地面积大、自然干化过程耗时长, 由于我国堆场用地也越来越短缺, 无法满足现今大量的淤泥吹填、堆放用地要求。

(3) 卫生填埋法。卫生填埋法是发展起来替代传统的堆放处置方法, 即将自然晾晒后的淤泥堆积起来,

通过机械碾压压实、覆土等施工过程, 让淤泥中的微生物对有机物进行消化分解的一种处置方法^[1]。该方法具有量大、成本低、适应环境等优点。但对近几年在卫生填埋所花费的费用统计分析可得, 卫生填埋的成本优势已经接近消失。而且降雨后, 淤泥中的有毒物质在雨水冲刷的作用下往下渗漏, 造成填埋场的土质和地下水被污染, 所以在未来采用填埋处理淤泥的可行性需要斟酌。

1.2 资源化利用

上述的处理处置方法并不能解决好淤泥问题, 反而会出现其他的环境问题, 所以探索资源化利用成为重中之重。在淤泥中的黏土可以用来制作轻质骨料、水泥添加剂、路基建材。烘干后的干土可作为主要材料生产制砖、生态水泥、陶粒、熔融材料等。而且淤泥在经过处理后可以反应掉大部分重金属物质或使其沉淀, 使淤泥体积进一步减小, 降低其对环境的危害。

1.2.1 固化处理法

现今应用最广泛的资源化利用途径之一是淤泥固化处理, 通过添加固化剂与淤泥发生水化反应从而实现固化处理, 改善其力学性能和稳定污染、有害物质, 使得含水率高而无强度的淤泥成为具备一定工程特征、能够应用在工程中的固化土, 成为新的建筑材料。

1.2.2 建材产品

(1) 烧制陶粒。陶粒在烧制之前的原料与淤泥有相似甚至相同的成分, 因此可以对淤泥取代部分原料来烧制陶粒进行研究。徐振华^[2]以污泥与底泥作主要原料, 对烧制工艺进行研究并建立中试生产线进行分析, 对环境影响很小, 实现了经济环保的要求。林子增等^[3]对烧制工艺影响陶粒空结构特征进行了研究, 结果表明焙烧

温度对气孔率影响不大,降低焙烧温度和保温时间可提高陶粒分形维数并减少能耗。但是利用淤泥制备陶粒存在能耗高的问题。文献^[4]表明,我国目前生产陶粒的工艺耗能较高、较为落后,而国外的先进工艺能够明显降低生产成本和能耗。

(2) 淤泥制砖。常见淤泥制砖技术有两种,烧结砖与免烧砖。能够大量消耗淤泥量的最佳处置方式是进行淤泥焚烧,与其它淤泥处置方式相比具有较大优势,焚烧后留下的物质比较稳定,不会二次污染环境。马雯等^[5]研究淤泥砖烧制的影响因素,研究表明淤泥掺量是影响性能的最主要因素,掺量增加、烧结温度增大与成型压力增大(成型压力小于60MPa)会降低强度与增大吸水率,但当成型压力大于60MPa时,趋势则相反。虽然淤泥制砖具有节省资源、保护环境等优点,但存在强度较低、外观欠佳等问题,而且污泥制砖性能评价方法不完善。

2 淤泥固化研究现状

2.1 淤泥固化剂研究现状

淤泥要想能在工程中实际应用,就必须先进行处理,而最为常见的资源化利用方式则是在淤泥中添加固化剂制成淤泥固化土。用于改善淤泥力学性能并稳定其污染物质的固化材料称为淤泥固化剂,适用于淤泥固化的材料有很多不同种类,可分为有机类、无机类、生物酶类固化材料。现今普通硅酸盐水泥由于其常见且成本相对较低,通常会被选作固化剂主要成分。

邵俐^[6]发现单采用水泥作为固化剂对高有机质含量淤泥固化不能有效提高力学性能,故研究掺加粉煤灰对固化效果的影响,研究表明对淤泥固化土早期强度影响较小,主要对固化淤泥的后期强度影响显著。

程福周^[7]研究在水泥中掺入氢氧化钠和石膏对淤泥固化效果的影响,发现NaOH可以促进水泥的水化作用,石膏有利于产生钙矾石填充骨架孔隙,均对淤泥固化效果有增强促进作用,但二者都存在有最佳掺量,当超过该值时反而有负作用。

孙家瑛^[8]研究添加碱渣、矿渣等固体废弃物与脱硫石膏及激发剂复配对淤泥固化的性能影响,试验表明,随着新型固化剂的掺比增加,固化土抗压强度、抗拉强度、黏聚力和内摩擦角均不断增长。不仅如此,使用碱渣、水泥废料固化淤泥,对污染物含量高的淤泥固化效

果显著,污染物浸出程度也大幅减小。

2.2 淤泥固化效果影响因素

2.2.1 初始含水率的影响

邵玉芳^[9]对西湖疏浚淤泥固化研究发现,当淤泥含水率过高时,固化材料的掺入量增加与养护龄期的延长对固化土强度增长的影响有限,均未能达到理想固化效果。张春雷^[10]通过调配不同含水率淤泥研究初始含水率对淤泥固化效果的影响,发现淤泥初始含水率对固化淤泥的强度有显著影响。淤泥含水率增加,固化淤泥强度呈幂关系下降,而黏聚力则随之降低。丁建文^[11]的压缩试验结果表明,淤泥固化土的压缩曲线中存在有一个明显的结构屈服点,综合分析了影响因素后得到了结构屈服应力与无侧限抗压强度的定量表达式。王文军^[12]研究发现,淤泥初始含水率较低时,二者可以表现为线性关系,而当初始含水率较高时,线性关系并不明显;在此基础上建立了用综合参数EAT表征的固化土强度预测模型,为往后对高含水率的淤泥固化处理提供了指导。综上所述,淤泥的含水率较高对固化剂固化淤泥的效果有较大的影响,由于孔隙也会随着含水率的增加而增加,固化剂与淤泥反应生成的水化产物不能有效填充孔隙与支撑结构,故对于强度的提高不利。

2.2.2 有机质含量的影响

范昭平^[13]选取大亚湾和五里湖的淤泥作为研究对象探索有机质含量对固化效果的影响。研究发现,有机质对于淤泥的固化效果影响显著,淤泥固化强度随着有机质含量的增加明显降低,不过其存在一个强度影响极限含量,当有机质含量超过该值时,对于强度的影响很小。在此基础上,朱伟等^[14]对有机质中的腐殖酸成分进行了研究,研究发现腐殖酸会一定程度上抑制水泥水化反应,而且强度龄期的增长率会随着有机质含量的增加而减小,同样也存在一个极限含量3.62%。赵笛等^[15]通过改变富里酸含量来模拟不同有机质含量的淤泥,结论表明,富里酸含量的增加会使结合水与矿物水的生成量减少,从而影响强度的增长,同样存在一个极限含量为5.89%,均验证了范昭平的结论。由此可得,有机质含量在极限含量范围内的增加会显著降低淤泥固化的强度,而超过极限含量后则影响很小。

2.2.3 养护条件的影响

宫必宁^[16]试验证明,水中养护试样强度高于空气中养护强度,前30d强度相差不大,而当养护至90d时,

空气中养护强度比水中养护强度大几近 50%。说明水中养护固化土孔隙对外界水的吸收会抵消其化学反应增长的强度。章荣军等^[17]研究了养护温度对淤泥固化效果的影响, 养护温度升高可以加速其中的化学反应速率, 可以显著提高固化土的早期强度; 而且能使更多水化产物参与反应而明显提高其晚期强度。郑少辉^[18]探讨了养护压力对淤泥固化效果的影响, 养护压力的增加会使固化土的强度明显增加, 由于土体颗粒的挤压排水作用和养护压力会使土体内部产生自应力, 土体受力时需要先克服自应力从而提升强度。

3 生态原位利用

夏军^[19]研究基于淤泥利用的生态护坡基材, 淤泥掺量的增加, 可以提高狗牙根的出芽率, 有利于早期萌芽, 也能使茎长增大, 让基材植被覆盖层更快形成, 当淤泥掺量达到 50%~75%, 促进效果最为明显。田旭^[20]发明了一种淤泥原位固化作生态护岸的制备方法, 通过添加阴离子表面活性剂作发泡剂作成海绵土护坡, 孔隙率达到 28%, 能够有效地吸附、交换和蓄水, 具有较好的抗水流冲刷性。据此, 田旭^[21]结合示范工程应用研究利用淤泥制备生态护岸材料, 研究表明, 施工前后对水中溶氧量进行监测, 有明显的上升, 改善了水体的自净能力, 水中的氮磷含量也有所下降, 提升了生态效果。

4 结语与展望

淤泥固化是当前较为有效且应用广泛的资源化利用手段之一, 但是大多研究都集中在固化剂的开发和优化之中。

(1) 对于河湖疏浚底泥资源化利用其他方面的试验研究较少, 淤泥的原位利用可以减少人力物力的消耗, 可以对于淤泥固化土原位利用的生态护岸技术进行深度的研究, 开发一种拥有良好的力学性能和植生性能的生态护坡。

(2) 高含水率的淤泥不仅不适宜作固化处理, 而且不利于作外运处理, 可以对絮凝剂进行研究, 使淤泥含水率能在短时间降低至可以利用的程度, 节省时间成本。

(3) 目前的试验研究都以室内试验为主, 大多研究都集中在力学性能方面, 对于工程应用方面与耐久性研究较少, 可以对抗冻性、抗水流冲刷性等方面进行研究。

参考文献:

- [1] 师雄. 城市污泥处置方法概述 [J]. 河北理工大学学报 (自然科学版), 2008(01):128-132.
- [2] 徐振华. 污水厂污泥与河道底泥联合高温烧结制备陶粒的技术研究 [D]. 清华大学, 2012.
- [3] 林子增, 黄瑛, 李先宁. 烧结工艺对污泥页岩陶粒孔结构特征的影响 [J]. 安全与环境学报, 2013, 13(02):56-61.
- [4] 李鹏飞. 利用电镀污泥制备陶粒的研究 [D]. 浙江大学, 2018.
- [5] 马雯, 呼世斌, 樊恒辉, 窦晶晶. 污泥砖的研制及其影响因素研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2011, 39(03):141-145.
- [6] 邵俐, 刘松玉, 杜广印等. 水泥粉煤灰加固有机质土的试验研究 [J]. 工程地质学报, 2008(03):121-127.
- [7] 程福周, 雷学文, 孟庆山等. 水泥及其外加剂固化淤泥的试验研究 [J]. 建筑科学, 2014, 30(09):51-55.
- [8] 孙家瑛, 顾昕. 新型无熟料碱渣固化土的工程特性 [J]. 建筑材料学报, 2014, 17(06):1031-1035.
- [9] 邵玉芳, 何超, 楼庆庆. 西湖疏浚淤泥的固化试验 [J]. 江苏大学学报 (自然科学版), 2007(05):442-445.
- [10] 张春雷, 汪顺才, 朱伟等. 初始含水率对水泥固化淤泥效果的影响 [J]. 岩土力学, 2008, 29(S1):567-570.
- [11] 丁建文, 吴学春, 李辉等. 疏浚淤泥固化土的压缩特性与结构屈服应力 [J]. 工程地质学报, 2012, 20(04):627-632.
- [12] 王文军, 袁飞飞, 蒋建良等. 高含水率吹填淤泥固化土强度特性及预测模型 [J]. 地下空间与工程学报, 2021, 17(02):461-467.
- [13] 范昭平, 朱伟, 张春雷. 有机质含量对淤泥固化效果影响的试验研究 [J]. 岩土力学, 2005(08):1327-1330+1334.
- [14] 朱伟, 曾科林, 张春雷. 淤泥固化处理中有机物成分的影响 [J]. 岩土力学, 2008(01):33-36.
- [15] 赵笛, 朱先杰, 侯志强等. 疏浚淤泥有机质含量及其对固化淤泥强度的影响 [J]. 河南科学, 2019, 37(10):1634-1639.
- [16] 宫必宁, 李淞泉. 软土地基水泥深层搅拌加固土物理学特性研究 [J]. 河海大学学报 (自然科学版), 2000(02):101-105.
- [17] 章荣军, 郑俊杰, 程钰诗等. 养护温度对水泥固化淤泥强度影响试验研究 [J]. 岩土力学, 2016, 37(12):3463-3471.
- [18] 郑少辉. 低掺量水泥固化高含水率淤泥强度影响因素试验研究 [D]. 华中科技大学, 2015.
- [19] 夏军. 基于疏浚淤泥利用的生态护坡基材研究 [D]. 湖北工业大学, 2019.
- [20] 田旭, 董家晏. 基于疏浚泥原位固化的生态护岸及制备方法 [P]. 上海: CN108691301A, 2018-10-23.
- [21] 田旭, 何贵堂, 王铁等. 利用疏浚底泥制备生态护岸材料在河道原位生态治理中的应用 [J]. 净水技术, 2020, 39(07):176-181.