

# 工程废弃泥浆污染及其防治措施研究

房 凯<sup>1</sup>, 张忠苗<sup>1</sup>, 刘兴旺<sup>2</sup>, 骆嘉成<sup>3</sup>

(1. 浙江大学岩土工程研究所, 浙江 杭州 310058; 2. 浙江省建筑设计研究院, 浙江 杭州 310006;  
3. 温州浙南地质工程有限公司, 浙江 温州 325006)

**摘 要:** 工程废弃泥浆的污染问题已引起社会的广泛关注。盾构施工中采用泥浆净化的处理方式, 桩基施工中没有广泛应用的泥浆处理方式, 大部分采用原始落后的外运方式。解决泥浆污染应加强对泥浆的管理, 应采取合理的泥浆净化措施, 同时, 对于废弃的泥浆应尽可能实现其高效率、低能耗的处理, 同时应更多的关注泥浆处理物的二次利用问题, 不仅实现泥浆处理的污染零排放, 同时实现泥浆处理产物的再利用。

**关键词:** 泥浆处理; 盾构施工; 钻孔桩施工; 泥浆净化; 固液分离

中图分类号: TU473.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-4548(2011)S2-0238-04

**作者简介:** 房 凯(1986-), 男, 山东潍坊人, 博士研究生, 主要从事基础工程与桩基础的研究工作。E-mail: fangkai86@zju.edu.cn。

## Pollution of construction waste slurry and prevention measures

FANG Kai<sup>1</sup>, ZHANG Zhong-miao<sup>1</sup>, LIU Xing-wang<sup>2</sup>, LUO Jia-cheng<sup>3</sup>

(1. Institute of Geotechnical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 2. Zhejiang Province Institute of Architectural Design and Research, Hangzhou 310006, China; 3. Wenzhou South Zhejiang Geological Engineering Co., Ltd., Wenzhou 325006, China)

**Abstract:** The pollution caused by construction waste slurry has attracted more and more public attention with the development of the city construction. The slurry is recycled by purification in shield construction, whereas the bored pile waste slurry is always transported out to the countryside which is primitive and ineffective. We should take measures to strengthen management of the slurry and adopt reasonable methods to reduce the pollution of the waste slurry. Moreover, more attention should be paid to the reutilization of the disposed products with the aim of zero discharge of the pollutants.

**Key words:** slurry treatment; shield construction; bored pile construction; slurry purification; solid-liquid separation

## 0 引 言

随着中国城市化进程的加快, 各类工程建设也进入了一个高峰期, 但伴随而来的工程垃圾却成为困扰人们的难题之一, 这些工程建设的产物不仅造成了资源的严重浪费, 同时给环境带来了严重的威胁, 已成为亟待解决的问题。废弃泥浆就是工程施工中影响最为严重的工程垃圾之一。

## 1 泥浆的性质和作用

泥浆是一种由水、膨润土颗粒、黏性土颗粒以及外加剂组成的一种悬浊体系, 由膨润土或黏性土与水配制而成, 一般来说, 按体积比计算水占70%~80%, 固体颗粒占20%~30%, 泥浆的性能指标如相对密度、黏度、含砂量、pH值、稳定性等应符合规定的要求, 在钻孔过程中, 其成分和特性不断的变化, 由于

钻渣的混入, 泥浆性质会逐渐变差, 当不能满足使用要求, 就应当进行处理或者废弃<sup>[1]</sup>。

泥浆作为一种工程辅助施工材料, 广泛应用于钻孔灌注桩施工、盾构掘进施工和地下连续墙施工中, 泥浆的主要作用为: 护壁作用, 在钻孔和掘进工程施工中, 泥浆能够平衡孔中或是掘进面的土压力, 在孔壁或是开挖掌子面形成泥膜, 防止塌方; 排渣作用, 在钻孔桩和连续墙施工过程中, 通过泥浆的不断循环, 钻孔中的钻渣被排出, 在盾构掘进中盾构前端刀盘切削下来的土砂通过泥浆的循环带出; 冷却作用, 在钻进或掘进过程中, 泥浆对刀盘、钻头等设备有冷却和润滑作用, 保证钻进的正常进行; 清孔作用, 浇筑混凝土前, 泥浆能够清理钻孔桩和连续墙孔底沉渣, 保

证成孔质量; 另外, 泥浆还能有效地抑制地层中的地下水喷出及突涌, 确保了施工的顺利进行<sup>[2]</sup>。

## 2 废弃泥浆带来的问题和相关领域研究

虽然泥浆在工程施工中的作用很大, 但是多余的泥浆以及废弃泥浆的处理一直是困扰工程施工的重大难题。现行的处理方式是槽罐车把泥浆运到郊外使其自然干化, 这种处理方式原始落后、效率低、费用高, 在运输过程中常因泥浆的漏洒而污染市容。而更严重的是, 在巨大的经济利益驱动下, 有的建筑工地趁监管漏洞, 将建筑泥浆偷排乱排, 产生了非常严重的后果: 污染环境, 建筑泥浆的乱排放污染水源, 破坏自然植被, 板结土壤, 影响环境美观; 偷排入江河的泥浆不仅使江河浑浊, 破坏水质, 破坏河道生态安全, 使大量鱼虾死亡, 危及城市生活用水安全, 同时使河道淤塞, 影响船舶航行; 破坏市政设施, 偷排入下水道等设施的泥浆极易造成市政工程的破坏, 阻塞管道; 同时建筑泥浆也加剧了水土流失。

随着中国工程建设步伐的加快, 泥浆污染, 特别是对河流的污染事故也越来越多, 虽然各地政府出台了大量的政策法规, 同时也投入大量的资金整治泥浆带来的水质污染, 但是由于没有很好的泥浆处理方式, 再加上利益的驱动, 很多措施收效甚微。因此, 为工程泥浆找到一条经济环保的处理方式已成为社会发展的迫切需要。

目前对废弃泥浆处理研究较多的领域为石油钻井领域<sup>[3-5]</sup>, 废弃石油钻井泥浆是一种由黏土、加重材料、各种化学处理剂、污油等组成的多相稳态胶体悬浊体系, 其与常见的工程泥浆的区别是它含有大量的有毒重金属离子如汞、铜、砷、铬、锌、铅等以及重晶石中的杂质, 如处理不当会对周围的土壤、植被、地表水和地下水造成严重的污染。有以下几种主要的处理方式。

化学固化处理方法: 向钻井废弃泥浆中投入固化剂, 使其转化为土壤或是胶结强度较大的固化体, 然后就地填埋或用作建筑材料等。固结所得的固结物可用于固化制砖、道路铺建等。

化学强化固液分离法: 通过在废弃钻井泥浆中加入适当的絮凝剂等添加剂, 改变钻井泥浆体系的物理、化学性质, 破坏钻井泥浆胶体体系, 改变废钻井泥浆中黏土颗粒表面的性质, 让更细的颗粒产生聚结, 使其在机械辅助分离条件下实现固液分离。

MTC 转化技术: 利用废弃钻井泥浆较好的降滤失性和悬浮性, 通过加入高炉水淬矿渣和其他外加剂, 将废弃钻井泥浆转化为固井液, 从而变废为宝。

坑内填埋: 适用于一般的水基钻井泥浆, 废弃钻井泥浆在储存坑内通过沉降分离, 上部的水澄清后排放, 剩下的部分在储存坑内就地填埋。

注入安全地层或环形空间: 将废弃泥浆通过井眼注入地层中或是保留在井眼中, 防止其对环境的污染。

土地耕种: 水基废弃泥浆出去上部水层后, 将储存坑中的污泥和钻屑与土壤混合, 然后进行耕种, 利用土壤自身的净化特性如吸附、生物降解等处理泥浆中的污染物, 最后达到无害化处理废弃泥浆的目的。

## 3 工程泥浆的处理措施

### 3.1 盾构隧道施工中泥水处理技术

盾构泥水处理系统的作用为: ①及时把切削土砂形成的混合泥浆输送到地面进行分离和处理, 再将回收的泥浆调整利用; ②及时向开挖面密封舱提供掘进施工所需的泥浆, 送至开挖面的泥浆比重、黏度等技术指标等必须满足在土层中形成泥膜和稳定开挖面的要求<sup>[6]</sup>。

盾构施工泥水处理流程如图 1 所示。盾构掘进过程中的泥水分离处理分为二级除砂处理和调浆制浆处理。一级泥水分离主要是用振动筛或离心机除去泥浆中的大颗粒, 分离时利用振动筛的振动将泥浆中颗粒较大的土粒筛除, 主要是去除粒径 0.074 mm 以上的颗粒; 对于一级处理不能分离的 74 μm 以下的淤泥、黏土等的细颗粒进行二级泥水处理, 主要是通过旋流器除去 0.035 mm 以上的颗粒。泥浆在压力的作用下通入旋流器, 旋流器内部浆液流体产生高速旋转, 由于离心力的作用, 比重大的较大颗粒被甩向内壁, 在自重作用下沿锥形壳体下降从下溢口排出, 同时, 在

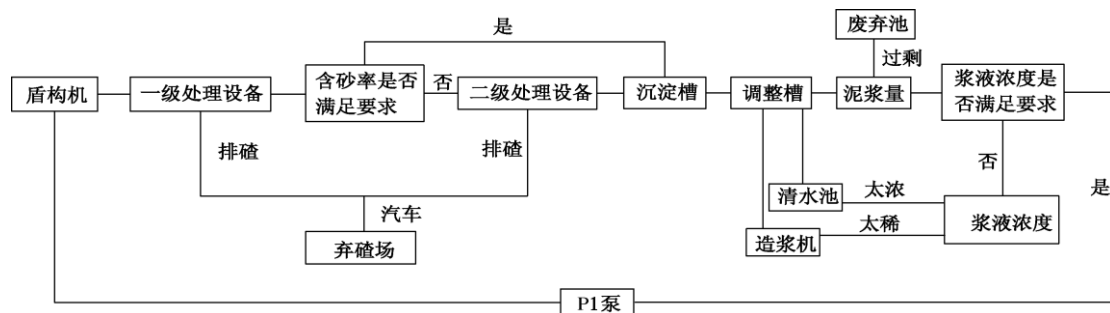


图1 盾构施工泥水处理流程图

Fig. 1 Flow chart of slurry treatment in shield construction

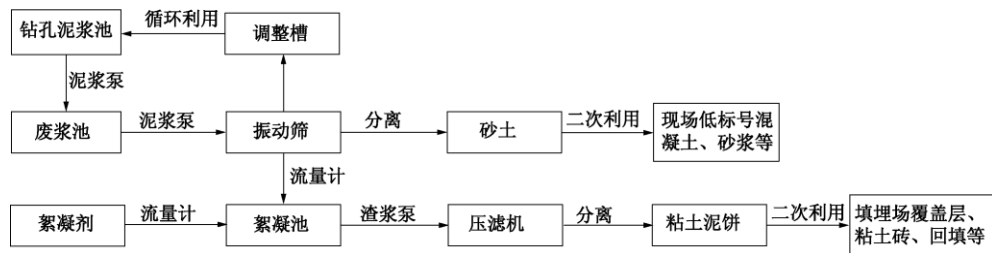


图2 泥水分离流程图

Fig. 2 Flow chart of solid-liquid separation

高速旋转的旋流中心处产生负压，经过净化后，比重较小的细微颗粒在负压的作用下从上溢口流出。经过一级处理和二级处理筛选出来的渣土颗粒，可由载运车量运送至指定的弃渣场<sup>[2]</sup>。

调浆制浆部分是盾构施工泥浆能循环使用的关键步骤，整个调整系统由调整槽、剩余槽、调整槽搅拌机、调整泵、剩余泵、密度泵、送浆泵、补浆泵等组成。经过一二级处理后的泥浆排入沉淀池进行溢流沉淀，溢流进入调浆池后的泥浆，若各项指标满足要求时，直接泵入到盾构机，若泥浆密度太大就加清水进行稀释，若密度太低，则用高速制浆机进行调节，加大泥浆密度后泵送到盾构机。

泥水处理系统是保证泥浆循环使用的重要措施。通过泥水处理措施，盾构施工中产生的大部分泥浆得到循环使用，减少了泥浆的废弃量，但是分离出的渣土由于含水率很高仍需要外运处理。

### 3.2 钻孔桩废弃泥浆处理技术

钻孔灌注桩是产生泥浆最多的领域，也是造成污染最严重的领域。目前对于钻孔桩泥浆处理的研究较少。现有的工地施工（如京沪高铁施工）中主要采用泥浆净化加废弃泥浆沉淀分离的方式<sup>[7-8]</sup>。泥浆净化的工艺流程类似于盾构施工中泥浆的净化流程，采用振动筛加水力旋流器的方式进行泥浆净化处理，大颗粒泥沙直接筛除，然后通过水力旋流器处理细小颗粒，处理后泥浆进行重复的利用。对于废弃的泥浆，向泥浆池中加入絮凝剂，用泥浆泵进行搅拌，生成絮团后静止沉淀，上清液达标排放，底泥就地填埋<sup>[9-10]</sup>。但是对于城市建筑桩基施工来讲，底泥没有就地填埋的条件，只能外运处理。

另外，对建筑桩基施工中泥浆处理的研究很少，一些地方将污水处理以及钻孔泥浆处理中的固液分离技术引入钻孔桩泥浆的处理中，取得了很好的效果。其主要的工艺流程见图2。

该处理方法共分为三步，即泥浆净化，泥浆絮凝和固液分离。分离的第一步类似于盾构施工中的泥浆

净化方法，用振动筛将泥浆中的大颗粒筛除，增加泥浆循环次数，减少废气泥浆的产生量；分离的第二步是化学絮凝沉淀，向泥浆中加入絮凝剂进行絮凝，破坏泥浆相对稳定的悬浊体系，使泥浆中的土颗粒沉淀；分离的最后一步是实现固液分离，通过压滤机对絮凝后的泥浆进行压滤处理，将泥浆分离为水和土，试验表明分离出的土含水率低，强度很高，可进行现场再利用，同时筛离出的砂颗粒也可进行现场的再利用，真正实现了零排放处理。

## 4 泥浆处理物的再利用研究

目前对泥浆再利用的研究大部分仅停留在泥浆本身净化循环再利用上，对泥浆处理物的再利用研究的较少。如盾构施工净化泥浆产生的废渣基本上还是外运作为填土处理，怎样实现分离物的现场再利用已经成为泥浆处理中一个重要问题，一方面，现场再利用减少了废弃物外运的成本，同时再利用也可以解决一些工程上的需要。

国外进行了一些泥浆再生处理的研究，如在威悉河隧道掘进泥浆处理过程中<sup>[11]</sup>，分离出的砂土根据其颗粒含量的不同可分别作为公路路基的承重层、隔音墙覆盖层和填充料等。石油钻井废弃泥浆分离产物掺入适当的水泥可提高强度，固结后可用于铺路等使用<sup>[12]</sup>。

通过固液分离法处理的泥浆，其分离的砂土可用于现场砂浆和低强度混凝土的原材料，分离出的黏性土由于强度很高可用做回填土或现场固化制砖等。这种方式不仅节省了外运的成本，同时创造了再利用价值。

## 5 结 语

工程施工中产生的废弃泥浆已成为带来严重影响的建筑垃圾之一，盾构施工中实行了以净化为主的处理方式，而桩基工程施工中仅在少数工地实行净化处理或是泥水分离处理，其中一些高效低耗的处理方式

值得大面积推广应用。

解决泥浆污染应加强对泥浆的管理, 使泥浆能尽可能多次循环利用, 减少废气泥浆量, 应采取合理的泥浆净化措施, 同时, 对于废弃的泥浆应尽可能实现其高效率、低能耗的处理, 同时应更多的关注泥浆处理物的二次利用问题, 不仅实现泥浆处理的污染零排放, 同时实现泥浆处理产物的再利用。

#### 参考文献:

- [1] 张忠苗. 桩基工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007. (ZHANG Zhong-miao. Pile foundation engineering[M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2007. (in Chinese))
- [2] 薄 利. 泥水处理技术在泥水盾构隧道施工中的应用[J]. 隧道建设, 2007, 27(6): 66 - 70. (BO Li. Application of slurry treatment technology in construction of tunnels bored by slurry shield machines[J]. Journal of Engineering Geology, 2007, 27(6): 66 - 70. (in Chinese))
- [3] 董仕明, 王平全, 陈志勇, 等. 油气田钻井废弃泥浆处理技术[J]. 天然气工业, 2008, 28(1): 87 - 89. (DONG Shi-ming, WANG Ping-quan, CHEN Zhi-yong, et al. Treatment technology of oil and gas fields waste drilling muds[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(1): 87 - 89. (in Chinese))
- [4] 董娅玮. 废弃钻井泥浆固化处理技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2009. (DONG Ya-wei. Study on solidification treatment technology of waste drilling mud[D]. Xi'an: Chang'an University, 2009. (in Chinese))
- [5] 彭 园, 杨 旭, 孙长健. 废弃泥浆无害化处理方法研究[J]. 环境科学与管理, 2007, 32(4): 102 - 104. (PENG Yuan, YANG Xu, SUN Chang-jian. The overview of the way to recycle municipal domestic refuse[J]. Environmental Science and Management, 2007, 32(4): 102 - 104. (in Chinese))
- [6] 刘豫东, 王洪新. 泥水加压盾构泥水分离与处理方法及模式[J]. 现代隧道技术, 2007, 44(2): 56 - 60. (LIU Yu-dong, WANG Hong-xin. Slurry treatment and separation for a slurry shield[J]. Modern Tunneling Technology, 2007, 44(2): 56 - 60. (in Chinese))
- [7] 龙莉波. 泥浆净化装置在钻孔灌注桩施工中的应用[J]. 建筑施工, 2007, 29(6): 392 - 394. (LONG Li-bo. Application of slurry depuration device to bored cast-in-place pile construction [J]. Building Construction, 2007, 29(6): 392 - 394. (in Chinese))
- [8] 李 斌, 刘振宇, 许贤平. 崖门大桥桩基施工泥浆处理系统[J]. 国外桥梁, 2001(3): 71 - 73. (LI Bin, LIU Zhen-yu, XU Xian-ping. Slurries treatment system in the pile foundation construction of Yamen Bridge[J]. Foreign Bridges, 2001(3): 71 - 73. (in Chinese))
- [9] 刘建华, 范英宏, 潘 智, 等. 京沪高速铁路桥梁施工废弃泥浆处理试验研究[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2009, 36(3): 108 - 112. (LIU Jian-hua, FAN Ying-hong, PAN Zhi, et al. The study on the disposal of waste drilling fluid of Beijing Shanghai high speed railway[J]. Railway Occupational Safety Health & Environmental Protection, 2009, 36(3): 108 - 112. (in Chinese))
- [10] 胡承雄, 马华滨. 京沪高速铁路废弃泥浆处理现场试验[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2009, 36(3): 112 - 115. (HU Cheng-xiong, MA Hua-bin. Field experiment on waste drilling fluid treatment of Beijing Shanghai high speed railway[J]. Railway Occupational Safety Health & Environmental Protection, 2009, 36(3): 112 - 115. (in Chinese))
- [11] HELMUT GROHS. Cost-efficient regeneration of bore slurry for driving of Weser tunnel[J]. Mineral Processing, 2002, 43(11): 30 - 37.
- [12] 叶雅文, 张建国, 邓 皓. 对国内废弃泥浆固液分离及后处理的研究[J]. 江汉石油学院学报, 1990, 12(1): 46 - 52. (YE Ya-wen, ZHANG Jian-guo, DENG Hao. An experimental study on solid-liquid separation of some China's waste drilling mud and their follow-up treatment[J]. Journal of Jianghan Petroleum Istitute, 1990, 12(1): 46 - 52. (in Chinese))

(本文责编 孙振远)