

浅谈非开挖工程施工中钻孔泥浆的几个问题

李志康

(中国地质科学院勘探技术研究所,河北廊坊 065000)

摘要:在非开挖工程施工中,钻孔泥浆有着非常重要的作用。就非开挖工程施工对泥浆的要求、泥浆材料、泥浆设计、泥浆配备设备、废弃泥浆的处理等问题进行了讨论。

关键词:非开挖;钻孔泥浆;泥浆配备设备;废弃泥浆处理

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2012)09-0062-04

Discussion on Some Problems of Drilling Mud in Trenchless Engineering Construction/Li Zhi-kang (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Drilling mud is very important in trenchless engineering construction. Discussion was made in this paper on the requirements to mud in trenchless engineering construction, containing mud materials, mud design, mud equipment and wasted mud treatment.

Key words: trenchless; drilling mud; mud equipment; wasted mud treatment

0 引言

非开挖工程施工技术是近几年在市政排水、通信电缆、燃气管道以及电力电缆等地下管线施工中应用最为广泛的技术。非开挖技术主要分为新管道铺设技术以及管道修复和更新技术。目前国内施工的市政、通信、燃气以及电力等管网主要还是在进行新管道铺设,随着近几年国内非开挖技术的高速发展,非开挖钻机已向大型及超大型发展,进而带动了非开挖施工向长距离及大口径的快速发展。

非开挖施工多在距离地面 15 m 以内的浅地层施工,其成孔直径一般在几十毫米到上千毫米不等。非开挖施工中遇到的地层一般是粘土层、砂砾层或者是它们的混合层,中间也会遇到淤泥层、鹅卵石或者建筑回填等石块区。在非开挖施工钻孔回扩过程中,由于孔壁及周边区域的受力,极易发生孔壁的分散、垮塌、流失、变形等,即非开挖水平孔的成孔破坏,这必将影响非开挖的正常施工,甚至造成严重的经济损失以及安全事故(如路面开裂、沉降、冒浆等)。因此,非开挖施工中正确的使用钻孔泥浆护壁就显得尤为重要。

1 非开挖施工对泥浆的要求

由于非开挖工程施工的特殊性,所以需要钻孔泥浆具有以下特性。

(1)良好的流变性,具有较强的携带钻屑能力。

在非开挖工程施工中,由于施工钻孔过程中除了入孔和出孔外其余多为水平孔,因此要求钻孔泥浆最主要的作用就是将钻进过程中的钻屑携带出钻孔,防止钻孔过程中钻屑沉积,以免在回扩及拖管过程中造成卡钻以及回拖困难等孔内事故。

(2)泥浆有较低的摩擦系数,良好的润滑性能。非开挖施工中钻孔泥浆的润滑性能也是至关重要的,润滑性能的提高可以有效地增加施工效率、缩短施工时间、降低回拖力、增加回拖距离,从而降低成本,降低风险,进而提高非开挖工程施工的安全系数。

(3)能够很好的将孔壁护好,在孔壁形成一定厚度的保护层,稳定孔壁,减少泥浆漏失。目前,非开挖工程施工钻孔泥浆的使用有 2 种,一种是在粘土地层中,只使用清水钻进,通过粘土自造泥浆;另一种是在沙土、砂层等地层中使用水基泥浆,主要是在清水中加入 3%~6% 的钠基膨润土。自造浆虽然在经济上来说比较节约,但对于非开挖施工的特殊性来说显然不合理,清水钻进时泥浆性能的不确定性比较大,孔壁周围的粘土很容易混入泥浆,增加了孔壁的不稳定性,而且粘度不一,也容易引起粘附卡钻。

因此,在非开挖工程施工中,一定要根据地层的不同选用一种适合的有良好流变性能的泥浆体系。一般来说,在粘土、粉土地层施工时,泥浆马氏漏斗

收稿日期:2012-08-21;修回日期:2012-09-14

作者简介:李志康(1980-),男(汉族),山东烟台人,中国地质科学院勘探技术研究所工程师,机械设计专业,从事设备销售、售后和采购工作,河北省廊坊市金光道 77 号,3758998@qq.com。

粘度应控制在 60 ~ 65 s, 在沙土、砂层施工时, 由于砂砾颗粒较大、密度较重, 因此泥浆粘度应适当加大一些, 提高悬浮性能。而且, 在具体施工过程中泥浆也应当根据具体情况进行适当调整, 比如说在扩孔和回拖的时候泥浆粘度就应比导向时适当提高。

2 非开挖工程施工中常用的泥浆材料

目前非开挖工程施工中主要使用的钻孔泥浆材料有以下几种。

(1) 钠基膨润土。钠基膨润土可以直接采用石油系统和地矿系统钻井用的膨润土, 由于不同厂家的钠基膨润土的结构、成分和加工工艺不同, 造浆率和泥浆性能也有差异, 因此在使用之前要根据具体的地层进行必要的实验。

(2) 钠羧甲基纤维素 (Na - CMC)。钠羧甲基纤维素是一种常用的泥浆有机处理剂, 分为高粘、中粘、低粘和速溶 4 种。在泥浆中主要起到增加粘度和降低失水的作用。非开挖工程施工中主要使用中粘类型的 CMC, 添加量一般小于 0.2%, 可根据地层以及水质进行具体调配。

(3) 羟乙基纤维素 (HEC)。HEC 在钻孔泥浆中主要起增加粘度的作用, 同时也能起保护孔壁的作用。羟乙基纤维素残留在钻孔内易被酸、酶或者其它的氧化剂降解为碳氢化合物, 没有明显的毒性, 较为环保。

3 非开挖工程施工泥浆设计

施工过程中钻孔泥浆主要的设计技术指标包括密度、流变性、降失水性等。

3.1 泥浆基本设计流程

- (1) 确定钻孔泥浆的胶体率、允许含沙量、固相含量、pH 值、润滑性、渗透率、泥皮质量等重要参数;
- (2) 选择钻孔泥浆的基本材料和处理剂;
- (3) 具体的钻孔泥浆处理剂配方设计;
- (4) 钻孔泥浆材料用量计算;
- (5) 确定钻孔泥浆的制备方法;
- (6) 制定钻孔泥浆循环、净化、管理措施以及废弃泥浆的处理。

3.2 泥浆设计原则

由于地层条件、施工工艺方法的差异性很大, 因而对钻孔泥浆的参数有着不同的要求。岩石钻进主要考虑的是泥浆的润滑性; 沙土及孔壁松散的地层中主要考虑的是泥浆的粘度和切力等流变性能指标; 遇水膨胀塌孔的地层则主要考虑泥浆的降失水

性来进行钻孔孔壁的保护; 对于压力敏感地层来说泥浆则着重需要考虑的是泥浆的密度。实际情况中, 根据具体施工环境进行钻孔泥浆性能设计中可能会遇到一些相互矛盾的情况, 当满足其中一些设计指标时, 往往有另一些指标则无法得到满足。对此, 应当抓住施工中主要的设计要求, 兼顾次要, 综合考虑全面性能。对一些要求不高的场合, 可以酌情精简对钻孔泥浆性能的设计, 适当放宽设计要求, 以达到最终的低成本和高效率。

3.3 泥浆及材料用量计算

钻孔泥浆的用量在非开挖工程施工中也需要科学计算。钻孔泥浆的流量必须要能够确保钻孔中的碎屑悬浮和排出; 钻孔时泥浆的排出量要大致上等于替换量, 以防止引起孔内憋压而造成卡钻或者冒浆。

3.3.1 钻孔泥浆总体积的计算

所需钻孔泥浆总量 V 是钻孔内泥浆量 V_1 、地表循环净化系统泥浆量 V_2 、漏失及其它损耗量 V_3 的总和:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

其中钻孔内泥浆量为:

$$V_1 = (1/4) \pi D^2 H$$

地表循环净化系统泥浆量为泥浆池、沉淀池、循环槽和地面管汇的体积之和。漏失及其它损耗量, 应根据实际情况确定。

3.3.2 粘土粉用量计算

配制 1 m³ 体积的钻孔泥浆所需粘土质量 q 按以下方程推导计算:

$$q = \frac{\gamma_1 (\gamma_2 - \gamma_3)}{\gamma_1 - \gamma_3} \times 1000$$

式中: γ_1 ——粘土的密度, 2.6 ~ 2.8 g/cm³; γ_2 ——泥浆的密度, g/cm³; γ_3 ——水的密度, g/cm³。

3.3.3 配浆用水量计算

配制 1 m³ 体积的钻孔泥浆所需水量 V_w 为:

$$V_w = 1000 - (q/\gamma_1)$$

3.3.4 增加密度加土(或重晶石)量的计算

配制加重钻孔泥浆时, 加重 1 m³ 钻孔泥浆所需加重剂的质量 W (kg) 为:

$$W = \frac{\gamma_B (\gamma_2 - \gamma_0)}{\gamma_B - \gamma_2} \times 1000$$

式中: γ_B ——加重剂的密度; γ_2 ——加重泥浆的密度; γ_0 ——原浆的密度。

3.3.5 降低钻孔泥浆密度所需加水量 x (m³)

$$x = \frac{V(\gamma_1 - \gamma_2)}{\gamma_2 - \gamma_3}$$

式中: V ——原浆体积, m^3 ; γ_1 ——原浆密度; γ_2 ——加水稀释后的泥浆密度; γ_3 ——水的密度。

4 钻孔泥浆的制备设备

钻孔泥浆的制备设备主要有机械搅拌机和水利搅拌机(泥浆搅拌系统)2种类型(图1)。目前非开挖施工主要使用的是水利搅拌机(泥浆搅拌系统),膨润土通过漏斗与液体进行混合,然后通过水泵带动液体反复循环流动从而达到较好的泥浆制备效果,满足非开挖工程施工中的需要。

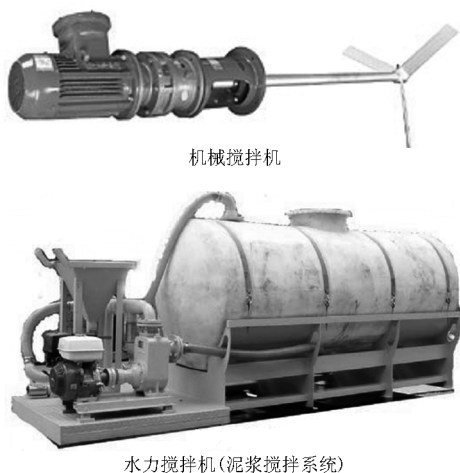


图1 非开挖工程泥浆配制设备

5 废浆的处理

非开挖施工后会产生大量的废弃泥浆。废泥浆是钻进过程中从孔内排出的含有大量杂质并且难以恢复和处理的泥浆,由于废泥浆主要包括粘土、钻屑、加重材料、化学添加剂和无机盐等,具有较高的pH值。破坏环境的有害成分主要包括:盐类、杀菌剂、化学添加剂、重金属物质、高分子有机化合物、生物降解产生的低分子有机化合物和碱性物质等。所以在进行排放时要根据不同的废泥浆进行不同的处理后再进行排放。

5.1 废弃泥浆对环境的影响

废弃泥浆对环境造成的影响主要表现在以下几个方面:

(1)对地表水和地下水资源的污染;

(2)引起土壤板结(盐、碱成分),对土壤上的植物生长有很大影响;

(3)有害成分的残留,对植物的生长以及微生物的繁殖的长期影响,同时容易进入食物链,危害到

动物及人类的健康;

(4)某些化学添加剂和生物降解后对水生动物和飞禽有一定的影响。

5.2 处理废弃泥浆的一般方法和技术

5.2.1 直接排放法

直接排放法主要是指低毒、无毒和易生物降解的废弃泥浆可以不经过处理,直接排放。

5.2.2 分散处理法

污染物含量超标的废弃泥浆是无法直接排放的,可采用分散法处理。与泥土混合,降低污染物的相对含量;或者用水稀释,少量多次以达到环保要求再进行排放。

5.2.3 脱水法

脱水法主要是利用化学絮凝剂沉降和机械分离等措施使废弃泥浆中的固体和液体分离。其基本流程包括化学处理和机械处理2部分。

化学处理一般采用无机盐[$CaCl_2$, $Fe_2(SO_4)$ 等]和有机高分子絮凝剂的联合作用将固体泥浆颗粒和高分子与水分离。

机械处理主要是通过机械分离设备将固液加速分离。主要方法包括:真空过滤、压力过滤、离心分离等。机械分离主要有以下方式:

(1)压力过滤器方式:

废弃泥浆 → 振动筛 → 化学处理(液体) → 压力过滤器 → 弃渣 → 排液
↓
弃渣

(2)重力泥水分离 - 真空泥水分离方式:

废弃泥浆 → 振动筛 → 化学处理(液体) → 过滤泥水分离 → 土渣 → 真空泥水分离 → 排液
↓
弃渣
→ 弃渣

(3)滚筒筛 - 压力滚筒筛方式:

废弃泥浆 → 化学处理 → 滚筒筛 → 土渣 → 压力滚筒筛 → 弃渣
↓
排液

(4)旋转分离 - 压力过滤方式:

废弃泥浆 → 化学处理 → 旋转分离装置 → 土渣 → 压力过滤装置 → 弃渣
↓
排液

5.2.4 回填法

回填法仅适用无毒或者毒性较小的废弃泥浆。对于无毒或者毒性较小的废弃泥浆可以将泥浆排入储浆池内通过放置沉淀分离出上部清液,经过处理达到环保要求后可以直接排放;剩余部分经风干后,在储浆池内就地掩埋。掩埋后一般至少要覆盖1~1.5 m的土层,然后再将地表进行恢复。

5.2.5 固化法

固化法主要是在废弃泥浆中加入固化剂,使其转化为土壤或胶结强度很大的固体,固化法比较可靠,能够有效地消除废弃泥浆中的金属离子和有机物等对水体、土壤等生态环境的影响和危害。

固化处理主要是利用水硬材料结合废弃泥浆中的水形成网状结构,将废弃物固定后再进行处理。目前采用的固化技术主要有以下几种:

(1)水泥、水玻璃固化技术。首先将工业硫酸铝加入废弃泥浆中,完全溶解后加入水玻璃,搅拌均匀后快速地将水泥加入,固化2~7天后即可。

(2)磷石膏固化技术。将废弃泥浆搅拌的同时向泥浆内不断加入磷石膏,静置7天后地貌即可恢复。

(3)水泥窑粉固化技术。将废弃泥浆沉淀1~2天后,将上层清液进行处理排放后,按比例将固化剂混合物与废弃泥浆进行混合,然后将挖坑留下的泥土加入均匀混合后,可固化成大块埋入地下。

固化处理可采用机械混合和专业砂浆泵循环混合。

5.2.6 坑内密封法

(上接第52页)

WFSD-2孔电成像测井仪器上提时在离 $\varnothing 168$ mm套管底2 m处被卡,卡点在1298 m,其中进入套管内探管12 m。

5.3.2 事故处理

(1)穿心打捞,测绳突然断裂,井内尚留39 m测绳;

(2)下磁定位,探“鱼顶”,下打捞钩,把测绳基本打捞完;

(3)下卡瓦打捞筒,打捞测井仪器,成功打捞。

6 结论与建议

汶川地震断裂带科学钻探工程已完成4个钻孔的施工,因地层破碎复杂、膨胀缩径,遇到很多突发事件,但都成功解决。后采用多种综合预防措施后,事故发生率大大减少。

主要体会和建议如下:

(1)采取预防为主,任何事故的发生都有先兆,提前做好预防措施;

(2)建立应急预案,对可能出现事故做好工

此方法即是在坑底和坑壁铺一层有机土,然后铺一层塑料垫层,再铺一层有机土;或者在坑底和四周加固化层。随后将基本干燥的废弃泥浆填入坑中后进行覆盖密封。

6 结语

非开挖施工人员应根据施工中地层以及工程设计的具体情况进行泥浆的设计,在满足工程施工技术需求的前提下降低成本,施工结束后应进行地表的恢复并对泥浆进行及时、科学的处理,避免对环境的污染。

参考文献:

- [1] 何宜章.论非开挖管线施工的安全性[J].非开挖技术,2002,(19).
- [2] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [3] 马保松.非开挖工程学[M].北京:人民交通出版社,2008.
- [4] 李德江.钻井液润滑剂的现状及发展方向[J].石油钻探技术,1998,26(2).
- [5] 张宏.HDD施工技术与发展[J].非开挖技术,2003,(20).

具物资的充分准备;

(3)加强日常管理,认真检查钻孔钻具,定期探伤,定期报废;

(4)细节决定成败,事故的发生往往都是忽略某个细节;

(5)优化钻孔结构设计,为事故的处理留有余地;

(6)借鉴石油钻井经验,如全面钻进泥浆技术、事故处理技术等。

参考文献:

- [1] 蒋希文.钻井事故与复杂问题(第二版)[M].北京:石油工业出版社,2006.
- [2] 张伟,贾军,胡时友.汶川地震科学钻探项目的概况与钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,39(S1).
- [3] 李继文,王平,张志强,等.钻探工作中常见孔内事故的预防与处理[J].吉林地质,2010,(10).
- [4] 裴建军,刘天科,孙启忠,等.胜利1井钻井事故预防与处理[J].石油钻探技术,2007,(11).
- [5] 徐进,胡大梁,任茂,等.川西深井井下复杂情况及故障预防与处理[J].石油钻探技术,2010,(7).