

水平定向钻冒浆原因分析与预防处理措施

陈道高（四川石油天然气建设工程有限责任公司，四川 成都 610200）

摘要：水平定向钻施工特别是导向孔钻进中冒浆现象是经常出现的现场状况，一旦出现，会造成较为严重的环境污染事件、增加泥浆使用量、损坏相关构筑物。本文着重探讨分析冒浆的形成原因及预防、处理措施。

关键词：泥浆冒浆；水平定向钻；原因分析；预防处理

水平定向钻（HDD）起源于20世纪70年代，目前被广泛应用于多种地下管线（油、水、气等）。它是使用专业水平定向钻设备（水平定向钻机、泥浆系统、导向系统、钻具系统等），先钻入地层形成导向孔，然后将导向孔扩径到所需直径，然后将计划铺设的管道回拖进孔完成管道铺设的一项专门技术。其施工优点表现在地层适应性强、可高精度完成管道铺设、环境污染小。

水平定向钻施工的导向孔钻进、扩孔、主管回拖整个过程中，均需要使用专业泥浆，以悬浮和携带钻屑、平衡地层压力稳定孔壁、冷却及润滑钻头钻具、传递水动力。

1 泥浆冒浆的概念

正常的水平定向钻穿越施工中，泥浆的回流是通过钻杆柱端切削刃处流出，沿钻杆外壁与形成的穿越孔壁之间的间隙返回入土点或出土点，以集中收集、重复利用。但当泥浆沿穿越孔洞流动的阻力大于通过地层渗透、扩散阻力时，泥浆则会扩散到钻孔周围的地层中，产生下漏或上冒，形成泥浆的非正常返回。泥浆在地层渗透、扩散至地表（陆地或水域），行业通俗表述为泥浆冒浆。泥浆冒浆多发生在穿越导向孔钻进过程中，扩孔过程中随穿越孔径的增加，泥浆回流阻力极大程度降低，冒浆现象得以消失。本文主要针对导向孔钻进过程中冒浆的原因分析与预防处理。

2 泥浆冒浆的危害

2.1 造成环境污染

泥浆的成分包含无机盐、有机聚合物、重金属组分、油品等，其中有些是有害物质。一旦冒浆，会改变相近的土壤、水域成分，影响植被、农作物、苗木、水生动植物的正常生长，造成严重环境污染。

2.2 增加泥浆使用成本

一方面因冒浆形成泥浆流失，总用浆量必须增加；二方面冒浆后多必须采取回收、处置措施，极大增加施工措施费用；

2.3 损坏既有构筑物

导向钻进中泥浆压力、排量较大，若冒浆通道涉及房屋、桥墩等构筑物下方基础土层，或通过河道堤坝，长时间冒浆，对通道土层的冲刷影响土层承载力，直接影响相应构筑物的稳定性，乃至损毁。

2.4 增加相关赔付费用

冒浆多会淹没农田、草地（绿化地），或是污染鱼

塘、虾蟹塘、水库，一是增加临时用地赔付范围，二是增加相关附着物、水生物赔付。

2.5 降低成孔稳定性

山区水平定向钻穿越会出现入土点、出土点在穿越轴线上的垂直位置较高，冒浆点（出土、出水点）可能会低于穿越孔洞端口。严重冒浆让穿越孔洞高于冒浆点以上段落无泥浆充盈，对于土层穿越会影响成孔稳定性。

3 泥浆冒浆原因分析

3.1 穿越地层有裂隙、断层、结构疏松

在导向孔钻进中，岩石地层穿越遇到严重裂隙、断层，或土层穿越中遇到严重松散段落（砂层、粉砂、砂砾石层等），一旦该处泥浆直接参透、扩散至地表的阻力小于沿成孔内钻杆与孔壁间歇的阻力，则形成冒浆。

3.2 钻具选用不当

导向孔钻进的钻具组合，一般土层施工采用钻杆+斜掌式钻头组合方式，停止旋转并推进时，倾斜的导向板与土体接触挤压而受到径向分力，从而改变前进方向；旋转并推进时，导向板便会对前端土体产生破碎，消除径向力的影响，从而直线行进。岩石层（泥岩、砂岩等）采用钻杆+泥浆马达+牙轮钻头组合方式，钻头由泥浆马达带动下不停旋转并破碎岩层，当钻杆停止旋转并推进时，因泥浆马达体自带一定的弯度，此时钻头便会向其弯曲的方向行进；当钻杆转动推进时，泥浆马达弯度的影响在转动过程中被相互抵消，从而直线行进。

对于钻头的选用，要求其尺寸大于钻杆端头尺寸10~15mm(0.5英寸级差)，一旦钻头尺寸偏小或钻杆尺寸偏大，导致钻杆端头与导向孔壁间歇偏小甚至无间歇，泥浆沿成孔回流阻力增大，钻头处出现泥浆憋亚，极易形成冒浆。

较软土层（砂层）导向孔穿越若错误使用泥浆马达+牙轮钻头的钻具组合，钻头处泥浆压力、排量更大，对土层、砂层的冲刷效应突出，更易形成冒浆。

3.3 钻进过程操作不当

正常钻进半根或整根钻杆后，采用回拖（推进）+旋转的操作过程，可增大成孔直径、有效增加钻杆端头与成孔壁之间间歇，使泥浆正常回流通道畅通。反之若长距离推进无回拖（推进）+旋转的操作过程，钻杆端头与成孔壁之间间歇较小甚至无间歇，成段钻杆因连接端头外径大于杆体外径，在成孔内形成间歇密封效应，

也易诱发冒浆。

3.4 地质探孔封堵不到位

地址探孔是在穿越轴线左右 5m 距离交叉布设, 穿越钻进点与探孔之间若遇裂隙、断层、结构疏松结构, 易形成贯通。若探孔端口封堵不实, 泥浆则从探孔口冒出。

3.5 泥浆配置不当

泥浆粘度过低 (小于 50s) 时, 土层穿越中对疏松土壤的封堵效果极具降低, 当渗透、扩散出地层阻力小于沿钻杆与成孔壁阻力时形成冒浆。

4 泥浆冒浆的预防与处置

4.1 泥浆冒浆的预防措施

4.1.1 合理选用钻具

针对土层 (黏土、粉土)、岩石 (泥岩、砂岩) 等不同穿越地质结构, 需采用不同的钻具组合方式 (前已叙述)。特别是穿越遇多种地质结构交错, 尽可能交替换用相应的钻具组合, 有效避免冒浆。

4.1.2 正确配置泥浆

导向孔钻进过程泥浆配制粘度控制在 60-70s 之间, 可靠携带钻屑的同时可对松散土壤产生明显封堵作用, 可有效避免土层钻进时的冒浆。随时测定返回泥浆粘度, 及早发现地下水对泥浆的稀释。导向孔钻进时泥浆粘度调节主要添加膨润土, 不宜过度添加其他增粘材料, 以减少泥浆有害成分, 防止一旦冒浆造成生物毒害。

4.1.3 严格遵行钻进过程操作

导向孔钻进过程中, 回拖 (推进) + 旋转的操作必须坚守。钻进时随时观察返浆情况, 一旦发现返浆减小, 必须停止钻进 (推进), 减小泥浆排量, 回拖并旋转钻杆、再推进并旋转钻杆, 反复操作过程中根据返浆情况再适当增加泥浆排量, 直到返浆正常再钻进。

4.1.4 可靠封堵地面地质探孔

通过询问地勘作业单位、走访周边人员、实地查看、人工探挖等多种方式, 落实探孔封堵实际情况。针对地面地质探孔, 一旦发现未封堵、虚掩等情况, 在开钻前作可靠封堵。封堵前视情况挖开原虚掩土、尽可能清除孔内杂物, 使用 C30 水泥浆 (可加早强剂等) 浇注满孔洞。

4.2 泥浆冒浆的处置措施

受穿越断面地质结构客观限制、导向孔钻进泥浆排量及压力的基本要求, 水平定向钻特别是导向孔钻进过程中出现冒浆情况很多时候是无法避免的。一旦出现, 及时、有效的处置则显得尤为重要, 可有效降低环境污染的范围与程度, 减少对相关农作物、植被、苗木、水生动植物的伤害。导向孔钻进过程中一旦发现返浆变小, 适当减小泥浆排量, 回抽并旋转钻杆, 派人沿穿越段巡查, 及时发现冒浆点, 以好及时处置。

4.2.1 地面冒浆的处置

4.2.1.1 普通冒浆点的处置

对于距离泥浆池不远 (100m 以内)、不低于泥浆

池正常液面的地面冒浆点, 可以优先考虑开挖泥浆沟渠, 将所冒泥浆引回泥浆池; 对于距离泥浆池较远 (100-200m)、又不具备挖沟自然引流回池的冒浆点, 可以在冒浆点挖掘 5-10 m³ 临时储浆池, 使用普通泥浆泵 (污水泵) 将所冒泥浆抽排回施工场地泥浆池; 对于距离泥浆池太远 (超过 200m) 的地面冒浆点, 则在冒浆点挖掘 5-10 m³ 临时储浆池、使用泥浆罐车将所冒泥浆装运回泥浆池, 或挖掘更大的泥浆池, 将所冒泥浆作暂时储存, 待工程结束后与主泥浆池的泥浆一并外运、无害化处理。

在设置泥浆回流沟渠或临时泥浆坑池时, 需要完善泥浆防渗措施, 防止泥浆回流、储存过程中对土壤造成污染。

4.2.1.2 地质探孔冒浆的处置

工程开工前通过施工平面图、地勘作业单位、周边人员走访等措施弄清楚穿越工程地质质勘探钻孔点位, 导向孔钻进时特别关注地面探孔附近有无冒浆现象。一旦发现可疑, 需刨开冒浆点植被、覆盖层、顺浆挖掘等措施予以确认。若发现泥浆是通过探孔冒出地面, 必须及时可靠封堵。具体封堵措施前已详细叙及。

4.2.2 水域冒浆的处置

对于出现在鱼 (虾、蟹) 塘、稻田、沟壑、水库、河道等水域的冒浆, 造成的危害更大, 提前预防、及时发现、可靠处置更显重要。对于穿越轴线上存在连片水域的水平定向钻工程, 施工前必须更加关注穿越段的地质结构, 研判水域下方是否存在裂隙、断层、特别松散等容易引起冒浆的地质结构。穿越施工中加强巡逻, 及早发现、尽早处置。

对于一般水域的冒浆, 采用围堰处置措施。在冒浆点周围修筑可靠围堰, 将所冒泥浆与周边水域有效隔离, 对围堰内的泥浆作抽排或罐车拉运处理。穿越下穿鱼 (虾、蟹) 塘水域时, 对于冒浆要有一定的预判。详细分析地质结构, 冒浆高风险的尽可能对鱼、虾、蟹等水生养殖物作提前捕捞, 以减小冒浆对养殖物的污染损失。

参考文献:

- [1] 马保松. 非开挖工程学 [M]. 北京: 人民出版社, 2008.
- [2] 乌效鸣. 导向钻进与非开挖铺管技术 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2004.
- [3] 乌效鸣, 胡郁乐, 货冰新等. 钻井液与沿途工程浆液 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2002.
- [4] 朱海锋, 李伟. 长输管道水平定向钻穿越施工的冒浆风险及应对措施 [J]. 建设监理, 2018(10):74-77.
- [5] 张爱琳, 武日成. 水平定向钻穿越施工风险识别及应对措施 [J]. 河南科技, 2009, 40(2):3.
- [6] 刘盛兵, 向启贵, 刘坤. 水平定向钻穿越施工及其风险控制措施探讨 [J]. 石油与天然气化工, 2008(04):353-356.