

水平定向钻铺管穿越卵砾石地层技术分析

余 乐

(湖南兴旺建设有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘 要 市政管道工程在城市建设中扮演着至关重要的角色。然而, 随着城市化建设的步伐不断加速深化, 管道建设经常会遇到与现有城市建设相互冲突的情况。因此, 水平定向钻穿越铺设管线施工技术应运而生。目前, 水平定向钻穿越铺管技术已经较为成熟, 但是在特殊地质情况下也限制了该技术的使用。基于此, 本文通过工程案例, 分析水平定向钻铺管穿越卵砾石地层施工难题及解决方案, 可供同类工程借鉴。

关键词 市政管网; 定向钻; 卵砾石地层

中图分类号: TU99

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)06-0004-03

在地下工程施工中, 经常会遇到卵石地层与园砾及碎石地层, 以上地层俗称或简称为卵砾石地层。水平定向钻穿越的地层适应性与孔壁稳定性有很大关系, 现阶段一定程度上说孔壁稳定性是决定定向钻穿越成功与否的关键^[1]。地层适应性是指所钻进的地层与现有水平定向钻的钻机、钻具及工艺技术水平相互适应, 并借助地质钻探领域的研究成果, 采用岩土层的强度、完整程度和研磨性三要素对地层适应性进行评估^[2]。定向钻穿越设备制造、钻具生产、施工工艺方法等近年来已取得长足发展, 在穿越岩石及沙层等不良地质方面进步很大^[3]。穿越长度和管径不断增加, 但在穿越卵砾石地层成功经验很少, 主要的原因是定向钻在含量 40% 以上卵砾石地层中成孔和稳定孔壁不易, 导向控制困难, 且卵砾石地层的透水性使泥浆易漏失等, 易造成卡钻、抱管、控向路由偏差大等问题^[4]。但随着定向钻各方面的技术突破及施工市场对定向钻的要求, 从业者一直没有放弃定向钻穿越卵砾石地层的研究、探讨与实践。国内一些规模大的定向钻施工单位在这方面投入较大, 勇于实践, 同时取得了一定的成功经验。以下将结合实际施工案例, 对定向钻穿越卵砾石进行分析, 探讨技术应用实际情况, 总结技术实践经验, 期待能够促进水平定向钻的发展与进步, 更好地服务社会, 满足市场需求。

1 卵砾石定向钻穿越现状

在定向钻穿越过程中, 在一些地质活动活跃、有大小断裂带地层, 特别是在非均质岩石中, 一般存在高度发育的裂隙及软硬不同地层, 地质情况复杂, 水平及垂直方向变化较大, 现阶段工程勘查也难以提供

很详实的地下信息, 特别是卵砾石地层, 施工中遇到此地层一般常用以下几种方法进行处理:

1. 浅部卵砾石, 深度不超地面以下 6 m, 如现场具备开挖条件, 一般用开挖的方法进行处理, 即通常所说的大开挖方法。把穿越路由以上的卵砾石用挖机清理掉, 在入钻点挖出卵砾石后, 为方便导向时钻杆的支撑, 需用原生土填充并压实, 也可用素混凝土填充; 出钻点卵砾石挖出后, 一般不需要处理。此方法只能处理出入土点浅部的卵砾石, 方法简单。

2. 夯入套管并打捞卵砾石, 在地层较深的地段或不便大开挖的施工现场, 用大吨位夯管锤把套管夯入卵砾石层, 一直夯到基岩, 然后把切入套管中的卵砾石打捞出来, 大部分施工单位都会采用此方法处理卵砾石穿越段, 但是夯管的方向不易掌握, 如遇较硬、较大的卵砾石, 夯入套管前端会变形, 同时夯入深度有限, 长度一般不超过 100 m。

3. 沿穿越路由卵砾石段进行旋喷注浆, 固结卵砾石, 此方法对深部、浅部卵砾石都适用, 效果也好, 但是施工中占地面积大, 且费用高^[5]。

4. 与设计 and 业主商量, 改变定向钻穿越路由, 避开卵砾石地层。

5. 用较大吨位钻机, 同时选用合适的泥浆进行施工, 此方法目前也仅在距离不长(800 m 以内)、管径不大(直径 500 mm 以内)的钢管施工中应用, 该方法不需预处理地层和大开挖, 这也是本研究介绍的方法。

2 卵砾石穿越的探讨

水平定向钻穿越三要素是长度、管径及地质条件, 这三要素也是引导定向钻穿越技术不断取得进步的三

个方面,可见地质条件对定向钻施工的重要性。地质条件是影响施工过程中孔壁稳定性的首要因素^[6]。

地壳不同位置都处于受压状态,岩土体在长期的地质作用下是相对平衡和相对稳定的。当定向钻施工时会使岩土形成应力集中区,在地表覆盖及周围岩土压力下,内部应力发生变化,破坏了孔壁周围土体或岩体的应力状态,失去原始平衡的稳定条件,并同时使岩土发生应力集中。大多数材料在低应力状态表现为弹性形变,当应力增加时则会产生塑性流动成屈服现象。脆性材料岩石会在某种不明显的屈服状态下自某一点达到极限应力值并发生破坏。在外围岩土压力下,孔壁岩土体具有向孔内移动的趋势,如果岩土体内部应力状态发生变化,超过其岩土强度的极限应力值,该趋势将转变为缩径或孔壁坍塌,在施工中,当孔内泥浆压力足够大,并使得与岩土体内部应力状态变化保持平衡,可保持钻孔的稳定,孔壁不失衡坍塌。岩土层的地质成因、构造类型和受力特征不同,对钻孔稳定性产生的复杂性和程度也不一样。

定向钻施工过程是地下空间建造并利用的过程,随着地下空间的形成及扩大,也是对周边岩石、土壤及地下水解除约束与控制平衡、重新建立新的应力平衡及水系平衡的过程。在施工的各个工序阶段采取的施工方法与措施是否恰当,是整个工程能否成功之关键。钻机、导向、泥浆等各方面在不同阶段密切配合也至关重要。

由定向钻穿越的力学分析可知,孔壁形成并保持稳定看起来简单,其实在具体施工中受影响的因素很多:导向孔施工中钻头的使用;钻机手与导向手的配合;扩孔时扩孔器的使用和级差的选择;膨润土和泥浆添加剂的正确使用;等等。成功做好一个管道的穿越腔体,让管道拖拉时顺利通过,这对定向钻来说就是成功。这些看似简单,实则不易,在施工中还需要借助夯管锤、推送管器等拖管辅助设备,更有甚者,拖管过程中抱死管道,半途而废,需重新从后场拖出管道,扩、清孔后再次拖管施工。

一般的地质条件长距离或大口径施工不易,会遇到种种困难,而在卵砾石地层施工更是难度极大,人们常说,卵砾石地层是定向钻穿越的禁区。遇到这种情况,只有规避、改良、开挖。近年来,随着定向钻施工市场的需求促进了钻具和施工工艺的进步,业内同行在进行卵砾石定向钻穿越的实践中取得了一些成功经验。

3 卵砾石穿越实践案例

湖南某地铺设天然气管道施工,需用定向钻铺设一根主管道直径 460 mm,光缆管直径 110 mm,长度 550 m 的高压天然气管管。整个铺设段除小部分穿越沙层外、卵砾石地层占总长度的 70% 以上,受多条断裂带影响,湖南省地质构造复杂,经地勘和后期的详勘,卵砾石粒径 2 ~ 10 cm,也就是说小如蚕豆,大如拳头,含量约为 50%。这样的地层用定向钻铺设直径近 500 mm 的钢管,在当地也是首次进行施工。面对困难,相关人员在施工前仔细研究地勘资料,同时发现在穿越路由上还有裂隙发育的溶洞,溶洞中充填物主要为细沙及碎石,深部溶洞无充填物,这又给穿越增添不少难度。

针对此工程,首先在施工设备的选择上择优选择,钻机、泥浆泵规格比常规的选用大一型号,泥浆罐准备 2 只;1 只膨化泥浆、1 只搅拌泥浆,让高质量的泥浆在施工中发挥应有的作用。有的同行根据一般的定向钻施工经验认为,穿越卵砾石最主要是导向孔作业完成后,要用大吨位钻机扩孔及拖管,对泥浆的作用不够重视,以致产生一些失误。人们常把泥浆称作地下钻进工程中的血液,这是对其在地下钻进施工中重要性的表述。在水平定向钻铺设管道的各个工序阶段都离不开泥浆。泥浆材料的优劣、配制与使用是否恰当,对工程的影响很大,对卵砾石的定向钻穿越更是如此,用好泥浆,确保工程的顺利,施工中始终都是这样认知和操作的。

技术人员在总结大量文献的基础上,通过实验和施工现场研究,对泥浆环状空间流体压力、摩擦角等因素进行分析,提出突破定向钻在穿越距离、直径及地层这三方面的瓶颈问题不能将思路只停留在增加钻机拉力上,而是应该综合考虑施工各过程中的其他相关因素,除选用好钻具外,最重要的是用好泥浆,关注孔内压力等,才能在解决定向钻有关瓶颈上发挥作用。这些在卵砾石地层穿越中更显重要。当单方面强调钻机拉力:一是增加钻机等设备的使用成本;二是要增加所拖管道的壁厚;三是要对管道的表面防护层提出更高要求,以防管壁在卵砾石层拖管时损伤。经过努力,虽然有困难、挫折,最终还是圆满完成了此段卵砾石定向钻穿越管道的铺设,为以后类似工程提供了成功的借鉴。

4 案例工程施工总结

与普通土层和一般风化岩石水平定向钻穿越相比,卵砾石水平定向钻穿越更加复杂,会遇到一些不同的

问题,需要在施工过程中控制好每个施工环节,才能保证施工的顺利完成。

4.1 钻具优选

除钻机外,钻具选用也很重要,主要是钻具的可靠性要高,质量要好,以前有单位遇到难做的工程、难扩的孔,常购买国外钻具,现在国内知名品牌的钻具质量也不差,可以胜任,主要是为降低风险,使钻具在施工中不易损坏且不需更换。在这样的地层中扩孔极易卡钻,如遇卡钻,不能强行施工,否则扭矩过大,轻则造成钻杆不易卸扣,重则会损坏钻杆和钻具,施工中常见这种情况,可用小拉力、高转速前后推拉试试,如果还是没奏效,只能把钻机调后场把钻具拉出,探明并分析原因后才可继续施工^[7]。

4.2 导向作业

导向时由于采用泥浆马达进行工作,同时用地磁导向系统和无磁钻铤,这样控向信号源离钻头的距离比普通施工长10~15 m,即每次测量的钻头前端数据比实际钻头位置滞后10 m以上,控向作业盲区大,增加了难度,对卵砾石地层来说,由于改向控制不易,要精准导向施工,非一般设备与人员可胜任,此次施工选用了一流的地磁控向仪,导向手文化较高、经过系统的学习且有多年的岩石穿越导向经验。三牙轮钻头在卵砾石导向中极易跑偏,钻机手与导向手配是关键,钻杆慢推进,转速视扭矩变化及时调整,提高岩石的体积破碎率,让小颗粒钻屑在泥浆中悬浮并随泥浆的流动返到地面。

为让泥浆携带钻屑顺利返回地面,钻杆与三牙轮钻头的尺寸要选配好,如钻头尺寸相对钻杆过小,钻头钻出的孔不大,会让泥浆流动不畅,钻屑势必会抱钻杆;如尺寸相对过大,则又会使钻出的孔径大,动力消耗过多,对泥浆泵、泥浆用量及三牙轮钻头又有更高的要求,同时过大的导向孔会使前端改向的弯腿不易支撑,改向困难。所以根据经验,选择10.5in导向钻头配合杆体直径168 mm钻杆,环状空间较为合适,这样同时使钻孔内泥浆压力得到良好释放,降低泥浆憋压及穿越路由上冒浆风险^[8]。

4.3 拖管作业

拖管施工前要充分清孔,为使孔的曲线尽量完美,最好用组合钻具清孔^[9]。回拖时速度要慢,减小拖管过程对孔壁的影响。出现抱管现象,如刚开始只有小部分管道进入孔洞,应用滑轮组或钻机把管道拉出,重新清孔后再继续拖管;如大部分管道入孔后出现抱

管,可用夯管锤或推送管器在后场辅助拖管施工,切不可换大吨位钻机在前端强拉,要清楚整个拖拉管连接系统;从钻杆、扩孔器、分动器、短节、U型环到拖管头,最薄弱的地方,即是决定所承受的最大拉力^[10]。强行拉管会损坏钻具或钻杆,将给后续处理造成很大麻烦。光缆套管与主管宜分开拖拉施工铺设,这样先导向施工光缆套管,让施工人员先熟悉地层,为主管顺利铺设施工创造条件。

5 结束语

当前全球资源短缺,环境形势恶劣,地表及地表以上空间已不堪重负,世界各国都愈发重视地下空间的开发和地下工程的施工。用非开挖定向钻的方法铺设管线就是充分利用地下空间,保护环境、资源,提高工作效率的好方法。该方法在岩石及复杂地质条件下的施工发展很快,在非开挖定向钻穿越领域所占份额逐年提高,岩石及复杂地质条件的定向钻穿越也是衡量一个国家或地区在这方面水平高低的标志之一,极具前瞻性,有较大的发展前景。

参考文献:

- [1] 王永军,刘大伟,孙浩,等.非开挖水平定向钻拉管施工技术的应用[J].山西建筑,2024,50(05):101-103.
- [2] 张鼎,王朋,高岭.水平定向钻穿越中风化砂砾岩地质扩孔切削力研究[J].建筑机械,2024(02):98-103.
- [3] 游赞,刘俊,郎明春,等.大直径长距离定向钻穿越管道回拖设计与施工[J].石油工程建设,2023,49(04):26-32.
- [4] 高遥,张燕青,朱辉.水平定向钻在燃气管道穿越管中的施工要点[J].石油和化工设备,2024,27(02):153-155.
- [5] 于江浩,李薇薇,梁蕊宏,等.定向钻穿越土岩交替复杂地层注浆加固处理案例分析[J].电力勘测设计,2023(S2):72-78.
- [6] 李生荣,李新峰.供水工程中非开挖定向钻施工技术的应用要点探析[J].水上安全,2024(01):170-172.
- [7] 黄福想.水平定向钻技术在高压燃气管道施工中的应用[J].安徽建筑,2023,30(11):178-179.
- [8] 李贤,孟祥瑞,程详,等.含夹矸厚煤层地面定向钻预注浆围岩改性及巷道支护技术研究[J].煤炭工程,2023,55(11):64-69.
- [9] 郑君,颜谢材,窦斌,等.长距离水平定向钻探在引江补汉地质勘察工程中的应用[J].钻探工程,2023,50(S1):205-210.
- [10] 柳志伟,张晨,王建兴,等.天然气长输管道定向钻穿越岩溶裂隙地层的施工实践[J].石化技术,2023,30(09):81-83.