

特殊地层水平定向钻穿越施工技术研究

贾西濮

中石化中原建设工程有限公司 河南 濮阳 457001

摘要：水平定向钻施工中，面对复杂的特殊地层（如卵砾石、破碎地层、溶洞地层、流沙地层等），因地层结构松散，水平定向钻施工过程中无法形成一个完整的孔道，致使扩孔和管道回拖无法进行，目前最常用的隔离技术为夯入钢套管隔离技术来施工，但在施工时又会存在夯入的钢套管与基岩接触部位产生折角且套管口存在弯曲现象，并且随着扩孔次数的增多折角越来越大，直接影响管道的回拖，套管口的弯曲有时引起卡钻，造成工程的失败。

关键词：水平定向钻；夯入钢套管；扩孔；管道回拖；折角

1 概述

潜江-韶关输气管道工程涇江定向钻大型穿越工程，穿越地质复杂，为冲洪积卵石层，稍密-中密，局部密实，卵石以亚圆形-圆形为主，直径20~80mm，个别达到100~200mm以上，卵石间隙主要充填中粗砂及粘性土不均匀，孔壁难以成型，且受涇江河岸施工红线区域限制无法采用大面积开挖和放坡施工，现场需采用特殊隔离施工技术，才能解决钻孔、扩孔及回拖过程孔壁稳定，从而实现管道顺利回拖。

2 工艺原理

对第一根夯入套管的前端制作切削环，然后夯管锤在压缩空气驱动下产生的冲击力直接作用在钢套管后端，通过前端制作的切削管头切入不良地层，被切削的土芯可以在套管夯入成功后或者夯入一段后，采用机械等方法将土芯取出。夯管施工完成后，在套管中加入中心定位管就可以避免钢套管与基岩接触部位产生折角且套管口存在弯曲现象。

3 工艺流程及操作要点

3.1 工艺流程（如图1）

3.2 操作要点

在定向钻特殊地层的施工中，隔离不良地质的成功与否也是该穿越工程能否继续进行后续穿越施工的关键点。例如在我们施工的涇江定向钻管道实长737.21m，穿越管线 $\Phi 1016 \times 26.2\text{mm}$ ，管道材质X70M（L485），曲率半径由1500D变更为1400D，穿越入土角度由 $8^\circ 30'$ ，穿越出土角度为 8° 。入土侧的卵石层直径20~80mm，个别达到100~200mm以上，卵石间隙主要充填中粗砂及粘性土不均匀，卵石层厚度约25m，穿越卵石层直线距离90m。因此，我们采用了夯入长95m， $\Phi 1500 \times 32\text{mm}$ 材质X70的钢套管进行隔离卵石层。

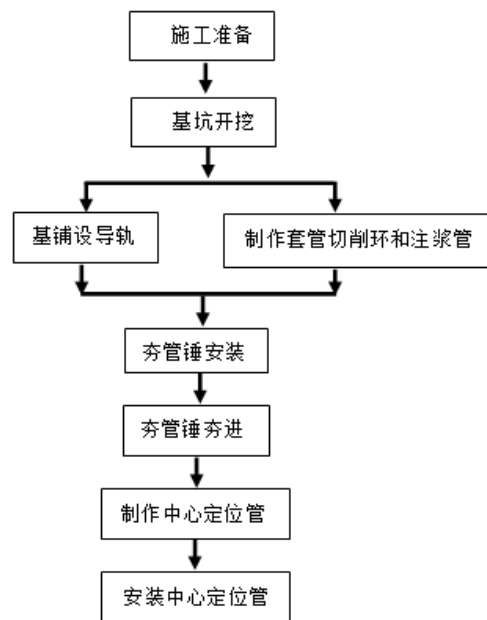


图1 工艺流程图

3.2.1 施工准备

在定向钻隔离不良地质施工中，首先要对夯入套管进行设计选材，套管选材时要根据穿越地层条件和管径确定夯入套管的深度能否达到要隔离的距离，然后根据夯管锤的工况（冲击力）确定套管的材质、壁厚，最后再通过现场施工工况和地质条件进行套管的强度校核。

(1) 夯入套管的直径选择

根据GB50424采用套管隔离不利地层时，钢套管内径宜大于最后一级扩孔直径300mm。

(2) 夯入套管长度选择

影响夯入套管最大夯入的长度因素有：夯管锤的工况（冲击力大小）、摩擦力（套管与土层）、套管的端部阻力（第一根）。其中套管与土层的摩擦力与覆盖土层的厚度无关，而是与土层的弹性模量不同有关，因此

在计算时可不考虑土层压力的影响。夯入套管长度计算公式如下^[1]。

$$\pi D L f_k N_f \leq \frac{F_0}{1.3} \quad (1)$$

$$N_f = \pi (D_1 - t) t R \quad (2)$$

式中： F_0 —夯管锤能够提供的最大夯进力(KN)。 D —套管外径(m)。 L —套管的夯进长度(m)。 f_k —套管外壁与地层的平均摩阻(KN/m²)，根据地质报告数据取值，如果在施工过程中采用了触变泥浆减阻，可按0.7的折减系数取值。

N_f —套管迎面阻力(KN)。 t —套管切削环的厚度(m)。 D_1 —套管切削环的外径(m)。 R —套管切削环端阻力，取地基土的极限承载力(KN)

(3) 夯入套管的壁厚选择

根据GB50424套管壁厚的选取按下式进行初选^[2]，但是在实际施工时还应根据地质强度来进一步确定套管壁厚。

$$t_{ca} = \frac{F_0}{\phi_1 \pi D_{ca} \sigma_s}$$

式中： t_{ca} —套管初选壁厚(m)。 F_0 —夯管锤能够提供的最大夯进力(N)。 ϕ_1 —套管稳定系数，宜取0.36，当套管经过地层均匀时，可取0.45。 D_{ca} —套管直径(m)。 σ_s —套管规定屈服强度(Pa)

3.2.2 基坑开挖

基坑开挖时根据出入土角度、单根套管长度和地质情况，以确定基坑开挖深度、坡度。如果定向钻出入土点两侧都有不良地质，可以采取双侧开挖基坑夯套管隔离技术，基坑开挖时先放出定向钻穿越中心线，并用白石灰标记，然后以穿越中心线为中心向两边放出开挖区域。

基坑开挖长度 = 单根套管长度 + 夯锤长度 + 卷扬机施工区域 + 操作空间区域

基坑开挖深度 = $\sin\alpha$ (入土角度) × 基坑长度 + 套管半径 + 铺设轨道厚度 + 垫层厚度(如石子、混凝土)。

在工程的实际施工过程中，当套管夯入的深度越深，套管受自身向下的重力越大(特别是大口径套管)，夯入套管端部会逐步下沉，致使角度也会随着增大，要想确保套管端部达到设计角度和深度，根据浙江定向钻的施工经验，每夯进一根套管(m)下沉的幅度约0.4°~0.5°。

基坑开挖宽度 = 套管直径 + 两侧人工操作空间(各1m) + 基坑放坡距离 + 基坑防护距离(地质不稳定时，采取麻袋装土防护或钢板桩等防腐措施)。

当基坑开挖深度 > 2m时，需要进行多级放坡，并将

开挖的土单独堆放后再用挖掘机把作业区域土层夯实，防止塌方。

基坑开挖完毕后对基坑坡度进行复测，角度达不到设计角度要求时，对基坑继续进行修整，直到达到标准。

3.2.3 铺设导轨

基坑复测完毕后，铺设导轨，可采用枕木上铺设导轨的施工方法，枕木间距1m，枕木与枕木之间可用碎石填实。然后枕木与导轨之间夯入钢管到土层中，与枕木上铺设的导轨焊接固定。也可采用钢板上铺设导轨的施工方法(我们在浙江定向钻采用此方法)，基坑开挖完毕后对坑底进行铺设碎石并夯实，然后在钢板铺设两侧交叉用夯入钢管桩到基坑土层中与钢板焊接固定在一起，然后铺设导轨，导轨之间用工字钢焊接固定，呈左右对称分布。铺设完毕后复测导轨高程和穿越中心轴线与夯进套管的中心轴线必须准确无误方可施工。

3.2.4 夯管

(1) 泥浆系统连接

现场配置制浆罐、储浆罐、水罐、螺杆泵、钢管及软管之间进行连接，形成一套泥浆系统，用于夯管过程中的减阻。

(2) 套管就位

先把带有切削环的套管吊入导轨上，切削环一端在入土侧，泥浆管在正上方。

(3) 套管锤组装

先把分瓣锥体安装在第一根套管尾部，出土器安装在分瓣锥体后面，夯锤安装在出土器后面，然后在夯锤重心处安装支架用以支撑夯锤(夯管锤必须与套管的中心线一致)，最后进行各连接管的连接。

(4) 试夯套管

在试夯前为再次减少套管夯进的阻力，我们把石蜡熔化后均匀的涂抹在套管上面，涂抹完成后再次对套管进行加热处理，这样套管就可以更好的吸附石蜡。

套管就位后再进行复测，如有偏差需再进行调整。启动各设备，各设备运行状况正常后，缓慢开送压风机送气阀先进行小气量试夯，避免因震动过大产生管位偏移等现象的发生。待套管进入土层2~3m后，停机复测套管的角度偏差和左右偏差，如有偏差可以使用挖掘机配合微调。然后正式开始夯管作业。

(5) 正式夯管作业

①套管的连接

在连接第二根套管时，必须对前根套管进行再复测作业。确认无偏差后在导轨上对两根套管进行组对焊接(焊接工艺按照主管线施工工艺进行)，由于受导轨影

响,焊接位置只能从12点~8点和12点~4点的位置,然后进行夯管施工,当焊缝夯至入洞前焊坑位置时停止夯进,进行套管剩余底部8点~6点和4点~6点的位置焊接工作,并在焊口处焊接加强筋,同时对第二根套管进行涂蜡和泥浆管焊接作业。

夯管锤每次重新启动工作时,应先开泥浆泵送浆,然后小气量试夯至套管有所松动后在提高气量加大夯管锤的力度,以避免套管应直接受力过大而导致薄弱处的变形。

②不同地质条件套管夯进作业施工技术:

卵石层

滇江定向钻施工时,有部分卵石胶结强度非常高(抗压强度值为10Mpa),宜采用以下施工方法:

用风镐破除套管内的胶结地层,降低套管自重,减少夯进阻力。

在夯进套管时,提前通过焊接好的泥浆管注入泥浆浸泡,以降低卵石胶结强度,减小夯进阻力^[1]。

夯管作业时先小气量夯进,通过对套管的震动降低套管外壁附近的胶结层,待套管进尺后再加大气量进行夯管作业。

通过以上措施,夯管施工进尺由1.2 m/h提高到2.0m/h,大大提高了滇江定向钻的施工进度。

流砂层、破碎地层

在流砂层、破碎地层施工时,套管夯进阻力不是很大,但是在夯进过程中套管的方向与角度的控制是最大的施工难点。因此需进到套管内测量,当偏差较大时宜采取降低气量来控制夯进速度和注浆等措施。

(6) 套管方位偏差控制

套管在夯进时将会受到地层影响时产生不同程度的位移,因此我们在套管夯进时要“勤测、勤纠”,当偏差过大时,会使校正困难,因而在套管夯进过程中发现偏差应当及时纠偏。纠偏的方法采用打楔子校正法,即在套管轴线偏差的相反方向打楔子(套管外壁),如过套管向左偏移超过允许范围,可将套管右侧的土掏空,产生一定的空隙,然后在套管左边外壁上打楔子,致使套管向右偏移的趋势^[2]。

3.2.5 钢套管与基岩接触部位产生折角(台阶)的处理技术措施

夯入套管隔离不良地层的成功与否,最直接的判断方法就是在扩孔完毕后管道回拖时钢套管与基岩接触部位无折角、套管夯进岩层后最上沿口无塌方堵塞套管口(即孔洞与套管交接处的上端基岩覆盖最薄的位置),见图2。



如在滇江定向钻施工中套管内径为 $\Phi 1436\text{mm}$ 比钻杆 $\Phi 140\text{mm}$ 大了几乎10倍,这样必然造成在导向扩孔过程中钻杆将会紧贴套管底部与管底平行,在扩孔时受扩孔器自身重力作用,将会下垂到套管底部,形成折角,因此我们在施工中采取了在套管内安装中心定位管。

(1) 中心定位管的制作

在定向钻钻进过程中,由于地质的软硬不匀,我们对其常用的“同心”中心定位进行了改进。例如在滇江定向钻施工中我们将中心定位管改进成“偏心”,让扩孔器稍微靠近套管中心向上通过,这样不但可以避免折角的产生又保证了管道回拖不碰触套管顶部,同时也将中心管由原来的螺旋钢管,改成无缝钢管增加了中心钢管的屈服强度,见图3。

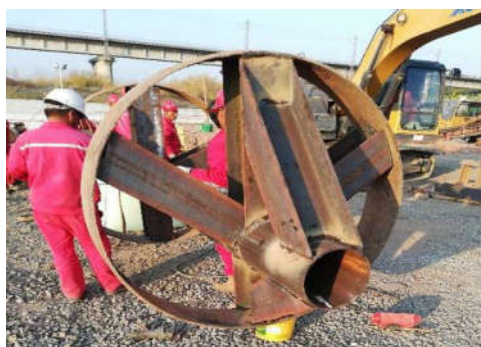


图3 “偏心”中心定位管的制作

(2) 中心定位管的安装

中心定位管制作完毕后利用挖掘机配合钻机将中心定位管逐一连接推入钢套管中,见图9。

4 结论

在特殊地层定向钻施工时,夯管隔离、中心定位管设置,均是为了确保水平定向钻一次的成功而实施的技术手段,都是为定向钻管道回拖做好铺垫工作。定向钻大口径穿越特殊地层隔离处理施工技术除了在滇江定向钻工程中进行了应用,还在我公司赧水河定向钻穿越、普光区域集输管道非开挖工程等工程中进行了应用,根据实施的导向孔、扩孔、清孔等工序的数据分析,套管和中心定位管隔离特殊地层技术措施非常成功,未发现任何异常情况,可以有效指导施工。

5 参考文献

- [1] 付景龙,王绍华,黄敏.定向钻穿越不良地层施工技术新突破口.石油工程建设,2007,31(1),33-35.
- [2] 油气输送管道穿越工程施工规范GB 50424-2015