

水平定向钻进技术在砂卵石层中的成功应用

李朝仪 唐学钊 叶文建

川庆钻探工程公司油建公司

李朝仪等.水平定向钻进技术在砂卵石层中的成功应用.天然气工业,2009,29(12):87-89.

摘要 水平定向钻进是应用最广泛的一种非开挖技术,但砂卵石地层却被世界同行公认为水平定向钻进施工的禁区,到目前为止,还没有见到在砂卵石地层成功应用水平定向钻进技术的报道。为此,通过对常用的隔离技术进行理论分析,研发了“人造岩体”隔离技术,寻找到了在砂卵石地层成功应用水平定向钻进技术的解决途径。工程实例应用结果表明,该技术成功地解决了水平定向钻进穿越砂卵石地层无法成孔的问题,为定向钻进施工工序的有序进行提供了保证。该技术的成功应用拓宽了水平定向钻进技术的应用领域。

关键词 非开挖 管道敷设 水平定向钻 砂卵石 人造岩石

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.12.027

非开挖技术是现代管线敷设的革命性技术,相对于传统的管线敷施工而言,具有不影响交通、不破坏环境、施工周期短、综合施工成本低、社会效益显著等优点,近十年在我国得到了快速发展,可广泛用于穿越公路、铁路、建筑物、河流以及在闹市区、古迹保护区、作物和植被保护区等条件下进行供水、煤气、电力、电讯、石油、天然气等管线的敷设、更新和修复,还可用在水平降排水工程、隧道工程(管棚)、基础工程、环境治理工程等领域,是地下管线敷设和修复的全新方法。

而水平定向钻进则是非开挖技术中应用最广泛的一种,它是指利用岩土钻掘、定向测控等技术手段,在地表不挖槽和地层结构破坏极小的情况下,对诸如供水、煤气、天然气、电信电缆等管线进行敷设的一种施工新技术。其发展速度相当快,技术也越来越成熟,应用领域越来越广,对地层的适应能力也越来越强^[1]。

1 水平定向钻进施工技术介绍

水平定向钻进中,大多数工作通过回转钻杆柱来完成,钻机的扭矩、轴向给进、回拉力以及泵压都是重要参数。水平定向钻进施工一般有如下3步:

1.1 钻导向孔

利用水平定向钻进设备在入口处开始钻进,钻进过程中通过导向仪的监测和控制,使钻孔按设计的轨

迹延伸,并从另一端钻出地表,完成导向孔的施工。

1.2 扩孔

如果待敷管线的管径较大,不能同时完成扩孔和回拖作业,就必须进行逐级扩孔,且根据设备情况、地层条件和现场情况来确定每次扩孔的直径,一般采用钻头分级回拉扩孔。为了保证管线顺利敷设,最终的扩孔直径应是待敷管线直径的1.25~1.5倍。另外,根据孔径、不同地层成孔情况好坏及孔内残余泥土量的多少来决定是否有必要进行清孔。

1.3 敷管

敷管是非开挖水平定向钻进技术敷设地下管线方法中的最后一道关键工序,也是实现非开挖敷管目标的最后一步。原则上要求扩孔(或清孔)与敷管一气呵成,中间不允许有长时间的非作业停顿,尽量减少因钻孔暴露时间过长而引起孔内垮塌的危险。

敷管一般过程:扩孔(清孔)完毕后,孔壁成型。首先在出口处将已经焊接好的管线依次装上连接头、万向接、扩孔钻头;接着在入口处启动钻机,把扩孔钻头连接到钻杆上;然后在确定各部件连接牢固后指挥钻机开始回拉钻杆;当拉到扩孔钻头快要进入孔口时,同时指挥钻机开泵打水旋转,通过钻杆输送泥浆冲洗液到扩孔钻头,一边旋转一边回拉;钻杆拉完一根,快速卸下土根,管线逐渐进入钻孔,如此进行,直到待敷管线拉到预定位置。至此,敷管作业完成。

作者简介:李朝仪,1965年生,学士;主要从事经济管理工作。地址:(610213)四川省成都市华阳镇华阳大道四段198号。电话:13981918991。E-mail:licy_sd@cnpc.com.cn

2 水平钻进技术在砂卵石层中的应用研究

川渝油气田范围内地层岩性较为复杂^[2],按断面层分为:上覆地层第四系冲洪积层(以砂岩块石、石英、云母粉砂、卵石、砾石砂岩、硅质岩和灰岩为主),冲洪积层(以粉质黏土、卵石、砾石砂岩、硅质岩和灰岩为主),残坡层(角砾黏土、砂岩、泥岩),河槽内冲积松散层,下伏侏罗中统沙溪庙组砂岩与泥岩等。具有岩层软硬度不一、差异较大的地质特征。

面对复杂的砂卵石地层,非开挖水平定向钻进技术曾一直无能为力^[3],原因之一就是因为在砂卵石地层结构松散,卵石颗粒大小差别很大且相当坚硬,水平定向钻进施工过程中无法形成一个完整的孔道,无法进行扩孔施工和管道回拖。因此,砂卵石地层被世界同行公认为水平定向钻进施工的禁区。到目前为止,还没有见到在砂卵石地层成功应用水平定向钻进技术的报道^[4]。

为此,通过对常用的隔离技术进行理论分析,笔者研发了“人造岩体”隔离技术,寻找到了在砂卵石地层成功应用水平定向钻进技术的解决途径。

2.1 隔离技术理论分析

针对川渝地区砂卵石地层结构松散、成孔困难这一特点,通常的做法是将该砂卵石地层进行剥离开挖,然后直接采用钢套管和黏土置换等隔离法来施工。但是,在实际施工中,该隔离施工法很难保证工程的顺利实施。

下面,就钢套管隔离技术和黏土置换隔离技术进行理论分析。

2.1.1 钢套管隔离技术

该技术通常用于公路穿越和短距离穿越施工,钢套管或水泥套管是作为保护套管使用。将套管隔离技术引进到定向钻进施工中,主要目的是在导向孔钻进过程中限制钻杆摆动,提高钻杆在钻进过程中的刚度。在扩孔过程中通常要将套管取出。但要使用钢套管来隔离砂卵石地层,最大的问题就是套管与基岩之间接触部位的处理。由于下伏基岩的抗压强度远远小于钢套管的抗压强度,它们之间存在较大的抗压强度变异性,在扩孔过程中容易在钢套管与下伏基岩接触部位形成一定的折角,随着扩孔次数的增加,折角会越来越大,严重时会影响管道的回拖(如图1所示)。

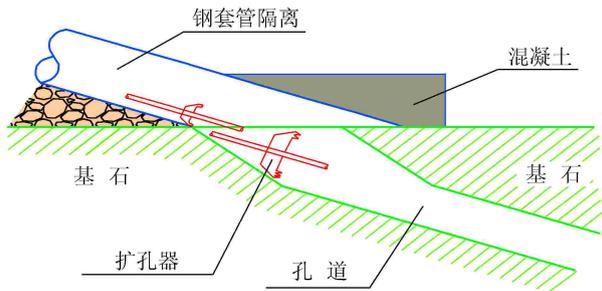


图1 钢套管隔离法中套管与基岩接触部位出现折角的示意图

钢套管隔离技术还存在以下缺陷:由于套管的焊缝为螺旋缝,在管道内壁出现一定高度的凸起,而岩石扩孔器在钢套管内旋转振动,很容易将套管磨破,特别是在钢套管与下伏基岩接触部位,当扩孔器开始切割下伏基岩时,扩孔器的进程非常缓慢,扩孔器坚硬的切割齿在套管口部位高速旋转切割,最终造成套管口被磨破甚至发生卷曲引起卡钻,甚至会造成工程的失败。

2.1.2 黏土置换隔离技术

黏土置换技术是将砂卵石层剥离开挖出来以后,用黏土进行分层碾压回填,在回拖过程中要不断排水,保证黏土回填密实。如果排水不畅,黏土回填过程中很容易形成橡皮土,当钻进导向孔或扩孔时,钻头或扩孔器经过该部位时,钻头和扩孔器在自身重量的作用下形成严重的折角(DL)(俗称“狗腿值”,英文名字 Dog Leg),如图2所示。另外,黏土在回填夯实过程中要严格控制含水量,含水量过高或过低都不能达到良好的夯实效果。夯实后黏土的单轴抗压强度要与下伏基岩的抗压强度相近,才能保证在钻进导向孔或扩孔过程中不会出现较大的DL值。该方法施工难度大,技术控制要求严格。事实上,不论如何夯实黏土层,都很难消除黏土与下伏基岩之间出现抗压强度的变化。

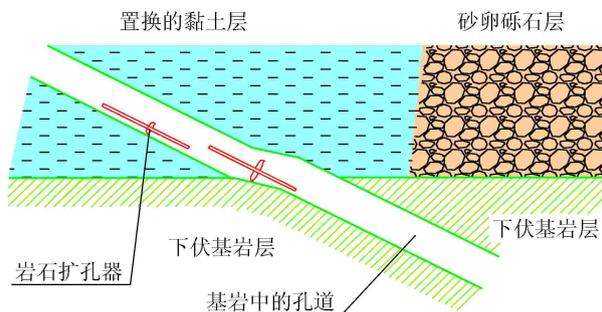


图2 黏土置换后在基岩与黏土接触部位出现折角的示意图

2.2 “人造岩体”隔离技术理论分析

“人造岩体”隔离技术是将砂卵石砾石地层剥离开挖后,按照下伏基岩的岩体性能制作“人造岩体”的方法来隔离砂卵石砾石地层。施工前需先对下伏基岩进行取样测量,主要测量下伏基岩的饱和抗压强度,然后再根据获得的下伏基岩强度制作与之强度相当的“人造岩体”。其施工工艺简单,技术难度较低且成本相对较低,操作容易。

由于该技术使用的“人造岩体”强度与下伏基岩强度相当,在钻进导向孔或扩孔过程中,不会在“人造岩体”墙体与下伏基岩面交界部位出现明显的DL值(如图3所示),保证所形成的孔道平滑顺直。

对制作“人造岩体”材料的配制比例进行适当调整,可以消除“人造岩体”与下伏基岩之间存在的强度变异系数,从而减小或消除因强度不同形成的DL值,而且“人造岩体”四周基坑可作为泥浆存储坑,从而减小了施工作业场地的占地面积。

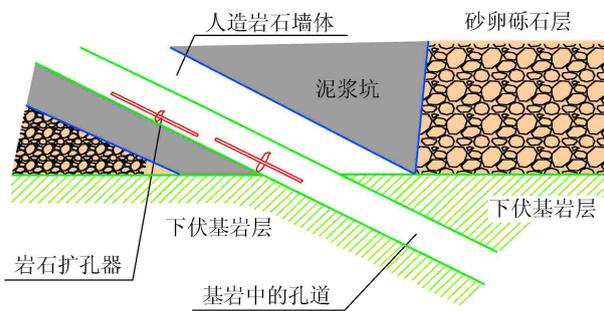


图3 人造岩体墙体与下伏基岩交界面示意图

3 工程实例

成都至德阳输气管道(简称成德线)鸭子河定向钻穿越工程是成德线输气管道改造项目的咽喉工程,设计穿越管道水平长度565.0 m,设计穿越曲线长度570.46 m,穿越管道直径为711 mm,管道壁厚为12.5 mm,输气管道设计工作压力为6.0 MPa。管道采用3层PE加强级防腐,补口采用定向钻专用热收缩套。该河流定向钻穿越设计入土角为 11° ,出土角为 9° ,曲率半径为1 250 D。

该河流管道设计穿越的岩层顺序为:表层耕植土、砂卵石层、松散砾石层、泥岩层和砂岩层,其中,表层耕植土的厚度为0.5~1 m,耕植土下面的砂卵石层厚度为3.5~8.0 m,再往下为松散砾石层,其厚度为5.6~8.3 m,砾石层下伏稳定性较好的泥岩和砂岩,且泥岩和砂岩为本穿越的主要穿越地层。

河流两岸的砂卵石砾石地层中,卵石粒径一般为3~5 cm,最大粒径达23 cm,卵石含量超过80%。砾石结构松散,钙质和硅质胶结,完整性较差,含有大量封闭性溶洞,溶洞中充填棕黄色黏土。入土端砂卵石砾石层厚度达13.7 m,出土端砂卵石砾石层厚度达17 m,为了顺利通过出入土端砂卵石砾石地层,保证定向钻在导向孔钻进、扩孔施工和管道回拖过程中的安全,通过大量的比较研究最终选择了“人造岩体”隔离技术解决了定向钻穿越砂卵石砾石地层这一难题。

4 结论

“人造岩体”隔离技术应用到水平定向钻穿越砂卵石砾石地层中,成功地解决了水平定向钻穿越砂卵石砾石地层无法成孔的问题,为定向钻进施工工序的有序进行提供了保证。该技术的成功应用拓宽了水平定向钻穿越施工技术的应用领域。

参考文献

- [1] 穆罕默德,纳加菲.非开挖工程技术方法及其优越性[C]//中国石油管道非开挖技术研习会论文集.北京:中国石油科技发展部,2008.
- [2] 李干生.中国油气矿产资源勘探前景展望[EB/OL]. [2004-06-17].<http://www.chinamining.com.cn/news/listnews.asp>.
- [3] 张林,魏国齐,杨威,等.四川盆地地层岩性油气藏勘探前景浅析[C]//第八届古地理学与沉积学学术会议论文摘要集.大庆:中国地质学会,2004.
- [4] 叶文建.水平定向钻穿越施工中的定向控制技术[J].非开挖技术,2007,24(2).
- [5] 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,2008,37(4):353-356.

(收稿日期 2009-11-10 编辑 何明)