

岩土工程

# 非开挖导向钻进铺管技术穿越 含砂卵石河流的施工实践

王银献, 刘国伟, 谭志翔

(中国冶金地质工程勘查总局一局非开挖管线工程公司, 燕郊 101601)

[摘要] 根据工程实例, 阐述了非开挖导向钻进铺管技术穿越含砂卵石地层的施工工艺技术及施工中出现的各种问题, 提出了解决这些问题的各种技术措施。

[关键词] 导向钻进 铺管 砂卵石

[中图分类号] P634.5 [文献标识码] A [文章编号] 0495 - 5331(2002)05 - 0086 - 03

## 0 概述

非开挖导向钻进铺管技术是利用导向钻机, 随钻测量导航仪以及相应的钻具, 沿欲铺管的设计路线钻进, 形成一导向孔, 再反拉扩孔, 将孔扩大到铺管要求的口径, 然后, 将所铺管线拉入孔内, 实现不开挖铺设地下管线。它具有不影响交通, 铺管精度高, 方向可控, 安全性好, 铺设距离长, 经济效益和社会效益显著等优点。导向钻进法作为非开挖地下管线铺设的手段在国内是发展最快的施工技术。导向钻进法一般只适用于粘土、粉沙、亚粘土等有造浆能力和易成孔的地质结构中, 虽然也应用于不易塌方的岩石地段, 但对于成孔困难的砾石、砂砾、卵石等地质结构来说, 一直是导向钻进施工工艺的禁区。在以往很多施工中, 一旦遇上该类地层, 一般是改变路线设计或采用以大管代替小管铺设等措施解决。但对于一些铺设距离长, 管径要求较小的管线, 采用以上措施, 将大大增加施工成本与工期。我公司于 2001 年 2 月铺设二根  $\phi 159$  mm 单根长 92 m 的有缝镀锌钢管穿越北京南长河的施工实例, 为导向钻进法在砂卵石地层中进行管线铺设提供了成功的经验。

## 1 工程概况

该工程是北京紫竹危改小区高压电力电缆铺设过南长河的一部分, 小区位于北京市紫竹公园西侧。

由于高压电力电缆不允许架空过河, 要求铺设二根  $\phi 159$  mm 的钢管作过河电缆套管。南长河水面净宽 20 m, 水深 1.2 m。由于小区正在施工, 河两侧堆积了大量的建筑垃圾, 地形条件极其复杂, 河底与钻机放置地表的高差达 10 m。按电力设计要求, 河的南北两侧各设一电力井, 井深均在 1.7 m 左右, 要求两根套管在南北出口端均进入井内, 因小区内地下管线复杂, 套管铺设位置必须按规划路线施工, 不得占用其他管道路线。同时, 根据小区基础施工的岩土工程勘察报告及小区热力套管过河顶管深 14 m 基坑开挖的地层结果, 场地地层主要是人工填土(以建筑垃圾为主)、粘质粉土、细砂及卵石层, 且在河南侧 39 m 深处是紫竹院旧码头遗址, 全为大青石堆砌而成。另外套管需经过北巡河路及小区广场, 不得影响交通及地面设施。为此, 套管过河实际跨度为 92 m(图 1)。

## 2 施工工艺及施工设备

### 2.1 施工工艺

根据现场施工环境、地质条件及铺设管道的要求, 工程采用导向钻进法。由于铺设管线长度长, 南北两侧场地条件有限, 南北两岸高差大, 且地下管线埋设情况复杂, 通过详细、认真的考察分析及设计, 决定将钻机安放在北侧深为 3.5 m 的作业坑内, 以弥补钻机后撤场地不足的问题, 同时尽可能地减少钻进的入射角。

[收稿日期] 2001 - 06 - 25; [修订日期] 2001 - 12 - 17; [责任编辑] 李石梦。

[第一作者简介] 王银献(1964 年 -), 男, 1987 年毕业于中南工业大学, 在读吉林大学地质工程硕士, 高级工程师, 主要从事非开挖地下管线铺设施工及技术研究工作。

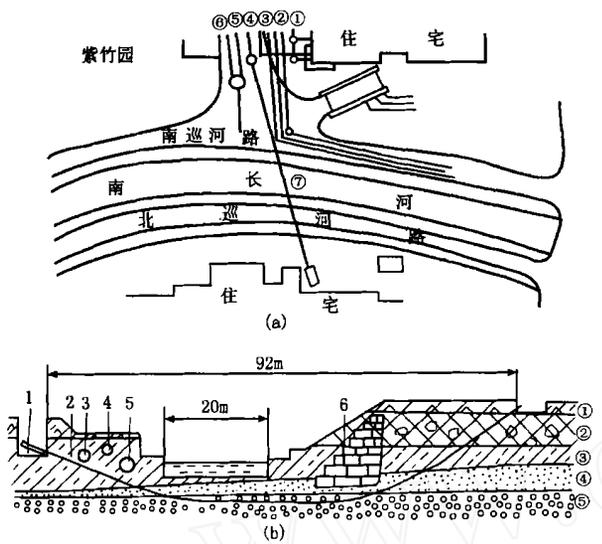


图1 套管铺设平面图与剖面图

- (a) —污水管; —雨水管; —电力电缆; —自来水管; —预设电缆; —热水管; —过河套管路;
- (b) —素填土; —房渣土; —粘质粉土; —细砂; —卵石(粒径28cm); 1—钻机; 2—钻孔轨迹; 3—自来水管; 4—雨水管; 5—污水管; 6—旧码头遗址

施工工艺采用高压水射流导向钻进法,先完成 $\phi 76$  mm导向孔施工,然后用反扩孔钻头将钻孔分级扩大至 $\phi 250$  mm,级别分别用 $\phi 150$  mm, $\phi 200$  mm, $\phi 250$  mm的钻头扩孔,然后用 $\phi 230$  mm的钻头将 $\phi 159$  mm的钢管拉入孔内。

### 2.2 施工设备

主要采用自行研制的YFZ-1型非开挖导向钻机,并配备英国雷迪RD-385L型导向探测仪及中国地质科学院勘探所的导向钻头和自制扩孔钻头。

YFZ-1型钻机的主要性能参数为:最大扭矩3500 Nm,回拉力/给进力为100/50 kN,钻杆(D×L)为 $\phi 50 \times 3000$  mm,桅杆倾角范围 $7 \sim 30^\circ$ ,泥浆系统压力为8.0 MPa。

## 3 施工中的主要技术问题及采取的措施

### 3.1 导向孔的设计与施工

导向孔的设计是非开挖导向钻进铺管的关键环节,特别是在如此复杂条件下的管线铺设,必须精心设计钻孔轨迹,选择合适的入射角,按设计深度,尽可能减少在卵石地层中的钻进长度。对于 $\phi 159$  mm的钢管,其固有的最小弯曲半径为150 m,受地面空间影响,入土点造斜过渡段仅为21 m,而要求管线铺设深度与钻机放置地面的高差为11 m,在这种条件下,用极限曲率半径值来计算入孔角度的大

小,其入孔角度为 $25^\circ$ ,显然大大超过了极限的入射角度,为此,我们将钻机放置在挖深3.5 m的作业坑内,这样入射角度为 $16^\circ$ 。同时,考虑到河南侧有一旧码头遗址,位置在离地表39 m处,为避开障碍物,出孔导向造斜段从通过障碍物开始造斜,由于出孔目标处与障碍物水平距离为45 m,故出孔角度定为 $15^\circ$ 。

在实际施工中,入土点造斜角度为 $16^\circ$ ,在顺利避开北巡河路下的地下管线之后,开始造斜导向。为避免导向孔出现急转弯,每根钻杆的角度变化基本控制在 $3 \sim 4^\circ$ ,同时尽量将造斜段的导向钻进在地层条件较好的地段中完成。在采取一定的钻进技术手段顺利通过长约为18 m的卵石地层之后,到达旧码头障碍物,开始实施出孔造斜,出孔造斜的最终角度为 $15^\circ$ 。在卵石地层的保直钻进方向控制性差,角度在钻头回转过程中,不断上漂,后通过顶进的方式慢速通过。采用这一方法,角度变化保持在 $0 \sim 3^\circ$ 之间。

### 3.2 导向钻头及扩孔钻头的结构与选择

#### 1) 导向钻头的结构与选择

为了在不同地层中达到较好的导向效果,我们在施工中采用两种不同造斜楔面的导向钻头。导向孔在土层中钻进时,采用斜面面积较大的平头导向钻头,使其在软弱地层中较快地实现造斜,使导向造斜段在该地层中完成,避免在卵石地层中导向。进入卵石地层之后,改用镶有硬质合金的尖形小面积的钻头(图2),顶进阻力小,满足了该类地层以顶进为主的钻进要求,避免在该类地层中因回转钻进而出现角度上漂,给有效避开旧码头遗址创造条件。

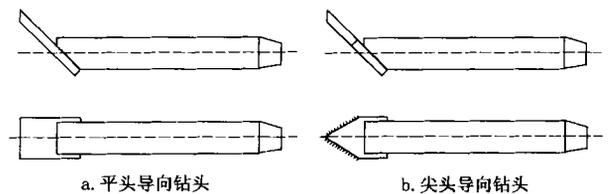


图2 导向钻头结构示意图

#### 2) 扩孔钻头的结构与选择

由于钻机能力有限,且考虑到地层的复杂性,扩孔采用 $\phi 150$  mm, $\phi 200$  mm, $\phi 250$  mm三种直径扩孔钻头进行分级扩孔,在扩孔的同时回拖钻杆。扩孔钻头主要采用镶有硬质合金齿的圆锥形钻头。由于在卵石地层中,部分卵石既难以破碎,又不能排出,所以钻头结构设计上,应有效地疏松地层,

兼有排、挤等功能。最好具有聚拢压碎和劈裂大直径卵石的功能。在实际施工中,根据钻头钻进效率,对钻头结构进行了改进,使扩孔钻头既具有破碎,又具有挤压的作用。

### 3.3 导向钻进与扩孔钻进施工技术

#### 1) 导向钻进施工技术

该导向孔的施工难度主要是在卵石地层的保直钻进。在顺利完成造斜钻进,水平进入卵石地层之后,虽然改用了尖形导向钻头,但方向控制仍然很困难,特别是一开始回转钻进时,发现角度不断上漂,后将钻头退出分析原因,认为在回转钻进时,由于卵石的活动,卵石不断垫入钻具之下,使钻具角度在回转过程中越来越大,后采用少转多顶的钻进工艺,保持钻头楔面向下造斜的位置上顶进,当顶进困难时,实施回转。采用此方法,成功地完成了该段的钻进,在长约 18 m 的卵石地层中,角度变化最大仅为 +5°,较好地控制了方向,为下一段顺利避开旧码头遗址创造了条件。

为保护孔形,在卵石段钻进过程中,同时采用优质泥浆护壁。

#### 2) 扩孔钻进施工技术

鉴于地层的特殊性,扩孔采用  $\phi 150$  mm、 $\phi 200$  mm 和  $\phi 250$  mm 三级扩孔工艺,为防止扩孔后塌孔,除采用优质泥浆进行护壁之外,合理设计扩孔钻具组合,对维持钻孔稳定也起较大的作用。施工中,在扩孔  $\phi 200$  mm、 $\phi 250$  mm 孔径时,为防止塌孔与维持孔形,在钻具组合上采用了双扩孔钻头的扩孔工艺,特别是在  $\phi 250$  mm 钻头扩孔时,在最后一扩孔钻头之后连接一根长约为 1 m 的  $\phi 219$  mm 钢管(图 3)。

这种组合可有效防止前一钻头扩孔后塌孔和掉块,同时可将泥浆两次挤入孔周围的地层中,有利于孔壁的稳定。

### 4 铺管施工技术

扩孔钻进完成后,立即进行了铺管施工,以减少

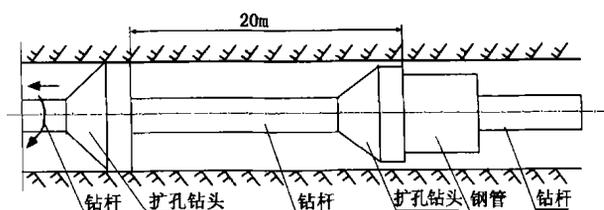


图 3 扩孔组合钻具示意图

裸孔时间。为防止在铺管过程中,出现掉块卡管现象发生,本工程拉管扩孔钻头采用直径为  $\phi 230$  mm 的扩孔与分动一体的扩孔钻头,使扩孔钻头与套管之间不存在间隙,避免因掉块等对套管端部形成阻力,实现管端零阻力,大大提高了铺管的安全可靠性。

### 5 结论

通过采用上述钻进工艺技术与措施手段,成功地铺设两条单根长为 92 m 的  $\phi 159$  mm 有缝镀锌钢管,两根套管之间的距离为 500 mm。通过在该类地层中的施工,我们认为:

- 1) 在卵石地层中进行非开挖导向钻进,应对导向钻头和扩孔钻头结构进行合理优化设计,以提高钻进效率和方向控制,在钻头设计上,除了有破碎作用之外,钻头应同时具有挤、排作用。
- 2) 为防止砂卵石层的坍塌与掉块,采用合理的钻具组合,对泥浆的有效渗入地层,并挤压稳定孔形起到较好的作用。
- 3) 在该类地层中钻进,选用优质泥浆护壁,并定时向孔内灌浆,是防止泥浆渗漏,补充泥浆的必要手段。
- 4) 扩孔钻进完成后,应立即进行铺管施工,以减少裸孔时间。
- 5) 扩孔铺管时采用扩孔分动一体的扩孔钻头,有利于减少阻力,消除管端阻力,实现管端零阻力,提高铺管速度。

## CONSTRUCTION PRACTICE OF TRENCHLESS GUIDED BORING ON THE ENGINEERING ACROSS THE RIVER WITH GRAVELS AND PEBBLES

WANG Yin - xian, LIU Guo - wei, TAN Zhi - xiang

(Pipe and Line Engineering Technology Co. L TD. First Bureau of AAetallurgy Ministry, Yanjiao 101601)

**Abstract** :Based on project case, construction techniques and problems presented in practice of trenchless guided boring passing through gravel and pebble strata are discussed. Technical measures solving those problems are proposed.

**Key words** :guided boring, pipelines installation, gravels and pebbles