

# 非开挖技术中定向钻进效果与弯曲问题分析

胡郁乐<sup>1</sup>, 乌效鸣<sup>2</sup>

(1. 华中科技大学土木工程与力学学院, 武汉 430074; 2. 中国地质大学工程学院, 武汉 430074)

**[摘要]**非开挖中的导(定)向技术已成为非开挖技术中不可缺少的重要组成部分。由于一般导向设备具有体积庞大的特点,对于窄小拥挤的巷道明显不适应,因此传统定向钻进中的简单孔口定向方法显得尤为重要,而且这种方法不论从设备还是技术人力资源上我国都有较好的基础。但在非开挖中如何运用简单孔口定向方法要求设计及施钻人员必须对钻孔的弯曲特点有较深入的了解,并要求有一定的施工经验。作者对定向钻进中的一般规律进行了总结;在实践中运用这些规律取得了较好的效果。

**[关键词]**孔口定向 钻孔弯曲规律 扩孔

**[中图分类号]**P634.7 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2003)02-0085-03

## 1 问题的提出

钻探方法中的导(定)向技术作为非开挖技术核心内容已得到越来越广泛的应用。目前,非开挖技术中对导向和定向的界定尚未趋于明朗化,概念上,都是指使钻孔按一定设计轨迹钻到预定目标的钻进方法。但一般认为,导向钻进更强调人为因素“导”的作用,重视边钻、边测、边导的三“边”过程。而定向钻则强调人们利用地层和钻具容易形成弯曲的自然特性来设计轨迹,以期达到预定目标,因此如何选择最佳的开孔位置和角度显得尤为重要。与传统定向钻进技术相比,非开挖中的定向方法要简单得多。本文是基于这个基本点来说明问题的。

国内外导向钻机在实施导向钻进时对入口点和入口角度的选择没有定向钻那么严格,在入口基本上是一个弯曲段,根据设计轨迹要求,弯曲半径 $R$ 可能不变,也可能是变化的(如分别由不同曲率半径的圆弧组成),因此钻孔剖面可能有复杂的形状,包括人工弯曲的孔段、自然弯曲孔段和直线孔段,整个剖面由直线孔段和弯曲半径不变或弯曲半径变化的曲线组成,这对以后的扩孔和铺管会带来一定影响,对设备能力也提出了挑战。导向设备一般设计得笨大粗重,对施工场地的面积有一定的要求,这对于在拥挤的城市巷道里施工无疑是一种打击。因此运用传统的小型钻机,采取定向钻进技术进行非开挖铺管成了较明智的选择。小型定向钻进方法运用

到非开挖技术中,需掌握钻孔弯曲的基本规律,运用这些规律进行钻孔轨迹设计,在钻孔入口处准确定向,钻进过程中选用合理的钻具和钻进规程,就能达到预期目的。这种方法实施的钻孔平直度较高,轨迹起伏不大,扩孔、铺管也较为可靠。

## 2 弯曲规律分析

钻进过程中产生钻孔弯曲是必然的,一般来说,这种弯曲是逐渐发生的,轨迹是相当平滑的,但无论如何,对铺管来说弯曲是不利的。问题是如何利用这些自然的和人工的弯曲规律来克服弯曲,达到尽量平直的效果,即达到以“弯”纠“弯”的目的。为此应该掌握弯曲的基本规律。

### 2.1 弯曲的一般规律

钻孔弯曲性质和弯曲强度同地质条件、钻进方法、钻具类型、钻进规程及某些技术因素有关。可以说,无论用何种钻进方法都会发生弯曲,并表现出一些由某个因素起决定作用的规律。在用硬质合金进行回转定向钻进时,钻孔主要向右(按顺时针方向)偏斜,用牙轮钻头钻进或冲击回转方法钻进时,钻孔方位上基本上向左(按逆时针方向)偏斜,上下弯曲强度较小。在土层非均质情况下,实际钻孔轨迹总是偏向钻头遇阻最小的方向,各向异性程度越高,表现得越明显。这里主要从钻具类型、钻进规程方面、时间因素、扩孔工序对钻孔弯曲影响等方面来进行分析。

[收稿日期]2002-01-15;[修订日期]2002-04-20;[责任编辑]李石梦。

[第一作者简介]胡郁乐(1970年-),男,1993年毕业于中南工业大学探矿工程专业,博士后,主要从事基础工程施工和教学工作。

## 2.2 切削工具对钻孔弯曲强度的影响

切削工具种类对钻孔弯曲强度有明显影响,切削工具的结构和几何尺寸的不合理设计也容易导致钻孔的偏斜。用硬质合金切削具钻头钻进时方位上向右弯曲,带外肋骨合金钻头这种现象更加明显,因此用合金钻头钻进一般地层进行孔口定向时,钻机轴线应稍向左偏。在钻进砂砾石地层时,由于砂砾的重力沉淀和离心作用,上下俯仰方向上呈上漂趋势,而方位上呈明显右偏趋势。在湖南长沙的非开挖实践中,采用 $\phi 150$  合金钻头配 1.5 m 岩芯管在砂砾层中进行先导孔钻进,在 2 m 的进尺里钻具上漂、右偏都达 15 cm 以上。这种上漂现象在泵量越大的情况下越明显。在这种情况下孔口定向应稍向左下偏。同时,为了减小自然弯曲强度,可用刚度大,长度大和直径大的钻具。

## 2.3 规程参数对钻孔弯曲影响

回转钻进时,规程参数对钻孔弯曲有影响。其中主要有:轴载、钻具转速、冲洗强度。一般来说偏斜力随轴载的增加而增加,钻具偏斜程度和钻孔弯曲程度(特别是在机械钻速不高时)也可相应增加。众所周知,为了提高钻进速度,人们把轴载提高到一定的数值,如果轴载超过一定程度,不仅钻杆可能发生弯曲,而且钻孔也呈弯曲趋势。轴载越大,钻孔弯曲越严重。因此,在导向孔的施工过程中,靠单纯增大钻压是不可取的。

转速决定回转的性质和弯曲形态,如果钻杆柱仅仅围绕自身轴线回转,则钻具在较为确定和固定的方向上钻进,钻孔弯曲方向是稳定的。另外,提高钻具转速,可使钻进孔段产生弯曲的各个因素的作用时间减少,弯曲机会也会下降。因此,必须提醒:在导向孔施工中,低转速很容易造成钻孔弯曲。

目前“非开挖”面对对象主要是软土,因此,钻进时冲洗规程对钻孔弯曲的影响不可忽略。当液体流速很大时,孔底部分的孔壁可能被冲毁,从而导致大的间隙并使钻具严重偏斜。当液体流速小时,孔

底被堵塞,使钻具端部呈“实心平头”形状,也易造成偏斜。理论上,使用所谓的“无钻头”钻进方法应该最好,因为在这种状态下多数的偏斜力不直接作用在钻具上,减小了人工因素造成的弯曲。实践中正是通过在导向钻头前端设置喷嘴进行高压射流来实现的。这样通过减少规程参数对钻孔弯曲影响的时间和程度来达到减小钻孔弯曲的目的。总之,钻进规程的合理配置可以提高钻进速度,改变规程参数的数值,可以调节钻孔弯曲的程度。

## 2.4 时间因素对钻孔弯曲的影响

实践表明:在软土地层中用粗径钻具水平钻进时,钻孔实际轨迹经常较大地偏离设计轨迹。分析认为,粗径钻具越粗,进尺越慢,甚至“原地踏步走”,这样成孔时间越长,水的冲刷作用越厉害,特别是钻孔的下帮,再加之粗径钻具部分较钻杆重,所以钻孔轨迹偏离设计的水平轨迹,沿右下方方向偏斜,无法保证施工精度和质量;在实践中采用轻质小口径全面钻头完成导向孔取得了很好的效果,这种钻头导正性好,土的破坏断面小,作用时间短,不易偏离设计轨迹,施工精度高。

## 2.5 扩孔对钻孔弯曲的影响

非开挖成孔一般按两步进行:先导孔施工后扩孔施工。先导孔质量好坏决定施工的精度和施工成败;扩孔质量决定了铺管的成败。因此如何快速、有效地扩孔成为非开挖工程师关注的问题。如果成孔有大的弯曲,铺管难度大大增加,也易造成路面以下大的空洞,甚至垮塌。

扩孔过程对先导孔具有修正作用。如果先导孔只具有小的弯曲,并且扩孔工具选用适当,经过扩孔工序后能达到较理想的“直”孔。否则会造成“曲上加曲”的局面。例如在软硬不均的地层,扩孔钻头易偏向软地层,即偏向阻力最小方向,多次的扩孔使这种现象趋于严重化,甚至形成大的阶梯。因此遇到此类情况应合理选择扩孔钻头类型(图 1)。

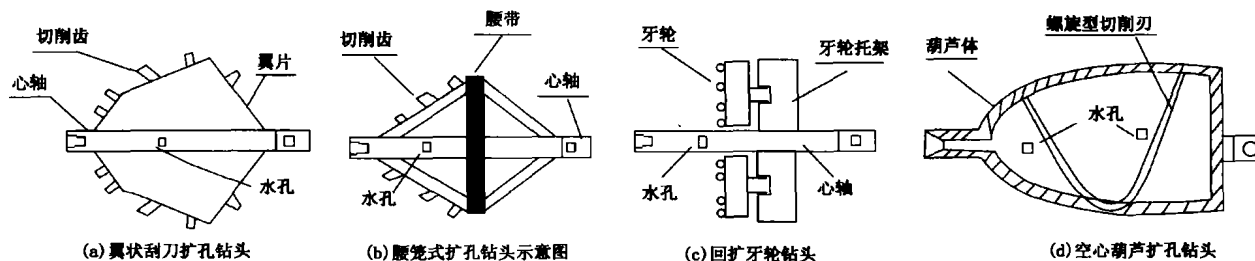


图 1 4 种扩孔钻头

图1四种类型的钻头中,葫芦型钻头保直性最好,腰笼式钻头次之,而其他两种较差。但牙轮扩孔钻头扩硬岩效果好,翼状刮刀扩孔钻头加工简单,过障碍能力强。从规程参数上应采取快速通过,以减小造成弯曲的时间来达到钻孔的平直。在回拉扩孔过程中,我们采用大轴载、高转速或者说高的回扩钻速使钻孔达到了较好保直性。另外,随着孔径在横截面上的扩大,无疑会导致钻具和孔壁间出现间隙而形成非圆柱形的孔身,在此基础上,多自由度的钻头受到轴载、离心力、重力和扭矩等共同作用下会使弯曲加剧,应适当增加粗径钻具长度或采取组合钻具,并力求减小扩孔钻头重量。扩孔完成后如发现弯曲较明显,应慎重对待,在可能的情况下用一定长度的环刀进行再修孔。

### 3 标志钻孔弯曲的迹象和确定方法

实践中也发现,不论导孔轨迹设计如何合理,造斜工具如何先进,但如果施工经验不足,控制不当还是很难完全按照设计的轨迹钻进,因此需要随时测量和监控,及时调整,当偏离太大时,常常需要逐步纠正,想一次性纠正过来往往造成过纠,致使钻孔成“蛇”型曲线。现场监测弯曲的两种方式是:

1)通过目测弯曲过大时表现出来的一些迹象来发现钻孔弯曲。这些迹象包括功率快速增加;动力头夹持器使钻柱偏磨或左右晃动加大;卸下机上钻杆时,孔内钻杆偏离设备轴线;钻杆易折断等。

2)随时放入测试探头的方法。达到一定延米后退出钻具,通过专用接头安装探测器,边送入边测试来监视弯曲的趋势和方向。

### 4 工程实践效果

2001年7月受河南高管局委托,实施对郑州—开封段全长81 km的高速公路进行非开挖铺设车辆监控及紧急电话亭等通讯管线施工任务。技术要求为:铺设 $\phi 89$ 的镀锌管;横穿高速公路,穿越长度约

为26 m(包括隔离绿化带);要求管线铺设精度较高。开始采用孔口定向、粗径钻具钻进法,在试验施工中发现:钻孔实际轨迹经常较大地偏离设计轨迹,分析表明:粗径钻具越粗,进尺越慢,水的用量也越大,孔壁冲刷也越厉害,特别是钻孔的下帮,再加之粗径钻具部分较钻杆重,所以钻孔轨迹偏离设计的水平轨迹,沿右下方向偏斜,无法保证施工精度和质量。通过对比分析采用了孔口定向、自制新型钻具钻进法。该法成功之处在于运用了自制的轻型小口径全面钻头,充分考虑了上述弯曲因素的影响。最后效果表明时效高、钻具不下沉,施工精度高,保质保量地完成了施工任务,得到了建设方和监理方的好评。

### 5 结论

总之,在非开挖施工中,要运用好定向钻进技术,必须把握以下几点:

- 1)掌握钻孔弯曲的一般规律,把握好孔口定向关。
- 2)注意积累施工经验,选择和运用好钻具和钻进规程参数。
- 3)在扩孔工序中注意把握好扩孔对钻孔弯曲的影响。
- 4)适时对钻孔弯曲进行监控,采取一定的措施来防止偏斜或纠偏。

#### [参考文献]

- [1] Paul Hayward. 定向钻进原理回顾[J]. 岩土钻凿工程, 2001(2~3)
- [2] 胡郁乐, 高金川, 乌效鸣, 等. 武汉青年路非开挖铺管成败分析[J]. 探矿工程, 2001年增刊
- [3] 窦斌, 蒋国盛. 非开挖导向钻孔轨迹的跟踪与控制[J]. 岩土钻凿工程, 2001(2~3)
- [4] Nod Clarke - Hackston. 长距离和曲线顶管的[J]. 导向岩土钻凿工程, 2001(2~3)
- [5] 颜纯文. 非开挖地下管线施工技术及其应用[M]. 北京:地震出版社, 1999

## DIRECTIONAL DRILLING EFFECT AND BEND PROBLEM ANALYSIS IN TRENCHLESS TECHNOLOGY

HU Yu-le<sup>1</sup>, WU Xiao-ming<sup>2</sup>

(1. School of Civil & Mechanics, Huazhong University of science & technology, Wuhan 430074;

2. China University of Geosciences, Wuhan 430074)

**Abstract:** Horizontal directional drilling technology has become a important part of non-excavation techniques, and has a big market in China. But in practice, inflected problem of hole often led to failure of project. In this paper, by theory analysis on drill bit, drill parameter, ream hole and time factor etc., some important conclusions about drill hole bend law have been drawn, and good effects by using these knowledge have been achieved.

**Key words:** directional drilling, bend law, reaming hole