

# 用分段定向钻进方法铺设弧形轨迹集束管

乌效鸣,李粮纲,陈 劲

(中国地质大学工程学院,武汉 430074)

[摘 要]横穿开洛高速公路 65.4 m,贯通 9 个收费亭人井,11 段路基,按路面形状成中间高,两端低的弧形钻孔;多级扩孔至孔径 500 mm,在其中铺设 114 mm 钢管 4 根,60 mm 钢管 3 根。两组这样的管束平行间距始终保持 450 mm,按轨迹设计要求,准确无误地到达出口。

[关键词]定向钻进 轨迹 调整 集束管

[中图分类号]P634.7 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2000)02-0053-02

## 1 背景与条件

1998 年 12 月至 1999 年 3 月,中国地质大学(武汉)工程学院受河南省交通厅高速公路建设管理局委托,承接世界银行贷款项目开洛高速公路非开挖铺设电力电讯管道。其中郑州东入口收费站区的集束管铺设就是一项技术难度很大的艰巨任务。而只有采用非开挖铺管才能保证交通咽喉的畅通。

入口站区路宽 65.4 m,横贯 9 个收费亭,11 段路基,亭下原有钢筋砼人井(长×宽×高=1.8 m×1.4 m×1.5 m),钢筋砼壁厚 250 mm~300 mm,钻孔经过的地层为标准高速公路填土,击实系数 95,属坚硬土层。

与路面形状一致,人井的高度位置也是路中间高、两端低,最大高差为 0.44 m,相邻人井高差 6 cm~9 cm 不等。设计要求管子铺设严格距每个井底 5 cm,距路面 110 cm。这样,整体上就构成中间高两端低的弧形轨迹。

主要工程设备为:MK-5 型坑道钻机,BW-150

型泥浆泵,55 kW 发电机组,水平仪,薄壁钻机,定向仪,多套级配钻具等。

## 2 钻孔定向

11 段水平孔的分段定向,既要保证每段钻孔分别在每个人井中按预定靶位钻透,又要使 11 段孔合起来形成中间高两端低的弧形趋势。这就对定向钻进工艺提出很高的技术要求。考虑到每段钻孔长度为 4.6 m~8 m,用 76 合金钻头配以 73 岩心管(长度 1 m~2 m),严格采取以下几个关键措施,确保各段按其开孔方向保直钻进,以此通过分段定向形成局部阶梯,总体弧形的钻孔。

### 2.1 理论仰(俯)角

经过标高测量,为达到最终成孔轨迹与路面弧形一致的目的,必须对各段制订出相应的定向方案,即各段都应有一个合理的钻孔仰(俯)角。根据各路段高差和各路段间距,利用三角函数求得钻具在各段的开孔仰(俯)角,将各参数整理列于表 1。

表 1 钻具在各路段的开孔仰(俯)角

路段编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
钻孔长度(m)	8.0	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	8.0
路段高差(cm)	8.5	7.5	7.0	6.0	6.0	-6.0	-7.0	-7.5	-8.0	-9.0
钻具仰角(°)	1.2	1.1	0.8	0.6	0.3	-0.2	-0.5	-0.8	-1.1	-1.2

### 2.2 钻进规程参数的控制

在这次水平定向钻进中应注意确定 4 个钻进规程参数即钻进压力、回转转速、水泵泵量和进尺速度。每个参数及各参数间的合理配合对定向钻进的质量和效率影响甚大。

过高的钻压不仅使设备消耗能量加大,更会使钻杆发生严重弯曲而导致钻孔偏斜。

过高的回转速度一方面造成了破碎发育不充分,即土质不好排除,另一方面由于离心力使钻具与孔壁之间的摩擦力增大,无功消耗和钻孔超径严重。

水泵的泵量过大,既会造成孔壁冲蚀严重,定向难以控制,又因流量大阻力损失大,使“水压活塞”副效应明显,钻进效率反而上不去。

钻进速度不能盲目追求,实际操作中可以明显

[收稿日期]1999-12-08;[修定日期]2000-01-12;[责任编辑]王 梅。

发现,只要在 1 min ~ 2 min 时间内进尺速度过快,接着就不能继续进尺。这是因为钻进速度快,被破碎的土屑来不及被冲排出外环间隙而进入岩心管,粘硬的土在岩心管中一经挤满压实,无力再碎土,冲洗液经过的水路也被堵塞。一旦发生这种情况,只能提出钻具清空岩心管后再下入钻具钻进,从而严重影响钻进效率。

综合以上分析并通过试验,用 76 mm 的钻头在高速公路填土中水平钻进,取钻压 600 kg ~ 700 kg、回转转速 70 r/min ~ 80 r/min、泵量 30 l/min ~ 60 l/min、钻进速度 5 cm/min ~ 10 cm/min 为宜。

### 2.3 钻具级配设计

这里的钻具级配涉及到粗径钻具的长度和钻头合金刃的外出刃量。粗径钻具的长度大对保直钻进有利,但过长会造成回转吸附扭矩大,冲洗液循环阻力大。通过试验,我们将合理的长度范围定在 1 m ~ 1.5 m 之间。

钻头的外出刃量是一个至关重要的参数,过大或过小都会影响定向钻进效果。外出刃过小,钻孔的环隙面积小,冲洗液循环阻力大,由此造成钻进时的“水压活塞”副效应,即孔底液流排不出,迫使钻头向后退,使钻头的碎土效果大大降低;而外出刃过大,不仅使碎土面积增大,无效消耗增大,而且由于形成了过大的环状间隙容易导致钻进发生偏斜。

根据流体力学推导,外出刃量有一个最优值区,取此区值时,环状间隙的液流阻力并不明显增加,即“水压活塞”副效应很小,同时碎土功耗也能控制得较小。该判别式的推导结果为:

$$P = \pm \frac{3lvd^2}{s^3(s+d)}$$

式中:  $P$  — 孔底压力, Pa;  $\mu$  — 钻进液粘度, Pa·s;  $l$  — 粗径钻具长度, m;  $v$  — 环隙钻井液流速, m/s;  $d$  — 粗径钻具直径, m;  $s$  — 外出刃量, m。

将上式进行搜索计算,可得外出刃为 1.5 mm 时为佳。采取以上的钻具级配,解决了定向保直和快速钻进间的矛盾。

### 2.4 钻孔定向的控制

为了使钻孔达到各段预定靶位,在站区(9个收费亭)11个路段的施工中,根据前表计算,确定具体每段相应的倾斜角度。在整个11段的钻进中,逐段用 76 mm 的合金钻头定向钻进。为了能在每下一段入口按其设计仰角定向,首先要在前段出口端向回反扩一定距离,使钻具能在上下左右有一定的摆

动自由度,以便于在人井中抬高或压低钻具调整下一段孔的入口方向。这种预反扩的孔径一般控制在 225 mm,长度控制在 400 mm ~ 500 mm。实践证明,这种前段尾段反扩的措施,为每段按预定方向钻进提供了有力的保证,是控制整个成孔与路面总体弧形轨迹一致的关键。

### 3 扩孔与铺管

扩孔分三级进行。先用 225 mm 钻头,转速控制在 50 r/min ~ 70 r/min;再用 370 mm 钻头,转速控制在 30 r/min ~ 50 r/min;最后一级用 480 mm,转速小于 30 r/min。因在土层中扩孔,研磨性不大,钻头刃材料用普通弹簧钢或硬质合金。为了有效地切削土体,采用四斜翼形式钻头。每个翼板的斜背处向外焊 2 ~ 3 个钢锥尖或硬质合金,用以更快地碎土。试验证明:焊上钢锥尖后回转扭矩仅为不焊钢锥尖的 1/2 ~ 1/3,扩孔速度提高 2 倍。

为了降低土的硬度,在钻头体上径向开 4 个轴对称水眼,向孔壁喷射高压水以利于碎土。同时也有利于排出土屑。从最终排出的土量看,有 70% 的土屑被排出,还有 30% 被刮挤向孔壁。

由于采用较大直径的钻头,又是水平方向扩扫孔,因此,钻头的重量必须尽可能小,这样才能保证不扩成中间下凹的弯曲孔。我们将钻头尽量做成中空,并在保证强度的基础上减少翼板的厚度,用以减轻钻头重量。实践证明,钻头越轻,钻孔的弯曲程度越小。

在扩出的 425 mm 孔中铺设 4 根 114 mm 和 3 根 60 mm 钢管。铺设时要求在每个人井中分段(用于分段抽线),因此将管束截成各分段长度 4.6 m 左右,逐根用钻机推入至铺设段,再码齐该段的全部 7 根管束。这样一段一段送入码齐,从距钻机最远段至最近段完成全部铺管。

由于钻孔局部变形,出现了部分段位最后一根管难以插进的情况,遇到这种情况,退出该单根管,用 200 mm 钻头快速扫畅,送管到位。

最后分路段向钻孔内灌水泥浆,填充管间空隙,固结土体。

该工程历时 25 天,在国内首次为高速公路大型收费站区非开挖铺设了高质量的电力电讯集束管道。工程期间,路面交通未受影响,保证了交通要塞的畅通。

(下转第 57 页)

#### 4 结论与建议

(1) 由于 ZK1514 定向孔系为过去遗留的半截孔,在开孔设计即存在着不合理因素,加之受地层条件的限制,下部孔段定向钻进设计与施工难度很大,属不得已而为之,通过该孔实践证明,小口径定向钻孔造斜弯曲强度是可以提高的,但其极限造斜弯曲强度不宜超过  $1.79\text{ m} \sim 1.89\text{ m}$ ,且必须采取间断人工弯曲工艺,降低造斜孔段平均弯曲强度。

(2) 采用小直径钻杆,提高柔性,通过加接钻杆扶正器,在冲洗液中添加润滑剂及采用液动冲击回

转钻进技术,改善钻杆在孔内的工作状况,降低孔内负荷,提高钻杆在急剧弯曲孔段抗弯曲折断能力。

(3) 小曲率半径钻孔弯曲及水平延伸钻进是当今受控定向钻探技术发展的重要方向,建议进一步研制开发高柔性钻杆及配套器具,提高定向钻探生产技术水平。

#### [参考文献]

- [1] 江天寿,周铁芳,等.受控定向钻探技术[M].北京:地质出版社,1994.
- [2] 吴光琳.定向钻进工艺原理[M].成都:成都科技大学出版社,1991.

### TECHNICAL METHOD OF IMPROVING WHIPSTOCKING INTENSITY IN CONTROLLED DIRECTIONAL DRILLING

WU Xiang, HE Bing-xin, WANG Yan

**Abstract:** In controlled directional drilling technology, whipstocking intensity of theoretical calculation is smaller than that of practice. By using some technical method, such as raising flexibility of drilling rod, whipstocking intensity will be improved greatly, which has achieved success in practice.

**Key words:** controlled directional drilling, whipstocking intensity, technical method



#### 第一作者简介:

吴翔(1964年-),男,1987年毕业于武汉地质学院(中国地质大学)探矿工程系。主要从事受控定向钻探教学与科研工作。

通讯地址:湖北省武汉市 中国地质大学工程学院 邮政编码:430074

(上接第54页)

### NO - DIG PAYING BUNDLES OF PIPE IN CURVE TRAIL BY GUIDE DRILLING SECTION BY SECTION

WU Xiao-ming, LI Liang-gang, CHEN Jin

**Abstract:** Through the Kai-Luo highway whose width is 64.5 m, nine work wells and eleven road bases, the holes are drilled. Base on the shape of the road surface, the trail of drilling hole is curve. Its ends are lower and the middle part is higher. Then the diameter of holes is extended to 500mm step by step. Four pipes of 114 mm and three pipes of 60 mm are laid. The distance between the two bundles of pipe is 450 mm and it satisfies the request of the design.

**Key words:** guide drilling, trail, adjust, bundle of pipes



#### 第一作者简介:

乌效鸣(1956年-),男,教授,博士。现任中国地质大学(武汉)工程学院副院长,武汉市青年科协副会长,长期从事钻探工程与基础工程方面的教学和科研工作。

通讯地址:湖北省武汉市 中国地质大学工程学院 邮政编码:430074